

Title	Pen Memoによって作成したメモが内容想起に与える影響の分析
Author(s)	井上, 善嗣
Citation	
Issue Date	2006-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/592
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

Pen Memo によって作成したメモが
内容想起に与える影響の分析

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識社会システム学専攻

450006 井上 善嗣

審査委員： 國藤 進 教授（主査）
宮田 一乗 教授
藤波 努 助教授
西本 一志 助教授

2006 年 2 月

目次

1	序論	1
1.1.	研究の背景	1
1.2.	研究の目的	3
1.3.	本論分の構成	4
1.4.	本論分における定義	5
2	関連研究	6
2.1.	講義ノート作成に関する研究	6
2.1.1.	講義の様子を保存する研究	7
2.1.2.	講義ノート作成アプリケーションに関する研究	7
2.2.	思考の外化と整理・移動に関する研究.	8
2.3.	予備実験.	9
2.4.	本研究の位置づけ	11
2.5.	仮説	12
3	関連研究	13
3.1.	思考	13
3.2.	思考の外化	14
3.3.	講義における思考の外化	15
3.4.	紙の講義ノートの問題	16
4	Pen Memo	18
4.1.	Pen Memo の目的と設計指針	18
4.2.	Pen Memo の機能	20

4.2.1.	アプリケーションの全体図	20
4.2.2.	メニューバーの構成	21
4.3.	手書き情報について	21
4.3.1.	手書き情報の入力方法	21
4.3.2.	手書き情報の削除方法	22
4.4.	テキスト情報について	24
4.4.1.	テキスト情報の入力方法	24
4.4.2.	テキスト情報の編集方法	25
4.4.3.	テキスト情報の削除方法	26
4.5.	整理機能について	26
4.5.1.	手書き情報の移動方法	27
4.5.2.	手書き情報の移動の確定方法	28
4.5.3.	テキスト情報の移動方法	28
4.6.	用語説明	29
5	評価実験	30
5.1.	評価実験の目的	30
5.2.	ユーザビリティ (Usability)	31
5.3.	実験方法	32
5.3.1.	被験者	32
5.3.2.	映像の内容	33
5.3.3.	実験用アプリケーション	34
5.3.4.	実験順序	34
5.3.5.	実験装置	35
5.3.6.	映像に関するテスト	37
5.4.	評価実験の構成	37
5.5.	評価実験 (1回目)	38
5.5.1.	実験の流れ	38
5.5.2.	実験についての説明部分	39
5.5.3.	実験部分について	41

5.6.	評価実験（2回目）	44
5.6.1.	実験の流れ	44
5.6.2.	実験についての説明部分	45
5.6.3.	実験部分について	46
5.7.	評価方法	48
6	実験結果と考察	49
6.1.	講義メモの分析	49
6.1.1.	整理前の講義メモの分析	49
6.1.2.	手書き情報の書き直し	51
6.1.3.	講義メモへの追記	52
6.1.4.	講義メモの位置移動	54
6.2.	整理・追記・閲覧に掛かった時間	55
6.2.1.	1回目の実験の時間について	55
6.2.2.	2回目の実験の時間について	57
6.3.	映像に関するテスト	59
6.3.1.	整理機能ありの場合のテスト結果	60
6.3.2.	整理機能ありの場合のテスト結果	61
6.3.3.	アプリケーション間の比較	62
6.4.	アンケート結果	65
6.4.1.	1回目の実験の時間について	65
6.4.2.	2回目の実験の時間について	66
6.4.3.	Pen Memo についてのアンケート	68
6.5.	Pen Memo のユーザビリティ	69
7	結論	71
7.1.	成果	71
7.2.	今後の課題	72

謝辭	7 3
参考文献	7 4
發表論文	7 6

目 次

第4章

4.1. アプリケーションの全体図	20
4.2. ペンマウスによる手書き情報入力	21
4.3. 削除対象	22
4.4. 削除対象の範囲指定	23
4.5. 削除対象を削除	23
4.6. 入力用ダイアログ	24
4.7. テキスト情報の入力	25
4.8. テキスト情報の編集	25
4.9. テキスト情報の編集完了	26
4.10. 手書き情報の移動	27
4.11. 手書き情報の移動確定	28
4.12. テキスト情報の移動	29

第5章

5.1. 実験装置	36
-----------	----

第6章

6.1. 整理前の講義メモ	51
6.2. 情報の書き直し	52
6.3. 講義メモへの情報の追記	53
6.4. 1回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較	55

6.5. 2回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較	57
6.6. 整理機能ありのテスト結果	60
6.7. 整理機能なしのテスト結果	62
6.8. アプリケーション間の差分	63

表 目 次

第2章

2.1. 予備実験分析結果	10
---------------	----

第3章

3.1. 思考の外化方法	15
3.2. アナログデータとデジタルデータの特徴	17

第4章

4.1 Pen Memo の主な機能	19
--------------------	----

第5章

5.1. 映像の内容	33
5.2. 実験順序	35
5.3. 1日目の実験アンケート	42
5.4. アプリケーションに関するアンケート	42
5.5. 2日目の実験アンケート	47

第6章

6.1. 1回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較	55
6.2. 1回目の実験の整理・追記・閲覧時間の t 検定結果	56
6.3. 2回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較	57
6.4. 2回目の実験の整理・追記・閲覧時間の t 検定結果	58
6.5. 整理機能ありのテスト結果	60
6.6. 整理機能なしのテスト結果	61
6.7. アプリケーション間の差分	63

6.8. アプリケーション間の差分の t 検定結果	6 4
6.9. 1 回目のアンケート結果の平均と差分	6 5
6.10. 2 回目のアンケート結果の平均と差分	6 5
6.11. 整理機能ありについてのアンケート結果	6 6
6.12. Pen Memo の機能に関するアンケート結果の平均	6 7

第 1 章

序論

本章では教育現場で用いるためのノート作成を目的とした研究を中心に，本研究の背景と目的について述べる．その後，本論文の構成と本研究における「メモ」と「整理」についての定義する．

1.1 本研究の背景

本節では本研究の背景について述べる．

近年，コンピュータの性能が向上し，値段も安価になったため，私たちの生活にコンピュータを利用した装置が普及している．その中で教育現場にコンピュータを導入し，コンピュータを用いることで教員の指導や学生の学習に貢献できるようなアプリケーションやシステムの研究・開発が進められている[11]．これは文部省が 2000 年度から 6 年計画で始めた教育の情報化を目的としたミレニアム・プロジェクト[14]でも述べられている．その内容は，従来おこなわれてきた教室自体をコンピュータ化するのではなく，コンピュータやネットワークを「道具」として用いることに重点を置いている．

ここで，私たちは学生の学習に貢献できる研究として，学生が講義中にノートを作成することに関連のあるものに着目した．それは講義の様子を映像データや画像デー

タでコンピュータに保存するものやコンピュータを用いることでノート作成の手間を軽減することを目的にしたものが挙げられる。

講義の様子を保存することを目的とした研究として[8][20]があげられる。これらの研究は講義の音声や文字情報に関連づけて、復習時にその音声を聞いて学習するものであったり、講義の画像にメモを書き込めるものであったりする。この方法は復習時に講義の内容を再現できるが、専用の装置や PC 以外のデバイスが必要である。また講義の音声や映像をみての復習は時間がかかることと、今まで行ってきたノート作成と方法が大きく異なってしまい、学習方法が大きく変化してしまう問題がある。

コンピュータを用いることでノート作成の手間を軽減することを目的にしたものには、[12]の研究がある。コンピュータのキーボードを使って文章を打ち込み、ショートカットキーを用いて数式の入力やアノテーションをつけ、ペンマウスによって図を書き込めるようになっている。しかし、この研究のアプリケーションは利用者がコンピュータの使用に長けている必要がある。また時間の流れがある講義において、複雑な操作を必要とするアプリケーションは、講義における重要な情報を聞き逃してしまう問題がある。

以上のことから本研究では、今までの講義で一般的に行われてきた、学生がペンでノートを取るといった形を残しながら、コンピュータの利点であるデータの再利用性と編集の容易さを生かした、学習に効果のあるノート作成ができるアプリケーションを提案する。

ここで本研究において良い講義ノートは講義中に発生した情報や自分の考えを多く含んでいて、時間が経過しても講義内容を想起できることが良いノートであると定義する。そこでより多くの情報を書き込める方法として、メモに着目した。メモは自由な書き込みを可能にし、すばやい書き込みにより多くの情報を書き込むことができる。また、手書きによる入力は、キーボードなどの複雑な操作に比べると利用者への認知的付加も小さい[6][7]。

しかし、メモは時間が経過すると内容を忘れてしまうという欠点がある。またメモは自由な位置に書き込むため、メモ同士のつながりがわかりにくいという欠点もある。そこでそのメモの内容を講義が終了した後に簡単に補足し、整理することができれば、メモによって多くの情報を含みかつ時間が経過してからでも内容を想起できる良い講義ノートができると考えた。この追記と整理をコンピュータの利点である再利用性と編集の容易さによって実現する。

1.2 研究の目的

本節では本研究の目的について述べる。

本論文では予備実験の結果からメモの問題点を補い、情報を多く含んだ講義ノートを作成するために提案した手書きのメモへの追記と整理が簡単に行えるアプリケーション Pen Memo を作成し、Pen Memo によって講義メモがどのように整理されるかと、作成されたメモによる講義ノートが講義内容の想起に対して効果があるかを検証する。

そこで講義ノートを作成することを2つのステップに分けた。1つめのステップは講義中のように流れのある場面は、自由な書き込みが可能なペンマウスを用いた手書きによって講義のメモを取る。2つめのステップは、講義メモに書かれている情報の整理である。情報の整理とは、講義メモの位置の移動と、足りない情報の追記で、追記にはペンマウスによる手書き情報と文字の可読性に優れたキーボード入力によるテキスト情報でおこなう。

本研究では、上述した2つめのステップで、利用者がどのようにメモを整理するか、また2つめのステップがある場合とない場合で、時間が経過したときに講義内容を想起することに対して与える影響を分析する。

そのためにペンマウスによる手書き入力とキーボードによるテキスト入力が可能で、それらの入力情報を自由な位置に動かせるアプリケーション Pen Memo を作成

した。この Pen Memo を用いて整理と追記がある場合とない場合でメモの内容想起に与える影響を比較した。その影響を比較するために以下の項目について分析・検証する。

- 時間の流れのある講義で作成された講義メモの分析
- 整理・追記・閲覧に掛かった時間の差を比較
- 講義内容に関するテストの点数の差を比較
- 実験とアプリケーションに関するアンケート調査
- 実験結果からアプリケーションのユーザビリティを検証

その検証には時間の流れのある講義として、被験者に研究紹介用の映像を視聴してもらい、映像の内容にそった講義メモの作成と映像に関するテストとアンケートによっておこなった。

1.3 本論文の構成

本節では本論文の構成について述べる。

第 2 章では、関連研究と予備実験について述べ、本研究の位置づけと本実験で検証する仮説について説明する。第 3 章では、本研究で着目した思考の外化であるメモについて述べる。第 4 章では、本研究で実験に用いるアプリケーション Pen Memo の設計指針と操作方法について説明する。第 5 章では、仮説を証明するための評価実験の詳細について述べる。第 6 章では、第 5 章でおこなった評価実験の結果について分析し、メモの追記と整理が内容の想起に与える影響を考察する。第 7 章では、本研究のまとめと今後の課題を述べる。

1.4 本論文における定義

本節では本論文における「メモを取る」と「メモの整理」についての定義をする。「メモを取る」という行為は研究者によって様々な定義がされている。[1: 三宅]ではメモというものはメモが発生した時点の思考の一部分の情報を含んでいると述べられている。また[2: 伊藤, 柳沢ら], [3: 野田ら]では文章や図が書かれているものに自分の思考を直接書き加える行為をメモとしている。しかし, これらの行為に関して共通するものとして, 「メモを取る」ということは思考の段階で次々に思考の一端を書き留めていく行為であると言える。頭の中に浮かんだ考えや図の注目すべき箇所などがあればその考えを直接書きとめていく。

そこで本論文では「メモを取る」ということは「頭に浮かんだ思考を書き留めていく行為」として扱う。

「メモの整理」とは「足りない部分をつけたし, 書き込んだメモを自分の好きな場所に移動させる行為」として扱う。

第 2 章

関連研究

本章では、講義を対象とした講義ノート作成アプリケーション作成やシステム構築に関する研究について述べる。また思考の外化と操作を行い、内容の理解を深めることを目的とした研究について述べる。それらの研究について述べたあと、本研究との関連と違いを述べる。

2.1. 講義ノート作成に関する研究

本節では講義を対象にしたノートを作成に関する研究について述べる。講義を対象としたノート作成に関する研究は、1人で使うことを目的としたものと、複数で使うことを目的としたものがある。本研究と関連のあるものは、前者だと考える。

1人で使うことを目的とした研究に着目すると、講義の様子をコンピュータに保存するものやコンピュータを用いることでノート作成の手間を軽減することを目的にしたものが挙げられる。講義の様子を保存するとは、講義を映像データや画像データで保存するものや音声を保存ものである。

2.1.1. 講義の様子を保存する研究

本節ではコンピュータを用いることで講義の様子を保持し、復習時にその講義の様

子を再現できることを目的とした研究について説明する．講義の様子を保存することを目的とした研究として [20 : 重森ら] [8 : Stifelman ら]があげられる．これらの研究は講義の音声を文字情報に関連づけて，復習時にその音声を聞いて学習するものであったり，講義画像にメモを書き込めるものであったりする．

重森らはPCで制御可能なビデオカメラを用いて，講義映像から静止画を取得し，その静止画にメモを記入することで利用者のノート作成の負担を軽減し，講義に集中できるシステムを試作した．

Stifelman らは紙への書き込みと講義の音声を関連付け，書き込みに関する音声を講義後に再生して，講義を想起できるハードウェアの開発を行なった．

これらの研究は講義の状況を保持し，想起することを目的としている．しかし，講義を想起するために保持されているデータを閲覧，視聴する手間が掛かるうえに，今までの学習方法と大きく異なってしまう．またコンピュータ単体での使用や特別なハードウェアを必要とする．

2.1.2. 講義ノート作成アプリケーションに関する研究

本節ではコンピュータを用いることで講義ノートを作成する手間を軽減することを目的にした研究について説明する．コンピュータを用いることでノート作成の手間を軽減することを目的にしたものには，[12 : 辰川ら]の研究がある．この研究では，テキストの入力にキーボード，図形の描画にペンマウスを用いるノート作成用アプリケーションを提案・構築している．またコンピュータのキーボードでショートカットキーを用いて数式の入力やアノテーションをつけ，ペンマウスによって図を書き込めるようになっている．

しかし，この研究のアプリケーションは利用者がコンピュータの使用に長けている必要があり，コンピュータ操作になれている上級者でしか，使用に対する満足度を得ることができなかった．また時間の流れがある講義において，複雑な操作を必要とす

るアプリケーションは、講義における重要な情報を聞き逃す可能性がある。

2.2. 思考の外化と整理・移動に関する研究

本節では思考を外化し、外化した思考を整理・移動することで内容を深化することを目的とした研究について説明する。頭の中にある思考を外化し、整理・移動することを目的とした研究は、思考を外化して、利用することを目的としたもの、文章の読解中に外化し、利用することを目的としたものや文章を作成する際に利用することを目的としたものがある。

[3:三宅]は計算機で外化の支援することの利点はコンピュータが多量の外化された思考を保持し、迅速に取り出すことができることだとしている。関連する外化された思考同士をリンクすることで、1つの思考から関連するものを閲覧できるようにしている。この方法を用いれば過去に蓄積された情報を生かすことができる。しかし、このシステムはテキストデータしか使用することができず、思考の外化であるメモの持つ絵や図で表現することのメリットを生かすことができない。

[4:野田]は文章を読む過程をコンピュータ上のカードに外化し、外化したカードを操作することで、文章理解に与える影響を確かめている。この操作をすることで、文章を順番に読むことよりも、カードに書かれている文章同士の関連付けや対比を理解することができ、より文章を深く理解できると述べている。

[2:中小路ら]は、フォームを持った情報を構築するにあたり、情報の断片を漸次的に構築していきながら、要求されるフォームとしてどのように表現するかを同時に行う「創造的情報創出」の研究を行っている。この中で、「思考と行為のモデル」として、ある粒度の思考を「並べて比較する」「つながりを認識する」「フォーカスを移動する」という行為を行うことで、インタラクションを行いながら、意思決定を行っていると述べている。これをテキスト情報で考えると、二つのテキスト並べて、どの部分が異なっているかを認識や、内容の比較を行うことである。その関係を認識し、要

求されるフォーム構成の中で直感的に編集・再編集を行い、完成を目指すインタラクションモデルとアプリケーションを作成した。

2.3. 予備実験

本節では本研究をおこなうにあたり、講義映像を視聴しながら紙にペンで講義情報を書き込む場合とテキストエディタにキーボードで情報を書き込む場合にどのような違いがあるのかを分析した予備実験について説明する。

実際にアプリケーションを作成する場合、ペンマウスによる手書きとキーボードによるタイプ入力のもつそれぞれの利点がどのように利用できるかを調べる必要がある。そこで、紙とペン、キーボードとコンピュータの一般的に利用されているテキストエディタ（予備実験では **Microsoft Word** を使用）で講義メモを作成してもらう実験をおこなった。予備実験の目的は、紙とペンによる手書き、キーボードとコンピュータによるタイプ入力でメモを作成した場合に、どのような違いがあるのかを調査し、分析することである。

本研究は講義などの時間の流れのある思考中のメモを対象としているので、被験者には講義中にメモを取ってもらうことを想定した。そこで実験では被験者に放送大学の講義を視聴してもらった。その講義中に作成したメモとメモ行為をビデオによって撮影し、被験者の行動を分析した。

作成されたメモを分析した結果、表 2.1 のような特徴がわかった。

表 2. 1 予備実験分析結果

作成メモの特徴	キーボードと Microsoft Word	ペンと紙
メモ	文章単位で書かれているものが多く, 実験者が見ても意味がわかるものが多かった	省略で書かれているものが多い. 実験者が見ても意味がわからないものも多い.
メモの文字	漢字やカタカナなどもしっかり書かれている.	漢字が平仮名やカタカナで書かれていることが多かった.
メモの位置	上から下に向かって改行で書く. 次のセクションまでは, 改行で対応する.	上から下, 横などに1つのブロック単位でメモする.
セクションの区切り	改行やインデントで区切る.	書く空間を変えたり, 境界線を引いて区切る.
セクションタイトル	Word 特有の箇条書きを使ってセッションタイトルに点や丸などの記号がついていた.	セッションタイトルに下線やタイトル自体を四角や丸で囲っている人もいた. 箇条書きもいた.
図への対応	数学記号の (<, >) や (∈ や ∋) で表す. スペースで区切っている人もいた. また矢印 (→, ⇔) を使う人も. 複雑な図は書かない.	丸や四角を使い, 関係を映像に出された絵で表している. 複雑な図は重要な単語によって簡易化して自分なりの図で描かれていた.
文字の色	黒がメインで, 赤を使った人が数人いた.	黒がメインで, 赤と青を使っている人もいた.
文字の大きさ	文字の大きさは標準の大きさ以外を使っている人はいない.	人によって異なる. メモへの説明書きは文字が小さくなっていた.

評価実験から以下のようなことが言える.

手書きで書いたメモは短い文章になり, 意味がわかりにくくなっていることが多い. また難しい漢字がひらがなやカタカナになっているものがあつた. しかし, メモは図や絵などに即座に対応が利き, 自由な位置に書けるという利点があつた.

タイプ入力では, 文章の入力が楽で, 漢字変換もあるので文章の入力も簡単におこ

なえる。しかし、テキストエディタに慣れていない被験者は図が出てきたときには、図を言葉に直して書く方法以外にとることができない。またインタビューではキーボードでは操作に集中しているときは、講義を聞くことができない、誤字入力に対しての削除・訂正の作業が面倒という意見もあった。

そのため時間の流れのある講義で、重要な情報を聞き逃さないためには複雑な操作によって被験者に認知的負荷与えず、自由な書き込みが可能な手書きによってメモを作成することが望ましいと考えた。

2.4. 本研究の位置づけ

本節では本研究で作成したアプリケーション Pen Memo と Pen Memo を用いておこなう実験の特徴について述べる。

予備実験の結果から講義のような流れのある場面では、キーボードによる情報の書き込みは認知的負荷が大きいと思われる。またアプリケーションの複雑な操作やペンとキーボードを持ち替える作業も負担は大きいと考えられる。そこで本研究では、講義中はペンによってのみ書き込み、講義中以外ではペンとキーボードによって講義メモが書き込めるアプリケーションがよいのではないかと考えた。そこで簡単な機能のみを実装したアプリケーションを作成した。

また本実験は簡単に整理と追記ができるアプリケーションによって利用者が、どのようにメモを整理・追記しているのかを分析し、その整理と追記が、時間が経過してからもメモの内容の想起に影響を与えているかを分析することを目的にしている。また予備実験の結果から本実験では、講義のような時間の流れのある場合に対応するために、講義中は手書きによるメモを取る。そして講義後に内容が薄れないうちのメモの整理と情報の追記を行うようにした。

本研究の特徴として、

- 講義のような時間の流れのある場面では手書きによる講義メモを作成する点
- 講義後に作成した講義メモにたいして、簡単に整理・追記をおこなう点
- Pen Memo によってどのような整理・追記が行われているかを分析した点
- Pen Memo が内容の想起に役立ったかを内容に関するテストによって定量的に求めた点

が挙げられる。

講義ノート作成の関連研究との違いは、復習時の内容の想起に講義ノート以外のメディアを必要としない点やアプリケーションが複雑な操作を必要としないように配慮した点である。

2.5. 仮説

本節では本研究の実験結果から求まるであろう仮説について述べる。本研究では講義中はペンマウスにより内容のメモをおこなって、できるだけ多くの講義内容を書き込む。しかし、時間が経過するとその講義メモの内容が薄れてしまい内容が想起できないと考えた。そこで講義後、キーボードとペンマウスによって簡単に講義メモの整理と情報の追記を行い、その行為が講義の内容を想起することに役立つと仮定した。

評価実験では、提案した講義メモの整理と追記がある場合とない場合でどの程度内容の想起に違いが出るかをテストによって評価する。講義後メモの整理と追記がある場合とない場合では、整理や追記が必要な分、作成に時間は掛かるが、整理と追記をおこなった講義メモのほうがより内容を想起できると考えた。また被験者によって作成された講義メモを比較して、利用者の整理・追記の分析もおこなった。

次章にて思考の外化と本研究にてメモを選択した理由について詳細に述べる。

第 3 章

思考の外化と講義ノート

本章では思考と思考を保存するための思考の外化方法について説明する。また思考の外化方法の一つであるメモについて述べ、その利点と欠点について説明する。

3.1. 思考

本節では私たちが日常生活においておこなう思考について説明する。私たちは日常生活において、頭の中で様々な思考をする。それは目から入った情報であったり耳から入った情報などの五感から入力された情報に関するものであったり、自分の経験によって生み出されるものであったりする。またそれ以外に、与えられた問題に対する解答であったり、アイデアだったりする。

しかし、そのときに考えていた思考は、時間が経過や、新しい思考が生まれたときに薄れてしまったり、忘れてしまったりする。脳科学の観点からみても、ある事象についての記憶は、特定の部位に記憶されているわけではなく、広範囲に貯蔵されている。その事象を再構成するときには、広範囲から記憶を集めるので、生理学的忘却が起こるといわれている[17]。また矢矧著の[18]には記憶した情報を100%としたときに、時間の経過とともに、30分で40%、1日で60%、3日で75%というように記憶が薄れてしまうと書かれている。これはドイツの心理学者が調べた「忘却曲

線」で示されるという。

このように、思考は時間の経過とともに薄れてしまう。これでは良い思考ができたときでも後に活かすことができない。そこで私たちは思考を外化し、保持をおこなっている。

3.2. 思考の外化

本節では私たちがおこなう思考を外化して保持する方法を具体例を挙げながら説明する。私たちは、その思考を忘れてしまっても、また後に参照することができるように思考を外化して頭の中以外に残す。その方法としては、「文字として残す」、「絵や図にして残す」、「音声にして残す」、「映像に残す」など様々な方法がある。その方法の例を表 3.1 に示す。

「文字として残す」や「絵や図にして残す」方法は頭の中に浮かんだ思考を紙にペンで書き込んだり、コンピュータにインストールされているテキストエディタやペイントツールなどにキーボードで打ち込んだり、マウスで書き込んだりする。「音声として残す」方法は、ボイスレコーダーに良い思考が生まれたときに録音する。「映像として残す」方法は、ビデオカメラに思考している様子や状況を録画する方法などがある。

表 3.1 思考の方法

外化の種類	外化の方法
文字	思考を文章や単語で残す。表現は書いた人のわかる形になることが多いが。
絵	思考の形を絵で残す。文章よりも多くの情報を含むが、書いた人以外には説明が不足するとわかりにくい。
図	思考の中の関係を概念で残す。主に関連性を表現するときに使われる。関係を表す表現としては矢印や線で概念をつなぎ合わせたりする。
音声	思考を音声で残す。文章で残したり、思考の断片で残したりすることができる。ただし文字化していないので、必要な情報を得るタグがなければ、最初から聴いていく必要がある。
映像	思考を考えていた雰囲気やその場にあった思考の手助けになった情報を含めて残すことができる。音声同様文章や、思考の断片を残すことができる。ただし、音声同様タグがなければ必要な情報を見つけることが困難になる。また情報が多い分、データ容量も大きくなる。

3.3. 講義における思考の外化

本節では講義中におこなう思考の外化について説明する。文字や絵に外化する方法としてペンで紙に書くという行為を挙げた。その1つとして、私たちが日常生活でおこなっている「メモを取る」行為がある。

私たちは講義やゼミで要点を書き取る、文章を読んで要約する、文章のレイアウトを考えるなど思考をしながら要点を書き取る作業をペンと紙を使って行なっている。この要点を書き取る作業は「メモを取る」行為として考えることができる。

しかし、メモは思考の一部しか含まれていないので、メモが発生した際の背景と文脈の情報が欠如している。つまり時間が経過すると、そのメモに含まれている意味

が薄れてしまい、役に立たなくなってしまうという問題が発生する。最終的にはそのメモが何を意味していたのかがわからなくなる可能性もある。

それと比較して一旦文章に直した場合には、時間が経過したときに見ても背景と文脈の情報が含まれているので、内容について想起することが可能であると述べられている[1]。これは私たちも経験的に理解できる。例えばメモで取らずに、頭の中で自分のなかで整理し、文章にして書き出していることもある。

ただ文章に直す行為に関して、時間に制限がない場面であれば問題はないが、講義やゼミなど時間に制限のある場面や多人数で話し合いをしている場面において、思考中の考えを文章にして書き出すという行為は、文章を考えるという行為が負荷になり思考をさえぎられてしまう。そうすると講義や重要な意見を聞き逃したりする可能性がある。つまり、このような場面においてはメモを取る行為の方が多くの情報を書き留められると考えることができる。

しかし、メモだけでは内容の想起が難しくなるという問題を解決できない。そこでそのメモの内容を講義が終了した後に簡単に補足し、整理することができれば、メモによって多くの情報を含みかつ時間が経過してからでも内容を想起できる価値のある講義ノートができると考えた。

3.4. 紙への講義ノートの問題点

本節では紙にペンで思考を書き込んだ講義ノートの問題点について説明する。コンピュータなどのデジタル機器に利用されているデータをデジタルデータとしたとき、紙に書かれたメモはアナログデータになる。アナログデータはキーボードのような特別な訓練をしなくてもすばやい書き込みが可能で、自由な位置や形で思考を書くことができる。しかし、アナログデータは書き込んだ情報の位置を動かす、一度書いた文章の間に言葉を加えるなど再編集・再利用をすることができない(表3. 2)。これでは、先に示した「メモの内容を講義が終了した後に簡単に補足し、整理する」行為が難しい。また整理するためにすべてのメモを書き直す場合は、書き直す手間と時間が掛かりすぎてしまう。そこで手書きによって書いた情報を再利用・編集が簡単におこ

なえるデジタルデータとして利用できる表示一体型タブレット PC を利用する。

表 3.2 アナログデータとデジタルデータの特徴

アナログデータ	デジタルデータ
<ul style="list-style-type: none"> ○ メリット <ul style="list-style-type: none"> ・ 特別な技術が必要ない ・ すばやい書き込みが可能 ・ 自由な位置への書き込み ・ 図や絵を描ける ○ デメリット <ul style="list-style-type: none"> ・ 疲れやすい ・ 字が読みにくい ・ 長文を書くのが面倒 ・ 再編集・利用ができない 	<ul style="list-style-type: none"> ○ メリット <ul style="list-style-type: none"> ・ 疲れにくい ・ 文字が読みやすい ・ 再編集・利用が容易 ○ デメリット <ul style="list-style-type: none"> ・ すばやい入力には技術が必要 ・ 一般的なテキストエディタの場合，自由な位置への書き込みができない ・ 図や絵を描けない

表示一体型タブレット PC は，ペン型インターフェースであるペンマウスをもち，そのマウスで画面を操作することができるコンピュータである。また一般的なコンピュータと同様にキーボードによる入力も可能である。このペンマウスを用いることで，ペンで紙に書き込むアナログデータが持つ特徴である「キーボードのような特別な訓練をしなくてもすばやい書き込みが可能で，自由な位置や形で思考を書くことができる」をデジタルデータに持たせることが可能である。そして実際の紙に書き込むようなメモ書きが可能になり，かつデジタルデータの利点も活かすことができる。

またキーボードは入力に慣れが必要ではあるが，入力できるテキスト情報は手書きに比べると可読性に優れ，長い文章を入力しても手書きに比べると疲労はすくない。つまり，時間の流れがない場面，講義が終了したときの整理や情報の補足に利用することで，利用者にとって有用であると考えた。

以上のことより，本研究では時間の流れがある講義中はペンマウスにより内容のメモによってできるだけ多くの講義内容を書き込み，時間の流れがない場面では，ペンマウスとキーボードによって整理・追記をおこなうことができるアプリケーション Pen Memo を作成した。

第 4 章

Pen Memo

本章ではペンマウスによる手書き入力とキーボードによるテキスト入力が可能で、それらの入力情報を自由な位置に動かせ、講義中に書いたメモの整理と情報の追記が簡単におこなえるアプリケーション Pen Memo について説明する。まずアプリケーションの目的と設計指針を述べたあと、使用方法について説明する。

4.1. Pen Memo の目的と設計指針

本節では実験用アプリケーションである Pen Memo を作成する目的と設計指針について説明する。本研究では、メモとして書き込まれた情報への簡単に行える移動や追記が、時間が経過してからメモを見たときに利用者のメモの内容の想起についての程度影響を与えるかを検証することを目的としている。

そのため設計指針として、アプリケーションの機能として手書きでメモが取れ、そのメモを自由に移動でき、キーボードで簡単に情報が追記できる機能が必要となる。ノートは複数ページに及ぶので、ページ概念をスクロールバーによって可能にした。またメモは保存できなければならないので、セーブ・ロード機能を実装した。実装した主な機能を表 4.1 に示す。

実験では整理機能のあり、なしで比較するため、情報の移動や追記をできないようにすることで、本研究の目的にあったアプリケーション Pen Memo を構築した。

表 4. 1 Pen Memo の主な機能

ペンマウス	手書き情報の入力・移動 情報の移動 ページの移動 (スクロールバー) メニューの選択
キーボード	情報の削除 テキスト情報の入力・編集
その他	メニューバー (データのセーブとロード, 整理機能の有無切り替え)

本アプリケーションは Visual C++.Net で作成されている。そのシステム構成について以下に示す。

4.2. Pen Memo の機能

本節では実験用アプリケーションである Pen Memo の機能について説明する。本システムはペンマウスにより手書き情報を、キーボードによりテキスト情報の入力可能なアプリケーションとなっている。使用するコンピュータは表示一体型タブレット PC とする。Pen Memo の機能の詳細については次節以降に示す。

4.2.1. アプリケーションの全体図

本節では Pen Memo のアプリケーションの全体図について説明する。アプリケーションの全体図を図 4.1 に示す。



図 4.1 アプリケーションの全体図

4.2.2. メニューバーの構成

本節では Pen Memo の機能を切り替えるメニューバーについて説明する。整理機能あり、なしをアプリケーションのメニューバー（図 4.1 の①）にある整理機能のタブ（図 4.1 の②）によって切り替えることができる。（文中にでてくる(*)は最後の用語説明のところに詳しく説明がある）またアプリケーション右上の最大化ボタンによって全画面表示を可能とした。

ファイル：ファイルの新規作成，ファイルの保存やファイルの読み込みができる。
整理機能：整理機能のあり，なしを切り替えることができる。起動時は「整理機能あり」の状態になっている。

4.3. 手書き情報について

本節では Pen Memo の機能であるキーボードにより入力できる手書き情報について説明する。手書き情報はタブレット PC に付属のペンマウスによって、紙にペンで書く感覚で手書き情報を書き込める情報のことである。利用するインターフェースは表示一体型タブレット PC に付属のペンマウスで行う。

4.3.1. 手書き情報の入力方法

本節では Pen Memo の機能であるペンマウスによっておこなう手書き情報の入力方法について説明する。図 4.2 のようにタブレット PC の表示画面にペンマウスで書きこむことが可能になっている。ペンの太さや色が利用者の記憶の想起への影響を与えることを防ぐために、初期設定の色は黒色で太さも固定されたものしか使えないようになっている。(図 4.1 の③が標準の太さ)

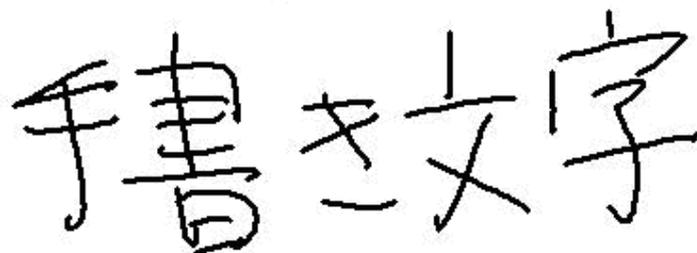


図 4.2 ペンマウスによる手書き情報入力

4.3.2. 手書き情報の削除方法

本節では Pen Memo のペンマウスによって書き込んだ手書き情報を削除する方法について説明する。図 4.3 の赤枠の手書き情報を削除したい対象とする。

手書き文字

消したい文字対象

表示画面

図 4.3 削除対象

ペンマウスのボタン(*1)を押しながら、図 4.4 のようにペンマウスで削除したい手書き情報を範囲指定すると、ペンマウスで赤い線が書き込まれる。この赤い線に対して、矩形（長方形）の範囲指定が行なわれ、ペンマウスをタブレットPCの画面から離すと図 4.5 の①のような範囲指定された矩形の大きさのウィンドウが作成される。

手書き文字

表示画面

図 4.4 削除対象の範囲指定

削除対象の手書き情報がウィンドウで表示されるので、問題なければキーボードの **Backspace** キーを押すことで手書き情報が削除できる。また表示一体型タブレット PC が折りたたまれた状態の場合は、タブレット PC の枠についているショートカットボタンをペンでタップすることで **Backspace** キーを押したことと同様の機能に設定した。

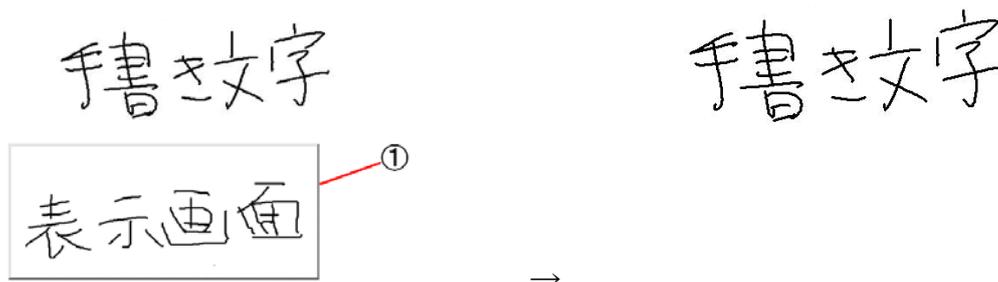


図 4.5 削除対象を削除

4.4. テキスト情報について

本節では Pen Memo の機能であるキーボードにより入力できるテキスト情報について説明する。テキスト情報とはキーボードで入力できる文章のことで、自由な位置に入力できるテキストボックスのことである。テキスト情報に利用するインターフェースは表示一体型タブレット PC に付属するペンマウスとキーボードで行う。テキスト情報の入力にはキーボードのタイプ入力で行い、書き込みたい位置をペンマウスによって指定する。

4.4.1. テキスト情報の入力方法

本節では Pen Memo の機能であるキーボードによりテキスト情報を入力する方法について説明する。テキスト情報を入力したい場所をペンマウスでタップ(*2)する。その後、キーボードの **Enter** キーを押すと、図 4.6 のような入力用ダ

イアログが呼び出される。

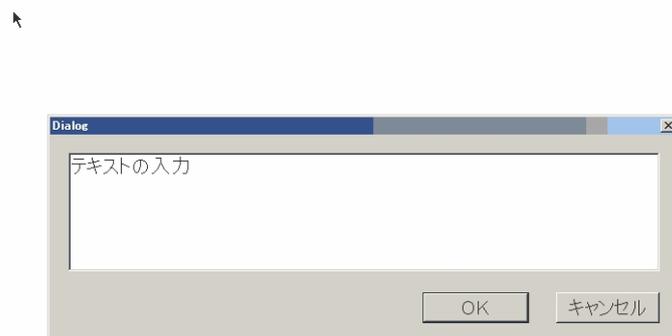


図 4.6 入力用ダイアログ

そのダイアログのテキストフィールドに打ち込みたいテキストを入力し，OK ボタンを押すと図 4.7 のように入力が完了し，キャンセルを押すと入力はされないようにした．テキストフィールドの改行などは画面に反映され，またフィールドを越えた改行も認識されるようになっている．またダイアログの中でのみタイプ情報のコピー，切り取り，貼り付けが可能である．

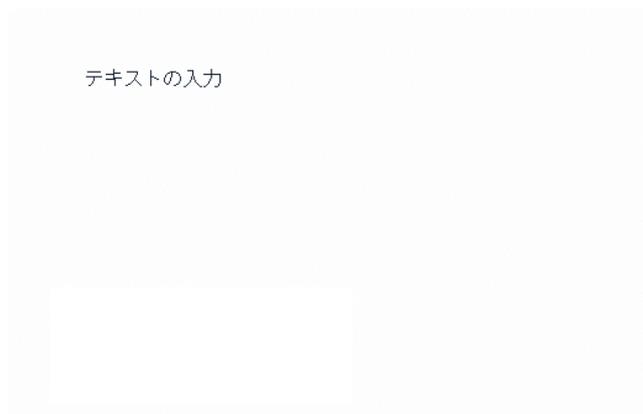


図 4.7 テキスト情報の入力

4.4.2. テキスト情報の編集方法

本節では Pen Memo によって入力したテキスト情報を編集する方法について説明する．編集したい対象のテキスト情報をペンマウスで2回タップする．タッ

その後、図 4.8 のようにテキスト情報に枠が表示され、テキスト情報が編集モードに切り替わる。この状態でテキスト情報はキーボードにて編集可能になる。

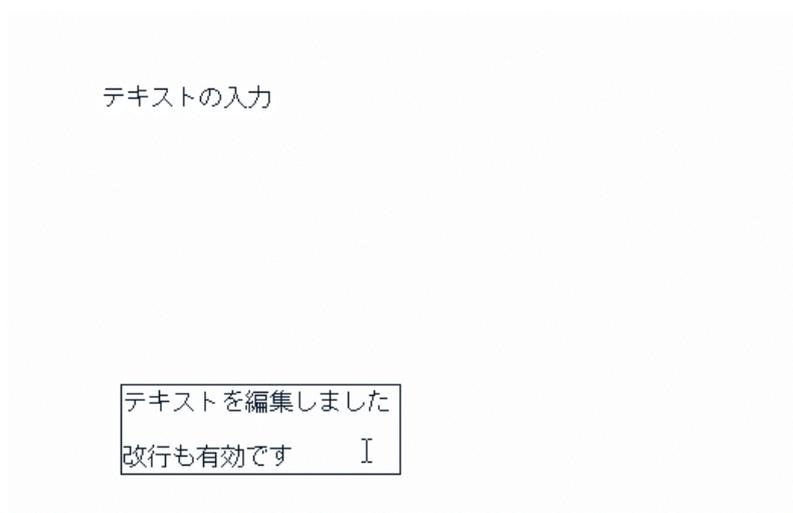


図 4.8 テキスト情報の編集

対象テキスト以外の部分をタップすると編集が完了し、図 4.9 のように枠が外れる。

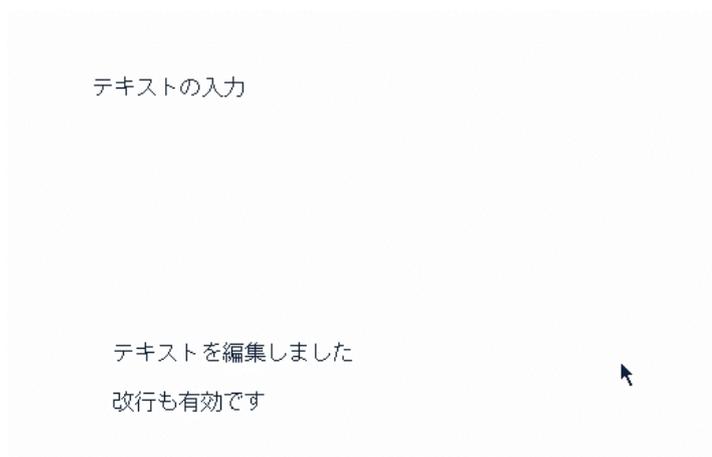


図 4.9 テキスト情報の編集完了

4.4.3. テキスト情報の削除方法

本節では Pen Memo によって入力したテキスト情報の削除方法について説明する。削除したい対象のテキスト情報を一度タップし、キーボードの **Backspace** キーを押すことで削除できる。また表示一体型タブレット PC が折りたたまれた状態の場合は、タブレット PC の枠についているソートカットボタンをペンでタップすることで **Backspace** キーを押したことと同様の機能に設定した。

4.5. 整理機能について

本節では Pen Memo の整理機能について説明する。1.4 節でも述べたが、本研究において、整理とは「足りない部分をつけたし、書き込んだメモを自分の好きな場所に移動させる行為」として扱っている。これを Pen Memo でいう整理機能に置き換えると手書き情報、テキスト情報を任意の場所に移動させる機能のことである。この機能を使うと、入力した情報を自分の好きな場所に移動させることが可能になる。整理機能の変更はメニューバーの整理機能により変更する。「整理機能あり」を選択すると整理機能が使えるようになり、「整理機能なし」を選択すると整理機能が使えなくなる。

以下に入力情報の移動方法について説明する。まずは手書き情報の移動方法についてである。

4.5.1. 手書き情報の移動方法

本節では Pen Memo に入力した手書き情報を移動させる方法について説明する。ペンのボタンを押しながら、矩形（長方形）で移動させたい手書き文字を範囲指定する。（手書き情報の削除と同じ方法）移動対象の手書き文字がウィンドウで表示されるので、問題なければペンでドラッグ(*3)することで、(図 4. 1 0)

の赤い矢印のように手書き情報が移動できる。(このときペンマウスのボタンは押してはいけない.)

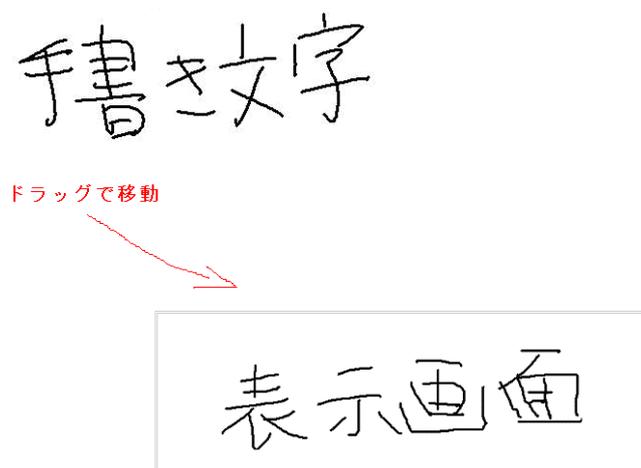


図 4.10 手書き情報の移動

4.5.2. 手書き情報の移動の確定方法

本節では Pen Memo に入力した手書き情報の移動を確定させる方法について説明する。手書き情報を移動させたい場所が決まったら、ペンマウスのボタンを押しながら、移動対象のウィンドウをタップすると図 4.11 のように、移動が決定される。

手書き文字

表示画面

図 4.11 手書き情報の移動確定

4.5.3. テキスト情報の移動方法

本節では Pen Memo に入力したテキスト情報を移動させる方法について説明する。移動対象のテキストをペンマウスでドラッグすることで図 4.12 のような移動ができる。

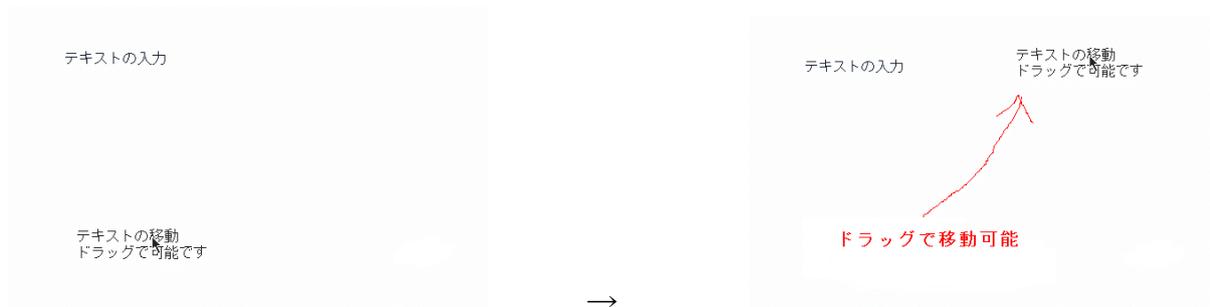


図 4.12 テキスト情報の移動

以上がアプリケーションの機能説明になる．ここで説明された機能以外（例えば Ctrl+z で元に戻す）は実装されていない．

4.6. 用語説明

本節ではタブレット PC で使う専門用語について完単に説明する．この用語説明は実験で被験者に事前におこなったものである．

(*1) タップ：画面をペンマウスの先で叩くこと

(*2) ペンのボタン：ペンマウスの持つ部分についているボタン

(*3) ドラッグ：ペンマウスで画面にペン先をつけながら動かす

第 5 章

評価実験

本章では4章で説明した Pen Memo によって整理・追記をした講義メモが内容想起に与える影響を検証するための実験について説明する。まず実験の目的について述べた後、ユーザビリティの定義について説明する。その後、実験方法と評価方法について説明する、

5.1. 評価実験の目的

本節では本研究の目的を達成するためにおこなった実験の目的について述べる。まず本研究の目的を述べ、それらの項目を達成するための実験と分析する項目について説明する。

本研究は、講義中に作成された講義メモに与えられた時間内で情報の移動と新しい情報の追記が、時間が経過してから見たメモの内容想起にどの程度影響を与えるのかを検証することを目的としている。したがって、ここでは講義メモに書き込まれた情報の移動と追記が可能なアプリケーションと、情報の移動と追記が不可能なアプリケーションで比較を行う。またメモの内容を想起できるかを比較するには、講義メモを作成した日から時間が経過してから講義メモ見たときにどの程度内容を想起できるかを比較しなければならない。

そのため、実験によって以下の要素を比較しなければならないと考えられる。

- 講義メモの内容を整理・閲覧に掛かる時間
- 講義の内容をメモすることができたか
- 講義メモから内容を想起することができたか
- Pen Memo のユーザビリティ

上記の項目を検証するためには、以下の項目に関して実験をおこなう必要がある。

- 時間の流れのある講義で作成された講義メモの分析
- 整理・追記・閲覧に掛かった時間の差を比較
- 講義内容に関するテストの点数の差を比較
- 実験とアプリケーションに関するアンケート調査
- 実験結果から Pen Memo のユーザビリティを検証

これらの項目について、講義メモを作成したあとに、整理・閲覧に掛かった時間、映像の内容に関するテストの点数、2日後に講義メモを閲覧してもらい、映像の内容に関するテストの点数とアンケートによって検証する。また本実験で使用した Pen Memo の機能の評価もアンケートによって行った。

5.2. ユーザビリティ (Usability)

本節ではユーザビリティとその評価方法について説明する。ユーザビリティとは、製品などの「使いやすさ」のことで、本実験で使用する Pen Memo の機能についても評価する。

ユーザーの行動と満足度によってユーザビリティを評価する場合に、考慮しなければならない情報が国際規格 ISO9241-11 によって定義されている。その定義によると、ユーザビリティとは「特定の利用状況において、特定の利用者によって、ある製品が、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ (Effectiveness)、効率

(Efficiency), 利用者の満足度 (Satisfaction) の度合い」とされている。

有効さとは、ユーザーが目標を達成するまでの正確さ、効率とはユーザーが目標を達成するまでに費やした資源、満足度とは製品を使用する際の利用者への不快感のなさと、肯定的な態度によって評価される。[15].

そこで Pen Memo において、ユーザビリティの評価を行う 3つの項目である「有効さ」をテストの点数、「効率」を整理・閲覧が終了するまでの時間、「ユーザーの満足度」をアンケートによって求め、Pen Memo の機能についてユーザビリティを評価した。

5.3. 実験方法

本節では実験の概要について簡単に説明する。詳細については順次説明していく。

実験は表示一体型タブレット PC へのペンマウスによるメモ行為の後、入力情報の移動とキーボードとペンマウスによる情報の追記が講義メモの内容の想起にどのような影響があるかを分析する。

本研究は講義などの時間の流れのある思考中のメモを対象としているので、被験者には講義中に講義メモを取ってもらうことを想定した。そこで実験では被験者に NTT の研究紹介用 DVD の映像を視聴してもらい、その映像に関するメモを作成してもらった。

5.3.1. 被験者

本節では実験に協力してもらった被験者について説明する。本学学生 8 名を被験者とした。被験者は日常生活においてコンピュータを用いており、キーボードの入力スキルなどに差はないものとする。また慣れによる差をなくすために実験で使用するタブレット PC の使い方に熟練した人は除いた。

5.3.2. 映像の内容

本節では実験に使用する講義のかわりに被験者に視聴してもらう映像に関して説明する。今回実験で使用した映像は NTT コミュニケーション科学基礎研究所が作成したヒューマンテクノロジー&サイエンスについての研究紹介用の DVD 映像である [19]。映像の内容は、人間が行っている「見る」「聞く」「話す」「考える」という行為をコンピュータに実装させるために行われている基礎研究と応用研究について紹介されているものである。この映像を「導入部分」「見ること・聞くこと」「話すこと・考えること」の3つのパートに分けた。映像時間と内容を表 5.1 に示す。

表 5.1 映像の内容

映像のパート	映像の時間	映像の内容
導入部分	4:56(sec)	NTT コミュニケーション科学基礎研究所が研究をしているヒューマンテクノロジー&サイエンスという分野の必要な理由と意義を述べている。導入部分を見てからでないと後に見る研究がおこなわれている理由がわかりにくいため導入映像として実験前に視聴してもらう。
見ること 聞くこと	10:48(sec)	ヒューマンテクノロジー&サイエンスで行われている研究分野である「見ること・聞くこと」をコンピュータに実装するために必要な基礎研究と応用研究についての紹介がされている。 「見ること」の基礎研究に関しては錯視現象について、応用研究に関しては文字認識や画像認識について紹介されている。「聞くこと」の基礎研究に関しては人間の聴覚の補完機能について、応用研究に関しては音声認識や音声分離について紹介されている。
話すこと 考えること	11:01(sec)	ヒューマンテクノロジー&サイエンスで行われている研究分野である「話すこと・考えること」をコンピュータに実装するために必要な基礎研究と応用研究についての紹介がされている。 「話すこと」の基礎研究に関しては人間が発生する際の発声器官について、応用研究に関しては音声発生モデルについて紹介されている。「考えること」の研究に関しては人間がコンピュータと対話するために必要なことについて紹介されている。

すべての映像で解説者や解説方法は同じで、内容に関しても同一の流れの映像であるため、映像間に内容の難易度に差はないものとして扱った。

以下、本実験においては「見ること・聞くこと」に関する映像を映像ソース1、「話すこと・考えること」に関する映像を映像ソース2として扱う。どちらの映像も解説、図、映像による研究紹介が含まれている。

5.3.3. 実験用アプリケーション

本節では実験で使用するアプリケーションについて述べる。本実験では第4章で述べた実験用に作成した Pen Memo を実験で使用する。実験ではメニューバーにある整理機能のあり、なしを切り替えて、整理機能がある場合の実験と整理機能がない場合の実験をわけた。以下、本節では整理機能がある場合をアプリケーションAとし、整理機能がない場合をアプリケーションBとして扱う。

ここで整理機能ありとは、書き込んだメモの移動と追記が可能であることで、整理機能なしとは書き込んだ講義メモの移動と追記が不可能であることを意味する。

5.3.4. 実験順序

本節では実験結果に順序効果が影響しないように、実験をおこなう順序について述べる。使い慣れていないタブレットPCとアプリケーションを使用するため、慣れによる実験結果への影響を軽減する必要がある。そこでNTTコミュニケーション科学基礎研究所が作成したヒューマンテクノロジー&サイエンスについての紹介用のDVD映像を導入部分と、実験視聴用に10分程度に編集したものを2つ用意し、その2つの映像で順番を変えながら、整理機能ありのアプリケーションAと整理機能なしのアプリケーションBを組み合わせで講義メモを取ってもらった。

実験の順番と組み合わせは乱塊法によって決め、その順序を表5.1に示す。[16]

表 5.2 実験順序

	アプリケーション A	アプリケーション B
映像ソース 1	先	後
映像ソース 1	後	先
映像ソース 2	先	後
映像ソース 2	後	先

5.3.5. 実験装置

本節では実験で使用する 3 台のコンピュータについて説明する。3 台のコンピュータとは Pen Memo を起動するためのアプリケーション用コンピュータ，講義のかわりの研究紹介用映像を視聴するための映像視聴用コンピュータ，被験者に映像に関するテストに解答してもらおうテスト用コンピュータである。それぞれのコンピュータに関して以下に詳しく説明していく。

○ アプリケーション用コンピュータ

講義メモを入力するコンピュータ（以下アプリケーション用コンピュータとする）でペンマウスが標準装備されている，表示一体型タブレット PC である。コンピュータの OS は Windows XP である。キーボードの入力方式は学習機能などによって差が出ないように学習機能のある ATOK などではなく，学習機能のない Microsoft IME を用いた。実験において，講義中はペンマウスで手書き情報を書き込みやすいように折りたたんだ状態，整理・追記・閲覧時には画面を立てた状態とした。

○ 映像視聴用コンピュータ

映像ソース 1，2 を視聴するためのコンピュータ（以下映像視聴用コンピュータとする）で液晶ディスプレイのノート PC である。コンピュータの OS は Windows XP である。映像の視聴するソフトはフリーソフトで全画面表示が可能なものを選択した。

○ テスト用コンピュータ

講義メモ作成と整理の後，映像ソースに関するテストを受けてもらうためのコンピュータで，デスクトップ PC である．入力装置は日本語キーボード（Microsoft 社製）とスクロール付き光学マウス（Microsoft 社製）である．

実験装置を図 5.1 に示す．被験者に自分にあつた位置と高さに椅子を動かしてもらふ．またアプリケーション用コンピュータと映像視聴用コンピュータを見やすい位置に動かしてもらつた．映像の音量は自分にあつた音量に調節してもらつた．これは映像が見にくかったり，音量が合っていなかったりすることで，思考の妨げにならないようにするためである．実験中の解像度は一定とし，映像ソースを全画面で表示した．また全てのコンピュータの解像度と文字フォントは変更しないようにした．これは解像度やフォントの違いで被験者の文章理解に与える影響をなくすためである．[9][10]



図 5.1 実験装置

（左側：映像視聴用コンピュータ，真ん中：アプリケーション用コンピュータ，左側：テスト用コンピュータ

5.3.6. 映像に関するテスト

本節では評価実験でおこなう映像のないように関するテストについて述べる。被験者が整理機能がある場合と整理機能がない場合で映像の内容に関して講義メモを作成し、その講義メモからどの程度想起できているかを比較するために、映像に関するテストを受けてもらい比較する。

問題は映像の中で説明されていることに関する問題を出題した。解答は文章で答える形式とし、最大60文字とした。テストの解答は実験者が映像から作成したもので、2つの要点を含んでいる。採点は解答に含まれる2つの要点に関して、2つとも含んでいる場合は2点、1つだけ含んでいる場合は1点、共に含んでいない場合は0点とした。多めに書かれた分については考慮していない。

問題は全10問、各問2点の20点満点で、被験者が講義メモから講義の内容を想起できたかを分析するために、1回目のテストと2回目のテストは同じ内容とした。

5.4. 評価実験の構成

本節では被験者におこなってもらう評価実験の構成についての説明を述べる。実験は講義メモを作成してもらい、講義メモの整理・閲覧後、テストを受けてもらうタスクを1回目とし、1回目の実験で作成した講義メモを閲覧してもらいテストを受けてもらうタスクを2回目とした。2回目の実験は、講義メモの内容について記憶を薄れさせてもらうために1回目の実験の2日後におこなった。

5.5. 評価実験（1回目）

本節では評価実験の1回目について述べる。1回目の実験は、Pen Memo を使って講義映像の内容についてのメモ作成、講義メモの整理と閲覧を行ってもらい、その映像に関するテストを受けてもらった。5.3.4 節に述べたように被験者ごとに映像ソース1、2とアプリケーションA、Bをランダムに組み合わせて実験を行った。

5.5.1. 実験の流れ

本節では1回目の実験の流れについて述べる．以下に実験の流れを示す．実験は6つのステップになっている．

○ 実験についての説明部分

- ① 実験同意書へのサイン
- ② Pen Memo の使い方の説明
- ③ 実験の説明
- ④ 導入部分の映像視聴

○ 実験部分

- ⑤ 講義メモの作成：1つめの映像
- ⑥ 講義メモの整理・閲覧
- ⑦ 計算問題を解いてもらう
- ⑧ 映像に関するテスト
- ⑨ アンケート
- ⑩ 休憩の後，2つめの映像に対して⑤～⑨を行う．

それぞれに項目に関して次節に詳しく説明する．

5.5.2. 実験についての説明部分

本節では、1回目の実験の被験者におこなってもらふ実験の説明部分について述べる。実験をおこなってもらふ際、被験者に注意をしてもらふ項目について以下に示す。

① 実験同意書へのサイン

個人情報保護法の観点から、被験者に実験内容と実験データの管理方法と利用方法について同意を得るようにした。

② Pen Memo の使い方の説明

被験者に実験用アプリケーション Pen Memo の使い方になれてもらうために、アプリケーションの説明書を読んでもらった。時間は被験者が Pen Memo の使い方がわかるまでとした。その後、紙に印刷しておいた練習用の見本どおりにメモを書いてもらい、整理してもらった。

③ 実験の説明

実験を始めるにあたり、実験の順序(a)～(e)の項目を被験者に伝えた。

- a) 約10分の映像を見てもらいながら、こちらのタブレット PC でメモを取ってください。タブレット PC には実験用のアプリケーションが入っているので、そちらのソフトでメモを取っていただくこととなります。アプリケーションの整理機能のあり、なしに関しては実験前に説明します。
- b) メモは時間が経過してから見て、自分が内容の思い出せる形で作成してください。
- c) 講義の後、10分間でメモの整理と閲覧を行なってください。(追記と移動に関してアプリケーションごとに説明する。) 本実験ではこの追記と移動のことを整理と呼びます。
- d) そのあと約1分間、簡単な計算問題を解いてもらいます。
- e) 計算問題終了後、10分間講義に関するテストを受けてもらいます。
- f) テスト終了後アンケートにお答えください。

これらのことを被験者に伝えた。

また実験中の注意として以下の(a)~(g)の項目を被験者に伝えた。

- a) 映像視聴中の講義メモは手書きのみでお願いします。映像視聴後の整理と追記にはキーボードを利用していただいてもかまいません。
- b) アプリケーションを終了させないでください。講義が終わったあとも同様です。
- c) 画面のサイズを変更しないでください。アプリケーションは全画面表示とします。
- d) 表示一体型タブレット PC は映像視聴中において折りたたんだ状態とします。
- e) 講義映像の巻き戻し、停止などは行なわないでください。
- f) 誤入力などは無視していただいて結構です。
- g) 講義映像が終わりましたら、隣の部屋にいる私に声を掛けてください。

これらのことを被験者に伝えた。

④ 導入部分の映像視聴

実験で被験者に視聴してもらう実験用の映像ソース 1, 2 がどのような流れの映像であるかを理解してもらうために導入部分の映像をみてもらった。このとき音量の調節を行ってもらった。

5.5.3. 実験部分について

本節では、1回目の実験の被験者におこなってもらった実験部分について述べる。

⑤ メモの作成

実際に映像を視聴してもらいながら講義メモを作成してもらった。実験後、映像の内容が薄れないうちに整理をしてもらうために、あらかじめ整理機能のあり、なしを伝えた。

⑥ 講義メモの整理・閲覧

映像終了後、データを保存し、すぐに講義メモの整理と閲覧をし、講義の復習をしてもらった。このとき整理機能がある場合には整理と閲覧を行ってもらった。整理機能がない場合には閲覧のみ行ってもらった。時間は最大10分とし、整理と閲覧、または閲覧が終了した時点で次の作業に移ってもらった。

⑦ 計算問題を解いてもらう

被験者の短期記憶がテストに影響を与えないように、映像に関するテストを受けてもらう前に簡単な計算問題を解いてもらった。短期記憶とは人間が一瞬で覚えられる記憶のことで、別の作業をおこなうことで消えてしまう記憶時間の短い記憶のことである。問題は1桁または2桁の足し算を1分間行ってもらった。

⑧ 映像に関するテスト

視聴してもらった映像に関するテストを行った。テストは映像の中で出てきた項目に関して10問、すべて文章で回答してもらった。文章の最大文字数は60文字と制限し、その範囲内の文章で答えてもらった。またわからない項目に関しては空白でも良いとした。時間は10分間で、1問1分間と割り当て、すべての問題に目が通せるようにした。時間内に終わった場合は途中提出も可とした。

⑨ アンケート

テスト後被験者にアンケートに答えてもらった。答えてもらったのは実験に関するものとアプリケーションに関するものである。実験に関するものを表 5.3, アプリケーションに関するものを表 5.4 に示す。アプリケーションに関するアンケートは整理機能があるのアプリケーションを使用してもらった後のみ、答えてもらった。

表 5.3 1 日目のアンケート

アンケート項目	アンケート評価
映像に集中することができましたか？	とても集中できた ← 全く集中できなかった 7 6 5 4 3 2 1
作成したメモに満足していますか？	とても満足している ← 全く満足していない 7 6 5 4 3 2 1
テストの解答に自信はありますか？	とても自信がある ← 全く自信が無い 7 6 5 4 3 2 1
整理する時間は足りましたか？	問題なく足りた ← 全然足りなかった 7 6 5 4 3 2 1
メモの整理は満足にできましたか？	とても満足している ← 全く満足していない 7 6 5 4 3 2 1

表 5.4 アプリケーションに関するアンケート

アンケート項目	アンケート評価
映像に集中することができましたか？	とても集中できた ← 全く集中できなかった 7 6 5 4 3 2 1
作成したメモに満足していますか？	とても満足している ← 全く満足していない 7 6 5 4 3 2 1
テストの解答に自信はありますか？	とても自信がある ← 全く自信が無い 7 6 5 4 3 2 1
整理する時間は足りましたか？	問題なく足りた ← 全然足りなかった 7 6 5 4 3 2 1
メモの整理は満足にできましたか？	とても満足している ← 全く満足していない 7 6 5 4 3 2 1

以上の実験タスクを，整理機能あり，なしの場合でそれぞれ行った．

- ⑩ 休憩の後，アプリケーションの機能を切り替え，2つめの映像に対して⑤～⑨の作業を行った．

5.6. 評価実験（2回目）

本節では1回目の実験が終わった2日後におこなった2回目の実験について述べる．2日目の実験で被験者に行ってもらったのは，1日目に作成してもらった講義メモを整理・閲覧してもらい復習をおこない，1日目と同じ内容の映像に関するテストを受けてもらった．閲覧に使用してもらった講義メモとアプリケーションの組み合わせは，1日目に行ってもらった組み合わせとした．テストを受けてもらう順番は1日目の逆順で行った．

5.6.1. 実験の流れ

本節では2回目の実験の流れについて述べる．以下に実験の流れを示す．実験は6つのステップになっている．

- ① 実験の説明
- ② 1つめの講義メモの整理・閲覧
- ③ 計算問題を解いてもらう
- ④ 映像に関するテスト
- ⑤ アンケート
- ⑥ 休憩後，2つめの講義メモに対して②～⑤を行う

それぞれに項目に関して次節にて詳しく説明する．

5.6.2. 実験についての説明部分

本節では、2回目の実験の被験者におこなってもらう実験の説明部分について述べる。実験をおこなってもらう際、被験者に注意をってもらう項目について以下に示す。

① 実験の説明

実験を始めるにあたり、実験の順序(a)~(d)の項目を被験者に伝えた。

- a) 5分間で前回作成したメモの整理と閲覧を行なってください。(追記と移動に関してシステムごとに説明する。
- b) そのあと約1分間、簡単な計算問題を解いてもらいます。
- c) 計算問題終了後、10分間講義に関するテストを受けてもらいます。
- d) テスト終了後アンケートにお答えください。

これらのことを被験者に伝えた。

また実験中の注意として以下の(a)~(b)の項目を被験者に伝えた。

- a) システムを終了させないでください。講義が終わったあとも同様です。
- b) 画面のサイズを変更しないでください。システムは全画面表示とします。

これらのことを被験者に伝えた。

5.6.3. 実験部分について

本節では、2回目の実験の被験者におこなってもらう実験部分について述べる。実験で被験者におこなってもらうタスクを以下に示す。

② メモの整理・閲覧

1回目の実験同様、メモの整理・閲覧をし、講義の復習をおこなってもらった。整理機能がある場合には整理と追記と閲覧を行ってもらう。整理機能がない場合には閲覧のみ行ってもらった。時間は最大5分とし、整理と閲覧、または閲覧が終了した時点で次の作業に移ってもらった。1回目より時間が短くなっているのは、記憶が薄れているため追記作業がないと考えられるためである。

③ 計算問題を解いてもらう（1分間）

1回目の実験同様、被験者の短期記憶がテストに影響を与えないように、映像に関するテストを受けてもらう前に簡単な計算問題を解いてもらった。問題は1桁または2桁の足し算を行ってもらった。

④ 映像に関するテスト（10分間）

整理・閲覧したメモに対応した映像に関するテストを行った。テスト内容は1回目の実験の際に行ったものと同じテストとした。テストは映像の中で出てきた項目に関して10問、すべて文章で回答してもらった。文章の最大文字数は60文字と制限し、その範囲内の文章で答えてもらった。またわからない項目に関しては空白でも良いとした。時間内に終わった場合は途中提出も可とした。

⑤ アンケート

テスト後被験者にアンケートに答えてもらった。答えてもらった項目は実験に関するもの、閲覧したメモに関するものと内容の想起に関する6項目である。その項目を表5.5に示す。項目はすべて7段階評価で行った。

表 5.5 2日目のアンケート

アンケート項目	アンケート評価
作成したメモは見やすかったですか？	とても見やすかった ← とても見にくかった 7 6 5 4 3 2 1
テストの解答に自信はありますか？	とても自信がある ← 全く自信が無い 7 6 5 4 3 2 1
見直す時間は足りましたか	問題なく足りた ← 全然足りなかった 7 6 5 4 3 2 1
作成したメモの意味は思い出せましたか？	かなり思い出せた ← 全く思い出せなかった 7 6 5 4 3 2 1
映像の内容を思い出せましたか？	かなり思い出せた ← 全く思い出せなかった 7 6 5 4 3 2 1

以上の実験タスクを，システム A, B の場合でそれぞれ行った．

⑥ 休憩の後， 2つめのメモに対して②～⑤の作業を行った．

5.7. 評価方法

本節では、研究の目的を検証するために、実験結果の分析方法について説明する。比較する対象は整理機能がある場合のアプリケーションとない場合のアプリケーションである。研究の目的と分析方法を以下に示す。

- 時間の流れのある講義で作成された講義メモの分析

Pen Memo で作成した講義メモと比較する。Pen Memo を利用して作成された講義メモと予備実験で作成された紙とペンの講義メモと比較し、Pen Memo と紙とペンでの違いを分析する。また整理機能がある場合に被験者が講義メモをどのように整理しているかを整理前の講義メモと比較することで分析する。また被験者の整理・追記・閲覧時の行動を観察することで被験者のアプリケーションの使い方を調べた。

- 整理・追記・閲覧に掛かった時間の差を比較

講義終了後に整理・追記に掛かった時間を調べる。整理機能がある場合は講義メモの閲覧時間と整理・追記に掛かった時間で、整理機能がない場合には講義メモの閲覧時間のみとし、整理・追記に掛かった時間を求める。これによって Pen Memo のユーザビリティの「効率」を求める。

- 講義内容に関するテストの点数の差を比較

整理・追記した講義メモが整理・追記をおこなっていない講義メモで講義内容の想起に与える影響を検証するために、講義内容に関するテストを受けてもらう。比較するのは講義を受けてもらった1回目の点数からから2日たった2回目のテストの点数である。平均点の比較をおこなわないのは、受けている講義とテストの内容が異なるためである。このテストの点数を比較することで内容が想起できているかを比較した。この結果によって Pen Memo のユーザビリティの「有効さ」を求める。

- 実験とアプリケーションに関するアンケート調査

本実験の内容とアプリケーション Pen Memo についての定性データを得るために

アンケートをおこなう。まず実験で作成したメモとテストについてアンケートを取り、Pen Memo の機能のついてのアンケートも取る。アンケートの結果から Pen Memo の改善点と利用者の満足度を求め、Pen Memo のユーザビリティの「満足度」を求める。また実験後の被験者にインタビューをおこなっておく。

- 実験結果からアプリケーションのユーザビリティを検証
以上の実験結果により Pen Memo の「効率」「有効さ」「満足度」より Pen Memo のユーザビリティを求めた。

以上の項目について分析・評価をおこなった。

第 6 章

実験結果と考察

本章では，実験によって作成された講義メモ，映像に関するテストとアンケートについて分析をおこない，分析結果から考察もおこなった．順番としては，講義メモについて分析し，テスト結果，アンケート結果の流れで分析と考察をおこなう．

6.1. 講義メモの分析

本節では被験者が Pen Memo によって映像を視聴しながら作成した整理前の講義メモと，作成された講義メモに整理と追記をおこなった整理後の講義メモについて分析する．その特徴について作成された講義メモとアンケートのコメントにより分析および考察をおこなった．

また，この実験で講義メモを整理するということは，書かれている講義メモを移動させる行為と講義メモに追記する行為として扱っている．そこで分析は各々の行為に関しておこなった．

6.1.1. 整理前の講義メモの分析

本節では Pen Memo によって作成された講義メモの分析について述べる．講義メモの作成はペンマウスによる手書き情報のみでおこなわれている．そのため結果とし

て完成した講義メモは予備実験で書かれた紙への講義メモと大きな差はないように見える。手書きの特徴である図や絵を書き込んだ被験者もいる。書く流れとしては、映像の時系列に沿って上から下へ書かれていた。予備実験でペンと紙でおこなった講義メモの結果との大きな違いは紙に書くよりも文字が大きくなっていることである。これはアプリケーションの手書き線を太めにしたことと、アンケートのコメントから盤面がすべり細かい字が書きにくいということが考えられる。またほとんどの被験者がペンマウスでの手書き情報は文字が汚くなってしまうとコメントしていた。抜粋した被験者の講義メモの一部を図 6.1 に示す。図 6.1 の左側の講義メモは矢印などの記号、図 6.1 の右側の講義メモは絵が描かれている。

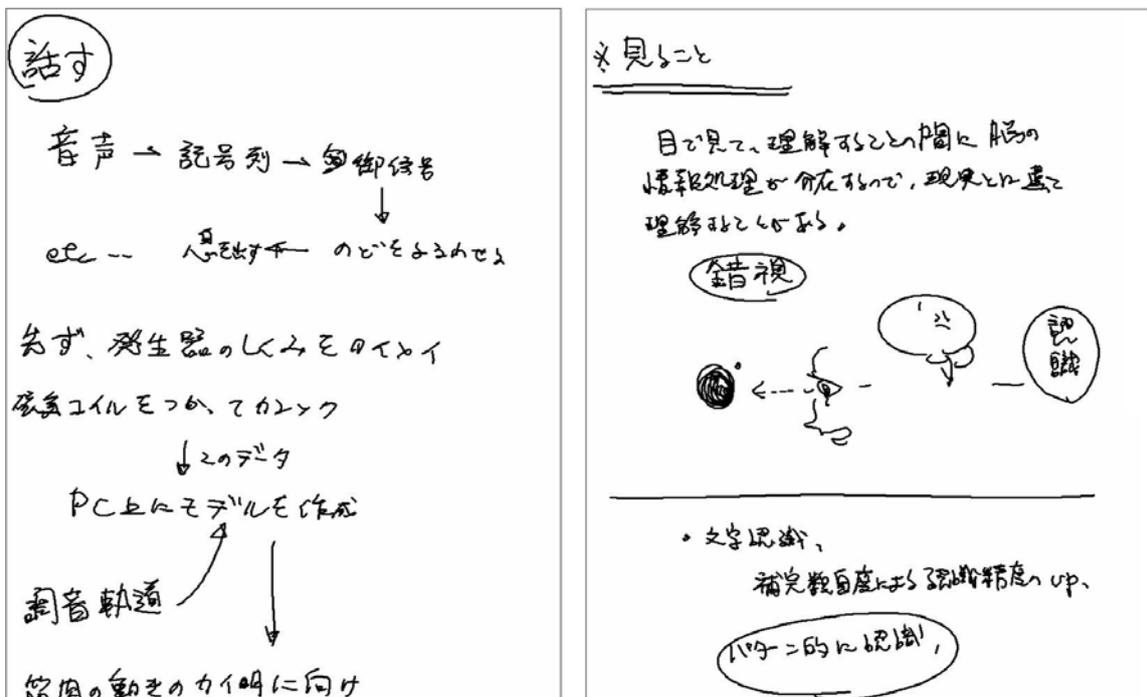


図 6.1 整理前の講義メモ

(左：被験者 01 の「話すと考える」、右：被験者 06 の「見ると聞く」)

6.1.2. 手書き情報の書き直し

本節ではペンマウスによる手書き情報についての分析について述べる。整理前の講義メモの分析で述べた，手書きで書かれた文字が読みにくい文章や漢字がわからなくてカタカナで書いた文字を，文章を削除して手書きで書き直したり，キーボードでテキスト情報に打ち直したりしていた。方法としては手書き文字を削除して，その場所に再び手書き情報およびテキスト情報を入力・移動する場合と，手書き文字の近くにテキスト情報を入力・移動させている場合があった。アンケートのコメントでも手書きで書かれた講義メモの文字が読みにくいという意見が多かった。手書き文字の近くにテキスト情報を入力している場合の例を図 6.2 に示す。

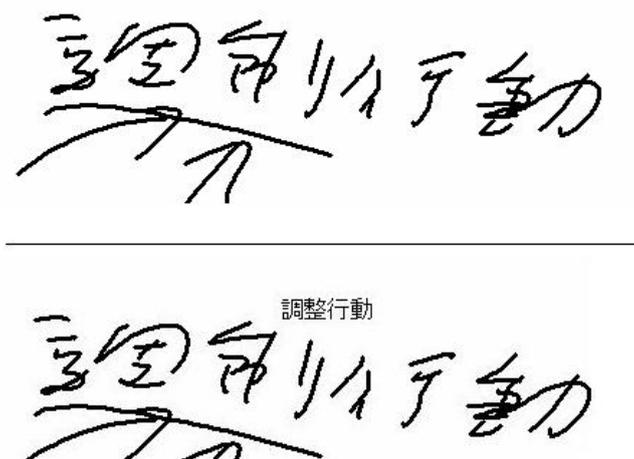


図 6.2 情報の書き直し
(上：書き直し前，右：書き直し後)

6.1.3. 講義メモへの追記

本節では、講義メモにおこなわれた追記情報の分析について述べる。キーボードで追記されたテキスト情報は、手書きで書かれた講義メモの単語に対する説明、図や絵についての説明だった。また被験者を観察した結果、講義の流れを思い出しながら講義メモを見直し、その場面の内容を書き込んでいる被験者もいた。また映像の内容や自分の中で理解したことが詳細にわたって書き込まれていた。これは後で見たときにも内容を思い出せるように追記された情報だと考えることができる。手書きで追記された情報は、書き込まれているメモの関係を示す矢印や下線、囲み線などであった。またセッションの区切りを線で追加している人もいた。

文章で書かれているメモを図で表現し直している被験者もいた。抜粋した被験者の講義メモの一部を図 6.3 に示す。図 6.3 の上側の講義メモは単語に対する説明とセッションの区切り、図 6.3 の下側の講義メモは絵や図に対する説明が追記されている。左右が組になっていて、左側が整理前、右側が整理後である。また追加された情報には枠をつけてある。(ただし、6.1.2 節で述べた書き直しに関しては枠をつけていない)

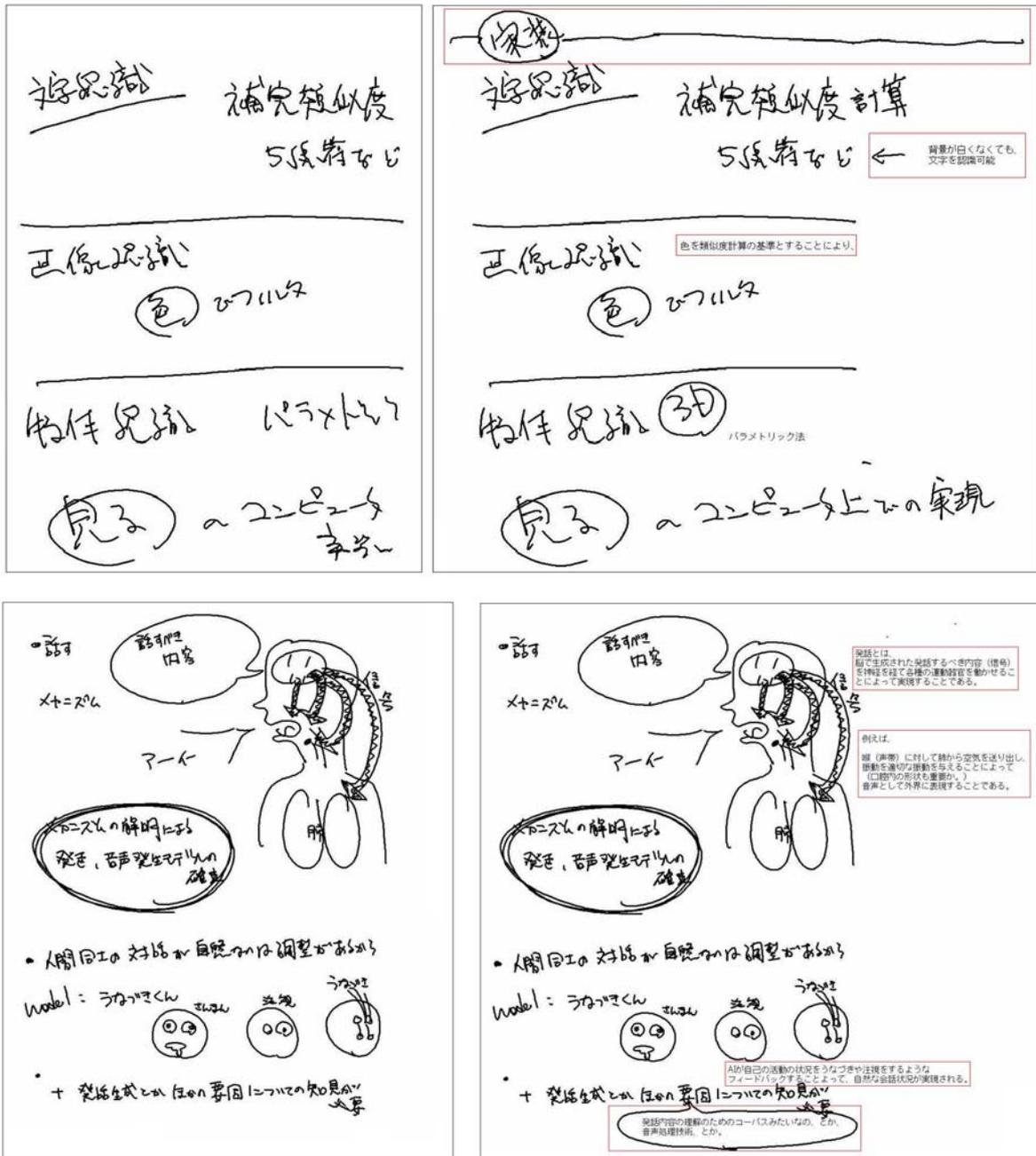


図 6.3 講義メモへの情報の追記

(上：被験者 08 の「見ると聞く」，下：被験者 06 の「話すと考える」)

6.1.4. 講義メモの位置移動

本節では一度書き込まれた講義メモ情報の移動の分析について述べる。講義メモの移動は、書き直しの際にできた空白を埋めるためやキーボードで打ち込まれたテキスト情報に関してはおこなわれていたが、ペンマウスで書かれた手書き情報を移動している人はほとんどいなかった。別の場所に移動させたい場合は、新しく手書きで書き直すかテキスト情報を入力していた。

この原因をアンケートのコメントから考察すると、範囲指定が矩形であるために斜めになった文字や狭い範囲で書いてしまった文字だと、移動させたい対象だけを選択することができないためだと考えられる。このことを確認するためには、自由な枠線で範囲指定ができる機能を導入し、評価する必要がある。

テキスト情報に関しては一度打ち込んだ場所から手書き文字の上や右側、または空いている空間に移動していた。これはテキスト情報が文章やグループとなっているので、手書き情報と異なりまとめて移動することができるようになっているからだと考えられる。

6.2. 整理・追記・閲覧に掛かった時間

本節では、1回目の実験で映像が終了した後、整理機能ありのアプリケーションの場合は講義メモの整理と追記および閲覧、整理機能なしのアプリケーションの場合は講義メモの閲覧をおこなってもらった際に掛かった時間の分析について述べる。時間は最大10分間（600秒）で被験者が作業を修了するまでの時間を比較した。また2回目の実験では、1回目の実験で作成してもらった講義メモを同様のアプリケーションで、講義メモの整理と追記および閲覧または閲覧のみをおこなってもらった。2回目は整理や追記する量が少ないと考え最大5分間（300秒）とした。また、アプリケーション間での時間効率の差を求めるため、被験者がおこなった整理機能がある場合のアプリケーションとない場合のアプリケーションの時間差分を求めた。また、t検定によって2つの時間データの効率の有意性を求めた。

6.2.1. 1 回目の場合の時間について

本節では 1 回目の実験の整理・追記・閲覧に掛かった時間についての分析を述べる。1 回目の講義メモの整理・追記・閲覧時間とアプリケーション間の差分を表した結果を表 6.1 に、グラフに表したものを図 6.5 示す。

表 6.1 1 回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較

被験者番号	01	02	03	04	05	06	07	08	平均
作業時間									
整理機能ありの作業時間 [sec]	568	600	383	600	600	558	600	458	545.875
整理機能なしの作業時間 [sec]	55	600	115	158	113	80	124	105	168.750
差分（整理機能あり－整理機能なし）[sec]	513	0	268	442	487	478	476	353	377.125

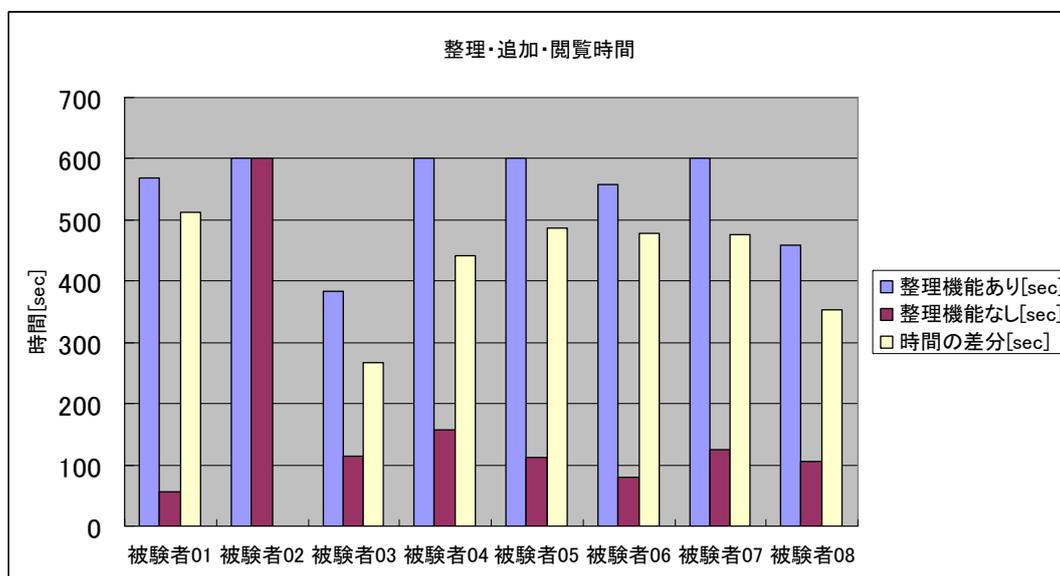


図 6.5 1 回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較

結果から、時間をすべて使用した被験者 02 以外の被験者は整理機能ありのアプリ

ケーションを使用している方が作業に長い時間掛かっている。また平均時間を見ても整理機能があるアプリケーションの場合には、整理機能がない場合に比べて、約377[sec]時間が掛かっている。

この結果を整理機能がある場合とない場合で、統計的に差があるかを解析した。ここでの仮説を以下に示す。

仮説 : 整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーションで整理・追記・閲覧時間に差はなく、効率の差はない。

対立仮説 : 整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーションで整理・追記・閲覧時間に差があり、効率の差がある。

以上の仮説を同じ被験者が2つの異なるシステムを利用し、時間という定量データを比較するので、対応のある t 検定によって解析をおこなった。その結果を表 6.2 に示す。

表 6.2 1 回目の実験の整理・追記・閲覧時間の t 検定結果

		対応サンプルの差					t 値	自由度	有意確率 (両側)
		対応サンプルの差							
		平均値	標準偏差	平均値の 標準誤差	差の 95% 信頼区間				
				下限	上限				
ヘア1	整理機能あり - 整理機能なし	375.875	171.872	60.766	232.187	519.563	6.186	7	.000

解析の結果、 $t(7)=6.168$, $p<0.01$ により仮説は1%の有意差で棄却される。つまり、整理機能がある場合1%の水準で整理機能がない場合に比べて整理・追記・閲覧時間が掛かることがわかった。これは情報の閲覧以外に、整理・追記をおこなっているので当然である。また作成された講義メモの分析から、一度書き込んだ情報に対して、内容を思い出しながら説明を追記したりしている分長い時間が掛かっていると考えられる。

6.2.2. 2回目の場合の時間について

本節では2回目の実験の整理・追記・閲覧に掛かった時間についての分析を述べる。2回目の講義メモの整理・追記・閲覧時間とアプリケーション間の差分を表した結果を表 6.3 に、グラフに表したものを図 6.6 示す。

表 6.3 2回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較

被験者番号	01	02	03	04	05	06	07	08	平均
作業時間									
整理機能ありの作業時間 [sec]	38	300	143	142	131	180	300	98	166.500
整理機能なしの作業時間 [sec]	52	300	101	174	300	137	300	60	178.000
差分（整理機能あり－整理機能なし）[sec]	-14	0	42	-32	-169	43	0	38	-11.500

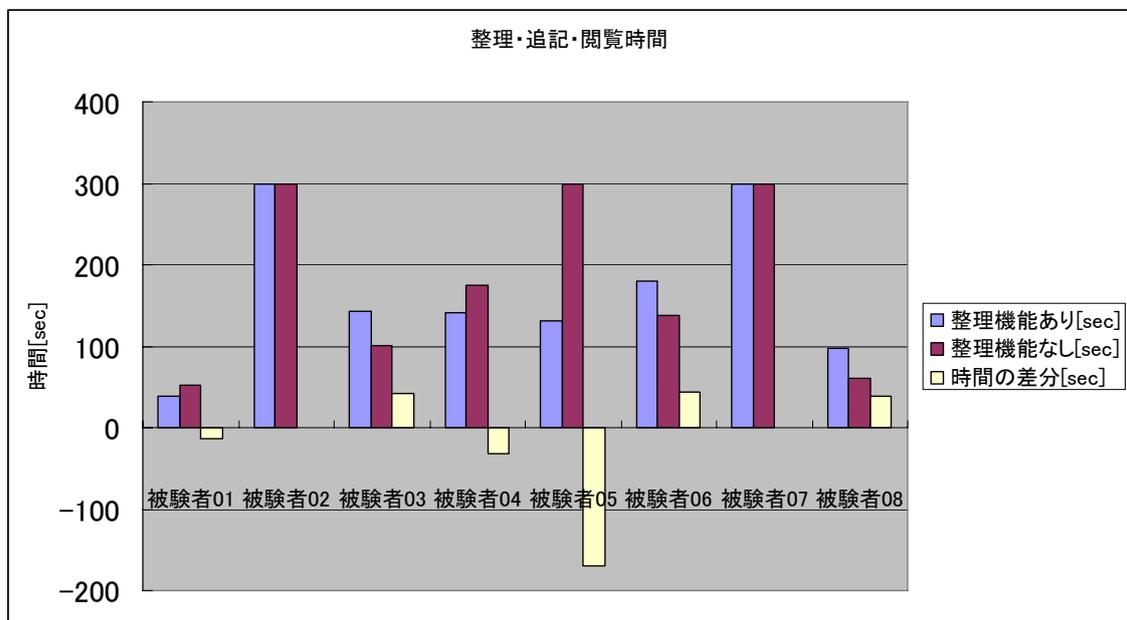


図 6.6 2回目の実験の整理・追記・閲覧時間の比較

結果から 1 回目の実験結果と異なり，作業時間にそれほどの差は発生していないことがわかる．また平均時間を見ても整理機能があるアプリケーションの場合と整理機能がないアプリケーションの場合を比較した結果，約 11[sec]程度の差しかない．

この結果を 1 回目と同様に整理機能がある場合とない場合で，統計的に差があるかを解析した．ここでの仮説を以下に示す．

仮説 : 整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーションで整理・追記・閲覧時間に差はなく，効率の差はない．

対立仮説 : 整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーションで整理・追記・閲覧時間に差があり，効率の差がある．

以上の仮説を同じ被験者が，2つの異なるシステムを利用し，時間という定量データを比較するので，対応のある t 検定によって解析をおこなった．その結果を表 6.4 に示す．

表 6. 4 2 回目の実験の整理・追記・閲覧時間の t 検定結果

		対応サンプルの検定					t 値	自由度	有意確率 (両側)
		対応サンプルの差							
		平均値	標準偏差	平均値の 標準誤差	差の 95% 信頼区間				
				下限	上限				
ヘア1	整理機能あり- 整理機能なし	-11.500	69.467	24.560	-69.576	46.576	-0.468	7	.654

解析の結果， $t(7)=0.468$ ， $p>0.1$ ($p=0.654$) により仮説は棄却されない．つまり，整理機能がある場合と整理機能がない場合で整理・追記・閲覧時間に差がないことがいえる．これは講義メモの分析および被験者の行動から，情報の閲覧以外の整理・追記をおこなっている被験者がいなかったため，1 回目の実験に比べて差が小さかったと考えられる．

しかし，整理された講義メモは情報を追記したために，書き込まれている情報が多

いにもかかわらず、閲覧時間に差がでていない。これはアンケートのコメントから2つの要因があると考えられる。その要因としては、

- ① 整理機能がない場合の講義メモは、キーボードで読みにくい文章の打ち直しをしていないため文章の判別に時間がかかった。
- ② 整理機能がない場合の講義メモは、講義メモへの追記や説明が無いために、書いてある単語や文章の意味を思い出すのに時間が掛かった。

が考えられる。

6.3. 映像に関するテスト

本節では全10問、各問2点の20点満点で被験者にテストを解答してもらった結果から、被験者が講義メモから講義の内容を想起できたかについて述べる。

テストは文章で答えてもらう形とし、最大60文字とした。点数のつけ方は解答に含まれる2つの要点に関して、2つとも含んでいる場合は2点、1つだけ含んでいる場合は1点、共に含んでいない場合は0点とした。多めに書かれた分については考慮していない。

アプリケーション間に有意差があるかは、アプリケーションに対して被験者間で受けてもらっている講義とテストが異なるためテストの平均点によって比較することはできない。そこで講義メモを閲覧することによって内容想起ができたかを評価することにした。そのため1回目のテストと2回目のテストを同じ内容のテストとし、整理機能がある場合とない場合の点数増減を比較した。これはアプリケーション間で差があるかを求めるには、閲覧してもらった映像が異なるため、平均点では比較することはできない。また研究の目的でもある、講義メモの内容想起ができていないかを分析することもできないため、1回目と2回目のテストの点数の増減分を対応のあるt検定による解析を考えた

6.3.1. 整理機能ありの場合のテスト結果

本節では整理機能ありのアプリケーションの場合における，テスト結果の比較をおこなう．1回目のテストとは映像を見たその日に解答してもらったテスト結果，2回目のテストとは1回目のテストから2日後におこなってもらったテスト結果である．1回目と2回目のテストの点数とテスト間の差を表した結果を表 6.5，グラフで表したものを図 6.7 に示す．このテストはすべて整理機能ありのアプリケーションで講義メモを作成してもらっているが，被験者 01, 04, 05, 08 が「見ると聞く」，被験者 02, 03, 06, 07 が「話すと考える」についての映像を視聴した．

表 6.5 整理機能ありのテスト結果

被験者番号	01	02	03	04	05	06	07	08	平均
テスト結果									
1回目のテスト結果 [点数]	10	11	15	10	10	8	8	12	10.500
2回目のテスト結果 [点数]	11	13	14	10	14	8	6	13	11.125
差分 (2回目－1回目) [点数]	1	2	-1	0	4	0	-2	1	0.625

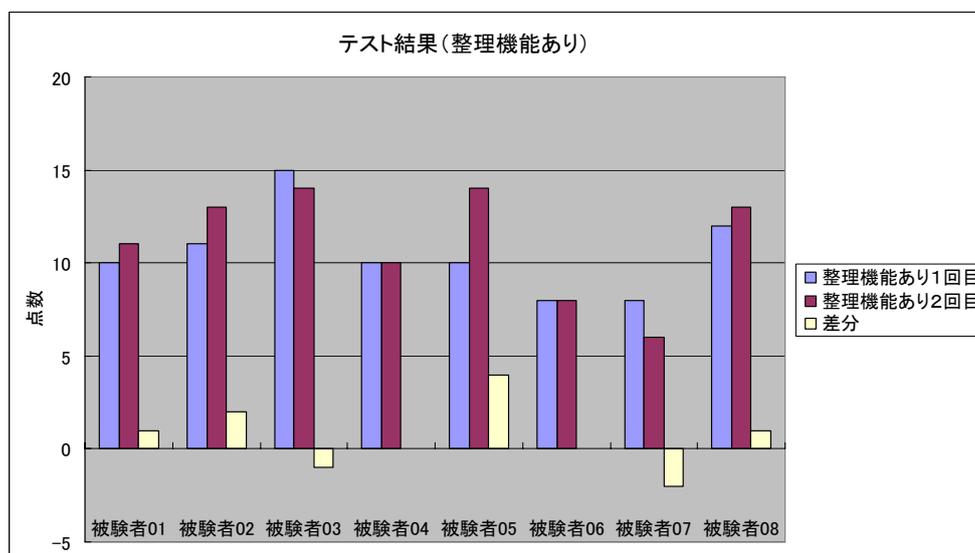


図 6.7 整理機能ありのテスト結果

テストの結果，1回目のテストよりも，2回目のテストの方が良い点数を取っている人が4人，同じ点数の人が2人，点数が下がった人が2人いた．8人の平均では0.65点上がった．テストの結果を見ると2日経過した後の2回目のテストでも点数の下がっている人は少なく，同じ点数もしくは，それ以上の点数を取っている．

6.3.2. 整理機能なしの場合のテスト結果

本節では整理機能なしのアプリケーションの場合における，テスト結果の比較をおこなう．1回目のテストと2回目のテストに関しては整理機能ありの場合と同様である．1回目と2回目のテストの点数とテスト間の差を表した結果を表 6.6，グラフで表したものを図 6.8 に示す．このテストはすべて整理機能なしのアプリケーションで講義メモを作成してもらっているが，被験者 01, 04, 05, 08 が「話すと考える」，被験者 02, 03, 06, 07 が「見ると聞く」についての映像を視聴した．

表 6.6 整理機能なしのテスト結果

被験者番号	01	02	03	04	05	06	07	08	平均
テスト結果									
1回目のテスト結果 [点数]	14	7	18	10	11	16	6	6	11.000
2回目のテスト結果 [点数]	14	7	15	8	9	14	5	3	9.375
差分 (2回目 - 1回目) [点数]	0	0	-3	-2	-2	-2	-1	-3	-1.625

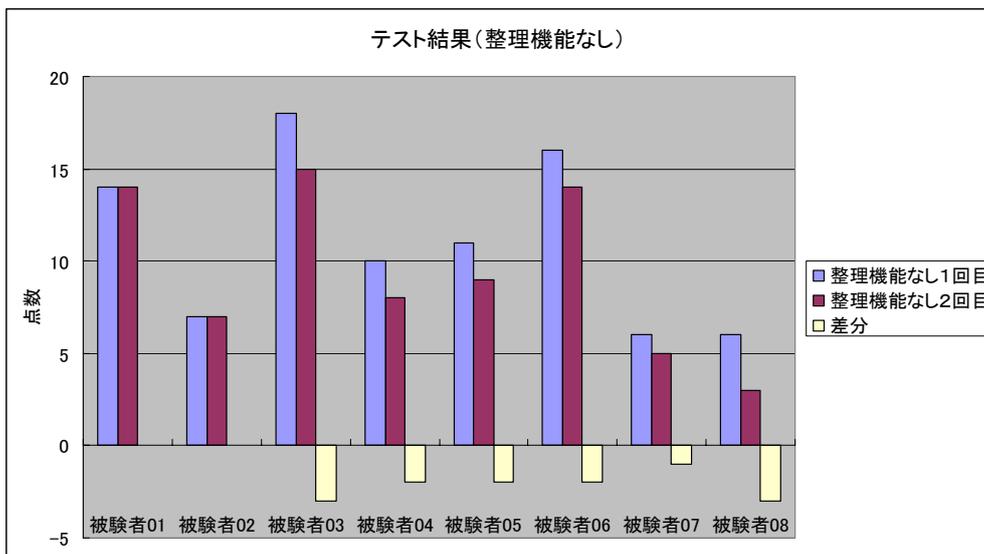


図 6.8 整理機能なしのテスト結果

テストの結果，1回目のテストよりも，2回目のテストの方が良い点数を取っている人はいなかった，同じ点数の人が2人，点数が下がった人が6人いた．8人の平均では1.65点下がった．テストの結果を見ると2日経過した後の2回目のテストでも点数の上がっている人はおらず，ほとんどの人の点数が低下していた．

6.3.3. アプリケーション間の比較

本節では整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーション間の1回目と2回目のテスト結果の差分について述べる．1回目のテストと2回目のテストの差分を被験者間でどの程度差があるのかを比較した．その結果を表 6.7，グラフに表したものを図 6.9 に示す．

表 6.7 アプリケーション間の差分

被験者番号	01	02	03	04	05	06	07	08	平均
テスト結果									
整理機能ありのテスト結果 差分 [点数]	1	2	-1	0	4	0	-2	1	0.625
整理機能なしのテスト結果 差分 [点数]	0	0	-3	-2	-2	-2	-1	-3	-1.625
差分 (機能あり－機能なし) [点数]	1	2	2	2	6	2	-1	-4	2.250

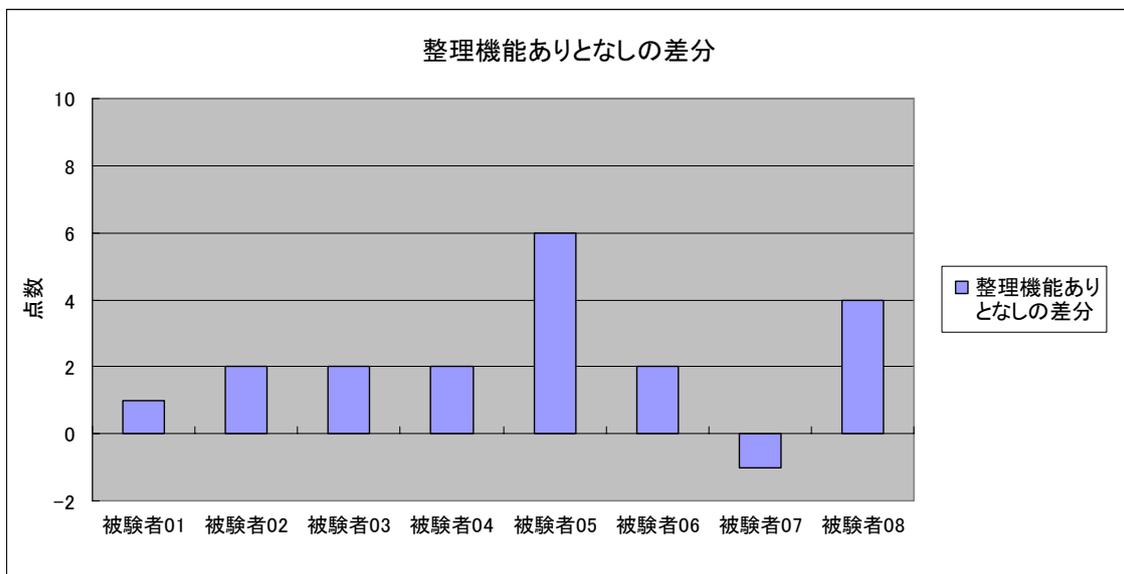


図 6.9 アプリケーション間の差分

テストの結果をみると、8人中7人の被験者が整理機能ありの場合に2回目のテストで高い点数をキープしているのがわかる。全体の平均点としては整理機能ありの場合 2.25 点高い点数を取ることができた。

次に1回目のテストと2回目のテストの差分によって、整理機能がある場合とない場合のアプリケーション間で統計的に差があるかを解析した。ここでの仮説を以下に示す。

仮説 : 整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーションで作成された講義メモからの内容想起に差はない.

対立仮説 : 整理機能がある場合と整理機能がない場合のアプリケーションで作成された講義メモからの内容想起に差がある.

以上の仮説を同じ被験者が、2つの異なるシステムを利用し、時間という定量データを比較するので、対応のある t 検定によって解析をおこなった。その結果を表 6.8 に示す

表 6.8 アプリケーション間の差分の t 検定結果

対応サンプルの検定								
	対応サンプルの差					t 値	自由度	有意確率 (両側)
	平均値	標準偏差	平均値の 標準誤差	差の 95% 信頼区間				
				下限	上限			
ヘア1 整理機能あり - 整理機能なし	2.250	2.053	.726	.534	3.966	3.100	7	.017

解析の結果、 $t(7)=3.100$, $p<0.05$ ($p=0.017$) により仮説は5%の有意差で棄却される。つまり、整理機能がある場合と整理機能がない場合で講義メモの内容想起に5%の水準で差があることが言える。またテストの結果からも整理機能がある場合には点数が上がっている被験者もいるのに対し、整理機能がない場合は点数が上がっている被験者はいなかった。おそらく、これは6.2章の講義メモの分析から、整理機能がある場合書き直した文字や追記によって書き足した情報が、映像の内容想起に役立ったためだと考えられる。

6.4. アンケート結果

本節では実験終了後におこなった、被験者へのアンケート結果について述べる。アンケートの内容は作成した講義メモについてとシステムとその機能についてで、アンケートは7段階評価でおこなった。それぞれの結果について考察していく。

6.4.1. 1回目の実験でのアンケート結果

本節では1回目の実験のタスクが終わった後おこなったアンケートの結果について述べる。1回目の実験では、整理機能ありのアプリケーションと整理機能がないアプリケーションで、それぞれアンケートをとった。アンケートの平均を表6.9に示す。

表 6.9 1回目のアンケート結果の平均と差分

実験パターン アンケート項目	整理機能 あり平均	整理機能 あり分散	整理機能 なし平均	整理機能 あり分散	平均の 差分
(1)映像に集中することはできましたか	4.500	2.571	4.000	2.286	0.500
(2)作成した講義メモに満足していますか	4.625	1.982	3.250	1.643	1.375
(3)テストの解答に自信がありますか	3.875	3.268	3.875	2.982	0.000
(4)整理・閲覧する時間は足りましたか	5.500	2.857	5.750	4.786	-0.250
(5)講義メモの整理は満足にできましたか	4.875	1.554	3.000	1.714	1.875

アンケートの結果から、項目(2)、(5)について整理機能がない場合にくらべて、整理機能がある場合に比べると高い結果で平均(4.000)よりも高かった。分散にも大きな差はなく、(2)、(5)項目では整理機能がある場合に満足である被験者が多かったと考えられる。それ以外の項目では特に大きな差はでなかった。

6.4.2. 2回目の実験でのアンケート結果

本節では2回目の実験のタスクが終わった後おこなったアンケートの結果について述べる。2回目の実験も1回目の実験同様に整理機能ありのアプリケーションと整理機能がないアプリケーションで、それぞれアンケートをとった。アンケートの平均を表6.10に示す。

表 6.10 2回目のアンケート結果の平均と差分

実験パターン アンケート項目	整理機能 あり平均	整理機能 あり分散	整理機能 なし平均	整理機能 あり分散	平均の 差分
(1)作成した講義メモは見やすかったですか	4.875	2.982	3.625	0.554	1.250
(2)テストの解答に自信がありますか	4.000	1.429	3.125	1.268	0.875
(3)見直す時間は足りましたか	5.250	4.786	6.25	0.786	-1.000
(4)作成した講義メモの意味は思い出せましたか	5.375	1.411	4.875	0.696	0.500
(5)講義メモから映像の内容を思い出せましたか	4.375	0.554	3.750	2.786	0.625
(6)講義メモを見る前にビデオの内容は覚えていましたか	3.875	1.839	3.500	2.571	0.375

アンケートの結果から、項目(1)、(2)について整理機能がない場合にくらべて、整理機能がある場合に比べると高い結果だった。しかし、項目(1)に関しては、分散値が高い結果になった。これは整理をおこなった頻度によって、講義メモの見易さが異なるためだと考えられる。つまり、整理・追記をあまりおこなっていない被験者が低い値をつけた可能性がある。

また(3)は逆に整理機能がない場合が高い数字で分散も低かった。実験の目的である講義メモからの内容想起に関する項目(4)では、整理機能がありの場合で整理機能がない場合に比べて高い数字だった。これはテストの結果からもわかるように、整理・追

記したメモのほうが被験者に与える影響としてよいものであることがわかる。項目(5)に関しては、整理機能がある場合に、高い数字で分散値も小さくなっている。これは講義メモに追記した情報が映像の内容を想起することにつながったのではないかと考えられる。項目(6)に関して平均・分散の差は小さいので、テストへの影響は平等であったと考えられる。

次に整理機能ありの場合のみ、講義メモに追記した情報が講義メモの内容と講義の内容を思い出すのに役立ったかをアンケートで答えてもらった。ここでいう講義の内容とは映像の内容であるため、映像の内容を思い出せたかを聞いた。その結果を表 6.11 に示す。

表 6.11 整理機能ありについてのアンケート結果

アンケート項目	実験パターン	平均	分散
(7)追記した情報は講義メモの内容を思い出すのに役立ちましたか (かなり役立った→全く役に立たなかった)		6.250	0.500
(8)追記した情報は映像の内容を思い出すのに役立ちましたか (かなり役立った→全く役に立たなかった)		4.625	1.411

アンケートの結果、項目(7)で講義メモに追記した情報はメモの内容を思い出すことに対して役に立ったと被験者が感じていることがわかった。しかし、項目(8)で映像の内容を思い出せるかという質問に対しては、平均を大きく上回ることはなかった。

6.4.3. Pen Memo についてのアンケート結果

本節では Pen Memo の機能に関するアンケート結果についてのベル. Pen Memo は, 講義中にはペンマウスによる手書き情報による入力, 講義終了後にはペンマウスによる手書き情報とキーボードによるテキスト情報を入力が可能なアプリケーションである. そこでそれぞれの機能についてのアンケートをおこなった. その結果を表 6.12 に示す.

表 6.12 Pen Memo の機能に関するアンケート結果の平均

アンケート項目	実験パターン	アンケート結果平均	アンケート結果分散
(1)ペンでの手書き情報は書きやすかったですか (とても使いやすかった→とても使いにくかった)		3.250	3.643
(2)ペンで手書き情報の移動は (とても使いやすかった→とても使いにくかった)		4.875	1.268
(3)キーボードでのテキスト情報の打ち込みは (とても使いやすかった→とても使いにくかった)		5.000	2.000
(4)テキスト情報の移動は (とても使いやすかった→とても使いにくかった)		4.875	2.696
(5)簡単に整理することができましたか (問題なくできた→全然できなかった)		5.375	2.554
(6)このアプリケーションは使いやすいと思いますか? (とても使いやすい→とても使いにくい)		4.750	1.643

アンケートの結果, 項目(1)で手書き講義メモを書きやすいかという質問に対して平均を下回る数字で, 分散値も大きかった. これをアンケートの自由記述の欄に書かれていたコメントと実験後の被験者へのインタビューのコメントから推測した. この原因は

- ① タブレットの盤面がすべるので書きにくい
- ② ペンで書くのと比較して, Pen Memo ではストロークが遅れる
- ③ 慣れていないので字が汚くなり, 大きい文字しか書けない

であると考えられる。原因①は作成された講義メモの分析の際も問題になっていたが、原因①により原因③が引き起こされている。この2つの問題はハードウェアを改善されたタブレット PC にすれば解決できると思われる。しかし、原因②に関してはハードウェアの性能の可能性もあるが、アプリケーションの問題である可能性が高いため、プログラム改善をする必要がある。

それ以外の項目(2)～(5)では平均より高い結果になっているが、分散値の大きさとインタビューの回答から、入力方式が自分には合わないなどのコメントもあった。これはインターフェースの仕様には個人の好みは反映されることとアプリケーションに被験者がなれるまでの時間が必要であると考えられる。

アプリケーションの全体を通した使いやすさは4.750と平均値以上の結果を得ることはできたが、ストロークの遅れる部分の修正とタブレット画面のすべりやすさを考慮することが必要である。

6.5. Pen Memo のユーザビリティ

本節では実験結果から、アプリケーションのユーザビリティを評価する上で必要な有効さ (Effectiveness)、効率 (Efficiency)、利用者の満足度 (Satisfaction) の度合いについて考察する。

- Pen Memo の有効さ

テストの結果から整理機能がある場合とない場合で点数に有意差が出たため、整理・追記をおこなった場合内容を想起できたと考えられる、またアンケート結果より整理・追記した情報は内容を想起するのに役立ったという意見もあった。以上の結果より、Pen Memo は内容想起に有効であったと考えられる。

- Pen Memo の効率

実験の結果、講義後に整理・追記をおこなった場合、整理機能がない場合に比べて1%の優位差で時間がながくなってしまったことがわかったので、ただ閲覧す

る場合に比べると時間が掛かってしまった。しかし、復習時は情報量が多いにもかかわらず時間差がなかった。つまり復習時において Pen Memo によって整理・追記された講義メモは情報を多く含んでいるにもかかわらず、復習時間がかからないと考えられる。

● Pen Memo の満足度

アンケートの結果、手書き入力に関する項目で平均を割る結果になったが、それ以外の項目では概ね平均より高い数字が出ていた。手書き入力に関しては考察でも述べたがストロークの遅れとペンマウスでタブレットの画面がすべることが原因であると考えられる。この項目に関してはアプリケーションの改善とハードウェアの改善が考えられる。またアプリケーション全体の満足度では 4.750 と平均値より高い数字をだしていた。

以上の結果より、Pen Memo で整理・追記された講義メモは内容想起で有効さを示すことができ、利用者の意見からも有用であったことが言える。また講義が終了してからの整理・追記に時間が必要ではあるが、時間が経過してからの復習時においては、多くの情報を含んでいるのにも関わらず時間差がなかった。よって機能の改善と整理・追記時間は必要なものの時間の流れが必要な講義において Pen Memo の整理機能は有効であったのではないかと考えられる。

第 7 章

結論

7.1. 成果

本論文では，時間の流れがある講義中においても利用者の思考をメモによって外化でき，時間が経過してからも講義内容を思い出せるアプリケーション Pen Memo を提案した．

本論分で提案したアプリケーション Pen Memo には以下のような特徴がある．

- 講義中にはペンマウスによる手書き情報による入力，講義終了後にはペンマウスによる手書き情報とキーボードによるテキスト情報を入力が可能
- 書き込んだ情報を自由な位置に移動できる
- 保存・読み出し機能により復習に使用できる
- 講義メモ以外のメディアを必要としないため，従来のペンと紙による学習と方法が大きく変わらない

本アプリケーションは，時間の流れがある講義中においてペンマウスにより手書き情報，講義終了後にはペンマウスによる手書き情報とキーボードによるテキスト情報を入力でき，書き込んだ情報を自由な位置に移動できる．本アプリケーションによって整理・追記をおこなった講義メモが整理・追記がない講義メモと比較して講義内容が想起できるかを検証し，アプリケーション間で5%の水準で有意差を求めることが

できた。またテストの結果からも8人の被験者のうち7人の被験者が整理・追記をおこなった講義メモからの復習において、講義直後に受けたテストに近い点数を取っていた。また整理・追記に掛かる時間に関しては、講義終了後に閲覧をおこなうだけの場合と比べると時間は掛かってしまうが、復習時において整理・追記されているため、文章が読みやすく、書かれている内容を想起しやすいため、情報量が多いにもかかわらず復習時間はかわらなかった。そのため情報が多く含まれた講義ノートが作成できていたと考えられる。

7.2. 今後の課題

今回の実験では、講義中に作成することを考慮して、被験者には研究紹介用の映像を視聴してもらった。しかし、ほとんどの被験者が講義後の講義メモの整理である講義メモの位置を動かす作業をほとんどおこなわなかった。これは講義のように説明に流れがある場合は上から下に書くということが一般的になっているので、一度書いた情報を動かすことはなかったと考えられる。一度書き込んだ情報を頻繁に動かす作業は、ブレインストーミングでアイデアをまとめる作業や話し合いの内容をメモして整理するなど思考の外化に流れがないものである。または[13]のように一度外化したものを、並び替えて論文などのフォームを完成させる場合におこなう。よってメモを整理することによって内容想起に役立つかを確認するためには、本実験とは別のタスクを考える必要があると思われる。

またアンケートの結果より、ペンのストロークが遅れるので書きにくい、ペンマウスのペン先がすべるなどの問題が発生した。前者はアプリケーションの改善によって対応できる問題である。後者は近頃発売された、ペンと紙の書き心地に近いタブレット PC も発売されているので、今後のハードウェアの発展に期待したい。また Pen Memo の機能を充実させ、利用者がもっと使いやすいように改善していき、従来の紙とペンに使い感覚でつかえるアプリケーションの開発が今後の課題となる。

謝辞

本論文をまとめるにあたり，多くの方々のご指導および支援をいただきました．お世話になった皆様に感謝の気持ちを記します．

本研究を進めるにあたり指導教官である北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科國藤進教授に感謝致します．またプロポーザル発表，中間発表前に大変緻密なアドバイスをいただき，研究を進めていくご指導をいただきました点に深く感謝致します．

副テーマの指導教官である北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科西本一志助教授には，副テーマおよび本研究でも実験の進め方や分析方法に悩んでいる私に心強いアドバイスと実験をおこなう後押しをして頂きました．そのおかげで本研究の実験を進めていくことができました．深く感謝致します．

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科三浦元喜助手には，研究テーマが決まらない私にペンインターフェースを使った研究分野を薦めていただき，関連研究や研究の方向など多くのアドバイスを頂きました点に深く感謝します．

審査委員である北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科宮田一乗教授および藤波努助教授には，中間発表において有益なコメントを頂いた点に深く感謝致します．

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科國藤研究室配属の中田豊久さん，羽山徹彩さん，平田敏之さん，八木龍平さん，小柴等さん，田中郁さん，中川健一さん，川上智司君，藤井崇史君，藤本高志君，Neupane Ujjwal 君およびその他の國藤研究室配属の方々には研究に関する様々な意見を頂きました．また研究で悩んでいる私に温かい言葉をかけてくれました．ここに感謝の意を表します．

最後に，私の大学院進学に何も言わずに賛成し，生活面や精神面で温かく支えてくれた両親と励ましの言葉をくれた兄に感謝します．

参 考 文 献

- [1] 福田剛志, 森本康彦, 森下真一, 徳山豪, データマイニングの最新動向, 情報処理, Vol.37, No.7, pp.597-603, 1996.
- [2] 中小路久美代, 山本恭裕, 創造的情報創出のためのナレッジインタラクションデザイン, 人工知能学会論文誌, 19 卷, 2 号, pp154-165, 2004.
- [3] 三宅芳雄, 個人知識の外化に基づく思考支援環境, 情報処理学会 ヒューマンインターフェース 53-15, pp109-116, 1994.
- [4] 野田耕平, 読解過程の外化による支援ツールの開発と評価, 電子情報通信学会 ET98-25, pp95-102, 1998.
- [5] 伊藤清美, 柳沢昌義, 赤堀侃司, Web 素材への書き込みを共有する学習環境 WebMemo システム, 電子情報通信学会技術研究報告: 教育工学, pp.35-40, 2003.
- [6] MUHD DZULKHIFLEE HAMZAH, 藤江夕佳, 田野俊一, 岩田満, 橋山智訓, 手書きアノテーションの有効性に関する定量的実験の試み, 情報処理学会研究報告: ヒューマンインターフェース, pp.9-16, 2004.
- [7] MUHD DZULKHIFLEE HAMZAH, 田野俊一, 岩田満, 橋山智訓, 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, 情報処理学会研究報告: ヒューマンインターフェース, pp.51-58, 2005.
- [8] Lisa Stifelman, Barry Arons, Chris Schmandt, The Audio Notebook, CHI2001 Volume No.3, Issue No.1, pp.182-189, 2001
- [9] 清原一暁, 中山実, 木村博茂, 清水英夫, 清水康敬, 文章の表示メディアと表示形式が文章理解に与える影響, 日本教育工学会論文誌 日本教育工学雑誌 27, pp.117-126, 2003
- [10] 里政幸, 西原明法, 映像ディスプレイの解像度が理解度に与える影響について,

2004年電子情報通信学会総合大会, pp.158, 2004

[11] 三浦元喜, 國藤進, 志築文太郎, 田中二郎, デジタルペンと PDA を利用した実世界指向インタラクティブ授業支援システム, 情報処理学会論文誌 第 46 巻 第 9 号, pp.2300-2310, 2005

[12] 辰川肇, WARD Nigel, キーボードとペンを併用するノートエディタの研究, 情報処理学会研究報告 コンピュータと教育 2002年 Vol.17, pp.67-74, 2002

[13] 山本恭裕, 中小路久美代, 西中芳幸, 浅田充弘, 松田亮一, 情報創出のための手段としての空間的ハイパーテキスト表現の利用, 情報処理学会 研究報告 ヒューマンインターフェース 2005-113, pp.9-15, 2005

[14] 文部省学習情報課, 「ミレニアム・プロジェクト」により転機を迎えた「学校教育の情報化」—「総合的な学習」中心から「教科教育」中心へ—, 2000

[15] U-Site : <http://www.usability.gr.jp/index.html>

[16] 内田治, すぐにわかる EXCEL による実験データの解析, 東京図書, 1999

[17] 矢矧晴一郎, メモが上手になる技術, 株式会社あさ出版, 2004

[18] Larry R.Squire (著), 河内十郎 (訳), 記憶と脳 心理学と神経科学の統合, 医学書院, 1989

[19] NTT コミュニケーション科学基礎研究所: ヒューマノイドテクノロジ&サイエンス, 製作: NTT ラーニングシステムズ株式会社, 1993

[20] 重森晴樹, 倉本到, 渋谷雄, 辻野嘉宏, 講義への集中を目的としたノート作成支援システム, 情報処理研究報告 コンピュータと教育研究会報告 2004(68), pp.17-24, 2004

発 表 論 文

[1] 井上善嗣, 三浦元喜, 國藤進, Pen Memoによって作成された講義メモの分析と整理・追記が内容想起に与える影響の分析, 第3回知識創造支援システム・シンポジウム, 2006 (発表予定)