

■トピックス

- ・創立40周年オンライン記念講演会
- ・NHK技術カタログ2022年版

■テクノコーナー

- ・ディスプレイ技術の最新動向
- ・空間共有コンテンツ視聴システム(後編)
- ・ぼやけ度合いが異なる画像を用いた符号化効率改善技術

■NHK R&D紹介

- ・多様なデバイスやユーザー環境に応じたコンテンツ提示
- ・超高精細な3次元情報取得に向けて

■公開されたNHKの発明考案

- NHK技研最新刊行物

トピックス

創立40周年オンライン記念講演会

——まだ見ぬ世界の探求

当財団は2021年12月22日に創立40周年を迎えました。これまで当財団は、顕微鏡下のミクロな世界から人体、さらには深海から宇宙まで幅広くハイビジョン技術の普及を推進するとともに、最近ではバーチャル技術やAIを活用した技術やサービスの提供など、さまざまな産業分野への技術展開を進めてきました。

特に宇宙に関連した事業としては2000年代初よりJAXA・NHKのプロジェクトに参加し、かぐや搭載のハイビジョンカメラシステムの開発、運用支援業務に取り組みました。さらに2020年9月にJAXA・NHKから発表のあった火星衛星探査に4K/8Kカメラを搭載する新たなプロジェクトにおいても、当財団で長年蓄積してきた宇宙撮影に関わる技術・ノウハウを生かして、支援を行っているところです。

そこで、創立40周年オンライン記念講演会として、JAXA国際宇宙探査センター火星衛星探査機(MMX)プロジェクトチーム・峰松拓毅氏と、NHKで長年宇宙関連の科学番組を担当され、現在は(株)NHKエデュケーショナル所属の筒井芳典プロデューサーをお招きして、MMXプロジェクトの目的・概要や、壮大なプロジェクトを伝える番組制作の取り組みを講演いただきました。

また、当財団の三谷公二理事を司会に、当財団で早くから宇宙関係のプロジェクトに関わってきた太刀野順一チーフエンジニアも参加して、未知の宇宙探査にける想いやそれを人々にどのように伝えていくのかなど夢のある挑戦について対談いただきました。

MMX(Martian Moons eXploration)プロジェクトとは

MMXプロジェクトとは日本が主導する国際協働ミッションで、火星衛星の起源や火星圏の進化の過程を明らかにすることを目的とした火星探査計画です。2024年度に打ち上げ、火星の衛星フォボスに着陸してサンプルを採取し、2029年度に地球に持ち帰る野心的なプロジェクトです。このサンプルリターンミッションは、人類初の火星圏からのサンプルリターンとして期待されています。



JAXA
峰松拓毅氏



NHKエデュケーショナル
筒井芳典氏

では、なぜ火星そのものではなく、火星の衛星を探査するのでしょうか。火星の衛星を探査する意義はどこにあるのでしょうか。それは、是非JAXA峰松拓毅氏の講演をご視聴ください。

MMXに搭載される4Kカメラと8Kカメラ

MMX探査機には、11の科学ミッション機器に加えて、JAXAとNHKの共同研究として、4Kカメラと8Kカメラが搭載されます。この2台のカメラでどのような映像が撮れるのでしょうか。筒井芳典氏の講演では、現在検討されている軌道からのシミュレーション映像が紹介されました。直径22km程度の衛星フォボスの向こう側から火星が昇ってくる「火星の出」といった映像が撮れることも期待されています。実際のシミュレーション映像は、是非筒井芳典氏の講演をご視聴ください。

オンライン記念講演会のサイト

<https://www.nes.or.jp/anniversary/index.html> (図1)



図1 創立40周年オンライン記念講演会

(一財)NHKエンジニアリングシステム

開発企画部 井上 友幸

NHK技術カタログ2022年版

— 移転可能なNHK保有技術のリーフレット集 —

当財団は、NHKの研究開発成果を、放送以外の分野も含め幅広く皆様に使っていただくため、実施許諾や技術協力による技術移転の窓口を担当しています。そして、NHK保有技術および技術移転の仕組みを皆さんに広く理解していただくための広報活動を展開しています。「NHK技術カタログ」は、移転可能なNHKの保有技術（技術シーズ）を簡潔にまとめたリーフレット集で、当財団のwebサイト内「NHK技術の移転」ホームページで、技術移転の仕組みとあわせて紹介しています。

(<https://www.nes.or.jp/transfer/catalog.html>)

本カタログで紹介されている技術シーズは、音声・言語処理、画像・映像信号処理、伝送技術、送信・受信技術、材料を含むデバイス技術まで、広範囲な分野を網羅しています。

今期の改訂内容

本カタログは、2012年度に30項目の技術シーズでスタートし、年1回のペースで項目の入れ替えや内容の充実などを図っています。今期は、表1の2項目を新たに追加し、総数が57項目となりました。

また、ホームページ上の技術シーズの分野（分類）では、「CG関連技術」を「AR/VR関連技術」に見直すなど、最新の技術トレンドでまとめました。これによってシーズの探しやすさも向上しました。

表1 新たに追加したカタログ（2項目）

タイトル	技術の概要
U-SDIインターフェースの相互接続性評価技術	4K/8K用機器間インターフェースU-SDI (Ultrahigh-definition Signal/Data Interface) の相互接続性評価方法や、改善を図るためのノウハウを提供する
ファイバー基板を用いた高感度HARP撮像デバイスの作製技術	数ミクロン径のガラスファイバーを多数束ねたFOP (Fiber-Optic-Plate) 基板上に、高感度なセレン光電変換膜を作製する

デザイン刷新

昨今、ペーパーレス化と展示会のオンライン化が進んだことから、従来、印刷したリーフレット集を提供していた技術カタログも、お客様が「NHK技術の移転」ホームページにアクセスして関心のあるカタログを部分的にダウンロードする形が主流になりました。

このたび、デザインを刷新し、リーフレットの表ページ左上に「NHK技術カタログ」のロゴを入れることで、単体でも、掲載されている技術がNHKの技術シーズであるとひと目でわかるようにしました（図1、2）。

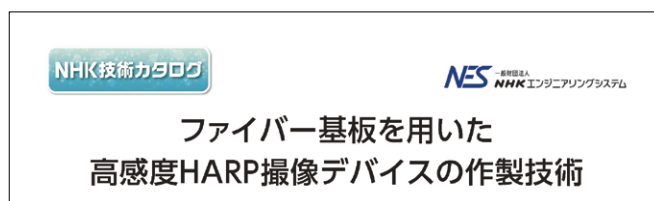


図1 新しいデザイン



図2 旧版のデザイン

おわりに

NHK技術カタログに掲載される技術シーズは、放送技術がベースとなりますが、応用範囲としては放送以外の分野でも汎用的に利用できるものが多く含まれています。

今後も、「NHK技術カタログ」をベースとして、オンラインを含む展示会やシーズ紹介などの場でNHKの保有技術を分かりやすく紹介していきます。さまざまなシステムや機器のコア技術として、NHKの保有技術を利用していただけるように、今後も内容を充実させていきます。

(一財) NHKエンジニアリングシステム

特許部 副部長 岡部 律子

ディスプレイ技術の最新動向

—国際会議IDW'21報告

はじめに

2021年12月に、ディスプレイ関連で国内最大の国際学会であるIDW'21 (The 28th International Display Workshops) が開催されました。IDWは例年国内の国際会議場で行われますが、新型コロナウイルス感染症の影響を受けて、前年に続いてオンライン開催となりました。オンラインでの会議ではディスカッションが行いづらいという昨年の参加者の意見をを受けて、今回は発表後の質疑応答の他にも“Extended Live Q&A”と“Enhanced Discussion”と呼ばれるディスカッションルームが開設され、発表者と参加者との議論の場が充実していました。ここでは、IDW'21での発表から、ディスプレイ技術関連の最新動向を紹介します。

立体映像・AR/VR関係

立体映像・AR/VR関係では、ハードウェアやアプリケーション、人間工学に関わる技術などの広範囲な発表がありました。

シースルー型およびNear-eye ARディスプレイ関連では、台湾の国立彰化師範大学と国立陽明交通大学のグループからコンピューター生成ホログラム (CGH: Computer Generated Hologram) ディスプレーシステムについて報告がありました。小型軽量のホログラフィック光学素子とその非点収差を補正するCGHアルゴリズムを組み合わせた広視野角ARシステムを提案しています。また、ホログラム表示技術では、東京農工大学より、パルス変調MEMS SLM (Spatial Light Modulator) を使用したホログラフィックディスプレイシステムの発表がありました。レーザー光のダブルパルスと光学系の工夫により、従来に比べ低スペckルノイズで5倍明るい像が得られています。

空中インターフェース技術

コロナ禍の状況を反映して、非接触制御技術についての報告が多数ありました。

東京大学からは、空中インターフェースとしての超音波触覚提示技術について報告がありました。超音波トランスデューサーの配列を使用して、人間の皮膚に触覚を遠隔で提示します。超音波は焦点生成による単純な触覚刺激だけでなく、水のみと組み合わせることで冷感、手袋と組み合わせることで温感などの皮膚感覚も提示できることが報告されました。また、アルプスアルパインと宇都宮大学のグループから、腕や指の動作を検知する非接触で高感度、高ノイズ耐性な静電容量センサーの報告がありました。正弦波で変調しノイズ成分を低減する

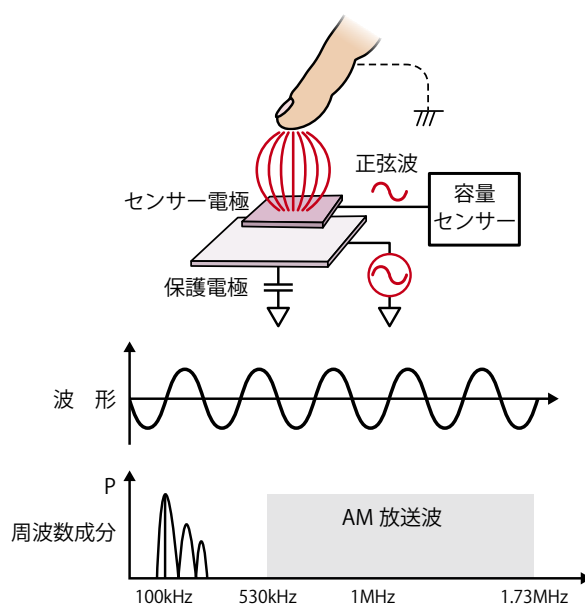


図1 高感度、高ノイズ耐性な静電容量センサーの概要

もので、従来に比べSNRが10dB向上し、50mm離しても十分な信号強度が得られます (図1)。再帰反射空中結像AIRR (Aerial Imaging by Retro-Reflection) システムに組み込み、性能を確認しています。

また、米国のSigmaSenseからは、従来の投影型静電容量方式 (PCap: Projected Capacitive) タッチセンサーよりも高いSNRと感度で人体の電界を検出するソフトウェアセンシング技術が報告されました。適応型のセンシングレシーバーを使用するシグマデルタA/D変換器を適用することで従来に比べ感度換算で2,700倍以上の性能を実証し、ディスプレイの1.2~1.5m前の人体を認識し、0.6m離れた手を識別することができます。

有機ELディスプレイ関係

有機EL (OLED) ディスプレー関連では、材料、解析、デバイス化技術など、ディスプレイの特性向上に向けた最新技術が報告されました。中でも注目を浴びていたのが、半導体エネルギー研究所から発表された、半導体に酸化物IGZO (インジウム-ガリウム-亜鉛酸化物) とシリコン (Si) を用いてCMOSを構成した超高精細なOLEDディスプレイです。ソースとスキンのドライバーを一般によく使われているSiのCMOSで形成後、その上にIGZO-TFTを用いた画素回路をモノリシックで作成し、さらにその上にOLEDを形成することにより、5,291-ppiの精細度を有した1,920 × 1,920画素の0.51インチディスプレイを試作しています。

また、本会議の基調講演では、スタンフォード大学の

Mark L. Brongersma教授から、発光させたい色に合わせたMetasurfaceというナノスケールの構造物を作りこむことで、発光色ごとの画素の高さを同じにすることができ、OLEDディスプレイの高解像度化に有効な技術との発表が行われ、関心を集めていました。

広色域化技術

色域を広げる技術として、最近、量子ドット (QD: Quantum Dot) を利用した技術開発が大きく進展しています。QDは、光の波長に近いサイズの半導体微粒子によって生じる量子効果を利用するものです。QD材料としてはカドミウムや鉛を含むものが先行して開発されましたが、環境の面から毒性を有する材料を用いないQDの開発も進んでいます。

NHK技研からは、低毒性QDを用いたRGB発光素子により、国際規格であるITU-R Rec. BT.2020に規定された色域の約80%を実現したとの発表がありました。赤と緑にはInP (リン化インジウム) QDを、青にはZnSeTe (セレン化テルル化亜鉛) QDを用い、発光層としてQDと電子輸送材料を混合して塗布することにより、赤緑青の半値幅がそれぞれ40nm、34nm、23nmの素子の試作に成功しています。

今後も環境への配慮から、低毒性QD素子の特性改善に向けた開発が盛んに行われると考えられます。

ストレッチャブル技術

今回の特徴の一つとして、伸び縮み可能ないわゆる“ストレッチャブル”ディスプレイを目指した技術の発表が複数のセッションで発表されていたことが挙げられます。

NHK技研からは、固い基板上に作成した酸化物半導体 (ITZO:インジウム-スズ-亜鉛酸化物) を、弾性のあるポリマー基板上にアクリル系の接着材料で貼りつけることで、基板を1.5倍に伸ばしてもTFT特性が変化しないとの発表がありました。また、韓国科学技術院からは、生医学用途のウェアラブルデバイスを目指した研究として、エラストマー (ポリジメチルシロキサン:PDMS) の上にストレス緩和層を形成した2層基板を用い、その上にOLEDと蛇状にくねらせた配線を形成することにより、配線部分を140%に伸ばしても発光するOLED光源が報告されました。また、東北大学からは、ストレッチャブル液晶ディスプレイを目指して、機械変形に強く自己修復可能な液晶ジェルの報告がありました。この液晶ジェルは引き伸ばしに強く、圧縮には若干弱いものの熱処理によって修復可能とのことで、伸縮可能な液晶ディスプレイ実現に向けた有用な技術と考えられます。

これらストレッチャブル技術が進展することで、球状のディスプレイや体に密着させて使用するディスプレイなど、これまでにない応用を可能とするディスプレイが期待できます。

視覚とディスプレイ技術

視覚とヒューマンファクター関連では、例年のように色知覚を含む視覚特性の研究、人の知覚に適合するディスプレイ特性の測定法、質感再現など多数の報告が集まり、8つのテーマでオーラルセッションが設けられました。そんな中、AIとスマートソサエティをテーマとしたジョイントセッションや、3Dワークショップとのジョイントで設けられたセッションでの、医療へのARや3Dの応用に関する研究報告が目を引きました。

台湾の工業技術研究院のグループからは、透過型ディスプレイを用いたAR技術の外科手術への応用の報告がありました (図2)。このシステムは、透過型ディスプレイを通して手術対象を見ている外科医に対して、手術を支援するAR情報 (例えばCT/MRIスキャンによる体内の患部の状況など) を対象となる患部に相当する体表に重なる位置に映し出すものです。ディスプレイに備えたステレオカメラで外科医の顔を撮影してAIを用いた認識技術で視線方向を検出することにより、その視点から見たAR情報を手術対象の位置に正確に重畳します。精度評価実験では、直径15cmの球体をターゲットとし、模擬眼に見立てたカメラからの撮影映像で評価を行ったところ、対象上の表示画像の位置ずれは2mm未満に抑えられていた、とのことでした。

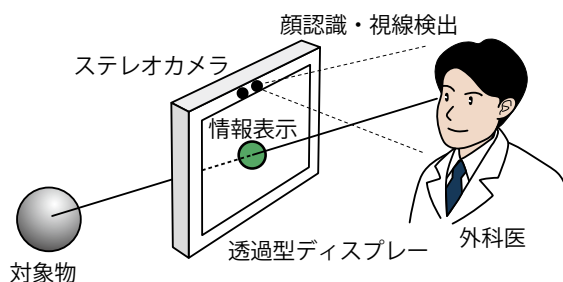


図2 透過型ディスプレイを用いた外科手術用ARシステムのイメージ

まとめ

ここで取り上げたトピックの他にも、低コスト・高スループット化や高効率化を目指したマイクロLED技術やAIを用いた新しい画像処理手法など、ディスプレイに関わる幅広い発表が行われました。

今回も前回に続いてのオンライン開催となりましたが、新設されたディスカッションルームが有効に活用され、質疑・応答も活発に行われていました。本会議のようなりモート会議が普及するとともにAR/VRや第五世代移動通信(5G)を用いた遠隔医療技術などの開発も進み、ディスプレイの役割が一層重要となっています。今後もディスプレイの高画質化、高機能化が進展していくことを期待します。

(一財) NHKエンジニアリングシステム

先端開発研究部 研究主幹 清水 直樹
研究主幹 山本 敏裕
システム技術部 専任部長 比留間 伸行

空間共有コンテンツ視聴システム（後編）

——ARグラスが普及した未来のサービスに向けて

今回はVRによる没入空間共有システムおよびARグラスが普及した時代のサービスイメージについて紹介しました。後編では提案したコンセプトを実際に体験できるようにした空間共有コンテンツ視聴システムの開発や活用事例、今後の展望について紹介します。

空間共有コンテンツ視聴システムの開発

提案したコンセプトの実現のため、VRによる没入空間共有システムを、VRだけでなく、AR表示や遠方の人物表示にも対応させ、空間共有コンテンツ視聴システムへと発展させました。このシステムで利用しているHMDはステレオカメラを搭載しており、このカメラで取得した映像をそのままHMDに表示することでビデオシースルー型HMDとして使用することもできるため、ARとVRの両方に利用できます。そのため、ARのような日常使いとVRのような高い没入感とを両立できるAR・VR一体型HMDの良いシミュレーターになると考えました。そこで、VRによる没入空間共有システムに、遠方の人物の映像を伝送して重ねて表示する機能を追加することにより、同じリビングにいる家族に加え、遠方に住んでいる家族と一緒にコンテンツを体験できる空間共有コンテンツ視聴システムを開発しました。システムの構成を図1に示します。このシステムでは、距離センサー付きカメラを用いることにより、遠方の場所にいる人物の映像を3次元で撮影して伝送し、それを自分のHMDの映像内に再構成して合成表示します（このようにバーチャルで表示される人物を、以下、バーチャル人物と表現します）。親しい人とのつながりが重視されるユースケースを考え、ありのままの状態を撮影し、再現している点が特徴です。

このシステムを利用して遠方にいる家族や友人と空間を共有しながら一緒に過ごすためのコンテンツとして3つのコンテンツを制作しました。

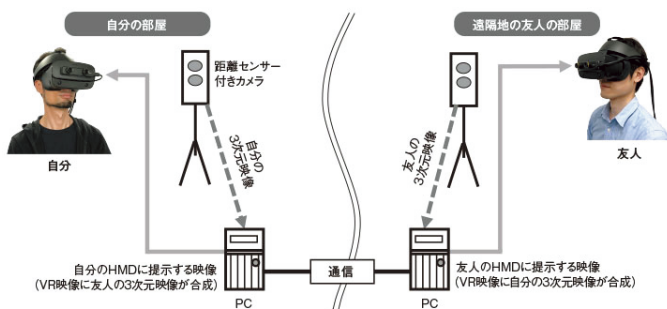


図1 空間共有コンテンツ視聴システムの構成

(1) 空中テレビ

従来のテレビをバーチャルなテレビとして空中に表示し、家族や友人と一緒に視聴するものです（図2）。



図2 空中テレビ

(2) 筋肉体操AR

技研公開2019で展示したコンセプトを実際に体験できるようにしたものです。3次元で表示された先生を見ることを通じ、体験者同士が先生の筋肉のすばらしさについて話す様子や、一緒に体操をしてみるなどのコミュニケーションを確認できました（図3）。



図3 筋肉体操AR

(3) 水族館VR

VR天球の映像に対して、近距離エリアはビデオシースルーによる実空間の映像を表示することにより、自分の体をVR内に表示し、さらに遠方の人物を加えることによって、離れた場所にいる人とでも、一緒に水族館のVR空間に旅行に行くような体験を作り出すことに成功しました（図4）。

これらのコンテンツのデモなどを通して得た知見を活かし、技研公開2021では、新しくインタラクションに注目したコンテンツを制作しました。これまでに制作した空間共有コンテンツは、視聴者同士が空間を共有しながら、

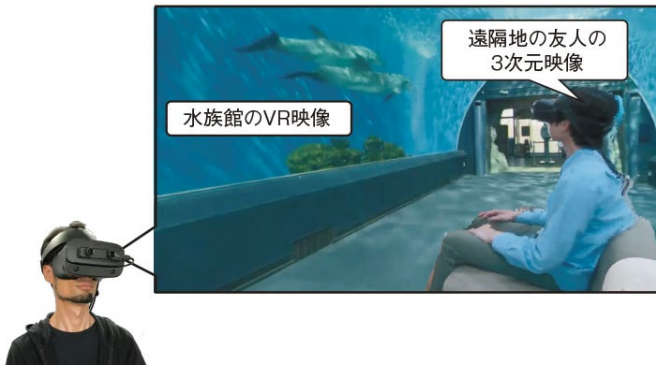


図4 水族館VR

自由に楽しむものであり、コンテンツの中に、視聴者の体験の仕方を導くような仕掛けはないものでした。そのため、体験者によってはコンテンツの受動的な視聴に集中してしまい、体験者同士のコミュニケーションが起きにくい状態でした。そこで、技研公開2021では、体験者同士のコミュニケーションを促すような仕組みを入れたコンテンツを制作しました。コンテンツのテーマは重要文化財の遮光器土偶です。土偶のCG (Computer Graphics) を懐中電灯で照らしながら、一緒に土偶の特徴を探るという体験を設計しました (図5)。一緒に同じ場所を照らすと、次のシーンに進むといったコミュニケーションを促すための仕掛けを入れています。また、相手が照らしている場所がわかるようになってきているため、直接相手の姿を見なくても、ライトの動きが視界に入ってくることで、相手の存在を感じられるようになっています。コンテンツを見ながら生じるコミュニケーションは、深い理解や主体的な学びにつながっていくと期待しています。



図5 技研公開2021の展示

システム活用事例と今後の展望

空間共有コンテンツ視聴システムを開発することにより、バーチャル人物と一緒に、ARやVRを使ったコンテンツを楽しむ体験を得ることができるようになりました。システムをさまざまな方に体験していただくことにより、空間共有の課題や活用の可能性が見えてきました。それらをふまえ、本章では、今後の目指す取り組みについて紹介します。

1. つながり感を高めるバーチャル人物表示

1つ目は、家族・友人や出演者などのバーチャルで表示される人物とのつながり感を高めるための表示方法です。コンテンツの視聴空間は、広いリビングや個人の部屋など、さまざまな大きさがあります。さらに、家具などのレイアウトも考慮すると、多種多様な視聴空間が想定されます。そのような視聴空間において、バーチャル人物をどのような場所に表示していけばよいかという課題は、空間認識などの技術的な観点や、バーチャル人物に対する親近感などの意味合いの理解においても重要な課題であると言えます。例えば、正面にいるバーチャルの出演者と隣に座って語りかけてくるバーチャルの出演者は、印象にどのような違いが出てくるのでしょうか。また、等身大の人物と小さく表示される人物では、意味合いにどのような違いが出てくるのでしょうか。そのような表示デザインを考えていくために、現状のリビングがどのようなレイアウトになっているかや、普段、誰とどのような位置関係でテレビを見ているかなどについて実態調査を進めています (図6)。これらの結果を参考にしつつ、試作と評価を繰り返すことで、つながり感を高めるために有効なバーチャル人物の表示方法を明らかにしたいと考えています。

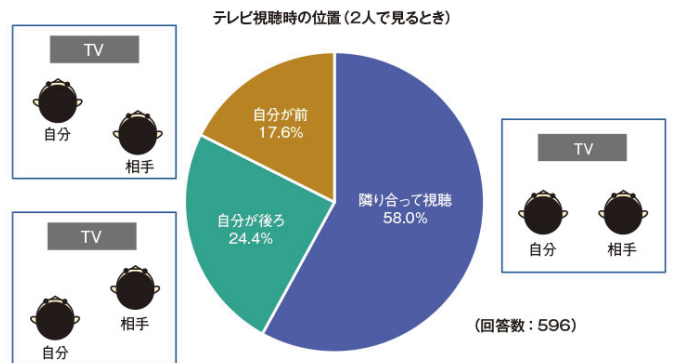


図6 テレビ視聴時の実態調査の例

2. 番組制作への活用

2つ目は、番組制作への活用です。昨今、リモート出演などが増えてくる中で、バーチャル人物を表示させることへの需要はますます大きくなってきています。

そのような中、2021年3月放送の「こどものど自慢in関西」という番組で、人物の3次元映像を取得して伝送、合成することで、大阪に住んでいる子供と東京に単身赴任中のお父さんが一緒に踊りながら歌うという演出を行いました。並んで一緒に歌うだけでなく図7のように、お互いが触れ合うような心とむ様子も見ることができ、そのままのお父さんをそこにいるように表示させる技術の重要性や可能性を感じさせるものでした。コロナ禍で会うことが困難な出演者同士がAR・VR技術を活用してつながる様子が視聴者にも大きな感動を与え、つながることの重要性を改めて認識しました。このような効果は、



図7 放送番組での活用

他の番組制作にも生かしていけると期待しています。

3. 映像の記録、つながりを生かしたコンテンツ活用

そして最後にもう一点、注目していきたいことは、映像を記録し、活用していくということです。一例を図8に示します。これは、災害直後（図8左）と復興の様子（図8右）の360度映像を天球として重ね合わせて表示し、比較しながら体験できるようにしたVRアプリです。

災害の様子をありのままに記録し、後世に伝えていくことは、メディアの重要な役割の1つです。その一例として、比較しながら映像体験することで、主体的な理解や学びができることを期待したアプリを開発しました。自分で2つの映像の表示領域をコントロールできるインタラクティブな要素があることで、さまざまな点に注目し、そこから気づきや議論が生まれるということが分かりました。つながりを深めるだけでなく、つながりがあるこ

とによって生じる議論が、コンテンツそのものの理解を助け、学びを深めていけるようなコンテンツのあり方も考えていきたいと思っています。

むすび

このようにNHK放送技術研究所では、人と人をつなぐために空間を共有しながらメディアを楽しめる環境を試作し、その中で、どのような体験ができるようになっていくかという研究を進めています。

今回は、主にAR・VR技術を中心としたサービスについて紹介しました。ARには、そのさまざまな機能を活用していくことで、新しい日常を作っていける可能性があり、VRには、これまでにない没入体験や体感メディアを作り出せる可能性があります。その応用先は、空間の距離を超えたつながりだけにとどまらず、過去の視聴体験を再現するなど、“時間を超えたつながり”にも広げられる可能性を秘めています。

AR・VRデバイスは、今後さらに身近なデバイスとして広がっていくことが期待されています。そのような技術を活用していくことにより、「つながり」のような価値や、臨場感のある体験など、新たなサービスイメージを作っていくことを目指し、研究を進めていきます。

(一財) NHKエンジニアリングシステム

上級研究員 吉野 数馬

NHK放送技術研究所

空間表現メディア研究部 川喜田 裕之

上級研究員 半田 拓也

上級研究員 久富 健介



図8 災害直後と復興の様子を比較体験できるVR

ぼやけ度合が異なる画像を用いた符号化効率改善技術

——同一フレーム内や複数フレーム間でぼやけ度合が異なる動画の符号化効率改善を目指して

はじめに

将来の放送高度化の実現に向けて、我々はさまざまなアプローチで動画の符号化効率の改善技術を研究しています。その中で本稿では、ぼやけ度合が異なる動画の符号化効率を改善する技術の研究成果について説明します。

Versatile Video Coding/H.266 (VVC) などの動画符号化技術では、小ブロック領域であるCoding Unit (CU) ごとに同一フレーム内 (画面内) の隣接画素や過去のフレームとの間 (画面間) で類似画像を探索 (予測) します。そして予測された隣接画素の方向や過去のフレームとの間の動きベクトル情報などを符号化するため、画像情報をそのまま符号化する場合に比べて情報量を大幅に削減することができます。ただし、VVCには同一フレーム内や過去のフレームとの間でぼやけ度合が変化する場合に有効なツールが用意されていません。このためカメラレンズの被写界深度の内外や、動画内で動き速度が変化するオブジェクトなど、同一フレーム内や過去のフレームとの間でぼやけ度合が大きく変化する際には、符号化効率が大きく低下する場合があります。

以上を踏まえて次節で説明する提案法では、画面内・画面間予測においてぼやけ度合が異なる複数の画像を生成して予測に用いることで、ぼやけ度合の変化に対応することができる技術を開発しました。

提案法

図1に提案法の全体図を示します。提案法の画面内・画面間予測では、VVCの予測に用いるCUの局部復号画像に加えて、その鮮鋭化・ぼやけ画像を生成します。そしてこれらの3種類の画像を用いた予測を行い、Rate Distortion (RD) コストが最小となる結果を選択します。

図2に提案法の画面内予測における鮮鋭化・ぼやけ画像の生成方法を示します。提案法では、予測に用いる被予測CUの左側や上側の隣接CUの局部復号画像に対してウェーブレット分解を行います。そしてその水平・垂直・対角方向の高周波帯域内の全ての要素を α 倍 ($\alpha > 1$) および β 倍 ($\beta < 1$) することで高周波帯域成分を強調および抑制した後で再構成処理を行い、鮮鋭化・ぼやけ画像を生成します。

また提案法の画面間予測における鮮鋭化・ぼやけ画像の生成では、画面間予測のRandom access予測構造に基づく参照フレーム内の予測に用いるCUの局部復号画像に対して画面内予測と同様の処理を行い、鮮鋭化・ぼやけ画像を生成します。

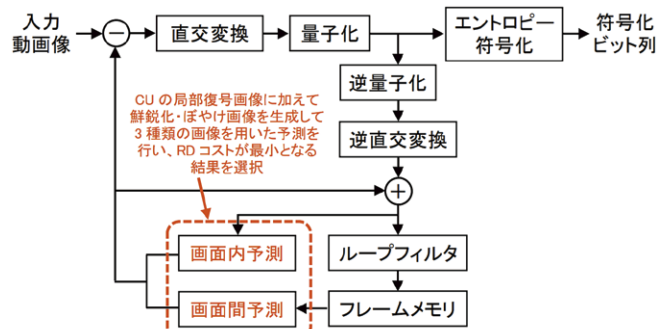


図1 提案法の全体図

画面内予測の例

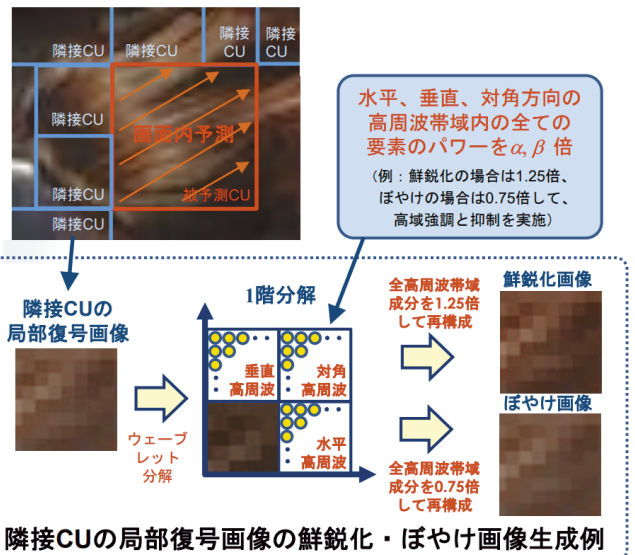


図2 鮮鋭化・ぼやけ画像の生成方法 (画面内予測の場合)



図3 評価用動画画像

実験

提案法を国際標準化されたVVCのTest ModelであるVTM 10.0に実装して、符号化効率の改善効果を確認しました。図3に実験に用いた評価用動画画像を示します。同図に示す動画は、ITEとARIBが開発してNESが頒布するITE標準動画であり、同じ絵柄でHD (1920×1035/60/Iを黒挿入により1920×1080/60/Iに拡大) およびSD (720×480/60/P) の2つの解像度を持ちます。これらの動画は符号化難度が非常に高い動画として選定しました。図4に評価用動画の輝度Yのパワースペクトルを示

表1 符号化効率の改善率

解像度等	シーケンス	BD-rate			符号化時間 [%]	復号時間 [%]
		Y	Cb	Cr		
HD(1920×1080/60/I)	Whale show	-0.8%	-1.4%	-0.8%	207.9%	432.2%
	European market	-0.1%	-0.5%	-1.6%	243.9%	443.7%
	Crowded crosswalk	0.2%	-0.8%	-1.1%	251.2%	377.2%
SD(720×480/60/P)	Whale show	-0.4%	-1.2%	-0.7%	195.3%	237.2%
	European market	0.3%	-0.8%	-0.3%	344.2%	312.6%
	Crowded crosswalk	0.8%	0.0%	-0.6%	194.2%	266.2%

表2 鮮鋭化・ぼやけ画像の選択率 (1画素あたり)

解像度等	シーケンス	予測モード	選択率		
			鮮鋭化画像	ぼやけ画像	局部復号画像 or イントラ予測
HD(1920×1080/60/I)	Whale show	画面内	26%	41%	33%
		画面間	12%	14%	74%
	European market	画面内	32%	34%	34%
		画面間	12%	9%	79%
	Crowded crosswalk	画面内	27%	35%	39%
		画面間	4%	9%	87%
SD(720×480/60/P)	Whale show	画面内	34%	28%	38%
		画面間	6%	8%	86%
	European market	画面内	28%	30%	42%
		画面間	3%	6%	91%
	Crowded crosswalk	画面内	27%	28%	46%
		画面間	2%	5%	93%

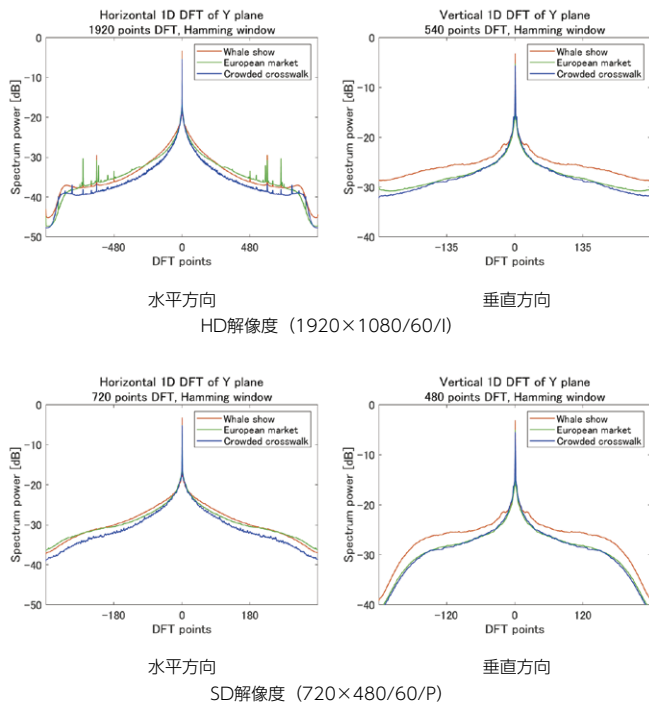


図4 評価用動画画像の輝度Yのパワースペクトル

します。同図よりWhale showは、水しぶきや大勢の観客のような細かいテクスチャを持つ領域において高い空間高周波パワーを持つことが分かります。さらにWhale showは、シャチやカメラパンなどの動きによりぼやけ度合いが大きく変化するため、符号化難度は非常に高くなります。実験条件としては、Quantization parameterは固定値で22、27、32、37、予測モードはRandom access、Group of pictureサイズは16、Intra periodは32、 α 、 β は予備実験によって求めた値として1.25、0.75とします。

表1に符号化効率の改善率を示す指標として用いられるBjontegaard Delta-rate (BD-rate)を示します。同表の値はPeak Signal to Noise Ratioが同一の場合のVTM 10.0を基準とした提案法のビットレートの割合を示しているため、負の値が大きいほど符号化効率の改善率は高くなります。同表より提案法は従来のVTM 10.0に比べて、HD解像度のBD-rateは輝度Yで最大0.8%、色差Cbで最大1.4%、色差Crで最大1.6%改善しました。その中でWhale showとEuropean marketは改善しましたが、Crowded crosswalkの輝度Yでは低下しました。またSD解像度のBD-rateは輝度Yで最大0.4%、色差Cbで最大1.2%、色差Crで最大0.7%改善しました。その中でWhale showでは改善しましたが、European marketとCrowded

crosswalkの輝度Yでは低下しました。

次に符号化効率が低下した原因を調べるために、提案法における鮮鋭化・ぼやけ画像の1画素あたりの選択率を表2に示します。同表よりWhale showのように高い空間高周波パワーを持ち、動きなどによりぼやけ度合いが大きく変化しやすい動画画像では、鮮鋭化・ぼやけ画像の選択率が高くなっています。このためこれらの画像を用いた予測によるゲインがコストを上回るほど、符号化効率が改善する傾向があることが分かります。

まとめと今後に向けて

動画画像の画面内や画面間でぼやけ度合いが異なる場合の符号化効率を改善するために、従来の局部復号画像に加えてその鮮鋭化・ぼやけ画像を生成して、画面内・画面間予測に用いる方法を提案しました。提案法をVTM 10.0に実装して実験を行い、提案法の画面内・画面間予測において鮮鋭化・ぼやけ画像の選択率が高いほど符号化効率が改善する傾向があることを示しました。

今後も本研究をさらに進めるとともに、放送高度化の実現に向けてさまざまな研究開発を行っていききたいと思います。

(一財) NHKエンジニアリングシステム

先端開発研究部 上級研究員 松尾 康孝

多様なデバイスやユーザー環境に応じたコンテンツ提示

—IoTベースメディアフレームワーク

■ 新たな視聴体験を実現するIoTデバイス

近年、さまざまなIoT (Internet of Things)^{*1} デバイスが普及し、スマートフォンやタブレットでニュース記事を読んだり、スマートスピーカーでネットラジオを聴いたりするなど、メディアの利用方法は多様化しています。放送においても、IoTデバイスを活用することで、時間や場所を選ばない映像・音声の提示や、テキスト・照明・振動を用いた情報提示によるアクセシビリティの向上、番組表現の拡張による新たな視聴体験の実現など、従来のテレビにはなかったサービスが期待されています。

■ IoTデバイスへのコンテンツ提示に向けた課題

放送は、テレビやラジオなどの専用の受信機（デバイス）にコンテンツを提供することを前提に運用されてきました。そのため、さまざまなデバイスやユーザー環境に応じて情報を提供する仕組みにはなっていません。前述のような多様な利用方法に合わせた放送コンテンツの提示を実現していくには、デバイスが自律的にコンテンツの内容を判断し、ユーザーの置かれた状況に応じて情報を提示できるような新たな仕組みが必要となります。

■ IoTベースメディアフレームワーク

そこでNHK放送技術研究所では、コンテンツ、デバイス、ユーザーの3つの要素から得られた情報を基に、テレビを含む多様なIoTデバイスが自律的にコンテンツを提示する仕組みである「IoTベースメディアフレームワーク」の研究開発に取り組んでいます（図1）。このフレームワークでは、放送局がコンテンツの配信情報（放送チャンネルや配信URLなど）や内容の記述（出演者・シーン情報など）を提供することで、IoTデバイスが自身の機能やユーザーの状況・好みに応じてコンテンツを取得・提示します。我々は、コンテンツ記述方式の検討や、W3C (World Wide Web Consortium)^{*2} 標準のWeb of Things (WoT)^{*3} に基づくテレビ機能とIoTデバイスの連携技術の試作、相互接続検証イベント (WoT Plugfest^{*4}) への参加などを通じて、IoTベースメディアフレームワークの実現性検証を行っています。

今後も、日々進化するデバイスやユーザー環境に柔軟に対応しながら、豊かな体験と、安全・安心に寄与する放送サービスの実現を目指していきます。

NHK放送技術研究所

ネットサービス基盤研究部 遠藤 大礎

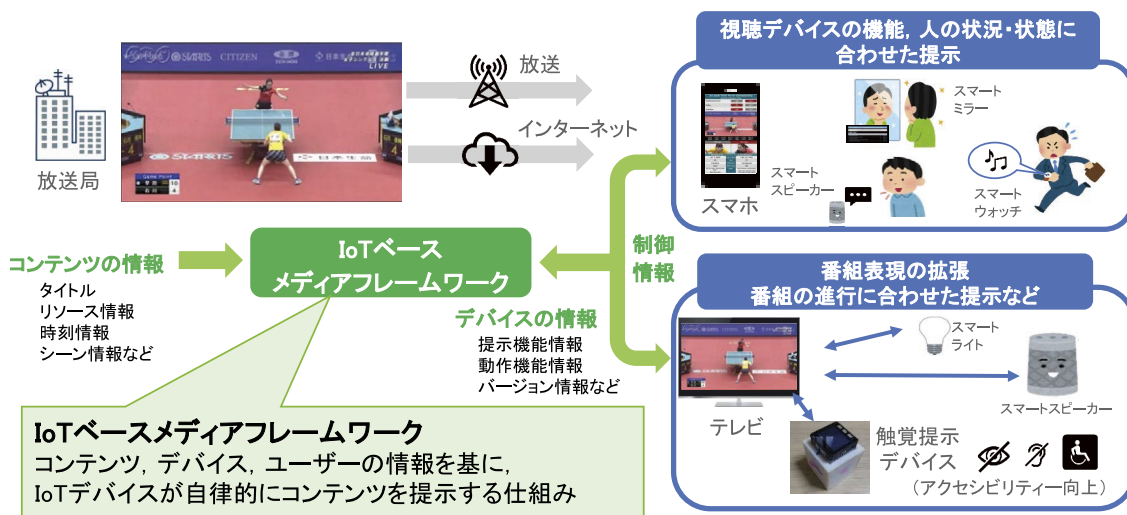


図1 IoTベースメディアフレームワークの概要

* 1 パソコンやスマートフォンだけでなく、あらゆる物がインターネットにつながる。

* 2 Webの標準化団体。

* 3 Webの標準技術を基盤として、IoTデバイスを相互運用するためのW3C勧告。

* 4 メーカー、アプリ開発者、サービス提供者が参加するイベント。

超高精細な3次元情報取得に向けて

—インコヒーレントデジタルホログラフィー—

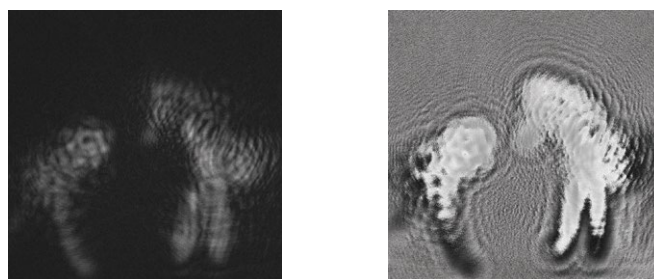
■ インコヒーレントデジタルホログラフィーとは

デジタルホログラフィーは、被写体の3次元情報を取得できる技術です。通常のデジタルホログラフィーではレーザー光を用いるため、撮影環境に制限がありました。一方、インコヒーレントデジタルホログラフィー（IDH：Incoherent Digital Holography）は、自然光やLED（Light Emitting Diode）光源などの干渉性の低い光（インコヒーレント光）の下で撮影を行うことで、3次元情報を取得できます。IDHでは特殊な光を使わないため、さまざまな場所での3次元情報取得に使用できる可能性があります。

■ IDHの原理

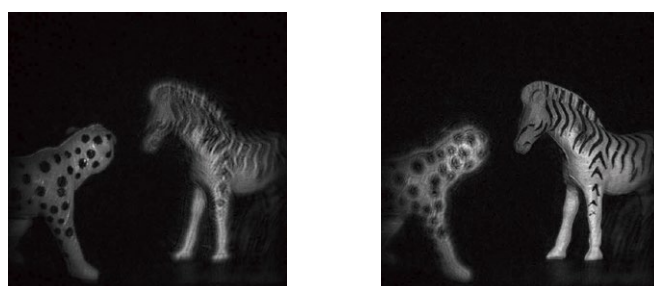
IDHの光学系を図1に示します。LED光源を照射した物体（ここではヒョウとシマウマの玩具）からの光（物体光）はビームスプリッターで2つの光に分離します。一方の物体光は平面ミラーで、他方は凹面ミラーで反射され、再びビームスプリッターで合成されて撮像素子に入射します。このとき2つの光にはわずかな光路差が生じているため、干渉縞（ホログラム）が生成されます。

次に、平面ミラーの位置をわずかに変えた4か所で、条件の異なる4つのホログラム像を撮影します。これらのホログラム像から、計算機上でホログラムの振幅と位相を求め（図2）、さらに光の逆伝搬計算を行うことにより、



(a) 振幅 (b) 位相

図2 4つのホログラム像から計算した振幅と位相



(a) 手前の「ヒョウ」にフォーカス (b) 奥の「シマウマ」にフォーカス

図3 光の逆伝搬計算で得られた画像

任意の奥行き位置での画像を得ることができます（図3）。

■ ホログラムの撮影と画質改善に向けた原理検証

NHK放送技術研究所では、実写によるIDHの情報取得システムを試作し、逆伝搬計算により、任意の奥行き位置で画像が得られることを確認しました。また、物体の奥行き位置、レンズや撮像素子などの配置、レンズの焦点距離と、画質との関係を計算で明らかにし、物体の奥行き位置に応じた最適な光学系の設計値を理論式で求めました。

今後は、さらなる画質改善や動画像の取得を目指して、IDHの光学系や撮影方法を検討し、将来の超高精細な3次元情報取得を目指していきます。

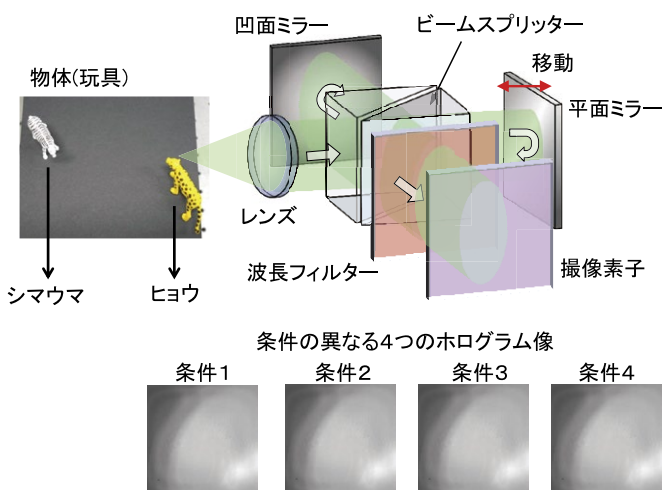


図1 インコヒーレントデジタルホログラフィー（IDH）の光学系（物体にLED光を照射）

NHK放送技術研究所

新機能デバイス研究部 主任研究員 室井 哲彦

公開されたNHKの主な発明考案

(2021年11月1日～2021年12月31日)

発明考案の名称	技術概要
インコヒーレントデジタルホログラム撮像装置およびその撮像方法 特開2021-173822	再構成された画像のSNRを向上させ得る、インコヒーレントデジタルホログラム撮像装置およびその撮像方法
学習装置、代表画像抽出装置及びプログラム 特開2021-174117	番組映像から、番組制作のノウハウを考慮した代表画像を抽出可能な学習装置、代表画像抽出装置及びプログラム
疑似体験システム 特開2021-174253	ユーザーに力覚を提示することが可能なVRコンテンツの疑似体験システム
撮像装置 特開2021-175052	簡便な方法で高精度な合焦状態検出と、高画質な画像取得を両立することができる多板撮像方式の撮像装置
送信装置及び受信装置 特開2021-175059	IPをベースとした通信伝送路に対して親和性の高いものとし、複数の放送伝送路を利用してTLVパケット形式でリオーダーリング及び各伝送路間の伝送遅延差を考慮して所定のデータを分割しバルク伝送する送信装置及び受信装置
送信装置及び受信装置 特開2021-175060	IPをベースとした通信伝送路に対して親和性の高いものとし、複数の放送伝送路を利用してTLVパケット形式でリオーダーリング及び各伝送路間の伝送遅延差を考慮して所定のデータを分割しバルク伝送する送信装置及び受信装置
画像符号化装置、画像復号装置及びこれらのプログラム 特開2021-175090	より符号化効率の優れた画面内予測を用いる画像符号化装置、画像復号装置及びこれらのプログラム
コンテンツ提示装置およびプログラム 特開2021-176081	リクエストにおいて指定されたコンテンツの関連コンテンツを提示することのできるコンテンツ提示装置およびプログラム
撮像装置 特開2021-176218	撮像素子の信号線の電圧振幅を最適に制御し、ノイズやアーティファクトを抑制することが可能な撮像装置
翻訳装置、手話映像生成装置、およびプログラム 特開2021-177329	うなずきや指差などといった動作に対応する記号を含む翻訳結果を性能良く出力することのできる翻訳装置、手話映像生成装置、およびプログラム
画像符号化装置及びそのプログラム 特開2021-177599	ブロックベース符号化に対し親和性の高い態様で、画面内予測精度を高めつつ符号化効率を向上させた画像符号化装置及びそのプログラム
送信サーバ、送信装置、受信装置及びプログラム 特開2021-177611	デジタル放送で利用する誤り訂正符号の符号化データを基に、効率的に、通信を利用して受信側からの再送要求に応じてデータ再送を可能とする送信サーバ、デジタル放送に係る送信装置及び受信装置、及びプログラム
ディスプレイ変調度測定装置およびそのプログラム 特開2021-177626	精度の高いディスプレイ変調度を求めることが可能なディスプレイ変調度測定装置およびそのプログラム
発話音声テキスト生成装置、発話音声テキスト生成プログラムおよび発話音声テキスト生成方法 特開2021-179468	複数の発話音声を含んだ音声データと対応するテキストデータとから、発話区間ごとの音声データとテキストデータとを生成することが可能な発話音声テキスト生成装置、発話音声テキスト生成プログラムおよび発話音声テキスト生成方法
フレームトランスファー型CCDエリアイメージセンサ 特開2021-180218	スミアの発生を抑制したフレームトランスファー（FT）型CCDエリアイメージセンサ
放送通信制御装置、番組選択装置、放送通信制御システム、及びプログラム 特開2021-180381	特定の配信サーバへアクセスが集中した場合に、映像の品質低下を抑制する放送通信制御装置、番組選択装置、放送通信制御システム、及びプログラム
画像復号装置及び画像復号方法 特開2021-180492	符号化効率を改善する画像復号装置及び画像復号方法
予測画像補正装置、画像符号化装置、画像復号装置、及びプログラム 特開2021-180495	予測画像を適切に補正可能とする予測画像補正装置、画像符号化装置、画像復号装置、及びプログラム
二方向狭指向性マイクロホン 特開2021-182662	複雑な構造や製造を回避して、1本の音響管を使用し直線二方向に狭指向性で分離収音可能とする二方向狭指向性マイクロホン
インコヒーレントデジタルホログラム用撮像素子、撮像装置およびその撮像素子の製造方法 特開2021-184002	1回の撮影でホログラムの強度と位相の計算に必要な干渉縞情報を取得できるインコヒーレントデジタルホログラム用撮像素子、撮像装置およびその撮像素子の製造方法
光変調素子及び位相計測装置 特開2021-184033	従来、複数の光学素子の組み合わせで実現していた機能を単一素子で実現することができる光変調素子及び位相計測装置
変換装置、学習装置、およびプログラム 特開2021-189596	映像を入力し、その映像内の特定の部分領域を切出す処理を行うことなく、その入力データに対応する記号列を出力できるようにするための変換装置、学習装置、およびプログラム

発明考案の名称	技術概要
映像区間重要度算出モデル学習装置およびそのプログラム、ならびに、要約映像生成装置およびそのプログラム 特開2021-189967	映像以外の特殊なデータを必要とせず、要約映像を生成することが可能な映像区間重要度算出モデル学習装置およびそのプログラム、ならびに、要約映像生成装置およびそのプログラム
固体撮像素子およびその製造方法 特開2021-190478	性能を低下させることなく、製造工程の簡略化および低コスト化が可能な固体撮像素子およびその製造方法
カラー撮像素子及び電子機器 特開2021-190481	垂直色分離型のカラー撮像素子において、入射光の各波長域成分が対応する光電変換層で焦点を結び色分離することを可能とするカラー撮像素子及び電子機器
画像符号化装置、画像復号装置及びこれらのプログラム 特開2021-190718	HEVCやVVC等のブロックベース符号化に対し親和性の高い態様で、画面内予測において8画素×8画素以下の比較的小さなサイズの被予測ブロックにおいても、方向性予測を高精度に行う画像符号化装置、画像復号装置及びこれらのプログラム
彩度補正装置、映像信号変換装置及びプログラム 特開2021-190788	HDR映像信号をSDR映像信号に変換する際の彩度補正処理において、彩度の不連続を抑制する彩度補正装置、映像信号変換装置及びプログラム
ゲートウェイ装置、受信装置、データ通信システムおよびプログラム 特開2021-190865	マルチキャスト方式で伝送されたデータのより確実な受信を図るゲートウェイ装置、受信装置、データ通信システムおよびプログラム
三次元画像処理装置及びプログラム 特開2021-190970	三次元画像を伝送または蓄積するシステムにおいて、三次元モデルを所望の視点でレンダリングする際に、レンダリングにより得られる二次元画像の劣化を補正する三次元画像処理装置及びプログラム
送信サーバ、送信装置、受信装置及びプログラム 特開2021-192502	デジタル放送で利用する誤り訂正符号の符号化データを基に、効率的に、通信を利用して受信側からの再送要求に応じてデータ再送を可能とする送信サーバ、送信装置、受信装置及びプログラム
決定装置、符号化装置、復号装置及びプログラム 特開2021-193797	イントラ予測における符号量を減少させ、符号化効率の改善を図る決定装置、符号化装置、復号装置及びプログラム
翻訳装置およびプログラム 特開2021-196708	手話ラベルに対応するモーションデータが不足している場合にも翻訳前の自然言語文全体の意味を適切に表す翻訳結果を出力することのできる翻訳装置およびプログラム
立体像奥行き制御装置及びそのプログラム 特開2021-196915	空間の歪みと形状の歪みとの割合を調整できる立体像奥行き制御装置及びそのプログラム
画像変換用ネットワーク学習装置およびそのプログラム、ならびに、画像変換装置およびそのプログラム 特開2021-196943	CG画像を実写化するニューラルネットワークを学習する画像変換用ネットワーク学習装置およびそのプログラム、ならびに、画像変換装置およびそのプログラム
触覚メタデータ生成装置、映像触覚連動システム、及びプログラム 特開2021-197110	映像から動的な人物オブジェクトを自動抽出し対応する触覚メタデータを同期して自動生成する触覚メタデータ生成装置、生成した触覚メタデータを基に触覚提示デバイスを駆動制御する映像触覚連動システム、及びプログラム
固体撮像素子およびその製造方法 特開2021-197518	画質が良好な固体撮像素子およびその製造方法
カメラ制御装置及びプログラム 特開2021-197572	外部から得られる位置情報を用いることなく被写体の位置を検出し、被写体を常にカメラの視野内に収めるカメラ制御装置及びプログラム
多重信号変換装置及びそのプログラム、並びに、受信機 特開2021-197584	CMAFの適否に関わらず、正常に映像・音声を再生できる多重信号変換装置及びそのプログラム、並びに、受信機
映像変換装置及びプログラム 特開2021-197633	人手による作業を軽減しながら、高解像度の番組映像から番組内容に応じた画像を含んだ低解像度の番組映像を作成する映像変換装置及びプログラム
映像符号化ストリーム編集装置及びプログラム 特開2021-197643	映像符号化ストリームを部分編集する際の品質の劣化を低減する映像符号化ストリーム編集装置及びプログラム
視聴端末及びプログラム 特開2021-197671	複数の動画再生要素によりそれぞれの動画をしているときに再生時刻がずれたとしても、その再生時刻のずれを訂正し、動画再生の同期を実現する視聴端末及びプログラム
学習装置、ループフィルタ制御装置及びこれらのプログラム、並びに、復号装置 特開2021-197683	ループフィルタの処理量を抑制できる学習装置、ループフィルタ制御装置及びこれらのプログラム、並びに、復号装置
映像入力装置、映像出力装置、映像伝送システムおよびプログラム 特開2021-197700	隣り合う映像間の境界線の発生を抑制する映像入力装置、映像出力装置、映像伝送システムおよびプログラム

NHK技研最新刊行物

『NHK技研だより』

(2022年1月号)

Top News

おかげさまで技研ビル20周年！

News

「8K、AIの研究が高く評価されました！」
「北海道、福井、愛知で研究成果を展示」

R&D

「高精細な光線再生型3次元映像表示技術～光線数を増やすための光線多重技術を開発」

連載 新しい視聴体験をもたらすコンテンツ制作技術 (第3回/全3回)

「ハイスピード撮像技術」



『NHK技研だより』

(2022年2月号)

Top New

研究開発成果の社会還元に向けて

News

「さまざまな分野の研究が評価され、受賞につながりました」
「ヨーロッパ最大の放送・メディア技術展IBCにオンライン出展中」

R&D

「有機撮像デバイス～小型で高精細なカラーカメラの実現に向けて」

連載 Future Visionが目指す未来のメディア (第1回/全4回)

「2030-2040年に向けた放送メディアの未来ビジョン」



『Broadcast Technology No.86 Autumn 2021』

Topic

“Application of AR/VR Space-sharing System to New Expression at TV program”

Future

“Transmission Evaluation of a Transmitter Compensating for Non-linear Distortion in Satellite Transponder”
“Transmission Scheme with Multi-Level Coded Modulation”

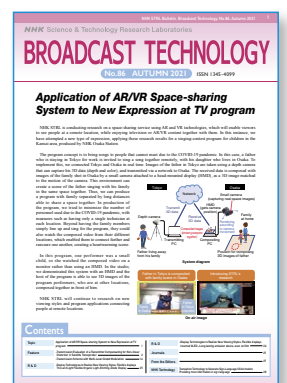
R&D

Display Technologies to Realize New Viewing Styles: Flexible displays
“Thin and Light Flexible Organic Light-Emitting-Diode Display”
“Inverted OLED -Long lasting emission device, even on film”

NHK Technology

“Translation Technology to Generate Sign-Language CG Animation Providing more information in sign language”

Journals
From the Editors



VIEW (NHK エンジニアリングシステム友の会会誌)

Vol.41 No.2 (通巻237号)

発行日●2022年3月25日

編集・発行●一般財団法人 **NHK** エンジニアリングシステム

〒157-8540 東京都世田谷区砧 1-10-11 TEL: 03-5494-2400(代) FAX: 03-5494-2152

制作・印刷●三美印刷株式会社

*掲載記事の無断転載を禁じます。

ITE

4K/8Kテレビシステム評価用標準動画像 Aシリーズ 頒布のご案内

一般社団法人映像情報メディア学会（ITE）は一般社団法人電波産業会（ARIB）とともに、4K/8Kテレビ放送技術の開発に必要不可欠である「超高精細・広色域標準動画像Aシリーズ」の頒布を開始いたしました。

【主な特徴】

- ・ITU-R 超高精細度テレビジョンのスタジオ規格ITU-R勧告BT.2020（Rec.2020）に準拠した動画像
- ・3300万画素CMOS 3板カメラを用いて制作した8K非圧縮映像
- ・撮影した4320/59.94Pのシーケンスからクロッピングした2160/59.94Pの4K素材もセットで提供
- ・UHDTVマルチフォーマットカラーバー（ARIB STD-B66 1.0版準拠）も提供
- ・シーケンスは、「舞妓」「着物姿の女性」「十二単の女性」画像を含む全11シーケンスで構成



仕様	Aシリーズ（8K素材）	Aシリーズ（4K素材）
画像フォーマット	7680×4320画素, 12bit, RGB 4:4:4, 59.94Hz(59.94p)	3840×2160画素, 12bit, RGB 4:4:4, 59.94Hz(59.94p)
シーケンス数	11	10
シーケンス時間		15秒
データ形式		DPX

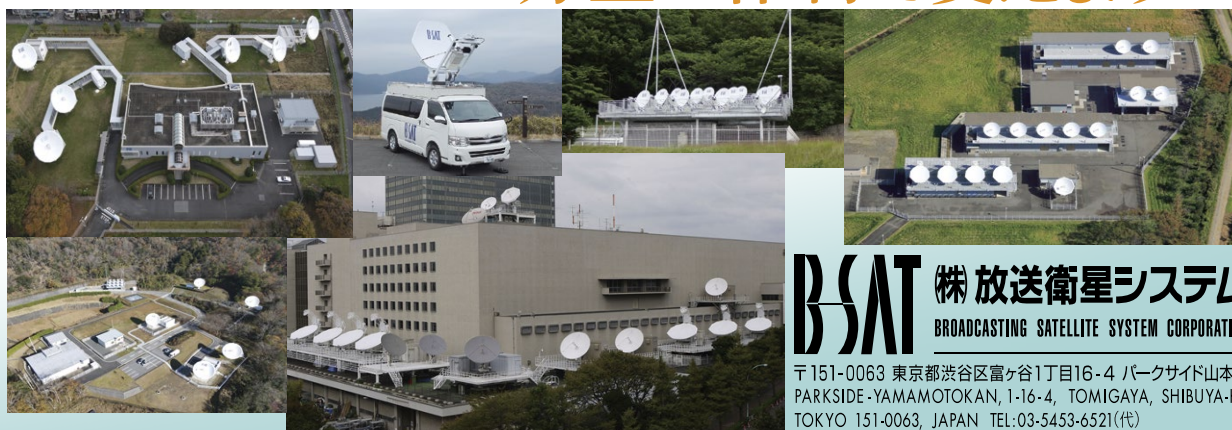
一般社団法人 映像情報メディア学会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 tel:03-3432-4677 fax:03-3432-4675

<https://www.ite.or.jp/content/chart/>



新4K8K衛星放送の普及を 万全の体制で支えます



BSAT (株) 放送衛星システム
BROADCASTING SATELLITE SYSTEM CORPORATION

〒151-0063 東京都渋谷区富ヶ谷1丁目16-4 パークサイド山本館
PARKSIDE-YAMAMOTOKAN, 1-16-4, TOMIGAYA, SHIBUYA-KU
TOKYO 151-0063, JAPAN TEL:03-5453-6521(代)

“挑戦”と“改革”に取り組み 「なくてはならないNT」へ



NHKテクノロジーズ

〒150-0047 東京都渋谷区神山町 4-14 第三共同ビル

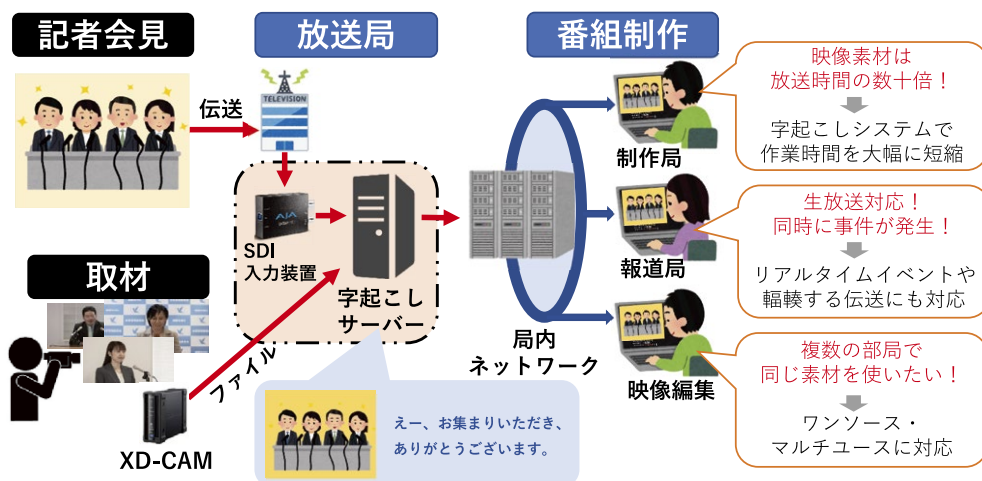
TEL:03-3481-7820 FAX:03-3481-7623 <https://www.nhk-tech.co.jp>



放送業界の働き方を変える

https://www.nes.or.jp/nes_lab/01.html

字起こしシステム



一般財団法人

NHKエンジニアリングシステム

広く社会に、放送技術の可能性を届けたい

〒157-8540 東京都世田谷区砧 1-10-11
TEL: 03-5494-2400 FAX: 03-5494-2152