

PLC 制御装置を用いた服の消毒と仕分け — 楽々服洗淨！の設計開発 —

松本尚樹*, 近藤将好*, 中島以后里*, 横山朋代*, 須田敦

Disinfecting and sorting clothes using PLC controller
- Design and development of “Easy clothes washing!” -

Naoki MATSUMOTO*, Masayoshi KONDO*, Inori NAKAJIMA*,
Honoka YOKOYAMA*, Atsushi SUDA

オムロン株式会社と独立行政法人国立高等専門学校機構の共同教育プロジェクト「第 6 回 PLC 制御コンテスト～新生活様式における新しい価値を制御で創出～」に出展するための装置を開発する。洋服店に用いる試着後の服の回収を模型として再現し、PLC やセンサーなどを組み合わせて新型コロナウイルス感染の予防、そして安全性を確認する。

1 事例概要

プログラマブルロジックコントローラ（以下、PLC）は、リレー回路の代替装置として開発された制御装置である。工場などの自動機械の制御に使われるほか、エレベーター、自動ドア、ボイラー、テーマパークの各種アトラクション、など身近な機械の制御にも使用されている。日本国内の PLC メーカーにおける PLC 年間出荷台数は約数百万台¹⁾であり、多くの生産現場で使われている。このため、産業界からは PLC を含めた制御機器の技術を持った人材が必要とされている。近年では、海外に進出する製造業が多いことから、海外製の制御機器を使うことも多くなり、国際標準化された制御機器を扱える人材育成が急務である。このような状況下において、高専における生産システム制御に関する技術教育を充実させることは、高専の今後の発展のために必須であると考えられる。本稿では、このような産業界のニーズに応えるべく高専の学生の制御技術教育に関するスキルアップを目指したコンテストに参加したので報告する。PLC 制御コンテストを通じて PLC を用いて、コロナ禍で活躍できるシステムの構築を目標とする。

2 背景

服に付着したコロナウイルスは最長 3 日間生存すると報告されている²⁾。アパレル関係は試着する際や服に触れる

際接触感染する恐れがあり、客足が遠のいて倒産や店舗閉鎖が増加している³⁾。接客型店舗販売では利益と人件費のつり合いが取れないオーバーストア状態だが⁴⁾、ネット販売は非接客型なので需要が高まっている。しかし、試着せずに購入した際に、想像していた服の雰囲気と異なる場合や、サイズが合わないこともある。アパレル関係では特にコロナ禍に対応するために変化が求められている。

3 課題

筆者らが考える問題点は 3 点ある。1 点目はネット販売が増え、接客型店舗では人件費と利益のつり合いが取れない点。2 点目は粘膜感染や接触感染しやすいので、服を畳む際にも感染の可能性がある点。3 点目は服に付着した新型コロナウイルスは材質にもよるが最長 3 日間生存する点。それぞれの解決方法として以下を提案する。1 点目は服の除菌や仕分けを自動にすることによって作業時間短縮や人件費削減する。2 点目はハンガーを使うことによって畳む作業をなくす。3 点目は除菌しても衣服が傷まないようにする。本稿のモデルでは 2 点目と 3 点目の解決策として、衣類用除菌ライトを使用する。衣類用除菌アルコールよりも服に触れる回数を減らすことができ、服を傷まないようにすることが可能となる。

* 奈良工業高等専門学校 機械工学科 学生（4 年）

4 解決策

4.1 装置の概要

本装置は、以下の図1に示す部品で構成されている。これらの部品の内、以下の6種類の部品はSolidWorksを使用し、3Dプリンタで製作する。

1. 分岐器
2. 服のタグ
3. J字状の衣類を運ぶレール

4. 赤, 青, 黄の服を分別する3色コーナー
5. 服を押すE字パネル
6. 光電センサーを固定する部品

4.2 フローチャート

装置を通して服を消毒するとき、使用者は装置に適切な情報を入力する必要がある。図2は、本装置の動作となる服の除菌、仕分けの一連の動作を表すフローチャートである。装置による動作は黒文字で示す。また、人による操作は、赤色の文字で示す。

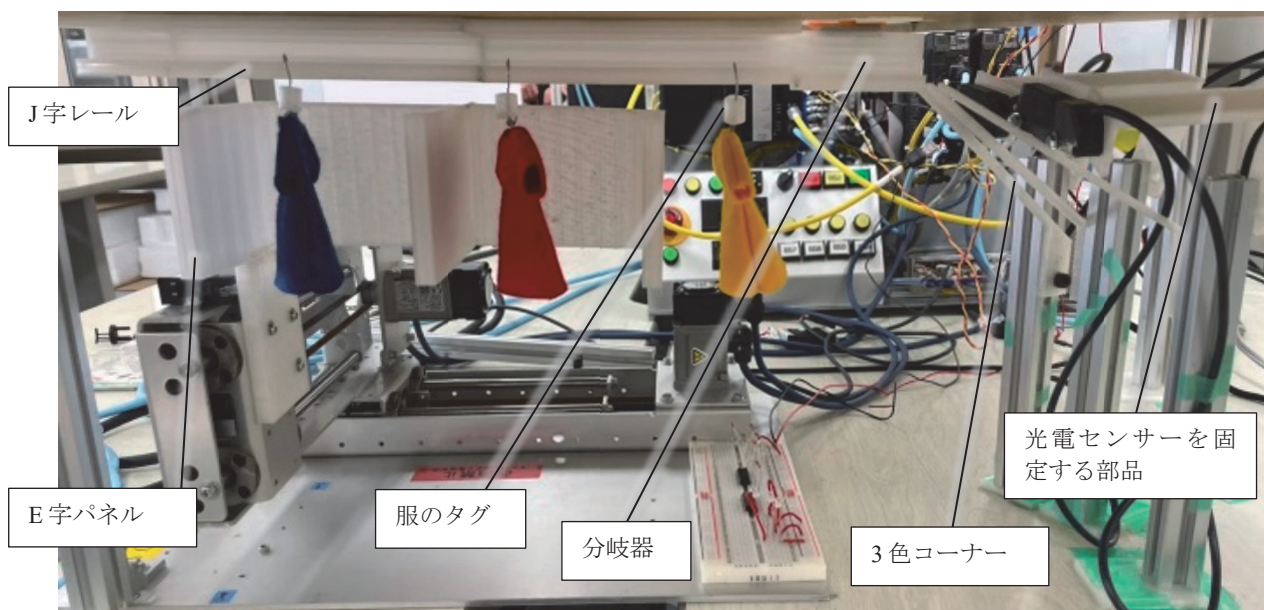


図1 全体写真

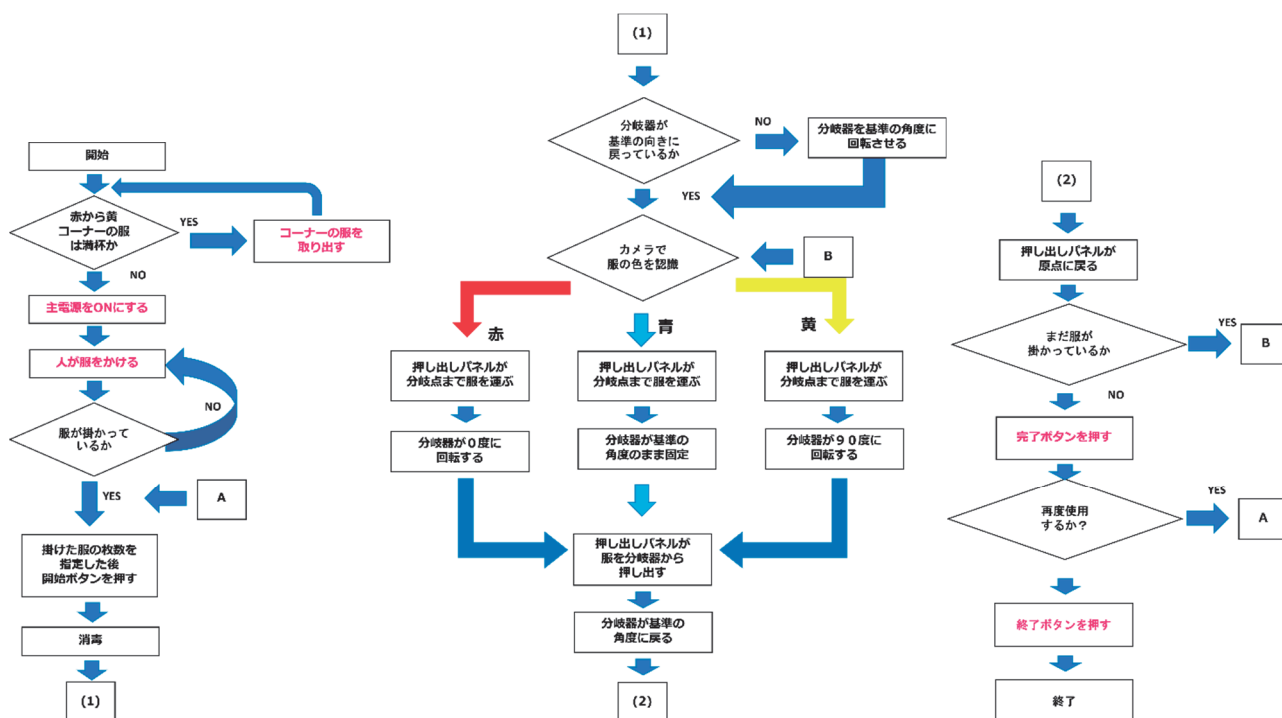


図2 フローチャート

4.3 分岐器

服を赤、青、黄のコーナーに仕分ける為に DC サーボモータと Arduino を使用する。分岐器の様子について図 3 に示す。DC サーボモータを 3D プリンタで作成した分岐用 J 字レールに固定し、Arduino で角度制御をしている。中央から反時計回りに 15° と 30° 回転する。それぞれの回転した先にある 3 箇所のコーナーへ服を仕分ける。

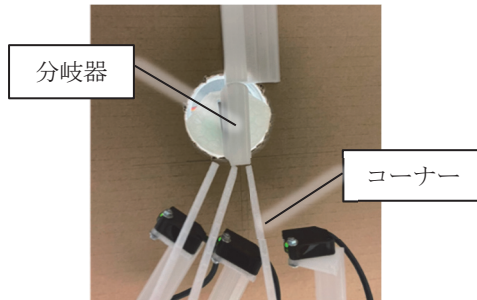
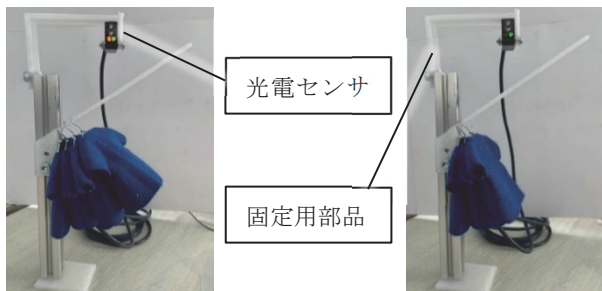


図 3 分岐器の様子

4.4 光電センサー

3 箇所のコーナーすべてに光電センサーを取り付けている。光電センサーの反応の違いについて図 4 に示す。服がある一定量まで達するとセンサーが反応し、反応したコーナーの色の服は仕分けられないようにする。図 4(a) はセンサーが反応した場合を、図 4(b) はセンサーが無反応の場合を示す。



(a) センサーが反応した場合 (b) センサーが無反応の場合
図 4 光電センサーの設置場所

4.5 除菌用ライト

模型では、服を除菌するための衣類用除菌ライトの代用品として発光ダイオードを使用する。発光ダイオードでの消毒の様子について図 5 に示す。服の下から発光ダイオードを点灯させる。下から点灯させることによって肌が触れた服の内側の箇所を除菌できる。模型では図 5 の黄服しか除菌していないが、上下左右にライトを増やすことにより短時間で除菌できるようになる。

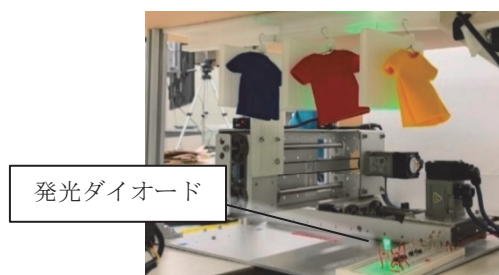


図 5 発光ダイオードでの消毒

4.6 服のタグ

J 字状のレールに掛けられた服は、E 字パネルで移動する際、揺れて形状が変化する。図 6 に服のタグ、図 7 にカメラを示す。タグはハンガーに固定されていて形状が変化しにくいいため、カメラが認識しやすい。よって、カメラはハンガーに取り付けられているタグに焦点を当てることで服の色を認識している。

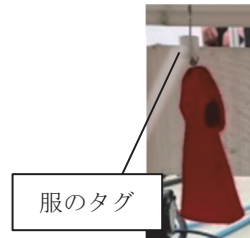


図 6 服のタグ

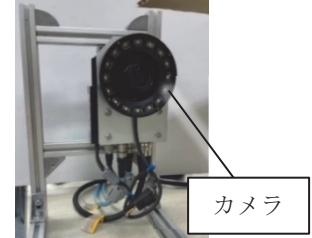
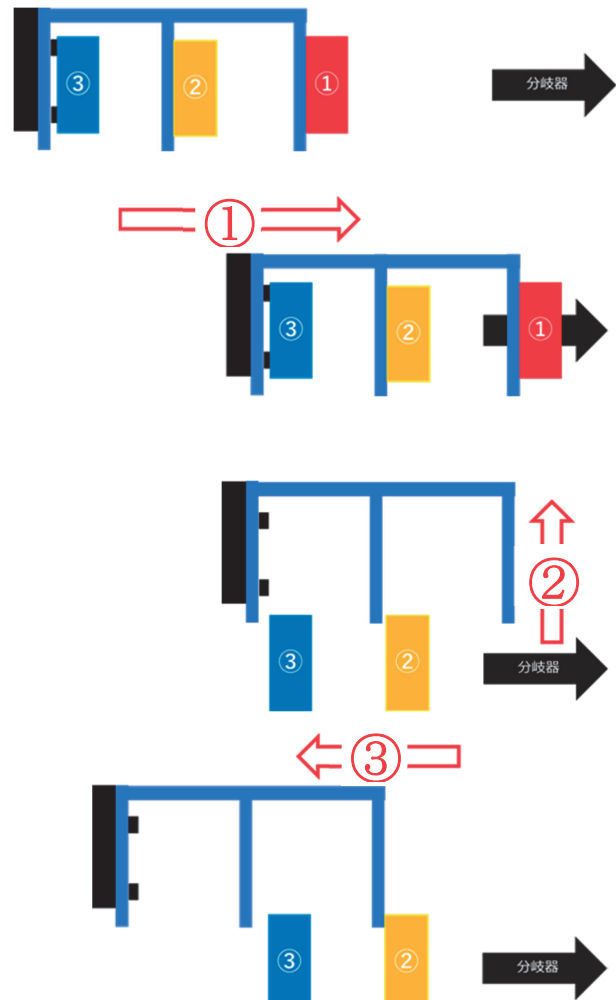


図 7 カメラ

4.7 E 字パネル

E 字パネルは X 軸と Y 軸に沿って移動し、服を押しながらか進む。E 字パネルが服を運ぶ一連の動作を図 8 に示す。模型ではパネルを E 字型とすることで、図 8 のように服を挿入し、一度に最大 3 枚の服を動かすことができる。さらに、パネルの仕切りを増やすことによって一度に運ぶ服の枚数を増やすことができる。赤矢印は E 字パネルの動きとその順番を表している。2 枚目、3 枚目も同様の移動を繰り返す。



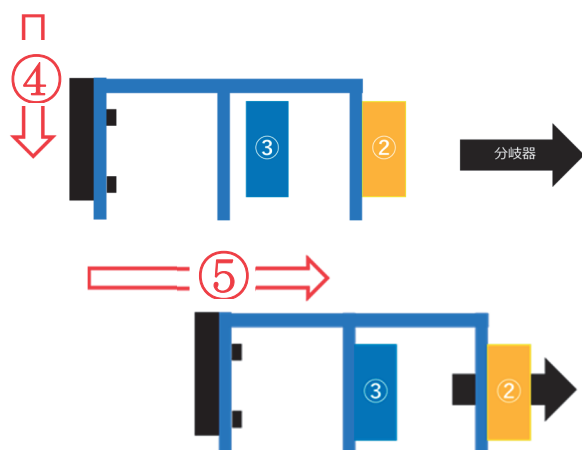


図8 E字パネルの動き

4.8 タッチパネル

楽々洗浄の動作選択をタッチパネル（オムロン製 NA5-12W101B-V1）で行うことができる。図9がタッチパネルの全体写真である。本装置のタッチパネルは主に、画面操作、装置の操作、そして光電センサーの反応を用いた各レーンの空き容量が確認可能となる。タッチパネルの最初の画面に表示されている「返却モード」は服の除菌、仕分けを行う。「服選びモード」は除菌された服の枚数や色がわかる。



図9 タッチパネル

5 システム概要

5.1 Sysmac Studio の概要

4章で述べた動きを実現するために本プログラムでは、オートメーションソフトウェアである Sysmac Studio を用いる。装置の制御に関するプログラムは主に、IO マップ、ラダー図である。また、タッチパネル操作に関するプログラムは、操作画面のレイアウト、変数マッピングである。IO マップとはコンピュータ内で CPU と入出力機器の間で入出力を行う手法のことであり、本プログラムではスイッチやセンサー、カメラなどの外部機器との連携の際に用いる。ラダー図とは、ラダー言語で記述されたプログラムを表したものである。ラダー図はリレーを使用した回路と同様であり、本プログラムで使用する Sysmac Studio はラダー言語だけでなく ST 言語や FBD 言語なども使用することが可能である。そのため複数のデバイスとの同時制御

といった高度なプログラムの実現も可能である。タッチパネルで用いられる変数マッピングとは、PLC の CPU ユニット（オムロン製 NJ301-1200）で入力されたグローバル変数内の変数がタッチパネルの変数マッピングテーブルに自動的に反映され、その中からタッチパネルで使用するスイッチの変数として使用が可能となる。

本装置では制御に必須となる制御スイッチをタッチパネルで代用することで、操作に必需なすべてのスイッチをタッチパネル1個で操作することができる。そのため装置全体が小規模に抑える事が可能である。タッチパネルを用いて、使用者にとって使いやすい装置を目指す。

5.2 PLC の CPU ユニットの機能

NJ301-1200 はシーケンス制御向けの LD (Ladder Diagram) と数値演算、情報処理向けの ST (Structured Text) の言語に対応している。本装置全体の制御は主に LD で構成される。ST はラダープログラムで表現しにくい演算や制御文を含むプログラム開発・保全が容易になる。また、NJ301-1200 はシーケンス制御とモーション制御の両方が実行可能である。モーション制御では、NJ をサーボドライバと接続することでサーボモータの動作をラダープログラム上で制御することが可能となる。本装置では、NJ301-1200 の機能を使用することで、服の消毒、仕分けの自動制御を実現する。

5.3 タッチパネルの機能

タッチパネルは PLC の CPU ユニットや PC と EtherCAT ハブを介して繋げることができ、「見せる」、「操る」などの作業に優れている。本プログラムでタッチパネルは主に原点復帰、服の仕分け開始、仕分けた服の回収時、プログラムの終了時、などの動作にタッチパネルを用いたボタンを採用する。また、タッチパネルは画面作成（プログラム作成）を行うことができ、使用者の好みのタッチパネルとして設定や利用することができる。画面はボタン、ランプ、図形の3種類で構築されている。付図5は本プログラムのタッチパネルの画面構成である。画面作成を行う際にはボタンやランプの種類やその配置はだけでなく、画像挿入も可能である。

“返却モード”の画面遷移は以下の通りである。

- (1) 画面1の“返却モード”を押すと画面2に遷移する。
- (2) 画面2から画面3、画面4、画面5には各画面の“進む”ボタンを押すと遷移する。
- (3) 画面5の“開始”ボタンを押すと画面6に遷移する。
- (4) 画面6の“完了”ボタンを押すと画面7に遷移する。
- (5) 画面7の“終了”ボタンを押すと画面1に遷移する。
- (6) 画面7の“もう一度使用する”ボタンを押すと画面3に遷移する。

“服選びモード”の画面遷移は以下の通りである。

- (1) 画面1の“服選びモード”を押すと画面8に遷移する。
- (2) 画面8の“Mサイズ”ボタンを押すと画面9に遷移する。
- (3) 画面9の“赤”、“青”、“黄”を押すと画面10、画面11、画面12に遷移する。
- (4) 画面10で“取りに行く”を押すと“Mサイズ赤服 有”が“Mサイズ赤服 無”に変化する。
- (5) 画面11で“取りに行く”を押すと“Mサイズ青服 有”

が “M サイズ青服 無” に変化する。

- (6) 画面 12 で “取りに行く” を押すと “M サイズ黄服 有” が “M サイズ黄服 無” に変化する。

画面 1 の左上にメンテナンス用の隠れているボタンがある。ユーザーが誤って操作しないように画面上には表示されないようにしている。

- (1) 画面 1 の左上に隠れているボタンを押すと画面 13 に遷移する。
- (2) 画面 13 の電源モードを押すと画面 14 に遷移する。
- (3) 画面 14 の電源入力を押すとサーボモータの電源をつけることができ、電気解除を押すとサーボモータの電源を切ることができる。
- (4) 画面 13 のレール状況を押すと画面 15 に遷移する。

5.4 本装置の主電源

付図 2 のラダー図は本装置の主電源の動作を担うプログラムであり、図 2 のフローチャート 1 に当たる。まず、本装置主電源の ON、OFF 切替を行い、その後 X 軸と Y 軸のサーボドライバの電源も ON にする。次に、E 字パネルが原点復帰を行い、原点復帰終了後、付図 2 のラダー図の動作を開始することが可能となる。本装置に誤動作が生じた場合、主電源を OFF にすることで自己保持回路の形成を遮ることが可能なため緊急停止が可能となる。

5.5 タッチパネルを用いた服の枚数指定

図 2 のフローチャート 2 は仕分けする服の枚数をタッチパネルで指定するプログラムである。枚数の指定は付図 5 の画面 3 に示す箇所である。入力した数値は、付図 3 の 21 行目と 22 行目でデータ型を変換する。その後、19 行目のファンクションブロック CTU1 に格納する。入力された数値は、1 着の仕分けを行う一連の動作の回数となる。そのデータは、5 行目のインライン ST によって、与えられている関数に値を出力される。

5.6 動作の開始と服の消毒

付図 3 の 0 行目と 1 行目のラダーは本装置の開始ボタンを押すと消毒が開始されるプログラムであり、図 2 のフローチャート 3 に当たる。主電源が ON の状態で開始ボタンを押すと、自己保持回路が形成される。そのため、消毒用ライトは、服の仕分けが終了するまで照射される。付図 3 のラダー図の動作を開始することが可能となる。

5.7 カメラを用いた服の色の認識

付図 3 の 2 行目と 5 行目のラダーはカメラで服の色を認識するプログラムであり、図 2 のフローチャート 4 に当たる。2 行目で 外部機器のカメラを用いたトリガーで服の画像認識が行われる。トリガー実行中は E003_BUSY が入力され、E003_DSA に出力される。2 行目から 4 行目のラダーでデータを読み取ると、そのデータは 5 行目のインライン ST によって、与えられている関数に値を出力される。

5.8 E 字パネルによる分岐器までの服の運搬

付図 3 の 6 行目から 13 行目は E 字パネルが分岐器まで服を運ぶプログラムであり、図 2 のフローチャート 5 に当たる。認識した服の色をインライン ST に出力されたデータに基づいて、各ラダーに接点を入力している。その後、13 行目はファンクションブロックの絶対位置決めを用いて E 字パネルを動かして服を分岐器まで運ぶ。

5.9 分岐器の回転

付図 3 の 14 行目は分岐器が服の色に合わせて回転するプログラムであり、図 2 のフローチャート 6 に当たる。服の色を基に Arduino が分岐器を回転させる。服が赤色なら分岐器が 0 度方向に回転し、黄色なら 45 度、青色なら 90 度に回転する。Arduino のプログラムは付録 1 に示す。Arduino には HIGH と LOW の状態があり、2 つの状態の切り替えによって動作を行う。

5.10 服の仕分けと原点復帰

付図 3 の 15 行目と 16 行目は服を各コーナーに押し出すプログラムであり、図 2 のフローチャート 7 に当たる。16 行目の TON より、次に E 字パネルが動き出すまで 5 秒間停止するプログラムがある。その後、服は色に合わせて E 字パネルが動き、コーナーへ運び込まれる。黄色のランプ点灯後、1 着目の服の仕分けが完了となる。E 字パネルの動きは軸グループ化 (X 軸と Y 軸を同時に動かす) ファンクションブロックによって操作される。そのため適切な方向に服を運び込める仕組みとなっている。

5.11 動作の繰り返しと完了

付図 3 の 17 行目から 20 行目は残りの服があれば再度、仕分けを行うためのプログラムである。図 2 のフローチャート 8 に当たる。一着目の服の仕分完了後、5 秒経つと付図 3 の 2 行目のモーター done が ON となり、再びトリガーが行われ、2 着目以降の服の仕分けが開始される。全て仕分けが完了した場合、0 行目の完了ボタンを押すことでプログラムが終了する。一回のプログラムで仕分けする服の枚数管理は、19 行目のファンクションブロック CTU1 で制御される。

5.12 動作の続行と終了

図 2 のフローチャート 9 は装置にかけた服を全て仕分け終えた後、使用するかを確認するプログラムである。付図 5 の画面 7 に示す「もう一度使用する」ボタンを押すと、タッチパネルが枚数指定画面に移り、服の仕分けを再度行う流れとなる。終了ボタンを押すと、タッチパネルは付図 5 のホーム画面に移り、終了となる。

5.13 センサーの役割

付図 4 は光電センサーを用いたプログラムであり、各色のコーナーの服の収納状態をセンサーで管理すること可能である。0 行目から 2 行目では、各コーナーの収納量の一定量を超えた場合、各色に応じてセンサー赤、センサー青、センサー黄が ON となり L1、L2、L3 のランプが点灯する。そのため服の収納状態がひと目で確認することが可能である。3 行目は全てのランプが点灯した際に、図 2 の仕分けの動作を一時的に停止するプログラムである。

6 まとめと今後の展望

コンテストの成果発表会は、2021 年 3 月 26 日に実施された。今年度は新型コロナウイルス感染拡大防止のため、Microsoft teams を用いての遠隔による成果発表会として開催された。途中では、PC トラブルに見舞われたが、最後まで中断することなく終えることができた。残念ながら賞の獲得までには至らなかったが、プログラムを完成させ

成功例を示すことができた。

今後の課題として以下の3点が挙げられる。今回はカメラでタグだけを認識したが、タグだけではなく服自体を認識できるように改善する点。服の形状やサイズでも仕分け出来るようにする点。各色のコーナーにキャストを付け移動式に作り直し、そのまま店頭に出すことで、服に接触する回数をさらに減らす点。実際の店舗でより使用しやすいプログラムやシステムを構築できる余地があり、今後も模索していく必要がある。

謝辞

本取り組みは、奈良工業高等専門学校機械工学科科内広報教員が主導する正課外活動組織 MeCafe (Mechanical + Cafe の造語, メカフェ) の支援を受けたものです。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本電機工業会, PLC2019 ~ 2020 飛躍するプログラマブルコントローラ (使いやすさの追求で各産業の発展に貢献します。), (2019).
- 2) Forbes JAPAN, 服についての新型コロナウイルスの生存期間は? 適切な洗濯の方法とは, available from <<https://forbesjapan.com/articles/detail/34294>>, (参照日 2021 年 10 月 8 日).
- 3) 株式会社東京商工リサーチ, 「アパレル関連の倒産動向」調査 (2021 年 1-5 月).
- 4) 大和総研, 新型コロナウイルス感染拡大で迫る雇用危機, 2020 年 4 月 27 日.

付録 1

分岐器で使用されているサーボモータの制御に Arduino を使用する。Arduino と PLC を接続することで、条件に合わせた角度制御が可能である。Arduino で使用するデジタル端子は、8 番, 10 番, 13 番である。void setup() では、サーボを割り当てる端子を 10 番に指定する。出力端子は 8 番, 13 番に指定し、PLC の出力ユニット (オムロン製 CJ1W-OD211) に接続する。出力ユニットに接続するためプルアップ状態に設定する。void loop では、if 文を用いることで、条件に合わせた角度制御が可能となっている。

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
#define output_8 8
#define output_13 13
int val_1;
int val_2;
int pos;
int pos1;
int i=0;
```

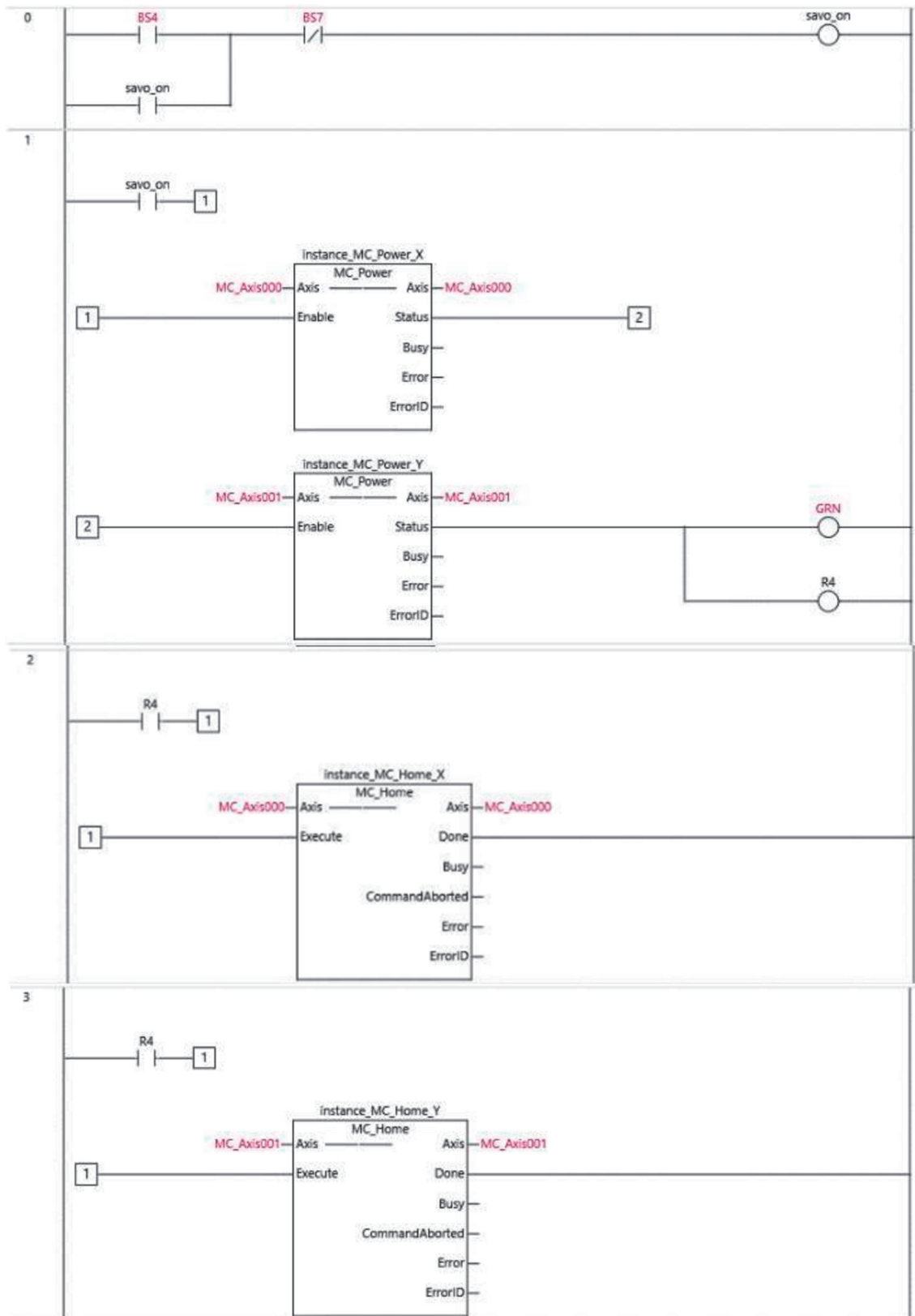
```
void setup(){
```

```
myservo.attach(10);
pinMode(output_8,OUTPUT);
digitalWrite(output_8,HIGH);
pinMode(output_13,OUTPUT);
digitalWrite(output_13,HIGH);
Serial.begin(9600);
}

void loop(){
val_1=digitalRead(output_8);
val_2=digitalRead(output_13);
if(val_1==LOW){
pos=75;
delay(500);
}else if(val_2==LOW){
pos=57;
delay(500);
}else{
pos=90;
}
myservo.write(pos);
Serial.print(val_1);
Serial.println(val_2);
}
```

付録 2

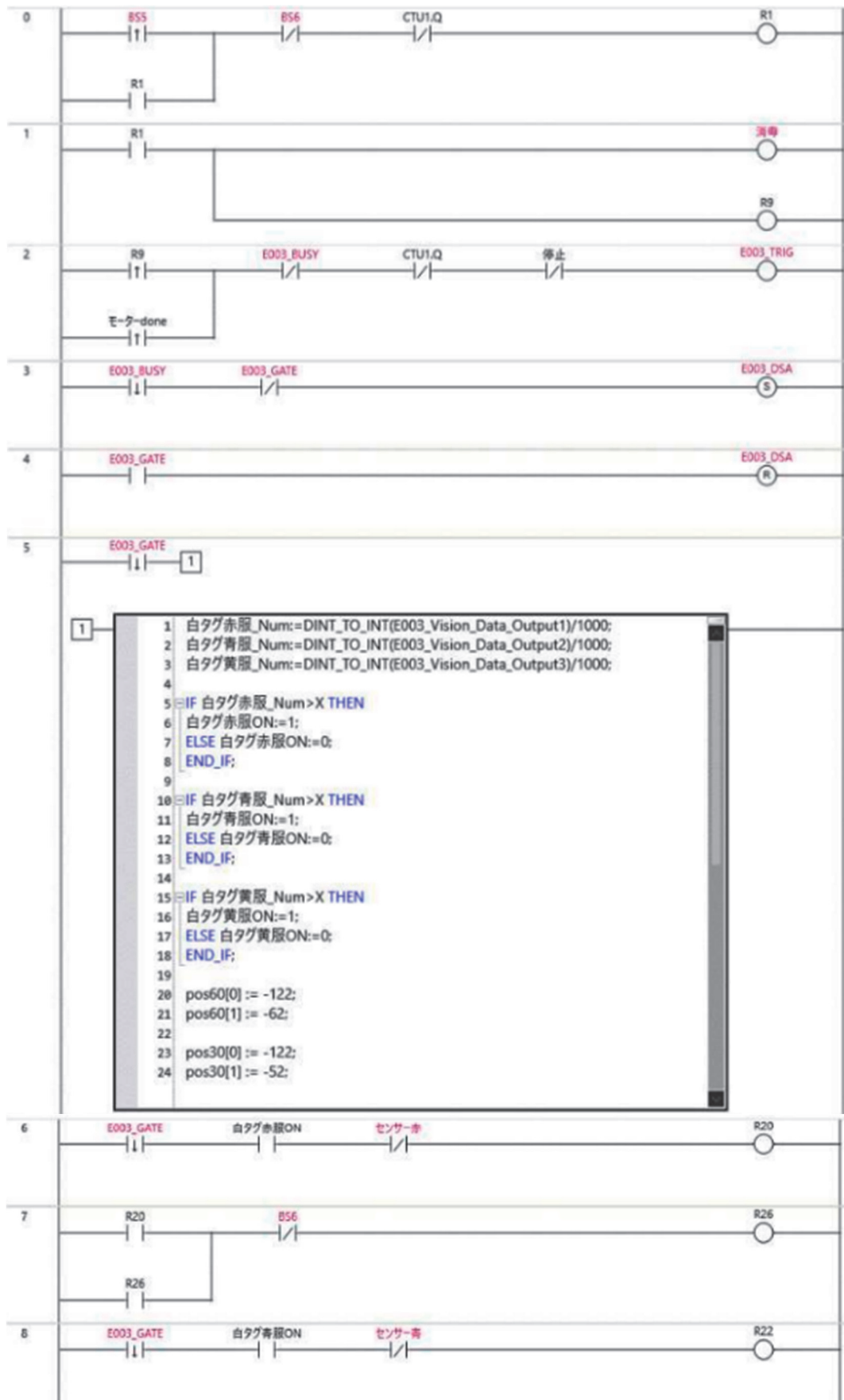
主電源のラダー図を記す.



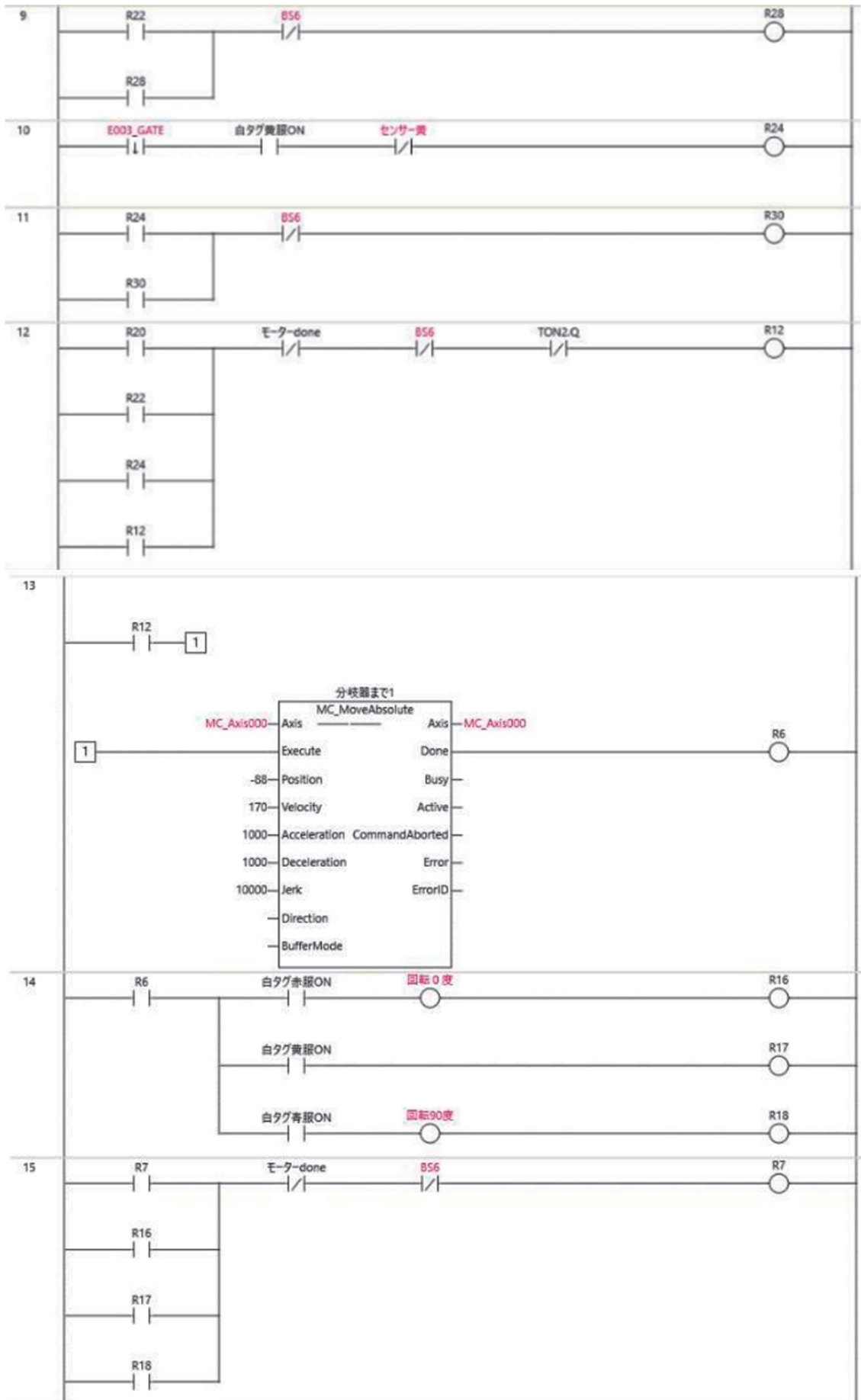
付図 2 主電源のラダー図

付録 3

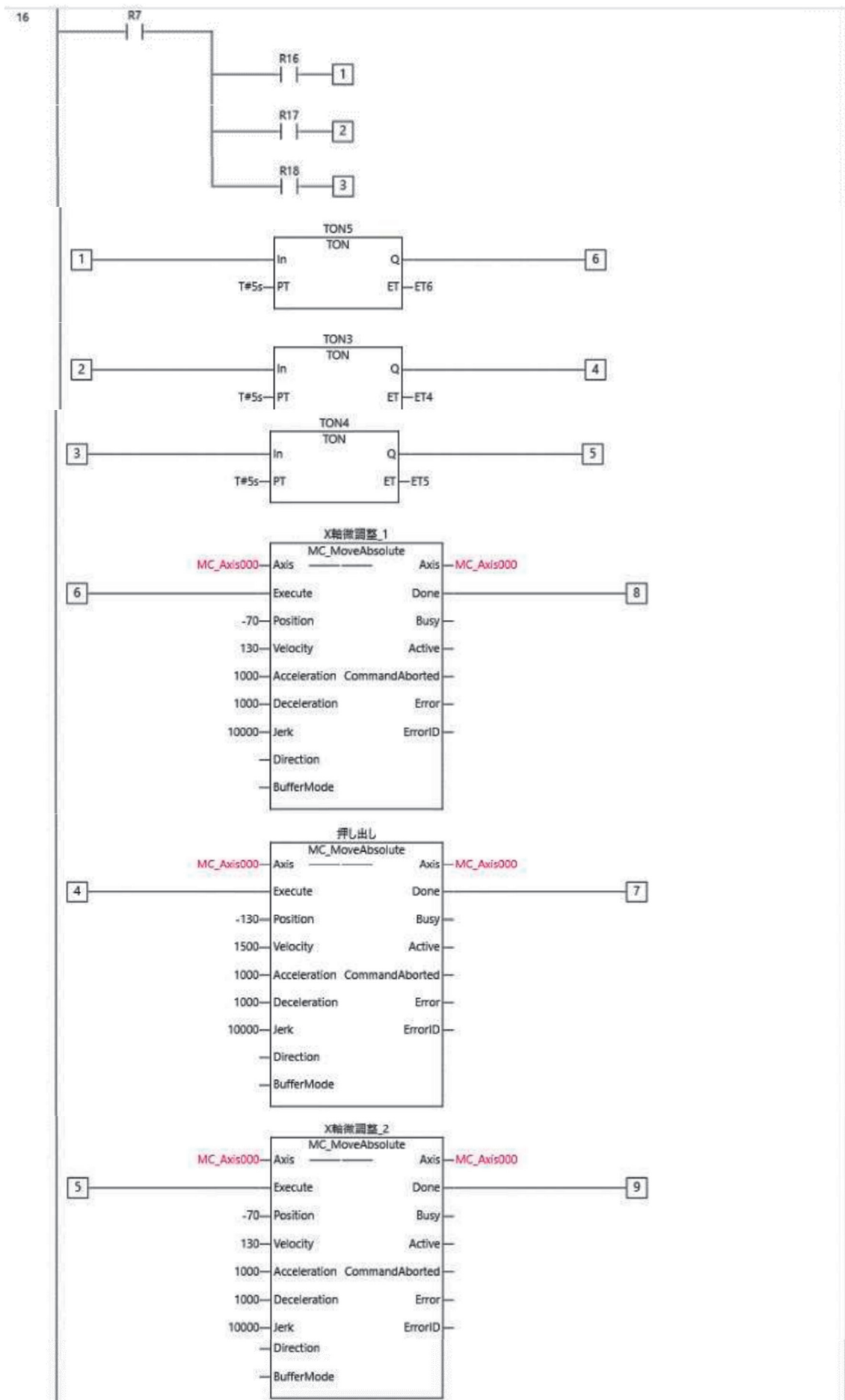
服の仕分けのラダー図を記す.



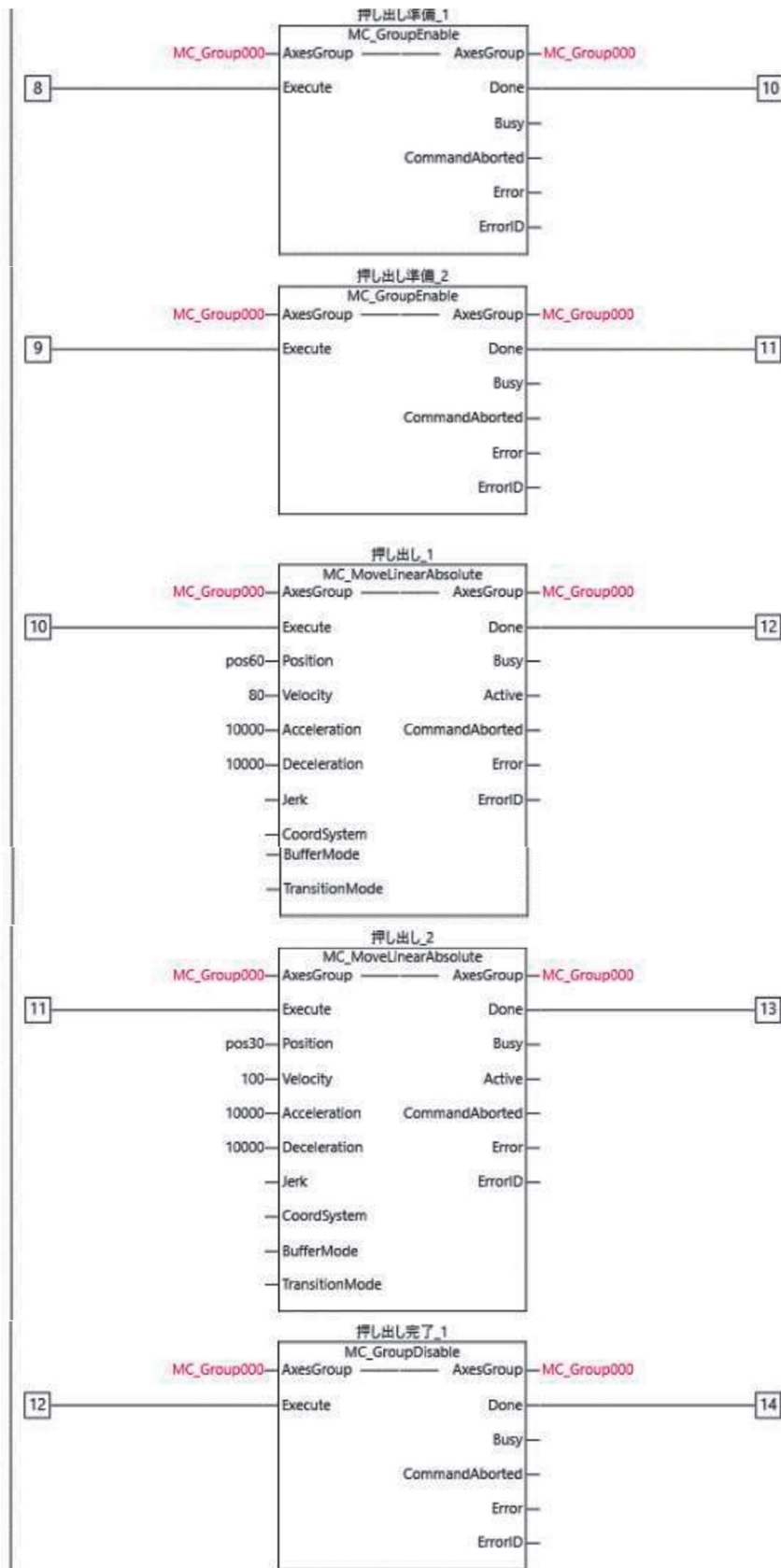
(a) 0～8 行目



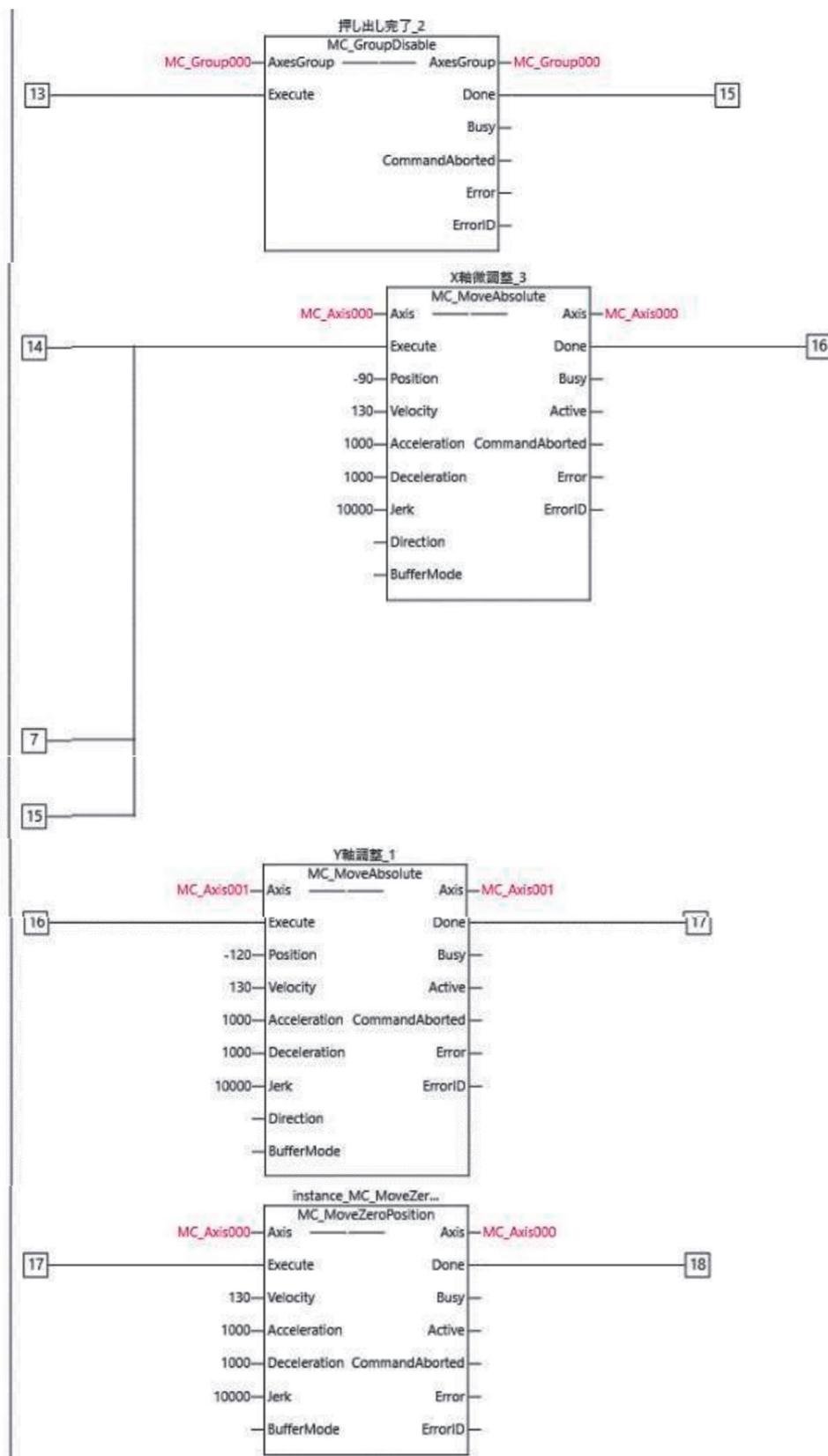
(b) 9～15 行目



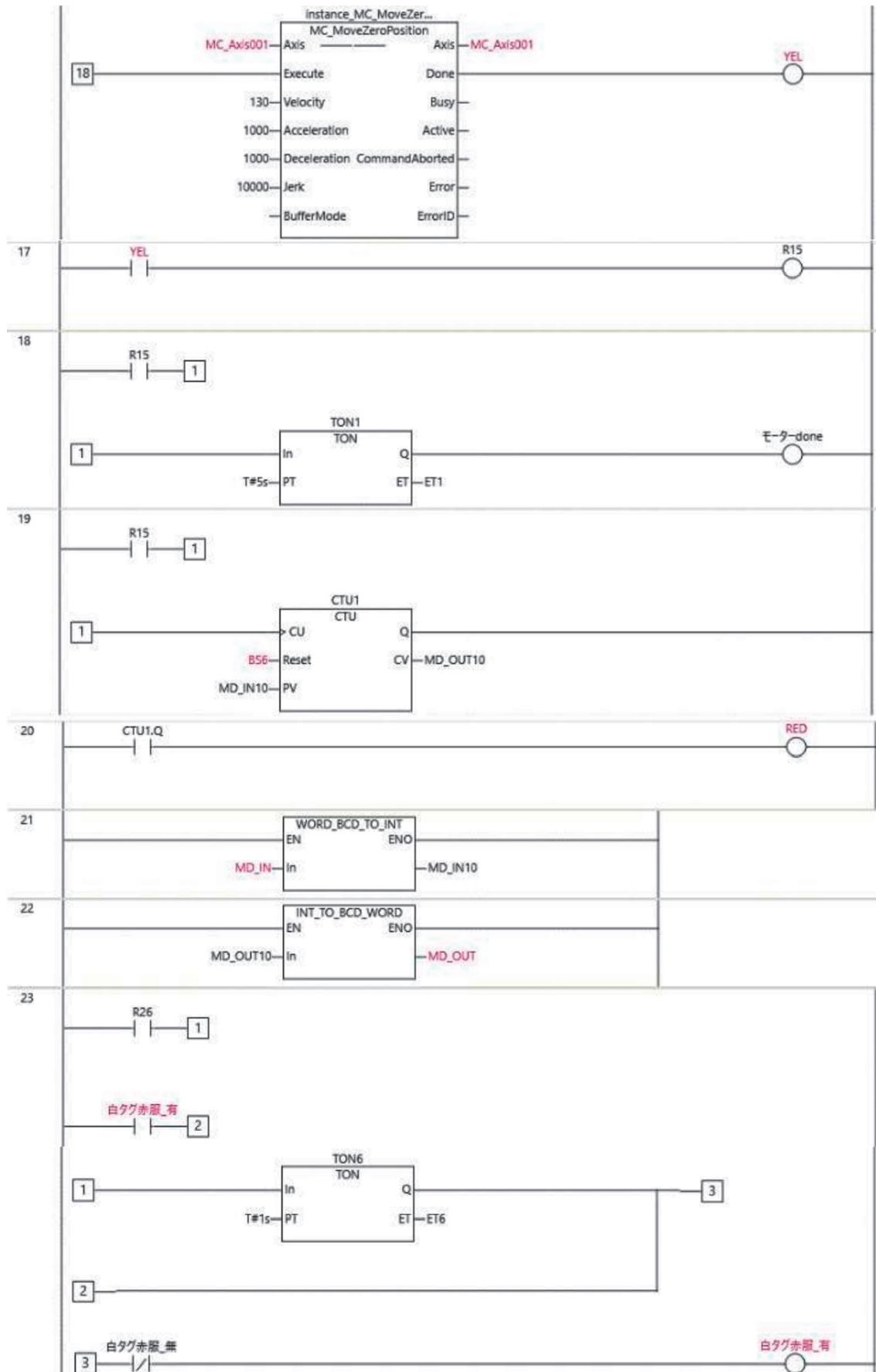
(c) 16 行目(1)



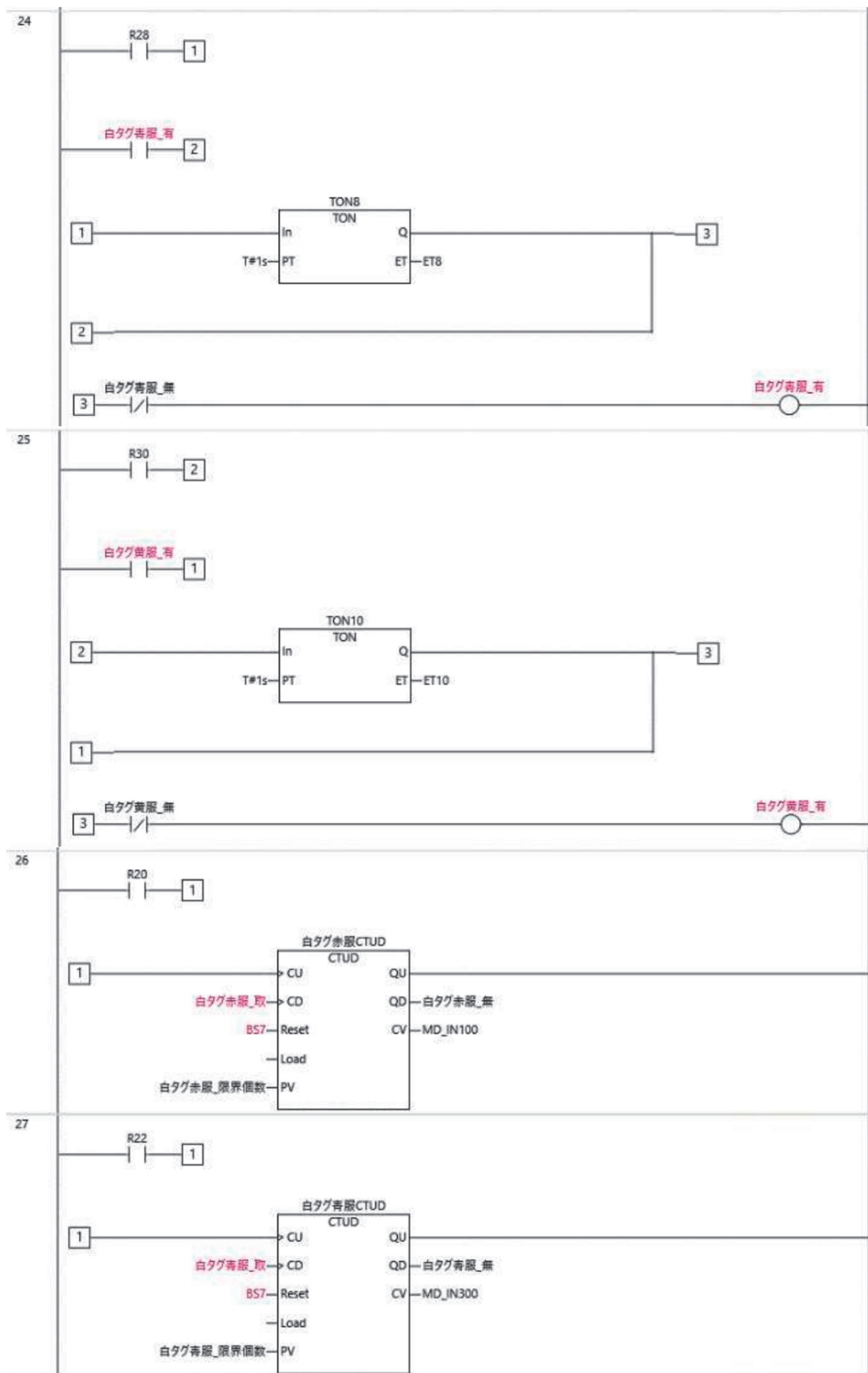
(d) 16 行目(2)



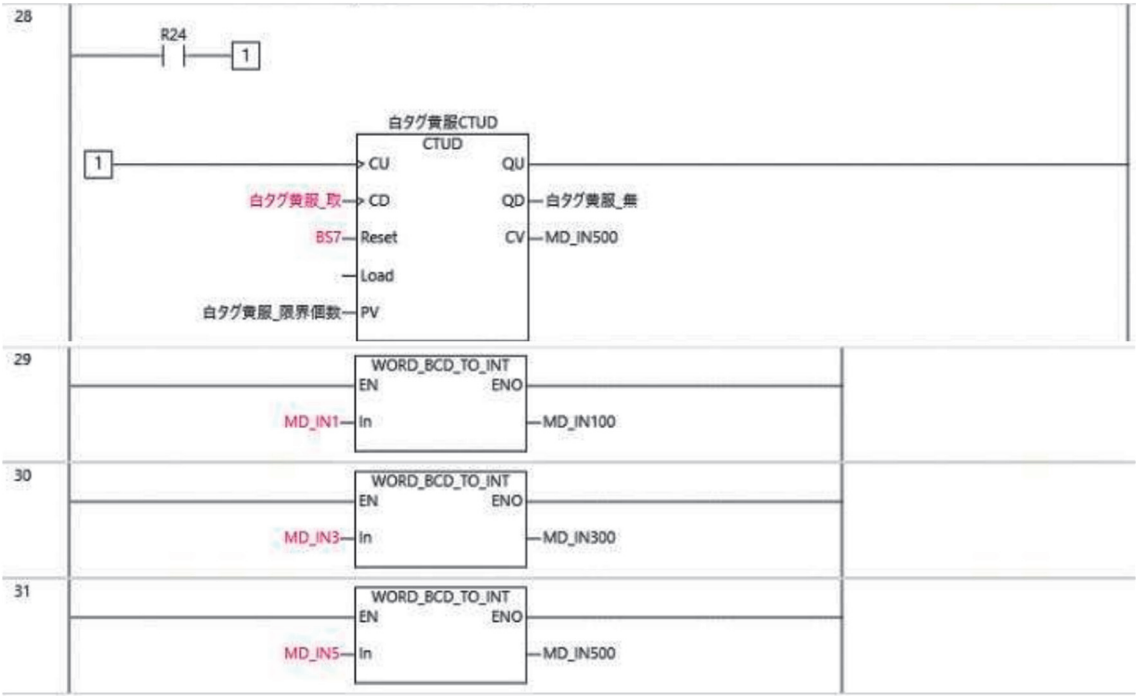
(e) 16行目(3)



(f) 16～23 行目



(g) 24～27 行目

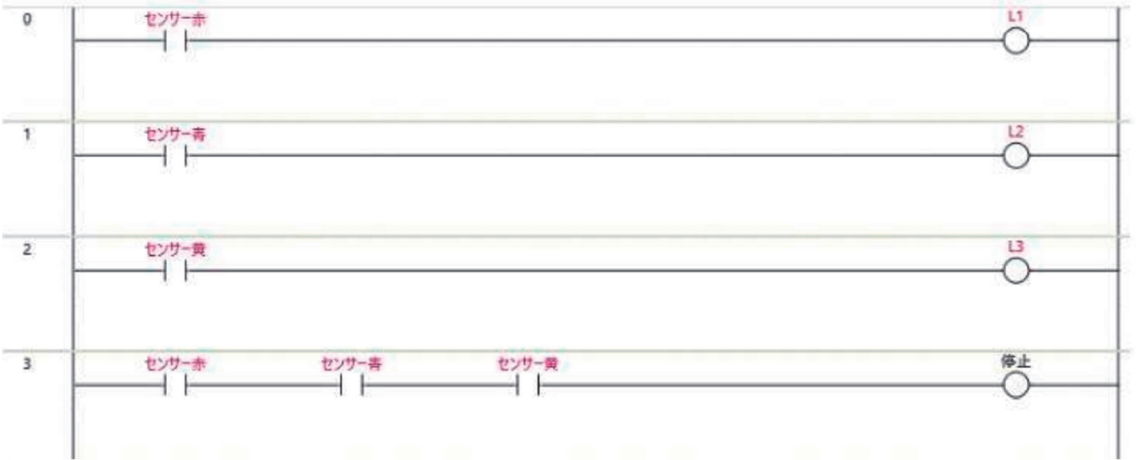


(h) 28～31 行目

付図 3 服の仕分けのラダー図

付録 4

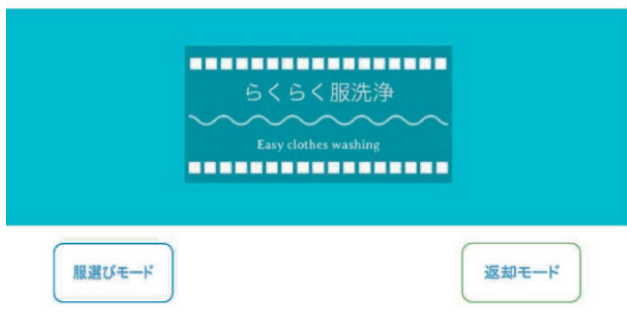
服の仕分けのラダー図を記す.



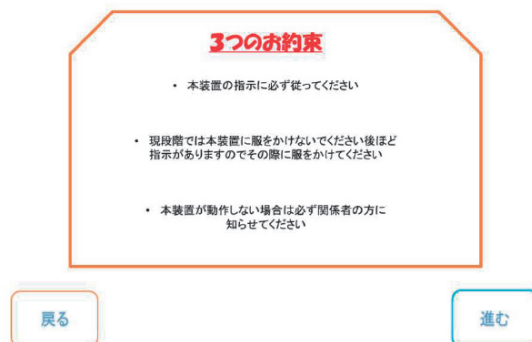
付図 4 センサー制御のラダー図

付録 5

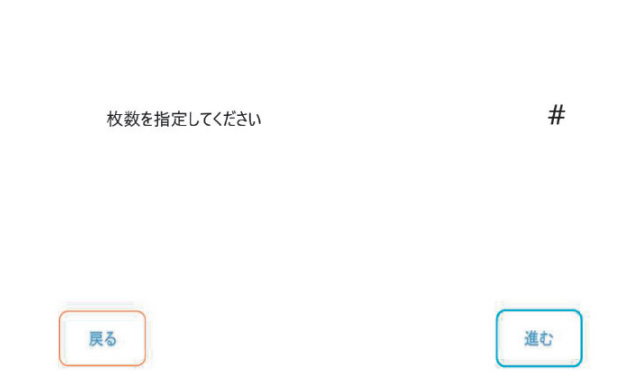
タッチパネルのレイアウトを記す.



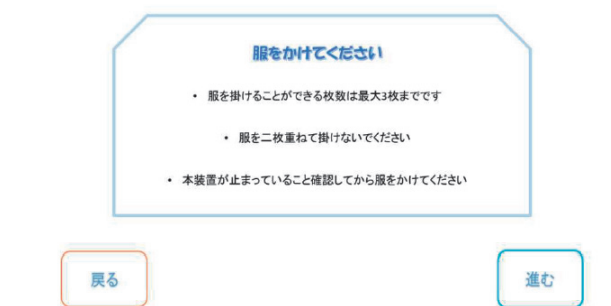
(a) 画面 1 (ホーム画面)



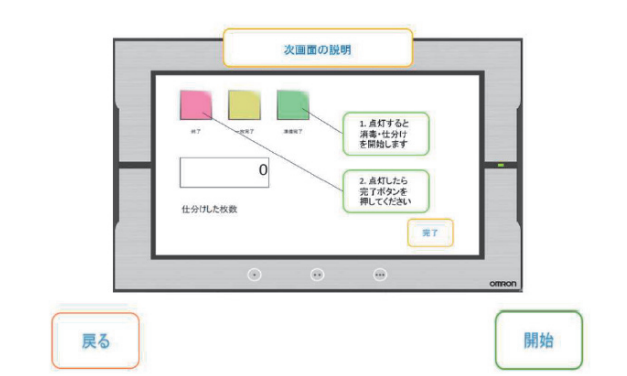
(b) 画面 2



(c) 画面 3



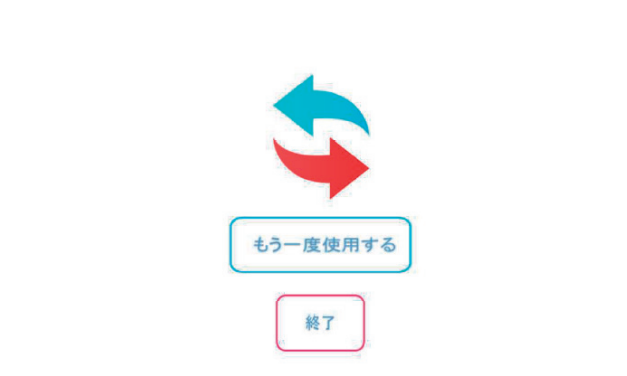
(d) 画面 4



(e) 画面 5



(f) 画面 6

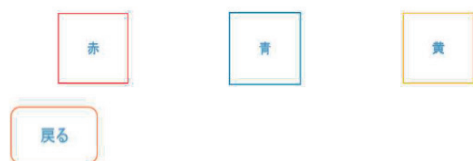


(g) 画面 7



(h) 画面 8

服のカラーを選んでください



(i) 画面 9

Mサイズ 赤服 無

戻る

取りに行く

(j) 画面 10

Mサイズ 赤服 無

戻る

取りに行く

(k) 画面 11

Mサイズ 赤服 無

戻る

取りに行く

(l) 画面 12

モードを選んでください

電源モード

レール状況

戻る

(m) 画面 13

電源入力

電源解除

(n) 画面 14

戻る

レール状況

第1レーン 空

第2レーン 空

第3レーン 空

(o) 画面 15

付図5 タッチパネルのレイアウト