

キーボードとペンを併用するノートエディタ

辰川 肇, Nigel WARD
東京大学大学院 工学系研究科

概要 デジタル文書が広く普及している現在でも講義ノートや研究ノートが手書きで書かれる原因は、ノートに対する文書作成速度と多様な図形の描画の要求がパソコン上でのノート作成を難しくしていることである。我々はそうした要求を解決するためにテキスト入力をキーボード、図形の描画をペンで行うノート作成用アプリケーション——ノートエディタ——を開発した。

本論文ではノートエディタの概要とノート作成速度を向上させるテキストボックス自動生成機能、ポップアップキーコマンド機能、パターン描画機能について述べる。ノートエディタの長期使用実験では2名の被験者が継続して15回以上の講義でノートを取り、ノートエディタに満足であると評価した。

A Tool for Taking Lecture Notes

Hajime TATSUKAWA, Nigel WARD
University of Tokyo

Abstract Students still take lecture notes using pencil and paper — although digital documents are more legible, easier to search in and easier to edit — in part because of the lack of software to support note-taking. Lecture notes are characterized by free spatial organization, many small chunks of text, a dense mix of text and graphic elements, and general sloppiness. These characteristics imply that a note-taking system should use pen, keyboard, and mouse-or-equivalent; allow the swift entry of text at any desired position; and minimize the need to switch between input devices.

1 序論

ノートを書く主な目的は、ノートを書く作業によって情報のより深い理解や記憶を助けること、後で参照したい情報を文書として残すことである [1]。これは論文や記事、レポートなどが文書を他人に公開する目的で書かれることと異なっている。他人に公開するための文書の多くが今ではパソコンを使って書かれているのに対して、ノートは未だ手書きで書かれている。これは何故だろうか。

パソコンで文書を作成するメリットは手書きと比較して読み易いこと、編集や検索がしやすいことなどである。逆に紙と比べた場合のハードウェアのコストや持ち運びの難しさがデメリットとなっている。他人に公開するための文書では読み易さや検索し易さなど上述のメリットが重視されるため、総合的にパソコンのメリットがデメリットを上回っている。

これに対して、ノートの場合は読み易さや検索し易さよりも重視される2つの要求がある。ノートは通常、講義や会議といった時間の制約がある場面で書かれる。研究ノートは書き手の思考速度を妨げない速度で書けるこ

とが好まれる。ノートに対する要求の1つ目はノート作成が素早く行えることである。

ノートに対する要求の2つ目は、多様な図形の描画が可能なことである。ノートにはテキストの他に関係線、強調線、矢印、グラフ、絵など様々な図形が書かれる。それらノートの構成要素（本論文では“オブジェクト”と呼ぶことにする）の位置関係はそれぞれの関係性や意味に結びつく重要な情報である [2]。

現在普及している文書作成用アプリケーションのドロー機能は多様な図形に対応しているものの、従来の GUI の操作などに時間を取られるためにノートに対する2つの要求を同時に解決するには至っていない。

計算機を使ってノートを作成することを目的とした研究には、講義ノートを対象として限定した研究が多い [3][4][5]。[3] は教室全体をシステムとし、画像と音声、電子ホワイトボードを組み合わせたマルチメディアノートを作成する試みを行なっている。[4] はノート作成作業による受講者の負担を軽減するために講義のビデオ映像にペンインタフェースで書き込みをするという手法を提案している。[5] は音声記録装置とタブレットを一体化させ、スクロールバーによって紙に書いた内容から音声情

報にアクセスできる装置を開発している．

講義ノートは画像や音声から情報を受け取ることのできる環境で書かれるノートであり，これらの研究ではビデオカメラや音声記録装置をシステムに統合させるというアプローチを取っている．

[6] は PDA（携帯情報端末）で作成したノートを計算機に集積して複数の学生で共有することを提案している．

一方，研究ノートは音声や画像で情報を受け取ることができないため，研究ノートを対象とした研究にはソフトウェアの構造や検索手法に着目したものが多い[7][8]．[7] はペンインタフェースで入力した情報の検索性を向上させる手法を提案している．[8] は蓄積した情報を整理し易いノートの構造について議論している．

ノート作成に関する研究の多くは入力手段としてペンインタフェースを採用している．これはペンを使うことで紙と鉛筆の場合と同様に図形を容易に描画できるためであり，前述のノートに対する要求に応える 1 つのアプローチである．しかし，ペンインタフェースのみでノートを作成すると編集し易さや読み易さといった計算機のメリットが損なわれてしまう．そのため，手書きと同等のノート作成速度や図形の描き易さを得ることはできるものの，ハードウェアのデメリットをキャンセルすることが難しくなる．

ところで，パソコンで作成された文書の持つ編集し易さや検索し易さ，読み易さといったメリットは概ねキーボードで入力されたテキストの持つメリットと考えることができる．それならば，テキストの入力にキーボード，図形の描画にペンを用いるという役割分担によって，上述のメリットを損なうことなく多様な図形の描画に関する要求に応えることができると我々は考えた．その役割分担を行った上でノート作成速度の課題を解決すれば有効なノート作成用アプリケーションを開発できる可能性がある．

そこで本研究では，テキストの入力にキーボード，図形の描画にペンを用いることのできるノート作成用アプリケーション“ノートエディタ”を開発した（図 1）．ノートエディタは基本的にペンストローク（マウスドラッグ）で自由曲線を描画できるドローソフトである．我々はこれに加えて，ノート作成速度を向上させるための 3 つの機能 — テキストボックス自動生成機能，ポップアップキーコマンド機能，パターン描画機能 — を開発・実装した．次章よりその 3 つの機能について説明し，5 章でそれらの機能を統合したノートエディタに関する総合評価実験の結果について報告する．

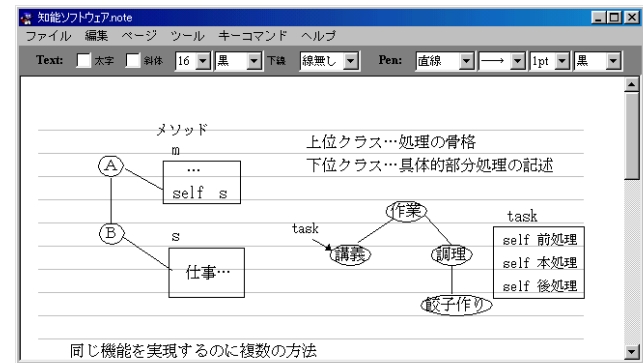


図 1: ノートエディタのメイン画面

2 テキストボックス自動生成機能

2.1 機能の概要

テキストはノートに最も多く，あらゆる位置に書かれるオブジェクトである．そのため，自由な位置へのテキスト入力が保証されていることはノートエディタにとって必要条件である．

一般的にドローソフトはテキストボックスと呼ばれる機能によって自由な位置へのテキスト入力を可能にしている．製品による差異はあるものの，従来のテキストボックスを用いたテキスト入力には次のような操作を要する：

1. テキストボックスアイコンをクリック
2. 書きたい位置にポインタを移動
3. 書きたい位置をクリック（または領域をドラッグ）
4. テキストをタイプ

これらの操作はノートに書かれるテキストボックスの数だけ繰り返される．そこで，この一連の操作を効率化させる“テキストボックス自動生成機能”を実装した．

この機能は，ノートキャンバス上でキーボードをタイプするとポインタのある位置にテキストボックスが自動的に生成され，そこに文字が追加されて行くというものである．ポインタ位置にテキストボックスが既にある場合には，その末尾に文字が追加される（図 2 参照）．テキストボックスの幅は改行または行末までの文字数，高さは行数で決まる．

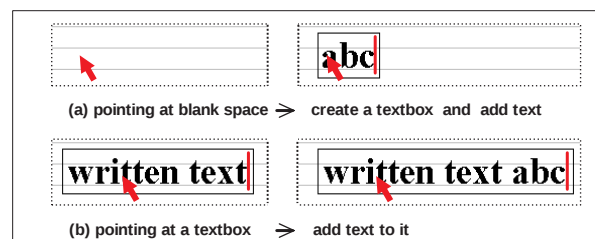


図 2: テキストボックス自動生成機能

これによりテキスト入力に必要な操作は次のようになる。

1. 書きたい位置にポインタを移動
2. キーボードからテキストを入力

この機能を実装したためノートエディタにはテキストボックスやペンストロークのためのアイコンが無い。任意の時点でのタイピングがテキスト入力、ペン入力がストローク描画に対応していて、キーボードとペンを持ち替えながらノートを書く作業が最適化されている。

2.2 テキストボックス自動生成機能による作業時間の短縮

テキストボックス自動生成機能によりどれだけの作業時間が短縮できるかを測定する実験を行った。実験には次のようなタスクを準備した。

- 横4×縦9のセルを持つ表を2つ用意し、一方のセル（書込用）は全て空欄、他方（サンプル）にはセル一つ一つに単語を記入してある
- 空欄の表にサンプルと同じ単語をテキストボックスを使って書き入れて行く。ここで、必ず一つのセルに一つのテキストボックスを使うものとする
- 36個のセルを全て写し終えるまでを一つのタスクとする。書かれる単語の総文字数は183文字。

被験者はタイピング上級者10名、それぞれ順番を換えながら下記A、B、Cの機能を用いてタスクを行ってもらった。Microsoft Wordのテキストボックス機能ではテキスト入力位置に対してクリックではなくドラッグが必要である。

- A. 従来のテキストボックス機能 (Microsoft Word)
- B. テキストボックス自動生成機能 (ノートエディタ)
- C. 紙に手書き

表1にA、B、C各機能でのタスク所要時間の被験者平均値と信頼係数95%の信頼区間を示した。また183文字の純粋なタイピングに要した時間の平均値と同じ信頼区間も付記した。

純粋なタイピング作業は手書きより2.3倍速い。しかし36個のテキストボックス作成作業が加わるとノートエディタでは手書きと同程度、Microsoft Wordでは手書きより約5.4倍の速度しか達成できていない。

タイピングのみに要した時間を除いたテキストボックス1つ当たりの所要時間は、Microsoft Wordの場合4.8[s]、ノートエディタの場合1.9[s]であり、テキストボッ

入力方法	平均所要時間 [s]
ノートエディタ	126.5 ± 10.5
Microsoft Word	225.9 ± 11.1
紙と鉛筆	121.1 ± 11.8
タイピングのみ	52.7 ± 6.7

表 1: 被験者平均所要時間 [s]

クス自動生成機能によって約2.9秒の作業時間を短縮できたことが分かる。

（タスク所要時間はセルに対するテキスト入力位置の精度にも左右される。この実験ではセルの大きさは幅39mm×高さ9mm、セルから文字がはみ出さない程度の正確さを求めた。）

3 ポップアップキーコマンド機能

3.1 機能の概要

フォントサイズやテキストの下線プロパティの変更といったコマンドはテキスト入力作業中に実行される。コマンド実行のためにメニューバーやポップアップメニューなどを用いると、実行の度にキーボードとマウス（またはペン）の間に手を移動させなければならず時間のロスが発生する。キーボードからコマンドを実行できるショートカットキーではキー単位のコマンドの割り当てを行なっているためにユーザが記憶できるコマンド数に限界があるという問題点がある。

この章で提案する“ポップアップキーコマンド機能”は、コマンドのリストを画面に表示させた上で目的のコマンド名をキーボードでタイプして実行するというものである。コマンドはキー単位ではなく単語単位の割り当てになるためショートカットキーよりも多くのコマンドに対応でき、さらにコマンドの内容をそのまま表すコマンド名を用いることでより多くのコマンドをユーザが記憶できる。

図3は実装したポップアップキーコマンドのウィンドウである。ここではコマンドのリストとそれを修飾するサブコマンドのリストを分けて表示し、コマンドの一覧性を確保している。

コマンドとサブコマンドの組み合わせは、フォントサイズ<10, 12, 14…>、下線<線無し, 普通, 二重, 破線>、色<黒, 赤, 青…>などである。

コマンド実行方法は次の通り：

1. *Shift + Enter* によりウィンドウを起動
2. 実行したいコマンドをタイプして選択

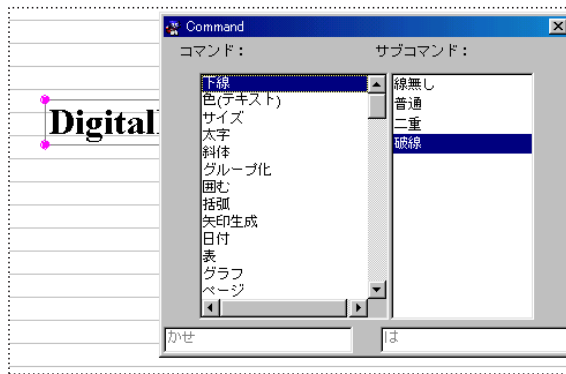


図 3: ポップアップキーコマンド機能

3. *Tab* でサブコマンドリストに移動し, 2. と同様にサブコマンドを選択する
4. *Enter* で実行, *Esc* でキャンセル

コマンドとサブコマンドは補完機能があり, コマンド名が一意に決まる文字数までタイプすれば選択できる. また, ユーザがサブコマンドを記憶している場合は, ウィンドウ起動後に直接サブコマンドをタイプすることで即座にそれを選択・実行できる.

3.2 コマンド実行手段別の操作時間

メニューバー, ポップアップメニュー, ショートカットキーとポップアップキーコマンドの4種類のコマンド実行手段についてコマンド操作にかかる時間を測定・評価する実験システムを作成した. 実験システムは39個ずつの全く同じメニューアイテム(またはコマンド)で構成されるメニューバーとポップアップメニュー, ポップアップキーコマンドを持つウィンドウアプリケーションである. 39のコマンドの内22にショートカットキーを割り当てている. これを用い, タイピング上級者5名を被験者として次のような実験を行なった.

1. 4種類の実行手段(メニューバー, ポップアップメニュー, ショートカットキー, ポップアップキーコマンド)に関し2~5の手順を30回ずつ繰り返す
2. 画面に実行すべきランダムなコマンドと, タイピング用文字列が表示される
3. 表示された文字列をタイピングする
4. 表示されたコマンドを実行する
5. タイピング終了時点からコマンド実行までの時間を測定する

ポップアップキーコマンドはテキスト入力中のコマンド実行を目的とする機能のため, 手順2で被験者の手をキーボードの上に戻す作業を設定した.

測定結果の30ずつのデータ列の標準偏差の被験者平均とコマンドを間違えて実行した延べ失敗数, データ列の中央値の被験者平均とその信頼係数95%の信頼区間を実行手段別に表2にまとめた. 実行手段の略字はポップアップキーコマンド(KC), ショートカットキー(SC), ポップアップメニュー(PM), メニューバー(MB)である.

実行手段	標準偏差 [s]	延べ失敗数	中央値 [s]
KC	0.89	1	2.12 ± 0.40
SC	1.00	9	1.36 ± 0.41
PM	0.48	2	3.08 ± 0.27
MB	0.43	1	2.63 ± 0.15

表 2: 実行手段別の集計値

ショートカットキーのばらつきが大きいのは被験者がショートカットキーを思い出すのに手間取った場面があったためである. ショートカットキーは失敗数も多く, 種類が増えると記憶が難しいために失敗しやすい手段であることが現れている.

ポップアップキーコマンドもメニューバーやポップアップメニューと比較すると操作時間のばらつきは大きい. これはコマンドのタイプミスをバックスペースで消すなどの操作に時間を取られる場面があったことが原因である. タイプミスで実行に手間取る可能性のあることがポップアップキーコマンドの欠点の一つであることが分かる. ただ, ポップアップキーコマンドでは選択されるコマンドがウィンドウに明示されるためコマンドを間違えて実行してしまうことは少ない.

中央値の被験者平均によるとポップアップキーコマンドの操作時間はショートカットキーに次ぐ値を示している. コマンド1つ当たりの操作時間においてポップアップメニューと比較して0.96秒, メニューバーと比較して0.51秒短縮できている.

この実験結果から, テキスト入力中に実行するコマンドのうち使用頻度の高いコマンドをショートカットキーで行い, それ以外のコマンドにポップアップキーコマンド機能に対応させることでノート作成作業を向上させることができると言える.

ノートエディタでは切り取りや貼り付け, テキストボックスの移動などにショートカットキーを割り当て, その他のコマンドの大部分はポップアップキーコマンドとメニューバーのどちらでも実行できるよう実装している.

4 パターン描画機能

4.1 パターン描画の概要

ノートに描かれる多様なオブジェクトにも、繰り返し描かれるパターンが存在する。関係線や境界線などの単純図形は比較的一定の形状で描かれているし、特定の講義ノートでは同じような図が繰り返し使用されることが少なくない。

ここで提案するパターン描画機能はノートに繰り返し現れるパターンを1つのコマンドに集約して簡単に描画することを可能にする。この機能がオブジェクトの単純な挿入と異なる点は、パターンが呼び出されたときにシステムがパターンを描画する位置と大きさを自動的に決定できることである。さらに、パターンを統一的に扱うアルゴリズムによってユーザがユーザ自身の必要性に応じてパターンを簡単に定義することも可能にしている。以下、ユーザあるいはプログラマによって定義されるひとまとまりのオブジェクトの集合をパターンと呼ぶ。

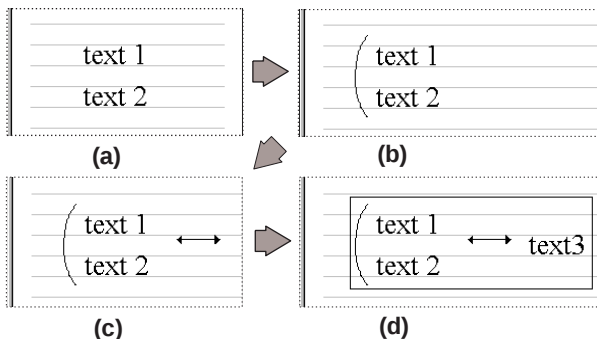


図 4: パターン描画実行の様子

図 4 はパターン描画を実行した例である。ノートに書いた2つのテキスト (a) に対して“左括弧”というパターンを描画するとそれらまとめる左括弧が生成される (b)。さらに“左右向き矢印”というパターンを描画すると右側に左右を向いた矢印が生成される (c)。そして矢印の隣に3つめのテキストを入力し、それまで生成したオブジェクトに対して“長方形”というパターンを描画するとそれらを囲む長方形が生成される。

これらのプロセスにおいてユーザは描画されるパターンを移動したり変形したりしなくてよい。パターン描画機能はコマンド実行時に選択されていたオブジェクト(以下ターゲットオブジェクト)に合わせてパターンの生成位置とサイズを決定する。

4.2 位置特性と大きさ特性

パターン描画では、全てのパターンに位置特性と大きさ特性という2つのパラメータを与える。位置特性とはターゲットオブジェクトに対してどの位置にパターンを生成するかを決めるパラメータであり、大きさ特性とはターゲットオブジェクトの X-Y 方向のどちらのサイズに合わせてパターンのサイズを決定するかを決めるパラメータである。それぞれのパラメータは次のような値を取る。

位置特性: 上, 下, 左, 右, 右上, 左上,
右下, 左下, 重ねる, 自由

大きさ特性: 両方向依存, 水平方向依存,
垂直方向依存, 独立

図 4 で例として挙げた“左括弧”の位置特性は「左」、大きさ特性は「垂直方向依存」、 “左右向き矢印”の位置特性は「右」、大きさ特性は「独立」、 “長方形”の位置特性は「重ねる」、大きさ特性は「両方向依存」である。

大きさ特性が「水平方向依存」または「垂直方向依存」、「独立」のパターンは生成時にパターンを構成するオブジェクトの形が必ず保存される。大きさ特性が「両方向依存」のパターンはオブジェクトの形が歪められる可能性がある。

4.3 パターン登録

図 5 は、ノートエディタに実装しているパターン登録画面である。この画面でユーザはノートエディタに独自のパターンを登録することができる。

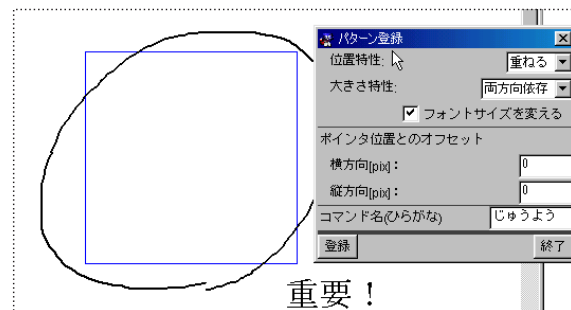


図 5: パターン登録画面

パターンを登録する手順は以下の通り：

- ・仮想的なターゲットである長方形 (図中左) に合わせて登録したいパターンを描画する
- ・位置特性と大きさ特性をリストから選択する
- ・パターンを呼び出すコマンド名を定義する

図 5 では、ユーザはターゲットを囲む丸と“重要!”と書

かれたテキストボックスを一つのパターンとし、「じゅうよう」というコマンド名を付けて登録している．登録したコマンドはポップアップキーコマンド機能を用いて実行できる．「じゅうよう」を実行する様子を図 6 に示した．

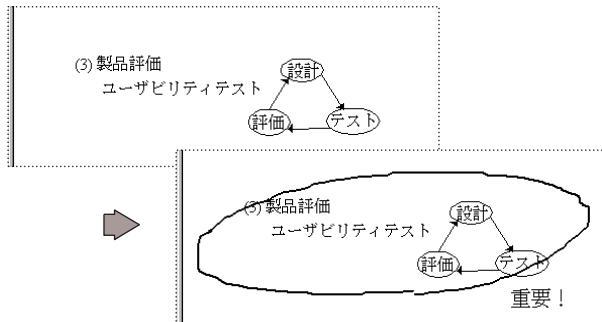


図 6: 登録したパターンの実行

4.4 数式への応用

数式は理工学分野のノートによく書かれるオブジェクトである．しかし，ノートエディタに使用するノート PC のタブレットディスプレイは分解能の点で紙と鉛筆に劣っていて細かい数式がきれいに書きづらいという問題点がある．

数式描画のために開発されたツールは存在する．Microsoft Word の Equation Editor[9] は数式をテキストと図形の組合せとして扱い，対話的に数式を描画できるようになっている．しかし，このソフトウェアでは数学記号の選択をマウスで，数字や文字の入力をキーボードで行うため，入力手段の切替えに時間を要する．ノートエディタではポップアップキーコマンド機能によってパターンをキーボードから呼び出すことが可能なため，パターン描画機能を応用してより速くきれいに数式を描画できることが期待できる．

ノートエディタに実装した数式パターンの例を図 7 に 3 つ示した．

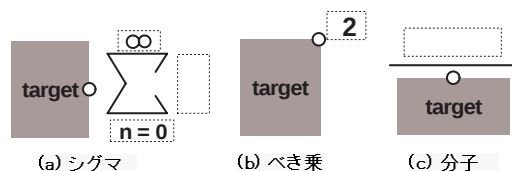


図 7: 数式パターンの例

「シグマ」(図 7(a)) の位置特性は右，大きさ特性は垂直方向依存である．オブジェクト構成は Σ 記号 (ストローク) と上下及び右のテキストボックスである．右のテキストボックスは初期値では空になっている．これら

のテキストボックスはパターン生成後，テキストボックス自動生成機能を使って編集できる．

「べき乗」の位置特性は右上，大きさ特性は垂直方向依存．初期値で“ 2 ”の入ったテキストボックス 1 つで構成される．「分子」の位置特性は上，大きさ特性は水平方向依存．パターンは分母と分子の区切り線と空のテキストボックス 1 つで構成される．

「シグマ」と「べき乗」の 2 つのパターンを用いて式 (1) を描画する手順を図 8 に示した．

$$f(x) = \sum_{m=1}^{\infty} (m+x)^3 \quad (1)$$

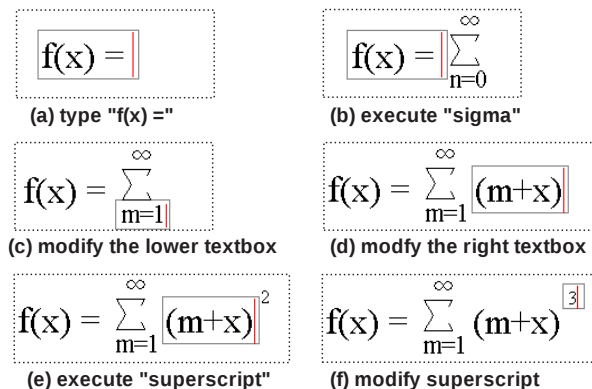


図 8: パターン描画を利用して数式を描画する手順

図 9 は後述する長期使用実験において被験者が実際に作成したノートの一部である．パターン描画を利用することでフォントサイズと同程度の大きさの読み易い数式を描画できているのが分かる．

$$\begin{aligned} \text{義} \quad \text{入力 } x(t) : \text{連続 } X(f) &= \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i2\pi ft} dt \\ \downarrow \\ \text{入力 } x(t) : \text{離散 } X(f) &= \sum_n x(nT) e^{-i2\pi nTf} \\ \text{ここで } Z &= e^{i2\pi fT} (= e^{i\omega T}) \text{ とおいて，又 } x(nT) \text{ の} \\ & X(Z) = \sum_n x(n) Z^n \quad X(n) \text{ の } Z \text{ 変換} \\ \text{(注)} \quad \sum_{n=0}^{\infty} & \text{ 片側 } Z \text{ 変換} \quad \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{ 両側 } Z \text{ 変換} \end{aligned}$$

図 9: 数式パターンの実用例

5 総合評価実験

前章までに提案した機能を含むノートエディタを，ウィンドウプログラミング用 API が豊富に用意されている Java 言語によるアプリケーションとして実装した．この章

で説明する実験には、ペン入力を可能にするタブレットディスプレイ付ノート PC、NEC VersaPro VA50H (CPU celeron500MHz, メモリ 192MB, 表示方式: SVGA800 × 600 ドット, 10.4 型 TFT カラー液晶) を使用した。

ノートエディタの有効性を評価する短時間使用実験及び長期使用実験についてこの章で説明する。

5.1 短時間使用実験

被験者は PC 使用歴 4 年以上のタイピング上級者 10 名。ノートエディタ使用経験は全員 1 時間未満。実験前にノートエディタの機能説明と使い慣れるための時間を 30 分設定した。講義ノートと研究ノートに関する以下の 2 つのタスクを行ってもらった：

講義ノート： 4 種類の講義（文系 1，情報系 1，工学系 2）を撮影・編集した 48 分のサンプルビデオを用意した。これを観ながらノートエディタで講義ノートを作成する

研究ノート： 被験者それぞれの研究内容を論文化するための章立てをノートエディタを使って推敲する。時間制限は無し

タスク終了後、ノートエディタを講義ノート（研究ノート）として使いたい 7 段階評価で評価してもらった（1：全く使いたくない.. 4：どちらでもない.. 7：非常に使いたい）。全員の回答は図 10 の通り。

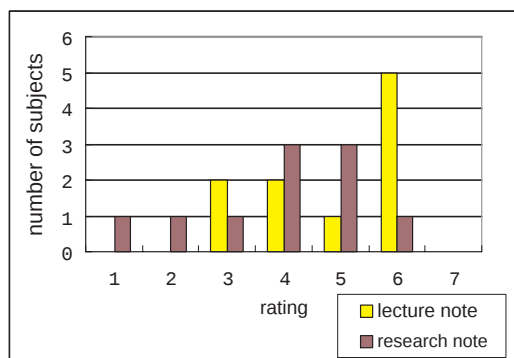


図 10: 短時間使用実験結果

講義ノートとしてノートエディタを使いたい（5 以上）と答えた被験者は 6 名、使いたくない（3 以下）と答えたのは 2 名であった。回答の平均値は 4.9，有意水準 5 % の片側 t 検定によりノートエディタは講義ノートとして有効であるという結果になった。

肯定的な評価の理由にはオブジェクトの移動，消去，色の変更などの編集し易さとテキストや数式の読み易さを挙げた被験者が多かった。否定的な評価の主な理由は，

図の描きにくさと，操作に気を取られてしまうことの 2 点であった。

研究ノートとしてノートエディタを使いたいと答えた被験者は 4 名，使いたくないと答えたのは 3 名であった。全く使いたくないと答えた被験者が 1 名含まれる。回答の平均値は 3.9，ノートエディタは研究ノートとして有効とは言えないという結果になった。

他のアプリケーションと比較して使い慣れるのが簡単だと思うか（1：非常に難しい.. 4：普通.. 7：非常に簡単）という質問には 10 名中 8 名が簡単（5 以上），2 名が普通（4）と答え，キーボードとペンを併用するノートエディタは他のアプリケーションと比較して使い慣れるのが難しいという印象は与えていないことが分かった。

5.2 長期使用実験

短時間使用実験の問題点は，実験時間が短いために被験者がノートエディタの利点や欠点を十分把握した上で評価しているとは考えにくいことである。そこで，ノートエディタを長期間継続的に使用してもらう実験を行った。

まず 4 名の学生（理系：A，B，文系：C，D）に彼らが実際に受けている講義で 3 回ノートエディタを使って講義ノートを作成してもらい，継続してノートエディタを使用したいか希望調査を行った。A，B，C はノートエディタが便利であるとして継続使用を希望した。D はノート PC を持ち運んで使用するほどのメリットを感じないためノートエディタを継続して使用したくないと答えた。A，B，C にはノート PC を貸し与えてその後も自由にノートエディタで講義ノートを作成してもらった。

図 1，図 9，図 11 はこの実験で作成されたノートの一部である。被験者 A，B，C のノートエディタ使用回数とアンケート結果を表 3 にまとめた。質問 1，2 の内容は以下の通り（7 段階評価）：

質問 1：ノートエディタを使用して満足だったか

質問 2：ノートエディタに使い慣れるのは大変だったか

被験者	回数	質問 1	質問 2
A	30	6: かなり満足	5: やや簡単
B	15	5: やや満足	6: かなり簡単
C	10	4: どちらでもない	2: かなり大変

表 3: 長期使用実験結果

被験者 A は 30 回の講義に出席して A4 用紙 60 ページ相当の講義ノートを作成し，被験者 B は 15 回の講義に出席して A4 用紙 30 ページ相当の講義ノートを作成した。共にノートエディタに肯定的な評価を与えている。評価の理由として，テキストと簡単な図形が素早く

書けること、編集が容易なこと、ポップアップキーコマンド機能が便利であったことを挙げている。パターン描画機能は使われているが、パターン登録機能は使用されていない。ノート作成速度については、数式が連続する場合を除いて講義から遅れる場面は無かったとしている。評価の理由からも、テキストボックス自動生成機能及びポップアップキーコマンド機能がノート作成速度の向上に寄与していたことが分かる。

ノートエディタに不満だった点として被験者 A は別形式へのファイル変換ができないこと、被験者 B は自由曲線や直線などを組み合わせて書く図形が書きづかったことを挙げている。

被験者 C は 10 回の講義でノートエディタを使用した結果、肯定的ではない評価となった。使い慣れるのが難しくマニュアルを必要としたとコメントし、特に板書が少なく講師の話が中心の講義ではノート作成作業が遅れてしまうことがあったとしている。

ノートエディタがユーザに十分なパソコンスキルを求めることは想定していた。被験者 C, D は被験者 A, B と比較してパソコン使用経験が少なく、それが評価の違いに与えた影響は小さくなかったと考えられる。短時間使用実験の被験者は全員十分なパソコン使用経験を有していた。パソコン使用経験に関する条件付きで、長期使用実験でもノートエディタが講義ノートの作成に関して有効であったと言える。

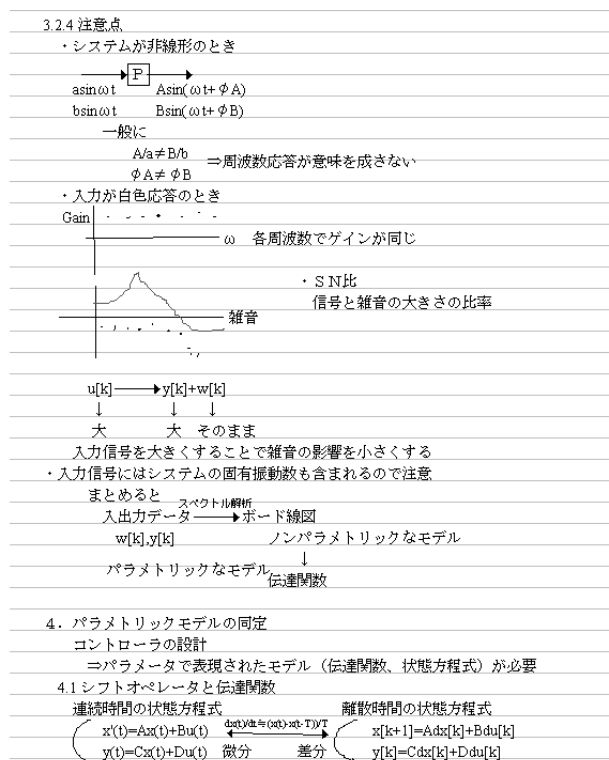


図 11: 被験者 B の作成したノートの一部

6 まとめ

我々はまずノートが未だ手書きで書かれている原因を分析し、ノートに対して文書作成速度と多様な図形の描画という要求があることに着目した。そして、それらの要求を解決するアプローチとしてキーボードとペンを併用するノートエディタを提案し、ノート作成速度を向上させるためのテキストボックス自動生成機能、ポップアップキーコマンド機能、パターン描画機能を実装した。ノートエディタの総合評価を行った短時間使用実験と長期使用実験では、パソコン使用経験が十分あるユーザという条件付きながら、開発したノートエディタが講義ノートの作成に関して有効であることが示された。

ダウンロード

ノートエディタのダウンロードはこちらから：

<http://www.sanpo.t.u-tokyo.ac.jp/~tatukawa/java.html>

参考文献

- [1] Keneth A. Kiewra. Investigating NoteTaking and Review: A Depth of Processing Alternative. *Educational Psychologist* 1985. pp.23-32.
- [2] Peggy Van Meter, Linda Yokoi, Michael Pressley. College Students' Theory of Note-Taking Derived from Their Perceptions of Note-Taking. *Journal of Educational Psychology*. 1994. pp.323-338.
- [3] K. Truong, G. Abowd, J. Brotherton. Personalizing the Capture of Public Experiences. *Proceedings of UIST*. 1999. pp.121-130.
- [4] 駒方信子, 大平雅雄, 蔵川圭, 中小路久美代. リアルタイム講義における受講者の思考活動に着目した支援に関する研究. 情報処理学会研究報告 ヒューマンインタフェース 2001.7. 2001. pp.35-40.
- [5] Lisa Stifelman, Barry Arons, Chris Schmandt: The Audio Notebook: paper and pen interaction with structured speech. *Conference Proceedings CHI*. 2001. pp.182-189
- [6] James A Landay. Using Note-Taking Application for Student to Student Collaboration. *IEEE Frontiers in Education Conference*. 1999. 12c4-16.
- [7] J. Gwizdka, M. Fox, M. Chignell. Electronic Engineering Notebooks: A Study in Structuring Design Notes. *Proceedings of CHI'98, ACM Press*. 1998. pp.355-356.
- [8] Thomas Erickson. The Design and Long-term Use of a Personal Electronic Notebook: a reflective analysis. *Conference proceedings on Human factors in computing systems*. 1996. pp.11-18
- [9] Carol Vogt. Information Systems & Technology : Creating Equations With Microsoft Word. <http://ist.uwaterloo.ca/ec/equations/equation.html>
- [10] 加藤直樹. ペン入力技術. 電子情報通信学会誌 Vol.84 No.3 2001. pp.200-201.