



# MR デバイスを活用した電子ピアノ拡張表現システムの開発

Development of Mixed Reality System for Augmented Representation of Electric Piano

小林尚矢<sup>1)</sup>, 出原立子<sup>2)</sup>

Naoya KOBAYASHI and Ritsuko IZUHARA

- 1) 金沢工業大学大学院 システム設計工学専攻 (〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1, c6201180@st.kanazawa-it.ac.jp)  
 2) 金沢工業大学 メディア情報学科 (〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1, izuhara@neptune.kanazawa-it.ac.jp)

**概要:** 本研究は, MR デバイス, PC, 電子ピアノ, ネットワーク通信を組み合わせ, インタラクティブな CG を生成することで, 拡張現実感によるピアノ演奏演出を行うシステムを開発した. 本システムは, 演奏者が電子ピアノを弾き, 聞き手は MR デバイスを装着すると, まるで演奏者がグランドピアノを弾いているような拡張表現が作り出されるシステムである. MR デバイスと外部機器を連動させたシステムとして十分な機能を持っているかを調査するために, 演奏情報が通信によって MR デバイスに反応するまでの時間を調査し評価した.

**キーワード:** Mixed Reality, Magic Leap One, 拡張・複合現実

## 1. 背景と目的

近年, MR (Mixed Reality) を活用したシステムが増えつつある. MR デバイスは実空間と仮想空間を融合させる技術として開発され, 実空間に存在するかのように 3DCG を描出することができる点が特徴である [1]. 入力デバイスは専用コントローラを用いるように設計され, ハンドトラッキングによるジェスチャ・インターフェースも多少取り入れられているが十分な機能とは言えない. 入力インターフェースを充実させれば, MR の優れた視覚表示機能をさらに有効に活用することができると考えられる.

そこで本研究では, MR デバイスの入力インターフェースの拡張性を追求するために, 電子ピアノを外部入力機器として選定し, MIDI (Musical Instrument Digital Interface)

を活用することで, MR デバイスとの接続と情報取得を試みた. それによって, 電子ピアノの拡張表現を MR デバイスに描出することをねらいとした.

ピアノを題材としたインタラクティブアートとして, 岩井俊雄と坂本龍一の「MPI×IPM」がある [2]. この作品は舞台上のピアノ演奏の音楽に合わせてスクリーン上にさまざまな光の像を現し, また, スクリーン上の光がピアノの上に落ち音楽を奏するという, ピアノの音を視覚的に表現した作品である.

本研究では, 電子ピアノを対象にして, 電子化によって失われたアコースティックピアノの音を出す機構部分を CG (Computer Graphics) で再現し, MR デバイスを通して拡張



図 1: システムイメージ



図 2: システム構成

張現実感で映し出すことで、本来の音の出る仕組みを可視化することを試みた。そのため、MR、PC、電子ピアノ、ネットワーク通信を組み合わせ、インタラクティブにCGを生成することにより、現実空間と仮想イメージを融合して一台のピアノを演奏しているようなシステムを開発した(図1)。

## 2. システム設計

### 2.1 システム概要

本システムは、演奏者が電子キーボードを演奏し、鑑賞者がMRデバイスを装着して電子キーボードを見ると、電子キーボードに3DCGが拡張表現され、仮想と現実が一体となりグランドピアノを弾いているように見える体験を作り出す(図1)。鑑賞者は仮想のグランドピアノを様々な角度から眺められ、内部の構造を見ることができる。また演奏に応じて仮想のハンマーを動作させることで、本来のグランドピアノの機構を再現した。さらに、ハンマーが弦を叩くと光とパーティクルが描出され、演奏者とピアノを取り囲むような空間コンピューティングを活かしたエフェクト表現で演出した。

### 2.2 システム構成

システム構成を図2に示す。電子キーボードの演奏情報を取得し、リアルタイムにMRデバイスに送信するために、電子ピアノとPCをUSBケーブルで接続し、MIDI情報をPCで取得する。次に、取得した情報をPCで処理を行い、OSC (Open Sound Control)でMagic Leap Oneに送信し、3DCGをインタラクティブに制御する。OSCの選定理由はUnityで活用でき、ローカルエリア内でIPアドレスを指定するだけで容易にデータの送信を行うことができるためである。

## 3. システム開発

### 3.1 仮想ピアノの3DCG制作

先に述べた通り、MRデバイスを通して仮想ピアノを描出するために、Blenderを活用してグランドピアノの3DCG

を制作した(図3)。

本システムにおいてピアノの鍵盤は電子ピアノ本体のものを活用するため、鍵盤以外のピアノ本体のボディ、屋根を3DCGで制作した。また、ピアノの音を出す仕組みを可視化するため、グランドピアノの内部構造を再現し、弦、フレーム、響板、ハンマーのパーツを制作した。3DCG制作にはBlenderを使用し、Unityを用いてハンマー等を配置しマテリアルを追加した(図4)。

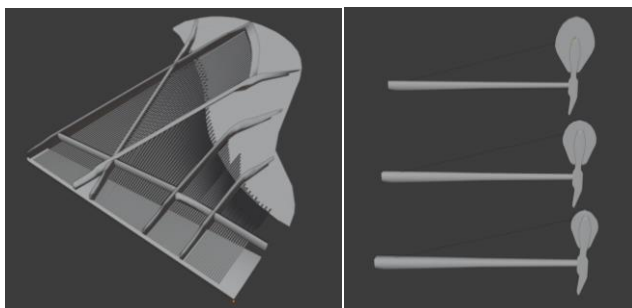


図 3: グランドピアノの3DCGパーツ

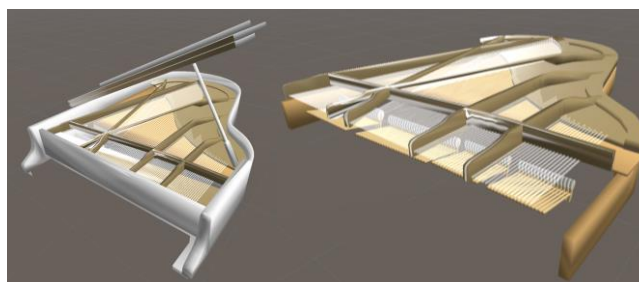


図 4: マテリアルを追加したグランドピアノ

### 3.2 システム制作

本システム制御は、図2に示したように、電子ピアノからPCにMIDIを活用して演奏情報を送信するプログラムと、Magic Leap Oneで演奏情報を受信するプログラムの2つを制作する必要がある。制御プログラムはC#を活用して制作した。

送信側のプログラムではMIDIで読み取った演奏情報(音の種類、音の大きさ、音の長さ)の数値を1つの変数に

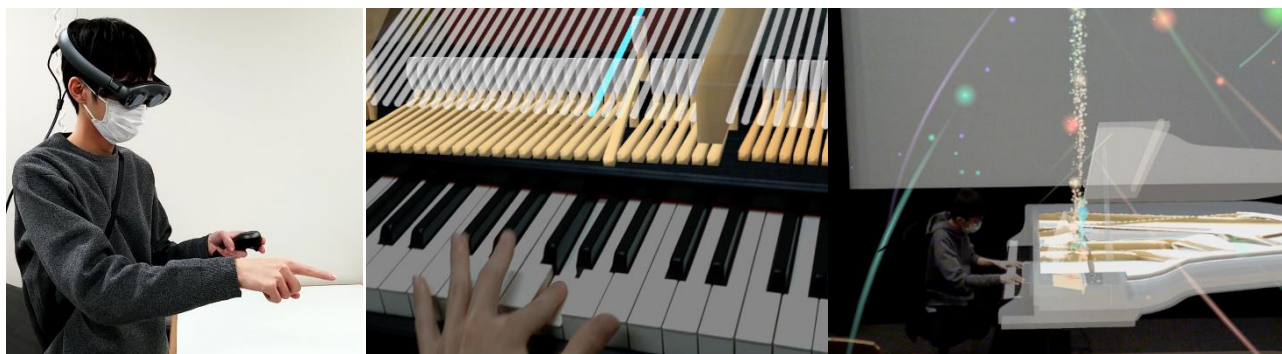


図 5: 本システムを実行した様子

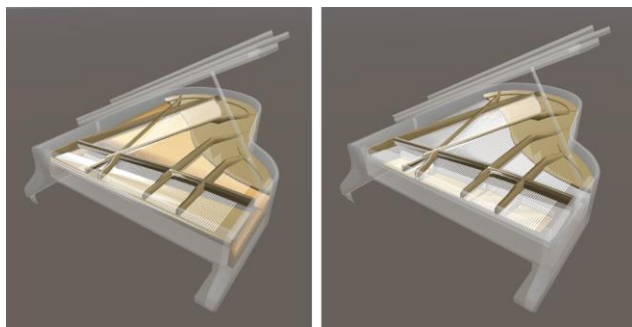


図 6: マテリアル変更

まとめて OSC で送信するものを制作した。受信側のプログラムでは、送信された数値を分割しそれぞれの機能に割り当てた。具体的には、音の種類情報は動かすハンマーに割り当て、音の大きさは光らせる弦の色の透明度に対応させ、鍵盤を強く押すと濃い色の光が光るようにした。さらに、音の長さはハンマーが上がっている時間と弦の光っている時間に対応させた(図 5)。

また、鑑賞者が MR デバイスを通してピアノ内部を見ることができるようになるため、コントローラのボタン操作で 3DCG のピアノの表面の色や透明度のマテリアルを変更できるようにした。マテリアル変更の操作を 3段階用意し、1 段階目を通常のマテリアル、2 段階目を内部の構造を見られるような透明マテリアル (図 6 左)、3 段階目は響板とフレームの一部の透明度をさらに変更して、ハンマーの動作を見やすくした (図 6 右)。

電子ピアノと仮想グランドピアノの位置合わせについては、電子ピアノが演奏時に場所を移動させることがないため今回はトラッキングを行わず、コントローラで仮想ピアノを移動させ電子ピアノに合わせるように配置した。

さらに、演奏時の演出として、音の発生とハンマーが弦を叩いている表現を強調するためにパーティクルを制作し、キーボードを押した際に出現させるようにした。パーティクルはピアノの周辺と、ハンマーが叩いた弦の上から出現する(図 5 右)。ピアノ周辺から出現するパーティクルは、ピアノ演奏者を彩り、音の広がりや空間上に表す意図で制作した。弦の上から出現するパーティクルは、叩かれた弦や音の強弱を強調するように、音が大きくなるほど大きなパーティクルが出現するようにした。

## 4. 性能実験

### 4.1 実験方法

外部機器を活用したシステムとして十分な機能を満たしているかを評価するために、鍵盤を押してから MR デバイスに反応するまでの速度を測定した。

測定方法は、受信側と送信側の制御プログラムにタイマーを設定し、反応した時間をデバッグログに記録させた。それを活用して、タイマーを手動で同時にスタートさせ鍵盤を順番に押していき、受信側に表示された時間から送信側に表示された時間を引いた値を反応速度として測定した。処理時間による影響を考慮し、鍵盤を左端からと右端からと双方からほぼ同じスピードで順番に押した。

### 4.2 結果と考察

上記の方法により測定した結果として、縦軸を反応速度、横軸を鍵盤を押した回数として実験結果を図 7 に示す。鍵盤を押した回数とは、左端から右端からそれぞれ 1 回ずつ順番に鍵盤を押した回数のことである。青色の線は鍵盤を左から右に押した結果、オレンジ色の線は鍵盤を右から左に押した結果を示す。

反応速度の平均値は、左から右が 0.132 秒、右から左が 0.130 秒で両結果ともに早く、本システムの機能としては問題ないとする。また、両結果とも標準偏差からデータのばらつきが少なく安定性も良いと考える。しかし、左から右に押していく過程で、1 鍵反応しないものがあった。図 7 が示す通り、定期的に反応速度が 0.2 秒以上の遅延が生じる時があり、この時プログラムを読み飛ばしている可能性が考えられた。

そこで、定期的に反応速度が遅くなる原因を調査した。まず、MR デバイスのパフォーマンスが限界で、動作が硬直していると考えたため、Magic Leap One と PC を連動させるアプリである「The Lab」からデバイスの使用状況を確認できるアプリをインストールして調査した。その結果、CPU、GPU メモリの使用量にはまだ余裕があったことから、パフォーマンスは問題ないことが考えられた。さらに、本実験で調査した 2 つのデータから、平均値に大差がなく、グラフに偏りがないことから、鍵盤を押した順番、位置も原因ではないと考えられる。本システムの実行を異なる日に複数回行ったところ、日によって反応速度の違いが

生じたため、通信速度が原因として考えられ、通信環境の状況によって遅延が生じると考えられる。

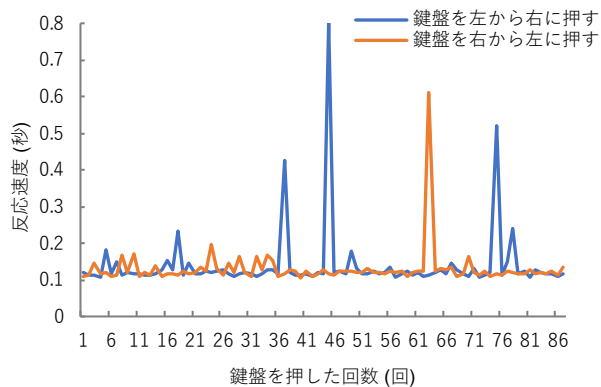


図 7: 性能実験結果

## 5. 評価実験

### 5.1 実験方法

次に、制作した MR デバイスによる電子ピアノ拡張表現システムについて、使用者による評価実験を行った。実験方法は、被験者 7 人に 1 人ずつ順番に MR デバイスを装着してもらい、電子ピアノ演奏時の拡張表現を視聴してもらい、アンケートに回答してもらった。

実験環境は、外の光が入らず壁が黒色で広めの空間に電子ピアノを設置し、制作したシステムを実行した。被験者は MR デバイスを装着し電子ピアノの横に立ち、1 分程度の 1 曲を視聴してもらい、好きな場所から 3DCG による拡張表現を眺めて、質問について 5 段階で評価させた。

質問内容は「Q1：演奏者がグランドピアノを弾いているように感じるか」「Q2：電子ピアノを押したとき、ハンマーが弦を叩く動きをリアルに感じるか」「Q3：パーティクル演出は、音の強弱の違いを強調しているように見えるか」である。

### 5.2 結果と考察

実験結果を図 8 に示す。縦軸は 5 段階評価の得点、横軸は質問内容、エラーバーは標準誤差を示す。Q1, Q2 は評価が高く、目的とした現実と仮想を融合した一台のピアノを制作できたと考える。Q3 は評価が低かった。この原因は、パーティクルの大きさの変化が小さい過ぎたことから、

音の強弱の違いが明確に表現できなかったと考えられる。弦と弦の間は幅が狭いため、重なってもきれいなパーティクル表現や、色の違いで強弱を強調する方法にした方が良かったと考えられる。

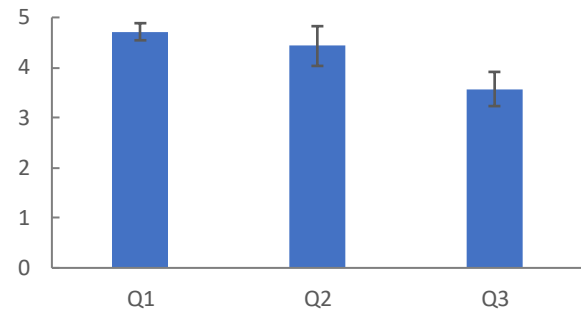


図 8: 評価実験結果

## 6. まとめ

本研究では、MR, PC, 電子キーボード、ネットワーク通信を組み合わせ、インタラクティブに CG を生成することにより、現実空間と仮想イメージを融合して一台のピアノを演奏しているような拡張表現システムを開発した。本システムの評価実験の結果、以下のことが確認できた。第一に、MIDI 情報を OSC で MR デバイスに送信する方法は、システムとして十分な機能を持っていたことが分かった。しかしながら、通信環境によっては定期的な遅延が発生していると考え、それを考慮したプログラムの書き方が必要である。第二に、演奏者がグランドピアノを弾いているような表現を制作することができたが、音の強弱を強調する表現において改善が必要である。

以上より、MR デバイスと入力インターフェースとして電子ピアノを連携させることができ、MR の拡張表現を活かした電子ピアノの新たな視聴体験をつくることができた。

### 参考文献

- [1] 千葉真二, “Mixed Reality がもたらす新しい世界”, 情報処理学会研究報告, 2018-CCIM-210, 21, 1-4 (2018).
- [2] 坂根徹夫, “メディア・アート創世記”, 工作舎, pp268-269 (2010).