

Title	人や場を演出する音楽創奏システムの提案
Author(s)	多田,幸生; 西本,一志; 前川,督雄; 間瀬,健二; 中津,良平
Citation	情報処理学会研究報告 : ヒューマンインタフェース研究会報告, 2000(94): 1-8
Issue Date	2000-10
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/3348
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 多田幸生 / 西本一志 / 前川督雄 / 間瀬健二 / 中津良平, 情報処理学会研究報告 : ヒューマンインタフェース研究会報告, 2000(94), 2000, 1-8. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	

人や場を演出する音楽創奏システムの提案

多田幸生[†] 西本一志^{†‡} 前川督雄[†] 間瀬健二[†] 中津良平[†]

[†]ATR 知能映像通信研究所

[‡]北陸先端科学技術大学院大学

{tada, knishi, maekawa, mase, nakatsu}@mic.atr.co.jp

本稿では、無線通信機能を持ち、かつ身につけて移動しながら演奏できるような装着型の楽器を提案する。これは、複数の楽器を通信機能を用いて接続することで、場所や相手に囚われない自由なセッションを可能にし、新しい楽器演奏のシチュエーションを生成するものである。また、装着した楽器から自分の音楽の嗜好や気に入ったフレーズを発信する事で、セッション相手を自動的に探すことはもちろん、音楽による自分自身の演出をも行うことができる。さらに、本楽器から発信されるフレーズを蓄積するサーバーを町中に設置し、その町に訪れる人が無意識のうちにその町の音楽を創造することで、その町自体を演出することも可能とする。

An Active Direction System by Music

Yukio TADA[†], Kazushi NISHIMOTO^{†‡}, Tadao MAEKAWA[†],
Kenji MASE[†], and Ryohei NAKATSU[†]

[†]ATR Media Integration & Communications Research Laboratories

[‡]Japan Advanced Institute of Science and Technology, Hokuriku

In this paper, we propose a novel wearable and mobile musical instrument that is equipped with communication facility. This instrument allows people to perform a session anywhere and with anyone. This instrument also can scatter information of the performer's taste of music as well as his/her favorite phrases within the restricted area around her/him. Thus, this instrument automatically looks for performers with whom s/he can perform a session on street. Additionally, the performer can direct himself/herself with the scattering music like dress. Furthermore, a town can be directed by putting a server that collects phrases scattered by the instruments and scatters the collected phrases at a square. We believe that this instrument creates a new musical culture.

1 はじめに

普段の生活の中で、音楽と接する機会は多い。自分の部屋でステレオセットなどから好みの音楽を聞くことはもちろん、ポータブルMDプレイヤーのような小さな可搬型の音楽再生装置の普及によって家の外でも好きな音楽を聞くことができるし、商店街やデパートの中では種々のBGMを耳にすることができる。しかし、こうした音楽との接し方においては、音楽を発信する者と受信する者の立場が明確に別れ

ており、普段我々が取りうるのは受け手側の立場である。本来、音楽という物は、人と人とのコミュニケーション手段という側面を強く持つ物であると考えますが、その音楽について自ら情報を発信することができないため、同じ場所や時間を共有している者の中で、音楽を通じたコミュニケーションを取ることは不可能である。

さて、現在、インターネット(特にWorld-WideWeb)の発達、浸透に伴って、新しい形のコミュニケーションが生成されている。Web-

Page による個人からの情報発信、WebBBS による個人間の情報交換、WebChat による会話、等である。これらは、従来は難しかった、不特定多数の人間の出会いや、距離や時間を越えたコミュニケーションを可能にしている。これらのコミュニケーションは普段一般に使用する「言葉」を用いてのものであるが、音楽の世界にも同様の新しいコミュニケーションが誕生しつつある。WebPage 等を用いて自分でつくった曲を配布するといった試みは既に行われているし、さらに、セッションサーバを設置し、インターネットを介してこのサーバに接続することによって、仮想空間上で不特定多数の人との距離を超えた出会いを可能とする実験的試みもなされている [1]。

我々は、こうした仕組みに加えて持ち運ぶことのできる新しい楽器を提案することで、仮想空間だけではない、実世界での音楽を通じた出会いを可能にできると考える。すでに装着型楽器の萌芽は MIT の Wearable Computing Project[2] に見られるが、楽器を装着して実際に町へ出ること、仮想空間では得られない、わざわざそこへ行くことによって得られる快感 [3] を演出することができる。

本稿では、上記の考えに基づき、無線通信機能を持つ装着型楽器の提案を行う。これは、時間や場所にとらわれない新しい楽器演奏のシチュエーションを生成することで、新しい音楽の楽しみ方を創造し、音楽への能動的な関わりを助けるものである。また、装着型楽器を携帯した人がある場所へ出かけたり、逆にある「場所」が装着型楽器を携帯した人を認識することで、音楽を媒介として、人や場を演出することが可能となる。本稿では、音楽を媒介とした人や場の演出という意味の「Dress-able music」という言葉を新たに提案し、その概念についても言及する。

2 新しい音楽創奏システム

本稿で提案する音楽創奏システムは、ユーザーが携帯する可搬型の楽器 (以下簡単のため単に「端末」と呼ぶことがある) と、町中の適当

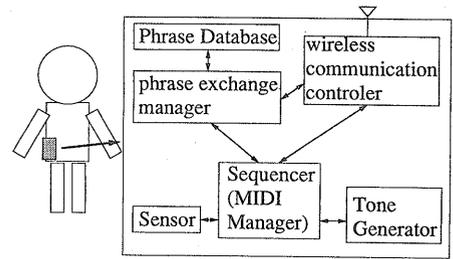


図 1: 可搬型楽器部

な場所に設置されるサーバーとで構成される。本章では、まず端末とサーバーの機能について説明した後、このシステムでどのような楽しみ方ができるのかについて説明する。

2.1 システムを構成する要素

2.1.1 可搬型楽器部

可搬型楽器部は、大きく分けて、

- 演奏情報を入力するセンサー部
- 入力やシーケンサからの出力を音に変換する音源部
- フレーズを交換するために外部と通信するための通信部
- フレーズを格納するためのデータベース部
- フレーズを再生するためのシーケンサ部

からなる (図 1)。

センサー部は、体に装着されたパッドセンサー等のセンサーから演奏情報を入力し、その情報を MIDI データに変換する機能を提供する。センサーは、歩きながらも自然な姿勢で演奏できる様な位置に設置してある。また、パッドからの入力と実際に演奏される音とのマッピングは、一意ではなく、たとえば音機能固定マッピング [4] 等の方法でシーケンサからの伴奏データによって変化するようにすることもできる。なお、音源からの出力は身につけた

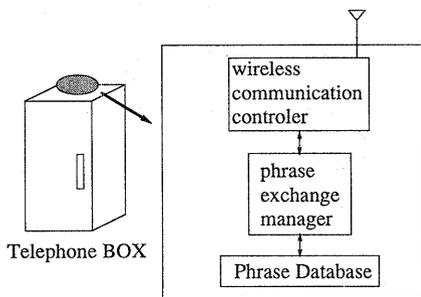


図 2: サーバー部

ヘッドホンから聴取し、本人以外の外部には聞こえない。

2.1.2 サーバー部の構成

サーバー部は、可搬型楽器部から音楽の演奏に必要な部分を省いたものと考えることができる。すなわち、フレーズを交換するために外部と通信するための通信部、フレーズを格納するためのデータベース部とからなる(図2)。

データベースについては、多数のフレーズを格納する必要があるため、可搬型楽器部のそれよりは大規模なものが必要になる。

2.2 システムが可能にする音楽の楽しみ方

本システムでは、主に以下の3つの方法で音楽を創奏することができる(図3)。

1. ユーザーが、身につけた端末内のシーケンサによる演奏に合わせて、単独で楽器を演奏する。また、自分の演奏を記録して、重ね合わせることで、曲をつくることができる。
2. ユーザーがあらかじめ記録しておいたフレーズを、無線により他のユーザーが身につけている楽器や、町中に設置されたサーバーと交換することで、自動的に音楽を生成する。

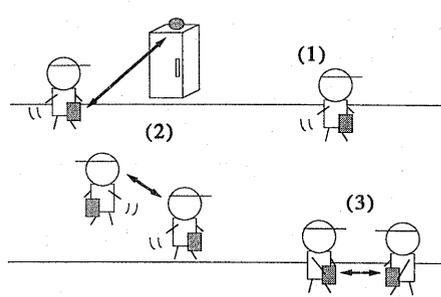


図 3: 3つの楽しみ方

3. 楽器を身につけたユーザー同士が無線のネットワークを使って、リアルタイムのセッションを行う。身につけたシーケンサの演奏によって、足りないパートの伴奏を補助することもできる。

(1)の楽しみ方については、すでに、シーケンサと音源が一体となった持ち運び可能な大きさの機械が発売されており、外出先でMIDIデータの打ち込みや再生を行うことが可能である。今回提案するシステムは、こうした従来の楽器に比べて、楽器のセンサーの配置などの物理的な楽器インタフェースの検討については新規な点が認められるが、本稿で深く触れることはしない。今回提案するシステムを特徴づけるのは、上記中、(2)(3)の機能である。フレーズの交換による音楽の創作システム、および、アドホックなネットワークを用いたセッションのシステムは、従来の可搬型の楽器に対して新たに無線による通信手段を用意することにより可能になったものであり、新しい音楽の創造や創作の形を提供するものである。まず、システムの内容を説明する上で重要な概念となる「フレーズ」「アドホックなネットワーク」について説明を行ったうえで、2つの新しい音楽の楽しみ方について説明する。

2.3 「フレーズ」について

例えば、ある楽曲を演奏しようとする場合、全体を一人で演奏しようとするのは困難であっ

でも、その楽曲を分割して複数の人で分担して演奏することにより、一人あたりの難易度を下げることができる。本システムでは、ある楽曲を分割したものを「フレーズ」として取り扱う。端末内のシーケンサは、複数のフレーズを平行して重ね合わせて演奏することで、元の楽曲として演奏することができる。

一つのフレーズに含まれる内容としては、

- ユーザー情報
- 音楽ジャンル、パート名、音色名
- 拍子
- フレーズ長
- 音列データ (MIDI データ)

がある。

ユーザー情報には、そのフレーズを作成した人の個人的な情報を記録する。具体的な例としては、年齢、性別、音楽の嗜好、居住地等があげられる。また、音列データに対して著作権を発生させたい場合には、楽器のユーザーに対してユニークにふられた ID を記録することも考えられる。

音楽ジャンル、パート名、音色名は、ツリー構造を持ったデータベースとして、あらかじめシステム全体で定義されるものであり(図4)、端末間もしくは端末とサーバーの間でフレーズの交換を行う際に、この情報を参照することにより同じジャンルの音楽の創作を可能にすることができる。また、ユーザーが、自分の演奏したいジャンル・パートを指定することで、シーケンサが自動的にそのパート以外のフレーズを集めて、重ねて(平行して)演奏することで、マイナスインの伴奏データを作成することも可能である。

2.4 「アドホックネットワーク」について

近年、コンピュータの世界において、いわゆる無線 LAN の普及が目覚ましい。また、Bluetooth のように、これまでの LAN の範疇を越え、身の回りの家電製品にも無線通信のモ

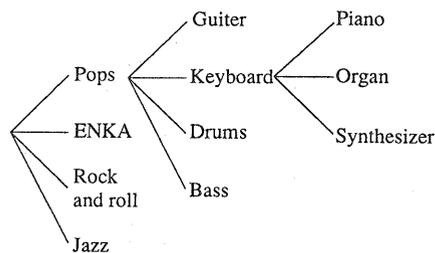


図 4: ツリー構造のデータベース

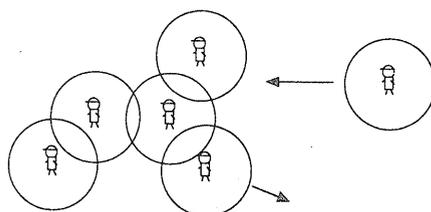


図 5: アドホックなネットワーク

ジュールを内蔵させる動きもある。本システムにおけるすべての可搬型楽器端末およびサーバーも、同様の無線による双方向通信手段を持つ¹。特徴的な点としては、通信範囲が数十メートル程度と比較的狭いこと、同一のチャンネルを共有することで、複数の端末間で同時に通信を行うことができること、各端末がチャンネルへの参加や脱退を自由に行える(アドホックである)こと、があげられる(図5)。

2.5 フレーズ交換による音楽の創作システム

フレーズ交換による音楽の創作システムとは、あらかじめユーザーが自分でつくったフレーズを自端末の中に格納しておき、複数の端末間、あるいは端末とサーバー間でお互いのフレーズを交換することにより、新しい楽曲を創

¹ デモ用に試作したシステムでは、市販の 2.4Ghz 帯無線 LAN カードを用い、その上に独自のプロトコルを実装した。

作するシステムである。

端末には、その端末を使用しているユーザーの情報、たとえば、年齢、音楽の嗜好、好きな色、等があらかじめ記録されており、フレーズの交換を行う際に相手の端末のユーザー情報をチェックすることで、自分の気に入らないタイプのユーザーとのフレーズ交換を拒否することができる。また、町中に設置されたサーバーは、その近くを通りかかったユーザーのフレーズをため込んでいくとともに、通りかかったユーザーに対してフレーズの提供を行う。ユーザーの立場から見た、具体的な手順は以下のようになる²。

1. ユーザーは、自分の端末に、自分のユーザー情報と、これから創作したい曲のジャンル、拍子を入力する。
2. ユーザーは、パートと楽器を選択し、身につけたインタフェースから音を入力し、フレーズとして記憶させる。複数のフレーズを入力しても良い。
3. ユーザーは、端末を身につけて、他の端末・サーバーを探して移動を行う。端末は、自分の通信範囲内に他の端末・サーバーがないか監視する。
4. 端末は、他の端末・サーバーを発見したら、通信相手の端末からジャンルと拍子の合致したものを選びだし、取得する。
5. 端末は、取得したフレーズを自端末内のフレーズに重ね合わせて再生する。
6. ユーザーは、重ね合わされた楽曲を聞いて、そのフレーズを自端末に格納するかを選択する。自端末に格納されたフレーズは、以降さらに他の端末との間で交換され得る。

たとえば、常に自端末内のフレーズを、BGMのような感覚でループ再生させておき、平行してフレーズの取得交換を行うことで、人とすれ

² ここでは端末間のフレーズの移動についてのみ述べてあるが、相手がサーバーである場合も同様に考えることができる。

違うのをきっかけとして音楽が変容していく様子を感じることができる。

複数の人間が集まって合奏を行う際には、同じ時間に集まる必要があるという時間の問題、同じ場所に集まる必要があるという場所の問題、同じ趣味の人を探さないといけないという人の問題がある。ここで提案したフレーズ交換による音楽の創作システムは、不特定多数の人間が時間の枠を越えた共同作業を可能にしており、主として時間の問題と人の問題を解決しているということができる。また、場所の問題については、仮想空間などを用いてそれを解決する事はあえて行わず、実際にその場所へ出向くことを重視している。物理的な場や、実際にその場所に訪れる人々が持つ雰囲気に対応した音楽は、実際にその場においてこそ意味があると考えられるためである。

2.6 アドホックネットワークを用いたセッションシステム

前節で提案したフレーズ交換による音楽の創作システムは、セッションを行おうとする際に発生する、時間の問題と人の問題を解決しているが、逆に時間の問題を解決したことによって、音楽を演奏する上で楽しみの一つであるリアルタイム性やライブ感に乏しいという欠点がある。

そこで、もう一つの楽しみ方として、アドホックネットワークを用いたセッションシステムを提案する。これは、複数の人間が直ちにその場所ですぐリアルタイムにセッションを行うことを可能にするもので、町中で自分の参加したいセッションを探したり、自由に途中参加・脱退したりを可能にする。

ユーザーの立場から見た、具体的な手順は以下のようになる。

1. ユーザーは、自分の端末に、自分のユーザー情報と、セッションを行いたいジャンル、および自分の演奏したいパート、楽器を入力する。
2. ユーザーは、端末を身につけて、すでに同

じジャンルでセッションを行っている他の端末を探して移動を行う。

3. 端末は、すでにセッションを行っている他の端末を発見したら、行われているセッションの様子(音楽)をヘッドホンから再生する。
4. ユーザーは、セッションの内容を聞いて、そのセッションに参加するかどうか選択し、実際にセッションに参加する。

セッションする人数が少ない場合、人間が演奏できないパートが存在することになるが、その場合は端末内のフレーズから適当なものを選択してシーケンサで再生することで、伴奏をつけることができる。また、すでに行われているセッションに参加するだけでなく、同じジャンルのセッションに参加したいと思っている2台の端末が偶然出会った場合には、その2人が最初のセッションを行うことになる。

なお、セッションの管理は、マスターとなる端末を一台決定し、その端末が他の端末の参加・離脱を管理するやり方が適当であると思われる。マスターの端末がセッションから離脱したい場合には、セッション中にマスターの機能を他の端末に切り替えておいてから、その端末がセッションから抜ける。

このセッションシステムでは、不特定多数の、同じ目的を持った人と出会うことを可能にする点で、コミュニティウェア [5][6] の性格を有する。すなわち、従来存在した、合奏のためにはあらかじめ同じ興味・嗜好を持った人と出会っておかなければいけないという人の問題を解決する。

3 音楽を媒介とした人や場の演出

フレーズ交換による音楽の創作システムにおいて、ユーザーは、年齢や音楽の嗜好等の自分自身の個人的な情報や、自分で作曲したフレーズを、あらかじめ端末に入力してから町へ出る。そして、同じ端末を身につけている人とすれ違う際に、フレーズの交換という手段を通して自

分の情報を相手に送り、コミュニケーションをはかることができる。

相手とコミュニケーションをとったという事実は、自分が聞いている音楽の変容でしか確認できず、さらに本人同士はその音楽をヘッドホンで聞いているため、周囲の人間は本人同士がコミュニケーションをとったことすら気づかないかもしれないが、このやり取りは、自分の嗜好を音楽で表現する、一種のノンバーバルなコミュニケーションをとらえることができる。こうしたコミュニケーションの形態を、服装や化粧などで自分を表現するファッションとの対比から考察し、音楽による自分自身の演出という概念、及び Dress-able Music という言葉を提案する。また、端末間の情報のやり取りだけではなく、町中にサーバーを設置することで、その場所を実際に通った人のフレーズを収集し、その町独特の雰囲気を作り出すことができる。すなわち、音楽による個人の演出同様、音楽による町の演出も可能である。

3.1 本システムによる自分自身の演出

髪型や服装などの、いわゆるファッションについて考えてみる。ファッションの場合、もともと簡単な情報の発信方法は、お気に入りの服を身につけて町へでることである。特に情報の発信ということ意識しなくても、そこにいるだけで自然と自分の趣味や嗜好を周囲にアピールできるのはファッションの大きな特徴である。何か気分を変えたいようなとき、服装や髪型を変えて町にでると自分の意識に変化を与えることができる。また、ある特定のコミュニティに参加するために着飾るということもよく行われる³。

フレーズ交換による音楽の創作システムにおいては、自分自身のつくった音楽を身にまとい、それを発信しながら町にでるという形で、音楽を用いて自分自身を演出することができる。ただ単に音楽を聞きながら町を歩くだけではな

³ たとえば、式典のような席には礼服で参加するであろうし、アメリカで開かれる学会や展示会には、スーツで行くよりもジーンズなどのカジュアルな服装の方が雰囲気に入りやすく、うちとけやすいように感じる。

く、自分のつくった音楽を発信しながら、その音楽の受け手の視線を感じることで、自分の意識を変えたり、また、同じような音楽の趣味を持ったコミュニティへの参加を容易にすることができる。

3.2 本システムによる町の演出

「渋谷系ファッション」「裏原系ファッション」といった言葉がある。これらはおそらく、渋谷の町や、原宿の裏通りなどで良く見掛けるようなファッション、という意味であろう。これらの「系」の発生は、

1. 何らかのきっかけで、あるファッションがその場所に登場する。
2. 実際にその場所に出かけた人が、そのファッションを目にする。もしくは、そのファッションが雑誌やテレビなどのメディアによって一般に流布する。
3. そのファッションを好ましいと感じた人々が、同じような格好をしてその場所へ出かける。
4. (2)へ戻る。

といった流れで形成される。すなわち、あるきっかけにより情報を発信する者が現れ、その情報を何らかの形で受け取った者が情報の発信者となり、大きなループを形成することで「系」が形成されるものと考えることができる。

フレーズ交換による音楽の創作システムにおいては、町中のある場所にフレーズを格納するサーバーを置き、その近くを通ったユーザーから発信されるフレーズを格納する。このことにより、たとえばテレビなどのマスメディアのように、広い範囲の場所で同じ文化を共有するのではなく、物理的な場所に従う地域性を生み、それぞれの町の演出を可能にしている。地域的な広がりやを認めてコミュニケーションを活性化させるコミュニティウェアに対して、本システムは、エスニックウェアであると言うこともできる。

「系」の発生メカニズムの中で、その一番はじ

めにはあるファッションが登場するというきっかけが必要であると述べた。本システムの場合には、このサーバーを用いることでそのきっかけを起こすことが可能である。たとえば、ある音楽家が、自分の作曲したフレーズを意図してサーバーの中に送り込むことで、その地域の音楽に影響を与えることができる。これは、ファッションの世界で、ある個性的な店が新たに出店すると、その地域一帯に同様の流行が発生することがあるのに似ている。

また、これまでは、町中で聞こえる音楽というものは一過性の物であり、音楽が発せられたその瞬間にその場所にいなければ聞くことができなかったが、本システムでは受信したフレーズが気に入った場合には、そのフレーズを互いに自分の端末に記録することで、情報の再発信を容易にしている。情報の再発信を可能にすることで、「系」発生のためのループを生じさせることができる。

4 まとめ

以上、無線通信機能を持った装着型の楽器を用いた、新しい音楽の創奏システムの提案を行った。今まで無かった音楽の楽しみ方を作り出し、音楽を演奏するシチュエーションを増やすことで、これまで音楽との能動的な関わりを持たなかった人にも音楽を自分の手で作り出すおもしろさを感じてもらえることができると考えている。

また、楽器に通信機能を持たせることで、新たに音楽を身につけるという概念を提案した。これは、単に音楽を聞きながら町を歩くということからさらに一歩踏み出し、自分の音楽の嗜好を外部に対して発信することで、自分を演出するというものである。自分の能力を拡張するだけではなく、自分の意識を変化させることのできる Dress-able という概念についてこれからも考えを深めていくつもりである。

本稿では、コンセプトの提案に関わる話が主であり、実際に本システムを実装する場合の問題点については具体的にされていない部分が多い。たとえば、センサーの配置やマッピング

は、楽器を身につけた状態で思い通りの演奏を行えるかどうかを検討する上で重要な要素となる。無線によるネットワークを考えた場合、遅延の問題というのは避けて通れない。ネットワークの信頼性やスループットの問題と合わせて、人間が音楽を演奏する際にどれくらいの遅延が生じると問題になるのか、様々なケースで検討を行う必要がある。また、現在のフレーズのフォーマットでは、新たな音楽の創造の可能性を規制しているのではないかという疑問がある。あらかじめジャンルと拍子を指定する方法では最初から表現に枠を設けることになりかねない。しかし、単純に自由にしすぎてしまうと、あまりにフレーズがバラバラになりすぎて音楽として成立しないものになってしまう可能性がある。こうした兼ね合いも突き詰めて行く必要がある。

ところで、近年の携帯電話の普及には目を見張るものがある。普及台数においては、ついに固定電話の台数を抜いており、今後も更なる普及が期待される。一方で、音楽配信などの新たなネットビジネスが今後普及していくと考えられる。通信インフラの整備により大量のデータの送付が可能になったため、デジタルデータを直接顧客に送信することで代金を得るという手法である。これらの音楽配信の為にクライアント端末として、通信機能が最初から備わっている携帯電話を拡張して使用するというのは極めて自然な発想であり、携帯電話に高性能なヘッドホンアンプを搭載し、それで音楽を聞くようになっていくであろう。

さて、本稿で提案している可搬型楽器部であるが、そのような進化した携帯電話に搭載するアプリケーションとして極めて現実感が高い。音楽配信可能な端末として、十分な処理能力を持ったプロセッサや、配信されたデータを格納する為のストレージが用意されていくであろうし、音源も進化した着メロ用のものを利用することができる。さらには、Bluetoothのような小規模ネットワークも今後実装されていくはずである。後は、実際に演奏を行うセンサー部分だけを開発し、携帯電話のインタフェースに接続することで、可搬型楽器部が完成する。

今後は、システムの試作を通して諸々の問題を明らかにしていくと同時に、携帯電話のインフラストラクチャの利用なども視野にいたした上で、実際にこのシステムを一般に広める為の検討を行い、実用化に向けて研究を進めていきたいと考えている。

謝辞

試作システムの構築にあたって様々な御配慮をいただいた、ヤマハ(株)アドバンスシステム開発センターの皆様へ感謝します。

参考文献

- [1] 後藤真孝、根山 亮：不特定多数による遅延を考慮した遠隔セッションシステム、情報処理学会研究報告、Vol.98、No.74(98-MUS-26)、pp.95-102、1998
- [2] MIT Media Lab Musical Jacket Project、<http://www.media.mit.edu/hyperins/levis/>
- [3] 垂水浩幸、森下 健、上林弥彦：SpaceTagのアプリケーションとその社会的インパクト、情報処理学会研究報告、Vol.99、No.88、(99-GW-33)、pp.31-36、1999
- [4] 西本一志、渡邊 洋、馬田一郎、間瀬健二、中津良平：創造的音楽表現を可能とする音楽演奏手法の検討 — 音機能固定マッピング楽器の提案、情報処理学会論文誌、Vol.39、No.5、pp.1556-1567、1998
- [5] 石田 亨：COMMUNITY COMPUTING、JOHN WILEY & SONS、1998
- [6] 角 康之、江谷為之、シドニー フェルス、ニコラ シモネ、小林 薫、間瀬健二：C-MAP：Context-awareな展示ガイドシステムの試作、情報処理学会論文誌、Vol.39、No.10、pp.2866-2878、1998