Vol.2020-HCI-187 No.25
2020/3/17

視線・顔情報を用いた電動車いす操作における特徴量抽出

比嘉聖[1]　山田孝治[1]　神里志穂子[2]

概要：近年，肢体不自由者の多様性に応じて様々な電動車いす操作のためのユーザインタフェースの開発が行われている．その一手法としてインタフェースに顔・視線を用いた操作方法があるが，直感的に操作できる故に意図しない顔・視線の動作が電動車いすに反映されてしまうといった問題がある．そこで本研究は，肢体不自由者の電動車いす走行における操作支援のため，ユーザの注意方向を顔・視線情報から推定可能な操作支援システムの開発を目的とする．本稿では，まず初めに視線入力型電動車いすを開発し，注視量ヒストグラムによる注意方向推定手法を実装した．

キーワード：生活支援ロボット，注意推定，操作支援，肢体不自由者

Feature Extraction in Electric Wheelchair Operation Using Gaze and Face Information

SHO HIGA[†1]　KOJI YAMADA[†2]
SHIHOKO KAMISATO[†3]

Abstract: In recent years, various user interfaces have been developed according to the diversity of physically disabled peoples. The purpose of this study is to develop an operation support system that can estimate the direction of user 's attention in order to support operation in the electric wheelchair running of physically disabled persons. In this paper, we developed a gaze input type electric wheelchair and implemented an attention direction estimation method by gaze amount histogram.

Keywords: Life-support Robot，Estimation of User's Attention，Operation Support，Physically Disabled Parsons

1. はじめに

近年，肢体不自由者の多様性に応じて様々なユーザインタフェース(以下 UI)の開発が行われている．脳波を用いた電動車いす操作技術の開発や特定の音声コマンドで操作可能な音声認識電動車いすの研究などが行われており，手法の一つとして UI に使用者の視線を用いる試みが行われている．眼球運動は麻痺の影響を受けにくく，ハンズフリーで直感的な操作を可能としており，UI に適している．松本ら[1]は顔方向と視線を UI に用いた電動車いすを開発し，ジョイスティック操作のようにユーザの意図が随意に反映される操作システムを実現した．しかし顔や視線方向が進行方向となるため，視界外からの第三者の進入や障害物確認などの外乱が発生した場合，意図しない眼球運動による衝突などの可能性が生じる．このような探索のための無意識的な眼球運動も入力操作とみなされてしまうことを Midas Touch Problem と呼ぶ．視線入力操作システムにおいては，Midas Touch Problem によって全ての眼球運動が電動車いす走行に直接的に反映されるため，眼球運動から明確な注意の方向付け(方向定位)を推定することでユーザの意図に沿った走行支援を行える方が望ましい．ユーザの注意方向を推定し，それを進行方向とすることで外乱発生時の眼球運動の走行に対する影響を抑制しつつ，目標へ到達することが可能であると考える．そこで本研究は，肢体不自由者の電動車いす走行における操作支援のため UI に視線入力を利用し，ユーザの注意方向を推定可能な操作支援システムの開発を目的とする．これまでに，視線入力型電動車いすの開発と注視量ヒストグラム[2]を用いた注意方向推定手法の実装を行ってきた．しかし，提案手法が走行の安全性と操作感覚に与える影響について評価を行っていない．そのため本稿では，提案手法を用いた電動車いす走行の安全性と操作感覚といったユーザ心理評価のため，ジョイスティック操作や従来の視線入力操作との比較実験を行う．

1 琉球大学
University of the Ryukyus.
2 国立沖縄工業高等専門学校
National Institute of Technology, Okinawa College

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

2. 視線入力型電動車いすの開発

図 1 に開発した電動車いすのシステム概要図を示す．システムはユーザが操作するコンピュータ(以下ユーザ用 PC)と電動車いすの制御に用いられるコンピュータ(以下制御用 PC)，視線計測機器と電動車いすユニットから構成されている．電動車いすは YAMAHA 製の“JWX-1”を使用した．表 1 に電動車いすの仕様を示す．また，眼球運動を計測するため，非接触型視線計測機器の”The Eye Tribe Tracker”を使用する．The Eye Tribe Tracker は角膜反射法を用いた視線計測機器であり，出力データはディスプレイに対する注視座標，右眼・左眼ごとの瞳孔位置と瞳孔の大きさ，および注視座標などが取得できる．まず初めに，The Eye Tribe Tracker からユーザの PC ディスプレイ上の注視座標を取得し，ユーザ用 PC はそれに基づいて制御用 PC に操作コマンドを送信する．制御用 PC では受信した操作コマンドに対応する速度指令を電動車いすユニットに送信することで，電動車いすは走行を開始する．ここで，制御用 PC では ROS(Robot Operating System)を利用した電動車いすの制御/通信を行っており，ユーザ用 PC と制御用 PC は無線 LAN を介してトピックを Publish/Subscribe することで通信を行っている．

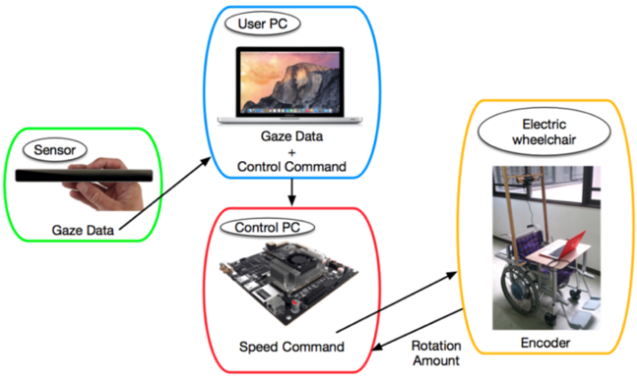

図 1　システムの概略図
Figure 1　Schematic of the system.

次に，ユーザ用 PC に表示される操作画面のレイアウトを図 2 に示すユーザは基本的にディスプレイではなく，実際の移動方向に直接視線を向けることで走行を行う．ユーザが実環境に視線を向けることで，ディスプレイ上の注視座標が画面端の各走行方向へ対応した領域へ移動し，操作コマンドが制御用 PC へと送信される．走行を停止する場合はディスプレイ内を注視することで停止する．加えて，画面端の各走行方向に対応する領域は 3 章で説明する注意方向推定モデルが適用されている．

次に，図中の四角形の枠で表示された「FRONT」「BACK」「START」「STOP」はスイッチボタンであり，それぞれのスイッチを注視することで，機能がアクティブとなる．アクティブとなったスイッチは赤色から緑色へと変化し，ユーザに視覚刺激として現在の操作方法を教示する．各スイッチの機能について述べる．まず電動車いすの初期状態は待機状態である．待機状態から START スイッチを ON にした場合，電動車いすは走行可能な状態となる．FRONT スイッチを ON にした場合は図中の操作方向への走行が可能となる．BACK スイッチを ON にした場合は，後進・右旋回・左旋回が可能となり，ディスプレイには電動車いす後方のカメラ画像が表示される．STOP スイッチをアクティブにすると待機状態へと遷移し，電動車いすは停止する．

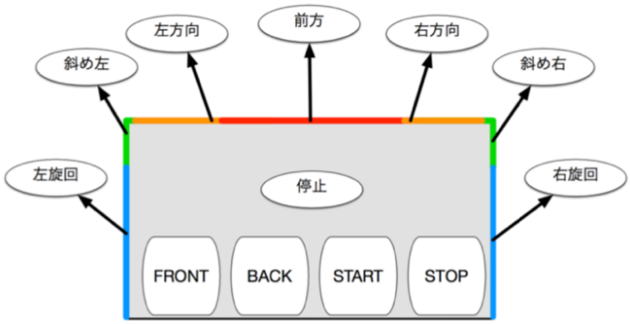

図 2　操作画面のレイアウト
Figure 2　Operation screen layout.

表 1　電動車いすユニットの仕様
Table 1　Specification of electric wheelchair unit.

重量	14.5 kg
車輪計	22 インチ
制御方式	マイクロコンピュータ制御
モーター	３０分定格出力 24 V 120 W×2
走行速度	前進:1.7–4.5km/h 後進:1.7–4.5km/h

3. 注視量ヒストグラムによる注意推定

本章では，注視量ヒストグラムを用いた注意方向推定手法について述べる．注視量ヒストグラムは足立ら[2]が考案した注視の度合い(注視量)をヒストグラムとして表現したモデルであり，ヒトが視線を任意方向に対して意図的に向ける場合，その方向に注意が発生しているという考えに基づいている．まず初めに，人間の視覚において高精度の範囲は中心窩の約 2 度である．すなわち，ユーザの視線方向中心に近いほど視力が高くなり，物体を鮮明に見ることができるため，その方向に対する注視の度合いが高いと考えられる．ここで，視野全体の注視量はユーザの視線方向を

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

中心にピークを持つ分布とし，同じ方向を見続けることで注視方向に対する注視量が高まるように時刻毎に正規分布g_iをヒストグラムw_iに与える．以下に注視量ヒストグラムの数式とパラメータを示す．

$$w_i(t) = \alpha \cdot w_i(t - \Delta t) + g_i(t)$$

$$g_i(t) = A \cdot \exp\{-(\phi_m^2 + \phi_n^2)/2\sigma^2\}$$

$w_i(t)$：注視点iでの時刻tのヒストグラム度数
α　：ヒストグラム度数の減衰率
ϕ_m　：注視点iと視線方向の角度差(水平方向)
ϕ_n　：注視点iと視線方向の角度差(垂直方向)
σ　：正規分布の標準偏差
A　：定数

同じ方向を注視し続けた場合，その方向に対するヒストグラム度数が A/(1-α)に収束する．本研究では収束値を100%として，度数が 90%以上となったときは注意があると推定され，走行を開始する．度数が 10%以上 90%未満の場合は直前の進行方向に対して減速走行を行う．10%未満の場合は注意がないと推定され，停止する．今回は減衰率α=0.92，標準偏差ρ=5 としたことにより，約 0.7 秒で収束値が 90%以上となる．上記モデルを 2 章で述べた操作画面端に適用した．このことより，任意方向に対して 0.7 秒以上の注視を行うと「注意がある」と推定され，その方向に対して走行するが，0.7 秒未満の注視では「注意がない」とされ，電動車いす走行に反映されない．このように，任意方向に対する注視量から注意方向推定を行うことで眼球運動の識別が可能となり，Midas Touch Problem を回避することができる．

4. 注意推定を用いた視線走行実験

4.1 実験条件

本章では，注意方向推定を用いた場合の電動車いす走行の操作性と安全性を検討するため，提案手法と従来手法による視線入力走行とジョイスティック操作による走行の比較実験を行う．被験者は 22 歳の健常者 3 名とする．被験者は提案手法と従来手法，およびジョイスティックを用いて図 3 に示す全長 30[m]程のコース(廊下)を走行する．今回は被験者の安全を考慮し，電動車いすの速度を 1.7[km/h]に制限する．また，評価指標は走行経路、および走行時間とし，走行後には操作性と安全性について主観評価アンケートを実施する．

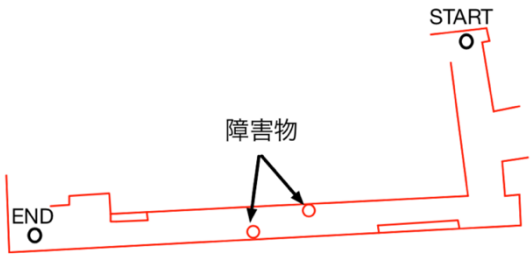

図 3　走行するコース(廊下)
Figure 3　Driving course (corridor).

4.2 実験結果・考察

被験者 A~C の各手法における走行経路を図 4~6 に示す．図中の緑線は提案手法による走行，赤線はジョイスティック操作による走行，青線は従来手法による走行経路である．走行中盤では，各手法ともほぼ同様の経路で走行しており，設置した障害物も回避している．しかし走行中の動画を確認した結果，被験者 A の場合は曲がり角の走行時に従来手法では左側の棚に突然接近したが，提案手法においてはそのような様子は見られなかった．これは棚を確認するための眼球運動が，従来手法では電動車いす走行に直接反映されてしまったのに対し，提案手法では注意が向いてないと推定されたため走行に影響を与えなかったと考えられる．さらに，アンケートでも安全に走行できたとの結果が得られたため，提案手法によって眼球運動の走行への影響を抑制できたと考える．次に，被験者 A~C の各手法における走行時間を図 7 に示す．各被験者は提案手法による走行時間が最も長く平均は 124[sec]となった．一方で，従来手法の平均走行時間は 112.0[sec]となった．原因として，注意方向推定に必要な 0.7 秒の注視の間は減速走行となるためと考える．

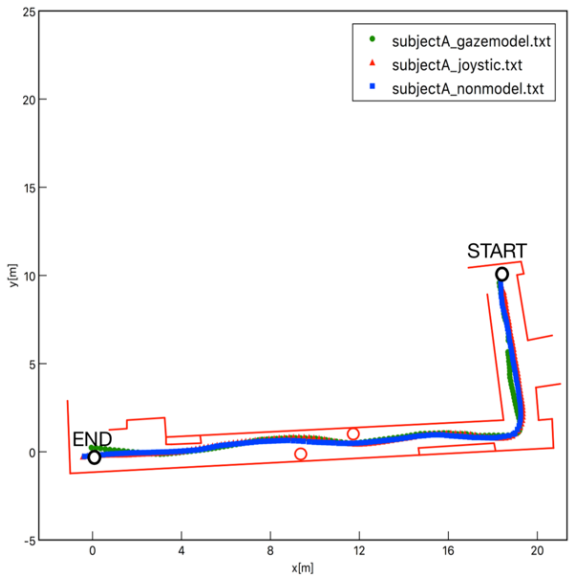

図 4　被験者 A の走行経路
Figure 4　Traveling path of the subject A.

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

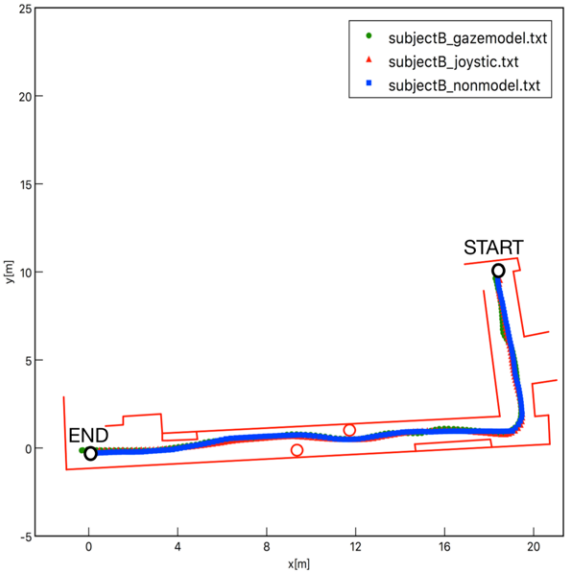

図 5　被験者 B の走行経路

Figure 5　Traveling path of the subject B.

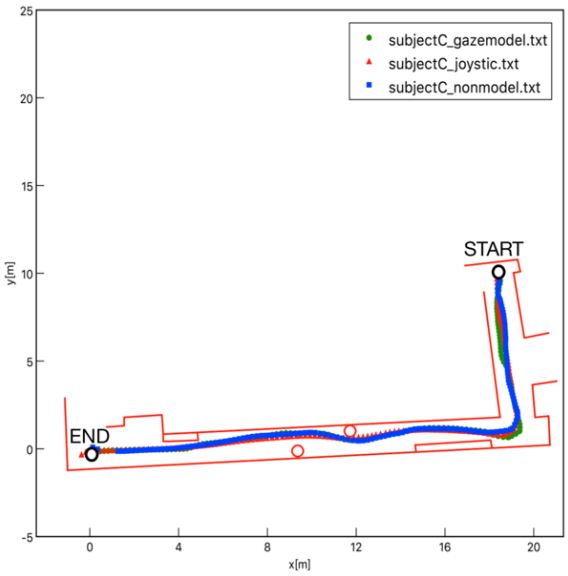

図 6　被験者 C の走行経路

Figure 6　Traveling path of the subject C.

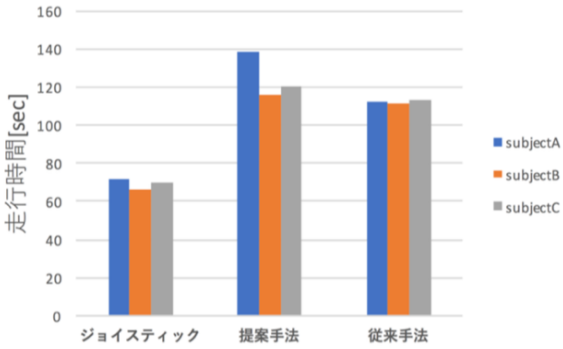

図 7　各手法の走行時間

Figure 7　Running time for each method.

また，操作性に関するアンケートでは「提案手法はスムーズに移動しにくく，扱いづらい」という結果を得た．被験者 C の場合，図 6 より提案手法で曲がり角を走行するとき，他手法と比較して大回りしており，走行に時間がかかっている．動画中では同場面の旋回する段階で，0.7 秒というタイムラグによって前方に進みすぎてしまい，大回りする様子が確認されたことから，被験者はタイムラグを考慮した視線入力操作を行っていたと考えられる．このことから，注意推定時間が走行時間に影響を及ぼし，視線入力操作を難しくしていると示唆される．

5.　おわりに

本研究は，肢体不自由者の電動車いす走行における操作支援のためユーザインタフェースに視線入力を利用し，ユーザの注意方向を推定可能な操作支援システムの開発を目的とする．実験結果から，注意方向推定を行うことで眼球運動の電動車いす走行に対する影響を抑制し，安全な視線入力走行が可能となることがわかったが，注意方向推定にかかる時間が操作性および走行時間に影響を及ぼすこと示唆された．今後は，推定精度と操作性の改善に向けて視線方向と顔方向の関係性を考慮したモデルの拡張と、それらを実現するために視線・顔方向・表情といった特徴量の抽出を行う。

参考文献

[1]　松本吉央，伊野智行，小笠原司：顔と視線情報による電動車椅子の走行支援システム，電気学会システム・制御研究 SC-10-30，pp.59-64，2001.

[2]　足立佳久，恒成裕行，松本吉央，小笠原司：ユーザの注意推定に基づく搭乗型移動ロボットの走行支援システム，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.6，No.3，pp.265-274，2001.

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan