

# アイマークレコーダを用いた視線入力装置の 操作性及び精度向上手法の提案

研究代表者氏名：Goutam Chakraborty（ソフトウェア情報学部、教授）

研究参加者氏名：十倍勝成（ソフトウェア情報学部、4年）

## <要旨>

近年、コミュニケーション技術の多様化により、様々な手段を用いてコミュニケーションをとることが可能となった。しかし、身体的動作を必要とする入力方法が多く、体が不自由なものには使用することが難しい。そこで、視線情報を用いた文字入力方法である視線入力装置の使用を提案する。本研究では、視線入力装置の操作性及び精度向上のための手法を提案し、検証を行っていく。

## 1 研究の概要

近年、携帯電話やインターネットをはじめとしたコミュニケーションツールが広く普及している。総務省が作成した情報通信統計データベースによると、携帯電話・PHSの普及率は平成24年9月末の時点で106.6%、個人のインターネット普及率は平成23年末の時点で79.1%となっており、インターネットや携帯電話は他者とコミュニケーションを取る上で必須とも言える存在となっている[1]。しかしながら、このようなコミュニケーションツールは身体的動作をとらなくなった入力方法が多い。このため、発話が不可能なものや脊椎の損傷などの理由により全身が麻痺した方は使用することが難しい。また、通常のface-to-faceのコミュニケーションにおいても、上記の理由により、体が不自由なものは健常者と同じようにコミュニケーションをとることは難しい。これを解決するために、透明文字盤を使った視線でコミュニケーションをとる方法がある[2]。透明文字盤を使ったコミュニケーションでは、五十音表を記入した透明な板を、メッセージの発信者と受信者が挟んで向かい合い、メッセージを1文字ずつ伝えられる。しかし、メッセージの受信者が透明文字盤の使用に慣れていない場合、誤字などによりメッセージを読み取りに時間がかかり、メッ

セージの発信者と受信者双方にストレスが生じるという問題点が存在する。そこで本研究では、発話が不可能な者や、全身麻痺などの理由により通常のコミュニケーションをとることが困難な者とのコミュニケーション方法として、先行研究である視線移動を用いた文字入力方法の視線入力装置を改善していく。視線入力装置の問題点である操作性と認識精度を向上することで、体が不自由な方とのコミュニケーションの円滑化を目指す。

## 2 研究の内容

透明文字盤は、発声器官や呼吸筋群のなど運動障害のために発話ができない者や、体に麻痺がある者が相手に自分の意思を伝えるためのコミュニケーション方法として発案された。図1のように透明板に五十音表を記入し、発信者と受信者が透明板を挟んで向かい合いメッセージを1文字ずつ伝えていく。透明文字盤の使用法は様々あるが、本稿では視線による直接選択方式の五十音表透明文字盤について述べる。視線による直接選択方式の文字盤は、発信者側が伝えたい文字を注視することでメッセージの伝達が始まる。このため、発信者のペースでコミュニケーションを行うことができるといった利点がある。図1-2に透明文字盤の実際の使用例

を示す[3]。透明文字盤の使用上の注意点として、メッセージの発信者側と受信者側の向き合う姿勢について注意すること、発信者側が透明文字盤を見やすいように構えることが挙げられる。向き合う姿勢が不自然であると、被介護者であるメッセージの発信者に負担を与えてしまうため、注意が必要である。また、メッセージの発信者が近視や老眼である場合、発信者に合わせた最適な距離に透明文字盤を構えるといった注意が必要である。



図1 透明文字盤

透明文字盤にはいくつかの問題点が存在する。1つ目の問題点として、メッセージの受信者が透明文字盤の使用に慣れていなければならないということが挙げられる。透明文字盤はメッセージの発信者が文字を注視し、受信者が注視文字を読み取る。このため、透明文字盤を初めて使うものは、メッセージを読み取る練習が必要となり、受信者に大きな負担を与えてしまう。また、受信者が透明文字盤の扱いに慣れていない場合、誤字によってメッセージの読み取りに時間がかかり、発信者にストレスを与えてしまう。透明文字盤は、メッセージ受信者の習熟度により利便性が大きく異なる。扱いに慣れているものが使用した場合、スムーズに文字を読み取ることができ、コミュニケーションを楽しむことができるが、不慣れなものが扱った場合、メッセージの発信者と受信者双方にストレスが生じる。

2つ目の問題点として、遠方の人物と直接コミュニケーションをすることができないという



図2 透明文字盤の使用例

問題点がある。透明文字盤はFace-to-Faceのコミュニケーションを前提としている。遠方の人物とコミュニケーションをとる場合、メッセージの受信者が発信者の意図を汲んだコミュニケーションを遠方の人物と行わなければならない。このため、メッセージの受信者に大きな負担がかかる。

上記の2つの問題点から、透明文字盤を使用したコミュニケーションは、メッセージの受信者である介護者に大きな負担を強いることがわかる。上記の2つの問題点から生じる介護者への負担を解決する方法として、透明文字盤と同様に視線移動を用いた文字入力方法である視線入力装置の使用を提案する。

視線入力装置は、使用者の視線移動による文字入力システムであるアイマークレコーダを用いる。使用者は画面に表示された文字を注視することで文字の入力ができる。文字の入力を機械的に行うことから、介護者に負担をかけないコミュニケーションが可能となる。

視線入力装置では図3のように平仮名、片仮名、アルファベット、数字の順に34行×5列の縦長文字マップが使用される。このうち、画面に表示される文字マップの範囲は3行×5列であるため、表示されていない文字を入力したい場合、視線移動に合わせて動く視線カーソルを上下に移動して文字の表示範囲を変更する必要がある[4]。

あ	い	う	え	お
か	き	く	け	そ
さ	し	す	せ	の
た	ち	つ	て	ほ
な	に	ぬ	ね	も
は	ひ	ふ	へ	よ
ま	み	む	め	ろ
や	り	ゆる	れ	ん
ら		る		お
わ		を		よ
あ	い	う	え	ー
っ	。	ゃ	ゆ。	
、				
ア	イ	ウ	エ	オ
カ	キ	ク	ケ	コ
サ	シ	ス	セ	ソ
タ	チ	ツ	テ	ト
ナ	ニ	ヌ	ネ	ノ
ハ	ヒ	フ	ヘ	ホ
マ	ミ	ム	メ	モ
ヤ	リ	ル	レ	ロ
ラ		ル		ン
ワ		ヲ		ン
ア	イ	ウ	エ	ー
ツ	。	ゃ	ユ。	
、				
A	B	C	D	E
F	G	H	I	J
K	L	M	N	O
P	Q	R	S	T
U	V	W	X	Y
Z	,	.		?
1	2	3	4	5
6	7	8	9	0

図3 視線入力装置文字マップ

図4に視線入力装置の処理の流れを示す。視線入力装置では始めに図2の文字マップが表示される。初期の表示範囲は「あ行」から「さ行」である。入力したい文字がある場合、文字を注視することで入力ができるが、入力したい文字が表示範囲にない場合、視線移動に合わせて動く視線カーソルを上下に移動する。視線カーソルを上下に移動することで、文字マップの表示範囲が変更される。このため、注視時間+表示範囲の変更時間が1文字あたりの入力時間となる。文字マップ表示範囲変更後、文字を注視し入力を行う。入力完了後、文字マップは変更された状態のまま次の文字の入力に移る。

視線入力装置にはいくつかの問題点が存在する。問題の一つとして操作性の悪さがあげられる。視線入力装置では、入力したい文字が画面

上に表示されている場合、注視することで即座に文字を入力することができる。しかし、入力したい文字が表示されていない場合、視線カーソルを使った文字マップの表示範囲の変更が必要となる。このため、入力したい文字同士が離れている場合、文字マップ表示範囲の変更時間が長くなり、1文字あたりの入力時間にムラができる。また、入力時間の長さから、使用者にストレスを生じさせてしまう。

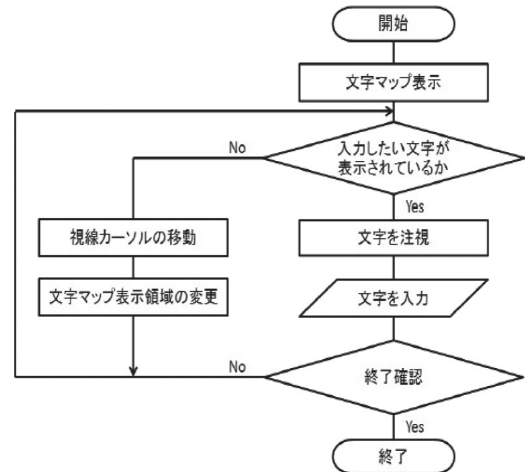


図4 視線入力装置の流れ

2つ目の問題点として、認識精度の低さがあげられる。視線入力装置では文字マップを表示するディスプレイが小さい場合、ディスプレイに合わせて文字マップが縮小されるため、文字のサイズが小さくなる。また、隣り合う文字同士の間隔もディスプレイに合わせて縮小されるため、誤字の原因となる。このため、使用環境によって認識精度に大きな変化が生じる。また、使用するアイマークレコーダの性能が低い場合、注視位置を正確に計測できない恐れがあるため、ディスプレイの大きさが十分であっても認識精度が低下してしまう。

そこで本研究では、前述した視線入力装置の問題点で上げた操作性の面について改善するため、使用する文字マップの変更を行う。また、認識精度の面では、使用するディスプレイの大きさや、アイマークレコーダの性能に合わせ、注視された文字周辺の拡大を複数回行う。文字入力を一度の注視で決定せず、使用環境に合わせて複数回拡大した文字マップの文字を注視す



ることで認識精度の向上を図る。

図5に使用した文字マップを示す。本手法では平仮名、片仮名、アルファベット、数字を画面に収まるように配置する。図5から、注視された文字周辺を複数回拡大することで、精度の低いアイマークレコーダや小さいディスプレイを使用した場合でも高い認識精度を得ることができる。例として、「き」を注視した場合の拡大された文字マップを図6に示す。全ての文字を画面に収まるように配置したことから、入力したい文字がどの文字であってもすぐに注視することができるため、操作性の向上につながると考えられる。

図7に本手法の処理の流れを示す。まず始めに、拡大回数を設定する。拡大回数は使用する環境に応じて回数を設定する。使用するディスプレイの大きさが小さい場合は拡大回数を増やし、使用するディスプレイが大きい場合は拡大回数を減らす。また、使用するアイマークレコーダの性能が高く小さな文字でも問題なく認識できる場合、拡大回数を減らす。逆に使用するアイマークレコーダの性能が低く、小さな文字が認識できない場合拡大回数を減らす。次に図6に示した文字マップを表示する。ユーザーは入力したい文字を注視し、拡大回数が設定した回数に達している場合、文字が入力される。拡大回数が設定している回数に到達していない場合、注視されている文字周辺を拡大する。文字の注視と注視された文字周辺の拡大は設定した拡大回数に至るまで繰り返す。このため、本手法の1文字あたりの入力時間は、注視時間×拡大回数となる。文字入力完了後、文字マップは始めに表示された図5の状態に戻る。

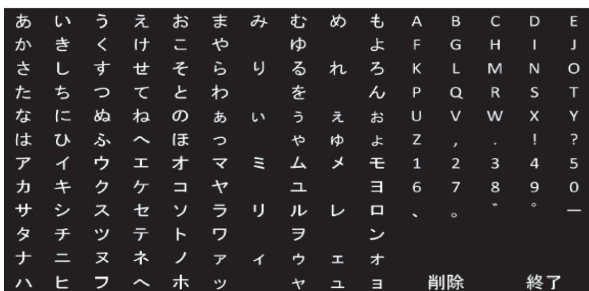


図5 提案手法文字マップ

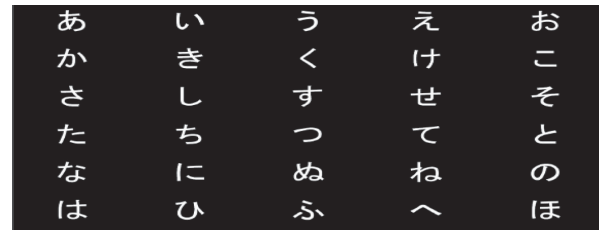


図6 文字マップ拡大

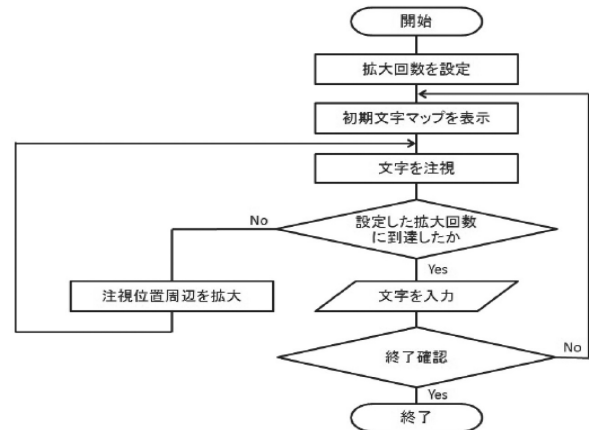


図7 提案手法の流れ

本研究では、アイマークレコーダとして株式会社ナックイメージテクノロジーから販売されているEMR-9を使用した[5]。EMR-9はヘッドユニット、コントローラ、カラー液晶ビューファインダから構成されており、アイマーク映像、音声、計測データを60Hzから240Hzでサンプリングが可能である。実験では、帽子タイプのヘッドユニットを使用した。EMR-9は、アイマーク停留時間や瞳孔径、1秒間の瞬目回数等があらかじめ設定された条件発生時に、コントローラ本体からTTL信号を1ch出力可能である。このため、他システムへのトリガー機器として応用できる。また、視野映像やアイマークをリアルタイムで出力可能であり、視野映像上にはアイマークだけでなく、軌跡や停留点を出力することが可能となっている。これらの機能を使用し、実験を行った。実験時にはサンプリング周波数を60Hz、キャリブレーションディスタンスを1000mmに設定した。視野レンズは44°のものを選択し、被験者は椅子に座った状態で計測を行った。このEMR-9の大まかな

使用手順を以下に示す。また、EMR-9とEMR-9のシステム構成をそれぞれ図6、図7に示す。

- 帽子型ヘッドユニットの取り付け
- キャリブレーションディスタンスの設定
- 瞳孔2値化レベルの調整
- キャリブレーション
- 視線データの計測

EMR-9を使用する際の問題点として、メガネまたはコンタクトレンズをつけているものに対し、正しく計測が行えないという点がある。メガネまたはコンタクトレンズをつけているものを被験者として計測を行った場合、瞳孔の検出を正しく行うことができない。また、キャリブレーションも正確に行えないため、正確な視線データを計測することができず、認識精度の低下につながる。

この問題点を解決するため、被験者に対しメガネ、またはコンタクトレンズを外した状態で実験を行うように協力を要請した。



図8 EMR-9

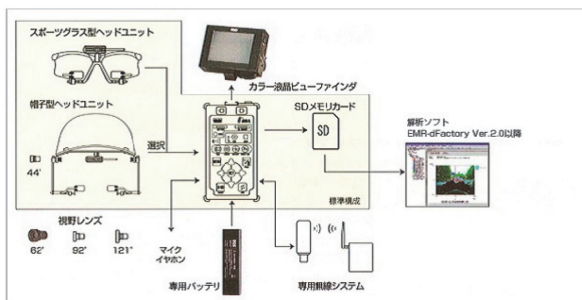


図9 EMR-9のシステム構成

EMR-d Factoryは株式会社ナックイメージテクノロジーが販売しているアイマーク解析ソフトウェアである。EMR-d FactoryはEMR-9などから計測した視線データを、定量的に解析することができ、停留点軌跡分析や注視項目分析、アイマーク軌跡分析など様々な分析を行うことができる[6]。本研究では、注視判定に停留点分析を用いる。停留点分析とは、被験者の視野の中で遅い動きの視線と早い動きの視線を区別し、遅い動きの視線に着目して被験者がどのようにものを見ているか評価する方法である。EMR-d Factoryでは、アイマークが一定時間以上一定範囲内に収まっている場合、その範囲にあるアイマークの集合を一つの停留点としている。停留点は、被験者が注視している時間に比例して大きくなる。ただし、動いているものを視線で追っている場合や、動きながら計測している場合停留点として現れない場合が多い。図8にEMR-d Factoryを使った解析結果例を示す。図8では、停留点軌跡分析、領域別停留点回数分析、注視領域分析などを解析した結果を記載している。EMR-d Factoryの大まかな使用手順を以下に示す。

- 測定データを登録
- 前処理
  - －視差補正処理
  - －スムージング処理
  - －エラー拡張処理
- 算出設定
  - －停留点算出設定
  - －瞳孔反応算出設定
  - －瞬目算出設定
  - －輻輳算出設定
  - －注視算出設定
- 分析範囲の設定
- 分析



図10 EMR-d Factory 解析結果例

### 3 これまで得られた研究の成果

まず、既存の視線入力装置の認識精度の確認と後述する提案手法との比較を目的とした実験を行った。被験者として、メガネまたコンタクトレンズを使用していない状態の成人男性5名を選択した。内2名は視力0.1以下の近視のものである。27インチディスプレイに既存の視線入力装置の文字マップを表示し計測を行った。入力文字は6文字とし、各文字の注視時間を5秒に設定した。また、注視判定には停留点分析を用い、文字を中心に停留点が形成された場合、認識成功データとした。

表1に被験者ごとの文字認識率と1文字あたりの平均入力時間、入力時間の標準偏差を示す。また、表2に今回の実験の平均認識率と1文字あたりの平均入力時間を示す。被験者D、Eは近視の被験者である。被験者Aの認識率が一番高く、次いで被験者Cが高い結果となった。

実験の結果、被験者5名のうち3名の文字認識率が50%となった。原因として、表示された文字のサイズがEMR-9の認識できる大きさを下回っていることが考えられる。また、入力したい文字の隣の文字が認識されていることが多かった。このことから、隣り合う文字同士の間隔が狭かったことがわかる。隣り合う文字同士の間隔が狭くなってしまった原因として、既存の視線入力装置の文字マップに対し、使用したディスプレイの大きさが十分ではなかったのだ

と考えられる。また、入力時間の標準偏差が高い結果となった。このことから、入力したい文字により、入力時間にムラができていていることがわかる。これらのことから、第2章で述べた視線入力装置の問題点である認識率と操作性の改善の必要性が確認できた。

表1 既存の視線入力装置実験結果

被験者	認識率 (%)	平均入力時間 (Sec)	標準偏差
A	83.3	10.7	4.18
B	50	9.8	3.96
C	66.7	10.9	4.21
D	50	11.1	4.35
E	50	11.4	4.48

表2 平均認識率

平均認識率 (%)	60
平均入力時間 (Sec)	10.8

次に、27インチディスプレイを使用する際の最適な拡大回数の調査を行った。拡大回数を0回、1回、2回、3回と増やしながら行い、拡大回数ごとの文字認識率を調査した。被験者は視線入力装置評価実験と同様の被験者を選択した。入力文字は66文字とし、各文字の注視時間を5秒に設定した。注視判定には停留点分析を用い、文字を中心に停留点が形成された場合、認識成功データとした。表3に拡大回数ごとの文字数を示す。

表3 入力プロセス回数ごとの文字数

入力プロセス回数	文字数
0回	12行×15列
1回	6行×5列
2回	3行×3列
3回	2行×2列

表4に各被験者の拡大回数ごとの文字認識率を示す。また、表5に各拡大回数における平均



認識率を示す。被験者D、Eは近視の被験者である。拡大回数0回、1回は認識率が低く、拡大回数2回目に被験者全員の認識率が大幅に向上した。拡大回数3回目に被験者Dを除いた全員が認識率100%となった。

表4 提案手法実験結果

被験者	0回目 (%)	1回目 (%)	2回目 (%)	3回目 (%)
A	16.7	33.3	83.3	100
B	0	16.7	100	100
C	16.7	33.3	83.3	100
D	0	16.7	66.7	83.3
E	0	33.3	83.3	100

表5 提案手法実験結果

拡大回数	平均認識率
0回	6.7
1回	26.7
2回	83.3
3回	96.7

実験の結果、文字マップ拡大回数が0回の際に平均認識率が6.7%、1回の際に26.7%と低い結果となった。これは、EMR-9が計測できる範囲に対し、表示された文字数が多く、文字サイズが小さすぎたためだと考えられる。しかし、拡大回数2回目の際には平均認識率が83.3%となり、拡大回数1回と比較して56.6ポイント向上した。また、拡大回数3回時には96.7%とさらに高い精度の結果を得ることができた。このことから、27インチディスプレイを使用した際にEMR-9が計測できる範囲は拡大回数2回以上、または、文字数が3行×3列以下ということがわかる。

最後に提案手法を用いた認識精度の確認を目的とした実験を行った。被験者は視線入力装置評価実験と同様の被験者を選択した。提案手法の文字マップを27インチディスプレイに表示、拡大回数は2回に設定し、EMR-9で計測を

行った。入力文字は6文字とし、各文字の注視時間を5秒に設定した。注視判定には停留点分析を用い、文字を中心に停留点が形成された場合、認識成功データとした。

表6に被験者ごとの文字認識率と1文字あたりの平均入力時間、入力時間の標準偏差を示す。また、表6提案手法と視線入力装置の平均認識率と1文字あたりの平均入力時間を示す。被験者D、Eは近視のものである。被験者A、Bの認識率が100%、C、D、Eが83.3%と高い認識率を得ることができた。また、平均認識率が90.0%と視線入力装置に比べ30ポイント高い認識率を得ることができた。

実験の結果、本手法の文字平均認識率が視線入力装置と比べ30ポイント向上した。これは、本手法の文字マップを使用環境に合わせて拡大したことで、EMR-9で正確に計測できる範囲内に収まったためだと考えられる。1文字あたりの平均入力時間が視線入力装置に比べ増加した。しかし、表7の各被験者ごとの入力時間の標準偏差を見ると、視線入力装置に比べ1文字あたりの入力時間が安定していることがわかる。安定性が増した原因として、画面に収まるように文字マップを作製したことで、入力したい文字を即座に注視できるようになったことが原因だと考えられる。また、視線カーソルの移動による文字マップの変更をする必要がなくなったことも原因の一つだと考えられる。提案手法を使用したことで、入力時間が増加してしまう結果となった。しかし、文字認識率の向上と、文字入力に安定性が得られたことから、本手法の有効性を示すことができた。

表6 提案手法実験結果

被験者	認識率 (%)	平均入力時間 (Sec)	標準偏差
A	100	15.7	0.26
B	100	15.5	0.46
C	83.3	16.1	0.22
D	83.3	15.9	0.54
E	83.3	15.6	0.37

表7 比較結果

	平均認識率 (%)	平均入力時間 (Sec)
提案手法	90	15.8
視線入力装置	60	10.8

#### 4 今後の具体的な展開

今後は、今回実験で使用した27インチディスプレイ以外のディスプレイでの最適な入力プロセス回数の調査と、被験者数と入力文字数を増加させた認識率の調査実験を行い、被験者の年齢別文字認識率の比較を行う予定である。

#### 5 論文・学会発表等の実績

#### 6 受賞・特許

#### 7 その他

##### 参考文献

- [1] 総務省：情報通信統計データベース  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/index.html>
- [2] 山本智子：“透明文字盤によるコミュニケーション” <http://www.niigata-nh.go.jp/nanbyo/riha/mojiban.htm>
- [3] コミュニケーション支援技術研究会at-com  
[http://geocities.yahoo.co.jp/gl/communication\\_at/view/20071126/1196051299](http://geocities.yahoo.co.jp/gl/communication_at/view/20071126/1196051299)
- [4] 小野太刀雄、藤木真和：“視線センサのキャリブレーション方法、視線入力装置およびプログラム媒体” 株式会社エム・アール・システム研究所：January 2000
- [5] 株式会社ナックイメージテクノロジー  
<http://www.eyemark.jp/product/>
- [6] 株式会社ナックイメージテクノロジー：“EMR-dFactory ver.2.6取扱説明書”：January 2011