テレビジョン中継システム用1.2 GHz/2.3 GHz帯受信アンテナの開発

Development of 1.2 GHz and 2.3 GHz Band Receiving Antenna for a Relay Broadcast System

正会員 青木良太[†], 正会員 森本 聡[†], 佐川幸栄[†]
 Ryota Aoki[†], Satoshi Morimoto[†] and Yukihide Sagawa[†]

あらまし 700/900 MHz帯の周波数再編により, 700 MHz帯のFPUとA型ラジオマイクは, 2019年3月末までに1.2 GHz/2.3 GHz帯に移行することが決まっている。フジテレビジョンは, このたび, 1.2 GHz帯, 2.3 GHz帯受信アンテナの開発に成功し, ロードレース, ワイヤレスカメラ, ラジオマイクといったさまざまな運用状況において安定した中継システムを実現した。

キーワード: 周波数移行, 1.2 GHz帯, 2.3 GHz帯, FPU, ラジオマイク

1. ま え が き

スマートフォン利用の急速な普及に伴い, 移動通信システムの通信データ量が急激に増加し, 今後も増え続けていく予測から, 総務省は700/900 MHz帯の周波数再編を行い, 放送事業者が使用している700 MHz帯のFPU (Field Pickup Unit)とA型ラジオマイク(以降, ラジオマイク)は, 2019年3月末までに1.2 GHz, 2.3 GHz帯(以降, 新周波数帯)などに完全移行する。

FPUは放送事業用映像音声伝送無線装置のことであり, 700 MHz帯FPUは, 回折・反射も含めた電波伝搬特性の良さから, 主にロードレース中継にて使用されてきた。また, 700 MHz帯ラジオマイクは, 主に屋外中継, 特にゴルフ中継におけるショット音・パット音などを集音するために必要な機器となっている。これらはいずれもテレビジョン中継システムにおいて多用される無線機器であるが, 新周波数帯は, 日本国内では放送事業者にとってまったく使用実績のない周波数帯であり, 上記の使用用途に適切なアンテナが存在しなかった。

今回, 基礎シミュレーションや具現化シミュレーション, チューニングに1年半の時間をかけ, 現行の700 MHz帯で用いられてきたアンテナと同等の水平方向半値角30度, 利得18 dBiを有するタイプ(高利得型), 利得を抑え非常に広い水平方向半値角90度, 利得12 dBiを有するタイプ(広半値角型)の新周波数帯受信アンテナの開発に成功した。これにより, マラソン中継や駅伝中継などのロードレースにおける長距離移動体伝送, スポーツ中継などでの狭いエリアを縦横無尽に動くワイヤレスカメラ伝送, さらに, リポーターの声やゴルフ中継のショット音などを集音するこ

とに用いられるラジオマイク伝送といった, さまざまな運用状況においても, 運用時の安全(第3章参照)を確保し, かつ安定した無線中継システムの実現を可能とした^{1)~6)}。

以降に, 本アンテナの開発の流れ, 運用データ, 有効性を示す。

2. 開発経緯

ロードレース中継などでは, 移動体の送信アンテナは水平無指向アンテナを使用し, その電波を広く受信するために, 見通しの良いビルの屋上や鉄塔の上などの高所に受信アンテナを設備する(図1参照)。そのため, 受信アンテナは, 高い安全性が求められる。同時に移動体からの電波を安定して受信するために, 受信アンテナは, 高利得と広半値角の両立が要求される。

フジテレビジョンは, 2009年に700 MHz帯移動中継用FPU受信アンテナ(図2参照)を開発し, このアンテナの高利得(利得18 dBi)・広半値角(半値角30度), かつ, 小型で軽量(長さ1130 mm, 重量2 kg程度)という利点を生かして, 安定した電波受信と, 現場の「安全」の両方を担保しな

図1 ロードレースコースイメージ

2016年7月23日受付, 2016年10月3日再受付, 2016年11月21日採録
[†]株式会社フジテレビジョン

(〒137-8088 港区台場2-4-8, TEL 03-5500-8649)

図2 700 MHz 帯受信アンテナ

図3 ゴルフ中継内、ラジオマイク受信アンテナ

がら、ロードレース中継を実施してきた。

ラジオマイクに関しても同様に、水平無指向の送信アンテナが用いられる。スポーツ中継などで用いられるラジオマイク受信においても、見通しの良い高所に固定し、無人受信で、広いエリアを受信するために複数のアンテナでダイバーシティ受信するなどの運用の工夫が必要である。これまでのラジオマイク受信では5素子程度の八木型アンテナの使用実績が多かった(図3参照)。

700 MHz 帯で積み上げてきた運用のノウハウをそのまま反映することができるのか、さまざまな条件下での700 MHz 帯との電波伝搬の差はどの程度のものなのか、できるだけ早い段階で正確に見極め、安定した電波受信を実現するために、700 MHz 帯と同様の性能を持つ受信アンテナの開発が必須となった。そのため、フジテレビジョンは2013年1月より新周波数帯の受信アンテナの開発にとりかかった。

3. 開発の要求条件

番組制作においては、どのような場所でも「安全の確保」は絶対条件となる。

以下に、番組制作現場での「安全」を明確にする。

- ・運用者の安全：高所での仕事に対しての人の安全
- ・運用機材の安全：そのものの大きさ、重さ、外部要因の風などからの安全

- ・設置場所の安全：傷つけない、物を落とさない

アンテナは、以上の三つの安全を確保できる特性、形状、重さを兼ね備えていなければならない。

フジテレビの700 MHz 帯でのさまざまな実績を引き継ぎ、利得、半値角、大きさ、重さに関する受信アンテナの要求条件を以下に定めた。

- ・重さ：片手で持てること。重さ：5 kg 未満。
- ・形状：受風面積が小さく、できるだけバランスの取れた形状であること。
- ・大きさ：セッティング・運用(追尾操作)が一人で容易にできること。最長辺1 m 未満。
- ・半値角：広く電波を拾い上げること。
- ロードレース中継：水平方向30度
- ワイヤレスカメラ・ラジオマイク：水平方向90度
- ・利得：可能なかぎり高く取れること。
- ロードレース中継：18 dBi
- ワイヤレスカメラ・ラジオマイク：9 dBi, 12 dBi

700 MHz 帯 FPU の移行周波数帯は1.2 GHz 帯と2.3 GHz 帯であり、ユーザはこれらの周波数帯から使用周波数帯を選択することができる。送受信のアンテナ利得を各周波数帯で同等と仮定し、送信出力規定と理論上の減衰量を鑑みた場合、1.2 GHz 帯と2.3 GHz 帯には自由空間電波伝搬において以下のような状況が発生する。

(1) 2.3 GHz 帯

波長の変化による理論的な自由空間減衰量は約10 dB 程度に対して、送信出力は6 dB (9 MHz 帯域幅で5 W → 20 W) しか高く規定されていない。したがって700 MHz 帯と比べて4 dB 程度受信電界が不足。

(2) 1.2 GHz 帯

波長の変化による理論的な自由空間減衰量が約4 dB 程度に対して、送信出力は4 dB (9 MHz 帯域幅で5 W → 12.5 W) 高く規定されている。したがって受信電界は700 MHz 帯とほぼ同じ。

以上より、移動中継用の2.3 GHz 帯高利得型アンテナに対しては、700 MHz 帯アンテナの利得18 dBi よりもさらに利得を追求したいところである。しかし、それは半値角を狭めることと同義であり、水平方向半値角が狭い場合、ちょっとしたアンテナの追尾ミスで大きく電界をロスし、信号が瞬断することに直結するため、利得を無理に追い求めるのではなく、水平方向半値角30度を維持し、反射波を少しでも多く集めて受信することを優先した。

相反する利得と半値角の両方のバランスを第一に考え、以降に記す新たな工夫を取り込んだ。

4. 開発のハードル

以下の二つの理由よりゼロから設計をし直す必要があった。

(1) 新周波数帯でのノウハウがない。

これまで放送事業用無線システムに1.2 GHz 帯と2.3 GHz 帯の周波数割当てはなく、新周波数帯は、電波伝搬特性を

含め、放送事業者にとって未知の周波数帯である。

(2) 700 MHz帯アンテナと同じ形状のアンテナで、そのまま新周波数帯のアンテナを作れば良いというものではない。

同じ形状のアンテナを作っても、周波数が高くなることにより直進性が増してしまい、広半値角化ができない。また、小型になるが、その分精密になり、チューニングする作業が非常に難しい。

5. 放送運用に適したアンテナ形状のアイデア ア・工夫

少しでも利得は高く、半値角は広く、この相反するアンテナの物理法則のバランスを取るためにはどうすればよいか、ということに向き合いながら、放送事業者の運用に最適化したアンテナの製作を目指した。

そして、アンテナが完成した後でも、ユーザの要望への対応ができる汎用性の高いアンテナとすることをゴールとした。

また、製作にあたってアンテナの基礎的な性質を以下のように今一度見直す作業を行った。

その1：広半値角化

移動中継受信では、広半値角、特に水平方向が広いことが非常に重要であり、垂直方向のアンテナパターンを取って狭くすることによって、水平方向の半値角を広く維持し、また構成素子数をできるだけ少なくすることによって半値角を広く維持する。

その2：高利得化・汎用性

八木アンテナのように素子を指向方向に並べるものが、標準的なアンテナであるが、そうするとどうしても大きくなってしまふ。多列ループ型を用いて、それらを縦方向に積み上げることにより、効率よく利得を稼ぎ、積み重ねる段数により大きさや利得の高低を選べるようにする。

比較対象のアンテナが存在しない周波数帯のアンテナを製作するにあたり、ゴールを明確化し、開発スケジュールを最短化するため、理論的に実現できる形状の基礎シミュレーションを半年間かけて実施した。

6. シミュレーションから具現化

放送事業者が使用しているアンテナの形状には、八木アンテナのように指向方向に突き出たものや、平面型やパラボラ型など大きな面で受けるものが多いが、移動中継受信では半値角が狭く、受風面積が広いアンテナが最適であるとは限らない。アンテナの安定性・安全性を考慮し、今まで放送事業者での使用例が少ない素子配置を採用した。

高利得型には図4のループ型多列多段型素子を採用した。その素子エレメントをさらに縦方向に積み重ねることによって利得を稼ぎ、かつ垂直方向の半値角を狭くする代わりに水平方向の半値角を広く維持できる構造とした。

広半値角型には、図5のように配置された素子を図6の

図4 多列多段型素子配置イメージ

図5 広半値角型素子配置上面からのイメージ

図6 広半値角型素子2スタック配置イメージ

ように縦に直線状に配置した形状を採用した。理由は、反射器・導波器を持つタイプは、素子の形状・配置を工夫することによって、構成素子の数をできるだけ少なくし、半値角を非常に広く維持することに適しているためである。

上記構造での素子の抵抗や給電部での損失はゼロとして、理論的に実現できるパラメータを求める基礎シミュレーションを行った。

その後、基礎シミュレーションの結果を元に、アンテナメーカーにて実際に組み立てるにあたって、素子の太さなどをどの程度にすべきかの具現化シミュレーションを行った。

さらに、実際に組み立て、目指すべき特性が取れるまで寸法を少しずつ追い込んでチューニングを行い、フジテレビ系列で中継する全ロードレースコースでのフィールドテストに合計12ヵ月間かけて、基礎シミュレーションで出たパラメータ値を具現化することに成功した。

その後、レドームを製作し、部材となるABS、塩ビ、FRPそれぞれの重さや強度、電波吸収の有無を実際に組み立てて実測することによって、最適な材質を選び出した。

長く使用することによって発生する錆、重さや強度などを考慮し、エレメントには真鍮にニッケルを吹き付け、レドームにはABS、支柱にはFRPを採用した。

表1 パラメータ

	シミュレーション 計算値	プロトタイプ 測定値
高利得型 4 スタック 1.2GHz 帯		
利得	18.5dBi	18.2dBi
半値角	32.1 度	31.5 度
広半値角型 4 スタック 1.2GHz 帯		
利得	13.7dBi	12.8dBi
半値角	99.2 度	95.0 度
高利得型 4 スタック 2.3GHz 帯		
利得	18.5dBi	18.3dBi
半値角	32.3 度	31.2 度
広半値角型 4 スタック 2.3GHz 帯		
利得	13.5dBi	13.1dBi
半値角	94.2 度	91.0 度

* 半値角は水平方向半値角値

表1に、基礎シミュレーションの計算結果、およびプロトタイプアンテナ(レドーム込み)の測定結果を示す。なお、素子の寸法等の詳細は、文献¹⁰⁾および文献¹¹⁾を参照頂きたい。

7. 仕 様

図7～図9、表2、表3に外観・寸法・重さを示す。

(1) 高利得型

高利得型は、700 MHz帯移動中継受信で用いられてきたアンテナと同等の利得・水平面半値角を有するアンテナである(図7参照)。そのパラメータを表2に示す。

十数年の受信の経験に基づき、水平方向の半値角をブロードにすることにより、マルチパス伝搬路となる見通し外受信においても、「安定性の実現」を図る。また、水平方向だけでなく垂直方向においても方向調整を行うため、風が抜ける形状にすることでできるだけ風圧を受けず、かつ

図7 高利得基本型

図8 高利得2スタック型, シングル型

図9 広半値角型

前後のバランスも大きくずれない形状とした。特にアンテナの水平方向回転に対して、所要面積をできる限り小さくなる形状にすることによって、現場の「安全」の実現を確保できるものとした。

表2 アンテナ仕様

	基本型 4 スタック	2 スタック	シングル
利得	18dBi	15dBi	12dBi
半値角	水平 30 度 垂直 10 度	水平 30 度 垂直 20 度	水平 30 度 垂直 30 度
1.2GHz 帯			
外形	W435mm D323mm H726mm	W435mm D301mm H452mm	W435mm D344mm H60mm
重量	5kg 未満	3.0kg	0.8kg
2.3GHz 帯			
外形	W244mm D250mm H435mm	W244mm D226mm H254mm	W244mm D200mm H35mm
重量	2.5kg 未満	1.5kg	0.7kg

* 支柱の長さ、重さも含む

表3 アンテナ仕様

	基本型 4 スタック	2 スタック	ラジオマイク
利得	12dBi	9dBi	9dBi
半値角	水平 90 度 垂直 15 度	水平 90 度 垂直 30 度	水平 90 度 垂直 30 度
1.2GHz 帯			
外形	W150mm	W150mm	W133mm
	D225mm	D225mm	D133mm
	H753mm	H380mm	H470mm
重量	2kg	1.5kg	0.75kg
2.3GHz 帯			
外形	W150mm	W100mm	---
	D170mm	D170mm	---
	H441mm	H250mm	---
重量	1.5kg	1kg	---

また、2スタックおよびシングルアンテナは、より高さ方向に狭い場所での運用や、移動中継車の屋根などに設置し、バイクカメラを移動車で受信する移動体対移動体を想定した小型アンテナである(図8および9章2項図13参照)。使用状況に応じてユーザが最適なアンテナを選択することができる。

(2) 広半値角型

広半値角型は、非常に広い半値角によりワイヤレスカメラ受信やラジオマイク受信に適している。パラメータを表3に示す。

アンテナの外形を円柱状にすることによって、風圧の影響を最小限にし、無人受信でも運用できる形状とした(図9および9章2項図14参照)。12dBiタイプ(基本型)と縦方向が約半分の大きさで垂直方向半値角が広い9dBiタイプ(2スタック型)をユーザの使用用途に応じて選択することができる。

音声担当者の意見を取り入れ、アンテナの真下からのケーブル接続や底部に固定用コネクタを配置するなど、ラジオマイク用は運用し易い形状・重さにした。ゴルフ中継の場合には400m近い伝搬距離をカバーしながら、コース上のアップダウンにも対応しなければならないため、利得よりも垂直方向の半値角を重視し、水平方向90度のまま、垂直方向を30度と半値角の広いアンテナパターンとした。

8. フィールドテスト

8.1 ロードレース

フジテレビ系列の放送局は、コース全域でマルチパス受信となる東京マラソン・大阪国際女子マラソンなどの都市

図10 ロードレースフィールドテスト風景

図11 1.2GHz帯、2.3GHz帯、700MHz帯比較グラフ

部、直接波がメインとなる出雲全日本大学選抜駅伝などの平野部など、電波伝搬においてさまざまな条件での移動中継(ロードレース中継)を放送している。

フィールドテストにおいては、700MHz帯の送信出力は5W/9MHz、1.2GHz帯の送信出力⁶⁾は12.5W/9MHz、2.3GHz帯の送信出力は20W/9MHzとした(図10)。2014年10月に実施した出雲全日本大学選抜駅伝コース(島根県出雲市)のフィールドテストでの結果を図11に示す。

図11より、2.3GHz帯の赤色▲実線と700MHz帯の紫色◆点線を比べた場合、ほぼ同じ電界であり、強弱の傾向も合致している。さらに、1.2GHz帯の緑色●実線は700MHz帯の点線と比べ、ほぼ同一か1.2GHz帯の方が少し高い傾向があり、開発した受信アンテナは700MHz帯と同等に安定した受信ができていけると言える。

出雲全日本大学選抜駅伝コースに続き、2015年5月までにフジテレビ系列で中継をする全15コースのロードレースのフィールドテストを実施した。都市部・平野部などさまざまな条件でのフィールドにおいても、各周波数帯の傾向は出雲駅伝の結果データと同様であり、新周波数帯においても、水平面の半値角を広く維持したことにより、安定した電波受信が可能であることが確認できた。傾向が同じということは、今まで培ってきた700MHz帯の運用のノウハウを生かすことができることを意味する。

同時に、セッティング、撤収時の安全性、使用時の操作性・安定性も申し分ないことを確認できた。

8.2 ラジオマイク

1.2 GHz 帯は 700 MHz 帯ラジオマイクの移行周波数帯の一つとなっている。FPU のテストに先立ち、2014 年 4 月に、静岡県伊東市の川奈ホテルゴルフコース 18 番ホールにおいて、音声の専門家により、プロトタイプ（基本型）の 1.2 GHz 帯広半値角型アンテナを用いて 1.2 GHz 帯ラジオマイクの受信テストを実施した。

このフィールドテストでは、受信アンテナは 18 番ホールグリーン後方の放送ブース（地上高約 10 m）に固定した状態で設置し、ゴルフコース上の広範囲を移動しながら送信を行った。利得よりも半値角を重視し、水平方向 90 度、垂直方向 30 度と半値角の非常に広いアンテナパターンとすることによって、アンテナの本数を増やすことなく、今までのアンテナ本数と同じ 2 ダイバーシティ受信方式によりゴルフ場でのラジオマイク運用が可能であるというテスト結果が得られた。

9. 番組本運用

9.1 マラソン中継内での移動中継（国内初）^{7) 8)}

2015 年 2 月 22 日に「東京マラソン 2015」中継の銀座・日本橋区間において、ランナーズカメラ（ランナーと並走するワイヤレスカメラ）のリンクに、国内で初めて、新周波数帯（2.3 GHz 帯）を用いて番組制作本運用を実施した。

700 MHz 帯とともに、放送局では 6 GHz 帯～10 GHz 帯の SHF 帯 FPU を多くの制作現場にて使用している。これまで本中継イベントのランナーズカメラのリンクには、SHF 帯 FPU を用いていたが、SHF 帯での運用に比べ、半分の受信点で良好にリンクができた。これは、周波数が低くなることによる伝搬特性の向上効果だけでなく、本アンテナが都心のビルの乱反射などの状況下においても安定した電波受信の実現に大きな効果を発揮した結果と考えられる。同時に、本アンテナのコンパクトな形状により、アンテナマン 1 人でも現場の安全を確保しながらセッティング・運用・撤収ができることを確認した（図 12 参照）。

9.2 ゴルフ中継 ワイヤレスカメラ・ラジオマイク

2015 年 4 月に「フジサンケイレディスクラシック」にて新周波数帯でのワイヤレスカメラ、ラジオマイクの運用を行い、以降、フジテレビおよびフジテレビ系列の 11 のゴルフ中継において運用を行っている。

ゴルフ中継でのワイヤレスカメラは、ホールを跨いだ広いエリアを移動する。そのため、ホール毎に受信機を設置し、かつ有人で受信アンテナの方向調整をしながらカメラからの電波を追従受信していた。2015 年「フジサンケイレディスクラシック」以降、広半値角型アンテナの特性を生かし、かつ場所によって高利得型アンテナと組合せることによって、受信点の数を減らし、さらに有人であった受信点の一部を無人で運用することも実現している。

図 13 の右の 2 スタックアンテナおよびシングルアンテナの構成は、より広く受けるために、2 種類のアンテナを同

図 12 東京マラソン 2015 銀座・日本橋エリア

左:送信側 水平無指向アンテナ

右:受信側 2スタック+シングルアンテナ

図 13 ゴルフ中継ワイヤレスカメラ

一箇所に設置しダイバーシティ受信しているものである。

図 14 の右のラジオマイク受信アンテナは、非常に軽量で風圧を受けにくい形状のため、海沿いのゴルフ場など風の強い状況下でも受信状況に応じた高さに制限なく安全に設置でき、かつ無人で安定した電波受信をすることが可能となっている。

9.3 マラソンコースフルリンク中継（国内初）⁹⁾

2015 年 10 月 12 日に「出雲全日本大学駅伝競走」にて、国内初のマラソンコースフルリンクを実施した（図 15）。

2.3 GHz 帯を用いて、45.1 km を 2 ヶ所の受信基地で受信し、良好な結果が得られた。その後、東日本女子駅伝、富士山女子駅伝（図 16）、大阪国際女子マラソン、名古屋ウィメンズマラソン 2016 など、フジテレビおよびフジテレビ系列で中継された 11 のロードレース中継において、新周波数帯を用いて番組制作が実施された。どのコースにおいても非常に安定・安全に受信をすることができた。

10. 実現・効果

素子一つからの基礎技術の積み上げによる、新たなアンテナデザインにより、小型で高利得・広半値角の仕様を満たす性能を実現し、またアンテナ内の縦方向の段数をユーザの使用用途に応じて選択できる汎用性を実現した。

左:送信側 ラジオマイク
右:受信側 広半値角型ラジオマイクアンテナ

図14 ゴルフ中継ラジオマイク

図15 出雲駅伝受信基地

図16 富士山女子駅伝受信基地

さらに効果として、受信アンテナを増やさず、一部では有人を無人に、かつさまざまなシチュエーションで「安全」を確保しながら、「安定」した電波受信運用が可能となり、日本全国の放送事業者が使用用途に合ったアンテナを選択・使用することが可能となった。

11. む す び

フィールドテストの早期実現により、現行周波数帯と同等の運用を確保することに成功するとともに、国内初となる新周波数帯での実運用に成功し、当開発は、放送事業者

にとって何より重要な周波数の有効利用へ貢献ができるものとなっている。

今回、学術的なアプローチと適切な製作工程により、放送業務の特殊な運用を満足するアンテナを製作することができた。

われわれ、放送局の技術者にとって先端技術へのアプローチは何より重要であるが、同時に先代からの積み上げてきた基礎技術に対しても常に目を向け、さらに基礎技術を積み上げていくことが大きな可能性をもたらすと考えている。

汎用性の高い本アンテナが、フジテレビジョンに限らず、放送事業者のさまざまなシチュエーションでのアンテナの選択肢の一つとして、貢献できれば幸いである。

最後に、本開発に際して、理論計算、シミュレーション等、さまざまなご指導を頂いた横浜国立大学大学院新井宏之教授に深謝いたします。

〔文 献〕

- 1) 森本, 青木: “1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”, 映像学技報, 38, 41, pp.5-8 (Oct. 2014)
- 2) 青木, 森本: “1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”, 第51回民放技術報告会予稿集, pp.4-5 (Nov. 2014)
- 3) 森本 “1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”, 情報メディア学会誌, 69, 8, pp.245-247 (Jul2015)
- 4) 青木, 森本: “1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”, 映像学技報, 40, 1, pp.33-40 (Jan. 2016)
- 5) “FPUとラジオマイクの新帯域受信アンテナ開発”, 映像新聞 (May 12, 2014)
- 6) 森本, 青木: “1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”, 放送技術誌, 67, 10, pp.151-155 (Oct. 2014)
- 7) “新周波数帯対応FPU 東京マラソンで実機を初運用”, 映像新聞 (Mar. 2, 2015)
- 8) 佐川: “「東京マラソン2015」における2.3GHz帯FPUの本運用”, 放送技術誌, 68, 4, pp.164-166 (Apr. 2015)
- 9) “新周波数帯FPU 出雲駅伝中継で運用” 映像新聞 (Oct. 19, 2015)
- 10) 青木: “アンテナ装置”, 特開2016-025564 (2016)
- 11) 青木: “アンテナ装置”, 特開2016-025565 (2016)

あおき りょうた
青木 良太 1999年, 早稲田大学理工学部卒業。同年, (株)フジテレビジョンに入社。入社以来, 映像中継技術および国内・国際回線技術に従事。正会員。

もりもと りょう
森本 聡 1991年, 早稲田大学理工学部卒業。1993年, 同大学院理工学研究科修士課程修了。同年, (株)フジテレビジョンに入社。現在, 放送設備投資の計画, ARIB素材伝送開発部会の標準化活動などに従事。正会員。

さかがわ しろう
佐川 幸栄 1989年, 東京工業大学卒業。1991年, 同大学院修士課程修了。同年, (株)フジテレビジョンに入社。入社以来, 主に映像中継技術に従事。ARIBマイクロ波帯UHD-TV-FPU検討TGなどに従事。