

SHF 帯を活用した地上デジタル放送
配信システムに関する調査研究

報 告 書

平成 2 4 年 3 月

SHF 帯を活用した地上デジタル放送
配信システムに関する調査研究会

はじめに

昨年の7月24日に地上アナログ放送が終了（岩手県、宮城県及び福島県は、本年3月31日に終了）し、地上デジタル放送に移行しましたが、一部の地域においては、地上デジタル放送の受信が困難な状況から、暫定的に衛星放送により視聴している世帯があり、これらの世帯への恒久的な受信環境を早期に整備するとともに今後継続して発生が予見される都市部におけるビル陰等による難視聴世帯への対策が必要とされています。

これらの障害地域をカバーする対策手法として、比較的設置が容易な地上デジタル放送配信システムの活用が有効と考えられますが、地上デジタル放送で使用するUHF帯を使用した配信システム（ギャップフィラーシステム）の場合、地域によっては電波の特性上、既存ネットワークとのSFN（単一周波数ネットワーク）が構築できない、また今後の電波の有効活用を鑑みた場合、周波数が逼迫している状況にあります。

アナログ放送時代には、SHF帯を活用した受信障害対策放送用中継局が各地で運用され、チャンネルが逼迫した地域では非常に重宝した実績があります。

このようなことから、本調査研究会では、地上デジタル放送においても、SHF帯を活用した地上デジタル放送配信システムが必要と考えられることから、電波伝搬実験を実施し、実験結果に基づき、実用化に向けた技術的課題の検証を行いました。

本調査研究会で取りまとめた結果が、SHF帯を活用した地上デジタル放送配信システムの早期実現に向けた一助となることを願うとともに、その結果、難視聴世帯への受信環境が改善されることとなれば幸いです。

最後に本調査研究会の開催及び実証実験の実施に多大なご支援、ご協力をいただいた委員各位をはじめ、関係機関の皆様には深く感謝を申し上げます。

平成24年3月

SHF帯を活用した地上デジタル放送配信システムに関する調査研究会
座長 相河 聡
(兵庫県立大学大学院 工学研究科 教授)



相河 聡

目 次

1 背景と目的	2
2 調査研究会の実施概要	2
3 地上デジタル放送配信システムの現状と課題および対策	2
4 実証実験(山間難視地域)	3
4.1 実験概要	3
4.2 実験設備およびシステム構成	5
4.3 実験実施内容と測定データ	8
4.4 実験結果の分析と評価	14
4.5 総合評価	20
4.6 公開実験	20
5 実証実験(ビル陰障害)	21
5.1 実験概要	21
5.2 実験設備およびシステム構成	24
5.3 19GHz 無線伝送システム実験	28
5.5 SFN ギャップフィラー実験	42
5.6 総合評価	45
5.7 公開実験	45
まとめ (実用化に向けて)	46
資料	47
資料1 調査研究会規約	47
資料2 構成委員名簿	48
資料3 調査研究会等の開催状況	49
資料4 使用機器特性	50
資料5 参考文献	51

1 背景と目的

平成 23 年 7 月 24 日に地上アナログ放送が終了（岩手県、宮城県及び福島県は、平成 24 年 3 月 31 日に終了）し、地上デジタル放送に移行したが、一部の地域においては、地上デジタル放送の受信が困難な状況から、暫定的に衛星放送により視聴している世帯があり、これらの世帯への恒久的な受信環境を早期に整備するとともに今後継続して発生が予想される都市部におけるビル陰等による難視聴世帯への対策が必要とされている。

これらの障害地域をカバーする対策手法として、比較的設置が容易な地上デジタル放送配信システムの活用が有効と考えられるが、地上デジタル放送で使用する UHF 帯では、地域によっては、電波の特性上、ネットワーク構成が困難とされる場合があり、SHF 帯※を活用した地上デジタル放送配信システムが有効な受信対策手法として見込まれることから、電波伝搬実験を実施し、実験結果に基づき、実用化に向けた技術的課題の検証を行うことを目的として調査研究会を設置した。

※SHF 帯とは

3GHz から 30GHz の周波数帯を指し、一般的にマイクロ波と呼ばれる。伝送できる情報量が非常に大きいことから、電話局間や放送の送信所間を結ぶ固定の中継回線などに活用されている。

2 調査研究会の実施概要

調査研究会については、実施計画に基づき 4 回開催し、実験項目や公開実験の実施などの実証実験の在り方、実験の進捗状況の把握、実験結果の分析等に関する調査検討を実施した。

調査研究会規約を資料 1 に、構成委員名簿を資料 2 に、調査研究会等の開催状況を資料 3 に示す。

3 地上デジタル放送配信システムの現状と課題および対策

地上アナログテレビ放送が停波し、大きな混乱なしに完全デジタル化に移行した。しかし、デジタル化により発生する障害対策として用いられた方法には恒久的な対策とならない方式もあり、新たなシステムの提案と実現が望まれている。

地上デジタル放送信号として使用されている標準デジタルテレビジョン放送方式の信号(ISDBT-OFDM)は、アナログに比較して低い CN 比での受信を可能にし、マルチパス波などの影響を受けにくい方式として採用されたが、山間難視地域や都市部におけるビル陰障害などが発生している。これら地域において地上デジタル放送を受信可能とする方法として、ギャップファイラー、CATV 利用、セーフティーネットなどでの対策が実施されているが、それぞれの特徴に応じた問題点がある。例えば、ギャップファイラーは都市部での実施が困難、CATV 利用ではケーブルが敷設されていなければならない、セーフティーネットは恒久利用できない、などである。

これらシステムを補間する新たなシステムの提案が必要と考えられるため、19GHz 帯域を活用した地上デジタル放送配信システムの実験試験局を設置し、実フィールド上での試験をおこない、障害対策方法としての有効性と実現可能性について検討した。

4 実証実験(山間難視地域)

SHF 帯域を活用した地上デジタル放送配信システムのフィールド実験を山間難視地区となっている大阪府高槻市杉生地区で実施した。この地域では、セーフティーネットの衛星放送で視聴しているが、番組内容が関東地方のため、特に地元の天気予報情報を得られないなど視聴者の利便性が損なわれている。

4.1 実験概要

標準デジタルテレビジョン放送方式の放送信号 5 波を 19GHz 帯域で伝送する実験試験局を設置し、複数の異なる地点に対して伝送が可能な事を確認するため、セクターアンテナによって 90 度の角度をなす方向に 19mW/ch. で輻射する。

輻射した信号を送信点から 38m～157m の距離に設定した 7 地点で受信し、デジタルチャンネル信号の信号品質（搬送波レベル、変調誤差比（MER）等）のデータを取得して伝播特性の評価検証を行うと共にシミュレーションによるサービスエリアと実際との差異の確認を行った。

4.1.1 実験試験局の仕様

実験のために設置した無線局の主な仕様を以下に示す。

設置場所：大阪府高槻市杉生地区（緯度：34°58'09"、経度：135°34'50"）

電波の型式：5M70X7W

空中線電力：0.019W

周波数：19.234857143GHz 19.240857143GHz

19.246857143GHz 19.252857143GHz

19.258857143GHz

送信空中線利得：16.0dBi

給電線損失：1dB

送信空中線輻射方位：269 度

送信空中線地上高：12.5m

4.1.2 スケジュール

大阪府高槻市杉生地区での実験を以下のスケジュールで行った。

設営 平成 24 年 1 月 19 日（木）～20 日（金）

実験 平成 24 年 1 月 23 日（月）～26 日（木）

公開実験 平成 24 年 1 月 27 日（金）

4.1.3 実験場所

周囲を山に囲まれ、大阪局から 33.4km で亀岡局から 8.4km の位置となる大阪府高槻市杉生地区において実験を行った。

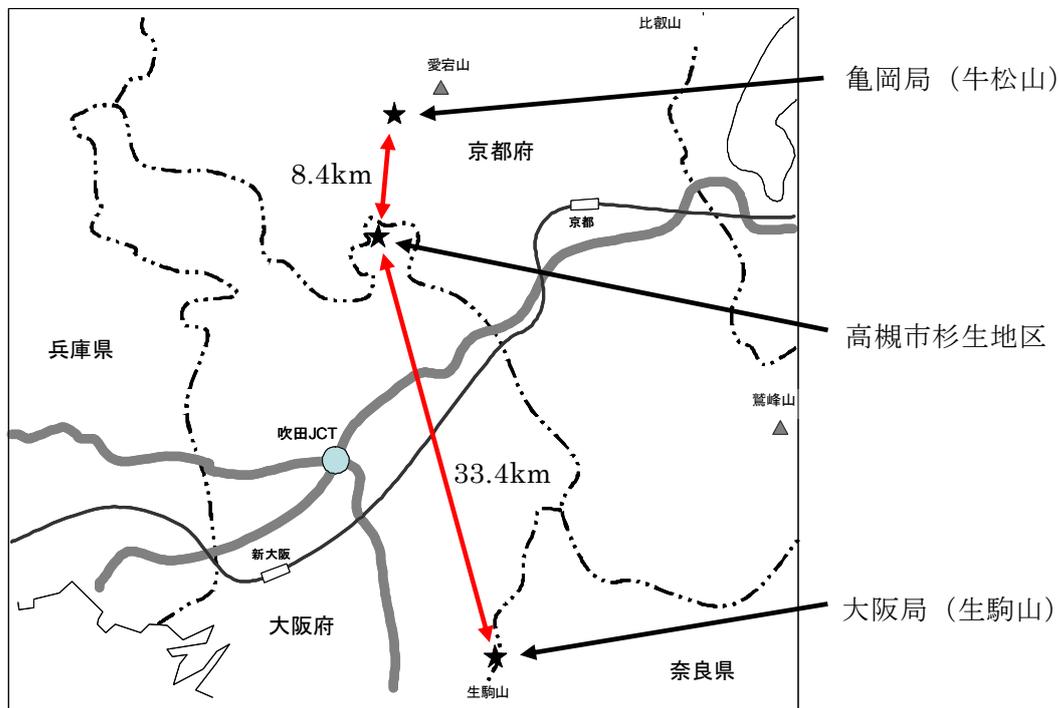


図 4.1 実験場所

実験エリア

杉生地区集会場に送信設備を設置し、西方向の集落を実験エリアとした。

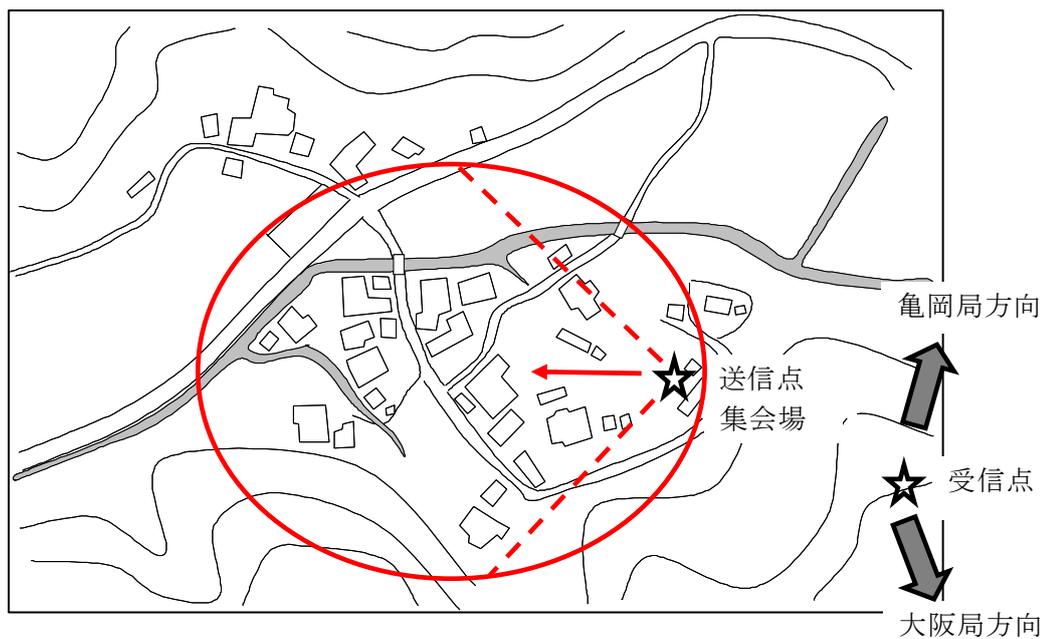


図 4.2 実験エリア

4.1.4 使用チャンネルと周波数

亀岡局から送信されている地上デジタル放送 5 波を使用し、19GHz 送信機の入力周波数帯域のチャンネルに変換する。この信号を 19GHz 帯域で伝送する周波数関係を以下の表に示す。

表 4.1 チャンネルと周波数表

地上デジタル放送						
アンテナ受信信号			送信機入力			
受信 ch.		放送局	ch.変換後			
ch.	中心周波数 (MHz)		ch.	中心周波数 (MHz)	変調方式	19GHz 帯周波数 (MHz)
			D27	557.142857	OFDM	19276.857143
			D28	563.142857	OFDM	19270.857143
			D29	569.142857	OFDM	19264.857143
D13	473.142857	NHK 教育	D30	575.142857	OFDM	19258.857143
D14	479.142857	読売テレビ放送	D31	581.142857	OFDM	19252.857143
D15	485.142857	朝日放送	D32	587.142857	OFDM	19246.857143
D16	491.142857	毎日放送	D33	593.142857	OFDM	19240.857143
D17	497.142857	関西テレビ放送	D34	599.142857	OFDM	19234.857143
			D35	605.142857	OFDM	19228.857143
			D36	611.142857	OFDM	19222.857143

4.2 実験設備およびシステム構成

実験に使用した設備およびシステム構成を以下に示す。

4.2.1 システム構成概要

地上デジタル放送波受信アンテナと受信用ブースターは集会所の東側山腹に設置し、亀岡局 (D13,D14,D15,D16,D17) の 5 波を再送信対象波とした。受信アンテナから受信装置を設置した集会所までは同軸ケーブル (約 100m) で接続し、ケーブル損失を補償するブースターを受信アンテナ直下に設けた。集会所に設置した受信装置での信号処理後、集会所庭に設置したコン柱上部に 19GHz 送信機および送信セクターアンテナを取り付け、西方向に輻射した。

19GHz 伝送した信号の受信信号測定には、集落内に 7 つの受信測定点を設定し、30cm パラボラアンテナ出力の 19GHz 帯と 19GHz 受信機出力の UHF 帯の両方で測定した。測定には、スペクトラムアナライザ・OFDM 信号アナライザ・TV 受信機を使用して行った。

実験システム系統図と使用機器を以下に示す。

放送波受信アンテナから(13.14.15.16.17ch.)

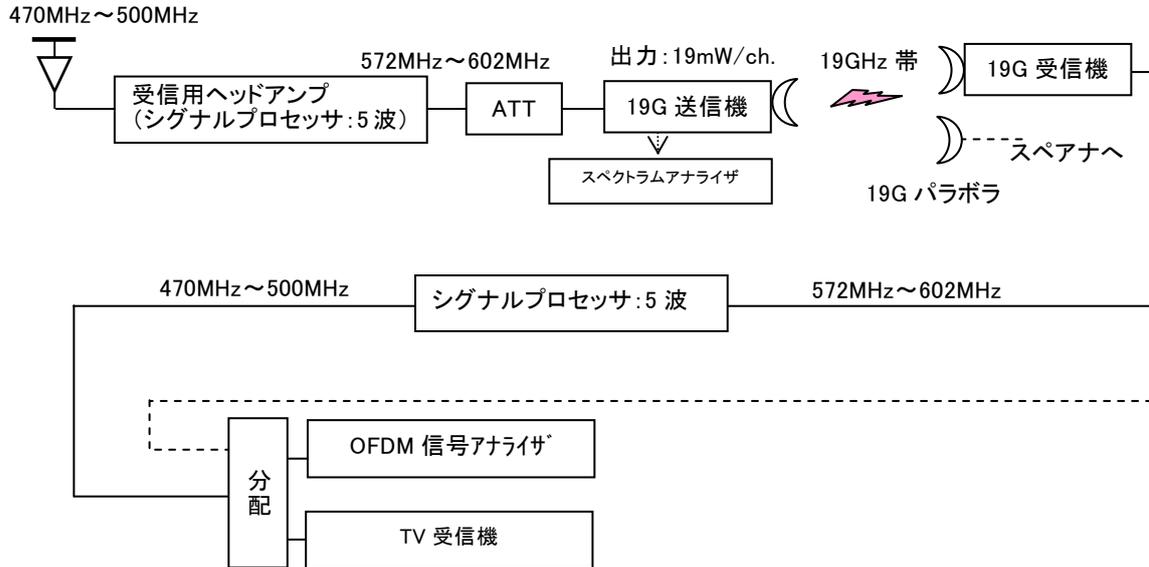


図 4.3 実験設備系統図

表 4.2 試験機材一覧

品名	製造会社	型式	数量	備考
19GHz 帯無線送信機	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)	BST19-040	1 台	総合出力 95mW
セクター送信アンテナ (90 度)	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)	PN 1600-18H	1 台	利得 16dBi
19GHz 帯無線受信機	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)		1 台	φ30cm パラボラ
受信パラボラアンテナ	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)		1 台	利得 32.8dBi (φ30cm)
受信用ヘッドアンプ (シグナルプロセッサ)	DX アンテナ	試験機	1 台	5 波
シグナルプロセッサ	DX アンテナ	試験機	1 台	5 波
OFDM 信号アナライザ	アンリツ	MS8911B	1 台	MER 測定

4.2.2 地上波受信点設備

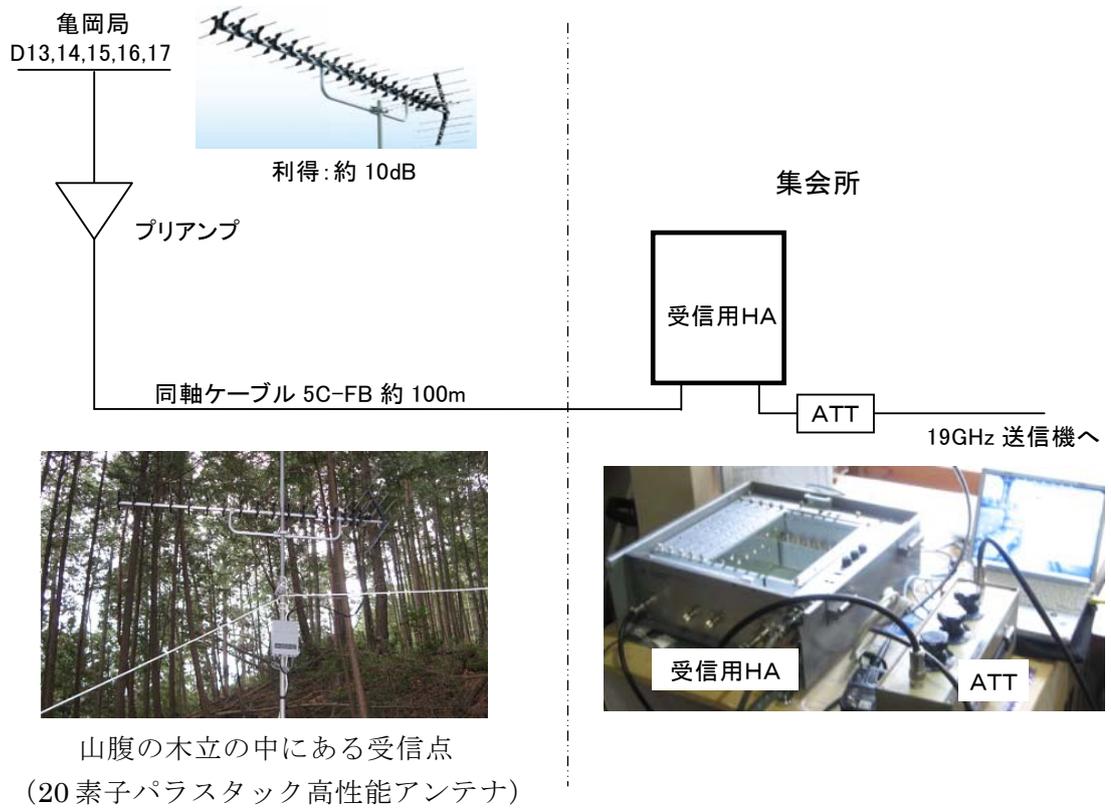


図 4.4 受信設備概要図

4.2.3 19GHz 送信設備

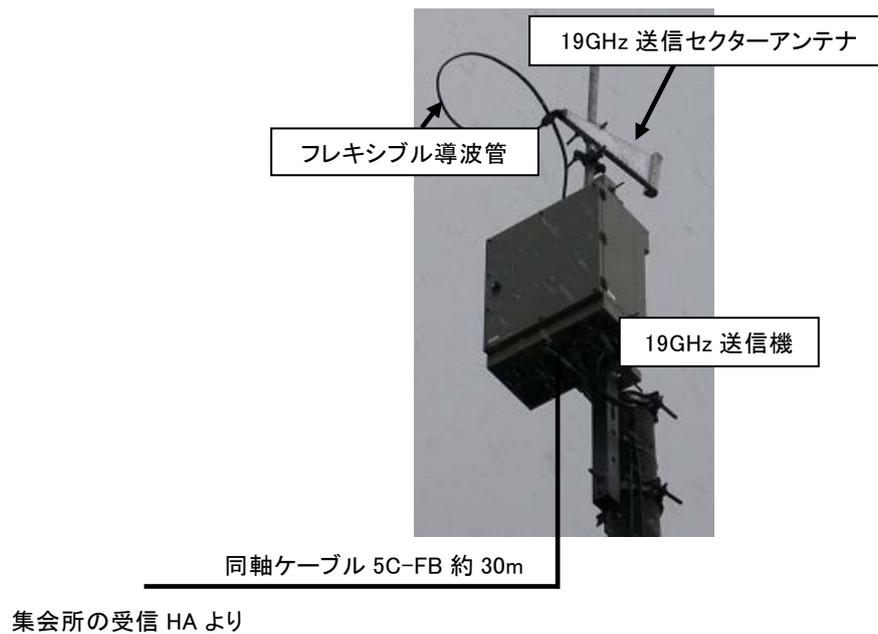


図 4.5 送信設備概要図

4.2.4 測定用受信設備

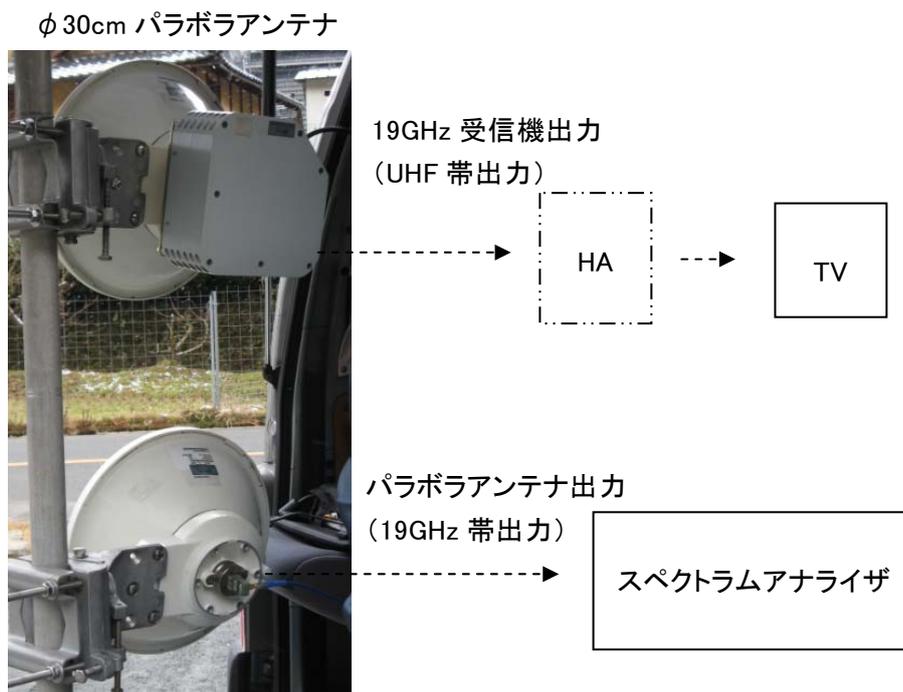


図 4.6 測定用受信設備概要図

4.3 実験実施内容と測定データ

設定した各受信測定点において、受信信号レベル・MER の値を測定して記録し、必要に応じて BER と CN 比の表示ができる TV 受信機で確認を行った。

4.3.1 測定点

測定点の番号と伝送距離（送受信点間）を、以下に示す。

表 4.3 測定点番号と伝送距離

測定点 No.	伝送距離 (m)	備考
①	38	路上
②	88	畑
③	111	駐車場付近 1
④	26	敷地内
⑤	157	公開実験場所 バス回転場
⑥	65	駐車場付近 2
⑦	120	金網越し実験場所

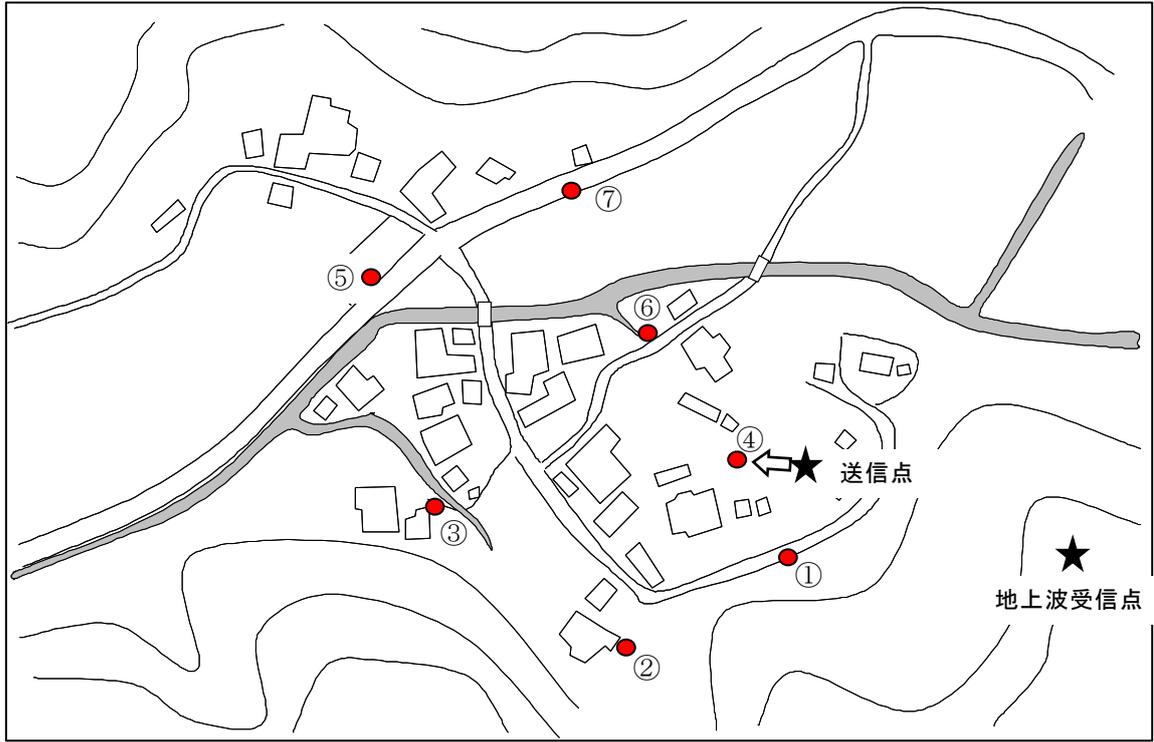


図 4.7 測定点図

測定点①



測定点②



測定点③



測定点④



測定点⑤



測定点⑥



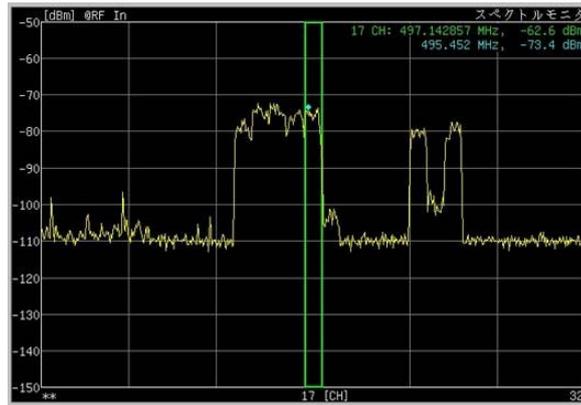
測定点⑦



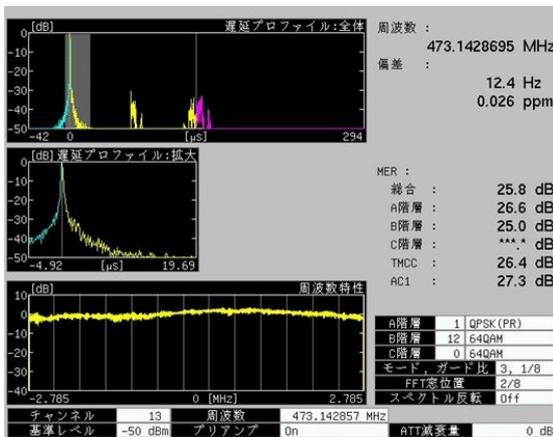
4.3.2 地上波受信信号品質

表 4.4 地上デジタル放送受信信号品質測定値 (受信アンテナ出力)

受信チャンネル	受信レベル (dB μ V)	MER (dB)
D13	41.8	25.8
D14	47.2	32.6
D15	47.4	32.4
D16	45.8	30.9
D17	46.4	32.4

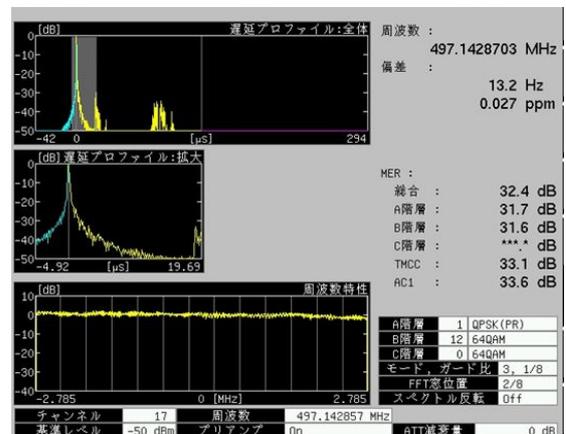


受信信号スペクトル



D13 遅延プロファイル

GI 越え遅延波群あり (D/U33dB 程度)

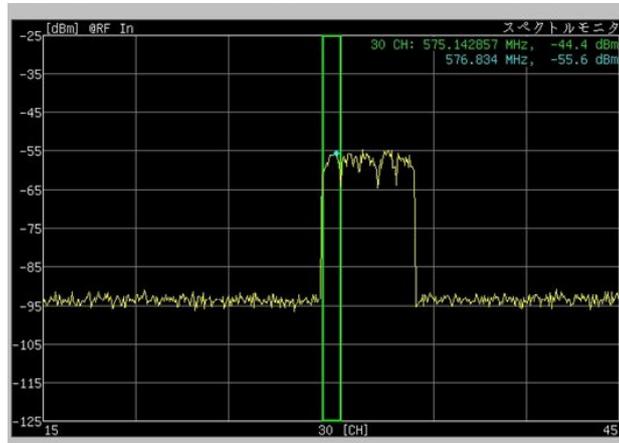


D17 遅延プロファイル

D14~D16 も同様の遅延状況

4.3.3 19GHz 送信機入力信号品質

受信用ヘッドアンプで信号処理し、19GHz 送信機入力に対応するチャンネルに変換した信号を以下に示す。



送信機入力信号スペクトル

表 4.5 送信機入力信号品質測定値

チャンネル	入力レベル (dBμV)	MER (dB) 注 3	送信レベル (dBm) 注 1	見掛けの CN 比 (dB) 注 2
D30	64.1	27.3	11.4	45 以上
D31	63.3	30.1	11.3	45 以上
D32	63.7	29.8	11.2	45 以上
D33	63.2	30.7	11.1	45 以上
D34	64.6	30.5	11.1	45 以上

注 1：予定出力 12.7dBm に対して、若干低くなった。

注 2:受信用 HA でチャンネル毎に帯域制限された信号のスペクトル観測での見掛けの値。

注 3：地上波受信点の周囲受信環境が不安定のため、必ずしも表 4.4 とは整合しない。

4.3.4 受信レベル

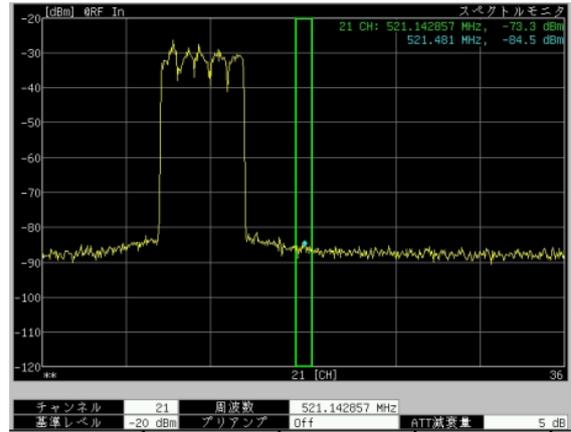
表 4.6 各測定点での受信レベル (19GHz 帯域)

測定点 No.	伝送距離 (m)	受信レベル測定値 (dBm)				
		周波数 (GHz)				
		19.234	19.24	19.246	19.252	19.258
①	38	-68.4	-68.6	-68.9	-69.3	-69.4
②	88	-59.4	-59.1	-58.8	-58.2	-57.4
③	111	-53.9	-53.9	-54.3	-54.2	-53.6
④	26	-64.2	-64.1	-64.3	-64.5	-64.9
⑤	157	-56.3	-56.0	-56.3	-56.4	-56.4
⑥	65	-59.1	-59.1	-59.1	-59.3	-59.8
⑦	120	-58.1	-57.8	-57.8	-58.2	-58.4

①路上 受信信号



19GHz受信機出力(D30~D34)



SP出力(D13~D17)

4.3.5 受信 MER

表 4.7 各測定点での受信 MER

測定点 No.	19.258GHz		19.252GHz		19.246GHz		19.240GHz		19.234GHz	
	HA 前	HA 後								
	D 30	D 13	D 31	D 14	D 32	D 15	D 33	D 16	D 34	D 17
①	23.9	23.6	26.3	25.6	26.4	25.8	26.8	26.1	27.2	26.4
②	26.0	25.1	28.4	27.5	28.3	27.5	28.5	27.7	28.9	28.0
③	26.4	25.6	28.9	28.0	29.0	28.0	29.2	28.2	29.7	28.6
④	測定できず									
⑤	25.8	25.3	28.8	27.6	28.6	27.6	29.0	28.1	29.2	28.3
⑥	26.1	25.3	28.8	27.8	28.8	27.5	29.0	27.9	29.4	28.4
⑦	25.4	25.3	28.5	27.8	28.6	27.8	28.7	27.9	29.4	28.0

(dB)

4.4 実験結果の分析と評価

4.4.1 回線設計値と実測値の比較

測定点⑤（バス回転場）での回線設計値と実測値との比較検証を以下に行う。

回線設計

伝搬距離：157m

伝送信号：ISDBT-OFDM（64QAM、3/4）

表 4.8 回線設計

項目	単位		設計値	備考
伝搬距離	km	d	0.157	
中心周波数	MHz	f	19253	周波数帯域の中心周波数（D31）
チャンネル帯域幅	MHz	B	5.7	OFDM チャンネル帯域幅
空中線電力	dBm	Pt	11.3	チャンネル当たりの送信電力 13.5(mW/ch)
給電線系損失(送信)	dB	Lft	1.0	送信局側における給電線損失
送信空中線の絶対利得	dBi	Gat	4.0	セクターアンテナ利得 16dBi 受信点方向俯角：10 度 受信点方向利得特性：-12dB
自由空間伝搬損失	dB	Lp	102	$Lp [dB] = 32.4 + 20\log d + 20\log f$ d: 伝搬距離[km]、f: 周波数[MHz]
受信空中線の絶対利得	dBi	Gar	32.8	30cm パラボラアンテナ
給電線系損失(受信)	dBm	Lfr	1.0	受信局側における給電線損失
受信機入力レベル	dBm	Pr	-55.9	$Pr = Pt - (Lp + (Lft + Lfr)) + (Gat + Gar)$
受信機熱雑音指数	dB	NF	7.0	
受信雑音電力レベル	dBm	Prni	-99.44	$Prni = 10\log(B) + NF - 114$
受信 CN 比	dB	CN	43.54	$CN = Pr - Prni$
所要受信 CN 比	dB	CNth	28	
マージン	dB	Zf	15.54	$Zf = CN - CNth$

回線設計値：-55.9dBm

受信レベル測定値：-56.4dBm

分析

受信レベルは、机上計算値-55.9dBm に対して実測値-56.4dBm で、差は 0.5dB となり整合する結果となった。

考察

送信点から遠方では計算値によりサービスエリアを設定できるが、送信点近傍の地点では、送信アンテナの指向特性が急峻となっているため、送信アンテナの設置仰角や俯角での調整が必要と考えられる。

4.4.2 屋根による回折伝搬

測定点⑤（バス回転場）において、家屋の屋根により遮蔽される位置を設定し、回折損失の検証を行った。

回折計算

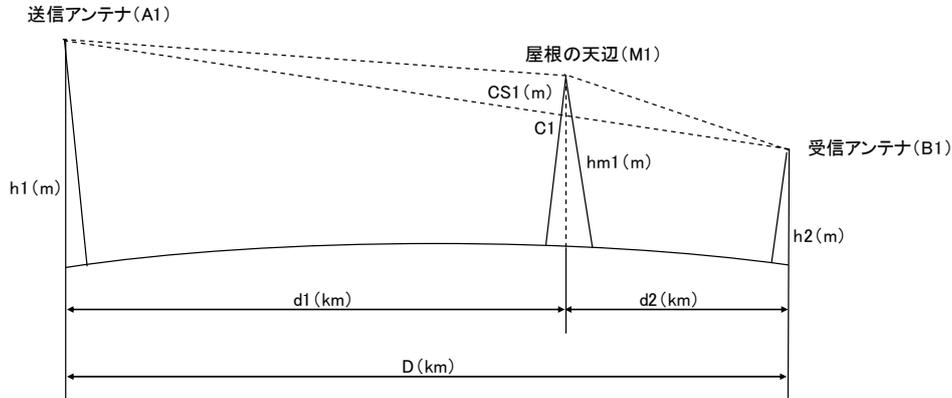


図 4.8 回折図

項目	記号	値
等価地球半径係数	K	1.333333333
地球平均半径	a(km)	6370

距離(高さ)に依存するパラメータ

項目	記号	値	
伝送距離(第1回折ポイント間直線)	D(km)	0.15461	=d1+d2
伝送距離(A-M1間直線)	d1(km)	0.09955	
伝送距離(M1-M2間直線)	d2(km)	0.05506	
A1ポイント標高	h1(m)	28.26	
M1ポイント標高	hm1(m)	11.21	
B1ポイント標高	h2(m)	1	
C1ポイント標高	hp1(m)	10.71	$= (h1*d2+h2*d1)/(d1+d2) - (d1*d2)/(2*K*a)$
高低差(C1-M1間)=(hm1-hp1)	CS1(m)	0.50	=hm1-hp1

※ B1ポイントの標高を0mとして算出

周波数に依存するパラメータ

項目	記号	値	
伝送周波数	f(MHz)	19246	
信号波長	λ (m)	0.0156	=300/f
M1ポイントでの第1フレネル半径	Rm1(m)	0.74	$=\sqrt{(\lambda*d1*d2)/(d1+d2)}$
M1回折パラメータ	U1	0.68	=CS1/Rm1
M1ポイントでの回折損失	Z1(dB)	12.60	=16+20*LOG(U1)
自由空間伝搬損失	Γ_0 (dB)	101.91	=32.44+20*LOG(f)+20*LOG(d1+d2)
伝搬損失	Γ (dB)	114.51	= Γ_0+Z1

(受信点条件)

見通しポイント・・・駐車場から送信点まで157m、仰角10度
 回折ポイント・・・駐車場から送信点まで157m(屋根の陰になるポイントへ5m移動)
 回折ポイントから屋根の天辺まで56m、仰角10.5度
 受信点アンテナ高さ1m
 ※ 距離は受信アンテナから距離計により測定、受信点の標高を0mとして算出した

送信アンテナの高さ	$157*\sin(10度)=27.26(m)$	$h1=27.26+1(m)$
送信アンテナまでの水平距離	$157*\cos(10度)=154.61(m)$	$d1=154.61-55.06(m)$
屋根の高さ	$56*\sin(10.5度)=10.21(m)$	$m1=10.21+1(m)$
屋根までの水平距離	$56*\cos(10.5度)=55.06(m)$	$d2=55.06(m)$

回折損失計算結果：12.6 (dB)

測定点⑤付近において、回折となる遮蔽位置での受信レベルと送信点からの距離を変えずに見通しとなる位置の受信レベルを測定した。

表 4.9 測定結果

測定点⑤	レベル				
	周波数 (GHz)				
	19.234	19.24	19.246	19.252	19.258
直接受信測定値 a (dBm)	-56.3	-56.0	-56.3	-56.4	-56.4
回折受信測定値 b (dBm)	-68.6	-68.3	-69.3	-69.2	-69.4
回折損失 a-b (dB)	12.3	12.3	13.0	12.8	13.0



分析

回折損失計算結果 12.6dB に対して実測値が 12.3dB から 13.0dB であり、整合する結果が得られた。

考察

回折については、遮蔽物の位置や距離が大きく影響するため、今回の実験では整合したが、実際に設置運用する場合は、送信アンテナが見通しできる受信点とすることが条件となる。

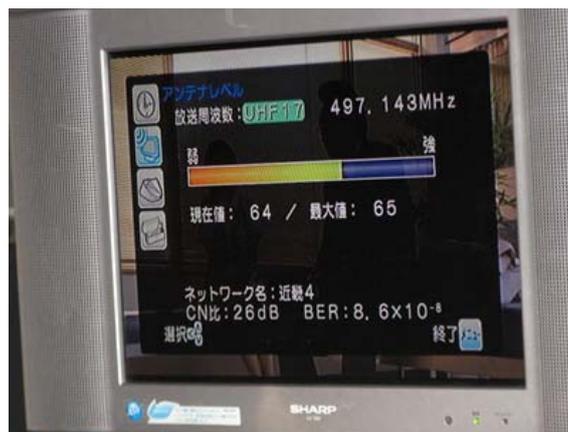
4.4.3 反射受信実験(参考実験)

測定点⑤において、1 平方メートルのアルミ製反射板を信号入射角と反射角が小さくなる位置に設置して行った。



反射板：1 平方メートルのアルミ製

反射板での受信品質



CN 比 26dB

結果、良好な品質で受信可能なことを確認した。

分析

受信点に近い場所に反射板を設置し、更に入射角と反射角が小さく、反射効率が良い条件で行ったため、良好な受信信号品質が得られたものと考えられる。

考察

比較的伝送距離が短く、反射板を効率の良い位置に設置できる場合は有効な方法と考えられる。しかし、入射角が大きくなる場合は反射板の効率が落ちるため、大きな反射板が必要となるため利用には限界がある。

4.4.4 受信マージンの確認(参考実験)

受信レベルのマージンを確認するため、受信レベルを観測しながら受信パラボラアンテナの開口面を金属板で遮蔽し、10dB および 15dB 減衰させて行った。

10dB 減衰状態



15dB 減衰状態



結果、15dB の減衰でも良好な受信画像が得られ、マージンを確認した。

表 4.10 受信マージン測定値

チャンネル	遮蔽なし		10dB 減衰		15dB 減衰	
	CN 比 (dB)	BER (dB)	CN 比 (dB)	BER (dB)	CN 比 (dB)	BER (dB)
D30	25	2.3e-7	25	4.0e-6	25	1.0e-6
D31	25	EF	25	EF	25	EF
D32	25	EF	25	EF	25	EF
D33	25	EF	25	EF	25	EF
D34	25	EF	25	EF	25	EF

注：CN 比および BER は、地上デジタルチューナー表示値。簡易 CN 比表示最大性能は約 30dB。

考察

伝送距離に対して、19GHz 送信空中線電力に余裕のある設計で実験を行ったため、十分なマージンとなったものと考えられる。

4.4.5 金網越し受信実験(参考実験)

実験エリアに 10cm 程度の方角格子金網が設置された場所があり、金網による遮蔽減衰について確認した。

金網あり



受信レベルを測定し、良好に受信できることを確認した。

金網なし



結果、金網から約 2m 左に離れて受信し、受信レベルは金網越しとほぼ同レベルであり、10cm 程度の方角格子では、ほとんど影響ないことを確認した。

4.5 総合評価

今回の実験において、サービスエリアの設計値と実際の受信可能エリアが整合することが確認でき、また、受信に障害となる条件や設置時の注意点などについても検証できた。

結果として、本伝送システムは山間地域での難視解消対策に効果があり、有効なシステムであることを確認できた。

4.6 公開実験

平成24年1月27日に雪の降る寒い日にも係わらず多くの参加者を得て公開実験を行った。現地説明会では研究会の実験目的や実験設備構成などの説明を行い、実験現場では実動状況の視察により良好な画像が得られることを確認した。



送信点（送信機、アンテナ）



送信点視察（集会所）



受信点視察風景



受信点測定器

5 実証実験(ビル陰障害)

SHF 帯域を活用した地上デジタル放送配信システムのフィールド実験として、都市部でのビル陰障害となる地域を想定して兵庫県神戸市灘区で実施した。

5.1 実験概要

19GHz 無線伝送システム実験として、標準デジタルテレビジョン放送方式の放送信号 5 波を 19GHz 帯域で伝送する実験試験局を設置し、複数の異なる地点に対して伝送が可能な事を確認するため、セクターアンテナによって 90 度の角度をなす方向に 19mW/ch. で輻射する。

輻射した信号を送信点から 30m~500m の距離に設定した 7 地点で受信し、デジタルチャンネル信号の信号品質(搬送波レベル、MER 等)のデータを取得して伝播特性の評価検証を行うと共にシミュレーションによるサービスエリアと実際との差異の確認を行った。

また、SFN ギャップファイラー実験として、実験試験局を設置し、ビル陰障害対策を行う場合の課題の一つとなるガードインターバル越えでの検証を行った。

5.1.1 実験試験局の仕様

実験のために設置した無線局の主な仕様を以下に示す。

設置場所：兵庫県神戸市灘区船寺通 6-2 きんでん灘寮屋上
(緯度：34°42'22.7"、経度：135°13'24.2")

19GHz 無線実験試験局

電波の型式：5M70X7W

空中線電力：0.019W

周波数：19.234857143GHz 19.240857143GHz

19.246857143GHz 19.252857143GHz

19.258857143GHz

送信空中線利得：16.0dBi

給電線損失：1dB

送信空中線輻射方位：275 度

送信空中線地上高：21.5m

SFN ギャップファイラー実験試験局

電波の型式：5M70X7W

空中線電力：0.01W

周波数：551.142857MHz

5.1.2 スケジュール

兵庫県神戸市灘区での実験を以下のスケジュールで行った。

設営	平成 24 年 2 月 16 日 (木) ~17 日 (金)
実験	平成 24 年 2 月 20 日 (月) ~24 日 (金)
公開実験	平成 24 年 2 月 27 日 (月)

5.1.3 実験場所

都市部における地上デジタル放送のビル陰障害となっている地域として、大阪局から 41.6km で神戸局から 3.35km となる神戸市灘区において実験を行った。

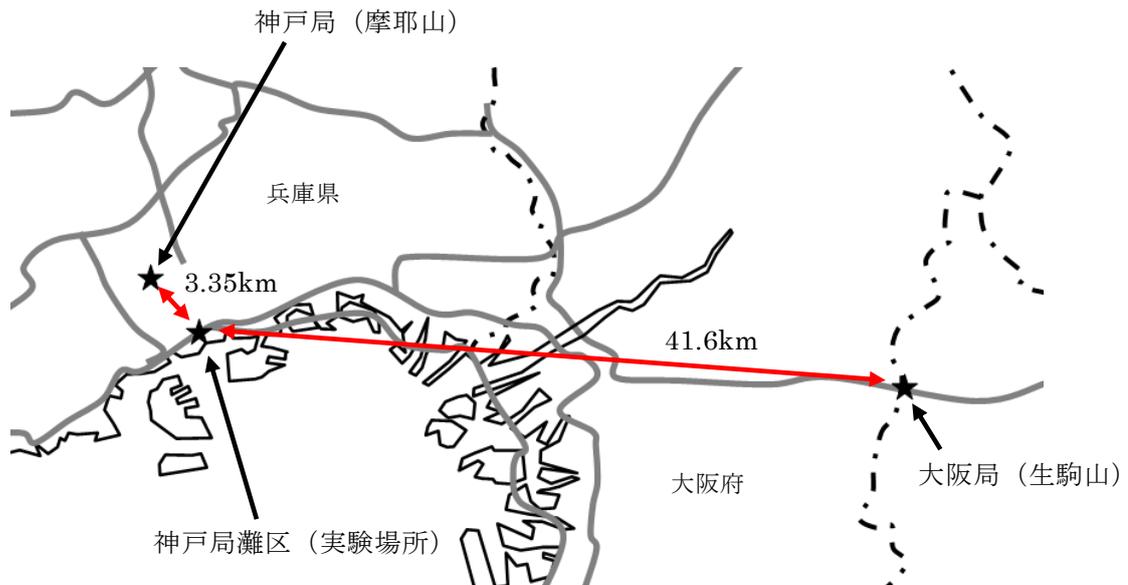


図 5.1 実験場所

きんでん灘寮の屋上に送信設備を設置し、生駒山から送信されている大阪局のビル陰となる西方向の地域を実験エリアとした。

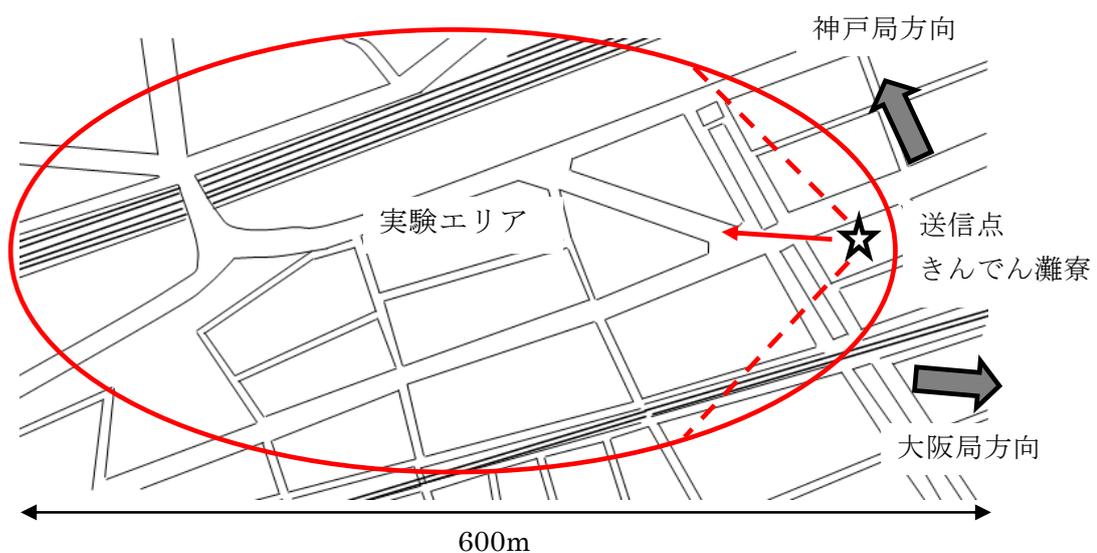


図 5.2 実験エリア

5.1.4 使用チャンネルと周波数

実験に使用したチャンネルと周波数を以下に示す。

19GHz 無線伝送システム

大阪局の3波および神戸局の2波の地上デジタル放送波を使用し、19GHz 送信機の入力周波数帯域のチャンネルに変換する。この信号を19GHz 帯域で伝送する周波数関係を以下の表に示す。

表 5.1 伝送信号周波数関係表

地上デジタル放送						
アンテナ受信信号			送信機入力			
受信 ch.		放送局	ch.変換後			
ch.	中心周波数 (MHz)		ch.	中心周波数 (MHz)	変調方式	19GHz 帯周波数 (MHz)
			D27	557.142857	OFDM	19276.857143
			D28	563.142857	OFDM	19270.857143
			D29	569.142857	OFDM	19264.857143
D13	473.142857	NHK 教育	D30	575.142857	OFDM	19258.857143
D16	491.142857	毎日放送	D31	581.142857	OFDM	19252.857143
D17	497.142857	関西テレビ放送	D32	587.142857	OFDM	19246.857143
D22	527.142857	NHK 総合 (神戸)	D33	593.142857	OFDM	19240.857143
D26	551.142857	サンテレビジョン	D34	599.142857	OFDM	19234.857143
			D35	605.142857	OFDM	19228.857143
			D36	611.142857	OFDM	19222.857143

SFN ギャップフィルタ実験

神戸局の地上デジタル放送波を使用した。

UHF : 26ch.

周波数 : 551.142857MHz

5.2 実験設備およびシステム構成

実験に使用した設備およびシステム構成を以下に示す。

5.2.1 システム構成概要

19GHz 無線伝送では問題とならないが、SFN ギャップファイラーでは信号源が光回線などによって長距離伝送され、送信場所ではガードインターバル越えすることがあり、障害が発生する場合がある。本試験ではこのような場合を想定するための光ファイバを利用した時間遅延装置を挿入して行う。

実験に当たっては、直交偏波及び指向性により、周辺の受信者の所要 DU 比は確保した。

19GHz 伝送システムの検証に用いる信号源についても SFN ギャップファイラーと同じ条件とするため、以下のシステム構成とした。

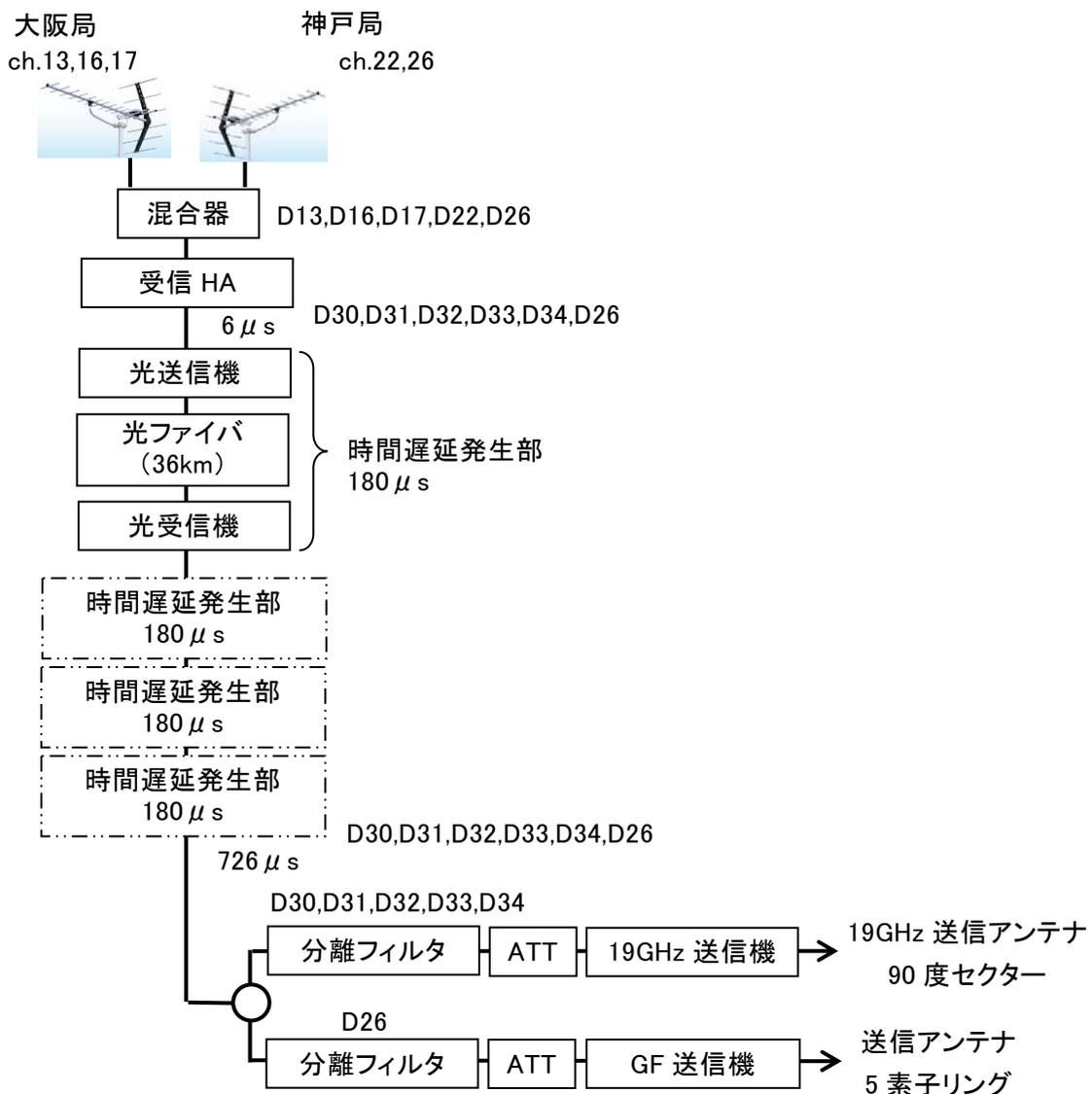


図 5.3 実験設備系統図

表 5.2 19GHz 無線伝送システム試験機材一覧

品名	製造会社	型式	数量	備考
19GHz 帯無線送信機	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)	BST19-040	1 台	総合出力 95mW
セクター送信アンテナ (90 度)	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)	PN 1600-18H	1 台	利得 16dBi
19GHz 帯無線受信機 (φ30cm パラボラ付き)	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)	試験機	1 台	
受信パラボラアンテナ	ワイ・ネットワーク・システムズ(株)	試験機	1 台	利得 32.8dBi (φ30cm)
受信用ヘッドアンプ (シグナルプロセッサ)	DX アンテナ	試験機	1 台	5 波
シグナルプロセッサ	DX アンテナ	試験機	1 台	5 波
OFDM 信号アナライザ	アンリツ	MS8911B	1 台	MER 測定
スペクトラムアナライザ	アンリツ	MS2726C	1 台	レベル測定

表 5.3 SFN ギャップフィルラ試験機材一覧

品名	備考
ギャップフィルラ送信機	NHK アイテック
5 素子リングアンテナ	NHK アイテック
OFDM 信号アナライザ	MER 測定
スペクトラムアナライザ	レベル測定

5.2.2 地上波受信設備



大阪局受信用アンテナ 14 素子

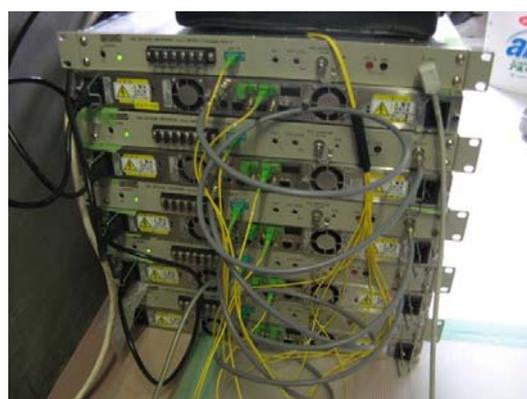


神戸局受信用アンテナ 14 素子

5.2.3 送信信号処理装置



受信ヘッドアンプ



光送信機および光受信機



光ファイバ (36km×4)



信号分離フィルタ

5.2.4 19GHz 送信設備



19GHz 帯送信装置



セクターアンテナ

5.2.5 19GHz 受信設備



30cm パラボラ



受信機

5.2.6 ギャップフィルター送信設備



5 素子リングアンテナ



送信方向



送信機

5.3 19GHz 無線伝送システム実験

設定した各受信測定点において、受信信号レベル・MER の値を測定して記録し、必要に応じて BER と CN 比の表示ができる TV 受信機で確認を行った。

5.3.1 測定点

測定点の番号と伝送距離（送受信点間）を、以下に示す。

表 5.4 測定点番号と伝送距離

測定点 No.	伝送距離 (m)	備考
①	30	送信点の真下
②	58	川沿い 送信点近傍
③	135	公開実験場所
④	167	パーキング横
⑤	334	電柱電線越し
⑥	500	最遠端 養護学校屋上
⑦	459	金網越し



図 5.4 測定点

測定点①



送信点方向

測定点②



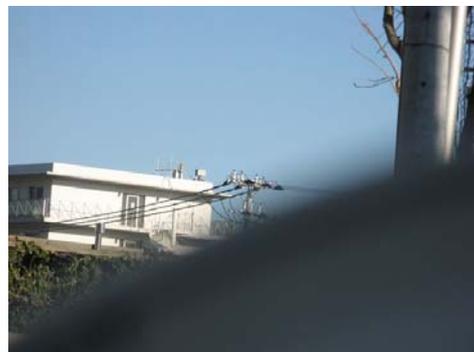
送信点方向

測定点③



送信点方向

測定点④



送信点方向

測定点⑤



送信点方向

測定点⑥



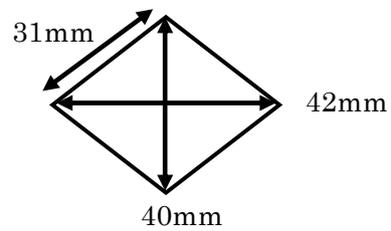
測定点⑦



送信点方向



金網越し受信（金網孔寸法：高さ×横幅×一辺 40mm×42mm×31mm）



5.3.2 測定結果

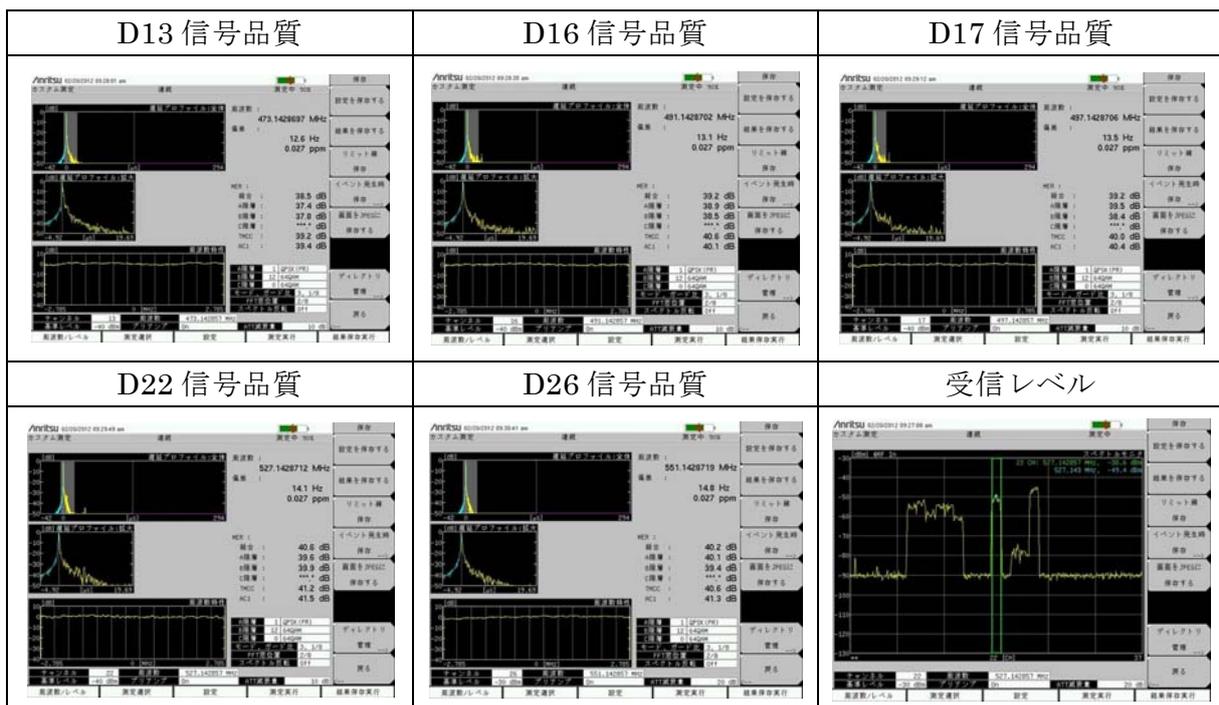
システム性能および各測定点での測定結果を以下に示す。

5.3.2.1 地上波受信信号品質

表 5.5 地上デジタル放送受信信号品質測定値 (受信アンテナ出力)

受信チャンネル	受信レベル (dBμV)	MER (dB)	CN 比 (dB) 注 1	BER 注 1
D13	66.1	38.5	30	EF
D16	66.7	39.2	30	EF
D17	66.5	39.2	30	EF
D22	69.6	40.6	30	EF
D26	74.3	40.2	30	EF

注 1 : CN 比および BER は、地上デジタルチューナー表示値。簡易 CN 比表示最大性能は約 30dB。



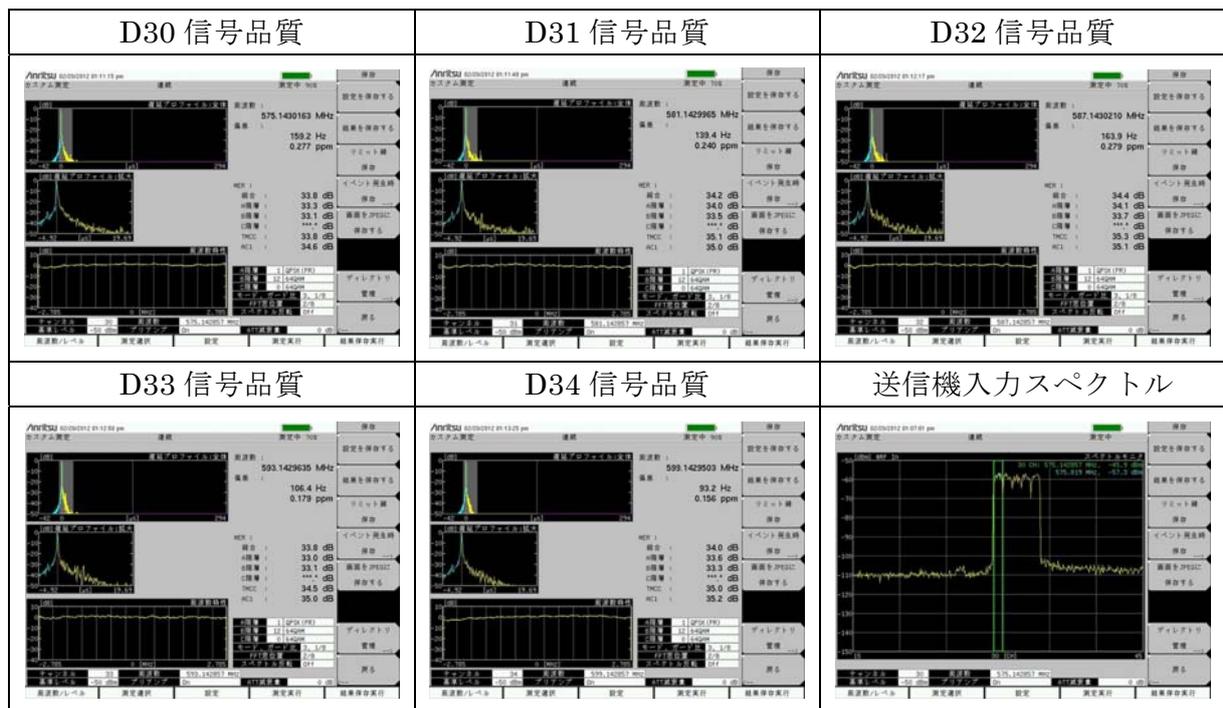
5.3.2.2 送信機入力信号品質

受信ヘッドアップで信号処理し、19GHz 送信機入力に対応するチャンネルに変換した信号を以下に示す。

表 5.6 19GHz 送信機入力信号品質測定値

送信チャンネル	受信レベル (dBμV)	MER (dB)	CN 比 (dB) 注 1	BER 注 1
D30	63.0	33.8	28	EF
D31	62.8	34.2	28	EF
D32	61.8	34.4	28	EF
D33	62.4	33.8	28	EF
D34	62.9	34.0	28	EF

注 1：CN 比および BER は、地上デジタルチューナー表示値。簡易 CN 比表示最大性能は約 30dB。



5.3.2.3 受信レベル(19GHz 帯域)

受信アンテナ利得：32.8 (dB i)

受信ケーブル損失：1.5 (dB)

表 5.7 各測定点での受信レベル (受信ケーブル損失補正済み)

No.	伝送距離 (m)	受信レベル測定値 Pr (dBm)				
		周波数 (GHz)				
		19.234	19.240	19.246	19.252	19.258
①	30	-66.1	-66.8	-67.0	-67.4	-68.1
②	58	-63.2	-63.4	-63.2	-63.3	-64.0
③	135	-48.1	-49.0	-49.5	-49.0	-49.3
④	167	-39.1	-39.9	-40.2	-39.9	-40.2
⑤	334	-45.6	-46.4	-46.9	-46.6	-47.2
⑥	500	-55.1	-54.8	-55.6	-55.3	-54.4
⑦	459	-54.3	-55.3	-56.2	-56.4	-55.6

5.3.2.4 サービスエリアの確認(受信信号品質測定)

受信信号品質の測定には、サービスエリアの限界点を確認するため、新たに測定点⑧を追加設定して特にフリンジ付近での測定とした。

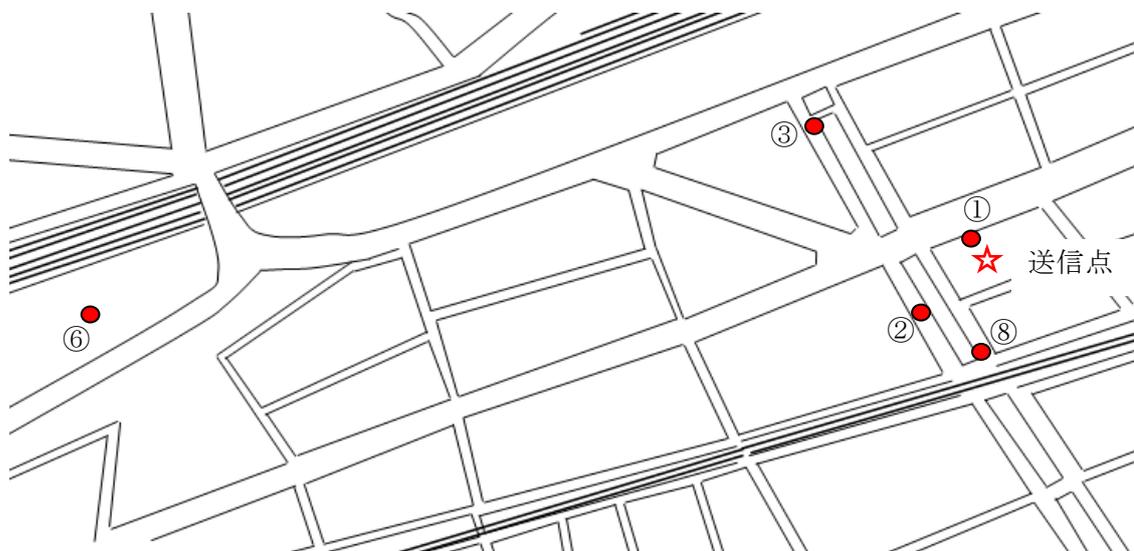


図 5.5 測定点

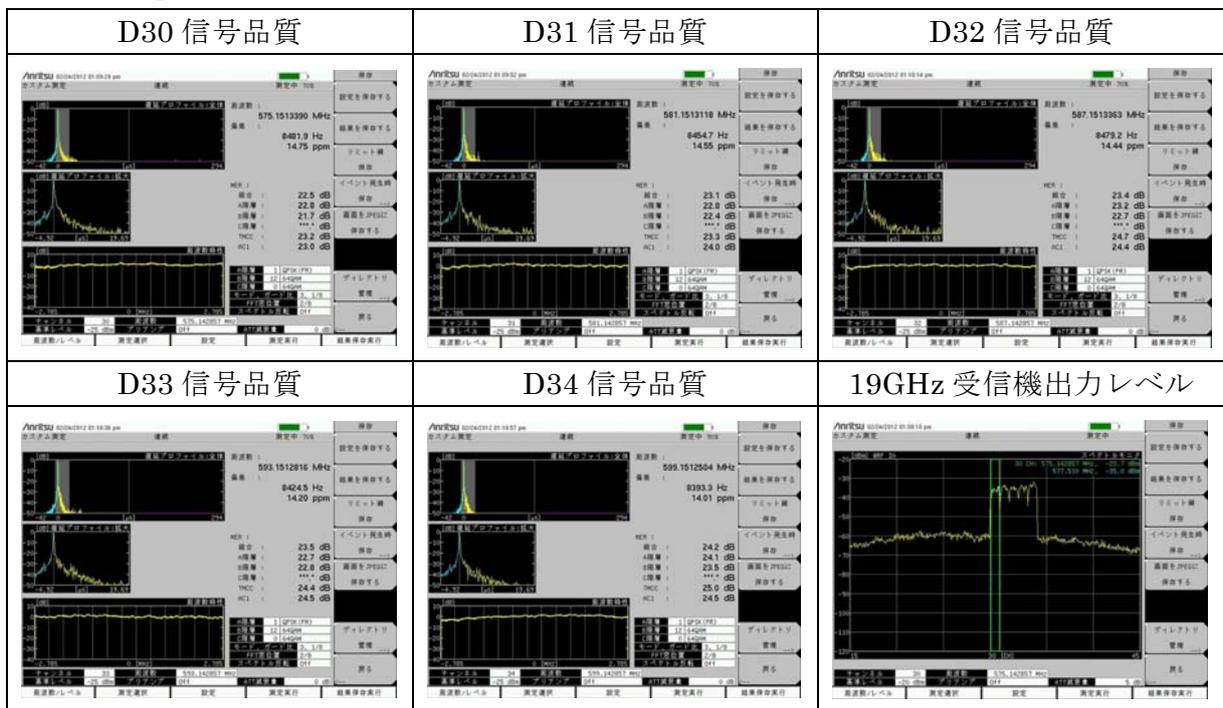
表 5.8 19GHz 受信機出力 MER (UHF 帯域)

測定点 No.	MER (dB)				
	D30	D31	D32	D33	D34
①	22.5	23.1	23.4	23.5	24.2
②	26.5	26.7	26.8	26.6	26.8
③	30.2	30.2	30.2	29.8	30.5
⑥	28.5	28.4	28.0	28.0	28.8
⑧	21.2	21.5	21.0	21.1	21.7

表 5.9 19GHz 受信機出力 CN 比 (UHF 帯域)

測定点 No.	CN 比 (dB)				
	D30	D31	D32	D33	D34
①	24	25	25	26	26
②	29	29	30	30	31
③	37	38	38	38	39
⑥	29	29	29	30	30
⑧	21	22	22	24	24

測定点①



測定点②

D30 信号品質	D31 信号品質	D32 信号品質
D33 信号品質	D34 信号品質	19GHz 受信機出力レベル

測定点③

D30 信号品質	D31 信号品質	D32 信号品質
D33 信号品質	D34 信号品質	19GHz 受信機出力レベル

測定点⑥

D30 信号品質	D31 信号品質	D32 信号品質
D33 信号品質	D34 信号品質	19GHz 受信機出力レベル

測定点⑧

D30 信号品質	D31 信号品質	D32 信号品質
D33 信号品質	D34 信号品質	19GHz 受信機出力レベル

5.3.2.5 降雨減衰

2月23日に降雨があり、降雨減衰量を測定した。

測定点③

測定周波数：19.234857143GHz

気温：11.5度

湿度：90%

1時間に1mmの降雨を観測（気象庁観測データより）

表 5.10 降雨減衰

測定時間	受信レベル	基準レベルとの差 降雨減衰量 (dB)	降雨
9:00	-60.4	-	基準レベル (降雨無し)
9:50	-60.9	0.5	↓
10:00	-60.9	0.5	
10:10	-61.0	0.6	降出しから 0.5mm
10:20	-61.1	0.7	↓
10:30	-61.1	0.7	
10:40	-60.7	0.3	↓
10:50	-60.4	0	
11:00	-60.6	0.2	0.5mm

5.3.3 実験結果の分析と評価

測定結果データの分析と評価を以下に示す。

5.3.3.1 地上波受信信号および送信信号品質

本実験に使用する地上デジタル放送の14素子UHFアンテナでの受信レベルが、大阪局および神戸局とも60dB μ V以上であり、MERについても38dB以上となっているため、十分な信号品質と判断した。

19GHz無線伝送システムおよびギャップフィルターの送信に使用する信号として、必要な帯域制限(6MHz)を受信ヘッドアンプで行い、また、時間遅延を発生させるために光送信機・光ファイバ・光受信機を4段カスケード接続したため、これら信号処理装置により信号品質劣化が発生してMERが34dB程度となった。しかし、OFDMの限界受信よりも10dB以上高い値のため、本実験には十分な信号品質と判断した。

5.3.3.2 受信レベル(19GHz帯域)

19GHz無線伝送システムのサービス可能エリアについて、受信レベルでの検討を行うため、自由空間伝播損失等による机上計算値と実測値との比較検証を以下に行う。

机上計算

送信アンテナ主方向最大利得での基準受信レベル P_{rs} を求める。

送信空中線電力 P_t : 12.8 (dBm)

送信空中線利得 G_{at} : 16.0 (dBi)
 送信給電線損失 L_{ft} : 1.0(dB)
 受信アンテナ利得 G_{ar} : 32.8 (dBi)
 受信ケーブル損失 L_{fr} : 1.5(dB)
 自由空間伝播損失 L_p (dB)
 基準受信レベル $Pr_s = P_t - L_{ft} + G_{at} - L_p + G_{ar} - L_{fr}$ (dB)

送信アンテナ指向特性補正值 Z_t (dB) を、90 度セクターアンテナの水平面指向特性および垂直面指向特性により、送信空中線利得 G_{at} からの差として求めた。

受信レベル計算値 Pr_m は、 $Pr_s - Z_t$ (dBm) となる。

表 5.11 各測定点での受信レベル計算値

測定点 No.	伝送距離 (m)	L_p (dB)	Pr_s (dB)	Z_t (dB)	受信レベル Pr_m $Pr_s - Z_t$ (dBm)
①	30	87.6	-28.5	45	-73.5
②	58	93.3	-34.2	23	-57.2
③	135	100.6	-41.5	4.8	-46.3
④	167	102.5	-43.4	2	-45.4
⑤	334	108.5	-49.4	0	-49.4
⑥	500	112.0	-52.9	2.8	-55.7
⑦	459	111.3	-52.2	2.8	-55.0

各測定点における実測値 Pr と計算値 Pr_m との差を以下に示す。

表 5.12 各測定点での受信レベルの差

測定点 No.	受信レベル差 = $Pr - Pr_m$ (dB)				
	周波数 (GHz)				
	19.234	19.240	19.246	19.252	19.258
①	7.4	6.7	6.5	6.1	5.4
②	-6.0	-6.2	-6.0	-6.1	-6.8
③	-1.8	-2.7	-3.2	-2.7	-3.0
④	6.3	5.5	5.2	5.5	5.2
⑤	3.8	3.0	2.5	2.8	2.2
⑥	0.6	0.9	0.1	0.4	1.3
⑦	0.7	-0.3	-1.2	-1.4	-0.6

分析

測定点①②③④は、送信点近傍のために送信アンテナ垂直面指向特性が急峻に変化する領域となっていることから、送信アンテナ設置誤差が利得の差として顕著に表れたものと考えられる。

測定点④については、測定点②③に比較して標高が高い位置のため、結果として送信

アンテナ垂直面利得が高くなり、実測値が高くなったものと考えられる。

測定点⑤⑥⑦については、計算値に近い実測値となった。

測定点⑥と⑦について、ほぼ同じ方向であり送信アンテナ条件も変わらない位置でありながら、測定点⑦の受信レベルが低くなっている。これは、測定点⑦と送信点の見通し間に存在する高架橋に設置された金網の影響と考えられる。

考察

送信点近傍では、送信アンテナの垂直面指向特性を考慮して設置する必要があり、特にビル陰障害地域での運用では送信点の近傍受信者宅への配信となるため、垂直面指向特性の影響が大きくなる。このため、送信アンテナの選択については、今回使用したアンテナよりも垂直面指向特性半値幅角度を大きくするか、近傍用アンテナを別途設置するなどの対策が必要である。また、今回の実験では、基準となるデータ取得のために送信アンテナの主方向を水平に設置したが、実際に運用する場合には配信するエリアに合わせて送信アンテナを下向きに設置するなど、最適設計して設置する必要がある。

今回の実験により、計算による回線設計値と実際の値との整合性が確認できたため、サービスエリアを予測して設計することが可能である。但し、現場の周囲状況によって送信アンテナ設置方向を微調整するなど、注意が必要である。

5.3.3.3 受信信号 CN 比

回線設計値および実測値の受信信号品質を検証するため、送信アンテナ主方向で最遠端となる測定点⑥での受信 CN 比について比較を行う。

回線設計

伝搬距離：500m

伝送信号：ISDB-T-OFDM (64QAM、3/4)

表 5.13 回線設計

項目	単位		設計値	備考
伝搬距離	km	d	0.5	
中心周波数	MHz	f	19253	周波数帯域の中心周波数
チャンネル帯域幅	MHz	B	5.7	OFDM チャンネル帯域幅
空中線電力	dBm	Pt	12.8	チャンネル当たりの送信電力 19(mW/ch)
給電線系損失(送信)	dB	Lft	1.0	送信局側における給電線損失
送信空中線の絶対利得	dBi	Gat	13.2	セクターアンテナ方位利得
自由空間伝搬損失	dB	Lp	112	$Lp [dB] = 32.4 + 20 \log d + 20 \log f$ d: 伝搬距離[km]、f: 周波数[MHz]
受信空中線の絶対利得	dBi	Gar	32.8	30cm パラボラアンテナ
給電線系損失(受信)	dBm	Lfr	1.5	受信局側における給電線損失
受信機入力レベル	dBm	Pr	-55.7	$Pr = Pt - (Lp + (Lft + Lfr)) + (Gat + Gar)$
受信機熱雑音指数	dB	NF	7.0	
受信雑音電力レベル	dBm	Prni	-99.44	$Prni = 10 \log(B) + NF - 114$
受信 CN 比	dB	CN	43.74	$CN = Pr - Prn$

回線設計受信 CN 比：43.74dB

受信機出力測定 CN 比：30dB (表 5.9 より)

分析

19GHz 帯域での回線設計 CN 比 43.7dB に対して実際の受信機出力 CN 比が 30dB であり、13.7dB の差異となった。表 5.7 より測定点⑥の受信レベルは-55.6dBm から-54.4dBm であり、回線設計での-55.7dBm に整合していることから、19GHz 受信機での劣化と考えられる。これは、19GHz 受信機の入力レベル性能として約-55dBm は高いレベルであり、出力レベルを一定にする AGC 制御によって NF が劣化しているものと考えられる。また、簡易 CN 比を確認した地上デジタルチューナーの性能により、30dB 程度が測定限界であり、結果として回線設計値と実測値に差がでたものと考えられる。

考察

受信レベルは、送信点の近傍から遠方までを考慮すると大きく変わるため、受信機の性能として AGC 制御範囲が広く設計される。この AGC 機能は、相反するファクタとして増幅部の歪みと CN 比とを最適化するように動作し、高入力レベル時には歪みを少なくするために入力段で減衰させるように動作する。これにより、NF が劣化することになる。

実際の受信機出力 CN 比は劣化しているが、30dB が確保されており、伝送信号品質としては問題にはならないため、良好な結果が得られたと判断できる。

5.3.3.4 受信信号品質

測定点⑤で測定した 5 波平均の MER 値により、サービス可能エリアを考察する。

地上波受信信号 MER : 39.5dB

19GHz 送信機入力 MER : 34.0dB

表 5.14 受信信号品質

測定点 No.	MER (dB)	受信機出力レベル (dB μ V)	19.246GHz 受信レベル (dBm)
①	23.34	86.3	-67.0
②	26.68	89.8	-63.2
③	30.18	89.6	-49.5
⑥	28.34	89.8	-55.6
⑧	21.3	82.9	未測定

分析

測定点①は、受信機の AGC 機能により受信機出力レベルは確保されているが、送信点の真下のため 19GHz での受信信号レベルが低く、受信 CN 比が低くなり、MER が受信限界に近い値となった。

測定点②③④は、良好に受信可能なエリアとなっている。

測定点⑧は、19GHz 送信セクターアンテナの水平面および垂直面指向特性からアンテナ利得が低い方向のため、受信限界となっている。

考察

分析結果により、測定点②③⑥はサービス可能エリアとして確認でき、回線設計によるシミュレーションと整合する結果が得られた。

5.3.3.5 降雨減衰

19GHz 帯域の空間減衰は、自由空間伝播損失の他に降雨と水蒸気（湿度）による減衰量を考慮する必要がある。10GHz 程度以下の周波数では降雨減衰が支配的になるが、水蒸気による減衰ピークが 21GHz 辺りにあるため、本実験の 19GHz 帯域では両方について検証した。

減衰量測定値：0.3dB～0.7dB（表 5.10 より）

2月23日実験時間帯の気象状況は、気象庁観測データより以下であった。

降雨量

1時間に1mm

湿度

気温：11.5度

湿度：90%

分析

19GHz 帯での1時間に1mmの降雨減衰量は、約0.08dB/kmである。（電波伝搬図表より 渋谷茂一著、コロナ社）

送信点から測定点③までの距離は135mであり、降雨減衰量は以下となる。

$$0.08\text{dB/km} \times 0.135 = 0.0108\text{dB}$$

19GHz帯での水蒸気減衰量は、10g/m²水蒸気量の場合、約0.08dB/kmと示されている。（電波伝搬図表より 渋谷茂一著、コロナ社）

当日の飽和水蒸気量は気温で決まり、気温11.5度では約10g/m²である。これにより、湿度90%では9g/m²となる。これは、10g/m²水蒸気減衰量に近い値のため、約0.08dB/kmとして計算する。

送信点から測定点③までの距離は135mであり、水蒸気減衰量は以下となる。

$$0.08\text{dB/km} \times 0.135 = 0.0108\text{dB}$$

従って、総合減衰量は0.0216dBとなり、実測値とは大きな差となった。

考察

降雨減衰量および水蒸気減衰量に比較して実測値が大きくなった原因として送信セクターおよび受信パラボラアンテナの表面に付着した水滴の影響が考えられる。今回の実験では水滴の影響について検証ができなかったが、これは伝送距離に関係の無い減衰量として扱って良いため、降雨時には1dB程度の減衰が発生するものとして回線設計時には考慮する必要がある。

今回は、1時間に1mm以下の降雨であったが、10mmの降雨時には約1dB/kmとなり、50mmでは約6dB/kmの減衰量と示されており、水蒸気減衰に比較して影響が大きいため、回線遮断時間率を求める場合には降雨減衰を考慮して行う必要がある。

5.5 SFN ギャップファイラー実験

今回の実験では、信号源を得る一つの手法としてケーブルテレビからの信号入力を想定した。特に伝送路が光ファイバーの場合、100km を超えるような長距離となり、UHF (SFN) では希望波と潜在電界との時間差がガードインターバル越えとなり SFN が構築できない。このような状況を再現するため、遅延回路を設けて擬似的に長遅延の信号を発生させ、ギャップファイラー送信した。

実験エリア内での複数地点でギャップファイラー信号を確認し、潜在放送信号の水平偏波に対して垂直偏波で送出すると共に周辺受信者宅の受信アンテナ指向性を考慮して、今回実験での潜在局となる神戸局（摩耶山）方向に輻射することで周辺の受信者の DU 比を確保した。

測定点については、強力な潜在局に対して目的の DU 比を得るため、測定受信アンテナの主方向にギャップファイラー局となり、後方に潜在局となるように神戸局とギャップファイラー局との間となる測定点③において行った。

この地点において、ギャップファイラー送信を ON/OFF した時の受信信号品質の変化を確認した。

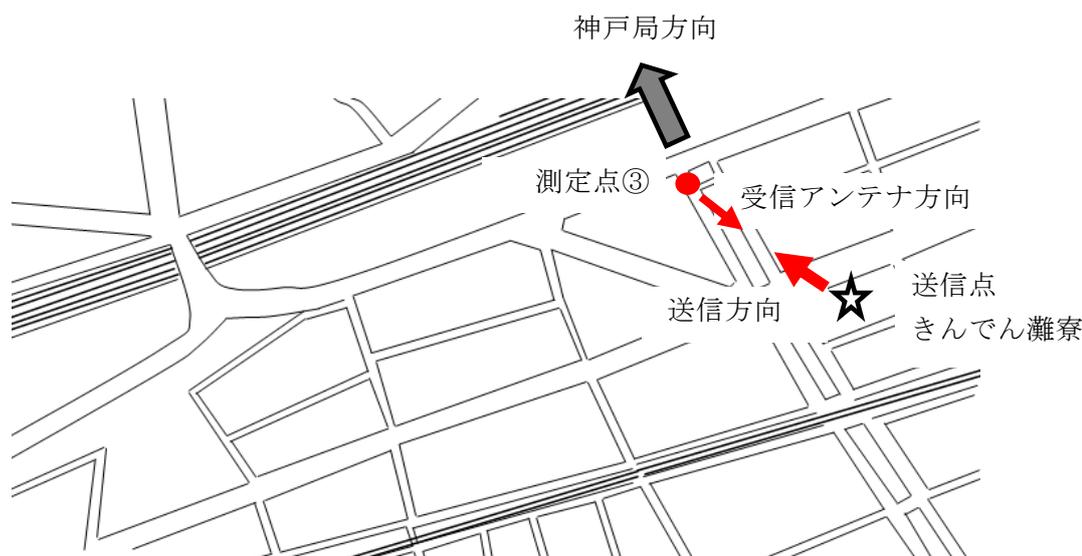


図 5.7 実験場所

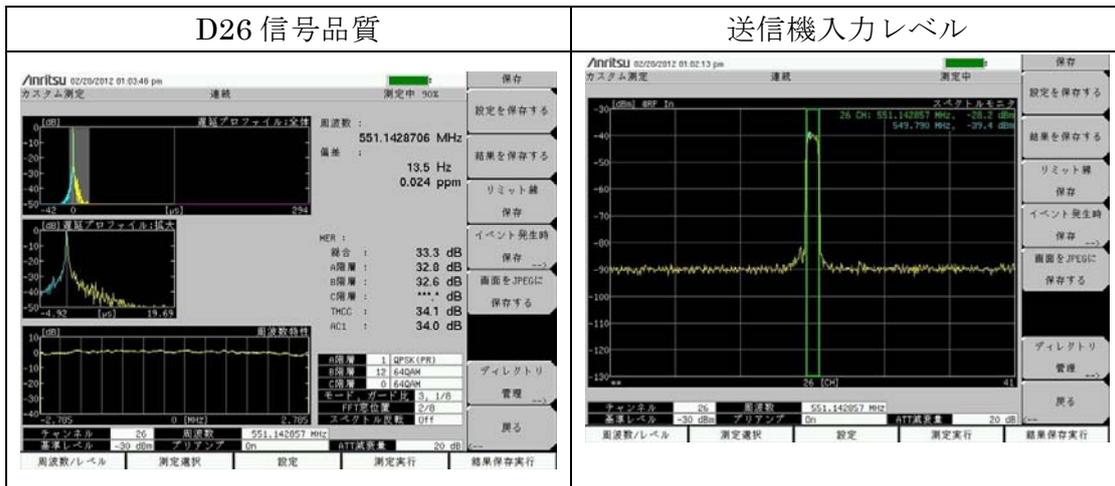
5.5.1 送信信号

送信信号の品質を以下に示す。

表 5.15 SFN ギャップファイラー送信機入力信号品質測定値

送信チャンネル	入力レベル (dB μ V)	MER (dB)	CN 比 (dB) 注 1	BER 注 1
D26	81.3	33.3	28	EF

注 1 : CN 比および BER は、地上デジタルチューナー表示値。簡易 CN 比表示最大性能は約 30dB。



5.5.2 SFNギャップフィルラー遅延時間

神戸局（摩耶山）から実験場所（測定点③）までの直接波とギャップフィルラー波との時間差を以下に示す。

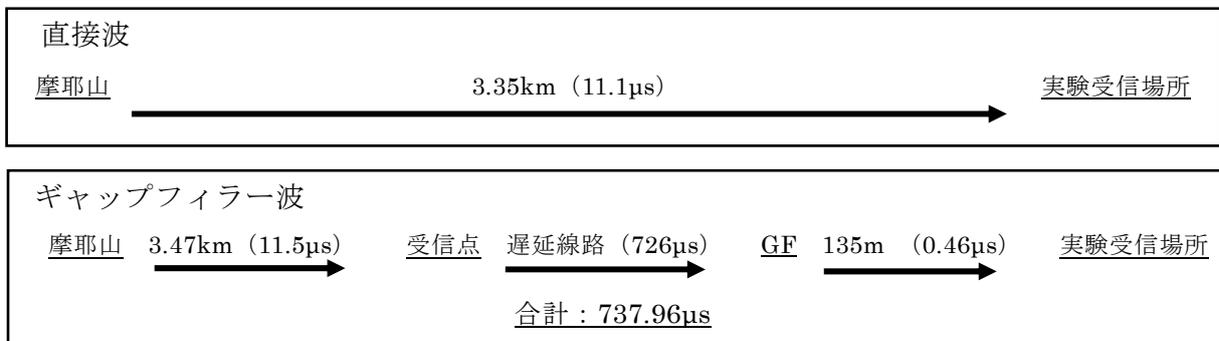


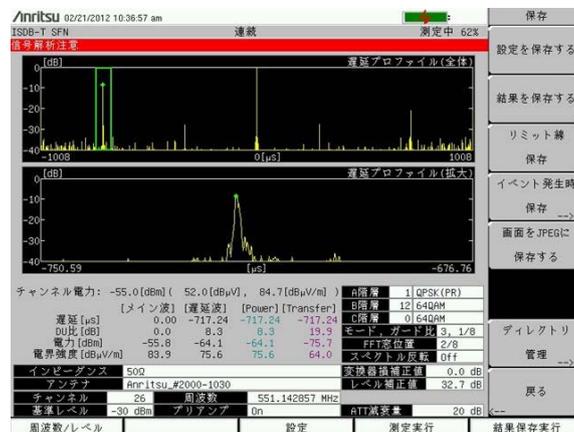
図 5.8 遅延時間

実験場所での時間差計算値： $737.96 - 11.1 = 726.86 \mu s$

(ガードインターバル： $126 \mu s$)

測定点③での遅延時間実測値は、以下のように $717.24ns$ であり、計算値とは、 $9.62ns$ の差であったが、これは光ファイバ長の誤差等によるものと考えられる。

今回の実験目的には十分な遅延時間であり、この信号を用いて実験を行った。



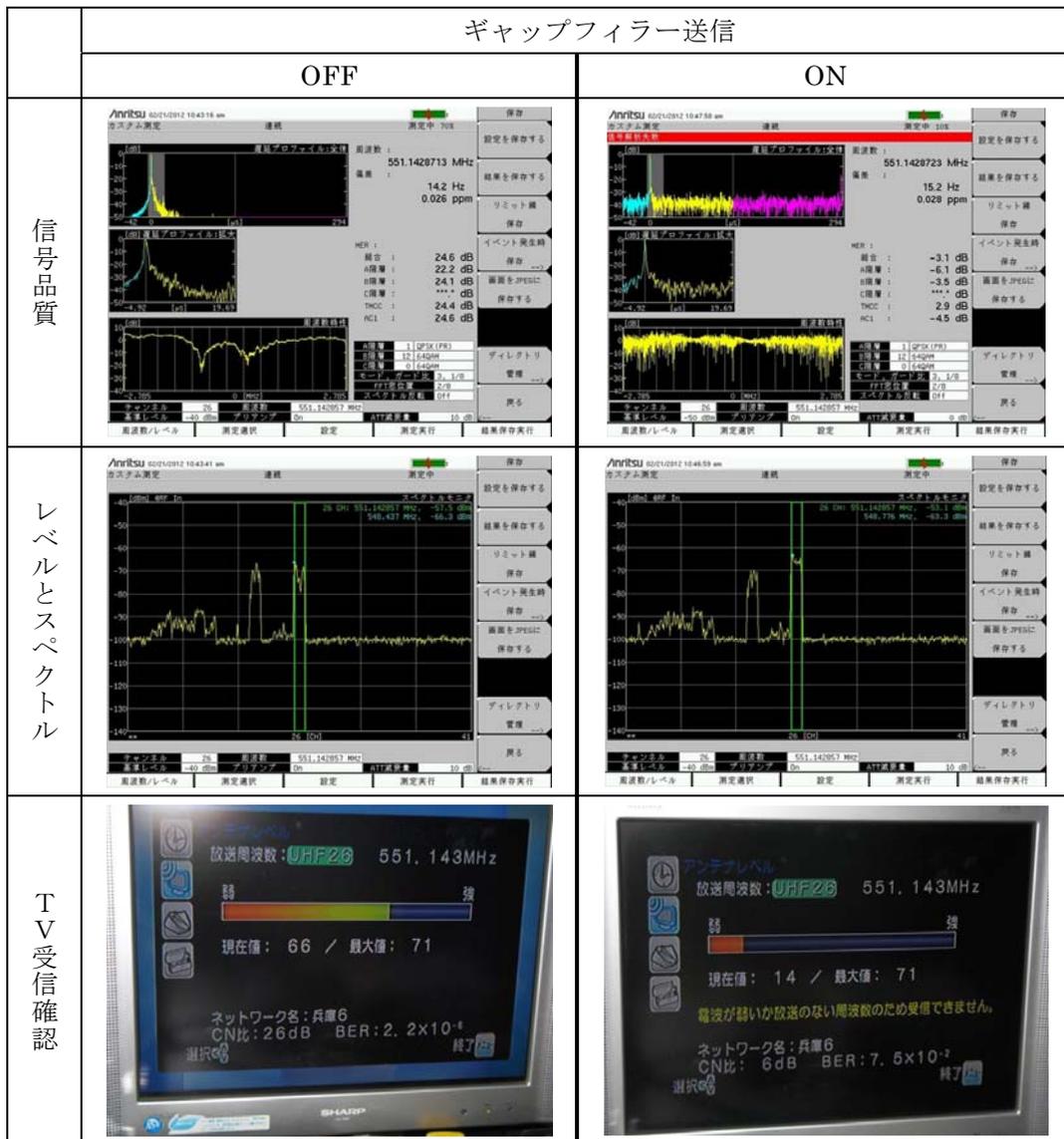
実験に当たっては、直交偏波及び指向性により、周辺の受信者の所要 DU 比は確保した。

5.5.3 測定結果

ギャップフィルター送信を ON/OFF した時の受信信号レベルと MER は以下となった。

表 5.16 SFN ギャップフィルター受信信号品質測定値

送信チャンネル	OFF	ON
MER (dB)	24.6	-3.1
受信レベル (dB μ V)	51.5	55.9



分析

ギャップフィルター送信しない時の神戸局受信レベルは 51.5dB μ V であった。受信信号は、神戸局が受信アンテナのバック方向になるため近隣ビル等の反射の影響を受けて帯域内周波数特性が劣化していることが確認できる。しかし、ガードインターバル内の反射のため、信号品質は良好となっている。

受信アンテナの主方向に設置したギャップフィルターを送信した場合には 55.9 dB μ V となった。これはギャップフィルター波が神戸局波に加算されたもので、計算によりギャ

ップフィルター波の信号レベルは $53.9 \text{ dB}\mu\text{V}$ になる。

この時、ギャップフィルター波を D とした場合、DU 比は $53.9 - 51.5 = 2.4\text{dB}$ となり、受信信号品質が破綻している。

考察

ガードインターバル越えの妨害 DU 比 2.4dB では信号が破綻する条件となり、予測通りの結果となった。

5.6 総合評価

特に都市部における地上デジタル放送ビル陰受信障害に対して、SHF 帯を活用した対策方法が有効であることが確認できた。

5.7 公開実験

平成 24 年 2 月 27 日に風が強く寒い日にも係わらず多くの参加者を得て公開実験を行った。現地説明会では研究会の実験目的や実験設備構成などの説明を行い、実験現場では実動状況の視察により良好な画像が得られることを確認した。

送信点では、送信設備が屋上に設置されているため直接視察できなかったが、屋上の移動 TV カメラを駆使して地上のモニタ TV で確認した。



送信点設備説明 (モニタ TV)



受信点測定器と受信画像



受信アンテナと測定器



視察風景

まとめ（実用化に向けて）

今回の SHF 帯を活用した地上デジタル放送配信システムの調査研究により、山間部等の地形難視や都市部のビル陰障害などが発生している地域において、受信障害対策の手法として有効であることが検証できた。

特に従来の UHF によるギャップファイラー（受信障害対策中継放送局）では周波数が逼迫している場合や SFN が構築できない場合は、SHF によるギャップファイラーでの対策が可能である事が確認できた。

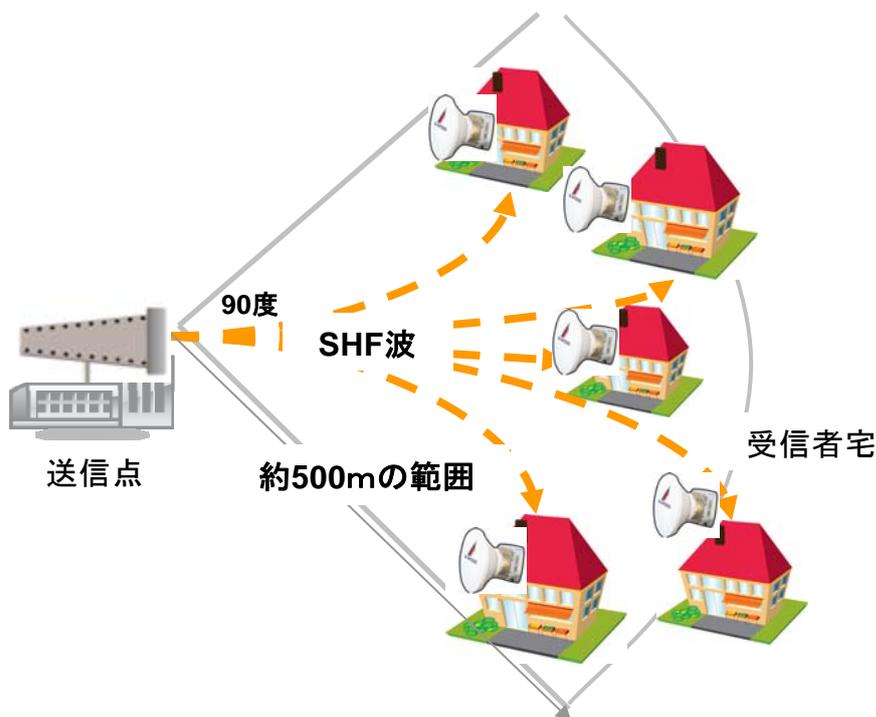
今回の実験局の出力（19mW）であれば、放送区域としては 500m 程度の距離をカバーでき、降雨減衰のマーヅンも充分確保できた。また、今回は 19GHz での実験であったが、実用化では SHF 全帯域でほぼ同等の結果になると想定され、実用上支障ないことを確認した。

今回送信アンテナとして使用したセクターアンテナは水平偏波と垂直偏波で指向特性（水平面の半値角）が異なり、エリア規模等により偏波面を選択する事により効率的にエリアをカバーする事ができる。

以上のように技術的には充分実用に耐えうる事を検証・確認できた。実用化にあたっては、送信点の確保や一般家庭における設置等を考慮すると、送信装置や受信アンテナを小型化し汎用性を高めていく必要がある。

今後は制度面での整備や難視地域に適用する場合の支援措置等が望まれるとともに、運用面や施工方法を検討していく必要がある。

今後の地上デジタル放送難視地域解消に向けて、基幹放送のサービスエリアを補完し、全国民への情報配信（安心／安全）という重要な役割のほか、SHF 帯周波数の有効活用に資するものとなるため、SHF 帯を活用した地上デジタル放送配信システムの早期運用開始に期待するものである。



資料

資料1 調査研究会規約

S H F 帯を活用した地上デジタル放送配信システムに関する調査研究会 規約

(名称)

第1条 本会は、「S H F 帯を活用した地上デジタル放送配信システムに関する調査研究会」(以下、調査研究会という。)と称する。

(目的)

第2条 調査研究会は、S H F 帯を活用した地上デジタル放送配信システムに関して、電波伝搬実験を実施し、実験結果に基づき、実用化に向けた技術的課題の検証を行うことを目的とする。

(所掌事項)

第3条 調査研究会は、次に掲げる事項を所掌する。

- 1) 実証実験の実施、運営に関する事項
- 2) 実証実験の結果の検討に関する事項
- 3) その他、目的を達成するために必要と認められる事項

(組織)

第4条 調査研究会は、別紙に掲げる委員をもって構成する。

(座長)

第5条 調査研究会に座長を置く。

- 2 座長は、委員の互選によって選出する。
- 3 座長は、調査研究会を統括する。
- 4 座長が不測の事態等により座長の職を遂行できない場合は、座長又は事務局が指名した委員が、その職務を代行する。

(調査研究会の開催)

第6条 調査研究会は、座長が必要に応じて招集し、座長が議長を務める。

- 2 審議に際し、座長が必要と認めた場合は、委員以外の者の出席を求め、説明や意見を聴取することができる。
- 3 開催期間は、第1回調査研究会から平成24年3月31日までとする。

(公開)

第7条 調査研究会(実証実験を含む)は、次の場合を除き公開する。

- 1) 調査研究会を公開することにより、当事者又は第三者の権利・利益や公共の利益を害する恐れがある場合
- 2) その他、調査研究会で非公開とすることが適当であると認めた場合

(事務局)

第8条 調査研究会の事務局は、総務省近畿総合通信局 放送部有線放送課に置く。

(その他)

第9条 調査研究会の運営に関する必要事項でこの規約に定めのないものは、委員又は事務局が調査研究会に諮って定める。

附 則

本規約は、平成23年10月26日から適用する。

資料2 構成委員名簿

(順不同、敬称略)

座長	相河 聡	兵庫県立大学大学院 工学研究科教授
委員	水谷 照一	NHK大阪放送局技術部 送受信技術 チーフエンジニア
委員	鈴木 健児	NHK大阪放送局技術部 送受信技術 デスク
委員	長井 展光	(株) 毎日放送経営戦略室 チーフ・プロデューサー
委員	王前 弘史	関西テレビ放送 (株) 放送業務局 チーフエキスパート
委員	小畑 泰寛	(株) サンテレビジョン技術局 技師長
委員	村瀬 一美	(社)日本ケーブルテレビ連盟近畿支部 技術部会 事務局長
委員	石丸 政博	(社)日本ケーブルテレビ連盟近畿支部 技術部会 委員
委員	高橋 暢彦	(社)日本CATV技術協会近畿支部 事務局
委員	西山 富朗	(株) きんでん電力社会システム部 社会システム営業チーム チームリーダー
委員	吉崎 稔	(株) NHKアイテック関西支社 神戸事業所 所長
委員	白柳 芳和	DXアンテナ (株) 開発本部 取締役本部長
委員	片山 友幸	DXアンテナ (株) 技術第2部 部長
委員	田中 正夫	総務省 近畿地域テレビ受信者支援センター センター長
委員	池下 英幸	総務省 兵庫県テレビ受信者支援センター センター長
委員	三好 伸明	近畿総合通信局 放送部有線放送課 課長
委員	田中 秀人	近畿総合通信局 放送部放送課 上席企画監理官
委員	森本 芳明	近畿総合通信局 放送部放送課 デジタル放送技術担当チーフ

(事務局) 近畿総合通信局 放送部有線放送課

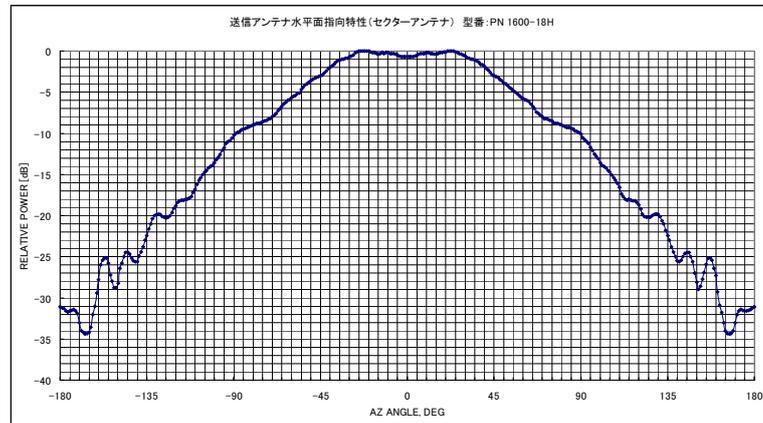
資料3 調査研究会等の開催状況

年月日	内 容
平成23年10月26日	第1回調査研究会の開催 <ul style="list-style-type: none"> ・ 座長の選出、規約について承認 ・ 実施計画及び実験計画について承認 ・ 調査研究会の内容を近畿総合通信局HPで公開することについて承認
平成23年12月14日	第2回調査研究会の開催 <ul style="list-style-type: none"> ・ 新委員の紹介 ・ 実証実験計画について ・ 承認公開実験の実施に伴う現地説明会の開催について承認
平成24年1月23日 ～1月27日	第1回実証実験の実施（実施場所：大阪府高槻市） <ul style="list-style-type: none"> ・ 公開実験の実施及び現地説明会の開催（1月27日）
平成24年2月10日	第3回調査研究会の開催 <ul style="list-style-type: none"> ・ 第1回実証実験の現地説明会及び公開実験の実施結果について確認 ・ 第1回実証実験の検証結果について確認 ・ 第2回実証実験計画について承認 ・ 第2回公開実験の実施に伴う現地説明会等の開催について承認 ・ 報告書の取りまとめ方針及び構成について承認
平成24年2月20日 ～2月27日	第2回実証実験の実施（実施場所：神戸市灘区） <ul style="list-style-type: none"> ・ 公開実験の実施及び現地説明会の開催（2月27日）
平成24年3月28日	第4回調査研究会の開催 <ul style="list-style-type: none"> ・ 報告書の承認

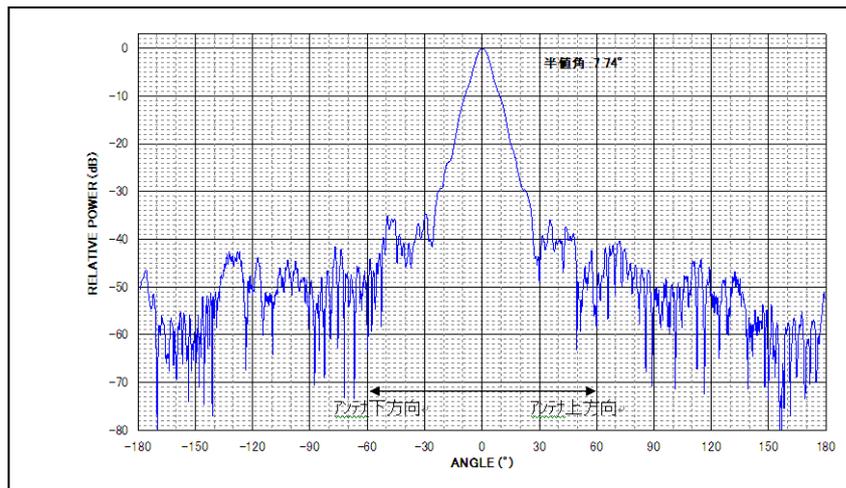
資料4 使用機器特性

19GHz 送信セクターアンテナ特性

90度セクターアンテナ指向特性 (利得: 16dBi)



(水平面特性)



(垂直面特性)

セクターアンテナとは

複数のダイポールを縦方向に並べた構造をしており、反射器を設けて水平面指向特性を得ています。このため、反射器の置き方で水平面指向特性を調整して広くでき、各ダイポールを同相で合成して垂直方向に鋭い指向特性を得る事ができます。

携帯基地局用アンテナとして利用されています。

資料5 参考文献

社団法人 日本CATV技術協会標準規格 JCTEA STD-010 1.0 デジタル有線テレビジョン
放送 OFDM 信号伝送システム測定法

社団法人 電波産業会 ARIB STD-B31 地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式

電波伝搬基礎図表（渋谷茂一著） コロナ社 1976年

平成24年3月

SHF帯を活用した地上デジタル放送
配信システムに関する調査研究会