

# 楽器の機能要素を再構築可能なユニット楽器の設計と実装

Design and Implementation of Unit Instruments that can Reconfigure Functional Elements on Musical Instruments

丸山 裕太郎 竹川 佳成 寺田 努 塚本 昌彦\*

**Summary.** 人は音楽を奏するために古くからさまざまな楽器を開発してきた。西洋楽器を例に挙げると、演奏方法により管楽器、弦楽器、打楽器、鍵盤楽器の4つに大きく分類される。これらの中には、共通する形状・構造・奏法をもつ一方、音域だけが異なる楽器や、ミクロの構造は同じでも組み合わせ方が異なる楽器も存在する。一方、電気・電子技術の発展に伴い、アコースティック楽器と同様の見た目や演奏方法をもち、電子的に音を生成する電子楽器が多数開発されてきた。しかし、従来の電子楽器は既存楽器の形状をそのまま模写することが主な目的であったため、用いる楽器の構造によって音域や演奏方法が制限されてしまう。そこで、本研究では楽器を発音や音程決定などの機能要素（ユニット）の集合であると捕え、それらのユニットを自由に組み合わせることで、音域や演奏スタイルの変化に柔軟に対応できるユニット楽器の開発を目指す。これらユニットを組み合わせることで、楽器の音域増減やさまざまな楽器構造への適応を実現する。

## 1 はじめに

人は音楽を奏するために古くからさまざまな楽器を開発してきた。西洋楽器を例に挙げると、演奏方法により管楽器、弦楽器、打楽器、鍵盤楽器の4つに大きく分類される。これらの中には、共通する形状・構造・奏法をもつ一方、音域だけが異なる楽器や、ミクロの構造は同じでも組み合わせ方が異なる楽器も存在する。一方、電気・電子技術の発展に伴い、アコースティック楽器と同様の見た目や演奏方法をもち、電子的に音を生成する電子楽器が多数開発されてきた。これらは、音量や音色の変更、音域のスライドなどの多彩な機能をもつ。しかし、従来の電子楽器は既存楽器の形状をそのまま模写することが主な目的であったため、用いる楽器の構造によって音域や演奏方法が制限されてしまう。

そこで、本研究では楽器を発音や音程決定などの機能要素（ユニット）の集合であると捕え、それらのユニットを自由に組み合わせることで、音域や演奏スタイルの変化に柔軟に対応できるユニット楽器の開発を目指す。本研究では具体的に1オクターブ分の鍵盤楽器や4フレット分の指板というように楽器の構成要素を分割したものを構築する。これらを組み合わせることで、楽器の音域増減やさまざまな楽器構造への適応を実現する。

以下、2章でシステムの設計、3章でシステムの実装について述べ、最後にまとめを述べる。

## 2 設計

本システムは以下の方針をもとに設計した。

### 楽器の構成要素の分離によるユニット化

ユニット楽器は分解した同種楽器の構成要素を再構築することで従来の楽器の構造や音域を拡張できるよう設計する。また、ユニット楽器は異なる楽器の構成要素を新たに組み合わせることで、従来の楽器とは異なるまったく新しい楽器を構築できるよう設計する。さらに、ユニット楽器は従来の楽器の発音処理と演奏スタイルを踏襲する。既存の楽器を模写することでユーザはこれまでに身につけた楽器演奏技術をそのまま転用できる。

### 自由に動的に再構築できる柔軟性

楽器の構成を変える度に複雑な設定を行う必要があると、さまざまな構成を試してみることが難しく、またステージ中に動的に楽器構成を変更することが難しい。そこで、接続を自動で認識し、各ユニットの音域や音色の割り当てを自動設定できる必要がある。また、使用するユーザによって各ユニットの役割のマッピングは変化すると考えられるため、スクリプトを用いることで設定を自由に定義できる必要がある。

### 2.1 ユニット同士の接続関係記述

ユーザがユニット楽器を使用する場合、演奏中にユニット同士を組み替えてさまざまな構造の楽器を再構築することが考えられる。そのため、各ユニットが接続関係を認識し、自動で音色や音域を設定できなければならない。また、ユニット楽器はユーザ

Copyright is held by the author(s).

\* Yutaro Maruyama, Tsutomu Terada and Masahiko Tsukamoto, 神戸大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻, Yoshinari Takegawa, 神戸大学自然科学系先端融合研究環



図 1. ギターコードを鍵盤で補完できるギターの構成例

の要求に従い、楽器の構成要素を用いて従来の役割とは異なる使い方もできる。そこで、本研究ではユニット楽器のための独自のスクリプト言語を作成した。ユーザがあらかじめスクリプト記述を用いてユニットの個別設定を自由に変更できるようにすることで、楽器の構築を柔軟に行える。

## 2.2 ユニット同士の接続例

図 1 に指板ユニット、鍵盤ユニットおよびピックアップユニットを組み合わせた構造例を示す。この楽器を用いれば、通常のギタースタイルで演奏しているときに、ユーザの苦手なコードや押弦しにくいコードが出てきた場合、鍵盤ユニットで簡単なコードを打鍵したものをギターコードとして扱うことにより演奏技術を補える。

## 3 実装

システムはホスト、鍵盤ユニット、ギターユニットである指板ユニットとピックアップユニット、および拡張ユニットで構成される。ギターユニットはYAMAHA社のEZ-AGを4フレットごとに切断し、ネック部分の押弦スイッチやピックアップ部分の弦および振動センサを制御する回路を独自に製作して使用した。また、無線モジュールはアローセブ社のUM-100を使用した。指板ユニットおよびピックアップユニットの制御にはMICROCHIP社のPIC16F877Aを用いて行った。PICのプログラミングはMICROCHIP社のMPLAB上でCCS社のPIC Cコンパイラを用いた。ホストはPanasonic社のノートパソコン(CF-Y7, 2.1GHz, 1.5GB)を使用し、PC上のソフトウェアの開発はWindows XP上でMicrosoft Visual C++ 2005を用いて行った。拡張ユニットに搭載した加速度センサはワイヤレステクノロジー社のWAA-001を使用した。

### 3.1 実運用

ユニット楽器の有効性を検証するために2008年12月13日および14日に行われた、神戸ルミナリ

エのイベントステージにてプロトタイプを実運用した。ステージでは、ユニット楽器を用いて、歌と演奏によるショーパフォーマンスを行った。プロトタイプはLEDユニットを搭載した指板ユニット1個およびピックアップユニットおよび鍵盤ユニットで構成された。なお、異種ユニットの組合せは実装には至っておらず、それぞれを個別に用いて演奏を行った。ピックアップユニットと指板ユニットが独立しているという特性を活かすことで、左手を動かしながら演奏するというこれまでにないパフォーマンスを行えた一方で、指板ユニットおよびピックアップユニットの各データをホストに送信するときに、パケットが衝突し、ホスト-ユニット間でのデータのやりとりがうまくできず音が鳴らないといったトラブルが起きた。これは、ユニットの構成によって最適な通信方式を動的に選択する仕組みや、コード演奏においては各和音の押弦・撥弦データを補完する機能を構築することで回避できる。

## 4 おわりに

本研究では楽器を発音や音程決定などの機能要素(ユニット)の集合であると捕え、それらのユニットを自由に組み合わせることで、音域や演奏スタイルの変化に柔軟に対応できるユニット楽器を構築した。これらユニットを組み合わせることで、楽器の音域増減やさまざまな楽器構造への適応を実現できる。今後の課題としては、打楽器や管楽器などの他の構成要素をもつユニットの実装および接続関係における役割の割り当てアルゴリズムの提案や、各ユニットのハードウェア特製の評価実験および使用評価実験を行う予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、中山隼雄科学技術文化財団研究助成の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] N. D. Henry, H. Nakano, and J. Gibson: Block Jam, *Proceedings of Special Interest Group on Computer GRAPHics (SIGGRAPH2002)*, p. 67, 2002.
- [2] M. Kaltenbrunner, S. Jorda, G. Geiger, and M. Alonso: The reacTable: A Collaborative Musical Instrument, *Proceedings of Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprise (WETICE2006)*, pp. 406-411, 2006.
- [3] 竹川佳成, 寺田 努, 西尾章治郎: さまざまな演奏スタイルに適用可能な電子鍵盤楽器 UnitKeyboard の設計と実装, *日本ソフトウェア科学会論文誌, インタラクティブソフトウェア特集*, Vol. 26, No. 1, pp. 38-50, 2009.