

令和 4 年 5 月 9 日現在

機関番号：13201  
 研究種目：基盤研究(C)（一般）  
 研究期間：2017～2021  
 課題番号：17K06421  
 研究課題名（和文）津波洪水等の緊急CATV放送用OFDM地デジ信号多チャンネル一括変換法の提案と実証

研究課題名（英文）Proposal and demonstration of OFDM terrestrial digital signal multi-channel batch conversion method for emergency CATV broadcasting such as tsunami flood

研究代表者  
 菊島 浩二（KIKUSHIMA, Koji）  
 富山大学・学術研究部工学系・教授

研究者番号：50516242  
 交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：津波洪水等の緊急CATV放送用OFDM地デジ信号多チャンネル一括変換システムの変調特性を明らかにした。外部光変調器を使用した3チャンネル同時OFDMテレビ信号変調の実験結果について世界で初めて示した。実験では、変調特性を改善するためにキャリア抑制を実行した。さらに、光変調器の変調指数の変化が信号品質に及ぼす影響などの変調特性について明らかにした。

具体的には、2つの外部光変調器を使用して、マルチチャンネル同時OFDM変調方式を使用して、3チャンネルTV信号を同時に変調した。私たちの知る限りでは、これは世界で初めて成功した実験である。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

多チャンネルを一括して同一の緊急放送番組により地デジOFDM変調できる新しい方式なので、CATV局が市区町村のきめ細かな緊急情報を迅速に映像でわかりやすく放送できるようになり、緊急時に役に立つ市区町村の単位での、きめ細かなリアルタイム情報を、遠隔から映像編集装置を操作して、画面分割数の変更を可能とし、CATV放送できるようになる。

また、中央官庁、県庁、市町村役場からの、さまざまな緊急情報を遠隔地からCATV放送できるので、テレビ局、CATV局の従業員も避難できる。

研究成果の概要（英文）：The modulation characteristics of the OFDM terrestrial digital signal multi-channel batch conversion system for emergency CATV broadcasting such as tsunami floods were clarified. For the first time in the world, we have shown the experimental results of 3-channel simultaneous OFDM television signal modulation using an external light modulator. In the experiment, carrier suppression was performed to improve the modulation characteristics. Furthermore, we clarified the modulation characteristics such as the effect of the change in the modulation index of the optical modulator on the signal quality.

Specifically, two external optical modulators were used to simultaneously modulate a 3-channel TV signal using a multi-channel simultaneous OFDM modulation scheme. As far as we know, this is the first successful experiment in the world.

研究分野：アクセス系光ファイバCATV伝送システム

キーワード：多チャンネル一括変換 OFDM地デジ信号 緊急放送 CATV 光ファイバ伝送システム アクセス系 変調方式 光変調

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

申請者は「CATV 放送信号の FM 一括変換方式」の発明者で、科学技術庁長官表彰(注目発明賞)を受賞(K.Kikushima, et al., IEEE J. on Selected Areas in Commun., 1996)(特許 2700622 号)、国際会議で招待講演を 6 回。国際電気通信連合 ITU-T(国連の専門機関)の国際標準(ITU-T J.185)となった。この国際標準の作成の際、ITU-T の課題責任者(ラポータ)を務め、ITU より感謝状、日本 ITU 協会より功績賞。現在、この方式による CATV 加入者数は、国内で 200 万世帯。

この「CATV の多チャンネル放送信号を一括して FM 信号に変換(変調)すれば、低コストに、かつシンプルなシステム構成ができる」という申請者の経験を生かして、また、現在進めている基盤 C 課題「地震津波の緊急放送用 CATV 放送信号の一括多チャンネル QAM (直交振幅変調)光変調方式の提案と実証」の発展として、本研究では、「地デジ OFDM (直交周波数分割多重)多チャンネル一括変換」を新規に提案し、世界初の実証実験、開発を行う。

これまで、申請者が発明した FM 一括変換と、QAM (直交振幅変調)一括変調では、光信号処理だけであった。今回の OFDM (直交周波数分割多重)一括変換では、新たにサブキャリア変調を光信号処理に組合せて使用することにより、地デジの一括変換を可能にする。

さらに今回の研究では、新規に、遠隔から CATV 局の映像編集装置を操作することにより、市町村のリアルタイム緊急情報が伝送でき、CATV 局の従業員が避難できるようになる。現在進めている基盤 C 課題に比べて、導入を目指したシステム開発を重視する。F I T 奨励賞受賞。

CATV 局は、概ね市区を中心として、その数は、都道府県あたりの平均では 14 局である。現在、CATV 局での地デジの再送信では都道府県の単位なので、本研究が提案している市区を中心とした地域に対応した緊急情報のみを送信するのに比べて、警報の文字や地図が 1/14 に小さくなるか、14 倍の時間がかかる。また、現在の地デジの再送信では、ほとんどの情報、すなわち、13/14 (= 93%) の情報は自分の地域に向けた情報ではない。すなわち、従来の技術では、自分の地域に必要な緊急情報を得るのに時間がかかり、わかりづらい。

また、地域の地上波テレビ局や CATV 局の従業員も避難する必要があるのに、緊急放送をしなければならず、緊急時に避難できないという問題がある。すなわち、従来の技術では、地上波テレビ局や CATV 局の従業員が、緊急時に避難できない。

もし、従来の技術により、CATV 局で多チャンネルの市区町村単位での緊急放送をしようとすると、チャンネルの数だけ OFDM 変調器が必要となり、大変、高価になってしまう。しかし、本研究の構成によれば、何チャンネルあっても、OFDM 多チャンネル一括変換器を局に 1 台設置するだけで済む。ユーザ宅(受信者側)に特殊な受信装置を追加する必要もない。すなわち、従来の技術では、チャンネル数だけ、OFDM 変調器が必要になり、高価になってしまう。

### 2. 研究の目的

本研究の「地デジ多チャンネル一括 OFDM 一括変換」は、申請者が今年度に考案した新規な方式である。本研究で、この新規方式の提案と、実験系を作成して以下の実証と開発を行う。

- (1) 多チャンネルを一括して同一の緊急放送番組により地デジ OFDM 変調できること。
- (2) 緊急時に役に立つ市区町村の単位での、きめ細かなリアルタイム情報を、遠隔から映像編集装置を操作して、画面分割数の変更を可能とし、CATV 放送できること。

本研究で新規に提案する「地デジ OFDM 多チャンネル一括変換」は、新規性と進歩性、有用性が著しく、

- (1) CATV 局が市区町村のきめ細かな緊急情報を迅速に映像でわかりやすく放送できるようになる(図 1)。

監視カメラの普及や、各種センシング技術、ビッグデータの進展、有人無人の航空機の活用により、気象庁や国土交通省の災害情報提供センタ等で、緊急時に現場で何が起きているかを把握し、また、災害の予測が可能になりつつある。本研究の成果を適用すれば、その緊急情報を該当する市区町村に、気象庁や災害情報提供センタ等から CATV により即座に放送することができ、迅速で、効果的な避難が可能となる。

- (2) 中央官庁、県庁、市町村役場からの、さまざまな緊急情報を遠隔地から CATV 放送できるので、テレビ局、CATV 局の従業員も避難できる。 < F I T 奨励賞受賞 >
- (3) 光信号処理技術とサブキャリア変調により、多チャンネルのマルチキャリアを同時に一括して、同一映像で地デジ OFDM 変調できるので、CATV 局への導入コストが安価である。

例えば、地デジ変調器を 50 万円 / 1 台とすれば、地デジ局の都道府県平均は 6 局なので、仮に、従来の技術で地域の緊急情報を CATV 局が放送する場合には地デジ変調器が平均 6 台必要になり 300 万円かかる。一方、本研究の新規な変調器は装置台数 1 台で済み、100 万円と見込まれる。すなわち、本研究によれば、1/3 のコストで構築できる。また、従来技術に比べて装置台数も、消費電力も 1/6 となる。したがって、CATV 局にスムーズに設置できる。

なお、遠隔操作には 28 万円程度の映像編集装置と PC、通信回線が必要になるだけである。本提案方式が適用できる CATV システムの国内での加入者数は 2852 万世帯 (H28 年 7

月)と多い。このため、本研究の成果は広く役立つ。

### 3. 研究の方法

津波などの緊急時に、CATVによる地上波テレビ放送信号の再送信において、多チャンネルを一括して市区町村に対応したCATV地域ごとの緊急放送番組に瞬時に切り替え、自分の地域に必要な緊急情報が、瞬時に、わかりやすく得られることを目的として、申請者が新規に提案する光信号処理技術とサブキャリア変調を用いた「地デジOFDM多チャンネル一括変換」の実験システムを作り、世界初の実証実験・開発を行う。

具体的には、次の基本機能を実証・開発する。

- (1) 多チャンネルを一括して地域の緊急放送番組により地上波デジタルOFDM変調できること。
- (2) 遠隔から映像編集装置を操作して、画面分割数の変更を可能とし、CATV放送できること。

#### 緊急放送番組による地デジOFDM多チャンネル一括変換の実証(平成29年度)

申請者が新規に提案している「地デジOFDM多チャンネル一括変換」(図2)の実験系を作る。緊急放送番組を、I信号(同相)とQ信号(直交位相)に分け、サブキャリア変調した後、それぞれ光変調器に入力する。光変調器1では、多チャンネルのマルチキャリアのsin波で強度変調したレーザダイオード(LD)#1出力光を、緊急放送番組のI信号(同相)により、さらに強度変調する。光変調器2では、多チャンネルのマルチキャリアの位相を $\pi/2$ ずらしたcos波で強度変調したレーザダイオード(LD)#2出力光を、緊急放送番組のQ信号(直交位相)により、さらに強度変調する。光強度変調された2つの信号光は光カプラにより合波され、光受信機(PD、フォトダイオード)により、電気出力信号となる。

電気出力信号が、緊急放送番組のI(同相)信号と、Q信号(直交位相)によって、一括して多チャンネルのマルチキャリアをサブキャリア変調した地デジOFDM変調信号になるか測定器(オシロスコープ)でコンスタレーションを測定する。

以上の実験により、

多チャンネルを同時に一括して、同一の緊急映像で地デジOFDM変調できることを実証する。

#### 遠隔操作によるCATV可変分割画面システムの開発(平成30年度以降)

平成29年度に作成した地デジOFDM多チャンネル一括変換装置の実験系(図2)を用いて、遠隔操作によるCATV分割画面システムの開発を行う(図3)。

国土省、気象庁、消防庁、防衛省、県庁、市区町村役場からの情報源の数に応じて、映像編集装置を遠隔制御することにより、CATV画面分割数を遠隔から自由に換えられることを実験により実証する。第三者に悪用されないようセキュリティを高める必要があり、通信回線にはIPsec VPNによる機密性のあるリアルタイム伝送方式を用いる。

以上、緊急時には、遠隔からCATV局内にある映像編集装置を操作し、緊急情報をCATV放送することにより、CATV局の従業員が避難できるシステムを開発する。

#### 研究が当初計画通りに進まないときの対応

実験では、緊急放送番組として過去に地デジで放送された動画からI信号(同相)とQ信号(直交位相)に分離し、サブキャリア変調する計画であるがサブキャリア変調回路など、電子回路の構成が当初計画通りに進まないときは、動画の代わりに、デジタル信号発生器を用いる。遠隔操作による画面分割の実験では、当初計画通りに進まないときは、テレビ画面の代わりに、PCモニタの画面分割数を遠隔制御する。

### 4. 研究成果

津波洪水等の緊急CATV放送用OFDM地デジ信号多チャンネル一括変換システムの変調特性を明らかにした。外部光変調器を使用した3チャンネル同時OFDMテレビ信号変調の実験結果について世界で初めて示した。実験では、変調特性を改善するためにキャリア抑制を実行した。さらに、光変調器の変調指数の変化が信号品質に及ぼす影響などの変調特性について明らかにした。

具体的には、2つの外部光変調器を使用して、マルチチャンネル同時OFDM変調方式を使用して、3チャンネルTV信号を同時に変調した。私たちの知る限りでは、これは世界で初めて成功した実験である。また、不必要な邪魔なキャリアを抑えることで、3チャンネルすべてで満足のいく美しい画像とクリアなサウンドを得ることができた。光変調器から漏れる不要な妨害キャリアは15dB以上抑制できた。

TVチャンネル数を増やすには、外部光変調器の変調指数を大きくする必要がある。本実験では、変調指数は約10%だった。将来的には、プリディストーション回路を使用することで変調指数を上げることができ、より多くのTVチャンネルが実現されると思われる。

津波洪水等の緊急CATV放送用OFDM地デジ信号多チャンネル一括変換システムに適用する光ファイバ増幅器の歪を低減することを目的として、光信号処理によるコヒーレントレーザ光入力用の光フィードフォワード増幅器を提案した。原理は、フィードフォワード電気マイクロ波増幅器に基づいている。シミュレーションにより、歪が低減されることが明らかになった。

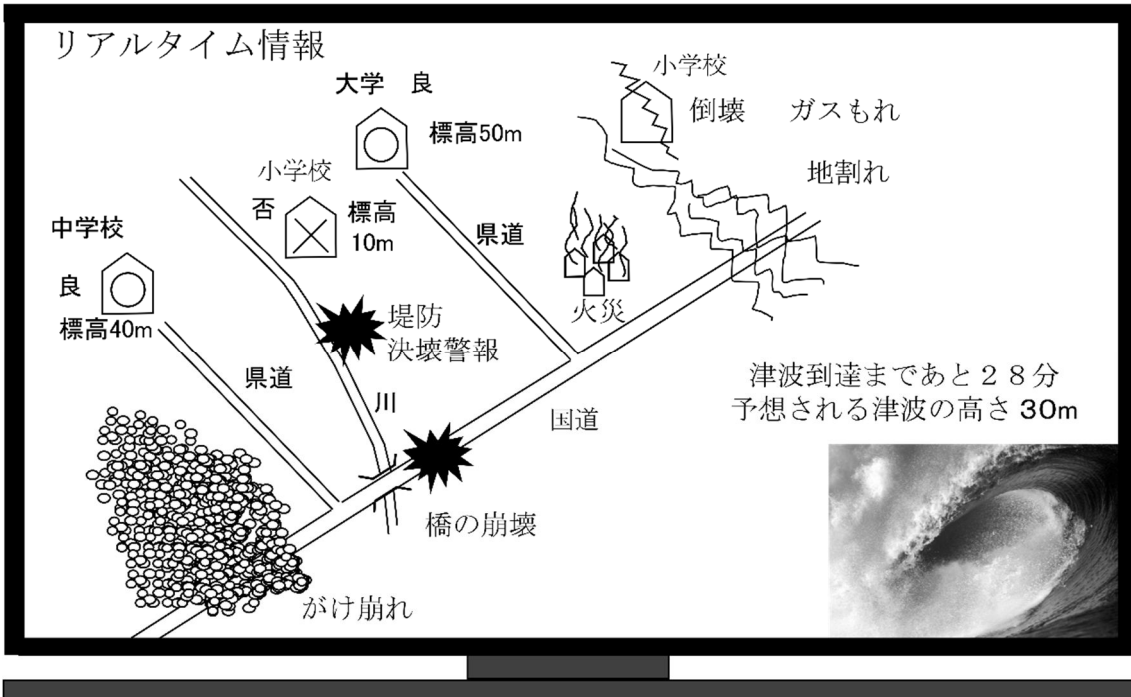


図1. CATVによる地域の(市区町村の単位での)リアルタイム情報  
従来の地上波デジタル放送では都道府県の単位であったが, CATVにより市区町村の単位でのきめ細かなリアルタイム緊急情報が, 瞬時に, わかりやすい映像で, 提供できる

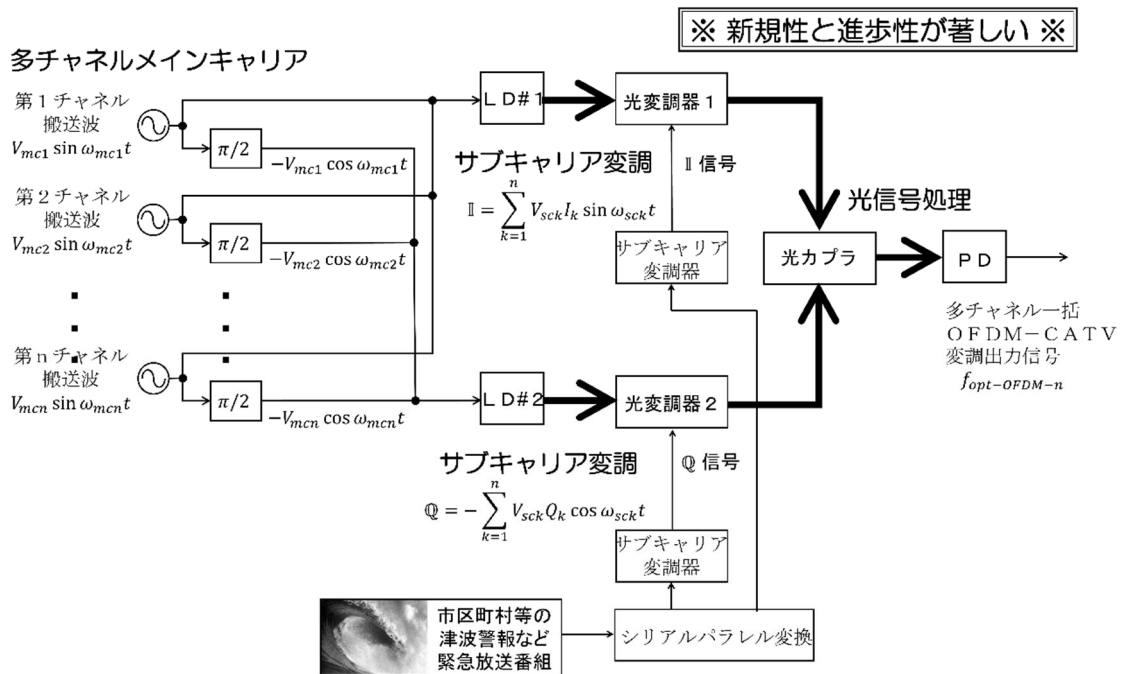


図2. 地デジOFDM多チャンネル一括変換 (新規な提案構成の実験)  
光信号処理とサブキャリア変調により, 多チャンネル一括OFDM変調が可能になる

※ 新規で著しく有用なシステム構成 ※

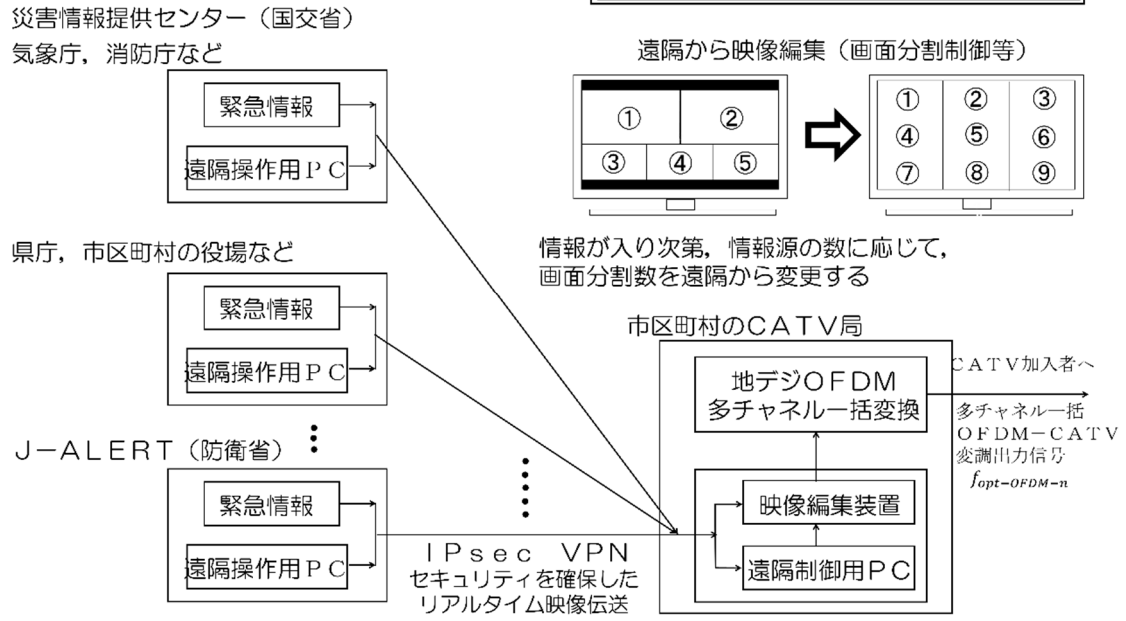


図3．遠隔操作によるCATV可変分割画面システム  
遠隔の中央官公庁，市区町村役場からCATV局内の映像編集装置を操作し，  
緊急情報をCATV放送できるので，CATV局の従業員が避難できる

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 菊島 浩二, 室谷 惇司, 林 仁, 藪内 織人	4. 巻 48
2. 論文標題 光アクセスシステムを用いたRF映像配信技術	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 121-125
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tao Guo, Junji Murotani, Koji Kikushima
2. 発表標題 Modulation Characteristics of Simultaneous Multi-Channel OFDM TV Signal Conversion System
3. 学会等名 IEEE TENCN 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tao Guo, Junji Murotani, Koji Kikushima
2. 発表標題 Proposal of Optical Feedforward Amplifier by Optical Signal Processing
3. 学会等名 2021 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 千賀 遥帆, 菊島 浩二
2. 発表標題 フィードバック回路によるLN光変調器の歪の低減に向けたシミュレーション
3. 学会等名 2021年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会, C-22, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 J. Murotani, K. Sumizawa, and K. Kikushima
2. 発表標題 Simultaneous QAM Conversion of CATV Multi-Channel Signals by Using External Optical Modulators
3. 学会等名 24th Microoptics Conference (MOC 2019), Toyama, paper no. P-10 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳥山純平, 菊島浩二
2. 発表標題 CATV による緊急避難情報の分割画面表示及び災害データ集約学習システムの提案
3. 学会等名 平成29年度電気関係学会北陸支部連合大会, C-1, 富山市
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川知樹, 菊島浩二
2. 発表標題 セキュリティを考慮した遠隔操作による CATV 画面分割システムの実験
3. 学会等名 平成29年度電気関係学会北陸支部連合大会, C-2, 富山市
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松澤尚吾, 菊島浩二
2. 発表標題 遠隔操作による画面分割数の制御
3. 学会等名 平成29年度電気関係学会北陸支部連合大会, C-3, 富山市
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

YouTube 富山大学公式チャンネル 北日本放送 (KNB) 2017.5.7放送 Tom's TV  
[https://www.youtube.com/watch?v=mB1kk7Ks2Yo&list=PL811dJF6ek7J1j0Mu5mj3J3x-sxX\\_4tG1](https://www.youtube.com/watch?v=mB1kk7Ks2Yo&list=PL811dJF6ek7J1j0Mu5mj3J3x-sxX_4tG1)  
情報通信ネットワーク研究室 研究テーマ 光信号処理による緊急放送用一括変調方式  
<http://www3.u-toyama.ac.jp/advcs1ab/newpage16.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------