

手書きアノテーションの有効性に関する 定量的実験の分析と評価

MUHD DZULKHIFLEE HAMZAH[†], 田野 俊一[†], 岩田 満[†], 橋山 智訓[†]

近年, 情報技術の発展により, 情報形態は紙からデジタル化の方向へ進んでいる. 紙とペンの良さに近づけるため, 最近では手書きアノテーションに関する研究が数多く行われているが, 残念ながら手書きアノテーションの有効性を定量的に分析した研究がない. そこで, 本研究では, 手書きとキーボードの比較実験を行い, 人間工学的な観点から(1)メモを取る速度, 及び(2)メモの正確さと十分さ, 更に認知的な観点から(3)メモを取る作業自体の認知的負荷について分析を行い, 手書きアノテーションの有効性を定量的に評価した.

A Quantitative Analysis on Effectiveness of Handwriting Annotation

Muhd Dzulkhiflee Hamzah[†], Shun'ichi Tano[†], Mitsuru Iwata[†], Tomonori Hashiyama[†]

Recently because of the development of information technologies, the forms of information are changing from paper documents to digital documents. Since annotation is one of the best benefits of paper documents, there are a lot of studies concerned with digital annotation systems. But, only a few of them are concerned with the effectiveness of handwriting annotation. Therefore, we conducted an experiment that investigated the differences between handwriting and keyboard input in Japanese to quantitatively clarify the effectiveness of handwriting annotations. In our study, we focused on two parameters, input speed and cognitive load, and the results suggest that handwriting annotation or memos can be input much faster than keyboards. The cognitive load are also much higher with keyboard input than with handwriting annotation.

1. はじめに

近年の情報技術の発展により, 情報形態はデジタル化の方向に進んでいる. そのため, 情報のメディアが紙からデジタルベースに移り変わるのも時間の問題だと言える. 特に, 最近のヒューマン- コンピュータインタラクションの分野では, デジタルドキュメントのような情報のデジタル化に関する研究が多く行われている. デジタルドキュメントは紙と違って, 情報の再利用, 訂正の容易さ, スペルチェックのような機能が利用できるため, 文書作成の作業にメリットが多いと示唆される.

しかし, 情報のデジタル化が進んでいるにもかかわらず, 紙の使用枚数は年々増加していく一方であり, 我々ユーザは未だに紙を好んでいる. デジタル情報と違って, 紙は読む作業, 及び文書作成のためのメモ書き作業にメリットが多いと報告され, 例えば読みやすさや, 容易に参照ができることなどが挙げられる. 更に, 紙の最大のメリットは, アノテーションが自然に行われることだと考えられる. なぜならば, 我々は本などを読む際に, 不明瞭な部分を補うためや, 情報の理解度を深めるためなどに, アノテーションを付けるからである. そのため, 最近では紙の良さに近づけるために, 手書きアノテーションシステムに関する研究が多く行われている.

それだけでなく, デジタル情報にはデジタルドキュ

[†]電気通信大学大学院 情報システム学研究所
Graduate School of Information Systems, The University
of Electro-Communication S

メントのような静的な情報のみならず、動画や音声のようなマルチメディア情報もある。マルチメディア情報へのアノテーションは今まで主にキーボードとマウスを用いて入力されたが、マルチメディア情報はデジタルドキュメントと違って、重要な内容を線で引いたり、丸く囲んだりするだけでは不十分で、その内容をメモとして入力しなければならないので、キーボードとマウスを用いる際に、オンタイムにメモを取るのには困難だと考えられる。そのため、最近ではデジタルドキュメントと同様、マルチメディア情報にも手書きアノテーションを入力するシステムに関する研究が多く行われている。

このように、手書きアノテーションシステムに関する研究は静止情報からマルチメディア情報まで幅広く研究されているが、手書きアノテーション自体の有効性について定量的に分析している研究は少ない。そこで、本研究では、入力速度及び認知的負荷に注目し、キーボードと手書きの比較実験を行い、手書きアノテーションの有効性について定量的に明らかにする。

2. 研究の背景と問題意識

2.1. アノテーションシステムの流れ

近年の静止アノテーションシステム及びマルチメディアアノテーションシステムの流れは、紙とペンの良さに近づけるために、システムに用いられる入力デバイスとして、キーボードやマウスからペン(手書き)に変わりつつある。しかし、上記にも述べたように、今なお手書き入力がキーボードよりも有効であることが定量的に明らかになっていない。

静止情報アノテーションシステムの場合は、アンダーラインやボックスなどのダイヤグラムのものが多いため、キーボード入力よりも手書きの方が自然にアノテーションができるということは十分に考えられる。しかし、マルチメディア情報アノテーションの場合は、そのほとんどのアノテーションはメモという形で入力しなければならないため、確実に手書きの方がキー

ボードよりも有効であるとは言えない。総務省の平成16年度の通信利用動向調査によると、日本の世帯におけるパソコンの保有率が年々上昇しており、2003年に78%を超えている。このように、パソコンを保有している人が年々増加しており、当然キーボードとマウスの使い方に慣れた人も多くなっている。一方、手書きで文字を書くことは最近では少なくなり、手紙やレポートなどをワープロで済ます人も多くなっている。また、キーボードは手書きよりも入力が速いということも最近言われている。

このように、現在では定量的なデータがない限り、手書きがキーボードよりも有効であるとは言えない状況になっている。そのため、手書きアノテーションの有効性を定量的に分析し、それを明らかにする必要があると考えられる。

2.2. キーボードによる文字入力の問題点

キーボードによる日本語文字入力が創作活動に影響を与えるという事例が近年多く報告されている。英語の場合、表音文字であるため創作活動には大きな影響を与えないが、それに対して日本語は表意文字である。また、ローマ字、カナ、漢字と変換過程が数段必要になるため、創作活動に大きな影響を与えると考えられる。更に、仮名漢字変換の同音異義語選択操作は思考の邪魔になると考えられる。意図した漢字に変換されず、集中力がそがれるなどの問題点もあると十分考えられる。

このように、キーボードによる日本語入力過程の問題点などは多く示唆されている。しかし、この問題を定量的に分析をし、明らかにする研究はない。

3. 従来の定量的実験の問題点と本研究の目的

田村[1]は文書作成時の文字入力方法の違いにおける入力スピードの比較を行った。この研究は、大学生を対象にし、手書き、携帯、パソコン(キーボード入力)を使った文書作成時の入力速度を比較した。驚いたことに、最近の大学生の文字入力スピー

は、手書きやパソコンよりも、携帯の方が最も早かったという結果が得られた。しかし、ここで考慮した項目は入力スピードのみであり、入力デバイスを比較する際に必要な認知的な観点で評価していない。また、ここでは文書作成時の文字入力について実験を行ったので、アノテーション入力時のメモ書きの評価と異なる可能性が十分にあると考えられる。そのため、この研究のみで手書きアノテーションを評価するのは、限界があると考えられる。

ペン入力デバイスに関する定量的実験としては、Mackenzie[2]、魚井[3]、及び加藤[4]の研究を挙げることができる。魚井とMackenzieはドラッキング操作について実験を行ったが、実験に用いられたペン入力デバイスは間接型である。その結果、ペンの方がマウスよりも操作が早かったと報告された。加藤は、2種類のペン入力デバイスとマウスを用いて、ポインティング、ドラッキング、及び操作の移動方向依存性について分析を行い、ペンの特徴、及びペンUIを設計する時に考慮すべき点を明らかにした。しかし、これらの研究では、主にペンを手書き入力デバイスとしてでなく、ポインティングやドラッキングのような操作のための道具としてとらえているため、手書きアノテーションシステムを設計する際に、これらの研究結果を用いてペンUIを設計するのは限界があると考えられる。

以上のことより、手書きアノテーションの有効性を定量的に評価した研究がないということが分かった。手書きアノテーションの研究を進める上で、まず手書きの有効性を明らかにするのは極めて重要だと考え、手書きアノテーションの有効性を定量的に分析し、明らかにすることを本研究の目的にした。この目的を達成するために、入力方法に注目し、手書きとキーボードの比較実験を行う。ここでは、手書き入力がキーボードよりどれくらい有効かを定量的に明らかにする。また、人間工学的(入力効率)な観点のみならず、認知的(認知的負荷)な観点も考慮し、実験を行い、分析を行う。

4. 手書きとキーボードの比較実験

4.1. 実験目的

本実験の目的は、メモを取る際に、手書きとキーボードを比較し、どちらが有効かを定量的に分析し、(1)メモを取るスピード、(2)メモの正確さと十分さ、及び(3)メモを取る作業自体の認知的負荷について明らかにすることである。

4.2. 実験の設計

本実験は、人間工学的(入力効率)な観点、認知的(認知的負荷)な観点を考慮し、以下のように実験を設計した。

- 1) 入力デバイスを比較する際に、一般に使われるのは入力の効率である。本実験においては、手書きの入力効率を調べるために、入力スピード(入力時間)を分析する。
- 2) 入力デバイスによって我々の知的活動の思考が左右されると多く報告されている。ここでは、認知的負荷の大きさを明らかにするために、アイデアをメモするという行為に注目した。我々は、アイデアをメモする際に、頭の中で思いついたアイデアを精一杯記憶し、紙などに写す。この状況を再現するために、文を一定時間内に表示して被験者に記憶させ、それから同じ文を入力してもらうようにした。文の長さを変え、表示時間を一定にすることにより、認知的負荷を変えることができ、被験者が手書き及びキーボードで入力する際の認知的負荷の限界を分析することが可能と考えられる。

4.3. タスク内容、および計測項目

本実験は以下の2つのタスクから構成される。

- 1) タスク1: 参照ウィンドウ(Fig.1)にランダムに表示された提示文(30文あり、10、20、及び30文字程度)を見ながら、タスクウィンドウ(Fig.1)にキーボード、または手書きで同じ文を入力してもらう。

- 2) タスク2 :一定の表示時間内 (5 秒)に ,参照ウィンドウ (Fig.2)にランダムに表示された提示文 (30 文あり,10 ,20 ,及び 30 文字程度)を見て記憶し ,提示文が非表示になってからタスクウィンドウ (Fig.2)にキーボード ,または手書きでできる限り同じ文を入力してもらふ .入力時間は制限されず ,被験者が入力し終わったら ,自分の意思で次の文に進む .

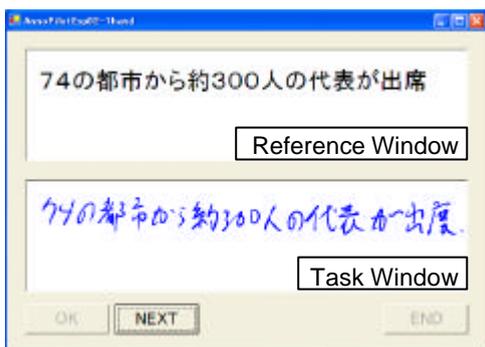


Fig.1: Sample of Task 1 UI

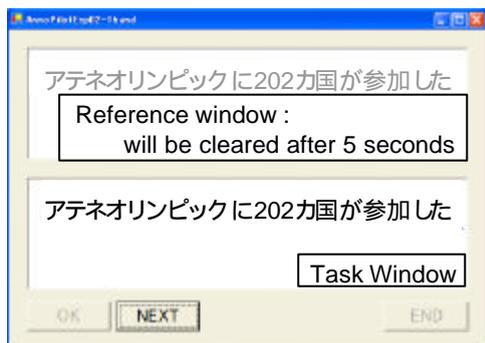


Fig.2: Sample of Task 2 UI

計測項目に関しては ,タスク1 とタスク2 では ,まずタスクを終了するまでにかかった時間と ,各文の入力時間を計測する .次に ,文 (内容)の正確さと十分さについて評価する .最後に ,キーボードのキー情報 (打ったキー)を分析し ,特に変換回数 (Spaceキー) ,確定回数 (Enterキー) ,削除回数 (Deleteキー) ,及び Back Space キー)を分析する .

4.4. 被験者

被験者は ,21 ~ 30 歳の情報系大学院生 15 名である .妥当な結果を得るために ,被験者のキーボード入力能力のレベルを問わず ,特定研究室の M1 と

M2 の学生全員を被験者とした .被験者全員が 1 日当たり最低 4 時間ほどコンピュータを使用するため ,一般ユーザよりもキーボード入力能力のレベルが高いと推定できる .

4.5. 実験手順

実験を行う前に ,実験用の UI に慣れてもらうために ,数分間 UI を用いて入力の練習を行う .タスク1 ,及び2 は ,それぞれ2 回行う .学習効果の影響を除くために ,各タスクのキーボードと手書きの順番を被験者によって変化させる .

事前実験[5] の分析から ,実験前の指示は非常に重要であることが分かった .そのため ,妥当な結果が得られるように ,以下の項目に注意を払い ,指示を行った .

- 1) 手書きの場合 ,実験結果はどれくらい丁寧に書くかに依存するので ,指示を出すときにメモ書きの特徴である「きれいに書かなくても良いにと ,清書しなくてもよいこと」をきちんと被験者に伝えなければならない .
- 2) 手書きの場合 ,漢字を忘れたときに書けないので ,ひらがななどで入力しても良いと指示しなければならない .しかし ,妥当な結果を得るために ,キーボードも同様な自由さ (変換しなくても良い) を与えなければならない .
- 3) 被験者に緊張感を与えるような言葉は ,指示の中に使わないように注意しなければならない .絶対に「や ,必ず」などの硬い言葉の代わりに ,「できる限り」のようなやわらかい言葉を使用するように注意しなければならない .

4.6. 実験試料

事前実験[5] の分析から ,タスク1 と2 の提示文には次の3 つの問題点がある .

- 1) 手書きの場合 ,提示文内の漢字の割合と漢字の画数が入力時間に大きく影響するため ,注意が必要である .
- 2) 一般的に手書きでメモを取る際に ,文書作成時

の文字入力と違って複雑な漢字をひらがなで入力することが多い。そのため、複雑な漢字が提示文内に多く含まれると、手書きとキーボードを平等に比較できないと考えられる。

- 3) 記憶するための提示文は、一般常識や被験者が得意とする分野から選択すると、認知的負荷が小さくなり、妥当な結果が得られない可能性がある。そのため、提示文の分野の選択に注意が必要である。

以上のことを考慮した結果、タスク1と2の提示文の漢字含有率を30%に設定した。この数字は、日本語ワープロ検定試験の基準と同様であるため、妥当だと考えられる。また、提示文内に含まれる漢字は、できる限り教育漢字以外の漢字が含まれないように注意しなければならない。最後に、被験者全員は情報系の大学院生であるため、提示文は情報処理の分野から選択しないように注意しなければならない。

そこで、タスク1、及びタスク2の実験試料(提示文)は、日々内容が変わるとい特徴を持つ新聞(朝日新聞のデータベース)から抽出したものを採用した。タスク1と2を合わせて、全部で240文(文の長さ10文字:80文、20文字:80文、30文字:80文)を朝日新聞のデータベースから選択した。漢字の割合が均等になるようにランダムに8セットに分けた。

5. 実験様子、及び結果結果

全てのタスクを終了するまでの時間は、3時間程度である。Fig.3は実験風景の様子である。



Fig.3 : Experiment situation

5.1. タスク1

メモを取る時間を分析するために、計測項目として各提示文(計30文)の入力時間をログし、集計する。タスク1の実験結果をFig.4、及びFig.5に示す。

Fig.4はキーボード、あるいは手書きで2回タスクを行った時の平均入力時間を示すグラフである。Fig.4から分かるように、メモを取るタスクにおける入力速度は、手書きの方がキーボードより速いということが分かった。手書きの場合は一分間に平均58文字程度入力できるのに対し、キーボードの場合は53文字程度で、5文字程度少ないということが分かった。また、t検定を用いて調べた結果、キーボードと手書きの間に有意水準5%で有意差が認められた($t(14)=-2.405, p<.05$)。

また、Fig.5はキーボードの入力速度から手書きの入力速度を引いた値を被験者ごとにまとめたグラフである。Fig.5から分かるように、15人の被験者の内、12名がキーボードより手書きの方がメモの入力速度が速いということが分かった。

更に、被験者が正しく入力したかどうかによって実験結果の評価が左右されるので、被験者が手書き、またはキーボードで入力したメモを確認し、主観的に評価しなければならない。被験者が入力したメモを調べた結果、全ての被験者が正しくメモを入力し、手書きの場合も、Fig.6に示すように、入力した被験者だけでなく、第3者も読める程度に手書きで入力したと評価できる。

入力速度の平均を見ると、手書きの方が早いという結果が得られたが、実際には5文字程度に過ぎないという寂しい結果である。しかし、実際にはこの実験の被験者が全員情報系の大学院生であり、キーボード入力能力のレベルは高いと推定でき、もしこの実験の被験者が一般ユーザであれば、手書きのメモ入力速度が速いという結果はより顕著になると考えられる。

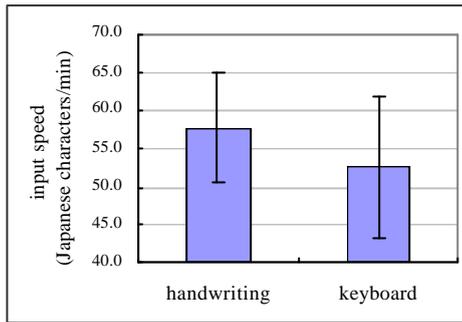


Fig.4: Average Input Speed

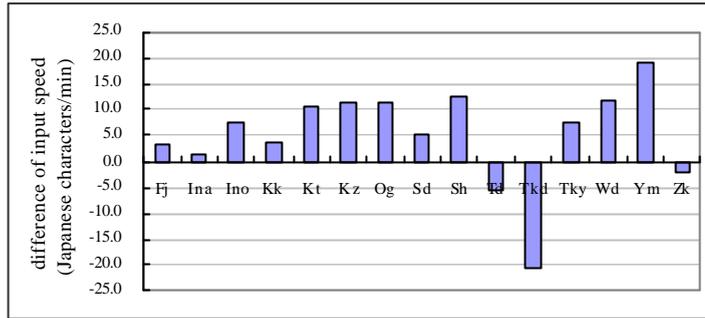


Fig.5: Handwriting and Keyboard Input Speed Differences (Keyboard input speed minus handwriting input speed)

米国の「サ・オースティン・カンパニー」の
登録商標を認められた

Sentence input by SH

MUSES-AをM3S2型ロケット
5号機で打ち上げた

Sentence input by Fj

Fig.6: Samples of Input Sentence by Handwriting

5.2. タスク2

タスク2の結果を分析するために、予め提示文の中から概念を抽出し、それからキーボードまたは手書きで入力したメモと比較し、どれくらい同じ概念が含まれるかどうかを分析する。概念のサンプルは次の通りである。

- 提示文：スイスの面積は4万平方km。
概念：スイス，面積，4万km²。
- 光の速さは30万km/sec
概念：光，速度，30万km/s。

入力された文を以下の3つの項目について分析を行った。

1) 入力文に含まれなかった概念数

キーボードで入力した文、あるいは手書きで書いた文の中に、どれくらい含まれなかった概念があるかを分析した。タスク2は2回行われ、分析した結果をFig.7に示す。キーボード入力の方が手書き入力より含まれなかった概念数が平均20個程度多いということが分かった ($t(14)=-5.172, p<.01$)。

また、Fig.8(キーボードの値から手書きの値を引いたものを被験者ごとにまとめたグラフ)から分かるように、15人の被験者の内、13名が手書きよりキーボードの方が入力文内に含まれなかった概念数が多く、

残り2名はキーボードと手書きの評価が同じだった。このように、手書きの方が含まれなかった概念数が多いという被験者は一人もいなかったという結果が得られた。

2) 100%評価(全ての概念が含まれた)文の数

ここで、100%の評価を取得した文の数が、手書きとキーボードのどちらが多いかを分析する。分析した結果、Fig.9に示すように、手書き入力の方がキーボード入力より、100%評価を取得した文の数が平均5個程度多いということが分かった ($t(14)=4.224, p<.01$)。また、15人の被験者の内、12名が手書きの方が100%評価の文の数が多かったという結果も得られた。

3) 50%以下評価の文の数

50%以下という悪い評価となった文の数を分析した結果をFig.10に示す。Fig.10より、手書き入力の方がキーボード入力より、悪い評価となった文の数が少ないということが分かった ($t(14)=-2.668, p<.05$)。また、15人の被験者の内、手書きのほうがキーボードより悪い評価となった文の数が多かったのは2名のみであり、9名がキーボードの方が悪い評価が多かったという結果が得られた。

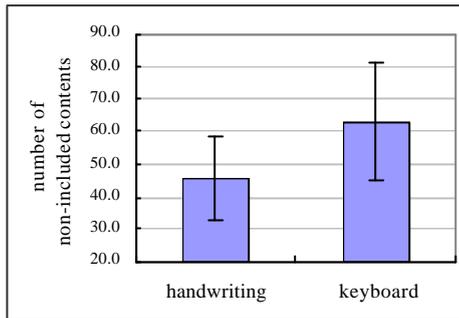


Fig.7: Average Number of Non-Included Contents

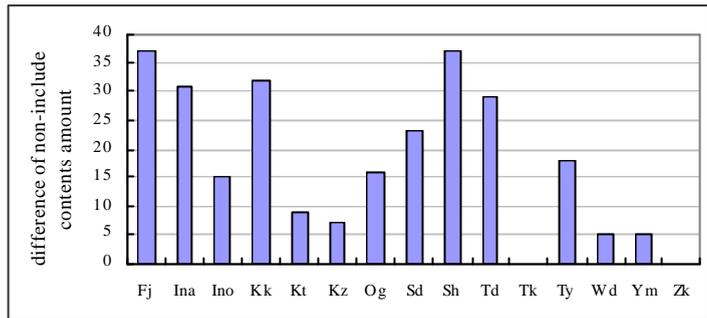


Fig.8: Non-Included Contents of Handwriting and Keyboard Differences(Keyboard amount minus handwriting amount)

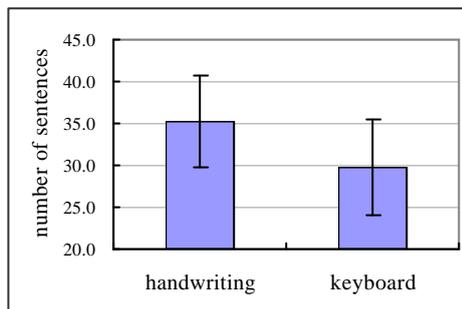


Fig.9: Average Number of Perfect Sentences that included all contents.

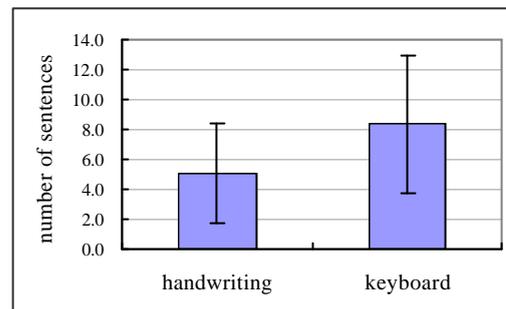


Fig.10: Average Number of Poor Sentences that included only half or less of contents.

6. 結論

手書きとキーボードの比較実験より得られた結果を以下にまとめる。

- 1) タスク1 ではキーボードよりも手書きの方が入力速度が速いということが分かった。
- 2) タスク2 では、入力された文と、予め提示文から抽出された概念を比較した結果、キーボードよりも手書きの方が入力された文内に概念が多く含まれ、全体的に手書きで入力された文の方がキーボードで入力された文よりも評価が高いということが分かった。このことより、キーボード入力の方が認知的負荷が大きいと言える。

そこで、なぜこのような結果が得られたかを分析し、明らかにしなければならない。以下は、この原因について述べる。

1) 入力時に必要な特殊キーの多さ

キーボードで文字を入力する際に、様々な特殊キ

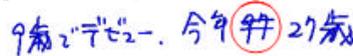
一群(変換キーを含め、訂正キー、移動キーなどもある)を操作しなければならないので、非常に時間がかかると思われる。このことを明らかにするために、入力時に押下された特殊キー群と文字入力に必要な通常キー群の割合を分析する。

分析した結果、キーボードで文字入力する際に、通常キー群以外に30%程度は操作のための特殊キー群の入力が必要であることが判明し、またその中でも最も多い(70%程度)のは変換操作のための変換キーであるということも分かった。このように、キーボードで文字入力する際に、3割の時間がこのような無駄なキー操作に費やされることが分かった。

2) 訂正箇所の多さ

キーボードには、キーの数が多く、更にキー配列が覚えにくいので、入力する際に非常にミスしやすくなる。また、入力ミスした際に、Backspace やカーソルの移動などの操作に手間がかかり、入力時間に大きく影響すると考えられる。そこで、この問題を明

Sample 1: Cancellling



Sample 2: Cancellling and Inserting

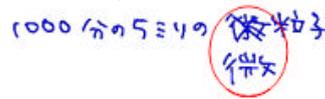


Fig.11: Sample of Corrected Places Made by Handwriting

counted as one
 <Shift>CDI<Backspace><Shift>U<Enter>
 ha<Enter>
 zakusnenn<Backspace><Backspace><Backspace>senn<F7>s<Enter>
 huude<Space><Enter> counted as one
 53<Enter>
 <Shift>%<Enter>

Fig.12: Sample of Calculation of Number of Corrected Places Made by Keyboard Input

らかにするために、手書きの入力ミス箇所数とキーボードの入力ミス箇所数を分析する。

Fig.11 に、手書きによる訂正のサンプルを示す。丸で囲んだ部分をそれぞれ 1 箇所として計算する。キーボードの場合は、Fig.12 のように連続して押下された訂正キー (Backspace、及び Delete) は 1 箇所として計算する。分析した結果をFig.13 に示し、このグラフからキーボード入力によるミス箇所数は手書きメモよりも 14 倍多いということが分かった。

3) 仮名漢字変換の操作

キーボードで文字を入力する際に、仮名漢字変換操作が必要になり、変換している内に記憶した内容を忘れてしまうため、認知的活動が阻害され、非常に大きな問題となる。Fig.14 に、実際に 1 名の被験者がキーボードで入力した文を示す。仮名漢字変換操作をしているうちに、途中で入力ができなくなっていることがよく分かる。

7. 終わりに

本研究では、手書きアノテーションの有効性を定量的に明らかにするため手書きとキーボードの比較実験を行った。本実験から次のようなことが明らかになった。タスク1 では、キーボードよりも手書きの方が入力速度が速いということが分かった。タスク2 では、キーボード入力は仮名漢字変換などが必要である

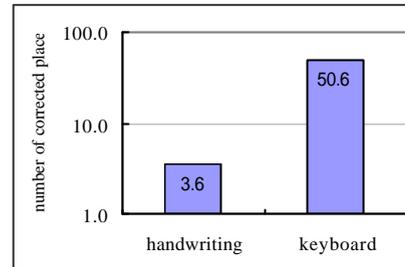


Fig.13: Average Number of Corrected Places.

Reference sentence :

スピカはおとめ座の 星で、1等級の星である
 (supika ha otomeza no arufasei de, 1toukyuu no hoshi dearu)

Inputted sentence :

スピカはおとめ座のアルファ星で
 (supika ha otomeza no arufasei de)

Key information :

supikaha<Space><Enter>
 otomeza<Space><Enter>
 no<Enter>
 arufa<Space><Enter>
 seide<Space><Space><Space><Space><Space><Space>
 <Space><Space><Space><Space><Space><Space><Enter>
Hereafter, the content is forgotten

Fig.14: Intelligent Work Obscured During Kanji Converting Process.

ため、手書きよりも認知的負荷が大きいということが分かった。

今後の課題としては、メモを取る作業自体における手書き、及びキーボード入力の影響を分析することや、被験者がメモを入力する際の視線の割合や被験者の行動などについてビデオ分析を行う。

参考文献

- [1] 田村, 丁井. 大学生の文字入力速度の比較検討. HI シンポジウム'03, pp.81-84 (2003)
- [2] Mackenzie. A Comparison of Input Device in Elemental Pointing and Dragging Task. CHI'91, pp.82-99 (1992)
- [3] 魚井宏高. 選択操作におけるペンとマウスの実験的評価. 情報処理学会第 43 回 HI 研究会報告, pp.82-99 (1992)
- [4] 加藤, 中川. ペンユーザインタフェース設計のためのペン操作性の検討. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5, pp.1536-1546 (1998)
- [5] MUHD DZULKHIFLEE HAMZAH, 藤江, 田野, 岩田, 橋山. 手書きアノテーションの有効性に関する定量的評価. HI シンポジウム '04, pp.1113-1116 (2004)