

---

# 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

Interactive Performance of a Music-danced CG Dancer

後藤 真孝    村岡 洋一\*

**Summary.** This paper presents interactive performance where music and CG are integrated by a CG dancer whose motion is changed according to two players' musical performance in real time. Previous work achieved interaction between a CG dancer and a player's performance. Usual jam session involves musical interaction among players. However, music played by two players did not directly choreograph a CG dancer in real time. Our performance involves the following three kinds of interaction at the same time: 1) interaction between two players through their musical sounds, 2) direct or indirect interaction between each player and a CG dancer, 3) interaction between the players through the CG dancer. In the case of the second interaction, one player plays the drums and only determines the timing of a dancer's motion mapped to each drum sound (*direct interaction*), and the other player changes the mapping between the drums and the dancer's motions by playing a keyboard instrument or a guitar (*indirect interaction*). The third interaction, two players' cooperation, is therefore important to achieve an exciting performance full of variety. The system that enables this performance was implemented on workstations connected to the Ethernet. In our experiment, the three kinds of interaction were performed on the system, and music danced the CG dancer.

## 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) による仮想のダンサーと音楽が、二人のプレイ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、二人のプレイヤーが即興演奏によりセッションをおこなうだけでなく、その演奏された音楽に従ってリアルタイムに踊りの振付けが変わる一人のCGダンサーが、両プレイヤーに対して同時に表示される。ここではプレイヤーは、音によるインタラクションとCGによるインタラクションを、同時におこなうことができる。本研究は、このようなパフォー

---

\* Masataka Goto, 早稲田大学 理工学部/日本学術振興会特別研究員, Yoichi Muraoka, 早稲田大学 理工学部

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ナルを探求することを目的とする。

我々は既に、音楽演奏によるCGダンサーとのインタラクショナルを実現していた[1][2]。しかしそこでは一人のプレーヤーが、演奏音によりCGダンサーと一対一のインタラクショナルをおこなうだけで、二人のプレーヤー間のインタラクショナルは実現されていなかった。一方、通常の即興演奏によるセッションでは、二人のプレーヤー間のインタラクショナルによって音楽が成立している。演奏の繰り返しや終りを指示する身体的な合図などの視覚を通じたインタラクショナルはおこなわれるが、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ナルと演奏が同時にはなされていなかった。

本稿では、二人のプレーヤーが演奏する音楽によってリアルタイムに踊りが制御されるCGダンサーを実現することで、以下の三種類のインタラクショナルが同時におこなわれるインタラクティブパフォーマンスを提案する。

1. プレーヤー同士の演奏によるインタラクショナル
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ナル
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ナル

1. は通常のセッションでおこなわれるような、音楽的なインタラクショナルである。2. は本研究で新たに提案するインタラクショナルの形態で、一方のプレーヤーはドラムス(複数の打楽器で構成される)を演奏することでCGダンサーと直接的インタラクショナルをおこない、他方はピアノなどのメロディー・コード楽器を演奏することで間接的インタラクショナルをおこなう。CGダンサーは、打楽器の種類と踊りのポーズとのマッピングのセットを複数持っている。直接的インタラクショナルでは、打楽器音を演奏することでダンサーの動作のタイミングを決定し、ダンサーはその打楽器にマッピングされている踊りのポーズをとる。一方、間接的インタラクショナルでは、演奏する音数・音高などによってこのマッピングのセットを変更することで、ダンサーの踊り全体の雰囲気性格を付ける。つまり、前者では打楽器音が鳴る瞬間に動作が起きるが、後者では演奏音に応じてマッピングが変更されるだけでその時点では動作は起きない。二人が協調して演奏・インタラクショナルをおこなうことで、はじめて変化に富んだ良いパフォーマンスが実現できる。3. は、こうしたプレーヤーの演奏によって踊らされるCGダンサーを介して、二人のプレーヤーが協調してその踊りを変えようとするインタラクショナルである。

本パフォーマンスを実現するシステムは、すでにネットワークで接続された複数の計算機上に実装された。二人のプレーヤーの演奏は、それぞれネットワークを通じて、MIDI制御をおこなう計算機とCGダンサーを表示する計算機へ送られ出力される。実際に運用した結果、プレーヤーは演奏によりCGダンサーを踊らせることができ、三種類のインタラクショナルが可能であった。

## 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、二人のプレーヤー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踊るのではなく、二人のプレーヤーの演奏する

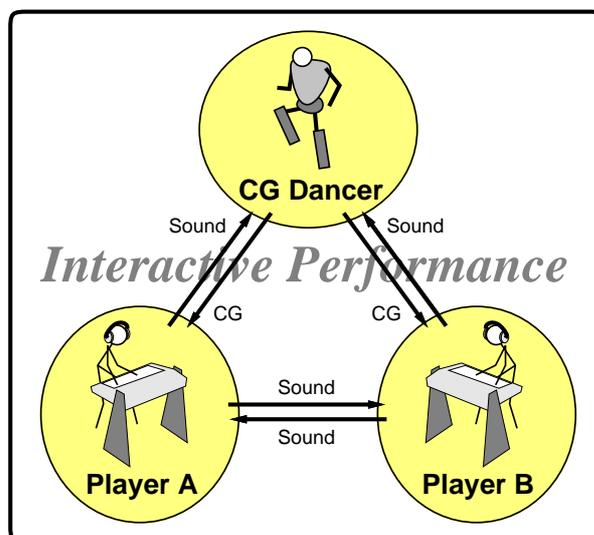


図 1. インタラクティブパフォーマンス

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、各プレイヤーは完全に思い通りにはダンサーを踊らせることはできない。プレイヤー A は、自分の演奏音で直接ダンサーを動かすことはできるが、その動きがどのようなものになるかという演奏音と踊りのポーズとのマッピングは、自由に変えられない。一方、プレイヤー B は、プレイヤー A がダンサーにどのような動きをさせるかという踊りのポーズのマッピングを演奏によって変えることができるが、自分が演奏しただけではダンサーは動かない。このように、二人が協調して演奏することではじめて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。

このパフォーマンスでは以下の三種類のインタラクションが同時におこなわれる(図 2)。

1. プレイヤー同士の演奏によるインタラクション

プレイ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、二人は協調して良い音楽にしようとする。

2. 各プレイヤーと CG ダンサーとの直接的 / 間接的インタラクション

プレイヤー A が演奏すると、CG ダンサーはその演奏音にマッピングされた動きをする。この動きをプレイヤー A が見ることで、さらに動きを自分の演奏で直接変化させようとするので、これを直接的インタラクションと呼ぶ。一方、プレイヤー B が演奏すると、その内容に応じてこのマッピングが切替えられる。プレイヤー B はこのマッピングの変更をプレイヤー 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えようとする(ダンサーの踊りを間接的に変更しようとする)ので、これを間接的インタラクションと呼ぶ。

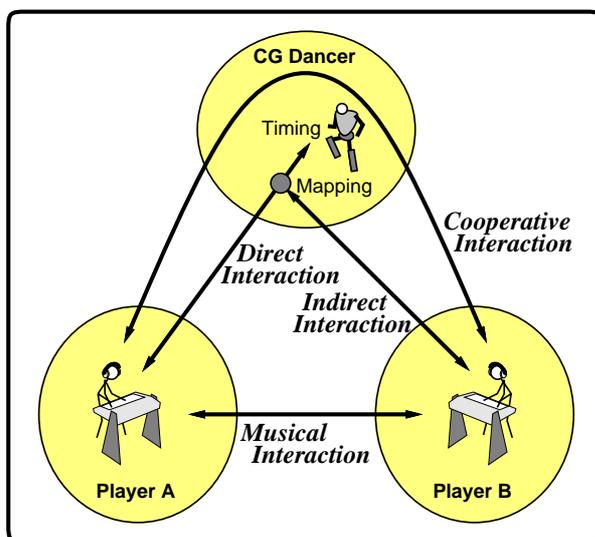


図 2. 三種類のインタラクション

### 3. CG ダンサーを介したプレイヤー同士のインタラクション

二人のプレイヤーが、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。プレイヤー A は自分の演奏により、プレイヤー B が設定したマッピングに適した動き方をしようとする。一方プレイヤー B は自分の演奏により、プレイヤー 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、二人は協調して良い映像 (CG) にしようとする。

二人のプレイヤーはそれぞれ異なった楽器を即興演奏する。プレイヤー 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 ダンサーと直接的インタラクションをおこなう。これらの打楽器の種類ごとに異なる踊りのポーズがマッピングされており、打楽器音の発音と同時にダンサーが動く。一方、プレイヤー B はピアノなどのメロディー・コード楽器を担当し、間接的インタラクションをおこなう。そして、演奏の音数・音高やメロディーとコードのどちらを弾いているかといった局所的な雰囲気に基づいて、踊りのポーズのマッピングが切替えられる。すなわち、プレイヤー A は音楽においてリズムを担当すると共にダンサーの踊りのタイミングを決定し、プレイヤー 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。

### 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、図 3 のように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、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

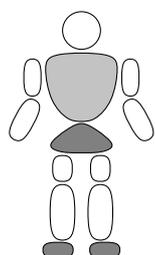


図 3. CG ダンサーの構造

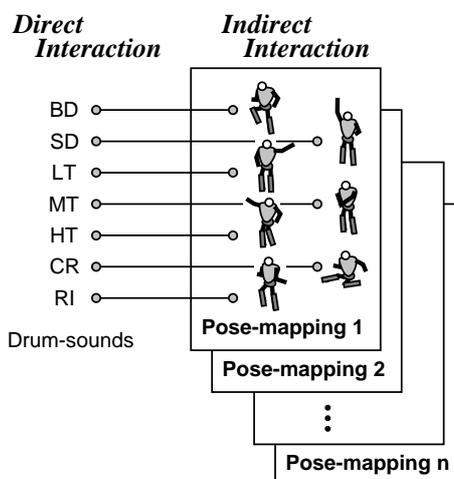


図 4. 打楽器と踊りのポーズとのマッピング

類用意しておく(図4)。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。

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<sup>1</sup>。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。

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。例えば、音数が多くなると派手な動きになり、音高が高くなると両手を挙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。

#### 4 実装

本インタラクティブパフォーマンスを実現するシステムには、大きく分けて以下の四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

以上の処理を一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

<sup>1</sup> 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。

で、ネットワーク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。

現在の実装では、Ethernet 上に分散した複数のワークステーション (SGI Indigo2 Extreme) 上でシステムは動作する。演奏音の入力と出力は MIDI (Musical Instrument Digital Interface) [3] によりおこない、各プロセス間の通信には RMCP (Remote Music Control Protocol) [1] を用いた。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。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 パケットとして伝送する役割をする。クライアントが RMCP パケットとして送信 (ブロードキャスト) することにより、システムの実装や拡張が容易になるだけでなく、演奏情報をネットワーク上の様々な機器で同時に活用できる。

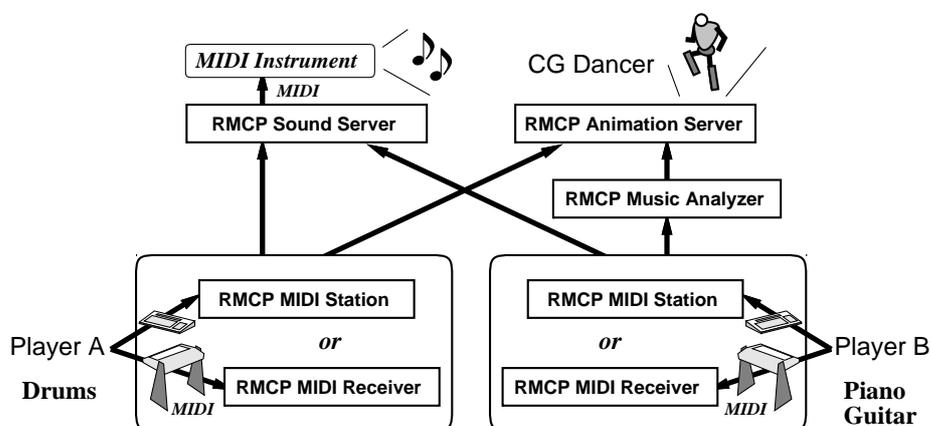


図 5. RMCP によるシステム構成図

RMCP により実装したシステムの構成図を図 5 に示す。前述の四つの必要な処理の内、1. の演奏入力を RMCP MIDI Receiver あるいは RMCP MIDI Station が担当し、2. の演奏音出力を RMCP Sound Server が担当し、3. の演奏分析を RMCP Music Analyzer が担当し、4. の CG 出力を RMCP Animation Server が担当する。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、二人のプレイヤーが同一のディスプレイを見るできない場合や、同一の音源の音を聞く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 を実行してもよい。

#### 4.1 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。

#### 4.2 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、それらの楽器から直接出る演奏音を聞く場合には、本 Server を動作させなくてもよい。

#### 4.3 RMCP Music Analyzer

プレイヤー B の演奏情報は、一旦 RMCP Music Analyzer により音数、音高、メロディーとコードのどちらを弾いているかが分析され、その結果を次の RMCP Animation Server が受信する。現在の実装では RMCP Music Analyzer は、1 秒ごとに、過去 3 秒間のプレイヤー B の演奏を分析して結果を出力する。具体的には、以下のように三項目を分析する。

- 音数

3 秒間に発音した音数を求める。ただし、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。

- 音高

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、強く弾いた音の高さをより優先できる。ただし現在の実装では、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

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>2</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多く弾いたことになる。

#### 4.4 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 Server はプレイヤー 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を表示する。プレイヤー 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 6 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、プレイヤー A の演奏状態を表し、右下の 6 個のオブジェクトは、プ

<sup>2</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。

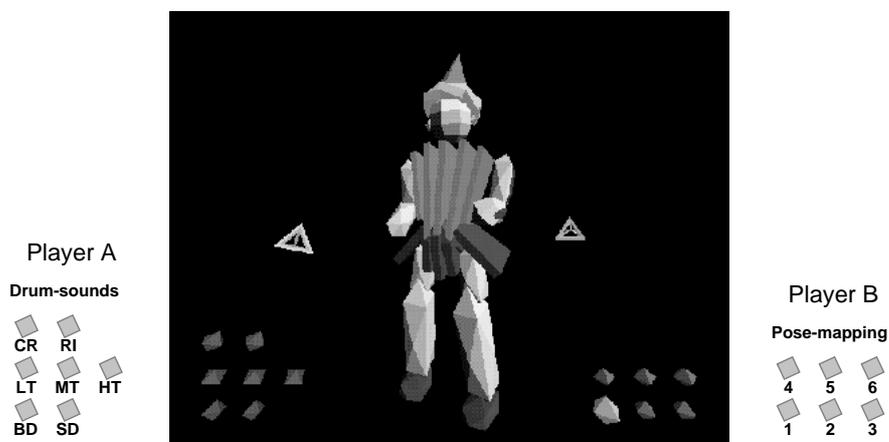


図 6. 音楽に踊らされる CG ダンサー “Cindy”

プレイヤー B の演奏によって選択された現在のマッピングの種類を表している。なお、Cindy の両脇にある二つの小さな小さなオブジェクトは、視覚的・芸術的効果を高めるための装飾である。

プレイヤー 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、現在の実装では六種類となっている。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。

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

高い音の演奏が続いたときに選択される。

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。

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。

以上のうちいくつかの踊りのポーズの例を図 7 に示す。

なお、RMCP Animation Server は汎用的な実装をおこなっており、例えば音楽音響信号に対するリアルタイムビートトラッキングシステムと組み合わせることにより、コンパクトディスクなどによる音楽に同期して踊らせることも可能である [4]。

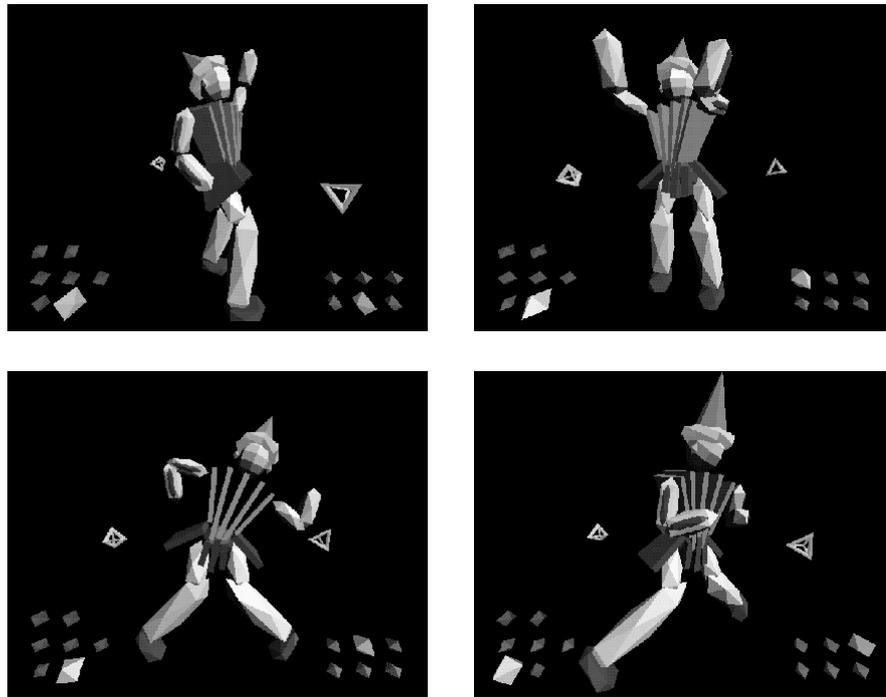


図 7. CG ダンサーの踊りのポーズの例

## 5 実験結果

実験では、プレイヤー A 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、プレイヤー B は MIDI ギター<sup>3</sup>(Roland GK2, GR09) を演奏した。通常ドラムスは、ドラムセットの前に座り、ドラムスティックを用いて演奏するものと考えられがちであるが、練習をすることによりシンセサイザーの鍵盤で演奏することも可能になる。ただし、今回は用いなかったが、ドラムスの演奏には 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。

ロック・ポップス・フュージョン系の曲を二人で即興演奏して実験した結果、プレイヤーは演奏により 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、本研究が提案した三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。そこでは音楽と CG の相乗効果により、より魅力的なパフォーマンスとなることを確認した。

## 6 おわりに

本稿では、CG ダンサーと二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

<sup>3</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。

マンスでは、プレー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、二人のプレーヤーが協調してCGダンサーの踊りを変えようとする事で、CGダンサーを介したプレーヤー間のインタラクションも起きる。ネットワークで接続された複数の計算機上へ実装して実験した結果、演奏音だけでは得られない新たなインタラクションをおこなうことができた。

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システムを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、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。そこで本研究では、以下の二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、音楽全体の雰囲気性格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、違和感なく同時に三種類のインタラクションが可能になった。
- 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とで、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。

以上のように設計したことで、音楽とCGが相乗効果を出すようなインタラクティブパフォーマンスを実現できた。

本稿では二人のプレーヤーとCGダンサーのインタラクションを提案したが、今後は三人以上のプレー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。今回は一箇所を実験したが、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ーヤー間にも自然に拡張できる。そこで今後は、遠隔地間のインタラクティブパフォーマンスも実現していく予定である。

## 謝辞

実験においてプレーヤー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] 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, Vol.93, No.109, 音楽情報科学 93-MUS-4-1 (1993).
- [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, pp.44-49 (1993).
- [3] 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).
- [4] Masataka Goto and Yoichi Muraoka: *A Beat Tracking System for Acoustic Signals of Music*, ACM Multimedia 94 Proceedings, pp.365-372 (1994).