

戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) 第4回成果発表会 (平成20年)
2008.06.11大手町サンケイホール

UWBインテリジェント測位 センサーネットワークの研究開発と 医療・ホーム・オフィスへの応用

研究代表者

河野 隆二 横浜国立大学大学院工学研究院

研究分担者

落合 秀樹(1) 森 康之(1) 関口 英紀(2) 山田 勇(2) 稲野 聡(2) 藤井 彰(2)
浅井 雅文(2) 倉島 茂美(3)

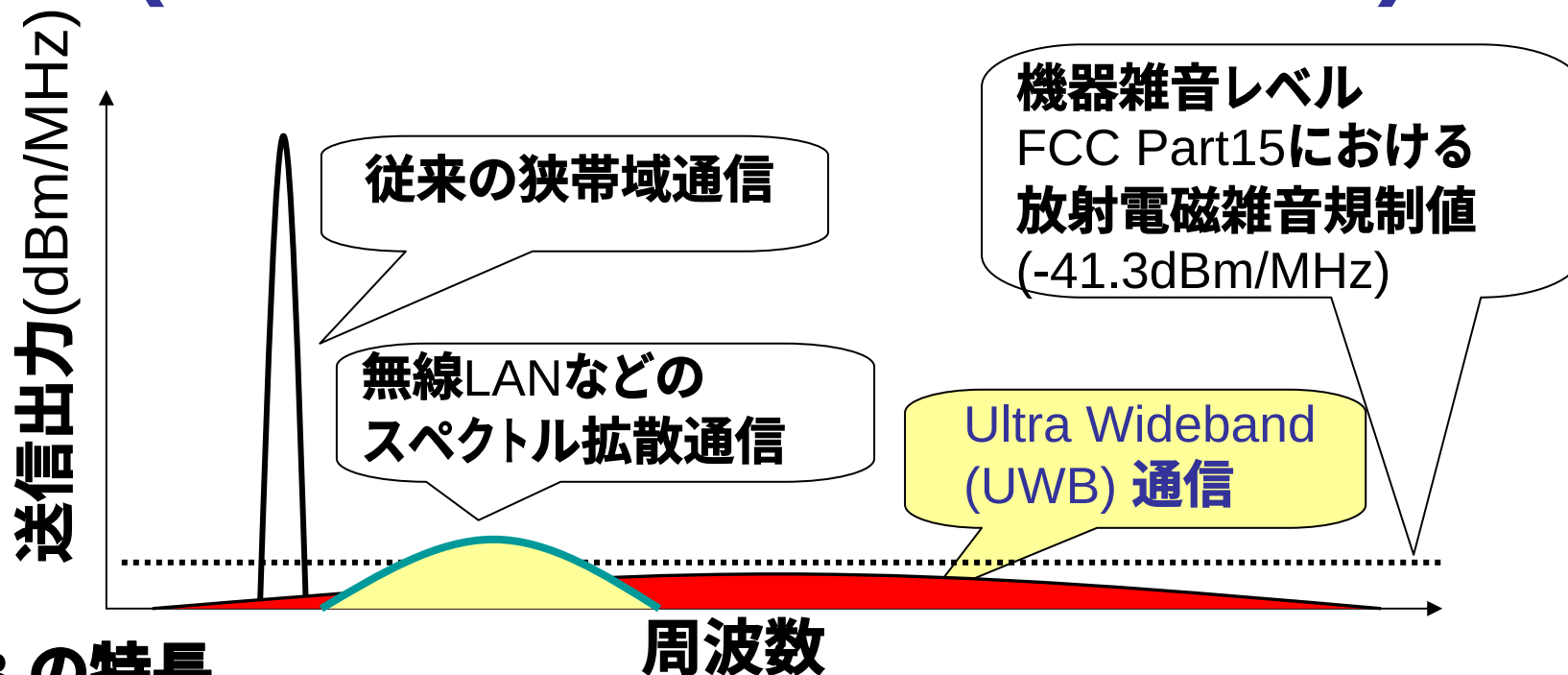
(1)横浜国立大学大学院工学研究院

(2)富士通株式会社

(3)富士通コンポーネント株式会社

研究期間 平成17年度～平成19年度

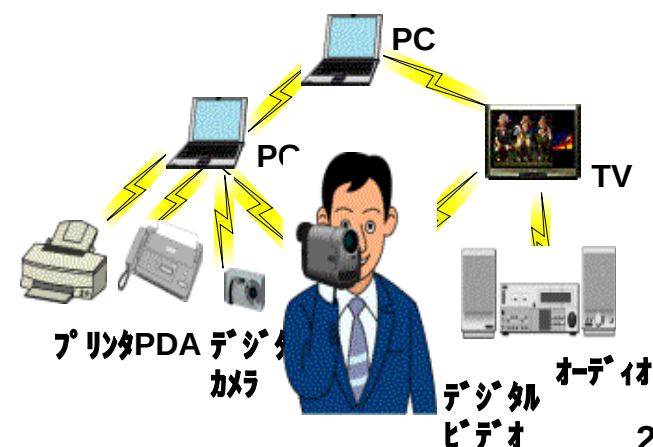
UWB(Ultra Wideband:超広帯域)無線



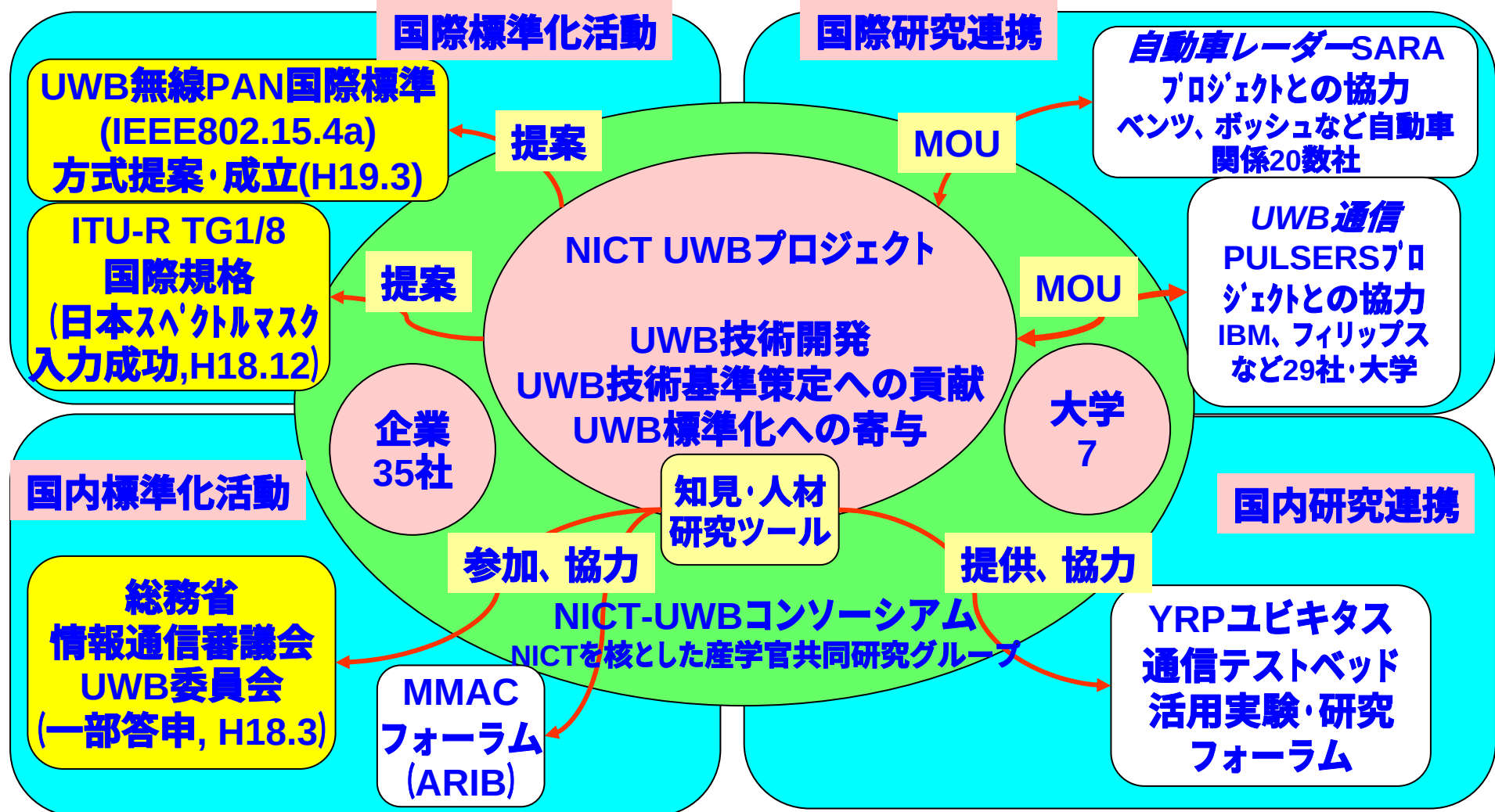
UWB の特長

1. 電力スペクトル密度が極めて低い (雑音レベル, 以下)
⇒ 既存システムとの与干渉・被干渉が少なく、周波数共用の可能性
2. 極めて短い(ns単位) のパルスを利用
⇒ 高精度測距 (数cm単位) が可能 (高い距離分解能)
3. 常に広い帯域を占有 (GHzオーダ)
⇒ 大容量多元接続・超高速伝送 (> 数Gbps) 可能
4. 通信と測距が同時に出来る
⇒ ITS (車車間通信・測距など) に応用可能
5. 送信出力は10nW / MHz程度と極めて低い

UWBの利用 イメージ

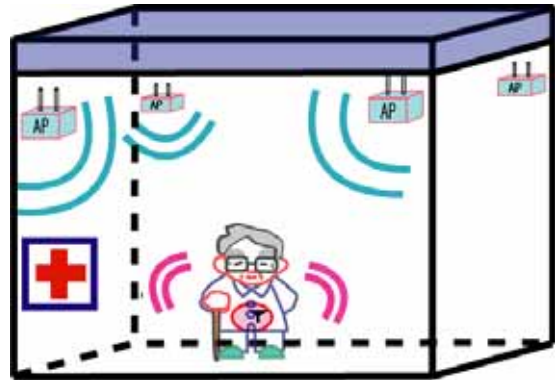


UWB (超広帯域)技術に関する研究開発・標準化・法制化の国際的推進



1. 屋内環境における高精度測位方式の考案

医療・ホーム・オフィスといった屋内環境では・・・



- ・ 壁・床・天井からのマルチパス
- ・ 人体・パーティション等による遮蔽



測位精度が著しく劣化

このような屋内環境で高精度な測位を実現する2つのアルゴリズムを提案

考案方式1 階層型粒子フィルタによる測位アルゴリズム

過去の情報を利用しているので、**トラッキング**として使う際に効果が高い
ノード範囲外での測位も可能

- 2階層によるフィルタリング処理により座標を推定する
- 状態空間モデルを用いて、観測値に補正をかけることでマルチパスの影響を軽減

考案方式2 ノード選択法を用いた測位アルゴリズム

ある1時点における測位に優れる**定期的なタグ位置情報管理**に効果的

- 2回の測位処理に分けて座標を推定する
- 観測誤差の大きいノードを除外することで、ロバストな測位を実現

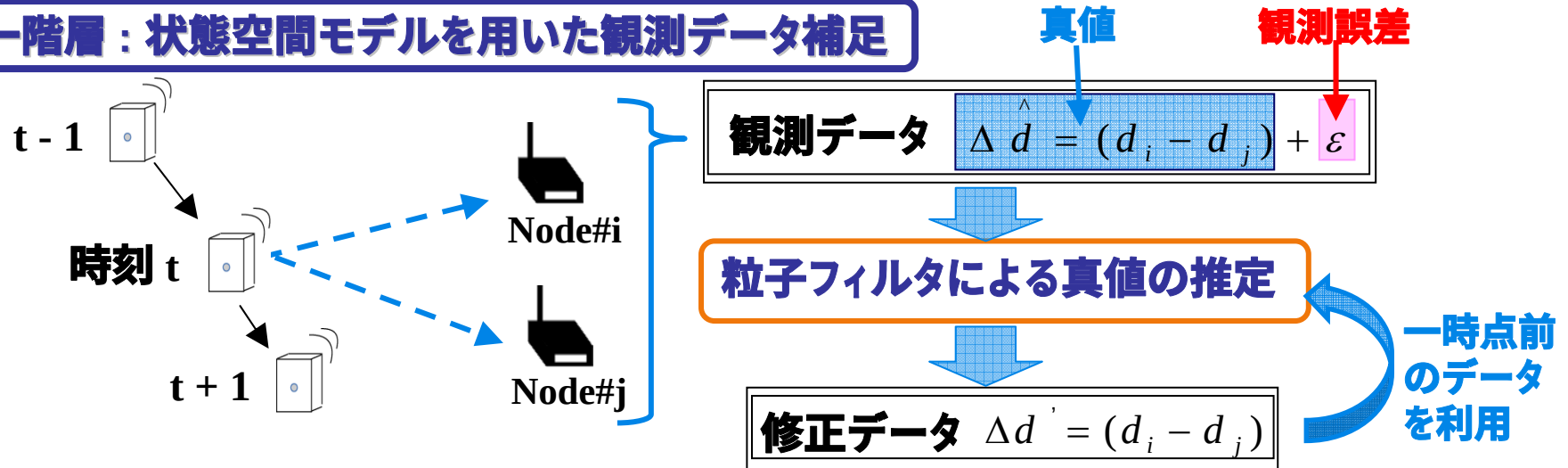
それぞれ用途によって使い分ける必要がある

考案1 階層型粒子フィルタによるトラッキング

□ 二階層のフィルタリング処理

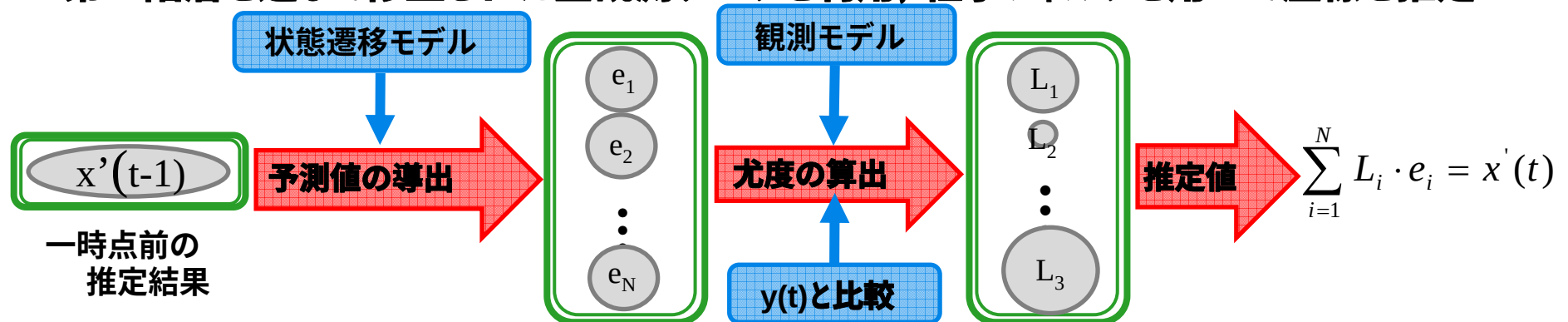
粒子フィルタ [局所解に陥りにくく、非線形・非ガウシアン状態空間モデルの解析が可能]

第一階層：状態空間モデルを用いた観測データ補足



第二階層：ターゲット (Tag) の座標を推定

□ 第一階層を通して修正された全観測データを利用, 粒子フィルタを用いて座標を推定

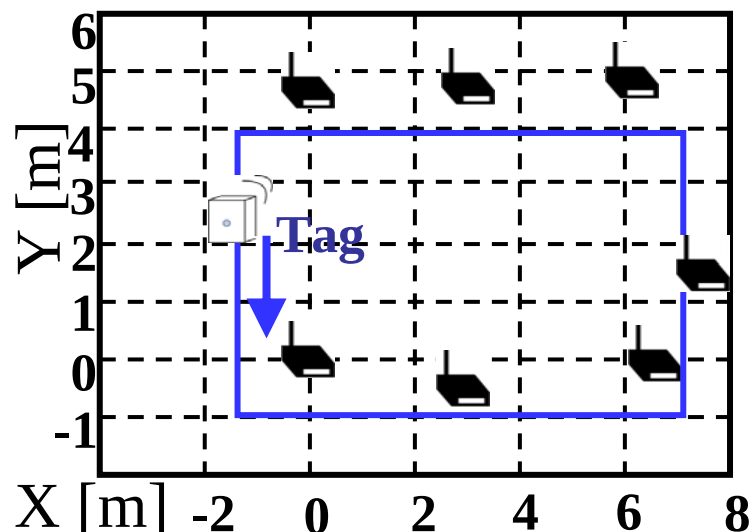


考案1 階層型粒子フィルタによる測位実験結果

□ 実験環境

□ Node : 7台 (高さ190cm)

□ Tag : 1台 (高さ140cm)



□ 測位アルゴリズム

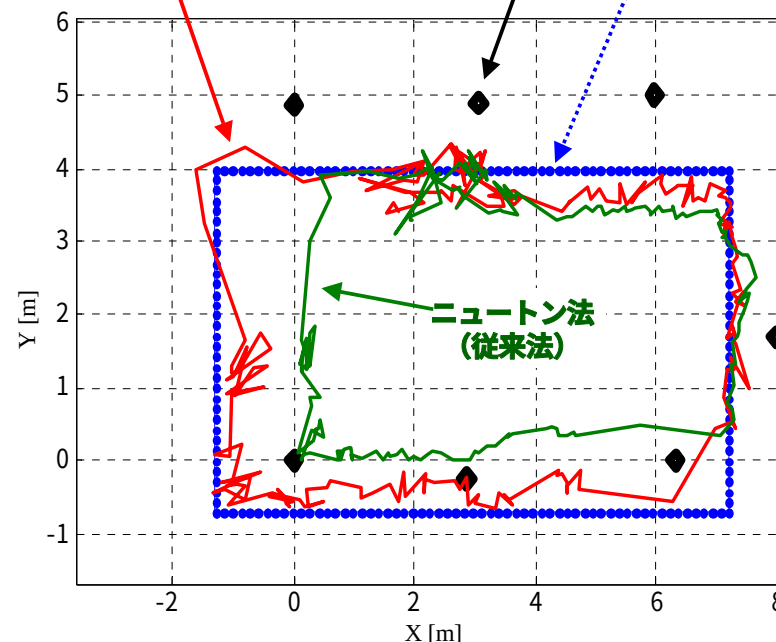
□ ニュートン法;従来法

- ・線形探索アルゴリズム
- ・勾配情報を利用して効率的に解を求める

□ 階層型粒子フィルタ;提案法

□ 実験結果

階層型粒子フィルタ (提案法) ノード (全7台) タグの移動軌跡



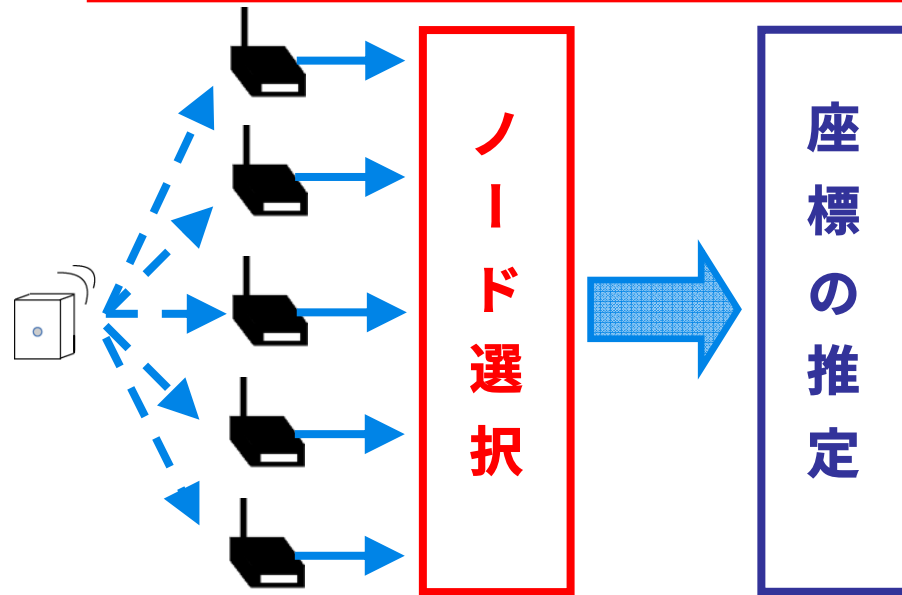
測位法	RMSE [m]
従来法	0.64
提案法	0.30

階層型粒子フィルタにより、マルチパスの影響を軽減することで測位精度が向上

考案2 ノード選択法を用いた測位アルゴリズム

□ マルチパスの影響を最少化して測位を行う

□ 実験結果



1回目の測位処理 / ノード選択 /

ノード4個以上の全ノード組み合わせパターン

測位結果より得た
タグ・ノード間の
推定距離

比較

観測データから得た
タグ・ノード間の距離

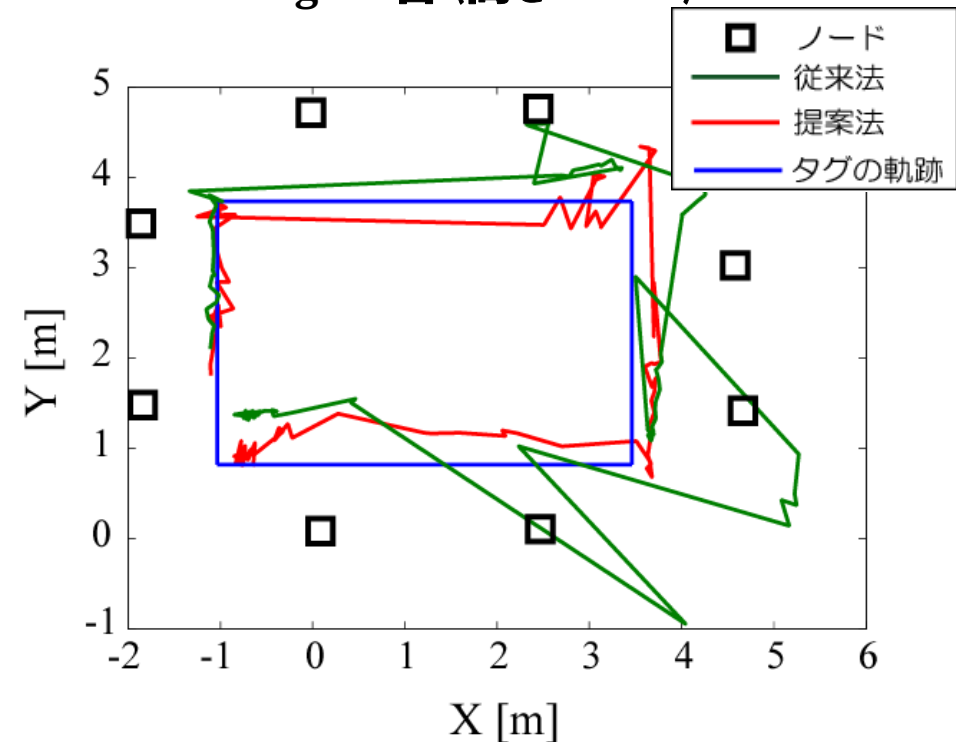
差が最も小さいノードの組み合わせを選択

2回目の測位処理 / 座標の推定 /

選択したノードで座標を推定する

□ Node : 8台 (高さ190cm)

□ Tag : 1台 (高さ140cm)



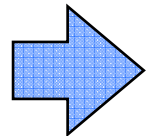
適応的に観測誤差の小さいノードを選択
することで、マルチパス環境下でも高精度な測位を実現

2.高精度測位・通信のための符号化・復号法検討

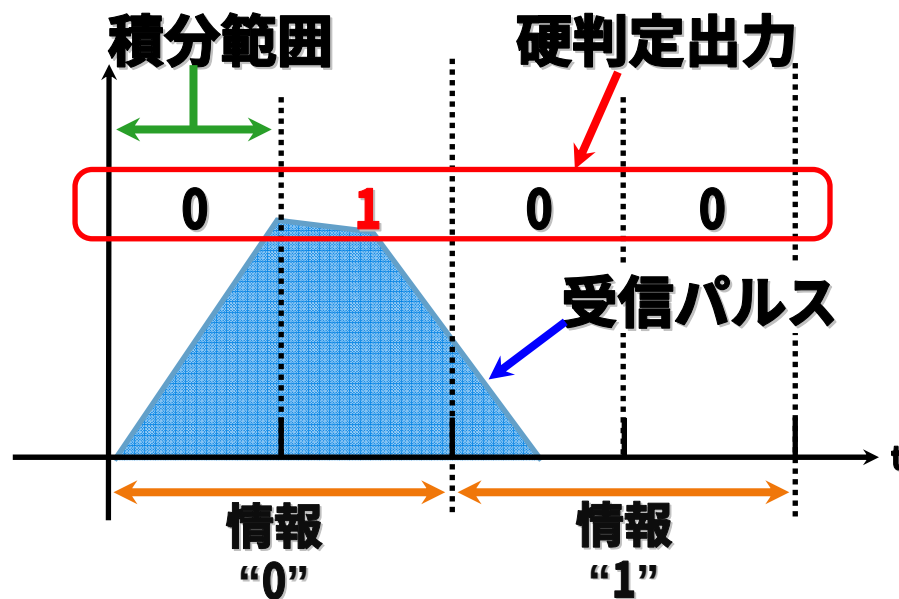
PPM-UWB方式は簡易な送受信系を実現するが、エネルギー検波を用いた場合、その誤り率特性が著しく劣化することが知られている

誤り訂正符号の導入

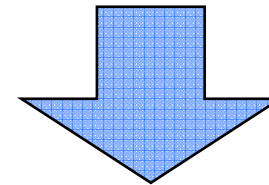
複雑な誤り訂正符号の適用は送受信機の回路規模を増大させ、無線センサネットワークにおける要求に反する！！



PPM-UWBに適した簡易な符号化／復号法について検討



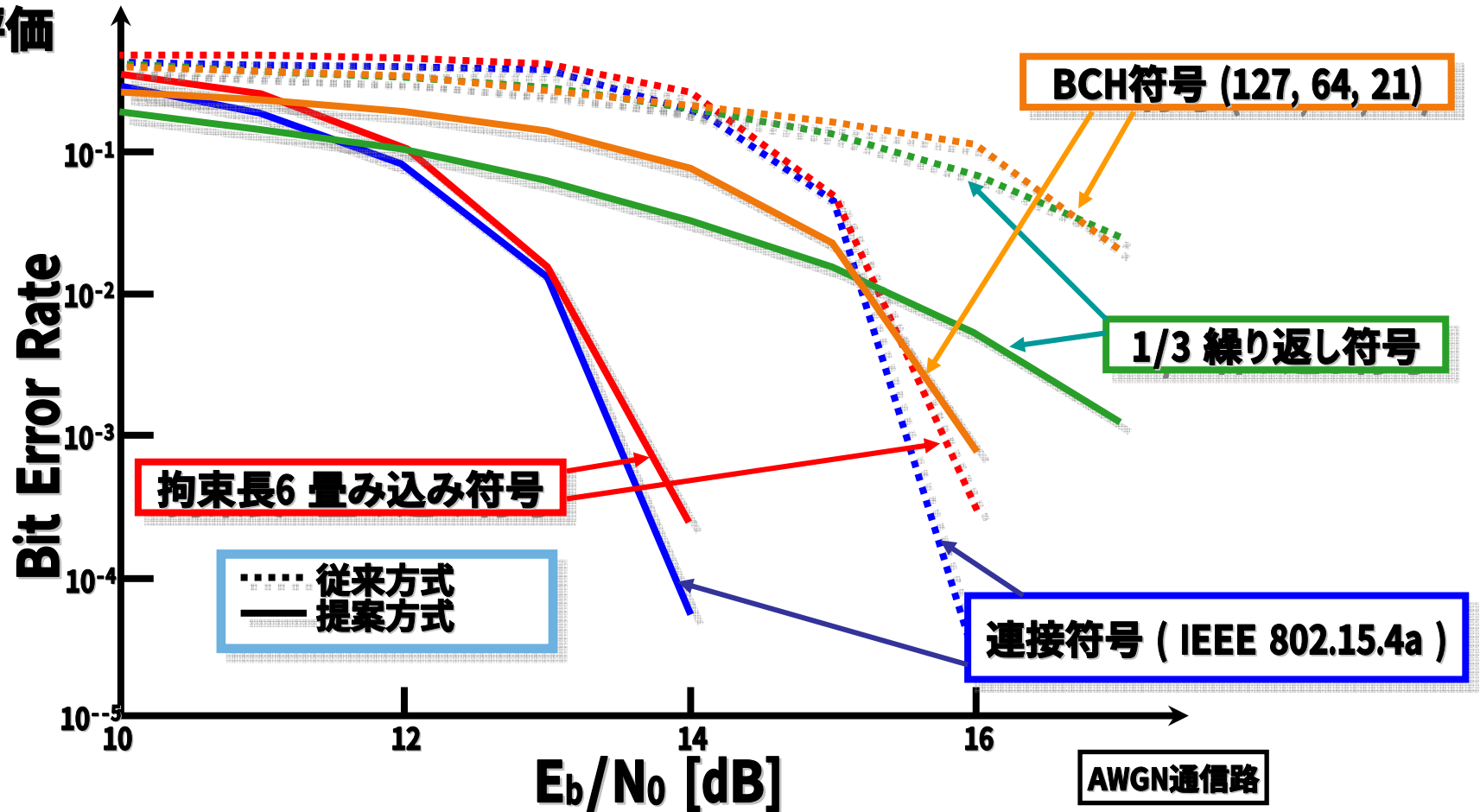
信号の存在範囲より狭い範囲でエネルギー検波の積分を実行



各パルス位置に対する複数の硬判定出力を効果的に利用することで復号特性を改善する

2.高精度測位・通信のための符号化・復号法検討

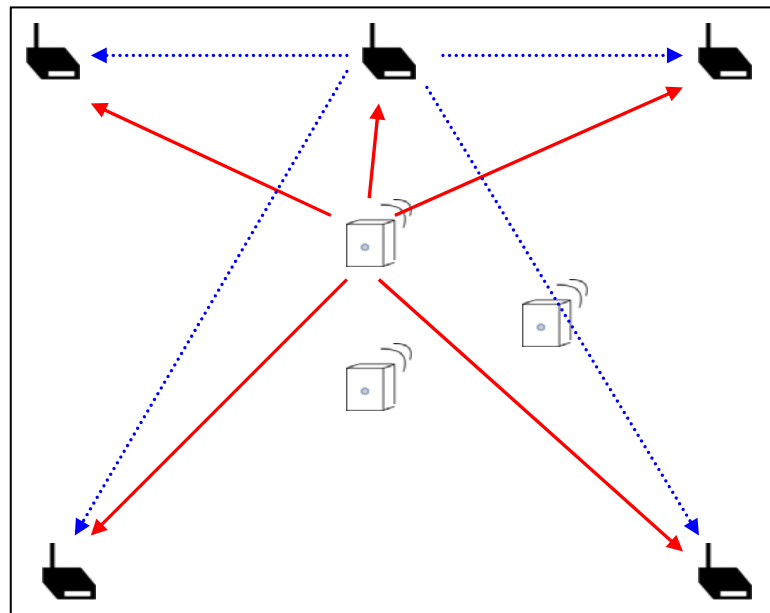
簡易な符号化／復号が可能な符号を候補として選定し、計算機シミュレーションにより評価



拘束長6の畳み込み符号に提案の復号を用いることでIEEE802.15.4aに採用されている接続符号とほぼ同等の優れたビット誤り率特性が得られる

3. UWB測位センサーネットワーク開発

- ・ 小型移動端末(タグ)を人/モノに装着し人/モノの状態と位置検知
- ・ **タグは小型化・低消費電力化のために送信機能のみ実装し固定端末(ノード)でタグ電波を受信し到達時間差(TDOA)測位**
- ・ ひとつの固定ノードから時間同期電波を送信しノード間同期
- ・ 各ノードで取得した電波の受信時刻からサーバで測位計算



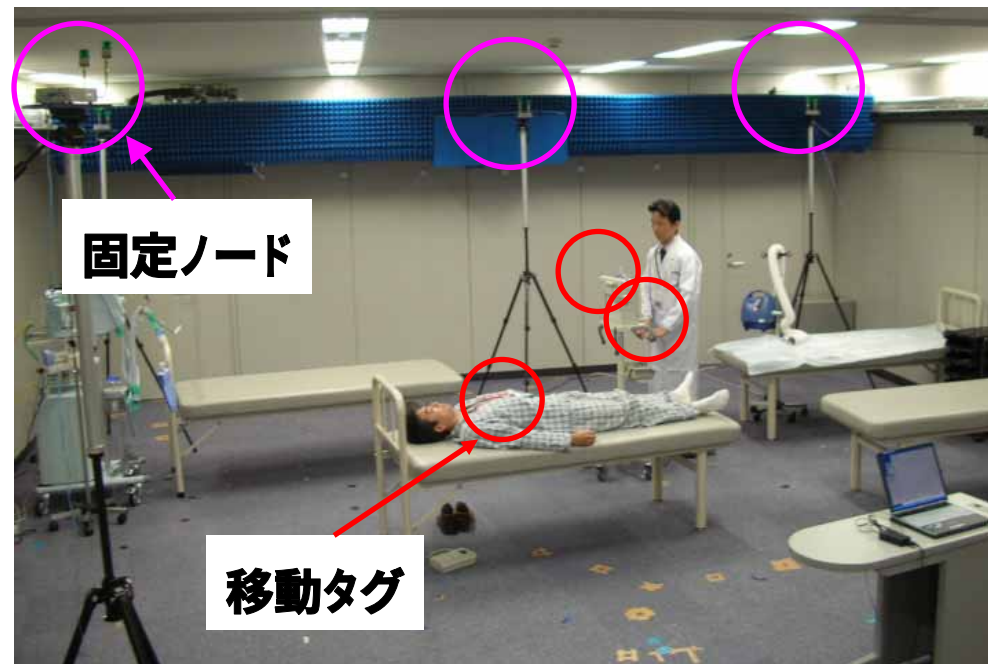
固定ノード



移動タグ

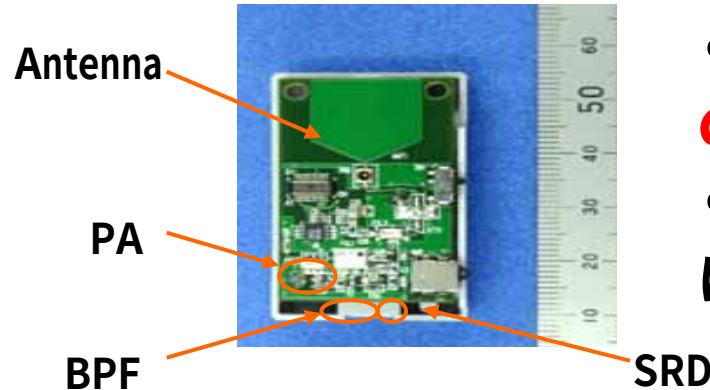
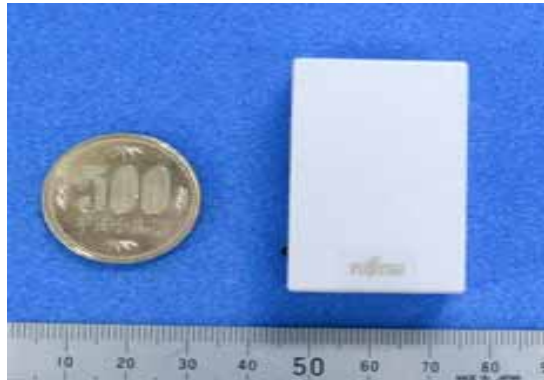
→ 測位電波

→ 同期電波

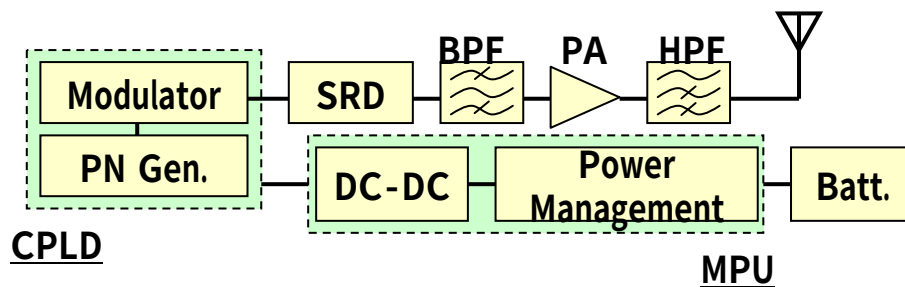


3.1 UWB小型移動端末(タグ)開発

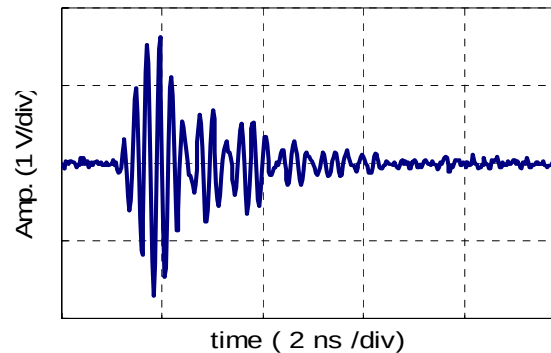
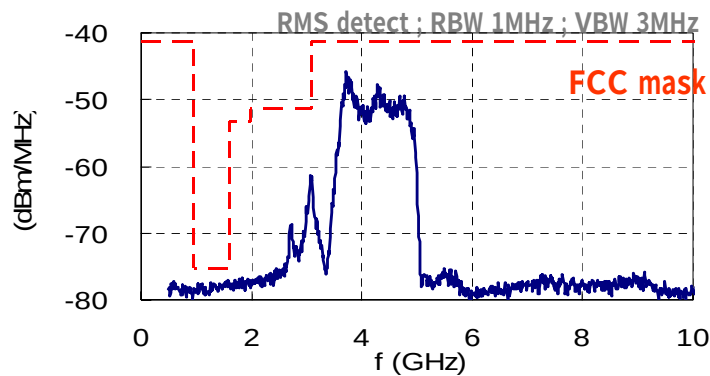
28 x 45 x 15 mm



- ・インパルス送信機能のみ実装し小型化
- ・必要回路の間欠駆動により低消費電力



周波数	3.1-5.1 GHz
出力パワー	13 dBm (-45 dBm/MHz)
消費電力	33mW (active, ave.) (ボタン電池4カ月駆動)

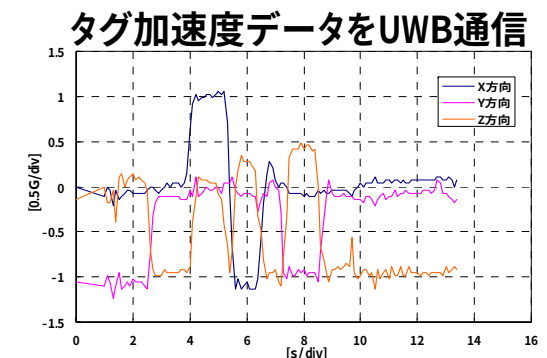
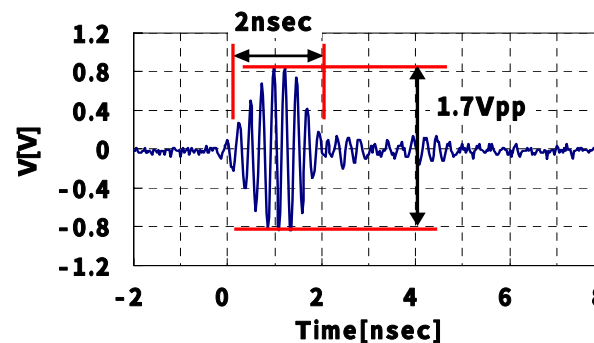
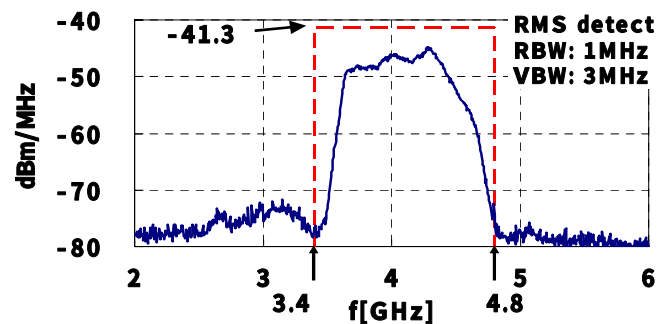


3.2 センサ付きUWBタグ開発

- ・ タグに**加速度センサと温度センサ内蔵しタグ**を装着している人やモノの姿勢、動き、温度検出
 - 加速度から人が歩いているか、走っているか、あるいは、倒れているか等の**運動状態や姿勢を検知**
 - 外部端子(アナログ入力/シリアル入力)を設け,**拡張性確保**
 - 動きがあった時のみ電波送信することで**電池寿命延伸**
- 44×48×7.5mm



周波数	3.4-4.8 GHz
出力パワー	8.6dBm (-45.3 dBm/MHz)
搭載センサ	3軸加速度、温度
データ転送速度	400 kbps



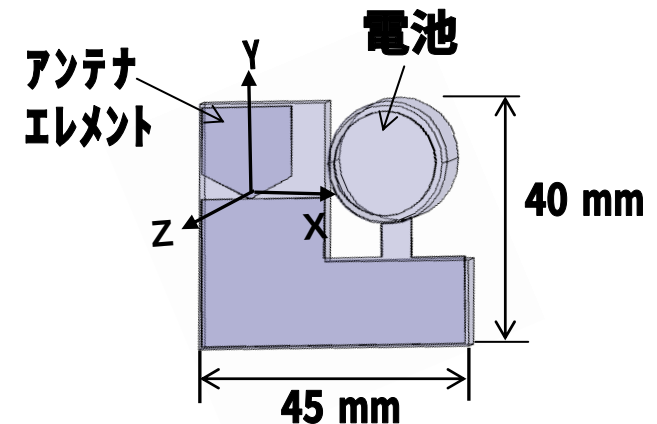
3.3 センサータグ用UWBアンテナの開発

課 題

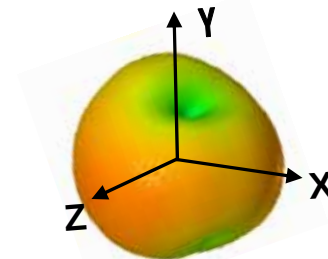
- ・内蔵電池、実装部品の影響を受け難い、
UWBアンテナの開発
- ・水平面で無指向性の放射特性
- ・小型化、薄型化、軽量化アンテナの実現

アンテナ設計

- ・アンテナ、内蔵電池、部品実装部を含んだ
シミュレーションモデル解析
⇒ 最適配置、最適アンテナ形状設計
(特許出願済)
- ・UWBアンテナをPCBパターンで形成



シミュレーションモデル



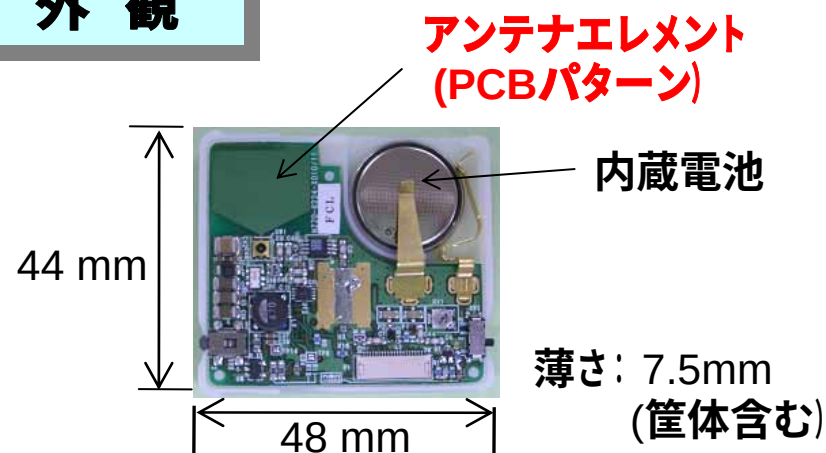
@4GHz

3D指向性シミュレーション結果

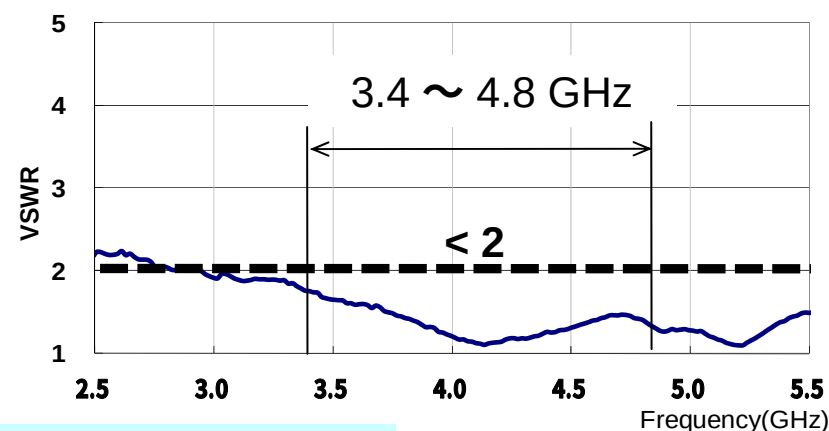
センサータグ用UWBアンテナ試作結果*

- ◆内蔵電池や実装部品等の影響が少ない
- ◆水平面でほぼ無指向性のUWBアンテナをPCBパターンで実現

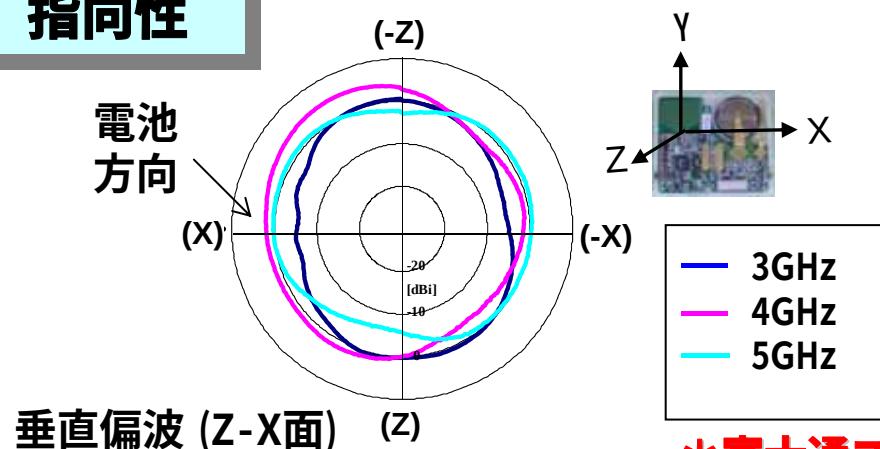
外 観



VSWR



指向性



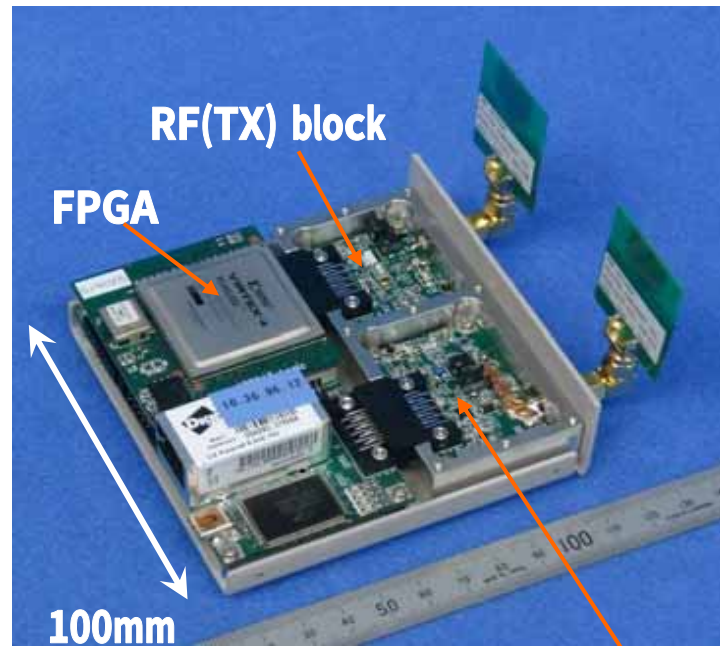
アンテナゲイン

(dBi)

垂直偏波 (Z-X面)	3GHz	4GHz	5GHz
最大	0.6	4.7	0.9
平均	-1.7	1.1	-0.9
最小	-5.7	-3.8	-6.6

*富士通コンポーネント(株) URL: <http://www.fcl.fujitsu.com/>

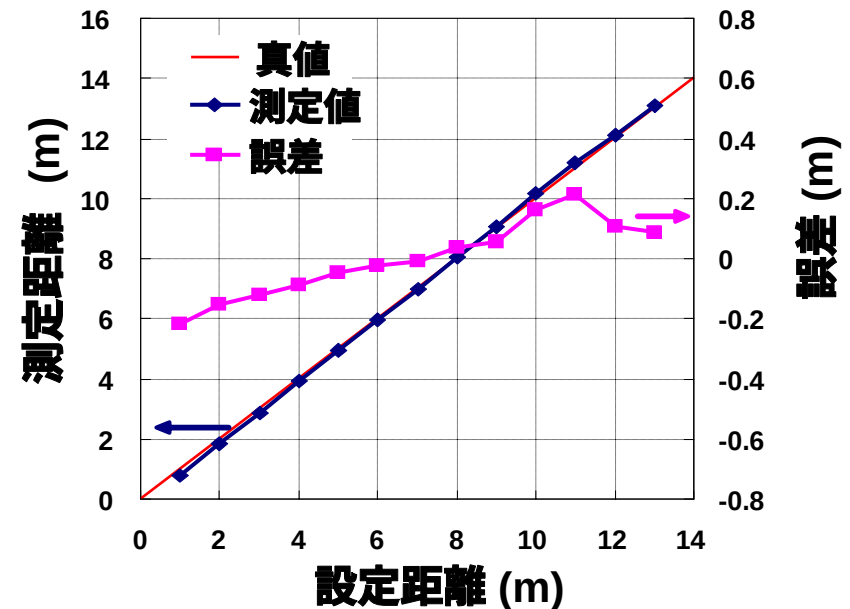
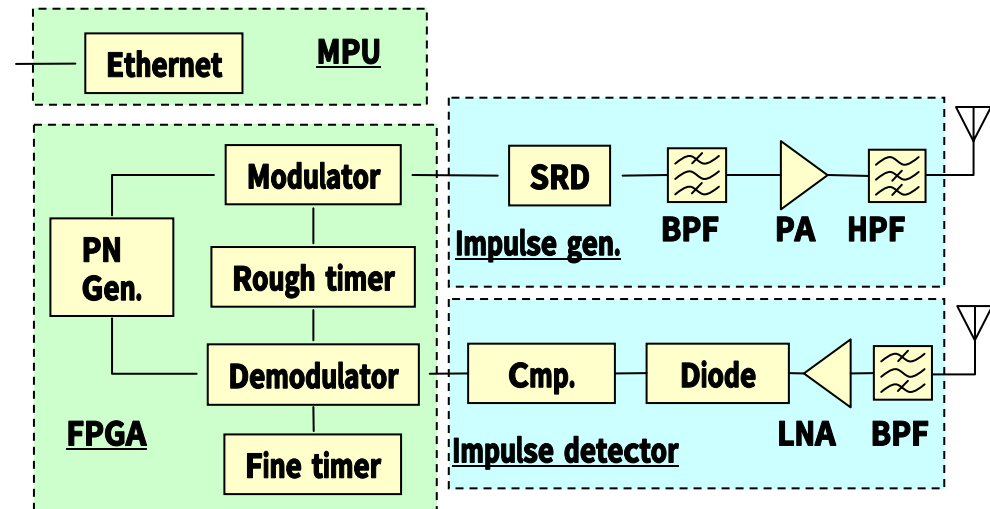
3.4 UWB固定端末(ノード)開発



100 x 100 x 40 mm
(アンテナ含まず)

RF(RX) block

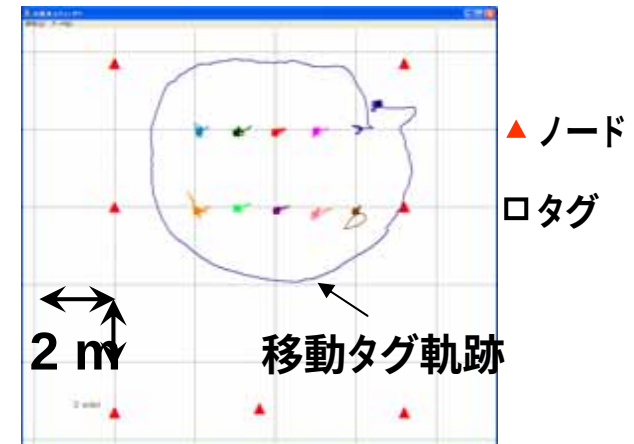
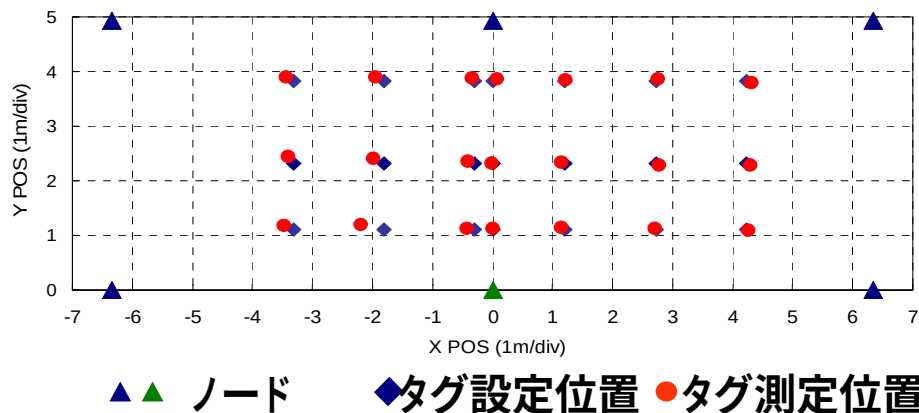
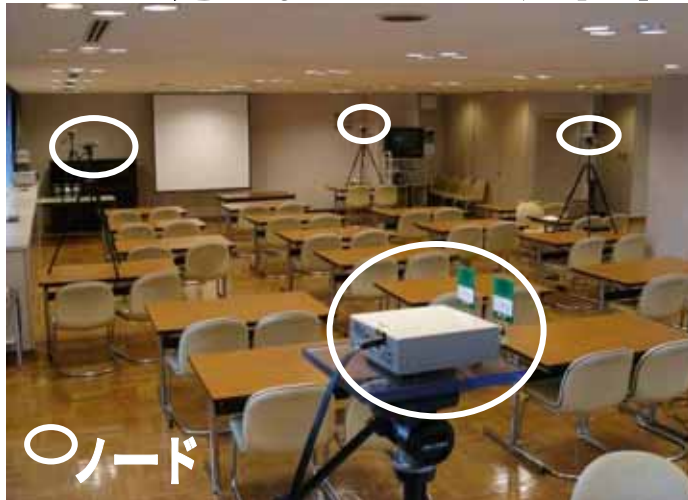
周波数	3.1-5.1 GHz
出力パワー	8.6dBm (-45.3 dBm/MHz)
受信感度	-57dBm
受信時刻分解能	330ps
インタフェース	USB/Ethernet



ノード間測距結果

UWBタグ測位実験結果

■ タグから発信した電波が複数ノードに到達する時間差から
TDOA方式によりタグ位置測位

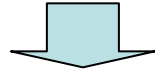


平均誤差17cm (世界最高レベル)

10個同時 (最大100個程度)

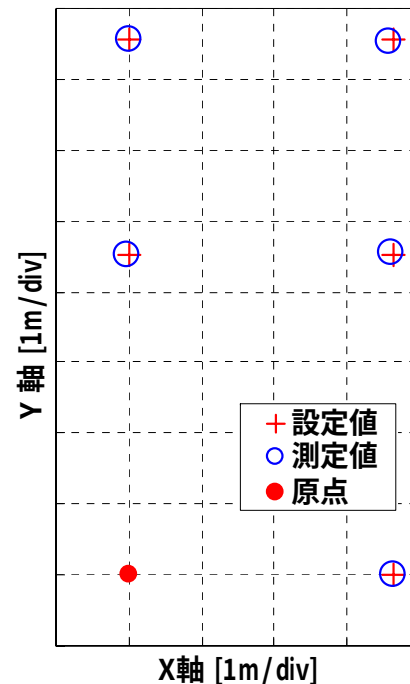
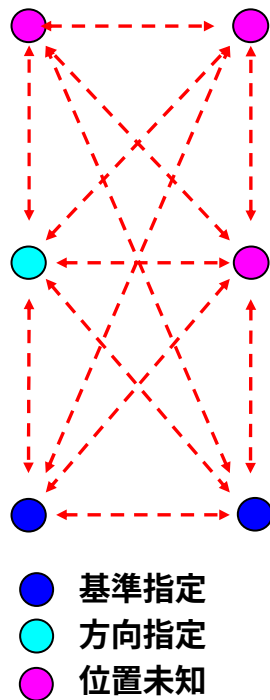
UWBノード位置計測

- ・TDOAでノードの位置を初期設定するのが煩雑



ノード自動位置計測

- ・各ノード間で電波往復測距(TWR)
- ・基準となる2個のノード座標と1個のノード座標方向を拘束条件に連立非線形方程式をたて最適解をGauss-Newton法で求解



ノード位置計測
平均誤差 4cm
(測距100回平均)



移動するノードの
測位にも適用可能

4. 開発したUWB測位センサーネットワークのアプリケーション開発

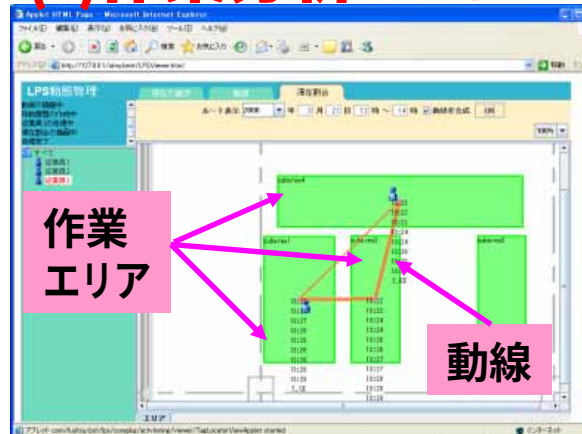
タグとノードからなる測位システムを利用してオフィス・ホーム・医療を想定したアプリケーションソフト開発

(1)軌跡表示ソフト



- ・タグ位置軌跡表示
色を変えて複数個表示
- ・タグ3軸加速度表示

(2)作業分析ソフト



- ・オフィスでの作業分析に活用
- ・エリアごとに作業を定義
- ・作業開始時刻、作業終了時刻、作業割合等をデータベース蓄積/表示
- ・作業間動線表示

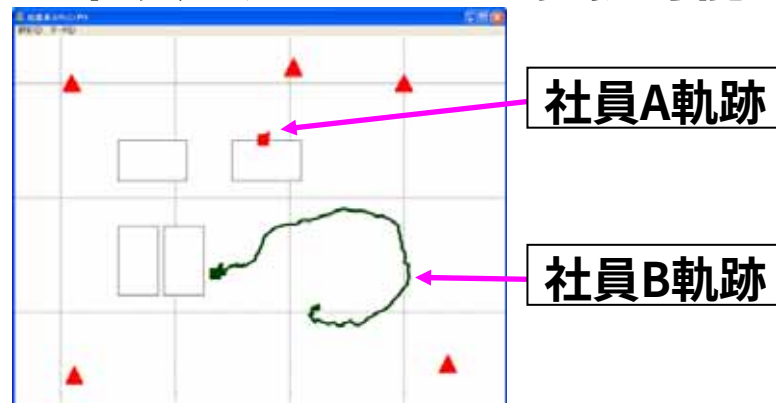
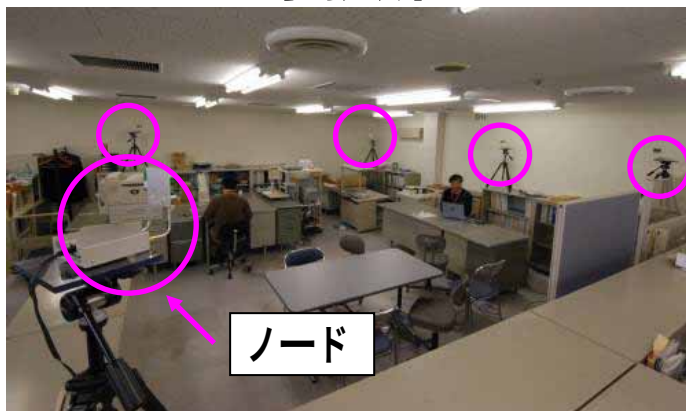
(3)ヘルスケアソフト



- ・医療現場や家庭で人やモノの位置/加速度からヘルスケアに活用
- ・人の動作を分類しアニメーション表示
- ・人がベッド以外で倒れた時アラーム表示

開発したUWB測位センサーネットワークの 実証実験例

■オフィスで社員の位置管理 (富士通厚木研究所オフィス使用) フリーアクセス事務所でどのスペースに社員が座っているか把握可能



■医療現場での人と機器の位置管理 (NICTワイヤレス研究センターテストルーム使用) 患者、医師、医療機器の位置を可視化し医療行為を記録



UWBインテリジェント測位センサーネットワークの研究開発 と医療・ホーム・オフィスへの応用

まとめ

■技術的成果

- (1) **階層型粒子フィルタ**、(2) **ノード選択法による高精度測位アルゴリズム** 考案
- (3) **PPM-UWBに適した簡易な符号化／復号法** について検討
- (4) **UWB送信タグ、送受信ノード、アンテナを試作し高精度測位を確認**
- (5) **医療・ホーム・オフィスへの適用実験で有効性を実証し実用化促進**

■産業的成果

- ・ **富士通コンポーネントによるUWB無線端末・アンテナなどビジネス化**

■今後

- ・ **医療用BANの国際標準化(802.15.6)のフィージビリティ確認に貢献**
- ・ **横浜国大では通信と測位の融合による新たな研究活動促進**
- ・ **富士通では測位システムの販売を予定**

本SCOPEプロジェクトの出版成果リスト

【論文発表リスト】全40件（目標27件）

- [1] 谷口健太郎、河野隆二、“TDOA型センサネットワークにおける階層型粒子フィルタを用いた位置推定法”、電子情報通信学会論文誌 A Vol.J89-A No.12 pp.1068-1078 (2006-12)
- [2] Akira FUJII, Hidenori SEKIGUCHI, Masafumi ASAI, Shigemi KURASHIMA, Hideki OCHIAI, Ryuji KOHNO, "Impulse Radio UWB Positioning System", IEEE Radio and Wireless Symposium (Long Beach, CA, USA) (2007-1)
- [3] 浅井雅文、関口英紀、藤井彰、倉島茂美、落合秀樹、河野隆二、“IR-UWB測位システム用センサタグの開発”、電子情報通信学会2008年総合大会、(北九州)、(2008-3)

【申請特許リスト】全18件（目標16件）

- [1] 河野隆二、谷口健太郎、「粒子フィルタを用いた測位システム、装置および方法」、日本、2006年11月17日
- [2] 関口英紀、藤井彰、浅井雅文、「無線測位システム」、日米、2007年11月20日
- [3] 倉島茂美、「送受信装置」、日米、2007年11月29日

【報道発表リスト】全4件（目標4件）

- [1] “UWBの国際標準、産学連携で日本が主導”、日経コミュニケーション、2005年5月11日
- [2] “UWB測位システム 人やモノ、リアルタイムに特定”、日刊工業新聞、2007年1月8日
- [3] “無線技術実用化へ 富士通 荷物の位置管理などに活用 測位システムを試作”、物流Weekly、2007年1月29日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2007/01/9-1.html>

