フルスペック8Kスーパーハイビジョン圧縮記録装置の開発

Development of a Compression Recorder for Full-featured 8K Super Hi-Vision

正会員 梶山 岳 士[†], 正会員 菊地 幸 大[†], 正会員 小 倉 溪[†], 正会員 宮 下 英 一[†],
 鉄地川原 護^{††}, 渡 瀬 宏^{††}, 長 井 洋 介^{††}, 高 島 英 男^{††}
 Takeshi Kajiyama[†], Kodai Kikuchi[†], Kei Ogura[†], Eiichi Miyashita[†],
 Mamoru Tecchikawahara^{††}, Hiroshi Watase^{††}, Yosuke Nagai^{††} and Hideo Takashima^{††}

あらまし フルスペック8K SHVの高データレートな信号を圧縮記録する装置を開発した。8K SHVの映像パラメータの最上位を満たすフルスペック8K SHVは、8K解像度、120 Hz、12 bit階調、広色域、ハイダイナミックレンジを兼ね備えた超高臨場感映像であり、非圧縮映像のデータレートは144 Gbpsに達する。本装置は、画像圧縮に8K解像度、12 bit階調のデータ処理が可能な拡張JPEG方式を採用し、新たに開発した少ない計算量で高精度に符号量を予測制御する技術の適用により、番組制作車両で使用可能な装置サイズを実現した。圧縮したデータを記録する媒体は、並列化したSSDの転送速度を保証する仕組みの導入により小型化を実現した。入出力I/Fはケーブル1本でフルスペック8K SHVを伝送可能なU-SDI規格に対応している。試作装置は4Uラックサイズに収めることに成功し、フルスペック8K SHVカメラ映像の収録実験において良好な記録再生動作を確認した。

キーワード：8K, スーパーハイビジョン, フルスペック8K, U-SDI, 圧縮記録, SSD

1. ま え が き

8Kスーパーハイビジョン(8K SHV)は、3,300万画素の映像と22.2chの3次元音響からなる超高臨場感放送システム¹⁾であり、2016年8月から衛星による試験放送が開始されている。NHKでは、2018年の実用放送開始と、2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックに向けた8K SHVの本格普及²⁾への取組みだけでなく、より高品質なフルスペック8Kスーパーハイビジョン(フルスペック8K SHV)の実現に向けた研究開発を進めている。

8K SHVの主な映像パラメータを表1に示す。8K SHVの映像パラメータの最上位を満たす規格はフルスペック8K SHVと呼ばれ、高解像度(8K)、高フレーム周波数(120 Hz)、多階調(12bit)、広色域³⁾、ハイダイナミックレンジ(HDR)⁴⁾を兼ね備えた超高臨場感映像であり、その非圧縮映像のデータレートは144 Gbpsに達する。

この高データレートな信号を圧縮記録する装置には、映像加工を伴う編集作業に耐えうる圧縮画質、制作中継車などの限られた空間で運用可能な装置サイズ、データバックアップに要する時間の短縮など、さまざまな要件をバランスよく満たす必要がある。フレーム周波数60 Hzの8K SHVを圧縮記録する装置については、複数の記録媒体を利

表1 8K SHVの主な映像パラメータ

	フルスペック	実用放送
画素数	7,680×4,320	
フレーム周波数	120 (119.88)Hz プログレッシブ	60 (59.94)Hz プログレッシブ
階調	12bit	10bit
色域	広色域 (BT. 2020)	
ダイナミックレンジ	HDR (BT. 2100)	HDR (BT. 2100) SDR (BT. 2020)

用して圧縮記録する装置が実用化されているが、120 Hzの対応や記録媒体の単一パッケージ化は課題として残されている。

筆者らは、設計したフルスペック8K SHVの圧縮記録装置を実現するための要素技術を開発し、制作中継車での使用を想定したサイズの装置を試作した。

本稿では、2章でフルスペック8K SHV記録の課題を述べたあと、3章でフルスペック8K SHVの記録装置の設計指針について、つづく4章、5章で記録装置を実現する要素技術について説明し、6章で試作装置と記録再生実験について述べる。

2. フルスペック8K SHVの記録と課題

フルスペック8K SHVのフレーム周波数は、時間解像度の画質劣化を引き起こす動きぼやけ、ストロボ効果、フ

2017年8月10日受付, 2017年11月9日再受付, 2017年12月1日採録

[†] NHK放送技術研究所

(〒157-8510 世田谷区砧1-10-11, TEL 03-5494-1125)

^{††} 東京エレクトロン デバイス株式会社

(〒221-0056 横浜市神奈川区金港町1-4, TEL 045-443-4000)

リッカなどを改善するため120 Hz (119.88を含む)と規定されており、60 Hzの信号と比較して2倍になる。この原信号の映像データレートは、画素数7,680 × 4,320、階調12bit、RGB 4:4:4、フレーム周波数120 Hzの条件で144 Gbpsに達する。

この高データレート信号を非圧縮、または、圧縮効果の低い可逆圧縮を利用して記録する場合、要求される転送速度と容量のために記録媒体が大型化するだけでなく、収録後のデータバックアップに時間がかかることが、現行のワークフローでは問題となる。そのため、フルスペック8K SHVの番組コンテンツ制作においては、記録媒体の小型化およびデータバックアップ時間の短縮が可能な圧縮記録装置の実現が求められる。

圧縮記録装置に用いられる主要な技術は、フルスペック8K SHV信号に対応した入出力インタフェース技術、144 Gbpsの信号をリアルタイム処理可能な圧縮・伸長技術、単一パッケージ化された着脱可能な小型媒体に記録する技術である。入出力インタフェースや圧縮方式などのすでに確立している技術については、これらを活用しながら、装置サイズの制約の下でハードウェア性能を最大限引き出すための技術開発と、これらの技術の統合による装置化が課題となる。

3. 圧縮記録装置の設計指針

本章では、圧縮記録装置の設計指針について述べる。

圧縮記録装置を構成する機能は、映像の入力、出力、圧縮、伸長、記録制御、記録媒体に分けられる。実際に装置化する際は、これらの各機能を協調制御するシステム制御と操作パネルを加えた機能ブロックで構成される(図1)。

記録装置はカメラ、ディスプレイ、スイッチャなどさまざまな制作機器と結合するため、入力と出力はフルスペック8K SHVの高データレート信号に対応する規格化されたインタフェースを適用する必要がある。また、コンテンツ制作に要求される一定以上の画質で圧縮記録する場合、圧縮方式と記録に要求される速度・容量にはトレードオフ関係が存在する。すなわち、複雑で高圧縮な符号化を採用す

れば、信号処理回路が大型になるが、符号化後のデータレートが下がるため記録媒体は小型化ができる。一方、簡易なアルゴリズムの低圧縮符号化は符号化回路を小さくできるが、記録媒体側は多並列化と並列制御の仕組みが求められる。これらの関係を考慮して各機能について検討した。

3.1 映像入力・出力機能

映像の入力と出力は、従来のHD/3 G-SDIまたは12 G-SDIなどの規格を採用した場合、多数のメタルケーブルを複数並列に接続する必要があるため、装置コネクタパネルの実装面積やケーブル着脱の利便性低下が問題となる。一方、ケーブル1本でフルスペック8K SHV信号を伝送可能なU-SDI⁵⁾が規格化されており、最大240 Gbpsの信号伝送を従来のハイビジョン用メタルケーブルと同等のケーブル径およびコネクタサイズで実現可能である。そこで、装置小型化と単一ケーブルの扱いやすさの観点から、映像入出力にはU-SDIを採用する。

U-SDIは1本のケーブルおよびコネクタに24芯の10G光ファイバ(10Gリンク信号)を束ねたインタフェースであり、フルスペック8K SHV信号をベーシックイメージと呼ばれるサブサンプル画像に分割し、所定の組合せで10Gリンク信号に再統合して伝送する。そのため、圧縮符号化には、入力されたサブサンプル画像から8K解像度の信号を再構築するバッファメモリが必要となる。このバッファは、後段の圧縮をハードウェアの並列化処理によって高速化するため、フレームメモリであることが望ましい。出力については入力と同様の理由に加えて、外部同期信号に同期して映像信号を出力するためのフレームメモリが必須要件となる。これらの要件から、入力と出力基板にはU-SDIと144 Gbpsの信号をカバーする帯域のフレームメモリが必要となる。

3.2 圧縮・伸長機能

番組コンテンツ制作で使用する圧縮方式は、完成した番組を放送波で送信するHEVC/H.265^{6) 7)}のような圧縮方式とは異なる要件が求められる。すなわち、編集段階の映像加工に耐えうる画質が求められるだけでなく、編集作業時の伸長計算負荷が小さい必要がある。その他、JOGシャトルやスローなどの特殊再生における応答性を考慮したイントラ圧縮であることが望ましい。これらの要件を総合的に検討し、実際の8K標準画像⁸⁾を使った画質評価実験の結果を踏まえて、圧縮方式は拡張JPEG⁹⁾を採用することとし、実験により40 dB以上のPSNRを確認した1/8程度の圧縮率とした。

この拡張JPEG方式は、静止画圧縮で一般的に広く利用されているJPEG方式を8bitから12bitに拡張した規格であり、その簡易なアルゴリズムはハードウェア化において有利であるが、生成されるデータの符号量(データサイズ)を制御する仕組みを持たない。映像記録においては符号量の制御をどのように実現するかが装置化における一つの課題であり、詳細は4章で説明する。

図1 圧縮記録装置の機能ブロック

3.3 記録制御機能と記録媒体

144 Gbpsの映像信号を1/8に圧縮した場合、18 Gbps程度の転送速度が要求される。さらに音声データやその他のメタデータを同時に記録すると、記録再生には20 Gbps程度の転送性能が必要となる。また、記録媒体は記録装置から着脱して持ち運ぶため、不慮の落下などにも耐性のあることが望ましい。これら二つの要件を満たす記録素子としては、高速転送と耐衝撃性に優れた不揮発性の固体メモリーであるNAND型フラッシュメモリー（以下、NAND）¹⁰⁾が適している。

近年、NANDを採用した記録媒体としてSSD（Solid State Drive）¹¹⁾の進展が目覚ましい。しかしながら、SSDの最大転送速度は数Gbps程度であり、単体でフルスベック8K SHVの記録は難しい。高速化の手法としては並列化が考えられるが、SSDは連続的な書込みについて最低転送速度を保証しないため、単純な並列化では冗長な数のSSDが必要となり、小型化が達成できない。そこで、並列化したSSDの最低転送速度を保証する仕組みが必要となる。この技術については5章で詳しく説明する。

4. 符号量制御技術の開発

本章では、拡張JPEG方式をリアルタイム圧縮に適用するための符号量制御について説明する。一般的に画像を圧縮符号化する際に、符号化パラメータを固定してしまうと、複雑な画像に対しては多くの符号量が発生する。ひとたび記録媒体の転送性能を超える符号量が発生するとデータがオーバフローするため、安定記録には記録媒体の性能に大きなマージンが必要となる。しかしながら、着脱を想定した小型記録媒体では、SSDの転送速度に大きなマージンを設けることは現実的ではないため、転送性能を超えないよう符号量を制御する必要がある。そこで、少ない計算負荷で符号量の変動幅を精度よく制御する手法を開発した。

4.1 従来方式と課題

従来から良く知られた符号量制御技術として、複数パス方式がある。この方式は予め画像分析用の圧縮を1回以上試行し（予備圧縮）、得られた符号量から目標の符号量を得るための圧縮パラメータを予測する。予測精度は試行回数を増やすことで向上するが、8K画像においては予備圧縮の計算負荷がハードウェア化の課題となる。

4.2 提案方式

従来の複数パス方式をベースに、計算負荷を低減する手法を開発した¹²⁾。アルゴリズムの概要を図2に示す。最初に、8K画像を符号化ブロック単位（拡張JPEG方式の場合は 8×8 ）で間引いた縮小画像を生成する。次に、2種類の基準圧縮パラメータを用いて縮小画像を予備圧縮し、それぞれのパラメータに対応する符号量を取得する。この二つの基準パラメータはそれぞれ異なる画質に対応しており、得られた二つの符号量と目標とする符号量を予め用意した予測テーブルに照合して圧縮に適したパラメータを予測す

図2 符号量制御のアルゴリズム概要

(a) 符号化パラメータ固定

(b) 提案手法（目標12MB）

図3 符号化パラメータ固定および提案手法の符号量比較

る。この予測テーブルは8Kカメラで撮影した映像や8K標準画像等、予めさまざまな8K画像を圧縮した結果から統計的に生成したものである。このように、符号化ブロック単位で間引いた縮小画像の予備圧縮を行うことで計算量を削減しながらも、予測テーブルの適用によって高精度なパラメータ予測が可能となる。

4.3 実験結果

8K標準画像⁸⁾を用いて提案手法の効果を検証した結果を図3に示す。圧縮方式は拡張JPEG方式、縮小画像は符号化ブロックを水平および垂直方向に規則的に一定の間隔で間引き、元画像の1/32（ $960 \times 1,080$ ）の縮小比とした。また、本実験で使用する8K標準画像には、予測テーブルの生成には使用していない画像を選択した。図3(a)は圧縮パラメータを固定した場合の符号量を示し、画像の種類によって符号量がばらついていることが確認できる。図3(a)の結果は14MBから9MBの範囲に分布しているため、一例として制御目標サイズを12MBとして符号量を制御した結果を図3(b)に示す。図3(b)より、提案手法の適用によって目標サイズ以内に精度よく収まっていることが確認できた。

5. 記録制御技術の開発

ここでは、並列化したSSDで20 Gbpsの転送速度を保証する技術について説明する。一般的なSSDは記録素子であるNANDと、NANDの書込みを制御する専用LSI（SSDコントローラ）がパッケージ化されており、データの書込み/読出しはSerial ATA（SATA）¹³⁾インタフェースを介して行われる。そこで、図4に示すように、SSDを並列制御す

図4 記録制御基板と記録媒体の構成

図5 NAND型フラッシュメモリのページとブロック

る基板(記録制御基板)と、並列化したSSDで構成する記録媒体をSATAインタフェースで分離可能な構成とする。記録制御基板はSSDの書き込み/読出しに加えて、記録、再生などの転送モード制御と、記録した映像をクリップごとに管理および消去する機能、プレイリスト作成の機能も備える。これらはすべてSSDのデータアドレスの操作に関連する機能であり、記録制御基板で一元的に管理することで、後述する記録速度の安定化が可能となる。

5.1 SSDの記録特性

NANDは図5に示すように直列に接続されたメモリーセルが二つの選択ゲートに挟まれた構造をしており、書き込みと読出しの最小単位がページとなる。また、素子は上書きができず、データの書換えには事前に消去が必要であり、消去はブロックと呼ばれる単位で行われる。一般的にページのサイズは8kByteまたは16kByteであるのに対して、ブロックは複数のページで構成される。

上書きが不可能な素子の特性をマスクし、従来のHDDと同様に利用可能なドライブとして振る舞うための役割をSSDコントローラが担っている。SSDコントローラはバックグラウンドのブロック消去と、消去に伴うデータの再配置処理のほか、素子摩耗の均一化(ウェアレベリング)や不良ブロック管理、誤り訂正など多様な機能¹¹⁾を担っている。特に、ブロック内の断片化したページデータの書換え処理は複雑な手続きを伴うため、コントローラ性能がボトルネックとなり速度低下を引き起こす。一定のデータレート

図6 並列化したSSDへの書き込み制御

で連続的な転送が繰り返される映像記録においては、速度低下は許容されないため、安定した記録にはこの速度低下を防ぐ必要がある。

5.2 記録速度の安定化

SSDの記録速度を安定させるために、SSDコントローラの負荷を減らす二つの仕組みを導入する。一つはSSDをN並列化した構成において、個々のSSDに対して常にページサイズの整数倍でデータを書き込むことでデータ断片化を防ぐ仕組みである。すなわち、書き込む映像フレームデータサイズを D_f 、並列数をNとした場合、 D_f/N がページサイズの整数倍となるような関係を維持するように書き込みを制御する(図6)。実際には符号量制御技術によって圧縮されたフレームデータサイズは目標値(D_f)以下に制御されるため、 D_f/N に剰余が生じないように記録制御基板上においてフレームデータに適量のダミーデータを付加する。また、映像フレームデータと比較してデータサイズの小さいアドレス管理データ(D_a)については、この関係を維持するため、記録制御基板でのバッファリングと一括書き込みの仕組みが必要となる。

もう一つは、バックグラウンドでの消去プロセス発生を防ぐ仕組みである。SSDは書換えを伴うデータアクセスが発生した場合、NANDの物理的な即時消去はされず、論理的な消去と新しい異なるアドレスへの書き込みが行われる。物理消去されずに残されるデータは、一定量蓄積され所定の閾値を超えた時点でバックグラウンド消去が実行されるため、予期できないタイミングで転送性能の低下を引き起こす要因となる。この問題の回避には、予めSSDコントローラに消去してよいアドレスを通知する仕組み(Trimコマンド¹³⁾)を導入するのが有効である。特に映像記録装置については、記録、再生、消去、スタンバイの各フェーズを時間的に分離することが許容されるため、図7に示す遷移図のように、クリップ消去からスタンバイ状態に戻る際にTrimコマンドを発行することで、バックグラウンド消去の発生確率を低減することが可能となる。これらの仕組みを導入することで、高速な転送速度を保証する記録が可能となる。

6. 試作装置による検証

6.1 試作装置

開発した要素技術を適用した圧縮記録装置を試作した¹⁴⁾。

図7 記録装置の状態遷移と Trim コマンド発行タイミング

図9 試作した圧縮記録装置の外観

図8 試作装置の基板構成

図1の機能ブロックをベースとし、図8に示す基板構成でハードウェア化した。図8に記載の記録制御基板と記録媒体は図6に示す構成に対応している。以下、図8を参照しながらハードウェアについて説明する。映像入力と出力は1枚の基板に統合することで、記録時と再生時にそれぞれ必要となるフレームメモリの共通化を図った。圧縮と伸長については、基板の大型化を避けるため2枚の基板構成とした。2枚の基板は符号量制御の計算負荷を均等に分散するため、図1に示される圧縮と伸長機能を分離する構成ではなく、図8に示すように圧縮と伸長の両機能を備えた基板による並列処理とした。記録時には2枚の基板で並列に生成される圧縮符号化データをシステム制御基板で統合する。最後に記録制御基板が記録媒体への高速書込みを制御する。再生時には同一経路を逆方向に信号が処理される。

試作した装置と記録媒体の外観を図9、図10に、諸元を表2、表3にそれぞれ示す。入出力インターフェースはU-SDIを採用することで、1本のケーブルによるフルスベック8K SHV 信号入出力を可能とした。圧縮方式は拡張JPEGを採用し、符号量制御技術の適用によってリアルタイム圧縮を実現している。装置は4Uラックサイズに収め、消費電力は450 W 以下を実現している。記録媒体は8個のSATA インタフェースSSDを束ねてパッケージ化し、各SSDを並列制御することで20 Gbpsの記録再生を実現した。記録容量は8 TB、記録時間は通常モードで60分(約1/8圧縮)の記録が可能である。また、海外からライブ伝送されるスポーツ番組素材のように、伝送の過程で高効率な圧縮および伸長処理された映像については、画質よりも長時間収録が優先されるため、圧縮率を約1/20とすることで120分まで収録可能なモードも備えている。

図10 試作した記録媒体の外観

表2 試作した圧縮記録装置の諸元

入力/出力信号	7,680×4,320 12bit, RGB 4:4:4 120 (119.88)/60(59.94)Hz
入力/出力I/F	U-SDI
符号化方式	拡張JPEG (12bit)
サイズ	430W×600D×176H mm (EIA規格 4Uラック)
消費電力	450W以下

表3 試作した記録媒体の諸元

記録素子	NAND型フラッシュメモリ
SSD	SATA 2.5inch (8並列)
転送速度	最大20Gbps
記録容量	8 TB
記録時間	60分 (通常モード) 120分 (長録モード)
パッケージサイズ	145W×130D×40H mm

6.2 収録再生実験

フルスベック8K SHV 信号の記録再生実験を行った。実験ではフルスベック8K SHV カメラの映像をU-SDIから入

力し、連続記録と再生実験を行った。記録は20 Gbpsの転送速度において、記録媒体の記録上限時間である60分間の連続記録を行い、収録した映像にフレーム抜け等のないことを確認できた。また、再生については、フレーム飛びの発生しない安定した再生動作と、ループ再生による8時間以上の連続動作を確認した。さらに、JOGやスローなどの特殊再生についてもダイアル操作や指定した再生速度への追従動作を確認した。

7. む す び

フルスペック8K SHVの圧縮記録装置を開発した。拡張JPEG方式を用いた低負荷で高精度な符号量制御技術を開発し、8K, 12bit, 4:4:4, 120 Hzのリアルタイム圧縮・伸長を実現した。また、SSDの並列制御技術により20 Gbpsの安定した高速記録を実現した。本装置をフルスペック8K SHVのコンテンツ制作で活用するとともに、今後は8Kに対応した高効率な圧縮方式の適用や次世代SSDインタフェースへの対応を進める。

〔文 献〕

- 1) T. Yamashita, K. Masaoka, K. Ohmura, M. Emoto, Y. Nishida and M. Sugawara: "Super Hi-Vision: Video Parameters for Next-Generation Television", SMPTE Mot. Imag. J., 121, 4, pp.63-68 (2012)
- 2) "4K・8K試験放送", 映情学誌, 71, 2 (2017)
- 3) Recommendation ITU-R. BT. 2020: "Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange" (2012)
- 4) Recommendation ITU-R. BT. 2100: "Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchange" (2016)
- 5) Recommendation ITU-R. BT.2077: "Real-Time Serial Digital Interfaces for UHD TV Signals" (2015)
- 6) ISO/IEC 23008-2:2015: "High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 2: High Efficiency Video Coding"
- 7) Recommendation ITU-T H.265: "High Efficiency Video Coding" (2016)
- 8) The Institute of Image Information and Television Engineers: "Ultra-high definition/wide-color-gamut standard test images", available at <http://www.ite.or.jp/content/chart/uhdvtv/>
- 9) ISO/IEC 10928-1: "Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images: Requirements and guidelines" (1994)
- 10) R. Micheloni, L. Crippa and A. Marelli: "Inside NAND Flash Memories", Springer Science & Business Media (2010)
- 11) R. Micheloni, A. Marelli and K. Eshghi: "Inside Solid State Drive (SSDs)", Springer Science & Business Media (2012)
- 12) 菊地, 梶山, 宮下: "8Kスーパーハイビジョン圧縮記録装置の記録レート制御技術", 映情学年次大, 34D-4 (2015)
- 13) Serial ATA International Organization: Serial ATA Revision 3.0 (June 2 2009)
- 14) 小倉, 菊地, 梶山, 宮下: "フルスペック対応SHV圧縮記録装置の開発", 映情学年次大, 34D-1 (2016)

梶山 岳士 2003年、電気通信大学大学院電気通信学研究科修了。同年、NHKに入局。札幌放送局を経て、2008年より、放送技術研究所に勤務。薄型光ディスク、スーパーハイビジョン記録装置の研究に従事。正会員。

菊地 幸大 2011年、千葉大学大学院工学研究科修了。同年、NHKに入局。新潟放送局を経て、2013年より、放送技術研究所に勤務。スーパーハイビジョン記録装置の研究に従事。正会員。

小倉 溪 2011年、筑波大学大学院システム情報工学研究科修了。同年、NHKに入局。名古屋放送局を経て、2015年より、放送技術研究所に勤務。スーパーハイビジョン記録装置の研究に従事。正会員。

宮下 英一 1987年、九州大学大学院総合理工学研究科修了。同年、NHKに入局。宮崎放送局を経て、1990年より、放送技術研究所に勤務。デジタルVTR、垂直磁気記録技術、スーパーハイビジョン記録装置の研究に従事。現在、放送技術研究所上級研究員。博士(工学)。正会員。

鉄地川原 護 2006年、会津大学コンピュータ理工学部ハードウェア学科修了。同年、東京エレクトロニクス(株)入社。同社インレピアムカンパニー設計開発センター第一開発部にて、FPGA開発に従事。

渡瀬 宏 1994年、静岡県立浜松城北工業高等学校卒業。(株)システックにて、FPGAを中心としたシステムのソフトウェア開発に従事。2011年、東京エレクトロニクス(株)入社。同社インレピアムカンパニー設計開発センター第一開発部にて、ソフトウェア開発に従事。

長井 洋介 2000年、室蘭工業大学電気電子工学科修了。2006年、東京エレクトロニクス(株)入社。同社インレピアムカンパニー設計開発センター第一開発部にて、FPGA開発に従事。

高島 英男 1992年、成蹊大学機械工学科修了。同年、東京エレクトロニクス(株)入社。デザインセンターにてASIC開発に従事。1999年、東京エレクトロニクス(株)転籍。同社設計開発センターにて、FPGA開発に従事。2017年より、同社インレピアムカンパニー設計開発センター/センター長(兼)第一開発部/部長。