

# 奥行き方向に傾いたディスプレイにおけるタッピング所要時間のモデル化

## Modeling the Tapping Time on Displays Angled in the Depth Direction

山川 奈央人<sup>†</sup> 郷 健太郎<sup>†</sup> 木下 雄一郎<sup>†</sup>

Naoto YAMAKAWA<sup>†</sup> Kentaro GO<sup>†</sup> Yuichiro KINOSHITA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 山梨大学工学部コンピュータ理工学科

<sup>†</sup> Computer Science and Engineering, Faculty of Engineering, University of Yamanashi

### 1. はじめに

近年、複数ディスプレイで構成された角度の変更できる様々なデバイスが報告されている [1]. ディスプレイ上でのターゲットのポインティングに必要な所要時間 $T$ を予測するモデルとして Fitts の法則 [2] が知られている. しかし, 角度のついたディスプレイ上では, 平面とは操作性が異なるため, 従来の Fitts の法則で予測可能か不明である. そこで本稿では奥行き方向に傾くディスプレイのタップ操作における $T$ を調査し,  $T$ を予測するモデルを構築する.

### 2. 実験

7インチのタッチパネル (Uctronics, U6104) 2台を専用の台座に設置し, 図 1 のように奥行き方向に傾くディスプレイを実現した. 大学生 13 名 (男性 12 名, 女性 1 名, 平均年齢 21.3 歳,  $SD = 0.61$ ) に対して実験を行った. 実験条件は, 表 1 に示すターゲット幅 $W$  2 条件, スタート・ターゲット間の距離 $A$  2 条件, ディスプレイの角度 6 条件を組み合わせた計 24 条件である. 実験では白色のスタート, 赤色のターゲットの順にタップする動作を 16 試行行う. この動作を実験条件ごとに行い, このときの各試行の $T$ を計測する.

### 3. 実験結果

実験結果を図 2 に示す. 図中誤差棒は標準偏差である. 手前側に傾く場合, 図 2 (a) から, 角度が大きくなっても,  $T$  の差はない. 奥側に傾く場合, 図 2 (b) から, 角度が大きくなるにつれて $T$ は増加傾向がある. このことから実際に表示されるターゲット幅 $W$ ではなく操作者の視線から見えるターゲット幅が $T$ に影響を与えるのではないかと考えた.

### 4. タッピング時間のモデル化

従来の Fitts の法則においてのタッピングタスク難易度を予測するモデルは次の式で表される.

$$ID = \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) \quad (1)$$

ターゲットを見る視線の角度がターゲットからの法線の角度に近づくにつれて $W$ が本来の長さに見えることから, 本稿では, この $W$ を操作者の視線からディスプレイを見たときのターゲット幅

$$W_{\text{eyes}} = W \cdot \sin(\theta_{\text{eyes}} + \theta) \quad (2)$$

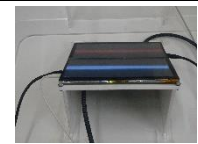
によって置き換える. ここで $\theta$ は水平面とディスプレイが成す角度であり, ディスプレイが手前側に傾く場合の角度を $+\theta$ , 奥側に傾く場合の角度を $-\theta$ とする. また,  $\theta_{\text{eyes}}$ は水平面と視線が成す角度である.  $\theta_{\text{eyes}}$ の算出では, ディスプレイからの目の高さが個人によって異なることから, 日本人の座位姿勢における座面からの目までの高さの平均と座面からの

表 1: 実験条件

幅 $W$ (mm)	距離 $A$ (mm)	角度 ( $^{\circ}$ )
10	60	平面 0
15	120	手前 15, 30, 45
		奥 15, 30

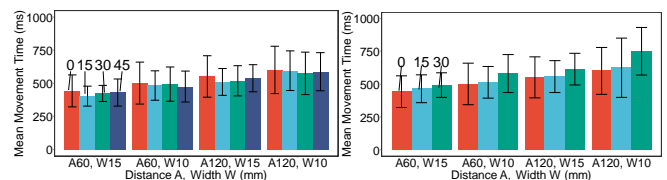


(a)手前側 15°



(b)奥側 30°

図 1: 実験環境



(a)手前側

(b)奥側

図 2: 角度と条件ごとの平均タッピング時間

肘の高さの平均 [3] を用いた. その結果, 本稿では  $\theta_{\text{eyes}} = 64.6^{\circ}$  を採用した.

式(1), 式(2)から奥行き方向の傾きでのタッピングタスク難易度を予測するモデルは以下で表される.

$$ID_{\text{eyes}} = \log_2 \left( \frac{A}{W_{\text{eyes}}} + 1 \right) \quad (3)$$

手前側に傾く場合,  $ID$  を説明変数として $T$ に対する単回帰分析を行った結果  $R^2 = 0.95$  となり, 従来の Fitts の法則でも十分に予測可能であると言える. 一方,  $ID_{\text{eyes}}$  で同様に単回帰分析を行った結果  $R^2 = 0.97$  となり, 予測精度が少し向上した. 奥側に傾く場合も同様に単回帰分析を行った結果, 従来の  $ID$  では  $R^2 = 0.74$  となり, 十分に予測可能であるとは言えない. しかし, 本稿で提案した  $ID_{\text{eyes}}$  では  $R^2 = 0.95$  となり, 十分に予測可能であることが示された.

### 5. おわりに

本稿では奥行き方向に傾いたディスプレイのタップ操作における $T$ を調査し,  $T$ を予測するモデルを構築した. その結果, 本稿で提案する  $ID_{\text{eyes}}$  を用いることで, ディスプレイが奥側に傾く場合での $T$ を予測可能であることが示された.

### 参考文献

- [1] Alexander, J., et al., Proc. MobileHCI, pp.161–170, 2012.
- [2] MacKenzie, I. S., Human-Computer Interaction, Vol.7, No.1, pp.91–139, 1992.
- [3] 産総研 AIST 人体寸法データベース 1991-92.