

鍵盤を用いたPC用入力インターフェースの設計と実装

竹川佳成[†] 寺田 努[†] 塚本昌彦[†] 西尾章治郎[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻

筆者らの研究グループでは、いつでもどこでも楽器を演奏し音楽を能動的に楽しみたいという要求を満たすため、手軽に持ち歩いて利用できるモバイル楽器の開発を行ってきた。このようなモバイル楽器が普及し、常に楽器を持ち歩く環境が一般的になれば、楽器演奏者は持ち歩いている楽器を用いてあらゆることを行いたいと思うようになると思われる。そこで、本研究では持ち歩き可能な小型鍵盤を用いてPCを操作するシステムであるモバイルクラヴィアの構築を目的とする。モバイルクラヴィアは入力インターフェースであると同時に楽器でもあるため、その芸術性を損なうことなく華麗に入力できる方式を提案する。本システムを用いることで、いつでもどこでも、あたかも演奏しているかのようなPC操作が行えるようになる。

Design and Implementation of an Input Interface using a Clavier

Yoshinari TAKEGAWA[†] Tsutomu TERADA[†] Masahiko TSUKAMOTO[†] Shojiro NISHIO[†]

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

Our research group have proposed and developed mobile electronic musical instruments to enable users to enjoy music anytime and anywhere. When these instruments become popular and people always carries on / performs with them, they may want to operate all devices by the musical instrument. Therefore, the goal of our study is to construct the Mobile Clavier which is an input interface system using a portable clavier. Since our system provides input methods with musical artistic quality, people can control their PCs like playing a musical instrument.

1 はじめに

ソニー社のウォークマンに代表される携帯型オーディオデバイスの普及によって、好きな音楽をいつでもどこでも聴くことが可能となり、音楽の楽しみ方は大きく変化した。近年でも、インターネット音楽配信や着信メロディ、着うたの登場など、音楽の利用や流通の形態は大きく変化している。しかし、一般の人々と音楽とのかかわりは基本的に「聴く」部分のウエイトが高く、音楽を受動的に楽しむものが多かった。より積極的に音楽を楽しみ、能動的に自分のいる環境を演出するには、演奏して自ら音楽を作り出すことが最適である [3]。このような観点から筆者らの研究グループでは、いつでもどこでも演奏できる楽器であるモバイル楽器を提案してきた [1, 2]。

モバイル楽器は、小型の楽器、携帯端末を楽器化したもの、装着型の楽器など、常に持ち歩ける楽器の総称である。モバイル楽器を用いることで、ちょっとした空き時間に演奏を楽しんだり、街角でゆきずりセッションを行うことができる。このようなモバイル楽器が普及し、常に楽器を持ち歩く環境が一般的になれば、楽器演奏者は、楽器以外に普段持ち歩いているデバイス、例えば携帯電話やPDA、モバイルPCなどの操作を習熟した楽器を用いて行いたいと思うようになると思われる。楽器を入力インターフェースとして用いる場合、単に楽器の操作

部分(鍵盤、弦、フレットなど)をPC用キーボードのキーに見立てるだけでなく、楽器がもつ芸術性を無視してはいけない。

そこで本研究では、楽器のもつ芸術性を活かしたPC用入力インターフェースとして、鍵盤楽器を用いたシステムであるモバイルクラヴィアの構築を目的とする。以下、2章でモバイルクラヴィアの設計について説明し、3章でシステムの実装について述べ、最後に4章で本研究のまとめを行う。

2 モバイルクラヴィアの設計

モバイルクラヴィアは単なる入力機器とは異なり、鍵盤楽器としての一面をもつため、入力のしやすさやストローク数の少なさを意識するのではなく、いかに演奏するように入力できるか、いかにかっよく入力できるかという点が重要になる。そのため、キー入力時には同時に音を出し、その音列が曲として聞こえるような入力アルゴリズムの構築を目指す。このような方法で入力を行うことで、演奏者の入力はピアノ演奏として視覚的に理解しやすく、自己表現も可能となる。また、鍵盤の演奏技術を入力方式に採り入れることで、演奏技術を入力速度に反映させることができ、自分もつ演奏技術を他者に披露できる。以下、モバイルクラヴィアが



図 1: OXYGEN8 の外観

想定するハードウェアおよび各種の入力方法 (文字入力, マウス操作, ウィンドウ操作) について詳細に説明する。

2.1 モバイルクラヴィアのハードウェア

モバイルクラヴィアのハードウェアは, 持ち歩き可能な小型鍵盤を想定している。今回のプロトタイプシステムでは図 1 に示すように, M-AUDIO JAPAN 社の OXYGEN8 を用いた。OXYGEN8 はフルサイズ 25 鍵盤を搭載し, MIDI 出力, MIDI コントロールナンバーのアサインが可能な 8 系統のロータリーコントローラーなどを備える。本システムは持ち歩いて使用することを想定しているため, このように少ない鍵盤数のハードウェアを用いて全ての処理が行えるようにしている。

2.2 文字入力方式

本節ではモバイルクラヴィアを用いた文字入力方式について述べる。

鍵盤は一般の PC 用キーボードと比べてキーの数が少ないため, PC キーボードの入力方式をそのまま採用することはできない。一般に, 少ない鍵盤数で文字入力を行う場合, 同じキーに複数の文字を割り当ててキーを複数回押すことで入力文字を選択する方式 (携帯電話方式) と, 子音と母音など複数キーの組み合わせで入力する方式 (ポケットベル方式) がある。鍵盤での文字入力を考えた場合, 携帯電話方式では同じキーの連続入力が多く, 演奏として成り立ちにくい上に見た目の派手さもない。また, 鍵盤はもともと複数鍵の同時入力が想定されているハードウェアである。従って, 本研究では鍵の組み合わせで入力文字を決定する方式を用いる。提案する文字入力方式では, 図 2 のように鍵盤の左半分を左手領域, 右半分を文字入力 (右手) 領域に割り当てる。文字入力は右手だけで行い, 左手は芸術

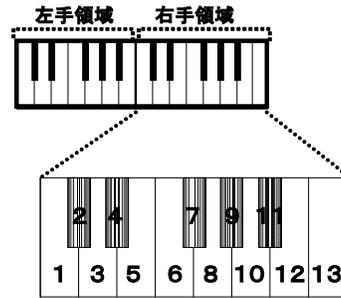


図 2: 鍵盤の領域分割とナンバリング

性を付加するための伴奏に用いる。

以降, 右手の入力, 左手の入力について詳細に説明する。

2.2.1 右手の入力

右手領域では, 図 2 下に示すように各鍵をナンバリングし, 数字の組み合わせにより文字を入力する。本研究では, 文字入力方法として, ポケットベル入力方式, 横分割入力方式, 縦分割入力方式の 3 つを提案する。ポケットベル入力方式は 2 段階 (2 回入力) で文字を指定し, 後の方式は 1 回の入力で文字を設定する。

ポケットベル入力方式

ポケットベル入力方式では, 既存のポケットベルと同様, 1 入力目で子音を入力し, 2 入力目で母音を入力することで文字を決定する。表 1 に本システムにおける文字コード割り当てを示す。表中の数字は, 図 2 の番号と対応している。また, 縦方向が一回目の入力を示し, 横方向が二回目の入力を示している。例えば「く」という文字を出力したければ, 始めに鍵盤 2 を打鍵し, 次いで鍵盤 3 を打鍵すれば良い。

各セルには 2 つの文字が割り当てられているが, デフォルトでは左の文字が入力される。切り替えるには「右切替 (7,10)」を選択すればよく, 元に戻すには「左切替」を選択すればよい。

また「濁音」「半濁音」を入力したときは, その 1 つ前に入力されたシンボルが濁音または半濁音に変換される。横分割入力方式, 縦分割入力方式においても, 濁音文字, 半濁音文字の指定方法は同じである。

鍵 11 ~ 鍵 13 は, 表 1 中で使われていない。これらの鍵には, 普段良く使われる特殊キー (BackSpace, Enter など) を自由に割り当てられる。

表 1: ポケットベル入力の文字コード表

2 回目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 回目										
1	あ/A	い/B	う/C	え/D	お/E	ぁ/a	ぃ/b	ぅ/c	ぇ/d	ぉ/e
2	か/F	き/G	く/H	け/I	こ/J	Esc/f	Tab/g	Ctrl/h	Shift/i	Alt/j
3	さ/K	し/L	す/M	せ/N	そ/O	IME/k	Del/l	PgUp/m	PgDn/n	Ins/o
4	た/P	ち/Q	つ/R	て/S	と/T	/p	/q	つ/r	/s	/t
5	な/U	に/V	ぬ/W	ね/X	の/Y	F1/u	F2/v	F3/w	F4/x	F5/y
6	は/Z	ひ/"	ふ/#	へ/\$	ほ/%	F6/z	F7/-	F8/^	F9/¥	F10//
7	ま/&	み/'	む/(	め/)	も/@	F11/'	F12/=	Home/~	End//	右切替/左切替
8	や/1	/2	ゆ/3	./4	よ/5	や/[	!/]	ゆ/;	?/:	よ/<
9	ら/6	り/7	る/8	れ/9	ろ/0	無変換/{	PrSc/}	ScrLk/+	Pause/*	-/>
10	わ/x	を/x	ん/x	濁点/x	半濁点/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x

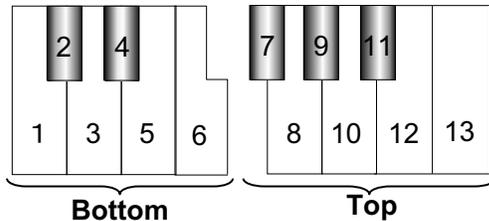


図 3: 小領域への分割

横分割入力方式

横分割入力方式で、図 3 に示すように、右手領域を Bottom 領域と Top 領域の二つに分割する。表 2 に横分割入力方式における文字コード表を示す。表中の第 1 列目の数字は Bottom 領域、第 1 行目の数字は Top 領域の鍵番号に対応している。本方式では基本的に、Bottom 領域で子音を、Top 領域で母音を決定している。

基本的な文字入力の仕方について説明する。表 2 において、「なし」という列は何も打鍵しないことを示す。また、子音を決定するときは、単一鍵だけでなく 2 つの鍵を同時に入力するパターンも存在する。例えば、「き」を入力したければ、鍵盤 1, 2, 7 を同時に押すことになる。

モードの切替は入力したい文字の Top 領域の鍵を基準に以下のように行う。

【Top 領域打鍵なし】

鍵 12 を打鍵	モード 2 に遷移
鍵 13 を打鍵	モード 3 に遷移
両方打鍵	モード 4 に遷移

【Top 領域打鍵あり】

1 つ右の白鍵を打鍵	モード 2 に遷移
2 つ右の白鍵を打鍵	モード 3 に遷移
両方打鍵	モード 4 に遷移

例えば、モード 4 の「y」を入力したければ、鍵 3, 4, 10 と、鍵 10 より二つ右の白鍵である鍵 13 を押せばよい。

ポケットベル入力方式と同様、普段良く使われる特殊キーについてはショートカットキーを割り当てることが可能である。単一鍵で文字が割り当てられていないのは鍵 6~13 であるため、この 7 つのキーにショートカットキーを割り当て使用できる。

縦分割入力方式

縦分割入力方式は、横分割入力方式と同じく一括入力型である。横分割入力方式は、鍵盤を Bottom と Top とに横方向分割したが、本方式は、黒鍵領域と白鍵領域に縦分割している。基本的な文字入力方法については横分割入力方式と同じく、入力したい文字の鍵を打鍵すればよい。本方式は基本的に、白鍵領域で子音を、黒鍵領域で母音を決定している。

モード切替は白鍵領域で打鍵する予定の鍵を基準に以下の操作を行なえる。白鍵領域の打鍵数により切替方法が若干異なる。

【2 鍵同時打鍵の場合】

1 つ右の白鍵を打鍵	モード 2 に遷移
2 つ右の白鍵を打鍵	モード 3 に遷移
両方打鍵	モード 4 に遷移

【1 鍵打鍵の場合】

2 つ右の白鍵を打鍵	モード 2 に遷移
3 つ右の白鍵を打鍵	モード 3 に遷移
両方打鍵	モード 4 に遷移

1 鍵打鍵時が 2 鍵のときと比べて一つ右にずれている理由は、仮にずらさなかった場合、1 鍵打鍵でモード 3 に遷移する場合と、2 鍵同時打鍵でモード 2 に遷移する場合が同じ操作になってしまうからである。

表 2: 横分割入力, 縦分割入力文字コード表

モード 1	なし	7	8	9	10	
1	あ	い	う	え	お	1
1, 2	か	き	く	け	こ	1, 3
2	さ	し	す	せ	そ	3
2, 3	た	ち	つ	て	と	3, 5
3	な	に	ぬ	ね	の	5
3, 4	は	ひ	ふ	へ	ほ	5, 6
4	ま	み	む	め	も	6
4, 5	や	ゆ	よ			6, 8
5	ら	り	る	れ	ろ	8
5, 6	わ	を	ん	濁点	半濁点	8, 10
	なし	2	4	7	9	

モード 2	なし	7	8	9	10	
1	あ	い	う	え	お	1
1, 2	Esc	Tab	Ctrl	Shift	Alt	1, 3
2	IME	Del	PgUp	PgDn	Ins	3
2, 3			つ			3, 5
3	F1	F2	F3	F4	F5	5
3, 4	F6	F7	F8	F9	F10	5, 6
4	F11	F12	Home	End	x	6
4, 5	や	!	ゆ	?	よ	6, 8
5	無変換	PrSc	ScrLk	Pause	_	8
5, 6	x	x	x	x	x	8, 10
	なし	2	4	7	9	

モード 3	なし	7	8	9	10	
1	A	B	C	D	E	1
1, 2	F	G	H	I	J	1, 3
2	K	L	M	N	O	3
3, 3	P	Q	R	S	T	3, 5
3	U	V	W	X	Y	5
3, 4	Z	"	#	\$	%	5, 6
4	&	(	)	@		6
4, 5	1	2	3	4	5	6, 8
5	6	7	8	9	0	8
5, 6	x	x	x	x	x	8, 10
	なし	2	4	7	9	

モード 4	なし	7	8	9	10	
1	a	b	c	d	e	1
1, 2	f	g	h	i	j	1, 3
2	k	l	m	n	o	3
2, 3	p	q	r	s	t	3, 5
3	u	v	w	x	y	5
3, 4	z	-	^	¥	/	5, 6
4	'	=	~	|	x	6
4, 5	[	]	;	:	<	6, 8
5	{	}	+	*	>	8
5, 6	x	x	x	x	x	8, 10
	なし	2	4	7	9	

縦分割入力方式で, ショートカットキーを割り当て可能な鍵は, 鍵番号 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13 の 8 個となる。

2.2.2 左手の入力

前節で述べた文字入力方式は, 各文字に対して使用する鍵が決まっているため, 同じ文字を入力する時には必ず同じ鍵を押すことになる。そのため, 鍵と出力音の対応が固定であると芸術性に乏しい音列となる。

そこで, 文字入力中に弾く鍵から出力される音(以降, 文字入力音)を, 左手で入力する和音(以降, 伴奏)に応じて変えることにした。ユーザが左手で適当に伴奏を行いながら右手入力を行うと, 伴奏を基準に違和感のない音出力される。具体的には, 左手の入力状態から, 伴奏と不協和音にならない音集合を導出し, 右手領域にその音を敷き詰めることで違和感のない文字入力演奏を実現する。

伴奏を文字入力音にマッピングする方法としては以下の 3 つの方式のいずれかを選択的に利用する。

1. ランダム方式

伴奏構成音の中からランダムに選択した音を右手領域に割り当てる。通常の鍵盤楽器は右に行くほど高い音出力されるため, 文字入力領域の右半分では, 選択された音より 1 オクターブ高い音が割り当てる。

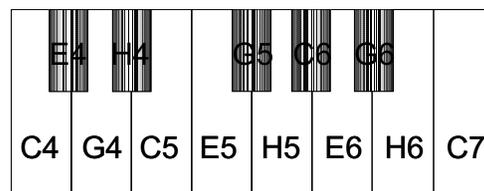


図 4: 直接割当方式-具体例

2. 直接割当方式

直接割当方式では, 以下の流れで文字入力音を設定する。

- 伴奏構成音を文字入力領域の左端の鍵から低い音程順に敷き詰める。
- 各伴奏構成音を配置し終え, かつ文字入力領域に音を未配置の鍵がある場合には, 伴奏構成音を 1 オクターブ高い音に変えて配布する処理を繰り返す。

例えば, 伴奏が C4, E4, G4, H4(Cmaj7) だったときは, 文字入力音は図 4 に示すように設定される。

3. コード推定方式

コード推定方式では, 弾いている伴奏構成音を包含するコードを検索し, 候補となるコード群から 1 つを選んで, そのコード構成音を直接割当方式と同様の方法で敷き詰める。不自然なコード進行にならないようにするため [4, 6],



図 5: 装飾技法

抽出されたコード群を，コード辞書から選択されたコードの調性に基づいて重み付けし，調性が同じコードをなるべく選択するようする．選択されたコードで，直接割当方式と同様に右手領域音をコードの構成音で敷き詰める．

ランダム方式では，ユーザが全く同じ構成音の伴奏を弾いても，文字入力領域の各鍵にはその都度違った音が割り当てられるため，単調にならない．一方，どの様な音が出るのか予想しづらく，演奏をコントロールすることが難しい．直接割当方式は，伴奏構成音が同じであれば，文字入力音はいつも同じ音が割り当てられるため，意図した演奏が可能であるが意外性がない．コード推定方式は，両方式の中間的な特徴をもつ手法であるが，伴奏に用いた音以外の音が出るため意外性のある演奏が可能である．各方式はそれぞれ特徴をもち，どれが最適か決めることは困難であるため，本システムではこれらの方式を選択的に利用できるようにした．

2.3 マウス操作

マウス操作は，現在の GUI(Graphical User Interface) による計算機操作の基本である．ユーザはマウス操作によって，操作対象のポインティングや，プログラムの実行，ファイルの移動など，計算機を利用する上での様々な操作を行うことができる．モバイルクラヴィアでは，マウス操作の基本動作である，マウスポインタの移動，クリックを鍵盤を用いて行えるようにした．これらは，図 5 に示すような鍵盤楽器で頻繁に用いられる装飾技法（トリル，アルペジオなど）[5] を用いて実現した．

まずマウスの移動に関しては，左手領域でマウスポインタの移動方向を指定し，右手領域で移動速度を調節する．移動方向の指定方法を図 6 に示す．これは，左手の小指を C に置き，手のひらが鍵盤の上に自然に広がったときの各指の位置と対応付けられている．斜め方向に移動させたい場合は，上下と

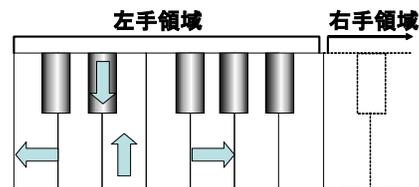


図 6: マウスポインタ移動方向

左右を組み合わせて同時に押せばよい．また，移動速度はトリルを用いて決定する．

クリックは，同じく装飾技法の 1 つであるアルペジオを入力することで行う．アルペジオとは，和音の各音を同時にではなく，下または上から順番に弾くという奏法である．右クリックは，下から上に向かうアルペジオによって，左クリックは上から下に向かうアルペジオによって入力される．

2.4 ウィンドウ操作

メニューやスクロールバーにマウスカーソルをポインティングする操作は細かい作業となるため，前節に述べた方式では困難となる．そこで，前面に表示するウィンドウを切り替える操作や，ウィンドウのスクロール操作など，計算機を扱う上で頻繁に行う操作を行えるようにした．これらの操作もマウス操作同様，装飾技法の入力によって行う．

ウィンドウの切り替えには，ターンを用いる．ターンとは，2 度上（下）にいったり戻り，2 度下（上）にいったり戻るように演奏するという意味である．ターンには，最初に下方向に進行する場合と上方向に進行する場合のように，回転する向きにより 2 種類存在する．上方向に進行するターン入力は，ウィンドウズのショートカットである Alt+Tab と，下方向は，Shift+Alt+Tab と同じ動作をする．このようにタスクバーに表示されている起動中のプログラムを切り替えることができる．



図 7: 利用状況

また、ウィンドウのスクロール操作には、モルデントを用いる。モルデントとは、2度上(下)にいった戻るという意味である。モルデントの上下方向とスクロールの上下方向が対応している。

3 システムの実装

以上に述べたモバイルクラヴィーアのプロトタイプシステムを実装した。開発は Windows XP 上で Microsoft Visual C++ 6.0 を用いて行った。プロトタイプシステムを用いて PC の操作を行っている様子を図 7 に示す。また、ウェアラブルコンピュータを装着した 2 人のユーザが本システムを用いてチャットしている様子を図 8 に示す。チャットはそれぞれのユーザが交互に文字入力を行うため、周囲の人から見れば、あたかもかけ合い演奏しているように見える。伴奏をうまく用いることで、嬉しい・楽しいといった気持ちを表現するために、ポップなコード進行やリズムを展開したり、寂しい・悲しいといった気持ちを伝えたいときは、マイナー調の演奏とするなどチャットに感情を含めることが可能になる。その他にも、ウィンドウ操作などの PC 操作自体をショー形式で見せるなどの応用が考えられる。

4 おわりに

本研究では、持ち運び可能な小型鍵盤を用いた PC 用入力システムであるモバイルクラヴィーアについて述べた。モバイルクラヴィーアは入力インターフェースであると同時に楽器でもあるため、文字入力中でも華麗に演奏できることを考慮して設計を行った。本システムを用いることで、いつでもどこでも、あたかも演奏しているかのような PC 操作が



図 8: チャットでの利用

行えるようになる。

今後の課題としては、提案した入力方式の評価が挙げられる。提案手法は入力効率だけを追求したものではないため、評価を行うことは難しいが、ユーザへのアンケート評価等も含めてシステムの評価を行う必要がある。また、今回文字入力に関しては芸術性向上のための工夫を行ったが、今後はマウス操作やウィンドウ操作を含め、さらなる芸術性の向上を行う予定である。さらに、鍵盤だけでなく、ギターやバイオリン、マラカスなどさまざまな楽器を用いて同様のインターフェースを構築していく予定である。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 塚本昌彦: “PocketMusician: 両手入力による携帯型コード演奏システム,” 情報処理学会研究報告(音楽情報科学研究会 2001-MUS-40), Vol. 2001, No. 3, pp. 15-20 (May 2001).
- [2] 寺田努, 塚本昌彦, 西尾章治郎: “二つの PDA を用いた携帯型エレキベースの設計と実装,” 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 2, pp. 266-275 (Feb 2003).
- [3] 多田幸生, 西本一志, 前川督雄, 間瀬健二, 中津良平: “人や場を演出する音楽創奏システムの提案,” 情報処理学会研究報告(音楽情報科学研究会 2000-MUS-37), Vol. 2000, No. 1, pp. 1-8 (Oct 2000).
- [4] 外崎幹二, 島岡譲: “和声の原理と実習,” 音楽之友 (1996).
- [5] 石桁真礼生, 丸太昭三, 末吉保雄, 飯田隆, 飯沼信義: “楽典 理論と自習,” 音楽之友 (1994).
- [6] 池本武, 田村徹, 中川洵: “受験生のための和声聴音,” 全音楽譜出版社 (2002).