

CAI システムへの人工知能の適用

(第1報 推論機能を具備したタッチタイプ・トレーニングシステム)*

堀内 征治**・堀内 泰輔***・鈴木 宏***

1. はじめに

従来の CAI (Computer Aided Instruction : コンピュータ支援教育) システムは、学習者の能力にそぐわずにカリキュラムが進行または停滞してしまうことが多く身受けられた。そのほとんどは、教材フレームの遷移パターンが設計段階で固定されてしまうことに起因する。CAI システムが学習者の能力や反応等を動的にとらえ、それらにより、システム自身が学習者に最も適したフレーム箇所への遷移を推論していくことができれば、従来の CAI の弱点を補った、より利用し易いシステムへと拡張することが可能である。さらに、学習者一人一人の学習状態を履歴という形で蓄積し、システム始動と同時にそれを検索して遷移の推論に利用すれば、学習者の経験も考慮に入れたシステムとしてよりいっそう評価価値が上がるといえる。ここでの推論には、AI (Artificial Intelligence : 人工知能) 手法を用いるが、これは時間の経過に伴う経験の蓄積により信頼性が高くなると考えられる。また、その結果を他の学習者にも適用できるという、CAI ならではのシステムに発展させることも可能となる。さらに、学習者にとって最適なデータの提供やその生成もシステムに委ねることにより、CAI の真価が発揮されよう。

本論では、学習状態をダイナミックに計測しつつ、遷移条件を的確に変更していくための推論機能を具備したシステムを提案する。CAI の対象としては種々の教材が考えられるが、本研究では来るべき「キーボード文化」に対応して、今後必要性が高いとみられるタイピング技術に着目して、タッチタイプ式のタイピング・トレーニングを選択した。

2. システム概要

本システムは、ユーザのタイピング能力に応じて、ブラインドタッチ (キーボードを見ないでキーインする方法) のタイピング技術の早期取得を可能にし、それをより確実なものにすることを狙いとしている。

タイプの練習は、1日1~2時間10日間程度でタイピング技術の基礎がマスターできるとの想定に基づき、キーを9種類に分類し1日1種ずつ重点的に練習するという日と、文を重点的に練習する日とで、基準練習日数を10日間と定めた。また、1日分の教材は、教材の最小単位である DPB (Daily Practice Block) の複数集合から構成される。1日分の教材の

* 昭和61年3月 情報処理学会, 第32回 (昭和61年前期) 全国大会において発表

** 機械工学科助教授

*** 機械工学科助手

原稿受付 昭和61年9月30日

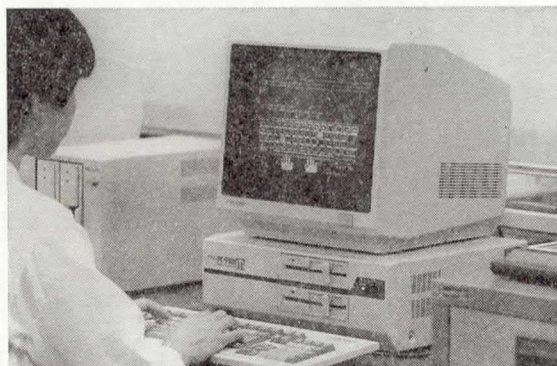


写真1 練習風景の一例

中では、簡単な DPB に始まって応用的な DPB に終わるように構成されているので、初心者でも安心して練習できる。本システムの練習風景を写真1に示す。

学習者は、システムが蓄積している当該ユーザの学習履歴と、それまでの練習結果の蓄積をもとに提示される DPB から、その日の学習を開始する。ここで、学習履歴とはそれまでの練習結果、つまり能力測定値の蓄積である。

DPB の遷移は、TT (Transfer Table) と呼ばれるタイプ能力の基準値からなるフレーム遷移表をもとに行われる。この TT と学習者のタイプ能力の比較により、正常遷移、反復練習、スキップの3つのいずれかの分岐を可能とした。正常遷移とは、次の DPB への遷移であり、反復練習とはシステムの指示する DPB に戻ってやり直すことを意味する。また、スキップとは反復練習後、その能力値によりカレントの DPB にスキップすることである。この分岐の測定に用いられるのが、後述の正解率・スピード・リズム度の三要素である。

また本システムは、タイプ能力の測定と同時に、学習者の不得意キーを推論し、ユーザの能力に応じて不得意文字克服に最適な DPB の練習を促すように設計されている。

本システムの特徴は、前述のタイピング能力をダイナミックに測定しつつ、推論を行う点にある。また、TT の基準値を学習者の能力に応じて、自動的に設定していく点も画期的であると思われる。これにより、初心者はもちろん上級者まで幅広い利用が期待できる。

さらに、BASIC 言語を用いて開発したため、すべてのパソコンに適用可能であることも特徴の1つになっている。なお本システムは、次の環境で動作する。

| | |
|--------|------------------------------|
| ハードウェア | PC-9801 (E/F/M/U/VF/VM) |
| 言語 | MS-DOS 上の N88-日本語 BASIC (86) |
| | (インタープリタまたはコンパイラ) |

3. ダイナミック計測手法

本システムは、正解率・スピード・リズム度の3つの要素を測定、比較することにより、ユーザの学習状態を認識する。以下、各要素及びその測定法について説明する。

(1) 正解率

正解率は、テキストの全文字数に対する正しく打鍵した文字数の割合であり、いかに間違

わずにテキスト通りのタイピングができるかを表すものである。よって、テキストの1文字ごとに入力したキーの採点を行い、それを累積して、最終的に全文字数で割ることにより、その DPB の正解率が求まる。本システムでは正解率を次式で定義した。

$$C = \frac{\sum(0.85^B \times A)}{S} \times 100(\%)$$

C : 正解率
 A : 正解度 (1 : 正解 0 : 不正解)
 B : 修正キー使用回数
 S : 入力した文字数

(2) スピード (平均時間)

正確さに加え、より実用的なタイピングを行うためには、いかに早くタイピングできるか、というスピードが問題となる。

スピードは、各入力文字間の平均時間に空文字列数 (以下 NULL 数という) のカウントを利用しており、カウント数の合計を、入力した全文字数で割ることにより値が求まる。この場合、比較は NULL のカウントを機種に依存した一秒当たりの NULL 数で割り、秒単位で表示している。式は次のように定めた。

$$\overline{HJ} = \frac{\sum HJ}{S}$$

\overline{HJ} : 各文字の平均時間
 HJ : 各文字を打つ時間
 S : 入力した文字数

(3) リズム度 (標準偏差)

タイピング時における能率、およびユーザのタイピングによる疲労をより少なくすることが、タイピングにおいて大切な要素と考えられる。これを大きく左右するのがリズム度である。

このリズム度は、各入力文字間の時間 (次の文字を打つまでの時間) の標準偏差をもってあてると定義した。よって、標準偏差が小さいほどリズム度が良いと解釈する。また、この標準偏差における計測もスピード計測と同様、NULL 数のカウントを利用した。比較、画面表示についての単位は(2)と同様である。

$$\sigma = \frac{\sum HJ^2}{S} - \overline{HJ}^2$$

σ : リズム度
 \overline{HJ} : 各文字の平均時間
 HJ : 各文字を打つ時間
 S : 入力した文字数

以上の計測値をユーザの能力として捉え、設定された基準値と比較することにより、ユーザのタイピングに関する学習状態を把握する。

4. フレーム遷移表

フレーム遷移表である TT は、タイピングの各要素の基準値を持つもので、状態遷移を決定するための能力判定に用いる。この表の基準値設定にあたっては、そのフレームでの教材の難易度等を考慮した変数をもとに、基準値を算出するための式を経験的に設定した。

変数としては次の4つを考えた。

(1) キーボードの段による変数 (X1)

この変数はキーボード上のZを含む段, Aを含む段, Qを含む段, 数字の段の計4つの段を対象にする. 教材の中でいくつの段を使うかを示す.

(2) 指の数による変数 (X2)

この変数が対象とする指は, 左右の親指を除いた8本である. 教材の中でいくつの指を使うかを示す. 親指を対象外とするのは, 親指で打つキー, つまりスペースキーはどの教材でも使用されるためである.

(3) シフトキーの有無による変数 (X3)

教材の中でシフトキーを使うかどうかによって与える変数で, 使うなら1, 使わないなら0とする.

(4) 指使いの難易度による変数 (X4)

指使いは, 人指し指や中指は楽であるが, 小指や薬指は使いづらい. こういったことを考慮に入れたのがこの変数で, 教材により1(易)から5(難)までで与える.

上記の4変数を用いて, 正常遷移, スキップ, 反復の基準値を算出する式を次に示す.

(1) 正常遷移値を与える式

$$\text{正解率 } S_{r1} = \{100 - (2 \times X1 + X2 + 5 \times X3 + 2 \times X4)\} \times F$$

$$\text{スピード } HJ_{r1} = (0.1 \times X1 + 0.1 \times X2 + 0.05 \times X3 + 0.2 \times X4) \times F'$$

$$\text{リズム度 } \sigma_{r1} = HJ_{r1} / 3$$

F, F' は学習者のレベルによって与えられる値で表1のような値である.

(2) スキップ値を与える式

$$S_{r2} = S_{r1}$$

$$HJ_{r2} = 0.9 \times HJ_{r1}$$

$$\sigma_{r2} = 0.9 \times \sigma_{r1}$$

(3) 反復値を与える式

$$S_{r3} = 0.9 S_{r1}$$

$$HJ_{r3} = 1.1 \times HJ_{r1}$$

$$\sigma_{r3} = 1.1 \times \sigma_{r1}$$

表1 学習者のレベル値

| レベル | 1 | 2 | 3 |
|-----|-----|-----|-----|
| F | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| F' | 1.1 | 1.0 | 0.9 |

5. 推論機能について

タイピング能力を判定するだけでなく, タイピングにおける個人の癖やレベルも考慮する必要がある. ここでは本システムの最大の特徴である, これらに関する2つの推論機能について述べる.

本システムは, 第一にユーザの不得意文字を推論しそれに対する処置を行う機能をもつ. これはタイピング終了後, 不得意と思われる文字を下記の手法により推論し表示した後に, その不得意文字を重点的に練習できるDPBに戻って反復練習をするものである. カレントのDPBは記憶されているので, 反復練習後はそれに戻って続行する. 不得意文字の判別には2種類の方法を使用している. 各文字の平均時間と全平均時間の比を求める解析方法と, 各文字当たりの正解率を求める解析方法である.

他の推論機能は, 前項に関するTTに設定される基準値の決定である. この決定につい

ては、各 DPB ごとに学習者データベースに記憶されているユーザの履歴を検索することにより、3段階のランクに分けることとした。つまりユーザに無理のない基準値を推論し設定がなされる。ユーザが初めての利用で履歴を持っていない場合は、最低レベルに設定された初期値に従う。本来ならば、正解率、リズム度についても上記のことを行わなければならないが、今回は研究の第1段階としてスピードに関する履歴のみを取り上げて行った。

6. 実行例

まず、5人の被験者による実行例を表2に示す。この表は各被験者の遷移状態を示したものである。ユーザAは正解率、ユーザBはスピード、ユーザCはリズム度でそれぞれ劣っているため、以前に学習したDPBをやりなおす。一方、ユーザDの各計測値は両基準値の間であるためそのDPBをもう一度、さらに、ユーザEは全要素で基準値を上回っているため、次のDPBを練習することになる。

表3は、DPBでの反復時の例である。ここでは、ユーザAは正解率で劣るのでさらにやり直し、ユーザBは次のDPBへ、そしてユーザCはスキップ値を越えているので元のDPBへ戻る状態を示している。

表2 計測値と基準値の例（正常遷移）

| | | 正解率(%) | スピード(ms) | リズム度(ms) |
|-----|------|--------|----------|----------|
| 計測値 | ユーザ名 | | | |
| | A | 95 | 520 | 55 |
| | B | 97 | 630 | 57 |
| | C | 98 | 550 | 75 |
| | D | 98 | 580 | 59 |
| | E | 99 | 500 | 60 |
| 基準値 | 条件 | | | |
| | 次へ進む | 97 | 556 | 62 |
| | 前へ戻る | 96 | 612 | 70 |

表3 計測値と基準値の例（反復時）

| | | 正解率(%) | スピード(ms) | リズム度(ms) |
|-----|--------|--------|----------|----------|
| 計測値 | ユーザ名 | | | |
| | A | 95 | 600 | 65 |
| | B | 97 | 590 | 60 |
| | C | 99 | 510 | 53 |
| 基準値 | 元へ戻る条件 | 98 | 550 | 60 |

7. 考察および課題

本システムは、最終的には授業の中に取り入れ、情報処理教育のための前提条件というべき学生のタイピング能力の向上に役立てたいが、現時点では、全くの初心者への対応が難しいことや、不得意文字に対する教材があまり適当でない、などの問題が見受けられた。

このような結果に鑑み、今後次のような点に重きをおいて改良していきたい。

- (1) 本システムで用いた教材は、文献(1)での教材そのものを使っているが、蓄積された被験者データの解析による教材の再編成を行い、本システムに合った合理的なものを作っていく。
- (2) 不得意文字練習における教材は、英単語の綴りデータベースを作成した上で、自動決定方式の教材作成を行う。
- (3) 基準値のダイナミックな書き換えを AI 手法を用いて行う。
- (4) 今後、日本語ワープロ等で必要になるとと思われる、ローマ字入力や新 JIS カナ入力のトレーニングにも対応できるように、教材選択方式にする。

8. 結 び

本論では、学習者の学習状態をダイナミックに推論するという人工知能的手法を従来の CAI に適用することに着目し、その第1段階として最も基本的な学習形態であるタッチタイプトレーニングシステムについて述べた。本システムは、肝心の推論機能に乏しいものであるが、予想通りの習得速度を得ることができた。最終的には「タッチタイプのエキスパートシステム」にまで発展させ、来るべき「キーボード文化」に少しでも役立てたいと考える。

また、一般の小中高校向けの CAI にもこの手法は十分に適用可能であると思われるので、順次着手して行きたい。

最後に、本論はその一部を本校機械工学科昭和60年度卒業研究のテーマとして与えたもので、情報研究室のメンバー、河原和彦（現セイコーエプソン）、長張哲二（現長野日本無線）、御子柴徹（現オリンパス）の各君に感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- (1) 清田：英文タイプ独習教本，旺文社（1980）
- (2) 涌井：Basic による高速ソートプログラミング，誠文堂新光社（1985）
- (3) 二之宮・竹迫：パソコンファイル変換法，森北出版（1985）