

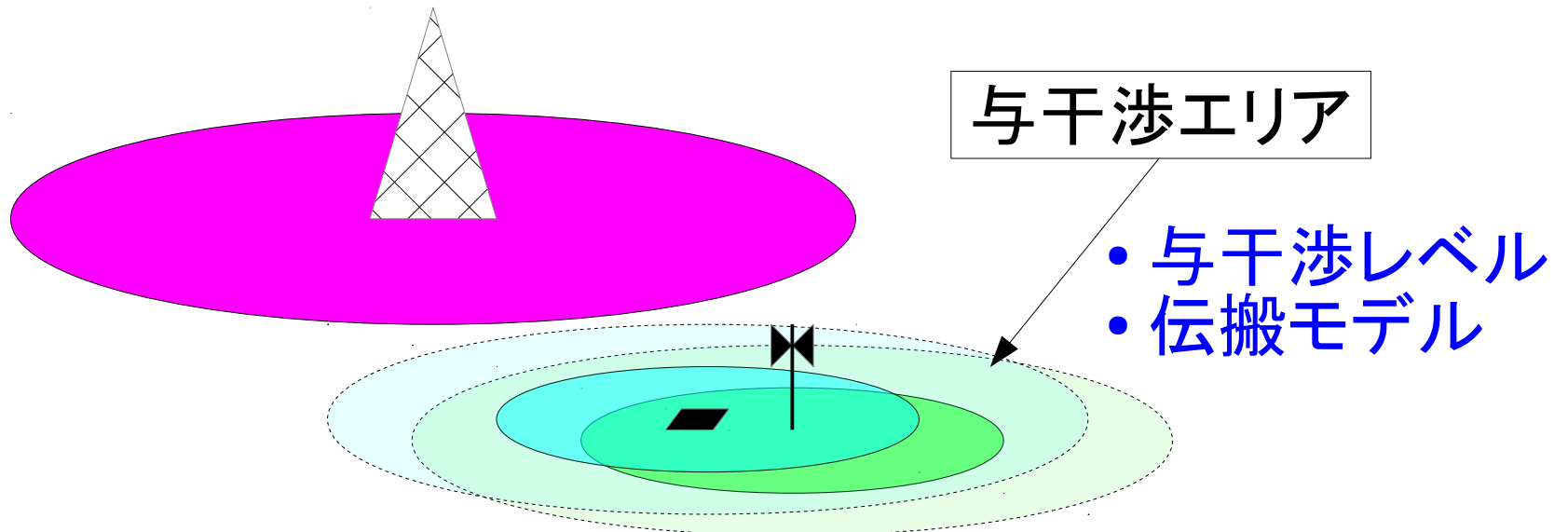
TVホワイトスペースの利用： 伝搬・干渉・共存メカニズム ～ 理想と現実・将来展望 ～

高田潤一

2013年5月30日MCRG合同輪講

ホワイトスペースの利用

一次利用者 (TV放送局)



二次利用者 (WS利用基地局と端末)

本講演の目的

テレビ放送周波数帯のホワイトスペース(TVWS)
利用のに関する総務省での検討状況の共有

- 今後のホワイトスペース利用に関する技術的条件の方向性
- 国内におけるコグニティブ無線の実用化に向けた一つの目安
- 目的に鑑み、総務省資料の再利用が多いことをご了承下さい
- 著者は放送システム委員会及び「共用検討ワーキンググループ」の委員ですが、本稿の内容は著者個人の理解に基づくものであります

ホワイトスペースに関する政策動向

2009年11月

- 新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム
 - ホワイトスペースの活用など電波の有効利用の促進
 - 地域活性化, 新産業創出及び技術革新, 内需主導型の経済成長の実現

2010年8月

- 同チーム 報告書
 - エリアワンセグやデジタルサイネージなど放送型が主
 - ホワイトスペース特区先行モデル～全て放送型
 - 双方向通信, コグニティブ無線等は将来のサービス

ホワイトスペースに関する政策動向

2010年9月

- ホワイトスペース推進会議
 - ホワイトスペース活用の全国展開
 - ホワイトスペース特区の選定・実施主体との意見交換

ホワイトスペースに関する政策動向

2010年9月

- ホワイトスペース特区に関する提案募集
 - 44件の応募

2011年4月

- ホワイトスペース特区の決定
 - ビジネスとしての継続可能性
 - 地域活性化や新産業創出など経済的効果や社会的効果
 - 具体性や実現可能性のある計画(当面2年間程度)
 - 技術的、制度的課題
 - 44件中25件採択
 - 放送型23件, ブロードバンド1件, センサネットワーク1件

ホワイトスペースに関する政策動向

2010年10月

- 情報通信審議会 放送システム委員会
ホワイトスペース活用放送型システム作業班
 - ホワイトスペースを活用した放送型システムに関する技術的条件
 - 与干渉・被干渉を含む

2011年11月

- 技術的条件に関する報告書(案)の意見募集

ホワイトスペースに関する政策動向

2011年9月

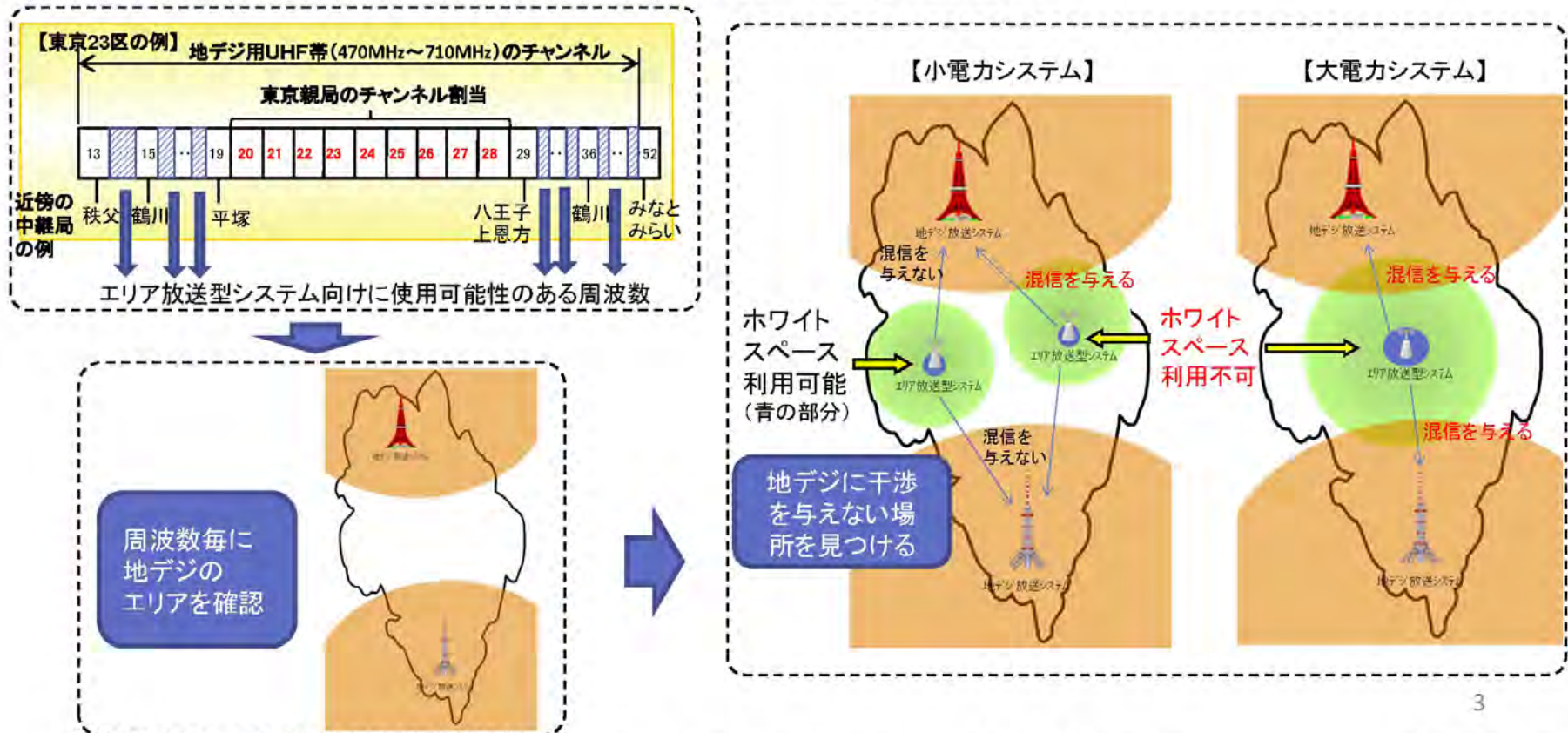
- ホワイトスペース推進会議 共用検討ワーキンググループ
 - ホワイトスペースとして利用可能な周波数の把握
 - 既存システム等との混信防止措置の担保
 - 各地域のニーズに応じた柔軟な運用に対応するための体制整備

2011年12月

- 共用方針(案)の意見募集

ホワイトスペースを活用した放送型システムのイメージ

- ホワイトスペースとは、放送用などの目的に割当てられているが、地理的条件や技術的条件によって、他の目的にも利用可能な周波数。（「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム報告書」より）
- エリア放送型システムは、ワンセグ携帯など既存の端末を活用して受信することが想定されているため、地デジに割り当てられているUHF帯（470MHz～710MHz）の周波数が対象となる。
- このため、エリア放送型システムについては、地デジに混信を与えないようにすることが必要。
- 周波数毎に地デジのエリアを確認し、その隙間の中で、地デジに混信を与えない設置場所を見つける。この場所で当該周波数がホワイトスペースとして利用可能となる。（小電力ほどホワイトスペースを見つけやすい。）



エリア放送型システムのサービス形態

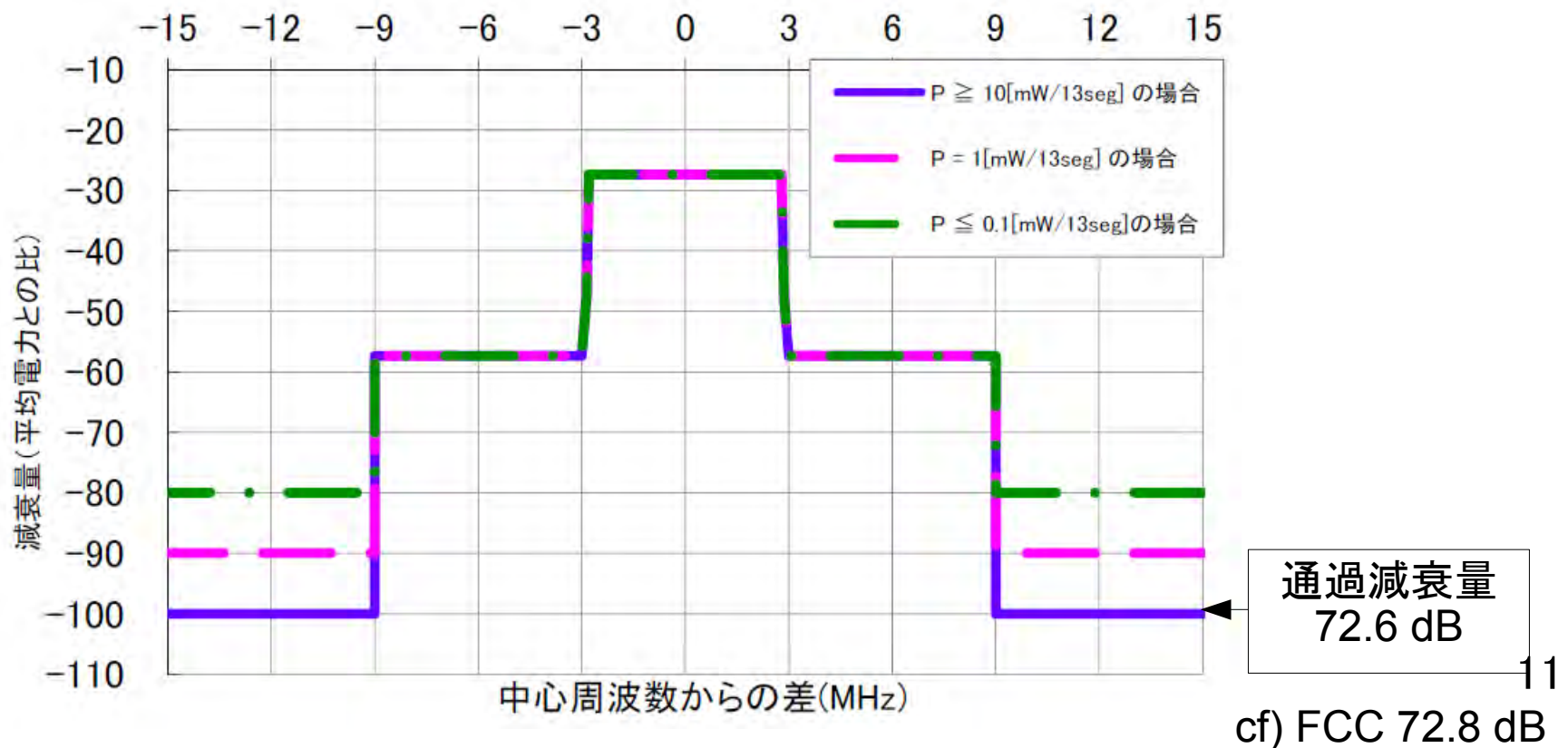
サービス分類(場所)	エリアの特徴(サイズ、電波伝搬空間の形状一例)			実施期間
お祭り・イベント	屋外	200m	見通しよい	短期日程
美術館・博物館	屋内	展示エリア×複数	狭い閉空間	営業日
スポーツ施設	屋外	200m	壁で囲い	試合開催時
遊園地	屋内・屋外	500m	建造物あり	営業日
バス停・駅	屋内・屋外	20m～200m	複雑な形状	年中
オフィス内など	屋内	10m～100m	狭い閉空間	年中
地下街	屋内	200m	格子状	年中
大学	屋内・屋外	400m～	建造物あり	年中
商店街	屋外	100m	格子状	年中
繁華街	屋外	200m～	複雑な形状	年中
車両内(バス・電車)	移動局	(要検討)	車両内	年中

注:主にワンセグ型による整理。

- これより、エリア放送型システムのサービス形態の特徴は、次のように考えられる。
 - ✓ スタジアムや美術館の中、商店街等、数十～数百m以内の小エリアを対象とするニーズが多い。
 - ✓ 放送を行う期間については、恒久的なニーズのほか、サッカーの試合やお祭り等イベントで臨時に行うニーズもある。
 - ✓ 放送内容としては、イベント情報、観光情報、地域交通情報等、ローカルな情報に特化。
- また、ホワイトスペース特区での実験を通じ、10mW以下であれば混信の影響等について概ね検証できている。

ホワイトスペースを活用した放送システムの技術的条件

- 基本的には現行のワンセグ・フルセグと同じ
 - 既存の受信機で受信可能
- 帯域外干渉を抑えるためのスペクトルマスク



ホワイトスペースを活用した 放送システムの技術的条件

- 送信電力

- 標準 10 mW 以下 / 最大 130 mW
- cf) FCC fixed device 1 W / portable device 100 mW

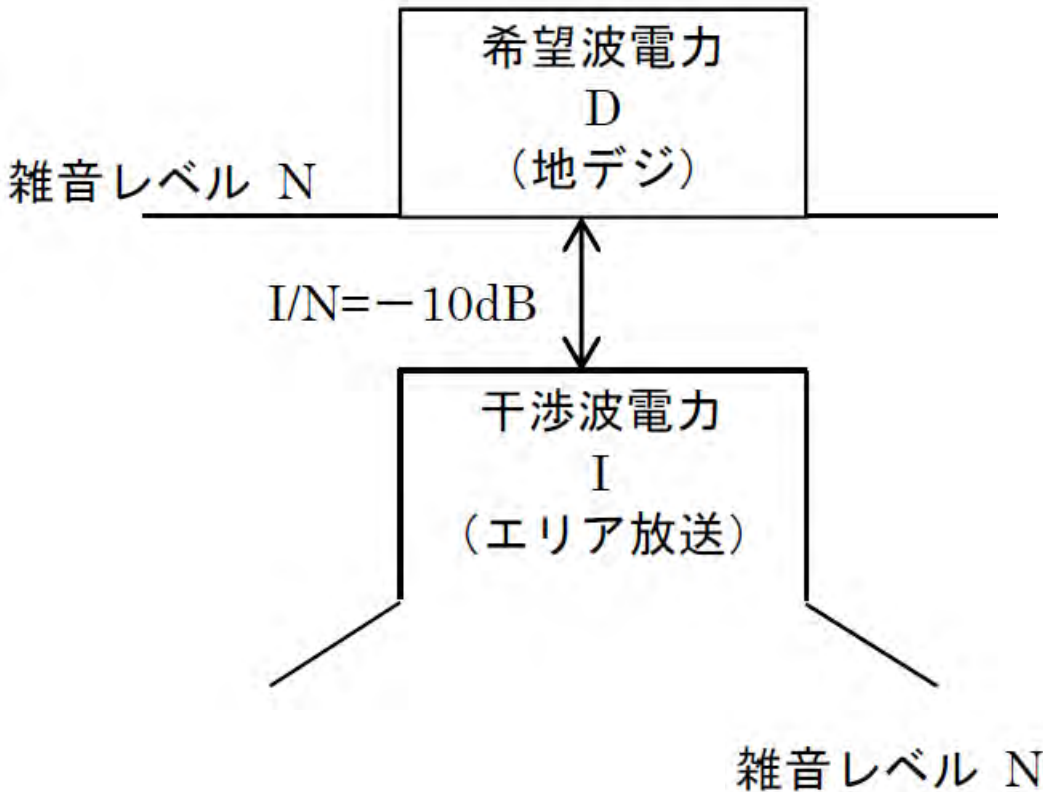
- 地上デジタル放送の保護基準

放送エリア内にて

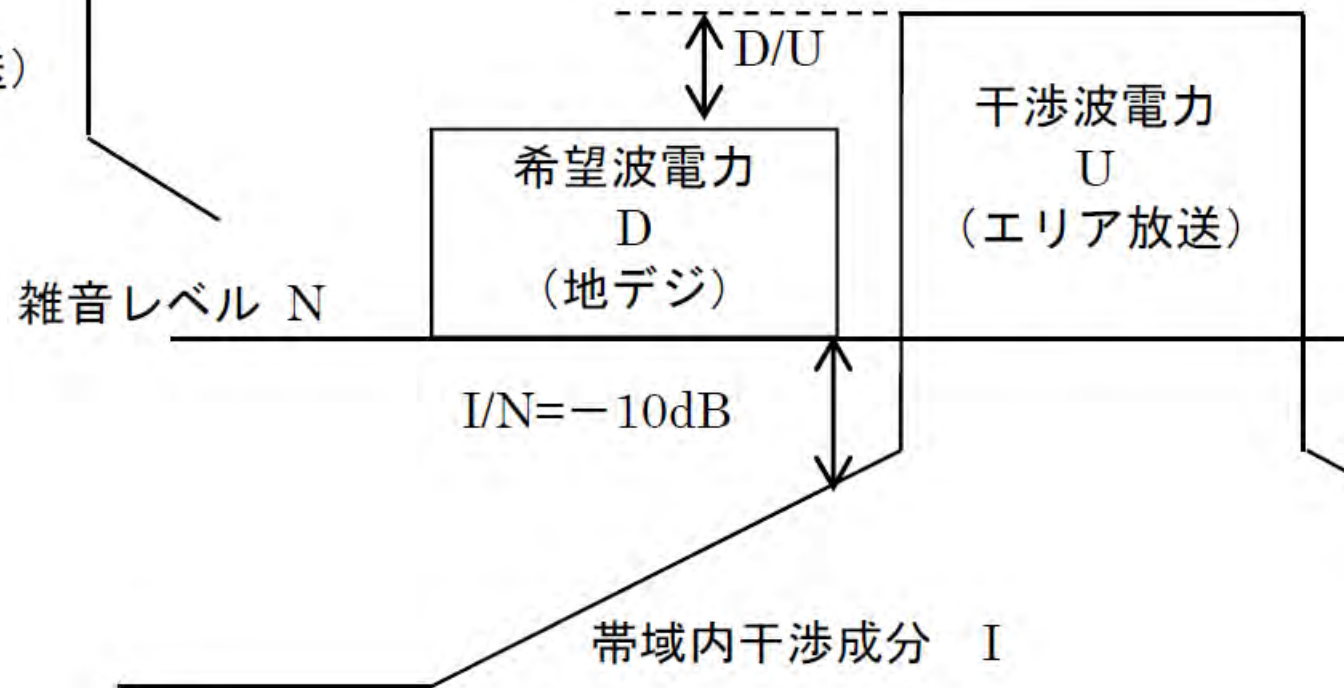
- 同一チャネル: I/N -10 dB (Rec ITU-R BT.1895)
- 上隣接・隣々接チャネル: D/U -26 dB (地デジと同一)
- 下隣接・隣々接チャネル: D/U -29 dB (同上)

I/N と D/U

- I/N (同一チャネル)



- D/U (隣接チャネル)



I/Nの規定 (Rec ITU-R BT.1895)

recommends

- 1 that the values in *recommends* 2 and 3 be used as guidelines, above which compatibility studies on the effect of radiations and emissions from other applications and services into the broadcasting service should be undertaken;
- 2 that the total interference at the receiver from all radiations and emissions without a corresponding frequency allocation in the Radio Regulations should not exceed 1% of the total receiving system noise power;
- 3 that the total interference at the receiver arising from all sources of radio-frequency emissions from radiocommunication services with a corresponding co-primary frequency allocation should not exceed 10% of the total receiving system noise power.

Primary: 無線通信規則(RR)で定められた周波数割り当て上の一次業務 ¹⁴

I/N に関する解釈

- 同じ方式の放送業務なので, co-primaryと見なして I/N -10 dB を採用
 - ⇒ 無線通信業務は I/N = -10 dB ? -20 dB ?
 - 「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム報告書」では一次業務と同等には考えない方針
- I/N の議論はアナログ時代の名残り
 - 固定通信なども同じ基準
- 本勧告の根拠はUWBに関するレポート(法的拘束力なし)

I/N = -10 dB となる条件

外来
雑音も
考慮

	周波数			470	671 (45ch)	710
①	受信機雑音指数	dB	3.3(答申)	3.3	3.3	3.3
②	雑音帯域幅	kHz		5600	5600	5600
②	受信機雑音電力	dBm	kTB+①	-103.0	-103.0	-103.0
④	外来雑音電力	dBm	答申	-102.7	-106.6	-108.1
⑤	全受信雑音電力	dBm		-99.9	-101.5	-101.9
⑥	許容 I/N	dB	-10	-10	-10	-10
⑦	干渉波受信電力	dBm	⑤+⑥	-109.9	-111.5	-111.9
⑧	受信機入力終端電圧(終端)	dB μ V	⑦+108.8	-1.1	-2.7	-3.1
⑨	受信機アンテナ利得	dBd	答申	8.0	10.0	10.0
⑩	アンテナ実効長 <small>ダイポール</small>	dB		-13.8	-16.9	-17.4
⑪	フィーダー損	dB	答申	2.0	2.0	2.0
⑫	許容干渉波電界強度	dB μ V/m	⑧+6-⑨-⑩+⑪	12.8	12.3	12.4

cf) FCC
センシング
-114 dBm

答申:平成11年度電気通信技術審議会答申 諮問第98号の一部答申
「地上デジタルテレビジョン放送の置局に関する技術的条件」

ホワイトスペースを活用した 放送システムの技術的条件

- 地上デジタル放送受信用ブースタの保護基準
ブースタのLNAが飽和しないよう $I/N = -10$ dB となる
離隔距離を確保
 - 40 m @ 10 mW, 150m @ 130 mW

ホワイトスペースを活用した 放送システムの技術的条件

- 利用可能チャンネルの選定 ⇒ 詳細は次の講演へ
 - 地上デジタル放送のサービスエリア内で所要I/N, D/Uを満足する
 - 送信出力とアンテナ高を入力し伝搬シミュレーションを実施
- チャンネルスペースマップの策定
 - 利用可能な周波数の候補
 - 130 mW, 無指向性アンテナ, 地上高 20mを想定

地上テレビ送受信に関する日米比較

	日 本	米 国	備 考
① 地上テレビ置局総数 (アナログ停波後)	11,499局(注1)	8,901局(注2) <内訳> フルパワー局:1,813局 低出力局:7,088局	米国は日本の 8割程度
② 国土面積	37.8万 平方km	962.8万 平方km	米国は日本の 25倍
③ 人口	1億2,748万人 (注3)	3億914万人 (注4)	
④ 世帯数	4,906万世帯 (注5)	1億1,238万世帯 (注6)	
⑤ 地上波直接受信世帯 (推定)	約2,700万世帯	約1,400万世帯	米国は日本の 半分程度

(注1) 地上デジタルテレビジョン放送中継局ロードマップの公表(平成20年3月31日報道発表)

(注2) 米国連邦通信委員会レポート(平成20年9月)

(注3) 人口推計月報・平成22年1月1日確定値

(注4) 外務省HP掲載(平成22年4月・米国国勢局推定)

(注5) 平成17年国勢調査

(注6) 米国国勢局レポート(平成19年データ)

本当に多数の空きチャンネルは
あるのか？

ホワイトスペース利用システムの 共用方針

- 検討の前提
 - 放送に有害な混信を生じさせてはならない(与干渉)
 - 放送による有害な混信への保護を求めてはならない(被干渉)
 - 後日開設される放送にも適用(優先権)

ホワイトスペース利用システムの 共用方針

- 想定したシステム
 - エリア放送型システム
 - 特定ラジオマイク
 - センサーネットワーク
 - 災害向け通信システム
 - 災害時の安否情報取得等に用いる通信システム
 - 被災地の情報取得通信システム
 - 将来的に新たな別のシステムの導入検討の可能性を否定するものではない。

(1) エリア放送型システム

●エリア放送型システムについては、周波数再編アクションプラン(平成23年9月)において、「UHF帯(地上テレビジョン放送用周波数帯)のホワイトスペースを利用したエリアワンセグ放送システムの実現に向け、平成23年度中に環境整備を行う。」とされているところであり、現在、情報通信審議会においてその技術的条件について検討が行われている。

※「新成長戦略実現に向けた3段階の経済対策」(平成22年9月30日閣議決定)では、「平成22年度検討開始・平成23年度措置とされている。

また、『「国民の声」規制・制度改革集中受付に提出された提案等への対処方針』(平成23年4月8日閣議決定)では、「平成22年度検討開始・平成23年度結論」とされている。

エリア放送型システムの活用イメージ



現在、検討されている諸元

出力:10mW以下

エリア:数十m~数百m程度

サービス形態(通称)	占有周波数帯幅	主な用途
フルセグ型	5.7MHz	エリア限定、高精細放送などのサービスとワンセグ放送を同時収容。
ワンセグ型	468kHz	エリア限定、ワンセグ放送。
束セグ型	(6000/14 × n + 38.48) MHz	n: 連結した連結した OFDM フレームに含まれる OFDM セグメント数 ※セグメント連結送信
Shift パラセグ型	468kHz	※セグメント位置が変わる エリア限定、複数の事業者が独立してワンセグ放送を提供。 ※ワンセグ型との共用ができ、地域で周波数を再利用可能

(2) 特定ラジオマイク

- 周波数再編アクションプラン(平成23年9月)において、「特定ラジオマイクの移行先候補を、地上テレビジョン放送用周波数帯のホワイトスペース又は1.2GHz帯として、周波数移行に関する技術的検討を進めるなど周波数移行に向けた検討・作業を実施する」こととなっている。

概要

特定ラジオマイクは、放送番組制作やコンサート、舞台劇場、イベント会場等で用いられる高音質型のラジオマイクで無線局免許を要するもの。

ホール等の固定された場所に備え付けて日常的に運用する固定運用と、イベント時の施設への持ち込みや、ロケ等により移動先で運用する移動運用がある。

特定ラジオマイク利用者連盟(特ラ連)は、FPUとラジオマイク及びラジオマイク同士の混信防止のため、運用調整を実施している。

免許の状況

(平成22年10月1日)

無線局数 20,352(放送8,388、放送以外11,964)

免許人数 950(放送145、放送以外805)

800MHz帯で現在使用されているラジオマイクの主な技術仕様

	アナログ方式	デジタル方式
変調方式	FM	QPSK
周波数帯	779-788MHz(9MHz幅), 797-806MHz(9MHz幅)	770-806MHz(36MHz幅)
占有周波数帯幅(BW)	110kHz以内(標準) 250kHz以内(ステレオ) 330kHz以内(高品質)	192kHz以内(標準) 288kHz以内(高品質)
周波数間隔、チャンネル数	125kHz間隔のとき142ch	125kHz間隔のとき285ch
同時使用可能チャンネル数	20ch程度(BW110kHz) 16ch程度(BW330kHz)	70ch程度
空中線電力(伝搬距離)	最大10mW(60m程度)	最大50mW(100-150m程度)

一般的なシステム構成

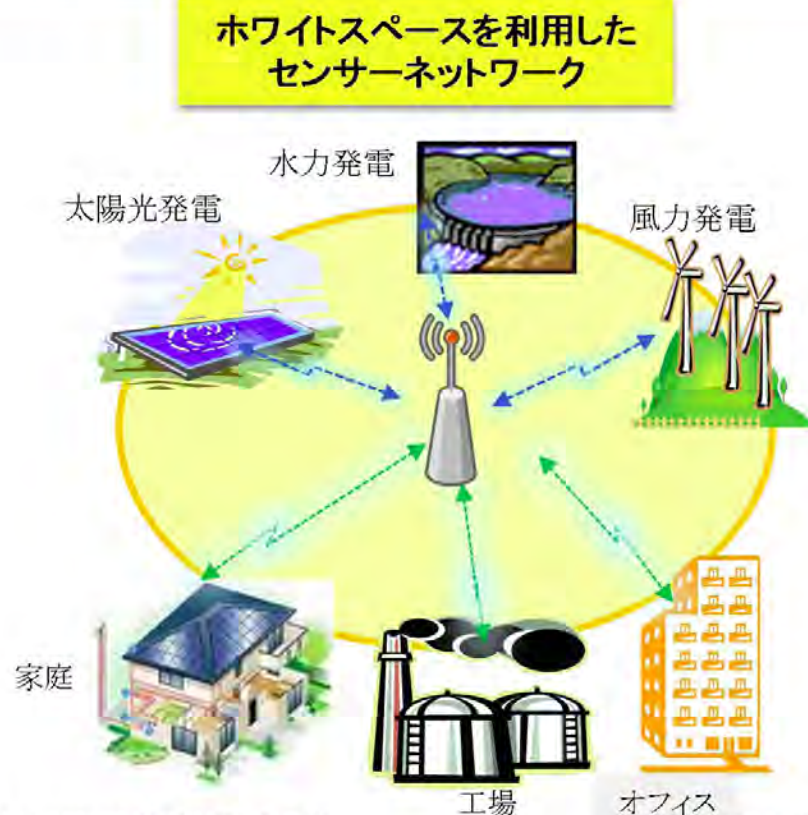


(3) センサーネットワーク

- 周波数再編アクションプラン(平成23年9月)において、「UHF帯(地上テレビジョン放送用周波数帯)のホワイトスペースにおいて、高度化したエリアワンセグシステム及びセンサーネットワークシステム等の実用化が可能となるよう、必要な無線設備の技術的条件や既存無線局との周波数共用条件等を検討する。」こととなっている。
- センサーネットワークは、900MHz帯周波数の電子タグ等により実用化されているが、より伝送距離を延ばしたい、伝送情報量を増大させたいなどのニーズにより、UHF帯の利用も注目されているところ。

提案されているシステム諸元の一例

項目	値
出力	10mW~数100mW
占有周波数帯幅	400kHz程度
変調方式	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM
伝送速度	100kbps~1Mbps程度
想定通信距離	数km程度



(4) 災害向け通信システム

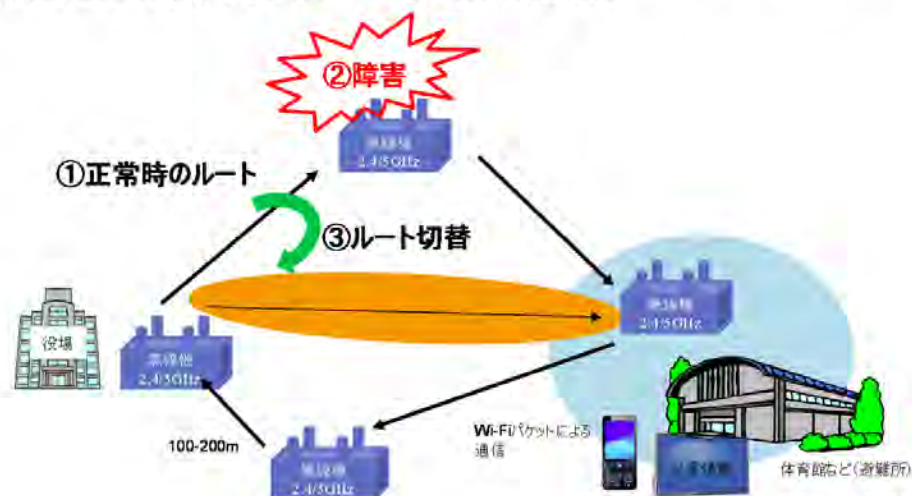
東日本大震災を受け、災害時の通信インフラの多重化の重要性が再認識されたところ。震災時に有効に機能し、避難情報を含む地域情報等の通信手段として重要な無線システムについて冗長性を持たせること、災害地の情報取得等の目的から、UHF帯の利用も注目されているところ。

＜提案されている活用イメージの一例＞

・基幹系回線の回復

平常時は地域ワンセグコンテンツ編集、配信、見回り情報、地域情報を配信するポータルサイトとして使用している無線LANネットワークにおいて、災害時に安否確認、警報、避難先情報などの情報発信に活用できるよう、障害が発生しても迂回ルートが容易に構築できるよう、ホワイトスペースを活用。

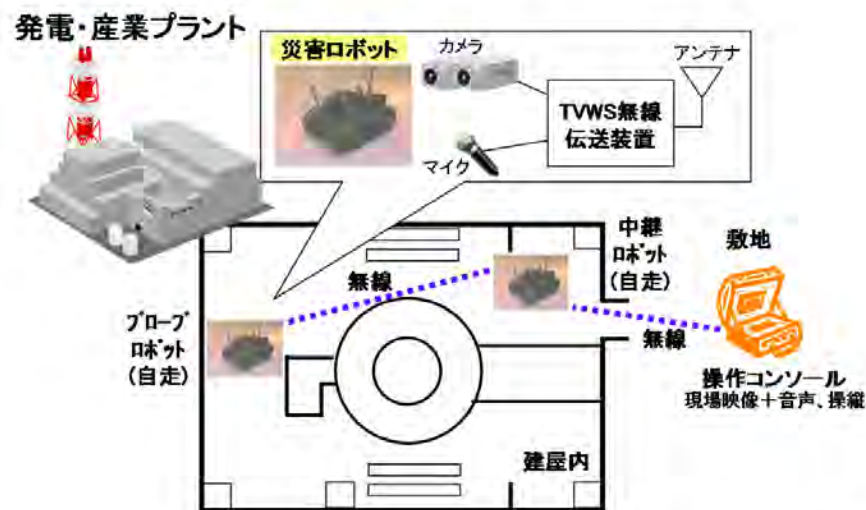
出力数十mW程度でおよそ数百mの通信が可能。(周波数帯幅 6MHz、伝送スピード 数Mbps程度)



・災害地の情報取得のための通信

災害時のホワイトスペース活用として、建屋内を探索する災害ロボットの操縦や映像伝送、音声伝送の無線ネットワークの構築

出力数百mW程度でおよそ100X100m²の屋内通信が可能。(伝送スピード 十数Mbps程度)



ホワイトスペース利用システムの 共用方針

- エリア放送型システム
 - 2011年度中に制度整備
 - 2012年度から順次ホワイトスペースの利用を開始
- 特定ラジオマイク
 - 周波数再編に伴いホワイトスペースへの移行を検討
 - 2012年夏頃に制度整備
- その他のシステム
 - 制度整備後に順次導入

ホワイトスペース利用システムの 共用方針

- 割り当て上の優先順位

1	地上テレビジョン放送
2	特定ラジオマイク
3	エリア放送型システム センサネットワーク 災害向け通信システム その他のホワイトスペース利用システム

- 特定ラジオマイクは他周波数帯(一次業務)からの移行
⇒放送に影響を与えない範囲で継続的利用を確保

ホワイトスペース利用システムの 共用方針

- 運用調整の仕組み／機関
- 地上テレビ放送に対して干渉がないことの確認
- 各地域における地上テレビ放送局及びホワイトスペース利用システムの利用状況の把握(データベースの作成等)
- 異なるホワイトスペース利用システムとの間の運用調整(使用日時, 周波数)の仲介
- 地上テレビ放送への混信・ホワイトスペース利用システム間の混信発生時の対応(窓口情報の提供)
 - 具体的な仕組みには, ホワイトスペース推進会議の下に「ホワイトスペース利用作業班(仮称)」を設置し, 別途検討する.

参考例: 特定ラジオマイク利用者連盟を通じた特定ラジオとFPUの運用調整～担当者間の連絡・情報共有

ダイナミックスペクトルアクセスへの道はまだ遠い

FCCとの保護基準の差

カバレッジ

- FCC 64 dBu vs MIC 51 dBu (9 dB マージン)

同一チャネル干渉

- FCC D/U 23 dB vs MIC I/N -10 dB (~ D/U 30 dB)

干渉波伝搬モデル

- FCC TM OET-91-1 (郊外地距離減衰)
- vs MIC 告示 640号 (地形回折・市街地補正)

総務省の保護基準の方が厳しい

与干渉エリアを決定する伝搬モデル

離隔距離は伝搬モデルに大きく依存

- 様々なモデルの存在
 - ITU, 総務省, FCC, 学術論文, ...
- モデル選択が被干渉側に委ねられる
⇒ 見識者の不在(原田氏のパネル討論での発言)
- 自由空間モデル(最悪値)は採用されず
⇒ エリア放送だから？

IEEE802.22の離隔距離に関する検討 [1]

- $I/N = -20$ dB, 自由空間または球面大地を仮定 (UWBと同じ干渉評価; BS 75 W, CPE 4 W)
- FCCの基準 (Point-to-Areaモデル) と比較

d [km]	Free space		Diffraction	
	BS	CPE	BS	CPE
802.22 BS/CPE vs. ATSC				
co-channel	21,743	4,399	89	46
adjacent channel	1,223	248	58	20

d [km]	BS	CPE
point to area propagation model	16.1	10
spherical earth model	46	20

[1] K. Po, and J. Takada, "Conservative Protection Criteria for TV Broadcasting Services from IEEE 802.22 WRAN," CrownCom 2008.

IEEE802.22に使用できるチャンネルの検討 [2]

- $I/N = -20$ dB, 郵政省告示640号[3]を使用
- 村落地域での検討: 青森県三戸郡



[2] 冷雨, “日本国におけるIEEE 802.22 ルーラルブロードバンド無線ネットワークの運用可能性に関する研究”, 学士論文, 東京工業大学工学部情報工学科, 2009.

[3] “放送区域等を計算による電界強度に基づいて定める場合における当該電界強度の算出の方法”, 郵政省告示第640号, 1960

IEEE802.22に使用できるチャンネルの検討 [2]

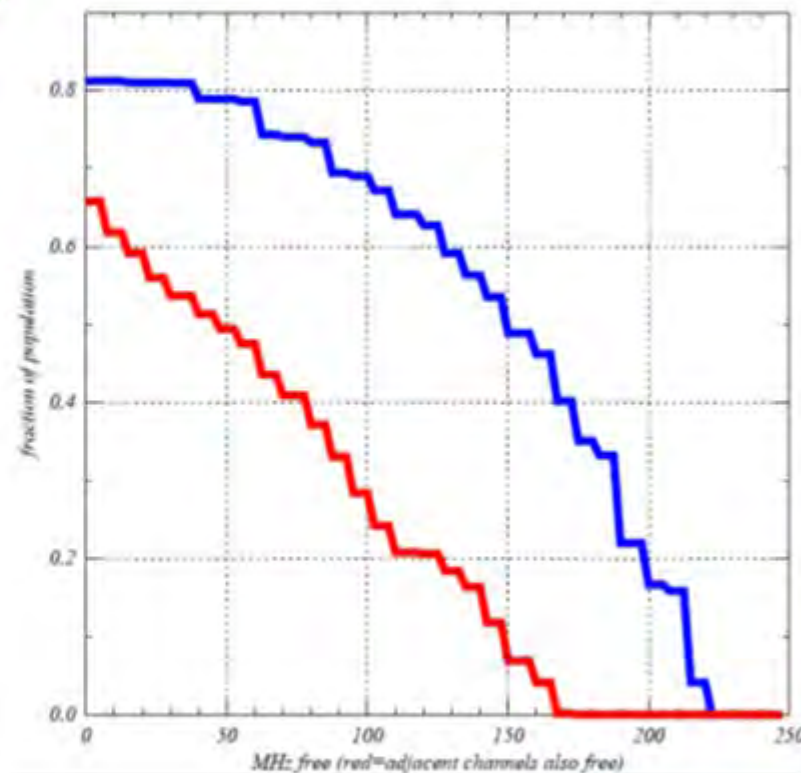
- テレビ放送エリア: デジタル放送推進協会 Dpa [4]
- GIS(地理情報システム)を使用し両データを比較



TVWSの利用可能チャンネル数の見積 [5][6]



UK distribution of TV Whitespace
Lighter = more, Darker = less



Population-weighted TV Whitespace availability
Red = adjacent channels also free



- [5] M. Fitch, "TV Whitespace, opportunities and challenges," CrownCom 2011 panel discussion.
- [6] M. Fitch, M. Nekovee, S. Kawade, K. Briggs, R. MacKenzie, "Wireless Service Provision in TV White Space with Cognitive Radio Technology: A Telecom Operator's Perspective and Experience," IEEE Comm. Mag., 49(3), Mar. 2011.

TVWSの利用可能チャンネル数の見積 [7]

- 郵政省告示640号とITU-R P.1546

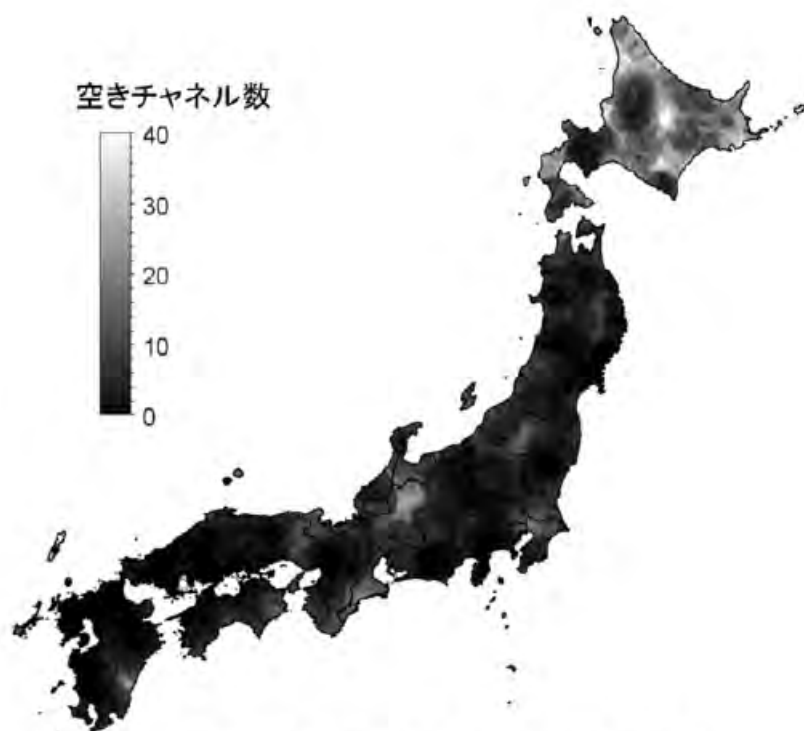


図 11 告示 640 号の反射損のみを含む
モデルによる TVWS マップ
(EIRP = 4W, アンテナ高=10m)

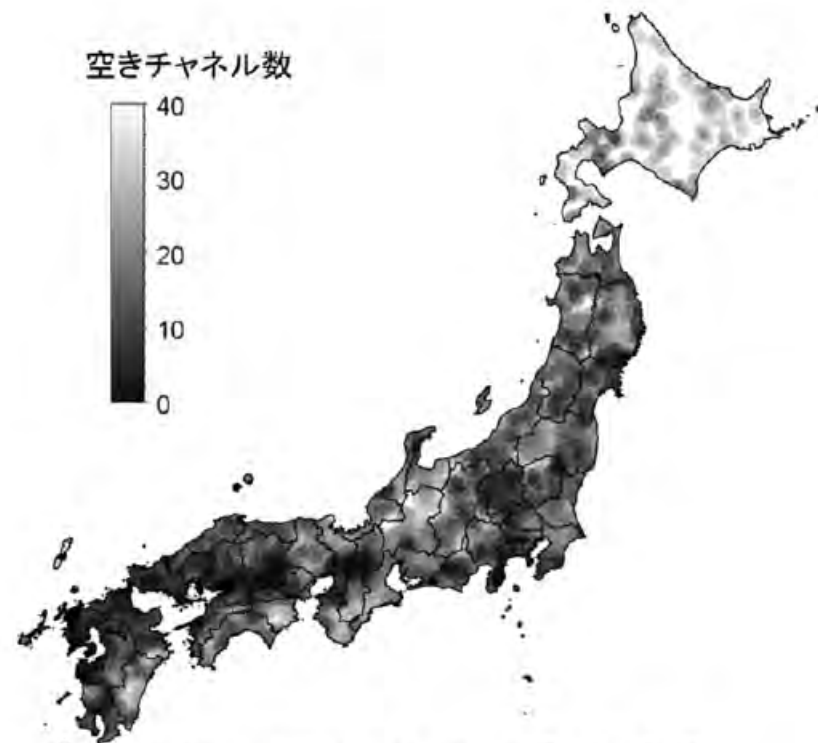
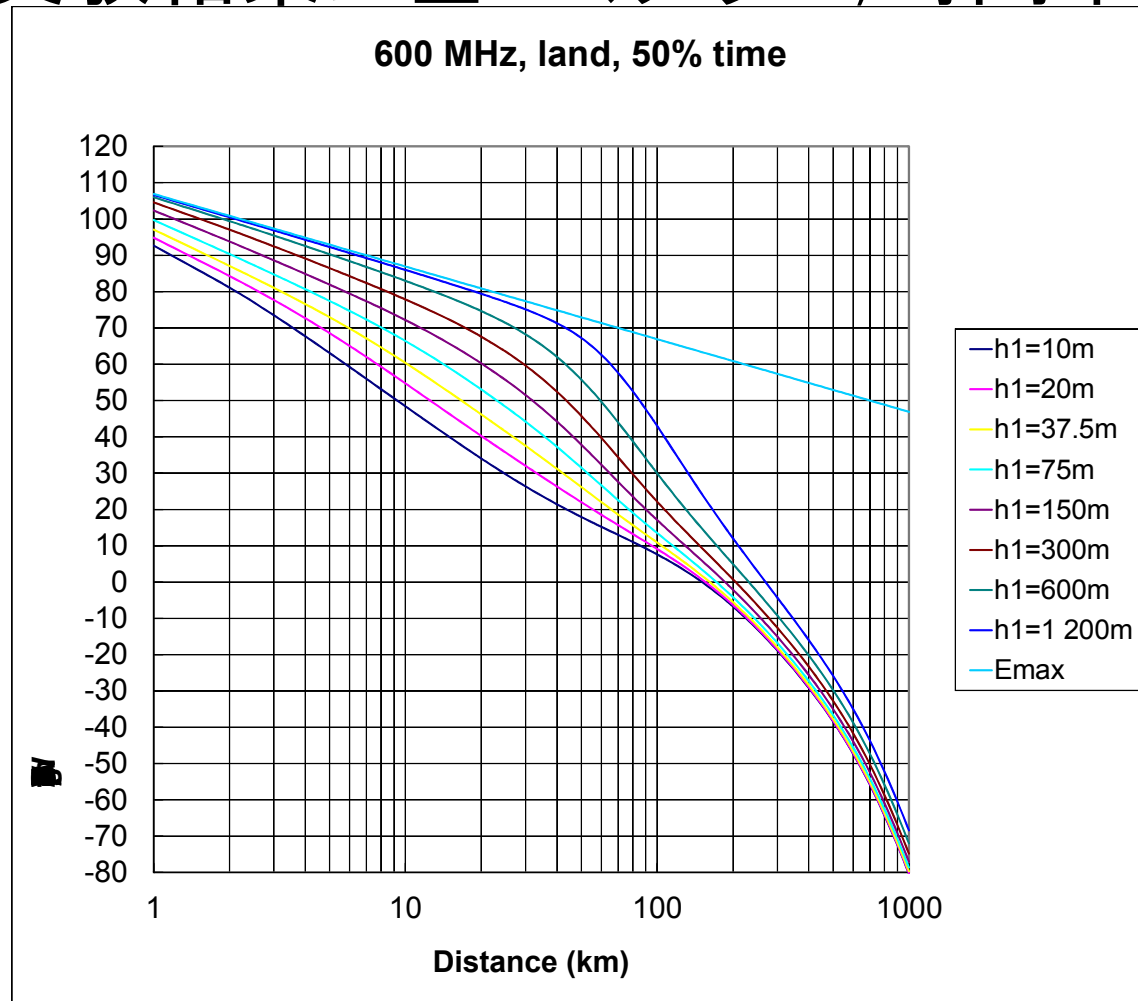


図 10 ITU-R P.1546 モデルによる
TVWS マップ
(EIRP = 4W, アンテナ高=10m)

ITU-Rの伝搬モデル

- 実験結果に基づくグラフ; 時間率1%/10%/50%



FCCのモデルとも一致[1,7]

地上デジタル放送のサービスエリア

- 開示されていない
 - Dpaのサイトで得られる図はあくまで概略.
 - 送信所の位置(市町村)と出力電力については、総務省から「無線局等情報検索」を通じて取得できるが、放送用アンテナの正確な場所・高さなどは、テロ防止など安全対策の観点から公開されていない.
 - アンテナの詳細な指向性も開示されていないが、指向性合成やビームチルトが行われているのが通常.
 - [7]では公開情報のみから推定.

チャンネルスペースマップ

- 市区町村役場におけるエリア放送局を想定
- EIRP 130mW・地上高20m
- 伝搬モデルは未公表
 - 郵政省告示640号？ NHKアイテック P-MAP？

都道府県	団体コード	市区町村	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
------	-------	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

	132241	多摩市																						
	132250	稲城市																						
	132276	羽村市																						
	132284	あきる野市																			○	○	○	○
	132292	西東京市																						
	133035	瑞穂町																						
	133051	日の出町									○										○	○	○	○
	133078	檜原村	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	133086	奥多摩町												○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	133612	大島町		○	○				○	○	○	○												
	133621	利島村																						
	133639	新島村	○	○	○	○		○	○	○	○	○												
	133647	神津島村	○	○	○	○		○	○	○	○	○												
	133817	三宅村																						
	133825	御蔵島村																						
	134015	八丈町													○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	134023	青ヶ島村													○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	134210	小笠原村	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

チャンネルスペースマップ

- 市区町村役場におけるエリア放送局を想定
- EIRP 130mW・地上高20m
- 伝搬モデル 郵政省告示640号

都道府県	団体コード	市区町村	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
------	-------	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

東京都	131016	千代田区																						
	131024	中央区																						
	131032	港区																						
	131041	新宿区																						
	131059	文京区																						
	131067	台東区																						
	131075	墨田区																						
	131083	江東区																						
	131091	品川区																						
	131105	目黒区																						
	131113	大田区																						
	131121	世田谷区																						
	131130	渋谷区																						
	131148	中野区																						
	131156	杉並区																						
	131164	豊島区																						
	131172	北区																						
	131181	荒川区																						
	131199	板橋区																						

その他の検討

NICTによるホワイトスペースデータベース[9]

- レイトレースシミュレーション (WinProp)

東大によるホワイトスペースデータベース[10]

- 仮想単一ナイフエッジ回折
(Bullington Model, Rec. ITU-R P. 526)

その他 [11-13]

[9] 石津, 村上, 藍, チャン, 原田, “データベースと連携してTVホワイトスペースで運用可能な無線ネットワークシステム,” 信学技報, SR2012-4, May 2012.

[10] 長谷, 田代, 鈴木, 森川, “電波伝搬シミュレータ機能を持つホワイトスペースデータベースの初期的評価,” 2013信学総大, B-17-16, Mar. 2013.

[11] Molisch, Greenstein, Shafi, “Propagation Issues for Cognitive Radio,” Proc. IEEE, 97(5), May 2009.

[12] Villardi, Harada, “Interference Level Modeling of Low-Height Antenna Wireless Devices in TV Bands,” 信学技報, SR2011-99, Jan. 2012.

[13] Villardi, Harada, “Computer Prediction of Broadcaster Contour and Service Areas for VHF/UHF Unlicensed White-Space Radio Systems,” 信学技報, SR2012-33, July 2012.

シミュレーションのために

- 郵政省告示第640号に準拠したソフトウェア

- NHKアイテック P-MAP

- 放送事業者・総務省以外に非開示
 - 放送局のデータを含む
 - 2013年3月31日をもって販売中止

多くの放送局がP-MAP独自の計算法を用いてサービスエリアを計算

- MDS エリアかくべえ

- 市販
 - 放送局のデータは含まない

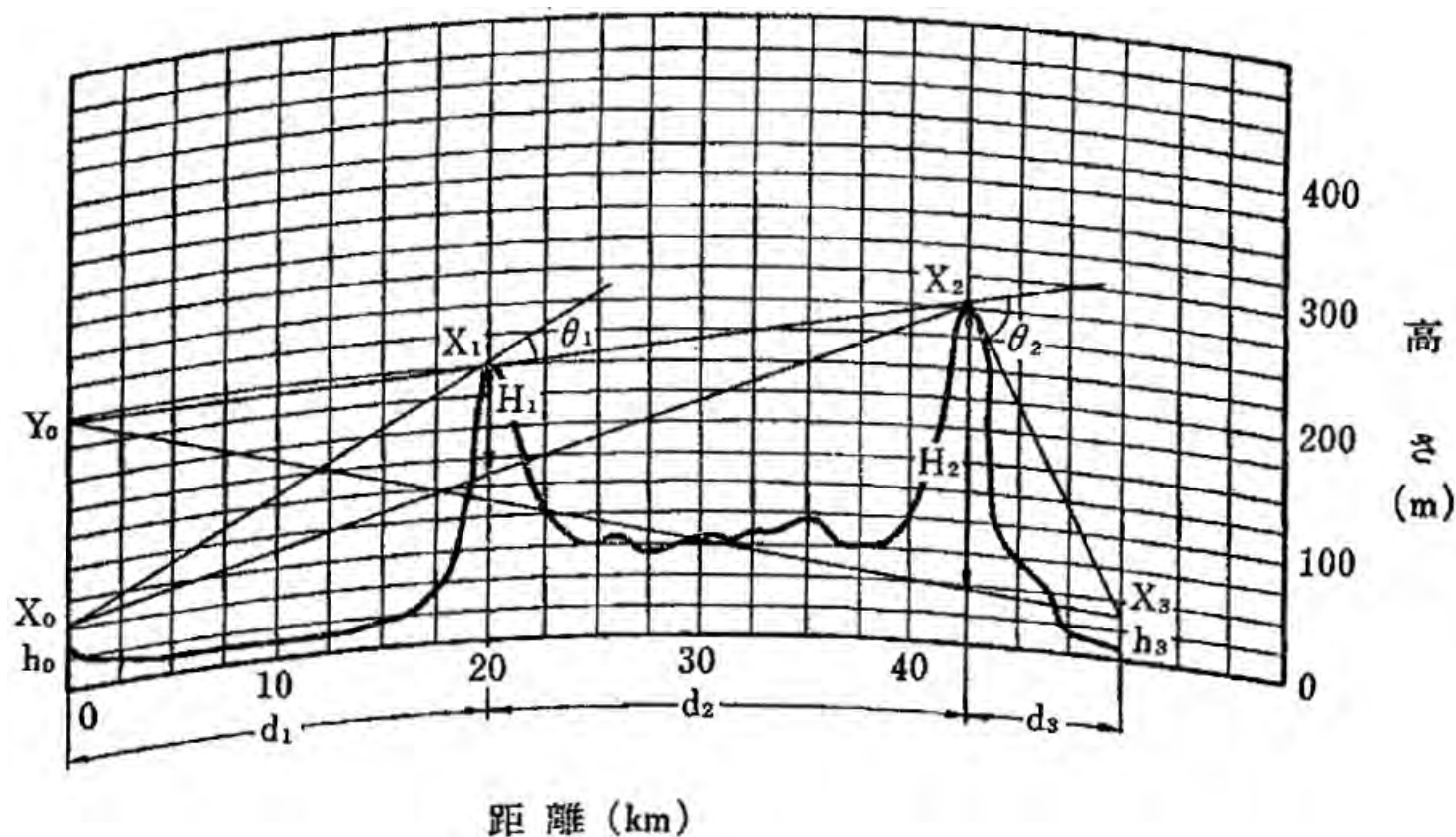
- 電波技術協会

- 市販
 - 放送局のデータは含まない

⇒ 放送局(一次利用者)の情報に一般の技術者・研究者はアクセスできず

• 郵政省告示第640号 [3]

• 昭和35年

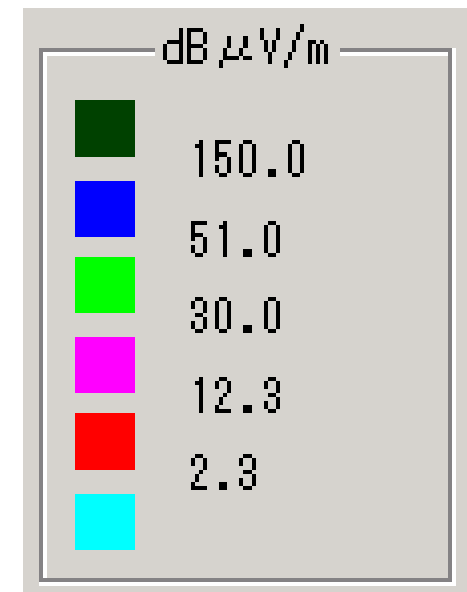
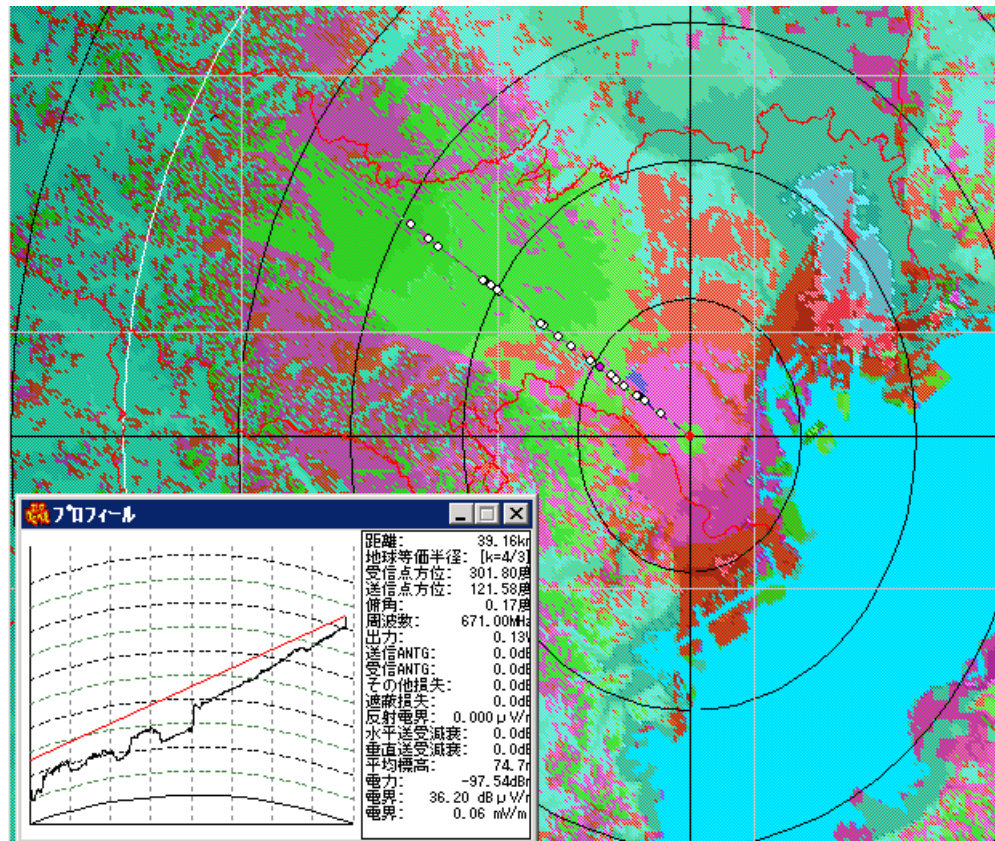


地形による多重回折を考慮：詳細の理論的根拠が不詳

告示640号の計算例 (エリアかくべえ使用)

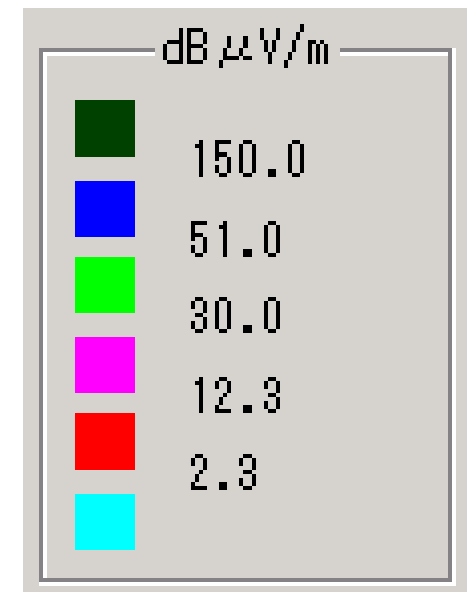
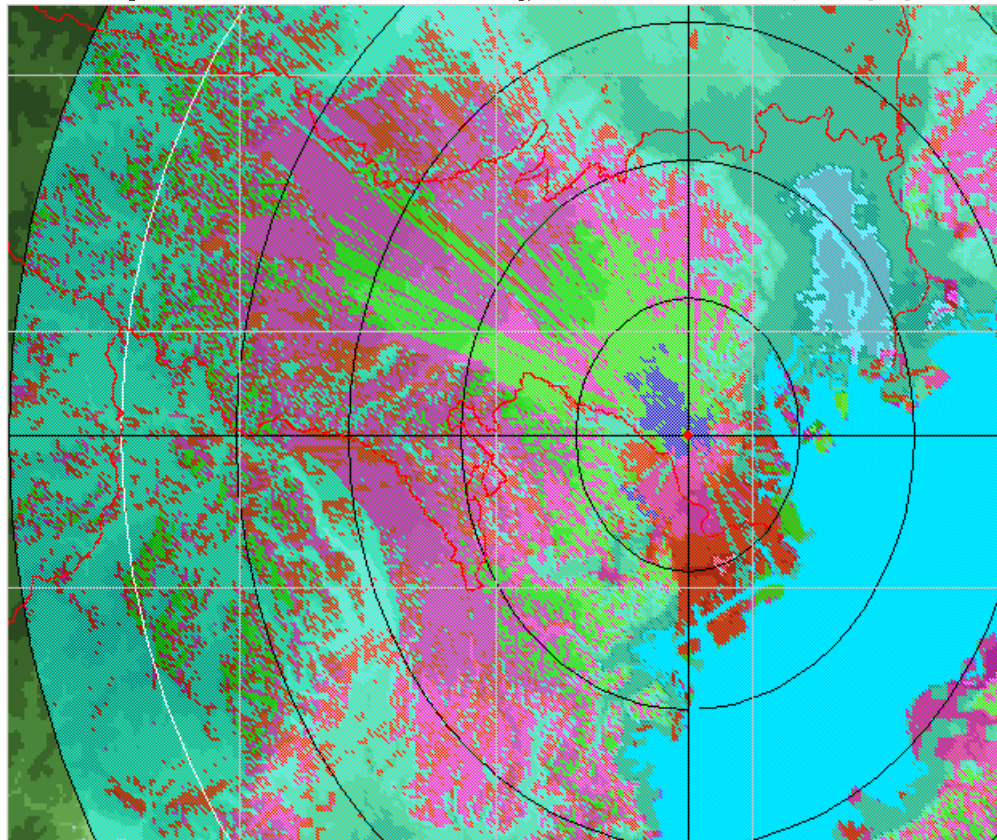
- 地形で遮られなければ自由空間伝搬で飛んでゆく
 - 40 km 地点でも見通し線が確保

東工大大岡山
キャンパスの例
(円は10km間隔)



告示640号の計算例 (エリアかくべえ使用)

- 現在の伝搬モデルでは建物の遮蔽の影響は入っていない
 - アンテナ高 1 m でも最大到達距離はあまり変わらない



エリア放送の申請手続

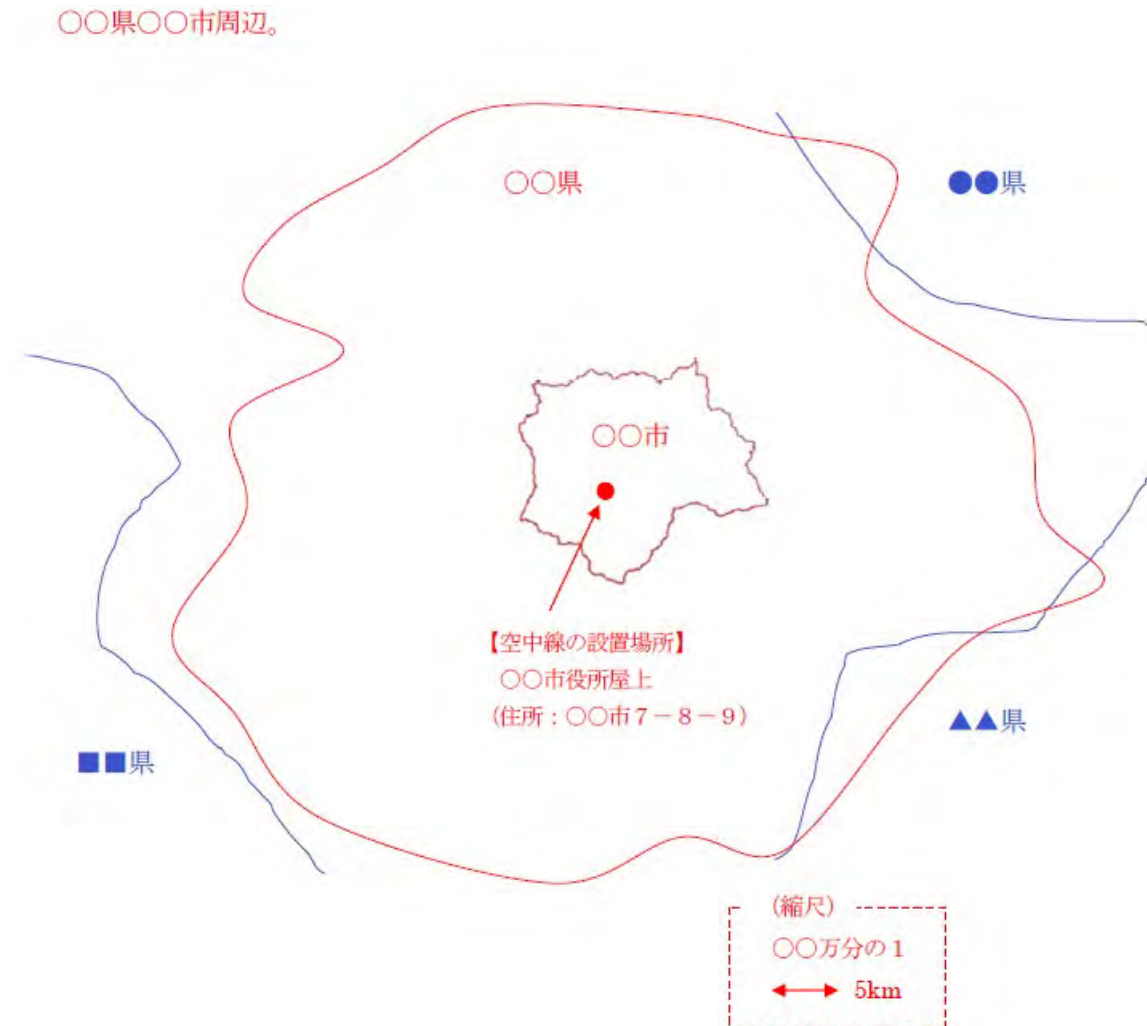
[9]

電波伝搬に関係する2つの書類提出が求められている

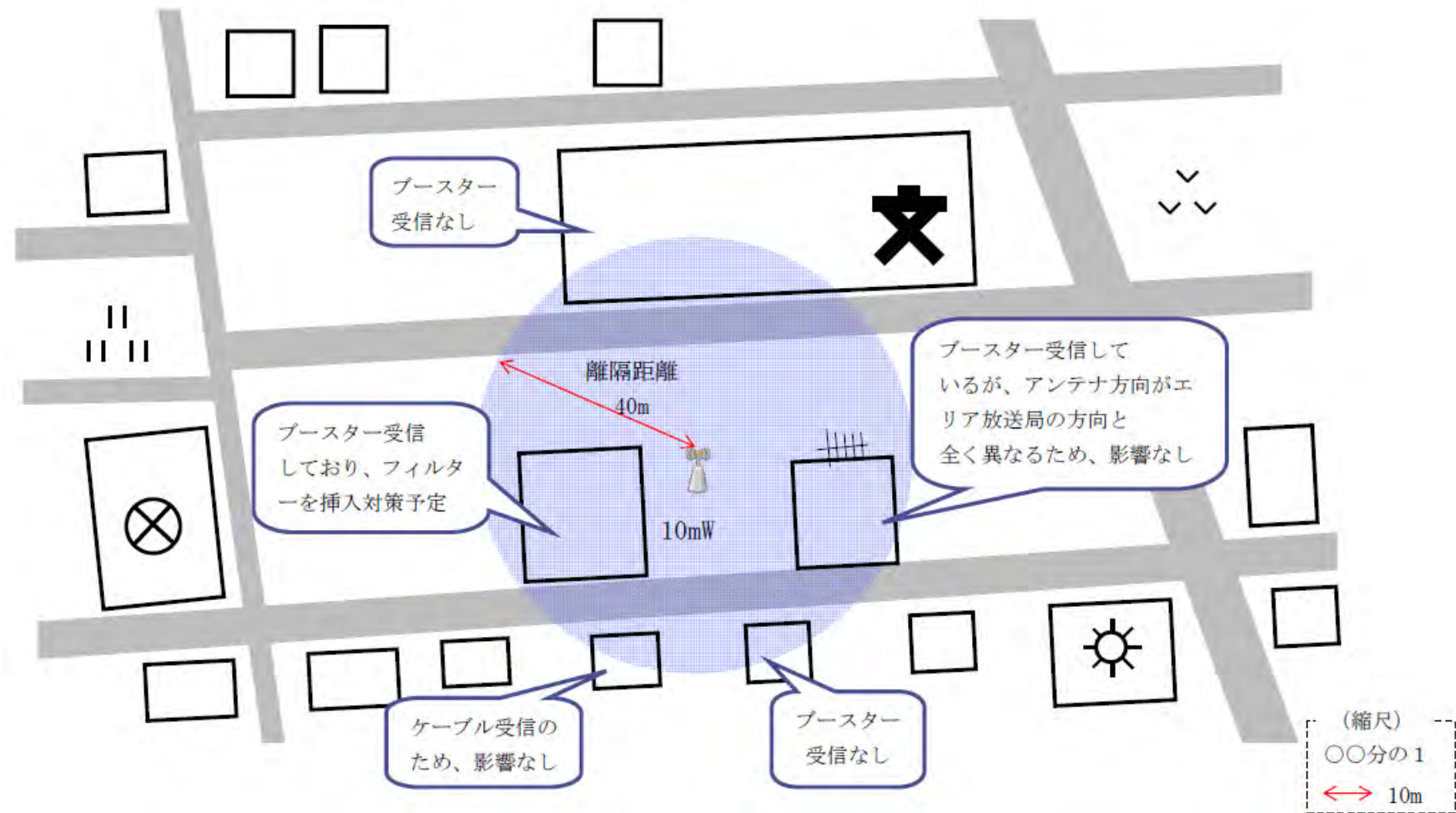
- エリア放送の受信電界強度が $12\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上となる範囲を示した地図
 - 告示640号
 - $12\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上でも建物等の損失等により地上デジタル放送への影響がないとする場合にはその説明
- 空中線の設置場所, 離隔距離の範囲及びその範囲内での地デジ受信障害への対策の確認
 - 自由空間

(電波法関係審査基準別紙2第5の8)

エリア放送の受信電界強度が 12dB μ V/m 以上となる範囲を示した 地図の例



空中線の設置場所，離隔距離の範囲及びその範囲内での地デジ受信障害への対策の確認図の例



伝搬モデルの課題

- 低アンテナ高のモデルがほとんどない
 - 元々放送の広域性に注目したモデル化
 - 考慮されているのは主に地形, 戸別建物は考えない
- 建物の影響をどうするか
 - 告示640号でもマクロな意味では考慮はされている
 - 一般に干渉評価では「もし建物がなくなったらどうする?」と言って嫌われる
- 各モデルの検証はどこまでなされているか
 - 伝搬技術者の貢献が求められている

Opportunisticなサービス提供

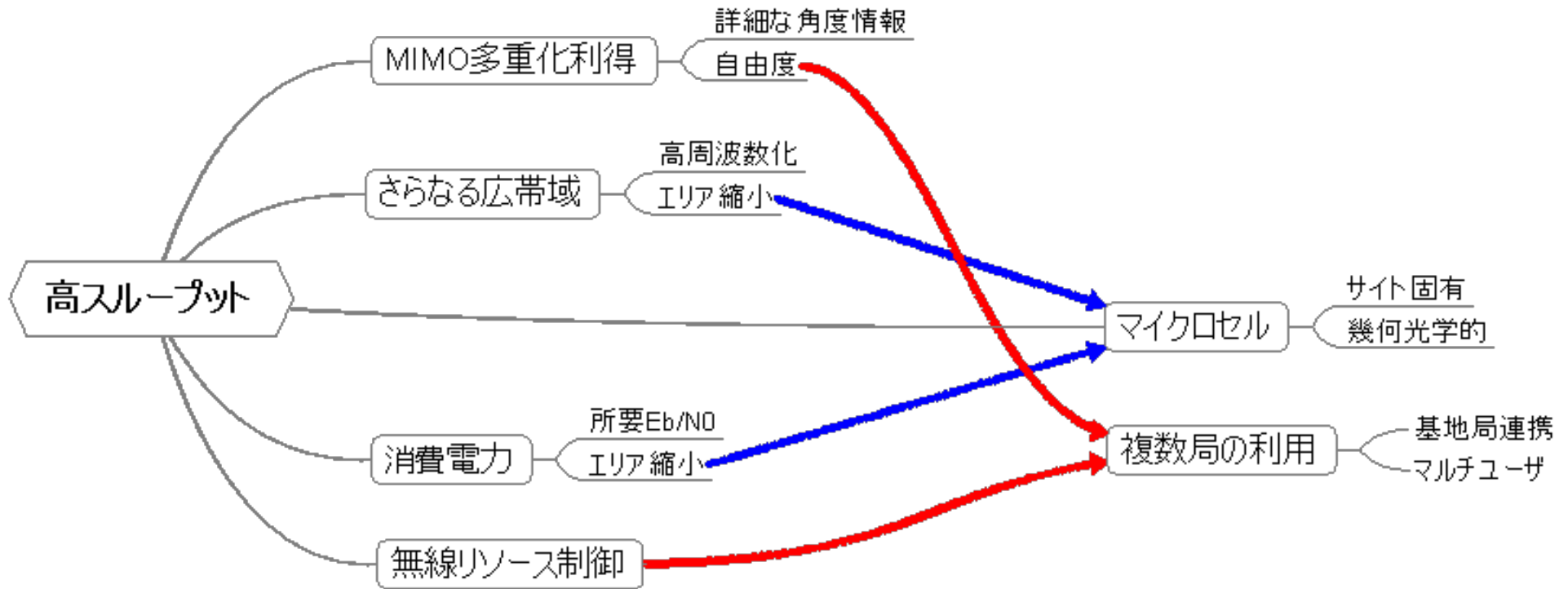
Opportunisticなサービス提供という観点から、ホワイトスペースは高周波数化と競合する

- ホワイトスペースはカバレッジ範囲に優位性
- 高周波数化は帯域幅に優位性



競合技術の方の話を少々

高スループットのための 高周波数化



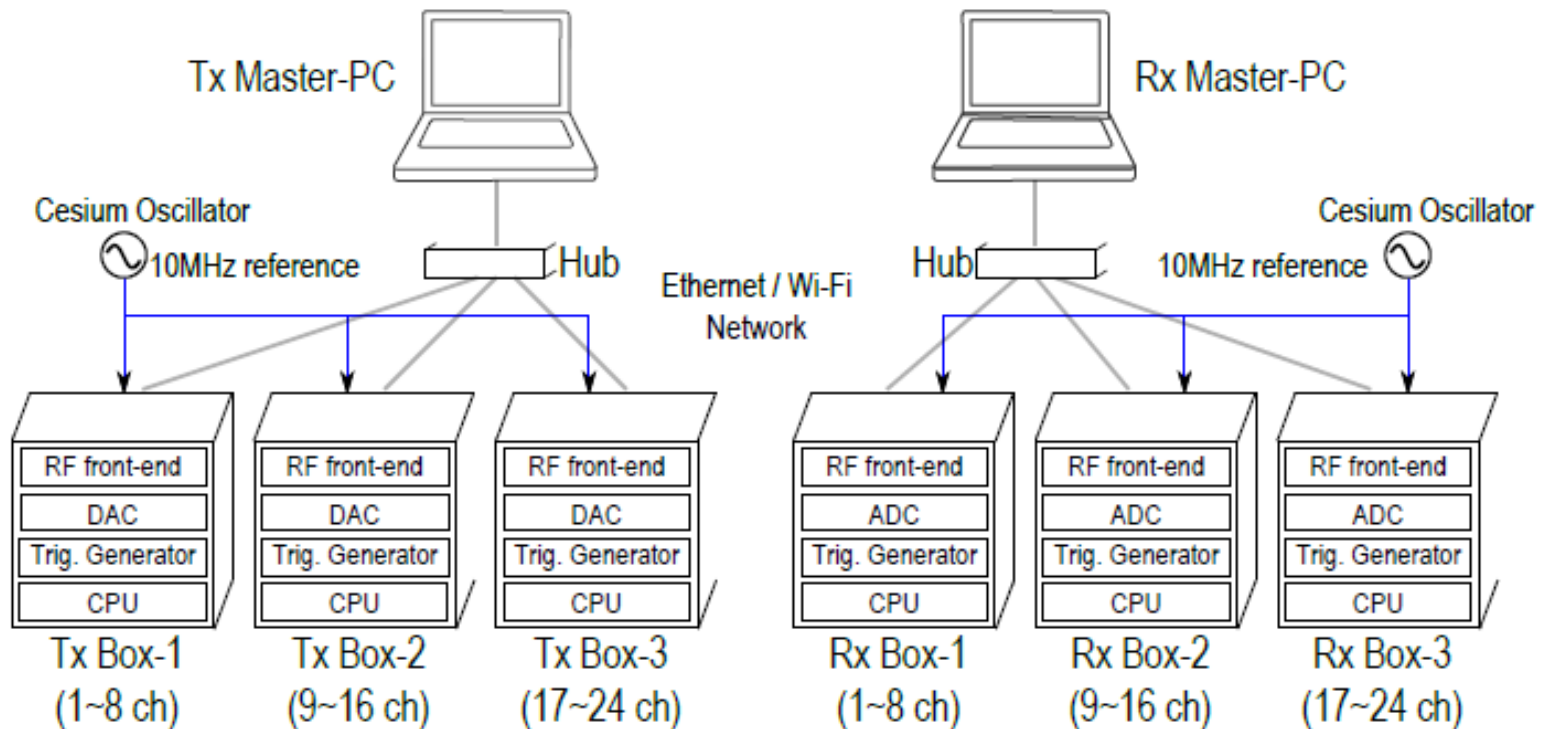
10Gbit/s/BSを狙う

⇒ 24x24 MIMOでオーバヘッドを勘案して 400MHz の帯域が必要

⇒ 実験局免許が取れる一番低い周波数が 11GHz

～ プロジェクト開始当初「この周波数で移動通信は辛い」と思った

アーキテクチャ



- 送信・受信とも8チャンネル×3モジュール
- 伝送兼用:フルMIMO-SDR

主な仕様

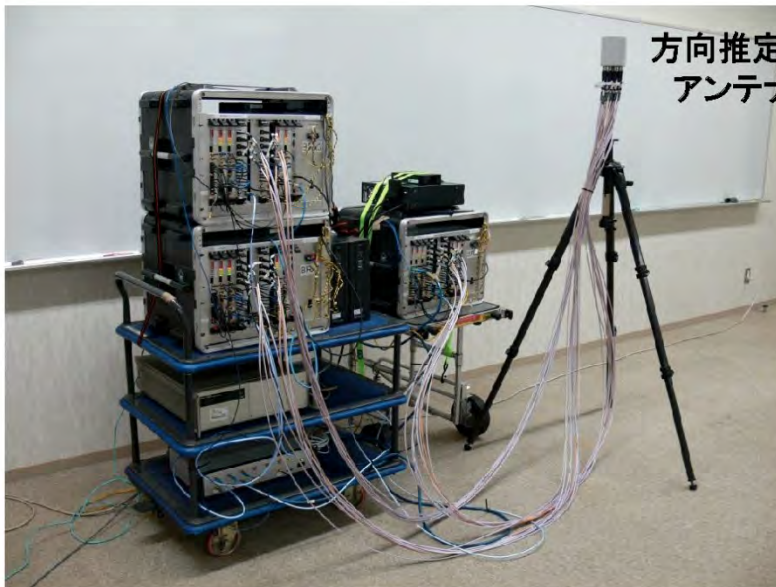
項目	性能
中心周波数	11 GHz
帯域幅	400 MHz
送信電力／アンテナ	10 dBm
送受信アンテナ	7 dBi 円形アレー(測角) 15 dBi セクタ(MIMO) 4 dBi オムニ(MIMO) すべてVH偏波多重
メモリ／チャネル	4 GB
出力電力(合計)	24 dBm

実装された装置

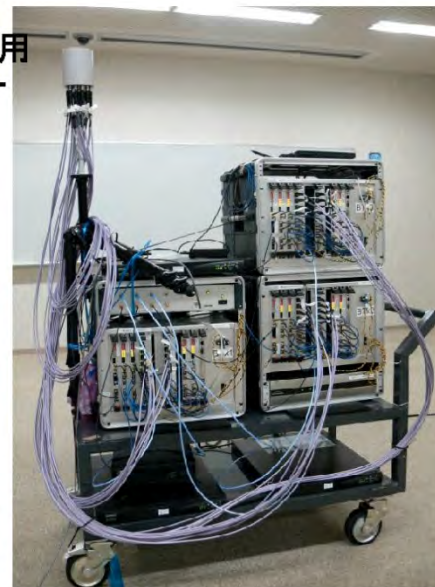
- 送信24チャンネル、受信24チャンネル
- 方向推定用円形アレーアンテナ (7 dBi)
- ダイポールアンテナ線形アレー (4 dBi)
- 基地局アンテナアレー (15 dBi)
- キャリブレーション回路



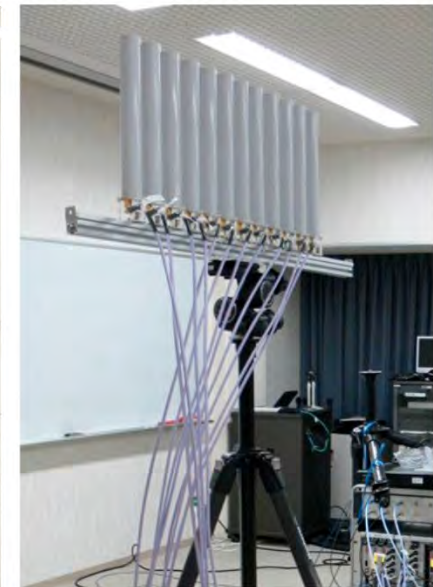
基地局アンテナアレー



受信系



送信系



MIMO測定用アンテナ

克服した技術課題

チャンネルサウンダに固有の要求機能

- 送受信間及びチャンネル間の周波数及び位相の絶対同期
- ルビジウム発振器: 11 GHz での位相同期が不十分
⇒ セシウム発振器
- クロック同期: キャリブレーション時に送受間で同期

ベースバンド回路・高周波回路の補償

- IQ インバランス, DC オフセット / キャリア漏洩の補償のためのキャリブレーション

チャンネル間のインバランス補償

- 8x8 ポートのMIMOキャリブレーション回路

プロジェクトが終わってみて

IMT-Advancedの3 GHz帯の運用が間近

- インターバンドのキャリアアグリゲーション技術が実現
 - ⇒ 低い周波数で回線を張っておき, 高い周波数で opportunistic に高速伝送可能

RFが何とかなれば実用の見込みは十分

SR研パネル討論(5月23日)の 主観的まとめ

- 日本でもTVホワイトスペースは実用化されているが、ダイナミックスペクトラムアクセスは実現していない
 - 具体的なニーズと具体的なシステムの技術的条件が揃って、初めて議論が始まる。総務省が拒んでいる訳ではない。
 - データベースの将来的な導入の途は残されている。すでにサービスを開始したシステムが利用を望むか。そもそも誰が運用するか。
 - TVWS通信システムを推進する企業・研究者(大学)が極めて少ない。情報発信も足りない。

SR研パネル討論(5月23日)の 主観的まとめ

- ダイナミックスペクトラムアクセスが出てこない理由は、技術ではなく具体的なアプリケーションの欠如
 - TVWS通信システムを推進する企業が殆どない。あってもスタートが遅い。
 - TVWS通信を推進する学会よりも生臭い団体がない。
 - Opportunisticな運用に対する投資リスク。十分な周波数リソースがあるかどうか不明確。Opportunisticという意味では高周波数帯とも競合。
 - 欧米だけでなくアジア各国も具体的なアプリケーションイメージを持って取り組み始めている。TVのみならず。

コグニティブ無線における議論

- Radio Enabler (out-of-band channel) (P1900.4)
- Outband Pilot Channel (NICT)
- Cognitive Pilot Channel (E2R)
- ...

高周波数帯とホワイトスペースはopportunisticという意味で同じように扱うことができる？



移动通信のメインストリームへ！