K-051

視線入力により制御可能なパソコンテレビ観賞システム
A PC-TV Commander Using Eye-gaze Input for Users with Special Needs

叶世智士 † Satoshi Kanase　**阿部清彦** † Kiyohiko Abe　**大山 実** ‡ Minoru Ohyama　**大井尚一** † Shoichi Ohi

1. はじめに

近年, ビデオカメラにより人間の視線方向をとらえ, それによりコンピュータへ自分の意志や文字などを入力する, 視線入力に関する研究がさかんに行われている. 視線入力は眼球やまぶた以外の運動を必要としないので, 重度のＡＬＳ (筋萎縮性側索硬化症) 患者や四肢麻痺者のように, 運動機能を著しく制限されている人たちも使用が可能であり, またユーザの負担は軽い [1,2].

筆者らは自然光下 (室内照明) で家庭用ビデオカメラとパソコンのみの装置構成により, 視線入力する方法について研究してきた [3]. その応用として, 重度肢体不自由者へのコミュニケーションや身の回りの機器制御支援を目的としたシステムを開発している.

四肢不自由な人たちへのアンケート調査によると, 自身で制御している装置のトップ３はテレビ (95 %), ベッド (81 %), エアコン (76 %) となっており [4], テレビ制御が首位である. 視線入力によるテレビの制御の研究も行われており, 臨床での試験も実施されているが, 従来の手法では, 視線計測に当たって計測画像のしきい値を手動で設定するなどの課題があった [5].

最近のパソコンにはテレビが組み込まれていたり, 市販のインタフェースでパソコンにテレビを組み込むことは簡単である. そこで筆者らは, 視線入力によりチャンネルや音量の制御が可能なパソコンテレビ観賞システムを開発したので報告する.

2. 画像解析による視線計測 [3]

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) 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.

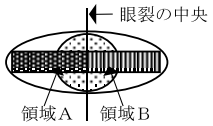

図 1: 水平方向視線計測の概念図

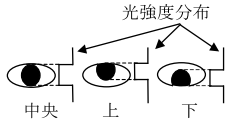

図 2: 垂直方向視線計測の概念図

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.

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. システムの設計

視線入力によるパソコンテレビ観賞システムのハードウェア構成を図３に示す. 眼球画像を取得するビデオカメラ (クローズアップレンズ装着) と, 視線入力処理およびテレビ受像を行うパソコン (Pentium4,3.06GHz) からなり, 画像は IEEE1394 インタフェースを介して横 360 ×縦 240 画素がディジタル入力される. テレビチューナカードには,novac 社製の PrimTV7133LP を使用した.

すべてのソフトウェアは Windows XP で動作し, テレビ観賞用ソフトウェアにはカードに付属の honestechTVR を用いた. 頭部移動の検出を含む１回の視線計測に要する処理時間は約 70 ミリ秒であるが, テレビ観賞用ソフトウェアを同時に稼動させることから, 画像は約６フレーム／秒で入力している. 指標の入力は, 約２秒間で 12 フレームを処理するが, このうち同一の指標を７フレーム以上注視と判定したとき確定する.

本システムの稼動開始時には, 介助者がビデオカメラの位置調整などの初期設定を行うことが前提であり, 視線入力によるテレビの制御機能は必要最低限に抑えて, 指標はチャンネルの上下と音量の大小, およびモード切換の５個とした.

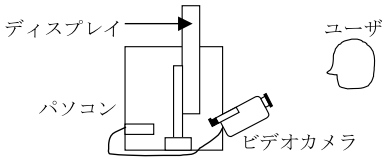

図 3: ハードウェア構成

†東京電機大学 工学部 電子工学科
‡東京電機大学 情報環境学部 情報環境工学科

これらの指標は, 各機能を制御したいときのほかは不要であり, 最適なテレビ観賞状態を妨げることにもなる. そこで制御と観賞の二つのモードを設け, 制御モードでは指標を表示, 観賞モードでは非表示とした. モード切換に対する指標の注視判定は通常の指標入力よりも３倍長く設定し, 制御モードで約６秒間いずれの指標も注視されないとき観賞モードに, 観賞モードでモード切換の指標位置 (指標は非表示) を約６秒間注視したとき制御モードに遷移する. 制御モードではモード切換の指標は「ＴＶオフ」と表示され, さらにこの指標を約６秒間注視したときテレビ観賞システムは終了する．なお, 各指標はテレビ映像の上に半透明で表示するようにした.

4. 指標の配置

本システムにおいて, ５個の指標の配置は操作性と入力精度に影響を与えるので, 十分な検討が必要である. テレビ観賞をできるだけ妨げないためには, 上下左右いずれかの端部に配置するのがよいので, 各指標について入力精度を計測した. 実験に使用した指標群を図４に示す. 指標の大きさは, 視角にして 1.5 度の正方形である. 指標群全体の幅は指標中心で水平 24 度, 垂直 18 度であり, このとき 17 インチのディスプレイでは被験者との距離は約 75 センチとなる.

被験者５名について, 図４の上下左右の各指標群の注視点判定率を計測した結果を表１に示す. 被験者ごとの初期キャリブレーションでは, 図４の指標 A3〜E3,A1,A5,E1,E5 を順次５秒ずつ赤色に変化させ, 各指標を注視したときのデータを取得した. このときサッカードの潜時などを考慮し, 各指標を注視した 30 サンプルのうち, 時間軸での中央値 20 サンプルから上下のとき水平方向, 左右のとき垂直方向の判定率を算出している. 表１によると, 上下のほうが左右より優れており, 上と下についてはほとんど差は認められず, いずれも 90 %を超えていて実用上問題はない. テレビカメラの位置から, 上部の指標を注視するときのほうが眼球は明るく撮影されるため, 本システムでは指標を上部に配置している. 制御モードにおける表示例を図５に示す.

5. むすび

本システムでは画像解析に用いるしきい値は自動的に決定されるため, 介助者の負担は少ない．また, 重度肢体不自由者を支援する視線入力の応用システムとして, 要望の多いテレビのチャンネルと音量の制御が可能であることを確かめた意義は大きいと考えている.

パソコンテレビ観賞システムの設計にあたっては, 汎用性を目標にパソコンに組み込まれているテレビや, パソコンに付加するチューナーカードと観賞用ソフトウェアを調査したが, 標準化は進んでいない. したがって, このシステムは開発環境と同じカードとソフトウェアでしか使用できないが, 今後これらの標準化が実現されれば, それに合せて本システムを移植するのは困難ではない.

なお, テレビ観賞など長時間にわたって視線入力システムを稼動させるとき, 自力で頭部の移動ができない人たちでも, 肢体を支えるマットや枕などの変形によりビデオカメラに対して頭部移動が生じることが考えられる. このとき計測限界を超える前に介助者に状況を伝えることが必要であり, その検出方法について検討している.

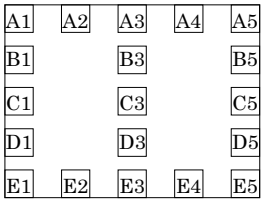

図 4: 実験用の指標配置

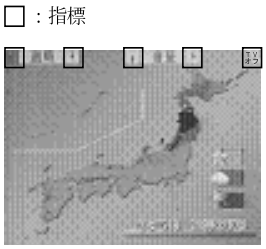

図 5: 制御モードの表示例

表 1: 注視点判定率 [%]

指標	被験者 α	β	γ	δ	ε	平均
A1	95	100	100	100	100	99
A2	100	100	100	100	69	94
A3	100	100	100	100	80	96
A4	100	100	92	100	94	97
A5	80	100	100	90	94	93
上部平均	95	100	98	98	87	96
E1	90	100	90	100	100	96
E2	100	100	100	100	80	96
E3	89	100	100	100	100	98
E4	100	100	100	100	100	100
E5	100	100	100	100	82	96
下部平均	96	100	98	100	92	97
A1	0	70	95	100	100	73
B1	0	90	0	100	17	41
C1	0	55	63	90	0	42
D1	0	100	5	100	50	51
E1	100	100	35	95	88	84
左部平均	20	83	40	97	51	58
A5	0	100	100	90	64	71
B5	0	0	67	85	53	41
C5	0	0	100	90	74	53
D5	0	5	68	90	62	45
E5	100	25	33	100	86	69
右部平均	20	26	74	91	68	56

参考文献

[1] 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）

[2] 岸本, 米村, 広瀬, 長江 :“ カーソル移動方式による視線入力システムの開発 ”, 映情学誌,55,6,pp.917-919（May 2001）

[3] 阿部, 大山, 大井 :“ 自然光下における画像解析を用いた視線入力システム ”, 信学技報,103,453,pp.43-48（Nov.2003）

[4] 山岸, 大石, 麩沢, 内山, 畠山他 :“ 頚髄損傷による四肢まひ者の生活と環境制御装置の課題 ”, 第 15 回リハ工学カンファレンス,D-34,pp.605-608（Aug.2000）

[5] 伊藤, 奈良 :“ ビデオキャプチャーカード経由の画像取込み及び処理による眼球運動計測－環境制御装置への応用－ ”, 信学技報,102,128,pp.31-36,（Jun.2002）