

ペン入力操作の記録・再生・編集方式と その応用

釣 克成 唐澤 郁子 守屋 慎次

東京電機大学 工学部

自分の意見や考えを他人に説明するときに、図や表を書きながら口で説明すると、説明する人と聞く人が同じ絵を見て同じ言葉を聞けるので、話の内容が理解しやすい。本システムでは、ペン動作を、書いたり消したりした単位で連続して記録し再生できる。再生中に不要なペン動作を、削除したり新たに追加して編集できる。ファイルに保存して再利用もできる。ペン動作の一連の記録を「コマ」という単位でテキストの一行と関係づけることができる。この関係づけの目的はテキストの一行をペンで指すことによって、そのテキスト行に関係づけられた手書きの説明図を再生表示するためである。本論文では、プログラミング言語教育への応用例も述べる。

A method to record, playback and edit the movements of the pen during input, and applications of this method

Katsunari Tsuru Ikuko Karasawa Shinji Moriya

Faculty of Engineering, Tokyo Denki University, Tokyo 101 Japan

During conversations or discussions, when we use handwritten tables, figures, etc. in addition to talking, it becomes easier for the other person to comprehend the whole discussion. The proposed system is capable of recording and playing back the continuous movements of the pen, for example, when writing, deleting, etc. During playback of such motions, it is possible to delete the unnecessary movements of the pen or add new movements. Such recorded movements can be associated with any line of the text data in units of "frames". By associating in this way, we can display the handwritten data associated with any particular line of the text.

1. はじめに

ペン入力コンピュータが、近年にわかに注目を集めている。それにともない、インク¹⁾と呼ばれるペン入力データの利用法が重要な研究課題になってきている。

ペン入力の最大の利点は、手書きの文や図表を筆記できることである。これは、ごく当たり前のことであるが、他の入力デバイスでは困難である。人は、他人に自分の意見や考えを説明するときに、黒板や紙に手書きの文字や図を書く。「手書き」という動作は「話す」という動作と同時に行なえる。したがってペン入力コンピュータにおけるペンならではの利用法の一つは、「話す」場面において、インクデータをそのまま利用することである。

手書きの図を用いて他人に自分の意見や考えを説明する場合、手書きの説明図は話の筋とともに変化していく。話者は、必要に応じて手書きの説明図に文字や図をつけ足し、あるいは不要になった部分を消していく。これを黒板や紙を用いて行なった場合、話が終わった時点で、残っている文字や図は見ることはできるが、もう一度話の始めから手書きの過程を再現することはできない。ここに黒板にいたっては、話の最後まで残った図さえも消してしまい、後で再利用できない。

本システムでは、書いたり消したり複写したり移動したりといった、それぞれのペン先動作を記録しておくことができる。そして、必要に応じて再生したり巻き戻したり、記録した手書きの図表を編集することもできる。また、電子的に記録しておくことができるので、ペーパーレスにも役

立つ。このような機能を備えたペン入力アプリケーションは、本論文が最初²⁾である。

本論文では、ペン先の軌跡を記録・再生・編集する方法、および、記録したペン先の軌跡とテキストデータとの関係づけについて述べる。また、この方式の応用例と問題点についても述べる。

2. システムの概要

2.1 機能の概要

図1は、本システムの主画面の例である。この画面上だけで、ペン入力操作の記録・再生・編集などの全てが操作できる。このように設計した理由は、筆記などの操作を話しながら可能にするため、画面の展開をできる限り少なくしたかったからである。

画面を大別すると、下部の「メニュー領域」、画面左半分の「テキスト領域」、右半分の「インクビデオ領域」から成る。

メニュー領域中の右下に見える「複写」「移動」「見ゴム」「消ゴム」「ペン」を電子文具とよぶことにする。これらの使用法は後に述べる。

テキスト領域にはテキストエディタで作成した内容（この例ではプログラム）が表示されている。ここにはキーボードから入力が可能でテキストエディタが使用できる。

インクビデオ領域にはペンによる入力ができる。キーボードによる入力はできない。この領域上におけるペン先

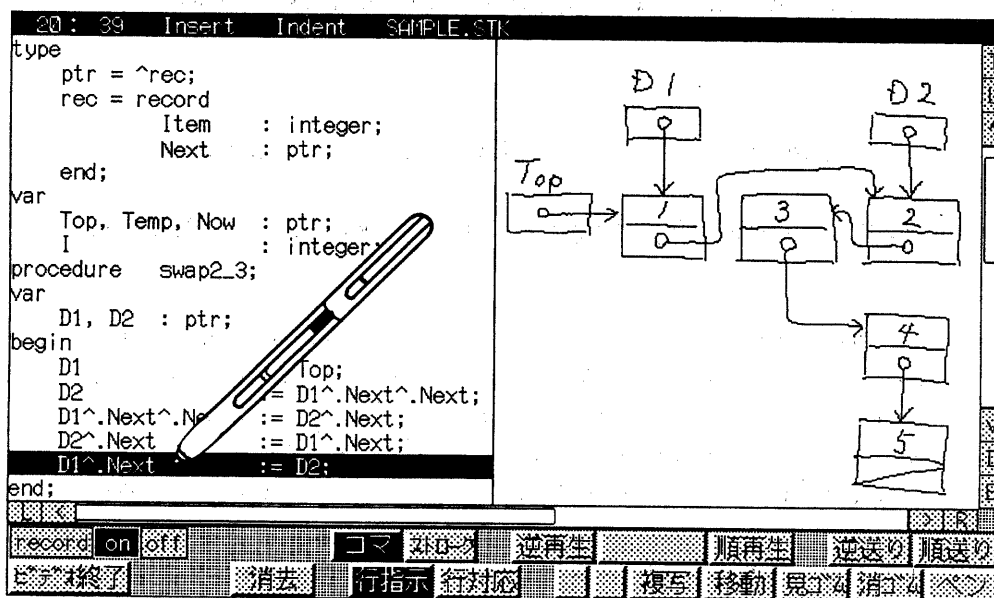


図1 本システムの画面例

の動作は、あたかもビデオカメラのように記録される。そこでこの領域を以後はCamWindowと呼ぶことにする。CameraとWindowの合成語である。CamWindow上で記録したペン先動作の列は、再生・編集することができる。再生は、ビデオのように途中で止めたり、コマ送りのようにゆっくり行うこともできる。また、再生中にペン先の動作を追加したり、不要な動作を消去することもできる。

図1のCamWindow上の図は、テキスト領域内で反転表示されている行に関する説明である。図1は、テキスト領域上のこの行をペンで指示することによって、CamWindow上にこの図が表示された状況を示している。このように、CamWindow上で記録したペン先動作の列を、テキスト領域上の一行とを関係づけることができる。その詳細は後に述べる。

本システムは、プログラムなどのようなテキストデータを扱う場面において、その教育やプレゼンテーションに利用できる。たとえば図1は、左側にプログラムリストを表示し、右側にその説明図を示している。この説明図は左のプログラムのデータ構造を表している。プログラムを一行ずつ実行していく際におけるデータ構造の変化を説明する図を、テキストの一行ごとに、行ごとの変化部分だけをCamWindow上に書いて（または消して）、関係づけていくことができる。

2.2 ハードウェア、ソフトウェア、データ

本システムは、NEC製のPC-9801シリーズのパソコン上で動作する。これにWACOM製の入出力一体型の液晶表示タブレット(HD-640A)を接続して、同社製のスタイラスペン(SP-200A)を使ったペン入力を可能にしている。

OSにはMS-DOSを、記述言語にはTurbo Pascal Ver6.0³⁾を使用している。この言語で記述している理由は、保守が容易なこと、以前から筆者らのグループが開発している、ペン入力アプリケーション開発用のライブラリ^{4,5)}を利用できることなどである。

本システムで扱うデータは、MS-DOSのテキストデータと手書きのインクデータの二種類である。

入出力一体型の液晶表示タブレットは、ディジタイザと

液晶ディスプレイとが重ね合わされて構成される。このタブレットは、その入力表面から数ミリメートルの高さの範囲（読み取り範囲）内を動くペン先の位置（xy座標）を検出することができる（図2）。位置検出は一定の時間間隔（本システムでは1/100秒）で行われる。一回の位置検出で得られるxy座標値を点と呼び、点の時系列をインクと呼ぶ。これまでは筆跡とかペン入力データ呼んできたが、以降はインクと呼ぶことにする。

スタイラスペンの先にはスイッチがあり、そのon/offによってペン先がタブレット表面を滑っているか否かがわかる。タブレット表面を滑っている時のインクを実画と呼ぶ。本システムでは実画のみを扱っている。

3. 記録・再生・編集の操作方法

本章では、手書きの文字や図を記録して、再生・編集する実際の手順について述べる。

本論文では以後、ペンと書いた場合にはスタイラスペンを表し、また、「ペン」「消ゴム」などと書いた場合には図1のメニュー領域の「ペン」「消ゴム」などを表すことにする。

3.1 テキストの行を指示して再生する

ここでは、テキストの一行をペンで指示することにより、その一行に関係づけられたペン先の動作列を、再生するための手順を述べる。ただし、再生されるペン先の動作列は、あらかじめCamWindow上で記録済みと仮定する。CamWindow上で記録をする手順は3.3で述べる。

テキスト領域の一行を指示して再生するための大まかな手順は、以下の1)~3)のようになる。

- 1) メニューの「行指示」をペンで選ぶ。
- 2) テキストの一行をペンで指す。指されたテキスト行が反転し、この行に関係づけられているペン先の動作列が再生表示される。
- 3) 2)を繰り返す。

図3に、テキストの一行を指示して再生する手順を例示する。図3(a)は、左側がテキスト領域、右側がCamWindowである。

テキスト領域にはTurboPascalのプログラムが表示されている。CamWindowには、テキスト領域のプログラムが実行されていくときのデータ構造の変化の過程を図の変化によって示していく。図3(a)は、線形リストの先頭である変数Topに要素が5個つながっている様子を示した説明図である。右上部のD1とD2は、交換を行うための一時的な、ポインタ型の変数を表している。

これから、線形リストの2番目の要素と3番目の要素を交換する様子を示してみよう。交換は、各要素をつないで

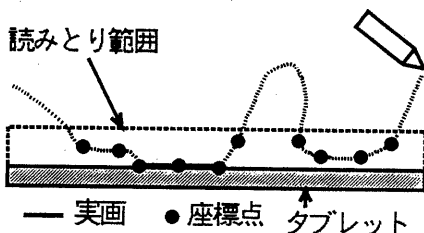
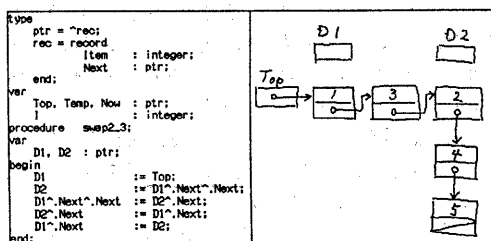
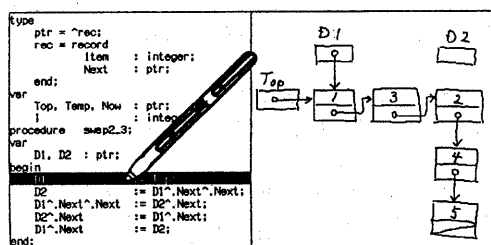


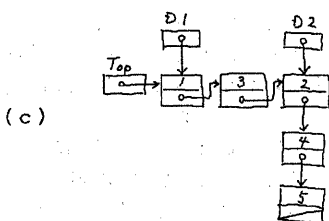
図2 タブレットとインクデータ



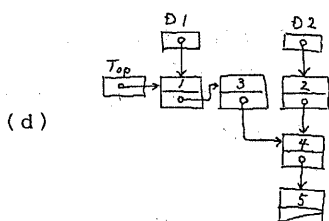
(a)



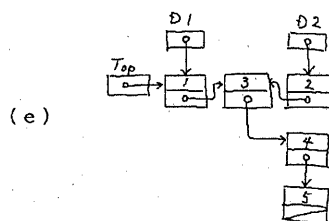
(b)



(c)



(d)



(e)

図3 テキスト行指示による手動再生

いるポインタのつながり変えにより行う。

まず、図3(b)に示すように、テキスト領域に表示されている該当する一行をペンで指す。この一行は、変数D1に、線形リストの先頭の変数Topを代入するための行である。CamWindowには、変数D1から線形リストの1番目の要素に向かう矢印が再生表示される。

次に、テキスト領域の領域において、図3(b)で指した行の次の行(「D2 := D1^.next^.next;」の行)を指すと、CamWindowが図3(c)のようになる。変数D2から矢印がでている。

[注 変数D1が指している要素(線形リストの1番目の要素)が指している要素(線形リストの2番目の要素)の矢印(線形リストの3番目の要素を指す矢印)が変数D2に代入される。よって、変数D2から線形リストの3番目の要素に向かう矢印が再生される。]

以下同様にして、テキスト領域のテキスト行を一行ずつペンで指していくと、CamWindowの手書きの説明図が図3(d)、図3(e)、そして図1のCamWindowのように変化していく。

図3(d)は、線形リストの2番目の要素からでている矢印が、3番目の要素に向かうものから4番目の要素に向かうものに書き変わる。図3(e)では、線形リストの3番目の要素からでている矢印が、4番目の要素に向かうものから2番目の要素に向かうものに書き変わる。図1では、線形リストの1番目の要素からでている矢印が、2番目の要素に向かうものから3番目の要素に向かうものに書き変わる。

3.2 運筆動作とコマおよびそれらの関係

図4は、ペン先の動作の列を再生する際における、再生単位とテキスト行との関係づけを例示している。

図4の左側は、テキストデータの行の並びを表している。上から、1行目、2行目、…、最終行である。右側は、ペン先の動作を記録したデータの並びである。一つの動作を運筆動作とよぶことにする。運筆動作とは、「ペン」で書く、「消ゴム」で消す、一度消したものを「見ゴム」で復元する、というCamWindow上での一筆動作を表す。

図4に示すように、テキストの一行と関係づけられた一群の運筆動作をコマと呼ぶ。コマは、3.1で述べたように、テキストの一行をペンで指したときに再生表示される単位である。

本システムでは、コマをテキストと関係づける場合に、次の二つの条件を設けた。

- 1) テキストの一行には一コマのみが関係づけできる。
- 2) コマは任意のテキスト行と関係づけることができる。

上記1)の条件は、本システムの次期バージョンでは削除することを考えている。2)の条件は、コマの順序がテキスト

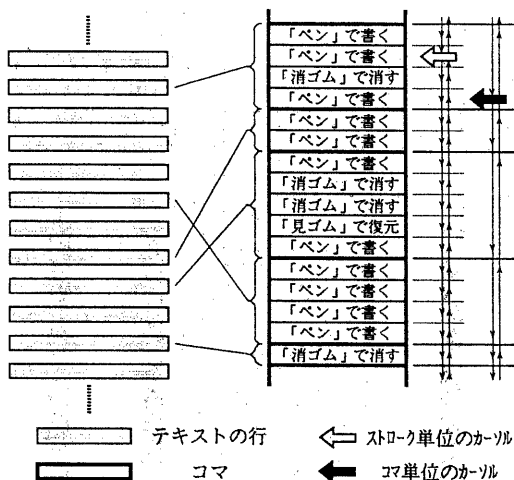


図4 データの概念図

行のそれとは独立であることを意味する。

3.3 記録の手順

3.1では、前もってCamwindow上で記録しておいた運筆動作の列を、再生する手順について説明した。ここでは、運筆動作をCamWindow上で記録する手順について述べる。

運筆動作を記録する場合の大まかな手順は、以下の1)~3)の繰り返しである。

- 1) メニューの「行対応」をペンで選ぶ
- 2) テキストの一行をペンで指す
- 3) 電子文具のひとつを選び、再生したい部分の図をCamWindow上で書いたり消したりする

本システムでは、コマとテキストの一行とを関係づける場合、まずテキスト領域上の一行をペンで指してから、関係づけたい部分の図をCamWindow上で書いたり消したりするように設計した。以下、図3を用いてペン先の軌跡を記録する例を示す。

まず、電子文具の「ペン」を選び、図3(a)のCamWindowに示した説明図を描く。次に、メニューの「行対応」をペンで選ぶ、図3(b)のテキスト領域に示すように一行をペンで指す。すると、ペンで指したテキスト行が反転表示する。そこで、図3(b)のCamWindowに示したように図中の変数D1から線形リストの一番目の要素に向かう矢印を書く。

ここで、再びメニューの「行対応」をペンで選ぶ。図3(b)のテキスト領域で反転している行の次の行（「D2 := D1.Next.Next;」の行）をペンで指す。すると、この行が反転する。ここで、図3(c)のように、変数D2から線形リストの3番目の要素に向かう矢印をCamWindow上で書く。

メニューの「行対応」をペンで選ぶ。テキスト行の次の行（「D1.Next.Next := D2.Next;」の行）をペンで指す。すると、この行が反転する。ここで、メニューの「消ゴム」を選ぶ。図3(d)のように、線形リストの2番目の要素から3番目の要素に向かう矢印をCamWindow上で消す。そして、メニューの「ペン」を選ぶ。線形リストの2番目の要素から4番目の要素に向かう矢印を書く。

以下、同様にして、図3(e)と図1のCamWindowを記録していく。

3.4 テキストの行を用いない再生

(1) 自動再生

記録した運筆動作の動きを、ある程度高速に一通り見てみたいことがある。このときに、メニューの「順再生」をペンで指す。すると、現在CamWindowに表示されている絵の続きが、記録の最後まで続けて再生される。このとき、再生単位がストロークのとき、一運筆動作ごとに少し間をおいて再生される。つまり、ビデオのコマ送りのような再生である。再生単位がコマの場合、各コマごとに少し間をおいて再生される。どちらの再生単位の場合も、再生中は関係づけられたテキスト行が反転表示される。

本システムでは、記録したペン先の軌跡をさかのぼっていくことができる。つまり、記録した逆の順に、再生できる。これが「逆再生」である。操作手順は「順再生」と同様で、「逆再生」メニューを押した時点から、画面がさかのぼって表示され続け、最終的に何も書かれていない状態になって止る。

「順再生」または「逆再生」を途中で止めるには、メニューの「一時停止」をペンで押す。

(2) 再生単位ごとによる手動再生

再生している途中で、記録した内容を訂正したくなるときがある。本システムでは、記録した運筆動作を修正することができる。そのためには、修正したい運筆動作を探さなければならない。このとき、前述(1)の二種類の再生方法では、その再生中に、修正したい運筆動作のところで正確に止めることは困難である。そこで、再生単位である「ストローク」または「コマ」単位で再生する方法を設けた。これが、「順送り」と「逆送り」である。

メニューの「順送り」をペンで指すと、再生単位が「ストローク」のときは一運筆動作だけが再生される。再生単位が「コマ」のときはコマだけ再生される。「逆送り」は再生される方向が逆向きになる。

3.5 編集

記録した運筆動作の修正は、再生中のいつでも可能である。修正には、追加と消去の二種類がある。

運筆動作の追加を行うときは、追加を行ないたいところまで再生して、「ペン」や「消ゴム」などの電子文具を選んで筆削するだけである。

運筆動作の消去を行うときは、消去したいところまで再生して、メニューの「消去」をペンで指すだけである。このとき消去されるのは、直前に再生した単位によって以下の二通りがある。直前の再生単位が「ストローク」の場合は、直前に再生した一運筆動作が消去される。直前の再生単位が「コマ」の場合は、直前に再生した運筆動作が含まれているコマ全体を消去する。テキストの行との関係づけが消去されるのは、直前の再生単位が「コマ」の場合のみである。

4. 実現方法

4.1 テキストとインクとビデオ

本システムでは、テキスト領域上の全域において「ペン」などの電子文具を使うことができる。インクビデオ領域CamWindowとの混同を避けるため、これまではあえて触れずにきた。この領域を、インク領域と呼ぶことにする。図5を参照されたい。

テキスト領域上に表示されているテキストデータをテキスト文書、インク領域上に筆記されたインクデータをインク文書と呼ぶ。図5に示すように、インク文書の領域はテキスト文書の領域と同じ大きさであり、2枚の透明な板を重ね合わせたような状態になっている。そしてこれらの一部が画面上に映し出されている。図5に示すように、インクビデオ領域CamWindowは画面上に張り付いた形になっている。CamWindow上で入力されたインクデータをインクビデオ文書と呼ぶ。

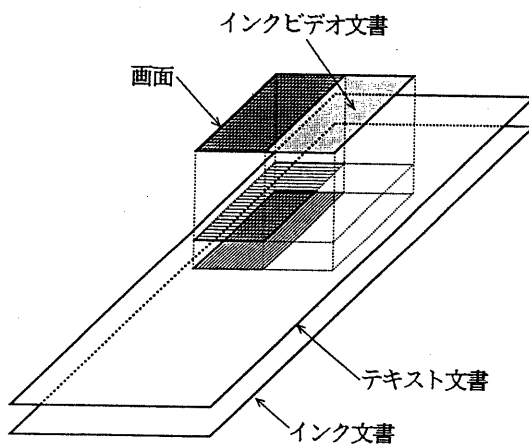


図5 本システムのメタファ

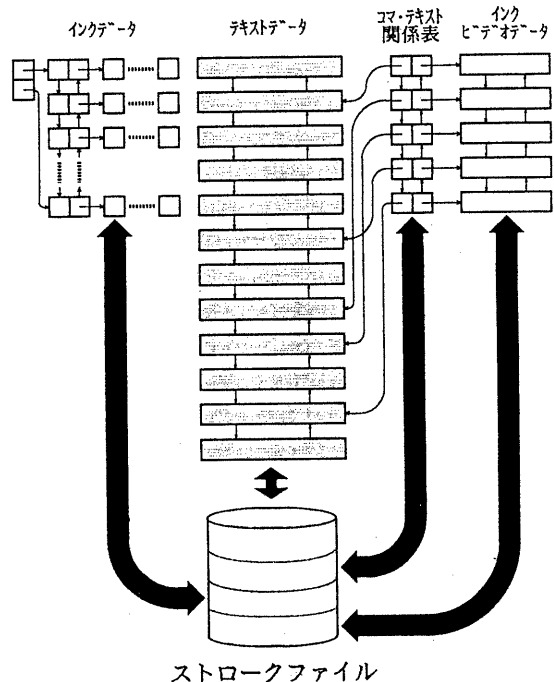


図6 内部メモリ構造とストロークファイル

インク文書とインクビデオ文書は独立していて、何の関係もない。これまで述べてきたように、インクビデオ文書はテキスト文書に関係づけることができる。テキスト文書とインク文書との関係づけはできない。

インク文書上では、下に透けて見えるテキストに関するコメントや校正記号などを筆記することができる。インク領域上のペン動作の列は記録できない。しかし、インクデータをファイルに保存することはできる。

画面はスクロールを行うことにより上下左右に動く。利用者側からみると、テキスト文書とインク文書は同期してスクロールする。インクビデオ文書は画面上に貼りついて画面上に固定されている。したがって、インクビデオ文書はスクロールできない。

4.2 内部メモリの構造

CamWindow上で記録された運筆動作のデータをインクビデオデータと呼ぶ。本システムにおける内部データ構造は、図6に示すようにインクデータ、テキストデータ、コマ・テキスト関係表、インクビデオデータの四つから成る。

テキストデータとインクデータは、それぞれ双方向のポインタで結合している。テキストデータの一行とインクビデオデータの一コマを、コマ・テキスト関係表によって関係づけている。現システムでは、必ず一行対一コマに関係

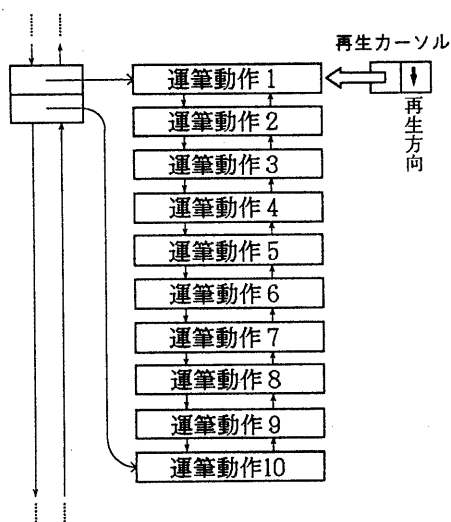


図7 運筆動作の内部構造と再生カーソル

づけるように設計している。したがって、一行対多コマ、または多行対一コマには関係づけできない。コマ・テキスト関係表も双方向のリスト構造である。双方向にした理由はいずれの構造上でも、カーソルが双方向の動きをするからである。

インクビデオデータの内部メモリ構造は、インクデータの内部メモリ構造⁴⁾に電子文具の種類を追加しただけで実現できる。インクデータ⁴⁾は、電子文具が「ペン」であるときのペン先の軌跡のみを記録している。インクビデオデータ

表1 再生方向と再生用機能カーソルの働き

電子文具	再生方向	
	順方向	逆方向
ペン	一筆を書く	一筆を消す
消ゴム	すでに表示されている実画の中で、ペン先と交わるすべての画を消す。	すでに消された実画の中で、ペン先と交わるすべての画を表示する。
見ゴム	すでに消された実画の中で、ペン先と交わるすべての画を表示する。	すでに表示されている実画の中で、ペン先と交わるすべての画を消す。

は、「ペン」「消ゴム」「見ゴム」などの電子文具の種類と、各電子文具におけるペン先の軌跡を、ともに記録している。

インクビデオデータの一コマ(図6の右上に示す空の箱の中身)は、図7に示すように運筆動作の双方向リストで構成されている。再生用のカーソルは、運筆動作の一つを指しており、現在どの運筆動作までを再生したのかを示している。

インクビデオデータを再生する場合には、同じ電子文具でも再生する方向によって、再生カーソルの働きは表1のようになる。

4.3 ファイル構造

図6に示すように、インクデータ、テキストデータ、コマ・テキスト関係表、インクビデオデータの全データを、ひとつのファイル(ストロークファイル⁵⁾)に保存することができる。なお、テキストデータだけは、他のデータとは別のファイルに保存することもできる。

各データは、それぞれひとつのメンバ⁶⁾としてストロークファイル中に保存する。ファイルの保存は、本システムを終了するときに行う。保存したファイルの読み込みは本システムの起動時に行う。

5. 応用例

本システムの応用例として、筆者らが所属する大学におけるプログラミング言語教育⁹⁾の場合について述べる。

教師用のパソコン一式と学生用のパソコン180台がひとつの教室(以下、コンピュータ教室)に納められている。すべてのパソコンは、ネットワークシステムによって接続されている。各学生の机の上にはパソコンのディスプレイとは別に、テレビモニタがある。テレビモニタには、教師用のパソコンの画面やビデオの映像、およびテレビカメラの画像を一斉表示できる。また、OSにMS-DOSを、教育用プログラミング言語にTurbo Pascal Ver 5.0⁷⁾を使用している。

コンピュータ教室には、大きな黒板もホワイトボードもない。したがって、教師が学生にプログラムの説明を行うときには、以下の2つの方法のいずれかに加えて、マイクによる音声を組み合わせることになる。

- 1) プログラムが表示されている教師側の画面を、学生側のテレビモニタに一斉表示する
- 2) 教科書や資料を、また、その場で書いた説明を、テレビカメラで学生側のテレビモニタへ一斉に映す

1)の方法では、説明したいプログラムの行や部分を指し示す場合に、テキストエディタのカーソルを移動させる

か、テキストエディタの強調機能によって表示させることになる。いずれの場合も、教師にとっても学生にとっても、快適とはいえない。

2)の方法では、テキストエディタ上のプログラムと、あらかじめ用意した説明図などを同時に表示することができない。また、教師がテレビカメラで映した説明図などを学生はノートに書き写さなければならない。

本システムをコンピュータ教室に応用した場合に得られる効果として、以下のものが考えられる。図1のように、プログラムリストと説明図を同一画面上に並べて表示できる。教師は、あらかじめ記録しておいた説明図を再生して見せることができる。また、講義中でもプログラムを言葉で説明しながら、コメントや説明図をペンを用いて表示・記録・再生することができる。記録した説明図を再生するときには、図1のように、説明したいプログラム行をペンで指すだけで反転表示される。手書きのコメントや説明図をプログラムと同一のファイルに保存して学生に配布することによって、学生はノートを取らなくてもすむ。学生は、配布された手書きの説明を再生することによって、講義終了後でも復習することができる。さらに、当日欠席した学生でも、理解しやすい講義記録となる。教師は一度資料を作成すれば、ファイルの再利用ができる。講義中にその場で資料を修正したり、新しく作成することもできる。

本論文の執筆時点ではまだ本システムは講義の現場で使用していない。実用して評価するのは今後の課題である。

6. おわりに

本論文では、ペン先の動作を記録・再生・編集する方式について述べた。記録したペン先の動作は、テキストデータと関係づけることもできる。また、記録したペン先の動作は、テキストの行をペンで指すことによって再生したり、ビデオのコマ送りのようにゆっくりと再生することもできる。このような機能を備えたペン入力システムは、本論文が初めてである。

本システムでは、すべての操作をひとつの画面で行うことができる。このことと、ペンによる筆劃の容易さの二つから、記録・再生・編集のいずれもが、話しながら可能であると考えている。このように、仕事をしながらその場で使用できる点は、音声を除く他の入力デバイスにはみられない。ペン入力における最大の特徴のひとつである。しかし、例えばどの程度の速度までそれが可能であるかは、実用して評価する必要があるが、それは今後の課題である。

本システムは、他人に自分の意見や考えを説明する場面で有用と考えている。プログラミング言語などのテキスト文書を用いた教育やプレゼンテーション、また、プレゼンテーションの案づくり、などに向いていると考える。例えばプログラミング言語の教育に用いた場合、説明がわかり

やすくなるだけでなく、教師・学生ともに講義の記録が残るので、再利用できるという利点もある。

本システムでは、CamWindowと呼ばれるペン先動作を記録する領域を設けた。動作を記録するデータの構造は、メモリ内部のデータおよびファイルともに、筆者らが開発済みの既存のもの^{4,5)}をごくわずかに拡張することで対応できた。メモリ内部のデータおよびファイルを駆動するプログラムライブラリ^{4,5)}も、ごくわずかな変更だけで本システムが実現できた。CamWindowのプログラムライブラリ化が今後の課題である。

本システムを教室で実用する場合の今後の課題を述べる。教師側からみた問題点として以下がある。現システムでは、ひとつのプログラムに対して、連筆動作の列の記録はひとつしかできない。したがって、プログラム中の、内容が異なる複数部分のそれぞれに対して、手書きの説明を記録することができない(複数部分をひとまとめにした場合は可能)。また、テキストの一行にコマしか対応できないので、プログラムの繰り返しなどを説明するのが困難である。

学生側からみた問題点として以下がある。入出力一体型タブレットが高価なため学生はペン入力を行うことができない。したがってマウスを用いた、ほぼ再生専用のシステムになってしまう。また、テキストの何行目にコマが対応づけられているのかが、現システムでは明示されていない。

参考文献

- 1) 守屋慎次: “ペンコンピュータとインクデータ”, 計測自動制御学会, 第8回ヒューマンインタフェースシンポジウム講習会資料, 1992. 10.
- 2) 米沢宣義, 広瀬学: “数式の解説を支援する数学教育用ワードプロセッサの基本設計”, 電子情報通信学会論文誌, A, Vol. J75-A, No. 2, pp. 188-194, 1992. 2.
- 3) Borland International: “Turbo Pascal 6.0 ユーザーズガイド”, (株)ボーランドジャパン, 1988.
- 4) 森田利広, 守屋慎次: “ペン入力データの内部モデルとその操作ライブラリ”, 計測自動制御学会ヒューマンインタフェース部会第17回研究会資料: Human Interface News&Report, Vol. 6, No. 3, pp. 261-268(1991).
- 5) 森田利広, 守屋慎次: “ストロークデータのファイル構造と管理プログラム”, 情報処理学会, データベースシステムとプログラミング—言語・基礎・実践—の合同研究会, 1991. 10.
- 6) 守屋慎次: “ユーザインタフェースと教育”, 電子情報通信学会秋季大会, パネル討論, 1991. 9.
- 7) Borland International: “Turbo Pascal 5.0 ユーザーズガイド”, (株)ボーランドジャパン, 1988.