



## リアルタイム ビデオコーデックの 開発に携わって

飯田 健太<sup>†</sup>

### まえがき

皆様初めまして、NECの飯田健太と申します。私は現在、主に放送事業者様で使用される装置の開発部門に所属しており、その部門で映像符号化技術に関わる業務に従事しています。特に、国際規格の映像符号化方式に準拠した処理を、動画データに対してリアルタイムに実行する、リアルタイムビデオコーデックのソフトウェア開発を担当しています。リアルタイムビデオコーデックは、テレビ放送やストリーミングサービスなど、映像データを限られた通信帯域でリアルタイムに伝送するサービスのために必要なものであり、今後もさまざまなサービスを支える役割を担っていくことが予想されます。本稿では、このコーデック開発の業務や、その業務に携わるまでのきっかけと経験談を紹介したいと思います。

### コーデック開発に携わるまで

私は、情報系と通信系の両方の内容を学ぶコースにおいて修士課程を修了した後に、NECへ新卒で入社しました。大学に在籍している時には、画像などのマルチメディア情報を用いた信号処理が研究テーマである研究室に所属していました。私が主に取り組んでいた研究の内容は、JPEG方式で圧縮符号化

した画像間で圧縮前の画像が同じかを同定する手法についてでした。この同定法では、JPEG方式の圧縮アルゴリズムに注目して、同じ画像から生成された画像を原理的に必ず検出する特徴量を設計していました。これが映像符号化方式のアルゴリズムに触れた初めての機会であり、この時に興味を持ち始めました。また、同じJPEG方式のコーデックでも工夫次第で実装が異なることに面白さを感じ、コーデックの開発にも関心を持ち始めました。この体験がきっかけとなり、就職活動時もキャリアパスの一つとして、このコーデックの開発に携わることを考え、ビデオコーデックを長年開発している現在の所属へ進路を決めました。

### コーデック開発の業務とは

NECへ入社して以来、国際規格に準拠したリアルタイムビデオコーデックの開発業務に携わっており、専用LSIで動作するハードウェアベースコーデックの制御ソフトウェアの開発や、汎用的なサーバ上で動作するソフトウェアベースのコーデックの開発全般を担当してきました。コーデックは、映像データから符号列を生成するエンコーダと、符号列から映像データを復号するデコーダから構成されますが、特にエンコーダの開発に尽力してきました。

エンコーダの開発では、主に処理アルゴリズムの設計を担当しています。まずは現状分析を行い、改善が可能な点から新たなアルゴリズムを設計し

す。その後、シミュレーションベースで効果を確認していき、最終的に実装していきます。この設計したアルゴリズムが特に有用なアイデアである場合には、特許として出願することもあります。

また、展示会などでコーデックのデモンストレーション時の説明員を担当することもありますし、コーデックが出荷される際には、一定以上の品質を満たしているかの評価や、取扱説明書や報告書の作成も行います。これらの業務には、専門的なスキルを要求されることもあることから、専門家として、このような設計の工程以外にも関わります。

さらに、国際規格に準拠するエンコーダを開発するにあたって、MPEG (Moving Picture Experts Group) など、国際的な標準化を行う団体が発行する文書の確認や、その会合へ参加することで、規格の標準化動向の調査も行います。私はまだ経験していませんが、この会合で、NECとして技術提案することもあり、規格の策定に関わることもあります。上記に加えて、国内での標準化に関わる活動も行っているなど、規格の策定にも携わることとなります。このように、規格を利用するだけでなく、作る仕事に携わることもあります。

### 業務を進める上での働き方

基本的な勤務の形態としては、テレワークと出社の頻度が6:4程度となっています。この働き方は全員に共通す

<sup>†</sup> 日本電気株式会社 クロスインダストリービジネスユニット

"Development of Real-time Video Codec" by Kenta Iida (Cross-Industry Business Unit, NEC Corporation, Kawasaki)

るものではありませんが、NECでは現在ハイブリッドワークが推奨されているため、業務上出社が必須でなければ、標準的な方であると思います。もちろん、映像を専用のモニタで確認する評価や、展示会の準備を行う期間は出社日が増加するなどの波はあります。また、シミュレーションに使用するサーバの管理などの突発的に出社が必要な業務も稀にあります。その一方で、ひたすらコーディングや文書作成する際に集中したい時など、必要がなければ出社しない週もあるような感じです。

このようなハイブリッドワークに加えて、個人の業務を着実に遂行することや、チームとして働くことを大切にしたい上で、休暇取得やフレックス制度を含めて、融通が効くような働き方ができています。特に、業務と並行しながら、博士号を取得した際には非常に助けになりました。大学・職場の方々のご協力があったからこそでしたが、博論執筆期間の身体的な負荷の軽減や、国際会議への参加が可能となりました。

## 業務を進める上で大切にしていること

私は、業務を行う上で、スキルも大事だと思いますが、考え方や姿勢がより大事であると思っています。開発者として普通かもしれませんが、さまざまなことに興味を持つ知的な好奇心、未知の世界でも飛び込んでいけるチャレンジング精神、よりよいものを作る熱意の三つが大事と考えています。

まず、知的な好奇心についてですが、前述のようにコーデック開発といってもさまざまな知識が要求されることが背景にあります。映像符号化の知識やソフトウェアの開発手法、コーディング技術はもちろん、サーバを構成するハードウェアや通信方法の知識についても要求されます。稀なケースですが、回路や変調などの大学で学んだ通信系の内容が役に立ったこともありました。これに加えて、映像符号化の領域でも、3次元映像向けの方式や機械の処理に

適した方式など、新たな観点の技術が出てきています。そのため、分野に関係なく知識を吸収していく姿勢や、日頃から業務に関係ないことでも、気になったことになぜと調べていく姿勢を大事にしています。

次に、チャレンジング精神は、特に国際的な場でもひるまず、力を発揮するために必要だと思います。海外の展示会に出展する際やMPEGの会合など国際的な場に参加することもあり、そこでプレゼンスを高めることや、他の参加者との交流がミッションになってきます。私の場合、研究室時代に多数の国際会議に参加した経験が非常に役立っています。

最後に熱意についてですが、これを一番大切にしています。映像符号化方式の国際規格では、デコーダの処理手順だけが記述されています。エンコーダは対応するデコーダで復号できるように実装すればよいです。そのため、ただ規格に従った処理をするだけでなく、さまざまな工夫ができます。どこまで作り込めるかは熱意次第であり、品質に直結してくる部分です。この点がコーデック開発を面白いと感じている理由です。

## 映像符号化方式の歴史とNECのコーデック開発

ここからはそのように面白いと感じている、コーデック開発のより詳細な話に触れていきたいと思います。

映像符号化方式の国際規格は、現在地上デジタル放送で使用されているMPEG-2方式が約30年前に策定されて以来、基本とするフレームワークに機能追加などの拡張を行いながら、H.264/AVC (Advanced Video Coding)、H.265/HEVC (High-Efficiency Video Coding)、H.266/VVC (Versatile Video Coding) と進歩してきました。

これらの方式では、復号しても完全には戻らない非可逆な処理が基本的に実行されることから、復号された映像の画質は、符号化前の映像と比較して劣化します。この画質劣化は、符号列

の1秒当たりのデータ量であるビットレートを小さくするほど、すなわち、元のデータに対する圧縮率を高めるほど、劣化度合いが大きくなります。この画質劣化の抑制を目標に、先ほど挙げた規格は進歩してきており、規格が一つ進歩するごとに、同程度の画質を達成するビットレートが半分ほどになります。これは、従来の規格を使用したサービスよりも、約半分のビットレートで同等品質のサービスを実現できることを意味しており、テレビ放送の高度化もこの映像符号化方式の進歩によって実現されてきています。

NECは、これまでテレビ放送で使用されている各規格のコーデックを開発しており、放送事業者様へ納入しています。これにより、日本のテレビ放送に貢献してきています。また、2020年に規格化が完了した最新の方式、H.266/VVCに準拠したソフトウェアベースのコーデックを開発しています。H.266/VVCの方式は、昨年度実施された、日本の地上放送の高度化に向けた実証実験で使用されるなど、これからの実用化が期待される技術です。また、3次元映像を対象とする方式やAIでの処理用途向けの方式においても、H.266/VVCを基盤技術として利用がされているなど、これまでの放送や配信用途以外にもさまざまな場面での活用が予想されます。このH.266/VVCコーデックの開発に私は尽力してきたので、以降では、このコーデック開発について紹介していきます。

## リアルタイムビデオコーデック開発の難しさ

上で述べたように、従来の規格へさまざまな機能が追加されることで、新しい規格では圧縮率の改善を達成してきています。一方で機能追加することで、処理が複雑化してきており、これがリアルタイム処理を難しくさせます。特に、H.266/VVCコーデックのエンコーダの処理量は、H.265/HEVCコーデックのエンコーダと比べて10倍近くにもなります。そのため、ムーアの法

則などで予測される、CPUなどのハードウェアの性能向上を踏まえても、リアルタイム化が難しいため、いかに高速に処理できるかが鍵になります。処理対象のデータ量が大きい、4Kなどの高精細な映像を扱う場合には特に大きなハードルとなります。そのような背景から、NECのH.266/VVCエンコーダでは、さまざまな高速化のための工夫を適用しています。

また、より高い圧縮率に設定しても、従来規格よりも画質劣化を抑えられることから、これまでの規格では考えられないような低いビットレートでの伝送が求められるようになりました。これにより、画質劣化を抑制しつつ、ビットレートを制御することが難しくなります。リアルタイムエンコーダのビットレート制御では、動画像を構成する連続した画像であるフレームに対して、予測により各フレームへ使用可能なデータ量を割り当てることが一般的です。低ビットレートの条件では、この予測がずれた場合の影響が大きくなります。そのため、予測したデータ量よりも上回った時、そのフレーム以降はより少ないデータ量しか割り当てできなくなり、それによって画質の劣化が目立ちやすくなります。このような画質劣化をなるべく回避するために、画質チューニングも適用しています。この高速化の工夫と画質チューニングが、エンコーダ開発の肝となる部分なので、より詳細に紹介します。

## コーデック開発における高速化検討

まず行った工夫としては、CPUとGPUを協調動作させるアーキテクチャの採用です。VVCの符号化アルゴリズムでは、並列化が可能な処理と、逐次実行しなければいけない処理が混在しています。そのため、前者については並列処理が得意なGPUで、後者についてはCPUで実行する、独自アルゴリズムを採用しており、処理時間の短縮に大きく貢献しています。

次に、VVCでは多くの機能の中から、どの機能を使用するかを選定できるため、前述のアーキテクチャでの動作を想定して、使用する機能の絞り込みを行いました。この絞り込みでは、圧縮性能や処理量を実験的に確認し、アーキテクチャとの相性も見ながら選定していきました。

さらに、選定した機能の処理について、処理時間を短縮できそうな箇所を探し、画質を大きく劣化させないようにしつつ、高速化を図りました。例えば、扱いやすいデータ構造にすることや、部分的な並列処理の導入などを検討しました。

上記の工夫を行った上で、SIMDやパイプライン並列化といった、一般的なソフトウェア実装における高速化手法を適用します。これらの工夫によって、4K映像の符号化時などの難しい条件でも、リアルタイム処理を実現しています。

## コーデック開発における画質チューニング

このチューニングでは、いかに劣化度合いを抑えることができるかが重要であり、数値的な指標を用いた客観画質評価と、人間が見てよいかの主観画質評価の両方を実施します。

上でも少し触れたように、ビットレートの制御では各フレームへデータ量を割り振っていきませんが、この際、全フレームに均等ではなく、傾斜をつけて割り振ります。これは、動画像の符号化の際に、符号化済みのフレームの情報を参照する予測符号化処理が一般的に使用されることに起因しています。参照するフレームの画質劣化が大きい場合、それを参照したフレームの画質も下がってしまうので、参照の起点になるフレームほどデータ量を多く割り振るようにすると、画質が改善します。ただし、多く割り当てすぎると、フレーム間での画質差が大きくなり、主観的に劣化が目立ちやすくなります。このように、バランスのよい割り

振りをすることが画質改善の一つの鍵となります。

また、NECのエンコーダではこれまでに培ってきたノウハウで、特定の箇所劣化を目立ちにくくするように、フレーム内でも割り振り方を変えていきます。さらに、映像のシーンの切り替わりでは、予測していたデータ量よりも多々上回ることがあるため、このような切り替わりも検知し、劣化を目立ちにくくするようにします。これらに加えて、機能を追加した場合にはその効果や、その機能に特化したチューニングを適用します。

このチューニング作業では、数値的に問題ないかを客観評価した後に、モニタで主観画質も確認することを、さまざまな絵柄の映像や符号化条件で繰り返し行っています。最終的には人間が視るものなので、この主観画質の評価は欠かせないものです。データ分析などのスキルも武器になりますが、主観画質の評価ができることも一つのスキルで、「言われてみれば」という劣化に気づくことができることが求められます。日常で動画視聴をしている際にも気になってしまうのは最早職業病ですが、品質を担保する上では欠かせないものです。

## むすび

本稿では、私の経験を交えながら、コーデック開発について紹介してきました。映像符号化の技術は、今後の社会も幅広く支えていくものであり、リアルタイム処理で止まらず良い品質の映像を伝送するコーデックを開発していくことで、世の中へ貢献していくことができと思っています。これがやりがいの一つで、これからも携わっていこうと思います。また、本稿をきっかけとして、少しでも映像符号化技術やコーデックについて、興味を持っていただければ幸いです。

(2023年7月7日受付)