

# Ocuduss:オプティカルフロー制御による速度感提示デバイス

山下真由<sup>†1</sup> 深町太一<sup>†1</sup> 可知怜也<sup>†1</sup>  
Adam Myers<sup>†2</sup> Jesse Marciano<sup>†2</sup> 伊藤雄一<sup>†1</sup>

**概要:** 人の体感速度は、自己の身体感覚から得られる情報に基づいており、特に周辺視野領域の動きは速度感に大きな影響を及ぼすと言われている。そこで、周辺視野を LED の光によって刺激することで速度感を与える速度感提示デバイス“Ocuduss”を提案する。体験者は Ocuduss を通じて世界を見ることで実際の移動速度よりも速く感じることができる。また、Ocuduss を変形させることで蛇行感の体験も可能であると考えられる。本稿では、Ocuduss のプロトタイプを実装し、評価実験により Ocuduss により提示したオプティカルフローの速度が速くなると、体感速度が速くなることを確認した。

## Ocuduss: Speed Sensation Presentation Device by Optical Flow Control

MAYU YAMASHITA<sup>†1</sup> TAICHI FUKAMACHI<sup>†1</sup> RYOYA KACHI<sup>†1</sup>  
ADAM MYERS<sup>†2</sup> JESSE MARCIANO<sup>†2</sup> YUICHI ITOH<sup>†1</sup>

**Abstract:** Speed sensation is based on information obtained from body sensation, especially by the movement of peripheral vision area. In this paper, we propose Ocuduss, speed sensation presentation device by optical flow control. Ocuduss gives a speed sensation by stimulating peripheral vision area by LED light. You can feel faster than the actual moving speed. In addition, you can also experience meandering feeling by deforming Ocuduss. In this paper, we implemented prototype of Ocuduss and confirmed by the evaluation experiment that the faster optical flow presented by Ocuduss is, the faster sensible speed becomes.

### 1. はじめに

人の体感速度は、自己の身体感覚から得られる情報に基づいており、中でも視覚情報の重要性が高いといわれている[1]。一定方向に運動する視覚パターンを観察した場合に、観察者がその逆方向に運動しているかのように知覚する錯覚現象、および感覚を視覚誘導性自己運動感覚と呼ぶ。特に周辺視野領域の動きは速度感に大きな影響を及ぼすと言われている[2][3]。したがって、周辺視野領域に対するオプティカルフローを制御することで、実際の移動速度よりも速く感じさせることが出来ると考えられる。

本稿では、複数の線状 LED アレイをトンネル型に配置して発光を逐次操作し、周辺視野領域の光の動きを制御することで体感速度を増強させる速度感提示デバイス“Ocuduss(Optical Curved Device for User’s Speed Sensation)”を提案する。光の動きにより速度感を感じさせることは Head Mounted Display(HMD)でも可能であるが、これはバーチャル空間を見ているに過ぎない。Ocuduss はこの速度体験を現実空間と組み合わせることを可能とする。

### 2. 関連研究

自己運動感覚を利用した研究が盛んになされている。吉川らは、床面に設置したレンチキュラレンズにより歩行者に自己運動感覚を生じさせる視覚刺激を提示し、歩行誘導

を行っている[4]。自己運動感覚を生じさせる視覚刺激を環境に提示させることで歩行者を右側通行させ、自然と交通整備を行うための歩行誘導に有効であることを確認した。しかし、自己運動感覚を生じさせるが、速度感を得ることは難しいと考えられる。青木らは、タブレットを複数台制御し、特有の速度感や疾走感が感じられる VJ・デコレーション表現を提案している[5]。iPad を電車の車両に設置し、iPad の点滅を制御することで、速度感を提示させた。しかし、乗客で iPad が見えなくなるなど、場所によって複数の iPad を観察できないと速度を感じることは出来ない。

視覚パターンのうち、特に視野周辺領域に対するオプティカルフローが、自己運動感覚のなかでも速度感に対して大きな影響を及ぼしている。岡野らは、周辺視野部分にディスプレイを装着し、速度感の増強を試みた[2]。周辺視ディスプレイが表示する光点列により、歩行の速度感覚が増強されることが確認された。しかし、光点列の移動速度の変化により速度感覚も変化するかまでは検討されていない。中嶋らは、スポーツ映像の速度感増強システムを提案している[3]。画面周辺部に動き提示のみを目的とした LED アレイを設置し、画面内の動きにあわせて LED を点灯させることで、速度感を増強させている。しかし、画面内の速度感を増強させているに過ぎず、実際の人の移動速度感覚に影響させることは難しいと考えられる。東井らは、ドライバの体感速度変化を促すバーチャルパターンを提案している[6]。自動車の走行速度に応じて変化が生じるバーチャルパターンをドライバ視界に重畳し、バーチャルパタ

<sup>†1</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University  
<sup>†2</sup> Worcester Polytechnic Institute

ーンの変化により、ドライバの体感速度変化を促すことで、速度抑制を目指している。しかし、バーチャルパターンを道幅など景色に合わせて調整しなければならない。

### 3. 速度感提示デバイス “Ocluduss”

#### 3.1 システムの概要

本研究では体感速度を増強させる新たなデバイスとして、速度感提示デバイス “Ocluduss” を提案する。

図1に Ocluduss の概要を示す。LED テープを装着した複数のフレームをサイズ順にトンネルのように並べ、LED と加速度センサを制御回路に接続する。最も小さいフレームから大きいフレームへと順に LED を点灯させ、光が流れてくるように制御する。最も大きなフレーム側から覗くことで、周辺視野のオプティカルフローを提示することができる。体験者の体感速度を変化させたい歩行といった行動を加速度センサのようなセンサシステムで感知し、得られた速度と目標とする体感速度から制御回路によって LED の明滅のタイミングを変化させ、オプティカルフローの速度を制御する。

また、各フレームを繋ぐ支柱には手で曲げられる素材を

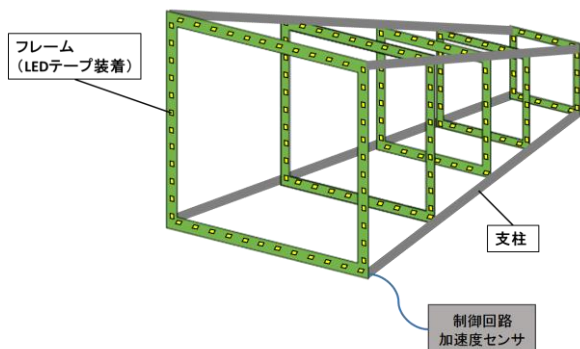


図1 Ocluduss の概要図  
Figure 1 Overview of Ocluduss

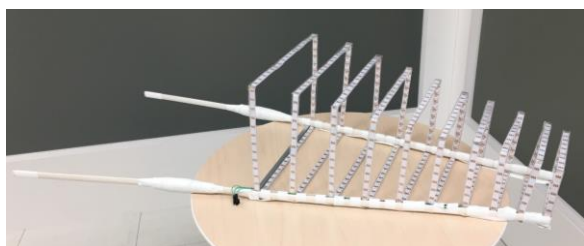


図2 プロトタイプ  
Figure 2 Prototype

使用し、トンネルの配列を自由に曲げられるようにする。これにより、左右方向へのカーブを進行するような蛇行感の創出も可能であると考えられる。

#### 3.2 プロトタイプ実装

図2に実装したプロトタイプを示す。PET板でフレームを作成し、フルカラーシリアルLEDテープを装着する。フレームの数やサイズ、フレーム間の距離は図3に示すようなシミュレーションによって経験的に求めた。具体的には、パラメータを変えながら、オプティカルフローの動きを感じることができる値に設定した。プロトタイプにおけるフレーム数、サイズ、フレーム間の距離を表1に示す。

支柱は光モル社の平ホワイトウッドを採用した。手でしならせることができるほど柔らかいが、フレームの重さによって曲がることはない。支柱を長めに用意し、一部分を持ち手として利用することにした。

プロトタイプでは、体験者の歩行の体感速度を変化させることを試みる。そこで、体験者には歩行認識用の加速度センサと Arduino による制御基板が入ったバッグを身につけてもらう。



図3 シミュレーションの様子  
Figure 3 Image of simulation

表1 プロトタイプのフレーム

Table 1 Frame of prototype

フレーム No. (手前から)	サイズ		1つ前のフレームとの 距離[cm]
	横[cm]	縦[cm]	
1	20	15	
2	18	14	6
3	17	13	6
4	16	12	5
5	15	11	5
6	14	10	4
7	13	9	4
8	12	8	4
9	11	7	3
10	10	6	3

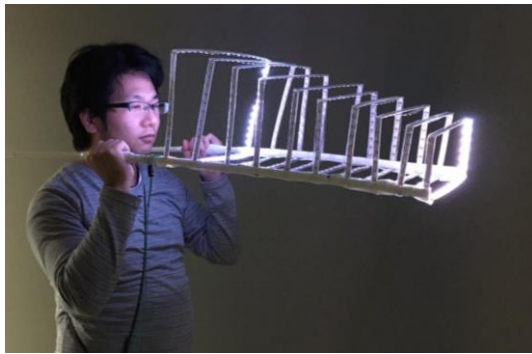


図 4 体験の様子

Figure 4 Image of experience

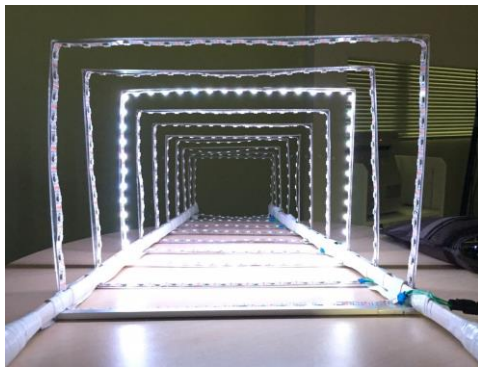


図 5 体験者視線での様子

Figure 5 Image of user's eyes

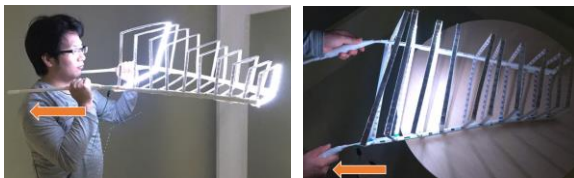


図 6 蛇行創出

Figure 6 Curve performance

プロトタイプを使用している様子を図 4, 体験者視線での様子を図 5 に示す. また図 6 のように, 曲げたい側の支柱を手前に引くと曲げることができる.

#### 4. 体感速度の評価実験

オプティカルフローの速度の違いが体感速度にどのように影響するか評価した.

##### 4.1 実験方法

オプティカルフローの速度によって体感速度が変化するかを検証する. 実験手法として, 官能検査手法の一つである Scheffe の一対比較法 (浦の変法) を用いる[7].

参加者 5 名 (男性 4 名, 女性 1 名, 平均年齢 23.2 歳) に Ocluduss を持って歩行してもらった. 歩行速度については普段通りの速さで歩くようにと指示した. 一般的な歩行の平均速度は 5km/h とされている. Ocluduss のオプティカ

表 2 体感速度の平均嗜好度

Table 2 Average preference

提示速度 [km/h]	平均嗜好度	95%信頼区間	
		下限値	上限値
5	-1.03	-1.46	-0.61
10	0.17	-0.26	0.59
20	0.87	0.44	1.29

表 3 体感速度の平均嗜好度の差

Table 3 Difference in average preference

提示速度 [km/h]	平均嗜好度の差	95%信頼区間	
		下限値	上限値
5   10	1.20	0.78	1.62
10   20	0.70	0.28	1.12
20   5	1.90	1.48	2.32

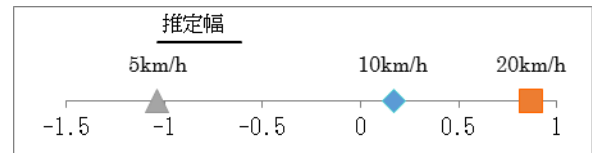


図 7 尺度図

Figure 7 Bar scale

ルフローの速さは歩行速度とほぼ同じ 5km/h, 少し速い 10km/h, かなり速い 20km/h の 3 種類とした. 3 種類の速度から 2 種類を選択し, 先に提示する速度を A, 後で提示する速度を B とする. A と B のどちらが体感速度として速く感じたか, 下記のように 5 段階で評価してもらった.

- A ≧ B なら, A : 2 点, B : -2 点
- A > B なら, A : 1 点, B : -1 点
- A = B なら, A : 0 点, B : 0 点
- A < B なら, A : -1 点, B : 1 点
- A ≪ B なら, A : -2 点, B : 2 点

参加者 1 人につき, すべての組み合わせと順序の計 6 パターンの比較をしてもらった.

##### 4.2 解析結果

実験結果を表 2, 3, および図 7 に示す. また, これらの結果から分散分析をした結果を表 4 に示す. これらの結果より, 主効果が有意であることが分かった. すなわち, オプティカルフローの速度は体感速度に影響を及ぼしているといえる. 図 7 に示す尺度図より, オプティカルフローの速度が速いほど, 体感速度が速くなるのがわかる. また, どの区間においても, 平均嗜好度の差は推定幅 (ヤードスティック  $Y_{\phi}=0.42$ ) よりも大きいため, 実験で用いた 3 段階の速度による体感速度の違いは有意であることが分かった.

表 4 分散分析の結果

Table 4 Analysis result

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
主効果	55.40	2	27.70	70.94	p < 0.001	**
主効果×個人	2.93	8	0.37	0.94	0.52	
組み合わせ効果	1.20	1	1.20	3.07	0.10	
順序効果	0.13	1	0.13	0.34	0.57	
順序×個人	0.87	4	0.22	0.55	0.70	
残差	5.47	14	0.39			
全体	66.00	30				

## 5. 考察

4.2 節の解析結果より、提示するオプティカルフローが速くなると、体感速度も速くなることが分かった。しかし、図 7 の尺度図より、オプティカルフローの速度に対して線形的に体感速度が変化するとはいえず、オプティカルフローによって増強できる体感速度には限界があると考えられる。

また、評価実験の際、普段通りの速度で歩行するように指示したが、オプティカルフローが 20km/h のようなかなりの速さの場合、実際の歩行速度も速くなることが観察された。このことから、オプティカルフローの制御により実際の歩行速度を操ることができることが示唆された。

## 6. おわりに

本稿では、体感速度を増強させる速度感提示デバイス“Ocluduss”の実装と評価実験を行った。評価実験の結果、Ocluduss が提示するオプティカルフローの速度が速くなると、体感速度も速くなることが分かった。

加速度センサの値も取得しているが、加速度センサの値に対して、どのように LED を制御するのが効果的か分かっていないため、実際の歩行速度とオプティカルフローの関係を検討していきたい。また、蛇行感の演出が出来るように手でしならせることが出来る素材を支柱に用いているが、実際に蛇行感を感じることが出来るかの検証が行えていないため、今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 畑四郎, 津村俊弘: 人間の制御動作における体感情報の効果に関する一実験的考察, 人間工学, vol.9, no.2, pp.49-57, (1973).
- [2] 岡野裕, 雑賀慶彦, 橋本悠希, 野嶋琢也, 梶本裕之: 速度感覚増強のための周辺視野への刺激提示手法の検討, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), vol.2008, no.11, pp145-150, (2008).
- [3] 中嶋慶輔, 福地健太郎: 周辺視野の動的知覚特性にもとづくスポーツ映像の速度感増強システム, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), vol. 2013, no. 8, pp1-7, (2013).
- [4] 吉川博美, 蜂須 拓, 福嶋政期, 古川正紘, 梶本裕之, 野嶋琢也: ベクシオン場における新たな呈示手法の提案,

pp.158-160,WISS2011, (2011).

- [5] 青木聖也, 平林真実, 城一裕, 金山智子: 鉄道などの狭い移動体空間を利用した VJ・デコレーション表現の提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2014), pp155-157, (2014).
- [6] 東井隼斗, 北原格, 亀田能成, 大田友一: ドライバの体感速度変化を促すバーチャルパターン, 電子情報通信学会論文誌, vol.99, no.1, pp45-55, (2016).
- [7] 日科技連官能検査委員会. “官能検査ハンドブック,” 日科技連, pp366-374 (1973).