

視線によるキーボード入力に適したキー配置の提案と評価

2020SC012 林弦正 2020SC096 今津和来

指導教員：石原靖哲

1 はじめに

現在、手や足が不自由な人や声が出せない人がコミュニケーションをとるための方法として視線による文字の入力の研究が進められている [3]. その中でも我々は、視線を用いたキーボード入力に注目した. SNS 等を利用して遠隔で他者とコミュニケーションをとるには、手の不自由な人や声が出せない人であっても文字を入力するという過程が必要不可欠である. したがって、視線を用いたキーボード入力が実用化できれば、彼らの生活がより快適になることが期待される. 視線入力は、入力したいキーに視線を向け、また次のキーへと視線を送っていく必要がある. そのため、視線入力を行う際のキー配置によって目や首などの疲労度や、使用者へのストレスのかかり具合などに大きな違いが出るのが考えられる. また、視線入力の精度によっては、打ち込みたい文字を正確に打ち込むことすら難しいということも考えられる.

そして、視線入力に関して現在進められている研究の多くは視線入力専用のカメラを取り付けて行われている. 視線入力専用のカメラを取り付けることにより高い精度での視線による文字の入力ができることが期待される. しかし、金銭面のコストや取り付け方が分からないといった点から全ての人にとって実用的とは言いがたい. それに対し、デバイス内蔵カメラを用いて文字の入力を行えるようになることで、より多くの人にとって実用的になると考えられる.

デバイス内蔵カメラを用いた視線によるキーボード入力装置を実現するには、視線入力の精度の低さを前提とした設計にしなければならない. 特に、視線入力専用カメラを前提とした多くの研究で採用されているキー配置は適していない可能性があり、デバイス内蔵カメラにとってより適したキー配置がないか調査・検討する必要があると考えられる.

そこで本研究では手や足が不自由な人や声が出せない人などが SNS 等で最低限のコミュニケーションをストレスなくとることができるようになるということを目的に、キー配置を複数個比較し、評価することで、デバイス内蔵カメラで行う視線入力にとってより適したキー配置を提案する.

2 関連研究

関連研究の問題点などをまとめた表を表 1 に示す.

視線を用いたキーボード入力を行う視線計測装置の研究として村田、盛川、小宮山の研究 [3] が挙げられる. 彼らの開発した視線計測装置は、視線入力専用のカメラを用いて行っている. そして五十音順のキー配置とフリック入力を行うキー配置とを比較し、より適したキー配置を考察し

表 1 参考文献比較

	内容	問題点
下り藤[1]	アイトラッカを使用した視線入力装置の作成	五十音を並べると一つ一つのキーが小さくなる
村田ら[2]	専用カメラを用いた視線による文字入力手法の提案	目を上下に動かすのが難しい
村田ら[3]	専用カメラを用いたVR空間での視線による文字入力	目を上下に動かすのが難しい
村田ら[4]	専用装置を用いたクリック方法とドラッグアンドドロップ方法の提案	目を上下に動かすのが難しい ウイंकによるクリック動作では、平均作業時間がほかの方法に比べて長くなった 視線停留によるクリック動作では、認識率がほかの方法に比べて低くなった

ている. 彼らの研究では、ボタンとボタンの間に一定の距離を設定することでエラー率の減少につながるのではないかと改善案が挙げられている. また、人の普段の生活における視線の動きが上下の動きに比べ圧倒的に左右の動きの方が多いため上下の視線の操作が難しいといった問題点も挙げられている. 一方、我々の研究ではデバイス内蔵カメラを用いて行うことから、視線入力専用のカメラに比べ精度は劣ってしまう. そこで我々はその精度に適したキー配置を提案することにより、問題点を解決することを目指す.

また、村田、早見、森若の研究 [2] では、マウスのようにキーをクリックすることに代わる何らかの方法が必要不可欠であるが、どのクリック方法が望ましいかに関する議論は行われていないと指摘している. 彼らの研究の結果、作業時間を重視するのであれば視線停留によるクリック方法、認識率を重視するのであればスペースバーによるクリック方法が適切であると結論づけている. また、入力しやすさにおいては、ウイंकを使用する方法はほかの入力方法より入力しにくいと感じられているという結果が得られている.

本研究は視線のみでの操作を考えているため、認識率を重視するのであればウイंकによるクリックを採用し、作業時間を重視するのであれば視線停留によるクリックを採用するのが適していると考えられる. しかし我々は、[2] で報告されている結果になった理由は、ウイंकをするのが苦手な人や負担に感じる人がいるためであると考え. そのため本研究では多くの人に抵抗がなく負担の少ないまばたきというクリックの方法を採用する. まばたきは生理現象であるため、ウイंकによるクリックと比較して誤操作が増えてしまう可能性はあるが、ウイंकによるクリックと近い認識率でより平均時間の短い方法であると予想している.

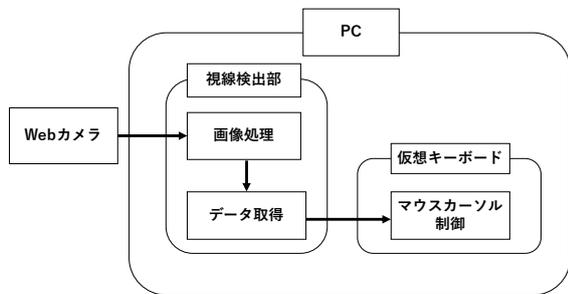


図1 システム図

3 視線入力装置の概要

今回研究で用いる視線入力装置の機材として、PC とデバイス内蔵カメラを使用する。

本研究で用いた視線入力装置のシステム図を図1に示す。本装置は視線検出部と仮想キーボードからなる。装置全体の処理の流れとしては、まずデバイス内蔵カメラから撮影されたリアルタイムでの映像を画面上に表示させそこから顔部分を検出する。その後、黒目の位置を特定し、黒目の位置が右に動いたときマウスカーソルを右に1センチメートル動かすといったように上下左右の4方向にマウスカーソルを操作する。そのため斜めに動かそうとする際には上下と左右の動きを組み合わせる必要がある。マウスカーソルを表示した仮想キーボード上の入力したい文字に合わせまばたきをすることでその文字を入力することができる。つまりデバイス内蔵カメラから撮影されたリアルタイムでの映像からまばたきを検出し、それをマウスのクリックの役割としている。

3.1 視線検出部

視線検出部は、デバイス内蔵カメラを用いてリアルタイムで顔検出を行う。このとき、顔のランドマーク検出をして顔のパーツの位置情報を取得する。ランドマーク検出とは、画像やビデオ内の特定の物体や場所の重要なポイントを検出する技術のことである。したがって、顔のランドマーク検出を行うことで対象者の目の位置を検出し、この情報をもとに視線の上下左右の移動を検知することができる。検知した視線の情報から、マウスカーソルを動かす。また、顔のランドマーク検出を行った際に目が開いているか閉じているかなどの目の状態を検知する。それによりまばたきを検知し、マウスカーソルのクリックの操作を制御する。

3.2 仮想キーボード

デスクトップ画面上に仮想のキーボードを表示させるためにグラフィカルユーザーインターフェース、つまりGUIを実装する。GUIを利用することでキーボードの形状や配置を設定し、画面上に表示させる。また、それぞれのキーに文字を割り当てることで、キーの入力が受け付けられた際に割り当てた文字が入力されるようにする。

表2 提案するキー配置の比較

	メリット	デメリット
キー配置案1	<ul style="list-style-type: none"> 多くの人が見慣れている配列である 慣れれば入力に時間がかからない 	<ul style="list-style-type: none"> 操作難易度が高く、誤字しやすい
キー配置案2	<ul style="list-style-type: none"> 左右の移動だけで入力できるため、操作難易度が低い キーボードがコンパクトである 	<ul style="list-style-type: none"> クリック手法がまばたきの場合、誤操作しやすい 入力したい文字間が遠い場合作業に時間がかかる
キー配置案3	<ul style="list-style-type: none"> 左右の移動だけで入力できるため、操作難易度が低い 	<ul style="list-style-type: none"> 入力したい文字の行が離れているほど時間がかかる

4 キー配置の提案

先行研究である村田、盛川、小宮山の研究 [4] や [3], 下り藤の研究 [1] で挙げられている問題点や改善点など、キー配置を提案する上で考慮している事項を以下に示す。

- 文字を入力する際に、必要な面積が小さいとエラー率が低く入力時間が短くなること
- ボタンとボタンの間に一定の距離を設定することで、エラー率の減少につながるのではないかと考えられること
- 人の普段の生活における視線の動きが上下の動きに比べ、圧倒的に左右の動きの方が多いため、上下の視線の操作が難しく、キーボード操作をする際にも同様のことがいえると考えられること
- 五十音のひらがなを並べると表示画面上の大きなスペースを占有し、一つずつのキーのサイズが小さくなってしまうこと
- キーを中心に寄せたほうが良いがボタンとボタンの距離はある程度必要であるなど、すべてを改善することは難しいと考えられること
- 視線入力専用のカメラを使っており、本研究の使用するデバイス内蔵カメラとは性能が違うこと

上記のことを踏まえ、本研究では最低限のコミュニケーションが取れることを目的とした、デバイス内蔵カメラにとって適したキー配置を提案する。

それぞれのキー配置案のメリットとデメリットを示した表を表2に示す。キー配置1は多くの人が見慣れている配置であり、ほかのキー配置との比較基準となるため提案した。キー配置3はキー配置1から視線の上下の動きをなくし、左右の視線の動きのみで操作可能にすることで、関連研究で挙げられていた問題点を解決できると考えた。また、キー配置2はキーボードをコンパクトにすることで表示画面上を大きく占有してしまわないと考えたため提案した。

4.1 キー配置1

キー配置1は、普段よく見る一般的な五十音の形である。このキー配置を図2に示す。このキー配置には画面上のス

わ	ら	や	ま	は	な	た	さ	か	あ
	り		み	ひ	に	ち	し	き	い
を	る	ゆ	む	ふ	ぬ	つ	す	く	う
	れ		め	へ	ね	て	せ	け	え
ん	ろ	よ	も	ほ	の	と	そ	こ	お

図2 キー配置 1



図3 キー配置 2

ペースを占有してしまうなどといったデメリットがある。しかし普段よく見る形であるため人の慣れといった部分で大きなアドバンテージがあると考えている。そのため慣れているものが一番使いやすく、エラーも少ないといった結果が出る可能性があると考えたためこのキー配置を提案する。

4.2 キー配置 2

キー配置案 2 は、横に“あかさたなはまやらわ”と並べたキー配置である。このキー配置は、“あ”にマウスカーソルを合わせまばたきによってクリックすることで、元の画面に戻る“Back”のボタンとその横にある文字がすべて表示されるキー配置である。このキー配置とその具体的な様子を図 3 に示す。

このキー配置は、目線を上下に動かすことが難しいといった問題点を改善するため左右の動きだけで文字を入力できるようにした配置である。また、必要な面積も小さいためエラー率が低くなり、入力時間も短くなると考えている。

4.3 キー配置 3

キー配置 3 は、横に“あいうえお”“↓”“↑”“かきくけこ”のように並べたキー配置である。キーボードの中央にある上矢印をクリックすると、マウスカーソルが一つ上の列に移動し、下矢印をクリックするとマウスカーソルが一つ下の列に移動する。これらのことより、上下の視線移動を使わず左右の視線移動だけで文字入力が可能となる。その具体的な様子を図 4 に示す。

5 実験と評価

5.1 実験方法

実験は 30 人の被験者を対象に行う。まず被験者に 1 人ずつ PC の画面の前に座ってもらい、実験は常に同じ場所

あ	い	う	え	お	↓		か	き	く	け	こ
さ	し	す	せ	そ	↓	↑	た	ち	つ	て	と
な	に	ぬ	ね	の	↓	↑	は	ひ	ふ	へ	ほ
ま	み	む	め	も	↓	↑	や	ゆ	よ	°	°
ら	り	る	れ	ろ		↑	わ	を	ん	,	。

図4 キー配置 3

表3 実験結果

作業時間	最長 (秒)	最短 (秒)	平均 (秒)
キー配置 1	227	47	86.4
キー配置 2	228	89	128.4
キー配置 3	142	63	89.2
誤入力数	最大 (個)	最小 (個)	平均 (個)
キー配置 1	91	0	22.1
キー配置 2	6	0	1.8
キー配置 3	11	0	2.0

表4 標準偏差

標準偏差	作業時間	誤入力数
キー配置 1	42.3	20.8
キー配置 2	37.4	2.1
キー配置 3	22.9	3.0

表5 アンケート結果

	目の疲労度	使いやすいか	今後も使いたい
キー 1	3.8	2.4	2.2
キー 2	2.9	3.4	2.9
キー 3	2.7	3.6	3.1

で行う。被験者に提案したキー配置案のそれぞれで「こんにちは」と入力してもらい、この実験では打ち間違いの数や入力時間の計測を行い、被験者にアンケートをとる方法でキー配置案の比較を行う。アンケートでは主に使用感についてやそれについての改善点について調査する。実際にアンケートは年齢、目の疲労度、使いやすさ、これからも使いたい、感想の 5 項目について実施し、感想以外の項目をすべて五段階評価で評価する。

5.2 実験結果

3 つのキー配置に対し、それぞれ一回ずつ実験方法の通りに実験を行った。その結果を表 3 に示す。また、実験結果から得られた標準偏差を表 4、アンケートから得られた結果を表 5 に示す。

キー配置 1 は操作難易度が高いことから、最後まで入力することができず、3 名がリタイアとなった。

5.3 評価

今回の実験で得られた実験結果より、それぞれのキー配置について評価する。本研究ではキー配置の作業時間、誤入力数、目の疲労度、使いやすいか、これからも使いたいかの観点で評価を行った。

キー配置 1 は平均作業時間が他のキー配置と比べて短いため、使いやすいキー配置のように見える。しかし、作業時間が長い人と短い人の差がいちばん大きいため、一部の人のにとっては非常に使いやすいが、その他の人のにとっては使いにくい、そして人によってはカーソルを上にかかすことが困難であり、リタイアという結果もでていた。また、平均誤入力数は他のキー配置と比べ圧倒的に多くなっている。誤入力なくスムーズに入力できた人から 91 回とかなり多くの誤入力をしてしまう人までいた。それらのことに加え、アンケート結果では他 2 つのキー配置と比較すると、使いやすいか、これからも使いたいかという質問に対する評価が低かった。使いやすいかという質問に対して、最低評価をつけた人も多かった。そのためキー配置 1 は一部の人のにとっては速く、誤入力なく入力できる非常に使いやすいキー配置であるが、誤入力なく入力できた人は 1 人であったりと全ての人のにとっては使いやすいキー配置とは言い難く、多くの人のにとっては使いにくいキー配置であった。

キー配置 2 は、キー配置 1 と比較すると誤入力数が少なくなった。キー配置 1 とは異なり、上下の動きを撤廃したことで改善されたと考えられる。キー配置 2 は平均作業時間が非常に長く、最短の作業時間が他のキー配置の平均作業時間と同じくらいとなっている。それらの原因として考えられることはフリック入力である。キーボードの切り替わりの際に瞬きをしてしまい、開いた画面からすぐ戻るをクリックしてしまう場面が多々あったことから、なかなか進まないといったことがあった。そのためキー配置 2 は瞬きによるクリック操作をする際のキー配置としては適していないと考えた。また、アンケート結果によると、キー配置 1 よりも目が疲れにくくなっており、使いやすいかという声も増えた。

キー配置 3 は、他 2 つのキー配置と比べ作業時間、誤入力数共に標準偏差が小さいため多くの人のにとっては同じような使い心地であると考えられる。キー配置 1 とは異なり上下の動きを撤廃したことで、キー配置 2 と同じように誤入力数が少なくなったと考えられる。また、キー配置 2 の結果から、キー配置 1 と同じくフリック入力でないことが、作業時間の短縮につながったと考える。アンケート結果によると、他 2 つのキー配置と比べて目が疲れにくく、使いやすい、これからも使いたいという声が多くなった。

キー配置 2 とキー配置 3 はどちらも上下の動きを撤廃したキー配置であり、この 2 つのキー配置では誤入力数が少ないという結果から、視線入力において、上下に動かすことは難しく、誤入力数に影響してしまうことがわかった。

以上のことから、キー配置 2 はほかのキー配置と比べ、誤

入力数が少なかったが Back のキーなど本研究では誤入力とカウントしていない誤操作が多くあったため、キー配置 3 が他 2 のキー配置と比べて、作業時間が比較的短い、誤入力数が少ない、目が疲れにくいといった総合的観点から視線入力に適したキー配置であると考えられる。

6 おわりに

本研究では手や足が不自由な人や声が出せない人などが SNS 等で最低限のコミュニケーションをストレスなくとることができるようになるということを目的とし、キー配置を複数個比較、評価することで、デバイス内蔵カメラで行う視線入力にとってより適したキー配置を提案した。

実験結果よりキー配置 3 が視線によるキーボード入力に適したキー配置であるといえる。このことよりマウスカーソルの上下の動きをなくし、左右の動きのみとすることで誤入力数の減少につながったと考えられる。また、作業時間の観点において、フリック入力のようにキーボードが切り替わるデザインのキー配置は、まばたきによるクリック手法を用いた視線入力には適していないと考えられる。

実験の最中、入力したい文字の場所がわからず、探してしまうことが誤操作や作業時間に影響を与えることがあった。そのためキー配置 3 のキーの位置をより慣れ親しんだものに変えることでより使いやすいキー配置になると考えられる。そのため、今後の課題として、キーの位置をわかりやすくすることが挙げられる。

本研究ではキー配置 2 が誤入力数が最も少なかった。その理由としてキー配置がコンパクトであったことが挙げられる。しかし、キー配置 2 はまばたきによるクリック方法が適していなかったため作業時間が長くなってしまったと考えられる。そのため、キー配置 2 のまばたきではないクリック方法を新たに提案することで、キー配置 3 より評価の高いキー配置になる可能性がある。今後の課題として、キー配置 2 に適したクリック方法を提案し、本研究のキー配置 3 と比較することで視線によるキーボード入力により適したキー配置になることが期待される。

参考文献

- [1] 下り藤菜穂子. 重度障がい者のための視線入力インタフェース. 映像情報メディア学会誌, Vol. 69, No. 6, pp. 530-534, 2015.
- [2] 村田厚生, 早見武人, 森若誠. 視線入力システムの高性能化・実用化に関する研究 -高齢者にも優しい視線入力システムの開発-. 電気通信普及財団研究調査報告書, 第 26 号, 2011 年度 pp. 648-655.
- [3] 村田朋来, 盛川浩志, 小宮山撰. 視線によるフリック動作を利用した文字入力. 第 16 回情報科学技術フォーラム, 2017.
- [4] 村田朋来, 盛川浩志, 小宮山撰. VR 空間における視線入力に関する基礎的検討. 情報処理学会研究報告 Vol. 2018-HCI-177, No.22, 2018.