



# 「地上デジタル放送の国際普及活動に賭けて」

早稲田大学客員教授 元NHK放送技術研究所所長 工学博士 **やまだ おさむ** **山田 幸**



御紹介いただきました山田でございます。今日は「デジタル放送の海外普及に賭けて」というテーマで、お話しさせていただきます。

## 1. 地上デジタル放送研究開発の流れ

今日は地上デジタル放送の話ですが、これを振り返ってみますと、私は1974年からTV多重文字放送の研究を担当しておりまして、このときに地上の伝送路でデジタル信号を送るとどうい問題があるかということをも十分勉強、研究してきました。

その後、FM多重放送について、移動通信におけるデジタル信号の受信を研究してきました。最終的には、日本の地上デジタル放送でこのような経験と知識が生かされたという感じを持っています。これはNHKの放送技術研究所に歴史があって、こういう技術について継続的に研究させてもらえたということが一番大きかったのではないかと思います。地上デジタル放送には、日本のISDB-T、欧州のDVB、米国のATSCがあります。欧米のグループのメンバーと私も付き合いがありますが、TV多重放送やFM多重放送の伝送方式を担当していた人は、当時のメンバーにはいませんでしたし、振り返ってみると欧米は継続的な研究という面が、日本に比べて弱かったかなと思います（図1参照）。

1974～1985年TV多重文字放送

1985～1992年FM多重放送（VICS）

1986～2002年地上デジタル放送

NHK放送技術研究所の中で、継続的に地上TV伝送路でのデジタル伝送技術について研究できた。

欧米のDVB、ATSCのグループには、上記の継続的な研究成果の引き継ぎがなかった（？）。

図1. 地上デジタル放送研究開発の流れ

## 2. TV多重文字放送とFM多重放送

最初のTV多重文字放送の研究ですが、各地に出向いてデジタル信号の受信結果としてビット誤りのデータを収集してきました。これにより伝送誤りの性質が分かって、それに対する対処法として1パケットを塊として訂正する（272、190）符号を実用化しました。この誤り訂正方式は、訂正能力が高いことから、現在、FM多重放送やISDB-Tにも採用されています。また、アメリカのグリーンカードの光カードにも採用されて2000万枚以上普及していると聞いています。

TV多重文字放送の研究開発で学んだことは、デジタル信号というのは雑音に非常に強いのですが、建物の反射によるゴースト妨害には非常に弱いということです。ゴースト妨害が必ず存在する地上放送には、デジタル信号は適していないということです。当時はアナログTVを受信する車用のテレビがタクシーなどに付いており、画質は悪いですがある程度は受信可能でした。ところが、文字放送を車で受けても全く受信できないことを確認しました。これではデジタル放送になったらアナログでできたことができなくなってしまい、デジタルテレビは到底不可能と、私は1970年代から80年代前半まで確信に近い思いを持っていました。（図2参照）。

その次のFM多重放送は、移動中の車でデジタル信号を受信する技術で、当時RDSというヨーロッパの方式がありましたが、伝送速度は0.7kbpsで非常に遅く、誤り訂正も全く機能していないことを、1988年に日本の某メーカーが実施したドイツでの伝送実験に参加して確認しました。そこで、（272、190）符号を使えばもっと大容量の情報を確実に誤りなく伝

1. 地上デジタル伝送路の特性が劣悪であること
  - ・ デジタル信号は、雑音には強いが、ゴーストなどの波形ひずみに極端に弱く、送電線などからのインパルス雑音への対処も必要なこと
  - ・ TV多重文字放送は移動受信では受信できないこと
2. 輪講の重要性を実感
  - ・ デジタル伝送では誤り訂正が必須
  - ・ （272、190）符号により解決
3. デジタルTVは不可能
  - ・ アナログTVができる自動車での受信ができない
  - ・ ビットレートが高すぎる

図2. TV多重文字放送の研究開発で学んだこと



送できると思ったわけです。

1985年のCCIR（現在のITU-R）にRDS方式が勧告として提案されたため、当時私はCCIRに関係していなかったので、先輩の会合出席者にこの提案に反対するようお願いをしました。そんなことを言われても困ったと思いますが、先輩の方の努力により、案文に「他国では別の方式を研究開発中」とのフットノートを付けることができました。その後に大容量伝送に対応したDARC方式の日本からの提案を反映した勧告が1994年に採択されました（図3参照）。

現在は、VICSに応用され、これまで、全国2600万台のカーナビに搭載され、交通情報がサービスされています。私は関与しませんでした。ITS Japanの努力によりVICSは中国でも実用化になりました。2008年の北京オリンピックのときが最初で、上海と広州でも昨年12月からサービスがスタートしたと聞いています。

このFM多重放送の研究で、交通情報サービスというビジネスモデルを明確化することの重要性、受信移動の難しさなどを勉強しました。前期の誤り訂正を二重にかけて移動受信でも信号を確実に受信できるようにしたこと、我々のグループの若い研究者がLMSKという変調方式を開発してこれで

システム	DARC	RDS
副搬送波周波数	76kHz	57kHz
多重レベル	4~10%	2~3%
変調方式	LMSK	BPSK
情報伝達速度	8kbps	0.7kbps
誤り訂正	(272, 190) × (272, 190)	(26, 16)
サービス	文章、交通情報 (VICSや見えるラジオ)	コマンドを繰り返し伝送

RDSはスウェーデンが開発  
1986年CCIRでの論争  
Foot Note : Some countries have been developing other systems---

図3. RDSとDARCとの比較

1. ビジネスモデルを明確に
  - ・ファクシミリ放送は実用化にならなかった
  - ・最初から交通情報関係者、警察庁と議論
2. 移動受信の難しさ
  - ・アンテナゲインは-15dB以下
  - ・無指向性で妨害を受けやすい
  - ・フェージング、ゴースト、インパルス雑音など
3. 若い人材のアイデアで実現
  - ・LMSK
4. 国際的な人脈構築の重要性
  - ・ABU、EBU、Swedish Telecom
  - ・ITU-R勧告化の難しさ

図4. FM多重文字放送の研究開発で学んだこと

実用化させたことが特徴でした。このころからITU-Rに私も少しずつ関係するようになりまして、国際的な人脈構築の重要性や、勧告化の難しさを勉強しました（図4）。

### 3. 地上デジタル放送

地上デジタル放送の研究は、NHK放送技術研究所としては1986年ころからスタートさせました。当時は、ハイビジョンの研究が主でいろいろ難しい状況でしたが、何とか研究をスタートさせ1994年には公式に当時の郵政省で審議会がスタートしました。多くの方々の御努力により、1999年の答申を経て、2003年末にサービスがスタートしました。そして現在2011年7月アナログ停波に向けて、総務省をはじめ皆さん準備を進めているところです。

地上デジタル放送のきっかけは、EBUがDABというのを提案して、これがOFDMと呼ぶ変調方式を使っていました。今となっては恥ずかしい話で、私はそれまでテレビの移動受信にSS通信を勉強していましたが、OFDMに関する知識は全くありませんでした。いろいろ調べた結果、OFDMはフランスの放送通信研究所のCCETTで研究開発が進められ、携帯電話の次世代方式として提案したが採用されず、DAB用に転用されていることが分かりました。

それで1988年にフランスの知人のついでで、CCETT研究所を訪問しました。しかしながら、実験車に乗せられて「音はFMと比べてこんなに良いですよ」と言って、音を聞かせてくれただけで、議論なしに、実験車に乗せられたままホテルに直接帰されてしまいました。彼らはOFDMは当時の欧州としては最も重要な技術として、秘密裏に研究開発を進めていたことから議論をしなかったのです。私はホテルの部屋で本当に涙が出てくるくらい悔しい思いをしました。

OFDMの移動でデジタル信号が受信できる特長に注目して、まずは実験装置を試作し確認することが重要だと思ったわけです。当時、NHK技研はハイビジョンの研究がメインでしたから、OFDM用の予算手配は容易ではなかったのですが、いろいろと工夫して研究費を出してもらい、何とか日本で最初にOFDMの試作機を作りました。最初は、欧州が最初に実験していた3.5MHzの音声用でしたが、途中から3.5MHzであればテレビに使えるということで、1993年に初めてテレビの移動受信実験を実施し公開しました（図5参照）。

一方、1992年に私は、それまで全く経験のないITU-Rで、地上デジタル放送の方式を審議するTG11/3の副議長に就任



SSの検討  
1980年代に移動受信用の伝送方式としてSSについて検討したが、放送用としてはビットレートが取れないことが判明

1980年代EBUがユーレカ147 (DAB) を発表  
・ドイツIRTの音声圧縮技術とフランスCCETTのOFDMの成果  
・EBUは秘密裏に研究開発、1988年にCCETTを訪問したが、議論させてもらえなかった  
・1990年代にITU-Rで日欧米の対立、1995年に欧州で実用化

日本はDABに反対  
・音声放送としては、1.5MHzは広すぎる  
・誤り訂正が弱く、音声放送以外への応用は不可能  
・欧州側の主張：普及しないのは、日本が反対していることが原因

OFDMが移動受信に強いことに注目 (TV多重文字放送開発時からの課題)  
・3.5MHzのOFDM試作機を完成させ、TV移動受信の実験を実施 (1993年技研公開)

地上デジタル放送での問題は、ゴースト妨害であり、周波数軸直交のOFDMが有利と判断

図5. EBU提案のDAB

することになりました。最初の会合で、議長の米国S. Baron氏と副議長の英国T. Long氏の二人に移動受信はどうかと議論を吹きかけたところ、「全然関係ない。テレビは移動中なんか必要ない。日本製の携帯テレビが売られているが全く売れていない」の回答でした。「しめた、彼らは移動受信の重要性に気が付いていない。ひょっとしたら、世界一のシステムができる」と思いました。欧米は、困難な方式の開発よりも、国内事情から、規格化することの方が先決だったのだと思います。

欧米にも、図6に書いてあるように移動受信を重視するグループはあったのですが、規格化が優先されて、少数意見の移動受信重視は無視されたということです (図6参照)。当時、ドイツテレコムを担当者は、DVB-Tはいずれ移動受信で行き詰まると言っていました。

TG11/3への提案としての、我々のシステムの名前は、BST-OFDMバンド・スプリット・トランスミッション-OFDMとしましたが、最近、SGの議長を降りたウッド氏からバンド・セグメントという方がいいのではないかと提案を受け、イギリス人が言うのだから、それはその方がいいということでセグメントに変えました。それで今ワンセ

ITU-R, TG11/3  
・議長のS.Baron (米国NBC)、副議長のT.Long (英国ITV) 共、移動受信には興味を示さなかった  
・欧米は、より良い方式を研究開発するよりも、方式確立を急いでいた

しめた、彼らは気がついていない、世界一のシステムができる

1990年代後半  
・米国Sinerea Broadcastingと、欧州ではドイツテレコムが移動受信を重視  
・ドイツテレコム：DVBは我々の主張を無視している、将来後悔することになる

最近、ATSCは移動受信、携帯受信用にMPHと呼ぶシステムを開発  
DVBはDVB-Tと両立性のない携帯用DVB-Hを実用化

図6. ITU-R TG11/3 (地上デジタル放送) 会合 (1992年)

グと言っているのです。

1994年に電気通信審議会でも公式に、地上デジタル放送の研究がスタートした時に主要な要求条件を決めました。これらの要求条件を解決するのに、階層伝送とか、セグメント構成、時間軸インターリーブなどの技術を導入しました (図7参照)。

ISDB-Tの特長は、6MHzを13セグメントに分けて真ん中の1セグメントだけを特別な信号領域として、携帯電話で受信します。これは広帯域の信号を受けると携帯電話の電池がへばってしまいますから、狭帯域の信号で受信します。特にこのワンセグを設けたのは、アナログのテレビの音はFM放送受信機でも聞こえるので、同じような機能によりデジタルテレビになっても、テレビの音はデジタルラジオで受けられないといけないという考えを持っていました。ですから、初めは、ワンセグでテレビ画像を受信するような考えはなかったわけです。その後MPEG4が出てきて、このセグメントでテレビ画像を受信することになり、これだけ普及し、ISDB-Tの最大の特長にもなっているわけですから、大成功だったと思います (図8参照)。

- HDTVサービスが可能なこと
  - 64QAM
- 多チャンネル標準TVサービスが可能なこと
  - 64QAM
- 移動体向けサービスが可能なこと
  - 階層伝送、時間軸インターリーブ
- 周波数有効利用に寄与 (SFN)
  - OFDM
- ベースバンド信号でのBSデジタル放送との共通性
  - MPEG2、BML
- 国際規格を採用
  - MPEG2、BML
- 地上デジタル音声放送との共通性を考慮 (携帯受信)
  - セグメント構成

図7. 地上デジタル放送の主な要求条件 (1994年)

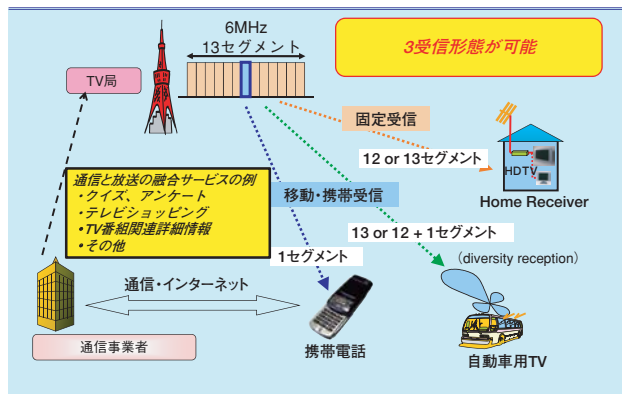


図8. ISDB-Tの特長

ISDB-Tだけが放送業者と通信事業者双方にメリットを与えることができる



#### 4. 普及活動

次は普及活動ですが、ブラジルが方式を決定したのは2006年でしたが、それまでに我々DiBEG、総務省、NHK、メーカー等のメンバーでいろいろな活動をしてきました。必ずしもすべてがうまく行ったというわけではなく、時間もかかりましたが、最終的にはブラジルが決まって拍車がかかったということです。

DiBEGとして、最初は1997年にシンガポールが実施した比較実験に参加しました。日本方式の結果は良かったのですが、国の政策として、まだ決まっていない日本方式ではなく、既に仕様が決まっている欧州方式DVB-Tに決めてしまいました。翌年の1998年にブロードキャスターアジアでデモやセミナーを開催して、何とかシンガポールで負けたのをもう一回ここで展開しようということでしたが、残念ながらこれもうまくいきませんでした。

1998年にはブラジルで、ISDB-Tについて講演してくれないかと依頼されました。当時、ブラジルは米国のATSCを採用することになっていたようです。1998年の9、10月には欧州も米国も地上デジタル放送サービスを始めているときでした。

私が講演をして帰る際に、ブラジル側の当事者に「日本方式を採用する可能性があるのか」と聞いたところ、「日本は遠すぎてその可能性はない」とはっきり言われ、がっかりして帰国しました。

1999年に香港の比較実験に参加し、北京の電影電視総局が機械を貸してくれというので、貸して、交流を深めることもやったのですが、答えはなく機械だけ戻ってきました。結局、我々の機械を使って勉強をしたのかもしれない。

韓国は全く論外でして、韓国でISDB-Tというのは禁句だったと聞いています。2000年にブラジルが世界で初めて1999年

から2000年にかけて実施した3方式の比較実験結果を公開しました(図9参照)。

#### 5. 南米での普及活動

南米の普及活動ですが、現在ブラジルが放送を開始して、あと3か国(チリ、ペルー、アルゼンチン)が今春放送を開始すると聞いています。その後、エクアドルがISDB-Tの採用を決定し、ボリビア、パラグアイやフィリピンなどもISDB-Tの採用を決定してくればと期待しています(図10参照)。

ブラジルへの対応は、図11に示したとおりです。当時のブラジル側の米国に対する評価は、「受信できないことが多いのにATSCは完全に受信できる」と正確な情報を伝えない。欧州には、「日本方式は難しすぎて実用化は無理」と日本の悪口ばかり言う。一方、日本は、ブラジルが評価しても何の反応もないと、よく文句を言われました。

ブラジルの成功の陰には、TVグロボの技術者たちはもちろん、学会のSETやマッケンジー大学などの中立的な立場の人々がISDB-Tをよく勉強し、日本方式がいいよと言って評価してくれたことが大きかったと思います。

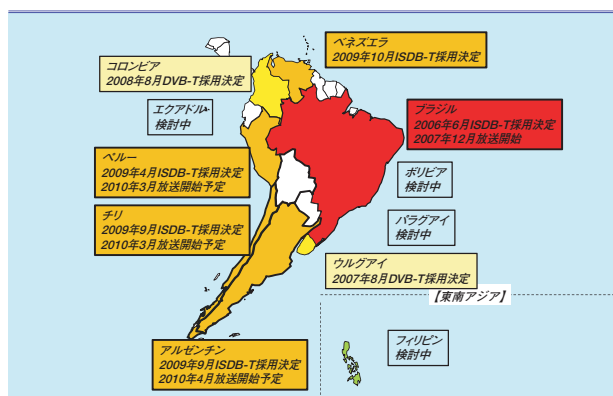


図10. 地上デジタル放送普及活動の現状

1992年以降、ITU-R、NAB、IBC、BroadcastAsia、ISBT等々で発表

1997年：シンガポールでの比較実験に参加

1997年：台湾からも比較実験参加の要請があったが、シンガポールを優先させた、その後台湾はDVB-Tに決定

1998年：BroadcastAsiaでセミナーと展示の実施

1998年：ブラジルで初めてISDB-Tを講演

1999年：香港の比較実験に参加(6月)、中国訪問(7月) 機器貸出し、ブラジルでの比較実験、IBC'99での議論(9月)、韓国は議論にならず

2000年：ブラジルが世界で初めて3方式の比較実験結果を公表

2006年：ブラジルISDB-T採用決定、その後南米各国へPR開始

図9. 地上デジタル放送の海外展開

1999年：変復調器TVGloboへ貸し出し、ブラジルは比較実験を実施

2000年4月：NABで世界で初めて3方式(ATSC、DVB-T、ISDB-T)の比較実験結果を公表

：DVB本部からブラジルが危ないのメール  
9月：DVBとの妥協案として、伝送方式はISDB-T、データ放送はMHP、名称はDVB-XTをブラジルと共同提案、DVBは拒否  
その後、毎年説得のため、DiBEG、総務省、NHKなどからキーパーソンが訪問

ブラジルの評価：米国はATSCがよく受信できると言うが実際は不正確  
欧州はISDB-Tの悪口を言う  
日本は何の反応もない

TVGlobo創業者の死去と、TVGloboニュースキャスター、コスタ通信大臣就任

2005年：ブラジル側は、ISDB-Tの変形を提案、誤り訂正と映像符号化  
2006年6月29日：大統領選挙前に決定

TVGlobo、SET、Mackenzie大Gunnar教授のグループ、DiBEG顧問のMurilo氏(元ANATEL)などの協力が大きかった

図11. ブラジルへの対応



2007年 チリ12月24日（DVB-Tに決定？）への対応

2008年 1月 ブラジルとの共同戦線  
 2月 ベルーでのインパルスノイズ実験  
 3月 チリ、公聴会3方式への19の質問  
 7月 ベルー、雑誌への3方式評価リーク記事  
 ISDB-Tは最下位  
 8月 コロンビアDVB-Tへ決定

2009年 4月 ベルーISDB-T採用決定  
 8月 アルゼンチンISDB-T採用決定  
 9月 チリISDB-T採用決定  
 10月 ベネズエラISDB-T決定

図12. 2007年以降

私は、南米に関してはブラジル以外は全く知識がありませんでした。2007年にパラグアイに行ってくださいと言われ、パラグアイは南米のどこにあるのかも恥ずかしいことに全然知らなかったのです。それで南米全体について政治・経済状況も含めて勉強しました。2007年後半以降は、私も少し時間が取れたので2008年の最後まで再三南米各国を訪問しISDB-TのPRに努めました。恐らく数えてはいませんが、半分くらいは南米に行っていたのではないかと思います。2007年以降の進捗状況は、図12に示したとおりです。

## 6. 比較実験結果

ブラジルが2000年に、世界で初めて公表した3方式の比較実験結果は、図13に示したとおりです。一般的にISDB-Tが優れており、特にインターリーブにより雑音に非常に強い特性を持っています。携帯電話での受信は、ほかの方式ではできません。欧州側は、ワンセグと同じような機能はDVB-Hでできると最初発表していましたが、別の周波数を利用しないとできません。米国のATSCは、基本的には携帯受信には適していません。

## 7. むすび

最後ですが、ISDB-Tの開発では、自分が言うのもおかしいのですが、30年以上地上デジタル伝送の研究を担当してきた成果が生かされたのではないかと考えています。それから、

Item	ATSC	DVB-T	ISDB-T
Modulation	8VSB-AM	OFDM	BST-OFDM
Hierarchical transmission	No	No	Yes
Time interleave	No	No	Yes
Mobile & portable	No	DVB-H (Needs other frequencies)	One-seg (more than 20,000,000 was sold)
Artificial noise	Poor	Poor	Excellent
HDTV	Yes	No	Yes
Data Broadcasting	No	(MHP),	BML (more than 30,000,000 receivers)
Emergency Warning System	No	No	Yes

図13. 3方式の比較

移動と携帯で受信するというコンセプトが非常に重要なキーでした。

ISDB-Tは、多くの優秀な若い研究者たちの努力の成果です。特に規格化に当たっては、限られた時間の中で多くのNHK内外の方々、総務省、民放、メーカー、大学等の協力で成立しました。

国際展開については、2006年以前のブラジルについては個人的な付き合いのようなものでしたが、2007年以降は当時の菅総務大臣、総務省の国を挙げての推進により、大きな成果が上がってきています。ISDB-Tの普及活動に何でそんなに力を入れているのかと聞かれます。もちろん、私たちが開発してきた成果を世界で使ってもらえればうれしいということはありますが、ISDB-Tを通して、文化や技術、産業等々を含めて国と国との交流を一層深めることにはなっていないでしょうか。これまでは、南米について皆さんがこんなに、身近に感じたことはなかったと思います。「ただ単に日本のメーカーがもうけるためだけでやっているのではない。本当に相手の国の将来を考えて良い方式を使ってもらいたいです」と、相手国には言い続けてきました。もちろん、日本のメーカーが頑張って利益を上げていただきたいのはやまやまですが、まずは、相手国にメリットを与えることがスタートではないでしょうか。どうも御静聴ありがとうございました。

(2010年3月11日第382回ITUクラブ講演より)