

# 視線の軌跡による用語選択を用いる コミュニケーション支援システム

角谷仁<sup>†1</sup> 秋田純一<sup>†2</sup>

**概要：**視線情報は身体障害者でも利用可能なユーザインタフェースである。本稿では、身体的・心理的負担の少ない視線の軌跡のみを用いる領域選択操作に着目し、選択領域の組み合わせに対応する会話用語を選択する形式のコミュニケーションシステムの実装と評価を行った結果について述べる。

## 1. はじめに

視線は、一般的に人間の身体動作の中で最後まで使用可能なものであるため、視線入力は身体的な制約を受けにくい情報入力方法といえる。視線入力技術を活用したコミュニケーション方法としては、主に五十音表を用いた方法が用いられる。この方法では、ユーザが五十音表上の特定の文字を見つめることで、文字を1文字ずつ選択しながら文章を構築するが、この方法は、視線を停滞させる操作に訓練が必要なことや文字数が増えるにつれ操作時間も増えること、文字を選択する際の視線の停滞が目の疲労の原因であるなどの問題がある。本研究ではこれらの問題の解決のため、視線の軌跡による会話用語の選択式コミュニケーションシステムの開発と評価を行う。

## 2. 視線インタフェースと本研究の設計方針

### 2.1 情報入力としての視線インタフェース

視線入力インタフェースは、重度肢体不自由者などの身体的制約を持つ人々にとって、有力な代替入力手段として注目されており、その中でも最も広く用いられている手法は「注視入力」である。これは、ユーザが画面上のある位置や文字を一定時間見つめることで選択操作を行う方式である[1]。この手法はシンプルで多くの視線インタフェースシステムで採用されてきた。しかしながら、意図しない注視が入力と誤認される「Midas Touch Problem」[2]や、一定時間注視し続ける必要があることによる身体的負荷が課題として指摘されている。

こうした課題に対して、磯本[3]は、ユーザが「右を見た後に上を見上げる」などの2段階の視線移動を行うことで、コピーやペーストといったコマンドを実行できる新たな操作手法を提案している。この方式では、単一の注視ではなく、連続的な視線移動のパターンを用いることで、ユーザの意図に基づいた操作のみに反応し、意図しない視線動作

による誤入力の発生を抑制することが可能であると報告されている。

以上を踏まえて、本研究では注視入力を使用しない視線入力コミュニケーション支援システムとして、視線の軌跡を用いて会話用語を選択する方式のシステムを提案する。また、操作時間及びユーザの疲労感を評価することで、注視入力方式に見られる Midas Touch Problem や長時間注視による身体的負荷の問題に対し、視線軌跡を用いた方式が有効であることを示すことを目的とする。

### 2.2 視線の軌跡による用語選択を用いるコミュニケーション支援システム

本研究では、視線入力のうち、身体的負荷の大きい停留や注視の利用を最小限とし、視線の軌跡のみを用いて用語選択を用いたコミュニケーション支援システムの実現とその評価を目的とする。

本研究では、システムの開発環境にはUnity 2Dを使用し、視線入力装置として、Tobii Pro Sparkを使用し、音声出力にVOICEVOXを使用した。視線の操作対象と、5つの領域(右上, 左上, 左下, 右下, 中央)で構成されている「入力パネル」を用意し、ユーザはこれらの領域を視線でなぞることで選択する。視線の軌跡により特定の領域を選び、選択を確定させる「Enter」ボタンを一定時間見つめることで決定する。

選択された領域の組み合わせに基づき、あらかじめ対応表で定義された会話用語、「こんにちは」「あなた」などが表示・音声出力される。なお選択対象の会話用語は、場面に応じて切り替えることとする。これらにより、身体的負荷を最小限としつつ、円滑なコミュニケーションを実現することができると思われる。

<sup>†1</sup> 金沢大学 自然科学研究科 電子情報通信学専攻

<sup>†2</sup> 金沢大学 融合研究域 融合科学域

### 2.3 入力パネル部の設計

本システムでは、図 1 に示した「入力パネル」という 5 つの領域から構成される正方形の入力インターフェースを使用している。5 つの領域は、画面の四隅の領域（①:右上、②:左上、③:左下、④:右下）および⑤:中央領域で、それぞれが独立した選択可能なエリアとして機能する。また、入力パネルには領域選択時の視線移動を補助するための補助線や補助点が表示されている。他にも、図 2 に示すように、領域が選択されたときに選択したことが視覚的にわかるように、選択領域に色がつく機能がある。①～④の領域では赤色に、⑤の領域では青色になる。



図 1：入力パネル

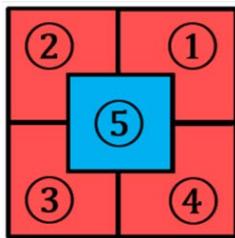


図 2：領域選択時の配色

### 2.4 視線の軌跡による領域の組み合わせ

本システムでは、5 つの領域を使用するためその組み合わせはすべてで 32 通りある。この 32 通りの中から、本システムの視線の軌跡を用いて領域を「なぞる」選択方法では選択できない①③の組み合わせと②④の組み合わせ、⑤のみ（図 3）の 3 通りを引いた 29 通りの領域の組み合わせに会話用語を対応させる。①③、②④の組み合わせは、視線の軌跡で選択しようとするとき必ず、⑤を選択してしまうため、⑤のみは、領域の選択後に選択を確定させる「Enter」ボタンの選択時に必ず、他の領域を選択してしまうため除外される。

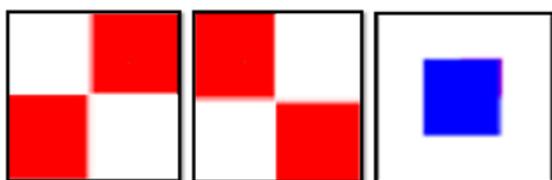


図 3：除外する領域の組み合わせ

この 29 通りの組み合わせに対して、特定の会話用語を事前に設定する。領域の組み合わせと会話用語の対応表は図 4 に示す。対応表では、四隅の領域は赤色、中央領域は青色で示されている。

<input type="checkbox"/> 誰か来て	<input type="checkbox"/> わかりました	<input type="checkbox"/> わかりません
<input checked="" type="checkbox"/> おはよう	<input checked="" type="checkbox"/> 知りません	<input checked="" type="checkbox"/> あなた
<input checked="" type="checkbox"/> こんにちは	<input checked="" type="checkbox"/> 暑い	<input checked="" type="checkbox"/> わたし
<input checked="" type="checkbox"/> こんばんは	<input checked="" type="checkbox"/> 寒い	<input checked="" type="checkbox"/> 体調がいい
<input checked="" type="checkbox"/> さようなら	<input checked="" type="checkbox"/> 喉乾いた	<input checked="" type="checkbox"/> 体調が悪い
<input checked="" type="checkbox"/> お腹すいた	<input checked="" type="checkbox"/> 眠い	<input checked="" type="checkbox"/> うるさい
<input checked="" type="checkbox"/> トイレ	<input checked="" type="checkbox"/> 疲れた	<input checked="" type="checkbox"/> 寝です
<input checked="" type="checkbox"/> お風呂	<input checked="" type="checkbox"/> 楽しい	<input checked="" type="checkbox"/> ?(はてな)
<input checked="" type="checkbox"/> ありがとう	<input checked="" type="checkbox"/> 悲しい	<input checked="" type="checkbox"/> うれしい
<input checked="" type="checkbox"/> ごめんなさい	<input checked="" type="checkbox"/> 怒る	

図 4：領域の組み合わせと会話用語の対応表

対応表の例を示す。入力パネルの 5 領域のうち、ユーザーが①②④の 3 つの領域を選択すると、その領域の組み合わせに対応する「わかりません」が出力される。②③⑤の領域を選択すると、その領域の組み合わせに対応する「うれしい」が出力される。

### 2.5 視線の軌跡による領域の組み合わせ

本システムではユーザーの視点は初め、赤い円で示されており、入力パネルの上に視点がくると図 5 のように、反時計回りに青い領域が増えていき、すべてが青になると選択状態になる。

入力の手順としては、ユーザーが視線をパネル内のどこかに一瞬間停滞させることで選択が開始し、視線で領域をなぞることで選択し、視点が入力パネルの外に出るまで選択状態が継続する仕様とした。この赤い円の初期状態から完全な青い円の選択完了状態になるまでが選択時間の 1 秒となっている。

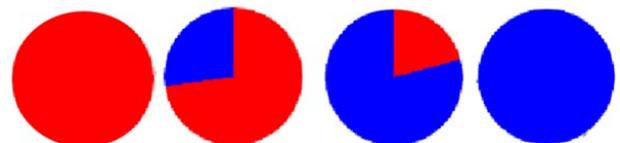


図 5：視点マーク

例として、図 6 に実際に②③④の領域を選択した時の入力パネルの様子を示す。黒い太線は視線の軌跡、黒い線の先端にある大きな青い円は選択状態の視点マークを表して

いる。図 6 では、ユーザは②の領域の青い補助点を選択状態になるまで見つめ、選択状態になった後、②→③→④の順に補助線に沿って視線を動かし、3つの領域を選択している。その後、選択領域に対応する会話用語が音声で出力される。

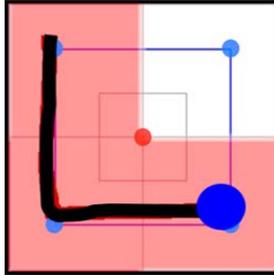


図 6：②③④の領域選択時の入力パネル

## 2.6 システム画面

本システムの画面は、図 7 のようになっており、視線で各要素を選択し操作する。本システムでは、前述したとおり、視線が 1 秒間停滞すると選択とみなされ、ボタン上ではそのボタンの選択、入力パネル上では、視線の軌跡による領域の選択の開始を意味する。

実行画面は、以下の 9 つの要素で構成されている。

- ① 入力パネル：視線の軌跡を用いて領域を選択するための入力インタフェース。このパネル上でユーザは視線を動かし、その視線の軌跡で領域を選択する。
- ② Enter ボタン：ユーザが選択した領域を確定するためのボタン。領域が確定されると、その領域の組み合わせに対応する会話用語が認識され、音声出力される。左右に配置されているが、選択領域によって使いやすいほうを使用する。
- ③ Reset ボタン：選択中の領域をリセットするためのボタン。誤選択の時に選択を取り消すことができる。左右に配置されているが、選択領域によって使いやすいほうを使用する。
- ④ 履歴表示エリア：過去に出力された会話用語を 5 件まで表示するエリア。これにより、直近の履歴を確認でき、コミュニケーションの連続性を高めることが可能となる。
- ⑤ 現在の会話用語表示エリア：現在選択されている領域に対応する用語をリアルタイムで表示するエリア。ユーザは視線で領域を選択しながら、出力予定の会話用語を即時に確認できる。

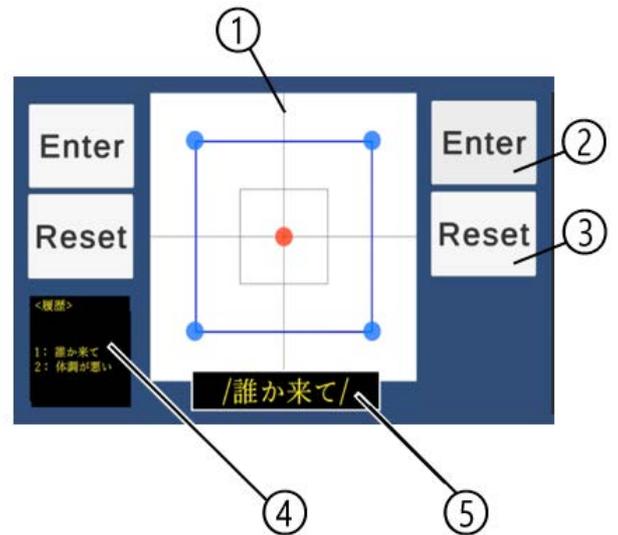


図 7：システム画面

## 3. 視線入力システムの評価

### 3.1 システム画面

選択領域による操作時間の違いを調べるため、全 29 通りから選択領域数や視線の移動方向の観点から選んだ以下の 11 通りに対して、5 人の被験者に対し、操作時間を計測した。

- (1) 1つの領域のみ：①
- (2) 上下方向の移動：①④
- (3) 左右方向の移動：①②
- (4) 上下左右方向の移動：①③④
- (5) 上下左右方向の移動（四隅の領域）：①②③④
- (6) 中央を含む1つの領域：①⑤
- (7) 中央を含む上下方向の移動：①④⑤
- (8) 中央を含む左右方向の移動：①②⑤
- (9) 中央を含む斜め方向の移動：①③⑤
- (10) 中央を含む上下左右方向の移動：①③④⑤
- (11) 全領域：①②③④⑤

### 3.2 評価実験の結果と考察

操作時間の全体平均は 5.58[s]、選択領域ごとの操作時間は(1)が最短で 4.79[s]、(11)が最長で 6.59[s]となった。(9)は選択領域数が等しい(7)や(8)より操作時間が長くなった(図 8)。このことから、選択領域が増えるほど視線の移動距離が伸び選択時間も増えることが分かる。また、斜め方向の視線移動では垂直方向や水平方向の視線移動より精密な視線制御を必要とするため時間を要したと考えられる。

(1)	(2)	(3)	(4)
4.79	5.19	5.24	5.85
(5)	(6)	(7)	(8)
6.33	4.83	5.29	5.44
(9)	(10)	(11)	全体平均
5.82	5.98	6.59	5.58

図 8：領域の各組合せの平均操作時間

## 4. まとめと今後の課題・取り組み

### 4.1 まとめと課題

本研究で開発・評価した5領域（左上，右上，左下，右下，中央）を用いた順不同の視線軌跡入力システムは，従来の注視入力方式と比較して，選択時の注視時間を短縮することはできた．しかしながら，以下の課題が明らかになった．

- ① 注視動作の残存：領域選択の決定・キャンセルには，それぞれ対応するボタンを一定時間，注視する必要がある．
- ② 探索性の低さ：領域の組み合わせに対して，語句がランダムに割り当てられており，ユーザが目的の語句を見つけるまでに時間を要する．
- ③ 5領域の選択性：領域の組み合わせが複雑であり，中央領域を含んだ選択には特に精密な視線制御が必要である．

### 4.2 現在の取り組みと進捗

上記の課題を解決し，「注視を必要としない」という本研究の根本目的を達成するため，現在，以下の新しいシステムへの移行と開発を進めている．

- ① 注視動作の完全な最小化：最大の課題であった注視による決定操作を廃止し，視線の軌跡（特定のエリア間の移動），瞬き，またはMediaPipeによる顔の動きを用いた非注視型の決定メカニズムを導入した．
- ② 領域・順序付き軌跡入力の導入：入力パネルを4領域（UL, UR, DL, DR）に減らし，視線の通過順序を反映した入力列を認識する方式へと変更した．これにより，入力パターンに構造を持たせ，操作の直感性の向上を図った．

- ③ 語句の分類表示と探索性の向上：視線の入力列の開始領域を語句カテゴリの起点として用いる設計を導入した．これにより，ユーザが最初に見る領域によって選択される語句が分類され，目的の語句の探索性と学習性の向上を図った．

今後は，この新型システム（4領域・順序付き軌跡，非注視型決定）の改良とユーザ評価実験を実施し，旧システムとの比較を通じて，主観的・定量的な検証を進める予定である．

## 参考文献

- [1] 伊藤「視線入力型意思伝達装置 —視線入力装置の有効活用—」リハビリテーション・エンジニアリング, Vol.31, No.4, pp.126-129, 2021.
- [2] 村田「視線入力システムの高性能化・実用化に関する研究」<https://www.taf.or.jp/files/items/539/File/P648.pdf>
- [3] 礪本・山中・志築，「凝視後にジェスチャを行うという一連の操作を用いた意図しない操作に堅牢な視線に基づく操作手法」，ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.23, No.1, pp.5-18. 2021.