

K-094

## 視線による重度肢体不自由者向け文字入力支援システム A Japanese-letter Input System Controlled by Eye-gaze for Users with Special Needs

佐藤 寛修<sup>†</sup>  
Hironobu Sato

阿部 清彦<sup>†</sup>  
Kiyohiko Abe

大山 実<sup>‡</sup>  
Minoru Ohyama

大井 尚一<sup>†</sup>  
Shoichi Ohi

### 1. はじめに

近年、ALS（筋萎縮性側索硬化症）患者など重度肢体不自由者向けに、視線入力に関する研究がさかんに行われている [1~5]。視線入力は眼球やまぶたの運動のみでコンピュータへ文字などを入力できるため、運動機能を著しく制限されている人たちにとって有力なコミュニケーションツールとなる。

これまでに、赤外光や自然光下で視線入力を行う支援システムが提案されてきた [1~3]。筆者らは自然光のもとで安価でかつ設置が容易な視線入力システムを研究している [4,5]。このシステムを文字入力に特化させ、12個の指標群の組を順次注視していくことにより、かな入力および漢字変換を可能とする日本語文書の入力システムを開発した。これにより、コミュニケーションツールとしてのみでなく、創作や日記などを文字情報として記録することができ、応用の範囲は広い。

### 2. 画像解析による視線入力 [4]

視線方向とは、眼球の中心を始点とする3次元座標空間の単位ベクトルと定義されるが、実際の計測では注視対象を2次元平面でとらえて、水平方向（左右方向）と垂直方向（上下方向）に分けて行うことが多い。

筆者らは水平方向は強膜反射法を応用し、画像解析により視線計測する方法を採用している。その概念図を図1に示す。図1において、眼球（正確には眼球開口部。現在は左片眼）画像を眼裂の中央を境に左右の領域AとBに分け、それぞれの領域で画像データの光強度を積分し、その差から視線方向に対応した値（視線値とよぶ）を得る。この視線値と視線方向の移動量（視角）の関係がほぼ直線的になることから、視線方向が判別できる。

垂直方向の視線計測では、視線移動により強膜のほとんどがまぶたの下に隠れることがあるため、水平方向と同じ手法は適用できない。垂直方向に対しては、視線が上下に移動すると虹彩の位置も上下することから、視線移動による画像の光強度分布の変化により視線方向を求めている。その概念図を図2に示す。図2において、眼球の模式図の右横のグラフが各画像における垂直方向の光強度分布（水平1画素幅分の光強度の縦軸方向1次元射影）を示している。この分布は画像上の虹彩の位置により変化する。これを測定開始時のキャリブレーションで得た基準データと比較することにより、たとえば中央から上下いずれに視線を移動させたかを判定する。

筆者らの方法では、眼球近傍を拡大して撮影するため、頭部の微小な移動（ゆれ）が大きな誤差として計測される。この誤差を軽減するため、視線移動によっても形状変化が少ない目頭の位置をリアルタイムで正確に追跡することで、頭部移動を検出し基準位置を補正している。

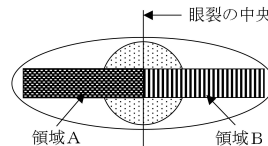


図1: 水平方向視線計測の概念図

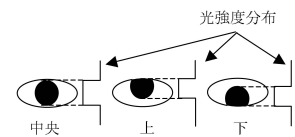


図2: 垂直方向視線計測の概念図

以上の計測方法により、パソコンのディスプレイ上に表示した複数の指標のうちの一つを注視することで、該当する文字や機能を入力することができる。

### 3. 文字入力システム

#### 3.1 システム構成

本システムは、家庭用ビデオカメラ1台とパソコンからなる。ビデオカメラで撮影した画像はIEEE1394インタフェースを介して、横360×縦240ピクセルの解像度でパソコン（Pentium4, 2.0GHz, WindowsXP）にデジタル入力される。パソコンのモニタは17インチのTFT液晶を使用している。システムの使用前には、介助者がビデオカメラの位置を調整したのち、ユーザの特性取得のためキャリブレーション [4] を行う。その後文字入力の指標群が表示される。各指標には文字や機能が示されており、注視により指標に示された文字の入力や機能が実行される。

2章で述べた視線検出方法では、水平5×垂直3の指標配置で約95%の確度で判別が可能である [4]。なお著者らの標準システムでは、各アプリケーションのワークエリアとなるモニタの中央部を除いた上下各段5個ずつ、合計10個の指標配置を用いており、指標選択の注視時間は3秒（可変）としている。

本文字入力支援システムは、このワークエリアを入力文字群の表示用に使用しており、テキストエディタである“メモ帳”を利用して、入力された文字列はテキストファイルとして保存される。なお日本語入力システムとして、MS-IME Standard 2002を使用している。

#### 3.2 指標数の検討

かな文字入力を行うには、清音（あ～わ行）、濁音（が、ざ、だ行）、半濁音（ば行）、さらに英字や記号などを加えると、少数の指標でこれを実現するためには複数組の指標群を適宜切り換える必要がある。かな文字の性格から、一度に表示する文字数は5の倍数であることが望ましいが、標準システムの10個すべてを文字に使用すると、いくつかの組の切換え機能が別に必要となるため、配置を検討し、上下段に1個ずつの指標を追加して合計12個とした。このとき、標準システムと同じキャリブレーション方法を用いても、被験者5名の平均で92%以

<sup>†</sup>東京電機大学 工学部 電子工学科

<sup>‡</sup>東京電機大学 情報環境学部 情報環境工学科

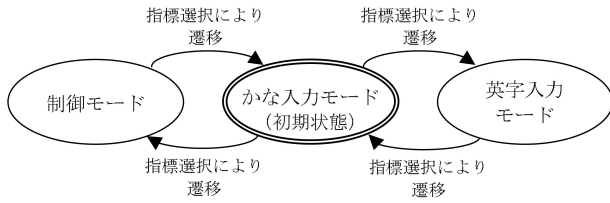


図 3: 各モードの状態遷移図

上の確度で指標判別が可能であることを実験により確かめた。

### 3.3 直接選択による文字入力

本システムでは 12 個の指標群を適宜切り換えつつ、任意の文字が示された指標を直接注視し文字入力を行う。それぞれの指標群の機能を、かな入力モード、英字入力モード（漢字変換などを行う）制御モードと呼ぶことにする。各モードの状態遷移図を図 3 に示す。モード間は、指標の選択により自由に遷移可能である。図 3 において、二重線で示した、かな入力モードが初期状態である。

かな入力モードおよび英字入力モードでは、各モードごとの初期に表示される画面（標準画面）から、さらに指標群の切り換えを行い文字を選択する。かな文字入力モードの標準画面において、任意の文字を含む行を選択すると、指標群が切り換わり、入力したい文字を選択する画面（文字選択画面）が表示される。その中から任意の文字を注視選択することで入力が行われる。このときの指標切換の例を模式的に表したものを図 4 に示す。

図 4 中の実線の矢線は指標選択による遷移を表し、破線の矢線は指標選択による文字入力後の自動的な遷移を表す。英字入力モードでも同様に、標準画面に示された指標を選択し指標群を切り換え、任意の文字を選択する。この文字選択画面として、アルファベット順に大文字、小文字ともに 5 個ずつ表示する画面を設定した。制御モードは、標準画面に Space, BackSpace, Enter, Tab の各キーおよびカーソルキーの機能が割り当てられており、これらを選択することで各キーを打鍵した場合と同様の操作が可能である。漢字変換および候補の選択は Space キーの機能により可能である。さらに変換対象となる文節区切りの位置を変更可能にするため、Shift キーのオンオフおよびカーソルキーの左右に相当する機能を実装した。これにより、キーボードで操作した場合と同様のキー選択により、任意の指定範囲で変換が可能となる。

## 4. 評価実験

本システムの評価として、視線入力の経験はあるが本システムの使用は初めてという被験者 3 名（裸眼）によ

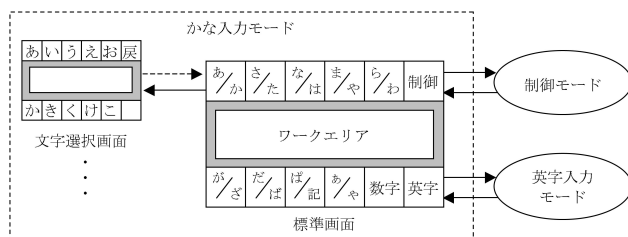


図 4: かな入力モード指標切換の模式図

表 1: 実験結果

被験者	入力字数 [字]	指標選択回数 [回]	入力時間 [秒]	1字あたりの入力時間 [秒/字]	選択 1 回あたりの経過時間 [秒/回]	
かな入力	A	11	24	125	12.5	5.2
	B		22	138	13.8	6.3
	C		27	128	12.8	4.7
かな+変入換力	A	8	34	181	22.6	5.3
	B		32	149	18.6	4.7
	C		27	123	15.4	4.6

る実験を行った。本実験ではかな文字 10 字“ごきげんいかがですか”と、漢字変換を含む 8 字“本日は晴天なり。”を入力し、それぞれ入力時間を計測する。実験結果を表 1 に示す。

表 1 のとおり、1 字あたりの平均入力時間は、かな文字入力では約 13 秒、漢字変換を含むかな文字入力では約 19 秒であった。従来の 1 スイッチ法を用いた文字入力システム [1] では、カーソルの移動間隔を 3 秒とした場合、カナ文字の入力時間は 1 字あたり約 38 秒である。このデータと本システムを比較すると、1 スイッチ法によるシステムの約 34 % の時間で文字入力が可能であり、より高速に文字入力できることがわかる。また選択 1 回あたりの平均経過時間は、かな文字入力では約 5.4 秒、漢字変換を含むかな文字入力では約 4.8 秒であった。これらは本システムを被験者が初めて使用した場合であり、操作に慣れるにつれ指標配列を記憶できるようになると、指標選択の注視時間である 3 秒に近づくと考えられる。

## 5. むすび

12 個からなる複数組の指標群を切り換えて、各指標に示された文字を直接選択する方式で、視線による文字入力支援システムを開発した。これにより、かな文字や英字の直感的な入力と、漢字変換やカーソル移動などの文字入力に関する基本操作が可能になった。本システムを使うことで、視線のみにより文書をテキストファイルとして作成することができる。現在は入力した文字群を文書ファイルとして保存する専用のアプリケーションとしてつくられているが、今後はメールの記述などに使用できる、汎用的な視線による文字入力ツールへと発展させたい。

## 参考文献

- [1] 山田, 福田: “眼球運動による文書作成・周辺機器制御装置”, 信学論, J69-D, 5, pp.1103-1107 (Jul. 1986)
- [2] 伊藤, 数藤, 伊福部: “重度肢体不自由者向け視線入力式コミュニケーション装置”, 信学論, J83-D1, 5, pp.495-503 (May 2000)
- [3] 落合, 石松, 高見, 松井: “目の動きを利用した身障者文字入力装置の試作”, 機学論 C 編, 63, 609, pp.1546-1550 (May 1997)
- [4] 阿部, 大山, 大井: “自然光下による画像解析を用いた多指標視線入力システム”, 映情学誌, 58, 11, pp.1656-1664 (Nov. 2004)
- [5] 佐藤, 阿部, 大山, 大井: “視線入力により定形文を選択するメール操作支援システム”, 第 3 回 FIT2004 講演論文集第 3 分冊, pp.507-508 (Sep. 2004)