

## 音楽に踊らされる CG ダンサーによる インタラクティブパフォーマンス

後藤 真孝 村岡 洋一

本稿では、2人のプレーヤーの即興演奏に応じてリアルタイムに振付けされるCGダンサーによる、音楽とCGの融合したインタラクティブパフォーマンスを提案する。従来の即興演奏では音楽的なインタラクションが中心であり、視覚的なインタラクションはジェスチャーなどを交換する程度にとどまっていた。そこで本研究では、視覚的な側面をより強化した、聴覚と視覚によるマルチモーダルインタラクションを実現するために、CGダンサーを導入する。そして2人が異なる役割でその振付けを分担することで、1) プレーヤー間の演奏によるインタラクション、2) 各プレーヤーとCGダンサーとのインタラクション、3) CGダンサーを介したプレーヤー間のインタラクション、の3種類のインタラクションを可能にする。これにより、2人は音楽とCGという2つのメディアを通じて協調しながら、より表現力の豊かなインタラクティブパフォーマンスを達成できる。本稿ではこのような提案をおこなうと共に、上記を実現する具体的なシステムについても述べる。

### 1 はじめに

本研究におけるインタラクティブパフォーマンスとは、三次元CG (Computer Graphics) による仮想のダ

Interactive Performance of a Music-controlled CG  
Dancer

Masataka Goto, 早稲田大学理工学部 / 日本学術振興会特別  
研究員, School of Science and Engineering, Waseda  
University. / JSPS Research Fellow

Yoichi Muraoka, 早稲田大学理工学部, School of Science  
and Engineering, Waseda University.

コンピュータソフトウェア, Vol.14, No.3 (1997), pp.20-29.  
[論文] 1996年3月1日受付.

ンサー (以下、CGダンサー) と音楽が、2人のプレーヤーのインタラクションによって融合されたパフォーマンスである。このパフォーマンスでは、2人のプレーヤーは即興演奏によりセッションをおこなうだけでなく、その演奏する音楽に従ってリアルタイムに踊りの振付けが変わる1人のCGダンサーの映像を共に見る。ここでは、音楽とCGの両者のメディアを活用したインタラクションをおこなうことができ、音のみの場合よりも表現力の豊かなパフォーマンスを達成できる。本研究は、このようなパフォーマンスの実現を通じて、音楽と映像が融合した新たなインタラクションを探求することを目的とする。

従来、音楽とCGを同時に用いたパフォーマンスに関して様々な研究がなされてきた [1] [5] [10] [11] [14] [17]。しかし、これらの研究ではCGは音楽に付随したものととして扱われており、人間とCGとのインタラクションという観点は重視されていなかった。一方我々は、音楽演奏による人間とCGダンサーとのマルチモーダルインタラクションを実現してきた [2] [3]。しかしそこでは1人のプレーヤーが、演奏音によりCGダンサーと一対一のインタラクションをおこなうだけで、2人のプレーヤー間のインタラクションは実現されていなかった。また、従来研究において人間とCGキャラクターとのインタラクションについても報告されているが [6] [12] [16]、音楽演奏によるインタラクションは考慮されていなかった。

通常の即興演奏による人間同士のセッションでは、プレーヤー間の音楽的なインタラクションによって音楽が成立している。ここでは、演奏の繰り返しや終りを指示するジェスチャー交換などの視覚的なインタラクション

もおこなわれるが、あくまで演奏に対する補助的なものであり、CGなどの映像を主体としたインタラクションと演奏とが同時にはなされていなかった。

そこで本研究では、2人のプレーヤーによる即興演奏に新たにCGダンサーを導入することで、視覚的な側面をより強化し、聴覚と視覚によるマルチモーダルインタラクションを実現することを提案する。その際、2人のプレーヤーが自分たちが即興演奏する音楽によってCGダンサーの踊りをリアルタイムに振付けできるように設計する。これにより、音楽とCGという2つのメディアを表現手段としたパフォーマンスが可能になる。具体的には、この振付けを2人が異なる役割で分担することで、2人は音楽的に協調しようとするだけでなく、映像的にも協調して演奏しようとする。そこでは、CGダンサーは単に音楽に付随したものでなく、2人のプレーヤーにとっての新たな表現手段となる。

以下、2節ではこのパフォーマンスにおける3種類のインタラクションについて述べ、3節でCGダンサーの動作を説明する。4節ではこのパフォーマンスを実現するシステムの実装例について述べ、5節で実際に試作したシステムを運用した結果を示す。最後に、6節でまとめと今後の課題を述べる。

## 2 インタラクティブパフォーマンス

本研究で実現するインタラクティブパフォーマンスの概念図を図1に示す。基本的に、2人のプレーヤー(AとB)はそれぞれが即興演奏をすることでセッションをおこなう。同時に、プレーヤーは自分達の演奏によってCGダンサーを踊らせる。ここで重要なのは、CGダンサーが音楽に合わせて自律的に踊るのではなく、2人のプレーヤーの演奏する音楽によってリアルタイムに振付けされ踊らされるということである。

ただし、各プレーヤーは完全に思い通りにはCGダンサーを踊らせることはできない。プレーヤーAはドラムスを担当し、ドラムスを構成するバスドラム(BD)、スネアドラム(SD)、ロータム(LT)、ミドルタム(MT)、ハイタム(HT)、クラッシュシンバル(CR)、ライドシンバル(RI)の各打楽器により、CGダンサーを直接動かすことができる。これらの打楽器の種類ごとに異なるCGダンサーの踊りのポーズがマッピングされており、

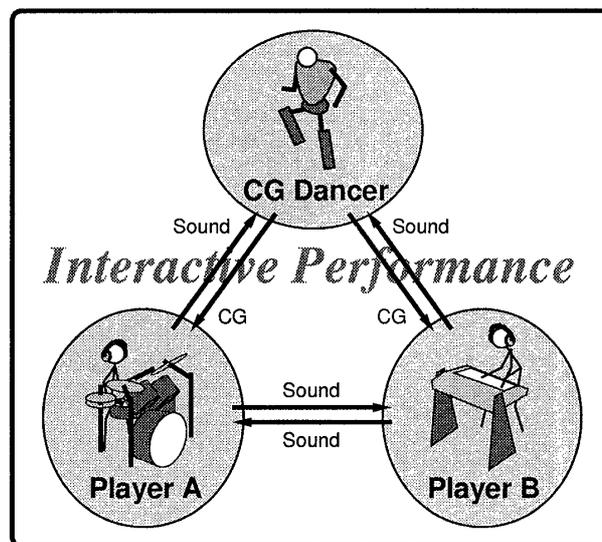


図1 インタラクティブパフォーマンス

打楽器音の発音と同時にCGダンサーが動く。しかし、動きがどのようなものになるかを決定するこのマッピングは変えられない。一方、プレーヤーBはピアノなどのメロディー・コード楽器を担当し、上記の打楽器と踊りのポーズとのマッピングを、自分の演奏の局所的な雰囲気(音数、音高、メロディーとコードのどちらを弾いているか)によって変更することができる。しかし、自分が演奏しただけではCGダンサーは動かない。すなわち、プレーヤーAは音楽においてリズムを担当すると共にCGダンサーの動作のタイミングを決定し、プレーヤーBは音楽全体の雰囲気の性格付けをすると共に踊り全体の雰囲気を決定する。

このパフォーマンスでは以下の3種類のインタラクションが同時におこなわれる(図2)。

### 1. プレーヤー同士の演奏によるインタラクション

プレーヤーがお互いに相手の演奏に反応し合いながら即興演奏をおこなう音楽的なインタラクションである。これは通常のセッション演奏でもおこなわれており、2人は協調して良い音楽にしようとする。

### 2. 各プレーヤーとCGダンサーとの直接的/間接的インタラクション

プレーヤーAがCGダンサーの踊りのタイミングをドラムスの演奏で変化させようとする際のインタラクションを直接的インタラクションと呼び、プレーヤーBがCGダンサーの踊りの雰囲気をメロ

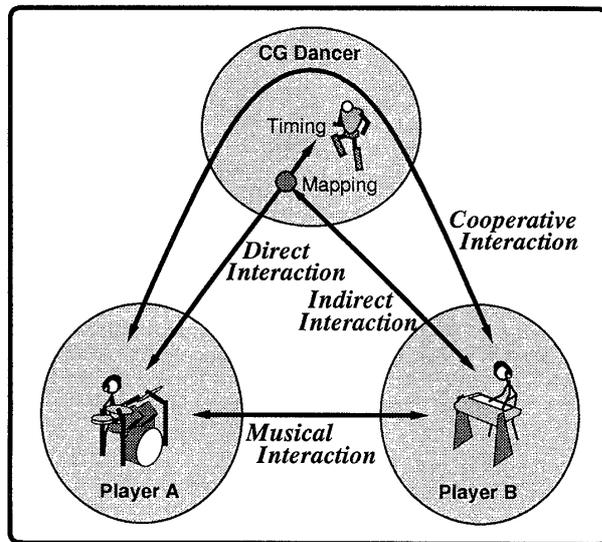


図2 3種類のインタラクション

ディー・コードの演奏で変化させようとする際のインタラクションを間接的インタラクションと呼ぶ。前者では、プレーヤー A が、自分の演奏する打楽器音に現在マッピングされている動きを見ることで、さらに動きを演奏で直接変化させようとする。後者では、プレーヤー B が、自分の演奏内容に応じて変更されたマッピングをプレーヤー A の演奏を通じて確認することで、さらにマッピングを変化させようとする (CG ダンサーの動きを間接的に変更しようとする)。

### 3. CG ダンサーを介したプレーヤー同士のインタラクション

2人のプレーヤーが、自分達の演奏によって踊らされる CG ダンサーを見ることで、協調してその踊りを変えようとするインタラクションである。プレーヤー A は自分の演奏により、プレーヤー B が設定したマッピングに適した動かし方をしようとする。一方、プレーヤー B は自分の演奏により、プレーヤー A の演奏の仕方に適したマッピングに変えようとする。こうして、2人が協調して良い映像 (CG) にしようとすることで、はじめて CG ダンサーを変化に富んで踊らせることができ、単なるセッションのインタラクションを超えた音楽と CG が密接に結び付いたパフォーマンスを実現できる。

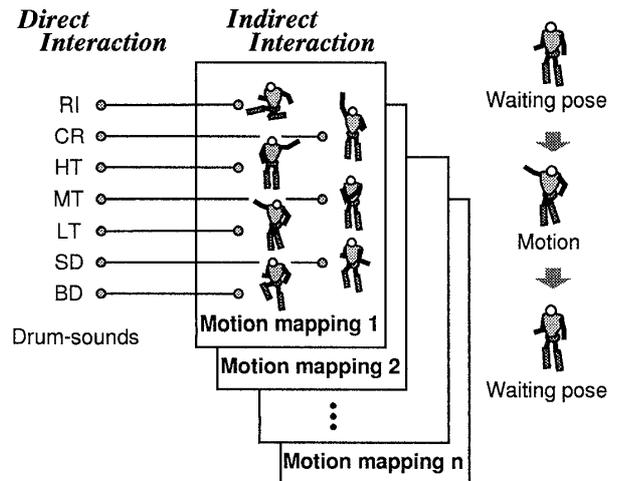


図3 打楽器と踊りのポーズとのマッピング

### 3 音楽に踊らされる CG ダンサー

音楽に踊らされる CG ダンサーは、体の各部位のオブジェクトが関節において連結した構造をしており、各関節を自由に動かすことができる。踊りの各ポーズは、これらの関節の角度の変化や、CG ダンサーの位置の移動、体の回転などで実現される。そして、この踊りのポーズと打楽器とのマッピングのセットを複数種類 (現在の実装では6種類) 用意しておく (図3)。CG ダンサーは、各マッピングにおいて打楽器音が鳴っていないときの待機姿勢を持っており、打楽器が演奏されると、その発音した瞬間に現在マッピングされているポーズをとり、その後ゆるやかに待機姿勢に戻る。

プレーヤー A の直接的インタラクションによる踊りでは、打楽器 BD と SD の演奏音により基本的な動作をする。これは、通常のドラムスの演奏においても、BD と SD が最も基本的なリズム形成の役割を演ずるからである。そして、他の打楽器音の場合にはアクセントとなるような動作をし、踊りに多様な変化をつける。特に、打楽器 CR や RI のようなシンバルの場合には、それらの音と同様な派手な動きをする。

プレーヤー B の間接的インタラクションによる踊りでは、演奏から音数、音高の平均 (傾向)、メロディーとコードのどちらを弾いているか、の3つの要素を分析し、その結果に応じてマッピングのセットを切替える。現在の実装では、以下の6種類のマッピングを用意してある。

- (1) 通常のマッピング
- (2) (1) よりも動きが派手なマッピング
- (3) おとなしい動きのマッピング
- (4) 重心が高い(両手を挙げ続けている)動きのマッピング
- (5) 体全体を使ったダイナミックな動きのマッピング
- (6) (5) よりもさらにダイナミックな動きのマッピング

例えば、音数が多くなると派手な動きになり、音数が少なくなるとおとなしい動きになり、音高が高くなると両手を上げるような重心の高い動きになり、コードが演奏されるとダイナミックな動きになるといったようなマッピングの切替えをおこなう。演奏分析結果とマッピングとの具体的な対応は4.5節において後述する。

本研究のような、複数メディアを用いて複数のインタラクションを同時に実現する上で重要なことは、メディア間の不整合を起こさないように設計することである。例えば、音楽的に良いインタラクションをしようとすると、映像的に良いインタラクションができなくなるのは望ましくない。そこで、音楽とCGの相乗効果が出るように、上記のインタラクションやマッピングは以下の2点に工夫しながら設計した。

- 音楽においてリズムを担当するドラムスの演奏を、踊りのタイミングを決定する直接的インタラクションに適用し、音楽全体の雰囲気を性格付けするメロディー・コード楽器の演奏を、踊り全体の雰囲気を決定する間接的インタラクションに適用した。これにより、違和感なく同時に3種類のインタラクションを可能にした。
- 派手な演奏には派手な踊りを割り当て、静かな演奏にはおとなしい踊りを割り当てるといった、マッピングと演奏内容に統一感を出す設計をした。これにより、大きく動かしたいのに静かに弾かなければならないというような矛盾を回避した。

#### 4 実装

本節では、以上述べてきたインタラクティブパフォーマンスを実際におこなうためのシステムの、一実装例について述べる。このパフォーマンスをおこなうには、大きく分けて以下の4つの処理が必要となる。

1. 各プレイヤーの演奏を入力する処理

2. 各プレイヤーの演奏を音として出力する処理
3. プレイヤーBの演奏を分析する処理
4. 音楽に踊らされるCGダンサーを表示する処理

以上の処理を1つのプロセスで実現する実装も考えられるが、本実装ではこれらの各処理を担当する複数のプロセスを生成し、お互いに通信することでシステムを実現する。これらのプロセスをサーバ・クライアント・モデルに基づいて実装することで、LAN (Local Area Network) 上に分散した複数の計算機上で動作可能とし、計算負荷を分散できるようにする。

試作したシステムは、Ethernet上に分散した複数のワークステーション (SGI Indigo2 Extreme) 上で動作する。演奏音の入力と出力はMIDI (Musical Instrument Digital Interface) [13]によりおこない、各プロセス間の通信には次に述べるRMCP (Remote Music Control Protocol) [3]を用いた。

#### 4.1 RMCP

RMCPは、MIDIとLANを融合した分散協調システムにおけるサーバ・クライアント間の通信プロトコルであり、シンボル化された音楽情報をネットワークを通じて伝送するために設計された。下位レイヤーとしてUDP/IPを用いたコネクションレスのプロトコルである。

本実装では、RMCPはプレイヤーの演奏情報であるMIDIメッセージを、RMCPパケット (RMCPが通信に用いるパケット) として伝送する役割をする。RMCPパケットはクライアントからサーバへ片方向に送信 (ブロードキャスト) され、サーバからクライアントへの返答は原則としてない。クライアントがRMCPパケットをすべてのサーバへ向けてブロードキャストすることにより、演奏情報などをネットワーク上の様々なサーバで共有して同時に活用できる。例えば、クライアントがブロードキャストした演奏情報を利用して、あるサーバは演奏音出力し、同時に別のサーバは画面表示することができる。

RMCPパケットはヘッダーとそれに続くメッセージ本体から成る。ヘッダーにはユーザ識別子、サーバ番号、タイムスタンプ情報、メッセージの種類、メッセージ長などが含まれている。メッセージの種類には様々なもの

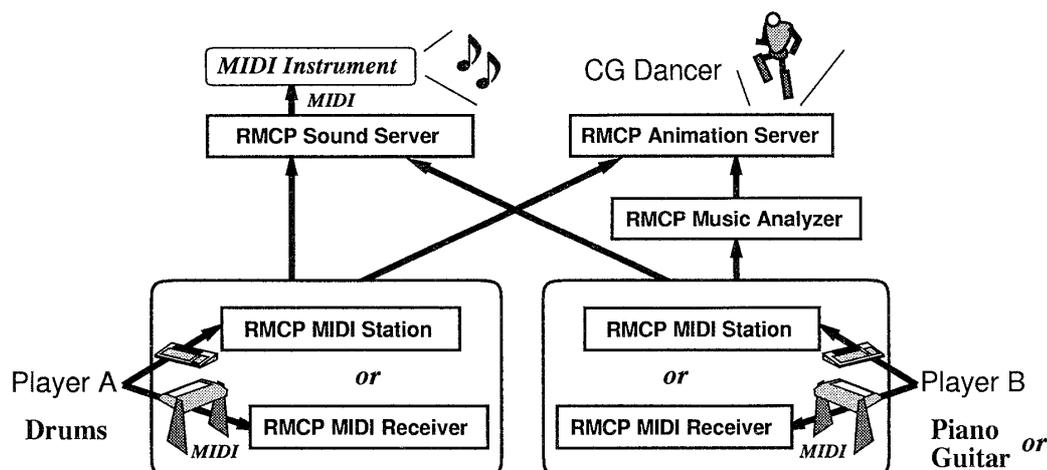


図4 RMCPによるシステム構成図

があるが、今回はメッセージ本体をそのまま MIDI メッセージとして扱う SMIDI (Send MIDI raw data) を用いた。他の項目は今回の実装では重要ではないため、説明は文献 [3] [4] に委ねて省略する。

RMCP を用いて分散環境で実装するメリットとして以下の点が挙げられる。

- 各サーバ・クライアントを異なる計算機上で実行することで負荷分散できる。
- 各サーバ・クライアントはそれぞれに特化した処理に専念すればよいため実装が容易である。
- サーバを単に追加するだけで新たな機能を実現できるので拡張性が高い。通信をブロードキャストでおこなうために、サーバを追加しても基本的に通信量が変わらない。

ただし、運用中はネットワークを低いトラフィックに保つ必要があり、複数の計算機を同時に占有するといったデメリットも伴う。

RMCP により実装したシステムの構成図を図 4 に示し、前述の 4 種類の必要な処理を担当する RMCP サー

バ・クライアントの一覧を表 1 に示す。以下では、これらのプロセスについて順番に説明する。なお、2 人のプレイヤーが同一の音源の音を聞くことができない場合や、同一のディスプレイを見ることができない場合は、各プレイヤーのもとで別々に RMCP Sound Server, RMCP Animation Server を実行する必要がある。

#### 4.2 RMCP MIDI Receiver, RMCP MIDI Station

各プレイヤーは、MIDI 楽器と RMCP MIDI Receiver か、RMCP MIDI Station を用いて演奏する。演奏手段として MIDI 楽器の鍵盤などを用いる場合には、MIDI 楽器から送られてくる MIDI メッセージを RMCP MIDI Receiver が受信し、これを RMCP パケットとしてブロードキャストする。通常はこの入力手段を用いる。

一方、演奏手段として計算機のキーボード・マウスを用いる場合には、RMCP MIDI Station が MIDI メッセージを生成し、RMCP パケットとしてブロードキャストする。この場合、プレイヤーは各キーが鍵盤に割り当てられたキーボードを押すか、画面上の鍵盤をマウスでクリックして演奏する。

#### 4.3 RMCP Sound Server

RMCP Sound Server は、受信した RMCP パケットに含まれる MIDI メッセージを MIDI 楽器に送ることにより、実際の演奏音として出力する。ただし、両プレイヤーの演奏手段が MIDI 楽器のときに、それらの楽

表 1 RMCP サーバ・クライアント一覧

処理内容	サーバ・クライアント名
1. 演奏入力	RMCP MIDI Receiver RMCP MIDI Station
2. 演奏音出力	RMCP Sound Server
3. 演奏分析	RMCP Music Analyzer
4. CG 出力	RMCP Animation Server

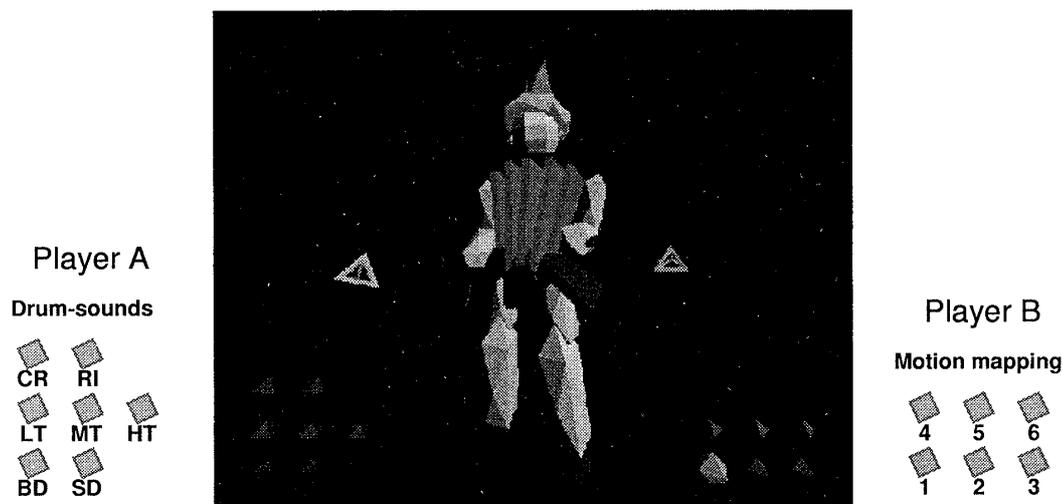


図5 音楽に踊らされるCGダンサー“Cindy”

器から直接出る演奏音を聞く場合には、本サーバを動作させなくてもよい。

#### 4.4 RMCP Music Analyzer

RMCP Music Analyzer はプレーヤー B の演奏情報から、以下の3つの要素を分析する。現在の実装では、過去3秒間の演奏を分析した結果を、1秒ごとに RMCP Animation Server へ送信する。

- 音数 (*NumNotes*)

3秒間に発音した音数を求める。ただし、一般に演奏者が主張したい音を強く演奏する傾向にあることと、人間が聴取する際にも小さい音より大きい音が優位であることを考慮して、鍵盤を弾いた強さ (MIDI key velocity) によって重み付けをおこなう。一つの音につき、最も弱く弾いた場合の0から最も強く弾いた場合の1までの値を加算する。つまり、音数が多いほど、強く弾くほど大きな値となる。本実装では、正確な音数よりも演奏全体でのパワーに相当する値をCGに反映させたいため、弱い音の音数が多い場合と、強い音の音数が少ない場合に同程度の値を取り得るようにしてある。

- 音高 (*AvePitch*)

3秒間に発音した音の高さ (MIDI note number) に対して、MIDI key velocity による重み付き平均値を求める。これにより、音数と同様、強く弾いた音の高さをより優先する。ただし本実装では、高い音

が多く含まれる演奏部分を検出したいため、3秒間の音高の最大値からその1オクターブ下までの範囲の音に関してのみ平均する。

- メロディーとコードのどちらを弾いているか (*ChordMeasure*)

同時に発音した音数の平均値を求める。同時に発音した音数は、メロディー<sup>†1</sup>では1になり、コードではコード構成音の数となる。つまり、この平均値が大きいほどメロディーよりもコードを主に弾いたことになる。

なお、音楽的な要素を演奏情報から分析する研究に関しては、物理的に観測しやすい音数などの音楽要素から音楽構造や感性情報といった音楽的に高度な意味に関するものまで、様々な報告がなされてきた [7] [8] [9] [10] [15]。本研究でも、将来的には感性情報まで考慮に入れることなどが考えられるが、ここではその第一段階として、容易に抽出できかつ直観的にわかりやすい上記の3要素を用いてシステムを試作した。

#### 4.5 RMCP Animation Server

RMCP Animation Server は、受信した RMCP パケットの内容に応じてリアルタイムに生成したCGダンサーを表示する。本サーバはプレーヤー A の演奏情報を直接受信し、その打楽器にマッピングされたポーズ

<sup>†1</sup> 本稿では、即興演奏も含めて単音で演奏されるものはすべてメロディーと呼ぶ。

を表示する。プレーヤー B の演奏情報は RMCP Music Analyzer の分析結果として受信し、その内容に応じたマッピングに変更する。

実装した RMCP Animation Server が表示する CG ダンサーの画像を図 5 に示す。中央の人型のキャラクターが CG ダンサー “Cindy” である。左下の 7 個のオブジェクトは、プレーヤー A の演奏状態を表し、右下の 6 個のオブジェクトは、プレーヤー B の演奏によって選択されたマッピングの種類を表している。なお、Cindy の両脇にある 2 つの小さなオブジェクトは単なる装飾である。

プレーヤー B の演奏の分析結果によって切替える踊りのポーズのマッピングのセットは、現在の実装では 6 種類となっている。これらの各マッピングの特徴と演奏分析結果との対応を以下に示す。

#### (1) 通常のマッピング

他のマッピングの条件に当てはまらないような、大きな特徴のない演奏では、このマッピングが選択される。

#### (2) (1) よりも動きが派手なマッピング

音数が (1) よりも多いときに選択される。具体的には、 $NumNotes > 12.0$  を満たし、以下の他のマッピングの条件を満たさないときに選択される。

#### (3) おとなしい動きのマッピング

音数が非常に少ないとき ( $NumNotes < 7.0$ ) は常に選択される。

#### (4) 重心が高い (両手を挙げ続けている) 動きのマッピング

高い音の演奏が続く ( $AvePitch > 75.0$ )、音数が (3) よりも多いとき ( $NumNotes \geq 7.0$ ) に選択される。

#### (5) 体全体を使ったダイナミックな動きのマッピング

コードが演奏され、音数が十分多いときに選択される。具体的には、 $ChordMeasure > 2.0$  と  $12.0 < NumNotes \leq 20.0$  を共に満たすときに選択される。

#### (6) (5) よりもさらにダイナミックな動きのマッピング

コードが演奏され、音数が (5) よりもさらに多いときに選択される。具体的には、 $ChordMeasure > 2.0$  と  $NumNotes > 20.0$  を共に満たすときに選択され

る。

以上のうちいくつかの踊りのポーズの例を図 6 に示す。

これらのマッピングや踊りの内容は、音楽ジャンルや演奏法によって設計し直す必要があり、すべてに対処できる普遍的なものとして設計するのは非常に難しい。そこで、今回はロック・ポップス・フュージョン系の曲に合うように、3 節で述べた設計上の工夫点に留意しながら、多様な動作が生じるよう踊り全体のバランスを考慮して設計した。上記の閾値も一実装例であり、プレーヤー B を担当する人ごとに補正する必要がある。そのため本実装では固定値とせず、プレーヤー自身が調整できるようになっている。

## 5 実験結果

試作したシステムを運用して、提案したインタラクティブパフォーマンスを実際におこなえることを確認する実験をおこなった。運用時には 2 台の SGI Indigo2 Extreme を占有使用し、Ethernet のトラフィックは低い状態に保っておいた。そして、プレーヤーはシンセサイザー (Korg 01/W FD) の鍵盤によりドラムスを演奏し、プレーヤー B は MIDI ギター<sup>†2</sup> (Roland GK2, GR09) を演奏した。今回はドラムスの演奏にシンセサイザーの鍵盤を用いたが、MIDI 出力可能なドラムセット (ドラムパッド) を利用してもよい。

実験では、ロック・ポップス・フュージョン系の曲を 2 人のアマチュアプレーヤーが即興演奏して実験した。これらのプレーヤーとして、以下の基準を満たす人を選んだ。

- 即興演奏の経験があり、楽譜を見ずに自分で考えながら演奏できる。
- 演奏行為だけで精一杯ではなく、即興演奏と同時にさらに新たなインタラクションをおこなう余裕がある。

彼らは実験前にこのインタラクティブパフォーマンスの趣旨を十分理解し、打楽器音と動作間のマッピングの傾向 (BD と SD で基本的な動作をすることなど) や 6 種類のマッピングのセットがあることは事前に知っていた。ただし、踊りのポーズなどのマッピングの具体的な内容

<sup>†2</sup> 特殊なピックアップをつけることにより MIDI 出力を可能にしたギター。

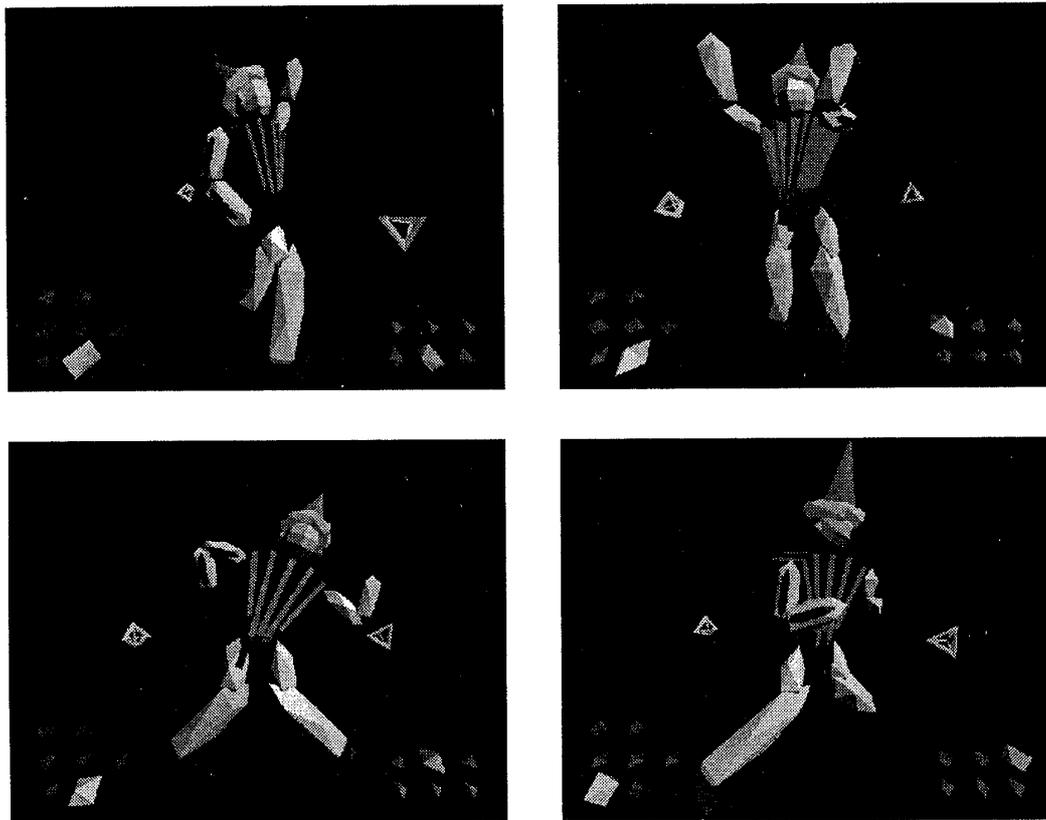


図6 CGダンサーの踊りのポーズの例

までは記憶していなかった。

実験の結果、プレーヤーが演奏によりCGダンサーを直接的／間接的に踊らせることができることを確認した。音楽だけを通じたインタラクションと比較すると、CGダンサーの踊りを変えたいために演奏をより変化させようとする傾向が見られた。また、CGダンサーを協調して踊らせようとするインタラクションもなされたことで、本研究が提案した3種類のインタラクションを達成するインタラクティブパフォーマンスが実現できた。

実験中のプレーヤーの演奏状況を記録した例を図7に示す。上の2段は、プレーヤーAのドラムスの演奏状況と、プレーヤーBの演奏により切替えられたCGダンサーの踊りのマッピングの種類を表し、下の3段は、RMCP Music AnalyzerによるプレーヤーBの演奏の分析結果を表す。この図から、最初から30秒付近までは、プレーヤーBの演奏同様に比較的小となしい動きのマッピング(1と3)が選択されており、プレーヤーAは打楽器音BDとSDを規則正しく叩く変化の少ない演奏をしていたことがわかる。30～50秒付近では、プレーヤーAがシンバルを多用して演奏したところ、プレー

ヤーBはシンバルで特徴的な動きの出る重心の高い動きのマッピング(4)になるように高域の演奏で反応していた。50～60秒付近では、プレーヤーBは動きの派手なマッピング(2)になる音数の多い演奏をしており、プレーヤーAは派手な動きをより引き出すようなSDを多用した演奏をしていた。最後の60～85秒付近では、プレーヤーAが全打楽器音を用いた派手な演奏によりCGダンサーの動きに多様な変化をつけたのに対し、プレーヤーBはコードを多用した音数の多い演奏でダイナミックな動きのマッピング(5と6)に切替えており、両者が影響を与え合いながら共に盛り上がった演奏をしていた。なお、以上のインタラクションの内容は、事前にプレーヤー間で打ち合せたものでなく、両者が演奏時の即興でおこなったものである。

実験時のRMCPパケットの遅延時間を測定したところ、異なる計算機上にあるクライアントからサーバへRMCPパケットが到達するまで、平均値0.30ms、標準偏差0.06ms、最小値0.28ms、最大値1.24msであった。今回は1箇所実験したため、この遅延時間は、演奏してからその演奏音が鳴るまでの時間と、演奏して

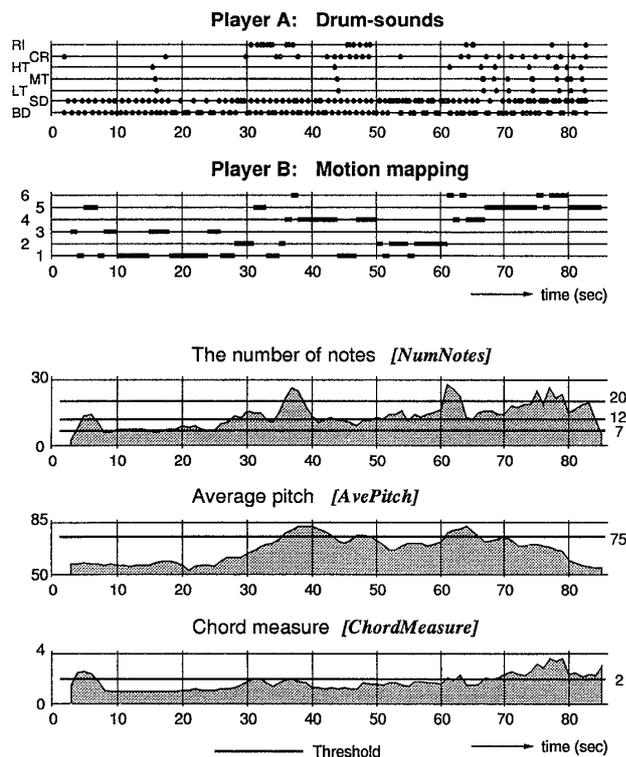


図7 実験中のプレイヤーの演奏状況の記録例

から CG に反映されるまでの時間に影響する。前者に関しては、MIDI で一音分の演奏情報 (3 bytes) を伝送するのに 0.96 ms かかり、MIDI 楽器内部では 10 ms 以上も遅延する可能性があることを考慮すると、十分小さいと言える。後者に関しては、本実装では 30 フレーム / 秒で CG を生成していたため、1 フレーム当たりの時間 (33.3 ms) よりも十分小さく問題にならないことがわかる。

## 6 おわりに

本稿では、CG ダンサーと 2 人のプレイヤーが音楽を通じてお互いに影響を与え合うことで実現するインタラクティブパフォーマンスについて述べた。このパフォーマンスでは、プレイヤー同士が演奏によるインタラクションをおこなうだけでなく、CG ダンサーに対して直接的 / 間接的インタラクションをおこなう。さらに、2 人のプレイヤーが協調して CG ダンサーの踊りを変えようとするすることで、CG ダンサーを介したプレイヤー間のインタラクションも起きる。このパフォーマンスを可能にするシステムを分散環境で試作して実験した結果、実際に上記の聴覚と視覚によるマルチモーダルインタラクシ

ョンをおこなうことができた。

本稿では 2 人のプレイヤーと CG ダンサーのインタラクションを提案したが、今後は 3 人以上のプレイヤーによるインタラクティブパフォーマンスも研究していきたい。今回は 1 箇所でも実験したが、RMCP によりネットワークを利用して実装したことで、複数箇所にいるプレイヤー間にも自然に拡張できる。そこで今後は、遅延時間を考慮に入れた遠隔地間のインタラクティブパフォーマンスも研究していく予定である。

## 謝辞

実験においてプレイヤー B として協力して頂いた日高伊佐夫氏に感謝する。また、現在の RMCP Animation Server の原型となるシステムを共に開発した橋本裕司氏に感謝する。

## 参考文献

- [1] Dannenberg, R. and Bates, J. : A Model for Interactive Art, *Proceedings of the Fifth Biennial Symposium for Arts and Technology*, 1995, pp. 103-111.
- [2] 後藤真孝 : 分散協調インタラクティブシステム — 音と CG による遠隔地間のインタラクション —, NICOGRAPH '93 CG 教育シンポジウム プロシーディングス, 1993, pp. 44-49.
- [3] 後藤真孝, 橋本裕司 : MIDI 制御のための分散協調システム — 遠隔地間の合奏を目指して —, 情処研報 音楽情報科学 93-MUS-4-1, Vol. 93, No. 109 (1993), pp. 1-8.
- [4] 後藤真孝, 日高伊佐夫, 松本英明, 黒田洋介, 村岡洋一 : すべてのプレイヤーが対等なジャズセッションシステム I. システムの全体構想と分散環境での実装, 情処研報 音楽情報科学 96-MUS-14-4, Vol. 96, No. 19 (1996), pp. 21-28.
- [5] Goto, M. and Muraoka, Y. : A Beat Tracking System for Acoustic Signals of Music, *Proceedings of the Second ACM International Conference on Multimedia*, 1994, pp. 365-372.
- [6] 林一司, 藤田卓志, 松本智佳子 : 仮想生物の行動生成モデル, 情処研報 グラフィクスと CAD 91-CG-52-10, Vol. 91, No. 71 (1991), pp. 65-71.
- [7] 平井重行, 金森務, 平井宏 : ジャズの伴奏からの、調性を含めた感性情報抽出, 情処研報 音楽情報科学 94-MUS-8-1, Vol. 94, No. 103 (1994), pp. 1-6.
- [8] 金森務, 片寄晴弘, 新美康永, 平井宏, 井口征士 : ジャズセッションシステムのための音楽認識処理の一実現法, 情処学論, Vol. 36, No. 1 (1995), pp. 139-152.
- [9] 片寄晴弘, 今井正和, 井口征士 : 音楽における感性情報抽出の試み, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 6 (1988), pp. 748-754.
- [10] Katayose, H., Kanamori, T., Kamei, K., Nagashima, Y., Sato, K., Inokuchi, S., and Simura, S. :

- Virtual Performer, *Proceedings of the 1993 International Computer Music Conference*, 1993, pp. 138–145.
- [11] Kirk, R., Hunt, A., and Orton, R. : Audio-Visual Instruments in Live Performance, *Proceedings of the 1995 International Computer Music Conference*, 1995, pp. 595–596.
- [12] Maes, P., Darrell, T., Blumberg, B., and Pentland, A. : The ALIVE System: Full-Body Interaction with Autonomous Agents, *Proceedings of the Computer Animation'95 Conference*, IEEE Press, 1995, pp. 11–18.
- [13] MIDI規格協議会規格検討委員会: MIDI 1.0 規格 (Document Ver. 4.1 日本語版), MIDI規格協議会, 1989.
- [14] Nagashima, Y., Katayose, H., and Inokuchi, S. : A Compositional Environment with Intersection and Interaction between Musical Model and Graphical Model — “Listen to the Graphics, Watch the Music” —, *Proceedings of the 1995 International Computer Music Conference*, 1995, pp. 369–370.
- [15] Rowe, R. : *Interactive Music Systems*, The MIT Press, 1993.
- [16] 土佐尚子 : 芸術とテクノロジー, 情処研報 グラフィクスとCAD 92-CG-58-12, Vol. 92, No. 63 (1992), pp. 73–80.
- [17] Ungvary, T., Rajka, P., Lunden, P., and Lundin, M. : NUNTIUS: a transmedial communication system for computer music and for computer choreography, *Proceedings of the 1994 International Computer Music Conference*, 1994, pp. 190–191.