

# 平成22年度 成果報告書

## (一般型)

「超小型汎用コミュニケーション端末のための基盤技術の研究開発」

### 目次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発の全体計画	
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発目標	4
2-2-1	最終目標	4
2-2-2	中間目標	6
2-3	研究開発の年度別計画	7
3	研究開発体制	8
3-1	研究開発実施体制	8
4	研究開発実施状況	
4-1	超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現	12
4-1-1	研究開発の内容	12
4-1-2	パッシブ型 R/W	12
4-1-3	アクティブ型 R/W	16
4-1-4	まとめ	22
4-2	サーバー・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発	23
4-2-1	研究開発の内容	23
4-2-2	実施内容	23
4-2-3	まとめ	33
4-3	小型化・省電力化のための S/W・H/W アーキテクチャの研究開発	34
4-3-1	研究開発の内容	34
4-3-2	超小型端末用チップセットの研究開発	34
4-3-3	ハードウェアプラットフォーム	40
4-3-4	ソフトウェアプラットフォーム	45
4-3-5	まとめ	59
4-4	総括	61
5	参考資料	65
5-1	研究発表・講演等一覧	65
5-2	産業財産権	70
5-2-1	特許出願数	70
5-2-2	公開特許一覧	70
5-2-3	登録特許一覧	70

## 1 研究開発課題の背景

20 世紀後半から、情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）の急速な進展と広範な普及によって、我々の社会は大きく変革し、いわゆる情報社会へと突入した。特に近年、小型化されたコンピュータや通信ノードを身の回りのあらゆるところに埋め込み、現実世界の状況情報を獲得しながら、国民の生活の質の向上に寄与するという、新しい ICT のパラダイムとして、ユビキタスコンピューティング及びユビキタスネットワークを日本は世界に対して提案し、世界を牽引している。

### （1）先行研究の状況とユビキタスコンピューティング技術の進展

2001～2005 年度の 5 年間に於いて、当社では、民間基盤技術研究促進制度に基づいた「ユビキタスコンピューティング環境を実現するための基盤ネットワークプロトコルの研究開発」の事業を実施し、世界で始めてユビキタスコンピューティング環境の技術体系の構築に取り組み、高い成果を上げた。具体的には、基盤となる通信プロトコルを核として、それを実現するためのハードウェアやソフトウェアアーキテクチャ、ユーザインタフェース、セキュリティなどの基盤技術とともに、物流支援や安心安全の実現応用、ロケーション依存情報サービスなどの様々な応用に即した研究開発を実施した。これによって、ユビキタスコンピューティング環境を実現するために不可欠な基盤ハードウェアアーキテクチャや基盤ソフトウェア、基盤通信プロトコルなどを確立することに成功し、現在それらの技術のうち既に開発段階を終えたものについては普及段階になっている。

例えば、ユビキタスコンピューティング環境を構成するノードを構築するためのオープンソースの次世代組込リアルタイムカーネルである T-Kernel は、既に 2000 以上のライセンス契約を結び、実製品に組み込まれている。また、ユビキタスコンピューティング環境をセキュアにする統合フレームワーク eTRON (Entity and Economy TRON) は、耐タンパー性にあるスマートカードタグとして、実製品が出荷されてきた。超小型リアルタイム通信ノード nT-Engine (Nano-T エンジン) も完成し、工業制御用機器として展開を図っている。そのほかにも、T-Engine というユビキタスコンピューティングノードの開発用ハードウェアのオープンプラットフォームも国内各社より二十種類以上もの製品が出荷され現在もバリエーションを増やしており、ユビキタスコンピューティングノード向けに Java によるソフトウェア開発環境もリリースしている。

### （2）ユビキタスコンピューティング環境におけるユーザ端末の機能

上記の研究開発事業の中で、ユビキタス情報サービスを提供するために、ユビキタスコンピューティング環境を構成する諸機能を実現するユーザ端末（ユビキタスコミュニケーター：UC）の試作も行ってきた。UC は、ユビキタスコンピューティング環境と人間が対話するために利用する携帯型の汎用コミュニケーション端末であり、ユビキタスコンピューティング環境内のモノや場所に設置された、RFID やアクティブタグ、アクティブマーカ等から識別番号等の情報を受け取り、それをきっかけとしてモノや場所に関する情報サービスを提供する。

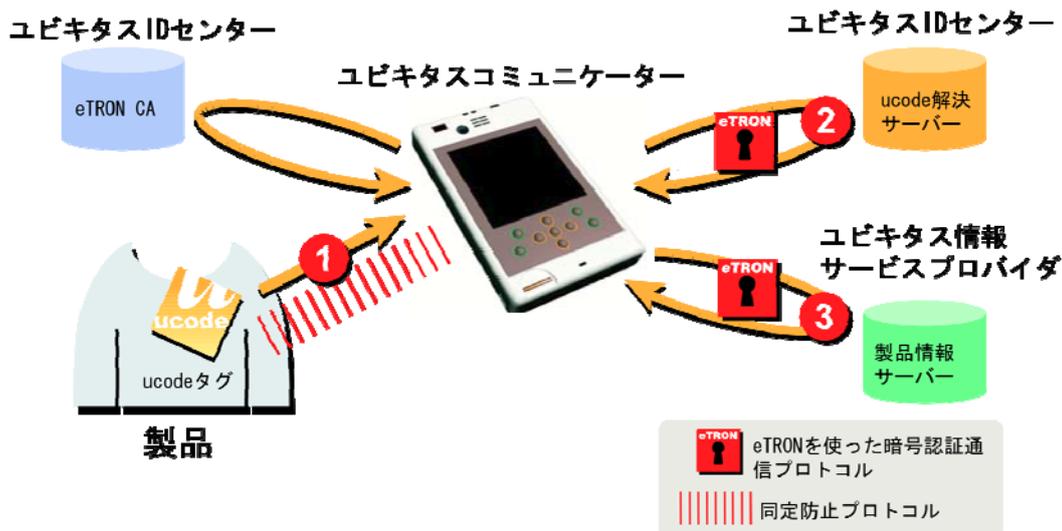


図1：ユビキタスコンピューティング環境の情報配信アーキテクチャ

従って、UCには、様々な種類のRFID等の電子タグ、センサーネットワークなどのアクティブ型通信ノード、赤外線などのビーコン、BluetoothやZigbeeのようなPANレベルの無線通信、WiFiや携帯電話網などの広域網へ接続するための広帯域通信といった多様な通信機能を搭載しつつ、初心者ユーザに対しても魅力的なユーザインタフェースやマルチメディア機能といった機能を欠かすことはできない。

### (3) 究極の超小型ユーザ端末とその機能要求

このように、2005年度までの先行研究によって、ユビキタスコンピューティング環境を実現する基盤となる諸技術を確認することができた。我々は、更にこの成果の上へステップアップして、真のユビキタスコンピューティング技術を浸透させることを狙っている。そのためには、以下の三点が重要であると考えている。第一に、ユビキタスコンピューティング環境とユーザの間のインタフェースが重要である。特にそれらの間のインタフェースとなるコミュニケーション端末（今までの当社の研究ではUCと呼んできたもの）は、究極まで小型軽量化・省電力化をする必要がある。なぜならば、既に人々の間では携帯電話やiPodのような音楽プレイヤーなど、非常に小さい端末機器が普及している。ユビキタスコンピューティング環境とのインタフェースとなる機器の機能は、これら既存の機器とは比べ物にならないほど高いものであったとしても、現在普及している機器よりも大きい機器は、恐らく利用者には受け入れられないと考えられるからだ。

第二に、使いやすい利用者インタフェースを提供しなければならない。こうした端末で提供する情報サービスは、情報配信や情報提供であり、そのインタフェースとなるソフトウェアはブラウザである。このブラウザが、使いやすく、かつ上記で述べた究極の超小型端末のハードウェアで軽快に動作しなければならない。

第三に、サービスのユビキタス性（遍在性）が大切である。利用者の満足を得るためには、いつでもどこでも情報サービスが受けられることが重要である。現在携帯電話の通話地域はかなりユビキタスになってきているのと同様に、RFIDや電子タグを読み取るサービスについてでも、いつでもどこで、どのタグでも一つの端末でアクセスできるユビキタス性が不可欠である。

このように極めて豊富な機能を小さい端末に入れ込むためには、単なる既存技術をチューニングしたり、実装技術のノウハウの蓄積だけで実現することは不可能であり、小型軽量化を実現するためのハードウェア技術とソフトウェア技術の両面からのブレークスルーが必須である。

## 2 研究開発の全体計画

### 2-1 研究開発課題の概要

現在当社の研究開発事業によって、ユビキタスコンピューティング環境を実現するために不可欠な基盤ハードウェアアーキテクチャや基盤ソフトウェア、基盤通信プロトコルなどを確立した。現在既に開発段階を終えたものは普及段階になっている。更にこの成果の上へステップアップし、真のユビキタスコンピューティング技術を浸透させるためには、次の三点が重要である。第一に、ユビキタスコンピューティング環境とユーザの間の I/F 端末が重要である。特に、インタフェース機器の究極の小型化が重要である。第二に、使いやすい利用者インタフェースが重要である。第三に、サービスのユビキタス性（遍在性）が大切であり、特にいつでもどの RFID タグでも一つの端末でアクセスできるユビキタス性が不可欠である。

そこで、本研究開発課題では、タバコ箱大までに究極に小型化された超小型汎用コミュニケーション端末を実現するために必要な、基盤ハードウェア及び基盤ソフトウェア技術の研究開発を目的とする。こうした端末を究極まで小型化するためには、単なる既存技術をチューニングや、実装技術のノウハウの蓄積だけで実現することは不可能である。ハード・ソフトの両面から、従来とは全く異なる方式によるブレークスルーが必須である。本研究開発課題は3つのサブテーマからなる。①ソフトウェア制御型の RFID マルチプロトコル R/W の研究開発。②ヒューマンフレンドリなユーザインタフェースをコンパクトかつ高性能で実現するために、サーバ・クライアント間で負荷分散が実行環境に応じて動的にできるブラウザの研究開発。③これらの要素技術を一つのプラットフォームに統合するためのプラットフォームアーキテクチャの研究開発。

本研究によって、複数種類のパッシブ RFID やアクティブ型のマーカ・RFID を同時に読み取ることのできる小型携帯端末が開発される。これは、真のユビキタスネットワーク環境を構築するためには、きわめて重要な要素技術であり、ユビキタス情報社会への影響度はきわめて高い。また、ユーザフレンドリなブラウザが高性能で小型携帯端末に搭載可能になることの影響度はきわめて大きい。

また、本研究の成果は、現時点でも、年間 4400 万台出荷されている携帯電話端末に組み込みことが予想される技術であり、かつ今後あらゆる場面で利用される RFID やアクティブマーカタグとのインタフェースのための機器である。また、こうした機器やメカニズムを利用したユビキタス型の情報配信サービスにも波及効果があり、これらのことから、本研究開発成果の波及性はきわめて高い。

### 2-2 研究開発目標

#### 2-2-1 最終目標（平成 23 年 3 月末）

##### (1) 超小型汎用コミュニケーション端末の実現（全体）

タバコの箱大の超小型汎用コミュニケーション端末を実現する。この端末は、以下の機能を備える。

1. 近距離通信モジュールとして、サブテーマ 1 で開発した超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置
2. 広域網通信モジュールとして、IEEE 802.11b または PHS モジュール
3. カラー液晶またはカラーの有機 EL ディスプレイによるグラフィック表示機能
4. タッチパネルによるヒューマンインタフェース機能
5. サブテーマ 2 で開発したブラウザ

6. 基盤ソフトウェアとして、サブテーマ3で開発したソフトウェアスタック及びチップセット LSI を備える

#### (2) 超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現 (サブテーマ1)

1. パラメタをソフトウェアで切り替えることによって、パッシブ型 RFID に関して以下のプロトコルに対応する。
  - (ア) ISO/IEC 15693 (13.56MHz)
  - (イ)  $\mu$  チップ (日立社製) (2.45GHz)
  - (ウ) ISO/IEC 18000-4 (2.45GHz)
  - (エ) eTRON/16 (13.56MHz)
  - (オ) ISO/IEC 18000-6 (900MHz)
2. 小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現する。
3. モジュール全体のサイズをアンテナを含め、50mm×50mm で実現する。
4. 消費電力は、通信時で 350mA@3.3 V 以下とする。
5. 上記の5つのプロトコルについて、自動調整機能を備える。
6. 端末本体と接続する方法として、機器内部に組み込むための有線接続を持った機器と、PAN を用いた無線接続をもった機器を実現する。
7. アクティブ型の RFID に関しては、複数のプロトコルに対応した、耐環境仕様のタグを開発する。また設置容易性を向上させるために、視覚的に電波状況が読み取れるモニター、数値補正用のパラメタ算出の機能を備える。
8. 平成 21 年 1 月までに試作したモジュールの評価結果を用いて、最終的に小型無線受信モジュールを実現する。PDA 型の小型機器に組み込み、アクティブ型 RFID タグとの通信が可能であることを確認する。また、設置容易性を実現するためのアクティブ型 RFID タグの電波状況などが読み取れるモニター機能に関しても実装する。

#### (3) ブラウザ (サブテーマ2)

1. バイトコード言語によって、描画プリミティブ API を操作できるプラグインインタフェースを備える。
2. 一次元、二次元データを閲覧するためのブラウザプラグインモジュールを備える。
3. サーバ側で、上記のプラグインと同等な機能を実行することが可能であり、ブラウザ処理をサーバ側でもクライアント側でも実行できる手段を提供する。

#### (4) チップセット (サブテーマ3)

1. LSI IP を成果とする。また、チップセットをあるいは LSI IP を内包した ASIC を搭載したユーザ端末を実現する。
2. ユビキタスイベントとして、少なくともアクティブ RFID および赤外線マーカをサポートできるものとする。

#### (5) ソフトウェアアーキテクチャ (サブテーマ3)

端末をトータルで動作させるための API セットを持ったマネージャー群を実現する。その際、本端末を特徴つける以下の機能は必ず含むものとする。

1. ブラウザインタフェース (プラグイン機能インタフェース)
2. RFID マネージャー
3. アクティブタグマネージャー
4. セキュリティマネージャー (VPN 機能を持つ)
5. コンテキストマネージャー

## 2-2-2 中間目標（平成20年9月末）

### （1）超小型汎用コミュニケーション端末の実現（全体）

電子手帳程度のサイズの超小型汎用コミュニケーション端末を実現し、機能検証を実施する。この端末は、以下の機能を備える。

1. 近距離通信モジュールとして、RFID R/W 装置と無線受信モジュールの双方を備える
2. 広域網通信モジュールとして、IEEE 802.11b または PHS モジュール
3. カラー液晶またはカラーの有機 EL ディスプレイによるグラフィック表示機能
4. タッチパネルによるヒューマンインタフェース機能

### （2）超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現（サブテーマ1）

1. パッシブ型の RFID タグについては、パラメタをソフトウェアで切り替えることによって、2つ以上の RFID のプロトコルに対応する。
2. 小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現する。
3. 設置容易性・出力調整機能を備えたアクティブ型 RFID タグの試作機の開発を行う。また、発電素子を一体化したモジュールの試作を行い、設置時の特性や性能評価を行う。
4. アクティブ型の RFID タグの受信装置の小型化を行うための回路検討を行い、試作機の開発を行う。回路の共通化や部品の共通化、アンテナの共通化など可能な部分の検討を進める。

### （3）ブラウザ（サブテーマ2）

1. バイトコード言語及び描画プリミティブ API の仕様を開発する。
2. 上記仕様に基づいた API とバイトコード言語の仮想マシンの試作を完了し、機能評価を実施する。
3. 一次元、二次元データを閲覧するためのブラウザプラグの仕様開発を終了し、機能評価のための試作を完了する（試作のプラットフォームは機能評価に十分なものの上で行う）。

### （4）チップセット（サブテーマ3）

1. 機能およびアルゴリズムを開発、検証できる評価ボードを、FPGA および汎用 CPU で実装する。ユビキタスイベントとして、アクティブ型 RFID および赤外線マーカを対象とする。スクリーニング機能では、電波強度の評価は固定閾値としたアルゴリズムを実装する。イベント選択の状況が評価できる試験装置を制作しアルゴリズムの評価が行えるようにする。

### （5）ソフトウェアアーキテクチャ（サブテーマ3）

端末をトータルで動作させるための API セットに含まれる以下のマネージャーの設計と試作による機能評価を完了する。

1. RFID マネージャー
2. アクティブタグマネージャー
3. セキュリティマネージャー（VPN機能を持つ）
4. コンテキストマネージャー

## 2-3 研究開発の年度別計画

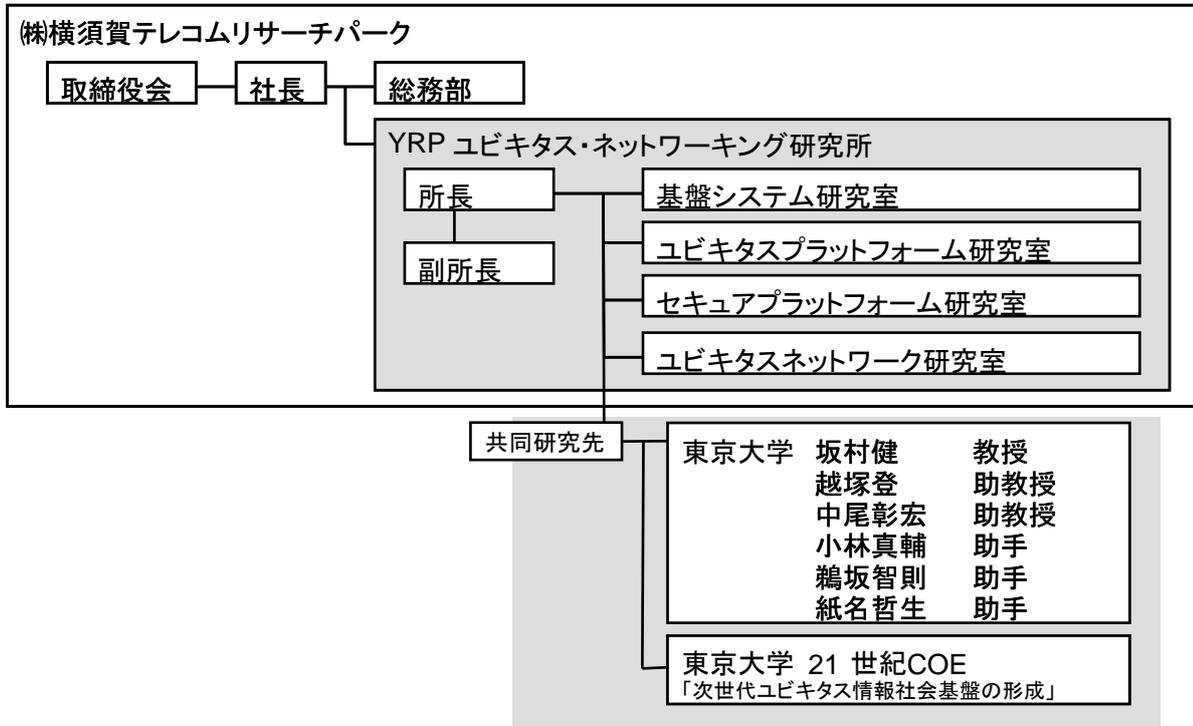
金額は非公表

研究開発項目	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	計	備考
マルチプロトコル RFID R/W の研究開発 (パッシブ) [サブテーマ1]	—	—	—	—	—	—	
	一次試作	一次試作評価・ 端末組込・ 二次試作	二次試作評価・ 端末組込・ 自動調整ソフトウェア 試作	仕様の再検討	再検討にもとづく二次 試作 自動調整ソフト改良 端末組込・評価実験用 量産評価実験		
マルチプロトコル RFID R/W 及び自動調整機能つきタグの研究開発 (アクティブ) [サブテーマ1]	—	—	—	—	—	—	
	設計	一次試作	評価・ パラメタ調整ソフトウ ェア試作	二次試作	評価・ パラメタ調整ソフトウ ェア改良・ 評価実験		
サーバクライアント間協調ブラウザの研究開発 [サブテーマ2]	—	—	—	—	—	—	
	グラフィック基本機能 開発・ 協調処理言語機構開発	一次元ブラウザ機能開 発・ 二次元ブラウザ機能開 発	二次元ブラウザ機能開 発・ 三次元ブラウザ機能開 発	三次元ブラウザ機能開 発	システム全体チューニ ング・ 評価実験		
超小型端末用チップセットの研究開発 [サブテーマ3]	—	—	—	—	—	—	
	端末機能抽出・設計	一次試作	評価・端末埋込・二次試 作	二次試作・評価	端末埋込・ 評価実験		
端末アーキテクチャの研究開発 [サブテーマ3]	—	—	—	—	—	—	
	0次試作 (ハード)・ ソフト設計	0次試作改良 (ハード)・ ソフト試作	一次試作 (ハード)・ ソフト試作計	一次試作改良 二次試作 (ハード)・ ソフト試作	二次試作改良 (ハード)・ ソフト調整・ 評価実験		
間接経費額 (税込み)	—	—	—	1—	—	—	
合計	—	—	—	—	—	—	

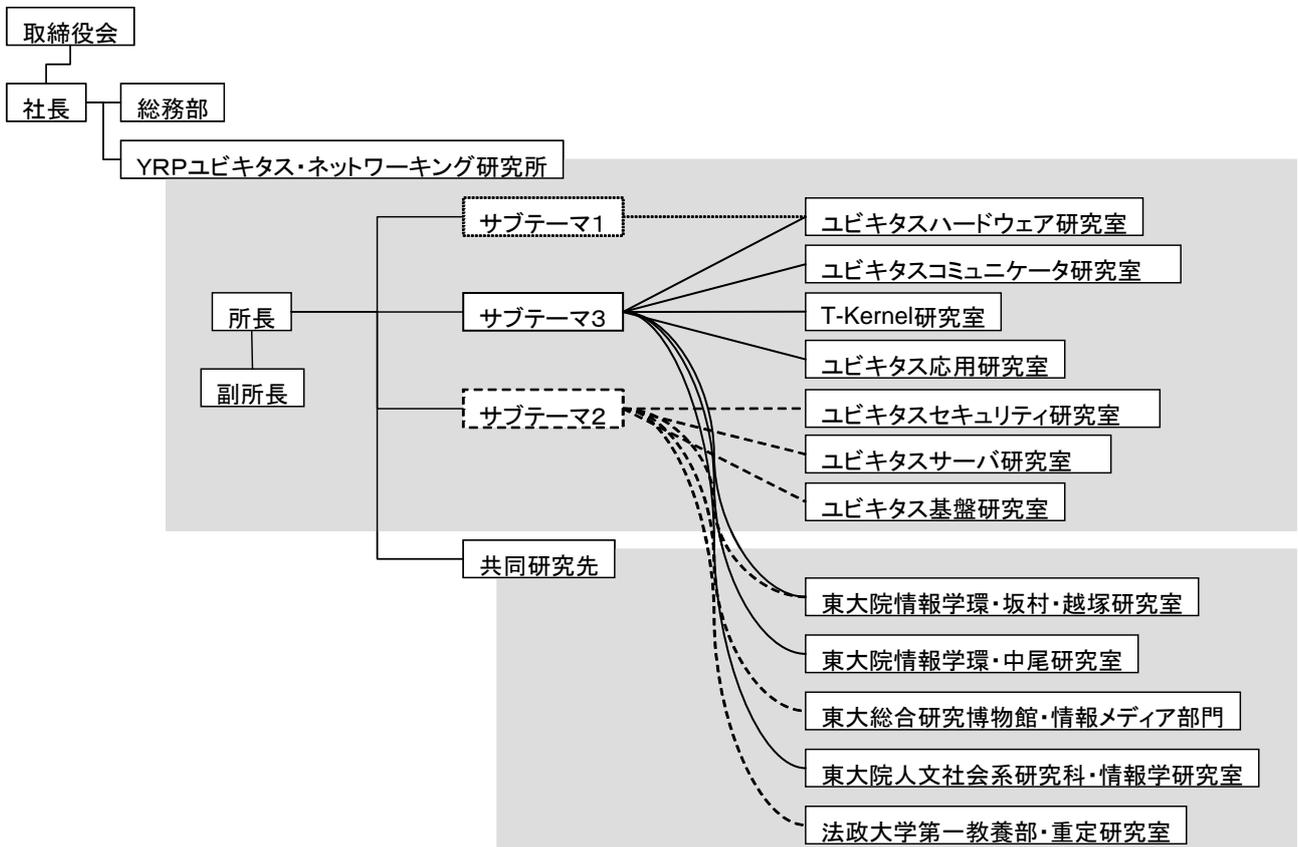
### 3 研究開発体制

#### 3-1 研究開発実施体制

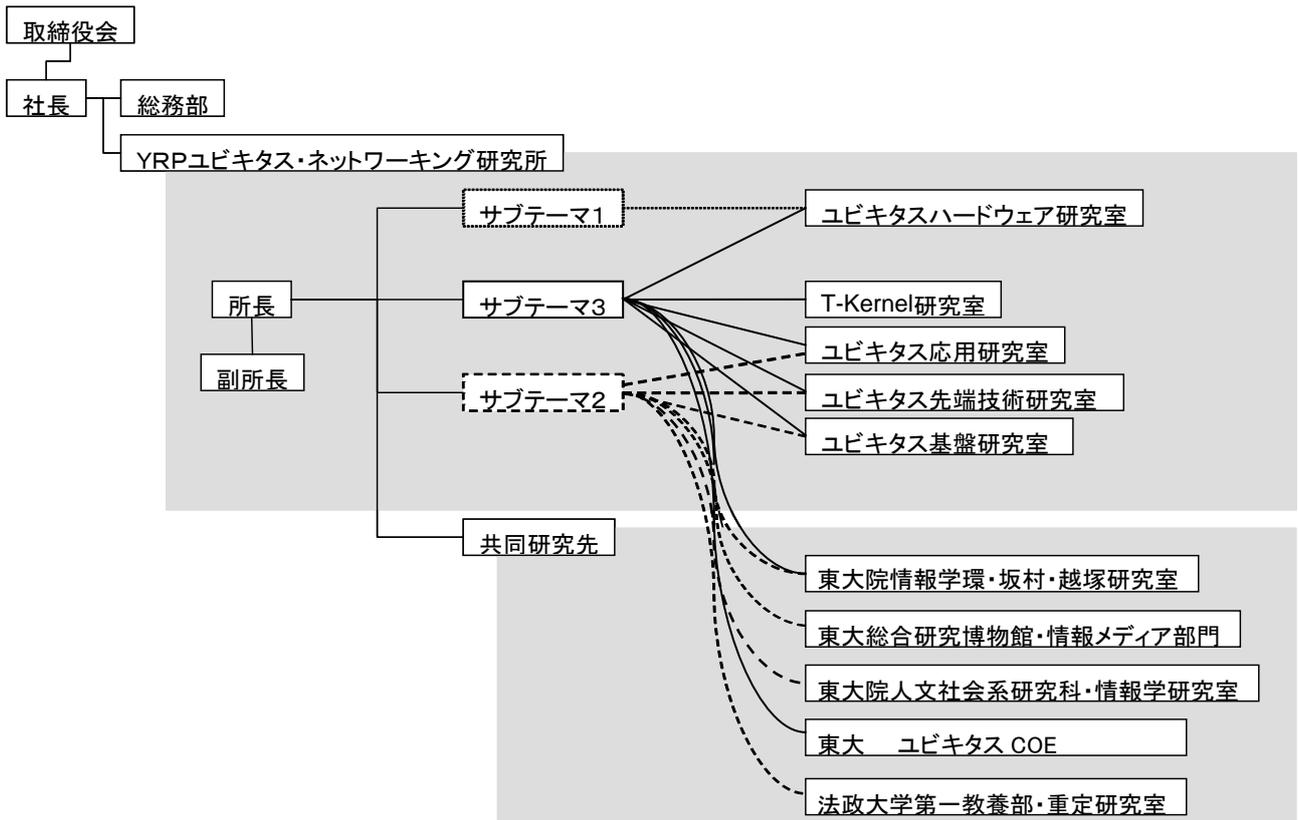
平成 18 年度



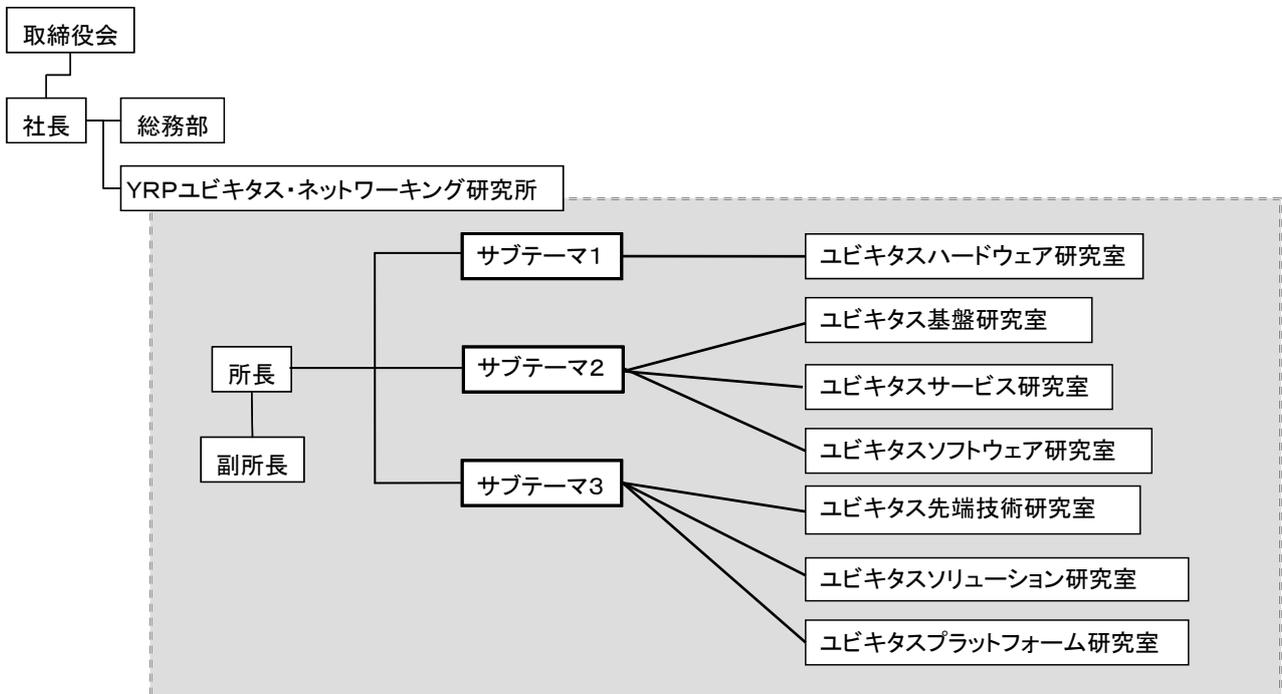
平成 19 年度



平成 20 年度



平成 21、22 年度



研究代表者 坂村健 (所長)  
 研究副代表者 越塚登 (副所長)

サブテーマ1：超小型マルチプロトコル RFID R/Wの研究開発

所属	役職	氏名	期間
ユビキタスプラットフォーム研究室	リーダー/主任研究員	小林 真輔	平成18年9月～平成19年3月
ユビキタスハードウェア研究室	リーダー/主任研究員	小林 真輔	平成19年4月～9月
ユビキタスハードウェア研究室	リーダー/研究開発部長	諸隈 立志	平成19年10月～平成23年3月
ユビキタスプラットフォーム研究室	研究員	柏 信行	平成18年9月～平成19年3月
	研究員	田口 健一	平成18年9月～平成19年3月
	研究員	平石 貴資	平成18年10月～平成19年3月
ユビキタスハードウェア研究室	主任研究員	小林 真輔	平成19年10月～平成23年3月
	研究員	前木 陽	平成19年4月～平成20年3月
	研究員	緒方 裕次	平成19年4月～平成21年3月
	研究員	神尾 真人	平成19年4月～平成22年3月
	研究員	高村 政孝	平成19年10月～平成22年3月
	研究員	松本 久功	平成20年6月～平成23年3月
	研究員	吉村 尚樹	平成20年8月～平成23年3月
	非常勤研究員	湧田 雄基	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	草野 玄	平成21年4月～平成23年3月
研究員	飯田 史夫	平成22年4月1日～4月15日	

サブテーマ2：サーバ・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発

所属	役職	氏名	期間
-	リーダー/副所長	越塚 登	平成18年9月～平成19年9月
ユビキタス先端技術研究室	リーダー/室長	石川 千秋	平成19年10月～平成20年6月
ユビキタスソフトウェア研究室	リーダー/室長	泉名 達也	平成20年6月～平成23年3月
ユビキタスプラットフォーム研究室	非常勤研究員	中尾 彰宏	平成18年9月～平成19年3月
	非常勤研究員	鶴坂 智則	平成18年9月～平成19年3月
	非常勤研究員	紙名 哲生	平成18年9月～平成19年3月
ユビキタスネットワーク研究室	研究員	峯岸 康史	平成18年9月～平成19年3月
	研究員	高久 晃明	平成19年1月～3月
ユビキタスセキュリティ研究室	室長	石川 千秋	平成19年4月～9月
	研究員	長濱 隆次	平成19年4月～9月
	非常勤研究員	中尾 彰宏	平成19年4月～9月
	非常勤研究員	鶴坂 智則	平成19年4月～9月
	非常勤研究員	別所 正博	平成19年4月～9月
ユビキタスサーバ研究室	研究員	伯田 誠	平成19年4月～9月
	研究員	角 将高	平成19年4月～9月
	研究員	岩田 真治	平成19年4月～9月
	研究員	伊田 智哉	平成19年4月～9月
	研究員	嶋田 和幸	平成19年4月～9月
ユビキタス基盤研究室	研究員	高木 悟	平成19年4月～9月
	非常勤研究員	紙名 哲生	平成19年4月～平成22年3月
	研究員	高嶋 洋一	平成19年4月～平成20年3月
	研究員	保坂 範和	平成19年10月～平成21年3月
	研究員	若林 潤一	平成19年10月～平成20年6月
	非常勤研究員	重定 如彦	平成19年10月～平成21年3月
	非常勤研究員	別所 正博	平成20年4月～平成23年3月
	研究員	新堂 克徳	平成20年4月～平成23年3月
	研究員	青木 利憲	平成20年4月～6月
	非常勤研究員	鶴坂 智則	平成20年4月～6月、21年4月～平成23年3月
	研究員	加藤 芳夫	平成20年5月～6月
	研究員	高田 唯子	平成20年6月～平成23年3月
	研究員	橋本 隆志	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	強 彦奇	平成22年4月～平成23年3月
	研究員	若林 潤一	平成20年7月～平成21年3月
研究員	加藤 芳夫	平成20年7月～平成23年3月	
ユビキタス先端技術研究室	非常勤研究員	中尾 彰宏	平成19年10月～平成20年3月
	非常勤研究員	鶴坂 智則	平成19年10月～平成20年3月
	非常勤研究員	別所 正博	平成19年10月～平成20年3月
ユビキタス応用研究室	研究員	角 将高	平成19年10月～平成20年3月
	室長	伯田 誠	平成19年10月～平成21年3月
	研究員	伊田 智哉	平成19年10月～平成21年3月
	研究員	嶋田 和幸	平成19年10月～平成21年3月
ユビキタスソフトウェア研究室	研究員	田口 健一	平成20年4月～平成21年3月
	非常勤研究員	鶴坂 智則	平成20年7月～平成21年3月
	研究員	江藤 嘉晃	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	恩本 浩二	平成21年5月～平成23年3月
	研究員	中西 奏	平成21年5月～平成23年3月
ユビキタスサービス研究室	研究員	神尾 真人	平成22年4月～平成23年3月
	室長	山田 浩之	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	田口 健一	平成21年4月～平成23年3月

サブテーマ3：小型化・省電力化のための S/W・H/W アーキテクチャの研究開発

所属	役職	氏名	期間
基盤システム研究室	リーダー/室長	豊山 祐一	平成18年9月～平成19年3月
ユビキタスコミュニケーター研究室	リーダー/室長	豊山 祐一	平成19年4月～9月
MP研究室	リーダー/室長	豊山 祐一	平成19年10月～平成20年3月
-	リーダー/副所長	越塚 登	平成20年4月～平成23年3月
基盤システム研究室	研究員	若林 潤一	平成18年9月～平成19年3月
	研究員	今井 宏樹	平成18年9月～平成19年3月
	研究員	高山 修一	平成18年9月～平成19年3月
	研究員	江藤 嘉晃	平成18年9月～平成19年3月
ユビキタスハードウェア研究室	研究員	堀尾 和幸	平成19年4月～平成20年3月
	研究員	池野辺 高	平成19年4月～平成20年4月
T-Kernel研究室	室長	由良 修二	平成19年4月～平成21年3月
	研究員	平石 貴資	平成19年4月～平成21年3月
	研究員	木村 和貴	平成19年10月～平成20年3月
	研究員	橋本 憲一	平成19年10月～平成20年3月
	研究員	松尾 篤	平成19年10月～平成21年3月
	研究員	神山 孝司	平成20年11月～平成21年3月
ユビキタスコミュニケーター研究室	研究員	若林 潤一	平成19年4月～9月
	研究員	今井 宏樹	平成19年4月～9月
	研究員	高山 修一	平成19年4月～9月
	研究員	江藤 嘉晃	平成19年4月～9月
ユビキタス応用研究室	研究員	山田 浩之	平成19年4月～平成21年3月
	研究員	峯岸 康史	平成19年4月～平成21年3月
	研究員	高久 晃明	平成19年4月～平成20年3月
	研究員	佐藤 創	平成19年10月～平成20年10月
	研究員	大貫 優	平成19年10月～平成20年10月
	研究員	角 将高	平成20年4月～5月
ユビキタス先端技術研究室	研究員	中川 靖士	平成20年11月～平成21年3月
	研究員	鄭 聖満	平成19年12月～平成23年3月
	研究員	柏 信行	平成20年4月～平成23年3月
	研究員	小熊 善之	平成20年4月～平成23年3月
	室長	石川 千秋	平成20年6月～平成23年3月
MP研究室	研究員	中西 佳世子	平成22年4月～平成23年3月
	研究員	岡崎 太	平成19年10月～平成20年3月
	研究員	鈴木 伸博	平成19年10月～平成20年3月
ユビキタスソフトウェア研究室	室長	豊山 祐一	平成20年4月～10月
	研究員	江藤 嘉晃	平成20年6月～平成21年3月
ユビキタスプラットフォーム研究室	室長	由良 修二	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	神山 孝司	平成21年4月～平成22年7月
	研究員	鈴木 大介	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	熊谷 隆宏	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	山田 圭	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	石田 多矩	平成22年4月～平成23年3月
ユビキタスソリューション研究室	室長	峯岸 康史	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	中川 靖士	平成21年4月～5月
	研究員	芦沢 実	平成21年4月～平成23年3月
	研究員	中村 敦	平成22年4月～平成23年3月
	研究員	滝田 啓介	平成22年4月～平成23年3月
	研究員	鹿又 健	平成22年4月～平成23年3月

## 4 研究開発実施状況

### 4-1 超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現

#### 4-1-1 研究開発の内容

ソフトウェア制御型の RFID マルチプロトコル R/W の研究開発を本サブテーマで行ってきた。パッシブ型ならびにアクティブ型の RFID タグに関して次の研究を実施した。パッシブ型に関しては、パラメータをソフトウェアで切り替えることによって、以下のプロトコルに対応する。(1) ISO/IEC 15693 (13.56MHz)、(2)  $\mu$ チップ (日立社製) (2.45GHz)、(3) ISO/IEC 18000-4 (2.45GHz)、(4) eTRON/16 (13.56MHz)、(5) ISO/IEC 18000-6B (900MHz) (6) ISO/IEC 18000-6C (900MHz)。

アクティブ型の RFID に関しては、複数のプロトコルに対応した、耐環境仕様のタグを開発する。また設置容易性を向上させるために、視覚的に電波状況が読み取れるモニター、数値補正用のパラメータ算出の機能を備える。平成 21 年 1 月までに試作したモジュールの評価結果を用いて、最終的に小型無線受信モジュールを実現する。PDA 型の小型機器に組み込み、アクティブ型 RFID タグとの通信が可能であることを確認する。また、設置容易性を実現するためのアクティブ型 RFID タグの電波状況などが読み取れるモニター機能についても実装する。

#### 4-1-2 パッシブ型 R/W

ユビキタスコミュニケーターのような端末を究極まで小型化するためには、単なる既存技術をチューニングや、実装技術のノウハウの蓄積だけで実現することは不可能である。小型化を実現するうえで問題となるのは、RFID や無線通信モジュールの小型化や、高機能ブラウザを実現する上での機能分散処理などが上げられる。これらの問題を解決するには、小型軽量化を実現するためのハードウェア技術とソフトウェア技術の両面から、従来とは全く異なる方式を導入する、ブレークスルーが必須である。それは、キーとなるいくつかの要素技術の確立、及びそれらを組み合わせるためのシステム化するための斬新で新規な構造(アーキテクチャ)の確立が不可欠である。

まず、RFID のサービスにユビキタス性を持たせるためには、複数の種類の RFID を同時に読むことが可能なマルチプロトコル・R/Wが必要である。サポートする RFID のエアインタフェースの数だけハードウェアを搭載しては、究極の小型化を実現することはできない。そこで、ハードウェア部品は一つに集約し、ソフトウェアによってエアインタフェースを切り替えることができる、ソフトウェア制御型のマルチプロトコル R/W を開発する。これが「サブテーマ 1 : 超小型マルチプロトコル RFID R/W の研究開発」である。

小型化する上で、ハードウェア上で最も困難な点は、非常に多くの種類の物理通信プロトコルをサポートしなければならない点である。その最も代表的な課題が、RFID である。RFID はコストや応用の条件に応じて、様々な通信プロトコルが用いられている。それぞれ合理性があり、単一のプロトコルに無理やり標準化することは非現実的である。実際に、標準化は進められているものの、ISO 18000 で規定されている物流用の RFID でも十種類以上の規格が並存している。

従来は、これらの RF のプロトコルはそれぞれ異なるハードウェアで実装されてきたため、例えば、6 種類のプロトコルをサポートするためには、6 台の R/W 装置が必要であった。6 台を乗せる方針をとっている限りは小型軽量化には限界があり、究極まで小型化軽量化させることはできない。そこで、本研究開発課題では、単一のハードウェア装置でソフトウェアの制御によって、複数の RF 周波数、プロトコルで通信のできる、マルチ周波数、マルチプロトコルの RFID R/W 装置を研究開発する。

パッシブ型の RFID タグについては、パラメタをソフトウェアで切り替えることによって、2つ以上の RFID のプロトコルに対応する。小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現する。パッシブ RFID の R/W から電波を送信し、送信した電波の電力から回路を駆動し、その後、RFID より送信されてきた電波を受信する。図 4-1-2-1, 図 4-1-2-2 に設計したデジタル回路, アナログ回路のブロック図をそれぞれ示す。デジタル部は、メイン制御ブロック、送信用ブロック、RF 制御ブロック、受信ブロック、メモリコントローラ、シリアル ROM I/F、バスアービタ、シリアル I/F から構成される。送信ブロックから電波を送信し、受信ブロックにて電波の受信処理をする。図 4-1-2-1 にしめすデジタル部と図 4-1-2-2 にしめすアナログ部が接続されて動作をする。アナログ部は、13.56MHz, 2.45GHz, 900MHz 帯の 3 周波数帯に対してそれぞれ独立した回路を持っている。

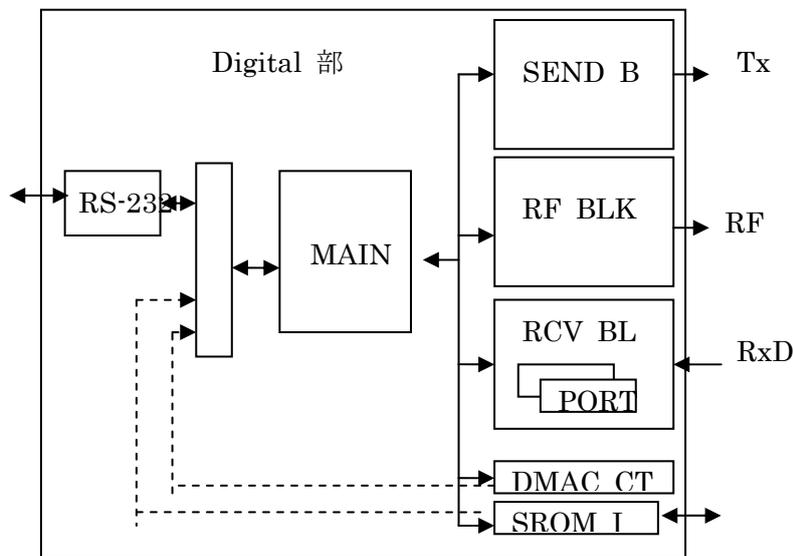


図 4-1-2-1 デジタル部のブロック図

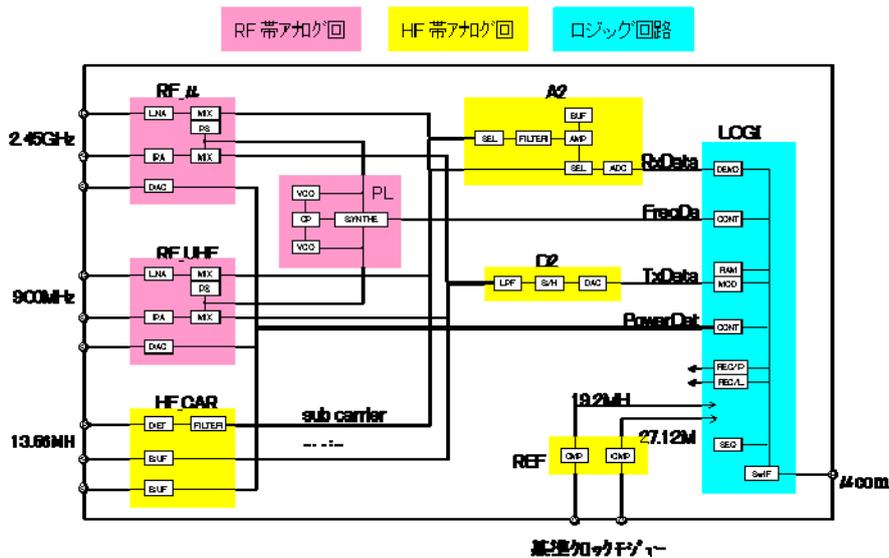


図 4-1-2-2 アナログ部のブロック図

これらの設計をもとに LSI を開発した。図 4-1-2-3 に LSI のパッケージ写真とダイの写真  
を載せる。大きさは 13mm 角のパッケージに、9.8mm 角の LSI が封入されている。

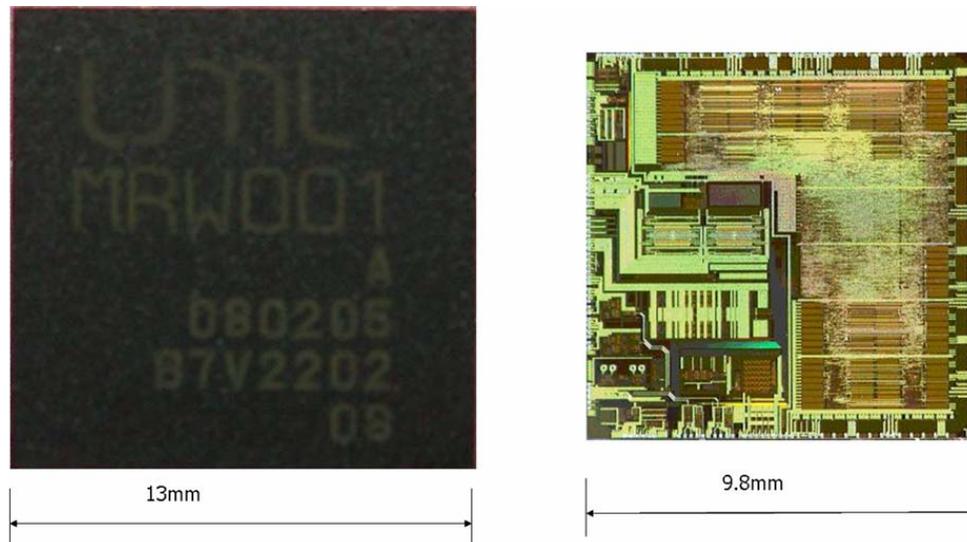


図 4-1-2-3 LSI パッケージ (左)、LSI ダイ写真(右)

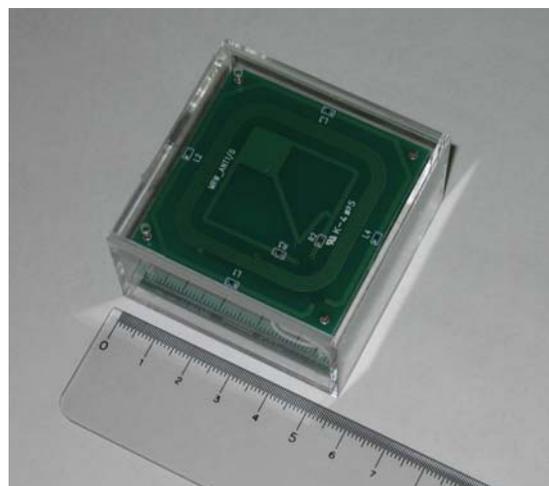


図 4-1-2-4 マルチプロトコル R/W 1 次試作モジュール

図 4-1-2-4 に試作したモジュールの写真を示す。図に示す通り、試作したモジュールは目  
標通り 5cm 角で実現することができた。実現したモジュールの消費電力に関しては表  
4-1-2-1 に示す。それぞれの周波数ごとならびに処理ごとに分割した場合の消費電力を示し  
ている。Reset 後は回路を起動して何も実行していない状態であり、待機はレスポンス待  
ちや処理待ちの状態、送信は電波を出力して送信をしている状態、受信はタグからの電波  
を受信している状態の時を表している。これより、平均電力は 218mW であるため、当初  
の目標としていた 300mW を達成しており、FID タグのリーダーとしては十分小さい電力  
値であるといえる。

表 4-1-2-1：それぞれの処理における消費電力 (mW)

帯域	Reset 後	待機	送信	受信	平均電力
2.45GHz	113	217	382	449	218
UHF		221	370	435	
13.56MHz		117	331	402	

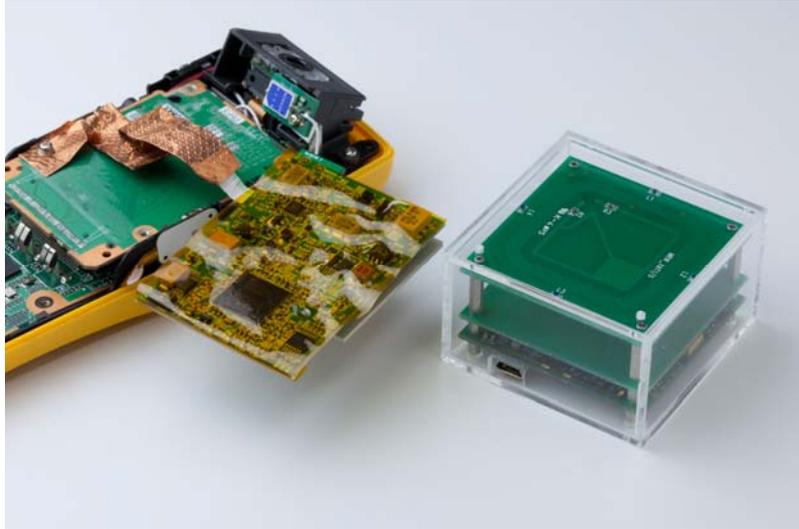


図 4-1-2-5 第 1 次試作モジュール (右) と第 2 次試作モジュール (左)

図 4-1-2-5 に第 1 次試作モジュールと第 2 次試作モジュールの写真を示す。第 1 次試作時点ではアンテナとモジュールとの距離を数センチメートル離れた状態でなければ通信性能が落ちてしまっていたが、その点を改善し 5mm はなした状態でも通信ができるようにチューニングを行った。これにより、携帯型の端末に組み込みできる程度の薄さと大きさを実現することが可能となった。

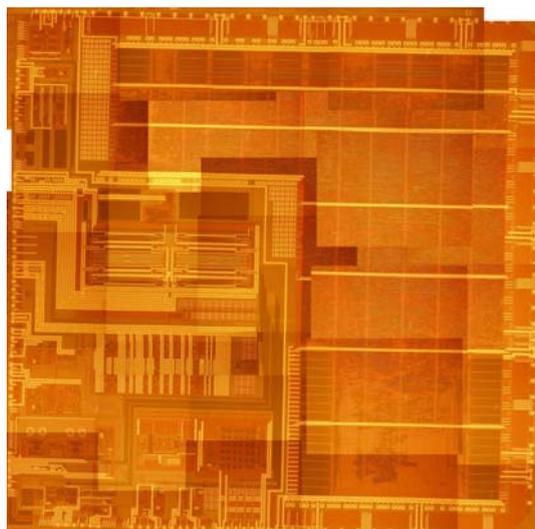


図 4-1-2-6 第 2 次試作 LSI

さらに、開発した LSI のアナログ部分の最適化を施し、ISO/IEC 14443 Type A にも対応し、メモリサイズなどを最適化した LSI の 2 次試作を行った (図 4-1-2-6)。最初の試作

品とピン互換を保ちつつ、メモリサイズの最適化を行うことで製品としての歩留まりをよくした。



図 4-1-2-7 Bluetooth モジュール型 R/W

また、携帯型端末への組込みのみではなく、Bluetooth モジュール型の端末の試作も行った（図 4-1-2-7）。これにより、携帯電話などにおいて Bluetooth を搭載している機械では内蔵していなくても RFID R/W が利用可能となる。構成としては、開発した RFID R/W 基板とアンテナ基板にコントローラと Bluetooth モジュールを搭載している。

#### 4-1-3 アクティブ型 R/W

ユビキタス・コンピューティング環境を実現する上で、アクティブ型タグおよび R/W は、場所や物を自動認識させる目的で重要な位置を占める。本研究開発では、ユビキタス・コンピューティング環境の適用される応用を想定し、429MHz 帯特定小電力無線による無線式アクティブ型タグおよび R/W と光学式（赤外線式）アクティブ型タグ及び R/W の開発を行った。このうち無線式においてはチューニング機構・発電機構内蔵・小型化を主たるテーマとして実現を行った。

以下 4-1-3-1～4-1-3-5 までは無線式について述べ、4-1-3-6 で光学式について述べる。

##### 4-1-3-1 固定された R/W と、移動する多数のアクティブ型タグからなるシステム

具体的には、「物」にアクティブ型タグをつけ、R/W は基地局として固定される、物流倉庫、工場などにおける応用システムである。倉庫や工場は空間的にも広く、電波の障害となる物も多いため、通信の必要な領域をカバーするために基地局を複数台設置する。このとき、アクティブ型タグは、「物」と一緒に移動するため、通信していた基地局と通信状態が悪くなる場合がある。この問題を解決するために、アクティブ型タグにチューニング機構を設け、現在通信している基地局と通信状態が悪くなった場合に、電波強度の高い基地局に接続し直す機能を開発した。

実証実験は、70m×50m の物流倉庫で、金網の物品棚とベルトコンベアが敷設され、天井は一般オフィス程度の高さという環境で行った。基地局は天井に 5 台設置し、タグは 800 個。基地局はタグについてのランプを点滅させる信号を定期的に発信している。タグが移動して、通信品質が悪くなると、通信チャネルをスキャンして、最も通信品質のよい基地局に接続する。実証実験のシステムの条件は、タグの移動頻度は高くないが、移動後は安定

して基地局と通信ができることが絶対条件である。



図 4-1-3-1 基地局(左)と籠につけたアクティブ型タグ(右)

倉庫に点在するタグを扱うステーション 32 箇所の床上 10cm~2m の範囲で正常に動作し、ステーション間をタグが移動しても、基地局の切り替えが自動的に行われ、チューニング機構が動作していることが検証された。

#### 4-1-3-2 空間に多数配置されるアクティブ型タグと移動する R/W からなるシステム

街や公園、建物内に ucode と呼ぶ場所 ID を発信するアクティブ型タグ(マーカ)を配置し、携帯端末に内蔵した R/W を人が持ち歩く、または車両に取り付けて利用するシステムである。端末は ucode を受信して、ucode を解決サーバーに送ると、解決サーバーはその場所に関連する情報を端末に戻し提示する。この応用例では、多数のアクティブ型タグが電波を発信するため、混信を起こさないように調停を行う。基本的にはキャリアセンスを行い、他のタグなどのキャリアを検出すると発信を乱数で遅延する。本応用の特性上タグは固定され、発信する情報も固定長であるという性質があるため、近傍のタグの発信時間が順次おこなわれぶつからなくなるように自動調停する。



図 4-1-3-2 場所マーカータグ例(左)と R/W を内蔵した超小型端末例(右)

銀座エリア(屋外と地下)、六本木東京ミッドタウン(屋内と屋外)等で実証実験を実施し

た。R/W は本研究開発による超小型端末に内蔵し、街の案内やナビゲーション、美術品の案内などが行えることが実証された。場所を認識する手段としては GPS があるが、屋内では使用できない。また、屋外でもビルが林立するような場所では精度が悪く、数 10m ずれる場合も多い。その点アクティブ型タグによる方式では屋内、屋外をシームレスに利用可能という特長がある。

#### 4-1-3-3 発電機構を内蔵するアクティブ型タグ

アクティブ型タグは電源が必要である。場所マーカとして設置する場合電源工事が可能であれば問題ないが、屋外などでは電源工事が容易でない場合がある。バッテリーにより給電する方法もあるが、半年から 1 年でバッテリーを交換する必要があり、メンテナンスコストがかかる。この問題を解決するためには発電機構を内蔵するアクティブ型タグが必要である。発電機構として太陽電池を採用したが、場所マーカの設置は設置条件に制限が多く、日照が理想的に得られる場所に設置されるとは限らない。また、設置時に太陽の向きを考えて設置する手間もできるだけ避けたい。このような観点から、半球状の太陽電池を採用した。図 4-1-3-3 は 3 日間の半球状の太陽電池の発電電圧のグラフである。特徴的なのは、南中の時間帯よりも早朝や夕方など陽が斜めの時刻の発電電圧が高い。すなわち斜めより入った光が内部反射をして効率良く発電できることを示している。このため、太陽が高い位置の時にビル影となるような場所に設置しても、斜光やビルに反射した光が有効に使われる。

図 4-1-3-4 は、半球太陽電池、充電電池、充放電機構からなる発電機構を搭載したアクティブタグユニットである。市販の取付金具とバンドでポールや電柱などの柱に取り付けられるようになっている。

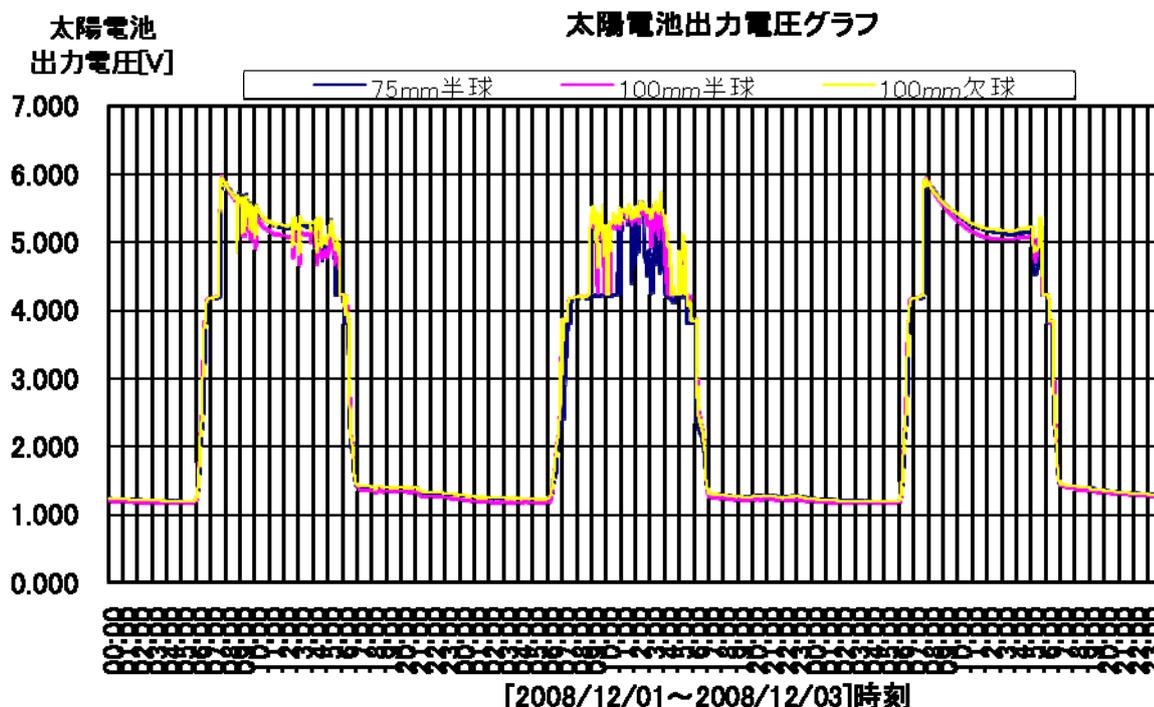


図 4-1-3-3 半球状太陽電池の発電状況グラフ (3 日間)



図 4-1-3-4 発電機構内蔵アクティブ型タグユニットと設置例(右)

今年度本ユニットの長期動作試験を実施した。

(1) バッテリーのみの作動時間

バッテリーに満充電された状態から暗黒状態に放置した場合の寿命を測定した。1 秒に 1 回アクティブ型タグから信号を発信させ、約 4 ヶ月で発信を停止した。

(2) 屋外設置による長期動作試験

結果を表 4-1-3-1 に示す。A, C, D, E は東京地区、B は石川県に設置した。また、E はビル影の状況になるよう建物の北壁面に設置した。

表 4-1-3-1 屋外設置による長期動作試験

	機体番号	設置期間	地域	設置場所	動作
A	10	2010 年 4 月～2010 年 7 月	東京	屋上	○
B	10	2010 年 8 月～2010 年 10 月	石川	屋上	○
C	10	2010 年 11 月～2010 年 12 月	東京	屋上	○
D	1	2010 年 9 月～2011 年 3 月	東京	屋上	○
E	2	2010 年 9 月～2011 年 3 月	東京	建物の北壁	○

1971 年～2000 年の統計によると平均日照時間の地区別順位は、東京は 30 位で 1847.2 時間、石川県は 42 位で 1667.5 時間、また平均は 1885.4 時間である。なお、日照時間は直達日射量が 0.12kW/m<sup>2</sup> 以上の時間を示す。(赤道上春分・秋分南中の日照エネルギーは 1kW/m<sup>2</sup>)  
結果は、いずれもアクティブ型タグからの発信は期間中正常であった。

4-1-3-4 無線式アクティブタグ・R/W 回路の小型化

無線式のアクティブ型タグの R/W 回路は超小型端末など小型機器に内蔵するためできるだけ小型である必要がある。本研究開発の初期に開発したモジュールは、アンテナ付きで、40×24×6mm でコネクタにより回路基板と接続する形態であった。アンテナ一体型は組み込みは容易であるが、小型機器の設計上配置の制約が大きい。このため、アンテナを分離し、直接基板上に実装できるよう小型化を行った。

小型化モジュールは 18×14×1.4mm と容積比 1/15 となった。さらに 2010 年度は小型化をさらに進め、14×9×1.4mm とし、小型化モジュールのさらに 1/2 となった。すなわち、

当初のモジュールの容積比 1/30 が実現された。図 4-1-3-5 にモジュールの写真を示す。

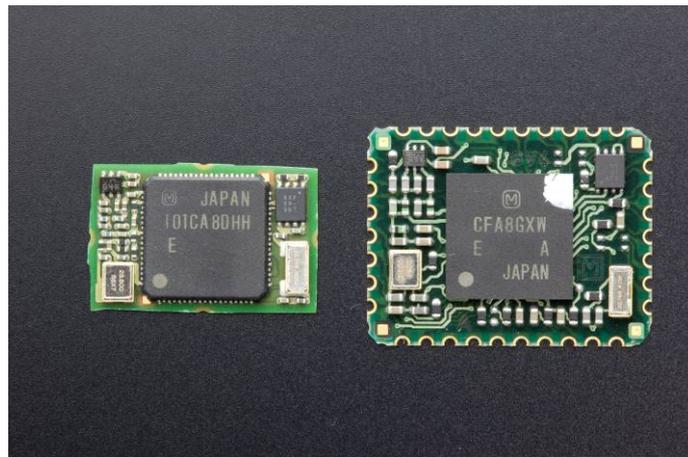


図 4-1-3-5 超小型化モジュール 14×9mm(左)と小型化モジュール 18×14mm(右)

#### 4-1-3-5 ダイバーシティ機能

無線は建物の反射により偏波が変わる。また反射された波が合成されヌル点が発生したりする。このため場所 ID を発信しているアクティブ型タグ(マーカ)に近づいていっているにもかかわらず、受信レベルが一時的に下がるというような現象が起こる。この問題をできるだけ軽減するために、アンテナを 2 つ配置し、良好な方を採用するダイバーシティ機能を開発した。本方式は偏波ダイバーシティと時間ダイバーシティを組み合わせた構成となっている。異なる偏波面の電波を受信できるように図 4-1-3-6 のように 2 つのアンテナを直交させて配置する。なお、この試作で実現しているアンテナは磁界式のループアンテナである。また、受信するデータの先頭の方と終わり部分で二つのアンテナを切り替え、受信強度の高い方のアンテナで受信した受信強度を採用するようにした。すなわち、信号の受信をする時間的差が僅かではあるが、時間ダイバーシティ要素を含んでいる。

本方式による試作機を使い、屋外、屋内で受信テストを行い、9 箇所のうち、7 箇所の距離推定がより良好な値になった。

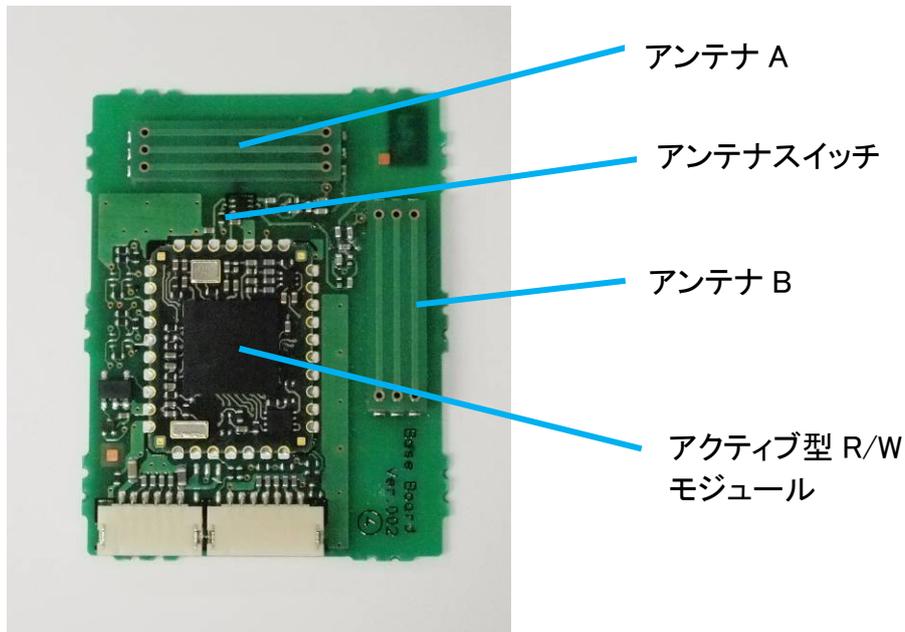


図 4-1-3-6 ダイバーシティアンテナ付きアクティブ型 R/W モジュール

アクティブタグを利用した距離推定には、偏波ダイバーシティを用いることにより携帯型の超小型端末に実装可能なアクティブタグ受信機を実現でき、単体アンテナに比べ距離推定のばらつきを低減させられることが確認された。

#### 4-1-3-6 光学式アクティブ型タグおよび R/W

場所 ID を発信し、位置を認識する応用において 1m~3m の狭い範囲を認識できるようにするためには、無線式よりも光学式の方が適切である。本研究開発では、タグ側は 880nm の赤外線を利用し、115.2kbps の通信速度で場所の ID(ucode)を送信する。超小型端末側はこの信号を復調する。発信側は高さ 5m 以下の天井に取り付けて有効な強度とした。歩く速度が 1 秒間に約 1m として、2~3 回信号を受信できるように毎秒 3 回の発信を標準とした。

光学式のアクティブ型タグは銀座の地下通路、東京ミッドタウン屋内各所に設置して動作を確認した。図 4-1-3-7 は、ミッドタウン内に設置している光学式アクティブタグと R/W の写真である。



図 4-1-3-7 光学式アクティブ型タグと R/W

#### 4-1-4 まとめ

パッシブ型のマルチプロトコル R/W に関しては、当初掲げていた目標のすべてを達成することができた。パラメタをソフトウェアで切り替えることによって、パッシブ型 RFID に関して以下のプロトコルに対応する。具体的には、ISO/IEC 15693 (13.56MHz)、 $\mu$ チップ (日立社製) (2.45GHz)、ISO/IEC 18000-4 (2.45GHz)、eTRON/16 (13.56MHz)、ISO/IEC 18000-6B (900MHz)、ISO/IEC 18000-6C (900MHz) の 6 種類を当初目標にしていたが、これに加え ISO/IEC14443 TypeA も含め 7 種類のパッシブ RFID に対応したマルチプロトコル R/W の開発に成功した。

また、小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現し、モジュール全体のサイズは、アンテナを含め 50mm×50mm で実現することも成功した。さらに改良を行い、アンテナとリーダ間の距離を 5mm にすることにも成功した。消費電力は、通信時で 350mA@3.3 V 以下を目標としていたが、実測は平均で 218mW と目標を達成している。さらに上記のプロトコルについて、ソフトウェアで自動調整を行う機能として、パラメタの変更をソフトウェアで可能とする構成とし、必要となる状況に応じて任意にソフトウェアを選択することが可能な機構を搭載した。これにより、特定の RFID タグのパラメタを任意に設定することが可能である。

さらに、端末本体と接続する方法として、機器内部に組み込むための有線接続を持った機器と、PAN を用いた無線接続をもった機器を実現することも目標にあげていたが、有線接続に関してはシリアル通信にて接続するモジュールと PAN を用いた無線接続に関しては、Bluetooth を用いて接続を行うモジュールの開発を行った。Bluetooth は多くの携帯機器に内蔵されているため、汎用コミュニケーション端末のみならず、それらと連動するシステムの構築も可能となった。

また、アクティブ型に関しては、ユビキタス・コンピューティング環境の適用される応用を想定し、429MHz 帯特定小電力無線による無線式アクティブ型タグおよび R/W と光学式 (赤外線式) アクティブ型タグ及び R/W の開発を行った。このうち無線式においてはチューニング機構・発電機構内蔵・小型化を主たるテーマとして実現を行った。

アクティブ型タグにチューニング機構を設け、現在通信している基地局と通信状態が悪くなった場合に、電波強度の高い基地局に接続し直す機能を開発した。タグが移動して、通信品質が悪くなると、通信チャネルをスキャンして、最も通信品質のよい基地局に接続する。実証実験は、70m×50m の物流倉庫で、金網の物品棚とベルトコンベアが敷設され、天井は一般オフィス程度の高さという環境で行った。基地局は天井に 5 台設置し、タグは 800 個用いた。倉庫に点在するタグを扱うステーション 32 箇所の上 10cm~2m の範囲で正常に動作し、ステーション間をタグが移動しても、基地局の切り替えが自動的に行われ、チューニング機構が動作していることが検証された。

また、発電機構に関しては、太陽電池を採用した。ただし、場所マーカの設定は設置条件に制限が多く、日照が理想的に得られる場所に設置されるとは限らない。また、設置時に太陽の向きを考えて設置する手間もできるだけ避けたい。このような観点から、半球状の太陽電池を採用した。東京都並びに石川県に設置し、のべ 3 年分稼働試験を実施した。その結果、いずれも良好な結果を示し、本開発で行った発電機構の有効性を実証した。

そして、小型化に関しては、本研究開発の初期に開発したモジュールは、アンテナ付きで、40×24×6mm でコネクタにより回路基板と接続する形態であった。アンテナ一体型は組み込みは容易であるが、小型機器の設計上配置の制約が大きい。このため、アンテナを分離し、直接基板上に実装できるよう小型化を行った。サイズは 14×9×1.4mm となった。すなわち、当初のモジュールの容積比 1/30 が実現された。

また、アンテナの性能改善も実施した。無線は建物の反射により偏波が変わる。また反射された波が合成されヌル点が発生したりする。このため場所 ID を発信しているアクティブ型タグ (マーカ) に近づいていっているにもかかわらず、受信レベルが一時的に下がる

というような現象が起こる。この問題をできるだけ軽減するために、アンテナを2つ配置し、良好な方を採用するダイバーシティ機能を開発した。本方式は偏波ダイバーシティと時間ダイバーシティを組み合わせた構成となっている。異なる偏波面の電波を受信できるように図4-1-3-6のように2つのアンテナを直交させて配置する。本方式による試作機を使い、屋外、屋内で受信テストを行い、9箇所のうち、7箇所の距離推定がより良好な値になった。

赤外線型のアクティブタグの開発も実施した。本研究開発では、タグ側は880nmの赤外線を利用し、115.2kbpsの通信速度で場所のID(ucode)を送信する。超小型端末側はこの信号を復調する。発信側は高さ5m以下の天井に取り付けて有効な強度とした。歩く速度が1秒間に約1mとして、2~3回信号を受信できるように毎秒3回の発信を標準とした。光学式のアクティブ型タグは銀座の地下通路、東京ミッドタウン屋内各所に設置して動作を確認した。

## 4-2 サーバー・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発

### 4-2-1 研究開発の内容

本開発は、超小型汎用コミュニケーション端末においてヒューマンフレンドリなユーザインタフェースをコンパクトかつ高性能で実現するために、サーバ・クライアント間で負荷分散が実行環境に応じて動的にできるブラウザ(以下、本ブラウザと称する)の研究開発である。ブラウザが対象とするコンテンツは、一般のインターネット上のWWWサービス(HTML)から、専用のXML記述、動画などのマルチメディア・データ、など多岐にわたる。また、将来的にも様々なコンテンツに容易に対応可能であるよう、コンテンツの種別毎に、プラグイン・モジュールを用意し、それを動的に変更可能とするプラグイン構造とする。また、必要なプラグイン・モジュールのみをロードし実行することにより、省資源でコンパクトなブラウザが実現できると考える。上記の方針に基づき、1次元ブラウザ、2次元ブラウザ、3次元ブラウザの開発を行った。

### 4-2-2 実施内容

#### 4-2-2-1 1次元ブラウザ

1次元ブラウザは2種類実現した。一つはHTMLブラウザであり、もう一つは音声ブラウザである。HTMLブラウザは通常のWebブラウザと同等の機能を携帯型端末に実装したものであり、音声ブラウザは音声によって内容などを案内するブラウザである。以降ではこれらのブラウザに関して説明を行う。

##### 4-2-2-1-1 HTMLブラウザ

HTMLプラグインは、インターネットのWWWサービスで使用されるデータを解釈・表示を行なうプラグインである。つまり、パーソナルコンピュータなどで使用されるWebブラウザとほぼ同等の機能を持つ。

超小型汎用コミュニケーション端末では画面の表示サイズが限られているので、大きなWebページはスクロールをさせる事となる。ただし、スクロールバーはさらに表示面積が犠牲となり、また操作性も期待できないので採用しないこととした。スクロールは縦方向のみホイールの操作で可能とし、横方向は画面サイズに幅を固定とする。

図. 4-2-2-1 に、HTML プラグインによる表示例を示す。



図. 4-2-2-1 HTML プラグインによる表示例

また、クライアント側とサーバ側の協調動作をコンテンツ・レベルにて記述できるよう、TCP/IP ネットワークに対応したスクリプト言語を導入することとした。スクリプト言語は、既存のサーバ側のソフトウェア資産が活用できるようインターネットなどで広く普及している JavaScript (ECMAScript) を今回は使用し、その評価を行う事とした。JavaScript は、XMLHttpRequest をサポートすることによりサーバとの非同期通信を可能とした。これにより、いわゆる AJAX と呼ばれる技術が使用可能となる。また、スクリプト言語から超小型汎用コミュニケーション端末のシステムの機能呼び出せるよう拡張を行ない、システムが持つ環境変数を JavaScript から変更可能とした。

以下にそのサンプルを示す。これは HTML に埋め込んだ JavaScript からカテゴリ code、名称 next の環境変数にアクセスするものである。このようにシステム内の変数や状態をみることで、端末とサーバ間の連動を実現することを可能とした。

```

<SCRIPT>
function GetNextUcode() {
    ret = document.env.getenv( "/usr/etc/env.ini", "code", "next" );
    confirm( ret );
}
function SetNextUcode() {
    ret = document.env.setenv( "/usr/etc/env.ini", "code", "next", "0", "UBP" );
    confirm( ret );
}
</SCRIPT>

```

#### 4- 2- 2- 1- 2 音声ブラウザ

音声ブラウザは、超小型汎用コミュニケーション端末が受信した ucode に関連付けられた、コンテンツファイルのデータ再生を行うアプリケーションである。

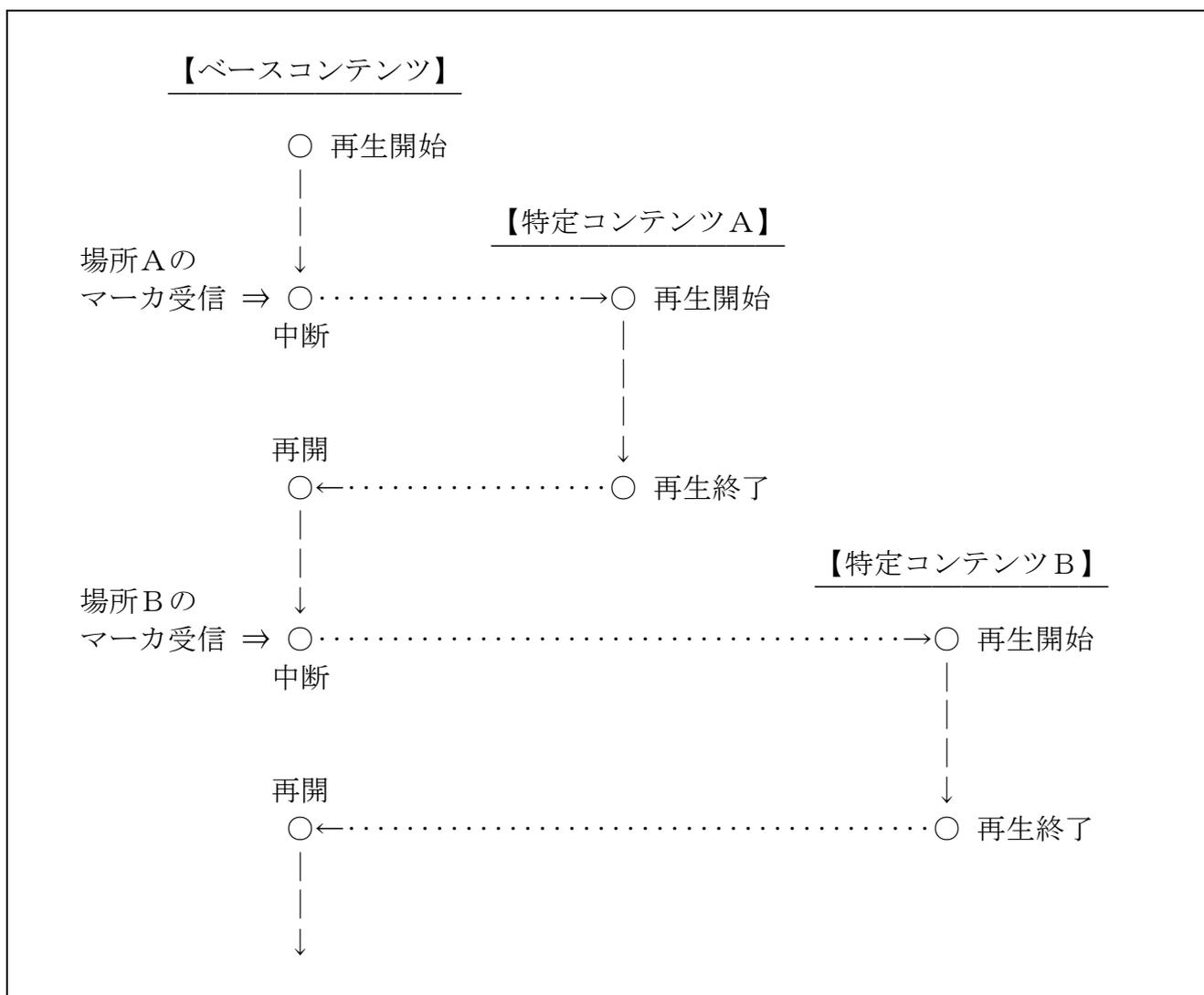
コンテンツファイルは、メインとなるベースコンテンツファイルと、場所固有の特定コンテンツファイルで構成される。通常状態においてはベースコンテンツを再生するが、ucode 受信時にベースコンテンツの再生を中断し、当該 ucode に対応した特定コンテンツを再生する。特定コンテンツの再生が終了すると、ベースコンテンツの再生を継続するように動作する。従来のブラウザでは、チャンネルという概念が存在しなかったため、一つのガイドしか扱えなかったが、今回開発したブラウザにおいては、ガイドコンテンツを複

数扱えるようにするためにチャンネルを設定できるようにした。

今回開発したブラウザにおいては一般に入手可能なツールで編集などを行うことを想定し、拡張ポッドキャスト (EnhancedPodcast) と呼ばれる AAC 形式の音声データファイルとした。ファイルにチャプターマーカを設定し、そのチャプター毎に静止画像を埋め込むことが可能である。即ち、音声ガイドでは、音声データの再生とともに、チャプター毎に設定された、静止画像の表示も行う。なお、この拡張ポッドキャストに対応した再生環境は、携帯端末では iPod、PC 環境では、iTunes、QuickTimePlayer などがあり、拡張ポッドキャストを編集できるソフトには、GarageBand、Soundit! などがある。これらの市販のソフトを用いることで従来の独自形式のシステムと比較してコンテンツの開発効率が向上している。

・ベースコンテンツ～特定コンテンツの概要

音声ガイドをベースコンテンツ～特定コンテンツの構成で実装した場合、通常は、ベースコンテンツと呼ばれる再生時間の長い音声ガイドコンテンツが再生され、特定のマーカを受信すると、そのベースコンテンツの再生を中断し、特定コンテンツと呼ばれる再生時間の短い音声ガイドコンテンツが割り込んで再生される。このイメージを以下に示す。

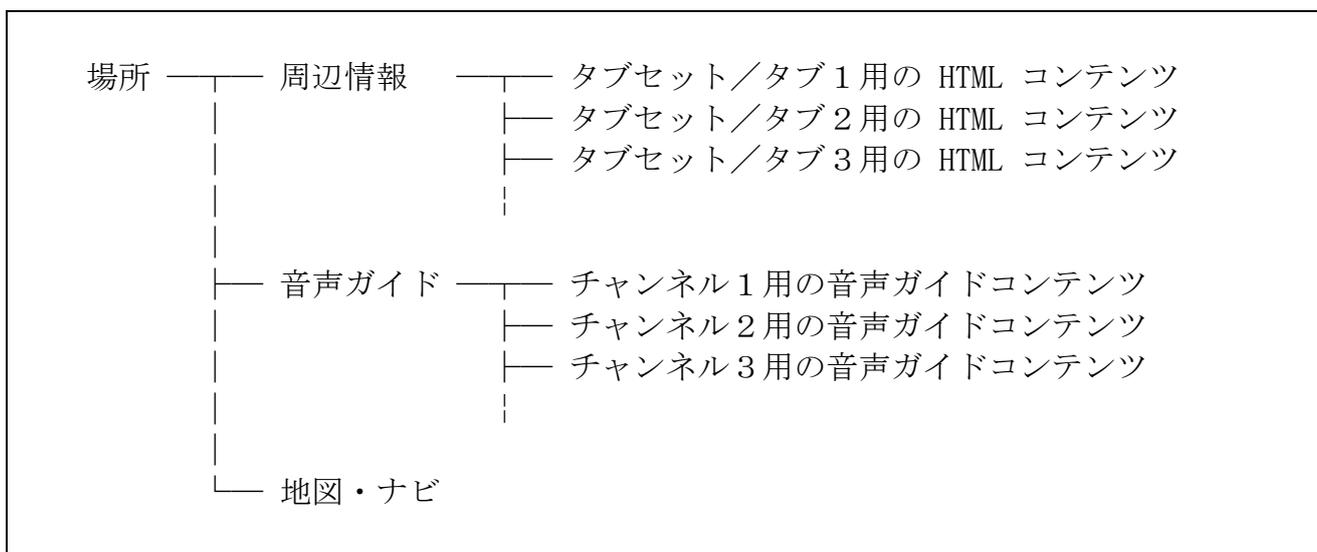


上記のイメージでは、マーカ受信と同時に、ベースコンテンツの再生を中断させ、特定コンテンツの再生を開始させているが、この場合、ユーザにとっては、ベースコンテンツ

の文脈を無視して、一方的に中断と再開が行われる感覚であり、あまり良い印象とは言えない。その対策として、オプションの設定で、特定コンテンツが割り込むタイミングを、ベースコンテンツのチャプターの切れ目まで遅らせることも可能である。ただし、その場合、ベースコンテンツは、その文脈に応じて、細かくチャプターを設定しておく必要がある。

・チャンネルの概要

汎用コミュニケーション端末では、場所毎に周辺情報、音声ガイド、地図・ナビの情報紐付けを前提としている。さらに、周辺情報では、複数のコンテンツをタブセットという形で提供するが、これと似た形で、音声ガイドでは、複数の音声ガイドコンテンツを、複数のチャンネルに割り当てて提供することができる。このイメージを以下に示す。



チャンネルを実現するには、それを任意の環境変数で定義する。そして、音声ガイドコンテンツをシステムのデータベースに登録する際は、それを関連式 (Rules) に組み込んで登録する。例えば、チャンネルを@common.location\_cast\_ch という環境変数で定義し、音声ガイドコンテンツ A、B、C を、それぞれチャンネル 1、2、3 に割り当てる場合、以下のように登録する。

Rules	URL
location_cast_ch==1	コンテンツ A
location_cast_ch==2	コンテンツ B
location_cast_ch==3	コンテンツ C

チャンネルの切り替えは、チャンネル切り替え画面 (HTML コンテンツ) を作成し、その中で、前述のチャンネル定義の環境変数を書き換える。音声ガイドに属するコンテンツは、音声ガイドコンテンツと、このチャンネル切り替え画面であり、システムのデータベースに登録する際、注意すべき設定項目を以下に示す。

種別	Content Class	Content Type
音声ガイドコンテンツ	location_cast	application/x-walkpin
チャンネル切替え画面	location_cast	applicatoin/x-setting

このチャンネル切り替え画面は、音声ガイドの UI のチャンネル切り替えボタンから起動するか、または、チャンネル未設定時に、ホーム画面のメニューの中から音声ガイドを選ぶと起動するように実装している。

#### 4- 2- 2- 2 2次元ブラウザ

2次元ブラウザ用のフォーマットとして、SVG (Scalable Vector Graphics) を採用した。SVG は、XML によって記述されたベクターグラフィック言語、および SVG で記述された画像フォーマットのことであり、W3C で標準として勧告されている。

SVG はラスターグラフィックスと異なり地図データなど画面の拡大縮小操作を行っても描画の劣化が起きない、XML で記述するためテキストエディタで容易に編集を行うことができるなどの特徴を持っている。

SVG 描画モジュールは超小型汎用コミュニケーション端末上で、地図ナビゲーションを行うソフトウェアのためのモジュールとして設計実装を行った。SVG 描画モジュールの設計実装にあたっては「高速な描画」、「高速なデータの読み込み」、「地図の描画に特化した拡張仕様」の3点に重点をおいた。以下、それぞれについて説明する。

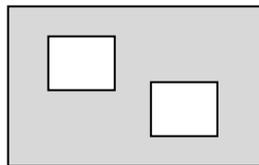


図 4-2-2-2 SVG で記述可能な多角形

##### ・高速な描画

地図ナビゲーションソフトウェアのようなユーザが頻繁にスクロール、回転、拡大縮小などの操作を行う可能性の高いソフトは、高いインタラクティブ性を備える必要があるため、描画を高速に行えることが特に重要である。

SVG 形式で記述されたデータは主として「多角形」、「画像」、「文字」などから構成され、一般的に（特に地図データの場合は）「多角形」が描画の 90% 以上を占める。また、SVG で記述可能な多角形は図 4-2-2-2 のように内部に穴があいているような複雑なものを含んでおり、このような複雑な図形は地図データにおいて多用される傾向にある。

このような複雑な多角形の描画をソフトウェアによって行う場合、ソリッドスキャンコンバージョンなどのアルゴリズムが用いられるが、いずれも非常に多くの浮動小数点演算処理を行う必要がある。そのため高性能な CPU や豊富なメモリを持つデスクトップパソコンには適しているが、超小型汎用コミュニケーション端末のような CPU やメモリに制限のある環境には適しておらず、結果として高速な描画を実現することは非常に困難である。

一方、ハードウェアを使って図形を高速に描画する手法の一つに、OpenGL がある。OpenGL は 3D グラフィックスのためのプログラムインターフェースであり、2D グラフィ

ックスの描画も可能である。OpenGLはオープンな仕様として公開され、描画に関するハードウェアを使用することで非常に高速に高精度な画像を描画できるという特徴がある。また、携帯電話、PDA、家電などの組み込み用向けとしてOpenGLのサブセット版であるOpenGL ESがあり、超小型汎用コミュニケーション端末においてもOpenGL ESが実装されている。

OpenGL ESは凸多角形の描画を行うAPIを持つが、凹多角形や、内部に穴があいているような複雑な図形を直接描画するAPIを持たない。そのため、SVG形式で記述された複雑な図形データをそのままOpenGL ESで描画することはできない。そこで、本SVG描画モジュールでは、描画する図形を三角形に分割し、分割した三角形を描画するという方法をとった。

図形を三角形に分割する際に、制約付きデローニ三角形分割と呼ばれる方法を用いた。実装においては既存の制約付きデローニ三角形分割を高速に行う（頂点の数  $n$  に対して  $O(n \log n)$  で分割を行う）ライブラリを用いた。

以下、穴の空いた複雑な図形を灰色で塗りつぶして描画する際の手順を示す(図 4-2-2-3)。

1. 制約付きデローニ三角形分割を行う。
2. 分割した三角形を凸多角形になる範囲で結合する（描画の高速化のために行う）。
3. 塗りつぶさない内部の多角形の判定を行う。
4. 必要な凸多角形をすべて塗りつぶす。

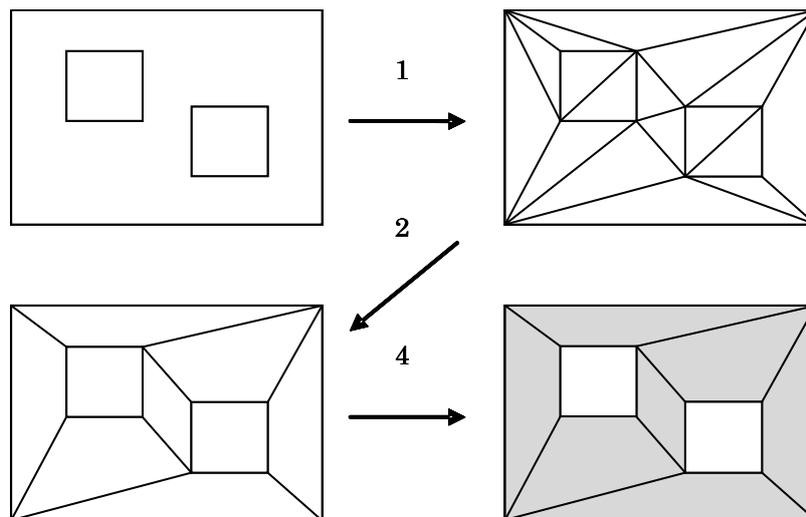


図 4-2-2-3 複雑な図形の描画

上記の方法によってSVG描画モジュールを実装した結果、同じ地図データに対して昨年度作成したSVGプラグインと比較して約2倍の速度で描画できることが確認できた。

#### ・高速なデータ読み込み

SVGはXML形式で記述されているため、SVG形式のデータを描画するためには、SAXなどを用いてXMLの構文解析を行った上で、SVGの構文解析を行うという2段階の構文解析が必要である。そのため容量の大きいSVG形式のデータを描画する場合、データをファイルから読み込んでから描画するまでの間で、構文解析に多くの時間が必要になってしまう。

また、前述のデローニ三角形分割を使った描画アルゴリズムには、図形を三角形分割するために複雑な浮動小数点演算が必要なため、超小型汎用コミュニケーション端末上で分割処理を実行した場合長い時間がかかってしまう欠点がある。

そのため、超小型汎用コミュニケーション端末上で何の工夫もなく地図ナビゲーションソフトを実装した場合、SVG ファイルを指定してから最初に SVG のデータを描画するまでにユーザが長時間待たされてしまうという望ましくない状況が発生してしまう。

これらの欠点を解決するため、本 SVG 描画モジュールでは以下の方法でデータの読み込みの高速化を実現した。

1. 2 段階の構文解析を行い、三角形分割の処理を行った後の、SVG 描画モジュールが内部で保管しているデータを独自の形式でファイルに保存する。
2. データのロード時には SVG ファイルではなく独自形式で保存したファイルを直接読み込む。これにより 2 段階の構文解析と三角形分割の処理を省略することができる。
3. Windows や Linux が動作する高速なデスクトップパソコン上で動作する「SVG 形式のファイルを本 SVG 描画モジュールの独自形式のファイルに変換するプログラム」を別途実装した。これにより独自形式のデータの作成を高速に行うことが可能になる。

実際の運用では、あらかじめデスクトップパソコン上で利用する可能性のあるすべての SVG ファイルを独自形式のファイルに変換し、超小型汎用コミュニケーション端末上のディスクにコピーすることで高速なデータの読み込みを行うことが可能となる。

#### ・地図の描画に特化した拡張仕様

地図データを描画する際に、建物を表す図形に影を付けることによって表現力を高めるという手法がある。この場合、地図データを回転させて表示した場合でも影が描画される方向は「ユーザからみて常に同じ方向」に描画されるのが一般的であるが、SVG の仕様にはそのような性質を持つ影を描画するための要素（タグ）や属性は存在しない。また、ある図形の影を描画するためには、その図形と同じ形状で、色だけが違う図形を描画する必要があるが、既存の SVG の仕様を使ってそのような図形を描画することは困難である。そこで本 SVG 描画モジュールでは、SVG の仕様を以下のように一部拡張し、影の描画を実現した。

#### 1. transform="shadow(degree、 length)" の定義

SVG には transform という座標変換を記述するための属性が用意されている。本 SVG 描画モジュールでは transform 属性に記述できる内容を拡張し、shadow という座標変換を定義した。shadow は、指定した図形を x 軸方向から時計回りに degree 度の方向に、length だけ平行移動させるという意味を持つ。ただし、SVG データを回転して描画していた場合、その回転角度と無関係に画面の水平方向を x 軸とみなす。これにより、建物の影をユーザからみて常に一定方向にずらして描画を行うことが可能になる。

#### 2. shadow 属性と shadow-opacity 属性の定義

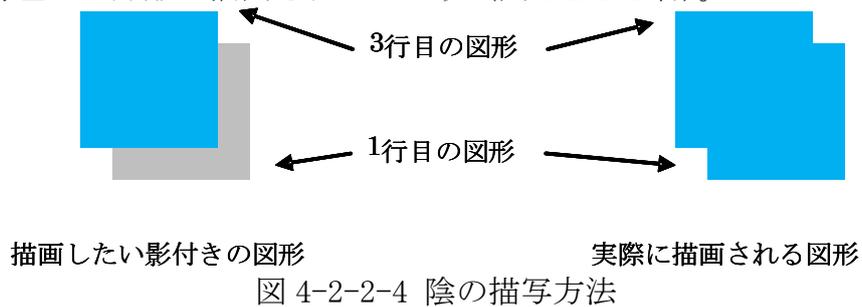
SVG では fill 属性によって図形の内部の塗りつぶしを記述する。また、g 要素によって複数の図形をグループ化し、use 要素によってグループ化した図形の内容を参照して描画することができる。しかし、g 要素と fill 要素を用いて影の描画を実現することはできない。以下は g 要素と use 要素を使って正方形の影の描画を行おうと試みた SVG のソースである（実際には影はうまく描画されない）。なお、左の数字は説明のための行番号を表しており、実際の SVG のソースには記述されない。

3 行目の rect 要素は「青色で塗りつぶされた各辺の長さが 50 で左上の点の座標が(10, 10)の正方形」を表している。2、4 行目の g 要素によって、3 行目の正方形の図形が“test”という id でグループ化される。1 行目の use 要素によって “test”という id を持つデータ

を x 軸から時計回りに 45 度の方向に 10 ドット平行移動させた場所に灰色で描画する。

```
1: <use xlink:href="#test" transform="shadow(45, 10)" fill="gray" />
2: <g id="test">
3:   <rect x="10" y="10" width="50" height="50" fill="blue"/>
4: </g>
```

上記の SVG は、1 行目の use 要素で、3 行目に記述されている正方形の右下の位置に「灰色の正方形の影」を描画し、その上に 3 行目で正方形を描画することを意図している（図 4-2-2-4 左）が、実際には 1 行目で記述した fill="gray" の属性の指定は参照先の 3 行目の rect 要素内に記述されている fill="blue" 属性の内容で上書きされてしまうため、灰色ではなく青色の正方形が描画されてしまう（図 4-2-2-4 右）。



そこで本 SVG 描画モジュールでは図形の影を描画するための新しい属性として以下のような意味を持つ shadow 属性と shadow-opacity 属性を定義した。

shadow-opacity 属性に正の数値が設定されていた場合、fill 属性の内容はすべて無視され、代わりに shadow 属性で指定された塗りつぶしが実行される。

shadow-opacity 属性は shadow 属性で指定した塗りつぶしの透明度を 0 から 1 の範囲で表す(0:透明、1:不透明)。

shadow-opacity 属性及び、shadow 属性を使って図形の影を記述した SVG のソースを以下に記す。下記のソースにより、図 4-2-2-4 の左の影付きの図形を描画することができる。

```
<use xlink:href="#test" transform="shadow(45, 10)" shadow="gray" shadow-opacity="1" />
<g id="test">
<rect x="10" y="10" width="50" height="50" fill="blue"/>
</g>
```

また、図 4-2-2-5 に本 SVG 描画モジュールが定義した仕様を使って実際に影付きの SVG データを描画した例を示す。図 4-2-2-5 右は図 4-2-2-5 左の SVG データを回転させて描画したものである。図のように、回転しても影の方向は変わらない（右下方向）。

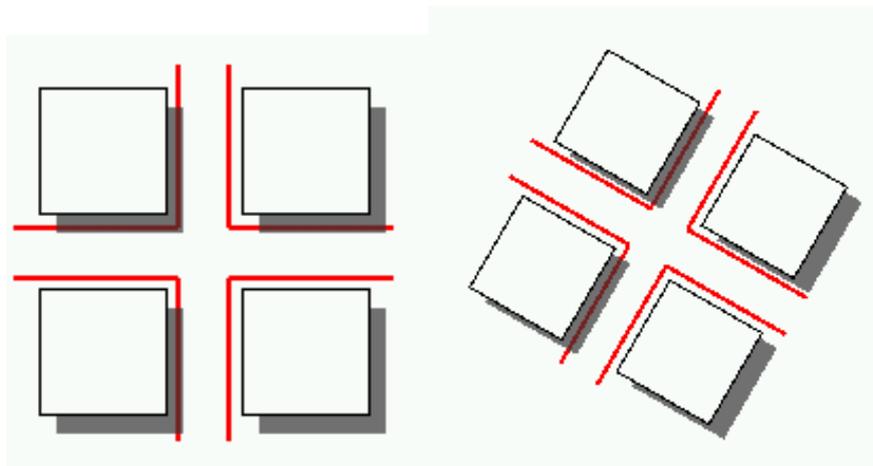


図 4-2-2-5 影付きの SVG データを描画した例

#### 4- 2- 2- 3 3次元ブラウザ

3次元ブラウザであるパノラマアプリは、現在立っている位置から見渡せる360度のパノラマ写真を画面上に表示して、目の前に見えるビルなどの目標物の説明を表示することを主目的としたアプリケーションである。パノラマ画像は、複数の画像データを円筒あるいは球面に投影して貼り合わせることで作成される。そのため、このようなパノラマ画像の一部だけを切り出してそのまま画面に表示すると、画像のゆがみが生じる。このゆがみを軽減するためには、パノラマ画像作成とは逆の処理、つまり、パノラマ画像を平面のスクリーンに投影するという処理が必要になる。

円筒や球面上の座標を平面のスクリーンに投影するには、透視変換が必要である。しかし、この計算には三角関数や行列の計算が必要となり、計算資源の限られた携帯端末で高速に処理を行うのは難しい。パノラマブラウザでは、パノラマ画像のスクロールを水平方向左右だけに限定することで透視変換の簡略化を行い、画像表示の高速化を行っている。

パノラマブラウザでは、パノラマ画像は円筒に貼り付けられているものとする。この円筒は、高さがパノラマ画像の高さ(=スクリーンの高さ)と同じで、円周長がパノラマ画像の横幅と同じになるものである。また、視点をこの円柱の重心におき、スクリーン平面を円柱に接するように設定する(図4-2-2-6)。

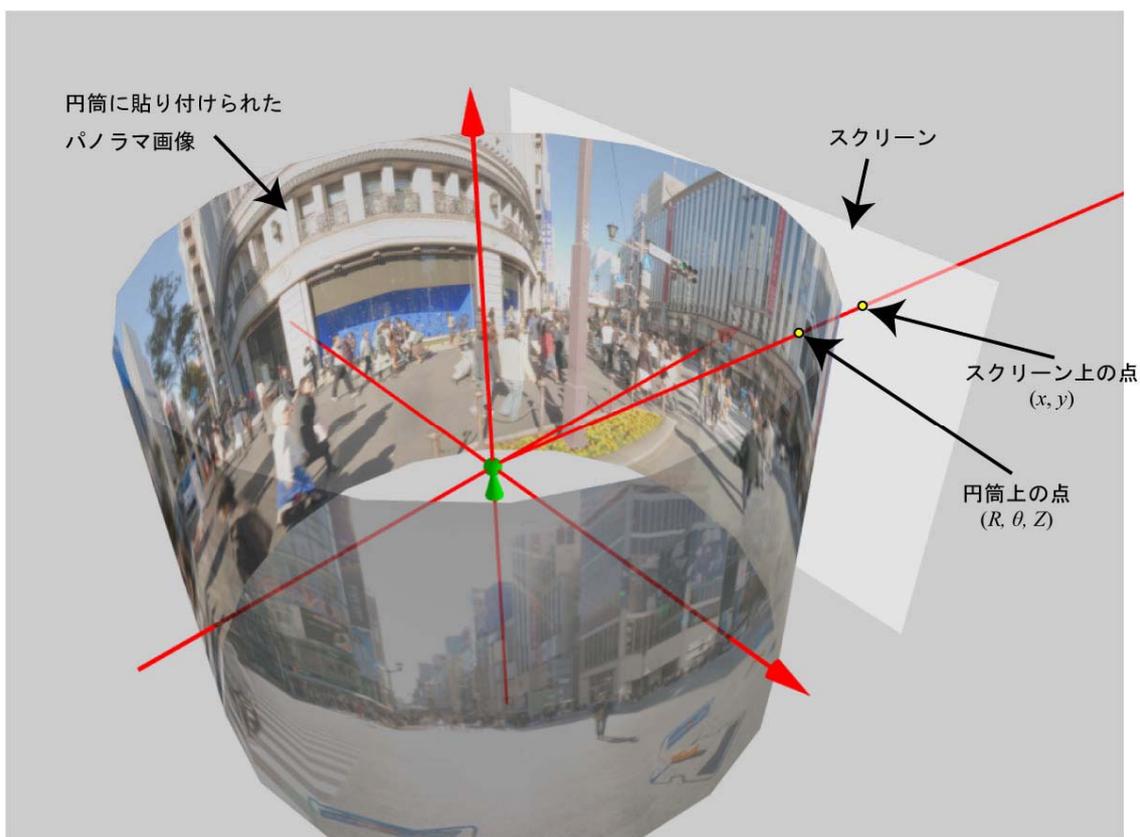


図 4-2-2-6 : パノラマブラウザでの透視変換

このとき、スクリーン上の点 $(x, y)$ の画素値は、原点  $(0, 0)$  に置かれた視点と、点  $(x, y)$  を結んだ直線が、パノラマ画像が貼りつけられた円筒と交わる点 $(R, \theta, Z)$  (円筒座標系) の画素値である。スクリーンは円筒と接しているので、

- $\theta = \arctan (x / R)$
- $Z = Ry / \sqrt{R^2 + x^2}$

となる。

さて、パノラマブラウザで利用されるパノラマ画像の標準的なサイズは、高さ 240 ピクセル、幅 1,200 ピクセルの画像である。これを円筒に貼り付けると、円筒の半径  $R$  は、およそ 191 となる。また、スクリーンに表示される範囲は、幅 240 ピクセル、高さ 240 ピクセルの範囲である。

この時、画面の右端では  $x=120$  であるため、 $\theta \doteq 0.561$  (rad) となり、この位置に相当するパノラマ画像の画素の X 座標に換算すると  $x=R\theta \doteq 107$  となる。スクリーン上の  $x$  座標との差は、画面幅 240 ピクセルに対して 13 ピクセル程度であるため、パノラマブラウザではスクリーン上の  $x$  座標をそのままパノラマ画像上の X 座標の近似値として用いる。

また  $R$  は定数であるため、 $Z$  の値はスクリーン上の座標  $(x, y)$  だけで決まる。また、これは  $x$  軸および  $y$  軸に対して対称な関数になる。そこでパノラマブラウザでは、第一象限の  $120 \times 120$  ピクセル分の  $Z$  の値を事前に変換テーブル  $F(x, y)$  として用意しておく。画像上の点が指定できればよいので、 $F(x, y)$  の値は整数値で記録しておけば十分である。画像表示の際にはこのテーブルを参照することで、スクリーン上の画素に対応するパノラマ画像上の画素の位置を決定する。パノラマ画像によっては幅が 1,200 ピクセルではない場合もあるが、多少のゆがみは誤差として許容することとし、すべてのパノラマ画像で同じ変換テーブルを利用する。そのため、変換テーブルの作成はパノラマブラウザの起動時に一度行えばよい。

これらの簡略化処理により、円筒に貼り付けられたパノラマ画像からスクリーンへの透

視変換は、スクリーンの点  $(x, y)$  に対応するパノラマ画像上の点の位置を、変換テーブル  $F(x, y)$  の参照だけで決定できるようになり、高速なパノラマ画像表示が可能となった。

- ・方位センサ連動機能

実際のパノラマ写真は、図 4-2-2-7 に示すように横に長い画像データであり、この画像データの表示窓を体が向いている方位に合わせて自動的に水平方向にスクロールさせて追従させる。

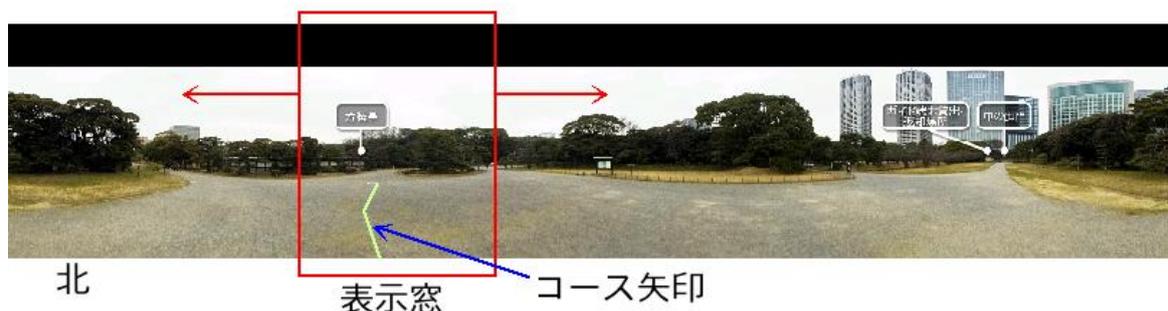


図 4-2-2-7 パノラマ写真の構造

方位センサから得られる方位データは、0～360 度のデータであり、それに合わせて、パノラマ写真の表示窓を水平方向にスクロールさせて実際の画面表示を行う。画面の表示が細かく動いていると非常に見にくいので、できるだけ安定した画面の表示を行うため、方位センサから得られたデータに以下の処理を行う。

1. 測定誤差の微小揺らぎを除去するため、5 度単位に丸めた値を使用する。
2. 測定ノイズによるより大きな揺らぎを除去するため、10 度以下の変動は無視する。

#### 4-2-3 まとめ

超小型汎用コミュニケーション端末においてヒューマンフレンドリなユーザインタフェースをコンパクトかつ高性能で実現するために、サーバ・クライアント間で負荷分散が実行環境に応じて動的にできるブラウザ(以下、本ブラウザと称する)の研究開発である。ブラウザが対象とするコンテンツは、一般のインターネット上の WWW サービス(HTML)から、専用の XML 記述、動画などのマルチメディア・データ、など多岐にわたる。また、将来的にも様々なコンテンツに容易に対応可能であるよう、コンテンツの種別毎に、プラグイン・モジュールを用意し、それを動的に変更可能とするプラグイン構造とする。また、必要なプラグイン・モジュールのみをロードし実行することにより、省資源でコンパクトなブラウザが実現できると考える。上記の方針に基づき、1次元ブラウザ、2次元ブラウザ、3次元ブラウザの開発を行った。

1次元ブラウザでは、HTML ブラウザ、音声ブラウザの2種類を実現した。2次元ブラウザでは、SVG ブラウザを実現した。3次元ブラウザではパノラマブラウザを実現した。それぞれのブラウザをプラグインとして実現し、システムのポータビリティを高めるとともに、携帯型の端末でも動作するような軽量な処理で実現可能な方式を検討した。さらには、負荷分散型のシステムの構築が可能ないようにサーバ・クライアント間での連動を可能とするため、既存の JavaScript から端末内の変数などにアクセスを可能とする機能拡張を行った。これにより、サーバとクライアントで連動した動作を可能とした。

## 4-3 小型化・省電力化のための S/W・H/W アーキテクチャの研究開発

### 4-3-1 研究開発の内容

小型化・省電力化のための S/W・H/W アーキテクチャの研究開発を行う。本サブテーマでは、3つにわけて開発を行っている。一つは超小型端末用チップセットの開発、もう一つはハードウェアプラットフォーム、そして最後がソフトウェアプラットフォームである。超小型端末用チップセットの開発においては、チップセットロジックの三次設計に基づく実装を行うことを目標としていた。またハードウェアプラットフォームに関しては、チップセットロジックをハードウェアプラットフォームに搭載するためのモジュール化を実施することを目標とし、ベースハードウェアの二次試作をもとに最終目標の超小型端末ベースハードウェアの最終試作を行うことを最終目標としていた。ソフトウェアプラットフォームに関しては、21年度に検討した内容をもとに、ベースハードウェアに対するソフトウェアのポーティングならびにチューニングを実施する。その後、ブラウザインタフェース（プラグイン機能インタフェース）、RFIDマネージャー、アクティブタグマネージャー、セキュリティーマネージャー（VPN機能を持つ）、コンテキストマネージャーに関して評価を実施し、プラットフォームとして利用できるためのドキュメントなどの整理を実施することを目標としていた。

### 4-3-2 超小型端末用チップセットの研究開発

超小型端末はマルチメディア機能と GUI を含む処理を実行する必要がある、高い処理能力を持ついわゆるアプリケーションプロセッサが使われる。ユビキタス・コンピューティングにおける超小型端末は、ユビキタス・コンピューティング環境に設置されたアクティブタグから発信される信号や利用者や端末の状況を認識するためのセンサー信号の処理を必要とする。

後者の処理をイベント処理と呼ぶ。この処理は繰り返し受信されるイベントから不要なものを除去したり、複数受信した中から最適なアクティブタグのイベントを抽出するスクリーニング機能が中心であり、アプリケーションプロセッサと比較して低い処理能力で十分である。しかしながら、イベントは、利用者がユビキタス・コンピューティング環境を移動することによって、本質的にいつ発生するのか予測することが難しい。このため、イベント処理を実行するための処理部は常に待機をしておく必要がある。

アプリケーションプロセッサからイベント処理をする機能をサブプロセッサとして分離することによりアプリケーションプロセッサをより長時間省電力状態に移行させることができる。アプリケーションプロセッサはイベント処理のためのプロセッサより消費電力が高いため、このような分散化によりシステム全体の省電力性は向上する。

アプリケーションプロセッサは、本研究開発プロジェクトが開始時点から見ると高性能化している。クロック周波数において5倍以上である。しかし、これらは GUI やマルチメディアの処理の向上要求の目的に使われるため、イベント処理をアプリケーションプロセッサから分離することにメリットがあるという事情は変わっていない。

本開発では、最終的にイベント処理を行うチップセットの LSI IP を作成した。LSI IP は FPGA で実現したり、ASIC の中に取り込むことにより携帯端末等に組み込むことができる。

#### 4-3-2-1 汎用マイコンでイベントプロセッサを実現し評価

イベント処理の機能・方式・効果を検討するために、まずアプリケーションの処理を行う本体と、無線アクティブ型タグ、赤外線アクティブ型タグの処理を行うアタッチメントからなる端末を使って評価を行った。アタッチメント内のイベントプロセッサはアプリケーションプロセッサよりはるかに消費電力の低い汎用のマイコンである。

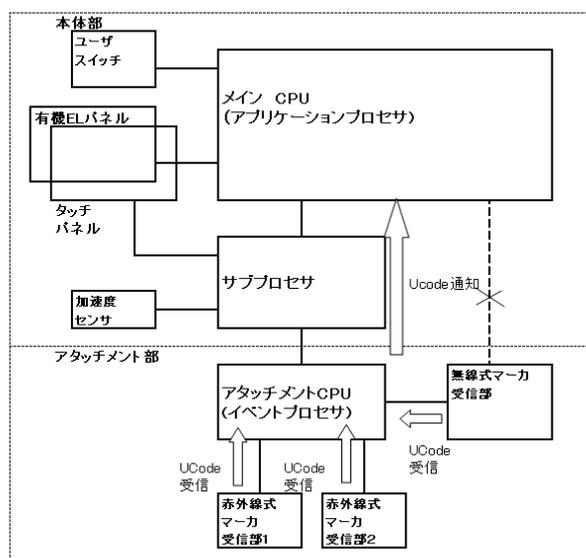


図 4-3-2-1 評価用端末ハードウェア構成

銀座四丁目の地下に多数設置された無線アクティブ型タグおよび赤外線アクティブ型タグによる信号を端末で受信しながら歩いたとき、処理方式により消費電力がどのようになるのかを評価した。

アプリケーション実行中とマーカ待ち受け中の消費電力をアプリケーションプロセッサにより処理する場合(従来方式)と、イベント処理はイベントプロセッサで処理をし、マーカ待ち受け中はアプリケーションプロセッサを低消費電力モードにした場合(イベントプロセッサ方式)との比較が表 4-3-2-1 である。

表 4-3-2-1 消費電力の比較

	アプリケーション実行中	マーカ待ち受け中
従来方式	450mA	350mA
イベントプロセッサ方式	450mA	46mA

標準的な利用条件を仮定し、56%がアプリケーション実行残りの 44%が省電力モードとして算定すると従来方式に比べ、イベントプロセッサ方式の消費電力は 60%になる。1100mAh のバッテリーを使用した場合、稼働時間は 2.5 時間から 4 時間に改善される。

表 4-3-2-2 消費電力の改善

	アプリケーション実行中	省電力モード	合計消費電流	稼働時間
従来方式	450mA	0	450mA	2.5 時間
イベントプロセッサ方式	$450\text{mA} \times 0.56$	$46\text{mA} \times 0.44$	272mA	4 時間

以上のようにイベントプロセッサで処理することにより省電力化が可能である。上記の評価はイベント処理を汎用マイコンのファームウェアにより実行している。さらにこの処理の一部をハードウェアロジック化することによりさらに消費電力の低減が可能である。

#### 4-3-2-2 イベントプロセッサ評価ボード

イベント処理の一部をハードウェアロジック化する目的で、FPGA を搭載したイベントプ

ロセッサ評価ボードを開発した。イベントプロセッサ評価ボードのブロック図を図4-3-2-2に示す。イベントプロセッサFPGAを中心に最大10のサブボードが搭載できるようになっている。サブボードは、無線アクティブ型タグR/Wや赤外線アクティブ型R/W、その他のセンサーやGPS等イベント処理に係わる機能モジュールである。ホストインタフェースはアプリケーションプロセッサへイベント処理の結果として通知するためのものである。

イベントプロセッサFPGAにはソフトマクロによるCPUが搭載でき、ソフトウェアの処理も可能になっている。イベントプロセッサでの処理はハードウェアロジックが適するものと、ソフトウェア処理が適するものがあり、両者が利用できる方式が望ましい。ハードウェアロジックのみで実現した場合、ロジック規模が大きくなる可能性が大きい。また、ホストとの接続プロトコルの変更や、イベントを発生するデバイスの仕様変更、イベント処理アルゴリズムの変更などが大変になり柔軟性に乏しい。従ってCPUとハードロジックを搭載した形でイベントプロセッサを実現する。

イベントプロセッサ評価ボードの写真を図4-3-2-3に示す。中央部の○で囲んだ部分がFPGAである。赤外線アクティブ型タグR/Wはメインボード上に搭載している。サブボードとしては、無線アクティブ型タグR/W、照度・温度センサー、Bluetoothを搭載している。Bluetoothは本体と別体のBluetooth内蔵センサーからの情報を接続する場合を想定している。

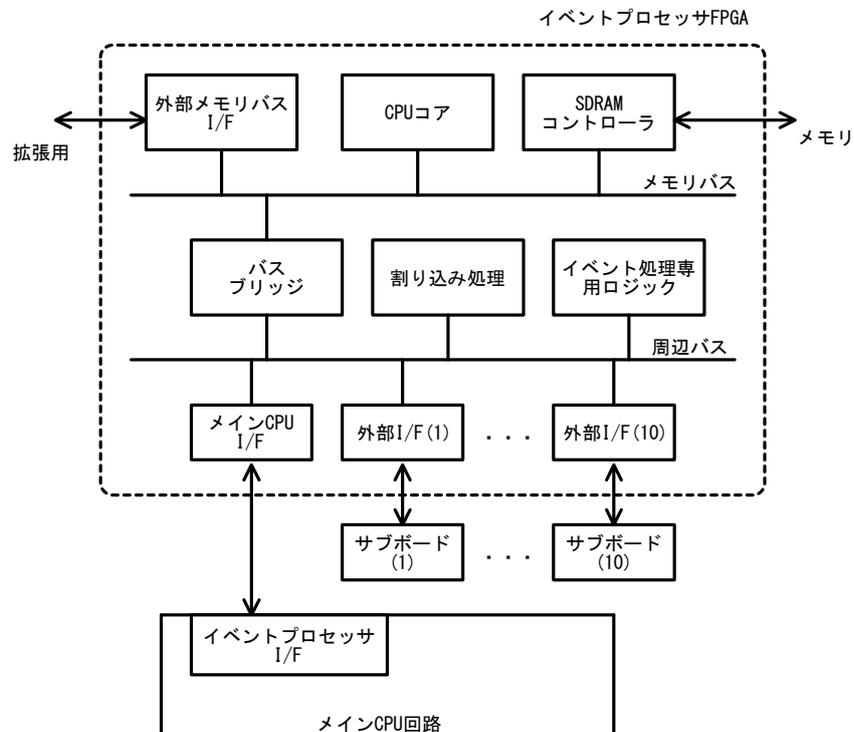


図 4-3-2-2 イベントプロセッサ FPGA 評価ボードブロック図

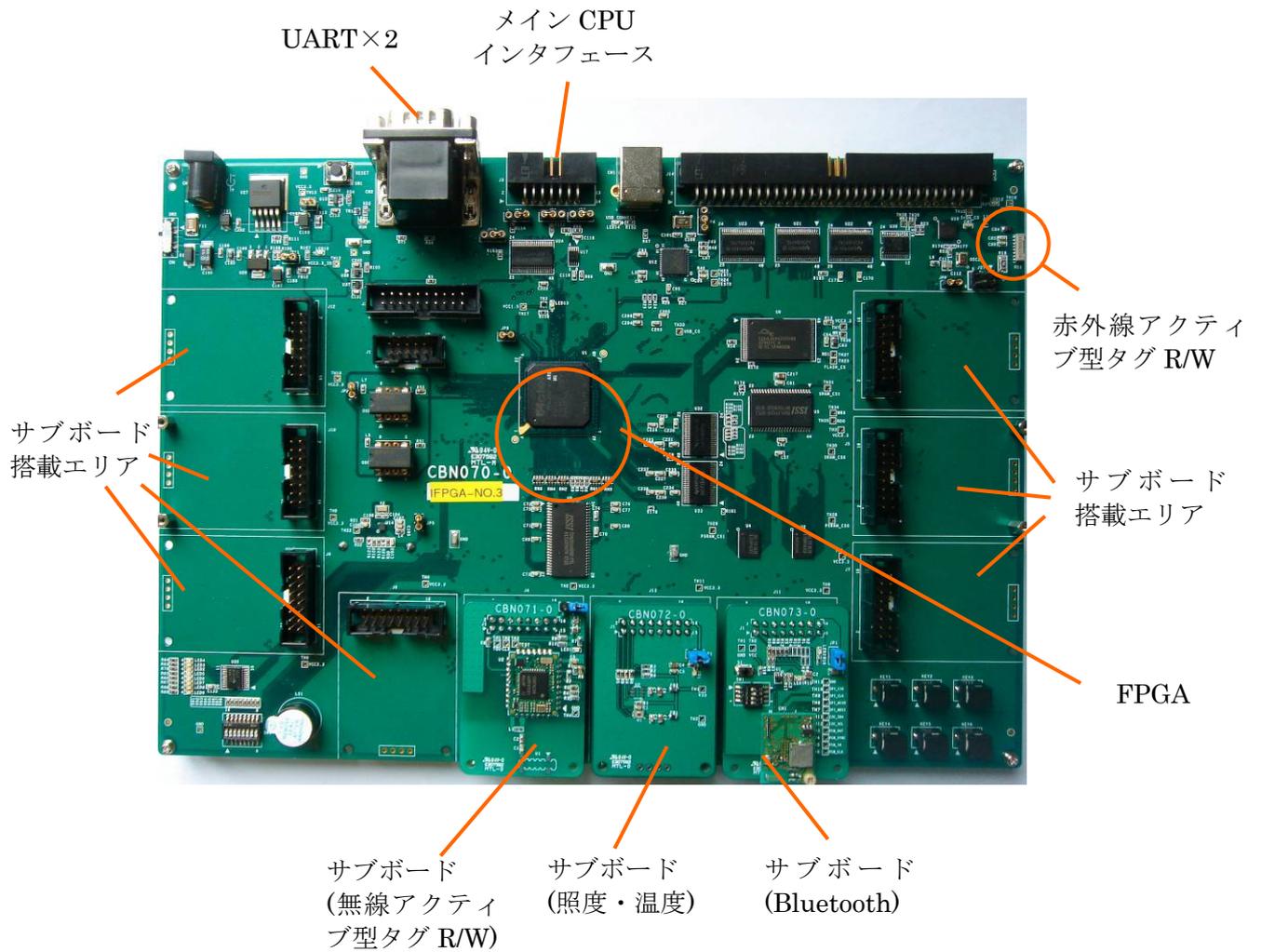


図 4-3-2-3 イベントプロセッサ FPGA 評価ボード

### 4-3-2-3 ハードウェアロジックによる効果

イベントプロセッサ FPGA に実装した処理を図 4-3-2-4 に示す。赤色の部分はハードウェアロジックにより処理する機能である。ソフトウェアによる差を評価するために、同様な機能を FPGA に内蔵した CPU によりソフトウェアでも動作できるようにしている。

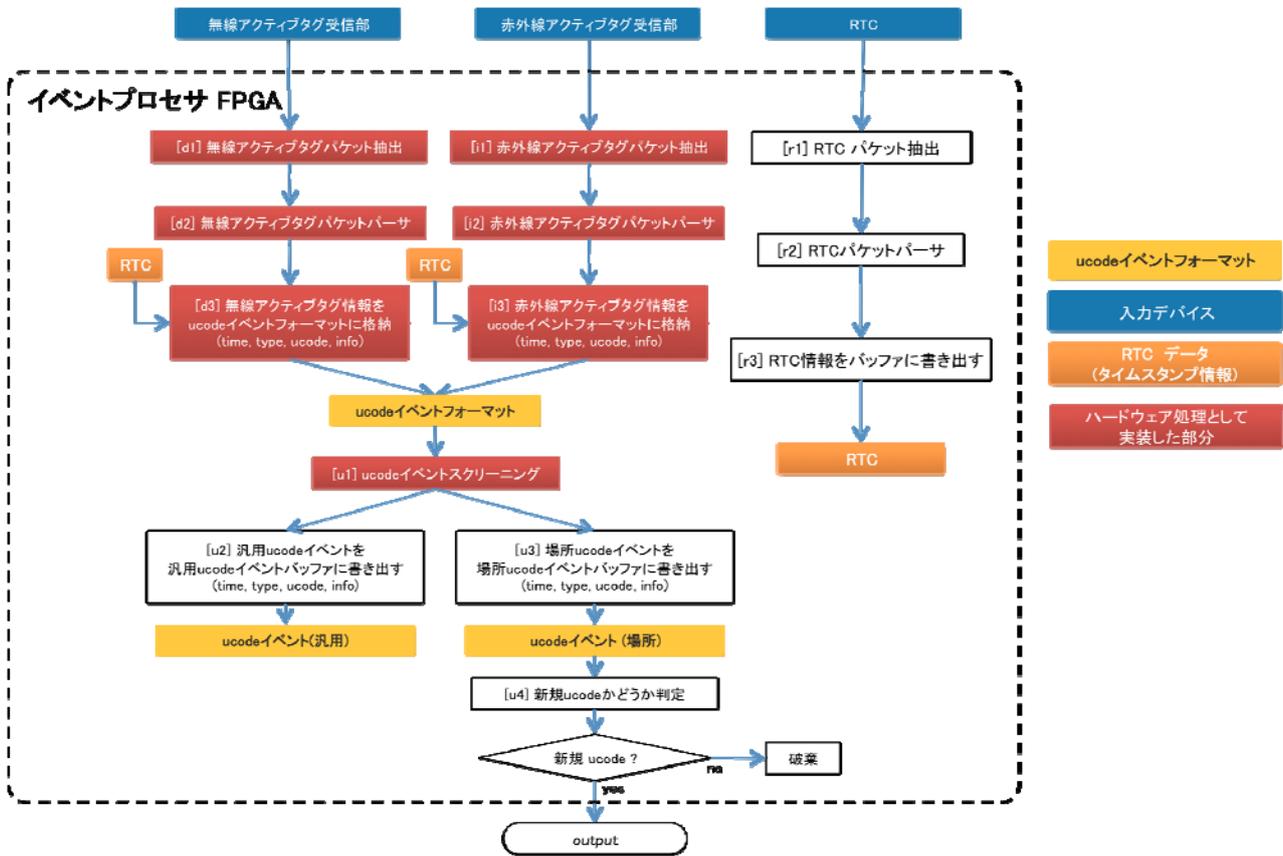


図 4-3-2-4 イベント処理と専用ハードウェア適用部分

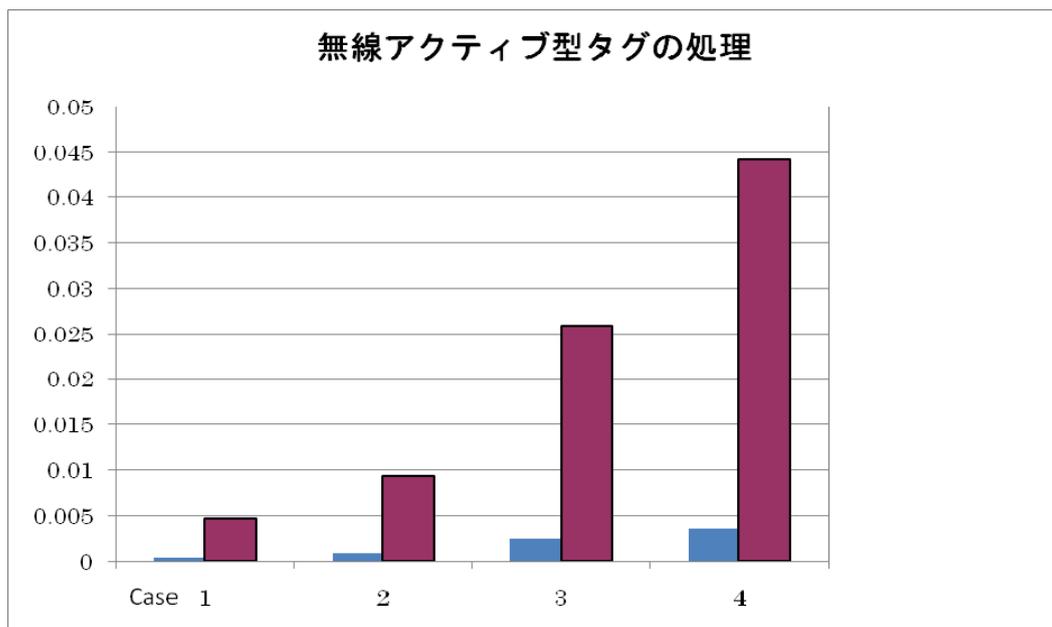


図 4-3-2-5 無線アクティブ型タグ処理における CPU 時間占有率の比較

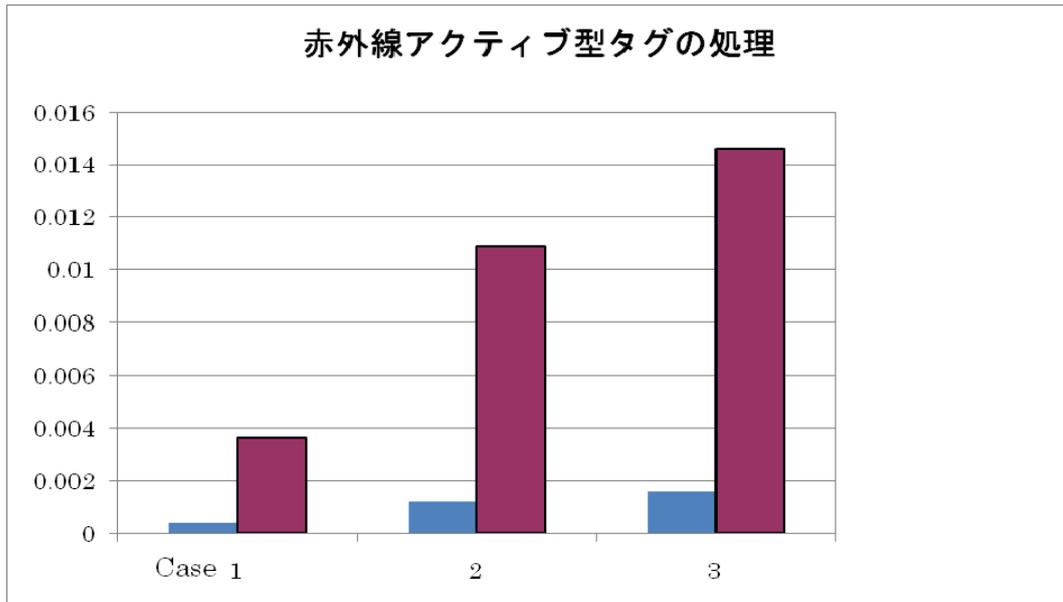


図 4-3-2-6 赤外線アクティブ型タグ処理における CPU 時間占有率の比較

本年度アルゴリズムやハードウェアロジックを改善した結果を示す。図 4-3-2-5 は無線アクティブ型タグの処理、図 4-3-2-6 は赤外線アクティブ型タグの処理結果である。紫がソフトウェアのみで動作させた場合、青がハードウェア処理を利用して動作させた場合である。図 4-3-2-5 の Case 1 は無線アクティブ型タグが 1 個の場合、Case 2~4 はそれぞれ、2 個、4 個、8 個の場合である。アクティブ型タグの発信間隔は 1 秒としているが、Case3 および Case4 のうちの 2 個は発信間隔を 0.5 秒としている。図 4-3-2-6 の Case 1 は赤外線アクティブ型タグの数が 1 個、Case 2 および Case 3 は 2 個である。赤外線アクティブ型タグの発信間隔は 1 秒であるが、Case 3 のうち 1 個は 0.5 秒としている。

無線アクティブ型タグ処理の場合、ハードウェア実装を行った方が受信するアクティブタグの数によらず、CPU 占有率は約 91%、赤外線アクティブ型タグ処理の場合は 90%短縮という大幅な短縮することができている。

#### 4-3-2-4 超小型端末搭載要のイベントプロセッサ

超小型端末に搭載できるようにイベントプロセッサを搭載したモジュールボードを図 4-3-2-7 に示す。本モジュールボードは、イベントプロセッサと、無線アクティブ型タグ R/W を搭載している。赤外線アクティブ型 RFID はコネクタ経由で 2CH 接続でき、処理ができるようになっている。図で左側がイベントプロセッサ FPGA である。



図 4-3-2-7 イベントプロセッサを搭載したモジュールボード

### 4-3-3 ハードウェアプラットフォーム

超小型汎用コミュニケーション端末(以下「超小型端末」と記す)は、ユビキタス・コンピューティング環境と利用者との間のコミュニケーションを行うための端末である。従って、以下のような機能を必要とする。

- (1)ユビキタス・コンピューティング環境における、「場所」や「モノ」につけられたパッシブ型タグあるいはアクティブ型タグとのコミュニケーションができること。
- (2)利用者の状況を把握するため、端末に様々なセンサーを搭載すること。
- (3)サーバーとの通信手段を備えること。

また、本研究開発における他のサブテーマのチップセットおよびマルチプロトコル R/W を搭載する。前者はユビキタス・コンピューティング環境から発せられる、アクティブ型タグやセンサーの処理を専用ハードウェアロジックを搭載し高速に、低消費電力で実行し、その分アプリケーションプロセッサの処理がアクティブな時間を軽減することにより超小型端末の省エネルギー化を高める。

#### 4-3-3-1 プロジェクト前半のハードウェアプラットフォーム

本開発研究の初期の段階では、ハードウェアプラットフォームは、アプリケーションプロセッサとディスプレイ、タッチパネルを搭載する本体部と、アクティブ型あるいはパッシブ型 R/W を搭載したアタッチメント部と分離した形で実現した。この構成でアタッチメント部内に汎用マイコンを搭載し、ファームウェアでチップセットの機能をシミュレーションし、評価を行った。

図 4-3-3-1 にハードウェアプラットフォーム Type A の写真を示す。

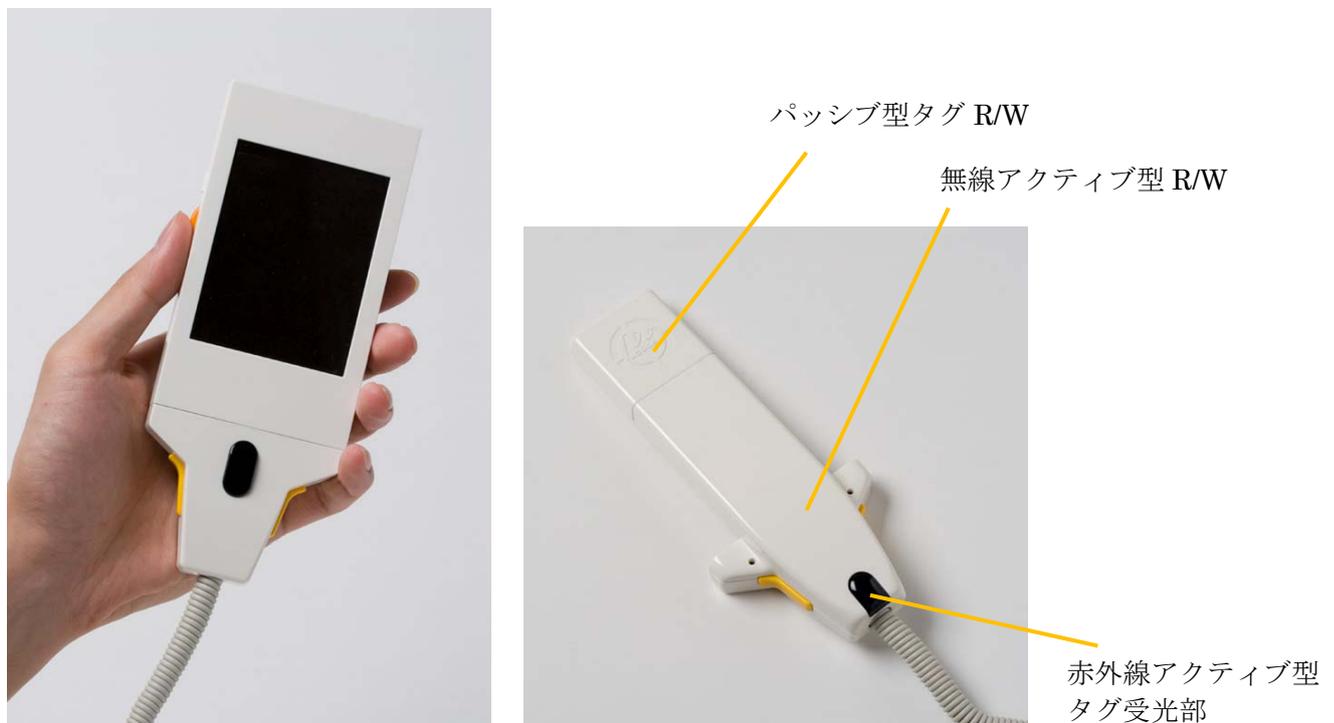


図 4-3-3-1 ハードウェアプラットフォーム (Type A)  
本体 (左)、アタッチメント (右)

ハードウェアプラットフォーム(Type A)本体部の仕様を表 4-3-3-1 に示す。

表 4-3-3-1 ハードウェアプラットフォーム(Type A /B)本体部仕様

CPU	SH-Mobile @216MHz
Flash メモリ	8MB
SDRAM	64MB
マスストレージ	MiniSD カード：内蔵 1 スロット
ディスプレイ	3.5” QVGA 有機 EL ※タッチパネル
アクセラレータ	MPEG4 デコード、JPEG エンコード/デコード
オーディオ入出力	ヘッドホン（ステレオ）、マイク（モノラル）、CODEC：MP3/AAC/G.711/G.726
無線 I/F	WiFi：802.11b、Bluetooth Ver. 2.0 SPP/HFP/A2DP
有線 I/F	USB2.0 Full/Low Speed（マスストレージクラス対応、充電対応）、シリアル
eTRON	SIM スロット：内蔵 1 スロット
モーションセンサー	3 軸地磁気/2 軸加速度
スイッチ類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作スイッチ：ジョグ+プッシュ×1、プッシュ×2</li> <li>・パワースイッチ：スライドスイッチ</li> </ul>
インディケータ	LED 1 個
外形寸法	69×119×15 mm
質量	145g
搭載バッテリー	リチウムイオンバッテリー 1100mAh

ハードウェアプラットフォーム(Type A)に装備されているパッシブ型タグ R/W を利用しない応用向けに小型化したアダプター部を持つハードウェアプラットフォーム(Type B)の写真を図 4-3-3-2 に示す。Type B のアダプタ内のイベント処理機能は、無線アクティブ型タグの受信後のフィルタリング処理を下記(a)から(b)に改良することによりメモリ利用率を低減し繰り返し複数から受信する無線アクティブ型タグからより最適なものを選定する性能を向上させた。

(a) 電波強度をタイムスロット内で平均し評価

(b) 電波強度を指数加重移動平均し評価

また、無線アクティブ型タグによる場所マーカの受信において、とりつけられた場所と目的の場所の距離がやや離れている場合の補正機能を実装し、より適切な位置を認識するように改善した。



図 4-3-3-2 ハードウェアプラットフォーム (Type B)  
 本体並びにアタッチメントを接続した状態 (左)  
 本体とアタッチメントを分解した状態 (右)

なお、ハードウェアプラットフォーム (Type B) の本体部仕様は Type A の本体部と同様表 4-3-3-1 に示す通りである。

#### 4-3-3-2 プロジェクト後半のハードウェアプラットフォーム

プロジェクト後半では、一般的な携帯電話、スマートフォン用のアプリケーションプロセッサの性能が急激に向上したため、本研究開発のハードウェアプラットフォームのアプリケーションプロセッサに最新のプロセッサを採用し、アダプタとして構築していた部分を一体型とした。ただし、イベントプロセッサおよびマルチプロトコル R/W 部は筐体内部でモジュール構造をとり、交換可能な方式とした。外観を図 4-3-3-3 に示す。



図 4-3-3-3 ハードウェアプラットフォーム  
 表 4-3-3-2 ハードウェアプラットフォーム仕様

CPU	S5PC110 (Cortex A8) @1GHz
Flash メモリ	OneNand 512MB (CPU パッケージ内搭載)
SDRAM	512MB (CPU パッケージ内搭載)
マストレージ	eMMC 4GB、マイクロ SD カード：内蔵 1 スロット
ディスプレイ	4” WVGA LCD 静電容量型タッチパネル
アクセラレータ	GPU: PowerVR SGX (CPU チップに搭載)
オーディオ入出力	ヘッドホン (ステレオ)、マイク (モノラル) 、スピーカ
無線 I/F	WiFi : 802.11b/g/n、Bluetooth Ver. 2.1 WCDMA モジュール搭載可能
有線 I/F	USB2.0 OTG
GPS	内蔵
カメラ	背面:500 万画素、前面:30 万画素
RFID	パッシブ型タグ R/W:マルチプロトコル R/W 搭載可 無線アクティブ型タグ R/W 搭載可 赤外線アクティブ型タグ R/W : 2ch
センサー	3 軸地磁気/3 軸加速度、3 軸ジャイロ 照度、近接、気圧、近接
スイッチ類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 操作スイッチ：ジョグ+プッシュ×1、プッシュ×5</li> <li>・ パワースイッチ：スライドスイッチ</li> </ul>
サブ CPU	サブ CPU: ARM Cortex M3 イベントプロセッサ FPGA (チップセット) 搭載可
外形寸法	158x75x17mm (突起部含まず)
質量	220g
搭載バッテリー	リチウムイオンバッテリー 1550mAh

ハードウェアプラットフォームの仕様を表 4-3-3-2 に、基板の写真を図 4-3-3-4 および図 4-3-3-5 に示す。

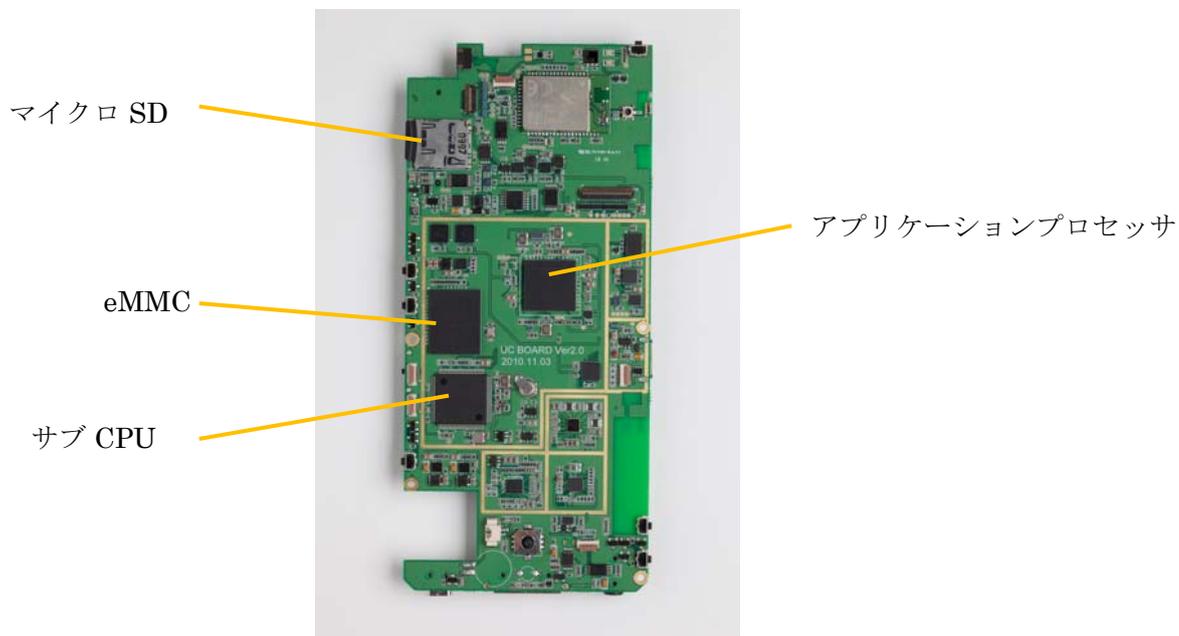


図 4-3-3-4 ハードウェアプラットフォーム基板(表面)

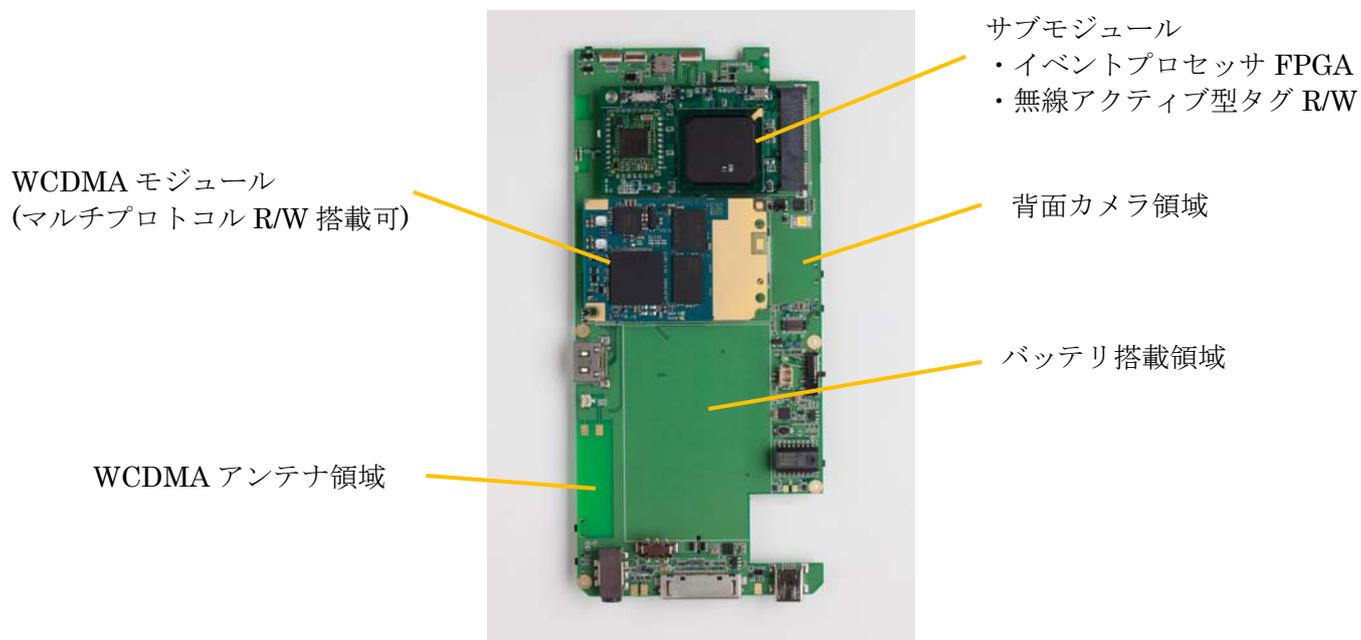


図 4-3-3-5 ハードウェアプラットフォーム基板(裏面)

#### 4-3-4 ソフトウェアプラットフォーム

##### 4-3-4-1 ソフトウェア全体構成

超小型汎用コミュニケーション端末で動作するソフトウェアの構成を図 4-3-4-1-1 に示す。

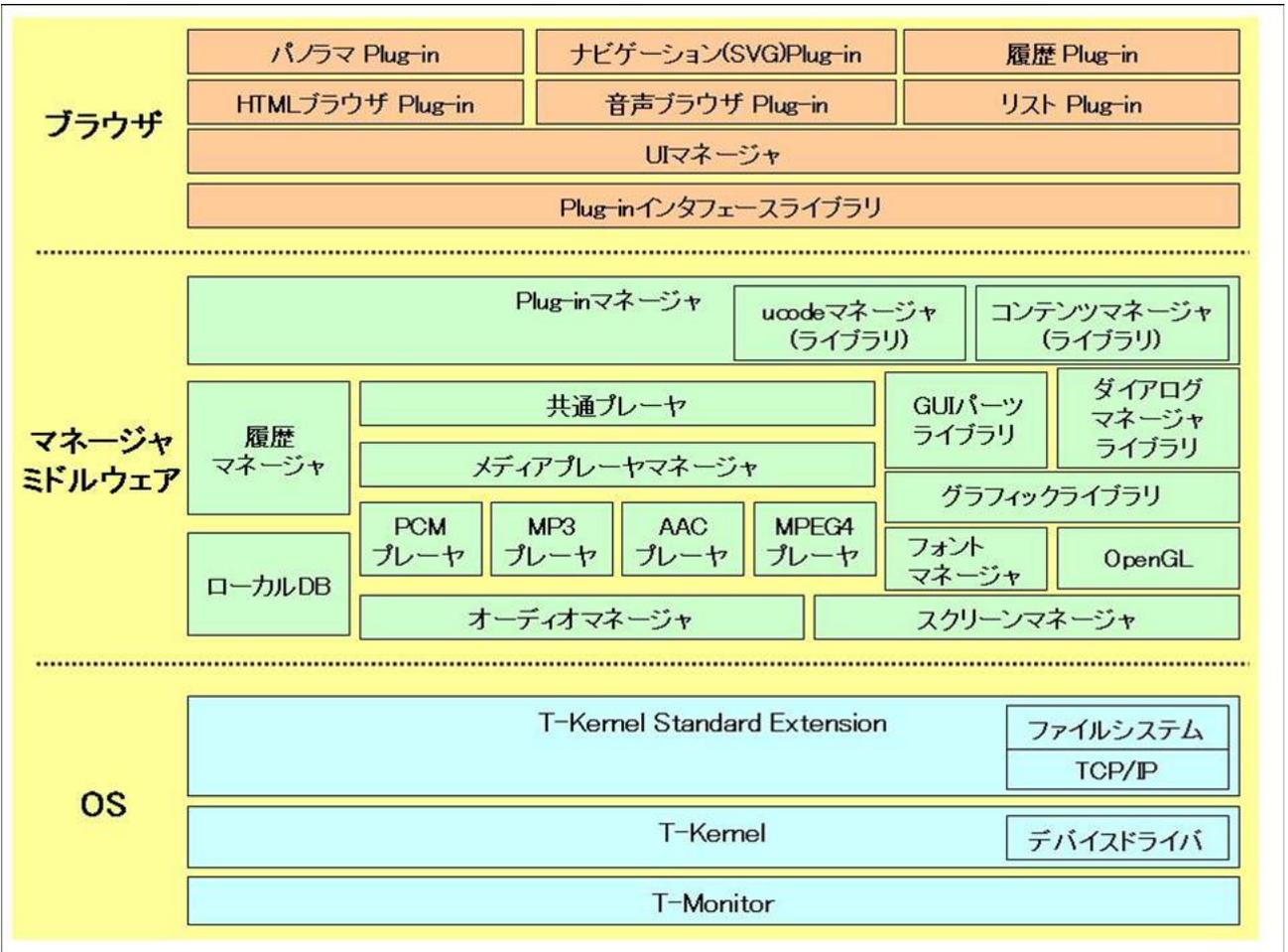


図 4-3-4-1-1: ソフトウェアの構成図

##### (1) OS レイヤ

OS の最も中心であるカーネルにはリアルタイム OS である T-Kernel を使用する。各デバイス (周辺ハードウェア) に対応したデバイスドライバは、この T-Kernel により管理される。

OS の上位層として T-Kernel/Standard Extension を用いる。メモリ管理やファイル管理はここで行う。メモリ管理は MMU を用いた多重論理空間モデルを採用する。ファイルシステムとして Standard Extension が持つ標準ファイル管理機能をサポートしており、超小型汎用コミュニケーション端末に接続された miniSD カード、USB メモリなどの媒体をディスクとして扱うことができる。

また、Standard Extension を拡張し、TCP/IP プロトコルスタックを実装している。本プロトコルスタックは、BSD ソケットインタフェース互換の API を提供している。

イベント管理の基本的な機能の提供も本レイヤで行なう。イベント管理機能を実現するイベントマネージャは Standard Extension の機能として実現される。デバイスからの非同期的な事象通知や、アクティブタグ、RFID から取得された固有番号 (ucode) も全てイベントとして一元的に管理される。

## (2) マネージャ・ミドルウェアレイヤ

超小型汎用コミュニケーション端末のアプリケーション・ソフトウェアであるサーバ・クライアント協調処理型ブラウザを動作させるための API セットを持ったマネージャ群をこのレイヤで実現する。

マネージャは大きく以下の三つに分かれる。

第一に、オーディオや動画データの再生を行なうマルチメディア系のマネージャ群である。このマネージャ群は、メディアプレーヤ・マネージャが全体を統括する。デバイス層とのインタフェースはオーディオマネージャが行なう。

第二に、グラフィック関係のマネージャ群である。アプリケーションへの API は描画ライブラリが受け持ち、その下位にフォントマネージャや OpenGL ライブラリが存在する。デバイス層とのインタフェースはスクリーンマネージャが行なう。また、スクリーンマネージャはマルチメディアプレーヤの動画系のプレーヤとも連携を行なう。

第三は、ucode 関係のマネージャ群である。ucode は無線マーカや赤外線マーカなどのアクティブタグや RFID などのパッシブタグから取得される。ucode に結び付けられたコンテンツデータの情報を得るのが ucode マネージャである。また、取得した ucode の時間的管理を行なうのが履歴マネージャである。今回のプラットフォームではコンテンツデータは主にローカルなディスク上に置かれるが、ネットワーク経由での取得も可能である。その際にデータのキャッシュ管理などをコンテンツマネージャがおこなう。

またそれぞれのマネージャはローカルのデータベースを用いて各種の管理を行なう。

## (3) ブラウザ (アプリケーション) レイヤ

超小型汎用コミュニケーション端末のアプリケーション・ソフトウェアであるサーバ・クライアント協調処理型ブラウザが本レイヤに相当する。アプリケーションの各機能はプラグインとして実装され、それをプラグイン・マネージャにより管理する。

GUI をベースとしたユーザインタフェースは、UI マネージャが担当する。

ブラウザは、各種デバイスにより受信した ucode を元に、対応するコンテンツを取得し、表示/再生を行う機能を持つ。また、キーやタッチパネルなどの UI イベントの発生を契機に、コンテンツのブラウジングや本体の制御を行う機能も持つ。

超小型汎用コミュニケーション端末が備える主な Plug-in としては、HTML 形式の Web ページを表示することができる HTML ブラウザ Plug-in、水平方向 360° の全周パノラマ画像を利用して擬似的な三次元画像を表示するパノラマ Plug-in、コンテンツファイルのデータ再生を行う音声ブラウザ Plug-in、システムが参照・再生・記録した各種情報を履歴として保存し、再度コンテンツを見ることができる履歴 Plug-in、ucode のリスト管理を行なうリスト Plug-in、現在地より任意の目的地までどのように歩いていくかを、地図と音声でルート案内するナビゲーション(SVG)Plug-in がある。ナビゲーション(SVG)Plug-in では、地図の拡大・縮小・回転表示や、図形要素への地理的な意味づけなどを行う SVG ブラウザの機能を取り込んで実装されている。

### 4-3-4-2 汎用コミュニケーション端末 GUI

Location Based System の携帯端末である汎用コミュニケーション端末では、以下の 3 つの基本アプリケーションを必要に応じて切り替えて使用する。

1. 周辺情報 (Location Browser)

現在位置に紐付けられた各種のコンテンツを表示する。

2. 地図・ナビ (Location Viewer)

現在位置を示す地図の表示、目的地へのナビゲーションを行う。

### 3. 音声ガイド (Location Cast)

現在位置に関連した音声と画像によるガイドを流す。

これらの3つの基本アプリケーションを切り替える方法に関して、2バージョン開発を行った。開発したGUI(Ver.2)では、GUI(Ver.1)に比較して、操作性の改善を行った。

#### 4-3-4-2-1 GUI(Ver.1)

汎用コミュニケーション端末のGUI(Ver.1)における画面遷移を図4-3-4-2-1に示す。



図4-3-4-2-1 従来(Ver.1)の汎用コミュニケーション端末のGUI

ホームボタン(物理ボタン)を押すことにより、どの画面からも、[ホーム]画面に切り替わり、ホーム画面上の[音声ガイド]、[周辺情報]、[地図・ナビ]のアイコンをタッチすることにより、表示する基本アプリケーションを切り替える。[ホーム]画面には、[周辺検索][設定][ヘルプ]といった補助的なアプリケーションへ切り替えるためのアイコンも用意されている。つまり、すべてのアプリケーションの切り替えは、[ホーム]画面を経由するというシンプルで統一された設計思想がもとになっている。

#### 4-3-4-2-2 GUI (Ver. 2)

汎用コミュニケーション端末の GUI (Ver. 2)における画面遷移を図 4-3-4-2-2 に示す。



図 4-3-4-2-2 最新(Ver. 2)の汎用コミュニケーション端末の GUI

GUI (Ver. 1)の[ホーム]画面を経由してアプリケーション切り替えを行う GUI はシンプルで統一的であるが、実際問題として、基本の3つのアプリケーションの切り替えはかなり頻繁に行われるため、常に[ホーム]画面を経由することは煩わしく、時間もかかることになる。

そのため、GUI (Ver. 2)の GUI では、すべての画面の下部に、3つの基本アプリケーションである[地図・ナビ]、[音声ガイド]、[周辺情報]のボタンを配置し、どの画面を表示していても、下部のボタンをタッチすることによりアプリケーションを切り替えられるようにした。この切り替えボタンは、現在表示しているアプリケーションを示すインジケータを兼ねている。

アプリケーションの切り替えのためにホーム画面を経由する必要がなくなったため、迅速な切り替えが可能となると同時に、ホーム画面上からアプリケーション切り替えのアイコンが不要になり、[周辺検索][設定]などの共通的な補助アプリケーション以外にも、案件に依存した各種の機能をホーム画面に配置することができるようになる。

また、Ver. 2 の GUI では、[地図・ナビ]アプリケーション内の画面構成を図 4-3-4-2-3 に示すように改善した。[地図]と[パノラマ写真]を併用して、タブで簡単に切り替えられるようにすることにより、現在位置の把握と目的地へのナビゲーションがよりの確で分かりやすくなった。



図 4-3-4-2-3 Ver. 2 の汎用コミュニケーション端末の地図・ナビの GUI

#### 4-3-4-3 位置推定手法

汎用コミュニケーション端末は、場所情報サービスで利用されることが多いため、位置推定手法は重要である。本研究開発において、複数の位置推定手法を組み合わせることで利用状況に合わせて位置を取得する手法を確立した。以降では、それぞれに関して概要を述べる。

##### 4-3-4-3-1 アクティブタグによる位置推定

本研究で開発している汎用コミュニケーション端末では、ユビキタスマーカから送信される ID を受信することで利用者に対して様々な情報提供を行う。端末で提示する情報は最寄りのユビキタスマーカに関連付けられた情報を提示する必要がある。そのため、最も近いユビキタスマーカを検出することが重要である。ユビキタスマーカは電波を利用しているが、電波を利用した距離推定はいくつかの手法が今まで提案されている。代表的な方式は 2 種類あり、ひとつは、電波を受信したときに得られる信号強度 (Received Signal Strength Indicator: RSSI) を用いる方式、もう一つは 3 以上の基地局に対して送信された電波の到達時間の差から距離を割り出す方式である。後者の方式は、基地局の設置時に厳密な測量を必要とすることや、基地局間でそれぞれ電波の到達情報をやり取りする必要があるなど設置コストが高いため、今回の手法としては前者の方式を採用している。RSSI を用いる方式は、受信端末側で信号強度をみて計算するだけであるため、設置コストは後者の方式に比べて低い利点がある。RSSI 値と距離の理論的な関係は次式で表すことができる。

$$RSSI[\text{dBm}] = -(10n \log_{10} d + A)$$

$$RSSI[\text{mW}] = d^{-n} 10^{-A/10}, d \geq 0$$

$n$  は信号の伝播定数、 $d$  は相対距離[m]、 $A$  は相対距離が 1 m 時の RSSI 値である。この

システムの場合、相対距離はユビキタスマーカと端末間距離である。図 4-3-4-3-1-1 は A を 0 とおき、伝播定数がそれぞれ 2, 3, 4 のときの距離による RSSI 値の変化を示したグラフである。

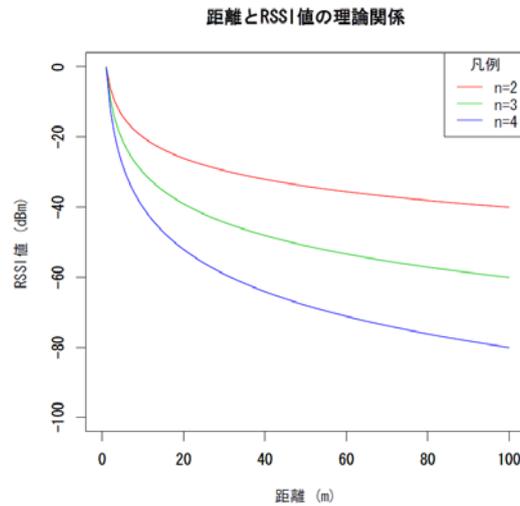


図 4-3-4-3-1-1 距離と RSSI の理論的な関係

図 4-3-4-3-1-1 から距離が遠くなると RSSI は単調に減少しているのがわかる。特に 20m 以内であれば、値の差が顕著になるため距離推定を行いやすい。これを利用して、マーカと端末間の距離を推定することが可能である。しかし、電波の受信強度は環境に左右されやすく、RSSI 値は揺らぎが大きいいため誤差もその分大きくなる問題点がある。

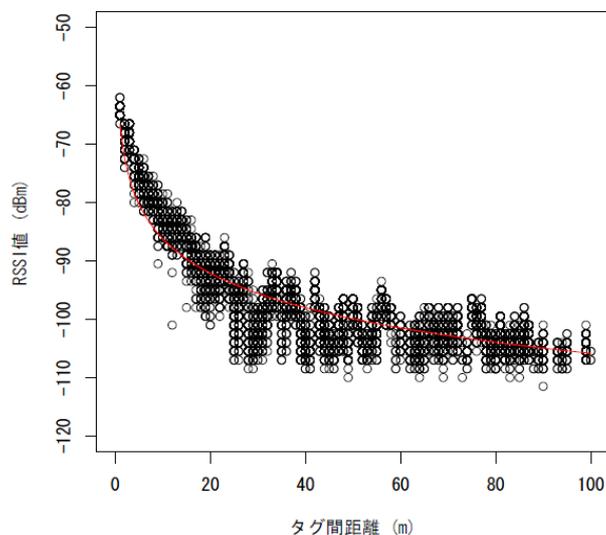


図 4-3-4-3-1-2：実環境における距離と RSSI との関係

図 4-3-4-3-1-2 は実環境における RSSI と距離との関係である。ノイズがほとんどない屋外の環境において実験を行い計測した結果である。タグと地面との距離を 1m とし、一方のタグが送信したパケットを他方のタグがそれを受信する。送信タグはパケットの送信を 200 回行う。送信タグを 1 m ずつ受信タグから離し、タグ間距離が 1 m から 100 m まで合計 100 地点で 200 回のパケット送信を行う。この結果をもとに回帰分析を行った結果、伝播定数として  $n=1.965$  を得た。

本研究では上述の RSSI 値の揺らぎの問題を克服するため、端末で処理できる程度の軽量な手法を提案する。誤差を少なくするためには RSSI の値を複数回サンプリングするこ

とによって可能である。19年度まで実装していた手法においてもRSSを複数回取り平均値を求めることにより誤差を軽減させてきた。しかし、平均値をとった場合においても遠くに設置されているマーカの電波を受信する場合があります。最寄りのマーカの受信を高い精度で検出できていなかった。本システムへの要求を考慮すると、サンプリングによって求める推定量は次の条件を満たすことが望ましい。

- 計算が単純である
- メモリの使用量が少ない
- 少ないサンプルから正しく見積もることができる

このため、カルマンフィルターや逐次モンテカルロ法などの大量のサンプルが必要な推定手法は利用できない。そこで、WooらがアクティブRFIDタグ間の無線リンクの信頼性を見積もるために用いた推定量を利用する。彼らは[1, 2]で計算資源が限られているシステムにおいて有効な推定量を評価し、単純な推定量を用いて正しくタグ間の無線リンクの質を見積もることができることを示した。本研究ではWooらが提案した移動平均の指数加重移動平均(Window mean with exponentially weighted moving average: WMEWMA)を含め、4つのサンプリングアルゴリズムを実装し評価を行った。4つのサンプリングアルゴリズムを以下に示す。

**Consecutive** : 連続して観測されたRSSI値がすべて近接判断閾値よりも高ければ接近とみなす。本研究で用いる4つのサンプリングアルゴリズムの中で、複数のRSSI値から推定量を求めない唯一の手法である。

**WM** : 直近に得られた複数のRSSI値から移動平均(Window mean: WM)を求め、移動平均を近接判断閾値と比較する。

**EWMA** : 直近に得られた複数のRSSI値から指数加重移動平均(Exponentially weighted moving average: EWMA)を求め、EWMAを近接判断閾値と比較する。

**WMEWMA** : 直近に得られた複数のRSSI値から移動平均を求め、移動平均の指数加重移動平均(WMEWMA)を求める手法である。WMEWMAが近接判断閾値と比較される。

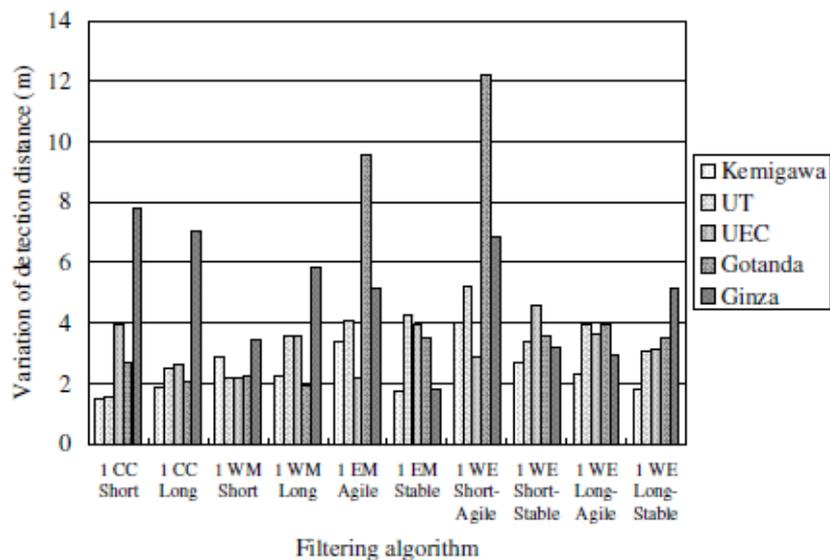


図 4-3-4-3-1-3 それぞれのフィルタリングアルゴリズムの評価

評価を行うために、5か所のそれぞれ特徴の異なるフィールドで実験を実施した。Kemigawaは東大検見川グラウンドであり、周りに建物がない電波的に安定している場所、UTは東大構内のバス通り、UECは東京電機大学の構内、Gotandaは五反田駅周辺の国道1号線沿いの歩道、Ginzaは松屋銀座まえの歩道で実験を実施した。図4-3-4-3-1-3はフィルタリングアルゴリズムの評価結果である。横軸にフィルタリングアルゴリズム、縦軸に

検出距離の誤差を示している。CCはConsecutive、WMはWindow Mean、EMはEWMA、WEはWMEWMAの略である。また、設定するパラメタとして、Short, Long, Agile, Stableがあり、それぞれShortはウィンドウサイズを3、Longはウィンドウサイズを6、Agileは指数加重平均をとるときの係数の値を0.6、Stableは係数の値を0.3として実行した。図よりWMのShortやEMのStableの設定の場合に有効であることがわかった。この知見を用いて、汎用コミュニケーション端末上にユビキタスマーカ用のフィルタリングアルゴリズムとしてEWMAを採用した。

- [1] Woo and D.E. Culler. Evaluation of Efficient Link Reliability Estimators for Low-power Wireless Networks. Computer Science Division, University of California, 2003.
- [2] Woo, T. Tong, and D. Culler. Taming the underlying challenges of reliable multihop routing in sensor networks. Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems, pp. 14-27, 2003.

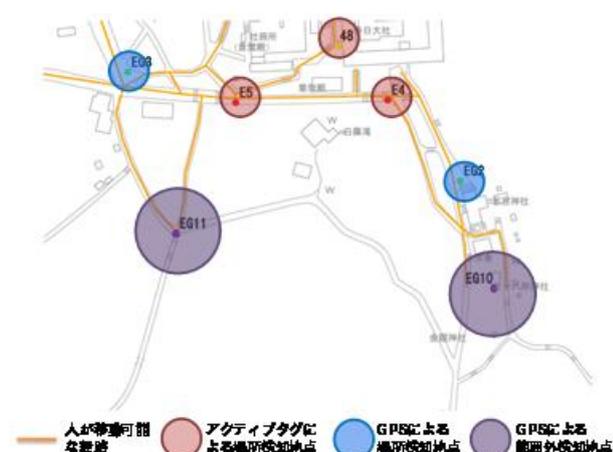
#### 4-3-4-3-2 GPSによる位置推定

開発している汎用コミュニケーション端末では屋外、屋内によらず精度の高い位置認識を実現するためにアクティブタグによる場所認識手法を採用しているが、GPSレシーバを用いた測位を併用することによってより広範囲なユーザ位置の認識が実現できる。

#### ポリゴン形状による場所定義と場所認識手法

GPSを用いた場所認識は、初期のバージョンでは場所の定義は、円形状を用いていた(図4-3-4-3-1の左図)。ここで言う場所とはユビキタス場所情報サービスを提供する対象となる一定の空間領域のことを指す。この場所形状の定義を円形状で行うことは実装上容易である反面、細かな場所の形状を考慮した定義ができないといった問題点があった。

そこで、この場所定義の形状としてポリゴン形状を用いるよう変更し、組み込み機器上でも軽快に動作するポリゴン領域判定アルゴリズムを実装することで、ポリゴン型場所定義に基づいた実時間での場所認識を実現した。ポリゴンとは、図4-3-4-3-1の右図に示す青い図形のように、多角形の形状のことを指す。図4-3-4-3-1の右図は、奈良県奈良市の町中におけるサービスエリア内にて、場所情報サービスを提供したい領域についてポリゴン形状で場所定義を行った例である。



円形状による場所定義 (昨年度成果)

図中の円形状が場所として定義された領域を示す。当然、範囲を広げる場合には全方向に拡大してしまう。(地図出典；基盤地図情報 25000WMS 配信サービス)



ポリゴンによる場所定義 (本年度成果)

青色のポリゴン形状が場所として定義された領域を示す。任意の形状で定義することが可能である。

図 4-3-4-3-1：ポリゴン形状による場所の定義

### Point In Polygon の認識

円による場所定義を行った場合には、ユーザの現在地と所望の場所との包含関係を識別するには、図 4-3-4-3-2 に示すように、定義された場所の中心点と現在位置との距離が半径よりも小さいか否かに基づいて判定することが可能であった。しかし、場所の定義をポリゴン形状とすることによって、場所への包含は単純に二点間の距離によって算出されるものではなくなった。

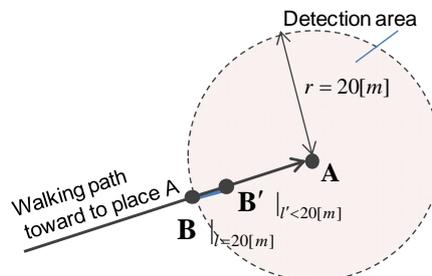


図 4-3-4-3-2 : 円による場所定義における場所認識手順の概念図

この際に必要となるポリゴン領域に対するある地点の包含判定は、一般に PIP(Point In Polygon)問題と呼ばれ、古くからいくつかのアルゴリズムが提案され、昨今では、この処理の計算コストについても十分に議論されるようになった。ここでは、現在一般に最も計算コストが少ないと言われる Ray-casting アルゴリズムを選択し、実装を行った。

Ray-casting アルゴリズムは、あるひとつの地点が、対象とするポリゴンに含まれるかどうかを、ある地点から伸ばした直線が何回ポリゴンの辺に交差するかといった回数を参照することでポリゴンへの包含判定を行うアルゴリズムである (図 4-3-4-3-3)。本アルゴリズムを用いる場合、包含認識対象とするポリゴンは凹形状であっても良い。

以上のアルゴリズムを組み込み端末上にて実装することで、図 4-3-4-3-4 に示すように、GPS 測位によって得られたユーザの現在値が所望のポリゴン形状の場所に含まれるかどうかの認識を実現した。図中青色の多角形が場所として定義したポリゴン形状であり、赤色のラインが GPS モジュールによる歩行者の測位結果の軌跡を示し、ピンク色のピン形状は歩行者の現在地を示している。右図は、歩行者の現在位置が包含されているポリゴン領域を赤色で示している例である。

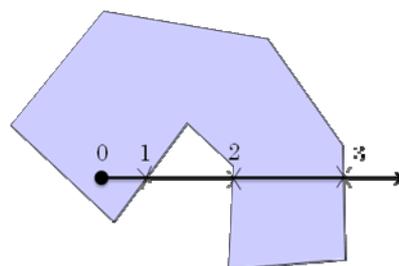


図 4-3-4-3-3 : Ray-casting アルゴリズムの crossing test 概念図



図 4-3-4-3-4 : Point In Polygon 判定による場所への到達の認識  
 複数個存在しているポリゴンの中で、  
 赤くなっているものは現在位置が含まれているポリゴンを示す。  
 地図は、表示用に google map の地図を引用した。

### ポリゴン形状を用いる利点

ポリゴン形状を用いた場所定義と認識は、形状を自由に決定できることから、利点が大  
 きいが、以下に本年度の実証実験を通じて明らかになった利点について順に述べる。

図 4-3-4-3-5 の (a) に示すケースは、奈良東大寺の参道を示した例であるが、この参道の  
 道幅は広く、ここを通行する人に対して、ある地点を通過したことを識別する場合には、  
 道の幅方向に長い長形状にしたいといった場合が多い。このような場合に、ポリゴン形  
 状による場所定義を用いればこうした道を通行する人に対してバリケードのような形状を  
 適用し、道の幅方向のどの位置を通行していても、道の長手方向について安定した位置で  
 場所認識を実現することが可能となる。

図 4-3-4-3-5 の (b) に示すケースでは、広場のような形状の場所を定義した例であり、図  
 4-3-4-3-5 の (c) に示す例は商店街のような長細い形状の場所を定義した例であるが、ポリ  
 ギン形状の利点を生かした場所形状の定義の例であると言える。

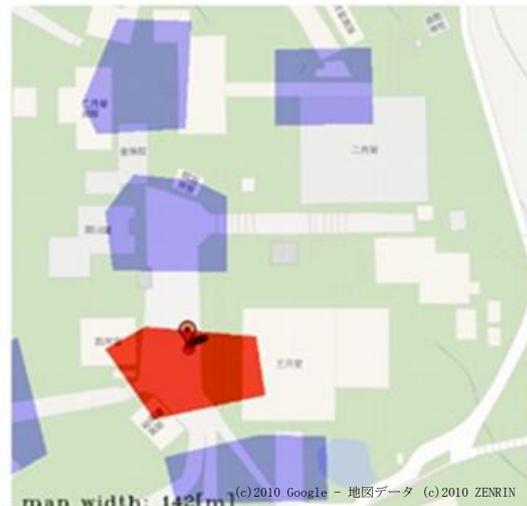
また、図 4-3-4-3-5 の (d) に示す例は、交差点の北と南とを分別するために特化した場所  
 定義の例である。この地点では、交差点に歩行者が北側から侵入したことと、東・西・南  
 から侵入したことを判別したいといった要望のあった地点であるが、単純に北または東・  
 西・南に対応した 2 つのポリゴン領域を定義した場合には次のような問題が生じた。この  
 地点の電波環境は特に周囲に大きな建築物も無く良好な地点で、道路幅は約 10m であるが、  
 道幅の両端を見分けるためには、使用した GPS モジュールの測位精度と特性を考慮した結  
 果、道幅の北と南とを安定して判別することが困難であると判断された。つまり、単純に  
 交差点の北と南地点にポリゴン領域を二つ設定した場合には、片一方の交差点で立ち止ま  
 っている間に GPS の精度が低下した場合に、GPS の測位結果座標が道の反対側の他方のポ  
 リゴン領域に包含されてしまうことがあり、まだ交差点を渡っていないにもかかわらず  
 交差点を渡り終わったかのようなメッセージが提示されるといった問題が生じる可能性が  
 あった。

そこで、北側のポリゴン領域については、交差点から 5m ほど入り込んだ場所にバリケード  
 状の場所ポリゴンを定義した。また、東・西・南側のポリゴン領域についても同様に交  
 差点から待避した形状とした。こうすることによって交差点に近づいた事と交差点を渡り

きた事を識別しながら、これら二地点の干渉を避けることができた。  
 以上のように、ポリゴンによる場所定義を導入することにより、人の通行特性や識別させたい形状に応じて任意のポリゴン形状を用いることが可能となった。



(a) 人の通行方向特性に基づいたバリケード形状



(b) 様々な形状の広場を覆うような場所定義



(c) 細長い商店街の形状に沿って場所を定義



(d) 交差点を渡る前と後を識別するための形状

図 4-3-4-3-5：ポリゴン形状による場所定義の利点を生かした応用例

### GPS 測位精度補償フィルタ

昨今の一般的な GPS の精度は 5~10m とうたわれているが、それは屋外において天頂に向かつて電波を遮る建造物の無い場合に限った値である。しかしながら、本研究が対象とするサービスでは、GPS レシーバを持ったまま電波環境の悪いエリアや屋内に移動する場合は考えられ、そうした際に、GPS による測位結果は一般的に 30m~100m の大幅な精度低下を示すことがある。

そこで、GPS の一般的な NMEA フォーマットに含まれる電波強度や衛星数、衛星の角度に関する情報を用い、GPS の測位結果がどの程度信頼できるかといった指標を算出し、この信頼性指標を用いることにより、GPS レシーバを持ちながら屋内に移動した際の測位精度低下を回避するフィルタを設計した。

フィルタには、瞬時値を参照し測位信頼度を算出するものと、信頼度が低下する秒数に基づいたものを設計した。瞬時値を参照するフィルタでは、主に GPS 衛星の電波強度を

参照し、電波強度が一定値以上の衛星の数をカウントすることで、測位結果の信頼度を算出した。また、電波強度の平均値が一定値以下の場合には、屋内であると判断することも可能で、その値が著しく低下した際には、測位結果を信頼しないといった方策のフィルタを設計した。

表 4-3-4-3-1：瞬時値を用いた GPS 測位結果の補償フィルタ

判定項目	内容	目的
(a)nSAT_SNRValid による測位の信頼性判定	GPS の NEMA メッセージに含まれる電波強度値 SNR がある一定値(15[dB])以上の衛星数を (nSAT_SNRValid) をカウントする。 nSAT_SNRValid が次の条件に該当する場合、測位結果を信頼しない。 $nSAT\_SNRValid \leq 4$	電波強度が有効と思われる衛星の数に基づくフィルタリングを行い、測位精度低下を防止する。
(b)SNR_mean による測位の信頼性判定	衛星の電波強度値 SNR が 0 ではない電波強度値の平均値 (SNR_mean) を計算する。 SNR_mean が次の条件に該当する場合測位結果を信頼しない。SNR_mean $\leq 17$ [dB]	そもそも SNR が低い場合は、屋内などであり、精度が低下するので、電波強度の平均値によって屋内か屋外かといったおおまかな判定を行う。
(c)HDOP / PDOP による条件	以下の条件の場合 測位結果を信頼しない。 $HDOP \geq 200$ or $PDOP \geq 200$ or $VDOP \geq 200$	SNR 等が高くても、HDOP が高ければ、精度が低下するためこのような場合の精度低下を防止する。

また、時間変化に関連するフィルタについては、GPS の衛星が補足できない状態が一定時間以上継続し、その後衛星状況が回復した際には、測位結果が不安定になるといったケースが見られ、このような測位精度低下を補償するために、一定時間測位結果を信頼しないといった方針のフィルタを設計した。

表 4-3-4-3-2：時間的特性を考慮した GPS 測位結果の補償フィルタ

判定項目	内容	目的
(d) システム 起動直後のエラー防止	GPS の測位を開始した直後、90[s]間のデータは信頼しない。	GPS 測位開始完了後、90[s]程度は不安定になるため、このような測位精度低下を防止する。
(e)GPS 電波 復帰後の待ち時間	以上すべての処理により、測位が信頼できない状態が 30[s]以上続いた場合は、測位の信頼性が回復後 20[s]間測位結果を信頼しない。	GPS 受信 status が復帰した直後の数十秒は不安定になるため、このような測位精度低下を防止する。
(f)大きな HDOP / PDOP による条件	以下の条件が 2 つ連続して発生した場合、 $HDOP \geq 600$ or $PDOP \geq 600$ or $VDOP \geq 600$ 発生後 5[s]後まで測位を信用しない。 (信頼開始時刻を 5s 延長する)	HDOP が大きな値をとった場合、その後 5 秒以下の測位揺らぎが見られるため、このような測位精度低下を防止する。

以上のフィルタ機能の処理の流れを図 4-3-4-3-6 に示す。図中の(a)～(f)は表 4-3-4-3-1 および表 4-3-4-3-2 の番号に対応する。

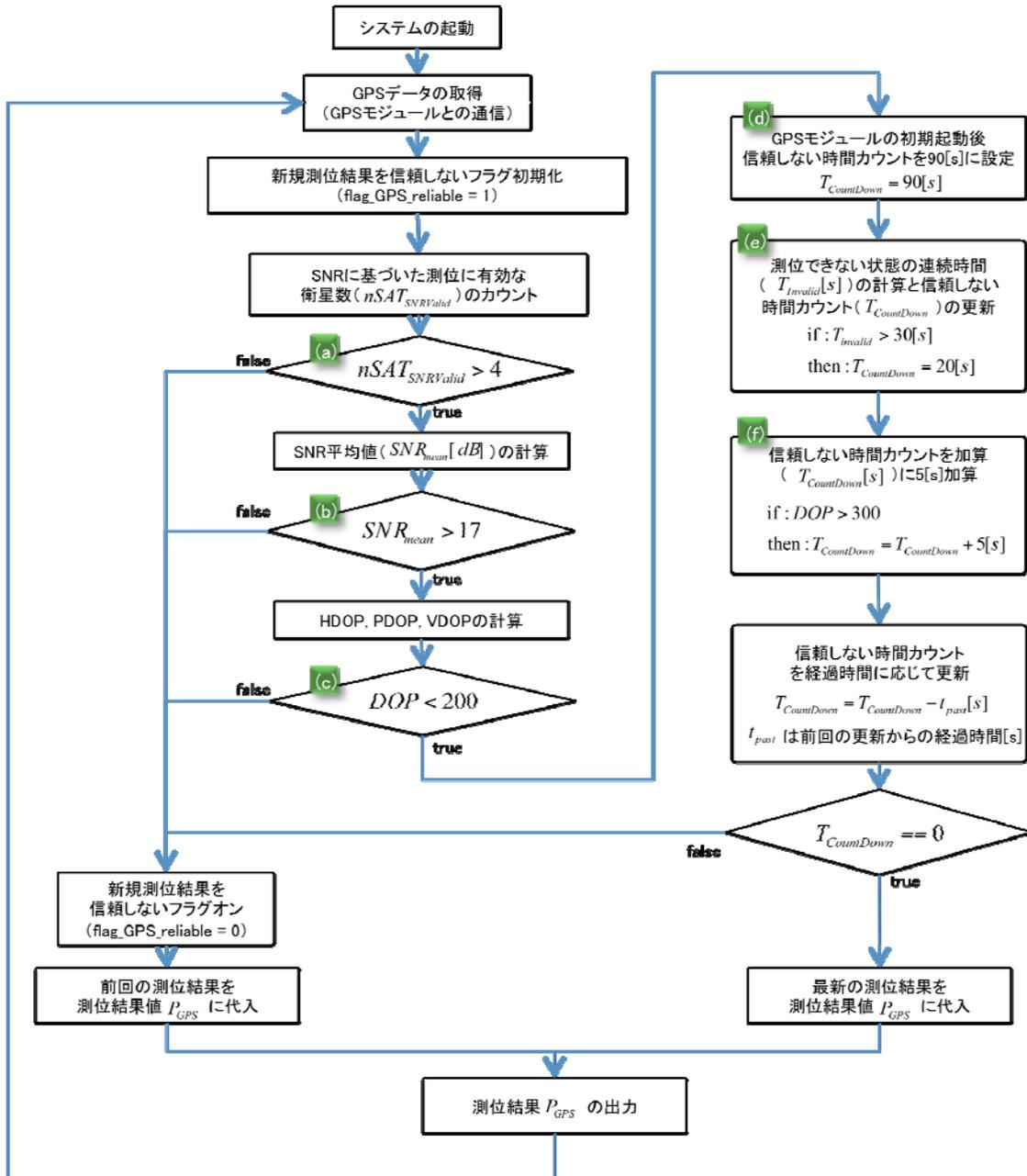


図 4-3-4-3-6 : GPS 測位精度補償フィルタの処理動作流れ図

以上のフィルタを用いることによって、精度の低下を補償することができた例を以下に示す。図 4-3-4-3-7～9 において地図上にプロットした黄緑色のラインは、歩行者が GPS レシーバを持って実際に移動した動線を示す。また、赤色および青色のラインは、GPS の測位結果に基づいた歩行者の位置推定結果をプロットしたものであり、左図(a)の青色のラインは GPS レシーバによる測位結果の生値であり、右図(b)の赤色のラインは GPS レシーバによる測位結果に上記にて提案した測位精度補償フィルタを適用し信頼性が低下している時間帯の測位値を排除した結果を示す。

結果から、森林の内部や、アーケード街、屋内など電波環境の悪化により測位精度が低

下する場合において、フィルタを適用することで30~100[m]等の大幅な測位結果の乱れを排除し測位精度低下を低減することができていることが分かる。

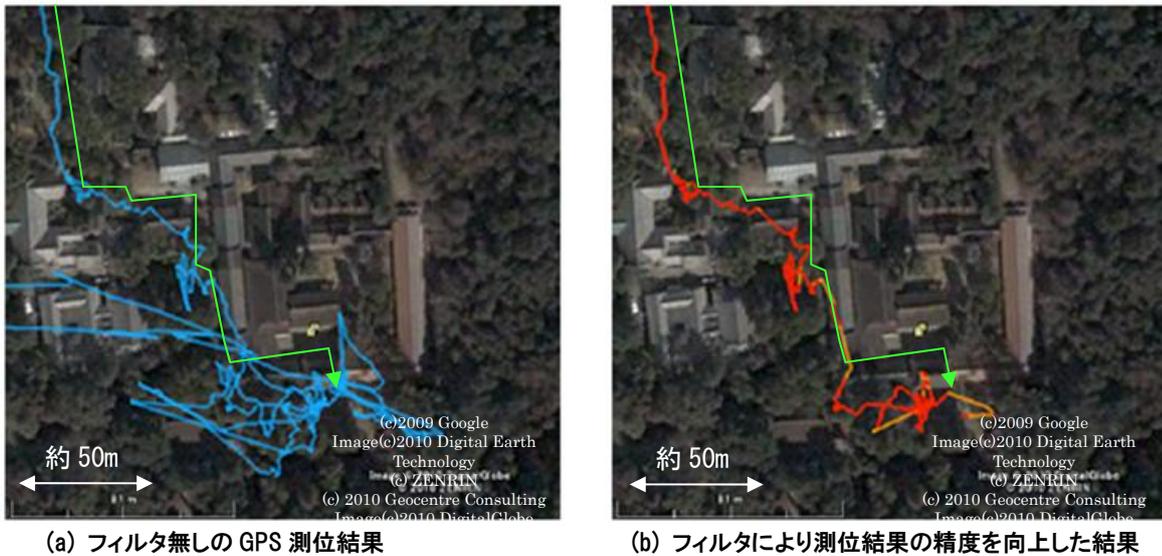


図 4-3-4-3-7：森林による電波環境の悪化によって GPS 測位精度が低下した例と測位結果をフィルタによって改善した結果  
(黄緑色矢印は実際の通行ルート)



図 4-3-4-3-8：商店街エリアにおける電波環境の悪化によって GPS 測位精度が低下した例と測位結果をフィルタによって改善した結果  
(黄緑色矢印は実際の通行ルート)

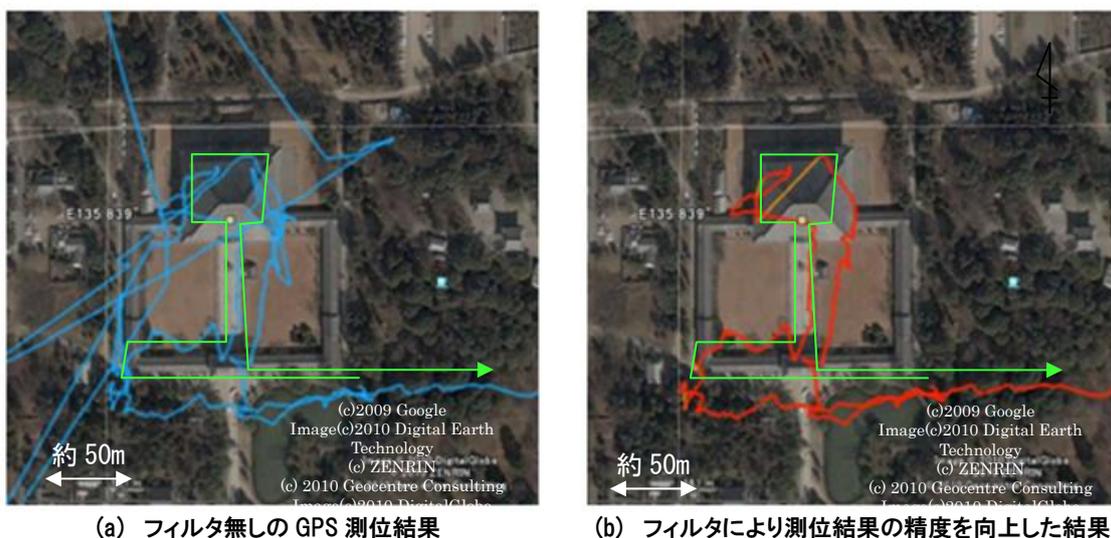


図 4-3-4-3-9: 東大寺大仏殿に侵入した際の GPS 測位結果の精度低下の例とフィルタによる改善結果  
(黄緑色矢印は実際の通行ルート)

#### 4-3-5 まとめ

超小型汎用コミュニケーション端末は、ユビキタス・コンピューティング環境と利用者間のコミュニケーションを行うための端末である。そこで、以下のような機能を搭載することを目標に開発を行った。

1. ユビキタス・コンピューティング環境における、「場所」や「モノ」につけられたパッシブ型タグあるいはアクティブ型タグとのコミュニケーションができること。
2. 利用者の状況を把握するため、端末に様々なセンサーを搭載すること。
3. サーバーとの通信手段を備えること。

また、本研究開発における他のサブテーマのチップセットおよびマルチプロトコル R/W を搭載可能とした。前者はユビキタス・コンピューティング環境から発せられる、アクティブ型タグやセンサーの処理を行う専用ハードウェアロジックを搭載し高速に、低消費電力で実行し、その分アプリケーションプロセッサの処理がアクティブな時間を軽減することにより超小型端末の省エネルギー化を高める構成とした。

ハードウェアプラットフォームにおいては、2回のハードウェア開発を実施した。その中で最終プラットフォームとしては、一般的な携帯電話、スマートフォン用のアプリケーションプロセッサの性能が急激に向上したため、本研究開発のハードウェアプラットフォームのアプリケーションプロセッサに最新のプロセッサを採用し、アダプタとして構築していた部分を一体型とした。ただし、イベントプロセッサおよびマルチプロトコル R/W 部は筐体内部でモジュール構造をとり、交換可能な方式とした。

また、イベントプロセッサのチップセット化を実施した。当初の予定通り、LSI IP を開発した。また、チップセットをあるいは LSI IP を内包した ASIC を搭載したユーザ端末を実現した。また、ユビキタスイベントとして、アクティブ RFID および赤外線マーカをサポートするプロセッサの開発を行った。無線アクティブ型タグ処理場合、ハードウェア実装を行った方が受信するアクティブタグの数によらず、CPU 占有率は約 91%、赤外線アクティブ型タグの処理は 90%短縮という大幅な短縮することが確認された。

ソフトウェアプラットフォームに関しては、当初の予定にあった端末をトータルで動作させるための API セットを持ったマネージャ群を実現した。ソフトウェアアーキテクチャとしては、(1) OS レイヤ、(2) マネージャ・ミドルウェアレイヤ、(3) ブラウザ (ア

アプリケーション) レイヤの3階層において設計した。OS の最も中心であるカーネルにはリアルタイム OS である T-Kernel を使用した。イベント管理の基本的な機能の提供も本レイヤで行なう。イベント管理機能を実現するイベントマネージャは Standard Extension の機能として実現される。デバイスからの非同期な事象通知や、アクティブタグ、RFID から取得された固有番号 (ucode) も全てイベントとして一元的に管理される。このレイヤにおいて、アクティブタグのフィルタリングアルゴリズムを実現した。軽量、単純な処理で実現可能なフィルタリングアルゴリズムを4種類検討し、それぞれを実際の空間で施行することにより有効な処理方式を確認した。さらには位置認識の手法として GPS を併用させることを実現した。GPS のポリゴンによる位置指定により、従来の単純な同心円による指定と比較して、細かな場所指定が可能となった。GPS のフィルタに関しては、結果から、森林の内部や、アーケード街、屋内など電波環境の悪化により測位精度が低下する場合において、フィルタを適用することで30~100[m]等の大幅な測位結果の乱れを排除し測位精度低下を低減することができた。

また、超小型汎用コミュニケーション端末のアプリケーション・ソフトウェアであるサーバ・クライアント協調処理型ブラウザを動作させるための API セットを持ったマネージャ群をマネージャ・ミドルウェアレイヤで実現した。さらに、超小型汎用コミュニケーション端末のアプリケーション・ソフトウェアであるサーバ・クライアント協調処理型ブラウザをブラウザレイヤに実現した。アプリケーションの各機能はプラグインとして実装され、それをプラグイン・マネージャにより管理する構成とした。

GUI をベースとしたユーザインタフェースは、UI マネージャが担当する構成とした。GUI に関しては、従来方式のようにホーム画面をすべて経由する方式の場合、単純ではあるが、画面遷移の手間がかかるため、比較的ユーザ側に負荷が高い設計となっていた。この設計を見直し、頻繁に利用するアプリケーションに関しては画面下部にタブを設置し、そのタブを選択することでアプリケーション間の遷移を行えるように改良した。このことによりホーム画面へ一度遷移しなくてもよくなることから、実行時のストレスを軽減させることが可能となった。

これらのソフトウェアプラットフォームを開発したハードウェアプラットフォームで実現し、当初目標としていた機能をすべて含む、汎用コミュニケーション端末の開発に成功した。

## 4-4 総括

### 4-4-1 超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置の実現

パッシブ型のマルチプロトコル R/W に関しては、当初掲げていた目標のすべてを達成することができた。パラメタをソフトウェアで切り替えることによって、パッシブ型 RFID に関して以下のプロトコルに対応する。具体的には、ISO/IEC 15693 (13.56MHz)、 $\mu$ チップ (日立社製) (2.45GHz)、ISO/IEC 18000-4 (2.45GHz)、eTRON/16 (13.56MHz)、ISO/IEC 18000-6B (900MHz)、ISO/IEC 18000-6C (900MHz) の 6 種類を当初目標にしていたが、これに加え ISO/IEC14443 TypeA も含め 7 種類のパッシブ RFID に対応したマルチプロトコル R/W の開発に成功した。

また、小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現し、モジュール全体のサイズは、アンテナを含め 50mm×50mm で実現することも成功した。さらに改良を行い、アンテナとリーダ間の距離を 5mm にすることも成功した。消費電力は、通信時で 350mA@3.3 V 以下を目標としていたが、実測は平均で 218mW と目標を達成している。さらに上記のプロトコルについて、ソフトウェアで自動調整を行う機能として、パラメタの変更をソフトウェアで可能とする構成とし、必要となる状況に応じて任意にソフトウェアを選択することが可能な機構を搭載した。これにより、特定の RFID タグのパラメタを任意に設定することが可能である。

さらに、端末本体と接続する方法として、機器内部に組み込むための有線接続を持った機器と、PAN を用いた無線接続をもった機器を実現することも目標にあげていたが、有線接続に関してはシリアル通信にて接続するモジュールと PAN を用いた無線接続に関しては、Bluetooth を用いて接続を行うモジュールの開発を行った。Bluetooth は多くの携帯機器に内蔵されているため、汎用コミュニケーション端末のみならず、それらと連動するシステムの構築も可能となった。

また、アクティブ型に関しても、当初目標にあげていた複数のプロトコルに対応した、耐環境仕様のタグを開発ならびに、視覚的に電波状況が読み取れるモニター、数値補正用のパラメタ算出の機能の開発を行った。また、PDA 型の小型機器に組み込み、アクティブ型 RFID タグとの通信が可能であることを確認した。また、設置容易性を実現するためのアクティブ型 RFID タグの電波状況などが読み取れるモニター機能に関しても実現した。

ユビキタス・コンピューティング環境の適用される応用を想定し、429MHz 帯特定小電力無線による無線式アクティブ型タグおよび R/W と光学式(赤外線式)アクティブ型タグ及び R/W の開発を行った。このうち無線式においてはチューニング機構・発電機構内蔵・小型化を主たるテーマとして実現を行った。

アクティブ型タグにチューニング機構を設け、現在通信している基地局と通信状態が悪くなった場合に、電波強度の高い基地局に接続し直す機能を開発した。タグが移動して、通信品質が悪くなると、通信チャネルをスキャンして、最も通信品質のよい基地局に接続する。実証実験は、70m×50m の物流倉庫で、金網の物品棚とベルトコンベアが敷設され、天井は一般オフィス程度の高さという環境で行った。基地局は天井に 5 台設置し、タグは 800 個用いた。倉庫に点在するタグを扱うステーション 32 箇所の上 10cm~2m の範囲で正常に動作し、ステーション間をタグが移動しても、基地局の切り替えが自動的に行われ、チューニング機構が動作していることが検証された。また、発電機構に関しては、半球状の太陽電池を採用した。東京都並びに石川県に設置し、のべ 3 年分稼働試験を実施した。その結果、いずれも良好な結果を示し、本開発で行った発電機構の有効性を実証した。そして、小型化に関しては、アンテナを分離し、直接基板上に実装できるよう小型化を行った。サイズは 14×9×1.4mm となった。すなわち、当初のモジュールの容積比 1/30 が実現された。また、アンテナを 2 つ配置し、良好な方を採用するダイバーシティ機能を開発した。本方式は偏波ダイバーシティと時間ダイバーシティを組み合わせた構成となっている。

異なる偏波面の電波を受信できるように2つのアンテナを直交させて配置する。本方式による試作機を使い、屋外、屋内で受信テストを行い、9箇所のうち、7箇所の距離推定がより良好な値になった。

赤外線型のアクティブタグの開発も実施した。本研究開発では、タグ側は880nmの赤外線を利用し、115.2kbpsの通信速度で場所のID(ucode)を送信する。超小型端末側はこの信号を復調する。発信側は高さ5m以下の天井に取り付けて有効な強度とした。歩く速度が1秒間に約1mとして、2~3回信号を受信できるように秒3回の発信を標準とした。光学式のアクティブ型タグは銀座の地下通路、東京ミッドタウン屋内各所に設置して動作を確認した。

#### 4-4-2 サーバー・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発

このサブテーマは、超小型汎用コミュニケーション端末においてヒューマンフレンドリーなユーザインタフェースをコンパクトかつ高性能で実現するために、サーバ・クライアント間で負荷分散が実行環境に応じて動的にできるブラウザ(以下、本ブラウザと称する)の研究開発である。研究開発当初の最終目標は次の通りであった。(1)バイトコード言語によって、描画プリミティブAPIを操作できるプラグインインタフェースを備える。(2)一次元、二次元データを閲覧するためのブラウザプラグインモジュールを備える。(3)サーバ側で、上記のプラグインと同等な機能を実行することが可能であり、ブラウザ処理をサーバ側でもクライアント側でも実行できる手段を提供する。結論を述べると、これらの目標をすべて達成し、さらに拡張を行った。ブラウザプラグインモジュールは、1次元、2次元、3次元の3種類開発を行い、当初の1次元、2次元の2種類のブラウザをさらに進化させることに成功した。

1次元ブラウザでは、HTMLブラウザ、音声ブラウザの2種類を実現した。2次元ブラウザでは、SVGブラウザを実現した。3次元ブラウザではパノラマブラウザを実現した。それぞれのブラウザをプラグインとして実現し、システムのポータビリティを高めるとともに、携帯型の端末でも動作するような軽量な処理で実現可能な方式を検討した。さらには、負荷分散型のシステムの構築が可能のようにサーバ・クライアント間での連動を可能とするため、既存のJavaScriptから端末内の変数などにアクセスを可能とする機能拡張を行った。これにより、サーバ側にあるスクリプトの中で直接汎用コミュニケーション端末内部のAPIを操作することを可能とした。また、ブラウザ処理をサーバ側のスクリプト並びにクライアント側のアプリケーションで同等に実行可能な構成となった。これにより、サーバとクライアントで連動した動作を可能とした。

#### 4-4-3 小型化・省電力化のためのS/W・H/Wアーキテクチャの研究開発

超小型汎用コミュニケーション端末は、ユビキタス・コンピューティング環境と利用者間のコミュニケーションを行うための端末である。そこで、以下のような機能を搭載することを目標に開発を行った。

4. ユビキタス・コンピューティング環境における、「場所」や「モノ」につけられたパッシブ型タグあるいはアクティブ型タグとのコミュニケーションができること。
5. 利用者の状況を把握するため、端末に様々なセンサーを搭載すること。
6. サーバとの通信手段を備えること。

また、本研究開発における他のサブテーマのチップセットおよびマルチプロトコルR/Wを搭載可能とした。前者はユビキタス・コンピューティング環境から発せられる、アクティブ型タグやセンサーの処理を行う専用ハードウェアロジックを搭載し高速に、低消費電力で実行し、その分アプリケーションプロセッサの処理がアクティブな時間を軽減することにより超小型端末の省エネルギー化を高める構成とした。

ハードウェアプラットフォームにおいては、2回のハードウェア開発を実施した。1

回目の開発においては、アプリケーションプロセッサとディスプレイ、タッチパネルを搭載する本体部と、アクティブ型あるいはパッシブ型 R/W を搭載したアタッチメント部と分離した形で実現した。この構成でアタッチメント部内に汎用マイコンを搭載し、ファームウェアでチップセットの機能をシミュレーションし、評価を行った。

そして、最終プラットフォームとしては、一般的な携帯電話、スマートフォン用のアプリケーションプロセッサの性能が急激に向上したため、本研究開発のハードウェアプラットフォームのアプリケーションプロセッサに最新のプロセッサを採用し、アダプタとして構築していた部分を一体型とした。ただし、イベントプロセッサおよびマルチプロトコル R/W 部は筐体内部でモジュール構造をとり、交換可能な方式とした。

また、イベントプロセッサのチップセット化を実施した。当初の予定通り、LSI IP を開発した。また、チップセットをあるいは LSI IP を内包した ASIC を搭載したユーザ端末を実現した。また、ユビキタスイベントとして、アクティブ RFID および赤外線マーカをサポートするプロセッサの開発を行った。無線アクティブ型タグ処理場合、ハードウェア実装を行った方が受信するアクティブタグの数によらず、CPU 占有率は約 91%、赤外線アクティブ型タグの処理は 90%短縮という大幅な短縮することが確認された。

ソフトウェアプラットフォームに関しては、当初の予定にあった端末をトータルで動作させるための API セットを持ったマネージャ群を実現した。ソフトウェアアーキテクチャとしては、(1) OS レイヤ、(2) マネージャ・ミドルウェアレイヤ、(3) ブラウザ (アプリケーション) レイヤの 3 階層にわけて設計した。OS の最も中心であるカーネルにはリアルタイム OS である T-Kernel を使用した。イベント管理の基本的な機能の提供も本レイヤで行なう。イベント管理機能を実現するイベントマネージャは Standard Extension の機能として実現される。デバイスからの非同期な事象通知や、アクティブタグ、RFID から取得された固有番号 (ucode) も全てイベントとして一元的に管理される。このレイヤにおいて、アクティブタグのフィルタリングアルゴリズムを実現した。軽量、単純な処理で実現可能なフィルタリングアルゴリズムを 4 種類検討し、それぞれを実際の空間で施行することにより有効な処理方式を確認した。さらには位置認識の手法として GPS を併用させることを実現した。GPS のポリゴンによる位置指定により、従来の単純な同心円による指定と比較して、細かな場所指定が可能となった。GPS のフィルタに関しては、結果から、森林の内部や、アーケード街、屋内など電波環境の悪化により測位精度が低下する場合において、フィルタを適用することで 30~100[m]等の大幅な測位結果の乱れを排除し測位精度低下を低減することができた。

また、超小型汎用コミュニケーション端末のアプリケーション・ソフトウェアであるサーバ・クライアント協調処理型ブラウザを動作させるための API セットを持ったマネージャ群をマネージャ・ミドルウェアレイヤで実現した。さらに、超小型汎用コミュニケーション端末のアプリケーション・ソフトウェアであるサーバ・クライアント協調処理型ブラウザをブラウザレイヤに実現した。アプリケーションの各機能はプラグインとして実装され、それをプラグイン・マネージャにより管理する構成とした。

GUI をベースとしたユーザインタフェースは、UI マネージャが担当する構成とした。GUI に関しては、従来方式のようにホーム画面をすべて経由する方式の場合、単純ではあるのだが、画面遷移の手間がかかるため、比較的ユーザ側に負荷が高い設計となっていた。この設計を見直し、頻繁に利用するアプリケーションに関しては画面下部にタブを設置し、そのタブを選択することでアプリケーション間の遷移を行えるように改良した。このことによりホーム画面へ一度遷移しなくてもよくなることから、実行時のストレスを軽減させることが可能となった。

これらのソフトウェアプラットフォームを開発したハードウェアプラットフォームで実現し、当初目標としていた機能をすべて含む、汎用コミュニケーション端末の開発に成功した。

#### 4-4-4 実応用への展開

開発している汎用コミュニケーション端末を実際のシステムとして利用することも行っている。浜離宮恩賜庭園において、ユビキタス庭園ガイドシステムを開発しているが、その中で応用している技術として、アクティブタグを用いた場所認識による場所に基づいた情報提供、庭園内の3次元ブラウザを用いたコース案内や周辺のビル案内などを実現している。平成22年1月より導入を開始し、導入した機器が50台にもかかわらず、日平均100台以上の貸し出しを行うなど好評を博している。平成22年1月から平成23年2月までの累計で44113名に貸し出しを行っている。また、上野動物園においても貸し出しを行っており、平成18年から平成23年2月までの累計で76749名に貸し出しを行っている。この事例にとどまらず、多くの場所での導入を図り、開発した技術の普及を促進していく予定である。

また、欧州における標準化活動も積極的に行っている。CASAGRAS (Coordination and Support Action for Global RFID-related Activities and Standardization) はEUが支援する大型プロジェクトであるが、日本からは唯一、YRPユビキタス・ネットワークング研究所がフルパートナーとして、ユビキタスID技術の提示を行い、途中段階の白書、最終報告書の執筆、作成に参加した。欧州では、ネットワークとRFIDを使って、実世界と仮想世界を融合する取り組みのことを、“The Internet of Things (IoT)”と呼んでおり、このThe Internet of Thingsの実現に必要な技術を探り、実現していく過程で必要な標準に関してEU全体に提示していくのが目的である。このプロジェクトの最終報告書に我々の活動が記載された。報告書の中で、ユビキタスID技術の紹介に加え、未来のIoTの姿として我々が開発してきた汎用コミュニケーション端末を用いたアプリケーションの紹介がなされている。最終報告書の中に我々の技術が取り上げられたことは、IoTの一つの目標が我々の技術であるということの意味しており、欧州における今後のIoTの技術開発において我々の技術が採用されていくための下地を作ることができたといえる。

また、マルチプロトコルR/Wに関しては、NFC (Near Field Communication) に対応した携帯電話が製品化されることに伴い、NFCの需要が急速に高まっている。さらには、日本における電波法の改正が予定されており、UHF帯のRFIDタグの周波数が現行の950MHzから米国等で用いられている920MHzへ移行される見通しである。このため、UHF帯のRFIDタグリーダの買い替え需要が見込まれる。我々の開発したR/W LSIは周波数変更にも柔軟に対応可能であるため、電波法改正においても対応可能である。NFCならびにUHFに対応した我々のR/Wはこれらの需要にマッチするものであり、今後のプロモーションを行い、普及を促進していく予定である。

## 5 参考資料

### 5-1 研究発表・講演等一覧

#### (1) 論文

- [1] 小林真輔、諸隈立志、坂村健、"様々な通信規格に対応 可能なマルチプロトコル RFID リーダライタの提案",情報処理学会論文誌、Vol.48, No.9, pp.2946-2955, 2007年9月 (査読付)

#### (2) 外国発表予稿等

- [1] Shinsuke Kobayashi, Ken Sakamura, and Tatsushi Morokuma, "A Dynamic Retargettable Multi-Protocol RFID Reader/Writer," IEEE International Symposium on Ubiquitous Computing and Intelligence 2007, vol. 2, pp. 340-346, May 2007. (査読付)
- [2] Masahiro Bessho, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura, "A Pedestrian Navigation System Using Multiple Space-Identifying Devices Based On A Unique Identifier Framework", in Proceedings of the International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICML) 2007, Aug. 18-22, Hong Kong, China, 2007, pp. 2100-2105. (査読付)
- [3] Masahiro Bessho, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura, "A Space-Identifying Ubiquitous Infrastructure and its Application for Tour-Guiding Services.", in Proceedings of the 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing 2008 pp.1616-1621, Mar. 2008 (査読付)
- [4] Masahiro Bessho, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura: "Assisting Mobility of the Disabled using Space-Identifying Ubiquitous Infrastructure", ACM ASSETS 2008, pp.283-284, 2008.
- [5] Tetsuo Kamina, Noboru Koshizuka, and Ken Sakamura: "Embedding Legacy Keyword Search into Queries for the Ubiquitous ID Database", in Proc. the 2nd International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2008), Sept., 2008
- [6] Masahiro Bessho, Shinsuke Kobayashi, Noboru Koshizuka, Ken Sakamura: "uNavi: Implementation and Deployment of a Place-based Pedestrian Navigation System", in Proc. First IEEE International Workshop on Software Engineering for Context Aware Systems and Applications (SECASA 2008), pp. 1254-1259, July-August, 2008.

#### (3) 収録論文

- [1] Ken SAKAMURA: "Intelligent House in the Age of Ubiquitous Computing - The House for Sustainability", Proceedings of International Future Design Conference on Changing Places of Digi-log Future, 2006(会議録掲載論文).
- [2] 坂村健、ユビキタスコンピューティング, 3D映像 三次元映像のフォーラム, 通巻79号, Vol.20 No.4, 2006.(会議録掲載論文).
- [3] 久保寺 祐一、鵜坂 智則、小林 真輔、越塚 登、坂村 健、"パノラマ写真による歩行者ナビゲーションサポートシステムの提案と実装"、電子情報通信学会技術研究報告、IN、Vol.107, No.314(20071108) pp. 19-24、2007年11月 (論文賞受賞)

#### (4) 学術解説等

- [1] 越塚登、"各分野の第一人者が緻密に予測する、技術の未来図 20XX年のユビキタスロボット Web" (Tech 総研) , 2006年11月 .

[http://rikunabi-next.yahoo.co.jp/tech/docs/ct\\_s03600.jsp?p=000951](http://rikunabi-next.yahoo.co.jp/tech/docs/ct_s03600.jsp?p=000951)"

- [2] 越塚登：「ユビキタス ID センターの技術と活動」, RFID タグの開発技術Ⅱ（普及版）, シーエムシー出版, 2009年, pp. 211～219.

(5) 外部機関誌論文

- [1] 越塚登、”ユビキタス ID 技術とユビキタスマュージアム”, 情報管理 Vol. 49, No. 8, 2006年11月号, (独) 科学技術振興機構, pp. 417～424.

(6) 一般口頭発表

- [1] 越塚登：「ユビキタス ID 技術の国際標準化：イントロダクション」, パネルセッション「進むユビキタス ID 技術の国際標準化」, TRONSHOW 2009, 2008年12月12日.
- [2] 越塚登：「トロン技術者認定試験」, TRONSHOW 2009, 2008年12月12日.
- [3] 越塚登：「ITU Recommendation / ITU 勧告 F.621 and H.771」, パネルセッション「進むユビキタス ID 技術の国際標準化」, TRONSHOW 2009, 2008年12月12日.
- [4] 越塚登：「建設共通パスシステムの設計について」, パネルセッション「建設共通パス」, TRONSHOW 2009, 2008年12月11日.
- [5] 越塚登：「食品物流：電子タグを使った効率化」, 電子タグ・通い容器の活用に関するセミナー, 食品流通構造改善機構, 2008年12月5日, 築地市場.
- [6] 越塚登：「建設共通パスのシステム設計」, 建設共通パスシンポジウム, 2008年12月.
- [7] 越塚登：「組込みシステムの現状と展望」, 職業能力開発大学校 電子情報技術科 担当指導員研修, 2008年11月4～7日, 神奈川県相模原市.
- [8] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous Computing Technologies for Product Qualification”, Workshop on Identification of Automation Components, Oct. 27, 2008, Karlsruhe, Germany.
- [9] 越塚登：「ユビキタス情報社会の到来：ICTが変える私たちの社会、生活、医療」, 日本歯科医療管理学会関東支部第14回学術大会「ユビキタス社会と歯科医院」, 2008年10月5日.
- [10] 越塚登：「ユビキタス社会の製品トレーサビリティ：住宅設備・建材への適用と将来展望」, KKEVISION 2008, 2008年9月26日, 東京.
- [11] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Architecture: Its Technologies and Applications”, Panel Session #2 “Can smart cards and tags create Ubiquitous Network Society?”, the 8th IFIP Conference on e-Business, e-Services, and e-Society (I3E 2008), Sept. 24 - 26, 2008, National Center of Sciences, Tokyo, JAPAN. (<http://www.i3e2008.org/>)
- [12] 越塚登：「ユビキタス ID」, 日立製作所研修 第4回「RFID とその応用」, 2008年7月31日.
- [13] 小林真輔、”アクティブタグで作るセンサーネットワーク”、TRONSHOW 2009 (東京)(2008年12月12日)
- [14] 由良修二、”T-Kernel Standard Extension”、TRONSHOW2009(東京) (2008年12月11日)
- [15] 松尾、”すべてが分かる T-Kernel 対応ミドルウェア”、TRONSHOW2009 (東京) (2008年12月10日)
- [16] 平石貴資、”μITRON から μT-Kernel への移行方法”、TRONSHOW2009 (東京) (2008年12月11日)
- [17] 平石貴資、”T-Engine・T-Kernel 開発環境のすべて”、TRONSHOW2009 (東京) (2008年12月11日)
- [18] 坂村健、”仮想世界と現実世界の融合を目指して～ユビキタス・コンピューティン

- グ・その可能性と未来～”、財団法人平成基礎科学記念財団、2008年6月22日
- [19] 坂村健、”第1回 地域イノベーション創出シンポジウム基調講演「イノベーションとユビキタス」”、独立行政法人産業技術総合研究所関西センター、2009年2月26日
- [20] Ken Sakamura, "UBI Vision", Ubiquitous Summit 2008 Keynote speech, Finland Takes, Apr. 24, 2008.
- [21] Ken Sakamura, "The Ubiquitous Computing Revolution", International RFID Seminar 2008 Keynote speech, Apr. 25, 2008.
- [22] 坂村健、「ユビキタス・コンピューティングを支える組込みシステム技術」、ESEC 特別講演、2008年5月15日
- [23] 坂村健、「ユビキタス社会-いつでも、どこでも、誰でも使えるコンピュータ社会を目指して」、開成学園、2008年5月24日
- [24] 坂村健、「トロンプロジェクトの新捗状況と2008年の展望」、トロンプロジェクト 特別講演会、トロン協会、2008年5月28日
- [25] 坂村健、「ユビキタス・ミュージアム」、全国美術館会議 第55回総会 特別講演、2008年5月29日
- [26] 坂村健、”ユビキタス・インフラとユニバーサル・デザイン”、全視協まちづくり集会2008 講演、2008年6月29日
- [27] 坂村健、”Wireless Sensor Network Dice and Its Application”、杭州講演（杭州市政府主催博覧会）、2008年9月5日
- [28] Ken Sakamura, ”The Internet of the Things ~ uID Approach”, Session 3B on “Applications and service of the mobile Internet”、Oct. 6, 2008.
- [29] 坂村健、「イノベーション基盤としてのユビキタステクノロジー」、第26期情報化推進懇話会（朝食会）基調講演、2008年10月16日
- [30] 坂村健、”持続可能都市のためのユビキタス”、米国土木学会（ASCE）日本支部総会20周年記念講演、2008年10月21日
- [31] 坂村健、”サステナブルとユビキタス” 土木学会「情報利用シンポジウム」特別講演、2008年11月7日
- [32] 坂村健、「ユビキタスイノベーションどこでもコンピュータが世界を変える」、熊本大学講演、2008年11月10日
- [33] 坂村健、「ユビキタス社会の到来」、「正論」懇話会 講演、2008年11月11日
- [34] 坂村健、「ユビキタス・コンピューティングとTRONプロジェクトについて」、「テクノフロンティア21 エレクトロニクスショー2008」 講演、中部エレクトロニクス振興会、2008年11月12日
- [35] 坂村健、「オープンアーキテクチャの時代の T-Engine/T-Kernel」、ET2008 特別講演、2008年11月19日
- [36] 坂村健、「環境とIT、最先端を学ぶ」、「Club Willbe” Kickoff Program 2008 鼎談 ～大人のための教養講座～」、2008年12月6日
- [37] 坂村健、”TRON Project 2009”、TRONSHOW2009 基調講演、2008年12月10日
- [38] Ken Sakamura, ”Food Traceability with Ubiquitous ID Technology”、食品安全と履歴とレーシング国際シンポジウム、台湾經濟部商業司、2008年12月22日
- [39] Ken Sakamura, “Japan's UID strategy and international cooperation possibilities,” Internet of Things Workshop An early reality of the Future Internet, 10 May 2009.
- [40] 坂村 健、”オープン×オープン=∞（無限大）”、ESEC2009、2009年5月15日（特別講演）
- [41] Ken Sakamura, “Human-centric designs in TRON Project – TRON House and

- beyond,” IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) 2009, May 24 – 27, 2009. (Keynote)
- [42] 坂村 健、“産学連携フェア基調講演-「イノベーションとユビキタス」”、産学連携フェア、2009年10月14日(基調講演)
  - [43] 坂村 健、“ユビキタスコンピューティングと地域の安心・安全”、第18回地理情報システム学会、2009年10月15日(特別講演)
  - [44] 坂村 健、“ユビキタスと宇宙”、ETS-8 「きく8号」成果・利用 シンポジウム、JAXA、2009年10月20日(基調講演)
  - [45] 坂村 健、“組込み技術をとりにくく環境変化と T-Engine/T-Kernel”、ET2009、2009年11月18日(基調講演)
  - [46] 坂村 健、“TRON Project 2010”, TRONSHOW 2010, 2009年12月9日(基調講演)
  - [47] 越塚登:「ユビキタスで地域活性化(各論)」,TRONSHOW 2010(東京), (2009年12月10日).
  - [48] 越塚登:「ucode: 技術と応用」, MTI 官民サロン(東京), (2009年9月24日). 【招待講演】
  - [49] 越塚登:「ucode: 技術と応用」, 高度測位社会基盤研究フォーラム(東京)、第一回ワークショップ, (2009年9月8日) 【招待講演】
  - [50] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Technology: The Internet of things and places of the Future” , JBCE Information Society Committee Meeting, (Brussel), (July 3, 2009). 【Invited Speech】
  - [51] Noboru Koshizuka: “Dreaming the Future of the Internet of Things” , 2009 EU-Japan Cooperation Forum on ICT Research(Brussel), (July, 2009). 【Keynote Speech】
  - [52] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Technology: The Internet of things and places of the Future” , FuturICT 2009: Hungarian-Japanese Joint Conference on Future Information and Communication Technologies(Budapest, Hungary), (June 29-30, 2009). 【Invited Speech】
  - [53] Noboru Koshizuka: “Ubiquitous ID Technologies” , 2009 Smart Card & RFID Expo, (Beijin China), (June 2009). 【Keynote Speech】

#### (7) 報道発表

- [1] T-Kernel/Standard Extension がカーナビ製品に採用、2006年12月4日
- [2] アタッチメントにより応用向けに最適構成がとれる小型軽量の新型ユビキタス・コミュニケーションを開発、2006年12月04日
- [3] 進む ucode/uID アーキテクチャの実用化、2006年12月4日
- [4] ucode を用いた物品管理事業の開始、2006年12月4日
- [5] "東京ミッドタウンマネージメントーユビキタス端末によるアート作品ガイド、商用サービスとして開始"、日経 BP ITPro、2007年
- [6] "携帯端末ガイドで美術品めぐり、「東京ミッドタウン」で導入”、読売新聞 YOMIURI ONLINE, 2007年6月
- [7] "ucode タグを利用したアートツアー東京ミッドタウンで開催”、インプレスインターネットウォッチ,2007年6月
- [8] "ユビキタスでアートツアー・三井不が東京ミッドタウンで”、NIKKEI NET, 2007年6月
- [9] "三井不「東京ミッドタウン」ユビキタスで施設ツアー”、日本経済新聞、2007年6月
- [10] ”東京ミッドタウンがユビキタス・アートツアーを開始”、ITMedia、2007年6月

- [11] ”東京ミッドタウンで「ユビキタス」技術を利用した最先端アートツアーが始まります”、Yahoo!ニュースフジテレビ系、2007年6月
- [12] ”仕掛けで人をよべるのか?”、ワールドビジネスサテライト、テレビ東京、2007年6月
- [13] ”「ユビキタス」への取り組み 多様に展開”、Fuji Sankei Business I, 2007年7月
- [14] ”青山県立美術館、ucodeを用いたユビキタス案内サービスを導入”、Itmedia エンタープライズ、2007年11月
- [15] ”携帯ソフト開発費圧縮、ノキア最大で100分の1”、日本経済新聞、2008年12月10日
- [16] ”ユーシーテクノロジー、個別ソフト開発不要-通信用OS、ノキアと連携”、日経産業新聞、2008年12月11日
- [17] ”基盤ソフト「NoTA」始動、携帯開発を大幅効率化へ”、ルートプレス21、2008年12月21日
- [18] 最前線ユニバーサル社会(上) いつでもどこでも必要な情報獲得、読売新聞(夕刊)、2009年2月24日
- [19] YRP ユビキタス・ネットワークング研究所、ユーシーテクノロジー株式会社、“浜離宮恩賜庭園にユビキタス庭園ガイドシステムを開発”、2010年1月23日
- [20] YRP ユビキタス・ネットワークング研究所、ユーシーテクノロジー株式会社、富士通フロンテック株式会社、世界初!スマートフォンに組み込み可能マルチ周波数、マルチプロトコルに対応した1チップRFIDリータライタLSIを量産開始。小型アンテナを搭載したモジュールを開発、2010年12月8日
- [21] マルチプロトコル対応RFIDリーダーライターLSI 量産化に成功、電波新聞、2010年12月9日
- [22] 次世代OSを紹介、日刊工業新聞、2010年12月9日
- [23] 無線タグ対応 LSI 共同開発 YRP 研など3社、日経産業新聞、2011年1月4日

(8) その他資料

- [1] 坂村健、“UNL—トロンキーボード(2006)”, アクシス 10月号, Vol.123, 2006 (掲載記事・雑誌)
- [2] 坂村健、“ユビキタス社会はこうなる—『どこでもコンピュータ』の時代”, 神道時事問題研究 第570号, 2006, 花園神社 (掲載記事・雑誌)
- [3] 越塚登、“ユビキタスコンピューティングが日本の未来を拓く: 遍在する情報社会基盤の意義と展望”, 交感する科学: ビジネスを深化させる最先端コミュニケーション研究, BELLSYSTEM24, pp. 336~355.
- [4] 越塚登、“すすむユビキタス技術の実用化”, 情報通信 i-Net, 第19号, 数研出版, 2007年5月.
- [5] Ken Sakamura, Nadin Heinich Ed., “Smart Home,” Sensing Space, Re-Constructing Home, pp. 22-33, Oct. 2009.
- [6] Ian Smith, Ken Sakamura, Anthony Furness, et al., “CASAGRAS Final Report,” CASAGRAS, Vol. 216803, 2009.
- [7] YRP ユビキタス・ネットワークング研究所、ユビキタス・コミュニケータ、ワイヤレステクノロジーパーク 2010、2010年5月13日—14日
- [8] YRP ユビキタス・ネットワークング研究所、ユビキタス・コミュニケータ、ワイヤレスジャパン 2010、2010年7月14日—16日
- [9] YRP ユビキタス・ネットワークング研究所・ユーシーテクノロジー、TRONSHOW2011、2010年12月15日—12月17日

(9) 標準化提案

- [1] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Survey on ID code schemes for NID applications and services,” CJK, Apr.8 – 10, 2009.
- [2] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Current status on NID and USN applications and services in Japan,” CJK, Apr.8 – 10, 2009.
- [3] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Using one ID code for multiple purposes by the IRP in Annex B of H.IRP,” ITU-T WP2/16, Jun. 22-26, 2009.
- [4] Jun Seob Lee, Noboru Koshizuka, “Survey on ID schemes for H.IDscheme,” ITU-T WP2/16, Jun. 22-26, 2009.
- [5] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Evidence that combination of multiple existing international standard ID schemes are insufficient,” CJK-N-ID, Jul.22-23, 2009.
- [6] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Evidence that multiple general purpose ID schemes are required,” CJK-N-ID, Jul.22-23, 2009.
- [7] Jun Seob Lee, Noboru Koshizuka, “Second survey report on ID schemes for H.IDscheme,” ITU-T SG16, Oct.26 – Nov.6, 2009.
- [8] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “ID schemes for application examples in F.771,” ITU-T SG16, Oct.26 – Nov.6, 2009.
- [9] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, Jun Seob Lee, “Current status of N-ID related activities on ITU-T SG16,” CJK-NID, Nov.16 – 18, 2009.
- [10] Noboru Koshizuka, Testuo Kamina, “Modification Plan for H.IDscheme,” CJK-N-ID, Nov. 16 – 18, 2009

5 – 2 産業財産権

5 – 2 – 1 特許出願数

国内出願 2件

5 – 2 – 2 公開特許一覧

公開日	公開番号	発明の名称	実施状況
2010/4/2	特開 2010-074786 (日本)	符号化復合化システム、符号化回路、復合化回路及びタグ通信装置	—
2010/4/2	特開 2010-074785 (日本)	波形生成回路およびタグ通信装置	—

5 – 2 – 3 登録特許一覧

該当なし