

地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式

3階層セグメント分割方式 (MIMO/SISO)

総務省情報通信審議会 放送システム委員会

令和2年5月18日

関西テレビ放送

本方式の経緯

➤ 日本は周波数が逼迫状態



➤ 周波数有効利用の観点から、現行周波数を利用



➤ 2Kを放送しながら4K放送を実現するための技術手法を検討(3階層セグメント分割MIMO方式)

平成28年度補正予算総務省地上波高度化推進事業において、室内実験を実施した。

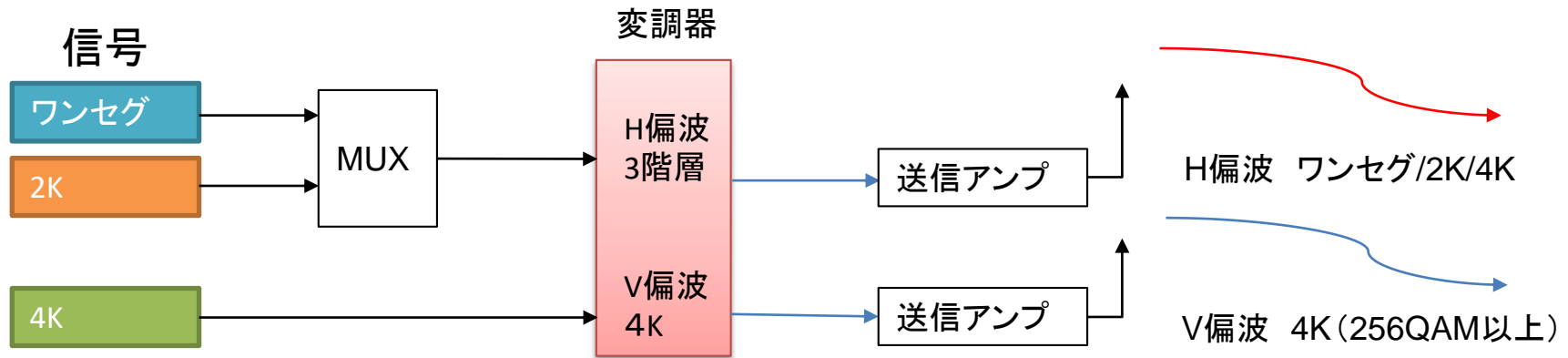


3階層セグメント分割MIMO/SISO方式
フィールド実験を実施

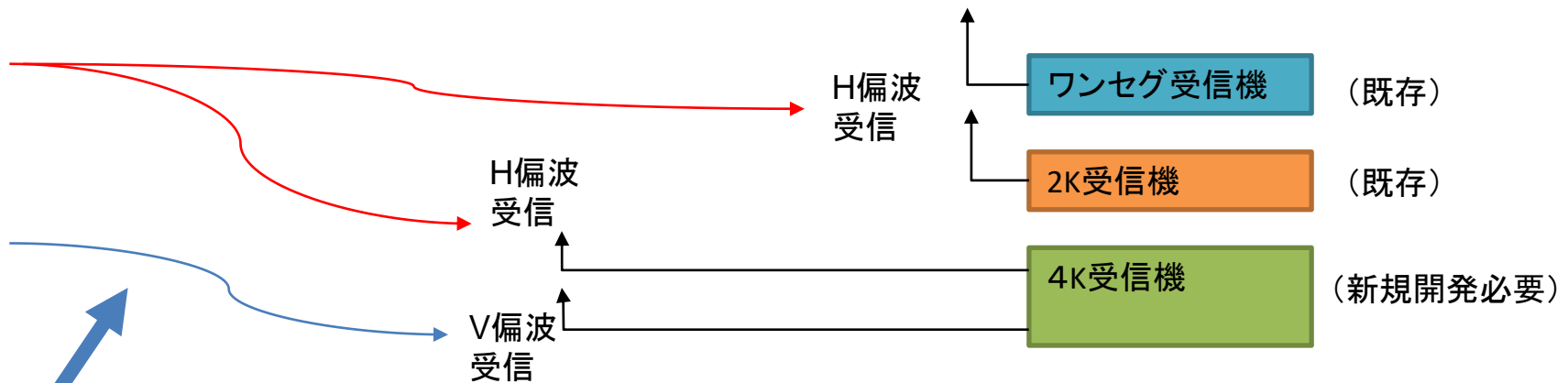
平成31年度度総務省試験事務

APAB「放送用周波数を有効活用する技術方策に関する調査検討(新たな放送サービスの実現に向けた調査検討)」請負

3階層セグメント分割方式の考え方



+4Kなら現行のISDB-Tを拡張すれば可能

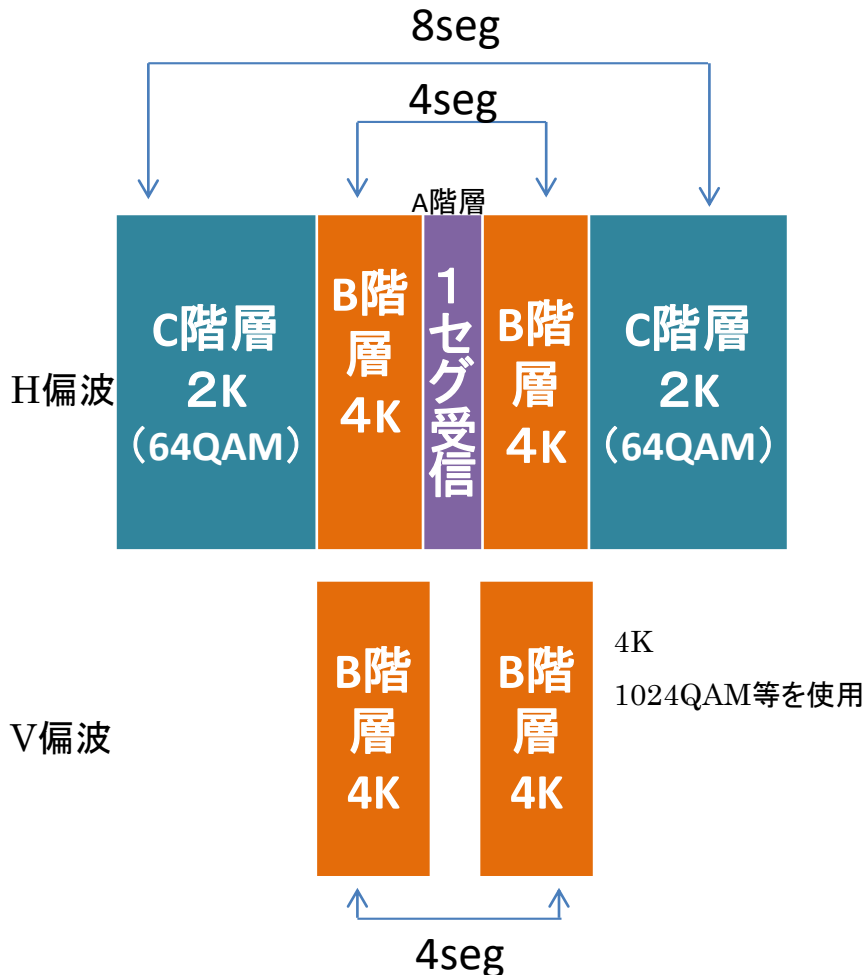


現在の4K圧縮技術ではMIMO伝送(HV両偏波)が必要。将来4K圧縮技術が向上すればSISO伝送(H偏波のみ)が可能

3階層セグメント分割MIMO伝送方式の特徴

3階層セグメント分割MIMO 伝送構造

伝送構造例



平成28年度補正予算総務省地上波高度化推進事業で画質評価を実施

【現行放送の画質をできるだけ維持することを想定した必要TSレート】

| 2K ENCODER | 客観評価 PSNR | 主観評価DSCQS | 比較 |
|------------------------------|-------------|-----------|---------------------------|
| 次世代MPEG2 エンコーダー フィールドフレーム 適応 | 9.0～9.5Mbps | 9.5Mbps付近 | 現行放送 ENC-A ENC-B 13.5Mbps |

| 4K ENCODER | 客観評価 | 主観評価DSCQS | 比較 |
|------------|-----------|-----------|----------------|
| VC-9700 | 17～18Mbps | 18Mbps付近 | VC-8150 35Mbps |



2K: 8セグメント
4K: 4セグ(H偏波)、4セグ(V偏波)(1024QAM)に対応

3階層セグメント分割MIMO伝送方式の特徴

3階層セグメント分割MIMO 伝送パラメータ

APAB平成31年度「新たな放送サービス実現に向けた調査検討」
フィールド実験に使用した伝送パラメータ

| 階層 | セグメント数 | キャリア変調 | 誤り訂正符号 | 符号化率 | 最大TSレート Mbps |
|-------------|------------------|---------|----------------|----------------------------------|--------------|
| A階層 ワンセグ | 1 | QPSK | RS+畳み込み 符号 | 2/3 | 0.416 |
| C階層 2K | 8 | 64QAM | RS+畳み込み 符号 | 3/4 | 11.234 |
| B階層 4K | 4(H偏波) 4(V偏波) | 256QAM | BCH+LDPC ※1 | 61/120,81/120, 89/120,101/120 | 15.876※2 |
| | | 1024QAM | BCH+LDPC ※1 | 61/120,81/120, 89/120,101/120 | 19.881※2 |

※1 ARIB STD 符号長44800 UC

※2 89/120の場合の値

4K信号の新たな変更

| 誤り訂正 符号 | 従来方式 | 新たな方式 |
|------------|-----------------|-------|
| 内符号 | 畳み込み符号 | LDPC |
| 外符号 | Reed Solomon | BCH |

周波数インターリーブ:階層内インターリーブ
TMCC設定:A/B/C階層 QPSK//DQPSK/64QAM

(参考)フィールド実験での送信諸元:

使用周波数605.142857MHz 占有帯域幅5.57MHz

送信出力最大1kW 海拔203m 空中線形式2L1段3面相当

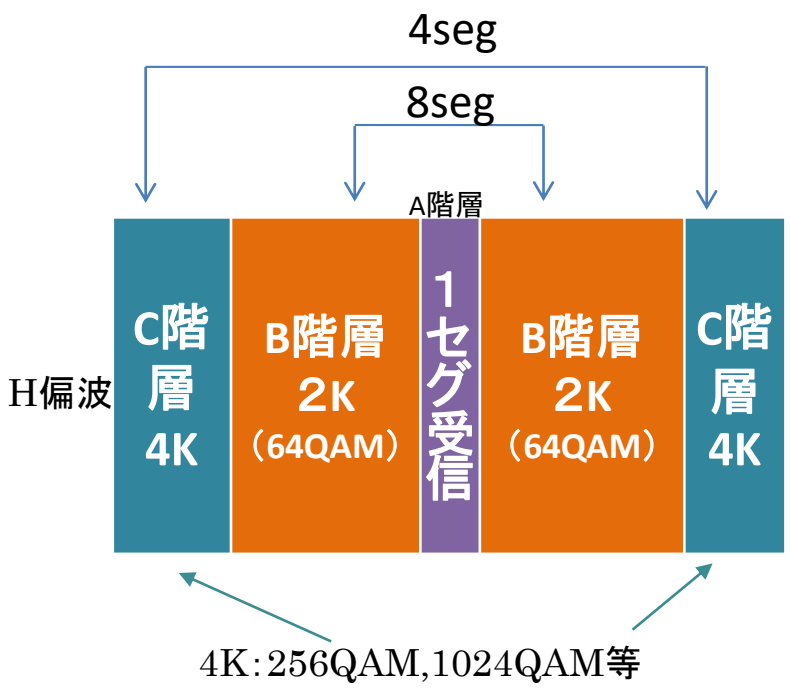
3階層セグメント分割SISO伝送方式の特徴

3階層セグメント分割SISO 伝送構造と伝送パラメータ

4Kは次世代映像符号化VVCを前提としている。

フィールド実験に使用した伝送パラメータ

伝送構造例



| 階層 | セグメント数 | キャリア変調 | 誤り訂正符号 | 符号化率 | 最大TSレート Mbps |
|------------|--------|---------|-------------|-----------------|--------------|
| A階層 1セグ | 1 | QPSK | RS+畳み込み符号 | 2/3 | 0.416 |
| B階層 2K | 8 | 64QAM | RS+畳み込み符号 | 3/4 | 11.234 |
| C階層 4K | 4(H偏波) | 256QAM | BCH+LDPC | 12/16 ※2 NUC | 8.094※3 |
| | | 1024QAM | BCH+LDPC ※1 | 12/16 ※2 NUC | 10.118※3 |

※1 符号長69120 UC,NUC
 ※2 2/16,3/16,4/16,5/16,6/16,7/16,8/16,9/16,10/16,11/16,12/16,13/16,14/16 が可
 ※3 符号化率12/16の場合の値

周波数インターリーブ: 階層間インターリーブ
 TMCC設定: A/B/C階層 QPSK/64QAM/64QAM (7/8)

(参考)フィールド実験での送信諸元:
 使用周波数506.142857MHz 占有帯域幅5.57MHz
 送信出力最大1kW 海拔570m 空中線形式 多段型ダイポール偏波共用アンテナ2段2面

3階層セグメント分割MIMO方式 室内実験

◆ LDPC採用により現行ISDB-Tより所要C/N改善

- ✓ 4K信号の誤り訂正方式にLDPC(ARIB準拠)を採用し、現行放送ISDB-Tの畳み込み符号に比較し、室内実験において符号化率89/120、1024QAMで2.0dB改善し、256QAMで1.5dB改善した。
- ✓ 室内実験により各キャリア変調でのC/N対MERの関係を明らかにし、符号化率89/120の1024QAMの所要CNRに相当するMERは約30dB、256QAMの所要C/Nに相当するMERは約24dBであり、フィールドでのMERの測定によりほぼ受信可否の判断が可能。



BCH+LDPC

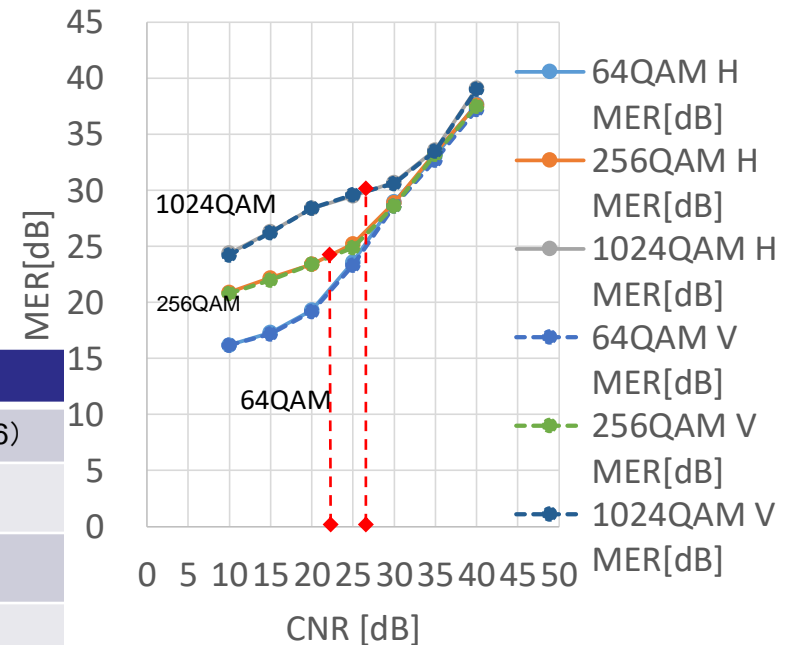
条件:階層セグメント数 :A階層1seg B階層4+4seg C階層8seg

H偏波/V偏波のD/U比=70

表 4Kキャリア変調/符号化率ごとの所要CN

| 変調モード | 符号化率 | | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | 61/120(1/2) | 81/120(2/3) | 89/120(3/4) | 101/120(5/6) |
| 256QAM | 17.3 | 20.5 | 22.2 [23.7] | 24.7 |
| 1024QAM | 21.4 | 25.5 | 27.2 [29.2] | 30.1 |
| 4096QAM | 25.3 | 30.4 | 33.1 [34.0] | 37.6 |

C/N 対 MER特性



[]の数値は2018年1月に室内実験で取得したRS+畳み込み符号 符号化率3/4の所要CN

「地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(1)

3階層セグメント分割MIMO方式 フィールド実験

名古屋 東山実験試験局を使用

◆ 4K、2K信号について21地点でQEF達成の受信可否確認を実施

4K

4K:1024QAM、256QAM 符号化率89/120 QEF: BCH前BER<E-7(E+10bit count)

- ✓ 東山実験試験局から北西方向(NW)約5Kmおきに11地点で実施、送信所から最大約56Km地点での受信可を確認。うち10地点で受信可。遠方NW9の1地点で受信不可。
- ✓ 東山実験試験局から北東方向(NE)約5Kmおきに5地点で実施、送信所から最大約20Km地点での受信可を確認。うち4地点で受信可。最遠方NE5の1地点で受信不可。
- ✓ 名古屋市内5地点で実施、3地点で受信可、見通し外のビル谷間2地点は受信不可

2K

- ✓ すべての地点で受信可



図 2.5-4 NW、NE 測定地点 4K 1024QAM 256QAM 符号化率 89/120 の受信可否
○ 受信可 × 受信不可



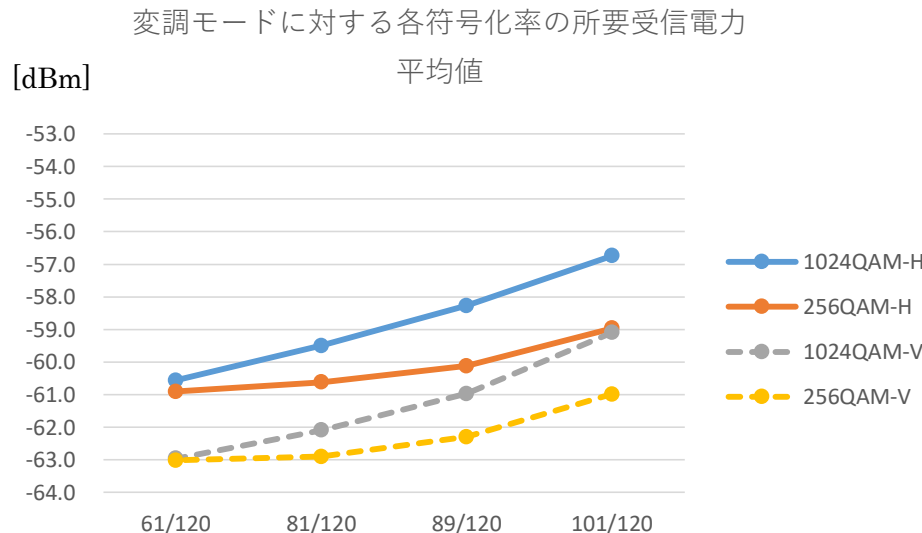
図 2.5-5 Higashi 測定地点 4K 1024QAM 256QAM 符号化率 89/120 受信可否
○ 受信可 × 受信不可

「地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(2)

3階層セグメント分割MIMO方式 フィールド実験

フィールド試験により定格1kW送信出力で各測定地点での受信特性データ[所要受信電力]を取得。フィールド測定データと室内実験データとの比較を行い考察した。

- ✓ 4K所要受信電力(H偏波)の全測定地点の平均値は符号化率89/120において、1024QAM で-58.3dBm、256QAM で-60.1dBmとなり、256QAMは1024QAMに比較し1.8dB減少した。各キャリア変調においては符号化率が下がるにつれ、所要受信電力は約0.5~1.5dB減少する基本的な傾向を確認した。
- ✓ フィールドでの4K所要受信電力は室内実験の理想的な条件に比較し差が大きくなり、1024QAM,256QAMで符号化率が下がるにつれ飽和傾向となる点は、復調器の性能に起因していると考えられ、再検証を行う予定。
- ✓ 2K所要受信電力の全測定地点の平均値は-83.1dBmとなり、十分低いレベルとなった。
- ✓ 測定地点間の所要受信電力に大きな変動は無かった。



野外実験 4K 所要受信電力平均 [dBm]

| 符号化率 | 1024QAM -H | 1024QAM -V | 256QAM -H | 256QAM -V |
|--------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| 89/120 | -58.3 (-72) | - 61.0 | 60.1 (-72) | -62.3 |

()室内実験結果[HV混合無し、CNR=∞]

野外実験 2K 所要受信電力平均 [dBm]

2K 64QAM

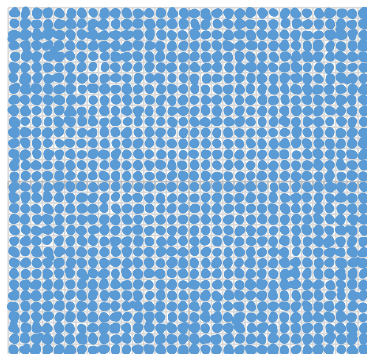
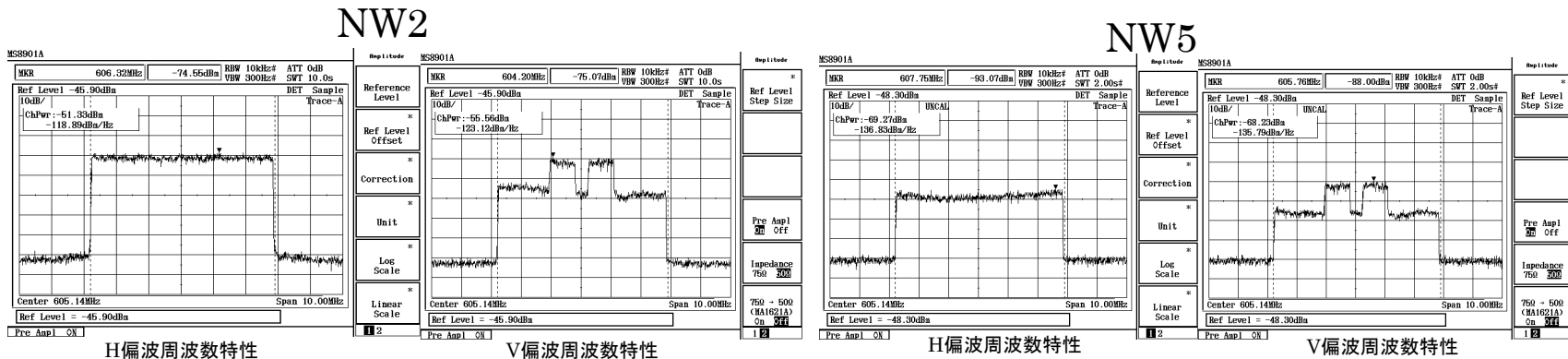
-83.1

「ア② 地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(3)

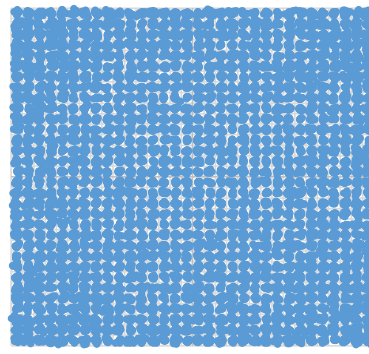
3階層セグメント分割MIMO方式 フィールド実験

フィールド試験により定格1kW送信出力で、各測定地点での受信特性データ[周波数特性、MER、コンスタレーション]を取得。フィールド測定データと室内実験データとの比較を行い妥当性を確認。

- ✓ 周波数特性について、1024QAM符号化率89/120について、H偏波MERが40dB以上のNW2地点と、H偏波MERが約30dBのNW5地点との比較を示す。NW5地点のH偏波周波数特性のCNRが約28dBで所要CNRに近い状態であり、室内実験でのBER対MERの特性に準じていることを確認した。CNR及びMERからNW5はぎりぎり受信可の地点と考えられる。
- ✓ 受信可の地点ではV偏波周波数特性からH/V偏波分離度は10dB以上確保されている。



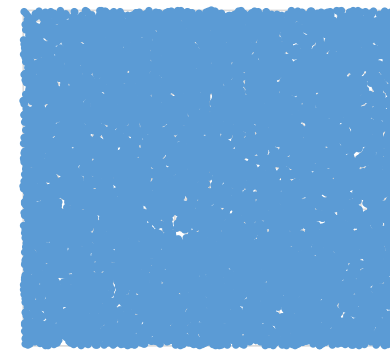
H偏波コンスタレーション
MER 41.1



V偏波コンスタレーション
MER 36.9



H偏波コンスタレーション
MER 30.9



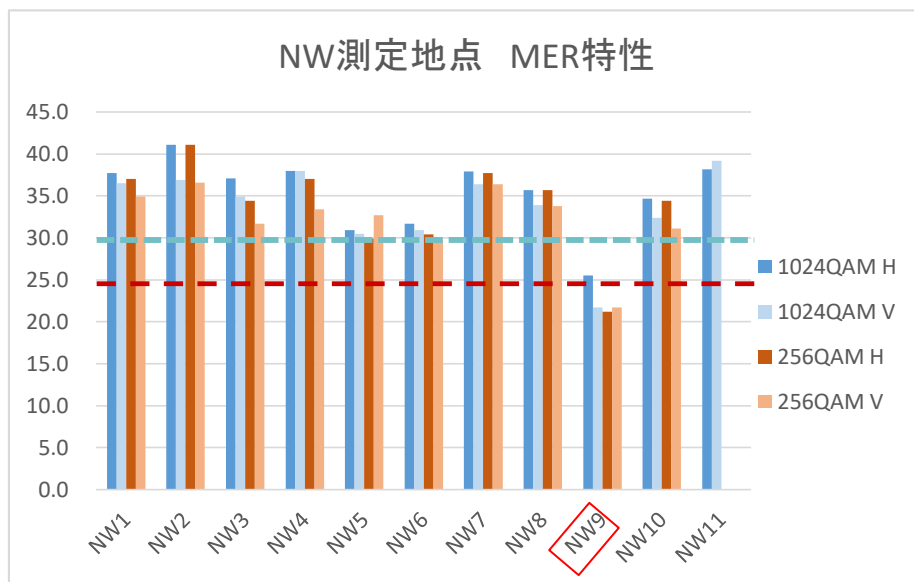
H偏波コンスタレーション
MER 30.5

「地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(4)

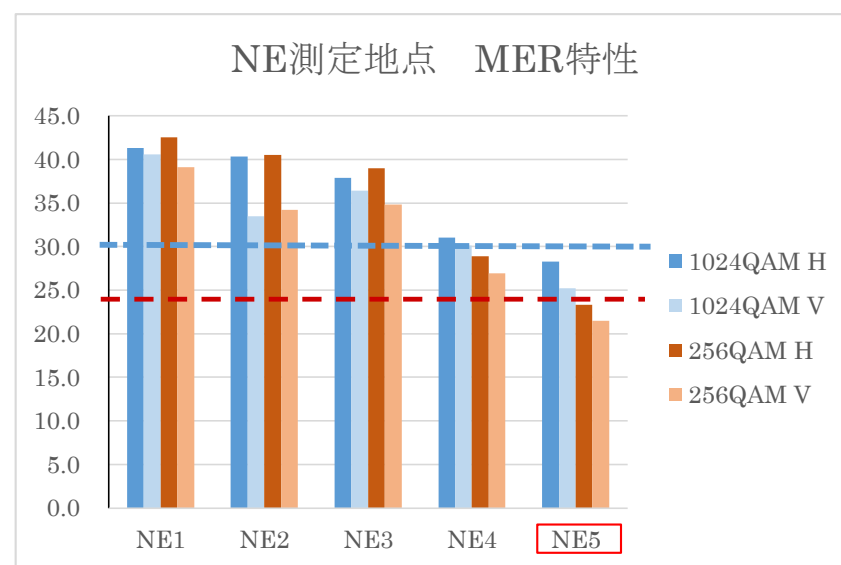
3階層セグメント分割MIMO方式 フィールド実験

- ◆ フィールド試験により各測定地点での受信特性データ[MER]について、フィールド測定データと室内実験CNR対MER特性データとの比較を行い妥当性を確認。

✓ 4K信号について各測定地点でのMER、コンスタレーションを測定。符号化率89/120 において、1024QAMではHV両偏波のMER約30dB以上、256QAMではHV両偏波のMER約24dB以上でQEF受信可となっている。これは室内実験でのCNR対MERの特性から所要CNRに対するMERは1024QAMで約30dB、256QAMで約24dBであり、妥当な結果となっている。



復調器基準入力-54dBm ※NW9受信不可
符号化率89/120



復調器基準入力-54dBm ※NE5受信不可
符号化率89/120

3階層セグメント分割SISO方式 室内実験

4K信号の誤り訂正符号にLDPC、NUCを採用し、所要C/Nを改善

3階層4K-SISO伝送可能な2K4K共用変調器の誤り訂正符号にLDPC符号※1を採用、コンスタレーションはNUC(不均一コンスタ)※を採用し、室内実験での所要C/NがARIB標準LDPC 89/120(UC)に比較し、1024QAMで1.3dB、256QAMで1.2dB改善を確認。NUCの効果大。

BCH前でBERを測定、 $1.0E+10$ bit
カウントし、 $1.0E-7$ より低くなる場合
を疑似エラーフリー(QEF)とし、
QEF達成可能な最少のCNRを所要
CNRとして測定。

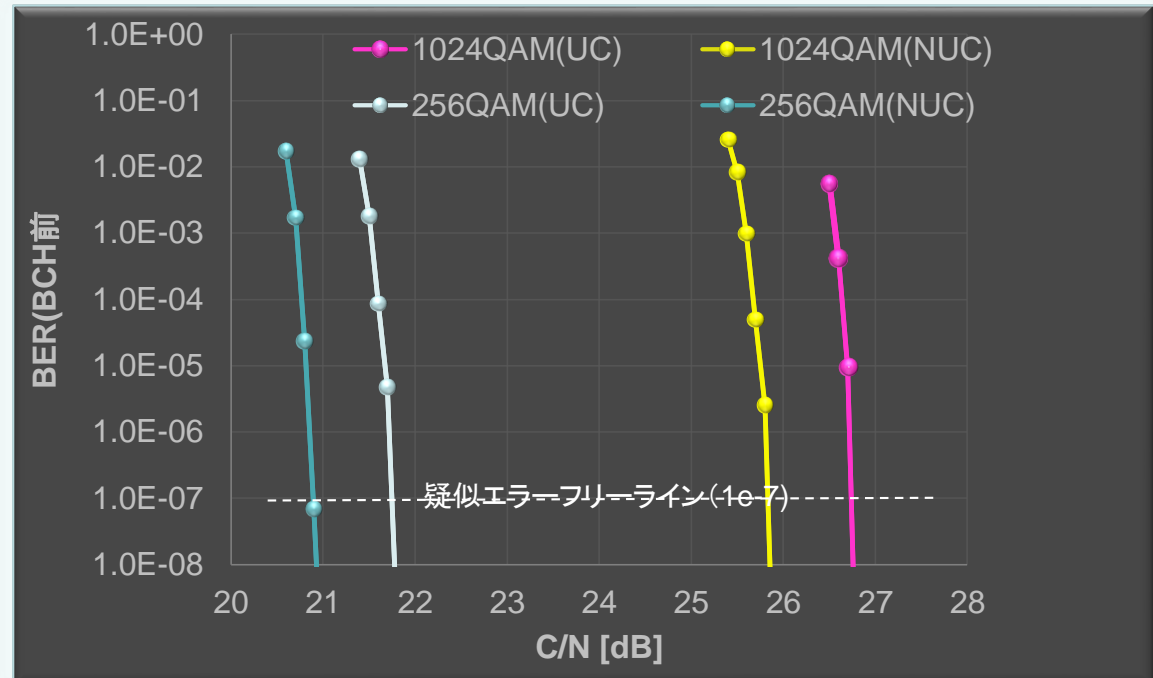
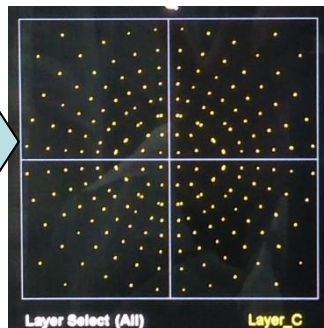
※1

・LDPC符号長69120

・LDPC符号化率

8/16,10/16,11/16,12/16,13/16,14/16

256QAM NUC



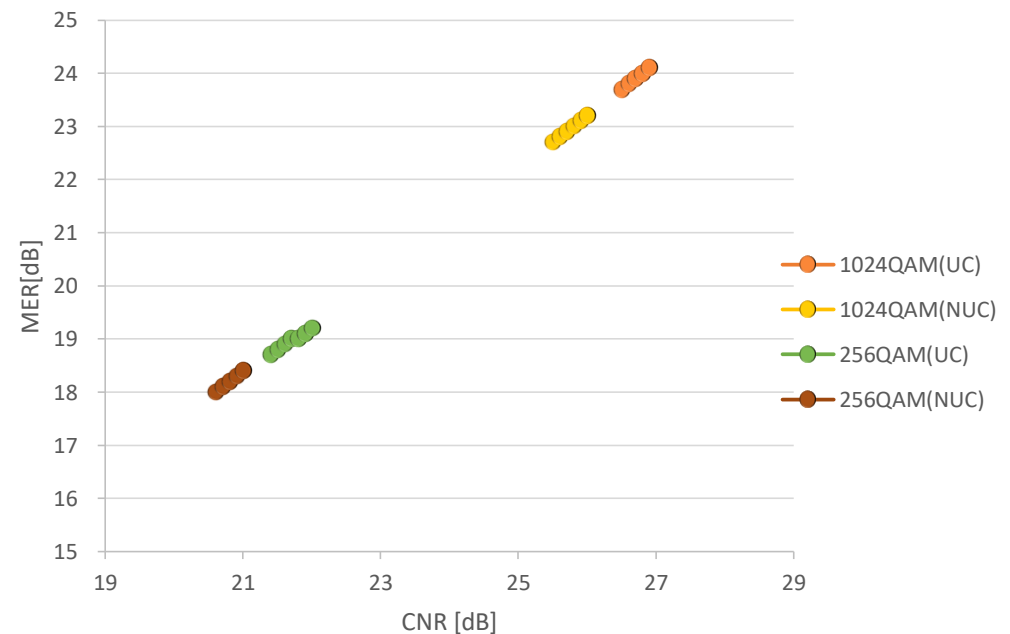
3階層セグメント分割SISO方式 室内実験

室内実験において、4K信号1024QAM NUC、256QAM NUCにおけるCNR/MER(受信品質)特性、所要受信電力を確認。

- ✓ 符号化率12/16における1024QAM NUCの所要CNRに対するMERは23.1dB、256QAM NUCの所要CNRに対するMERは18.4dBとなった。
- ✓ 符号化率12/16における1024QAM NUCの所要受信電力は-75.8dBm、256QAM NUCの所要受信電力は-81.5dBmとなり、所要CNR及びMERと相関関係にあることを確認

| 変調モード | 所要CNR [dB] | MER [dB] |
|----------------------|------------|----------|
| 1024QAM NUC 12/16 | 25.9 | 23.1 |
| 256QAM NUC 12/16 | 21.0 | 18.4 |

| 変調モード | 所要受信電力 [dBm] | MER [dB] |
|----------------------|--------------|----------|
| 1024QAM NUC 12/16 | -75.8 | 24 |
| 256QAM NUC 12/16 | -81.5 | 19 |



「地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(2)

3階層セグメント分割SISO方式 フィールド実験

大阪実験試験局を使用

4K、2K信号についてQEF達成の受信可否確認を実施

5地点で測定を実施。大阪実験試験局から南西方向(240度)、北東方向(330度)、大阪市内方向(290度)、最大約10Km、すべて見通し内の地点。

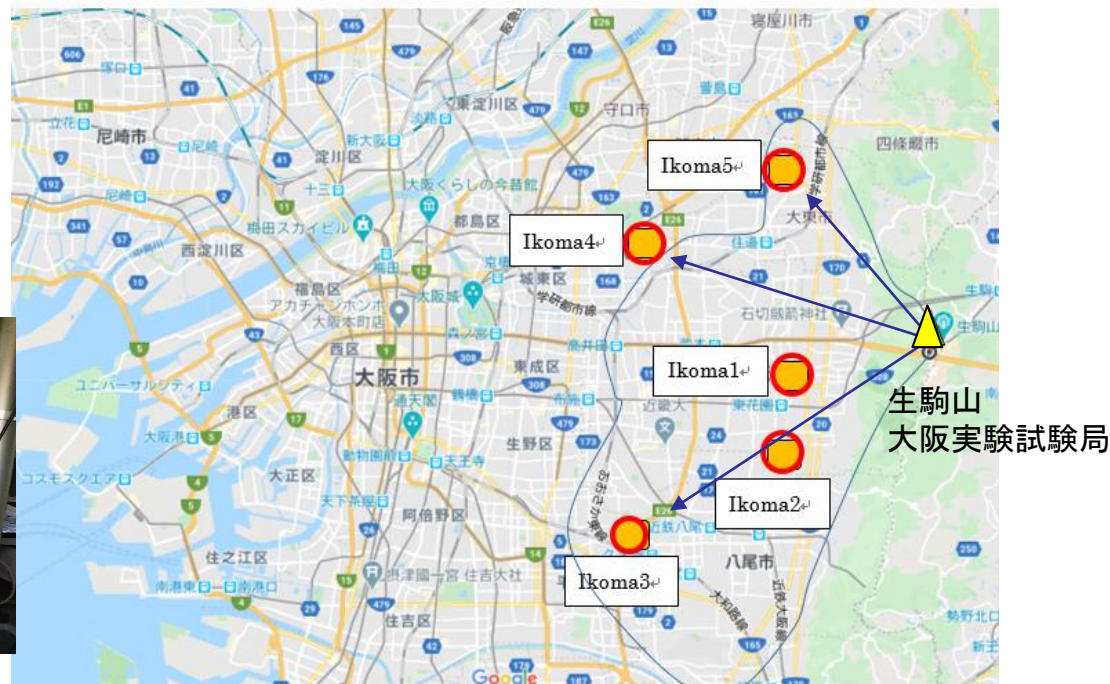
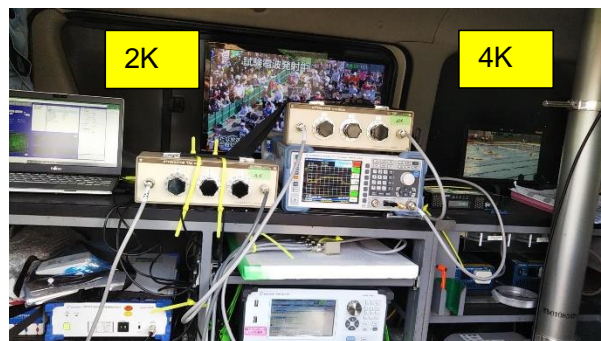
すべての地点で

4K: 1024QAM NUC、256QAM NUC 符号化率12/16でQEFの受信可を確認した。

2K: 64QAM 符号化率3/4でQEFの受信可を確認した。

4K:

BCH前でBERを測定、 $1.0E+10$ bit
カウントし、 $1.0E-7$ より低くなる場合
を疑似エラーフリー(QEF)とした。



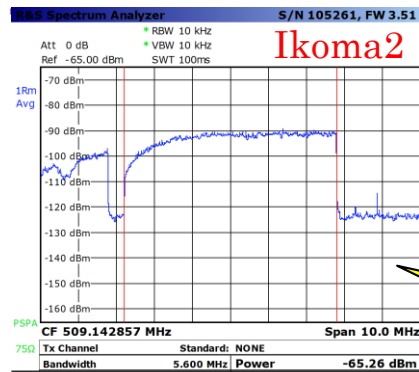
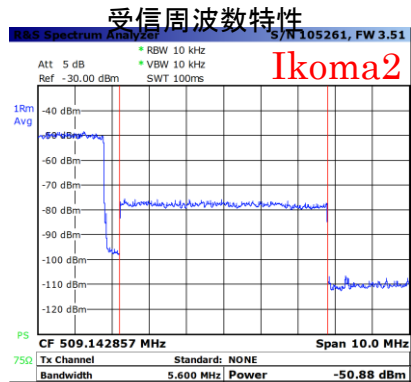
○ 受信可 4K:1024QAM 256QAM 2K:64QAM

「地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(3)

3階層セグメント分割SISO方式 フィールド実験

フィールド試験により10W送信出力で、各測定地点での受信特性データ[周波数特性、MER、コンスタレーション]を取得。フィールド測定データと室内実験データとの比較を行い妥当性を確認。

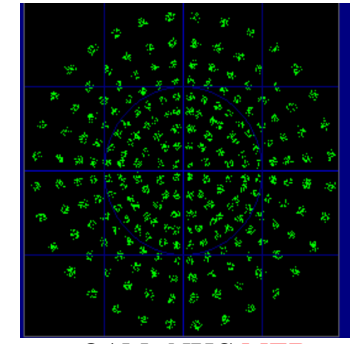
- ✓ 受信周波数特性: フィールド測定時は送信電力が10wのため隣接18ch 1Kwの影響を受けることが分かったため、復調器前段にノッチフィルターにより隣接波の影響を低減させた。そのため、周波数特性の左肩に影響が出ている。
- ✓ 1024QAM、256QAM NUC 符号化率12/16について、5地点における受信周波数特性、MER、コンスタレーションを取得し比較を行った。下記Ikoma2地点の所要受信電力時のMERは1024QAM24.4dB、256QAMで20.2dBであり、室内実験での所要受信電力時のMERに比較し約1dB程度劣化したが、受信環境を考えると妥当な結果である。



Ikoma2:
基準電力入力時
コンスタレーション

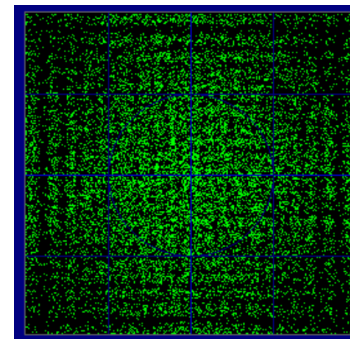


1024QAM NUC:MER 31.1

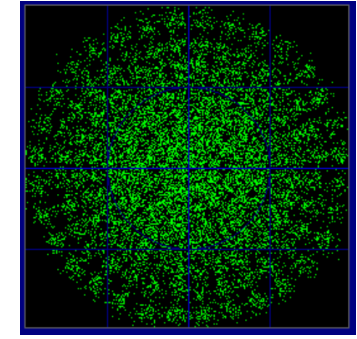


256QAM NUC:MER 30.5

Ikoma2:
所要受信電力時
コンスタレーション



1024QAM NUC:MER 24.4



256QAM NUC:MER 20.2

「地デジ放送と4K放送を6MHz帯域で伝送する方式」の詳細(4)

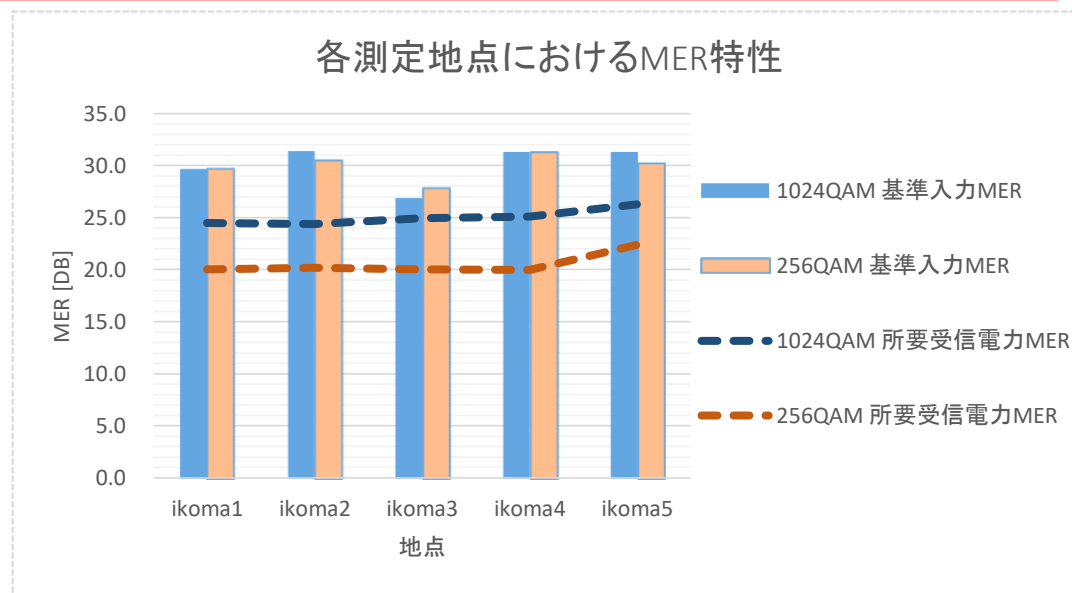
3階層セグメント分割SISO方式 フィールド実験

4K、2K信号について受信特性測定 [受信周波数特性、所要受信電力、MER、コンスタレーション]を取得。フィールド測定データと室内実験データとの比較を行い妥当性を確認。

- ✓ 各測定地点における所要電力は大きな変動は無く、4K 1024QAM NUCで平均-73.6dBm、256QAM NUCで平均-78.0dBmとなり、1024QAMと256QAMとの差は4.4dBとなった。室内実験で測定した所要受信電力の結果に比較し2.2~3.5dB高くなったが、受信環境を考えると妥当な結果と考える。また2K 64QAM3/4の所要受信電力平均は-74.8dBmとなり、4K 256QAM NUCより高い結果となった。(今回の測定では隣接chの影響があり、1kW送信出力での再検証が必要である。)
- ✓ 所要受信電力時のMER平均値から、QEF達成での受信可となるには4K 1024QAMでMER約25dB以上、256QAMでMER約20dB以上必要であり、室内実験とほぼ同等で妥当な結果となった。

| 変調モード | 所要受信電力 平均値 [dBm] |
|----------------------|---------------------|
| 4K 1024QAM NUC 12/16 | -73.6 (-75.8) |
| 4K 256QAM NUC 12/16 | -78.0 (-81.5) |
| 2K 64QAM 3/4 | -74.8 |

| 変調モード | 所用受信電力時の MER平均値 [dB] |
|----------------------|-------------------------|
| 4K 1024QAM NUC 12/16 | 25.1 (24) |
| 4K 256QAM NUC 12/16 | 20.5 (19) |
| 2K 64QAM 3/4 | 21.0 |



()は室内実験結果

今後必要な検討

1. 昨年度の実施した本方式のフィールド試験を踏まえ、機能の改善を図った上で再検証を行う必要項目もあり、3階層セグメント分割MIMO及びSISOについて、大阪実験試験局フルパワーにおける特色ある地点(遠方、都市部など)の基本的な受信特性測定及び室内実験を引き続き行う。
2. 4K信号のTLV対応の検討。
3. 放送の中継方式STL/TTL課題調査 解決策検討。

課題

- 2k受信機への影響対策検討
- マイグレーションの検討
- 次世代映像圧縮技術(VVC等)への対応