

# 研究報告書

## 「外出困難者が他者やロボットと感覚共有し擬似的に外出する AR システムの確立と社会的普及」

研究タイプ： 通常型

研究期間： 2015 年 10 月～2019 年 03 月

研究者： 玉城 絵美

### 1. 研究のねらい

本研究は、他者やロボットと視覚、聴覚に加えて新たに手の固有感覚と操作の情報を相互に伝達、つまり共有することによって、室内にいなが様々な場所に外出する AR(Augmented Reality)システムに必要な基礎技術を提案し検証することを狙いとしている。この基礎技術を普及することで外出が難しい人(以下、外出困難者)に社会進出の機会と豊かで質の高い生活の提供を目指す。そのため、基礎技術を提案と検証だけでなく、一般からの意見を元に、最終年度に社会普及に必要な研究を行う。

### 2. 研究成果

#### (1)概要

本研究は、他者やロボットと視覚、聴覚に加えて新たに手の固有感覚と操作の情報を相互に伝達、つまり共有することによって、室内にいなが擬似的に様々な場所に外出する AR(Augmented Reality)システムに必要な基礎技術を提案し検証することを狙いとしている。2つの基礎技術として、本研究が提案している人が感じている固有感覚(位置覚、抵抗覚と重量覚)を検出する光学式センサーアレイ(図1: 基礎技術 A)と、コンピュータから人に固有感覚を提示する機能的電気刺激アレイ(図1: 基礎技術 B)を用いる。この2つの基礎技術について、「1. 情報科学実験」、「2. 認知心理学実験」、「3. UI評価」、「4. 総合実験」のそれぞれで検証実験を行なった。基礎技術を提案と検証だけでなく、最終年度に社会普及に必要な「5. ユーザの意見からの追加実験」を行った。



結果、2つの基礎技術で提案する固有感覚の共有は、室内にいなが擬似的に様々な場所に外出する際に身体所有感の面で有用であるといった知見が得られた。一方で、ユーザが安全に利用するためには、擬似的な外出時のコンテンツ内容の配慮や、普及時の制限による社会制度の設置が必要であることも明らかになった。

図1: 外出困難者が遠隔での他者やロボットと固有感覚を共有するための2つの基礎技術

## (2) 詳細

### 1. 情報科学実験

基礎技術 A の固有感覚のうち位置覚(ジェスチャ)推定のためのアルゴリズムとその分解能について、SVM とロジスティック回帰にて比較検証した(効果量 0.2、検定力 0.97、有意水準は 5%、データ数 1500 個)。結果、認識できるジェスチャ数は、センサ数/2 であった。SVM のほうが精度が良いが、認識できるジェスチャ数は SVM もロジスティック回帰も同じであった(図 2, 3)。

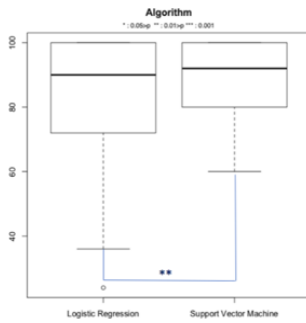


図2: ロジスティック回帰とSVMの比較  
(対応のあるt検定)  
縦軸: 認識率(%), 横軸: 識別器の種類

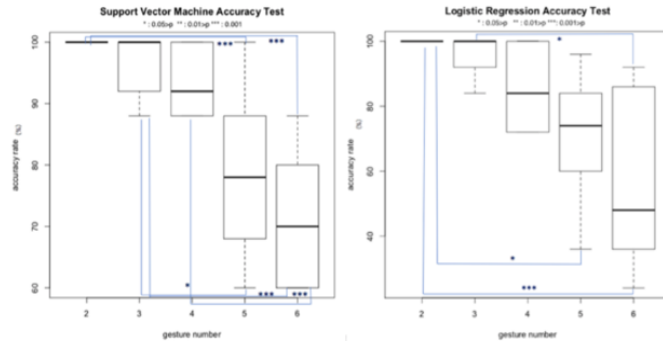
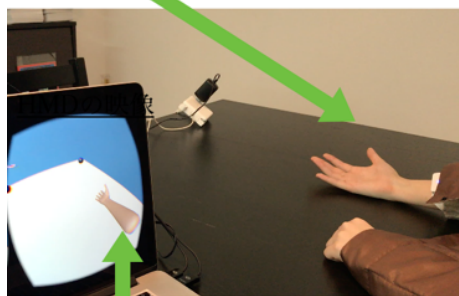


図3: 各アルゴリズムにおける利用可能なジェスチャ数の比較(多重比較)  
左側: ロジスティック回帰, 右側: SVM, 縦軸: 認識率(%), 横軸: ジェスチャ数

### 2. 認知心理学実験

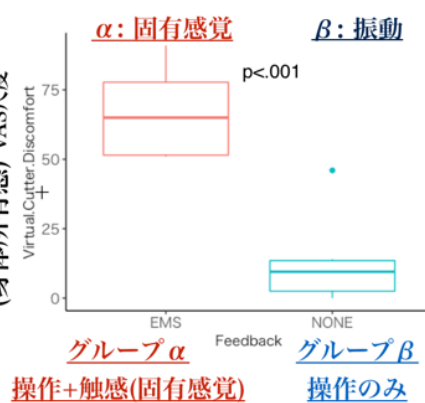
どのような没入感があるのか? を明らかにするため、振動に比べて固有感覚の提示が身体所有感に影響をどの程度与えるか比較検証した。ユーザの身体所有感に有意な差があった(t-test,  $p < .001$ )。条件により、身体所有感が 36.0~53.5%も向上した。つまり、固有感覚の共有により身体所有感が高まると考えられる。

固有感覚への刺激提示  
(UnlimitedHand)

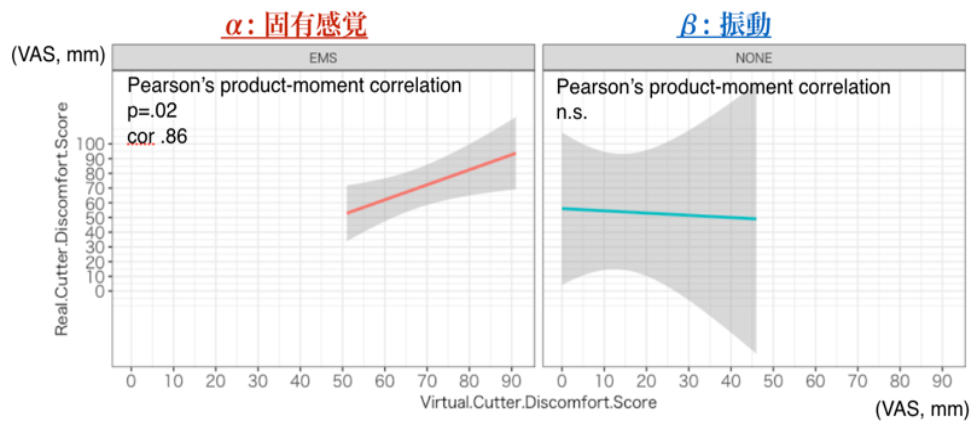


視覚刺激(HMD映像)  
バーチャルハンド

バーチャルカッターが  
バーチャルハンドを攻撃する時の不快感  
(身体所有感) VAS尺度

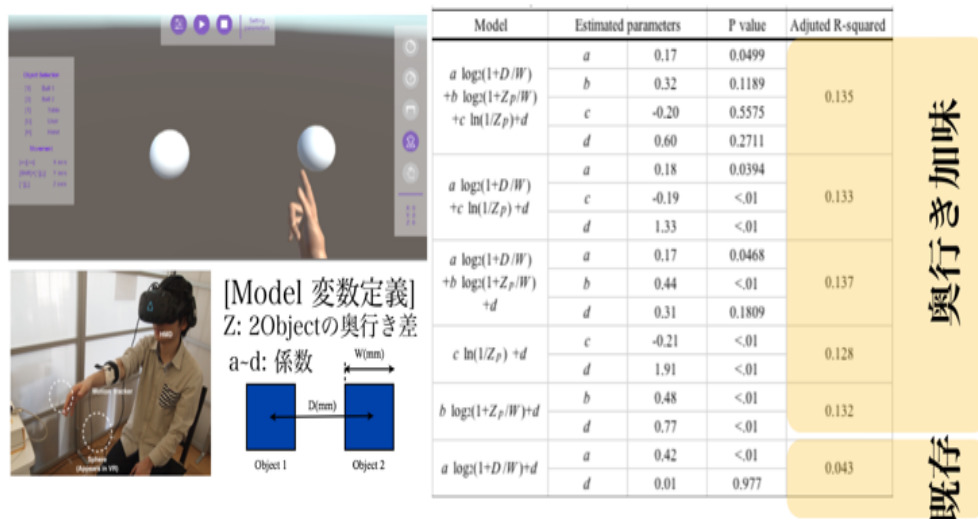


また、バーチャルカッターと本物のカッターの存在感について、固有感覚の提示は相関が有意であり、相関係数.86 であった。つまり、固有感覚の共有は、別の身体に対して身体主体感を与えるため、提示コンテンツによっては、操作側で危険回避できない可能性がある。提示コンテンツには十分に配慮する必要があることが明らかになった。



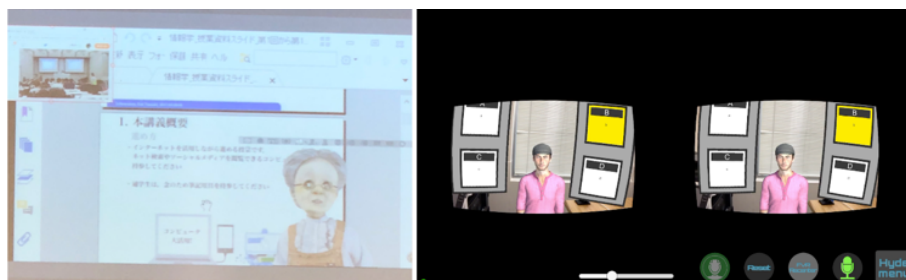
### 3. UI 評価

操作性検証のため、フィッツの法則とその関連法則のそれぞれの係数を求めた。それぞれの係数によって目的オブジェクトの大きさ、距離、到達時間が算出される。結果、奥行き方向が加味された法則で算出すべきであることがわかった。一方で固有感覚の提示は、操作性に有意な影響はなかった。



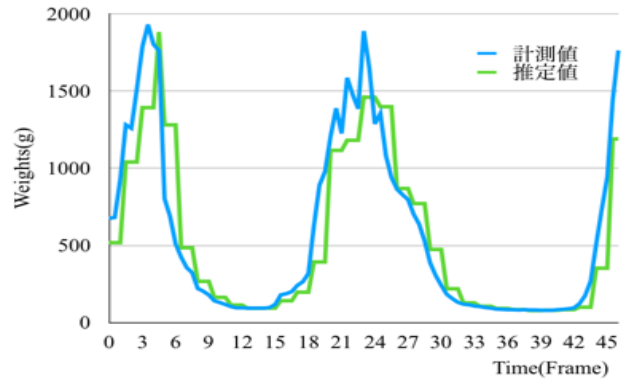
### 4. 総合実験

外出タスクを実施したときに、擬似的に外出した人にどのような現象が起きるのか質的調査を実施した。手を使ったインタラクションにおいては、手指の角度(位置感)よりも押し込みや引き戻しなどの 重さの種類(重量感)に関する違和感に関するコメントが多かった。

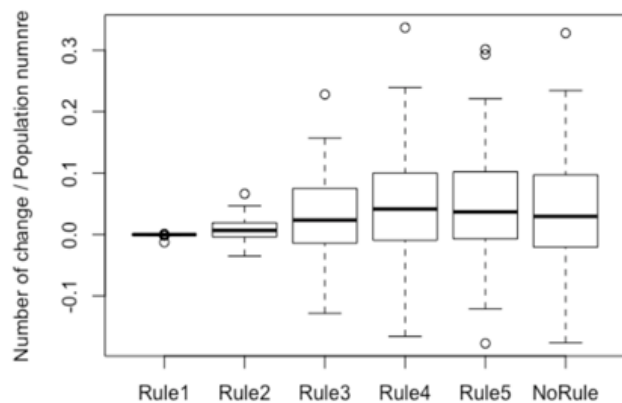
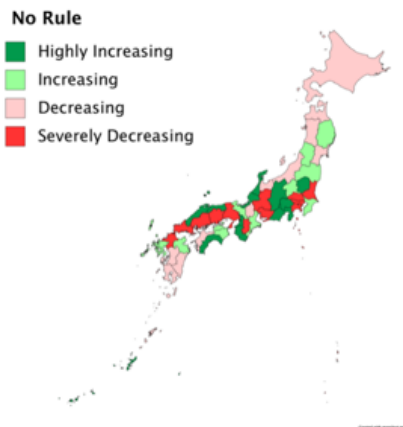


## 5. ユーザの意見からの追加実験

基礎技術 Aにおいて、重さ推定を SVR で推定するアルゴリズムを提案し、その分解能について検証した。結果、計測値と推定値の相関係数 0.911, RMSE:236g, MAE:150g であった。スマートフォン程度の重さであれば十分に識別が可能である。



基礎技術 A と B による擬似的な外出において、特定地域の人の意識が過疎化すると治安悪化の可能性があるので、どのルールで人の意識の移動を制御したらいいか？という意見があった。そこで、経済学と生態学の観点から擬似的な外出と 5 種類のルールを適応した場合の意識の過疎化についてシミュレーションを行なった。シミュレーションでは、日本の各都道府県にそれぞれ魅力があり、ヒトの趣向(シグモイド関数)により擬似的に外出する場合、制限に関するルール(図中 Rule1~3)は有意であるが、予算に関するルール(図中 Rule4 と 5)は有意とは言えなかった。



### 3. 今後の展開

今後は、本研究期間の知見、特に「5. ユーザの意見からの追加実験」で得られた知見について、2つの基礎技術で提案する固有感覚の共有が複数の他者同士で、確かに有用であるかを検証したい。

また、現在共同研究を控えている複数の企業と、特に「2. 認知心理学実験」で得られた知見をもとに、擬似的な外出コンテンツが最適であるかどうか検証し、提案する2つの基礎技術の普及をはかる。同時に、広い知見の提供によって、擬似的な外出コンテンツの早急なサービスインを促進する。

さらに、提案した2つの基礎技術について国内外で90以上の関連する研究成果が出ている。工学分野に限らず、医学、スポーツ、脳科学など多岐にわたる分野での知見を集約し、さらなる活用と普及を目指す。

### 4. 自己評価

研究目的について、2つの基礎技術を、「1. 情報科学実験」、「2. 認知心理学実験」、「3. UI評価」、「4. 総合実験」と「5. ユーザの意見からの追加実験」の5項目において検証し、知見はえられた。

一つ心残りなのは、「4. 総合実験」において質的調査だけでなく、可能であれば追加で大規模な量的調査も実施したかった。しかしながら、倫理的な配慮に準備時間がかかることが判明し、実施が困難であった。初年度から全ての実験の準備に取り組むべきであった。

研究知見において、特に最終年度の「5. ユーザの意見からの追加実験」にて、基礎技術に関する新たな利用や他分野とのコラボレーションによる知見など、他の分野での応用可能な知見が得られた点はよかった。その点において、私自身の努力はさておき、本さきがけの領域が社会との調和や他の分野とのコラボレーションを推進する方針であったための大きな成果だと思われる。

同様に複数企業とのコラボレーションも実施したため、社会経済への波及効果は、通常の研究進行よりも早急に実施できた。特にリハビリに関する知見提供で、協力者患者の運動機能に改善が見られた点が良かった。社会経済への波及においても、研究統括、アドバイザーや事務局による支援と俯瞰的な配慮が手厚かったからなので、今後は私自身による俯瞰視点を強化したい。

### 5. 主な研究成果リスト

#### (1) 論文(原著論文)発表

1. Emi Tamaki, Terence Chan and Ken Iwasaki,  
Input and Output Hand Gestures with Less Calibration Time, Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. ACM UIST2016,  
doi:10.1145/2984751.2985743 (Oct. 2016)
2. 玉城絵美, 岩崎健一郎, VR/AR コントローラのための研究開発,  
人間生活工学研究センター「人間生活工学」, Article, Vol.19 No.1, p.09-15, (2018 年 3 月).

- |  |
|--|
| <p>3. Ken Iwasaki and Emi Tamaki UnlimitedHand: Touch and the Game World International Symposium on Intelligent Functional Reconstruction of the Hand(IFRH), poster session, (Apr. 2017)</p>   |
| <p>4. Yukinaga Nishihara, Daisuke Takahashi, Shin Fukui, Ryuhei Yoshida, Emi Tamaki, Evaluation of the Economic Effect of Climate Change on Rice Production in Japan: The Case of Koshihikari, Proceedings of 30th International Conference of Agricultural Economists, Vancouver, The International Association of Agricultural Economists(IAAE)(2018). (Jul. 2018)</p> |

(2)特許出願

研究期間累積件数:2 件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. WIRED Audi Innovation Award 2016「UnlimitedHand」(2016 年 12 月)
2. 文部科学省 NISTEP 科学技術への顕著な貢献 2016  
(ナイスステップな研究者)(2016 年 12 月)
3. 日経ビジネス「次代を創る 100 人」(2016 年 12 月)
4. NewsWeek 誌 Japanese Women Leading the Way-Tech Innovator (2018 年 1 月)
5. ロッキーマチンジ賞, 第 9 回ロッキーマチンジ賞 (2018 年 5 月)

以上