

特集

10年の歩みと展望

放送の10年

濱崎 公男 NHK放送技術研究所

1. デジタル放送が本格化

放送の10年を振り返ると、デジタル放送が始まり、そして発展した10年だったと言えよう。日本のデジタル放送方式は、ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting: 統合デジタル放送サービス) であり、日本放送協会 (NHK) が中心となって開発した。衛星デジタル放送用のISDB-S、地上デジタル放送用のISDB-T、地上デジタル音声放送用のISDB-Tsb、デジタルケーブルテレビ用のISDB-Cなどがある。現在、ISDBは日本だけでなく、中南米諸国でも採用されている。

2000年12月にスタートしたBSデジタル放送は当初の普及目標からは若干遅れつつも、着実に視聴者数を増やしていった。放送局による多様な番組の開拓、受信機能内蔵テレビ製品の増加、ハイビジョン対応薄型テレビ受像機の価格低下などがその要因と考えられる。「デジタル放送」という言葉はその詳細内容はわからずとも、一般の消費者にも「新しい放送」を意味する言葉として浸透していった。

2003年は、そのデジタル放送にとって、再び新たな門出となる年となった。2003年10月10日には、東京と大阪で「地上デジタルラジオ放送」の実用化試験放送が開始され、2003年12月1日には、東京、大阪、名古屋で「地上デジタルテレビ放送」の本放送が開始された。地上デジタルテレビ放送は将来の基

幹放送メディアとなるだけに、その本放送が開始される2003年は重要な節目となったわけである。そして、地上デジタルラジオ放送もオーディオの新しいメディアとして多くの可能性をもっており、オーディオ愛好家の注目も集めてきた。

2001年の電波法の改正によって、アナログテレビ放送による周波数の使用は10年以内に停止することになった。これを踏まえて作成された放送用周波数使用計画 (チャンネルプラン) などでは、その使用期限を2011年 (平成23年) 7月24日、つまり計画変更の公示日の2001年7月25日から起算して10年目の日と規定された。この結果、アナログ放送は2011年の7月24日に終了し、完全なデジタル放送の時代を迎えた (なお、延長された東日本大震災の被災3県も2012年3月31日にアナログ波を停波した)。

BSデジタル放送では、ハイビジョンによる高画質、欲しい時にいつでも取り出せるデータ情報に加えて、デジタル伝送による高音質オーディオと5.1chサラウンドが魅力となっている。地上デジタル放送でも、デジタル伝送による高音質オーディオと5.1chサラウンドを同様に楽しむことができる。それに加えて、これまで車などでの移動受信で問題となっていたマルチパス歪などによる音質の劣化が解決され、どこでもいつでも、クリアで歪の少ない音を容易に楽しむことができるようになった。

一方、デジタルラジオ (地上デジタル音声放送) は、2003年10月の実用化試験放送開始以降、新たな放送サービスの開発や技術試験を実施してきたが、実用化試験放送は2011年3月31日で終了した。

デジタル放送が世界各国で始まるにつれ、放送のオーディオレベルの差異、すなわち、番組間あるいは、放送局間でのオーディオレベルの差異が問題視されるようになり、この問題を解決するために、ラ

■筆者プロフィール



濱崎 公男 (はまさき きみお)

略歴

82年九州芸術工科大学大学院情報伝達専攻修了。同年NHK入局。音楽録音を中心に数多くの国際賞受賞番組や国際共同制作番組などの制作に携わる。00年から放送技術研究所で高臨場感音響の研究に従事。現在、同主任研究員。AESフェロー会員。

ウドネスという新たなオーディオレベルの概念が放送に導入されることになった。さらに、ハイビジョン+5.1chサラウンド放送に代わる次世代放送に向けての研究開発も行われた。

2. デジタルテレビ放送

デジタルテレビ放送では、主サービスとなる映像・オーディオ以外にデータ放送や番組ガイド(EPG: Electric Program Guide)など多彩なサービスを視聴者に提供することを可能としている。これを実現するために、アナログ信号である映像やオーディオ信号をデジタル変換したデジタル信号と、EPG情報やデータ放送や制御情報などのデータを多重して放送信号を作り、これを電波に乗せて視聴者へ放送するしくみをもっている。

これらのデータを多重するために「パケット」というデータ単位が用意されている。各データはこの「パケット」に積み替えられて、このパケットを順次並べ放送信号を作っている。受信機は、受信した放送信号から制御情報を取り出し、ここに記載された映像、オーディオ、EPG、データ放送に関わる制御データを参照して「パケット」を元の信号別に振り分けて視聴者にサービスを提供する¹⁾。

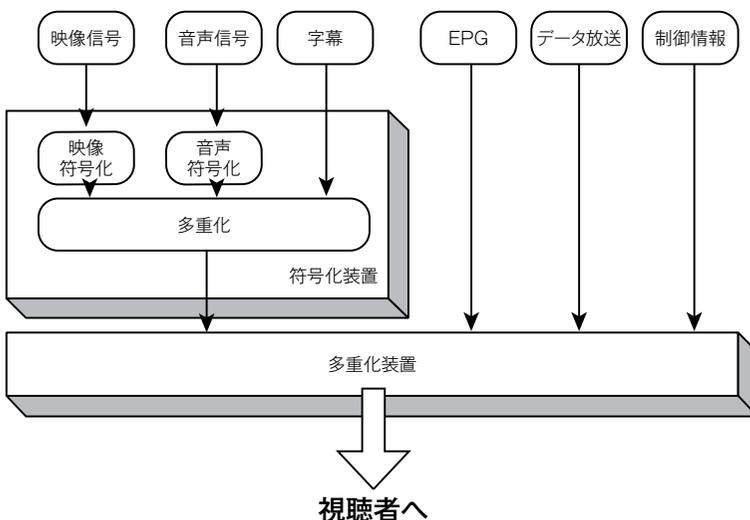


図1 デジタル放送の概要¹⁾

テレビ信号の映像高能率符号化方式にはMPEG-2が、オーディオ符号化方式にはMPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) が採用された。MPEG-2 AACは、音声の高能率符号化の国際規格を制定している機関であるMPEG (Moving Picture Experts Group) で制定された規格の1つである。高能率符号化は、マスキング、音源の方向知覚などの聴覚特性をうまく利用して、人の聞こえに不必要な情報をできるだけ削除して記録・伝送するという手法で実現されている。マスキングには周波数マスキングと継時(時間的)マスキングがある。ここで利用されているのは主に周波数マスキングである。周波数マスキングとは、ある周波数の大きい音が、近傍の異なる周波数の音(音の大きさが相対的に小さな音)をマスクして、マスクされる音が聞こえなくなる聴覚特性である。

また、人間は音の到来方向を知覚する場合、左右の耳に入る音のレベル差と時間差によって、その方向を認知している。ところが、高い周波数の音では、方向知覚に利用されるのは主にレベル差であり時間差情報はあまり重要でない。従って、2チャンネルステレオやマルチチャンネルオーディオの場合、高い周波数を音像定位の情報として利用するため、各チャンネルに対する時間差情報はあまり重要

でなく、それを削減することができる。また、符号化によってデータ圧縮率を高めると当然量子化ノイズが増大する。しかし、これも聴覚のマスキング特性を上手く利用することで、ノイズを聞こえにくくして音質を保つことができる。

MPEG-1は、1993年に規格化されたモノラルおよびステレオの音声符号化方式である。また、1994年に規格化されたMPEG-2 BC (Backward Compatible) は、5.1chサラウンドなどのマルチチャンネルオーディオに対応する

音声符号化方式であり、MPEG-1でもデコードできるバックワード互換性をもたせているため、BCと表記されている。MPEG-2 BCは、この互換性の制約によってデータの圧縮率が制限されてしまったが、MPEG-2 AACでは互換性の制約をなくし、さらに高能率で高音質な音声符号化を実現した。そのためAAC方式では、BC方式と同等の音質を得るのに、約半分のビットレートですむ。MPEG-2 AACは1997年4月にISO/IEC 1318-7として国際標準規格になった。

MPEG-2 AACは聴覚のマスクング特性を利用してデータを圧縮するために、当然オーディオ信号を周波数分析する必要がある。この周波数分析の方法がMPEG-2 BCなどと異なる。MPEG-2 BCやMPEG-1では、32個の周波数帯域フィルタで分割し、周波数帯域ごとに符号化するサブバンド符号化を行っていた。一方、MPEG-2 AACでは、A-D変換した2048サンプルの音声信号をMDCT (Modified Discrete Cosine Transform: 修正離散コサイン変換) によって1024個のDCT周波数係数に変換する。従って、MPEG-2 AACでは周波数分解能が高くなり、マスクングを利用した符号化の精度と能率が向上した。MPEG-2 AACは、モノラル、ステレオ、5.1chサラウンドなどさまざまなマルチチャンネルオーディオに対応できる符号化であり、マルチチャンネルオーディオの高能率符号化を実現するために、音源の方向知覚における聴覚特性をうまく利用している。

MPEG-2 AACは、さまざまな条件や制約が考慮できるように、ビットレート、音質、エンコードおよびデコード回路規模によって、また帯域幅ごとのデコードの有無によって規定された3つのプロファイルが決められている。実際の応用では、これらのプロファイルから最適なものを選択して使用することになる。

メインプロファイルは最も高音質な符号化ができる。高速な処理速度が要求され、メモリ容量も大きくなるが、このプロファイルだけが予測機能を持っており、より能率と音質の高い伝送が可能になる

(1チャンネルあたり64kビット/秒程度で高音質伝送が可能)。

LC (Low Complexity) プロファイルは、メインプロファイルよりも少し音質が低下するが、実際のエンコードおよびデコード回路の規模が少なくすむ。伝送のビットレートもメインプロファイルより多く必要となるが、プロセッサの演算能力やコストを考慮すると、より現実的でバランスのとれたプロファイルといえる。日本のデジタル放送の音声符号化方式は、このLCプロファイルを採用している。なお、このプロファイルでエンコードした音声は、メインプロファイル対応のデコーダで復号することができる。

SSR (Scalable Sampling Rate) プロファイルは、複数の音声帯域幅に応じたデコードが可能である。実際には、4つの音声帯域幅に応じたデコードが可能であり、例えばサンプリング周波数が48kHzの場合は、6kHz、12kHz、18kHz、24kHzの4帯域幅の音声をデコードできる。これによって、デコードしない音声帯域のデコード回路(具体的には、逆MDCT回路)を省略することができ、デコーダを小型化しやすくなる。このプロファイルでエンコードした音声は、メインおよびLCプロファイルのデコーダではデコードできない。

MPEG-2 AACの音質については、主観評価実験で確認されている。2チャンネルステレオの場合、メインプロファイルではビットレート128kビット/秒で、LCおよびSSRプロファイルではビットレート144kビット/秒で符号化すれば、音質評価的に厳しい音源に対しても、ITU-Rで規定されている「放送として望ましい音質」を維持することができることが確認されている。5.1chサラウンドによるマルチチャンネルオーディオに対しては、ビットレートが320kビット/秒あれば、放送として望ましい品質を保てる。さらに、AMステレオなみの音質でよければ、LCプロファイルの場合、1チャンネルあたり32kビット/秒で実現可能である。なお、5.1chサラウンド方式のマルチチャンネルオーディオで、放送として望ましい音質を実現するには、MPEG-2

AACでビットレート320kビット/秒が必要なのにに対し、MPEG-2 BCでは640kビット/秒が必要なことが確認されている。さらに、このビットレートで両者を比較すれば、BCよりもAACの方が、音質が良いと確認されている。従ってMPEG-2 AACは、MPEG-2 BCに比べてビットレートが約半分でもより高音質な符号化が可能である。

デジタル放送は伝送信号の中に強力な誤り訂正機能をもつことから、アナログ放送と比較すると受信状況の悪化に対する耐性が大きい。しかし、受信状況がさらに悪化して誤り発生率があるしきい値を超えると、突然受信できない状態に陥る。この悪化の原因としては、雑音、フェージング、放送波の反射によるマルチパスなどさまざまな要因が考えられる。デジタル信号伝送において、これらの要因に対して有力な伝送手段となるOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) が地上デジタルテレビ放送では採用されている。OFDMはマルチキャリア伝送方式であり、400本程度のキャリアをもち、各キャリアに分散してストリーム信号のデータを重畳する。OFDMの採用によって、マルチパス妨害に強く、しかもSFN (Single Frequency Network) 構築が可能となった。SFNは、1つの送信周波数の電波で全国の放送ネットワークをカバーする方式で、SFNによって送信所ごとに周波数を変える必要がなくなり、周波数の有効利用が図ることができるというメリットがある。

地上デジタルテレビ放送の特徴として、階層伝送の導入がある。これは、1つの放送波の帯域を分割し、複数の放送形態に割り当てる技術である。地上デジタルテレビ放送では、下記の3つの放送形態が想定された¹⁾。(3)がいわゆるワンセグ放送である。

- (1) 固定受信：家庭の据置き型テレビがモデル。
- (2) 移動受信：車載テレビなど移動受信機がモデル。
- (3) 部分受信：携帯電話など携帯受信機がモデル。

3. BS放送の再編成

NHKの衛星放送は、2011年4月1日からハイビ

ジョン2波に再構築され、2波の個性を打ち出した新しいサービスが開始された。それまで衛星第2放送が担ってきた難視聴解消の役割も「地デジ難視聴対策衛星放送」(BS291～298ch：難視地区のみ視聴可能)に委ねられることになったため、2つのチャンネルをフルに使って高画質・高音質の番組が楽しめるようになった。「BS1」(ビーエスワン)は、それまでのチャンネルを引き継いだ国際情報とスポーツ中心のチャンネルである。「BSプレミアム」(ビーエスプレミアム)は、本物志向の教養と娯楽のチャンネルを目指し、美しい映像や、迫力のサウンドなど、多彩な番組で編成されている。

NHKのBS放送が2波になったのは、国が定める「放送普及基本計画」の方針による。2000年のBSデジタル放送の開始に際し、放送普及基本計画が変更され、「アナログ放送終了後のNHKの衛星放送は2波を超えない」という方針が示された。その後、政府与党合意、有識者による総務省の研究会での検討等を経て、2010年2月の放送普及基本計画の変更で「ハイビジョン2チャンネルとすること」が確定した。

この再編成によって、それまでの標準テレビジョン放送2チャンネルとハイビジョン放送1チャンネルが、ハイビジョン2チャンネル放送に変更された。しかし、全体で使用している伝送容量は同じである。また、従来は、BSハイビジョン放送だけに臨時マルチ編成が行われていたが、再編後は、BS1とBSプレミアムのどちらにも臨時マルチ編成の機能が付加された。臨時マルチ編成は、スポーツ中継番組で試合が予定より延長した場合などに、伝送帯域を一時的に分割して、2つの番組を送り届けるものである。

NHKでは、雨に弱いといわれるBS放送の弱点をカバーするために、通常放送をしている変調方式よりも雨に強い変調方式を用いた小容量の降雨減衰対応階層伝送と呼ばれる放送を付加してきた。この放送方式は、通常のBSデジタル放送がTC8PSK変調で伝送されているのに対してQPSK変調で伝送を行うもので、この放送を実施するためには最低2ス

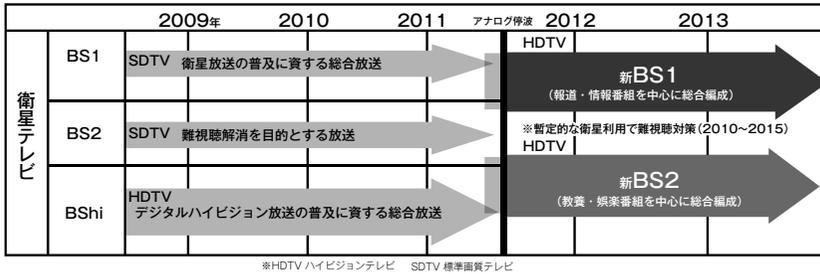


図2 BS放送の再編成²⁾

ロット (2Mビット/秒程度) の伝送容量を通常の放送から供出しなければならない。このため、通常放送の画質を維持するために、降雨減衰が予想される場合や緊急の場合だけに行っている。

BSアナログ放送にはAモード音声とBモード音声 (48kHz、16ビットサンプリング) があつた。同じように、BSデジタル放送にも256kビット/秒のステレオ音声と144kビット/秒のステレオ音声の2つのオーディオ品質で放送してきた。2011年4月からのBSデジタル放送ではステレオ音声も256kビット/秒に統一した。また、5.1chサラウンド+2chステレオの放送も可能となった²⁾。

4. 5.1chサラウンド

日本で2000年から始まったデジタル放送では、オーディオ符号化方式MPEG-2 AACの採用によって、5.1chサラウンドによる音場再生が家庭でも楽しめるようになった。5.1chサラウンドは、ITU-Rにおいて図3のように、チャンネルの数と配置が定義されている³⁾。2チャンネルステレオとのチャンネル配置における相違点は、センターチャンネルおよびリアチャンネルの有無である。

センターチャンネルは主に以下のような役割を担っている。

- * 前方の音像定位を安定させる。
- * 適切なりスニングエリアを広げる。
- * 音像の方向を映像と一致させる。

最適な聴取位置 (すべてのスピーカから等

距離の位置であり、スイートスポットとも呼ばれる) では、2チャンネルステレオと5.1chサラウンドのどちらも前方中央位置における音像の定位は優れている。しかしながら、そのスイートスポットから左右にはずれた聴取位置では、

5.1chサラウンドのセンターチャンネルによる音像定位性能の優位性が明らかとなる。このように、センターチャンネルは、より広いリスニングエリアで前方中央位置に安定した音像定位を与えるために導入され、その結果、広い視聴エリアで画面中央にある映像とその映像に対応した音の位置を一致して視聴することができる⁴⁾。

リアチャンネルは以下のような役割をもつ。

- * 水平面音場の再生。
- * 側方と後方の音像定位。

2チャンネルステレオに対して5.1chサラウンドでは、前方だけの音場再生から水平面の音場再生へと拡大された。

またリアチャンネルによって、前方以外の方向に

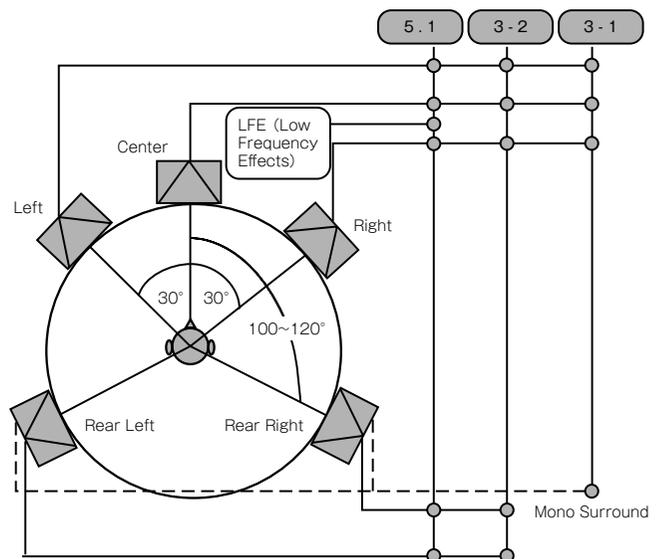


図3 ITU-R BS.775.1準拠チャンネル配置

も音像定位の可能性がもてるようになった。ただし、側方に音像を定位させることは難しく⁵⁾、音像定位という観点では制作者の意図通りの音場を再生することは容易ではない。

5. デジタルラジオ放送

デジタルラジオ（地上デジタル音声放送：ISDB-Tsb）は、2003年10月の実用化試験放送開始以降、新たな放送サービスの開発や技術試験を実施してきた。しかし、実用化試験放送は2011年3月31日で終了した。

デジタルラジオのサービス内容としては、CD並みの高品質オーディオに加え、生活情報や交通情報、ニュースなど多彩な情報サービスの提供が考えられた。これらの情報は、マルチメディア方式であり、静止画や簡易動画などが加わり、オーディオだけでなく目でも見ることができるようになった。また、デジタルラジオの変調方式は、地上デジタルテレビと同じOFDMであり、マルチパスやフェージングの電波環境に強く、携帯や車載の受信でもある程度安定した受信が期待できる方式である。

日本のデジタル放送方式ISDBでは、6MHzを14の帯域に等分割し、分割した1つをセグメント（帯域幅は約430kHz）と呼ぶ。地上デジタルテレビは13の連続したセグメント（帯域幅は5.6MHz）で放送するのにに対して、デジタルラジオは、1セグメント、または連続した3セグメントの帯域幅だけで放送ができる。3セグメント形式のデジタルラジオは、階層伝送が可能となり、電波伝搬の状況に応じて伝送容量を変化させることができる。情報の伝送容量としては、1セグメントでは約300kビット/秒で、高品質のステレオとデータ放送が可能となる。3セグメントは、その3倍の900kビット/秒であり、マルチチャンネルオーディオやデータ放送、簡易動画も放送が可能である。

デジタルラジオ実用化試験放送では、テレビの7チャンネルが用いられた。7チャンネルの使用可能な周波数帯幅は、188MHzから192MHzの4MHzで

ある。東京では、1セグメント形式の放送5つと、3セグメント形式の放送1つを周波数軸上に並べて8セグメントの固まりとして放送した。これはデジタルラジオ特有の送信方法で連結送信と呼ばれる。大阪では1セグメント形式の放送8つが連結送信された。

デジタルラジオ実用化試験放送の送信機設備は、東京は東京タワー大展望台下のデジタル送信機室に、大阪は生駒のNTT西日本局舎内に整備された。空中線は、東京は東京タワーの特別展望台のすぐ下、約222mの高さに設置され、大阪は、生駒のNTT西日本中継所の約667mの高さに設置された⁶⁾。

6. ラウドネス

家庭における放送やパッケージメディアの視聴において、音の大きさに関する課題として重要なものがコンテンツ間、あるいはシステム間などの平均音圧レベルの差である。例えば、CDを聞いた後、DVDでビデオを観ると音が小さく、音量を上げなければならなかったとすれば、これがその音の大きさの課題になるわけである。同じCDでも、クラシック音楽を聴いた後、ロック音楽のCDを再生すると音が大きすぎて音量を小さくせざるを得なかったという課題も考えられるし、放送でいえば、放送のチャンネル（たとえば、民放とNHK）を切り替えたなら音の大きさの差が著しく、テレビの音量を上げ下げしなければならなかったという課題などが考えられる。こういった課題に対して、放送において、番組間あるいは放送局間のレベル差をできる限り小さくしようという検討がなされた。

番組間あるいは放送局間のレベル差を小さくするには、何らかの基準レベルを決めて、それにできる限り沿った放送もしくは番組制作を行う必要がある。そこで、この基準レベルを定めるために、人間の聴覚特性に沿った形で音の大きさを測定する基準として、ITU-Rでは、Recommendation ITU-R BS.1770 “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level” (ITU-R

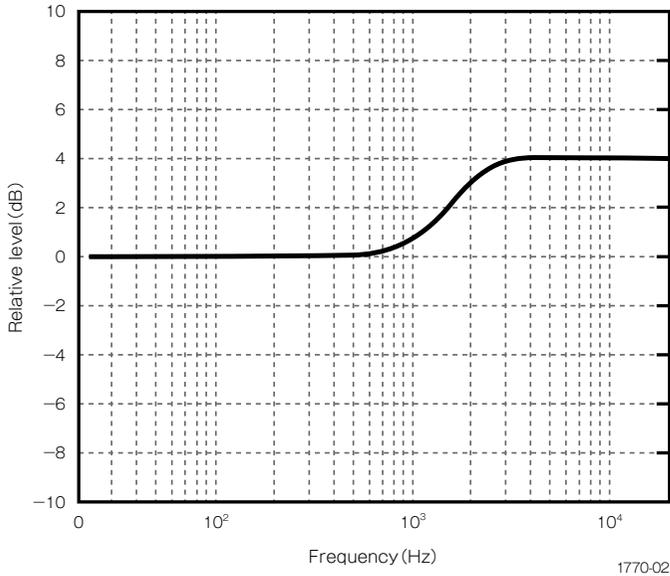


図4 ヒトの頭部による周波数特性への影響を模擬したプリフィルタ⁷⁾

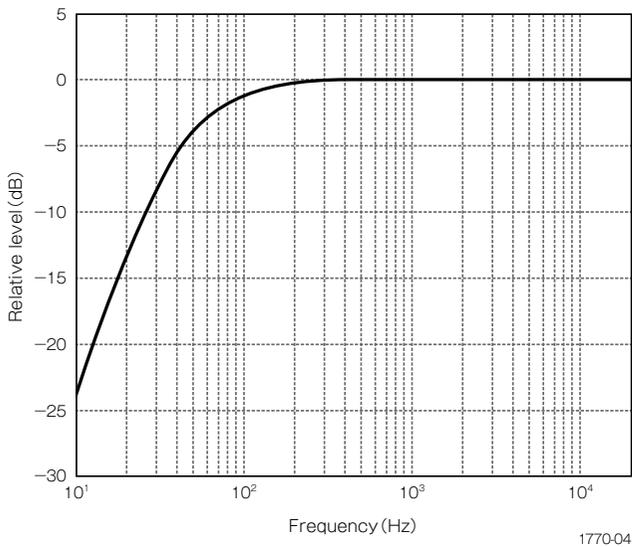


図5 RLB周波数重み付けカーブ⁷⁾

BS.1770、「番組のラウドネスと真のピークオーディオレベルを測定するためのアルゴリズム」が定められた。また、Recommendation ITU-R BS.1771 “Requirements for loudness and true-peak indicating meters” (ITU-R BS.1771、「ラウドネスと真のピークを表示するためのメータに関する要求条件」)も定められた。これによってオーディオ番

組のラウドネス（音の大きさ）を国際基準に基づいて測定することが可能となった。

ラウドネスの測定においては、図4のヒトの頭部による周波数特性への影響を模擬したプリフィルタ処理を行った後、図5のRLB (Revised Low-frequency B-weighting: 修正B特性) 周波数重み付けカーブによる処理を行う。この図4と図5の特性を合わせた周波数カーブをKカーブと呼んでいる⁷⁾。また、ラウドネスの単位はLKFS (Loudness K-weighting Full Scale) であり、デジタルテレビ番組の国際交換のための、ラウドネス目標値 (Target Loudness) は、-24 LKFSと勧告された⁸⁾。日本でもこの勧告に基づいたラウドネスを基準とする放送番組制作と送出が検討されることとなった。

7. 次世代放送に向けた動き

映像システムにおける標準視距離とは視力1.0の人がその画素構造をぎりぎり検知できない距離と定義されている。画面のサイズおよび縦横比が一定の場合には、視野角（画面の大きさが占める視野上の水平角度）は標準視距離で決まり、画素数を増やすほど視野角を大きくすることができる。臨場感は視野角100度で飽和する傾向にあり⁹⁾、標準視距離で視野角100度を実現する映像システムがNHK放送技術研究所で開発されたスーパーハイビジョン¹⁰⁾である。

スーパーハイビジョン用のマルチチャンネル音響方式としての要求条件は以下のように設定された。

- (1) スクリーン上の任意の位置に音像が定位可能なこと。
広視野・大画面での視聴環境では、映像と音像の方向を一致させることが重要である。
- (2) 視聴位置を取り囲む全方向から到来する音が再

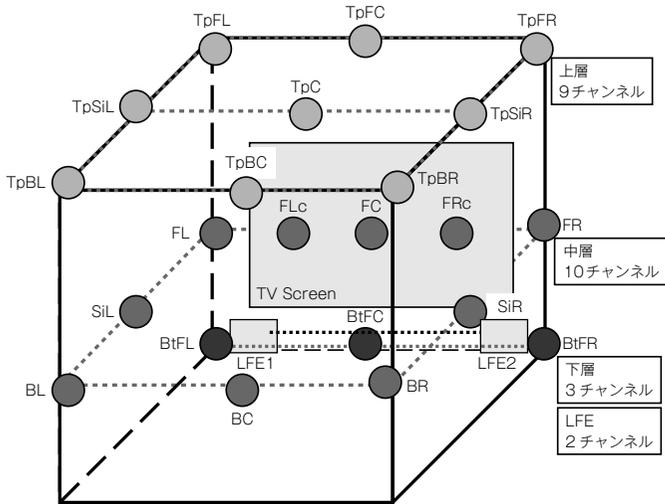


図6 22.2マルチチャンネル音響方式

生可能なこと。

(3) 自然で高品質な3次元音場が再生できること。

(4) 最適な聴取範囲を拡大すること。

複数の人が同時に視聴する環境では、広い範囲で高品質な音場を再生できる必要がある。

(5) 既存のマルチチャンネル音響方式との互換性を有すること。

他のマルチチャンネル音響方式で制作されたコンテンツが新しく開発する方式で再生できること、そして、新しく開発する方式で制作したコンテンツが、何らかの処理を行うことによって、他の方式でも再生できることが必要である。

(6) ライブ収録および生放送に対応できること。

放送を目的とする音響方式であり、ライブ収録や生放送に対応できる必要がある。

以上の要求条件を目指してNHK放送技術研究所で開発された音響方式が図6に示す「22.2マルチチャンネル音響方式」である¹¹⁾。図6では、各チャンネルの位置を○印で示し、それぞれにSMPTE 2036-2で規格化されたチャンネルラベル名¹²⁾を併記している (SMPTE: Society of Motion Picture and Television Engineers。米国映画テレビ技術者協会またはその規格)。

22.2マルチチャンネル音響方式のチャンネル配置は、上層、中層、下層の3層から成る。上層はスクリーンの上部または部屋の天井と同じ高さであり、9チャンネルを配置する。中層は垂直方向のスクリーン中央位置または受聴者の耳と同じ高さであり、10チャンネルを配置する。下層はスクリーンの下部または床面と同じ高さであり、3チャンネルを配置する。また、下層にはLFE (Low Frequency Effects) を2チャンネル配置する。

2012年のロンドンオリンピックでは、NHK、英国のBBC、OBS (Olympic Broadcasting Services、オリンピック放送機構) が共同で、スーパーハイビジョンによるオリ

mpic番組の制作、伝送、そしてパブリックビューイングを実施した。パブリックビューイングは、イギリスのロンドン、ブラッドフォード、グラスゴウの3都市、アメリカ合衆国のワシントンDC、日本の東京 (渋谷と秋葉原) と福島で実施された。それぞれの会場では、22.2マルチチャンネル音響による三次元音響再生が行われた。

8. さいごに

放送の過去10年は、デジタル放送の開始とアナログ放送の終了という、放送史上も大きな変換点となった。デジタル放送によってもたらされたハイビジョン映像と5.1chサラウンドによって、家庭でも高精細な映像と高音質な二次元音響再生で臨場感あふれる番組を楽しめるようになった。5.1chサラウンドは家庭でのオーディオ再生にとって新たな方向性を示すものとして期待されてきた反面、一部の音楽メディアなどではやや最初の勢いが減少しつつある。今後の家庭オーディオに新たな方向性を示すものとして、三次元音響などさらに高品質かつ高臨場感なオーディオ体験を可能とする技術の発展と実用化が、次の10年でさらに進展することを期待したい。

●参考文献

- 1) 小滝邦宏, 「デジタルテレビ放送の技術概要」, 『JAS journal』, Vol.43, No.10, pp.5-11, 2003年.
- 2) 浜崎浩丈, 「NHKのBSデジタル放送ハイビジョン2波化再編成」, 『同上』, Vol.51, No.5, 2011年.
- 3) ITU-R BS.775.1, “Multichannel Stereophonic Sound System With and Without Accompanying Picture,” 1992~1994.
- 4) 濱崎公男, 「マルチチャンネル音声収録とデジタル放送」, 『日本音響学会誌』, Vol.57, No.9, pp.610-616, 2001年.
- 5) G.Theile, G.Plenge, “Localization of lateral phantom sources”, Journal of the Audio Engineering Society, Vol.25, No.4, pp.196-200, 1977.
- 6) 近江克郎, 小高正行, 「デジタルラジオ放送の技術概要と最新状況」, 『JAS journal』, Vol.43, No.10, pp.12-17, 2003年.
- 7) “Recommendation ITU-R BS.1770-1, Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level,” International Telecommunications Union, 2007.
- 8) “Recommendation ITU-R BS.1864, Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes,” International Telecommunications Union, 2010.
- 9) T. Hatada, H. Sakata and H. Kusaka, “Psychophysical Analysis of the Sensation of Reality Induced by a Visual Wide-field Display,” SMPTE Motion Imaging Journal, 89, pp. 560-569, 1980.
- 10) M. Kanazawa, K. Mitani, K. Hamasaki, M. Sugawara, F. Okano, K. Doi, M.Seino, “Ultrahigh-definition Video System with 4000 Scanning Lines,” Proc. IBC, 2003.
- 11) K. Hamasaki, T. Nishiguchi, R. Okumura, Y. Nakayama, and A. Ando, “A 22.2 Multichannel Sound System for Ultrahigh-Definition TV (UHDTV),” SMPTE Motion Imaging Journal, Vol.117, No.3, pp.40-49, 2008.
- 12) SMPTE 2036-2-2008, “Ultra High Definition Television — Audio Characteristics and Audio Channel Mapping for Program Production,” 2008.