

## 舞踊記譜法 Labanotation とモーションキャプチャを用いた

### 舞踊教育のためのマルチメディア教材の開発

中村美奈子<sup>†</sup>, 山川誠<sup>††1</sup>, 八村広三郎<sup>††</sup>

立命館大学 アートリサーチセンター<sup>†</sup>, 立命館大学 理工学部 情報学科<sup>††</sup>

舞踊記譜法 Labanotation は、欧米では舞踊の分析や振付けの手法および舞踊教育のツールとして広く用いられているが、日本においては、まだあまり普及していない。一方、モーションキャプチャ技術は、舞踊学の分野においても舞踊の動作分析手法の一つとして注目されてきている。本研究では、モーションキャプチャシステム、3DCG、ビデオ映像、VRML および、八村研究室でこれまでに開発してきた舞踊譜作成エディタ Laban Editor を統合した形での、舞踊教育のための効果的なマルチメディア教材を開発することを目的とする。

### Development of multimedia teaching material for dance by using Labanotation and motion capture

Minako NAKAMURA<sup>†</sup>, Makoto YAMAKAWA<sup>††2</sup>, Kozaburo HACHIMURA<sup>††</sup>

Art Research Center, Ritsumeikan University<sup>†</sup>,

Faculty of Science and Engineering, Ritsumeikan University<sup>††</sup>

Labanotation is now widely used as dance notation in Western countries. If we use hypermedia in teaching dance with Labanotation, we can expect good results in choreography and dance education. In this paper, we report on a development of multimedia teaching materials for dance by using motion capture system and Labanotation, integrating with 3DCG, VRML, video, and LabanEditor which had been developed by our laboratory.

#### 1. はじめに

ルドルフ・ラバンの考案した Labanotation[1]は、動きを記号を用いて記述することを可能にしたもので、音楽の五線譜を縦にしたような形をしており、下から上へと読み進む(図1参照)。中央の縦線が身体を中心線を表し、中心線の右側に身体の右側の動作を、左側に身体の左側の動作を記号を用いて記述するため、踊り手が譜面を読みながら動きを再現しやすいという特長がある。足や手の動きといった身体各部の詳細な動作についても記述可能であり、特定の舞踊様式に依存しない現時点で最も普遍的な舞踊記譜法である。

このことから、Labanotation は、舞踊を記録し分析するための方法論として欧米の研究者に広く用いられており、大学の舞踊科や人類学科の必修科目にもなっている。ダンスの初等教育～高等

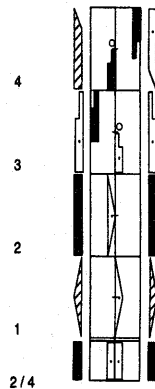


図1: Labanotation

<sup>1</sup> 現在 (株) KCEO

<sup>2</sup> Currently with KCEO Inc.

教育の現場においても、音楽における楽譜のように、身体表現の創作能力を高める手段として用いられている。

欧米では Labanotation により紙上に記譜された舞踊には著作権が認められているため、専門のノーターを雇って振付を記録させる舞踊の振付家も多い。更に、舞踊に限らず身体運動を記録分析するシステムとして医療の現場、例えば精神科のダンスセラピーや外科のリハビリテーションでも用いられている。また、近年においては、記号認識による動作制御が可能であるため、ロボティクスやCGなど工学の分野での関心も高まっている。

このように Labanotation は、欧米で舞踊記譜法の標準として用いられているにもかかわらず、日本国内での認知度は低く、Labanotation の教育を行うことのできる教師及び教材もほとんどないのが現状である。Labanotation の学習テキストの日本語への翻訳出版については、現在進行中であるが、現時点では、英語のテキストにより独学で学ぶというケースが多い。しかし、舞踊（身体運動）は3次元空間の中で行われるため、2次元（紙）に書かれたテキストによる独習には限界がある。実際に身体を動かしながら空間的に学べばすぐにわかる基本的なことが理解されないために、途中で挫折してしまう人も多い。

このような理由から、本研究では、Labanotation の記譜体系を理解するとともに、身体運動の分析や、舞踊教育における「動き」についての教育に役立つようなマルチメディア教材を開発を行った。Labanotation の譜面を実際の動きを撮ったビデオ映像と同期再生することにより、譜面の動きを確認したり、パソコン上で Labanotation 用エディタを用いて記譜した動きを VRML や 3 DCG により再現できるシステムの開発を行った。また逆に、モーションキャプチャにより実際の動きのデータを取得し、3 DCG で表示するとともに、Labanotation に変換して書き出すシステムの開発を行った。モーションキャプチャによって取得されたモーションデータは、数値データであるため、このデータを舞踊教育で利用するためには、人間が視覚的に理解しやすい形に変換する必要がある。Labanotation は、記号データであることから、数値よりは視覚的に理解しやすいため、本研究では、モーションデータと人間の橋渡しとしても Labanotation を利用する。

## 2. 舞踊教育における舞踊記譜法 Labanotation

舞踊は身体運動であり、3次元での動きにその本質がある。Labanotation は、この舞踊の記譜法、すなわち、身体動作そのものではなく、この身体動作を時間的、空間的及び身体各部の動作にもとづいて、抽象化したものである。Labanotation の習得には、自然言語の習得と同様に、notation を読み身体動作を理解できる、すなわち、具象化できる能力と、実際の舞踊をこの notation で記述する、すなわち、抽象化できる能力が求められる。舞踊は、身体から身体への伝承が基本であるため、西洋の芸術音楽のように楽譜に記譜するという習慣はほとんどない。また、身体運動を記譜すると、その情報量は、すぐにオーケストラのスコア（総譜）並みの膨大な量になってしまうことが、学習者の志気を奪ってしまうという現状がある。しかし、動きを解釈し、また創造していく訓練の一環として、舞踊を記譜したり解説したりする作業は、舞踊教育においても重要なものの一つである。

Labanotation では、動きの方向 direction をシンボルの形で表し、動きの高さ level をシンボルの模様で表し、動きの時間的な長さ duration をシンボルの長さであらわす。（図2参照）両足で立っている場合の、重心の垂直方向の動きである「Level」（高さ）については、シンボルの形ではなくシンボルの模様によって指示する。膝を伸ばしてまっすぐ立った状態が Middle(中位)、膝を曲げた状態は Low (低位)、背伸びをした状態は High (高位)である。（なお、長方形のシンボル「Place」は、「その場」の意味である。）これらのシンボルを譜表 (Staff) の各身体部位に相当する column(コラム、欄)に置くことにより、どの部位の動きであるかを示す。さらに細かい身体部位の動きについて記譜する場合は、各

身体部位をあらわす Body Sign と呼ばれる付加記号とともに記譜する。

舞踊は、3次元空間中での運動であるため、2次元の紙による教材のみによる学習には限界がある。紙上に記譜された舞踊譜の動きを同時平行的にビデオ映像によって確認したり、また、舞踊譜をCGアニメーションにより再現したりするような、インタラクティブ性を持つマルチメディア教材を作成することにより、Labanotation についての正確な知識を楽しみながら学習できるという効果がある。[2]

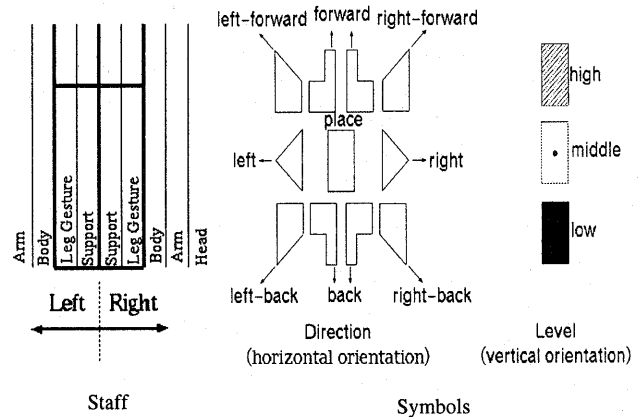


図2：Labanotation の譜表と記号

### 3. LND (舞踊譜記述データ) に基づく身体運動情報の処理システム

#### 3.1 舞踊譜記述データ (LND)

舞踊譜 Labanotation をシステム内で記述するための内部表現として、本研究室で考案した舞踊譜記述データ LND(LabaNotation Data)というテキスト形式のデータを利用する。これは、Labanotation を各シンボルに1対1に対応するコマンド行によって記述したものである。図3は、その記述例である。

#に続く文字列は舞踊譜 Labanotation としての基本情報であり、//で始まる行はコメント行である。direction で始まる行は Direction Signs に相当する動作情報を記述する。同様に hold、body、rotation、space、pin で始まる行は対応する Labanotation 付加記号の動作情報を記述する。

```
#rhythm 4/4
#unit_per_line 4
#unit_total 8
#unit 0 direction l_support place mid
#unit 0 direction r_support place mid
#unit 2 direction r_support right mid 1.0 2.0
#unit 2 rotation r_support counterclock 3/4 3.5 4.0
#unit 3 direction l_arm r_forward low 0.0 1.0
#unit 4 direction l_leg forward low 2.0 3.0
#unit 4 rotation r_support clock 1/2 3.5 4.0
#unit 0 direction l_arm l_forward mid
#unit 0 direction r_arm forward low
```

図3：LND による記述例

すためのもので、1分あたりの基本単位リズム数の値を示す。

- #unit\_per\_line は、譜面表示の際に舞踊譜1列を何ユニットで表示するかを示す。
- #unit\_total は譜面全体のユニット数を示す。
- 身体部位は身体部位 r\_arm(右腕)や l\_arm(左腕)などのコラムの名称で表現する。

- #unit は最初から何ユニット目であるかを示す。#unit0 は初期姿勢を表現する。
- #rhythm はユニットの分割の仕方であり、(ユニット内の基本ユニットの数)/(基本ユニット)と記述する。基本ユニットは音楽のリズムの基本となる4分音符や8分音符などに相当する。
- リズムの種類として、2/4、3/4、4/4、5/4、6/8を表現することができる。
- #speed は身体動作の速さを表

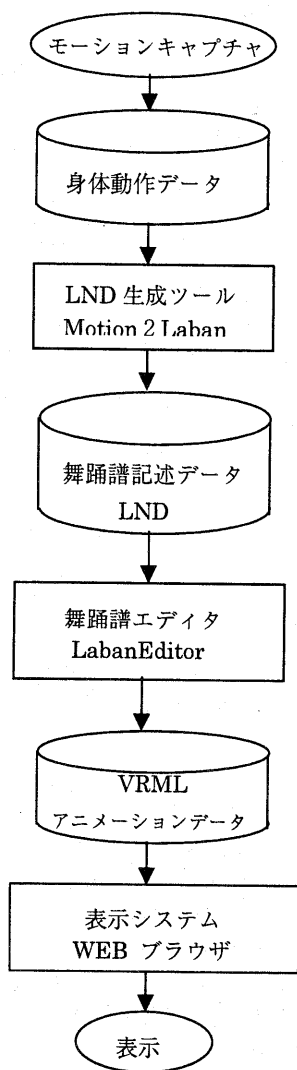


図4：身体運動情報の処理システムの概略

- ・ 開始時刻および終了時刻は、各ユニット内における動作の開始・終了時を示す。時刻は基本ユニットを単位(1.0)として表現する。つまり、リズムは2/4なら1/4を1.0、リズム6/8ならば1/8を1.0としている。

### 3.2 舞踊記譜法 Labanotation の入力・編集・表示システム

本研究では、Labanotation およびその内部表現としての LND に基づいた身体運動の情報処理システムを構築した。その概略は図4に示すとおりである。

#### 3.2.1 Motion2Laban (LND 生成ツール) [3][4]

LND 生成ツール、Motion2Laban は、モーションキャプチャデータを各身体部位ごとに解析し、LND を生成する、八村研究室で開発中のツールである。Motion2Laban は、モーションキャプチャデータを入力すると、対象部位の身体動作をまとまりのある部分へと分割(セグメンテーション)し、動作セグメントを抽出し、後述する LabanEditor のデータファイルである LND 中間データを生成する。次にこの LND 中間データファイルは、実際の Labanotation の動作の分節よりも細かいために、最後に、細かく分割された LND 中間データの一部を削除して統合する処理を行い、Labanotation を生成する。

#### 3.2.2 LabanEditor(舞踊譜作成エディタ)[5]

舞踊譜面を対話的に作成、編集するための本研究室で開発されたエディタである。図5は、LabanEditor の画面である。シンボル選択ボタンで Direction Signs や Rotation Signs などの Labanotation シンボルを選択し、さらに動作方向選択ボタンで place high や right mid などの動作方向を選択して、これを舞踊譜表示エリアに表示される舞踊譜のコラム中に配置する。舞踊譜記述データ LND の入出力が可能であり、作成した Labanotation の譜面は LND 形式で保存したり、また

保存した LND のファイルを LabanEditor に再び呼び出したりすることが可能である。

さらに、このような Labanotation によって記述されている動作を次に述べる表示システムで3次元CG人体モデルによって画面上に表示するためのデータを VRML の形式で出力することができる。

#### 3.2.3 動作表示システム

LabanEditor によって LND から作成された3次元モデル動作データを表示するためのシステムである。VRML 形式による3次元モデル動作データは、Web ブラウザにより表示する。

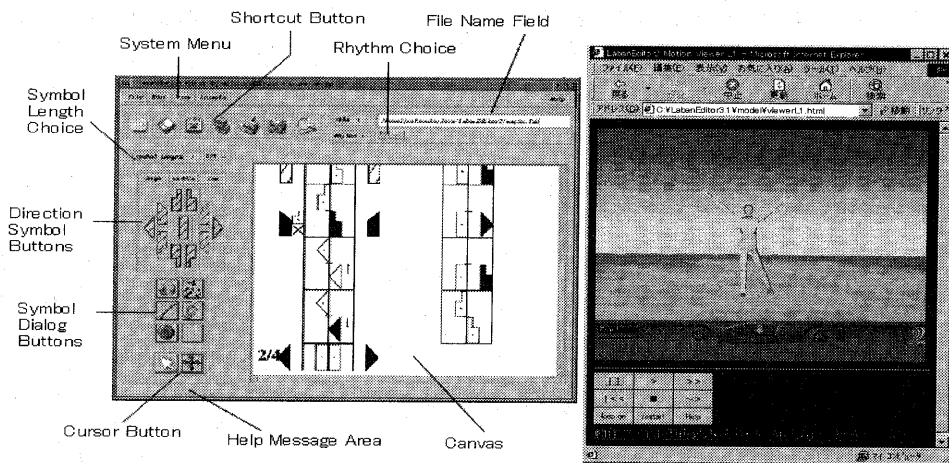


図5：LabanEditor と Web による表示システム

#### 4. 舞踊教育のためのマルチメディア教材

##### 4.1 モーションキャプチャデータの取得

本研究では、光学式モーションキャプチャシステムである Oxford Metrics 社製モーションキャプチャー装置『Vicon512』を使用した。このシステムの特徴としては、キャプチャと同時に同期した MPEG 形式のビデオ映像を録画することが可能であり、また毎秒 120 フレームという高いフレームレートで、誤差 3mm 程の精度の高いデータを計測できることが挙げられる。本研究では、9 台のカメラを使用し、演技者には頭から足先まで全部で 32 個のマーカを装着して測定を行った。測定を行う際には『Vicon512』付属のソフトウェア『Workstation』を使用した。

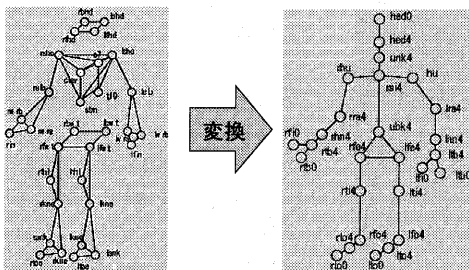


図6：光学式モーションキャプチャシステム

測定したマーカのデータは、測定環境によりマーカの 3次元座標の情報の一部が欠落することがある。このため、『Vicon512』付属のソフトウェア『BodyBuilder』を使用して欠落している箇所の補間を行った。取得した 32 個の XYZ 座標(mm 単位)の時系列データ(1/120 秒間隔毎)は、短時間のデータであっても容量が大きく、データ処理に時間がかかる。必要な精度を確保しつつ長時間のデータを扱えるようにする必要性から、『BodyBuilder』の機能を利用して、毎秒 25 フレーム (1/25 秒間隔毎) にデータを削減した。最後にこのマーカの座標は人体表面に装着されたものであるため、人体の骨格の位置座標に合わせた 27 個の仮想身体マーカを元のマーカの座標から算出した。この処理は『BodyBuilder』の機能を利用して行った。(図6参照)

モーションデータを記述したファイルは、TRC 形式と呼ばれる形式で記述されており、ヘッダ部分とデータ部分に分れている。ヘッダ部分には、データレートやマーカ数、総フレーム数、また各マーカの名前等が記述されている。データ部分には、フレーム数、

データ測定開始からの経過時間、各マーカーの3次元座標が順に記されており、1行に1フレームのデータが記述されている。本研究では、取得したマーカー32個のXYZ座標(mm単位)の時系列(1/120秒間隔毎)の数値データを元に算出した、仮想身体ジョイント20個のXYZ座標の時系列(1/25秒間隔毎)数値データが記述されたファイルを使用する。

#### 4.2 舞踊教育教材作成支援ツールの概要

舞踊教育教材支援ツールの構成の概略は図7のとおりである。

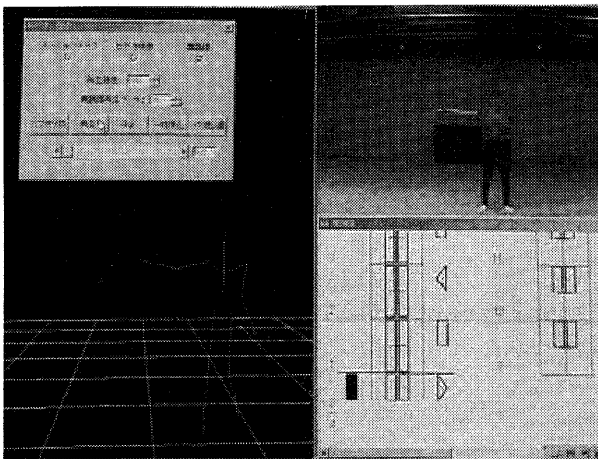
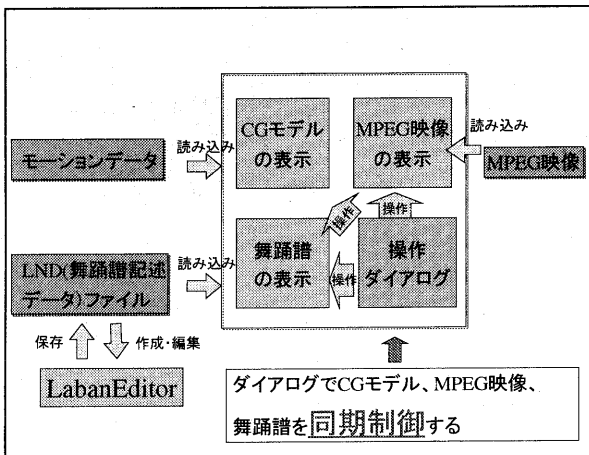


図7：舞踊教育支援ツールの構成の概略（上）  
と実際の教材の画面（下）

モーションキャプチャシステムより取得し仮想マーカー形式に変換したTRC形式のモーションデータファイルを読み込み、これを3次元空間にCGモデルとして表示する。また、モーションデータを取得する際に撮影したMPEG映像を読み込み、ウィンドウにて表示する。演技者の行った舞踊の動作をLND形式（舞踊譜をテキストファイルにて保存する際に利用されるファイル形式にて表したファイルを読み込み、舞踊譜を作成し、表示する。これら3つのデータはそれぞれ別のウィンドウで扱われる。そして、これら3つのウィンドウを操作ダイアログにより同期して再生、停止等の操作を行うことができる。

画面上部のメニュー部分の「ファイル」より、モーションデータファイル、ビデオ映像のファイル、LNDファイルを指定して開くことができる。「ウィンドウ」では、CGモデルや、ビデオ映像、また舞踊譜を表示する各々のウィンドウとダイアログを開くことができる。LNDデータの入力と編集は、すでに開発されているLabanEditorを利用する。開発環境としては、

Microsoft社の「Visual C++ Ver6.0」を使用し、OpenGLにて3次元空間を構築するためのライブラリとして、OpenGLトレーニングキットソフトウェア「glTK」の共通ライブラリ「glTKSDK」を使用した。

##### 4.2.1 OpenGLを用いた3次元人体モデルの作成

モーションキャプチャシステムより取得し編集したTRC形式のモーションデータファイルを読み込むことにより、図7のように画面左側のウィンドウのOpenGLによって作られた

3次元空間内に、人体モデルが表示される。視点の移動はマウスの左クリックをしながら左右の移動によりX軸回転、上下の移動によりY軸回転、右クリックで拡大と縮小、中央のボタンのクリックで上下左右へ平行移動が可能になっている。測定したマーカーのそのままの座標を利用したCGモデル、あるいは人体の骨格を模して作られた仮想マーカーの座標によるCGモデルのどちらでも表示することができる。また、PCのスペックによりCGモデルの再生が遅れることがあるので、正しい同期再生ができるよう、PCの処理速度に合わせてモーションデータのフレームを間引く処理を行っている。

#### 4.2.2 ビデオ映像の入力と表示

モーションキャプチャシステム『Vicon512』は、モーションデータをキャプチャする際に、同期的にビデオ撮影を行い、その映像をMPEG映像として保存することができる。Windowsにてマルチメディアに関する処理を行うための関数群MCI(Media Control Interface)を利用することにより、ビデオ映像のファイルを読み込み、ビデオ映像の表示を行っている。再生スピードは1/100倍から2倍まで変化させることができ、動画ファイル形式としてはMPEGファイルだけでなく、AVIファイルも読み込むことができる。

#### 4.2.3 LNDの入力とLabanotationの表示：LabanEditorとの連携

LND形式のファイルを読み込むと、その内容に従って、ウィンドウに舞踊譜が表示される。このツールには、現在のところ、LNDの作成・編集の機能はないが、前述のLabanEditorによって作成・編集することが可能である。

#### 4.2.4 操作ダイアログ

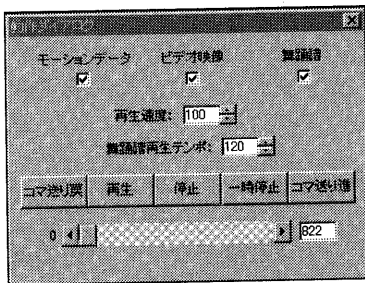


図8：操作ダイアログ

舞踊譜はウィンドウの左側より1列に8小節ずつ表示され、操作ダイアログの再生ボタン押すと、最初の小節から時間の経過を示す赤いバーが下から上に左から右へと移動し、舞踊のタイミングを指し示すようになっている。

LNDファイルには動作のタイミングを扱うための時間に関する情報が記録されていないので、再生速度を制御する指標が存在しない。そこで、後述する操作ダイアログの「舞踊譜再生テンポ」によって、舞踊譜上のバーを移動させる速度を設定している。

ダイアログには、「コマ送り戻」「再生」「停止」「一時停止」「コマ送り進」の5つのボタンと3つのウィンドウに対応した3つのチェックボックス、また、全体の再生速度と舞踊譜再生テンポを指定するテキスト入力ボックス、そして再生時に現在のフレーム数を示すスクロールバーから構成されている。

「再生速度」のテキスト入力ボックスで、CGモデルやビデオ映像、舞踊譜を再生する速度、つまり全体の再生速度を任意に設定する。「再生速度」の設定を100にすると、実時間の速度で再生が行われる。

#### 4.3 同期処理

CGモデル、ビデオ映像、舞踊譜を同時に再生する際は、互いの同期を取る必要がある。

- (1) CGモデルとビデオ映像…ビデオ映像を再生する際に利用するMCIの再生開始後の経過時間を取得する関数を使用し、そこから得た経過時間をモーションデータの各フレームの経過時間と比較することで、同期再生を行う。
- (2) ビデオ映像と舞踊譜…ビデオ映像を再生する際に利用するMCIの再生開始後の経

過時間を取得する関数を使用し、そこから得た経過時間と、ユーザが指定した再生テンポから求めた舞踊譜のスクロール速度を利用して、同期再生を行う。

- (3) 舞踊譜とCGモデル…1フレーム目から再生を開始してからの経過時間をミリ秒単位で取得し、これとモーションデータの各フレームの経過時間と比較、また舞踊譜の再生テンポから求めた舞踊譜のスクロール速度を利用することで、同期を取りながら各々を再生する。
- (4) CGモデルとビデオ映像と舞踊譜…ビデオ映像を再生する際に利用するMCIの再生開始後の経過時間を取得する関数を使用し、これより経過時間を得る。そして、この値と、CGモデルに関してはモーションデータの各フレームの経過時間と比較、舞踊譜に関してはユーザが指定した再生テンポから求めた舞踊譜のスクロール速度を利用して、同期再生を行う。

## 5. まとめ

notationを読み、実際の動作の確認を行ったり、逆に動作からnotationを表記したりする能力の習得には、インタラクティブ性が必要となる。また、Labanotationを教えることのできる教師が日本にはほとんどいないことを考慮すると、マルチメディアの自習教材やインターネットで利用できる教材の開発が望まれる。実際の舞踊そのものの記録としてのビデオ素材も欠かすことはできない。また、実際の舞踊における動作データであるモーションキャプチャデータも取り入れることによって、抽象化・具象化を段階的に理解することが可能となる。

今回開発した舞踊教育教材作成支援ツールでは、LabanEditorとの連携により、以下のような舞踊教育への利用が可能となる。まず、舞踊教育教材作成支援ツールにモーションキャプチャデータとビデオ映像を読み込ませ、CGモデルと映像を再生し、これを見ながらLabanEditorを用いて舞踊譜を作成することにより、舞踊動作を分析して記譜するという学習が可能である。完成した舞踊譜は、LabanEditorの機能によりVRMLへ出力して、動きを確認（答え合わせ）することができる。作成したLNDファイルは、舞踊教育教材作成支援ツールで読み込み、CGやビデオ映像と同期再生することにより、今度は、舞踊譜を読むための練習教材が完成する。

今後は、各ツールの精度を上げるとともに、教育の現場でも使えるようなインターフェイスを向上させていくことが、課題としてあげられる。

本研究は、科学研究費補助金（地域連携推進研究費）および松下視聴覚教育財団の助成による。

## 6. 参考文献

- [1] Ann Hutchinson: Labanotation: The System of Analyzing and Recording Movement, Theatre Arts Books (1977)
- [2] 中村美奈子, 安田静, 森立子, 八村広三郎: 舞踊記譜法 Labanotation のためのマルチメディア教材の開発, 情報処理学会 2000 年秋大会論文集, Vol.4, pp387-388 (2000)
- [3] 松本敏良, 八村広三郎: モーションキャプチャデータからの基本身体動作の抽出, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, pp17-24 (2000)
- [4] Toshiro Matsumoto, Kozaburo Hachimura, Minako Nakamura: "Generating Labanotation from Motion-captured Human Body Motion Data", ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing), vol.34 part 5/W1: pp118-123 (2001)
- [5] 吉田康行, 松岡洋介, 八村広三郎: 舞踊譜 Labanotation に基づく身体運動の処理, 情報処理学会人文科学とコンピュータ, 38-6, pp61-68 (1998)