

平成30年度 卒業論文

論文題目

道具に対する身体所有感の遅延による影響に関する調査

指導教員

舟橋 健司 准教授

名古屋工業大学 工学部 情報工学科

平成27年度入学 27115146番

名前 宮路 大勇

目次

第1章 はじめに	1
第2章 遅延と拡大的身体所有感	4
2.1 実験の概要	4
2.2 実験システム	5
2.3 実験の手順	6
2.4 結果と考察	9
第3章 むすび	21
謝辞	22
参考文献	23

第1章 はじめに

私たちは道具を使用したときの経験を表す言葉として、使用感や使い心地、ユーザーエクスペリエンスなどを用いる。これらは効果効率など便利さを評価する使い勝手やユーザビリティという言葉とは区別される [1][2]。では、ユーザーエクスペリエンスはどのように得られるのだろうか。例えばマツダロードスター (商品名) を試乗した自動車評論家は「車両の挙動に少し緩さを設け、後輪の動きを操りながらボディを内側に向ける楽しさがある」とコメントしている [3]。あるいはテニスラケットを例に挙げると、初心者はボールタッチの感覚をなかなか得られないが、練習を積み重ねると、ラケットを振り下ろすわずかな間にボールタッチの感覚を強く得られるようになる [4]。車やラケットのコントロールにおいては、これらのような詳細な感覚が得られなくとも最終制御目標である車両軌跡やボール軌跡さえ得られれば道具の操作としては目的を達成しているが、そこに至るまでの操作過程がユーザーエクスペリエンスにつながっていると考えられる。

認知科学の分野では自己の認識についての研究が行われており、Gallagher は自己主体感という心理学的概念を提唱した [5]。自己意識はまず大きく物語的な自己 (Narrative Self: アイデンティティとしての自己) と最小の自己 (Minimal Self: 身体的な自己) に分けられる。さらに後者は自己主体感 (sense of agency: 行為の自己帰属感) と身体所有感 (sense of ownership: 身体の自己帰属感) に分けられる。自己主体感は自身が対象物に影響を与えていると感じる感覚であり、意図的な運動に起因する。統合失調症などの異常があると考えられる病理を通じて、逆にその存在の確認が予測される。一方で身体所有感は動いている身体が自分の身体であると感じる感覚であり、自身の意図によらず生起する。連合野 (上頭頂小葉7野) の障害などにより体性感覚情報や遠心性コピーと視覚情報の統合が障害されると失認が予測される。これまでに自己主体感は操作者と対象物の間の遅延やノイズが小さいほど強く感じ

られることが明らかにされている [6]. また自己主体感に関する実験として, Farrer は押しボタンを操作し, 応答を画面に表示するまでに遅延を設ける実験を行った. すると, 単発ボタン操作においては部分的に自身の制御であり, また部分的には自身の制御ではないとの認識が生じる遅延が存在することが明らかになった [7].

ところで, 何らかの道具操作の熟練者は, 道具を自身の手足のように扱うという表現をする. 先に例にあげたラケットのように見た目や操作方法が身体の形状や動作に似ている場合はもちろん, 車のように身体の形状や動作を模倣していない場合でも, 手足のように, という表現をする [8][9]. 本論文では熟練者のように人が道具を自身と一体であると認識し, 手足のように扱う感覚を拡大的身体所有感とよぶことにする. 道具の操作に長けていない人が拡大的身体所有感を感じ, 道具をうまく利用するには, 適切に道具を認識しつつ, かつ振り回されないことが必要であると考えられる.

ある自動車関連雑誌に「車を運転するとき, ステアリングを切って即座に車が動くと, 体がついていかない. 切って 0.2 秒から 0.3 秒後にクルマが動き始めると人間は追従できる」との記述がある [10]. また, 住友ゴム工業の「ダンロップ」ブランドのテニスボールが, 「わずかに柔らかく打感が重いボールの方が, ラケットから離れるのが遅く, コントロールしやすい」との理由で 2019 年の全豪オープンで公式球に採用された [11]. 先に述べた Farrer の実験の知見からわずかな遅延が他者の適切な認識に有効であることが推測できる. これらのことから操作系における適切な遅延が, 道具 (他者) の特性把握の助けとなり, 拡大的身体所有感に結び付くという仮説を立てて, 検証実験を行った.

実験では, 単純なボタン押し操作と比較して高難度である連続な対象物の移動操作において, 操作入力と, 出力としての移動結果の画面表示までの遅延が拡大的身体所有感に与える効果を検証する. 特定の遅延時間に対して被験者が道具を自身の手のように感じる傾向があれば, 仮説は実証される. 仮説が実証されることで, 道具の操作に長けていない人でも効果的に拡大的身体所有感を獲得できるような道具システム構築のための知見が得られると期待される. ひいては, 十分な操作結果に加えて, 使用者の高い満足度につながるだろう.

本論文では, 第 2 章では実験について, 第 3 章では本研究のまとめと今後の課題に

ついて述べる.

第2章 遅延と拡大的身体所有感

2.1 実験の概要

操作系における適切な遅延が、道具の特性把握の助けとなり、拡大的身体所有感に結び付く、という仮説を検証したい。そこで被験者に、道具を使って対象物を操作するタスクを与える実験を考える。タスクをシンプルにするために、道具はマジックハンドとし、操作は対象物のある台から別の台への移動とする。ここで被験者の手から道具であるマジックハンド、そして最終的な対象物の動きに対して遅延を考えたいが、シンプルな実験構成では難しい。本実験ではバーチャル空間で操作を行うことにより、この遅延を実現する。具体的には、画面上に2つの台と対象物(球)、そしてマジックハンドを描画する。マジックハンドの動きは把持部位が3次元的に動くペン型入力装置の動きと連動している。入力装置については2.2 実験システムで詳しく述べる。被験者は入力装置を操作し、画面上のマジックハンドによって対象物を台から台へ移動する(図2.1, 図2.2)。このとき、入力装置とマジックハンドの間に遅延をもうける(入力遅延と描画遅延以外の遅延をもうけない場合も含む)。対象物の運動は、等速直線運動や等角速度回転運動および停止状態などの定常状態と、過渡状態に分けて考えることができる。定常状態での遅延は被験者に認識されにくいことが考えられるので、過渡状態に注目した実験としたい。そこで短い移動とすることで過渡状態に注目してもらおう。被験者による操作感覚についてのアンケート回答と、対象物の台から台への移動時間により評価する。

被験者は大学生および大学院生(20代)の男女10名ずつ、計20名である。全員入力装置を右手で操作した。また全ての参加者から実験参加について同意が得られている。

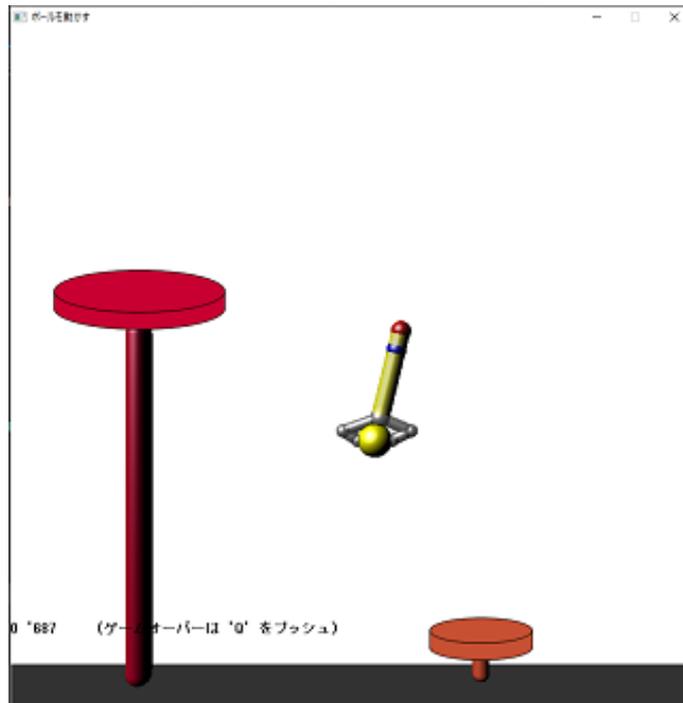


図 2.1: 実験システムで対象物を移動する様子

2.2 実験システム

実験には、PCと22インチ液晶ディスプレイを使用する。また、入力装置として3次元力覚入出力デバイス (Geomagic Phantom Omni, 以降 PHANTOM) を使用する (図 2.3)。PHANTOMは、ペンを持つように操作することで、その3次元座標やペンの角度などを得ることができる。また、力覚フィードバックによる出力装置としても用いることも可能であり、ペンの位置をシステム側から操作したり固定したりできる。

被験者による対象物の移動時間を計測したい。また定常状態と過渡状態を明確に分けたい。そこで移動開始前には画面中の対象物を固定する。このとき、視覚的にも固定されていることを表すために対象物の上に「ふた」を描画する (図 2.4)。また同じく画面中のマジックハンドの移動も制限し、PHANTOMを固定する。移動操作開始を予告するために3秒間のカウントダウンを数字で表示する。カウントダウン後に前述の固定を解除することで、被験者は移動操作が可能となる。合わせて、スタートを知らせるビーブ音を鳴らす。複数の遅延に対して実験を行うために、遅延を変更



図 2.2: ペン型入力装置を操作し、画面上のマジックハンドを操作する様子

可能とする。また、台と台の位置関係が常に同じであると被験者が操作に慣れてしまう恐れがあるため、台の位置も変更可能とする。ただし、互いの距離が変化してしまうとタスクの公平性が保てず、移動時間の評価に支障がでるため、これらの距離は常に一定とする (図 2.5)。

2.3 実験の手順

実験に先立ち、被験者にタスクの位置づけを理解してもらうために、以下の**基準動作 1-4**を体験してもらうとともに、PHANTOMを用いた実験システムに慣れてもらうための数分間の練習時間を与える。



図 2.3: 使用したデバイス PHANTOM

動作 1 手で対象物 (スポンジ) を直接操作する (図 2.6).

動作 2 実物のマジックハンドで対象物 (スポンジ) を直接操作する (図 2.7).

動作 3 遅延を最小とした実験システムにおいて対象物を操作する (図 2.8).

動作 4 実験における最大の遅延としたシステムにおいて操作する.

この動作 1 により道具を利用しない移動操作を理解してもらうとともに、動作 2 により実際に道具を手にして道具により対象物の移動操作を行う状況を体感してもらう。動作 3 は動作 2 と同等と位置づけであるとの説明を与えるとともに、実験システムに慣れてもらう。動作 4 により実験においてこのような遅延を付加することがあることを理解してもらう。またこれらは、実験後のアンケートにおいて回答の指標としていることも説明する。

実験における遅延は 0[ms] (入力遅延と描画遅延を含めると最小でも 5[ms] であるが、ここでは 5[ms] の遅延を「遅延なし」0[ms] と扱う) から 450[ms] までの、50[ms]

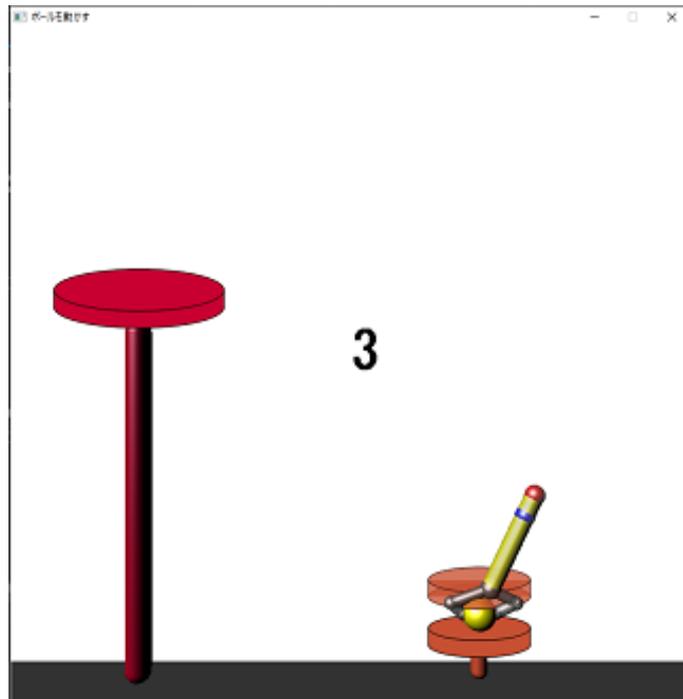


図 2.4: カウントダウン中の様子

刻みの10種類とする。被験者には1回の試行において10回の移動タスク(5往復)を連続して行ってもらうこととする。各遅延に対して10試行(100タスク)とするために、20名の被験者に対して1人あたり5試行、5通りの遅延をランダムに割り当てる。実験システムを含む基準動作の体験ののち、以下の手順で実験を1人あたり5試行(5通りの遅延)行う。

手順1 遅延と台の位置を設定する。

手順2 対象物移動の実験の開始を意識してもらうために、被験者に自身で PHANTOM を操作してもらい、画面中のマジックハンドを動かして台の上の対象物をつかんでもらう。

手順3 1試行あたり、以下のタスクを10回(5往復)行う。

3-1 3秒間のカウントダウンの間、待機してもらう

3-2 開始の合図と同時に、台の上の対象物をもう一方の台へできるだけ早く放物線を描くように移動してもらう

手順4 1 試行ごとに操作時の感覚について、以下のアンケートに回答してもらう。

質問1 自身の意図でマジックハンドを動かせたかどうか (自己主体感)

質問2 マジックハンドを自身の手のように感じたかどうか (拡大的身体所有感)

質問3 他者がマジックハンドの操作に介在しているように感じたかどうか (他者, 道具の存在感)

なお、質問1と質問2は、1から10の10段階で評価してもらう。このとき前述の基準動作1-4において、自身の手による動作1を評価値0、実際のマジックハンドによる動作2と実験システムによる動作3を同等であると位置付けて評価値5、実験システムによる遅延最大の動作4を評価値10とし、指標として各試行を評価してもらう。例えば、ある遅延における操作が、遅延なしのマジックハンドの状況と遅延最大の状況の間と感じたのであれば、評価は6から9となる。またもしも遅延なしのマジックハンドの状況よりも実際の手による直接的な操作に近いと感じれば評価は5より小さくなる。質問3は、他者の協調、他者の妨害、を感じたか (最大10)、あるいは他者を感じなかったか (最小1) 10段階で評価してもらう (表2.1)。

2.4 結果と考察

実験に要した時間は各被験者ごとに異なるが、各タスクはすべての遅延に対して想定通りの2秒程度の短時間で完了し、各試行は1分程度で終了した。また説明や練習の時間を含めて、1人あたり20分程度終了した。

タスク達成時間について考察する。遅延の大きさの変化に対する平均タスク達成時間の遷移を表2.2と図2.9に示す。図2.9より、全体では遅延が大きくなるほど平均タスク達成時間が長くなっていることがわかる。ところが、100[ms]に着目すると、0[ms]に比べ平均タスク達成時間が短くなっている。遅延が0[ms]の平均タスク達成時間と100[ms]の平均タスク達成時間の差に有意差があるかどうかt検定を行ったところ、 $p < 0.05$ となり有意水準5%で有意差があった。このことから、操作系における適切な遅延が操作成績を向上させることが分かった。また、50[ms]の平均タスク達成時間と100[ms]の平均タスク達成時間の差、100[ms]の平均タスク達成時間と

被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D	被験者 E
150	250	100	350	100
250	300	300	50	350
0	200	50	250	50
100	50	250	200	400
450	100	450	400	250
被験者 F	被験者 G	被験者 H	被験者 I	被験者 J
200	50	50	450	200
100	350	200	0	100
300	200	300	400	150
50	400	0	300	0
0	250	250	150	350
被験者 K	被験者 L	被験者 M	被験者 N	被験者 O
250	400	350	250	350
0	150	50	350	50
100	350	250	150	400
350	450	400	400	150
450	100	300	150	100
被験者 P	被験者 Q	被験者 R	被験者 S	被験者 T
150	350	400	200	450
300	200	0	150	200
450	450	300	450	300
50	150	450	100	400
0	0	200	300	0

表 2.1: 各被験者に割り当てられた遅延 [ms]

150[ms] の平均タスク達成時間の差についても有意差があるかどうか t 検定を行ったところ、前者には有意差はなく後者は $p < 0.01$ となり有意水準 1% で有意差があった。このことから、操作成績を向上させる適切な遅延は 50[ms] から 100[ms] 程度であることが分かった。遅延の大きさ以外の条件がタスク達成時間に影響を及ぼしていないか検討する。タスクに対しての慣れや疲労がタスク達成時間に影響を及ぼしていないかどうか、各試行 (10 回, 5 往復の移動) のうちのタスク 1 回目, タスク 6 回目, タスク 10 回目 の総当たりの組み合わせと遅延の大きさについて二元配置分散分析を行った。その結果、各試行におけるタスクの順番によるタスク達成時間に有意差はなく、またそれぞれの順番のタスクと遅延に交互作用も見られなかった。このことか

ら、1試行のタスク数が10回であることにより遅延が小さい場合には慣れが生じるとか、遅延が大きい場合には疲労が蓄積されるなどの影響はなく、すなわちタスク達成時間は1試行あたりのタスク数に影響されていないことが分かった。

次に自己主体感に関するアンケート結果と拡大的身体所有感に関するアンケート結果について考察する。遅延の大きさと自己主体感に関する官能評価の関係を表2.3と図2.10に、遅延の大きさと拡大的身体所有感に関する官能評価の関係を表2.4と図2.11に示す。図2.10と図2.11はどちらも遅延が大きくなるほど官能評価の評価値が大きくなる。ところが、0[ms]から150[ms]に着目すると、自己主体感に関する官能評価は遅延が大きくなるほど官能評価が大きくなるのに対し、拡大的身体所有感に関する官能評価はほぼ一定の値をとっている。それぞれ0[ms]における官能評価と150[ms]における官能評価に対してウィルコクソンの順位和検定を行ったところ、自己主体感に関する官能評価については $p < 0.05$ となり有意水準5%で両者に有意差があったのに対し、拡大的身体所有感に関する官能評価の場合には有意差がなかった。このことから遅延0[ms]から150[ms]の間に拡大的身体所有感の存在が示唆される。遅延0[ms]から150[ms]において、自己主体感における官能評価と拡大的身体所有感における官能評価の間に違いが見られた。しかし、両者とも全体では官能評価の遷移が似ている。自己主体感に関するアンケート結果、および拡大的身体所有感に関するアンケート結果と遅延の大きさを二元配置分散分析すると、2つのアンケート結果に有意差はなく、交互作用も見られなかった。これは、被験者がアンケートに回答するときに自己主体感と身体所有感をうまく区別できなかったためと考えられる。また、それぞれのグラフの遅延0[ms]の部分に注目すると、平均評価値が5を下回っていることがわかる。これは遅延をもうけない場合よりも直接手で対象物を操作した感覚に似ていると感じた被験者がいることを示している。しかし、被験者の中には遅延をもうけない場合よりも操作感覚がよくなることはないという先入観をもち、解答を5より大きくした人がいることも懸念される。

最後に他者、すなわち道具の存在感に関するアンケート結果について考察する。遅延の大きさと他者の存在感に関する官能評価の関係を表2.5と図2.12に示す。図2.12では150[ms]から200[ms]にかけて大きな変化が見られる。150[ms]の官能評価と200[ms]の官能評価に対してウィルコクソンの順位和検定を行ったところ、 $p < 0.05$

となり有意水準 5% で有意差があることがわかった。このことから、遅延の大きさが 150[ms] を超えると他者の存在を強く意識するようになることが分かった。また、50[ms] と 100[ms] の評価値が 0[ms] や 150[ms] の評価値に比べ大きくなっている。このあたりの遅延においても他者の存在を意識していることが示唆される。しかし遅延 0 と 50, 0 と 100, 50 と 150, 100 と 150[ms] それぞれの組み合わせに対してウィルコクソンの順位和検定を行ったところ有意差はなかった。質問の内容が他者による妨害として捉えられてしまった恐れもある。すなわち、協調者としての他者を感じていたことも示唆される。

遅延の大きさが 100[ms] のときにタスク達成時間が最も短かったこと、0[ms] から 150[ms] の間に拡大的身体所有感の存在が示唆されること、50[ms] から 100[ms] のときに協調的に他者の存在を意識しているかもしれないことから、操作系に 50[ms] から 100[ms] の遅延をもうけることで道具を手足のように扱える感覚を比較的容易に得ることができるかもしれない。

	0ms	50ms	100ms	150ms	200ms
1回目	1345.5	1074.5	1030.8	1358.5	1531.2
2回目	1431.4	1427.4	1201.6	1664.8	1497.6
3回目	1022.2	822.3	888.5	1198.5	1447.8
4回目	1186.9	1038.7	866.1	1232.7	1918.3
5回目	1032.7	933.8	818.3	908.8	1217.6
6回目	1137.8	1004.4	999.1	1124.9	1521.0
7回目	1001.8	907.5	834.1	1200.3	1106.4
8回目	1187.6	881.8	966.4	1190.9	1617.5
9回目	917.7	751.2	805.4	1090.2	1092.8
10回目	1057.5	972.8	889.0	1174.4	1331.9
平均	1132.11	981.44	929.93	1214.4	1428.21
	250ms	300ms	350ms	400ms	450ms
1回目	1126.1	1076.5	1469.6	1608.0	2195.8
2回目	1560.7	1447.5	1569.9	2294.6	2168.9
3回目	1228.1	1315.0	1559.4	1431.9	2267.6
4回目	1237.7	1489.0	1674.3	1525.8	3354.9
5回目	1016.7	1912.7	1320.6	1432.3	1929.8
6回目	1499.9	1229.8	1291.8	1487.3	1751.7
7回目	1469.5	1161.8	1506.6	1353.1	1618.3
8回目	1752.5	1188.0	1456.7	1993.4	2156.3
9回目	1366.6	1218.9	1132.9	1468.8	1515.3
10回目	1250.1	1661.1	1050.5	1590.0	1881.0
平均	1350.79	1370.03	1403.23	1618.52	2083.96

表 2.2: 遅延の大きさと各試行におけるタスクの順番の組み合わせに対する平均タスク達成時間 [ms]

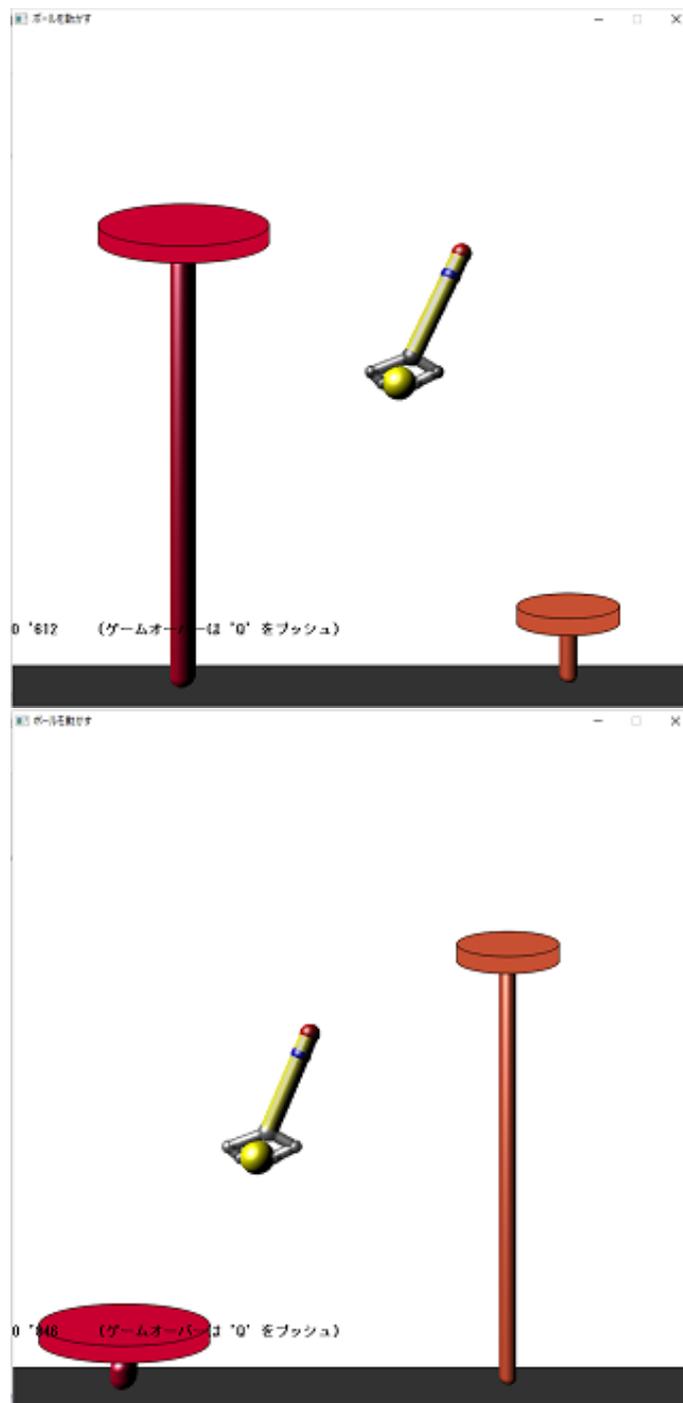


図 2.5: 台同士的位置関係の例

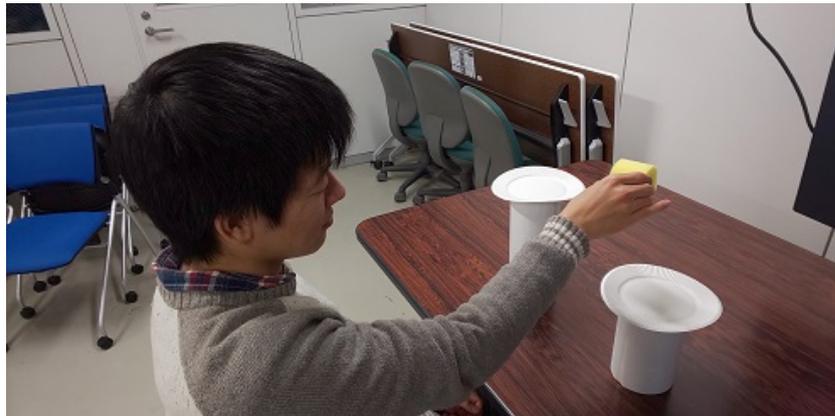


図 2.6: 手で対象物を操作する様子



図 2.7: 実物のマジックハンドで対象物を操作する様子



図 2.8: 実験システムにおいて対象物を操作する様子

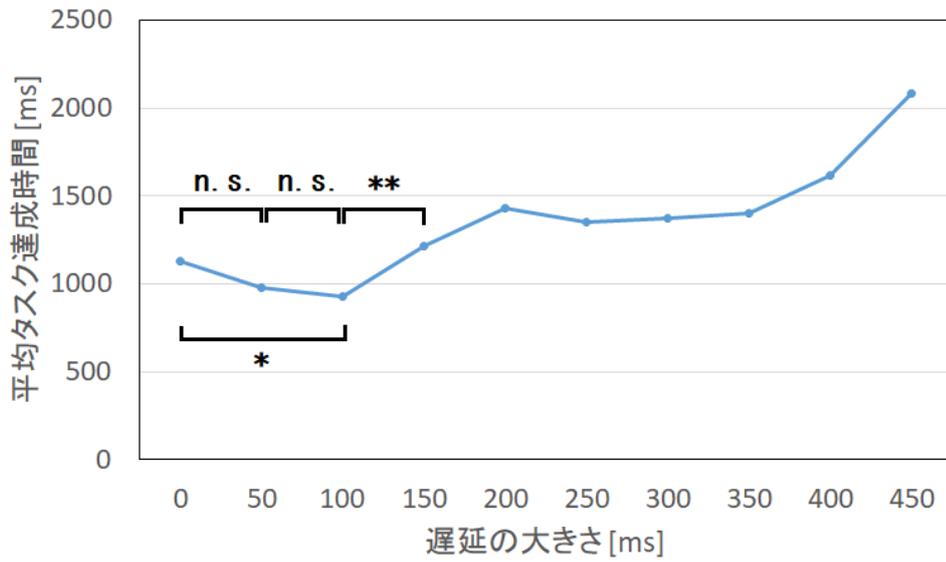


図 2.9: 遅延の大きさの変化に対する平均タスク達成時間の遷移

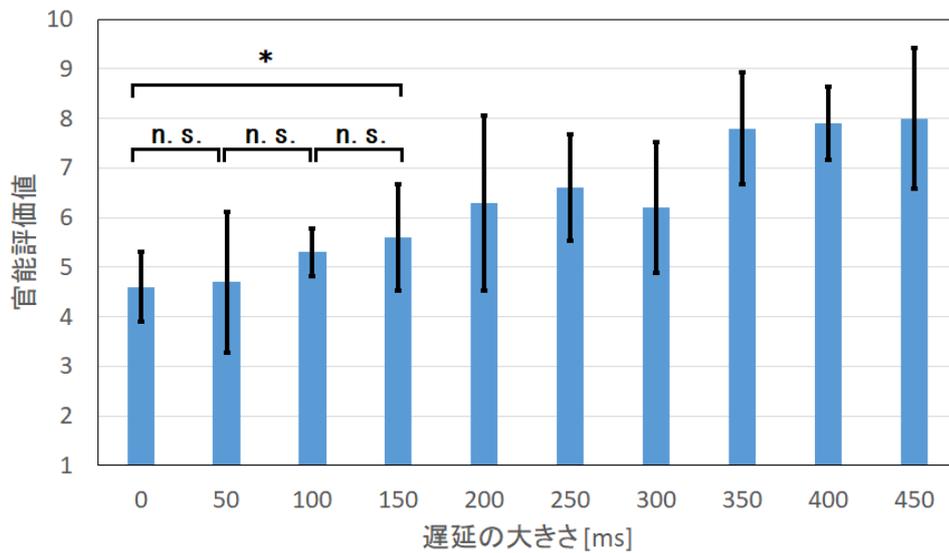


図 2.10: 遅延の大きさの変化に対する自己主体感に関する平均官能評価の遷移とばらつき

	0ms	50ms	100ms	150ms	200ms
評価値	5	5	5	5	5
	5	5	6	6	7
	5	6	5	6	5
	5	6	5	6	6
	5	5	5	6	10
	5	5	6	8	8
	4	5	5	5	7
	3	1	5	4	5
	5	5	5	5	6
	4	4	6	5	4
平均	4.6	4.7	5.3	5.6	6.3
	250ms	300ms	350ms	400ms	450ms
評価値	7	8	8	8	10
	7	7	9	9	8
	7	6	7	7	6
	8	7	9	8	8
	6	7	7	8	7
	6	4	7	9	9
	7	6	6	7	10
	5	6	9	8	8
	5	7	7	7	8
	8	4	9	8	6
平均	6.6	6.2	7.8	7.9	8.0

表 2.3: 遅延の大きさと自己主体感に関する官能評価

	0ms	50ms	100ms	150ms	200ms
評価値	5	5	5	5	5
	5	5	7	6	7
	6	6	5	5	5
	5	6	5	6	7
	5	5	5	5	10
	1	6	5	6	8
	5	5	2	5	7
	4	2	6	5	6
	5	5	5	5	6
	5	5	6	5	5
平均	4.6	5.0	5.1	5.3	6.6
	250ms	300ms	350ms	400ms	450ms
評価値	7	8	8	8	10
	7	8	9	9	8
	7	6	8	8	9
	8	9	8	8	7
	7	5	7	7	8
	7	6	7	9	10
	7	8	7	6	10
	2	5	8	8	8
	7	7	8	8	8
	7	3	9	8	6
平均	6.6	6.5	7.9	7.9	8.4

表 2.4: 遅延の大きさと拡大的身体所有感に関する官能評価

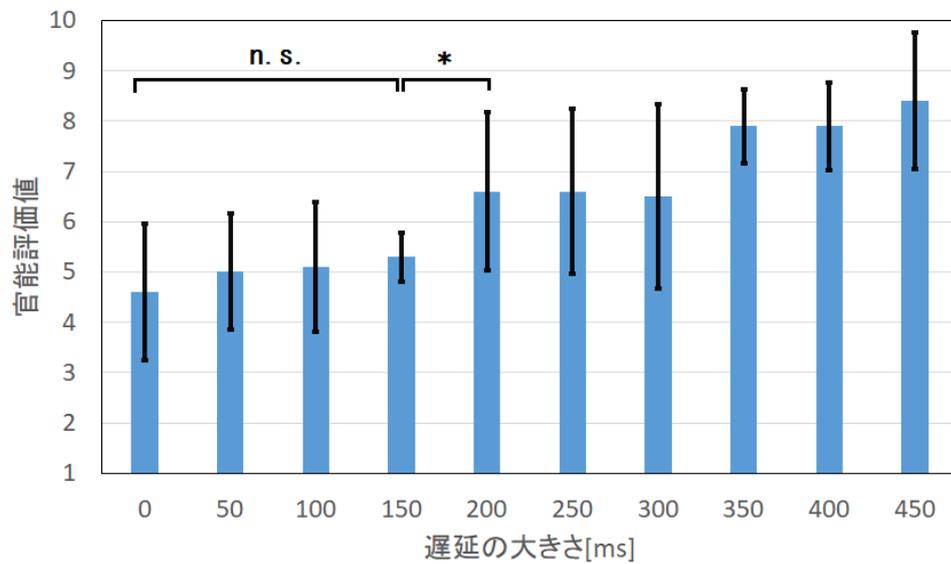


図 2.11: 遅延の大きさの変化に対する拡大的身体所有感に関する平均官能評価の遷移とばらつき

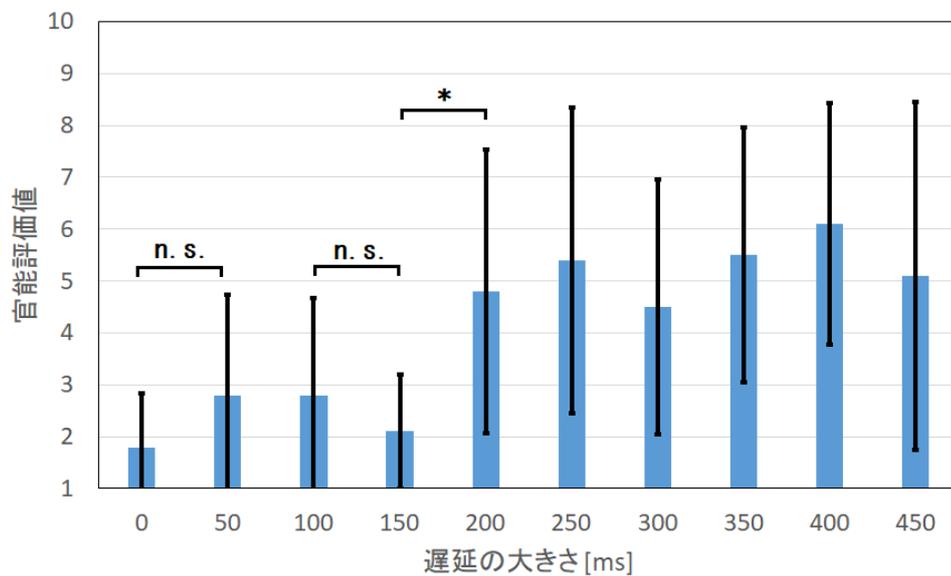


図 2.12: 遅延の大きさの変化に対する他者の存在感に関する平均官能評価の遷移とばらつき

	0ms	50ms	100ms	150ms	200ms
評価値	1	5	1	1	5
	1	5	6	2	7
	4	6	5	5	1
	1	3	2	2	5
	3	1	1	1	10
	1	3	5	2	7
	2	1	1	2	4
	1	1	2	2	2
	2	1	3	2	2
	2	2	2	2	5
平均	1.8	2.8	2.8	2.1	4.8
	250ms	300ms	350ms	400ms	450ms
評価値	1	6	8	8	1
	6	7	7	7	8
	7	1	6	7	1
	8	9	8	4	1
	2	3	1	3	4
	6	4	3	10	10
	9	6	6	3	7
	1	2	8	5	7
	7	3	3	6	4
	7	4	5	8	8
平均	5.4	4.5	5.5	6.1	5.1

表 2.5: 遅延の大きさと他者の存在感に関する官能評価

第3章 むすび

本研究では、単純なボタン押し操作と比較して高難度である連続な対象物の移動操作において、操作系における遅延が拡大的身体所有感にどのような、すなわち効果を与えるのか検討した。実験では、操作系における適切な遅延が、道具（他者）の特性把握の助けとなり、拡大的身体所有感に結び付くという仮説を検証した。操作系に遅延をもうけた状態で、被験者に対象物を移動してもらい、操作感覚を官能評価してもらった。その結果、操作系における適切な遅延により、他者を協調的に意識し、その意識が人に拡大的身体所有感を与え、操作成績を向上させることが示唆された。今後の課題として、今回の実験では、被験者が自己主体感と身体所有感の違いに対する意識的な区別が困難であったことが危惧される。そこで被験者数を増やした上で半数に対しては自己主体感についてのみ回答してもらい、残る半数に対して身体所有感についてのみ回答してもらうことも検討したい。また、遅延の大きさにより他者のとらえ方に違いがあることが示唆された。そこで協調として他者をとらえているのか、妨害として他者をとらえているのか区別できる設問を検討したい。さらに、アンケートを行う際に、特殊な処理を行うことで遅延なしの場合よりも道具を扱いやすくなる可能性があることを補足し、遅延なしの場合よりも操作感覚がよくなることはないという先入観をなくすことも検討したい。

本研究が道具の操作に長けていない人でも効果的に拡大的身体所有感を獲得できるような、すなわち道具を自身の手足のように扱う感覚が得られるような道具システム構築の手助けとなることを期待する。

謝辞

本研究を進めるにあたって、日頃から多大な御尽力をいただき、ご指導を賜りました名古屋工業大学、舟橋健司 准教授、伊藤宏隆 助教 に心から感謝致します。また、本研究の共同研究者である近畿大学の谷田公二様に研究の機会を与えてくださったことを深く感謝致します。

最後に、本研究に多大な御協力いただきました舟橋研究室諸氏ならびに被験者の方々に心から感謝致します。

参考文献

- [1] ISO9241-11, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals. Guidance on Usability, 1998.
- [2] 小南 祐貴, 伊藤 恵, ”ユーザーエクスペリエンスを考慮したソフトウェア開発支援”, 日本ソフトウェア科学会第30大会講演論文集, 2013.
- [3] 渡辺陽一郎, ”マツダ「ロードスター」の新型と旧型を比較してみた”, https://autoc-one.jp/mazda/roadster/special_2164960/0003.html
- [4] 矢野 徳郎, ”身体運動の主観的構成: テニスの分析” 北海道大学教育学部紀要, 64, pp.1-8, 1994.
- [5] S.Gallagher, Philosophical conceptions of the self, implications for cognitive science, Trends in Cognitive Science, Vol.4, No.1, pp.14-21, 2000.
- [6] 片岡 俊樹, 舟橋 健司, 谷田 公二, 八代 勝也, ”操作における行為効果間の相互相関と遅延に着目した自己主体感に関する研究”, 日本バーチャルリアリティ学会第21回大会講演論文集, 13B-02, 2016.
- [7] C. Farrer, G. Valentin, J.M. Hupe, ”The time windows of the sense of agency” Consciousness and Cognition, 22(4), pp.1431–1441, 2013.
- [8] A.Iriki, M.Tanaka, Y.Iwamura, ”Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurons” Neuroreport, Vol.7, pp.2325-2330, 1996.
- [9] 渡辺 貴文, 片山 智文, 上杉 繁, 三輪 敬之, ”仮想道具による身体像拡張の評価手法に関する研究”, 信学技報, Vol.105, No.74, pp.47-50, 2005.
- [10] 八重洲出版, driver, 12月号, pp.55, October, 2015.

- [11] 神戸新聞 NEXT (大島光貴), ”テニス全豪 OP 公式球は日本メーカー 四大大会初, 神戸で開発”,
<https://www.kobe-np.co.jp/news/sports/201901/0011976830.shtml>