

特集  
Special Feature

[より自由でより没入感の高いイマーシブメディア]

# 1 超高臨場ライブ体験の開発と標準化



長尾慈郎



今中秀郎

NTT サービスエボリューション研究所 NTT アドバンステクノロジ (株)

## 超高臨場ライブ体験 (ILE) とは

### 感動を伝える

近年の大規模スポーツイベントや音楽コンサートで、イベント会場以外の遠隔地で観戦・視聴できるようライブビューイング（パブリックビューイングとも言う）が提供されることが増えてきている。ライブビューイングでは遠隔地の観客が同じ大画面を視聴するという形態が多いが、イベント会場の興奮を遠隔地の観客が共有できるようにさらに臨場感を高める工夫が望まれている。超高臨場ライブ体験 (Immersive Live Experience : ILE) は、スポーツや音楽ライブ、演劇などのイベントを遠隔地にリアルタイムにかつ超高臨場感（あたかも本会場で見聞きしているかのような感覚）をもって再現するものであり、従来のテレビや映画を越える臨場感を提供することができる。

ILE では、イベント会場の詳細な情報を取得するために、複数のカメラ（映像）とマイク（音声）だけでなく3次元位置・温度・湿度・風力・風向・振動など多様なセンサ等を使用する。また、視聴会場でのイベント再現のため照明制御情報や舞台演出効果なども含め、時刻同期を保証した上ですべての情報がリアルタイムにエンコードされ、視聴会場での高臨場感を実現するために情報が加工されて視聴会

場に伝送される。視聴会場では受信した情報を基にイベント会場を忠実に再現し、遠隔地の視聴者に超高臨場な体験を提供する。視聴会場では映像や音声をヘッドマウントディスプレイ (HMD) で視聴するのではなく、高精細大型スクリーン、ハーフミラーなどさまざまな映像提示方法で映像を再現することで視聴者間での興奮の共有ができるようになる。

### ILE の実証事例

ILE を用いたイベントの実例として NTT の Kirari!<sup>☆1</sup> の例をいくつか紹介する。興味のある読者は脚注の URL を参照されたい。

#### 超歌舞伎

センシングと映像加工の例として超歌舞伎<sup>☆2</sup> がある。カメラ映像から歌舞伎俳優だけを高精細かつリアルタイムに抽出して背景映像を除去することで、別の場所へ歌舞伎俳優だけを高精細に投影可能となり、あたかもその場所に歌舞伎俳優がいるかのような超高臨場感が実現されている。この例では、実際の歌舞伎俳優とその映像（分身）、およびバーチャルシンガーとの共演を実現した。

#### 多地点音楽ライブ

多地点ライブとして、FUTURE-EXPERIMENT

☆1 Kirari! : <https://www.ntt.co.jp/activity/jp/innovation/kirari/>

☆2 超歌舞伎 : <https://chokabuki.jp/>

## 特集 Special Feature

プロジェクトの世界3都市映像同期生中継<sup>☆3</sup>が挙げられる。3人組のアーティストが東京、ロンドン、ニューヨークの各地点に1人ずつ登場し、3地点のパフォーマンスを時間同期させて高速伝送、生中継し、3人が同じ場所でパフォーマンスしているかのような表現が可能となっている。

### 野球の超ワイド映像リアルタイム合成・伝送

スポーツ生中継として、ライブビューイング<sup>☆4</sup>が挙げられる。野球の試合を複数台のカメラで撮影し、その映像を合成して球場全体の広視野角、高精細な映像のリアルタイム合成・伝送を実証した。視聴会場の大型スクリーンに投影された映像は視聴者の視界全体をカバーし、球場のスタンドで観戦しているかのような体験を提供できる。

## ILE 実現のための技術

ILE 実現のために、イベント会場の情報を抽出して視聴会場に同期伝送し視聴会場で再現する必要がある。図-1に処理の流れを示す。ここではこれらの技術について概説する。

### リアルタイム被写体抽出技術

ILE 実現のために、イベント会場で撮影したカメラ映像から被写体だけをリアルタイムに切り出す処理が必要である。この処理として一般的にはクロマ

キー合成などが利用されるが、グリーンスクリーンなどの特別な撮影環境を必要とするため、実際の競技や本番の演劇・舞台に適用することは困難である。より汎用的に被写体抽出をするために、任意背景でのリアルタイムな被写体抽出が必要となる。NTTでは以下の手順により任意背景における被写体抽出を実現した。

#### 1) 初期抽出

画像を前景画素と背景画素の二値に分類するために、背景差分またはカメラを平行に2台設置して視差計算により分類し抽出。

#### 2) 機械学習による補正

機械学習を利用して注目画素と背景画像の同座標画素の色情報を6次元の入力特徴ベクトルとし、それが前景であるか背景であるか、あるいは曖昧(未分類)かを識別。

#### 3) 境界補正

上記で識別された曖昧画素の隣接画素の情報により、未分類画素を正しい前景・背景画素に置換。

#### 4) 合成・影生成

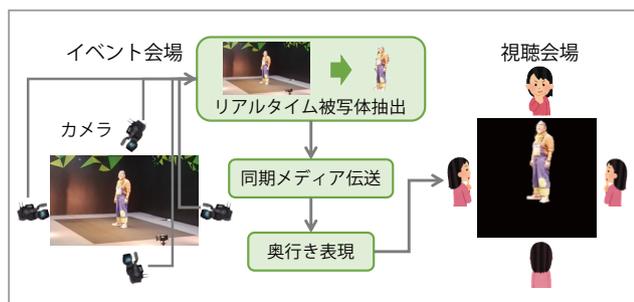
入力画像を補正後の二値画像でマスク処理することで画像中に被写体だけを残した出力画像を生成(合成)。また、補正後の二値画像に射影変換とぼかし処理を施した変形画像から影画像を生成(影生成)。

### 同期メディア伝送技術

被写体の画像や被写体の3次元位置情報などを低遅延かつ時刻同期を保ったまま視聴会場に伝送する必要がある。この処理として被写体の位置情報(グローバル座標系, ローカル座標系, 画像座標系)をXML形式に格納し、タイムスタンプを付与する。XMLには、位置情報のほかに会場の情報や被写体のプロフィール、カメラ情報等の半固定的な情報、および、照明の制御情報を格納する。XML形式の情報は、半固定的な情報とフレームごとに変化する情報に分けてPI (Presentation Information) contentに格納し、MMT (MPEG Media Transport) プロト

☆3 多地点音楽ライブ: [https://www.nttdocomo.co.jp/special\\_contents/future\\_experiment/vol01.html#system](https://www.nttdocomo.co.jp/special_contents/future_experiment/vol01.html#system)

☆4 野球の超ワイド映像リアルタイム合成・伝送: <https://www.ntt.co.jp/news2019/1910/191008a.html>



■図-1 ILE 処理の流れ

## 特集 Special Feature

コルに基づき伝送することで時刻同期を保ったまま視聴会場に情報伝送される。

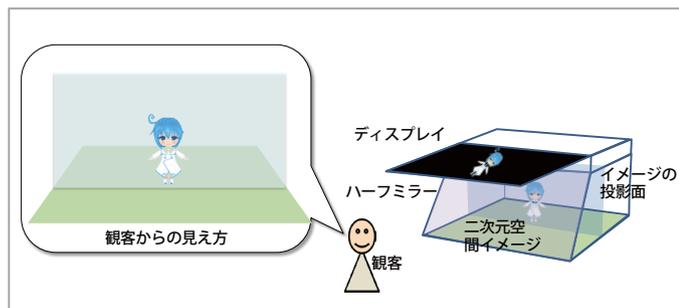
### 奥行き表現技術

視聴会場で立体的に被写体を再現するため、被写体の奥行表現と表示が必要となる。NTTのいくつかの実現例では、図-2に示すように2次元ディスプレイとハーフミラーを組み合わせた2次元空中像表示手法を利用している。これは、被写体映像に奥行き感を付与する処理を加えてから表示することで、目の前で被写体を観察しているかのような高い臨場感を観客に与えることができる。これを実現するため、視聴者の視点（目線）から実際の被写体位置を知覚できるよう、事前に求めた変数（カメラの位置、姿勢、画角など）によりカメラ画像を視点変換して画像全体をシフトさせている。

## ITU-T 国際標準の紹介

### ILE の国際標準化の目的と経緯

外国のイベントを国内で体感するため、また、国内のイベントを外国に発信するために、ILE の国際接続性を確保する必要があり、ILE の情報を国際接続するための符号化方法やインタフェースの国際標準が必要となる。没入感の観点ではHMDやVRゴーグルを利用するVR（仮想現実）やAR（拡張現実）の観点から、モバイル通信関連のいくつかの標準化団体で標準化が検討されている。



■ 図-2 ハーフミラーによる奥行き表現

ILE ではGoogleを利用しない実現を目指しているため、VR用標準のすべてをそのまま利用することはできない。しかしいくつかの標準は利用できるように、他標準化団体と協調関係を構築してITU-T（国際電気通信連合 電気通信標準化部門）で国際標準化を実施することとした。2016年にITU-T研究委員会SG 16（Study Group 16）でILEに関する新たな検討課題（Question）を設置し、筆者（今中）がラポータとなり国際標準化を推進した。また、VR、ARなどのイマーシブサービスに関する他の標準化団体等として、ISO/IEC JTC 1/SC 29（MPEG）や放送関連のITU-R、ARIB、DVB、EBUなどがある。SG 16ではこれらの関連する団体とリエゾン関係を結び情報交換をするだけでなく、共同でワークショップを実施するなど標準化での協調を図った。

### ILE 勧告の概要

#### ILE 要求条件（H.430.1）

標準化の議論は通常用語の定義から始める。ILE標準化においても、まずILEの定義の議論から始め、ILEの定義と要求条件をITU-T勧告H.430.1<sup>☆5</sup>にまとめた。本勧告では、ILEを次のように定義した。

Immersive Live Experience (ILE) : センサ情報収集、メディア処理、メディア伝送、メディア同期、メディア表示などのマルチメディア技術の組合せで実現された高臨場感により、あたかも遠隔会場の観客が実際のイベント会場に入り、観客の目の前で実際のイベントを見ているかのように、イベント会場と遠隔会場の両方の観客の感動を刺激する共感視聴経験。

ILEの要求条件として、映像を実物大で表示することや音声が発生源の映像から聞こえてくるようにすること、また、イベント会場での被写体のリアルタイム抽出、照明や舞台演出の情報を映像・音声と

☆5 <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.430.1>

特集  
Special Feature

同期し伝送することなどが規定されている。本勧告で規定された要求条件を表-1に示す。この要求条件により ILE と VR, AR との明確な差が定義される。

ILE アーキテクチャフレームワーク (H.430.2)

ILE を実現する機能を定義するために、ITU-T 勧告 H.430.2<sup>☆6</sup>ではアーキテクチャフレームワークを規定している。また本勧告は ILE 実現のための一般

☆6 <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.430.2>

■表-1 ILEの要求条件

内容	必須/推奨/オプション
実物大の表示	推奨
音声方向の再現	必須
照明等の効果による雰囲気再現	推奨
視聴会場の端末の性能・3次元位置に合わせた、空間環境の再現	必須
複数アセット(映像、ビデオ、位置情報、構成情報等)の同期表現	必須
拡張情報の表示機能	オプション
物体のリアルタイム抽出	必須
空間情報の計測	推奨
映像、音声、照明、空間、構成情報の同期伝送	必須
映像、音声、照明、空間、構成情報の同期データの蓄積	オプション
再構築のための、複数メディア(映像、音声、照明、空間情報等)の処理	必須
リアルな音像定位	推奨
ワイド映像生成	オプション

的な役割モデルの規定、ILEの機能を実現する候補技術の紹介を含んでいる。ILEのアーキテクチャフレームワークを図-3に示す。

アーキテクチャは大きく分けて以下の5つの部分からなる。

(1) 情報の取り込み

イベント会場で被写体や背景の映像、音声、被写体の位置、照明情報、舞台演出などの各種情報を、カメラ、マイク、センサ等で取得する。

(2) 同期メディア伝送

画像、音声だけでなく位置情報や照明情報など複数のメディア情報を時刻同期して配信する。

(3) 伝送レイヤ

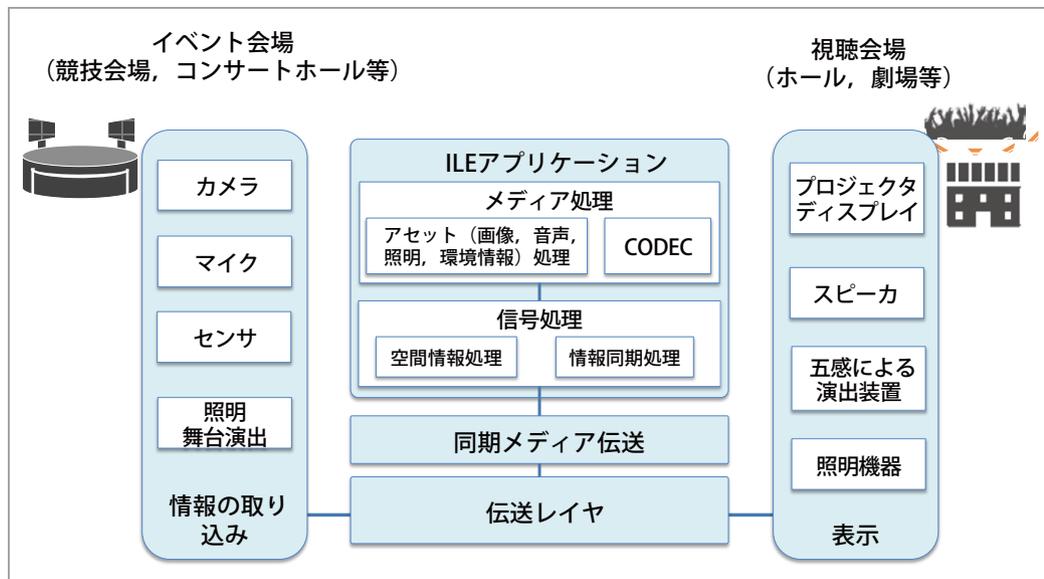
情報を低遅延かつ高信頼でイベント会場から視聴会場に伝送する。

(4) ILEアプリケーション

複数の画像やセンサ情報から被写体の位置情報の特定(空間情報処理)や、視聴会場の表示機能に応じた複数画像の統合など(アセット処理)、入出力情報を加工処理する。

(5) 表示

視聴会場で映像、音声、照明情報からイベント会場の空間自体を再現する。



■図-3 ILEの基本アーキテクチャ図

## 特集 Special Feature

H.430.2 では、ILE を実現する候補技術として前述の「ILE 実現のための技術」で示した技術のいくつかが掲載されている。

### ILE サービスシナリオ (H.430.3)

ILE により実現が想定されるサービスについて、サービスシナリオとして体系的に整理したものが ITU-T 勧告 H.430.3<sup>☆7</sup> である。また、実現事例としてサービスシナリオに対応したユースケースも示されている。ILE で想定される主なサービスとして、以下がある。

#### (1) スポーツの生中継

360 度パノラマ映像による高臨場感のパブリックビューイングだけでなく、選手目線での体感の提供。

#### (2) エンタテインメント

音楽コンサートの 3 次元映像での再現や、映像と実際の演技者との共演、アリーナ型視聴会場における会場を取り囲む複数の視聴者での視聴。

#### (3) テレプレゼンス

講演会などで実際の講演者がいる会場と遠隔地の視聴会場での同時講演だけでなく、講演資料提示など仮想的な情報を付加した再現。

### MMT の ILE プロファイル (H.430.4)

ILE アーキテクチャで示された同期メディア伝送について、MPEG で規格化された MMT<sup>☆8</sup> を利用した方法を、ITU-T 勧告 H.430.4<sup>☆9</sup> で規定している。ILE では、映像、音声に加え被写体の位置や照明情報なども時刻同期してイベント会場から視聴会場に

伝送する必要がある。MMT を ILE で利用するためのプロファイルを規定する必要がある。まず空間情報の記述方法として、以下を規定している。

- イベント会場のサイズ（幅、奥行き、高さ）
- イベント会場の機材の情報（機材の種類、3次元位置、向き、サイズ）
- 被写体の 3次元位置、画像上での位置、外接矩形情報

次に、照明情報として既存の記述方法である DMX (Digital Multiplex) をカプセル化する方法を規定している。

### ILE 表示環境の参照モデル (H.430.5)

イベント会場を視聴会場で効率的に再現するために、ILE 表示環境の参照モデルを ITU-T 勧告 H.430.5<sup>☆10</sup> で規定している。また、視聴会場のインプリメントガイド (ILE の視聴会場を構築する場合の考慮事項) についても記載している。

参照モデルは、図-4 に示す (a) 劇場型、(b) オープン型、(c) アリーナ型の 3 つの視聴会場ごとに作成しており、それぞれにオプションを規定している。

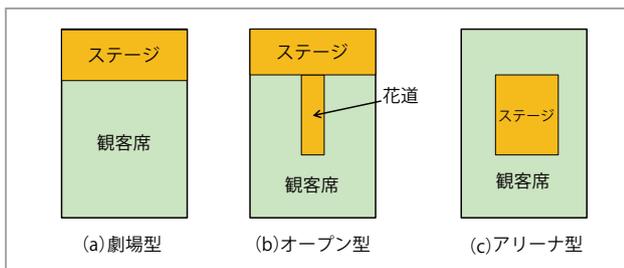
劇場型視聴会場の表示環境参照モデルを図-5 に示す。この参照モデルは前面スクリーン、後面スクリーン、ステージ、スピーカからなる基本モデルである。本勧告では、この基本モデルに加え前面スクリーンだけ、後面スクリーンだけ、人や物の物理オブジェクトを設置するもの、音場定位の使用などのオプションを規定している。

☆7 <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.430.3>

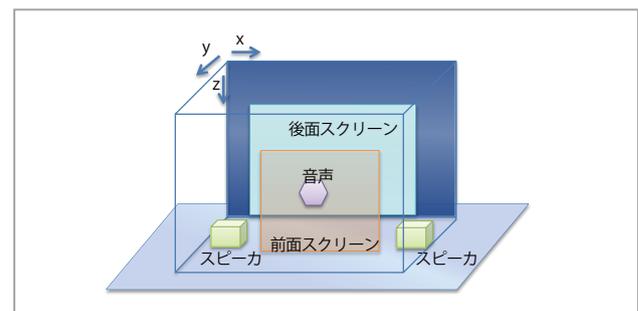
☆8 ISO/IEC 23008-1: [https://Webstore.iec.ch/preview/info\\_isoiec23008-1%7Bed2.0%7Den.pdf](https://Webstore.iec.ch/preview/info_isoiec23008-1%7Bed2.0%7Den.pdf)

☆9 <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.430.4>

☆10 <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.430.5>



■ 図-4 ILE 視聴会場の形式



■ 図-5 劇場型表示環境の参照モデル (基本モデル)

## 特集 Special Feature

### ITU-T 以外の ILE 関連標準

H.430.4 で MMT の ILE プロファイルを規定したように、ILE と MPEG との関連が強い。MPEG で MMT インプリメントガイド文書を作成しており、MPEG から ITU-T への勧奨に基づき ITU-T からのインプットに従い、H.430.4 の規定内容の概略が MMT インプリメントガイド文書にも記載された。

一方、日本国内については、国内の通信関連の標準を策定している一般社団法人情報通信技術委員会 (TTC) で ITU-T 勧告 H.430.2 を基にした国内標準として JT-H430.2<sup>☆11</sup> を 2020 年 2 月に策定した。現在、H.430.4 を基にした JT-H430.4 を検討している。

測定・評価の技術開発や標準化が必要となるだろう。また、ILE でさらなる臨場感を提供するため、視覚、聴覚だけでなく触覚・嗅覚・味覚を含めた五感によるイベントの再現を目指し技術開発・標準化が進展すると考えられる。

一方、IOWN 構想<sup>☆12</sup> では Beyond 5G や 6G の実現を見据えた超低遅延、超大容量の通信ネットワークも検討されており、より高品質な ILE の実現が期待される。

(2021 年 2 月 15 日受付)

☆12 IOWN 構想: <https://iowngf.org/>

### 今後の展望

VR, AR をはじめとするイマーシブサービスは、昨今の COVID-19 対策の無観客試合や無観客ライブの影響もあり、今後大きく発展する可能性がある。ILE の普及のためには、超高臨場感や没入感の品質

☆11 JT-H430.2 : <https://www.ttc.or.jp/application/files/3015/8259/6949/JT-H430.2v1.pdf>

■長尾慈郎 jiro.nagao.cd@hco.ntt.co.jp

2007 年 NTT 入社。NTT コミュニケーションズで商用映像配信サービスの技術リーダーを経て、現在 NTT 研究所にて映像・画像の配信・認識に関する研究に従事。TTC MM-WG ILE-SWG リーダー。電子情報通信学会、日本医用画像工学会、IEEE 各会員。博士 (情報科学)。

■今中秀郎 hideo.imanaka@ntt-at.co.jp

1987 年三重大学工学部工学研究科修士課程修了。1987 年から NTT 研究所で通信ネットワークの研究、NTT 研究企画部門での標準化戦略担当を経て、現在 NTT アドバンステクノロジーで標準化支援業務を実施。博士 (工学)。ITU-T Q8/16 ラポーター、ITU-D Q5/2 副ラポーター。

