

オリンピックとともに進化・発展するテレビ放送

Television Broadcasting Has Evolved with Olympic Games

栗田泰市郎

Abstract

テレビ放送技術のこれまでの進展と今後について、オリンピックとの関連に着目しながら述べる。幻となった1940年の東京オリンピックに向けて、オリンピックテレビ放送の実現を目指して中継車など様々な機器が開発された。1964年の東京オリンピックでは、カラーカメラや国際衛星中継技術など一連の国産テレビ機器・技術が開発・実用化された。高精細テレビ「ハイビジョン」は、1988年ソウルオリンピックでの実験放送、1998年長野冬季オリンピックでの機器開発などを経て今日の発展に至っている。現在、超高精細テレビ「8Kスーパーハイビジョン」の本放送を2020年の東京オリンピックで実現すべく、機器開発や体制作りが精力的に進められている。

キーワード：オリンピック、テレビ放送、ハイビジョン、8K、スーパーハイビジョン

1. はじめに

「放送は技術を活用した文化である」と言われる。そのとおり、技術の様々な進歩が放送の進歩・発展を生み出してきた。最先端の技術を駆使した放送システムや機器が、新たな放送文化を創造する原動力となってきたのである。これはオリンピック放送においても同様である。それどころか、オリンピックは世界中の人々が注目する一大祭典であるため、放送を通してより多くの人々にオリンピックの感動を共有してもらおうと、オリンピックに合わせて新たな技術が開発されてきた。そしてそれらがオリンピック放送はもちろんのこと、それ以降の放送もより充実させてきたのである。この状況は現在でも変わっておらず、新技術開発の目標時期を次のオリンピックに設定することがよく行われている。

このように、テレビ放送の技術はオリンピックとともに進化・発展してきた。本稿では、テレビ放送技術のこれまでの進展と今後について、オリンピックとの関連に着目しながら述べる。

図1は、オリンピックとテレビ放送技術の日本における進展の概略である。テレビ技術のこれまでの歴史は

90年程度と言える。以下では、50年前の1964年東京オリンピックと2020年に開催が決定した次の東京オリンピックを二つの大きな節目として、前史、1964年前後、それ以降から現在、2020年に向けて、という大まかな四つの時代に対応させてテレビ放送技術の進展を述べる。

また、放送技術には、カメラ・記録素子・ディスプレイなどのデバイス技術や、地上・衛星・ケーブルなどの各種伝送・配信技術、番組制作技術、ヒューマンインタフェース技術など幅広い様々な要素技術が含まれる。しかし、それらを網羅的に記述することは限られた誌面では困難である。テレビ放送の基盤となるものはテレビの映像方式であり、ここでは、その変遷を中心に述べる。

2. テレビ創始期と幻の東京オリンピック^{(1)~(3)}

テレビジョンのアイデアや基礎的研究は19世紀から見られたが、史上初めてテレビ実験に成功したとされているのは、イギリスのJ.L. Bairdである。彼は1925年(大正14年)10月に実験の成功を公表し、翌1926年1月にその実験を公開した。その装置では、テレビの基本原理である画像の走査に関して、撮像(カメラ)・受像(表示、ディスプレイ)いずれにおいても機械的な走査手段が用いられた。そのため、機械式テレビと呼ばれた。

一方、日本においては、浜松高等工業学校の高柳健次郎が、1926年12月にテレビ実験に成功し、翌1927年9月に実験の成功を公表した。特筆すべきは、このとき世

栗田泰市郎 正員 (株)NHK メディアテクノロジー放送技術本部
E-mail kurita.t-hm@nhk-mt.co.jp
Taiichiro KURITA, Member (Broadcast Engineering Department NHK Media Technology Inc., Tokyo, 150-0047 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.97 No.12 pp.1026-1031 2014年12月
©電子情報通信学会 2014

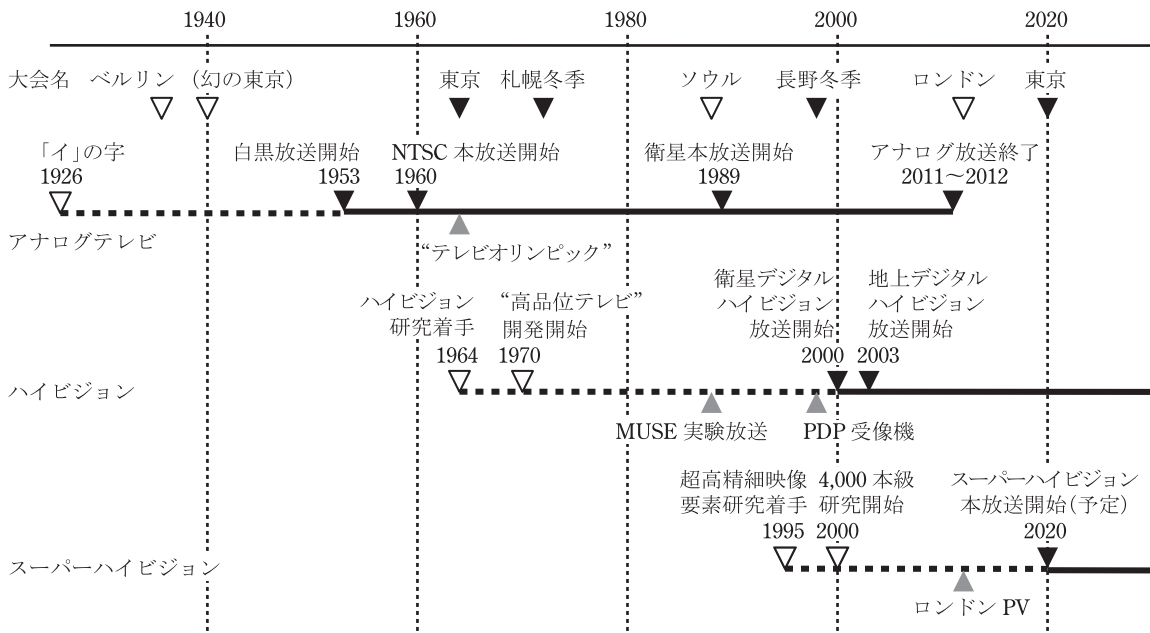


図1 オリンピックとテレビ放送技術の進展 テレビ放送はオリンピックとともに技術を革新し、進化・発展してきた。日本における進展の概略を示した。テレビ放送の基盤となるものは、テレビの映像方式である。

界で初めて受像にブラウン管を用いたことである。言い換えれば、電子的手段によるテレビ表示に初めて成功した。また、テレビ映像をブラウン管で見るといふ、その後約80年続くテレビ観視の基本的形態が初めて示されたのである。このように、テレビ技術の研究に関して、日本はその創始期から世界をリードしていた。この実験で用いられた被写体は雲母板に書かれた「イ」の字であり、「イ」の字は日本におけるテレビ発祥の象徴となっている(図1左上)。

その後、1933年にアメリカのV.K. Zworykinが、アイコノスコープと呼ばれる世界初のテレビ撮像管の試作と撮像実験に成功した。これにより、撮像・受像いずれも電子的手段による全電子式テレビが初めて実現された。

これらの成功により、世界的にテレビ技術の開発が加速した。テレビ放送実用化の機運も盛り上がり、欧米各国でテレビ放送が開始された。このような中で、ドイツが、1936年8月にベルリンオリンピックで史上初のオリンピック実況テレビ放送を行い注目された。

日本では、1940年の東京オリンピック開催が1937年に決定されたことを受けて、そのテレビ放送の実施が計画された。その計画は、主要競技場など10か所に中継所を設け、東京、大阪、名古屋に計90か所の公衆受像



図2 幻の東京オリンピックに向けて開発された中継車(1937) テレビ自動車と呼ばれた中継車群。後方左から受像車、音声送信車、映像送信車、撮影車の4台で1組。

所を設けるなど大規模なものだった。そして、放送実現に向け、様々な機器が開発された。図2はその一例である中継車群である。このときのテレビ方式は、走査線数441本、飛越し走査、毎秒像数25枚(=フレーム周波数25Hz)という当時としては高精細な方式であった。

ところが、東京オリンピックは1938年に開催返上となり、幻となってしまった。しかし、テレビ研究はその後しばらく継続され、日本のテレビ放送技術は短期間に実用レベルへ到達した。1941年にはテレビ定期実験放送を行うまでになったが、第二次世界大戦のため、その後間もなく研究も中止となった。しかし、これらの研究開発により、戦後の日本のテレビ産業、電子産業の基盤は既に形成されていたと考えられる。

用語解説

MUSE方式 Multiple Sub-Nyquist-Sampling Encoding方式の略。ハイビジョン信号の帯域圧縮を行い、放送衛星1波の伝送帯域でハイビジョン放送を行うアナログ放送方式。

3. 1964年東京オリンピックと テレビ技術の進歩^{(1)~(4)}

1945年に第二次世界大戦が終わると、欧米各国はテレビ放送を再開した。日本では、1953年にNHKと日本テレビが白黒テレビの本放送を開始した。このときの方式は走査線数525本、飛越し走査、毎秒像数30枚であり、これはアメリカの標準方式を採用したものである。

この前後、テレビのカラー化の機運も盛り上がっていた。1953年、アメリカはカラーテレビ方式としてNTSC（National Television System Committee、全米テレビジョン放送方式標準化委員会）の提案による方式の採用を決定し、翌年、その方式によるカラーテレビ放送を開始した。NTSC方式の特徴は、前記の白黒方式と両立性を有することである。両立性とは、既に数多く普及していた白黒テレビ方式の受像機でも、カラーテレビ放送を受信して白黒映像として表示できることである。このため、走査線数、毎秒像数、走査方法は白黒方式と同様である。カラー情報は、副搬送波をカラー情報で変調し、それを白黒映像に重畳することで伝送される。

日本ではNTSC方式によるカラーテレビの本放送を1960年に開始した。カラーテレビ本放送の開始は、アメリカ、キューバに次いで世界で3番目である。その前年、1959年には1964年の東京オリンピック開催が決定されていた。そして、東京オリンピックに向けて、日本の放送関係者、テレビ・電子産業関係者がオリンピックカラーテレビ放送の実現に向けて総力を挙げるようになった。

その結果、一連の国産のテレビ機器・技術が開発された。特に初めて開発された機器として、白黒受像でも画質が良好な分離輝度式カラーカメラ（図3）、機動性のある小形カメラ、1/5の速度で再生可能なスローモーションVTR、史上初のマラソン全コース生中継を可能にした一連の移動中継装置、オリンピック会場の雑音を余り收音しない接話マイクロホンなどがある。これらを用いて、一日最大8種目の競技のテレビ中継が実施された。

また、東京オリンピックでは、オリンピック放送の国際衛星中継を初めて実現した。その前年、1963年には、だ円軌道のリレー1号衛星を用いて、アメリカから日本へ初のテレビ衛星中継に短時間成功していた。そのときの内容は、ケネディ大統領暗殺のニュースという衝撃的なものであった。東京オリンピックでは、静止衛星シンコム3号を用いるとともに、必要な伝送装置を開発し、日本からアメリカへの長時間のオリンピック衛星生中継が実施された。

以上のように、1964年までに様々なテレビ技術の開発が行われ、東京オリンピックでは、テレビ放送に関して、カラー中継、マラソン全コース中継、国際衛星中継などが初めて実現された。これらにより、東京オリンピックは「テレビオリンピック」とも言われた。また、



図3 東京オリンピック開会式を撮像する分離輝度式カメラ（1964） 当時の撮像管の課題を改善するため、輝度用と色度用の2本の撮像管を用いる方式で開発されたカメラ。東京オリンピックの開会式の中継に使用された。

これらが日本のテレビ技術を世界のトップレベルに押し上げ、日本のテレビ・電子産業が世界に大きく飛躍する機会ともなった。

東京オリンピックを大きな契機として、アメリカに追いつき追い越せという戦後の日本の目標は、テレビ技術に関しては1960年代にほぼ達成された。それ以降は日本が新しいテレビ技術を世界に提案していくことになる。

4. ソウルオリンピック——長野冬季 オリンピックとハイビジョン^{(2)~(5)}——

4.1 ハイビジョンの研究開始——実験放送——

東京オリンピックが終了した直後、NHK技研（現、NHK放送技術研究所）内では直ちに「次世代テレビの開発命令」が出された⁽⁵⁾。これが後に高精細テレビ「ハイビジョン」となる新しいテレビ方式の研究開始である（図1中段左）。その研究では、NTSCなどそれまでのテレビ方式にとらわれずに、望ましい画面形状や画面サイズ、必要な精細度などが、人の情報受容機能の視点に立ち返って検討された。同時に、それを実現する場合の放送システムの規模も試算された。それらの結果を踏まえて、1970年、新しいテレビ方式を「高品位テレビジョン」と名付け、その開発をスタートした。その名前には、新方式は単に高精細だけでなく、臨場感や迫力など感動を与える画像メディアにしたいとの思いが込められていた。なお、「ハイビジョン」も「高品位テレビジョン」もNHK提案方式の固有名称であり、高精細方式の一般名称は、「高精細度テレビジョン（HDTV：High Definition Television）」である。

基礎的研究の結果から、

- ・ 画面形状は、それまでのテレビのアスペクト比

(画面の横対縦の比) 4:3 よりも横長な画面が望ましいこと

- ・ 画面サイズは、それまでのテレビの 22 インチ程度より大形の 40~70 インチ程度が望ましいこと
- ・ 画面を見る視距離は 3H (画面高 (画面の縦幅) の 3 倍) 程度が望ましいことと、その視距離で十分な精細度を得るには 1,100 本程度の走査線数が必要なこと

などが明らかになっていた。そこで、アスペクト比 5:3, 走査線数 1,125 本, 飛越し走査, フィールド周波数 60 Hz (毎秒像数=フレーム周波数 30 Hz の 2 倍) の高品位テレビ暫定規格が定められ, この規格に基づいた各種機器の開発が始まった。この方式は走査線数などから 1125/60 方式とも略称された。この方式の画面を標準的な視距離 3H で見ると, 画面を見渡す角度 (画角) は水平方向で 30 度程度になるが, その画角であれば一定の臨場感が得られることも後に確認された (図 4)⁶⁾。

1978 年に 30 インチのブラウン管, 1979 年に 1 インチの新型撮像管とそれによるカメラなど各種の機器が開発されていき, 1981 年には高品位テレビを初めて米国で展示した。1984 年には, 衛星放送の 1 チャンネルで高品位テレビを放送可能にする MUSE 方式⁽⁴⁾⁽⁵⁾が開発された。また, 1985 年には, 高品位テレビはより親しみやすい名称として「ハイビジョン」に改称された。

このような状況で 1988 年のソウルオリンピックを迎えた。ソウルオリンピックでは, MUSE 方式により初めてのハイビジョンオリンピック放送が実験放送として衛星放送で行われた。番組制作ではそれまでに開発されたハイビジョン機器が活躍したが, 特に, 開発されたば

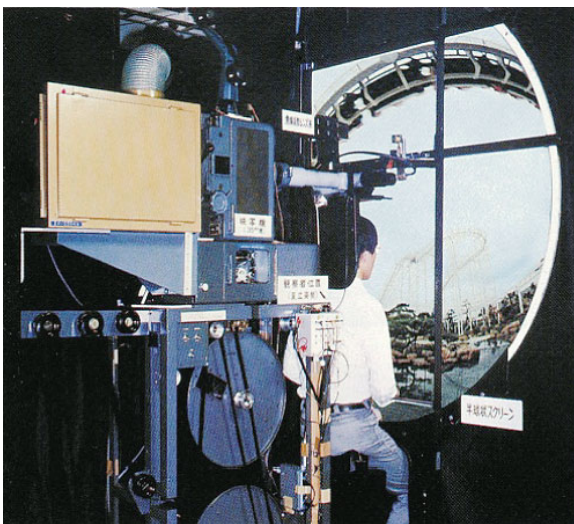


図 4 画角と臨場感の関係調べる実験 (1980) 半球ドーム形のスクリーンに様々な画角の傾いた画像を提示して, 広視野画像による誘導効果 (人が画像につられて傾いて感じてしまう効果) を評価した。誘導効果は臨場感の一つの指標と考えられている。

かりの HARP 撮像管を用いたカメラは, それまでのハイビジョンカメラの感度を大きく改善したものであり, 暗い閉会式等でのハイビジョン撮影を可能にした。

1989 年 6 月には衛星放送の本放送 (525 本方式) が開始されたが, MUSE 方式による衛星ハイビジョン放送も, 同年, 毎日 1 時間の定時実験放送となった。更に 1991 年には, 1 日 8 時間の試験放送となった。

4.2 放送のデジタル化とディスプレイの主役交代

テレビのハイビジョン化に加えて, もう一つの放送の大きな進歩に放送のデジタル化があった。1980 年代以降, 世界的にデジタル放送方式の研究が精力的になされた。日本でも, 衛星放送についてはトレリス符号化八相 PSK を基本とする伝送方式, 地上放送については 1 チャンネルを 13 セグメントに分割した OFDM による伝送方式, また, それらにデータを載せるためのデータ多重方式など, 後に日本のデジタル放送で使用される技術が NHK を中心に開発されていった。

デジタル放送実現のもう一つの大きな鍵となったのは, 映像のデジタル圧縮技術の進歩であった。前記の MUSE 方式はアナログ的な帯域圧縮理論により構成されており, それによる性能の限界もあった。これに対し, 1990 年にアメリカの GI 社が, DCT (離散コサイン変換) と MC (動き補償) を基本とするデジタル技術によって映像を高効率に圧縮伝送できる方式を開発し, 世界に大きな反響を呼んだ。この技術を基本とする MPEG-2 国際規格が制定され, 日本でもこれによるデジタル放送の検討が始まった。

1997 年 5 月にハイビジョンを中心とするデジタル放送を開始することが日本として正式に決定された。そして, 2000 年 12 月に BS (衛星) デジタル放送, 2003 年 12 月に地上デジタル放送が開始された。従来のアナログ放送もしばらく並列に放送されたが, 2011 年から 2012 年にかけてアナログ放送は終了し, 今や日本のテレビ放送は完全なデジタル放送時代となっている。

放送のデジタル化と同様に, 放送機器用デバイスもデジタル化されていった。カメラの撮像素子として撮像管, ディスプレイとして CRT (ブラウン管) と, いずれもアナログ真空管デバイスがほぼ唯一の素子としてテレビ創始期から長く用いられてきた。しかし 1990 年代頃から, 撮像素子は CCD や CMOS へと, ディスプレイは PDP (プラズマディスプレイ) や LCD (液晶ディスプレイ) へと, 素子のデジタル化が進んでいった。

ディスプレイについては大形化の要望も大きかった。4.1 で述べたように, ハイビジョンディスプレイとして 40~70 形程度のディスプレイが望まれたが, そのような大形の CRT は実現困難であった。それに対して, PDP や LCD は 1960 年代からの長い基礎研究の時期を経て, 1990 年代半ばには大形・高精細ディスプレイ実

用化の見通しが立ちつつあった。NHK では大形化が有望なディスプレイとして 1971 年から PDP を研究していたが、ついに 1998 年の長野冬季オリンピックを目指してハイビジョン用 PDP を開発することになった。そして関連メーカーと協力して 42 インチハイビジョン PDP 受像機 (図 5) を開発し、長野冬季オリンピックの際に全国各地でオリンピック放送を公開展示して、ハイビジョンの普及促進を図った。

テレビディスプレイの CRT から LCD, PDP など薄形ディスプレイへの置換えはその後進展し、2005 年にはテレビ国内出荷台数において LCD+PDP が CRT を上回った⁽⁷⁾。「イ」の字から約 80 年の時を経て、テレビディスプレイの主役交代となった。

5. 2020 年東京オリンピックを 目指すスーパーハイビジョン

デジタルハイビジョン放送が開始された頃、更に次世代の超高精細テレビ実現に向けた胎動が既に始まっていた。NHK は、超高精細テレビに関する要素技術研究を 1995 年に始めていたが、2000 年、世界に先駆けて走査線数 4,000 本級の超高精細テレビの研究開発を開始した。後にこの方式は「スーパーハイビジョン」と名付けられた (図 1 下段)。

スーパーハイビジョン開発の主な動機は、ハイビジョンが普及した後は臨場感や精細度がより高いテレビが望まれると考えられたことにある。このことは 4.1 の図 4 で述べた臨場感 (誘導効果) に関する実験結果からも推測できた。この実験によれば、ハイビジョンの標準的な画角 33 度では誘導効果はまだ増大の途上にあり、画角 100 度程度までは効果が増大傾向にあった。

そのようなこともあり、スーパーハイビジョンでは、標準的な画角として横方向に 100 度、視距離に換算して 0.75H を設定した。そして、その場合でも十分な画像精



図 5 PDP によるハイビジョン受像機「長野モデル」(1998) 42 インチ PDP (プラズマディスプレイ) を用いて、垂直方向に 1,000 以上の表示セルを実現した初のテレビ受像機。長野冬季オリンピックの際に全国各地でハイビジョン放送を公開展示した。後のテレビディスプレイの薄形大画面化・高精細化の先駆けとなった。

細度を確保するため、有効画素数を横・縦共にハイビジョンの 4 倍の 7,680×4,320 画素に設定した。精細度を有効画素数で定義しているのは、デジタル時代になってからはアナログ時代の走査線数という定義が意味を持たなくなったためである。そして、このような方式であれば、臨場感だけでなく映像の実物感も向上することが後に明らかになった⁽⁸⁾。

NTSC, ハイビジョン, スーパーハイビジョンの主な方式パラメータを表 1 に示す。スーパーハイビジョンは、その頭文字から SHV, あるいは水平の有効画素数が約 8,000 であることから 8K システムとも略称される (これに対応するハイビジョンの略称は 2K)。SHV の方式パラメータにおいて特筆すべきは、これまでにない 120 Hz のフレーム周波数や広色域の三原色など、映像の空間解像度だけでなく、時間解像度や色再現性まで含めて、究極の映像を指向した値が採用されていることである。このため、SHV は究極の (二次元) 映像方式と

表 1 テレビ方式の主なパラメータ

方式名称	NTSC	ハイビジョン	スーパーハイビジョン
方式略称	(デジタルでは SDTV)	HDTV, 2K	SHV, 8K
本放送開始年	1960	2000	2020 予定
画面 (横:縦) 比	4:3	16:9	16:9
標準視距離 (標準的画角)	6H (H=画面高) (13度)	3H (33度)	0.75H (100度)
有効画素数 水平×垂直	(デジタルでは 720×483)	1,920×1,080	7,680×4,320
総画素数	35 万	207 万	3,318 万
階調ビット数	(8)	8, 10	10, 12
走査方法	飛越し走査	飛越し走査	順次走査
フィールド (フレーム) 周波数	59.94 Hz	59.94 Hz	最高 120 Hz
三原色	CRT 相当	CRT 相当	広色域



図6 スーパーハイビジョンによるロンドンオリンピックのパブリックビューイング (2012) ロンドンオリンピックの際に、スーパーハイビジョンによるパブリックビューイング (公開上映) を実施した。会場はイギリス、アメリカ、日本で計9か所。写真は秋葉原会場入口。

されている。

SHV の機器開発は急ピッチで進められ、2002年5月には、初めてその映像・音響がNHK 技研において一般公開された。SHV では音響についても高臨場感を目指し、22.2チャンネルのマルチ音響システムが採用されている。各種の伝送技術も開発され、2009年には、世界初となるSHVの衛星生中継伝送実験が実施された。

2002年以降、SHVは国内外で数多く展示されているが、2012年のロンドンオリンピックの際には、大規模なパブリックビューイング (公開上映, PV) が行われた (図6)。その結果、SHVは極めて高い臨場感とこれまでにない感動を見る人に与えられること、SHVが放送事業の新たな可能性を秘めていることなどが確認された⁽⁸⁾。

2010年頃から超高精細テレビの実用化機運が世界的に盛り上がっている。日本においても、2013年6月には、総務省の検討会において超高精細テレビの実現に向けたロードマップがまとめられた⁽⁹⁾。そこには超高精細テレビ方式として、8KのSHVだけでなく、世界的に開発が進められている4Kシステムも含めたロードマップが記載されている。そのため、最近では4Kと区別して、SHVを「8Kスーパーハイビジョン」とも呼んでいる。

そのような中、2013年9月に2020年の東京オリンピック開催が決定された。これはSHVの実用化にとってまたとない追い風と考えられる。現在、8KSHVの本放送を2020年に実現すべく、実用機器の開発や体制作りが精力的に進められている。今後、2020年に向けて、4Kや8Kのシステムを中心に、テレビ放送技術はますます進化・発展していくものと考えられる。

6. おわりに

駆け足であったが、テレビ放送技術のこれまでの進展

と今後について、オリンピックとの関連に着目しながら述べた。また、テレビ放送技術には様々な要素がある中で、それらの基盤となるテレビ映像方式の変遷を中心に述べた。そのため、衛星放送技術や、昨年サービスが開始された新しい放送・通信連携サービス「ハイブリッドキャスト」、それらにつながるこれまでの技術など、ここで述べられなかった重要な放送技術も数多い。御容赦を願うところである。

本稿を執筆する機会を頂き、テレビ放送技術の進歩・発展に対する我が国のテレビ放送界・電子産業界の努力がいかにか大きく、またそれらの多くが実り、いかに放送を豊かにしてきたかを改めて認識した。特にハイビジョン、スーパーハイビジョンの時代になってからは、世界の放送技術の進歩に対する日本の貢献は顕著である。2020年予定の8Kスーパーハイビジョンの本放送開始に向けた技術開発を通して、再び日本が世界に大きな役割を果たしていくであろうことは想像に難くない。2020年の東京オリンピックにおいて、究極映像・音響の8Kスーパーハイビジョン放送により、かつてない大きな感動を共有できることを切に願っている。

文 献

- (1) テレビジョン技術史, テレビジョン技術史編集委員会, テレビジョン学会, March 1971.
- (2) 「イ」の字からデジタルへ, NHK 広報局経営広報部, 東京新聞 (全82回), Jan.~Dec. 2000.
- (3) テレビは進化する—日本放送技術発達小史 (改訂版), NHK 放送技術研究所編・発行, 2010.
- (4) 能村 裕, 林 宏三, 山田 幸, “テレビ放送開始50周年,” 映像学誌, vol. 57, no. 1, pp. 1-19, Jan. 2003.
- (5) 藤尾 孝, “ハイビジョン (HDTV) が世に出るまで—電子画像メディアの感性化, コインの表と裏—,” 信学誌, vol. 89, no. 8, pp. 728-734, Aug. 2006.
- (6) T. Hatada, H. Sakata, and H. Kusaka, “Psychophysical analysis of the “Sensation of Reality” induced by a visual wide-field display,” SMPTE Journal, vol. 89, pp. 560-569 Aug. 1980.
- (7) 栗田泰市郎, 情報ディスプレイ概要, 映像情報メディア工学大事典 技術編, pp. 32-40, オーム社, 東京, 2010.
- (8) “スーパーハイビジョン映像技術特集号,” NHK 技研 R & D, no. 137, NHK 放送技術研究所編・発行, Jan. 2013.
<http://www.nhk.or.jp/str/publica/rd/rd137/rd137-j.html>
- (9) 総務省, 放送サービスの高度化に関する検討会 検討結果取りまとめ, 2013.
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu12_02000044.html

(平成26年6月29日受付 平成26年7月7日最終受付)



くりやま たいいちろう (正員)
栗田 泰市郎 (正員)

昭55慶大大学院修士課程了。同年日本放送協会入局。同放送技術研究所にて、テレビ方式、PDP、ディスプレイの動画像表示画質等の研究開発に従事。平26-07から(株)NHKメディアテクノロジー・SID (Society for Information Display) フェロー。映像情報メディア学会フェロー。東京都技術振興功労表彰。工博。