

5GHz帯でリアルタイム測位可能な低消費電力 センサ無線タグシステムの開発

Development of a 5 GHz Band RF-Tag Sensor System for
Realtime Positioning and Data Communication
With Reducing Power Consumption

2010年9月3日 CS2(B会場)

14:15 – 14:40

北吉 均† 澤谷 邦男‡

† ‡ 東北大学工学部 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-05

E-mail: † kitayoshi@ecei.tohoku.ac.jp, ‡ sawaya@ecei.tohoku.ac.jp

発表内容

センサ端末にセミパッシブ方式を用いて30m超の通信距離とリアルタイムでの測位及びデータ通信を低消費電力で実現する。

1. これまでの開発

- 1.1 2.45GHz帯の無線タグシステム
- 1.2 5GHz帯の無線タグシステム

2. タグシステムの設計

- 2.1 基礎検討（伝搬とタグ応答）
- 2.2 タグ（超低消費電力・長距離化）
- 2.3 リーダ（受信高感度DSP復調，測距高精度化）

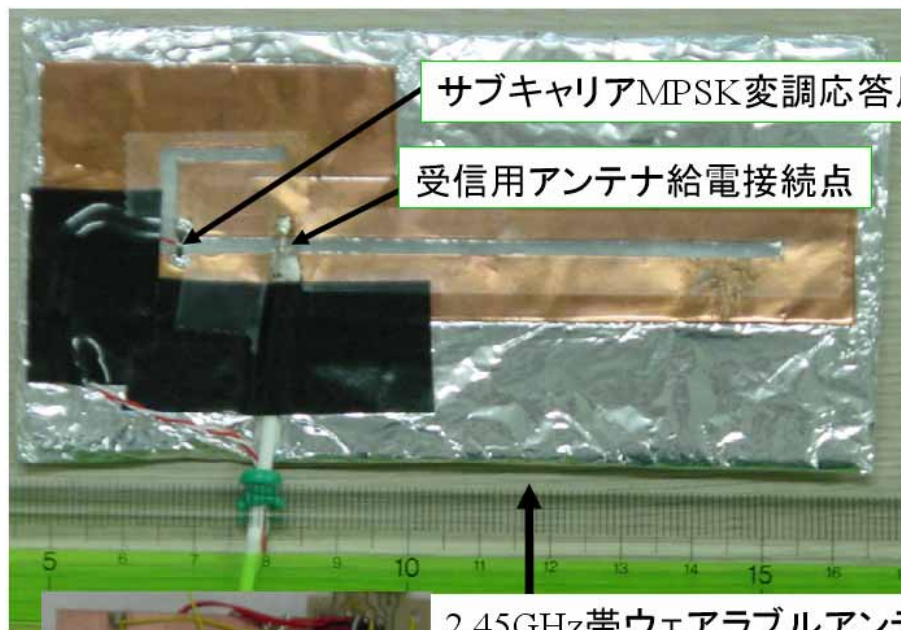
3. システム評価

- 3.1 測距動作（タグ消費電力 $90\mu\text{W}$ ，30spsで30mまで）
- 3.2 MPSKデータ転送（タグ消費電力 1.8mW ，40kbpsで30mまで）

1. これまでの開発

1.1 2.45GHz帯の無線タグシステム

タグ



2.45GHz帯ウェアラブルアンテナ
サイズ6cm×12cm、厚み3mmで柔らかく
人体等に密着して使用しても性能劣化が無い
← 回路は未集積化
無線接続センサー端末の機能実験評価用に
スタブ共振昇圧回路、パルス符号化鍵検出回路、
μ-CPU、3軸加速度センサー及び電池を搭載



リーダ

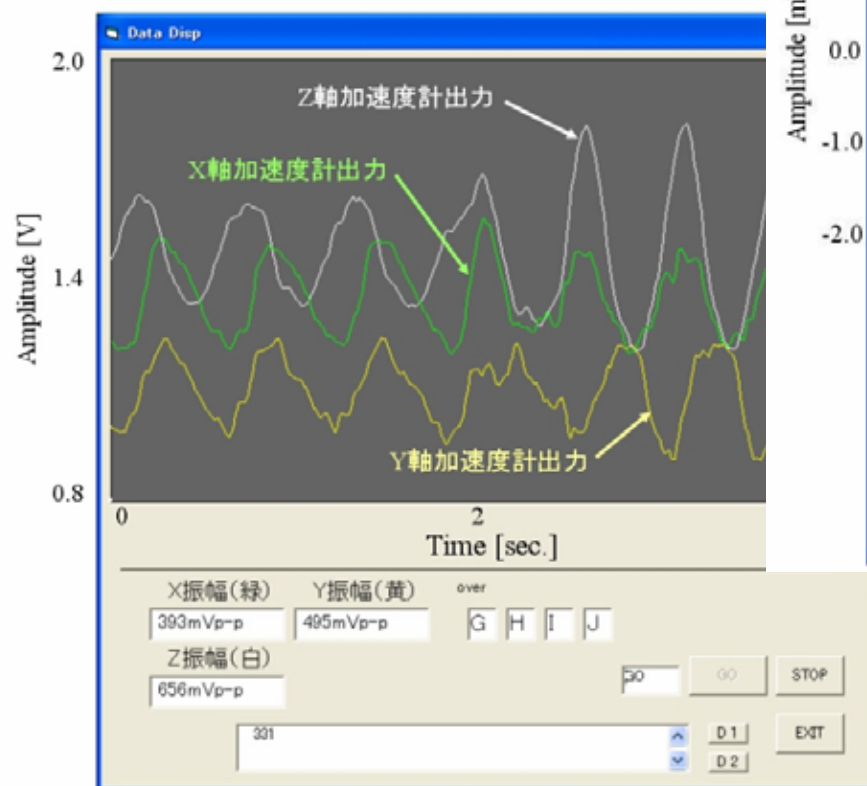
リーダからの等価等方
放射電力 (EIRP) は、
30dBm

[3] 北吉, 澤谷, “サブキャリア変調波を用いた長距離・超低消費電力無線タグ,”
信学技報, SIS2007-47, pp. 13-18, Dec. 2007.

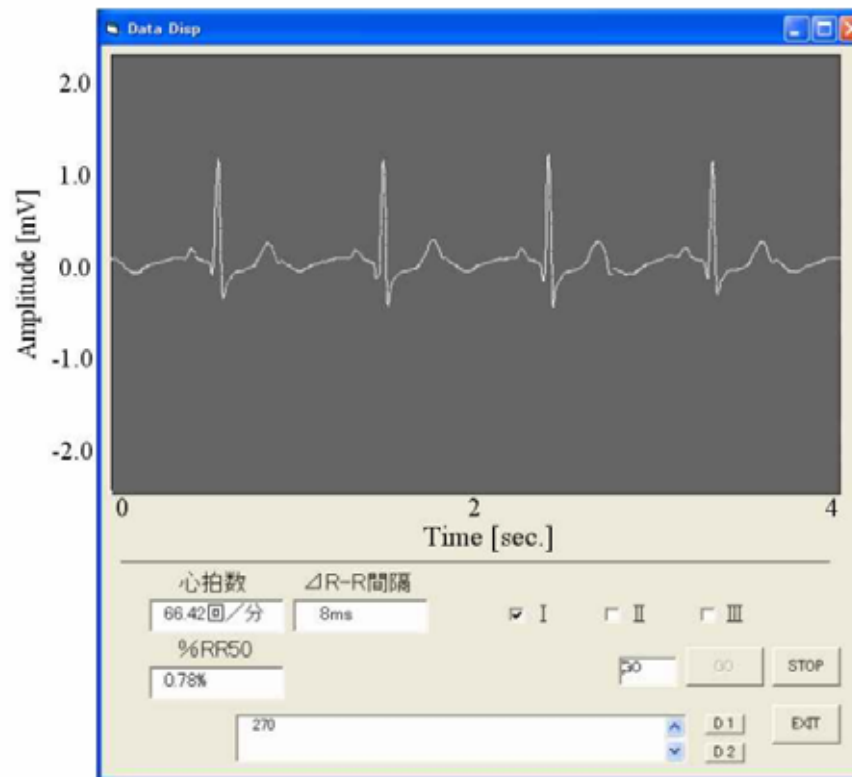
1. これまでの開発

1.1 2.45GHz帯の無線タグシステム

3軸加速度センサを搭載した無線タグ



心電計センサを搭載した無線タグの読み取り結果



タグ側消費電流
350sps連続動作
にて583μA

350sps連続動作
にて633μA

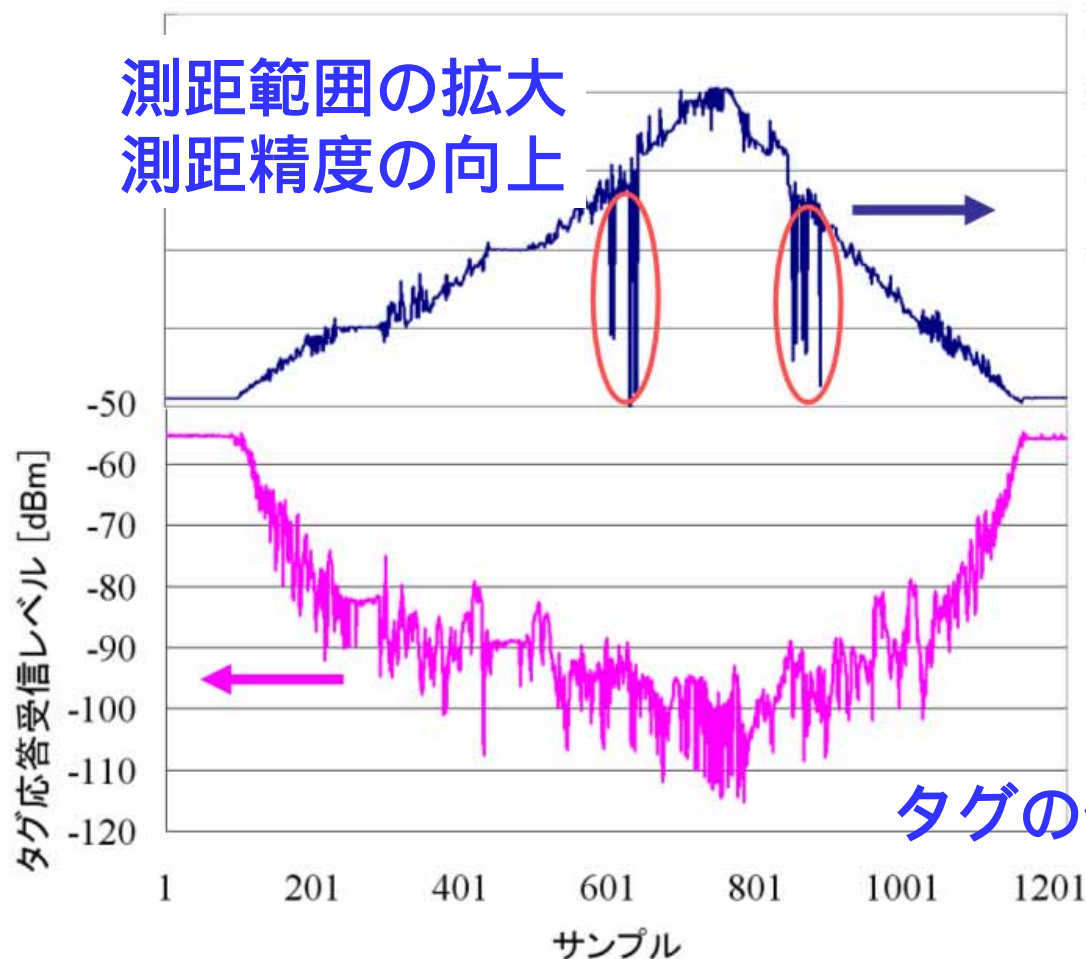
通信可能距離は35mまで

[3] 北吉, 澤谷, “サブキャリア変調波を用いた長距離・超低消費電力無線タグ,” 信学技報, SIS2007-47, pp. 13-18, Dec. 2007.

1. これまでの開発

1.2 5GHz帯の無線タグシステム

測距実験結果



タグの低消費電力化

リーダ



EIRP=25dBm

リーダ・タグ間往復の伝搬損
は、2.45GHz帯の約16倍

測距用無線タグ

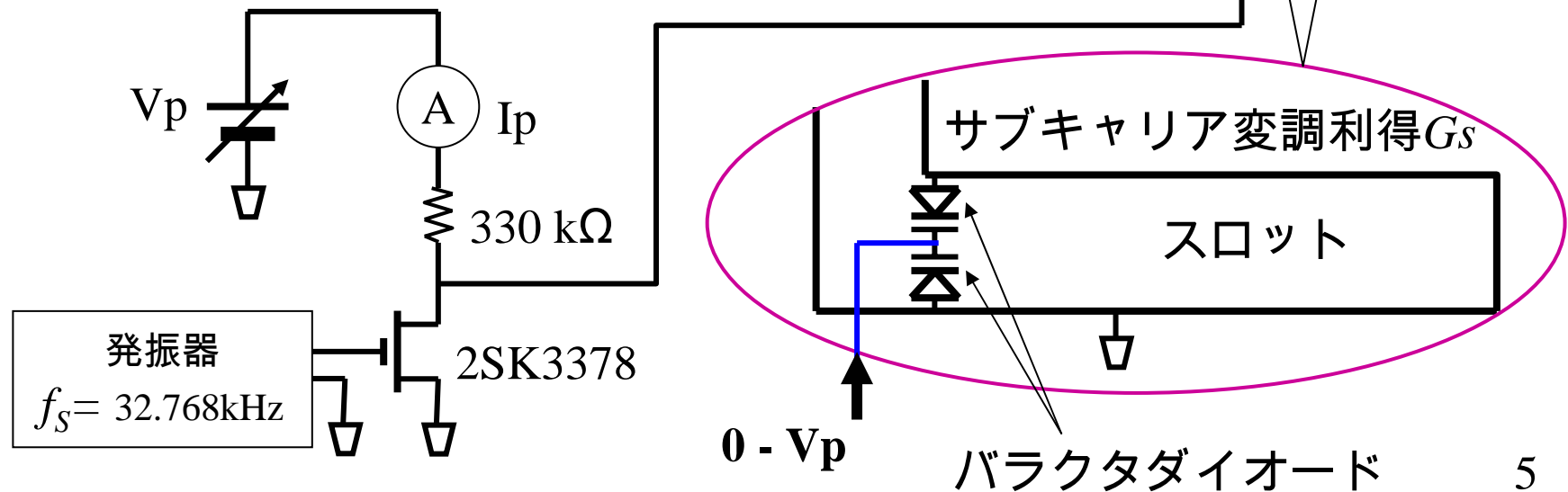
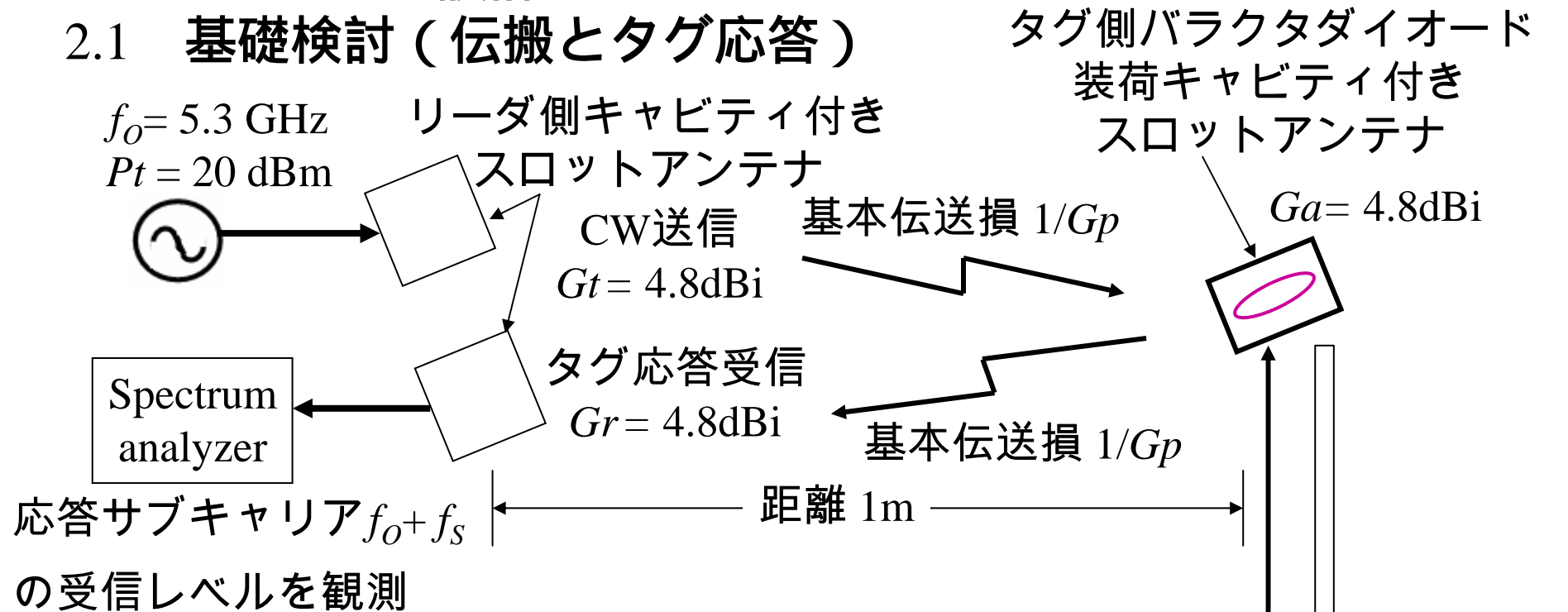


アンテナサイズ: 3cm × 6cm

[4] 北吉, 澤谷, “5GHz帯センサネットワークシステムのための測位可能なリアルタイム無線データ通信端末の低消費電力化の検討,” 信学技報, SR2009-64, AN2009-34, USN2009-37, Oct. 2009.

2. タグシステムの設計

2.1 基礎検討（伝搬とタグ応答）



2. タグシステムの設計

2.1 基礎検討（伝搬とタグ応答）

- ・ タグ側受信電力

$$P_a = P_t G_t G_a \underline{G_p} \quad (1)$$

- ・ リーダからタグへの伝搬項

$$G_p = \left(\frac{c}{4\pi r f_o} \right)^2 \quad (2)$$

- ・ リーダでのタグ応答受信電力 $P_s = P_a G_r G_s G_{as} \underline{G_{ps}}$ (3)

- ・ タグからリーダーへの伝搬項

$$G_{ps} = \left(\frac{c}{4\pi r (f_o + f_s)} \right)^2 \quad (4)$$

ここで, $f_o \gg f_s$ ならば $G_a \approx G_{as}$, $G_p \approx G_{ps}$ であり, 式(3)は

- ・ タグでの変調利得 $P_s \approx P_t G_t G_r (G_a G_p)^2 \underline{G_s}$ (5)

(a) タグアンテナが f_s で f_o の完全吸収と全反射をくりかえす場合

$$G_s = \left(\frac{1}{\pi} \right)^2 \quad (6a) \quad \text{約 -9.9 dB}$$

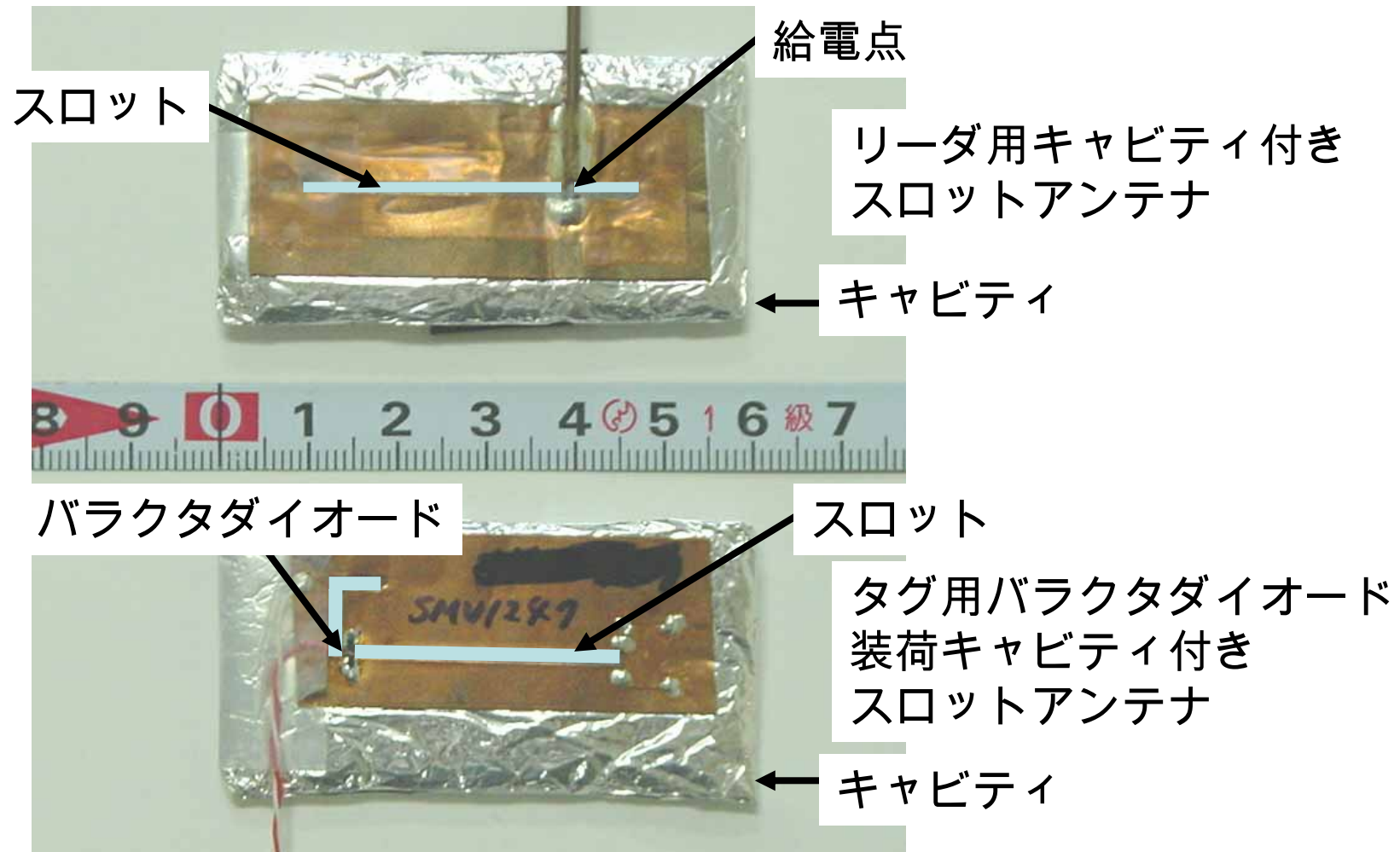
(b) タグアンテナが f_s で f_o を位相差 180° での全反射をくりかえす場合

$$G_s = \left(\frac{2}{\pi} \right)^2 \quad (6b) \quad \text{約 -3.9 dB}$$

2. タグシステムの設計

2.2 タグ（超低消費電力・長距離化）

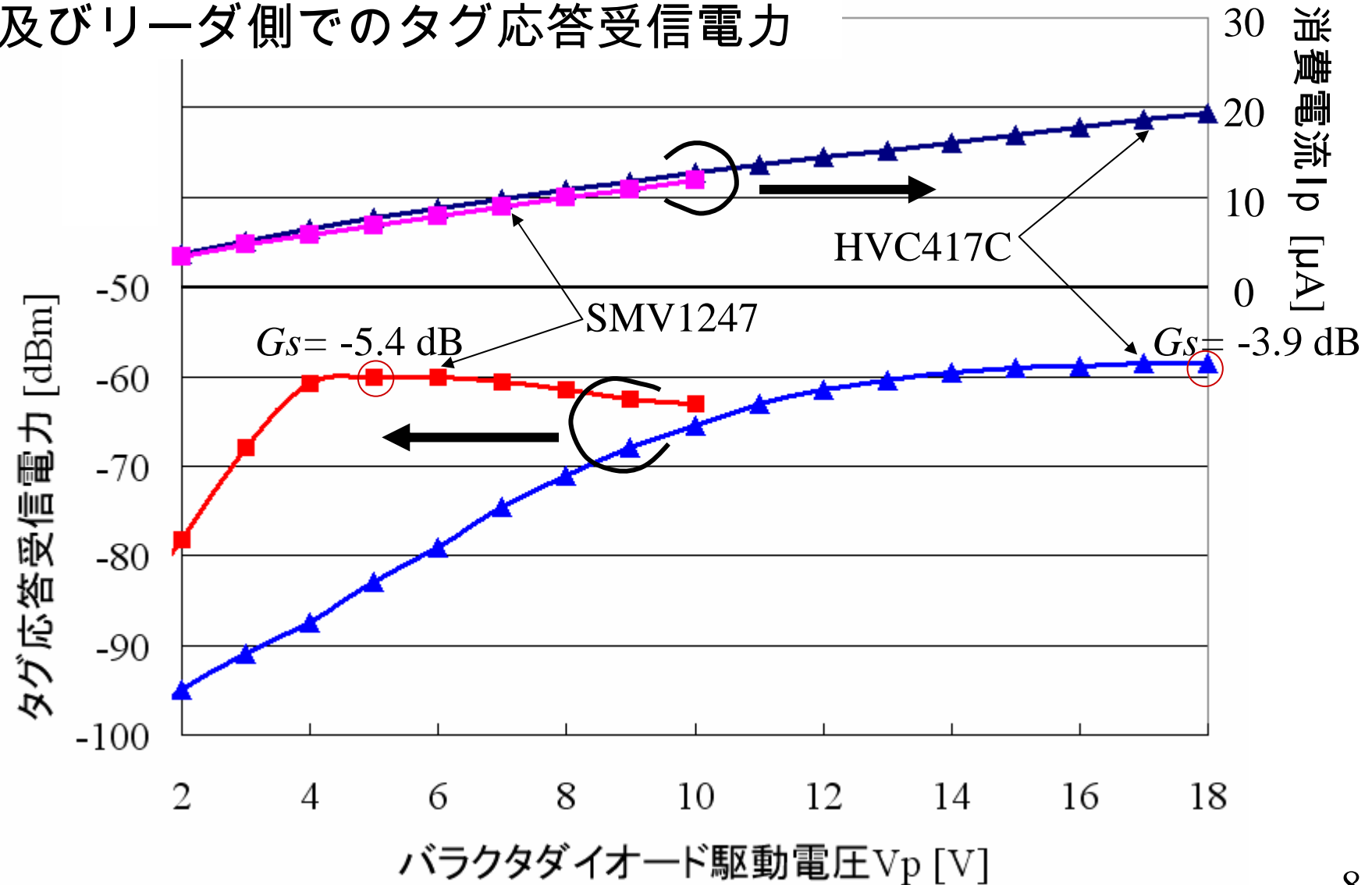
タグ応答受信電力の評価実験に用いたリーダ側のアンテナ
及びタグ側のアンテナ



2. タグシステムの設計

2.2 タグ（超低消費電力・長距離化）

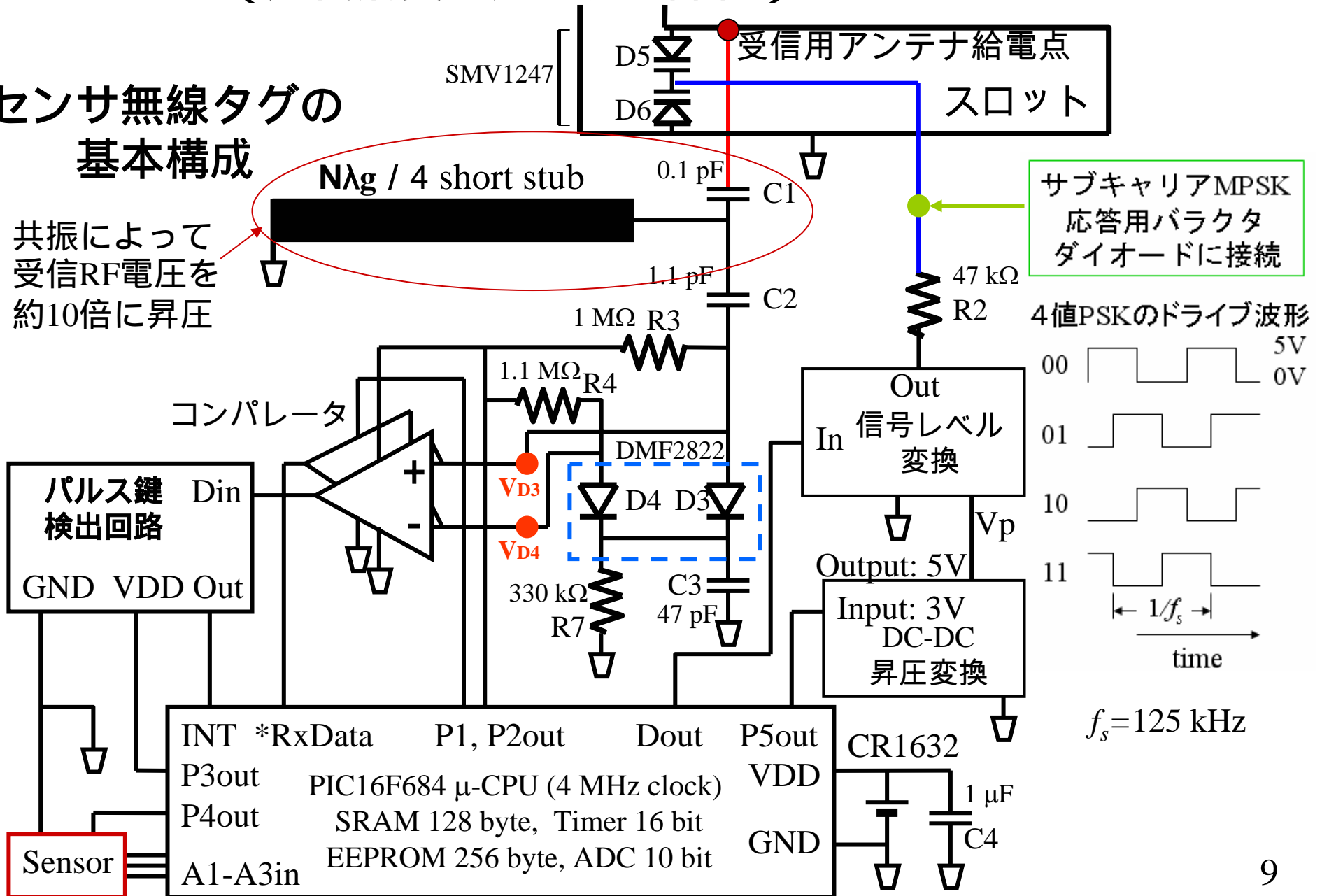
タグ側バラクタダイオード駆動電圧 V_p に対する消費電流 I_p 及びリーダ側でのタグ応答受信電力



2. タグシステムの設計

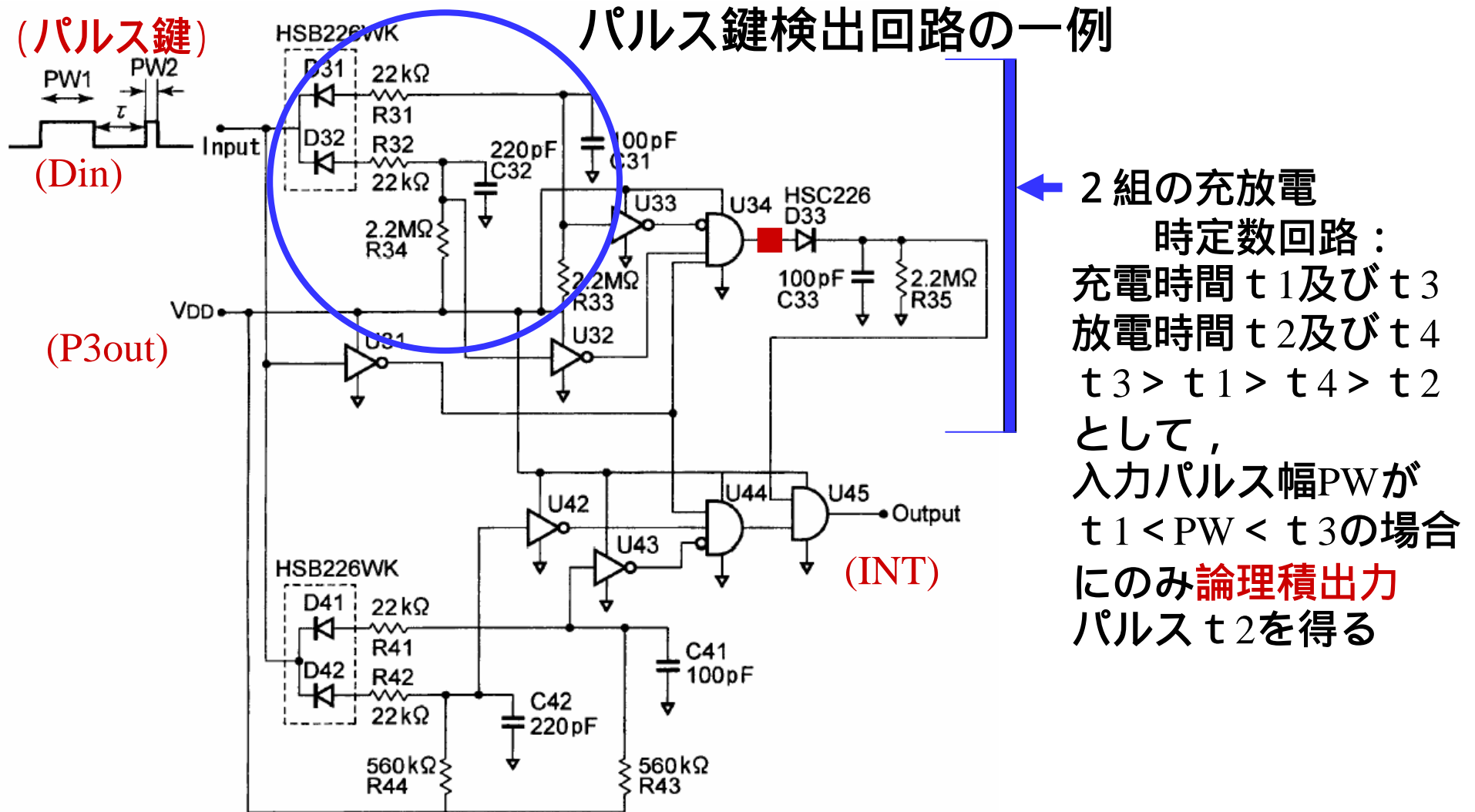
2.2 タグ（超低消費電力・長距離化）

センサ無線タグの 基本構成



2. タグシステムの設計

2.2 タグ（超低消費電力・長距離化）

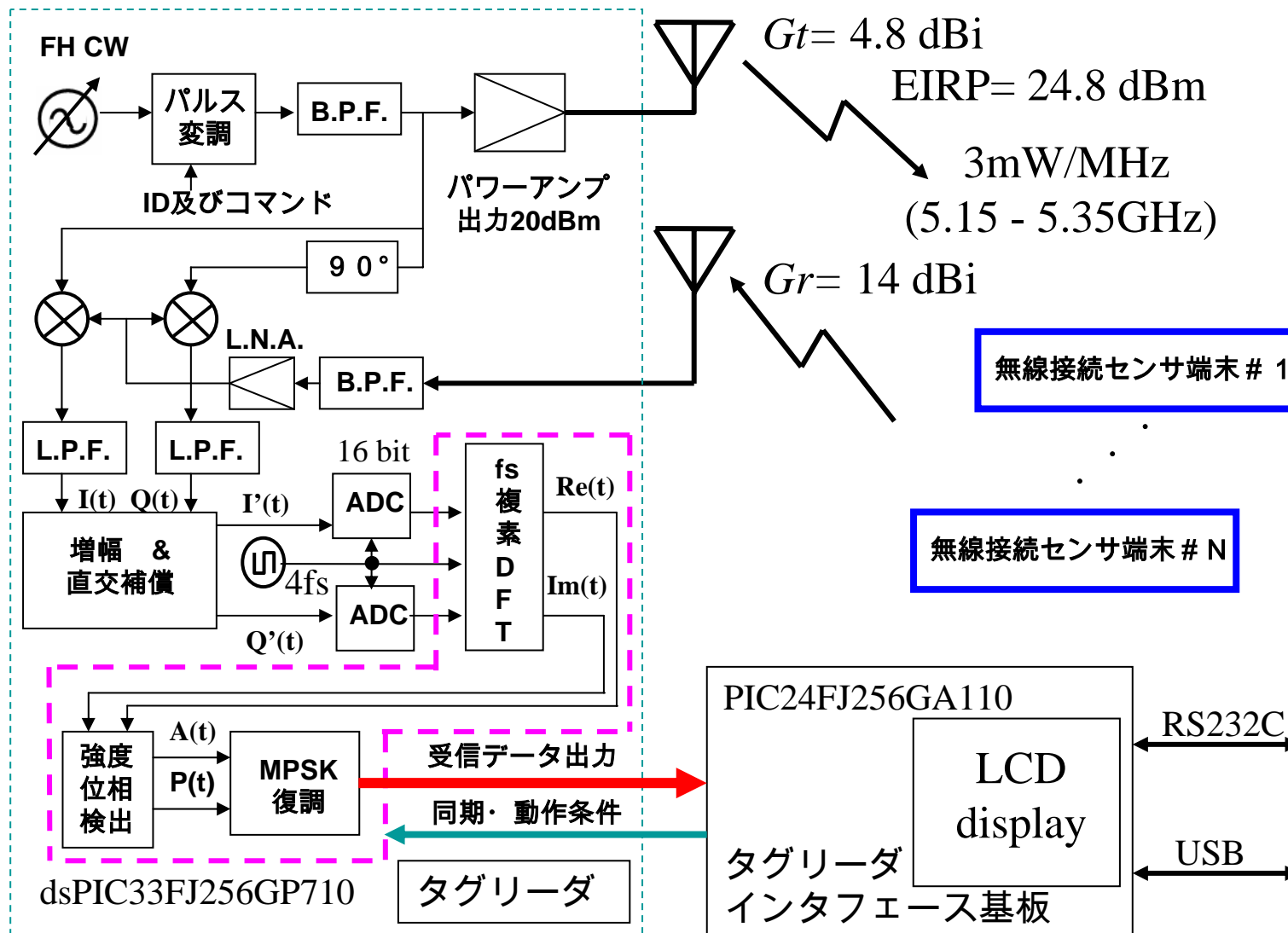


[4] 北吉，澤谷，“5GHz帯センサネットワークシステムのための測位可能なリアルタイム無線データ通信端末の低消費電力化の検討，”信学技報，SR2009-64，AN2009-34，USN2009-37，Oct. 2009．

2. タグシステムの設計

2.3 リーダ（受信高感度DSP復調）

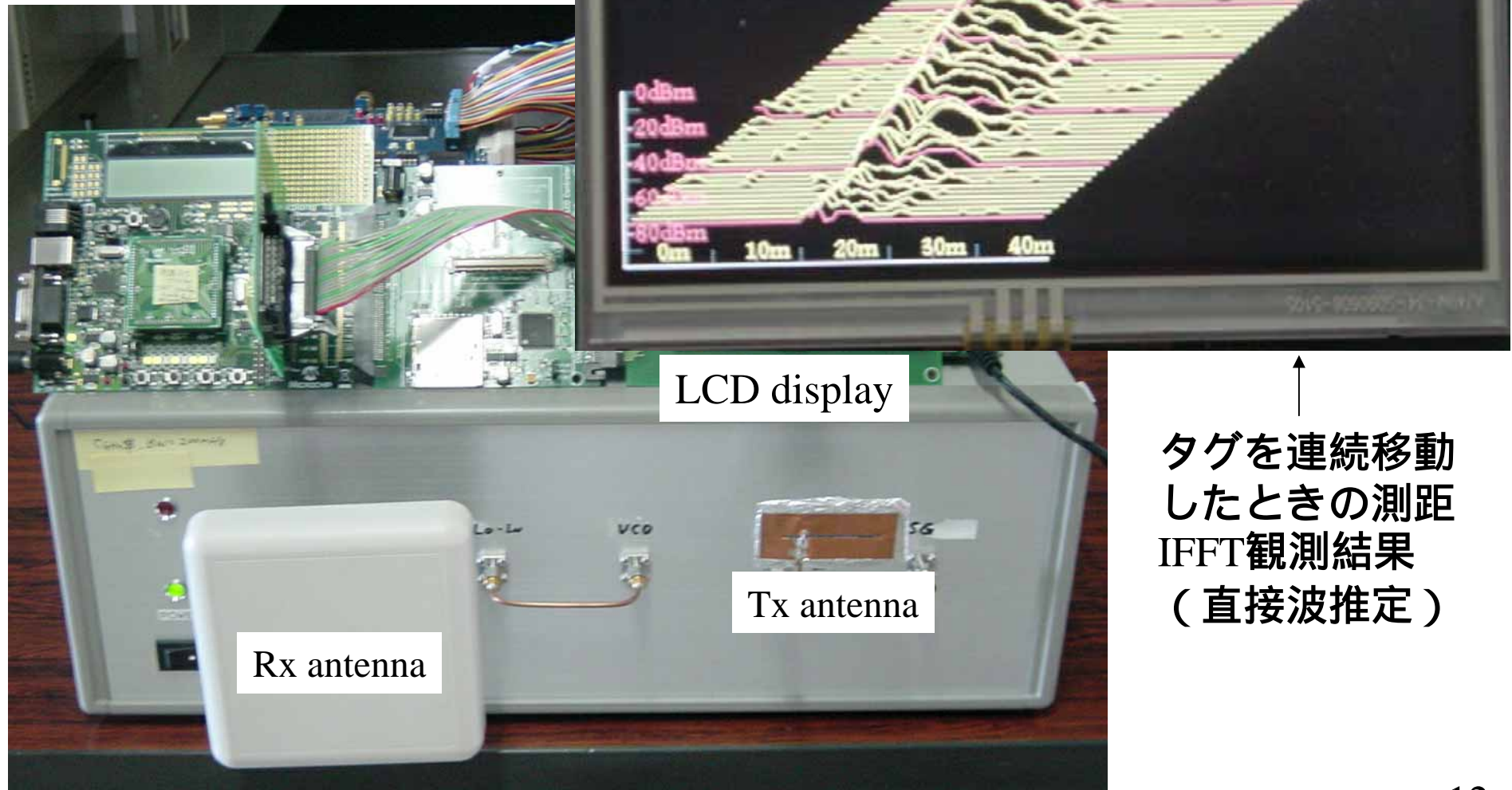
開発したセンサタグシステムの構成



2. タグシステムの設計

2.3 リーダ（受信高感度DSP復調，測距高精度化）

試作したリーダー装置



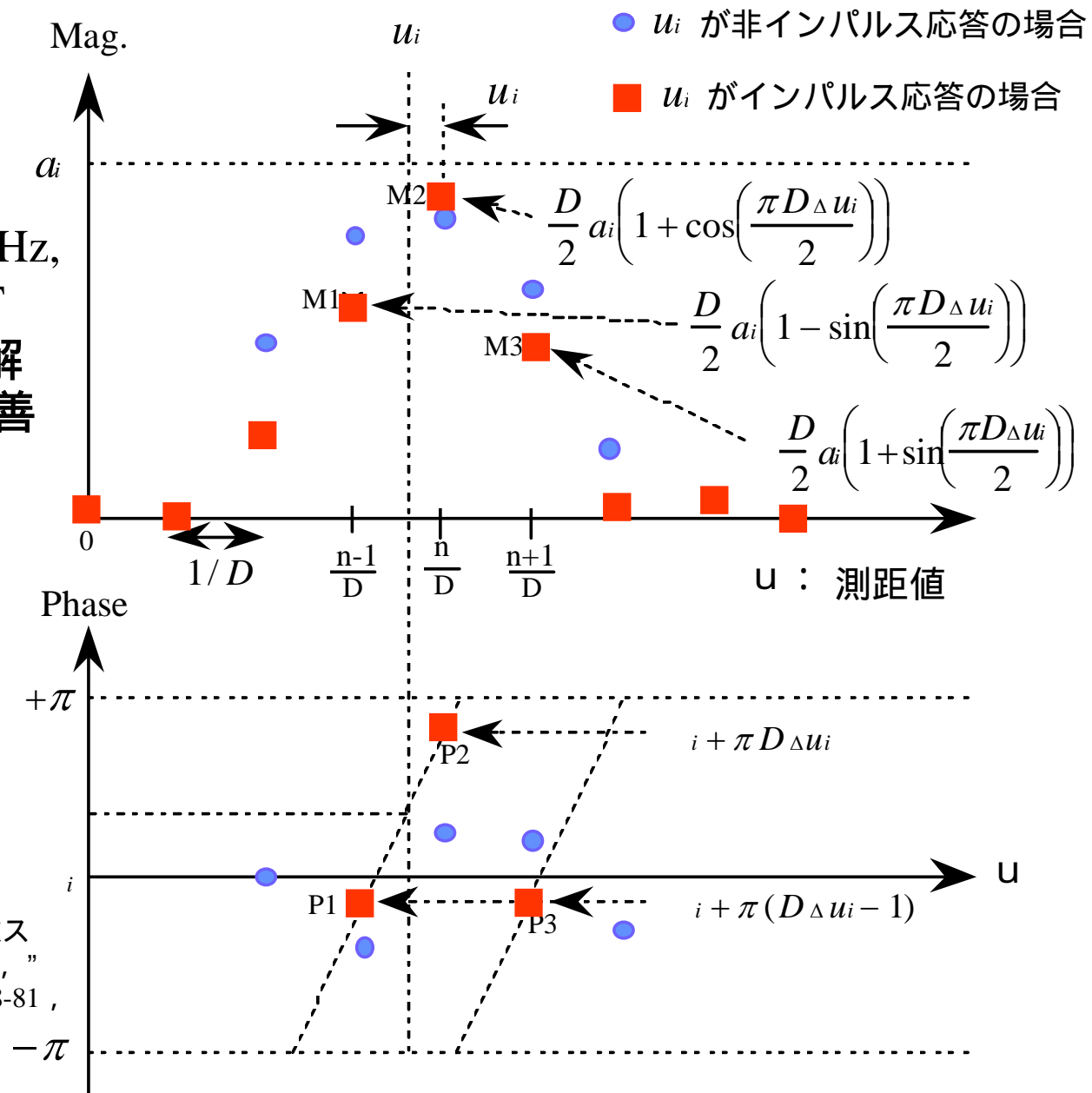
↑
タグを連続移動
したときの測距
IFFT観測結果
（直接波推定）

2. タグシステムの設計

2.3 リーダ（測距高精度化）

Hanning窓をかけて解析した周波数 応答のIFFT処理結果

周波数掃引幅200MHz,
256pointによるIFFT
処理結果の測距分解
能75cmを1mmに改善
補間する．



[5] 北吉, “ ショートタイム周波数スペクトル解析のための高分解能化, ”
信学論A, vol. J76-A, no. 1, pp. 78-81,
Jan. 1993 .

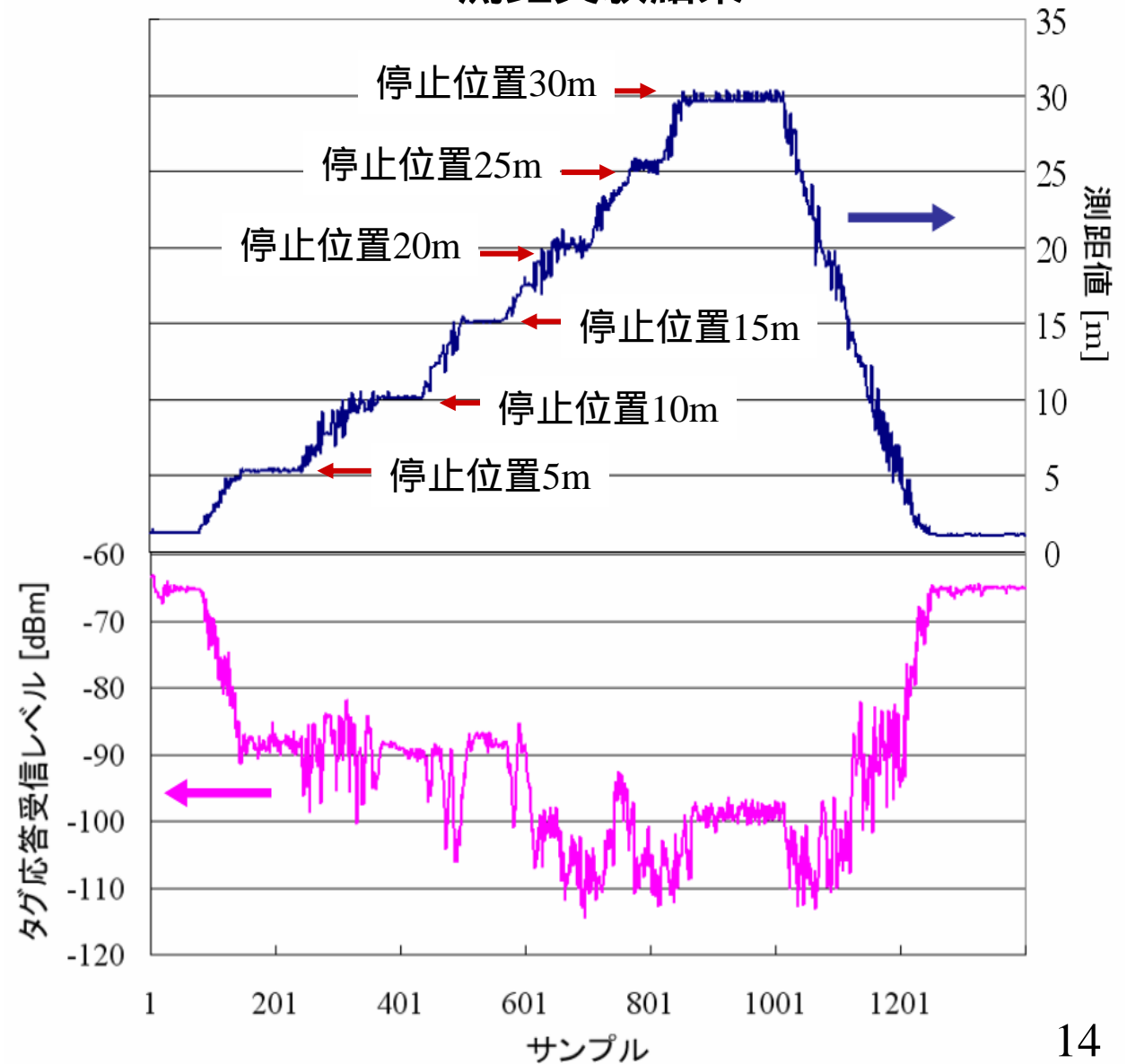
3. システム評価

3.1 測距動作（タグ消費電力 $90\mu\text{W}$ ，30spsで30mまで）

測距実験環境

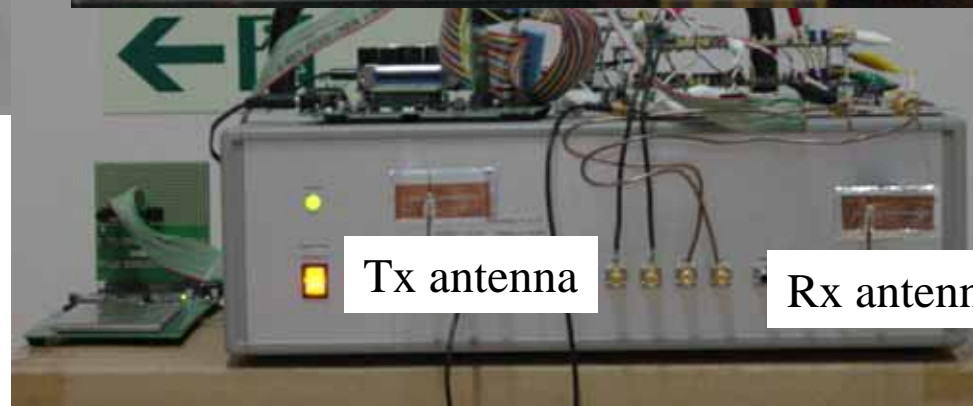


測距実験結果



3. システム評価

3.1 測距動作（タグ消費電力 $90\mu\text{W}$ ，30spsで43mまで）



←リーダー装置

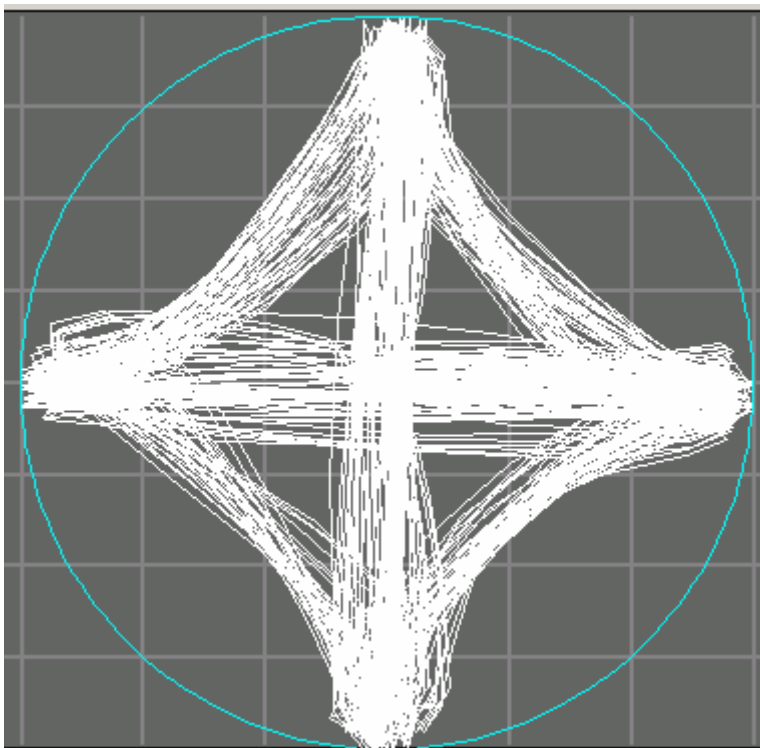
Tx antenna

Rx antenna

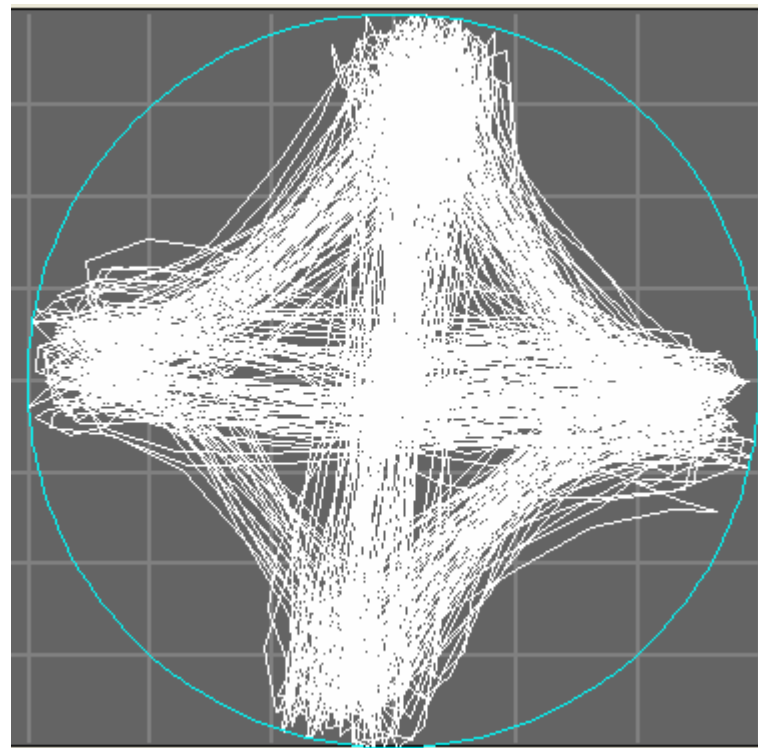
3. システム評価

3.2 MPSKデータ転送(タグ消費電力1.8mW , 40kbpsで30mまで)

4値PSK応答でリーダー・タグ間距離7m及び20m
としたときの受信I-Qコンスタレーション



(a) リーダ・タグ間距離7m

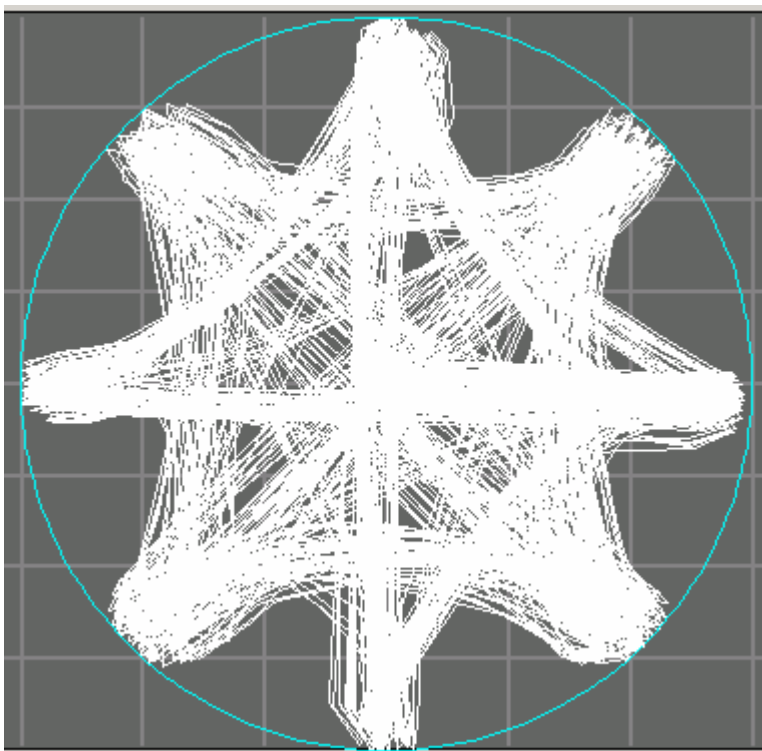


(b) リーダ・タグ間距離20m

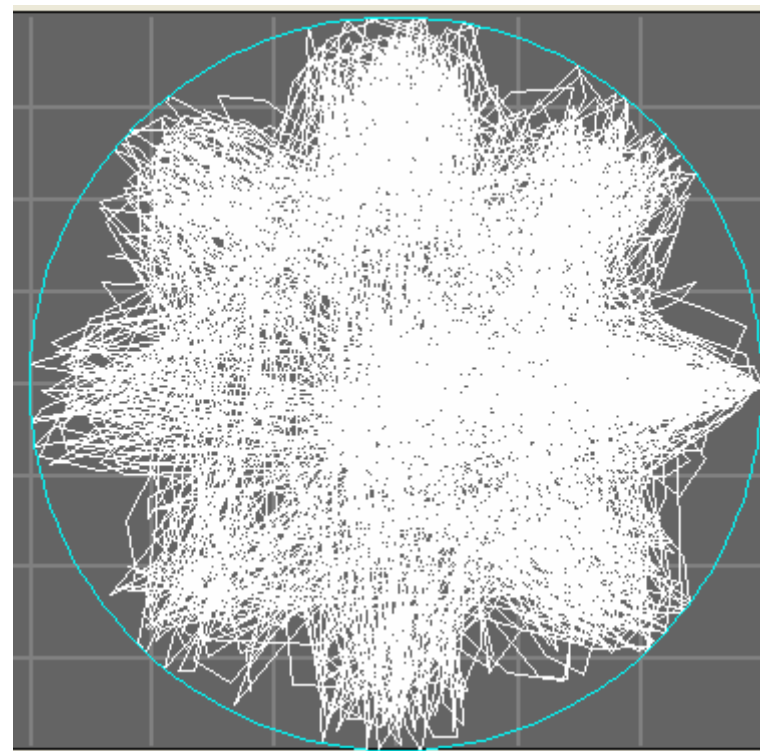
3. システム評価

3.2 MPSKデータ転送(タグ消費電力1.8mW , 60kbpsで20mまで)

8値PSK応答でリーダー・タグ間距離7m及び20m
としたときの受信I-Qコンスタレーション



(a) リーダ・タグ間距離7m

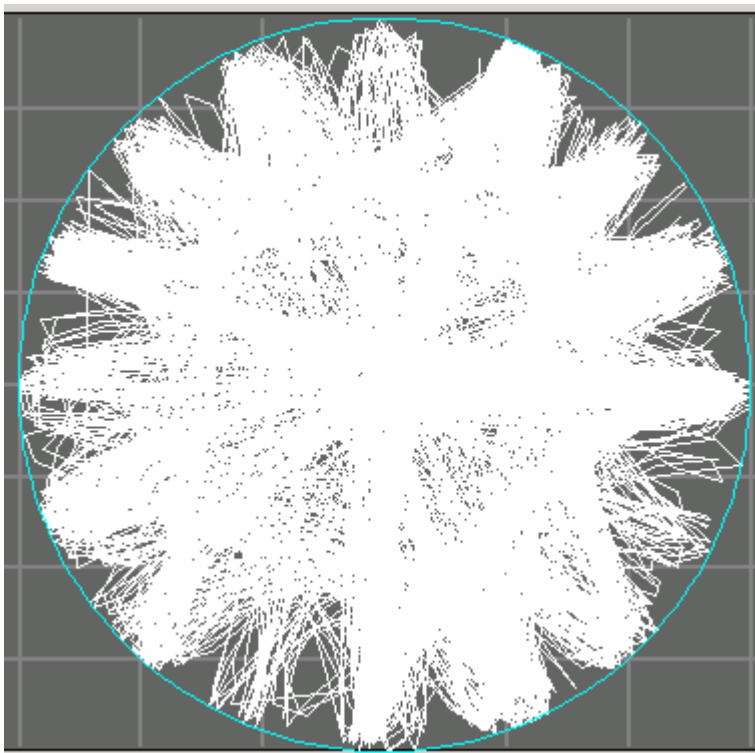


(b) リーダ・タグ間距離20m

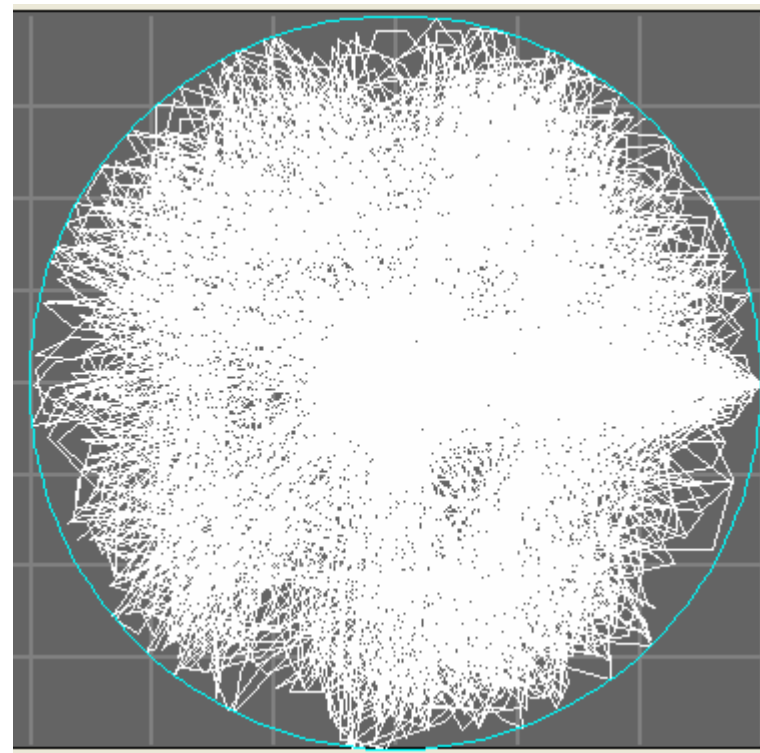
3. システム評価

3.2 MPSKデータ転送(タグ消費電力1.8mW , 80kbpsで10mまで)

16値PSK応答でリーダー・タグ間距離7m及び20m
としたときの受信I-Qコンスタレーション



(a) リーダ・タグ間距離7m

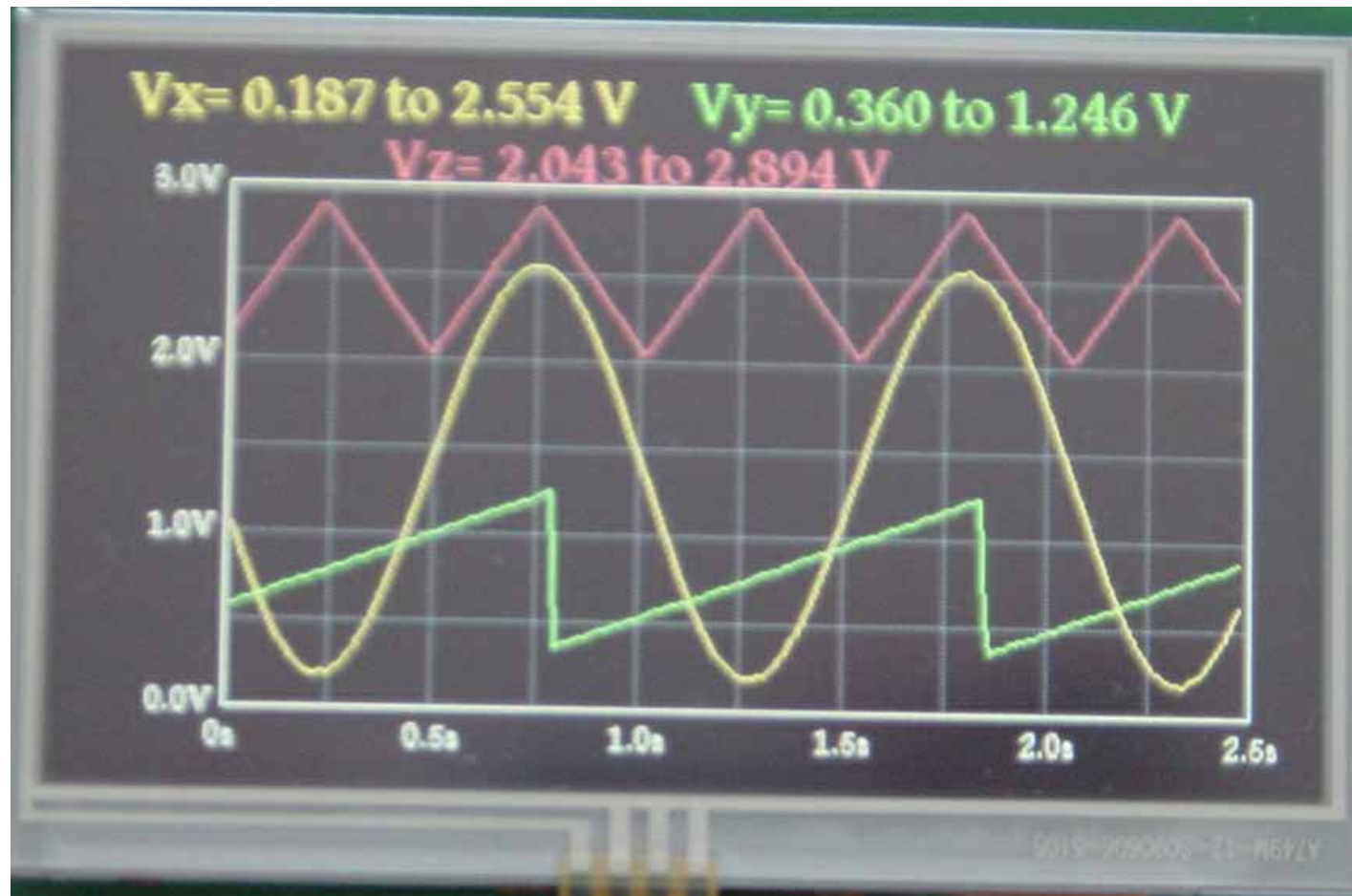


(b) リーダ・タグ間距離20m

3. システム評価

3.2 MPSKデータ転送(タグ消費電力1.8mW , 40kbpsで30mまで)

リーダ・タグ間距離30mでの連続受信データの
リアルタイムLCD表示例 (4値PSKデータ転送)



まとめ

1. これまでの開発

- ・ 2.45GHz帯から5GHz帯への移行；アンテナ面積1/4，伝搬損16倍
- ・ 5GHz帯無線タグシステムの課題；リーダ高感度化，タグ低消費電力化

2. タグシステムの設計

- ・ タグにバラクタダイオードを装荷したキャビティ付きスロットアンテナ；柔軟かく変形しても特性劣化が小さい，動作利得 $G_a=4.8\text{dBi}$
- ・ タグ応答にSMV1247を使用；駆動消費電力 $34.5\mu\text{W}$ ，変調利得 $G_s=-5.4\text{dB}$
- ・ タグの高感度・低消費電力化；スタブ共振昇圧回路，パルス鍵検出回路
- ・ リーダの高感度・低ノイズ化；16bitでのADC・DSP処理，測距補間と直接波推定

3. システム評価

- ・ 30sps測距動作で無線タグの消費電力 $90\mu\text{W}$ ，測距範囲1-43m，測距平均誤差20cm以内
- ・ データ転送で無線タグの消費電力 1.8mW ，可変多重化率位相変調方式を用い4値PSKの場合40kbpsで通信距離30m
- ・ リーダ側でセンシングデータのリアルタイムグラフ表示