

■ トピックス

- ・NESラボの技術
- ・NESの技術の歴史 第1回 高精細大画面表示装置 (前半)
- ・福島邦彦氏の「フランクリン協会パワワー賞」受賞決定を祝して

■ テクノコーナー

- ・FPGAボードなどを利用したPCベースの8K映像システム

■ NHK R&D紹介

- ・次世代の衛星放送を目指して 21GHz帯衛星伝送技術
- ・視聴者がスムーズにお好みの音声を選択

■ 公開されたNHKの発明考案

■ NHK技研最新刊行物

トピックス

NESラボ*の技術

—AR/VR関連技術

NHKでは、わかりやすく楽しい番組をお届けするためにさまざまな技術を駆使して番組制作を行っています。特撮やCG、合成を駆使したVFX (Visual Effects)、CGセットやCGオブジェクトなどを実写映像にリアルタイムに合成するバーチャルスタジオは、報道番組、スポーツ中継、ドラマ、科学環境番組、教育番組など、あらゆるジャンルの番組にとって、なくてはならないものになってきています。一方、こうした映像制作には手間がかかり、制作コストが増大する場合があります。ハードウェアは放送を前提としたものが多く、設備投資もかさむ傾向にあります。

こうした背景の中、NESラボでは、効率的に安価にVFXやバーチャルスタジオの効果を活用できるシステム、アプリケーションの開発に取り組んでいます。画像処理に関わる技術は、放送外の用途に展開できるものも数多くあります。本稿では現在、実用化が進み、活用できるレベルにあるいくつかの技術に関してご紹介します。

簡易バーチャルシステム

バーチャルスタジオは映像表現の幅を広げ、大道具や小道具が不要になるなど、さまざまなメリットがあります。バーチャルスタジオを構築するためには、撮影しているカメラがどのように動いているかのデータを計測してCG描画装置に渡す必要があります。放送局では、ペDESTAL (カメラ台) やクレーンの各回転動作部にロータリーエンコーダーなどの物理センサーを装着した特殊な機材を使用するのが一般的です。しかし、価格が高く、定期的に精密なメンテナンスが不可欠なことから、予算の少ない地方局などでは導入が難しいのが現状です。そこで、慣性センサー (MEMS) と小型のセンサーカメラをカメラに装着し、物理量の計測と画像処理で三次元位置と回転角度を計測するハイブリッドセンサーを開発しました (図1)。安価でどんなカメラにも装着でき、手持ちの状態でも撮影している映像にもCGを合成することが可能です。ライセンスフリーで使用で

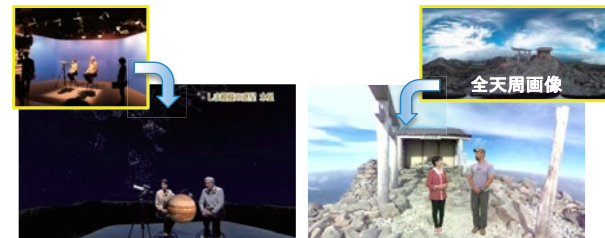
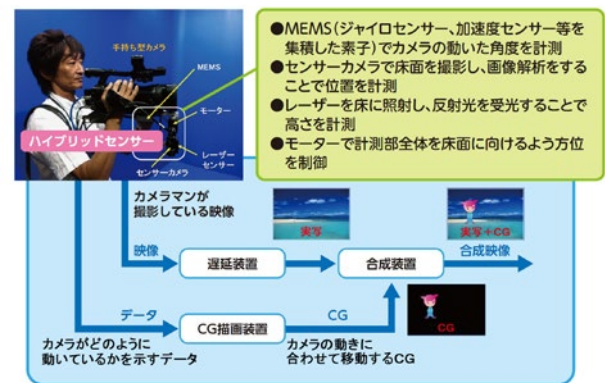


図1 簡易バーチャルシステム

きるUnityを用いたCG描画装置も併せて開発しており、別途撮影した全天周映像を背景として合成することも可能です。放送局に限らず、エンターテインメントに活用するなど、さまざまなソリューションをご提供することが可能です。

マルチモーション

スポーツ中継では、選手の動きをストロボ写真のように重ね合わせて表示するマルチモーション効果が有効です (図2)。スローモーションとは異なり、姿勢の変化を比較しながら確認することができるなど、わかりやすい放送につながり、技術解説にも活用されています。しかし、この映像を生成するためには、図3に示すように画像内から選手を高速、高精度に抽出する必要があります。このことが従来大きな課題となっていました。そこで、NESラボでは新しい抽出アルゴリズムの開発や、プログラムの最適化による映像生成時間の高速化、手作業での修正を行いやすいマンマシンインターフェースの改善などを図り、誰でも手

* 理事長特命研究成果事業化プロジェクト (通称: NES ラボ)

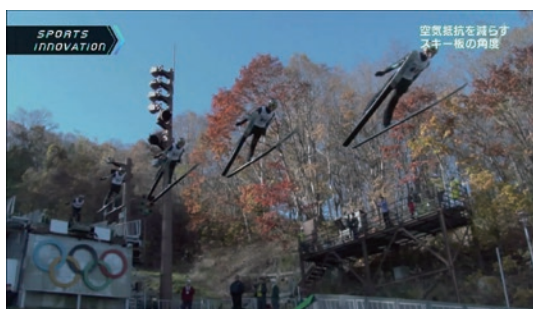


図2 マルチモーション

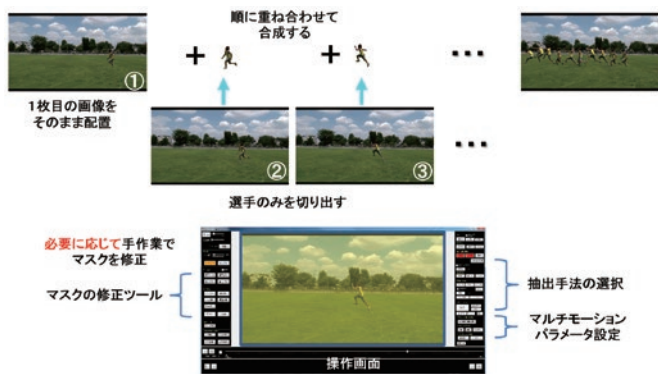


図3 マルチモーション生成方法

軽に活用できる高機能なソフトウェア/システムを開発しました。用途に合わせて表示する枚数やインターバル、次の映像に切り替わる時間なども自由に設定することができます。放送利用はもとより、スポーツ競技団体における選手の育成/強化や、物体の運動解析等での各種研究機関での活用などにも手軽に役立てて頂くことが可能です。

スポーツバーチャルとAIロボットカメラ

CGの番組利用はスタジオ番組に限らず、スポーツ中継においても幅広く行われています。例えばゴルフや野球のボール、投てき競技のやりなどの軌道をCGで表現したり、水泳やスキージャンプで最高記録をラインで表示するなど、ご覧になった方も多いと思います(図4)。視覚的にわかりやすい映像効果で、解説にも有効ですが通常の中継機材に加えて、バーチャルシステムのハードウェア、予算が必要になります。スポーツ中継は大規模になることも多く、手軽に活用できるツールが欲しいとの要望も少なからずあります。そこで、フィックスのカメラの映像を収録し、画面内で飛行体の位置を手動で数点指定するだけで、その軌跡を生成して動画として表示するソフトウェアも開発しました。プレイ後の使用にはなりますが、安価で汎用性があり、さまざまな競技に活用することができます(図5)。

最近では撮影用カメラ自体を自動化する研究開発も進んでいます。放送カメラマンの撮影テクニックを盛り込んだAIロボットカメラ(図6)は、被写体を自動で認識し挙動を把握しながら自然なカメラワークで撮影を行うことを目指しています。カメラの動きデータを同時に取得できるため、スポーツバーチャルのソースカメラとしても活用することができます。開発途上ではありますが、映像表現の充



図4 スポーツバーチャル映像例



図5 飛行体軌跡表示アプリケーション



図6 AIロボットカメラ

実を目指し、カメラの台数が増える傾向にある現場にとっては、要員の面でも助けとなることが期待されています。

今後に向けて

センシングと画像処理技術を駆使したさまざまな放送用アプリケーション、システムの実用化に取り組んでいます。これまで、その多くが実際に番組に活用され、役立てられてきました。ベースとなる技術は放送のみならず、幅広い分野への応用が可能です。センサーや画像を用いた人物の挙動解析、物体の振動解析、エンターテインメントへの活用など、皆様のご要望に合わせたソリューションのご提供も可能です。コンサルティングも受託できますので、お困りの案件がありましたらぜひご相談ください。

(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 加藤 大一郎

NESの技術の歴史 第1回 高精細大画面表示装置（前半）

当財団は、設立当初から現在までさまざまな大画面の表示装置（設立当時はハイビジョン、現在は8Kなので高精細表示装置）を取り扱ってきました。この中で筆者が多少関係したもの（当財団の当事者として、外部の関係者として、など立場はいろいろありますが）を紹介します。今回は大画面に特化し、プロジェクターの方式で項を分けてみました。今となっては存在しない技術もあり、高精細大画面表示に関わった当時の苦労と喜びを少しでも感じていただけたら幸いです。

CRTプロジェクター

当財団の設立間もない1985年の国際科学技術博覧会（筑波科学博）の政府出展館「つくばエキスポセンタ」のコズミックホールにおいて、当財団はハイビジョンシアターの構築を担当しました。筆者はNHK放送技術研究所の立場からシアターで使用するプロジェクター開発に関わりました。図1は日本電気ホームエレクトロニクス株式会社（2000年に事業終了）が開発したメニスカス補正レンズ付きの10インチシュミット式投写管の構成で、1セット（R、G、Bの計3本）での光出力は360ルーメン、これを図2のように4段（CRTは計12本）重ねて400インチ（8m×

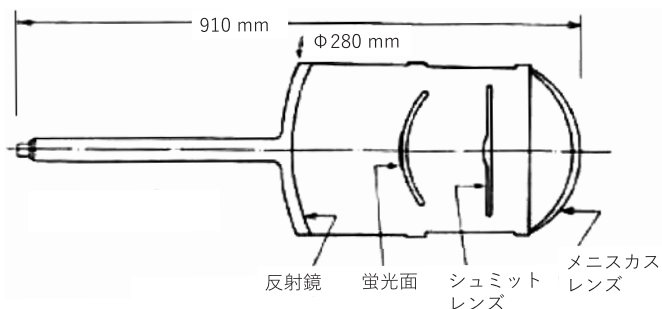


図1 メニスカス補正レンズ付きの10インチシュミット式投写管

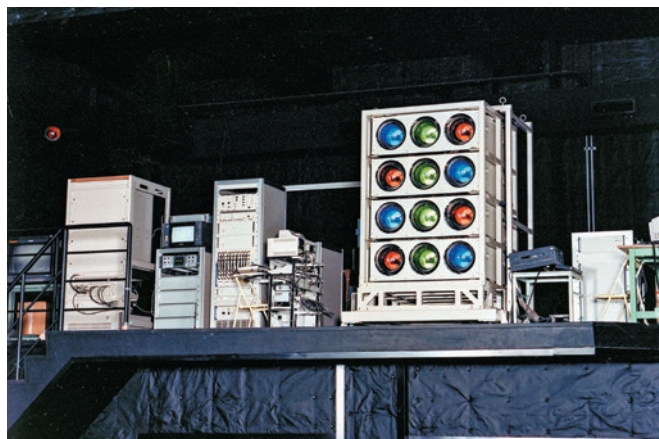


図2 筑波科学博コズミックホールのハイビジョンプロジェクター（提供NHK）

4.8m：この時代のハイビジョンは16：9ではなく5：3でした）スクリーン上へ投映しました。ほとんど怪物みたいな大きさで光出力がたったの1500ルーメン以下、と思われるかもしれませんが、その当時1000ルーメンを超えることは非常に大変だったのです。最近では投射エンジンの光出力が向上したためスクリーンゲインが1程度のもが使われますが、当時は低い光出力を補うためレンチキュラーを組み合わせてスクリーンゲインが約4のリアスクリーン（コズミックホールはプラネタリウムのドームとの共存にするため背面投射）が用いられました。図3にコズミックホールのシアター外観を示します。正面で画像が表示されているところが400インチ画面です。

ところで図1は普通のCRTではないと思った方、鋭いですが蛍光体に電子を当てて出た光で画像表示するのでCRTです。図1では電子線が左から出て蛍光面に当たり、そこから出た光はいったん左側に進んで反射鏡で反射されて右側に出ていきます。投写レンズの働きは反射鏡が行い、右にある円形のもの（メニスカス補正レンズ）は収差補正をするものです。“普通の”投写型CRTは図4のように左から出た電子線が蛍光体層の裏に当たり光は右方向に出てそのまま投写レンズに入ります。このほうが設計に自由度があり高画質化も容易だった、という理由だと思いますがその後も多く用いられたのはこのタイプのCRTでした。



図3 筑波科学博コズミックホールのシアター外観（提供NHK）

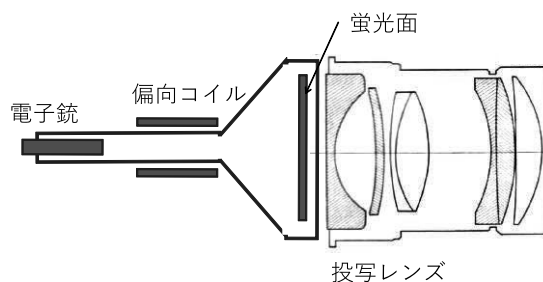


図4 通常の投写型CRTの構造

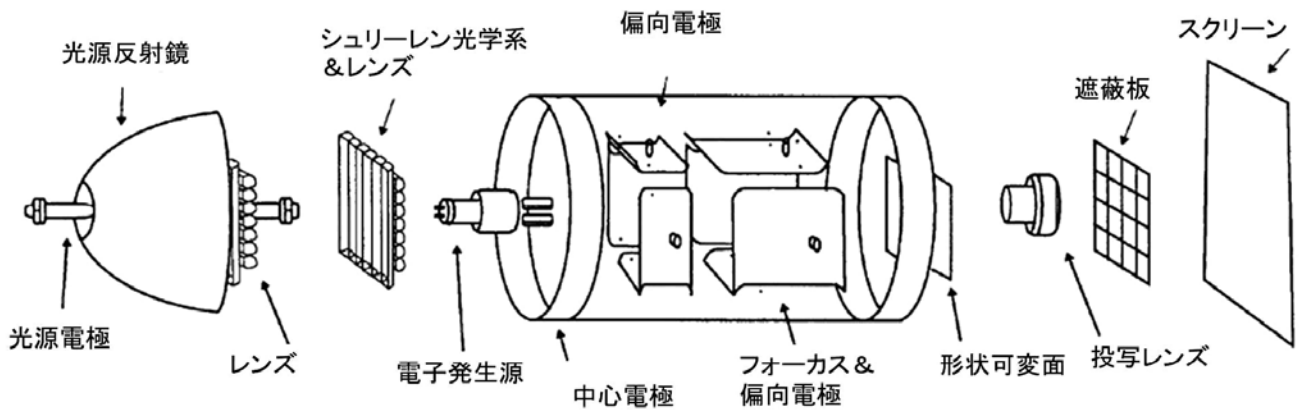


図5 Talariaの構造 (W.E.Glenn, "The use of optical diffraction to produce images", SID Journal 5/3,1997より)

ライトバルブ

ライトバルブという用語は、入射光を変調させる装置という意味で、ここでは油膜などの形状可変の物質を用いたプロジェクターという意味で用いました。このプロジェクターは前項のシュミット式と同じく今では見ることはありませんが、筆者はNHK技研でハイビジョン研究をしていた1980年代に取り扱いました。当財団は、CRTプロジェクターでは困難な高い光出力が必要とされる用途で使用しました(1990年に北九州国際会議場のメインホール200インチ用として設置)。米国GE (General Electric) 社の製品でTalariaという商品名でした。どうしたら油膜が光って画像を表示できるのだろうと思った方、大丈夫です、そのようなことはありません。図5はGE社の論文からの図です(日本語は筆者が付けました)。形状可変面に映像信号で変調した電子で表面にひずみを付け、そこに強力な光を照射します。ひずみのないところからの光はブロックし、画像で生じたひずみからの散乱光だけをスクリーン上へ投映します。この仕組みはシュリーレン光学系と呼ばれていました。ちなみにTalariaではR、G、Bで電子銃への映像信号の変調方法を変えることでカラー表示をします。サブキャリアも用いているのでNTSC方式でのカラー化に近いといえる方式です。電子が当たって形状が変化するようにまず面を加熱するのに時間がかかるなど使い勝手はお世辞にも良いとは言えませんが、CRTプロジェクターの数倍の光出力を得ることができました。当財団が納入したのはGとR、Bを分離した2管式で約3000ルーメンだったようです。一時期NHK放送センターで使用されたアイドホール(Eidophor)もほぼ同じ原理でこちらはスイスのグレッタク社(GRETAG)の製品です。これらの方式のプロジェクターは、後述のILAプロジェクターなどで置き換えられていったように見えます。

液晶プロジェクター

筆者は1994年から1998年までNHK技研から当財団に向向して、いくつかのハイビジョンシアターの構築に

関わりました。その中で1996年オープンの佐賀市立図書館ハイビジョンシステムで使用した液晶プロジェクターの紹介をします。当財団が液晶プロジェクターでハイビジョンシアターを構築するようになったのはこのシアターが最初だと思います。120インチでの偏光眼鏡式3D表示で、三洋電機(現在はパナソニックの完全子会社)製のハイビジョン液晶プロジェクターを2式フロント投射で使用しました。その当時は、ハイビジョン対応といっても液晶素子自体はフルハイビジョンにはなっていませんでした。液晶プロジェクターは現在も使用される技術ですので詳細説明は割愛しますが、後述のD-ILAのような反射型液晶ではなく透過型液晶素子によるプロジェクターです。

ILAプロジェクター

前項と同じく1996年オープンの科学技術館「ユニバース」(その後2008年に改装され、現在はDLPプロジェクターを用いたフルデジタルドーム「シンラドーム」)に当財団が設置したILAプロジェクターを紹介します。これはヒューズ・エアクラフト(Hughes aircraft)社が開発したILA(Image Light Amplifier)素子をもとに同社と日本ビクター(現在はJVCケンウッド)が共同で製造したプロジェクターで、原理は図6です(日本語は筆者が付けました)。ILA素子とは遮光層を挟んで片側が光電変換面、もう片側が液晶面となっているもので、光源変換面に弱い光を照射することで生じる電圧で液晶を駆動し液晶面に入射する光の偏光を制御するものです。それならばCRTで光電変換面に投射する代わりにトランジスタで駆動すればいいではないかとお考えの方、そのとおりです。これは現在のD-ILA素子(これは商標で、一般的にはLCOS:Liquid Crystal On Silicon素子と呼ばれます)の前身なのです。図7が外観です。これが出てきて液晶での高出力表示への道が大きく開かれたように見えました。

D-ILA素子による8Kプロジェクター

前項までと比較すると最近の話題ですので詳細な説明

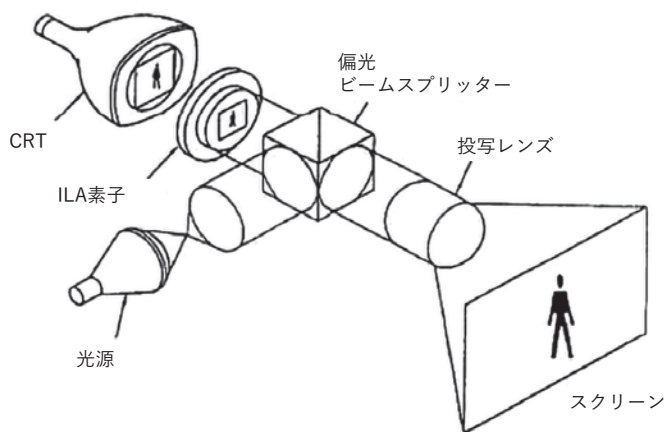


図6 ILAプロジェクターの原理

(W.P.Bleha, "Image Light Amplifier (ILA) Technology for Large-Screen Projector", SMPTE Journal, 1997 Oct.より)



図7 ILAプロジェクターの外観

(Hughes-JVC Technology社パンフレットより)

は不要と思います。当財団はNHK技研における8Kシステム研究の初期の頃から関わってきました。8K大画面表示装置では、JVCケンウッドの4K D-ILA素子を組み合わせた8Kプロジェクターの設置・調整を行っています。2005年の日本国際博覧会「愛・地球博」でのスーパーハイビジョンシアターと、同じ年にオープンした九州国立博物館に設置したのは図8のタイプでG素子2枚を組み合わせて8K表示をするユニットとR、B素子各1枚のユニットの構成で、8K表示は輝度に大きく影響するGのみでした。

この表示装置はプロジェクターヘッドが2台のため調整やメンテナンスに課題があり、これらの課題を解決する方法としてウォーピングプロジェクターが開発されました。今回は高精細大画面表示装置の後半として、ここ10年間での当財団の高精細表示に関する取り組みのまとめ



図8 2ユニット構成の8Kプロジェクター (NHK提供)

を予定していますので、このプロジェクターの詳細はここで紹介します。

おわりに

大画面高精細表示ではずいぶん大きな変化があったことがお分かりかと思います。今後はこの世界でもうこのような大きな変化は起こらないだろうと思う方もいらっしゃると思いますが、そんなことはありません。当財団ではまだ直接扱ってはおりませんが、いくつか紹介しましょう。

前述以外のプロジェクター：テキサス・インスツルメンツ社のDMD (Digital Mirror Device) 素子を用いた8Kプロジェクターが実用化されています。高輝度、高フレームレート表示対応可能という特徴があります。

レーザー光源：高効率化、広色域化のために光源にRGBレーザーを用いた8Kプロジェクターが開発されています。光源のレーザー化は今後増えていくと思われます。

プロジェクター以外での大画面： μ LEDでの8K表示装置が使われ始めています。用途によってプロジェクターとのすみ分けが生じるでしょう。

ここで少し前に見たインド映画のセリフをもじってみました。「変化がなくなって落ち着くとき、それは技術が止まってしまった時です。」今はまだそのような時ではありません。どうぞご安心を。

(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 金澤 勝

福島邦彦氏の「フランクリン協会バウワー賞」受賞決定を祝して

NHKのOBである福島邦彦氏が米国フランクリン協会から2021年バウワー賞を受賞することが決定しました。福島氏が、長年脳の情報処理機構のモデル化の研究に取り組み、優れたパターン認識機能を持つ神経回路モデル「ネオコグニトロン」の開発により、今日のAI技術（ディープラーニング技術）の礎を築いた功績が認められたものです。

また2020年1月には、「神経回路モデルに基づくパターン認識技術の先駆的研究とパターン認識への応用」で高柳健次郎財団から高柳健次郎賞を授与されています。重ねての受賞をお祝い申し上げます。

フランクリン協会バウワー賞とは

フランクリン協会は、アメリカ東部のフィラデルフィア市にある組織で、アメリカ独立運動の中心人物の一人であり科学者でもあったベンジャミン・フランクリンの名を冠している由緒ある組織です。科学博物館を運営するとともに科学分野での教育の実践と支援、研究開発や事業化に対する顕彰などを行っており、1824年から優れた功績の科学者、技術者、実業家に賞を授与しています。受賞者にはトーマス・エジソン、キュリー夫人、アインシュタイン、シャノン、ビル・ゲイツなど、そうそうたる面々がそろっています。

福島氏の受賞が決定したバウワー賞は1988年から始まり毎年特定の分野を指定してその分野で特に顕著な功績のあった人を表彰する賞で、今回対象となった分野は「機械学習のためのNeural Network」でした。

受賞理由と業績概要

今回の福島氏の受賞理由と業績概要をフランクリン協会のホームページから見てみましょう。(https://www.fi.edu/laureates/kunihiko-fukushima) 受賞理由は「人工知能の発展の鍵となる貢献である最初のディープニューラルネットワーク『ネオコグニトロン』の発明を通して神経生理学の原理を工学に応用したバイオニアの研究」というものです。

以下ホームページを抄訳しますと「福島氏は1979年に脳の視覚ネットワークのモデルを設計し、学習機能を持つ多層のニューラルネットワークモデルを構築しました。

福島氏が神経生理学と電気工学の間の橋渡しをした研究が、今日人工知能と呼ばれている分野で革命を起こし画像認識技術の大きな発展をもたらし、車の自動運転や顔画像認識、がんの検出、洪水の予測などなど、数々の実社会での応用につながっています。

福島氏の、脳内のパターンを認識しそれらを人工ニュー

ラルネットワークに統合する能力のおかげで、我々は信じがたいパターン認識能力の技術を身の回りに持つに至っています。」

生理・心理・工学のアプローチ

ネオコグニトロンは、1965年に設立されたNHK放送科学基礎研究所（基礎研：1984年に現在の放送技術研究所に統合）で生まれました。当時、基礎研では、放送の最終的な受け手である人間の特性を多角的に明らかにし、将来のより良い放送に資するという大きな目標を掲げ、視聴覚の研究を生理学・心理学・工学の3つのアプローチで進めていました。

この分野では1950年代後半から脳の仕組みを知るために神経生理学の研究が盛んになり、高等動物の脳の細胞がどのような刺激に反応するかが盛んに調べられました。その代表と言えるのが、のちにノーベル生理学賞を受賞したヒューベルとウィーゼルの研究です。彼らはネコの脳で視覚情報処理をつかさどる入り口部分の細胞の反応を丹念に調べ、その特性を明らかにしていました。

しかしながら、このような反応を生み出す情報処理の仕組みや、さらに上位の部分での処理内容やその意味を示すことは、神経生理学だけでは困難でした。というのも当時の神経生理学が、1個1個の細胞に電極を刺して、細胞の担当する視野領域に刺激を与えながら最も適切な刺激を探し当てるといった分析的手法であったからです。

そこでモデル構築という合成的手法が登場します。生理学の成果をもとに、足りない部分には仮説を導入してコンピュータ上にモデルを構成し、さまざまな入力に対する振る舞いを調べます。その結果、全体としてどのような情報処理がなされているかを示す、あるいは目的の機能を生み出すためにはどのような仮説が必要かを導出するという考え方です。

福島氏のネオコグニトロンはそのような合成的手法をとり、生理学データをもとに必要な仮説を導入しつつコンピュータ上でモデルを構成して出来上がったものです。生理学で示された脳の個々の細胞の機能を組み合わせるとともに、多層化と情報統合の仮説を導入することにより、強力なパターン認識能力を生み出すことを示しました。その認識能力の革新性が今日多くの応用を導くことになっています。

「ブーム」の谷間

ところで、福島氏がネオコグニトロンを開発した1974年前後は、ニューラルネットワークの研究は日本と欧米のご

く一部で細々と行われているという状況でした。その前後に起きたニューラルネットワークのブームから見れば谷間の時代です。世界的には研究の谷間の時代にあっても地道に研究を続けていたのは、そういった研究アプローチで脳機能を明らかにしようという当時のNHKの研究所の長期的な目標があったからにはほかなりません。

とはいっても、研究を維持していくためには研究成果を内外に理解してもらう努力が必要なのはいつの時代も同じです。当時、筆者は福島氏の研究グループの一員でしたので、ネオコグニトロン¹の理解を図るためのデモビデオ制作に参加しました。そのビデオ^{*1}ができたのが1986年です。

1986年といえば、ニューラルネットワークの第2のブームの引き金となるラメルハートらのバックプロパゲーション (BP) 学習法が発表された年です。彼らは“Parallel Distributed Processing” (略称PDP) という書籍で、従来のコンピュータの情報処理方式とは異なる脳型の並列分散処理方式の重要性を主張し、3層のニューラルネットワークとその学習方式BP学習を提案しました。

当時、筆者の先輩がアメリカで行われたニューラルネットワークの研究会に参加し、できたばかりのビデオを上映したところ、「これこそPDPの意図するところだ。すでに具現化しているじゃないか!」と大変な評判になりました。

その後、福島氏はしばしば国際学会で発表することになります。ネオコグニトロン¹の優れたパターン認識能力に着目し、何とかBP型の教師あり学習ができないかという思いを持つ研究者は当時からいて、福島氏が国際会議で発表するたびにディスカッションしにくる研究者がいる、と伺ったことがあります。その研究者と現在のDNNを提案した研究者たちが同一線上にあるかはわかりませんが、第2のブームが下火になったのちも、DNNの研究者たちはじっくりとネオコグニトロン¹の教師あり学習について探求していたことは確かです。DNNの発表で自らブームを作ったわけですから。

このように振り返ってみると、ブームに左右されずに強い信念を持って研究に取り組むことの重要性をつくづくと感じさせますが、同時に、研究がブームで終わり研究勢力がしぼんでしまう中、信念に基づいて研究を続ける研究者の偉大さには頭が下がります。

プロの囲碁棋士もかなわないAI囲碁

ニューラルネットワークの研究を進めるにあたって、脳型の並列情報処理の重要性・優位性を主張する際によく引き合いに出したのが、コンピュータによるチェスと囲碁でした。

チェスの世界では、1997年にはディープ・ブルーという専用の計算機がプロを負かした、というニュースが話

題になりました。ディープ・ブルーは超高速でチェス専用のプロセッサを512個走らせるコンピュータで、1秒間に2億手の先読みをさせる能力があったようです。自分の手と相手の手を場合分けして先読みし、最もよさそうな手を選ぶというしらみつぶし手法で、従来の逐次処理型情報処理手法と考えられます。

一方、囲碁は、盤面が8×8のチェスに比べて19×19と広いので、先読みが深くなると手数が増えることから、順次処理では処理しきれません。プロ棋士は、碁盤に並ぶ白黒の石をイメージとしてとらえ、部分的には「石の形」、全体として見た「大局観」、あるいは直観による「形勢判断」など、とてもプログラムでは書き表されない判断基準で碁を打っていると言われます。すなわち、囲碁はパターン処理つまり並列分散処理に基づく脳型コンピュータの得意とするところだ、と第2のブームのころから言われていました。

はたせるかな2016年、ついにGoogle社の「アルファ碁」が、AI技術すなわちネオコグニトロンを出発点としたDNNによるパターン認識処理をコアにした情報処理により、世界のトッププロを打ち負かしました。この分野の研究に携わったものとしては、ついにここまで来たかという思いと同時に、福島氏の業績のインパクトの大きさに思いをはせる次第です。

むすび

福島氏はネオコグニトロン¹の発表ののちに、ネオコグニトロン¹の上位層から下位層にフィードバック機構を持つ「選択的注意機構のモデル」を発表しています。このモデルは、ネオコグニトロン¹の最終層で複数の認識細胞が出力を出している際に、そのうちの一つの認識細胞の入力経路と並行する逆方向の結合をたどって、その認識結果に貢献している細胞の反応のみを活性化させたり、抑制したりする機能を持っています。このモデルは、直感的に言えば、例えば「5」にも読めるし「6」にも読めるといったあいまい文字の識別の他、だまし絵や多義図形などの理解に役立つと言えますが、決してそれだけではありません。

選択的注意機構のモデルは、人間の機能に対応させると、大量の情報の中で一部に注意を集中する選択的注意に代表される人間の高級機能をモデル化したものです。大量の情報のあふれるネット社会の中で興味ある特定の情報だけをクローズアップするような、あるいは多様な解釈の仕方を示してくれるといった、まさに今日的課題の解決に大きな役割を果たす可能性を秘めており、今後の工学的応用が期待される場所です。

(一財) NHKエンジニアリングシステム

システム技術部 特別主幹 伊藤 崇之

*1 ビデオはYouTubeで見ることができます (YouTube内の検索キーワード:「NEOCOGNITRON」)

FPGAボードなどを利用したPCベースの8K映像システム

はじめに

8K映像システムの普及を目指して、NHK技研と当財団はPCベースの8K映像システムを実現するための研究開発を進めています。

PCの性能は年々向上し4K/8K映像を取り扱うこともできるようになりましたが、高精細映像をリアルタイムに処理することは簡単ではありません。そこで、8K映像処理のうち負荷が大きい信号処理の一部をFPGAやGPUを用いて処理することで、CPUへの負荷を低減した実用的な8K映像システムの構築を目指しています。ここでは、FPGAやGPUなどのハードウェアアクセラレーションを用いたPCベースの8K映像システムの研究開発について紹介します。

PCベースの8K映像システムの概要

PCの処理性能が向上したこと、複数のPCを並列に稼働することで高性能化できることなどから、8Kなどの高精細映像を扱うシステムは、可搬型以外の用途では、今後ソフトウェアベースでのシステム構築が主流になっていくと考えられます。そこで、ソフトウェアベースで高速な映像処理を実現するため、図1に示すようなPCベースの8K映像システムを考えました。負荷の大きい映像処理を行うGPUやFPGAボード、映像入出力を行うインターフェースボード、ストレージなどを実装しシステムを構築します。目的に合ったボード類を選択して実装することで、8K映像編集やPCプレビュー、PCレコーダ、トランスコーダなどの構成に適用できます。映像圧縮などのように専用のハードウェアが必要な処理はFPGAボードに信号処理回路を実装して用います。また、汎用の画像処理はGPUを用いて高速化します。また、ストレージの高速化なども必要になります。

PCベースの8K映像システムは、各種ボードを単体のPCに搭載しても、目的に合ったボードを搭載した複数の

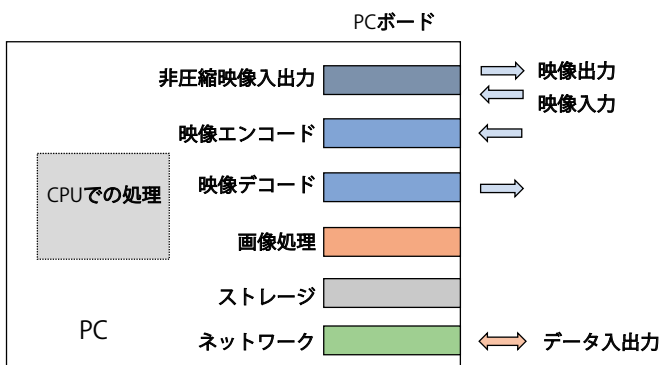


図1 PCベースの8K映像システムの概要

PCを高速ネットワークで構成しても構築することができます。

PC用FPGAボードの開発

PCベースの8K映像システムで圧縮映像を扱うには、その圧縮に対応したコーデックボードが必要です。今回、PC用FPGAボードとして、8K60Hzまでの映像をリアルタイム処理できるProResデコーダーを搭載したFPGAボードを開発しました。このボードにはミドルクラスのFPGA、2チャンネルのDRAMおよび12G-SDI 4本の映像インターフェースが搭載され、PCとはPCIexpress 8レーンのインターフェースで接続されます。図2に開発した8Kデコーダーボードを示します。

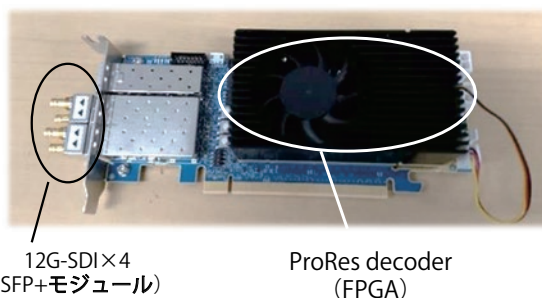


図2 開発した8Kデコーダーボード

このボードをPCで使うためには、使用するOSに対応したボードドライバーが必要になります。今回は、Linux用のボードドライバーとProRes圧縮映像を格納できるMOVファイルの再生ソフトウェアを開発しました。開発したFPGAボードと高速ストレージをPCに実装し、ドライバーおよび再生ソフトウェアを用いることで、8K60Hzでの動画ファイルのリアルタイムプレビューを実現しました。圧縮映像のデコードはボード上で実行されるためCPUの負荷は小さく、60Hzの8Kプレビューであれば小型のデスクトップPCでリアルタイム処理が可能です。

圧縮映像の8K120Hzプレビューシステム

次に、開発した8Kデコーダーボードを2枚用いた8K120Hzのプレビューシステムを試作しました。2枚のボードを使えるようにドライバーおよび再生ソフトウェアを改修しました。再生ソフトウェアで、120Hzの偶数フレームと奇数フレームを別々のFPGAボードに転送することで8K 120Hzの再生を行いました。2枚のプレビューボードと高速SSDを搭載したワークステーションで8K120Hzの再生動作検証を行った結果、フレーム落ちのない良好なリアルタイムプレビュー動作が確認できま

した。また、40Gbitのネットワークに接続し、ネットワーク経由での8K60Hz再生も検証できました。図3に8K120Hzプレビュー実験の様子を示します。



プレビューPC

図3 8K120Hzのリアルタイム再生実験

非圧縮映像の記録再生

画像評価などの目的で非圧縮映像の記録再生が必要となることもあります。そこで、市販の8K入出力ボードを用いた記録再生装置の開発を進めています。非圧縮映像の記録再生では、ストレージの動作速度を確保することが重要です。RAID構成されたストレージをOSでフォーマットし動画ファイルを再生した場合、十分な再生速度が得られずフレーム落ちが発生しました。そこで、SSDをフォーマットせず、独自のソフトウェアRAIDを構成することで、オーバーヘッドをなくし、ストレージの高速化を図りました。また、開発したソフトウェアRAIDを含めたストレージの記録再生速度を計測できるソフトウェアを開発しました。コンシューマー用SSD4台でソフトウェアRAIDを構成し、再生速度を計測した結果、非圧縮8K映像の記録再生に必要な速度が得られることが確認できました。そのほか8K再生に必要なソフトウェアを開発し、このRAID手法と組み合わせることで、非圧縮映像の8K60Hzのフレーム落ちのないリアルタイム再生を実現しました。

8Kビデオビューワー・トランスコーダ

ストレージされた8KコンテンツをPC上で確認することも必要となるため、さまざまな動画・静止画ファイルの内容を確認できる8K映像ビューワーを開発しています。現在は、ソフトウェアデコードにより圧縮映像をデコードしてPC画面に表示する機能を実装しています。圧縮形式はProRes、HQX、DNxHR、H.264/AVCイントラなどに対応し、ファイル形式はMOV、AVI、MXFに対応し

ています。ソフトウェアデコードであるため、8K再生はコマ送り程度ですが、実時間を考慮したコマ送り再生が可能です。4K映像であればリアルタイムに近い速度で再生できます。静止画連番ファイルの連続再生にも対応しています。また、GPUを検出し、ピクセルフォーマットの変換など一部の映像処理はGPUでの高速処理に対応しています。図4に8Kビデオビューワーを示します。



図4 8Kビデオビューワー

ソフトウェアエンコードへの対応も進めており、デコード機能と組み合わせることで、圧縮形式とファイル形式を自由に変換するソフトウェアトランスコーダの開発も検討しています。また、8K映像のエンコード・デコード回路をFPGAボードに実装できれば、ボードを用いたハードウェアトランスコーダを利用できるため、リアルタイム以上に高速な符号化処理の実行が期待できます。

今後の展望

負荷が大きい処理をハードウェア化することで高精細映像のリアルタイム処理を実現できるPCベースの8K映像システムの研究開発を紹介しました。これまでの取り組みで、ProRes圧縮動画の8K120Hzでのリアルタイム再生および非圧縮映像の8K60Hz再生が実現できました。今後は、非圧縮映像についてはより高フレームレートでの再生および映像キャプチャー機能の検討、圧縮映像についてはエンコード機能の開発に取り組み、PCベースの8K映像システムの機能拡張に対応していく予定です。

(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 宮下 英一

次世代の衛星放送を目指して

——21GHz帯衛星伝送技術

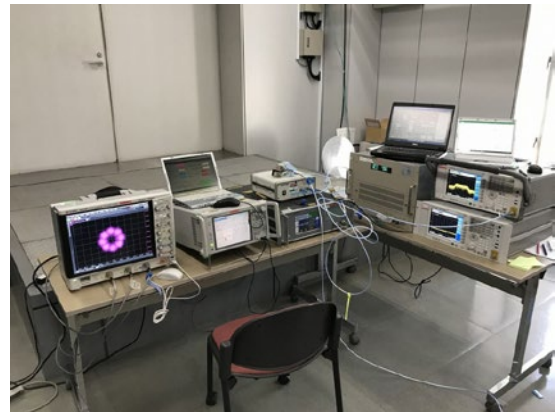
2018年12月1日から新4K8K衛星放送が始まりました。NHK放送技術研究所では、将来の衛星放送に向けて、新たな周波数帯（21GHz帯）を利用した衛星放送の研究開発に取り組んでいます。21GHz帯は、新4K8K衛星放送で使用されている12GHz帯と比較して、衛星中継器1チャンネル当たりの周波数帯域幅を広くできるため（図1）、伝送容量を大幅に増やすことが可能であり、将来の新しい放送サービスの伝送路として期待されています。しかし、より高い周波数を使用するため、降雨による電波の減衰が大きいという課題もあり、改善を進めています。ここでは、21GHz帯衛星放送に用いる伝送技術と、衛星を利用した広帯域伝送実験について紹介します。

21GHz帯衛星伝送技術

21GHz帯の広い帯域幅を生かした衛星伝送方式を検討し、送信装置と受信装置を試作しました。本装置は、キャリア変調方式に雑音耐性の高いQPSK（Quadrature Phase Shift Keying）や8PSK（8-Phase Shift Keying）を採用し、誤り訂正符号に訂正能力の高いLDPC（Low Density Parity Check）符号を用いることで、降雨による電波の減衰への耐性を高めています。これにより、21GHz帯衛星中継器1チャンネル（300MHz）当たり、最大725Mbpsの伝送が可能です。また、多重化方式には、従来のMPEG-2 TS（Transport Stream）に加え、IP（Internet Protocol）ベースのMMT（MPEG Media



(a) 送信設備



(b) 受信設備

図2 21GHz帯衛星伝送実験の様子

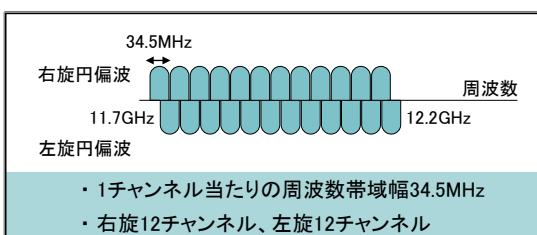
Transport) を用いることで、通信との親和性を高め、放送と通信が連携したより高度な放送サービスを提供できるようにしています。

BSAT-4a衛星を利用した21GHz帯伝送実験

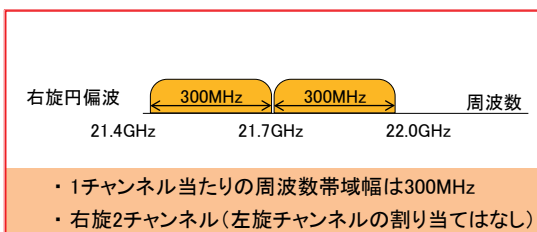
新4K8K衛星放送用として(株)放送衛星システム(B-SAT)が2017年9月に打ち上げたBSAT-4a衛星には、21GHz帯衛星中継器が2式搭載されており、この電波を利用した衛星伝送実験が可能です。21GHz帯衛星放送システムを実現するために、BSAT-4a衛星を利用した伝送実験を行い、変調方式ごとに特性を評価しました（図2）。この実験により、21GHz帯の送受信システムを検討するために必要なデータを取得することができました。今後もB-SATと協力してBSAT-4a衛星による伝送実験を行い、伝送特性の改善手法や、降雨時に通信で補償する技術などの検討を進めていきます。

NHK放送技術研究所

伝送システム研究部 小泉 雄貴



(a) 現在のBS放送(12GHz帯)衛星中継器のチャンネル構成



(b) BSAT-4a衛星に搭載された21GHz帯衛星中継器のチャンネル構成

図1 12/21GHz帯による衛星中継器のチャンネル構成

視聴者がスムーズにお好みの音声を選択

—— ネット動画配信の音声切り替え技術

NHK放送技術研究所では、インターネットを活用した安定的かつ高品質な動画配信の研究開発に取り組んでいます。今回、新たな視聴スタイルの実現に向けて、視聴者の好みに応じて音声をスムーズに切り替えながら視聴できる動画配信技術を開発しました。

オブジェクトベース音響を

インターネット動画配信サービスへ応用

NHK放送技術研究所が次世代音声サービスとして研究を進めている「オブジェクトベース音響」は、ナレーションや背景音など複数の音声素材に、素材の内容や再生条件などの情報を付与して伝送することで、視聴側で好みに合わせて音声をカスタマイズすることができます。例えば、ご家庭で放送番組を視聴する際に、ナレーションと背景音の音量バランスを変えて高齢者も聞きやすい音声に調整したり、ナレーションを外国語に差し替えて外国人の方も楽しめたりするサービスが考えられます。

そこで、インターネットの動画配信でも、オブジェクトベース音響のように、視聴者の好みに応じた音声を選択できる音声サービスを実現する研究を進めています。

スムーズな音声切り替え技術

インターネットでの動画配信では、ネットの混雑状況に応じて動画品質を切り替えるアダプティブストリーミングと呼ばれる技術が広く用いられています。この技術は、品質（解像度やビットレート）の異なる動画データ

を配信サーバーに用意し、視聴端末がネットの混雑状況に応じてできるだけ高品質な動画を自動的に選択して受信する仕組みです。

この技術を音声サービスにも応用し、視聴者の好みに応じて音声を選択できる技術を研究しています。配信側では、1つの映像素材に対して、背景音の音量バランスやナレーションの言語など、異なる複数の種類の音声素材を対応づけた動画データをMPEG-DASH (MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)^{*1}形式であらかじめ用意しておきます。視聴側では、視聴者の好みに応じて選択した音声を受信して聞くことができ、途中で音声を切り替えた際にも、音声途切れることなくスムーズに切り替えることができます。また、映像・音声を視聴するアプリをHTML5により実装することで、パソコンやスマートフォンに限らず、放送・通信連携サービス「ハイブリッドキャスト」に対応したテレビなど、HTML5対応のウェブブラウザを搭載したさまざまな機器で利用できることを目指して研究を進めています。

今後も、より快適な動画配信サービスの実現に向け、研究開発を進めていきます。

NHK放送技術研究所

ネットサービス基盤研究部 森 翔平

*1 ISO/IEC で国際標準化された動画配信技術。回線状況に合わせたビットレートの動画を配信することができる。

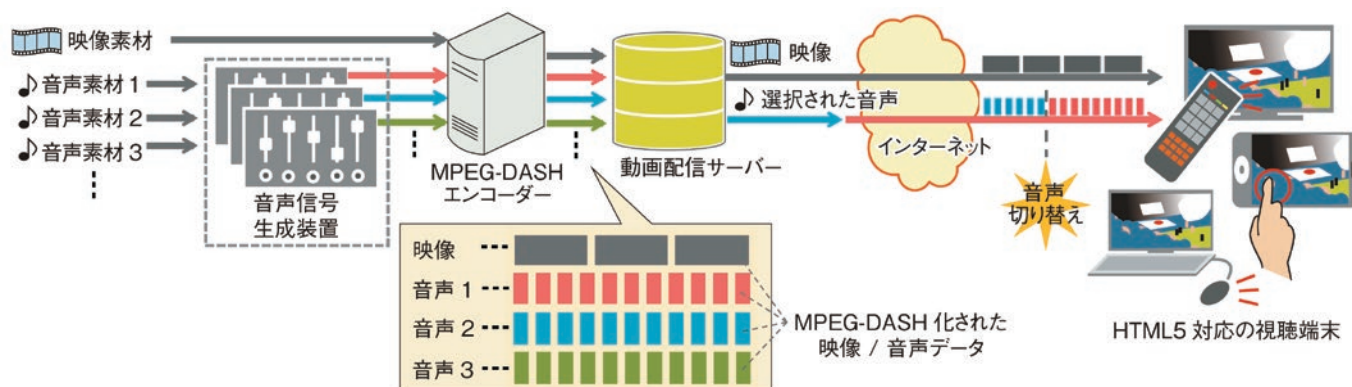


図1 オブジェクトベース音響による動画配信の音声サービスイメージ

公開されたNHKの主な発明考案

(2020年3月1日～2020年4月29日)

発明考案の名称	技術概要
音声合成装置及びプログラム 特開2020-34883	品質の良い音声を低コストにより合成する音声合成装置及びプログラム
視線誘導装置及びそのプログラム 特開2020-35249	視距離に応じて視聴者の視線を誘導する視線誘導装置及びそのプログラム
光電変換膜、撮像素子および光電変換素子 特開2020-35915	結晶セレン層の内部で光励起された電荷を、透明導電層と結晶セレン層の界面でトラップされることなく走行させることで、残像の発生を抑制し、また、界面からの電荷の逆流を防ぐことで感度の低下を抑制し得る光電変換膜、撮像素子および光電変換素子
受信機および端末装置 特開2020-36317	受信機側でアプリが起動される前に、端末装置側で受信機による放送受信の状況を把握することのできる受信機および端末装置
受信機および端末装置 特開2020-36318	受信機側でアプリが起動される前に、端末装置側で受信機による放送受信の状況を把握することのできる受信機および端末装置
仕草制御装置及び仕草制御プログラム 特開2020-37155	ロボットの感情の変化を表現できる仕草制御装置及び仕草制御プログラム
スピーカ装置、スピーカ係数決定装置、及びプログラム 特開2020-39098	複数のスピーカユニットを備えるスピーカ装置全体の指向周波数特性を制御するスピーカ装置、スピーカ係数決定装置、及びプログラム
ホウ素含有重合体 特開2020-41015	分子量が大きく、且つ、電子輸送性に優れ、発光の量子効率が高いホウ素含有重合体
撮影操作データ収集装置、及びプログラム 特開2020-43487	多様で高品質な撮影操作データを収集する撮影操作データ収集装置、及びプログラム
音声合成に用いる統計モデルを学習する学習装置及びプログラム 特開2020-46551	ポーズに関する情報を含む言語特徴量を用いて学習を行う際に、安定的な品質の合成音声信号を得るための統計モデルを生成する、音声合成に用いる統計モデルを学習する学習装置及びプログラム
ユーザ情報管理装置、ユーザ情報登録装置、ユーザ情報取得装置およびそれらのプログラム 特開2020-46795	履歴データを保護し、サービス事業者が提供するサービスと当該サービスを受受したいユーザとをマッチングさせるユーザ情報管理装置、ユーザ情報登録装置、ユーザ情報取得装置およびそれらのプログラム
ダイナミックレンジ測定装置及びプログラム 特開2020-48003	カメラのダイナミックレンジを高精度に測定するダイナミックレンジ測定装置及びプログラム
コンテンツ取得記録装置、コンテンツアップロード装置、コンテンツ検証装置およびそれらのプログラム 特開2020-48091	コンテンツの正当性を保証することが可能なコンテンツ取得記録装置、コンテンツアップロード装置、コンテンツ検証装置およびそれらのプログラム
音声ガイド生成装置、音声ガイド生成方法及び放送システム WO2018/216729	映像と連動して競技の状況を的確に伝達する音声を生成することができる音声ガイド生成装置、音声ガイド生成方法及び放送システム

発明考案の名称	技術概要
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2020-53725	インター予測を行う場合において符号化効率を向上させ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
距離計測装置及び位置算出システム 特開2020-56655	高精度な距離計測装置及び位置算出システム
ホログラム記録装置およびホログラム再生装置 特開2020-60709	単一の光学系を用い、撮影状況に応じて立体像およびパンフォーカス像の撮像機能を切替え可能なホログラム記録装置およびホログラム再生装置
三次元映像表示装置 特開2020-60711	従来よりも薄型化した三次元映像表示装置
画像表示装置、駆動方法及び駆動プログラム 特開2020-60733	低階調部分の輝度ムラを低減しつつ、空間変調による画質劣化を抑制できる画像表示装置、駆動方法及び駆動プログラム
字幕表示装置及びそのプログラム 特開2020-61670	全周映像の字幕を巻き戻しや早送りできる字幕表示装置及びそのプログラム
測定装置、プログラム、測定システムおよび制御装置 特開2020-61711	送信機の特性測定の簡素化および測定環境の小型化を図る測定装置、プログラム、測定システムおよび制御装置
液晶光変調器、液晶表示装置、およびホログラフィ装置 特開2020-64192	画素が微細で高コントラストな表示が可能な液晶表示装置を構成する液晶光変調器、液晶表示装置、およびホログラフィ装置
発話末タイミング予測装置およびプログラム 特開2020-64248	入力される音声を基にした簡単な計算処理で、未到来の発話末のタイミングを予測することのできる発話末タイミング予測装置およびプログラム
ホログラム記録再生装置 特開2020-64697	変調パターンを復調誤りが生じ難いものとすることができ、復調誤りが生じ難い変調パターンの選択を効率よく迅速に行うホログラム記録再生装置
撮像装置、ストリーキング補正装置および撮像素子 特開2020-65185	レベルが画面水平方向に変化するストリーキングであっても十分な補正効果を上げることができ、演算や解析処理が簡単で、被写体が異なることになっても補正量の変動を抑制し得る撮像装置、ストリーキング補正装置および撮像素子
輝度色度表示装置及びそのプログラム 特開2020-65217	被検信号の輝度及び色度を2次元座標系で表示する輝度色度表示装置及びそのプログラム
送信装置及び受信装置 特開2020-65254	時間変動の大きな伝送路環境においてTMC C伝送特性を改善する送信装置及び受信装置
照明制御・撮影装置、合成映像生成装置、及びプログラム 特開2020-68444	撮影映像についてより照明効果の自由度を増大させ、且つS/Nを向上させるための照明制御・撮影装置、合成映像生成装置、及びプログラム

NHK技研最新刊行物

『NHK技研だより』

(2020年 5月号)

Top News

技研のユニバーサルサービス拡充へ2の取り組み
～スポーツ手話CG・ロボット実況～

News

「地上放送高度化に向けた野外実験」
「第65回 前島密賞の受賞が決定」

R&D

「黒白映像の自動カラー化技術
貴重な黒白フィルム映像がカラーでよみがえる」

連載 技研開所90周年記念企画 研究の歴史
(第2回/全6回)

「ハイビジョンの研究」



『NHK技研だより』

(2020年 6月号)

Top News

技研は開所90周年を迎えました

R&D

「高画質で低遅延な4K8K映像を伝送
ミリ波スーパーハイビジョンワイヤレスカメラ」



『NHK技研R&D』181号

(2020年 春号)

光・磁気ストレージデバイス 特集号

巻頭言

「光・磁気ストレージデバイス特集号に寄せて」

解説

「ストレージデバイスの研究開発動向」

報告

「磁性細線メモリーにおける磁区形成・駆動と磁気光学検出」

「振幅多値ホログラムメモリーにおけるAIを用いたデータ再生技術」

「ホログラムメモリーのための位相信号検出技術」

研究所の動き

「薄くて軽く、丸めることができるディスプレイ フレキシブル有機ELディスプレイ」

「出演者や遠方の家族・友人と一緒に番組視聴 AR/VRを活用した空間共有サービス」

論文紹介/発明と考案/学会発表論文一覧/
研究会・年次大会等発表一覧



VIEW (NHK エンジニアリングシステム友の会会誌)

Vol.39 No.4 (通巻227号)

発行日●2020年7月27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)

2019年4月1日新会社始動
～総合技術会社としてさらに進化～



NHKテクノロジーズ

最先端の放送技術 × 確かな情報システム技術

〒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>



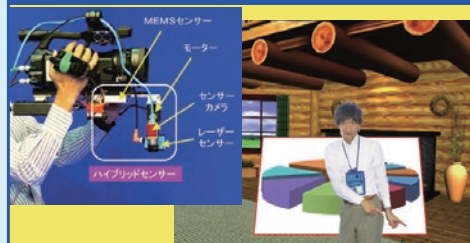
NHKエンジニアリングシステムは、NHKの研究開発成果を広く一般に還元し、技術の進歩発達と社会の発展に寄与していきます

8K-SHVの普及推進



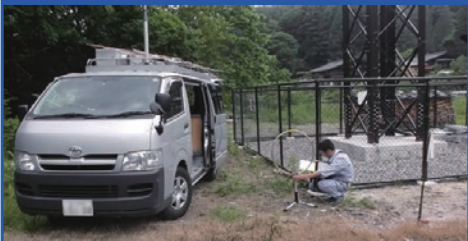
顕微鏡や腹腔鏡用8Kカメラの開発、パブリックビューイングの技術運用、公的研究プロジェクトへの参画など

映像・音響設備等に関する調査研究・システム開発



ハンディバーチャルシステム、宇宙・深海用特殊撮影システムの開発、美術館・博物館の映像・音響設備の設計整備など

放送電波の受信状況調査



放送安定受信のための調査、超高層建造物等による受信障害予測、地上波での8K伝送実験への参加

NHK 知財の周知あっせん



NHKの保有する特許、ノウハウの技術移転、展示会等でのNHK技術の紹介、NHK技術カタログの公開など

NES 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 <https://www.nes.or.jp>