

## 「再演、再制作、再展示」

— ArtDKT Viewerによる三輪眞弘作品の再制作に関するミーティングの記録映像

— 時空間3Dスキャニングシステムによる

《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために—の記録

Replay, Reconstruction and Re-enactment of Exhibitions in Contemporary Art

“ArtDKT Viewer” - Multiangle video-proceedings of a discussion for Re-enacting Masahiro Miwa’s works:

“Spatio-temporal 3D scanning system” - Archiving of a performance work, “Our favorite buns at school lunch for an onlooker and 6 pupils on duty”.

赤羽 亨(メディア表現/IAMAS准教授)

AKABANE Kyo (IAMAS)

本稿では、近年取組んでいる「多視点カメラによるアーカイブ」と「インタラクションの時空間アーカイブ」の研究活動と、それに関連する、今回のビエンナーレの展示について述べる。今回のビエンナーレでは「ArtDKT Viewerによる三輪眞弘作品の再制作に関するミーティングの記録映像」<sup>1</sup>、「時空間3Dスキャニングシステムによる三輪眞弘《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために—の記録」<sup>2</sup>の2つの展示を行った。

### 1. 「多視点カメラによるアーカイブ」

フィジカルコンピューティングなどの要素を取り入れたワークショップ形式の授業を実施する機会が増えていっていた2013年に、文化庁からの助成を受け「メディア芸術表現基礎ワークショップ」<sup>3</sup>という全6回のワークショップシリーズを開催することになった。それまでのワークショップ実施時にも振り返りのための映像記録を行っていたが、大抵はワークショップの全体を1画面に収めたものであった。一方、このワークショップシリーズでは、複数台のビデオカメラを用い、多面的な視点からワークショップを録画するアーカイブ手法の開発を試

みた。回数を重ねるにつれ、撮影した複数の映像をどのように活用していくのかという「閲覧方法」の開発の必要性が顕在化し、多視点からの映像を閲覧するためのビューワーソフトウェア「Workshop Archive Viewer」(図1)を開発するにいたった。

### Workshop Archive ViewerからArtDKT Viewerへ

Workshop Archive Viewerは、ワークショップ中のテーブルトップの映像を閲覧するソフトウェアで、再生時の4つの映像の配置を、録画時の実際のテーブルの配置に合わせることができる。また、ズーム表示させることによって、机の上で何を行っているかの詳細を確認できる。このビューワーソフトウェアをベースに今回の展示に使用した「ArtDKT Viewer」(図2)へと発展させ、ワークショップ映像に限らない、より広い用途への利用を視野にいたった開発に取り組んできた。

### ArtDKT Viewer

ArtDKT Viewerの主な機能は以下となる。

- ・ 4画面表示
- ・ 再生の同期

1 「ArtDKT Viewerによる三輪眞弘作品の再制作に関するミーティングの記録映像 (2016年) 【168分】

記録日時：2016年7月26日

場所：情報科学芸術大学院大学 [IAMAS]

参加者：三輪眞弘、松井茂、伊村靖子、松本祐一

2 「時空間3Dスキャニングシステムによる三輪眞弘《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために—の記録 (2017年) 【7分】

科研費研究「3Dスキャニング技術を用いたインタラクティブアートの時空間アーカイブ」／技術協力：田中翔吾、八嶋有司

3 メディア表現基礎ワークショップ ex-Workshop (最終閲覧日：2018年2月20日) <http://g-i-f.jp/exws/>

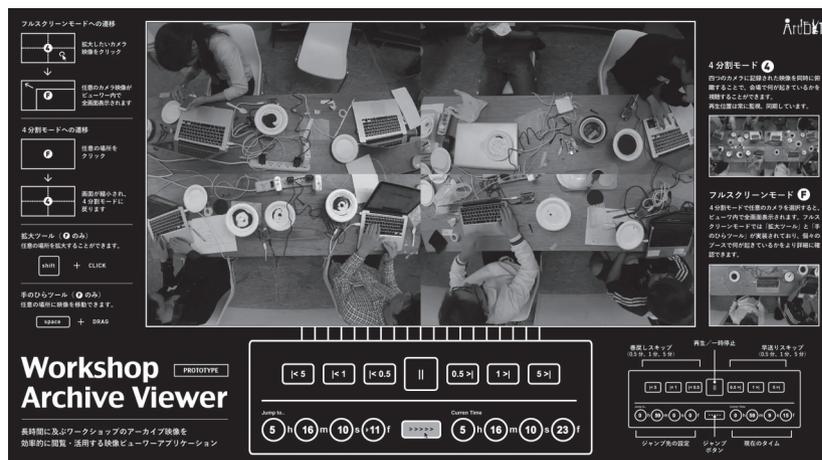


図1 Workshop Archive Viewerの画面



図2 ArtDKT Viewerの画面

- ・映像の拡大機能
- ・音声の再生
- ・アノテーション（タグ付け）機能

#### 4画面表示

このソフトウェアでは、4つの違った視点から撮影された映像を同時に扱うことができる。同時刻に撮影した4つの映像を、同時に閲覧可能にするため、画面を4つのエリアに区分し、各エリアにはそれぞれに対応したカメラで記録した映像を表示する。基本的な映像コントロールは、一般的な動画再生アプリケーションと同様に、再生と停止はボタン操作によって行う。また、下部に設置されたシークバーは、直感的に再生時間を捉えるためのインジケータとしてだけでなく、任意の時間への

ジャンプするためのインターフェースとしても機能している。

#### 再生の同期

4つの映像はArtDKT Viewerが生成するタイムコードに従って同期再生される。複数の映像を同時に視聴することは、他の映像再生アプリケーションでも可能であるが、動画編集用ソフトウェアを除き、1frame単位で同期された状態での視聴は困難であった。本ソフトウェアでは、再生、停止、早送り、巻き戻しは、表示している全ての映像に対して行われるため、4つの映像の時間的な整合性はいつでも担保される。

## 映像の拡大機能

起動時には、4分割された映像が再生されるが（4画面モード）、任意の映像をクリックすると、その映像が拡大され再生領域全面に表示される（1画面モード）。このモードの切り替えは、停止中のみならず、再生中にも行えるため、閲覧しながらカメラを切り替えることが可能である。

## 音声の再生

音声の再生は、4つの映像のうち1つが選択されて再生される。ソフトウェア起動時は、左上に読み込んだ映像の音声再生されるが、映像を拡大表示にすることによって、選択された映像の音声へと切り替えることもできる。4画面表示時には最後に拡大表示した映像の音声再生される。

## アノテーション（タグ付け）機能

本ソフトウェアにはアノテーション機能が実装されている。これによって、分厚い百科事典の気になるページに付箋をはるように、気になった再生位置や再生画面にアノテーションを付け、いつでもそこにアクセスすることができる。これによって、閲覧者独自の情報を映像と関連付けて記録することが可能となる。撮影された映像からアイデアや価値を見出すためには、それらにどのような情報が含まれているかを知り、いかにしてそれらにアクセスできるかが要点となる。今回の展示はこの機能をベースに、予め付与されたアノテーションを手がかりにして、収録されたミーティングを閲覧することができるものになっている。

## ArtDKT Viewer使用例

当初はワークショップのアーカイブシステムとして構想され開発されたが、現在までにワークショップ映像のみならず、より広い用途を想定した実践的な研究を行っている。以下に実際に「ArtDKT Viewer」を用いた5つの事例について記す。

- ・ワークショップの記録
- ・キックボクシング審判の採点時の振舞いについての調査
- ・ミーティング記録
- ・インタラクティブシステムのデザイン過程での利用

- ・フィールドワークで記録した映像を元にした、ビデオエスノグラフィーでの利用

これらの事例からArtDKT Viewerの特徴についてまとめる。

## ワークショップの記録

実際のワークショップ中の参加者を捉えるために、天井から下向きにビデオカメラを4つ配置し、作業中のテーブルトップを撮影したもの。再生時の4つの映像の配置を、撮影時の実際のテーブルの配置に合わせることによって、時間的整合性のみならず、空間的な整合性を取った上でワークショップの振り返りが可能になる。（図3）

## キックボクシング審判採点時の振る舞いに関する調査

キックボクシングの電子採点システムのデザインの過程で、ArtDKT Viewerを利用した。リングでの試合内容を捉えるカメラ1台とリングサイドの審判3人の手元を捉えるカメラで撮影した映像を同期再生して調査を行った。

実際の試合の映像と、その試合で行われている審判の採点を合わせて記録することにより、各審判による採点タイミングの差異や、採点前のメモの活用など、聞き取り調査では聴取することの難しい事象を確認することができた。その後、手書きを置き換えるための電子採点システムを試作し、手書きの時と同様に実際の試合においても審判の行動調査を行った。（図4）

## ミーティングの記録

2016年度に行った三輪真弘氏の過去作品の再演のプロジェクトにおいて、その始動時に行われた作曲者、プログラマ、企画者（2名）の4人で行われたミーティングを撮影した。左側の上下2つに天井からの映像を配置し、右側には、全体の俯瞰画面と、ミーティング時に用いられたPCのスクリーンを収録した映像を配置した。これによって、会話と合わせ、その時に示されたプログラム画面と、その操作の状況も同時に閲覧することができる。また、トピックごとに、アノテーションを付けることによって、ミーティングに参加していないメンバーとの情報共有を可能にした。（図5）

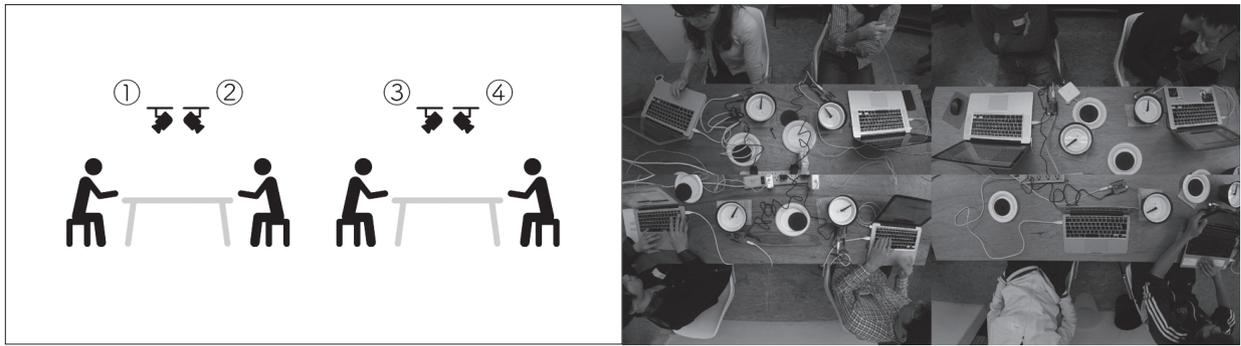


図3 ワークショップでの利用（左：カメラ設置図・右：ビューワーでの表示）

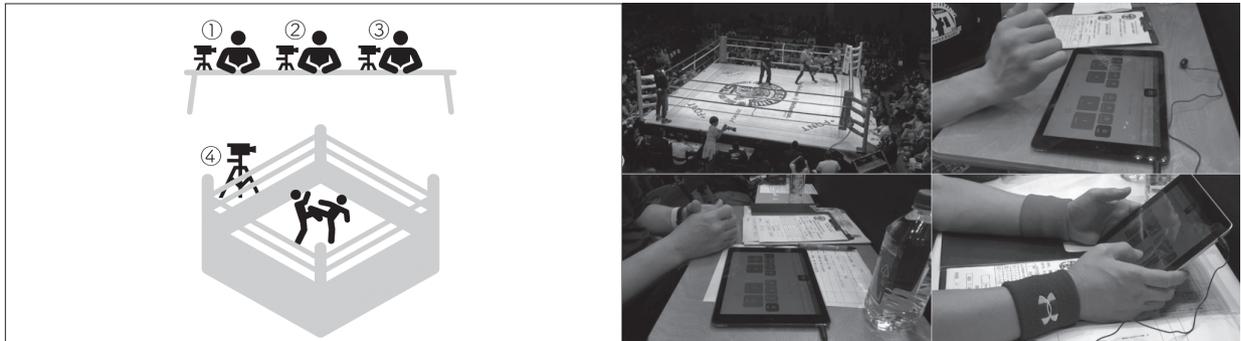


図4 キックボクシング審判採点時の振る舞いに関する調査での利用（左：カメラ設置図・右：ビューワーでの表示）

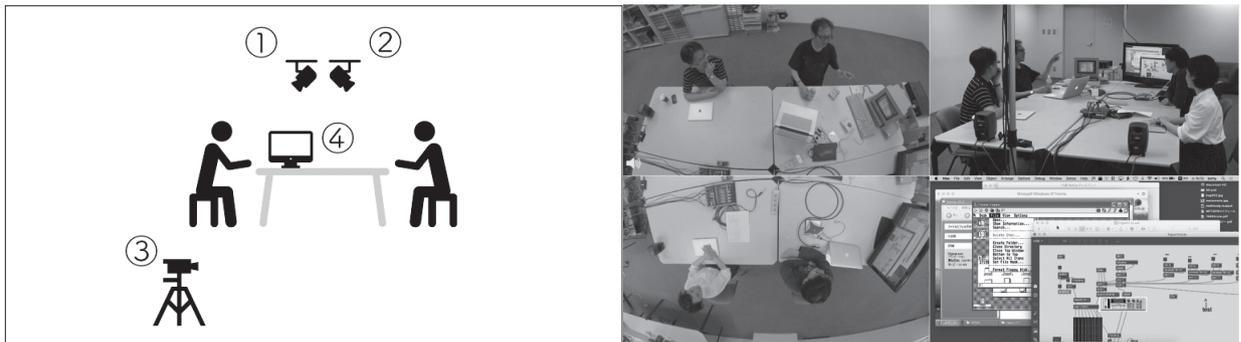


図5 ミーティングの記録での利用（左：カメラ設置図・右：ビューワーでの表示）

### インタラクティブシステムのデザイン過程での利用

高機能腕時計の複雑な操作のインタラクティブ・インストラクションシステムのデザインの過程で、ユーザーの操作と画面表示のフローをデザインし、その検証のために本システムを利用した。実際の腕時計と、液晶ディスプレイで構成されたキオスク型のシステムを想定し、テーブルトップに置かれた時計を捉えた映像と、PCにつながった液晶ディスプレイの画面、またそれら2つを含むユーザーの動作を捉えた映像の合計3つを撮影し使

用した。(図6)

このシステムを、デザイン初期段階から導入し、ロールプレイ中に見つかった問題を口述で映像とともに残していくことによって、作業を中断することなく、問題点を記録することが可能になった。収集した問題点は、アノテーションを付してまとめ、他のデザイナーやプログラマーと問題点を共有しながら、システムの開発を進めた。

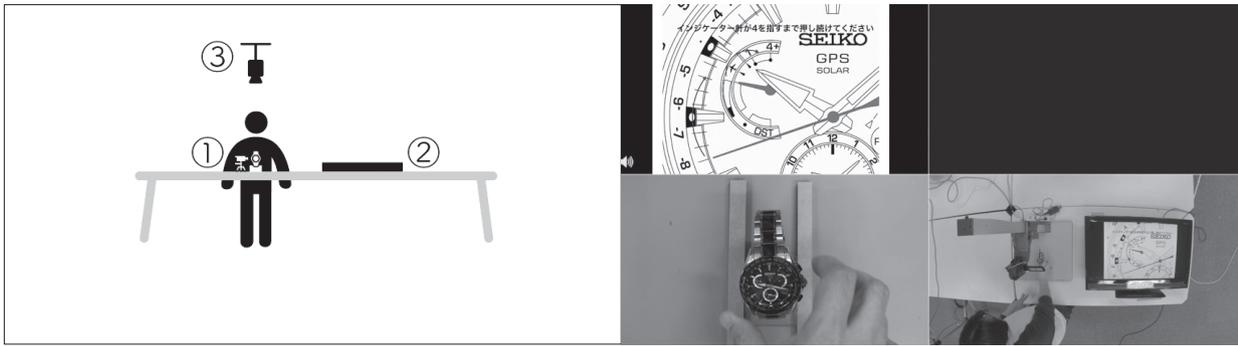


図6 インタラクティブシステムのデザイン過程での利用（左：カメラ設置図・右：ビューワーでの表示）



図7 フィールドワークでの利用（左：カメラ設置図・右：ビューワーでの表示）

### フィールドワークで記録した映像を元にした ビデオエスノグラフィー

2017年度に行ったIAMASとSONYとの共同研究の一貫で、岐阜県大垣市内と郡上八幡において、アクションカムをつけたフィールドワークを行った。数グループに分かれてのフィールドワークだったため、後日それぞれのムービーファイルをArtDKT Viewer上に読み込んで、1人称カメラによるマルチアングル映像を用いたエスノグラフィーを行った。（図7）

### 「ArtDKT Viewerによる三輪眞弘作品の再制作に関する ミーティングの記録映像」

今回のビエンナーレでは、「ArtDKT Viewerによる三輪眞弘作品の再制作に関するミーティングの記録映像」として、このソフトウェアを利用した展示を行っている。昨年度行った三輪眞弘氏の過去作品の再演のプロジェクトにおいて、その始動時に行われた作曲者、プログラマ、企画者（2名）の4人で行われたミーティングを撮影した映像をArtDKT Viewerで閲覧するものである。（図8）

MacBook Pro上でArtDKT Viewerを動作させて収録し

た映像を再生している。鑑賞者の前に置かれたiPad Pro上にはアノテーションが表示されており、それぞれのアノテーションを選択すると、それに対応した位置（時間）に再生ヘッドが移動し映像が再生される。ミーティング全体では168分と長時間のムービーファイルであるが、このようにアノテーションを手がかりにすることによって、ミーティング中に行われた判断の分岐や、決定のプロセスを振り返ることが可能になる。本展示においてもこの特性を最大限に活かし、展示鑑賞という比較的短時間での閲覧であっても、実際のミーティングで行われた内容の要点を掴みやすくする情報提示を目指した。また同時に、ArtDKT Viewerでの閲覧体験を通して、その基本的機能や、実際に使用した場合の有用性などを体感的に理解してもらうことも狙っている。

将来的には、このソフトウェアを用いて、複数の人々が1つの映像資料を閲覧し、何を見出したかをアノテーションとして共有できる環境を構築することによって、これまでとは異なった映像資料の活かし方を提案していきたいと考えている。



図8 「ArtDKT Viewerによる三輪眞弘作品の再制作に関するミーティングの記録映像」 展示風景

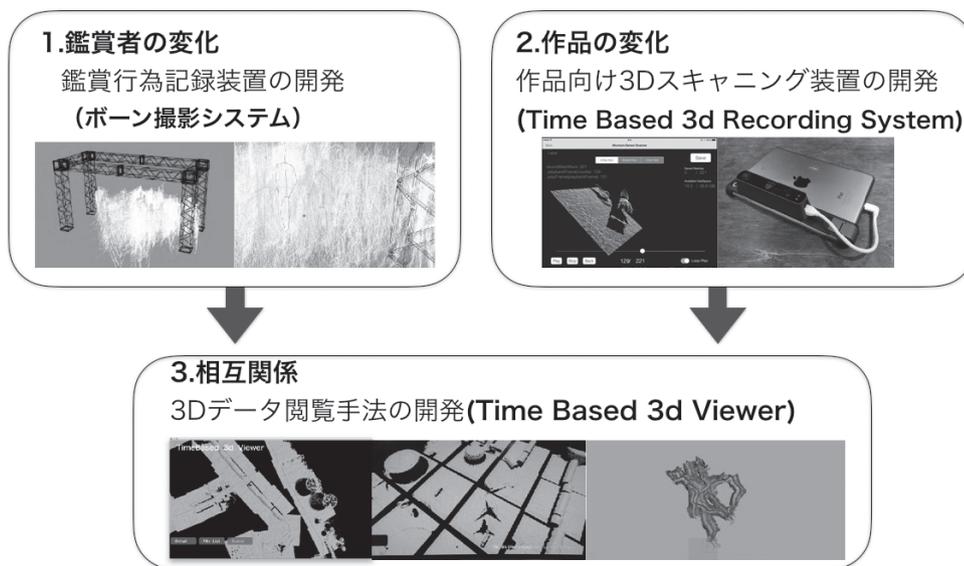


図9 「インタラクションの時空間アーカイブ」 研究に関する3つの方向性

## 2. 「インタラクションの時空間アーカイブ」

この研究は、科研費研究「3D スキャニング技術を用いたインタラクティブアートの時空間アーカイブ」(15K12841) をベースにしている。時間的変化をスキャニングできる3Dスキャナを用いたシステムを開発し、インタラクティブアートにおける、鑑賞者と作品、その相互の変化の関係を時間軸を持った3Dデータとして記録し、最終的には取得したデータの活用まで含めたアーカイブ手法の開発を目指すものである。

研究は3つの方向で進めている。(図9)

### 1. 鑑賞者の変化 鑑賞行為記録装置の開発

### 2. 作品の変化 作品向け3Dスキャニング装置の開発

### 3. 相互関係 3Dデータ閲覧手法の開発

今回のビエンナーレでは、この中の「鑑賞者の変化」の研究成果を用いた展示を行っている。

### 鑑賞者の変化の記録

鑑賞行為記録装置(鑑賞者ボーン撮影システム)を用いて、空間的に展開されるインスタレーション作品や、インタラクティブアート作品における鑑賞者の空間的な振る舞いを、Kinectによってスケルトントラッキングし、3Dボーンデータとして記録する。作品自身ではな

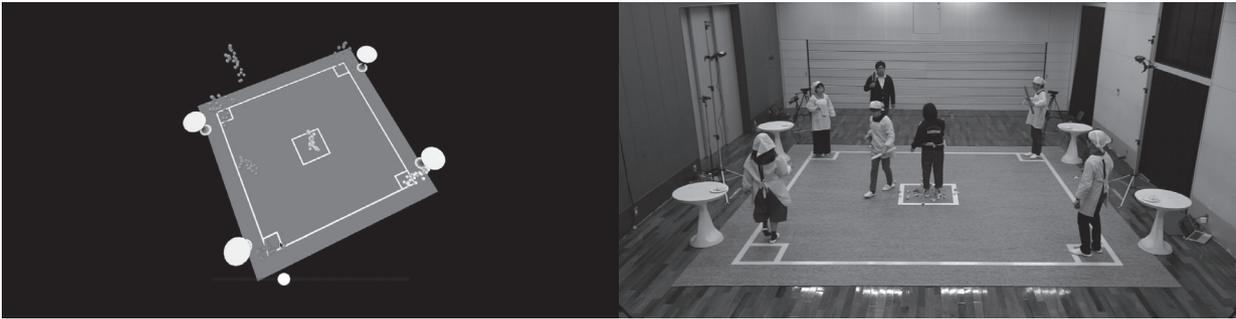


図10 「時空間3Dスキャニングシステムによる三輪真弘《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために一の記録」展示映像（左：リアルタイムに生成された3DCG、右：固定カメラで撮影したムービー映像）

く、作品がどの様に見られたかに焦点をあてた、広い意味での作品と鑑賞者のインタラクションを記録する試みといえる。開発当初は、Kinect1台のみで運用していたが、より広範なエリアを対象に鑑賞者の動きを記録するため、複数台のKinectを用いたシステムの構築を目指し、開発と撮影実験を繰り返してきた。

#### 「時空間3Dスキャニングシステムによる

#### 三輪真弘《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために一の記録」

今回のピエンナーレでは、「時空間3Dスキャニングシステムによる三輪真弘《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために一の記録」として、このシステムを用いて撮影した3Dデータを用いた展示を行っている。

本研究で開発したシステムは、鑑賞者の鑑賞行為の撮影を記録するためのものであるため、本来的にはパフォーマンス作品の演者の動きを捉えることを目的としていない。しかしながら、複数台Kinectによる撮影エリアの拡大や、複数人の鑑賞者（この撮影の場合は演者）の同時撮影という共通の観点が見い出せたため、鑑賞者ボーン撮影システムの撮影実験として、パフォーマンス作品「《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と人の当番のために」の撮影を行った。

この作品は、およそ8分の長さの作品で、7人の演者が出演する。5m x 5mのフィールド内で演算結果としての移動を伴いながら演奏する5人の「当番」と、中央のエリアで演奏を行う「交換番」、その外側に1人の「傍観者」が、それぞれの決められたルールに従って協調的な演奏を行うものである。

液晶ディスプレイ2台を並べて設置し、左側には3D

データをもとに、リアルタイムに生成（レンダリング）された3DCG映像を表示している、右側には固定カメラで撮影したムービー映像を表示している。（図10）2つの映像は独自に開発されたMac Pro上で動作するビューソフトウェア「タイムベースデータビューワー」によって時間的に同期を保って表示されている。また、音声についても別途録音したものを使用しており、こちらも映像と同様に、ソフトウェア上で時間的に同期されて再生されている。3DCG映像は自動的に視点を切り替えながら生成されるが、鑑賞者がトラックボールを使ってリアルタイムに視点を変えることも可能である。（図11）

#### タイムベースデータビューワーの基本機能

本ソフトウェアで扱うデータは、5台分のタイムスタンプを含む3Dボーン・シーケンシャルデータ（JSON形式）、固定カメラで撮影したムービー映像ファイル、録音音声ファイル、また3D CADで作成した会場の3Dデータで構成される。再生はボーンデータ・映像・音声データを時間的に同期した状態で行われる。ボーンデータの再生は、記録されたタイムスタンプとPC（Mac Pro）のタイマー時刻を比較して行っている。そのため時間的な精度はPCのタイマー精度に依存している。映像や音声は、再生/停止/ループ処理や時間操作をしたタイミングで再生時刻へのシーク処理を行い、再生時間を同期させている。映像・音声は相対的な再生位置をミリ秒（ms）単位で調整することができる。

#### ボーンデータの統合

撮影範囲が一部重なる複数台のKinectのボーンデータを同時に表示すると、同一人物が複数のボーンデータと



図11 「時空間3Dスキャニングシステムによる三輪真弘《みんなが好きな給食のおまんじゅう》ひとりの傍観者と6人の当番のために-の記録」展示風景

して重なって表示されることがあり、この場合実際の演者の数以上にデータ上の人物が表示されてしまう。この問題を解決するため、本ソフトウェアでは、重なった同一人物を、1つのデータに統合するリアルタイム自動処理を実装している。異なるボーンデータの関節点同士が一定以下の距離の場合に、同一人物と判定する処理を行うことによってこの機能を実現している。実際のフィルター適応にあたっては、しきい値の微調整を逐次行っている。

#### ボーンデータの補正

今回記録したボーンデータでは、足先の向きなど認識されづらい部位が乱れること（足先がフレームごとにランダムな方向を向くなど）が一部で発生した。人体の稼働領域などの条件を踏まえ、演者が一定以上の速度で移動している場合に、足の関節の向きを進行方向に向ける自動的な補正処理を実装した。

#### ノイズ除去

演者がKinectの認識範囲を外れた後などに、人体の形状をなさない異常なボーンデータがしばしば記録されることがあった。これをノイズと判定して、リアルタイムに自動的に除去する処理を実装した。今回は以下の条件にあてはまるものをノイズデータとして判定し除去する処理を行った。

- ・ 関節間の距離が一定以上（長すぎる）の場合
- ・ 演者の頭の位置がある高さより低い場合、または足の位置がある高さよりも高い場合

前者は一般的な条件であり、後者は今回の作品の上演中には存在しないパターンを利用した、この作品に特化した判定条件となっているといえる。

#### ボーンデータの編集

ボーンデータを手作業で編集して任意に修正可能な機能を実装した。また撮影時のデータは、データの記録タイミングがそれぞれ異なり、その編集を直接行うことはプログラムと編集作業において煩雑なため、一定の時間間隔（今回は30fps）でサンプリングしたデータを独自の形式で保存し、データを扱いやすくしている。

編集機能には大きく以下の2つがある。

- ・ フレーム編集機能
- ・ 関節点編集機能

フレーム編集はボーンデータを1フレーム単位で編集する機能で、人物の表示/非表示や、前後のフレームからのコピー&ペーストができる。主に欠損したデータの修正で使われた。関節点編集はボーンデータの座標を関節点単位で修正する機能で、人体の一部形状が崩れた場合の修正に使われたが、作業量が膨大になるため今回の利用箇所は一部に限られている。

#### 展示の狙い

初期の3DCG映像と、今回展示で出力した3DCG映像画像は同じデータを元に生成されているものであるが、見比べるとその違いは思いのほか大きい。（図12）また、タイムベーストデータビューワー上での再生時も、記録

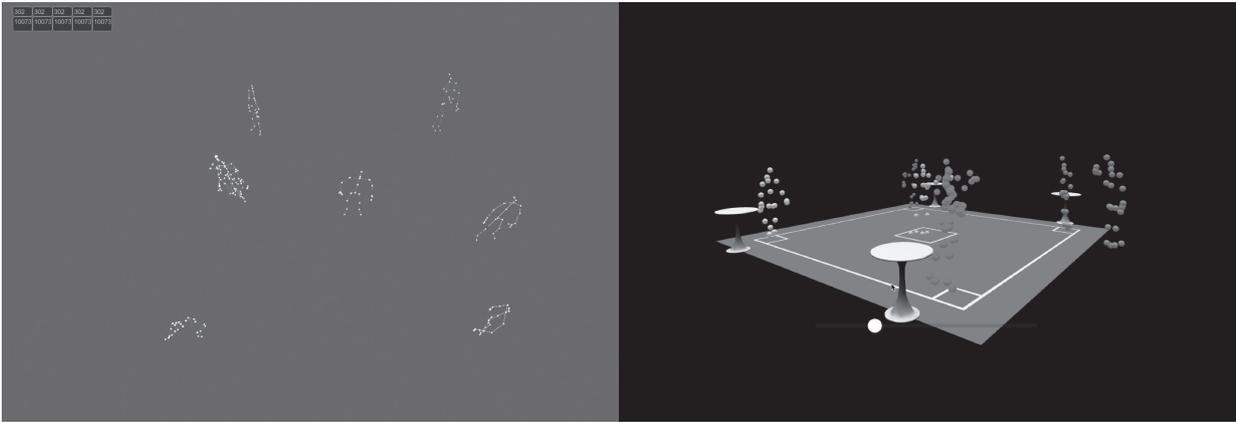


図12 同一データを元に生成されたレンダリング画像比較（左：開発初期段階のもの、右：展示に使用された最終形）

されたデータ自体の変更を行っているわけではなく、あくまでデータを独自のフィルター（解釈）を通して再生しているに過ぎない。この点は、元データを編集して固定化した映像として共有される一般的な映像データとは大きく異なる点といえる。また、閲覧しながら自由に視点を変えることができる点も、一般的な映像データの閲覧とは大きく異なる点である。

今回の展示では、リアルタイムで生成される3DCG映像と、固定カメラで撮影したムービー映像の2つを同期再生することによって、両者の特性を対比させ、且つ、相補的な状態を構築することを目指した。両者の間を行き来しながら鑑賞することによって、各演者の動きの確認など、将来の再演時に必要となるスコアの解釈のための、新しい資料となりうる可能性を示した。また同時に、本展示の鑑賞体験を通して、この作品に限らない3Dキャ

ンニングシステムを用いた作品記録の有用性や、今後の応用可能性についても考える契機を提供できたと考えられる。

### 3. まとめ

ここまでの2つの研究・展示に共通しているのは、データビューワーソフトウェアの重要性である。言い換えれば、「どう撮るか」という記録方法ではなく、撮ったデータを「どのように表すか/見る」という記述方法の重要性といえる。

今回紹介した2つの研究は継続中である。今後も「記録」「記述」、またその先にある「表現」の関係について深く掘り下げながら、これらを「メディア表現研究」と位置付けて進めていきたいと考えている。