

# 課題情報シート

テーマ名 :	世界最速に向けたルービックキューブ®整列システムの開発				
担当指導員名 :	小笠原 邦夫	実施年度 :	26 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム技術系		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	8 人	時間 :	54 単位 (972h)

## 課題制作・開発のポイント

### 【開発（制作）のポイント】

近年は人手に代わる部品の組み立て技術が要望され、画像認識（ビジョンセンサ）と多関節ロボットの導入によって多品種少量生産の確立、サイクルタイムの短縮など期待が高くなっています。本課題であるルービックキューブ®（3×3）自動整列装置にも同様の技術（色認識処理、情報通信、ロボットハンド設計）が含まれています。技術の蓄積と製品開発力を高めるためにRT（ロボットテクノロジー）に代表される3つの技術要素（「センサ」、「知能・制御系」、「駆動系」）を理解します。

システムの最適化に向けて、解法プログラムの解析、6面体の色認識処理の向上、ロボットハンド機構の可動精度の向上を試みました。

また市場調査、基礎実験および試作評価を十分行い、完成度の高い製品を目指しました。

### 【参考文献】

1. FASTEST ROBOT TO SOLVE A RUBIK' S CUBE(ギネスワールドレコーズ)
2. モータ選定 : AZ シリーズ (オリエンタルモータ)
3. 卒業論文 : 北陸能開大, 関東能開大
4. Two Phase Algorithm 参照元 : Solve Rubik' s Cube with Cube Explorer
5. ハンド機構(CKD, SMC カタログ)

【学生数の内訳】 機械設計 : 3 名、電子回路設計製作 : 2 名、通信プログラム : 3 名

### 【訓練（指導）のポイント】

開発課題を通じて専門技術を高めるとともに、他分野の技術を把握することはシステムの改善や提案に結び付きます。3科の協力体制（機械、電気・電子、情報分野）を高めて、コミュニケーション力や課題解決力の向上、新製品開発に適應できる開発力（企画・構想の進め方）を高める指導を徹底しました。

3科共同作業の課題は専門領域の技術範囲の違いによって連携が十分に取れないことがあります。本課題では、はじめに人による整列作業を映像に撮り自動化すべき工程を3科で検討しました。これによりシステム全体像が把握でき、各専門分野のスキルや開発ポイントが初期段階で明確になりました。

また各自が調査・検証する項目を研究テーマに掲げて、責任を持って作業に取り組むことによって技術を高めることができました。

## 課題に関する問い合わせ先

**施設名** : 東北職業能力開発大学校  
**住所** : 〒987-2223 宮城県栗原市築館字萩沢土橋 26  
**電話番号** : 学務課 TEL 0228-22-6614 / FAX 0228-22-2432

**施設 Web アドレス** : <http://www3.jeed.or.jp/miyagi/college/>

## 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# 世界最速に向けたルービックキューブ®整列システムの開発

生産機械システム技術科  
生産電子システム技術科  
生産情報システム技術科

## 1. はじめに

近年、人手に代わる部品の組み立て技術が要望され、画像認識（ビジョンセンサ）と多関節ロボットの導入による多品種少量生産の確立、サイクルタイムの短縮など期待が高くなっている。

本開発ではこれらに代表される色認識処理、情報通信、駆動機構設計などを組み合わせたロボット技術とRT（ロボットテクノロジー）に代表される3つの技術要素（「センサ」、「知能・制御系」、「駆動系」）を習得し、かつ製品開発力を高めるために開発（企画・構想）の進め方を学ぶ。

その取り組みとしてルービックキューブ®(3×3)を例に、ルービックキューブ®の自動整列装置を製作し世界最速を目指す。

## 2. 市場調査

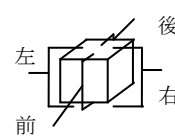
3×3 ルービックキューブ®(以後キューブ)を整列させるシステムが多く報告され、その中でARM社が開発した装置(以後Cube Stormer III)は、不整列状態から解法アルゴリズムを紐解きギネスに登録された（整列速度 3.253[s], 2014.3）。

## 3. Cube Stormer IIIの特徴と開発ポイント

Cube Stormer IIIはロボットハンド4本、カメラ1台で構成されている(表1)。その特徴を以下に示す。

- ・6面の配色を読み取る画像処理速度が速い(0.539[s])
- ・配列パターンの解法(アルゴリズム)を導くプログラム処理能力が高い
- ・複数のロボットアームが干渉しないプログラム

表1 Cube Stormer IIIのシステム構成

筐体	レゴブロック	
ハンド	左右4本	
処理装置	ギャラクシーS4 : 1320万画素	
制御装置	レゴマインドストーム® EV3	

昨年の課題として、画像取得時間や解法を導く時間を要する。また色取得成功率が低く、把持力が弱い点が挙げられる。

これら課題を解決する取り組みを行い、かつ正確に整列させるシステムに向けて世界最速3秒以下を目指し各自研究テーマを掲げ、取り組みを行なった(図1)。

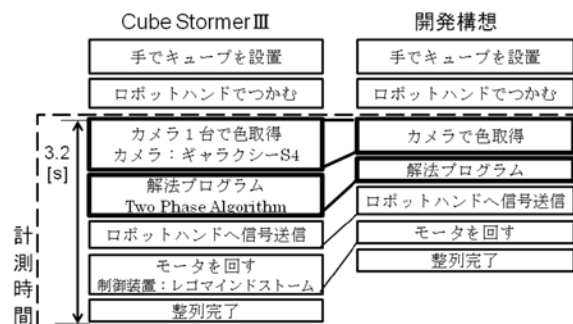


図1 開発構想

## 4. 開発の取り組み

### 4.1 カメラ数の選定

1台のカメラで6面を読み取るには、キューブをつかみ直す工程が発生する(所要時間 0.539[s]/6面)。短縮化に向けて2台のカメラを対角線上に配置し、1台当り3面の色を取得(図2)するプログラムを作成した(0.7s)。



カメラ

図2 2台のカメラ配置

## 4.2 Cube Explorer を紐解く

キューブの解法にはLBL(Layer By Layer)法、ツクダ法、Two Phase Algorithmがある。最小手数を導くTwo Phase Algorithmはある一定の整列段階までの最少手数を phase1 で解き、整列完成までの手順を phase2 で処理する。ポイントはロボットアームの軸数に応じてプログラムを作成する必要がある。公開されている解法プログラム(Cube Explorer)を紐解き、時間短縮に向けた独自のプログラムを作成した(図3)。

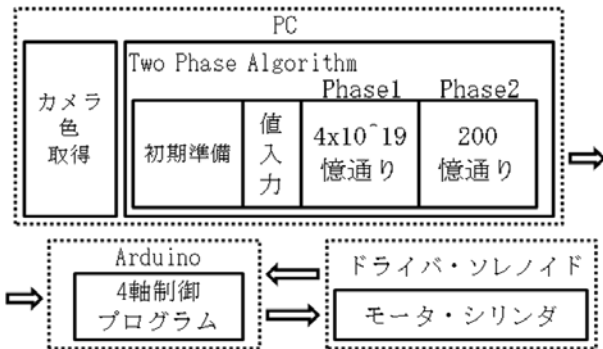


図3 システムプログラム概略

## 4.3 色の取得方法

キューブ1マスの一部から色を取得し(図4)、HSV方式を用いた(図5)。またカメラ位置、角度、光量、色のしきい値設定の調整を行い蛍光灯のもとで正確な色取得を目指す。



図4 色の取得



図5 HSV方式

## 4.4 チェックリストの作成

取得した色情報の誤認識防止に向けてキューブの各面にそれぞれの整列すべき場所を文字で割り当て、色の数と配列を確認するプログラムを作成した(図6)。



図6 色情報誤認識防止の取り組み

## 4.5 ロボットハンド部の設計

キューブは複数のブロックから構成されているため回転角度誤差の少ない、停止精度の高い

エンコーダ付モータを選定した。またロボットハンドは、360度以上の回転を可能とし高速回転に適する高い把持力が得られる機構をメーカーのモデルを参照して設計した(図7)。

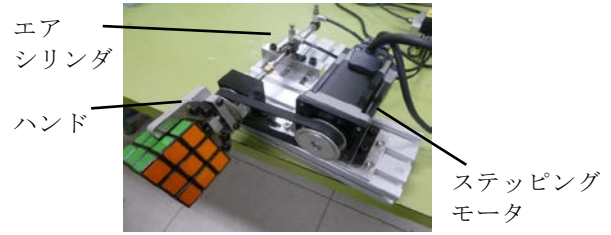


図7 ロボットハンド

## 5. 本装置のシステム構成

本装置を図8に示す。供給電源はAC100V、卓上型とした。ロボットハンドの開閉はエアシリンダを用い個別動作を可能とした。

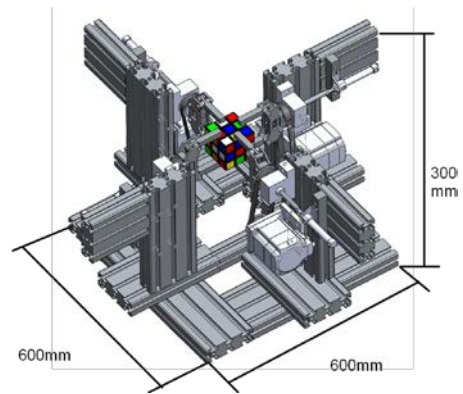


図8 システム構成

## 6. おわりに

対象製品、整列状態が明確に示される本システムは、生産現場における自動化システムの開発、改善する多くの要素が含まれている。担当指導員の適切な指導を通じて開発プロセス(市場調査、企画構想、基礎実験の取り組み方など)を学び得た結果、自動整列させるシステムを構築することができた。常にシステムの最適化を目指した事により、技術スキルを向上させることができ、かつ互いの専門分野を把握できたことが最大の喜びである。

### 参考文献

1. FASTEST ROBOT TO SOLVE A RUBIK' S CUBE(ギネスワールドレコーズ)
2. CUBESTORMER3 Smashes Rubik' s Cube Speed Record (動画サイト ARM社)
3. モータ選定: AZシリーズ(オリエンタルモータ)
4. 卒業論文: 北陸能開大, 関東能開大
5. Two Phase Algorithm 参照元: Solve Rubik' s Cube with Cube Explorer
6. ハンド機構(CKD, SMC カタログ)

## 課題実習「テーマ設定シート」様式

作成日：平成27年1月28日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名
精密機器設計製作課題実習（生産機械システム技術科） 電気制御システム課題実習（生産電子システム技術科） 計測システム応用構築実習（生産情報システム技術科）		世界最速に向けたルービックキューブ®整列システムの開発
担当教員		担当学生
○生産機械システム技術科	小笠原 邦夫	
生産電子システム技術科	奈須野 裕	
生産情報システム技術科	佐藤 仁、熊谷 雅樹	
課題実習の技能・技術習得目標		
<p>生産システムは機械、電気・電子、情報技術が複合されている。よって開発課題を通じて専門技術を高めるとともに、他分野の技術を把握することはシステムの改善や提案に結び付く。開発課題を通じて1.) 3科の協力体制（機械、電気・電子、情報分野）を築き、コミュニケーション力を高める。</p> <p>2.)他の専門分野を把握し、活用方法を見出す。3.)「考える力」を身に付けて課題解決力を高める。4.) 新製品開発に適応できる開発力（企画・構想の進め方）を習得する。</p>		
実習テーマの設定背景・取組目標		
実習テーマの設定背景		
<p>【技術動向】近年、人手に代わる部品の組み立て技術が要望され、画像認識（ビジョンセンサ）と多関節ロボットの導入による多品種少量生産の確立、サイクルタイムの短縮など期待が高くなっている。</p> <p>【生産現場の課題】生産現場ではシステムの選定や改良技術、企業業績を上げる新製品開発が求められている。</p> <p>【開発テーマに必要な要素】本開発では色認識処理、情報通信、駆動機構設計などを組み合わせたロボット技術を高め、産業の生産性向上に貢献するモノである。その第一歩としてルービックキューブ®(3×3)を例にルービックキューブ®の自動整列装置により世界最速を目指す。</p> <p>技術の蓄積と製品開発力を高めるために1.) RT（ロボットテクノロジー）に代表される3つの技術要素（「センサ」、「知能・制御系」、「駆動系」）を理解する。2.) システムの最適化に向けて、基礎実験や試作機による検証に取り組み問題点を抽出する。3.) 生産システムを制御・統括する能力（システムインテグレータ）を高めることを目標とする。</p> <p>【教育訓練効果】開発したシステムを各科の専門分野、科目に合わせてテキスト化し、教材テーマとして活用する。</p> <p>【その他の効果】ポリテクビジョンや学校説明会でシステムを展示した結果、入試面接時に本システムを話題に上げる学生が増えた。今後、高校訪問や地域展示会に出展し、大学の魅力と技術伝達に努める。</p>		
実習テーマの特徴・概要		
<p>【明確な目標を持った課題設定】ロボットシステムの構築には、対象となる製品と明確な回答が必要である。本テーマではルービックキューブ®（3×3）を正確に自動整列させる装置開発に取り組む。</p> <p>【最適システムへの取り組み】ギネス記録（2014.3 3.2秒）を目標に平成25年度から着手した結果、ロボットによる解法ソフト（Two phase algorithm）を用いて300秒で整列できた。</p> <p>本年は継続テーマ（2年目）として、1.) 解法プログラムの解析。2.) 6面体の色認識処理の向上。3.) ロボットハンド機構の可動精度の向上を試み、最速化を目指す。</p> <p>【取り組み指導】研究テーマとして各自が調査・検証作業に取り組むこととし、課題解決に向けて指導側が常にアドバイス・舵取りを行う。</p>		
No	取組目標	
①	5 S活動・安全衛生活動	
②	昨年度製作したシステムの課題を機械、電子、情報分野に分けて抽出し、3科の連携を強化	
③	システムの最適化（最速3秒以下を目標）に向けてロボットハンド機構やモータについて市場調査	
④	人の作業を分析し自動化の最適化を検討	
⑤	システムの安全対策を検討	
⑥	テーマ設定；各自調査研究テーマを決め取り組む	
⑦	企画・構想を練り報告会開催	
⑧	最適化に向けて基礎実験開始	
⑨	進捗状況の把握；図や表を効率的に利用した分かり易い報告書の作成および発表用原稿の作成	