

身体障がい者のための視線インタフェースの開発

草野 来歩^{*1} 松原 龍樹^{*2} 坂田 修一^{*1} 辛 徳^{*3}

Development of a line-of-sight interface for the physically challenged

Raia Kusano^{*1} Ryuuki Matsubara^{*2} Shuichi Sakata^{*1} Duk Shin^{*3}

Abstract

It is estimated that 1.5 out of 100,000 patients in Japan have quadriplegia. The number of ALS patients increased from 3,794 in 1995 to 9,950 in 2014, which is about three times higher. Given the current population growth and these facts, that number is likely to continue to grow. If more and more people cannot sway their bodies, the demand for gaze manipulation, instead of hand, will increase. A robot that can be operated by a gaze interface would be helpful for patients who cannot move their bodies. This research develops a line-of-sight interface for crawling robots that can be interactive to others in order to improve the QOL (Quality of Life) of people with physical disabilities. In this paper, as a preliminary experiment, we used a VR device to simulate and verify the operation performance of the VR line-of-sight interface. We made a target touch game with a gaze control. Nine participants performed this game. As the results, the proposed gaze interface could be useful to control the robot.

1 序論

1.1 研究背景

近年、日本では10万人におおよそ1.5人の四肢麻痺患者がいると推定される。さらに図1を見るとALS患者は1995年では3,794人だったが、2014年では9,950人まで増加しており、約3倍になっている。以上2つのことから考えると、身体障がい者の数は増加していく可能性があると考えられる[1]-[2]。手足の動かすことが難しい身体障がい者が、生活の向上のためにマイクやスピーカーなどを利用して人と交流できる、視線を検知して操作を行う走行ロボットが必要になる。このような走行ロボットの作成を行うためには視線操作を用いる。この時、視線が正確に検知できるかどうかを判断することが大変重要である。

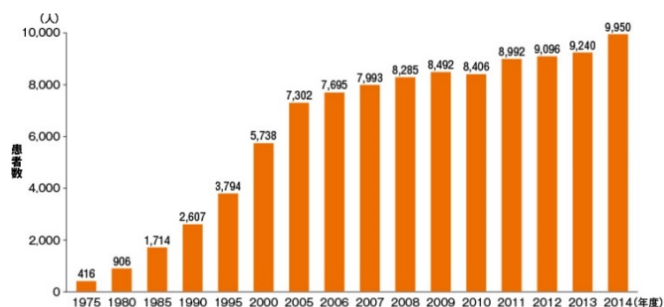


図1 ALSの現状と展望(ALSステーション、田辺三菱製薬)

1.2 先行研究

一つ目の先行研究では視線での判定を利用したタッチタイピングの練習ツールの開発があげられる[3]。この研究ではUSBカメラとキーボードを利用し、顔画像からテンプレート画像の作成する。その後テンプレート画像とUSBカメラの映像を照らし合わせ、キーボードを見ているときと見ていないときの2通りでフレーズを打ち込む。そして見ていない時と見ている時を判断し、成功率を算出した。

二つ目の研究では重度肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーションの開発があげられる[4]。こちらの研究ではアイカメラや画像処理を行うパソコンを用い、画面に表示した文字を見つめる被験者の視線を検出する。またその文字を表示、選択して意思の疎通を行う。

タッチタイピング練習ツールでは写真を使ったキャリブレーションを利用したため、使用した写真によって結果が大きく変わる。上記の理由からキーボードを見ているとき、見ていないときの成功率65%と低い結果になった。その他にも四肢麻痺患者向けの視線入力式コミュニケーションの開発では視線で文字の選択を行なっているため視線検知の精度が非常に重要となってくる。以上の結果よりロボットの操作を行うときに視線検知の精度を向上させることは、使用感の悪さなどを解消する要因になる。

^{*1} 東京工芸大学 工学研究科 電子情報工学専攻 ^{*2} 東京工芸大学 工学部 工学科 機械コース

^{*3} 東京工芸大学 工学部 工学科 機械コース教授

2022年3月25日 受理

1.3 研究目的

そこで本研究では身体障がい者の QOL(Quality of Life)を向上させることを目指して、他人と VR 越しに会話することができるような走行ロボットの視線インタフェースの開発を目的とする。

今回は予備実験として VR 機器を使用して、3D 空間内に立体的な四角形のオブジェクトを出現させるエリアを作成し、VR 視線インタフェースの視線操作による精度の検証をした。

2 提案システムの概要

3D 空間をヘッドマウントディスプレイ(HTC Vive Pro eye, HTC 社)に走行ロボット(turtle rover, Kell, ideas 社)のカメラ映像を出力する。その後眼球情報を検出することができるヘッドマウントディスプレイで眼球情報の検出を行う。そうして検出した視線とカメラ映像を組み合わせて視線がどこを向いているのかを検出してロボットを制御するためのデータ取得を行う。取得したデータをまたロボットに送り返して、それを基にロボットの制御を行う。

その中でも本研究では図 2 の視線操作をするため精度についての研究を行った。上記のシステムで使用するヘッドマウントディスプレイを用いて眼球情報を読み取り、どの程度の精度があるのかどうかを確認した。精度の確認方法は 3D 空間上にオブジェクトの設置を行い、それに触れることができるかどうかで検証した。

2.1 3 次元視線計測装置

図 3 上の 2 次元視線計測装置はパソコンなどに設置し視線の検知を行う。この装置では重力などの関係上、寝たきり患者が用いるためには寝たまま使用することができないため不適切だと考えられる。また走行ロボットを使用する際に、操作スイッチなどの機能を配置する場所に限りがあるといった問題が発生する。しかし 3 次元視線計測装置を使用すると 2 次元平面状ではなく、図 3 下のような 3 次元立体状で利用することが可能になるため奥行も使用できる。

今回の研究では 3 次元計測装置としてヘッドマウントディスプレイを使用した。

またこのヘッドマウントディスプレイの検出可能な視野は 110 度で、トラッキングをした際の精度は視覚 20 度の範囲内では 0.5~1.1 度となっている[5]。物を鮮明に細かな違いを判別させるための中心視野で使用される角度は約 30 度である[6]。これらのことからヘッドマウントディスプレイを使用する際には 20 度以内を使用すると誤差が少なくなる。



図 3 2 次元視線検出装置と 3 次元視線検出装置

2.2 視線検出プログラム

視線検出プログラムは Unity を使用して作成し、プログラムは時間を 50 秒に制限し、指定エリア内にターゲットと呼ばれる四角いオブジェクトをランダムに一つ出現させる。そのターゲットに視線を合わせることによってターゲットを消すことができる。

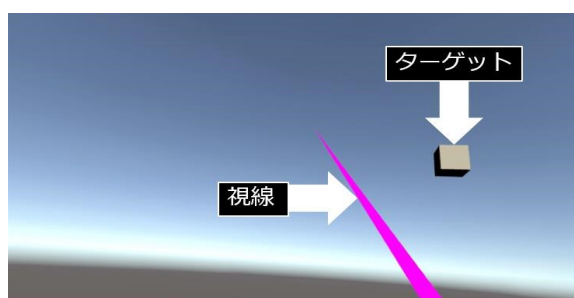


図 4 視線検出プログラム

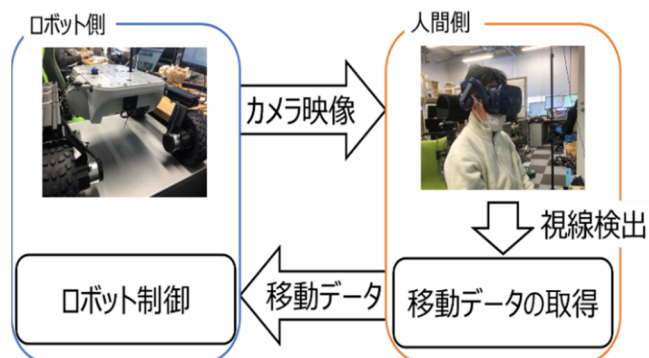


図 2 システム構成

3 性能実験

3.1 実験方法

視線検証プログラムを作成し、3 次元計測装置を使用して VR 空間上に 50 秒間で 49 個のターゲットを出現させた。また、実験参加者は 9 人(男性)で 3 回の計測を行い、ターゲットが出現するエリアは図 5 のような VR 空間上で実験参加者から奥行 3 メートル離れた場所から奥行 2 メートル、横幅 4 メートル、高さ 2 メートルの場所に設定を行った。

注意点として四肢麻痺患者が使用することを想定し視線を用いた誤差の検証を行いたかったため体や首を動かさないように固定した上で測定を行った。

評価方法としては3回計測したうちの1回目, 2回目, 3回目で分けて平均成功回数を算出し, 回数で割ることで平均成功率を求める。また実験参加者ごとに1回目, 2回目, 3回目の個人成功回数から実験参加者の個人成功率を算出する。

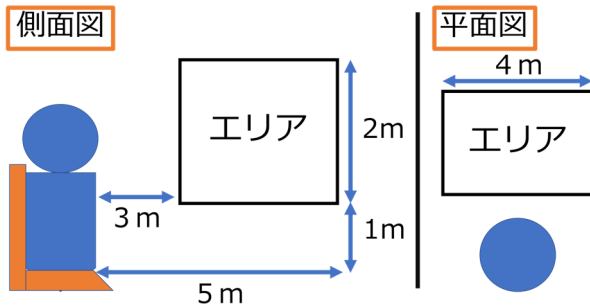


図5 実験参加者のいる仮想空間のターゲット出現エリア

3.2 実験結果

実験の結果を表1に示す。平均成功率は1回目が72.6%, 2回目が75.3%, 3回目が78.5%となった。また1回目から3回目までで成功率が上昇した実験参加者は参加者①⑤⑧の3人だった。ずっと100%だった実験参加者は参加者②だった。また成功率にばらつきがあった実験参加者は参加者③④⑥⑦⑨の5人だった。

3.3 考察

この結果より実験参加者①⑤⑧の成功率は上昇したといえる。このことから3回で視線操作の効率的に使用することができたといえる。またほかの実験参加者③④⑦⑧の成功率には1回目から3回目までの成功率には、ばらつきが見受けられた。このことから学習頻度が不足しているか、普段からVRの使用していないため目の疲れなどの要因があることが示唆される。実験参加者②は日ごろからVR機器を用いた視線操作を行っている熟練者だったこと、慣れているために体力の消耗が少ないことなどが、視線操作の精度を100%にすることになった要因だと考えられる。さらに全体の平均成功率は1回目から3回目までで上昇する結果となった。以上の結果から視線検出による精度は学習頻度に依存し変化することが可能性として示唆された。また視線検出による視線操作の学習頻度には、個人差があることが分かった。この結果は表2の先行研究である平面上での視線操作の精度を求めた研究(Rezenko et.al. 2020)の評価とも一致する結果が出た[7]。

これらのことから試行を重ねることで成功率は限りなく100%に近づけることができるのではないかと考える。

表1 実験結果

| | 1回目 (成功率) | 2回目 (成功率) | 3回目 (成功率) |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| 実験参加者① | 33 -67.30% | 49 -100% | 47 -95.90% |
| 実験参加者② | 49 -100% | 49 -100% | 49 -100% |
| 実験参加者③ | 27 -55.10% | 17 -43.70% | 14 -28.60% |
| 実験参加者④ | 47 -95.90% | 28 -57.10% | 35 -71.40% |
| 実験参加者⑤ | 34 -69.40% | 42 -85.70% | 48 -98.00% |
| 実験参加者⑥ | 37 -75.50% | 45 -91.80% | 42 -85.70% |
| 実験参加者⑦ | 36 -73.50% | 46 -93.90% | 36 -73.50% |
| 実験参加者⑧ | 31 -63.30% | 36 -73.50% | 43 -87.80% |
| 実験参加者⑨ | 26 -53.10% | 20 -40.80% | 32 -65.30% |
| 平均成功率 | 72.60% | 75.30% | 78.50% |

表2 視線を使用した先行研究(Rezenko et.al. 2020)

| | First run time (s) | Last run time (s) | Learning rate (%) |
|--------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Experiment er 1 | 132 | 67.5 | 48.8 |
| Experiment er 2 | 82.3 | 58 | 29.5 |
| Experiment er 3 | 93 | 58.9 | 36.7 |
| Experiment er 4 | 85.4 | 39.6 | 53.6 |
| Average | 98.1 | 56 | 43 |

4 結論

本研究では身体障がい者が利用するために視線操作が可能な走行ロボットの開発を目的として、その予備実験として視線インタフェースの操作精度の検証を行った。その結果人によって視線操作の学習頻度はバラバラであるということが分かった。また結果の平

均成功率を見ると学習頻度によって成功率が上昇していくことが分かった。

このことから視線操作を使用した走行ロボットで使用する際に 3 次元視線計測装置を用いて操作を行う際、時間がたつにつれて操作に慣れていき容易になっていく。そのため走行ロボットのインタフェースを開発する際に 3 次元視線計測装置が必要になる。

今後の展望として走行ロボットでの視線操作を行う際は実験で使用した 3 次元視線計測装置を使用して VR 空間上に図のようなロボットのカメラ映像を出力し、それに視線検出を合わせることで視線操作ができる走行ロボットの作成を行う。

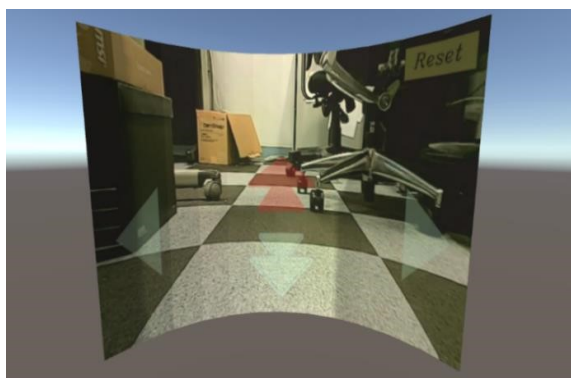


図 6 VR スクリーン画像

参考文献

- 1) 周期性四肢麻痺 難病情報センター，公益財団法人難病医学研究財団，参照日 2022 年 2 月 15 日。
<https://www.nanbyou.or.jp/entry/4528>
- 2) ALS の現状と展望 ALS ステーション，田辺三菱製薬，参照日 2022 年 2 月 18 日。
https://als-station.jp/recent_situation_01.html
- 3) 今村 貴明，永井 孝幸，中野 裕司，視線判定機能によりタッチタイピング練習を支援するツールの開発，研究報告コンピュータと教育 Vol.2012-(CE-117) No5 pp. 1～8, 2012.
- 4) 伊藤 和幸，数藤 康雄，伊福部 達，重体肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーション装置，電子情報通信学会論文誌 Vol.J83-D1, No5, pp. 495～503, 2000.
- 5) トラッキング可能な FOV とはトラッキング精度は？ VIVE Developers，参照日 2022 年 5 月 4 日
https://developer.vive.com/jp/support/sdk/category_howto/trackable-field-of-view.html
- 6) 視野の重要性，オガタ眼科クリニック，更新日 2018 年 4 月 3 日 閲覧日 2022 年 5 月 4 日
<https://www.ortho-k.jp/information/736/#:~:text=%E7%9B%AE%E3%82%92%E5%8B%95%E3%81%8B%E3%81%95%E3%81%AA%E3%81%84%E3%81%A7%E4%B8%80%E7%82%B9%E3%82%92%E8%A6%8B%E3%82%8B%E5%9B%BA%E8%A6%96%E7%82%B9,%E5%91%A8%E8%BE%BA%E8%A6%96%E9%87%8E%E3%80%8D%E3%81%A8%E8%A8%80%E3%81%84%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82>

- 7) Roman Rezenko, Ryoya Hase, Takenori Obo, Yousun Kang, Duk Shin, Mobile Robot with Eye-Gaze Interface, SMA-2020, September 17-19, 2020, Jeju, Republic of Korea.