

# ローカル5G導入手引書 (技術編)

## 留意事項

### ①中継器関係

中継局等は、情報通信審議会 新世代モバイル通信委員会 技術検討作業班において実用化の検討中であり、令和5年3月時点においては、実験以外の実用局としては免許を受けることができない点に留意が必要。

### ②反射板(+RIS\*) 関係

反射板等については、ローカル5Gのみならず、全国5G等でも実験的に活用が検討されているが、令和5年3月時点では、その特殊性から、当該利用は実験目的のみ限定されていることに留意が必要。

\*RIS:Reconfigurable Intelligent Surface

# テーマⅡ 実証結果の活用（エリア構築の柔軟化施策のまとめ）

ローカル5G導入を検討する方々に対して、「エリア構築の柔軟性向上」に資する知見を提供するため、技術実証の成果を基に、エリア構築の課題の解決手法としてエリア構築の柔軟化施策を纏めた資料を作成する。

〔概要〕令和3年度の技術実証にて得られた電波反射板の活用情報に加え、令和4年度の技術実証にて得られる予定の電波反射板、中継器（リピーター等）及び分散型アンテナシステム(Distributed Antenna System :DAS)の活用情報を追加する。また、一般的環境に加え道路・鉄道のような特殊環境（線状）におけるエリア構築の柔軟性向上として、漏洩同軸ケーブル（LCX）を含めた活用情報を記載する。

## 目次

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>1. エリア設計概要<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 エリア設計の重要性<ul style="list-style-type: none"><li>1) 業務区域の確保と十分な電波の確保</li><li>2) 他者土地への電波漏洩の防止</li><li>3) ローカル5Gの免許申請</li></ul></li><li>1.2 電波伝搬計算式<ul style="list-style-type: none"><li>1) 自由空間損失計算</li><li>2) 拡張秦式</li><li>3) ITU-R P.1411</li><li>4) カバーエリア及び調整対象区域の算出式ならびに補正值</li></ul></li><li>1.3 電波伝搬シミュレーションツールの紹介</li><li>1.4 電波伝搬環境の紹介<ul style="list-style-type: none"><li>1) 市街地、郊外地、開放地、屋内、半屋内</li><li>2) 特殊環境（線状空間）</li></ul></li></ul></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>2. エリア構築の課題<ul style="list-style-type: none"><li>2.1 課題の実例</li><li>2.2 課題を把握する方法及び課題解決の方策検討</li></ul></li><li>3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）<ul style="list-style-type: none"><li>3.1 設備等を用いた課題解決の方策</li><li>3.2 活用設備の諸元・特性及び相互比較（課題解決の有効性、経済性）</li></ul></li><li>4. エリア設計手法のモデル化<ul style="list-style-type: none"><li>4.1 エリア設計手法のモデル化（概要）</li><li>4.2 エリア設計手法（設計段階毎及び活用設備毎）</li></ul></li><li>5. エリア構築の柔軟化事例</li><li>6. 補足資料</li></ul> |
|--|---|

# 1. エリア設計概要 1.1 エリア設計の重要性

無線で安定した通信を可能とするためには、電波の品質の把握と維持が必要である。  
また、他の無線システムと干渉し回線品質が規定値以下とならないよう干渉条件が規定されている。  
この干渉条件を満たすためにもエリア設計が重要である。  
下記にエリア設計の目的及び実施内容を示す。

目的	実施内容
1)業務区域の確保と十分な電波の確保	<ul style="list-style-type: none"><li>・業務区域の広さをどこまでカバーできるか確認する。</li><li>・業務区域における電波の受信電力値を確認しサービスレベルの確保を図る。</li></ul>
2)他者土地への電波漏洩の防止	<ul style="list-style-type: none"><li>・設置する無線設備からの電波が他者土地へ漏洩しないようにエリア端、調整対象区域端を確認する。</li><li>・エリア設計にて電波が他者土地へ漏洩する場合、無線設備の送信電力を下げる、アンテナ高を下げる、アンテナチルト角を調整するなど方策を織り込み設計を見直す。</li></ul>
3)ローカル5Gの免許申請	地図上に次に掲げる事項を記した資料が必要 <ul style="list-style-type: none"><li>・自己土地の範囲 ・基地局の設置場所 ・カバーエリア ・調整対象区域 ・業務区域</li></ul> これら自己土地の範囲等のイメージ図を次ページに示す。

# 1. エリア設計概要 1.1 エリア設計の重要性

## 用語の説明

業務区域、カバーエリア、調整対象区域  
自己土地、他者土地

\* 電波法関係審査基準（平成13年1月6日総務省訓令第67号）別紙(16)-1に記載された内容「カバーエリア及び調整対象区域の算出法」の受信電力値

他のローカル5G無線局との間で干渉調整の要否を判断する区域:

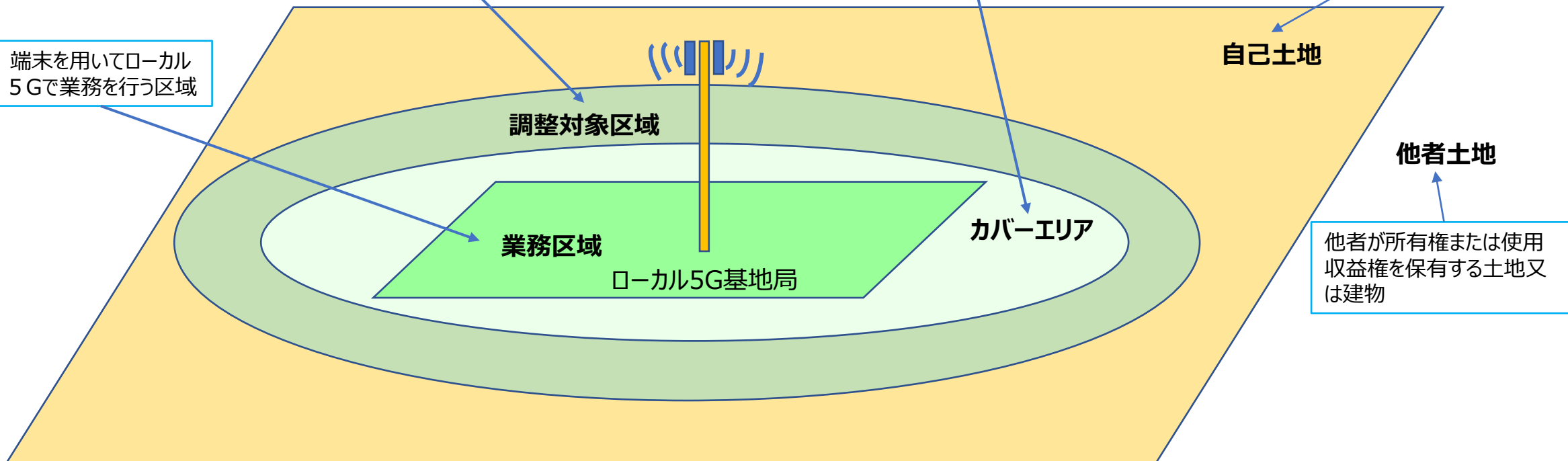
例 4.6~4.9GHz 100MHz幅の場合  
受信電力値\*  $-91.0\text{dBm}$

基地局と端末との間の通信を行う事が可能な区域:

例 4.6~4.9GHz 100MHz幅の場合、  
受信電力値\*  $-84.6\text{dBm}$

所有権または使用収益権を有する者が保有する土地又は建物

端末を用いてローカル5Gで業務を行う区域



他者が所有権または使用収益権を保有する土地又は建物

# 1. エリア設計概要 1.2 電波伝搬計算式

---

電波伝搬（電波がどこまで到達するか）に関しては、一般的には電波の輻射電力が大きい場合遠くまで到達し、輻射電力が小さい場合到達距離は短くなる。

しかしながら基地局と移動局（端末）間の伝搬環境も大きく影響を及ぼす。  
例えば基地局と移動局間が見通しの良い環境(LOS : Line of Sight)では電波伝搬の阻害要因が少ないため受信電力への影響も少ない。

基地局と移動局間に建物や樹木が存在する場合、見通しの悪い環境(NLOS : Non-Line of Sight)は、これらの電波伝搬阻害要因にて受信電力が弱くなり通信品質の劣化をもたらす。またNLOS環境においてはこれらの阻害要因により伝搬経路がたくさん分かれマルチパス伝搬になる。マルチパス伝搬により受信電力が低下するだけでなくドップラーシフトのばらつきによる周波数特性の変化が発生する。

エリア設計を行う場合、基地局から電波がどこまで到達するか把握する必要があるため、電波伝搬区間における損失(Loss)を算出する。以下に代表的な算出式を紹介する。

1. 自由空間損失計算：パラメータとして基地局と移動局間の距離と周波数のみにて算出
2. 拡張秦式：パラメータとして環境（市街地、郊外地、開放地）、基地局及び移動局のアンテナ高、基地局と移動局間の距離にて算出
3. ITU-R P.1411：屋外で見通し外の場合、見通せる場合、屋内の場合につき算出
4. ローカル5Gのカバーエリア及び調整対象区域の算出式は、上記3つの算出式及び補正值により電波伝搬損失の計算を行う。  
4.6GHzから4.9GHzまでの周波数においては上記1.自由空間損失式及び2.拡張秦式を基礎として補正值を加えて算出する。  
28.2GHzから29.1GHzまでの周波数においては上記3. ITU-R P.1411を基礎として補正值を加えて算出する。

## 1) 自由空間損失計算

- 距離と周波数の簡単な伝搬損失計算式である。
- 電波法審査基準の固定局別図第13号に詳細の記載あり。

## &lt;概要&gt;

- フリスの伝達公式が基本式になる。
- 自由空間の空中線から電力(P)放射されると、半径(D)の球面上には均等に分布される。

$$P_D = P / (4\pi D^2)$$

1.  $P_D$ : 自由空間の電力密度
  2. P: 輻射電力
  3. D: 距離
  4.  $4\pi D^2$ : 半径Dの球の表面積
- 自由空間の損失( $L_o$ )を書き換えると下記のようになる。

$$L_o(\text{dB}) = 10\log(4\pi D/\lambda)^2$$

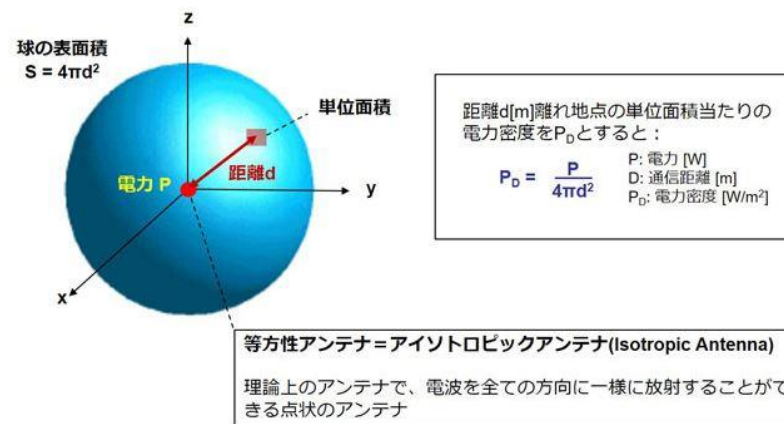
$$L_o(\text{dB}) = 20\log(4\pi D/\lambda)$$

$$L_o(\text{dB}) = 20\log(4\pi \times D/300/F)$$

1. F: 周波数(MHz)
  2. D: 区間距離(m)
- 上記式を開くと下記のようになる。

$$L_o(\text{dB}) = 32.5 + 20\log(F) + 20\log(D)$$

1. F: 周波数(MHz)
2. D: 区間距離(Km)



引用：TechWeb「電波の伝わり方：減衰」

## 2) 拡張秦式 (伝搬損失推定式)

- ローカル5GにおいてはSub6帯のベースになる伝搬損失計算方法である。
- パラメータとして環境 (市街地、郊外地、開放地)、送受信間距離 $d$ (km)、周波数 $f$ (MHz)、基地局高 $H_b$ (m)、移動局高 $H_m$ (m)を用いて伝送損失 $L$ を算出する。
- 見通しの有無は計算式に含まれない。

## &lt;概要&gt;

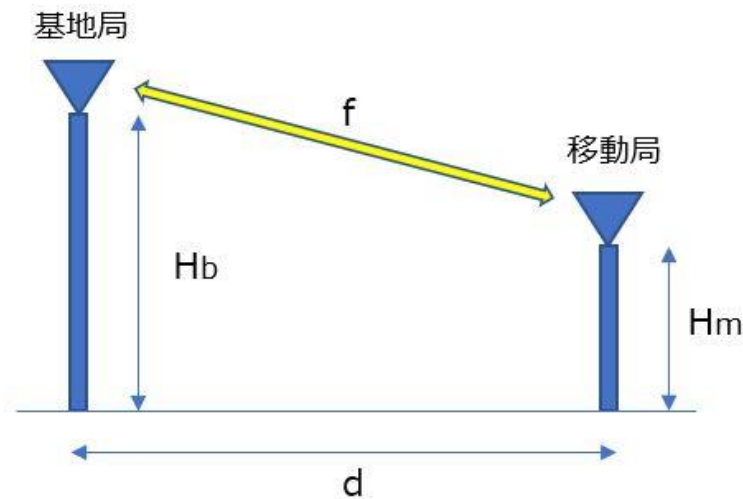
- $d \leq 0.04$ Kmの場合

$$L = L_0$$

$$L(\text{dB}) = 32.4 + 20 \log(f) + 10 \log(d^2 + (H_b - H_m)^2 / 10^6)$$

\* 本式は自由空間における伝送損失式と等価である。

1.  $L$ : 伝送損失(dB)
  2.  $f$ : 周波数(MHz)
  3.  $H_b$ : 基地局空中線の実効高(m)
  4.  $H_m$ : 移動局空中線高(m)
  5.  $d$ : 通信区域の半径(通達距離)(Km)
- $0.04 \text{ km} < d < 0.1 \text{ km}$ の場合
- $$L(\text{dB}) = L_0 + \{2.51 \times \log(d) + 3.51\} \times \{L_H - L_0\}$$



## 2) 拡張秦式 (伝搬損失推定式)

## &lt;概要&gt;

•  $d \geq 0.1 \text{Km}$  の場合  
(市街地)

$$L(\text{dB}) = [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})](\log d)^{\alpha} - a(H_m) - b(H_b) \\ - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) + 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/2000) \quad : 2000 < f \leq 3000 \text{MHz}$$

1. L: 伝送損失(dB)
2. f: 周波数(MHz)
3.  $H_b$ : 基地局空中線の実効高(m)
4.  $H_m$ : 移動局空中線高(m)
5. d: 通信区域の半径(通達距離)(Km)

## (郊外地)

$$L(\text{dB}) = L(\text{urban}) - 2\{\log[(\min\{\max\{150, f\}, 2000\})/28]\}^2 - 5.4$$

## (開放地)

$$L(\text{dB}) = L(\text{urban}) - 4.78\{\log[(\min\{\max\{150, f\}, 2000\})]\}^2 + 18.33 \log[(\min\{\max\{150, f\}, 2000\})] - 40.94$$



## 3) ITU-R P.1411 (伝搬損失推定式)

- ・ローカル5Gにおいてはミリ波帯のベースになる伝搬損失計算方法である。
- ・屋外で見通し外の場合、見通せる場合、屋内の場合につき以下に算出式を示す。

## &lt;概要&gt;

## ①屋外で見通し外の場合

陸上移動局から基地局が見通せない場合は、以下により伝搬損失を算出する。

$$L = 32.1 \cdot \log_{10} \left( \frac{d}{d_{RD}} \right) + L_{d_{RD}}$$

$$d_{RD} = (0.25 \cdot d_3 + 0.25 \cdot d_4 - 0.16 \cdot d_1 - 0.35 \cdot d_2) \cdot \log_{10}(f) + 0.25 \cdot d_1 + 0.56 \cdot d_2 + 0.10 \cdot d_3 + 0.10 \cdot d_4$$

f (GHz) : 指定周波数

$d_{RD}$ の値は、以下の式のkに0から4までの値を入力し、その値を求めて、上記の式に値を入力し算出する。

$$d_k = \sqrt{\left( \frac{25(h_1 - 1.5) \times (2k + 1)}{2(h_r - 1.5)} - 25k \right)^2} + (h_1 - 1.5)^2$$

$$L_{d_{RD}} = L_{d_k} + \frac{L_{d_{k+1}} - L_{d_k}}{d_{k+1} - d_k} \cdot (d_{RD} - d_k) \quad (d_k \leq d_{RD} \leq d_{k+1})$$

## 3) ITU-R P.1411 (伝搬損失推定式)

$L_{dRD}$ の値は、以下の式にkに0から4までの値を入力し、全ての値を求めて、上記の条件の範囲内の値を入力し算出する。なお、 $d_k$ は前述の式より求めたものである。

$$L_{d_k} = 20 \cdot \log_{10} \left\{ 4\pi \sqrt{\left( \frac{25 \cdot (h_1 - 1.5) \cdot (2k + 1)}{2 \cdot (h_r - 1.5)} \right)^2 + (h_1 - 1.5)^2} / (0.4^k \cdot \lambda) \right\}$$

$$\phi_k = \tan^{-1} \left( \frac{25 \cdot (h_1 - 1.5) \cdot (2k + 1)}{2 \cdot (h_r - 1.5)} \cdot \tan \frac{\pi}{2} \right)$$

$d$  (m) : 基地局から陸上移動局までの距離

$h_1$  (m) : 基地局の高さ(アンテナ高)

$h_r$  (m) : 以下の条件に応じて指定する平均建物高

条件	値(m)
概ね5階までの建物が密集する地域に基地局を開設する場合	15
概ね3階までの建物が密集する地域に基地局を開設する場合	10
概ね2階までの建物が密集する地域に基地局を開設する場合	6
概ね平屋が散在する地域や田園地域の場合	3

$\lambda$  (m) : 指定周波数の波長

## 3) ITU-R P.1411 (伝搬損失推定式)

勧告ITU-R P.1411-10におけるModels for propagation over roof-topsのSite-specific modelのsuburban areaの伝搬モデルとして定義されたものである。

P.1411においては以下の制限がある。

$h_r$ : any height m

$\Delta h1$ : 1 to 100 m

$\Delta h2$ : 4 to 10 (less than hr) m

$h1$ :  $h_r + \Delta h1$  m (高い局のアンテナ高)

$h2$ :  $h_r - \Delta h2$  m (低い局のアンテナ高)

$f$ : 0.8 to 38 GHz

$w$ : 10 to 25 m

$d$ : 10 to 5,000 m

## ②見通せる場合

陸上移動局から基地局が見通しの場合は、以下により伝搬損失を算出する。

$$L = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

$d$  (m) : 基地局から陸上移動局までの距離

$\lambda$  (m) : 指定周波数の波長

## 3) ITU-R P.1411 (伝搬損失推定式)

## ③屋内の場合

基地局を屋内に設置する場合は、以下により伝搬損失を算出する。

$$L = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) - R$$

d (m) : 基地局から陸上移動局までの距離

$\lambda$  (m) : 指定周波数の波長

R (dB) : 建物侵入損 (20.1)

# 1. エリア設計概要 1.2 電波伝搬計算式

## 4)カバ－エリア及び調整対象区域の算出式ならびに補正值

### 4.1) 4.6GHzから4.9GHzまでの周波数を使用する場合

■ 伝搬等に応じて受信電力を算出する際の計算式は、次のとおりとする。

$$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 8$$

Pr (dBm): 受信レベル (受信電力)

Pt (dBm): 送信電力 (基地局の空中線電力)

Gt (dBi): 送信アンテナ利得

Lf (dB): 基地局の給電線損失

Gr (dBi): 受信アンテナ利得

L (dB): 伝搬損失 (注)

(注) 伝搬損失Lは「自由空間伝搬損失式」及び「拡張秦式」を基礎として算出する。

### ■ 補正值

R (dB) : 基地局を屋内に設置する場合の建物侵入損。実際の建物侵入損が明確な場合は、明示の上、建物に応じた値を適用する。

・4.7GHz帯では16.2dB (勧告ITU-R P.2109 建物種別=Traditional,期待値=50%)

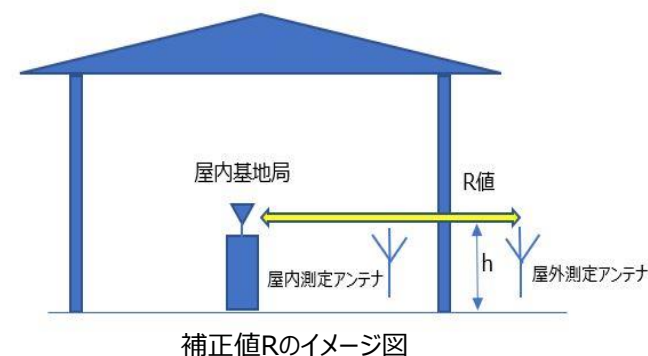
K (dB) : 地形情報データにより算入し難い地形の影響等の補正值であり、通常は0とし、地形水面の反射、小規模の見通し外伝搬の影響等を特に考慮する場合に参入する。

S (dB) : 市街地、郊外地及び開放地に対して考慮する補正值であり、下記による。

(1) 市街地 (都市の中心部であって、2階建て以上の建物と繁茂した高い樹木の混合地域など。) : S = 0.0

(2) 郊外地 (樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など陸上移動局近傍に障害物はあるが密集していない地域) : S = 12.3

(3) 開放地 (電波の到来方向に高い樹木、建物などの妨害物がない開けた地域で、目安として前方300~400m以内が開けているような畑地、田地、野原など) : S = 32.5



# 1. エリア設計概要 1.2 電波伝搬計算式

## 4.2) 28.2GHzから29.1GHzまでの周波数を使用する場合

■ 伝搬等に応じて受信電力を算出する際の計算式は、次のとおりとする。

$$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 4$$

Pr (dBm): 受信レベル (受信電力)

Pt (dBm): 送信電力 (基地局の空中線電力)

Gt (dBi): 送信アンテナ利得

Lf (dB): 基地局の給電線損失

Gr (dBi): 受信アンテナ利得

L (dB): 伝搬損失 (注)

(注) 伝搬損失Lは「勧告ITU-R P.1411」を基礎として算出する。

■ 伝搬損失Lの算出式

①屋外で見通し外 (陸上移動局から基地局が見通せない場合)

$$L = 32.1 * \log(d/d_{rd}) + L_{drd}$$

②見通せる場合 (陸上移動局から基地局が見通しの場合)

$$L = 20 \log(4\pi d / \lambda) \quad d(m): \text{基地局から陸上移動局までの距離、}\lambda(m): \text{指定周波数の波長}$$

③屋内の場合 (基地局を屋内に設置する場合)

$$L = 20 \log(4\pi d / \lambda) + R$$

R (dB) : 基地局を屋内に設置する場合の建物侵入損

・28 GHz帯では20.1dB (勧告ITU-R P.2109 建物種別=Traditional,期待値=50%)

伝搬シミュレーションは、電波伝搬推定（伝搬損失／伝搬遅延／LOS 等の推定）を目的とするものです。

無線ネットワークシミュレーションでは、まず伝搬シミュレーションを行い、その結果に基づいて、対象とするエアインターフェースに関する無線ネットワークの諸特性（カバーエリア／受信確率／最大データレート 等）の評価を行うことができます。

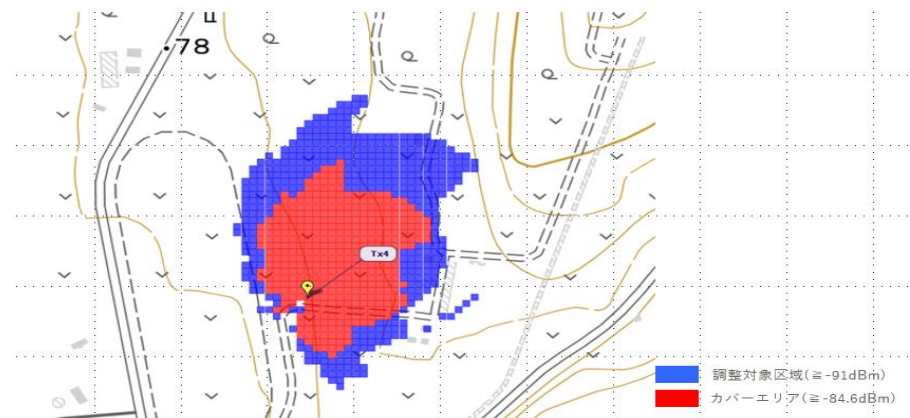
引用：ファラッド株式会社

## エリア作画ツール(KCAMP)

電波法関係審査基準（平成13年総務省訓令第67号）が規定するエリア算出法（式）から、エリア描画ツールKCAMP(エリア算出法)を用いてエリア設計を実施。

パラメータとしては送信出力、アンテナパターン（利得、ビーム幅）、アンテナ指向方向、アンテナチルト角、基地局位置（緯度経度）、基地局設置高、給電線損失、その他損失、受信点メッシュ縮尺等を変更してエリア計算を行った結果を右図に示す。

引用：2022年度開01報告書



## 3次元電波伝搬シミュレーションツール(Wireless InSite)

レイトレース法\*により受信電力分布の計算を行うツール。  
このツールによる計算の概要を以下に示す。

## ■ 計算概要

- ・計算条件：反射回数（3回）、透過回数（3回）
- ・建物材質：外壁（コンクリート）、室内壁（ドライウォール）、窓（ガラス）

## ■ 建物データ

- ・床～天井高：4m

## ■ 無線設備、アンテナ情報

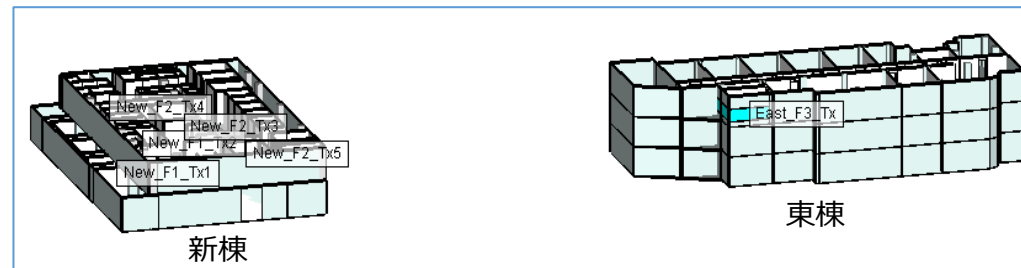
- ・周波数：4850MHz
- ・帯域幅：100MHz
- ・アンテナパターン、利得情報
- ・アンテナ設置高：地上高(8.72m) + 天井高(2.5m)=11.22m

引用：2022年度開19報告書

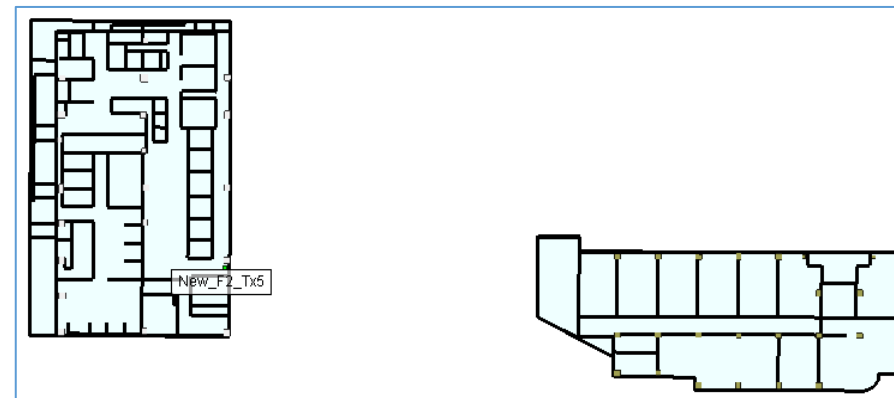
\*レイトレース法とは幾何学的理論に基づき送信点から受信点へ到達する電波を伝搬距離だけでなく建物や地形を考慮して追跡する手法であり、電波伝搬解析に広く使われている。

引用：構造計画研究所

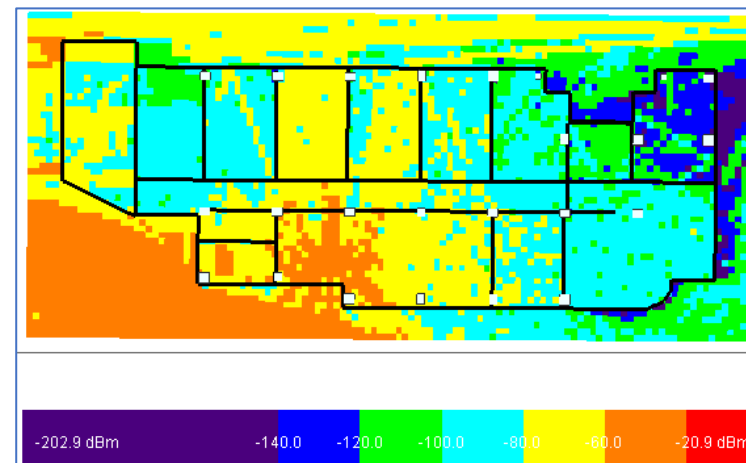
技術実証にて使用された電波伝搬シミュレーションツールは上記以外に、「iBwave」「Ranplan Professional」「Atoll」「Planet」等があります。



建物データ



シミュレーション結果





# 1. エリア設計概要 1.4 電波伝搬環境の紹介

## 1)各区分の定義と代表的環境 市街地、郊外地、開放地、屋内、半屋内

### 市街地

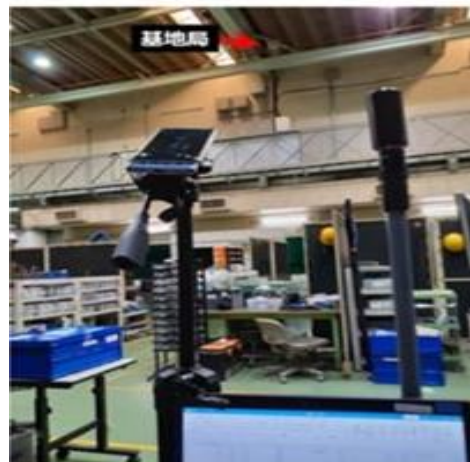


都市の中心部であって、2階建て以上の建物の密集地や建物と繁茂した高い樹木の混合地域など

(S値=0.0<sup>\*1</sup>)

\*1 ローカル5Gのカバーエリア及び調整対象区域の補正值。1.2 4) 参照。

### 屋内



事務所、病院、体育館、アリーナ等：屋根、壁、床、窓等に閉ざされた空間

(R値=16.2:4.7GHz帯<sup>\*1</sup>)

(R値=20.1:28GHz帯<sup>\*1</sup>)

### 郊外地



樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など陸上移動局近傍に障害物はあるが密集していない地域

(S値=12.3<sup>\*1</sup>)

### 半屋内



ビニールハウス、牛舎等：壁に大きな開口部がある空間

(R値=5.8:4.7GHz帯<sup>\*1\*2</sup>)

\*2 2021年度技術実証No.01のデータより。参考値。

### 開放地



電波の到来方向に高い樹木、建物などの妨害物がない開けた地域で、

目安として前方300~400m以内が開けているような畑地、田地、野原など

(S値=32.5<sup>\*1</sup>)

# 1. エリア設計概要 1.4 電波伝搬環境の紹介

## 2) 特殊環境（線状空間）

鉄道、高速道路、河川などにおける伝搬空間は下記のような特徴がある。

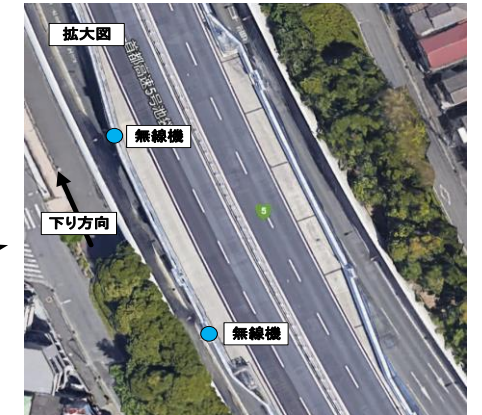
- ・ 形状は直線、曲線からなる線状
- ・ トンネル、高架等による複雑な構造に加え、鉄道・高速道路内の布設設備での遮蔽、反射、周辺建物での反射等の影響が発生する。
- ・ 自己土地は線路敷地、道路敷地内であり、周辺は他者土地である。
- ・ エリア構築の課題として他者土地への電波漏洩の発生があり、特に曲線部において顕著である。



線状空間の例 【鉄道】



線状空間の例 【高速道路】



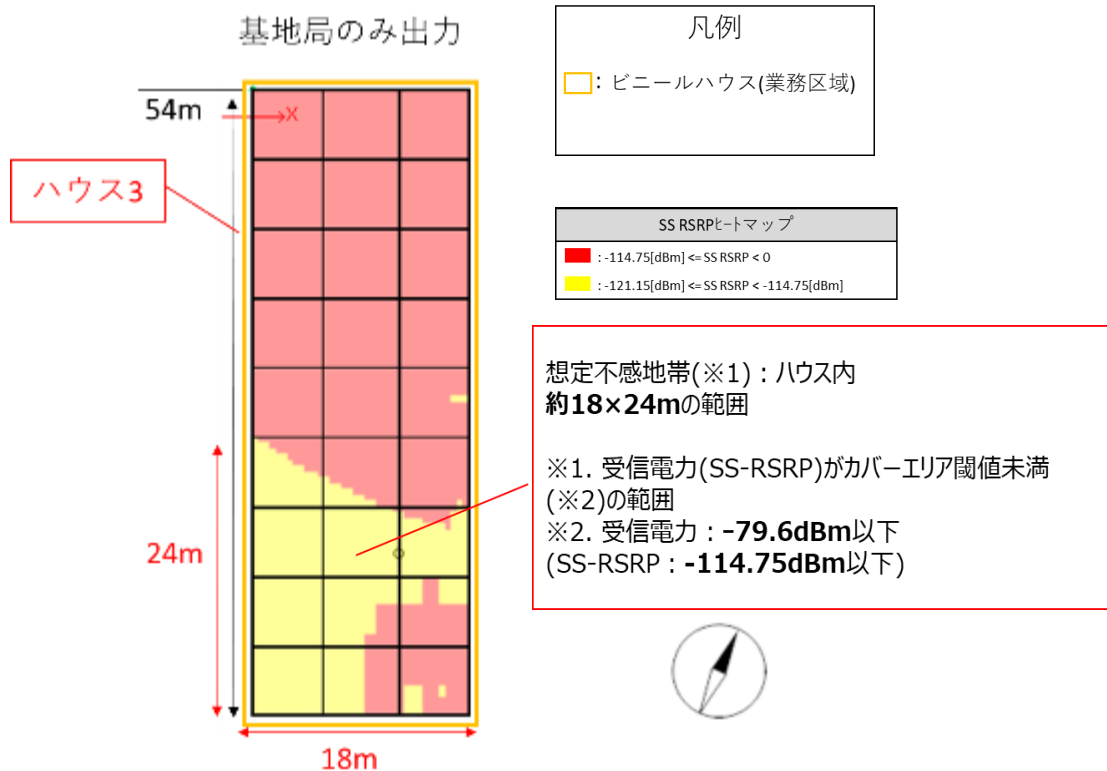
## 2. エリア構築の課題 2.1 課題の実例

### 2.1 課題の実例

・課題の実例を実証案件の中から選抜し、特徴を有するものを以下2.2項に掲載する。

課題	例	
不感地帯・弱電界エリア	2022年度開02 環境：半屋内 エリア柔軟化設備：中継器	2022年度開20 環境：半屋内 エリア柔軟化設備：DAS
他者土地への電波漏洩軽減	2022年度開04 環境：半屋内 エリア柔軟化設備：LCX	2022年度特02 環境：半屋内 エリア柔軟化設備：LCX,DAS

## 2.2.1 不感地帯の課題把握及び解決方策（2022年度開02）

1) 課題を把握する方法（机上検討、シミュレーション）  
（開02よりシミュレーションの抜粋）

## 不感地帯の定義

■ エリア算出法より受信電力がカバーエリアの閾値である「 $-84.6\text{dBm}$ 」未満の地点と定義。

■ 下記理由から上記値を補正

① 基地局4ポートのうち2ポートのみSSB(Synchronization Signal Block)発射を行う装置のため送信電力を半分の値とし「送信電力(Pt)-3dB」として算出

② 人体吸収損は、エリア算出式上は8dBが指定されているが、本実証では人体吸収の影響がないように測定を行うことから、考慮しない。

■ 上記①、②より受信電力の計算式は下記とする。

受信電力(Pr)=送信電力(Pt)-3[dB]+送信アンテナ利得(Gt)-送信給電線損失(Lf)-伝搬損失(L)

■ 帯域が100MHz幅のときエリアの閾値は次のように置き換えて扱う。

・カバーエリアの閾値は $-79.6\text{dBm}$ :電波法関係審査基準の値-3dB+8dB

・受信電力とSS-RSRPの換算は次のように行う。

$$\text{SS-RSRP}[\text{dBm}] = \text{受信電力}(\text{Pr})[\text{dBm}] - 35.15[\text{dB}]$$

・SS-RSRPに換算したエリアの閾値は $-114.75[\text{dBm}]$

## 2)課題解決の方策検討（机上検討、シミュレーション） （開発02よりシミュレーションの抜粋）

基地局出力+リピーター出力

ハウス3



凡例

- : リピーターサービスアンテナ
- : ビニールハウス(業務区域)

SS RSRPヒートマップ

- : -114.75[dBm] <= SS RSRP < 0
- : -121.15[dBm] <= SS RSRP < -114.75[dBm]



リピーター（出力55.5dB）により不感地帯の受信電力が約10dB～24dB改善予測

表1 シミュレーション設定値

共通シミュレーション設定		
基地局設定	アンテナ名	VH360-3450FTD
	送信出力	14[dBm/Port](合計17[dBm])
	設置位置 緯度	39.84859105
	設置位置 経度	140.0318452
	給電線損失	0.948[dB]
	アンテナ高	地上4[m]
リピーター設定	ドナーアンテナ名	X25-3545FTD
	サービスアンテナ名	VH360-3450FTD
	ドナーアンテナ設置位置 緯度	39.84817188
	ドナーアンテナ設置位置 経度	140.03218511
	サービスアンテナ設置位置 緯度	39.84815341
	サービスアンテナ設置位置 経度	140.03209014
	リピーター出力	4.4[dBm/Port](合計7.4[dBm]) レピーター利得55.5[dB]相当
	ドナーアンテナ側給電線損失	1.547[dB]
	サービスアンテナ側給電線損失	6.33[dB]
	ドナーアンテナ方位角	TN327[°]
ドナーアンテナ設置地上高	3[m]	
サービスアンテナ設置地上高	2[m]	

表2 リピータによる不感地帯改善予測値

測定点 ID	SS-RSRP[dBm] (リピーターなし)	サービスレベル改善目標 [dB] (-114.75dBmとの差分)	SS-RSRP[dBm] (リピーターあり)	サービスレベル改善予測値 [dB]
5	-114.92	0.17	-96.92	18
6	-114.92	0.17	-96.35	18.57
13	-114.8	0.05	-92.05	22.75
14	-114.9	0.15	-90.09	24.81
21	-115.14	0.39	-97.65	17.49
22	-115.96	1.21	-97.14	18.82
23	-116.6	1.85	-100.61	15.99
24	-117.32	2.57	-104.33	12.99
28	-114.88	0.13	-103.94	10.94
29	-115.55	0.8	-102.41	13.14
30	-116.3	1.55	-102.25	14.05
31	-116.9	2.15	-103.63	13.27
32	-117.57	2.82	-105.86	11.71

## 2.2.1 不感地帯の課題把握及び解決方策（2022年度開20）

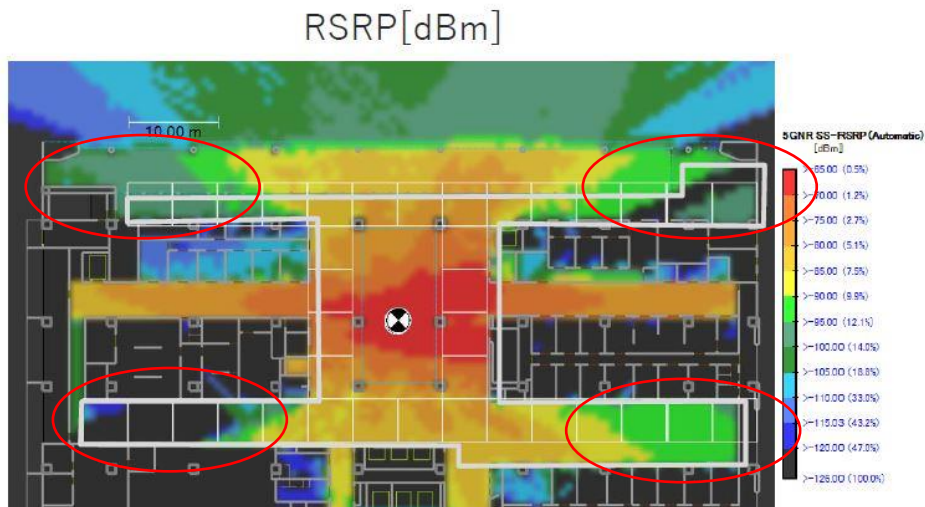
## 1)課題把握と解決の方策検討（机上検討、シミュレーション）

屋内に基地局を設置する方法の場合には、外壁が外部への電波漏洩を抑制するため他者土地への電波漏洩のリスクは少なくなり、小さな送信電力で効率的に屋内をカバーできるという利点がある。

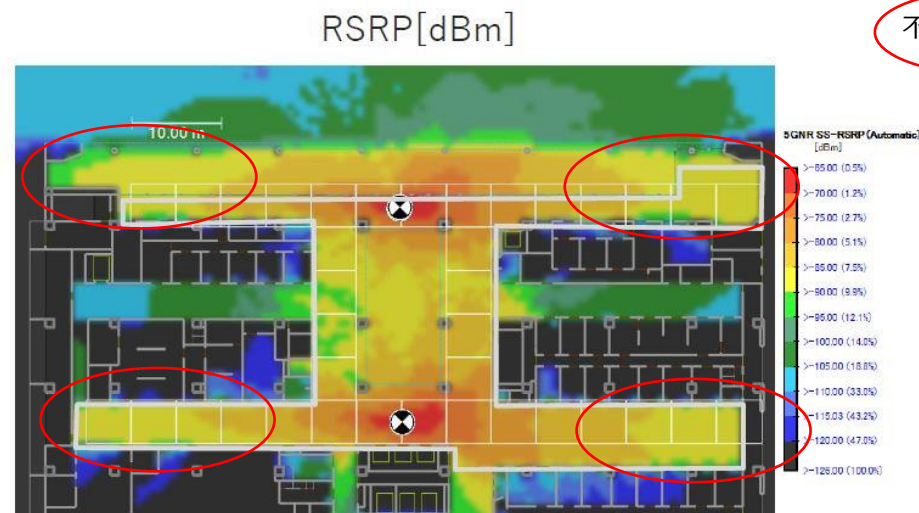
本実証においてはこれらの分散アンテナシステム的一种であるActive DASを活用することで基地局を増やさずに送信機とアンテナ部分のみの数を増加させることで干渉を抑制しつつカバーエリアを確保できる。

下記にDAS子局1台の場合と2台の場合での不感地・弱電界エリアが予想されるフロアの受信電力(RSRP)のシミュレーションを行った。

DAS子局を2台にすることで、受信電力の改善効果（30～35dB）が予測された。



シミュレーション結果（DAS 1台 ,RU送信出力+27dBm）



シミュレーション結果（DAS 2台 ,RU送信出力+18dBm）

不感地・弱電界  
エリア

## 2.2.2 電波漏洩の課題把握及び解決方策 (2022年度開04)

## 1) 課題把握と解決の方策検討 (机上検討、シミュレーション)

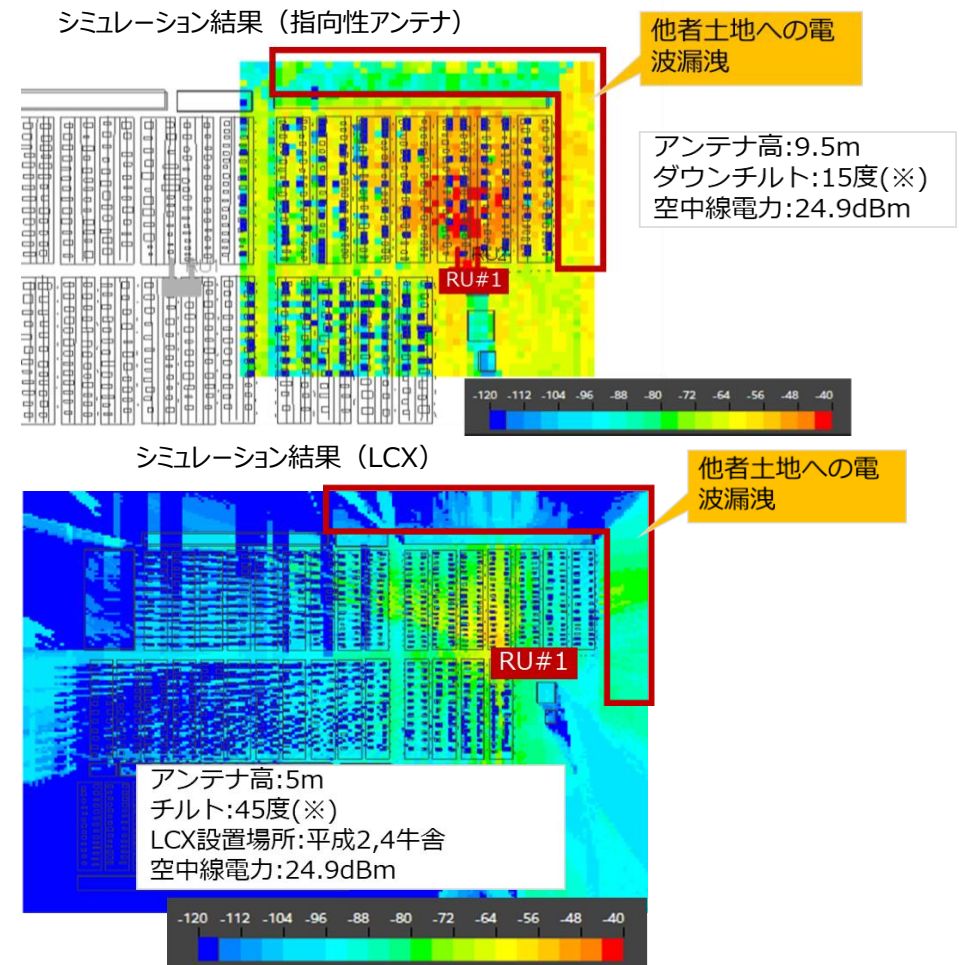
牛舎内が半屋外という電波漏洩しやすい環境のため、指向性、無指向性に関わらず他者土地へ電波が漏洩しやすいことから、本実証においてケーブルの動線上に電波をスポット的に照射できるLCX（漏洩同軸ケーブル）を用いて実証した。LCXを牛舎内に配置することにより、牛舎内をカバーエリア、他者土地への電波漏洩を軽減させる。

屋外に設置しているRUの位置を変えずに、同一エリアを指向性アンテナまたはLCXそれぞれのアンテナを用いた時の電波漏洩影響を検証した。

指向性アンテナを使用した場合とLCXを使用した場合のシミュレーション結果（右図）より他者土地への電波漏洩が以下のように予測される。

- ・指向性アンテナ：-56～-80dBm
- ・LCX：-76～-120dBm
- ・電波漏洩の軽減予想量は20～40dB

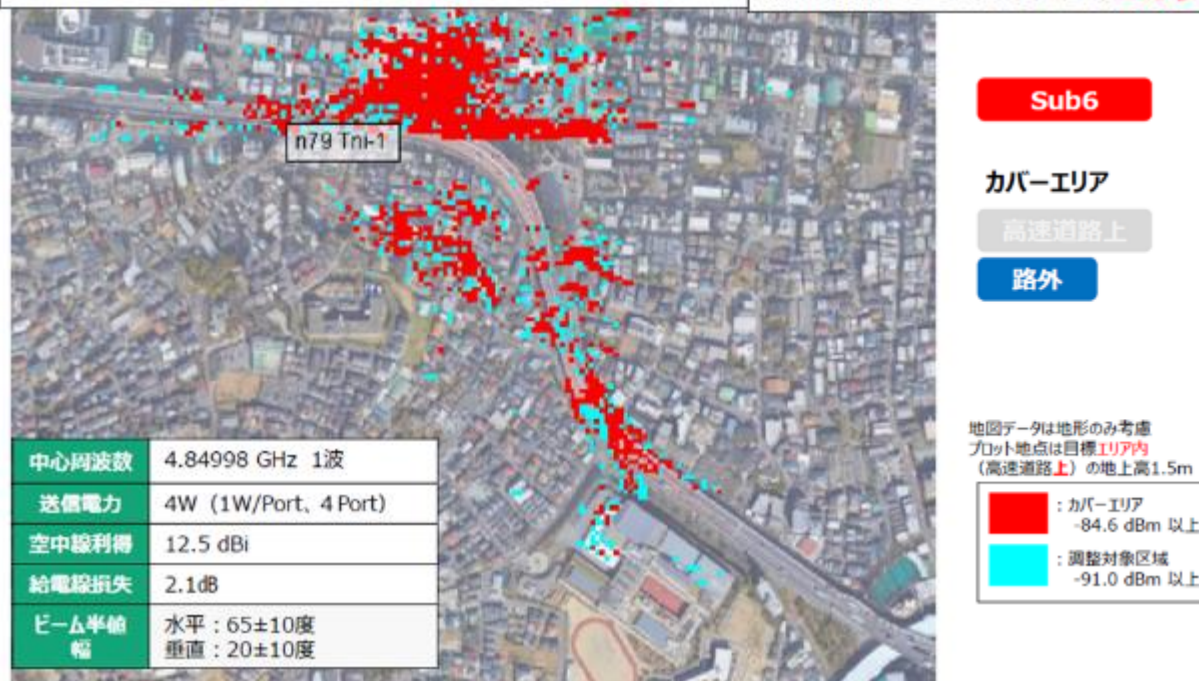
出所) 実証コンソーシアム報告書より引用



## 2.2.2 電波漏洩の課題把握及び解決方策 (2022年度特02)

## 1) 課題を把握する方法 (机上検討、シミュレーション)

区間3NOKIA無線機と同等構成を設置したと想定 構造物による反射・透過あり



## 他者土地への電波漏洩

■ エリア算出法より受信電力が許容干渉レベルである調整対象区域の閾値である「-91.0dBm」以下に抑える。

■ 下記にてシミュレーションを実施

① 基地局4ポート(送信電力4W)にて電波を放射「送信電力(Pt)=36.0dBmとして算出

② 空中線利得12.5dBi、送信給電線損失2.1dBにて算出。

■ 上記①、②より受信電力の計算式は下記とする。

受信電力(Pr)=送信電力(Pt)+送信アンテナ利得(Gt)-送信給電線損失(Lf)-伝搬損失(L)

■ 帯域が100MHz幅のときエリアの閾値は次のように置き換えて扱う。

・カバーエリアの閾値(許容干渉レベル)は-91.0dBm:電波法関係審査基準の値

・受信電力とSS-RSRPの換算は次のように行う。

SS-RSRP[dBm]=受信電力(Pr)[dBm]-35.15[dB]

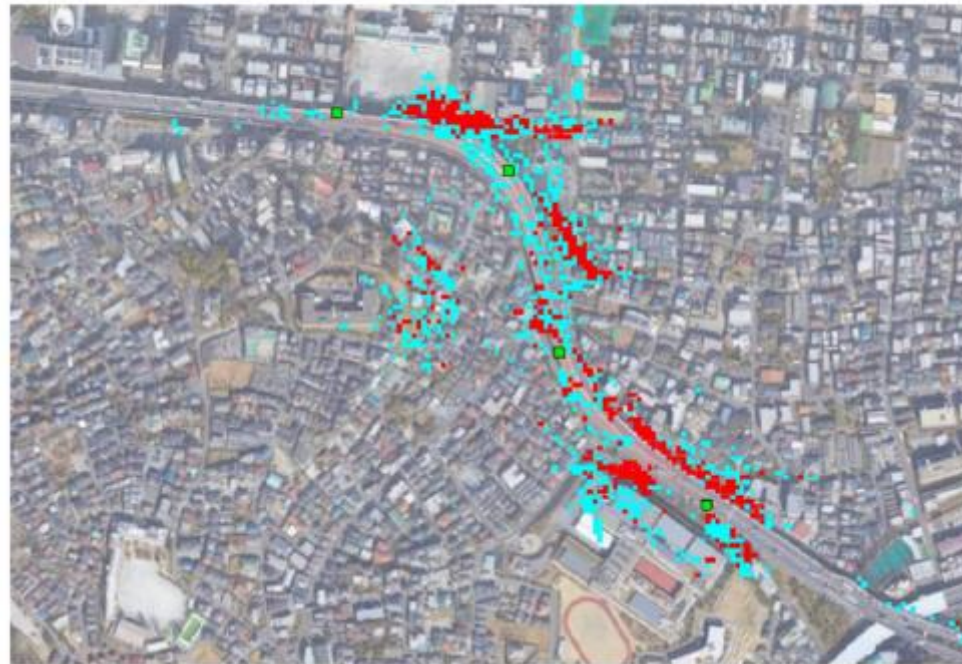
・SS-RSRPに換算した調整対象区域の閾値(許容干渉レベル)は-126.15[dBm]

<考察> 高速道路上の線状エリアに対して、他社土地への電波漏洩が相当みられる



## 2)課題解決の方策検討 (机上検討、シミュレーション)

**構造物による反射・透過あり**



## カバーエリア

高速道路上

路外

地図データは地形のみ考慮  
 プロット地点は目標エリア内  
 (高速道路上)の地上高1.5m

■ : カバーエリア  
 -84.6 dBm 以上

■ : 調整対象区域  
 -91.0 dBm 以上

## 他者土地への電波漏洩

■ エリア算出法より受信電力が許容干渉レベルである調整対象区域の閾値である「-91.0dBm」以下に抑える。

■ 下記にてシミュレーションを実施

① DASの送信電力( $P_t$ )=30dBmとして算出

② DASの空中線利得13.5dBi、送信給電線損失2.6dBにて算出。

■ 上記①、②より受信電力の計算式は下記とする。

受信電力( $P_r$ )=送信電力( $P_t$ ) + 送信アンテナ利得( $G_t$ )-送信給電線損失( $L_f$ )-伝搬損失( $L$ )

■ 帯域が100MHz幅のときエリアの閾値は次のように置き換えて扱う。

・カバーエリアの閾値（許容干渉レベル）は-91.0dBm:電波法関係審査基準の値

・受信電力とSS-RSRPの換算は次のように行う。

$$SS-RSRP[dBm] = \text{受信電力}(Pr)[dBm] - 35.15[dB]$$

・SS-RSRPに換算した調整対象区域の閾値（許容干渉レベル）は-126.15[dBm]

<考察> DASを用いることで電波漏洩の抑制を確認できる。一方、一部の特定箇所において電波漏洩が見られたため、高低差や遮音壁の設置条件等の影響を想定

## 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 1) 電波反射板（無給電中継装置）

電波反射板はアルミ等金属板により無線送信局からの入射電波を反射させ電波の中継を行う装置である。電源が不要なことから無給電中継装置とも呼ばれる。設備構造が簡易であり、電源も不要であることから設置が容易で低コストでの導入が可能となる。

電波反射板（金属板）の利得算出に関しては、下記が参考となる。

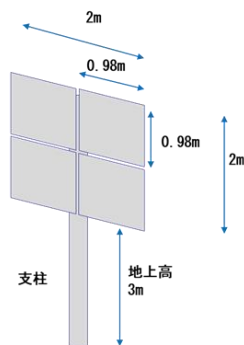
・電波法関係審査基準（平成13年総務省訓令第67号別紙1、別図第29号、第30号、第30号の2）

近年メタマテリアル\*素材を使用した電波反射板も開発され、ミリ波帯での活用が進みつつある。

\*メタマテリアル：金属や誘電体でできた波長以下のサイズの構造体の集成、既存の材料では実現困難な興味深い機能を持った電磁波媒体を実現できるようになった。

引用：応用物理第78巻第6号(2009)「メタマテリアルとは何か」

#### 金属反射板



項目	諸元
大きさ	2m x 2m
重量	64Kg
利得	69dBi
ビーム幅	水平：12.7°、垂直：3.2°



#### メタマテリアル反射板



項目	諸元
大きさ	0.4m x 0.4m
重量	NA
利得	63dBi
ビーム幅	水平：10°、垂直：12°

### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

#### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

##### 1) 電波反射板（無給電中継装置）

電波反射板の種類とその特徴を以下に示す。

	金属反射板	メタマテリアル反射板	RIS(Reconfigurable Intelligent Surface)
特徴	入射角=反射角	入射角と反射角は個別に設定	反射角を制御可能
周波数帯	Sub6帯、ミリ波帯	ミリ波帯	ミリ波帯
設計・設置自由度	設計：容易 設置自由度：入射角と反射角に制限あり、設置条件に制限あり	設計：中程度 設置自由度：入射角と反射角は個別となるため自由度はあるが設置後の変更には対応できない	設計：高度 設置自由度：設置後においても反射角の変更がサイトにおいて対応可能
電源	不要	不要	要
価格	安価	中程度	高価

## 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 1) 電波反射板（無給電中継装置）

電波反射板の代表的使用例を以下に示す。

屋外住宅地をモデルとした金属（アルミ）反射板の活用（令和4年度技術実証より）

- 技術的課題：住宅街等屋外においてミリ波を活用する際、建物遮蔽等により不感地帯が発生
- 解決方策：住宅街における周辺環境により置局条件が制限される場合、もしくはアンテナ指向性外において狙ったエリアをカバーする場合において電波反射板を活用し不感地帯の改善を図る。
- 結果：幅1m程度の線的なエリア形成を確認（図3を参照）

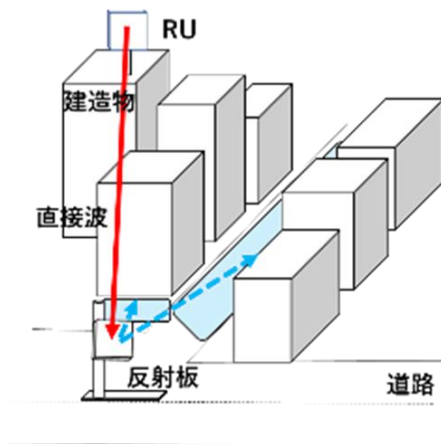


図1 反射板設置位置



図2 反射板の外観と設置場所



図3 反射板の設置位置と電界測定結果

## 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

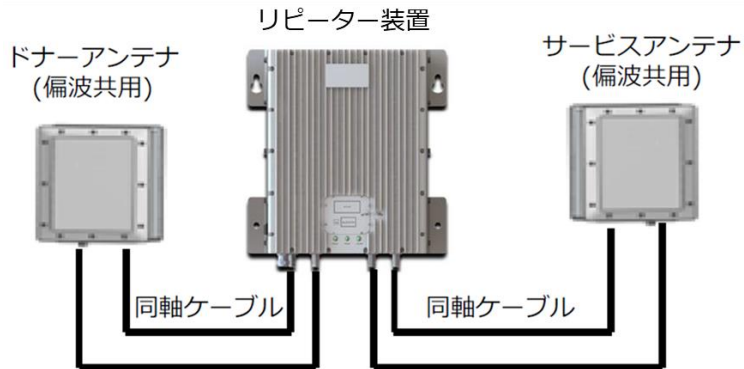
### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 2) 中継器（非再生中継方式）

受信した電波を復調及び変調せず増幅して送信する中継方式。

中継の際には送受信を同時に行うため、アンテナ間の離隔距離を十分に確保する必要がある。

希望波とそれ以外の波のレベル差（アイソレーション値）に関しては、ドナー端子端でのPSRPのレベル差が30dB以上（目標値）必要。  
（電気興業株式会社）



項目	諸元
送信/受信経路数	2T2R
対応周波数帯	4.8-4.9GHz帯域
送信出力電力	+10dBm/1T +13dBm/2T
装置内利得	40~60dB
装置内遅延	約300ns
重量	約15.8リットル 約18kg以下（取付金具除く）
電源	WHD= 292 x 345 x 157 mm以下 AC100V、50W以下

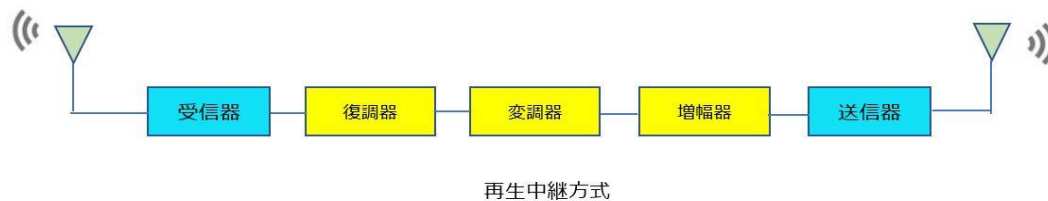
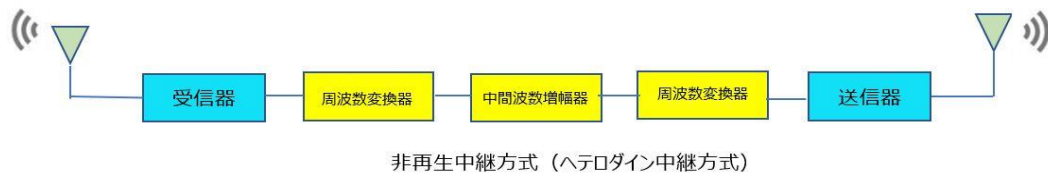
### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

#### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 2) 中継器（非再生中継方式）

中継器には再生中継方式と非再生中継方式があり、各々の特徴を以下に示す。（技術実証にて使用されたものは非再生中継方式のみ）

	再生中継方式	非再生中継方式
特徴	受信した信号を一旦復調し、再度変調した後に送信する方式	受信した信号を一旦中間周波数に変換し、中間周波増幅器によって増幅し、その後RF信号に変換して送信する方式。ヘテロダイン中継方式とも言う。
メリット	復調を行うことで雑音や干渉による誤りを訂正したうえで送信するため非再生中継方式より正確なデータ伝送ができる。	中間周波増幅器を用いることで高周波増幅器が不要。再生中継方式より遅延が少ない。
デメリット	回路構成が複雑になり、また信号処理を行う分遅延が発生する。	再生中継方式の方が誤り訂正が可能、正確なデータ伝送ができる。



## 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

## 2) 中継器（非再生中継方式）

中継器の代表的使用例を以下に示す。

オフィスビル内の中継器を用いた異なるフロアのエリア構築（令和4年度技術実証より）

- 技術的課題：オフィスビルの異なるフロア（階跨ぎ）をエリア化したい場合、床や天井による遮蔽が大きい。
- 解決方策：ビル内の基地局設置位置が4階、改善エリアが1階であり電界が得られないことから、中継器を用いてエリア形成を図る。（図1を参照）
- 結果：通常基地局レベルのエリア形成を確認（図2を参照）

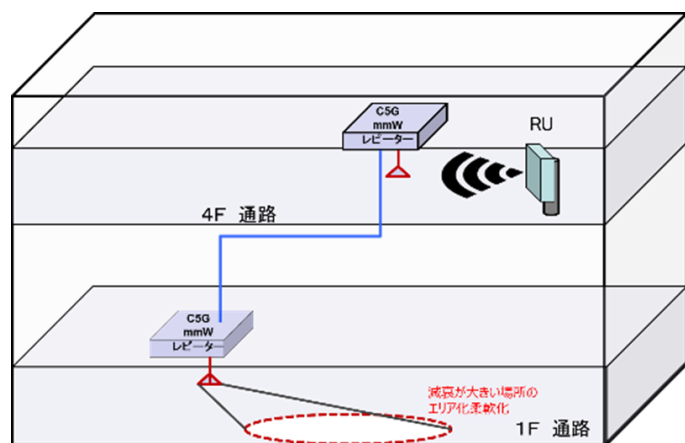


図1 中継器設置位置

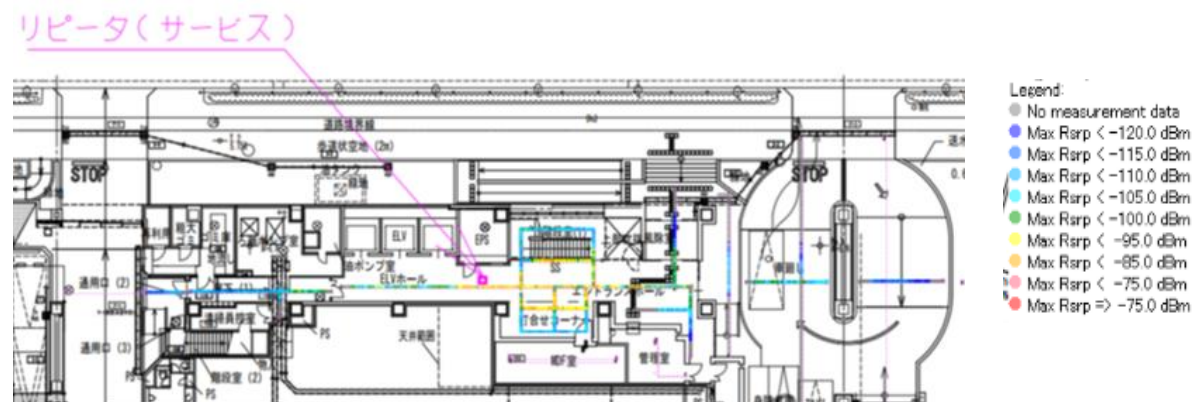


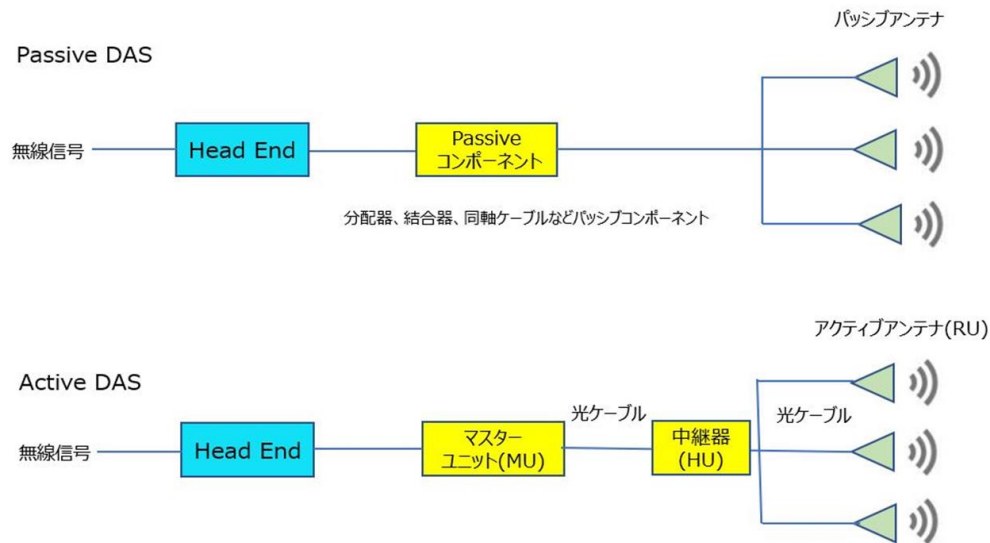
図2 電界測定結果（改善エリア1階）




## 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 3) 分散アンテナシステム (DAS)

分散アンテナシステムには、複数アンテナを分配器、結合器、同軸ケーブルなどパッシブコンポーネントにて接続する「Passive DAS」と基地局から届く電波を光ケーブルにて親機(MU)、中継機(HU)、子機(RU)にて接続、分配する「Active DAS」があり通信できるエリアを拡張するシステムである。



	親機 (MU)	中継機 (HU)	子機 (RU)
無線周波数	N79 4800MHz~4900MHz		
周波数幅	100MHz幅		
アンテナ	4Tx / 4Rx		
最大送信電力	30dBm/アンテナ		
動作温度範囲	0℃ to 40℃		
寸法	430×380×87.5mm (取付金具、突起部を除く)	430×300×87.5mm (取付金具、突起部を除く)	305 x 385 x 105mm (取付金具、突起部を除く)
設置条件	19インチラック 強制空冷	19インチラック 強制空冷	水平or壁掛け 自然空冷
質量	10kg以下	9kg以下	12kg以下
外観		今回実証においては未使用 	



## 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 3) 分散アンテナシステム (DAS)

分散アンテナシステムには、Passive DAS と Active DAS の種類があり、その特徴を以下に示す。

	Passive DAS	Active DAS
特徴	親基地局より複数アンテナによりカバリッジを拡大、同一セルの為基地局増局より価格は安価。	親基地局からのRF信号を光信号に変換、光ケーブルにて伝送し受信エリアにて光/RF変換し無線信号送信。送信機配置や送信電力を柔軟に設計できる。
親基地局からの距離	概ね100m以下	最大数km
送信電力	距離により減衰	装置仕様で調整可
工事の容易性	同軸ケーブル配線及びRF部材(複数アンテナ、分配器、結合器等) の工事が必要	光ケーブル配線及び光DAS設備 (MU,HU,RU)工事が必要
コスト	安価	Passive DASより高価

### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

#### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 3) 分散アンテナシステム (DAS)

分散アンテナシステム(Active DAS) の代表的使用例を以下に示す。(2022年度開20より)

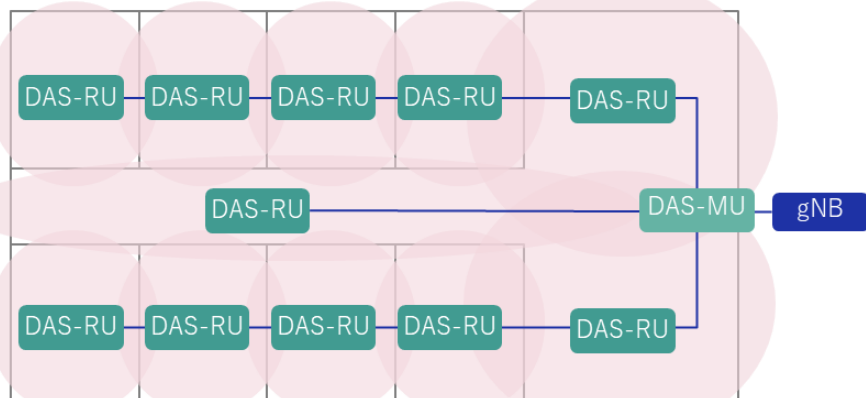


図1 DASカバレッジイメージ

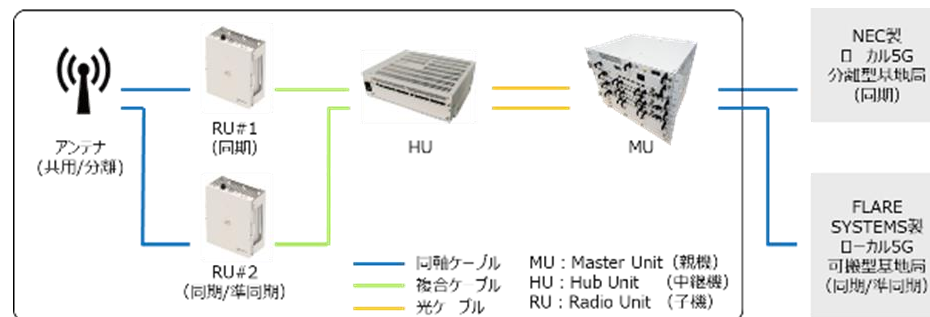


図2 DAS構成図

## 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

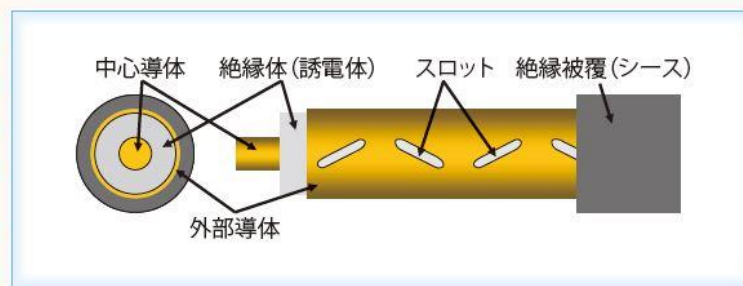
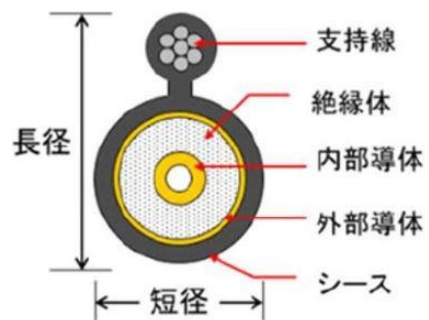
#### 4) 漏洩同軸ケーブル(LCX)

漏洩同軸ケーブルの特徴であるケーブルの長手方向に沿って細長い領域の通信エリアが設計でき、鉄道や道路、地下街などの細長い領域や空間、工場などの敷地の形状に合わせてローカル 5 G環境を構築することができる。

LCXの送受信特性は一般に結合損失 $L_c$ で示される。

結合損失はLCXへの入射電力 $P_{in}$ とLCXから1.5m離れた位置にある半波長標準ダイポールアンテナからの出力 $P_{out}$ によって計算する。

$$L_c = -10 \log(P_{out}/P_{in}) \text{ [dB]}$$



項目	諸元
ケーブルサイズ	20D
減衰量	0.3dB/m
結合損失	60dB
入カインピーダンス	50Ω
短径 x 長径	20mm x 39mm
概算重量	0.7kg/m

引用：フジクラ・ダイヤケーブル（ニュースリリース、カタログ）

### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決）

#### 3.1 設備等を用いた課題解決の方策

#### 4) 漏洩同軸ケーブル(LCX)

鉄道における線路区間での漏洩同軸ケーブル(LCX)の代表的使用例を以下に示す。(2022年度開発実証特03より)

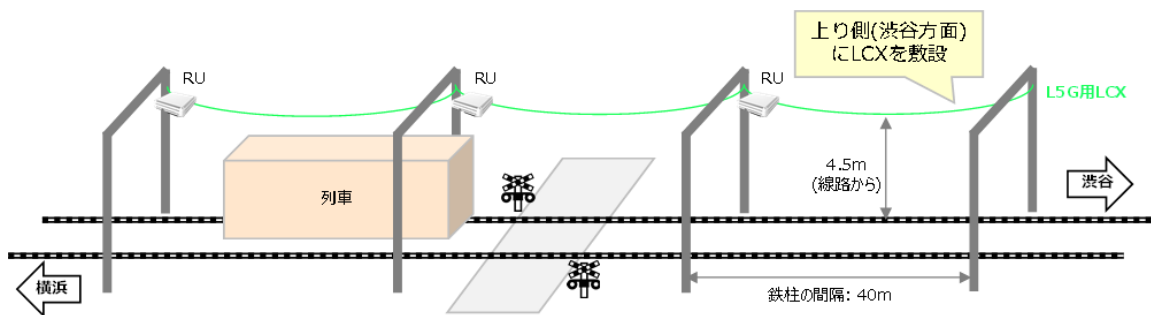


図1 LCXの布設イメージ

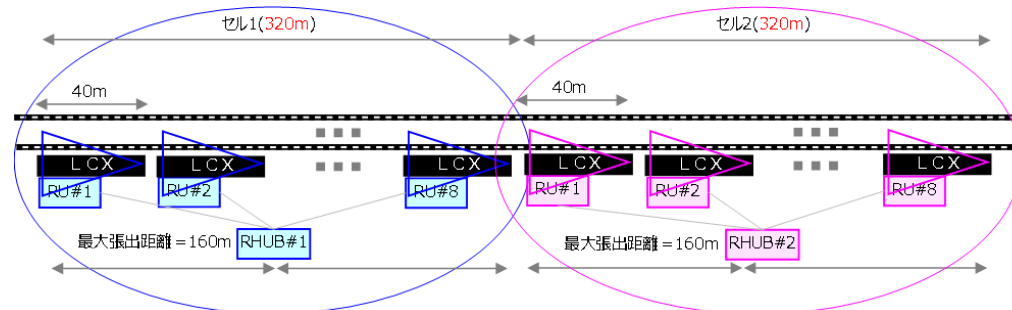


図2 屋内RUと短距離LCXによるセル構成イメージ

## 3.2 活用設備の諸元・特性及び相互比較（課題解決の有効性、経済性）

エリア構築柔軟化方法における設備（電波反射板、中継器、分散アンテナシステム(Active DAS、Passive DAS)、漏洩同軸ケーブル(LCX))の相互比較を「設計容易性、複数エリア対応、親基地局との干渉、工事容易性、コスト」の観点から行った。

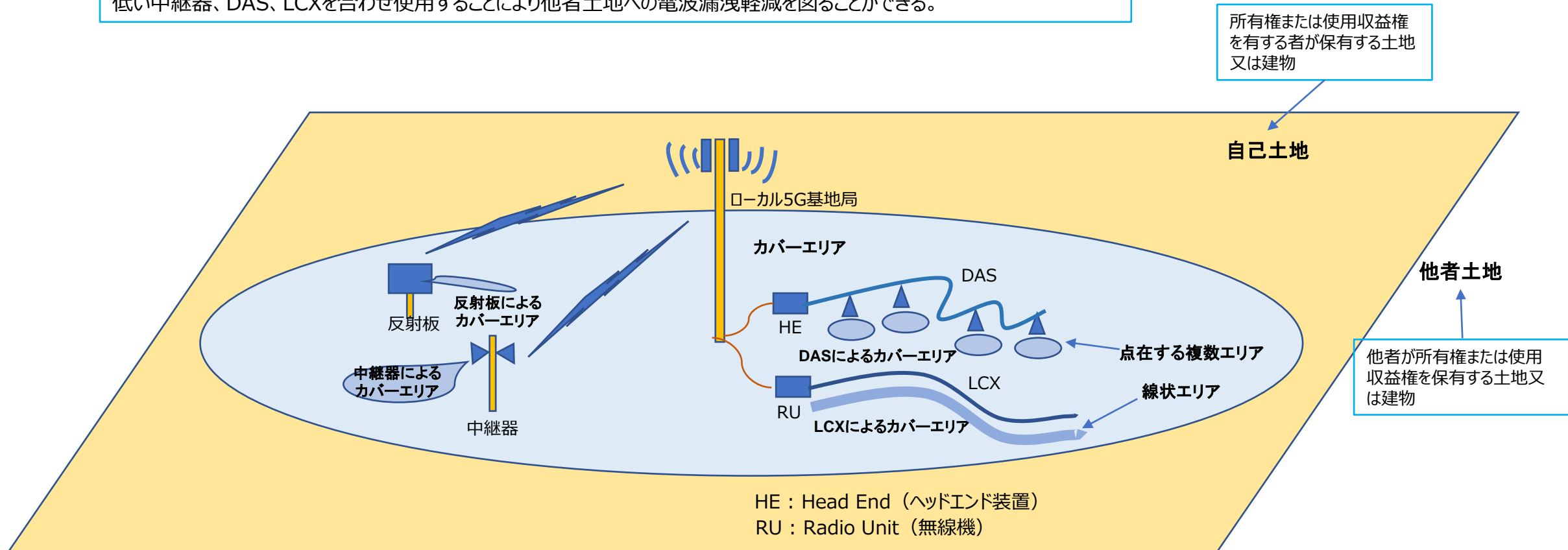
評価項目	電波反射板	中継器	Active DAS	Passive DAS	LCX
設計容易性	限られたエリア構築	連続したエリア構築	非常に柔軟 飛び地も可能	非常に柔軟 飛び地も可能	連続したエリア構築
複数エリア対応	困難	複数設備にて対応	容易	容易	複数設備にて対応
親基地局との干渉	無し	考慮が必要	無し	無し	無し
工事容易性	容易	容易	光ケーブル配線が必要	同軸ケーブル配線が必要	線状エリアなら容易
コスト	反射板コスト 安価	機器コスト 光DASより安価	機器コスト必要	RF部材、材料費 光DASより安価	ケーブル、RF部材 安価

引用：2021年度、2022年度の実証成果報告書より

## 3.2 活用設備の諸元・特性及び相互比較（課題解決の有効性、経済性）

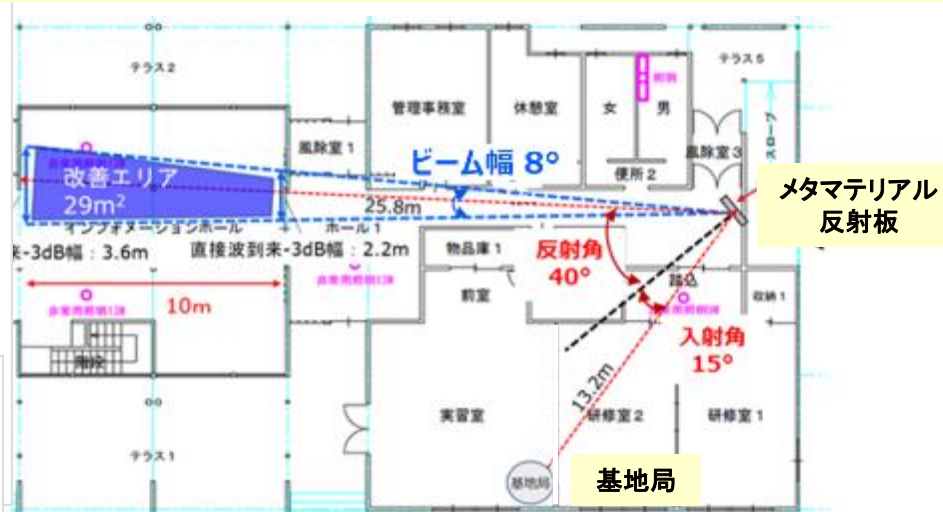
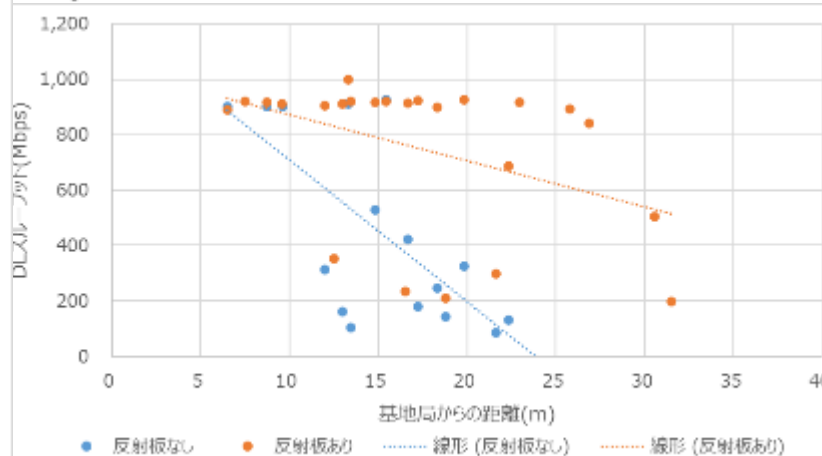
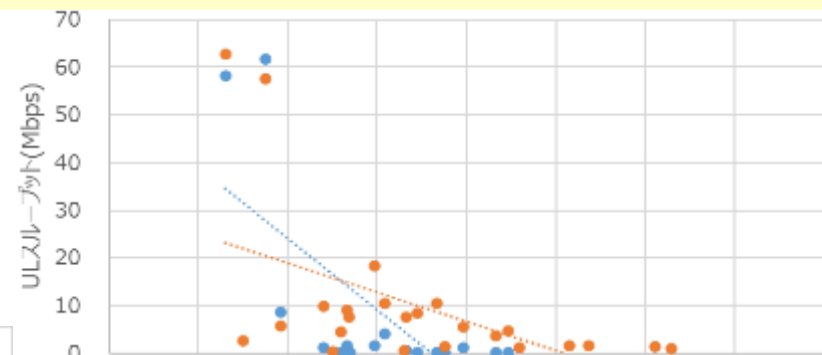
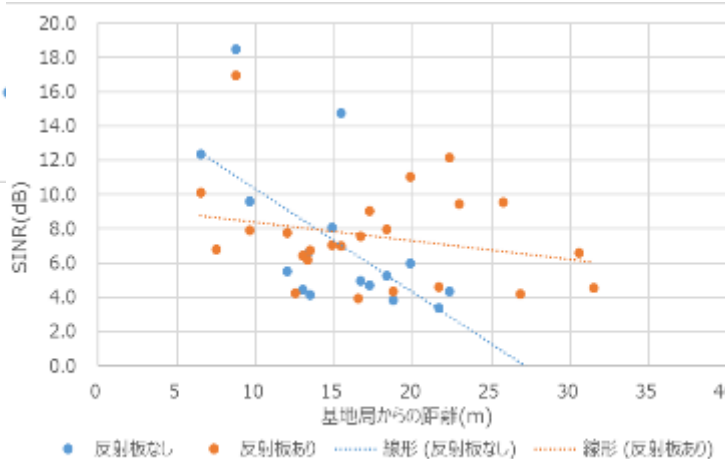
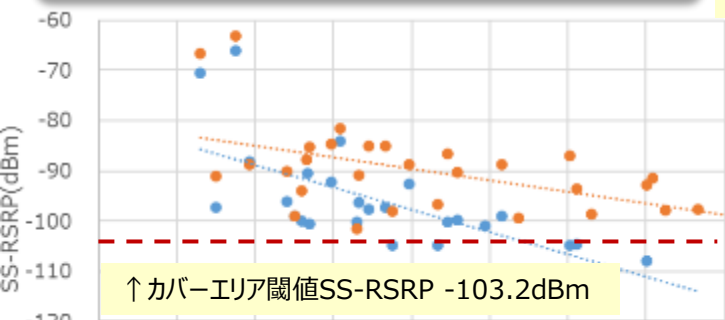
カバーエリア内にて不感地帯が発生する場合、解決方策として反射板、中継器、DAS、LCX等の設備を用い不感地帯の改善を図る。その際不感地帯の形状、大きさ、周辺の伝搬環境等を考慮し最適な解決方策を選択する。

また他者土地との距離が近くローカル5G基地局からの漏洩電波が発生場合、基地局の送信電力を下げたりより送信電力の低い中継器、DAS、LCXを合わせ使用することにより他者土地への電波漏洩軽減を図ることができる。



## 1)電波反射板 開17

〔改善施策〕メタマテリアル反射板による不感地対策〔システム諸元〕周波数:28GHz 帯域:400MHz  
 〔実証目標〕SS-RSRP -103.2dBm, ULスループット 80Mbps



改善エリア  
(不感地帯)

面積 (概算)

29m<sup>2</sup>〔屋内〕

基地局からの距離\*

約18m

\* 基準とする基地局から改善エリアまでの距離を示す。電波反射板は介さない。  
 左記グラフの距離は、測定点毎に改善施策前後で同一である。

・反射板の追加により、不感地帯のSS-RSRP及びスループットは改善し、その効果が見られた。

・ULスループットは、目標値に達しなかった。端末側の送信電力が低く、且つ無指向性アンテナのため、指向性アンテナの基地局側（DL）に比べ伝送効率が低いと推察した。

・更なる改善は、反射板の入射/反射波を見通し（LOS）で効率的に伝搬することが考えられる。

## 平均改善量

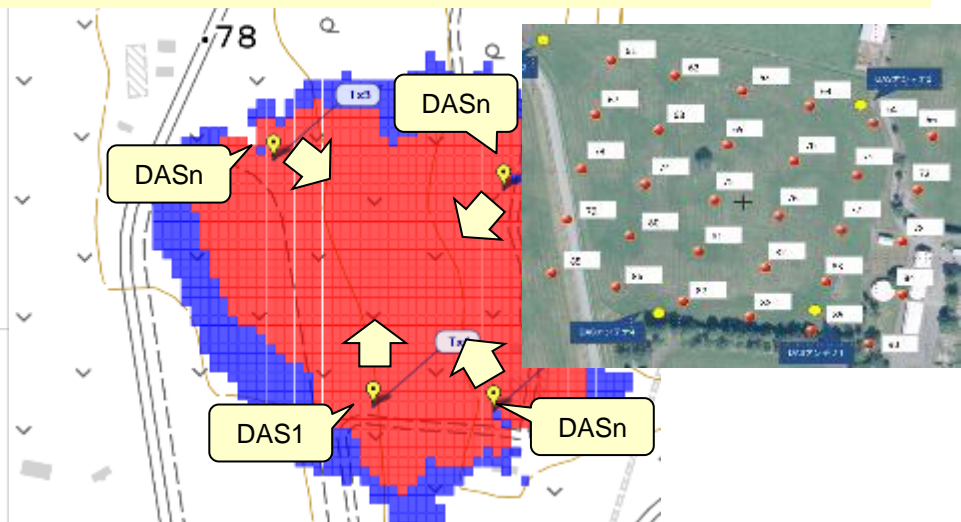
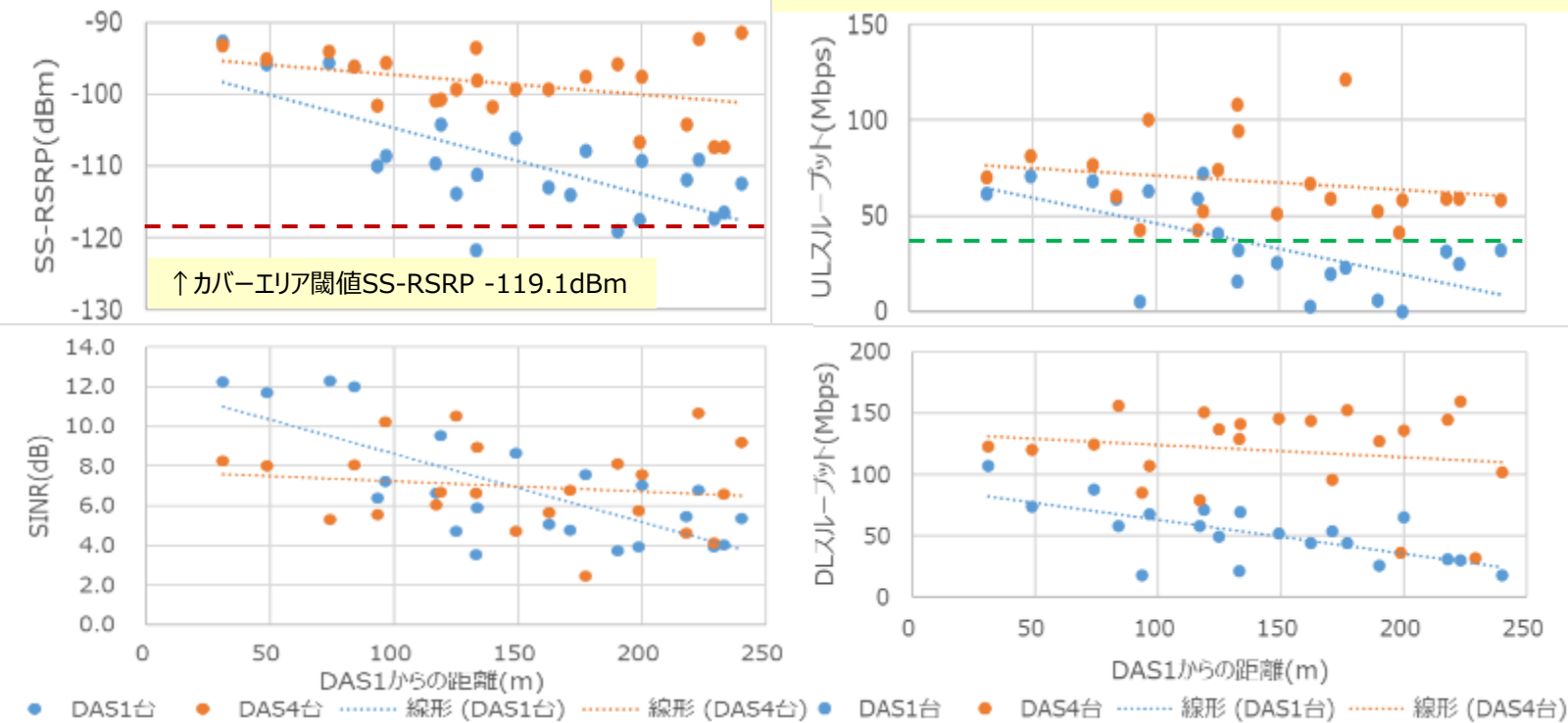
SS-RSRP【dBm】	6.9dB (24測定点)
SINR【dB】	1.0dB (16測定点)
ULスループット【Mbps】	5.2Mbps (14測定点)
DLスループット【Mbps】	372.6Mbps (16測定点)

・改善エリア（ビーム幅の中心）の測定点は、SS-RSRPが7.5dB、12.2dB改善した。  
 業務区域の不感地帯の面積は、56.3%から16.7%に改善した。反射板の効果が確認できる。  
 ・実証目標（ULスループット80Mbps）が未達。

### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決） 3.2 活用設備の諸元・特性及び相互比較

#### 2)分散アンテナシステム（DAS）開01

〔改善施策〕DAS4台による不感地対策〔システム諸元〕周波数:4.85GHz 帯域:100MHz  
〔実証目標〕ULスループット 40Mbps



エリア全体 (不感地帯 含む)	面積 (概算)	DAS1からの距離*
	120,000m <sup>2</sup> 〔屋外〕 (約400m×約300m)	約150m

\* 基準とするDAS1から改善エリアまでの距離を示す。  
左記グラフの距離は、測定点毎に改善施策前後で同一である。

- DASの追加（1台→4台）により、不感地帯のSS-RSRP及びスループットは改善し、その効果が見られた。
- SINRの改善量は、バラついた。DAS追加後の端末は、4台のDASから信号を受信する。所望信号以外の熱雑音が増加したと考えられる。

- 実証目標（ULスループット40Mbps）は、達成。DAS4台による効果を確認した。
- SINRは、DAS1台では距離（DAS1から）が長くなると劣化する傾向。DAS4台では距離による劣化傾向が打ち消されている。

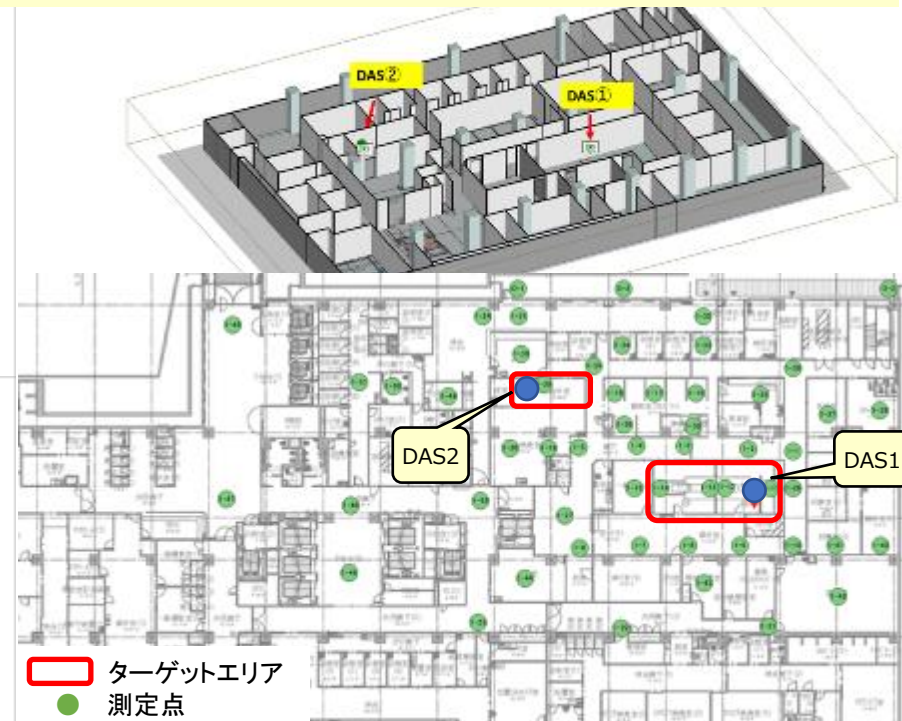
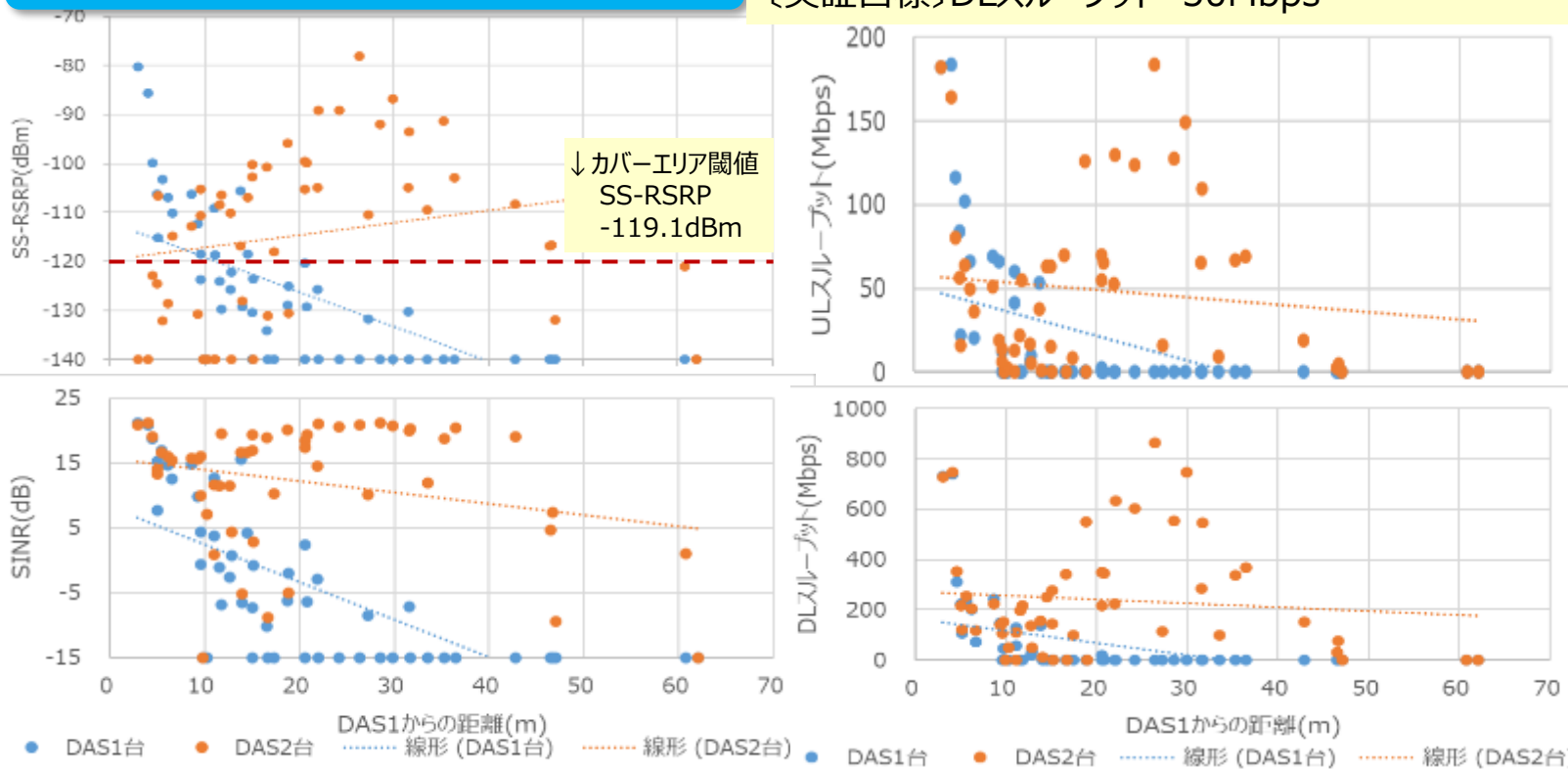
	平均改善量
SS-RSRP【dBm】	10.6dB (23測定点)
SINR【dB】	0.4dB (23測定点)
ULスループット【Mbps】	36Mbps (20測定点)
DLスループット【Mbps】	76Mbps (20測定点)



### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決） 3.2 活用設備の諸元・特性及び相互比較

#### 3)分散アンテナシステム（DAS） 開19

〔改善施策〕DAS2台による不感地対策、カバーエリア拡張 〔システム諸元〕周波数:4.85GHz 帯域:100MHz  
 〔実証目標〕DLスループット 50Mbps



改善エリア (不感地帯)	面積 (概算)	DAS1からの距離*
	24m <sup>2</sup> [屋内] (約3m×約8m)	約26m

\* 基準とするDAS1からターゲットエリア(改善エリア)までの距離を示す。  
 左記グラフの距離は、測定点毎に改善施策前後で同一である。

・DAS1台では、別のターゲットまでの信号減衰が大きく、そのエリア化はできず。送信出力増でもエリア化は困難。  
別のターゲットにDASを追加(1台→2台)することで不感地帯を解消、スループットを改善した。

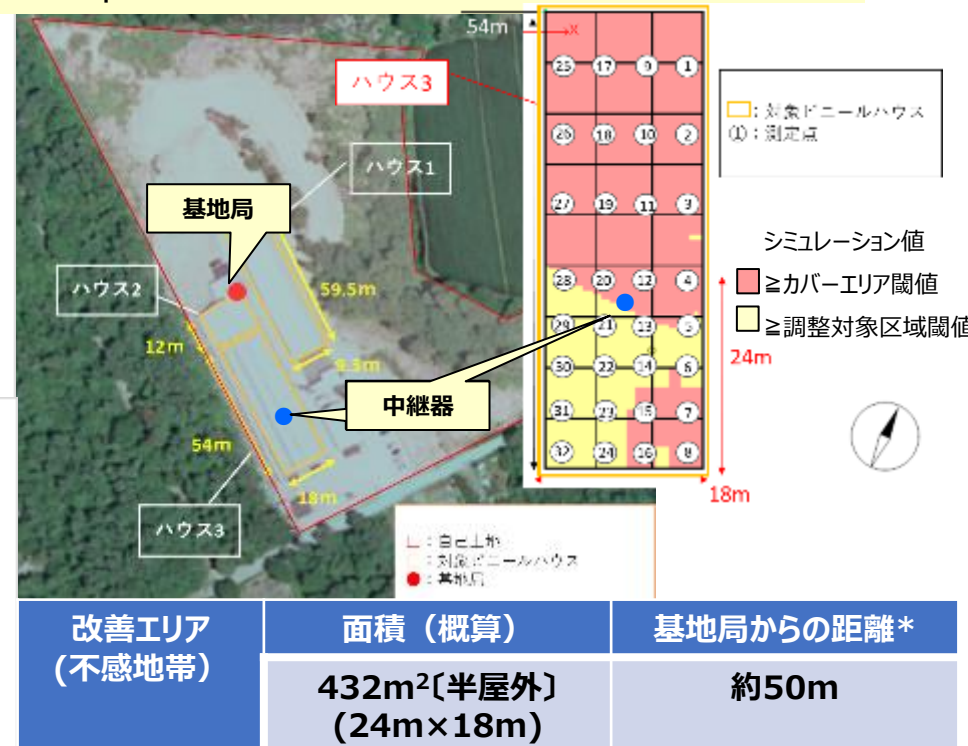
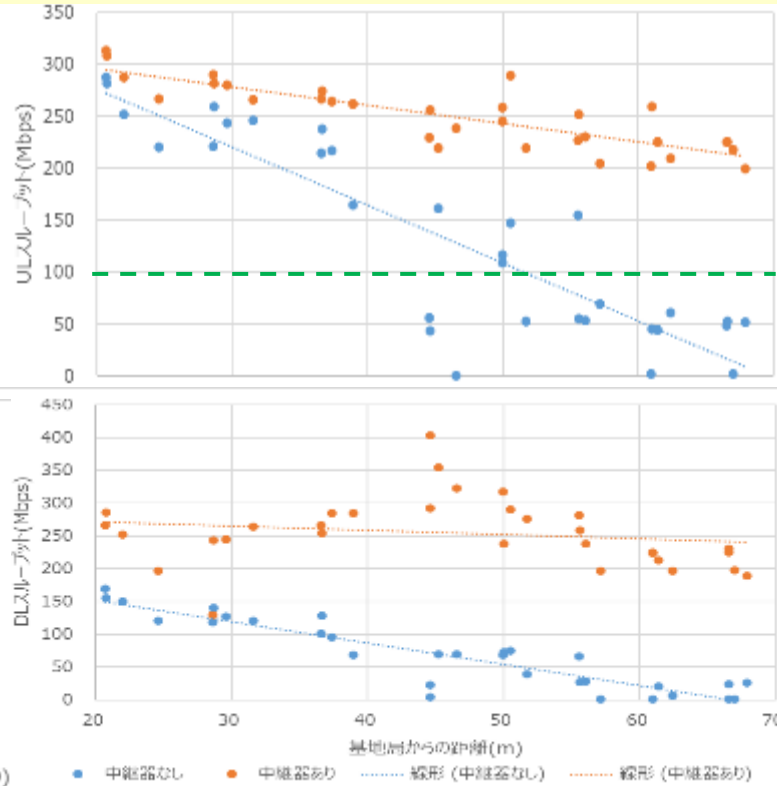
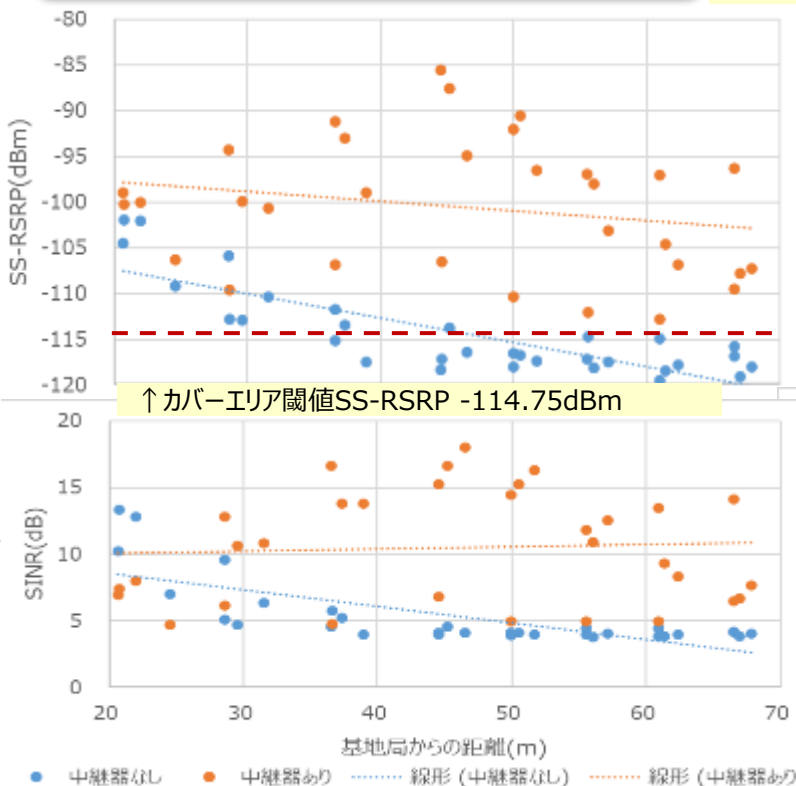
- ・実証目標 (DLスループット50Mbps) は、達成。DAS2台による効果を確認した。
- ・SINRは、DAS1台では距離が長くなると劣化する傾向 (SS-RSRPは、距離約10mでカバーエリア端)。DAS2台では距離による劣化傾向が打ち消され距離45m程度まで延長された。

#### 平均改善量

SS-RSRP【dBm】	11.8dB (52測定点)
SINR【dB】	24dB (52測定点)
ULスループット【Mbps】	28Mbps (52測定点)
DLスループット【Mbps】	174Mbps (52測定点)

## 4) 中継器 開02

〔改善施策〕中継器による不感地対策〔システム諸元〕周波数:4.8GHz帯 帯域:100MHz  
 〔実証目標〕SS-RSRP  $-114.75\text{dBm}$ , ULスループット 100Mbps



\* 基準とする基地局から改善エリアまでの距離を示す。中継局は介さない。  
 左記グラフの距離は、測定点毎に改善施策前後で同一である。

・中継器の追加により、不感地帯のSS-RSRP、SINR及びスループットは改善し、その効果が見られた。

・SINRは、中継器から遠く基地局から近いところで若干劣化した。このエリアは2つのアンテナの信号を受信する。所望信号以外の熱雑音が加算され、且つ遅延した（約300ns）信号が合成されたと考えられる。

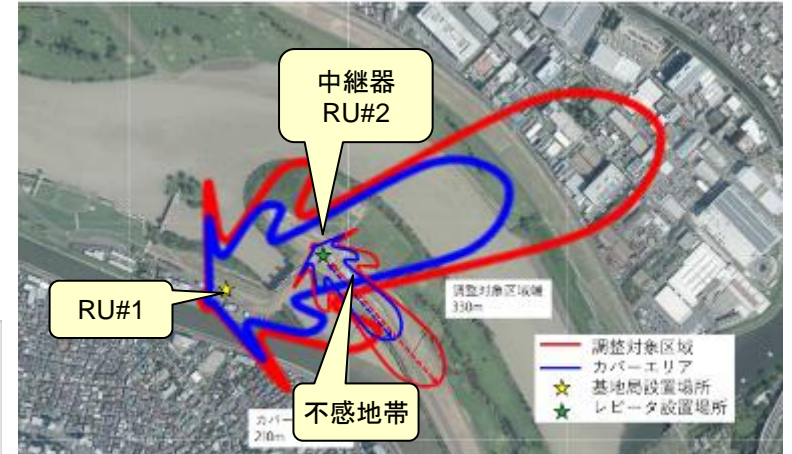
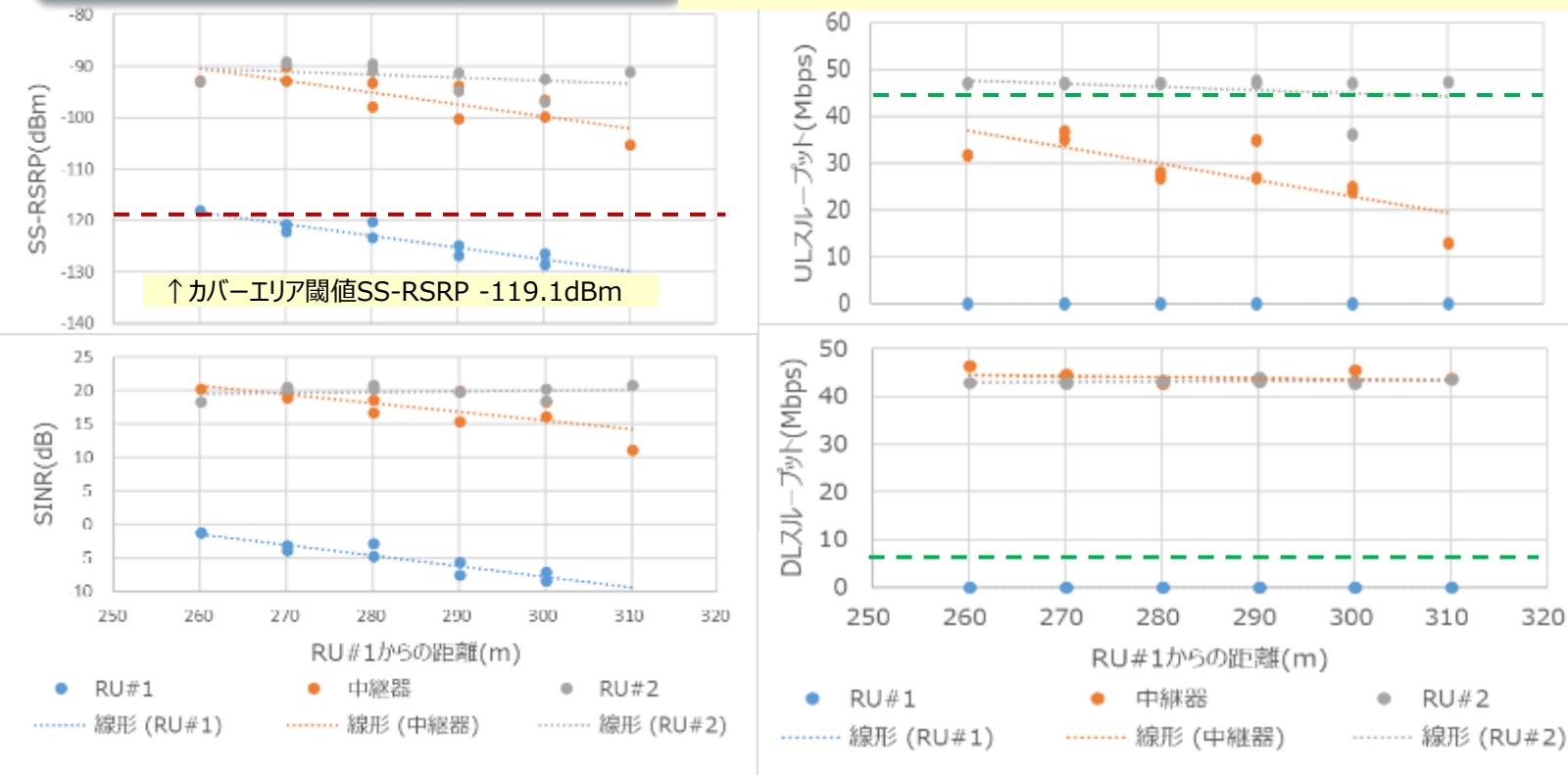
## 平均改善量

SS-RSRP【dBm】	13.9dB (32測定点)
SINR【dB】	5.0dB (32測定点)
ULスループット【Mbps】	119.5Mbps (32測定点)
DLスループット【Mbps】	187.2Mbps (31測定点)

・実証目標（SS-RSRP  $-114.75\text{dBm}$ , ULスループット 100Mbps）は、達成。  
 中継器追加により、SS-RSRP、SINR、スループットが概ね改善できた。

## 5) 中継器/基地局増局 特01

〔改善施策〕基地局増局(RU#2)/中継器による不感地対策、カバーエリア拡張  
 〔システム諸元〕周波数:4.8GHz帯 帯域:100MHz 〔実証目標〕ULスループット 45Mbps,DLスループット 7Mbps



エリア算出法によるエリア図 (RU#1(基地局)及び中継器による)

改善エリア (不感地帯)	面積 (概算)	RU#1からの距離*
中継器	6,900m <sup>2</sup> 〔屋外〕	約200m
RU#2	35,000m <sup>2</sup> 〔屋外〕	約450m

\* 基準とするRU#1から改善エリアまでの距離を示す。中継器は介さない。  
 左記グラフの距離は、測定点毎に改善施策前後で同一である。

	平均改善量 (中継器)	平均改善量 (RU#2)
SS-RSRP[dBm]	28.2dB (9測定点)	31.5dB (9測定点)
SINR[dB]	23.2dB (9測定点)	24.7dB (9測定点)
ULスループット【Mbps】	28.2Mbps (10測定点)	46.0Mbps (10測定点)
DLスループット【Mbps】	43.9Mbps (10測定点)	43.1Mbps (10測定点)

・実証目標ULスループット 45Mbpsは、基地局増局(RU#2)では達成、中継器では未達。  
 DLスループット7Mbpsは、基地局増局(RU#2)、中継器ともに達成した。

・基地局増局(RU#2)が中継器に比べ広域にカバー可能である。一方、送信出力が低い中継器は電波漏洩が少ないと言える。  
局所的な不感地帯の解消として中継器が適している。

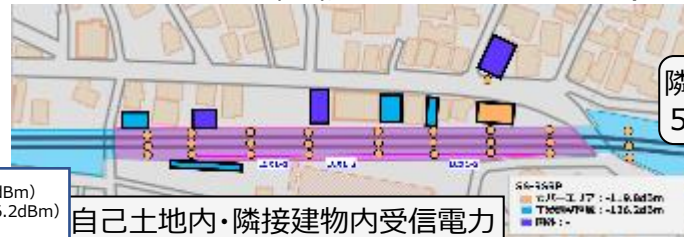
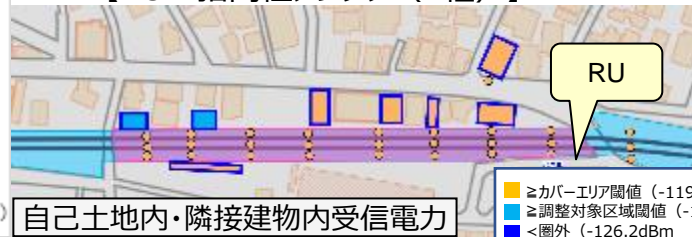
・他者土地への電波漏洩の軽減は、基地局の送信出力を業務区域がカバーできる最小の送信出力に抑え、より狭角のアンテナが適している。

## 6) 漏洩同軸ケーブル（LCX） 特03

〔改善施策〕漏洩同軸ケーブルによる電波漏洩軽減〔システム諸元〕周波数:4.8GHz帯 帯域:100MHz  
 〔実証目標〕線路沿線の鉄筋コンクリート造の建物内における本実証のローカル 5Gエリアからの下り受信電力が、  
 エリア算出法が定める調整対象区域閾値（RSSI-91dBm @100MHz帯域）以下

【RU + 指向性アンテナ（1組）】

【低出力RU + 短距離漏洩同軸ケーブル（LCX）（3組）】



自己土地内・隣接建物内受信電力

自己土地内・隣接建物内受信電力

隣接建物内への漏洩電力  
5 dB以上軽減

他者土地受信電力

他者土地受信電力

他者土地への漏洩電力  
5 dB以上軽減

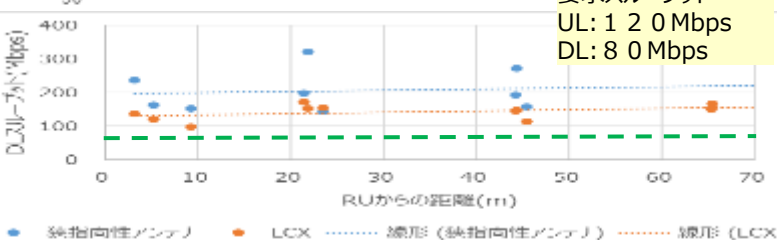
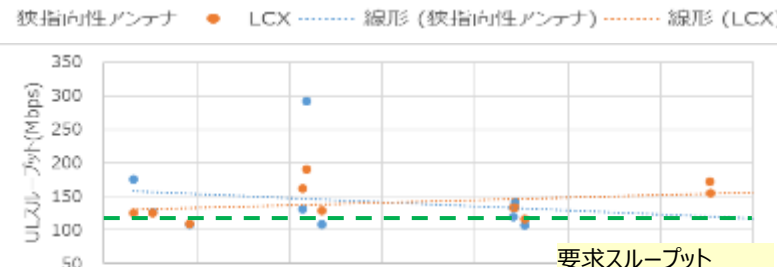
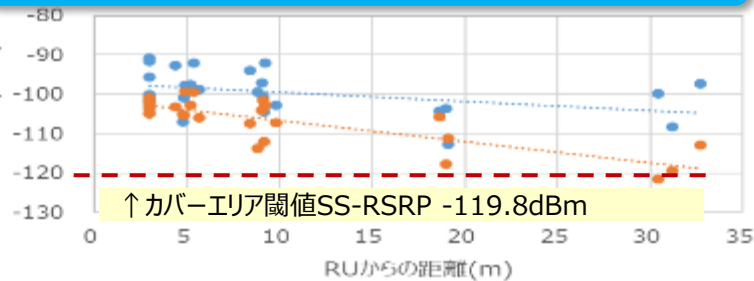
業務区域	面積（概算）	RUからの距離*
	1,400m <sup>2</sup> 〔屋外〕 (10m×140m)	～約143m

\* 基準とする基地局から改善エリアまでの距離を示す。  
 左記グラフの距離は、測定点毎に改善施策前後で同一である。

・漏洩同軸ケーブル（LCX）使用は、近隣の他者土地への電波漏洩について、隣接建物内への漏洩電力が抑制される等、一定の効果を確認した。

・UL及びDLスループットは、ユースケースの要求スループットを概ね満足した。

・LCXは3台のRUと組み合わせて、約143mのエリアを構築した。改善エリアの面積当たりのコスト増の懸念がある。



要求スループット  
 UL: 120Mbps  
 DL: 80Mbps

## LCX実測値（平均）

SS-RSRP【dBm】	-99.3dBm (29測定点)
SINR【dB】	11.4dB (29測定点)
ULスループット【Mbps】	141Mbps (11測定点)
DLスループット【Mbps】	142Mbps (11測定点)

・LCXの実測値の平均値を示す。  
 SS-RSRP値及びSINR値とも十分な値が測定された。  
 ・UL及びDLスループットについても十分な値(141Mbps程度)が確認された。

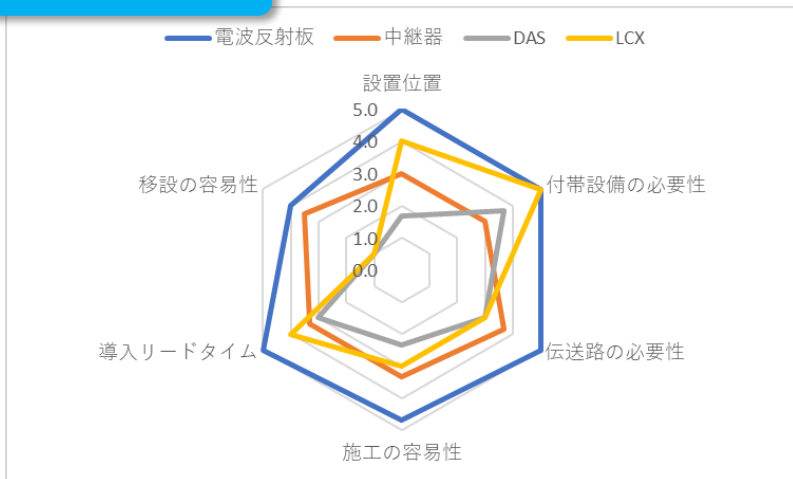
### 3. エリア構築の柔軟化（課題の解決） 3.2 活用設備の諸元・特性及び相互比較

エリア柔軟化設備	有効となる設置条件	適したユースケース
電波反射板	<ul style="list-style-type: none"> <li>電波反射板に強電界を入射できる。電波反射板からの反射波を効率良く伝搬できる。（基地局⇔反射板及び反射板⇔端末の見通し（LOS）が確保できる。）</li> <li>電波反射板への入射角・反射角が大きくなり鋭角である。（反射有効面積を確保）</li> <li>電波反射板の水平・垂直ビーム幅を確認し不感地帯へ正確に電波の方向を設定し、調整する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不感地帯の面積が限定的（スポット、幅の狭い短い線状エリア）</li> <li>電波伝搬路に遮蔽物があり迂回が必要</li> <li>LOSを得やすい天井方向からの電波伝搬路を活用</li> <li>枝分かれする通路等で分岐点で電波を反射</li> </ul>
中継器	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 基地局と中継器間の電波伝搬 <ul style="list-style-type: none"> <li>LOS環境にて、フレネルゾーンが確保できること。</li> <li>ドナーアンテナは、基地局以外の不要電波を避けるため高利得のものを使用すること。</li> <li>中継器ドナー受信端子にて基地局の希望波とそれ以外のレベル差（約30dB）を十分確保すること。</li> </ul> </li> <li>b. ドナー及びサービスアンテナ間の電波のアイソレーションが一定以上（中継器利得+15～20dB程度）あること。</li> <li>c. 中継器で対策するエリアは不感地帯であること。（基地局からの電波との干渉を避ける）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電波伝搬路に遮蔽物があり迂回が必要</li> <li>屋外の電波を屋内へ中継</li> <li>異なるフロア間を業務区域とする場合（一方を基地局、他方を中継器でカバー）</li> <li>不感地帯の面積がある程度広い</li> </ul>
DAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>DAS子局アンテナとカバーする業務区域間はLOS環境であること。</li> <li>他者土地への電波漏洩軽減を行う場合、DAS子局のアンテナタイプと設置位置、送信出力を調整すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>点在するあるいは連続する複数の業務区域をカバーする。</li> <li>他者土地との距離が近く電波漏洩の懸念がある。</li> <li>工場、病院等の必要箇所で電波を送受信し、全体をカバーする。</li> </ul>
LCX	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCXの伝送損失・結合損失への影響が少ない位置へ敷設すること。（大地、コンクリート壁からの距離による伝送損失への影響）</li> <li>他者土地への電波漏洩を抑える向きを考慮してLCXを敷設すること。（LCXのアンテナパターンを把握し設置の向きを決める）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>他者土地との距離が近く電波漏洩の懸念がある。</li> <li>線状の業務区域を連続的にカバー（高速道路、鉄道等。特にトンネル、地下鉄等）</li> </ul>

## 柔軟化設備の相互比較（装置の容易性・コスト比較）

2022年度の技術実証(開02,03,18)より評価

## 設置容易性比較

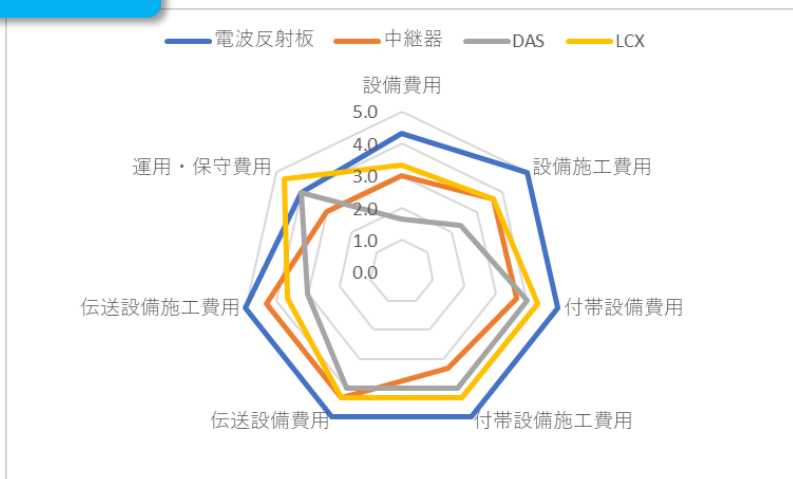


## 各評価項目の評価基準

設置の容易性	5	4	3	2	1
設置位置	容易	比較的容易	難易度中	やや困難	困難
付帯設備の必要性	不要		必要(AC電源)		
伝送路の必要性	不要		必要(光・同軸)		
施工の容易性	容易	比較的容易	難易度中	やや困難	困難
導入リードタイム	3か月程度	6か月程度	10か月程度	1年未満	1年以上
移設の容易性	容易	比較的容易	難易度中	やや困難	困難

- ・各設備の設置性に関する特徴に即した比較結果となった。  
〔特徴〕 電波反射板 付帯設備不要、伝送設備不要  
中継器 付帯設備必要、伝送設備不要  
DAS,LCX 付帯設備必要、伝送設備必要

## コスト比較

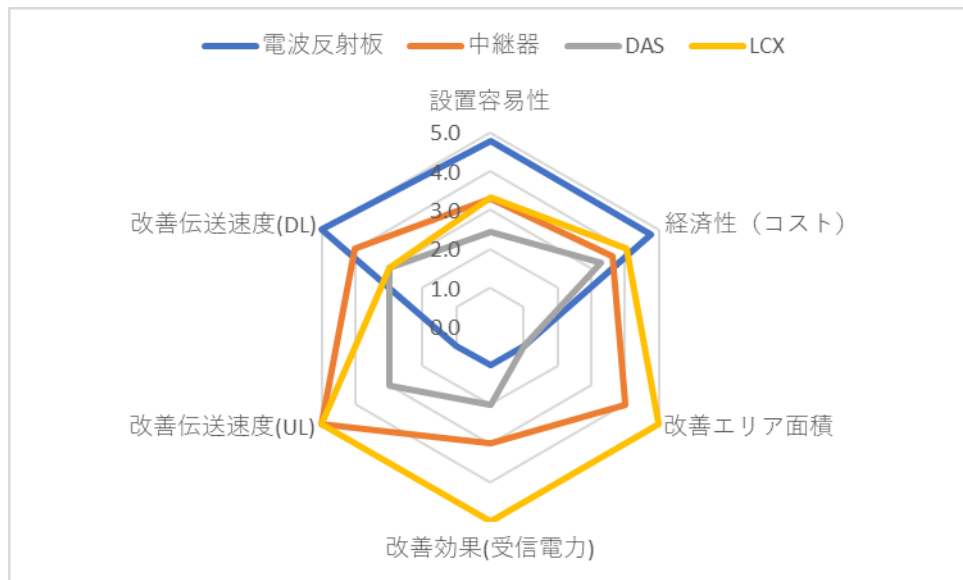


コスト比較	5	4	3	2	1
設備費用	50万円程度	100万円程度	数百万円程度	500万円程度	1000万円程度
設備施工費用	数十万円程度	100万円程度	数百万円程度	500万円程度	1000万円程度
付帯設備費用	不要	50万円程度	100万円程度	数百万円程度	500万円程度
付帯設備施工費用	不要	50万円程度	100万円程度	数百万円程度	500万円程度
伝送設備費用	不要	数十万円程度	50万円程度	100万円程度	数百万円程度
伝送設備施工費用	不要	数十万円程度	50万円程度	100万円程度	数百万円程度
運用・保守費用	数十万円程度	50万円程度	100万円程度	数百万円程度	500万円程度

- ・付帯設備、伝送設備の費用が少ない電波反射板、中継器がコストの優位性が高かった。

## 柔軟化設備の相互比較（装置の容易性・コスト比較）

## 改善効果を含めた総合比較



設置容易性、コスト比較に改善効果（改善面積、受信電力値、伝送速度）を加え総合比較を行った。

- ・電波反射板は設置容易性、経済性にて優位なるも改善エリア面積が少なくULでのスループット改善効果が限定的。
- ・中継器は設置容易性に優れ、改善エリア面積、改善効果ともに大きくバランスが取れている。
- ・DASは子局の数により改善エリア面積は変動する。本比較では屋内環境にて子局2台による比較のため改善エリア面積が少ないが、子局の台数を増加することにより大きくすることが可能。
- ・LCXの改善効果（受信電力、伝送速度）については、不感地帯（受信電力無し、伝送速度無し）に対する改善を想定し、実測値より算出した。

改善効果	5	4	3	2	1
改善エリア面積(m <sup>2</sup> )	1000	500	100	50	数十
改善効果（受信電力）	25dB以上	20dB程度	15dB程度	10dB程度	5dB以下
改善伝送速度(UL)	100Mbps以上	50Mbps程度	数十Mbps	10Mbps程度	5Mbps以下
改善伝送速度(DL)	300Mbps以上	200Mbps程度	150Mbps程度	100Mbps程度	50Mbps以下

## 4. エリア設計手法のモデル化

### 4.1 エリア設計手法のモデル化（概要）

・各実証のモデル化の内容を設計段階（上記(1)～(7)）及び柔軟化設備（電波反射板等）毎に整理して、纏める。

(1)  
不感地帯の把握  
及び他者土地への  
電波漏洩予測

(2)  
解決方策  
(反射板、中継器、  
DAS、LCX) の検討

(3)  
設備、設置仕様  
の検討

(4)  
解決方策適応前後の  
リンクバジェット算出・  
シミュレーション実施

(5)  
解決方策の適応

(6)  
不感地帯改善及び  
他者土地への電波漏洩  
軽減確認

(7)  
次回設計への  
フィードバック

解決方策として優位性の比較  
を行い、最も効果のある方策  
を決定する方法のモデル化

シミュレーション実施方法や  
条件（解決方法のパラメータを  
どのようにツール上で扱うか）を  
モデル化

不感地帯の改善、他者土  
地への電波漏洩の軽減を  
確認する方法のモデル化

不感地帯の把握方法、  
他者土地への電波漏洩把  
握方法のモデル化

設備に求められる仕様と  
設備をどの位置に設置したら  
最も効果を得ることができるか  
を決定する方法のモデル化

設備	(1)課題の把握	(2)解決方策の 検討	(3)設備、設置 仕様の検討	(4)リンクバジッ ト・シミュレーション	(5)解決方策適応	(6)課題解決の 確認	(7)次回設計への フィードバック
電波反射板	21年度No.02 22年度開17	22年度開17	22年度開17	21年度No.01,02 22年度開17	22年度開17		22年度開17
中継器	22年度開02	22年度開02	22年度開02,09, 特01	22年度開02,09, 特01	22年度開02	22年度開02	22年度開02
DAS	22年度開18,19	22年度開18	22年度01,03,18	22年度 01,03,18,19	22年度開18	22年度開18	22年度開18
LCX		22年度特02		22年度特04		22年度特02	



## 4. エリア設計手法のモデル化

### 4.2 電波反射板のエリア設計手法のモデル化（概要）：2022年度開17より引用

#### エリア設計の手順

手順	項目	内容
①	不感地帯の把握	<ul style="list-style-type: none"><li>・レイトレースシミュレーションの実施</li><li>・遮蔽物に応じた補正值（S,R）の適用</li></ul>
②	解決方策の検討	メタマテリアル反射板/中継器/DAS/LCX等から最適な解決方策を選定
③	設備・設置仕様の検討 ※手順③以降はメタマテリアル反射板を選定した場合について記載	<ul style="list-style-type: none"><li>・メタマテリアル反射板に求められる仕様の確認</li><li>・メタマテリアル反射板対策位置の要件整理</li></ul>
④	解決方策の適応	<ul style="list-style-type: none"><li>・メタマテリアル反射板利用時の留意事項の確認</li></ul>
⑤	次回設計へのフィードバック	<ul style="list-style-type: none"><li>・手順③,手順④の結果を比較し、次回設計へのフィードバックを検討</li></ul>

# 4. エリア設計手法のモデル化

## 4.2 電波反射板のエリア設計手法のモデル化（概要）：2022年度開17より引用

(3)設備、設置仕様の検討 (4)解決方策適応前後のリンクバジェット算出

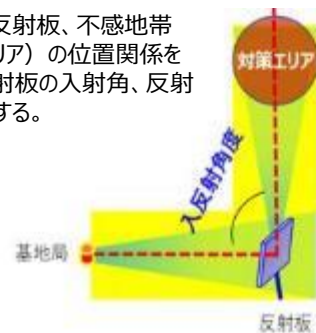
メタマテリアル反射板を用いたエリア設計について、その特性を活かすための最適なエリア設計手法のモデル化に向け以降に設計手順を以下に示す。

基地局と反射板、不感地帯（対象エリア）の位置関係を把握する。

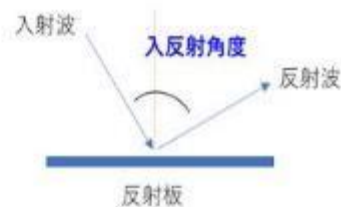


1.対象エリア設置関係

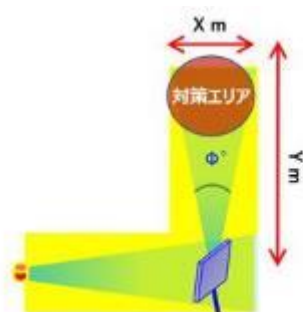
基地局と反射板、不感地帯（対象エリア）の位置関係を把握し反射板の入射角、反射角を決定する。



2.入射角の決定



対象エリアの大きさからカバーに必要なビーム幅を算出する。



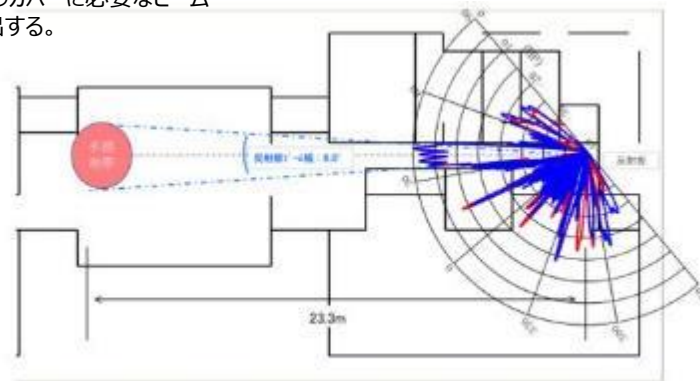
4.対象エリアのビーム幅算出方法

対象エリアの幅：X m  
反射板-対象エリア端の距離：Y m

必要なビーム幅

$$\Phi = 2 \times \tan^{-1} \left( \frac{X/2}{Y} \right)$$

反射板のビームパターンにて対象エリアのカバーに必要なビーム幅を算出する。



5.反射板エリア設計とビーム幅設計

反射板の必要利得(Gmths)を下記リンクバジェット算出式にて求める。

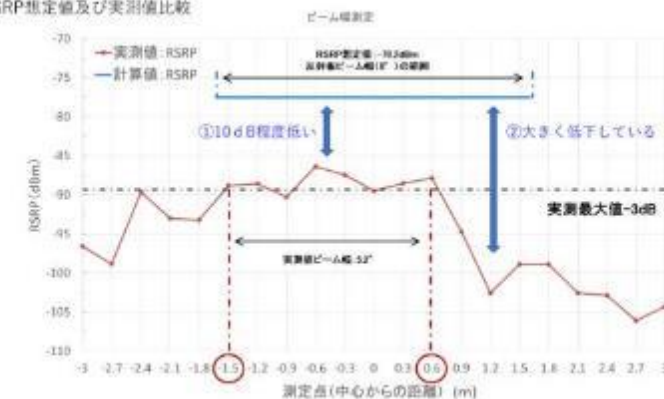


$$Gmths = Pr - Pt - Gt + FSL1 + FSL2 + Gmths\ loss - Gr$$

※反射板の必要利得 (Gmths) は、必要な最低受信感度をPrとして下記式より算出  
自由空間損失2 (FSL2) は対象エリアのエリア端 (最も遠い場所) までの距離で算出すること

### 3.反射板利得算出式

・RSRP想定値及び実測値比較



### 6.RSRP、ビーム幅の設計値と実測値比較

反射板のRSRP、ビーム幅の設計値と実測値の差分を求め以降の設計にフィードバックを行う。

## 4. エリア設計手法のモデル化

### 4.2 中継器のエリア設計手法のモデル化（概要）：2022年度開02より引用

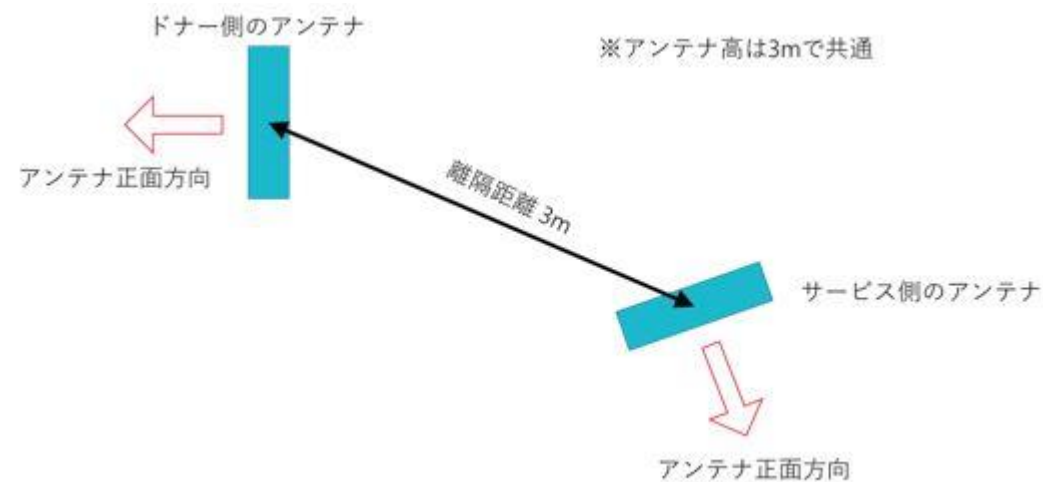
#### エリア設計の手順

手順	項目	内容
1	不感地帯の把握 他者土地電波漏洩の予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レイトレースシミュレーションの実施</li> <li>・遮蔽物に応じた補正值（S,R）の適用</li> </ul>
2	解決方策の検討	反射板/リピーター/DAS/LCXから最適な解決方策を選定
3	設備・設置仕様の検討 ※手順3以降はリピーターを選定した場合について記載	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リピーターに求められる仕様</li> <li>・アンテナ設置位置の要件整理</li> </ul>
4	解決方策適応前後の リンクバジェット・シミュレーション実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不感地帯改善予測（リンクバジェット・レイトレースシミュレーション）</li> <li>・ドナーアンテナの設置位置決定</li> <li>・サービスアンテナの設置位置決定</li> </ul>
5	解決方策の適応	・リピーター設置時の留意事項
6	不感地帯 他者土地電波漏洩軽減確認	・電波強度、伝送性能等を測定し不感地帯や他者土地電波漏洩の確認
7	次回設計へのフィードバック	・手順4,手順5の結果を比較し、次回設計へのフィードバックを検討

# 4. エリア設計手法のモデル化

## 4.2 中継器のエリア設計手法のモデル化（アンテナアイソレーション判定）：2022年度開02より引用

項目		値	備考
周波数 (MHz)	a	4850	
<b>ドナー側</b>			
空中線 品種		X25-3545FTD	
空中線利得(dBi)	b1	17	カタログ値
水平面指向減衰(dB)	b2	-34.53	
垂直面指向減衰(dB)	b3	0	
総合利得(dB)	b	-19.711	給電線損失含む
<b>RFリピーター</b>			
品種		DKK Repeater	
リピーターゲイン(dB)	d	60	
<b>サービス側</b>			
空中線 品種		X65-3545FTD	
空中線利得(dBi)	e1	1	
水平面指向減衰(dB)	e2	-1.02	
垂直面指向減衰(dB)	e3	-1.47	
総合利得(dB)	e	-10.177	給電線損失含む
離隔距離 (m)	g1	25.58	
伝搬損失(dB)	g2	74.3	
建物侵入損(dB)	g3	0	
アンテナアイソレーション	h	104.2	$h=g2-(b+e)+g3$
アイソレーション マージン(dB)1	i1	15	
アイソレーション マージン(dB)2	i2	20	$h=g2-(b+e)+g3$
判定1		OK	OK: $h-i1 \geq d$
判定2		OK	OK: $h-i2 \geq d$
マージン		24.2	対判定2



### (5) 解決策の適応

中継器のサービスアンテナからドナーアンテナへの回り込みに対する規格は 3GPP TR25.956 5.1.1 Antenna Isolation にガイドラインがあり「中継器の利得+15dB」が推奨されている。

本モデルではさらにマージンを含め「中継器の利得+20dB」にて判定することを提案。

# 4. エリア設計手法のモデル化

## 4.2 DASのエリア設計手法のモデル化（概要）：2022年度開18より引用

### エリア設計の手順

手順	項目	内容
①	不感地帯の把握 他者土地電波漏洩の予測	・レイトレースシミュレーションの実施 ・遮蔽物に応じた補正值（R,S）の適用
②	解決方策の検討	反射板/中継器/DAS/LCXから最適な解決方策を選定
③	設備・設置仕様の検討 ※手順③以降はDASを選定した場合について記載	・DASに求められる仕様の検討 ・アンテナ設置位置の要件整理
④	解決方策適応前後のリンクバジェット・シミュレーション実施	・不感地帯改善予測（リンクバジェット・レイトレースシミュレーション） ・サービスアンテナの設置位置決定
⑤	解決方策の適応	・DAS設置時の留意事項
⑥	不感地帯・他者土地電波漏洩軽減確認	・電波強度、伝送性能等を測定し不感地帯や他者土地電波漏洩の確認
⑦	次回設計へのフィードバック	・手順④,手順⑤の結果を比較し、次回設計へのフィードバックを検討

屋内に多数存在する屋内壁、窓、各病室のスライド式扉、天井や床面に設置されているデッキプレート等、多様な素材で構成される遮蔽物による透過・反射を考慮した3Dモデリングの作成・パラメータ調整を行い、現地環境を模してシミュレーションを実施する。

表1 各遮蔽物における透過損

遮蔽物	素材	透過損 (dB)
屋内壁（石膏）	石膏	5.78
屋内壁（鋼材）	鋼材	16.16
スライド式扉（各病室）	木材	8.12
窓（外壁）	ガラス	2.73
自動ドア（ナースステーション）	ガラス	3.63
開閉式扉（テレフォンルーム）	ガラス	2.82
円柱（ナースステーション）	木材	7.91

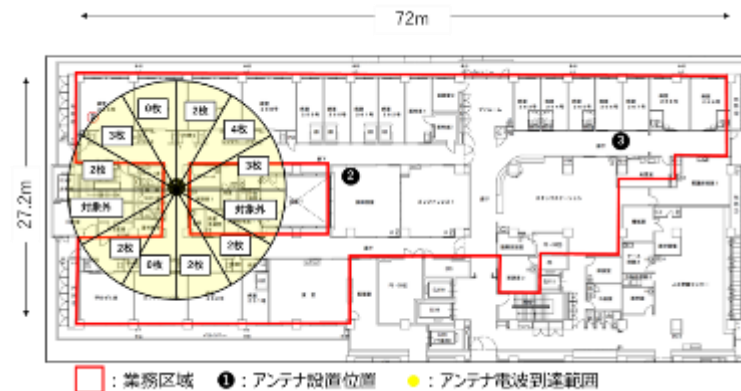


図1 アンテナ電波到達範囲内の遮蔽物カウント

表2 リンクバジェット算出パラメータ（例）

パラメータ	計算値	単位	備考
$P_t$	46	dBm	送信電力（基地局の空中線電力）
$G_t$	1	dBi	送信アンテナ利得
$L_f$	16.25	dB	基地局の給電線損失
$G_r$	0	dBi	受信アンテナ利得
$f$	4849.98	MHz	使用する周波数
$d_{xy}$	0.015	km	基地局と伝搬損失を算定する地点との距離
$H_b$	9.8	m	基地局の空中線地上高
$H_m$	6.9	m	陸上移動局の空中線地上高
$R'$	11.4	dB	屋内における遮蔽物透過損

【リンクバジェット算出式】

$$L = 32.4 + 20 \log_{10}(f) + 10 \log_{10} \left[ (d_{xy})^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6} \right] + R'$$

$$= 32.4 + 20 \log_{10}(4849.98) + 10 \log_{10} \left[ 0.015^2 + \frac{(9.8 - 6.9)^2}{10^6} \right] + 11.4$$

$$\approx 81.2$$

$$P_r = P_t + G_t - L_f + G_r - L - R'$$

$$= 46 + 1 - 16.25 + 0 - 81.2 - 8$$

$$= -58.45 \text{ [dBm]}$$

### (4) 解決方策適応前後のリンクバジェット算出

実際のエリア設計では上記のリンクバジェット算出式による推定値と実測値の間に誤差が生じることが想定されるため「+10dB程度」のマーゲンを持たせたエリア設計を行うことを推奨する。

# 4. エリア設計手法のモデル化

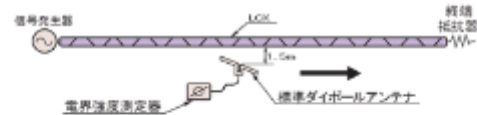
## 4.2 LCXのエリア設計手法のモデル化（概要）：2022年度特04から引用

### (1) 結合損失 (L<sub>C</sub>)

結合損失 (L<sub>C</sub>) とは、ケーブルへの入力電圧 V<sub>i</sub> と、ケーブルより 1.5 m 離れた位置に半波長標準ダイポールアンテナを置き輻射波の円周方向電場成分をケーブル長さ方向に受信したときの受信電圧 V<sub>r</sub> (ケーブルの減衰量を補正した累積値の 50%) の比で次式により定義されます。

$$L_C = -20 \cdot \log_{10} \left( \frac{V_r}{V_i} \right) \quad (\text{dB})$$

結合損失の測定法



### (2) 結合損失距離特性

結合損失の円周方向距離特性 (L<sub>CR</sub>) は、標準結合損失を L<sub>C</sub>、距離を R とすると、次式のように表されます。

$$L_{CR} = L_C + 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{R}{1.5} \right) \quad (\text{dB})$$

結合損失距離特性

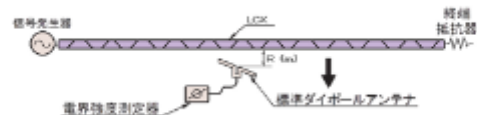


図1 参照した公開情報の抜粋部分 (参照元: <https://www.fujikura-dia.co.jp/pdf/LCX.pdf>)

$$L_C = -10 \log_{10} \left( \frac{P_{dipole}}{P_t} \right) \quad (1)$$

$$L_{CR} = L_C + 10 \log_{10} \left( \frac{R}{1.5} \right) + S \quad (2)$$

$$P_r = P_t + G_r - G_{dipole} - L_{CR} - a \times l \quad (3)$$

式(1)は「結合損失の式」、式(2)は「結合損失の距離特性の式」、式(3)は受信電力推定値の式

出所) 実証コンソーシアム報告書より引用

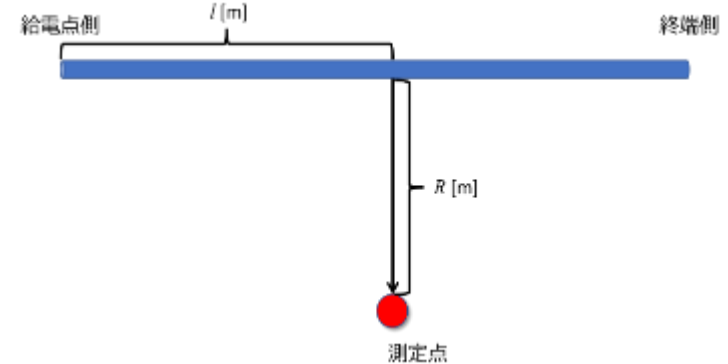


図2 LCXの給電点から距離 l と法線距離 R の関係

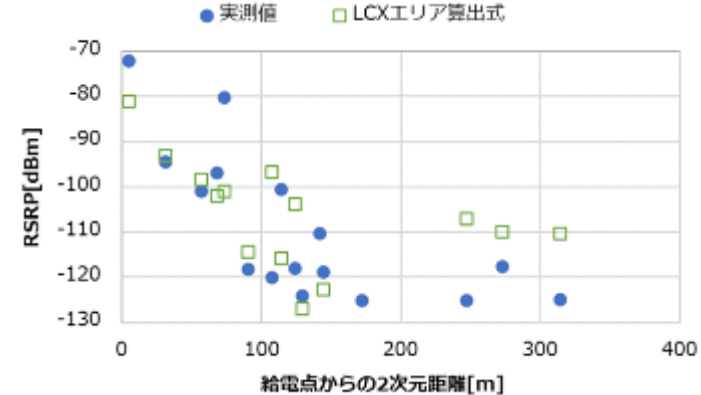


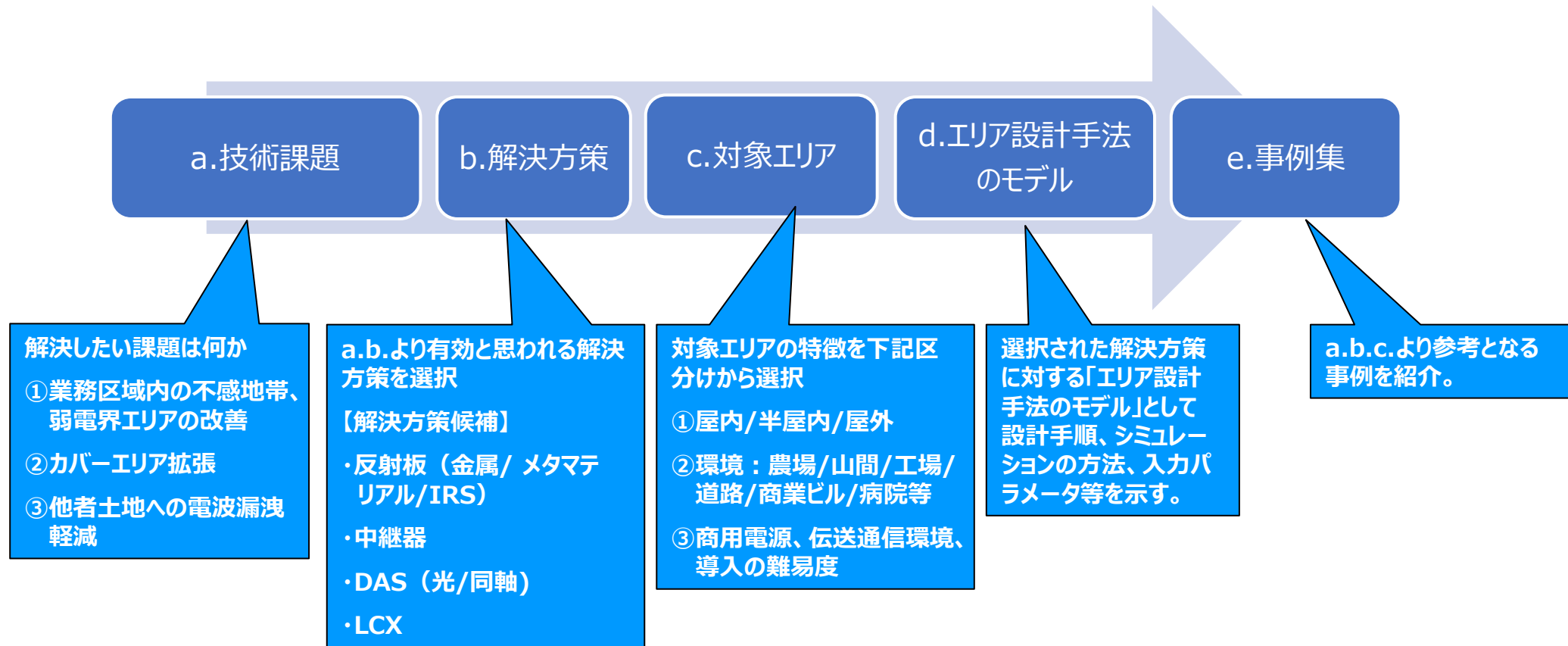
図3 LCXのエリア算出式案と実測値の比較

解決方策適応前後のリンクバジェット算出：

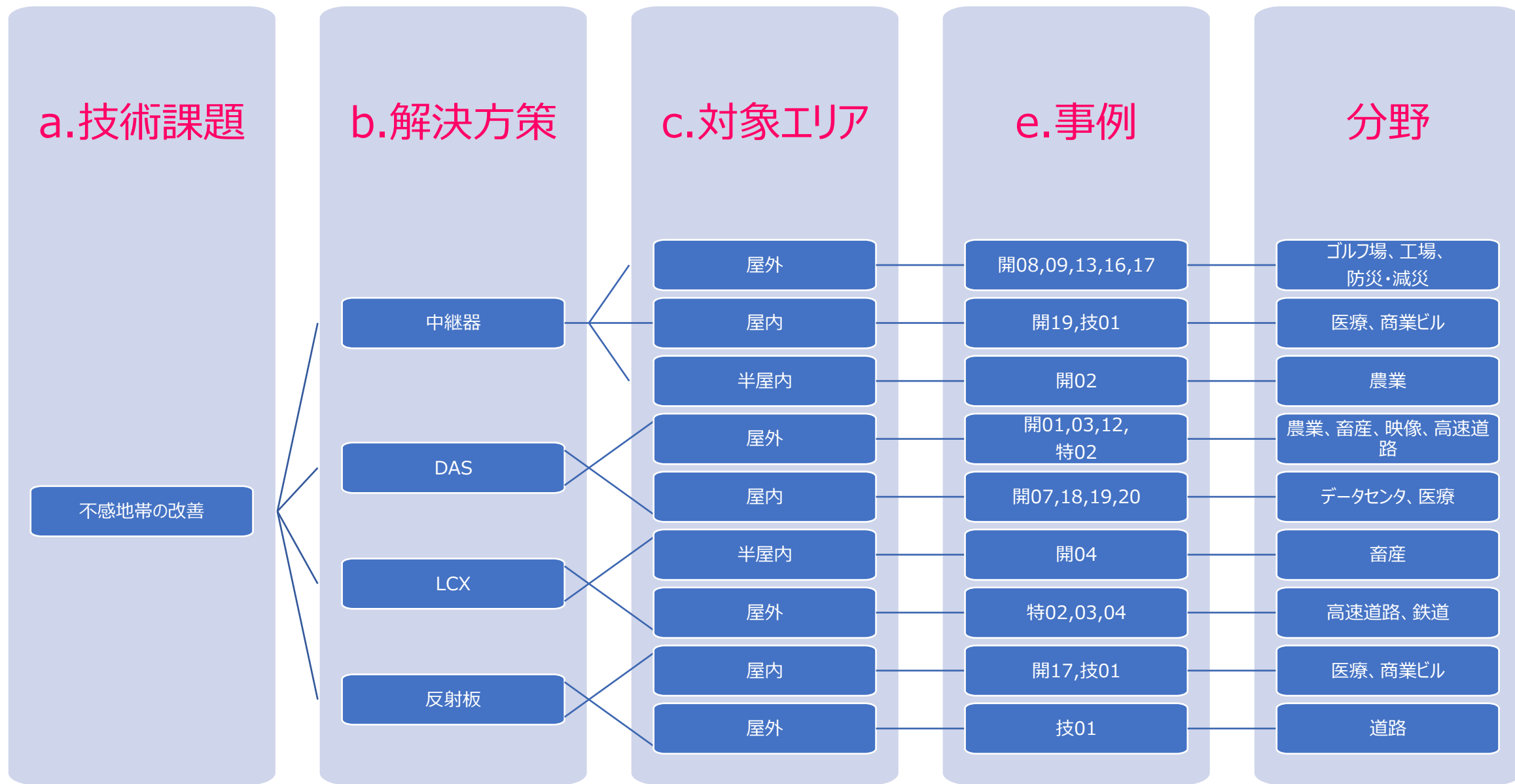
今回の検証において用いた図1の公開情報のLCX法線方向の距離特性が、LCXから法線方向に十分遠方を考慮した式ではなく、LCX近傍のみを考慮している可能性がある。上記の課題から、精度の高いLCXのエリア算出式を検討するためには、式(2)にて示した伝搬損失の距離特性の項を、LCX接続方向と法線方向についてそれぞれ多くのデータから統計的に算出する必要がある。

## 5. エリア構築の柔軟化事例

(技術課題、解決方策及び対象エリアを定義し、その選択を経て、参考事例を紹介)

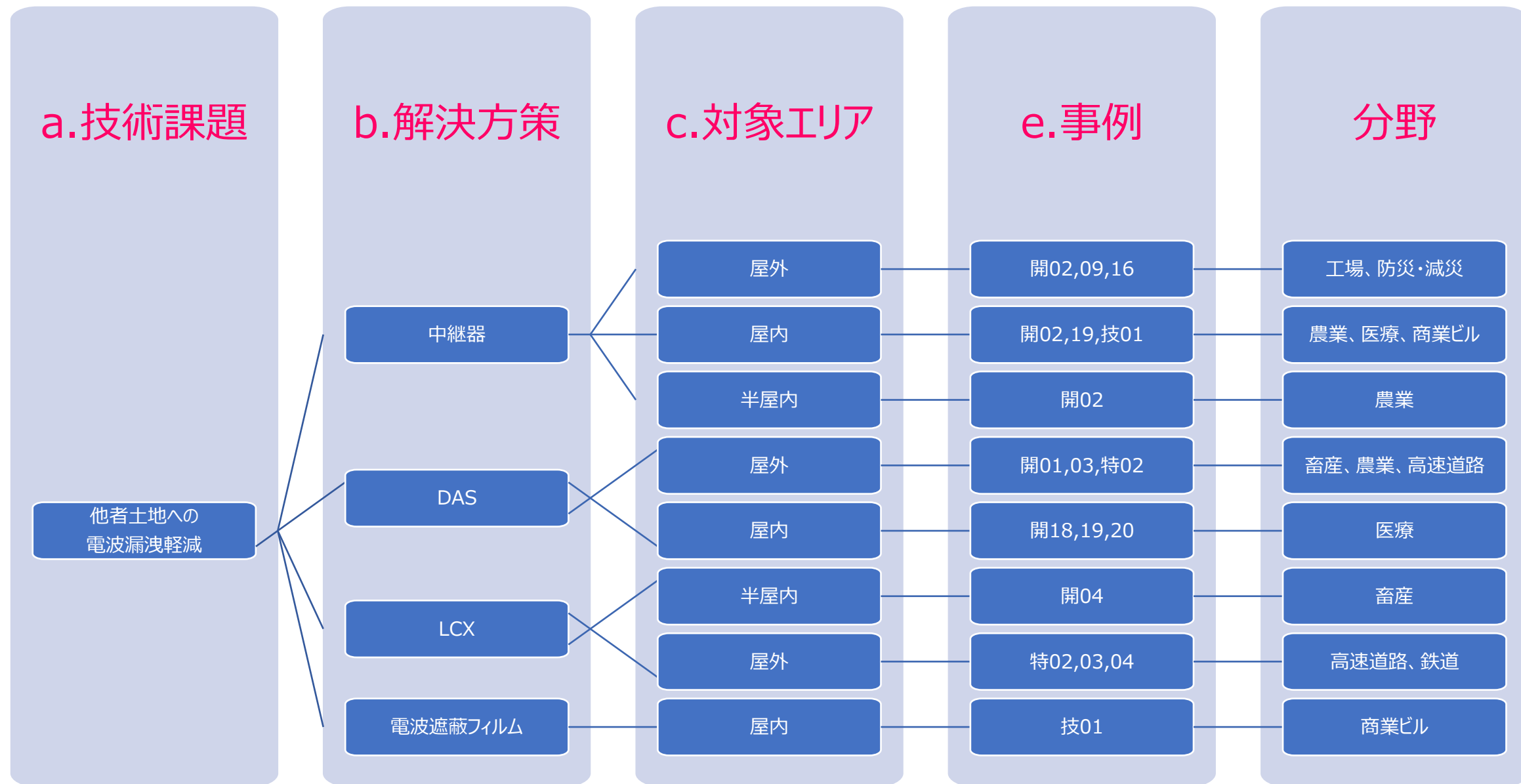


# 5. エリア構築の柔軟化事例





## 5. エリア構築の柔軟化事例



# 6. 補足資料 (2022年度テーマⅡ実証案件一覧)

## 1) 開発実証15件

採択 No.	場所	分野	電波伝搬 環境	課題① 不感地 対策	課題② カバーエリア 拡張	課題③ 電波漏洩 軽減	RF Band		エリア柔軟化設備				
							4.7 GHz	28 GHz	反射 板	中継 器	DAS	LCX	その他
開01	北海道新冠町	畜産	屋外（開放地）	○		○	○				○		
開02	秋田県大仙市	農業	半屋内	○		○	○			○			
開03	高知県北川村	農業	屋外（開放地）	○		○	○				○		
開04	鹿児島県鹿屋市	畜産	半屋内	○		○	○					○	
開05	三重県尾鷲市	漁業	海面	対象外		○	○						○
開07	横浜市	データセン ター	屋内	○	○	対象外	○				○		
開08	新居浜市・四阪島	工場	屋外（開放地）	○	○	対象外	○			○	(飛行空間のエリア化)		
開09	熊本県苓北町	火力発電所	屋外（開放地）	○		○	○			○			
開12	茨城県つくばみらい 市	映像制作	屋外（市街 地）	○		対象外	○				○		
開13	栃木県栃木市	ゴルフ場	屋外（開放地）	○		対象外	○			○			
開16	愛媛県大洲市	災害対策	屋外（開放地）	○	○	○	○			○	(飛行空間のエリア化)		
開17	北海道岩見沢市	地域医療	屋内	○		対象外		○	○				
開18	群馬県前橋市	大学病院	屋内	○		○	○				○		
開19	川崎市	中核病院	屋内	○	○	○	○				○		
				○	○	○				○			
開20	徳島県徳島市	中核病院	屋内	○		○	○				○		

## 6. 補足資料 (2022年度テーマⅡ実証案件一覧)

### 2) 技術実証1件

採択 No.	場所	分野	電波伝搬 環境	課題① 不感地 対策	課題② カバーエリア 拡張	課題③ 電波漏洩 軽減	RF Band		エリア柔軟化設備				
							4.7 GHz	28 GHz	反射 板	中継 器	DAS	LCX	遮蔽 板
技01	東京都江戸川区	道路	屋外（市街地）	○		対象外		○	○				
		商業ビル	屋内	○	○	○		○	○	○			○

### 3) 特殊環境〔線状空間〕実証4件

採択 No.	場所	分野	電波伝搬 環境	課題① 不感地 対策	課題② カバーエリア 拡張	課題③ 電波漏洩 軽減	RF Band		エリア柔軟化設備				
							4.7 GHz	28 GHz	反射 板	中継 器	DAS	LCX	その他
特01	埼玉県/高麗川,入間川	災害対策	屋外（開放地）	○	○	○	○			○			
特02	東京都/首都高池袋線	高速道路	屋外（開放地）	○		○	○				○		
							○					○	
特03	東急/菊名-妙蓮寺	鉄道	屋外（開放地）	○		○	○					○	
特04	兵庫県/阪神本線	鉄道	屋外（開放地）	○		○	○					○	