



日本発，国際規格の作り方

— ISO/IEC 23008-1 (MMT) と次世代放送システムの標準化 —

青木秀一 NHK 放送技術研究所

グローバルな情報化時代において，国際規格はますます重要である。しかし，国際規格が実際にどのような人々によってどのような過程を経て作られているかを知る機会は多くない。

筆者は，ISO/IEC の標準化（MPEG で行われたメディアトランスポート方式である MPEG Media Transport (MMT) の標準化）に参加する機会に恵まれた。この MMT は日本の 4K/8K 衛星放送で採用されるとともに，アメリカの次世代地上放送でも採用され，現在，世界各地で製品化に向けた開発が進められている。

そこで本稿では，この国際標準化の経験を例に，国際規格の作り方とその重要性，また，国際規格を作る活動に参加することの意義を紹介したい。

これらは国際的な標準化機関であり，ここで作られた標準は一般に国際規格や国際標準と呼ばれている。

一方，各国には国内や地域の標準化団体，たとえば日本の Association of Radio Industries and Businesses (ARIB) やアメリカの Advanced Television Systems Committee (ATSC) などがある。これらの団体は，それぞれの国の規格を作成している。

▶ 国際規格の必要性

国際規格はなぜ必要なのだろうか。

まず相互接続性の確保のために必要である。放送システムの開発では通常，サービス開始の数年以上前から公的な規格を定め公開する。規格が最初に決められ広く公開されることにより，異なる企業が開発し，量販店で販売するテレビのすべてが放送を確実に受信できるようになる。

また，日本が守るべき国際貿易のために必要である。今日，日本を含む WTO 加盟国の放送システムは国際規格に基づくことが要求されている。WTO・TBT 協定（世界貿易機構—貿易の技術的障害に関する協定）により「国内規格は，気候上の理由など正当な理由がない限り，国際規格を基礎として作成しなければならない」ためである。

さらに，国内産業にも有益である。国内向け製品にさまざまな国の企業による技術を利用できるだけでなく，国内で開発した技術を世界に展開することができる。市場が飛躍的に広がり，機器の低価格化

国際規格とは何か？

▶ 標準化を行っている機関・団体

放送システムに関する情報技術の国際的な標準化機関は 1 つではないが，以下の 3 つが特に重要である。

- International Standardization Organization (ISO, 国際標準化機構)
- International Electrotechnical Commission (IEC, 国際電気標準会議)
- International Telecommunication Union (ITU, 国際電気通信連合)

や高性能化が期待でき、サービスの普及と展開が促進される。

このような多くの理由で国際規格が必要となっている。

MPEG での MMT の国際標準化

▶ MMT とは？

MMT の詳細についてはすでに本誌で紹介した¹⁾ので、ここでは簡単な説明にとどめる。

MMT は、2014 年に ISO/IEC 23008-1^{☆1} として国際規格となった、放送や通信などの多様な伝送路を用いてコンテンツを送送するためのメディアトランスポート方式である。ISO/IEC におけるマルチメディアの情報処理技術の標準化を行う作業部会 (Working Group) である Moving Pictures Experts Group (MPEG) で技術仕様の検討など規格の作成が行われた。図-1 に発行された国際規格の表紙を示す。

MMT は、映像・音声信号などをパケット化するためのカプセル化の方式や、伝送のためのプロトコルを規定しており、コンテンツを多様なネットワークで伝送し、多様な端末で利用できる特徴がある。

▶ 標準化における調査の段階

MPEG における MMT 規格作成の経緯を図-2 に示す。具体的な技術仕様の作成に先立ち、MPEG はワークショップを開催し、既存のメディアトランスポート方式の課題や新たな方式の必要性を議論した。この段階での議論は、後々の規格作成の段階で参照され、国際規格の根拠となるものである。そのため、細かいことにまで気を配り、禍根を残さないようにすることが重要である。

筆者は2回目のワークショップで、放送システムの開発状況について述べ、既存のメディアトランスポート方式では拡張性や相互接続性が乏しく



図-1 国際規格 ISO/IEC 23008-1



図-2 MPEG における MMT 規格作成の経緯

なっていること、既存の MPEG-2 Transport Stream (TS) に加え Internet Protocol (IP) パケットの多重に対応した放送システムが開発され放送・通信連携を実現していることなどを述べ、課題提起を行った。2度のワークショップを通して、MMT の必要性が MPEG で認識され、規格を作成する段階に進めるための文書作成が行われた。1) 標準化の背景と目的、2) ユースケース、3) 要求条件、4) 標準化のスケジュールなどをまとめた提案募集、の文書である。

これらの文書を作成する段階では、具体的な技術については議論せず、MMT のユースケースや要求

^{☆1} ISO/IEC 23008-1 は、以下の URL で購入できる。
http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=62835



図-3 MPEG 会合の様子

条件だけを議論した。会合の参加者は、将来的に自分たちの技術が採用されるようなユースケースや要求条件を提案した。会合では、それらの必要性や不明確な点を議論しながらそれぞれの文書にまとめていった。筆者らは、放送への応用についての提案をユースケースと要求条件の文書に反映させた。

MMT の土台ともいえるこれら 4 種類の文書が整えられた 2010 年 7 月に提案募集 (Call for Proposals: CFP) が開始された。

▶ 規格作成の段階

提案募集に応じてさまざまな技術が提案され、具体的な技術仕様の議論が開始された。会合の様子を図-3 に示す。ここから規格の作成が始まる。この段階では、規格作成のためのさまざまな役割や作業を積極的に引き受け、標準化に真剣に取り組む姿勢を示すことが、他国の協力を得て標準化を成功させるために重要になる。

MMT の標準化には、日本に加え、イギリス、フランス、ドイツ、アメリカ、中国、韓国などから、筆者とほぼ同年代の 30 ～ 40 歳代の技術者が参加した。筆者は提案者としてだけでなく、各社から出された提案をさまざまな点から評価するグループのコーディネータとして、さらに、規格文書を執筆するプロジェクトエディタとして MMT の標準化に参加した。

MPEG 会合は年に 4 度開催されたが、標準化を加速するため、MMT の議論だけを行うアドホック会合も頻繁に開催された。2011 年 3 月には東京工芸

大学厚木キャンパスでアドホック会合を開催し、日本が MMT の標準化に本気で取り組んでいく姿勢を示すことができた。

ある会合の 1 日は次のようなスケジュールであった。

9:00 ～ 13:00 メディア符号のカプセル化方式の議論

14:00 ～ 18:00 伝送プロトコルの議論

18:00 ～ 22:00 伝送品質確保方式の議論

会合は終日行われることが多く、会場の都合で追い出されなければ、終わるのはたいてい夜遅くであった。最も遅いときで、明け方 4:00 まで会合が続いたこともあった (そして 5 時間後の朝 9:00 には、予定通り次の会合を開始した)。もちろん、何時間も連続して議論するわけではなく、適宜コーヒープレイクをとる。しかし、標準化会合におけるコーヒープレイクは休憩の意味よりも、個別の話し合いを意味する場合がしばしばであった。会合の重要性はもちろんであるが、コーヒープレイクを含めた個別の話し合いも同じく重要である。1 時間の会合の裏には、それ以上の時間をかけた個別の話し合いや準備が行われていた。

会合では、たとえばパケットの構造について同じような提案が複数あった場合にはそれらを統合し、相反する提案があった場合には、要求条件とユースケースを評価尺度としてどちらが優れているかを議論した。メディアトランスポート方式開発の難しさの 1 つは、評価尺度が単純ではないことである。パケットに余計な情報が含まれず効率的であることは重要であるが、あるユースケースで必要な情報 A と、別のユースケースで必要な情報 B の両方を含めると、結果として効率が低下してしまう。情報 A の提案者と情報 B の提案者は、それぞれのユースケースのもとで自分の提案のメリットと相手の提案のデメリットを述べ結論が出ないことになった。こうした場合の解決方法として、フラグを設けて両方の情報を切り替えるという結果となることもあった。

また、シーケンス番号などの情報をペイロードの

ヘッダに持たせるべきか、パケットのヘッダに持たせるべきかといった議論も優劣をつけがたかった。こうした議論はコーヒブレークでの当事者同士の話し合いに持ち越されることも多かったため、会合を円滑に進め自分たちの主張をまわりに納得させるためには、参加者同士の日々の付き合いが重要であった。

会合では、このような議論を行いながら、規格文書の作業草案 (Working Draft : WD) の作成を進めた。作業草案の完成度が高まった段階で、規格文書の委員会草案 (Committee Draft : CD) を発行した。以後は委員会草案→国際規格案 (Draft International Standard : DIS) →最終国際規格案 (Final DIS : FDIS) の作成へと進むが、それぞれの段階で国際標準化参加国による投票がある。投票では、単なる賛成・反対の回答よりも、規格案に対し具体的な問題を指摘し、規格文書をどう修正するべきかというコメントが重要であった。MMT の標準化では、委員会草案の投票で 280 件、国際規格案の投票で 300 件のコメントが各国から出された。投票のたびに、各国のコメントすべてを精査し規格文書をブラッシュアップしていった。

最終国際規格案の投票は 2014 年 3 月 16 日に完了し、賛成多数の結果を得て 2014 年 6 月 1 日に国際規格 (International Standard : IS) が発行され、標準化が完了した。

▶ 時間との戦い

標準化は、標準化される時期が非常に重要である。時期が早すぎれば産業界での実用化が困難になるし、遅すぎれば実用化に間に合わないこともある。実用に役立つためには、早すぎず遅すぎず産業界から必要とされる時期に、必要な内容の標準化が完了している必要がある。

MMT の標準化と同時期に、日本では 4K/8K 衛星放送の検討が進んでいた。標準化が提案募集時に合意したスケジュール通りに進められれば問題なかったが、作業草案の作成や委員会草案第 2 版の発行のため当初の予定より遅れ、日本での放送サービス



図-4 MPEG 札幌会合の MMT 特別セッションの様子

開始に間に合わせるためには、最終国際規格案の発行が一会合の遅れも許されないという状況になってしまった。

標準化がさらに遅れてしまうと日本では MMT を採用できなくなってしまうため、筆者はジュネーブで開催された MPEG 会合の翌週に、プロジェクトエディタを NHK 放送技術研究所に集め会合を開催した。ほかのプロジェクトエディタには MPEG 会合の直後に日本に来てもらうという大変な負担をお願いすることになった。幸い、日本の状況を理解してご協力いただき、急ピッチで規格文書の作成を進め最終国際規格案の発行を日本での放送システムの標準化に間に合わせることができた。標準化の有力者にこのような依頼をできるようにするためにも、会合参加者間での日頃のコミュニケーションが大変重要であった。

▶ 特別セッションの開催

標準化の完了後、速やかに実用化できるように準備を進めることも重要である。

MMT の標準化では、規格を作成している段階から各国で MMT の実装が進められた。国際規格発行のわずか 1 カ月後の 2014 年 7 月には、MMT の応用に関する開発状況を共有するため、MPEG 札幌会合にあわせて MMT 特別セッションが開催された。このセッションでは、MMT の応用に関する 4 件の講演とパネル討論が行われ活発な議論が行われたほか (図-4)、MMT の解析装置や通信伝送のための伝送装置など合計 7 件の MMT の実装例がデモ展示された。筆者らも MMT 対応送受信装



図-5 MMT 特別セッションでの MMT 対応送受信装置のデモ展示



図-6 MPEG ストラスブール会合でのデモ展示の様子

置の展示を行い（図-5）、日本における MMT を用いる放送システムの準備が順調であることを世界にアピールできた。

この特別セッションが好評であったため、2014 年 10 月の MPEG ストラスブール会合でも、同様のセッションが開催された（図-6）。

こうした特別セッションを開催し、標準化した技術を用いたさまざまなサービスのデモ展示が行われたことで、国際規格という「本」を作るだけでなく、産業界での応用に向けた開発が順調であることが世界の人々に理解された。

日本における 4K/8K 衛星放送の標準化

日本では 2013 年 6 月に、総務省の放送サービスの高度化に関する検討会が 4K/8K 放送のロードマップを公表した。これを踏まえ情報通信審議会情報通信技術分科会 放送システム委員会において、衛星放送における超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件の検討が行われ、答申された。この答申に基づき、2014 年 7 月に総務省令・

映像符号化方式 ISO/IEC 23008-2 (MPEG-H HEVC)	音声符号化方式 ISO/IEC 14496-3 (MPEG-4 AAC)
メディアトランスポート方式 ISO/IEC 23008-1, 勧告 ITU-R BT.2074 (MPEG-H MMT)	
IP多重化方式 勧告 ITU-R BT.1869 (TLV多重化方式)	
伝送方式 ARIB STD-B44	

*HEVC: High Efficiency Video Coding
*AAC: Advanced Audio Coding
*TLV: Type-Length-Value

図-7 4K/8K 衛星放送システムで用いられている規格

告示が整備されるとともに、ARIB において標準規格が策定された。

筆者らは、放送システムは容易に変えることができないことを考慮し、10～20 年後のコンテンツ配信環境にも適するシステムとして、MMT を用いる放送システムを提案した。ARIB における審議の結果、筆者らの提案である MMT を用いる放送システムが採用された。日本が 4K/8K 衛星放送での MMT の採用を表明したのは世界に先がけてのことだった。4K/8K 衛星放送で用いられている規格を図-7 に示す。

ISO/IEC 23008-1 は、放送以外に使うことも想定しているため、放送システムでは用いない機能も規定し複雑なものとなっている。MMT を用いる放送システムのためには、ISO/IEC 23008-1 の記載事項をすべて実装する必要はない。一方、放送システムの実現には、ISO/IEC 23008-1 に規定されない制御情報も必要となる。このため ARIB は、放送システムのための ISO/IEC 23008-1 の制約や、必要な制御情報を記載した標準規格 STD-B60^{☆2} を策定した（図-8）。

放送への応用を世界に発信

▶ ITU-R への提案

ARIB 標準規格は、日本国内の放送システムの規格である。MMT は ISO/IEC の国際規格であるが、

^{☆2} ARIB STD-B60 は、以下の URL から無料で入手できる。
http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_hoso/hoso_kikaku_number.html



図-8 MMT を用いる放送システムの国内標準規格となる ARIB STD-B60

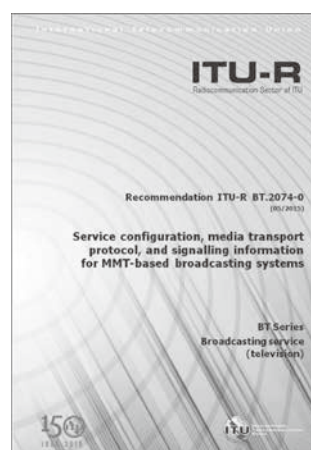


図-9 発行された勧告 ITU-R BT.2074

放送システムの国際規格ではない。MMT を世界で利用してもらうためには、MMT を用いる放送システムを国際規格にする必要がある。そのため筆者らは、放送業務を所掌する ITU-R の研究委員会である Study Group (SG) 6 に、ARIB STD-B60 の記載内容をもとにした新勧告作成を提案した。

新勧告作成の提案は、SG6 配下の作業部会である Working Party (WP) で最初に審議された。MPEG での MMT の標準化では NHK として要素技術を提案してきたが、MMT を用いる放送システムはすでに日本の標準規格となっていたため、ITU-R では日本として提案を行った。

提案した新勧告の草案には、MMT を用いる放送システムのプロトコルスタックと放送サービスの構成、映像・音声の伝送方法の詳細、さらに、放送システムで必須となる制御情報を記載した。さらに、ARIB における制御情報も記載した。勧告を読んだ人が MMT をどのように放送に用いるか、放送システムでの MMT の位置付けが分かるような内容を記載した。

2014 年 11 月の ITU-R WP6B の会合で新勧告の草案を提案し、2015 年 2 月の SG6 会合で勧告案として仮採択された。SG6 会合後に各国の承認手続きが行われ、2015 年 6 月に新たな勧告 ITU-R BT.2074^{☆3} として採択・承認された (図-9)。

この ITU-R での勧告化により、MMT を用いる放

送システムは国際規格になった。国際規格として、ISO/IEC 23008-1 を放送システムで用いる際の制約を設け、必要な詳細化を行ったことで、放送システムの共通性を向上し、テレビなどの容易な開発が可能となった。

▶ ATSC への提案と標準化

アメリカでは、次世代の地上放送システムの実現に向け、2012 年 2 月に ATSC 3.0 の標準化が開始された。まずは ATSC 3.0 の要求条件の検討が行われ、伝送路符号化・変調方式の提案募集に続いて、2014 年 1 月にはメディアトランスポート・多重化方式の提案募集が行われた。

筆者らはこの提案募集に応じ、MMT を用いることを提案した。提案募集には、筆者らを含め 10 組織から 7 つの提案があった。その後、ほぼ毎週のように電話会議が行われ、提案内容の明確化や他の提案との比較が行われた。1 年に及ぶ議論の結果、2015 年 1 月に特徴の異なる MMT と DASH/ROUTE (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP/Real-time Object delivery over Unidirectional Transport) の両方式を採用することが合意された。

ATSC では、2017 年前半の標準化完了を目標に、現在も標準化が続けられている。

☆3 勧告 ITU-R BT.2074 は、以下の URL から無料で入手できる。
<http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.2074/en>

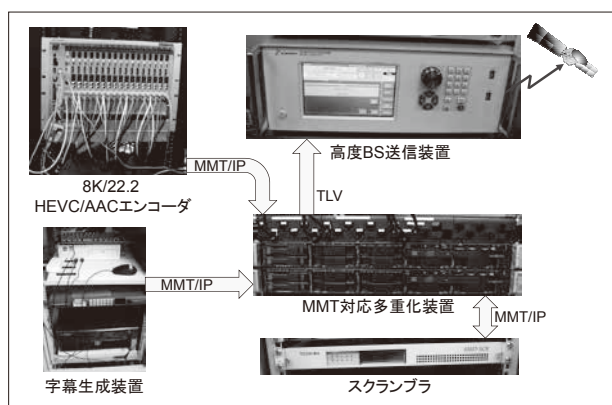


図-10 MMTに対応する送信側の機器

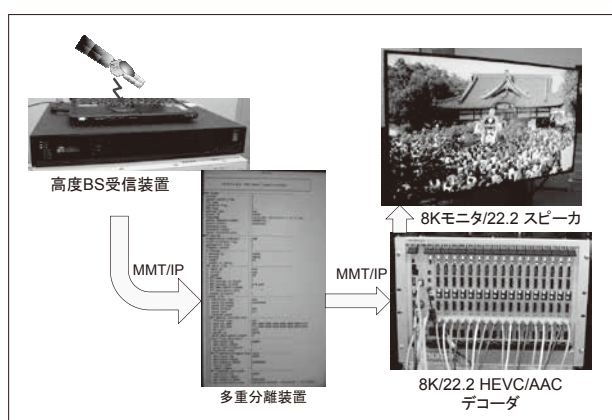


図-11 MMTに対応する受信側の機器

実用化に向けて

日本で ARIB STD-B60 が発行されて以降、2016 年の 4K/8K 衛星放送の試験放送、2018 年の実用放送に向け、必要な機器の開発が進められている。

NHK 放送技術研究所では、MMT 対応の 8K リアルタイムエンコーダ・デコーダや多重化装置、変調器・復調器など放送の送受信に必要な機器を用いて、実際の放送衛星を用いた 8K 映像コンテンツの伝送実験を行った。図-10 と図-11 にそれぞれ送信側、受信側の機器を示す。この伝送実験の結果、映像・音声の撮影から符号化、伝送、復号、表示までの放送システムとしての一通りの機能が確認され、MMT を用いる 8K 衛星放送の実現可能性が示された。

また 2015 年の NHK 放送技術研究所の一般公開では、MMT による放送・通信連携のデモ展示を行った（図-12）。このデモ展示ではマルチビューの



図-12 MMT による放送・通信連携のデモ展示



図-13 MMT を用いた携帯端末向け映像配信サービスのデモ展示

サービスを想定し、放送の送信装置・受信装置で伝送した放送番組と、通信回線で伝送した別アングルの映像を同期して表示し、放送・通信連携サービスの実現に向けた機能が示された。

ATSC 3.0 の実装では、アメリカのシンクレア放送グループがフランスのテクニカラーと共同で MMT を用いる ATSC 3.0 の伝送実験を行ったことを発表している。この実験では、4K 映像の固定受信だけでなく移動端末向けにも伝送を行い、ATSC 3.0 のサービス開始に向けた技術開発が順調に行われていることを示した。

また放送への応用以外では、韓国の携帯電話事業者である SK テレコムが、Long Term Evolution (LTE) のネットワーク上で MMT を用いる映像配信サービスを開始することを表明している。MMT を用いることで、アダプティブストリーミングの方式を用いる場合と比べ低遅延の配信を実現している。SK テレコムは、MPEG ストラストブル会合での MMT 特別セッションでもデモ展示を行い、低遅延をアピールしていた（図-13）。

このほか、MMT の収録装置や解析装置が市販さ



れるなど、実用化に向けて多くの MMT 対応機器の開発が進められている。

国際規格を作って

本稿では、MPEG における MMT の標準化と、その実用例の 1 つである日本の 4K/8K 衛星放送の標準化を例に国際標準化について述べた。

放送技術の国際標準化は、一般に想像されるよりかなり長い時間がかかる。MMT の標準化では、最初のワークショップから最終国際規格案の発行まで 4 年 4 カ月もの時間がかかった。標準化に参加してきた担当者としてはかなりの時間 MMT にかかわってきたが、多くの方々にとっては、国際規格となった 2014 年 6 月に世の中に現れた技術ということになるだろう。それにもかかわらず、すでに MMT の解析装置など開発に必要な機器が市販されていることに加え、MMT の受信部を開発したいという声が多くあり、多数の人が MMT に関係していることを実感している。

筆者は、ISO/IEC における MMT の国際標準化から、それを生んだ新たな放送システムの国内・国際標準化まで一通りの経験をする事ができた。国際

標準化の苦労は、参加した人でないと分からないことも多い。しかし、この苦労に見合っただけのやりがいがあり、今後長く使われることになる放送システムの設計に携わることができたのは幸運であったといえる。標準化は相手のあることであり、自分の思い通りになることは必ずしも多くない。これまで何度もくじけそうになったが、社内外を含め多くの人にアドバイスをいただき助けられながら、これまでやり通すことができた。

インターネットの普及により、情報は簡単に国境を越えることができるようになった。情報技術分野での国際標準化の重要性がますます高まることは容易に想像できる。今後、より多くの人々が国際標準化の活動に関心を持っていただければ幸いである。

参考文献

- 1) 青木秀一：MMT により実現される 4K/8K 放送システム—メディアトランスポート技術の 20 年ぶりの大改定—，情報処理，Vol.55, No.9, pp.996-1002 (Sep. 2014).

(2015 年 10 月 8 日受付)

青木秀一（正会員） aoki.s-ha@nhk.or.jp

2003 年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。2013 年同大学院情報理工学系研究科博士課程修了。2003 年に NHK 入局。以来、放送技術研究所にて、IP 技術を用いる放送システムの研究開発や標準化に従事。2010 年日本 ITU 協会より国際活動奨励賞、2015 年情報規格調査会より国際規格開発賞受賞。博士（情報理工学）。

