

HapTalker :

視覚障害者のための電子書籍向け 文選択ユーザインタフェースの評価

中井 峻日,^{†1,a)} 伊藤 精英,^{†1,b)} 柳 英克,^{†1,c)} 美馬 義亮,^{†1,d)}

概要: 本研究の目的は視覚障害者の読書環境の改善である。目的達成のため、視覚障害者向け電子書籍リーダー「HapTalker」の文選択 UI (ユーザインタフェース) の設計と評価を行った。電子書籍はテキスト読み上げ機能を含む視覚障害者サポートを利用することで視覚障害者でも扱うことが可能である。その為、墨字を読むことが困難な視覚障害者にとって、電子書籍は情報を得るのに非常に重要な役割を果たしている。しかし、視覚障害者にとって電子書籍の文へアクセスがしづらいという問題がある。その原因として、視覚障害者向けのサポート機能が、晴眼者向けの機能や UI を基盤に、設計されていることが挙げられる。そこで、本研究では中井 (2018) で提案した視覚障害者に特化した革新的な電子書籍リーダーの評価を行った [1]。また、快適な操作に適した配置間隔の検討した。加えて、中井 (2019) で提案した文選択に発生する時間を予測するためのモデル式を改良し、その過程で得た知見から視覚に依存しない電子書籍リーダーの UI のデザインガイドラインを提案した [2]。

1. 研究の背景と目的

本研究の目的は視覚障害者の読書環境の改善である。目的達成のため、視覚障害者向け電子書籍リーダー「HapTalker」の文選択 UI (ユーザインタフェース) の設計と評価を行った。なお、本研究で設計する HapTalker はタッチスクリーンデバイス上で動作するアプリケーションである。読書環境改善の背景には、Kindle や iBooks といった電子書籍リーダーの出現による電子書籍の普及がある [3][4]。電子書籍とはタッチスクリーンデバイスや PC で読む、テキストを中心とした電子出版物のことである。電子書籍はテキスト読み上げ機能などの視覚障害者サポートを利用することで視覚障害者でも扱うことが可能である [5]。その為、墨字を読むことが困難な視覚障害者にとって、電子書籍は情報を得るのに非常に重要な役割を果たしている。しかし、電子書籍において、視覚障害者向けの機能や UI に重大な問題がある [6][7]。具体的には、晴眼者よりも機能を扱うのに多大な手間や時間がかかるといった問題である。例として、ページ概念の扱いと文の配置の問題を挙げる。現行の

電子書籍は文章がページ単位で切り分けられており、スワイプによってページを切り替えて読み進めることが可能である。晴眼者の場合、スキミングによって、どのページにどんな内容が記されているのかを瞬時に捉えることが可能である。スキミングとは、「大まかな内容をつかむために文章などにさっと目を通すこと」を指す。しかし、視覚障害者はスキミングを行うことが困難な為、どのページにどんな内容が記されているのかを捉えるのに時間がかかる。また、図 1 のように文が画面の絶対座標上に配置されている点も重大な問題として挙げられる。読み上げ機能を用いて電子書籍を利用する場合はアクセス先の文をドラッグによりポインティングする手間が発生する。これらの問題の原因として、晴眼者向けの機能や UI を基盤に、視覚障害者向けのサポート機能が設計されていることが挙げられる。この原因に着目し、本研究では視覚障害者に特化した革新的な電子書籍リーダーの設計を行った。また、設計は視覚障害者に対するインタビュー評価の結果を参考にした。設計方針は、晴眼者が汲み取っている書籍が持つ状態の情報を分析し、音や振動などを用いて視覚障害者が理解できる形で表現することとした。加えて、アクセス対象をタッチ座標に基づき相対配置することにより、前述の絶対座標による配置の問題を解消した。研究目標は視覚障害者が従来よりも快適かつ日常的に電子書籍を利用できる環境の構築であ

^{†1} 現在、公立はこだて未来大学
Presently with Future University Hakodate

a) g2118027@fun.ac.jp

b) itokiyo@fun.ac.jp

c) yanagi@fun.ac.jp

d) mima@fun.ac.jp

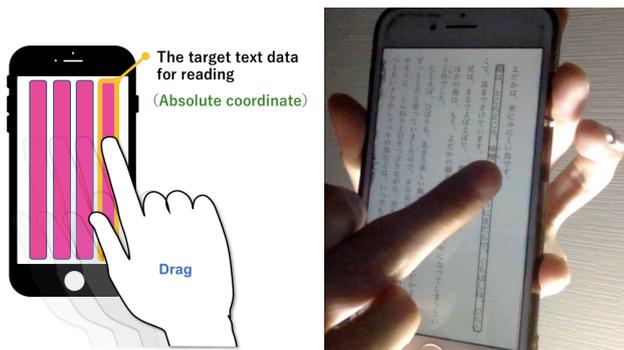


図 1 スクリーンの絶対座標上に 図 2 Kindle で読み上げ対象を
文が配置 指で探る様子

る。既に読んだ小説を読み返す際や章立てされた専門書の項目を索引する際の情報探索に役立つ仕組みを搭載する。

中井 (2018) では 3 つのコントロールと視覚障害者によるフィードバックについて述べた [1]。本論文では中井 (2018) で紹介した 3 つのコントロールに加えて、快適な操作に適した配置間隔の検討結果と、HapTalker における文の選択にかかる時間の予測モデルについて述べる [1]。なお、本稿で述べる予測モデルは Nakai (2019) で提案した予測モデルを改良したものである [2]。ならびに、実験から得た知見を元に作成した設計ガイドラインを述べる。

2. 関連事例

2.1 市販のタッチスクリーンデバイス用電子書籍リーダー

市販のタッチスクリーンデバイス用の電子書籍リーダーとしては Kindle (図 2) や iBooks などがある [4]。視覚障害者の多くは、VoiceOver などのテキスト読み上げ機能を利用することで、電子書籍を読むことができる。これらの電子書籍は、録音された音声ではなく、テキストベースのコンテンツであるため制作が容易である [8]。しかし、検索対象が絶対座標上に配置されており、作業目的を達成するまでのステップが晴眼者に比べて多い [9]。VoiceOver ではフリックやローターなどの画面全体を対象としたタッチジェスチャも UI に取り入れられている。このようなタッチジェスチャベースの UI は前述のボタンベースの UI とは異なり操作対象を探るステップが発生しない為、視覚障害者にとって比較的扱いやすい。しかし、現状、タッチジェスチャが電子書籍リーダーの機能に適切に対応しているとは言い難く目的に対する操作ステップが多い。例えば、Kindle において 3 本の指を用いてフリックすることによりページ送りが可能である。しかし、フリックでページ送りをする場合、大掛かりなページの移動時に多大な操作ステップが発生する。例えば、30 ページ移動する場合には、30 回フリックを行う必要がある。このような現状から、より少ない操作ステップで電子書籍を利用できる設計が求められている。

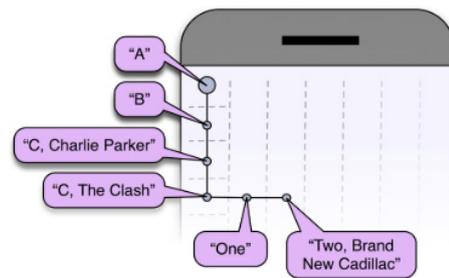


図 3 Shaun K. Kane ら (2008) が提案したメニューの操作方式
(引用元 : [10])

2.2 視覚障害者向けメニュー操作手法の研究

Shaun K. Kane ら (2008) はタッチジェスチャにより、視覚を用いずにメニューやアプリケーションを操作する手法を提案している [10]。この手法では、ドラッグとフリックの 2 種類のタッチジェスチャにより「音楽」や「メール」、「電話」などの様々なアプリケーションの操作を可能としており汎用性が非常に高い。図 3 は音楽アプリを利用する際の指の軌跡を表している。縦のドラッグでアーティストを選択し、横のドラッグで曲の選択が可能である。しかし、項目が画面の絶対座標上に配置されているため、一面面に収まらない数の項目をメニューに取り込みにくい。

3. HapTalker の設計

3.1 概要

HapTalker は iOS のタッチスクリーンデバイス上で動作するアプリケーションである。以下では HapTalker の設計コンセプトを述べる。

対象ユーザ

後天性全盲の視覚障害者を HapTalker の対象ユーザとした。対象ユーザを後天性全盲の視覚障害者とした理由として先天性の視覚障害者と比較して点字の識字率が低いため音声媒体の書籍の需要が高いことが挙げられる。点字の識字者は点字の印刷物や Canute 360 などを利用して読書が可能である [11]。そのため、点字識者と比較して、点字の非識字者にとって音声媒体の書籍の需要は高いと言える。加えて、設計のしやすさが挙げられる。後天性全盲の視覚障害者は先天性全盲の視覚障害者と比較して、晴眼者とメンタルモデルが近いと考える。晴眼者とメンタルモデルが近いユーザほど設計の難易度が低いと考え、第一の対象ユーザを後天性の視覚障害者とした。

相対座標の利用

視覚障害者が扱いやすいよう聴覚や触覚を利用した視覚非依存の UI を構築した。一般的な UI はスクリーン上の特定の位置に存在するボタンに対して操作を行う。しかし、このような従来の UI では視覚を用いずに瞬時にボタンの位置を特定するのが困難なため、視覚障害者にとって扱いづらい [12]。この問題に着眼し、HapTalker はスクリーン

のどの位置から操作を開始しても、同様のフィードバックが得られる UI となることを目指した。最初にタッチしたスクリーンの座標を基準に読み上げ対象のテキストが相対配置される。

なにも表示しないスクリーン

HapTalker は全盲の視覚障害者を対象ユーザとしている。対象ユーザはスクリーン内に表示された文字や図を視覚によって認識することが出来ない。そのため、HapTalker はスクリーンに視覚的な情報を表示することを前提としない設計にした。

ページ概念の排除

内容にアクセスする手段として、ページの概念を取り扱わないこととした。スクリーン上に文字を表示する場合、表示できる文字の数には限りがある。そのため、従来は書籍に記されたテキストをページという単位に切り分けて表示していたと考えた。スクリーン上に文字を表示しないことから、ページという視覚的な大きさをもった領域に、テキストを割り当てるといった概念は無用のものとなる。ページにはテキストにアクセスしやすくなるという長所がある。しかし、どんな内容が書かれているかをページ数から予測することは困難である。ページよりも、章、節、段落、文などのテキストの内容に沿って区切った単位の方が、内容の特定が容易である。故に、HapTalker ではページを扱わず、代わりにテキストの内容に沿って区切った単位を扱う。

3.2 開発環境

HapTalker の開発には、iOS アプリケーション開発用のプログラミング言語である Swift4 を用いた。

3.3 コントロールのプロトタイプ

HapTalker を実現するために、考案した GUI におけるコントロールに対応する機能のプロトタイプを制作した。UI を3種類用意し、それぞれ直線型、ダイヤル型、ドアノブ型と名付けた。本論文では直線型における読み上げ対象を1文ごとに選択する機能について述べる。ダイヤル型、ドアノブ型のコントロールおよび章、節、段落ごとの選択については本論文では取り扱わない。なお、各 UI には以下が共通している。

- 読み上げ対象の選択時に操作を中断すると、次回は操作を中断した文から選択を再開する
- 読み上げ開始時に選択している対象が何文目なのかを音声により通知する
- 1文目より前などの、読み上げる対象がないところを選択しようとするすると警告音を出す
- 選択時に微細な振動でフィードバックする

なお本プロトタイプは iPhone8 での使用を想定して設計されている。

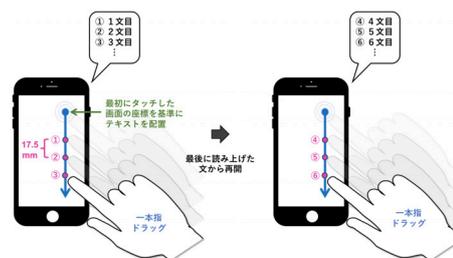


図 4 1本の指を使った下向きドラッグによる読み上げる文の昇順選択

直線型コントロール

直線型は直線状にドラッグすることによって電子書籍の要素を操作する UI である (図 4)。直線のドラッグは、タッチスクリーンデバイスにおいて頻繁に扱われるタッチジェスチャであることから操作難易度が低く扱いやすいと判断した。

- 1本の指で下向きにドラッグすると読み上げる1文を昇順に選択する (図 4)
- 1本の指で上向きにドラッグすると読み上げる1文を降順に選択する

文を選択する操作に X 座標ではなく、Y 座標を採用した理由としては、iOS デバイスのスクリーンが縦に長いことが挙げられる。文を選択する操作に X 座標を用いた場合、最大の移動量が Y 座標を用いた場合に比べて小さくなる。このため、一度のドラッグで選択できる文数が多くなるように、X 座標ではなく Y 座標を採用した。

昇順にテキストを移動するにあたり、下向きのドラッグを採用した目的は、晴眼者が紙媒体の書籍を読む感覚に近づけることにある。晴眼者が書籍を読む時、横書きのテキストは徐々に下の行へ向かって読んでいく。このため、昇順の移動には下向きのドラッグを採用した。降順にテキストを選択するにあたり、上向きのドラッグを採用した理由も同様である。

4. 視覚障害者によるフィードバック

インタビューによる HapTalker の評価実験を行った。ここでは、全盲の視覚障害者をインタビュー対象に選んだ。

4.1 インタビューの概要

本インタビューの目的は HapTalker の機能および操作方法が全盲の視覚障害者にとって有用なものであるかどうかを質的に評価することである。インタビュー対象は HapTalker の対象ユーザである後天的全盲視覚障害者とした。2017年12月16日に函館市内に在住する函館盲人協会に所属するマッサージ師の男性2名に対して、日常生活などの基礎調査を含めた4時間程度の半構造化インタビューを行った。1名はタッチスクリーンデバイスを用いて電子書籍を日常的に読んでいた。もう1名は電子書籍を読んだ

ことがなかった。その2名に対し、ユーザビリティテストなどのテスト項目を設けず、ラフにプロトタイプを使用してもらい口頭でフィードバックを得た。なお、実験後には被験者に対し謝金と交通費を支給した。

4.2 インタビューによる評価結果

HapTalker のコンセプト、機能、操作方法に関して以下のフィードバックを得た。「ページのコネクションがないことについてはどう思うか？」という問いに対して「ページのコネクションがあった方がよい」というコメントが寄せられた。理由としては「読んだ内容や読んでいる状況を他人に説明しやすいから」、「書籍のイメージが湧きやすく」、「HapTalker の構造が理解しやすいから、書籍を読んでいる感覚に浸りやすいから」という意見が挙げられた。書籍のもくじも上記の条件を満たすことから章や節、段落などの書籍の構造に沿って文を分割する仕組みがあればページの代替になることが推測される。ボタン指向ではなくスクリーン全体に対してタッチジェスチャで操作を行うことに対してはどう思うか？という問いに対しては「ボタン指向の操作と比較すると扱いやすい」というコメントが寄せられた。直線型コントロールについては「操作がシンプルで扱いやすい」というコメントが寄せられた。加えて、無駄な機能がなく、シンプルであることが評価された。

5. 文の配置間隔の検討

本実験の目的は、HapTalker の直線型の UI における適切な文の配置間隔を検証することである。ベストな入力解像度とテキストの実用的なアクセス速度モデルの確立を目指した。文の配置間隔の検討を行った。スクリーンサイズは有限である為、直線型の場合、文の配置間隔と一回のドラッグで移動できる文の量は反比例の関係にある。その為、文の配置間隔が広いほど、ターゲット文へ辿り着くまでのドラッグ回数は増加する。また、ドラッグの回数の増加は操作のロス時間に影響を及ぼし、アクセスがしづらくなると考える。しかし、文の配置間隔が狭いと操作ミスが生じやすくなる。本実験における操作ミスとは、ターゲット文に移動を試みた時に誤って他の文に移動する行為を指す。例えば1文目から10文目に移動する場合に、誤って11文目以降に移動した場合は1回の操作ミスとカウントする。ただし、8文目や9文目などのターゲット文に進む過程で文が読み上げられた場合は操作ミスとカウントしない。故に、文の配置間隔は操作時間と操作ミスの関係を踏まえ慎重に検討すべきだと考えた。

5.1 実験の概要

本実験では文の移動タスクの処理を通じて7種類の配置間隔におけるアクセスのしやすさを被験者内で比較して評価した。各タスクは「一文目から二文目に移動せよ」など

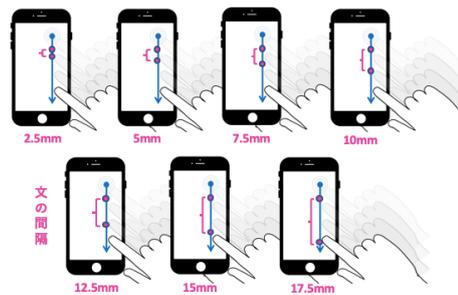


図5 検証対象である7種類の文配置間隔(直線型)

と現在選択している文とターゲット文の番号を伝えながら実験者が口頭で移動を指示する形式である。直線型には2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5(単位:mm)の配置間隔を用意した(図5)。また、アクセスのしやすさの評価指標は、移動タスクの処理時間と、その間に発生した操作ミス回数とした。実験対象は、後天性全盲の視覚障害者が望ましかったが、実験協力が困難だったため、晴眼かつ20歳前後の男女計9名とした。被験者にはアイマスクを着用してもらい、移動量が異なる8種類のタスクを処理してもらった。各タスクの移動量は1, 2, 4, 8, 16, 32, 64(単位:文)であった。タスクは、実際の読書を想定した文選択タスクではなく、単に文の集合から指定した文を選択するようなタスクである。そのため、文の移動時に文の内容を完全に聞き終えて移動する必要はなく、被験者は文の読み上げ開始時にHapTalkerが発生する文番号によって選択状況を把握する。実験の際には各タスクはランダムでは移動量が昇順になるように提示した。また、直線型については実験後に、リッカート尺度を用いて各配置間隔ごとの快適性を5段階で評価してもらった。なお、実験前に1~2分程度、操作練習を被験者にさせた上で行った。なお、謝金および交通費は被験者に支給しなかった。また、筐体にはiPhone8を用いた。

5.2 実験の結果

文間隔ごとの平均タスク処理時間を図6に示す。直線型のタスク処理時間に対し、Shapiro-Wilk検定を行った結果、直線型は $p \geq .05$ となり正規分布でないとは言えない結果となった。また、分散分析の結果、直線型において各文間隔において有意差が認められなかった。文間隔ごとの操作ミスの平均発生回数を図7に示す。Shapiro-Wilk検定の結果、直線型は2.5mmと7.5mmに限り $p \geq .05$ となり正規分布でないとは言えない結果となった。また、その他の文間隔においては非正規分布であること示唆された。非正規分布の群が含まれているため、直線型の操作ミス回数はノンパラメトリック手法で分析を行うこととした。Friedman検定を全体に対し行ったところ、 $p < .01$ となり、有意差があることが明らかになった。更に、Steel-Dwass法による多重比較を行った結果、2.5mm-12.5mm, 2.5mm-17.5mmの

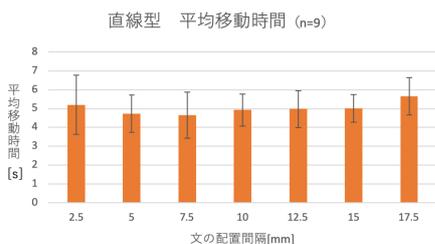


図 6 文間隔ごとの平均移動時間（直線型）

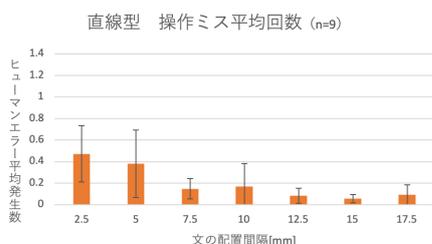


図 7 文間隔ごとの操作ミスの平均発生回数（直線型）

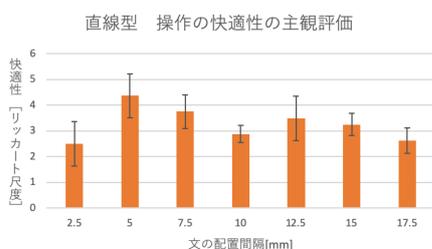


図 8 各文間隔ごとの快適度（直線型）

群間において $p < .05$ となり有意差が認められた。直線型の文間隔ごとの快適性を図 8 に示す。また、Shapiro-Wilk 検定の結果、 $p < .05$ となり各文間隔は非正規分布であることが示唆された。次に、Friedman 検定を全体に対し行ったところ、 $p < .01$ となり、有意差があることが明らかになった。Steel-Dwass 法による多重比較を行った結果、2.5mm-5mm、5mm-17.5mm の群間において $p < .05$ となり有意差が認められた。また、5mm の間隔は移動量が少ない場合に文の選択がしづらいが、7 種類の中では最も扱いやすいと 5 名がコメントした。以上の結果から直線型において文の配置間隔は 5mm が最も優れていると判断した。また、指の可動範囲が快適性に影響を与えている、1 回のドラッグあたりの移動量が固定されているとやりやすいなどの意見もあった。

6. 移動時間のモデル化

操作時間に影響を及ぼす因子を明らかにする目的で、ユーザの操作状況とターゲット文までの移動時間の関係をモデル化した。ターゲットまでの距離と移動時間に関する研究として Paul M. Fitts (1954) がある [13]。しかし、Paul M. Fitts(1954) は、晴眼者を対象に実験を行って

り、HapTalker への応用が困難である。その為、モデルの構築には HapTalker の特性を考慮することが必要である。

n をターゲット文まで移動する際に通過する文の数とし、 L を 1 画面あたりに扱える文の数の平均値である（画面のサイズ H に関連する）定数としたときに、アクセスに必要な時間 $T(n)$ を予測するための式 (1) を提案した。 a , b , c はいずれも実測により導かれる個人ごとに異なる値である。また、 b は 1 画面あたりに扱える文の最大数 L に応じて変動する。なお、 L は画面のサイズ H および文の配置間隔に関連し、その関係は $L = H/n$ である。式 (1) は $n \leq L$ と $n > L$ でドラッグの方式が異なるという仮説を元に設計されている。 $n \leq L$ の場合、ユーザは n を探り出すような動きで指を動かす。この仮説に従い第 2 項は Paul M. Fitts (1954) の法則に基づいて設計した [13]。第 3 項は $n > L$ のとき $n \leq L$ になるまで闇雲に指を動かすという仮説に基づき設計した。

$$T(n) = a + b * \log_2(1 + (n \bmod L)) + c * \lfloor n/L \rfloor. \quad (1)$$

6.1 実験の概要

本実験の目的は提案した式 (1) の直線型における精度の検証である。実験対象は、後天性全盲の視覚障害者が望ましかったが、実験協力が困難だったため、晴眼かつ 20 歳前後の男性 1 名とした。被験者の男性のスマートフォン利用歴は 3 年であり 1 日の利用時間は 6 時間半である。スマートフォンは左手持ちであり操作は左手親指を利用していた。被験者にはアイマスクを着用してもらい n が異なるタスクを処理してもらった。この際に、各タスクの n は 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 (単位: 文) 8 種類とし、 L を 23 に固定した。そして、このタスク処理を 10 回試行した。

6.2 実験の結果

重回帰分析の結果、重決定係数 $R^2 = 0.92$ であり、第 2 項: $p = 0.12$, 第 3 項: $p < .001$ となった。この結果から第 2 項は $T(n)$ に対して有意に影響を与えていないことが明らかになった。一方で第 3 項は $T(n)$ に対して有意に影響を与えていることが明らかになった。ユーザの行動が Paul M. Fitts (1954) に従わなかった要因として、ユーザが振動や音声といったフィードバックを小まめに受けながらドラッグしている点が挙げられる。被験者がポインティング時の移動量が最小限になるように調節していたため第 2 項の値が小さく、移動時間にはほとんど影響を及ぼさない結果となった。また、HapTalker の場合、Paul M. Fitts (1954) とは異なりターゲットに到達するまでにどの程度ドラッグすることが必要なの正確な距離が掴みづらい。そのため、フィードバックを元に現在の文番号から n までのドラッグ距離を探る必要がある点を考慮する必要がある。

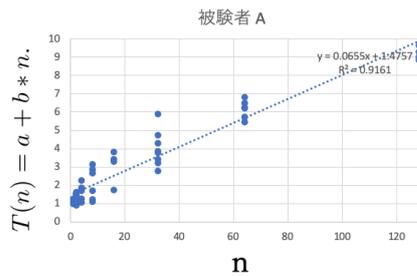


図 9 被験者 A における式 (2) の検証結果

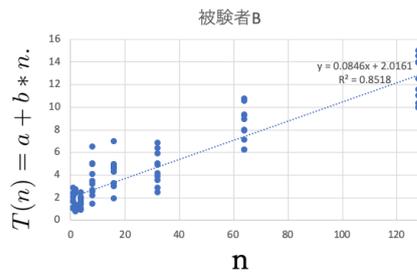


図 10 被験者 B における式 (2) の検証結果

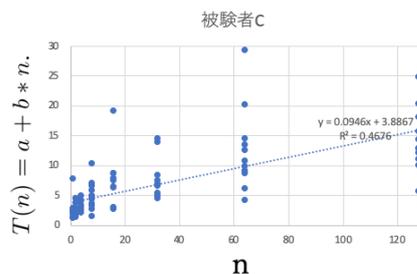


図 11 被験者 C における式 (2) の検証結果

6.3 モデルの再構築

上記の分析結果を元に新たなモデル式 (2) を提案した。

$$T(n) = a + b * n \quad (2)$$

モデル式の精度を検証するため 3 名の被験者に対し同様の条件で実験を行った。単回帰分析の結果、式 (2) と n との決定係数 R^2 はそれぞれ 0.91, 0.85, 0.46 となった (図 9) (図 10) (図 11)。このことから、 n と T には相関があることが明らかになった。 R^2 値が非常に高かった被験者 A, B にはドラッグにより移動量を調節しながら文にアクセスしている様子が観察された。それに対し、被験者 C には狭い領域でフリック入力を何度も繰り返すようなアクセス方式をとっている様子が観察された。その為、タッチの方式によって式 (2) への準拠度が変化すると考える。

7. ガイドライン

HapTalker の評価結果より得られた知見から以下の視覚非依存の電子書籍の設計指針を提言する。

(1) スマートフォンにおいて直線型コントロールを利用す

る場合、文の配置間隔は 5mm の場合に操作の快適性が最も高くなる。

- (2) 1 回のドラッグあたりの移動量が固定されていると操作性が向上する可能性がある。
- (3) 直線型コントロールの場合、操作時間はターゲット文の距離に正比例する。そのため、ターゲット文までの距離をできる限り縮められるような仕組みが操作時間の短縮に繋がる。例として、ページや章などのまとまった単位を扱うことが挙げられる。
- (4) ページなどの紙書籍にある要素を取り入れると電子書籍リーダーの構造が理解しやすくなる。
- (5) 画面の絶対座標上に配置した場合と比較して、タッチ座標に対して相対座標上に機能のアクショントリガーを配置したコントロールの方が扱いやすい。

参考文献

- [1] 中井峻日, 伊藤精英, 柳英克, 美馬義亮: HapTalker: 視覚障害者のための電子書籍向けユーザインタフェースの提案, *WISS2018* (2018).
- [2] Nakai, R., Ito, K., Yanagi, H. and Mima, Y.: HapTalker: E-book User Interface for Blind People, *HCI International 2019 - Posters*, Vol. 1, pp. 282–288 (2019).
- [3] インプレス総合研究所: 電子書籍ビジネス調査報告書 2017, インプレス (2017).
- [4] 佐々木俊尚: 電子書籍の衝撃, ディスカヴァー・トゥエンティワン (2010).
- [5] 日本盲人社会福祉施設協議会情報サービス部会: 障害者の読書と電子書籍: 見えない、見えにくい人の「読む権利」を求めて, 小学館 (2015).
- [6] 松原聡, 石川准, 山田肇, 松原洋子: 電子書籍アクセシビリティの研究, 東洋大学出版会 (2017).
- [7] Leporini, B., Buzzi, M. C. and Buzzi, M.: Interacting with mobile devices via VoiceOver, *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference on - OzCHI '12*, pp. 339–348 (2012).
- [8] 林拓也: EPUB 3 電子書籍制作の教科書, 技術評論社 (2012).
- [9] 野口武悟, 中和正彦, 成松一郎, 植村八潮: 電子書籍のアクセシビリティに関する実証的研究 (II), *人文科学年報*, pp. 187–199 (2015).
- [10] Kane, S. K., Bigham, J. P. and Wobbrock, J. O.: Slide Rule: Making Mobile Touch Screens Accessible to Blind People Using Multi-Touch Interaction Techniques, *Assets '08 Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pp. 73–80 (2018).
- [11] Technology, B. B.: Bristol Braille Technology: Canute, <http://www.bristolbraille.co.uk>.
- [12] Kane, S. K., Wobbrock, J. O. and Ladner, R. E.: Usable Gestures for Blind People: Understanding Preference and Performance, *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems - CHI '11*, pp. 413–422 (2011).
- [13] Fitts, P. M.: The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 47, No. 6, pp. 381–391 (1954).