

# タブレット端末による車両型ロボットの動作制御

## Remote Control of Wheel Type Vehicle using Tablet Device

酒井 康平 (長岡高専 専攻科) 正 佐藤 拓史 (長岡高専)

Kohei SAKAI Nagaoka National College of Technology, ac25807o@st.nagaoka-ct.ac.jp  
Hiroshi SATOH Nagaoka National College of Technology

This paper deals with a development of the remote controlled vehicle type robot using the tablet device. Recently, development of remote controlled robot is performed in various institutions. Joystick or Video game controller is widely used in remote controlled robot. These devices can be used intuitively, but the familiar is required for operation. On the other hand, the tablet device which has Touch panel and Wireless LAN device have become popular in recent years. The tablet device is also a device intuitive to use. In this research, we develop a remote controlled robot using a tablet device as the operation device. The operation experiment results show the operability of the robot remote controlled with the tablet device is the same as Joystick or Video game controller.

**Key Words:** Remote Control, Vehicle Robot, Tablet Device, Operability

### 1 はじめに

東京消防庁に配備されている救出ロボット<sup>[1]</sup>や、陸上自衛隊に配備されている遠隔操縦観測システム<sup>[2]</sup>など最近では人間が入ることができない場所での情報収集を目的として、遠隔操作ロボットが用いられる機会が多くなっている。このような遠隔操作型ロボットの操作デバイスとしては、家庭用ゲーム機のコントローラ(ゲームパッド)やジョイスティックが使われていることが多い<sup>[3][4][5]</sup>。ゲームパッドは一つのジョイパッドまたは、二つのジョイスティックと複数のボタンを搭載しており、ジョイスティック等による直感的な操作と、ボタンを利用した様々な機能を割り当てることができる。そのため、車両操作以外の作業も行うロボットの操作デバイスとして広く利用されている。しかし、ロボットの機能が増えるにつれて、ゲームパッドの様々なボタンを使った複雑な操作となってしまうため、ロボットの操作に慣れが必要となり、初心者が使いこなすことが難しい。また、大型の重機等で用いられるジョイスティックも直感的な操作を行うには適切な操作デバイスであるが、作業を行うような場合には複数のジョイスティックを同時に扱うなどの方法が必要となり、用途によっては慣れが必要となる。

このように遠隔操作型ロボットの操作デバイスとしては直感的な操作が可能なデバイスが要求されているが、操作に慣れが必要な場合がある。その一方で、最近では、WiFi通信の機能を持ち、タッチパネルで直感的に操作が可能なタブレット端末が普及してきている。タブレット端末は物理ボタンをあまり搭載していないが、画面を見ただけで操作ができるようにソフトウェアが作られており、慣れてない人でも手軽に操作ができるという利点がある。また、様々な機能は操作アプリケーションによって搭載可能となるため、操作デバイスとして期待を持てる。

そこで、本研究では、遠隔操作車両システムの操作デバイスとしてタブレット端末を利用することを目的に、車両の移動操作システムを構築する。構築した操作システムと、従来から用いられているゲームパッドやジョイスティックによる車両操作実験を行い、それらの操作性について検討する。実験結果よりタブレット端末による車両の操作がゲームパッドやジョイスティックによる操作と比べて操作性に差が生じないことを示す。

### 2 操作デバイスの特徴

#### 2.1 ジョイスティックの特徴

ジョイスティックは重機やクレーン、飛行機など大型のものの操作に使われることが多い。片手で操作することができるので、空いているもう一方の手で他の操作が可能となる。また、ゲームパッドに比べて操作が単純であるため、比較的早く操作に慣れることができると考えられるが、ジョイスティックは腕や手首で動かすため、細かい操作が難しい。また、ジョイスティックそのものが大きいので、操作装置が大型になってしまうという欠点がある。

#### 2.2 ゲームパッドの特徴

ゲームパッドは、指先でボタン、ジョイパッド(機種によってはジョイスティック)を操作するので、腕や手首で操作するジョイスティックよりも自分がどう操作しているかがわかりやすいと考えられる。したがって、ゲームパッドの操作に慣れてしまえば、手元を見ずに画面に集中して操作することが可能である。一方で、もともとゲーム機で用いられていたものなので、今まで触れたことのない人にとっては扱いづらいものであると考えられる。また、ボタンに割り当てられる機能が増えて操作が複雑になると、操作に慣れるまで多くの時間がかかってしまうという欠点がある。

#### 2.3 タブレット端末の特徴

タブレット端末は1本または、2本の指で画面をタッチして様々な操作をするデバイスである。一般的にタブレット端末上で動作するアプリは、説明書を読まなくても使えるようなインターフェースと操作方法になっており、直感的な操作が可能であり、初めて使う人でもすぐに使うことができる。しかし、タブレット端末には物理ボタンが少なく、画面上にボタンが増えると、操作する場所を見ながら操作しなければならないので、反射的に対応しなければならない操作には不向きである。

### 3 車両の移動操作システムの構築

本研究で使用する遠隔操作システムのシステム構成を図1に示す。図1に示すように、このシステムは車両型ロボットと、PCまたはタブレット端末上で動作するモニタリングアプリが無

線 LAN で通信するシステムとなっている．本研究で用いる車両型ロボットを図 2 に示す．

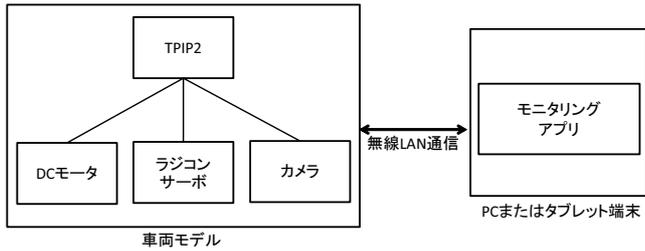


Fig. 1 遠隔操作システムのシステム構成



Fig. 2 車両型ロボット

車両型ロボットは TAMIYA 製品の「1/10 電動 RC カーシリーズ No.414 メルセデスベンツ ウニモグ 406」<sup>[6]</sup> を選定した．車両型ロボットにはサンリツオートメーション製の「遠隔操作 IP システム TPIP2」<sup>[7]</sup> を搭載し，PC またはタブレット端末と無線 LAN で通信する．TPIP2 にはカメラとラジコンサーボ，DC モータが接続されており，カメラ画像を PC またはタブレット端末に送信し，PC またはタブレット端末から送られてきたラジコンサーボと DC モータの指令値を受信する．

本研究で使用する PC，タブレット端末上で動作するモニタリングアプリは，車両型ロボットの遠隔操作の操作デバイスの比較をすることを目的としているため，車両型ロボットから送られてきたカメラ画像を表示するだけのシンプルなものとした．

#### 4 タブレット端末用の操作アプリの作成

##### 4.1 開発環境・使用端末

TPIP wiki<sup>[8]</sup> にアップロードされている TPIP2 用の Java 用ライブラリと，Eclipse Foundation の統合開発環境「Eclipse」を使用して，タブレット端末用操作アプリを開発する．Eclipse の使い方，環境構築に関する情報がインターネットで手に入りやすいことから，本研究で採用した．また，Android のボタンの配置などを GUI で設計することも可能である．タブレット端末には，Android 4.2.2 が搭載された SONY 製の「Xperia Tablet Z」<sup>[9]</sup> を用いる．

##### 4.2 車両型ロボットの操作方法

ジョイスティックやゲームパッドなどを用いて車両型ロボットを操作するには，車両のステアリングを左右に動かすこと，車両の前進，後退することが必要になる．また，前進，後退では速度，ステアリングでは角度を自由に操作できる必要がある．

これらのことを踏まえて，タブレット端末を用いて車両を操作する方法として以下の三つの方法を考えた．

- (1) 端末のジャイロセンサを用いて，端末を傾けて操作する方法．
- (2) アプリ上にボタンを配置し，ボタンをタッチして操作する方法．
- (3) アプリの画面上を指でタッチしてスライドし，操作する方法．

(1) の方法では端末を傾けたとき，端末上に表示したカメラ画像も傾いてしまうため，狭路の走行では操作が困難になると考えられる．さらに，腕全体で操作をするので，指先を使う他の二つの操作方法よりも直感的ではないと判断した．(2) の方法は，ステアリングの角度，車両の走行速度を自由に変更することが難しい．また，ボタンが物理的に存在していないので，自分がどのボタンを押しているのか把握することが難しく，操作中に設定したボタンから指が離れ，操作が中断してしまうことが考えられる．そこで，車両型ロボットの操作方法には (3) の方法を採用する．この操作方法であれば，指先で操作をすることが可能であり，操作エリアを設定することで (2) の欠点も補うことができる．

(3) の方法による車両の操作は，操作者が画面上を指でタッチし，スライドして行うことになるので，操作量を次のように考える．

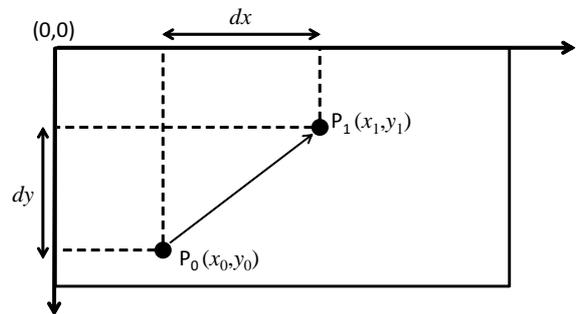


Fig. 3 操作方法の概略図

図 3 に示すように操作者が点  $P_0$  をタッチし，点  $P_1$  まで指を動かしたとする．この時，それぞれの点の座標を  $(x_0, y_0)$ ， $(x_1, y_1)$  とすると， $x$  座標の変化  $dx$ ， $y$  座標の変化  $dy$  は以下のように表せる．

$$dx = x_0 - x_1 \quad (1)$$

$$dy = y_0 - y_1 \quad (2)$$

この動かした距離  $dy$  を DC モータへの指令値  $motor_D$ ， $dx$  をステアリング用のサーボモータへの指令値  $motor_S$  とする．実装の際には以下のように操作の感度調整用のパラメータ  $K_D$ ， $K_S$  を用いている．

$$motor_D = K_D \times dy \quad (3)$$

$$motor_S = K_S \times dx \quad (4)$$

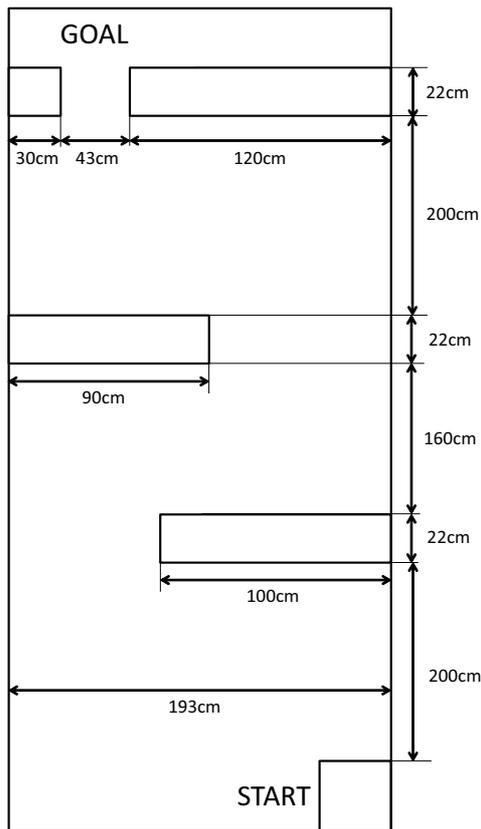


Fig. 4 走行実験に使用したコース

## 5 車両型ロボットの操作実験

### 5.1 実験の目的

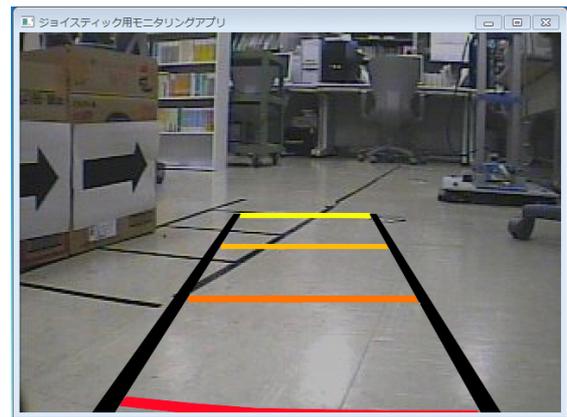
この実験では、本研究で構築したタブレット端末を用いた操作システムと、従来から用いられているゲームパッドやジョイスティックによる車両型ロボットの操作を行い、各操作デバイスによる操作性を比較検討する。

### 5.2 実験方法と評価の基準

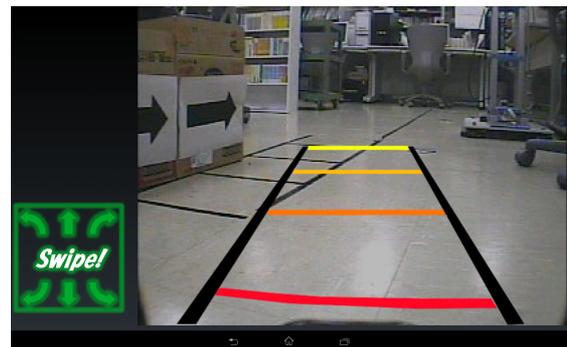
ジョイスティック、ゲームパッド、タブレット端末を操作デバイスとした遠隔操作システムを用いて走行実験を行う。走行実験に用いたコースは操作デバイスによる走行操作の比較を行いたいため、図4に示すように車両型ロボットが切り替えしをしなくても走行できるように設定した。ゴール地点の手前は車両型ロボットの幅よりも少し広いくらいの幅に設定し、細かい操作が必要となるように設定した。操作者は、コースとは別室で、車両型ロボットから送られてくるカメラ情報を頼りに操作する。

実験では、図5に示すモニタリングアプリを用いる。ジョイスティックとゲームパッドでの操作では、図5(a)に示すアプリを、タブレット端末では図5(b)に示すアプリを用いる。車両型ロボットの最高走行速度、ステアリングの角度はどの操作デバイスでも同じようになるように作成した。また、車両型ロボットから送られてくるカメラ画像のみでは、車両の車幅間隔、車両と前方にある障害物との距離感がつかみづらいため、車幅と車両の前方からの距離の目安となる線を画面上に表示した。

操作デバイスのジョイスティックには Logitech 製の「Force™3DPro」<sup>[10]</sup>を用い、前後の操作を前進後退、左右の操作をステアリング操作に割り当てている。ゲームパッドには



(a) PC 用



(b) タブレット端末用

Fig. 5 モニタリングアプリの画面

Logicool 製の「F310 Gamepad」<sup>[11]</sup>を用いる。タブレット端末による操作と同じような操作ができるように、左側のジョイスティックのみを用いて車両型ロボットを操作する。前後に倒すことで、前進後退を行い、左右に倒すことで、ステアリング角度を操作できるようにした。タブレット端末では、図5(b)の左下にある操作エリアをタッチして車両型ロボットを操作する。

実験では、まず、被験者に走行するコースを自分の目で見てもらったあと、別室に移動し、モニタリングアプリと車両型ロボット操作方法の説明を受け、被験者自身が満足するまでコース外で練習してもらう。その後、1回コースを走行してもらい、この時のスタートからゴールまで到達する時間と衝突回数を記録する。実験はジョイスティック、ゲームパッド、タブレット端末の順番で行い。全ての操作デバイスで実験を行ったあと、どの操作デバイスが操作しやすかったか順位をつけてもらう。

### 5.3 実験結果

走行実験を著者を含めた8人に対して行った。Aは著者自身である。他の被験者は著者と同年代である。走行実験の結果を表1に示す。この結果を走行タイムを横軸に、人数を縦軸に、操作デバイスごとにグラフ化したものを図6に示す。図6より、ジョイスティックとゲームパッドは走行タイムが10秒台から30秒台に集中しており、タブレット端末は20秒台での走行が突出して多い結果を得た。

詳細を見てみると、表1より、ジョイスティックを操作デバイスに用いた場合は最短タイムと最長タイムに大きな差があることがわかる。これは、ジョイスティックによる実験が一番最初だったこと、ジョイスティックを使ったことがある人が少ないか

Table 1 走行実験結果

被験者	ジョイスティック			ゲームパッド			タブレット端末		
	タイム [s]	衝突回数	順位	タイム [s]	衝突回数	順位	タイム [s]	衝突回数	順位
A	26.49	0	3	35.24	0	2	22.10	0	1
B	41.74	0	3	23.32	0	2	20.63	0	1
C	20.81	1	3	42.44	0	2	19.41	0	1
D	32.41	1	3	24.07	0	1	28.02	1	2
E	27.96	1	2	23.06	1	2	18.77	1	1
F	17.46	1	2	13.75	0	1	23.35	5	2
G	17.12	0	2	12.82	1	3	13.68	1	1

らだと思われる。

ゲームパッドを用いた場合も、最短タイムと最長タイムには大きな差が生じた。しかし、衝突回数は0回だった人が最も多く、衝突回数が他のデバイスと比べて少ない結果となった。ゲームパッドの操作は手元を見なくても、自分がどう操作しているかを把握できるため、カメラ画像に集中することができたからだと考えられる。

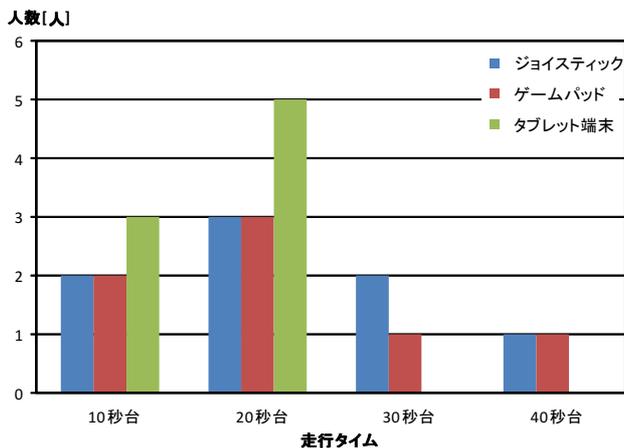


Fig. 6 実験結果のヒストグラム

一方、タブレット端末では最短タイムと最長タイムに大きな差は生じていない。これは、被験者が皆スマートフォンを所有しており、日頃から使い慣れているからだと考えられる。また3番目の実験であったため、コースに慣れてきたことも1つの要因だと考えられる。タブレット端末を用いた場合はどんなに遅くても20秒台で全員がコースを走破することができた。タブレット端末による操作は、カメラ画像だけでなく自分の指先が操作者の視界に入るので、他の操作デバイスよりも自分がどのくらい操作しているかを把握しやすいことが起因しているのではないかと考えられる。被験者Gは衝突回数が5回と実験中で一番多いが、この衝突は壁にこすったようなものがほとんどである。

この結果では、タブレット端末が最も良い傾向を示したが、3番目に実験を行ったこと、被験者の数が少ないことからタブレット端末が他のデバイスに比べて優位性があるとは判断できない。しかし、他のデバイスよりも走行タイムが極端に遅い傾向を示すわけではなく、走行タイムにばらつきが少ないことより、操作性には差がないと考えられる。

## 6 おわりに

ジョイスティック、ゲームパッド、タブレット端末を遠隔操作型車両の操作デバイスとしたシステムを構築し、走行実験によって、操作デバイスの違いに関して比較検討を行った。その結果、タブレット端末は車両型ロボットを操作する場合、ジョイスティック、ゲームパッドと同様な操作性で操作できると判断できた。

今後はタブレット端末特有の画面をタッチする動作を活かした操作支援システムを考案し実装していきたいと考えている。

## 文献

- [1] 東京消防庁：救出口ロボット，  
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/ts/soubi/robo/05.htm>
- [2] 陸上自衛隊：通信電子器材，  
[http://www.mod.go.jp/gsdf/equipment/ce/4\\_5.html](http://www.mod.go.jp/gsdf/equipment/ce/4_5.html)
- [3] 三菱重工：遠隔操作作業ロボット MHI-Super Giraffe，  
<http://www.mhi.co.jp/discover/pickup/giraffe/index.html>
- [4] iRobot：510 PackBot，  
<http://www.irobot.com/us/learn/defense/packbot.aspx>
- [5] 日立エンジニアリング・アンド・サービス：「原子力災害対応用小型双腕重機型ロボット『ASTACO-SoRa』を開発」  
[http://www.hitachi-power-solutions.com/news/data/news20121207\\_ASTACO-Sora.pdf](http://www.hitachi-power-solutions.com/news/data/news20121207_ASTACO-Sora.pdf)
- [6] TAMIYA：1/10RC カーシリーズ No.414 メルセデス・ベンツ ウニモグ 406，  
<http://www.tamiya.com/japan/products/58414unimog/index.htm>
- [7] サンリツオートメーション：<http://www.sanritz.co.jp>
- [8] TPIP wiki：TPIP 開発 (タブレット PC)，  
<http://www.tpip-dev.org>
- [9] SONY：Xperia(TM) Tablet Z，  
<http://www.sony.jp/tablet/products/Z/>
- [10] Logitech：Gaming Controllers，  
<http://gaming.logitech.com/en-roeu/gaming-controllers>
- [11] Logicool：F310 Gamingpad，  
<http://gaming.logicool.co.jp/ja-jp/product/f310-gamepad>
- [12] Ed Burnette, 長尾高弘, 日本 Android の会：初めての Android 第3版, オライリー・ジャパン (2011)
- [13] 柴田望洋：明解 Java 入門編, ソフトバンククリエイティブ (2007)