

視線知覚・制御モデルの研究開発 (032107009)

Research and Development of Eye-Gaze Perception and Control Model

蒲池 みゆき (株)国際電気通信基礎技術研究所 (現: 工学院大学)

Miyuki Kamachi Advanced Telecommunication Research Institute International

吉田 千里 (株)国際電気通信基礎技術研究所

Chisato Yoshida Advanced Telecommunication Research Institute International

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

人間同士の前言語的なコミュニケーションにおいて「視線」は重要な情報伝達手段の一つである。本研究開発課題では、前言語的コミュニケーション時に動的に変化する視線に関して、人間の視覚認知系、運動制御系の認知機能を実験により明らかにしながら、視線知覚および制御モデルを構築することを目指し、使用者への注意や興味の喚起、人間らしさを表出可能なより自然でわかりやすいヒューマンインタフェースの基盤技術を確認することを最終目標とした。人間の視線知覚・制御モデルを構築するための基盤研究として、以下の課題に取り組んだ。観察者自らの頭部・眼球運動制御系の機能を明らかにするため、相手の視線が移動する際の観察者の頭部・眼球部追従を同時計測し、自己の視線制御は相手の頭部方向に依存することなどが明らかになった。さらに、MRI 撮像法により眼球の制御機能を明らかにする実験より、求められる眼球の回転中心、最大回転角度などをもとに、CG 頭部モデルでの眼球モデルを作成するための基盤を確認した。

Abstract

In this research project, we investigated the function of human eye-gaze perception and control system in a dynamic environment. The goal of this research was to establish a basis for human interface technology supporting natural and optimal presentation. The whites of human eyes produce a strong contrast with the pupils, and in light of this fact, detection of the eye-gaze direction is relatively easy to do. Our result, however, showed that the perceived eye-gaze direction is affected not only by the eyes but also by the direction of the whole head or a body part. From the perceived position, the real gazed position can be estimated by a linear function model.

1. まえがき

近年、心理学や神経生理学などの分野において共同注意 (joint attention) の観点から視線の知覚に関する機能が注目をあつめている。ここでは、他者の注意や興味を惹きつけている対象を検出するための手段として、正確な視線認識が必要であると考えられている。

他方、近年のコミュニケーションに関する科学研究の発展を鑑みると、人間の顔情報処理モデルの提案が研究分野発展の基盤となった部分も多いと考えられる。しかしながら特に顔の表情の認知などに関しては、これまで静止した二次元顔画像から得られる情報のみを取り扱ったものが主流であった。さらに、前言語的コミュニケーション上重要な視線研究に関しては、他者 (カメラ) すなわち観察者に対して頭部、視線とも正面方向を向いた状態のみを取り扱ったものが大多数を占め、例えば視線が正面以外の方向に逸れた状態での対人認知過程に関する研究など、さらなる研究展開が必要とされている。

工学的な技術応用の観点からみると、対人コミュニケーションやヒト型ロボットインタフェースでの前言語的情報伝達を想定した場合、目から得られる「視線」は重要な情報伝達手段である。眼球機能系の瞬目、眼球運動さらに瞳孔開閉などは人が向ける注意や興味等を他者に伝える表出手段となる。近年では、仮想的にヒトの頭部、身体部をあらわすものとして「アバタ」や「ヒト型ロボット」技術がインタフェースとして用いられ、これらの技術のもと眼球運動で表現される視線は、特にノンバーバルな情報伝達手段として有効であり、実用の可能性が高いにも関わらず、利用可能な基礎的データが十分であるとはいえない。

本研究開発課題では、前言語的コミュニケーション認知機構における視線の役割を解明するため、知覚認知・運動制御系の両者を相互依存するものとしてとらえる研究アプローチを試みた。具体的には視線に眼球部、頭部の運動

を伴う場合について、観察者および非観察者 (情報伝達者) の視覚認知系、運動制御系の機能を明らかにする実験を行った。

2. 研究内容及び成果

1) 視線知覚精度に関わる実験的検討

心理物理的手法を用いた知覚実験を通し、他者の視線を知覚する際の (見ている相手の) 頭部回転角度および (相手の顔を照射している) 光源の角度変化により、人間の視線知覚精度が定量的に変化することを明らかにした。さらに他者の視線を実際の方角と違う位置に知覚する際の「知覚のずれ」の大きさは、相手の頭部方向と実際の視線方向の線形関数で近似できることがわかった。この知覚実験の結果をふまえ、ユーザーがロボットや CG などの顔型インタフェースを観察する際の、視線知覚のずれを予測することができる。さらに、そのずれをあらかじめ補正することで、より適切な位置へとユーザーの注意を向けさせることが可能なインタフェースを構築できる。

知覚実験: 方法と結果

視線方向の自他弁別課題 (自分を見ているか、自分以外を見ているか) と定位課題 (どの場所を見ているか) を通して視線知覚の精度を検討した。被験者の目の高さターゲットとなる球を被験者の両眼間中心を 0 度として左右 15 度の範囲で配置し、対面者 (実験者) が各点を注視する際の視線に対する精度を調べた。実験条件として、実験者の顔に照射される光源の位置 (左または正面) と、実験者の頭部の角度 (± 15 度、 ± 5 度、0 度の 5 段階) を変化させ、それぞれのターゲット位置を注視する条件を設けた。

結果から、光源の向きあるいは相手の頭部の向きは、視線方向の知覚に影響を及ぼすことが明らかになった。図 1 は、知覚された視線方向と頭部方向を図示したものである。ここで、被験者に提示した視線方向を θ_T 、知覚された視

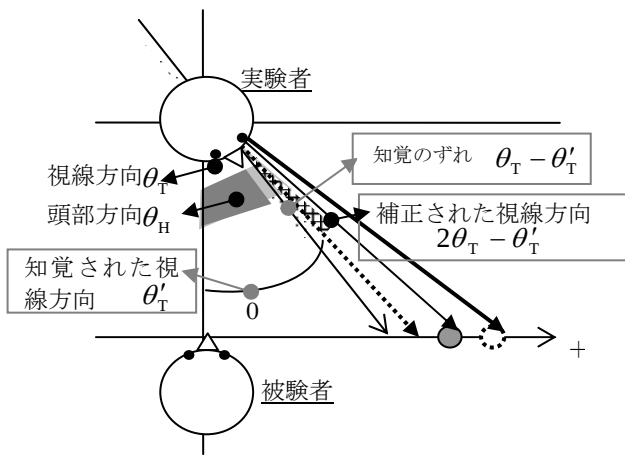


図1 知覚された視線方向と頭部方向

線方向を θ'_T とする。ある特定の方向に頭部を回転して視線を提示すると、被験者は視線方向を過小評価する。このときのずれの大きさは、 $\theta_T - \theta'_T$ である。 θ'_T は提示された視線方向の線形関数で近似され、この線形関数の勾配または切片と頭部の回転角度 (θ_H) との関係をそれぞれデータにもつぎ適用すると、視線方向の知覚を導くための眼球の回転角度 θ_E を求めることができる。

2) 知覚と制御にかかわる実験的検討

最終年度には、テーマ2として視線知覚時の制御機能を明らかにするために、視線の観察者の頭部と眼球の動きを計測し、解析を行った。

知覚制御実験：方法と結果

実験の流れは以下のとおりであった。知覚対象となる視線モデルが観察者に対面 (0°) および頭部の回転 (5° 、 15°) を伴いながら、様々な視線方向 ($\pm 15^\circ$ 、 $\pm 10^\circ$ 、 $\pm 5^\circ$ 、 0°) を注視する際の視線位置を答える定位課題をはじめに行った。観察者が位置を答えた後、ランダムな時間間隔において視線モデルの視線が別の方向へサッカディックに移動する。この移動した最終地点となる視線位置について再び定位を行う課題を設けた。

他者の視線移動時に、被験者が自己の眼球と頭部をいかに制御しつつ定位を行うかを調べるため、被験者は頭部に軽量の方位計測器を装着し、さらに被験者の前方には非接触眼球運動計測器が設置された。一連の結果解析により、他者の頭部が自分と正対している場合、つまり頭部 0° 方向の場合は、自己の頭部を動かすことなく眼球運動のみで定位を行う傾向が見られることが分かった。また、相手の頭部の方位各が自分からずれている場合、視線の移動量に依存せず、観察者は自己の目と頭の両方を移動させながら定位を行うことが分かった。この結果に対して我々は、他者の頭部が自分以外の方向を見ている場合には、「自分も頭を動かさない限り見えない位置に注意を向けている」と判断しているのではないかと推察している。

3) 視線制御モデル構築のための眼球部 MRI 計測

テーマ3は、視線制御モデル構築の一環として視線方向の変化に伴う眼球運動の中心となる軸の、MRI を利用した特定を試みた。例えば、ロボットやCGのユーザーが、提示されるCGやロボットの目の動きをもとに視線を知覚することによって、空間的に注意を喚起させることも可能となる。このための基軸となる眼球制御の実際について、MRI画像の解析を行った。

MRI 眼球計測実験：方法と結果

注視点用紙を円筒型のMRI壁面に貼付し、描かれた座標上の一点ずつを被験者に注視させる実験を行った。喉頭コイルとよばれる特殊コイルを眼球部の前面周囲に装着す

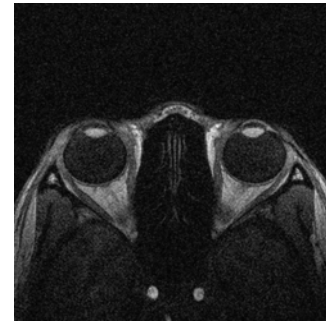


図2 正面観察時最適画像

ることで、通常の筒状コイルと比較して、図2のようなノイズや歪みが少ない高画質の画像を取得することが可能である。また、眼球部に関しては眼球の水晶体部分とレンズ部分を明確に識別することが可能である。実験では、水平方向、垂直方向、および上下斜め方向の全方位について、一点につき約30秒の注視時間を行うことで眼球部全体を覆う複数スライスの画像を取得することができる。現状での最適画像による解析の結果、3名の被験者の中心点座標平均値は、眼球の前後直径の midpoint から約2.5mm後方にあることが分かった。また、最も左の点(Lmax)を見つめている場合の最大回転角度平均は左眼(Lθmax)の場合約53度、右眼(Rθmax)の場合約48度であることが分かった。

3. むすび

研究開発提案時には、ロボットやCGなどヒューマンインタフェースの自然な提示方法の基盤となるべく研究目標を定め、研究を進めた。しかしながら研究を進めるにあたり他の分野、例えばセキュリティロボット上での有効な犯罪防止につながる視線提示など、当初の想定以上の波及効果が期待できることなどの反響を得た。このように本研究課題のテーマはコミュニケーションそのものを研究する上で、より自然な環境を想定しながら、視線の重要度の高さを再認識するべき役割も果たしたといえる。さらに、より精密な視線知覚・制御モデルの構築のために、データの収集を今後も続けたいと考えている。

【誌上発表リスト】

- [1] Miyuki Kamachi, Frans Verstraten and Harold Hill, "What are you looking at? The effect of lighting and head rotation on perceived gaze direction", 27th European Conference on Visual Perception (Budapest), (2004年8月24日)
- [2] 吉田千里, 蒲池みゆき, Frans Verstraten, and Harold Hill, "人間の視線方向の知覚特性—頭部方向および光源位置の影響—" 電子情報通信学会 HIP 研究会 (福井) (2004年11月19日)
- [3] Chisato Yoshida, Miyuki Kamachi, Harold Hill and Frans Verstraten, "Linear Functions of Actual Head and Gaze Angles Predict the Shift of Perceived Gaze Direction for both 2-D and 3-D Presentations", European Conf. on Visual Perception (ECVP) (ラ・コルニャ) (2005年8月)

【申請特許リスト】

- [1] 蒲池みゆき・吉田千里・フランス・バーストラテン・ハロルド・ヒル、「眼球制御装置、眼球制御方法および眼球制御プログラム」、日本、平成16年10月29日
- [2] 蒲池みゆき、「眼球制御装置、眼球制御方法および眼球制御プログラム」、日本、平成16年10月29日