

## 920MHz帯空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム の共用検討状況

2019.5.23

ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF)

**背景・目的**

**ユースケース**

**920MHz帯WPT仕様案**

**共用検討先システム**

**実験局による実証事例**

# 背景 および 目的

## 背景

多数配置されるIoTデバイスの大きな課題の一つが電源である。例えば、工場品質を支える環境センサ、少子高齢化における介護や見守り問題の補助となる生体情報センサなどにおける電源は、大きな課題になることが予想されている。

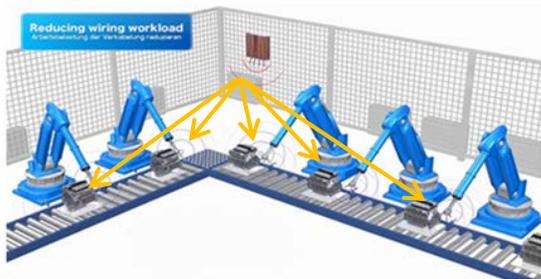
そこで、この課題に対して、ワイヤレス、電池レスでセンサネットワークの構築が期待できるマイクロ波電力伝送技術への期待は大きい。

## 目的

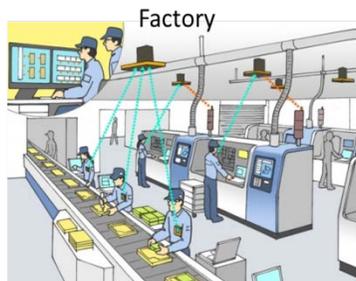
マイクロ波WPTは、センサネットワークの電源（数 $\mu$ W～数mW級）を提供する。

## 利用シーン

工場や介護現場などの屋内限定で利用する。



ロボット可動部のセンサ  
(工場品質)



Machine and Line management in Factory

製品や動線管理  
(工場品質)



健康管理・見守り  
(介護現場)

## 利用周波数帯

ISM帯としてWi-Fiなどで広く利用されている2.45GHz帯や5.7GHz帯よりも、伝搬損失が小さい920MHz帯を用いることで、より広範囲のセンサへの給電が期待でき、工場や介護現場のセンサネットワークの電源として1対多の給電に適していると考えている。

一方、波長が短く、高利得が期待できる2.45GHz帯、5.7GHz帯は、モバイル機器への1対1の給電に向いていると考えている。

## 2025年度国内予測

全国のセンサ・モバイル端末の一部（20%程度）に導入されたとして  
**5,520億円（2485万台）**の市場効果が見込まれる。

### ①IoTセンサシステム

単価：50万円

3,750億円

数量：75万

### ②介護・見守りセンサシステム

単価：50万円

500億円

数量：10万

### 参考)

### ③モバイル端末

・スマートフォン：540億円

単価：3200-3500円

1,270億円

数量：16百万

・タブレット

単価：3200-3500円

230億円

数量：7百万

・送電インフラ

単価：5万円

500億円

数量：100万

**背景・目的**

**ユースケース**

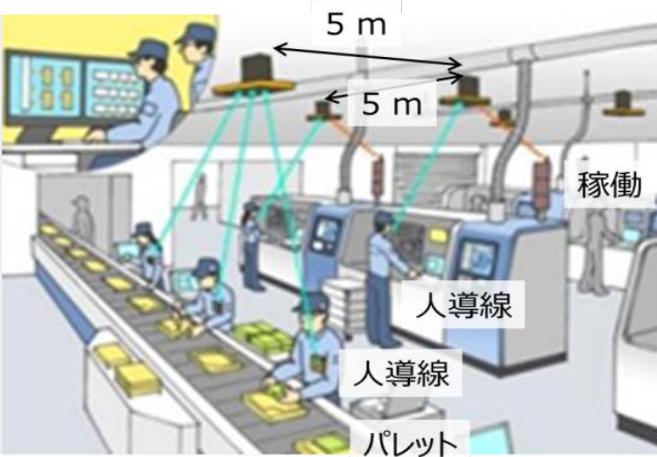
**920MHz帯WPT仕様案**

**共用検討先システム**

**実験局による実証事例**

920MHz帯

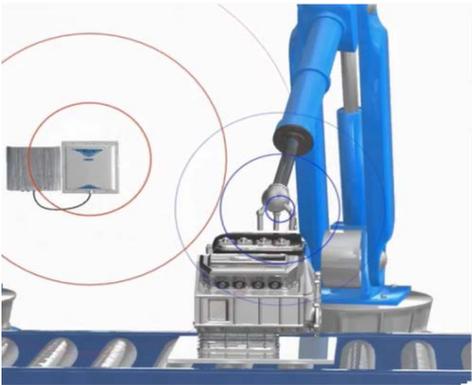
使用環境	屋内工場	屋内工場
供給能力	数 $\mu$ W~数百 $\mu$ W	
給電対象	環境センサ 人が持つセンサ (5~10台)	工作ロボット等の各種センサ (5~10台)
給電距離	~5m程度	
電波防護の 電磁界強度指針値	管理環境 (条件P)	管理環境 (条件P)
電磁界の防護対策	アンテナ設置高さによる人体との離隔距離の確保、防護柵の設置など指針値を超える範囲に容易に入出りできない措置	
設置者	他無線の管理可能	他無線の管理可能
送電環境の認知	可能	可能
人がいる時の送電	有り	有り
免許形式(案)	構内無線局(免許局:1W,パッシブ系)	



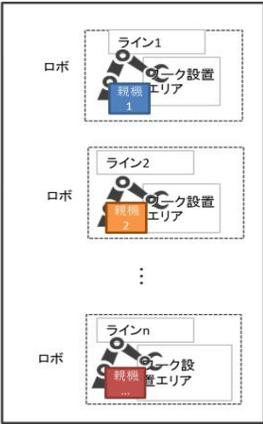
送信機：5~10m間隔に設置、4~16出力切り替え  
センサ：5~10個/1送信機

設備・工程管理センサへのWPT

配線からの開放による生産性向上  
人、物の導線管理および最適化  
製品工程の見える化による品質向上  
レトロフィットによる低コスト・イノベーション



生産設備用センサへのWPT

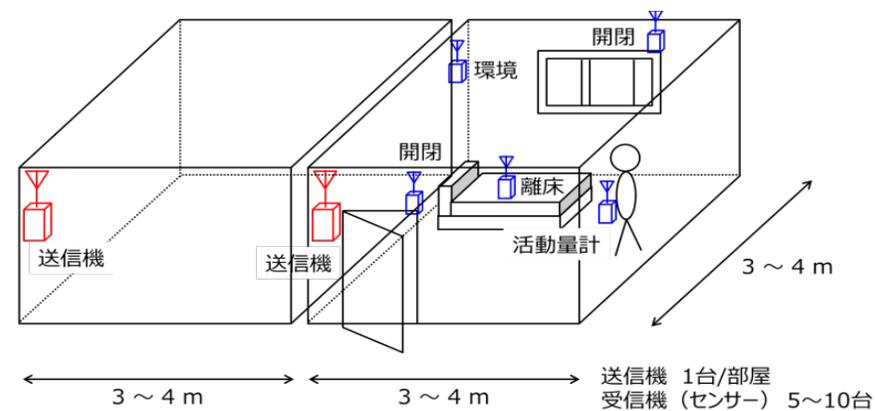
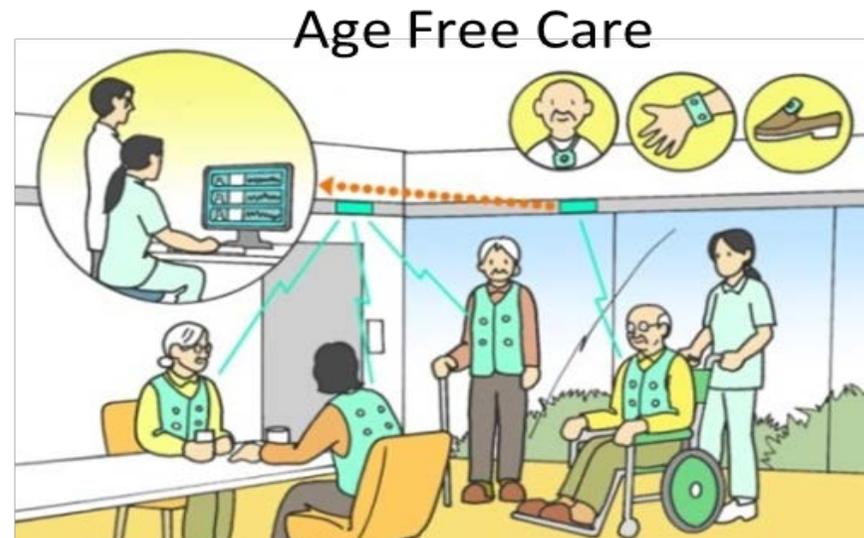


断線による稼働損失の低減  
無線化による可動域の拡大  
稼働を止めずにレトロフィット

# ユースケース：介護施設での環境センサ・介護者センサへの給電

## 920MHz帯

使用環境	介護等施設
供給能力	数 $\mu$ W～数百 $\mu$ W
給電対象	環境センサ・見守り対象者がもつセンサ(5～10台)
給電距離	～5m程度
電波防護の電磁界強度指針値	一般環境(条件G)
電磁界の防護対策	アンテナ設置高さによる人体との離隔距離の確保、防護柵の設置など指針値を超える範囲に容易に出入りできない措置
設置者	他無線の管理可能
送電環境の認知	不可能
人がいる時の送電	有り
免許形式(案)	構内無線局(免許局:1W,パッシブ系)



### 介護施設の一例

介護者の負担低減・効率化  
安全・安心・快適の提供  
介護医療充実

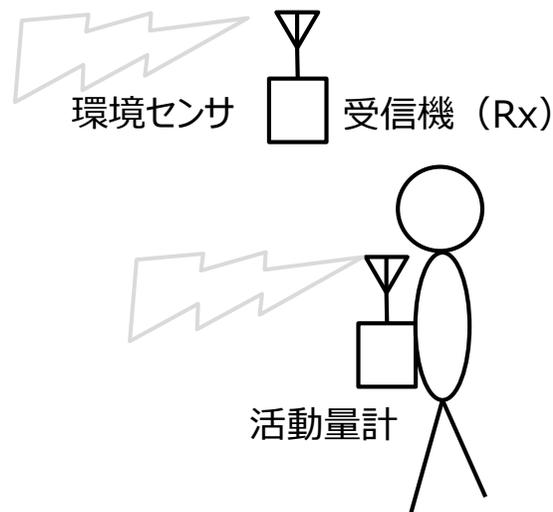
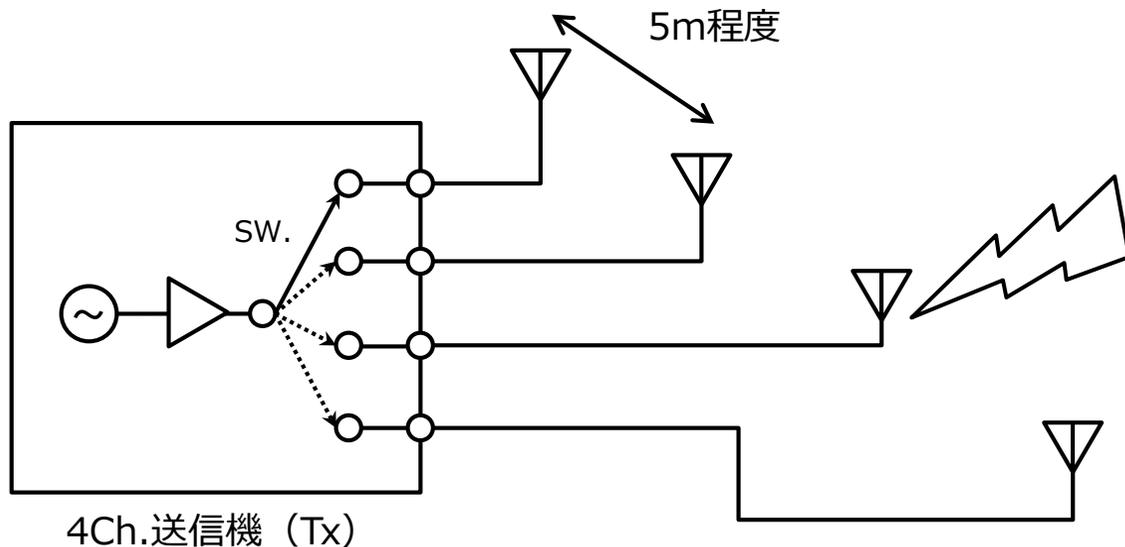
**背景・目的**

**ユースケース**

**920MHz帯WPT仕様案**

**共用検討先システム**

**実験局による実証事例**



5~10台程度のセンサ (※)

## ARIB-STD-T106準拠WPT送信機

周波数帯		920MHz帯
WPT波	周波数	918.0MHz 919.2MHz
	最大空中線電力	1W (30dBm)
	最大アンテナ利得	6 dBi
	最大EIRP	4W (36dBm)
	電波の型式	N0N、G1Dなど
	利用場所	屋内
	動作仕様等	ARIB-STD-T106 に準ずる
	送信時間	連続 (免許局)

## センサからの通信方法 (例)

- ・バックスキャッタ方式 (出力 -30dBm以下@1m)
- ・BLE (出力13dBm以下、認証RFモジュール使用)
- ・その他の通信方式においても出力は13dBm以下

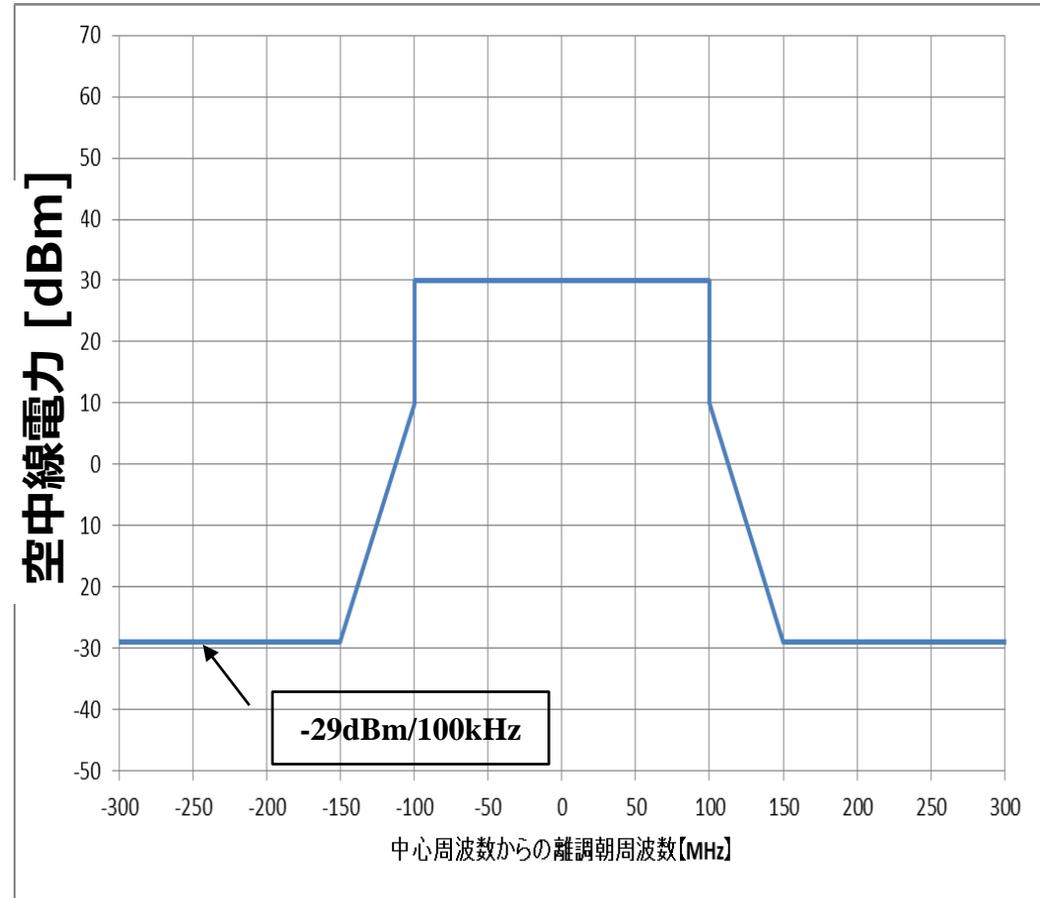
## 1.920MHzWPT送信諸元 (案)

周波数帯域	918.0,919.2MHz
帯域幅	200kHz未満
最大送信電力	1W【30.0dBm】
最大空中線利得	6dBi
変調方式	N0N,G1D等
最大EIRP	36dBm
使用環境	屋内

## 3.不要発射の許容値 (給電線入力点)

周波数	不要輻射の上限値
$710\text{MHz} \leq$	-36(dBm/100kHz)
$710 \leq f < 900\text{MHz}$	-58(dBm/MHz)
$900 \leq f < 915\text{MHz}$ $930 \leq f < 1000\text{MHz}$	-58(dBm/100kHz)
$915 \leq f < 915.7\text{MHz}$ $923.5 \leq f < 930\text{MHz}$	-39(dBm/100kHz)
$1000 \leq f < 1215\text{MHz}$	-48(dBm/MHz)
$1215\text{MHz} \leq f$	-30(dBm/MHz)

## 2.920MHzWPTスペクトラムマスク (案) (給電線入力点)





**背景・目的**

**ユースケース**

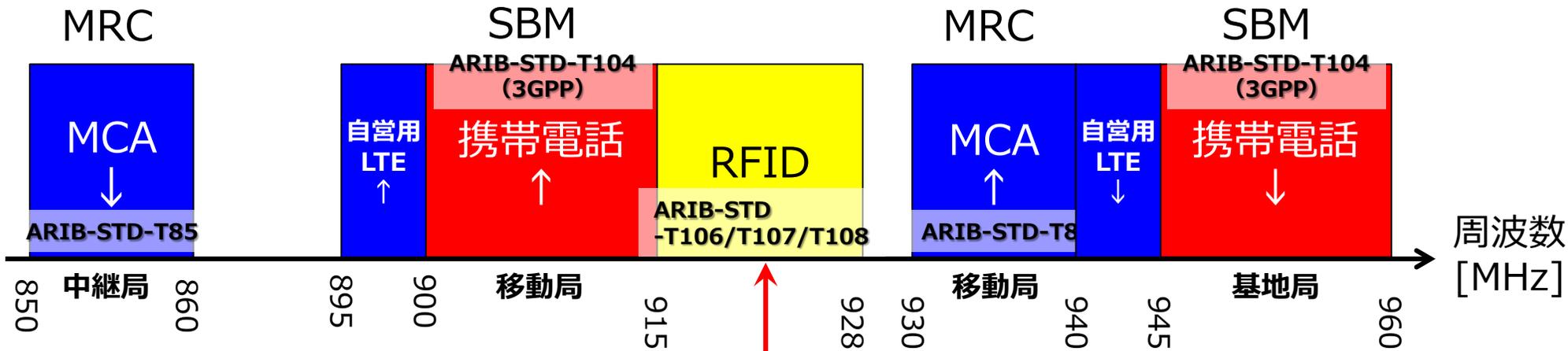
**920MHz帯WPT仕様案**

**共用検討先システム**

**実験局による実証事例**

ARIB-STD	被干渉システム
T85	MCA 中継局
	MCA 移動局
T104 (3GPP)	LTE-A移動局 (高度MCA含む)
	LTE-A基地局 (高度MCA含む)
T106	RFID (1W)
T107	RFID (特小)
T108	テレメータ、LoRaWANなど
(ITU)	天文台

# 被干渉システム



電波天文@野辺山 ITU-R

**WPT**

T106

T107

T108

T106	1W パッシブ	[Grid with colored cells]																																																																																		
T107	1W-LBT パッシブ	[Grid with colored cells]																																																																																		
T107	250mW パッシブ	[Grid with colored cells]																																																																																		
T107	250mW アクティブ	[Grid with colored cells]																																																																																		
Ch.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77						
中心周波数		0.118	0.119	0.120	0.121	0.122	0.123	0.124	0.125	0.126	0.127	0.128	0.129	0.130	0.131	0.132	0.133	0.134	0.135	0.136	0.137	0.138	0.139	0.140	0.141	0.142	0.143	0.144	0.145	0.146	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	0.156	0.157	0.158	0.159	0.160	0.161	0.162	0.163	0.164	0.165	0.166	0.167	0.168	0.169	0.170	0.171	0.172	0.173	0.174	0.175	0.176	0.177	0.178	0.179	0.180	0.181	0.182	0.183	0.184	0.185	0.186	0.187	0.188	0.189	0.190	0.191	0.192	0.193	0.194	0.195	0.196	0.197	0.198	0.199	0.200
T108	1mW	[Grid with colored cells]																																																																																		
T108	20mW 基本規定	[Grid with colored cells]																																																																																		
T108	20mW パッシブ共用	[Grid with colored cells]																																																																																		
T108	250mW 基本規定	[Grid with colored cells]																																																																																		
T108	250mW パッシブ共用	[Grid with colored cells]																																																																																		

O C C C C C D A A A A A A A A A B B B B B B B

パッシブシステム: 横内無線局 (1W免許局), 横内無線局 (1W登録局), 特定省電力無線局 (250mW), データリターン用チャンネル

アクティブ小電力無線システム: 陸上移動局 (250mW), 特定小電力無線局 (20mW), 特定小電力無線局 (1mW)

A, B, C, Dの制限はARIB STDで規定  
 A(24-32Ch.): パッシブタグの利用を想定  
 B(33-38Ch.): アクティブタグの利用を想定  
 C(1-5Ch.): データリターン用チャンネルを保護しつつ、国際物流用に使用可能  
 D(6-23Ch.): データ用チャンネルを保護するバンド。アクティブシステムとして当面の使用は想定していない。

**背景・目的**

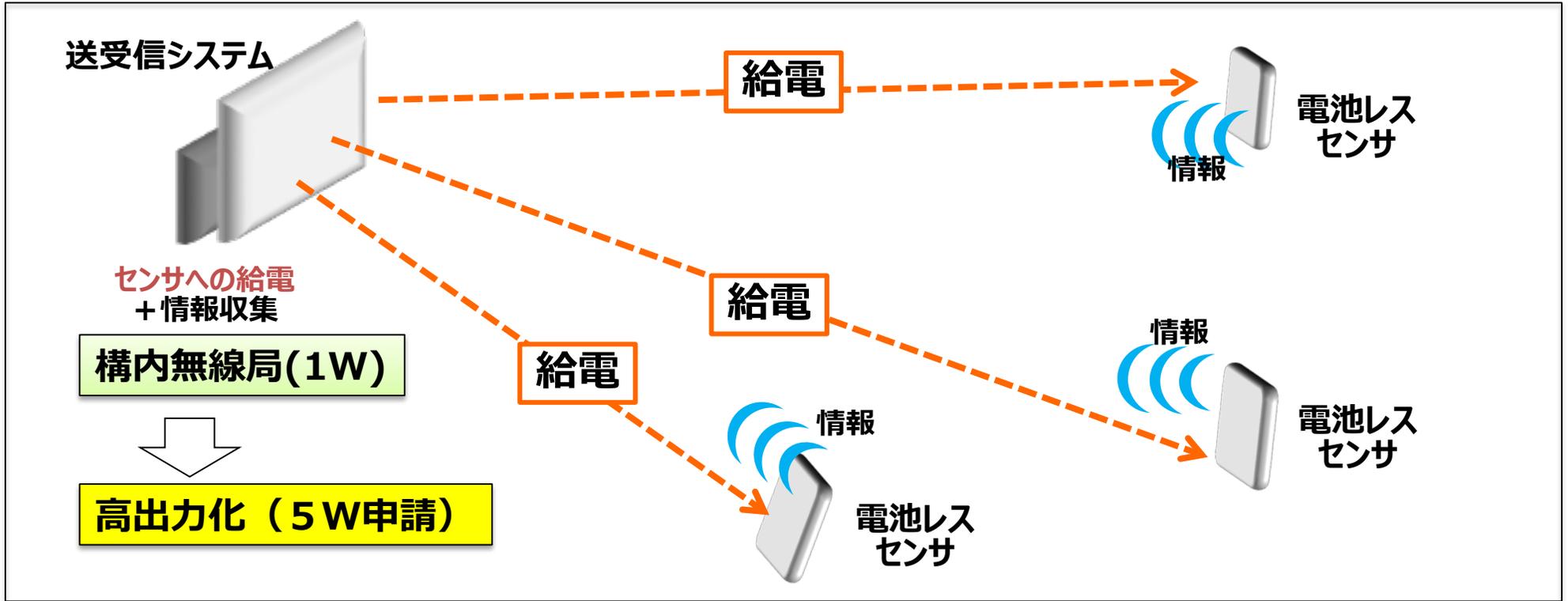
**ユースケース**

**920MHz帯WPT仕様案**

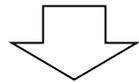
**共用検討先システム**

**実験局による実証事例**

## 【各種センサへの給電・情報通信】



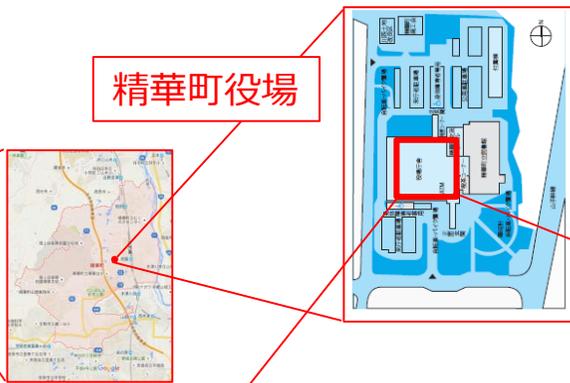
ARIB STD T106 (構内無線局) 免許によるシステム開発・実証中



関西圏国家戦略特区活用による高出力化により  
さらなる長距離給電を実証する

# 実験場所：精華町役場

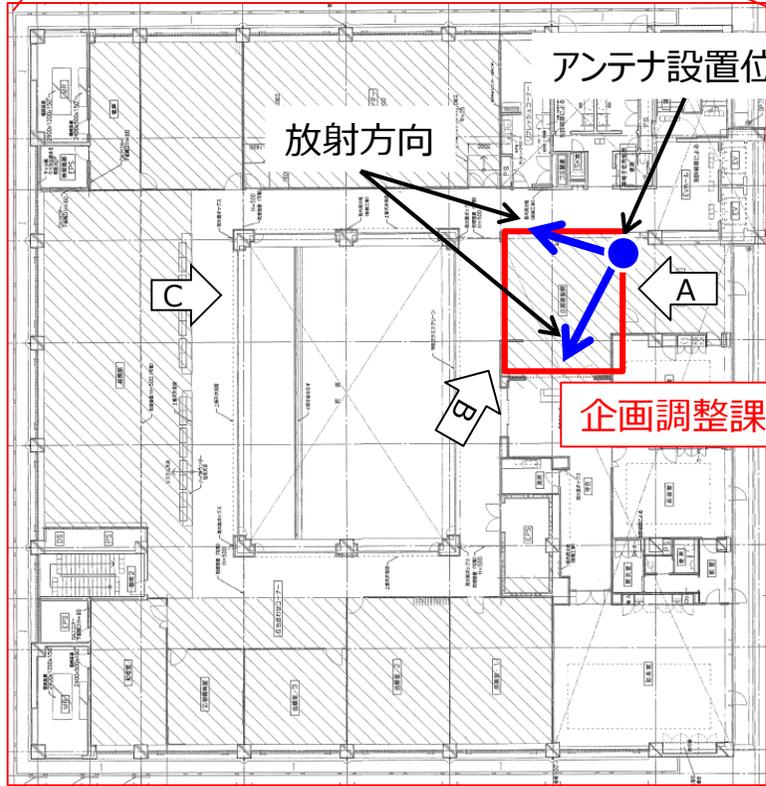
## 京都府相楽郡精華町大字南稻八妻小字北尻70番地



精華町役場

出入りが所員に限定  
上階および周辺の遮蔽（壁）あり  
4Fは空きフロアー

5F



A



B



C

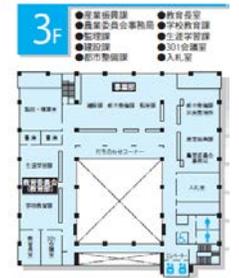
吹き抜けは  
ガラス張り



議会フロアー



空きフロアー

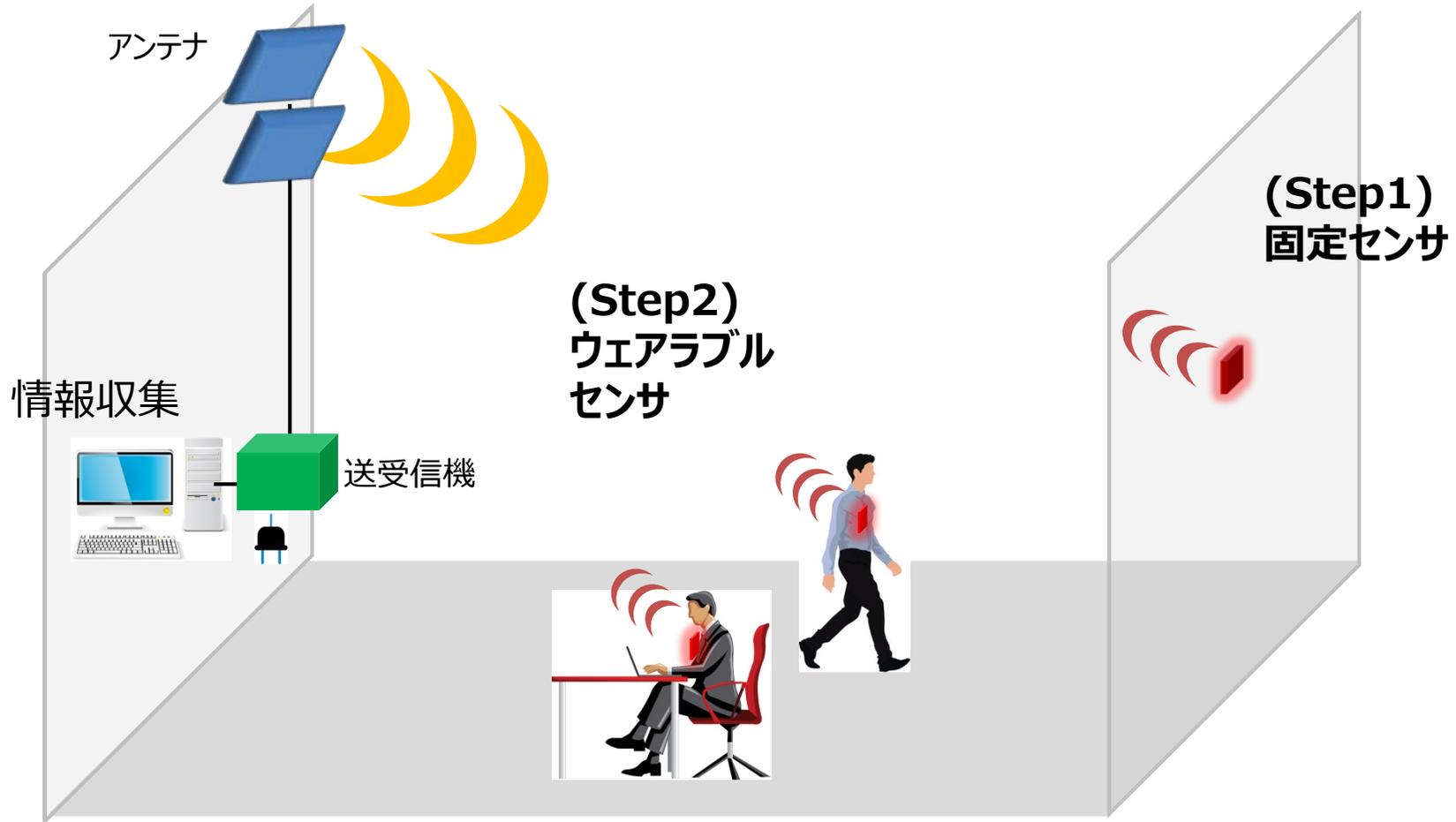


精華町役場の各フロア図



ATM/JA会館やましろ、京都銀行の利用時間  
平日/8:45~20:00 土曜日/9:00~18:00

## 【室内空間でのセンサ給電・通信実験】



実環境における安定した電力供給と通信機能の性能評価



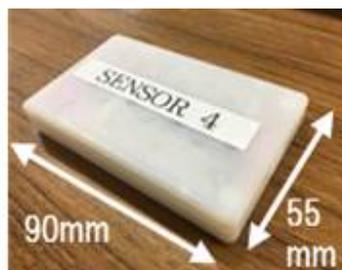
送電・受信アンテナ



京都府精華町町役場 (企画調整課)



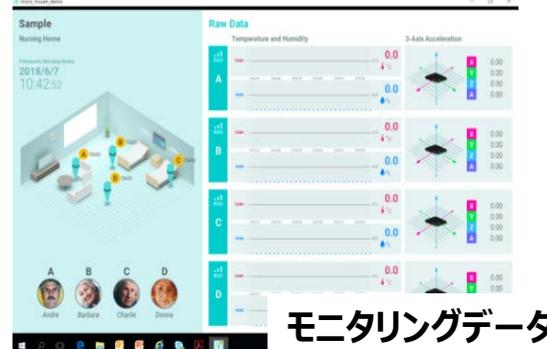
電池レス温湿度センサ



2017年 6月から勤務時間内に稼働  
2017年10月からは24H稼働

Step1) 固定センサ

温湿度+気圧+加速度センサ



モニタリングデータ



2018年 3月からは  
人が「温湿度+気圧+加速度センサ」を携帯

Step2) モバイルセンサ

送電系

項目	
周波数	927 MHz
電波の形式	N0N、P0N
空中線電力	37 dBm (5 W) 以下
アンテナ利得	6 dBi以下 ※1
EIRP	43 dBm (20 W) ※1

 通信系  
※2

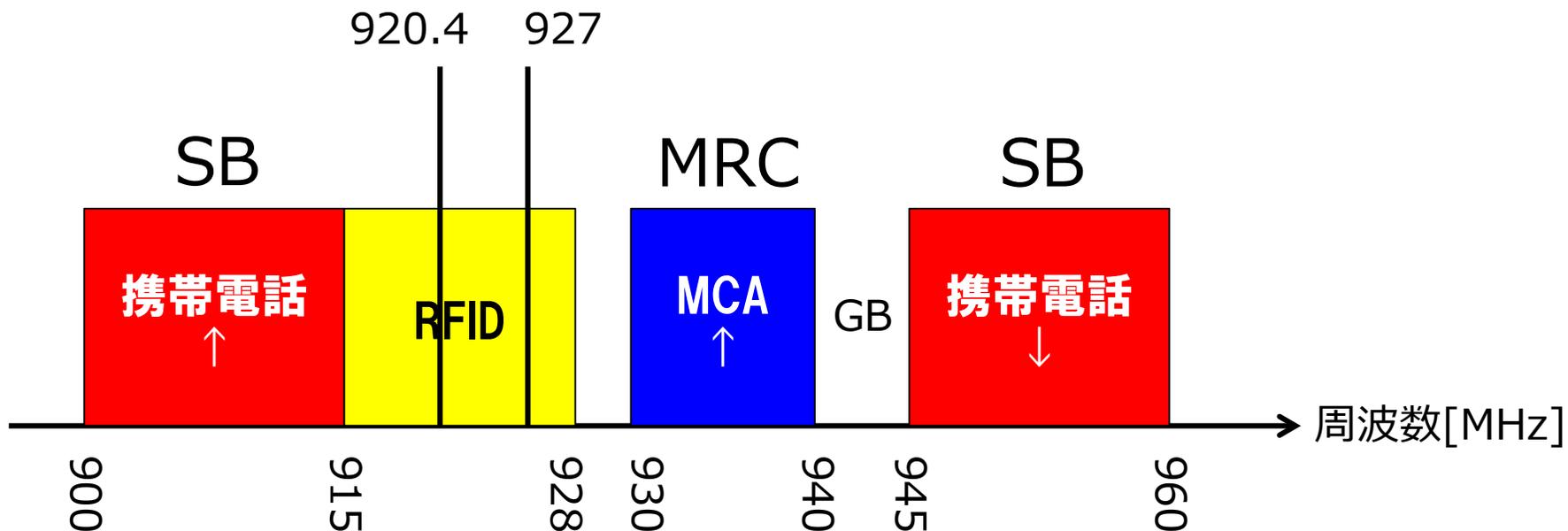
項目	
周波数	920.4 MHz
電波の形式	N0N、G1D、P0N
空中線電力	1 W (30 dBm) 以下
アンテナ利得	6 dBi以下 ※1
EIRP	36 dBm (4 W) ※1

干渉・安全対策

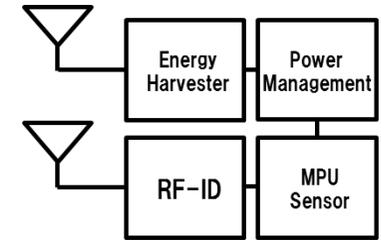
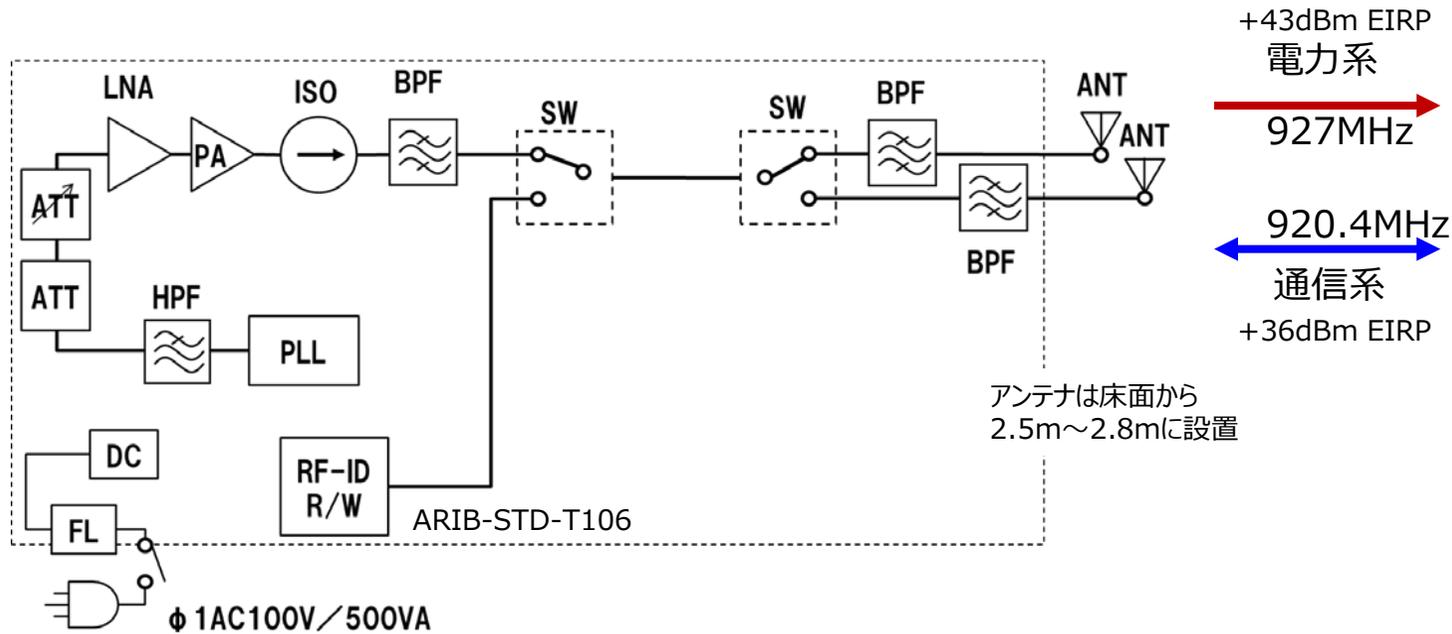
項目	
周波数共用の仕組み	RFID構内無線免許局の周波数を使用（上記）
安全性 (人体防護)	送電アンテナは人が直接に干渉できない高所へ設置 (電力密度および電波防護の適合性計算は別途参照)

※1 アンテナ単体の利得がこれを超える場合、空中線電力を調整し、最大EIRPを超えないようにする

※2 通信系には技術適合品のRFID R/Wを使用する



ソフトバンク（SB）様と移動無線センタ（MRC）様とは個別に調整



モジュールは名刺大サイズ

(Step1) 3個 固定設置

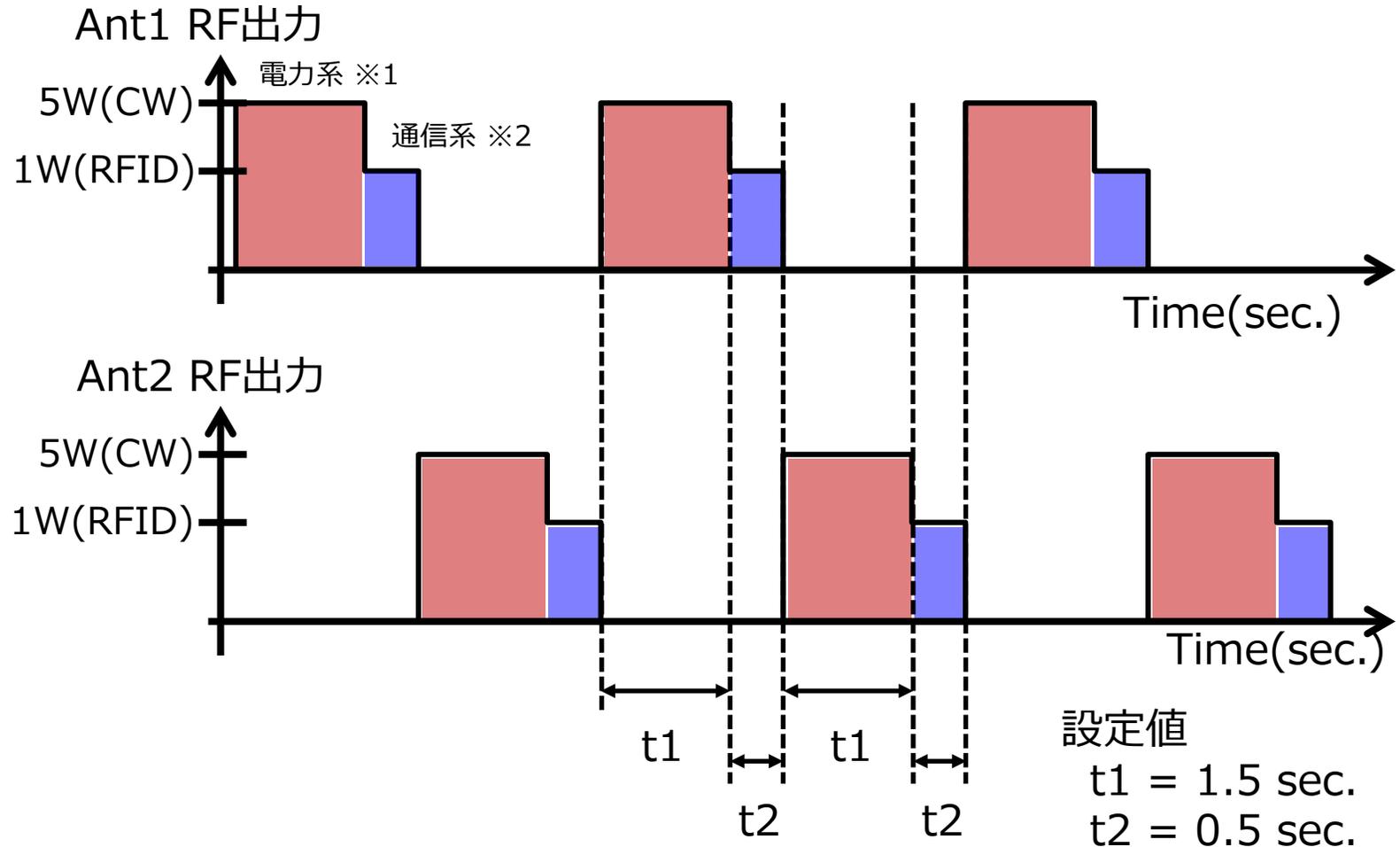
(Step2) 4個 ウェアラブル

送受信システム

1局

無線給電センサ

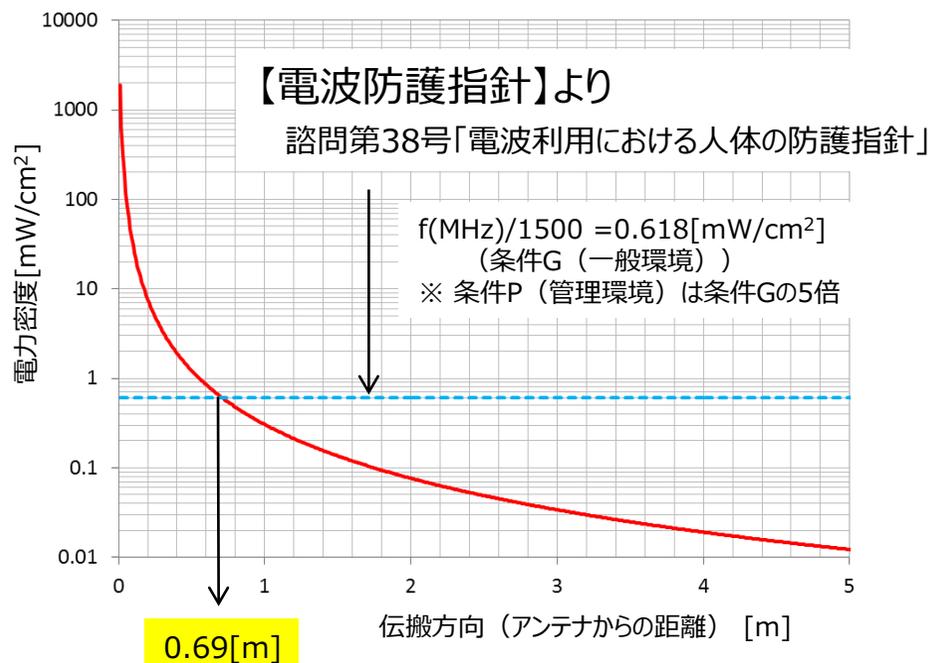
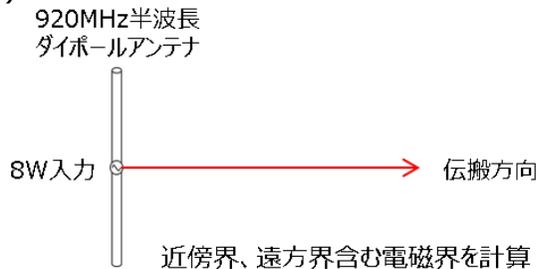
2つのAntを切り替えて、広域をカバーするように送信  
電力系と通信系は時分割送信



各Antの平均電力 = 2 W ( EIRP = 8 W )

## 電力密度

周波数 920MHzの半波長ダイポールアンテナにおいて、使用するアンテナのEIRPが8Wであることから平均入力電力を8Wとし、近傍界を含むマクスウェル方程式の厳密解式を用い、自由空間中の伝搬方向における電力密度(最大値)を算出。



上記の計算結果からアンテナの最大利得方向から0.69m離れば、人体防護指針を満足する

## 電波防護の適合性

周波数	電界強度 [V/m]	電力束密度 : S [mW/cm <sup>2</sup> ]
300MHz < f ≤ 1.5GHz	1.585f <sup>1/2</sup>	f/1500
f = 927 [MHz]	48.3	<b>0.618</b>

$$\text{電力束密度 [mW/cm}^2\text{]} : S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K$$

$$\text{電波防護指針の限界距離} : R = \left( \frac{PGK}{40\pi S} \right)^{1/2}$$

空中線電力 : P = 5 [W]

空中線利得 (絶対利得) : G = 6dBi → 4

電波防護指針の限界距離 : R [m]

反射係数 : K

## 電波防護指針の限界距離の計算結果

条件	反射係数 K	電波防護指針の限界距離 R
全ての反射を考慮しない場合 ※	1	0.507 m
大地面の反射を考慮する場合 ※	2.56	0.811 m
水面等大地面以外の反射を考慮する場合	4	1.015 m
算出地点付近にビル、鉄塔、金属物体等の建造物が存在し反射を生じさせるおそれがある場合 ※	10.2	1.619 m

※ ARIB-STD-T106 V1.1には、3条件の記載あり



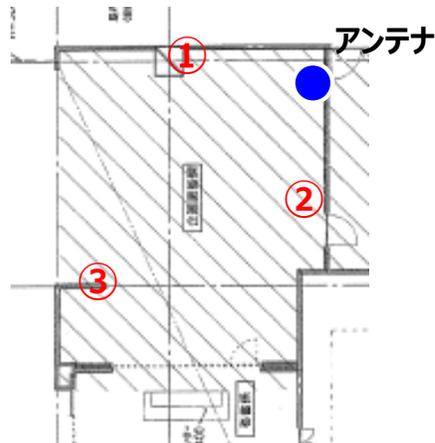
送電・受信アンテナ



京都府精華町町役場（企画調整課）

## センサ位置における電束密度 (Max.) ※

センサ No.	送電距離 [m]	電束密度 (Max.) [mW/cm <sup>2</sup> ]
①	3.4	0.0198
②	3.9	0.0271
③	8.4	0.0187



センサ配置



測定器：EF0691/NBM-520 (Narda S.T.S)

## Step1) 固定センサ

実験日数	約 350 日 ※1
照射時間	約 7,500 H
通信回数	約 900万 回
通信間隔	平均 3 sec
通信エラー率	約 0.2 %

※1) 途中から24H連続送信開始

無線給電により安定したセンサ動作を確認  
 通信エラーは、受電電力と通信電力のバランス問題  
 → Step2に反映

## Step2) モバイルセンサ

Step1を踏まえて、センサへ充電機能を搭載し  
 通信の安定性向上と外出時のデータ取得



温湿度+気圧+加速度センサ  
 (充電機搭載)

7ヶ月間、電池交換なしに連続通信動作を確認

以上