

# 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送 の効率的な送信システムに関する調査検討報告書 ～ 概要版 ～

平成25年3月

【座長】 東海大学 生物理工学部生体機能科学科 特任教授 上瀧 實

# 調査検討の概要

## 調査検討の目的

緊急時や災害時などにおける地下街等の閉鎖空間での情報提供ツールとしても有効であると考えられている携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)に関し、同空間における良好な受信環境確保のために必要な送信システムの技術的条件に関する調査検討を行う。

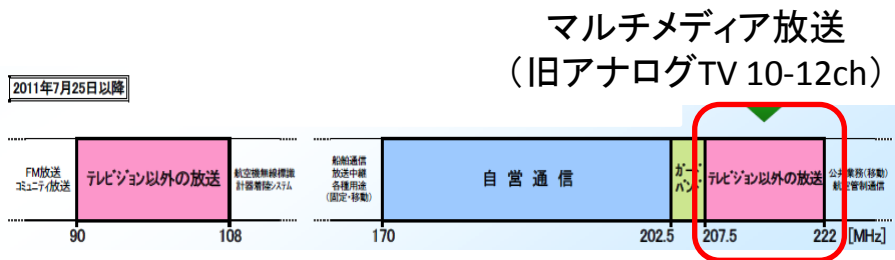
## 調査検討項目

- (1) 地下街等の閉鎖空間における携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)の電波伝搬特性
  - ① VHF-High帯の電波伝搬特性
  - ② 地下街特有の閉鎖的環境の電波伝搬特性(特徴的な空間での伝搬調査)
- (2) 地下街等の閉鎖空間における携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)の送信システム
  - ① 効率的な送信設備及び送信方法
  - ② 干渉検討及び干渉回避手法
  - ③ 施工方法
  - ④ 地下街等の高雑音環境における受信機特性

# 携帯端末向けマルチメディア放送

## 携帯端末向けマルチメディア放送とは

平成23年7月のアナログテレビ放送終了に伴い、VHF帯跡地の高い周波数帯(207.5-222MHz)を使い、主に移動体端末向けにサービスを行う新しい放送メディアである。



## 携帯端末向けマルチメディア放送の特徴

### ① スマートフォン向け放送局の2つの放送スタイル

- ・リアルタイム型放送
- ・蓄積型放送

#### ①リアルタイム型放送

■従来のTVのように放送を受信しながらライブ映像が視聴できる。

気になる情報をリアルタイムに

コンサート  
ニュース  
スポーツ

#### ②蓄積型放送

■従来の放送と異なり、映像ファイル等を一旦蓄積し視聴できる。

さまざまなコンテンツ  
・レコメンドも

ケータイ内に自動蓄積

いつでも好きなときに利用

新聞  
音楽  
小説  
チケット  
映画

### ② ハードウェア事業とソフトウェア事業の分離

- ・ハードウェア事業者  
・・・(株)ジャパン・モバイルキャスティング
- ・ソフトウェア事業者・・・(株)mmbi

### ③ 災害に対する取り組み

- ・緊急警報放送、緊急地震速報、蓄積放送

# 地下街等の閉鎖空間における情報伝達

## 地下街等の閉鎖空間における情報伝達の現状

### (1) 放送分野

AMラジオ、FMラジオ、地上デジタル放送の整備事例

	導入事例
AMラジオ	・一部の地下街で導入されている(八重洲地下街ほか) ・一部の地下鉄で導入されている(都営大江戸線ほか) ・その他道路トンネルなどにも導入されている
FMラジオ	・一部の地下街で導入されている(八重洲地下街ほか) ・その他道路トンネルなどにも導入されている
地上デジタル放送	・一部の地下街で導入されている(八重洲地下街ほか)
マルチメディア放送	・導入事例なし

### (2) 通信分野

電波遮へい対策事業等による整備実績

	整備箇所数	整備率
地下駅	658	100%
地下街	79	98.80%
高速道路	482	93.20%
直轄国道	232	87.90%
一般有料道路	86	97.70%

## 地下街等の閉鎖空間における情報伝達の課題

- 閉鎖空間における情報伝達について、放送分野の整備は非常に少ないが、通信分野の整備は、100%近くの整備率である。
- 放送分野の整備が進まない背景には、次のことが考えられる。
  - ①技術的な課題
  - ②整備主体や整備費負担の所在など
- 地下街等の閉鎖空間における放送・通信分野以外の情報伝達手段としては、館内放送や係員等による人的伝達や誘導(拡声器や誘導灯の活用)などがあるが、迅速な情報伝達などいくつかの課題がある。

# 実証試験(1) 実施期間・場所

## 実施期間

- 机上検討・ラボ試験 : 平成24年9月10日から平成24年12月23日まで
- フィールド試験 : 平成24年12月11日から平成25年2月5日まで

## 実施場所

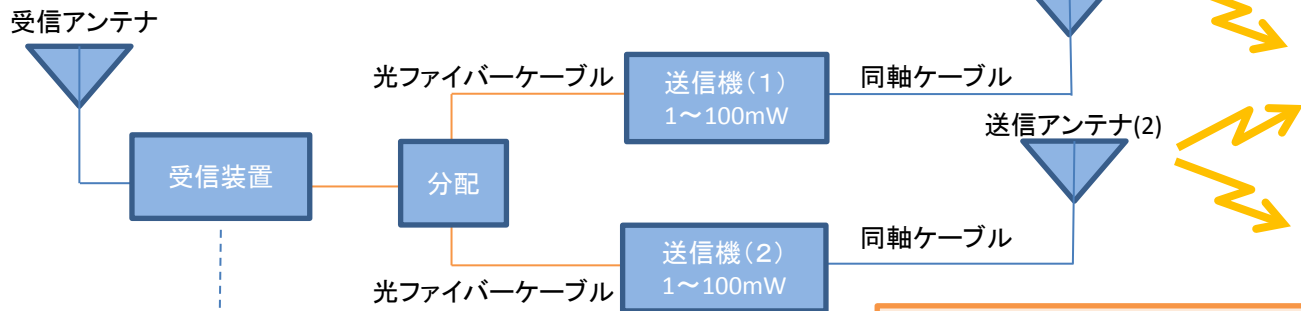
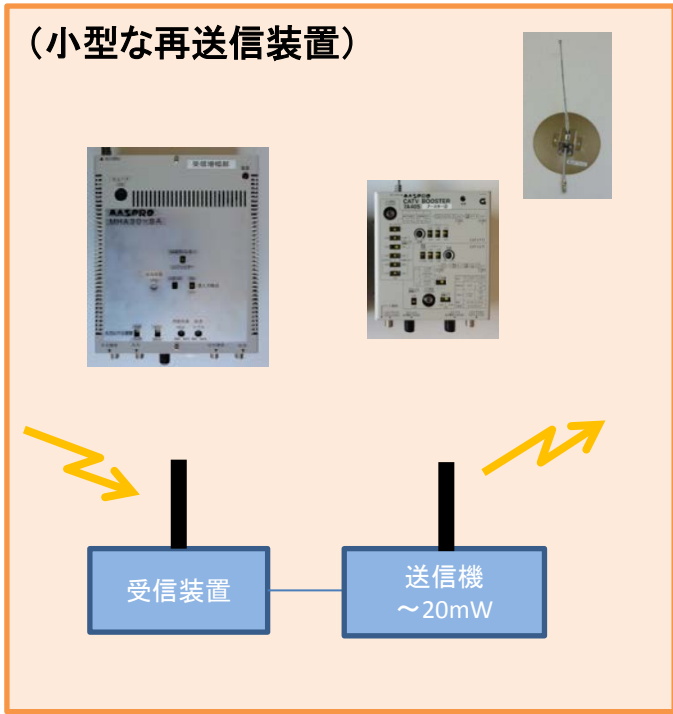
- 机上検討・ラボ試験 : 東京都渋谷区神南1-4-1 (株)NHKアイテック本社  
北海道札幌市白石区東札幌6条4丁目1-11 (株)NHKアイテック北海道支社
- フィールド試験 : 札幌市 さっぽろ地下街オーロラタウン



312m

# 実証試験(2) システム構成

## システム構成



# 実証試験(3) 試験内容①

## (1) 地下街等の閉鎖空間における携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)の電波伝搬特性

### ①VHF-High帯の電波伝搬特性

地下街の一般的な見通しの良い通路において、携帯端末を視聴する標準的な受信高(1m、1.5m)での電波伝搬特性の検討・検証を行う。

- 送信アンテナが設置可能な送信高(2~4m程度)から送信(10mW、100mW)
- 受信高1m、1.5mの電波伝搬距離特性を調査
- 電波伝搬距離特性の評価は、電界強度で判定(1/13/33のそれぞれのセグメント電力)
- 送信偏波面特性(水平/垂直)及び受信偏波面特性(水平/垂直)



### ②地下街特有の閉鎖的環境の電波伝搬特性

地下街の特徴的な空間において、①と同様に電波伝搬特性の検討・検証を行う。

- 開口面積が広い通路及び狭い通路
- 通路と通路が交わる交差点
- 通路から地上階に抜ける分岐路(出口など)
- 天井、壁、床面の材質の違い(コンクリート、金属)



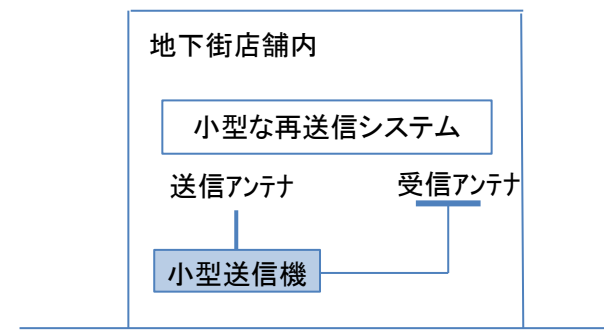
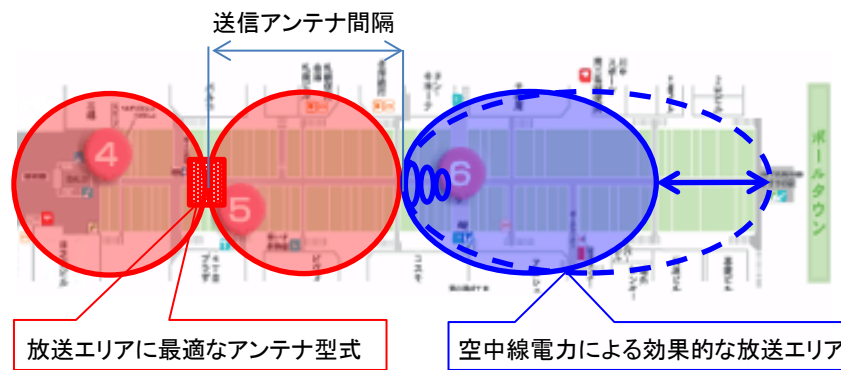
# 実証試験(3) 試験内容②

## (2) 地下街等の閉鎖空間における携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)の送信システム

### ① 効率的な送信設備及び送信方法

地下街特有の環境に応じた送信システムの検討を行うとともに、電波伝搬特性の調査結果を考慮した空中線電力、アンテナ型式及びアンテナの設置間隔の検討・検証を行う。併せて、小型な再送信システムの効果的な設置方法についても検討を行う。

- 送信条件(送信機の空中線電力(10mW、100mW)、アンテナ型式、アンテナ指向性、送信偏波面(水平/垂直))
- 送信設備の設置条件(送信機の設置場所)
- 2以上の複数アンテナを設置する際に、干渉なく受信できるアンテナ間隔(数十～数百メートル)を求める(受信高1.5m)
- 小型な再送信システムの効果的な設置方法や技術条件について検討(設置方法、受信電界、送/受回り込み)
- 電波伝搬特性の評価は、電界強度(13/33のそれぞれのセグメント電力)、MER、遅延プロファイルで判定





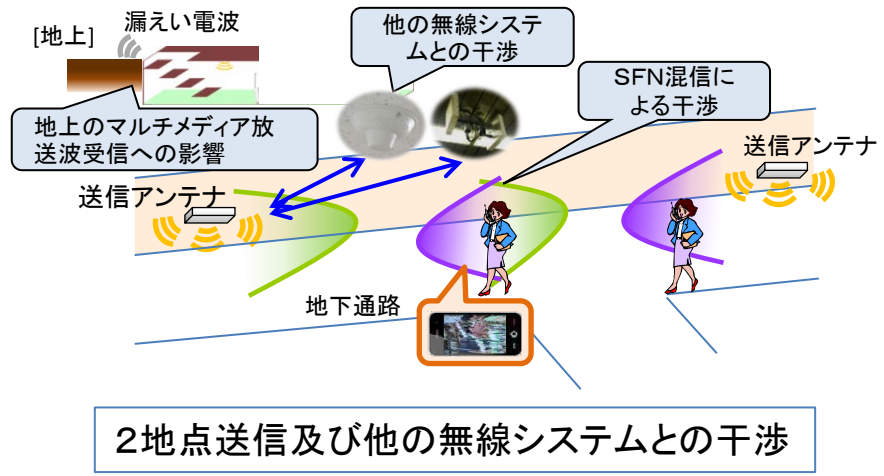
# 実証試験(3) 試験内容③

## (2) 地下街等の閉鎖空間における携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)の送信システム

### ② 2地点送信における干渉検討及び干渉回避手法

地下街で複数アンテナから送信をすることにより発生する相互間の電波干渉や他の無線システムとの干渉を検証するとともに、その干渉を軽減する手法について検討・検証を行う。

- 2地点送信の相互干渉(SFN混信、マルチパス受信障害)
- 地上のマルチメディア放送波受信への影響
- 他の無線システムとの干渉(与干渉、被干渉)
- 電波伝搬特性の評価は、電界強度(33セグメント電力)、MER、遅延プロファイル、視聴確認で判定
- 干渉回避手法(送信偏波面の調整、アンテナ指向特性、その他)



# 実証試験(3) 試験内容④

## (2) 地下街等の閉鎖空間における携帯端末向けマルチメディア放送(VHF-High帯)の送信システム

### ③ 施工方法

地下街の形状に合わせた施工方法や安全性等について検討・検証を行う。

- 設備設置の確実性、安全性
- 施工方法の課題(既存施設や設備内での施工、設置コストほか)
- 電波防護規定への準拠 等



深夜作業による施工



運用中でのメンテナンス

### ④ 地下街等の高雑音環境における受信機特性

地下街には雑音となる機器が配置されており、地上に比べ高雑音環境にあるため、地下街における主な雑音源から放射される雑音信号強度の調査を行うとともに、高雑音環境における受信機特性の検討・検証を行う。

- 地下街における主な雑音源(IT機器、OA機器、電子看板(ネオン含む)、照明(特にLED)、自動販売機、自動ドア、各種センサー等)
- 雑音源から1.5m、3m、5m離れた地点における雑音状況(雑音周波数、雑音レベル及び雑音周期等)を測定。
- 雑音源の影響による受信劣化の視聴検証、信号劣化の測定(MER、帯域内周波数特性)



# 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送の効率的な送信システムの整備に向けて(1)

## (1) 地下街等の閉鎖空間における送信システムの技術的条件

地下街において、VHF帯を使用する携帯端末向けマルチメディア放送の効率的な送信システムについて検証を行った結果を、次のとおりまとめた。

### ➤ 電波伝搬特性

- ・地下街等の電波閉鎖空間では、電波伝搬損失が非常に大きく伝搬がし難い特性であることがわかった。
- ・電界強度のシミュレーションをすることが難しいが、今回の試験で送信電力と伝搬距離について、目安となる距離がわかった。
- ・地下街の形状や環境に応じて、送信出力、空中線、アンテナ配置を設計する必要がある。

偏波面とセグメントによる伝搬距離 (出力100mW, 受信高1.5m, 送信高3m)

セグメント	水平偏波		垂直偏波		所要電界強度 (受信高1.5m) [dB μV/m]
	連続測定 [m]	定点測定※ [m]	連続測定 [m]	定点測定※ [m]	
33セグメント	93	90	65	57	62
13セグメント	82	74	62	60	58
1セグメント	72	72	63	55	47

※ 定点測定の距離は、10m間隔で測定した結果をもとに直線補間から引用。

電力の違いによる伝搬距離 (垂直偏波, 受信高1.5m)

空中線電力 (33セグメント) [mW]	送信高1.5m [m]	送信高2m [m]
0.01	14	19
0.05	20	21
0.1	21	23
0.5	39	38
1	45	43
10	50	50
20	55	58

### ➤ 送信アンテナと送信偏波

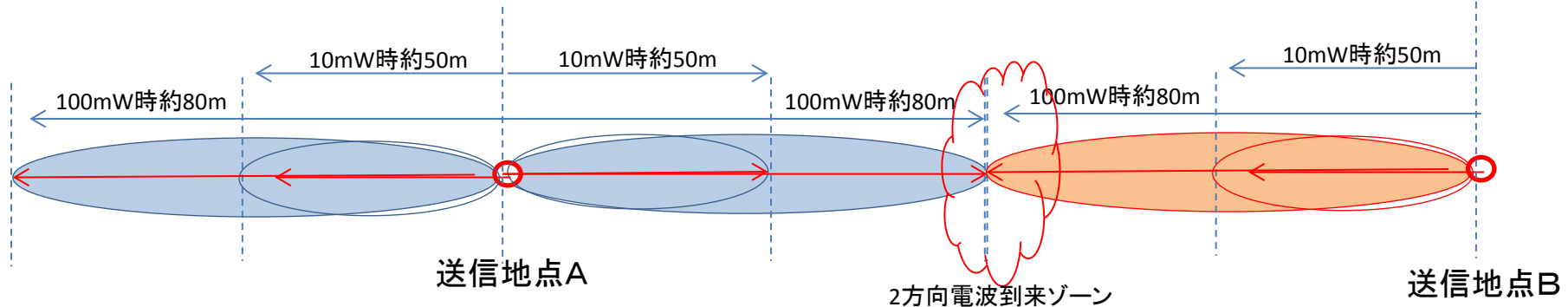
- ・天井面に設置することを考慮し、天井や周囲環境の影響を受けずに放送エリアが確保できること。
- ・設置場所や指向特性を工夫することが望ましい。(水平面無指向性、垂直面有指向性(30~45度等))
- ・送信偏波については、受信端末の特性を考慮すると垂直偏波が有利。

# 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送の効率的な送信システムの整備に向けて(2)

## (1) 地下街等の閉鎖空間における送信システムの技術的条件

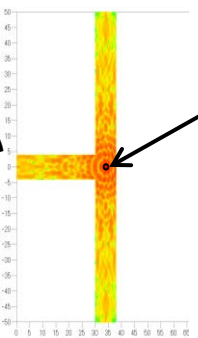
### アンテナ間隔とSFN混信

- ・地下街全体を放送エリアにするためには、複数地点からのきめ細かく送信し、受信不能地帯を低減できる。
- ・障害物の少ない交差点付近を中心に送信することが効率が良い。
- ・送信電力100mWで33セグメント出力の場合、半径約80mまで放送エリアが確保できる。
- ・2地点送信する場合には160m地点間隔で整備するとSFN混信もなくシームレス受信が可能。
- ・地上電波との干渉については、地上送信地点が約76km以遠から到来する環境の場合に注意が必要。この場合は、信号強度比を24.8dB以上確保することでSFN混信は発生しない。

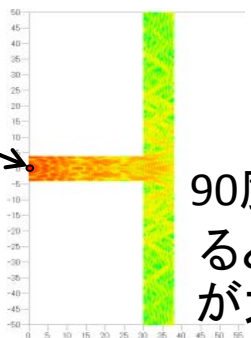


SFN混信の条件になれば干渉しない

望ましい



送信アンテナ



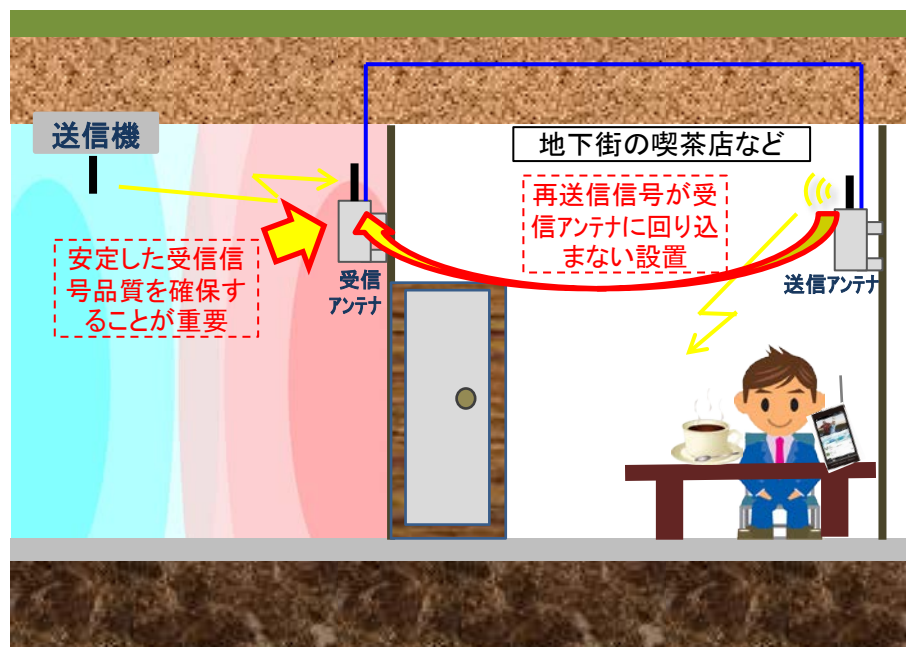
90度曲がると減衰が大きい

# 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送の効率的な送信システムの整備に向けて(3)

## (1) 地下街等の閉鎖空間における送信システムの技術的条件

### ▶ 小型な再送信システム

- ・極微小な出力(0.1mW~20mW)で、半径10m程度の地下街の喫茶店の奥まった座席など、狭小なエリアの受信改善可能。
- ・安定した受信信号品質を確保し、再送信することが受信改善が有効となる。
- ・送信アンテナからの電波が、受信アンテナに回り込むと発振障害を起するが、発振対策としては、次の3点が考えられる。
  - ◆送信アンテナと受信アンテナの結合度を低減させるよう、①相互間の距離を離す、②指向性アンテナを使用する、③回り込まないよう遮へい効果を得られる工夫を施す。
  - ◆送信電力を低減し、回り込み量を低減させる。※なお、この場合、受信改善エリアが狭くなる。



### 安定した受信信号品質

- ◆電界強度 60dB $\mu$ V/m以上
- ◆MER 20dB以上

# 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送の効率的な送信システムの整備に向けて(4)

## (1) 地下街等の閉鎖空間における送信システムの技術的条件

### ➤ 設備整備と法的規制

・施設管理者の指示(美観等)や関係法令を遵守し整備する必要がある。

◆ 建築基準法関係法令

◆ 消防法関係法令

◆ 道路交通法関係法令

◆ 公園法関係法令

◆ 電波法関係法令

◆ 有線電気通信法関係法令等

・地下街環境に適用する設備施工対策が必要。(温度、湿度、粉じん等、難燃)

### ➤ 受信機特性

・現在市販されている11機種で評価を行ったところ、受信機の個体差によるバラツキがある。

・回線設計を行う上では受信機の個体差によるバラツキに留意が必要である。

・情報通信審議会の一部答申による回線設計例の所要電界強度(58dB  $\mu$  V/m@13セグメント)以上あれば、ほとんどの受信機で受信可能。

### ➤ 雑音レベル

・地下街環境は高雑音空間となっており、電子機器等の影響により受信障害が生じないように確認が必要。  
(特にLED照明の雑音など)

## 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送の効率的な送信システムの整備に向けて(5)

### (2) 地下街等における携帯端末向けマルチメディア放送の導入に向けて

今回の検討結果から、技術的条件を検討する上で次の事項が明らかになった。

- ◆ 地下街空間におけるVHF帯の電波伝搬については、天井、床、壁面等の狭い空間で反射を繰り返しながら複雑に伝搬するため、伝搬損失が非常に大きく、伝搬特性が悪い。また、地上のように電波伝搬に必要な空間を遮るものがなく電波が損失なく伝搬するのに比べ、地下空間は天井、床、壁面により電波伝搬に必要な空間が遮られることから電波伝搬損失が生じる。そのため地下空間の開口面積が狭ければ狭いほど電波を遮る空間が大きくなるため電波伝搬損失が大きくなり電波伝搬特性は不利となる。
- ◆ 地下街空間は、案内表示板や垂れ壁など複数の障害物があり、更に歩行者などの影響により、電界強度は瞬時変動しているため、シミュレーションにて電界分布を近似させるには課題がある。なお、本実証試験により、空中線電力100mW/33セグメントで送信した場合、半径約80m程度の放送エリアが確保可能で、広い範囲をカバーするためには、送信地点(100mW/13セグメントで送信)を160m程度の間隔で整備することにより、必要電界強度(58dB  $\mu$  V/m)を確保できるという、電波伝搬の特徴については概ね確認ができた。
- ◆ SFN混信については、混信となる技術的条件に至らなければ地下街空間において障害とならない。また、空中線電力100mW程度であれば、地下街と地上との干渉もなく運用できる。
- ◆ 地下街等の電波閉鎖空間で電波送信する場合は、電波伝搬特性を考慮し極微小電力で複数箇所から送信することで、受信不能エリア作らず、きめ細かく効率良い送信が可能になる。
- ◆ 小型な再送信システムでは、安定した受信信号品質を装置に供給することで狭小なエリアを受信改善ことができる。(このほか、送/受の回り込みを抑制する措置が必要である)
- ◆ アンテナ配置については、送信するアンテナ位置を電波伝搬特性が有利となる地点(例えば、交差点や障害物が少ない環境等)にすることで、安定した送信が可能になる。

## <参考>

### 用語解説

- ・MER: Modulation Error Ratio(変調誤差比)  
コンスタレーションの理想的なシンボル位置から受信シンボルまでのベクトル量の比をデシベルで表したもの。この値が大きいほど、受信した信号品質が良い。
- ・SFN混信: SFN(Single Frequency Network :単一周波数ネットワーク)は、中継局電波の周波数を親局電波の周波数と同一の周波数を使用したネットワーク。SFN混信とは、複数地点から同一周波数で送信された電波が、ある地点において時間差と信号強度差の関係で、受信機で正常に受信できない受信状態のこと。
- ・シームレス受信: 移動の際、違和感なく(電波が途切れることなく)スムーズに受信する電波を切り替えられる受信状態のこと。
- ・遅延プロファイル: デジタル放送の受信信号に含まれる遅延波(マルチパス波)の状態を分析したもの。遅延プロファイルの測定結果は、横軸が基本波に対する遅れ時間、縦軸が信号の強さとしてグラフ表示され、遅延波の強さは、直接波の強さに対するDU比(希望波と不要波の比)で表される。