

1. 担当 PM

稲見 昌彦（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

2. クリエータ氏名

泉 和哉（筑波大学 人間総合科学学術院 人間総合科学研究群
情報学学位プログラム）

3. 委託金支払額

2,736,000 円

4. テーマ名

視線とキーボードで完結する高速な GUI ポインティングシステム

5. 関連 Web サイト

デザイナーサイト：<https://eye-interaction.design>

ソースコード：<https://github.com/Eye-Interaction-Design>

6. テーマ概要

グラフィカルユーザインタフェース（GUI）を通じた PC 操作にはマウスを始めとするポインティングデバイスが主に使用されるが、GUI 操作ではポインティングの対象を認識し、カーソルを移動、選択するという流れに時間を要する。モニタの数や解像度が増えるとその問題はより顕著となる。

一方で、ランチャや Vim など、キーボード入力を用いて GUI 操作を行うツールもある。これらを活用することで、ポインティングデバイスに比べてより効率的な操作が可能となる場合がある。しかし、ドラッグ&ドロップなど複雑な GUI 操作は、キーボード入力のみでは効率的には行えない。

そこで本プロジェクトでは、ユーザの視線を組み合わせたマルチモーダルなインタラクションに着目する。ユーザの注視点を推定し、それをポインティングに活用することで、GUI 操作の効率化を目指した。一方で視線推定技術の活用はユーザが手を使わずに高速なポインティングを可能にするが、その導入コストと精度の限界が普及の障壁となっていた。

本プロジェクトではこの課題解決に向けて、次の2つのシステムを構築した。

1つ目は、スマートフォンをアイトラッカーとして導入し、専用ハードウェアを必要とせずアイトラッキングを実現するシステム。2つ目は、ユーザの注視点とキー入力を組み合わせて GUI 操作を行うシステムである。このシステムでは、要素やウィンドウの選択・フォーカス、ドラッグ&ドロップなどの日常的操作を効率化できるよう設計した。また、現状の視線インタフェースにある精度や使いづらさの問題を解決するインタラクションの提案も目指した。

7. 採択理由

視線インタフェースの歴史は古い。しかしながらカメラや計算能力の向上により、従来よりも簡便なシステムでそれなりの精度で視線検出を行うことが可能となりつつある。提案者は従来のポインティングデバイスに代えて視線を用いるインタフェースの実現を目指している。先行事例を挙げることはたやすいが、歴史を踏まえつつもカメラ付きの PC/スマートフォンが普及し機械学習機をカジュアルに使える現在の技術インフラで、誰もが使いたくなるようなインタラクションデザインにどこまでチャレンジできるかに期待しつつ採択とした。

8. 開発目標

本プロジェクトは、GUI 操作におけるポインティング操作の代替手段として視線による高速な操作の実現を目標としてスタートした。しかし、プロジェクトの進行に伴い、単にポインティング操作を代替するだけでは、ユーザ体験を十分に向上させることは困難であるため、プロジェクトの目的を視線に基づくインタラクションの質を根本から向上させる方向へとシフトした。

この新たな目標のもと、「Project Eye Interaction Design」(EyeXD) を立ち上げ、視線を用いたインタラクションデザインの新領域を探求した。EyeXD では、視線に基づくインタラクションが直面する問題を解決し、ユーザにとって直感的かつ満足度の高いインタラクションを実現するためのデザイン及び実装を行い、インタラクションデザインのガイドラインを整備した。これにより、一般のユーザも容易に視線に基づくインタラクションのデザインが行えるプラットフォームの構築を目指した。

9. 進捗概要

EyeXD は、GUI における視線を用いた使いやすいインタラクションのデザインとデザイン指針、およびそのインタラクションを実現するシステムと、それを用いた連携デモアプリケーションで構成される。

従来、視線インタラクションがポインティング操作に適さない理由は、細かい操作に向いていない点や、マイダスタッチ問題、ユーザがポインティング操作完了まで対象を見続けなければならない点、そして周辺視野内の表示変化で視線がそちらに向いてしまう点にある。本プロジェクトでは、これらの視線特有の問

問題を解決するため、ユーザが視線で入力を行うインタラクションと、ユーザの視線をシステムが誘導するインタラクションに分けて整理した。視線を入力に使うだけでなく、視線や注意を誘導することで、ユーザの注意逸れを防ぎ、アプリケーションの処理完了時に注意を向けさせるワークフロー最適化や、誘導先での新たな視線入力インタラクションの実行が可能となる。このようなユーザによる視線入力とシステムによる視線誘導を繰り返すインタラクションデザインにより、より自然なユーザ体験が実現できると考え、これを「アイインタラクション」と名付けた。視線誘導には、画面全体を薄暗くし、注意を誘導したい箇所をハイライト、点滅、移動させる手法を採用した（図 1）。

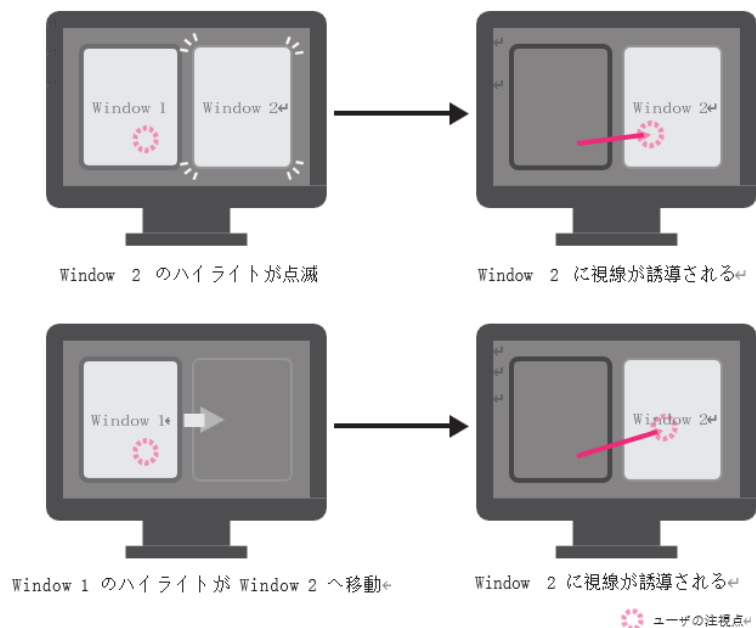


図 1：画面ハイライトによる視線誘導例

このインタラクションデザインをベースに、アイインタラクションシステム EyeXD を開発した。ユーザは自身のモニタにアイトラッカーを設置し、本システムをインストールすることで使用できる。EyeXD は、ユーザの注視点、キーボードやマウス入力と、画面の要素やウィンドウ操作、ハイライト操作による視線誘導を繋げる基盤システムである。これにより、「見ているウィンドウをホットキーでフォーカスする」といった従来の視線 GUI 操作に加え、「アプリケーション内の処理完了後にユーザの視線を自身に誘導する」「誘導に従ってユーザがアプリケーションを見たときに自動でフォーカスされる」といったアイインタラクションも実現した。また、別アプリケーションと EyeXD を連携させ、アプリケーション内でアイインタラクションを実現できる機能も実装した。プロジェクト期間中には、Chrome で Web ブラウザや AI チャットアプリケーションのアイインタラクションデモアプリケーションを開発し、プログラマに試用してもらった。

これらの開発や実装を通して、従来の視線インタラクションと EyeXD でのインタラクションを整理し、アイインタラクションのデザインガイドラインを策定した (図 2)。アイインタラクションでは、システムの介入段階、すなわちユーザの操作意図時のシステム介入タイミングにより、インタラクションを 3 段階に分類する。レベル 1 は、ユーザが対象を見てキー入力やマウス操作などの明示的操作を行う。レベル 2 は、ユーザが対象を見た時に、システムがユーザの意図を判定して自動で操作を行う。レベル 3 は、ユーザに特定の対象を見るよう注意を促し、システムが行いたい操作へと誘導する。介入レベルが高いほどユーザの操作負担は低くなるが、システムの介入が大きくなるため、ユーザの意図を正確に判定し、ペースを妨げないよう配慮する必要がある。特にレベル 3 の視線誘導インタラクションでは、視線誘導の仕方に注意が必要である。そこで、EyeXD では視線誘導インタラクションのデザインパターンを 4 つ定義した。また、システムがユーザの操作に適切に介入できるように、ユーザの注意場所の変化に着目したステートマシンによるインタラクション整理手法を提案した (図 3)。インタラクションデザイナーは、これらのガイドラインをもとにアイインタラクションをデザインすることになる。

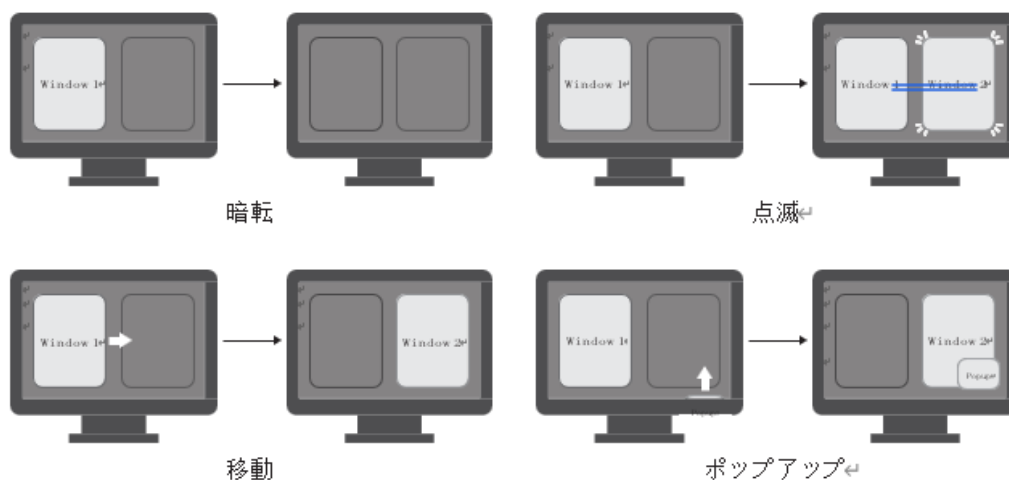


図 2 : 視線誘導インタラクションのデザインパターン

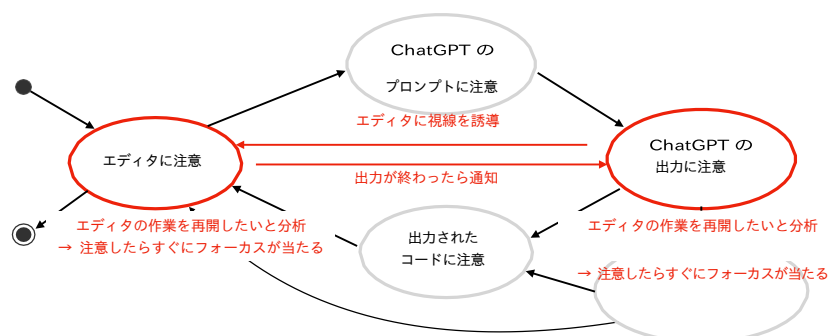


図 3 : ChatGPT との共同コーディング作業における、ユーザの行動とそれによるユーザの注意場所の変化のステートマシン

従来の GUI での視線インタラクションシステムは、ユーザのしている場所のみ考慮してポインティング操作を代替する手法が主であった。しかし、これではユーザ体験の向上と作業効率化に限界があると考え、システムがユーザの視線を誘導するインタラクションを検討し、アイインタラクションを提案した。ユーザによる視線入力とシステムによる視線誘導を繰り返すインタラクションデザインにより、より自然に計算機との目でのやり取りが達成でき、使いやすい視線インタラクションを実現できると考えている。また、アイインタラクションを実現するシステムとデザインガイドラインの提案により、インタラクションデザイナーはアイトラッカーがあれば直ちに本システムを体験し、インタラクションデザインの議論を行うことができる。これにより、EyeXD が今後の視線による人と計算機のインタラクションに関する議論のプラットフォームとなることが期待できる。

10. プロジェクト評価

このプロジェクトでは、視線による GUI での効率的で使いやすいインタラクションを実現することを目的とした。従来の視線インタラクションでは、マウスポインタの代替にとどまり、ユーザ体験の向上には課題があった。

そこで本プロジェクトでは、「アイインタラクション」と呼ばれる新しいインタラクションデザインを提案した。ユーザの視線入力に加え、システムがユーザの視線を能動的に誘導することで、作業の流れに合わせてスムーズにフォーカスを移動させたり、新たな操作を促したりすることができるようになった。

具体的な開発成果として、アイインタラクションシステム「EyeXD」とそのデザインガイドラインが作られた。EyeXD ではアイトラッカーを使い、視線の入力と誘導を連携させたアプリケーションが実装可能になった。また、視線誘導のパターンやシステム介入レベルなどのガイドラインが策定された。

従来の視線インタラクションとは異なり、ユーザの自然な視線の動きに合わせてシステムが介入するため、より使いやすく気持ちの良いインタラクションが実現できると期待された。PC 操作における UI/UX の新たな可能性を切り拓く斬新な試みであり、今後のヒューマンコンピュータインタラクションの発展に寄与すると評価できた。

当初の目的とは方向性の異なるピボットがなされ、またクリエイターの個人的な事情によりプロジェクトに時間を割けなかった時期もあったものの、以上のように視線インタラクションの新たな地平を切り拓くユニークで先進的なプロジェクトであると評価できる。

11. 今後の課題

アイトラッキング技術基盤は成熟を遂げつつあるが、視線による人と計算機との対話はまだ一般には浸透していない。これは、ユーザにとって使いやすいイ

インタラクションがデザインされていないことが大きな要因だと考えられる。本プロジェクトで提案したインタラクションデザインやシステムは、視線インタラクションをより一般に普及させることに貢献することが期待される。そして、視線による計算機との対話が一般化した先では、スマートフォンアプリケーションのUIデザインがタッチインタフェースにより適したものとして確立されていったように、PCのUIも目で見えて対話することを前提とした、より直感的かつ効率的なものへと進化していくだろう。

普及に向けた取り組みとしては、まずシステムの機能拡充を行い、EyeXDをユーザにとってより使いやすく心地よいものにしていく。そして、EyeXDによる視線インタラクションの普及の第一歩として、クリエイター自身を含め、生産性向上を謳うPCツールを好むユーザに向けてアプリケーションをリリースしていく計画である。そのためには、機能拡充と並行して、スマートフォンによるアイトラッキングシステムも開発し、導入障壁を下げることで、より多くのユーザがEyeXDを使用できるようにしていくことも重要である。

また、現在のデザインガイドラインを拡張し、視線インタラクションの新たなデザインスペースの構築を行い、ヒューマンコンピュータインタラクションの学会での発表を通して提案する予定ときいている。これにより、EyeXDを視線インタラクションデザインにおける議論のプラットフォームとしての議論が深まることが期待できる。