

# in-vivo 無線通信システムの開発

Development of in-vivo wireless communication system

東京工業大学 精密工学研究所 益研究室

電子機能システム専攻(協力講座)

Masu Laboratory, Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology Department of Advanced Applied Electronics (cooperation course)

山田 智浩, 岡田 健一, 益 一哉

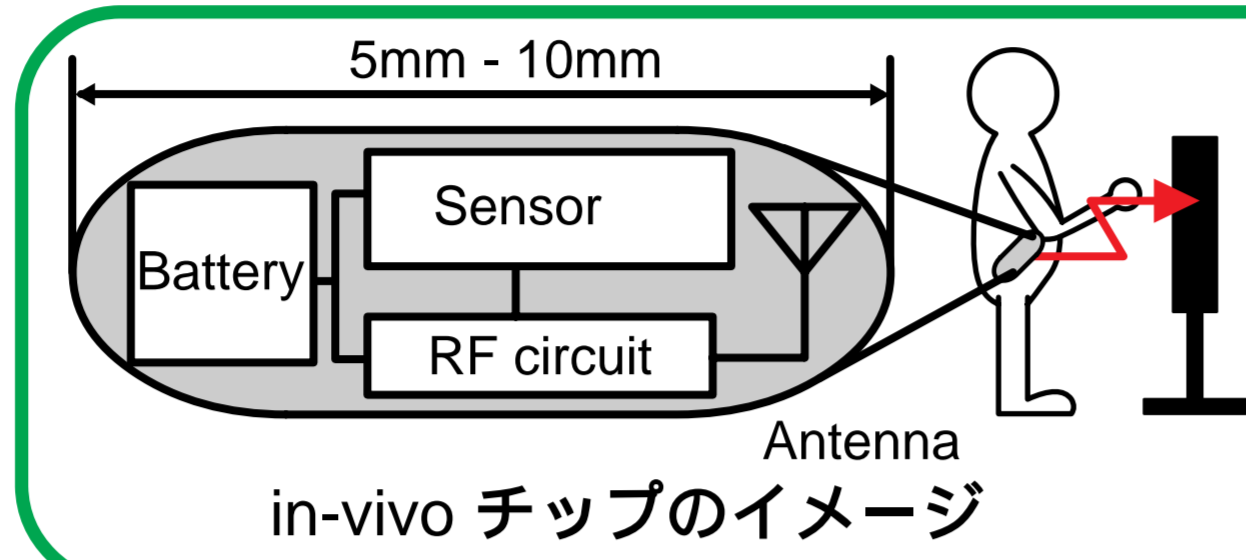
T. Yama, K. Okada, K. Masu

## 背景と目的 Background & Purpose

高齢化社会の進行  
・センサで体内の健康情報を測定  
・その結果を無線で体外へ送信

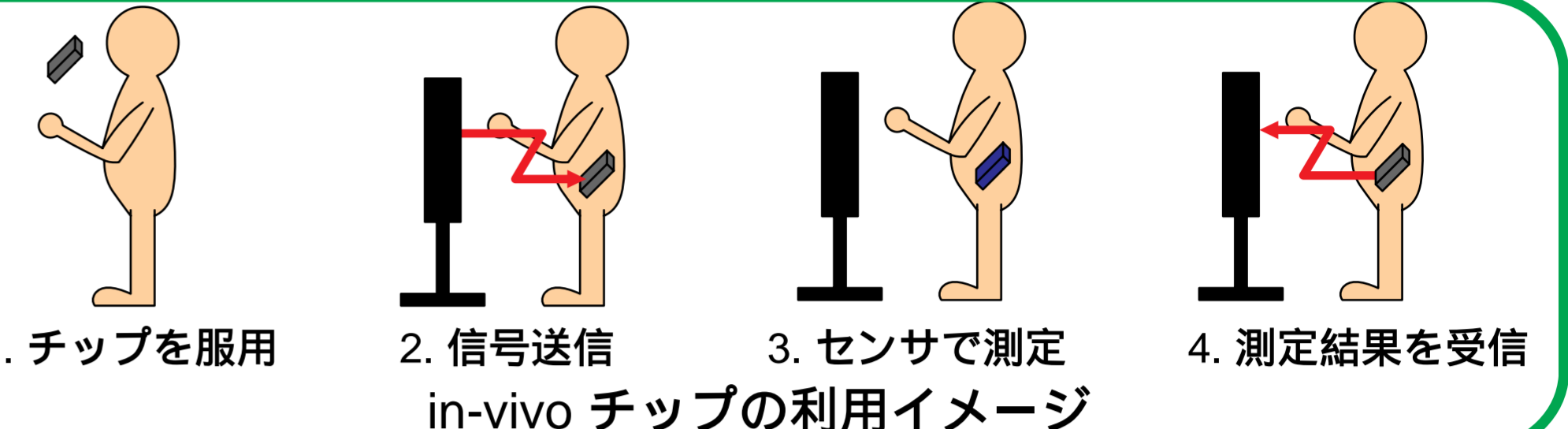
手軽で迅速な健康管理が可能  
無線による人体内外間データ通信の  
実現可能性を検討する必要がある

\*測定用センサは他の共同研究室(物材研)にて研究を行っている



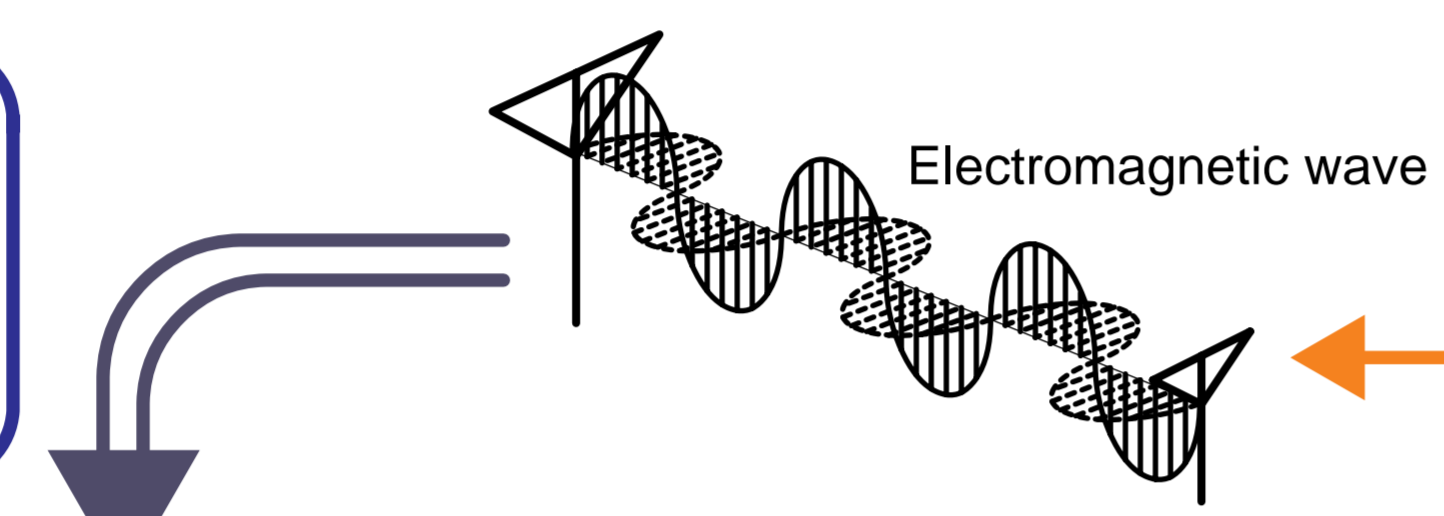
in-vivo チップのイメージ

薬のカプセルのように服用して、消化器系の検査を行い、瞬時に検査結果を出すことが可能  
手軽さとコスト削減



## 目的: in-vivo無線通信システムの実現 Purpose: Realize of in-vivo wireless communication system

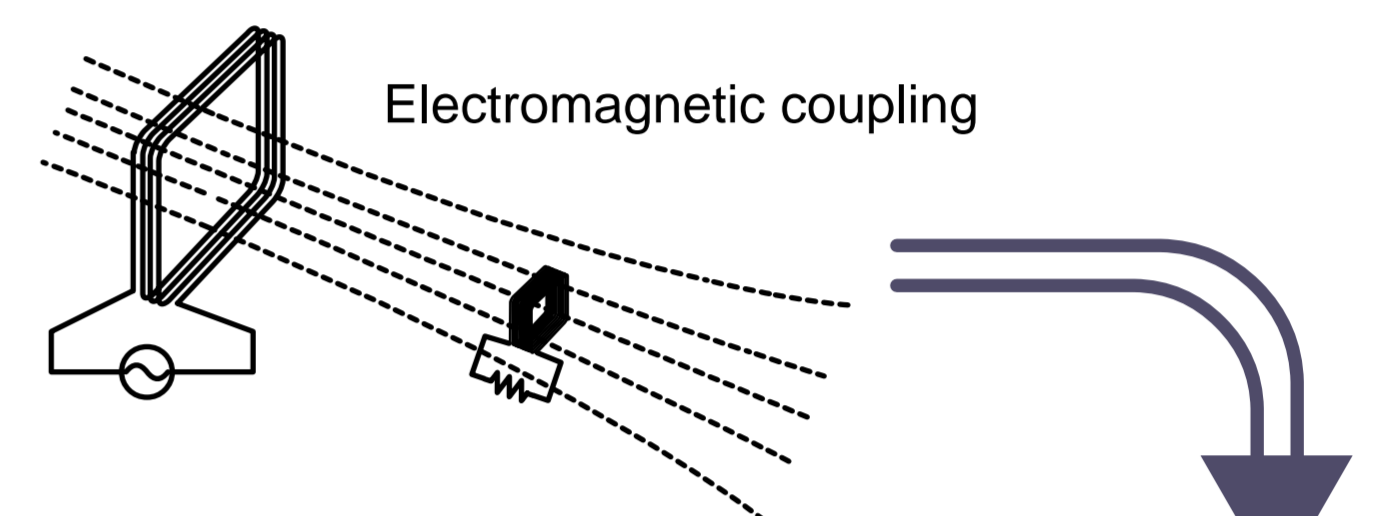
- 研究の主な流れ
1. 人体の減衰量の見積り
  2. チップに必要な電力の検討
  3. 送受信回路の設計・試作
  4. センサ部を回路へ追加



人体の減衰量の見積り

人体内外間の通信距離は高々十数cm

高周波では「電磁波伝送」: 長距離伝送に有利  
低周波では「電磁結合伝送」: 障害物に強い



## 2.45GHz (電磁波方式) における疑似人体減衰量の測定 Measurement of attenuation through human body at 2.45 GHz (Electromagnetic wave)

### 実験-experiment-

Signal Generator (Agilent E4438C) 送信側

Human body equivalent 生理食塩水と肉を使用

Electromagnetic Shield

Chip Antenna (Murata Manufacturing Co., Ltd. (ANCM12G45SAA072TT1))  
サイズ: 9.0 x 3.0 x 2.0 mm  
中心周波数: 2.45 GHz  
帯域幅: 100 MHz  
無指向性  
反射損失: -13 dB (2.45GHz)

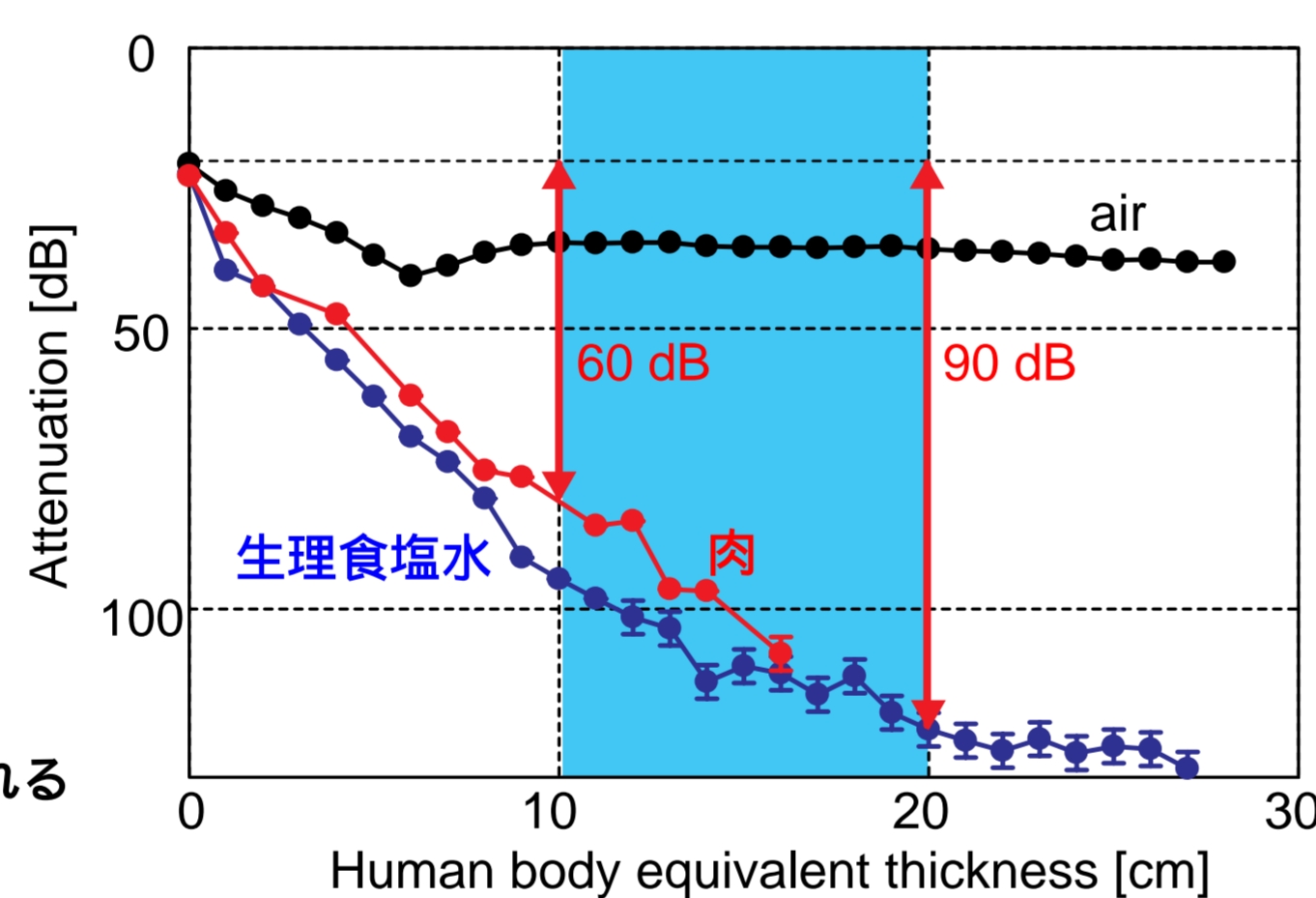
Spectrum Analyzer (Agilent 8563EC) 受信側

Tank  
サイズ: 30 x 30 x 30 cm  
材質: ガラス

実験内容  
・送信信号は 2.45 GHz, 0 dBm, 無変調  
・Human body equivalent の厚さを 1 cm ずつ変えながら受信電力を測定  
・送信電力と受信電力の差から減衰量を算出

### 結果-results-

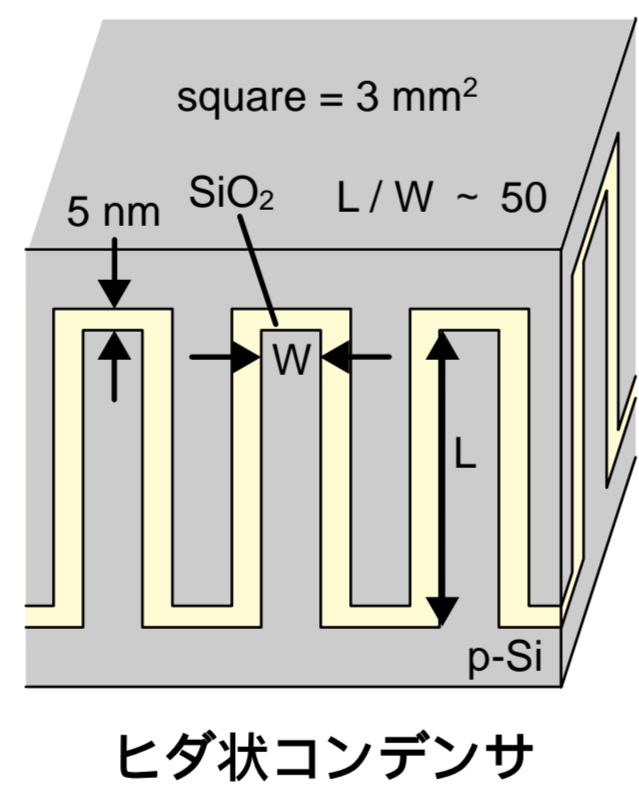
- 減衰測定
- ・生理食塩水と肉では同じような減衰特性を示した
  - ・人体の厚さは10~20 cm 減衰量は 60~90 dB となる
- 最悪ケースの減衰量 90 dB 時における必要電力量の見積もりを行う
- 送信電力量の算出
- ・信号受信には -90dBm の電力が要求される 送信電力は 0 dBm (=1mW) 必要
  - ・信号はpHなどの測定結果 信号量は数百 bit で十分



送信に必要な電力量は 100 μJ となる (伝送速度 10 kbps時)

### 電源の検討

- ・右図のようなヒダ状コンデンサに電力を蓄えたとする 面積は 3 mm<sup>2</sup> 必要
- ・コンデンサへの充電方法  
・服用前に充電 測定が1回しかできない  
・電磁波による充電 減衰が大きいため充電に時間がかかる



課題は多いが、実現は可能

## 数MHz (電磁結合方式) における疑似人体減衰量の測定 Measurement of attenuation through human body at serval MHz (Electromagnetic coupling)

### 実験-experiment-

Human body equivalent 肉を使用

送信側

Signal Generator (Agilent E4438C)

静磁場

Power Meter (Agilent E4419B)

受信側

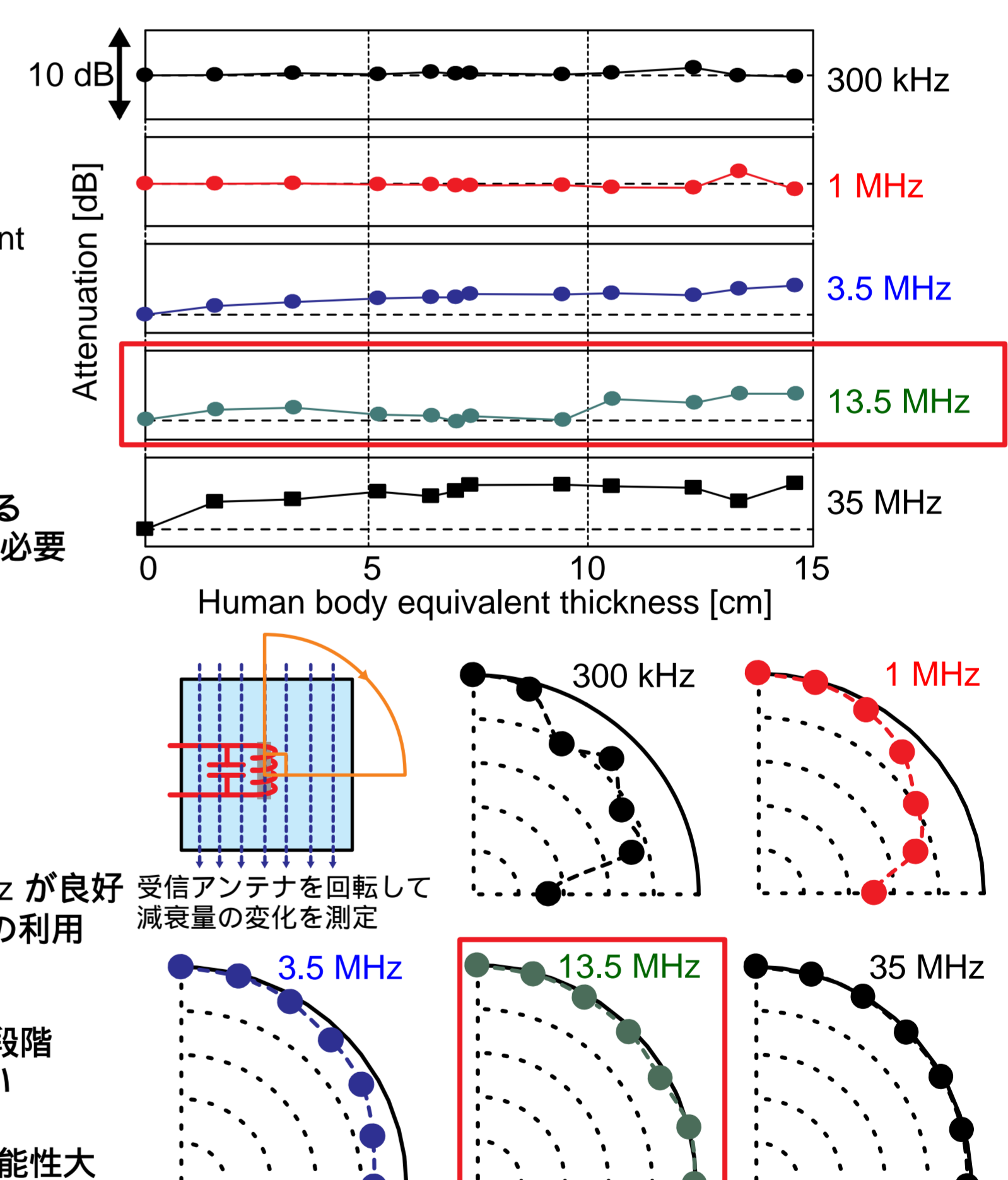
Receive Antenna  
サイズ: 9.0 x 3.0 x 2.0 mm  
フェライトコア  
LC共振周波数別に5個用意

Transmit Antenna  
サイズ: 30 x 30 x 30 cm  
材質: プラスチック

実験内容  
・送信信号は 15 dBm, 無変調  
・測定周波数は 300 kHz, 1 MHz, 3.5 MHz, 13.5 MHz, 35 MHz  
・送信電力と受信電力の差から減衰量を算出

### 結果-results-

- 減衰測定
- ・受信アンテナの特性は不一致 周波数別の比較は行えない 減衰量の Human body equivalent 厚さ依存性を比較
- 低周波ほど変動が小さい 減衰特性では低周波ほど有利
- 指向性測定
- ・体内ではアンテナの位置は変動する どの角度でも同じような感度が必要 指向性を比較
- 高周波ほど無指向性 指向性では高周波ほど有利
- 電源の検討
- ・減衰特性と指向性はトレードオフ 測定した周波数帯では 13.5 MHz が良好 ISM band となる 13.56 MHz帯の利用が適当
  - ・アンテナ特性を最適化してない現段階でも減衰量は 2.45 GHz より小さい (45 dB@13.5MHz) バッテリーレスで伝送できる可能性大



2.45 GHz に比べ実現可能性大

## まとめと今後の課題 Summary & Future Work

### まとめ

- in-vivo 無線通信システム実現の第一段階として人体の減衰量の検討を行った
- ・「電磁波方式」 2.45 GHz における減衰量は 60~90 dB となり、実現への課題は多いものも可能であることが判った
  - ・「電磁結合方式」 減衰量は低周波ほど有利、指向性は高周波ほど有利であることが判った

両方式における測定結果から、13.56 MHz帯の利用が最も適しているとの知見を得られた(45dBの減衰) また、アンテナ特性の改善を行うことで、バッテリーレスによる通信(送信信号をそのまま使う)も可能性があることも判った

### 今後の課題

- ・in-vivo 無線通信周波数帯として13.56 MHz帯を利用することとして通信システムの仕様を検討する
- ・電磁結合方式におけるアンテナ特性を電磁界シミュレータを用いて最適化する
- ・実チップ上に通信システムを作製し、通信実証実験を行う
- ・送受信回路の最適化を行う