

HMD と Kinect を用いた体感型 AR マニュアルにおける 動作判定方式の評価

日大生産工(院) ○藤下 理美 日大生産工 古市 昌一
日大生産工 内田 康之

1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレットPCが急速に普及してきており、それに伴いAR（拡張現実）に対する関心も高まり、AR関連の市場も拡大してきている。ARは、カメラを介して見た現実世界に情報等を付加・削除できる技術であり、現実世界を一部改変し、拡張する技術である。最近では、工業製品の修理や、組立作業、複雑な装置の操作支援などに適用するための研究が行われている。たとえば、京都大学米谷らは、基幹系システムの保全作業における組み立て作業の中の記憶や照合といった認知作業に対し、ARを用いた場合と従来の紙のマニュアルを用いた場合とで、時間的作業効率を比較している¹⁾。また、京都大学山崎らは、情報提示にARを用いた作業支援システムを、装着型RFIDを用いた動作判定により評価している²⁾。いずれも作業中に作業者の誤りを逐次修正しているものであった。

本研究では、教育中もしくは作業中に逐次、対象者に的確に指示することができ、対象者が迷い誤った場合には助言や修正指示することができる、教育効果や作業効率の向上を目的としたシステム「体感型ARマニュアル」を提案する。ここでは、初心者によるハンドベル演奏技術の習得について検討した内容およびその際に用いる動作判定方式の評価結果について報告する。

2 提案システム

2.1 体感型ARマニュアル

対象者は、首振り姿勢を検出できる透過型HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を装着し、ARによって構築された各種支援情報をHMD上で確認しながら作業手順を習得する。対象者の動作は、非接触のモーションキャプチャによって実時間で計測する。計測した動作か

ら、対象者の「迷い」「誤り」を検出し、逐次、助言や修正指示をARによって提示する。本システムによって、対象者は、広範囲の作業環境での多種多様な作業に関して、手戻りなく習得し実施することができる。

2.2 システム構成

提案する体感型ARマニュアルのシステム構成図を図1に示す。

HMDは、Vuzix社のWrap1200AR（ビデオ透過型）を使用した。LCDは、解像度がWVGA（640 x 480）、プログレッシブスキャンアップデートレートが60Hz、視野角が35度である。定位置に置いたマーカをHMDのARカメラで認識することで、LCDディスプレイ上の指定された座標に、操作手順等の支援情報を提示する。

非接触型のモーションキャプチャは、安価で応用事例の多いマイクロソフト社のKinectを使用した。

プログラミング言語はProcessingを用い、KinectのライブラリはOpenNIを、ARのライブラリはARToolKitを使用した。

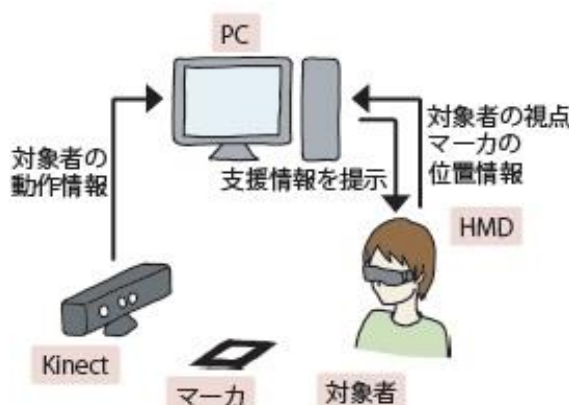


図1 システム構成図

Evaluation of Motion Judgement System in “Intangible AR Manual” Using HMD and Kinect

Satomi FUJISHITA, Masakazu FURUICHI and Yasuyuki UCHIDA

3 楽器演奏への適用

本提案の有効性を確認するため、日本で30年前に造られた楽器であるミュージックベルの演奏技術の習得のためのシステムを試作した。現在は幼稚園や小学校の教育用として、また、結婚式などでの余興などで使われており、ハンドベルと同様に一人が2～4音を担当し、複数人で演奏する。

ミュージックベルでは、音の長さを腕の動きで調節する。音を短く切りたいときはカナヅチで釘を打つように、手首と肘を使ってベルを前に倒す。これを単打音奏法という。音を伸ばしたいときは、大きな縦の円を描くように腕を回す。これを余韻奏法という。

対象者は、HMD上に表示される支援情報をもとに正しいタイミングでベルを鳴らす。図2に示すように、どの音をどの奏法で鳴らせばよいかという情報を、音階と奏法を色と形で表現した矢印で提示する。

今回は、対象者はドとレの音を担当するものとし、ドを赤色、レを黄色、単打音奏法を下向きの矢印、余韻奏法を丸い矢印で表現した。また、正しく音を鳴らすことができた場合、矢印の色が濃くなり「OK」と表示され、次の支援情報が提示される。正しい音を鳴らすことができない限り、次に進まない仕組みとしている。

	ド	レ
単打音奏法	 → 	 → 
余韻奏法	 → 	 → 

図2 支援情報

4 動作判定方式

ハンドベルにおける単打音奏法と余韻奏法の動作を判定するための手法として、以下の3つの方式について検討し、検証実験を行った。

- (1) HotPoint方式：実空間上に領域を設定し、その領域内に手(物)が入ったことで判定。
- (2) 深度データ方式：画面内のある領域における最も近い深度データのピクセルを見つけ手の軌道を追跡することで、そのピクセルの深度データ(距離画像)が設定した閾値を越えたことで判定。
- (3) ボーンデータ方式：深度データから検出した対象者のボーンデータ(骨格モデル)から肩と手首の距離を算出し、その値が設定した閾値を超えたことで判定。

4. 1 実験方法

図3のように、Kinectから1.8[m]の位置に対象者が立ち、左手単打音奏法、右手単打音奏法、左手余韻奏法、右手余韻奏法をそれぞれの方式で20回ずつ行い、正しく判定できるかを確認した。実験に際して、対象者の前の基準高さに水平に紐を張り目印とし、この位置にベルを合わせてから腕を動かすことで、腕の軌道のばらつきを低減した。

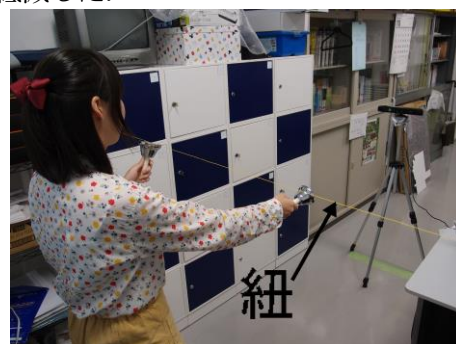


図3 実験環境

4. 2 実験結果および考察

それぞれの方式での判定実験の結果、成功率は表1のとおりとなった。

表1 各動作判定方式の成功率

	HotPoint方式		深度データ方式		ボーンデータ方式	
	成功回数	成功率	成功回数	成功率	成功回数	成功率
左手単打音奏法	20	100%	19	95%	17	85%
右手単打音奏法	20	100%	19	95%	20	100%
左手余韻奏法	19	95%	20	100%	20	100%
右手余韻奏法	17	85%	20	100%	20	100%

単純な動作である単打音奏法においては、HotPoint方式の成功率が高く、深度データ方式、ボーンデータ方式の成功率が低くなった。これは、単純な動作であれば判定に用いる条件が少ないため、HotPoint方式では多少の誤差でも条件を満たすことができたことによるものと考えられる。

逆に、余韻奏法においては、HotPoint方式よりも、深度データ方式、ボーンデータ方式の成功率が高く、動作を判定するための条件を多くできる方式の方が有効であることがわかった。

図4から図9は、HotPoint方式で右手余韻奏法を判定した際の右手首の軌跡のx, y, z座標の計測値である。ボーンデータの座標系は、Kinectの赤外線カメラを中心に右手座標系である。閾値はHotPoint領域の境界線の位置である。flagは正しく動作判定したときに数値が変化する仕組みとし、正しく判定されると成功例のようにflagの数値が元に戻るが、失敗すると数値が元に戻らない。

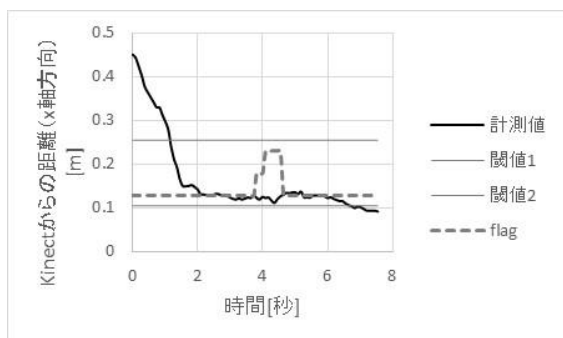


図4 HotPoint方式での成功例 (x軸)

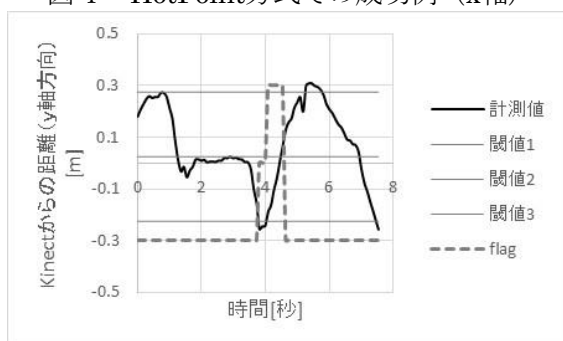


図5 HotPoint方式での成功例 (y軸)

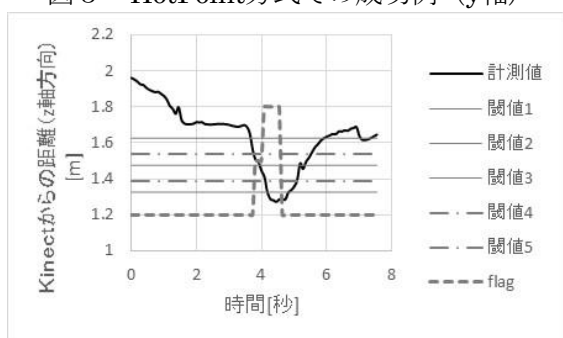


図6 HotPoint方式での成功例 (z軸)

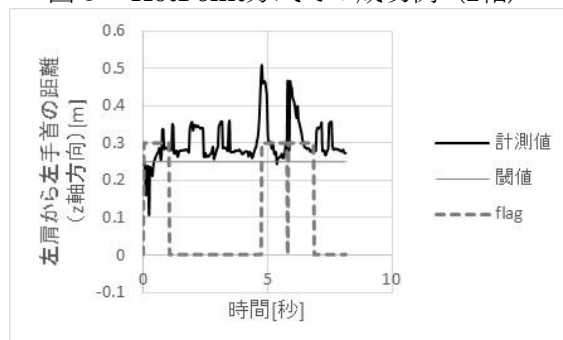


図7 HotPoint方式での失敗例 (x軸)

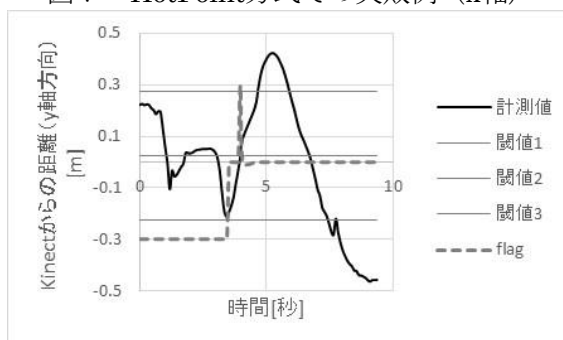


図8 HotPoint方式での失敗例 (y軸)

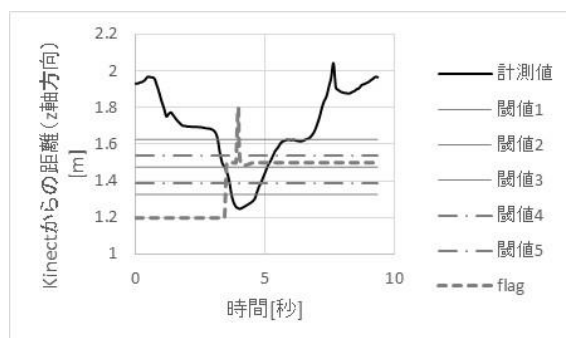


図9 HotPoint方式での失敗例 (z軸)

図10から図15はボーンデータ方式で左手単打音奏法を判定した際の結果を示している。図中の計測値は、左肩の座標値から左手首の座標値を差し引いた値の変化の様子をプロットしたものである。ボーンデータ方式では、この値を動作判定に用いている。失敗例は動作を開始する前に誤判定となっており、骨格モデルを構築する際に、肩と手首の座標値に矛盾が生じていたことによるものと考えられる。

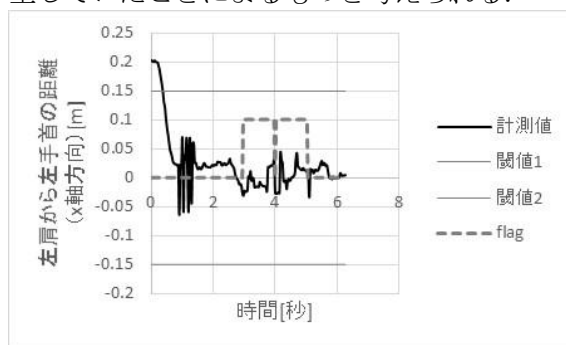


図10 ボーンデータ方式での成功例 (x軸)

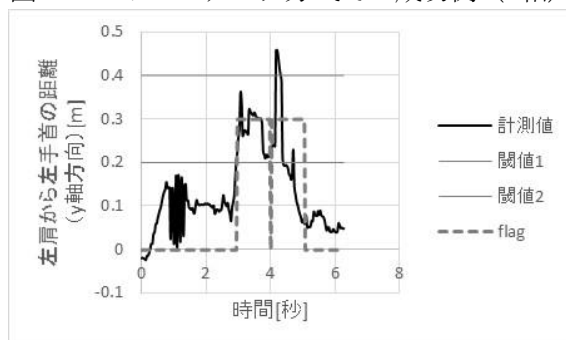


図11 ボーンデータ方式での成功例 (y軸)

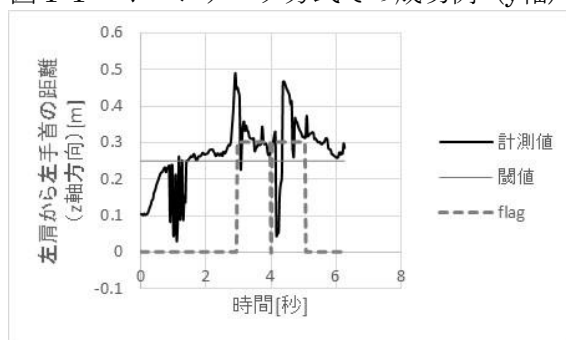


図12 ボーンデータ方式での成功例 (z軸)

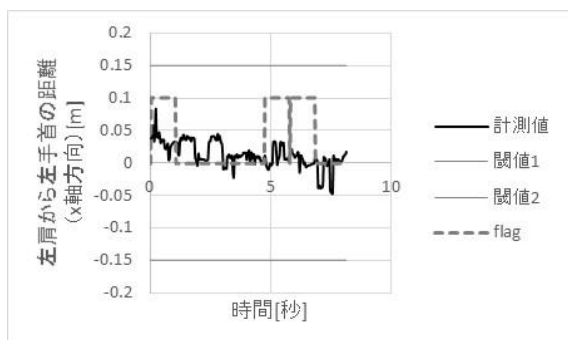


図 1.3 ボーンデータ方式での失敗例 (x軸)

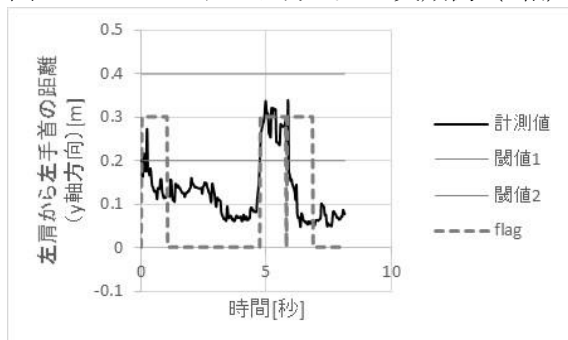


図 1.4 ボーンデータ方式での失敗例 (y軸)

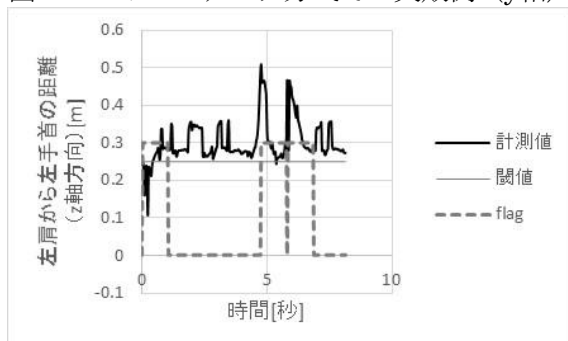


図 1.5 ボーンデータ方式での失敗例 (z軸)

図 1.6 は深度データでの左手単打音奏法において、ボーンデータの手のz座標と深度データを比較したものである。深度データからボーンデータを導出しているが、まれに動き始めでは先の理由により骨格モデルで矛盾を生じ差異があったが、動作中には大きな差異はなかった。

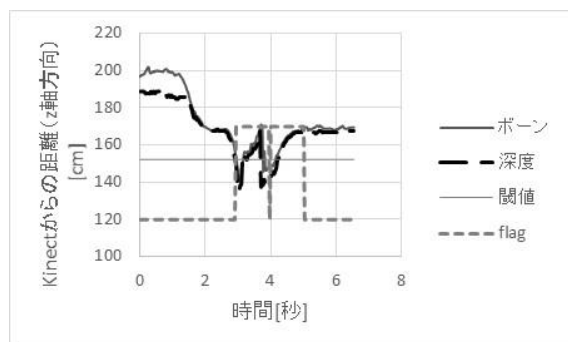


図 1.6 深度データとボーンデータの比較

5 システムの実装

演奏曲の一例として、童謡「チューリップ」を対象に体験型ARマニュアルのプロトタイプを製作した。前述の実験結果より深度データ方式とボーンデータ方式では手の動作を開始する前に誤判定が起こっていたことから、単純な動作の判定に強いHotPoint方式を採用した。プロトタイプでは、曲のテンポに基づき支援情報を提示し、対象者が正しい動作を行ったと判断し次に進むことができた。なお、担当外の音については、プログラム側で再生することで、正しく演奏することができた。



図 1.7 実装結果

5 おわりに

教育効果や作業効率の向上を目的としたシステム「体感型ARマニュアル」を提案し、プロトタイプを製作した。その際の動作判定方式について3つの方式において検証実験を行い、単純な動作はHotPoint方式が、複雑な動作は深度データ方式、ボーンデータ方式が有効であることがわかった。今後は、作業効率の向上についても検証実験を行い、体感型ARマニュアルの機能・性能の向上を目指していく。

「参考文献」

- 1) 米谷健司, 「拡張現実感による組立作業支援効果の定量的評価方法の提案」, 京都大学エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻修士論文, 2006.
- 2) 山崎雄一郎, 「拡張現実感とRFIDを用いた系統隔離作業支援システムの試作と実験評価」, 京都大学エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻修士文, 2004.
- 3) 橋本直, 「ARプログラミング・Processingでつくる拡張現実感のレシピ」, オーム社, 2012.
- 4) GergBorenstein (水原文, 訳), 「Making Things See Kinectとprocessingではじめる3Dプログラミング」, 株式会社オライリー・ジャパン, 2013.