

| | |
|------------------|---|
| Title | 行動経済学的アプローチを用いた利他的行動を促進する触覚共有の研究 |
| Sub Title | Study on tactile sharing to proceed prosocial behavior using behavioral economics approach |
| Author | 竹内, 大裕(Takeuchi, Daisuke) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kōta) |
| Publisher | 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 |
| Publication year | 2020 |
| Jtitle | |
| JaLC DOI | |
| Abstract | |
| Notes | 修士学位論文. 2020年度メディアデザイン学 第844号 |
| Genre | Thesis or Dissertation |
| URL | https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002020-0844 |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2020 年度

行動経済学的アプローチを用いた
利他的行動を促進する触覚共有の研究



慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

竹内 大裕

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した修士論文である。

竹内 大裕

研究指導コミッティ:

南澤 孝太 教授 (主指導教員)

佐藤 千尋 専任講師 (副指導教員)

論文審査委員会:

南澤 孝太 教授 (主査)

佐藤 千尋 専任講師 (副査)

杉浦 一徳 教授 (副査)

修士論文 2020 年度

行動経済学的アプローチを用いた 利他的行動を促進する触覚共有の研究

カテゴリ：サイエンス / エンジニアリング

論文要旨

インターネットの発展により、我々は時間・場所などの物理的制約を超えてコミュニケーションをとることができるようになった。しかしながら、フィルターバブルやエコーチェンバーなどの現象により、個人の利益のみを優先し、俯瞰的に社会全体の利益を考えることが困難となってきた。その結果、Brexit や Black Lives Matter のような社会の分断が生じている。この要因の一つとして、インターネット上でのコミュニケーションは、我々が従来対面的なコミュニケーションにおいて重要としていた身体性を活かしきれていないことが挙げられる。

本研究では触覚技術に着目し、インターネット上における新たな情報メディアである触覚を通じて身体的につながることができると考えた。これにより、インターネット上でも触覚を通じて他者を感じることで、共感の形成を補助し、利他的行動が促されるのではないかと仮説を立てた。この仮説を検証すべく、実社会での人の意思決定を観察可能である行動経済学的なアプローチから実験を行った。

実験の結果、単純に触覚を共有するだけでは利他的な行動は促されないことが示唆された。一方で、触覚的なつながりを初期の段階から感じることで、利己的な行動が抑制され、利他的な行動が比較的持続されることもまた示唆された。

キーワード：

触覚伝送，身体感覚共有，ゲーム理論，公共財ゲーム，コミュニケーション

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

竹内 大裕

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2020

Study on Tactile Sharing to Proceed Prosocial Behavior
Using Behavioral Economics Approach

Category: Science / Engineering

Summary

With the development of the Internet, we are able to communicate beyond the physical constraints of time and place. However, due to phenomena such as filter bubbles and echo chambers, it has become difficult to prioritize only individual interests and to consider the interests of society as a whole from a bird's eye view. As a result, social fragmentation, such as Brexit and Black Lives Matter, is occurring. One of the reasons for this is that communication on the Internet does not fully utilize the physicality that we have traditionally considered important in face-to-face communication.

In this study, we focused on haptic technology and hypothesized that we can physically connect with others through the sense of touch on the Internet, which is a new medium for communication on the Internet. We hypothesized that feeling others through the sense of touch on the Internet will assist in the formation of empathy and promote altruistic behavior. In order to test this hypothesis, we conducted an experiment using a behavioral economics approach, which allows us to observe people's decision-making in the real world.

The results of the experiment suggested that simply sharing the sense of touch does not promote altruistic behavior. On the other hand, it was also suggested that the early sense of tactile connection prevented selfish behavior and relatively sustained altruistic behavior.

Keywords:

tactile transmission, tactile sharing, game theory, public goods game, communication

Keio University Graduate School of Media Design

Daisuke Takeuchi

目 次

| | |
|--|-----------|
| 第 1 章 序論 | 1 |
| 1.1. インターネットと人の行動変容 | 1 |
| 1.2. 人の社会における身体的コミュニケーション | 3 |
| 1.3. 本研究の目的 | 3 |
| 1.4. 本論文の構成 | 4 |
| 第 2 章 関連研究 | 5 |
| 2.1. 社会的なコミュニケーションと身体役割 | 5 |
| 2.2. 利他的・利己的な行動のメカニズム | 8 |
| 2.3. 触覚共有とその応用 | 13 |
| 第 3 章 コンセプトデザイン | 17 |
| 3.1. コンセプト | 17 |
| 3.2. 身体性を共有した新たなコミュニケーションの設計 | 18 |
| 3.3. 予備実験 | 20 |
| 3.3.1 行動経済学実験における触覚共有手法の検討 | 20 |
| 3.3.2 前回の改良を踏まえた実験室での実験環境構築 | 23 |
| 3.3.3 遠隔地における触覚共有手法の検討 | 27 |
| 第 4 章 触覚共有を伴う行動経済学実験 | 30 |
| 4.1. 実験の目的 | 30 |
| 4.2. 実験の条件 | 30 |
| 4.3. 実験機材の作成 | 37 |
| 4.4. 実施 | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5. 結果 | 41 |
| 4.5.1 各条件の平均投資ポイントの比較 | 41 |
| 4.5.2 各パターンの平均投資ポイントの比較 | 42 |
| 4.5.3 投資順番における平均投資ポイントの比較 | 45 |
| 4.5.4 実験後アンケート | 47 |
| 4.6. 考察 | 48 |
| 4.6.1 触覚共有単体と利他行動の関係性 | 48 |
| 4.6.2 長期的な視野からみた触覚共有と利他行動 | 49 |
| 4.7. 実際のサービス上における利他的行動の促進を 目指した触覚共有アプリケーションの実装 | 50 |
| 4.8. まとめ | 52 |
| 第5章 結論 | 53 |
| 謝辞 | 56 |
| 参考文献 | 58 |

目 次

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | フィルターバブル ¹ | 2 |
| 1.2 | 実際の残響室 ² | 2 |
| 2.1 | ゴリラの食べ物の分配行動 ³ | 6 |
| 2.2 | ゴリラの覗き込み行動 ⁴ | 6 |
| 2.3 | ミラーニューロンシステム ⁵ | 7 |
| 2.4 | 互惠性の分類 Adapted from Nowak 2005 | 9 |
| 2.5 | 公共財ゲームにおける実験参加者の投資の手順 ⁶ | 10 |
| 2.6 | 公共財ゲームにおける実験参加者が獲得する報酬 | 10 |
| 2.7 | 公共財ゲームにおいて実験参加者が全員協力的な行動をとったケース | 11 |
| 2.8 | 公共財ゲームにおいて実験参加者の一人が非協力的な行動をとったケース | 11 |
| 2.9 | 公共財ゲームにおいて実験参加者が全員非協力的な行動をとったのケース | 12 |
| 2.10 | TECHTILE toolkit ⁷ | 13 |
| 2.11 | 皮膚振動触覚センサ ⁸ | 13 |
| 2.12 | 心臓ピクニックを用いたワークショップの様子 ⁹ | 14 |
| 2.13 | Haptic Broadcast ¹⁰ | 14 |
| 2.14 | 次世代型ライブビューイング B.LIVE in TOKYO ¹¹ | 15 |
| 2.15 | 公衆触覚伝話 ¹² | 15 |
| 2.16 | 日常に浸透する触覚共有アプリケーション | 16 |
| 3.1 | インターネット上に身体性を付与した新たなコミュニケーション環境におけるソーシャルインタラクシオン | 18 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.2 | インターネット上における身体性を共有した新たなコミュニケーションの構成 | 19 |
| 3.3 | QWS で議論している様子 | 19 |
| 3.4 | 明治学院大学での予備実験環境 | 20 |
| 3.5 | 実験の流れ（実線：お金の方向，点線：振動の方向） | 21 |
| 3.6 | 明治学院大学での予備実験の様子 | 22 |
| 3.7 | QWS での発表および展示 | 23 |
| 3.8 | 実験環境 | 24 |
| 3.9 | 被験者の位置および視野 | 25 |
| 3.10 | 遠隔での触覚共有システム | 27 |
| 3.11 | 遠隔での触覚共有用機器 | 28 |
| 3.12 | Sound Blaster Play 3 ¹⁴ | 28 |
| 3.13 | web ビデオ会議サービス ZOOM ¹⁵ | 29 |
| 3.14 | zoom 上での触覚共有実験 | 29 |
| 4.1 | 紙コップの色分け対応表 | 32 |
| 4.2 | 振動の送信・受信を行う紙コップ | 32 |
| 4.3 | 本実験で参加者が得られる元手ポイント | 33 |
| 4.4 | 参加者が公共財に投資を行う様子 | 34 |
| 4.5 | 投資を行う参加者に提示される PC 画面 | 34 |
| 4.6 | 投資を待つ参加者に提示される PC 画面 | 35 |
| 4.7 | 他の参加者が投資額を振動で感じる様子 | 35 |
| 4.8 | 同様の手順で他の参加者が投資を行う様子 | 36 |
| 4.9 | ラウンド終了後に参加者が得られるポイント | 36 |
| 4.10 | 実験機材および備品 | 37 |
| 4.11 | 実験フロー | 38 |
| 4.12 | 実験参加者の環境 | 39 |
| 4.13 | | 39 |
| 4.14 | クイズ画面 | 40 |
| 4.15 | 各パターンにおける条件の順番 | 40 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.16 | 事後アンケート画面 | 41 |
| 4.17 | 統制条件と触覚条件の平均投資ポイントの比較 | 41 |
| 4.18 | 各パターンの平均投資ポイントの比較 | 42 |
| 4.19 | 統制先パターンにおける各条件の平均投資ポイントの比較 | 43 |
| 4.20 | 触覚先パターンにおける各条件の平均投資ポイントの比較 | 43 |
| 4.21 | 各パターン外での各条件の平均投資ポイントの比較 | 44 |
| 4.22 | 投資順番における統制条件の平均投資ポイントの比較 | 45 |
| 4.23 | 投資順番における触覚条件の平均投資ポイントの比較 | 45 |
| 4.24 | 投資順番における統制条件の平均投資ポイントの比較（統制条件先パターン） | 46 |
| 4.25 | 投資順番における触覚条件の平均投資ポイントの比較（統制条件先パターン） | 46 |
| 4.26 | 投資順番における触覚条件の平均投資ポイントの比較（触覚条件先パターン） | 46 |
| 4.27 | 投資順番における統制条件の平均投資ポイントの比較（触覚条件先パターン） | 46 |
| 4.28 | 実際の寄付サービスにおける触覚を通じた他人の寄付の実感 ¹⁹ | 50 |
| 4.29 | 触覚を通じたアーティストの主観的な感覚の提示 ¹⁹ | 51 |

表 目 次

| | |
|---------------|----|
| 3.1 順番表 | 26 |
|---------------|----|

第 1 章 序

論

1.1. インターネットと人の行動変容

近年のインターネットの技術的進歩によって、物理的な場所や時間に制限されることなく、人と人、人とモノはつながることができるようになった。以前は技術的に低速で高コストだったインターネットも時代と共に高速かつ低コストで実現できるようになり、携帯電話やスマートフォンなどのモバイル情報端末の普及によって加速度的にこの情報化社会は成長している。

また、これら情報通信技術の発展によってコミュニケーションも変化の一途を辿っている。インターネットの出現以前は、物理的な空間で対話や身体的な触れ合いを通じてリアルタイムなコミュニケーションをとっており、離れた人同士では文通によって情報のやりとりを行っていた。時代とともに、インターネットが普及していくと、電話や電子メールなどのサービスを利用できるようになり、離れた人同士でも容易に情報のやりとりが可能となった。さらに、SNS(Social Networking Service)によって、不特定多数の人間とテキストや音声ベースでの直接的な情報のやりとりを行えるようになり、インターネットを通じて誰とでも、どこへでもつながれるようになった。これらのサービスによって、効率的に情報のやりとりを行えるようになったほか、コミュニケーションの範囲は拡大し、世界中の多様な人々と情報のやりとりを行うことで、見識の向上、価値観や文化を共有することができるようになった。

このように、情報通信技術の発展は膨大な情報を瞬時に扱うことができ、世界中の多くの人々に恩恵をもたらしてきた。一方で、この情報化された社会は人々に悪影響を及ぼしているという懸念もある。例えば、インターネットでの検索にお

いて、検索エンジンがユーザー自身の選好を読み取り、情報をフィルタリングしてしまった結果、見たい情報のみがユーザーに提供されてしまう「フィルターバブル現象」[1]がある。「フィルターバブル」とは文字通り、情報がフィルタリングされてしまい、まるで泡の中に閉じこもってしまっている状態からきている（図 1.1）。このフィルターバブル現象によって、ユーザー達は自身が関心のない情報にさらされなくなくなり、共通の文化・思想を持つユーザー達だけの狭くクローズドなコミュニティを形成してしまう。また、フィルターバブル現象によって生み出される価値観の狭く閉じたコミュニティ内での意見が増幅されてしまう、「エコーチェンバー現象」によってインターネット空間での分断は激しさを増している。「エコーチェンバー」とは、本来は閉じられた空間で音が残響されるような音響空間のことを指しており（図 1.2）、閉じられた空間内で同様の考えを持つユーザー同士がコミュニケーションを繰り返すことで、あたかも自身の考えが正当であると思いついてしまう状況の比喩表現として、度々用いられる。

これらのインターネット上における現象により、現実社会においても分断は波及している [2]。実際に、brexit や Black lives matter などが発生し、他にも新型コロナウイルスに対する抗議運動や米大統領選挙などさまざまな社会の分断が顕在化している。このようにインターネット上でのコミュニケーションは使用者に対して自分主体での視点を先行させており、人々は俯瞰的に社会全体のことを考えることが困難となってきている。それでは、人々に対して社会全体のことを考えた、利他的な行動を引き起こすためにはどのようなコミュニケーション手段が必要なのだろうか。

図 1.1 フィルターバブル¹図 1.2 実際の残響室²

1.2. 人の社会における身体的コミュニケーション

現代のような情報化社会が実現する以前，人々は直接的な対話でコミュニケーションをとってきた。対話といっても，我々は声だけでなく，相手の視線や表情に加え，頷きや身振りなどの動作，そして身体的な接触を伴いながらコミュニケーションを凶ってきた。渡邊 [3] はこのような頷きや身振りなどの身体動作を行うことで，互いの身体のリズムを共有し，相互の一体感を生み，人との関わりを実現させていると指摘している。加えて，「現在のインターネットには身体性が抑制されているがゆえに種々の問題点が生じているが，今後の健全な発展に身体的コミュニケーション技術の導入が大きな鍵になると考えられる」（渡邊 2003）と述べており，技術的な側面から身体性を付与することが一体感や共感を生み出す重要なファクターであると考えられる。

1.3. 本研究の目的

1.1 節で述べたように，インターネットの発展により，我々は時間・場所などの物理的制約を超えてコミュニケーションをとることができるようになった。しかしながら，フィルターバブルやエコーチェンバーなどの現象により，インターネット空間での分断が発生している。この主要因として，インターネット空間における SNS などのソーシャルメディアによるテキストベースでのコミュニケーションには，我々が本来活用していた身体性が抑制されていることが挙げられる。身体性が抑制されることで，他者を実感することができず，他者に対する共感を育むことが困難となっている。このように，コミュニケーションの変容に伴ない，我々は社会全体の利益を考えた利他的なふるまいではなく，利己的なふるまいをとるようになっている。そこで，抑制された身体性をインターネット上のコミュニケーションでも感じられるようにすることで，他者に対する共感が形成されやすくなり，利己的ではなく利他的なふるまいを促進させたい。

1 <https://www.sticky.digital/danger-of-living-in-a-filter-bubble/>

2 <https://ja.wikipedia.org/wiki/エコーチェンバー現象>

以上より、インターネットにおける社会の分断を緩和することを目指し、インターネット上での身体性の共有を図ることで、利己的ではなく利他的なふるまいを促進させることを本研究の目的とする。

1.4. 本論文の構成

第1章では研究背景と本研究の目的を示した。第2章では我々のコミュニケーションの変容に伴う他者の認知、理解の変化による人の行動変容に加え、利他的なふるまいにおいて重要な要素を行動経済学の実験などの先行研究より示した。また、触覚というインターネット空間における新たな情報メディアがもたらす社会と利他的なふるまいの可能性について述べ、本研究の立ち位置を示した。第3章ではインターネット空間における触覚の共有が他者の共感の形成を補助し、利他的なふるまいを促進させると仮説を立て、仮説の検証に向けた予備実験を行なった。第4章では実際にインターネット上で行動経済学的アプローチを用いた実験を行い、仮説の検証を行った。加えて、実際のサービスを用いて触覚共有を用いたクラウドファンディングの実装を行った。第5章では本研究の結論を示す。

第 2 章

関 連 研 究

2.1. 社会的なコミュニケーションと身体の役割

一章でも触れたように、社会的なコミュニケーションと身体性には強い結びつきがあると考えられる。この2つの関係性について整理していく。

人類史からみる社会性の形成と身体的なやりとり

我々人類は、進化の過程でどのように社会性を育み、他者とコミュニケーションをとってきたのだろうか。人類学者・霊長類学者である山極は、生物学的に人間に近い動物（ゴリラ、サルなど）の社会を参考に、人間性と人間社会の形成の起源を研究している [4]。

研究の中で、山極 [5] はゴリラ社会は勝ち負けという文化がない社会、サル社会は序列社会でヒエラルキーを形成していると定めており、人間はゴリラ社会とサル社会両方の性質を持ち合わせていると述べている。ゴリラとサル社会を示す具体的な例として、食べ物の分配行動（図 2.1）を挙げており、サルは食べ物を分け与えないのに対し、ゴリラは食べ物を分け与えている。この食べ物の分配という身体的な行動について、ゴリラの方がサルより共感能力が高いことによる影響だと山極は示している。

共感能力の高さを示す例として、ゴリラの身体的なコミュニケーションについて触れており、ゴリラには「覗き込み行動」（図 2.2）や、「遊ぶ能力」があると報告している。「覗き込み行動」は仲直りする際にじっと見つめ合う行動を指し、相手が何を考えているのか知ろうとしているのだという。また、「遊ぶ能力」につい

て、遊ぶことは相手を傷つけないようにする判断力、相手の気持ちを組む共感能力の必要な高度な能力だと山極は指摘している（山極，2014）。



図 2.1 ゴリラの食べ物の分配行動³

図 2.2 ゴリラの覗き込み行動⁴

ゴリラやサルの社会から観察されるように、利他的な社会性を形成する上で、共感能力の高さは非常に重要であると考えられる。また、身体的なやりとりと共感には強い関わりがあると考えられる。

身体的なやりとりと「共感」

身体的なやりとりと共感にはどのような関わりがあるのだろうか。

まず、共感とは主に2つの機能的な要素として分類されている。一つは「認知的共感」と呼ばれ、相手の行動を推測し理解する機能。もう一つは「情動的共感」と呼ばれ、他者の感情を共有し、自分ごととして考える機能である。梅田ら [6] はこの捉え方を大雑把とし、3つの要素（行動的共感、身体的共感、主観的共感）に区別する理論的枠組みを提案している。この3つの要素の中で、行動的共感是他者の行動を知覚することで自身にも類似した行動が起こるという現象（例：あくびの伝染）を指しており、他者の行動や状態を真似るという「ミラーニューロンシステム」と一致する点が多いと指摘している。

ミラーニューロンシステムとは、サルが餌を取る時に活動する神経細胞が実験者が餌を取るのを見ているときにも活動することから、まるで鏡に映されている

3 <https://www.goshisato1973.info/entry/2018/01/28/172557>

4 <https://gendai.ismedia.jp/articles/-/73221?page=2>

ようだと名づけられた神経細胞（ミラーニューロン）の機能を指している。この現象は他者の意図の理解や、行動のシミュレートによる他者への共感に関係があると考えられている [7] [8]（図 2.3）。



図 2.3 ミラーニューロンシステム⁵

浅田 [9] は「ミラーニューロンシステムは自己と他者の共通性に基づいた、自己や他者への気づきを駆動し、社会的な行動の学習・発達に寄与しているとみなせる」と述べている。また、佐古 [10] は「ミラーニューロン・システムは個々の身体的な動きではなく、目的指向的な行動に特徴的である」と述べている。加えて、Rizzolatti ら [11] は暗闇の中でもミラーニューロンシステムが発火することから、視覚情報だけではなく、触覚情報からでも他者の行動を認識できることは示唆される。そのため、触覚的なチャンネルからでもミラーニューロンがはたらき、共感が促進されると考えられる。

このように、他者の身体的な動きを認識することで共感の形成が促進されると考えられる。共感を形成する上でミラーニューロンシステムは重要な役割を果たし、視覚や触覚という感覚を通じて他者の身体的な動きからその意図を認識している。

⁵ <https://neuroexpression.wordpress.com/2014/07/22/what-do-chameleons-brands-and-mirror-neurons-have-in-common-2/>

2.2. 利他的・利己的な行動のメカニズム

人々はどのような状態にあるとき、利他的または利己的な行動起こすのか。

まず、利他的行動とは、一般に「自己を犠牲にして、他者の利益に貢献する行動」を指しており、具体的には奉仕、支援、援助などの行動が挙げられる。また、似た概念として向社会的行動がある。向社会的行動とは、一般に「何らの外的な報酬を期待することなく自由意思から他者に恩恵を与える行動」とされ [12]、例として、ボランティア活動、寄付行動などが挙げられる。自身のコスト（時間、お金など）を犠牲に、他者の利益に貢献するという似た性質を持つことから、本論文では向社会的行動と利他的行動は同義として扱うこととする。

利他的行動の要因として、度々血縁選択や互惠性が挙げられる [13] [14]。

血縁選択における利他的行動とは、利他的な行動を行う場合において、利益を被るのは血縁者が多いという説である。しかしながら、特に人間において、血縁者以外に対しても利他的行動を行うため、この説のみでは不十分とされる。血縁者以外の利他的行動のメカニズムとして、互惠性が挙げられる。

互惠性における利他的行動とは、家族やコミュニティを形成しながら暮らす人間において、自身が他者の利益を目的として行った行動は、いつしか自身に返ってくるという考えからきている。短期間的な視点でみると利他的な行動であっても、長期的にみれば双方が得をする関係にある。また、互惠性は直接互惠性と間接互惠性があるとされる [15] (図 2.4)。

直接互惠性とは利他行動を受けた側 (図 2.4 a の A) が、利他行動を与えた側 (図 2.4 a の B) に対して直接的に返報する互惠性であるのに対し、間接互惠性とは利他行動を与えた側ではなく、別の誰かに返報を行う互惠性である。また、間接互惠性には2種類のケースがあると考えられている。一つは利他行動を受けた側が別の誰かに利他行動を与える、上りの間接互惠 (upstream indirect reciprocity)。もう一つは利他行動を与えた側を観察していた別の誰か (図 2.4 b の C) がその人に対して利他行動を与える、下りの間接互惠 (downstream indirect reciprocity) である。

上記の一般的な要因に加え、利他的な行動を起こす一因として、他者への共感が挙げられる。鈴木 [16] は、先行研究で利他的行動に影響していると示唆されて

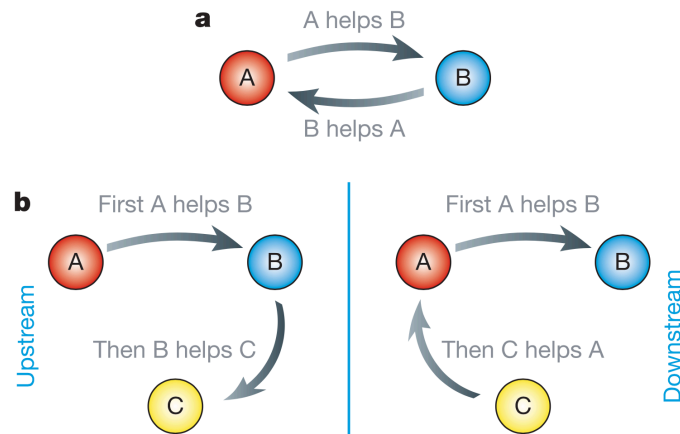


図 2.4 互恵性の分類 Adapted from Nowak 2005

いた「共感性」、「社会的スキル」、「外向性」の3つの要因がどのような関係で向社会的行動に影響しているのかを研究した結果、共感性と外向性は向社会的行動に強い影響を与えていると結論付けている。畠中ら [17] は、先行研究の結果を踏まえた上で、実際の向社会的行動（ボランティア活動や寄付行動）を扱った場面において、共感性との関連性が明らかでないと指摘し、共感性が「自身が行うであろうと想定される向社会的行動」と「実際の行動」両方に動機付けを行うのかを調査した。その結果、実際に向社会的行動を取る段階での動機付けは行われないうが、行動自体に対する動機付けは共感性によって行われることが明らかとなり、共感性は向社会的行動に対する意欲を高めるものと結論づけている。

人々がどのような状態において利他的・利己的な行動をするのか、理論的な行動と実際の行動の比較を研究する手法として、行動経済学における実験ゲームがある。

実験ゲームの一例として、公共財ゲームが挙げられる。公共財ゲームとは社会的ジレンマを想定した実験ゲームであり、実験参加者数人を1グループとしてグループ内でお金のやりとりを行う。また、ゲームは複数回（複数ラウンド）行われる。今回は例として4人を1グループとして考える。各ラウンドの最初に、参加者は元手として100円を受け取る。その後、参加者は自身の手持ちの100円のうちいくらかを公共財に投資することができる。投資しなかった分は自身の手元

に残る。(図 2.5) これを各参加者が順番に行う。4人目が投資し終わるとラウンド終了となる。

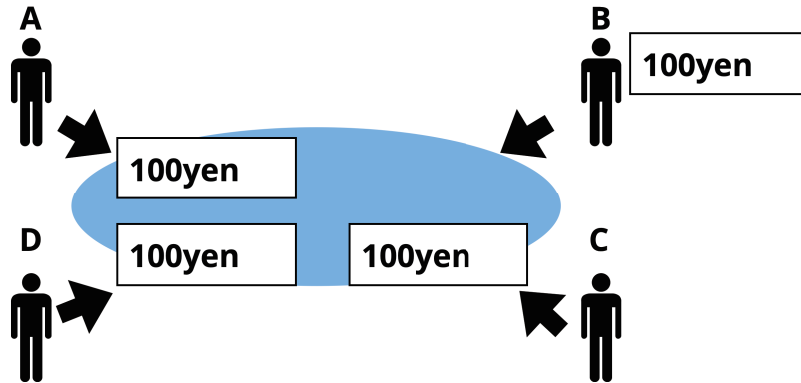


図 2.5 公共財ゲームにおける実験参加者の投資の手順⁶

ラウンド終了時に公共財は2倍され、図 2.6 のように、各実験参加者に均等に分配される。

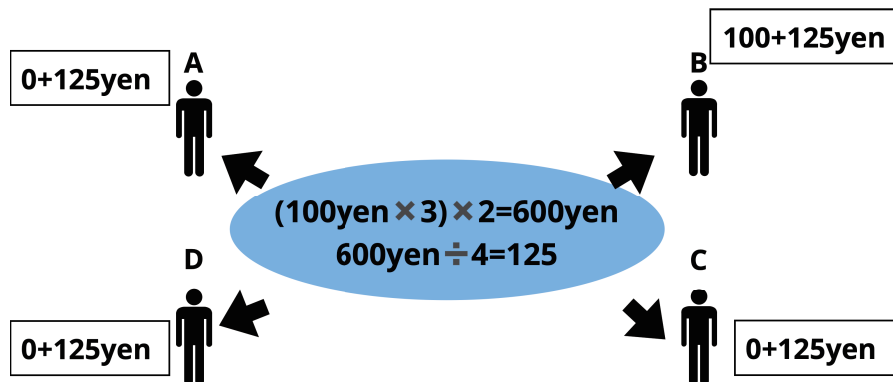


図 2.6 公共財ゲームにおける実験参加者が獲得する報酬

6 以下同様の図は [18] の図 1 を参考

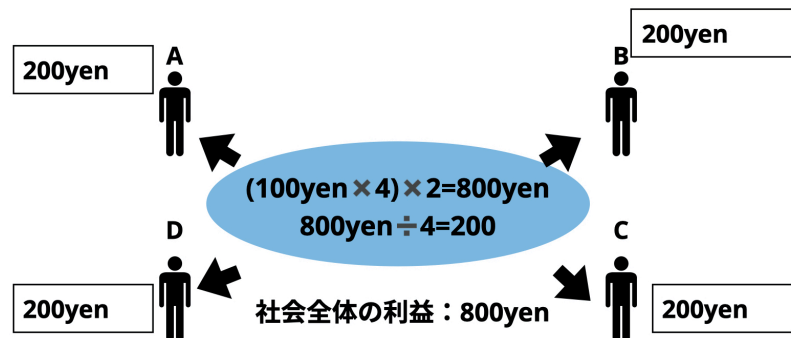


図 2.7 公共財ゲームにおいて実験参加者が全員協力的な行動をとったケース

図 2.7 のように実験参加者が互いに協力し合う（公共財に投資をする）と多くの利益を得ることができる。

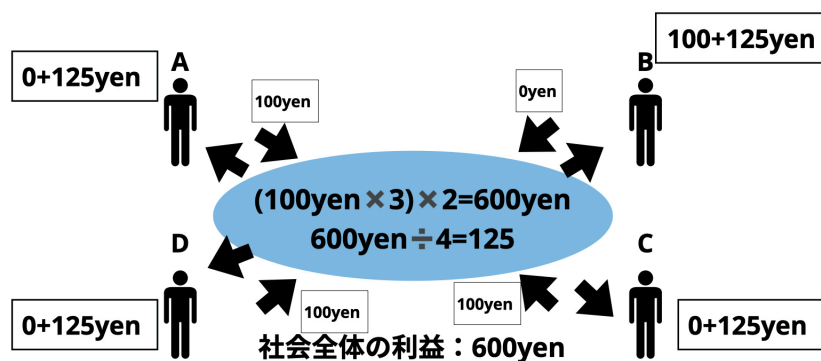


図 2.8 公共財ゲームにおいて実験参加者の一人が非協力的な行動をとったケース

しかしながら、図 2.8 のように実験参加者のうち、ある参加者が非協力的な行動をとると、その人個人は多くの利益を得ることができる（協力的な参加者は非協力的な参加者より得られる利益が少なくなってしまう）。また、グループ全体で得られる利益も下がる。

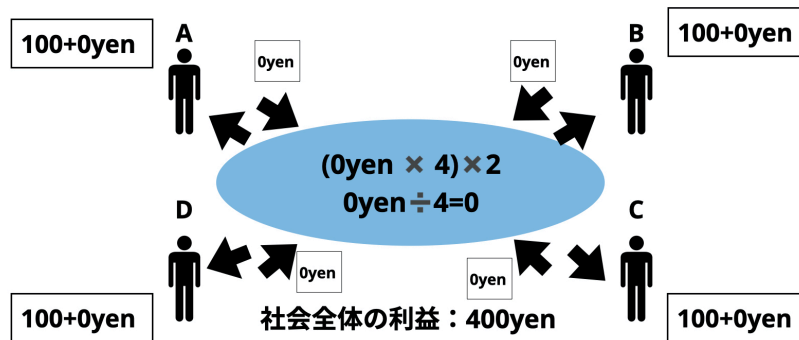


図 2.9 公共財ゲームにおいて実験参加者が全員非協力的な行動をとったのケース

さらに，図 2.9 のように，実験参加者全員が非協力的な行動をとるとグループ全体で得られる利益も減少すると共に，個人として得られる利益も減少してしまう。

一般的に公共財ゲームにおいて，ラウンド数が増すにつれて参加者の投資額は下がる傾向にあるが，Ernst Fehr & Simon Gächter, [19] は投資額の低い参加者に対してそのほかの参加者が罰を与える条件などを加えることで，投資額の減少を抑えている。また，実験参加者間で事前にコミュニケーションを行わせる [20] などの条件でも，同様に投資額の減少を抑えることができることが先行研究で示されている (Bowles 2017)。

2.3. 触覚共有とその応用

現代において、他者と身体的につながることは、人と人の物理的な接触に制限されることなく、デジタル技術によって実現される。その例をいくつか紹介する。

南澤らは触覚を用いた表現のプロotypingツールとして TECHTILE Toolkit (図 2.10) を開発し、研究者や技術者だけでなく、アーティストや学生、子供などの初心者でも手軽に触覚の記録、伝達、共有、編集を行うことを可能としている。

田中 [21] は触覚が運動や皮膚の特性によって変化する点に着目し、装着者個人の皮膚で生じる振動を計測するセンサを開発した [21]。これにより、装着者個人の感じた触覚の情報化が可能である。その他にも荒木の MEMS [22] (微小電気機械システム) を応用した小型触覚センサなど、多くの触覚センサが開発されている。



図 2.10 TECHTILE toolkit⁷



図 2.11 皮膚振動触覚センサ⁸

渡邊ら [23] の心臓ピクニック (図 2.12) は心臓の鼓動という身体的な情報を他者と共有することで、他者の存在を強く認識する試みを行っている。各種触覚センサによって触覚という他者の主観的な感覚をそのまま取得することが可能であり、心臓ピクニックは個人から取得した触覚の情報を他者に伝送している。

スポーツやエンターテイメントにおいても触覚提示技術が応用されている。Haptic Broadcast [24] (図 2.13) は競技者のラケットが受けた振動を観戦者も感じることで、競技者と観戦者の一体感を深める試みを行っている。B.Live in Tokyo [25] (図 2.14) はバスケットボールリーグの試合会場床面に取り付けられたセンサから会

⁷ <http://www.techtile.org/techtiletoolkit/>

⁸ http://hapticdesign.org/designer/file015_Yoshihiro_Tanaka

場の振動を検出し、遠隔の会場伝送を行うシステムにより、会場床面が振動する。これにより、まるで自分がコートの中にいるかのような臨場感を得られる。このようにスポーツやエンターテインメントの領域でも触覚共有技術は用いられ、人がその場の空間にいなくとも一体感や臨場感を体感することができる。



図 2.12 心臓ピクニックを用いたワークショップの様子⁹



図 2.13 Haptic Broadcast¹⁰

9 <http://www.junji.org/heartbeatpicnic/indexj.htm>

10 <http://embodiedmedia.org/project/haptic-broadcast/>

図 2.14 次世代型ライブビューイング B.LIVE in TOKYO¹¹

触覚を利用したコミュニケーションとしては現代のビデオ通話に使用される、映像（視覚）や音（聴覚）に加えて振動（触覚）を伝送することで、他者とのコミュニケーションを拡張する試みが行われている（図 2.15）。

図 2.15 公衆触覚伝話¹²

近年では触覚という情報をインターネット上で伝送する試みも行われており、

11 https://www.amiple.com/event/sport/basketball/detail?event_id=16223727

12 <https://www.ntticc.or.jp/ja/archive/works/public-booth-for-vibrotactile-communication/>

Matsuzono [26] はリアルタイムにノード間で触覚情報を共有するシステム, HaptI/O を開発し, インターネット上での 1 対 1, 1 対多に対して触覚情報の伝送を実現している. Nakamura [27] は触感コンテンツ (映像・音声・触覚によって構成されるマルチメディア) の記録・伝達を行うデバイスの開発およびネットワークシステムの開発を行い, 日常での触覚を伴う身体的な体験の共有を行っている. また, Van Den Berg ら [28] は 5G 技術の到来を見据えて, 触覚をインターネットで伝送する際のエンドツーエンドでの遅延を 1mm 以内に抑え, ユーザー間の違和感が生じないシステムを構築している.

このように, 触覚技術はスポーツやエンターテイメント, 人々のコミュニケーションなどの幅広い領域で利用される機会が多くなっている. その中でも, 触覚の取得および伝送による触覚共有は, 他者が感じている主観的な体験を共有することができる. 先に挙げた TECHTILE toolkit や皮膚触覚センサ, Haptic Broadcast などがその例であり, 今まで直接感じることはできなかった他者の体験を伝送することが触覚技術では可能である. さらに, 近年は触覚をインターネット上に伝送する研究も多く行われており, 近い将来, 触覚の共有は様々なアプリケーションを通じて, 我々の日常に浸透していくと考えられる (図 2.16). また, ネットワークを介して行われる触覚という身体性の共有に伴い, 我々の認知, 行動原理も変化していくと考えられる.

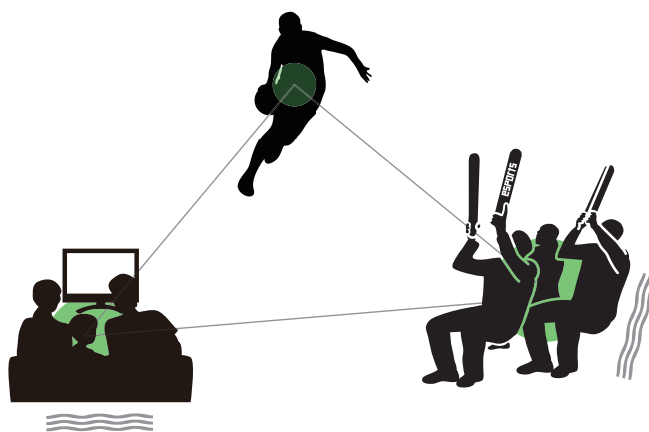


図 2.16 日常に浸透する触覚共有アプリケーション

第 3 章

コンセプトデザイン

3.1. コンセプト

第 1 章でも述べたように、情報技術の発展により物理的な時間や場所の制約を超越し、世界中の多様な人々とコミュニケーションをとれるようになった。一方で、フィルターバブル現象やそれに伴うエコーチェンバー現象によって、人々は狭いコミュニティに閉じこもってしまい、多様性が失われてしまうという矛盾を抱えている。これらの現象により、自分主体での視点が先行し、俯瞰的に社会全体のことを考えることが困難となってきているため、Brexit や Black Lives Matter などの多くの社会の分断を生んでいる。これらの問題の要因の一つとして、現代のインターネット上のコミュニケーションの形態が挙げられる。現代のインターネット上でのコミュニケーションは視聴覚などの限られた身体性でしか行われず、従来の対面的で身体的なコミュニケーションに比べ、他者の行動を認識し、共感することが難しい。この問題に関しての解決策として山極 [5] は再び身体的なコミュニケーションを行うことを推奨しているが、急速に進む情報化社会の傾向を逆流して、人々が従来の身体的なコミュニケーションを行うことは容易ではないと考える。そこで、触覚というインターネット空間における新たなメディアに着目し、インターネット上でも触覚を感じることで他者と身体的なやりとりを行うことができると考えた。では、インターネット上における身体性を共有した新たなコミュニケーションによって人の行動はどのように変容していくのか。先行研究を踏まえると、元々対面的なコミュニケーションでも使用されていた触覚を通じて他者の行動を認識することで共感を形成しやすくなり、利他的な行動を促進できると考える。具体的には、募金やクラウドファンディングなどの寄付行動において、他

者が寄付しているということを人々が身体的に実感することによって、寄付行動を促進させる。また、ボランティア活動を行っている人々を身体的に感じることで、能動的な参加を促すことができると考えている。このように、インターネット空間で他者の行動を触覚を通じて実感することで共感の形成が補助される。これを利用して、利他的な行動が促進されるような、新しいソーシャルインタラクションの形成を目指す（図3.1）。

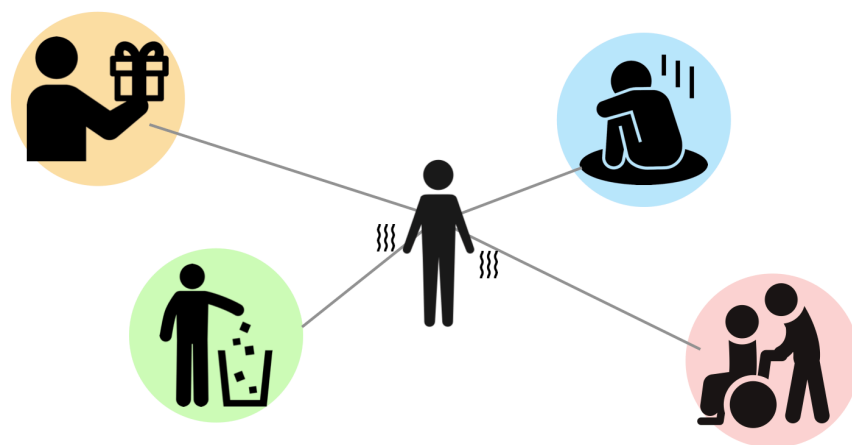


図 3.1 インターネット上に身体性を付与した新たなコミュニケーション環境におけるソーシャルインタラクション

3.2. 身体性を共有した新たなコミュニケーションの設計

これまでのインターネット上でのコミュニケーションは主に視聴覚のみで行われず、我々が本来有している触覚などの身体性を生かすことができていない。触覚技術を使用し、インターネット上でも触覚を伝達・共有することで、身体性を共有した新たなコミュニケーションが成される。今まで直接感じることでできなかった他者の主観的な感覚である触覚を共有することで、他者に対する共感形成や認知・行動原理に影響を与えると考える。この点に関して、情報工学だけでなく、社会科学・行動経済学的な側面からもアプローチを行う必要があるため、明治学院大学の行動経済学分野を専門とした犬飼准教授と協力し、共同で研究を行った。加えて、インターネット上における身体性を共有した新たなコミュ

コミュニケーションの実現に向けて、どのように触覚を伝送すれば良いのか、どのように触覚を受けとれば良いのかそれぞれ調査するべく、NTT 研究所の渡邊上席研究員、名工大の田中准教授とも協力し共同研究を行った（図 3.2）。研究を進めるにあたり、研究チームのキックオフも兼ねて QWS でのチャレンジ¹³に参加し、チャレンジを通して互いの研究分野のナレッジの共有および来たる予備実験のための議論を行った。（図 3.3）

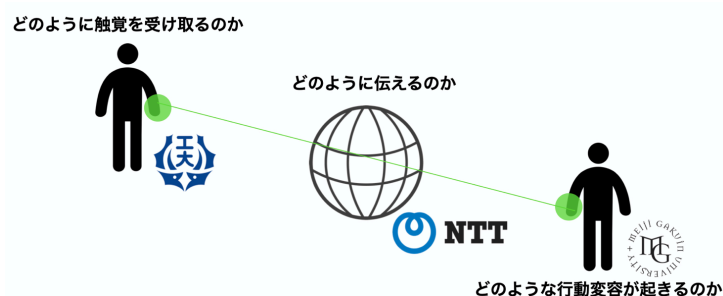


図 3.2 インターネット上における身体性を共有した新たなコミュニケーションの構成

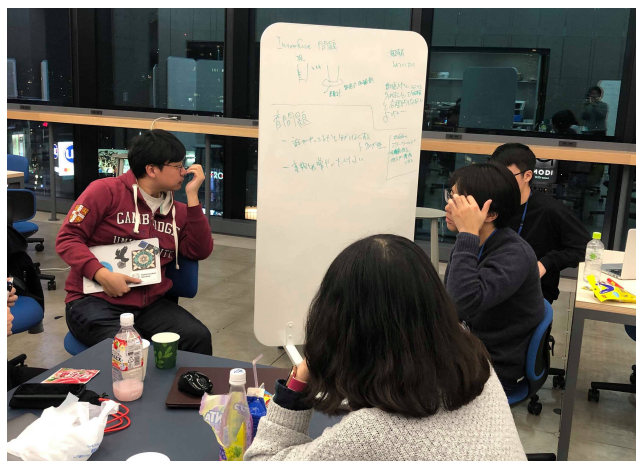


図 3.3 QWS で議論している様子

13 多様な専門分野を持つ人が分野を超え、互いに交わることで新たな価値を生み出すプロジェクト

3.3. 予備実験

本研究のコンセプト検証のために、予備実験を行った。

3.3.1 行動経済学実験における触覚共有手法の検討

この予備実験では、実際に触覚共有が我々の共感形成にどの程度寄与するのかを主観的に評価することに加え、実際に行動経済学実験を行う際にどのような実装が好ましいか検討する。身体性の共有を行い、他人の行動を触覚的に感じられるようにするため、TECHTILE toolkit を用いた簡易な触覚共有システムを作成した。

また、身体性を共有した際の行動変容を確認するため、現存の行動経済学における実験研究を活用した。行動経済学における実験では、実験室などで擬似的な経済活動環境を構築し、その際の人々の意思決定や・行動を観測することでコンセプトの検証を行うことができる。加えて、得られた実験データより理論を構築することで、人の行動原理のモデル化を行うことが可能である。今回は他者の寄付行動を観察するためにギフトギビングゲームの下りの間接互惠（downstream indirect reciprocity）における各参加者の行動を観察するものとし、実験環境を構築した。（図 3.4）



図 3.4 明治学院大学での予備実験環境

1 グループ4人の被験者を想定し、グループ内でのお金のやりとりを観察する。行動経済学実験に用いられるお金の役割として、振動を感じやすくするために、今回はビー玉を扱うこととした。他者がビー玉を入れた（寄付行動を行った）触觉を伝送し共有するため、TECTILE Toolkit と紙コップを用いた。送信側（振動を送る側）の紙コップの底にはマイクをテープで固定し、受信側（振動を感じる側）紙コップの底には振動子をテープで固定した。これにより、送信側にビー玉を入れたこと（寄付行動）を、他者が振動で感じる事が可能となる。

実験フローを（図3.5）に示す。各参加者は手持ちとして、それぞれ10個ずつビー玉を保持している。参加者Aは被験者Bに提供するビー玉の数を決める。被験者Aが提供したビー玉は2倍され、被験者Bの手持ちのビー玉に加算される。その際、被験者Aが被験者Bに送るビー玉の振動（被験者Aの寄付行動）を被験者Cは感じることができる。次も同様に、被験者Bは被験者Cにビー玉を提供する。被験者Bが提供したビー玉は2倍され、被験者Cの手持ちのビー玉に加算される。その際も被験者Bが被験者Cに送るビー玉の振動（被験者Bの寄付行動）を被験者Dは感じることができる。これを順に繰り返す。ビー玉の運搬は実験者が行うものとした。

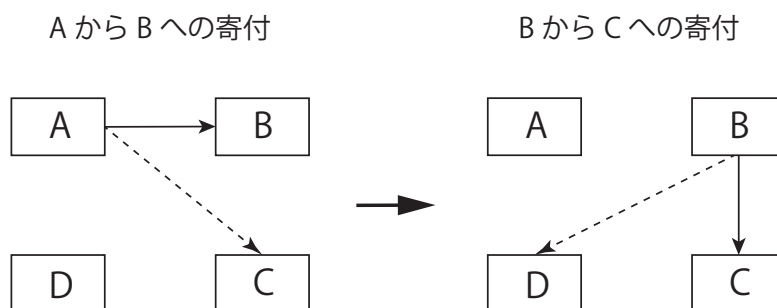


図 3.5 実験の流れ（実線：お金の方向，点線：振動の方向）



図 3.6 明治学院大学での予備実験の様子

実際に予備実験を行い（図 3.6），実験手順の確認，有効性を検討した。予備実験で得られた所感としては，

- 他者がビー玉を入れる感覚を触覚として感じる事ができた
- 他者が多く入れている感覚が繰り返されることで，神輿を担いでいるような一体感を感じた
- 一つもビー玉が入らないと少し悲しかった
- ビー玉を入れるという行為自体が楽しかった
- ビー玉を入れる行為（寄付行動）を触覚で感じたことにより，他人の貢献の実態を肌で感じ，自身も貢献しなければならないと思うようになった

が挙げられ，触覚共有が他者の存在および行動を認識させやすくなったとともに，共感の形成を促進させている実感を得た。

改善点としては

- 実験者がビー玉を運搬するのか手間だった
- 実験者におけるビー玉の計測ミスの可能性がある

- ビー玉を入れる音により誰が入れたのかがわかってしまう（匿名性の欠落）

など、実験者にかかるコストやヒューマンエラーが起こる可能性があることがわかり、実験設計を改善する必要があると考えられる。

加えて、コップとビー玉を用いた触覚共有の発表および展示を QWS でも行い（図 3.7）、研究チーム以外にも体験してもらったところ、予備実験と同様の意見を得ることができ、触覚共有が他者の行動の認識や共感の形成に寄与している一層の実感を得ることができた。



図 3.7 QWS での発表および展示

3.3.2 前回の改良を踏まえた実験室での実験環境構築

この予備実験では前回の予備実験で明らかとなった改良点を踏まえて、より本格的な実験設計を行った。

前回は4人の被験者での実験を行ったが、今回は8人の被験者での実験を行うこととした。実験は前回と同様にギフトギビングゲームにおける下の間接互惠性（downstream）に着目し、被験者の行動を観察した。

ビー玉の運搬と計測

ビー玉を運搬する手間を考え、累計したビー玉の数はコンピュータ内部で保存することとした。実験者の手元には投資できる最大のビー玉の個数（10個）のみを設ける。

また、ビー玉の計測ミスを抑えるために、デジタル計量器とカメラを用いてビー玉の個数を計測することとした。デジタル計量器の個数カウントを使用することでビー玉の個数を算出した。ビー玉の重さには多少の分散が確認されたが、デジタル計量器の個数カウントで問題なく計測を行うことができた。デジタル計量器の画面はwebカメラを用いて実験者が観測できるようにした。実験における環境を（図 3.8）に示す。

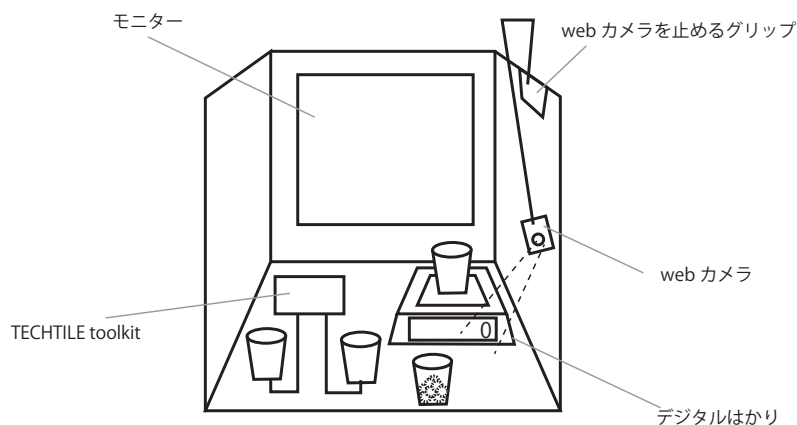


図 3.8 実験環境

被験者間の匿名性の保証

イヤーマフを用いることでビー玉が入る音を防ぐこととした。ビー玉が入る音は微かに聞こえるが、場所の特定は困難だったため、匿名性は保証できたとして考える。また、各被験者の席を離して設置することで目視で他の被験者が見えないようにした（図 3.9）。

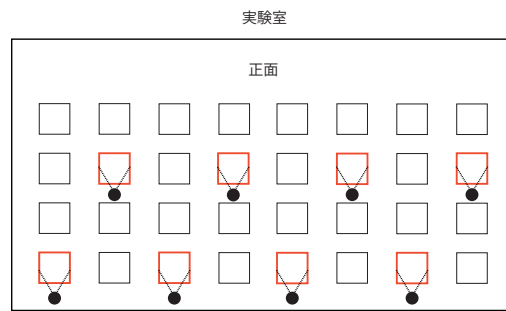


図 3.9 被験者の位置および視野

上記の環境で予備実験を行ったところ、前回の実験の改良は行えたが、新たに別の懸念点が明らかとなった。

具体的には「8人を1グループとすると、各ラウンドで実験に参加していない5人の被験者（投資している人、投資を受ける人、触覚で投資を感じる人以外）が長時間何もすることがなく、集中力を欠いてしまう」ことが挙げられた。

これを改善すべく、各ラウンドで2つのチェインを回すことにした。2つ回すことで、各ラウンドでなにもしない被験者が2人となり、被験者の集中力を保つことができると考えられる。また、各トライアルで被験者が被らないように事前に順番表を作成した。(表 3.1)

表 3.1 順番表

| Trial | Round1 | | Round2 | | Round3 | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | chain1 | chain2 | chain1 | chain2 | chain1 | chain2 |
| 1 | 1 | 8 | 4 | 2 | 8 | 2 |
| 2 | 7 | 4 | 5 | 7 | 1 | 5 |
| 3 | 2 | 6 | 1 | 3 | 3 | 6 |
| 4 | 8 | 3 | 2 | 8 | 2 | 4 |
| 5 | 4 | 1 | 7 | 6 | 5 | 1 |
| 6 | 5 | 7 | 3 | 1 | 7 | 8 |
| 7 | 3 | 8 | 8 | 4 | 6 | 3 |
| 8 | 6 | 1 | 6 | 2 | 4 | 1 |
| 9 | 7 | 5 | 1 | 5 | 8 | 2 |
| 10 | 4 | 2 | 4 | 8 | 5 | 7 |
| 11 | 3 | 6 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| 12 | 1 | 7 | 7 | 5 | 2 | 4 |
| 13 | 5 | 2 | 8 | 6 | 6 | 7 |
| 14 | 8 | 3 | 3 | 4 | 3 | 8 |
| 15 | 6 | 4 | 5 | 7 | 4 | 5 |
| 16 | 2 | 5 | 6 | 1 | 7 | 6 |

以上の予備実験やQWSでの試みをプロトタイプとして踏まえ、実験室での実験を行う予定であったが、新型コロナウイルスの影響で実験室での実験が行えなくなりました。新型コロナウイルスによる影響は長期化すると考えられるため、実験室ではなく、被験者が自宅から参加できる触覚共有環境の構築を検討する。

3.3.3 遠隔地における触覚共有手法の検討

遠隔地での触覚共有に向けて，作成した機器および設計図を以下に示す（図 3.11）（図 3.10）．マイクから得られるアナログ信号をデジタル信号に置き換え，受信した音声データのアナログ出力を行うためにオーディオインターフェースである Sound Blaster Play 3（図 3.12）を用いた．Windows および Mac での動作が可能であり，被験者の PC に影響することなく使用することが可能である．また，マイクと Sound Blaster Play3 の接続を行うため，3.5mm オス-2.5mm メスの変換アダプタを用いた．TECHTILE toolkit のマイク入力と Sound Blaster Play3 の接続には 3.5mm オス-2.5mm オスのケーブルを用いて接続を行った．

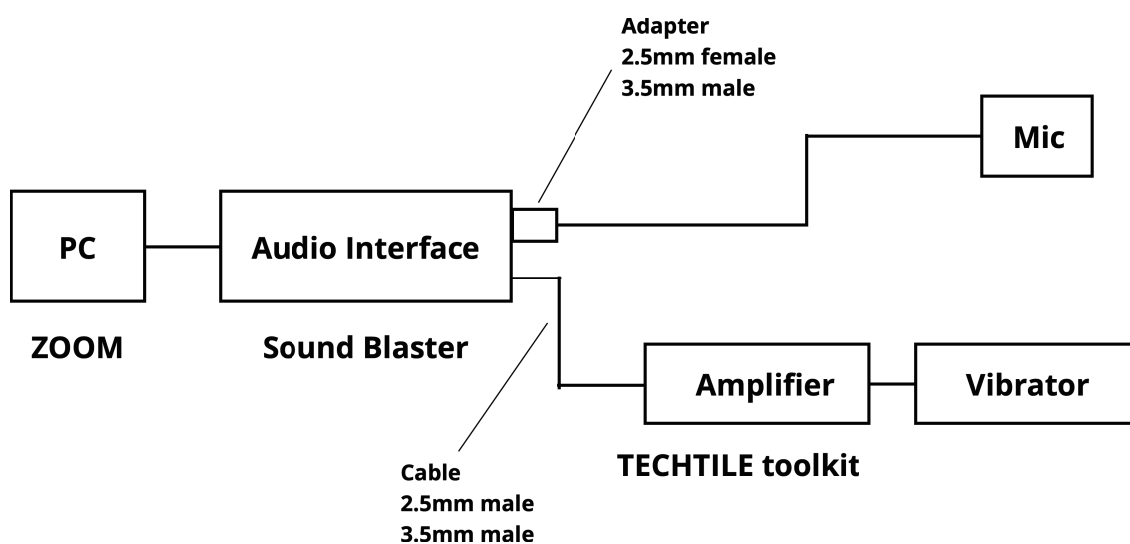


図 3.10 遠隔での触覚共有システム



図 3.11 遠隔での触覚共有用機器



図 3.12 Sound Blaster Play 3¹⁴

14 <https://www.goshisato1973.info/entry/2018/01/28/172557>

次に、マイクから入力される音を伝送するため、Web ビデオ会議サービスである ZOOM (図 3.13) を使用した。しかしながら、ZOOM はあくまで web 会議サービスであり、デフォルトの設定においては、会話を聞こえやすくするためのノイズ抑制やエコー除去などの音声処理が行われてしまう。その結果、ビー玉を入れるなどの振動の音声情報はノイズとして処理されてしまった。この問題を解決するために、ZOOM のミーティング上で音声処理が行われないように ZOOM のオーディオ設定より、”オリジナルサウンドを有効”にした。



図 3.13 web ビデオ会議サービス ZOOM¹⁵



図 3.14 zoom 上での触覚共有実験

予備実験の結果、ZOOM 上でも問題なく触覚を伝送することが可能であった。これより、本実験では web 会議サービスである ZOOM を用いて、遠隔地間での触覚共有を行うこととする。

¹⁵ <https://zoom.us/jp-jp/accessibility.html>

第 4 章

触覚共有を伴う行動経済学実験

4.1. 実験の目的

2019年に発生した新型コロナウイルスの影響で実験室での実験を行うことができなくなり、遠隔地における実験となってしまったが、「インターネット上で他人の行動を触覚を通じて感じる」という当初の目的に合致しており、研究としては想定に近い環境での実験が行うことができると考えられる。よって、本研究はソーシャルネットワーク環境下での行動経済学実験において、オンライン越しから他者の行動を触覚を通して感じることで、他者への共感の形成が促進され、利他的行動を誘発させることを目的とする。

4.2. 実験の条件

予備実験を踏まえた実験条件の設定

前章の予備実験およびプロトタイピングを踏まえて実験条件を定めることとした。プロトタイピング時には下りの間接互惠性（downstream reciprocity）を観察するための実験ゲーム（ギフトギビングゲーム）を行っていたが、実験参加者のコントロールが比較的行いやすい実験室環境ではなく、各実験参加者が自宅などの個別環境からオンライン接続することで構築されるオンライン実験環境に変更したため、順番表を用いて同時に複数の行動を観察するような複雑な実験では実験参加者のコントロールが難しいと考えられる。加えて、先にあげた実験ゲームは触覚を感じる被験者、感じない被験者を実験ラウンドによって頻繁に分ける必要があるが、ZOOMというWeb会議システムの性質上、1対多で触覚を伝送する

ことは容易であるが、ギフトギビングゲームのような1対1で触覚を伝送することに適していない。

よって、本研究におけるコンセプトにも挙げていた、クラウドファンディングや選挙行動における環境を想定した行動経済学実験として「公共財ゲーム」を用いることにした。公共財ゲームは先に挙げたギフトギビングゲームより実験参加者のコントロールが容易であることに加え、実験の性質上、1対多で触覚を伝送することが可能である。

本実験における統制・実験条件とその手順





実験ゲームは公共財ゲームを用いた。公共財ゲームは2章で示したように社会的ジレンマを想定した実験ゲームであり、実験参加者数人を1グループとしてグループ内でお金のやりとりを行う。実験は触覚の共有をしている状態としていない状態を比較するため、

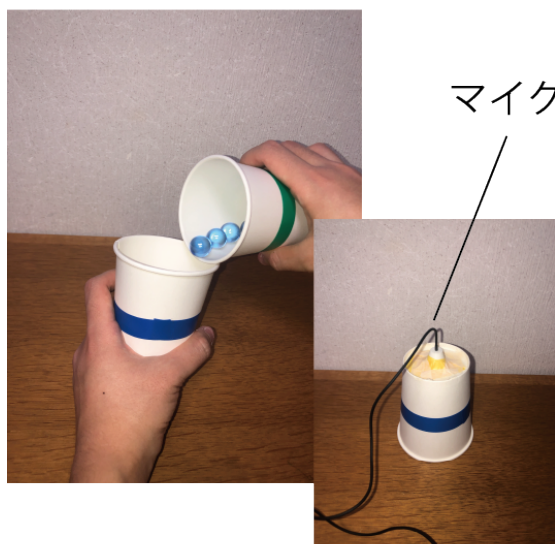
統制条件 触覚を共有せず、視覚のみで他人の投資額が認識できる

実験条件 触覚を共有し、触覚から他人の投資額を認識できる

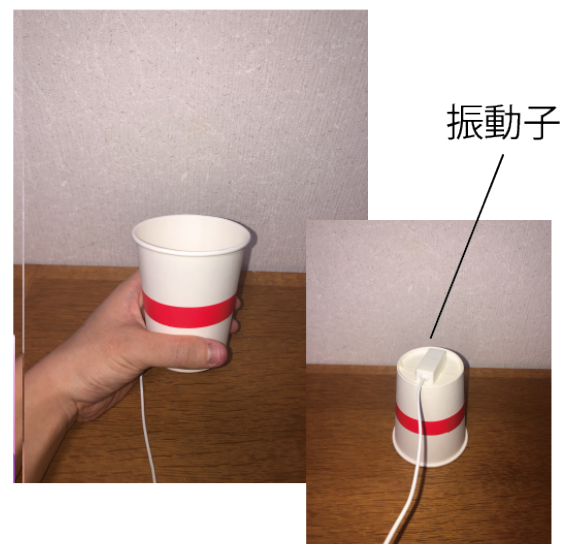
2つの条件を設定した。また、わかりやすいように実験条件のことを以降触覚条件と呼ぶこととする。触覚条件では予備実験と同様にビー玉と紙コップを用いて触覚共有に必要な情報の取得および提示を行う。触覚条件においてはビー玉がポイント（1ポイント＝ビー玉1個）の役割を果たす。触覚条件では提供したビー玉の触覚が他の実験参加者に伝送される。実験参加者がわかりやすいように使用する紙コップに色テープを巻いた。テープの色と用途をそれぞれ図4.1に示す。振動子を固定した紙コップには赤色のテープ、マイクを固定した紙コップには青色のテープを巻いた（4.2）。これらの紙コップに加えて、ビー玉入れとして無印（テープで固定していない）紙コップと、投資するビー玉を入れておく緑色のテープで固定された紙コップを追加で用意した。実験参加者が投資するときの行動は以下の手順で行われる。1. 白い紙コップに入っているビー玉10個から投資するビー玉を決める。2. 投資するビー玉を緑色の紙コップに移す。3. 緑色の紙コップに入れた投資するビー玉を青色の紙コップに入れる。

図 4.1 紙コップの色分け対応表

| 色 | 用途 |
|---|----------------|
|  | 振動を感じる |
|  | 振動を送る |
|  | 投資する額のビー玉を保持する |
|  | ビー玉入れ |



送信側
(振動を送るカップ)



受信側
(振動を感じるカップ)

図 4.2 振動の送信・受信を行う紙コップ

今回の実験では4人を1グループとして公共財ゲームを行う。また、公共財ゲームは複数回（以降ラウンドとする）行われるものとする。

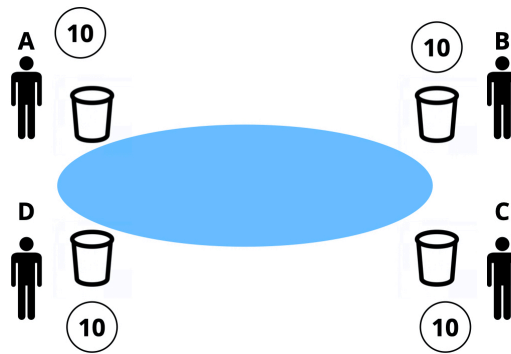


図 4.3 本実験で参加者が得られる元手ポイント

図 4.3 のように各ラウンドの最初に、参加者は元手として 10 ポイント（今回の実験におけるゲーム内通貨であり、1 ポイントは 5 円として換算される）が実験者から支払われる。参加者は自身の手持ちの 10 ポイントのうちいくらかを公共財に投資することができる（0 ポイントを投資することもできる）。また、投資しなかったポイントは自身の手元に残る。

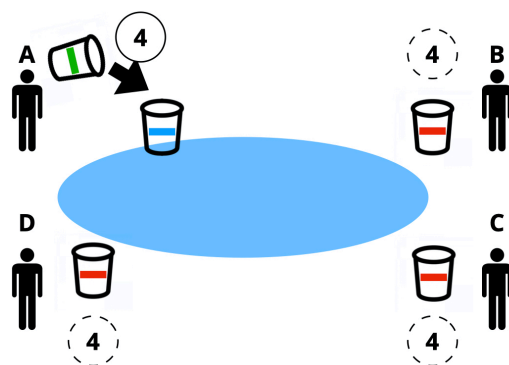


図 4.4 参加者が公共財に投資を行う様子

あなたの順番がやってきました。

1. あなたに元手として10ポイントが与えられました。あなたはプロジェクトに何ポイント投資しますか。
2. 投資したポイントは投資先で2倍にされます。ポイントを渡さないことも可能です。
3. あなたがプロジェクトに投資したポイントは次の画面で他の参加者に伝えられます。
4. プロジェクトに投資するポイント分のビー玉を緑の紙コップに移してください。
5. コンピューターのZoomのミュートを解除してください。
6. 移したビー玉(緑の紙コップに入ったもの)を黒い線がつながった青のコップの中にお入れください。
注意：コップに入れたら、回したり、故意に振ったりしないでください。
7. コンピューターのZoomをミュートにしてください。
8. コップにビー玉を入れたら、画面の投資額の欄に入れたビー玉の数を入力し、次へボタンを押し

Sent amount:

----- v

次へ

図 4.5 投資を行う参加者に提示される PC 画面

図 4.4 のように投資を行う参加者 A はポイントとなるビー玉を公共財に投資する際にマイクのついた青い紙コップに入れる。誰かが投資しているとき、他の参加者は振動子がついた赤い紙コップを常に持っている。このとき、参加者 A には図 4.5 に示された画面が提示されており、投資する分のビー玉を紙コップに入れた後、PC 上でポイントの記入を行う。

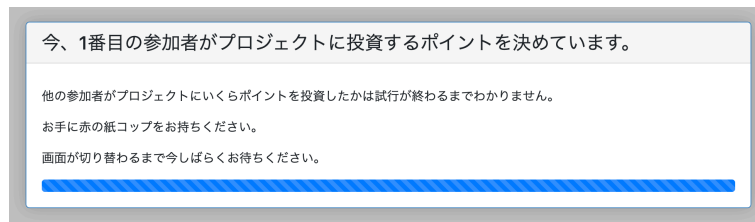


図 4.6 投資を待つ参加者に提示される PC 画面

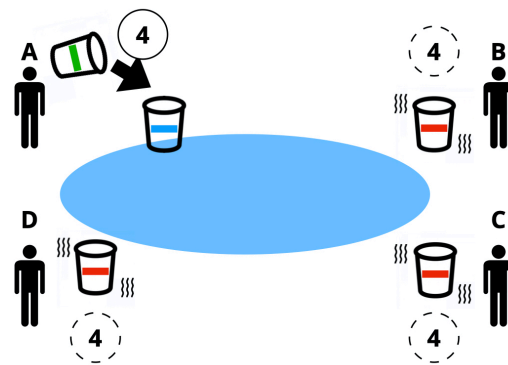


図 4.7 他の参加者が投資額を振動で感じる様子

参加者 A 以外には図 4.6 に示された画面が提示されており、指示に従い、図 4.7 のように参加者 A が投資したポイント握っている紙コップから振動で感じる事ができる。

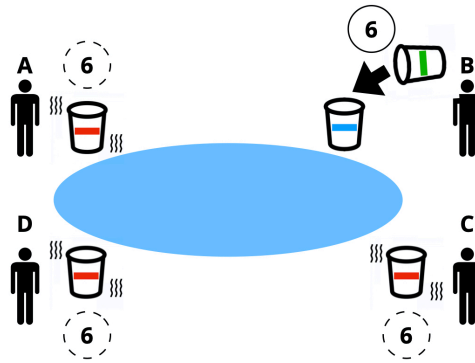


図 4.8 同様の手順で他の参加者が投資を行う様子

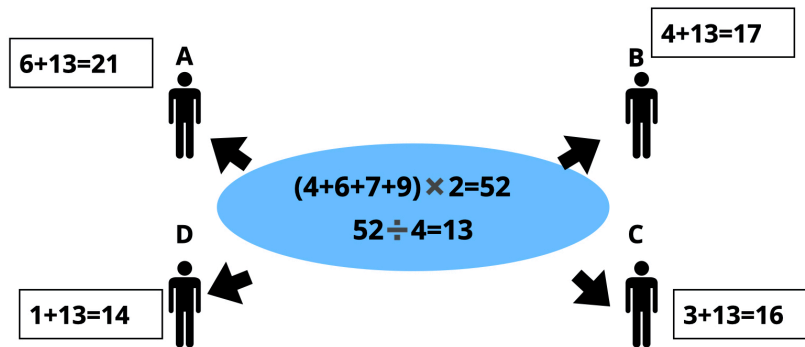


図 4.9 ラウンド終了後に参加者が得られるポイント

その他の参加者も同様に順に投資を行い（図 4.8），参加者全員が投資を終えると公共財は 2 倍され，参加者全員に均等に分配される（図 4.9）．実験では 4 人の実験参加者はランダムな順で公共財に投資を行う．統制条件では触覚条件と同様の流れで実験を行うが，触覚条件と異なり，参加者が紙コップから振動を感じることはない．統制条件，実験条件の各条件は 12 ラウンドで構成され順序の効果¹⁶を踏まえて，統制条件が先に行われ触覚環境が後の統制先パターンと，触覚条件が先に行われ統制条件が後の触覚先パターンの 2 種類の条件を用いて実験を行った．

16 条件を行う順番によって条件が与える結果が異なってしまうこと

4.3. 実験機材の作成

実験参加者に郵送する実験に必要な機材および備品を以下に示す（図 4.10）。

- TECTILE Toolkit & 電源アダプタ
- マイクが留めてある青色の紙コップ
- マイクが留めてある赤色の紙コップ
- Sound Blaster Play 3
- 3.5mm オス-2.5mm メス変換アダプタ
- 3.5mm オス-2.5mm オスケーブル
- USB type-C 変換アダプタ
- ビー玉 10 個 + 予備 2 個

実験参加者の PC が typeC のみしか対応していない場合のために、Sound Blaster Play 3 接続のための USB-typeC 変換アダプタを同梱することにした。実験機材を段ボールに詰め、実験予定日前に実験参加者に郵送した。



図 4.10 実験機材および備品

4.4. 実施

9月9日から10月9日にかけて、実験を実施した。実験参加者は年齢20～28歳（平均値：21.81，標準偏差：1.84）の大学・大学院生32名（男性：17名，女性：15名）で構成される。全体を通しておよそ2時間半を予定した実験を行なった。実験者は実験日当日、予め指定したZOOMのミーティングに入室する。ZOOMのミーティングは2つ用意し、一つ目は触覚の送受信を行うミーティングルーム，二つ目は実験のインストラクションを行うためのミーティングルームである。前者はPCから接続を行い，後者はスマホやタブレットを用いて接続を行なった。

実験フロー

実験フローを図4.11に示す

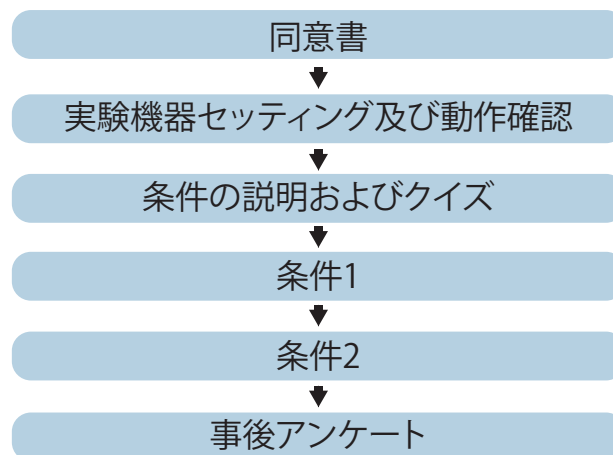


図 4.11 実験フロー

まず、実験参加者は実験に参加するため、同意書にサインを行った。次に、実験参加者は事前に郵送した実験機器の接続やZOOMの設定などの実験環境セットアップを行った。実験参加者の環境を図4.12に示す。実験参加者はスマホの画面に表示される説明用スライド（図4.13）を見ながら機器の接続およびZOOMのオーディオ設定（オリジナルサウンド等の設定の変更）を行なった。また、スラ

イドをみて理解できない場合やトラブルが発生した場合は実験者が個別に口頭やチャットで説明を行なった。



図 4.12 実験参加者の環境



図 4.13

機器の接続後は、機器が正常に動作するかに加え、実際に触覚を送受信できるのかを確認するために、動作確認を一人ずつ行なった。

その後、実験ゲームの概要や条件などの詳細をスライドおよび口頭で説明した。実験で使用する公共財ゲームを理解しているか確認するために実験者に簡単なクイズを課した（図 4.14）。

実験に関するクイズ

今から実験に関するクイズを行います。

正しいと思う方のボタンを押してください。

Q1. あなたはあるラウンドでプロジェクトに5ポイント投資し、それ以外の参加者はプロジェクトに0ポイント投資しました。このとき、あなたがラウンドの終わりに受け取る総利得として正しいものはどれでしょう。

正しいと思う選択肢をお選びください：

- 4ポイント
- 8ポイント
- 15ポイント
- 7ポイント

Q2. あなたはあるラウンドでプロジェクトに10ポイント投資し、それ以外の参加者もプロジェクトに10ポイント投資しました。このとき、あなたがラウンドの終わりに受け取る総利得として正しいものはどれでしょう。

正しいと思う選択肢をお選びください：

- 5ポイント
- 10ポイント
- 20ポイント
- 15ポイント

回答が終わりましたら、次へボタンを押してください。

図 4.14 クイズ画面

全員がクイズを終えてから実験ゲームに移った。統制条件先パターンの場合には統制条件を先に行い、触覚条件を後に行なった。同様に、触覚先パターンでは触覚条件を先に行い、統制条件を後に行なった（図 4.15）。



図 4.15 各パターンにおける条件の順番

実験ゲーム終了後は実験参加者に事後アンケートを課した（図 4.16）。事後アンケートでは統制条件と実験条件どちらが好ましかったか、またその理由を尋ねた。

「メンバーみんなの振動も伝わる」実験と、
「メンバーの投資額だけが伝わる」実験とでは、
どちらがより好ましいと思いますか？ 当てはまる方を選択してください。

「メンバーみんなの振動も伝わる」実験の方が好ましい

「メンバーの投資額だけが伝わる」実験の方が好ましい

なぜ、そう思ったのですか。下の空欄に理由を書いてください。

図 4.16 事後アンケート画面

4.5. 結果

4.5.1 各条件の平均投資ポイントの比較

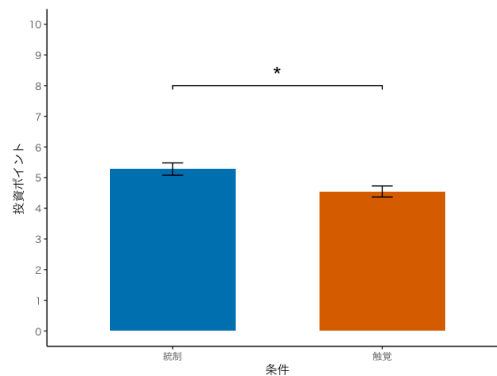


図 4.17 統制条件と触覚条件の平均投資ポイントの比較

統制条件および触覚条件の投資ポイント数の平均は上記の通りであった（図 4.17）。触覚条件の平均投資ポイントは統制条件の平均投資ポイントよりも低い結果となった。また、統制条件と触覚条件の平均投資ポイントはウィルコクソンの順

位和検定より、有意な差が認められた (wilcoxon rank sum test, p-value=0.01973)。

4.5.2 各パターンの平均投資ポイントの比較

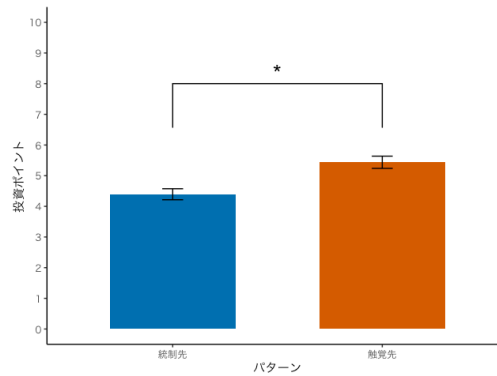


図 4.18 各パターンの平均投資ポイントの比較

統制条件先パターンおよび触覚条件先パターンの投資ポイント数の平均は上記の通りであった (図 4.18. 触覚条件先パターンの平均投資ポイントは統制条件先パターンの平均投資ポイントよりも高い結果となった。また、統制先条件パターンと触覚条件先パターンの平均投資ポイントはウィルコクソンの順位和検定より、統計的に有意な差が認められた (wilcoxon sum rank test, p-value = 0.0007246)。

各パターン内での条件の比較

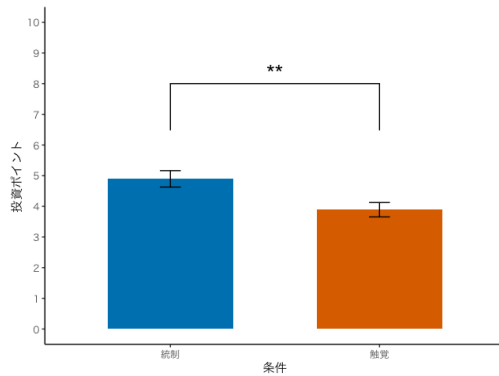


図 4.19 統制先パターンにおける各条件の平均投資ポイントの比較

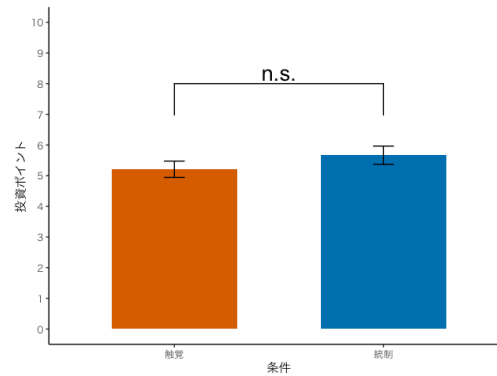


図 4.20 触覚先パターンにおける各条件の平均投資ポイントの比較

図 4.19 より、統制条件先パターンでの平均投資ポイントは統制条件が触覚条件よりも高い結果となった。また、ウィルコクソンの符号順位検定より、統計的に有意な差が認められた (wilcoxon signed-rank test, p-value = 0.002814)。

一方で、図 4.20 より、触覚条件先パターンでの平均投資ポイントは統制条件が触覚条件よりも高い結果となったが、ウィルコクソンの符号順位検定より、統計的に有意な差は認められなかった (wilcoxon signed-rank test, p-value = 0.05555)。

以上より、統制条件を先に行うとその後の触覚条件の平均投資ポイントが減少してしまうことが示唆された。

各パターン外での条件の比較

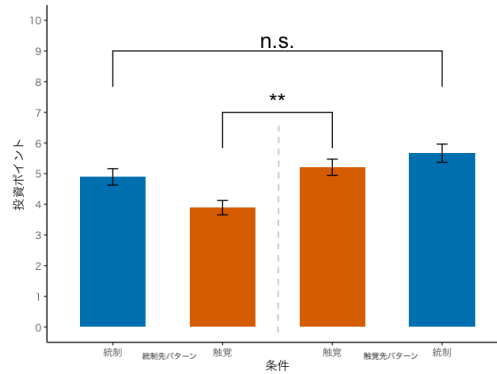


図 4.21 各パターン外での各条件の平均投資ポイントの比較

図 4.21 より，統制条件の平均投資ポイントを各パターンで比較すると，触覚条件先パターンの方が統制条件先パターンに比べ統制条件の平均投資ポイントが高い結果となった．しかしながら，ウィルコクソンの順位和検定より，統計的に有意な差は認められなかった（wilcoxon rank sum test, p-value=0.1221）．

一方で，触覚条件の平均投資ポイントを各パターンで比較すると，触覚先パターンの方が統制先パターンに比べ触覚条件の投資ポイントが高い結果となった．また，ウィルコクソンの順位和検定より，統計的に有意な差が認められた（wilcoxon rank sum test, p-value = 0.0007309）．

以上より，触覚条件を先に行う方が触覚条件の平均協力率が高くなることが示唆された．

4.5.3 投資順番における平均投資ポイントの比較

連続的な投資行動の影響を考える必要があるため、ラウンド内の投資順番における平均投資ポイントの比較を行った。

各条件での比較

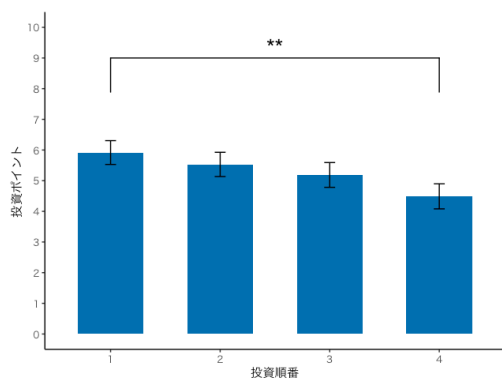


図 4.22 投資順番における統制条件の平均投資ポイントの比較

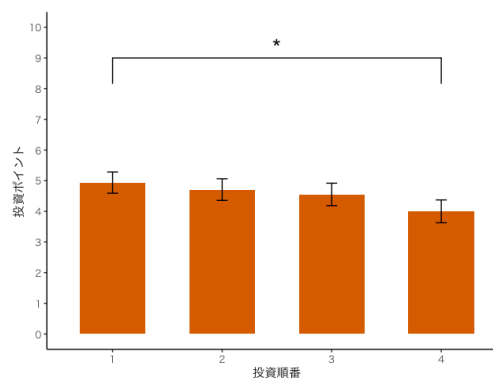


図 4.23 投資順番における触覚条件の平均投資ポイントの比較

投資順番における統制条件および触覚条件の平均投資ポイントの比較を行なった。統制条件（図 4.22）では1番目と4番目で投資ポイントの減額が1.43ポイントだったのに対し、触覚条件（図 4.23）では1番目と4番目で投資ポイントの減額が0.94ポイントと、投資ポイント数の減少額が低かった。また各条件ともに1番目と4番目の投資ポイント数には、ウィルコクソンの順位和検定より、統計的に有意な差が認められた（統制条件：wilcoxon rank sum test, p-value = 0.009078, 触覚条件：wilcoxon rank sum test, p-value = 0.03139）。

各パターン内での比較

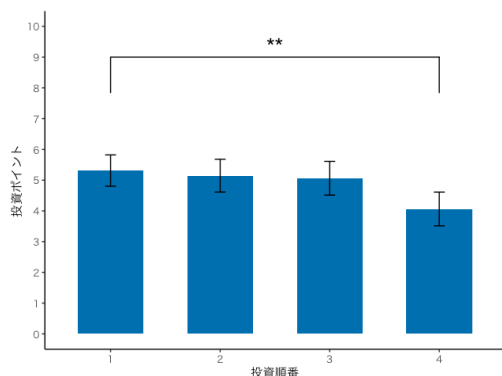


図 4.24 投資順番における統制条件の平均投資ポイントの比較（統制条件先パターン）

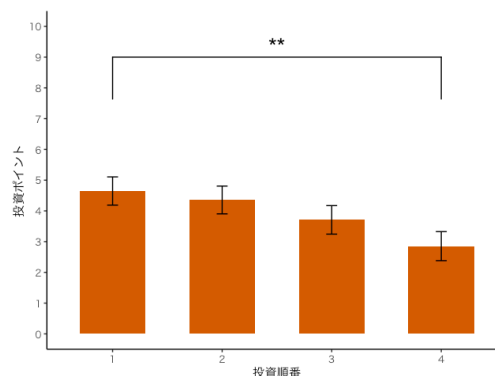


図 4.25 投資順番における触覚条件の平均投資ポイントの比較（統制条件先パターン）

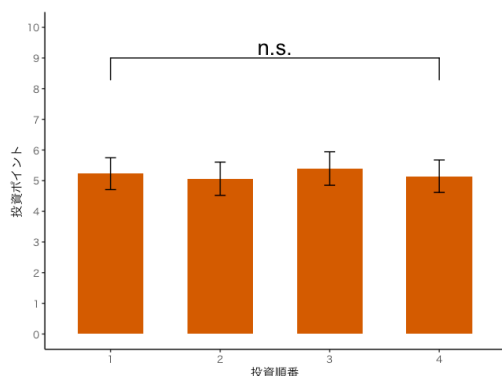


図 4.26 投資順番における触覚条件の平均投資ポイントの比較（触覚条件先パターン）

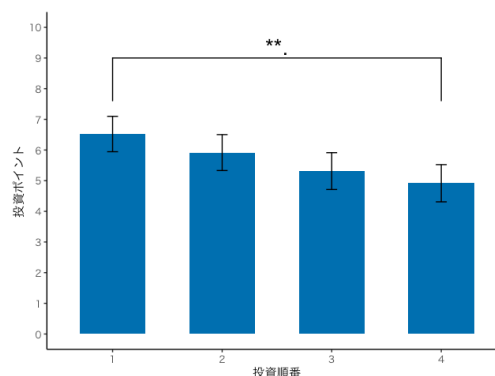


図 4.27 投資順番における統制条件の平均投資ポイントの比較（触覚条件先パターン）

次に、触覚条件先パターンと統制条件先パターン、それぞれのパターンで先ほどの各ラウンド間における投資順番の統制条件および触覚条件の平均投資ポイントの比較を行なった。図 4.24, 図 4.25 より、統制先パターンでは統制条件と触覚条件ともに下がる傾向にあった（1 番目と 4 番目の比較，統制：wilcoxon signed-rank test, p -value = 0.0003053, 触覚：wilcoxon signed-rank test, p -value = 0.0003053）。

一方で、図 4.26, 図 4.27 より、触覚先パターンでの統制条件では順を追うにつれて平均投資ポイントが減少した（wilcoxon signed-rank test, p -value = 0.0008034）のに対し、触覚条件では一定のラインで平均投資ポイントが推移し、減額の傾向は見られなかった（wilcoxon signed-rank test, p -value = 0.8082）。

4.5.4 実験後アンケート

実験後に実施したアンケートでどちらの条件が好ましいか、またその理由を問う質問を行なった。

触覚条件が好ましいと感じた実験参加者の理由では、

- 「振動が伝われば0などの投資額を記入する人は出なくなると感じた。あまりしっかりと投資額がわからないが暖かみの差がある。」
- 「投資額が伝わると、自分の投資額と比較し、少ない時罪悪感が強いため。」
- 「投資に協力しない者が現れることに対しての抑止力として振動が役立っていると感じた。」
- 「明確に役割が生まれるために他とのコミュニケーションがとりやすく、少なくとも完全な裏切り(=投資額0)を阻止できるため。」

などの投資額を0ポイントにさせにくい雰囲気を感じている実験参加者が多かった。触覚条件ではフリーライド(投資しないこと)を抑制する効果が期待できる。

また、「数字だけの時の方が、他のメンバーに対して悪い印象を持ってしまったから。相手の振動が伝わることで、なんとなく相手の存在を尊重するような気持ちになれた。」という他者への共感を示す回答もあり、相手の振動を感じることで、視覚のみよりも相手に対する思いやりを持ちやすくなったと考えられる。

一方で、統制条件が好ましいと感じた実験参加者の理由では、

- 「はっきりと分かる方が判断しやすい。」
- 「実際の数値が見えた方が不安がなくなって、探り探りの投資というよりも思い切った選択ができたため。」
- 「振動ではいくら投資されたかが判断しづらいから」
- 「振動だけだと確実な投資金額が分からなかったから。」
- 「振動の場合は他の人が入れたポイントの数がよくわからないため、どの程度ポイント入れればよいか判断がつかなかったから。」

等の投資ポイントの認識が触覚条件と比べ、容易であることを指摘する実験参加者が多かった。加えて、

- 「振動だけだと実際に他者が何ポイント入れたのか分からず疑心暗鬼になってしまったが、投資額が分かるとそのポイントに合わせて自分のポイントを即決出来たから。」
- 「相手が実際にどれだけのビー玉を入れたかを振動で判断することは難しいため、どうしても疑ってしまうから。」
- 「振動が伝わる実験の時は、これは何個だろう？と疑いの目があった。少ないなら私も少なくしようと思うと、ふたを開けたら実はみんな10ということがあり申し訳なくなったので、しっかりと数字に出ていた方が私も迷わずに済んだ。」

などの、触覚条件では投資ポイントを誤認してしまふ恐れを感じている実験参加者が多かった。

4.6. 考察

4.6.1 触覚共有単体と利他行動の関係性

4.5.1 項より統制条件と触覚条件の平均投資ポイントは統制条件の方が有意に大きかった。加えて、4.5.2 項の各パターン内での条件の比較でも、どちらのパターンでも統制条件の平均投資ポイント数の方が大きかった（統制先パターン： $p < 0.01$ ，触覚先パターン：n.s.）。これより、触覚条件に比べ、統制条件の方が実験参加者が協力的（利他的に振る舞っている）であることが明らかとなり、単純に触覚共有を行うだけでは利他的行動は促進されないことが示唆された。この要因として、4.5.4 項より、統制条件の方が触覚条件に比べて参加者が明確な投資額を把握できることによる影響が大きいと考えられる。触覚条件は統制条件に比べて相手の投資額を把握することが困難であり、実験参加者にとって多くの投資がリスクになってしまう。参加者自身の感覚として、他の参加者の投資ポイントが多いと感じて

いても、実際の投資ポイントが低い可能性があるからだ。この点について、個人個人がビー玉などの個数を触覚として認識する際に、どの程度の認識の違いが生まれ、どの程度の行動の変化が生じるのか等の心理物理量を踏まえた実験を行う必要がある。

4.6.2 長期的な視野からみた触覚共有と利他行動

前項では単純に触覚共有を行うだけでは利他的行動は促進されないことが示唆されたが、4.5.2項で各パターンの平均投資ポイントの比較では触覚条件先パターンの方が平均投資ポイントが高かった。この点について、各パターン内の条件を比較したところ、統制先パターンでは統制条件と比較して触覚条件は有意に平均投資ポイントが低かった。一方で、触覚先パターンにおける触覚条件と統制条件に有意な差は認められなかった。これより、触覚条件を先に行うことで、条件の差が生まれにくいことが示唆される。

また、触覚条件先パターンの統制条件の協力率は統制先パターンの触覚条件の協力率より高い水準を保っていることから、触覚条件を先に行うことで、その後の行動に影響が出ることが考えられる。この点について、4.5.3項より、連続的な投資行動における平均投資ポイントを各パターンで比較したところ、統制先パターンでは統制条件、触覚条件ともに減少する傾向にあり¹⁷、1番目と4番目の平均投資ポイントを比べたところ、統計的に有意であった。また、統制条件では1番目と4番目で投資ポイントの減額が1.43ポイントだったのに対し、触覚条件の減額が0.94ポイントとなっており、統制条件と比べ投資ポイント数の減少を抑えていた。一方で、触覚先パターンにおいて触覚条件の平均投資ポイントは一定のラインを保っており、1番目と4番目の平均投資ポイントに有意な差は認められなかった。この要因として、4.5.4項より、他人の貢献の実態を肌で感じることで、自分も貢献しなければならないと感じていることが事後アンケートより推察されるこ

17 順を追うごとに実験参加者は支配戦略（他の参加者がどういう選択をしても自身が得る利得（得られるポイント）が最も高くなる選択のこと）を選ぶことが先行研究で明らかとなっている。今回の実験では0ポイントを投資すること（フリーライドすること）が支配戦略である。

とから、触覚条件は実験参加者の利己的な行動（フリーライド）を抑制させることに加え、利他的な行動を比較的持続させる効果があることが示唆された。

4.7. 実際のサービス上における利他的行動の促進を 目指した触覚共有アプリケーションの実装

犬飼准教授と QWS での試みを行っていた中で、ご縁のあったスタートアップ企業である KAMADO¹⁸とタッグを組み、今までの予備実験を踏まえた展示を行った。この展示では、他者の寄付行動を触覚を通じて感じるクラウドファンディングサービスおよび、クラウドファンディングの対象となるアーティストの主観的な感覚を体験する展示を行った。予備実験や本実験に加え、より探索的に触覚共有と利他的行動についての研究を行う必要があるが、触覚共有が他者の行動の認識や共感の形成に寄与しているという実感のもと、利他的な行動を促進させるために、簡易的な触覚を用いたアプリケーションの企画および実装を行った。



図 4.28 実際の寄付サービスにおける触覚を通じた他人の寄付の実感¹⁹

図 4.28 はお金と応援メッセージを送ることによってアーティストを支援する FUMI というサービスにおける、今までの支援（お金と応援メッセージ）を触覚を通じて実感することができる。具体的にはボタンを押すとモニターに今までの支援分の花が咲くとともに、TECHTILE toolkit を用いて、花が咲いた感覚を振動として体験者に提示している。



図 4.29 触覚を通じたアーティストの主観的な感覚の提示¹⁹

図 4.29 ではアーティストが絵を描く時の感覚を触覚を通じて疑似的に追体験することができる。この作品は事前にアーティストが油絵を描いている際の振動を記録・加工し、体験者に提示しており、触覚提示手法として永久磁石を用いた触覚提示技術 [29] を用いた。この手法により、体験者が油絵に直接触れることを防いでいる。(加えて、新型コロナウイルス禍における感染防止策として、接触を控える効果も期待できる) 体験者が筆を油絵表面に近づけることで筆が振動し、アーティストが感じていた主観的な感覚を共有することができる。

この二つの作品は今までの寄付を触覚を通じて感じることに加え、寄付対象の人の行動を触覚を通じて知ることができるため、触覚共有が一般化した社会に向けた、より複合的な共感形成を行えるような実装を行っている。この2つの作品を体験した人のコメントとして、寄付をしてきた人の想いが感じられた、作者との距離が近づいたなどの多くの意見をいただき、触覚共有を通じて人の共感形成が行われることを改めて実感することができた。

18 アートやアーティストの情報を発信する Web メディア

19 (C)KAMADO (photo by Yuba Hayashi)

4.8. まとめ

インターネット上における身体性を共有した新たなコミュニケーション実現のため、オンライン上で他者と触覚共有を行い、共感の形成および利他的な行動が促進されるのかを行動経済学実験の公共財ゲームを用いて検証した。その結果、触覚共有が人の行動変容に与えた2つの大きな傾向

- 単純に触覚を共有するだけでは利他的な行動は促されないこと
- 触覚的なつながりを初期の段階から感じることで、利己的な行動が抑制され、利他的な行動が比較的持続されること

が示唆された。

また、社会実装として、スタートアップ企業と連携し、実際のサービスにおける利他的行動を目指した触覚共有アプリケーションの実装および展示を行い、多くの人に体験していただいた。

第 5 章

結 論

本論文では、インターネット上でも身体性が共有されたコミュニケーションを図るべく、インターネット上における新しいメディアである触覚を用いて触覚共有を行った。触覚共有が共感形成および向社会的行動の促進に寄与しているかを行動経済学的アプローチを用いた実験を行い検証した。

第1章ではインターネットの発展とソーシャルメディアの台頭により我々のコミュニケーションのあり方は大きく変わり、インターネット上でのコミュニケーションによって人の行動は利己的なふるまいに変わりつつあることを述べた。その結果、Brexit や BLM に代表される社会の分断が生じていることを示した。この要因として、他者と対面的で身体的なコミュニケーションが減りつつあることを挙げた。解決策として、インターネット上のコミュニケーションにも身体性を共有することで利他的なふるまいを促進させることを挙げ、目的として設定した。

第2章では身体的なコミュニケーションが我々の社会性の形成において重要であることを人類史から振り返った。また、我々の社会性の根幹となっている利他的行動のメカニズムを紹介し、行動経済学実験を用いた先行研究より、我々はどのような条件下で利他的なふるまいをみせるのかを示した。さらに、現代において他者と身体的につながることは触覚技術によって可能であることを示すため、触覚技術を利用した多くの研究や作品を紹介し、触覚技術が将来的に我々の社会に浸透していく可能性を示した。

第3章では我々が従来行っていた身体的なコミュニケーションがインターネット上でのコミュニケーションに実装しきれていないことを述べた。身体的なコミュニケーションは他者の認識および共感の形成において重要であり、利他的なふるまいに対して大きな影響を与える。しかしながら、急速に進む情報化社会を逆流

して物理的空間での身体的なコミュニケーションを再び推奨するのは容易ではなく、インターネット空間でも身体性を共有したコミュニケーションについて考える必要がある。そこで、近年研究の進む触覚技術に着目した。触覚技術によってもたらされる他者との触覚の共有が我々の行動をどのように変化させるのか、仮説として触覚を共有することで他者の認知および共感の形成が促され、向社会的行動を促進できるのではないかと考えた。仮説検証のための行動経済学的アプローチを用いた実験を行うために、実験環境を構築するための予備実験を行った。実験室での実験を想定していたが、新型コロナウイルスの影響により実験室実験が困難になってしまったため、個人の家から実験に参加できるオンライン実験環境を整えるための実験環境を構築し、予備実験により有効性を確認した。

第4章では実際にオンライン上で行動経済学的アプローチを用いた実験を行い、仮説の検証を行った。その結果、触覚共有が人の行動変容に与えた2つの大きな傾向が示唆された。1つ目は、「単純に触覚を共有するだけでは利他的な行動は促されないこと」。2つ目は、「触覚的なつながりを初期の段階から感じることで、利己的な行動が抑制され、利他的な行動が比較的持続されること」である。

また、スタートアップ企業とタッグを組み、予備実験など結果、経験を踏まえた社会実装を行った。内容としては、FUMIという実際のクラウドファンディングサービスを用いて、利他的行動を促進させるための触覚共有アプリケーションの実装を行い、多くの人にこのアプリケーションの体験をしていただいた。

今後の展望としては、参加者間の触覚の感じ方の違いを観察するため、個人の心理物理量の影響を調査する必要がある。また、長期的な協力をもたらすオンライン上での触覚共有を利用した、触覚共有クラウドファンディングなどのアプリケーションの検討を行う。本研究では、新型コロナウイルスの影響により、限られた空間での展示となってしまったが、将来的にはより多くの人に体験してもらえるような展示およびサービスの設計を行いたい。加えて、より一般的な社会実装に向けて汎用的な小型の非接触型触覚デバイス開発を行いたい。このデバイスが流通することで、より日常的に触覚共有クラウドファンディング行われ、利他的行動が促進されることを望む。このような利他的行動促進を目的とした触覚共有アプリケーションが普及することで、利他的行動の輪が広がり、利己的な行動

5. 結論

から生まれるさまざまな社会問題が解消されることを期待している。

謝 辞

本研究の指導教員であり、幅広い知見からの的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の南澤孝太教授に心から感謝いたします。いつも視野の狭い議論をしてしまう私に対して、広い視野で物事を把握できるよう根気強くご指導くださいました。

研究の方向性や論文執筆で困っている私に対して、いつもユーモラスで暖かいお言葉をかけてくださった慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の佐藤千尋専任講師に心から感謝いたします。

明治学院大学の犬飼佳吾准教授に心から感謝いたします。担当学生でもなく、行動経済学や実験経済学などの知識が乏しい私に対して、いつもやさしくご指導や助言をしてくださいました。犬飼先生との会話は、いつも楽しく、多くの知識を得ることができ、自身の狭い視座を広げてくださいました。また、犬飼先生のご紹介により、KAMADOのプロジェクトに参加することで、感性豊かな多くの人と出会うことができました。これからもよろしく願います。

慶應義塾大学の須山巨基さんに心から感謝いたします。夜遅くにもかかわらず、気さくに相談に応じてくださり、研究に関する多くの助言やご助力をいただきました。

名古屋工業大学の田中由浩准教授、NTTコミュニケーション科学基礎研究所の渡邊淳司さんからも多くのご助言やご助力をいただきました。心より感謝いたします。

Embodied Mediaの皆さんに心から感謝いたします。特に、同期の皆は不甲斐ない私に対して何度も手を差し伸べてくださいました。一度しか行けませんでした。サマーキャンプは最高の思い出です。また機会があれば是非いきましょう。これからもよろしく願います。

最後に、これまで私の人生におけるさまざまな選択に対して、多くのサポートをしてくださいました両親に心から感謝いたします。

みなさま本当にありがとうございました。

参 考 文 献

- [1] Pariser Eli, 井口耕二. フィルターバブル : インターネットが隠していること. ハヤカワ文庫, 7751 . ハヤカワ文庫 NF ; 459. 早川書房, 2016. URL: <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB21314686>.
- [2] 小林哲郎. ソーシャルメディアと分断化する社会的リアリティ (特集:twitter とソーシャルメディア). 人工知能, Vol. 27, No. 1, pp. 51–58, 2012. doi: 10.11517/jjsai.27.1_51.
- [3] 渡辺富夫. 身体的コミュニケーションにおける引き込みと身体性-心が通う身体的コミュニケーションシステム e-cosmic の開発を通して-. ベビーサイエンス, Vol. 2, pp. 4–12, 2003. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10018152055/>.
- [4] 山極寿一. 人間性の起源を探求する重要性. *Anthropological Science (Japanese Series)*, Vol. 122, No. 1, pp. 76–81, 2014. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/130004850381/>, doi:10.1537/asj.122.76.
- [5] 山極寿一. 「サル化」する人間社会. 集英社インターナショナル, 2014.
- [6] 梅田聡. 共感の理論と脳内メカニズム. 高次脳機能研究 (旧 失語症研究) , Vol. 38, No. 2, pp. 133–138, 2018. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/130007672219/>, doi:10.2496/hbfr.38.133.
- [7] G. Rizzolatti, L. Fogassi, and V. Gallese. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 2, pp. 661–670, 2001.

- [8] 小林登, 片岡宏隆. 学習とミラーニューロンシステム, アクセス日:2020-12-14.
<https://www.blog.crn.or.jp/report/01/07.html>.
- [9] 浅田稔. ミラーニューロンシステムが結ぶ身体性と社会性. 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 4, pp. 386–393, may 2010. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10026386504/>.
- [10] 佐古仁志. 「共感」に対する生態心理学的アプローチ. 江戸川大学紀要 = Bulletin of Edogawa University, No. 29, pp. 53–60, mar 2019. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/120006607279/>.
- [11] Giacomo Rizzolatti, Luciano Fadiga, Vittorio Gallese, and Leonardo Fogassi. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, Vol. 3, No. 2, pp. 131 – 141, 1996. Mental representations of motor acts. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0926641095000380>, doi:[https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0).
- [12] 竹村和久, 高木修. 向社会的行動の動機と内的・外的統制志向性. 教育心理学研究, Vol. 35, No. 1, pp. 26–32, 1987. doi:10.5926/jjep1953.35.1_26.
- [13] Bowles Samuel, Gintis Herbert, 竹澤正哲, 大槻久, 高橋伸幸, 稲葉美里, 波多野礼佳. 協力する種：制度と心の共進化. 叢書「制度を考える」. NTT出版, 2017. URL: <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB22947316>.
- [14] 川上祐美. 見返りを期待しない利他行動における共感の意義-奉仕活動の動機から考える-. 人間科学研究 = Waseda Journal of Human Sciences, Vol. 20, pp. 145–146, mar 2007. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/120002228116/>.
- [15] Nowak Martin A. and Sigmund Karl. Evolution of indirect reciprocity. *Nature.*, Vol. 437, No. 7063, pp. 1291–1298, 2005. doi:<https://doi.org/10.1038/nature04131>.

- [16] 鈴木隆子. 向社会的行動に影響する諸要因:共感性・社会的スキル・外向性. 実験社会心理学研究, Vol. 32, No. 1, pp. 71–84, 1992. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/130001612627/>, doi:10.2130/jjesp.32.71.
- [17] 畠中あゆみ, 石津憲一郎. 共感性が向社会的行動に及ぼす影響: 社会的望ましさ尺度を用いて. 教育実践研究: 富山大学人間発達科学研究実践総合センター紀要, No. 8, pp. 1–6, feb 2014. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/120005401844/>, doi:info:doi/10.15099/00001240.
- [18] 堀田結孝. 人間の協力行動に関する実験ゲーム研究と組織管理への応用可能性. 組織科学, Vol. 53, No. 2, pp. 33–42, 2019. doi:10.11207/soshikikagaku.53.2_33.
- [19] Gächter S. Fehr E. Altruistic punishment in humans. *Nature.*, Vol. 415, No. 6868, pp. 137–140, 2002. doi:10.1038/415137a.
- [20] Ernan Haruvy, Sherry Xin Li, Kevin McCabe, and Peter Twieg. Communication and visibility in public goods provision. *Games and Economic Behavior*, Vol. 105, pp. 276 – 296, 2017. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899825617301355>, doi:<https://doi.org/10.1016/j.geb.2017.08.002>.
- [21] 田中由浩. 触覚の主観性と身体性, その活用. システム/制御/情報, Vol. 63, No. 4, pp. 151–155, 2019. doi:10.11509/isciesci.63.4_151.
- [22] 荒木凌馬, 安部隆, 野間春生, 寒川雅之. 近接・接触・滑りを検知できる mems 多軸触覚センサを用いた小型電動マニピュレータ制御. 電気学会論文誌E (センサ・マイクロマシン部門誌), Vol. 137, No. 7, pp. 212–217, 2017. doi:10.1541/ieejsmas.137.212.
- [23] 渡邊淳司, 川口ゆい, 坂倉杏介, 安藤英由樹. 心臓ピクニック: 鼓動に触れるワークショップ. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 303–306, 2011. doi:10.18974/tvrsj.16.3_303.

- [24] 水品友佑, 南澤孝太. Haptic broadcast, アクセス日: 2020-01-28. <http://superhuman-sports.org/academy/events/superhuman-olympic2014/project6.html>.
- [25] Hirohiko Hayakawa, Youichi Kamiyama, Mengyi Xu, Masuhito Tanaka, Noriyuki Suzuki, and Kouta Minamizawa. 触覚伝送を伴うバスケットボールのライブフィーリングの実践. 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, p. 4–7, 2018.
- [26] Satoshi Matsuzono, Haruki Nakamura, Daiya Kato, Roshan Peiris, and Kouta Minamizawa. Hapti/o: Physical i/o node over the internet. In Domenico Prattichizzo, Hiroyuki Shinoda, Hong Z. Tan, Emanuele Ruffaldi, and Antonio Frisoli, editors, *Haptics: Science, Technology, and Applications*, pp. 193–203, Cham, 2018. Springer.
- [27] Haruki Nakamura, Daiya Kato, Roshan Peiris, Kouta Minamizawa, Yutaka Kamamoto, and Junji Watanabe. Construction of haptic experience sharing platform. In *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*, UbiComp '18, p. 174–177. Association for Computing Machinery, 2018. URL: <https://doi.org/10.1145/3267305.3267600>, doi:10.1145/3267305.3267600.
- [28] D. Van Den Berg, R. Glans, D. De Koning, F. A. Kuipers, J. Lugtenburg, K. Polachan, P. T. Venkata, C. Singh, B. Turkovic, and B. Van Wijk. Challenges in haptic communications over the tactile internet. *IEEE Access*, Vol. 5, pp. 23502–23518, 2017. doi:10.1109/ACCESS.2017.2764181.
- [29] 鵜重誠, ロシャン・ペイリス, 南澤孝太. 永久磁石の貼り付けによる振動触覚提示システムの検討. 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2019.