

# ドローン操縦におけるクロッシングの評価

山田 開斗<sup>1</sup> 薄羽 大樹<sup>1</sup> 宮下 芳明<sup>1</sup>

**概要:** ドローンを操縦する際、ある幅内を通過する操縦が必要とされる。このようなクロッシング操縦は、ドローンのインタフェースを設計する上で調査する必要がある。本稿では、2つの枠の間をドローンで通過させる実験を行い、操縦時間とエラー率を計測した。それにより、ドローンのクロッシングにおける操縦時間は、枠の幅と枠間の距離に影響を受け、また、エラー率は、枠の幅の影響を受けることがわかった。クロッシングの法則 ( $ID$  モデル) とその修正モデル ( $ID_k$  モデル) への適合について検証したところ、クロッシングの法則 ( $R^2 = 0.940$ ) でも、修正モデル ( $R^2=0.941$ ) でも高い適合が示され、 $AIC$  が低いクロッシングの法則がより良いモデルであることがわかった。また、修正モデルより、人はドローンの幅を小さく見積もっていることがわかり、本実験を踏まえて、更なる実験の方針を示した。

## 1. はじめに

GUI 上におけるクロッシングとは、境界線を通過する操作のことであり (図 1)、例えば、境界線を指で通過し文字入力を行うスマートフォンのフリック入力などがあげられる。また、クロッシングにおいては、フィッツの法則と同様のモデルで操作時間 ( $MT$ ) を高精度に予測できることがわかっている (式 1) [1]。ここで、 $a$ ,  $b$  は回帰定数である (以降、 $a$ ,  $b$ ,  $k$  は回帰定数として使用する)。式 1 に示されるように、境界線間の距離 ( $D$ ) を短く、もしくは、境界線の長さ ( $W$ ) を長くすることで、クロッシングの操作時間を減少できる。このように、ある操作のモデル化を行うことは、その操作を行うインタフェースの設計指針になると考えられる。

$$MT = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right) \quad (1)$$

ドローン操縦にもクロッシングが存在する。例えば、ドローンレース\*<sup>1</sup>では、決められた幅の枠を通過する必要がある (図 2 左)。また、「未来飛行」\*<sup>2</sup>は、人の腕やプラスチックで作られた輪をドローンで潜り抜けながら撮影された映像作品である (図 2 右)。これら以外にも、ドローンでドアを通過する場合など、ドローン操縦には決められた幅の枠を通過する操縦が必要であり、つまり、ドローンの操縦には多くのクロッシングが存在する。本稿では、これらの前提を踏まえ、クロッシングの要素がドローン操縦に

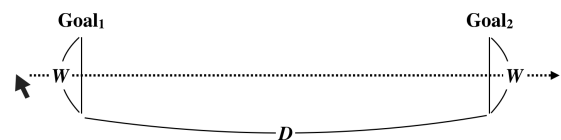


図 1 GUI のクロッシングタスク



図 2 ドローン操縦におけるクロッシングの例 (左はドローンレース, 右はドローンによる映像制作)

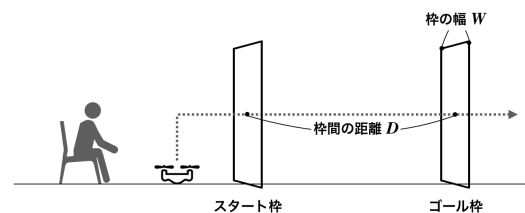


図 3 実験概要

与える影響を調査し、モデル化を行う。また、ドローン操縦におけるポインティング実験 [2] との比較も行う。

ドローンのクロッシングでは、例えば、ドローンが枠に衝突した場合には、ドローンが墜落する可能性があるため、枠内に完全にドローンを通過させる必要がある。そのため、クロッシングの法則の枠の幅  $W$  よりドローンの幅  $S$  を引いたモデル (式 2) がドローン操縦におけるモデルの候補になると考えられる。式 2 の対数項を  $ID$  とし、以降、このモデルを  $ID$  モデルと呼ぶ。ここで、 $D$  は枠間の

<sup>1</sup> 明治大学

Meiji University

\*<sup>1</sup> <https://youtu.be/4u7C-tx2ho0>

\*<sup>2</sup> <https://youtu.be/2dceR6Ya79w>

距離である。

$$MT = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W - S} + 1 \right) \quad (2)$$

Defazio らは、幅  $W_v$  の車が幅  $W_t$  の経路を通過する速度は次のようにモデル化できると示している [3]。この式において、 $kW_v$  はユーザが運転中に感じる車の幅を示している。

$$v = a + b(W_t - kW_v)$$

本研究でも、Defazio らのモデルと同様にドローンの幅を  $k$  で補正したモデル (式 3) についての検証も行う。式 3 の対数項を  $ID_k$  とし、以降、このモデルを  $ID_k$  モデルと呼ぶ。 $kS$  は、ユーザが感じるドローンの幅を示しており、例えば、 $k>1$  の場合、ドローンの幅を大きく見積もっていることが示される。一方  $k<1$  であれば、ドローンの幅を小さく見積もっていることが示される。

$$MT = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W - kS} + 1 \right) \quad (3)$$

## 2. 関連研究

### 2.1 ドローン操縦

ドローン操縦の研究では、正確に飛行位置を把握する試みが活発に行われている。ドローン操縦には、同じ空間のドローンを見ながらの操縦ではなく、画面越しでドローンを遠隔操縦することがある。このとき、ドローンの実際の高さや位置が正確に把握できない問題があり、Zollmann らは、AR により解決する手法を提案している [4]。そして、遠隔操縦における衝突を減らすために、Hedayati らは、ドローンの視野を AR で可視化する操作インタフェースを提案し、遠隔操作における衝突が減少したと述べている [5]。遠隔でなくとも、ドローンの位置を把握しにくいことがある。Erat らは、災害時など、狭い場所では、一人称視点のドローン操縦は困難であると述べており、ホロレンズを用いた三人称視点ドローン操縦手法を提案している [6]。

また、ドローンの操縦手法・インタフェースを探索する研究も、数多く行われている。Hall らは、2 種類のドローンを使い、ドローンを直接見て操縦する手法、タブレットに映るドローンからの映像を見て操縦する手法、ヘッドセットでドローンからの映像を見て操縦する手法の 3 つの手法のうち、どの操縦手法が最も速く写真を撮るタスクを達成できるかについて調査している [7]。Hansen らは、ドローンを操縦する時、目の動きとコントローラの 2 つの操作手法を組み合わせ、どの組み合わせが最適かという調査を行った [8]。

Cho らは、ユーザの感じるドローンの方向と実際のドローンの方向が異なる事に関して議論しており [9]、Kasahara らは、この問題を解決するために、タッチスクリーンデバイスの画面に映るドローンを触ることで操縦できる手法を

提案した [10]。ドローンそのものをインタフェースとして扱う例として、Gomes らは、ドローンをタッチ・ドラッグし操作する Bitdrones を提案した [11]。

本研究の目的はドローン操縦にどのような要因が影響するかを示すことであり、本研究の実験結果は今後の操縦手法の指針になると考えている。

### 2.2 操作のモデル化・性能評価

これまで、GUI で用いられる多くの入力デバイスの性能評価が行われてきた。Card らは、マウスやジョイスティックなどの性能について議論し [12]、Ramcharitar らは、ゲームコントローラの性能比較を行った [13]。本研究の焦点はこれまで評価されてきたコントローラやジョイスティック自体ではなく、コントローラを含めたドローンの操縦である。

GUI 以外にも操作のモデル化の研究が行われている。Montazer らはミシンにおける直線縫いがステアリングの法則 [1] によってモデル化できることを示しており [14]、Reed らは 2 人で操作する機械がフィッツの法則に適合することを示している [15]。運転に関する研究も多く行われている。Drury らはフォークリフトの運転がモデル化できることを示しており [16]、Zhai らは、車の運転がステアリングの法則に適合することを示している [17]。Storms らは、遠隔のロボットの運転をモデル化するための難易度指標を提示し、ロボットが 2 つの障害物の隙間を通過するモデルの指針を示した [18]。このように、GUI 以外でも、フィッツの法則やステアリングの法則を用いた前例はあるため、ドローンの操縦についても同様のモデルに適合すると思われる。

## 3. 実験

### 3.1 タスク

実験参加者は、ドローンを離陸させ、2 つの枠内を通過するタスクを行った (図 3)。また、参加者ごとの身長差の影響を減らすため、スタート枠から後方 1.0m の椅子に座らせ操縦させた。図 4 が実験の様子である。

実験参加者には、2 つの枠内を速く正確にドローンで通過させてほしいと伝えた。また、スタート枠内を通過するまでは、時間をかけてドローンの飛行位置を調整しても良いと説明した。この実験では、ドローンが枠に触れた場合、または枠外に飛行した場合、エラーとした。

### 3.2 実験環境

実験環境を図 4 に示す。実験は、縦 6.0m、横 2.5m、高さ 2.5m の障害物の無いスペースが確保できる屋内で行い、部屋の空調をオフにした。また、ドローンと壁との衝突を防ぐために、ゴール枠の後方にはマットを設置した。

実験に使用したドローンは Parrot Mambo Fly

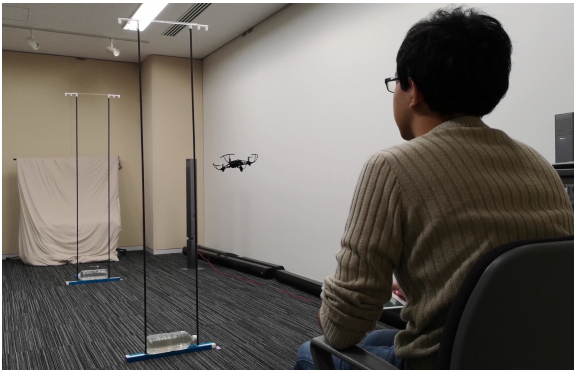


図 4 実験の様子



図 5 実験に使用したドローンとコントローラ

( $W0.18\text{m} \times H0.04\text{m} \times D0.18\text{m}$ )\*<sup>3</sup>であり、コントローラは、そのドローン専用の iPad アプリケーション Free Flight Mini\*<sup>4</sup>を使用した (図 5)。

ドローンの速度は、ドローンの斜度によって制御され、アプリケーション内で最大斜度を 5 度から 25 度の範囲で指定できる。今回は初期設定の 15 度で操縦させた。

### 3.3 参加者

参加者は大学生及び大学院生の 12 名 (男性 7 名, 女性 5 名, 平均 23.2 歳,  $SD = 0.80$  歳) であった。参加者のうち 2 名はドローン操縦経験はほとんどなく, 9 名は著者らによる以前の実験で 1~3 時間ほど操縦したことがあり, 1 名は合計 10 時間程の操縦経験があった。

### 3.4 実験デザイン

枠の幅  $W$  は 0.3, 0.4, 0.5m, 枠間の距離  $D$  は 2.5, 3.5m, ドローンの横幅  $S$  は 0.18m であった。実験で使用した枠は, 高さ 1.8m であり, 十分な高さであることを確認した。1 セットは  $W(3) \times D(2) = 6$  試行であり, 順序効果を考慮するため, 1 セット内の  $W$  と  $D$  の出現順はラテン方格法によって決められた。

\*3 <https://www.parrot.com/jp/doron/parrot-mambo-fly>

\*4 <https://itunes.apple.com/jp/app/freeflight-mini/id1137022728>

### 3.5 手順

まず, 参加者は, ドローンの操縦に慣れるため, 自由に 5~10 分間ドローンを操縦する時間が与えられた。その後, 各条件で 3 回成功するまで練習を行い, 本番では, 実験データとして 10 回タスクを行った。つまりは, それぞれの参加者は各条件を 10 セット行い, 全体では,  $W(3) \times D(2) \times 10$  セット  $\times$  12 名のデータが得られた。それぞれの参加者が実験に要した時間は 40~80 分であった。

### 3.6 計測するデータ

ドローンの中心がスタート枠内を通過しゴール枠内を通過するまでの操縦時間  $MT$ , エラー率を記録する。この時,  $MT$  は, 実験を録画した動画より計測した。

## 4. 結果

独立変数を  $W$  (3 水準) と  $D$  (2 水準), 従属変数を  $MT$  とエラー率とし, 分散分析を行った。その後の検定には Bonferroni 法を用いた。グラフ中のエラーバーは標準誤差を示す。

実験中のカウントの誤りにより 720 回のうち 10 回分のデータが欠損したため, 710 回を実験データとして用いた。実験全体のエラー回数は, 124 回 (17.4%) であった。

### 4.1 $D$ と $W$ の $MT$ への影響

主効果が示されたのは,  $D(F_{1,11} = 13.28, p < 0.01)$  と  $W(F_{2,22} = 25.06, p < 0.01)$  であった。多重比較の結果,  $D$  が大きくなるほど, また  $W$  が小さくなるほど ( $W=0.4\text{m}$  と  $W=0.5\text{m}$  では  $p>0.10$ , それ以外は  $p<0.05$ )  $MT$  が増加した (図 6)。

### 4.2 エラー率

主効果が示されたのは,  $W(F_{2,22} = 31.95, p < 0.01)$  であった。一方で,  $D(F_{1,11} = 0.55, p > 0.10)$  では, 主効果は示されなかった (図 7)。

また, 多重比較の結果,  $W$  が小さくなるほど ( $W=0.4\text{m}$  と  $W=0.5\text{m}$  では  $p>0.10$ , それ以外は  $p<0.05$ ) エラー率が増加した。

### 4.3 モデル適合

$MT$  と  $ID$  の関係を図 8 に示す。プロットされた各点は,  $ID$  ごとの平均  $MT$  を示す (参加者 12 名, 各 10 回)。  $ID$  モデル (式 2) との適合を分析すると, 高い適合度が示された ( $R^2 = 0.940$ )。

また,  $MT$  と  $ID_k$  の関係を図 9 に示す。プロットされた各点は,  $ID$  ごとの平均  $MT$  を示す (参加者 12 名, 各 10 回)。  $ID_k$  モデル (式 3) との適合を分析すると,  $k = 0.913$  の時, 最も高い適合が示された ( $R^2 = 0.941$ )。

表 1 はそれぞれのモデルの適合度である。  $ID_k$  モデルは

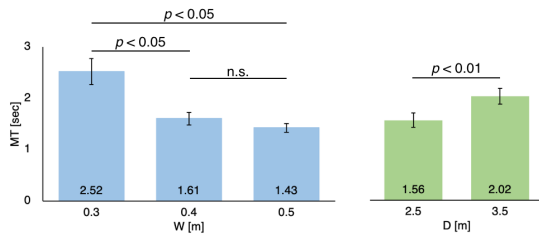


図 6  $D$  と  $W$  の  $MT$  への影響

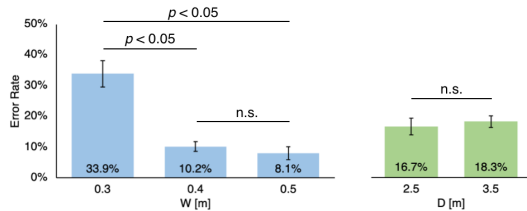


図 7  $D$  と  $W$  のエラー率への影響

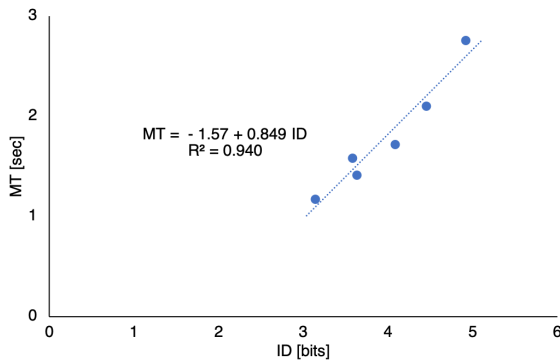


図 8  $ID$  に対する  $MT$  の関係

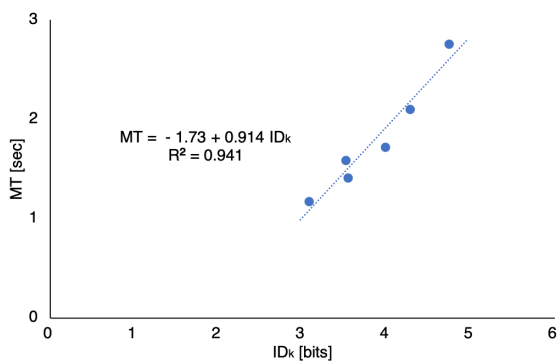


図 9  $ID_k$  に対する  $MT$  の関係

3つの回帰定数が必要であり、 $ID$  モデルは2つのみである。そのため、適合度  $R^2$  に加え、赤池情報量規準 (Akaike Information Criterion, AIC) [19] を用いてモデルを比較する。AIC が低く、適合度  $R^2$  が高いモデルが良いモデルとされており、これまでも AIC を用いた比較は行われている [20, 21]。2つのモデルの適合度を比較すると、 $R^2$  にはそれほど差がないため、回帰定数が2つであり、AIC が低い  $ID$  モデルが良いモデルであることがわかる。

表 1  $ID$  モデルと  $ID_k$  モデルの適合度

| Eq.                                              | $a$   | $b$   | $k$   | $R^2$ | $AIC$ |
|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $a + b \log_2 \left( \frac{D}{W-S} + 1 \right)$  | -1.57 | 0.849 |       | 0.940 | 0.153 |
| $a + b \log_2 \left( \frac{D}{W-kS} + 1 \right)$ | -1.73 | 0.914 | 0.913 | 0.941 | 2.09  |

## 5. 考察

### 5.1 エラー率

参加者より「幅が狭くなると難しく感じるが、距離が長くなってもあまり難しいとは思わなかった」、「幅が狭くなる方がはるかに難しかった」という意見が得られた。これは、エラー率が枠の幅  $W$  のみに影響を受ける実験結果と一致している。今回の実験条件では、2つの  $D$  が 2.5m と 3.5m で、1m の差しかなかったこともあり、距離よりも幅に影響を受けた参加者が多かったと考えられる。

今回の全体のエラー率は 17.4% であり、GUI のクロッシングタスクのエラー率 (7.4%) [1] より高い結果となった。「もう枠を通過したかと思った」、「枠の正面より横から操縦したい」といった感想から、参加者が奥行感覚をつかみにくかったと考えられる。また、「横に移動した時の反動が大きく、細かい修正が難しい」、「思ったより移動しすぎてしまうから難しい」といった感想から、そもそも、ドローン操縦の調整が困難であったことが示唆される。つまり、これらの参加者の感想から、高いエラー率が観測されたと考えられる。

次に、参加者より、エラーの際に「なぜぶつかったのかわからなかった」という感想が得られた。これは  $ID_k$  モデル (式 3) の  $k$  の値で説明できる。 $ID_k$  モデルにおいて、 $k = 0.913$  の時、最も高い適合であった。つまり、参加者は実際のドローンの幅より、ドローンの幅を小さく見積もり操縦していたことになる。このようにドローンの幅を小さく見積もっていたため、(つまり、ドローンを通させる許容幅を大きく見積もっていたため) 参加者は予想外のエラーをしたと考えられる。これもまた、エラー率が大きくなった原因の一つであろう。

### 5.2 ポインティング実験との比較

今回のドローンのクロッシング実験では、モデルへの適合度が高い値を示した一方で、ポインティング実験 [2] では、 $R^2 = 0.68$  と高い値は示されなかった。図 10 はクロッシングにおける  $ID$  ごとの平均  $MT$  を  $D$  別に色分けしたグラフであり、図 11 はポインティングについてのグラフである。ポインティングにおいては、クロッシングと異なり、2つの  $D$  のグラフが離れている。つまり、ポインティング実験では、 $D$  からの影響のみを受ける区間が存在していたことがわかる。この理由として、実験条件の違いが考えられる。1つ目は、ドローンの速度である。前回使用

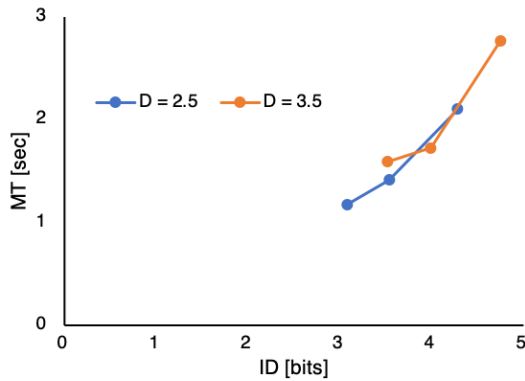


図 10 クロッシングにおける  $D$  別の  $ID$  に対する  $MT$  の関係

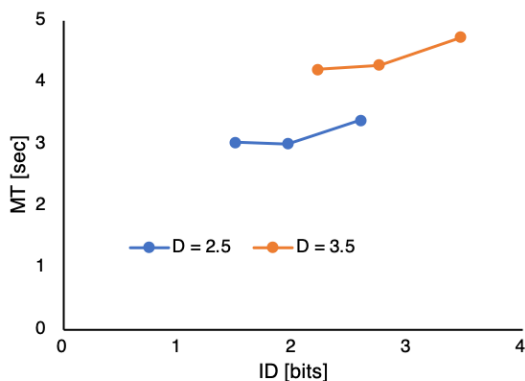


図 11 ポインティングにおける  $D$  別の  $ID$  に対する  $MT$  の関係

したドローンは、今回の実験のドローンより速度が遅いドローンであった。2つ目は、2つの  $D$  の差である。前回の2つの  $D$  の差は今回の2倍の2.0mであった。このような実験条件であったため、 $D$  からの影響のみを受ける区間が存在し、そのような区間が存在したために、フィッツの法則に適合しなかったと考えられる。そのため、ポインティング実験においても速度が速いドローンで、2つの  $D$  の差が小さければ、フィッツの法則に適合すると考えられる。

## 6. 制約と展望

今回は、ドローンのクロッシングに影響を与える要因を調べるための実験であったため、他の要素を排除した実験環境で行った。しかし、実際のドローンの使用環境を考えた場合、考慮したいことはいくつかある。

まず、ドローンが壊れるリスクである。今回使用したドローンは、著者らが用意したドローンであり、実験参加者のドローンではなく、枠にあたってもドローンが故障する可能性は低い実験環境であった。そして、参加者には「速く、正確に」操縦するよう説明した。それに対し、例えば、自身のドローンで川の上を操縦する場合など、エラーをしたら壊れるような操縦をする際は、操縦時間よりもエラーをしないことに重きを置くと考えられる。つまり、「速く、

正確に」より「正確に」操縦したい気持ちが強いであろう。このようにエラーが起きた時のリスクは、GUIのクロッシングタスクとは異なるため、「正確さ」を重視させる教示の方が実際のドローン操作に適した状況になると考えられる。

また、立ち位置も考慮すべきである。クロッシング実験も、ポインティング実験も、実験参加者の立ち位置は、ドローンの離陸側であった。このような使用環境は多く考えられるが、ドローンが操縦者に戻ってくるように操縦する場合も、離陸位置と着陸位置の中間地点で操縦する場合も考えられる。そのため、それぞれの立ち位置でも検証することにより、立ち位置がどのような影響を及ぼすかがわかり、より正確なモデル化ができるであろう。

ドローンの視点も異なる。今回の実験は三人称視点であり、枠とドローンを同時に見ながらの操縦であった。しかし、ドローンレースなどのように、一人称視点でドローンを操縦する状況もある。そのため、一人称視点の場合も検証する必要があると考える。

また、5.2節で示した通り、実験条件によりモデルに適合できない場合があることが考えられる。今回は2つのモデルで高い適合が示されたが、速度が遅いドローンや2つの距離  $D$  の差が大きい場合では、モデルへの適合度が減少するだろう。つまり、条件に応じたモデル（ドローンの速度などを考慮したモデル）が必要になる可能性が考えられる。

今回、 $ID_k$  モデルにより、人はドローンを小さく見積もって操縦していることがわかった。この原因の一つとして、ドローンが羽の回転などにより、正確に大きさを把握しきれないことが考えられる。そのため、例えば、ARやMRなどでドローンの幅と同じ大きさの枠などを表示することで、ユーザはドローンの幅を正確に把握することができよう。そして、ドローンの操縦性能は向上する可能性があると考えられる。

## 7. 結論

ドローンのクロッシング操縦では、操縦時間は、枠の幅と枠間の距離に影響を受け、エラー率は、枠の幅の影響を受けることがわかった。そして、クロッシングの法則に高い適合を示した ( $R^2=0.940$ )。

また、 $ID_k$  モデルの  $k$  が0.913であったことから、人はドローンを小さく見積もり操縦していることがわかった。ドローンを小さく見積もっていること、微調整が難しいこと、奥行感覚がつかみにくかったことが、GUIのクロッシングタスクと比べ、エラー率が大きい原因と考えられる。そして、本実験を踏まえて、更なる実験の方針を示した。

## 参考文献

- [1] Accot, J. and Zhai, S.: Beyond Fitts' law: models for trajectory-based HCI tasks, *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing*

- systems, ACM, pp. 295–302 (1997).
- [2] 山田開斗, 薄羽大樹, 宮下芳明: ドローン操縦におけるポインティングの評価, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2018, No. 1, pp. 1–6 (2018).
- [3] DeFazio, K., Wittman, D. and Drury, C.: Effective vehicle width in self-paced tracking, *Applied ergonomics*, Vol. 23, No. 6, pp. 382–386 (1992).
- [4] Zollmann, S., Hoppe, C., Langlotz, T. and Reitmayr, G.: FlyAR: augmented reality supported micro aerial vehicle navigation, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 20, No. 4, pp. 560–568 (2014).
- [5] Hedayati, H., Walker, M. and Szafir, D.: Improving Collocated Robot Teleoperation with Augmented Reality, *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, ACM, pp. 78–86 (2018).
- [6] Erat, O., Isop, W. A., Kalkofen, D. and Schmalstieg, D.: Drone-Augmented Human Vision: Exocentric Control for Drones Exploring Hidden Areas, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 24, No. 4, pp. 1437–1446 (2018).
- [7] Hall, B. D., Anderson, N. and Leaf, K.: Improving Human Interfaces for Commercial Camera Drone Systems, *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 112–117 (2017).
- [8] Hansen, J. P., Alapetite, A., MacKenzie, I. S. and Møhlenbach, E.: The use of gaze to control drones, *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, ACM, pp. 27–34 (2014).
- [9] Cho, K., Cho, M. and Jeon, J.: Fly a Drone Safely: Evaluation of an Embodied Egocentric Drone Controller Interface, *Interacting with Computers*, Vol. 29, No. 3, pp. 345–354 (2017).
- [10] Kasahara, S., Niiyama, R., Heun, V. and Ishii, H.: ex-Touch: spatially-aware embodied manipulation of actuated objects mediated by augmented reality, *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, ACM, pp. 223–228 (2013).
- [11] Gomes, A., Rubens, C., Braley, S. and Vertegaal, R.: Bitdrones: Towards using 3d nanocopter displays as interactive self-levitating programmable matter, *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 770–780 (2016).
- [12] Card, S. K., English, W. K. and Burr, B. J.: Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT, *Ergonomics*, Vol. 21, No. 8, pp. 601–613 (1978).
- [13] Ramcharitar, A. and Teather, R. J.: A Fitts’ Law Evaluation of Video Game Controllers: Thumbstick, Touchpad and Gyrosensor, *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 2860–2866 (2017).
- [14] Montazer, M. A., Vyas, S. K. and Wentworth, R. N.: A study of human performance in a sewing task, *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 31, No. 5, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, pp. 590–594 (1987).
- [15] Reed, K., Peshkin, M., Colgate, J. E. and Patton, J.: Initial studies in human-robot-human interaction: Fitts’ law for two people, *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA’04. 2004 IEEE International Conference on*, Vol. 3, IEEE, pp. 2333–2338 (2004).
- [16] Drury, C. G. and Dawson, P.: Human factors limitations in fork-lift truck performance, *Ergonomics*, Vol. 17, No. 4, pp. 447–456 (1974).
- [17] Zhai, S. and Woltjer, R.: Human movement performance in relation to path constraint-the law of steering in locomotion, *Virtual Reality, 2003. Proceedings. IEEE*, IEEE, pp. 149–156 (2003).
- [18] Storms, J., Chen, K. and Tilbury, D.: Modeling tele-operated robot driving performance as a function of environment difficulty, *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 32, pp. 216–221 (2016).
- [19] Akaike, H.: A new look at the statistical model identification, *IEEE transactions on automatic control*, Vol. 19, No. 6, pp. 716–723 (1974).
- [20] Yamanaka, S., Stuerzlinger, W. and Miyashita, H.: Steering through sequential linear path segments, *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 232–243 (2017).
- [21] Yamanaka, S., Stuerzlinger, W. and Miyashita, H.: Steering through Successive Objects, *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, p. 603 (2018).