



Title	視線インタフェースにおける誤選択を低減する手法に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	崔, 明根
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15997号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/91739">https://hdl.handle.net/2115/91739</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Myunguen_Choi_review.pdf, 審査の要旨



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 崔 明根

審査担当者 主 査 准教授 坂本 大介  
副 査 教 授 野田 五十樹  
副 査 教 授 山本 雅人  
副 査 教 授 川村 秀憲  
副 査 特任教授 小野 哲雄

### 学位論文題名

視線インタフェースにおける誤選択を低減する手法に関する研究  
(Study on Eye-Gaze Interface for Reducing False Selection)

Virtual Reality(VR) や Mixed Reality(MR) などの技術が発展するにつれ、人間とコンピュータがインタラクションを行う環境は従来のディスプレイなどの二次元環境から、実環境や仮想環境といった三次元環境へと広がりつつある。二次元環境におけるインタラクションは主に手で実行されることが主流であるが、三次元環境ではそれが適切でない場合がある。遠距離に対するインタラクションや空中に対するインタラクションは手を用いる手法が最適でない場合も多く、また実環境においては手が塞がっている状況も多い。このため手に代わる、または手と相補的に用いる入力インタフェースとして視線インタフェースが有望視されている。視線インタフェースは高速なポインティングが可能であり、かつ遠距離に対するインタラクションが可能である。また目を動かすことによる身体的な負荷が小さいことから、日常的な使用に適した入力インタフェースだと言える。しかし現状の視線インタフェースの速度や精度は従来のインタフェースと比較して十分ではなく、特に誤選択の多さが課題となっている。

誤選択の種類は大きく分けて 2 種類存在する。一つは選択が難しいオブジェクトを選択する際の誤選択である。視線インタフェースにおいては特に小さなオブジェクトの選択が難しく、視線の生理的特徴から必要なターゲットサイズは他のモダリティよりも非常に大きい。このため視線インタフェースが使用可能な状況は限定的であり、この誤選択を解消することでより広範な領域で視線インタフェースを使用することが可能となると考えられる。もう一つは意図しない選択動作による誤選択である。視線のみでオブジェクト選択を行う際に最も使用されている方法はターゲットを一定時間注視し続けることである。そのため選択意図がなくとも視線が一定時間オブジェクトの上に滞留してしまうことで、そのオブジェクトが選択されてしまうことがある。この誤選択は通称 Midas Touch と呼ばれる。Midas Touch が生じ得る状況とは常に誤選択が生じる可能性があるということであり、そのような状況では視線インタフェースを誤作動の影響が大きいようなタスクに対して用いることは不適切である。したがって、これらの誤選択は視線インタフェースの適用場面を大きく制限し、また誤選択の多さが視線インタフェースの性能を大きく引き下げている。このような背景のもと、本研究では小さなターゲットを選択する手法と意図しない選択動作を軽減する手法を提案し、視線インタフェースにおける誤選択を減少させる手法を提案する。

本研究ではまず二次元環境における小さなオブジェクトの選択を容易にする手法の検討を行った。二次元平面に存在する UI とインタラクションを行う場合、視線推定精度や個人差、キャリブレーション精度が原因で小さなオブジェクトを選択せねばならない状況が存在する。これは十分に大きなオブジェクトを配置した UI においても発生し得る課題である。このためポロノイ領域にオブジェクトを暗黙的に拡大する手法であるエリアカーソル手法を視線インタフェースに導入する

手法を提案した。本研究では既存のエリアカーソル手法のうち一般的なエリアカーソル手法である Bubble Cursor と、ターゲット接近時に拡大レンズが起動する Bubble Cursor の改善手法である Bubble Lens を視線インタフェースとして実装した。これらの手法の評価実験を行った結果、提案手法は小さなオブジェクトの選択精度を向上させることを確認した。

次に、三次元環境における Midas Touch を減少させる方法を検討した。Midas Touch が生じる要因の一つは、選択に必要な視線動作と日常的な視線動作が一致することである。例えば、オブジェクト内の情報を走査する（視覚探索）時や視線を宙に漂わせている時に Midas Touch が生じる場合がある。このため我々は選択動作を日常では行わない動作にすることで Midas Touch を減少させることができると考えた。本研究では「視線と頭部方向が成す角度」（以後、視線角度）が極端に大きな領域を活用することで Midas Touch 問題の解決を試みる。人間の目の水平方向の可動範囲は平均で約  $\pm 45^\circ$  であるが、視線は基本的に視線角度  $25^\circ$  以内に分布する。この視線角度が  $25^\circ$ – $45^\circ$  の領域（この領域を Kuiper Belt と呼ぶこととする）で視線インタラクションを行うことで日常的な視線動作とは異なる入力動作を実現し、Midas Touch を減少させることができると考えた。実験で Kuiper Belt が Midas Touch を減少できるか検討した結果、Kuiper Belt にのみ選択可能なオブジェクトを配置することで視覚探索中の Midas Touch を大幅に軽減できることを確認した。

最後に、三次元環境における小さなオブジェクトの選択を容易にする手法の検討を行った。三次元環境においては距離に応じてオブジェクトサイズが小さくなるほか、遮蔽物によってターゲットの可視領域が減少することが起こり得る。このため二次元環境とは異なる理由でオブジェクトサイズが小さくなるため、三次元環境に適した小さなオブジェクトの選択手法が必要だといえる。本研究では仮想再配置アプローチによって遮蔽された小さなオブジェクトを選択する手法 Asteroid Gazer を提案する。仮想再配置アプローチとは大まかに選択したターゲット候補を別領域に存在するメニューアイテムにそれぞれ仮想的に再配置するアプローチである。仮想再配置されたメニューアイテムを選択すると、そのメニューアイテムに対応したオブジェクトが選択される。このアプローチによって遮蔽された状況を解消し、かつオブジェクトをメニューアイテムの大きさに実質的に拡大する。この仮想再配置アプローチを使用するためにはオブジェクトとメニューアイテムが存在する領域を分離する必要がある。本研究では以前に検討した Kuiper Belt にメニューアイテムを配置することでこれらの分離を達成し、仮想再配置アプローチの実装を可能とした。提案手法の評価実験を行った結果、提案手法は小さな、遮蔽されたオブジェクトの選択精度を向上させることを確認した。

これを要するに、著者は視線インタフェースによる誤選択の頻度を減少させることを目的とした研究として、二次元環境における小さなオブジェクトの選択を容易にする手法、三次元環境における意図しない誤選択を減少させる方法、三次元環境における小さなオブジェクトの選択を容易にする手法の提案とその有効性を検証する研究を行った。これらの研究で提案した手法を用いることで、視線インタフェースによるオブジェクトの探索時に意図しない誤選択の心配がない状態で、視線のみで二次元および三次元空間に存在するオブジェクトの誤選択を軽減することができた。これは従来の視線インタフェースでは困難であったことであり、本研究によって視線インタフェースがより広範な領域で活用できるようになったと考えている。この結果として社会における VR や MR の普及や発展に大きく貢献することが期待される。

よって著者は、北海道大学博士（情報科学）の学位を授与される資格あるものと認める。