

コンピュータ教育における児童の キーボード入力に関する一考察

愛知教育大学心理学教室 子安増生
(昭和62年12月25日受理)

1. 序 論

最近, 各方面から, 義務教育段階の学校にもコンピュータ教育を導入することの必要性や重要性が主張されるようになってきた(子安, 1986a, 1986b, 1987参照)。そして, 小・中学校の各教科の学習にコンピュータを利用する試みが, 様々な提案されはじめている(例えば, 国語教育に関して, 樺島・市川・富岡, 1987; 算数・数学教育に関して, 岡森, 1987a, 1987b, 田村・永岡, 1987; 理科教育に関して, 山極・武村, 1986等)。

ところで, 教科の学習にコンピュータを利用する場合, 児童・生徒がコンピュータと相互作用する場面が当然想定されるが, その際に既存のコンピュータ・セットをそのまま利用するだけで事足りるかどうかは甚だ疑問である。

中学生以上の生徒については, 既存のコンピュータ・セットでもさほど問題がないかもしれないが, 児童(小学生)のコンピュータ教育を考える場合, そこには多くの問題点が存在する。

しかし, コンピュータ教育の重要性が頻繁に論じられる割には, この問題の検討がこれまで十分に行なわれていないように筆者には思われる。

本稿では, 児童のコンピュータ教育に既存のコンピュータ・セットを利用する場合に生ずる様々な問題の中で, 特に重要なものの1つと考えられる入力の方法, とりわけキーボード入力のあり方について, 以下に検討していきたい。

2. コンピュータへの入力方式について

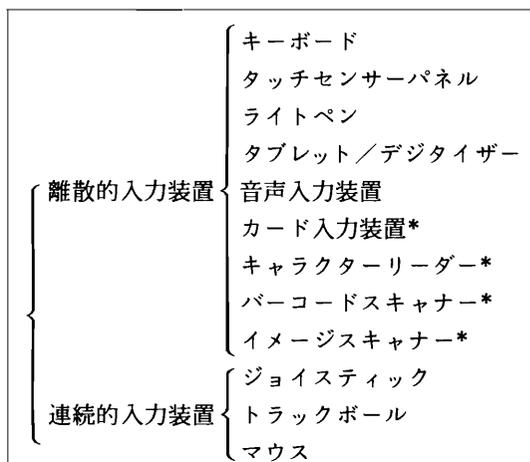
入力(input)とは, コンピュータの外部から, コンピュータに対して, コンピュータが理解できる形式で, 一定の命令または情報を与えることを言う。これに対し, コンピュータから外部へ, 人間に理解できる形式で命令の実行結果などの情報

を提示することを出力(output)と言う。

ここでは, 問題を入力に限定して考えていくが, これまでに, 入力する情報の性質や形式に応じて様々な入力方式が考えられている(Oberne, 1985; 渡邊・正田・矢田, 1985)。

図1は, コンピュータの入力装置の1つの分類を示すものである。この図の中にあらゆる入力装置が網羅されているわけではないが, 現在よく使われている代表的なものを含めたつもりである。

入力方式の分類を行う場合, まず, 入力する情報の型が離散的(discrete)か連続的(continuous)かという問題がある(Oberne, 1985)。離散の入力装置では, 基本的にスイッチのオン/オフ等により, 情報が2進コードでコンピュータに伝えられる。連続の入力装置においても, 最終的には情報が2進コードでコンピュータに伝達されるのであるが, オペレータの感覚としては, 情報が連続的に入力されるような印象を受けるのである。



*印は間接的入力方式を示すものである。

図1 コンピュータの入力装置の分類

また、入力装置に情報を直接打ち込む「直接入力方式」と、情報を一度別の形式で表現し、それを読み取らせる「間接入力方式」の2つを区別することができる。図1では、間接的な入力方式は、離散的入力装置にのみ現れ、連続的な入力装置には見られない。

さらに、コンピュータに入力される情報の種類として、①文字（ひらがなやアルファベット等）、②記号、③数字、④図形、⑤ディスプレイ上の座標位置等があるが、入力装置の種類によって、取り扱うことのできる情報の種類に違いがあることに注意する必要がある。

次に、図1に示した入力装置のそれぞれについて、以下に簡単に説明を行なうこととする。

(1) キーボード

キーボードとは、「情報を構成するために、単独で、または、組み合わせて用いられるオン/オフのプッシュボタン群」(Osborne, 1985; P. 70) と定義される。

パーソナル・コンピュータでは、キーボードによる入力が殆ど常識化している。キーボードは、文字・記号・数字・カーソルの座標位置等様々な種類の情報を扱うことが可能であり、入力装置として優れた特性を持っていると言えよう。

しかし、現在用いられているキーボードに様々な問題点があることも、夙に指摘されている。このことについては、次節で詳しく検討することとしたい。

(2) タッチセンサーパネル

これは、タッチディスプレイとも呼ばれている。ディスプレイの表面に透明の導電材製のマスクがつけられ、指でディスプレイのある部分に触れると、それが入力信号となるものである。この場合、入力される情報の種類は、主としてディスプレイ上の座標位置である。

タッチセンサーパネルの長所は、ディスプレイに直接入力するので、初心者でも理解しやすく、使いやすいことであろう。逆に、欠点は、ソフトウェアの開発を含めたコストがかさむこと、入力される情報の種類が限定されること、手を上げていた時間が長くなるので、操作による疲労度が大きいことなどである。

(3) ライトペン

ディスプレイ上の座標位置を入力するためのもう1つの方法は、ライトペンである。これは、ライトペンをディスプレイのある場所に向け、スイッチを押すと、画面上の輝点からの光をペンの中の光検出素子がとらえて、現在の座標位置をコンピュータに教えるような仕組みになっている。

ライトペンは、タッチセンサーパネルよりも良く利用されているが、タッチセンサーパネルに比べて具合の悪い点として、

① 一定の重さのペンを、すべらないように支えながら作業をしなければならぬので、身体疲労への影響が一層大きいこと、

② ライトペンに付属するコードが、操作の邪魔になる場合があること、

などをあげることができる。

(4) タブレット / デジタイザー

タッチセンサーパネルやライトペンでは、ディスプレイの画面を見ながら入力の作業をしなければならない。しかし、ディスプレイの画面を長時間見つめる作業は、眼の疲労を引き起こしやすい。

タブレットやデジタイザーは、X、Y軸の2次元の座標を設定したボードの上を、スタイラスペンや移動式カーソルでなぞって座標位置を入力するものである。

タブレットとデジタイザーの違いを安原(1985)は、「一般的には高精度のもの、大型のものをデジタイザー、中精度のもの、小型のものをタブレットと呼んでいます、厳密な定義はないのが現状です」(P. 1)と説明している。

タブレットとデジタイザーは、タッチセンサーパネルやライトペンのようなディスプレイ画面との直接的交互作用はできないが、複雑な図形情報の入力が可能である点が長所である。

また、タブレットは、これまで日本語ワードプロセッサの入力方式としても検討されてきたが、広く普及するには到っていない。

(5) 音声入力装置

コンピュータが人間のことば(speech)を認識し、そこに含まれる情報を入力として受け入れるシステムを音声入力装置という。

音声による入力は、操作が簡単であること、身

体に障害があって他の入力装置を利用できない人にも使えることなど、様々な長所がある。しかし、音声認識能力等の点でシステムとして十分完成しているとは言えないし、コストも高い。

また、音声入力装置をコンピュータ教育に利用する場合には、音声が他の学習者の妨害にならないようにするにはどうすればよいか、入力したい情報と無駄な情報の区別をどうするか（児童の場合、この切り換えが不得手であろう）など、解決すべき問題点も少なくない。

(6) カード入力装置

次に、離散的入力装置の内の間接的入力方式の説明に移る。

その第1は、カード入力装置である。これは、あらかじめ紙カード、紙テープ、マークシートなどに穿孔機で穴をあけたり、鉛筆等で印をつけたものを用意し、それを読み取り装置にかけて情報を入力するものである。このような方法が、国立大学共通一次試験や運転免許試験などに利用されていることは周知の事実である。

コンピュータ教育においては、児童が学習した事項の理解度を調べる試験を行なう時にこの方法を利用することができるが、キーボード等の直接的入力方式に較べると、あまりメリットはなさそうである。

(7) キャラクターリーダー

第2の間接的入力方式は、キャラクターリーダーと呼ばれるものである。

カード入力装置は、基本的にオン／オフ（カードの穴の有無や、鉛筆によるマークの有無）の2進コードの情報しか扱えないが、キャラクターリーダーでは、手書き文字や印刷文字を直接読み取ることができる。

これは、郵便番号読み取り機などで実用化されている。しかし、郵便番号の場合は、読み取るべきものは0～9の数字だけであり、情報の種類としては極めて限定的なものである。漢字、ひらがな、カタカナなど多様な文字情報を読み取ることのできる高精度のキャラクターリーダーの開発は今後の課題と言えよう。ただ、そのようなものが実用化されれば、児童のコンピュータ教育においても有効に活用することができるであろう。

(8) バーコードスキャナー

第3の間接的入力方式として、バーコードスキャナーをあげることができる。

バーコードとは、黒と白の帯状に印刷された模様であり、黒白の色がオン／オフの2進コードの情報を表現している。

バーコードスキャナーは、スーパーマーケットのレジで客が購入する商品の種類と価格を入力する場面で実用化されるようになった。また、最近では、ビデオテープレコーダーの一部の機種でタイマー録画での予約番組のコード入力等に用いられているし、日本語ワードプロセッサでも利用されるようになってきた。

しかし、現段階では、コンピュータ教育においてバーコードスキャナーを積極的に利用する場面は、あまり多くないと思われる。

(9) イメージスキャナー

間接的入力方式の最後は、イメージスキャナーまたはイメージリーダーと呼ばれるものであり、図形情報や画像情報の入力のために用いられる。

イメージスキャナーは、最近、日本語ワードプロセッサのオプション装置として、絵やイラストレーションを文書中のカットとして用いる時などに利用されるようになってきた。

イメージスキャナーの使い方は児童にとっても簡単なので、コンピュータ教育においても、ワードプロセッサ的利用の場面において、有効に活用することができそうである。

(10) ジョイスティック

次に、連続的入力装置の説明に移る。

ジョイスティックとは、棒状のレバーをX軸とY軸の2方向に動かすことにより、ディスプレイ上のカーソルの座標位置を連続的に入力するものである。

最近では、X-Y軸の2次元だけでなく、レバーにプッシュ・ボタン機構が組み込まれていて、3次的に作動するジョイスティックも開発されている（Buxton, 1986）。

ジョイスティックは、最初リーダーの管制装置で用いられたが、現在はコンピュータ・ゲームの入力装置としてよく知られるようになった。児童での利用頻度が高いファミコン（任天堂ファミリ

一コンピューター)でも、ジョイスティックや、ジョイスティックに類する装置が用いられている(なお、児童のファミコンの利用状況については、子安・坂爪、1987を参照)。

コンピュータ教育においては、ゲーム形式で教材を提示し、一定の知識や概念を教える「教育ゲーム」という分野があるが、その場面ではジョイスティックを有効に活用できるであろう。

(11) トラックボール

トラックボールとは、ソケットに入ったボールを指または掌で転がすことによってカーソルの座標位置を入力するものである。

トラックボールは、ジョイスティックと同じく、ディスプレイ上のカーソルを動かす場合、キーボードよりもずっと効率性が高い。

トラックボールは、装置全体がデスク・トップに対して固定式であるが、これを可変式に変えたものが次のマウスである。

(12) マウス

マウスは、全体のスタイルがネズミを連想させることから、このような名がついている。

装置の下部には球形の車輪がついていて、マウスを机の上の摩擦抵抗が大きな部分で転がすことによって、カーソルの座標位置を連続的に移動させることができる。マウスの前側部等の部位に押しボタンスイッチがあり、任意の位置でこのボタンスイッチを押すと、その位置情報がコンピュータに入力される仕組みである。

マウスは、ディスプレイ上のカーソルを動かす場合、キーボードよりもずっと効率的な入力装置ではあるが、児童にマウスを使わせるためには、次の2つの問題点を解決しなければならない。

- (1) 大人の場合には、マウスを動かす速度とディスプレイ上のカーソルの速度との対応がどの程度の場合に最適であるかということについていろいろ研究されているが(Oberne, 1985)、児童にマウスを使用させる場合の最適速度条件については全く検討されていない。
- (2) 永野(1987)は、小学3年生にマウスで絵を描かせる研究を行なっているが、児童は手が小さいので、マウスをしっかりと握れず、ボタンを押す時に位置がずれやすいことが報告されている。

3. キーボード入力方式の再検討

この節では、Oberne(1985)の著書を参考にし、児童のコンピュータ教育におけるキーボード入力のあり方について考察を進めていきたい。

(1) コード・キーボード

コンピュータのキーボードというと、タイプライター型のを第1に連想する。しかし、この他にも、コード・キーボード(chord keyboard)と呼ばれるものもある。

コード・キーボードとは1度に1つのキー押しだけでなく、1度に2つ以上のキー押しをすることによって入力する方式である。ピアノの演奏で「ド、ミ、ソ」や「ファ、ラ、ド」のように同時にキーを叩いて出す音を和音(chord)というのと同じ考え方である。

コード・キーボードでは、 n 個のキーがあれば($2^n - 1$)通りの押し方ができるから、5個のキーなら31通り、10個のキーなら1,023通りの情報が区別できることになる。つまり、キーの数を両手の指の数程度に減らせることがコード・キーボードの最大の長所である。また、キーの数が両手の指の数以下なら、キーを押す度に指がキーボードの上を行ったり来たりする必要もない。

しかし、アルファベットやひらがな等に対応してキー押しの組合わせをおぼえることは極めて困難であり、実用的とは言えない。

(2) QWERTY キーボード

タイプライター型のキーボードは、図2に示すようなアルファベット文字配列形式であり、文字列上段の左から“QWERTY”(クワージー)と読めるため、QWERTYキーボードという別名がある。

タイプライターそのものは、19世紀の後半にアメリカで発明された。ある百科事典には、タイプライターの歴史が次のように記載されている。

「最初の実用的タイプライターは、アメリカの印刷技術者ショールズ Christoph Latham Sholes (1819—90)が石油業者デンスモアなどの後援によって試作し、1868年に特許を得た。ショールズは以後5年間の間に約30の試作機を考案し、73年、ニューヨークの銃・ミシン・農耕機製造業者レミントン父子社に製作を依頼した。レミントンは特許権を買い取って改良を加え、翌年自社商標で販

売を開始した。タイプライターという名は、ショールズが試作機に命名した固有名詞がのちに一般化したものである。」
 (『日本百科大全书』のタイプライターの項, 小学館, 1987.)

この記事に添えられている、ミラノのレオナルド・ダ・ビンチ博物館蔵のレミントン第5号の写真を見ると、機械上部に“REM-SHO №5”の文字が印刷されているのが読み取れるが、これはタイプライターを完成したRemingtonとSholesの2人の名前を冠したもののようである。

QWERTYキーボードは、100年以上の長い歴史があり、現在も電子タイプライターやコンピュータのキーボードとして使われているにもかかわらず、専門家からは極めて低い評価しか与えられていない。

その理由は、図2から明らかであろう。すなわち、多くの人の利き手である右手よりも左手の方が使用頻度が高いし、段や列ごとの使用頻度もまちまちなので、指がキーボード上を上下左右に動きまわらなければならない、手指の運動の効率性がよくないのである。

このような配列方式になった理由は、開発当初のタイプライターがワイヤーで活字棒を引っばる構造であり、活字棒同士が引っ掛かるのを防ぐために、連続して出現する文字をなるべく隣接させないように配列する必要があったからだと言われている。

また、タイピストがあまり速い速度でキーを叩くと機械の方が対応できないので、キーを叩く速度を落とすために、むしろ打ちにくくなるようにキーを配列したのだという説もある。

さらに、タイプライターを考案したショールズが、最上段のキーの中に“T-Y-P-E-W-R-I-T-E-R”の中に含まれるすべてのアルファベットを並べようとしたからこういう配列になったのだという、うがった解釈もある (Oborne, 1985)。

いずれにしても、QWERTYキーボードに合理性を欠く面があることは事実であろう。しかし、100年以上の伝統の重みがあることもまた、無視できない事実なのである。

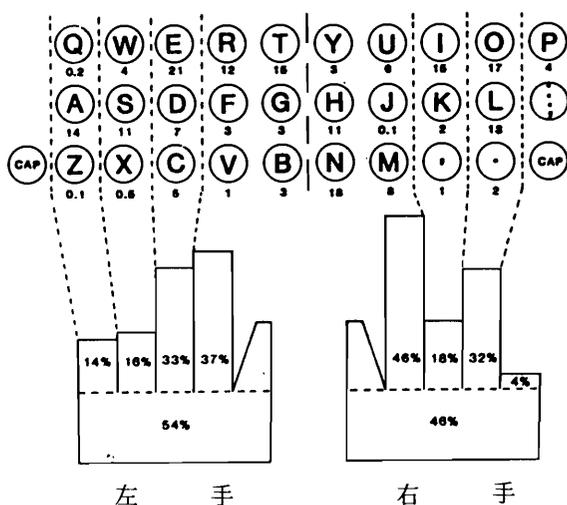


図2 QWERTY キーボードにおける各キー及び各指の使用頻度 (Oborne, 1985)

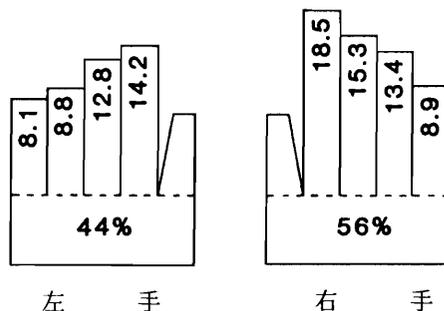
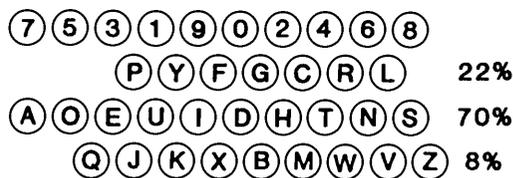


図3 ドヴォラク・キーボードにおける各段及び各指の使用頻度 (Oborne, 1985)

(3) ドヴォラク・キーボード

ドヴォラク・キーボードとは、QWERTYキーボードの欠点を補うために、Dvorak, A.が考案 (1932年に特許権) したキーボードの配列方式である。

このキーボードの配列は、図3に示されるようなものであり、英語の文字や文字の連の出現頻度を考慮に入れて作製されている。そこで、英語の文を打った時のキーの使用頻度を見ると、真ん中

の段だけで全体の約70%を占め、この段をホームポジション（指の指定位置）にすれば、指が上下に動く頻度が少なくなる。また、

- (1) 右手と左手を較べると、多くの人の利き手である右手の使用頻度の方が高いこと、
- (2) 左右の手とも人差指、中指、薬指、小指の順で使用頻度が低下していくこと（これは各指の最大打鍵強度に対応している）、
- (3) 母音がすべて左手なので左右交互にキーを叩く機会が多いこと、

なども合理的であると言える。

しかし、ドヴォラク・キーボードは、現在にいたるまで、QWERTY キーボードの伝統を打ち破るまでにはいたっていない。ただ合理的であるだけでは、定着した人々の習慣を変えることはできないようである。

(4) Kroemer の K ボード

QWERTY キーボードの問題点は、アルファベットの配列方式だけではない。QWERTY キーボードにおいて、キーが縦に並んでいること、右手と左手の担当するキーが左右対称形でなく、共に右下に下がっていくことなども人間工学的な立場からは望ましくないとされている。

Kroemer が考案したキーボード（Kボードと呼ばれている）は、この問題に対する1つの解決法を示している（Osborne, 1985）。

Kボードは、図4に示すような形をしている。キーは、列ごとには真っ直ぐならんでいるが、各行は指の先端のなす形状にあわせて微妙にカーブ

している。また、スペースバーは、左右に1つずつあり、ともに湾曲した形をしている。

キーボードは、右手用と左手用に分かれ、その2つが平行ではなく、30度から50度の角度をつけて置かれている。こうすることによって、キー操作時の尺骨の歪みを低減し、腕の疲労を予防することができるかとされている。

また、図4だけでは分かりにくいのが、アルファベットの配列方式も独自のものを採用している。

Kroemer の K ボードは、実用化段階には達していないが、構想としては大変興味深い。後述する「TRONキーボード」と共通した発想であると言える。

さて、以上は、アルファベットの配列方式の問題であり、児童がローマ字を学ぶと多少関係するが、むしろひらがなやカタカナの入力方式の方が重要であることは言うまでもない。次に、日本語での入力の問題について検討する。

(5) カナタイプのキーボード

カナタイプ（カナ・タイプライター）は、日本語の表記をカタカナ・横書きにする運動を提唱した「カナモジカイ」により考案されたものである。そのキー配列は、日本語を英文タイプライターのキーボードと同じキー数でいかに表現するかについて子細に検討した結果生まれたものである。

カナモジカイの運動は、日本語ワードプロセッサの普及により、一定の役割を果たしたように見えるが、カナタイプのキー配列は、JISキーボードのカタカナ配列に受け継がれている。

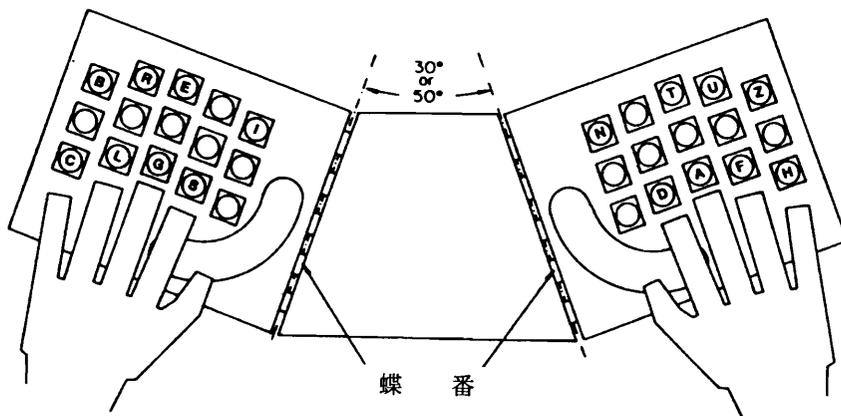


図4 Kroemer の K ボード（Osborne, 1985 より引用）

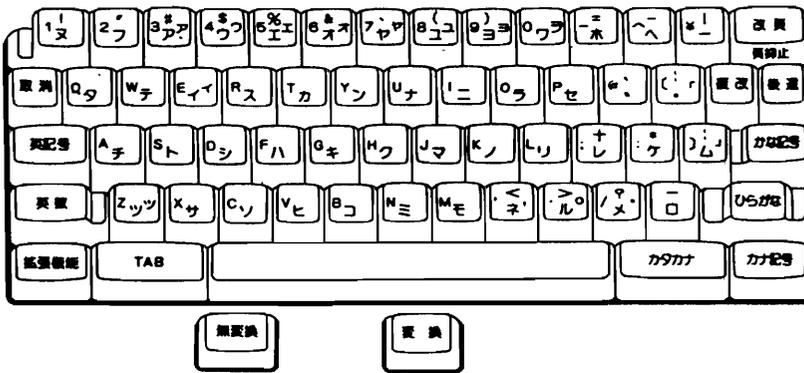


図5 JISキーボード
(富士通日本語ワードプロセッサ OASYS 100 L, 「文書作成ガイド」より引用)

(6) JISキーボード

日本工業規格 (Japanese Industrial Standard) によって定められたコンピュータのキーボードを JIS キーボードという。その配列は、図5に示される。

前述のように、JIS キーボードのキー配列はカナタイプの配列を継承したものである。しかし、室 (1986) は、カナタイプのキー配列から JIS キーボードの配列への変更が大いなる改悪であると述べている。

その理由は、カナタイプでは1つのキーに2文字が割り当てられていたカナの一方 (ヌ、ヘ、セ、ケ、ム、メ、ロ) を、JIS キーボードにおいては1つのキーに1文字になるように分散させた結果、左右の手の薬指や小指の担当する仕事が増大になったからである。

確かに、キーを見ずに打つタッチ・メソッドによる場合や、そこまで上達していなくても、両手の10本の指を使って打とうとする場合には、この問題は重要である。

けれども、1本指でキーを打つ場合には、キーがキーボードの両端にきたとしても、大して問題にならないかもしれない。

子安 (1987) は、1人の5歳児に LOGO プログラミングの学習を6カ月にわたって教える研究を行なったが、その場合、キーボードは JIS キーボードを用いた。幼児では、タッチ・メソッドは勿論、両手の10本の指を使って打つことさえまず不可能であり、この学習者も1本指 (右手の人差指) でキーを打った。JIS キーボードは、シフトキーを使わずに殆どのカナが打てるので、1本指方式の場合、便利な面もあるのである。

(7) 親指シフトキーボード

JIS キーボードのもう1つの欠点は、キーが4段にわたることである。その結果、キーを打つために、指を上下に動かさないといけない。

図6に示す親指シフトキーボード (富士通株式会社の特許) は、ひらがなのキーを3段に納め、2段目をホームポジションにすれば、無駄な指の動きが少なくなるように設計されている。

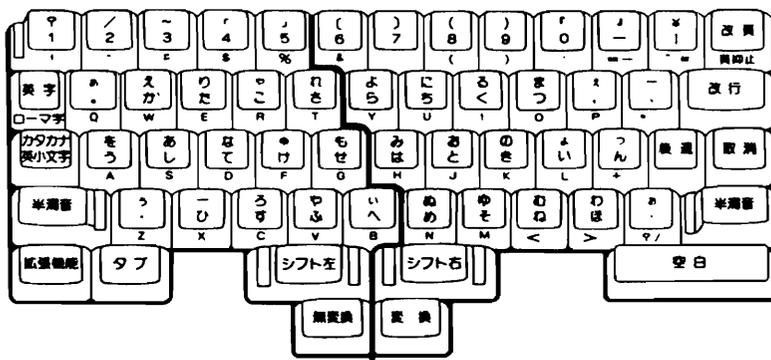


図6 親指シフトキーボード
(富士通 OASYS 100 L, 「文書作成ガイド」より引用)

親指シフトキーボードの最大の特徴は、5本の指の中で最も打鍵強度が大きい親指にシフトキーを押す役割を与えている点にあり、一番打鍵力のない小指にシフトキーを押させる方式に較べると、はるかに合理的である。また、

- (1) 文字キーを単独で打つと下段の文字が出る、
 - (2) 文字キーを打ちながら同じ側の親指でシフトキーを押すと上段の文字が出る、
 - (3) 文字キーを打ちながら反対側の親指でシフトキーを押すと下段の文字の濁音が出る、
- という仕組みになっており、シフト機能に工夫が凝らされている。

以上の点において、少なくとも大人にとっては、親指シフトキーボードは、JISキーボードよりもずっと優れていると言える。

しかし、このようなシフトの仕組みは、児童に教えるには相当複雑であるし、たとえ児童にその仕組みが理解できたとしても、文字キーと親指シフトキーを同時に打つこと自体が困難であるように思われる。

JISキーボードの説明で述べたように、児童は、人差し指だけでキーを打つことが普通である。親指シフトは、同時に2つのキーを押す頻度が高く、その面ではコード・キーボード的な特性を持っており、1本指だけでキーを打つ方法では対応できないのである。

なお、以上のことは、7歳と4歳になる筆者の子どもに親指シフト方式の日本語ワードプロセッサを与え、そのキーボード入力の方法を観察した結果に基づいて述べたものである。

(8) 筑波大学・1本指キーボード

図7は、筑波大学学術情報処理センターの研究者を中心とするC A I研究グループが開発した1本指キーボードを示すものである(中山・東原, 1986)。このキーボードの基本的な特徴は、

- (1) タッチ・メソッドなどの10本指で打つ方式ではなく、1本指で打つことを前提としている、
- (2) 低学年の児童が初めて使う時でも必要なキーがすぐに見つけられるように、キーを五十音順配列にし、キーの縦の列をそろえて方眼状に並べてある、

の2点である。

その他、算数教育で児童に「 $\frac{1}{2}$ 」などの分数を打たせる時、「1」、「/」、「2」と打たせるのでは児童の思考過程と一致しないので、「ぶんの」というキーを用意し、「2」、「ぶんの」、「1」と入力させる工夫もしている。

この1本指キーボードは、小学生に最も使いやすいキーボードはどうあるべきかという視点のみから開発され、その限りでは一定の成果を得ているといえよう。

他方、1本指キーボードは、文字が5段にわたって配列されていること(親指シフトキーボードでは3段、JISキーボードでは4段)、ひらがなの使用頻度に基づいて配列されていないので、ホームポジションにあたる段がなく、結果的にキーを打つ度に指がキーボード上をうろろろすることになり効率が悪いこと、という2つの欠点を持っている。

1本指キーボードは、一度習うと一生使えるというものではなく、より効率的なキーボードへの切り換え時期を考えておく必要がある。

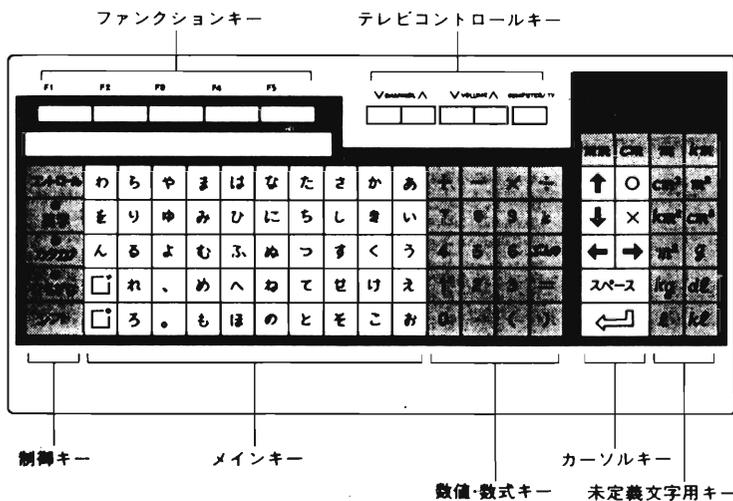


図7 1本指キーボード (中山・東原, 1986)

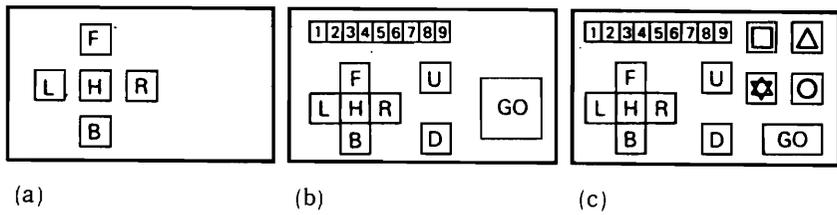


図8 コンセプト・キーボード (Hughes, 1986)

(9) コンセプト・キーボード

エグゼター大学の Hughes, M. らは、5～6歳の少し知恵遅れの子ども達に、LOGOを用いて基本的な数の概念を教える研究を行なった (Hughes, Macleod, & Potts, 1985; Hughes, 1986)。

この子ども達は、数は10くらいまでしか理解できないし、自己の左右の区別ができる者は15人の被験者の内7人しかおらず、QWERTY キーボードでは実施困難に思われたので、独自のコンセプト・キーボードが用いられた。

コンセプト・キーボードは、キーの大きさや配列を自由にデザインできるものである(図8参照)。

LOGOのタートル・グラフィックスでは、画面上のタートルを前進、後退、右回転、左回転させて図形を描いていく。図8の(a)は、F(前進)、B(後退)、R(右回転)、L(左回転)、および、H(曲の演奏)の5つのキーしかなく、リターンキーすら用意されていない。

このセッションが済むと、次は図8の(b)のような配列となり、タートルを移動させる距離や角度を示すための数字(1～9)、GO(リターンキー)、U(ペンアップ)、D(ペンダウン)のキーが追加されている。

最後に、図8の(c)は、正方形、正三角形、星型、円形が加えられ、Hのキーはクリアースクリーンキーに変更された。

このように、Hughes らのコンセプト・キーボードでは、学習者の理解度に応じて、キーをグレード・アップしていく点に第1の特徴がある。

また、図8ではキーの大きさが分からないが、1つ1つのキーはタイプライター型のキーより大きそうであり、かつ、キーとキーとの間隔がゆったりとってあることが第2の特徴である。

以上の2つの点は、児童用のキーボードを設計する場合に参考にすべきであろう。

(10) TRON キーボード

TRON (The Realtime Operating-system Nucleus) とは、坂村 (1987a, 1987b, 1987c) が提唱する、新しいコンピュータ・アーキテクチャー開発のためのプロジェクトの名称である。

TRONプロジェクトでは、日本人にとって使いやすく、機種間の互換性の高いコンピュータを一から開発することが目標とされており、当然、コンピュータの入力方式についても検討が行なわれている。図9に示すTRONキーボードが、その1つの成果である。

これは、Kroemer のKボード(図4)に似た形をしているが(筆者の質問に対する坂村氏からの回答によれば、Kボードからの直接的影響は受けなかったとのことである)、両手の指を自然に広げた形状にキーを配する点が大きな特徴である。

左右のキー・クラスターのなす角度は25度(Kボードでは、30度から50度)であり、キーボードの中心の奥に向かうほど高くなるように、左右・前後に10度の傾斜がつけてある。また、図9には示されていないが、キーボードの中心部の手前側に手書き文字や絵などを入力するためのタブレットが配され、その左右は手首を乗せて支える場所として利用できるようになっている。TRONキーボードは、以上のような構造なので、タイプライター型のキーボードに較べると、左右が短く、前後に長い、より正方形に近い形となっている。

さらに、キーの配列については、アルファベットはドヴォラク方式(図3)に準ずるが、ひらがなはTRONのオリジナルである。

このようなキーボードを開発するにあたって、坂村は、人間の手の大きさの計測から始め(その結果、Sサイズ、Mサイズ、Lサイズの3タイプが作られることになった)、文字の使用頻度を調査して各キーにどの文字を割り振るかを決めてい

った。また、濁音・半濁音をどのように表現するかについては、

- (1) 濁音・半濁音を1つの文字としてキーに割り当てる(例えば、「か」と「が」は全く別のキーを使う)、
- (2) JISキーボードのように、濁音と半濁音キーを独立させる、
- (3) 親指シフトキーボードのように、シフトして打つと濁音や半濁音になるようにする、
- (4) キー自体にシフト機能を設け、強く打つと濁音がつくようにする、

の4方式が検討され、結局、(3)のシフトキー方式が採用された(坂村, 1987c)。

以上のように、TRONキーボードは、ドヴォラク・キーボード、Kボード、親指シフトキーボードなどの長所を寄せ集めた格好になっており、理想的なキーボードに向かっての大きな前進と言えるだろう。ただ、TRONキーボードは、まだ市販のパーソナル・コンピュータに搭載されていないので、筆者にはその具体的な評価を行なうことができないのが残念である。

4. 結 論

前節では、様々なキーボード入力の方式について検討した(なお、この他にも「新JISキーボード方式」があるが、小指でシフトキーを押す点等、必ずしも評判が良くないし、実際の使用頻度も高くないようなので、説明を省略した)。

では、児童のコンピュータ教育を展開していく上で、入力方式をどのようにすればよいと言えるのであろうか。入力のためのハードウェア、ソフトウェア共に、日進月歩で改良されていくので、とりあえず現時点での筆者の見解ということで、以下に述べることとする。

(1) キーボードの汎用性と限界

図1に示した様々な入力装置の中で、最も汎用性の高いのは、言うまでもなくキーボードである。キーボードは、文字(ひらがな、カタカナ、漢字、アルファベット)、数字、カーソルの座標位置、図形のすべてにわたって、ある範囲で取り扱うことができる。このような高い汎用性をもった入力

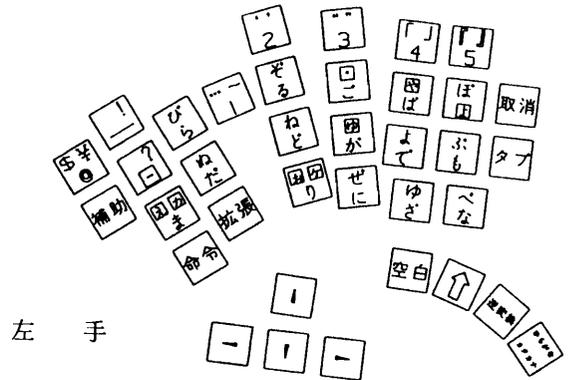


図9 TRONキーボード

装置は、タブレットやデジタイザー以外には、ないと言ってよい(また、キーボードがタブレットやデジタイザーよりも優れている点は、1動作が素早く行なえ、大量の文字情報を入力する場合に効率性が高いことにある)。

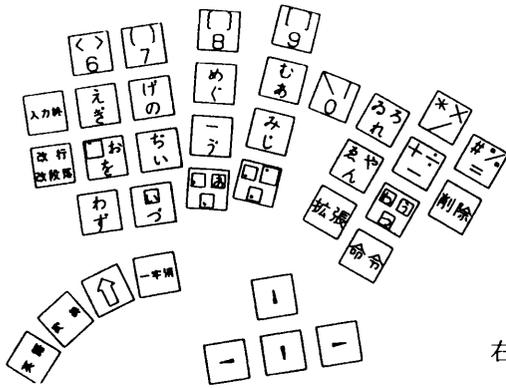
キーボードは、最も汎用性の高い入力装置であるからこそ、これだけ広く利用され、キー配列の方式も様々に工夫されているのである。

しかし、キーボードが万能でないこともまた、広く理解されている点である。ディスプレイ上の座標位置や図形を入力する場合には、ジョイスティック、トラックボール、マウス、タブレットなどの方がずっと適切である。

コンピュータ教育という点、すぐにキーボードの使用法を児童・生徒にどう教えるかの問題に短絡しがちであるが、もう少し適材適所ということを考える必要がある。マウスやタブレットを併用したり、時には間接的入力方式を用いるなど、柔軟に考えるべきであろう。

そのためには、「子どものためのキーボード」のあり方だけでなく、「子どものためのマウス」、「子どものためのタブレット」などがいかにあるべきかについても、今後検討を進めていかなければならない。

例えば、マウスの説明の項でも少し触れたが、筆者の観察によれば、現在使われているマウスは、ディスプレイ上のカーソルの動きが幾分速すぎて、児童にとってかなり使いにくいものになっているように思われる。



TRON KEYBOARD ver. 3.0
Copyright (C)1987 by Ken Sakamura

右 手

(2) 児童専用キーボードは必要か？

キーボードの限界を補うために、様々な入力方式を併用するとしても、キーボードそのものは一体どのようなものが適切と言えるであろうか。

一方では、1本指キーボードを考案した筑波大学のC A I研究グループのように、児童には「児童専用のキーボード」を開発して与えるべきであるという主張がある。

子どもは、手の大きさやキー操作能力の高さ等の点で大人と同等ではないのであるから、児童専用のキーボードが必要であるという主張には、一面の真理が含まれている。

その場合、キーの配列方式だけでなく、1つ1つのキーの大きさも検討する必要があるだろう。「子どもの手は小さいから、キーも小さい方がよい」という考え方があるとすれば、それはきわめて短絡的な発想である。コンセプト・キーボードの例で分かるように、小さい子どもほど、キーを正確に押すことができないので、キーはむしろ大きくし、キー同士の間隔をあけておく方がよいのである。

また、キー・タッチの強さや感触をどのように調節すべきかという問題もある。子どもは、どうしても力一杯キー押しをしたり、押してすぐに指を離さないために、意に反して同じ文字を続けて打ってしまうことが少なくないのである。

他方、以上のような見解とはまったく逆に、児童専用のキーボードは必要でないという考え方も存在する。

第1には、現在のキーボードは、そもそも日本人のために作られたものでなく、アルファベットの文化と英語の発想に基づいて開発されたものなので、日本人にとっては大人でも使いにくいのであり、真に日本の文化や日本人の発想に適したキーボードを作れば、大人か子どもかといった区別なしに使いやすくなるという考え方である。

第2には、コンピュータ教育は義務教育段階で完結するものでなく、大人になっても活用していかなければならないことを考えると、小・中学校であまり特殊なキーボードだけを教えることは、後にむしろマイナスの効果をもたらすのではないかという懸念から、児童専用キーボードは不必要であるとする考え方である。

現段階では、児童専用キーボードが必要か、不必要かを決定すること自体困難のように思われるが、筆者は、少なくとも当面は、J I Sキーボードを（前述のように、あまり合理的なキー配列ではないが）他の入力装置と併用して用いることが、児童のコンピュータ教育において最も現実的な方策と判断せざるをえない。

筆者がそのように判断する基準は、

- (a) 1本指だけでも入力できること（親指シフトキーボードはこの点で失格）、
 - (b) しかし、練習次第では、タッチ・メソッドも使えること（筑波大学・1本指キーボードはこの点で失格）、
 - (c) シフトキーの使用頻度が少ないこと、
 - (d) 学校教育以外の場面での使用において連続性が高いこと、
- の4点によるものである。

しかしながら、J I Sキーボードが最善という結論はあまりにも安易であるし、承認できない人が多いと思われる。実は、筆者自身も、J I Sキーボードの使用が児童のコンピュータ教育において最も現実的な方策であるような状況が早くなることを願っているのである。

従って、今後は、改良であれ新規開発であれ、現在のキーボードを児童に使いやすいものに変えていく作業が不可欠である。

(3) TRONキーボードの将来性

では、現段階ではまだ実用化されていないが、TRONキーボードの可能性についてはどうであろうか。学校教育用コンピュータの規格作りをしているコンピュータ教育開発センター（CEC）は、TRON方式を基本にしたオペレーティング・システムを標準案とする方針を決めたことが伝えられている。これに伴いキーボードもTRONキーボードが導入される可能性が大きくなってきたが、TRONキーボードは、子どもにも使いやすいものになるであろうか。

坂村（1987a, 1987b, 1987c）の説明では、TRONキーボードは両手の10本の指を用いた入力を前提としているようであるが、坂村氏は、筆者への私信の中で、

「TRONキーボードでは身障者対策のため、特殊な入力モードもサポートしています。このモードでは完全一本指で入力できますし、さらに手の筋肉を完全に制御できない身障者のために、キーのオートリピートを止め、短時間（間隔は設定可能）での同じキーの入力は無視するなどの対策を取っています。このような対応はあくまでソフトウェアのみで可能で、ハードウェア上の変更は必要ありません。」

と述べており、1本指入力への対応も考慮されているようである。

1本指入力の場合、手の指をひろげた形状のキー配置は、キーの探しやすさなどの点で必ずしも適当でないかもしれないが、

- (a) 1本指だけでも入力できること、
- (b) タッチ・メソッドも使えること、
- (c) シフトキーの使用頻度が少ないこと、
- (d) 学校教育以外の場面での使用において連続性が高いこと、

という前述の4つの基準をなるべく多くの点で満たすことができるものとして、TRONキーボードの将来性に大いに期待したい。

(4) 児童のためのキーボード開発の視点

それでは、今後児童のコンピュータ教育に必要なキーボードを開発していく時に、どのような視点が必要なのであろうか。本論の締め括りとして筆者は、次の4つのことを提案したい。

- (1) 当然のことであるが、児童に実際にキーボードを操作させたデータに基づいて、開発を進めるべきである。児童は、時々大人にとって思いがけない使い方をするので、単に論理的に優れた方式や仕様が最善とは限らない。特に、誤動作の影響を最小限に食い止めるように作っておかないと、児童がせっかく興味をもってコンピュータに接しても、誤動作の頻発のために失敗感を覚え、萎縮してしまう危険が生ずる。
- (2) キー配列の点では「児童専用」をあまり意識しなくてもよいだろうが、「リターンキー」、「エスケープキー」などは、児童にもコンピュータの概念を正しく把握できるようなキーの名称と、使いやすい配置を工夫する必要がある。
- (3) 「適切な情報のみを与え、不必要な情報は与えない」という教材提示の原則を敷衍して考えると、入門者の段階のキーボードには、めったに使わないようなキーは配さず、理解の進み具合に応じて、配列キーの種類を段階的に多様化していくのがよい（コンセプト・キーボードの発想を参考にする）。
- (4) 教科の学習に必要な特殊キー（例えば1本指キーボードの「ぶんの」のキー）については、確かにそれが必要な場合も生ずるであろうが、ファンクション・キー等を活用すれば十分対応可能であると思われるので、最初から独立したキーとしてキーボード上に用意する必要性は少ないであろう。

【謝 辞】

本稿をまとめるにあたり、東京大学理学部・坂村健助教授から、TRONキーボードに関する文献、および、TRONキーボードVer. 3.0の日本語キー配列の原図版（図9として引用したもの）を提供していただいたほか、本論文の第一稿に対してご懇切なコメントを頂戴した。ここに記して感謝申し上げたい。

なお、坂村助教授のコメントの中に、タッチセンサーパネル、ライトペン、タブレット／デジタルイザは連続的入力も可能なので、離散の入力装置として分類することは適切でないというご指摘があったことを付記しておきたい。

文 献

- Buxton, W. 1986 There's more to interaction than meets the eye: Some issues in manual input. In Norman, D. A. & Draper, S. W. (Eds.) *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 319-337.
- Hughes, M. 1986 *Children and number: difficulties in learning mathematics*. New York: Basil Blackwell.
- Hughes, M., Macleod, H., & Potts, C. 1985 Using LOGO with infant school children. *Educational Psychology*, 5, 287-301.
- 樺島忠夫・市川真文・富岡晶 1987 コンピュータを利用する小・中・高校の国語学習. 三晃書房.
- 子安増生 1986a 教授・学習研究の動向—コンピュータ教育を中心に—. *教育心理学年報*, 25, 98-106.
- 子安増生 1986b 子どものコンピュータ・リテラシーの教育—LOGOプログラミングの学習を中心に—. *愛知教育大学教科教育センター研究報告*, 10, 201-211.
- 子安増生 1987 幼児にもわかるコンピュータ教育—LOGOプログラミングの学習, 福村出版.
- 子安増生・坂爪ひとみ 1987 小学生およびその両親のテレビ・ゲーム利用に関する実態ならびに意識調査. *愛知教育大学教科教育センター研究報告*, 11, 1-12.
- 室謙二 1986 [ワープロ] 術・キーボード文章読本. 晶文社.
- 永野和男 1987 学校に役立てるコンピュータ読本. H B J 出版局.
- 中山和彦・東原義訓 1986 マイコン・クラスルーム 未来の教室—C A I 教育への挑戦. 筑波出版会.
- Osborne, D, J. 1985 *Computers at work: A behavioural approach*. John Wiley & Sons.
- 岡森博和 1987a 算数教育とパソコン. 第一法規.
- 岡森博和 1987b 数学教育とパソコン. 第一法規.
- 坂村健 1987a T R O N からの発想. 岩波書店.
- 坂村健 1987b T R O N で変わるコンピュータ. 日本実業出版社.
- 坂村健 1987c T R O N を創る. 共立出版.
- 田村三郎・永岡慶三 1987 コンピュータを利用する小・中・高校の算数・数学. 三晃書房.
- 渡邊茂・正田英介・矢田光治 1985 マイクロコンピュータハンドブック. オーム社.
- 山極隆・武村重和 1986 コンピュータを利用する小・中・高校の理科学習. 三晃書房.
- 安原治機 1985 タブレット/デジタイザーの使い方. 槇書店.