



## 多種類MoCapデータの身体動作データベースの試作

著者	柴田 傑, 海賀 孝明
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	28
ページ	33-39
発行年	2018
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00009775">http://hdl.handle.net/10258/00009775</a>

# 多種類 MoCap データの身体動作データベースの試作

柴田 傑<sup>\*1</sup>, 海賀 孝明<sup>\*2</sup>

## 1 はじめに

近年、バーチャルリアリティ技術（VR 技術）の急速な発展にともなって、市販のゲーム機や携帯端末で VR コンテンツが提供されるなど、一般家庭への普及も進んでいる。VR コンテンツを支える重要な技術の一つに、モーションキャプチャ（MoCap）がある。MoCap は三次元空間中の身体動作を計測する装置であり、様々な原理の MoCap が開発されている。MoCap を用いることによって実世界の人の動きをデジタルデータ（MoCap データ）として記録できる。MoCap データは CG キャラクタをリアルにアニメーションさせるための素材として利用できるだけでなく、コンピュータへの入力操作[1]、人の動きの特徴解析[2, 3]、動作の学習支援への利用[4, 5]、民俗芸能を記録保存・伝承支援[6]など、様々な応用が研究されている。

MoCap データをより効果的に活用するためには、多種類の MoCap データを含むデータベースが不可欠と考える。多くの MoCap データが収録されたデータベースが公開できれば、データを組み合わせることで様々なコンテンツが作成できるだけでなく、統計的な比較や機械学習による分類のようなビッグデータの解析手法を活用した身体動作の解析が期待できる。MoCap データは、カーネギーメロン大学[7]、キプロス大学[8]などで公開されているものの、それぞれの機関が保有する特定の MoCap で計測したデータを公開しているに過ぎない。

そこで本研究では、多種類 MoCap のデータを保存する身体動作データベースのプロトタイプを作成し、多

\*1：室蘭工業大学 しくみ情報系領域

\*2：わらび座, 2017 年 5 月 死去

種類 MoCap のデータを収録する際の課題点を明らかにする。

## 2 身体動作のデータ

現在、計測手法の異なる多様な MoCap が開発されている。MoCap の計測手法の違いによって計測可能なデータや計測時に含まれるノイズの種類は異なっている。本章では、代表的な MoCap の計測手法および試作する身体動作データベースに収録するデータの種類について述べる。

### 2.2 MoCap の計測手法

MoCap の代表的な計測手法として、磁気式、光学式、慣性式、機械式の四種類および、コンピュータへのデータ入力を想定した簡易式がある[9]。各手法の利点および欠点を表 1 に示す。

磁気式 MoCap は、磁気を発生するトランスミッタとコイルを含むレシーバで構成される。コイルに発生する誘導起電力を用いて、トランスミッタを原点とするレシーバの位置（3 自由度）および姿勢（3 自由度）を計測する。磁気式 MoCap は隠れの影響が少なく、衣装や道具の中に設置したレシーバによる計測が可能である。また、位置と回転を同時に計測できるので、少ないレシーバで高精度に計測できる点が利点である。しかしながら、付近の金属によって磁界がゆがみノイズとなる上、計測範囲が狭いなどの課題がある。

光学式 MoCap は、カメラを用いて身体動作を計測する MoCap である。光学式 MoCap では、反射性の高い素材や LED ライトなどカメラで観測しやすいマーカと呼ばれる印を、複数台のカメラで撮影し、画像処理を用いて各マーカの位置を計測する。光学式

MoCap は高い周波数で計測でき、位置に関する精度も高い。しかしながら、カメラからマーカが隠れる、マーカを誤

表1 MoCap の計測手法の

計測手法	磁気式	光学式	慣性式
MoCap センサ	レシーバ	マーカ	IMU
計測対象	位置/姿勢	位置	加速度/角速度
センサ毎の自由度	6自由度	3自由度	6自由度
サンプリングレート	30 Hz~ 240 Hz程度	30 Hz~ 1 kHz程度	30 Hz~ 240 Hz程度
センサの隠れ	○	×	○
金属の影響	×	○	×
センサのサイズ	△	○	○

認識する、部位の回転を推定するために複数のマーカを装着する必要があるなどの欠点がある。

光学式 MoCap の一種としてビデオ式あるいは画像式と呼ばれる手法がある。ビデオ映像や赤外光などを用い、撮影した被写体までの距離画像を解析することによって、マーカを用いずに身体の動きを計測する。ビデオ式はマーカの装着が必要なく手軽に利用できるものの精度は高くない。

慣性式 MoCap は、加速度センサおよび角速度センサ (IMU) で計測した位置および姿勢の時間変化を用いて身体動作を計測する。IMU は比較的小型で安価なため、携帯端末などにも組み込まれている。磁気トランスミッタやカメラのように計測対象の外部に基準を置かないので、広範囲の計測が可能である。しかしながら、加速度から位置を推定しているため、位置の誤差が累積するなどの欠点がある。

その他の手法として、ワイヤーやリンク機構を用いる機械式や光ファイバ式などがある。これらの手法は、ロータリーエンコーダやファイバの曲率によって、各関節の角度を計測する。動作の計測だけでなく力覚提示などの機能との連携も容易な装置である。しかしながら、装置が大型化するなどの欠点がある。

MoCap には全身の動作を高精度に計測可能な装置だけでなく、精度や計測可能な部位を限定することによって、専門的な知識を用いずに計測や入力装置として利用可能な MoCap (簡易 MoCap) も開発されている。安価なセンサで実現できるビデオ式および慣性式の簡易 MoCap に加えて、表面筋電位や筋収縮といった生体情報を活用するデバイスも開発されている。簡易 MoCap は計測の精度が低く、身体動作の計測ではなく、ジェスチャーによるコンピュータ操作などに活用されている。

本研究で試作する MoCap データベースでは、Ascension Technology 社の磁気式 MoCap である Motion Star Wireless で計測した MoCap データを中心に、Motion Analysis 社の光学式 MoCap である MAC 3D

System, NOITOM 社の慣性式 MoCap である Perception Neuron で計測したデータを収録する。また、Microsoft 社の Kinect, Leap Motion 社の Leap Motion などの簡易 MoCap で計測したデータも合わせて収録する。

## 2.3 身体動作の計測手順

本研究では、磁気式 MoCap のレシーバ、光学式 MoCap のマーカ、慣性式 MoCap の IMU のような、動作の計測時に身体に装着する計測用の素子を MoCap センサと呼び、MoCap センサによって計測されるデータをセンサデータと呼ぶ。センサデータには、計測装置に由来するノイズが含まれている。センサデータは、身体の表面に装着した MoCap センサで計測したデータであるので、演者の関節の回転中心の位置や姿勢のデータではない。

CG キャラクタを用いた身体動作の可視化、機械学習を用いた身体動作解析のためには、センサデータのノイズを除去し、骨格の動きを推定する必要がある。本研究では、骨格の動きを推定したデータを骨格動作データと呼ぶ。骨格動作データは、人体の骨格構造に応じて記述されるので、骨格構造を統一することによって、MoCap の計測手法が異なっても同一の形式で身体動作を記述することができる。

MoCap による身体動作の計測では、装置のキャリブレーション、演者のキャリブレーション、計測、ノイズ除去、骨格動作データの取得の手順で進められる [10]。ただし、各手順の具体的な処理は、用いる MoCap によって異なっている。また、一連の処理は、MoCap を制御するソフトウェアに実装されている場合が多い。さらに、キャリブレーションやノイズ除去では、オペレータの経験による処理が含まれることもあり、同種の MoCap であっても推定された骨格動作データの精度は大きく異なっている。

MoCap データを応用するためには、骨格動作データが重要であるものの、その精度はデータによって様々である。そこで、本研究で試作する MoCap データベースでは、必要に応じて骨格動作データを評価できるように、センサデータと骨格動作データの双方を収録する。

## 2.3 MoCap のデータフォーマット

MoCap データは計測手法およびデータ処理の段階に応じて記録すべきデータの種類が異なるので、それぞれに応じたデータフォーマットが提案されている。本研究では、MoCap のデータフォーマットを骨格構

造の情報を含まないセンサデータフォーマット、骨格情報を含む骨格動作フォーマット、CGモデルやカメラワークなどシーンの情報を含むコンテンツフォーマット、その他 MoCap データ編集アプリケーション用のバイナリデータの四つの種類に分類する。表 2 に代表的なフォーマットを示す。

センサデータフォーマットは、MoCap センサの相対的な関係を含まない形式であり、装置のキャリブレーション時に設定される計測の原点に対する MoCap センサの位置や姿勢の時系列データを保存する。本研究で試作する MoCap データベースでは、センサデータの形式として Biovision Action (BVA) 形式、Track Row Column (TRC) 形式および計測ソフト専用のバイナリ形式を用いる。

BVA 形式は 1 つの MoCap センサについて、ラベル、サンプリングレート、フレーム数、各データの単位からなるヘッダが記述される。ヘッダの次の行からある時刻の位置 (3 自由度)、姿勢 (3 自由度)、スケール (3 自由度) のデータを一行で表現する形式である。MoCap センサが複数ある場合には、一つ目の MoCap センサのデータの最後のフレームの行の後に、二つ目の MoCap センサのヘッダとデータが記述される。BVA 形式は磁気式 MoCap のセンサデータに対応した項目を持つファイル形式であり、本研究では、磁気式 MoCap のセンサデータの形式として用いる。

TRC 形式は、光学式 MoCap のマーカの位置を計測するためのフォーマットである。ファイルのパス、データおよび計測用カメラのサンプリングレート、フレーム数、マーカ数、単位からなるヘッダが記述される。ヘッダの次の行から、ある時刻の全てのマーカの位置座標が一行 (3 自由度×センサ数) に記述される。

表 2 MoCap データのフォーマット

	代表的な形式	記述内容
センサデータ フォーマット	BVA	各 MoCap センサの位置(3自由度)、姿勢(3自由度)、スケール(3自由度)を記述。
	TRC	すべての MoCap センサの位置(3自由度×センサ数)を記述。
骨格動作 フォーマット	BVH	入れ子構造による骨格構造。各関節のオイラー角の時系列で動作を記述する形式。多くの CG 編集ソフトがサポート。
	HTR	BVH の記述の自由度を高めた汎用な形式。
	PMX	MMD 形式のアニメーション記述用の書式。
コンテンツ フォーマット	FBX	CGモデル、シーン、カメラワークなどを含む汎用性の高い形式。多くの CG 編集ソフトがサポート。
	VRML/ X3D	XML タグによる CG アニメーション記述形式。
	BLEND	CG ソフトウェア Blender 用ファイル形式。
その他		計測装置の制御プログラム毎に様々な形式が実装されている。

骨格動作フォーマットは、センサデータフォーマットと異なり、身体 of 骨格構造を記述する形式である。

バイナリ形式は各ソフトウェアが提供する専用の形式であり、SDK を介してアクセスするデータ形式である。エディタを使って手で編集することは難しいものの、プログラムでは効率的に処理することができる。

骨格動作フォーマットは、骨格構造を含む形式であり、骨格構造をリンクとみなしたときの、関節の接続の状態、関節間の距離などの構造と、各関節角度の時系列を記述する。本研究では、比較的多くの CG ソフトウェアが対応する形式として、MoCap の種類にかかわらず Biovision Hierarchy (BVH) 形式に統一して収録する。

BVH は、骨格構造を記述する HIERARCHY 部と骨格の各関節の動きを記述する MOTION 部で構成される。HIERARCHY 部では、人体の骨格を階層構造を持つリンクとみなし、関節の接続関係を入れ子構造で表現する。また、基準となる姿勢 (基準姿勢) の親関節に対する子関節の位置を OFFSET とし記述する。基準姿勢は、全ての関節角度が 0 となる姿勢であり、骨格構造の基準となる姿勢である。MOTION 部では、HIERARCHY 部で定義された関節の順に、各関節の角度がオイラー角で記述される。

コンテンツフォーマットは、骨格動作データに加えて、CGモデル、レンダリング用の仮想カメラの設定、シーンの設定などを記述できる形式である。CGアニメーションに必要な情報をすべて記述できるので、CGコンテンツ作成における素材の共有などで利用されることも多い。MoCap データを保存する場合には、フォーマットのうち、骨格構造およびアニメーションを記述する機能を用いる。MoCap 計測用のソフトウェアで、FBX 形式などコンテンツフォーマットに対応しているものもあるものの、フォーマットの書式が複雑になることから、試作する MoCap データベースには収録しないものとした。

## 2.4 メタデータ

データベースを構築する場合には、収録したデータだけでなく、データの種類や計測日時といったデータの属性についての情報 (メタデータ) が重要である。メタデータは、大量のデータから効率的に必要なデータを抽出できるだけでなく、データの解析や編集において重要な役割を果たすと考えられる。本研究では、計測手法の異なる MoCap で計測された身体動作データを収録することを想定している。そのため、計測時



の環境や MoCap の種類もメタデータとして掲載する必要があると考える。

本研究では、各 MoCap データの属性を特定するためのメタデータ（基本情報メタデータ）、計測に用いた MoCap の種類や環境に関するメタデータ（計測環境メタデータ）、演者に関するメタデータ（アクターメタデータ）、データのフォーマットに関するメタデータ（ファイルメタデータ）からなる四種類のメタデータを収録するものとした。

### 3 身体動作データベースの試作

#### 3.1 データベースの概要

本研究では、2章で述べた MoCap のうち、磁気式 MoCap を中心に多種類のデータを収録したデータベースを試作し、多種類 MoCap データのデータベース構築における課題点を明らかにする。

図1に試作したデータベースの構成を示す。本データベースは、MoCap データ公開のための課題を明確にするための試作であり、管理者が容易に編集できる環境が必要である。そこで、同図(a)に示すように、クラウド上のストレージサービスである Google Drive を利用し、ユーザーインターフェスは Web ページ提供サービスである Google Site を利用した。管理者がデータや編集状況を共同し、効果的に開発を進めた。

図2に試作したデータベースにタブレット端末でアクセスした様子を示す。本データベースの UI は Web ページとして提供しているため、タブレット端末のブラウザで閲覧およびデータのダウンロードができる。また、図3にストレージに保存された BVH ファイルをタブレット端末のビューアで閲覧した様子を示す。

BVH は CG モデルのデータを含まないが、同図に示すように各関節を線で結んだ骨格モデルのアニメー

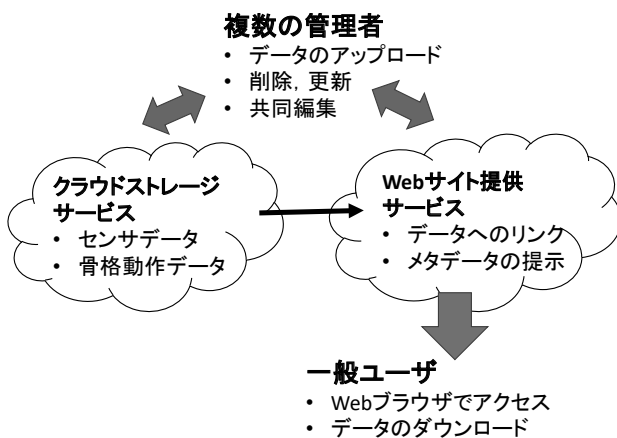


図1 データベースの構成



図2 データベースへのアクセスの様子  
シジョンとして再生することができた。

#### 3.2 収録した MoCap データ

本プロトタイプでは、磁気式 MoCap で計測したデータを 33 個、光学で計測したデータ 2 個、慣性式 MoCap で計測したデータ 21 個を収録した。このほか、簡易 MoCap で計測したデータを 3 個、合計 59 個のデータについてそれぞれセンサデータと骨格動作データを収録した。

磁気式 MoCap は、センサデータとして BVA 形式のデータを収録し、骨格動作データへの変換には独自に開発したシステムを用いて関節位置を推定し、手動で誤差を取り除いた。

光学式 MoCap はセンサデータとして TRC 形式のデータを収録し、骨格動作データへの変換には、計測用ソフトウェアである CORETEX を用いた。また、骨格動作データとして、BVH の他に、CORETEX が標準でサポートする HTR 形式も収録した。

慣性式 MoCap はセンサデータとしてバイナリの形式である RAW 形式のデータを収録した。RAW 形式のデータは、計測用ソフトウェアである Axis Neuron のフォーマットである。骨格動作データへの変換には、計測用のソフトウェアである Axis Neuron を用いた。

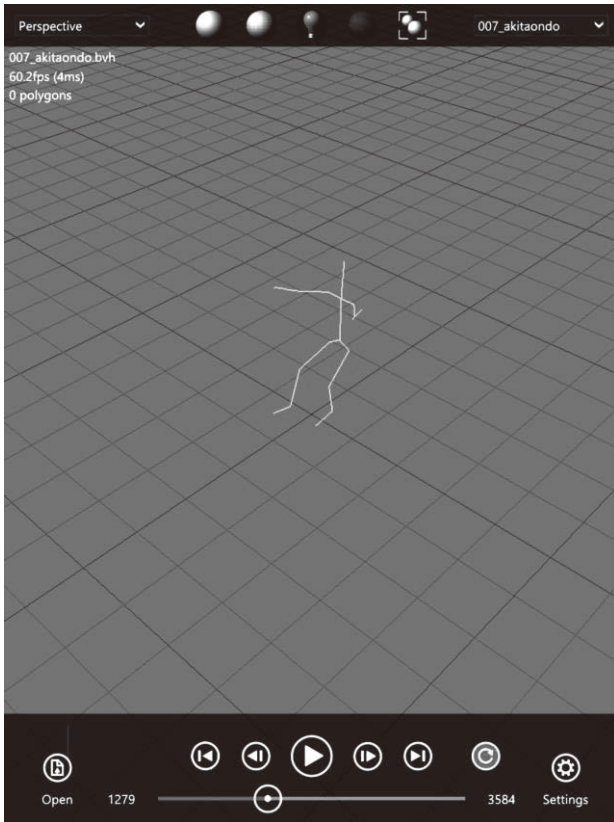


図3 タブレット端末による BVH 形式の閲覧

### 3.3 収録したメタデータ

表3に収録したメタデータの一覧を示す。試作したデータベースでは、基本情報メタデータとして、MoCap データの特定および検索への活用を想定した、ID、ファイル名（データの URL へのリンク）、動作種別、動作名称、収録日の4項目、データの解析や分類に用いる計測環境メタデータのID、アクターメタデータのID、データの分析や分類への活用を想定したファイルメタデータのID、総フレーム数、フレームレート、プロジェクト名、備考の7項目、合計11

表3 メタデータの一覧

基本情報 メタデータ	ID	環境情報 メタデータ	ID
	ファイル名		収録場所
	動作種別		方式
	動作名称		装置名
	収録日	メーカー名	アクター情報 メタデータ
	計測環境のID	センサー数	
	アクターのID.	取り付け位置	
	ファイル内容のID.	ID	ファイル情報 メタデータ
	総フレーム数	性別	
	フレームレート	年齢	
プロジェクト名	身長		
備考	ID		
	ファイル形式		
	座標系		
	回転順		
	備考		

項目を記述する。

環境情報メタデータとして、収録場所、方式、装置名、メーカー名、MoCap センサ数、取り付け位置を記述する。アクター情報メタデータとして、性別、年齢、身長情報を記述する。ファイル情報メタデータとして、ファイル形式、座標系、回転順、備考を記述する。

試作したデータベースでは、各種類のメタデータをそれぞれ異なるシートで管理することとした。データに関する情報は基本情報メタデータのページに統一した。図2に示したスクリーンショットは、基本情報メタデータのページである。他のメタデータのページには、同図下部にあるタブから移動することができる。

計測環境やファイル形式など、複数のファイルで共通している場合には、IDのみを指定すればよいこととした。

なお、十分な精度が保証できない簡易 MoCap に関するデータは、基本情報メタデータのみ専用のページを設けるものとした。

## 4 MoCap データベースの課題

試作したデータベースを筆者らの研究グループで共有し、多種類 MoCap のデータを収録する際の課題点について検討した。

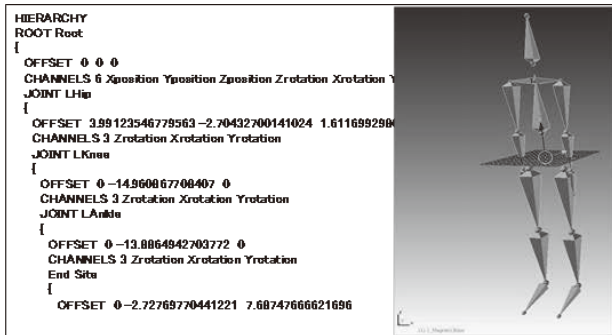
### 4.1 データ形式の共通化に関する課題

試作したデータベースでは、センサデータの書式は統一されていないことを前提とし、骨格動作データの形式として BVH を採用し、書式の統一をはかった。しかしながら、MoCap の計測用ソフトウェアが出力する BVH ファイルは、必ずしも骨格構造が一致しているとは限らない。また、各関節の姿勢はオイラー角で表現されているものの、その回転順は統一されていない。

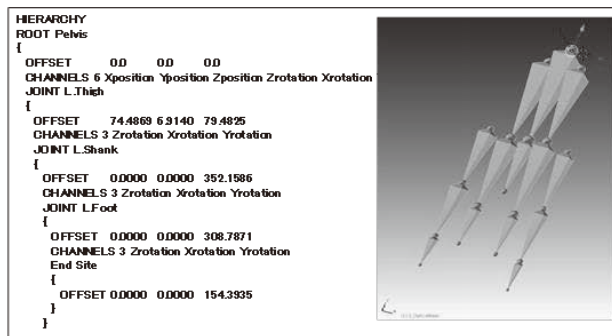
図4に収録した BVH の一部とその基準姿勢を示す。同図 (a) に示すように、独自に開発した手法で BVH を生成した磁気式 MoCap の BVH は基準姿勢が直立の姿勢であるのに対し、同図 (b) (c) に示す MoCap 計測用ソフトウェアで出力した BVH は基準姿勢が各軸に沿う形式をとり、人の形を成していない。また、同図の BVH の記述から、各関節の名称も統一されておらず、関節の数も異なっている。

VR コンテンツの開発環境である Unity や CG アニメーションの編集用ソフトウェア Blender では、既知の骨格構造を互いに変換する機能が提供されている。

また、BVH の読み込みの際に回転順を指定する機能も実装されている。これらの機能を活用し、データの



(a) 磁気式MoCapから生成したBVHと基準姿勢



(b) 光学式MoCapから生成したBVHと基準姿勢



(c) 慣性式MoCapから生成したBVHと基準姿勢

図4 収録したBVHの一部と基準姿勢

アップロード時に、データ形式を共通化する手法の開発が必要と考えられる。

ダウンロードされた MoCap データを利用する場合、応用例によって適したデータの形式も異なっていると考えられる。そのため、代表的なデータ形式について相互に変換可能な機能の実装が必要と考えられる。

#### 4.2 メタデータの種類に関する課題

本実験では、表3に示した4種類30個のメタデータを付与することとしたものの、計測時の目的に関連しないメタデータについては記録がなく、記載できない項目も多数存在した。

MoCap データの利用に必要なメタデータの種類に

ついては、今後も継続的な検討が必要と考える。また、4.1節で述べたデータの共通化および相互変換においては、センサデータから骨格動作データへ変換する過程に関するメタデータが必要になると考えられる。そのため、多様な活用方法に対応可能なメタデータの記述手法の検討が必要である。

#### 4.3 簡易 MoCap の活用に関する課題

試作したデータベースでは、簡易 MoCap として手先と道具のみに磁気センサを装着した場合のデータおよび Kinect による盆踊りのデータを収録している。これらのデータは、他の全身用 MoCap のデータと異なり骨格動作データに変換することは難しいデータである。

ディープラーニングのように、精度が一定しないノイズの含む大量データから特徴を抽出する手法も開発されている。また、画像のデータベースでは、SNS に投稿されたユーザが自由に設定したタグと様々な解像度の画像からなる大規模データベースが一定の成果を上げている。これらのことから、精度が高くない簡易 MoCap にも対応し、データ量を増やす試みも必要と考えられる。

## 5 おわりに

MoCap データの効果的な応用のために、多種類の MoCap のデータを収録した大規模なデータベースが必要であると考えられる。そこで本研究では、多種類の MoCap データを収録するベースを試作し、課題点を明らかにした。

本研究では、クラウドサービスを活用してデータベースを試作した。試作したデータベースは59の動きについてセンサデータと骨格動作データを収録した。また、データに関連する情報として、30個のメタデータを付与した。

タブレット端末のブラウザを用いて試作したデータベースにアクセスし、ビューアを用いてダウンロードした BVH 形式の骨格動作データを閲覧できることを示した。

本データベースの試作を通し、データ形式の共通化、メタデータの種類、簡易 MoCap の活用に課題があることが明らかとなった。今後の課題として、データ数を増やすとともに、データ変換アルゴリズムの Web 上での実装など、本研究で明らかになった課題の解決方法の検討があげられる。

## 文献

- (1) 御手洗彰, 棟方渚, 小野哲雄: 物を把持した状態における筋電センサを用いたハンドジェスチャ入力の問題抽出と新手法の提案, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.1, pp.41-50, 2017.
- (2) Bütepage Judith, Black Michael, Kragic Danica, Kjellström Hedvig: Deep representation learning for human motion prediction and classification, arXiv preprint arXiv:1702.07486, 2017.
- (3) 開米拓実, 柴田傑: 複数センサを用いた三味線演奏の特徴抽出手法の検討, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1F303頁, 2017.
- (4) 佐野高也, 依田淳也, 中村壮亮, 橋本秀紀: VR技術を用いた身体位置感覚の較正によるパッチングトレーニングシステムに関する研究, 日本機械学会論文集, Vol.83, No.848, pp.1-12, 2017.
- (5) Shibata, T., et al.: Development of an Uchi Self-learning System for Mutsumi-ryu-style Shamisen Using VR Environment, International Conference on Intelligent Robotics and Applications 2016, pp.359-370, 2016.
- (6) Takeshi, M., et al.: Quantitative Analysis of Folk Customs and Mtoin Characteristics of Bon Odori Dance in Akita Prefecture, IPSJ Symposium Series, Vol.2016, No.2, pp.171-176, 2016.
- (7) Carnegie Mellon University Graphics Lab, CMU Graphics Lab Motion Capture Database, <http://mocap.cs.cmu.edu/>
- (8) Dance Motion Capture Database, University Of Cyprus Graphics and Virtual Reality Lab, <http://dancedb.eu/>
- (9) 水戸部 一孝: モーションキャプチャ技術の種類と活用事例, 秋田大学 総合情報処理センター広報, Vol.9, pp.14-19, 2008.
- (10) Midori Kitagawa, Brain Windsor: MoCap for Artists Workflow and Techniques for Motion Capture, CRC Press, 2012.