

単眼カメラ画像を用いた視線計測

三宅 哲夫, 今村 孝, 章 忠 (第2工学系, メディア信号処理コア)

1 はじめに

身体機能の一部を用いて身の回りの家電機器を操作することができればその利便性は計り知れない。眼球運動は、身体機能の中で最後まで残るといわれており、また眼球運動に要する肉体的な負担は僅かであるため、視線は最適な道具のひとつであると考えられる。

視線をヒューマンインタフェースとして利用するには、視線方向の計測が必要であり、従来手法は、特別な装置や光源を用いるものと、画像処理手法を用いるものに大別される。前者によれば高い空間分解能で視線方向が得られる半面、頭部に機器を装着する必要があるなどの身体的制約が大きい。一方、後者によれば汎用性が期待できる半面、高い空間分解能は得られず、また視線方向の推定には頭部姿勢と頭部内での眼球回転角を必要とするなど、処理が複雑である。

これに対して、我々は問題を単純化し、単眼カメラで得られる画像情報を基にして、人物がカメラを注視しているか否かを判定する注視判定システムの開発を行ってきた。このシステムを利用すれば、例えば室内に設置したカメラを注視することで、手元にリモコンがなくても照明スイッチやテレビの遠隔操作が実現できることになる。

本研究室では、視線インタフェースの構築とともに、注視判定原理を基にした視線方向計測法の開発を進めており、自動車運転中のドライバの視線をモニタすることで安全運転を支援する各種の取り組みを行っている。

2 視線インタフェース

2.1 インタフェース要件

健常者に比べて身体的機能が著しく低下している被介護者が簡便に使用できるインタフェースを目指して、注視判定システムを応用したテレビ操作の視線インタフェースを試作した。誰もが理解し易い簡単な操作で、かつ複数個の操作指令を実行できることをインタフェースの要件とした。

注視判定における注視状態を1、非注視状態を0と考えれば、原理的には各操作指令を2進数で符号化することで、多様な操作指令を実現することができる。しかしこの方法では、各操作指令を記憶するのが容易ではない上、過度の眼球運動による疲労も伴う。そこで、注視時間の長さの違いにより操作指令を区

別する方法を用いる。

2.2 実験

試作したテレビ用視線インタフェースの構成を Fig. ??に示す。本システムの機器操作方法は以下のとおりである。ただし、 T はあらかじめ定めた時間間隔である。

1 T [sec] 間カメラ注視：チャンネルアップ

2 T [sec] 間カメラ注視：チャンネルダウン

3 T [sec] 間カメラ注視：電源のオン/オフ

システム利用者がカメラ注視を開始すると、システムは注視時間の計測を開始し、1 T [sec] 毎に、順次LEDを点灯させて経過時間を表示する。利用者が非注視状態に戻ると、経過時間に応じた操作がテレビに対して行われる。電源のオン/オフの操作に対して最も長い時間が割り当てられている理由は、この操作はテレビ視聴中の指令として、最も頻度が低いからである。

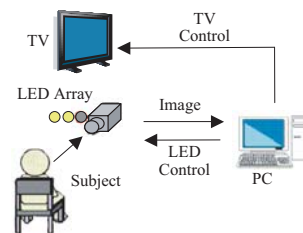


Fig. 1. テレビ用視線インタフェース

健常者を対象として、 $T=1$ [sec] に設定して行った実験のタイムチャート例を Fig. ??に示す。設定どおりに、テレビの操作が行われていることがわかる。なお、画像処理時間は、平均 81[msec/frame] であった。

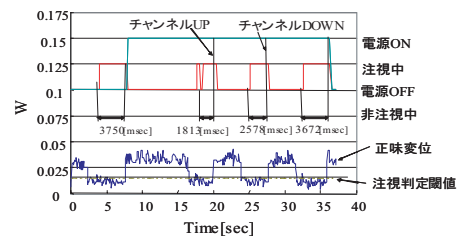


Fig. 2. タイムチャート

健常者は、通常のリモコン操作に慣れているため、操作が煩わしいという意見がある半面、肯定的な意見

も聞かれた．今後は，要介護者を対象として実験を行い，システムの有効性について評価を行う予定である．

3 視線計測システム

漫然運転の防止は交通事故の低減に有効と考えられているが，現状では漫然運転の積極的な防止システムは実用化されていない．我々は安全運転支援への取り組みとして，ドライバの視線情報と車両前方画像から得られる注視対象候補の位置情報を用いて，ドライバの運転集中度をリアルタイムで推定するシステムの開発を進めている．

3.1 視線計測原理

視線方向の計測は，基本的には注視判定と同様の黒目変位量を用いる．注視判定では，顔の撮像距離を長く設定していたが，視線計測では撮像距離を短くすることを考える．近距離撮像では，中心投影の影響により，黒目変位量と視線方向角度との間に線形関係が成り立たなくなる．しかし，顔の向きが既知であるならば，黒目変位量の補正が可能であり，それにより，黒目変位量を用いて視線方向を導出できることになる．

顔の向きを，画像を用いて高精度に計測することは容易ではない．高精度に計測を行うためにはステレオ法による3次元計測と照合のための頭部モデルが必要となる．本提案手法の最大の特徴は，単眼カメラ画像のみを用いて視線方向を計測することであるため，顔画像から得られる目尻間距離を基に，簡便に顔の向きを算出し，黒目変位量を補正する．

3.2 実験

顔の向きにより黒目変位量が変化する様子を実験により調べた．被験者は指定された方向に顔を向け，その状態の顔画像に対して黒目変位量を求めた結果を Fig. ?? に示す．マークは顔の向きと視線方向が一致している状態，マークは，視線は正面を向き，顔が指定方向を向いた状態での黒目変位量を表す．

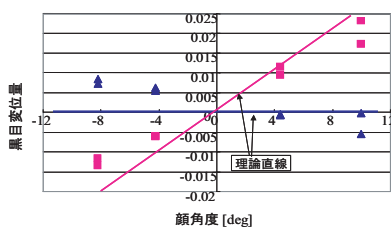


Fig. 3. 顔の向きと黒目変位量の関係

マークの分布から，顔の回転に伴い黒目変位量がほぼ直線的に変化していることがわかる．このこと

から，顔の方向角度を用いて黒目変位量を補正できることが確かめられた．一方，マークの理論値は，顔の向きに依らず黒目変位量 = 0 であるが，誤差が生じている．この原因としては，被験者固有の効き目の影響で顔の向きが指定した方向と一致していなかったことが考えられる．

目尻間距離の変化を基にして，顔の向きを計測した結果を Fig. ?? に示す．図からわかるとおり，被験者に依らずほぼ正確に顔の向きを推定することができた．しかし，顔の向きが正面の 0[deg] を中心として ± 10 [deg] 以内にある場合は，原理的に計測が不可能であるため，この領域での有効な計測方法の検討が必要である．

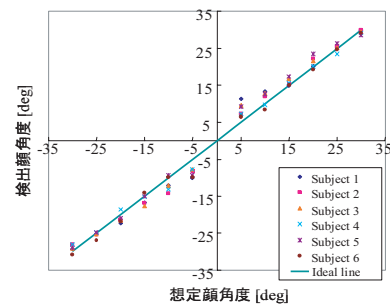


Fig. 4. 顔の向き計測

4 まとめ

注視判定原理を核として，視線インタフェースの開発や，自動車安全運転支援システムの開発に取り組んでいる．現状では，視線方向計測精度と顔画像処理におけるロバスト性が不足しており，これらの改善が今後の課題である．

発表論文

- [1] 長田達矢，浅川拓也，三宅哲夫，今村孝，章 忠，車両前方画像からの注視対象物体の抽出，自動車技術会学術講演前刷集，No.100-07，pp.15-18 (2007.10)
- [2] 鈴木直也，三宅哲夫，安田好文，章 忠，今村孝，眼球運動情報を利用したドライバの眠気検出法に関する研究，自動車技術会学術講演前刷集，No.135-07，pp.1-4 (2007.10)
- [3] 青木祥平，三宅哲夫，今村孝，章 忠，FPGA を利用した道路標識の認識，ViEW2007 ビジョン技術の実利用ワークショップ，pp.331-336 (2007.12)
- [4] 浅川拓也，三宅哲夫，今村孝，章 忠，単眼カメラ画像を用いた視線計測法とその応用，動的画像処理実用化ワークショップ，pp.107-111(2008.3.6-7)