

2023 年度 修士論文概要

主査	舟橋 健司	副査	山本 大介	研究室	舟橋研究室
入学年度	2023 年度	学籍番号	34416088	氏名	三輪 陽雲

論文題目 わずかな遅延が道具操作の成績向上に与える影響と操作タスクの違いの関係
Relation of moving task condition on operation performance improvement with slight delay to actual support

1 はじめに

道具を使用した際に得られる経験や使い心地をユーザーエクスペリエンスという言葉で表現する。インタフェースやインタラクション、バーチャルリアリティの研究分野においては、遅延はユーザーエクスペリエンスに悪影響を与えると考えられている。しかし、全てにおいて遅延が悪影響を及ぼすという訳ではないのである。マツダ株式会社はアクセルを踏んでから車が加速するまでにわずかに時間が空いてことが、自然な反応を実現するための必要条件と述べている [1]。また桑原の論文では、アニメーション業界における、音声よりも動画をわずかに先行させている、すなわち音声を遅延させている方が「それぞれがちょうど一致している」と感じられる経験則について述べている [2]。わずかな遅延は道具の操作において好影響をあたえることがあるのかもしれない。

当研究室では、適切な遅延は道具の特性把握の助けとなり、好影響をあたえることがあるとの仮説をたてて、遅延が道具操作に及ぼす影響を調査している。簡単な道具操作タスクの実施において、50ms-100ms 程度のわずかな遅延で操作成績の向上を確認した。また、道具操作環境やタスクをわずかに変更しただけで、成績向上は見られなくなった。本研究ではどのような要素、条件が適切な遅延による操作成績の向上に寄与するのか調査する。

2 先行実験

先行実験では、操作者による操作開始から実際の対象物の移動開始までの遅延が、道具の操作成績に与える影響を調査した。被験者は画面上に表示されたマジックハンドを3次元力覚入出力装置を用いて操作し、対象物のある台から別の台へ移動させるタスクを行った(図1, 図2)。入力装置とマジックハンドの間に最小0ms, 最大450msの50ms間隔の10種類の遅延をもうけた。台から台へ移動させる時間を操作成績として測定した。実験1では無作為に設定した条件下において操作成績の有意な向上が確認できた。実験2では遅延による操作性の向上に寄与する要素を調査するために、実験シ

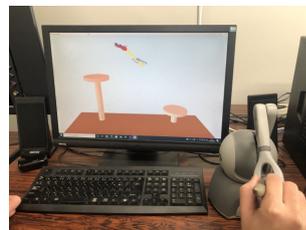


図 1: 実験の様子

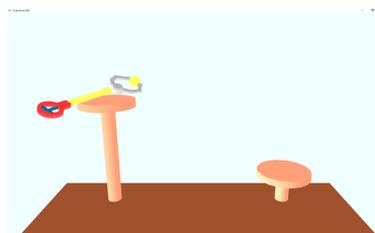


図 2: 実験の操作画面

テムの様々な要素を変更したところ、明確な成績向上はなかった。実験3は各要素を実験2に合わせた上で、実験1がそうであったように奥行き方向への移動を制限(2次元鉛直平面)したところ、有意差の無い成績向上が確認できた。実験システムの要素を変化させたところ、異なる実験結果が得られた。ここから実験システムのいくつかの要素はわずかな遅延による操作性の向上に寄与する可能性があると考えられる。

3 実験システムの要素

前述の実験1と実験2では試行錯誤的に様々な要素を変更した。これらの中に遅延による成績向上に影響を与える要素があるだろう。実験2から実験3では、奥行き方向への移動制限に違いがあった。すなわち、実験3(および実験1)では奥行き方向への移動を制限して2次元鉛直平面内での移動に限定していた。先行研究ではこのような操作量に関する奥行き移動制限が、遅延による成績向上に影響を与えると示唆された。本研究では特に、操作量に関する要素と台に関する要素に注目する。具体的には、奥行き方向への移動制限、画面上マジックハンドと入力装置の移動量の比率、台の大きさ、台同士の距離である。

表 1: 実験 2~15 の比較項目と結果

		台距離: 近		台距離: 遠	
		台: 大	台: 小	台: 大	台: 小
奥行き制限あり	比率 0.58		実験 5' [*] P=1.88%		
	比率 0.78	実験 14 [#] P=44.4%	実験 5 [*] P=5.00%	実験 15 [#] P=33.7%	実験 13 [-]
	比率 1.48		実験 3 [#] P=34.8%		
奥行き制限なし	比率 0.78	実験 11 [#] P=31.2%	実験 4 [#] P=36.8%	実験 12 [#] P=20.6%	実験 10 [-]
	比率 1.07	実験 8 [#] P=27.2%	実験 6 [#] P=54.8%	実験 9 [-]	実験 7 [-]
	比率 1.48		実験 2 [-]		

[*] 5%の有意差をともなう成績向上

[#] 有意差の無い成績向上

[-] 成績向上無し

4 実験と考察

はじめに操作量に関する要素である、奥行き方向への移動制限の有無と、画面上マジックハンドと入力装置の移動量の比率を変化させた実験 4, 5 を行った。奥行き移動制限で 2 通り、移動量比率で 2 通りの計 4 つの実験を想定しているが、これらのうち 2 つは実験 2 と 3 で充当した。実験の結果 (表 1, 図 3), 遅延の大きさが 50ms のとき, 実験 3 と 4 では有意差の無い成績向上を, 実験 5 では有意差のある成績向上を確認した。実験 2 と 3, 実験 4 と 5 を比較すると, 移動制限がもうけられている場合にわずかな遅延によって操作成績が向上している。また実験 2 と 4, 実験 3 と 5 を比較すると, 移動量の比率が小さい場合にわずかな遅延によって操作成績が向上している。ここから奥行き方向への移動制限と移動量の比率はわずかな遅延による成績向上に寄与すること示唆された。その後, 再確認のための追加実験 5' においても有意差のある成績向上が確認され, 奥行き方向への移動制限と移動量の比率はわずかな遅延による操作成績の向上に寄与する要素であることが改めて示唆された。

次に台に関する要素である, 台の大きさと台の位置関係を変化させた実験を行った。比較実験として顕著な違いが現れるか確認するために 2 通りの移動量比率で実験 6~9 と実験 10~12 を行った。しかしともに大きな違いはなく比較に適した結果を得ることができなかったため, 実験 6~9 を予備実験 1, 実験 10~12 を予備実験 2 と扱い, さらなる実験を行った。本実験として, 奥行き方向への移動の制限して実験 13~15 を行った。予備実験 1 と 2, 本実験のそれぞれの組では台の大きさと 2 通り, 台同士の距離で 2 通りの計 4 通りの実験を行った。これらのうち 1 つを, 予備実験 2 では実験 4 で, 本実験では実験 5 で充当した。なお, 実験 1 は表 1 では実験 15 の位置に相当するが, ウィンドウサイズや

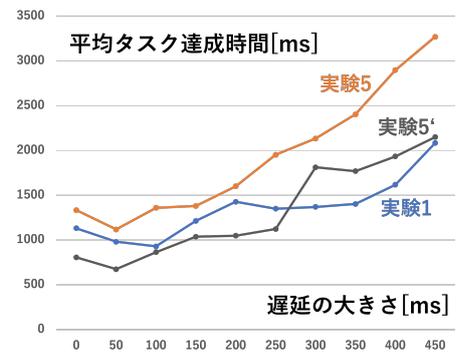


図 3: 実験 1, 5, 5' の平均タスク達成時間の遷移

俯角, 色合い陰影が異なっていた。実験の結果 (表 1), 実験 4 と実験 5 に加えて, 実験 6 と実験 8, 実験 11 と実験 12, 実験 14 と実験 15 では遅延の大きさが 50ms のとき, 操作成績が 0ms のときよりも向上した。実験結果を比較すると, 有意差に注目すれば, 台同士の距離は狭いときに, 台の大きさは小さいときに, わずかな遅延による操作成績の向上に寄与するようである。しかし, 有意差は見られないものの検定結果における P 値も考慮すると, 台同士の距離の広いとき, 台の大きさが大きいときに, わずかな遅延による成績向上を期待できるのかもしれない。

5 むすび

本研究では, どのような要素, 条件が適切な遅延による操作成績の向上に寄与するのか調査した。その結果, 奥行き方向への移動制限と, 実際の手の移動量と画面内のマジックハンドの移動量の比率は, わずかな遅延による操作成績の向上に寄与することが示唆された。一方で台の大きさと台同士の距離に関しては, 明確な傾向を確認することはできなかった。今後は, 操作量や台とは異なる要素を変更して調査し, わずかな遅延による操作成績の向上に寄与するさらなる要素を明らかにしていきたい。

参考文献

- [1] 渡辺洋史, 田中健治, 藤岡陽一, 國分弥則, 山口俊行, 新型デミオのパフォーマンスフィール, マツダ技報, No.32, pp. 42-47, 2015.
- [2] 桑原圭裕, 映像と音の同期-「動画先行の原則」の根拠と応用, 映像学, No.102, pp. 54-74, 2019.