

# ミリ波無線 TV システムの伝播性能に関する実証試験

安田 雄一\*

**要約：** 情報通信の分野では、情報の送受信に関する無線化技術の開発が広く進められている。情報量についても画像などの取扱が増え大容量となっており高周波を用いた広帯域での大容量無線伝送技術の開発が進められている。一方、Television (以下 TV) 放送では、2011 年の地上デジタル放送への移行に伴い、情報の大容量化が予定されており、また、住宅の TV 機器については薄型化の進行で配置にも自由度が増え、大容量の情報をどこにでも送信できる無線機へのニーズが高まってきている。

本研究は、無線免許の必要が無く、大容量伝送が可能なミリ波を用いた無線システムの開発を目的としており、ミリ波の伝送実験及び、共同研究先であるマスプロ電工株式会社が開発を進めてきた無線 TV 信号再送信装置を用いて TV 信号送信実験を行うものである。その結果、ミリ波が建築部材を透過しにくいことや、電気配管が特定の材質及び口径で導波管として利用可能である知見が得られた。

**キーワード：** ミリ波、無線 TV システム、導波管

- 目次：**
- |            |         |
|------------|---------|
| 1. はじめに    | 4. 試験結果 |
| 2. システムの概要 | 5. まとめ  |
| 3. 実証試験概要  |         |

## 1. はじめに

Television (以下 TV) 放送受信設備は、2011 年の地上デジタル放送への移行に伴い情報の大容量化が行われている。2003 年以降、マスプロ電工株式会社にて開発を進めてきたミリ波無線 TV システムの試作機について、社会のニーズに見合う配信システムとするため、実証試験を実施した。実証試験としては、自由空間内における建築部材による伝播性能及び、電気配管による配信システム構築のための、電気配管によるミリ波の導波性能試験を行なった。以下にシステムの概要、実験概要及び結果を報告する。

## 2. システムの概要

### 2.1 システム構成及び受信環境

検証を行うミリ波無線 TV システムのシステム構成図を図 1 に示す。また、ミリ波無線 TV システム外観写真を写真 1、ミリ波無線 TV システムの仕様を表 1 に示す。

テレビ塔から送信される Ultra High Frequency (以下 UHF) 帯の地上デジタル放送や、衛星から送信される Broadcast Satellite (以下 BS) デジタル放送は、屋外に設置した UHF アンテナやパラボラアンテナにより受信される。受信された信号は同軸ケーブルにより室内に伝送され、壁面のユニットへ供給される。通常はテレビと壁面ユニットを同軸ケーブルで接続する。一方、本システムは壁面や天井面にミリ波送信機を設置し、ミリ波送

信機と壁面ユニットを同軸ケーブルで接続することで UHF 帯、Broadcast Satellite-Intermediate Frequency (BS-IF) 信号をミリ波帯へ周波数変換し再送信する。また、テレビの近くにミリ波受信機を設置し、ミリ波帯で無線伝送されたデジタル放送波を周波数変換しテレビに接続する事で、シームレスな TV 受信環境が得られる。

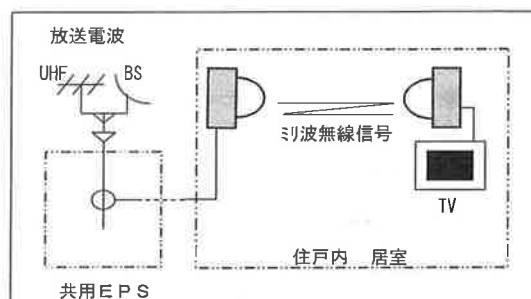


図 1 ミリ波無線 TV システム構成図

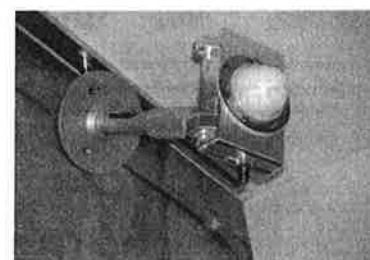


写真 1 ミリ波無線 TV システム外観写真

\*設備部 エンジニアリンググループ

表1 ミリ波無線TVシステムの仕様

	仕様	
	送信機	受信機
入力周波数	470~2,100MHz	59.39~61.49GHz
出力周波数	59.39~61.49GHz	470~2,100MHz
出力レベル	+10dBm	-50~-20dBm
周波数偏差	±500×10 <sup>-6</sup>	
占有周波数幅	2.5GHz以下	—
電源電圧	9.5~16.5V	
消費電流	6W以下 DC15V	4W以下 DC15V

2.2 ミリ波システムの特徴

ミリ波とは、30~300GHzの周波数を持つ電磁波で、これは1波長が10mm(30GHz)~1mm(300GHz)であることから「ミリ波」と呼ばれている。ミリ波を利用したシステムの特徴を下の①~③に記す。

- ①超広帯域伝送；占有周波数幅が最大2.5GHzあるため、地上デジタル放送、BSデジタル放送及び110°CSデジタル放送を同時に無線伝送できる。
- ②無線免許が不要；社団法人電波産業会（Association of Radio Industries and Businesses：ARIB）に準拠した60GHz帯の特定小電力を使用しており、無線免許は必要無い。
- ③優れた周波数安定度；高周波局部発振回路の周波数変動は、パイロット信号を使用し補正しているため、安定した映像信号の再送信ができる。

3. 実証試験概要

3.1 試験(1) 伝播性能試験

図2に示す要素試験装置で、送受信間の自由空間及び表2の建築部材を間に入れた場合の伝播性能要素試験を実施した。Port1のソースモジュールからミリ波を放射しベクトルネットワークアナライザにて利得を測定した。各要素試験では利得25dBiのホーンアンテナを接続した。ホーンアンテナ間隔は300mmとし中心に建築部材(1000mm×1000mm厚さ12mm)を設置した。

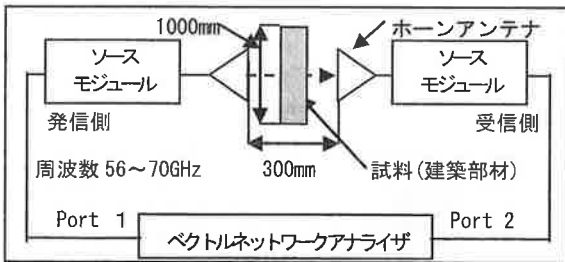


図2 試験(1) 伝播試験性能試験装置

表2 建築部材試料一覧表

試料	厚み(mm)	下地	仕上
①	12	石膏ボード	エマルジョンペイント
②	12	石膏ボード	ビニルクロス

3.2 試験(2) 電気配管の導波性能試験

前述の伝送システムを実現させる為、ある閉空間においてのミリ波帯無線信号に与える干渉や、遮蔽の影響を防ぐ伝送配管等が必要である。市販されている導波管を利用すると、干渉や遮蔽の影響を最小限で抑えることができるが、コストが高い。そこで、電気設備工事で利用される配管部材についての要素試験を行い、導波性能を確認した。

図3、4の要素試験装置で、表3の電気配管試料を使用し、ミリ波帯の導波管としての導波性能試験を実施した。

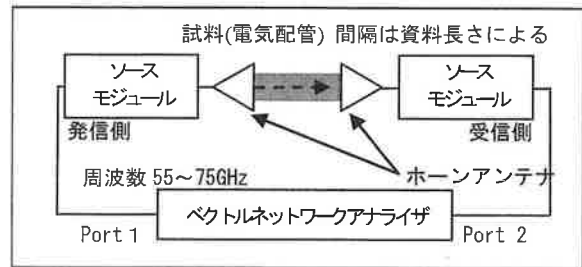


図3 試験(2) 導波性能試験装置

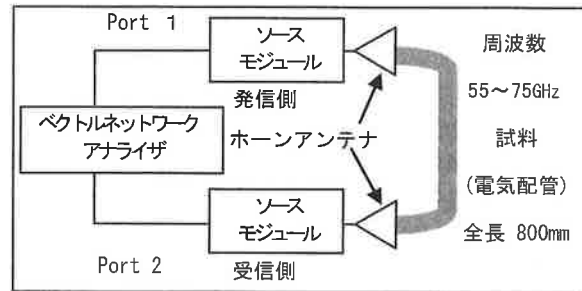


図4 試験(2) 曲げ配管の導波性能試験装置

表3 電気配管試料一覧

試料	配管種別	管長(mm)	管径(mm)
①	薄鋼電線管	100~1,000	φ19,25
②	金属製可とう管	800	φ11,15,17,25
③	ニップル管+試料①	65+800	φ19,25
④	試料①~③180°加工	800	φ19,25

3.3 試験(3) 配管システムの映像伝送試験

ミリ波伝送部材として、薄鋼電線管を選び組立て、円錐ホーンアンテナを取り付けた配管システムと付帯装置を図5のように設置し、ミリ波無線信号による映像の伝送確認を実施した。

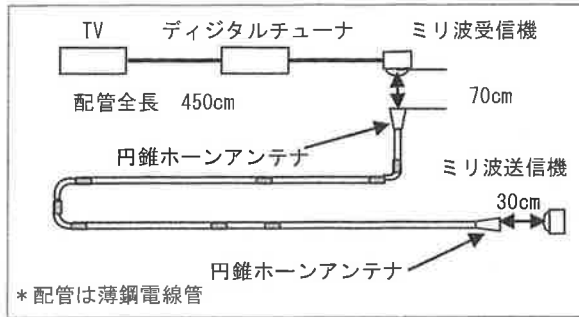


図5 配管システムの映像伝送試験装置

4. 試験結果

4.1 結果(1) 伝播性能試験

自由空間及び建築部材の各試料についての試験結果を図6に示す。自由空間を伝送するのに比べ各試料共、約2~6dB 伝送ロスが多くなる事が知見できた。

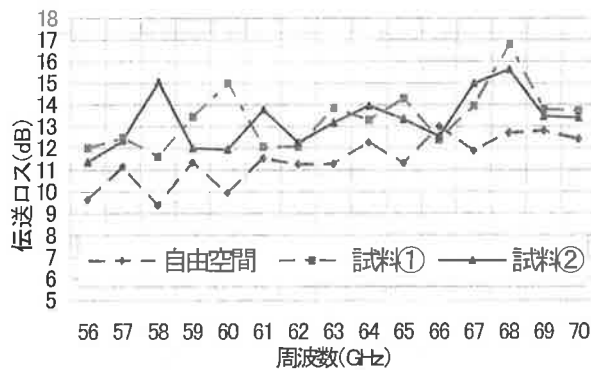


図6 試験(1)各試料の伝播性能試験結果

4.2 結果(2) 電気配管の導波性能試験

電気設備工事で一般に利用される電気配管である薄鋼電線管(試料①)内にミリ波信号を伝送した場合の導波性能試験結果を図7に示す。試験結果から、試料①の薄鋼電線管内にミリ波信号を伝送する方が、自由空間を無線伝送するより、伝送ロスが約7~15dB程度少なくなる事がわかった。

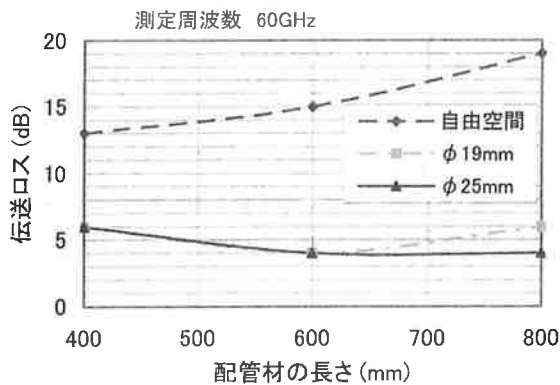


図7 試験(2)試料①の導波性能試験結果

また、直管である薄鋼電線管(試料①)の中心を45°、90°に曲げた時の導波性能試験結果を図8に示す。試験結果から、薄鋼電線管の曲げ角度の違いによる伝送ロスの変化が少ない事がわかった。

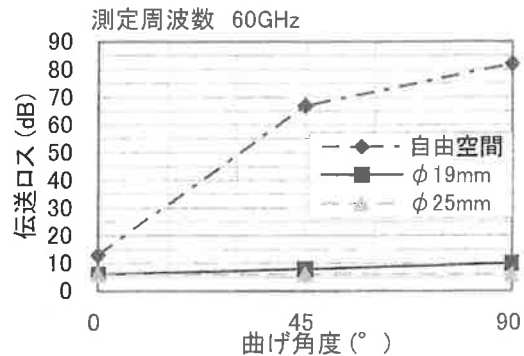


図8 試験(2)試料①の曲げ角度による試験結果

次に金属製可とう管(試料②)内にミリ波信号を伝送した場合の導波性能試験の結果を表4に示す。試験結果から、金属製可とう管の伝送ロスは、試料①の薄鋼電線管より多く、直管での伝送ロスは、24~39dBである事がわかった。自由空間の伝送ロスが曲げ角度で違いがあるのは、ホーンアンテナ間に配管を挿入せずに測定するため、角度による伝送ロスを示している。

表4 試験(2) 試料②の導波性能試験結果

配管径 (mm)	測定周波数 60GHz			
	伝送ロス			
	曲げ角度 0°		曲げ角度 45°	
	自由空間	管内	自由空間	管内
φ 11	61dB	29dB	56dB	40dB
φ 15	63dB	24dB	61dB	28dB
φ 17	70dB	39dB	55dB	42dB
φ 25	66dB	39dB	58dB	54dB
配管径 (mm)	伝送ロス			
	曲げ角度 90°		曲げ角度 180°	
	自由空間	管内	自由空間	管内
φ 11	58dB	26dB	77dB	27dB
φ 15	56dB	30dB	72dB	26dB
φ 17	58dB	60dB	77dB	54dB
φ 25	61dB	44dB	71dB	42dB

電気配管は、ニップル管を接続部材として利用する。伝送ロスの少ない薄鋼電線管とニップル管を接続した配管(試料③)の導波性能試験の結果を図9に示す。試験結果から、ニップル内において配管と配管の接合間隔が30mm以下の場合、伝送ロスが約8dB以下であることが知見できた。また、電気配管の接合間隔は、短い方が比較的伝送ロスが少なくなり、接続部材を使用する際には、接続配管同士の間隔を少なくしたほうが良いことが知見できた。

薄鋼電線管と金属製可とう管の任意の2カ所を90°曲げ、曲がりを180°とした場合では、表5より薄鋼電線管のほうが金属製可とう管に比べ伝送ロスが少ないことが知見できた。

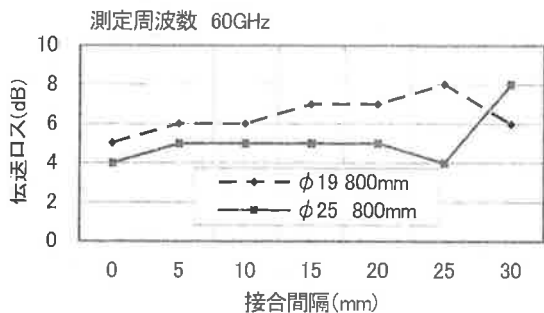


図9 試験(2)試料③の導波性能試験結果

表5 試験(2) 試料④の導波性能試験結果  
測定周波数 60GHz

配管材の径(mm)	伝送ロス(dB)
試料① φ19	10
試料① φ25	10
試料② φ11	29
試料② φ15	27
試料② φ17	42
試料② φ25	32

#### 4.3 結果(3) 配管システムの映像試験結果

図5に示した配管システム(全長450cmの経路)に円錐ホーンを取り付け、地上波デジタル放送、BSデジタル放送、110° Communication Satellite (以下CS)デジタル放送のミリ波無線信号を再送信し、映像確認を行

#### 謝辞

本論文は、マスプロ電工株式会社との共同研究の一部をまとめたものである。論文をまとめるにあたり、ご協力をいただいたマスプロ電工株式会社 開発部 武田政宗氏及び小林武史氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 岡田文明：マイクロ波工学，礪山海堂，2004年

## THE REPORT OF PROPAGATION PERFORMANCE INVESTIGATION FOR WIRELESS TV SYSTEM IN MILLIMETER WAVE

Y.Yasuda

Television (TV) broadcasting is scheduled to replace digital broadcast in 2011. Also, various transmission systems of TV signal are developed. This report is a result of the transmission experiment by using the wireless TV system on millimeter wave that Maspro Denkoh Corp. developed in 2003.

The following are the results.

- The millimeter wave attenuates from 2 to 6dB by the interior finish material
- Electric piping change to a waveguide by a specific material and the caliber.
- TV signal modulated by the millimeter wave can be transmitted for electric piping.

った。

その結果、地上デジタル放送7チャンネル、BSデジタル放送9チャンネル、110°CSデジタル放送12チャンネルの全チャンネルにおいて、ミリ波無線信号の受信後にノイズのない映像を確認できた。表6に映像試験結果を示す。

表6 試験(3) 配管システム映像試験結果

	チャンネル数	映像確認	ノイズ
地上デジタル放送	7	○	なし
BSデジタル放送	9	○	なし
110°CSデジタル放送	12	○	なし

これより、配管システムを使用すれば、自由空間での伝送と比べ、伝送ロスの少ないミリ波帯信号の映像伝送が可能である事がわかった。

#### 5. まとめ

ミリ波の無線TVシステムの各種実証試験を行ない、下記の知見を得た。

- ①建築部材については、プラスターボード1枚については2~6dBの伝送ロスがある。
- ②電気配管について、特定の材質及び口径の管材であれば、ミリ波帯信号の導波管として利用が可能である。
- ③特定の配管形状に加工して使用すれば、ミリ波無線信号による映像の伝送が可能である。

今回の実証試験では、建築部材と電気配管においてミリ波の伝送特性のみとなったが、今後は配管システムの実用化に向けての検討を行う予定である。