

# 卒業論文

## 卒業論文日本語タイトル

公立はこだて未来大学  
システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科  
情報システムコース 1018100

野口 裕太

指導教員 川嶋 稔夫  
提出日 2022 年 1 月 25 日

## BA Thesis

## Title in English

by

Yuta Noguchi

Information Systems Course, Department of Media Architecture  
School of Systems Information Science, Future University Hakodate  
Supervisor: Toshio Kawashima

Submitted on January 25th, 2022

## **Abstract—**

(Abstract should be about 150–200 words. Following is a sample text.) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna. Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci. Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue. Suspendisse dui purus, scelerisque at, vulputate vitae, pretium mattis, nunc. Mauris eget neque at sem venenatis eleifend. Ut nonummy. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna. Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci. Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue. Suspendisse dui purus, scelerisque at, vulputate vitae, pretium mattis, nunc. Mauris eget neque at sem venenatis eleifend. Ut nonummy.

**Keywords:** VR, Tactile feedback, Keyword3

## **概要：**

(概要は約 400 字とすること。以下はダミーテキスト) いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。いろはにほへとちりぬるをわかよたれそつねならむういのおくやまけふこえてあさきゆめみしえひもせす。

**キーワード：** 仮想環境, 触覚フィードバック, キーワード 3

# 目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景 . . . . .	1
1.2	目的 . . . . .	1
1.3	検討方法 . . . . .	2
1.4	予告 . . . . .	2
1.5	本研究の位置付け . . . . .	2
第 2 章	関連研究	3
2.1	仮想現実の活用 . . . . .	3
2.2	VR と触角フィードバック . . . . .	3
2.3	VR と振動による触角フィードバック . . . . .	4
2.4	研究手法 . . . . .	4
第 3 章	手法	5
3.1	実験方法 . . . . .	5
3.2	実験装置 . . . . .	5
3.3	分析方法 . . . . .	5
第 4 章	実験と評価	6
4.1	触角デバイスの試作 . . . . .	6
4.2	触覚データのサンプリング . . . . .	6
第 5 章	考察	7
5.1	触角デバイスの試作 . . . . .	7
第 6 章	結論	8
6.1	句読点 . . . . .	8
6.2	まとめ . . . . .	8
参考文献		10

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 背景

仮想現実（Virtual Reality：以下，VR）は，コンピュータによって作成された仮想的な空間を，あたかも現実であるかのように体験させる技術のことである．この仮想空間を体験するためには，ヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display：以下，HMD）と呼ばれるゴーグル型のデバイスを頭部に装着する必要がある場合が多い．ゴーグル型の他にも，グラス型のデバイスを存在する．近年では，Meta Platforms 社傘下のフェイスブック・テクノロジーズが開発した「Oculus VR」を始め，HTC 社の「VIVE PRO」，ソニー社の「Playstation VR」など数十種類の製品がある．これに加え，スマートフォンをフロント部分に装着して使用すること場合もある．VR は，一般にはゲームなどの娯楽目的で 사용되는ことが多い．しかしながら，教育，医療，スポーツなどさまざまな場面で活用されることが増えている．

VR デバイスでは，VR ゴーグルだけではなく，コントローラーとを組み合わせる場合が多い．これらを使用することにより，使用者は視覚的な情報だけではなく，触覚的な情報からも仮想空間を現実であるかのように感じるができる．触覚によるフィードバックを行う際に，触覚として振動刺激を用いる場合が多い．

しかしながら，

### 1.2 目的

本研究では，感圧センサを用いた仮想現実における触覚フィードバックについて研究する．また，使用者が感圧センサによって事前に収集（サンプリング）した現実の触覚を，仮想オブジェクトの触覚で再現することを目的する．

## 1.3 検討方法

## 1.4 予告

第2章では、関連研究について解説する。第3章では、具体的研究手法について解説する。第4章では、研究によって得られた結果について解説する。第5章では、得られた結果をもとに〇〇について考察する。第6章では、まとめとして本研究の総括を行う。

## 1.5 本研究の位置付け

VRにおける触覚フィードバックにサンプリングの考え方を導入することで、より簡便に視触覚VRシステムを構築することができる。これは、安全で快適な情報社会の実現のために貢献する。

## 第 2 章

# 関連研究

VR や触覚フィードバック, 振動による触覚フィードバックを用いたものとして, 多くの関連研究が存在する. VR を活用した研究, 触覚フィードバックを活用して研究, その両方を組み合わせた研究について以下に述べる.

### 2.1 仮想現実の活用

VR を活用した関連研究としては, バイキング VR[1] がある. バイキング VR とは 9 世紀のバイキングの野営地の風景や音を体験できる VR のことである.

この研究では, 文化遺産を対象として, 本物の情報を提供する魅力的な VR 体験をデザインするためのアプローチについて説明している. また, この研究では, VR の視覚的な情報に加えて, 再現した音の聴覚的な情報を利用している. それによって, 当時の状況を再現しているのである.

### 2.2 VR と触覚フィードバック

触覚フィードバックを活用した関連研究として, 2 つの関連研究について述べる.

1 つ目は, 弾性エネルギーによる触覚フィードバックと空中での打鍵およびスワイプ操作に対する有効性を検証した研究がある [2]. この論文では, エネルギーの充電段階で充電された弾性エネルギーを保存し, 刺激段階で指を打つ力を強化するためにそれらを放電するバネを備えたメカニズムによってショック刺激を強化する簡単で効果的な方法を提示している. このメカニズムにより, 指先によりつけられた小型で軽量の刺激装置が開発され, 指が仮想オブジェクトに衝突したかのように感じるのに十分な強さの触覚フィードバックを生成することが実証されている.

2 つ目は, 仮想オブジェクトの操作と探索のための指先の触覚デバイス [3] についての研究がある. VR でのオブジェクト操作中の没入感に対する主な障壁の 1 つは, 現実的な触覚フィードバックの欠如である. この研究で開発したデバイスは, 3 つの純粋な並進方向の自

由度を持っている。そのため、重力、摩擦、剛性など、物体を操作する際に多方向に作用する力を表現するのに適している。この研究では、被験者は仮想物体の重さの変化を知覚できるだけでなく、操作する物体の質量に応じて握力を変化させることができることがわかった。さらに、仮想物体の物理的特性を変化させることで、デバイス使用時のユーザーの知覚に全く影響を与えないことを示しました。

## 2.3 VR と振動による触覚フィードバック

仮想現実と振動触覚フィードバックを用いた先行研究として、FingerVIP と呼ばれるモバイルバースの振動触覚フィードバックシステム [4] を提案したものがある。これでは、VR アプリケーションやゲームのデザイナーがターゲットの振動触覚フィードバックの適切な振動の構成を入力するための直感的で効率的な方法を提供している。

提案された FingerVIP を利用して VR スポーツゲームで 3 種類の振動触覚フィードバックを設定し、FingerVIP がゲーム設計者の反復回数と振動の構成時間の削減に成功したことを検証している。また、本研究は 3 種類の振動触覚フィードバックとして、バスケットボールのキャッチ、ドリブル、シュートを行った。受動的なキャッチに対しては、大きな効果が見られた。しかし、能動的なドリブル、シュートに関しては改善の余地が見られることがわかった。

## 2.4 研究手法

本研究のねらいは、事前に収集（サンプリング）された触覚情報を、振動でどこまで再現することができるのかを検証することである。それを検証するための研究手法として、以下の方法で研究を行う。

## 第 3 章

# 手法

この章では提案手法について述べる。研究内容に応じ、提案する理論/仮説/モデル/アルゴリズム/システム/方法論/実装などについて説明する。この部分が論文の主たる部分となる。章のタイトルはサンプルに縛られるものではなく、研究内容に応じて当然変わるものであるし、章の数も、研究内容に応じて適切に設定すべきである。適切に担当教員からの指導を受けること。以上を踏まえて、この章では、カレーライスの食べ方について、詳細に説明する。

### 3.1 実験方法

まず、スプーンを手を持つ。この際、落とさないようにしっかりと持つことが重要である。

### 3.2 実験装置

スプーンをカレー皿に挿入し、一口で食べられる適量をスプーンに載せる。

### 3.3 分析方法

スプーンをカレー皿から取り出し、口元まで運ぶ。掘削の際に過剰な量をスプーンに載せていると、この段階でスプーンからこぼれ落ちる可能性があるので注意が必要である。



## 第 4 章

# 実験と評価

この章では本研究で行った実験と評価および考察について述べる。研究内容によっては、考察は独立の章に分けたほうが適切なことも多い。また、実験と評価と考察で節を分けなければならないというものでもない。自らの研究内容を論文にまとめるにあたって、最も適切な方法を選択することが重要である。それはそれとして、この章では、数式の書き方と、参考文献のリスト法について記述する。研究分野によっては慣習が異なることがあるので、適切に担当教員からの指導を受けること。

### 4.1 触覚デバイスの試作

#### 4.1.1 触覚センサ

#### 4.1.2 デバイスの特性

### 4.2 触覚データのサンプリング

#### 4.2.1 振動による触覚の再現方法

#### 4.2.2 VR と振動に触覚の再現方法

#### 4.2.3 再現方法

#### 4.2.4 タイミングを変えた再現方法

## 第 5 章

# 考察

この章では研究で得られた血子をもとに、考察について述べる。研究内容によっては、考察は独立の章に分けたほうが適切なことも多い。また、実験と評価と考察で節を分けなければならないというものでもない。自らの研究内容を論文にまとめるにあたって、最も適切な方法を選択することが重要である。それはそれとして、この章では、数式の書き方と、参考文献のリスト法について記述する。研究分野によっては慣習が異なることがあるので、適切に担当教員からの指導を受けること。

### 5.1 触角デバイスの試作

#### 5.1.1 触角センサ

#### 5.1.2 デバイスの特性

## 第 6 章

# 結論

この章は最終章である。第 1 章と最終章は対比がとれていることが望ましい。具体的には、「序論」ではじめたのなら「結論」で終わり、「はじめに」ではじめたのなら「おわりに」で終わる。「緒言」ではじめたのなら「結言」で終わる。

### 6.1 句読点

日本語の文書で一般に用いられる読点には「、」「,」の 2 種類があり、句点には「。」「.」の 2 種類がある。情報系では「,」「.」を用いることが多いが、どちらを用いるべきかは分野の慣習により異なることがあるので、指導教員の指示に従うこと。いずれにしても、両者が無秩序に混在しているのは悪い文書である。

### 6.2 まとめ

論文の執筆法は、研究分野によりさまざまなルールや慣習がある。また、研究内容に応じ、最適な章立てや叙述の順序なども異なってくる。このスタイルファイルに書かれている内容はあくまで例にすぎない。実際に論文を執筆し、提出する際は、担当教員の指導に従うこと。また、論文の書き方や研究の進め方を指南する書籍やウェブサイトは多数存在するので、適宜参照すると良い。この場合も、分野によって論文の書き方や研究の進め方が異なることはあるので、担当教員の指導を受けることが望ましい。

# 謝辞

謝辞を記入する.

## 参考文献

- [1] Schofield, Guy, Gareth Beale, Nicole Beale, Martin Fell, Dawn Hadley, Jonathan Hook, Damian Murphy, Julian Richards and Lewis Thresh. "Viking VR: Designing a Virtual Reality Experience for a Museum". Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference, 805 – 15. Hong Kong China: ACM, 2018 年. <https://doi.org/10.1145/3196709.3196714>.
- [2] I. Kumazawa, S. Suzuki, Y. Onuki and S. Ono, "Tactile feedback enhanced with discharged elastic energy and its effectiveness for in-air key-press and swipe operations," 2017 IEEE Virtual Reality (VR), 2017, pp. 317-318, doi: 10.1109/VR.2017.7892304.
- [3] Schorr, Samuel B., and Allison M. Okamura. "Fingertip Tactile Devices for Virtual Object Manipulation and Exploration". Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 3115 – 19. CHI '17. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017 年. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025744>.
- [4] Y. -W. Wang, T. -Y. Pan, Y. -J. Chang and M. -C. Hu, "Vibration Feedback Controlled by Intuitive Pressing in Virtual Reality," 2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR), 2019, pp. 195-1953.

# 付録

プログラムのソースリスト，その他関連資料などを，【必要があれば】載せる．必要ない場合は，このページごと削除すること． $\text{\TeX}$  の場合は `main.tex` 内の `\appendix` 以下の 2 行を削除（またはコメント化）すればよい．Word の場合は前のページの「改ページ」以降を削除すればよい．