

# 研 究 紀 要

第 1 号

昭 和 4 0 年

奈 良 工 業 高 等 專 門 学 校

## 目 次

架空電線が切れた時の運動について……………	今 西 周 蔵 野 口 泰 正……………	1
Electro static Induction under E.H.V. Over-head Line……………	Shuzo IMANISHI……………	7
Strip-Line Magic-T……………	Takashi AZAKAMI……………	13
Design and Test of a Class of Strip-Line Low Pass Filter……………	Takashi AZAKAMI……………	27
線型二変数制御系のシンセシスに関する一考察……………	藤 本 勲 福 井 伊 一……………	35
超高圧系統における開閉サージと避雷器の抑制効果……………	木 戸 正 夫 稲 垣 嘉 雄 福 井 伊 一……………	43
自由束の語の問題……………	松 本 和 夫……………	53
多重可移群について……………	大 山 豪……………	61
理想主義のモラリスト (1) ……………	渡 部 定 雄……………	67
メルヴィルと「ビリー・バッド」……………	即 席 水 雄……………	77
戦国期惣結合の動向について……………	朝 倉 弘……………	89
国語学力評定におけるいわゆる客観テストの妥当性についての一調査…	中 西 昇……………	99

## 発刊のことば

本校の研究紀要第1集を印刷公表することが、できるようになったことは、私にとっても本校にとっても大きな喜びである。

本校は昭和39年4月に開設され、ようやく1年と8ヶ月を経過したばかりであるので、校舎の建築、整備に追われ、また学校の体勢をととのえるのに多忙な毎日を送って来たのである。

このように校務多端であっても、各教官は高等専門学校制度の基準の示すところに従って、本来の職務・責任である教育のほかに、その職務達成のために必要な研究を活発に行ない、努力を重ねて来たのである。

もちろん、研究用の図書室もまだ完備せず、また実験室も未完成のものが多いので、夫々の教官の出身校の設備を利用したものが多いは当然のことである。

以上のような結果の集積の一部が整理されて、本研究紀要第1集となったのである。これは一般研究報告とは異なって、不完全な環境のもとでなされた多くの苦心のあとが見られるのである。本研究紀要も今後回を重ねるに従って次第に充実した内容をもつようになって、社会の期待に添うようになるものと信じている。

本校の教育方針は教養のある技術者の養成にあるのであって、従って一般教養科目や工学基礎科目の学習が重視されている。今後専門技術教育のほかに、これらの基礎部門の研究も一層盛大になって、これらの学風が若い学生諸君を、高い理想へ導いて行くことをねがっている。

昭和40年11月15日

奈良工業高等専門学校長

八 浜 義 和



# 架空電線が切れた時の運動について\*

今 西 周 蔵 ・ 野 口 泰 正

Behaviour of motion of falling conductor, when over head conductor broked down

By Shuzo IMANISHI and

Yasumasa NOGUCHI

## 内 容 梗 概

我が国は土地が狭く、人家密度が高いために、特別高圧架空送電線が、人家の上を通過したり、架空配電線に共架したりするようになって来た、そのために、断線した時の危険を予防することの研究が大きくなり上げられるようになって来た。この論文は、配電線に共架された特別高圧線が切れた場合に、迅速、確実に故障状態を報知する接地装置の設計に関連して、(1)特別高圧線が切れた瞬時から、普通高圧線の上に落下混触する迄の短い時間中の、電線の形状の時間的变化と、(2)地面に落下してから電線の形状などを、模型実験とそれにもとづく理論的計算及び実物 (full size) 実験などによって調査したことを述べている。

## 1. ま え が き

戦後の各方面の急速な発達の裏には、広い意味の事故防止についての、地味なしかも執ような努力が続けられて来たことは云う迄もない。云いかえれば、事故防止の裏づけがあってこそ、前進があり得たと云っても云い過ぎではない。

我が国の電力需要は数年間に2倍と云う激しい増加振りであって、発電所、送配電線の夫々についても、その割合で増設や新設がなされている。然し、我が国土は狭隘で、人家密度が高いために、架空の送配電線では用地が次第に得難くなって来ている。そのために(1)比較的低い電圧 (20~30KV) の送電線は、用地難の地区に限って、配電線に共架することが一部で行われている。(1) また(2)先年の電気工作物規定の改訂では、送電線に適当な保護装置を施す場合に限って、電圧80KV以下の線路は、人家の上を通過してもよいことに緩和された。同時に、これらの高圧線が断線した時の危険を予防する問題が大きくなり上げられるようになって来た。これには非常に多くの対策が考へられるだろうが、筆者などは、

そのうち次のようなものを採り上げて研究して見た。

- (1) 架空配電線に共架された特高送電線が、何かの原因で、何処かの場所で、断線し、落下した際に、もし、不完全な接地状態であれば、継電器による検出が遅れるので、これを防止するために、常時、電柱から接地金具をさし出して置いて、電線がたれ下った際に、この金具に触れるようにする。(第3図参照)
- (2) 特高線が切れて落下しつつある時、その下に張られている高圧線、低圧線に触れるよりも前めに、電柱の接地金具に触れるように、接地迄の時間を早めること。
- (3) これには、電線の落下中の時間と変位を示すところの、いわゆる運動の姿態を明らかにすることが望ましい。ことなどである。この報告は、それらに就て、先ず模型実験と、実物 (full size) 実験によって現象を確め、次で理論的な検討を行った経過について述べている。

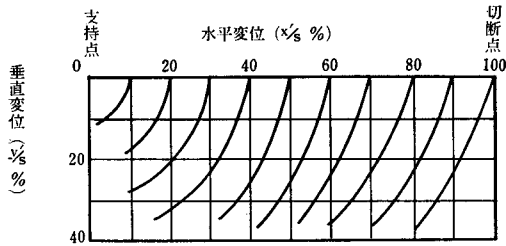
## 2. 模 型 実 験

断線時の電線の運動を支配する幾つかの要素のうち、実用の線路状態を模擬することの困難なのは、(1)電線の撚りや弾性にもとづくばね作用、(2)電線の曲げに対する剛性、(3)隣接径間からの引張り、などであろう。これらは、電線や支持物などの材質、構造、施工によって一定しないために、一般的には示され難い。それ故に、ここに、先ず述べようとする模型実験は単なる一例に過ぎぬことは免れないが、その代り、条件が単純である利点がある。

実験の方法は、高さ2m、長さ4mの垂直の壁面に方眼目盛を付け、壁面の左右上隅を電線の支持点として、外径約1mmの軟銅撚線を張った。電線には径間長を10等分してマークを付けた。実験は先ず、或るマークの点で切断し、電線が落下する際の、電線上の各マーク点の軌跡を目測し、壁面に記録した、これは1回では見難いので幾回も繰り返して正確を期した。また電線のくせや電線と壁面との接触などによって現象が乱されぬように注

\*電気連合大会 昭40-4. No.1139及び昭40-10 関西支部 No.7-8ではこの一部を報告した。

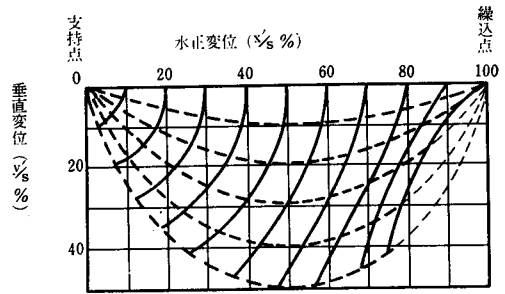
意した。結果の一例として、第1図は右側支持点で切断した場合を示した。この曲線の様子を要約すると、水平



第1図 右側支持点で切った場合の電線上各点の落下時の軌跡

位置が $x'/S < 30\%$ の範囲では、左側支持点を中心とする半径 $x'/S$ の円になって居り、 $x'/S > 40\%$ の範囲では $x'/S$ の大きいほど水平変位が少しずつ増加している、即ち左側へ引き寄せられるような形になっている。もし電線の代りに同じ位いの太きの軽い紐を使って見たら、水平変位は、電線の場合よりもかなり大きくなった、これは紐の撚りにもとずくばね作用や、落下の際の空気の抵抗などの影響が、軟銅撚線の場合よりもかなり大きかったためであろう。

次に、右側支持点から余分の電線をつぎ足して、径間中にくり入れ、それだけ線を長くして、電線の弛みを大きくした場合の、電線上の各マーク点の移動する軌跡を壁面に記録して見た。その結果は第2図の通りである。これは理論的にも求められるが、高い精度を必要としな

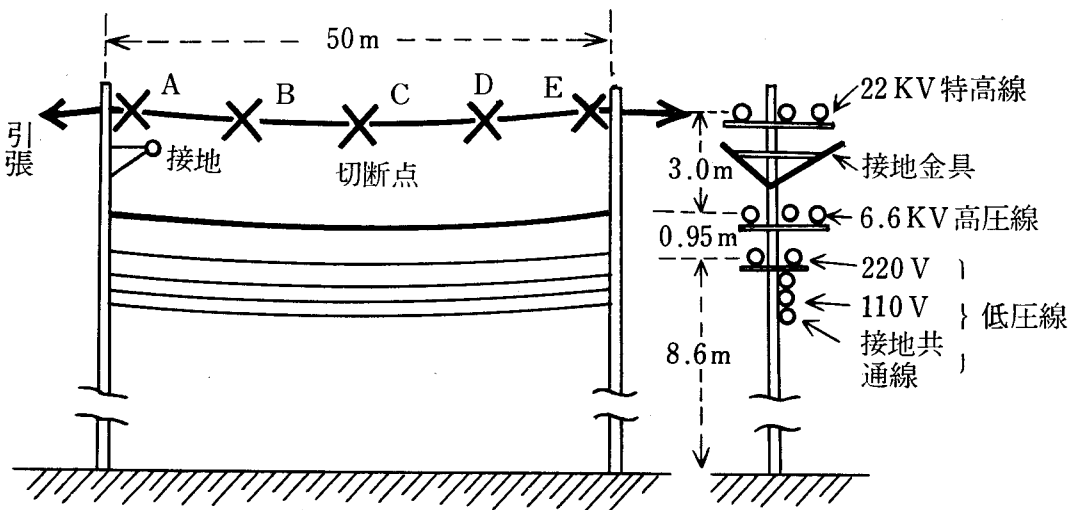


第2図 右側支持点から余分の電線を繰り入れて弛みを大きくした場合の、電線上各点の軌跡

い場合にはこのような実験による方が簡便である。さて第1図と第2図とを見比べると、少なくとも健全側の支持点附近については、かなりの物理的な相関が考へられるので、理論的にも明らかな第2図から、落下中の電線の形状が部分的にせよ定量的に推察し得るならば考え、両図を比較して見た、その結果 $x'/S < 30\%$ の範囲では、両図の曲線はよく合致していることがわかった。

### 3. 実物 (full size) 実験

この実験は、電線、電柱、支持物など実用のものをそのまま使用し、電線の撚りや弾性にもとずくばね作用、電線の曲げに対する剛性、隣接径間からの引張り作用などを、実用状態に出来るだけ近似させるようにした。またここでは実用上の色々な具体的問題について実験をしたが、そのうち、比較的一般的な事柄についてのみここに報告したい。

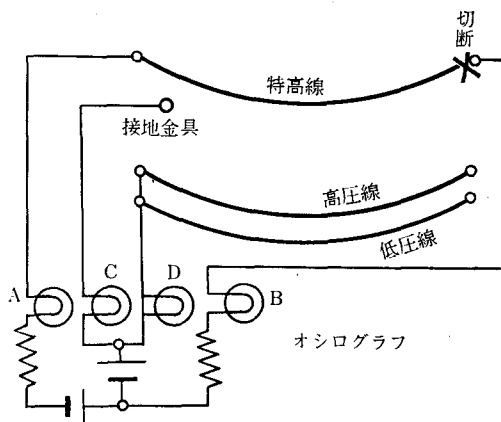


第3図 実物 (full size) 実験配置原理図

実験装置の概要は第3図の如く、実用のコンクリート柱2本を50mの間隔で建て、電線、碍子、金具などもすべて実用のものをそのまま使用した、先ず(1)22KV特高線路には、電線は新しい硬銅燃線50mm<sup>2</sup>を張力200kgで張り、碍子は耐張式では250mm標準碍子を4個、支持碍子式ではLP型の特別設計のものを夫々使用した。接地金具は同図に示したように、電柱から径間側へ金属腕を差し出し、これに線路方向と直角の金属棒を取り付け、特高線との垂直距離は耐雷の立場から40cm一定とした。(2)6.6KV普高線路には電線は裸硬銅線直径5.0mmのもの、また220V及び110Vの低圧線路には裸硬銅線直径3.2mm又は2.6mmのもの、高低圧の碍子には市販のものを、夫々使用した。特高線の切断の方法は、初め遠方操作式の断線器を使用することを考えたが、断線器が電線の運動に影響することをおそれたため、次のような原始的な方法によった。2本の電柱の間に、試験しようとする特高線より約2m上に、別の吊架線(ワイヤロープ)を張り、作業者が滑車に乗って、径間中の任意の位置に移動し、且つとまることが出来るようにし、作業者がハンドクリッパーを使用して切断した。切断の位置は第3図に示した如く、径間の両端支持点と、径間の $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$ の5点であって、3相3線の中線と外線について行った。

次に、特高線が切断された瞬時から、接地金具や、高圧線に触れる迄に要する時間は第4図に示す回路(原理)

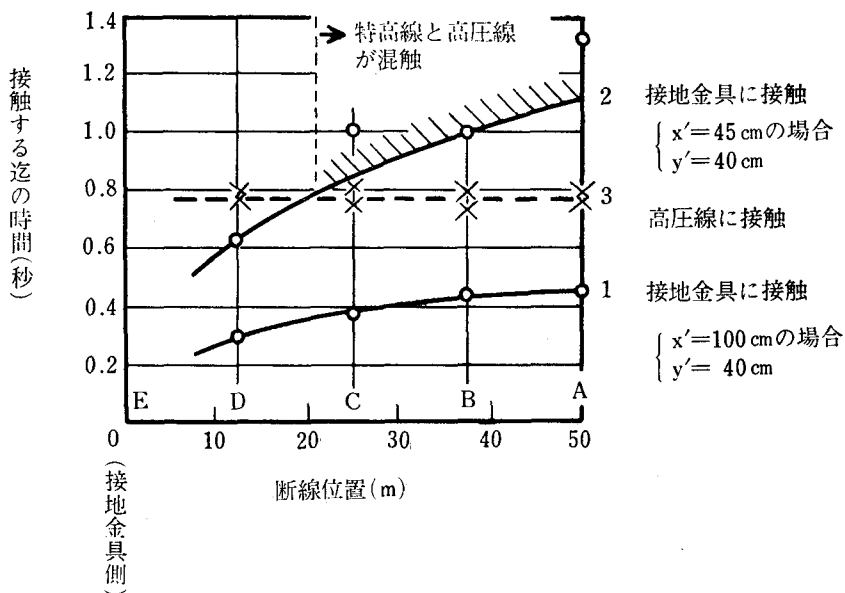
によりオシログラフを以て測定した。



第4図 測時回路原理図

実験結果のうち比較的一般的なものを示すと、

(1)第5図は特高線の切断位置と、切れた特高線が接地金具や高圧線に触れる迄に要する時間との関係を示した。ここには接地金具の座標は2種類あって、その1つは、電線の支持点から径間側へ水平距離が $x'=100\text{cm}$ 、電線から下へ垂直距離が $y'=40\text{cm}$ の場合、その2は $x'=45\text{cm}$ 、 $y'=40\text{cm}$ の場合である。この図から 後者の場合では、断線の位置が、接地金具側の支持点から20m以上の点では、切れた特高線が接地金具に触れるより前えに、高圧線に触れて居り、金具の座標が適当でないことが知られ

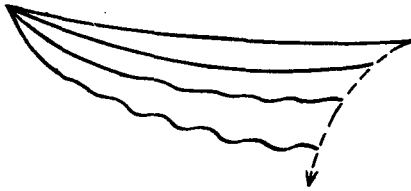


第5図 実物実験、特高線が切れてから、接地金具や高圧線に触れる迄の時間

る。

(2)特高線が切れた瞬時から、それが高圧線に触れる迄に要する時間は、垂直距離約3mに対して 0.73~0.81 (平均 0.77) 秒が得られた、これは重力による自然落下の時間とはほぼ合致していることが知られる。

(3)切れた電線が落下する際の形状は、これ迄、多くの人の想像では、張力からの急激な開放と、電線の捲きぐせのために、輪状になって跳ね上るのではないかと云われていた。然し、この実験では、捲きぐせの強いと思はれる新しい電線を使用したのに、断線時の跳ね上りは全く認められなかった。また別の類似の実験でも同様であった。これらの姿態は普通速度の映画ではとらえることが出来なかったが、観察したところでは第6図の如く、

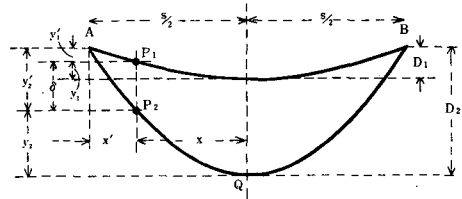


第6図 実物実験に於け電源の落下中の形状

電線の形状は、切断点で垂直変位が最も大きく、健全側支持点に近くなる程垂直変位は小さくなるが、全体として、健全側支持点の方へ引き寄せられるように見え、フラットな感じである。そして落下の初期ではうねりは未だ発生しないが、落下が進むにつれてうねりが現れる、そのために或る時には、切れた特高線が高圧線に触れた際にからむようなことがあった。からむ確率は、断線の位置によってやゝ異なり、断線の位置が径間長の $\frac{1}{4}$ と $\frac{3}{4}$ の点では約10%、径間長の $\frac{1}{2}$ の点では約20%であった。第5図曲線2の測定値の不揃いは、このようなからみによるものである。

#### 4. 考 察

接地金具の座標を定めるために、健全側支持点に近い点の垂直変位を検討する。模型実験では(1)電線が切れて落下する際の、電線上の各点の軌跡と、(2)断線点に別のつき線を挿入して、線を長くし、弛みを大きくした場合の、電線上の各点の軌跡とを、見比べると、 $x'/s < 30\%$  の範囲ではよく一致することを前に示した。従って落下中の電線の形状が第2図のカテナリー曲線に近いものと仮定すると、第7図のP点の垂直変位は、 $D/S < 0.1$  の範囲では



第7図 支持点から水平距離 $x'$ の点の弛度変化による垂直変位 $\delta$

$$\delta = (D_2 - D_1) \left[ 1 - \left( \frac{2x'}{S} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (1)$$

となる。次に $(D_2 - D_1)$ の距離を落下するに要する時間を $t$ とすれば  $(\frac{1}{2}) g t^2 = D_2 - D_1$  なる故に(1)式は次の如くなる。

$$\delta = \frac{1}{2} g t^2 \left[ 1 - \left( \frac{2x'}{S} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (2)$$

次に、第1表に示す如き諸条件について、P点の垂直変位と所要時間を上式から計算した値と、実物実験から得

第1表 支持点附近の垂直変位と所要時間

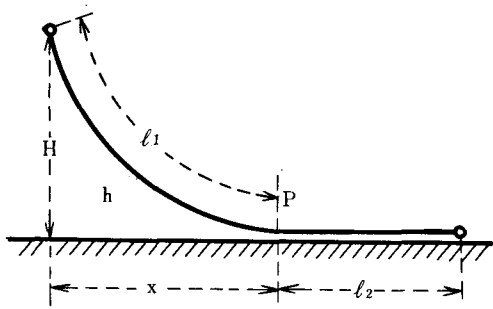
径間長	S (m)	50	50
特高線と高圧線との 間隔 $(D_2 - D_1)$	(m)	3.0	—
支持点から 接地金具迄 の距離	水平 $x'$ (m)	1.0	1.0
	垂直 $y'$ (m)	—	—
垂直変位 $\delta$	計算 (m)	0.23	—
	実験 (m)	>0.40	0.4
所要時間 $t$	計算 (秒)	—	1.02
	実験 (秒)	—	0.45

た値とを比較すると、同表の通り、計算の方が、実験よりも、所要時間が約2.2倍大きく、従って変位はかなり小さくなっている、このちがいの原因は、云う迄もなく電線のばね作用や、隣接径間からの引張り作用などによるものであって、いずれくわしく検討したいと考えている。然し実用の条件は色々な場合のものがあるので、上に得られた計算値は一つの安全限界を与えるものと考えてもよい。

#### 5. 地上に落下してからの形状

第8図で、落下した電線のうち、長さ $l_2$ は地面に接触し、長さ $l_1$ は宙にかかっているとす。  $l_1$ の部分





第8図 地上に落下した時の電線の形状

の張力は P 点で  $l_2$  の部分の地面の摩擦力と釣合っている故、カテナリー曲線の一般式から

$$H = \frac{F}{W} \left( \text{Cosh} \frac{W}{F} x - 1 \right) \dots\dots\dots(3)$$

の関係が得られる。ここに  $F = \mu l_2 W$  で、 $\mu$  は電線と地面との間の摩擦係数、 $W$  は電線の単位長さ当りの重量である。 $\mu$  の値は、砂土（運動場）やコンクリート道路などについて実測して見たところ、 $\mu = 0.5 \sim 1.0$ （約 0.7）を得たが、この計算では安全側をとり  $\mu = 1.0$  として使用する。

前式を書きかえると。

$$H = l_2 \left( \text{Cosh} \frac{x}{l_2} - 1 \right) \dots\dots\dots(4)$$

また、電線の全長は

$$\begin{aligned} L &= l_1 + l_2 \\ &= \frac{F}{W} \text{Sinh} \frac{W}{F} x + l_2 \\ &= l_2 \left( \text{Sinh} \frac{x}{l_2} + 1 \right) \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

となる故、(4)(5)両式とも電線の性質には無関係な、幾何学的な要素だけとなる。両式から

$$\frac{H}{L} = \frac{\text{Cosh} \frac{x}{l_2} - 1}{\text{Sinh} \frac{x}{l_2} + 1} \dots\dots\dots(6)$$

が得られる、普通は  $L = S$ （径間長）と  $H$  が与えられているので、上式から  $x/l_2$  の値が求まり、それを(4)式又は(5)式に入れて  $l_2$  の値が求められ、また  $x$  の値が求められるので、P 点の位置が得られる。

次に P 点から左側への電線が宙にある部分の形状は、(4)式によって  $x$  と  $h$  との関係で求められる。

もし  $L = S$ 、 $H/S = 1/4$  の場合について P 点の位置を上式から概算すると、 $x/S = 0.45$ 、 $l_2/S = 0.45$ 、 $l_1/S = 0.55$  と云う程度である。

然し、実物実験や模型実験（いずれも地面や床面が平面の場合）によって観察したところでは、電線が切れてから、健全側の方へ高速で引き寄せられる時の慣性によって、健全側電柱の極く近くまで引き寄せられるのが普通である。これは地上に建築物や他の交叉線路などの大きい障害物がある場合には当然異なることは云う迄もない、従って上述の計算は平地に於ける最悪の限界を与えるものと考へてよい。

### 6. む す び

実用線路では、電線の撚りや弾性にもとづくばね作用や、隣接径間からの引張り作用があり、それらが線路の構造や場所によって複雑しているので、電線が切れた時の運動の姿態は一般的には示し難い。模型実験と実物（full size）実験とでは、結果にかなり大きいちがいが現れた、実物実験の方が実用上信頼度の高いことは云う迄もないが、模型実験やそれに関連する理論計算は一つの最悪の限界を与えるものと解してよからう。

### 文 献

- (1) 今西, 他 電気連合大会, 昭 40~4.No.1139
- (2) 片倉, 他 電力, 昭40~4.p49
- (3) 今西, 他 関西電気連合大会 昭 40-10, No.7-8



# Electrostatic Induction under E.H.V. Over-Head Line

By: Shuzo IMANISHI

## Synopsis

It is afraid of electrostatic induction under 400~500 kV E.H.V. over-head lines. The author considered theoretically the electrostatic coupling coefficient, between an over-head line and a metallic plate in parallel to ground, and for various arrangements of H.V. conductors. The conclusion is that, induced energy of a 440 kV line is 1.9 times that of a 275 kV line.

## 1. Fundamental formula

When a straight conductor (electric charge per unit length:  $Q$ ) is puted at a height  $h$  above the ground, the vertical intensity of electric field at point P distance  $x$  from under conductor is

$$E = \frac{4Q}{\sqrt{h^2 + x^2}} \cdot \sin\theta = \frac{h}{h^2 + x^2} \cdot 4Q \dots\dots\dots(1)$$

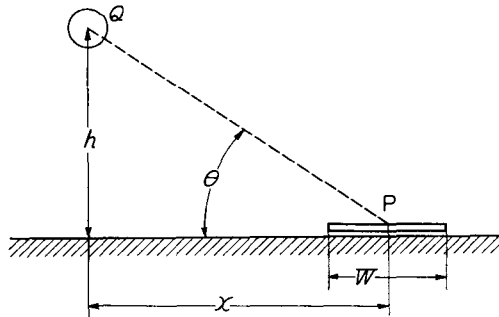


Fig 1. Principle

Accordingly, if a metallic plate of  $W$  in width is placed at point P, the number of lines of electric force entering into metallic plate from conductor may be given in the following formula, (if the end effect of metallic plate neglected)

$$\phi = 4Q \int_{x-\frac{W}{2}}^{x+\frac{W}{2}} \frac{h}{h^2 + x^2} dx = 4Q \left\{ \tan^{-1} \left( \frac{x+\frac{W}{2}}{h} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{x-\frac{W}{2}}{h} \right) \right\} \dots\dots(2)$$

However, the total number of the line of force coming out of the conductor is given in the formula.

$$\phi_0 = 4\pi Q \dots\dots\dots(3)$$

from the formula (1) and (2)

$$\eta = \frac{\phi}{4\pi Q} = \frac{1}{\pi} \left[ \tan^{-1} \left( \frac{x + \frac{W}{2}}{h} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{x - \frac{W}{2}}{h} \right) \right] \dots\dots\dots (4)$$

where  $\eta$  is the electrostatic coupling coefficient.

**2. In case of single conductor line**

(2-1) The effect of horizontal distance from the conductor.

The width of metallic plate  $W$  and the height of the conductor above the ground  $h$ , respectively are made constant, and, in case  $W = h/2.4$  (or  $W = 5m$  when  $h = 12m$ ) the change of  $\eta$  by  $x$  calculated by formula (4) as shown in Fig 2.

Namely,  $\eta$  is maximum at the point of  $x = 0$ , if this value is set as 100%, it will be about 50% at the point of  $x = h$ , and about 10% at the point of  $x = 3h$ .

(2-2) The effect of the width of the metallic plate.

In order to investigate the influence of the width of the metallic plate  $W$ , at the point  $x = 0$ , the change of  $\eta$  by  $W/h$  calculated by formula (4) as shown in Fig 3. In the range  $W/h < 1$

$$\eta = 0.3 \frac{W}{h} \dots\dots\dots (5)$$

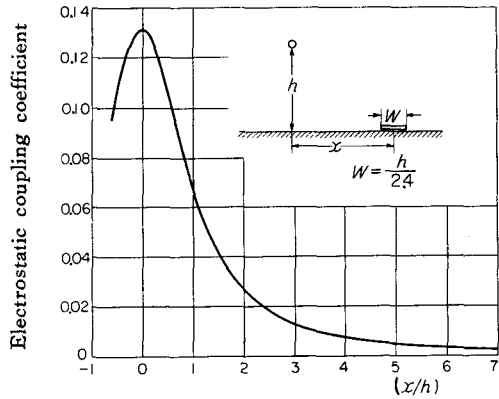
**3. In case of three phase one circuit and two circuit.**

In case of the E.H.V. large transmission line of which as afraid of electrostatic induction, it has many conductor, therefore calculation of the electric charge of each conductor is complicate. When exactive detailed calculation is required, the calculation may be carry out by an electronic computer. In here, however, approximately calculation carried out for the simple arrangement.

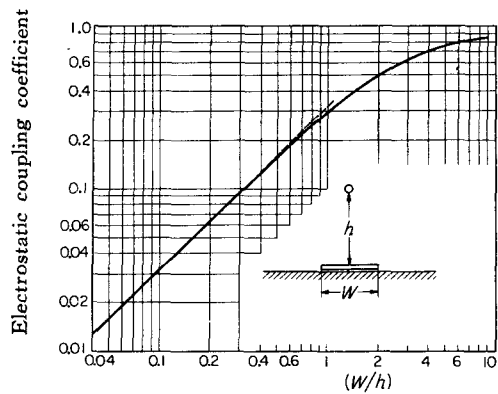
If the electric charge for each conductor is  $Q_i$  (where  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ). The number of line of force entering into metallic plate from each conductor will be following formula

$$\phi = 4 \sum_{i=1}^n Q_i \left[ \tan^{-1} \left( \frac{x_i + \frac{W}{2}}{h_i} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{x_i - \frac{W}{2}}{h_i} \right) \right] = \sum_{i=1}^n \eta_i Q_i \dots\dots\dots (6)$$

Now, if grand wire are neglected, and assumed the electric charge of each phase is balanced in three phase. Then the electrostatic coupling coefficient of the line to plate, in case of three phase two circuit line, will be



Horizontal distance from conductor  
Fig 2. Lateral profile for one conductor



Width of plate  
Fig 3. Effect of width of plate

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 + (\eta_3 + \eta_4) \varepsilon + (\eta_5 + \eta_6) \varepsilon \dots \dots \dots (7)$$

Thus, the vector sum for each phase may be adopted.

Thus, the electrostatic coupling coefficients for three phase one circuit horizontal arrangement, three phase one circuit vertical arrangement and three phase two circuit vertical arrangement, are calculated in case  $W=h/2.4$ . The results are shown in Fig 4 to Fig 6.

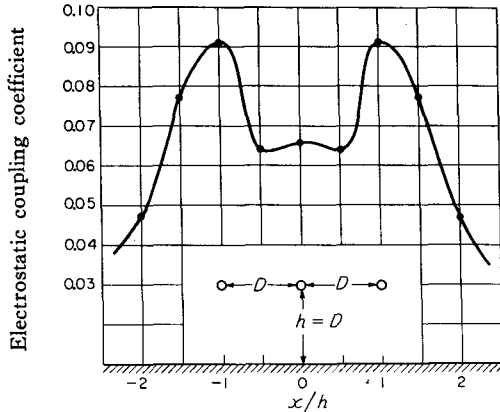


Fig 4. Lateral profile for three phase one circuit horizontal arrangement in case  $W=h/2.4$

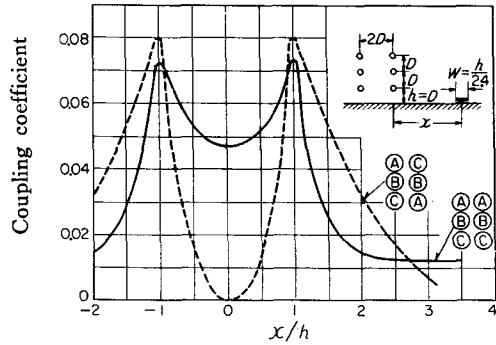


Fig 6. Lateral profile for three phase two circuit vertical arrangement in case  $W=h/2.4$

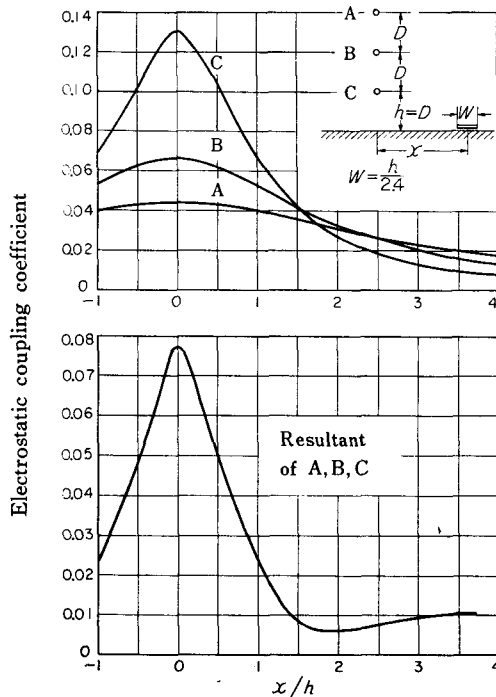


Fig 5. Lateral profile for three phase one circuit vertical arrangement in case  $W=h/2.4$

**4. Shielding effects of grounded conductor.**

When the grounded conductor is placed in the vicinity of the power conductor, it was investigated the shielding effect of the grounded conductor for the electrostatic induction un-

der line. For simplicity, constitute of one power conductor and one grounded conductor was considered, as shown in Fig 7.

The ratio of electric charge between grounded conductor and power conductor was

$$\frac{Q_e}{Q_p} = - \frac{Pep}{Pee'} \dots\dots\dots(8)$$

where  $Q_e$  : electric charge of grounded conductor.

$Q_p$  : electric charge of power conductor.

$$Pep = -2 \log_e \frac{Dep}{Dep'}$$

$$Pee' = 2 \log_e \frac{2h_e}{r_e}$$

$Dep$  : distance between both wires.

$h_e$  : height of grounded conductor above ground level.

$r_e$  : radius of grounded conductor.

Now, as an example,  $r_e=0.48\text{cm}$  (7/3.2mm galvanized steel stranded conductor)  $h=12\text{m}$  (power conductor), and at first, keeping  $Dep = \frac{h}{2} = 6\text{m}$  constant, the grounded conductor was moved around the power conductor. The change in the coupling coefficient between the metallic plate and the power conductor was expressed on the comparison to basis of the coupling coefficient in the absence of the grounded conductor. The result is shown in Fig 7, it is clear that the coupling coefficient is minimum when the grounded conductor is positioned between the power conductor and metallic plate.

Next, position of the grounded conductor was kepted under power conductor, and its height above the ground level was varied. The result is shown in Fig 8. It is indicates that were 20~30% down in the coupling coefficient may be extented against a practically allowable conductor spacing. In the case of three phase, coupling coefficient will be lower than in single phase.

**5. Assumption on practical lines.**

If the electric charge of each phase is assumed to be the same, in the conductor arrangements shown in Fig 3 to Fig 6. The electrostatic coupling coefficient under line will be as shown in Table 1 for each.

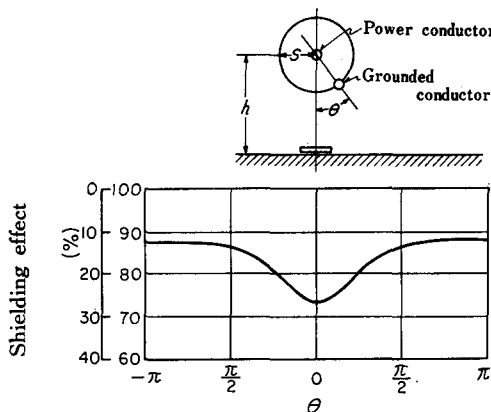


Fig 7. Shielding effect of grounded conductor around power conductor

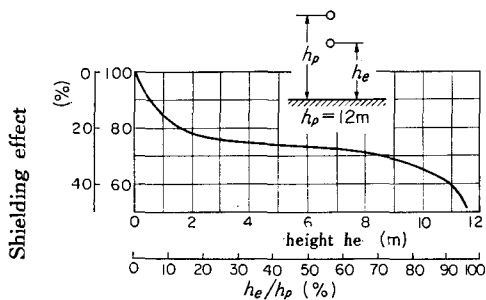


Fig 8. Shielding effect of grounded conductor under power conductor

TABLE 1 Electrostatic coupling coefficient for various arrangement (in case  $W = h/2.4$ )

Conductor arrangement	Electrostatic coupling coefficient	Relative value (%)
o	0.1307	100
o o o	0.0910	69.6
o o o	0.0778	59.5
oCAo oBBo oACo	0.0731	55.9
oAAo oBBo oCCo	0.0804	61.5
o ↑ h/2 ↓ o	0.0955	73.0

Now, on the practical case, it is importance to be consider voltages and energy to be induced. To consider, however, it is necessary to be determined that line voltages, diameter of conductors, number of conductor per each phase, space distance of phase to phase, and space distance of subconductors. There are assumed as shown in Table 2.

TABLE 2 Line voltage and conductor arrangement

Voltage (KVe <sub>eff</sub> )	Conductor diameter (mm)	Number of conductor per phase	Phase distance (m)	Electric charge cm V/phase	Minimum height of conductor above ground (m)
1 5 4	2 2. 4	1	8	$14.15 \times 10^3$	6
2 7 5	2 5. 3	2	6	$33. 6 \times 10^3$	9
4 4 0	2 5. 3	4	1 1	$62. 2 \times 10^3$	1 2

Of these listed in the table, the electric charges were calculated on the basis of each arrangement and voltage.

Now, supposing a metallic plate (5m width) is placed under line, if the electrostatic capacity between plate and ground is constant, the induced voltage will be proportional to the induced charge and the induced energy will be proportional to a square of the charge.

Thus, voltage and energy calculations are carried out against the condition of Table 2. The result are shown in Table 3. Namely, induced voltage and energy on a 440 KV line will be about 1.4 times and 1.9 times of 275 kV line respectively.

TABLE 3 Comparison of induced voltage and energy

Line voltage (KVe <sub>eff</sub> )	Relative value of electrostatic coupling coefficient (%)	Relative value of induced voltage (%)	Relative value of induced energy (%)
1 5 4	1 4 3	6 0	3 6
2 7 5	1 0 0	1 0 0	1 0 0
4 4 0	7 5	1 3 8	1 9 1

**6. Conclusion.**

Above investigation was based on three assumptions for the simplification of calculations. Namely,

- (1) Electrostatic end effect of the metallic plate was neglected.
- (2) The arrangement of the conductor was simplified.

(3) Three phase was balanced and electric charge of each phase was equal. Clasification of any differences existing between assumption and actual instances obliged to await the result by complicated calculations or accurate experiments. It is necessary consider that more investigation regarding the effect of form of the induced bodies.



# Strip-Line Magic-T

Takashi AZAKAMI

## Summary

This paper describes the theoretical analysis, the design method and the experimental results of the wide-band magic-T using the parallel coupled strip line bandpass filter at microwave region. We confirmed that it is possible to realize easily the small sized-, light weight and wide band-strip line magic-T by the experimental results at L-band.

This paper also describes the optimum design method of the magic-T composed of two kinds of strip-line filters and shows a nomogram which may serve as a basis for the design of strip-line magic-T. The desired strip-line magic-T will be constructed by this nomogram.

## Introduction

Recently the strip line has come to be noticed due to the advantages such as its light weight, small size and easy fabrication. Magic-T is applied to the bridge circuit, the balanced mixer and the power divider, while the waveguide magic-T has some defects, that is, its large size and heavy weight.

In the next section is described the theoretical analysis of the strip line magic-T and is intended the improvement of the wide-band transmission characteristics. The design method is described in section 2 and the results of the experiment at L-band is presented, in section 3, to confirm the theoretical investigations.

It should be considered that the design of strip-line magic-T depends on the maximum value of input VSWR, the balance of voltage transfer ratio, the value of minimum voltage attenuation ratio and the insertion loss in the pass band.

In section 4 is described, theoretically, the relations among the characteristics of the magic-T above mentioned, the value of terminating impedance ( $Z$ ) and the characteristic impedances of coupled strip-line ( $Z_{0e}$ ,  $Z_{0o}$ ). It also shows some considerations for the optimum design the derivation of the design formula in section 5. Numerical calculations and a nomogram for designing are given in the later part of this paper. The nomogram may serve as a basis for the optimum design of strip-line magic-T.

## 1. Theoretical Analysis

At the parallel coupled strip line bandpass filters shown in Fig. 1, the image impedance  $Z_o$  and the image phase constant  $\beta_o$  of the filter with the pair of open circuited strips<sup>1)</sup> (Fig. 1(a)) are

$$Z_o = \left[ (Z_{0e} - Z_{0o})^2 - (Z_{0e} + Z_{0o})^2 \cos^2 \theta \right]^{1/2} 2 \sin \theta \quad (1)$$

$$\beta_o = \beta_t = \cos^{-1} \left\{ \frac{(Z_{0e} + Z_{0o})}{(Z_{0e} - Z_{0o})} \right\} \cos \theta \quad (2)$$

and the image impedance  $Z_s$  and the image phase constant  $\beta_s$  of the filter with the pair of short circuited strips (Fig. 1 (b)) are

$$Z_s = \frac{Z_{0e} Z_{0o}}{Z_o} = \frac{2 Z_{0e} Z_{0o} \sin \theta}{\left[ (Z_{0e} - Z_{0o})^2 - (Z_{0e} + Z_{0o})^2 \cos^2 \theta \right]^{1/2}} \quad (3)$$

$$\beta_s = \beta_t + \pi \quad (4)$$

where,  $\theta$  = electrical length of each bandpass filter

$Z_{0e}$  = even mode characteristic impedance

$Z_{0o}$  = odd mode characteristic impedance

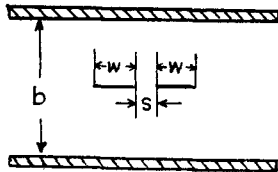


Fig. 2 A section of the shielded coupled stripline

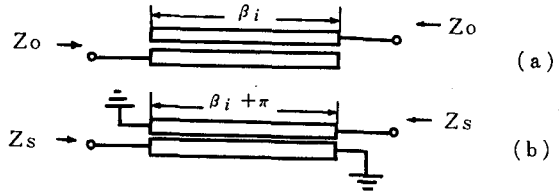


Fig. 1 Strip line band-pass filter

At the shielded strip line shown in Fig. 2, the values of  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}^{(2)}$  are

$$Z_{0e} = \frac{30\pi}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{K(k'_e)}{K(k_e)} \tag{5}$$

$$Z_{0o} = \frac{30\pi}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{K(k'_o)}{K(k_o)} \tag{6}$$

where,  $K$  = first kind perfect elliptic integral

$$k_e = \tanh\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{w}{b}\right) \tanh\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{w+s}{b}\right)$$

$$k'_e = \sqrt{1 - k_e^2}$$

$$k_o = \tanh\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{w}{b}\right) \coth\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{w+s}{b}\right)$$

$$k'_o = \sqrt{1 - k_o^2}$$

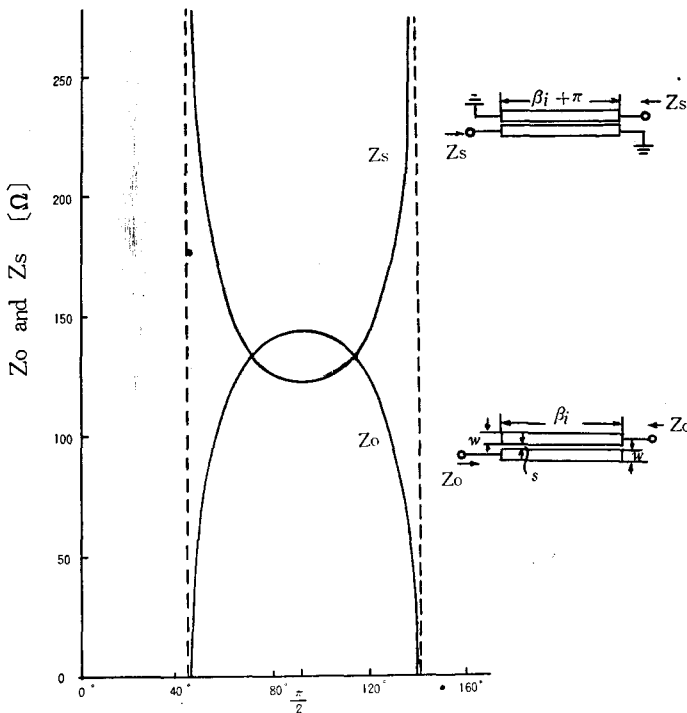


Fig. 3 Image impedances of the parallel coupled strip line bandpass filters

In Fig. 3 are plotted the image impedances of each filter as a function of the electrical length  $\theta$ , where  $w = 2$  mm,  $s = 0.05$  mm and  $b = 25$  mm.

As inspection of Fig. 3 shows that each bandpass filter has the same passband width and the difference between  $\beta_s$  and  $\beta_o$  is  $\pi$ , the strip line magic-T will be realized by constructing the circuit shown in Fig. 4.

### 1-1 Input Impedance and Voltage Ratio

Magic-T shown in Fig. 4 is analyzed in terms of the cascade connections of F-matrices of the individual

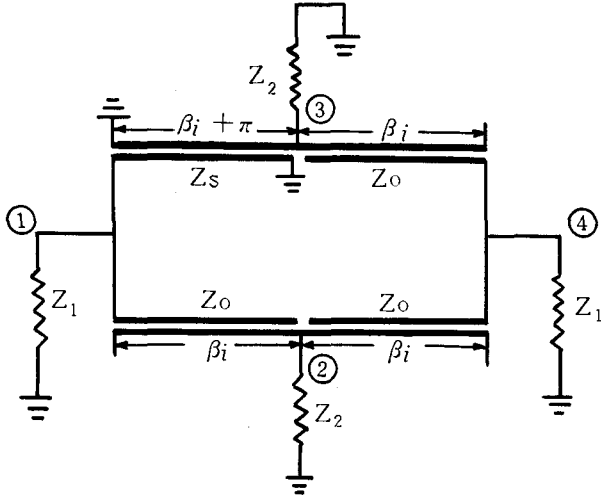


Fig. 4 A schematic diagram of the wide-band strip line magic-T

networks.

These matrices are listed in Table 1. The equivalent circuit of magic-T of Fig. 4, is shown as Fig. 5 in a convenient form for computation of the input impedance and the voltage ratio.

In Fig. 5, input impedance of port  $i$  is

$$Z_{in(i)} = \frac{A_I B_{II} + B_I A_{II} + \frac{B_I B_{II}}{z_j}}{-2 + B_I C_{II} + B_{II} C_I + D_I A_{II} + D_{II} A_I + B_I D_{II} + D_I B_{II}} \quad (7)$$

Input impedance of port  $j$  is easily determined by replacing in Equation (7)  $A_I$  by  $D_I$  and  $A_{II}$  by  $D_{II}$ .

The voltage ratio,  $V_i/V_j$  when port  $i$  is energized, is

$$V_i/V_j = \frac{\frac{B_I B_{II}}{z_j} + A_I B_{II} + A_{II} B_I}{B_I + B_{II}} \quad (8)$$

The values of the matrix elements in Equation (7) and (8) are given as follows.

(1) Voltage attenuation ratio;  $V_i/V_4$  ( $i=1, j=4$ )

$$\left. \begin{aligned} A_I &= -\cos^2 \beta_i + \frac{Z_s}{Z_o} \sin^2 \beta_i - j \frac{Z_s}{2Z_2} \sin 2\beta_i \\ B_I &= \frac{Z_o Z_s}{Z_2} \sin^2 \beta_i - j \frac{Z_o + Z_s}{2} \sin 2\beta_i \\ A_{II} &= \cos 2\beta_i + j \frac{Z_o}{2Z_2} \sin 2\beta_i \\ B_{II} &= -\frac{Z_o^2}{Z_2} \sin^2 \beta_i + j Z_o \sin 2\beta_i \\ C_I &= -\frac{1}{Z_2} \cos^2 \beta_i - j \frac{1}{2} \left( \frac{1}{Z_o} + \frac{1}{Z_s} \right) \sin 2\beta_i \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Table 1. F-Matrices of the networks

Net work	F - Matrix
	$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 1/Z_1 & 1 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 1/Z_2 & 1 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} \cos \beta_i & j Z_o \sin \beta_i \\ j \frac{\sin \beta_i}{Z_o} & \cos \beta_i \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} -\cos \beta_i & j Z_s \sin \beta_i \\ -j \frac{\sin \beta_i}{Z_s} & -\cos \beta_i \end{vmatrix}$

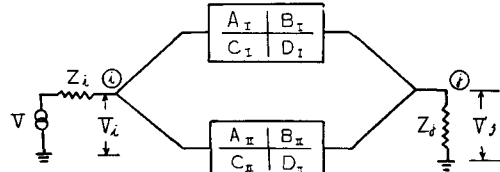


Fig. 5 Equivalent circuit of the magic-T

$$D_I = -\cos^2\beta_t + \frac{Z_o}{Z_s} \sin^2\beta_t - j \frac{Z_o}{2Z_2} \sin 2\beta_t$$

$$C_{II} = \frac{1}{Z_2} \cos^2\beta_t + j \frac{1}{Z_o} \sin 2\beta_t$$

$$D_{II} = A_{II}$$

- (2) Voltage attenuation ratio;  $V_2/V_3$  ( $i=2, j=3$ )

$$A_I = -\cos^2\beta_t + \frac{Z_o}{Z_s} \sin^2\beta_t - j \frac{Z_o}{2Z_1} \sin 2\beta_t$$

$$B_I = \frac{Z_o Z_s}{Z_1} \sin^2\beta_t - j \frac{Z_o + Z_s}{2} \sin 2\beta_t$$

$$C_I = -\frac{1}{Z_1} \cos^2\beta_t - j \frac{1}{2} \left( \frac{1}{Z_o} + \frac{1}{Z_s} \right) \sin 2\beta_t$$

$$D_I = -\cos^2\beta_t + \frac{Z_s}{Z_o} \sin^2\beta_t - j \frac{Z_s}{2Z_1} \sin 2\beta_t$$

$A_{II}, B_{II}, C_{II}$  and  $D_{II}$  are the same as in the case (1).

Where,  $Z_2$  is replaced by  $Z_1$ .

- (3) Voltage transfer ratio;  $V_2/V_1$  ( $i=1, j=2$ )

$$A_I = \left( A_I + \frac{B_I}{Z_1} \right) \cos\beta_t + j \frac{B_I}{Z_o} \sin\beta_t$$

$$B_I = j \left( A_I + \frac{B_I}{Z_1} \right) Z_o \sin\beta_t + B_I \cos\beta_t$$

$$A_{II} = \cos\beta_t$$

$$B_{II} = j Z_o \sin\beta_t$$

$A_I$  and  $B_I$  in the right terms are the same as in the case (1).

- (4) Voltage transfer ratio;  $V_3/V_1$  ( $i=1, j=3$ )

$$A_I = -\cos\beta_t$$

$$B_I = -j Z_s \sin\beta_t$$

$$A_{II} = \left( A_{II} + \frac{B_{II}}{Z_1} \right) \cos\beta_t + j \frac{B_{II}}{Z_o} \sin\beta_t$$

$$B_{II} = j \left( A_{II} + \frac{B_{II}}{Z_1} \right) Z_o \sin\beta_t + B_{II} \cos\beta_t$$

$A_{II}$  and  $B_{II}$  in the right terms are the same as in the case (1).

- (5) Voltage transfer ratio;  $V_1/V_2$  ( $i=2, j=1$ )

$$A_I = \cos\beta_t$$

$$B_I = j Z_o \sin\beta_t$$

$$A_{II} = -\left( A_{II} + \frac{B_{II}}{Z_2} \right) \cos\beta_t - j \frac{B_{II}}{Z_s} \sin\beta_t$$

$$B_{II} = -j \left( A_{II} + \frac{B_{II}}{Z_2} \right) Z_s \sin\beta_t - B_{II} \cos\beta_t$$

$A_{II}$  and  $B_{II}$  in the right terms are the same as in the case (2).

- (6) Voltage transfer ratio;  $V_4/V_2$  ( $i=2, j=4$ )

$$A_I = \left( A_I + \frac{B_I}{Z_2} \right) \cos\beta_t + j \frac{B_I}{Z_o} \sin\beta_t$$

$$B_I = j \left( A_I + \frac{B_I}{Z_2} \right) Z_o \sin\beta_t + B_I \cos\beta_t$$

$A_1$  and  $B_1$  in the right terms are the same as in the case (2).

### 1-2 Wide-Band Characteristics

At midband, where  $\theta = \pi/2$ , it is seen that  $\beta_t$  is always equal to  $\pi/2$  for arbitrary values of  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}$ .

If one chooses the relation between  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}$ , as

$$\frac{Z_{0e}}{Z_{0o}} = \frac{\sqrt{2+1}}{\sqrt{2-1}} \quad (15)$$

then,  $Z_o = Z_s$  at midband and the insertion loss between opposite ports will be infinite.

If, in addition, the values of the four terminating impedances satisfy the relation as follows,

$$2 Z_1 = Z_2 = Z_o, \quad (16)$$

at midband, magic-T is perfectly matched at all ports.

In this case, the wide-band characteristics cannot be obtained. Then, the electric parameters of magic-T (No.5)\* reported by E.M.T. Jones<sup>3)</sup> are used in this paper, which has a good characteristics. These electrical parameters are listed in Table 2.

Table 2. Values of the electrical parameters

$Z_{0e}/Z_1$	3.1780
$Z_{0o}/Z_1$	0.4885
$Z_2/Z_1$	1.0000
$Z_o/Z_1$ (at midband)	1.3462
$Z_s/Z_1$ (at midband)	1.1526
$\beta_t$ (when $Z_o = Z_s$ )	$90^\circ \pm 30.7^\circ$
$\theta$ (when $Z_o = Z_s$ )	$90^\circ \pm 22^\circ$

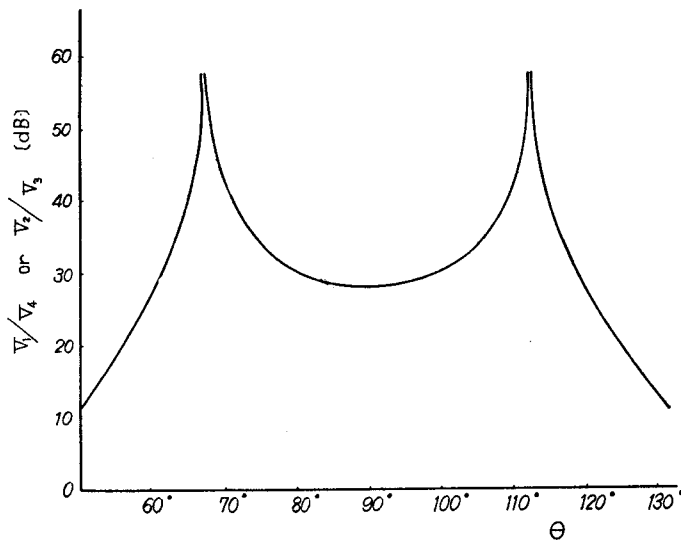


Fig.6 Theoretical calculation curve of the voltage attenuation ratio  $V_1/V_4$  (or  $V_2/V_3$ ) vs. electrical length  $\theta$

it is possible to raise the minimum voltage attenuation ratio at midband with bringing the attenuation poles close to each other by the adjustment of  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}$ .

The theoretical calculation curve of the voltage attenuation ratio  $V_1/V_4$  (or  $V_2/V_3$ ) is illustrated in Fig. 6.

As shown in Fig. 8 of section 2, the coupled length of the bandpass filter is shorter than the theoretical one due to the width of the strip conductor. The minimum voltage attenuation ratio at midband will fall down on account of this lack of the coupled length. But, as the frequency characteristics of  $V_1/V_4$  coincides with  $V_2/V_3$ ,

\* Magic-T (No. 5) was designed to have infinite value of  $V_1/V_4$  at  $\theta = 90^\circ \pm 22^\circ$  and approximately equal values at  $\theta = 60^\circ, 90^\circ$  and  $120^\circ$ . The terminating impedances are equal to the geometrical mean values of  $Z_1$  and  $Z_2$  which have been chosen to give a perfect matching at port 1 at  $\theta = 90^\circ \pm 22^\circ$ .

## 2. Design Procedure

The midband frequency of the designed strip line magic-T is 800 Mc and its bandwidth is  $\pm 250$  Mc.

### 2-1 Distance between two ground plates

If the distance between two ground plates is chosen as  $b=25$  mm,  $b$  is smaller than  $\lambda_g/4$ . Then, the transmission mode is considered to be TEM mode.

### 2-2 Dimension of the coupled strip line

In Fig. 7 are plotted the values which satisfy the relation

$$\frac{K(k')}{K(k_e)} = \frac{6.505K(k'_o)}{K(k_o)} \quad (17)$$

If one chooses  $w/b=0.08$  and  $s/b=0.02$ , then  $w=2.0$  mm and  $s=0.05$  mm.

### 2-3 Terminating Impedance

At the value of  $w/b=0.08$ , in Fig. 7,

$$\frac{K(k'_e)}{K(k_e)} = 3.52$$

Using the teflon ( $\epsilon_r=2.53$ ) as the medium around the strip conductor,

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{2.53}} \cdot 3.52 \Omega$$

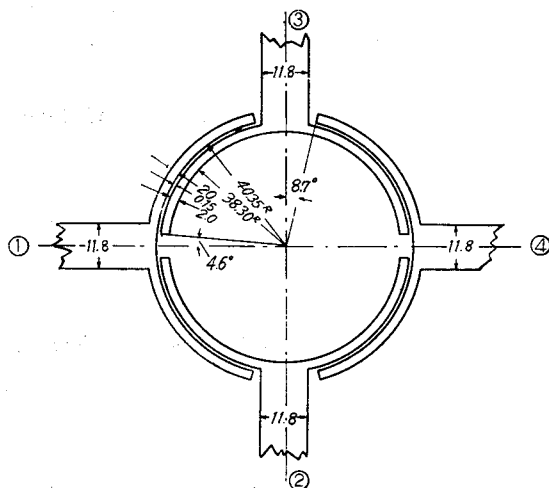


Fig. 8 Dimension of the strip-line magic-T.

and then,  $Z_1=Z_2=65.195 \Omega$ .

### 2-4 Width of the strip conductor

With the aid of the S.B. Cohn's nomogram,<sup>2)</sup>  $w/b=0.470$ , then  $w=11.8$  mm.

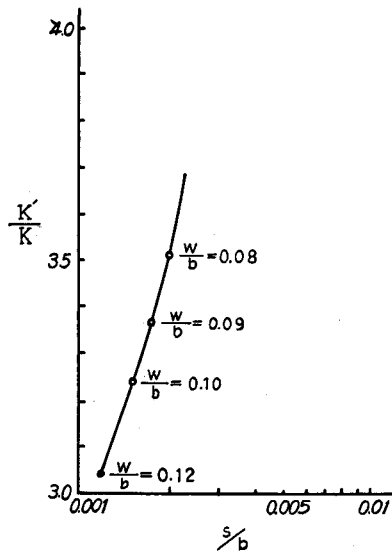


Fig. 7 Plotted curve of the values which satisfy the relation  $K(k'_e)/K(k_e) = 6.505 K(k'_o)/K(k_o)$

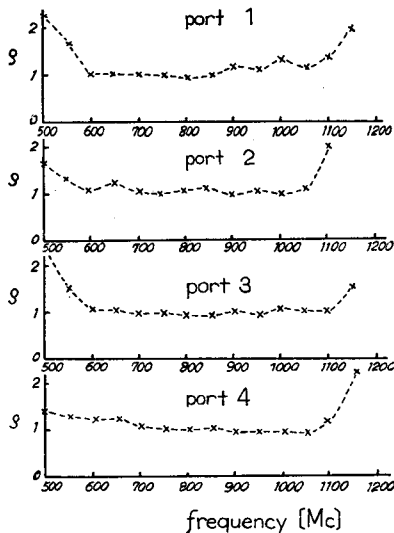


Fig. 9 Input vs  $vr \rho$

### 2-5 Length of the coupled strip line

As the midband frequency is 800 Mc, the length of the coupled strip line is

$$l = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{c}{2\pi f} \cdot \theta = \frac{1}{\sqrt{2.53}} \cdot \frac{3 \times 10^{11} \times \pi/2}{2\pi \times 800 \times 10^6} = 58.59 \text{ mm} \quad (18)$$

In Fig. 8 is illustrated the dimension of the magic-T using the teflon as the medium.

### 3. Experimental Results

The experimental results of the input *vsur* and the voltage ratio are illustrated, in Fig. 9

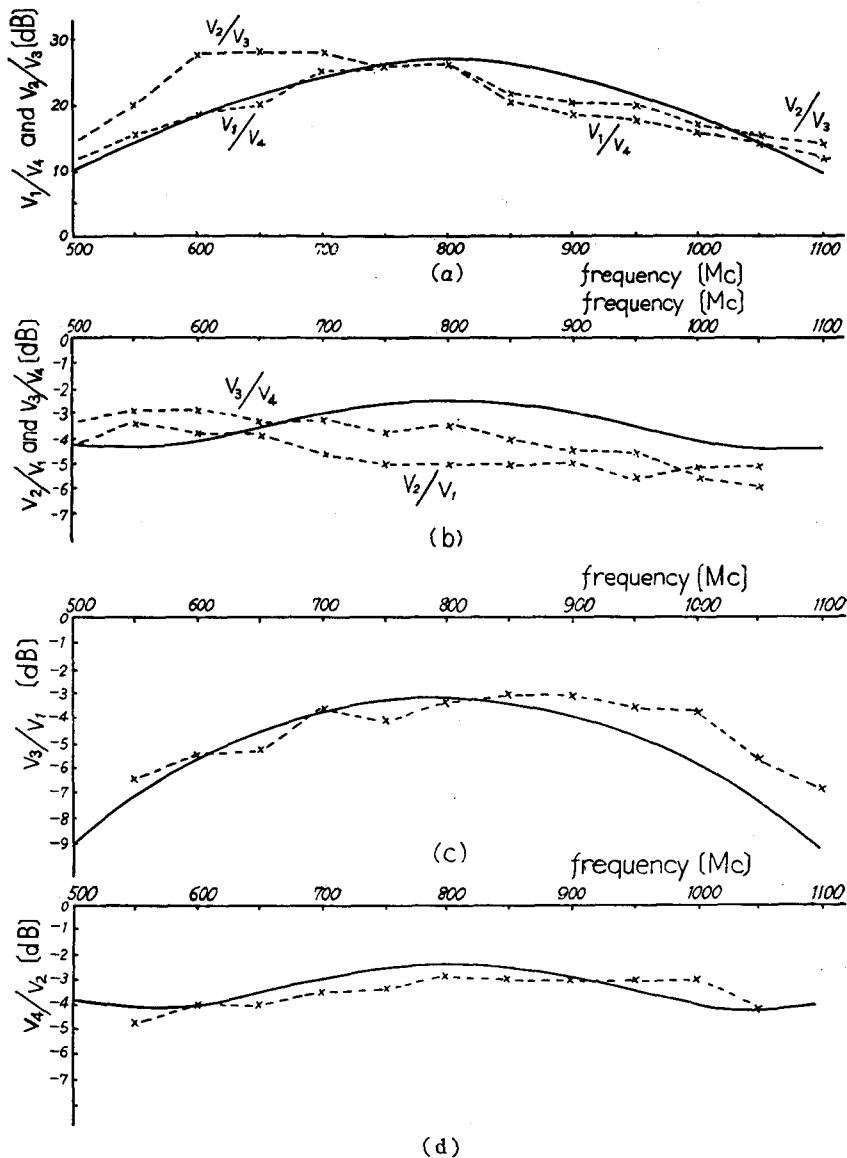


Fig.10 Experimental results of the voltage ratio: (a) shows the voltage attenuation. (b), (c) and (d) show the voltage transfer ratio (Solid lines are theoretical and crosses x are measured responses.)

and Fig. 10, respectively, where the gap of the coupled strip line is 0.15 mm and the measurement is done at 500~1150 Mc.

#### 4. Optimum design parameters

Terminating impedances of magic-T may be chosen arbitrarily. Each port of the magic-T is, however, connected to the transmission line which has some characteristic impedance. Thus, the impedance of every port may be chosen to the same value  $Z$  and the design will be made simple. Terminating impedance  $Z$  and the even mode characteristic impedance  $Z_{0e}$  are normalized by the odd mode impedance  $Z_{0o}$ :

$$z = \frac{Z}{Z_{0o}}, \quad p = \frac{Z_{0e}}{Z_{0o}} \quad (19)$$

Strip-line magic-T is designed by using  $z$  and  $p$  which are now independent parameters.

Now, inspection of Eq. (7) and Eq. (8) shows that two conditions are necessary to decide uniquely the parameters  $z$  and  $p$  given by Eq. (19). It is shown that both at center and two band edges of the given frequency band, 1) the input VSWR of one port being equal and 2) the voltage attenuation from one port to the opposite one being equal, determine uniquely the parameters  $z$  and  $p$ . The values of  $z$  and  $p$ , thus determined, can be called as the optimum values.

#### 5. Derivation of optimum design formula

In this section, each element of  $F$  matrix of the equivalent circuit shown in Fig. 5 is derived. The input impedance of every port, the voltage transfer ratio and the voltage attenuation ratio are also derived.

##### 5-1. Input impedance

The matrix element of the input impedance of port 1  $Z_{in(1)}$  is derived from Eq. (7), Eq. (9) and Table I :

$$\left. \begin{aligned} A_I &= a_1 + a_2 \xi + j a_3 \eta, & C_I &= c_1 + c_2 \xi + j c_3 \eta \\ B_I &= b_1 + b_2 \xi + j b_3 \eta, & D_I &= d_1 + d_2 \xi + j d_3 \eta \\ A_{II} &= a'_1 + a'_2 \xi + j a'_3 \eta, & C_{II} &= c'_1 + c'_2 \xi + j c'_3 \eta \\ B_{II} &= b'_1 + b'_2 \xi + j b'_3 \eta, & D_{II} &= d'_1 + d'_2 \xi + j d'_3 \eta \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{where,} & \quad \xi = \sin^2 \beta_t, & \eta &= \sin 2\beta_t \\ a_1 &= -1, & a_2 &= 1 + Z_s/Z_o, & a_3 &= -Z_s/2Z \\ b_1 &= 0, & b_2 &= Z_o Z_s/Z, & b_3 &= -(Z_o + Z_s)/2 \\ c_1 &= 1/Z, & c_2 &= 1/Z, & c_3 &= -(1/Z_o + 1/Z_s)/2 \\ d_1 &= -1, & d_2 &= 1 + Z_o/Z_s, & d_3 &= -Z_o/2Z \\ a'_1 &= 1, & a'_2 &= -2, & a'_3 &= Z_o/2Z \\ b'_1 &= 0, & b'_2 &= -Z_o^2/Z, & b'_3 &= Z_o \\ c'_1 &= 1/Z, & c'_2 &= -1/Z, & c'_3 &= 1/Z_o \\ d'_1 &= 1, & d'_2 &= -2, & d'_3 &= Z_o/2Z \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

The normalized impedance  $z_{in(1)}$  of Eq. (7) is given as follows:



$$z_{in(1)} = \frac{Z_{in(1)}}{Z} = \frac{C+jD}{A+jB} \quad (22)$$

$$\left. \begin{aligned} A &= -4 + \xi(10 + 3y/x + 3x/y + 6x^2 + 4xy) \\ &\quad - \xi^2(8 + 4y/x + 4x/y + 6x^2 + 5xy + x^3/y) \\ B &= \eta \{ -(9x/2 + 3y/2) + \xi(6x + 4y + 2x^2/y + x^2y/2 + x^3/2) \} \\ C &= \xi(4x^2 + 6xy) - \xi^2(4x^2 + 8xy + x^3y) \\ D &= \eta \{ -(3x/2 + y/2) + \xi(2x + 2y + 5x^2y/2 + x^3/2) \}. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{where, } x &= Z/Z = \sqrt{\delta}/2z \sin\theta \\ y &= Z_s/Z = 2p \sin\theta/z\sqrt{\delta} \\ \xi &= \delta/(p-1)^2 \\ \eta &= 2\sqrt{\delta}(p+1)\cos\theta/(p-1)^2 \\ \delta &= -4p + (p+1)^2\sin^2\theta \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Similarly, the normalized impedance  $z_{in(2)}$  of port 2 is given by

$$z_{in(2)} = \frac{Z_{in(2)}}{Z} = \frac{C'+jD'}{A'+jB'} \quad (25)$$

where,

$$\left. \begin{aligned} A' &= -4 + \xi(10 + 3y/x + 3x/y + 4x^2 + 6xy) \\ &\quad - \xi^2(8 + 4y/x + 4x/y + 4x^2 + 8xy) \\ B' &= \eta \{ -(9x/2 + 3y/2) + \xi(6x + 5y + x^2/y + x^2y) \} \\ C' &= \xi(6x^2 + 4xy) - \xi^2(6x^2 + 5xy + x^3y + x^3/y) \\ D' &= \eta \{ -(3x/2 + y/2) + \xi(2x + y + x^2/y + x^3 + 2x^2y) \} \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

In order to obtain the impedances  $z_{in(1)}$  and  $z_{in(2)}$  being unity at the center frequency, the next equation must be satisfied.

$$x = y = \sqrt{2} \quad (27)$$

## 5-2. Voltage attenuation ratio

The matrix components giving the voltage attenuation ratio are obtained by Eq. (8), Eq. (9) and Table I. The voltage attenuation ratio between port 1 and 4 and between port 2 and 3 can be written as follows:

$$\left| \frac{V_1}{V_4} \right| = \frac{\sqrt{(CF+DG)^2 + (CG-FG)^2}}{F^2+G^2} \quad (28)$$

$$\left| \frac{V_2}{V_3} \right| = \frac{\sqrt{(C'F+D'G)^2 + (C'G-FD')^2}}{F^2+G^2} \quad (29)$$

where,  $C$ ,  $D$ ,  $C'$  and  $D'$  are the values of Eq. (23) and Eq. (26) respectively.  $F$  and  $G$  are given by

$$\left. \begin{aligned} F &= \xi(xy - x^2) \\ G &= \eta(x - y)/2 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

## 5-3. Voltage transfer ratio

The matrix components giving the voltage transfer ratio are obtained by Eq. (8) and Table I:

(1)  $V_2/V_1$ ; (in the case of  $i=1, j=2$ )

$$\begin{aligned}
 A_I &= (A_I + B_I/Z) \cos \beta_t + j B_I \sin \beta_t / Z_o \\
 B_I &= j(A_I + B_I/Z) Z_o \sin \beta_t + B_I \cos \beta_t \\
 A_{II} &= \cos \beta_t \\
 B_{II} &= j Z_o \sin \beta_t
 \end{aligned}
 \tag{31}$$

where,  $A_I$  and  $B_I$  in the right terms are the same ones given in Eq. (9).

(2)  $V_3/V_1$ ; (in the case of  $i=1, j=3$ )

$$\begin{aligned}
 A_I &= -\cos \beta_t \\
 B_I &= -j Z_s \sin \beta_t \\
 A_{II} &= (A_{II} + B_{II}/Z) \cos \beta_t + j B_{II} \sin \beta_t / Z_o \\
 B_{II} &= j(A_{II} + B_{II}/Z) Z_o \sin \beta_t + B_{II} \cos \beta_t
 \end{aligned}
 \tag{32}$$

where,  $A_{II}$  and  $B_{II}$  in the right terms are the same ones given in Eq. (9).

(3)  $V_1/V_2$ ; (in the case of  $i=2, j=1$ )

$$\begin{aligned}
 A_I &= \cos \beta_t \\
 B_I &= j Z_o \sin \beta_t \\
 A_{II} &= -(A_{II} + B_{II}/Z) \cos \beta_t - j B_{II} \sin \beta_t / Z_s \\
 B_{II} &= -j(A_{II} + B_{II}/Z) Z_s \sin \beta_t - B_{II} \cos \beta_t
 \end{aligned}
 \tag{33}$$

where,  $A_{II}$  and  $B_{II}$  in the right terms are the same ones given in Eq.(9).

(4)  $V_4/V_2$ ; (in the case of  $i=2, j=4$ )

$$\begin{aligned}
 A_I &= (D_I + B_I/Z) \cos \beta_t + j B_I \sin \beta_t / Z_o \\
 B_I &= j(D_I + B_I/Z) Z_o \sin \beta_t + B_I \cos \beta_t \\
 A_{II} &= \cos \beta_t \\
 B_{II} &= j Z_o \sin \beta_t
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

where,  $B_I$  and  $D_I$  in the right terms are the same ones given in Eq. (9).

Formulation of the voltage transfer ratio using Eq.(31) ~Eq.(34) is derived. However, it is not given in explicitly here, only because it is not necessary to determine the optimum parameters.

## 6. Numerical calculation of the optimum value

The exact calculation of the input impedance ( $z_{in}$ ) and the voltage attenuation ratio ( $V_i/V_j$ ) derived in the previous section are rather complicated. In this section, the approximate method is taken to obtain the optimum values of the parameters  $z$  and  $p$ .

The independent variables  $z$  and  $p$  are cut and tried to satisfy the two prescribed conditions given in section 4. One example of the numerical results for the input impedance and the voltage attenuation ratio is plotted respectively, both in Smith-chart and the ordinary section paper as shown in Fig. 11 and Fig. 12. The input VSWR of port 1 and 2 obtained from the values of input impedance in the Smith-chart are plotted in Fig. 13.

From the numerical calculation, the nomogram about the optimum values of  $z$  and  $p$ , maximum value of input VSWR and the minimum value of the voltage attenuation ratio is drawn

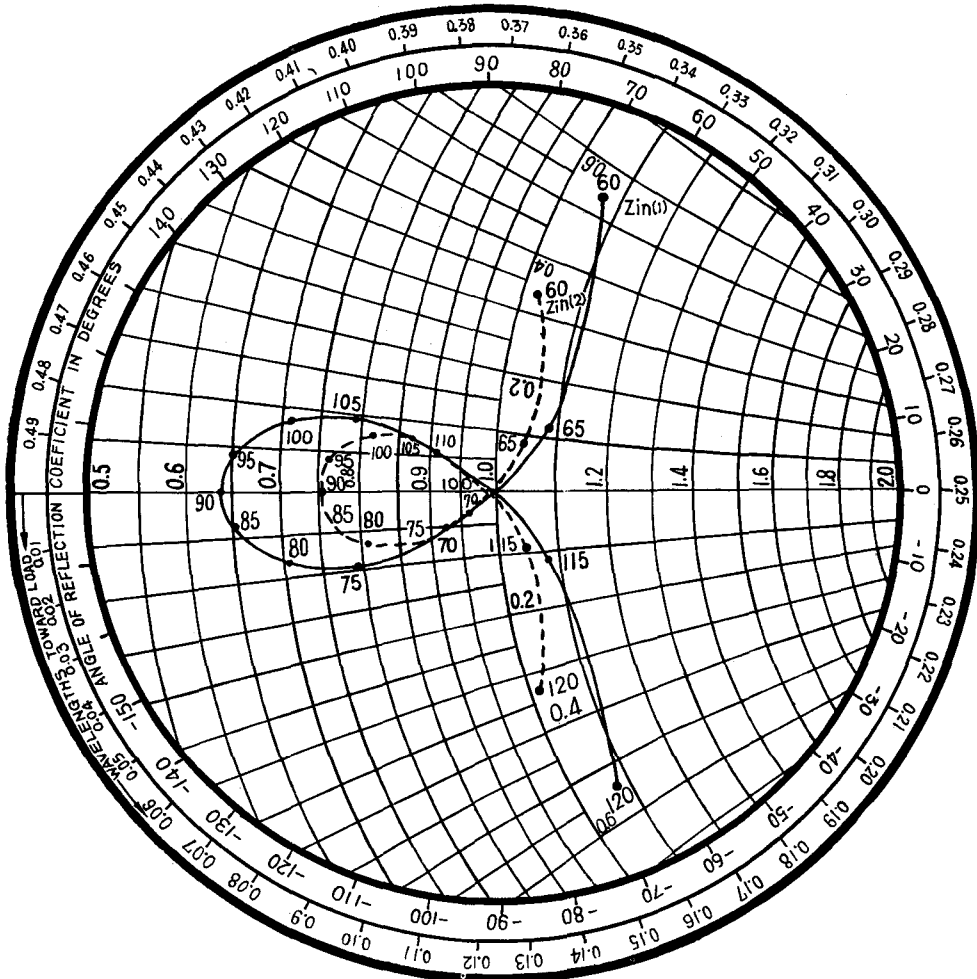


Fig11 Input impedance of magic-T.

(Electrical length  $\theta=60^\circ\sim 120^\circ$ , Bandwidth  $\Delta\theta=60^\circ$ )

in Fig. 14. This nomogram can decide the design parameters of the strip-line magic-T having the prescribed characteristics. For instance, the design parameters  $z$  and  $p$  can be decided by the prescribed bandwidth given by

$$\Delta\theta = 90^\circ \times (\Delta f/f_0) \quad (35)$$

where,  $\Delta\theta$ =the bandwidth by electrical length;

$\Delta f$ =the bandwidth by frequency;

$f_0$ =center frequency.

The values of the maximum VSWR and the minimum voltage attenuation ratio are uniquely fixed in this case.

The optimum values of  $z$  and  $p$  can be also decided when the maximum input VSWR is prescribed or when the minimum voltage attenuation ratio is prescribed. In this case, the

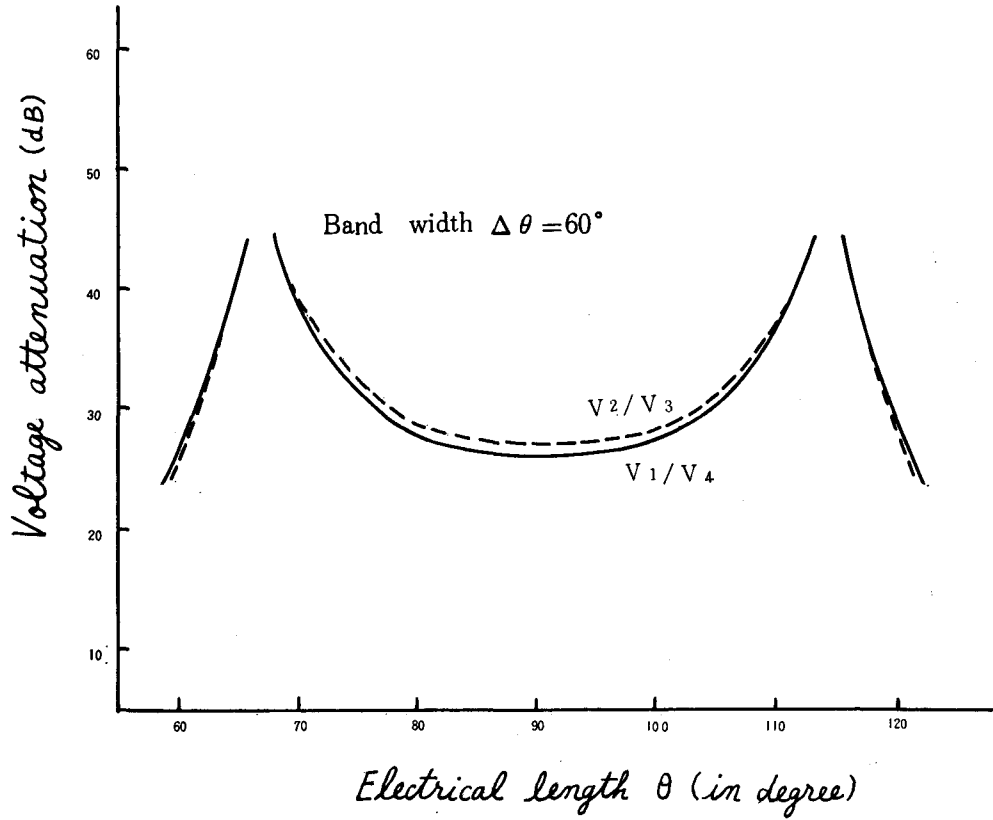


Fig.12 Frequency characteristics of voltage attenuation.

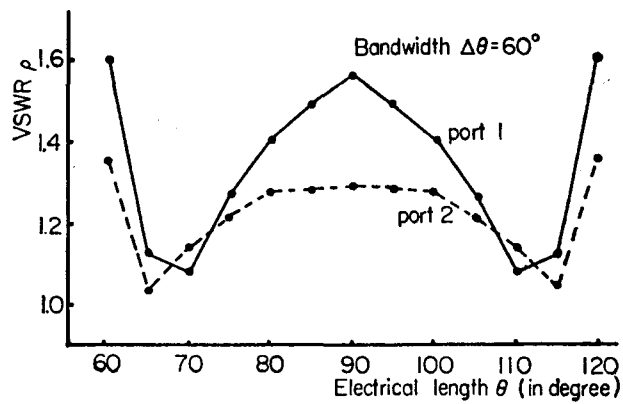


Fig.13 Frequency characteristics of input VSWR  $\rho$ .

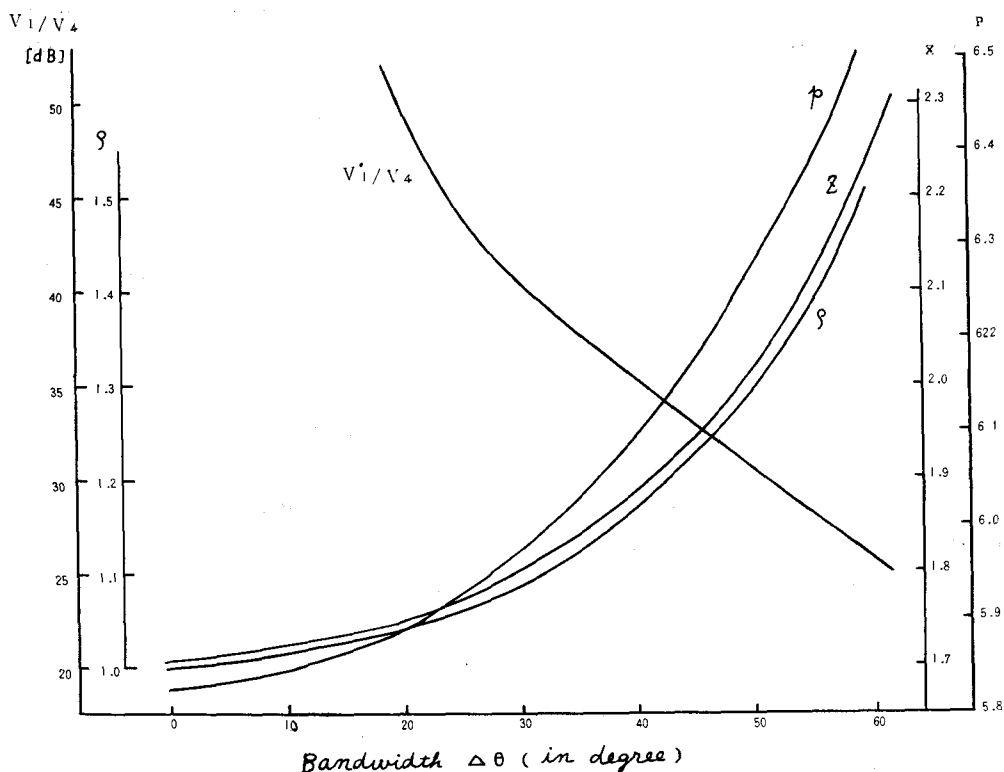


Fig.14. Nomogram between the optimum parameters and bandwidth.

bandwidth is uniquely determined.

### Conclusion

The compact magic-T using the parallel coupled strip line bandpass filters at L-band was easily realized. Magic-T of this type has the characteristics as follows.

- (1) The frequency characteristics of  $V_1/V_4$  coincides with that of  $V_2/V_3$ .
- (2) If the coupled gap is narrower than in this case ( $s=0.15$  mm), the voltage attenuation poles which are prescribed in section 1-2 will appear. Then, it is possible to maintain the wide-band characteristics with the adjustment of the minimum voltage attenuation ratio by bringing the attenuation poles close to each other.
- (3) Inspection of Fig. 4 shows that the phase relation of the powers of each port is constant regardless of frequency and is distinct as same as the waveguide magic-T, that is, port 1 is equivalent to the series arm and port 4 to the shunt arm of the waveguide magic-T.

Some discrepancy between the theoretical values and the measured ones may be due to, i) effects of the junction discontinuity, ii) shortness of the design length of the coupled line compared with the theoretical one, iii) accuracy of the fabrication of the coupled gap.

The optimum design formula for designing the strip-line magic-T was derived. The input impedance of each port was calculated numerically using this formula, and the graph of the input VSWR and the voltage attenuation ratio between ports was made by the Smith-chart

obtained by using the calculated results. A nomogram showing the relations among bandwidth, VSWR, voltage attenuation ratio and the optimum parameters ( $z$ ,  $p$ ) was made. The optimum design of the desired magic-T is possible using this nomogram.

The characteristics of this magic-T depend upon the image impedances  $Z_o$  and  $Z_s$ . On the other hand, the frequency characteristics of the impedances  $Z_o$  and  $Z_s$  is uniquely decided by the terminating condition of coupled strip-line. Thus, the strip-line having the steep cut off characteristics cannot be obtained. This kind of strip-line magic-T may be constructed using the three center conductors<sup>4)</sup> which make the bandpass filters having above mentioned characteristics.

#### Acknowledgment

The author wish to thank Professor K. Itakura, Osaka University for his discussions and valuable suggestions during the course of this work.

Acknowledgment is also due to Mr. S. Yamamoto, Osaka University, Mr. T. Tango, The Matsushita Electric Co., and Mr. M. Koyama, Osaka University, who constructed the experimental magic-T and carried out the calculation and the measurement with great skill.

#### References

- 1) E.M.T.Jones and J.T.Bolljahn : I.R.E.**PGMTT-4**, No. 2 (1956)
- 2) S.B. Cohn : I.R.E.**PGMTT-3**, No. 5 (1955)
- 3) E.M.T.Jones : I.R.E.**PGMTT-8**, No. 2 (1960)
- 4) K. Itakura, T.Azakami and S.Yamamoto, International Conference on Microwaves, Circuit Theory and Information Theory, Part 1, M 1-9 (1964)

# Design and Test of a Class of Strip-Line Low Pass Filter

Takashi AZAKAMI

## Summary

In the design methods from Richard's view point, it is suggested that the various microwave networks may be designed by using parallel coupled transmission lines. This paper describes in details about the computations method, manufacturing and measurements of a shielded coupled thin strip line low pass filter.

## I INTRODUCTION

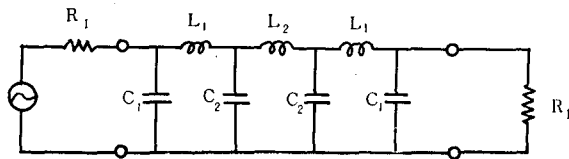
This paper describes design and test of a class of strip-line low pass filter with equal ripple insertion loss in the pass band. The filter configuration and its designing procedures are one of the reported in the paper<sup>(1)</sup>, the word of which will be used throughout the paper to indicate Reference 1. Since the theoretical details are omitted in order to prevent duplication in description, the reader may refer the former paper, if necessary.

The measured responses reveal that the agreement between measurements and computations be excellent even in the 5-th harmonic band of filter.

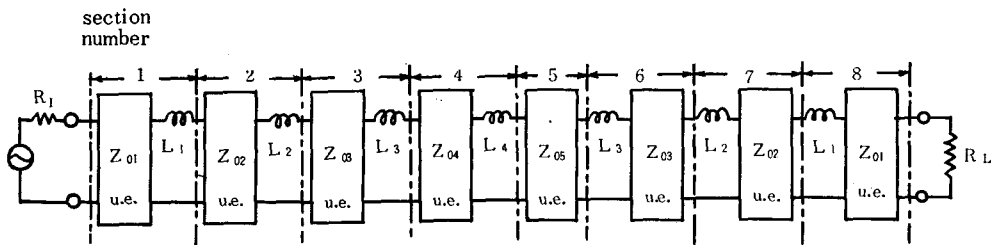
## II DESIGN SPECIFICATIONS

The prescribed specifications of filter to be designed are as follows:

- (1) A symmetrical low pass filter having equal ripple insertion loss characteristics in the pass band.



(a) Proto-type.



(b) A circuit representation equivalently transformed from proto-type.

Fig.1 A low pass ladder filter.

- (2) The standard frequency  $f_0=2.00$  Gc and the cutoff frequency  $f_c=1.98$  G c.
- (3) The allowable ripple tolerance in the pass band  $\alpha_p = 3$ dB.
- (4) Circuit degree  $N=7$ .
- (5) The terminating resistances in both ends=50 ohms.

### III DESIGN PROCEDURES

#### Step 1. Synthesis of a low pass proto-type

According to the design specifications, the explicit transfer function can be written as

$$T(S) T(-S) = \left| T(j\Omega) \right|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 \{ T_N(\Omega/\Omega_c) \}^2}$$

where  $S$  is a canonical frequency ( $=j \tan \pi f/2f_0 = j\Omega$ ),  $\Omega_c = \tan \pi f_c/2f_0 = 63.657$ ,  $T_N$  is the Tchebycheff polynomial of degree  $N$  ( $=7$  in case) and is defined by

$$\begin{aligned} T_N(x) &= \cos(N \cos^{-1}x) & |x| \leq 1, \\ &= \cosh(N \cosh^{-1}x) & 1 < |x|. \end{aligned}$$

The quantity  $\epsilon$  is easily determined by the prescribed specification (3).

Synthesizing the transfer function, a low pass proto-type can be obtained, as shown in Fig. 1 (a), having the cutoff frequency  $\Omega_c$  and the end resistances  $R_I = R_L = 50$  ohms. Their element values are tabulated in Table I.

Table I Element values of low pass proto-type shown in Fig.1(a).

$L_1$	0.58297	$C_1$	0.0014193
$L_2$	0.60121	$C_2$	0.0010659

In Fig. 1(a), the symbols of inductors or capacitors are conveniently used to represent respectively output short-circuited or open-circuited commensurable transmission line with various characteristic immittance value  $L$  ohms or  $C$  mhos.

It is difficult, of course, to get successful response in this configuration because of stray couplings. Therefore adequate transformation has to be made to give realizable circuit representations.

#### Step 2. Equivalent transformation of proto-type

In this case, insert a degenerate line type network composed of four tandem unit elements with the characteristic impedance value of 50 ohms in the both terminal pairs of proto-type. This operation that does not insert at one end but at both ends would save considerable (approximately by a half) computations and manipulations since proto-type is symmetrical.

Kuroda's identities A and D of Table III in the former paper may be used. By repetitious applications, a proto-type is eventually transformed into a circuit representation, as shown in Fig. 1(b). This equivalent circuit is a convenient vehicle for the synthesis of proto-type.

In the figure, each numbered section except no. 5 is combined with a series inductor and a

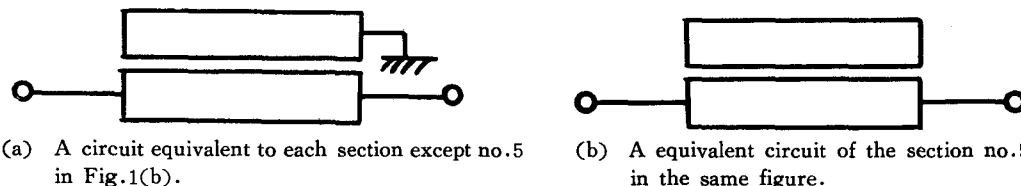


Fig.2 Coupled strip-line canonical sections.



tandem unit element, and can be equivalently replaced by a coupled strip-line canonical section of Fig. 2(a), due to the case 3) of Table I in the former paper. The section no. 5 is also equivalent to the canonical section of Fig. 2(b), according to the case 1) of the same table.

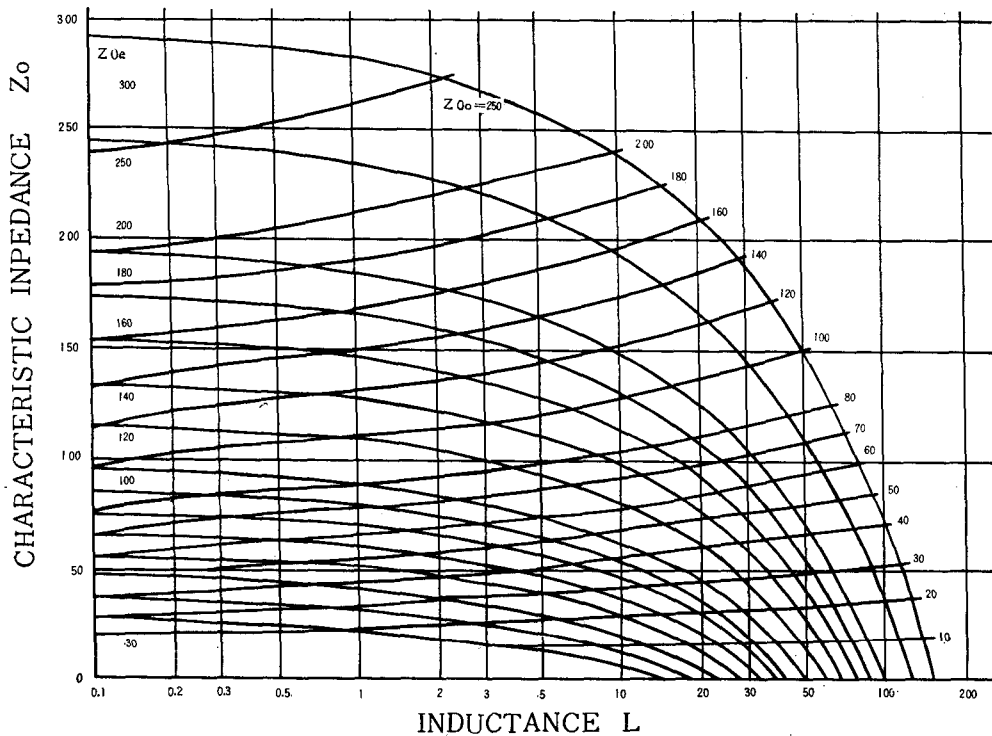


Fig. 3 A nomogram for the design of coupled strip-line shown in Fig. 2(a); the characteristic impedance values  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}$  are given by  $L$  and  $Z_0$

### Step 3. Design of coupled strip-line canonical sections

With the characteristic impedance values  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}$ , computed from  $Z_0$  and  $L$  of Fig. 1(b), or given by the nomogram of Fig. 3, the dimensions of a coupled strip-line are determined by S. B. Cohn's characteristic impedance formulas or nomograms<sup>(2)</sup>, providing thin strips. In the case of section no. 5, impedances  $Z_{0e}$  and  $Z_{0o}$  may be decided in suitable level such that their arithmetical mean is equal to  $Z_{05}$ .

Table II Numerical data resulted from Steps 1 and 2 in the design procedures.

section number	characteristic impedance [ $\Omega$ ]	series inductance [ $\Omega$ ]	$Z_{0e}$ [ $\Omega$ ]	$Z_{0o}$ [ $\Omega$ ]	w [mm]	S [mm]
1, 8	$Z_{01}$ 50.00000	$L_1$ 2.92543	65.36849	40.48237	6.22	0.300
2, 7	$Z_{02}$ 47.07444	$L_2$ 0.74039	53.76472	41.86493	7.25	0.750
3, 6	$Z_{03}$ 52.57274	$L_3$ 2.26744	65.99127	43.68909	5.75	0.225
4	$Z_{04}$ 45.00239	$L_4$ 0.60121	50.83976	40.36744	5.85	0.725
5	$Z_{05}$ 45.00239		50.00000	40.00478	8.00	0.725

Numerical data in each procedure described above are tabulated in Table II, where  $w$  is a width of strip-line,  $S$  a distributed coupling gap and  $b$  a distance between upper and lower earth plates.

**Step 4. Whole construction**

We then have the final configuration of coupled strip conductors of Fig. 4. In the figure, the length of all canonical section  $\ell$  is equal to 37.5 mm and the cross marks  $\times$  mean the place where adjusting screws are inserted.

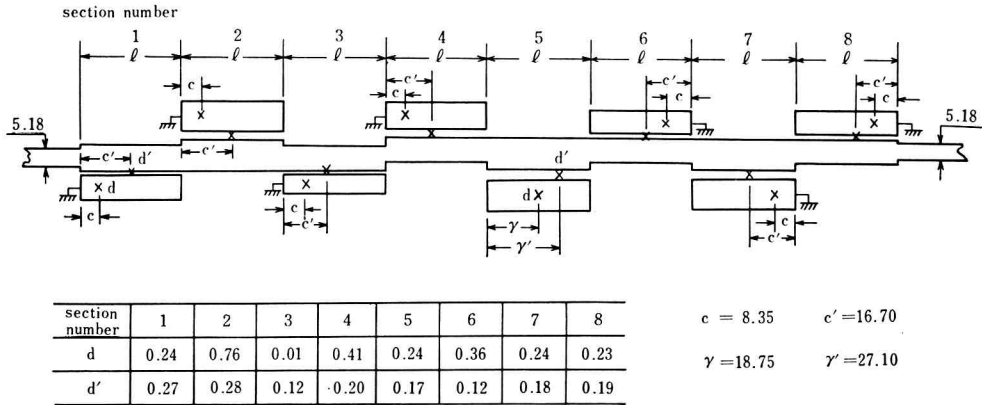


Fig.4 Final configuration of the coupled strip-line low pass filter: strip conductors are shown. The cross marks  $\times$  shows the location of adjusting screws, the insertion length of which is given by  $d$  or  $d'$ . Units of lengths are all in mm.

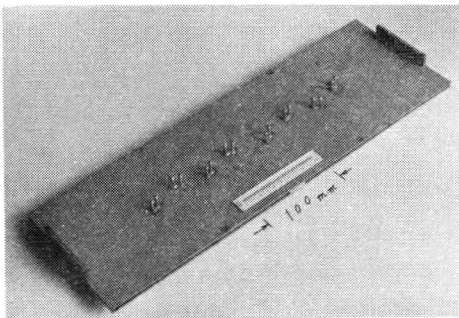


Photo.1 An outside view of the filter.

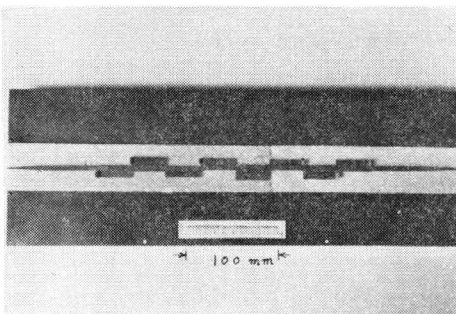


Photo.2 An inside view of the filter when an upper earth plate is removed.

Strip conductors are copper plates with 0.8 mm thickness, insulators are polyform plates of 2.1 mm thickness and its specific dielectric constant  $\epsilon_r$  has a value of 1.0. Whole construction is a sandwich-type laminated in the following order; a lower earth plate—a polyform plate—coupled strip conductors—a polyform plate—an upper earth plate.

The photograph 1 is an outside view of filter and 2 is an inside one when an upper earth plate is removed. Fig. 5 illustrates a mechanism to put a terminal of coupled line earth.

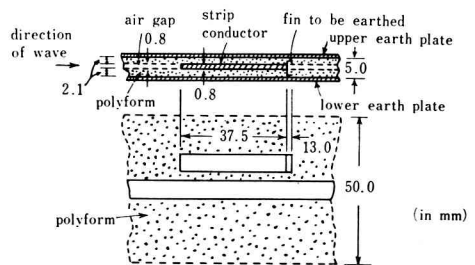


Fig.5 A mechanism to put a terminal of coupled line earth.

## IV MEASUREMENTS

In the pass band, it is successful to compute the insertion loss  $\alpha_i$  dB by using the wellknown relation

$$\alpha_i = 10 \log_{10} \frac{(1+r)^2}{4r} \quad dB,$$

where  $r$  is a measured voltage standing wave ratio (v.s.w.r.) at the input terminal pair of filter. While in the stop band, the method of replacement by a standard variable attenuator will give the more accurate responses.

Fig. 6 depicts the block diagram of test equipment to meet the requirements mentioned above.

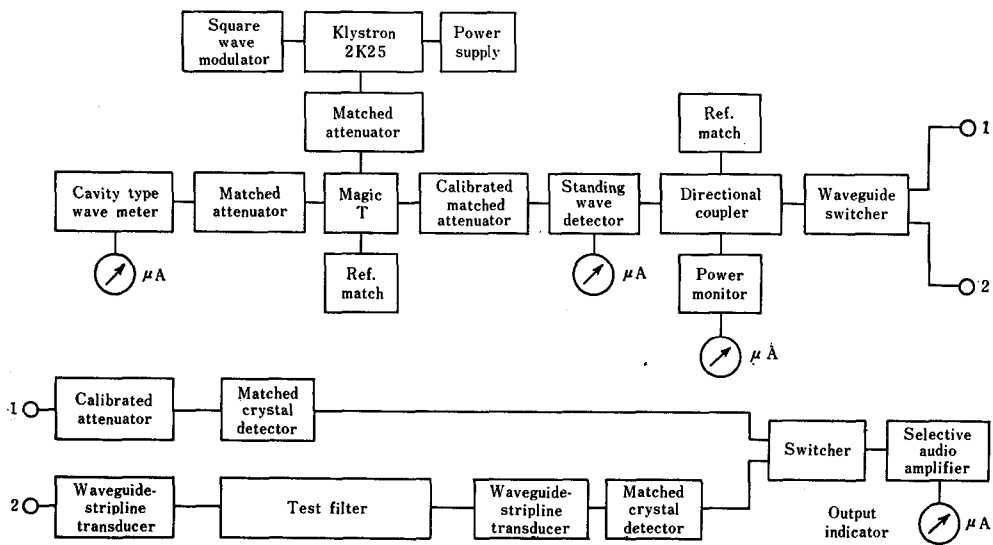


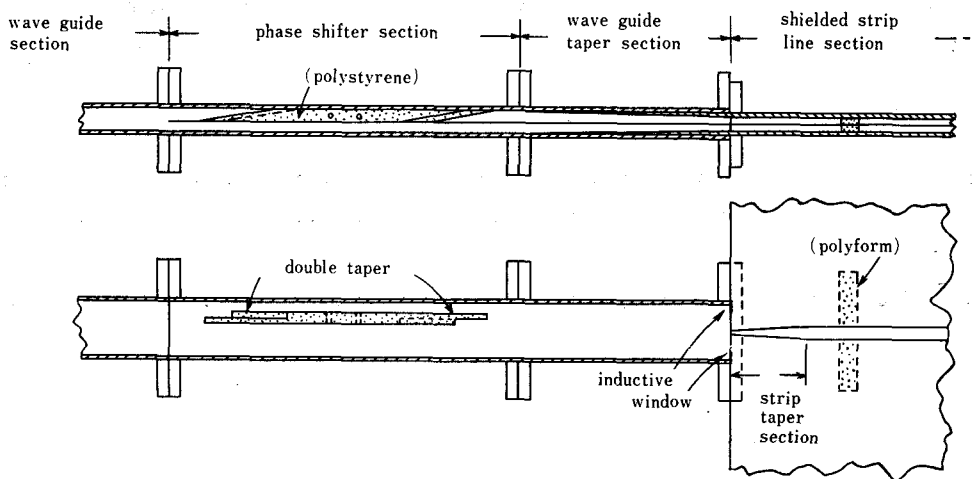
Fig. 6 The block diagram of test equipment.

In our case, tests have been done over the range from 8500 Mc to 10000 Mc, corresponding to the 5-th harmonic band of filter. The reason for this is to ascertain whether harmonic performance of commensurable transmission-line filters be available or not.

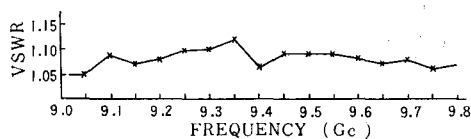
At the frequency of 9000 Mc, each waveguide component comprised in this equipment has the permissible value of v.s.w.r. as follows: Waveguide switch has 1.07 (level tolerance is 0.2 dB), standard variable attenuator 1.01, reflectionless waveguide termination (matching guide) 1.01, matched crystal mount 1.03. And these values are held with a sufficient accuracy over a wide frequency range.

As the transition circuit between waveguide and strip-line section, the construction adopted here<sup>(3)</sup> is composed of a phase shifter, a waveguide and strip-line taper-matched section, as illustrated in Fig. 7(a). It is seen from Fig. 7(b) that this transducer gives sufficiently flat v.s.w.r. characteristics over the broad band. Fig. 7(c) is a dimensional illustration of phase shifter.

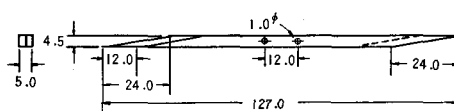
For the sake of adjustment of filter, the brass screws of 3.0 mm in diameter are symmetrically inserted from both upper and lower earth plates into strip conductors at the place of



(a) whole construction



(b) The v.s.w.r. characteristics versus real frequency.



(c) A dimensional illustration of phase shifter.

Fig.7 The transition circuit between waveguide and strip-line.

cross marks  $\times$  appointed in Fig. 4(a). At first, screws of coupled line and next, those of coupling gap have been adjusted from input to output so as to approximate the specified insertion loss versus real frequency, in practice to give 0.3 dB, 3.0 dB and maximum dB in the respective frequency of 9500 Mc, 9980 Mc and 10000 Mc.

Fig. 8 shows measured responses after repetition of at least three times of those operations.

## V DISCUSSION AND CONCLUSION

As can be seen from the measured results of Fig. 8, the responses are close to the theoretical in almost the pass band. But there is some deviations near the cutoff. These deviations may be mitigated by using print-wiring or taking the effect of thickness into account.

It is important to notice that the periodical frequency response, the marked feature of commensurable transmission-line circuits, may be available by adjusting sufficiently. It should be recognized, however, that the filters generated from a low pass proto-type by such transformation of networks do not always afford special advantageous design for a given problem. In this case, a choice of the cutoff frequency  $f_c$  slightly less than the standard frequency  $f_0$  leads to a satisfactory determination of characteristic impedance value. This is equivalent to saying that coupled stripline low pass filter related to such realization may be reasonable in

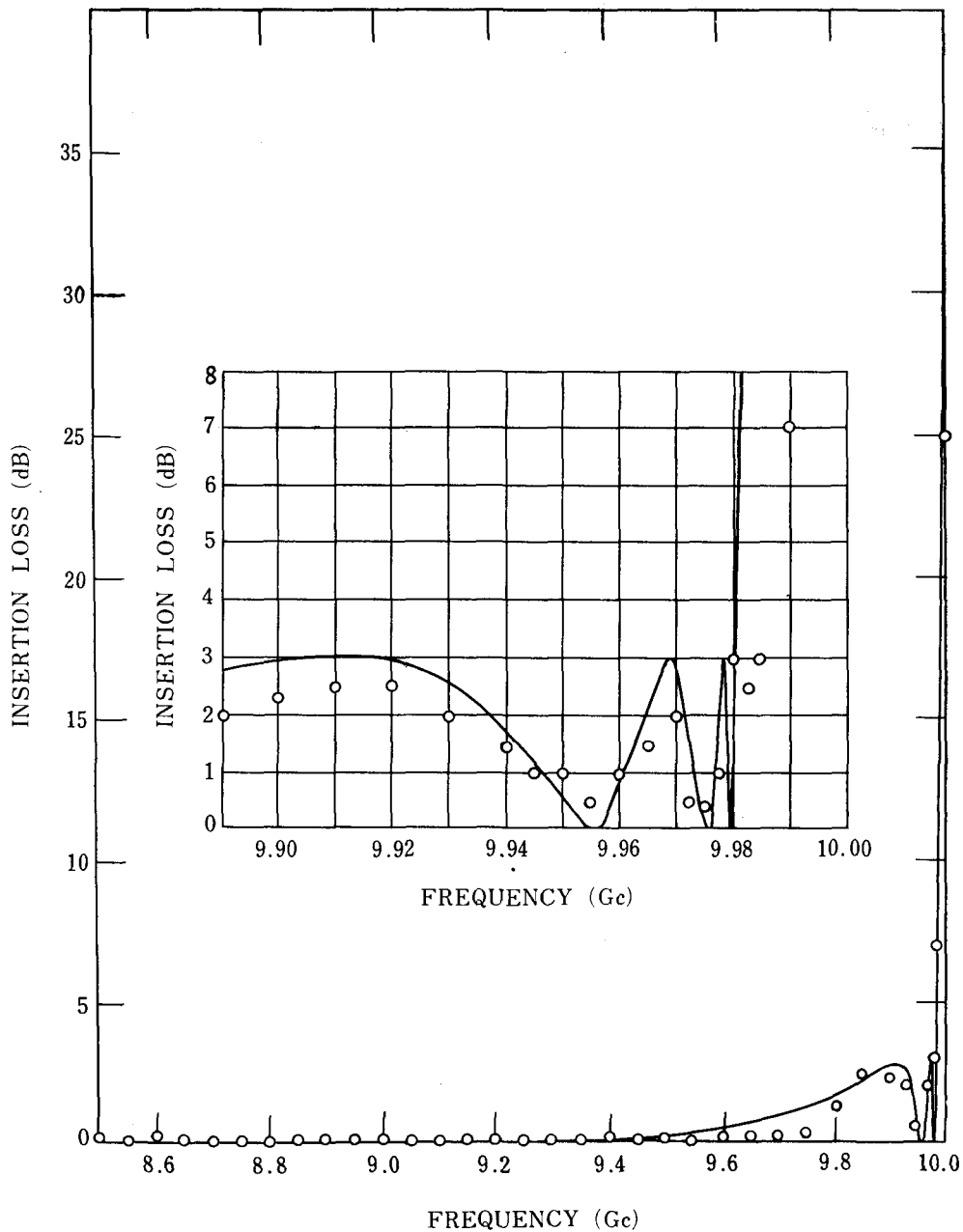


Fig.8 Insertion loss characteristics with details in the vicinity of cutoff frequency.  
Solid lines are theoretical and circles are measured responses.

realization of narrow band rejection characteristic (width of rejection band is 40 Mc in case).

## VI ACKNOWLEDGEMENT

The author appreciate the helpful comments of Prof. S. Kumagai, Prof. H. Ozaki, Prof. T. Makimoto, Osaka University, and Prof. J. Ishii, Kinki University, and also wish to thank Mr. M. Kokumai, The Iwasaki Telecommunication Co. for assisting the calculations and measurements.

**REFERENCES**

- (1) H. Ozaki and J. Ishii; Trans. IRE, **CT-5**, No. 2, (1958)
- (2) S.B. Cohn; Trans. IRE, **MTT-3**, (1955)
- (3) S. Kumagai and T. Azakami; text for lectures at Joint Meeting of Kansai Branch of the Institute of Electrical Communication, of Electrical, of Illuminating and of Television Engineers of Japan, (1959) (in Japanese)

# 線型二変数制御系のシンセシスに関する一考察

藤本 勲\*・福井 伊一

## A Study on the Synthesis of Coupled Linear Control Systems

Isao FUJIMOTO and Iichi FUKUI

In this paper, some discussions on the synthesis of linear multi-variable control systems, mainly two-variable systems, are presented. Controlled elements discussed are (ones) of typical forward or backward cross coupled type. Controllers are assumed to be proportional elements whose gains are to be selected appropriately. Examining the stability of the system and the merit of the performance of the system for some numerical examples, suitable gains are determined.

### 1. 緒 言

自動制御系においては一般に数多くの操作量と制御量が多少とも互いに干渉合っているのが普通である。この場合重要な制御量が、ただ一つにしてその相互干渉が緩かな場合は一変数制御系として取り扱われるが、これに反し二つ以上の制御量がいずれも重で相互干渉が強い場合は一変数制御系ではなく多変数制御系として取り扱わねばならぬ。

これらの多変数制御系は一般に数多くの閉ループをもち、なお制御量間に互いに干渉をもっているのである。したがってこの制御系の取り扱いに当っては、一変数の制御系の場合より一層広範囲に亘るいろいろな考慮が必要である。

本文は多変数制御において二種の基準形式の制御系を扱ひ、その総合伝達関数を求め、さらにこれらの制御系において  $n=2$  すなわち二変数制御系について相互干渉による系の安定度および定常偏差等について解析を行なった。

### 2. 基準多変数制御系の伝達関数

多変数制御系において干渉形式により Fig. 1, および Fig. 2 に示すような基準形式の系を扱ひてみた。図において  $X$ , は入力信号,  $Y$  は制御量,  $G_{ij}$ ,  $H_j$  はそれぞれ制御対象, 干渉要素, 帰還要素の伝達関数で  $K$  は比例要素とする。Fig. 1 のような相互干渉が制御対象の前後において前向きに互いに干渉し合うものを交差前進形, Fig. 2 のように後向きに互いに干渉し合う系を, 交差後退形と名付けておく。

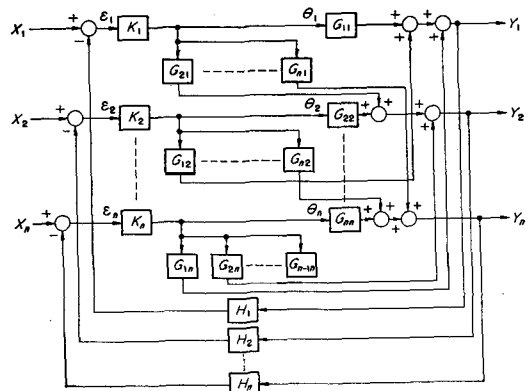


Fig. 1 Block diagram forward cross coupled multi variable control systems

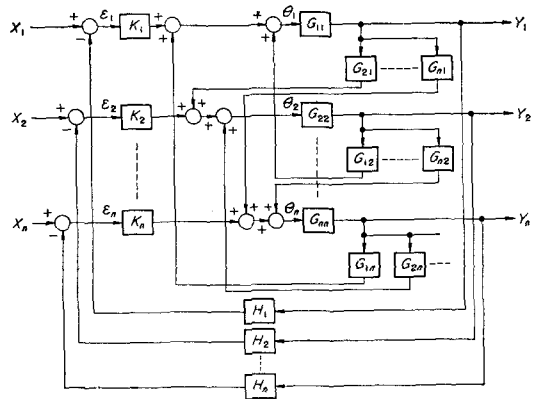


Fig. 2 Block diagram backward cross coupled multi variable control systems

\* 福井工業高等専門学校教授

(1) 交差前進干渉形

Fig. 1 において

$$\begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 - H_1 Y_1 \\ X_2 - H_2 Y_2 \\ \vdots \\ X_n - H_n Y_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$[K] \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$[K] = \begin{pmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & K_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & & & K_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = [G_{ih}] \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$[G_{ih}] = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1} & \dots & \dots & G_{nn} \end{pmatrix}$$

(3)式に(1), (2)式を代入すると

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} &= [G_{ih}] [K] \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix} \\ &= [G_{ih}] [K] \begin{pmatrix} X_1 - H_1 Y_1 \\ X_2 - H_2 Y_2 \\ \vdots \\ X_n - H_n Y_n \end{pmatrix} \\ &= \left\{ [U] + [G_{ih}] [K] [H] \right\}^{-1} [G_{ih}] [K] \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix} \quad (4) \end{aligned}$$

ただし [U] は単位行列とする。

(4)式において

$$[U] + [G_{ih}] [K] [H] = [B] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} [B]^{-1} &= \begin{pmatrix} 1 + G_{11}K_1H_1 & G_{12}K_2H_2 & \dots & G_{1n}K_nH_n \\ G_{21}K_1H_1 & 1 + G_{22}K_2H_2 & \dots & G_{2n}K_nH_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1}K_1H_1 & \dots & \dots & 1 + G_{nn}K_nH_n \end{pmatrix}^{-1} \\ &= \frac{1}{|B|} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix} \quad (6) \end{aligned}$$

次に総伝達関数を [D] とすると

$$[D] = [B]^{-1} [G_{ih}] [K]$$

$$d_{ih} = \frac{-1}{|B|} (-1)^{i+h} K_h \begin{vmatrix} 1 + G_{11}K_1H_1 \dots G_{i-1}K_{i-1}H_{i-1} & G_{i+1}K_{i+1}H_{i+1} \dots G_{1n}K_nH_n \\ \vdots & \vdots \\ G_{h-1,1}K_1H_1 \dots G_{h-i}K_{h-i}H_{h-i} & G_{h-i+1}K_{h-i+1}H_{h-i+1} \dots G_{h-1n} \\ G_{h+1,1}K_1H_1 \dots G_{h+i-1}K_{h+i-1}H_{h+i-1} & G_{h+i+1}K_{h+i+1}H_{h+i+1} \dots G_{h+1n} \\ G_{n1}K_1H_1 \dots & \dots & \dots & G_{nh} \dots 1 + G_{nn}K_nH_n \end{vmatrix} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} &= [B]^{-1} \begin{pmatrix} G_{11}K_1 & G_{12}K_2 & \dots & G_{1n}K_n \\ G_{21}K_1 & G_{22}K_2 & \dots & G_{2n}K_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1}K_1 & \dots & \dots & G_{nn}K_n \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{12} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1n} & \dots & \dots & d_{nn} \end{pmatrix} \quad (7) \end{aligned}$$

$$d_{jk} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{|B|} b_{ji} G_{ik} K_k$$

[D] の行列の各要素を n 次の場合について求めてみる。(5)式を変形すると

$$[G_{ih}][K] = ([B] - [U])[H]^{-1} \quad (8)$$

したがって

$$\begin{aligned} [D] &= [B]^{-1} [G_{ih}][K] = [B]^{-1} ([B] - [U])[H]^{-1} \\ &= [H]^{-1} - [B]^{-1} [H]^{-1} \quad (9) \end{aligned}$$

または

$$[D] = \frac{1}{|B|} \left\{ |B| [U] - [b_{ij}] \right\} [H]^{-1} \quad (10)$$

$$d_{11} = \frac{1}{|B|} \begin{vmatrix} G_{11}K_1 & G_{12}K_2H_2 & \dots & G_{1n}K_nH_n \\ G_{21}K_1 & 1 + G_{22}K_2H_2 & \dots & G_{2n}K_nH_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1}K_1 & \dots & \dots & 1 + G_{nn}K_nH_n \end{vmatrix} \quad (11)$$

$d_{11}$  の分子は  $(|B| - b_{11}) / H_1$  となりこの行列式の第一列は  $(G_{11}K_1H_1, G_{21}K_1H_1, \dots)$  となり  $H_1$  を共通に持ち、これに  $1/H_1$  がかかるから結局  $|B|$  においてその因子の  $1 + G_{11}K_1H_1$  のかわりに  $G_{11}K_1H_1$  とし第一列を  $H_1$  で割ったものによればよい。

したがって

$$d_{ii} = \frac{K_i}{|B|} \begin{vmatrix} 1 + G_{11}K_1H_1 & G_{12}K_2H_2 & \dots & G_{1n}K_nH_n \\ G_{21}K_1H_1 & 1 + G_{22}K_2H_2 & \dots & G_{2n}K_nH_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{i1}K_1H_1 & \dots & \dots & G_{in}K_nH_n \\ G_{n1}K_1H_1 & \dots & \dots & 1 + G_{nn}K_nH_n \end{vmatrix} \quad (12)$$

となる。

$d_{12}$  は (9) 式において  $[H]^{-1}$  の項は零であるから

$$d_{12} = -\frac{1}{|B|} |b_{12}| \frac{1}{H_2} \quad (13)$$

となる。したがって  $d_{ih}$  は



となる。

例  $n=2$

$$[B_2] = \begin{bmatrix} 1+G_{11}K_1H_1 & G_{12}K_2H_2 \\ G_{21}K_1H_1 & 1+G_{22}K_2H_2 \end{bmatrix}$$

$$|B_2| = 1+G_{11}K_1H_1+G_{22}K_2H_2 + \left| \begin{matrix} G_{11}G_{12} \\ G_{21}G_{22} \end{matrix} \right| K_1K_2H_1H_2$$

$$d_{11} = \frac{1}{|B_2|} K_1 \left\{ G_{11} + \left| \begin{matrix} G_{11}G_{12} \\ G_{21}G_{22} \end{matrix} \right| K_2H_2 \right\}$$

$$d_{22} = \frac{1}{|B_2|} K_2 \left\{ G_{22} + \left| \begin{matrix} G_{11}G_{12} \\ G_{21}G_{22} \end{matrix} \right| K_1H_1 \right\}$$

$$d_{12} = \frac{1}{|B_2|} G_{12}K_2$$

$$d_{21} = \frac{1}{|B_2|} G_{21}K_1$$

(2) 交差後進干渉形

Fig. 2 において

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 - H_1 Y_1 \\ X_2 - H_2 Y_2 \\ \vdots \\ X_n - H_n Y_n \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$[G_{it}] = \begin{pmatrix} G_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & G_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \vdots & \vdots & G_{nn} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = [G_{it}] \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$[G_{in}'] = \begin{pmatrix} 0 & -G_{12} & -G_{13} & \cdots & -G_{1n} \\ -G_{21} & 0 & \cdots & \cdots & -G_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ -G_{n1} & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{pmatrix} = [K] \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} - [G_{in}'] \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (17)$$

(17) 式に (15) 式および (16) 式を代入し

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \left[ [U] + [G_{it}][K][H] + [G_{it}][G_{in}'] \right]^{-1}$$

$$\times [G_{it}][K] \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix} \quad (18)$$

(18) 式において

$$\left[ [U] + [G_{it}][K][H] + [G_{it}][G_{in}'] \right]^{-1} = [B]^{-1} = \frac{1}{|B|} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & \cdots & b_{nn} \end{pmatrix} \quad (19)$$

とすると

総合伝達関数  $[D]$  は

$$[D] = [B]^{-1} [G_{it}] [K]$$

$$= \frac{1}{|B|} \begin{pmatrix} b_{11}G_{11}K_1 & b_{12}G_{22}K_2 & \cdots & b_{1n}G_{nn}K_n \\ b_{21}G_{11}K_1 & b_{22}G_{22}K_2 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}G_{11}K_1 & \cdots & \cdots & b_{nn}G_{nn}K_n \end{pmatrix} \quad (20)$$

となる。

$n=2$

$$|B_2| = \begin{vmatrix} 1+G_{11}K_1H_1 & -G_{11}G_{12} \\ -G_{22}G_{21} & 1+G_{22}K_2H_2 \end{vmatrix}$$

$$= 1+G_{11}K_1H_1+G_{22}K_2H_2 + \left| \begin{matrix} K_1H_1 & G_{12} \\ G_{12} & K_2H_2 \end{matrix} \right| G_{11}G_{22}$$

$$d_{12} = \frac{1}{|B_2|} (1+G_{22}K_2H_2) G_{11}K_1$$

$$d_{22} = \frac{1}{|B_2|} (1+G_{11}K_1H_1) G_{22}K_2$$

$$d_{12} = \frac{1}{|B_2|} G_{11}G_{12}G_{22}K_2$$

$$d_{21} = \frac{1}{|B_2|} G_{21}G_{22}G_{11}K_1$$

$n=2$  の場合は各伝達要素の係数はすべて正となる。

3. 二変数制御系の相互干渉

先に取り扱った多変数制御系において  $n=2$  とすると Fig. 3, Fig. 4 のようになる。この際、外乱を考慮し図のように出力側に入るものとし、 $u_1, u_2$  は外乱、 $N_1, N_2$  はその伝達関数とする。これら二形式の制御系について、外乱を考慮し特性方程式および応答式を求めると Table 1 のようになる。この表よりわかるように各系において制御量  $Y_1, Y_2$  の分母は共通でこの分母を  $\Delta$  で表わすと  $\Delta=0$  が系の特性方程式となる。

一変数制御系の最適ゲインは、その特性方程式の根が適当な減衰をもつように  $K$  を選ぶことにより系の適当な安定と制御変差を改善することができる。二変数制御

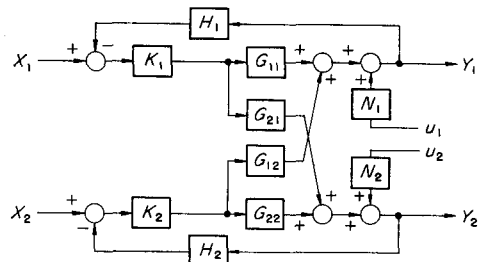


Fig. 3 Block diagram forward cross coupled system (type A)

Table 1 Transfer function of coupled control Systems

交差前進形	$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} K_1(G_{11} + G_{11}G_{22}K_2H_2 - G_{12}G_{21}K_2H_1), & G_{12}K_2 \\ G_{21}K_1, & K_2(G_{22} + G_{11}G_{22}K_1H_1 - G_{12}G_{21}K_1H_1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 + G_{22}K_2H_2, & -G_{12}K_2H_2 \\ -G_{21}K_1H_1, & 1 + G_{11}K_1H_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_1 u_1 \\ N_2 u_2 \end{pmatrix}$ $\Delta = 1 + G_{11}K_1H_1 + G_{22}K_2H_2 + K_1K_2H_1H_2(G_{11}G_{22} - G_{12}G_{21})$
交差後退形	$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} G_{11}K_1(1 + G_{22}K_2H_2), & G_{11}G_{22}G_{12}K_2 \\ G_{11}G_{22}G_{21}K_1, & G_{22}K_2(1 + G_{11}K_1H_1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 + G_{22}K_2H_2, & G_{11}G_{12} \\ G_{21}G_{22}, & 1 + G_{11}K_1H_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_1 u_1 \\ N_2 u_2 \end{pmatrix}$ $\Delta = 1 + G_{11}K_1H_1 + G_{22}K_2H_2 + G_{11}G_{22}K_1K_2H_1H_2 - G_{11}G_{22}G_{12}G_{21}$

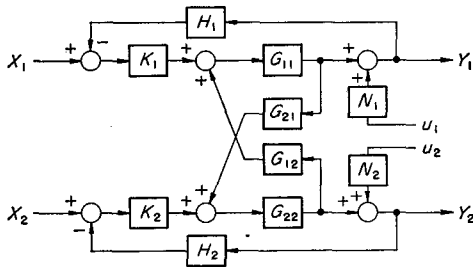


Fig. 4 Block diagram backward cross coupled control system (type B)

系において、一変数制御系の場合と同様に特性方程式より系の安定限界を求め得られるが、制御量  $Y_1, Y_2$  の分子中にそれぞれ  $K_1, K_2$  が含まれているから、例えば  $K$  が大きくなると安定性や速応性が良くても総合的な偏差の大きくなる場合も考えられる。したがってまず安定限界を与える  $K_1 - K_2$  の関係を求め、すなわち、 $K_1 - K_2$  平面で安定範囲を決定する。次に、この安定範囲内の  $K_1, K_2$  の中から定常偏差を最少にするような  $K_1, K_2$  を決定すればよい。

#### 4. $K_1 - K_2$ 曲線

二変数制御系の比例定数  $K_1 - K_2$  の相対関係を求める方法に色々あるが、一つの方法として特性方程式  $\Delta(s) = 0$  とおいて、まず  $s = j\omega$  を代入しその実数部および虚数部をそれぞれ零とした二つの方程式より  $\omega$  と  $K_1, K_2$  間の関係を求め、これより  $K_1 - K_2$  の相互関係が求められる。

$$\begin{aligned} \Delta(j\omega) &= R(\omega) + jI(\omega) \\ R(\omega) &= g_1(\omega)K_1 + g_2(\omega)K_2 + g_3(\omega)K_1K_2 \\ &\quad + g_4(\omega) = 0 \\ I(\omega) &= h_1(\omega)K_1 + h_2(\omega)K_2 + h_3(\omega)K_1K_2 \\ &\quad + h_4(\omega) = 0 \end{aligned}$$

上式において  $g, h$  等は  $K_1, K_2, K_1K_2$  に関係しない係数にして  $\omega$  の関数である。これより  $\omega$  をパラメー

タとして解くと  $K_1, K_2$  の関係が求まる。

$$\begin{aligned} K_1^2 + \frac{g_2(\omega)h_1(\omega) + g_3(\omega)g_4(\omega)}{g_3(\omega)h_1(\omega)} * \\ * \frac{-(g_1(\omega)h_2(\omega) + g_4(\omega)h_3(\omega))}{-g_1(\omega)h_3(\omega)} K_1 \\ + \frac{g_2(\omega)h_4(\omega) - g_4(\omega)h_2(\omega)}{g_3(\omega)h_1(\omega) - g_1(\omega)h_3(\omega)} = 0 \\ K_2^2 + \frac{g_1(\omega)h_2(\omega) + h_3(\omega)h_4(\omega)}{g_3(\omega)h_2(\omega)} * \\ * \frac{-(g_2(\omega)h_1(\omega) + g_4(\omega)h_3(\omega))}{-g_2(\omega)h_3(\omega)} K_2 \\ + \frac{g_1(\omega)h_4(\omega) - h_1(\omega)g_4(\omega)}{g_3(\omega)h_2(\omega) - g_2(\omega)h_3(\omega)} = 0 \end{aligned}$$

この交差前進および後退形の  $G$  の各要素はすべて一次おくれ、すなわち

$$\left. \begin{aligned} G_{11} &= \frac{k_1}{T_1s + 1}, & G_{22} &= \frac{k_2}{T_2s + 1}, & G_{12} &= \frac{k_3}{T_3s + 1} \\ G_{21} &= \frac{k_4}{T_4s + 1}, & H_1 &= H_2 = 1 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

と選ぶと、その特性方程式はこれを整理すると

$$A s^4 + B s^3 + C s^2 + D s + E = 0 \quad (22)$$

となる。ただし (22) 式の係数の  $AB \dots$  等は次に示すような値になる。

前進形

$$\begin{aligned} A &= T_1 T_2 T_3 T_4 \\ B &= \sum_{i=1}^4 \frac{T_1 T_2 T_3 T_4}{T_i} + T_2 T_3 T_4 k_1 K_1 \\ &\quad + T_1 T_3 T_4 k_2 K_2 \\ C &= \sum_{\substack{i=1 \\ (i \neq j)}}^4 T_i T_j + (T_2 T_3 + T_2 T_4 + T_3 T_4) k_1 K_1 \\ &\quad + (T_1 T_3 + T_1 T_4 + T_3 T_4) k_2 K_2 \\ &\quad + (T_3 T_4 k_1 k_2 - T_1 T_2 k_3 k_4) K_1 K_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \sum_{i=1}^4 T_i + (T_2 + T_4 + T_3)k_1K_1 \\
 &\quad + (T_1 + T_2 + T_4)k_2K_2 \\
 &\quad + \{(T_3 + T_4)k_1k_2 - (T_1 + T_2)k_3k_4\}K_1K_2 \\
 E &= 1 + k_1K_1 + k_2K_2 + (k_1k_2 - k_3k_4)K_1K_2
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

後退形

$$\begin{aligned}
 A &= T_1T_2T_3T_4 \\
 B &= \sum_{\substack{j=1 \\ k=1}}^4 T_iT_jT_k + T_2T_3T_4k_1K_1 + T_1T_3T_4k_2K_2 \\
 C &= \sum_{\substack{j=1 \\ i=1}}^4 T_iT_j + (T_2T_3 + T_2T_4 + T_3T_4)k_1K_1 \\
 &\quad + (T_1T_3 + T_1T_4 + T_3T_4)k_2K_2 + T_3T_4k_1k_2K_2 \\
 D &= \sum_{i=1}^4 T_i + (T_2 + T_3 + T_4)k_1K_1 \\
 &\quad + (T_1 + T_3 + T_4)k_2K_2 + (T_3 + T_4)k_1k_2K_1K_2 \\
 E &= 1 + k_1K_1 + k_2K_2 + k_1k_2K_1K_2 - k_1k_2k_3k_4
 \end{aligned}
 \tag{24}$$

上式において  $A, B, C, D, E$  は  $K_1, K_2$  の関数である。この式において  $s=j\omega$  として実数部虚数部をそれぞれ零とし

$$\left. \begin{aligned}
 A\omega_4 - C\omega_2 + E &= 0 \\
 -B\omega_3 + D\omega &= 0
 \end{aligned} \right\}
 \tag{25}$$

を得る。 $B \neq 0$  とし  $\omega_2 = D/B$  を上式に代入すると

$$AD_2 - BCD + B_2E = 0
 \tag{26}$$

(26) 式が  $K_1-K_2$  面における安定限界を与える。

交差前進および後退形の形式について Table 2 に示す適当な数値を与え、 $K_1-K_2$  関係、偏差についてアナログ計算機で実験を行なった。その結果を Fig. 5 ~ Fig. 8 に示す。Fig. 5, Fig. 7 は安定限界を示すもので、曲線は相互干渉による持続振動の起る  $K_1-K_2$  を表わし、斜線を付した側では振動が増大する。Fig. 5 は交差前進形 (A形) の  $K_1-K_2$  特性である。

A-1 形においては、(26) 式の関係は  $K_1, K_2$  およびその積の多項式にして  $K_1K_2$  が小さい範囲内では次数の低い項がよく効き、二次曲線のような形状をとる。 $K_1K_2$  が大きな値をとると次数の高い項のため複雑な形をとることになる。Fig. 5 の A-4 および A-5 は  $G_{11} = G_{22}, G_{12} = G_{21}$  の場合でこれは理論的に  $K_1 = K_2$  なる直線に関して対称であるが実験結果とはほぼ対称な曲線が得られた。なお A-5 は  $G_{11} G_{22}$  の次数の高いものでかなり複雑な形を示している。Fig. 6 A-2 形は A-1 形におい

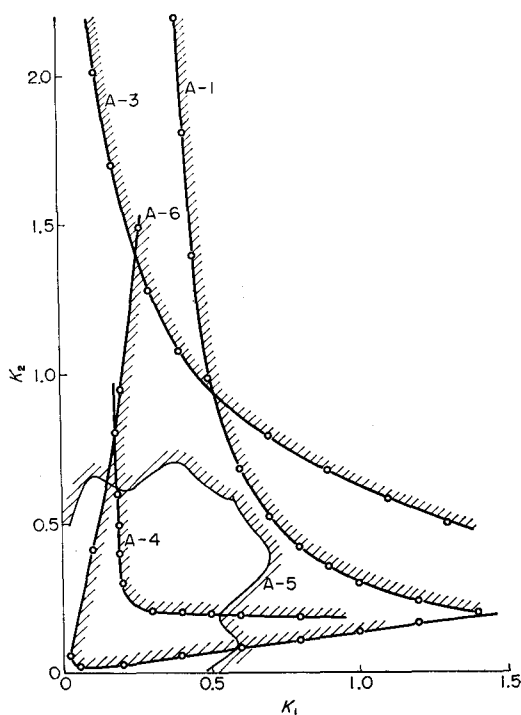


Fig. 5 Curve of stability limit (type A)

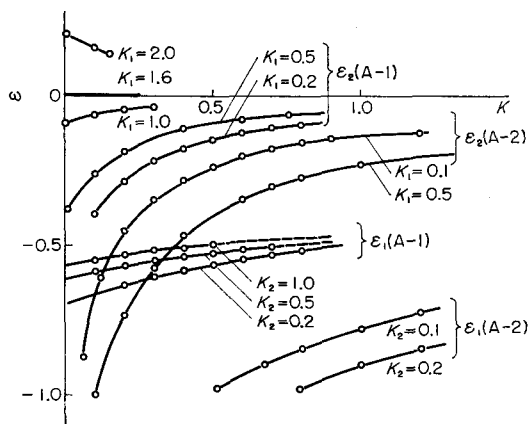


Fig. 6 Steady state error of type A-1, A-2

て  $G_{21}$  の符号をかえたものでこの場合偏差は増大する。交差後退形においては、 $G_{12} \cdot G_{21}$  が正にして外の要素はすべて正の時  $K_1-K_2$  の関係は小さい値の範囲内では不安定域のため得られなかった。 $G_{12} \cdot G_{21}$  が負の時は特性方程式の要素の係数はすべて正となり、 $K_1K_2$  の関係が得られ Fig. 7 B-1, B-2 に示すように二次曲線または直線に近い関係が得られた。ここで、 $G_{12} \cdot G_{21}$  が正 (あるいは負) というのは、 $G_{12}$  および  $G_{21}$  の分子の積

Table 2 Transfer function and steady state error for numerical examples

	A - 1	A - 2	A - 3
$G_{11}$	$\frac{1}{1.02s+1}$	$\frac{1}{1.02s+1}$	$\frac{50}{(1.2s+1)(0.3s+1)}$
$G_{21}$	$\frac{1.8}{0.108s+1}$	$\frac{1.8}{0.108s+1}$	$\frac{1}{0.06s+1}$
$G_{22}$	$\frac{8.5}{1.02s+1}$	$\frac{8.5}{1.02s+1}$	$\frac{50}{(1.2s+1)^2}$
$G_{12}$	$\frac{4.25}{0.24s+1}$	$\frac{4.25}{0.24s+1}$	$\frac{1}{0.06s+1}$
$H_1$	$u \cdot F \cdot B$	//	//
$H_2$	$u \cdot F \cdot B$	//	//
$Y_1$ の偏差 $e_1$	$\frac{-(1+4.25K_2)}{1+8.5K_2+K_1+0.85K_1K_2}$	$\frac{-(1+12.75K_2)}{1+K_1+K_2(8.5+0.85K_1)}$	$\frac{-(1+49K_2)}{1+50(K_1+K_2)+2499K_1K_2}$
$Y_2$ の偏差 $e_3$	$\frac{0.8K_1-1}{1+K_1+8.5K_2+0.85K_1K_2}$	$\frac{-(1+2.8K_1)}{1+K_1+K_2(8.5+0.85K_1)}$	$\frac{-(1-49K_1)}{1+50(K_1+K_2)+2499K_1K_2}$
	A - 4	A - 5	A - 6
$G_{11}$	$\frac{250}{(0.6s+1)(0.3s+1)}$	$\frac{5.73}{0.51s(0.24s+1)(0.3s+1)}$	$\frac{10}{1.02s(1.02s+1)}$
$G_{21}$	$\frac{2}{(0.06s+1)}$	$\frac{0.5}{0.03s+1}$	$G_{11}$
$G_{22}$	$G_{11}$	$G_{11}$	$\frac{11}{1.02s(0.84s+1)}$
$G_{12}$	$G_{21}$	$G_{21}$	$G_{22}$
$H_1$	$u \cdot F \cdot B$	//	//
$H_2$	$u \cdot F \cdot B$	//	//
$Y_1$ の偏差 $e_1$	$\frac{-(1+248K_2)}{1+250(K_1+K_2)+62496K_1K_2}$	0	0
$Y_2$ の偏差 $e_2$	$\frac{-(1+248K_2)}{1+250(K_1+K_2)+62496K_1K_2}$	0	0
	B - 1	B - 2	
$G_{11}$	$\frac{1}{1.02s+1}$	$\frac{5}{0.3s+1}$	
$G_{21}$	$\frac{1.8}{0.108s+1}$	$\frac{4}{0.12s+1}$	
$G_{22}$	$\frac{8.5}{1.02s+1}$	$\frac{5}{0.36s+1}$	
$G_{11}$	$\frac{-4.25}{0.204s+1}$	$\frac{-4}{0.24s+1}$	
$H_1$	$u \cdot F \cdot B$	//	
$H_2$	$u \cdot F \cdot B$	//	
$Y_1$ の偏差 $e_1$	$\frac{44.6K_2-74.5}{74.5+8.5K_2+K_1+8.5K_1K_2}$	$\frac{-(105K_2+401)}{5(K_1+K_2)+25K_1K_2+401}$	
$Y_2$ の偏差 $e_2$	$\frac{-(74.5-14.3K_1)}{74.5+8.5K_2+K_1+8.5K_1K_2}$	$\frac{95K_1-401}{5(K_1+K_2)+25K_1K_2+401}$	

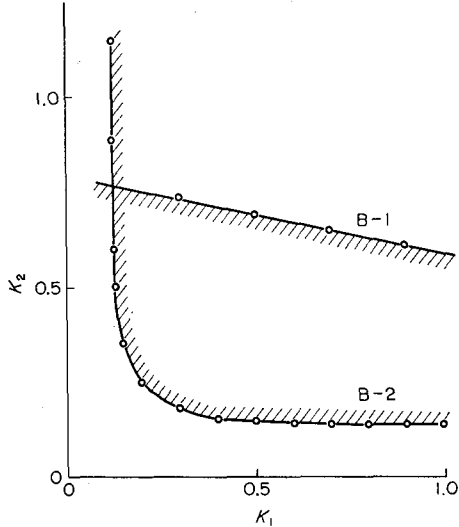


Fig. 7 Curve of stability limit (type B)

が正（あるいは負）という意味である。簡単のため、Table 3 でもこのような表わし方を採用している。

次に外乱に対する干渉要素の極性の正負による制御効果を応答式の定常偏差、過渡応答等を求めた。それらの結果をまとめてみると Table 3 のとおりである。この場合  $u_1 = u_2 = 1$  として実験を行なった。

ただし、○印良、×印悪、○△×の順に制御結果の良いことを示す。

### 5. 結 言

以上、二変数制御系の特定の伝達要素をもつ  $K_1-K_2$  曲線、偏差および外乱の影響につき述べたが、これをま

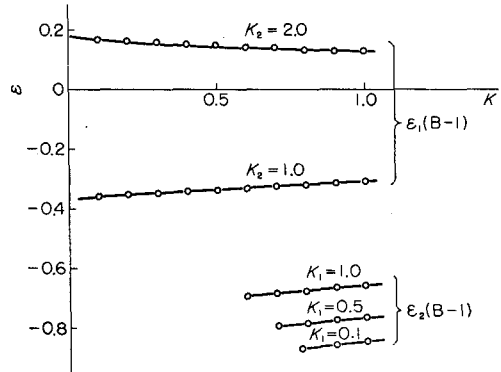


Fig. 8 Steady state error of type B

とめると次のようである。

#### (1) 交差前進形

$G_{12} \cdot G_{21}$  が負にして外の要素はすべて正の場合は特性方程式の各要素の係数がすべて正になり、 $G_{12} \cdot G_{21}$  が正の場合に比べより安定性をもつが、この場合定常偏差は例えば、Fig. 6 の偏差曲線が示すように  $G_{21}$  の負である A-2 の方が  $G_{21}$  の正である A-1 より大きいように増大することがある。また外乱に対しては外乱正負によりいずれがよいか判明しない。

#### (2) 交差後退形

$G_{12} \cdot G_{21}$  が正にして外の要素もすべて正の場合には、 $K_1 K_2$  の小さい範囲では安定状態が得られなかった。 $G_{12} \cdot G_{21}$  が負の時は特性方程式の各要素の係数がすべて正

Table 3 Merit of performance for numerical examples

		$G_{21} > 0$	$G_{21} > 0$	$G_{21} < 0$	$G_{21} < 0$	
		$G_{12} > 0$	$G_{12} < 0$	$G_{12} > 0$	$G_{12} < 0$	
交 差 前 進 形	$N_1 N_2 > 0$	$Y_1 / u$	○	×	○	×
		$Y_2 / u$	○	○	×	×
	$N_1 N_2 < 0$	$Y_1 / u$	×	○	×	○
		$Y_2 / u$	×	×	○	○
交 差 後 退 形	$N_1 N_2 > 0$	$Y_1 / u$	○	×	△	⊗
		$Y_2 / u$	○	△	×	⊗
	$N_1 N_2 < 0$	$Y_1 / u$	⊗	△	×	○
		$Y_2 / u$	⊗	×	△	○

となり安定限界が得られた。しかし外乱に対しては稍不利の状態である。したがってこの場合は外乱の影響を防ぐことに重点をおくべきである。

相互干渉のある多変数の制御系においては、その比例ゲイン、偏差、外乱等が互いに関連をもっており、これらの関係を一般的に一変数系のように基準を求めることは容易ではないが、いろいろな伝達要素について解析を進めればシンセシスの基準が得られるものと思われる。終りに本研究に御指導を賜った辻藤吉先生と研究に協力された重松寿一君に御礼を申し上げる。

#### 参 考 文 献

- 1) 寺尾：二変数制御系の最適ゲイン；自動制御，Vol. 3, No. 4, pp. 216~220 (1956)
- 2) 辻・藤本・福井：多変数制御について；電気学会連合大会 (1962.4)
- 3) 辻・藤本・福井：非線形要素を含む二変数制御系；自動制御協会学術講演会 (1962.5)
- 4) 辻・藤本・福井：非線形要素を含む二変数制御系；電気学会連合大会 (1963.4)
- 5) 藤本・福井：二変数制御系の相互干渉について；日本自動制御協会第55回研究例会 (1964.9)

# 超高压系統における開閉サージと避雷器の抑制効果

木戸正夫 稲垣嘉雄 福井伊一

Switching Surges and Arrester Discharge Duty on High-Voltage Transmission System.  
M. KIDO, Y. INAGAKI, & I. FUKUI,

## 1. 緒言

内雷は常規対地電圧波高値の4倍程度以下とみなしうるので、普通の高圧系統においては発変電所の各機器の絶縁強度から考えてあまり問題にならない。<sup>(1)</sup>しかし超高压系統においては各機器にそれに耐えるじゅうぶんな絶縁を施すことは不可能でないまでも困難であり、また経済的にも良策とはいえない。このような観点から、また近來の避雷器の性能向上（従来のように短時間の開閉サージだけでなく相当長時間の開閉サージや繰返しに対しても耐えうるものができている）の点から、内雷に対しても避雷器で抑制しようとの考えが現われてきている。<sup>(2)</sup>すなわち従来は絶縁協調は外雷だけに対して考慮すればよかったのであるが、超高压系統では内雷をも考慮に入れようというのである。

内雷のうちでもその発生ひん度や大きさからみて開閉サージがいちばん大きな問題になる。開閉サージについては古くからよく研究されているが、それは主として開閉サージによって避雷器が動作した場合の現象はあまり検討されていないようである。したがって絶縁協調の点からもし断器開閉時の避雷器の動作責務を明らかにする必要がある。

ここでは絶縁協調を考える場合の一応の基礎としてまず、無負荷充電電流を断したときに生じる開閉サージが避雷器によってどの程度低減できるかについて述べる。われわれの方法は断器開閉時に発生するサージについて Bewley 氏の Cancellation wavemethod<sup>(3)</sup>を用い、一方では避雷器の非線形的な電圧-電流特性についても考慮を払いつつ、<sup>(4)(5)</sup>異常電圧を算定しようとするものであって、得られた結果に対する理論的根拠はあくするにはきわめて好つごうである。むろん、無負荷のような最も簡単な場合だけでなく、一般に負荷に送電を行なっているような場合でも以下の方法を応用すれば、系統内に発生する異常電圧を知ることができるであろう。

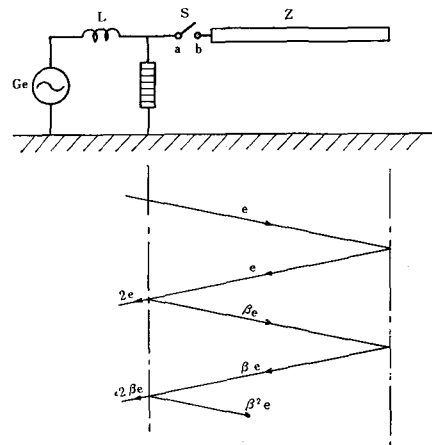
しかし計算一辺倒の方法では、たとえ回路定数の異なる

場合、または系統内の電圧初期値の違った場合などでは数値計算を最初からやり直さなければならない不便がある。この欠点を補い、おのおの個々の場合について比較的簡単にしかも直せつ的に結果を知るために、われわれはさらに異常電圧波形を直接シンクロスコープ上に描かせることにした。アナログ計算機を適当に使用し避雷器の模擬回路を作成して実験を行なったが、得られた結果は後述のように計算値ときわめてよく一致する。この装置によれば、線路のサージインピーダンス、電源定数、断器の再点弧時間などが種々異なった場合にも、数個の抵抗を変化させるだけでサージ波形を的確に観測することができる。

以下、まず最初に理論的な解析方法を紹介し、次にサージアナライザの試作の概要を述べることにする。

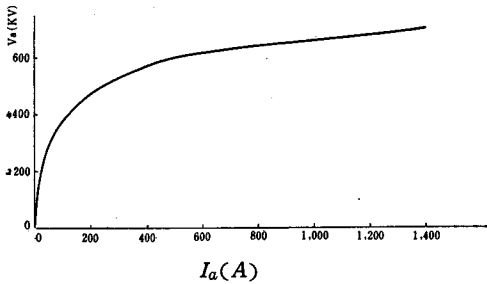
## 2. 断器を開放した場合の計算方法

断器Sを通して無負荷送電を行なっている第1図のような系統を採用する。Gは電源、Lは発電機および変圧器の総合等価インダクタンス、Zは送電線のサ-



第1図 送電端に避雷器が接続されている場合の開閉サージに対する格子図

Fig.1. Reflection lattice for switching surges, when the arrester is located at the sending end.



第2図 避雷器の電圧-電流特性

Fig. 2. A rester voltage-current characteristics.

インピーダンスである。しゃ断器と線路の間に接続されている避雷器は、従来理論と同じように、たとえば第2図のような特性をもったものと考え、<sup>(4)~(6)</sup> 数式的には

$$I_a = f(V_a) \dots\dots\dots (1)$$

で表わされるものとする。

いま無負荷電流が零になった瞬間にしゃ断器  $S$  を開く。このときしゃ断器の両端電位差がある大きさになると再点弧したとすれば、スイッチングサージが発生し、これが進行波となり線路上を往復反射し、 $L$  と線路の接続点における透過電位の重なりが避雷器を動作させるものと考えられる。

〈2・1〉 避雷器が動作するまでの解析 第1図のしゃ断器が開いているとき、その両端  $a, b$  にかかる電圧をそれぞれ  $E_a$  および  $E_b$  とすると、 $b$  点側からみた  $a, b$  間の電位差は明らかに  $E_b - E_a$  である。

しゃ断器の開路とはその両端  $a, b$  の電位が等しくなることから、 $b$  点に  $E_a - E_b$  という波を加えること等価である。このように反対符号の波を加えるという意味で  $E_a - E_b$  は Cancellation wave といわれる<sup>(3)</sup> のであるが、これを用いると線路に進行する波は

$$e = (e_a - e_b) \frac{\xi}{s + \xi}, \xi = \frac{Z}{L} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $s$ : 演算子、 $e_a, e_b$ : それぞれ  $a$  および  $b$  点の初期電位  $E_a$  および  $E_b$  の演算子関数

となる。

Bewley氏によれば<sup>(3)</sup> Cancellation wave を用いた場合にはサージは

$$\begin{aligned} \text{求める電圧} &= \text{定常電圧} + \text{Cancellation 電圧} \\ &+ \text{反射波電圧} \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

で与えられるから、定常電圧としては発電機電圧  $V_0$  と線路の初期充電電圧  $E_b$  を考えて演算子関数  $v_0 + e_b$  とればよく、また反射波電圧として第1図の格子図から

$$\alpha e^{-2Ts} + \alpha \beta e^{-4Ts} + \alpha \beta^2 e^{-6Ts} + \dots\dots\dots$$

を採用すればよい。ただし  $2T$  は波が線路を1往復するに要する時間を表わし、 $\alpha, \beta$  はそれぞれインダクタンスと線路の接合点における透過係数および反射係数を意味する。

$$\alpha = 2s / (s + \xi), \beta = (s - \xi) / (s + \xi) \dots\dots (4)$$

以上を総合して避雷器にかかる電圧  $v$  は

$$v = v_0 + e_b + e_0 + \alpha e e^{-2Ts} + \alpha \beta e e^{-4Ts} + \dots\dots\dots (5)$$

で与えられる。ただし、 $e_0$  は線路への侵入波による  $b$  点の電位で次式で表わされる。

$$e_0 = (e_a - e_b) \frac{\xi}{s + \xi} \dots\dots\dots (6)$$

次に電源電圧が  $E_{\max} \sin(\omega t + \theta)$  で表わされるものとする、再点弧を生じない間の  $a$  点の電位は

$$E_a = E_{\max} \sin(\omega t + \theta) \dots\dots\dots (7)$$

であるが、しゃ断器が再点弧して電流が流れるようになれば、定常供給電圧は

$$E_m' = E_{\max} Z' / \sqrt{Z'^2 + \omega^2 L^2}$$

ただし、 $Z'$ : 線路のインピーダンス

として

$$V_0 = E_m' \sin(\omega t + \theta - \varphi_0), \varphi_0 = \tan^{-1}(\omega L / Z')$$

となる。再点弧した瞬間を  $t=0$  に選べば  $a$  点の初期電位は

$$E_a = E_{\max} \sin \theta \dots\dots\dots (8)$$

明らかに  $\varphi_0$  は小さいので無視すると

$$V_0 = E_m' \sin(\omega t + \theta) \dots\dots\dots (9)$$

とみてよい。したがって(5)式を時間関数に直すとき次式のような結果が得られる。

$$\begin{aligned} V = & E_m' \sin(\omega t + \theta) + E_b + E_m''(1 - e^{-\xi t}) H(t) \\ & + 2E_m'' \xi t - 2T \epsilon^{-\xi(t-2T)} H(t-2T) \\ & + (t-4T)(1 - \xi t - 4T) \epsilon^{-\xi(t-2T)} H(t-4T) \\ & + \dots\dots \} \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

ただし、 $E_m'' = E_{\max} \sin \theta - E_b$

$$H(t-\delta) = \begin{cases} 0, & t < \delta \\ 1, & t \geq \delta \end{cases}$$

〈2・2〉 避雷器動作後の解析 避雷器に加わる電位  $V$  がその放電開始電圧を越えたとき避雷器は働き、電位  $V$  を原電圧として制限電圧が決定され、(1)式によって定まる電流が避雷器を流れる。さらに次の瞬間には続いてくる侵入波によって次の原電圧が決まり、この原電圧によって避雷器の動作状況が決定される。

次にこの原電圧、避雷器電流および制限電圧の定め方について述べる。



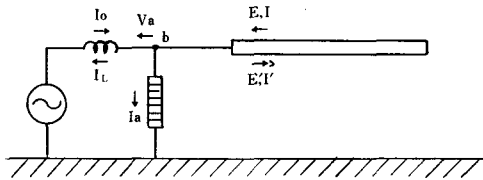
第3図のように線路上からの侵入波  $E$ ，線路上の反射波を  $E'$ ，発電機および避雷器への透過波を  $V_a$  とし，これらに随伴している電流をそれぞれ  $I, I', I_L$  および  $I_a$  とする。また定常電圧 ( $V_0 + E_0$ ) および Cancellation wave  $E_0$  により  $b$  点へ流入する電流を  $I_0$  とすると，明らかに次の演算式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} v_a &= v_0 + e_0 + e + e' + e_b, \quad e = Zi \\ i - i' &= i_a + i_L - i_0, \quad e' = Zi' \\ v_0 + e_0 + e_b &= sLi_0 \quad v_a = sLi_L \end{aligned} \right\} \dots\dots(11)$$

したがって

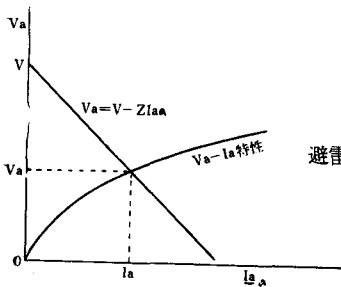
$$v_a = u - \frac{sZi_a}{s + \xi} \dots\dots(12)$$

$$e' = v_a - v_0 - e_0 - e - e_b \dots\dots(13)$$



第3図 変移点における進行波

Fig. 3. Wave components at a transition point.



第4図 避雷器回路の図式解法

Fig. 4. Graphical solution for arrester circuit.

$v_a$  および  $i_a$  の時間的変化を求めするには (1) 式と (12) 式から，第4図に示すような作図法を用いればよい。ここでは進行波の反射と透過に着目しているのて，波頭だけを考えればじゅうぶんである。したがって  $s$  がきわめて大きいとして

$$V_a = V - Zi_a \dots\dots(14)$$

とすれば，第4図の直線のこう配は一定となり，容易に  $V_a$  および  $I_a$  を求めることができる。ただし (1) 式は線形でないので時間に対する  $I_a$  および  $V_a$  の変化を知るにはステップバイステップ法にたよらざるを得ない。

(13) 式の  $e'$  は線路上を進行して開放端で反射され再

び  $b$  点にもどってくる。相乗の定理を用いてこの影響分を考慮すれば，避雷器の原電圧は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} V = & \{ E_m' \sin(\omega t + \theta) + E_b + E_m''(1 - e^{-\xi t}) H(t) \\ & + 2E_m'' \xi \{ (t - 2T) e^{-\xi(t-2T)} H_1(t - 2T) \\ & + (t - 4T) (1 - \xi \overline{t - 4T}) e^{-\xi(t-4T)} H_1(t - 4T) \\ & + \dots\dots + P(t - 2T) H(t - 2T) \dots\dots(15) \end{aligned}$$

ここに， $\tau$  は反射波  $E'$  の現われる時間を意味するものとするれば

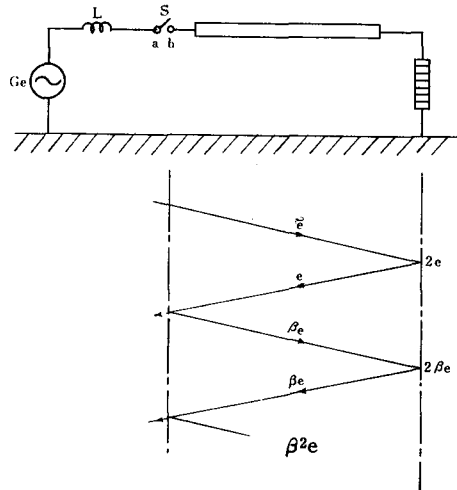
$$P(t) = 2 \int_{\tau}^t E(t - \nu) (\nu - \xi e^{-\xi \nu}) d\nu$$

$$H_1(t - \delta) = H(t - \delta) - H(t - \tau)$$

以上の数式から  $V, V_a, I_a$  および  $E'$  を次々に求めることができる。

避雷器が受電端に接続されている第5図のような系統において充電電流をしゃ断した場合にも，上述と全く同様な方法で解を導くことができる。

まず避雷器が動作するまでの時間内においては第5図の格子図から原電圧  $V$  は次式となる。

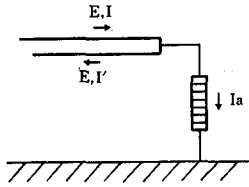


第5図 受電端に避雷器が接続されている場合の開閉サージに対する格子図

Fig. 5. Reflection lattice for switching surges, when the arrester is located at the receiving end.

$$\begin{aligned} V = & E_0 H(t) + E_m' \sin\{\omega(t - T) + \theta\} H(t - T) \\ & + 2E_m' \{ [1 - e^{-\xi(t-T)}] H(t - T) \\ & - [1 - (1 + 2\xi \overline{t - 3T}) e^{-\xi(t-3T)}] H(t - 3T) \\ & + \dots\dots \} \dots\dots(16) \end{aligned}$$

避雷器の動作後については，避雷器と線路の接続点の侵入波，反射波および透過波を第6図のようにとると，



第6図

変移点における進行波

Fig. 6. Waves at transition point.

$$\left. \begin{aligned} v_a &= e + e' + v_0 + e_b \\ i &= i' + i_a, \quad e = Zi, \quad e' = Zi' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

したがって

$$\left. \begin{aligned} v_a &= 2e + v_0 + e_b - Zi_a = v - Zi_a \\ e' &= v_a - e - v_0 - e_b \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

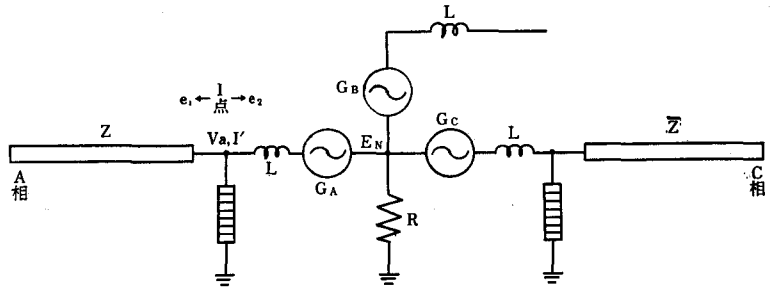
この場合も前記の場合と全く同様にして、 $V_a, I_a$ が計算されるが、避雷器の原電圧としては(18)式の $e'$ による反射分を加えて次式ようになる。

$$\begin{aligned} V &= E_b H(t) + E_m' \sin \omega(t-T) + \theta \} H(t-T) \\ &+ 2E_m' [ \{ 1 - e^{-(t-T)} \} H(t-T) \\ &- \{ 1 - (1 - 2\zeta \sqrt{t-3T}) e^{-\zeta(t-3T)} \} H_1(t-3T) \\ &+ \{ 1 - (1 + 2\zeta \sqrt{t-5T}) e^{-\zeta(t-5T)} \} H_1(t-5T) \\ &+ \dots\dots ] + 2E'(t-2T) H(t-2T) \\ &\dots\dots\dots(19) \end{aligned}$$

なお、近年超高圧系統では投入時のサージが問題となる場合が多いが、投入サージの過電圧についても本章の結果をそのまま流用することができる。すなわち上記の再点弧を生じた時間をしゃ断器投入時に選べば(3)式~(19)式はそのまま投入サージを表わす式となり、容易に異常電圧を求めうるであろう。

### 3. 三相回路の開閉サージ

三相回路の開閉サージについては他相線路の誘導の影響および他相へのサージ電圧の移行が問題となる。このうち他線路への誘導電圧は多導線系の理論により印加電圧と結合係数とが与えられれば容易に求められるので、<sup>(4)</sup>2章で導いた原電圧にこの誘導分を重ね合わせたものを新たに原電圧とし、これをもとにして制限電圧を決定すればよい。この方法は接地方式および線路の非対



第7図 三相回路の開閉サージに対する等価回路

Fig. 7. Equivalent circuit for switching surges on three-phase system.

称性のいかんを問わず適用できるもので、特に直接接地方式ならばこの誘導分だけを考えればじゅうぶんである。

しかし、直接接地以外の方式では中性点を通して他相に移行する異常電圧が現われるので当然これを考慮に入れなければならない。<sup>(2)</sup>この場合にも前記理論を応用して比較的簡単に解を求めうるので、本章では抵抗Rを通して中性点を接地した場合について計算方法を概説するに止める。

いま、三相が同時にしゃ断されるものとしても、電流の位相はほぼ120°ずつ異なっているために、1相と他相の消弧時間には5.5ms以上の相違があり、その相対関係によって種々の回路状態が起こりうるわけである。ここでは一例としてA相再点弧、B相開放、C相閉路、すなわち第7図に図示するような回路状態の場合を取り上げる。

図において $G_A, G_B, G_C$ はそれぞれ各相の相電圧、 $E_N$ は中性点電位を意味し、 $L$ は発電機と変圧器の総合等価インダクタンス、 $Z$ は線路のサージインピーダンスを表わしている。なおB相は開放であるためこれを無視している。

まずI点において前章の考えを採用してCancellation waveを加えると、生じる左右両方向の進行波 $e_1$ および $e_2$ は次式で与えられる。

$$e_1 = (e_a - e_b) \frac{Z_0}{Z_0 + Z}, \quad e_2 = (e_a - e_b) \frac{Z_0}{Z_0 + Z}$$

ただし、

$$Z_0 = sL + Z_0', \quad Z_0' = \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{Z + sL} \right)^{-1}$$

ゆえに格子図を用いてI点の電位 $V_{a, I}'$ を求めると次式のような結果が導かれる。

$$\begin{aligned}
 V_{a,r'} = & \left( E_m' \sin(\omega t + \theta) + E_0 + E_N \right. \\
 & + E_m'' \left\{ \frac{\eta + 2\xi}{2(\eta + \xi)} - \frac{\xi}{2} e^{-\xi t} \right. \\
 & \left. - \frac{\xi}{2(\eta + \xi)} e^{-(\eta + \xi)t} \right\} H(t) \\
 & + \left[ \frac{\eta}{\eta + \xi} + \left\{ \frac{\xi(\xi + 2\eta)}{\eta(\eta + \xi)} + (t - 2T) \right\} e^{-\xi(t - 2T)} \right. \\
 & \left. + \frac{\eta^2 - \xi}{\eta} e^{-(\eta + \xi)(t - T)} \right] H(t - 2T) + \dots
 \end{aligned}$$

ここに、 $\xi = Z/L$ ,  $\eta = 2R/L$

上式の値が避雷器の放電開始電圧以上になると避雷器は動作し、電位  $V_{a,r'}$  を原原電圧として制限電圧が決定され、避雷器に放電電流によって次の原電圧が決まるので、C相からの侵入波を  $e_f$  とすれば (12) 式および (13) 式において  $v_0$  を  $g_A + e_N + e_f$  で、また  $sL$  を  $sL + Z_0$  で置き換えれば前章の式をそのまま用いて避雷器の電位  $V_a$  電流  $I_a$  などを導くことができる。また、1相が再点弧し、他の2相がともに閉路の場合も同様にして求められる。

#### 4. 数値計算例と結果に対する考察

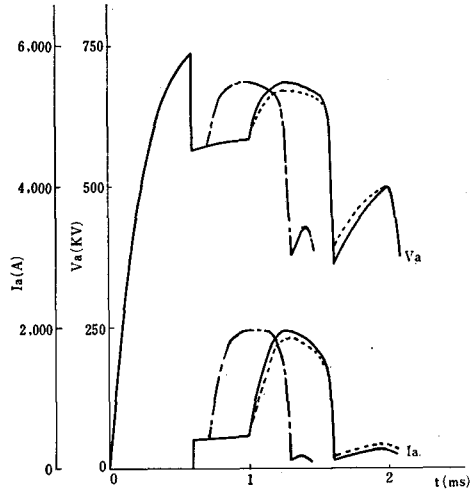
前章においてはもっぱら理論的な解析を行なったのであるが、応用例として次に若干の数値計算例を示すことにする。まず送電線についてはこう長を150km、サージインピーダンスを470Ωとし、電源側定数として目下、建設検討中の公称電圧400kV直接接地系統を考え、文献(6)を参照し裕度を1.3として定格電圧  $\frac{400}{\sqrt{3}} \times 1.3 = 300$  kV、対地電圧波高値  $300 \times \sqrt{2} = 424$  kV、周波数を60c/s、電源の等価インダクタンス  $L$  を0.122Hと仮定する。(6) また避雷器の電圧-電流特性は前掲第2図で与えられ、放電開始電圧は750kVと考える。

以上の想定のもとに避雷器が送電端に接続されている場合について、初期充電電圧  $E_0$  を-400kV、再点弧位相角  $\theta$  を90°として、避雷器の放電開始時間を計算すると0.59msとなる。これを用いてステップバイステップ法により避雷器の制限電圧、放電電流を算出すると、第8図の実線のような結果が得られた。なお、同図には送電線路のこう長と損失項による影響を調べるため、特に進行波が線路上を1往復したときの減衰率を0.9と仮定した(8)場合を点線で表わし、また線路こう長を105kmとした場合を鎖線で示している。

避雷器が受電端に設置されている場合にも、同様な想定のもとに避雷器の放電開始時間を求めると0.66msとなり、制限電圧および放電電流は第9図の曲線のように

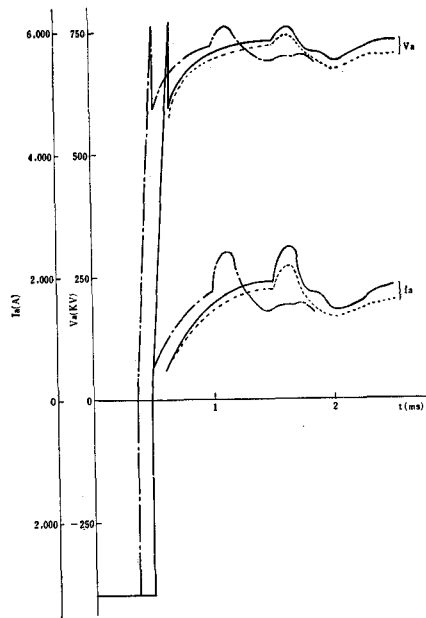
なった。この場合にも線路上における波の減衰率を考慮した場合を点線、無損失として取り扱った場合を実線、線路こう長を105kmとした場合を鎖線で示している。

また送電端に避雷器が接続されている三相回路について、線路こう長を800km、結合係数を0.17と想定した場合



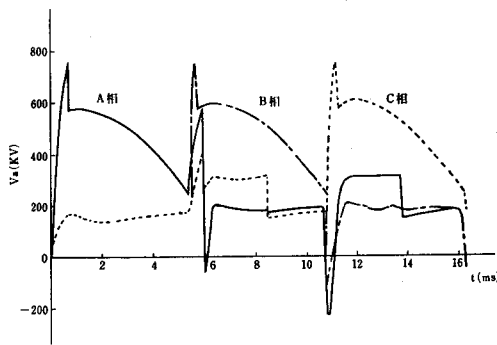
第8図 避雷器が送電端にある場合の制限電圧と放電電流

Fig. 8. Potentials and discharge currents of arrester, connected to the sending end.



第9図 避雷器が受電端にある場合の制限電圧と放電電流

Fig. 9. Potentials and discharge currents of arrester, connected to the receiving end.



第10図 三相回路における開閉サージ

Fig. 10. Switching surges in three-phase system.

合の計算結果を第10図に掲げた。

次に上記の数値例をもとにして、避雷器設置の送電系統における開閉サージの問題として、若干の点について考察し結論を導くことにする。

(1) 無損失150kmの線路については避雷器が送電端に接続されている場合、第8図から明らかなように線路電位は750kV以上には高騰しないので、系統が避雷器制限電圧まで耐えるように設計されていれば開閉サージについてはじゅうぶんといえる。1ms経過後に反射波が侵入し、避雷器に加わる原電圧は上昇し始めるが、透過電位は進行波の一部分であり、そのときの避雷器制限電圧がじゅうぶん下がっているので700kV程度にまで上昇するにすぎない。すなわち、避雷器は完全にサージを抑制しているといえることができる。

次に避雷器が開放端に設定されている場合にも原電圧の最大値は1,000kVをこえるが、避雷器は完全にサージを抑制していることがわかる。しかし避雷器が送電端に設定されている場合と受電端に設定されている場合とは全く趣を異にし、前者では2msぐらいたてば原電圧ひいては制限電圧も下降し始め、避雷器の統流がシャ断されるに対し、後者の場合には2msを経過しても原電圧、したがって制限電圧は容易に下がらず、ほぼ700kVの電位を持続する。

要するに開放端に避雷器のあるときには、シャ断器が完全に切れてサージが流入しなくなるまで統流シャ断は起こり得ないのではないと思われる、避雷器にとってこの場合のほうはるかに過酷であることが結論される。

(2) 本例は無負荷充電電流のシャ断であるから線路上の波の受ける減衰率を0.9と仮定したが、無損失の場合と比較してほとんど差異が認められない。

(3) 線路のこう長を105kmとした場合にも、時間の

ずれを度外視すれば傾向はこう長150kmの場合ときわめてよく酷似しており、この種の影響はあまり大きくないものと思われる。

したがって、実際には線路の減衰率とこう長の影響は無視してもならさしつかえないであろう。

(4) 最後に注意すべきことは開閉異常電圧に対する送電系統の絶縁耐力である。雷に対するがいし連の絶縁耐力は $1 \times 40 \mu s$ の標準波を用いて衝撃電圧に対する耐力を標準としており、同様に、開閉サージに対しても電圧波形を想定して絶縁耐力を求める必要がある。これに関してアメリカでは波頭長 800~2,000 $\mu s$ の比較的ゆるやかな印加波を用いている例がある。(9)

これについて筆者らの方法ではCancellation waveと往復反射とを考察しているため、開閉サージの立上りは避雷器が送電端にある場合で約600 $\mu s$ 、受電端にある場合では約160 $\mu s$ と上記のものよりいずれも急しゅんになっている。また、がいし連のサージに対する耐力は急しゅん波ほど低くなることを考えあわせると、標準衝撃波の160~600倍程度の波頭長をもった電圧を用いなければならないことがわかる。

すでに(1)において避雷器が送電端に設置されている場合は比較的早い時間に異常電圧が減少し、避雷器が受電端にある場合には比較的長い時間一定電圧を持続することを述べた。したがって閉路という観点にたつてこれをながめると、公知のようにフラッシュオーバーはきわめて高い電圧において起こるが、時間の経過に伴いその $v-t$ 特性は急速に下降するから、避雷器が受電端に接続されている場合にはがいしの絶縁耐力にじゅうぶん考慮を払う必要があるであろう。

(5) 線路間の誘導分を考慮に入れた結果、B相およびC相の原電圧が若干上昇し、そのために避雷器の放電開始時間が早くなるとともに消弧した後も他相線路の電圧による誘導分が線路上に残っている。しかし、この場合にも避雷器によるサージの抑制効果はじゅうぶん果たされていることがわかる。

## 5. サージアラナイザの試作<sup>(10)</sup>

2章の諸式から開閉サージを求めるには個々の関係をそれぞれ違った時間だけ遅らせて、しかもこれらを重ね合わせなければならぬ。したがって、たとえばシャ断器の再点弧時間や送電電圧などの異なる場合には、 $\theta$ 、 $(E_a - E_b)$ などが当然変わってくるので、実際には数値計算を最初からやり直さなければならぬ不便がある。この欠点を補い、結果を比較的簡単にしかも正確に、かつまた直接的に知るためにサージアラナイザを試作した。本機

はアナログ計算機、避雷器の等価模擬回路および各種の関数発生器からなり、避雷器の制限電圧波形を直視する装置である。しゃ断器の再点弧時間の違った場合にも、関数発生器の数個の抵抗を加減するだけで直ちに制限電圧波形をシンクロスコープ上に描かせることができる。

次にこの装置の概要について述べる。

〈5・1〉 送電端に避雷器が接続されている場合

この場合の回路接続図を第11図および第12図に示す。

図において  $E_s$  などとは

$$E_{s,1} = E_m' \sin(\omega t + \theta) H(t)$$

$$E_{s,2} = E_0 H(t), \quad E_{s,3} = E_m'' H(t)$$

$$E_{s,4} = 2E_m'' \{1 - e^{-\xi(t-1)}\} H_1(t-1)$$

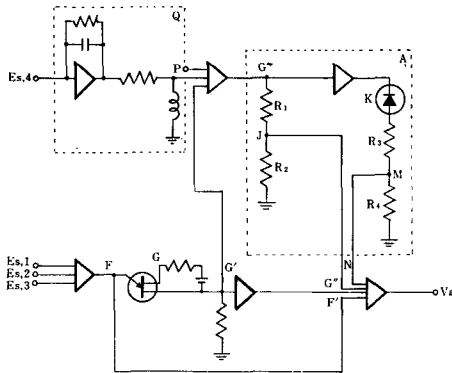
$$E_{s,5} = 2E_m' \sin \omega(t-1) + \theta \} H(t-1)$$

$$E_{s,6} = 2E_0 H(t-1)$$

$$E_{s,7} = 2E_m'' \{1 - e^{-\xi(t-1)}\} H(t-1)$$

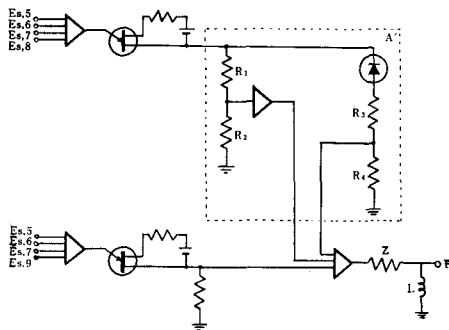
$$E_{s,8} = 4E_m'' \xi(t-2) e^{-\xi(t-2)} H(t-2)$$

$$E_{s,9} = 2E_m'' \{1 - e^{-\xi(t-2)}\} H(t-2)$$



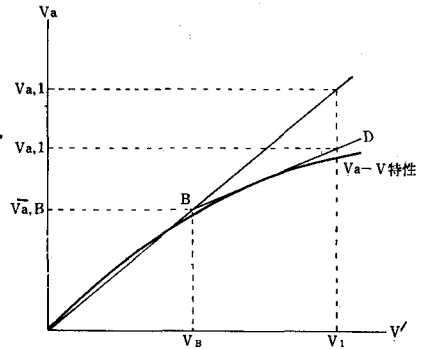
第11図 回路接続図

Fig. 11. Arrangement for tests.



第12図 Pに対する回路図

Fig. 12. Circuit for P.



第13図 避雷器の  $V_a - V$  特性

Fig. 13.  $V_a - V$  characteristics.

であり、これらはそれぞれ関数発生器によって発生させるものとする。

点線で囲んだ回路Aは避雷器の等価回路であるが、まず最初にこの回路の動作原理から説明する。第2図の電圧-電流特性に基づき、(14)式を用いて横軸を原電圧  $V$ 、縦軸を制限電圧  $V_a$  になるように描き直し、これを第13図のように2個の直線  $OB$  と  $BD$  で近似する。

いま避雷器の原電圧  $V$  が  $V_B$  より低い場合を考えると、第11図において

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{V_{a,B}}{V_B}$$

になるように  $R_1$  および  $R_2$  を適当に選んでおけば、第11図の  $J$  点の電位は避雷器の制限電圧を表わす。一方、原電圧  $V$  が  $V_B$  より高くなった場合には  $V_B$  に相当するツェナ電圧をもつ  $K$  なる定電圧ダイオードを通して原電圧を印加し、かつ

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{V_{a,1}' - V_{a,1}}{V_1 - V_B}$$

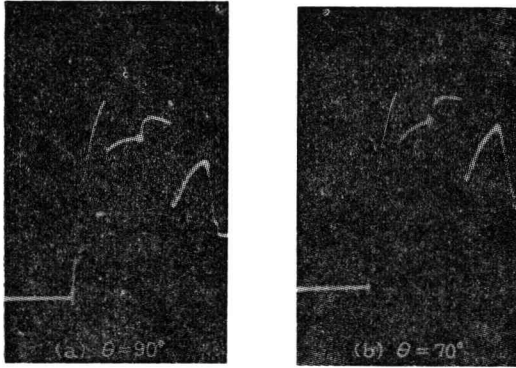
になるように  $R_3$  および  $R_4$  を定めておくと、 $M$  点の電位は明らかに  $V_{a,1}' - V_{a,1}$  である。しかも  $J$  点と  $M$  点の電位は極性が反対であるから、これを加算すれば

$$V_{a,1}' - (V_{a,1}' - V_{a,1}) = V_{a,1}$$

となり、原電圧が  $V_B$  より上昇したときの制限電圧が  $N$  点で得られる。

このようにして回路Aは  $G''$  点に原電圧が加わったとき、折線  $OB$  と  $BD$  で表わされる特性によって定まる制限電圧  $V_a$  を与えることになる。よって本例では  $R_1 = R_3 = R_4 = 10k\Omega$   $R_2 = 60k\Omega$  である。

さて  $F$  点の電位は避雷器に加わる電圧を表わしているので、これを  $G$  なるユニジャンクショントランジスタに通すと、 $G$  点ではエミッタピーク電圧  $V'$  に達した以後の波形が現われる。したがって  $V'$  を避雷器の放電開始電圧に選んでおけば、 $F'$  点と  $G''$  点の電位を加算したものは



第 14 図  
避雷器の制限電圧のオシ  
ログラム

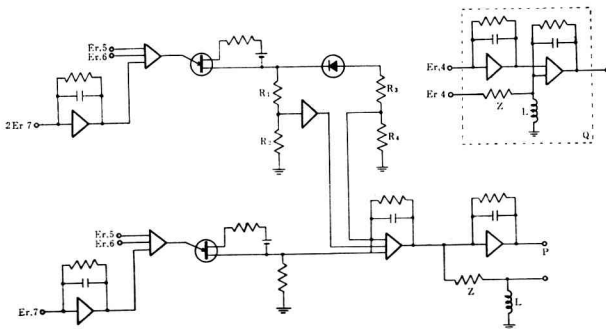
Fig. 14. Oscillograms  
taken with arrester.



避雷器が動作する以前の波形を示すことになる。

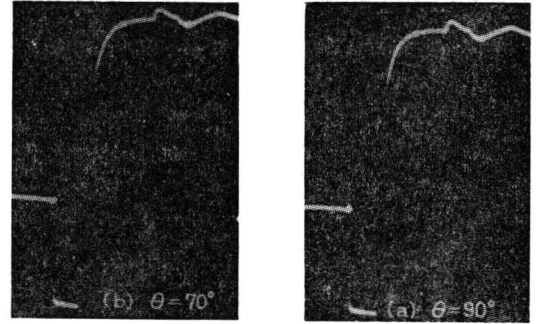
次に第 12 図は避雷器動作後の反射波  $P$  による影響分を与える回路である。点線で囲んだ  $A'$  なる部分は第 11 図と同様に避雷器回路を表わしており、(13)式が示すように侵入波電圧と制限電圧の差を求め、さらに電源側の透過係数を乗じて  $P$  を導いている。以上の回路を用いて再点弧の位相角  $\theta$  を  $90^\circ$ ,  $70^\circ$  および  $50^\circ$  の場合について制限電圧  $V_a$  を測定した結果を第 14 図に掲げている。

<5・2> 避雷器が受電端に接続されている場合 この場合もほぼ前節と同様であるが、ただ  $E_{S1}, E_{S3}$  をそれ



第 15 図  $P$  および  $Q$  の回路図

Fig. 15. Circuits for  $P$  and  $Q$ .



第 16 図  
避雷器の制限電圧のオシ  
ログラム

Fig. 16. Oscillograms  
taken with arrestr.



ぞれ  $0.5\text{ms}$  だけ遅らせて加え、さらに  $Q$  および  $P$  回路の代わりに第 5 図の回路を採用すればよい。ただし

$$E_{r,4} = 2E_m'' H_1(t-1.5)$$

$$E_{r,5} = E_m \sin \omega(t-1.5) + \theta H(t-1.5)$$

$$E_{r,6} = 2E_0 H(t-1.5)$$

$$E_{r,7} = 2E_m'' H(t-1.5)$$

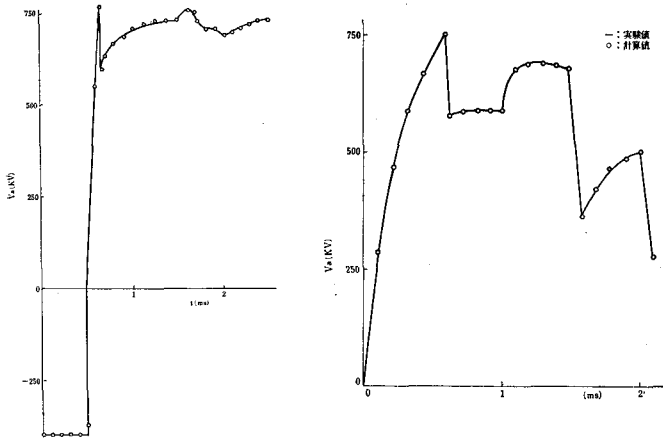
である。

この回路でしゃ断器の再点弧角  $\theta$  を  $90^\circ$ ,  $70^\circ$  および  $50^\circ$  として実測したのが第 16 図である。

このようにして得られたオシログラムから送電端に避雷器がある場合には、再点弧位相角  $\theta$  が  $90^\circ$  および  $50^\circ$  の場合より  $70^\circ$  の場合のほうが避雷器の過酷度が大きいことが確かめられた。したがって  $\theta$  が仮令  $90^\circ$  以前でもじゅうぶんしゃ断器が開いていない場合には再点弧の可能性があり、反射波、初期電位波および定常電位波の相対関係によってはより過酷な状態になるであろう。

これに対し、開放端すなわち受電端に避雷器が設置されている場合は、制限電圧は再点弧位相角  $50^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $90^\circ$  の順に高くなっており、時間経過とともに持続される傾向にあるので、 $\theta$  が  $90^\circ$  の場合に避雷器は最も大きな抑制効果を果たしているものと思われる。

最後の本機の正確度を示すため、特に  $\theta = 90^\circ$  の場合についてオシログラムと計算値の比較を第 17 図に示した。実測値と計算値とはきわめてよく一致しじゅうぶん実用に耐えることがわかる。したがって実際の開閉サー



第 17 図 制限電圧の実測値と計算値の比較

Fig. 17. Comparison of calculated arrester voltages with analyzer results.

ジの計算には本方法を拡張した装置を作成し、これによって結果を求めたほうがはるかに便利であろう。

### 6. 結 言

本論文においては基本的な例題だけを取り上げて解析を行ない、かつまたサージアナライザを試作したのであるが、実際に送電系統に発生する開閉サージはもっと複雑なものであろう。たとえば系統の接地方式回路状態、回路定数およびしゃ断器の特性などが互に複雑な影響を及ぼすので、これら各条件を考慮に入れた計算を行なうことはあまりにも煩雑に失するきらいがある。

この点、サージアナライザは細部の点はともかく巨視的に、しかも直接的にその結果を知ることができ、かつ、各種の条件による特徴を知るうえにはきわめて便利である。この意味においてサージアナライザは実用的に有用なものと信じる。

本方法は開閉サージの問題だけでなく、さらに一般的には故障による異常進行波が発変電所の避雷器でどの程

度抑制されるかの問題にまで拡張して解を求めうるのであり、現在筆者らによって考究中である。この問題については別の機会に報告するつもりである。

(昭和39年3月23日受付, 同40年2月11日再受付)

### 文 献

- (1) 電気学会: 送配電工学 送電編 I p.280 (昭 35)
- (2) H.A. Peterson: Transients in Power Systems (1951)  
Y. Yamamura & M. Yoshinami: Technology Reports of the Osaka University 9, No. 342 (1959-3)
- (3) L. V. Bewley: Traveling Waves on Transmission Systems p. 304 (1951)
- (4) 法貴・佐藤: 進行波序説 p. 13 (昭 28)
- (5) 電気学会: 変電工学 p. 140 (昭 37)
- (6) Y. Yamamura & M. Yoshinami: Technology Reports of the Osaka University 9, No. 342 (1959-3)
- (7) 電気学会: 送配電工学 送電編 I p. 449 (昭 35)
- (8) S. Hayashi: Surges on Transmission Systems (1955)
- (9) 法貴・三田: 絶縁と閃絡防止 (昭 26)
- (10) H.A. Peterson: Transients in Power Systems (1951)





# 自由束の語の問題

松本 和夫

## Word Problem for Free Lattice

Kazuo MATSUMOTO

この論文の目的は Gentzen<sup>1)</sup>の方法を用いて、自由束の語の問題を解くこと、および自由束を基礎にして、自由モデューラ束、自由分配束の Gentzen type による表現の特徴付けを与えることにある。

§ 1 諸定義 この§では以下に必要な諸定義、および簡単な定理を証明なしに述べる。

**定義** 集合Xが準順序集合 partially ordered set であるとは、集合Xにおいて2項関係  $* \leq *$  が定義され、Xのすべての元  $x, y, z$  について、次の P1~P3 が成立つときをいう。

$$P1: x \leq x,$$

$$P2: x \leq y \text{ かつ } y \leq x \text{ ならば } x = y,$$

$$P3: x \leq y \text{ かつ } y \leq z \text{ ならば } x \leq z,$$

**定義** 集合Xが束 lattice であるとは、Xが準順序集合であり、Xの任意の2元  $x, y$  について、上端および下端がXの中に存在するときをいう。 $x, y$ の上端を  $x \cup y$ で、下端を  $x \cap y$ であらわす。

**定理** 集合Xが束であるとは、Xに演算  $\cup$  および  $\cap$  が定義され、Xのすべての元  $x, y, z$  について、次の L1~L4 が成り立つことである。

$$L1: x \cap x = x, x \cup x = x;$$

$$L2: x \cap y = y \cap x, x \cup y = y \cup x;$$

$$L3: x \cap (y \cap z) = (x \cap y) \cap z, \\ x \cup (y \cup z) = (x \cup y) \cup z;$$

$$L4: x \cap (x \cup y) = x, x \cup (x \cap y) = x.$$

**定義** 束Xがモデューラ束であるとは、Xのすべての元  $x, y, z$  について、次の L5 が成り立つときをいう。

$$L5: x \cap (y \cup (x \cap z)) = (x \cap y) \cup (x \cap z)$$

**定義** 束Xが分配束であるとは、Xのすべての元  $x, y, z$  について、次の L6 が成り立つときをいう。

$$L6: x \cap (y \cup z) = (x \cap y) \cup (x \cap z).$$

**定義** 可附番無限個の変数  $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$  を生成元とし、 $\cup$  および  $\cap$  を演算とする体系を絶対自由系とい

う。絶対自由系を上記の L1~L4 を満足する同値関係によって類別したとき、作られる剰余類を「生成元が可附番無限個の自由束」という。以下単に自由束ということにする。

**定理** 自由束は次の条件を満足する体系と同値である。

1. 変数  $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$

2. 演算  $\cup, \cap$

3. 公理 L1~L4 および  $x = x$

4. 導出規則

1°  $x = y$  ならば  $y = x$ .

2°  $x = y$  かつ  $y = z$  ならば  $x = z$ .

3°  $x = y$  ならば  $x \cup z = y \cup z$ .

4°  $x = y$  ならば  $x \cap z = y \cap z$ .

なお、このとき  $x \leq y$  は  $x \cup y = y$  および  $x \cap y = x$  と同値なものとして定義される。

**定義** 自由束Lが、さらに L5 を満足するとき、この体系を自由モデューラ束という。Mであらわす。

**定義** 自由束Lが L6 を満足するとき、この体系を自由分配束という。Dであらわす。

## § 2 基本体系 L の定義

基本体系 L は、自由束、自由モデューラ束、自由分配束の表現の基礎となる体系である。この§では L の定義を次のように与える。

### 1 記号

L の記号として変項記号、結合記号、補助記号の3つがある。変項記号は  $a, b, c, \dots$  であらわす。

結合記号は  $\cup$  および  $\cap$  をつかう。補助記号は L の内部の記号ではないが、元間の関係をあらわす記号で、 $\rightarrow$  を用いる。

### 2 元および式

L の元 formula とは、次の条件 1)~3) を満足するも

本稿は日本数学会年会 (1965年5月) での講演をまとめたものである。

1) G. Gentzen [1]

のをいう。

- 1) 変項記号  $a, b, c, \dots$  は元である。
- 2)  $\alpha, \beta$  が元ならば,  $\alpha \cup \beta, \alpha \cap \beta$  はともに元である。
- 3) 1), 2) で構成されるものだけが元である。

**元の grade** とは, 元にあられる結合記号の個数をいう。元の grade が 0 でないとき, **一番外側の記号** とは, 元を上述 1) ~ 3) にしたがって構成して行くとき, 最後に導入された結合記号のことをいう。また**元の部分元**とは, 元を構成して行くとき, 途中であらわれる元のことをいう。ある元  $\alpha$  の部分元というときには  $\alpha$  自身も含まれる。

**L の式 sequence** とは,  $\alpha_1, \dots, \alpha_m, \beta_1, \dots, \beta_n$  がすべて元であるとき,

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m \rightarrow \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$$

の形の図形をいう。ただし  $m, n = 1, 2, \dots$  とする。

元  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  を**左辺**,  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  を**右辺**という。

### 3 証明図

1° **推論規則 inference rule** とは  $S_1, S_2, \dots, S_\ell, S$  ( $1 \leq \ell \leq 3$ ) が式であるとき,

$$\frac{S_1 \ S_2 \ \dots \ S_\ell}{S}$$

の形の図形をいう。 $S_1, S_2, \dots, S_\ell$  を上式,  $S$  を下式という。

推論規則は次に述べる **推論図 inference schemata** からなり立っている。推論図にあられるギリシャ小文字  $\alpha, \beta, \dots, \mu, \dots$  は元をあらわし, ギリシャ大文字  $\Gamma, \theta, \Sigma, \Pi, \dots$  はいずれも有限個の元の列をあらわしている。

#### 2° 推論図

(I) 式の構造についての推論図

$$\begin{array}{ll} \frac{\Gamma \rightarrow \theta}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha} \quad (\rightarrow w) & \frac{\Sigma \rightarrow \Pi}{\alpha, \Sigma \rightarrow \Pi} \quad (w \rightarrow) \\ \frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha, \alpha}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha} \quad (\rightarrow c) & \frac{\alpha, \alpha, \Sigma \rightarrow \Pi}{\alpha, \Sigma \rightarrow \Pi} \quad (c \rightarrow) \\ \frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha, \beta}{\Gamma \rightarrow \theta, \beta, \alpha} \quad (\rightarrow e) & \frac{\alpha, \beta, \Sigma \rightarrow \Pi}{\beta, \alpha, \Sigma \rightarrow \Pi} \quad (e \rightarrow) \end{array}$$

(II) 元の除去についての推論図

$$\frac{\Gamma \rightarrow \theta \quad \Sigma \rightarrow \Pi}{\Gamma, \Sigma \mu \rightarrow \theta \mu, \Pi} \quad (\text{mix } \mu)$$

ただし  $\mu \in \theta, \mu \in \Sigma$  で,  $\theta \mu, \Sigma \mu$  が  $\theta$  および  $\Sigma$  から  $\mu$  の形の元をすべて取去って出来る元の列をあらわすとき,  $\Sigma \mu = 0$  か  $\theta \mu = 0$  が成立するものとする。この推論図を **mix** と略記し,  $\mu$  を **mix の消去元** という。

(III) 結合記号の導入についての推論図

$$\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha \cup \beta} \quad (\cup \rightarrow) \quad \frac{\alpha, \Sigma \rightarrow \Pi}{\alpha \cap \beta, \Sigma \rightarrow \Pi} \quad (\cap \rightarrow)$$

$$\frac{\alpha \rightarrow \theta \quad \beta \rightarrow \theta}{\alpha \cup \beta \rightarrow \theta} \quad (\cup \rightarrow) \quad \frac{\Sigma \rightarrow \alpha \quad \Sigma \rightarrow \beta}{\Sigma \rightarrow \alpha \cap \beta} \quad (\cap \rightarrow)$$

上式, 下式で不変の元をパラメーターといい, パラメーターでない元のうち, 下式にあるものを**主元**, 上式のそれに対応するものを**副元**という。

$(\rightarrow w), (w \rightarrow)$  では副元はなく, **mix** では主元はない。

#### 3° 証明図

有限個の式が次の条件を満足するように並んでいるとき, この図形を**証明図 proof-figure** という。

- 1) この証明図のどんな式も, **終式** とよばれる式の外は, すべてある推論図の上式になっている。
- 2) すべての式は高々 1 つの推論図の上式である。
- 3) 1 つの式から, その下式, その下式と進んで, もとの式にもどることはない。
- 4) どんな式の下式にもならない式を**始式**という。始式は  $\alpha \rightarrow \alpha$  の形にかぎる。

$\Gamma \rightarrow \theta$  が終式であるような証明図が存在するとき,  $\Gamma \rightarrow \theta$  は **L** で**証明可能**といい,  $L \vdash \Gamma \rightarrow \theta$  と書く。

以下の準備のため糸という概念を導入しておく。今 1 つの証明図が与えられたとき, 1 つの始式から始まって, その下式, その下式と順にたどると, 有限回の後に終式に至る。このとき通って来た始式までの式の列を, この証明図のある**糸 string** とよぶ。

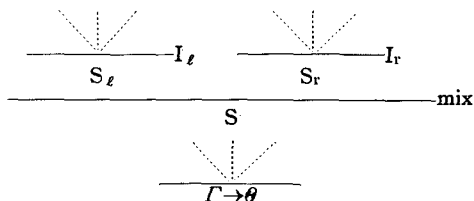
ある式  $S_1$  が他の式  $S_2$  の上にあるとは,  $S_1$  も  $S_2$  も同じ糸に属して,  $S_1$  が  $S_2$  の上にあるときをいう。

### § 3 L についての基本定理

**基本定理**  $\Gamma \rightarrow \theta$  が **L** で証明可能ならば, **mix** を含まないような  $\Gamma \rightarrow \theta$  の証明図が存在する。

#### 証明

今  $\Gamma \rightarrow \theta$  の **L** における証明図が与えられたとし, その証明図の一番上にあらわれる **mix** を取扱う。この **mix** の左側の上式を  $S_\ell$ , 右側の上式を  $S_r$  とし,  $S_\ell$  は推論図  $I_\ell$  の,  $S_r$  は推論図  $I_r$  の下式であるとする。また **mix** の下式を  $S$  とする。この **mix** の上には, もはや **mix** は存在しない。したがって今考えている **mix** は次のようにあらわすことが出来る。この図形を **P** とする。



点線は有限個の推論図の列をあらわしている。さて上の証明図の部分 **P** から, 最後に用いた **mix** を取除くこと

が出来ることを証明すれば、 $\Gamma \rightarrow \theta$  の証明図からすべての mix を取除くことが出来る。証明は  $\Gamma \rightarrow \theta$  の証明図中にあらわれる mix の個数についての帰納法を用いることによって、容易に行われる。

以下では上述のように一番下にだけ mix をもっている証明図の部分 P から mix を取除くことが出来るということを、S の証明図の grade と rank についての二重帰納法を用いて証明する。

ここに **証明図の grade** とは、まえに定義した消去元の grade のことであり、また **証明図の rank** とは左右の rank の和であり、左の rank とは、 $S_\ell$  の糸の中で右辺に消去元を含む式の最大個数をいう。右の rank についても同様である。考えられる最小の rank は明らかに 2 である。

1.  $S_\ell$  または  $S_r$  が  $\alpha \rightarrow \alpha$  のとき、

1°  $S_\ell$  が  $\alpha \rightarrow \alpha$  のとき P は次の形である。

$$\frac{\alpha \rightarrow \alpha \quad \Sigma \rightarrow \Pi}{\alpha, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi} (\text{mix } \alpha) \quad \text{ただし } \alpha \in \Sigma$$

mix を用いない  $\alpha, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi$  の証明図は次のようにして得られる。

$$\frac{\Sigma \rightarrow \Pi}{\alpha, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi} \quad ((c \rightarrow) \text{を何度かおこなう})$$

2° 1° で  $\Sigma$  が有限個の  $\alpha$  だけからなる場合も上と同様である。有限個の  $\alpha$  の列を簡単に  $\bar{\alpha}$  とかくことにする。

3°  $S_r$  が  $\alpha \rightarrow \alpha$  のときも 1° および 2° と同様に出来る。

2 rank が 2 に等しいとする。

このときは左および右の rank はともに 1 である。P の形はしたがって 次の 3 つの場合にわかれる。

1° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha} (\rightarrow w)}{\Gamma \rightarrow \theta, \Pi} \quad \bar{\alpha} \rightarrow \Pi (\text{mix } \alpha)$$

このとき  $\bar{\alpha} \in \theta, \theta \neq \emptyset$  である。mix を用いない  $\Gamma \rightarrow \theta, \Pi$  の証明図は次の様になる。

$$\frac{\Gamma \rightarrow \theta}{\Gamma \rightarrow \theta, \Pi} \quad ((\rightarrow w) \text{を何度かおこなう})$$

2° 消去元の一番外側の記号が U のとき、P は次の形である。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha \cup \beta} (\rightarrow U) \quad \frac{\alpha \rightarrow \Pi \quad \beta \rightarrow \Pi}{\alpha \cup \beta \rightarrow \Pi} (U \rightarrow)}{\Gamma \rightarrow \theta, \Pi} (\text{mix } \alpha \cup \beta)$$

ただし  $\alpha \cup \beta \in \theta$  である。このときこの証明図を次のように変形する。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha \quad \alpha \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_\alpha, \Pi} (\text{mix } \alpha)}{\Gamma \rightarrow \theta, \Pi} \quad (\text{もし必要なら } (\rightarrow w) \text{をおこなう})$$

この変形によって mix の grade は明らかに 1 だけ減

っているから、変形後の新しい mix は帰納法の仮定により、取去ることが出来る。

3° 消去元の一番外側の記号が  $\cap$  のときも 2° と同じようにして変形出来る。

3 rank が 2 より大とする。

3.1 左の rank が 1 より大とする。P の形は次に述べるようにいろいろの場合にわかれる。

1° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha} (\rightarrow w)}{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, (\alpha)_\mu, \Pi} \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi (\text{mix } \mu)$$

ただし、 $\mu \in \theta$  であり、 $(\alpha)_\mu$  は  $\alpha \neq \mu$  のとき  $\alpha$  をあらわし、 $\alpha = \mu$  のときは  $(\alpha)_\mu$  という元がないことをあらわしている。この証明図を次のように変形する。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, \Pi} (\text{mix } \mu)}{\frac{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, \Pi, (\alpha)_\mu}{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, (\alpha)_\mu, \Pi} (\rightarrow w)} \quad ((\rightarrow e) \text{を何度かおこなう})$$

この変形によって、左の rank は 1 だけへっているから、mix の rank は 1 だけへっている。したがって変形後の新しい mix は帰納法の仮定によって取去ることが出来る。

以下に起るいろいろの場合には、上述の 3 つの変形の仕方 (1 の 1°, 2 の 2°, 3 の 1°) またはそれらの組合せを基本としているから、P の形とそれの変形だけを簡単に述べるに止めよう。

2° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \bar{\alpha}}{\Gamma \rightarrow \bar{\alpha}, \alpha} (\rightarrow w)}{\Gamma, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi} \quad \bar{\alpha}, \Sigma \rightarrow \Pi (\text{mix } \alpha)$$

これを次のように変形する。

$$\frac{\Gamma \rightarrow \bar{\alpha} \quad \bar{\alpha}, \Sigma \rightarrow \Pi}{\Gamma, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi} (\text{mix } \alpha)$$

3° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha, \alpha}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha} (\rightarrow c)}{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, (\alpha)_\mu, \Pi} \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi (\text{mix } \mu)$$

これを次のように変形する。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha, \alpha \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, (\alpha)_\mu, (\alpha)_\mu, \Pi} (\text{mix } \mu)}{\Gamma \rightarrow \theta_\mu, (\alpha)_\mu, \Pi} (\rightarrow c)$$

4° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \bar{\alpha}, \alpha}{\Gamma \rightarrow \alpha} (\rightarrow c)}{\Gamma, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi} \quad \bar{\alpha}, \Sigma \rightarrow \Pi (\text{mix } \alpha)$$

これを次のように変形する。

$$\frac{\Gamma \rightarrow \bar{\alpha}, \alpha \quad \bar{\alpha}, \Sigma \rightarrow \Pi}{\Gamma, \Sigma_\alpha \rightarrow \Pi} (\text{mix } \alpha)$$

5° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Delta \rightarrow \theta}{\Gamma \rightarrow \theta} * \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu)$$

ただし  $\mu \in \theta$  で、\* は (w→), (c→), (e→) のいずれかをあらわす。之は次のように変形する。

$$\frac{\frac{\Delta \rightarrow \theta}{\Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} * \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu)$$

6°  $I_e$  がその他の構造についての推論図の場合も容易に出来る。

7° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\alpha \rightarrow \theta \quad \beta \rightarrow \theta}{\alpha \cup \beta \rightarrow \theta} (U \rightarrow) \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\alpha \cup \beta \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu)$$

ただし  $\mu \in \theta$  とする。このとき変形は次のようにおこなう。

$$\frac{\frac{\alpha \rightarrow \theta \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\alpha \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu) \quad \frac{\beta \rightarrow \theta \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\beta \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu)}{\alpha \cup \beta \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (U \rightarrow)$$

変形された証明図にあらわれる新しい mix は両方も、もとの mix に比べ rank が 1 へっている。

8° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\alpha \rightarrow \bar{\mu} \quad \beta \rightarrow \bar{\mu}}{\alpha \cup \beta \rightarrow \bar{\mu}} (U \rightarrow) \quad \Sigma \rightarrow \Pi}{\alpha \cup \beta, \Sigma_{\mu} \rightarrow \Pi} (\text{mix } \mu)$$

ただし  $\mu \in \Sigma$  である。このとき変形は、右の rank が 1 に等しいとき、1 より大きい場合にわけて、それぞれ次のようにおこなう。

右の rank が 1 に等しいとき、変形は次のようにおこなう。

1.  $I_r$  が  $\frac{\Sigma' \rightarrow \Pi}{\mu, \Sigma' \rightarrow \Pi}$  のとき  $\frac{\Sigma' \rightarrow \Pi}{\alpha \cup \beta, \Sigma' \rightarrow \Pi} (w \rightarrow)$
2.  $\bar{\mu} \equiv \gamma \cup \delta$  で、 $I_r$  が  $\frac{\gamma \rightarrow \Pi \quad \delta \rightarrow \Pi}{\gamma \cup \delta \rightarrow \Pi} (U \rightarrow)$

のとき

$$\frac{\frac{\alpha \rightarrow \gamma \cup \delta \quad \gamma \cup \delta \rightarrow \Pi}{\alpha \rightarrow \Pi} (\text{mix } \gamma \cup \delta) \quad \frac{\beta \rightarrow \gamma \cup \delta \quad \gamma \cup \delta \rightarrow \Pi}{\beta \rightarrow \Pi} (\text{mix } \gamma \cup \delta)}{\alpha \cup \beta \rightarrow \Pi} (U \rightarrow)$$

3.  $\bar{\mu} \equiv \gamma \cap \delta$  で、 $I_r$  が  $\frac{\gamma, \Sigma' \rightarrow \Pi}{\gamma \cap \delta, \Sigma' \rightarrow \Pi}$  かつ

$\gamma \cap \delta \in \Sigma'$  のとき

$$\frac{\frac{\frac{\gamma \rightarrow \gamma}{\gamma \cap \delta \rightarrow \gamma} (\cap \rightarrow) \quad \frac{\beta \rightarrow \gamma \cap \delta \quad \gamma \cap \delta \rightarrow \gamma}{\beta \rightarrow \gamma} (\text{mix } \gamma \cap \delta)}{\alpha \rightarrow \gamma} (\text{mix } \gamma \cap \delta) \quad \frac{\gamma, \Sigma' \rightarrow \Pi}{\gamma, \Sigma' \rightarrow \Pi}}{\alpha \cup \beta \rightarrow \gamma} (\text{mix } \gamma)$$

右の rank が 1 より大きいとき

4.  $I_r$  が  $\frac{\Sigma' \rightarrow \Pi'}{\Sigma \rightarrow \Pi} *$  の形で構造についてのすべて

の推論図 又は  $(\rightarrow U), (\cap \rightarrow)$  をあらわし、 $\mu \in \Sigma', \mu \in \Sigma$

のとき

$$\frac{\frac{\alpha \cup \beta \rightarrow \bar{\mu} \quad \Sigma' \rightarrow \Pi'}{\alpha \cup \beta, \Sigma'_{\mu} \rightarrow \Pi'} (\text{mix } \mu)}{\alpha \cup \beta, \Sigma_{\mu} \rightarrow \Pi} *$$

5.  $I_r$  が  $\frac{\bar{\mu} \rightarrow \gamma \quad \bar{\mu} \rightarrow \delta}{\bar{\mu} \rightarrow \gamma \cap \delta} (\rightarrow \cap)$  のとき

$$\frac{\frac{\alpha \cup \beta \rightarrow \bar{\mu} \quad \bar{\mu} \rightarrow \gamma}{\alpha \cup \beta \rightarrow \gamma} (\text{mix } \mu) \quad \frac{\alpha \cup \beta \rightarrow \bar{\mu} \quad \bar{\mu} \rightarrow \delta}{\alpha \cup \beta \rightarrow \delta} (\text{mix } \mu)}{\alpha \cup \beta \rightarrow \gamma \cap \delta} (\rightarrow \cap)$$

9° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha}{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha \cup \beta} (\rightarrow U) \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \alpha \cup \beta, \Pi} (\text{mix } \mu)$$

ただし  $\mu \in \theta, \mu \neq \alpha \cup \beta$  とする。このとき変形は次のようにおこなう。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \theta, \alpha \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \alpha, \Pi} (\text{mix } \mu)}{\Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \alpha \cup \beta, \Pi} ((\rightarrow e) \text{ を何度か } (\rightarrow U) \text{ をつかう})$$

10° P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\Gamma \rightarrow \alpha \cup \beta, \alpha}{\Gamma \rightarrow \alpha \cup \beta, \alpha \cup \beta} (\rightarrow U) \quad \alpha \cup \beta, \Sigma \rightarrow \Pi}{\Gamma, \Sigma_{\alpha \cup \beta} \rightarrow \Pi} (\text{mix } \alpha \cup \beta)$$

この変形は 8° と同様に、右の rank が 1 に等しいか、1 より大であるかによっておこなうことが出来る。

11° 最後に P が次の形であるとする。

$$\frac{\frac{\alpha, \Gamma \rightarrow \theta}{\alpha \cap \beta, \Gamma \rightarrow \theta} (\cap \rightarrow) \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\alpha \cap \beta, \Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu)$$

ただし  $\mu \in \theta$  とする。この変形は次のとおりである。

$$\frac{\frac{\alpha, \Gamma \rightarrow \theta \quad \bar{\mu} \rightarrow \Pi}{\alpha, \Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\text{mix } \mu)}{\alpha \cap \beta, \Gamma \rightarrow \theta_{\mu}, \Pi} (\cap \rightarrow)$$

3.2 左の rank が 1 に等しい場合は、**L** の各推論図が対称性をもっていることから、3.1 と同じようにおこなうことが出来る。

**定義 L** の任意の式 S にたいして、S の **L** での証明図が存在するか否かが有限回の操作で確定するとき、**L** は **決定可能** decidable という。

**定義** 式 S の左辺および右辺に、同一の元が 3 個以上含まれないとき、式 S は **reduce** されているという。

**定理 L** において reduce された式 S が証明可能であるならば、reduce された式だけから構成される S の証明図 P が存在する。また、証明図 P にたいして、mix を含まない、reduce された式だけからなる S の証明図が存在する。

この定理は構造についての推論図、および基本定理から導くことが出来る。

**定理 L**は決定可能である。

証明

**L**の任意の証明可能な式をTとする。Tを reduceした結果出来る式をT\*とする。上述の定理から、T\*の証明図Pが存在して、Pは mix を含まず、またPのどの式も reduce された式ばかりから成り立っている。

mix 以外の **L**のどの推論図でも、その上式にあらわれる元は、下式にあらわれる元の部分元ばかりから成り立っている。したがって T\* の証明図の中にあらわれる元は、T\* の部分元に限られ、それらの個数は有限であるから、T\* の部分元ばかりからなる reduceされた式の個数もまた有限個である。したがって、任意の式Sに対し、Sの証明図が存在するか否かもまた有限回の操作で確定する。

§ 4 **L**による自由束の表現と語の問題

自由束**L**の不等式  $\alpha_1 \cap \dots \cap \alpha_m \leq \beta_1 \cup \dots \cup \beta_n$  に基本体系**L**の式  $\alpha_1, \dots, \alpha_m \rightarrow \beta_1, \dots, \beta_n$  を対応させるとき、後者を前者の表現式という。この**L**から **L**への対応によって**L**と**L**の同値が証明される。

**定理 L**は**L**と同値である。

証明

1° 必要条件 まず**L**の公理L1~L4および  $x=x$  に対応する表現式が**L**で証明可能であることを示す。**L**の公理等は  $x=y$  の形をしているから、之を  $x \leq y$  かつ  $y \leq x$  でおきかえる。L3:  $x \cap (y \cap z) = (x \cap y) \cap z$  については  $x \cap (y \cap z) \leq (x \cap y) \cap z$  および  $(x \cap y) \cap z \leq x \cap (y \cap z)$  の表現式の**L**での証明図を作れば十分である。証明図は次のとおり。

$$\frac{\frac{\frac{x \rightarrow x}{x, y \cap z \rightarrow x} \quad \frac{y \rightarrow y}{y \cap z \rightarrow y}}{x, y \cap z \rightarrow x \cap y} \quad \frac{z \rightarrow z}{y \cap z \rightarrow z}}{x, y \cap z \rightarrow z} \quad \frac{}{x, y \cap z \rightarrow (x \cap y) \cap z}$$

および

$$\frac{\frac{\frac{x \rightarrow x}{x \cap y \rightarrow x} \quad \frac{y \rightarrow y}{x \cap y, z \rightarrow y}}{x \cap y, z \rightarrow x \cap y} \quad \frac{z \rightarrow z}{x \cap y, z \rightarrow z}}{x \cap y, z \rightarrow x \cap (y \cap z)}$$

他の公理についても同様に出来る。

次に、各導出規則については、たとえば

$$x=y \text{ ならば } x \cup z = y \cup z$$

に関しては、 $x \rightarrow y$  および  $y \rightarrow x$  を仮定して

$x \cup z \rightarrow y, z$  および  $y \cup z \rightarrow x, z$  の **L**での証明図を作れば十分であるが、これも又明らかであり、他の導出規則についても同様である。

2° 十分条件

**L**の各推論図について、上式の左辺にある元はすべて  $\cap$  で、また右辺にある元はすべて  $\cup$  で結合し、補助記号  $\rightarrow$  を  $\leq$  でおきかえた束不等式が、**L**で成立つことを仮定し、下式についてこれと同様にして作った束不等式が**L**で導かれることを示せば十分である。

式の構造についての推論図は、 $(\rightarrow c), (c \rightarrow)$  は L1 から、また  $(\rightarrow e), (e \rightarrow)$  は L2 から導かれ、 $(\rightarrow w), (w \rightarrow)$  も本質的には  $(\rightarrow \cup), (\cap \rightarrow)$  に帰着出来るから、結合記号に関する推論図について、おこなうべきことは次の2つである。

$$\alpha \leq \beta \text{ ならば } \alpha \leq \beta \cup \gamma$$

$$\alpha \leq \beta, \gamma \leq \beta \text{ ならば } \alpha \cup \gamma \leq \beta$$

これらの関係が**L**で成立つことは次の2つの等式と

$$\alpha \leq \beta, \alpha \cup \beta = \beta, \alpha \cap \beta = \alpha \text{ の同値とから導かれる。}$$

$$(\beta \cup \gamma) \cup \alpha = (\beta \cup \alpha) \cup \gamma = \beta \cup \gamma$$

$$(\alpha \cup \gamma) \cup \beta = (\alpha \cup \beta) \cup \gamma = \beta \cup \gamma = \beta$$

したがって上の対応により**L**と**L**の同値、すなわち**L**で  $\alpha_1 \cap \dots \cap \alpha_m = \beta_1 \cup \dots \cup \beta_n$  が導かれるか否かは、**L**で  $\alpha_1, \dots, \alpha_m \rightarrow \beta_1, \dots, \beta_n$  および  $\beta_1 \cup \dots \cup \beta_n \rightarrow \alpha_1 \cap \dots \cap \alpha_m$  が同時に成り立つか否かで判定される。前定理から**L**は決定可能であるから、**L**の束多項式が有限回の操作で**L**から導かれるか否かを知ることが出来る。一般に代数系の任意の2元  $x, y$  が等しいか否かを調べる問題を代数系の語の問題 word problem という。したがって、

**定理** 自由束**L**の語の問題は肯定的に解ける。<sup>3)</sup>

§ 5 自由モデュラー束, 自由分配束の表現

この§では自由モデュラー束M, 自由分配束Dの表現体系**M, D**の、基本体系**L**を基にした特徴付けをおこなう。自由分配束の語の問題については、上記の方法で容易に肯定的に解決することが出来る。また、その他の代数系の語の問題も殆ど解決されている現在、たゞ自由モデュラー束の語の問題だけは、なお未解決のまゝ残されている現状である。<sup>4)</sup>

1. 自由モデュラー束の表現体系**M**の特徴付け

- 3) 自由束の語の問題についてはWhitman [2], S. Tamura [4]等によってすでに解かれている。体系**L**は未解決の自由モデュラー束の語の問題解決への足がかりを与えることを意図した体系であり、Tamura [4]の拡張になっている。前二者の解法には、式の概念は導入されていない。
- 4) 武内謙介 [3] 参照。自由モデュラー束は1900年 Dedekind が生成元3個の場合に解決した。しかし生成元4個以上の場合には、この十数年間、武内(1951), Schützenberger (1952, 1953), Thrall-Duncan (1953), Jónsson (1953)等の努力にもかかわらず、成功していない。生成元がn個( $n \geq 4$ )および、可附番無限個の場合の解法は、肯定的に解決出来るか否かも現在のところ不明である。

**定理** 基本体系 **L** に次の1°~5°のいずれか1つの式または推論図を付け加えた体系は**M**と同値である。

- 1°  $\alpha, \beta \cup (\alpha \cap \gamma) \rightarrow \alpha \cap \beta, \alpha \cap \gamma$
- 2°  $\frac{\alpha \rightarrow \gamma}{\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \alpha, \beta \cap \gamma}$
- 3°  $\frac{\delta \rightarrow \alpha \quad \alpha, \beta \rightarrow \gamma}{\alpha, \beta \cup \delta \rightarrow \gamma \cup \delta}$
- 4°  $\frac{\alpha, \xi \rightarrow \beta \quad \alpha, \eta \rightarrow \beta \quad \eta \rightarrow \alpha}{\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta}$
- 5°  $\frac{\alpha \rightarrow \mu, \beta \quad \beta \rightarrow \gamma \quad \gamma, \mu \rightarrow \delta}{\alpha, \gamma \rightarrow \beta, \delta}$

証明

**L** に1°を公理として付加えた体系が**M**であることは明らかであるから、1°~5°の同値を示せば十分である。

1° ⇒ 2°<sup>5)</sup>

$$\frac{\frac{\beta \rightarrow \beta}{\beta \rightarrow \beta \cup (\gamma \cap \alpha)} \quad \frac{\alpha \rightarrow \gamma \quad \alpha \rightarrow \alpha}{\alpha \rightarrow \gamma \cap \alpha}}{\beta \cup \alpha \rightarrow \beta \cup (\gamma \cap \alpha)}$$

之と仮定の 1°:  $\gamma, \beta \cup (\gamma \cap \alpha) \rightarrow \gamma \cap \beta, \gamma \cap \alpha$  と mix をおこない、 $\beta \cup \alpha, \gamma \rightarrow \gamma \cap \beta, \gamma \cap \alpha$  さらにこれと

$$\frac{\alpha \rightarrow \alpha}{\gamma \cap \alpha \rightarrow \alpha}$$

の下式と mix をおこない  $\beta \cup \alpha, \gamma \rightarrow \gamma \cap \beta, \alpha$  を得る。

2° ⇒ 3°

$$\frac{\frac{\delta \rightarrow \alpha}{\alpha, \beta \cup \delta \rightarrow \delta, \alpha \cap \beta} \quad \frac{\delta \rightarrow \delta \quad \alpha, \beta \rightarrow \gamma}{\delta \rightarrow \gamma \cup \delta} \quad \frac{\alpha, \beta \rightarrow \gamma}{\alpha \cap \beta \rightarrow \gamma}}{\frac{\alpha, \beta \cup \delta \rightarrow \delta \cup (\alpha \cap \beta)}{\alpha, \beta \cup \delta \rightarrow \gamma \cup \delta} \quad \frac{\delta \cup (\alpha \cap \beta) \rightarrow \gamma \cup \delta}}{\alpha, \beta \cup \delta \rightarrow \gamma \cup \delta}}$$

3° ⇒ 4°

$$\frac{\frac{\eta \rightarrow \alpha \quad \alpha, \xi \rightarrow \beta}{\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta \cup \eta} \quad \frac{\eta \rightarrow \alpha \quad \alpha, \eta \rightarrow \beta}{\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta, \eta}}{\frac{\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta, \beta}{\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta}}$$

4° ⇒ 5°

$$\frac{\frac{\gamma \rightarrow \gamma \quad \mu \rightarrow \mu}{\gamma, \mu \rightarrow \gamma} \quad \frac{\mu \rightarrow \mu}{\gamma, \mu \rightarrow \mu}}{\frac{\gamma, \mu \rightarrow \gamma \cap \mu}{\gamma, \mu \rightarrow \beta, \gamma \cap \mu} \quad \frac{\beta \rightarrow \beta}{\gamma, \beta \rightarrow \beta, \gamma \cap \mu} \quad \beta \rightarrow \gamma} \quad 4^\circ$$

之と  $\frac{\gamma, \mu \rightarrow \delta}{\gamma \cap \mu \rightarrow \delta}$  の下式と mix をおこなって、

$\gamma, \mu \cup \beta \rightarrow \beta, \delta$  さらに  $\frac{\alpha \rightarrow \mu, \beta}{\alpha \rightarrow \mu \cup \beta}$  の下式と mix をおこ

なって  $\alpha, \gamma \rightarrow \beta, \delta$  をうる。

5° ⇒ 1°

$$\frac{\frac{\beta \rightarrow \beta}{\beta \rightarrow \beta, \alpha \cap \gamma} \quad \frac{\alpha \cap \gamma \rightarrow \alpha \cap \gamma}{\alpha \cap \gamma \rightarrow \beta, \alpha \cap \gamma}}{\beta \cup (\alpha \cap \gamma) \rightarrow \beta, \alpha \cap \gamma}$$

および

$$\frac{\frac{\alpha \rightarrow \alpha}{\alpha, \beta \rightarrow \alpha} \quad \frac{\beta \rightarrow \beta}{\alpha, \beta \rightarrow \beta}}{\alpha, \beta \rightarrow \alpha \cap \beta}$$

が成り立つから、これらの下式と  $\alpha \cap \gamma \rightarrow \alpha$  を用いて5°をほどこすと

$$\alpha, \beta \cup (\alpha \cap \gamma) \rightarrow \alpha \cap \beta, \alpha \cap \gamma$$

が得られる。

2. 自由分配束の表現体系**D**の特徴付け

**定理** 基本体系 **L** に 次の1°~4°のいずれか1つの式または推論図を付け加えた体系は**D**と同値である。

- 1°  $\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \alpha \cap \gamma, \beta \cap \gamma$
- 2°  $\frac{\alpha, \xi \rightarrow \beta \quad \alpha, \eta \rightarrow \beta}{\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta}$
- 3°  $\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \alpha, \beta \cap \gamma$
- 4°  $\frac{\alpha \rightarrow \beta, \xi \quad \xi, \gamma \rightarrow \delta}{\alpha, \gamma \rightarrow \beta, \delta}$

証明

**L** に1°を公理として付加えた体系が**D**であることは明らかであるから、1°~4°の同値を示せば十分である。

1° ⇒ 2°

$$\frac{\frac{\alpha, \xi \rightarrow \beta}{\alpha \cap \xi \rightarrow \beta} \quad \frac{\alpha, \eta \rightarrow \beta}{\alpha \cap \eta \rightarrow \beta}}{(\alpha \cap \xi) \cup (\alpha \cap \eta) \rightarrow \beta}$$

の下式と、1°から容易に導かれる式

$$\alpha \cap \xi \cup \eta \rightarrow (\alpha \cap \xi) \cup (\alpha \cap \eta)$$

とで mix をおこなうと、 $\alpha \cap (\xi \cup \eta) \rightarrow \beta$  が得られ、これから  $\alpha, \xi \cup \eta \rightarrow \beta$  をうる。

2° ⇒ 3°

$$\frac{\frac{\alpha \rightarrow \alpha}{\alpha, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma, \alpha} \quad \frac{\beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma}{\beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma, \alpha}}{\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma, \alpha} \quad 2^\circ$$

3° ⇒ 4°

$$\frac{\frac{\frac{\alpha \rightarrow \beta, \xi}{\alpha \rightarrow \beta \cup \xi}}{\alpha \cap \gamma \rightarrow (\beta \cup \xi) \cap \gamma} \quad \frac{3^\circ}{(\beta \cup \xi) \cap \gamma \rightarrow \beta \cup (\xi \cap \gamma)}}{\alpha \cap \gamma \rightarrow \beta \cup (\xi \cap \gamma)}$$

および

$$\frac{\frac{\xi, \gamma \rightarrow \delta}{\xi \cap \gamma \rightarrow \delta}}{\beta \cup (\xi \cap \gamma) \rightarrow \delta} \quad \frac{\beta \cup (\xi \cap \gamma) \rightarrow \delta}{\beta \cup (\xi \cap \gamma) \rightarrow \delta \cup \beta}$$

の両方の下式に mix をおこなえば、 $\alpha \cap \gamma \rightarrow \delta \cup \beta$  が得られ、これから  $\alpha, \gamma \rightarrow \beta, \delta$  が導かれる。

5) **L** の推論図に1°を公理として付加えた体系で、2°の上式を仮定すれば、2°の下式が導かれることを示す。他の記法についても同様である。

$4^\circ \Rightarrow 1^\circ$

$\alpha \cup \beta \rightarrow \alpha, \beta \quad \beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma$  は証明可能な式であるから次のようにおこなう。

$$\frac{\frac{\frac{\alpha \cup \beta \rightarrow \alpha, \beta \quad \beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma}{\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \alpha, \beta \cap \gamma} \quad \gamma, \alpha \rightarrow \gamma \cap \alpha}{\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma, \gamma \cap \alpha}}{\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma, \gamma \cap \alpha} 4^\circ$$

$$\frac{\alpha \cup \beta, \gamma \rightarrow \beta \cap \gamma, \gamma \cap \alpha}{(\alpha \cup \beta) \cap \gamma \rightarrow (\alpha \cap \gamma) \cup (\beta \cap \gamma)}$$

### 文 献

- [1] G. Gentzen: Untersuchungen über das logische Schliessen. I, II, Math. Z. **39** (1935), 176~210, 405~431.
- [2] P. M. Whitman: Free lattice. I, II, Ann of Math., **42** (1941) 325~330, **43** (1942) 104~115.
- [3] 武内謙介: 自由代数系の語の問題, 数学, 第8巻第4号 (1957)
- [4] S. Tamura: Decision Procedure for Free Lattice. Memoirs of Osaka Technical College, vol. 1 (1964).





# 多重可移群について

大 山 豪

## On multiply transitive groups

Tuyosi OYAMA

有限群の研究に於て置換群はその形を具体的に書き得ると共に、正則表現に於ける様に対称群はすべての有限群をその部分群として含む故、重要な研究対象になってきた。しかし置換群のもつ性質のうち多重可移群の存在についていまだに明らかになっていない事は、その概念が非常に単純であるだけに全くいらだたしい事柄である。以下述べる事はこの多重可移群についての一つの研究であり、今後の多重可移性について何等かの足掛りになれば幸である。

$n$  個の文字の集合  $\Omega = \{1, 2, \dots, n\}$  の上の置換群  $G$  が、順序づけられた  $t$  個の文字の任意の 2 組  $\{i_1, i_2, \dots, i_t\}$ ,  $\{j_1, j_2, \dots, j_t\}$  に対して

$$x = \begin{pmatrix} i_1 & i_2 & \dots & i_t & \dots \\ j_1 & j_2 & \dots & j_t & \dots \end{pmatrix}$$

なる置換を行う元  $x$  が  $G$  に存在する時、 $G$  を  $t$  重可移群と云う。一般に  $t=1$  の時は単に可移群、 $t \geq 2$  に対してはまとめて多重可移群と呼んでいる。よく知られた多重可移群としては、 $n$  次の対称群  $S_n$  は  $n$  重可移群であり、 $n$  次の交代群  $A_n$  は  $(n-2)$  重可移群である。

本稿では、これらの自明な多重可移群以外の多重可移群について、大阪市大永尾汎教授との共同研究による [6], [7] について述べる。永尾氏による [5], [8] も含めて全体については、日本数学会の『数学』[9] に於て述べる。

現在までに知られている自明でない多重可移群は、3 重可移群については無限個知られているが、4 重可移群は約 100 年前 Mathieu によって発見された次数が夫々 24, 23, 12, 11 の Mathieu 群  $M_{24}$ ,  $M_{23}$ ,  $M_{12}$ ,  $M_{11}$  以外は知られていない。これらのうち  $M_{24}$ ,  $M_{12}$  は 5 重可移群であり、自明でない 6 重可移群は知られていない。この事はこれら 4 個の Mathieu 群が単純群である事もあわせて興味ある事柄である。

われわれは次の定理を出発点とする。

Jordan の定理 [2]

4 重可移群  $G$  に於て、4 個の文字を固定する元の一つにより作られる部分群  $H$  が、単位元のみであるならば、 $G$  は  $S_4$ ,  $S_5$ ,  $A_6$ ,  $M_{11}$  のいずれかである。

M. Hall の定理 [1]

上の定理でもし  $H$  の位数が奇数であるならば、 $G$  は上の定理の群または  $A_7$  のいずれかである。

Witt の定理 [4]

$G$  を  $t$  重可移群とし、 $t$  個の文字を固定するすべての元により作られる部分群を  $H$  とする。 $H$  の部分群  $U$  が次の性質をもつならば、 $G$  に於ける  $U$  の正規化群は  $U$  が固定する文字の上で  $t$  重可移である。

“ $H$  の部分群  $V$  が  $U$  と  $G$  で共役ならば、実は  $H$  で共役である。”

Witt の性質をみたす  $U$  としては、 $H$  自身とか  $H$  の  $P$ -Sylow 群等をあげる事ができる。

さて 4 重可移群を調べるには、M. Hall の定理より 4 文字を固定する元よりなる部分群  $H$  の位数が偶数である 4 重可移群に研究の対象はしばられてくる。そこで  $H$  の 2-Sylow 群にある種の条件を与えた時の 4 重可移群について調べる事にする。

【記号】

集合  $X$  に対して  $|X|$  は  $X$  の元の個数である。

$G$  を  $\Omega = \{1, 2, \dots, n\}$  の上の置換群とする時、 $G$  の部分群で  $\Omega$  の文字  $i, j, \dots, k$  を固定するすべての元で作られるものを  $G_{i,j,\dots,k}$  とかく。

$G$  の部分集合  $S$  に対して  $S$  により動かされない  $\Omega$  の文字の全体を  $I(S)$  とかく。

$\Delta$  が  $\Omega$  の部分集合で上の  $S$  のすべての元が  $\Delta$  の文字を  $\Delta$  の文字の上に移す時、 $S$  を  $\Delta$  の上だけの置換と考える事ができる。従って  $S$  を  $\Delta$  の上に制限した時  $S^\Delta$  とかく。

この論文は、すべて大阪市大永尾汎教授との共同研究である。内容は [6], [7] を [8] の結果を加えてまとめたものであり、1964 年春の数学会で発表されたものである。

$N_G(S)$ は $G$ に於ける $S$ の正規化群である。

定理

$G$ を $\mathcal{Q}=\{1, 2, \dots, n\}$ の上の自明でない4重可移群,  $H=G_{1,2,3,4}$ ,  $P$ を $H$ の2-Sylow群,  $\Delta=I(P)$ とす。

- (1)  $P$ が $\mathcal{Q}-\Delta$ の上で可移且 $H$ の正規部分群であれば $G$ は $M_{12}$ 又は $M_{23}$ である。
- (2)  $P$ が $\mathcal{Q}-\Delta$ の上で可移且正則であれば $G$ は $M_{12}$ 又は $M_{23}$ である。但し正則とは単位元以外の元は文字を固定しない事である。
- (3)  $P$ が $\mathcal{Q}-\Delta$ の上で可移且基本可換群であれば $M_{23}$ である。

この定理で $P$ が $\mathcal{Q}-\Delta$ の上で可移という条件だけで $G$ は $M_{12}$ 又は $M_{23}$ となる事が予想されるが証明はまだできていない。

尙次数が35より少い4重可移群は、自明な置換群を除くと、上の4つの Mathieu 群しかない事が知られている。(〔1〕p.80参照)従って定理は次数が35以上である4重可移群で条件をみたす群は存在しない事を示せばよい。尙 Mathieu 群については〔4〕をみていただきたい。

次に最初にあげた3つの定理を組み合わせると、次の様な事柄がでてくる。

$N'$ を $G$ に於ける $H$ の正規化群,  $\Delta'=I(H)\cong\{1,2,3,4\}$ とする。まず Witt の定理より $N^{\Delta'}$ は $\Delta'$ 上4重可移である。次に $(N^{\Delta'})_{1,2,3,4}\leq H^{\Delta'}=1$ 故 Jordan の定理より次の場合が考えられる。

- Case I)  $N^{\Delta'}=M_{11}, |\Delta'|=11$
- Case II)  $N^{\Delta'}=A_6, |\Delta'|=6$
- Case III)  $N^{\Delta'}=S_5, |\Delta'|=5$
- Case IV)  $N^{\Delta'}=S_4, |\Delta'|=4$

次に $P$ について同じ事を考えてみる。即 $G$ に於ける $P$ の正規化群を $N$ ,  $\Delta=I(P)\cong\Delta'$ とすると、Witt の定理より $N$ は $\Delta$ 上4重可移である。又 $(N)_{1,2,3,4}\leq H$ 故 $(N^{\Delta})_{1,2,3,4}$ は2-Sylow群を含まない。即位数が奇数になり M. Hall の定理より次の場合が考えられる。

- Case A)  $N^{\Delta}=M_{11}, |\Delta|=11$
- Case B)  $N^{\Delta}=A_7, |\Delta|=7$
- Case C)  $N^{\Delta}=A_6, |\Delta|=6$
- Case D)  $N^{\Delta}=S_5, |\Delta|=5$
- Case E)  $N^{\Delta}=S_4, |\Delta|=4$

従って $H$ についての Case I)~Case IV)又は $P$ についての Case A)~Case E)を別々に調べるか、両者を

組み合わせるかによって最初上の定理を得た。(〔6〕,〔7〕)しかし永尾氏により Case I)~Case III)になるのは実は $G$ 自身が夫々 $M_{11}, A_6, S_5$ に限るというすぐれた結果が〔8〕により示された。その証明方法は以下で用いる組合せ論的な論法を出発点としており、くわしくは〔8〕をみていただく事にして、その結果を用いる事にする。即

$G_{1,2,3,4}$ は $\{1,2,3,4\}$ の4個の文字のみ固定し、他の文字を動かす元を必ず含む。

尙 Case IV)は次数の低い所を除けばすべての対称群、交代群がこの場合に含まれ、従って証明は複雑になってくるものと予想される。

次に定理はすべて $P$ が可移である事を条件としている。この事より $P$ の中心の元 $c$ は $\mathcal{Q}-\Delta$ 上文字を固定しない、即 $I(c)=\Delta$ である事が云える。何故なら $I(c)\cong\Delta$ は明かである、もし $I(c)$ の文字で $P$ の元により動かされるものがあるならば、 $P$ は $\mathcal{Q}-\Delta$ 上可移であるから、適当な $P$ の元 $x$ により $x^{-1}cx$ が $I(c)$ の文字を動かす様にし得る。そうすると $c\neq x^{-1}cx$ となり $c$ が $P$ の中心の元である事に矛盾する。即 $I(c)=\Delta$ である。

以下の証明に於て位数が2である $P$ の中心の元、即 central involution が重要な役割りをする。

定理の(1)の証明

$P$ は $H=G_{1,2,3,4}$ の正規部分群故、 $P$ の正規化群 $N$ は $H$ を含む。証明は Case A)~Case B)について調べてゆく。

Case A);  $N^{\Delta}=M_{11}$

$M_{11}$ に於ては4文字を固定する元は単位元だけである。従って $(N^{\Delta})_{1,2,3,4}=1$ である。しかるに $H$ は $N$ に含まれるから $H^{\Delta}=1$ 、即 $I(H)=\Delta$ となる。これは $H$ が Case I) になりこの様な $G$ は存在しない。

Case B);  $N^{\Delta}=A_7$

$a=(1,2)\dots\dots$ を $P$ の central involution に共役な元とする。 $I(a)=7$ である。

$I(a)$ の部分集合 $\{i_1, i_2\}$ に対して、 $P'$ を $G_{1,2,i_1,i_2}$ の2-Sylow群とすると、 $a\in N_G(G_{1,2,i_1,i_2})$ 故 $a\in N_G(P')$ である。従って $N^{\Delta}=A_7$ より

$$a=(1,2)(i_1)(i_2)(i_3)(k,l)\dots\dots$$

$$I(P')=\{1,2,i_1,i_2,i_3,k,l\}$$

となる。この方法により $I(a)$ の部分集合 $\{i_1, i_2\}$ に対して $G_{1,2,i_1,i_2}$ の唯一つしかない2-Sylow群の固定する文字の上に $(1,2)$ と異なる $a$ の互換 $(k,l)$ が一意的に決る。従って写像

$$\varphi; \{i_1, i_2\} \rightarrow (k, l)$$

を考える。

$$I(P')=\{1,2,i_1,i_2,i_3,k,l\}$$
より $P'$ は $G_{1,2,i_\mu,i_\nu}(\mu,\nu=$

$1, 2, 3, \mu \neq \nu$  の 2-Sylow 群である。従って  $\{i_1, i_2, i_3\}$  の 2 つの文字よりなる  $\{i_\mu, i_\nu\}$  に対して  $\varphi\{i_\mu, i_\nu\} = (k, l)$  である。

今  $I(a)$  よりとった任意の部分集合  $\{j_1, j_2\}$  に対して、 $\varphi\{j_1, j_2\} = \varphi\{i_1, i_2\} = (k, l)$  とすると、 $P'$  は  $G_{1,2,i_1,i_2,k,l}$  の 2-Sylow 群故、 $G_{1,2,k,l}$  の 2-Sylow 群であり、 $\varphi\{j_1, j_2\} = (k, l)$  より  $G_{1,2,j_1,j_2}$  の 2-Sylow 群でもある。従って  $\{j_1, j_2\}$  は  $\{i_1, i_2, i_3\}$  に含まれる。この事は写像  $\varphi$  によって  $(k, l)$  にうつされる  $I(a)$  からとった 2 つの文字の集合は必ず  $\{i_1, i_2, i_3\}$  の部分集合である事を示している。

逆に  $a$  の  $(1, 2)$  を除く互換  $(k', l')$  をとり、 $G_{1,2,k',l'}$  の 2-Sylow 群を  $P''$  とすると、 $a \in N_G(G_{1,2,k',l'})$  故  $a \in N_G(P'')$  となり、

$$a = (1, 2)(k', l')(i_1')(i_2')(i_3') \dots \dots \dots \text{但し}$$

$$I(P'') = \{1, 2, k', l', i_1', i_2', i_3'\}$$

である。従って  $\varphi\{i_1', i_2'\} = (k', l')$ 、即写像  $\varphi$  は  $a$  の  $(1, 2)$  を除く互換の上への一意的な写像である。

以上より  $I(a) = 7$  故  $(1, 2)$  を除く  $a$  の互換の数は、 $\frac{1}{3} \cdot 7C_2 = 7$  である。従って  $G$  の次数  $n$  は

$$n = 2 + 7 + 2 \times 7 = 23$$

となり、 $n \geq 35$  に対してはこの様な  $G$  は存在しない。

Case C);  $N^A = A_6$

$A_6$  に於て 4 文字を固定する元は単位元のみである。

従って Case A) と同様に、 $I(H) = \Delta$  となり  $H$  は Case II) になる。この場合も [8] による最初の仮定よりこの様な群は存在しない。

Case D);  $N^A = S_5$

この場合も上と同様に  $\Delta = I(H)$  になり Case III) になる。従ってこの様な群も存在しない。

Case E);  $N^A = S_4$

$P$  は  $\Omega - \Delta = \{5, 6, \dots, n\}$  の上で可移故  $H$  自身もそうであり、 $G$  は 5 重可移群である。 $K = G_{1,2,3,4,5}$  とおくと、 $Q = K \cap P$  は  $K$  の正規な 2-Sylow 群であり、今  $N' = N_G(Q)$ 、 $\Delta'' = I(Q)$  とおく。

$P$  の central involution  $c$  は  $c \in N'$  で且  $\Delta'' - \Delta$  の上で文字を固定しないから、 $\Delta'' - \Delta$  は偶数である。

最初の Case A) ~ Case E) を 4 重可移群  $G_1$  に於ける 2-Sylow 群に対して用いる事により、 $(N')^{\Delta''}$  は  $S_5$ 、 $S_6$ 、 $A_7$ 、 $A_8$ 、 $M_{12}$  のいずれかであるが、 $\Delta'' - \Delta$  が偶数でなくてはならぬ故次の場合が考えられる。

Case E, 1)  $N^A = S_4$ 、 $(N')^{\Delta''} = M_{12}$

Case E, 2)  $N^A = S_4$ 、 $(N')^{\Delta''} = A_8$

Case E, 3)  $N^A = S_4$ 、 $(N')^{\Delta''} = S_6$

Case E, 1);  $N^A = S_4$ 、 $(N')^{\Delta''} = M_{12}$

$G_1$  について考えると  $G_1$  は 4 重可移群で  $Q$  は  $K = G_{1,2,3,4,5}$  の正規な 2-Sylow 群である。従って  $\Delta'' - \{1\}$  に於て  $(N_1'')^{\Delta''}$  は  $M_{11}$  であり、Case A) と同様にして  $I(K) = \Delta''$  である。従ってこの様な群は存在しない。

Case E, 2);  $N^A = S_4$ 、 $(N')^{\Delta''} = A_8$

$\Delta'' = \{1, 2, \dots, 8\}$  とし、 $a = (1, 2)(3, 4)(5) \dots \dots \dots$  を  $P$  の central involution に共役な元とする。勿論  $|I(a)| = 4$  である。 $a \in N'$  故  $a^{\Delta''} \in A_8$  で

$$a^{\Delta''} = (1, 2)(3, 4)(5)(6)(7)(8)$$

となる。従って  $I(a) = \{5, 6, 7, 8\} \subset I(Q)$  である。

$a$  の  $(1, 2)$  と異なる互換  $(k, l)$  に対して  $G_{1,2,5,k,l}$  の 2-Sylow 群  $Q'$  を考えると上と同様にして  $I(a) \subset I(Q')$  である。 $(k, l) \neq (3, 4)$  とすると  $I(Q)$  も  $I(Q')$  も共に  $\{6, 7\}$  を含み、従って  $Q, Q'$  は共に  $G_{1,2,5,6,7}$  の 2-Sylow 群として一致する。しかるに  $\{k, l\}$  は  $I(Q')$  に含まれるが、 $I(Q)$  には含まれていない故、これは矛盾である。従って  $(1, 2)$ 、 $(3, 4)$  以外の互換は  $a$  にはなく  $n = 8$  である。これは  $n \geq 35$  に反する。

Case E, 3);  $N^A = S_4$ 、 $(N')^{\Delta''} = S_6$

この場合も Case E, 1) と同様にして  $G_1$  について考えると、 $I(K) - \{1\} = \Delta'' - \{1\} = 5$  になり Case III) よりこの様な群は存在しない。

以上により定理の(1)の場合の証明はすべて終わった。

定理の(2)の証明

証明に入る前に置換群の可移域についての性質を 2, 3 あげておく。 $G$  を  $\Omega = \{1, 2, \dots, n\}$  の上の置換群とする時、 $i \in \Omega$  を含む  $G$  の可移域  $\Gamma$  とは  $\Gamma = \{i^g\} = \{i^x | x \in G\}$ 、即  $G$  の元により  $i$  の移る文字全部の集合である。勿論  $G$  が可移であれば  $\Gamma = \Omega$  である。

次に  $|G| = |\{i^g\}| \cdot |G_i|$  なる等式が成立する。この事より任意の置換群  $G$  の 2-Sylow 群を  $P$ 、 $I(P) \neq 0$  とする時、 $I(P) \ni i$  に対して  $i$  を含む  $G$  の可移域の位数は偶数ではあり得ない。何故なら  $G \subset G_i \geq P$  で  $|i^g|$  は偶数故  $|G : P|$  は偶数になり  $P$  は  $G$  の 2-Sylow 群である仮定に反する。

今  $x$  を  $Ns_n(G)$  の元とする時、 $\Gamma$  が  $G$  の可移域ならば  $\Gamma^x$  も又  $G$  の可移域である。([3], 参照)

以下証明は先づ  $P$  が  $\Omega - \Delta$  の上で可移である (正則は仮定しない) ならば、 $N^A$  は  $S_4$  か  $S_5$  である事を示す。即  $P$  が  $\Omega - \Delta$  の上で可移ならば Case A) ~ Case C) はおこらない事を示す。又いずれの場合も  $G_{1,2,3,4} = H$  については Case IV) だけである。又  $\Omega - \Delta = \Gamma$  とおく。

Case A):  $N^A = M_{11}$

$$\Delta = \{1, 2, \dots, 11\}, I(H) = \Delta' = \{1, 2, 3, 4\} \text{ す。}$$

$\Delta - \Delta'$  の文字を含む可移域は偶数ではない。又  $|\Gamma|$  は偶数故  $H$  の可移域について次の場合が考えられる。

(i)  $\{5, 6, 7\}, \{8, 9, 10\}, \{11\} \cup \Gamma$

(ii)  $\{5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\}, \Gamma$

(iii)  $\{5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\} \cup \Gamma$  即  $H$  は  $\mathcal{Q} - \Delta$  上可移である。

(i) の場合

$N^\Delta = M_{11}$  より  $N$  に次の様な元  $x$  が存在する。

$$x^\Delta = (1, 2, 3, 4)(i_1, i_2, i_3, i_4)(k)(l)(m)$$

$x$  は  $N_G(H)$  に属する故  $x$  は  $H$  の 2 つの可移域  $\{5, 6, 7\}$  と  $\{8, 9, 10\}$  を動かさないか、それらを互に他へ移さなくてはならない。しかしこの事は不可能である。

(ii) の場合

$P'$  を  $H$  の任意の 2-Sylow 群とすると  $H$  の元で  $x^{-1}Px = P'$  なる  $x$  が存在する。しかるに  $H$  の可移域は  $\{5, 6, \dots, 11\}$  と  $\Gamma$  故  $I(P)$  と  $K(P)$  は共に  $\Delta$  である。即  $H$  の 2-Sylow 群が固定する文字は 2-Sylow 群のとり方によらず一定であり  $H$  により決る。従って今これを  $J(H)$  と書く事にする。

$a = (1, 2) \dots$  を  $P$  の central involution に共役な元とし、 $I(a)$  の部分集合  $\{i_1, i_2\}$  に対して写像

$$\varphi; \{i_1, i_2\} \rightarrow J(G_{1,2,i_1,i_2})$$

を考える。 $a \in N_G(G_{1,2,i_1,i_2})$  故  $G_{1,2,i_1,i_2}$  の 2-Sylow 群  $P''$  で  $a^{-1}P''a = P''$  なるものがある。 $\Delta'' = I(P'') = J(G_{1,2,i_1,i_2})$  で  $a^{\Delta''} \in M_{11}$  故

$$a^{\Delta''} = (1, 2)(i_1)(i_2)(i_3)(k_1, l_1)(k_2, l_2)(k_3, l_3)$$

$I(a) \cap J(G_{1,2,i_1,i_2}) = \{i_1, i_2, i_3\}$  である。前と同様にして  $\varphi^{-1}(J(G_{1,2,i_1,i_2}))$  は 3 つの部分集合  $\{i_1, i_2\}, \{i_1, i_3\}, \{i_2, i_3\}$  である事は容易に証明できる。この事より  $|I(a)| = 11$  から 2 文字づつとって作った集合が  $\varphi^{-1}$  の像として 3 個づつあり、それら  $\varphi^{-1}$  の像の間には共通な集合をもたぬ事は明か故

$${}_{11}C_2 = \frac{11 \cdot 10}{2} \equiv 0 \pmod{3}$$

となりこれは矛盾である。

(iii) の場合

$G$  は 5 重可移群になり、 $G_1 = X$  について考えると  $X$  は  $\{2, 3, \dots, n\}$  の上の 4 重可移群であり、 $X_{2,3,4,5}$  の 2-Sylow 群として  $P$  は、 $I(P) - \{1\} = 10$  個の固定する文字をもつ。しかしこれは M. Hall の定理より起り得ない。

Case B);  $N^\Delta = A_7$

$\Delta = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \Delta' = \{1, 2, 3, 4\}$  とす。

$H$  の  $\mathcal{Q} - \Delta'$  上の可移域は次の場合が考えられる。

(i)  $\{5, 6, 7\}, \Gamma$

(ii)  $\{5, 6, 7\} \cup \Gamma$

(i) の場合

$P'$  を  $H$  の任意の 2-Sylow とする。 $H$  の元  $x$  で  $P' = x^{-1}Px$  なる  $x$  が存在し従って  $I(P')$  は  $I(P)$  と一致する。即  $I(P')$  は  $H$  の 2-Sylow 群のとり方によらずに  $H$  によって決る。従ってこれを  $J(H)$  とかく。

$a = (1, 2) \dots$  を  $P$  の central involution に共役な元とする。 $I(a)$  の部分集合  $\{i_1, i_2\}$  に対して  $G_{1,2,i_1,i_2}$  をとると  $a$  は  $N_G(G_{1,2,i_1,i_2})$  に属する故  $G$  の 2-Sylow 群  $P''$  で  $a^{-1}P''a = P''$  なるものが存在する。 $\Delta'' = I(P'') = J(G_{1,2,i_1,i_2})$  とすると  $a^{\Delta''} \in A_7$  故

$$a^{\Delta''} = (1, 2)(i_1)(i_2)(i_3)(k, l)$$

であり、 $\{i_1, i_2\}$  より  $J(G_{1,2,i_1,i_2})$  の上の  $(1, 2)$  を除く  $a$  の互換  $(k, l)$  が一意的に求められる。従って写像

$$\varphi; \{i_1, i_2\} \rightarrow (k, l)$$

を考える。 $\varphi(\{i_1, i_2\}) = (k, l)$  になるのは  $J(G_{1,2,i_1,i_2}) = J(G_{1,2,k,l})$  になる時に限り、 $\varphi$  は明かに  $a$  の  $(1, 2)$  を除く互換の上への写像である。さて  $I(a)$  の部分集合  $\{j_1, j_2\}$  に対して  $\varphi(\{i_1, i_2\}) = \varphi(\{j_1, j_2\}) = (k, l)$  とすると、 $J(G_{1,2,i_1,i_2}) = J(G_{1,2,k,l}) = J(G_{1,2,j_1,j_2})$  となり  $\{j_1, j_2\} \subset I(a) \cap J(G_{1,2,i_1,i_2}) = \{i_1, i_2, i_3\}$  である。従って  $\varphi^{-1}$  の像は  $I(a)$  の 2 つの元よりなる部分集合のうち 3 個づつよりなり、 $a$  の  $(1, 2)$  を除く互換の数は  $\frac{1}{2} {}_7C_2 = 7$  である。以上より  $\mathcal{Q}$  の次数  $n$  は

$$n = 2 + 7 + 2 \times 7 = 23$$

で仮定に反する。

(ii) の場合

$H$  は  $G - \Delta'$  上可移で従って  $G$  は 5 重可移である。 $G_1$  について考えると次の Case C) である。

Case C);  $N^\Delta = A_6$

$\Delta = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}, \Delta' = \{1, 2, 3, 4\}$  とす。 $H$  の可移域は (i)  $\{5, 6\}, \Gamma$  (ii)  $\{5, 6\} \cup \Gamma$  となり、いずれも 5 を含む  $H$  の可移域が偶数になりこれは最初に述べた注意に矛盾する。

以上より  $N^\Delta$  は  $S_4$  か  $S_5$  である。 $S_4$  か  $S_5$  の場合に  $P$  が  $\mathcal{Q} - \Delta$  上可移であるだけではうまく証明ができない。そこで今  $P$  は  $\mathcal{Q} - \Delta$  上正則であるとの条件を加える事により定理の (2) が次の様にして示される。

Case D);  $N^\Delta = S_5$

$\Delta = \{1, 2, 3, 4, 5\}, \Delta' = \{1, 2, 3, 4\}$  とす。 $P$  が  $\{6, 7, \dots, n\}$  上可移で  $H$  は 5 を固定しない故  $H$  は  $\{5, 6, \dots, n\}$  上可移である。従って  $G$  は 5 重可移群になり、 $G_1$  について考えれば次の Case E) になる。

Case E);  $N^\Delta = S_4$

$\Delta = \Delta' = \{1, 2, 3, 4\}$  で  $G$  は 5 重可移群である。 $G_1 = X$  とおくと  $X$  は  $\{2, 3, \dots, n\}$  の上で 4 重可移群で

あり,  $X_{2,3,4} = H$  の 2-Sylow 群  $P$  は  $\{5, 6, \dots, n\}$  の上で正則故,  $P_5 = 1$  である。従って  $X_{2,3,4,5}$  は位数が奇数になり M. Hall の定理より,  $X$  は  $S_4, S_5, A_6, A_7, M_{11}$  のいずれかであり, いずれにしても  $n \geq 35$  とはならない。

以上により 定理の(2)の証明は終った。この際 Case D), Case E) は共に  $G$  が 5 重可移群になっている。従って次の事柄も云えている。

系

$G$  を  $\Omega = \{1, 2, \dots, n\}$  の上の置換群,  $G_{1,2,3,4}$  の 2-Sylow 群を  $P$  とす。

$G$  が 4 重可移ではあるが 5 重可移にはならず,  $P$  は  $\Omega - I(P)$  の上で可移であるとすれば,  $G$  は  $S_4, A_6, M_{11}, M_{23}$  のいずれかである。

定理の(3)の証明

この定理は [6] に於て最初  $G$  の involution による  $P$  の自己同型の核の位数より次数  $n$  を求めて証明された。後に [9] に示す様に標数 2 の素体の上のベクトル空間の一次変換を考える事により同様に示される。ここでは定理の(2)が示された以上, 可換な可移群は正則である

[3] 故当然成立する。

## 文 献

- [1] M. Hall: *The Theory of Groups*, Macmillan (1959), New York.
- [2] C. Jordan: *Recherches sur les substitutions*, J. Math. Pures Appl. (2) 17 (1872), 351-363.
- [3] H. Wielandt: *Finite permutation groups*, Academic Press (1964), New York.
- [4] E. Witt: *Die 5-fach transitiven Gruppen von Mathieu*, Abh. Math. Sem. Univ. Hamburg 1 2 (1937), 256-264.
- [5] H. Nagao: *On multiply transitive groups I*, to appear in Nagoya Math. J.
- [6] H. Nagao and T. Oyama: *On multiply transitive groups II*, Osaka J. Math. 2 (1965), 129-136.
- [7] H. Nagao and T. Oyama: *On multiply transitive groups III*, Osaka J. Math. 2 (1965), 319-326.
- [8] H. Nagao: *On multiply transitive groups IV*, Osaka J. Math. 2 (1965), 327-341.
- [9] 永尾汎, 大山豪: 多重可移群について, 日本数学会, 数学, 第17巻, 第4号, (1965), 224-231.



# 理想主義のモラリスト (1)

—F・ノリス：『オクトパス』について—

渡部 定雄

## A moralist in the native idealism (1)

—On 『The Octopus』—

Sadao WATANABE

「小麦の叙事詩」としての『オクトパス』を、「小麦の夜の象徴」であるアンジェルト、「小麦の昼の象徴」であるヒルマを中心に、ノリス(F.Norris, 1870—1902)の若い母——ガートルード、そして、転落の美少女——ミナという四人の若い女性達をめぐって考え直してみた。

すると、ゾラ(Zola, É.)ばりの《自然主義的技法》は『オクトパス』の本流から浴暗して、《潜在的 ロマンチズム》が「理想主義」と「善悪二元論」を伴いながら『オクトパス』の深層部にせりあがってくる。ということは、写實的に客觀的描写を指向した『オクトパス』には、意外と、それとは裏腹の、去り行く「樂觀的理想主義ムード」が、そと、ひそんでいるということなのである。

十九世紀末葉の理知的な、しかも権力的産業主義の非情さに直面したノリスは、彼の云う《真実の文学》が疎外化され、異質化されていくのに当惑した。そして、彼の《潜在的ロマンチズム》は伝統的な「理想主義」と「善悪二元論」に、その安住の場を見出そうとする。本小論を支えるために、若い女性達の存在価値を認めようと筆者は、つとめるのである。

### 1

「小麦の叙事詩」として、『オクトパス』をできる限り《自然主義的》<sup>①</sup>にもっていこうとしたノリスの雄図は、衆知のとおりである。

ノリスが芸術家としての良心から、「技法的」に《フランス自然主義》に組する作家群のうち、とりわけ、ゾラの作風に魅せられ、彼に私淑していたことは諸学匠の研究<sup>②</sup>に照らすまでもなく、正しいと思つてよい。

又、当時、南北戦争を契機とするアメリカの社会経済体制の必然的な変換期の余波をうけて、ノリスを取りま

く四囲の状況は、「現象的」にそうしたノリスの「觀念的自然主義文学」<sup>③</sup>の立場に、有利に展開する素地をつくりつつあったということも想像される。

そして、『オクトパス』の前作「マクテグ」——ハウエルズズの言葉を借りれば「人間叙事詩」——に対して、《フランス自然主義文学》の内容を模倣しているという世評が持ち上がった。

ノリスがそれに応える意味で、「社会的叙事詩」としての『オクトパス』に《アメリカ的自然主義》の「鼻祖の使命」を託したとも考えられる。

しかし、ノリスの「写實的」意図は、それが事物の克明な「報道的価値」という点を除いて、「理想」と「想像力」の産物に、すりかわってしまったように思われる。

従つて、『オクトパス』から、ノリスの内面に深く漂う《ロマンチズム》の驕を払拭することは、困難である。というのは、『オクトパス』に、十九世紀後半の写実主義を認めながらも、それとは相容れない「善悪」を前提とする「寓話的連想」や「全能の力」を称えるプロットや挿話の「劇的書法」などに内在する《ロマンチズム》の存在を肯定しなければならない<sup>④</sup>という奇妙な矛盾があるからなのである。

事実、こうした矛盾が『オクトパス』に関する研究の中で、とりあげられる比重をましてきたように思える。云うまでもなく、もともと、『オクトパス』は《自然主義》と《浪漫主義》とが「平和共存」して雑居している<sup>⑤</sup>ということに落ち着いてはいた。

これを裏書きするかのようには、ノリスはこの曖昧さを自己なりに統一して割り切っていた。

それを解く鍵は「あらゆる勇氣をふりしぼって『オク

トパス」を生一本の《自然主義作風》で書こうとしたノリスが、至極あっさり「オクトパス」を自身の成し遂げた最も《ロマンチック》な作品である<sup>⑧</sup>と云っている言葉である。

当然、ノリスがゾラを《ロマンチックの巨匠》と誉めあげたことを考え合わせると、こうした矛盾は氷解する。そして、深い内面意識の系譜をたどる必要もなく、外面上の食違いは解消するように思われる。

しかし、ここに一步立入って「オクトパス」の若い女性達に焦点をしばって「オクトパス」を読み返してみると、彼女達は一八八〇年代の西部の女性達のありのままの姿を、代表していないことにたやすく気づくだろう。

「知的合理性」を身につけた青年期に、ノリスが吸収した《自然的主義作風》は「内面」において、彼自身の《潜在的ロマンチズム》に圧倒され、潰崩した融合させられていった。

だから、ノリスの《潜在的ロマンチズム》は彼女達を豊かな「想像」や「理想」の翼にのせている。彼女達は、ある時は、エキゾチックな東洋美で扮装され、又、ある時は、自然の中に溶けこみ、空間を飛びかい、時を忘れる。ある女性からは「緋文字」のヘスターやアーサーが聯想されるだろう。

若い女性達は、期せずして、ソーヤやホーソンと同じように「都市」や「機械文明」を蛇蠍のように忌み嫌い、美しい「自然」を神聖視する。

若い女性達を通して、さらに、「オクトパス」には最終的かつ突極的に、アメリカのなつかしい「モラル」が澎湃として漲っていることが知られる。そして、ノリスの《ロマンチズム》を、穏和な「神」の御加護による「永遠」の進歩を信じていた植民地からの「伝統」の中に、比較的なたやすく位置づけることができるだろう。

いよいよ、ノリスの《潜在的ロマンチズム》を理解する必要が生じてくる。そのために、ノリスを育ぐんだ第一次環境がいかにか彼の深奥部深く食いこんでいるかを一瞥する必要があるだろう。

それは取りも直さずノリスが「ニュー・イングランド」の血を受け継いでいたことからはじまる。更にその背後に、連続した伝統文化が、その風俗、思潮、生活様式、思考様式と共に脈打っているのである。

（ほんとに、ひんやりした、きれいなお水って、良い感じでしょうね。

小さい頃は、うんと、良かったわ。何でも好きなことを好きなようにやれて。

大きくなるなんて、結局、つまらないの

ね) (230)

という若い女性達の回想から、「オクトパス」がアメリカ小説の伝統的な枠組の——つまり、「文明」対「自然」の二元論からも食み出ようとはしていないと考えられる。彼女は、「恋愛」から逃れ、「文明」社会から「自然」へと逃避を目論み、時には、少女時代に退行し大人の世界からの幻想的な心理思考へ移りながら、成長することの愚かさを悔いているのである。

つまり、「理想主義」や「古典的二元論」——「自然の善と都市文明の悪」——を「オクトパス」から見出すとするには若い女性達の心理の流れや、所作を観察すると良いし、それには、先ずもって、ノリスの若い母——ガートルードに登場願わねばならないということなのである。

日頃、見聞して痛切に感ずることは、若い女性としての母と、子としての作家との、密度の濃い相互影響を無視して作品を論ずるといふ愚かさであり、「名作とは、作者が登場人物の中に自分を入れてしまわないことである」といふような一般論にもかかわらず、そうした研究が往々にして、どれほど、皮相なものであるかということである。

ノリスの姉と妹とを夭折させた若い母——ガートルードが八才まで一人息子であったノリスによせた期待と愛情は、当然、深く大きかったといわねばならない。そして、彼女の繊細な感覚と礼儀正しさが、「オクトパス」の女性達に投射されているとしても、不思議ではない。

「オクトパス」を「若妻」に捧げたノリスの心情の奥底では、恐らく、妻と若い母ガートルードの傍が重なりあっていたに相違ない。

さて、ガートルードの父方、及び、母方の祖先は、共に、英国からの移住民で、前者は代々「ニュー・イングランド」に定住し、後者はバージニアに居を構えていた。<sup>⑨</sup>

彼女の祖先の墓石には有名な幾人かの「ユニテリアン」の神父達が、名をつらねて刻みこまれている。<sup>⑩</sup>

何代も続いた「ユニテリアン」の家に育ち、「ニュー・イングランド」の空気を吸ったガートルードから、ノリスが宗教的な雰囲気を経験し、文才を頂点とする様々な古い文化や風土的特質、生活様式、文学的素養を知らず知らずに吸いこんでいたことは疑いの余地がない。

「ピューリタン精神主義」の伝統に規制され、仕付けられた美貌のガートルードは、幼い頃から舞台上に立つことを望んでいた。彼女の才芸と努力は、やがて、「オセロ」のエミリアの役割りを、彼女の初舞台に与えることになる。彼女はその後、数々のシェクスピア劇に出演<sup>⑪</sup>する。結婚後、こうした文化的誇示欲の夢が破れた彼



女は、ブラウニングやメレズに親しみ、夜毎、ノリスに持前の見事な話しぶり、スコットの「アイヴァンホウ」やディケンズの「二都物語」ステイーヴンソンの「宝島」等を読んできかせた。

そのため、ノリスの《ロマンチックな世界》がその「視野」と「空想力」を遠く、広く、拡げていったに相違ない。

ディケンズの奇行やスコットの《ロマンチック精神》が場所を変え、姿を変えて、ノリスの作品に後年、あらわれる遠因ともなるのである。⑩

だから、ノリスを《アメリカ自然主義》の父として特に、クレーンなどと同列に捉えるのは些か、乱暴すぎると云わなければならない。クレーンの登場人物達が抹殺されるように、人間とは無関係な犠牲者をつくり出す客観性を、ノリスは到底とりえない。時折り若い女性達の「理想」や「恐怖」や「なげき」が、ノリス自身のそれらと交錯する。彼女達は「自然の慈悲深かさ」と一体となって、はじめて、幸せな人生を楽しむが、「自然」に見放された「文明」や「都市」のもとでは、悲惨な境偶に落ちるよりはか仕方がない。「罪」と「罰」、「善」と「悪」とがあまりにも彼女達を縛りあげているのである。

至極「あたりまえ」のように「オクトパス」に、一貫性のないことがはっきりしてくる。そして、「愚かな一貫性は痴人の戯言に過ぎない」といったエマソンの言葉や「惨害はその本質がわかりさえすれば、個々の事例数は物の数ではない」といったソローの言葉を、ここで、思い出してみる必要がある。すなわち、「至高の善」は未梢的な個々の事象——良いものにせよ、悪いものにせよ——を、「ゼロ」に近づけているのである。それは、「一般原則」を「個々の事象」より重要視したプラトンの考え方にも近い⑪かも知れない。

経済的、社会的レベルでの、些細な——実は、些細なことではないのだが——矛盾や悲劇を越えるエマソンやソローの神秘的かつ楽観的な「自然観」⑫と「オクトパス」との奇妙な結びつきは、ノリスの胸中に深く秘められたガートルードと、十九世紀後半の社会現実態をめぐる相関関係において、その一斑が明らかになるであろう。

いずれにしても、後年、富裕ではあったが、文化的教養の乏しい、叩きあげの夫と離婚したガートルードのノリスに対する期待や依存心の「オクトパス」に与えた、間接的、直接的、影響は大きい。

例えば、ノリスが女性達に男性名をつける性癖は、女兒を次から次へと亡くしたガートルードの悲願であるよ

うに筆者には思えるのである。

母に父の役割りを、又女性に男性の役割りを演じさせようとした心うちを反映するかのように、うら若い「ハ・イ・ティ・ーン」の美女達「ヒルマ・ツリー(Hilma Tree) アンジェル・ヴァリアン(Angèle Varian) ミナ・ホーヴェン(Minna Hooven)が「オクトパス」に誕生した意味は大きい。

## 2

「夜の小麦」のアレゴリイであるアンジェルと「昼の小麦」のアレゴリイとしてのヒルマという、うら若い女性達は、調和的な対照をとりながら、夜は、嬾々と、昼は、颯爽と「オクトパス」に彼女らの「理想」の容姿を並べている。

アンジェルは、文字どおり、「夜の小麦」の籐条とした化身なのである。

(彼女は、夜分、星明りや月光のもとに顯れる。彼女は淡い金色の髪をなびかせ)(114)

娘のアンジェル二世は母の姿そのままに、

(小麦の姿で、うつしよの人となったのである)(449)

彼女達は 麗な淡紅色や鶺鴒(pale carnation)に包まれた「夜の小麦」なのである。《ロマンチック》な「小麦」にはその季節の花々が協調音を奏でていても、不自然ではない。

(彼女の金髪には薔薇の匂(smell)、東洋風のアルモンドの形をした、重い戸惑いかちの、藍色の目は、すみれの影を宿し、エジプトの豊満さをたたえた唇はすぐれた赤色をしたカーネーションの芳香(roma)がする。百合の白さと、百合のかおり(perfume)百合のようにととのった優雅な首筋、彼女の両手にはヘリオトロポの香(odor)を含み、彼女のドレスの襞はけしのかすかな香氣(scent)をただよわせ、彼女のあしはヒヤシンスをしのぼせる(redolent)(104)

静寂の夜、彼女をめぐる花々は夜の帷の中に沈み、神秘的な《ロマンチズム》の香がたちこめる。

(夏も過ぎ、秋分の頃の満月(harvest moon)があらわれ、消えていく)(33)

頃、「小麦」の収穫を象徴するかのよう、彼女は身元不明の物に暴行され、やがて、獣の子を残して死んでしまう。彼女の肉体は滅び去るが彼女の娘が十八年後、再び母と同じ姿をして「夜明けの小麦」の発芽と時を同じくして、母と同じ恋人の精神感應術(telepathy)に応じ

てあらわれる。

（春が深まるにつれて、夜は短くなって、それはある確実なものに結晶した）（270）

これは、「小麦」の《リアル》な発芽を《ロマンス》に対応する「暗喩」に用いようとしているのである。

一方、アンジェルと、調和をとりながら登場するヒルマは清澄な、生気にみちた太陽のもとに健気に働く撥刺とした若い女性である。だから

（太陽のすばらしい光輪が彼女の白く輝く素肌に、淡い紅と金色の美しい配色を織成して）（162）

おり、「昼の小麦」のヒルマは（——まあ……お日さまがいっぱい。朝も昼も午後も。だから、みんな輝くのかわ）（120）と、太陽を絶賛する。彼女は健やかに、生き生きと成育する小麦であり、ふくよかな、びちびちした娘でもある。

「オクトパス」における「業」の調和性がヒルマに、夜の「罪悪感」をもたせたのは、けだし、当然の筆の流れと云えよう。

（暗いところが好きな人は、「悪い」人なんでしょう）（121）

（夜がやって来るわ。嵐が来ないかしら）（230）

と、ヒルマの暗闇に対する恐怖や委靡感が彼女の心像の中で繰り返えられる。

しかし、昼には太陽の恵みをうけた彼女は（総べての人々に善意をもち）（166）ながら、すくすく育っている「小麦」なのである。

調和的な「業」という見方から「オクトパス」において若い女性達は「典雅な伝統」に順応している。これに対する反論を彼女達の「性」に対する反応や「道徳意識」がはげしく反駁する。

彼女たちは、自身の奥底に横わっている禁圧感が「ピューリタニズム」「理想主義」に親近感をもつと言い張るのである。

事実、彼女達の立ち振舞いや、彼女達の恋人や夫達の言葉、そして態度をよく吟味してみると、一応に、内面において、「禁欲的」であり「上品」である。複雑な「性」のもつれや眉をひそめさせるような「性」は遠ざけられている。そして、みんながみんな「性」に対して、慎ましやかという以上に、過度な「罪悪感」に苦しんでいる。

云い換えると、「道徳的内省」と相俟って、彼女達は「上品な伝統」を無視するどころか逆に、意識しすぎているのである。

それはとりもなおさず、「宗教上の道徳律」がその源泉に存在し、厳しい心の戒律となって、峻厳と胸にせまる空気をつくりだしていると言えよう。だから、とぎつ「性」は「オクトパス」には、顔をださない。

ところで、ただ一箇所、前に少し触れたけれども、アンジェルが強姦された想定される一シーンがある。しかし、第一に注意しなければならないことは、彼女が人間というよりはむしろ、「夜の小麦」の寓話の中におりこまれているということである。恋人と秘かに「清潔なデート」を楽しんでいる植物的なアンジェルには、動物臭はない。

彼女からは、どう考えても、なよなよしい、清婉な「小麦」が示唆されていると思うよりほかはない。

次に、たとえ、彼女が「小麦」であることを論外においても、この強姦シーンをよく読みかえしてみると、何ら具体的な「性」表現を使っていないことに気づくのは簡単である。では、彼女が「小麦」ということは、別にして、「オクトパス」の場景をしばらく眺めてみよう。

（ある月のない晩のこと、いつもより少し早いめに西洋梨の黒ずんだ木蔭にやってきたアンジェルは、彼女を待ちわびている親しい姿を見出した。……信じ切った彼女は、なれない二本の腕の抱擁に身をまかせた。恋人のヴァナミーは、ほんの数刻おくれてやって来た。そびえ立つ木の下で、彼は気を失って動かない彼女のぐったりした身体につまずいた）（33）

このシーンが陰喩しているのは確かに強姦であろうか。ここには、何ら具体的な、あくどい「性」の表現はみられない。云ってみれば、羞悪な、扇情的な個々の具体的な「性」描写はない。

叙事詩は牧歌的な夢の恋物語りをつづけている。アンジェルが肉体的、物理的な暴行を加えられず卒倒したとの仮定も、なんら、不自然でない。たとえ、一步譲って、極めて婉曲的な言い廻しで、強姦であることを、この場で訴えようとしているとしても、それは、「性」をあからさまにするを第一義としているわけではなく、意識下に沈潜する「ピューリタン」が、物語りの高揚にはたした消極的役割を伝えるにすぎない。更にこの作用が、《自然主義》に必要な客観性を弱めているのである。ノリスはガートルードから、強い「ピューリタンの気質」をうけついでおり、加えて、精神的文学的に彼女とのつながりが強かっただけに、このようなシーンにも「性」は、謙虚に抑圧され、押し殺されてしまっている。

最も大切なことは、このシーンから何が帰納されようとしているかである。この疑点が晴ればこの牧歌物語りの悲劇が『オクトパス』においてどのような脈絡をもち、どんな役割をもつかははっきりする。

蛇(*serpent*) (273)というイメージによって暗示される暴行者は、「小麦」に対置された「悪」であり、楽園を毒する「蛇」によって「罪」をも意味されている。そこで、シェクスピア劇を愛したガートルードに「リチャード二世」の王妃の言葉を語らせてみよう。「これ、あのアダムのように、庭の手入れをしているお前よ、どうして、お前のあらっぽい粗野な舌が不愉快な報せを伝えたのか。どんなイヴが、どんな「蛇」がお前をそそのかして「罪深い」人間をまた墮落させようとするのか」<sup>④</sup>

つまり、この強姦らしいシーンは「善の永遠性」を不動のものとするために——つまり、「善」から生、「罪悪」から死、そしてより高い「善」としての生へと反覆する「小麦」の収穫、小麦の種子、そしてその発芽を導くために——設定された伏線である。アンジェル二世の誕生は、「小麦の芽立ち」という「不死」に象徴される絶対的な「理想」をひきだすための膳立てと考えられる。

以上のことから、強姦らしい情景でさえも、「性」的に少しも厭わしい表現でなくなる。「性」について、このように「罪悪意識」をもち、具体的な性描写を殆んど黙殺している『オクトパス』では、当然、結婚生活についても、より一層、抽象的に静謐かつ静穏にのべ、「性」の実写は皆無といってよい。云うまでもなく、ノリスは肉体的な交わりを危険視し、このようなことまでしている。「男女がつかまるどころ、人間にしかすぎないということは、理想主義者達が正視しえない事実である」<sup>⑤</sup>

この考えはヒルマに生きている。事実、彼女は清潔にし、しかも涅槃の静けさで、娘から結婚生活に入った日を、淡淡と回想している。

(たった今、「性」の意識に芽生えて、おどおどした引込思案の乙女が、私からなくなったの。そして……一人前の女としての複雑なまよいや、胸騒ぎも不思議と消えてしまったわ。乙女時代のなつかしい素朴さが、かえてきたのだわ。もう無知の素朴さでなく、偉大な、純粋な素朴さ、無上の知恵として) (349～50)

ここにいたって、ヒルマは「神の掟」や「自然の法則」に従った「結婚」にのみ許される「ピューリタン」の「性」のやすらぎと安堵の気持ちを見出すことができ

る。そして、

(彼女は苦しみから抜け出て、永遠の安らぎが支配する国の女王のように、静かで穏やかな神受権との関係を結ぶ) (349～50)

のである。

「性」に対する苛酷な「罪」の意識は「緋文字」のアーサー・ディムズディル牧師の苦悶や、煉獄的な苦しみに、優るとも劣らず胸をしめつける。

宗教的「ピューリタニズム」は何といても、ホーソンに十七世紀の名残りを止めていた。<sup>⑥</sup> ホーソンと共に「ピューリタニズム」は未だ十九世紀の黎明的精神勢力として残っていた。やがて、おもてむきは、それは産業主義の奔流の中に押し流され、実業主義や、道具主義のもとに、隷属するようになる。そして、それらの思想の枠内に閉じこめられ、ある意味では忘れられてきた。

反面、「ピューリタニズム」は、不死鳥のように南北戦争後も姿を変え、その抑制や回避の掟を通して、アメリカにその痕跡をとどめることになる。

『オクトパス』には、当然、『失楽園』や『天路歷程』ほどに灼熱的な宗教的抑圧は見られないけれども、いまだに「性」の悪業への苛酷な「罪悪感」や「原罪感」は、ホーソンと同じように白熱に輝やいている。

『オクトパス』の若い女性達は、ホーソンの登場人物達と同様に、もはや、「ピューリタン」の地獄的悪鬼には脅迫されてはいない。加えて「緋文字」のヘスターや若い牧師は、象徴であると同時に、実在人物の過去への投射であるのに反して、アンジェルやヒルマは、ノリスのイメージの中で再生産され象徴としての意義を強調されているのに過ぎない。ホーソンとノリスとの時代の差異を同一時点で論ずることは妥当でないかもしれないけれども、「ピューリタニズム」の間接的な滲透は『オクトパス』においても、人間の弱さをつき、さらには意識下の世界で、「罪と罰」という形相をとり激しく纏れあっているのである。

従って、ノリスの「性」に対する心ばせは無宗教者というよりは「ピューリタン」のそれであった。だから

「性」に対する「罪」の意識が《自然主義》にあるべき、客観性、率直さ、超倫理観などを、あやふやにし、彼の信条をもきわめて「不利」な立場に追いこんでしまっているといえよう。

### 3

すでに述べてきた若い女性達をめぐる「モラル」の厳しさは、ヒルマやミナのひととなりや生活経験を通してなす一層ははっきりとする。

ヒルマは肉体的な「性」を抽象され、「自然」と同一視されている。

（自然のままに成熟したヒルマは、或る日、乳製品をつくる小屋の中で、三方が広々と開いた窓から燦々と降り注ぐ太陽を、まろやかな体に一ぱい浴びて、歌を口遊みながら仕事をしている）（122～3）

ノリスの女性はひどく清純で、清潔であり、主として、上半身が中心に描かれている。ノリスのイメージは太陽が、漆黒に優麗に一列に並んだ瞳に縁どられた円らな瞳に、金剛石を鑲めている「屋の小麦」を浮彫にする。

ヒルマは女性というよりは、むしろ「自然」と琴瑟あいし、「自然」の韻律に融けこんだ「自然の精」として画かれている。

頬の和毛や柔らかな胸の線は、朝の太陽とミルクの甘美な芳香の中に渾然と融合している。

（彼女が太陽をうけると、ばらのようにそっと赤らんだ彼女の頬の面に、花粉のように優美な、蛾の羽のわずかな粉のようにこまやかな、綿毛や和毛の輝きが、ちらちらひかる）（120）

彼女は、まさに、「自然」から抜け出た女性である。

このヒルマに、学士の青年主人がほのぼのとした思いを寄せることになる。そして——彼は

（ヒルマの案内で、ただ二人、地下室に入っているというのに、…もし、口付けをすれば彼女は、水のような眼差しを自分にそそがないだろうか）（122～3）

と口付けの妄想に悩み、擬人化されたヒルマに対する心は千度乱れる。口付けした自分を想像して、彼の動悸は高まり、息切れがしてくる。

肉体と良心、悪と善のすさまじい葛藤は「蘆の葉」のようにヒルマが身を躲してもおわろうとしない。彼女は怒りを忘れたおどろきの目を、子供ぼく大きく見開き、狼狽と悲しみから、声にならない叱び声をあげる。彼は不様な姿で立竦む。彼の良心をさいなむ声は、苛烈で、慳貧で、厳しく深刻である。

（自分は悪人（goat）だ。ばかものの畜生野郎（beastly fool pip）だ。ううん、なんとばかなことをしでかしたものだ）（124）

彼は口付けをしてはいない。彼の頬とあごはヒルマの耳朶に触れるか触れなかったかで、唇は、単に、彼女の頸と肩の間のブラウスの髪を掠ったに過ぎない。

口付けは、押しなべて、獣や畜生のする恥ずべき行為

なのである。「口付け未遂事件」は彼らの心の苦しみを、更に魂の内側から、つつきまくる。肉体的「性衝動」に対する「罪悪感」は口付け未遂に対してもこのように峻厳である。ヒルマは口付け未遂後に、何度も彼から陳謝をうけ、彼自身も又、野卑な男（mucker）だったの、不作法ものの礼儀知らず（galoot）だったのと反省しつづけている。

しかし、ヒルマにとってはそれ以上に「口付け未遂事件」は彼女の記憶の中で、最も許しがたい大事件だったのである。彼女は

（あなたは大変な間違いをされたのですわ私の記憶の中で、こんなにひどく傷つけられたことなんてなかったわ）（149）

と何時間もひとりで泣き伏すのである。

偏屈で我が強いという難点はあるが、女嫌いで金もあり学もある青年主人に口付けされようとしたことが何故ヒルマをこれほど嘆き悲しませるのであろうか。

たとえ、将来、夫婦の契りを結ぶ二人であっても、夫婦以外の「性の交わり」を禁じた「ピューリタニズム」に、彼女のなげきの本質を求めねばならない。

さて、「口付け未遂事件」があって以来、彼を意識して避けてきたヒルマは小作人の娘である田園の美少女ミナと、午後のひとときを過ごした。ミナは蹠を挫いてしばらく家に引込んでいた。

二人の「自然児」の会合は和音となって余韻をひき、その帰り道、ヒルマ水たがらしの生えている春の小川に立たせるのである。

「文明社会」から自らを断絶した「小麦」は、まさに、水をえた魚のように「自然」の中でほしいままの夢を楽しむことになる。しかし、この悦びは長続きはしない。悲しいプレリュウドは意外と早く、彼女の心像にしびこんでくる。

彼女の心にはすぐ上にかかっている鉄橋を通る「鉄の心臓をした怪物」から体をのりだしているにやけた機関手が浮かび、彼女のこめかみでは真赤な血が脈打つのである。

「俗悪さ」が知らず知らずに「小麦」の傷つきやすい心におそろしい「鉄道」と重なりあいながら、その「嗜虐性」をおしつけてくる。空想は回転して彼の食堂に入る自分を想像した「小麦」はがく然となる。幻想は現実の呼水となり、ヒルマの贖罪的な苦しみが再燃する。

（嫌だと思っていない彼）（164）であり、しかも（内心ではひそかに心をひかれている）（183）彼に、おそろおそろ「絵べてが欲しい」と求婚された時、ヒルマは身

震いしながら、ハンカチの結び目をむしり取るようにひっぱり涙にむせぶ。(234)そして、彼女の顔は恐怖に青ざめ、目をおそろしそうに見開く(237)のである。

彼女は彼をおそれているのではない。彼女は「漢」とした「あるもの」をおそれ、それから身を守ろうとしているのである。それは侮辱感でも、陵辱をうけた良心に貞節をつくそうとする空しい足掻きでもない。

それは、突然、野の花を求めて「蛇」にでくわした時の、まさに「その」「恐怖」なのである。

彼女のこの「恐怖」にわななく、明状しがたい(罪悪感)(232)の根元は何であろうか。こうした彼女の「おそれ」は一つの深い意味もっている。それは乙女としての恥じらい以上の何ものかが彼女の深奥部にひそんでいる「あかし」でもある。

ゾラを始めとする《フランス自然主義者達》は「性」について卒直に接し、また、彼らの大胆な「性」の描き方に一つの特徴もっている。

従ってノリスが「性」の探求を必要視していたことは明らかである反面、この問題に対して「恐怖心」を抱いていた事実も否定できない。

ミナも又、俗悪な「都市生活」の前には、ヒルマと同じようにおどろき、途方にくれた小鹿にすぎない。

彼女も異常といってよいほどナイーブであり、感受性も強い。

空腹と貧乏に打ちのめされた自然の子、ミナは無一文に近くなって、泊るところもなく途方にくれている。日も暮れて苦勞の末に見つけた安宿がようやく持っている小銭でとまれる唯一の宿だと知った彼女は、宿泊させてくれるように哀願する。しかしこの宿が(「男子専用」である)と聞いたとたん、恥ずかしそうに消え入るばかりに口籠る。

(まあ、まあ、わ、わ、わ、たし、知ら、ら、なかったのです。……わ、わ、わ、たし、知ら、ら、なかったのです) (409)

と、当所もなくよろめき去るのである。そして、挙句のはてに、彼女は、

(口のあたりの、ある陰しさと、陰のたるみと、自信に満ちた態度のほかは別にかわったところのない) (413)

絹のガウンをまといきついコルセットをつけた三十前後の女のある種のコンパニオンになる。それは「地獄」(hell)(414)であった。はなしはここで途切れる。

「性」に関して魅惑の虜に陥りそうになりながら、何故ノリスが「性」に近づくられなかったかの理由をヒルマやミナは物語ってくれた。

なるほど、ノリスは「性」の神秘を別扱することが真面目な小説家の義務だと信じていた。⑥

しかし、ノリスが全般として「性」は不幸な、嘆かわしい天性の配合であるという感情を思い止まらせることができなかった。そして、心は「性」にとりつかれまいと、びくびくしていた。こうして、ノリスの「性」に対する基本的な考え方を引き出すことができよう。

ノリスは彼の深奥部で「性」をしばしば「悪徳」と同義語である⑦と、感じとっていたのである。

#### 4

若い女性達の心に映じ目に触れた「文明」と「都市」に対する危惧や不信は「オクトパス」に数多く見出せる。それは又、ヨーロッパの対岸からの産業革命の到来や、科学的工業的進歩が「都市」に蔓延る「悪」として、アメリカの「楽園」を枯らしているというソローやホーソンの信念とも合致する。ソローの大きな目的は「機械文明」が齎らす大規模な「悪」が滲み出す現存の社会から、新たに更正された人間を造りだすことであった。

「文明」の充満する「都市」はアンジェルやヒルマ、さては、ミナにとっても憎むべき「悪」の温床であった。彼女らにとって「都市」は明らかに、「田園」や「自然」の「善」と対置させられている。

彼女達には「都市」は唾棄すべき、忌むべき、嫌悪すべき、汚辱にみちた魔窟以上のなにもでもなかった。ヒルマはこの(けばけばしい未開の都市)(283)を悲しみ、善良な「田園」の美少女ミナは悪辣な「都市」での生き方に無知であるために「都市」の無情な渦巻に捲きこまれる。

(もし、都市に住めばだやすく身を誤るだろう) (346)

(田舎育ちで都市の風習を知らないミナは都市生活のきびしい巨大な争いにまきこまれ、災厄にあうだろう) (399)

という予言のとおり、悲惨な境遇におちこみ、

(「都市」という海の干き潮におぼれないうようとする彼女の苦悶) (410)

は空しく「善」である「自然」に見放された彼女は春をひきぐ女となりはてる。そして「都市」の「鉄道会社」の広告は彼女に怪物の長い腕につかまった自身を連想させ、彼女は(身の毛もよだつような「都市」の街頭)(411)から逃れようと足掻き悶える。

「都市」と同時に「文明」も若い女性達の不倶戴天の敵であり、魔魅である。

「自然」のままの神聖な田園に「機械文明」が容赦なく侵入するのを、機関車の汽笛が不可侵の秩序を脅やかしはじめたとと百姓の庭の上に翔る一羽の鷹に譬えたソローの憤激<sup>④</sup>と、「オクトパス」の女性達の不安は一派相通ずるのみならず、共に因って立つ基盤を等しくする。

もともと、アンジェルの愛は「文明」に汚されない「自然」と相和した牧歌的な恋情であった。

(この愛は牧歌的に「文明」に手のつけられていない、木々の成長のように天然の、露がおりるように自然で、どっしりした山々のように強い恋) (32)

だった。

「文明」と鋭く対立する「自然」にいだかれる喜びや「自然」に対する信頼感、神が祝福した土地に住み、神の暖かい加護のもとに「共和国」の「神聖な歴史」をつくろうとした人々にある感情であった。

「自然」に遍在する超絶神の「秩序」に対する心服は「文明」に対する憤りからも実証し、察知できるだろう。

だからこそ、ヒルマの美しさや魅力は汚濁に満ち満ちた酸鼻の吹溜りの「都市文明」にまだ冒読されない「自然の美」でなければならない。彼女は

(「自然」に近く、偉大で「恩情」あふれる「大地」に近く、人々の満ちあふれた所の穢された、きびしい、貧欲な生存競争に汚されず押しつぶされない女性の飾り気のない、直覚的な上品さ) (65-6)

をもっていた。

「自然の善」と「文明の醜さ」は、「屋の小麦」のヒルマが称賛され、景仰され「自然」の近くに住み、汚れていないことであらわされている。彼女が善良な少女として「自然」と同一視され、さらには、神格化されさえもする。それは、云い換えれば収奪をこころみる「文明化」の嵐が孕んだ「無神経」かつ「理的」な権力組織に対する「自然」の抵抗をしめしている。

ホーソンも又、或る意味では「自然」の美しい生涯、——何か生涯を通じて野鳥の囀り声が聞かれるような生涯を送りたいと希望している。

勿論筆者はノリスが彼の代時の他の作家達と同じように、じかに、肌でソローやホーソンの存在を意識していたという確証をもたない。しかし偉大なソローやホーソンたちを尊敬の面持で、暗に言及しているノリスの姿勢<sup>⑤</sup>というものは理解されねばならない。

西部の広野や峨々たる山並を克服するのに際して《ロ

マンチズム》に優先した無味乾燥な「機械文明」<sup>⑥</sup>にノリス文学はつづつと孤立感を味わったことであろう。そして、彼がニュー・イングランドの作家群に《前回のロマンチズム》の拠所としての新鮮さと心の支えを見出したのは、ごく「あたりまえ」のことであったかもしれない。

着色石版の文明(chromo civilization)時代の「都市」や「文明」を嫌悪したノリスは、内心、懐かしい「理想主義」を千天の慈雨と思ったに違いない。

## 5

「性」の心像の淡白さ、清穆さや自然物の人格化の寓話から《潜在的アメリカ・ロマンチズム》が垣間見られてきた。

ノリスは「超道徳的な客観的態度」をとりえず、<sup>⑦</sup>自身の「主観」や「理想」を若い女性達や彼女らの恋人達の中に、時折り、客観化している。

さらに、「小麦」に象徴される「自然勢力」を見出し、「自然」と調和することによって<sup>⑧</sup>「現在悪」から逃れようとしたのである。そして、そうする過程の中でそと、過去の「理想主義」や「善悪観」と手を繋ぎながら、ノリスはその時代の矛盾に対処しようとしたものといえよう。

ここで、「理想」の骨子をもう一度、おもい出してみよう。

アンジェルの死の心像は「罪」に通じ、アンジェルの娘の誕生は「罪」から「死」へ、「死」から「永遠の生」につながるオプティミスティックな道程を踏みかためている。

「緋文字」において、悪臭をはなつ「悪」の情熱から生まれた「罪の子」パールはその無邪気な生命を測り知れない「天意」によって、愛らしい「不死の花」と生まれている。<sup>⑨</sup>

アンジェル二世嬢はパールと同じように「エデンの園」で「善」なる天使達の遊び相手になることのできる少女なのである。

つまり、「オクトパス」に「屋の小麦」の自然のままの明るい成育と、罪をうけた「夜の小麦」の物質的な皮相の死、そして、その「至善」の種子の不滅の発芽——いわく「小麦の生産篇(その1)」という大叙事詩に内包される意義をこそ重視しなければならない。

「小麦」としてのアンジェルやヒルマは、エマソンのいう「天と地の接触面」を母胎とし、「楽観的な理想主義」を吸って育ったものといえよう。そこに、インドやヨーロッパ(an Old World community)の饑饉救済に

むかう「小麦」の崇高な使命も生きてくるわけである。

それは死や廃墟を越えて絶え間なく湧きいでる生命の泉を信ずる信念であり、自然の秩序を無条件に信頼する底ぬけに明るい「楽観的理想主義」<sup>⑧</sup>でもである。

その時代の乾き切った「サヌオキン盆地」には《真実の文学》の不毛性しか見出しえなかったノリスが《ロマンチック》な夢を、若い女性達に託し、更に「神」と「善」を彼女達に近づけていった。そして、神秘の理想の極限として、「善なる自然」の具現化である彼女達を「オクトパス」に創造したのである。真実や美や善は「自然」を媒介として若い女性達に具体化されようとしたのである。

言葉を換えると、「神」の造り給うた「自然」の運行に従うことによってえられる「永遠性」は不変の「善」と同一原点にあるということなのである。さらに、もはやアンジェルの死は土に埋められた「小麦の種子」——春の「小麦」に受継がれる「不滅の小麦の種子」——の象徴というだけではない。それは「自然の不滅」の確証に昇化され、絶対善としての「自然」と「内在神」との信仰的帰一にまで発展しうる可能性をもつのである。

巨大で、不均衡に伸びてゆく経済、社会機構の網の中の砂を噛むような「機械文明」に、お互いを疎外化され、矮小化された西部の若い女性達や背景をできる限り《観念的自然主義技法》を用いて、リアルに書き、十九世紀後半の乾涸びた世相の中で《アメリカ自然主義》の嚆矢をきざこうとした意向とは裏腹に、ノリスの深奥部に息づく《ロマンチズム》の豊かなイメエジにのった若い女性達は、誇張され、神秘化され、理想化されていった。

理想主義のモラリスト——ノリス——の心像は、小説家としての平面上で、宗教的描写の成功はのぞまれない。<sup>⑨</sup>けれども、古い栄光と理想の曙光を若い女性達にある意味では見出すことができよう。

要するに、ヒルマやアンジェルは「小麦の叙事詩」の中で、アレゴリーとなり「小文字」の「自然」や「神」のレベルで論じられている。彼女らに擬人化された「自然」はエマソンの自然像というよりはソローのそれに似て、個々のばらばらの実体群<sup>⑩</sup>に近いように思われる。

このようにして、ノリスは自己の《潜在的ロマンチズム》へのいとおしさを「ニュー・イングランドの理想主義」の中で噛締めているのである。

従って「オクトパス」は《アメリカ・ロマンチズム》の息吹きをその深層部で受止め、その背後に「ピューリタニズム」や「上品な伝統主義」を養っているといえよう。

「オクトパス」における《リヤリズム》が、何故に、時代に応じた「科学的決定論」をとりえなかったのか？

ノリスが「鉄道対小麦栽培農民達」の争いであったマッスル・スラウ(Mussel Slough)事件——そして、この事件は血腥く悲劇的ではあったけれども、すべて約二十年前の出来事——を参照し、「オクトパス」に書きあげられず、その大半を非現実的な「主観的理想」の中に解消してしまった理由は奈辺にあったのだろうか？

こういった疑問を解くために若い女性達はノリスの深奥部を剔出する役割りをもって「オクトパス」に登場する。

「彼女ら」の存在理由が「オクトパス」に認められれば、本小論のささやかな狙いは、半ば以上達せられたといってもよい。

#### < 註 >

- ① Franklin Walker: *Frank Norris A Biography*, New York, Russell & Russell, 1963, p.253
- ②a. Warren French: *Frank Norris*, Twane Publishers, Inc., New York, 1962, p.25
- b. Van Wyck Brooks: *The Confident Years 1885—1915*, J.M. Dent & Sons Ltd., London, 1952, pp. 130—32
- c. Parrington: *Main Currents in American Thought*, Harcourt, Brace and Company, New York, 1958, p.329
- ③ English Department College Of Liberal Arts Kyoto University: *Review Of English Literature*, VOL. XI. March 1962, pp. 134—5  
ノリス文学の本質についての結論を参考にした。  
(一)ロマンチズムの要素が強いこと。  
(二)ナチュラリズムの決定論の哲学は観念的なものとして浮いてしまっていること。  
(三)上の二要素の混合の度合については作品ごとに見てきた通りであるが、とにかくその両者を共存させたロマンスが大部分であること。  
(四)ナチュラリズムの細部描写の手法が充分に生かされていること。  
(五)限られたワク内での個人の心理の追求から、典型的な社会問題へと視野を拡大してきていること。
- ④ Oscar Cargil: *An Afterward in The Octopus*, The New American Library, 1964, p.459
- ⑤ Michael Millgate: *American Social Fiction*, Oliver & Boyd, Edinburgh and London, 1964, pp. 149—51
- ⑥ Parrington: *op. cit.*, p.329
- ⑦ Franklin Walker: *op. cit.*, p.253, p.265  
(*The wheat series will be straight naturalism with all the guts I get into it*)

- (*It is the most romantic thing I've ever done-  
And the fire in it is the allegory of its wheat*)
- ⑧ Franklin Walker: *op. cit.*, pp.5-7
- ⑨ Warren French: *op. cit.*, p.22
- ⑩ Franklin Walker: *op. cit.*, p.7
- ⑪ *ibid.*, p.13
- ⑫ Warren French: *op. cit.*, p.39
- ⑬ 佐伯彰一:「自然主義アメリカ型3」英語青年, 研究社, 1965, 4月号, p.227, p.247
- ⑭ Warren French: *op. cit.*, p.151
- ⑮ D. Altick: *Symphonic Imagery in Richard II*. (Translated by Toshiko Oyama), Shinozaki Shorin Ltd., 1957, p22  
(*What Eve, what serpent has suggested thee  
To make a second fall of a cursed man?*)  
(IIIIV73-6)
- ⑯ Franklin Walker: *op. cit.*, p.148
- ⑰ Lewis Mumford: *The Golden Day*, Bonie & Liveright, Inc. (Bacon Paperback edition), 1957, p.68
- ⑱ Frank Norris: *The Responsibilities of the Novelist*, Doubleday Doran & Co. Inc., 1903, p.220
- ⑲ Ernest Marchand: *Frank Norris Study*, Octagon Book, Inc., New York, 1964, p.p110-11
- ⑳ Henry David Thoreau: *Walden*, Rinehart & Co., 1953, p.295
- ㉑ Lewis Mumford: *op.cit.*, p.127
- ㉒ Lewis Mumford: *ibid*, p.XX
- ㉓ Parrington: *op. cit.*, p.p332-33
- ㉔ Warren French: *op. cit.*, p.90
- ㉕ Nathaniel Hawthorne: *The Scarlet Letter*, Kenkyusha (English Classics), 1923, pp.43-4
- ㉖ *The English Literary Society of Japan*: Aug. 1964, p.105
- ㉗ Michael Millgate: *op. cit.*, p.41
- ㉘ *The English Literary Society of Japan*: May 1964, pp. 39-40

<付記>

1. テキストからの引用は( )で示めし, すべて, **Frank Norris: *The Octopus***, The New American Library of World Literature, Inc., February, 1964 に拠った。
2. 本小論は1964年度, 日本英文学会中国四国支部大会で, 発表したものと, 一部重なる部分がある。



# メルヴィルと「ビリー・バッド」

即席水雄

## Melville and *Billy Budd*

Mizuo SOKUSEKI

メルヴィルの「ビリー・バッド」については従来、この作品が書かれた年代、時代的背景を無視して論じられることが多かった。即ち、「モウビー・ディック」を始めとするメルヴィルの1940年、50年代の作品の単なる延長として同じ評価の基準で論じられて来たといえる。その結果、一方では迫力に欠けるがメルヴィルの穏かな晩年の心境の披瀝であるとする代表的な説を、他方ではメルヴィルの抱いて来た様々な主題が物語の世界に完全に統一され調和のとれた見事な作品であるとする二つの対称的な評価を生んだものと解せられる。この小論では南北戦争を境とするアメリカ社会の変質が、メルヴィルの作家的資質と相まって、メルヴィルの意図はともあれ、メルヴィルの従来の作品のような現実の背後にリアリティを求めんとする自由な精神が込められた悲劇としてではなく、当時のアメリカ社会を象徴する一種の社会的ドラマとしてこの作品を仕立て上げて行った要因と過程を論じてみた。

メルヴィルの遺稿、「ビリー・バッド」(*Billy Budd*)については、作品そのものの評価についても、「モウビー・ディック」(*Moby Dick*)を始めとするメルヴィルの他の作品の中で占める位置、その主題についても様々な異論がある。

先ず Lewis Mumford は、「ビリー・バッド」は「モウビー・ディック」の奔放な筆力とは比ぶべくもなく、「ホワイト・ジャケット」(*White Jacket*)の肥沃さも活力もないが、善と悪との共存する人間社会の悲劇性を遂に認容した晩年のメルヴィルの心境の披瀝であるとする。<sup>(註1)</sup>これとは対称的に、我々自身の経験をはるかに凌駕する悪と悲哀を描いて、作品それ自身の美しさのためにも、又他の更に難解なメルヴィルの作品の入門書としても読むべき作品であるとする E. M. Forster の論、<sup>(註2)</sup>更に Forster の論を援用しながら、メルヴィルがこれまで抱いて来た、善と悪、それ等を同時に創り出す不解な神の存在、天上の正義と地上の正義、個人の良

心と社会の規範、といった主題が物語の世界に完全に統一され、説明の必要もない程調和のとれた明快な作品となっていると説く A. R. Humphreys のような評価もある。<sup>(註3)</sup>又一方 Leon Howard のように「ビリー・バッド」はメルヴィルの往年の作品とは異って、「見事にコントロールされた成熟した作品」であり、彼の描かんとした主題、即ち、「人間がそれ自身と彼の生きる社会に持つ関係は現代に於ても社会の最大の緊張の根源である」と、主として現代社会の提出する諸問題との関連に於て高く評価する批評家もある。<sup>(註4)</sup>

このように褒貶相半ばする様々な評価もあり、又メルヴィルの最後の散文小説である点でも興味のある「ビリー・バッド」という作品の、成立の背景なり、主題なり、又出来得れば他の作品との関連なりにいささか私見をさしはさんでみたいというのがこの小論の目論みである。

「ビリー・バッド」は原稿に記載されているメルヴィル自身の記録によると、1888年11月に起稿され、翌年3月に原稿の校正を開始、更に2年後の1891年4月、即ち彼の死の約5ヶ月前に一応完成されたことになっている。1881年と言えは1819年生れのメルヴィルはすでに齢70にも近く、彼が生前出版した最後の小説、「詐欺師、その仮装」(*The Confidence-Man: His Masquerade*)を書き上げてから30年以上の歳月が流れていた。

衆知のように、「詐欺師」の出版(1857年)を最後に職業作家としての生活を断念せざるを得なかったメルヴィルは、其の後は巡廻講演者や、19年に及ぶ税関検査官としての生活のかたわら、以前から関心のあった詩作に筆を染めることで創作欲を満していた。彼は二巻の物語詩、「クラレル」(*Clarel*)を含めて生涯に四つの詩集を出版し、可成りの分量の詩を残している。もっとも最後の二つの詩集は友人に配布する目的のためのみ印刷したわずかの部数の自家出版ではあったけれども。

この間メルヴィルの生活は、世間的には作家としての

存在は忘れられ、家庭的にも長男 Malcolm の自殺ともおぼしき死 (1867年)、続いて次男 Stanwix の家出等、メルヴィルに打撃を与えたに違いない事件もあったが、時には文人との書簡の往復もあり、外面的には次第に落着きを見せるようになって行った。そして1885年、19年に互ったニューヨーク税関検査官の職を辞し、彼の言う 'unobstructed leisure' (次に引用してある書簡参照) を得るとともに、老齡を意識しながらも、再び作家としての自覚と緊張を覚えるようになったらしい。1889年、メルヴィルの作品を高く評価し、彼の生涯の詳細と創作法について問合せて来たカナダの大学教授にあてた手紙の中に次の様な文章が見出される。

But you do not know, perhaps, that I have entered my eighth decade. After twenty years nearly, as an outdoor Custom House Officer, I have latterly come into possession of unobstructed leisure, but only just as, in the course of nature, my vigor sensibly declines. What little of it is left I husband for certain matters as yet incomplete, and which indeed may never be completed. (M. R. Davis and W. H. Gilman ed.: *The Letters of Herman Melville* p.291)

しかし多分貴方は私が、すでに70才の峠を越しているとは御存知ありますまい。20年近く屋外勤務の税関吏として勤めた後、当然の成行きとはいえ、気力の衰えを可成り感ずるようになった近頃になってやっと何事にも煩わされない暇を手に入れることが出来るようになりました。そのなけなしの力を、いまだ未完成で、実のところ決して成し遂げられないかもしれない或る仕事のために惜まなくてはなりません。

「ビリー・バッド」の完成が、今この手紙に述べられている 'certain matters as yet incomplete' の一部をなすものであるかどうかの確証はない。しかしいずれにしても、この作品がこの手紙に披瀝されているような自覚の下で、メルヴィルが散文小説の筆を折って以来30年の思想的遍歴の後に我々に遺した作品であることには誰しも異論はあるまい。メルヴィルはこの作品も、Newton Arvin が想像するように、<sup>(註5)</sup> 若し健康が許せば自家出版して友人に配布したかったのであろう。

メルヴィルに「ビリー・バッド」の物語の題材を与えたのは恐らく、作品の中でも言及のある<sup>(註6)</sup> 「ソウマーズ号」(the Somers) 事件の記録であろう。「ソウマーズ号」事件というのはメルヴィルの記述によると、1842

年、アメリカ海軍の軍艦、「ソウマーズ号」で士官候補生と、二人の下士官が反乱の廉によって平時にもかかわらず海上で処刑された事件である。メルヴィルが南太平洋からの帰途、ホノルルからアメリカ海軍のフリゲート艦に水兵として乗艦したのは1843年であり、又「ソウマーズ号」での軍法会議の議長を勤めたのはメルヴィルの従兄弟であったということでもあり、彼は「ビリー・バッド」を書く遙か以前に「ソウマーズ号」事件の存在は知っていたであろう。約40年の歳月を経た後、メルヴィルが再び何等かの形でこの事件の記憶を新たにした時、彼は恐らく適確にこの事件の意味するものを捉えたに相違ない。彼は自己の体験に照して「海軍の法規や、しきたり」(the laws and usages of the Navy) <sup>(註7)</sup> の如何なるものか身にしみて知っていた。

彼はかつて、「ホワイト・ジャケット」で本質的には犯罪行為とは言えないことに対しても罰を受ける水兵に同情して、

For him (a sailor) our Revolution was in vain ;  
to him our Declaration of Independence is a lie.  
(*White Jacket* ch. 35)

水兵にとってアメリカ革命も空しく、独立宣言も嘘である。

と叫び、万人に等しく適用さるべき、あらゆる法に優先する神により定められた "the Law of Nature" ありとする Blackstone や Justinian の説に従えば、場合により士官を罰から除外する海軍の法規は明らかに自然法に反するものであり、したがって、

Therefore, according to Blackstone and Justinian, those laws have no binding force ; and every American man-of-war's man would be morally justified in resisting the scourge to the uttermost ; and, in so resisting, would be religiously justified in what would be judicially styled 'the act of mutiny' itself. (*White Jacket* ch. 35)

それ故、ブラックストウンやジャスティニアンの説に従えば、これ等の法は拘束力を持たず、すべてのアメリカの軍艦乗組員は笞刑に徹底的に抵抗したとしても道徳的に正当化されるであろうし、又そうすることで法的に反乱行為そのものと断定されるであろう行為を犯したとしても宗教的には許されるであろう。

と述べている。「ビリー・バッド」ではその同じ海軍の法律の便宜性がそれを行使せざるを得ない艦長ヴァイア (Vere) の苦悩を通じて語られ、この作品を構成する重要な要素となっているのである。「ホワイト・ジャケ

ット」でメルヴィルの意図するところが、読者に「軍艦の内面の生活について何等かの知識を与えることである」(The object of this work is to give some idea of the interior life in a man-of-war.)<sup>(註8)</sup>と述べられているのに対して、「ビリー・バッド」でも、「この物語はある特定の船の内面の生活と、一水兵の生涯に限定されており」[… , restricted as it (the story of Billy Budd) is to the inner life of one particular ship and the career of an individual sailor.]<sup>(註9)</sup>と同じような言葉が使って意図するところが明確に記録されていることは注目に値しよう。

ともあれ物語は、「ノアの大反乱事件」(the Great Mutiny of the Nore) が起った1797年というこの物語に設定されている時が、ヨーロッパ社会にとって如何に重大な政治的・社会的転換の時代に属していたかを述べる序文で始まっている。「ノアの反乱」とはテムズ河口の停泊地ノアで起った英国海軍の大反乱事件である。同じような事件がスピットヘッド (Spithead) でもすぐ前の月に起っていた。「ノアの反乱事件」にメルヴィルが或る程度の知識を以前から持っていたことは「ホワイト・ジャケット」にすでにそれについての言及<sup>(註10)</sup>があることによっても容易に推察されよう。

当時、英国海軍の軍艦、「インドミタブル号」(the Indomitable) に本国向けに航海中の商船から徴集されて来た、ビリー・バッドという21才の眉目秀麗な青年水兵がいた。彼は以前乗船していた商船でも全乗組員の人気者であり、争いの仲裁者でもあった。そしてその際立った端正な容貌と純朴な性質で軍艦の水兵仲間からもすぐに好感を持たれるようになった。ところが唯一人、軍規取締係下士官とでもいふべき ‘master-at-arms’ の地位にあるクラガート (Claggart) だけが秘かに彼に憎悪の眼差しを向けていたのである。このクラガートは悪の具現者とも言い得る人物で、表面ではビリーに甘言を用い、心では彼の端正な容貌と若さ、純朴な性質を妬んで遂には持前の奸智を働かせ、ビリーを陥し入れ、他の徴集兵と共に反乱を企てていると艦長ヴィアに訴えて出るのである。ヴィアは可成り高い知性を持ち、分別も弁えた優れた軍人として描かれており、クラガートの訴えに疑問を持ち、ビリーを呼んで彼の行動を釈明させようとクラガートに対決させるのである。しかし日頃から感情に激すると吃る癖のあるビリーは自分の言い分をどうしても口に出せず、遂に逆上してクラガートを撲り殺してしまう。艦長ヴィアはノアの反乱の直後で、他の水兵

の挙動にも神経質にならざるを得ないこともあり、直ちに臨時軍法会議を召集し、反乱行為についてはビリーの無罪を確信しながらも、艦上で上官を撲り殺した事実は海軍法上如何んともし難く、結局、躊躇する軍法会議の他のメンバーを励まし、有罪として翌朝ビリーを処刑してしまうのである。ビリーは ‘God bless Captain Vere.’ と最後の言葉を口にしながら苦しむ様子もなく、キリストが昇天するように安らかに死んで行くのである。そしてビリーの事件が伝説化して水兵仲間語り継がれ、遂には彼の死をうたったバラッドが印刷されるようになるまで拡まって行くのである。やがて艦長ヴィアも海戦に傷つき ‘Billy Budd, Billy Budd.’ と呟きながら死んで行く。その口調には悔恨の響きはなかったとメルヴィルは書き添えている。

以上の物語が往年のメルヴィルの作品には見られなかった抑制のきいた筆致で、終始澁みなく筋骨通りに進行している。成功した場合にはメルヴィルの作品に独特の精彩を与えている物語への過度の作者の思想の注入も、登場人物への作者の感情移入も見られない。作品の主題とも、描かれている人物とも一定の距離が保たれており、これが「ビリー・バッド」に往年のメルヴィルの作品には見られなかった調和と統一を与えている。

では一体メルヴィルが「ビリー・バッド」で語ろうとした主題は如何なるものであり、又それが如何なる背景のもとに描かれているか考察を進めたい。先に「ビリー・バッド」でメルヴィルが意図したことが明らかに、「ある特定の船の内面の生活」と「一水兵の生涯」を描くことと記録されていることについては述べておいた。ではメルヴィルが軍艦について語る時、彼はそれについて如何なる概念を抱いていたのだろうか。メルヴィルが軍艦の生活について熟知していたことは今更言うまでもない。彼には一年以上に亙る水兵としての実際の生活経験もあり、その体験を基にして書いた「艦上生活の百科辞典」(an encyclopaedia of naval life)<sup>(註11)</sup>とでも言うべき、「ホワイト・ジャケット」という作品もある。メルヴィルが軍艦や捕鯨船を舞台とする時、彼は常にその背後にそれ等に象徴される普遍的な社会の現実を見ていた。「ホワイト・ジャケット」の次の様な記述を読む時、軍艦を舞台にする場合メルヴィルの意図するものが、その成否はともあれ、単なる閉された世界での事件を描写するものでないことは容易に推察されるであろう。

Indeed, from a frigate's crew might be culled out men of all callings and vocations, from a

backslidden parson to a broken-down comedian...  
Wrecked on a desert shore, a man-of-war's crew could quickly found an Alexandria by themselves, and fill it with all the things which go to make up a capital...

In truth, a man-of-war is a city afloat,...

Or, rather, a man-of-war is a lofty, walled, and garrisoned town, like Quebec,...

Or it is like the lodging-houses in Paris, turned upside down; the first floor, or deck, being rented by a lord; the second, by a select club of gentlemen; the third, by crowds of artisans; and the fourth, by a whole rabble of common people. (*White Jacket* ch. 18)

実際、軍艦の乗組員の中からあらゆる職業の者を選び出すことが出来るであろう。墮落牧師から落ちぶれた喜劇役者に至るまで。(中略)無人の岸辺に打上げられても、軍艦の乗組員は彼等だけの力でアレキサンドリアのような都市をすばやく建設し、それを首都とするに必要なあらゆる物でその都市を満すことも出来よう。(中略)実際軍艦は海上に浮ぶ都市だ、(中略)或いはケベックのような高い城壁を廻らした要塞都市だ、(中略)或いは逆立ちしたパリの下宿屋に似ている。一階、軍艦の場合、甲板は、一人の貴族が借切り、二階は紳士方の専用クラブ室、三階には職人達が群がり、四階には最下層の庶民が一団となってひしめいている。

メルヴィルが軍艦を 'a city afloat' と呼ぶ時、「ホワイト・ジャケット」で彼が描かんとした世界が如何に複雑で、社会の根源的な問題を含むものであるか理解出来よう。「ピリー・バッド」に於ても、作者の直截な思想的表白はないとは言え、この点に関しては同様であろう。「ピリー・バッド」はメルヴィルが、「ホワイト・ジャケット」で包括的、記述的に描かんとした軍艦の内面の生活、即ちそれによって象徴される当時の社会の現実を、ピリーという一水兵の運命を通して象徴的、劇的に描こうとしたものであると考え得る。勿論、「ホワイト・ジャケット」と「ピリー・バッド」ではその間に約40年の時の流れがあり、メルヴィルを取巻くアメリカ社会の変質が二つの作品に大きな差異を与えている点は見逃す訳には行かない。

ともあれ、メルヴィル程あらゆる自他の体験を象徴的に捉えた作家はあるまい。これは恐らく5年に亙る常に最下層の水夫として過した、「前檣生活」(life before the mast) (*Moby Dick* ch. 1) が彼に教えた生活者としての事物に対する認識方式であろう。それと同時にメ

ルヴィルにはその同じ生活経験に培われた熱烈な正義感と、稀に見る程偏見の少ない倫理観があった。これ等2つの要素が、善悪の根源的追求という彼の作家的資質を作り上げ、常にメルヴィルをして彼を取巻く社会の現実に向って戦いを挑ませて来たのである。この作家的資質が彼に、「タイピー」(*Typee*)から「ピリー・バッド」に至るまで一貫して表われる 'innocence' の現実の世界に於ける破滅、善と悪の共存を許す不可解な神、天上の正義と地上の倫理の矛盾、対立といった様々な主題を彼に抱かせて来たといえるのである。「ピリー・バッド」に於てもこれ等の主題を追うメルヴィルの作家的資質には如何なる変化もない。

メルヴィルが職業作家として過し、「モウビー・デイク」を中心とする作品を書いたのは、歴史家に、「偉大な1940年代」、「激変する50年代」と呼ばれる、「劇的な精神活動と創造的な思索が行われた時代」<sup>(註12)</sup>であった。即ち、ヨーロッパの土壌に育った文化的伝統を身につけ、しかも精神の自由と独立への強固な意志を抱いた移民達の理想が一方では民衆の「アメリカ人民」及び「アメリカン・デモクラシー」の覚醒という形で結実しようとし、他方では産業革命、生産機構の革命の波及が経済恐慌、貧困といった社会問題を伴いながら、その同じアメリカ建国の理想を脅かそうとしていた。アメリカは1819年の恐慌を始めとして、南北戦争までにすでに前後五回の不況を経験している。「モウビー・デイク」の序章でイシュメエル (Ishmael) が、「私の魂の中に11月のしめっぽい霧雨が降る時は何時も」(Whenever it is a damp, drizzly November in my soul;...) と語る時、又一種の自伝小説ともいえる「レッドバーン」(*Redburn*) で、

I had learned to think much and bitterly before my time; all my young mounting dreams of glory had left me; and at that early age, I was as unambitious as a man of sixty. (*Redburn* ch. 2)

私はまだそんな年でもないのに多くのことを、しかも苦々しく考えるすべをすでに知っていた。私の若々しい栄光の天にも昇るばかりの夢はすべて消え失せ、私はそんな若さで60才の老人のように野心がなかった。

とメルヴィルが主人公レッドバーンの暗い心情を述べる時、その背後にメルヴィルの心に映じた当時の暗いアメリカ社会の現実をも推察出来よう。勿論メルヴィルには、他面ではアメリカ精神の持つ明るい未来と、その歴史の中で果し得る役割について熱烈な信頼と確信があった。メルヴィルは振幅の大きい振子のように理想と実現

が烈しく矛盾対立して揺れ動く、劇的な南北戦争前夜のアメリカ社会の苦悩を我々の前に生々しく展開してみせてくれたのである。「モウビー・ディック」で彼が、

And thus have these naked Nantucketers, these sea hermits, issuing from their ant-hill in the sea, overrun and conquered the watery world like so many Alexanders; parcelling out among them the Atlantic, Pacific, and Indian oceans, as the three pirate powers did Poland. Let America add Mexico to Texas, and pile Cuba upon Canada; let the English overswarm all India, and hang out their blazing banner from the sun; two thirds of this terraqueous globe are the Nantucketer's. For the sea is his; he owns it, as Emperors own empires; other seamen having but a right of way through it.

(*Moby Dick* ch. 14)

かように裸のナンタケット人、これ等の海の隠者達は海の蟻塚から這い出て、皆がアレクサンダー大王の如く海洋を蹂躪し、征服したのである。海賊の如き三列強がポーランドを分割したように、大西・太平・インド洋を仲間と分け合ったのだ。よしアメリカがテキサスにメキシコを加え、カナダにキューバを積み重ねようとも、又イギリス人達がインド全土に群がり、燃えるような彼等の国旗を太陽から靡かせようとも、この世界の三分の二はナンタケット人のものである。何故なら海は彼等のものであり、帝王が帝国の版図を領有するように彼は海を所有しているのだ。他の船乗達はわずかにその通行権を保持するのみだ。

と述べる時、ナンタケットの捕鯨漁民の姿を借りながら、如々に生々と開拓者の精神の息吹きを感じさせ、個人の精神の自由を謳歌していることか。又彼が如何に理想主義に貫かれ、アメリカの将来「大きな幻想を抱いていたか」は次の様な直截な思想的表白を読んでも容易に理解されよう。

And we Americans are the peculiar, chosen people—the Israel of our time; we bear the ark of the liberties of the world. Seventy years ago we escaped from thrall; and, besides our first birthright—embracing one continent of earth—God has given to us, for a future inheritance, the broad domains of the political pagans, that shall yet come and lie down under the shade of our ark, without bloody hands being lifted. God has predestinated, mankind expects, great things

from our race; and great things we feel in our souls. The rest of the nations must soon be in our rear. We are the pioneers of the world; the advance-guard, sent on through the wilderness of untried things, to break a new path in the New World that is ours. In our youth is our strength; in our inexperience, our wisdom.

(*White Jacket* ch. 36)

そして我々アメリカ人は特別の選ばれた民だ。現代のイスラエルの民なのだ。我々は全世界の自由をおさめた契約のひとつを保持している。70年前我々は奴隷の境涯を脱した。そして神は我々に一つの大陸を包含する持って生れた財産に加え、血まみれな手をふりかざさなくとも、やがては我々のひとつのもとに來りて服す政治的異教徒の広大な版図を未来の遺産として与えてくれたのである。神は我々国民が偉業を成し遂げるべく運命づけ、人類もそれを期待している。そして我々自身も己が魂の中に偉大なものの存在を感じている。やがて世界の諸国民は我々の背後になるに相違ない。我々は世界の先駆者だ。我々のものであるこの新世界に新しい道を切り開くべく未知なるものに満ち溢れた荒野に派遣された前衛なのだ。我々の若さの中に力があり、未経験の中に叡智がある。

「ビリー・バッド」にはすでに今引用したような、開拓者の精神に象徴される個人の自由な精神の謳歌も、アメリカ精神の歴史の中で果す役割についての幻想もない。当時のアメリカ社会はすでに精神の自由な共同体としてよりもむしろ、益々経済の組織体として改変されつつあったのである。南北戦争以後の経済の異常な発展と集約化が、不況、労働争議、人口の都市への集中といった様々な社会問題を伴いながら、個人の精神の独立も、移民達の理想をも押しつぶしていた。アメリカ社会はその理想を失って偉大な歴史的实验の時代を終ろうとしていたのである。メルヴィルが「ビリー・バッド」を書くにあたって、先にも述べたように、「ソウマーズ号」で実際に起った事件を題材としながらも、物語の時代と舞台を1797年の英国の軍艦に移したのも、「メアの反乱」という歴史的事件を利用して物語に緊迫感を与えるという意図と同時に、彼が必ずしもアメリカという背景をすでに必要としなかった事実をも物語るものであろう。メルヴィルを取巻くアメリカの現実は大変大きく変化していた。そして同時にメルヴィル自身がアメリカ社会に対して抱く史観・社会観も変化していた。彼にとってアメリカ社会は、「ホワイト・ジャケット」で熱烈に語った、

全人数の解放といった夢を託し得る存在ではすでになくなっていった。「ビリー・バッド」でメルヴイルは一転して18世紀末の動乱のヨーロッパに舞台を移し、

The opening proposition made by the Spirit of that Age, involved rectification of the Old World's hereditary wrongs. In France to some extent this was bloodily effected. But what then? Straightway the Revolution itself became a wrong-doer, one more oppressive than the kings. Under Napoleon it enthroned upstart kings, and initiated that prolonged agony of continual war whose final throe was Waterloo. During those years not the wisest could have foreseen that the outcome of all would be what to some thinkers apparently it has since turned out to be, a political advance along nearly the whole line for Europeans. (*Billy Budd* Preface)

当時の時代精神によって提出された第一の提案は、旧世界の伝統的な不正を矯正するという問題を伴うものであった。このことはフランスでは血を流すことによって或る程度実現した。しかしその後は？革命はそれ自体がまっしぐらに、王よりは更に圧制的な不正の実行者となった。ナポレオンの支配下において革命は成り上りの王どもを王座につけ、遂にはウオタルーの苦悩に終る永続的な戦争という長い苦しみの時代を招来したのである。これ等すべての事態が招いたものが、後になって若干の思想家に明らかになって来たこと、即ちヨーロッパ社会の殆んど全領域に於ける政治的進歩であろうとは、当時最も賢明な者ですら予見し得なかったであろう。と語り、更に続けて、革命精神に鼓吹されて起った「ノアの反乱」が、

Yet in a way analogous to the operation of the Revolution at large the Great Mutiny, though by Englishmen naturally deemed monstrous at the time, doubtless gave the first latent prompting to most important reforms in the British navy.

それにもかかわらず革命全般と似通った推移を辿りながら、当然のことながら当時の英国人には途方もないことと思われたであろうが、大反乱事件は疑いもなく英国海軍の最も重要な改革に最初のかくれた刺激を与えたのである。

と穏かに語りながら、人間社会そのものの歴史の中に彼がアメリカ社会の中で見失った夢の実現を期待しているかのように思われる。「ビリー・バッド」でメルヴイル

が描かんとして世界は、実にこのような普遍的人間社会の中で三人の象徴的登場人物、「純朴な心」(innocence)を象徴するビリー、「墮落又は悪」(depravity or blackness)を表すクラガート、「ピエール」(Pierre)でメルヴイルが用いた言葉を使えば「地上の分別」(the earthly wisdom of man)、<sup>(註13)</sup>或いは「常識」(common sense)を象徴するヴィアの繰り広げる心理的・社会的ドラマの世界であり、魂の未知の領域に挑む自由な精神が辿る、言わば価値創造的なドラマの世界ではない。「ビリー・バッド」がこのような一種の心理小説、社会小説、歴史小説であることが、この作品を従来のメルヴイルの作品と全く印象の異ったものにして最大要因であろう。19世紀後半の理想を失って思想的にも政治的にも混迷するアメリカ社会の現実がメルヴイルに従来のような創造的自由に満ちた精神の悲劇を描くことを許さなかったとも言えよう。先にもメルヴイルには彼が描く物語の背景に常に彼を取巻く社会の根源的問題を象徴的に描かんとする作家的資質があったと述べた。そしてその資質が当時の時代的背景とあいまって、恐らくこの作品の大きな自覚的テーマであった‘innocence’の受難、敗退を充分には描かせず、三つの人間類型が展開する一種の象徴的社会劇に「ビリー・バッド」を仕立て上げて行ったのであろう。

「純朴な心」(innocence)のこの現実の世界に於ける受難、敗退の悲劇はメルヴイルにとってなにもこと新しい主題ではない。彼の最初の作品、「タイピー」以来彼が一貫して抱き続けて来た主要なテーマの一つといつてよい。しかしタイピーの谷間に住む未開人がその素朴な心の奥底に恐るべき人喰いの習慣という未知の力を秘めていたように、メルヴイルがこれまで描いて来た‘innocence’は一面では、先に引用した「ホワイト・ジャケット」の中の一節にもあったような、「若さの中に力があり、未経験の中に叡智がある」といった言わば、創造的可能性を秘めた若きアメリカの象徴でもあった。‘innocence’の持つ悲劇を最もよく描いているメルヴイルの作品、「ピエール」の悲劇の発端が主人公ピエールの持つ若さと性急さが、丁度「モウビー・ディック」でエイハブ(Ahab)が狂気をもって挑み得た、「ボール紙の仮面」(pasteboard masks)というこの世の現実の仮面をいとも簡単に引剥いだところに存在したようにピエールの持つ‘innocence’はあくまでもこの現実の仮面に挑戦し、真理の世界、即ちこの場合メルヴイルの言う「天」を襲うにふさわしい矜持と力を秘めていた。彼は言う、

Wherefore whoso storms the sky gives best proof

he came thither! But whatso crawls contented in the moat before that crystal fort, shows it was born within that slime, and there forever abide. (*Pierre* Book XXV, V)

それ故、天を襲うものは誰でも、そのものが天から来たものである最もよい証拠を示すものである。しかし天の焔を前にして自足して濛に這うものは、泥土に生れ、永遠にそこを住とするものである。

と。しかし「ビリー・バッド」に於てはビリーの持つ‘innocence’は全体的にみて、単なる人間性格の一つの類型を示しているにしかすぎない。クラガートがビリーに不穩の行為ありと訴え出、それがビリーであることを意外に思うヴァイアに対して、

The same, your honor; but for all his youth and good looks, a deep one...You have but noted his fair cheek. A man-trap may be under his ruddy-tipped daisies. (*Billy Budd* ch. 19)

そうです、その人物です、艦長。若く立派な顔付はしておりますが一すじ縄でいくような人物ではありません。(中略) 貴方は綺麗な頬にお気付きになっておられるだけです。その縁の赤い花びらの雛菊の蔭には人捕り罟が仕掛けてあるかもしれません。

と述べているのであるが、ビリー・バッドが真の意味の悲劇の主人公になるためには、クラガートの言うのとは違った意味にしる、その存在そのものが彼を取巻く現実の意味を変え得る力を秘めた ‘a deep one’ でなくてはならないであろう。ビリーはそのような存在として描かれてはいない。窮すれば一撃の下に「赤ひげ」(the Red Whiskers) (註15) やクラガートを倒す力を持ちながら、その行動は決して思意的なものではなく、自己の行動を道徳的に意味づけ、正当化し得るピエールのような知性も与えられていない。ビリーはあくまで仇名の示す如く‘Baby Budd’であり、「墮落する前の若きアダム」(young Adam before the Fall) (註16)がそうであったような「一種の高潔な野蕃人」(a sort of upright barbarian) (註17)にしかすぎない。メルヴィルはビリーの性格を、

But a young seafarer of the disposition of our athletic Foretopman is much of a child-man. And yet a child's utter innocence is but its blank ignorance, and the innocence more or less wanes as intelligence waxes. But in Billy Budd intelligence such as it was, had advanced, while yet his simple mindedness remained for the most part unaffected. Experience is a teacher indeed;

yet did Billy's years make his experience small. Besides, he had none of that intuitive knowledge of the bad which in nature not good or incompletely so foreruns experience, and therefore may pertain, as in some instances it too clearly does pertain, even to youth. (*Billy Budd* ch. 17)

しかし、頑健そのものの我が艦頭班員の如き氣質の若き船乗は言わば典型的な‘child-man’だ。しかも子供のこの上もない純心さは純然たる無知にしかすぎず、知恵が進むにつれてその純心さは多少ともなくなって行く。しかしビリー・バッドにあっては、知恵と言え程でないにしろ知恵が進んだにもかかわらず、それでも彼の素朴さは大部分影響も受けずに残っていた。経験は実際この世では教師の役割を果すものだが、ビリーの年ではその経験も乏しかった。その上彼には、ひねくれているか、或いは完全に善良とは言えない性質の人にとっては経験に先行し、それ故ある場合には明瞭すぎる程そうであるように、若さにまで付きものと言えるかも知れない悪についての直観的な知識が全くなかった。

と述べられているのであるが、もともと‘innocence’の持つ悲劇性は、今ここに述べられているような悪の認識に反抗し、その原因となる悪を拒否しようとする自己の行動を極端にまで正当化することによって自己と現実との間の調和を回復しようとする性急さの中に存在するものであろう。この意味に於てもビリーは真の悲劇の主人公になるには中途半端な人物となっている。

メルヴィルは序文に続いて、容姿にも道徳的心情に於ても衆にすぐれ、勇気も知力もあり、水夫仲間の憧れの対象でもあった一時代前の‘handsome sailor’なる浪漫的船乗りの理想像を説明しながら、

Such a cynosure, at least in aspect, and something such too in nature, though with important variations made apparent as the story proceeds, was welkin eyed Billy Budd, or Baby Budd,... (*Billy Budd* ch. 1)

空のように青い眼のビリー・バッド、又の名Baby Buddこそは、物語が進行するにつれて明らかになる重大な差異は持つものの、少くとも外貌に於てはそうであり、氣質に於てもそれに近いような注目的たる人物であった。

と述べ、ビリー・バッドを‘handsome sailor’として描かんとする意図を表明しているが、結果に於ては容姿と体力に於てのみそうになっているにしかすぎない。恐らくメルヴィルが心に描いた‘handsome sailor’とは‘innocence’のこの現実の世界に於て成長を遂げ、脱皮

した姿であり、「タイピー」のマーヌー (Marnoo)、「ホワイト・ジャケット」の恐らく実在の人物と思われるジャック・チェイス (Jack Chase) (メルヴイルは「ビリー・バッド」を美しい献辞と共にこの人物に献げている)、「ビリー・バッド」のネルソン提督がこれに近い存在であろう。若しビリーが 'handsome sailor' として完全に描かれていれば恐らく真の意味の悲劇の主人公にもなり得たであろうし、「ビリー・バッド」も余程色合いの異った作品となっていたであろう。しかしそうなれば「ビリー・バッド」は19世紀後半のアメリカ社会を象徴する社会的ドラマとしての性格を薄めていたに相違ない。いずれにしても「インドミタブル号」に徴集される前の商船、「ライツ・オブ・マン号」(the Rights-of-Man)でのビリーは或る程度 'handsome sailor' として描かれており、「インドミタブル号」に於けるクラガートの悪に対しても無防備、無抵抗なビリーとは何か調和を欠いた印象を与えている。この点もビリーの性格を不明確にしている一つの原因ともなっている。

ビリーの 'innocence' に対比される「墮落又は悪」(depravity or 'blackness) の具現者、クラガートは、「レッドバーン」のジャクスン (Jackson)、「ホワイト・ジャケット」の同じ 'master-at-arms' のブランド (Bland) が原形となっている人物であろうが、ジャクスン・ブランドより更に徹底した悪の体現者として見事に描かれている。このような狂気ともいえる悪の姿をメルヴイルは「生得の墮落」(natural depravity or depravity according to nature) として余すところなくその心理を分析している。悪の著しい特徴の一つは、「オセロウ」(Othello)に於けるイアーゴウ (Iago)の如く、己が真の感情を隠蔽し、動揺する心に理性の声で甘く囁くような振りをしながら、人を陥し入れ己の理不尽な目的の達成を計ろうとすることであろう。クラガートも普段なら気にもかけないような、故意にしる過失にしる、彼の足もとの磨いたばかりの甲板にスープがこぼされたという些細な事件に対して、それが日頃から反感を持っているビリーの仕事とわかると表面では感情を抑えて "Handsome-ly done, my lad! And handsome is as handsome did it too!"<sup>(註18)</sup> (おい派手にやったもんだな。振舞の立派な奴はみめもいという訳か。)と冗談めかして呼びかけるのであるが、心の奥底ではこの事件がビリーを陥し入れる直接の動機となるのである。これはまさに、オセロウを陥し入れんとするイアーゴウと同じ心理の動きであろう。イアーゴウは次の様に独白している。

"...I hate the Moor ;

And it is thought abroad that 'twixt my sheets

He has done my office : I know not if't be true ;  
But I for mere suspicion in that kind  
Will do as if for surety. He holds me well  
The better shall my purpose work on him."  
(*Othello* Act I, Sc. iii)

(意識) 俺はあのムーアを憎んでいる。しかもあいつは俺の布団にもぐり込んで俺の代りを勤めたという世間の噂だ。それが本当かどうか俺は知らない。しかし俺という人間はそんな疑いがあるだけでもそれが確証があるかのようにやってのけてやる。あいつは俺を信用している。それだけ俺の目的には好都合という訳だ。

クラガートがビリーに対して抱いた最初の感情はビリーの際立って立派な容姿に対する反感であった。と同時に類似稀な純心さの持つ魅力に対する羨望でもあった。メルヴイルによれば羨望と反感という論理的には相容れない2つの感情も恰かもシャム双生児の如く離れ難く結び着き得るものであり、ビリーの持つ魅力が、その魅力を分ち持ちたいという羨望と、生得の悪故にそれを持つことが出来ないことを知るが故の反感を同時にクラガートに抱かせたという。又、最も烈しい感情は下積みの人間や、乞食、塵埃清掃人夫のような人の心に芽生えるものであり、それを惹き起す原因が如何に些細なことであっても、それが惹き起した感情の強さを測る規準にはならず、この場合クラガートの感情を刺戟したものはこぼれたスープにあったと説いている。更にこの世に於ける悪の存在にも触れて次の様に述べている。これは又、「モウビー・デック」で己が臟腑を喰いちぎる鯨の姿に<sup>(註19)</sup>それを創り出した不可解な神の映像をみるイシュメールと同じ視点でもある。

With on power to annul the elemental evil in him, though readily enough he could hide it ; apprehending the good, but powerless to be it ; a nature like Claggart's surcharged with energy as such natures almost invariably are, what recourse is left to it but to recoil upon itself and like the scorpion for which the Creator alone is responsible, act out to the end the part allotted it. (*Billy Budd* ch. 13)

自らの中に潜む根源的な悪を、たやすく隠すことは出来ても棄て去る力は持たず、善は認めながらも、自らそうなる力も持たず、天性、クラガートの如き人、殆んど常に活力に溢れているとすれば、常に己が本性に立ち返り、神のみがその存在に責を負うべき鯨の如く、振り当てられた役を最後まで演



じる以外に如何なる道が残されているというのか。

いずれにしても、ピリーの象徴する 'innocence' が従来の作品のもの比べて力弱く、クラガートの象徴する悪がそれだけ救いのないものとして描かれていることは、晩年のメルヴィルの益々暗い心境を物語るものであろうか。それともメルヴィルの心に映じたアメリカ社会の暗さを反映するものであろうか。

先に艦長ヴィアの象徴するものは「地上の分別」(the earthly wisdom of man) であると述べた。確かにヴィアは軍服を着たプリンリモン (Plinlimmon) と言い得る。プリンリモンとは「ピエール」の中で天上の正義を地上にもたらず者の愚かさを説く一種の哲人である。彼は、

And the reason why his (Christ's) teachings seemed folly to the Jews, was because he carried that Heaven's time in Jerusalem, while the Jews carried Jerusalem time there. (*Pierre* Book XIV, III)

キリストの教えがユダヤ人に全く馬鹿げたことに見えたのは、ユダヤ人はイエルサレムの時を用いているのに、彼は天上の時をイエルサレムで用いたからである。

と説き、彼の哲学を次の様に結論づけるのである。

A virtuous expediency, then, seems the highest desirable or attainable earthly excellence for the mass of men, and is the only earthly excellence that their Creator intended for them.

そうすれば、正当な意味での便宜主義こそ、大部分の人にとって最も望ましい又到達し得る最高のこの世の美德であるように思われる。そしてこれこそ彼等の創造主が彼等のために意図した唯一の地上の美德なのだ。

ヴィアは多少ともプリンリモンと違って感受性の豊かな実在性を持った人物として描き上げられているが、思想的系列に於て結局は同じ類型に属する人物であろう。確かにヴィアは、時代を問わず、実在の人物や歴史的事件を扱った、歴史や伝記といった類の本や、偽善的な言葉使いや因習にとらわれず、モンテニューの如き誠実で常識をもって現実を思索する作家を好む読書家でもあった。と同時にその読書によって得られた知識が、彼の知性、道徳的心情と相まって、激変する時代にあっても新しい社会、政治思想に押し流されない確固とした社会観、史観を作り上げていた。そしてこの知性と健全な常識が彼に彼の属する貴族階級の人々が所謂、革新家達とその思想が彼等特権階級に有害であるという理由のみで憎悪する中であっても、偏見を交えずそれ等の思想が永

続的社会制度の中では実現性に乏しくも見え、世界の平和と人類の真の福祉に敵対するが故に反対するといった冷静な態度をもとらせていたのである。

しかし今、ピリーが反乱を企てているとして無実の罪を着せられ、逆上してクラガートを撲り殺したことは、それを処断しなければならないヴィアに実に大きな動揺と試練を与えるのである。勿論彼は、王に忠誠を誓った軍人として自分の下す判断を直観的に予感していた。彼はクラガートが殺された直後、「神の使いに打たれて死んだ。それでもその天使は首をくくられて死ななくてはならない」(Struck dead by an angel of God! Yet the angel must hang!) (註<sup>20</sup>) と叫んでいる。ピリーの行為は明らかに軍務規定によれば、

In war-time at sea a man-of-war's man strikes his superior in grade, and the blow kills. Apart from its effect the blow itself is, according to the Article of War, a capital crime. Furthermore—(*Billy Budd* ch. 22)

戦時、軍艦乗組員が海上で上官を殴打し、死に致らしめる。その結果を今問はずとも、殴打そのものも軍務規定によれば重大な犯罪である。まして…。とヴィアが軍法会議の席上で語るようなものであるが、又別の観点からすれば、

If, mindless of palliating circumstances, we are bound to regard the death of the Master-at-arms as the prisoner's deed, then does that deed constitute a capital crime whereof the penalty is a mortal one. But in natural justice is nothing but the prisoner's overt act to be considered? How can we adjudge to summary and shameful death a fellow-creature innocent before God, and whom we feel to be so? (*Billy Budd* ch. 22)

若し情状酌量すべき事情を考慮せず、我々が軍紀取締係下士官の死を被告の行為とみなさざるを得ないならば、その行為は死刑にあたるような重大な犯罪を構成する。しかし当然の正義という観点では、被告の明白な行為以外何ものも考慮されてはいけないのだろうか。神の前に無罪であり、我々もそう感ずる同じ人間にどのようにして即決処分の不名誉な死を宣告出来ようか。

ということになるのである。ここにヴィアの苦悩があった。この個人の良心と集団の規範、天上の正義と地上の倫理の矛盾、相剋といった主題はヴィアが軍人としても、又人間としても優れた人物として描かれていることで一層悲劇的色彩を濃くしている。しかし結局ヴィアは、常識的世界の背後に真理の世間を垣間みながらも、

遂にはそれに背を向けた 'the earthly wisdom' の人であった。その存在が如何に悲劇的色彩を帯びていたとしても決してエイハブやピエールと同列の悲劇の主人公ではない。ピエールの母グレンディニング夫人 (Mrs. Glendinning) がピエールが懸命に突き破ろうとした19世紀前半のアメリカ中産階級の常識的理想を象徴する人物であったように、ヴァイアは先にも述べたように、精神の自由な共同体としてよりは、益々経済の組織体として変質しつつあった19世紀後半以降のアメリカ社会にとって理想的な、それ故に象徴的な人物であったと言えよう。そしてこの常識の世界こそ実は悪をはぐむ土壌でもあるのだ。ピリーの真の悲劇は悪との葛藤に破れたところにあるのではなく、自己の 'innocence' をはばむ真の敵を知らなかったことにあると言えよう。ピリーが死に臨んで、'God bless Captain Vere.' と最後の言葉を口にするのはこの作品の中で最も皮肉な部分でもあり、ピリーの悲劇性を最もよく暗示している部分でもある。確かにピリーはメルヴィルが言うように 'child-man' であった。ヴァイアも結局遂には、

We proceed under the law of the Mutiny Act. In feature no child can resemble his father more than that Act resembles in spirit the thing from which it derives—War. . . War looks but to the frontage, the appearance. And the Mutiny Act, War's child, takes after the father. Budd's intent or non-intent is nothing to the purpose. (*Billy Budd* ch. 22)

我々は反乱防止条令の下に裁判を進めているのだ。如何なる子供も容貌に於て、反乱防止条令が精神に於てそれを生み出したもの即ち戦争に似ている以上に父親に似ることは不可能である。(中略)戦争は正面、外見にだけ顔を向けるものだ。ピリーの意図の有無はこの際問題にはならない。

と、「ホワイト・ジャケット」で述べられていると同じ口調で海軍の法規の不合理性をつきながらも、ピリーを有罪として処刑するのである。メルヴィルが最後にこのヴァイアにも死を与えたのは、彼がかって「ピエール」で説いた、己の魂の欲求と現実を調和させる問題については秘策がないとした彼の哲学<sup>(註21)</sup>の再確認でもあり、又南北戦争以後、益々 'individualism' の名の下に便宜主義哲学に埋没して行くアメリカ社会への拒否の態度を意味するものであろうか。主要な三人の登場人物全員の死をもって終るこの作品は、同じく三人の登場人物の死で終る「ピエール」に似て、俗にメルヴィルの 'Melville's testament of acceptance' と呼ばれる作品にしてはあまりにも救いのない暗い作品のようにも思え

る。ピリーの死にキリストの昇天のような影像を与えたのも、常に暗い絶望の底にのみ一条の光明を見出そうとするメルヴィルの哲学の表明というより、失われたアメリカ社会の理想をとむろう挽歌のように感じられたりもする。

以上、「ピリー・バッド」というメルヴィルの最後の作品が、純朴な心、悪、社会の常識を象徴する三人の登場人物の心理的葛藤が展開する一種の心理的、社会的ドラマであるという観点で論じて来た。メルヴィルがピリー・バッドという一水兵に象徴される 'innocence' のこの現実の世界での受難、敗退という自覚的な大きな主題をこの作品で追いながら、結局彼の持つ作家的資質と、彼を取巻くアメリカ社会の現実の変質とが、この作品を南北戦争以後のアメリカ社会を象徴的に描いた社会的ドラマとして仕立て上げて行った過程を論じたつもりである。

先にも述べたように、メルヴィルは「ピリー・バッド」を完成した年、1891年9月、無名の一市民として72年の波瀾に満ちた生涯を閉じている。「たとい今世紀に於ける福音書を書いたとしても、私は溝の中で死ぬであろう」(Though I wrote the Gospels in this century, I should die in the gutter.)<sup>(註22)</sup>とあって Hawthorne に書き送った彼の予言の後半の部分があたったかどうかは誰しも断定出来まい。が、しかしメルヴィルが少なくとも19世紀アメリカ文学に於ける福音書的な作品を遺した事実は如何なる人も否定し得ないであろう。

(註1) Lewis Mumford: *Herman Melville A Study of His Life and Vision* p. 247-249

(註2) E. M. Forster: *Aspects of the Novel* 7. Prophecy

(註3) A. R. Humphreys: *Melville* ch. 9

(註4) ミネソタ大学編、アメリカ文学作家シリーズ、第三巻、メルヴィルの項、林信行氏訳

(註5) Newton Arvin: *Herman Melville* p. 292

(註6) *Billy Budd* ch. 22

(註7) *White Jacket* ch. 34

(註8) *White Jacket* Preface to the First English Edition

(註9) *Billy Budd* ch. 3

(註10) *White Jacket* ch. 36

(註11) A. R. Humphreys: *Melville* ch. 9

(註12) C. A. Beard and M. R. Beard: *A Basic History of the United States* ch. 15

(註13) *Moby Dick* ch. 1

(註14) *Pierre* Book XIV, III

(註15) *Moby Dick* ch. 16

- (註15) *Billy Budd* ch. 1  
 (註16) *ibid.* ch. 19  
 (註17) *ibid.* ch. 2  
 (註18) *ibid.* ch. 10  
 (註19) *Moby Dick* ch. 66  
 (註20) *Billy Budd* ch. 20  
 (註21) *Pierre* Book XIV, II  
 (註22) M. R. Davis and W. H. Gilman (ed.):  
*The Letters of Herman Melville* p.129

「ビリー・バッド」のテキストは従来使用されて来た F.B.Freeman に準拠したものに加えて最近(1962年) H.Hayford と M.M.Sealts, Jr. による新しいテキストが出ており両者の間には可成り重大な相違を含んでいるが、ここでは一応 R.Chase 編, *Selected Tales and Poems by Herman Melville* (Rinehart & Co., 1950) に載録されている Freeman のテキストを使用した。この小論は「ビリー・バッドの世界」と題して *Prelude* 9号に掲載した一文の原稿に一部筆を加えたものである。



# 戦国期惣結合の動向について

—大和国五百井庄を中心とする—

朝  
倉  
弘

Trend of So-Community in the Period of Sengoku

—especially in Iono-no-Sho—

Hiroshi ASAKURA

はしがき

惣結合は鎌倉期から戦国期にいたる間、畿内・近国を中心として歴史に登場するものと一応考えられる。この場合、旧名の解体—百姓名の形成—その階層分化といった社会的発展に対応して惣結合もそれなりに変容・変質を免れない。とくに中世後期の惣結合の動向については、惣結合の崩壊、封建領主制の農民的コース、農民結合の二重性<sup>②</sup>、或は織豊期にいたるも惣結合に動揺はみられない<sup>④</sup>、といった諸評価が行なわれている。これら諸評価の相違は惣結合分析視角の相違によるものとも考えられる。

本稿では史料的な制約はあるが、そのなかで農民階層のうち、とくに小農民に視角をおいて、大和平群郡五百井（奈良県生駒郡斑鳩町内）の惣結合の室町末期から織豊期にいたる間の動向について考察してみたい。

なおこの場合、惣結合の基盤としての地縁的結合の主体となる農民は、右の時期においては、その階層分化の進展と相俟って、小農民経営とはいっても、彼等の関係をフラットなものと考えすることはできない。又生産手段の共有・共用といっても、勿論それは経済的関係に留るものではなく、共有・共用のうちに政治的関係が形成されている。かかる政治的關係が国人層（衆徒・国民）の領主制形成とどう関連するかについても考えてゆきたい。

—

五百井は戦国期に市場町への発達をみせた龍田<sup>⑤</sup>に隣接する庄園村落である。それだけに商品貨幣経済の浸透度も著しかったことが考えられる。

もともと龍田は、古来、塩・魚類などの非自給物資を中心とした庄園領主的商品流通の中継地（奈良と河内方面とを結ぶ）として発達した市場町であり、その伝統的庄園領主的商品経済に圧倒されて、農民的商品経済は大和今井におけることき楽市楽座の発達をみせるまでにはいたらなかった。従って周辺農村との経済関係も商品作物の商取引を中心とするものであり、両者相俟って発展するという段階であった<sup>⑥</sup>。ここでは今井の隣村内膳にみられるごとく、町場の発達に対して隣接村落が没落するといった社会的矛盾は織豊期においてもなおみられなかった。つぎに五百井について歴史遡及的に素描しておきたい。

まず、五百井と称する場合、それは五百井庄(初見天正二年)<sup>⑩</sup>という意味であり、中世庄園体制とは異なる次元において形成された村落に対して、おそらく農民自らが称し始めた庄園名と考えるもので、近世の五百井村に連なるものである。

近世の地図では五百井村は「居村」と「西庄」との二地域に大別される。この西庄の地域には後述の中世庄園西庄が、居村の地域の一部(小字名に石橋がある)には石橋庄が、それぞれ存在したものと考えられる。この場合、西庄とは石橋西庄であることが、後掲の西庄関係史料より推測しうる。

なお居村の石橋庄以外の地域には、東大寺文書(室町初期カ)によると、平安末期、康平八(一〇六五)年に東大寺三綱仁専威儀師の寄進によるという東大寺領庄園福田庄が、床饗免田として存在したことが考えられる。右のほか同史料によると福田庄は一階堂領であるとも記され、嘉禎四(一二三三)年の東大寺文書では「往古興福寺進官坪云々」とも記されている。三箇院家抄には「福田庄二階堂方イヲノキト号平群郡云々」と記されている。

以上のことから考えると、東大寺領庄園福田庄と興福寺大乘院二階堂方庄園福田庄とは、恐らく入組的關係にあったことが推定され、かつ五百井に存在したことを確認しうる。五百井庄とは以上の石橋(西庄を含む)・福田両庄を包含する地域より成立していたものと考えておきたい。

この場合、五百井では、文安四(一四四七)年には環濠の存在を推定しうるのであるが、その他後述の事項をも含めて、室町末期から戦国期にかけて、右の両庄の政治的支配の枠を越えて、五百井の農民は主体的立場で、惣庄結合とは別に惣村結合を形成し、五百井惣一五百井庄になっていったものと考えたい。といっても惣庄結合が崩壊してしまっただけではない。というのは興福寺の領主支配は戦国期においても、ともかく行なわれていたと考えられるからである。

さて、五百井の西庄では長祿二(一四五八)年の「西庄田数之日記」によると、詳細は明らかでないが、鎌倉期には西庄は一町の名田一三名を中心とする均等名庄園であったと推測される。名田経営も不明であるが、その規模からみて名主自作を主とするものであったとみてよい。鎌倉末期から南北朝期を通じて進行するいわゆる旧名の解体―百姓名の形成などの過程は明らかになしたが、名田の規模からみて旧名自体百姓名であり、旧名の解体―旧名主の離農・武士化といった予地は殆んどなかったものと推定したい。といっても商品貨幣経済の浸透

などによる階層分化の進行したであろうことは考えうるのであるが、この点については後述したい。

西庄の領主支配については、鎌倉初頭前後、国司或は守護としての権限のもとに興福寺が平群郡へ同寺の庄園一円化の政策をおしすすめるに際して、福田庄などとともに、その封建領主支配に組み入れられたものと考えたい。下地支配は隣庄興留庄下司のもとにあったようである。西庄(石橋庄)には庄官の存在は考えがたい。

以上の西庄の領主支配の状況は、均等名庄園であったことと相俟って、名主による惣庄結合にもとづく村落自治の発達を裏書きするものであろう。その形成は均等名形成期にさかのぼりうるであろう。惣庄結合の形成については東大寺文書によって、福田庄の場合はその一端を知りうる。すなわち鎌倉末期と推定される福田庄百姓申状では「数日炎旱、作毛損亡間、花嚴会米難備進」旨を言上している。こうした事態は先例になつているとも称している点よりすれば、殆んど連年にわたつて年貢対捍の行なわれたことが考えられ、そこに惣庄結合の形成をみることができる。石橋庄においても同様の形成がみられたと考えて差支えあるまい。

降つて永享四(一四三二)年には、筒井氏と越智氏との合戦において、筒井氏が敗退した際、越智氏が龍田社を放火焼失せしめたため土一揆が起り、越智氏も危うかったという。この土一揆は龍田及び周辺農村の惣結合によるものと推定されるが、後述のごとく五百井は龍田会に奉仕する「三里八講」の一構成単位をなしていたことから考えて、石橋・福田両惣庄がそれぞれに、或は五百井惣として参加していたものとみてよいであろう。

なお五百井が文安四(一四四七)年には環濠集落化していたであろうことは前述したが、この点からも右のごとき抵抗性を一応考えることができよう。

さて、以上の五百井についての歴史的前提のもとに、まず西庄田数之日記から室町末期の石橋庄―五百井の動向について考えてみたい。

## 二

いしはしの庄百姓の事、大百姓十八人にさたまり候、此百姓ニハうちなくしてハゑならず候、たとひうち候へ共いしはしの庄のうち田を五反もち候へてハゑならず候、百姓ニなり候時一石式百文入事候、壹石ハ庄屋の得分、二百文八百

姓たちの酒二御まいり候、兄弟いくたりも候へ、一人ならてハゑならす候云々  
(西庄田数之日記)

右の史料は結論的には従来の惣庄結合の中心をなしていた庄内有力農民一人八人が大百姓として結衆化することによって、有力農民と以前隷属関係にあった小農民を非結衆化して、惣庄結合より排除する形で身分別を確認し、注④の史料から明らかかなように、石橋庄への用水が大百姓の中心的存在と考えられる助二郎によって支配されていることからみて、大百姓による共同用益的生産手段の集団所有ともいうべき形において、自立抬頭化し、惣百姓の構成メンバー化しつつあった小農民を、抑圧しようとしたものとみられる。

さて、大百姓は「うち(家屋敷)の所持と庄内五反以上の田地の占有のほか、「兄弟いくたり候とも」そのうち一人であることを条件とするものである。この場合五反以上といつても、庄内田地という制約があるから大百姓の占有地は、田地や出作を考慮するならば、平均して一町前後のものであったとみてよい。又家屋敷の所持という条件からみれば、家掛りの公事を勤仕する公事家に相当するものとも、或は兄弟のうち一人という点からみれば、惣領制にもとづく本家百姓に相当するものであったともみなしえよう。いづれにしても、前述のごとく旧名(百姓名)の解体による旧名主の離農化―武士化がみられなかったと考えてゆくならば、旧名主に系譜をもつ農民を主とするものであったことには違いないであろう。

以上のごとくみてくれば、大百姓としての諸条件は、庄園領主や武士層の社会における支配や慣行と連なりうるものであり、それだけに農民社会においても認められうるものであって、非結衆化された小農民への無言の説得力をもちうる条件であったろう。

庄内の田地五反という条件は、高持制による区分とも考えられ、結果的には近世村落への一段階と考えうるものであるにしても、当時としてこのような条件を設けた根拠は、大百姓の条件としてよりは、むしろ小農民を規制するためのものであったと考えられる。

結衆化以後、大百姓への新規加入は、原則として認められていたことは、後掲史料より明らかかなところであるが、庄内で田地五反という条件は、島作中心の経営をせざるをえなかったと推測される小農民にとっては、実質的には困難なものであったと考えられ、兄弟のうち一人という条件と相俟って、大百姓への新規加入は事実上不可能といつてもよいものであった。

以上の実質上封鎖的な大百姓体制がいつまで存続したかは不明であるが、五百井惣が母胎をなすと考えられる「頼支八講」への新規加入の認められたのは天正末年からであった(後述)ことから推測しよう。

石橋庄の農民層内部においては、長祿二年以来結衆としての大百姓と非結衆としての小農民(小百姓)との二階層が身分別として明確化し、五百井惣にも受けつがれたと推測されるのであるが、これは単に石橋庄―五百井庄のみにおける社会的現象ではなくて、室町期から戦国期にかけての百姓名の階層分化の結果として一般的に考えうるところであろう。たとえば、大和磯城郡ごさいしよ村(十市)では文祿五(一五九六)年の名寄帳によると、農民は「具ち人(公事人)二五人」と「はうご人・無足人」二六人とに区分登録されている。或は大和宇智郡坂合部郷一三ヶ村では、中世後期を通じて「侍」「百姓」の農民二階層―身分別があった。

さて、農民二階層の関係であるが、土地占有(職の所有)という側面から考えてみるに、室町期から戦国期にいたる間はすぐれて職の分化が進行していたこというまでもない。この場合、同一農民で名主職(地主職)・作職をもとに所有するという関係が一般に形成されていた。五百井においても職の分化の進行はみられ、右のごとき職の所有の展開したことが推測される。

以上のごとき職の所有関係にある農民間に二階層を設定することは、事実上困難であったと考えられる。それは鎌倉期以来の農民二階層の区分を崩壊せしめるものであったに違いない。かかる現実には石橋庄の場合、旧名の室町末期にいたる崩壊の結果であり、反面からみれば分家筋農民や隷属的小農民の自立抬頭化による作職の獲得や名主職の買得などの結果として把握しうるものであろう。

しかし以上のごとき社会的現実であればこそ、石橋庄では旧名主に系譜を有する農民たちは、自立化する分家筋や隷属的小農民を自らと差別し、小農民を規制して、従来の伝統的關係を維持するために結衆化する必要があったものと考えられる。ここに大百姓という立場を社会的身分として改めて確認する必要があったのではなからうか。

この場合留意したいことは、庄内有力農民が結衆化して、小農民を非結衆化したことは、従来の惣結合に変質を迫るものであったと考えられる点である。もつともこの点については後述することにして、その前に前記の職の分化について一度ふれておきたい。

前述の農民間における職の散り懸りの所有は階層区分を不可能ならしめるものであったとしても、その所有状況はフラットなものであったというのではない。後述の「五百井の助二郎」のごときは、職の買得においては群を抜く存在であったと推測される。その程度は明らかになしたがたいけれども、長祿三（一四九三）年八月、筒井氏（衆徒―國人領主）の介入によって一応の解決をみた五百井・龍田間の用水争論関係史料によると、「五百井の助二郎」は筒井氏（順永）に被官化し、その権力を背景に用水支配を通じて五百井は勿論、隣庄「しんわん」「はつとり」「こ吉田」にも勢力を及ぼすものであった。五百井における職の分化は鎌倉期以来の均等名体制を崩壊せしめ、その上限に土豪を形成する側面をもっていった。土豪といっても、彼は石橋庄惣結合内における最有力農民の武士化したものであって、五百井の在地領主ではなく、地侍というにふさわしいものであった。

さて、長祿三年八月といえ、筒井順永が畠山氏の内訌に政長方として参加したための没落から立ち直り、興福寺官符衆徒に復した（六月）直後である。順永は同年六月一四日本城（筒井）に入ったが、七月一日には小泉の館を陥れ、小泉關所若槻・新木両庄に進出し、八月二日には番条庄をも配下に収め、筒井周辺の興福寺領庄園に進出した。そうしたなかで筒井の西方龍田地域へも勢力を及ぼしたものであるが、前述の用水争論はその進出にとっては好箇のチャンスであったに違いない。用水争論の経過は明らかでないけれども、筒井氏の介入で一応の解決をみたことは前述した。筒井氏に被官化した助二郎を中心とする大百姓が、この争論を有利に戦い取ったことが史料からもうかがいうる。このことはそのまま、非結衆化された小農民への大百姓の立場を強化せしめるものであったろう。筒井氏の右のごとき五百井への進出は、石橋庄結衆をその支配下に組み入れるものであったことは、前掲日記の田地注文が筒井氏への指出関係のものと考えられること、「ツ、イ殿分」が記されていることなどからうかがいうるであろう。五百井は以前から筒井氏の勢力下にあったものと考えられるが、ここでその支配下に入ったものとみてよいものである。もっとも興福寺の支配を排除してしまっただけではない。<sup>⑧</sup>

五百井 龍田間の用水争論は織豊期にも起り、矢張り筒井氏（順慶）の介入を必要とした。このことは、五百井・龍田は用水争論を中心として戦国期を通じて緊張関係にあったことを推測せしめる。このことは石橋・福田両惣―五百井惣が

領主支配下に留った要因と考えうるものとみてよい。しかし右惣が長祿以来、その間に惣庄―惣村への変化があるにせよ、筒井氏の支配下に留った基本的な要因は、結衆・非結衆化といった内部における対立関係によるものであったと考えたい。というのは後述のごとく、石橋・福田両惣―五百井惣は戦国期を通じて、その間に消長はあるにしても筒井氏の領主支配のもとで一層の発達をみせていると考えられるからである。すなわち筒井氏の支配下に入った石橋・福田両惣―五百井惣は以前の本質ともいえるべき抵抗性をすでに自ら弱体化せしめているものであったと考えうるからである。この点は結合関係の再編成（有力農民の結衆化）からくる帰結であったろう。再編成以後の惣結合は対外的な関係を中心とするものから対内的な関係を中心とするものに変質せざるをえなかったことが基本的に考えうるものとなっていた。

従って結衆化以後の石橋・福田惣―五百井惣は現象的には（大百姓の立場からみれば）領主支配の枠内での共同利益を基盤とする村落自治組織となったが、実質的には（小農民の立場からみれば）共同利益を中心として非結衆を規制する態のものになったと考えられる。すなわち共同利益の大百姓による自治的管理は、経済的な関係のみでなく、低次元の政治的意図をも含んでいたものとみるべきであろう。それは共同利益を基盤とするというよりは、むしろそれを利用した政治的支配機構であったとみなしうるものである。この点が惣結合が封建権力との関係を規制するものであったと考えられる点である。石橋惣の場合、長祿の時点で筒井氏の領主支配下に入り、収取の対象となる形で領主支配と改めて関係したものと見えよう。かくて石橋・福田両惣―五百井惣は基本的に支配権力に連なる立場に立ち、小農民の自立化を抑圧したわけで、その限り惣結合は保守的な立場に転化したものといえよう。かかる惣結合を基盤とする限り、筒井氏による領主制の形成も同様に保守的な存在にならねばならなかったといえる。

以上で石橋惣―五百井惣の長祿の時点における変質とその後の動向とを、農民二階層の関係を中心に考えてみたのであるが、それは基本的に領主支配と結びついたのである。すなわち農民二階層間の緊張を中心として、発達を上げていった。つぎに、前後したけれども五百井惣の右のごとき発達について、惣結合と表裏する関係にある頼支八講の発達について同講収帳を中心に考察したい。

### 三

五百井惣は隣惣服部・丹後とともに、法隆寺を守護するという龍田社の龍田会



に奉仕する「三里八講」を構成していた。同講は、のち商品貨幣経済の発展するなかで講頼母子の場ともなり、「頼支八講」とも称され、農民的金融の役割をも果すものとなったと考えられる。

頼支八講収帳は永正三（一五〇六）年から近世にいたる講田に関する記録である。

当初の時点における講田の有無は不明であるが、永正三年にはすでに九筆の講田が存し、以降永正九・一〇・天文二〇（一五五二）年に各一筆、天文二二年に二筆が増加し、計一四筆となって織豊期に及んでいる。この講田の増加は、現象的には同講の発達を示すものとみてよいであろう。比較的同時に記載されている永正二二年分を例示すると次のごとくである。

新田	一反	一石二斗五升代	一石二斗上	弥二郎
六ノッホ	一反	一石一斗代	九斗五升上	マコ七
キタクラワセ	一反	一石五斗五升上		サコノ二郎
アケタ	一反半	七斗二升五合		同
コイツミ	一反小	二斗	二百十六文也	四月八日 三郎二郎
ヤイト				
ハタケ	七斗切半	三斗	源五	
		三斗	又六	
ハタケ	三反切	二斗	六郎	
		二斗五升	二斗二升三合	
タンコ	一所	一斗七升	衛門二郎	
ヤシキ	一所	一斗五升	ヒコ三郎	
ヤシキ	一所	一斗二升代	十六文上	源五
イノモリ	一所			シキシ田
カイト				
い上	六石四斗一升五合	此内一斗ソソ		
相ノ	六石三斗一升五合	納分		
此内仕分				
六ノッホクシ物				
一反	二斗七升	ヨツシヨ	三升	ナラ反米
一斗	殿反米	一斗九升五合	反錢百五十文	
い上	五斗九升五合	フク田公事反錢		

ニシノシャウノクシ物  
二反 六升四合 ナラ反米 二斗 殿反米  
七斗四升 反錢五百六十四文 一斗二升 サウ米  
い上一石一斗二升四合 西庄二反ノクシ物反錢  
シンクワンクシ物  
七反切半 三斗三升七合五勺 ヨツシヨ 五升五合 ウリ錢四十二文  
合三斗九升二合五勺 サコノ二郎方シンクワンノクシ物 ニキマヘ  
四升五合  
い上 四斗三升七合五勺 シンクワンノクシ物  
マコ三郎方シンクワンノクシ  
三反切 一斗三升五合 クシ物 十七文ウリ錢二升三合  
一升八合ニキマヘ  
い上 一斗七升六合 クシ物シンクワンノ

講田からの八講の得分は諸公事分などを差引くと四石足らずという計算になるが、これが同講財政の基礎をなすものであった。登録人である講田経営者は、殆んど固定しており、巡作ではない。登録人はその人数などから考えて、天文二二（一五五三）年の「ミサトハツカウキテノ事」の表紙に記されている「ヲトナシウ十人」が中心を占めたものとみてよいであろう。以上からみて講田は、前記五百井・服部・丹後の三ヶ惣の農民上層による寄進を中心としたものとみるのが穏当であろう。

さて、八講には右のほか「ケツシウ」のいたことは、前掲「ミサトハツカウキテノ事」所収の「サウイトナミノコト」に「ケツシウ人別一升ツ」と記されていることからうかがいうる。これら結果は「ソウイトナミ」ということから惣結衆でもあったことがわかる。大和下田の結鎮講の場合も結果は在家のみであり、講と惣とは一体的なものであった。龍門郷の宮座でも公事家が結衆であった。

八講はその当初は名主によって講成されたものであったろうが、小農民の自立化とともに彼等の新規加入が改めて問題となった段階で、惣結合の場合と同様に実質的には封鎖的なものとなったのであろう。講田として田畠を寄進するとい、講頼母子を導入するとい、ともに八講を結衆の集団所有に転化し、その発達を策するものであったと考えられる。かくて八講は惣結合の精神的紐帯としての意味をもつとともに、農民一般がその再生産の維持、発展を願って必然的に持たざるをえなかった鎮守社への素朴な信仰心を利用して、大百姓が小農民を規制

する精神的拠り所としても発達したことが考えられる。

さて、織豊期にいたって、天正一三(一五八五)年には豊臣秀吉によって不意に筒井氏(定次)の伊賀転封が強行され、五百井の助二郎も伊賀に移らねばならなかった。この筒井氏の転封は大和が近世社会に転化する上に大きな影響を及ぼしたのであるが、八講もこれを契機に大きく変貌を余儀なくされた。

すなわち八講田一四筆についての記録は、天正一三年↓転封の年をもって終り、同一六年には新たに「八講掟条々」が定められ、新たな出発を余儀なくされた。財政的基礎をなした講田も「キタクラワセ」「シンテン」の二反に、さらに文禄三年(一五九四)には「六ノッポ」一反へと激減したらしい。もっとも、その後慶長九(一六〇四)年には「キタクラワセ」「シンテン」の計二反が復活し、合計三筆に増加した。しかしいづれにしても大きく縮小された財政下の八講が経営されなければならなかった。その講田経営も頭役による巡作となった。

天正拾九年辛卯

卯月朔日

一 御国替ヨリ以後ニ各被定置入ク之事

請錢拾疋ツ、ニ定ヨキノソ

但和市ハ米式斗ツ、

一本世ニ成候時ニ如何有新タウヲ相イトナムヘシ

一新入之覚次第ニシントウヲサスヘキ之事

仍衆儀如件

新入イヲノキ甚九郎

天正十九年 卯の四月朔日

米二斗入

新入

文禄五年丙申 卯月朔日

米式斗入

新入

慶長式年丁丙 卯月朔日

(以下略)

史料によると天正一九年に五百井の甚九郎が八講に新規加入し、略した部分も

含めて元和一〇年(寛永元年)までに甚九郎以下八人が加入している。なお史料前

半の第二・三項は新規加入者に頭役、すなわち新頭をも勤仕せしめようという衆議であるが、新頭を勤仕したのは文禄二年の「イヲノキ甚九郎」が最初である。なお慶長五年には「五百井大方助次郎」が頭役を勤仕、慶長七年には「イヲノキ大方助右衛門」が新頭をつとめている。後者助右衛門は慶長六年に新規加入したもので、大方氏一族で、以前は恐らく分家筋のために八講未加入の立場にあったものと考えられ、八講構成メンバーは、新規加入が認められるようになる以前は、前記石橋庄の六百姓のごとき制約が存したことを推測せしめるものである。

以上のごとく、八講は筒井氏の国替↓助二郎の離村を契機に新規加入を認めねばならなかったことが考えられる。この点八講と表裏関係にあった惣についてもいろいろのことであろう。かかる新規加入は、小農民の要求が領主支配の交替を契機に強行なわれたことを裏書きするものとみてよい。すなわち助二郎の離村は、惣一講の封鎖的な体制に風穴をあけるものであった。

このことは長禄以来の石橋庄惣↓五百井庄惣(惣村)という分家筋・隸属的小農民抑圧体制が領主支配に依拠する点の大きかったことを推測せしめるものである。それは支配体制に連なりうるものであり、それへの抵抗性を考えうるものではなくなっていたものである。

なお、大和では文禄四年に太閤検地が一田に施行され、五百井も勿論その例外ではなかったが、八講関係史料によると、文禄四年前後の年は文禄四年をも含めて毎年頭役が決定されており、検地前年に講田の減少をみたが、講掟に変化は考えられず、その限り天正一六年以来のごとく八講が営まれたものと考えられる。太閤検地による影響は以上の限りこれをうかがうことができない。

#### 四

結びにかえて領主支配の観点から戦国期を中心とする時期の惣結合↓頼支八講の基盤として考えている五百井惣について考えてみたい。

天正二(一五七四)年の五百井の「反錢反米御算用状」<sup>⑧</sup>では庄屋が一町の給田を宛行われ、反錢反米の徴収・算用に任じている。庄屋は同状末尾に署判している助二郎と考えられるが、天正八年の用水争論関係史料によると、惣結合の中心的存在であったと推定される。

五百井では長禄以来、その間に消長はあるけれども、筒井氏の領主支配(収

取)が実現していたことはすでに指摘したところであるが、その場合、惣沙汰人―庄屋(領主支配の末端機構)という形で惣結合の支配が行なわれたものと考えられる。

さて、戦国期以降の五百井惣は、村内に非結衆という対立的存在をふまえ、領主支配のもとで安定したとしても、鎌倉中末期以降室町期にいたる間に形成された、前述福田庄などにみられた抵抗性を中心とした惣結合としての歴史的経緯をもっており、それは弱体化したといっても全く払拭されてしまうものではありえなかつたろう。かかる場合の領主支配は、惣結合にとってもっとも抵抗性の少ない支配方法が最も効果的であった。すなわち長祿以来の結衆による村落自治組織(非結衆規制の組織)を利用するのが、もっとも適切な方法であったに違いない。用水など共同利益の惣管理、反銭反米の徴収における下地請という支配形式をとることであった。後者については前記算用状があげられる。

五百井では戦国期を通じて興福寺とその衆徒筒井氏との領主支配が、重層的に行なわれていたことはすでにのべたところであるが、前掲永正一二年の八講講田記録の「仕分」にあげられている「ナラ反米」「殿反米」などからもうかがいえる。興福寺は衆徒筒井氏によってなお取収を実現していたものと考えられる。しかし筒井氏の没落期や松永氏の大和侵入期など以外は、実質的には五百井は筒井氏の直轄領としての位置を占めていたものと考えられる。前記天正二年の反銭反米御算用状は、筒井氏の直轄支配を裏書きするものと考えられる。庄屋は直轄領の代官支配に任じたものであろう。庄屋助二郎は筒井氏に被官化はしていたが、五百井の村落領主ではなかつた。そこに庄屋の惣結合の中心的存在でもあり得た理由がある。

かかる庄屋による下地支配は興福寺領庄園で多武峯寺が請所となっていた大和龍門郷においてもみうるところである。同郷には郷鎮守大宮社の宮座があつたが、その大頭入衆として天文一七(一五四八)年には「ミカノヲシヤウヤ兵衛次郎」が、弘治二(一五五六)年には「山口ハ、庄屋助次郎」などがあげられる。彼等は宮座―惣結合内の存在でありながら、反面多武峯寺の代官支配にも任じていたものであることが考えられる。その他庄屋による下地支配は多聞院日記にも散見され、興福寺領庄園には庄屋による直轄支配がみられた。かかる庄屋の本質は領主支配と惣結合とのいづれにもぞくし、両者の接点となつた点にあるといえよう。筒井氏の領国形成の問題は今のところ保留しなければならぬが、一般

的には、一応戦国大名が近世大名に転化してゆく場合の支配形体として五百井における筒井氏の下地支配を考えうるのではなからうか。

なお中世の庄屋は近世のそれと異なることというまでもなく、地侍として領主に被官化している側面を有していた。五百井の場合、前述のごとく助二郎は筒井氏の転封とともに伊賀に移る形で在地性を失なつたわけであるが、一般的には兵農分離の進展するなかで、家臣団に編入される形で在地性の失なつていったことが考えられ、在地に残つたものは検地帳登録人として農民身分に固定され、ここに中世末の惣結合はその上層を失なう形で近世化したものと考えられる。

(後記)

本稿は「日本歴史」二〇六号に発表した「戦国期惣結合の動向について」に補訂を行なつたものである。

なお本稿で所蔵者を記さない史料はすべて大方新太郎氏(奈良県斑鳩町五百井)所蔵である。終始御厚意を賜つた同氏並びに御令室に謝意を表したい。

注

- ①石田善人氏「郷村制の形成」(『岩波講座日本歴史』八所収)六八頁。
- ②関口恒雄氏「惣結合の構造と歴史的位位置」(『経済史林』三三ノ二)一六八頁。
- ③黒川直則氏「十五・六世紀の農民問題」(『日本史研究』七二)二一九頁。
- ④永島福太郎氏「大和下田鹿島社結鎮座文書と中世村落」(『日本歴史』一七六)八一頁。
- ⑤「斑鳩町史」二六八頁。
- ⑥豊田武氏「遠隔地取引の発達」(『中世日本商業史の研究』所収)一七七・二四一頁。

⑦大乗院寺社雑事記、長録三・八・二四の条

近日龍田之被官人…任雅意菅以下木実令売買之由訴云々

同記、長録三・八・二九の条

龍田藤松返事到来、油事背先規者、可被法之由申入之、仍其旨可加下地云々。

⑧拙稿「織豊期における村落共同体の動向」(『史林』四五ノ五)一一二八頁。

⑨注⑦参照。

⑩五百井村文禄検地帳による。

⑪前掲拙稿(『史林』四五ノ五)一三八頁。

⑫注⑨参照

⑬東大寺図書館所蔵東大寺文書 1.24.33 東大寺下所司栄実訴状案

⑭東大寺図書館所蔵東大寺文書 1.24.83 上吐田庄沙汰人陳状

⑮五百井福安寺北側には境内環濠の遺構が現存し、この点文安四年の福安寺伽藍の図からも確認することができる。なお「指上申一札之事」（年次不明）には文禄四年の検地における除地として庄屋やしきと五百井村廻の堀とがあげられている。

⑯西庄田数之日記の「田地之事」には、七反一筆、一町一三筆、一反半一筆、一反一筆、一反半一筆が右の順序で記載され、その下に公事物などの記入がある。以上のことから西庄は一町の名田一三名を中心とし、多少の散田を含む均等名庄園であったものと推定した。石橋庄の地域が均等名となっていたかどうかは不明であるが、西庄とは石橋西庄であること、及び近世の地図などから考えて、石橋庄についても均等名であったことが一応考えられる。

⑰西庄田数之日記には

「ナラヘノホスル米ノ事

一石三斗八升 反米五斗

五斗水リヨウニ上ナラエ トモコンカウセントノ

己上合コノフンナラ也大方助次郎（花押）と記されている。右の金剛院は奈良に存在することは明らかであり、一応興福寺丑寅方の金剛院と考えた。西庄（石橋庄）を興福寺領と考えた所以である。

⑱嘉元記、延文二年の項。

⑲東大寺図書館所蔵東大寺文書 1.24.38 福田庄百姓愁状案。

⑳満濟准后日記、永享四・一〇・三の条。

㉑「大和志料」上、五六二頁。

㉒文禄検地帳によると、五百井における田島の比率は六三対三七（島）であり、比較的島地が多い。用水不足の五百井では、小農民は田地を占有したとしても、用水条件などの悪い劣悪なものも多く、切添新開にしても島地が多かったものと推定される。このことは庄園領主の支配が、一般に田地を中心としたものであったことから裏付けできよう。西庄田数之日記も田地中心の支配を裏書きするものである。なお小農民の自立抬頭は島作中心の経営が商品経済の発達と表裏した点にあるとも考えられる。

㉓三里八講のことである。この点後述。

㉔榎原市十市町、今沢為男氏所蔵。

㉕五条市表野町、田中錠治氏所蔵文書。

㉖関係史料として右の史料がある。

五百井庄一紙

一十三町半

一式町八反半十八歩 田数荒不作迄

島井屋敷立迄

是ヨリ

合百廿四石四斗四升七合

此内

十九石六斗四升二合 春日興福寺分

壹斗五升 東大寺分

貳石貳斗三升 諸寺

四十式石六斗四升五合 堂宮

貳石七斗三升 諸百姓持

合六十七石三斗九升七合 諸住持

五十六石六斗五升 倉納分

以上

己卯（天正七年々）

この史料は庄名、末尾の干支などから天正七年のものと推定した。すなわち織田信長が大和一円に指出を徴した前年に当る。五百井庄は助二郎を庄屋とする筒井氏の直轄領であったらうことは、本文で後述する機会があるが、筒井氏が信長の配下にあったことをも合せ考えると、信長の大和一円の指出に先んじて行なわれた予備的調査と関係あるものでないかと一応考えられる。

内容的には「百廿四石四斗四升七合」という石高の実態が問題となるが、このうち「春日興福寺分」以下「諸住持」にいたる六七石余は、各項の石高が同一性格のものであるとすれば（その筈であるが）、「諸百姓持」などの存在することからみて、職の分化にもとづく地主得分と考えるのが穏当であろう。

なお「倉納分」五六石余は、後掲注⑮の「反銭反米御算用状」と比較してみると、反銭、反米額と考えうる。詳細については、拙稿「封建年貢の変遷について」（奈良県歴史学会紀要「第一輯」）参考。

㉗石橋庄井水之事

龍田殿被仰候処自筒井殿此事可被沙汰にて候処ニ成心院中人として以先例井水を五ニわけて二をは戸のうらへおろし三をは五百井の助二郎へくたされ候、此水を一をは吉田ゑおとし又一をは志んわんとはとの庄とにわけてくたし候、のこり一をはいしはしの庄へ入候、此事龍田殿筒井殿たつたのよりは南殿兵庫殿御出候て戸の水を御左多候、又筒井殿よりおわ田殿同じく助二郎と兩人出候てむかしのこく水をわけ候事かくれなく候、仍為後日支証筒井成心院よりの御状へ候て「若又後日いかやうの子細候とも此状を」て筒井殿へまゐり沙汰

長禄三庚辰八月十日定之 大助二郎(花押)

②大乗院寺社雜事記による。

③注②参照。

④ツ、イ殿分

一石三斗八升 ヌノ三 六チャウ三シヤクヲ三ニトリアワセ候

ナラ反センノシヨサン五町ノフンマイラスル

①西庄田数之日記には「ツ、イ殿分」とならべて「ナラヘノホスル米ノ事」が記されている。注④参照。

②元龜三年「定井手口之事」(「斑鳩町史」)二六五頁。

③永島氏前掲論文(「日本歴史」一七六)七七・八頁。

④永島福太郎氏「公事家考」(「史学雑誌」六三ノ三)三五頁。

⑤現大方には慶長六年から同一一年にいたる伊賀上野近郊の七ヶ村の年貢関係文書が現存しているが、そのうちに「助二郎方」「助次郎方」「稻助次郎」の代官名を見ることが出来る。助二郎はもと大方氏である。稻助次郎は稻地助二郎のことであるが、筒井順慶の母が大方殿と称せられたため、これを敬して大方氏を稻地氏に改めたといわれている。

もつとも筒井定次とともに伊賀へ移つたのは助二郎ではなく、その父と考えられる主水助秀保であったかも知れない。彼は天正一七年伊賀の湯船庄一五〇石を宛行われたと考へうるからである。とすればそのあとを助二郎が継いだことになる。湯船庄宛行の件などは文久三年の写によるものであつて問題を残さざるをえないが、定次とともに伊賀に移つたのは二人のうちの誰であるかはここでは本質的な問題ではないので以上に留めておきたい。

なお注③参照。

⑥この大方助二郎は注⑤の助二郎かどうかは明らかでない。注⑤の伊賀の年貢関係史料が慶長六年以後であることから、助二郎は慶長五年に頭役を勤仕したのち伊賀に赴いたことも一応考えられよう。この場合、定次とともに伊賀に移つたのはその父主水助となるのは勿論である。いづれにしても長禄以来の助二郎は大方氏本家は、筒井氏の伊賀転封によつて五百井における在地性を失なつてしまつたものではなかつたことが考えられる。

⑦端裏 癸酉御サンヨウ状ウツシ

癸歳反錢御算用状 五百井庄

惣田数合拾參町半 此内

一円成 八町七反半 此内

一町 庄屋御給

一反 ヲナカシ御給

残七町六反半 反錢 拾五貫三百文

一反 拾式石式斗四升 反米

一半成參町五反 反錢 三貫五百文

一反 式石九斗七升五合 反米

一三分一成八反 反錢 五百廿文

一反 四斗八升 反米

都合 拾九貫三百廿文、代米卅八石六斗四升

拾五石六斗九升五合

升口壹石五斗六升九合五勺

三貫文 ヲカン

壹石 同

惣合六拾式石九斗四合五勺

八斗壹升五合五勺 申御未進

惣都合 六拾三石七斗式升

上申分

酉三月十三日 九斗四升 京反米御引カへ方

九月五日 五斗 御神事ノ酒

(中略)

十二石式斗七升二合 御蔵入

惣合六拾壹石八斗九升六合也

差引戊十二月六日サン用へ入申候

残壹石八斗式升四合 御未進（この行抹消）

天正式年 甲 三月十九日 御サン用

助二郎（花押）

この算用状は福田・石橋（西庄を含む）両庄を郷村的立場で一円化する形で形成されてきたと考えられる五百井庄のものであり、末尾の助二郎は筒井氏（順慶）に被官化していたことは明らかであり、庄屋御給とは筒井氏から宛行われたいものと考えられ、末尾の御蔵入の存在と合せ考えるならば、助二郎を庄屋とする筒井氏の直轄領であったと考えられる。

なお、上申分の冒頭の九斗四升の京反米であるが、筒井氏は織田信長の配下に入っており、その関係の京反米と考えられる。

③⑨ 五百井を代表して署判している。

③⑩ 注③⑨を参照。

④⑩ 吉野吉野町山口、上田龍司氏所蔵文書。

④⑪ 多聞院日記、文明一五・七・二二など。熱田公氏「室町時代の興福寺領庄園について」〔史料〕四四ノ三〕三七頁。

# A Survey on the propriety of the so-called "objective test" in evaluating the attainments of Japanese language.

—based on the data of Ability Research Program (Nōken Test) in 1963—

Noboru NAKANISHI

国語学力の評定にあたって客観テストを用いることは、今日、一般に行なわれるところであるが、その妥当性については全幅の信頼をおき難い。

理解力の評定のばあいにおいても、発問者の主観によって決定された正答と誤答に疑義があったり、発問者の意図が通じず、解答者の学力の実態とは著しくかけ離れた評定結果が出たりすることがしばしばある。

本調査は、昭和38年11月16日に行なわれた第1回能研テストの国語の問題と、その一つの結果について考察したもので、客観テストによる国語学力評定にあたっての問題点を具体的に指摘しようと意図したものである。

## 国語学力評定におけるいわゆる客観テストの妥当性についての一調査

—昭和三十八年実施の能研テストを資料として—

中 西 昇

集団テストにおいて、いわゆる客観テスト形式の問題を用いることは、今日広く行なわれているところであり、その功罪について論ずる声を聞くことも多い。しかし、その声の多くはなお一般論にとどまっただけで、個々の問題について考察を深めての議論は必ずしも多いとはいえないように思う。

客観テスト形式のもたらした利便は、単に採点の機械化による簡易化と採点者の判断の動揺による採点むらの防止ばかりではない。発問者自身が作問の作業によって問題点を明確にし、解答の正誤に関して責任ある姿勢をとらざるをえないようにしたことは、評価の心がまえを整えるという点においてもプラスするものがあったことは疑いをいれない。ただし、それは、発問者が作問にあたって問題点を明確に把握し、その正確な結果を出しうるように作問する能力がある場合にしてはじめて言い得るものであることを忘れてはならない。

ところで、世に行なわれる学力テストがすべてこの基準を満足するものであるとは何としても言い難く、発問者たるの資格のなさをさらけ出しているような問題もすくなくない。これとくらべると、従前の国語問題の最も普通の形式であった「次の文を解釈せよ。」「次の文の文意を述べよ。」などの形式は、発問者の馬脚を現わさぬ点において何と無難なものであったかと思うのである。

客観テストによって測定不可能とされるものに、音楽、美術、体育などのいわゆる実技のテストがある。国語科においても、作文、話すことなどの表現面はやはりこれに入る。作文力を見る客観テスト、話しことばの能力を見る客観テストと称するようなのは見かけないでもないが、やはり問題点の周囲をなでまわし

ているだけでその本質にせまるものはない。

従って国語の客観テストは主として読むことに関するものか、ことば、表記、文法を取り扱うものかということになる。ところで、その読むことに関するものも読むことと称して、ことば、文法を問題にするばあいはとにかく、読みたしさをためす問題となると、その作問は決して容易ではない。まず何がたしかな読みであるかという判断を下すことにおいて困難がともなう。自明の知識の有無を検出するのちがって、読みというものには常に不動の客観性を保証するものがあるのではないからである。従って、たしかさと言ってもそれは発問者のぎりぎりの見識の上に立つものに過ぎないといえる。発問者の及ぶかぎりの客観化の努力があるにしても、最終的には答えは発問者の判断にかかってくる。主観のない判断はあり得ないから、客観テスト形式の中心核たる正答なるものは結局発問者の主観であるということになる。極言すれば客観テストとは採点者の客観テストであり、その代償として発問者の主観を許容するテストなのである。

このように正答をきめることがまず問題であるが、それに引きつづいて問題になるのは、誤答の選択肢をきめることである。明らかに誤答であることが万人にわかるような選択肢を作ることと比較的容易であろうが、まぎらわしい誤答を作ること決して容易な作業ではない。しかもこれには作問者の主観が大いにものをいうので、作問者の誤答としたものが、第三者から見ても正答以上の正答と解されることもありうる。その第三者が被検者である場合、被検者の失点は学力の欠除のためではなく、作問者の作成した問題に対する見方乃至意見の相違によってのことであるということもあり得るのである。正答率のなほはだしく低い客観テストは、それが正当に難問である場合は別として、おおむね発問の内容自体に問題がひそんでいてとみてよいことが多いようである。

読みのたし、かさをためす問題でさえも右のような困難をとまなうが、まして読みの深さを問おうとなると、ほとんど客観テストではお手上げになるのではないだろうか。読みには、深淺の差こそあれ、それぞれが誤りであるとはいえない段階がある。それを発問者が最上選択という基準のもとに、自己の最深の読みと想うところをのみ正答とし、他の選択肢を誤答とし乃至は減点を行なうことは、解答者の心理の個人差から見てもいかなるものであろうか。深いものはそれだけ判断に個性的独断的要素を帯び易く、浅いものはほど自明度が高いことから、深いものにはひかれつつも浅いものを選ぶという性格の被検者の存在も無視できない。

さらに読みの発展段階としての文章そのものの価値、認定の評価ともなればこれ

は明らかに客観テストのらち外のものであろう。それでいてこのことは読みの究極において各自が位置づけるべき重要な方面であると思われる。

右のように、国語科において、比較的客観テスト化され易いと見られている読みの方面においても、客観テストにその学力の診断をすべてゆだねるわけにはいかない。しかしながら、入学試験や、さらに広く全国の学校の生徒児童を同時に対象として取りあげる学力テストなどにおいては、テストそのものの技術的限界から、客観テスト形式に頼らねばならないことはやむをえぬ必要悪としてしるぶとすれば、改善の策として、客観テストによる問題そのものを徹底的に検討して改善をはかりその弊害を極小にするよう努力しなくてはならない。

その点に関して、なお研究の余地があると思われるのは、さまざまのテストと、いわゆる平素の実力との相関度についての調査である。作文などに基ついで下した評価とともにも関連性の高かった客観テストはどのようなものであつたか、いわゆる鑑賞力においてすぐれている生徒の力は、どのような客観テストともっとも相関するかというようなことであり、これは「国語客観テストの総合点の高いものは作文力も鑑賞力も高い」というような知能テストじみた大味の判断ではなく、また頭でいいかげんに考えて割り出したような常識的相関説でもなく、地味で純粋な調査を重ねた上何と信頼できる結果を出したものでありたいと思うのである。

大学入試にもなる種々の弊害を除去することによって、将来それにかわるものとなり得ることを目指して能研テストが発足したことは、その趣旨において悪しからうはずはない。これに対しておこった反対論も必ずしも能研テストそのものを正当に批判しての上のことではないように思われる。われわれのより大きな関心事は、公式論的にこのテストを否定したり、目的を認めることを現実のテストそのものを認めることにすりかえたりすることではなく、現実に出題された問題に、生徒がどのように反応し、その反応が、平素われわれが見つめている生徒の実力と思われるものとうどう相関するかということである。

もとより、生徒の実力に関して担当教師の出した評価が最上のものとはいえないが、その評価の基ついている資料には、平素の観察による資料や同じくペーパーテストであるにしても、客観テストならぬ多くの文章解答式テストの答案が含まれていて、その採点にはおそらく担当者の主観による独断の面も多いであろうが、担当者としては一応個々の生徒の実態にふれているという安心感に基づき自信もそこにはあるのである。



生徒が現在の大学入試の場においてあげてくる成績が、その担当教師の出した実力の測定とどのように相関するかということは、進学指導にあたっての大きな関心事であるが、その大学入試にかわる任務を意識して発足する能研テストが、その相関において大学入試とどちらがどうであるかということもまた興味を持たないわけにはいかない。

このような関心と期待に基づいて、第一回能研テスト実施後、たまたま他からその結果の報告を求められるという条件も重なって行なったものが以下の調査なのである。

結果は以下に見られるように、この調査だけからは、第一回能研テスト国語科問題に関しては満足し得ないという結論となったが、このことによつて軽々しくこのテストの将来に否定的な判断を下そうとする意図はない。むしろ、このような大規模かつ影響するところの大きいテストについては慎重に検討を重ねて、改善の上にも改善を加え、ある限界内においての最上のものとして育てていくべきものと思うが故に、この小さな調査もそのための一反省資料として役立つようにと念願するまでのことなのである。

二

第一回能研テストは、昭和三十八年十一月十六、十七日の両日全国一斉に行なわれた。奈良女子大附属高校の三年生からは総員150名中43名が受験した。当初はその倍以上の申し込みがあったのであるが、このテストをめぐって外部にいろいろとトラブルがあり、いや気がさしたものと見えて、当日は約半数に減った。しかし受験した者はみなじめに受験しており、ひやかしの態度で答案を書くものはなかったように思われる。受験した43名は、平素の成績からみて、150名中の上位の者から下位の者にわたり、ほぼ全体の縮図的構成をなしており、まず三年生全体を代表するものと見ても差支えないように思われる。

さて、テストを終えて、ちょうど採点にかかっているとき、産経新聞から、このテスト問題について批評するようという依頼があった。それで、採点後生徒の成績を、平素の成績と比べてみたところ、どうもあまり合致しないのである。平素の成績上位が、ふまじめな答案を書いたとも思われない。そこで、そういう生徒の誤答についてしらべて見たところ、なるほどそう答えるのももっともだと思われるような問題点が見出された。全国の高校生を対象とし、将来はそれによ

って大学入試に代るうというほどの意気込みで発足したこのテストである以上、作問が疎漏であったとは思われないが、こうした客観テスト形式の持つ妥当性の限界のようなものを見た思いであった。そこで、新聞には次のような感想を寄せた。(新聞では寄稿の一部を削除しており、標題も新聞社がつけたものであるが、ここには掲載されたとおりを再録する。)

はたして能力の正しい判定は？

テスト問題をいろいろ検討して出てきたのがつぎの感想である。

①このテストは、はたして生徒の国語能力を正しく判別できるだろうか？

私の学校でこのテストを受けた三年生43人について、今回のテストの得点による順位をつけ、一学期の国語の総合点による成績順位と、ついでこのあいだ行なった、大学の入試問題を使つての学力テストの成績順位(いずれも43人中での順位)と比較してみた。これによると、能研テストの第一位の得点者(51点)五人の中に、学期成績35位、学力テスト36位のものがはいつており、次の50点の五人中では、学期成績35位、33位、14位というような下位の者がはいつていた。逆に、学期成績1位で、学力テスト2位という平素の優秀者は、43点で26位にとどまっている。

また、学期成績をもとにしてグループにわけ、大学入試問題による学力テストと、能研テストのいずれが相関度が高いかについて、おのおの10点満点に換算して対比したのがつぎの表である。

能研テスト	学期成績 (人数)
8.0	9・8(3)
7.7	7(6)
7.4	6(15)
7.3	5(11)
7.5	4(6)
5.5	3(2)

私の学校では、テストを受けた者の数も少なく、これだけの資料から軽々しくこのテストの信用度を口にするのはどうかと思われるが、とにかく、今年のこのテストで優秀がつけられて、大学にはいれたり、はいれなかったりしてはたいへんなことになると思うのである。

②現代の日本語は、なんとむずかしくかつあいまいであるか？

問題文から、日本語としてどうかと思われるところを二、三あげると、「元来一つの物に一つの色彩が固有しているというわけのものではない」(三年III)「一つの物象の色をその周囲の色との正しい諧調から破ってしまう」(リ)

「心は分裂の危機に生きぬく象徴として」(二年Ⅱ)などがあり、いずれもてにをはがおかしい。日本語としてはとにかく悪文だと思う。こういう悪文を読解することが国語教育の正しい目標だといふのだろうか。

出題者の文や考え方にも疑問が少なくなく、いろいろと作問者にたずねたいこともあるが書きつくせないので、問題のある問の番号のみを付記しておく。三年用(4)(13)(14)(15)(16)(17)二年用(9)(10)(15)(16)(22)

(昭和38年11月25日産経新聞所載)

これは、テスト直後に書いたもので、ごくざっとした調査に基づいたものであったが、その後、各問ごとの誤答の状態を調べたり、平素の学期成績に対する、大学入試問題テストと能研テストの相関度を調べたり、客観テスト形式を文章解答形式に作りかえた能研テスト問題で、能研テストを受験しなかった生徒にテストを行ってみたりしているうちに、昭和三十九年度の大学入試期に入り、能研テスト受験の43名もそれぞれの大学を志望し、その場合もまたさまざまであった。

もとより、入試の可否はその時期での実力発揮いかんによるものであり、五教科総合成績による判定の場合が多いから、国語科のみの成績と可否の結果との相関を問題にするとはいかがかと思われるが、総合成績と国語科の成績の相関も必ずしもないわけではないので、一つの資料として対照してみたい。

三

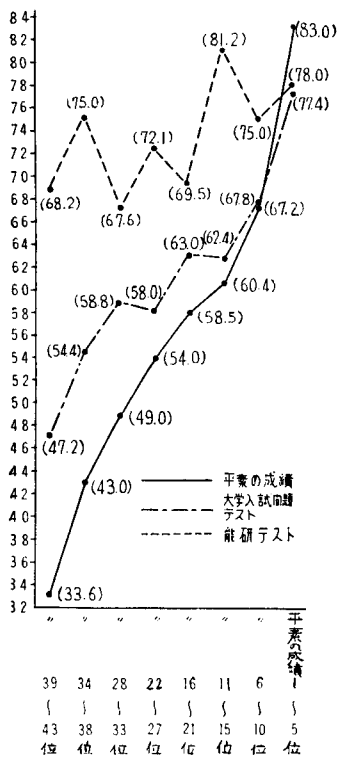
平素の成績・大学入試問題テスト・能研テストの相関の調査

(1)平素の成績の順にならべ、上位より約五名ずつのグループに分け、そのグループごとに平素の成績、大学入試問題テスト、能研テストの点数を平均したものが次のグラフである。(なおこのグラフでは六〇点満点の能研テストは一〇〇点満点に換算して示してある。)

このグラフによると、平素の成績と大学入試問題によるテストとは大体平行して順位が上るごとに点数が上昇していくようであるが、能研テストの場合は完全にジグザグ状態を示しており相関性が乏しいようである。

(2)平素の成績、大学入試テスト、能研テストのそれぞれについて成績順に順位をつけ、(同順位の者は、例えば7~10位のものは9位とするように順位の平均で示し)同一人についての二種のテストの順位差の総和を総人数(四人)で除してみた。

平素の成績と大学入試の問題テストとの順位差の平均 七・三二一位  
 平素の成績と能研テストとの順位差の平均 一〇・八四位  
 大学入試問題テストと能研テストとの順位差の平均 九・四二位  
 これによると、平素の成績と大学入試問題テストとの間にも相当の順位の違いを生じているが、能研テストとの間のくるいは一層はなほだしいようである。



(3)平素の成績(第一学期成績) 大学入試問題によるテスト及び能研テストと進捗状況との関係  
 能研テスト受験者43名を、それぞれの成績上位より下位にかけて約10名ばかりの四グループに分け、そのグループの構成員の実際の進捗状況を示したものである。

順位	平素の成績順位によるもの
1位より10位まで	京大2(工) 阪大3(歯2法1) 奈女大1(家) 同大1(文) 大音大短1 各種学校1 不合格1
11位より21位まで	阪大4(工2医1理1) 一橋1(経) 大府大1(工) 信州大1(文理) 同女大1(文) 京女短大1(家) 不合格2
22位より32位まで	奈女大1(文) 大学大1(体) 信州大1(文理) 関学大1(商) 相愛女大1(音) 大市大2部1(経) 不合格5
33位より43位まで	同大1(商) 立命大1(理工) 関大2部1 不合格8

1位より 10位まで	京大2(工) 阪大1(理) 奈女大1(家) 同大1(文) 大市大二部1(経) 各種学校1 不合格3
11位より 22位まで	阪大5(歯2医1法1工1) 一橋1(経) 奈女大1(文) 大府大1(工) 信州大1(文理) 大音大短1 同女大1(文) 不合格1
23位より 33位まで	阪大1(工) 信州大1(文理) 大学大1(体) 関学大1(商) 関大二部1 不合格6
34位より 43位まで	同大1(商) 立命大1(理工) 京女短大1(家) 相愛女大1(音) 不合格6
(能研テストの順位によるもの)	
1位より 10位まで	阪大2(歯1理1) 大府大1(工) 同大1(文) 同女大1(文) 大市大二部1(経) 各種学校1 不合格3
11位より 22位まで	阪大3(法1医1工1) 奈女大2(文1家1) 一橋大1(経) 信州大1(文理) 大音短大1 関大二部1 不合格3
23位より 32位まで	京大1(工) 信州大1(文理) 関学大1(商) 京女短大1(家) 相愛女大1(音) 不合格5
33位より 43位まで	京大1(工) 阪大2(工歯) 同大1(商) 大学大1(体) 立命大1(理工) 不合格5

大学の合否を国語科だけの出来不出来と結びつけることは乱暴ではあるにしても右の表から見たところではその相関度の高いのは平素の成績であり、大学入試問題によるテストがつづき、能研テストの相関度はもっとも低いように思われる。

四

右のように、能研テストの結果が、あまりにもかけはなれて平素の成績や進学成績とちがっているのは、何に起因するのであるか。テスト当日の生徒の状態、特に平素の成績上位の者の心理状態に何か異常なものがあったのではないかと考えてみたが、それぞれの答案を見たところ、故意に誤答をしたような形跡もなかった。そこで次のような調査により問題の検討を試みてみた。

問い番号	全 正答率	上位 20名 正答率	下位 20名 正答率	誤答の状況
1	51	65	40	B 8 D 8 A 5
2	77	90	65	B 8 A 1 C 1
3	100	100	100	
4	95	100	90	B 1 D 1
5	67	50	85	A 14
6	81	90	80	D 7 A 1
7	86	95	75	無1 循1 盾順1 柔盾1 無答2
8	77	80	75	環4 選2 環1 緩急1 無答2
9	88	95	80	験4 無答1
10	63	65	65	胸7 宗3 旨3 宗旨1 興1 陳無答1
11	47	55	40	B 21 C 1 D 1
12	56	40	70	A 9 D 9 B 1
13	40	30	50	A 23 D 2 C 1
14	21	5	40	D 13 A 11 B 10
15	86	80	90	D 5 A 1
16	100	100	100	
17	67	70	70	C 8 B 3 D 3
18	60	70	55	ぼゆる9 侍りき6 侍りし1 え侍る1
19	91	100	85	A 2 B 2
20	60	65	55	D 14 B 2 C 1

問い別正答および誤答の状況  
正答率は、受験者全員について出したものの外、平素の成績(第一学期成績)により、上位20名下位20名についての正答率を求めて掲げた。

25	24	23	22	21
91	91	93	70	91
100	100	100	95	95
85	80	85	55	90
B 2 D 2	B 3 D 1	D 2 C 1	A 6 C 4 B 3	D 4

右の表によると、このテスト問題には二つの点で問題があることがわかる。

一つは、問い3、問い16のように受験者全員が正答であるようなものをはじめ、全員についての正答率が90%を上まわるようなものが25問中8問で約三分の一に及ぶということである。これでは、平素の成績90点の者と30点未満の者とがともども受験していても差がつきにくい。

もう一つは、問い5、問い12、問い13、問い14のように、平素の成績の上位者の平均点が、下位者の平均点にくらべて著しくよくない問いがあるということである。これにはおそらく問題中に何か発問者の意向が誤解されるような事情などがひそんでいられるのではあるまいかと考えられるのである。

そこで、テスト問題の各問について、生徒の出した答えを参照しつつ検討を加えて見たところ、やはり多少の問題点の存在することを認めた。

ここにはそのすべてをあげる余地がないので、問題のある問いを比較的多く含んでいると思われる現代文一つ(問題Ⅲ)と古文一つ(問題Ⅳ)を取りあげて、その問題点と思われるところを指摘してみたい。

(Ⅲ)次の文章を読み、あとの問いに答えよ。答えは、それぞれAからDまでの中から最も適当なものをつずつ選び、解答用紙の所定の欄に○を書き入れよ。

谷の向こう側には杉林が山腹をおおっている。私は太陽光線の欺瞞を、いつもその杉林で感じた。昼間日が当たっているとき、それはただ雑然とした杉の秀の堆積としか見えなかった。それが夕方になり、光が空から反射光線に変わると、はつきりした遠近にわかれてくるのだった。一本一本の木が犯しがたい威厳をあらわしてき、しんしんと立ち並び、立ち静まってくるのである。そして昼間は感じられなかった地域が、かしこにここに杉の秀並みの間へ想像されるようになる。谷側には、また樫や椎の常緑樹に交じって、一本の落葉樹が裸の枝に朱色の実を垂れて立っていた。その色は、昼間は白く粉を吹いたように

疲れている。それが夕方になると、目が吸いつくばりのあざやかに汚れる。元来一つの物に一つの色彩が固有しているというわけのものではない。だから私はそれをも欺瞞というのではない。しかし直射光線には偏頗があり、一つの物象の色をその周囲の色との正しい諧調から破ってしまっているのである。そればかりではない。全反射がある。日陰は日表との対照で闇のようになってしまふ。なんとという雑多な混濁だろう。そしてすべてをそうしたことが日の当たった風景を作りあげているのである。そこには感情の弛緩があり、神経の鈍麻があり、理性の欺瞞がある。これがその象徴する幸福の内容である。おそらく世間における幸福がそれらを条件としているように。

私は、以前とは反対に、谷間を冷たく沈ませてゆく夕方を——わずかの時間

しか地上にとどまらない黄昏のおごそかなおきてを——待つようになった。

それは日が地上を去って行ったあと、道の上のみずたまりを白く光らせながら空からおりてくる反射光線である。たとえ、人はその中で幸福ではないにしても、そこには私の目を澄ませ、心を透きとおらせる風景があった。

(11) 傍線部太陽光線の欺瞞と、筆者が感じとったのはなぜか。

A 太陽光線は、一つの物象の色をその周囲の色との正しい諧調から破ってしまふばかりでなく、日陰を闇のようにしてしまふから。

B 太陽光線によって、雑然とした杉の秀の堆積としか見えなかった杉林が、一本一本犯しがたい威厳をあらわしてくるから。

C 谷側にある落葉樹の実が、昼間は白く粉を吹いたように疲れた色をしてい

るが、夕方になると、目が吸いつくばりのあざやかに汚れるから。

D 日が地上を去って行ったあと、道の上のみずたまりを白く光らせながらおりてくる反射光線にこそ、私の願う幸福を見いだすことができるから。

(12) 傍線部それをも「それ」は何をさすか。

A 一つの物には一つの色しか固有していないこと。

B 常緑樹の緑に交じって、朱色の落葉樹が立っていること。

C 夕方になると、落葉樹の実があざやかな色に汚れること。

D 落葉樹の実の色が昼間は疲れたような色をしてい

- A 日が地上を去ると、必ず空から反射光線がおりてくるということ。  
 B 黄昏がわずかの時間しか地上にとどまらないということ。  
 C 直射光線と反射光線とが入りかわるのには、おごそかなきまりがあるという事。

D 黄昏は地上の人間をしておごそかな考えにふけらせるということ。

(山) この問いは、正答はAで正答率47%であり、平素の成績上位20名の正答率が55%、下位20名の正答率が40%であるから、その数字から見れば比較的妥当な難問として見られないことはないが、誤答は選択肢Bにかたより48%と正答率を占めている点やはり問題がありそうである。

だいたい筆者が「太陽光線の欺瞞」と言っているのは、発問者も次の問い(2)でとりあげているように、反射光線までも含むのでなくて、直射光線のみについてである。従って正答Aはその直射光線の働きを説明したところを抜き出したもので筆者の感じとった「太陽光線の欺瞞」の内容の解明である。

ところでこの問いは「太陽光線の欺瞞と筆者が感じとったのはなぜか」とある。発問者の「なぜ」は、「昼間日が当たっているとき、雑然とした杉の秀の堆積としか見えない杉林」をなぜ欺瞞と言ったのかということ、求める答えは前記の内容の解明そのものなのであろう。従って、文章をへだててはるか後に出てくる解明の語句を押さえさせるところに問いのねらいがあったのではない。

ところが、この「なぜ」は必ずしも発問者の意向通りには受けとれない。後述の解明のことはすでに承知の上で、筆者が欺瞞の意識を持ったのはなぜかという問いかけとも受けとられないことはない。そうすると、それが真に筆者の発想契機であったかどうかは別として、反射光線下の杉林が一本一本の木に個性があらわれてくるという事実との対比こそ「直射光線の欺瞞」を筆者に意識させたなぜの内容になってくるのではないか。こういう問いの読み方に立つとAは正答ではなくなり、BおよびCが正答性を帯びてくることになる。

ところで、Bの選択肢では文の意味がいまいきところがある。それは「太陽光線によって」が「見えなかった」にかかると「威厳をあらわしてくるから」にかかると「杉林が(夕方になると)一本一本…」と読めば筋が通る。「威厳を…」にかけるには「太陽光線」が「直射光線」である限りは誤答で「太陽光線(の状態)によって」と読み、反射光線への変化をふくまなくては正答性を得られない。これに比べるとCはすなおに直射光線と反射光線の対比の例をあげてい

るが、Bに答えが片よったのは、本文中「…いつも杉林で感じた」ということばがあるのを押さえてのことであらう。

このように考えると、選択肢によって解答を求める客観テストの形式は、発問者の意向の理解を正しくとらえるかどうかによって解答の正誤がきまることになる。発問に対する妥当な受けとり方はもとより基礎的心がまえとして受験者にたいていせつにはちがいないが、そのことによるミスは、明かに発問によって検出しようとしている学力とは別のものである。そのようなあいまいさをあえて残さなければ、いわゆる客観テストで考えさせる余地がないとなると、やはりこれは客観テストそのものを考えなくてはならないのではあるまいか。

(2) この問いの正答はC、「それを」を含む文と前の文の関係は読みづらいものである。前の文は例の「元来一つの物に、一つの色彩が固有している」というわけのものではない。「というちよつと日本語ばなれした言いまわしの文であるが、言うところは、落葉樹の朱色の実のあざやかさに対する知的反省のようなものではないか。従ってそれを受けた次の文は、否定されそう「朱色の実のあざやかさ」を欺瞞の刻印から救おうとする認定であらう。ところで、ひっかかるのは「だから」という接続詞で、これを「だから：ない」と呼応させると何やらわからなくなる。「だから：欺瞞」というのではない。というように読んで何とか筋が通るのであろう。

この問いの正答率は56%で、平素の成績上位の者は40%、下位の者は70%で逆の結果になっているのはどういうわけであらうか。上位者の誤答がDに片寄っているのは「だから」を読みみずらったものであろうが、それでは文脈があとにつづかない。下位者の正答率の高かったのはなぜか、これはわからない。客観テストは水ものでもという外はない。

(3) この問いは、正答率40%で、平素の成績上位者30%下位者50%とまたしても逆である。誤答はもっぱらAに集まりその率は実に53%におよんでいる。正答はBで「黄昏がわずかの時間しか地上にとどまらない」ということであるが「黄昏のおごそかなおきて」とはそういうことをさすのだからか。かりにその答えを代入するとすればこのところの文章は「—わずかの時間しか地上にとどまらない黄昏がわずかの時間しか地上にとどまらない」ということを待つようになつた」となりまるで意味が通らない。ここはむしろ誤答Aに従って「—わずかの時間しか地上にとどまらないが、日が地上を去ると必ず空からおりてくる反射光線

を「待つようになつた」と読むべきではなからうか。あとの文の「それは……」の「それ」も「黄昏のおごそかなおきて」を受けており、すぐ下のところで「日が地上を去って行ったあと、道の上のみずたまりを白く光らせながら空からおりてくる反射光線である」として内容を与えている。この問いはとも発問者の意図がつかめない。

(IV) 次の文章は、後鳥羽上皇に仕えて、新古今和歌集の撰進の前後に和歌所の次官であった源家長の日記の一部である。これを読み、あとの問いに答えよ。設問(14)から(17)までの答えは、それぞれAからDまでの中から最も適当なものを一つずつ選び、解答用紙の所定の欄に○を書き入れよ。設問(18)の答えは、指示にしたがって、解答用紙の所定の欄に書き入れよ。

(注1) 前齋院はかなくならせ給ひしことは、いへばおろかなり。数の添ひゆくにつけても、道の陵遅なれば、心設けのみぞおほゆる。ひととせやよひの二十日ごろに、御鞆あそばさせ給ふとて、にはかに御幸侍りしに、庭の花、跡もなきまで積もれるに、松にかかれる藤、籬の内の山吹、心もとなげにところどころ咲きて、名香の香の花の匂ひに争ひたるさま、御持仏堂の香の香も劣らず匂ひ出でて、世をそむきける住みかは、かばかりにてこそは住みなさめと、心にくく見え侍りき。ものふりたる軒に、しのぶ、わすれ草、緑深く茂りて、新しく飾れるよりも、なかなかぞ見え侍りし。日の暮るるほどに、奥深く鈴の声して、打ち鳴らしたる鐘の声も、心細く、たふとかりき。幾ほどの年月も隔たらで、主なき宿と見るぞ悲しく、涙もとどまらずおほゆる。京極殿へ朝夕べに参り帰れば、今は馬、車より降りなすこともなくて過ぎありき侍るに、築地崩れより見入れ侍れば、庭のよもぎは軒を争ひ、一むらすすきも所得てぞ見え侍る。

〔源家長日記〕による。

(注1) 前齋院は式子内親王をさす。新古今和歌集の歌人。(注2) 数の添ひゆくは死んだ有名歌人の数がふえていく。式子内親王と前後して、寂蓮もなくなくなった。(注3) 道の陵遅なれば「道」は、歌道。「陵遅」は、しだいに衰えること。(注4) 御幸は、後鳥羽上皇のおでまし。(注5) 京極殿は当時建築中であつた後鳥羽上皇の御所。

(14) 傍線部(1) 心設けのみぞおほゆる。とは、作者のどんな気持ちの表現か。

- A 故人を慕う気持ち B 現状に失望する気持ち  
C 自分を励ます気持ち D 将来を想像する気持ち

(15) 傍線部(2) 積もれるは、どんな品詞からできているか。

- A 動詞 B 動詞と助動詞 C 動詞と助詞 D 動詞と助動詞と助動詞

(16) 傍線部(3) 庭のよもぎは軒を争ひ、一むらすすきも所得てとは、どんな様子か。

- A 手入れの行き届いた様子 B 昔のままの様子  
C ひろびろとした様子 D 荒れ果てた様子

(17) 作者は、前齋院の生き方を、どんなものとして見ているか。

- A 世を避けて、ひたすら仏道修行に精進している。  
B もっぱら歌道に心を傾けている。  
C 美しい庭園の中で、美的生活にひたっている。  
D 世をはかなみ、庭の手入れも怠っている。

(18) 傍線部(4) ひととせやよひの二十日ごろに、に始まる、その日のことを書いた部分は、どこまでか。その部分の最後の三字句点「は数えない。」を書き入れよ。

(14) 「心設け」は「心の用意」「心構え」の意であるから、「心設けのみぞおほゆる」は家長自身が将来に対して自己を戒めることばとして発問者が正答にC「自分を励ます気持ち」を用意した意図はわかる。然るにこの間に対する正答率は僅かに21%であり、ことに上位20名について見ると更にわるく、実に5%にすぎない。この結果は何によるものであろうか。

まず考えられることは「心設け」の語意を正しくつかめなかったことであろうが、選択肢のことばから考えて「故人を慕う気持ち」や「現状に失望する気持ち」を「心設け」と解したとは思われない。むしろ「心設け」の語意はだいたい正しい方向にとらえながら答えの要求には合致しなかったと見るべきではないだろうか。

この結果を生んだのは「心設けのみぞおほゆる」とは、作者のどんな気持ちの表現か」という問いのことばに原因があるのではなからうか。この問い方では「家長自身が自戒する気持ちになったのは家長のどんな気持ちを基盤としてのことばであろうか」とも取れるのである。そうすると「自分を励ます気持ち」では答えにならないので、他にこれを求めねばならなくなる。しかもそういう気持ちの判断

は想像の要素を伴うから、「故人を慕う気持ち」とも「現状に失望する気持ち」とも、また、「将来を想像する気持ち」とも考えられ確実なきめ手はない。そこに正解だけが見捨てられて、票が三つの誤答に散ったわけがあるのではないかと思われる。

そこで、この問題について、問いの方法を改めて「心設けのみぞおほゆる」を口語訳せよとして文章による解答を、能研テスト非受験者に書かせてみたところ解答はおおむね次のようであった。

最も多かったのは「しつかりせねばならないとおもわれる」「私もこれから良い歌を詠まなければならぬと思う」「歌道に対するこれからの心がまえだけが思われる」というようなものでこれは能研テストの発問者の期待する答と合致する。次は「歌道の行く末が案じられる」「気にかかることだと思われる」「歌道が次第に衰えてくることを心配する気持ちになる」と言ったようなものであり、外に「気ばかりあせって不安でたまらなく思われる」「内親王の歌に対する心構えが特に思い出される」「心細く残念に思われる」などがあつた。

要するに、この問いが「どんな気持ちの表現か」という問い方をしているところが問題なのであって「心設けのみぞおほゆる」を口語訳すればどうなるかという程度の問い方になれば誤解はおこなったのではないかと思われる。

(四) この問いは正答率86%であり、見たところ問題はなきそうに見える。ただ上位20名の正答率80%に対して、下位20名の正答率90%は、平素の文法に対する理解力から見てもややおかしい。ということは、この問い方が一見文法力をためしているようであつて結果的には理解力の無いものをも有り判定しているようなあいまいさを含んでいるのではないかということである。

つまり「積もれる」が動詞と助動詞の連語であると答えさせることは、発問者の要求には、動詞「積もる」の已然形(あるいは命令形)に、助動詞「り」の連体形の付着したものであるという理解があつたものと思われるが、それに対して正解の記号を選んだ生徒の答えの内容は果たしてどうであつたらうか。

そこで、この問いについても、問い方をかえて「積もれる」は動詞に助動詞のついたものである。それぞれの終止形を書けとして解答させてみたところその答えは次のようである。

動詞「積もる」助動詞「り」(正答)	23
動詞「積もる」助動詞「る」	29
動詞「積もる」助動詞「れる」	6

動詞「積む」助動詞「れり」

その他(七種)

無答

8 7 4

つまりこの結果によると正答率は約30%にすぎない。そうするとこの問いの正答率86%、学力下位の者90%ということは客観テスト構成上に問題があるとしなくてはなるまい。

「積もれる」が「積もる」+「り」であることを理解しないで、それが「動詞」か「動詞と助動詞」か「動詞と助詞」か「動詞と助動詞と助動詞」とかという問いに答えることはナンセンスであり、客観テストがあてものであるといわれるのはこういふところにあるのであろう。

(四) この問いは前後の発問に比べて著しく容易である。テスト受験者全員が正答を得ている。「夜のよもぎは軒を争ひ、一むらすすきも所得て」から「手入れの行き届いた様子」や「昔のままの様子」「ひろびろとした様子」を本気で選ぶものがあるだろうか。もし選ぶ者があるとすれば、まるで読めないがためであつてすづぼうからで、文章解答テストの場合は当然無答が予想される者ではないだろうか。無答のはずの者にもでたらめに答える機会が与えられ、それが $\frac{1}{4}$ の確率で正答を選ぶかもしれないという客観テストのあぶなさがここにも見られる。

(四) この問いはAを正答とし正答率70%、上位20名の正答率70%、下位20名の正答率79%で、結果的には比較的妥当のようである。

「作者は前齋院の生き方を、どんなものとして見ているか」であるから、その見方はもとより本文の中から見出すなくてはならない。「名香の香の花の匂ひに争ひたるさま、御侍仏堂の香の香も劣らず匂ひ出でて、世をそむきける住みかは、かばかりにてこそは住みなさま……」や「奥深く鈴の声して、打ち鳴らしたる鐘の声も、心細く、たふとかりき」というあたりからは、もとより「世を避け、ひたすら仏道修行に精進」という正答に反するものは見出せないが、「美しい庭園の中で、美的生活にひたる」という半面も見られなくはないようであるし、歌のことは出てこないが、あるいはこのような環境を作つて「もつぱら歌道に心を傾けて」いたのではないかと、前齋院の残された数々の歌から思われなくてもない。もっともこれは「作者は……見ているか」の条件からすこしうがちすぎ、「もつぱら」も気にならないでもない。結局問題は作者の前齋院の生き方に対する見方を、文の叙述にのみ即してとらえるか、ことばの内部に立ち入つて想像する余地を認めるかの点になる。

そこで、この問いについても、次のような問い方によってためししてみた。  
「作者は、前斎院の生き方を、どのようなものとして見ているか。二十字以内で書け。」結果は次のようである。

「世を避けて、ひたすらに仏道修行に精進している」という能研テストの正答に近い答えは相当数見られるが、純粹に仏道修行に精進しているということに限定したものはすくなく、「仏道修行に専念したすばらしい生活」「世を捨てて興きのある生活をしてけっ、こうなもの」「出家した人にふさわしく奥ゆかしい」「出家後の優雅な生活」「仏教に専念しつつ情趣あふれた」「信心深くよくわびを心得たもの、静かな生活」のように、美的生活をあわせて答えているものが多い。

次に、専ら美的生活の方に焦点のあるものとして、「自然に溶けこんだ生活ですばらしい」「俗世間を避け自然の生命と共に生きている」「住居を風流にして控え目な生き方だ」「非常に風流なもの」「神経が細やかで自然の美しさを愛する生活」「美しいものに囲まれそれに浸っている」などが見られる。

また、歌人としての生き方を意識したものには、「世にそむいて住んでおられた歌人の生き方」「自然の中にとけこんだ歌人らしい生活」などがあつた。

これらから見て、この問いの答えは正答として予定されたものに集まりはするが、解答者の見方は必ずしも正答にまったく賛成というのではなく、むしろ誤答の中にもとりあげたい要素がありながら、限られた選択肢の中から選ばねばならぬところから、不承不承ながら一番ましなものを選んだというのが実情のように思われる。ここにも発問者の見解を押しつけねばならぬ客観テストの問題点があるようである。

⑧ この問いは客観テストとはいえず、発問者作成の選択肢を示すものでないだけに結果も正答率60%、上位20名の正答率70%、下位20名の正答率55%という自然の数となっている。正答は「かりき」である。

## 五

以上に述べたところは、たまたま能研テストを資料として取り上げたがために、いささか同テストに対し不遜の言辞を連ねることとなったが、もとよりそれは本意ではない。

問題として取り上げたのは、本稿の標題としてかかげたように、国語学力評定におけるいわゆる客観テストの妥当性の問題である。

当今では、学習にに応じてテストをするのでなく、テストに応じて学習するの弊が大いことは周知の事実である。

その大学入試問題にもその発問者の出題の把握に苦しんだり、解答不能として投げ出したくなるようなものもないでもない。それらの原因の相当部分は、不消化な客観テストの使用によるものである。極言すればそのような客観テストこそ発問者の揮う暴力であるとも言えよう。

望ましい国語学習が行われるためにはテストもまたその線にせいそれを助けるものでなくてはなるまい。ただに客観テストのみにとどまらず、国語学力の正しい把握を求めて、それにふさわしい有力な学力評定法が確立することを望みつつ本稿を終る。

(一九六四・一〇・一〇)

本稿は、奈良女子大学文学部附属高等学校において得た資料について考察したもので、同校研究紀要第六集(一九六四刊)に掲載されたのを再録したものである。



奈良工業高等専門学校 研究紀要 第1号

昭和41年 3月30日発行

編集兼  
発行者 奈良工業高等専門学校  
大和郡山市矢田町

印刷所 奈良明新社  
奈良市橋本町36

# RESEARCH REPORTS

of

NARA TECHNICAL COLLEGE

No. 1 , 1965.

## CONTENTS

Behaviour of motion of falling conductor, when over head conductor broked down . . . . .	Shuzo IMANISHI Yasumasa NOGUCHI . . . . .	1
Electro-static Induction under E.H.V. Over-head Line . . . . .	Shuzo IMANISHI . . . . .	7
Strip-Line Magic-T . . . . .	Takashi AZAKAMI . . . . .	13
Design and Test of a Class of Strip-Line Low Pass Filter . . . . .	Takashi AZAKAMI . . . . .	27
A Study on the Synthesis of Coupled Linear Control Systems . . . . .	Isao FUJIMOTO Iichi FUKUI . . . . .	35
Switching Surges and Arrester Discharge Duty on High- Voltage Transmission System . . . . .	Masao KIDO Yoshio INAGAKI Iichi FUKUI . . . . .	43
Word Problem for Free Lattice . . . . .	Kazuo MATSUMOTO . . . . .	53
On multiply transitive groups . . . . .	Tuyosi OYAMA . . . . .	61
A moralist in the native idealism (1) . . . . .	Sadao WATANABE . . . . .	67
Melville and 'Billy Budd' . . . . .	Mizuo SOKUSEKI . . . . .	77
Trend of So-Son Community in the Period of Sengoku . . . . .	Hiroshi ASAKURA . . . . .	89
A Survey on the propriety of the so-called "Objective test" in evaluating the attainments of Japanese language . . . . .	Noboru NAKANISHI . . . . .	99