

## アプリケーションソフトウェア教育支援システムの研究・開発(3)

### Development of an Educational Support System for Application Software (3): Prototype Model

-プロトタイプモデルの実現方法について-

波多野 和彦\*

Kazuhiko HATANO

十文字学園女子短期大学\*

Jumonji Gakuen Women's Junior College

前迫 孝憲\*\*

Takanori MAESAKO

東京工業大学\*\*

Tokyo Institute of Technology

坂元 昂\*\*

Takashi SAKAMOTO

あらまし 我々は、アプリケーションソフトウェア学習時に、学習者の操作に直接介入して、実習を援助するシステムの研究・開発を行っている。プロトタイプモデルは、パーソナルコンピュータをキーボード・エミュレータ(ハードウェア)を介して直列に接続することにより、学習者の操作に直接介入する機能を実現した。また、ソフトウェアの挙動を反映するモデル、典型的な誤操作の例、標準的な操作系列等を導入することにより、学習者に対する誘導を実現した。

キーワード 情報処理教育, アプリケーションソフトウェア, 教育支援システム  
キーボード・エミュレータ, C A I, プロトタイプ

#### 1. はじめに

##### 1. 1 一般情報処理教育の現状

十文字学園女子短期大学における一般情報処理教育の現状は以下の通りである。

学習環境は、

16ビットパーソナルコンピュータ 25台

1クラスの構成人数 25~50人

(1台当り1~2人)

学習形態は、

一週90分1コマ半期の授業と自由演習

(演習室は授業等で使用していない時間帯は、学生に開放している)

授業は半期7コマ程度開設し、全学の8割程度の学生が受講している。学習内容を表1に示す。

##### 1. 2 学習環境としての支援の必要性

一般情報処理教育として、アプリケーションソフトウェアを学習する場合、個々のソフトウェアの操作法よりもソフトウェアの基本的な機能や概念を理解することが重要である。しかし実際には、他の教科との関係、機械の台数、教

表1. 一般情報処理入門の時間配当

時間	内 容	
1	日本語ワープロソフト の操作	起動と終了, 日本語交換
2		保存と読み込み
3		印刷
4		課題実習
5		〃
6		〃
7	描画ソフトの操作	起動と終了, 描画の基本操作
8		保存と読み込み
9		印刷
10		課題実習
11		〃
12		〃
13	情報モラル	人間や社会と情報機器との関わり
14	復習	日本語ワープロ, 描画ソフトなど

育スタッフ等の制約から十分にきめ細かい演習を行うことは不可能である。さらに、誤操作による混乱や操作法の不統一による困惑がつまづきの一因となっている。

このような状況への対処としては、テキストの充実やビデオ等の視聴覚機器の利用等が考えられる。しかし個々の学習者に対して、より積

極的な指導を行うためには、アプリケーションソフトウェア実行時に、学習者の操作に介入し、具体的に指導することが必要となる。

そこで我々は、アプリケーションソフトウェアの実行時に、学習者の操作に介入し学習者をガイドすることで、演習を支援するシステムの開発を目指している。

本稿では、日本語ワープロソフトを対象とした支援システムのプロトタイプモデルの実現方法について述べる。

## 2. プロトタイプモデルの概要

アプリケーションソフトウェア操作時に学習者に援助を行うためには、学習者の操作(入力)を監視し、誤操作の場合には、学習者に警告を与えると同時に、目的とする処理を遂行するための適切な修正を加えなければならない。したがって支援システムを実現するためには、学習の対象となる実際のアプリケーションソフトウェアと学習者を援助するソフトウェアを同時に実行させる必要がある。

ところが、単一のパーソナルコンピュータ上での複数プログラムの同時実行ならびに、複数プログラム間でのメッセージ送受信が簡単には実現できない現状では、支援システムをソフトウェアのみで実現するためには、学習の対象となるアプリケーションソフトウェアやOSを改良する必要に加えて、近年のアプリケーションソフトウェアの肥大化による実行環境に対する圧迫が大きな制約になる。

そこで我々は、後述するような「キーボード・エミュレータ」と呼ばれるハードウェアにより2台のマシンを直列に接続して、前段のパーソナルコンピュータ(以後、支援機と呼ぶ)上に支援ソフトウェアならびにキーボード・エミュレータに対する信号処理モジュールを配し、後段のパーソナルコンピュータ(以後、目標機と呼ぶ)上に学習するアプリケーションソフトウェアを配してプロトタイプモデルを実現した。

### 2. 1 学習支援ソフトウェア

アプリケーションソフトウェアの学習を支援するソフトウェアであり、支援機上において機能する。学習内容が一般情報処理教育のための

アプリケーションソフトウェアであり、実際にソフトウェアを同時に実行していることを除けば、現在扱われているCAIと同様の枠組みであると見なすことができる。

実際には、学習者の操作(入力)に対して、明らかな誤操作あるいは、誤操作の可能性が高いと判断される場合には、学習者に対して該当する操作の結果や警告というKRを与え、必要に応じて、学習者が行った操作の保留や修正を行うというサイクルを繰り返す。このサイクルを実現するために、学習支援ソフトウェアは、

1. 入力処理モジュール
2. 操作識別モジュール
3. ソフトウェア状態モデル
4. 誤操作モデル
5. 学習者状態モデル
6. 操作計画モジュール
7. 標準操作系列モデル
8. 学習支援モジュール

により構成され、各要素は図1のように関係している。以下、学習支援ソフトウェアの各構成要素について概略を述べる。

#### 2. 1. 1 入力処理モジュール

学習者の入力を直接受け取り、学習支援ソフトウェアによる指導場面であるか、実際の操作場面であるかを判断した後、操作識別モジュールに入力データを受け渡す作業を受け持つ。具体的には、学習者が押下したキーと操作場面を(入力キー情報 操作場面情報)というリストに加工して、操作識別モジュールに受け渡す。

#### 2. 1. 2 操作識別モジュール

学習者の行った操作の是非を判断し、その結果を学習支援モジュールに受け渡す作業を受け持つ。操作に対する判断は、後述するソフトウェア状態モデル、標準操作系列モデル、誤操作モデルに基づいて行う。具体的には、

1. ソフトウェア状態モデルにおける現在の状態と学習者が行った操作からソフトウェアの次の状態を決定する。
2. 誤操作モデルに記録されている典型的な誤操作例に該当しないことを確認する。ソフトウェア状態モデルにおける遷移の

意味や用語の類似性等も考慮する。

3. 誤操作例に該当する場合は、適切な修正や学習者への警告を学習支援モジュールに要請する。
4. 標準操作系列モデルから著しく逸脱する操作を行おうとしていないかを検討する。

### 2. 1. 3 ソフトウェア状態モデル

本システムでは、学習者の操作に対して、対象となるアプリケーションソフトウェア（ここでは日本語ワープロソフト）がどのような状態に推移するかを操作識別モジュールが把握できなければならない。しかし現状では、アプリケーションソフトウェア側に自分自身の状態を他のプログラムに提供する仕組みを期待することは

無理である。したがって、学習支援ソフトウェアでは、独自に目標とするソフトウェアの状態を把握できる仕組みを用意して置かなければならない。

そこで我々は、対象とするソフトウェアの挙動ならびに状態の遷移を反映する静的なネットワーク（遷移モデル）とソフトウェアの現状を示す動的な状態メモリにより構成されるソフトウェア状態モデルを用意することとした。図2に遷移モデルの概念図、図3に遷移モデルの内部表現を示す。内部表現の各要素は、

- （ソフトウェアの現在の状態
- 学習者が行う操作
- ソフトウェアの次の状態
- 遷移の意味）

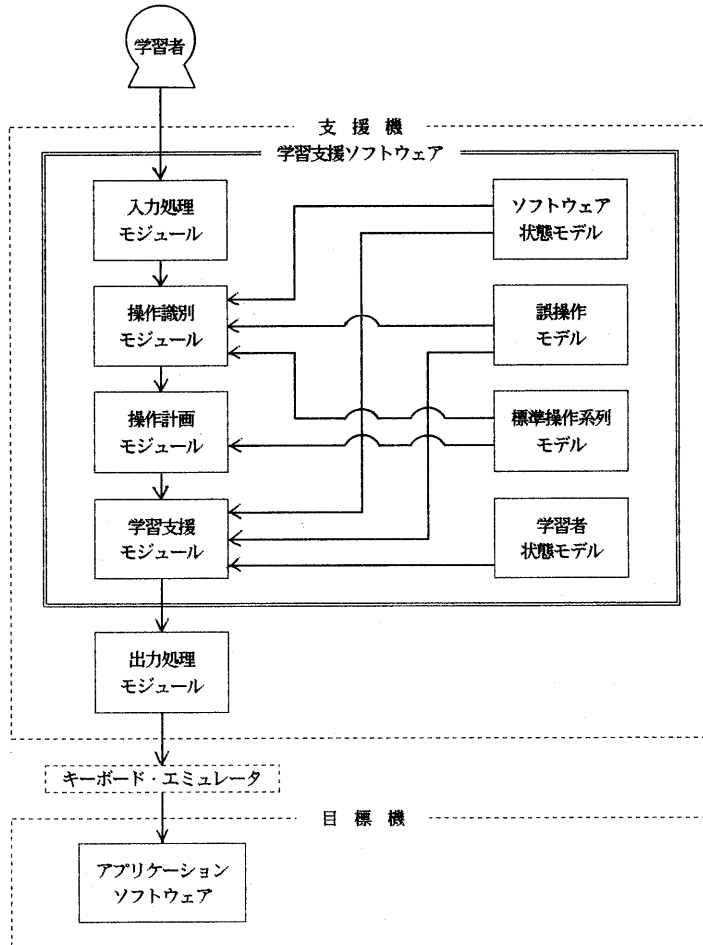


図1. 支援システムの構成

というリストで構成される。

#### 2. 1. 4 誤操作モデル

十文字学園女子短期大学において、1989年度後期の一般情報処理受講生約100人に対して、各自が経験したトラブルを記述させた結果を表2に示す。これに加えて、我々が3年間蓄積した経験的知識から典型的誤操作例を数例選択し、誤操作モデルを設定した。実際に運用する場合は、より詳細に誤操作例を検討し、誤操作モデルを構築する必要がある。

#### 2. 1. 5 学習者の状態モデル

一般のCAI等では学習者モデルや学習履歴に該当する部分である。現状では、学習者の操作系列によるソフトウェアの状態遷移の記録と学習者の操作系列(作業の流れ)を記録することに留まっている。

#### 2. 1. 6 操作計画モジュール

目標とする処理を遂行するための操作系列の計画立案を受け持つ。現時点では、次に述べる標準操作系列モデルに基づいて、次の作業を判断するに留まっている。

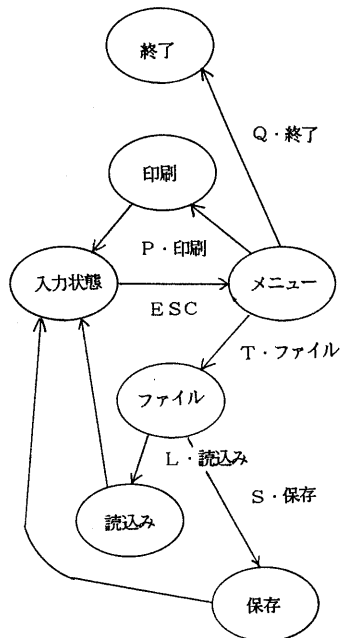


図2. 遷移モデルの概念図(ソフトウェア状態モデル)

#### 2. 1. 7 標準操作系列モデル

アプリケーションソフトウェアを利用する際の標準的な手続きを記述したモデル。図4に示すような標準的な手続きをソフトウェア状態モデルの遷移モデルと同様な静的なネットワークとして表現し、現在の作業を分類する作業状態メモリによってネットワーク上の位置を記録している。

#### 2. 1. 8 学習支援モジュール

操作識別モジュールの解釈と操作計画モジュールの立案に基づき学習者と実際のアプリケーションソフトウェアにメッセージを伝達する。例えば典型的な誤操作が行われた場合は、目標機に対して、誤操作を回避するための操作系列を伝達する。あるいは入力を無効にして、その旨を学習者にKRとして提示する。また誤操作の可能性がある場合も、一時的に回避する操作系列を伝達したり、あるいは入力を保留にした状態で、学習者への説明と確認を行う。

KRに該当する学習者への出力の一部は実際のアプリケーションソフトウェアに委ねられている。

(KAKUTEI	:UP	KAKUTEI	(MOVE UP))
(KAKUTEI	:DOWN	KAKUTEI	(MOVE DOWN))
(KAKUTEI	:LEFT	KAKUTEI	(MOVE LEFT))
(KAKUTEI	:RIGHT	KAKUTEI	(MOVE RIGHT))
(KAKUTEI	:RET	KAKUTEI	(LINEFEED))
(KAKUTEI	:SPACE	KAKUTEI	(INPUT BLANK))
(KAKUTEI	:TAB	KAKUTEI	(TAB))
; 文字入力			
(KAKUTEI	:ALPH	MITEI	(INPUT CHAR))
(MITEI	:ESC	KAKUTEI	(CANCEL))
(MITEI	:ALPH	MITEI	(INPUT CHAR))
(MITEI	:RET	KAKUTEI	(DECIDE CHAR))
(MITEI	:SPACE	HENKAN	(TRANS CHAR))
(HENKAN	:SPACE	HENKAN	(TRANS CHAR))
(HENKAN	:RET	KAKUTEI	(DECIDE CHAR))
(HENKAN	:ALPH	MITEI	(DECIDE INPUT CHAR))
(HENKAN	:BS	MITEI	(TRANS UNDO))
(HENKAN	:ESC	KAKUTEI	(CANCEL))
; メニューの表示			
(KAKUTEI	:ESC	MENU	(MENU))
(MENU	A	KAKUTEI	(INPUT CHAR))
; 削除メニュー			
(MENU	D	DELETE-MENU	(DELETE TEXT))
(DELETE-MENU	:ESC	KAKUTEI	(CANCEL))
; 全文書削除			
(DELETE-MENU	A	DELETE-ALL-SURE	(DELETE ALL TEXT))
(DELETE-ALL-SURE	Y	KAKUTEI	(DELETE ALL TEXT))
(DELETE-ALL-SURE	N	KAKUTEI	(CANCEL))
(DELETE-ALL-SURE	:ESC	KAKUTEI	(CANCEL))

図3. 遷移モデルの内部表現の例(ソフトウェア状態モデル)

## 2. 2 キーボード・エミュレータ

現在のパーソナルコンピュータの主要な入力装置はキーボードであり、他の入力装置は二次的な役割を果たしている。そのため、パーソナルコンピュータ用の各種のアプリケーションソフトウェアを、キーボード以外からの入力装置から動作させることができるならば、新しい応用分野を開拓することが可能となる。この時、動作させるアプリケーションソフトウェアの書き換え等をする事なく、そのままの状態で作動させるためには、キーボードと同じ信号をパーソナルコンピュータに与えることのできる「キーボード・エミュレータ」が必要となる。この「キーボード・エミュレータ」には、キーボードを操作することが困難な障害者等がパーソナルコンピュータを扱えるようにする装置など、社会的にも重要な役割が求められている。例えば、カナダでは研究機関で障害者用等のキーボード・エミュレータの開発プロジェクトが実施されていたことが知られている。しかし日本では、パーソナルコンピュータに対する社会的関心が低いこともあって、あまり表だつた動きはみられなかった。ところが近年、パーソナルコンピュータの出力用に発声装置が普及するなど、障害

者等に便利な装置が利用可能となり、「キーボード・エミュレータ」に対する評価も積極的なものになりつつある。

### 2. 2. 1 ハードウェア

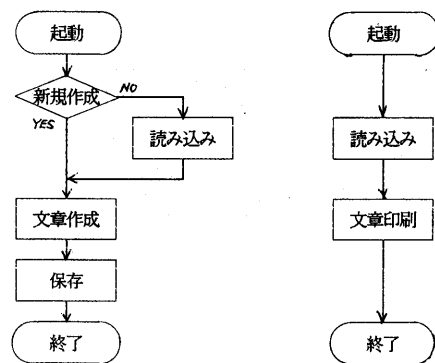
本システムでは、2台のパーソナルコンピュータを直列に接続し、前段のコンピュータが後段のコンピュータの「キーボード・エミュレータ」となることによって、後段のコンピュータで実行されるアプリケーションソフトウェアに与える信号を調整する「アプリケーションソフトウェア学習装置」を構成しているが、そのために若干のハードウェアが必要となった。

「キーボード・エミュレータ」は、パーソナルコンピュータのキーボードに差し替えて、あたかもキーボードから入力が行われているかのように動作しなければならない。そのためには、キーボードとパーソナルコンピュータとの間でどのような信号のやりとりが行われているかを知る必要がある。「キーボード・エミュレータ」が大きな意味を持っているパーソナルコンピュータ（例えばアップル社のマッキントッシュ等）では、コンピュータ設計の当初から規格の統一を重視した技術的検討が行われているが、日本の場合これを期待するには無理がある。

今回は日本で普及率の高い日本電気のPC9800シリーズ用に「キーボード・エミュレータ」を作製した。PC9800のハードウェア・マニュアルには、キーボードからの信号を受信するための

表2. 学習者が経験するトラブル（自由記述による調査結果）

トラブル項目	件数	概略
入力に関する事項 SHIFT操作に関する事項 編集に関する事項 変換操作に関する事項	17 4 5 3	を、一、記号等の入力方法 )や(等、大文字と小文字 改行記号の削除、変換の修正 文節の句切り指示
入力速度等に関する事項	7	入力が遅い、指が太い
キーボード配置に関する事項	3	見つけれない
保存に関する事項	10	呼出と保存(白紙)、重書き リターンと↓
印刷に関する事項	10	スタイル、操作全般 用紙のセット
機能的な事項 機械全般に関する事項	3 6	キーリビート機能、キーの名称 仕組み、手順
指導法に関する事項	5	操作の詳細な指導、実用的指導
学習環境に関する事項	4	目の疲れ、機械の台数



a) 文章作成時

b) 文章印刷時

図4. 標準的な操作系列

キーボードインタフェースとして、IC8251が使用され、ミニDINコネクタの信号名等が示されている。また一般にパーソナルコンピュータには、シリアル(RS-232C)インタフェースが準備されているが、PC9800ではIC8251がアドレス30, 32に置かれ、クロック用にタイマコントローラIC8253のカウンタ#2(アドレス75, 77)が使われていることが示されている。これらは、機種が変わっても同一のOSが使われる限り使用することができると予想される。そして、前段のPC9800のシリアルインタフェースの信号出力を、後段のキーボードインタフェースのコネクタに信号レベル等の変換を加えて接続することとした。

なお研究用であるので、伝送エラー等に対する処理も行わず、なるべく簡単な回路ですませることとした。また標準のMS-DOSでは、キーボードインタフェースで使われている伝送速度をサポートしていないため、前段のキーボード・エミュレータを動作させる際、動作クロックに合わせて、ICに直接、コマンドを与える必要がある他は、特別な操作をする事なく動作させることが可能となった。(図5にキーボード・エミュレータのハードウェアの概観を、図6にその回路図を示す)

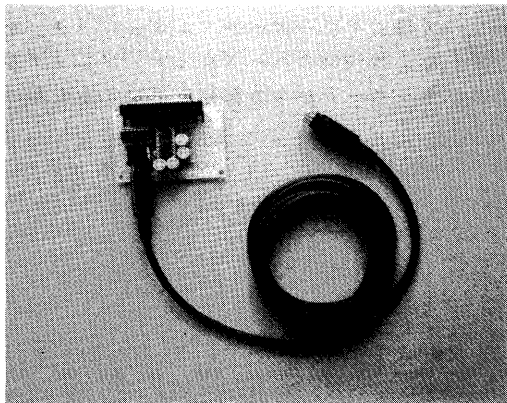


図5. キーボード・エミュレータ(ハードウェア)の概観

## 2. 2. 2 出力処理モジュール

学習支援ソフトウェアで加工した学習者の操作(支援機への入力信号)を目標機へ受け渡すために、支援機上でキーボード・エミュレータ(ハードウェア)に適合する出力信号に変換する作業を受け持つ。

キーボード・エミュレータは、図7に示すような信号表に基づいて、各キーのON/OFF動作をエミュレートするため、出力処理モジュールでは、学習者の行ったキー操作を対応する信号列に変換する必要がある。例えば、「\$」を出力するためには、図8に示すような変換表に基づいて、

1. 「SHIFT」キー ON に対応する  
ASCIIコード 112 を出力する。
2. 「4」キー ON に対応する  
ASCIIコード 4 を出力する。
3. 「4」キー OFF に対応する  
ASCIIコード 4+128 を出力する。
4. 「SHIFT」キー OFF に対応する  
ASCIIコード 112+128 を出力する。

といった作業を行う。

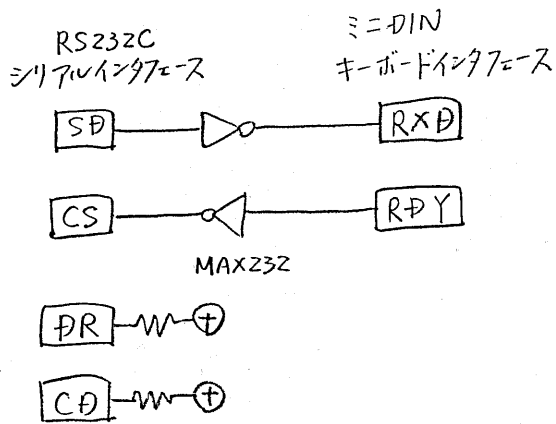


図6. キーボード・エミュレータ(ハードウェア)の回路図

### 3. むすび

本稿では、一般情報処理教育におけるアプリケーションソフトウェア演習を支援するシステムの研究・開発の一環として、日本語ワープロソフトを対象としたプロトタイプモデルの実現方法について報告した。今後の課題を以下に列挙する。

- ・実際の演習での適用を通しての誤操作関連のデータの蓄積
- ・他のアプリケーションソフトウェアへの適用を通じての支援システムのモデル化
- ・システムへの目標課題の組み込み、操作計画モジュールの機能拡張、学習者状態モデルの解釈によるシステムの成長等システム高度化

#### 参考文献

波多野，坂元：“アプリケーションソフトウェア教育支援システムの研究・開発（1）”，教育工学関連学協会連合第2回全国大会講演論文集，pp.165-166

波多野，坂元：“アプリケーションソフトウ

ェア教育支援システムの機能と構成について”，日本教育工学会第5回大会講演論文集，pp.159-160

キーの 物理番号 (7bit)	D <sub>6</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>												
0 0 0	ESC	8 ユ	Q	O	F	)	J	.	<	INS	-	6	.	STOP	f-7	SHIFT			bit0
0 0 1	1 !	9 ヨ	W	P	G	Z	ツ	.	>	DEL	/	+	NFER	COPY	f-8	CAPS			bit1
0 1 0	2 フ	0 ヲ	E	I	H	X	サ	?	↑	7	1			f-1	f-9	カナ			bit2
0 1 1	3 #	ア	ニ	R	(	J	マ	-	-	8	2			f-2	f-10	GRPH			bit3
1 0 0	4 \$	ウ	ハ	T	カ	←	K	ノ	V	△	→	9	3	f-3		CTRL			bit4
1 0 1	5 %	エ	キ	ン	A	チ	L	B	コ	XFER	!	*	=	f-4					bit5
1 1 0	6 &	オ	BS	U	ナ	S	ト	+	レ	N	ミ	ROLL UP	HOME CLR	4	0				bit6
1 1 1	7 .	ヤ	TAB	I	D	シ	:	*	ケ	M	モ	ROLL DOWN	HELP	5	.				bit7
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F			

図7. キーボード・エミュレータのためのキー番号

： キー番号変換表 (SHIFT動作の伴うもの)

( ( ¥!	(SHIFT 1))	( ¥"	(SHIFT 2))	( ¥#	(SHIFT 3))
( ¥\$	(SHIFT 4))	( ¥%	(SHIFT 5))	( ¥&	(SHIFT 6))
( ¥'	(SHIFT 7))	( ¥(	(SHIFT 8))	( ¥)	(SHIFT 9))
( ¥=	(SHIFT ¥-))	( ¥:	(SHIFT ¥¥))		
( q	(SHIFT Q))	( w	(SHIFT W))	( e	(SHIFT E))
( r	(SHIFT R))	( t	(SHIFT T))	( y	(SHIFT Y))
( u	(SHIFT U))	( i	(SHIFT I))	( o	(SHIFT O))
( p	(SHIFT P))				
( ¥~	(SHIFT ¥@))	( ¥{	(SHIFT ¥[]))	( d	(SHIFT D))
( a	(SHIFT A))	( s	(SHIFT S))	( h	(SHIFT H))
( f	(SHIFT F))	( g	(SHIFT G))	( l	(SHIFT L))
( j	(SHIFT J))	( k	(SHIFT K))	( ¥}	(SHIFT ¥])
( ¥+	(SHIFT ¥:))	( ¥*	(SHIFT ¥:))	( v	(SHIFT V))
( z	(SHIFT Z))	( c	(SHIFT C))	( m	(SHIFT M))
( b	(SHIFT B))	( n	(SHIFT N))	( ¥?	(SHIFT ¥/))
( ¥<	(SHIFT ¥.)	( ¥>	(SHIFT ¥.)		
( ¥_	(SHIFT ¥_))	( HOME	(SHIFT CLR))		

： キー番号変換表 (基本動作)

( (ESC	0)						
( 1	1)	( 2	2)	( 3	3)	( 4	4)
( 6	6)	( 7	7)	( 8	8)	( 9	9)
( ¥-	11)	( ¥^	12)	( ¥¥	13)	( 0	10)
( BS	14)						
( TAB	15)						
( Q	16)	( W	17)	( E	18)	( R	19)
( Y	21)	( U	22)	( I	23)	( O	24)
( ¥@	26)	( ¥[	27)	( P	25)		
( RET	28)						
( A	29)	( S	30)	( D	31)	( F	32)
( H	34)	( J	35)	( K	36)	( L	37)
( ¥;	38)	( ¥:	39)	( ¥]	40)		
( Z	41)	( X	42)	( C	43)	( V	44)
( N	46)	( M	47)	( B	45)		
( ¥.	48)	( ¥.	49)	( ¥/	50)	( ¥_	51)
( SP	52)						
( XFER	53)						
( RUP	54)	( RDN	55)				
( INS	56)	( DEL	57)				
( UP	58)	( LEFT	59)	( RIGHT	60)	( DOWN	61)
( CLR	62)	( HELP	63)				
( N¥-	64)	( N¥/	65)				
( N7	66)	( N8	67)	( N9	68)		
( N¥*	69)						
( N4	70)	( N5	71)	( N6	72)		
( N¥+	73)						
( N1	74)	( N2	75)	( N3	76)		
( N¥=	77)						
( NO	78)						
( N¥.	79)	( N¥.	80)				
( NFER	81)						
: No assign							
( NIL	82)	( NIL	83)	( NIL	84)		
( NIL	85)	( NIL	86)	( NIL	87)		
( NIL	88)	( NIL	89)	( NIL	90)	( NIL	91)
( NIL	93)	( NIL	94)	( NIL	95)	( NIL	92)
: Special assign							
( STOP	96)						
( COPY	97)						
( F1	98)	( F2	99)	( F3	100)	( F4	101)
( F6	103)	( F7	104)	( F8	105)	( F9	106)
		( F10	107)				
: No assign							
( NIL	108)	( NIL	109)	( NIL	110)	( NIL	111)
: Special assign							
( SFT	112)						
( CAPS	113)						
( カ)	114)						
( GRPH	115)						
( CTRL	116)						
: No assign							
( NIL	117)	( NIL	118)	( NIL	119)	( NIL	120)
( NIL	122)	( NIL	123)	( NIL	124)	( NIL	125)
		( NIL	126)	( NIL	127)		

図 8. キーボード・エミュレータに対する出力変換データ