

課題情報シート

テーマ名 :	対話型追従ロボット及び自立二輪移動ロボットの開発				
担当指導員名 :	吉田啓孝 富田正昭 中山祐介	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	九州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 :	9	時間 :	48 単位 (864h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

機構部の設計製作において、設計段階では、機械設計の知識、メカニズムの知識を必要とし、機構部を具体的な形にするために3次元 CAD の操作が出来なければなりません。電子回路の設計においては、電源回路、センサ回路、モータドライバの設計製作を行い、マイコンを使用したプログラムの知識も必要です。全体の制御プログラムについては、音声認識アプリの活用と GUI プログラミング技術が必要です。リアルタイム処理を利用したデータベース技術やプログラミング技術の活用能力を養っていきます。

【訓練（指導）のポイント】

本課題を通して、企画・開発力、コミュニケーション力を養い、機械、電子、情報の技術の複合化を行います。複合化する段階では必ず問題点が発生しますので、この問題を各分野の技術力と協力によって解決することにより、問題解決能力を養います。さらに、安全衛生、品質管理、工程管理といった点にも着眼し、生産工程を体験することにより、「ものづくり」能力の向上をはかります。

【参考文献】

- 1) 「フィードバック制御による倒立ロボットの製作」川村伸司
インターフェイス7月号, 2006年
- 2) 「古典制御で Wheel を立たせよう」柴田昌明 : e-nuvo テキストシリーズ,
ZMP パブリッシング, 2010年, 3月25日発行
- 3) 音声認識の出来るホームロボット (平成13年度開発課題報告書)
- 4) 新訂新 C 言語入門ビギナー編 (ソフトバンククリエイティブ株式会社)
- 5) アナログ入出力 BisualBasic プログラム編 (株式会社コンテック)
<http://www.contec.co.jp/>
- 6) 測域センサ URG プログラミングガイド (北陽電機株式会社)
<http://www.hokuyo-aut.co.jp/02sensor>

【学生数の内訳】 筐体製作3名、制御部回路製作3名、プログラム製作3名

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校
住所 : 〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区志井 1665-1
電話番号 : 093-963-0125 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/fukuoka/college.html>

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。

対話型追従ロボット及び自立二輪移動ロボットの開発

生産機械システム技術科	3名
生産電子システム技術科	3名
生産情報システム技術科	3名

1. 目的

近年多くのロボットが身近な実生活に浸透してきている。例えば、搬送ロボットは工場などの生産ラインで多くの実績があり、最近では病院などの公共の場でも、カルテ搬送ロボットなどが活用されている。このように実生活に入り込んだロボットは人の代わりに仕事をこなし、人間生活をする目的がある。

そこで、本課題では生活支援を意識した2種類のロボットの開発に取り組むこととした。

1つは、二輪型搬送ロボットで、姿勢制御が必要であるが図書館などの狭い空間での搬送に活用が可能である。

もう1つは、会話による案内と、人を追従できる四輪型追従ロボットで、空港での手荷物の搬送や病院での患者の追従などの活用が期待できる。

【自律型二輪移動ロボット】

2. 課題概要

自律型の二輪移動ロボットは、搬送を目的とする移動ロボットではあるが、不安定であるためにあまり使われない。自律型ロボットでは四輪が多く、これをベースとして搬送ロボットの研究がおこなわれている。

しかしこの二輪型は不安定な点を除けば、小回りが利く、移動機構部の省スペース化が実現できるなどの利点もある。

この課題では、不安定な構造の二輪を安定化させる制御技術の習得を中心課題にする。そのために本課題では直接製品化を目標とせず、台車を安定化し、荷物（書籍など）を搭載して決められた場所まで搬送することを目標とした。

なお、この課題は新規課題として予定していたが、諸事情により昨年度の継続課題として取り組んだ。

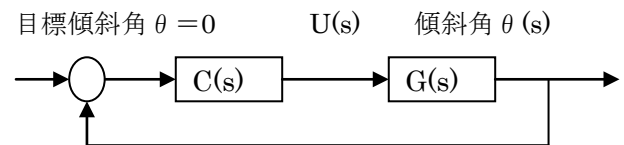
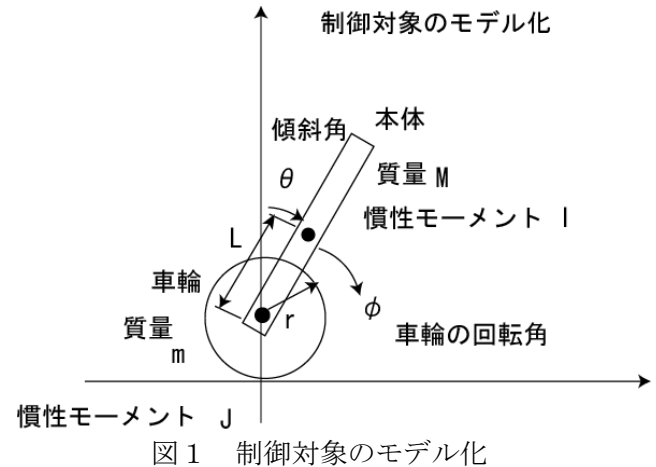
3. 装置仕様

3.1 設計仕様

二輪ロボットの目標である安定化制御のために、台車の動作をモデル化（図1）して目標とす

る台車の傾斜角（制御量） θ が、 ± 10 （deg）に収まるように制御器 $C(s)$ で、制御トルク $U(s)$ を生成する。

そのために、図2に示すフィードバックの構造を持たせ、制御器 $C(s)$ のゲイン（式(2)の K_v : 微分ゲイン, K_p : 比例ゲイン）を調整することで安定化を図る。



式(1)は台車のモデル化によって得られた伝達関数を数値化したものである。

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{U(s)} = -\frac{0.103}{s^2 - 25.215} \quad (1)$$

$$C(s) = K_v \cdot s + K_p \quad (2)$$

$C(s)$ のゲインを具体的に決める方法は一般的にモデル化した制御対象を数値化（式1）し、シミュレーションによって安定化の目安を付ける方法がある。この課題では式(1)を使ってシミュレーションにより安定化するようなゲインの候補を選びだし、実験によって調整していく方法をとる。

なお、台車の傾斜角を取得するのにジャイロセンサを用い、車輪の制御にはブラシレスモータを用いた。

3.2 装置仕様

表 1 に二輪ロボットの設計仕様を示す。

表 1 二輪ロボットの設計仕様

項目		仕様
ハード部	マイコン	プロセッサ 32bit, 48MHz
		内蔵メモリ 256kB (フラッシュ), 8kB (SRAM)
	表示機 LCD	1行16アスキー文字, 2行表示
	インタフェース	RS-232C 通信速度 38400bps
		Bluetooth v2.1 2.4GHz
		通信距離最大 10ms 通信速度 2.1Mbps
	電源	7.2V, 2200mAh 24V, 4000mAh
	ロータリーエンコーダ	分解能 300pulse/rev Max 6000 min ⁻¹ , 2相 TTL 出力 応答周波数 50 kHz
	モータ	DC24V50W 7 ^極 放射型DCモータ 速度: 100~3000 min ⁻¹ , ギア比 30
	ジャイロセンサ	検出範囲 ±100deg/s 感度 0.67mV/deg/s 基準出力 1.35V
機構部	質量・サイズ	30kg以下 400×650×1000(mm)
	最大積載量	490N
	速度	時速 4km/h (Max)
	トルク	7.88 (Nm)
	制御方式	マイコン制御器によるPID制御
倒立状態	鉛直方向を 0° とし ±10°	

4. 作業内容

二輪ロボットの筐体や機構部は主として昨年度完成したものを使用し、今年度は機構部の調整や筐体部を、新たに製作したハードウェアに合わせて変更した。台車本体は写真 1 に示すように制御器を取り付け、安定化制御のための傾斜角度の計測を行い、安定化させる動力の発生が可能となっている。しかし安定状態を維持する制御では、ゲインの調整が不十分であること、車輪の速度の検出ができていないことなどから最終目標である台車の安定化と移動の制御にはまだ至っていない。制御対象となる二輪台車を図 3 に示す。



図 3 二輪台車

次に作業計画と実績を表 2 に示す。

表 2 作業計画と実績

		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
仕様検討	予	←	→									
	実	←	→									
設計	予		←	→								
	実		←	→								
加工(小型)	予			←	→							
	実			←	→							
基板作成	予			←	→							
	実			←	→							
プログラム作成	予			←	→							
	実			←	→							
組み立て、調整	予									←	→	
	実									←	→	
動作確認	予										←	→
	実										←	→

作業計画の後半では実験の順番が前後したりすることがあり、それに伴い予定外の作業も急に発生したりする場合があつて、実験の進み具合によって大きく変更を強いられた。全体的にも遅れが大きくなった。

次に作業分担を表 3 に示す。

表 3 作業分担表

科	氏名	担当内容
電子	海江田	マイコン周辺とPWM発生回路、Hブリッジ回路、gyro取得回路、ドライバーへのI/F
	柳田	gyroとエンコーダ取得回路プログラム、制御器設計、制御プログラム全般、ゲイン調整
機械	福蘭	台車機構部の改良設計、転倒防止機構の改良設計、制御部の配置取り付け他

作業分担表のように 3 人は、形式上ハード、ソフトと機構部に完全に分かれた。しかし実質的には互いに相手の作業内容を理解しながら、自ら担当外の作業をする機会が多々発生した。

5. 製作費用内訳

表 4 に製作費用内訳表を示す。

表 4 製作費用内訳表

開発費用内訳	費用
制御用ハードウェア	¥20,000
筐体、機構部	¥30,000
合計	¥50,000

今年度の開発課題は、昨年度からの継続となり昨年度の台車の不十分な点を改良し、制御が中心の課題となった。したがって、予算もそれに準じた執行となった。

6. 製作品の評価

最終目標である安定化制御により台車を安定に維持できるという課題に対しての評価は現段階で 60%程度である。加えて、台車の駆動実験において台車本体の重心が大きく偏っていること

で制御器設計に新たな課題が加わったことになる。これが安定化制御に影響を与えるため、この点を考慮してゲインの調整に取り組む必要がある。今後車輪の速度検出が可能になり、台車が倒立状態を保持して移動できれば、80%の評価とする。

7. まとめ

ソフトウェアでは、小型機でSH7144,大型機でSH7125のマイコンを使った。仕様の違う二つのマイコンでのプログラミングを通し、問題解決能力、制御技術の知識の向上をすることができた。

ハードウェアでは、データシートなどを確認して、電子部品の特性を調べることや、回路全体のチェックなど見直しをすることの大切さを改めて実感することができた。また話合いのなかで解決策を見つけるといふコミュニケーションの大切さを実感した。

【参考文献】

- 1) 川村伸司:「フィードバック制御による倒立ロボットの製作」, インターフェイス, 7月号, 2006年
- 2) 柴田昌明:「古典制御でWheelを立たせよう」, e-nuvo テキストシリーズ, ZMPパブリッシング, 2010年, 3月25日発行

【対話型追従ロボット】

8. 課題概要

今回開発したロボットは、音声認識を使用した対話型追従ロボットである。平成24年4月から開発課題に取り組み、約10ヶ月の開発期間で企画、設計から製作、評価までを行った。

図3に対話型追従ロボットの外観を示す。

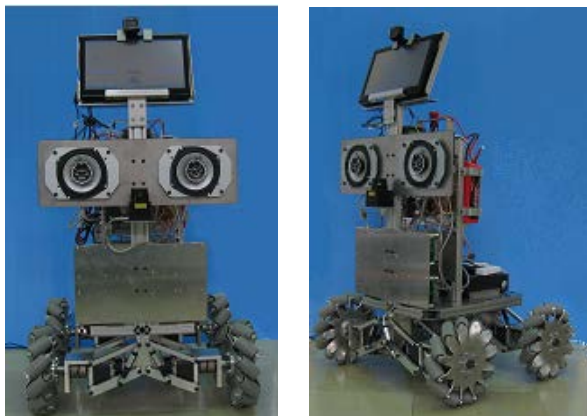


図4 対話型追従ロボット

本ロボットの製作目的として、一つはキャンパス見学会やロボットマッチングフェアなどの外部の展示会で、学校説明のデモをすることである。そして、もう一つは、音声認識を活用した追従

型ロボットとしての完成度を上げ、実用化を検証することである。

9. 設計仕様

9.1 装置仕様

表5に装置仕様を示す。

表5 装置仕様

本体外形寸法	幅530×高さ920×奥行530(mm)
質量	25(kg)
積載荷重	最大50(N)
コントローラ	CPU1.3MHz メモリ2GB
OS	Windows7Profetional
画像入力	動画センサーHD720p(1280×720) 静止画 400万画素相当
音声入力	全指向性コンデンサマイク
音声出力	定格入力23W 2wayスピーカ
ワイヤレスLAN機能	IEEE802.11b標準
内蔵センサー	測域センサー(前方検知用) 赤外線センサー(後方検知用) 温度センサー(0~100°C) 方位センサー(8方位)
駆動部	4輪 Mecanumホイール ステッピングモータ駆動 パルス発生用マイコン
電源	Lipoバッテリー 5100mAh35C
駆動時間	約1時間

9.2 動作仕様及び設計

表6に動作仕様及び設計を示す。

表6 動作仕様及び設計

機能	動作仕様	設計仕様
音声認識	会話・しりとり メディア再生 学校案内・移動	・Windows7標準装備の音声認識ソフトを使用し、読み込まれたテキストデータをVBで解析し実行
追従	対象に目印をつけ、カメラで認識し追従	・カメラ画像をc++プログラムで解析し位置情報を取得、この情報により回避動作を行うVBプログラムの作成
障害物回避	移動中に前方の障害物を検知及び回避 後方部分は障害物を検知及び停止	・前方は測域センサー(前方向240° 半径20~5000mm)で検知した情報をもとに、障害物を回避できるc++プログラムの作成 ・後方は赤外線センサーで障害物を検知し、停止するVBプログラムの作成
移動	音声によって受けた命令で前後左右、斜め方向移動	・ステッピングモータにより4輪駆動の回転速度を同期させる ・4輪(Mecanumホイール)の回転方向の組合せにより各方向に移動

※ Windows7 は米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。

10. 作業内容

表7に作業工程表を示す。12月完成に向けて、週または月単位の目標管理を実施し、全員の協体制のもと、ほぼ計画どおりに実行できた。

表7 作業工程表

作業内容	科	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
仕様検討	全	予	実								
ロボット機構部設計 回路設計・PRO設計	全	予	実								
部品選定・発注	全	予	実								
試作機作成 部品加工	機	予	実								
モータ回転制御 基盤作成	電			予	実						
追従プログラム 動作プログラム	情					予	実				
音声認識 案内プログラム	情							予	実		
組立	全									予	実

全→全員 機→機械 電→電子 情→情報 予→予定 実→実績

11. 製作品の評価

本課題で製作したロボットについて、設計時の要求仕様が満たされたか検証した。

平成25年2月8日現在では、学校案内、音声会話、音声動作、追従動作は予定した動作を行うことが出来た。

障害物回避については現在調整中である。各動作の検証内容を表8に示す。

表8 要求仕様検証結果

要求仕様		検証	○完成 △調整中
学校案内	音声案内	科の内容や学生生活など予定した学校案内について音声案内が可能	○
	経路表示	指定した場所から目的地までの地図表示が可能	○
音声会話	日常会話	50語程度の日常会話が可能	○
	天気予報	インターネットより取得した今日の天気の声案内が可能	○
	現在温度	温度センサより取得した現在温度の声案内が可能	○
	しりとり	音声認識によるしりとりが可能	○
音声動作	移動	前後左右及び斜め移動のすべてが可能	○
	画像表示	指定された画像の表示が可能	○
	音楽再生	指定された音楽の再生が可能	○
追従動作	風船追従	実験では赤い風船を認識して左右の移動や前進二速による追従及び停止が可能	○
障害物回避	一障害物	一つの障害物の回避を目標としているが現在調整中で完成に至っていない	△

12. 製作費用内訳

表9に部品リストを示す。

表9 部品リスト

項目	金額(円)	内訳
駆動部	187,340	メカナムホイール、ショックアブソーバ、モータ&ドライバ、材料
制御部	81,250	MINIPO、マイコンボード、基盤上部品一式
表示部	15,000	タッチ式表示器
センサ部	159,500	測域温度、方位、赤外線、マイク、カメラ
音声出力部	15,570	スピーカ、アンプ、ボリューム
通信部	9,922	無線LAN、USBハブ、キーボード
電源部	39,230	バッテリー、充電器、スイッチング電源、レギュレータ、コネクタ
合計	507,812	

13. まとめ

今回開発した対話型追従ロボットは、当初の目標通りキャンパス見学会や対外活動における学校PRに十分対応できるものが完成した。

完成までの道りは決して容易いものではなく、専門分野の知識不足による失敗や、他科の技術内容がよくわからず、技術の融合部分でお互いに行き違いが生じて上手くいかず、何度もやり直しを行った。

しかし、このことは“ものづくり”において「自分の専門分野をいかに相手に分かりやすく伝えるか」という、その難しさと、大切さに気付かされたとてもよい経験でもあった。

今回の課題を通して学んだことは、最後まで決して諦めない気持ちと技術の向上心、そして情報の共有化である。今後、社会人としてそれぞれの道を歩んでいくが、本課題をとおして学んだことを、しっかりと役立てていきたい。

【参考文献】

- 3) 音声認識の出来るホームロボット(平成13年度開発課題報告書)
- 4) 新訂新C言語入門ビギナー編(ソフトバンククリエイティブ株式会社)
- 5) アナログ入出力 BisualBasic プログラム編(株式会社コンテック) <http://www.contec.co.jp/>
- 6) 測域センサ URG プログラミングガイド(北陽電機株式会社) <http://www.hokuyo-aut.co.jp/02sensor>

【担当教官】

吉田啓孝 富田正昭 中山裕介

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 4月1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） 組込システム応用構築実習（生産情報システム技術科） （開発課題実習）		対話型追従ロボット及び自律二輪移動ロボットの開発	
担当教員		担当学生	
生産機械システム技術科 吉田 啓孝			
生産電子システム技術科 富田 正昭			
生産情報システム技術科 中山 裕介			
課題実習の技能・技術習得目標			
ロボット製作により以下の技能・技術の習得を目標とします。 全科（ヒューマンコンセプト能力、企画力、開発力） 機構系（製品設計技術、解析技術、加工技術、組立調整技術、制御技術） 電子系（マイコン制御技術、ハードウェア回路設計・実装技術、アナログ回路技術、デジタル回路技術、インタフェース技術） 情報系（通信制御技術、データベース技術、組込システム技術、システムエンジニアリング技術）			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
近年、多くのロボットが実生活に浸透しており、目的の一つに人間生活をサポートすることがあげられます。そこで、本課題では生活支援を意識した2種類のロボットを開発することにしました。1つは、二輪搬送ロボットで、姿勢制御が必要ですが図書館などの狭い空間での搬送に活用できます。もう1つは、会話による案内と、追従機能を持った四輪駆動の対話型追従ロボットで、空港・病院や学校などで活用が可能です。開発したロボットは、ロボットマッチングフェア、産学連携フェア、イノベーションギャラリー等の多数のイベントに学校PRの場として参加します。			
実習テーマの特徴・概要			
対話型搬送ロボットは、音声認識と追従、及び障害物回避を目標に課題に取り組みます。音声認識では、対話、音声操作、学校紹介などを行います。追従では、動いている人についていきます。追従途中で障害になるものがあれば、回避する動作システムの開発にも取り組みます。 二輪移動ロボットは、実用的な搬送ロボットとしての目標を設定し、姿勢制御を古典制御で行います。これらの実習によって、機械、電気・電子回路、ソフトウェアの設計・製作能力の向上をはかるとともに、製作品の評価検証方法を学びます。			
No	取組目標		
①	ロボットの企画開発を実施します。		
②	課題装置を設計する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。		
③	機構部を設計する際、独自性を持って創意工夫をします。		
④	装置を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。		
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持ちます。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		