

in-vivo 無線通信システムの基礎研究

Basis Research for 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)

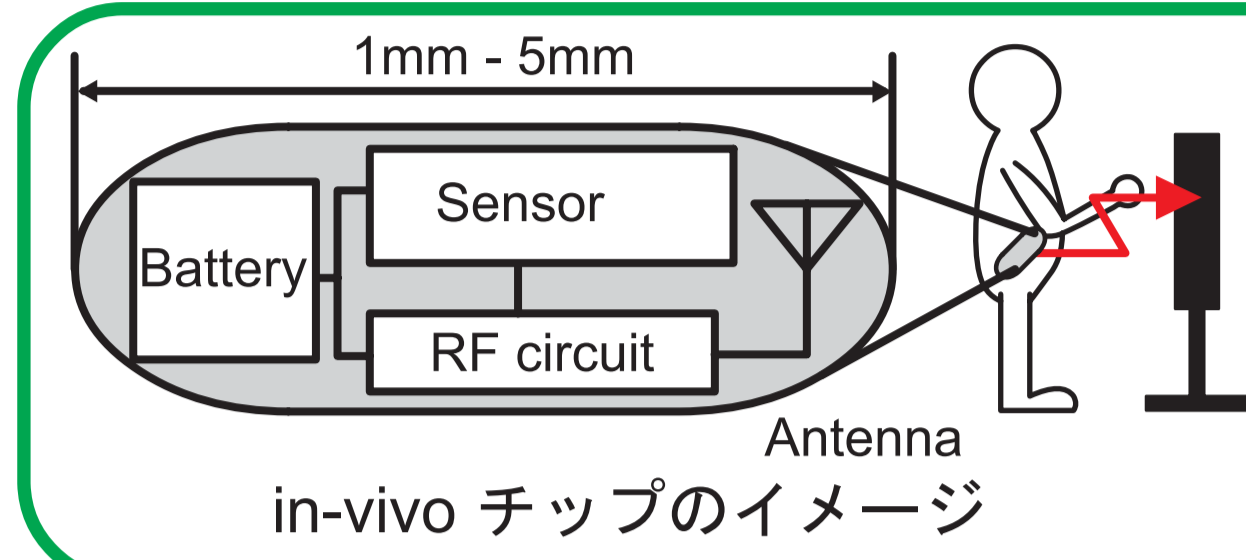
Masu Laboratory, Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology Department of Advanced Applied Electronics (cooperation course)

山田 智浩, 岡田 健一, 益 一哉
T. Yama, K. Okada, K. Masu

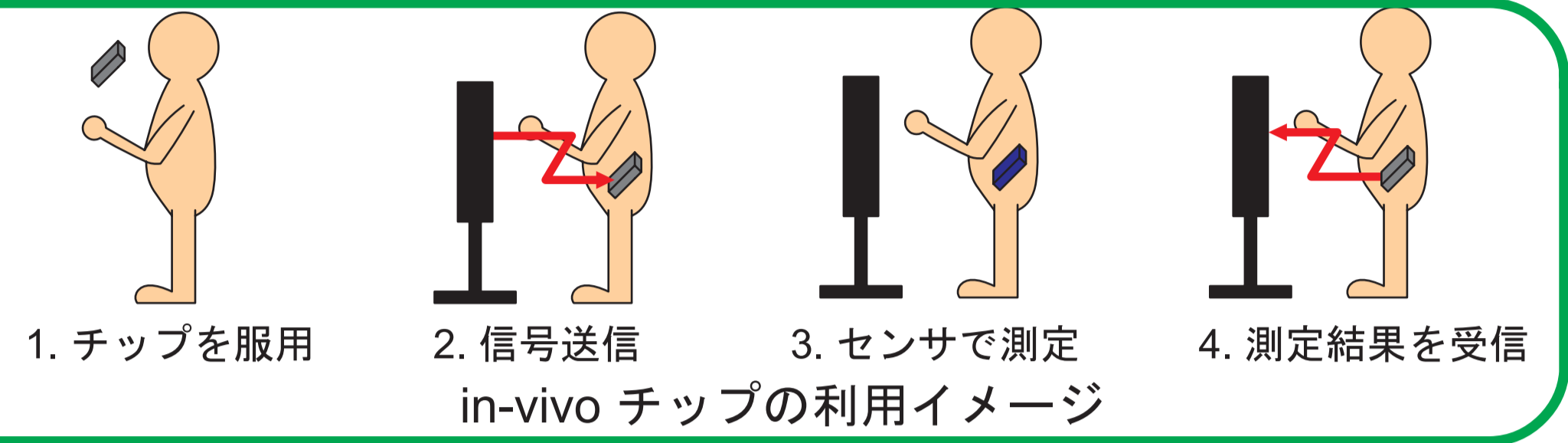
背景と目的 Background & Purpose

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



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

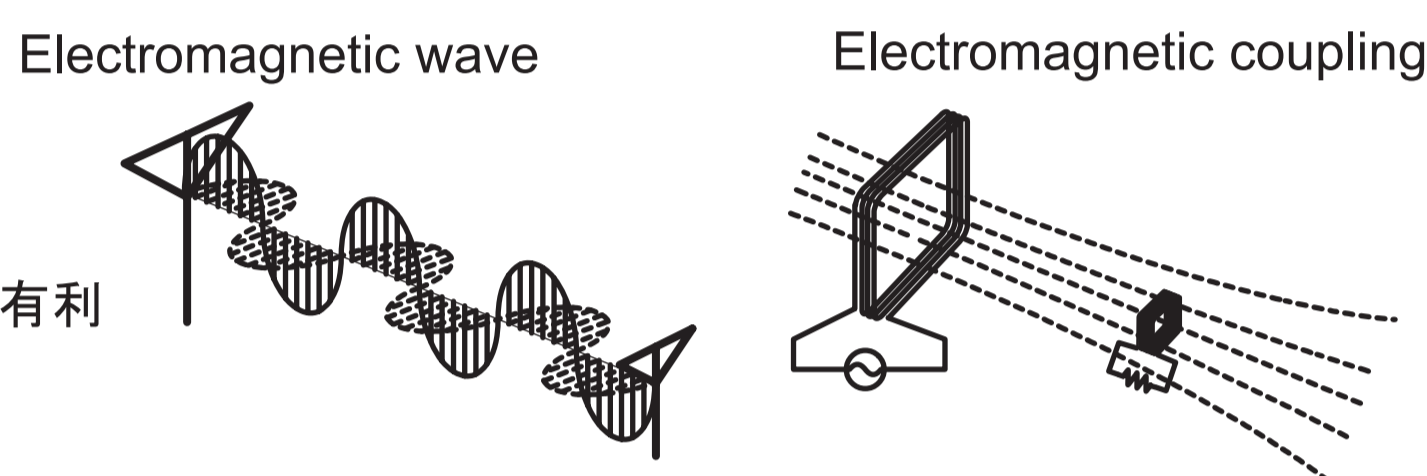


目的: in-vivo無線通信システムの実現
Purpose: Realize of in-vivo wireless communication system

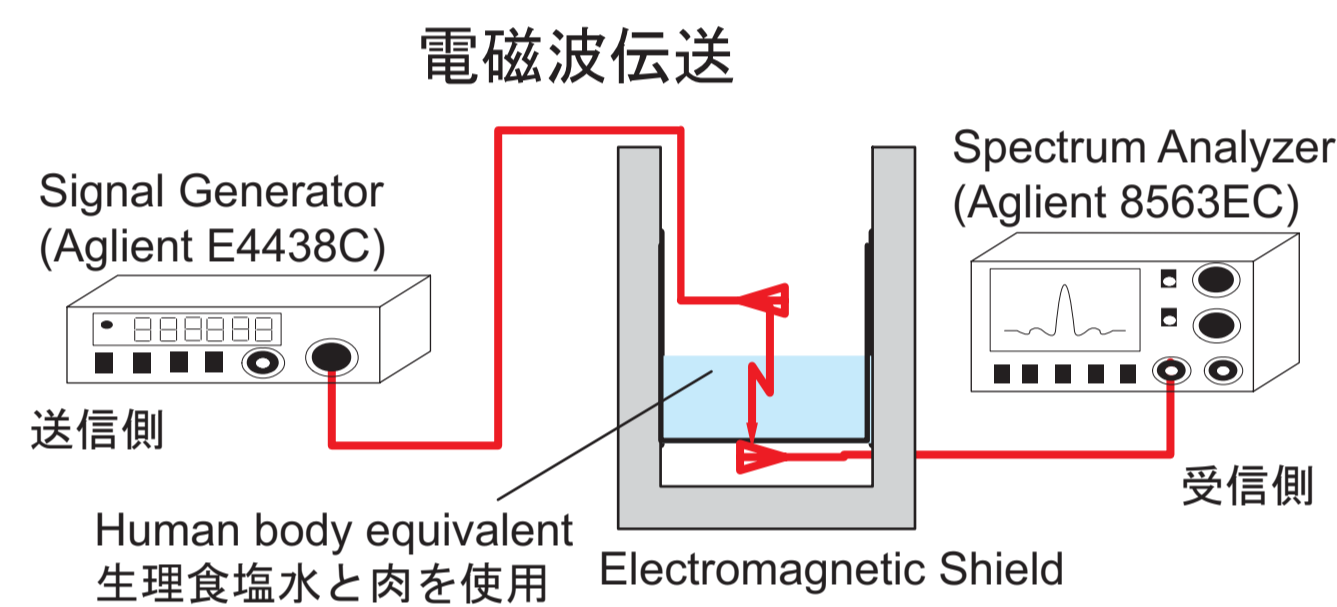
疑似人体減衰量の測定結果からの使用周波数帯の検討 Investigation of using frequency from measurement results of attenuation through human body

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

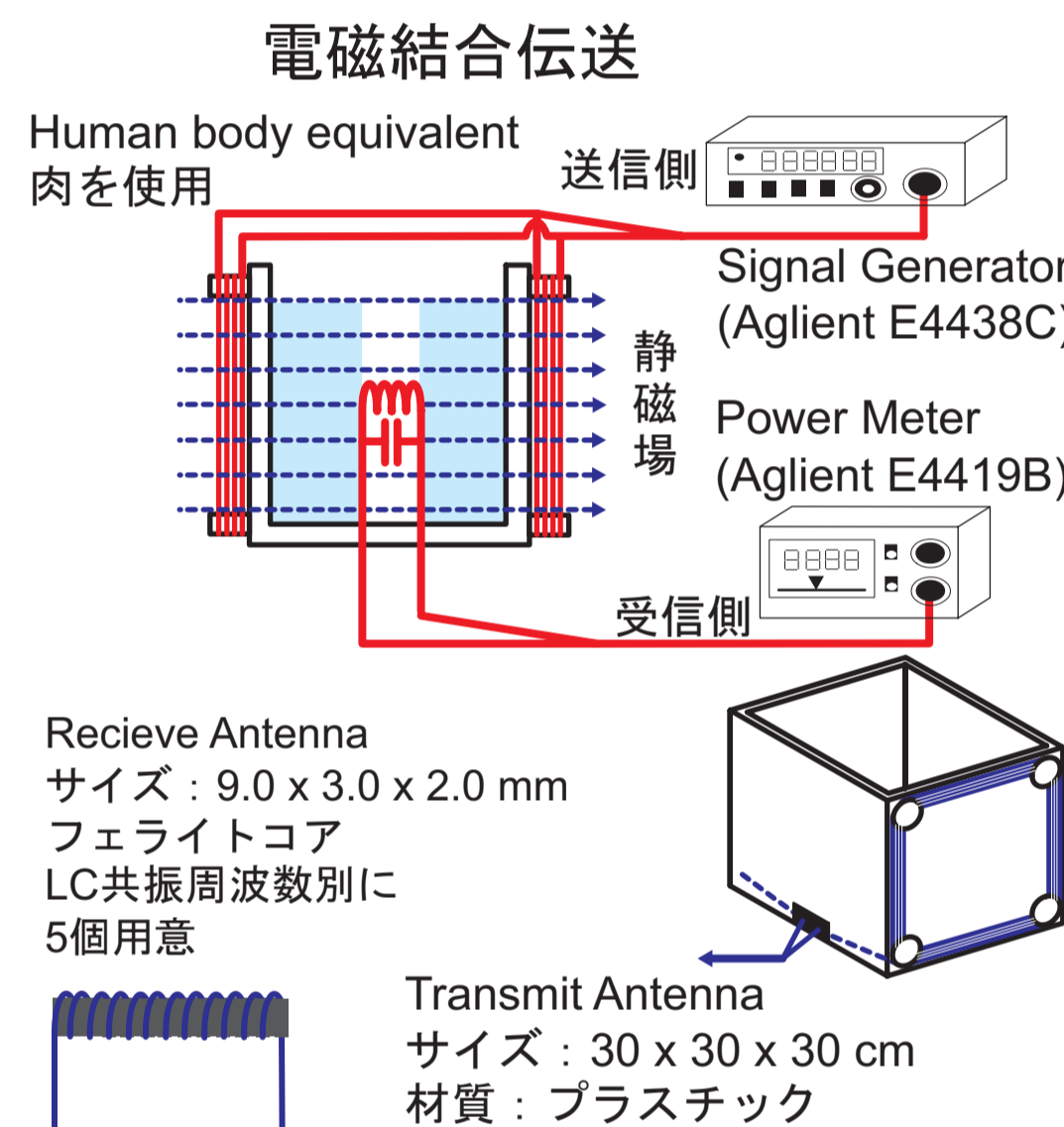


実験 -experiment-



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)

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

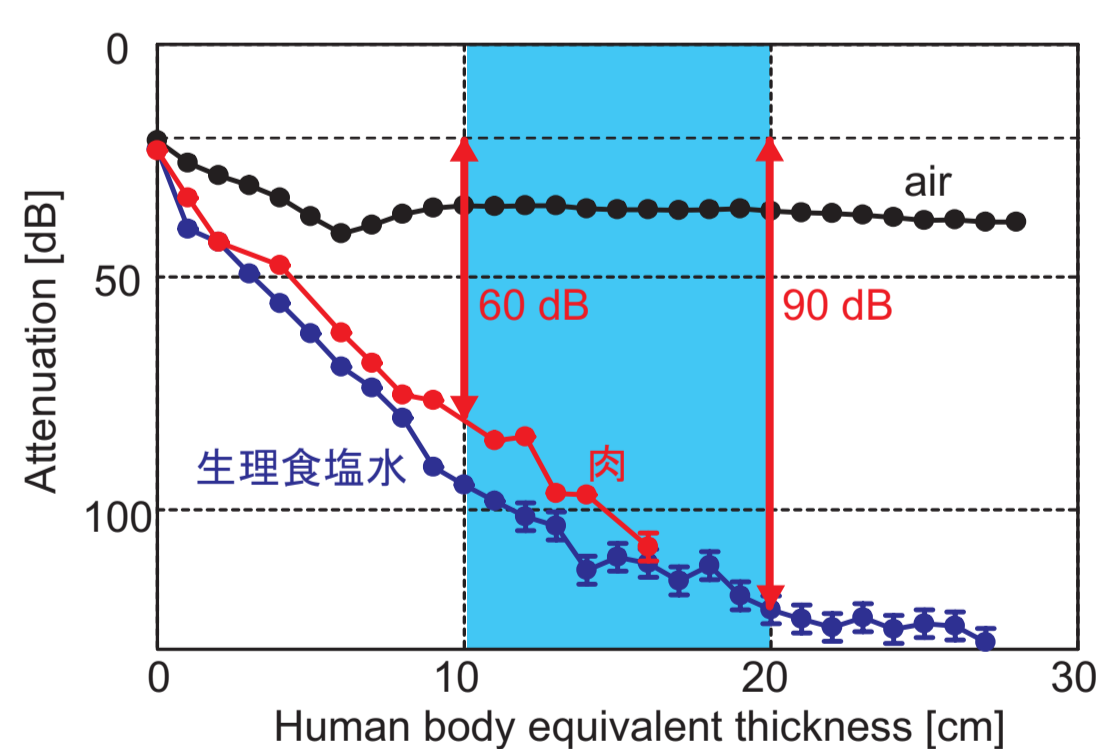


実験内容
・送信信号は 15 dBm, 無変調
・送信電力と受信電力の差から減衰量を算出

結果 -results-

電磁波伝送

- 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

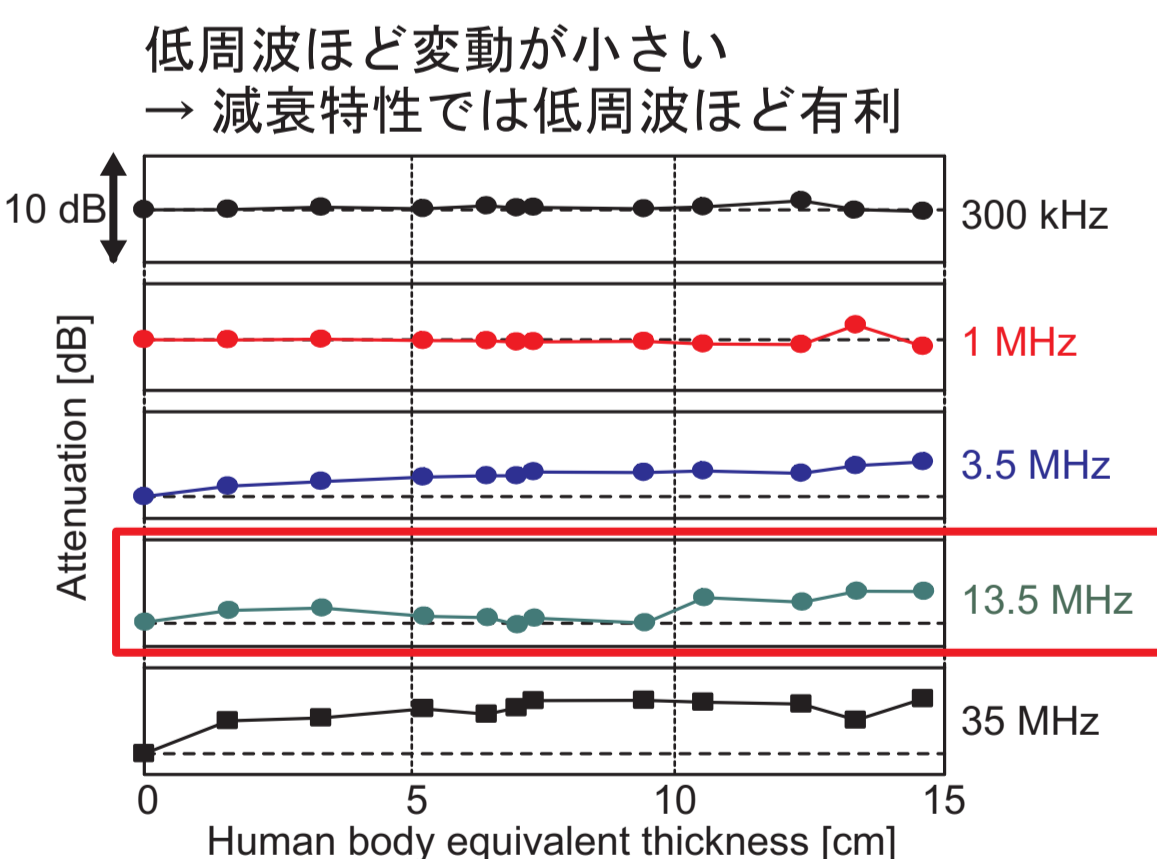


- 伝送方式は電磁結合伝送が本システムに適している
- 今回測定したうち、産業用に解放されている周波数帯 (ISM帯) である 13.56MHz が最も適した周波数帯である

使用周波数帯は13.56MHz帯に決定

電磁結合伝送

- 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



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」は減衰量が大きく、本システムでの利用は困難であることが判った
- ・「電磁結合方式」減衰量は電磁波方式に比べ低く、本システムでの利用に適している → ISM 帯である、13.56MHz帯を本システムに利用することに決定した

通信仕様をまとめ、第1回目の試作を行った

- ・変調方式は消費電力や減衰への耐性などから、PIMを用いることにした
- ・体内側システムのうち、昇圧回路と変調回路およびアンテナについて0.35μm Si CMOS プロセス上で試作を行い、シミュレーション上での動作を確認した

今後の課題

- ・設計したシステムの実動作測定
- ・体内側モジュールのコントロール回路の設計
- ・上記回路を含めた体内側無線通信システム全体の試作・測定
- ・センサを含めた全in-vivoシステムの設計・試作

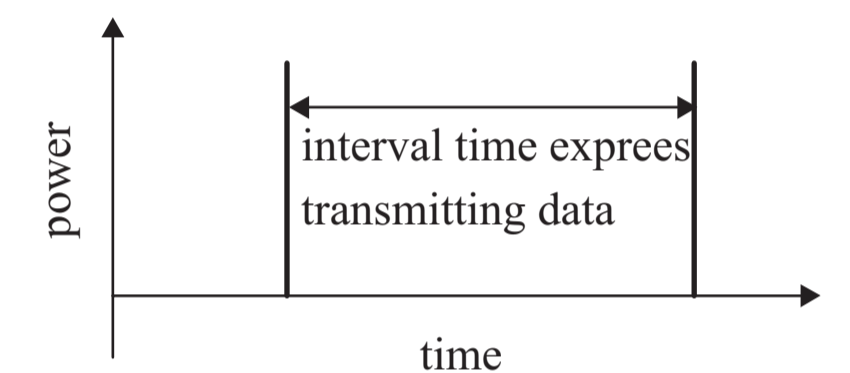
PIM変調を用いたワイヤレス通信システムの設計 Design of wireless communication system with Pulse Interval Modulation (PIM)

- ・使用周波数帯が13.56MHzでも、体内でデバイスが動くことで減衰が変動する
- ・感度を良好にするため、データを電送する際に体内デバイスへの給電を停止する

一般的な変調 (ASK, FSK, PSK) の利用は困難
ASK: 受信振幅が変動する
FSK, PSK: 発振器が必要になるので、消費電力が大きくなる

Pulse Interval Modulation (PIM)

- パルスの間隔にデータに乗せる変調方式
- ・消費電力が小さい
- ・減衰の変動に強い

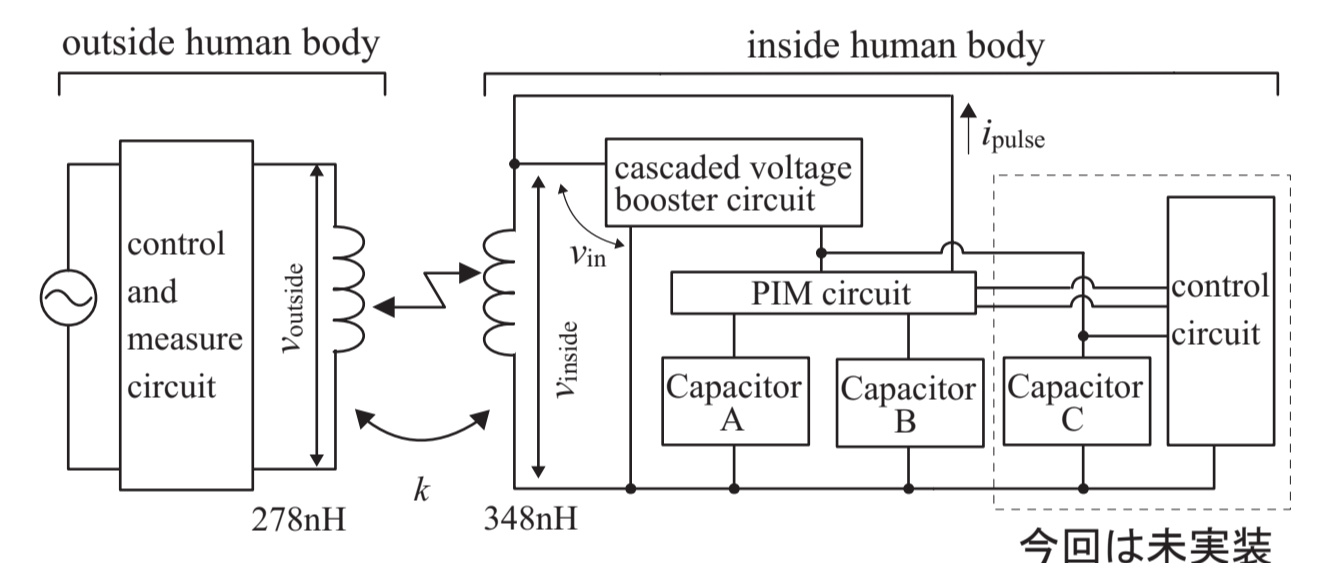


設計 -design-

無線通信回路

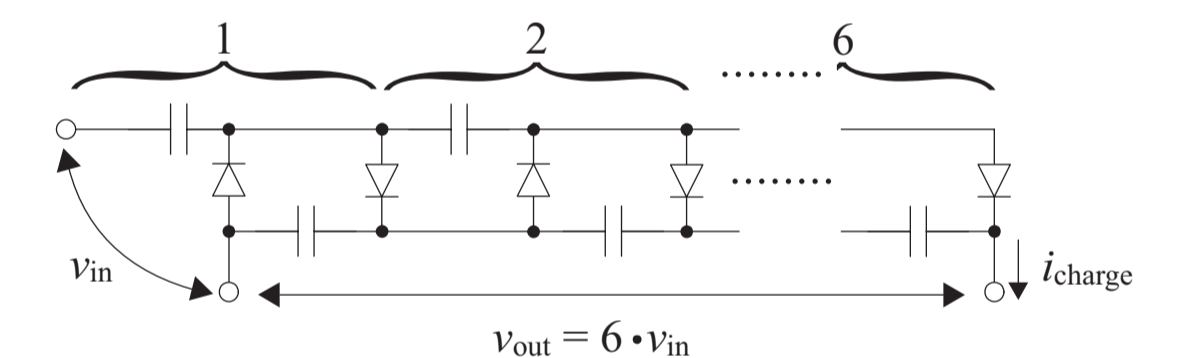
通信手順を2つに分割して考える

- 充電フェーズ
体外回路から体内側コンデンサを充電
- データ伝送フェーズ
体内側コンデンサからパルス電流を発生させ、体外でパルスを受信



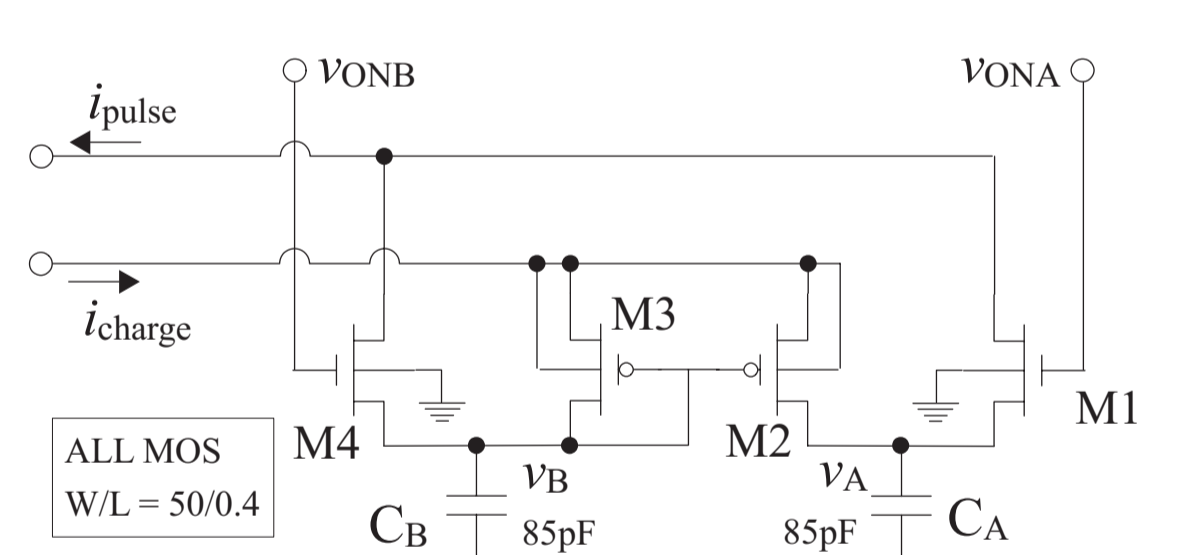
多倍圧整流回路

- 体内側で得られる電圧は微妙
- コンデンサへ十分に充電できない
- 体内側回路で昇圧する必要がある



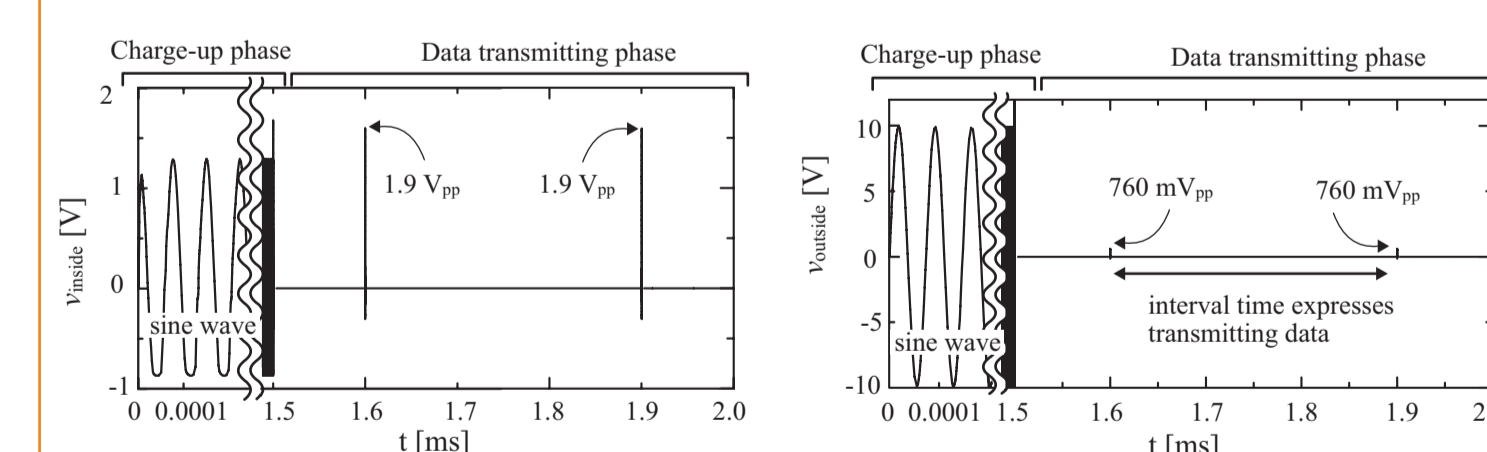
PIM回路

- 充電フェーズ
M1&M4:OFF, M2&M3:ON
→ CA, CB が充電され、M2&M3 が OFF に
- データ伝送フェーズ
外部測定器で M1をON
→ CA からパルス電流発生
→ 外部測定器で M4をON
→ CB からパルス電流発生し、M2&M3がONに

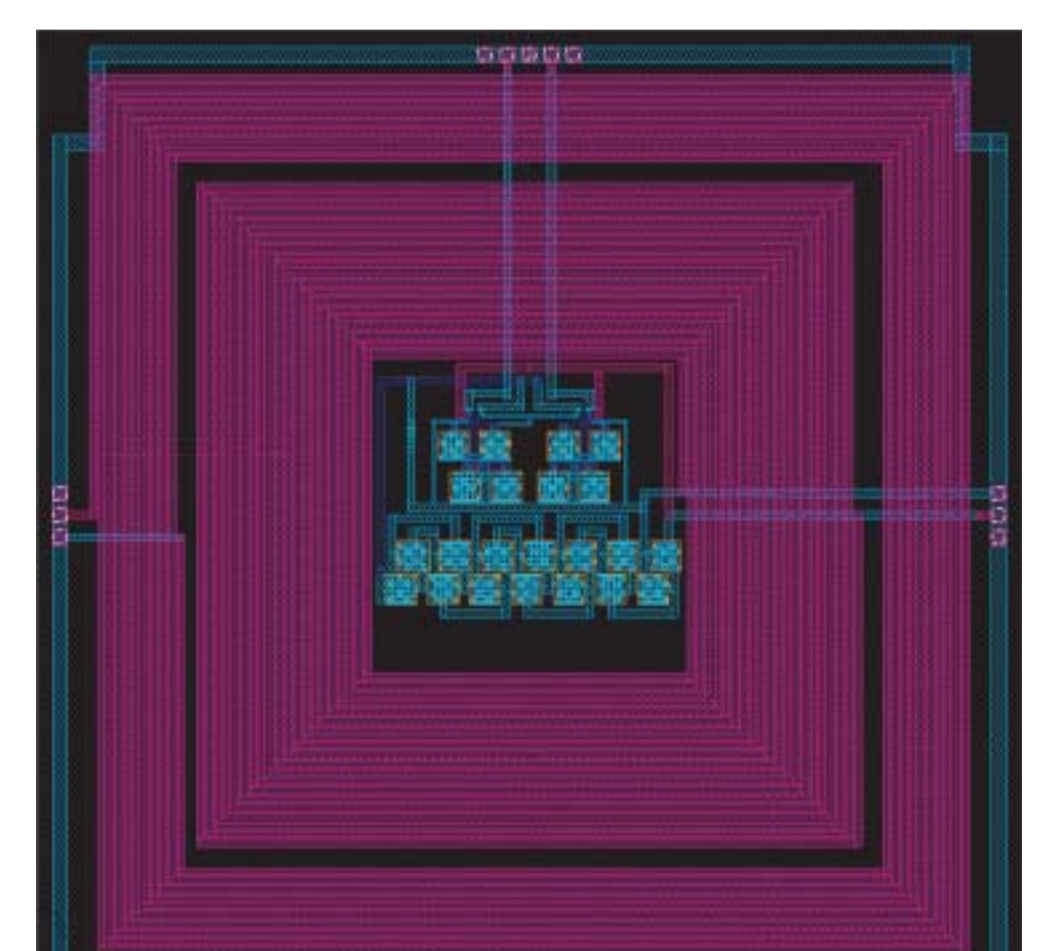


シミュレーション -simulation-

外部回路から10V, 13.56MHzで体内側コンデンサへ給電し、その後コンデンサよりパルスを2回発生させ、外部回路でパルスが検出できるかをシミュレーションした (結合係数は0.5)



外部回路Voutsideで2個のパルスを確認できた



設計したシステムのレイアウト図 (サイズ: 4.9mm X 4.5mm)

通信システムの設計を行った