

# 母音, 子音の順に選択を行う 間接タッチ用かな文字入力手法



情報メディア創成学類 和田 優斗 (IPLAB)

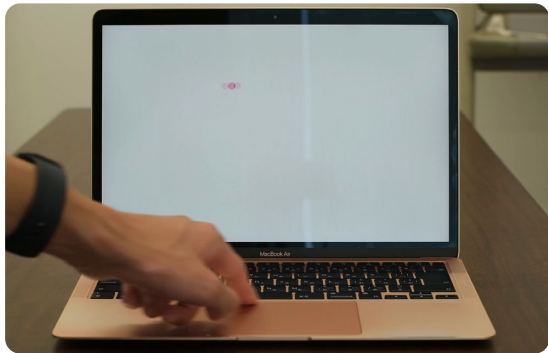
指導教員：志築 文太郎, 川口 一画 / 2025/2/10 卒業研究最終発表会

本研究に関する発表：日本ソフトウェア科学会 WISS 2024 (登壇発表)

## 1. 背景 (1/4)

# 間接タッチ

出力面とは別の入力面を介して行われるタッチ



### 利用

- ・ 従来：トラックパッド, ペンタブレットの操作
- ・ 近年：**大画面, HMD** の操作<sup>[1]</sup>

### 利点

- ・ 垂直な画面のタッチ時に**腕を持ち上げる疲弊**を抑制<sup>[2]</sup>
- ・ 出力面の表示を縮小しても入力精度への影響は軽微<sup>[3]</sup>

[1] Yang et al. Investigating Gesture Typing for Indirect Touch. IMWUT, Vol. 3, pp. 117:1–117:22, 2019.

[2] Voelker et al. Combining Direct and Indirect Touch Input for Interactive Workspaces using Gaze Input. SUI'15, pp. 79–88, 2015.

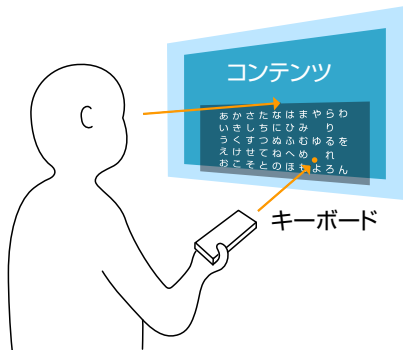
[3] Jérémie Gilliot, et al. Impact of Form Factors and Input Conditions on Absolute Indirect-touch Pointing Tasks. CHI '14, pp. 723–732, 2014.

# 1. 背景 (2/4)

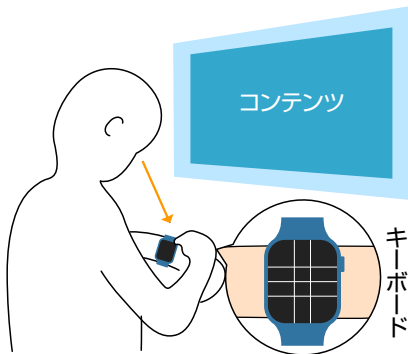
## 間接タッチ × 文字入力

出力面上の他の要素を見ながら 文字入力が可能

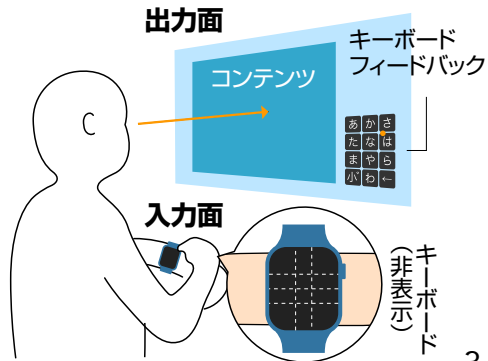
キーボードをポインティング  
➔ キーボードが画面を遮蔽



手元の端末を直接タッチ  
➔ コンテンツが見られない



手元の端末を間接タッチ  
➔ これらの問題を解消



## 1. 背景 (2/4)

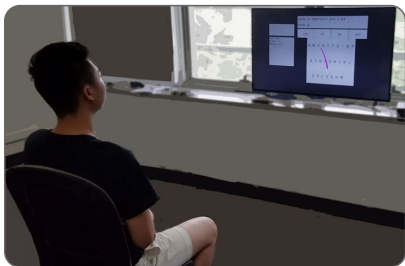
**間接タッチでは入力面を  
直接視認しないため  
キーへの正確なタッチダウンが困難<sup>[4]</sup>  
➡ キーを直接タッチする手法  
(例：フリック入力) は操作が難しい**

# 1. 背景 (3/4)

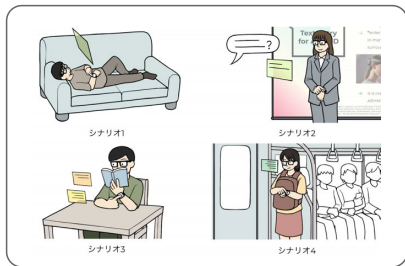
## 間接タッチ用の英文字入力手法

- ・ 出力面にキーボードおよびポインタを表示
- ・ 間接タッチを通じてポインタを操作してキーを選択

### G-keyboard [1]



### 日常利用の拡張現実感環境における タッチタイピング可能な文字入力システム [5]



### HoldBoard [6]



[5] 川瀬ら. 日常利用の拡張現実感環境におけるタッチタイピング可能な文字入力システム. MR2022-10, pp. 30-35, 2022.

[6] Sunggeun et al. Typing on a Smartwatch for Smart Glasses. ISS '17, pp. 201-209, 2017.

## 1. 背景 (3/4)

- **QWERTY キーボードを使用**  
日本語入力に非対応 or  
複数回タッチが必要であるため非効率
- **間接タッチ向けに設計された  
日本語文字入力手法は未提案**

[4] 川瀬ら. 日常利用の拡張現実感環境におけるタッチタイピング可能な文字入力システム. MR2022-10, pp. 30-35, 2022.

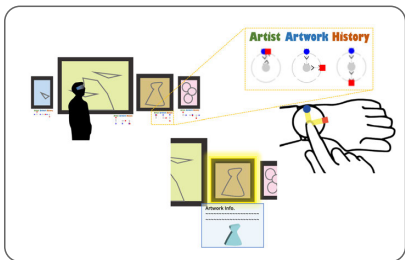
[5] Ahn et al. Typing on a Smartwatch for Smart Glasses. ISS '17, pp. 201-209, 2017.

# 1. 背景 (4/4)

## スマートウォッチ, ベゼルを用いた入力

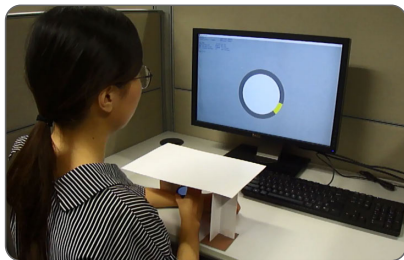
### GestureMark<sup>[7]</sup>

スマートウォッチによる  
xR ターゲット選択



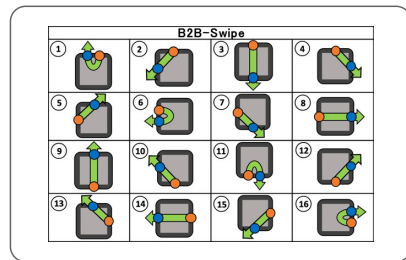
### BIS<sup>[8]</sup> (Bezel-initiated Swipe)

ベゼルからのスワイプ  
➡ 入力面を視認せずにジェスチャを実行可能



### B2B-Swipe<sup>[9]</sup>

ベゼルが始点/終点  
➡ 入力面を視認せずにジェスチャを実行可能



[7] Lee et al. GestureMark: Shortcut Input Technique using Smartwatch Touch Gestures for XR Glasses. AHs '24, pp. 63–71, 2024.

[8] Wong et al. Exploring Eyes-free Bezel-initiated Swipe on Round Smartwatches. CHI' 20, pp. 1–11, 2020.

[9] Kubo et al. B2B-Swipe: Swipe Gesture for Rectangular Smartwatches from a Bezel to a Bezel. CHI '16, pp. 3852–3856, 2016.

## 2. 手法 (1/5)

---

# Flick-in : 間接タッチ用かな文字入力手法

スマートウォッチを用いて間接タッチを実施



ベゼルおよび画面中央には、母音が割り当てられている



0: スタート (サンプル)

出力面

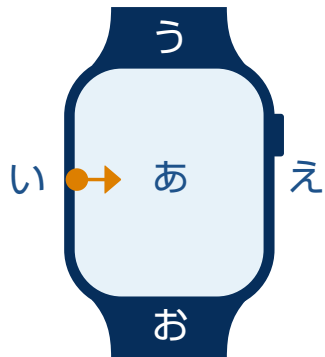
あ	か	さ
た	な	は
ま	や	ら
わ	わ	←

タッチダウンまたはスライドインにより母音を選択した時点にて、  
タッチ位置を示すポインタが出力面に表示される

## 2. 手法 (4/5) 設計の特徴

### 母音選択の先行 + ベゼルからのスライドイン (BIS)

- ・ 画面を視認せず正確なタッチは困難<sup>[9]</sup>
- ・ 入力方向が少ない BIS は正確に実行可能<sup>[7]</sup>



本手法

**母音：BIS** に割当

**子音：ポインタ操作 + タッチアップ**により選択

➔ **入力面を視認せず, 母音, 子音を正確に入力可能**



さ  
は  
ら  
←  
か  
な  
や  
わ  
あ  
た  
ま  
小

## 3. 実験 1 (1/7)

---

### 実験目的

間接タッチ, 直接タッチでの Flick-in の性能評価

### 実験内容

#### 文字入力タスク

- ・「可能な限り早く, 正確に」課題文を転写
- ・参加者内計画 (研究室内 12 人, 平均 22.8 歳)

独立変数：**タッチ × 手法**

### 3. 実験 1 (2/7) 独立変数①

## タッチ



### 3. 実験 1 (3/7) 独立変数②

## 手法

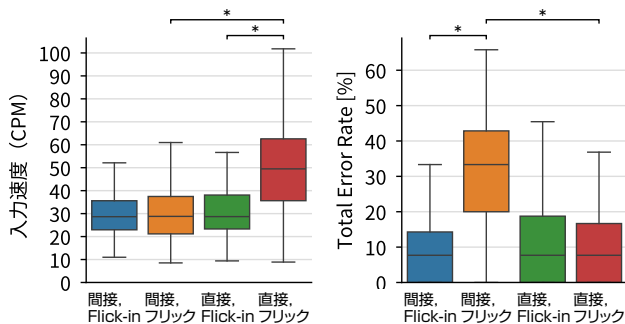


### 3. 実験 1 (4/7) 評価指標

---

入力速度	<b>Characters Per Minute (CPM)</b> 1分あたりの入力文字数
エラー率	<b>Total Error Rate (TER)</b> 全体に対する誤入力した文字数
ユーザビリティ	<b>System Usability Scale (SUS)</b> ユーザビリティの評価指標
作業負荷	<b>NASA-Raw Task Load Index (NASA-RTLX)</b> メンタルワークロードの評価手法

### 3. 実験 1 (5/7) 結果 (入力速度, エラー率)



	CPM	TER
間接, Flick-in	29.5 CPM	10.0%
間接, フリック	31.4 CPM	32.3%
直接, Flick-in	30.8 CPM	11.8%
直接, フリック	51.2 CPM	10.8%

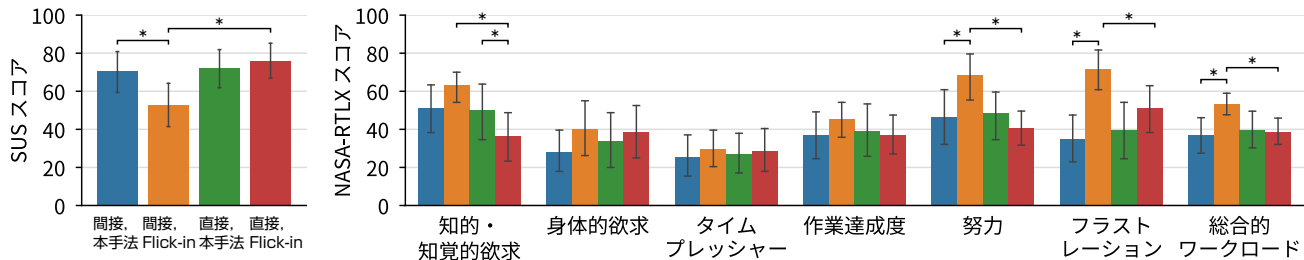
#### 間接タッチ

本手法はフリック入力と比べて

入力速度が同程度でありながら, エラー率が有意に低い

➔ 間接タッチにおける **Flick-in** の有用性が示唆

### 3. 実験 1 (6/7) 結果 (ユーザビリティ, 作業負荷)



#### 間接タッチ

本手法はフリック入力と比べて

ユーザビリティが有意に高く、作業負荷が有意に低い

➔ 間接タッチにおける Flick-in の有用性が示唆

### 3. 実験 1 (7/7) 結果 (好み)

---

間接タッチ

**Flick-in 11名    フリック入力 1名**

#### 本手法の選択理由

誤入力が少ない, 触っている位置が分かりやすい

指の開始位置を判断しやすい, タッチ時にキーを選択しなくてよい

正確にキーを選択できる, ミスタッチした際にリカバリできる

直接タッチ

**Flick-in 6名    フリック入力 6名**

#### 本手法の選択理由

誤入力が少ない, キーの小ささが気にならない

どのキーを選択しているか把握できる, 端のキーが選択しやすい

## 4. 実験 2 (1/6)

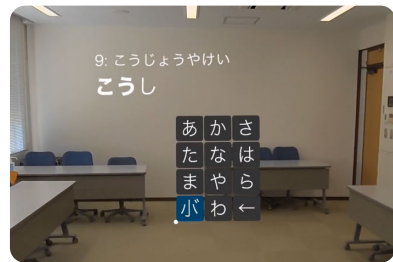
### 実験目的

## MR 環境での Flick-in の性能評価

### 実験内容

## 実験 1 と同様の文字入力タスク

- ・ 参加者内計画 (学内 12 人, 平均 22.8 歳)  
独立変数: **姿勢** × **サイズ**
- ・ 倫理審査委員会の承認を経て実施



## 4. 実験 2 (2/6) 独立変数①

### 姿勢 操作時の姿勢

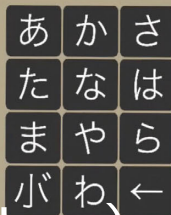


## 4. 実験 2 (3/6) 独立変数②

### サイズ 仮想空間に表示されるキーボードのサイズ

3: はるかぜがふく

はるかぜがふく



中 (64 dmm)

3: はるかぜがふく

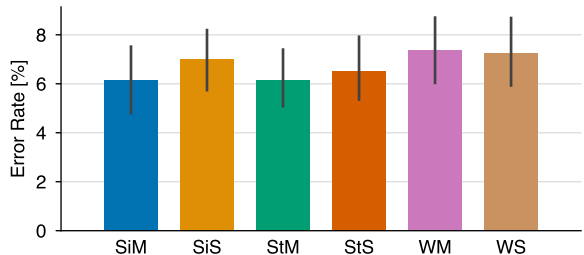
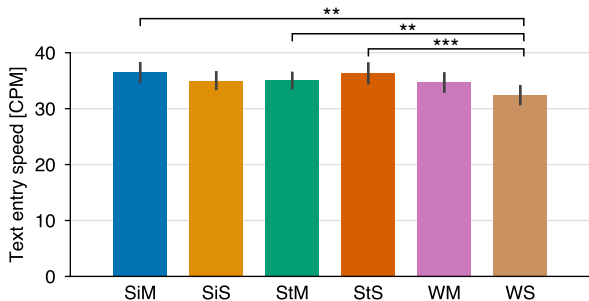
はるかぜがふく



小 (24 dmm)

dmm (distance-independent millimeter) : 1m の距離で 1mm に見えるサイズ

## 4. 実験 2 (4/6) 結果 (入力速度, エラー率)



**CPM**      **TER**

座位, 中	36.5 CPM	6.14%
座位, 小	34.9 CPM	7.02%
立位, 中	35.1 CPM	6.16%
立位, 小	36.4 CPM	6.53%
歩行, 中	34.7 CPM	7.37%
立位, 小	32.4 CPM	7.23%

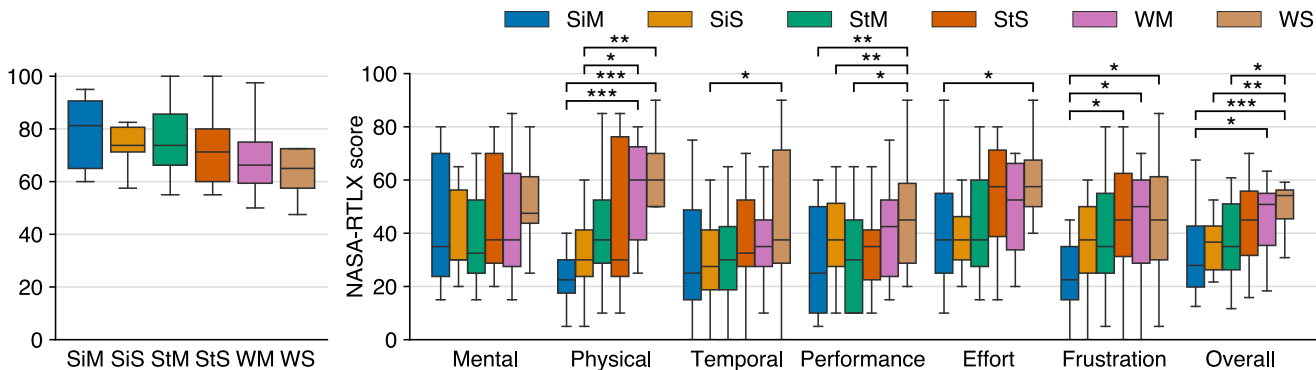
**姿勢：入力速度**

歩行は他姿勢より有意に遅い  
減少幅は軽微 (2 CPM 程度)

**姿勢：入力速度, サイズ**

有意差なし

## 4. 実験 2 (5/6) 結果 (ユーザビリティ, 作業負荷)



姿勢

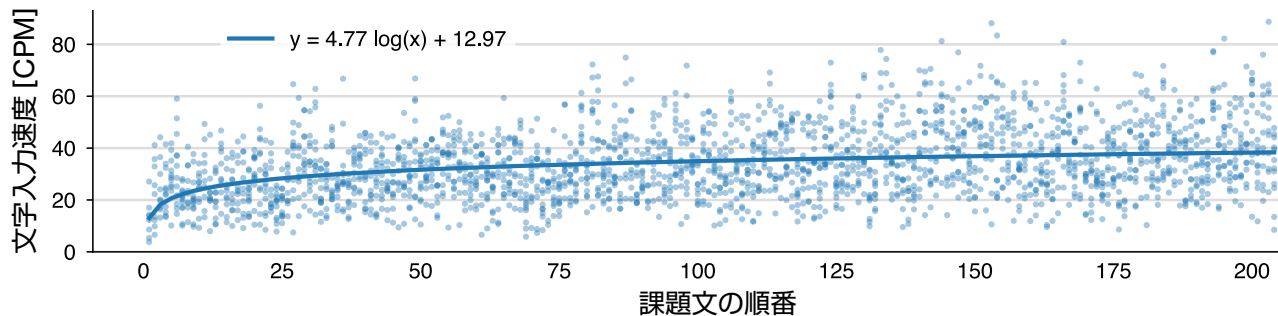
ユーザビリティ：歩行は座位よりも低い

作業負荷：歩行は座位、立位よりも高い

サイズ

有意差なし

## 4. 実験 2 (6/6) 結果 (習熟)



母音, 子音の入力順が通常の手法と異なるが,  
**200 回程度の入力にて 40 CPM 程度を記録**

**➡ 限られた練習量にて Flick-in を利用可能**

## 5. 議論 (1/2) 考察

### 実験1

間接，直接タッチ両方にて同等の性能

### 実験2

**小さなキーボードフィードバックでも機能**

➔ 画面遮蔽の抑制，AR グラスでも使用可能

**歩行時**にも安定したパフォーマンスを記録

### 改善点

**母音入力時のスライドインの始点**について

複数名が「混乱した」と回答

➔ **スライドイン方向の再検討が必要**

## 5. 議論 (2/2) 本研究の限界

---

- ・ 初の間接タッチ用の日本語入力手法としてフリック入力を反転させた Flick-in を開発
  - ➔ **間接タッチに最適な設計であるかは未検証**  
**他手法との比較実験が必要**  
(例：QWERTY×ポインタ)
- ・ 日本語には漢字，アルファベット等が存在
  - ➔ **実用にはかな漢字変換の実装が必要**

## まとめ

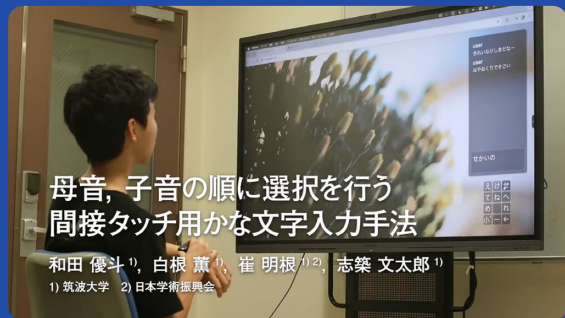
# 母音, 子音の順に行う 間接タッチ用かな文字入力手法 を提案

母音選択の先行 + ベゼルからのスライドイン

➡ 入力面を視認せず, 母音, 子音を正確に入力

## 評価実験

- ・ 外部モニタを使用した間接タッチ時に  
29.5 CPM, TER 10.0% を記録
- ・ MR 環境にて  
36.5 CPM, TER 6.14% を記録



母音, 子音の順に選択を行う  
間接タッチ用かな文字入力手法

和田 優斗<sup>1)</sup>, 白根 薫<sup>1)</sup>, 崔 明根<sup>1)2)</sup>, 志築 文太郎<sup>1)</sup>

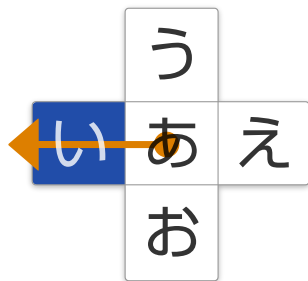
1) 筑波大学 2) 日本学術振興会

## 補足資料：設計の特徴②

### 母音

## スライドインの始点をフリック方向と共通化

フリック入力



本手法

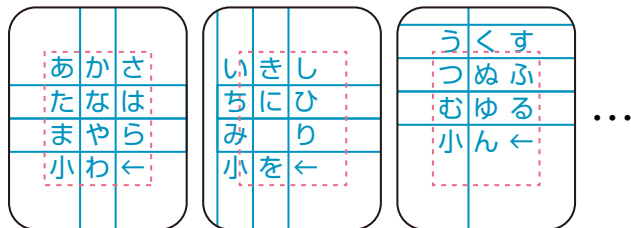


### 子音

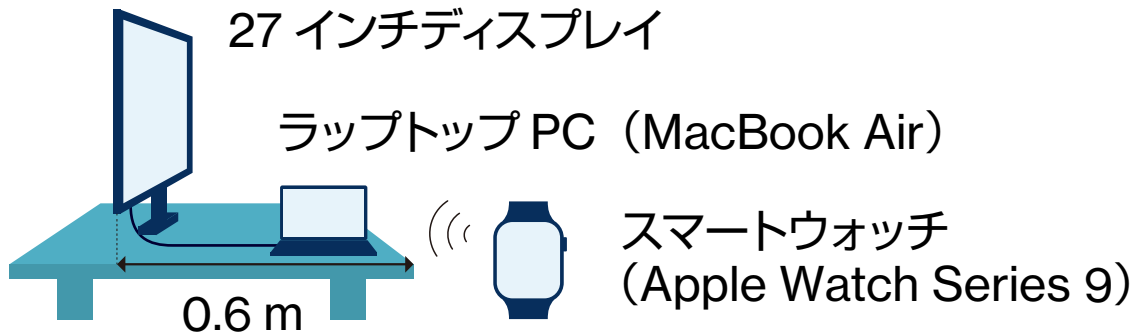
## + フリック配列を採用

### 子音の判定領域

始点方向に判定領域が移動



## 補足資料：実装



### アプリケーション

- ・実装：Swift, Swift UI
- ・通信：Bluetooth Low Energy (近距離無線通信技術)

### 1. 実験説明

### 2. 実験前アンケート

### 3. タスク説明

### 4. 実験 (4 セッション)

セッション順序は

ラテン方格法に基づいて決定

### 5. 実験後アンケート

#### 実験タスク

指示「可能な限り早く、正確に」

- ・ **練習タスク**：練習文 12 文
- ・ **本番タスク**：課題文 28 文

#### 課題文セット

かな短文 × 4 セット

例「はるのおとずれをかんじる」

# 可能な限り早く、正確に文字入力を行う

実験参加者は、全課題文について以下を実施

1. 表示された課題文を入力
2. 入力完了と判断したら竜頭を回転 → 次の課題文を表示

### 課題文セット

- ・ 日本語短文 28 文 × 4 セット（例：はるのおとずれをかんじる）
- ・ 構成文字：ひらがな（清音，濁音，半濁音，捨てがな）＋長音
- ・ 条件       ： セット毎に同じ文字数，全体で 50 音を最低 1 文字含む