

# イマーシブテレプレゼンス技術 “Kirari!” のコンセプト A Concept of Immersive Telepresence “Kirari!”

内田 聡一郎 足利 えりか 井元 麻衣子 我妻 光洋 日高 浩太

Soichiro UCHIDA Erika ASHIKAGA Maiko IMOTO  
Mitsuhiro WAGATSUMA and Kota HIDAHA

日本電信電話株式会社 NTT サービスエボリューション研究所  
NTT Service Evolution Laboratories, NTT Corporation

E-mail: {uchida.soichiro, ashikaga.erika, imoto.maiko, wagatsuma.mitsuhiro, hidaka.kota}@lab.ntt.co.jp

## 1. はじめに

東京で行われる競技そのものが日本各地へ、また世界の各都市へ等しくリアルタイムに伝送されるような2020年の未来を描きたい。世界のあらゆる場所で、あたかも目の前で競技が行われているかのごとく再現し、競技“そのもの”を観ていると主観的に感じられる状態を超高臨場感[1]だと定義すれば、昨今の4K/8Kといった高解像度の映像や高音質の楽音もまた、超高臨場感の実現に資するものである。例えば、高解像度化の挑戦は、映像がデジタル化されて以降続いており、既に2012年のロンドンオリンピックで8K解像度の伝送実験が行われ、標準化も進められている[2]。2020年には4K/8K解像度対応のTVが普及していることと推測される。また、多くの撮影機器も同様に4K解像度以上になっているであろう。しかしながら、本稿が狙いとする超高臨場感は、高解像度や高音質の追求とは別のアプローチによって実現されるものである。

1977年に公開された映画『STAR WARS』[3]には、レイア姫がR2D2によってホログラフィックに投影され、遠く離れた場所にいるオビ=ワン・ケノービに対して助けを求めるシーンがある。本シーンはあくまでもCGであり作られた映像に過ぎない。しかし、近年では裸眼立体映像表示技術[4][5]やホログフィック生成技術[6][7]など、人物などをあたかも目の前にあるかのように投影し再現する技術が数多く提案されている。例えば、Iwasawaら[4]は見る位置によって立体映像の見え方が変わる200インチ裸眼立体視ディスプレイを提案している。これは、左右方向に対して細かい変化のある他視点映像を再生することにより実現している。また、Uedaら[5]が提案している裸眼立体視ディスプレイは、複数人が同時にそれぞれの位置から適切な立体映像を見ることが出来る。松下ら[6]はStructure From Motionによって、複数の撮影画像から物体の三次元形状情報と色状態を復元し、実写の立体映像を作成する手法を提案している。また、Hilligesら[7]のHoloDesk

はWebカメラとKinectセンサーでユーザの顔と手の位置を認識し、それらの距離や手の動きに基づいて立体映像を変化させる。これらの技術は舞台芸術における表現手段としても活用され始めている。2012年に行われたPerfumeのライブで、本人たちや様々な物体が再現された例[8]やBillboard Music Awards 2014でマイケル・ジャクソンが再現された例[9]は記憶に新しい。本稿の狙う超高臨場感、すなわち競技空間をまるごと伝送し再現する上でも、前述した技術と近いアプローチが必要になる。

本稿の狙う超高臨場感が実現すれば、観戦者は、世界中のあらゆる場所で競技を目の前で観戦しているかのような感動を体感できる。例えば新国立競技場で行われているサッカーの試合から選手とボールのみを抽出し、渋谷のスクランブル交差点に伝送し再現すると、街を歩き交う人々は選手の動きの「速さ」やヘディングの「高さ」を体感できる(図1)。競技を観たすべての人々の目をきらりと輝かせたいとの思いを込めて、本稿で述べるコンセプトを実現する技術をイマーシブテレプレゼンス技術“Kirari!”と命名する(図2)。



図1 競技を伝送し再現するイメージ

あたかも競技場にいるかのような体験を  
あらゆる場所で感じることができる世界



図 2 Kirari! のコンセプト

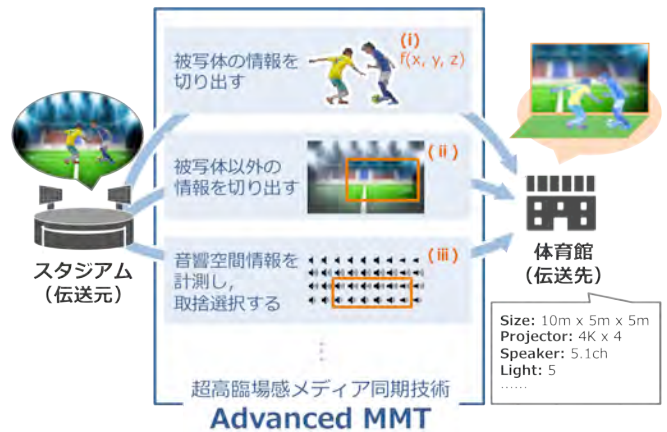


図 4 Advanced MMT

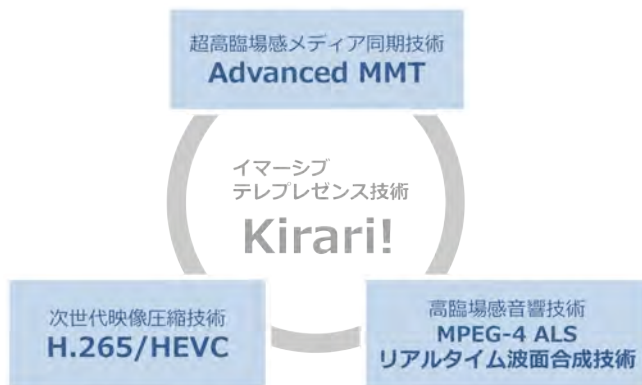


図 3 Kirari!を構成する主な技術要素

## 2. イマーシブテレプレゼンス技術 Kirari!

### 2.1 構成要素

Kirari!を構成する主な技術要素を示す(図3). 大局的には、1) 次世代映像圧縮規格「H.265/HEVC」[10]、2) 音響空間を歪みなく再現する「MPEG-4 ALS」と「リアルタイム波面合成技術」[11][12]、そして、3) 上記技術によって生成された映像や音響等のデータを含む様々な情報を整理し伝送する超高臨場感メディア同期技術「Advanced Media Streaming and Synchronization System by MMT (以下 Advanced MMT)」の3つから構成される。

### 2.2 Advanced MMT

Kirari! を構成する技術要素のなかで特徴的な Advanced MMT は、標準化を完了した MMT (MPEG Media Transport) [13]をベースとして、従来の MMT が持つ強みである絶対時間による映像や音声の同期に加え、競技を再現するために必要なあらゆる情報を束ね、それらを伝送し同期再現させる技術である。

Advanced MMT について、サッカー競技を任意の体

育館のステージに伝送し再現する例で具体的に説明する(図4). 実際の競技会場であるスタジアムと伝送先会場である体育館は、会場の大きさや照明、音響等の設備がまったく異なることが想定される. そこで、第一に、被写体の座標や形状をスタジアムでリアルタイムに計測し、実物大かつ立体的に映し出すべき被写体の情報を切り出す(i:選手とボールの画像や座標等). 第二に、背景など被写体以外の情報を計測し、体育館の再現環境に合わせて切り出す(ii:背景画像の一部等). 第三に、音響空間情報を計測する. ここでは体育館の音響設備を鑑み、活用する音響情報を取捨選択する(iii:選手がボールを蹴る音の音声や座標等). その他、スタジアムで計測可能かつ体育館での再現に必要な情報も同様に収集する(例えば、スタジアムに吹く風の強さや向き等).

一方、伝送先会場である体育館では、予め再現環境の情報が設定されていることを想定する. 今回の例では、再現するために利用可能な空間の広さ(Size)は横幅10m、奥行き5m、高さ5mで、設置されているプロジェクター(Projector)は4K対応のものが4台、音響機器(Speaker)は5.1ch、照明機器(Light)は5つ設置されている. スタジアムで計測した前述の情報を入力すると、被写体を再現空間内のどの位置に表示させるか、被写体以外をどのように表示するか、音響をどの位置から発せられたように再現するか等の情報が、Advanced MMTによって自動的に算出される. その結果、スタジアムで行われているサッカー競技を、体育館に伝送することが可能となる.

### 3. PoC 実施

我々は、提唱する Kirari! のコンセプトが実現可能であり、提案する新たな競技観戦方法が受け入れられるかを検証すべく、PoC (Proof of Concept) を実施した。本章では、具体的に 2015 年 2 月 19 日、20 日に NTT R&D フォーラム 2015[14]にて実施した PoC について述べる。今回の PoC では、特に別の会場で再現された競技を楽しむ観戦スタイルが、観客の方々に理解され、また共感されるのかを検証する目的で実施した。

#### 3.1 事前検討

PoC を実施するにあたり、我々は被写体を実物大かつ立体的に表示する方法や、再現する競技のシーンに関して事前検討を行った。

まず、競技選手等の被写体をホログラフィックに再現することを目的として Pepper's Ghost と呼ばれる視覚トリックに着目した。Pepper's Ghost は、斜め 45 度に傾けたハーフミラーに任意の物体の映像を投影し反射させることにより、何もないはずの空間にあたかも物体が存在するかのように見せる仕組みである。本稿では、反射した像を虚像と定義する。PoC では、Pepper's Ghost の原理を用いて、これまで様々な人物や物体を虚像として高い精度で表現し、Perfume のライブ等でも実績のある studioTED (株式会社スピン) の Eyeliner[15]を活用した。

次に、PoC で再現すべき競技のシーンを選定した。Eyeliner を用いると、虚像と同一空間上に実際の人物や物体を自由に配置できるなどの利点がある一方で、奥行き方向の動きを表現することが難しい。また、再現に利用可能な空間の広さは、横幅 10m、奥行き 5m、高さ 5m を想定した。上記の特徴を踏まえ、比較的奥行き方向の動きや広い競技空間を必要とせず再現できる競技のシーンを選定した。具体的なシーンと選定理由は、以下の通りである。

- (a) 卓球競技：実際の卓球台を置いた空間上に虚像の選手とボールを表示して、試合を再現した。本シーンは、限られた再現空間内で競技全体を再現できるという観点から選定した。
- (b) バスケットボール競技：虚像の選手とボールを表示して、ドリブルしながら左右に大きく移動する姿を再現した。本シーンは、映像だけでなく音響も空間的に再現することの重要性を示すために選定した。
- (c) 競技観戦：別の場所にいる観戦者が虚像として表示され、実際にいる他の観戦者とコミュニケーションを行う。本シーンは、実際にいる人物と虚像との様々なインタラクションを表現するために選定した。



(a) 卓球競技



(b) バスケットボール競技



(c) 競技観戦

図 5 PoC を実施した様子

#### 3.2 実施内容

図 5 に、PoC を実施した様子を撮影した写真を示す。

(a) は、卓球競技の試合を再現しているシーンを撮影したものである。両側にいる選手は立体的に映し出された虚像であり、実際にはその場にはいない。一方で、中央の女性や卓球台は、実際にその場にいる人間や物体である。また、中央後方の得点ボードはプロジェクションマッピングで壁面に投影している。本シーンでは、R&D フォーラムの参加者である観客が、実際には別の会場で行われている卓球競技を、遠隔地の中継



会場で体感しているかのような演出を行い、Kirari!のコンセプトを示した。

(b) は、バスケットボール競技のドリブルを再現しているシーンを撮影したものである。本シーンでは、虚像の選手やボールにリアルタイム波面合成技術を適用し、選手の履いているシューズが床をこする音やボールの跳ねる音が、本当に該当する部分から発せられ聞こえてくるかのように音場を構築した。リアルタイム波面合成技術は、音の波面そのものを収録し、別の空間で物理的に忠実に再現する技術である。

(c) は、別々の会場にいるサッカー競技の観戦者同士がコミュニケーションを行っているシーンを撮影したものである。左側にいる観戦者は実際にその場にいる人物であり、スポーツバーで応援している。一方、右側にいる観戦者は虚像で表示されており、競技会場で応援している。

### 3.3 アンケート結果と考察

PoC の効果を検証すべく、観客の方々に向けてアンケート調査を行った。図 6 に、123 名による五段階評価でのアンケート結果を示す。A. 「Kirari!のコンセプトは伝わったか」という設問には、合計で 95% の方が肯定的な数値を返答した。B. 「Kirari!が実現する世界に共感できたか」という設問には、合計で 90% の方が肯定的な数値を返答した。大多数の観客にコンセプトを伝えられ、また共感された傾向にあることから、今回の PoC は概ね認められたと考えられる。

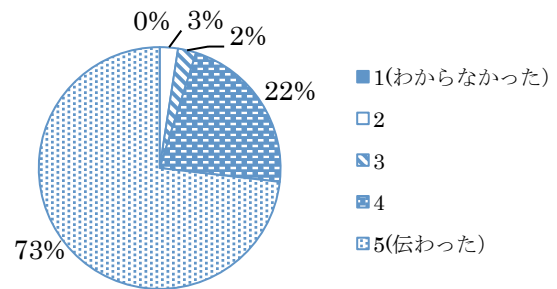
また、自由記述欄には「虚像が非常に立体的に見えた」「虚像を実像と見間違えそうになった」など、虚像の存在感の高さに言及したものが多く見られた。そこで、事前検討で選定したシーンごとに、虚像の存在感向上に寄与したと考えられる点を述べる。(a) 卓球競技の試合シーンでは、実際の置いた卓球台の中央付近に選手の虚像を表示することにより、ラリー中、選手が奥行き方向に多少動いても違和感を与えることなく再現できたと考察している。また、(c) 観戦者同士がコミュニケーションを行うシーンでは、虚像である観戦者が、実際の観戦者と会話やハイタッチ等のインタラクティブな行為を繰り返したことにより、あたかもその場にいるかのように感じさせることができたことと考察している。一方、(b) バスケットボール競技のドリブルシーンでは、映像と音声の時間的な同期だけでなく、リアルタイム波面合成技術を用いて音声を発信する座標の整合性まで図ったことが、虚像である選手やボールの存在感をより高めたと考察している。

## 4. おわりに

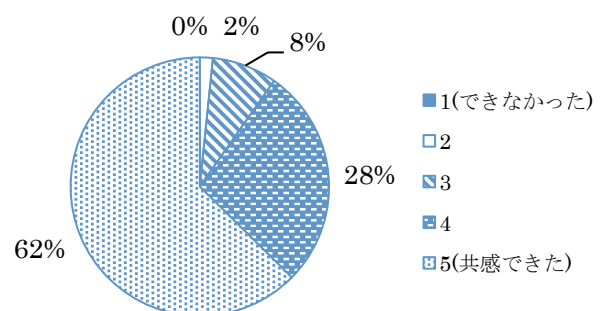
本稿では、2020 年の国際的祭典に向けて、高画質や高音質の追究だけでは実現し得ない超高臨場感を創出

することにより、「世界のあらゆる場所で、あたかも目の前で競技が行われているかのごとく再現する」未来の世界を示した。本コンセプトを実現するイマーシブテレプレゼンス技術“Kirari!”を提案し、主な構成要素である Advanced MMT について述べた。また、2015 年 2 月に実施した Kirari!の PoC について述べ、立体映像を効果的に用いることにより、本コンセプトが概ね好意的に受け入れられることを示した。

今後は、本コンセプトを実現する上で、対象コンテンツの精査や技術的課題の解決に取り組む予定である。コンテンツの精査では、主な競技における再現難易度の順位付けや競技ごとに魅力的な再現方法を検討する。また、スポーツ分野以外の芸能分野等への応用も合わせて検討する。技術的課題の解決では、Advanced MMT の方式設計や虚像の奥行き方向への動きも表現可能な手法の検討に取り組む。また、今回 PoC の実施を通して得られた虚像の存在感向上に関する仮説を検証する。



A. 「Kirari!のコンセプトは伝わったか」



B. 「Kirari!が実現する世界に共感できたか」

図 6 アンケート結果

## 文 献

- [1] 館暲, 佐藤誠, 廣瀬通孝, “バーチャルリアリティ学”, pp.215-220, 日本バーチャルリアリティ学会, 2011.
- [2] “4K・8Kの推進に関する現状について”, 総務省, 2014: [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000276941.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000276941.pdf)
- [3] STAR WARS: <http://www.starwars.com/>
- [4] S. Iwasawa, M. Kawakita, S. Yano, M. Sakai, Y. Haino, M. Sato, and N. Inoue. A 200-Inch 3D-Glasses-Free High-Definition Projection Display. In 2011 SMPTE Annual Technical Conference & Exhibition, 2011
- [5] Y. Ueda, K. Iwazaki, M. Shibasaki, Y. Mizushina, M. Furukawa, H. Nii, K. Minamizawa, and S. Tachi. HaptoMIRAGE: Mid-air Autostereoscopic Display for Seamless Interaction with Mixed Reality Environments. In *ACM SIGGRAPH 2014*, 2014.
- [6] 松下, 遠藤, 金出, 角江, 下馬場, 伊藤, “複数視点画像を用いたホログラム生成,” 映像情報メディア学会技術報告, Vol.38, No. 42, pp.5-8, 2014.
- [7] Hilliges, D. Kim, S. Izadi, M. Weiss, and A. D. Wilson. HoloDesk: Direct 3D Interactions with a Situated See-Through Display. In *ACM CHI2012*, 2012.
- [8] Perfume: <http://www.perfume-web.jp/>
- [9] Michael Jackson Hologram Rocks Billboard Music Awards: Watch & Go Behind the Scenes: <http://www.billboard.com/articles/events/bbma-2014/6092040/michael-jackson-hologram-billboard-music-awards>
- [10] G. J. Sullivan, J.R. Ohm, W.J. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 22, No. 12, pp. 1649-1668, Dec. 2012.
- [11] S. Koyama, K. Furuya, Y. Hiwasaki and Y. Haneda, "Analytical Approach to Wave Field Reconstruction Filtering in Spatio-Temporal Frequency Domain," *IEEE Trans. Audio, Speech, Lang. Process.*, vol. 21, no. 4, pp. 685-696, Apr. 2013.
- [12] S. Koyama, K. Furuya, Y. Hiwasaki and Y. Haneda, "Reproducing Virtual Sound Sources in Front of a Loudspeaker Array Using Inverse Wave Propagator," *IEEE Trans. Audio, Speech, Lang. Process.*, Vol. 20, No. 6, pp. 1746-1758, Aug. 2012.
- [13] 仲地, 山口, 外村, 藤井, “4K・8K映像配信を支える次世代メディア伝送技術 MMT,” *NTT技術ジャーナル*, Vol.26, No.2, pp.63-67, 2014.
- [14] NTT R&D フォーラム 2015: <http://labevent.ecl.ntt.co.jp/forum2015/info/>
- [15] Eyeliner: <http://studioted.jp/>