

論文の内容の要旨

論文題目	知的活動における手書き入力の有効性に関する定量的研究
学 位 申 請 者	MUHAMMED DZULKHIFLEE BIN HAMZAH

知的活動においては、コンピュータの利用は人間の知的な創造活動の支援とはならず、逆に人間の持つ創造力を阻害しているという報告が多い。その主な原因は、知的活動の初期段階が適切に支援されていないからだと考えられる。知的活動の初期段階では、関係情報を収集し、整理してまとめ、更に自身のアイデアを書き下しながら練り上げる作業が重要であり、知的・創造的活動の質を大きく左右する。しかし、現在の情報システムでは、このような作業を適切に支援していないどころか、阻害してしまう場合もあると言われている。

一方、手書き入力は自然で簡単に入力できるため、主に内省的認知モードを必要とする知的活動において、有効であると考えられる。例えば、読書タスクでは、キーボードやマウスのような機械的入力デバイスより手書き入力（手書きアノテーション）の方がユーザの理解度をあげることができると報告されている。我々は、手書き入力は情報の理解だけでなく、思い付いたアイデアや、音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際にも有効であると考え、更に、指示棒のように、ペン入力はユーザの集中を一点に集める力があると考え、知的活動を行う際にタスクへの集中力を維持・向上させるために有効であるとも考えている。そこで、本研究では知的活動における手書き入力の有効性を検証するために、知的活動の中で最も重要な初期段階に着目し、以下の3つの実験を行った。

実験 1：日本語のメモ書き作業における手書き入力の有効性

本実験の目的は、思い浮かんだアイデアや音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際に、手書き入力が有効かどうかを定量的に分析し、明らかにすることである。

これまでの研究では、一般的に文字入力に焦点を当て、入力速度やエラー率のような人間工学の観点だけを考慮した研究が多かった。本研究はこれらと異なり、人間工学・認知科学の両方の観点を考慮し、日本語メモ書き作業における手書きとキーボードの比較実験を行い、手書き入力の有効性を定量的に評価した。被験

者は、22～30歳の情報系大学院生10～15名である。実験結果から、まず入力速度に関しては、キーボードよりも手書きの方が速く入力できることが分かった。また、予め記憶させた内容を思い出しながら入力するタスクでは、キーボードよりも手書きの方が記憶した内容を多く入力できることが分かった。更に、ビデオ及び音声視聴しながら、手書き及びキーボードでメモを取るタスクでは、キーボードで入力されたメモの方が内容が不十分であり、被験者のビデオ及び音声の内容に対する理解度も低いことが分かった。

実験2：視線を用いたキーボード入力の問題の要因分析

この実験に加え、キーボード入力の評価が手書きよりも低くなった原因について探るために、初級、中級、及び上級の新たな3人の被験者で同じ実験を繰り返し、ビデオ解析で分析を行った。分析した結果、キーボード入力能力レベルの低いユーザは、入力するために頻繁にキーボードを見なければならないため、キーボードと画面の間の視線運動が非常に激しく、画面に集中することができないことが分かった。また、ビデオの内容をキーボードでメモを取る際に、映像情報を見落とす可能性が非常に高いことと、ユーザのキーボード入力能力に関わらず、数値を入力するのは難しいことも分かった。

実験3：動的メディアにおける集中力への影響及びペン入力の有効性

本実験では、動的メディアにおけるタスクへの集中力の影響を抑制するために、手書き入力がどれくらい有効であるかを明らかにすることを目的として、まず、動的メディア自体の影響について分析し、定量的に明らかにした。

まず、被験者に簡単な計算作業を手書きで行い、作業中に意味的情報のない動的メディアが表示された場合、どれくらいタスクに影響するかを分析した。その結果、回答速度及びエラー率に関しては、動的メディアが表示されたタスクの方が評価が低かった。また、動的メディアが表示されたタスクの方が疲労度が大きいという結果も得られた。これは、動的メディアが表示されると、被験者の注意が散漫になり、集中力も減少するため、作業効率が低くなったことが要因と考えられる。一方、動的メディアが表示されるときに、作業効率を維持するために、注意と集中力を高める必要がある。そのため、認知的負荷が大きくなり、結果としては疲労度が大きくなったと考えられる。タスク中の視線分析からも同様の結果が得られ、動的メディアが表示されたタスクの方が被験者の視線の乱れが多いことが分かった。

更に、手書き入力がこの動的メディアの影響をどれくらい抑制することができ、かつタスクへの集中力を維持できるかを分析するために、同じ被験者で上記と同様の実験を繰り返した。ただし、入力デバイスとしてペン入力の代わりにオーラル入力を採用した。分析した結果、全体的に、動的メディアにおけるタスクの集中力への影響を抑制するために、ペン入力が有効であることが分かった。特に、エラーを減らすことと、視線の乱れによって生じる集中力・注意の低下を抑制するために、手書き入力が非常に有効であることが確認できた。

以上をまとめると、本研究は3つのコア実験から構成され、それぞれの実験を分析した結果、まず、知的活動の初期段階において、メモを取る作業、及びタスクへの集中力を維持・高めるには、手書き入力が有効であることを明らかにした。次に、日本語でメモを取る際に、キーボードが知的活動を阻害する要因についても、本研究では定量的に分析し、明らかにした。最後に、動的メディアにおけるタスクの集中力への影響についても定量的に分析し、明らかにした。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 MUHAMMED DZULKHIFLEE
BIN HAMZAH

審査委員主査 田野 俊一
委員 多田 好克
委員 植野 真臣
委員 出澤 正徳
委員 田中 健次

本研究では、ペンユーザインタフェース分野の研究・開発の発展を目指し、知的活動の初期段階における手書き入力の有効性を定量的に検証することを試みている。まず、知的活動の初期段階において最も重要とされている（日本語）メモ書き作業に着目し、キーボード入力と比較し、この作業における手書き入力の有効性を定量的に明らかにしている。次に、日本語メモ書きにおけるキーボード入力の問題の要因、及び知的活動の初期段階作業における影響について定量的に明らかにしている。更に、知的活動中の集中力の維持・向上、及び過度な動的メディアの利用における影響を抑制するために、ペン先効果の有効性を定量的に明らかにしている。これに加え、本研究では、知的活動に対する過度な動的メディアの利用における影響についても同時に検証し、定量的に確認している。最後に、知的活動の初期段階作業を実際に行う際、及びこの作業の支援システムを設計する際に、注意すべき点（ガイドライン）について検討している。本論文の具体的な内容は以下の通りである。

第1章では、序論で、研究の背景として知的活動の初期段階作業においては、現在の情報システムが適切に支援していないことを分析し、明らかにしている。その後、この問題を踏まえて本研究の目的を導き、知的活動の初期段階における手書き入力の有効性を検証するために、3つのアプローチが必要であることを説明している。

第2章では、関連研究及び本研究の位置付けと題し、ペンユーザインタフェースに関する研究、キーボードの問題点、及び動的メディアに関する研究について紹介している。本研究に関連する分野において、手書きアノテーションシステム、手書き入力の比較実験、動的メディアの効果・影響など、比較実験から研究段階・製品化のアノテーションシステムに至るまで、幅広く紹介している。

第3章では、日本語のメモ書きにおける手書き入力の有効性と題し、知的活動の初期段階において最も重要とされている作業（関連情報、自身のアイデアを書き下しながら練り上げる作業）において、手書きとキーボードの比較実験を行い、手書き入力の有効性を定量的に明らかにすることを試みている。本章では、まず、関連研究として今まで指摘してきた手書き入力の問題点、及び現在の手書き入力

に関する定量的評価実験について紹介し、関連研究の分析から分かったことを踏まえ、この比較実験の位置付けと目的、及びアプローチを説明している。その後、実験の設計やタスク内容など、実験の詳細な内容について説明している。最後に、実験結果の分析より、メモを取る速度、メモを取る際に必要な認知的負荷、取ったメモの十分さ、正確さ、及びそのメモに対する理解度において、全体的に手書き入力の方がキーボードよりも評価が高いことを示し、日本語メモ書き作業における手書き入力の有効性を確認している。更に、実験中の観察より、日本語メモ書きにおけるキーボード入力の問題の要因を分析し、主観的に評価し、明らかにしている。

第4章では、視線を用いたキーボード入力の問題の要因分析と題し、前章で主観的に明らかにしたキーボード入力の問題の要因を、視線分析の分析手法を用いて定量的に明らかにすることを試みている。本章では、まず、視線を用いた関連研究について述べ、視線が人間の行動を分析する上では、有効なパラメーターであることを示している。その後、前章の分析から得られたキーボード入力の問題の要因を考慮しながら、本実験の目的・アプローチを設定し、その後、実験の設計やタスク内容などの具体的な内容を説明している。最後に、視線分析の方法、分析結果について述べ、日本語メモ書き作業におけるキーボード入力の問題の要因、及び知的なタスクへの影響について定量的に分析し、明らかにしている。これによって知的活動の初期段階作業においてキーボードよりも手書き入力の方が有効であることを確認している。

第5章では、動的メディアにおける集中力への影響及びペン入力の有効性と題し、過度な動的メディアの利用による知的活動への影響、及びこの影響の抑制におけるペン先効果の有効性について定量的に明らかにすることを試みている。本章では、まず、関連研究としてウェブバナーを用いた動的メディアの効果・影響、及びペン先効果に関する評価実験について紹介し、それぞれの問題点について分析し、定量的な評価がないことを指摘し、議論している。次に、関連研究の問題分析の結果を考慮しながら、本実験の目的・アプローチを設定し、実験の具体的な内容について説明している。その後、実験結果の分析パラメーターである、効率の観点（入力速度とエラー）、及び視線分析について述べている。最後に、動的メディアの影響について分析し、動的メディアがユーザの視線を引きつける力があると定量的に明らかになり、過度な利用、及び不適切な設計によって知的活動が阻害され、タスクへの集中が途切れてしまう可能性があることを示している。更に、この動的メディアの影響を抑制するために、ペン先効果の有効性が確認されており、知的活動への集中力を維持・高めるために、ペン入力が有効であることも明らかにしている。

第6章は、本研究が構成されている3つのコア実験の結論とまとめであり、更に、知的活動の初期段階における作業・支援システムの設計を行う際に必要なガイドラインについて述べ、本研究の成果をまとめた。最後に、残された課題、展望について議論している。

以上、本論文は、知的活動の初期段階における手書き入力の有効性を明らかにするために、3つのコア実験を行い、それぞれの実験結果によって手書き入力の有効性を確認している。更に、知的活動の初期段階における作業・支援システムの設計を行う際に必要なガイドラインを示しており、近年、研究・製品開発・導入がますます盛んになっているペン入力インタフェース分野への寄与が期待される。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値すると認められる。