

視線入力を用いた疑似触覚体験の検討

山田 紗妃^{1,a)} 安中 勇貴² 渡邊 恵太¹

概要: カーソルの変形によって、対象に触れているかのような感触を再現する疑似触覚提示システム「VisualHaptics」がある。VisualHapticsをはじめ、疑似触覚体験において共通する特徴は、手で入力するデバイスを用いる点である。疑似触覚は手の動きの入力と視覚フィードバックの不一致によって得られる視覚中心の感覚であるが、視線自体を入力として利用しても同様に擬似的な触覚を得られるかは明らかではない。そこで、本研究では視線入力を用いて VisualHaptics を体験し、疑似触覚の知覚にどのような影響を及ぼすのかを調査するユーザスタディを行った。アンケートの結果、視線入力を用いた体験においても、実際に触れているかのような感触を認知するコメントを得た。

1. はじめに

視覚刺激によって、触覚の提示を行う Pseudo-Haptics がある [1]。Pseudo-Haptics はユーザの入力に対して視覚的なずれを提示することによって、触覚の提示を行う。渡邊らは Pseudo-Haptics を応用して、カーソルの変形を利用した疑似触覚提示システム「VisualHaptics*¹」を提案した [2]。VisualHaptics はカーソルの動きや形状を対象に合わせて変化させることによって、奥行き感やざらざら感、液体の抵抗感などの異なる感触を提示する。

VisualHaptics をはじめ、疑似触覚体験において共通する特徴は、手で入力するデバイスを用いる点である。VR 空間における疑似触覚体験ではバーチャルハンドを利用し [3]、複合現実空間では実際の手と仮想物体の三次元的な視覚のずれを利用して疑似触覚の提示を行う [4][5]。また、渡邊らが提案した VisualHaptics も、マウスの操作に手を利用する。

疑似触覚は手の動きの入力と視覚フィードバックの不一致によって得られる視覚中心の感覚であるが、視線自体を入力として利用しても同様に擬似的な触覚を得られるかは明らかではない。

そこで本研究では、視線入力を用いて VisualHaptics を体験し、疑似触覚の知覚にどのような影響を及ぼすのか調査した (図 1)。

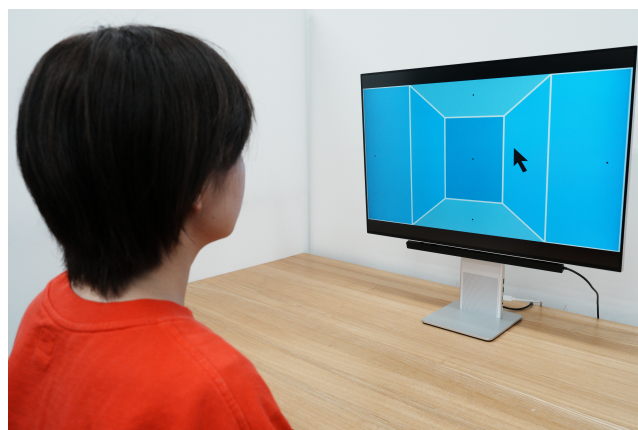


図 1 視線入力を用いて VisualHaptics を体験する

2. システム提案

本研究では、視線入力を用いた VisualHaptics システムを開発した。視線入力によるインタラクションにより、どのような体験が得られるかを検証する。

2.1 実装

本システムでは、ユーザは視線入力を用いてカーソル操作を行う。視線計測には Tobii 社の Tobii Pro Fusion 120*²を用いた。サンプリング周波数は 120Hz で、使用したディスプレイはサイズが 16.0 インチ、画面解像度が FHD、リフレッシュレートが 60Hz であった。Tobii Pro SDK*³を用いて視線データを取得し、OSC 通信にて Processing に送

¹ 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

² 明治大学大学院 先端数理科学研究科 先端メディアサイエンス専攻

^{a)} ev210518@meiji.ac.jp

*¹ <http://www.persistent.org/visualhaptics.html>

*² <https://www.tobii.com/ja/products/eye-trackers/screen-based/tobii-pro-fusion>

*³ <https://www.tobii.com/ja/products/software/applications-and-developer-kits/tobii-pro-sdk>

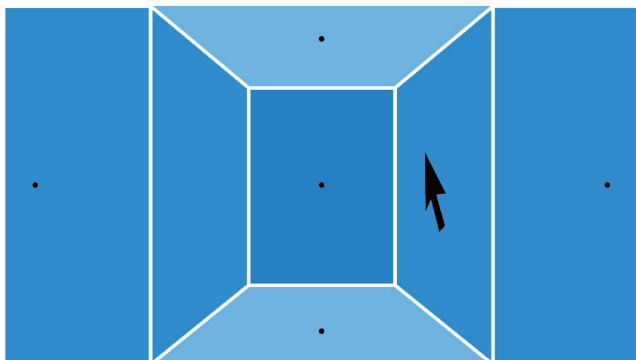


図 2 画面中央と上下左右に注視点を配置する

信した。視線データに基づき、画面内にカーソルを描画した。視線操作の際に画面の縁付近に視線を向けづらくなることから、画面内には上下左右と中心の計 5 カ所に注視点を配置した(図 2)。

基本的に人がモノを見るときにはサッカードを伴う。しかし VisualHaptics のようなカーソルによる撫でる操作には向いていない。そこで本システムでは、カーソルが視線の動きの軌跡を追従するよう実装を行うことで、サッカードの対策を行った。

3. ユーザスタディ

本研究の目的は、擬似触覚体験において、視線入力を用いることが、ユーザの知覚にどのような影響を与えるのかを検証することである。ユーザスタディでは、以下に示す 7 個の体験を利用した(図 3)。

- ・ 写真の奥行き感
- ・ 立体感
- ・ グラフィックの奥行き感
- ・ 液体(水と蜂蜜)の抵抗感
- ・ ベタベタ感
- ・ ざらざら感
- ・ 風に流される抵抗感

3.1 実験参加者

本実験には、21 歳の大学生 3 名(男性 1 名、女性 2 名)が参加した。全ての参加者は正常な視力あるいは矯正視力を持っていた。また、参加者は全員渡邊らが提案した VisualHaptics を体験したことがある者であった。

3.2 方法

本実験では、始めに参加者に対して実験の目的と手順について説明した後、2 分程度視線操作に慣れる時間を設けた。練習の後、参加者に本システムを体験してもらいながらインタビューを行い、思考発話法に基づいて各体験においてコメントを求めた。インタビューには半構造化インタビューを用いて、必要に応じて詳細に意見を収集した。インタビューでは次に示す 2 つの聞き取りを行った。

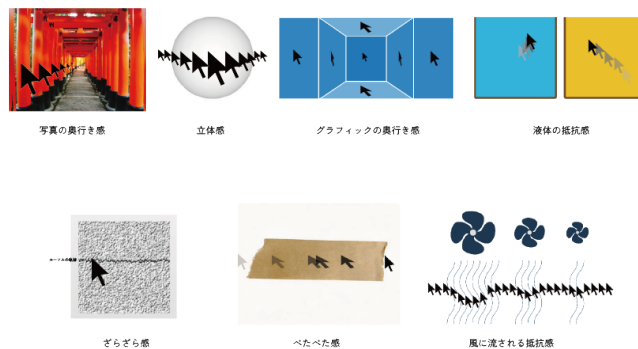


図 3 ユーザスタディに利用した体験の一覧

- (1) 体験を通してどのような感触を感じたか
- (2) それぞれの体験におけるカーソル変形によって、視線操作が難しいと感じるときがあったか

3.3 口頭での自由記述アンケート

ユーザスタディの結果、視線入力でも実際に触れているような感触を感じるというコメントを得た。しかし、体験によっては操作のしづらさを感じるときがあり、感触の知覚が難しいというものも含まれていた。

【写真の奥行き感】 実験参加者全員が画像の視覚的な奥行き以上に、カーソルの変形による奥行き感を感じたと述べた。また、カーソルが画像中心に近づき、サイズが小さくなったときに、カーソルの移動速度が速くなったように感じたというコメントがあった。

【立体感】 実験参加者全員がカーソルで球体をなぞるような感覚があると述べた。また、1 人の参加者が視線を左右に動かしたとき、球体の縁を通過するときにカーソルがそこに張り付くように感じ、視線を上下に動かしたときは、カーソルが球体の中心に近づくと張り付く感覚があったとコメントした。カーソルの操作感については、1 人の参加者が、カーソルが球体の真上に移動したときに、カーソルの操作がしづらくなったと述べた。

【グラフィックの奥行き感】 実験参加者全員が壁に張り付く感覚を感じたと述べた。また、カーソルがグラフィックの中心に移動したとき、カーソルのサイズが小さくなっていることに気づいた人はいなかった。このことから、実験参加者達はカーソルが壁に張り付いている様子を手がかりにして、奥行き感を知覚した可能性がある。

【液体の抵抗感】 実験参加者全員がカーソルが蜂蜜の中を通過したときに、ねっとりしたものの中を動かしている感覚がしたと述べた。また、カーソルが何もない空間から水の中に移動したときは、カーソルの速度が変わっていることを知覚しづらかったというコメントがあった。カーソルの操作感については、1 人の参加者が、蜂蜜の中を通過するときに操作のしづらさを感じたと述べた。

【ベタベタ感】 1 人の参加者が実際に触れているかのような粘着感を感じると述べ、残りの 2 人の参加者は、実際の体

験とは異なった感覚がしたとコメントした。また、1人の参加者はカーソルの変形に対して重さを感じたと述べ、その時に感じた感覚が、目が疲れているときの状況に近いと説明した。

【ざらざら感】 2人の参加者が実際に体験しているように感じたことと述べ、残りの1人は、カーソルが勝手に動いているような感覚がしたと述べた。また、1人の参加者はカーソルの動きに合わせて視線も動いてしまい、一点で止めることが難しいとコメントした。

【風に流される抵抗感】 実験参加者全員がカーソルの動きの変形だけでは風に流されるような感覚はあまり感じず、扇風機の画像を認知することによって、風に流されているかのような感覚がしたと述べた。また、2人の参加者は視線が上、又は下に流されるような感覚があったと述べ、下に流されたこととコメントした人が実際に流されているかのような感覚がしたと答えたのに対して、上に流されたこととコメントした人は、風に流されているような感覚をあまり感じなかったと述べた。

4. 考察

口頭アンケートの中に、カーソルの変形時に操作がしづらくなるというコメントがあった。この理由には3つの可能性がある。

1つ目は、視界におけるカーソルの存在感が強くなりすぎてしまい、視線がカーソル自身に向いてしまうことである。参加者の1人が立体感の体験において、カーソルが球体の真上に来たときに、操作のしづらさを感じたと述べた。このとき、視線がカーソルに集中した状態でカーソルのサイズが大きくなったことで、視覚情報のほとんどをカーソルが占めた可能性がある。そのため、体験者はカーソルが移動する方向に視線を向ける必要があるが、視界に映るカーソルに自然と視線が引き寄せられた可能性がある。

2つ目は、カーソルが実験参加者の視野から外れたことで、操作感が薄れた可能性がある。実験参加者のうち1人が、液体の抵抗感において操作が難しかったと述べた。液体の抵抗感では、液体の中を通るときにカーソルの速度を落とすことで、触覚の提示を行っていた。そのため、視線を素早く動かした時に、カーソルが視界から外れ、操作感に影響を及ぼした可能性がある。

3つ目は、カーソルの振動時に視線がカーソルの動く方向に引き寄せられた可能性がある。実験参加者のうち2人が、ざらざら感の体験で、カーソルの変形時に操作のしづらさを感じたと述べた。操作感について述べた人のうち、1人は視線が勝手に動かされる感覚がしたと述べ、もう1人は、一点を見つめてカーソルの動きを止めるタスクが難しいとコメントした。これは、急速なカーソルの細かな動きに、視線が自然と引っ張られた可能性がある。また、風に流される抵抗感の体験において、実験参加者のうち2人

が上下に視線が流れる感覚がしたと述べ、操作のしづらさを感じた。カーソルを動かすときに、視線が上下に流れる感覚が継続したため、左右の操作感に影響を及ぼした可能性がある。

液体の抵抗感と、グラフィックの奥行き感において細かなカーソル変形が知覚出来なかったというコメントがあった。液体の抵抗感では、実験参加者全員が、何もない空間から水の中に移動したときにカーソル速度が落ちていることに気がつかなかった。また、グラフィックの奥行き感でもカーソルがグラフィックの中心に近づいたときに、カーソルのサイズが小さくなっていることに気づいた者はいなかった。これらのコメントから視線操作で擬似触覚を体験するときには、変形の度合いを通常の体験時よりも強調することが必要な可能性がある。

本システムでは、サッカーの対策としてカーソルが視線の動きを追従するようにした。しかし、この方法ではわずかながらカーソルが視線の動きよりも遅れるため、それにより体験の質に影響を及ぼしている可能性がある。

5. おわりに

本稿では、視線入力を用いた擬似触覚体験の効果を検証した。その結果、視線を用いた場合にも触覚の認知は可能であるが、変形の度合いや視線を動かす速度に関してはさらなる検証を行い、適切な手段を提示することが必要となる可能性がある。今後はユーザの視線の動きについても分析し、視線と知覚の関係について検討する。

参考文献

- [1] Anatole Lécuyer, Sabine Coquillart, Abderrahmane Kheddar, Paul Richard, and Philippe Coiffet. Pseudo-haptic feedback: Can isometric input devices simulate force feedback? In *Proceedings IEEE Virtual Reality 2000 (Cat. No. 00CB37048)*, pp. 83–90. IEEE, 2000.
- [2] Keita Watanabe and Michiaki Yasumura. Visualhaptics: Generating haptic sensation using only visual cues. In *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 405–405, 2008.
- [3] Kosuke Morimoto, Kenta Hashiura, and Keita Watanabe. Effect of virtual hand's fingertip deformation on the stiffness perceived using pseudo-haptics. In *Proceedings of the 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 1–10, 2023.
- [4] Andreas Pusch, Olivier Martin, and Sabine Coquillart. Hemp-hand-displacement-based pseudo-haptics: a study of a force field application. In *2008 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, pp. 59–66. IEEE, 2008.
- [5] 盛川浩志, 飯野瞳, 金相賢, 河合隆史. シースルー型 hmd を用いた微触覚錯覚の呈示と評価 (特集: クロスモーダル/マルチモーダル). *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 18, No. 2, pp. 151–159, 2013.