

**次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術の研究開発**  
**Research and development of the next generation video contents production and distribution technologies**

**研究代表者** 藤井哲郎 日本電信電話株式会社

**研究期間** 平成 17 年度～平成 19 年度

**【Abstract】**

Activities for the "Research and Development of the Next Generation Video Contents Production and Distribution Technologies" were conducted from July, 2005 to March 2008 by five research institutes: Nippon Telegraph and Telephone Corporation, NTT Communications Corporation, Keio University, Tokyo University of Technology, and Mitsubishi Electric Corporation.

This document describes the research plan, purpose, results, and future plans.

As a result of the research activities, we achieved breakthrough technologies for next generation digital content with 4K super high definition quality including real-time stream switching for video editing, secure multicast streaming, real-time encryption / decryption, content quality management and production of evaluation material.

We will work toward the practical application of these technologies by supporting various formats/contents and stabilizing performance.

## 1 研究体制

- **研究代表者** ○藤井 哲郎 (日本電信電話株式会社)  
五十嵐 公郎 (エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社)  
小野 定康 (慶應義塾大学)  
金子 満 (東京工科大学)  
村上 篤道 (三菱電機株式会社)

- **研究期間** 平成 17 年度～平成 19 年度

- **研究予算** 総額 418 百万円

(内訳)

平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度
143	144	131

## 2 研究課題の目的および意義

情報通信ネットワークの利用が飛躍的に進展する中で、デジタルシネマや高臨場ライブ中継等での利用が見込まれる 800 万画素級の超高精細映像は、ネットワーク流通における将来の重要なデジタルコンテンツとして期待されており、それら次世代型映像コンテンツの編集・配信等を、ネットワークを活用してセキュアかつ効率的・効果的に行なうための基盤技術を確立する。

具体的には、複数地点から配信される非圧縮 4K 映像データをリアルタイム且つ映像フレームの欠落無しに切替えるための映像データ切替技術、4K 超高精細映像をコンテンツやアプリケーションの要求品質に応じて、劣化を感じさせることなくユーザに提示するための諸条件をまとめた映像品質管理技術、4K 超高精細映像の多地点分岐ストリーム配信技術、そして 4K 超高精細映像を各種用途に十分な品質で安全に配信するための圧縮・暗号化技術、及び復号化・伸長技術の研究開発を実施する。

確立した「次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術」を軸にして、次世代型映像コンテンツの利用が見込める映画や Online Digital Source（以下、ODS）（※1）等の分野において、早い段階から我が国の主導的立場を確保し、本技術を活用した国際競争力の強化及びコンテンツの高度な利活用の促進に貢献する。

（※1） ODS・・・例えばコンサート、ミュージカル、演劇、ゲームそしてワールドカップサッカーなどのスポーツ、のデジタルコンテンツを指し、いわゆる Show Biz Contents あるいは Entertainment Contents の、映画以外のものを指す。

## 3 研究成果

多様な分野で利活用が期待されている 4K 超高精細映像の高度利活用に必要な「次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術」の確立に向けて、技術的な課題を抽出し、共同研究機関 5 社にて図 3-1 に示す体制で研究開発を実施した。

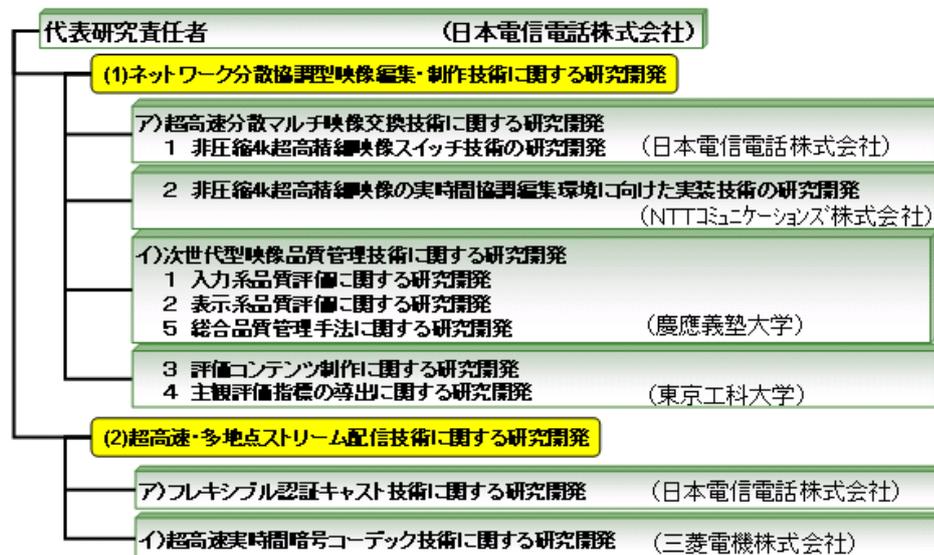


図 3-1 研究実施体制図

以下の章には下記の内容について記述する。

- 3. 1. 1 非圧縮 4K 超高精細映像スイッチ技術（日本電信電話株式会社）
  - ・超高速データ伝送技術の開発
  - ・輻輳回避技術の開発
  - ・分散協調型映像ストリーム構築技術の開発
  - ・非圧縮 4K 超高精細映像 10 地点スイッチの可能性実証実験
- 3. 1. 2 非圧縮 4K 映像の実時間協調編集環境に向けた実装技術（エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社）
  - ・サーバ・クライアントのシステム構築及び実装
  - ・プログラム最適化及び実装
  - ・実時間協調編集システムの実証実験
- 3. 2. 1 入力系品質評価技術（慶應義塾大学）
  - ・実写テスト映像の構築と基本特性調査
  - ・総合テスト映像の構築、評価
- 3. 2. 2 表示系品質評価技術（慶應義塾大学）
  - ・表示系基本評価システムの構築と評価
  - ・複数コンテンツと多種視聴環境による評価
- 3. 2. 3 評価コンテンツ制作技術（東京工科大学）
  - ・ノイズとコーデック技術に関する調査
  - ・色空間の再現に関する調査
  - ・多ビット映像生成手法の研究
  - ・「動き」評価映像生成手法の研究
- 3. 2. 4 主観評価指標の導出（東京工科大学）
  - ・評価パラメータの分析
  - ・評価実験とその分析
- 3. 2. 5 総合品質管理手法（慶應義塾大学）
  - ・符号化パラメータと映像品質の客観評価
  - ・客観評価指標の導出
  - ・総合評価指標の導出
  - ・総合品質管理手法の提案
  - ・総合評価環境の構築と実験的検証
- 3. 3. 1 帯域適応型認証キャストアーキテクチャ（日本電信電話株式会社）
  - ・超高速ストリーム分岐処理技術の確立
  - ・ネットワーク内データ信頼性確保技術の確立
  - ・1000 対地分岐の可能性実証実験
- 3. 3. 2 帯域適応型認証キャスト広帯域向け実装手法（日本電信電話株式会社）
  - ・超高速ストリーム分岐処理実装技術の確立
  - ・配信ストリームへの排他的刻印付加実装技術の確立
  - ・帯域適応型認証キャストアーキテクチャと合わせての実証実験

- 3. 4. 1 復号化・伸長サブシステムの研究開発（三菱電機株式会社）
  - ・復号化・伸長サブシステムの確立
- 3. 4. 2 圧縮・暗号化サブシステムの研究開発（三菱電機株式会社）
  - ・圧縮・暗号化サブシステムの確立

平成 17 年度から平成 19 年度にかけての研究開発全体は図 3-2 に示すスケジュールの通り進めた。各年度で先ず個別技術の開発を進め、後期にそれらの成果を結集して検証する連携実験を行った。これを各年度に行うことで各研究機関の研究開発の能率を維持しつつ、全体の研究開発内容の整合性も取れるように配慮した。また、この一連の連携実験では、JGN2 を用いたフィールド実験を行い、現実のネットワーク環境での性能を評価することに重点を置いた。その連携実験を通じて到達点の確認と次年度の開発に反映させるべき課題の抽出を行い、次年度の個別技術開発を能率的に進められるよう研究開発を推進した。最終年度は、研究開発した成果を全て盛り込んだ統合実証実験を行い、3 年間の研究成果の進展と有用性を実証した。

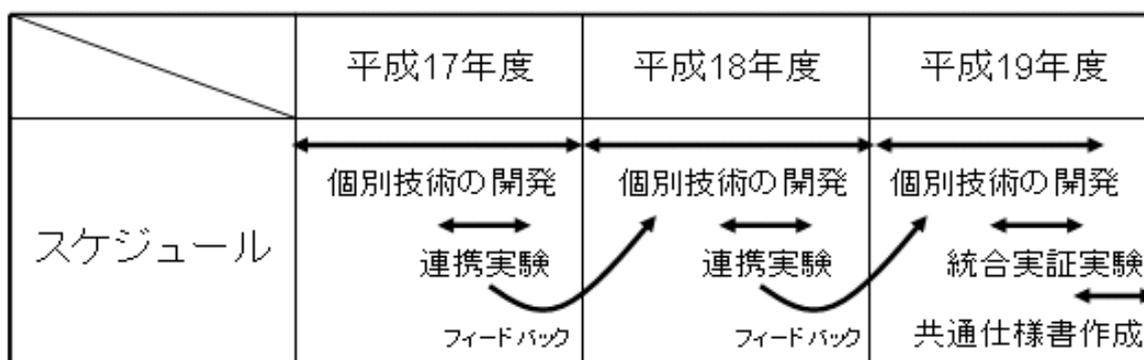


図 3-2 スケジュール

具体的な進め方として初年度は、超高速分散マルチ映像交換技術の超高速データ伝送技術、フレキシブル認証キャスト技術の超高速ストリーム分岐技術などの成果を用いて、日本国内で初の非圧縮 4K 超高精細映像伝送と、米国との 4K 超高精細映像ストリームの多地点配信実験を行った。ここでは次世代型映像品質管理技術の研究のために制作された評価用 CG 映像が伝送映像素材として用いられ、実写系評価映像についても 4K 映像カメラと各種の映像伝送パラメータを用いた伝送実験を通じて、映像通信システム性能と伝送された映像品質を評価した。

次年度は、非圧縮 4K 超高精細映像の切替輻輳回避技術や、ネットワーク内データ信頼性確保技術（2 ーア、平成 18 年度成果）を備える 10 地点分岐技術を直列的に結合した 4K 映像制作・配信フロー配信実験を行い、超高速実時間暗号コーデック技術の第一次モデルも同一ネットワーク上で動作させて同時に性能を評価した。実験用映像としては、遠隔教育に関するコンテンツ等を新たに連携実験に使用した。

最終年度は、10 地点相当からの非圧縮 4K 超高精細映像映像ストリームの切り替え技術・協調編集システムと帯域適応型認証キャスト、ストリーム対応した復号化伸張サブシステム・モデルを 4K 超高精細映像の制作配信システムとして組み合わせ、新たに制作した評価用 CG 映像や京都賞を題材にした遠隔授業の品質評価用映像を用いて、欧州までの非圧縮 4K 超高精細映像配信実験や、外部機関の協力を得ての多地点映像配信・主観品質評価実験を行い、3 年間の全研究開発内容の検証と有用性の実証を行い、公開実験と報道発表により開発技術の周知展開を計った。

本研究開発においては、5 研究機関で効率的かつ効果的に研究開発を推進するために、定期的に調整会議を開催し、研究開発の進捗状況の共有や各社連携による実証実験についての議論を促進した。調整会議

では、各研究機関の開発要素の進捗を相互に開示して遅滞のない全体の計画の推進状況を確認すると共に、連携実験・統合実証実験における共通実験テーマの議論、実験システム構成と試験項目の精査、実験用リソースの調整、実証実験による知見の共有を行った。本会議は研究開発を段階的かつ着実に進行させるため効果的に機能した。

以上のような研究推進の結果、研究最終年度にあたる平成 19 年度においては、3 年間で開発した各要素技術が統合化した一つのシステムとして機能することが最終年度に実証でき、当初目標として掲げた 4K 超高精細映像の高度利活用に必要な技術として「次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術」を確立できた。

また、各要素技術の開発や各社連携による実証実験を実施する上では、使用可能な既存設備は最大限に活用し、必要最低限の設備や道具を委託研究費の中で賄うことで、限られた委託研究費の中で効率的かつ効果的に研究開発及び実証実験を実施することができた。

### 3. 1 超高速分散マルチ映像交換技術

現状では、HDTV 非圧縮映像 1.5Gbps×1 ストリームが IP 上でリアルタイム伝送できるようになったところであり、また多地点間の切替えは実現されていない。これを、7Gbps×10 の超高速 IP ストリームのリアルタイム切替えが可能な水準にする。

#### 3. 1. 1 非圧縮 4K 超高精細映像スイッチ技術

初年度は、スイッチを行う上での前提となる基本技術である非圧縮 4K 超高精細映像のストリーム伝送技術を確立することを目標とし、市販 HDTV 伝送システムを組み合わせた構成での 4K サーバ・クライアントシステムを設計、実験評価による動作の実証を行った。平成 17 年の iGrid 伝送実験では世界初の 4K 超高精細映像 (JPEG 2000 符号化) を用いた太平洋横断ビデオ会議に成功し、平成 18 年の JGN2 シンポジウムにおいては、世界初の非圧縮 4K 超高精細映像の IP ストリーム伝送に成功し、ビデオ会議、遠隔上映等の実験デモを行い、技術の先進性が広く認められた。

これらの実証実験を通じて、非圧縮 4K 超高精細映像切替伝送の実現にあたって実網における要求条件を抽出し、これを方式検討に反映させ、4K サーバ・クライアントシステム内部のタイムコード情報をベースとした映像切替手法を考案した。10GbitEthernet のネットワークにおいて複数の非圧縮 4K 超高精細映像を切り替えるにあたって、当初想定していた各ノードとサーバとの伝送遅延時間を測定する方法よりも、システムの安定性と必要な負荷、実装の容易さの点において優れた方法となった。また同時に、適切なバッファ量を用いて切替の際の送信ビットレートを徐々に変化させるクロスフェード処理を行うことで、ジッタ等による瞬間的な輻輳の発生を回避する手法を考案した。これらのアルゴリズムを実現するアーキテクチャについて検討を行い、システム実装の要求仕様を策定し、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社と共同で 4K サーバ・クライアントシステムへの実装を行った。

開発技術を用いた実ネットワークにおける実証実験として、平成 19 年の JGN2 シンポジウムにおいて、東京・三田の慶應義塾大学にサーバを、日本電信電話株式会社横須賀 R&D センタにもう一方のサーバとクライアントを配置して非圧縮 4K 超高精細映像のストリームを切り替える実験に成功した。また平成 19 年 11 月には京都賞授賞式の非圧縮 4K ライブ映像をストックホルムまで 21,000km の距離を伝送する実験を行った。ここでは、京都賞会場に遠景用と近景用の 2 つの 4K デジタルビデオカメラを設置し、それぞれを 4K サーバと接続、4K クライアントをストックホルムに設置し、スト

リーム切替の制御 PC をストックホルムのユーザが操作して遠景映像と近景映像の非圧縮 IP ストリームをリアルタイムに切替えて伝送を行うことで、世界規模の長距離ネットワークにおいても本技術が正しく動作することを実証した。

最終年度にそれまでに確立した技術を基に、高精度化した計測タイムコードを用いて映像ライン精度での正確な切替タイミング制御を可能にするアルゴリズムを確立し、クロスフェード処理の高粒度化を実現した。10Gbps ネットワークエミュレータと 4K サーバ 3 式および 4K クライアント 1 式のみを用い、10 地点相当の多地点間における映像切替実証実験ネットワークを設計し、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社と共同で、当アルゴリズムが正しく動作することを実証した。これにより、あらゆる地点に配置された複数の非圧縮 4K 超高精細映像ソースから 1 つのストリームを構築する、分散協調型映像ストリーム構築技術が確立された。特に、システムの負荷を増加させることなく、地点数、地理的制約に関わらず、切替によるトラフィック変動を完全に抑えた非圧縮 4K 超高精細映像切替技術を確立できたことは、当初の目標を大幅に上回る成果である。

### 3. 1. 2 非圧縮 4K 映像の実時間協調編集環境に向けた実装技術

広帯域の IP ストリームをロバストに伝送する技術の基本検討として、低密度パリティ検査符号 (LDPC) を消失訂正に特化した LDGM 符号に着目し、処理の並列化による高速化と、最適なパリティ生成行列の生成手法を検討・実装し、実証実験を通じて非圧縮 4K 超高精細映像などの超高速ストリームへの適用可能性を検討した。平成 18 年東京国際映画祭において開催された Digital TiFF2006 シンポジウムの中では、日本電信電話株式会社と共同で、JPEG 2000 コーデックにエラー訂正技術を実装し、300~400Mbps の符号化映像ストリームを 5 拠点 10 端末へのマルチキャスト配信環境でフレームの欠落無く映像が伝送できることを実証した。また 10GigabitEthernet のエミュレータを用いた実験室ネットワークにおける評価では、符号ブロック長 4000、パリティ付加率 10%、列重み 3 のパリティ生成行列を利用し、パケットロス率 6% のネットワークにおいて、Dual CPU (シングルコア) 搭載の汎用 PC により約 860Mbps での伝送が可能であることを確認した。また、符号化のパフォーマンスにおいては 1.8Gbps を実現しており、CPU のコア数増加、10GbitEthernet ネットワークインターフェースの利用、PC のバス速度向上などにより、非圧縮 4K 超高精細映像ストリームにも適用可能なエラー訂正技術を実装できたことは大きな成果である。

非圧縮 4K 超高精細映像の切替技術に関しては、日本電信電話株式会社が設計したアーキテクチャにしたがい、サーバ・クライアントシステムへの実装、実験環境の構築を行い、ネットワークエミュレータを用いて各仮想地点間に異なる遅延量を設定するという手法で 10 地点映像ソース間におけるストリーム切替を実証した。さらに、4K サーバの映像信号入力装置である蓄積型 4K 映像レコーダをストリーム切替と連携制御する機能をプログラム実装して付加した。4K 映像レコーダの再生コマンド応答時間とネットワーク遅延によるタイミング補正を行うことで、指定した映像部分をストリーム切替と同期して再生開始し、カメラ映像と蓄積 4K 映像レコーダの内容を随意に切り替える編集システムを実現した。当初目標より極めて実用性の高いシステムを実現した。

また、共同研究機関を結んで配信実験を行う実験網を設計して相互に接続する実験環境を構築した。慶應義塾大学と日本電信電話株式会社の接続に加えて、新たに東京工科大学と三菱電機株式会社を 1Gbps 回線で JGN2 に接続して、参加研究機関が相互に通信できる環境を構築した。東京工科大学の映像評価用コンテンツを符号化・暗号化したうえで、三菱電機株式会社の超高速実時間暗号化コーデックによってストリーミング、実時間復号上映できる実験環境を実現した。またフレキシブル多地点

配信技術を用いて、暗号化ストリームを分岐配信する実験環境を実現した。平成19年11月の京都賞授賞式のライブ中継実験では、京都国際会館とJGN2とのネットワーク接続の設計と環境構築を行い、非圧縮4K超高精細映像の伝送について米国シアトルのJGN2-APまでの区間を実現した。

### 3. 2 次世代型映像品質管理技術

Visually Lossless 品質管理パラメータの確定とその視覚的に劣化のない客観評価尺度の導出。

#### 3. 2. 1 入力系品質評価技術

デジタルシネマや高臨場感ライブ中継等での利用が見込まれる800万画素級の超高精細映像技術とその応用は、急速にその具体的な展開が現実味を帯び、ネットワーク流通における将来の重要なデジタルコンテンツとして期待されている。このような映像コンテンツの編集・配信等を、ネットワークを活用して効果的に行うためには、従来にない新たな品質管理の考え方が必要となる。特に、カメラを中心とした入力系システムは、現在も開発が進められている状況であり、その品質評価手法と総合品質に与える影響を、普及前から把握しておく必要がある。このため、現在開発途上のさまざまなシステムの特性を、超高精細映像応用の開発とサービスの実現の観点から分析・評価し、品質を左右するパラメータ（評価指標）を抽出した。評価指標としては、主として解像度、色空間、レンズ特性、信号ビット長、動画特性、被写体照度などを、実際のコンテンツ制作の環境を想定して測定・検証し、安定した品質を実現するための指標を具体的に明らかにした。その際に、実際に評価用の4K超高精細映像を、教育、エンターテインメント、ライブ中継、スポーツ、オペラなど、複数の応用範囲における評価コンテンツを制作した。その実証的な評価を実施して、4K超高精細映像の応用シーンを想定した評価結果を得ることができた。

さらに、実用において想定される状況を設定し、総合的な実証実験の中で全体系と接続した評価試験を実施してその妥当性の検証を実施した。このために、オランダフェスティバルのエリアの撮影、京都賞の授賞式、記念講演会の収録、中継などを実施し入力系システムとしての総合的な検証を行った。

これらの研究により従来規定されていない4K超高精細映像の制作・配信において、入力系の品質管理の省力化に向けた多くの知見を得ることができた。

#### 3. 2. 2 表示系品質評価技術

映像コンテンツの編集・配信等を、ネットワークを活用して効果的に行うためには、従来にない表示系の品質管理の考え方が必要となる。特に、大画面表示システムに関わる品質条件を分析・体系化し、品質管理の省力化を実現するための品質制御パラメータを明らかにした。そのために、高性能化が進んでいる複数の4Kプロジェクタを用い、詳細な色表現領域、輝度の測定、さらに表示能力の時間変動の測定などを行い、映像配信システムの品質管理を行うための指標を検討した。具体的には、代表的なプロジェクタとしてソニー株式会社のSRX-R105、日本ビクター株式会社のDLA-SH4Kを用いた。また、別途進めている、複数視聴環境におけるカラーの再現特性の基礎的特性から、表示系の観点からの総合品質制御指標を考察した。その結果、表示系の指標として、主として画面サイズ、アスペクト比、色信号の表現空間、フレームレート、スキャン方式、上映方法、黒レベル、などの指標を、実際の映像評価を実施して明らかにした。これらの指標は、4K超高精細映像の制作・配信における表示系の品質管理の省力化に役立つものである。

また、複数の表示システムの特長・色再現域の変化を把握した結果、現状の4Kプロジェクタでは、機種による色域の差は、RGBの表現限界の点において若干の差はあるものの、ほぼ、DCIの色再現域を同様にカバーしており、従来のテレビの色再現域を超えた新たな品質基準が必要であることも判明した。平面ディスプレイ上でプロジェクタの上映と同じ色に見える条件の測定を、別途、研究として行っている結果から、平面ディスプレイを明るい環境で用いた場合の色の見え方がある範囲内に合わせる品質制御が実用上可能であることがわかってきており、その知見をシステム全体の総合品質管理の省力化手法に反映させた。

### 3. 2. 3 評価コンテンツ制作技術

本項での目的を達成するため、研究を大きく2段階に分けて実行した。1点目は「一般的な4K動画像の効率的な制作手法およびワークフローの確立」であり、2点目は「評価コンテンツとしての4K動画像の効率的な制作手法およびワークフローの確立」である。いずれも、ハリウッドの超大作を手がけるような制作環境ではなく、日本のプロダクション事情に合わせた一般的な制作環境での制作手法の開発を主眼にしている。また、「評価動画像の要素として何が必要か」という部分は、次項の研究課題と関連する。制作環境整備に関しては、DCI仕様を満たすコンテンツ制作環境の調査をもとに、4K制作に必要と想定されるシステムを構築し、実際に制作を行うことで検証を行った。また、4Kディスプレイは未だ一般的な表示デバイスではないことから、4Kプレビューが不可能であることを想定した制作手法をワークフローとしてまとめた。(図3-2-3-1) 一方、評価コンテンツに関しては、一般的なコンテンツ以上に視聴者の主観的な評価ポイントを明確に含む必要があるため、次項の研究課題と交互に成果を参照することで、この評価ポイントを、CGでは制作上のポイントとして「反射」「屈折」「煙」「炎」「パーティクル」「ブラー」の6点を、様々な解像度と色深度で比較検討することで決定した。実写映像に関しては「室内・屋外」「天候」「時間」「ライティング」「近景・中景・遠景」「群集」といった制作上のポイントを絞り込んだ。

以上のような環境整備および運用による効率的な利用方法の検証により、主観評価用の4K超高精細映像は当初予定を越え、宇宙空間を舞台にしたコンテンツ2編(太陽、土星)(図3-2-3-3)、水や霧の表現を主眼としたコンテンツ1編(クリエイティブ・ラボロゴ)の他、キャラクターアニメーション「ヨーカイ」1編を完成させた。これらは、コンテンツでの利用を考慮し、背景までを完全にモデリング・レンダリングしたものではなく、背景は2Dによる書き割りにより制作し、メインのキャラクターおよびオブジェクトを3Dにより制作した。太陽、土星は10秒、ロゴは20秒、ヨーカイは1分30秒である。いずれも4K、16bitのTIFF連番として制作した。フレームレートは24pである。

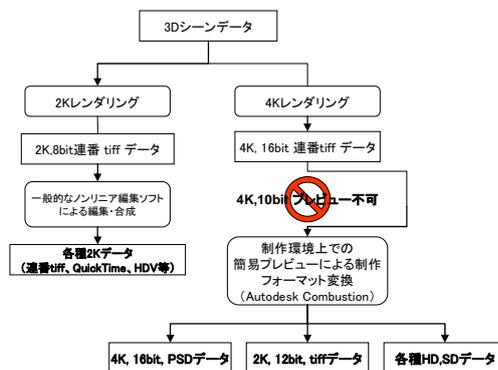


図 3-2-3-1 4Kプレビュー不可の場合のワークフロー

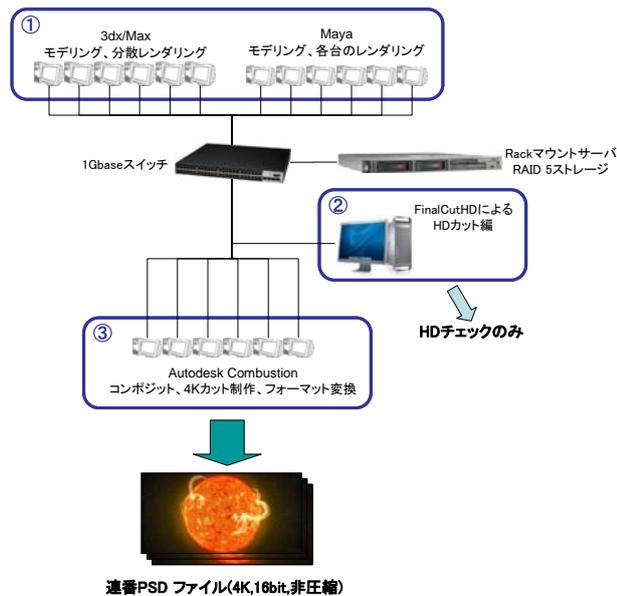


図 3-2-3-2 4KDI および効率的複数フォーマット制作のフロー

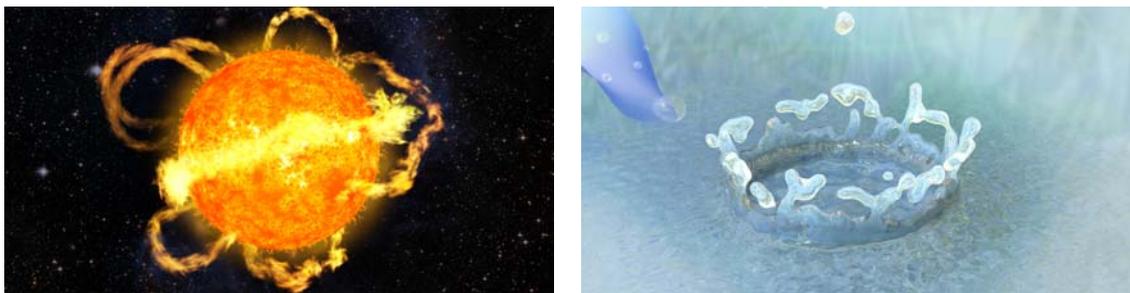


図 3-2-3-3 制作した評価用コンテンツの例 (左：ブラー、パーティクル等の表現 右：流体、霧表現)

### 3. 2. 4 主観評価指標の導出

本項での目的を達成するため、特に本研究開発では、実験用に統制をとった実験刺激・環境での工学的手法による指標導出のみに閉じた世界から一步踏み込んで、統制のとれていない実際のコンテンツにまで応用可能な指標を導出することを目標とする、「評価動画像の要素として何が必要か」の検討を、実際の 4K コンテンツに関して映像制作者へのプレビューと品質評価ポイントのヒアリングを通じて行った。慶應義塾大学における 4K 動画上映会などに制作現場の方の積極的な参加を呼びかけると共に、4K 動画の印象をヒアリングし、高解像度・高ビットレート・大画面での視聴に際して「その威力を試したい」コンテンツの例などを調査した。StEM(Standard Evaluation Material)に関してはカメラ・レンズと照明のフィルムの効果を見るのに適している。朝、昼、夕方、夜、雨といった様々な自然光と、炎や撮影用照明など人工の光の組み合わせのバリエーションが含まれており、洋服、反射系素材、様々な人種の皮膚の色も見る事ができる。主に色の表現力を試すコンテンツといえる。一方、ソニー株式会社のデモ映像である「Mystic India」は、被写体としては群集がメインであり、様々な色相の服を着た大量の被写体を撮像、投影することで、色・解像度の威力を示すためのコンテンツである。本学が平成 17 年度に制作した「Time Express Boiler」は 3DCG による制作であり、地下基地内での黒の階調表現と、屋外でのハイコントラスト表現を含んでいる。実験としてはパラメータの操作が容易な CG により評価動画像を制作するが、汎用的なターゲットを考えると実写映像でも使用可能

なポイントを組み込んだものである必要がある。また、昨今では実写とCGとの合成が多く用いられ、実写に自然に溶け込むような表現技法を盛り込む必要がある。こうした観点から、CGでは制作上のポイントとして「反射」「屈折」「煙」「炎」「パーティクル」「ブラー」の6点を、様々な解像度と色深度で比較検討することで決定した。これらの要素を含むコンテンツとして、宇宙空間における銀河や惑星などが描写される3DCGコンテンツを計画し、映像の具体化作業と評価パラメータの対応付けなどについて詳細化を進めた。また、実写映像に関しては「室内・屋外」「天候」「時間」「ライティング」「近景・中景・遠景」「群集」といった制作上のポイントを絞り込み、これらを含む映像を準備して評価実験を行なった。これらの指標は制作上の専門的な知識であることから、一般的視聴者へのアンケート指標は「きめの細かさ」「色の表現力」「動きの滑らかさ」「黒の表現力」「立体感」の5点に絞り込んだ。

こうした観点から評価用映像を制作・準備すると共に質問紙を準備し、印象評価実験を行なった。一般視聴者を想定し、学生へのアンケートを中心に進めた。会場は東京工科大学の大教室、および東北大学の小教室2箇所にて実施し、大教室環境で250名余り、小教室環境で18名の被験者に向けたアンケート調査を行った。概ね4K、多ビット映像の品質の優位性が確認できた一方で、高い再現性と表現力を有する4K映像は、コンテンツの品質も正確に投影することから、コンテンツの品質を正確に表現してしまう。4K動画制作においては、これまで以上に制作での品質向上技術とそれを支える効率的かつ安価な環境整備手法が求められることが明らかとなった。

以上により得られた、4K多ビット映像における主な主観評価指標を以下にまとめる。

- 一般向け

「きめの細かさ」「色の表現力」「動きの滑らかさ」「黒の表現力」「立体感」

- 実写（含まれている映像の要素）

「室内・屋外」「天候」「時間」「ライティング」「近景・中景・遠景」「群集」

### 3. 2. 5 総合品質管理手法

800万画素級の超高品質原映像を、視覚的に劣化のない（Visually lossless）品質で再現するシステムを設計するためには、入力系、表示系のみでなく、JPEG2000などによる圧縮伝送を含む様々な伝送・配信システムを含めた、4K超高精細映像配信の総合的な品質条件を分析・体系化することが必要である。

エンドユーザに対する配信系に関わる伝送システム、サーバ（蓄積）システムの部分については、経済的な観点からさまざまなシステム上の選択肢とそれによる品質劣化要因がある。最も重要な指標のひとつは、映像データの伝送、配信系の設計に関わる圧縮方式である。劇場への映画の配信で標準となっているJPEG2000圧縮方式の符号化パラメータの詳細を、実際の映像を用いて実証的に評価して調べ、検証した。その結果、品質の劣化を見せないため（visually lossless）の条件を実際の映像を撮影、伝送、上映して検証した。4K超高精細映像のビットレートは300Mbps相当が必ず必要であり、450Mbpsが望ましい。実際には、IPパケットでデータが送られ、圧縮符号化された映像、音響情報と、前方誤り訂正（FEC）用ビットが加えられた情報が一緒に流れる。誤り率、FECと伝送ビットレート、ならびにバッファ量（遅延時間）が全体品質を決める指標であり、これらのパラメータの検討を行い、実際の応用を想定して適切な範囲を求めた。

さらに総合品質管理手法の考察を行い、総合品質評価実験のために、京都賞受賞式の収録・中継を通じて、映像配信のフロー全体を実施して、各段階で品質を決めるパラメータとして重要な、映像と音の同期、遅延の問題、色空間の統一と保存、接続インタフェースの課題を明らかにした。

これらの研究により、これまで規定されていない4K 超高精細映像の伝送・配信システムとサービスに関して、今後普及するのに必要な品質評価ならびに管理技術を開発することができた。ここで得られた品質評価指標（パラメータ）、総合的な管理手法により、圧縮を伴うネットワーク配信管理や、撮影ならびに上映時の「映像品質管理の簡易化、自動化」が達成できる見通しが得られた。

### 3. 3 フレキシブル認証キャスト技術

現状では、認証・電子透かし刻印なしの状態、HDTV 映像ストリーム（20Mbps～30Mbps）を20～30ヶ所に、到達時刻のずれが1秒以内で配信するのが限界であるが、フレキシブル認証キャスト技術の確立により、対地ごとに異なる電子透かしを刻印しながら、500Mbps ストリームを1000対地同時に配信し、各対地での到達時刻のずれを極力小さく（例えば1秒以内に）すること。

#### 3. 3. 1 帯域適応型認証キャストアーキテクチャ

帯域適応型認証キャストアーキテクチャについては、以下のように検討を行い、対地ごとに異なる電子透かしを刻印しながら、500Mbps ストリームを1000対地同時に配信し、各対地での到達時刻のずれを極めて小さくできるアーキテクチャを考案し、さらに安定した配信に必要となるアーキテクチャなどを考案し、目標以上の成果を達成した。

まずは、圧縮4K ストリーム（500Mbps など）の1000地点配信を可能とする配信網の構成、及びその構成要素であるストリーム分岐装置の基本構成を検討した。これらは相互に依存しており、まず、後者について、高性能な市販ネットワーク装置を改造することで実現できそうな分岐機能や遅延性能を検討した。次に、前者について、iGrid2005（GRID 技術と通信の融合に関する国際的なワークショップ）において、4K 超高精細映像の超長距離配信実験（15000Km）を試み、配信網アーキテクチャ検討に必要な遅延量、損失率、性能実現に必要なパラメータを得、これをもとに、配信網アーキテクチャの比較検討を行った。以上を総合的に検討し、10分岐を行う分岐装置を樹形状に3段接続することにより、500Mbps の圧縮4K ストリームを配信データの欠落無しで1000対地同時に配信し、各対地での到達時刻のずれを極めて小さくできる、4K 超高精細映像の配信網アーキテクチャを確立した。

続いて、初年度の成果を発展させ、信頼性の高い配信経路を形成するための、ネットワーク内に構築される配信木の信頼性を認証により確保する装置認証手法、および、配信されるコンテンツの漏洩を防止するための、配信木の配信枝に固有な刻印をストリームデータに重畳挿入する刻印重畳挿入手法を考案した。これらの手法では、配信木を構成する各配信枝（エッジ）において、個別に下流側の認証と配信データへの経路固有情報の刻印を重畳することを特徴としている。これにより、盗聴者がどこかの配信枝の刻印鍵（刻印の付与/解除に使用する鍵）を入手したとしても、それは他の配信枝では無効であるため、全ての受信者で同一の暗号化鍵を使用するアプリケーションレベルの暗号化手法と比較して、配信データの漏洩に対する安全性の向上を図ることができる。さらに、配信枝毎に独立かつ時系列的に刻印鍵を更新する機構を導入することで、さらなる安全性を確保することが可能になる。

また、配信木の動的再構成による受信装置への安定配信を実現する技術の研究開発を進め、コンテンツ配信での安全安心を実現する網アーキテクチャを確立した。

最終年度に、それまでの成果を発展させ、受信装置の分布の偏りに起因する特定の分岐装置への処理負荷集中によるストリームデータの損失を防ぎ、安定した配信を実現するための配信負荷をネットワーク内に分散する手法を考案し、安定した配信を可能とする網アーキテクチャを確立した。即ち、実際の配信では、配信網中の全ての受信装置が均質に配置されず、特定の分岐装置の配下に集中して配置される場合が想定されるが、この場合、平成 18 年度に提案したアーキテクチャだけでは、特定の分岐装置にストリームの複製処理の負荷が集中し、ストリームデータの一部に損失が発生する可能性がある。そこで、分岐装置の性能限界を超える可能性のある複製処理の負荷を配信網中の他の分岐装置に分散させることで、このような場合でもデータ損失の無い安定した配信を実現する手法を考案した。本手法では、配信網中に設置する配信経路管理機能が、網内の各分岐装置の負荷状況を把握し、この結果に基づいて各受信装置及び各分岐装置にストリームの要求先を指示することで、負荷の集中を防ぐ配信経路を動的に形成する。

### 3. 3. 2 帯域適応型認証キャスト広帯域向け実装手法

帯域適応型認証キャスト広帯域向け実装手法の開発では、以下のように研究開発を進め、対地ごとに異なる電子透かしを刻印しながら、500Mbps ストリームを 1000 対地同時に配信し、各対地での到達時刻のずれを十分小さくできる実装手法を開発し、実験により目的とする機能と性能を満たす動作を確認した。さらに、研究を進める中で、実際の安定した配信に必要と予想される分岐点の変更機能を実現する実装手法を実装し、目標以上の成果を達成した。

まずは、上述の分岐装置の基本構成の検討結果をもとに、平均レート 500Mbps 以上、ピークレート 1 Gbps 以下の圧縮 4K ストリームを 10 本に複製可能な分岐装置の実装と実験による動作検証を行った。高性能で改造可能な市販ネットワーク装置（アンリツ社 MultiFlow 10K Type II）に対して改造を実施し、500Mbps ストリームをパケットロスなく 10 分岐する分岐装置を実現した。分岐処理を分岐装置にハードウェア実装し、10 分岐の場合最大 10.1 $\mu$ sec の遅延が発生したことから、10 分岐を行う装置を樹形状に 3 段接続により 1000 分岐を実現すると、分岐処理時間は約 30 $\mu$ sec（伝播遅延時間等を除く）と推定され、分岐処理による各対地での到達時刻のずれを十分小さくできることを明らかにした。

続いて、初年度に検討した分岐装置アーキテクチャを基本として、上述の全年度の帯域適応型認証キャストアーキテクチャの検討結果に基づいて策定した認証と刻印を実現する機能の追加実装方式について検討を進め、配信の安全安心を実現する認証・刻印手法を実装し、実験による動作検証を行った。検証を通して目標とする性能を達成していることを確認した。

最終年度には、それまでに実装した分岐装置を基本とし、上述の平成 19 年度の帯域適応型認証キャストアーキテクチャの検討結果に基づき、受信装置の分布の偏りに起因する特定の分岐装置への処理負荷の集中によるストリームデータの損失を防ぎ、安定した配信を実現するための配信負荷をネットワーク内に分散する手法を実装した。また、実網での分岐装置の運用を容易とするため、主流になりつつある 10GbitEthernet への接続を 10/1GbitEthernet-IF を有する L2SW を介して実現する機能を分岐装置に実装した。

さらに、本研究を受託した他の機関と共同で、各機器を JGN2 などを介して接続して統合実験を行い、動作検証等を行うとともに、本研究のターゲットである 1000 地点配信の実現性を実験により確認した。また、平成 19 年 11 月 10・11 日に開催された京都賞の模様を圧縮 4K ストリーム映像として日本各地にライブ配信する実験を実施し、一連の技術に関する報道発表を行った。また、平成 20 年 1

月 17・18 日に開催された JGN2 シンポジウムでデモンストレーションを行い、本研究成果をアピールした。(デモ大賞を受賞)

### 3. 4 超高速実時間暗号コーデック技術

4K 超高精細映像の 128 ビットの暗号鍵を用いた毎秒 24 コマ以上の JPEG2000 符号化・暗号化による実時間処理を実現すること。

#### 3. 4. 1 復号化・伸長サブシステムの研究開発

JPEG2000 により圧縮され、AES128bit-CBC モードで暗号化された毎秒 24 もしくは 30 コマ、500Mbps の 4K 超高精細映像ストリームを受信し、暗号データの復号 (以下、暗号復号)・JPEG2000 伸長処理を実時間で実行映像を表示するデコーダ装置を試作し、目標を達成した。

本技術の適用用途として、映画館などを使用したライブ中継などが考えられるため、デジタルシネマ上映装置への実装も考慮し、使用するデータフォーマット (JPEG2000 の圧縮パラメータ、暗号方式など) については、DCI(Digital Cinema Initiative)によるデジタルシネマ仕様(Digital Cinema System Specification version 1.2)を基本とした。

まずは、上記データフォーマットの検討を行うとともに、実時間処理に必須であるハードウェアアーキテクチャについての検討を行い、暗号復号部、JPEG2000 伸長部の基本構成を決定した。

続いて、日本電信電話株式会社より借用したプログラマブルシミュレータを改造し、初年度検討の構成を実装するとともに、装置内の HDD から直接データを供給する方式から、外部よりデータを供給する方式に変更した第 1 次モデルを試作した。本モデルでは、データの外部供給に伴う揺らぎ等を吸収するバッファ制御技術、およびデータのアンダー・オーバーフロー対策を実装している。対策では、プログラマブルシミュレータのバッファ残量を監視し、アンダーフローが発生した場合には最後に出力したフレームデータを複製し、オーバーフローが発生した場合にはオーバーフロー状態が解消するまではバッファへ転送するデータをフレーム単位で廃棄する処理を加えることで再生を継続可能とした。

上記モデルを平成 19 年 1 月の JGN2 シンポジウム 2007 広島に出展し、実証実験およびデモを行った。デモは広島国際会議場に復号化・伸長サブシステムと 4K 表示が可能な液晶ディスプレイを設置し、日本電信電話株式会社横須賀研究所 (メイン) 又は会議場内 (サブ) に圧縮・暗号化サブシステムを模擬したストリームサーバを設置し、JGN2 または LAN で接続して実施した。ネットワーク遅延のためにアンダーフロー状態となったが、プログラムシミュレータにアンダーフロー対策を施してあったことにより、破綻することなく再生を行うことができた。

さらに、圧縮・暗号化サブシステムが送出するストリーミングデータを再生するために、ストリーミングデータの受信機能を実装した第 2 次モデルを開発した。

最終年度は、圧縮・暗号化サブシステムにて検討した新しいストリーミングフォーマットに対応し、多地点配信を考慮したストリームデータの途中受信機能と実時間での暗号復号鍵の切替機能を開発した。また、上映開始時の映像・音声同期処理と障害発生後の再同期処理機能、およびアンダーフロー・オーバーフローを抑えつつ、上映開始の遅延も考慮したバッファ制御機能を開発した。

上記機能をプログラマブルシミュレータに追加実装し、最終年度としてのモデルシステムを構築した。

本システムは、JPEG2000 で圧縮され、AES128bit-CBC モードで暗号化された毎秒 24 もしくは 30

コマ、500Mbps の 4K 超高精細コンテンツストリームを受信し、実時間で暗号復号・伸長を行ない上映することが可能であり、上映中の暗号鍵切替にも対応する。

また、ネットワークによるパケット欠落、送受間でのクロック差に起因するバッファアンダーフロー・オーバーフローに対しても適宜データを挿入・破棄することにより、映像・音声の同期を保ち、破綻なく上映するエラーコンシールメント機能を有している。

最後に、JGN2 を介して本システムと圧縮・暗号化サブシステムを接続し、実証実験を行った。実験では両システムを日本電信電話株式会社によるフレキシブル認証キャスト技術を用いて多地点接続し、上記各機能が所望の動作を行うことを確認した。

### 3. 4. 2 圧縮・暗号化サブシステムの研究開発

JPEG2000 などの映像符号化方式、AES などの暗号方式により、4K 超高精細映像符号化の圧縮・暗号化を実現する手法を調査した上で、最大 500Mbps に達する 4K 超高精細映像の超高速実時間暗号コーデック実現のためのアーキテクチャを検討した。さらに、上記アーキテクチャの実現方式について検証するソフトウェア検証モデルを開発し、目標を達成した。

復号化・伸長サブシステムと同様に、使用する符号化方式（JPEG2000）、暗号化方式（AES128bit-CBC）、データフォーマット（MXF：Material eXchange Format）については、DCI(Digital Cinema Initiative)によるデジタルシネマ仕様(Digital Cinema System Specification version 1.2)を基本とした。

まずは、符号化方式、暗号化方式、データフォーマットについて、各々DCI 仕様をベースにストリーミング対応に拡張する検討を行った。

符号化方式については、JPEG2000 符号化処理におけるストリーミングに適した平滑化手法として、適応的符号量制御方式の検討を行い、2 種類の制御アルゴリズムを考案した。暗号化方式については、AES128bit-CBC モード方式をストリーミングに適用する妥当性を検討した。データフォーマットについては、映像と音声の同期を取るため、映像および音声データを同時に伝送可能なストリームフォーマットの検討を行い、2 種類のパッキング手法を考案した。

続いて、初年度に開発した 2 つの方式の符号量制御アルゴリズムを複数の 4K 超高精細映像コンテンツに適用し、両方式の再評価を行った。両方式を用いて符号化レート 400Mbps で生成した符号化コードを解析した結果と演算負荷のバランスおよびハードウェア化を考慮して平成 19 年度の実証実験に用いる方式を決定した。さらに、本方式により 250~400Mbps の符号化データを生成し、これを用いて復号・伸長サブシステムで開発したストリーム構造に基づいた映像ストリームを生成した。

また、映像素材の表示レートと同一の間隔でストリームを送出するストリーマを PC 上にソフトウェアで構築した。送信するフレームのデータは、一定量毎にセグメント分割し、それぞれのセグメントにヘッダを付加して UDP で送信する。

さらに、今回検討したストリームフォーマットを用いて、実際にストリーマとプログラマブルシミュレータをネットワーク経由で接続し、ストリーミング再生の検証を行った。検証では、ネットワーク遅延エミュレータを間に挟んでストリーマとプログラマブルシミュレータを接続して無遅延及び 10msec、20msec、50msec、100msec、200msec の遅延を付加し、フレームドロップすることなく良好にストリーミング再生が可能であることを確認した。

最終年度は、サブシステム全体の構成を再検討し、映像取り込み、同期・合成、JPEG2000 エンコード、暗号化・パッケージング、ストリーム送出の各ブロックが、ハードウェア化によりそれぞれ実

時間動作可能なアーキテクチャを検討し、動作検証するソフトウェアモデルを構築した。本ソフトウェアモデルでは、実時間の 12~20 倍でのストリーム生成が可能である。ストリーム送出ブロックは、平成 18 年度までに構築したストリーマに多地点配信対応の改良を加えた。

以上のように構築した圧縮・暗号化サブシステムから送出したストリームを、日本電信電話のフレキシブル認証キャスト技術を利用して複数地点へ複製・分岐し、広域ネットワーク JGN2 を介して受信・上映する実証実験を行なった。

実証実験では、まず横須賀に設置したストリーミングサーバおよびフレキシブル認証キャスト技術のゲートウェイ装置・分岐装置と、鎌倉の圧縮・暗号化サブシステムを、JGN2 を介して接続し、多地点配信機能の動作確認と最適化、経路でデータが失われた場合のエラーコンシールメント機能の動作を確認した。

次に、東京工科大学で制作した 4K CG コンテンツのストリーム作成実験および八王子のサーバから鎌倉とけいはんなの 2 地点への同時配信実験を実施した。

最後に、研究プロジェクト全体の総合的な実証実験として平成 19 年 11 月に京都賞の中継実験を実施した。まず、京都賞開催期間中には収録映像から映像と音声の同期のずれがわかりやすいように動きのある場面として子供達が歌い踊る場面を選択、JPEG2000 符号化・AES 暗号化の処理をして暗号化ストリームを作成し、京都賞会場に設置したサーバから鎌倉・けいはんなの 2 地点に同時配信する実験を行った。さらに後日、同様にして収録映像全編のストリームを作成して横須賀に設置したサーバから鎌倉・けいはんなの 2 地点に同時配信する実験に成功した。

### 3. 5 実証実験

平成 17 年度は、当該年度に開発した基礎技術の検証のために、iGrid2005（超広域ネットワークを必要とする先端アプリケーションの開発を推進する、国際的なコラボレーションによる共同実証実験イベント、平成 17 年 10 月開催）に参画した。iGrid2005 の実証実験における実施内容は下記の通りである。

- ・ 4K 超高精細映像の多地点への配信可能性の実証
- ・ 配信網構築に必要な基礎データの収集
- ・ 4K 超高精細映像の配信用エラー訂正機能の検証
- ・ 4K デジタル動画カメラのテスト映像収録と評価
- ・ 4K 映像システムの各インタフェース仕様確認
- ・ コンテンツの総合品質評価指標の検証
- ・ 制作技術確認及び主観評価用に作成した 4K 3DCG アニメーション作品の実証

また、JGN2 シンポジウム（研究開発用超高速テストベッドネットワーク「JGN2」の活動紹介、関連研究者の交流を目的としたシンポジウム、平成 18 年 1 月開催）でも実証実験を実施した。JGN2 シンポジウムの実証実験における実施内容は下記の通りである。

- ・ 4K 超高精細映像の非圧縮 IP ストリーム伝送機能を実ネットワークを用いて実証
- ・ 輻輳回避技術の確立に向けた基礎データの収集
- ・ 平成 17 年度開発技術の確認と翌年度以降開発が必要な技術の確認

平成 18 年度は、東京国際映画祭（平成 18 年 10 月開催）において、4 遠隔地点からの 2K（HD）映像を合成した 4K 超高精細映像、および、4K カメラからの映像を、10 地点に配信し、配信やコンテンツ評価の研究開発技術の到達状況を確認した。

また、JGN2 シンポジウム（平成 19 年 1 月開催）でも実証実験を実施し、平成 18 年度各研究機関毎に

開発した技術の到達点を確認し、翌年度開発が必要な技術を確認した。

平成 19 年度は、各研究機関毎に開発した技術について、全体として統合したシステムとして構成した統合実証実験を実施した。統合実証実験の概要を図 3-5-1 に示す。

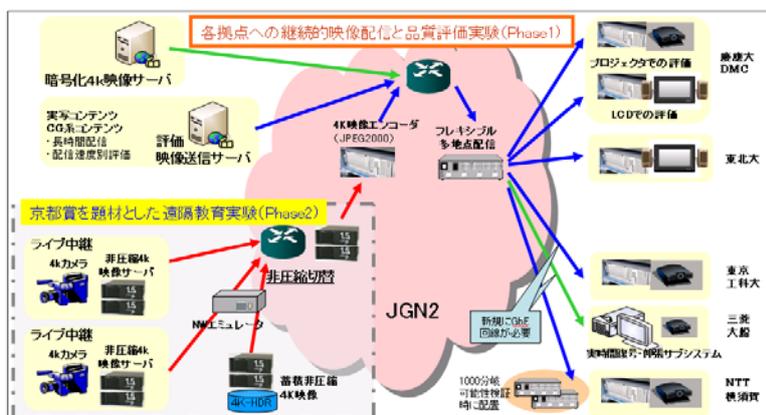


図 3-5-1 統合実証実験の概要

統合実験は 2 つのフェーズで構成される。

フェーズ 1 は各拠点への継続的映像配信と品質評価実験であり、各拠点 4K 超高精細映像の多地点配信を、長期間継続的に行い（平成 19 年 10 月～平成 19 年 12 月）、システムの性能及び安定性の評価と、圧縮伝送されたコンテンツの映像品質の評価を複数組織で行なった。長期間実証実験における実施内容は下記の通りである。

- ・多地点配信の安定性評価
  - ネットワークパラメータ（遅延）と配信安定性（UDP データグラムロスと映像フレームロス）等を計測し、長時間・多地点配信時における映像配信技術の性能及び安定性を評価した。
- ・映像品質の評価実験
  - 関係機関において、一般の学生・教員などを含む多数の被験者による映像評価を実施し、4K 超高精細映像のコンテンツ制作・評価技術の検証を行った。映像配信先として、共同研究機関である、日本電信電話株式会社、慶應義塾大学、東京工科大学、三菱電機株式会社と、4K プロジェクトを導入している東北大学などの教育機関の協力も得て、総合的な評価を実施した。

フェーズ 2 は京都賞（平成 19 年度 11 月）における映像素材を用いた編集・伝送の実証実験を実施した。京都賞実証実験における実施内容は下記の通りである。

- ・4K 超高精細映像の日米欧にまたがる 2 大洋横断での大容量ライブ配信の実証
- ・4K 超高精ライブ映像素材のネットワーク上でのリアルタイム編集中継の実証
- ・4K 超高精細映像の 1,000 地点を想定した多地点分岐配信の実証
- ・4K 超高精細映像のセキュアストリーム配信（暗号化映像を配信先でリアルタイムに復号して表示）の実証

本統合実証実験に関しては、本研究開発の集大成となる実験であるため、5 社共同で平成 19 年 11 月 12 日にプレスリリースを実施した。プレスリリースの内容は下記の通りである。

<タイトル>

“4K 超高精細映像素材の日米欧 2 大洋横断リアルタイム編集配信に成功～第 23 回京都賞の模様を米国経由で北欧にライブ中継～”

## <概要>

日本電信電話株式会社（代表取締役社長：三浦惺）、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社（代表取締役社長：和才博美）、慶應義塾大学（塾長：安西祐一郎）、東京工科大学（学長：相磯秀雄）、三菱電機株式会社（執行役社長：下村節宏）は、共同で、HDTVの4倍の解像度を有する4K（800万画素）超高精細映像素材をIPネットワーク上でリアルタイムに編集し、日米欧2大洋横断（21,000 km）させる世界で初めてのライブ配信を11月10日および11日に実施した。さらに今回、1,000地点を想定した符号化映像ストリームの分岐配信や、暗号化された4K映像を配信先でリアルタイムに復号し上映することにも成功した。実験では、稲盛財団の協力を得て、第23回京都賞の模様を撮影した複数の超高精細映像をリアルタイムで編集し、米国を経由して北欧まで、4K映像素材（7Gbps）ならびに4Kデジタルシネマ級符号化映像（500Mbps）としてライブ中継配信を実施した。今回の実験の成功は、地球規模の10Gbps級IPネットワークで、世界各地のカメラや映像素材、編集工房を結び、超高精細映像素材をリアルタイムに取寄せ、編集し改めて各地に多地点配信する4Kリアルタイム映像制作配信の環境を高品質実現し、学術・教育・医療・文化面で利用することができることを実証した。

統合実証実験の実施により、実際のネットワーク環境において、共同研究機関の技術をフル活用した「次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術」の確立を実証することができた。

iGridや国際映画祭、JGN2シンポジウムにおける実証実験及び、京都賞映像配信や教育機関である大学までの配信をした統合実証実験により、国内外の多種多様な関係機関や教育機関などに対して本技術を用いて4K超高精細映像を中心としたコンテンツ制作・流通への有効性を実体験してもらい、本研究成果を十分にアピールできた。

## 3. 6 その他の研究実績

### 3. 6. 1 標準化への取り組み

4K超高精細映像の伝送技術はまだ黎明期であり、これから新たなビジネスモデルが生まれてくる状況である。そのため、現状では4K超高精細映像の新たな応用について、先端的な研究機関・企業において開発と実証実験が進められている段階であり、この最先端の動きをリードすることで、標準化に貢献しようとしている。具体的には、4K超高精細映像の新たな応用に関する実証実験の中で最先端を走る10GbitEthernetネットワークテストベッドを用いる国際的研究コミュニティ（CineGrid）に積極的に参加し、ストリーム伝送方式、映像ファイル蓄積・交換フォーマットの検討を行い、デファクト規格として、開発技術の普及を進めていく。実際に、JPEG2000によるストリーム伝送方式は実質的標準として、日本、並びに世界の大学や研究機関において導入され始めている。すでに、開発した4K超高精細映像の品質を劣化させないストリーム伝送方式は、慶應義塾大学の技術協力のもと、いくつかの学会やイベント等で実際に用いられている。具体的には、サンフランシスコで開催されたAES（Audio Engineering Society）2006や、アムステルダムで開催されたオランダフェスティバル2007、チェコのプラハで開催されたGLIF（Global Lambda Integrated Facility）2007などで利用されている。これらの学会やイベント等において、ストリーム伝送方式の技術内容を公開した結果、米国やオランダにおける関係者の中で、公開した技術の内容の理解が深まり、現時点では本プロジェクトの参加組織の技術協力を受けることなしにこれらの技術が利用されはじめており、徐々に開発した技術が認知

され普及しつつある。また日本国内では、平成 20 年 6 月に開催される Interop Tokyo 2008 のデモンストレーションで、統合実証実験において作成した京都賞 2007 授賞式のコンテンツが利用される予定である。

一方で、産学連携のコンテンツ制作研究組織である「クリエイティブ・コンソーシアム」を結成し、制作現場と密接に連携しながら研究を行っている。本研究の成果をコンソーシアム会員企業に公開し、4K 超高精細映像の制作において、本研究の知見を活用してもらうことで、制作現場への普及と浸透を図り、デファクトスタンダードとなることを目指している。

### 3. 6. 2 普及・促進への取り組み

研究成果は、先ず ITU-R 無線通信研究委員会 TG6/9 における拡張階層 LSDI の標準化において、レポート BT.2053 “LSDI” の改訂を行うために、4K フォーマットの国際伝送実験、非圧縮 4K 超高精細映像伝送実験の技術が取り上げられることで寄与した。以後は、4K 超高精細映像技術の進展にはさらに多数の研究者と利用ユーザの集結が必要であるという認識に基づき、各種の研究組織を通じた技術の普及・情宣に努めた。国内ではデジタルシネマ推進協議会（DCTF）における発表、分科会での議論を通じて、今後の実用システムへの発展・普及を図っている。国際的な研究開発においては、CineGrid（※2）の研究コンソーシアムに参加し、国際連携を進めている。その中で日本の先導性を示しつつ、JPEG2000 を用いたストリーム伝送方式について、デファクト化を狙った世界の研究・教育機関への普及を進めている。

また、本研究開発において確立した技術については平成 19 年度末に 5 つの研究機関が協同して「次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術の研究開発」共通仕様書にまとめており、今後、CineGrid 等の本技術の普及・促進につながる国際的な場で公開していくことを検討している。

研究開発した技術の社会的な認知度を高めるために、積極的に報道発表等の発表を行っており、詳細については、後述の「1.3 報道発表リスト」を参照のこと。

（※2）CineGrid・・・高速ネットワーク環境で超高品質メディアの応用を実証する国際プロジェクト。欧米、アジア等において高品質映像配信に関する最先端の研究を行なっている研究機関の他、高品質な映像配信技術に対するニーズがある映画業界等のコンテンツ提供者も参画している。そのため、CineGrid における本技術の公開は、今後の技術の普及・促進に大いに寄与すると考えられる。

### 3. 6. 3 デジタルシネマ以外の映像コンテンツも活用したビジネスモデル

本研究開発で確立した技術に関しては、デジタルシネマ以外に ODS 分野への応用を検討している。ODS の中でもとりわけコンサート、ミュージカル、スポーツ等のデジタルコンテンツは、どこかの会場で開催されているコンサート等を撮影し、デジタルコンテンツとして使用するため、映画制作のように多大なコンテンツ制作資金がかからない。コンサート等の主催業者においては、そのようなデジタルコンテンツを、ネットワークを介して会場外に配信することで、会場外の観客からも鑑賞料を得ることができ、収益の拡大につながる。そのため、ODS 分野の業界も、超高品質な映像コンテンツを高速ネットワーク環境で配信できる技術に興味を示してきている。

その状況を踏まえ、現状では、HD クラスの映像であるが宝塚公演ライブ中継や、ニューヨークのメトロポリタン歌劇上で開催されたオペラのライブ中継等、これまでにない試みが実施されており、いずれも観客から高い評価が得られており、市場のニーズを十分認識できている。

ライブ中継においてはコンテンツに臨場感があることがポイントとなるが、将来的に、本研究開発で確立した技術が活用されれば、HD クラスの映像と比較し、より臨場感のあるコンテンツの配信が可能となるため、市場における潜在的需要は大きいと考えられる。そこで、今後は、本技術を活用した 4K 超高精細映像でのコンサート等のライブ中継を 1 つのビジネスモデルとして検討している。

## 4 研究成果の更なる展開に向けて

### 4. 1 超高速分散マルチ映像交換技術

テラバイト級の次世代型映像コンテンツにおいては、従来のような物理的媒体を主体とした流通・制作システムではコスト・効率の面で限界が生じることは避けられない。本研究成果により可能となった次世代型映像制作・流通ネットワークは、次世代の超高速ネットワーク分野と、映像制作・流通分野の両方においてパラダイムシフトを起こすものであると言える。現在、国内・海外の教育・研究機関等を中心に 4K 超高精細映像制作の機運が高まっており、また 4K 超高精細映像利用環境の普及も始まっているため、これら機関との協力の上、本成果を活用して、超高精細映像の制作・流通・利用までが全てネットワーク上で行われる次世代型映像制作ネットワークを構築し、新たな課題の洗い出しや、効果的なアプリケーションの提案を実施していく予定である。

### 4. 2 次世代型映像品質管理技術

品質評価手法は、ある意味ノーハウであるが、普及のために国内では DCTF を通じた情報の共有と連携を進め、国際的には CineGrid の共同研究を通じてこれらの情報を共有し、日本初の 4K 超高精細映像伝送技術による新たな配信サービスが世界レベルで普及することを目指す。

また、4K コンテンツ制作および指標の策定は今回その諸端に立ったばかりであり、新たなビジネス展開が期待される ODS へのフォーマットも見据え、今後も 4K 超高精細映像の制作技術研究を、実証制作を通じて継続する。また、主観評価に関しても、コンテンツの本質的な評価ポイントは明確化されたものの、本研究課題では限られた機器、設備、環境、コンテンツにおいて行うにとどまった。本研究により得られた評価指標は各種学会をはじめ、制作現場への技術普及活動、web での公開等を通じ広く公開し、さらなる指標の詳細化と一般化に向けて研究を継続する予定である。

### 4. 3 フレキシブル認証キャスト技術

本研究成果の一つである大容量ハードウェア分岐装置をベースに多地点配信システムをさらに改良すると、世界初の非圧縮 4K 超高精細映像 (7Gbps) の 2 分岐配信を実現できる可能性がある。

今後は、映画や ODS (ライブコンサートなど) の映像音声配信ビジネスの進展に伴い、本研究成果である安心・安全・安定した配信を提供するフレキシブル認証キャスト技術や分岐装置について製品化の検討を進めていく。

### 4. 4 超高速実時間暗号コーデック技術

4K コンテンツだけでなく HD コンテンツや 2K コンテンツなど複数フォーマットのコンテンツをセキュアにかつシームレスに取り扱うことが可能になれば、映像配信市場がより活性化すると考えられる。今後は復号・伸長サブシステムのサポートフォーマット追加や圧縮・暗号化サブシステムの一段の高速化の検討を実施し、事業化判断に基づいて実用化に向けた取り組みを行う。

## 5 査読付き誌上発表リスト

- [1] Takashi Shimizu, Daisuke Shirai, Hirokazu Takahashi, Takahiro Murooka, Kazuaki Obana, Yoshihide Tonomura, Takeru Inoue, Takahiro Yamaguchi, Tetsuro Fujii, Naohisa Ohta, Sadayasu Ono, Tomonori Aoyama, Laurin Herr, Natalie van Osdol, Xi Wang, Maxine D. Brown, Thomas A. DeFanti, Rollin Feld, Jacob Balsler, Steve Morris, Trevor Henthorn, Greg Dawe, Peter Otto, and Larry Smarr, “International real-time streaming of 4K digital cinema,” Elsevier, Future Generation Computer Systems, iGrid 2005 special issue, (2006年5月) :
- [2] Takashi Shimizu, Daisuke Shirai, Hirokazu Takahashi, Takahiro Murooka, Kazuaki Obana, Yoshihide Tonomura, Takeru Inoue, Takahiro Yamaguchi, Tetsuro Fujii, Naohisa Ohta, Sadayasu Ono, Tomonori Aoyama, Laurin Herr, Natalie van Osdol, Xi Wang, Maxine D. Brown, Thomas A. DeFanti, Rollin Feld, Jacob Balsler, Steve Morris, Trevor Henthorn, Greg Dawe, Peter Otto and Larry Smarr, “International real-time streaming of 4k digital cinema”, Future Generation Computer Systems Volume 22, Issue 8, Pages 929-939(2006年10月):
- [3] T. Murooka, A. Nagoya, T. Miyazaki, H. Ochi and Y. Nakamura, “Network Processor for High-Speed Network and Quick Programming,” World Scientific Publishing, Journal of CIRCUITS, SYSTEMS, AND COMPUTERS, Vol. 16, No. 1(2007年2月) :
- [4] 小野定康、太田直久、“4K画像を使用した教育システム”、映像情報メディア学会誌 Vol.62, No.1(2008年1月)(招待論文) :
- [5] Daisuke Shirai, Tatsuo Kawano, Tatsuya Fujii, Kunitake Kaneko, Naohisa Ohta, Sadayasu Ono, Sachine Arai and Terukazu Ogoshi, “Real Time Switching and Streaming Transmission of Uncompressed 4K Motion Pictures,” Elsevier, Future Generation Computer Systems(2008年) (査読中) :

## 6 その他の誌上発表リスト

- [1] 太田直久、小野定康、“ハリウッド映画のデジタルアーカイブと配信”、O Plus E(専門技術雑誌) 2005/10 Vol. 27 No.10(2005年10月) :
- [2] 白井大介、“4K非圧縮映像IPストリーム伝送実験”、映像情報インダストリアル、平成18年8月号(2006年8月) :
- [3] 白井大介、清水健司、川野哲生、鮫島康則、高橋宏和、金山之治、“JGNIIを利用した6Gbpsの4K非圧縮映像IPストリーム伝送およびOXCによるストリーム切替実験”、NTT技術ジャーナル、vol.18、no.10、pp.36-39(2006年10月). :
- [4] 高橋宏和、白井大介、室岡孝宏、藤井竜也、“4K超高精細映像の広域多地点配信技術”、NTT技術ジャーナル、vol.19、no.1、pp.61-64(2007年1月) :
- [5] Daisuke Shirai, Kenji Shimizu, Yasunori Sameshima, and Hirokazu Takahashi, “6-Gbit/s Uncompressed 4K Video IP Stream Transmission and OXC Stream Switching Trial Using JGN II,” NTT Technical Review, vol.5, no.1, pp.78-82(2007年1月) :
- [6] Hirokazu Takahashi, Daisuke Shirai, Takahiro Murooka, and Tatsuya Fujii, “Multipoint

Streaming Technology for 4K Super-high-definition Motion Pictures,”、NTT Technical Review, vol.5, no.5(2007年5月) :

## 7 口頭発表リスト

- [1] 室岡孝宏、高橋宏和、豊島鑑、“超広帯域配信向けIPストリーム分岐回路の一検討”、電子情報通信学会総合大会A-1-9 (東京都世田谷区) (2006年3月24日)
- [2] 高橋宏和、室岡孝宏、白井大介、外村喜秀、尾花和昭、清水敬司、“4Kデジタルシネマ配信実験における配信ノードの性能改善”、電子情報通信学会総合大会B-7-147 (東京都世田谷区) (2006年3月25日)
- [3] 白井大介、“4K SHD Video Transmission over Global Networks”、Nagasaki Symposium 2006 GEMnet2/AccessNova Forum (長崎県長崎市) (2006年6月1日)
- [4] 三上浩司、岡本直樹、伊藤彰教、金子満 ““Time Express Boiler” 4k D-Cinema テストアニメーション制作”、第2回デジタルコンテンツシンポジウム(東京都千代田区)(2006年6月8日)
- [5] Naohisa Ohta、Sadayasu Ono、“A New DRM Scheme Based on Uniquely-Identified Content with Ubiquitous Authentication”、The 9th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications、(San Diego,USA)(2006年9月17日)
- [6] 高橋宏和、室岡孝宏、豊島鑑、上松仁、藤井哲郎、“4K デジタルシネマストリーム分岐装置の実装と評価”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 BS-5-1 (石川県金沢市) (2006年9月20日)
- [7] Hirokazu Takahashi, Takahiro Murooka, Kan Toyoshima, Hitoshi Uematsu, and Tetsuro Fujii、“A High Speed Video/Audio Stream Splitter for 4K Digital-Cinema,”、IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) 2006 (鳥取県米子市) (2006年9月28日)
- [8] Daisuke Shirai, Takahiro Yamaguchi, Takashi Shimizu, Takahiro Murooka, Tetsuro Fujii、“4K SHD Real-Time Video Streaming System With JPEG 2000 Parallel Codec,”、IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS) 2006 (Singapore, Republic of Singapore) (2006年12月4日)
- [9] 藤井竜也、“4K Streaming in Digital-TiFF 2006”、CineGrid International Workshop 2006 (California, San Diego) (2006年12月14日)
- [10] Naohisa Ohta、“Building the CineGrid Infrastructure” Lessons Learned from the CineGrid@AES Event (San Diego, USA)(2006年12月14日)、CineGrid International Workshop
- [11] 太田直久、“デジタルシネマ技術の動向と今後の展開”、電子情報通信学会 シンポジウム講演(東京都港区)(2006年12月19日)
- [12] Naohisa Ohta、“Career Forum Panel”、IEEE Consumer Communications and Networking Conference 2007, (LAS VEGAS, NEVADA)(2007年1月11日)
- [13] 金子晋丈、太田直久、“CineGrid における 4k 伝送”、広帯域ネットワーク利用に関するワークショップ 2007 (広島県広島市)(2007年1月15日)、
- [14] 小野定康、“映画以外の超高精細映像・ODS の展開”、第5回 DCCJ セミナー(東京都港区)(2007年3月14日)
- [15] 鈴木隆太、“DCI 仕様における著作権保護技術”、第5回 DCCJ セミナー(東京都港区)(2007年3月14日)

- [16] Arjule John Berena, Masami Kihara, Naohisa Ohta, Sadayasu Ono, “A New DRM Scheme Based on Location Enforcement”, European Navigation Conference (ENC-GNSS) 2007(Geneva International Conference Center - Switzerland)(2007年5月29日)
- [17] 太田直久, “Networked 4k Digital Cinema -Challenges at DMC on CineGrid-”, Culture Technology 2007(KAIST GSCT Campus, Culture Contents Complex, DMC, Sangam-Dong, Mapo-Gu, Seoul)(2007年6月27日)
- [18] 金子晋丈, “4k超高精細映像伝送とCineGrid”, 第15回天網の会(東京都文京区)(2007年7月3日)
- [19] 太田直久, “慶應義塾大学DMCにおける4KODSへの取り組み”, デジタルシネマ実験推進協議会講演会(東京都港区)(2007年7月5日)
- [20] 太田直久, “Status and evolution: Digital Cinema in Japan”, 第64回ヴェニス国際映画祭 ANEC Meeting 招待講演(Excelsior, Lido, Venice)(2007年9月4日)
- [21] 太田直久, ““IL DUOMO IN 4K” - The Digital Cinema production and post-production in 4K”, 第64回ヴェニス国際映画祭 Digital Cinema Forum 招待講演(Sala Volpi, Lido, Venice)(2007年9月5日)
- [22] 上野幾朗・木村智広・鈴木隆太, “算術符号器 MQ-coder 符号系列への付加情報埋め込み方法”電子情報通信学会ソサイエティ大会 (鳥取県鳥取市) (2007年9月11日)
- [23] 高橋宏和、室岡孝宏、豊島鑑, “4K 映像の多地点ストリーム配信における複製負荷分散手法の検討,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-8-25 (鳥取県鳥取市) (2007年9月12日)
- [24] 白井大介、清水健司、川野哲生、藤井竜也, “10 Gbit/s ネットワークにおける 6 Gbit/s 非圧縮 4K 映像 IP ストリーム切替伝送技術”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-7-54 (鳥取県鳥取市) (2007年9月12日)
- [25] 太田直久(講演)、金子晋丈(パネル), “Possibilities and challenges of 4K recording, distribution and presentation”, PICNIC'07 招待講演ならびにパネル(Amsterdam, Holland)(2007年9月26日、27日)
- [26] Hirokazu Takahashi, Takahiro Murooka, Kan Toyoshima, “A Secure Stream Multicasting Architecture for 4K Motion Picture”, IEEE Asia-Pacific Conference on Communications (APCC) 2007 (Bangkok, Thailand) (2007年10月19日)
- [27] Daisuke Shirai, Tetsuo Kawano, Fujii Tatsuya, “6 GBIT/S UNCOMPRESSED 4K VIDEO STREAM SWITCHING ON A 10 GBIT/S NETWORK,” IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) 2007 (Xiamen, China) (2007年11月28日)
- [28] 三上浩司、伊藤彰教, “クリエイティブ・ラボにおける4kデジタルシネマへの取り組み” ORC公開講座 (東京都八王子市) (2007年11月30日)
- [29] 金子晋丈, “CineGrid@Holland Festival 2007—4K J2K Streaming with 5.1 surround audio to Calit2”, CineGrid International Workshop (San Diego, USA) (2007年12月3日)
- [30] K. Kaneko, M. Erixon, “2007 Kyoto Prize –Uncompressed 4K Japan to Europe”, CineGrid International Workshop(San Diego, USA)(2007年12月3日)
- [31] 金子晋丈, “4K Worklow: Picture/Camera Originated- Olympus Workflow”, CineGrid International Workshop(San Diego, USA)(2007年12月3日)
- [32] 太田直久, “Building A CineGrid Node – Picture making/viewing”, CineGrid International

- Workshop( San Diego,USA)(2007年12月4日)
- [33] 金子晋丈、“Streaming HD, 4K and Beyond- Uncompressed 4K streaming”、CineGrid International Workshop( San Diego,USA)(2007年12月4日)
- [34] 鈴木隆太、“けいはんなオープンラボへの4K超高精細映像配信実験”、けいはんな情報通信オープンラボシンポジウム2007(東京都港区)(2007年12月7日)
- [35] 太田直久、“4Kデジタルシネマ技術と新たな高精細映像応用”、GCOEワークショップ(宮城県仙台市)(2008年1月10日)
- [36] 藤井竜也、“次世代型映像コンテンツ制作・流通支援技術の開発”、JGN2+AKARIシンポジウム2008(東京都千代田区)(2008年1月17日～18日)
- [37] Daisuke Shirai, Kunitake Kaneko, “Uncompressed 4K Live Streaming of 23rd Kyoto Prize Events from Kyoto to Stockholm,” The APAN 25th Meeting (Hawaii USA) (2008年1月23日)
- [38] 高橋宏和、豊島鑑、石田修、“広帯域映像の多地点ストリーム配信における複製負荷分散手法の検討”、電子情報通信学会OCS研究会(大分県大分市)(2008年1月24日)
- [39] Tatsuya Fujii, “4K Digital Cinema Trial and Uncompressed 4k Live Streaming,” Asia Pacific Broadcasting Union, Digital Broadcasting Symposium 2008 (Kuala Lumpur, Malaysia) (2008年3月12日)
- [40] 三上浩司、伊藤彰教、川島基展、岡本直樹、松島渉、中村陽介、“4Kによる3DCGアニメ制作の実際”、東京国際アニメフェア(東京都江東区)(2008年3月27日)
- [41] 伊藤彰教、“一般的なコンテンツ視聴環境を想定した4K動画像の主観評価(仮)”第4回デジタルコンテンツシンポジウム(千葉県千葉市)(2008年6月11日～13日)

## 8 出願特許リスト

- [1] 加藤嘉明、浅井光太郎、村上篤道、復号装置、日本、2005年9月13日、特願2007-535341
- [2] 加藤嘉明、浅井光太郎、村上篤道、復号装置、米国、2005年9月13日、出願番号11/988,240
- [3] 加藤嘉明、浅井光太郎、村上篤道、復号装置、中国、2005年9月13日、出願番号200580051165.0
- [4] 室岡孝宏、高橋宏和、豊島鑑、通信パケット複製分配用宛先蓄積メモリ管理回路および方法、日本、2005年12月20日、特願2005-366247
- [5] 上野幾朗、鈴木隆太、画像符号化装置、日本、2006年3月30日、特願2006-93389
- [6] 加藤聖崇、上野幾朗、鈴木隆太、画像復号装置、日本、2006年4月3日、特願2006-102041
- [7] 加藤聖崇、上野幾朗、鈴木隆太、画像復号装置、米国、2006年8月9日、出願番号11/501,072
- [8] 上野幾朗、鈴木隆太、画像符号化装置、米国、2006年8月23日、出願番号11/508,218
- [9] 室岡孝宏、高橋宏和、豊島鑑、暗号化装置および復号化装置および方法、日本、2006年12月8日、特願2006-331903
- [10] 高橋宏和、室岡孝宏、豊島鑑、データ配信方法および中継装置、日本、2006年12月11日、特願2006-333341
- [11] 白井大介、藤井竜也、映像送受信システム及び映像切替方法及び映像送信装置及び映像受信装置及び制御装置、日本、2007年5月1日、特願2007-120832
- [12] 高橋宏和、豊島鑑、ストリーム配信システムおよび方法、日本、2007年8月22日、特願2007-215570

- [13] 白井大介、川野哲生、藤井竜也、映像送受信システム及び映像切替方法、日本、出願手続中（番号無し）

## 9 取得特許リスト

なし

## 10 国際標準提案リスト

なし

## 11 参加国際標準会議リスト

なし

## 12 受賞リスト

- [1] 日本電信電話株式会社、デモ大賞、“JGN2+AKARI シンポジウム 2008”、2008 年 1 月 17 日  
[2] 日本電信電話株式会社、慶應義塾大学、JGN2 アワード アプリケーション賞、“超高精細デジタル映像のネットワーク応用”、2008 年 1 月 17 日  
[3] 太田直久、金子晋丈、CENIC 2008、“CENIC 2008 Innovations in Networking Award in Experimental/Developmental Applications (CENIC: Corporation for Education Network Initiatives in California) ”、2008 年 3 月 11 日

## 13 報道発表リスト

- [1] “4K デジタルシネマ映像の太平洋横断（15,000km）リアルタイム伝送実験に世界で初めて成功”、報道発表資料、2005 年 9 月 27 日  
[2] World's First Trans-Pacific (15000km)、Real-time Transmission Streaming of 4k Digital Cinema Images、プレスリリース、2005 年 9 月 27 日  
[3] 4K デジタルシネマ非圧縮映像の IP ストリーム伝送実験に世界で初めて成功、報道発表資料、2006 年 1 月 19 日  
[4] “教育機関世界最高水準のデジタルシネマの上映・評価設備完成”、記者会見、2006 年 6 月 1 日  
[5] “南カリフォルニア大学 ETC とのデジタルシネマ・コンテンツ技術の共同研究を本格開始”、プレスリリース、2006 年 7 月 13 日  
[6] “川崎市市民ミュージアムとコンテンツのデジタル化などの共同研究を開始”、プレスリリース、2006 年 8 月 17 日  
[7] “世界初 4k 映像と多チャンネルオーディオの同期・再生実験に成功”、プレスリリース、2006 年 10 月 10 日  
[8] “4K デジタルシネマ品質の超高精細映像を広域多地点ライブ配信する実験に成功”、プレスリリース、

2006年10月23日

- [9] “4k digital motion pictures and 24-channel digital audio streamed in real-time via CineGrid to San Francisco from Tokyo, Los Angeles and San Diego”、海外報道、2006年10月25日
- [10] “4K 超高精細映像素材の日米欧 2 大洋横断リアルタイム編集配信に成功”、プレスリリース、2007年11月12日
- [11] “高速広帯域光ネットワークによる複数拠点へのコンテンツライブ配信を実現する ODS（オンライン・デジタル・ソース）に関する共同トライアルの実施について”、報道発表資料、2007年11月14日

#### 1 4 ホームページによる情報提供

[1] <http://www.dmc.keio.ac.jp/>、

本研究開発について掲載：慶應義塾大学デジタルメディア・コンテンツ統合研究機構ホームページ、－

[2] <http://www.dmc.keio.ac.jp/en/>、

本研究開発について掲載：Research Institute for Digital media and Content,Keio University、－

## 研究開発による成果数

	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	合計
査読付き誌上発表数	0 件 (0 件)	3 件 (2 件)	2 件 (1 件)	5 件 (3 件)
その他の誌上発表数	1 件 (0 件)	4 件 (1 件)	1 件 (1 件)	6 件 (2 件)
口 頭 発 表 数	2 件 (0 件)	14 件 (6 件)	25 件 (13 件)	41 件 (19 件)
特 許 出 願 数	5 件 (2 件)	5 件 (2 件)	3 件 (0 件)	13 件 (4 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	3 件 (1 件)	3 件 (1 件)
報 道 発 表 数	3 件 (1 件)	6 件 (1 件)	2 件 (0 件)	11 件 (2 件)

※ 上記、「研究開発による成果数」については、本文 P20～P25 に掲載した誌上発表日、口頭発表日、特許出願日、受賞日、報道発表日に基づいて記載している。

	(参考) 提案時目標数
論 文 掲 載 数	10 件 (5 件)
研究発表数 (口頭及び誌上)	11 件 (4 件)
特 許 出 願 数	13 件 (5 件)
特 許 取 得 数	4 件 (1 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	15 件 (4 件)

注 1 : (括弧)内は、海外分を再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等を計上する。