筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

卒業研究論文

入力中の文章に含まれる数値および演算子に 基づいて計算結果も挿入可能なソフトウェア キーボード

# 岡村 和典 指導教員 志築 文太郎

2018年1月

#### 概要

文章入力中における計算を支援する,スマートフォン用ソフトウェアキーボード CalKeyboard を開発した. CalKeyboard は、ユーザが文章入力時に数値及び演算子によって構成される計 算式を入力すると、その計算結果を文章中に挿入するソフトウェアキーボードである. これに より、ユーザは計算を要する文章入力中に、容易に計算結果を入力することが可能である. 開 発した CalKeyboard の性能を評価するために、CalKeyboard と従来のソフトウェアキーボー ドと計算用アプリケーションを併用する場合との入力時間比較実験を実施した. 結果、計算 を要する文章を入力する際は、CalKeyboard を用いた方が、34.3%速く入力することが可能 であることが示された. また、精神的作業負荷に関しても、NASA-TLX を用いて評価した結 果、CalKeyboard の方が負荷が 40.0%低いことが示された.

# 目 次

第1章	序論	1
1.1	背景	1
1.2	目的とアプローチ................................	2
1.3	本論文の貢献	2
1.4	本論文の構成	2
第2章	関連研究	3
2.1	数式を検出し計算する手法............................	3
2.2	スマートフォンにおける文字入力手法.................	3
2.3	入力された文章に対して編集を行う手法	4
2.4	アプリケーションの切り替えの短縮化を図る手法	4
第3章	CalKeyboard	6
3.1	CalKeyboard の実装	6
	3.1.1 Default $\mathcal{E} - \mathcal{F}$	6
	3.1.2 Cal $\neq - $ <sup><math>i</math></sup>	6
	3.1.3 AllCal $\mathcal{E} - \mathcal{F}$	7
第4章	CalKeyboard 評価実験	12
4.1	実験設計	12
	4.1.1 実験協力者	12
	4.1.2 実験手順とタスク	12
4.2	結果および考察..................................	15
	4.2.1 速度評価	15
	4.2.2 NASA-TLX	15
	4.2.3 アンケート結果	17
第5章	議論と今後の展望	20
5.1	CalKeyboard のデザイン	20
5.2	CalKeyboard の機能と使いやすさの影響	20
5.3	今後の展望	20
第6章	結論	<b>22</b>

		謝辞	23
		参考文献	<b>24</b>
付	録A	評価実験の際に用いた各種書類	28
	A.1	実験同意書	29
	A.2	実験前アンケート用紙	30
	A.3	実験後アンケート用紙	31
	A.4	実験アプリケーションの使い方.............................	33
	A.5	CalKeyboard の使い方	34
	A.6	NASA-TLX の解答方法	35
	A.7	実験実施要項	36
	A.8	実験手順の説明書.............................	38
	A.9	評価実験に用いた文章の答え..............................	39

図目次

3.1	実装した CalKeyboard アプリケーション. (a) 赤色の円によって囲まれたキー	
	ボード切り替えキーを押下することにより, (b) CalKeyboard を利用すること	
	ができる	7
3.2	Cal モードへの切替.「Default」キーを押下することにより Cal モードへ遷移	
	する	8
3.3	AllCal モードへの切替.「Default」キーを押下した際に指を任意の方向ヘスワ	
	イプすることにより AllCal モードへ遷移する. ...........	8
3.4	計算結果の挿入.「=」キーを押下することにより計算結果を挿入する	9
3.5	計算結果を連続で挿入する様子.(a)まずユーザが「400+600」と入力し「=」	
	キーを押下することにより,(b) CalKeyboard は「1000」を挿入する.(c) 続けて	
	ユーザが「+900」と入力し,「=」キーを押下することにより,(d) CalKeyboard	
	は「1900」を挿入する. ...........................	10
3.6	数式を残した計算.「=」キーを押下した際に指を任意の方向ヘスワイプするこ	
	とにより「=」および計算結果を挿入する. .............	11
3.7	文章中から数字, 演算子, 括弧および小数点のみを数式として認識し, 「=」お	
	よび認識した数式の計算結果を挿入する	11
4.1	実験用アプリケーションの外観	14
4.2	入力にかかった時間の合計....................................	17
4.3	NASA-TLX の全体負担度(0–100). .	18

# 表目次

4.1	速度評価に用いた文章...............................	13
4.2	実験に用いた日本語訳の NASA-TLX の尺度名と説明文.........	16
4.3	入力にかかった時間の合計.............................	17
4.4	NASA-TLX の全体負担度(0–100). .	18
4.5	使用感に関するアンケートの結果. 設問内容および1(強く同意しない)から	
	5(強く同意する)と回答した人数を示す.............	19

### 第1章 序論

本論文は、計算を要する文章入力中において、ユーザが入力した数式に対して、計算結果 を挿入可能なソフトウェアキーボードである CalKeyboard を示す.本章においては、まず背 景として、計算を要する文章入力を行う場面において、従来の操作方法における課題につい て述べる.次に本研究の目的と課題を解決するためのアプローチを示す.その後、本研究の 貢献を述べ、最後に本論文の構成を述べる.

#### 1.1 背景

スマートフォンは現代の日常生活には欠かせないものとなっている.これに伴い,ユーザ がメモ用アプリケーションによってメモを取る場面や,メッセンジャアプリケーションを利用 する場面がある.例えば、メモ用アプリケーションによって大きなパーティに参加する人数の メモをとる場面や,複数名にて旅行をした際にメッセンジャアプリケーションを用いて交通 費を報告したりする場面である.このとき,例えばユーザは従来のメモ用アプリケーション を使用する場合,一度文章入力を中断し,計算用アプリケーションを起動し切り替える.次 に,計算用アプリケーション上において計算を行う.その後、メモ用アプリケーションに再 度切り替え,その計算結果を入力する.このように、スマートフォン上における文章入力中 に複雑な計算を行うことにより,文章入力の中断およびアプリケーションの切り替えが発生 する.これは、ユーザにとって手間であり,精神的負荷を与える.

また、ソフトウェアキーボードを用いて計算結果を入力することができるのであれば、ユー ザはアプリケーション内外を問わず任意のテキストボックスにおいて計算を行うことが可能 となる.現在のスマートフォンには、ホーム画面上にて特定方向にスワイプすることにより、 検索用のテキストボックスを表示する機能が搭載されているものもある.これに対し、ユー ザがソフトウェアキーボードを用いて計算が行えるシステムを実装することにより、このテ キストボックスを計算用アプリケーションの代替として用いることができる.このようにソ フトウェアキーボード上にシステムを実装することにより、ユーザはあらゆるアプリケーショ ンにおいて本システムを利用することが可能になる.以上の背景から、本論文において、ユー ザがソフトウェアキーボード上において計算結果を入力可能なシステムを示す.

#### 1.2 目的とアプローチ

本研究の目的はユーザが計算を要する文章入力中に計算による文章入力の中断およびアプ リケーションの切り替えをする必要をなくすことである.そのためのアプローチとして,ソ フトウェアキーボードに着目する.ソフトウェアキーボード上において動作するシステムを 開発することにより,文章入力を一度中断し,文章入力中のアプリケーションから,計算用 アプリケーションに切り替える手間を省くことができる.本論文において,ユーザが入力中 の文章に含まれる数値および演算子に基づき計算を行い,その計算結果を文章中に挿入する ことができるソフトウェアキーボードである CalKeyboard を示す. CalKeyboard はユーザが テキストボックスに入力した数式の計算結果を文章中に挿入する.また,計算結果の挿入後, その結果を続けて,計算式の一部として用いることができ,逐次的に計算結果を挿入するこ とも可能である.加えて,ユーザが入力中の文章から数式のみを認識し,その計算結果を挿入するこ

#### 1.3 本論文の貢献

本研究の貢献を以下に示す.

- 入力中の文章に含まれる数値および演算子に基づいて計算結果を挿入可能なソフトウェ アキーボードである CalKeyboard を実装した.
- 従来手法と CalKeyboard を用いた手法を比較した評価実験を行い、CalKeyboard の性 能を明らかにした。

#### 1.4 本論文の構成

2章では、本研究に関連する研究および手法を示す.3章では、本研究の提案手法の機能について述べる.4章では、提案手法を用いて評価実験を行うことにより、提案手法の入力に要する時間および精神的作業負荷の評価を行う.5章では、提案手法の改善点を議論し、今後の展望を示す.6章では、本研究の結論を述べる.

### 第2章 関連研究

CalKeyboard はユーザが入力した文章の数式部分を計算し、その計算結果を挿入するソフ トウェアキーボードである.このソフトウェアキーボードを用いることにより、ユーザは文章 入力中に計算用アプリケーションに切り替える必要がなくなる.本章において、数式を検出し 計算する手法、スマートフォンにおける文字入力手法、入力された文章に対して編集を行う手 法およびアプリケーションの切り替えの短縮化を図る手法に関する研究を示し、CalKeyboard との位置付けを行う.

#### 2.1 数式を検出し計算する手法

数式を検出し計算する手法に関する研究が行われている.例えば,森重ら [森重 14] は,ペン 型入力デバイスによって入力された計算式を一行ごとに正誤処理し,その結果を即座にフィー ドバックするシステムを開発した.また,Thimbleby [Thi04] はスタイラスペンにより手書き に基づく数式入力と計算を行う.これらはユーザが手書きにより入力した数式を計算する手 法であるが,CalKeyboard はユーザがソフトウェアキーボードを用いて入力した数式に対す る計算結果を挿入する手法である.また,本研究と類似した機能を持つソフトウェアとして Google 日本語入力 [Goo18b] がある.例えば,ユーザが「2+3=」と入力すると,予測変換 候補に「5」が表示される.一方,CalKeyboard は数式入力に特化したソフトウェアキーボー ドである.また,計算結果の挿入後,計算結果の挿入後,その結果を続けて,計算式の一部 として用いることができ,逐次的に計算結果を挿入することも可能である.加えて,ユーザ が入力中の文章から数式のみを認識し,その計算結果を挿入する機能も有する.

#### 2.2 スマートフォンにおける文字入力手法

スマートフォンにおける文字入力手法に関する研究が数多く行われている.例えば,阿 部ら [阿部 15] は磁石を取り付けたペンを用いてスマートフォンの周囲にて数字の入力を行 う手法を開発した.Tapulator [RAL12] はタッチやスワイプを用いた数字入力手法である. EdgeWrite [WMK03] は1 筆書きのアルファベットを模した奇跡入力による文字入力手法であ る.Quikwriting [Per98] は9つの領域に文字をを分けて表示し,それらを特定の規則に沿っ てドラッグすることによる文字入力手法である,Fukatsuら [FST13] は複数段階のフリックを 行うことによる文字入力手法を開発した.青木ら [青木 13] は任意の位置から指をドラッグし, さらにその位置からスワイプすることによる文字入力手法を開発した.真田ら [真田 13] は曲 線の軌跡を持つフリックを用いた文字入力手法を開発した. 陳ら [陳献 16] は複数回のクリック およびスワイプジェスチャを用いた日本語入力手法を開発した. Proschowsky ら [PSJ06] は円 形の専用デバイスをタッチすることによる文字入力手法を開発した. Jones ら [JAA<sup>+</sup>10] は加 速度センサを用いたデバイスを傾けることによる文字入力手法を開発した. Arif ら [APHB14] はスペース,バックスペース,シフトおよびコントロールキーを省略し,スワイプによりそれ らの入力を補完するソフトウェアキーボードを開発した. また,増井 [増井 02] は携帯端末に おける様々な文章入力を解説している. 一方, CalKeyboard は従来の計算用アプリケーショ ンに倣い,押下を主体とした入力を用いたソフトウェアキーボードである.

#### 2.3 入力された文章に対して編集を行う手法

入力された文章に対して編集を行う手法に関する研究も数多く行われている.例えば, Expressive Keyboards [AMM16] はユーザがジェスチャキーボードを用いた文字入力における速度 および軌跡の特徴によって文章の色やフォントを変更する.また, CommandBoard [AGBM17] は,ユーザがジェスチャキーボードを用いた文字入力において,文字入力後にジェスチャを行 うことにより,文章の編集を行う.中園ら [中園 13] は,様々なテキストエディタにおいて同 ーの操作によって文章を編集するシステムを開発した. Fuccella ら [FIM13] はソフトウェア 上にてジェスチャを行うことにより,文章の移動やコピーなどの編集が可能なシステムを開 発した. TouchTap [FM17] はユーザがソフトウェアキーボード上にてジェスチャを行うこと により,カーソル移動,文章の選択,クリップボードの利用が可能である. Appertら [AZ09] はストロークジェスチャを用いたショートカット機能およびメニュー選択が可能なシステム を開発した. Arif ら [AKS<sup>+</sup>16] はタッチスクリーン端末における文字入力中に素早く入力を 間違えた箇所を訂正するシステムを開発した. これらはユーザが入力した文字や文章に着目 し,これをユーザのジェスチャ操作によって編集する.一方, CalKeyboard はユーザが入力 した数式のみに着目し,これを編集する.

#### 2.4 アプリケーションの切り替えの短縮化を図る手法

アプリケーションを開くためもしくは切り替えるための操作またはアプリケーションを開く こと自体を短縮化するための研究がいくつか行われている. Li [Li10] はスマートフォンにおい てジェスチャを行うことにより,電話帳アプリケーションの連絡先のような,アプリケーショ ン内のデータに素早くアクセスできるシステムを開発した. BezelCopy [CPZO14] はユーザが スマートフォンの画面縁においてジェスチャを行うことにより,文章のコピーおよび他のアプ リケーションへの貼り付けを行う. Luら [LL15] は端末がスタンバイモードの状態においても ジェスチャを入力し特定のアプリケーションを起動可能なシステムを開発した. Zhang [Zha17] はアプリケーションごとにジェスチャを定義し,それを用いてアプリケーションを起動でき るシステムを開発した. これにより,アプリケーションをホーム画面から検索する手間を省 くことができる. 松本ら [松本 08] は時間や位置からユーザの所望するアプリケーションを予 測するシステムを開発した.一方, CalKeyboard は計算用アプリケーションの役割をソフト ウェアキーボードに組み込むことにより,文章入力中に計算用アプリケーションに切り替え る手間をなくした.

## 第3章 CalKeyboard

CalKeyboard は、文章入力中に計算を支援する、スマートフォン用のソフトウェアキーボー ドである. CalKeyboard はユーザが入力中の文章に含まれる数値および演算子に基づき計算 を行い、その計算結果を文章に挿入する. これによりユーザは、計算を要する文章入力中に、 計算用アプリケーションに切り替えることなく、即座に計算結果を入力することが可能であ る.本章において、CalKeyboard の実装について述べる.

#### 3.1 CalKeyboard の実装

本研究においては iOS アプリケーションとして CalKeyboard を実装した.ユーザはソフト ウェアキーボードのキーボード切替キー(iOS では円形のメッシュ模様のマークの描かれた キー)を押下することにより CalKeyboard を利用することができる(図 3.1). CalKeyboard には Default モード, Cal モードおよび AllCal モードという 3 種類のモードがある.各モー ドを説明する.

#### 3.1.1 Default $\exists - k$

Default モードは CalKeyboard の初期状態である. Default モードにおいてユーザが数式 を入力し,任意のタイミングにて「Default」キーを押下することにより Cal モード(図 3.2) へ,「Default」キーを押下した際に指を任意の方向へスワイプすることにより AllCal モー ド(図 3.3) へ遷移する. Default モードにおいては,ユーザが「=」キーを押下した場合も CalKeyboard は計算結果を挿入せず,「=」のみを文章に挿入する. 文章中に計算結果を挿入 したい際には,入力中の文章に応じて Cal モードおよび AllCal モードへ遷移する必要がある. また,テンキー部分の配列については様々な議論が行われている [Thi15] が CalKeyboard に おいてはスマートフォンの通話アプリケーションや,スマートフォンの標準ソフトウェアキー ボードと同じ配列とした.

#### 3.1.2 Cal モード

Cal モードは、入力されている数式の計算結果を挿入するモードである. CalKeyboard は 括弧や演算子の優先順位に従い計算を行い、その計算結果を挿入する. Cal モードにおいて も Default モードと同様にユーザは数式を文章中に入力できる. ただし、Cal モードにおい

(	a 今I	∃は				b) ⇒∣	日(は			
	、も	う朝	仕事	何朝か	5 ^					
	$\rightarrow$	あ	か	さ	$\langle \times \rangle$	1	2	3	+	Back
	(-)	た	な	は	空白	4	5	6	-	Space
		, -				7	8	9	×	Enter
	ABC	ま	や	5	改行	(	0	)	÷	Defeut
(	⊕ ₽	<u>^^</u>	わ_	、。?!			•	=	=	Derault

図 3.1: 実装した CalKeyboard アプリケーション. (a) 赤色の円によって囲まれたキーボード 切り替えキーを押下することにより, (b) CalKeyboard を利用することができる.

ては「=」キーを押下した際に、CalKeyboard は入力されている数式部分を削除し、その部 分に削除した数式の計算結果を挿入する(図 3.4).また、計算結果の挿入後、その結果を続 けて、計算式の一部として用いることができ、逐次的に計算結果を挿入することも可能であ る(図 3.5).例えば、まずユーザが「400+600」と入力し「=」キーを押下することにより、 CalKeyboard は数式部分を削除し、その部分に「1000」を挿入する.続けてユーザが「+900」 と入力し「=」キーを押下することにより、CalKeyboard は数式部分を削除し、その部分に 「1900」を挿入する.また、数式部分を残したい場面では、「=」キーを押下した際に指を任意 の方向へスワイプすることにより、CalKeyboard は数式を残したまま「=」および計算結果 を挿入する(図 3.6).

#### 3.1.3 AllCal $\pm - \Bbbk$

AllCal モードは文章中において数式の間に数式と関係のない文字が含まれている場合に用いるモードである(図 3.7). AllCal モードにおいて CalKeyboard は文章中から数字,演算子,括弧および小数点のみを数式として認識する.「=」キーの押下により, CalKeyboard は



図 3.2: Cal モードへの切替.「Default」キーを押下することにより Cal モードへ遷移する.



図 3.3: AllCal モードへの切替.「Default」キーを押下した際に指を任意の方向へスワイプすることにより AllCal モードへ遷移する.

「=」および認識した数式の計算結果を挿入する.



図 3.4: 計算結果の挿入.「=」キーを押下することにより計算結果を挿入する.



図 3.5: 計算結果を連続で挿入する様子. (a) まずユーザが「400+600」と入力し「=」キーを 押下することにより, (b) CalKeyboard は「1000」を挿入する. (c) 続けてユーザが「+900」 と入力し,「=」キーを押下することにより, (d) CalKeyboard は「1900」を挿入する.



図 3.6: 数式を残した計算.「=」キーを押下した際に指を任意の方向へスワイプすることにより「=」および計算結果を挿入する.



図 3.7: 文章中から数字, 演算子, 括弧および小数点のみを数式として認識し, 「=」および認 識した数式の計算結果を挿入する.

## 第4章 CalKeyboard評価実験

計算を要する文章入力中において,計算結果を入力するために CalKeyboard を用いた場合 と計算用アプリケーションを用いた場合の比較実験を行なった.本実験においては,入力時 間および精神的作業負荷を比較し CalKeyboard の性能を評価する.また,評価実験の際に用 いた資料を付録 A として添付する.

#### 4.1 実験設計

#### 4.1.1 実験協力者

大学生 10 名(男性 5 名,女性 5 名,年齢: 19–22 歳)を実験協力者(P1–P10)として雇用した.すべての実験協力者がスマートフォンを日常的に使用していた.実験には iPhone 6s (iOS 10.3.3) [Inc18]を用いた.また,これまでに iPhone 端末を日常生活において使用したことがない人は 3 名であった.

#### 4.1.2 実験手順とタスク

はじめに監督者は実験協力者に,実験に関する事前アンケートに回答するよう指示した. 次に実験手順に関する説明を行った.その後,実験協力者は実験用アプリケーションを用い た文章入力の実験タスクを行い,その後 NASA-TLX [HS88] による精神的作業負荷の回答を 行った.

実験タスクについて説明する.実験協力者(P1 – P10)には表4.1に示す著者が作成した7 つの文章を実験アプリケーションを用いて入力するよう指示し,その入力時間を計測した.タ スク中,実験協力者が入力中に文章を間違えた場合,正しい文章になるよう修正するよう指 示した.誤りがないように文章を入力し終えるまでを入力時間とした.入力してもらう文章 中には計算式が書かれており,その部分には計算結果を入力するよう指示した.また,文章中 の「合計」と書かれている部分には,その文章におけるこれまでの数式部分の計算結果を足し た合計を入力するよう指示した.計算結果を求め,入力する手法として著者はCalKeyboard を用いる手法(手法1)および計算用アプリケーションを用いる手法(手法2)の2手法を採 用した.実験協力者にはこの2手法を用いてそれぞれ7つの文章を入力させた.

実験タスクを行う前に手法の説明および練習タスクを行なった. 監督者は実験協力者に手法1による実験タスク前に紙の資料および実機の CalKeyboard を見せながら, CalKeyboard

表 4.1: 速度評価に用いた文章.

練習	1 日あたりのケーキの売り上げは
	[(350*120+400*130+550*101)/3] 円です。また、ジュー
	スも [2000+500] 円売れたので、合わせて [合計] 円です。
1	テストの合計得点は [74+97+66+32+87] 点でした。平均合計
	得点は [75+80+77+64+79] 点でした。
2	3人の平均身長は [(177.8+165.4+180.3)/3]cm です。
3	[2544+7875+900*3] 円服を買い、ご飯を [1150+648+216] 円
	食べた。そのため、今日は [合計] 円使った。
4	ガソリン代は [134*77] 円で高速代は [1680+250+8190] 円でし
	た。合わせて [合計] 円でした。
5	ライブの総動員数は [65832+33958+71023+28993] 人でした。
6	アメリカと日本の人口の合計は [308745538+127094745] 人で
	す。
7	売り上げはラーメンが [648*887+756*1154] 円、餃子が
	[280*166] 円、唐揚げが [330*224] 円でした。合わせて [合計]
	円です。

の操作方法について説明した.その後,実験協力者に慣れるまで CalKeyboard を操作するよ う指示した.なお,実験に用いない CalKeyboard の機能を説明することにより,実験協力者 にタスクとは関係のない負荷がかかることを避けるため,本実験は CalKeyboard のモードを 制限した.本実験において使用可能な CalKeyboard のモードは,Default モードおよび Cal モードの2つである.Cal モードについては数式を残したまま計算結果を挿入する機能につい ても本実験において用いないため消去した.同様に,監督者は実験協力者に手法2による実験 タスク前に実機の計算用アプリケーションを見せながら操作方法を説明した.その後,実験 協力者が慣れるまで計算用アプリケーションを操作するよう指示した.各手法において,実 験協力者が手法に慣れた後,練習タスクとして表 4.1の練習文を実験用アプリケーションを用 いて入力するよう指示した.練習タスクを行った後,実験タスクとして図 4.1の実験用アプリ ケーションを用いて入力するよう指示した.練習タスク,実験タスクともに注意事項として,

- 入力を開始するまでは問題文を見ない.
- 入力は普段入力を行う把持姿勢により、普段通りに入力する.
- なるべく早く,正確に入力する.
- 入力を間違えた際は打ち直す.

という4点を指示した.

文章を入力するために用いた実験用アプリケーションについて説明する.実験用アプリケー ションの外観を図4.1に示す.実験協力者が図4.1の四角枠によって囲まれた部分を押下する ことにより実験用アプリケーションは時間計測を開始し,実験協力者は文章入力を開始する. 実験協力者が文章入力完了後,完了ボタンを押下する.入力された文章が正しい場合,ソフ トウェアキーボードが終了し,その文章の時間計測を終了する.入力した文章に誤りがあっ た場合はソフトウェアキーボードが閉じないため,実験協力者は入力した文章を訂正する必 要があった.画面上部の example と表示されている箇所および画面下部の Reset ボタンの箇 所は監督者の操作項目である.



図 4.1: 実験用アプリケーションの外観.

全ての文章入力時における予測変換を平等にするため、1つの文章の入力が完了するごとに 実験に用いた端末のキーボード辞書を初期化した.また、実験協力者が入力するための文章 を実験用アプリケーションに提示してしまうと、計算用アプリケーションに切り替えた際に 問題文が見えなくなってしまい手法間に意図しない差異が生じてしまう.そのため、本実験 においては入力する文章を1文章ずつ紙媒体に印字し、実験協力者に提示した.

実験タスクにおいて,順序効果を除くために,実験協力者10名を2つのグループ(グルー プA,B)に分け,グループAは手法1→2の順に,グループBは手法2→1の順に7つの 文章を入力した.入力する文章の順番は1から7の順に統一した.監督者は実験協力者に各 手法ごとに 7 つの文章を入力後 NASA Task Load Index(NASA-TLX) [HS88] に回答する よう指示した.

NASA-TLX は 6 尺度(知的・知覚的要求,身体的要求,タイムプレッシャー,作業成績,努 力,フラストレーション)に対して 100 段階の評価を与え,その後,各尺度に対して重み付け を行い得点を算出することにより,精神的作業負荷を定量的に評価するためのアンケート手法 である.今回は実験協力者の母語が日本語であったため,Ishii ら [IS16] が用いた日本語に翻 訳された NASA-TLX を用いた [三宅 93]. NASA-TLX の説明文については三宅ら [三宅 93] の作成したものを引用したが,知的・知覚的要求の説明文のみ「計算する」と書かれていた ところを「暗算する」と書き換えた.この理由として,本実験は計算を要するが,ここでい う計算は CalKeyboard や計算用アプリケーションを用いた計算のため,知的・知覚的要求と は異なる.そこで,実験協力者の誤認識を防止するため説明文を書き換えた.用いた日本語 訳の NASA-TLX の尺度名と説明文について表 4.2 に示す.

監督者は実験協力者に1つ目の手法のNASA-TLX に回答後,疲れがなくなったと感じる まで,3分以上の任意の時間の休憩をとるよう指示した.最後に実験に関する事後アンケート に回答するよう指示した.実験全体の所要時間は平均67分であった.実験終了後,各実験協 力者に実験への参加に対する謝礼として820円支払った.

#### 4.2 結果および考察

各項目についての結果と考察について以下に示す.

#### 4.2.1 速度評価

各手法におけるすべての実験協力者の7つの文章の入力にかかった時間の合計を図 4.2 および表 4.3 に示す. 各手法における実験協力者の入力にかかった時間の合計の平均は,手法1が460.84(SD = 98.11),手法2が700.53(SD = 137.95)であった. 手法1の方が手法2に比べて 34.3%入力にかかった時間の合計が短かった。また,t検定の結果,手法間に有意差があった(p = 0.00004 < 0.01).以上の結果より計算を要する文章を入力する際,手法1を用いた方が手法2よりも速く入力できると言える.

#### 4.2.2 NASA-TLX

NASA-TLX の精神的作業負荷において 6 尺度に対する重み付けを行った全体負担度を図 4.3 および表 4.4 に示す. NASA-TLX では値が小さいほど負担が小さいということになり良 い結果であったと言える.実験協力者の全体負担度の平均は手法 1 が 41.01 (SD = 18.44), 手法 2 が 68.28 (SD = 19.52) であった.手法 1 の方が手法 2 に加えて 40.0%精神的作業負 荷が低かった.また,また,t検定の結果,手法間に有意差があった (p = 0.003 < 0.01).以 上の結果より計算を要する文章を入力する際,手法 1 を用いた方が手法 2 よりも精神的負担 を負わずに入力できると言える.

#### 表 4.2: 実験に用いた日本語訳の NASA-TLX の尺度名と説明文.

尺度名(終端点)	説明文(上段は一対比較,下段は負担評価の際に用いる)
知的・知覚的要求	どの程度の知的・知覚的活動(考える,決める,暗算する,記憶する,見るなど)を必要とするか. 課題は優しいか難しいか.単純か複雑か.正確さが求められるか,大ざっぱでよいか.
(小さい/大きい)	どの程度の知的・知覚的活動(考える,決める,暗算する,記憶する,見るなど)を必要としました か.課題は優しかったですか難しかったですか.単純でしたか複雑でしたか.正確さが求められまし たか,大ざっぱでよかったですか.
身体的要求	どの程度,身体的活動(押す,引く,回す,制御する,動き回るなど)を必要とするか.作業はラク かキツイか.ゆっくりできるかキビキビやらなければならないか,休み休みできるか働きづめか.
(小さい/大きい)	どの程度,身体的活動(押す,引く,回す,制御する,動き回るなど)を必要としましたか.作業は ラクでしたかキツかったですか.ゆっくりできましたかキビキビやらなければなりませんでしたか, 休み休みできましたか働きづめでしたか.
タイムプレッシャー	仕事のペースや課題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感はどの程度か.ペースはゆっくりと して余裕があるものか,それとも速くて余裕のないものか.
(弱い/強い)	仕事のペースや課題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感はどの程度でしたか.ペースはゆっ くりとして余裕があるものでしたか,それとも速くて余裕のないものでしたか.
作業成績	作業指示者(あるいは,あなた自身)によって設定された課題の目標をどの程度達成できたと考える か.この目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足しているか.
(良い/悪い)	作業指示者(あるいは,あなた自身)によって設定された課題の目標をどの程度達成できたと思いま すか.この目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足していますか.
努力	作業達成のレベルを達成・維持するために,精神的・身体的にどの程度一生懸命に作業しなければな らないか.
(少ない/多い)	作業達成のレベルを達成・維持するために,精神的・身体的にどの程度一生懸命に作業しなければな りませんでしたか.
フラストレーション	作業中に,不安感,落胆,いらいら,ストレス,悩みをどの程度感じるか.あるいは逆に安心感,満 足感,充足感,楽しさ,リラックスをどの程度感じるか.
(低い/高い)	 作業中に,不安感,落胆,いらいら,ストレス,悩みをどの程度感じましたか.あるいは逆に安心 感,満足感,充足感,楽しさ,リラックスをどの程度感じましたか.



図 4.2: 入力にかかった時間の合計.

実験協力者	手法1(秒)	手法2(秒)
P1	420.02	742.04
P2	576.04	776.04
P3	363.04	512.03
P4	673.03	984.05
P5	441.04	807.04
P6	525.04	564.03
Ρ7	334.03	579.04
P8	405.03	563.02
P9	465.03	726.04
P10	464.04	752.02
平均	460.84	700.53

表 4.3:入力にかかった時間の合計.

#### 4.2.3 アンケート結果

実験の終了後使用感に関するアンケートに回答するよう指示した.「CalKeyboard は使いや すかったですか」,「CalKeyboard は容易に理解できましたか」,「CalKeyboard は今後使いたい と思いますか」という設問に対して1(強く同意しない)から5(強く同意する)の5段階にて 回答し,可能であればその理由を記述するよう指示した.また,自由記述としてCalKeyboard の改善点および CalKeyboard の感想についても記述するよう指示した.





表 4.4:	NASA-TLX	の全体負担度	(0-100)
--------	----------	--------	---------

実験協力者	手法1	手法 2
P1	44.47	70.00
P2	48.80	55.40
P3	34.27	57.07
P4	80.13	98.80
P5	22.73	87.73
P6	10.27	29.73
P7	28.40	87.40
P8	54.93	50.73
P9	35.53	71.80
P10	50.53	74.13
平均	41.01	68.28

実験アンケートについての結果を表 4.5 に示す.

「CalKeyboard は使いやすかったですか」という回答の肯定的な理由として「アプリを切 り替える必要がなくて楽であったため」と5人が回答し,その他にも「キーボードから計算 できるというのは画期的だったため」,「全体の式を書いて計算を行うため見直しができて良 かったため」という意見があった.一方,否定的な理由として「計算用アプリケーションと 数字の並びが逆であったため少し使いづらかったため」,「キーが小さかったため」という意 見もあった. 「CalKeyboard は容易に理解できましたか」という回答の理由として「任意のタイミング で cal キーを押下するだけなので分かりやすかったため」,「計算の仕方が分かりやすかったた め」,「式をそのまま打てばよかったので楽であったため」,「普段目にする計算用アプリと見 た目が似ており,すんなり使うことができたため」という意見があった.

「CalKeyboard を今後使いたいと思いますか」という回答の肯定的な理由として「使いや すかったため」,「普通に数字を打つだけにも使えたため」,「時間短縮ができたため」という 意見があった.一方,否定的な理由として「頻繁には計算をする機会がないため」という意 見があった.

また, CalKeyboard の改善点として「キーボードを大きくしてほしい」という意見が多くあった.

最後に、CalKeyboard の感想として「操作自体は簡単で使い勝手が良かった」、「使いやす かった」、「一度の説明と練習により十分使えたので良かった」、「計算用アプリケーションと切 り替える手間がなくなっただけでもかなり楽になった」という意見があった.

以上より、CalKeyboard の操作自体は簡単で使いやすく、文章入力中に計算を要する場面 においては、CalKeyboard を用いて入力したいと考える実験協力者が多かった.

表 4.5: 使用感に関するアンケートの結果. 設問内容および1(強く同意しない)から5(強 く同意する)と回答した人数を示す.

設問内容	1	2	3	4	5
CalKeyboard は使いやすかったですか	0	0	0	8	2
CalKeyboard は容易に理解できましたか	0	0	0	3	7
CalKeyboard を今後使いたいと思いますか	0	0	1	4	5

## 第5章 議論と今後の展望

本章にて, CalKeyboard のデザインおよび CalKeyboard の機能について議論し, 今後の展望を述べる.

### 5.1 CalKeyboard のデザイン

CalKeyboard の現在の実装は初めて使うユーザにも使いやすいよう計算用アプリケーション と同様に、押下を主体としたソフトウェアキーボードとして設計されている(CalKeyboard は 入力手法として一部スワイプを用いる).しかし、実験アンケートより、キーのサイズが小さい という指摘が目立ったため、改善する必要があると考える.具体的にはWobbrockら [WMK03] や Perlin [Per98] を用いた改善が考えられる.本研究においてもこれらの手法と同様に、キー 入力を用いずに別の入力方法を用いることや、キーの数を最小限に抑えることにより1個当 たりのキーを大きくすることが考えられる.しかし、これらの手法を導入することによって、 初めて使うユーザは操作方法やキーの配列に慣れるまでに時間がかかるという問題が生じる. そのためこれらの入力手法を導入する際には検討が必要である.

#### 5.2 CalKeyboard の機能と使いやすさの影響

CalKeyboard では、モードとして Input モード、Cal モード、AllCal モードの3つのモー ドを実装している.しかし、これら以外にも、入力時間の短縮が期待できる機能がある.例 として、文章中の計算式から単位(円、個および人など)を予想して、これを予測変換に表示 する機能が挙げられる.これにより単位を入力するためだけにユーザが日本語入力用のキー ボードに切り替える手間をなくすことができる.このように、CalKeyboard に追加するとさ らなる入力時間の短縮が可能となる機能は存在する.しかし、それらを全て実装してしまう と、操作が複雑になり、かえってユーザにとって使いづらいシステムとなってしまう.その ため、ユーザごとに自分の使用したい機能を選ぶことのできる、すなわちカスタマイズ可能 なシステムを実装することが理想的である.

#### 5.3 今後の展望

今後は CalKeyboard のキーのサイズや入力手法について検討し,再実装を行う.その際に は、初めて使うユーザにおいてもすぐに操作に慣れることができ、入力時間を短縮できるよ うな設計が必要である.また,CalKeyboardの機能についても新たに入力時間の短縮が可能 な機能およびユーザごとに用いる機能を選ぶことのできるシステムを実装する.

また、CalKeyboard はユーザが文章入力を中断し、計算用アプリケーションを開くという 動作を短縮しているが、これはソフトウェアキーボード上において動作するシステムである. 現在のスマートフォンには、ホーム画面上にて特定方向にスワイプすることにより、検索用の テキストボックスを表示する機能が搭載されている場合が多い.そのため、ソフトウェアキー ボード上にシステムを実装することにより、ユーザはあらゆるアプリケーションにおいて実装 したシステムを利用することが可能になる.これまでにもソフトウェアキーボード上において 従来手法と比較して操作を短縮するシステムが開発されている.例として Gboard [Goo18a] がある.Gboard はソフトウェアキーボード上において、Web ブラウザが起動し、Web 検索 を行うことができる.このようなアプリケーションの切り替えをはじめとした、操作時間の 短縮が可能な機能を今後検討していく.

## 第6章 結論

本論文において、ユーザが計算を要する文章入力中にアプリケーションを切り替えること なく、計算結果を挿入可能なソフトウェアキーボードである CalKeyboard を開発した.評価 実験の結果、計算を要する文章入力中において、ユーザは計算を要する文章入力中において は、計算用アプリケーションに切り替え計算し、その結果を入力するよりも、CalKeyboard を用いる方が入力時間の短縮および精神的作業負荷の軽減ができることが示された.今後、 CalKeyboard のデザインや機能を改善し、さらなる入力時間の短縮および精神的作業負荷の 軽減を試みる.また、ソフトウェアキーボードにおいて操作時間を短縮する機能についても 検討していく.

謝辞

本研究を進めるにあたり、志築文太郎先生、高橋伸先生には多くのご意見とご指導を頂き ました.心から感謝いたします.特に志築文太郎先生には、研究の進め方、論文執筆をはじ めとして研究に関することを基礎からご指導いただきました.また、研究に関する相談にも 乗っていただき、多くのご助言を頂きました.重ねて感謝いたします.

インタラクティブプログラミング研究室の同期,先輩方には様々な面において多くのご助 言を頂きました.特にWAVEチームの皆様にはチームゼミにおけるご意見だけでなく,研究 室にて相談に乗っていただき多くのご意見,アドバイスを頂きました.深く感謝いたします. 中でも,杉山慎一郎氏には,研究室活動において様々な面においてサポートをして頂き大変 お世話になりました.ここに厚くお礼申し上げます.

また,研究生活に限らず,多くの面において支えて頂いた友人,大学生活にてお世話になった皆様に感謝申し上げます.最後に,私を育て,様々な面において大学生活を支えてくださった両親に深く感謝いたします.

## 参考文献

- [AGBM17] Jessalyn Alvina, Carla F. Griggio, Xiaojun Bi, and Wendy E. Mackay. CommandBoard: Creating a general-purpose command gesture input space for soft keyboard. In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '17, pp. 17–28, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [AKS<sup>+</sup>16] Ahmed Sabbir Arif, Sunjun Kim, Wolfgang Stuerzlinger, Geehyuk Lee, and Ali Mazalek. Evaluation of a smart-restorable backspace technique to facilitate text entry error correction. In *Proceedings of the 34th CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '16, pp. 5151–5162, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [AMM16] Jessalyn Alvina, Joseph Malloch, and Wendy E. Mackay. Expressive Keyboards: Enriching gesture-typing on mobile devices. In Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '16, pp. 583–593, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [APHB14] Ahmed Sabbir Arif, Michel Pahud, Ken Hinckley, and Bill Buxton. Experimental study of stroke shortcuts for a touchscreen keyboard with gesture-redundant keys removed. In *Proceedings of Graphics Interface 2014*, GI '14, pp. 43–50, Toronto, Ont., Canada, Canada, 2014. Canadian Information Processing Society.
- [AZ09] Caroline Appert and Shumin Zhai. Using Strokes As Command Shortcuts: Cognitive benefits and toolkit support. In Proceedings of the 27th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '09, pp. 2289–2298, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [CPZO14] Chen Chen, Simon T. Perrault, Shengdong Zhao, and Wei Tsang Ooi. Bezel-Copy: An efficient cross-application copy-paste technique for touchscreen smartphones. In Proceedings of the 2014 International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '14, pp. 185–192, New York, NY, USA, 2014. ACM.

- [FIM13] Vittorio Fuccella, Poika Isokoski, and Benoit Martin. Gestures and Widgets: Performance in text editing on multi-touch capable mobile devices. In Proceedings of the 31st SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '13, pp. 2785–2794, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [FM17] Vittorio Fuccella and Benoît Martin. TouchTap: A gestural technique to edit text on multi-touch capable mobile devices. In *Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter*, CHItaly '17, pp. 21:1–21:6, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [FST13] Yoshitomo Fukatsu, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. No-look Flick: Singlehanded and eyes-free japanese text input system on touch screens of mobile devices. In Proceedings of the 15th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '13, pp. 161–170, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [Goo18a] Google. Gboard-Google キーボード. https://play.google.com/store/apps/ details?id=com.google.android.inputmethod.latin&hl=ja, 2018. (最終閲覧 2018-1-24).
- [Goo18b] Google. Google 日本語入力. https://www.google.co.jp/ime/, 2018. (最終閲覧 2018-1-24).
- [HS88] Sandra G Hart and Lowell E Staveland. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Human mental* workload, Vol. 1, No. 3, pp. 139–183, 1988.
- [Inc18] Apple Inc. iPhone6s. https://www.apple.com/jp/iphone-6s/specs/, 2018. (最終閲覧 2018-1-24).
- [IS16] Akira Ishii and Buntarou Shizuki. Exploring callout design in selection task for ultra-small touch screen devices. In *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction*, OzCHI '16, pp. 426–434, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [JAA<sup>+</sup>10] Eleanor Jones, Jason Alexander, Andreas Andreou, Pourang Irani, and Sriram Subramanian. GesText: Accelerometer-based gestural text-entry systems. In Proceedings of the 28th SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '10, pp. 2173–2182, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [Li10] Yang Li. Gesture Search: A tool for fast mobile data access. In Proceedings of the 23Nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '10, pp. 87–96, New York, NY, USA, 2010. ACM.

- [LL15] Hao Lu and Yang Li. Gesture On: Enabling always-on touch gestures for fast mobile access from the device standby mode. In *Proceedings of the 33rd Annual* ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15, pp. 3355– 3364, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [Per98] Ken Perlin. Quikwriting: Continuous stylus-based text entry. In Proceedings of the 11th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '98, pp. 215–216, New York, NY, USA, 1998. ACM.
- [PSJ06] Morten Proschowsky, Nette Schultz, and Niels Ebbe Jacobsen. An intuitive text input method for touch wheels. In *Proceedings of the 24th ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '06, pp. 467–470, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [RAL12] Vaspol Ruamviboonsuk, Shiri Azenkot, and Richard E. Ladner. Tapulator: A non-visual calculator using natural prefix-free codes. In Proceedings of the 14th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS '12, pp. 221–222, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [Thi04] William Thimbleby. A novel pen-based calculator and its evaluation. In Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-computer Interaction, NordiCHI '04, pp. 445–448, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [Thi15] Harold Thimbleby. Safer User Interfaces: A case study in improving number entry. In *IEEE Transactions on Software Engineering*, pp. 711–729. IEEE, 2015.
- [WMK03] Jacob O. Wobbrock, Brad A. Myers, and John A. Kembel. EdgeWrite: A stylusbased text entry method designed for high accuracy and stability of motion. In Proceedings of the 16th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '03, pp. 61–70, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [Zha17] Chi Zhang. Improving app look up speed on mobile via user-defined touch gesture. In Proceedings of the 35th CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '17, pp. 196–201, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [阿部 15] 阿部哲也, 志築文太郎, 田中二郎. スマートフォンの周囲を入力面とする磁気に基 づく数字入力手法. 第 77 回全国大会講演論文集, 第 2015 巻, pp. 295–296, 2015.
- [三宅 93] 三宅晋司,神代雅晴.メンタルワークロードの主観的評価法.人間工学, Vol. 29, No. 6, pp. 399–408, 1993.

- [松本 08] 松本光弘,清原良三,沼尾正行,栗原聡.携帯電話における時空間的利用履歴を基にしたアプリケーション推薦システム.Technical Report 126(2008-BIO-015),大阪大学大学院情報科学研究科,三菱電機(株)情報技術総合研究所,大阪大学産業科学研究所/JST CREST, 2008.
- [森重14] 森重湧太,中川正樹. 手書き数式認識を用いた計算過程の正誤フィードバック. Technical Report 13,東京農工大学大学院工学府情報工学専攻,東京農工大学, 2014.
- [真田 13] 真田祥吾,小枝正直. タブレット端末におけるカーブマルチフリック入力手法の 提案と実装. 第75回全国大会講演論文集,第2013巻, pp. 67–68, 2013.
- [青木13] 青木良輔,橋本遼,瀬古俊一,片岡泰之,井原雅行,渡辺昌洋,小林透. Drag&Flick:
   タッチスクリーンを用いた視覚障がい者向け文字入力方式. インタラクション
   2013, pp. 72–79. 一般社団法人情報処理学会, 2013.
- [増井 02] 増井俊之.携帯端末のテキスト入力方法. ヒューマンインタフェース学会誌 = Journal of Human Interface Society: human interface, 2002.
- [中園 13] 中園翔, 増井俊之. SuprIME: Ime によるテキスト編集機能の統合. 第 21 回イン タラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2013) 論文 集, WISS '13, pp. 31–36, 2013.
- [陳献 16] 陳献平, 綿貫啓一, 楓和憲, 大谷成子. タッチパネル用ジェスチャ型日本語入力インターフェイスの構築. 設計工学, Vol. 51, No. 9, pp. 629–643, 2016.

## 付 録 A 評価実験の際に用いた各種書類

評価実験の際に使用した,実験同意書,実験前アンケート用紙,実験後アンケート用紙,実 験アプリケーションの使い方,CalKeyboardの使い方,NASA-TLXの解答方法,実験実施 要項,実験手順の説明書および評価実験に用いた文章の答えを以下に示す.

### A.1 実験同意書

	スマートフォン向け入力手法に関する評価実験のお願い 文責:岡村和典
C	の度は実験にご協力いただき,ありがとうございます.
	本実験の目的はスマートフォン向け入力手法を評価することです.
	実験中に,写真および動画の撮影を行う場合がありますが,これは実験の 様子を撮影するために行い,その写真および動画を発表において利用する 場合は,本人の了承を得た上で,研究目的においてのみ利用いたします.
	この実験によって得られたデータは,個人が特定できないように処理いた します.これらのデータを発表において利用する場合は,研究目的におい てのみ利用いたします.
	実験への参加は、協力者の自由意志によるものであり、実験への参加を随 時拒否・撤回することができます.
7	学内外において発表する論文に実験内容を利用することがありますが,い かなる場合においても協力者のプライバシーは保全されます.

### A.2 実験前アンケート用紙

	<b>天殿に因りる争削ノンクート</b> 文責:岡村和5
今回は実験に 力ください.	ご協力いただき,ありがとうございます.はじめに以下のアンケートにご被
1. 年齡,性別	川,利き手についてお答えください.
	年齢: 歳 性別:男・女 利き手:左・右
2. 普段スマー	- トフォンの画面を操作する際に用いる手についてお答えください.
	右・左・両手・その他( )
3. 普段使用 U (例: iPhoned	っているスマートフォンの機種は何ですか? 6, Xperia XZ Premium SO-04J)
機種名:	
4. 今までのス	ママートフォンの利用歴はどのくらいですか?
5. 今までの i	<u>年 ヵ月</u> Phone シリーズの合計の利用歴はどのくらいですか?また,これまでに利用
5. 今までの i した機種をす	<u>年 ヵ月</u> Phone シリーズの合計の利用歴はどのくらいですか?また,これまでに利用 べてお答えください. <u>年 ヵ月</u>
5. 今までの i した機種をす 利用機種	<u>年 ヵ月</u> Phone シリーズの合計の利用歴はどのくらいですか?また,これまでに利用 べてお答えください. <u>年 ヵ月</u> :
<ol> <li>5. 今までのi した機種をす</li> <li>利用機種</li> <li>6. 今までに・</li> <li>たことはあり</li> </ol>	<u>年 ヵ月</u> Phone シリーズの合計の利用歴はどのくらいですか?また,これまでに利用 べてお答えください. <u>年 ヵ月</u> :   サードパーティ製ソフトウェアキーボード (Gboard, ATOK など)を利用し   ますか?ある場合は全てお答えください.
<ol> <li>5. 今までのi した機種をす</li> <li>利用機種</li> <li>6. 今までに たことはあり</li> <li>キーボー</li> </ol>	年 ヵ月 Phone シリーズの合計の利用歴はどのくらいですか?また,これまでに利用べてお答えください. 年 ヵ月 : サードパーティ製ソフトウェアキーボード (Gboard, ATOK など)を利用しますか?ある場合は全てお答えください. ド名:
<ol> <li>5. 今までのi した機種をす</li> <li>利用機種</li> <li>6. 今までたり</li> <li>キーボー</li> <li>実験者使用欄</li> </ol>	年 ヵ月   Phone シリーズの合計の利用歴はどのくらいですか?また,これまでに利用 べてお答えください.   年 ヵ月   :   サードパーティ製ソフトウェアキーボード (Gboard, ATOK など)を利用し ますか?ある場合は全てお答えください.   ド名:

					文責	: 岡村和
今回は実験 力ください	stにご協力いただき,ありか	ぶとうこ	ござい	ました	. 最後に以下のアンケ	ートにごも
1. CalKey	ooard は使いやすかったです	つか?				
	(強く同意しない) 1	2	3	4 5	(強く同意する)	
埋田						
2. CalKey	poard は容易に理解出来まし (強く同意しない) 1	ンたか? 2	? 3	4 5	(強く同意する)	
理由						
3. CalKey	poard を今後使いたいと思い	いますカ	5 وا			
	(強く同意しない) 1	2	3	4 5	(強く同意する)	
理由						



### A.4 実験アプリケーションの使い方



## A.5 CalKeyboard の使い方



### A.6 NASA-TLX の解答方法



### A.7 実験実施要項

	実験実施要項
	文責:岡村和典
l	実験時間の計測をするため,現在時刻を記録する.
2	実験参加へのお礼をし、
	【スマートフォン向け入力手法に関する評価実験のお願い】に記入してもらう.
3	【実験に関する事前アンケート】に記入してもらう.
1	実験手順を説明する.(実験手順についての説明参照)
5	実験アプリケーションを説明する.(実験アプリケーションの操作方法参照)
6	NASA-TLX を手順説明する.(NASA-TLX の回答方法参照. 読み上げる)
7	手法の順序を確認する.(カウンターバランスを取っている)
8	ラップとして現在時刻を記録する。
)	手法1を用いたタスクを行う. (x,yの内手法1にて行うものを説明)
	9.1 練習タスクを行う.(手法の説明をした後,納得いくまで手法を用いた
	人力練習を行ってもらい、最後に練習乂を実験アプリクーションを用
	いて入力) ※ 「メーは「*」「・」は「/」と実記
	※ 「^」は「」,「・」は「/」これに. ※入力け善的入力を行う押技次数にて善設通りに入力してまたら、ま
	た たろべく早く 正確に入力してもらうよう指示 入力を間違えた際
	は打ち直してもらう
	※[] (角括弧) で囲まれている部分を CalKevboard (雷卓) によって入
	力してください. []は入力しないでください. 各括弧の間に[合計]と書
	かれているところはそこまでに入力した数値の合計を入力してもらう
	※入力を開始するまでは問題文を見ないよう顔を上げておく.
	※合計と書かれている部分はそこまでに打ち込んだ数字の合計を入力
	する.
	※改行は用いない.
	9.1.1 x 手法(CalKeyboard を用いた入力, CalKeyboard の操作方法参照)
	により練習文を入力してもらう. CalKeyboard をキーボードに入れ
	3
	9.1.2 y 手法 (計算が必要な都度電卓アプリを開いて計算しアプリを切り
	替える)により練習文を入力してもらう.
	※アプリ遷移方法、電卓アプリについて説明 ( ×,÷は連続で入力可



アプリが意図せず終了するような事態が起き,途中で入力が中断された場合は,明記した上にて現入力予定の文章のはじめから改めて入力を行う.

### A.8 実験手順の説明書

実験手順についての説明 文責:岡村和典 今回の実験手順について説明いたします. なお, これから話す手順について は、実験中に改めてその都度指示をするため、無理に記憶していただかなくて も結構です. まず○○さんには、スマートフォンの実験用アプリケーションを用いて2種類 の手法により文章を入力してもらいます. 各入力手法を利用するはじめに手法 の説明と実験アプリケーションを用いた練習のタスクを挟みます.練習タスク の後、本番タスクとしてはじめに、文章を7個入力してもらいます.その後、 NASA-TLX と呼ばれるアンケートにお答えいただきます. その後3分以上の 任意の時間休憩を取っていただきます. 実験アプリケーションと、NASA-TLX については後ほど説明をいたします. 2手法において実験タスクが終了致しましたら、最後にアンケートにお答えい ただき本実験は終了となります. 何か質問はございますか? 分からないことがあれば随時質問をしてください.

### A.9 評価実験に用いた文章の答え

	問題文答え	文責:岡村和典
<ul> <li>(練習).49850,2500,52350</li> <li>(1).356,375</li> <li>(2).174.5</li> <li>(3).13119,2014,15113</li> <li>(4).10318,10120,20438</li> <li>(5).199806</li> <li>(6).435840283</li> <li>(7).1447200,46480,73920,</li> </ul>	1567600	