

# 福岡工業大学 機関リポジトリ

## FITREPO

Title	マシンテニスのための衝突回避手法の検討
Author(s)	松尾 慶太
Citation	福岡工業大学情報学研究所所報 第28巻 P5-P8
Issue Date	2017-10
URI	<a href="http://hdl.handle.net/11478/746">http://hdl.handle.net/11478/746</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

Fukuoka Institute of Technology

# マシンテニスのための衝突回避手法の検討

松尾 慶太 (情報工学部情報通信工学科)

## A Collision Avoidance Method for Machine Tennis

Keita MATSUO (Department of Information and Communication Engineering, Faculty of Information Engineering)

### Abstract

The wheelchair has a good performance for the elderly and physically challenged people. Also the wheelchair can provide the user with many benefits, such as maintaining mobility, continuing or broadening community and social activities, conserving strength and energy, and enhancing quality of life. Moreover, recently the wheelchair used sports are attracting attention from the society because of Tokyo 2020 Olympic and Paralympic games. In this paper, it is proposed a collision avoidance method for machine tennis.

**Keywords** : 車いすテニス, 全方位移動型車いす, センサ, 近距離通信

### 1. 概要

車いすは、高齢者や身体的に不自由な人々等に対して生活を豊かにできる機能を提供している。最近では、2020年に行われる東京オリンピック・パラリンピックに向けて、車いすを利用した競技に注目が集まっている。本論文では、全方位移動型車いすによるマシンテニスを提案し、安全確保のため、マシン同士の衝突回避手法について検討した。

### 2. はじめに

〈2・1〉車いすとスポーツ 2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、我が国のスポーツに対する関心が高まっている。それに伴い、障がい者スポーツの報道も増加し様々な競技の人気が高まりつつある。また、関連のスポーツ用具の進化には著しいものがみられる<sup>(1)</sup>。これらの進化により、これまで競技することが困難であったことが可能となり、競技できるようになっている。

特に、車いすを利用したスポーツは様々な競技で発展している<sup>(2)</sup>。2020年の東京パラリンピックでは、初めて車いすバドミントンが正式競技として取り入れられる予定である(現在のところ具体的ルールや障害区分等は決まっていない)<sup>(3)</sup>。また、電動車いすを用いた競技として代表的なものに「電動車椅子サッカー」(Powerchair Football)<sup>(4)</sup>がある。今後、他の競技にも電動車いすが取り入れられ発展していくと考えられる。

一方、電動車いすのスポーツへの応用は、先行研究も少なくその課題も明らかにされていないことが多い。さらに「電動車椅子サッカー」等では競技の性質上ぶつかり合うことが前提であるため、車いすの接触回避は考慮されておらず接触における安全性は十分には考慮されていない。

よって、筆者はスポーツ競技中における車いすの安全性

確保に関する研究は極めて重要であると考えている。また電動車いすをスポーツへ利用した場合の様々な安全に対する課題を発見することができる。本研究を通して課題を解決することで、多くの人がスポーツを通して文化的生活を送ることに貢献できると考える。

〈2・2〉車いすとスポーツ 近年、車いすテニスは世界で広く認知されており、競技者の人口も増加し、その技術向上を促す様々な大会が開催されている。また、車いすを用いないプレーヤとも競技をすることが可能なため、生涯を通して楽しめるスポーツとして社会的な定着もみられる。

しかし、車いすを素早く正確にコントロールするチェアワークが要求されるスポーツであり、高度な技術や強靱な体力が要求される。特に、腕力のない人が車いすを動かして球を打つという動作は難しい。このような理由から、世界的に認知され拡大を続ける車いすテニスではあるが、腕力がない人や初心者にとっては、敷居の高いスポーツとなっている。そこで、入門しやすい環境が必要と考える。

筆者は、この環境を実現するため、マシンテニス (Machine Tennis) を提案している。

マシンテニスとは、テニス用に特化した電動車いす (マシン) を利用したテニスである。特化したマシンとは、テニス競技中に絶対転倒せず、ボールを追いかけるため様々な方位 (全方位) に相手のコートに正対したまま高速で容易に移動 (並進) できる一人乗り用の電動車いすのことである。

このようなマシンを利用することで、競技者は強い腕力がなくてもテニスコート内で容易にボールを追いかけることができる。また、車いすをコントロールする技術がなくても競技に参加することが可能である。さらに、誰もが車いすに互いに乗って競技をすることで同じ条件で競技ができるため、新しいスポーツとして提案できると考える。競技者の技術に加えマシンの性能を競うこともできるため、様々な要素が絡み合う魅力的なスポーツに発展する可能性があると考えられる。

### 3. 関連研究

〈3・1〉 **ロボットとしての車いす** 高齢化する社会において車いすの役割は大きいと言える。障がいを持つ人に限らず高齢化による身体機能の低下や怪我等の理由で誰もが車いすを使用する可能性がある。よって、人々の生活を支援するため車いすに関する多くの研究がなされている<sup>5)</sup>。

これまでのところ、車いすを移動ロボットとして活用することで生活の質を向上させる研究が多くなされている。施設内において、脳波からの指示を車いすへ伝え、目的地を指定すると自動的に利用者を案内する BCI (Brain Control Interface) 制御<sup>6)</sup>や介護者の負担を軽減するリフティング機能を持ったロボット車いす等がある<sup>7)</sup>。このロボット車いすは、介護者の負担を減らすために、車いす利用者ができるだけ安全かつ円滑にベッドやトイレ等に移動できるようになっている。さらに、センサやカメラで介護者の動きを把握し介護者に協調して動作するロボット車いす等が研究されている<sup>8)</sup>。

〈3・2〉 **衝突回避** ロボットの衝突回避手法で車いすの動きに近いものとして、無人搬送ロボットの衝突回避に関する研究がある。ここでは、いくつかの例について述べる。無人搬送ロボットでは、遭遇した障害物が人のような動的な障害物であった場合、動きの予測が困難なため障害物の回避は衝突のリスクが高まる。そこで、無人搬送ロボットは遭遇した障害物が動的であるか静的であるかを自律的に判断し、それぞれの障害物に対して適切な行動をとる必要がある<sup>9)</sup>。さらに、複数の無人搬送ロボットが出会うとき相手が自律的に決定した行動とそれに対する自身の行動の理解を相互に行い協調行動をめざした衝突回避や速度協調に関する研究がなされている<sup>10)</sup>。

しかし、ここに示した、様々な問題に取り組んでいる研究は、ロボットが前後または、その場での回転が可能なものを対象としている。次章で述べるが、筆者がこれから提案するマシンテニスとは全方位移動型の車いすロボットを利用するため、衝突回避方法について新たに検討する必要がある。

### 4. 全方位移動型車いすとマシンテニスの提案

〈4・1〉 **全方位移動型車いすと従来の車いすの比較** ここでは、従来の車いすの動作を改善した、様々な方位に自由に動ける全方位移動型車いすについて説明する。図 1 では、台所等での狭い空間における従来の車いすの動作を示している。また、図 2 では車いすが右方向に移動する動きを示している。ここでは、5回の動作が必要であり、従来の車いすでは狭い空間における動作は困難であることがわかる。

そこで、筆者は図 3 に示すように全方位に並進できる全方位移動型車いすに関する研究を行ってきた<sup>11)</sup>。この全方位移動型車いすは、並進に加えその場回転も行えるため、従来の車いすと比較すると自由度が高い。ここでは、この全

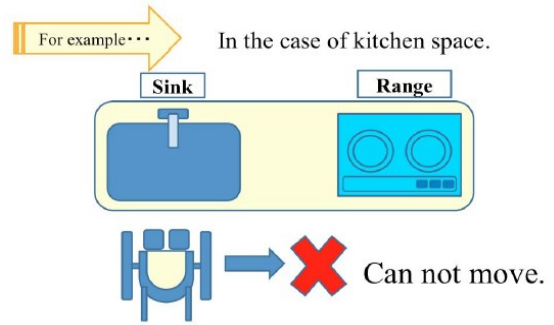


図 1 狭い空間における従来の車いす  
Fig 1. Conventional wheelchair in the narrow space.

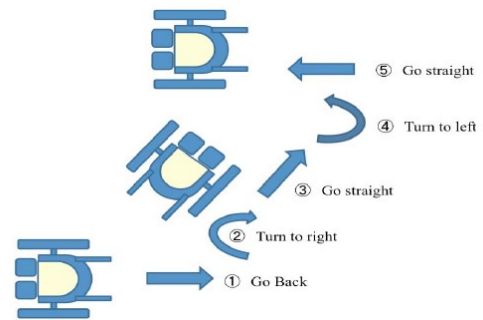


図 2 従来の車いすの動作  
Fig 2. Moving of conventional wheelchair.



図 3 全方位移動型車いすの動作  
Fig 3. Moving of omnidirectional wheelchair.

方位移動型車いすをマシンテニスに応用した。

〈4・2〉 **マシンの運動学** マシンの制御には、各車輪の速度とマシンの移動速度および方向の関係を導く必要がある。そこで、マシンの 2 次元平面内における移動について考えた。図 4 にマシンのオムニホイールモデルを示す。ここでは、3つのオムニホイール(車輪)を 120° ずつ等間隔に配置し真上から見ている。また、各車輪に示す矢印の方向は、正回転(CW)の向きを示す。それぞれの車輪の周速度を M1, M2, M3 とした。次に、車いすの座標系を図 4 のように  $x, y$  とし、並進速度を  $v = (\dot{x}, \dot{y})$ 、回転速度を  $\dot{\theta}$  とする。この場合、車椅子の移動速度は式(1)で求められる。

これをもとに、各車輪の速度をそれぞれ求め、速度の線形性を考慮し各車輪の速度を合成すれば式(2)のように逆

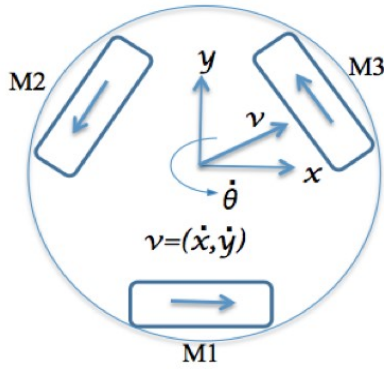


図4 オムニホイールモデル  
Fig 4. Model of omniwheel.

$$V = (\dot{x}, \dot{y}, \dot{\theta}) \quad (1)$$

$$\begin{vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & d \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & d \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & d \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{vmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{vmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & -\frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{3d} & \frac{1}{3d} & \frac{1}{3d} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{vmatrix} \quad (3)$$

表1 モータ速度比

Table 1. Motor speed ratio.

Direction (Degrees)	Motor Speed Ratio		
	Motor1	Motor2	Motor3
0	0.00	-0.87	0.87
30	0.50	-1.00	0.50
60	0.87	-0.87	0.00
90	1.00	-0.50	-0.50
120	0.87	0.00	-0.87
150	0.50	0.50	-1.00
180	0.00	0.87	-0.87
210	-0.50	-1.00	-0.50
240	-0.87	0.87	0.00
270	-1.00	0.50	0.50
300	-0.87	0.00	0.87
330	-0.50	-0.50	1.00
360	0.00	-0.87	0.87

運動学を求めることができる。ここでの  $d$  は中心から各車輪までの距離を表している。

次に、各車輪の回転速度から車いすの移動速度を求める順運動学は、式(2)の逆行列で求められるので式(3)のようになる。式(3)から各方向にマシンが並進するときのモータの速度を求めると表1のようになる。

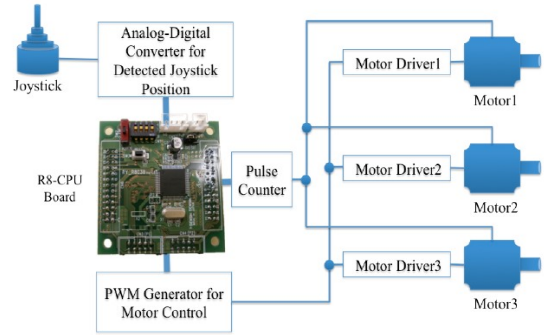


図5 マシンの制御システム  
Fig 5. Control system of machine.



図6 実装したマシン  
Fig 6. Implemented machine.

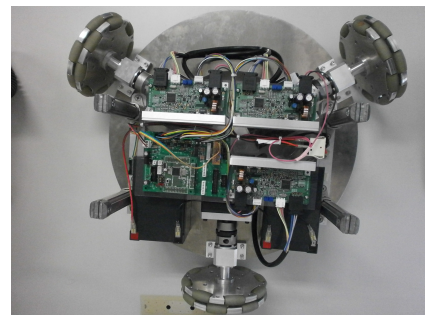


図7 実装した制御回路とオムニホイール  
Fig 7. Implemented control circuit and omniwheel.

〈4・3〉 マシンの制御システム 図5にマシンの制御システムを示す。現在、利用者はジョイスティックで動作させることができる。ジョイスティックの傾きの方向を検出しマシンが同じ方位に並進する。また、スピードは、ジョイスティックの傾き度合を A/D 変換で検出しており、傾き角度に応じてマシンの速度が制御されている。

図6に今回、マシンテニスのために実装したマシンと図7に制御回路およびオムニホイールを示す。

〈4・4〉 マシンテニスの提案 ここで実装したマシンを利用することで、競技者は強い腕力がなくてもテニスコート内で容易にボールを追いかけることができる。

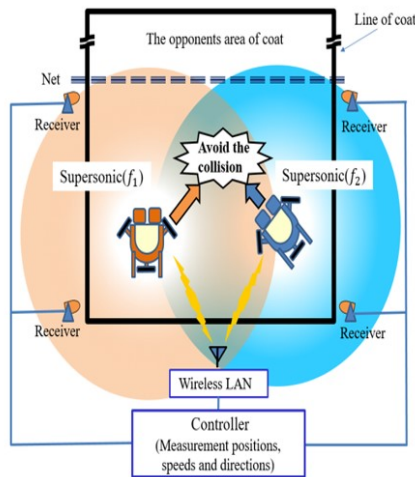


図8 マシンテニスのための衝突回避システム  
Fig 8. Collision avoidance system for machine tennis.

これにより通常の車いすをコントロールする技術がない利用者でもジョイスティックを操作することで容易に競技に参加することが可能である。

さらに、誰もが車いすに互に乗って競技をすることで同じ条件で競技ができるため、新しいスポーツとして発展できると考える。競技者の技術に加えマシンの性能を競うこともできるため、様々な要素が絡み合う魅力的なスポーツに発展する可能性があると考えられる。

## 5. 衝突回避手法

### 〈5・1〉マシンテニスのための衝突回避手法

本研究で提案するマシンテニスにおいて、ダブルス競技を行うときにチーム同士のマシンが衝突し事故になることが考えられる。そのため筆者は図8に示すような衝突回避システムを検討している。2台の車いすは、それぞれ周波数の異なる超音波パルス信号をそれぞれ発信する。コート4カ所に配置したセンサ(Receiver)で信号を受信し、超音波センサからマシンの位置、進行方向、速度等を検出する。検出した情報をコントローラに送り、衝突を回避するようにマシンを無線LANで制御する。

### 〈5・2〉2次元超音波センサによる位置検出

図9に2次元(2D)超音波センサによりマシンの位置を測定した結果を示す。グラフが高いところにマシンが存在していることを示している(現在は単独のマシンを追従できる)。

## 6. 結果と今後

本論文では、マシンテニス用の全方位に移動できる電動車椅子(マシン)を実装できたことを示した。また、超音波センサによりマシンの位置を検出することができた。

今後は、複数台のマシンの位置を把握し、それぞれのマシンの情報をもとにマシン同士の衝突を回避できるように制御できるシステムの実装へと発展させたい。

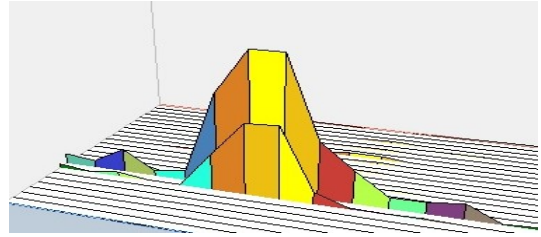


図9 2D超音波センサによる位置検出  
Fig 9. Measured position of machine with 2D supersonic sensor.

## 〈謝辞〉

本研究は、平成28年度若手・新任教員スタートアップ支援(福岡工業大学)の補助により行われた。ここに感謝の意を表す。

(平成29年6月30日受付)

## 文 献

- (1) 相場 りか：“障害者スポーツ用具の技術動向”，科学技術動向，Vol.151, 7・8月号 p.16-22 (2015)
- (2) NATIONAL VETERANS WHEELCHAIR GAMES, <http://wheelchairgames.org>
- (3) 東京オリンピック・パラリンピック準備局, <https://www.2020games.metro.tokyo.jp/>
- (4) 日本電動車椅子サッカー協会(JPFA:Japan Powerchair Football Association), <http://www.web-jpfa.jp>
- (5) T. Lu, K Yuan, H. Zhu, “Research Status and Development Trend of Intelligent Wheelchair”, Application Technology of Robot, No.2, pp.1-5, (2008).
- (6) P. F. Diez, V. A. Mut, E. M. A. Perona, E. L. Leber, “Asynchronous BCI Control Using High-frequency SSVEP”, Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, Vol 8, No.39, 8 pages, doi:10.1186/1743-0003-8-39, July (2011).
- (7) Y. Mori, N. Sakai, K. Katsumura, “Development of a Wheelchair with a Lifting Function”, Advances in Mechanical Engineering, Volume 2012, Article ID: 803014, 9 pages, doi:10.1155/2012/803014, (2012).
- (8) Y. Kobayashi, Y. Kinpara, T. Shibusawa, Y. Kuno, “Robotic Wheelchair Based on Observations of People Using Integrated Sensors”, Proc. of IEEE/RJS International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 11-15, USA, (2009).
- (9) 日本大学 *et al.* : 「自律型移動ロボットの障害物判定と回避動作の検討」, 平成28年電気学会全国大会論文集, Vol.2016, ROMBUNNO.4 - 198 (2016)
- (10) 渡辺美知子, 加藤龍, 古川正志, 木下正博, 嘉数侑昇: 「Q学習によるagv 衝突回避通信プロトコルの獲得」, 精密工学会誌, Vol. 66, No. 1 pp. 107-111, (2000).
- (11) K. Matsuo, Y. Liu, D. Elmazi, L. Barolli, and K. Uchida, “Implementation and Evaluation of a Small Size Omnidirectional Wheelchair”, in Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), Proc. of WAINA-2015, pp. 49-53 (2015).