

## 2つのPDAを用いた携帯型エレキベースの設計と実装

寺田 努<sup>†</sup> 塚本 昌彦<sup>††</sup> 西尾 章治郎<sup>††</sup>

近年のモバイルコンピューティング技術の発展により、ユーザは自分用のPDA (Personal Digital Assistant) を持ち歩くようになった。PDAの用途は多岐にわたり、特に今後は音楽を中心としたエンターテインメント利用の重要性が高まると予想される。しかし、現在の音楽アプリケーションは基本的に聴くだけのものが多く、演奏を楽しんだり周りの音楽に参加したりするといった能動的なものがほとんど存在していなかった。そこで、筆者らの研究グループでは、PDAを用いて場所を問わずに気軽に音楽演奏を楽しむためのモバイル楽器に関する研究を進めている。本稿ではそのようなモバイル楽器の1つであるDoublePad/Bassを構築することを目的とする。DoublePad/Bassはタッチパネル式のPDAを2つ用いたシステムで、それぞれのPDAを左右の手の入力に割り当てることでエレクトリックベースの奏法を想定した入力方法を実現している。したがって、本物のベースを演奏できる人が場所を問わずにその腕前を披露できる。また、楽器初心者でもある程度の演奏ができるように簡易演奏モードを用意している。本システムを用いることでいつでもどこでも気軽に演奏でき、同じように演奏をしている人たちとのコラボレーションも可能となる。

### Design and Implementation of a Portable Electric Bass Using Two PDAs

Tsutomu Terada,<sup>†</sup> Masahiko Tsukamoto<sup>††</sup> and Shojiro Nishio<sup>††</sup>

As a result of advancement in mobile computing technologies, it becomes common for users to carry a PDA (Personal Digital Assistant) with them wherever they go. PDAs can be used for various purposes, and applications for entertainment, especially those centering on music, are expected to gain more importance. However, most current mobile applications only allow users to listen to music and there are few applications that enable users to enjoy and participate in playing music. Therefore, our research group proposes mobile electronic musical instruments to enable users to enjoy playing music anywhere. In this paper, the goal of our study is to construct the DoublePad/Bass as such a mobile musical instrument. The DoublePad/Bass uses two PDAs with a touch panel display, and realizes the input by allocating two PDAs for inputs at each hand like playing an electric bass. Thus, musicians who can play an electric bass can also play the DoublePad/Bass with little practice. Moreover, the system provides a simple playing mode for users who are not familiar with playing music to enable them to play music easily. Using this system, users can play music no matter where they are, by themselves or by collaborating with others.

#### 1. はじめに

近年のモバイルコンピューティング技術の発展により、ユーザは携帯電話や携帯型ゲーム機など小型の携帯端末を持ち歩くようになった。特に最近ではSONY社のCLIEやHandspring社のVISOR、HP社のiPAQ、カシオ社のCASSIOPEIAなど、キーボードを持たず、タッチパネル式の小型ディスプレイを備

えたPDA (Personal Digital Assistant) が普及しており、これらの端末を屋外で利用する状況は一般的になっている。このようなPDAの普及に応じて、その用途も多岐にわたるようになってきた。従来、PDAはスケジュール管理やアドレス帳など、主にシステム手帳の置き換えとして使われていたが、マルチメディア機能の搭載により、ゲーム・音楽鑑賞などの用途に用いられるようになった。今後は特にエンターテインメント系のアプリケーションの重要性が高まってくると考えられる<sup>11)</sup>。このようなアプリケーションを音楽という分野で見た場合、音楽を「聴く」だけのものがほとんどであり、演奏を楽しむ、周りの音楽に参加するといったように、音楽を能動的に楽しむためのアプリ

<sup>†</sup> 大阪大学サイバーメディアセンター  
Cybermedia Center, Osaka University

<sup>††</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology,  
Osaka University

ケーションがほとんどないのが現状である。

一方、ゲームセンターなどのアミューズメント施設では、能動的に音楽を楽しめる音楽系ゲームが流行している。コナミの「ビートマニア」に始まったこの流行は、同社の「ダンスダンスレボリューション」、「ギターフリークス」、「ドラムマニア」、「キーボードマニア」などの一連のゲームによって1つの大きなジャンルを築いた。これらのゲームは、ゲームマニアだけでなく、該当する楽器の演奏を得意とするミュージシャンをもゲームセンターに取り込むほどの流行を見せた。実際、ドラムマニアやキーボードマニアはそれぞれドラムやキーボードの演奏方法がほぼそのまま取り入れられており、得意とする楽器の腕前を一般に披露する機会を与えている。また、これらのゲームは複数人でのプレイが可能であり、音楽的なコラボレーション(セッション)の場を提供する役割を持っている。このように、能動的に音楽を楽しみ、人に演奏を披露し、さらに他人と音楽でコラボレーションしたいという要求は非常に高くなっているが、現状では限られた場所ではかこのような機会が与えられていない。

そこで、本研究ではユーザが携帯端末を用いていつでもどこでも音楽を楽しみ、音楽に参加できるようなモバイル楽器の実現を目的とする。本研究で構築したモバイル楽器である DoublePad/Bass は、タッチパネル式のPDAを2個用いて両手入力により演奏を行うソフトウェアである。エレクトリックベースの奏法を想定し、左手により音程を決め、右手により発音するようになっているため、本物のベースを演奏できる人が場所を問わずに腕前を披露できる。また、ハンマリングやスライドといった演奏技術をタッチパネル上で実現する仕組みを提供し、練習により高度な演奏が行えるようにした。さらに、楽器演奏の初心者でもある程度の演奏が行えるように、簡易演奏モードを用意した。

以下、2章ではモバイル楽器の概要を説明し、3章では本研究で構築する DoublePad/Bass について述べる。4章では設計について述べ、5章でプロトタイプシステムの実装について説明する。6章で本システムの考察を行い、最後に7章で本研究のまとめを行う。

## 2. モバイル楽器の実現

1章で述べた携帯型楽器への要求に対し、筆者らの研究グループではPDAを用いたモバイル楽器の研究開発を行っており、エレクトリックベース、ドラム、ギター、コード楽器など多数のプロトタイプを設計・実装している。これらのモバイル楽器を用いれば、図1



図1 モバイル楽器を用いたバンド演奏

Fig. 1 Performance with mobile musical instruments.



図2 披露宴での実演の様子

Fig. 2 Performance in wedding ceremony.

に示すようなモバイル楽器だけを用いたバンド演奏が可能となり、筆者らは学会会場や結婚式場などさまざまな場所において演奏を行ってきた(図2)。

モバイル楽器の開発コンセプトは、特殊な機器の製作や利用を行わず、PDAや携帯端末だけで楽器を構築することである。複雑な機能は、補助機器を用いるのではなく、PDAの数を増やすことで実現する。このコンセプトに基づいて楽器を構築することで、開発した楽器は次の特徴を持つ。

デバイスの汎用性: 特定の目的にしか使えない機材をつねに持ち歩くことはユーザへの負担が大きい。提案するモバイル楽器は特殊なデバイスを利用しないため、専用の機材を持ち歩かなくてよい。

ソフトウェアの汎用性: モバイル楽器は複数のPDAを用いる場合があるため演奏したいときにPDAが足りないという問題を生じる可能性があるが、メモリカードなどに楽器のプログラムを格納しておけば、その場にあるPDAや、その場に人に借りたPDAにソフトウェアをインストールすることで解決できる。さらに、PDAの台数によってプログラムを変えるなど、柔軟な楽器が実現で

きる。

また、楽器のバージョンアップはソフトウェアの更新のみで済む。補助デバイスを用いた場合、ハードウェアのバージョンアップには大きな労力・資金・時間が必要となる。

他のシステムへの適用：筆者らの研究グループでは、2つのPDAを用いた文字入力ソフトウェアなど、複数PDAを用いたシステムを開発している。モバイル楽器はプログラムを切り替えることでそのような音楽以外のシステムへの転用も容易である。コラボレーションの容易さ：ソフトウェア・ハードウェアが汎用性を持つため、たまたまそこにいる人たちが持つ機器の組合せでバンドが結成でき、街中でのコラボレーションの機会が増加する。

見た目のインパクト：専用の機器を用いた楽器に比べて、それまで使っていたPDAが突然楽器に変わることのインパクトは大きい。特に複数のPDAを組み合わせる場合の見た目のインパクトは、演奏のかわっよさにつながる重要なポイントである。

このように、デバイスの楽器化が容易であり、見た目のインパクトも大きいことから、モバイル楽器が一般に広まる可能性は高いと思われる。モバイル楽器が普及することで、つらい満員電車や退屈なドライブ、食事や掃除、ジョギングなど日々の生活を音楽によって豊かにする世界が実現できる。

### 3. DoublePad/Bassの概要

一般に、楽器には両手を利用して演奏するものが多い。したがって、左右の手にそれぞれPDAを割り当て、対象とする楽器に似せたインタフェースを提供することで、仮想的にその楽器が実現できる。このように左右の手にタッチパネル式のPDAを割り当てたシステムをDoublePadと呼ぶ。本研究では、DoublePadの仕組みを用いてエレクトリックベースを再現したDoublePad/Bassを実現したが、同様のコンセプトでギター、ピアノ、マラカス、バイオリン、三味線、アコーディオンなどさまざまな楽器が実現できると考えられる。

DoublePad/Bassは1章で述べたモバイル楽器の特徴に加え、以下の利点を備える。

#### (1) 演奏者の演奏が視覚的に理解できる。

「自分のかわっいい演奏を他人に見てもらおう」ということは、演奏を楽しむにあたって非常に重要な要素である。一般に携帯端末による演奏を考えた場合、両手が1つの携帯端末に固定されてしまうため、ダ

イナミックな動きをするなどより演奏に没入するための要素が少ない。これに対し、DoublePad/Bassでは左右の手にそれぞれのPDAが割り当てられているため、自由なアクションが行える。たとえば実際のベースと同様のスタイルで演奏することで、見物人は演奏者が何を演奏しているのかが視覚的に理解できる。もちろんオリジナルなスタイルで演奏して自己を表現することも可能である。

#### (2) 演奏に技術が必要。

だれでも容易に演奏できる楽器では、手軽に演奏できるというメリットがあるものの、上達の楽しみや他人に披露したときの嬉しさが少ない。したがって、単純な演奏はだれでもできるが、練習して技術を身に付けることで高度な演奏が行えるようなシステムが望ましい。DoublePad/Bassでは、実際にエレクトリックベースの演奏において頻繁に用いられるハンマリングオン、プリングオフ、チョーキングといった演奏技術と同様の動作をPDA上で行うことで、同じ演奏効果を得られるようにしている。この機能により、実際の楽器で習得した技術を持っている人はより高度な演奏が行えるようになる。逆に、本システムを用いて習得した技術を実際の楽器に適用できる。

### 4. システムの設計

本章ではDoublePad/Bassの設計について述べる。DoublePad/Bassは2つのPDAを連携動作させた楽器であるため、両手入力の方法・両PDA間の通信方式・発音の方法などの設計が重要になる。また、前章で述べたように、演奏技術の再現方式も検討課題となる。以下、それぞれの設計について詳しく説明する。

#### 4.1 入力方式

DoublePad/Bassの概要を図3に示す。それぞれの画面は実際のエレクトリックベースを模して作成されており、図3左に示す右手用の画面では4本の横線がそれぞれの弦を表している。音を鳴らすためには、図4に示すように、弦上を通過するように指を動かせばよい。

図3右に示す左手用の画面では、横線がそれぞれの弦を表し、縦線が音程を分けるフレットを表している。実際のベースと同様に、フレットで区切られた弦上を押さえることによって音程が決定される。押さえていた指を浮かした場合は、ミュート操作であると判断してその押さえていた弦が発する音を止める。PDAでは同時に1点の入力しか受け付けられないが、実際にベースを弾く場合、左手は複数の指が同時に違う

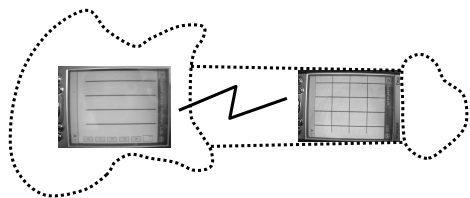


図3 DoublePad/Bassの概要  
Fig. 3 Basic concept of the DoublePad/Bass.

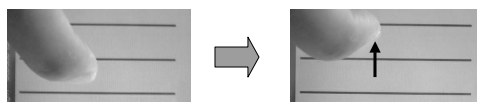


図4 右手の発音操作  
Fig. 4 Operation of the right hand.

表1 両PDA間の通信方式

Table 1 Communication methods between two PDAs.

方式	発音	情報集約
方式1(左→右)	右	右
方式2(右→左)	左	左
方式3(右→左→右)	右	左
方式4(右→左, 左→右)	右	右

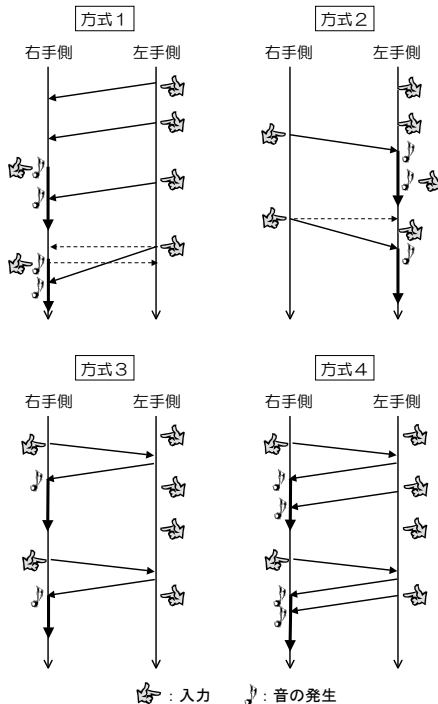


図5 各方式の処理の流れ  
Fig. 5 Flow diagram of each method.

フレットを押さえる場合が多く、演奏技術を再現する場合も複数点入力を前提とするものが多い。そこで、本研究では入力の際に擬似的に複数点入力を再現する仕組みを提供している。複数点入力の詳細については4.3節で述べる。

#### 4.2 通信方式

前節で述べたように、DoublePad/Bassは左手側で音程を決定し、右手側で発音操作を行う。そのため、両PDAはリアルタイムで連携動作させる必要がある。音を実際に発するPDAをどちらにするか、どちら側で左右の情報を統合するかによっていくつかの通信方式が考えられるが、DoublePad/Bassではそれらの通信方式を選択的に利用できるようにしている。DoublePad/Bassで利用可能な通信方式を表1に示す。

方式1と2はどちらかの情報を相手側に一方的に送りつけるシンプルな方法である。方式1では、左手の情報を絶えず右手に送り、右手が弦を弾く動作により右手側で音を出す。この方法は、右手の動作に瞬時的に対応して発音できるため、音を出す操作から実際に発音されるまでの遅延はほとんどない。しかし、左手の情報をつねに送りつづけているためにデータトラフィックが多くなり、また、通信に遅延が生じた場合に、意図した音程と異なる音程の音を出す可能性がある。方式2では、右手側の弾いた弦の情報を左手側に送信し、左手側で音を出す。この方法は、発音した

後の押弦操作(スライドやハンマリングなど)に瞬時に反応できるという特徴があるが、通信に遅延が生じた場合には発音自体が遅れてしまうという致命的な問題を生じる。また、実際のエレクトリックベースでは、右手で弾くとその右手の部分が大きく振動して音を出すのが、方式2では右手で弾いたものが左手側で鳴ってしまうため、違和感を生じる可能性がある。

方式3はその違和感を取り除くための方式で、右手で弾いた情報を左手側に送信し、さらに左手側はどの音を出すべきかという情報を右手側に返信する。こうすることで、右手で弾いた音を右側で鳴らすことができ、トラフィック量も抑えられるが、通信遅延は2倍になり、音が鳴っている間の左手の操作も無視される。方式4は方式3の操作に加えて、音が鳴っている間は左手側の押弦情報をつねに右手側に送信する。したがって、音が鳴っている間も左手の情報は右手に伝えられる。各方式の処理の流れを図5に示す。

右手側の入力に関する情報はどの弦が弾かれたかという情報のみであり、発生頻度も音を発生させるときおよびミュートのときのみである。一方、左手側の情報はユーザが押さえた弦の位置を動かすたびに変化し、1つの音が鳴っている間にも頻繁に変化すると考えら

表 2 奏法と演奏技術  
Table 2 Available techniques on the DoublePad/Bass.

奏法	2フィンガー 1フィンガー スラッピング	人差し指と中指を交互に使うって弦を弾いて音を出す 親指を使って弦を弾いて音を出す 親指を弦に叩きつけることでアタックの強い音を出す
演奏技術	ハンマリングオン プリングオフ スライド チョーキング	音を鳴らしている状態で、それより高い音のフレットに指をたたきつけることによって音高を変化させる 2つのフレットを押さえて音を鳴らしている状態から、1つの指を勢いよく離すことで音高を変化させる 1つのフレットを押さえて音を鳴らした状態で、左手を押さえたまま弦に沿って動かし音高を変化させる 1つのフレットを押さえて音を鳴らした状態で、弦を上または下方向にずらすことで音高を変化させる

れる．また、座標データを送信するため1情報のデータ量も右手側に比べて大きくなる．したがって、トラフィック量を低く抑えたい場合は方式2または方式3が有効である．また、右側のPDAから音が出てほしい場合は方式1, 3, 4のいずれかを利用することになる．通信遅延が大きい場合、音の発生のレスポンスを重視する場合は方式1、左手の操作のレスポンスを重視する場合は方式2が有効となる．細かな演奏技術を再現したい場合は方式1, 2, 4のいずれかを用いることになる．

このように、想定する環境や目的に応じて最適な通信方式は変化するため、DoublePad/Bassでは状況に応じて通信方式を切り替えられるようにした．

#### 4.3 演奏技術の再現

本節では、DoublePad/Bassにおいてエレキベースの入力インタフェースを再現する方法について述べる．一般に、エレキベースでは左手によるいくつかの演奏技術が頻繁に用いられる．また、右手のピッキングに関してもいくつかの奏法が存在する．DoublePad/Bassで利用できる奏法および演奏技術を表2に示す．

これらの演奏技術の中にはPDA上での複数点入力を要求するものがあるが、一般にPDAは同時複数点入力に対応していない．そこで本プロトタイプシステムでは、文献12)に示されているように、PDAで複数点の入力が行われたときにはその中心座標が検出されるという特徴に基づき、DoublePad/Bass上での複数点入力を実現している．複数点入力を用いた場合の各演奏技術の入力方法は図6～図9に示すようになる．右手に関しては、指弾きを行う場合は他の指が補助的に使用されることから、複数点入力を用いて奏法の判別を行う．各奏法の入力方法を図10～図12に示す．

複数点入力を許すことで右手と左手にさまざまな状態が存在し、両PDAに対する入力によってその状態および音の出力は複雑に変化する．そこで、本システムにおける右手側・左手側の状態を、現在同時に押下されている点数、現在音を発しているかどうかに基づいて複数の状態に分類し、入力によって状態がどのよ

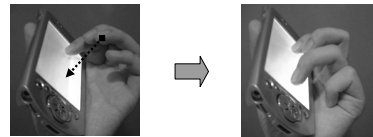


図6 ハンマリング・オン  
Fig. 6 Hammering-on.

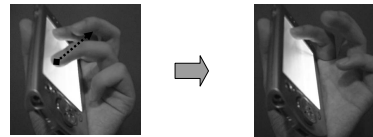


図7 プリング・オフ  
Fig. 7 Pulling-off.

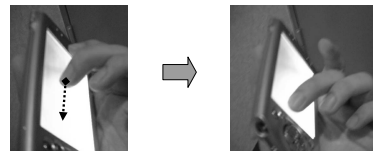


図8 スライド  
Fig. 8 Slide.

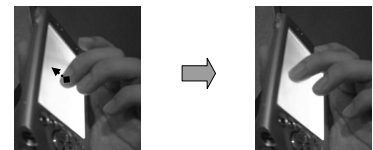


図9 チョーキング  
Fig. 9 Choking.

うに変化するかを明らかにした．結果を表3、表4に示す．

表3は右手側の状態変化を表す．「押下0」とは、現在押下されている点の数が0であることを表す．また、PMは奏法判定用の変数である．「右Down」とは端末の画面を指で押さえることを表し、「右Up」は押さえていた指を離す操作を表す．「右Drag」は、画面を押さえたまま弦を横切るように指を動かす操作を表す．「1-A」のように状態名が記されている部分は、その状態に変化することを表す．

表より、1点も押されていない状態で弦上が押さえられた場合、スラッピングであると判断して音を発す

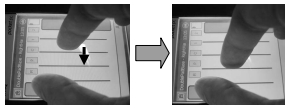


図 10 2フィンガー  
Fig. 10 Two-finger.

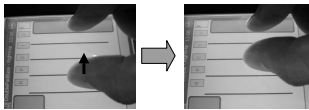


図 11 1フィンガー  
Fig. 11 One-finger.

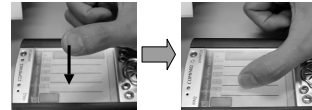


図 12 スラッピング  
Fig. 12 Slapping.

ることが分かる。また、フィンガーレスト領域に指が置かれ、その上で2点目の入力ドラッグにより弦上を通過した場合は指弾きであると判断して音を発する。2点が同時にフィンガーレスト上に置かれるなど不正な入力があった場合にはエラーとなり、状態が0-Aに戻るまでエラーは回復しない。

表4は左手の状態変化を表す。左手は押下されている点の数に加えて、現在音が出ているかどうかによ

表 3 右手の状態とイベントに対する状態変化

Table 3 State change by a right-hand state and an event.

Event	State (初期状態: 0-A, PM=0)		
	0-A (押下0)	1-A (押下1)	2-A (押下2)
右 Down (フィンガーレスト1)	PM = 1 1-A	PM = 3 2-A	-
右 Down (フィンガーレスト2)	PM = 2 1-A	PM = 3 2-A	-
右 Down (その他)	弦上かつ PM = 0 なら発音 1-A	PM = 0 なら PM = 3 2-A	-
右 Up	-	PM = 0 0-A	1-A
右 Drag	-	1-A	PM = 1 または 2 なら発音 2-A

PM = 0: スラッピング, PM = 1: 2フィンガー, PM = 2: 1フィンガー, PM = 3: ERROR

表 4 左手の状態とイベントに対する状態変化

Table 4 State change by a left-hand state and an event.

Event	State (初期状態: 0-B)					
	0-B (押下0音無)	0-C (押下0音有)	1-B (押下1音無)	1-C (押下1音有)	2-B (押下2音無)	2-C (押下2音有)
左 Down	1-B	対象弦なら発音 (ハンマリング) 1-C	2-B	対象弦なら発音 (ハンマリング) 2-C	-	-
左 Up	-	-	0-B	対象弦なら発音 (プリング) 0-C	1-B	対象弦なら発音 (プリング) 1-C
左 Slide	-	-	1-B	対象弦なら発音 (スライド) 1-C	2-B	対象弦なら発音 (スライド) 2-C
左 Choke	-	-	1-B	対象弦なら発音 (チョーキング) 1-C	2-B	対象弦なら発音 (チョーキング) 2-C
右発音	発音 (PM) 0-C	発音 (PM) 0-C	発音 (PM) 1-C	発音 (PM) 1-C	発音 (PM) 2-C	発音 (PM) 2-C
右 Mute	0-B	0-B	1-B	1-B	2-B	2-B
Timeout	0-B	0-B	1-B	1-B	2-B	2-B



図 13 プロトタイプシステム  
Fig. 13 A prototype system.



図 14 利用状況  
Fig. 14 Playing music with the DoublePad/Bass.

て状態を分けている。「対象弦」とは、現在音を発している弦を意味する。「Timeout」とは、発している音が減衰して消えてしまったことを示す。

表より、音が鳴っている状態で対象弦に 2 点目の入力があったときはハンマリング操作と判断され、対象弦でなければ弦の押下状態が変化するだけで音自体は変化しない。同様に、弦を押さえていてその弦の音が鳴っている状態で、押さえている指を離せばプリングになる。

## 5. プロトタイプシステムの実装

以上に述べた DoublePad/Bass のプロトタイプシステムを実装した。プロトタイプシステム (LAN 接続タイプ) を図 13 に、利用図を図 14 に示す。それぞれの PDA には、Microsoft 社の WindowsCE3.0 を搭載した PocketPC 端末を用い、開発は Windows2000 上で eMbedded Visual Tools3.0 を用いて行った。音源としては実際のエレキベースの音をサンプリングした複数の WAV ファイルを用いた。

両 PDA 間の通信デバイスとしてはシリアルケーブル、有線 LAN、無線 LAN の 3 パターンを実装した。実際に使用してみたところ、有線 LAN、無線 LAN ではコマ数秒程度の遅延が発生して演奏に支障をきたしたが、シリアル通信ではほぼ遅延がなくスムーズに演奏できた。LAN を用いた際に起きる遅延の理由は明らかになっていないが、通信バッファの存在が 1 つの要因となっていると考えられる。通信部分の改良は今後の課題である。

また、本プロトタイプシステムはいくつかの簡易演奏モードをサポートし、演奏初心者でもある程度の演奏を可能にしている。簡易モードとして弦上に音名ガイドをつけるガイドモード、および音名をクリックして選択するシンプルモードを実装した。それぞれの画

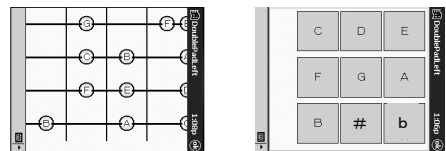


図 15 ガイドモードとシンプルモード  
Fig. 15 The guided mode and the simple mode.

面を図 15 に示す。これらの入力方法より演奏が容易になると考えられるが、評価に関しては今後の課題である。

## 6. 考 察

6.1 画面レイアウトとフレット移動方式について  
エレキベースにおいて、左手は一般に 20 以上のフレットをカバーする。PDA では 1 画面に表示できる情報が限られているため、何らかの方法で表示を切り替える必要がある。本プロトタイプでは PDA に装備されている 4 つのボタンを操作することにより表示する位置を切り替えているが、この方法では演奏者にも視聴者にもどの位置をいま弾いているのかが伝わらない。さらに、演奏中にボタンを押す操作は滑らかな演奏の妨げになる。フレット移動方式の改良は今後の課題であるが、以下のような方式が考えられる。

- ジョグダイヤルを利用する。ボタン操作よりは直感的に操作できるが、視覚的に伝わらないという問題は解決されない。
- レールなどの補助具を用いる。レールにトラックボールのような入力機器を備えておき、ユーザが左手を動かしたときに自動的にフレットも移動するようにする。この方式ではフレット移動のための入力操作が必要でなく、視覚的にも位置が把握できるという利点があるが、補助具を持ち歩くのは手軽な演奏という前提に反する。

- 位置取得デバイスを用いる．センサなどの入力機器を用いて，右手デバイスと左手デバイスの距離の差を取得する．この方式は視覚的に位置が把握でき，手軽さも失われぬという利点があるが，精度良く位置を検出できる位置取得デバイスを用意する必要がある．

また，現在のプロトタイプシステムでは，画面内に一度に表示するフレット数を4つとしている．4つ以下にすると，1画面内で押せない音名が存在してしまい，フレットのスクロールを利用する頻度が高くなってしまふ．また，1画面に表示するフレット数を多くしすぎるとフレットの間隔が狭まって演奏しにくくなる．適度なフレット間隔の設定および状況に応じたフレット間隔の変化の実現などは今後の課題である．

### 6.2 特殊なデバイスの使用について

モバイル楽器の設計コンセプトは特殊な機器を用いないことであり，このコンセプトによりさまざまな利点が生じることは2章で述べた．しかし，前節で述べたように，センサやレールなどの機器を用いることで直感的なフレット移動が実現できる．また，左手デバイスにPDAを用いる代わりに，複数のタッチセンサを備えた専用デバイスを用いれば複数点同時入力の問題が解決できる．このように，PDA以外のデバイスを補助的に用いることでモバイル楽器の使いやすさおよび完成度が高まる場合があるが，モバイル楽器においては，特殊なデバイスを利用することによる使いやすさの向上とPDAのみで実現することによる汎用性の向上はトレードオフの関係にある．本研究では汎用性を優先したため特殊なデバイスを用いていないが，新たな楽器設計や今後の拡張の際には特殊デバイスの使用に関して慎重な検討を行う必要がある．

### 6.3 モバイル楽器の演奏方法の設計について

新たな楽器の構築において，演奏方法の設計は楽器の特性を決定づける重要な要素である．演奏方法の設計方針としては一般に次の2つが考えられる．

- まったく新しい演奏方法を考える．
- 既存の楽器の演奏方法を継承する．

前者の方針は，デバイスに最適な入力インタフェースが採用でき，既存の楽器で実現できない新たな表現が可能になるという利点がある．しかし，DoublePad/Bassの大きな目的である演奏の視覚的理解および見た目のカッコよさを考えた場合，構築する楽器が既存の楽器に似ていることが大きなポイントとなる．3章で述べたように，既存の楽器に似た奏法で演奏している方が聴衆はそのカッコよさを受け入れやすい．また，モバイル楽器が既存の楽器の演奏方法を継承していれば，

実際の楽器をカッコよく弾く方法を身につけている人がモバイル楽器を演奏する際にそのカッコよさも含めて再現できる．演奏者にとっても，いきなり新しい奏法を習得するより，既存の楽器の模倣から始めるほうが，すでに持っている知識を利用できるという点で奏法習得のコストが低い．

これらの理由から，筆者らはモバイル楽器の演奏方法を後者の方針に基づいて開発しているが，既存楽器の演奏方法を継承したうえで，さらにデバイスの特性を考慮した新たな演奏方法を実現することが最も有効であり，DoublePad/Bassに関してこの方針で今後の拡張を進める予定である．

### 6.4 関連研究

新しい電子楽器を作り出す試みは，製品としても研究としても多数行われている．新たな電子楽器としては，従来の楽器を電子デバイスを用いて拡張したものと新しいセンサやデザインによるそれまでになかったものの2つのパターンに分類される<sup>14)</sup>．前者の例として，MIDIギターやEZ-SG<sup>2)</sup>，Cyber尺八<sup>15)</sup>などがある．EZ-SGは各フレットに光スイッチを採用した電子ギターで，コードのナビゲートや半自動演奏を可能にしている．Cyber尺八は尺八にセンサを搭載することで尺八演奏者の状態を出力し，尺八のインタフェースで電子楽器の演奏を可能にしたシステムである．これらの新楽器は，楽器に電子デバイスを付加してより高機能にすることが目的である．DoublePad/Bassでは，楽器を持ち歩かなくても演奏できることが目的であるため，これらの楽器のように小型化・持ち歩きのための工夫がされていないものとは目的が異なる．後者の例としては，テルミンやBioMuse<sup>9)</sup>，MiniBioMuseIII<sup>13)</sup>，GraspMIDI<sup>8)</sup>などがある．BioMuseやMiniBioMuseIIIは，筋電センサを用いることで筋電をMIDI信号に変換する楽器である．GraspMIDIはデータグローブと圧力センサを用いて，手のジェスチャと握力をMIDI信号に変換する．これらの楽器は各種のセンサを用いてさまざまな情報を抽出し，従来の楽器では表現できなかった演奏を可能にしているが，さまざまな専用の機器を必要とし，また演奏技術の習得も大変困難であるため，普段の生活に気軽に音楽演奏や他人との音楽的コラボレーションを取り入れることを目的とするDoublePad/Bassとは異なる．

身につけて演奏を行う新たな電子楽器としては，MIBURI<sup>1)</sup>，BODY CODER<sup>6)</sup>，Musical Jacket<sup>5)</sup>，CosTune<sup>7)</sup>などがある．これらは身につける楽器であるため，屋外でコラボレーションを行うとう目的に適



しているが、MIBURI や BODY CODER は据え置き  
の機器が必要であるため実際に屋外で使用するの  
は困難である。また、Musical Jacket は服に楽器の機能  
を縫いこんだものであり、単純な機能しか持ってい  
ない。CosTune はジャケット型や腕輪型などさま  
ざまな機器を身につけて演奏を行い、他人とのコ  
ラボレーションを容易にするネットワーク機能も備  
えているため、DoublePad/Bass の大きな目的  
であるいつでもどこでも他人とのコラボレーシ  
ョンを行うという目的を達成している。しかし、  
CosTune は専用の機器を必要とし、ネットワ  
ーク環境も必要とするため手軽に利用されるた  
めにはこれらの問題点を解決する必要がある。

DoublePad/Bass と同様に、普段持ち歩く機  
器を楽器として転用する例として、PocketMusician<sup>10)</sup>  
やゲームボーイミュージック(仮称)<sup>1)</sup>がある。こ  
れらの楽器は、普段持ち歩くゲーム機がそのま  
ま楽器となり、いつでもどこでも演奏したいと  
きに演奏できるという特徴を持っているが、基  
本的にはボタンを押すことで割り当てられた音  
を発生しているだけであるため、技術を人に披  
露することが困難である。また、小さな端末で  
両手入力を行うため、大きなアクションをとり  
ながら演奏することが難しいという意味でパフ  
ォーマンス性に欠く。

## 7. おわりに

本研究では、2つのPDAを用いて両手入力を行  
うモバイル楽器であるDoublePad/Bassについて述  
べた。DoublePad/Bassは左右の手にそれぞれの  
PDAを割り当てて演奏するため、現実の楽器に  
似た奏法、パフォーマンスを実現している。本シ  
ステムを用いることで、いつでもどこでも気軽  
に演奏でき、同じように演奏している人たちと  
気軽にコラボレーションできる。屋外で道行く  
人たちと即興演奏を行う本システムのようなア  
プリケーションは、今後のモバイルアプリケー  
ションの大きな柱となる可能性を秘めている。

今後の課題については5章でいくつか述べてい  
るが、それ以外にも以下のような検討課題が存  
在する。

- 各入力方式におけるトラフィックや遅延の評  
価。
- 簡易モードの有効性の評価。
- MIDIなど他の音源への対応。
- 娯楽性の付加。
- 両手入力にさらに足など他の入力の追加。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省振興調整費  
「モバイル環境向P2P型情報共有基盤の確立」お  
よび、文部科学省21世紀COEプログラム(研究  
拠点形成費補助金)の研究助成によるものであ  
る。ここに記して

深謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) MIBURI ホームページ .  
<http://www.yamaha.co.jp/news/1996/96041001.html>
- 2) YAMAHA EZ-SG ホームページ .  
<http://www.music-eclub.com/ez-eg/ez-eg.php3>
- 3) 西尾研究室モバイル音楽研究チームホーム  
ページ . <http://www-nishio.ise.eng.osaka-u.ac.jp/tresearch/music/index.html>
- 4) 任天堂ゲームボーイミュージックプレスリ  
リース . <http://www.nintendo.co.jp/n10/news/010329a.html>
- 5) MIT Media Lab Musical Jacket Project Home  
Page. <http://www.media.mit.edu/hyperins/levis/>
- 6) Bromwich, M.A. and Wilson, J.A.: 'BODY-  
CODER': A Sensor Suit and Vocal Perfor  
mance Mechanism for Real-time Perfor  
mance, *International Computer Music Confer  
ence 1998*, pp.292-295 (1998).
- 7) Nishimoto, K., Maekawa, T., Tada, Y., Mase,  
K. and Nakatsu, R.: Networked Wearable Mus  
ical Instruments Will Bring A New Musical  
Culture, *Proc. 5th International Symposium on  
Wearable Computers (ISWC2001)*, pp.55-62  
(2001).
- 8) Sawada, H. and Hashimoto, S.: Sound in  
Hands — A Sound Modifier Using Datagloves  
and Twiddle Interface, *International Computer  
Music Conference*, pp.309-312 (1997).
- 9) Tanaka, A.: Musical Issues in Using Interac  
tive Instrument Technology with Application  
to the BioMuse, *International Computer Mu  
sic Conference* (1993).
- 10) 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 (2001).
- 11) 塚本昌彦: モバイル・マルチメディアが変  
えるインタラクティブ音楽新世紀宣言, NTT  
コンピュータ音楽シンポジウムII(招待講演),  
pp.3-9 (2001).
- 12) 松下伸行, 綾塚祐二, 暦本純一: Dual Touch:  
ペン型PDAのための新しい操作手法, 日本ソ  
フトウェア科学会 WISS'99, pp.23-32 (1999).
- 13) 長嶋洋一: 新・筋電センサ'MiniBioMuse-III'  
とその情報処理, 情報処理学会研究報告(2001-  
MUS-41), Vol.2001, No.82, pp.1-8 (2001).
- 14) 長嶋洋一: 「サイバー楽器」のシステムデザ  
インについて, 第60回情報処理学会全国大会  
講演論文集2 (2000).

- 15) 金森 務, 片寄晴弘, 井口征士: Cyber 尺八の開発, 計測自動制御学会論文誌, Vol.33, No.8, pp.735-742 (1997).

(平成 14 年 6 月 25 日受付)

(平成 14 年 12 月 3 日採録)



寺田 努 (正会員)

平成 9 年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。平成 11 年同大学大学院工学研究科修士課程修了。平成 12 年同大学院退学。同年より大阪大学サイバーメディアセンター助

手。平成 14 年より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助手を併任。現在に至る。アクティブデータベース, モバイルコンピューティング, データ放送の研究に従事。



塚本 昌彦 (正会員)

昭和 62 年京都大学工学部数理工学科卒業。平成元年同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年シャープ(株)に入社, 同社研究員。平成 7 年大阪大学工学部情報システム工学専攻講師。平成 8 年より同専攻助教授, 平成 14 年より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助教授。現在に至る。工学博士。モバイルコンピューティング, 分散知識ベースシステムの研究開発に従事。ACM, IEEE 等 8 学会各会員。



西尾章治郎 (正会員)

昭和 50 年京都大学工学部数理工学科卒業。昭和 55 年同大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。京都大学工学部助手, 大阪大学基礎工学部および情報処理教育センター助教授を経て, 平成 4 年より大阪大学大学院工学研究科教授, 平成 14 年より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教授となり, 現在に至る。平成 12 年より大阪大学サイバーメディアセンターを併任。この間, カナダ・ウォータールー大学, ビクトリア大学客員。データベース, 知識ベース, 分散システムの研究に従事。現在, Data & Knowledge Engineering, Data Mining and Knowledge Discovery, VLDB Journal 等の論文誌編集委員。本学会フェロー含め ACM, IEEE 等 8 学会各会員。