

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：53901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350210

研究課題名(和文) コンピュータ対人間による対戦型ロボットシステムの開発と市民体験型出前授業への展開

研究課題名(英文) Development of the playing system using soccer robots by the computer vs. the human in outside school

研究代表者

杉浦 藤虎 (Sugiura, Toko)

豊田工業高等専門学校・電気・電子システム工学科・教授

研究者番号：70206407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：自律移動ロボットでサッカーを行う競技，ロボカップへの参加を通して学生の実践的工学技術，問題解決能力等の向上を図ることを主目的として，ロボットを応用した対戦型サッカーシステムを開発した。

自動運転化技術や衝突防止機能を備えた市販車が現れてきた今日，人間の能力を補助する技術の積極的な利用は，今後さらに増えることが予想される。未来を担う子供たちにそれら技術の有益性を理解させる上で，本研究課題で扱う高精度な運動制御や人工知能を利用したロボットシステムの提示は有意義と考える。開発したシステムは小中学校での出前授業やイベントで積極的に活用し，科学技術の楽しさ，素晴らしさを普及する上で高い効果があった。

研究成果の概要(英文)：We developed the playing soccer system using autonomous mobile robots by the computer vs. the human in outside school. There was also main purpose which is development of the students' problem-solving skill through the participation in RoboCup competition and manufacturing of soccer robots.

Today, it is expected that the aggressive use of the car technology to assist human ability, such as collision avoidance system and semi-automatic driving system will increase more in future. We think that the presentation of the robot system is effective to make for children understand the importance of high-precision motion control system and artificial intelligence. We are enormously well-received by a lot of students of elementary and junior-high school and audience of the various events. As the results, the demonstration of this system had an effect on the penetration of the AI technology.

研究分野：工学教育

キーワード：工学教育 創造性教育 高等専門学校 実践教育 ものづくり

1. 研究開始当初の背景

申請者らは自律移動ロボットでサッカーを行うロボカップ競技への参加を通して学生の創造力、技術力、問題解決能力等の向上に取り組み、成果を挙げてきた。参加学生はどちらかというとおとなしく、実験室で地味に活動してきたが、近年増加してきた校外でのロボット出展依頼を学生のプレゼンテーション力養成の機会として捉え、積極的に対応してきた。これまで図1に示すように、ボールの位置やこれからロボットがどのような動作を行うのか、などを競技フィールド上にプロジェクタで示すシステムを構築し、興味を惹く工夫を重ねてきた。しかし、見せるだけの実演や発表は中学生以下の子供には必ずしも満足いく内容ではなく、子供たち自身がロボットを操縦したり、触れたりすることが最も感情に響き、より印象に残るのではないかと考えるに至った。



図1 行動プロジェクションシステム

2. 研究の目的

本研究ではロボカップサッカーロボットの高性能化とそれを応用した、幼児から大人まで楽しめるコンピュータ対人間の対戦型ロボットの開発を主目的とする。開発したシステムは、幅広く市民に科学の興味をもってもらうための出前授業、地域イベントに積極的に活用する。さらに、それらロボットの、作製や、操縦体験講座、実演展示を通して学生の創造性・問題解決能力の向上、協調性・コミュニケーション力の向上も目的としている。

3. 研究の方法

目的で述べたロボカップ用サッカーロボットシステムをベースとして、ゲームコントローラ等で人間が操作できるように改良する。ただし、ロボットは全方向移動ができるため、単純にラジコン操作ができるようにしてもその制御は極めて難しい。そこで、半自動機能を搭載し、例えば「攻める」、「守る」という単純な二つのボタン操作のみで対戦ができるよう、幼児でも楽しめる工夫をする。必要に応じて人間同士がチームを組み、チームプレイで対戦ができるよう改良を加える。以上のロボットシステムの改良には研究補助として学生を利用する。構築したシステム

は校外のさまざまなイベントに積極的に活用する。出前授業や地域イベントにも学生を積極的に参加させ、幼児、小中学生から大人までの幅広い観客層を対象にして多くの説明経験を積ませることで学生のコミュニケーション力を高める。以下に具体的手順を述べる。

(1) まず、コンピュータ対人間による対戦型サッカーロボットシステムの開発を行う。ロボカップ用ロボットは自律動作するため、競技中アクシデントがない限り、人間がロボットに触ることはなく、指令を与えることもできない。そこでまず、人間がラジコン操作できるように改良する。ただし、使用するロボットは実際の競技に使用する全方向移動型(図2)であるため、人間の意図しない方向に移動したり、ロボット同士が衝突したりしてロボットが破損する恐れがある。そこで単純なラジコン操作機能に加え、半自動機能を搭載し、例えば、常に相手ゴール方向を向く、ロボット同士が衝突しないようフィールド中央を越えて相手陣内に進入できないようにする、幼児でも楽しめるよう単純なボタン操作のみで対戦できるようにする、など工夫する。

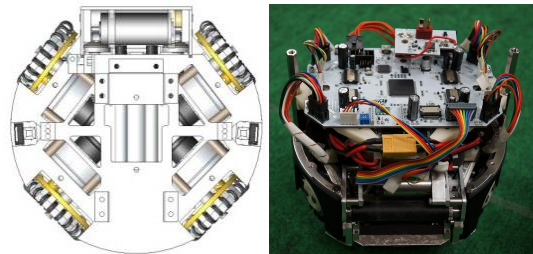


図2 全方向移動ロボット

(2) H26年度からロボカップ競技フィールドサイズが4m×6mから、倍サイズ(6m×9m)になったため、戦略(人工知能:AI)の改良、ロボットの運動および制御性能を上げる必要がある。そのためAI開発を含むロボットの新規作製を(1)と並行して進める。イベントにはロボカップ用ロボットをそのまま流用するため、性能の良さは直接ロボットの制御性能に反映される。また、保守点検や維持修理等も必要になる。申請者らのチームはこれまで自前でロボットを設計、開発しており、競技ルールやロボットの仕様の変更には柔軟かつ迅速に変更できる資質を有している。

(3) 上記(1)、(2)の開発や作製の後、世界水準に照らして客観的な評価を行うため、ロボカップ世界大会に出場し、ロボットの運動性能を現地で確認する。

(4) 次に、市民体験型地域貢献事業への展開として、(1)で開発したシステムを地域イベントに積極的に利用する。一方で、現在、フィールド上空に設置される既存のビデオカメラは、10kgもある大型デスクトップPCと画

像カードで接続され、ボールやロボットの位置情報の取得に利用しており、出前授業やイベント向けに学外へ持ち出すという点で、デスクトップ PC は不向きで、かつ設置や調整に数時間はかかる難点もある。そこで、このデスクトップ PC を出前授業専用運びやすいノート PC に置き換えることを試みる。ただし、カメラに接続できる画像カードが旧タイプの PC 専用であり、かつリーグに共通の画像取得ソフトが旧規格にしか対応していないため、LAN や USB で接続できる状況にはない。そこで、上空からの位置情報を利用しない簡易型のデモンストレーションシステムを構築する。半日以上の長時間であれば、上空カメラを用いた自律ロボットシステム、1 時間程度の出前授業であれば、簡易システムを用いた実演・操縦体験、と出前授業の条件に合わせて使い分ける。小中学校では限られたスペースと短い時間しか与えられないことが多いため、簡易システムの方が利便性は高い。

(5) 大規模なイベントでは、観客に単純なラジコン操縦によるロボットのコントロールは難しいことを体感させた上で、フィールド上空のカメラを使えば簡単に操縦できることを理解させ、技術の重要性の認識を広めたい。児童と年齢の近い学生主体によるロボットの説明は教員のみの場合よりも好評であり、学生も自分たちの手作りロボットをできるだけ詳しく説明しようとする所懸命になり、コミュニケーション向上が期待できる(図3)。さらに、ロボカップ出場の際には、海外チームの学生とロボット分野に関して英語での質問や議論をノルマとして与え、学生の英語運用能力の向上を図る。多くのイベントに学生とともに積極的に参加し、科学(理科教育)や技術の楽しさ、素晴らしさの魅力を市民に普及したい。



図3 学生によるロボットの説明

(6) 平成27年度以降はH26年度中に作製した対戦型ロボットサッカーシステムの見直しや追加を行う。人間対コンピュータの他、人間対人間の対戦ができるよう発展させる。

(7) 地域貢献事業の充実と発展を行う。上記(1),(4)で述べたデモンストレーションシステ

ムに、例えばボタン一つで、円や三角、∞の字などを描いて連続移動するプログラムを組み込むなどして、より深い興味と感動を与えられる教材を開発する。適宜アンケートをとり、内容を充実させる。

(8) ロボットシステムの開発および競技への継続参加で期待される技術力、創造力、英語力そしてコミュニケーション力を、アンケート調査により評価する。

4. 研究成果

コンピュータ対人間による対戦型ロボットシステムの開発と市民体験型出前授業への展開を実現した。我々はロボカップサッカー競技の広報を兼ねて、サッカーロボットを用いた実演活動を幅広く実施してきた。本研究ではロボカップシステムの性能を向上させた上で、実際の試合と同じく、フィールド上空にカメラを設置し、画像データを用いたシステムに改良を加え、ラジコンで操作できるようにし、コンピュータ対人間の対戦、および人間対人間の対戦型ロボットサッカーシステムを構築した。そのシステムは県内の各種イベントへの出展や小中学校への出前授業に広く使用し、地域住民に理科学・ものづくりの面白さや奥深さの理解の普及に努めた。構築したシステムは使用者の意見を反映させるため、毎年継続的な改良を加え、発展させた。以下、具体的に実施した3点を述べる。

(1)ロボカップサッカーはコンピュータが自ら戦略を考えて行動を決定し、試合を行う自律型サッカーロボットの競技である。したがって、本来、試合中は人間が指令を送ることはなく、ただ見ているだけである。それを、無線のゲームコントローラを用いて人間がロボットを操作できるよう改良した。



図4 市民体験型出前講座でのコンピュータ対人間による対戦型サッカーの様子

ただし、サッカーロボットは円筒形をしており、全方向移動ができるため、そのままロボットをラジコン操作できるようにしてもどちらが正面を向いているのかすぐにはわからず、意図しない方向へ移動して壁にぶつ

かる可能性が高い。その制御は大人でも難しい。そこでロボカップ用ビジョンシステムを応用して半自動でサッカーができるようにした。また、保護者と一緒であれば、幼児でもコントローラのボタン一つで操縦できるよう、半自動のシステムを構築した。図4に示すように、体験者は実際にロボットを思い通りに操縦することで、ロボットとの間に一体感を生み、幼児から大人まで、より興味を持ってもらえる内容となった。

(2) 各種イベントへの出展や小中学校への出前授業に学生とともに参加し、発表、説明の機会を与え、多くの経験を積ませることでコミュニケーション力の育成を図った。対戦型のロボットシステムは、市民との会話を増やし、会場を盛り上げることに役立った。小中学生を含む一般市民からの質問に対して、学生は丁寧に回答することができた。来場者からは、「リモコン操作がとても簡単でサッカーロボを楽しむことができました」、「学生さんの説明が分かり易かった」、「子ども(6歳)でも楽しむことができました。ありがとうございました」などほぼ高い評価を頂いた。

(3) 世界大会への出場は技術力、責任感や忍耐力の向上の他、英語苦手意識の低減などに効果を上げてきた。H23年度からの科研費(補助金課題番号 23501043:ロボカップ世界大会と出前授業を利用したリーダーシップ育成教育と実践テキストの作成)による研究で、ロボカップ世界大会への出場を通して学生の創造力、問題解決能力、そして英語運用能力等を養成し、その効果をアンケートやTOEICスコア等で詳細に確認した。

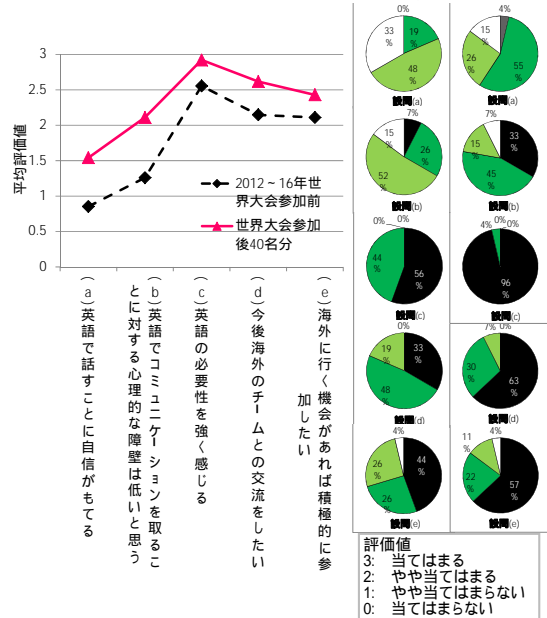


図5 英語運用能力に関する意識調査、左(黒破線が参加前、赤実線が参加後)、右(上から(a)~(e)の項目に対する回答割合:左が参加前、右が参加後)

図5は2012年~2016年までのロボカップ

世界大会に参加した学生に行った、英語運用能力に関する意識調査の結果である。英語コミュニケーションに対する意識は、世界大会参加前後で大きく変わることが示されており、参加の意義は今も大きいことがわかる。

さらに、豊田高専のロボカップの活動や学会発表は、他高専の国内および世界大会出場(仙台高専、松江高専)へ波及効果を及ぼした。また、卒業生も新たにチームを結成し、大会に参加するようになった。このような地道な活動が、職場や家庭を取り込み、さらなる参加者、理解者の増加につながっていることを実感している。

一方、カメラの設置とサーバのセットアップに手間と時間が必要となるため、小規模な実演向けに画像データを用いない、簡便なGUI(グラフィカルユーザインターフェース)デモンストレーションシステムも作成した。

以下、簡単に紹介する。作成したGUI画面を図6に示す。①がアナログジョイスティックからの入力値、②がボタンの押下状態、③はゲームコントローラからの情報を元に計算した速さ、進行方向、回転速度、ドリブルパワー、キックの有効・無効状態を示している。ロボット進行速度、および対応する回転速度は、それぞれ、ジョイスティックの傾きに係数を掛けることで調整できるようにした。ドリブルやキックはコントローラボタンを押すことで実行できる。



図6 簡易実演システムのGUI画面

本GUI画面の設計に際し、できる限り手入力をせず、プログラムを実行すれば、ほぼ自動で使い始められるよう配慮した。例えば、PCとコントローラをつなぐ通信ポートの設定には、使用可能なCOMポートをGUI側で検索して一覧表示し、選択できるようにした。その後、スタートボタンを押せば実行できる。また、手動操作と比較して、コンピュータ制御の方が優位であることを示すため、あらかじめ決められた動作を行う機能を追加した。コントローラのボタンを押すことで、円形、星型(多角形)、8の字などの図形に沿ってロボットが移動し、手動操作よりもなめらかかつ、正確な動きを提示することを可能にした。図7に簡易システムの構成機材、および操作体験時の様子を示す。ロボットとノートパソコンに加え、ゲームコントローラ、送信機があれば実演可能である。

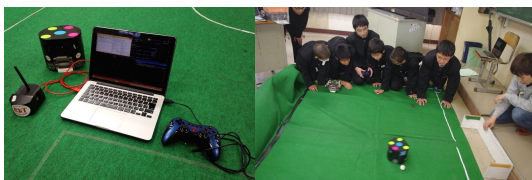


図 7 簡易実演システムの構成機材 (左), 実演の様子 (右)

<引用文献> S. Mizutani, Y. Iwauchi and T. Sugiura; Proc. 2nd Int. Symp. Tech. Sustain. (2012) pp.269-272.)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

野田五十樹, 南方英明, 小林邦和, 杉浦藤虎, 武村泰範, 秋山英久, 岡田浩之; ロボカップ西暦 2050 年を目指して(その1), 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌) Vol.29, No.1, pp.2-13 (2017), 査読無

杉浦藤虎, 奥田颯矢, 及川大, 安藤浩哉, 塚本武彦; RoboCup サッカー小型ロボットにおけるボールセンサ改良に関する検討, 豊田工業高等専門学校研究紀要 Vol. 49 (2017.3) https://www.jstage.jst.go.jp/article/toyotakosenkiyo/49/0/49_2/_pdf. 査読無

T. Sakaguchi, K. Ohno, T. Mimura, M. Watanabe and T. Sugiura; KIKS 2016 Team Description, http://robocup2016.org/media/symposium/Team-Description-Papers/SmallSize/RoboCup_2016_SSL_TDP_KIKS.pdf (2016.07) (9名9番目) 査読有

T. Sano, S. Okuda, K. Matsuoka, M. Watanabe and T. Sugiura; KIKS 2015 Team Description Paper, http://robocup2015.oss-cn-shenzhen.aliyuncs.com/TeamDescriptionPapers/SmallSize/RoboCup_Symposium_2015_submission_80.pdf (2015.07.23). (8名8番目) 査読有

稲垣宏, 小谷明, 杉浦藤虎, 庫本篤, 斎藤努; 産学官連携によるリーダー技術者育成プロジェクト - 「ものづくり一気通観エンジニアの養成」 -, 高専教育 38 (2015.3) pp.472-477. 査読有

杉浦藤虎, 鈴木悠暉, 及川大, 室谷英彰, 安藤浩哉, 塚本武彦; 時系列データを用いたロボットの逐次的自己位置推定に関する研究, 豊田工業高等専門学校研究紀要 Vol. 47 (2015.2) pp.3-12. 査読無

S. Okuda, K. Matsuoka, T. Sano, H. Okubo, Y. Yamauchi, H. Yokota, M. Watanabe and T. Sugiura; 2014 KIKS Extended Team Description, RoboCup 2014 Joao Pessoa, Brazil (2014.7.23) 査読無

[学会発表](計4件)

大沼友哉, 杉浦藤虎, 渡辺正人; 豊田高専ロボカップサッカー小型ロボットの双方向

通信への展開, 平成 28 年度電気関係学会東海支部連合大会 A1-8 (2016.09) 査読無

佐野哲也, 渡辺正人, 杉浦藤虎; 豊田高専ロボカップサッカー小型ロボットのボール速度の推定, 平成 28 年度電気関係学会東海支部連合大会 I1-1 (2016.09) 査読無

杉浦藤虎, 渡辺正人, 稲垣宏, 上木諭, 庫本篤; 豊田高専におけるロボットを利用した課外活動と実験実習の実践例, H28 年度工学教育研究講演会 2D12 (2016.09.06) 査読無

奥田颯矢, 渡辺正人, 杉浦藤虎; RoboCup サッカー小型ロボットにおけるボールセンサの改良, 平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 P2-2 (2015.9.28) 査読無

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ee.toyota-ct.ac.jp/~sugi/RoboCup.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

杉浦藤虎 (SUGIURA TOKO)

豊田工業高等専門学校・電気・電子システム工学科・教授

研究者番号: 70206407

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

伊藤和晃 (ITO KAZUAKI)

豊田工業高等専門学校・電気・電子システム工学科・准教授

研究者番号: 10369986

(4)研究協力者

渡辺正人 (WATANABE MASATO)

豊田工業高等専門学校・技術部・技術長