

平成19年度  
研究開発成果報告書

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

委託先： (株)横須賀テレコムリサーチパーク

平成20年4月

情報通信研究機構

# 平成19年度 研究開発成果報告書 (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	4
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	10
4-1-1	パッシブ型タグ	10
4-1-2	アクティブ型タグ	18
4-1-3	まとめ	19
4-2	サーバ・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発	23
4-2-1	SVG 描画モジュールの設計と実装	23
4-2-2	パノラマブラウザ	26
4-2-3	音声ブラウザ	31
4-2-4	まとめ	35
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	36
4-3-1	ハードウェアプラットフォーム	36
4-3-2	ソフトウェアプラットフォーム	41
4-3-3	まとめ	56
4-4	総括	56
5	参考資料・参考文献	57
5-1	研究発表・講演等一覧	57

## 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、セキュリティー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。

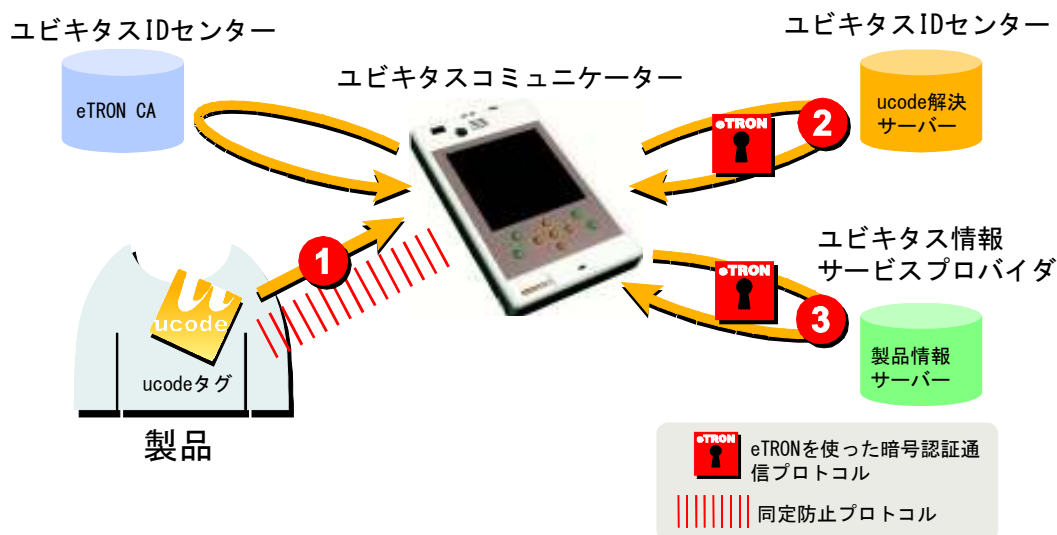


図1：ユビキタスコンピューティング環境の情報配信アーキテクチャ

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イ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のきわめて大きい。

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. パラメー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ー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. セキュリティーマネージャー (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 21 年 1 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、パラメー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. セキュリティーマネージャー (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

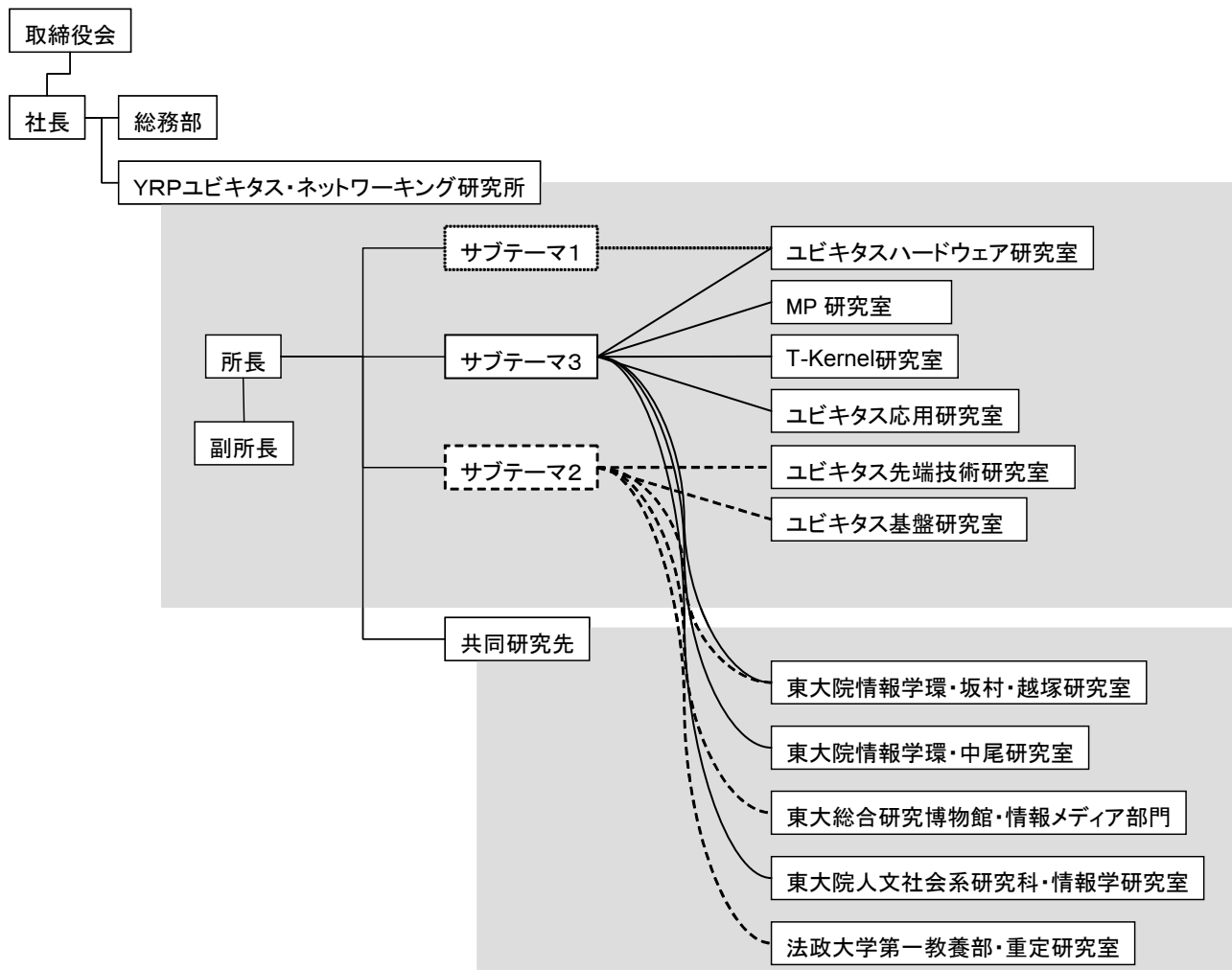
研究開発項目	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	計	備考
マルチプロトコルRFID R/Wの研究開発(パッシブ) [サブテーマ1]	一次試作	一次試作評価・ 端末組込・ 二次試作	二次試作評価・ 端末組込・ 自動調整ソフトウェア試作	三次試作評価・ 自動調整ソフトウェア改良	端末組込・ 評価実験用量産・ 評価実験	-	
マルチプロトコルRFID R/W及び自動調整機能つき タグの研究開発(アクティブ) [サブテーマ1]	設計	一次試作	評価・ パラメーター調整 ソフトウェア試作	二次試作	評価・ パラメーター調整 ソフトウェア改良・ 評価実験	-	
サーバクライアント間協調ブラウザの研究開発 [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	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	システム全体チェ 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・端末理込・二 次試作	二次試作・評価	端末理込・ 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)	-	-	-	-	-	-	
合計	-	-	-	-	-	-	

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。  
 2 備考欄に再委託先機関名を記載  
 3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。



### 3 研究開発体制

#### 3-1 研究開発実施体制



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

リーダー：諸隈 立志（ユビキタスハードウェア研究開発部長）  
ユビキタスハードウェア研究室 研究員5名  
（小林、前木、緒方、高村、神尾）

#### 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

リーダー 石川千秋（ユビキタス先端技術研究室長）  
ユビキタス先端技術研究室 研究員3名  
（中尾、鵜坂、別所）  
ユビキタス応用研究室 研究員4名  
（伯田、角、伊田、嶋田）  
ユビキタス基盤研究室 研究員5名  
（保坂、紙名、高嶋、若林、重定）

**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**

リーダー 豊山祐一（MP研究室長）

ユビキタスハードウェア研究室 研究員2名

（堀尾、池野辺）

T-Kernel 研究室 研究員5名

（由良、平石、木村、橋本、松尾）

MP研究室 研究員2名

（岡崎、鈴木）

ユビキタス応用研究室 研究員5名

（山田、峯岸、高久、佐藤、大貫）

ユビキタス先端技術研究室 研究員1名

（鄭）

## 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 パッシブ型タグ

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と、及びそれらを組み合わせてシステム化するための斬新で新奇な構造（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。

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方針を採用して、18 年度に設計を行った。19 年度は小型化・低消費電力化のため、制御機構をシングルチップ LSI で実現することを目的に開発を行ってきた。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。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。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。

開発した LSI の諸元を次に示す。今回、対応できた RFID は、2.45GHz は、ISO18000-4、ミューチップ、950MHz 帯では ISO18000-6B ならびに 6C、13.56MHz では、ISO15693、ISO18092 (eTRON) の 6 種類に関して通信を確認することができている。

表 4-1-1-1 チップ諸元

項目	仕様
RFID プロトコル	2.45GHz : ISO18000-4, $\mu$ -chip UHF: ISO18000-6B/6C
Host I/F	13.56MHz : ISO15693, ISO18092 (eTRON)
最大送信出力電力	シリアル (調歩同期), 115.2kbps
最小受信感度	2.45GHz・UHF: 0dBm, 13.56MHz: 2Vpp
電源電圧	2.45GHz・UHF: -73dBm, 13.56MHz: 1mVpp
消費電流	3.3V-DC $\pm$ 5%
パッケージ	300mA (通信時)
	FBGA-176pin, $\square$ 13mm

図 4-1-1-1 にパッケージの概観と Die 写真を示す。

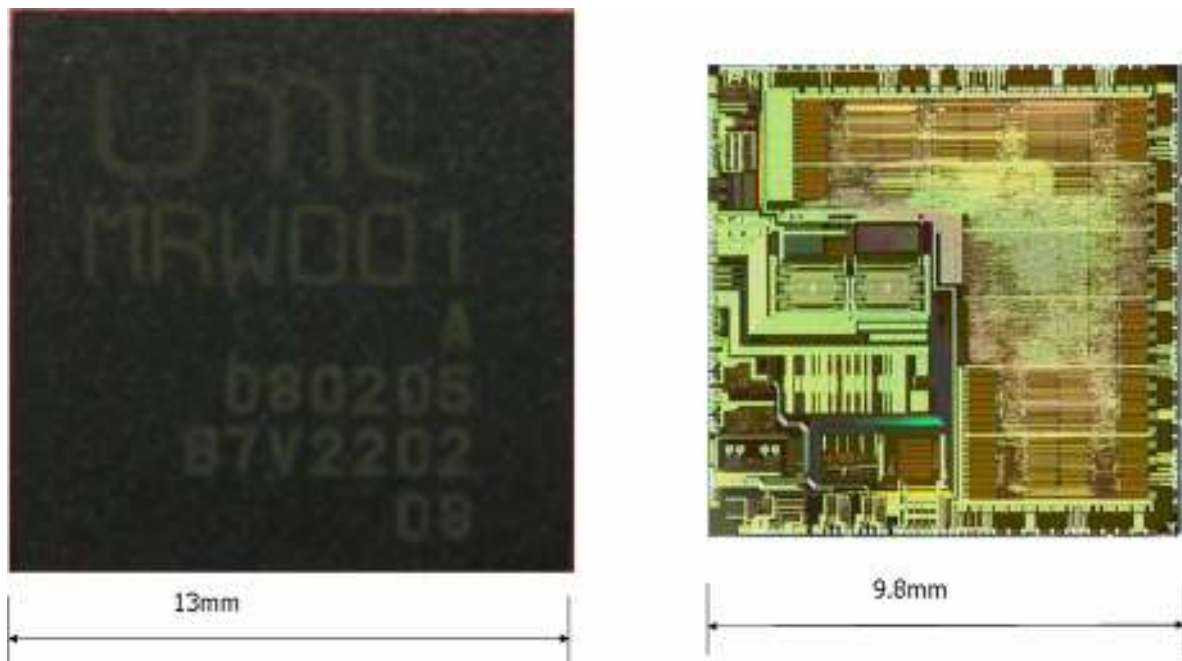
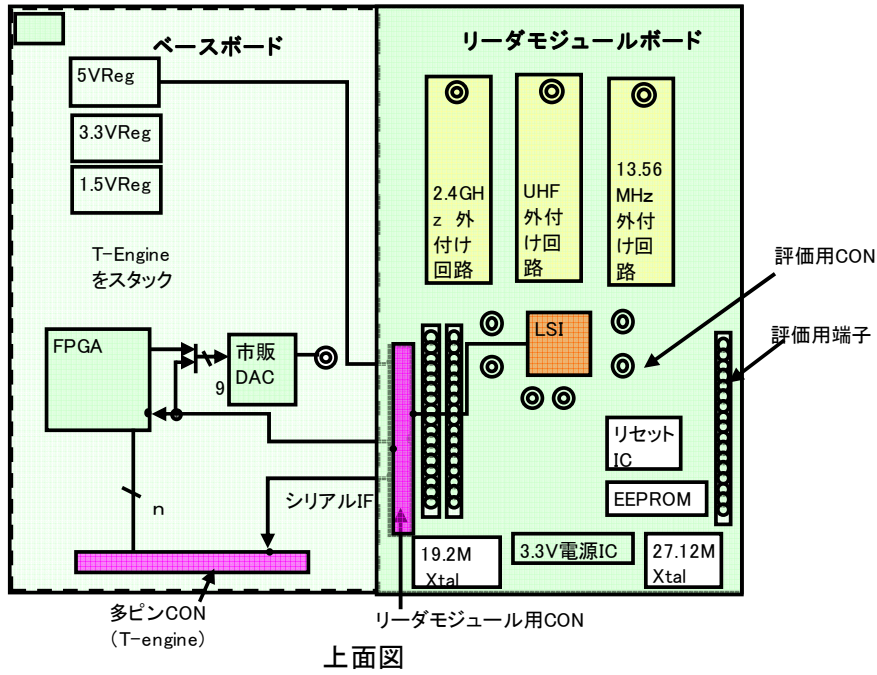


図 4-1-1-1 : パッケージ概観と LSI の Die 写真

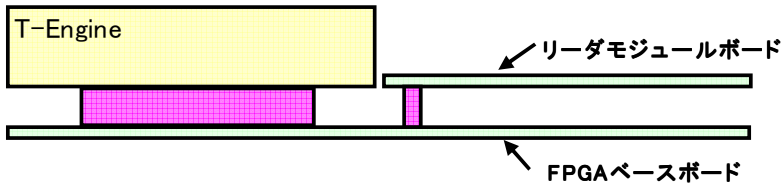
#### 4-1-1-1 評価ボード概要

評価ボードは T-Engine と接続するベースボードと、LSI および RF アンプ等を搭載する RF モジュールからなる。また、LSI の選別のために、LSI をソケット実装可能な評価ボードを別途作成した。図 4-1-1-2 に RF モジュールとベースボード、図 4-1-1-3 にソケット実装用評価ボードを示す。ベースボードには FPGA を搭載し LSI のアナログ部の制御が、FPGA から可能なようにしている。また、ベースボードには LSI の AD 変換結果をアナログ波形で確認するための市販の DAC-IC を搭載している。リーダモジュールボードにはマルチ RW-LSI とクロック用オシレータ 2 個、波形や設定を記憶する EEPROM、3 バンド分のパワーアンプ等の外付け回路を搭載している。リーダモジュールの電源給電はベースボードからの 5V 給電で、モジュール内のレギュレータで 3.3V を生成している。

+5.6V電源IN



上面図



側面図

図 4-1-1-2 : マルチ RW-LSI 評価ボード概要図

+5.6V電源IN

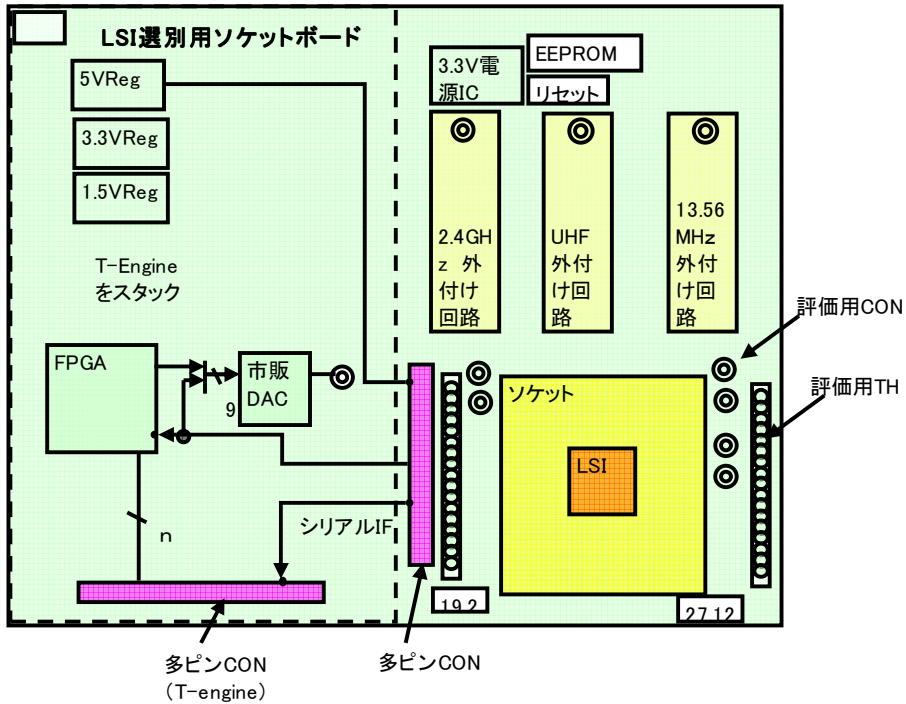


図 4-1-1-3 : マルチ RW-LSI 選別用ソケットボード概要図

## 測定器等、評価環境概要

評価環境を図 4-1-1-4 に示す。

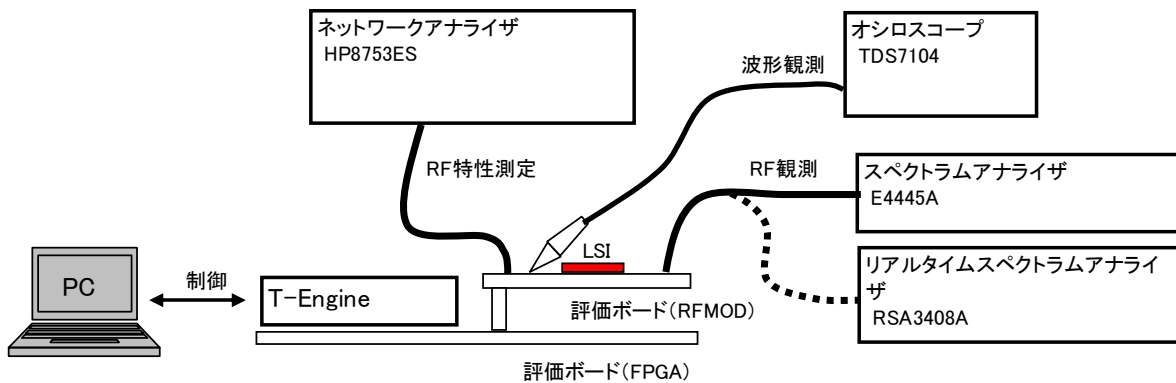


図 4-1-1-4 : マルチ RW-LSI 評価環境

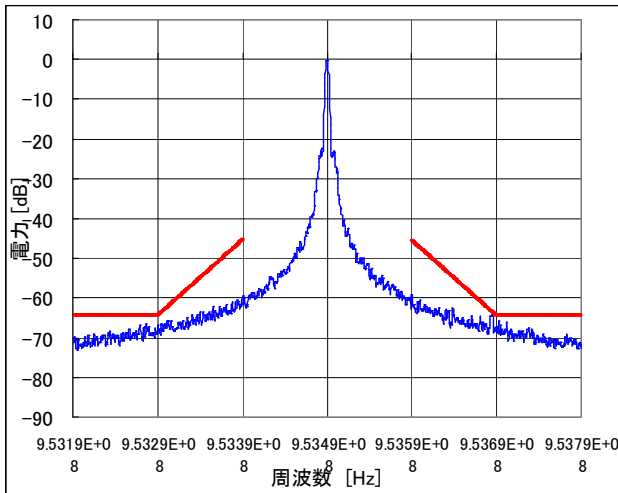


図 4-1-1-5 評価ボード写真

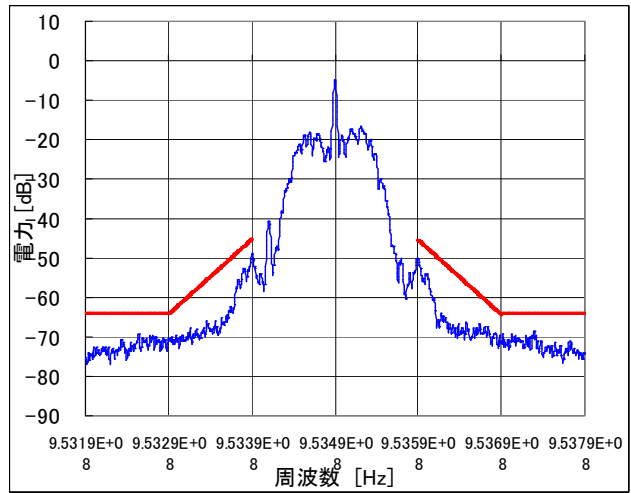
### 4-1-1-2 評価内容

評価は該当する RFID タグに関して通信ができることが最終的な内容であるが、それ以外に規格や電波法で定められている規則に当てはまっていることを確認する必要がある。報告ではすべてに関する説明は省略するが、検査内容に関して一部説明する。

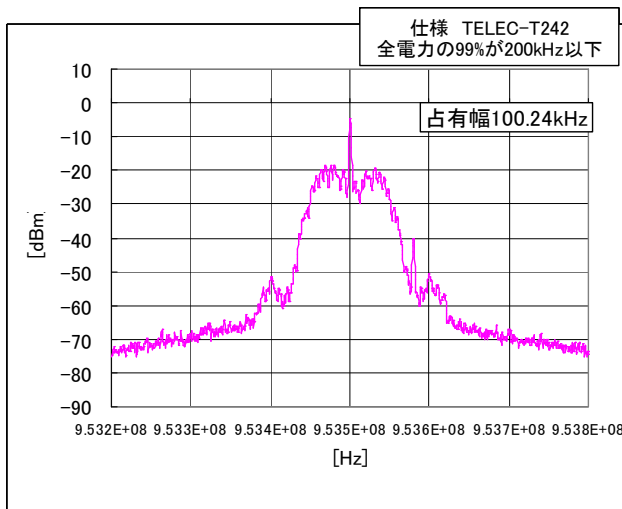
当初、最も懸案であると考えていたのが、UHF のスペクトラムが規制の範囲内に納めることであった。変調時、無変調時の両方におけるスペクトラムを測定し、実際に問題のないことを確認した結果が、図 4-1-1-6 である。上の図の青いラインが実測のスペクトラムであり、赤いラインが規制の範囲を示している。図から判断できるように、すべての範囲において赤いラインよりも下側にあることがわかる。LSI 単体としては、もっとも接近している  $\pm 200\text{kHz}$  点において  $2\text{dB}$  の余裕を確保した。なお、変調波送信時における同点での余裕は  $4\sim 5\text{dB}$  であり問題ない。さらに、下のグラフは占有幅を示しており、TELEC-T242 においては、電力の  $99\%$  が  $200\text{kHz}$  内におさまっていることが規定されているが、結果から  $100\text{kHz}$  内におさまっていることがわかり、問題ないことが読み取れる。



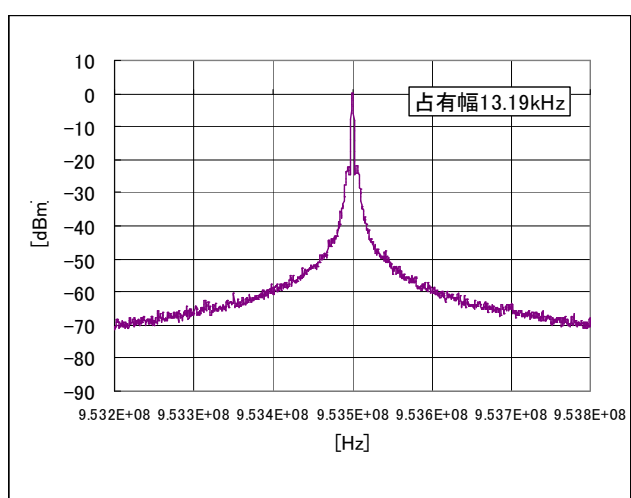
マンチェスター40kbps



無変調



マンチェスター40kbps



無変調

図 4-1-1-6 : UHF 帯占有帯域幅 (LSI)

表 4-1-1-2 隣接チャンネル漏洩電力

	上側隣接チャンネル	下側隣接チャンネル
仕様	-28dBm*	-28dBm*
(TELEC-T242)		
測定値	-50.59dBm	-51.93dBm

\* 外部アンプ 10dB 分を見込んだ数値

また、2.45GHzにおいても、スペクトラムにおさまっていることを確認している。さらに、ホッピングについても図 4-1-1-7 に示すように該当する周波数帯の中でできていることが確認できる。

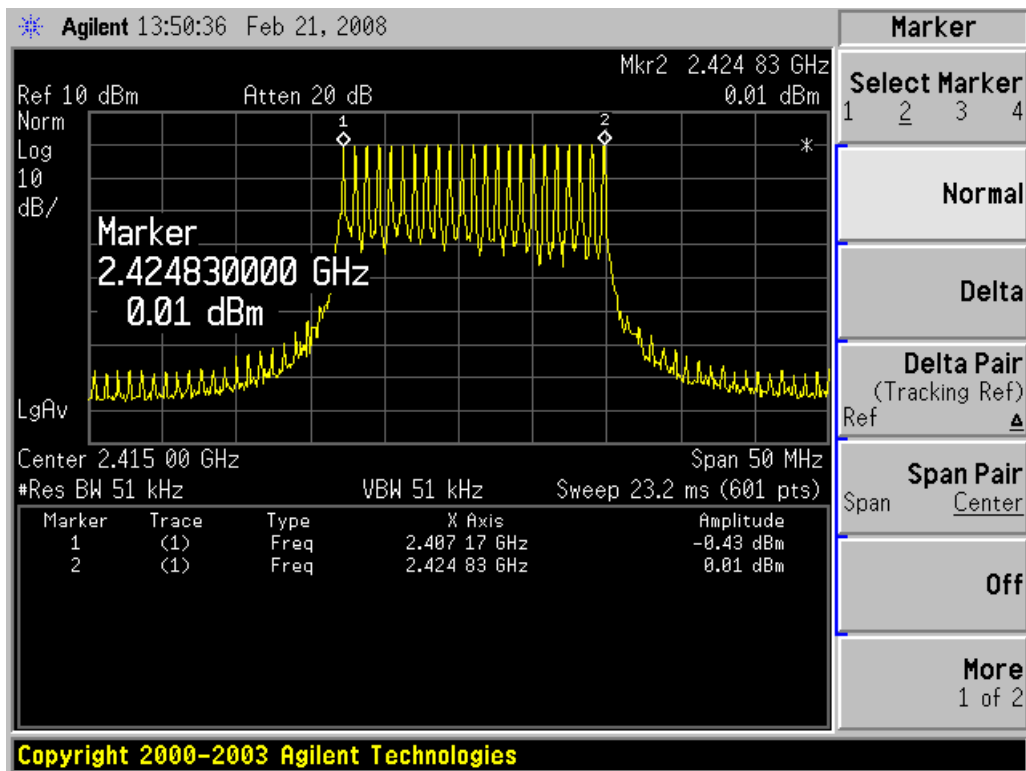


図 4-1-1-7 : 2.4GHz 帯 LSI 出力 ホッピング波形

また、13.56MHz に関しても仕様どおり変調度を変更した場合においても正常に通信できることを確認している。図 4-1-1-8、図 4-1-1-9 では 100%変調時の出力を、図 4-1-1-10、図 4-1-1-11 においては 10%変調時の出力を示しているが、いずれにおいても問題なく変調ができていることがわかる。

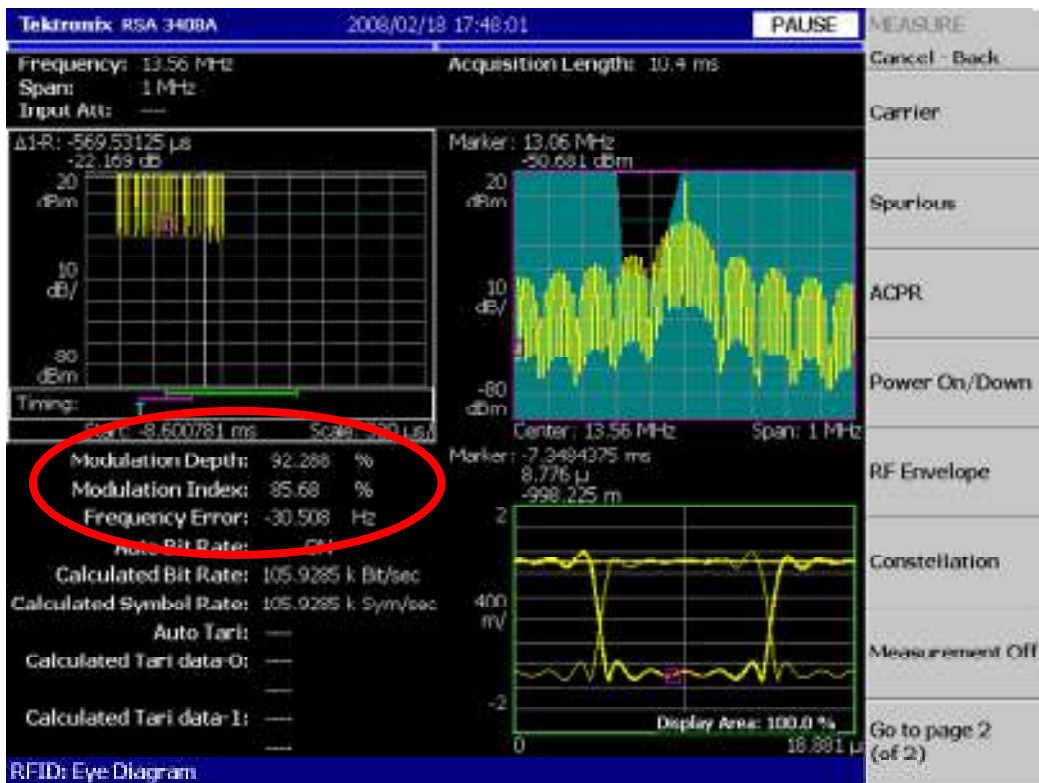


図 4-1-1-8 : 13.56MHz システム出力 100%変調 変調度



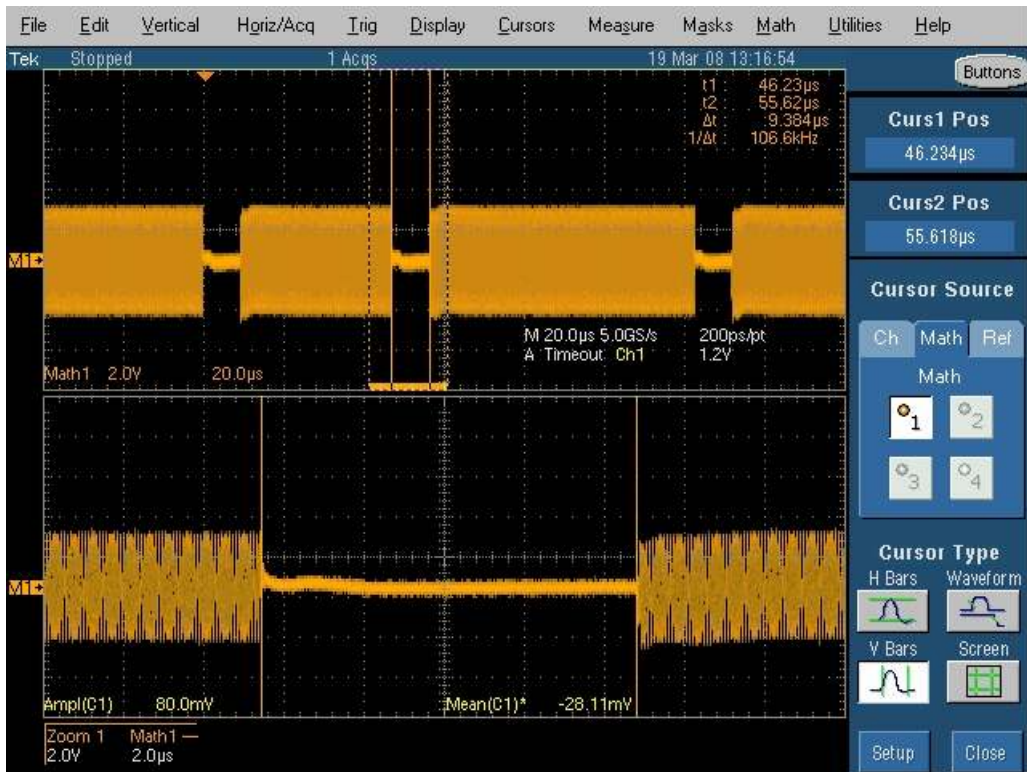


図 4-1-1-9 : 13.56MHz システム出力 100%変調 変調幅

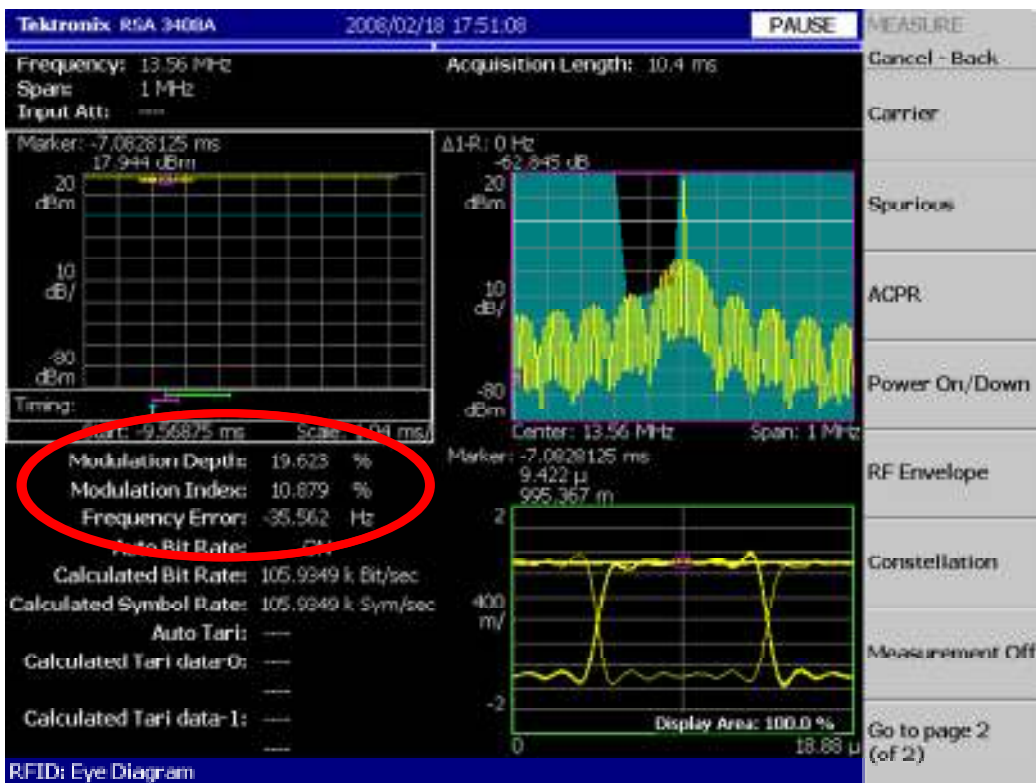


図 4-1-1-10 : 13.56MHz システム出力 10%変調 変調度



図 4-1-1-11 : 13.56MHz システム出力 10%変調 変調幅

#### 4-1-1-3消費電流評価

消費電流測定結果を下表に示す。

3種のバンド全てについて、待機電流=100mA以下、送受信時=300mA以下の仕様を満たし、モジュールとしても、500mA以下となった。当初の目標であるLSI単体での電力350mA@3.3V以下の通信を実現できていることが確認できた。

表 4-1-1-3 消費電流測定結果

状態	RF モジュール (5.0V)	LSI 単体 (3.3V)			判定
		内デジタル	内アナログ		
	500mA 以下	仕様：待機=100mA, 通信時=300mA max			
リセット後	92mA	79mA	68mA	11mA	●
2.4GHz帯 キャリア CW (210mW)	497mA	239mA	71mA	168mA	●
UHF帯 キャリア CW (9.73mW)	490mA	256mA	71mA	185mA	●
13.56MHz帯 キャリア CW (43mW)	330mA	142mA	57mA	85mA	●

#### 4-1-1-4 まとめ

19年度はLSIの試作ならびに、ボード上でのLSIの評価を実施した。試作したLSIにおいて、3周波数帯6プロトコルのRFIDタグとの通信を確認することができた。また、消費電力に関しても当初の目標であった350mA@3.3V以下で実現できていることが確認できた。今後はこのLSIを用いたモジュール開発を行い、さまざまなシーンにおいて利用できることを実証していく予定である。また、その結果をフィードバックし、より高性能

な LSI 開発へつなげていくことを予定している。

#### 4-1-2 アクティブ型タグ

ユビキタスコンピューティング環境を実現するために、ユニークな固有 ID を繰り返し発信するアクティブ型 RFID を建物や街路灯など「場所」に設置して、その R/W を搭載したユビキタス・コミュニケータを持った利用者が、付近を通過することでユビキタス ID(ucode)を取得し、ユビキタス ID に関連する情報を提示する応用を試行している。

18 年度では、赤外線式を利用した光学式アクティブタグを試作し、受信機能をハードウェアプラットフォームに搭載した。また、電波式のアクティブタグをマークとして多数設置する場合の相互衝突を回避低減するための自動チューニング機構の評価を行った。今年度は、(1)電波式のアクティブタグにおいて、各種動作パラメータを無線式で調整するチューニング機構の開発、および(2)自律発電機構を持つアクティブタグの開発を行った。

##### 4-1-2-1 電波式アクティブタグの動作パラメータチューニング機構

「場所」にとりつけられる電波式アクティブタグ(マーク)は、マークを設置したあとに、ユビキタス ID (ucode) の発信間隔、ID の値、通信チャンネル、発信電波強度などの動作パラメータを調整する必要がある場合がある。これらのマークは街路灯や支柱などにとりつけられ、歩行者の手に届いたり、ぶつかることのないように図 4-1-2-1 のように 2.5m 以上の高さに設置されるのが一般的である。このため、設置後調整するには、はしごを掛けたり、高所作業車を必要としたり、縦横の道路においてそれぞれ施設管理者が異なったり、工事可能な時間の制限があるなど、設置後アクティブタグの調整を行うのはコストや手間がかかる。この点に注目し、電波式マークの動作パラメータを無線により調整できる機構をソフトウェア的に実装した。



図 4-1-2-1:アクティブタグの設置環境例

動作パラメータの設定は、電波式アクティブタグの R/W の機能に追加実装をし、通常アクティブタグの受信を行う携帯端末側から行うことができるようにした。動作パラメータの設定通信は、専用チャンネルで行うようにし、電波マークが、定期的にユビキタス ID を発信するシーケンスの最後に、この専用チャンネルのキャリアを検出するようにした。このタイミングで、専用チャンネルのキャリアが検出された場合は、動作パラメータの設定シーケンスに移行する。動作パラメータは、権限のない人により勝手に変更されては困るため、スクランブル暗号を掛けた通信で行うようにしてある。このためにスクランブル暗号の鍵を通信するステップを行い、その後その鍵を使った暗号化を施した動作パラメータ設定デ

ータが送られるようにした。

変更可能なパラメータとして、ユビキタス ID、ID の送信間隔、送信チャネルの他、送信出力と伝搬損失を設定できるようにした。送信出力は昨年度の試作では 1mW と 10mW の切り替え式としていたが、0.5mW から 10mW まで 16 段階に変更できるようにした。電波式マーカは、電波法の規定に則り、ユビキタス ID を発信する前に、他に同じチャネルで電波を出しているものがないかを確認するキャリアセンスするようになっているが、かなり弱い電波まで検出する。すなわち遠いところに設置してある電波マーカとも衝突する。衝突競合を起こさないようにするためには、発信する出力をできるだけ下げることが望ましい。1mW と 10mW の二段階では、ユビキタス ID を受信する携帯端末が 1mW で所望する距離で受信できない場合は、マーカ側を 10mW に設定するしかなく、競合がおこりやすかった。このため、16 段階にきめ細かく設定できるようにして、携帯端末に必要な受信距離を確保できる最低限の電波出力を出せるようにした。

伝搬損失は、マーカの設置状況により電波の飛びやすさ、飛びにくさを表す指標として新たに導入した。4 段階の伝搬損失の値をマーカ側に値を設定すると、ユビキタス ID とともに、その値が発信されるようになっている。携帯端末は、電波マーカからのユビキタス ID を受信するときに、その強度を RSSI 値として得ることができ、その強さによりマーカの設置位置との距離を推定できるようになっている。しかし、電波マーカの設置が、図 4-1-2-2 にあるように金属で囲われているような場合、放射効率が落ち、近くても電波のレベルは高くない。このため、受信端末は RSSI 値が低いため電波マーカの近くにいるにもかかわらず、遠いと判断してしまい具合が悪い。このような場合伝搬損失の値を損失大として携帯端末に通知することにより、補正をして、RSSI 値が低くても近いと認識できるようにすることができる。



図 4-1-2-2: 伝搬損失の大きい設置例

以上の動作パラメータチューニング機構を開発し、銀座中央通り、晴海通りおよび銀座四丁目付近の地下街において電波マーカの動作確認を行った。電波マーカの R/W は、ハードウェアプラットフォームに搭載し、電波マーカの設定機としても利用できるようにした。その結果、設置後無線により各種動作パラメータの変更が正しく行われること、電波マーカの衝突回避機構による調停動作に支障を与えないこと、18 年度に作成した仕様の電波マ

一カと混在して動作できることが検証され、目的が達成されたことを確認した。

#### 4-1-2-2 自律発電機構を持つアクティブタグ

ユビキタスコンピューティング環境に設置されるアクティブタグは、アクティブ故に電源を必要とする。しかしながら、実際の環境に設置する場合、電源を供給することに対する問題が生ずる。商用電源から供給する場合には、電源ユニットの設置場所の確保、配線工事、電気料金の負担の問題がある。開発している電波式のマーカの場合、電池駆動も可能で単三電池 4 本で 4~6 ヶ月駆動できるが、電池交換には 4-1-2-1 で述べたのと同様な作業のコストや手間の問題が生じる。

このような工事・保守コストの問題や、省エネルギー化の観点からも自律発電機構を持ったアクティブタグが望まれる。このため今年度は、太陽電池を発電機構として持つ電波式のアクティブタグの試作を行った。本年度は基本的な動作確認までとし、20 年度に屋外の各種環境で長期間の動作確認評価を行うこととする。

太陽電池は、各種分野で利用されているが、ユビキタスコンピューティング環境に設置するアクティブタグの電源として設置容易性を重視し、以下のような観点から仕様を設定し開発を行った。

- (1) 小型であり、アクティブタグと一体化できること
- (2) 設置場所毎の調整をしなくてよいこと

太陽電池パネルとタグ本体といった分離構造であると工事の手数がかかり、分離した間の配線のため防水性能などを確保するのが大変になる。また美観の点からも安全性の観点からも大型なものは問題がある。

太陽電池の場合、一般に太陽の方向やビルや木立の影の関係で発電性能が変わり、高い効率を得るためには調整を要する。調整を簡易にするためには太陽電池の性能に余裕を持つ必要があり、大型化するという問題がある。

以上のような問題点をクリアする方式として、球状太陽電池を採用した軸対象型の太陽電池ユニットを搭載するアクティブタグを開発した。球状太陽電池は、樹脂を半球状にしたレンズの中に米粒サイズの太陽発電素子を直並列接続したものである。軸対象構造のため、軸を天頂を向けて設置するだけでよい。レンズ効果で周囲の反射光や空の乱反射光も効率よく利用できる。長期評価に向けて、直径 75mm の半球、100mm の半球、100mm の欠球の三種類を用意し、比較を行うこととした。

三種類の太陽電池ユニットの仕様を表 4-1-2-1 に示す。発電性能の測定条件は、AM1.5\*、1kW/m<sup>2</sup>、25°C、頂点へ垂直入射である。

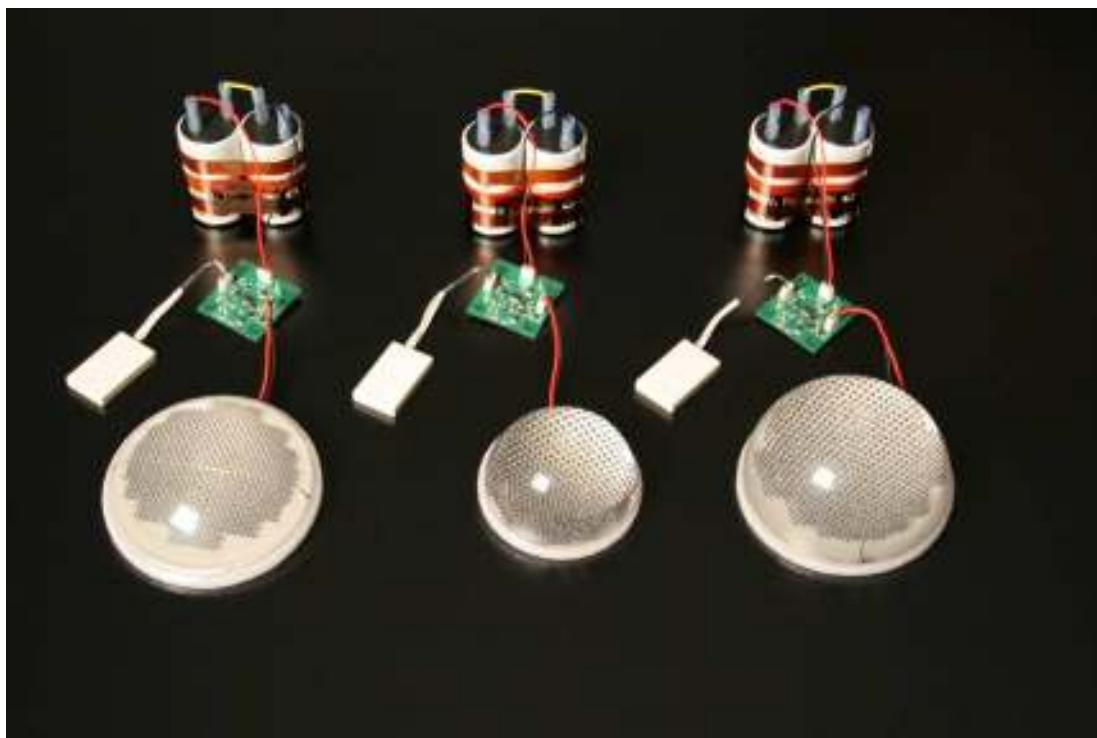
\* AM とはエア・マスと呼ばれ、太陽光の大气による減衰を表す指標。大气圏外の太陽直射を AM0 とし、大气を通過した赤道を AM1 とする。AM1.5 は東京における大气減衰に相当する。

表 4-1-2-1: 太陽電池ユニットの仕様

	75mm 半球	100mm 半球	100mm 欠球
最大出力	240mW	400mW	400mW
最適動作電流	52.5mA	87.0mA	87.0mA
最適動作電圧	4.6V	4.6V	4.6V
短絡電流	55mA	90mA	90mA
開放電圧	5.6V	5.6V	5.6V
ユニット直径	80mm	105mm	105mm
ユニット高さ	42mm	55mm	31mm

発電した電気は、2V、2.5Ah(10 時間率)の鉛シールバッテリー 2 本を直列にしたものに蓄

積する。充放電回路は、太陽電池が 4.35V 以上発電しているときに充電するよう制御している。負荷となる電波マーカは、動作電圧 3V とし平均消費電流 1mA、送信時のピーク電流は 28mA である。



100mm 欠球      75mm 半球      100mm 半球

円筒型なのが鉛シールバッテリー。緑色の基板が充放電回路。白い直方体が電波式アクティブタグ。手前が球状太陽電池

図 4-2-1-3: 太陽電池電源搭載電波式アクティブタグ

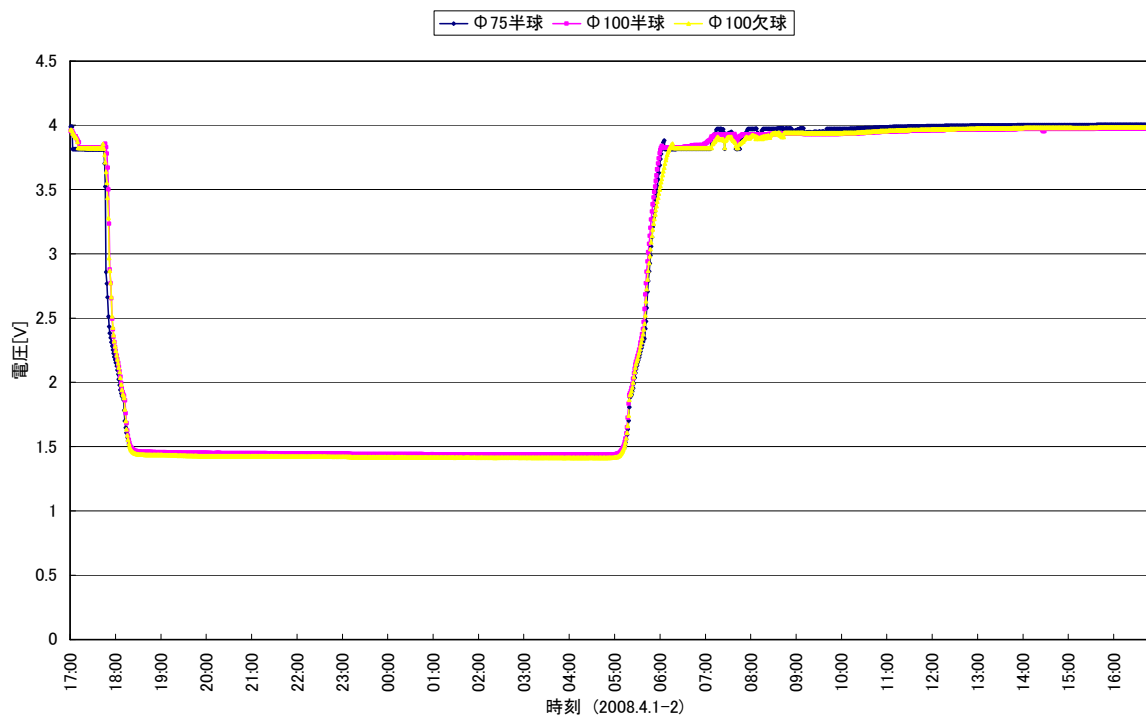


図 4-2-3-4: 太陽電池の発電電圧

動作確認のため、発電電圧の測定を実施した。室内蛍光灯下では照度 750lux であったが、

発電電圧は充電開始する 3.75V を超えないため、蓄電には寄与しない。屋外日陰で 1000lux を超えると充電可能電圧に達する。

図 4-2-3-4 に三種類の太陽電池の発電電圧のグラフを示す。測定は室内の窓際で行っている。三種類ではほぼ同等な性能を示しているが、詳細を見ると、照度が低い時には直径 100mm 半球の発電電圧が高い。今後 20 年度に屋外の設置場所にて季節変動、影による影響、汚れによる影響など含め、長期評価を実施する。

#### 4-1-3 まとめ

パッシブ型 RFID のマルチプロトコル R/W については、第一次試作を実施し、ボード上に LSI を実装して評価を行った。評価の結果、試作した LSI を用いて、ISO/IEC 18000-4, ISO/IEC 15693, ISO/IEC 18092 (eTRON) など複数種類の RFID タグに関して通信できることを確認した。今後は評価を進め、来年度以降の開発に向けた準備を実施する予定である。

アクティブ型 RFID に関しては、動作状況や通信頻度などをチューニングする機能を持つアクティブタグの実装を完了し基本動作を確認した。また、発電機構を内蔵するアクティブ型タグの試作を行い、今後は来年度以降の屋外長時間動作の評価に向けた準備を実施する予定である。

## 4-2 サーバ・クライアントの協調処理型ブラウザの研究開発

### 4-2-1 SVG描画モジュールの設計と実装

SVG 描画モジュールは SVG (Scalable Vector Graphics) 形式で記述されたデータを描画するためのライブラリである。SVG は XML によって記述されたベクターグラフィックス言語であり、W3C で Open Standard 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。

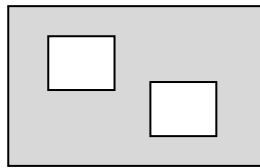


図 4-2-1-1

#### 4-2-1-1 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 4-2-1-1 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 4-2-1-2)。

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。

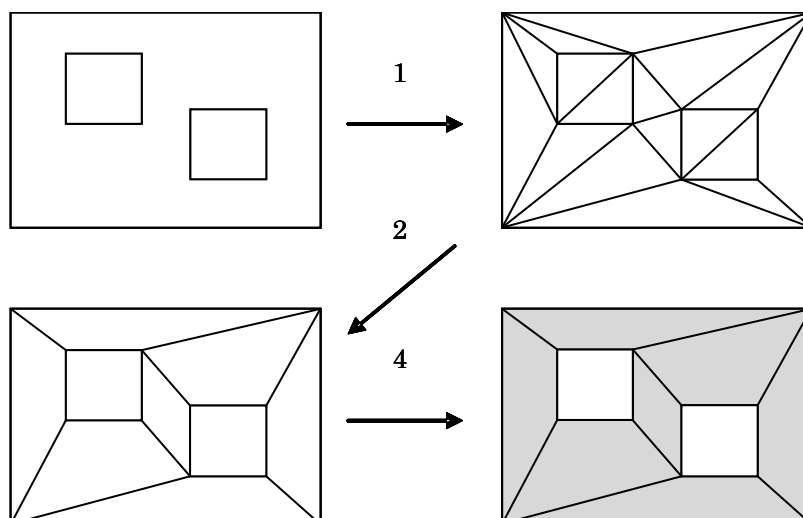


図 4-2-1-2

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。

#### 4-2-1-2 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。

#### 4-2-1-3 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 4-2-1-3 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 4-2-1-3 右）。

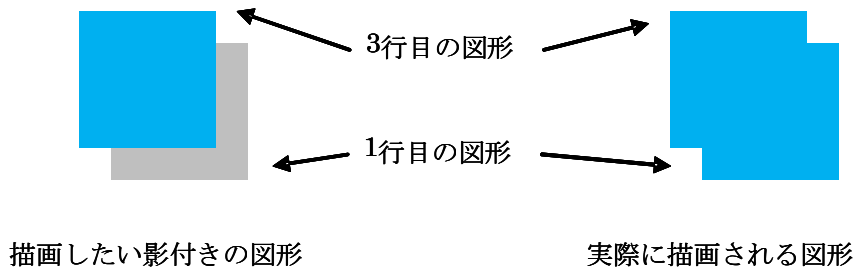


図 4-2-1-3

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行われる。

`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 4-2-1-3 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 4-2-1-4 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 4-2-1-4 右は図 4-2-1-4 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)。

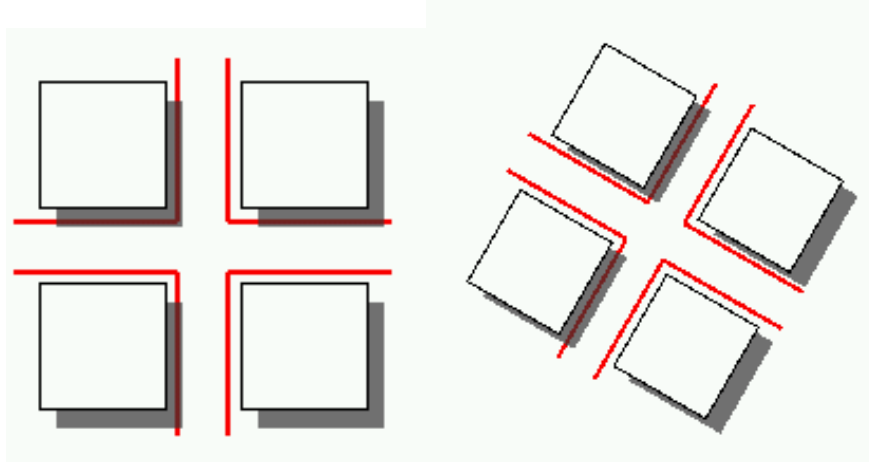


図 4-2-1-4

## 4-2-2 パノラマブラウザ

パノラマブラウザは、ユビキタスコミュニケーター (UC) で水平方向 360 度のパノラマ画像を表示する、UC 用のプラグインアプリケーションである。また、表示されたパノラマ画像の上にハイパーリンクの起点となるホットスポットを表示する機能や、歩行者ナビゲーションと連携して目的地への進行方向を示す機能を持っている。

### 4-2-2-1 パノラマ画像表示機能

パノラマ画像とは、通常の写真画像よりも広い範囲が一枚の画像に収められた画像である。パノラマ画像は、魚眼レンズで撮影された画像や、通常のレンズで一定間隔ずつ向きを変えて撮影した画像を合成することで作成され、合成の方法によって、水平方向に 360 度の範囲が含まれるパノラマ画像や、さらに上下方向も含めた全球状のパノラマ画像を作成することも可能である。たとえば下の図 4-2-2-1 は、画面右端と左端がつながっている、水平方向 360 度のパノラマ画像である。



図 4-2-2-1 : 水平方向 360 度を撮影したパノラマ画像。

パノラマ画像はもともと平面の画像である。しかし、画面に表示する際に画像の一部分だけを切り出して表示し、その表示範囲をスクロール操作させることで、あたかも現地で風景を見ているかのような、擬似的な三次元画像として利用することができる。

パーソナルコンピュータ用のパノラマブラウザの代表的なものとしては、Apple 社の QuickTime VR (<http://www.apple.com/jp/quicktime/>) や、フリーのパノラマブラウザである PTVIEWER (<http://www.path.unimelb.edu.au/~dersch/>) などがある。これらのツールでは全球パノラマ画像を表示することが可能であり、画像を左右にスクロールさせるだけでなく、天頂から足元までの上下方向を向いたり、表示している画像を拡大縮小したりすることも可能である。しかし UC のような携帯端末では処理能力に制約があるため、パノラマブラウザでは、水平方向 360 度のパノラマ画像の表示と、水平方向のスクロールのみをサポートしている。

図 4-2-2-2 は、パノラマブラウザの画面である。ユーザは、タッチパネル画面下部の左右に表示されている三角形のボタンに触れるか、UC 本体のジョグダイヤルを回転させることによって、画面の左右スクロール操作を行う。また、パノラマ画像を直接タッチパネルで触れると、触れた部分が画面中央に来るように画像がスクロールする。

なお、ユビキタス・コミュニケーターの通常の画面では、関連するコンテンツを選択するためのタブや、コンテンツのタイトルを表示するタイトルバーなどが表示されている。しかし、パノラマブラウザは画面を広く利用するため、また、ジョグダイヤルをスクロール操作に利用するために、タブを表示しないフルスクリーンモードで動作する。画面下部中央の「タブ表示ボタン」(曲った矢印の描かれたボタン)を選択するか、UC 本体の「戻るボタン」を押すことで、フルスクリーンモードを解除し、通常の画面に戻ってタブを操作することができるようになる。



図 4-2-2-2 : パノラマツール画面

#### 4-2-2-2ホットスポット機能

ホットスポット機能とは、パノラマ画像上にハイパーリンクの起点となる点（ホットスポット）を設定し、そこから、他のコンテンツに移動できるようにした機能である。

ホットスポットには、画像上でホットスポットのマーカを表示する位置と、ホットスポットが示している場所の名称、および、ホットスポットを選択したときのリンク先となるコンテンツの `ucode` が設定されている。パノラマブラウザの画面上では、ホットスポットは青い四角で表示される。ホットスポットが画面中央に来ると、画像下部にホットスポットの名称が表示される。この時、ホットスポットにリンク先が設定されていない場合は、ホットスポットのマーカは緑色になり、ホットスポットの名称は黒字で表示される。リンク先が設定されていた場合は、図のようにホットスポットのマーカは赤く変化し、名称もリンクとして表示される。この状態のホットスポット名称にタッチパネルで触れるか、ジョグダイヤルの押し込み操作によって選択することで、ホットスポットに設定されている `ucode` に対応するコンテンツに移動することができる。

#### 4-2-2-3歩行者ナビゲーションとの連携機能

UC は、目的地を設定して、利用者を現在位置から設定された目的地まで道案内するための、歩行者ナビゲーション機能を持っている。パノラマブラウザは、歩行者ナビゲーションとの連携機能を持ち、パノラマ画像を利用した経路案内に利用することができる。経路案内に利用する場合は、目的地の名称と、目的地に向かうにはどの方角に進めばよいかという情報が、パノラマブラウザの起動パラメータとして与えられる。パノラマブラウザは、表示されているパノラマ画像の正面（画面中央）に相当する方角と、パラメータとして与えられた進むべき方角の差分から、利用者がどちらを向けばよいかを判断し、「右を向く」「左を向く」「直進する」「後ろを向く」という 4 種類のメッセージと、それに対応した赤い矢印をパノラマ画像に重ねて表示することで、利用者を誘導する（図 4-2-2-3）。この機能により、利用者は、自分が実際に見ている風景とパノラマブラウザによって示されて

いる画像を見比べながら、目的地に向かうにはどちらに進めばよいかを知ることができる。

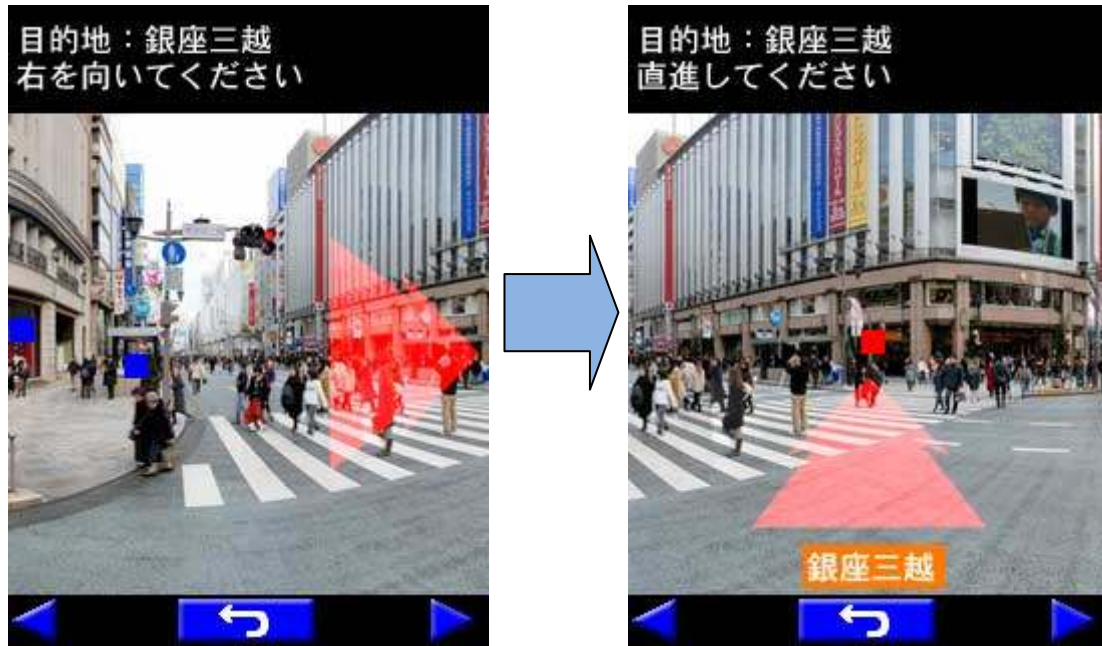


図 4-2-2-3：歩行ナビゲーション連携機能

#### 4-2-2-4 パノラマ画像表示の高速化手法

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 4-2-2-4）。

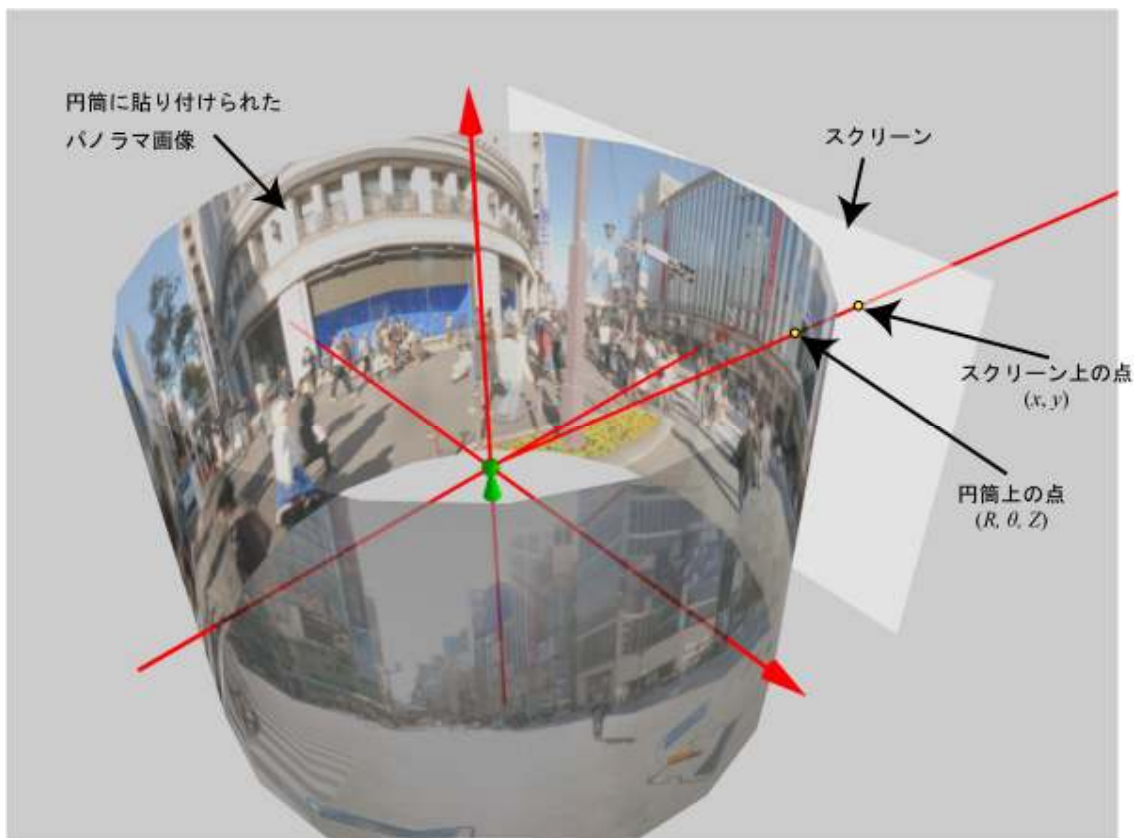


図 4-2-2-4 : パノラマブラウザでの透視変換

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、

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

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、 $\theta \approx 0.561$  (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  $x=R\theta \approx 107$  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。

### 4-2-3 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。コンテンツファイルは、複数の音声ファイルと画像ファイルにより定義され、音声ファイルを順次再生していくと共に、個々の音声ファイル再生タイミングにより、対応する画像データを切替えて表示する。音声ブラウザではコンテンツファイルの他に、接続詞ファイルと全体管理ファイルも取扱う。

以下に音声ブラウザで扱う設定ファイルについて示す。

#### 4-2-3-1 ベースコンテンツファイル

ベースコンテンツファイルは、音声ブラウザ起動時に再生されるメインのコンテンツであり、前詞と複数の台詞の音声データと、それぞれに対応したイメージ画像によって構成される。音声データのフォーマットは MP3 専用となっており、イメージファイルは 240×320pixel の BMP ファイルと、YUV420 または YUV422 形式の JPEG ファイルが使用可能となっている。ucode 解決の結果、URL 通知によってコンテンツファイルへのパスを知ることができる。

コンテンツファイルの設定項目は下記となっている。

##### (1) 前詞ファイル

コンテンツファイルを再生する時に、必ず再生する音声ファイル、及びその際に画面に表示する画像ファイルである。

(書式)

UBP main\_sound = 前詞音声ファイルパス

UBP main\_image = 前詞画像ファイルパス

##### (2) 台詞数

台詞ファイルの数を指定する。

(書式)

H sound\_num = 台詞数

##### (3) 台詞ファイル

台詞の音声ファイル、及びその際に画面に表示する画像ファイルである。

(書式)

UBP sound\_path? = 台詞音声ファイルパス

UBP image\_path? = 台詞画像ファイルパス

※ ?は 0～sound\_num-1 である。

#### 4-2-3-2 特定コンテンツファイル

特定コンテンツファイルは、特定地点で ucode を受信した際に再生されるコンテンツであり、前詞と複数の台詞の音声データと、それぞれに対応したイメージ画像によって構成される。音声データのフォーマットは MP3 専用となっており、イメージファイルは 240×320pixel の BMP ファイルと、YUV420 または YUV422 形式の JPEG ファイルが使用



可能となっている。ucode 解決の結果 URL 通知によってコンテンツファイルへのパスを知ることができる。

特定コンテンツファイルは、ベースコンテンツファイルと共通のフォーマットを使用しているため、設定ファイルはベースコンテンツと同等である。

#### 4-2-3-3接続詞ファイル

接続詞ファイル(conjunction.ini)は、各地点間を移動した際に前詞の再生前に再生される音声ファイルを定義するものである。接続詞ファイルに設定された複数の音声ファイルのうち、ランダムに選択された音声ファイルが再生される。音声データのフォーマットはMP3専用となっている。

接続詞ファイルの設定項目は下記である。

(1) 接続詞音声ファイル数

接続詞音声ファイルの数を指定する。  
書式)

H sound\_num = 接続詞音声ファイル数

(2) 接続詞音声ファイル

接続詞の音声ファイルである。  
書式)

UBP sound\_path? = 台詞音声ファイルパス

※ ?は 0~sound\_num-1 である。

#### 4-2-3-4全体管理ファイル

全体管理ファイル(walkpin.ini)は、コンテンツに依存しない共通の設定を記述するファイルである。

全体管理ファイルの設定項目は下記である。

(1) ベースコンテンツ ucode

ベースコンテンツの ucode を記述する。特定コンテンツ再生後にこの ucode を送信することで、ベースコンテンツに切り替える。

書式)

UBP base\_uocde = ucode 文字列

(2) 終了時設定言語コード

音声ブラウザ終了時に設定する言語コードを記述する。

書式)

UBP lang = 言語コード

(3) 終了時設定データベース表名

音声ブラウザ終了時に設定するデータベース表名を記述する。

書式)

UBP database = データベース表名

(4) 終了ボタン領域座標

終了ボタンとして取り扱う画面上の領域座標(pixel)を記述する。

書式)

UH exit\_button\_top = 終了ボタン左上 Y 座標

UH exit\_button\_left = 終了ボタン左上 X 座標

UH exit\_button\_width = 終了ボタン幅

UH exit\_button\_height = 終了ボタン高さ

(5) 終了確認画面画像ファイル

終了ボタン押下時に、終了確認のために表示する画像ファイルを記述する。画像ファイルとしては240×320pixelのBMPファイルと、YUV420またはYUV422形式のJPEGファイルが使用可能となっている。

書式)

UBP exit\_conf\_image\_path = 画像ファイルパス

(6) 終了画面 OK ボタン領域座標

終了確認画面で終了ボタンとして取り扱う画面上の領域座標(pixel)を記述する。

書式)

UH exit\_conf\_ok\_button\_top = 終了画面 OK ボタン左上 Y 座標

UH exit\_conf\_ok\_button\_left = 終了画面 OK ボタン左上 X 座標

UH exit\_conf\_ok\_button\_width = 終了画面 OK ボタン幅

UH exit\_conf\_ok\_button\_height = 終了画面 OK ボタン高さ

(7) 終了画面 CANCEL ボタン領域座標

終了確認画面で CANCEL ボタンとして取扱う画面上の領域座標(pixel)を記述する。

書式)

UH exit\_conf\_cancel\_button\_top = 終了画面 CANCEL ボタン左上 Y 座標

UH exit\_conf\_cancel\_button\_left = 終了画面 CANCEL ボタン左上 X 座標

UH exit\_conf\_cancel\_button\_width = 終了画面 CANCEL ボタン幅

UH exit\_conf\_cancel\_button\_height = 終了画面 CANCEL ボタン高さ

(8) 一時停止画面画像ファイル

クリアキー押下時に、表示する画像ファイルを記述する。画像ファイルとしては240×320pixelのBMPファイルと、YUV420またはYUV422形式のJPEGファイルが使用可能となっている。再度クリアキー押下により、再生を再開する。

書式)

UBP pause\_image\_path = 画像ファイルパス

(9) ucode 解決音・時計型 ucode タグリーダーバイブレーションモード切替設定

音声ブラウザ実行中の ucode 解決音・時計型 ucode タグリーダーバイブレーションのモード、及び、音声ブラウザ終了時に設定する ucode 解決音・時計型 ucode タグリーダーバイブレーションのモードを記述する。

書式)

UH boot\_ucode\_beep\_on = 起動時 ucode 解決音 (0:無し、1:有り)

UH boot\_welcat\_vib\_on = 起動時時計型 ucode タグリーダーバイブレーション (0:無し、1:有り)

UH exit\_ucode\_beep\_on = 終了時 ucode 解決音 (0:無し、1:有り)

UH exit\_welcat\_vib\_on = 終了時時計型 ucode タグリーダーバイブレーション (0:無し、1:有り)

次に各コンテンツの再生規則と処理について示す。

#### 4-2-3-5再生

(1) 起動後に特定地点 ucode を受信しない場合

音声ブラウザが起動されるとベースコンテンツ前詞の再生と対応したイメージ画像が表示される。前詞の再生が終わると台詞1の再生、イメージ画像が表示され、それ以降は、台詞2、台詞3・・・台詞Nと再生される。台詞Nの再生が終了すると音声ブラウザは終了する。

## [ベースコンテンツ]

音声ブラウザ起動

↓

前詞再生開始 「は～い銀ブラモード！・・・」

前詞再生終了

↓

台詞 1 再生開始 「ということでまず銀座なんですけれども、銀座がいつできたということな  
台詞 1 再生終了 んですね～」

↓

台詞 2 再生開始 「この銀座、江戸時代に銀とか銀貨を作ったりですね、それを取り仕切  
・ っていた幕府の機関組織のことを銀座と言ったんですね～」

・

・

・

・

台詞 N 再生開始 「お名残惜しいですけど、銀ブラモードのお話はこれにて終了です。

台詞 N 再生終了 またぜひお会いしたい銀座の町で。」

↓

音声ブラウザ終了

### (2) ベースコンテンツ再生中に特定地点 ucode を受信した場合

各地点を移動し特定地点 A の ucode を受信すると、地点 A のコンテンツ再生を開始する。ucode 受信時に再生中だったベースコンテンツの台詞 i は途中で中断することなく再生し、その再生が終了してから地点 A の再生を開始する。この時ベースコンテンツの台詞 i まで再生したことを記憶し、地点 A のコンテンツを再生終了した後に、ベースコンテンツの前詞、台詞 i+1 の順に再生を行い、台詞 N の再生が終了すると音声ブラウザは終了する。

### (3) 特定地点コンテンツを再生中に別の特定地点 ucode を受信した場合

地点 A のコンテンツを再生中に特定地点 B の ucode を受信すると地点 B のコンテンツ再生を開始する。ucode 受信時に再生中だった特定地点 A の台詞 j は途中で中断することなく再生し、その再生が終了してから地点 B の再生を開始する。この時、特定地点 A の台詞 j まで再生したことを記憶しておく。地点 B のコンテンツを再生終了した後には、特定地点 A の台詞には戻らず、ベースコンテンツに戻り、ベースコンテンツの前詞、台詞 i+1 の順に再生を行い、台詞 N の再生が終了すると音声ブラウザは終了する。

### (4) 一度来た地点に戻ってきた場合

地点 A コンテンツ再生中に地点 B の ucode を受信してコンテンツの再生を中断し、再び地点 A に場所に戻ってきた場合は、接続詞の中からランダムに再生し、前詞、台詞 j+1 の順に再生を行い、台詞 N の再生が終了すると音声ブラウザは終了する。

### (5) 連続して異なる ucode を受信した場合

地点 A のコンテンツ再生中に、地点 B、地点 C、地点 D の順番に連続して異なる ucode を受信した場合、最後に受信した ucode が有効になるため、地点 B、地点 C のコンテンツの再生は行わず、地点 D のコンテンツ再生を開始する。

## 4-2-3-6 終了・再開・一時停止

### (1) 音声ブラウザの終了・再開

コンテンツ再生中画面の「銀ブラ終了」ボタンをタップすることによって音声ブラウザを終了させることができる。(図 4-2-3-1)「銀ブラ終了」ボタンをタップすると音声が一時停止し、終了確認画面が表示される。(図 4-2-3-2) 終了確認画面では「終了」、「取消」が表示され、「終了」ボタンをタップすると音声ブラウザが終了する。この時、再生途中だった台詞 x の位置を記憶し、再開するときに前詞、台詞 x の順に再生される。「取消」ボタンをタップすると一時停止した位置から再生が再開される。



図 4-2-3-1: 再生中画面



図 4-2-3-2: 終了確認画面

## (2) 再生コンテンツの一時停止

超小型汎用コミュニケーション端末の右側のボタン (クリアボタン) を押下すると再生中音声を一時停止させることができる。キャンセルボタンを押下すると音声が一時停止し、一時停止画面が表示される。(図 4-2-3-3) 一時停止画面表示中に再度キャンセルボタンを押下すると一時停止した位置から再生が再開される。



図 4-2-3-3: 一時停止画面

## 4-2-4 まとめ

2次元ブラウザの性能向上を実施し、昨年度試作したシステムと比較して高い性能を達成できた。また、パノラマブラウザならびに、音声ブラウザなどの新機能を実現することができた。

## 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 ハードウェアプラットフォーム

#### 4-3-1-1 ハードウェア評価試作機

超小型汎用コミュニケーション端末の実現に向けて、小型化・省電力化を実現するチップセットのアーキテクチャを検討するため、平成 18 年度開発 0 次試作のベースハードウェアを改造し、ユビキタスコンピューティング環境で発生するイベントを処理する機能を集約することにより、どの程度省電力化が図れるかを評価した。また、チップセットとしてどのような機能が必要かを抽出した。

超小型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に設置された無線式あるいは赤外線式のアクティブ型 RFID(マーカ)によるイベント、パッシブ型 RFID R/W からの外部イベントを処理して、アプリケーションに渡す構造をとる。アプリケーションは高度な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ため、高い処理能力を必要とする。一方イベント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マーカ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、比較的低い処理能力でよい。しかしながら、イベントはユビキタスコンピューティング環境を利用者が移動することにより、いつ受信するかわからないため、常に受信待機を必要とする。この特性の差から、アプリケーションを処理するための大きな電力を必要とするメイン CPU とイベントを処理するための省電力な専用ハードウェアからなる構成を取ることにより、省電力化が可能となる。このイベント処理機能を専用 LSI 化することにより小型化が可能となり、専用 LSI チップセットを適用することによりユビキタスコンピューティング環境に対応する機器を容易に開発ができるようになる。

イベント処理機能を持つチップセットのアーキテクチャを検討する手法として、汎用 CPU のファームウェアでそのアルゴリズムを検討し、性能を評価する。確定したアルゴリズムをもとにハードウェアロジックとソフトウェア処理の分担を整理し、最終的なアーキテクチャを定めていく。

図 4-3-1-1 に 0 次試作ベースハードウェアを改造した本評価試作機の構成を示す。イベント処理機能を司るイベントプロセサは低消費電力マイコンである。メイン CPU、すなわちアプリケーションプロセサは動画処理機能ハードウェア等を含むユーザーアプリケーションを実行するプロセサである。前年度開発した 0 次試作ベースハードウェアでは、イベントのうち、比較的複雑な処理を必要とする無線式マーカ受信部はアプリケーションプロセサに接続(図中波線部)し、アプリケーションプロセサのソフトウェアで処理していた。これは処理アルゴリズムを検討する上でプログラム変更が容易なためである。

本年度の本評価試作機では、このパスを切断し、イベントプロセサに接続するように改造した。ユビキタスコンピューティング環境の生起する無線式マーカ、赤外線式マーカのイベントはイベントプロセサが全て処理する。このような構成を取ることにより有効なマーカイベントを受信せず、アプリケーションを停止できる場合はアプリケーションプロセサを低消費電力モードに移行させ、コミュニケーション端末全体の消費電力を低減することができる。

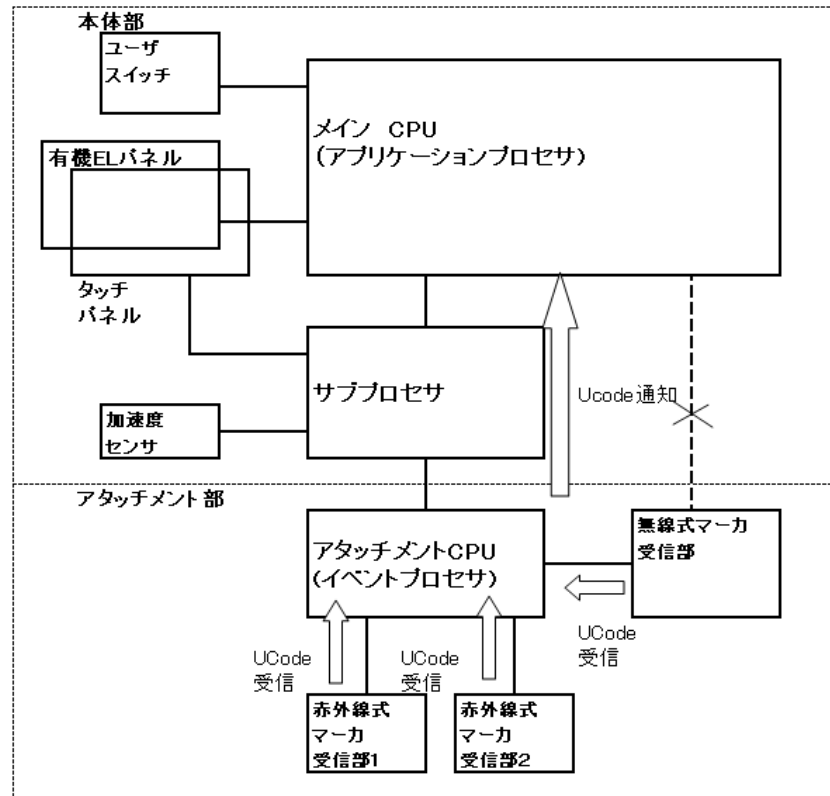


図 4-3-1-1: 評価試作機のイベント処理インターフェース構造

#### 4-3-1-2 イベント処理機能

イベントプロセサは低消費電力汎用マイコンである。ファームウェアにより以下のような機能をイベント処理機能として実装した。

##### (1) イベント取得機能

###### (A) 無線式マーカ受信機能

起動時に無線式マーカ受信機の動作パラメータを設定し、通信チャンネルを監視。マーカ受信時には電波強度とユビキタス ID(ucode)をメモリに保存し、後述のスクリーニング処理へデータを渡す。

###### (B) 赤外式マーカ受信機能

赤外線式マーカの受信パケットをエンコードし、ユビキタス ID(ucode)を抽出。後述のスクリーニング処理へデータを渡す。

##### (2) スクリーニング機能

###### (A) 無線式マーカスクリーニング機能

無線式マーカの電波到達距離は 10 数メートルから、見通しの良いところや反射などの影響で数十メートルになることがある。このため端末は複数マーカのデータを受信する。この中から最適な(一般には利用者の近傍にある)マーカのユビキタス ID(ucode)のみを選択しアプリケーションに通知する必要がある。

###### (A-1) フィルタリング

以下のフィルタリングアルゴリズムによって最適なユビキタス ID(ucode)を選別する。  
各タイムスロット  $T_i$ において、

- (イ) 過去  $n$  回分の平均電波強度が最も大きいユビキタス ID(ucode)を選択

- (ロ) (イ)で同率 1 位がある場合、その中で受信回数が最も多いユビキタス ID(ucode)を選択
- (ハ) (ロ)で同率 1 位がある場合、最も受信時刻が新しいユビキタス ID(ucode)を選択

タイムスロット毎に受信データはクリアせず、マーカ毎に最大 n 個分の受信データを保持し、選択対象とする。

#### (A-2) 受信補正值の設定・取得

受信する平均電波強度は距離だけによって決まらず、マーカ設置周辺の障害物、反射、干渉、ノイズなどの影響で変化する。受信時の電波強度を利用して近傍にあるかどうかの判定に利用するためには、受信電波強度を正規化しなければならない。このための機能が電波強度の補正機能である。イベントプロセッサは各無線式マーカの補正值のリストを保持する。受信した無線式マーカに対して、補正值リストから対応するマーカの補正值を取得する。受信電波強度値にマーカごとの補正值を加え、これを電波強度値とする。

#### (B) 赤外線式マーカスクリーニング機能

赤外線式のマーカは、1 秒間に数回ユビキタス ID(ucode)を発信している。このため、一定時間内に同じ値が連続する場合は、繰り返し分を除去してアプリケーションに通知する。

イベントプロセッサは 8 ビット低消費電力マイコンを 8MHz で動作させた。ファームウェアで使用したメモリは ROM 22KByte、RAM 16KByte である。

### 4-3-1-3 ユビキタスコンピューティング環境のイベント発生量

実際にユビキタスコンピューティング環境でどのようにイベントが生起しているかの測定を実施し、これに基づきイベントプロセッサの効果を推定する。0 次試作改造版のベースハードウェアに、イベント処理をしない生の受信イベントをロギングする機能を搭載し、ユビキタスコンピューティング環境を歩き測定を行った。図 4-3-1-2 は、銀座中央通り三丁目から二丁目の付近のユビキタスコンピューティング環境設置状況である。丸印が無線式のマーカの設置場所を示している。各マーカは出力 1mW とし 1 秒に 1 回ユビキタス ID(ucode)を発信している。図中の矢印に沿って歩いた時の取得イベントのロギング結果を図 4-3-1-3 に示す。三丁目と二丁目との間の交差点（図中の A）中心部に差し掛かったときには 3 マーカを受信しているがマーカ設置距離が長い区間を移動しているときは 20 秒以上受信せず、ユビキタス端末を省電力モードに移行する余地がある。

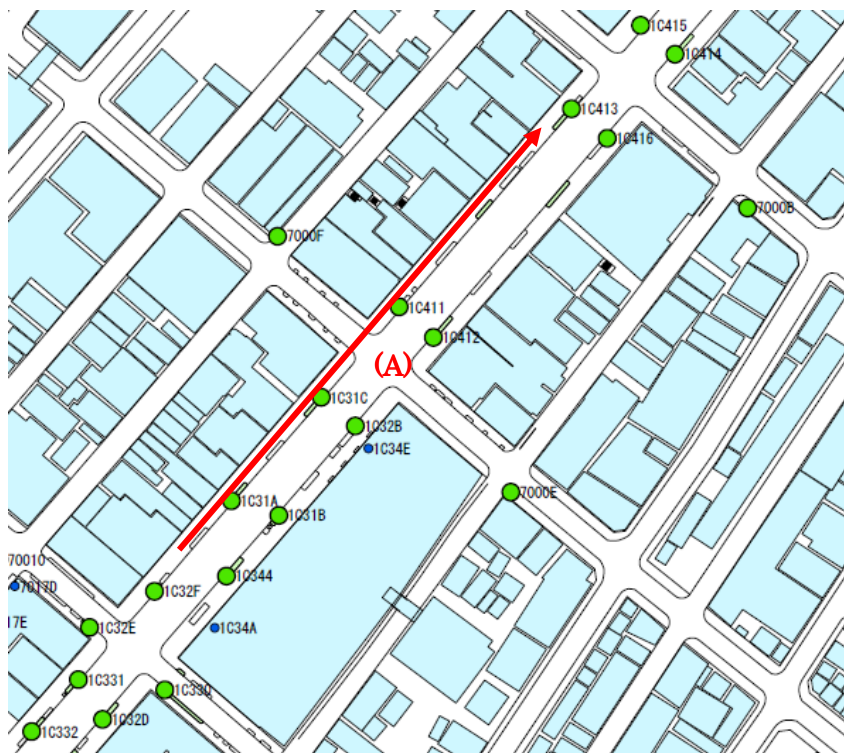


図 4-3-1-2: 銀座三丁目～二丁目付近電波式マーカ設置状況(地上)

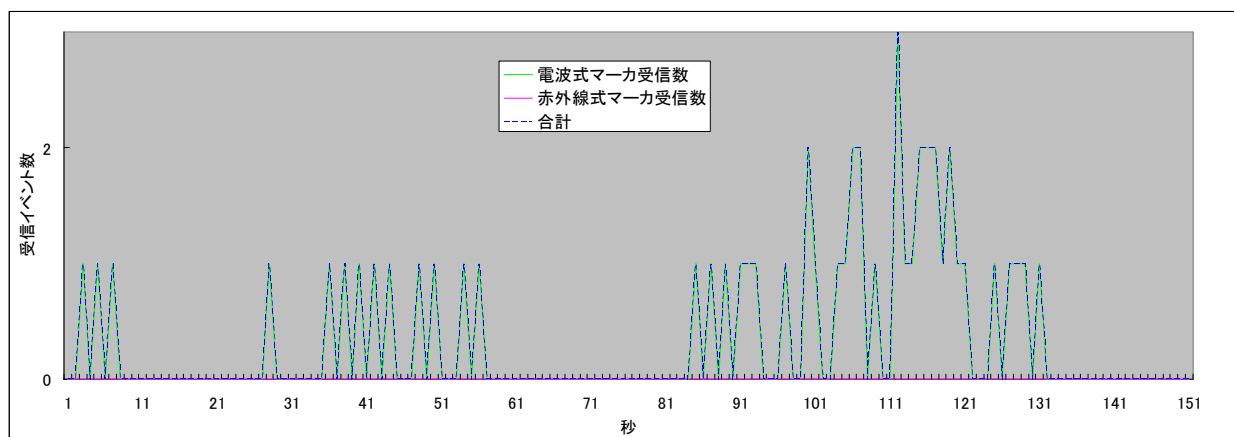


図 4-3-2-3: 銀座三丁目～二丁目付近電波式マーカ受信履歴(地上)

同様に図 4-2-3-4 に、銀座四丁目付近の地下鉄構内に設置されているユビキタスコンピュータ環境を示す。地下には無線式マーカに加え、赤外線式マーカが設置されている。図中の赤矢印の歩行経路における、測定結果を図 4-2-3-5 に示す。地下赤外線式マーカは 1 秒間に 3 回発信している。



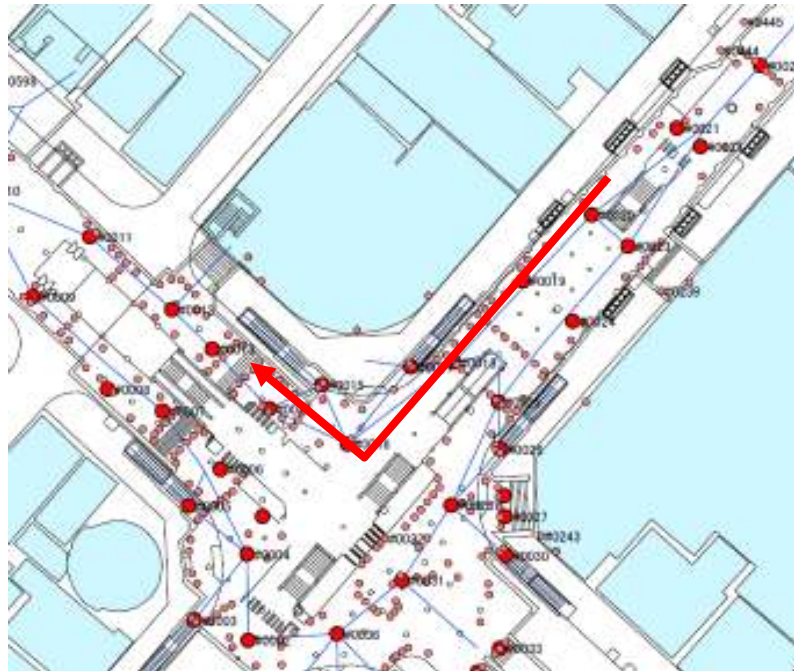


図 4-3-4-4:銀座四丁目付近電波式マーカ/赤外線式マーカ設置状況(地下)

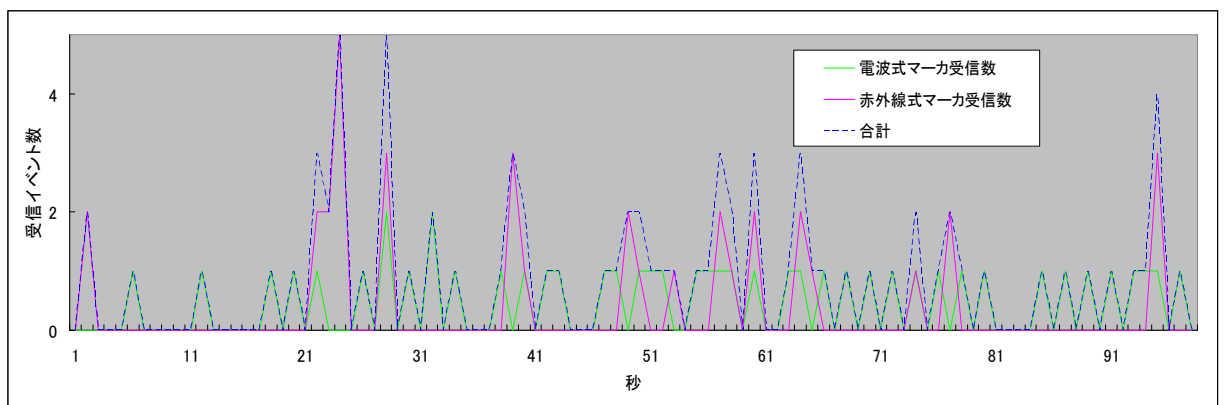


図 4-3-4-5:銀座四丁目付近マーカ受信履歴(地下)

地下は密にマーカが設置されている。無線式マーカは秒間 1 回送信であるが、赤外マーカは秒間 3 回送信している。歩行速度が遅いケースは秒間に赤外マーカ 3 回+送信マーカ 2 回の合計 5 回以上を受信している。

この場合でもマーカ設置間隔が長い区間では数秒にわたり受信イベント発生せず、ユビキタス端末を省電力モードに移行できることが確認できる。

#### 4-3-1-4 消費電力の改善

平成 18 年度開発 0 次試作のベースハードウェアの消費電流(従来方式)と、イベント処理をイベントプロセッサに集約する方式(イベントプロセッサ方式)の消費電流の比較を表 4-3-1-1 に示す。アプリケーション実行中の消費電流はいずれも同様であるが、無線式マーカのイベント処理機能をアプリケーションプロセッサで実行する 0 次試作と、無線式マーカのイベント処理機能をイベントプロセッサで実行し、アプリケーションプロセッサを省電力モードにできる評価試作機では、マーカの待ち受け中の消費電流は大幅に低くなることわかる。

イベントプロセッサにおける、無線マーカの待ち受けの消費電流は 45mA、この時アプ

リケーションプロセッサが低消費電力モードになり、本体の消費電流は1mAで合計46mAである。これは0次試作機の350mAに対して約1/8である。なお、使用しているバッテリーは1100mAhのリチウムイオンバッテリーであり、1100mAhを消費電流で割ることにより動作時間が算定される。

**表 4-3-1-1 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	消費電力	450mA	350mA
	稼働時間	2.4 時間	3.1 時間
イベントプロセッサ方式	消費電力	450mA	46mA
	稼働時間	2.4 時間	24 時間

イベントプロセッサ方式により、アプリケーション稼働とイベントの待ち受けが混在した、標準的な利用条件での稼働時間がどのくらい改善するかについて算定してみる。表4-3-1-2は、銀座地上で測定した受信イベントの履歴を、タイムスロット1秒単位で受信したイベント数が幾つであるかの分布である。

**表 4-3-1-2 1秒スロットの受信イベント数の分布**

受信イベント数/秒	0	1	2	3
分布	72%	23%	5%	1%

全体の72%の期間は電波式マーカのイベントを受け取らない。この期間は新規マーカイベントは発生せず、アプリケーションの動作が終了していれば省電力モードに移行可能となる。アプリケーションの性質により大幅に変わるが、次のような仮定をした場合のオーバーオール消費電力と稼働時間を評価してみる。受信イベント数が1以上の28%はアプリケーションが稼働し、このアプリケーションは2タイムスロットで終了すると仮定する。56%がアプリケーション実行残りの44%が省電力モードとなる。この仮定では、消費電力は60%になり、稼働時間は2.5時間から4時間に改善される。

**表 4-3-2-3 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	450mA×0.56	46mA×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が、今回実施した汎用マイコンのファームウェアによる実装をハードウェアロジック化すると待ち受け時の消費電力は45mAから15mA程度まで低減できると考えられる。この場合、待ち受け稼働時間は73時間となり、従来方式の20倍の改善が可能と考えられる。

## 4-3-2 ソフトウェアプラットフォーム

### 4-3-2-1 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4-3-2-1に示す。

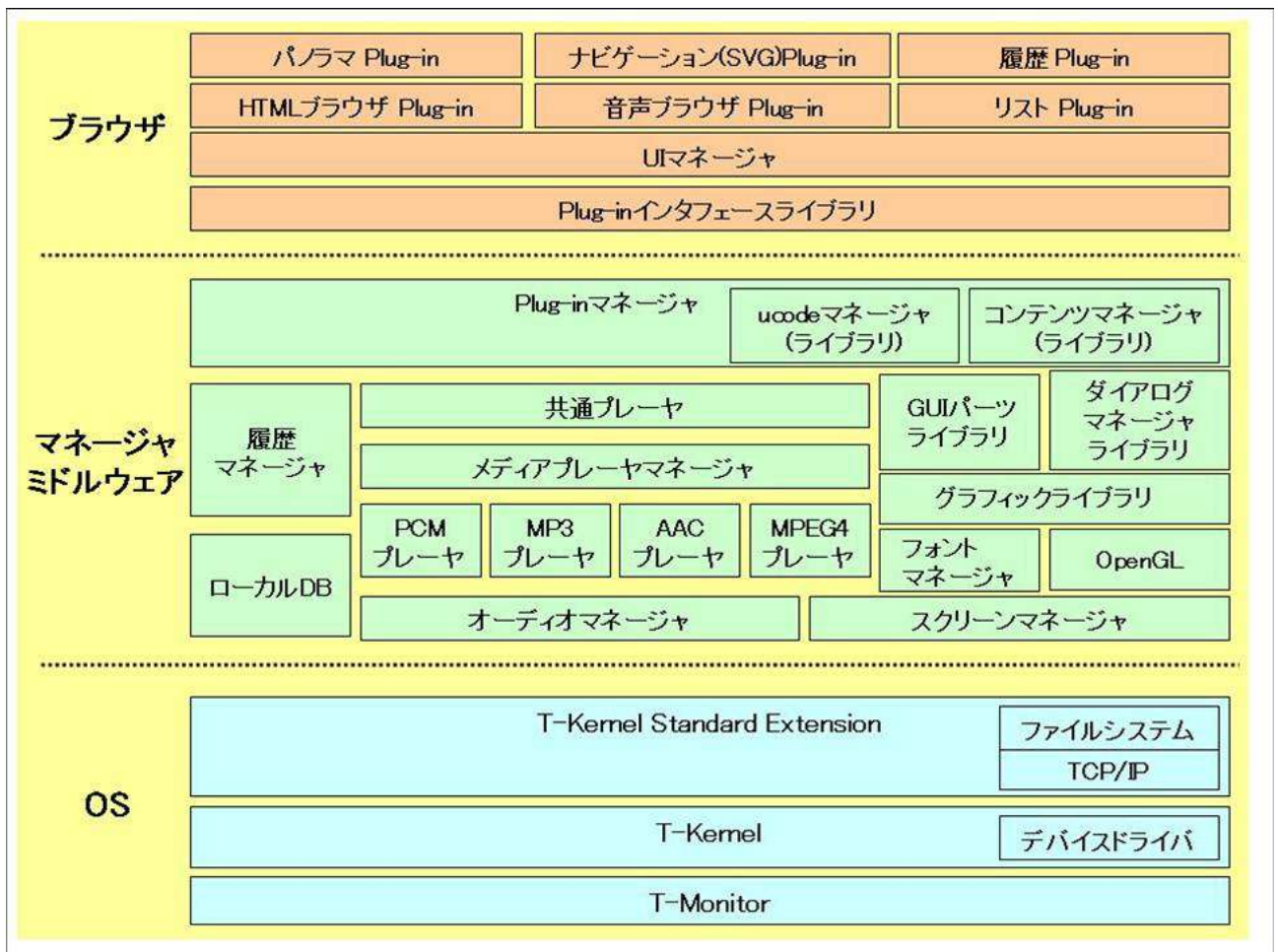


図 4-3-2-1:ソフトウェアの構成図

### (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。

## 4-3-2-2 ソフトウェアプラットフォームの機能改善

### (1) タッチパネル機能の強化

超小型汎用コミュニケーション端末の機能改善として、タッチパネルのタッチ時にタッチマークアニメーション表示、及びタッチ音再生により、タッチしたことが明示的に認識できる仕組みを導入した。

#### (a) タッチマークアニメーション表示

タッチマークアニメーション表示とは、タッチパネルをタッチしたという状態を利用者に視覚的に認識させるための機能である。(図 4-3-2-2) この機能を実装することにより、むやみにタッチすることを防止させ、スムーズなタッチ操作が可能となった。



図 4-3-2-2: タッチマークの表示

タッチマークアニメーションを実装するにあたり、表示は UI マネージャを通して行っている。また、タッチマークを表示する表示レイヤは最上位でなくてはならないため、ウィンドウを使用しタッチマークアニメーションの表示機能を実装した。

タッチするとメインタスクのメッセージオプションに座標が付加されるため、その座標を中心に円を書き、メッセージバッファのタイムアウト処理により、タッチパネル操作円をアニメーション表示させている。円のサイズ、色、時間は環境変数で設定することが可能である。

次にタッチパネル操作位置の表示処理について記す。

#### (i) 透過処理

ウィンドウはアルファブレンドをサポートしていないため、アルファ値による半透明ができない。その為、以下の方法により半透明を実現した。

操作位置の円表示は、グラフィックライブラリの `qgFillOval` を使用する。`qgFillOval` では、パターンデータを使用し円を塗り潰す事ができるため、図 4-3-2-3 のパターンで塗り潰すことで、半透明を実現する。

透過色	表示色
表示色	透過色

図 4-3-2-3: 塗り潰しパターン

#### (ii) アニメーション処理

操作位置の円表示は、一定時間経過毎に縮小することでアニメーション風に見せている。時間経過する毎に縮小するサイズと、表示回数(何回表示して消えるか)は環境変数で設定可能となっている。

表示半径が 3pixel 以下になるとアニメーション処理終了し、操作位置の円が消える。

タッチマークアニメーション表示機能関連の、環境変数ファイルへの設定方法を記す。尚、環境変数ファイルに設定されていない場合のデフォルト値は以下となっている。

```
tap_position          = OFF    # 表示/非表示 (ON:表示、 OFF:非表示)
tap_position_radius   = 14     # 表示半径(pixel)
tap_position_color    = 0xFF40 # 表示色(黄色)
tap_position_time     = 100    # 表示間隔(ms)
tap_position_down_size = 2     # 表示間隔毎に縮小するサイズ(pixel)
tap_position_down_count = 3    # 表示回数(何回表示して消えるか)
```

## (b) タッチ音

利用者がタッチパネルに触れたこと認識できるように、タッチパネルのタッチ時に、タッチ音を再生する機能を実装した。

タッチ音の再生可否に関しては、設定ファイルにて切り替えが可能となっている。設定ファイルにてタッチ音が再生可能な場合、タッチパネルへのタッチイベント発生時にタッチ音を再生する。音声再生中に、タッチ音再生する場合には、再生中の音声を一時停止後、タッチ音を再生し、その後一時停止箇所から音声の再生を継続する。このように実装されている理由として、超小型汎用コミュニケーション端末ではハードウェアミキサを搭載しておらず、音声のミキシングが不可能なためである。また、ソフトウェアミキサを使用した場合でも、負荷が大きく実用的でないため、音声を一旦停止させて別の音声を再生させるという方法を取っている。タッチ音データは、特定の PCM ファイルを再生させるため、ファイルを変更することによって、他の音声を再生させることが可能となっている。ファイルフォーマットは 44.1KHz stereo 16bitLSB の PCM フォーマットとなっている。

## (2) 聴覚障害者機能

超小型汎用コミュニケーション端末を用いて ucode 解決が行われた場合、通常では「ピピン」という解決音が再生されるため、利用者は新たなコンテンツが表示されると認識することが出来る。しかし、聴覚障害者の場合では ucode 解決音を確認することができないため、何の前触れもなしに突然コンテンツが表示されたように感じてしまう。そのため、RFID リーダとして使用している、時計型 ucode タグリーダーのバイブレーション機能を実装することによって、利用者の聴覚が不自由であっても ucode 解決をバイブレーションで知ることが可能となった。

時計型 ucode タグリーダーのバイブレーション機能では、以下の項目の設定が可能である。駆動デバイスとしてバイブレーションの他に、LED または、ブザーの駆動も同時に行うことが可能となっている。

### (1) 時計型 ucode タグリーダーバイブレーション ON/OFF 切替

時計型 ucode タグリーダーバイブレーションの ON/OFF の切替を行う。

0 : UCODE 解決時、時計型 ucode タグリーダーバイブレーション実行無し

1 : UCODE 解決時、時計型 ucode タグリーダーバイブレーション実行

### (2) 駆動デバイス

バイブレーション ON 時に駆動するデバイスの種類を指定する。

0x01 : バイブレーション      0x10 : ブザー1 (700Hz)  
0x02 : 赤 LED                    0x20 : ブザー2 (1330Hz)  
0x04 : 緑 LED                    0x40 : ブザー3 (2900Hz)

上記の値を OR で組み合わせて駆動するデバイスを指定する。但し、ブザーの指定時はブザー1、ブザー2、ブザー3の中から択一指定する。ブザーの指定が重複した場合は一番小さい設定が優先される。(0x30 の指定は 0x10 指定と同じとなる)

### (3) 駆動回数

バイブレーション ON 時に何回動作を繰り返すかを指定する。尚、駆動時間分駆動デバイスを駆動し、停止時間分駆動デバイスを停止させるのを 1 回の動作とする。

### (4) 駆動時間

バイブレーション動作時にデバイスを駆動する時間を msec で指定する。

### (5) 停止時間

バイブレーション動作時に繰り返し指定を行っている場合に、デバイスを停止してから次の駆動までの間の停止時間を msec で指定する。

時計型 ucode タグリーダーバイブレーションを実行する際の設定例を示す。下記の例では、ucode 解決時にバイブレーションの 120msec 駆動、50msec 停止を 3 回繰り返すことを行っている。

```
welcat_vib_on = 1      # 時計型 ucode タグリーダーバイブレーション (実行)
vib_ope = 0x01        # 駆動デバイス (バイブレーションで駆動)
vib_num = 3            # 駆動回数 (3 回)
vib_time = 120        # 駆動時間 (120msec)
silence_time = 50     # 停止時間 (50msec)
```

## (3) 省電力機能

超小型汎用コミュニケーション端末ではモーションセンサーとして、3 軸の地磁気と 2 軸の加速度センサーを備えている。この機能を利用して姿勢検知を行い、端末をぶら下げている時にディスプレイの表示を真暗にし、液晶ディスプレイの消費電力を抑える省電力機能を実装した。

姿勢検知を行うにあたり、端末を正方向(通常ユーザが持つ向き)に鉛直に立てた状態を 0 度、端末を水平方向に寝かせた状態を 90 度、逆方向(逆さまの向き)に鉛直に立てた状態を 180 度と規定した。端末の傾きが 0 度~120 度の範囲にある時は、システム UI およびアプリケーション画面を表示し、端末の傾きが 120 度~180 度の範囲にある時は、黒画面をオーバーラップさせ、擬似的に画面非表示状態としている。このような仕組みにすることにより、ユーザが端末を持っている(見ている)状態の時は、通常を表示を行い、ユーザが端末を持っていない(ぶら下げている)状態の時には、表示を黒くすることが可能となっている。

## 4-3-2-3 履歴保存とパーソナル web ページ機能

パーソナル web ページは、ユーザがユビキタスコミュニケーター (UC) によって閲覧したコンテンツを、自宅の PC などから web ブラウザを利用して繰り返し閲覧できるようにしたものである。UC での閲覧履歴を ucode のリストとしてログに記録し、それをユーザと結びつけてサーバに登録することで、膨大なコンテンツの中から、それぞれのユーザが閲覧した地点に関するコンテンツだけを抽出した、パーソナル空間ブックマークを提供することが可能となった。

## (1) パーソナル web ページ概要

パーソナル web ページを利用するユーザには、それぞれ、ユーザ ID とパスワードが発行される。今回は、UC をユーザに貸し出し、その後自由に歩き回ってコンテンツを閲覧してもらい、最後に返却してもらうという運用形態であったため、返却時に UC に記録されたログをサーバに送信し、その応答としてサーバが新規ユーザ ID とパスワードを発行して、それを印刷してユーザに渡すことにした。

パーソナル web ページを利用するためには、まず、PC 用の web ブラウザでログイン画面にアクセスする。そして、発行されたユーザ ID とパスワードを入力し、パーソナル web ページにログインする。ログインに成功すると、それぞれのユーザのためのパーソナル web ページが表示される。

パーソナル web ページは、画面左側の地図表示領域、画面右の閲覧履歴表示領域、そして、コンテンツ表示ウィンドウ（コンテンツを閲覧する際にポップアップ表示される）から構成されている（図 4-3-2-4）。

地図表示領域には、UC でコンテンツを閲覧した地点が地図上にピンで示されている。また、このピンにマウスカーソルを合わせることで、その地点でコンテンツを閲覧した時刻と、その地点に関連付けられたコンテンツのタイトルが吹き出し型のポップアップで表示され、さらにこのタイトルをクリックすることで、閲覧履歴表示領域が、対応する位置まで自動でスクロールされる。

閲覧履歴表示領域は、ユーザが UC でコンテンツを閲覧した地点の履歴が表示される領域であり、閲覧時刻と関連するコンテンツのタイトルが、時刻順に表示されている。ここに表示されているタイトルはコンテンツへのリンクとなっており、リンク選択すると、コンテンツ表示ウィンドウがポップアップし、コンテンツが表示される。また、閲覧時刻の横には地図を移動するためのリンクがある。これをクリックすることで、地図表示領域に表示されている地図を、そのコンテンツを閲覧した地点が中心になるように自動でスクロール移動させることができる。

コンテンツ表示ウィンドウは、閲覧履歴表示領域のリンクを選択したときに、コンテンツが表示されるウィンドウである。また、コンテンツが動画を含んでいる場合は、動画用のコンテンツ表示ウィンドウが新たに表示される。

今回のパーソナル web ページでは、UC 用に用意されていたコンテンツと同じく、日本語、英語、中国語（簡体字）、中国語（繁体字）、韓国語のコンテンツが用意されている。言語は、ログイン時、およびコンテンツ閲覧中に、利用者が自由に選択することが可能であり、それに対応して、地図表示領域のポップアップや、履歴閲覧領域のコンテンツタイトル、表示されるコンテンツが切り替えられる。今回は5ヶ国語であったが、パーソナル web ページのシステム自体は、必要に応じて言語の追加が可能なものとなっている。





図 4-3-2-4: パーソナル web ページ画面

## (2) パーソナル web ページのシステム

パーソナル web ページは、web サーバ上で動作するデータベースと CGI プログラム群、および HTML コンテンツに埋め込まれ web ブラウザ上で動作する JavaScript プログラムによって実装されている。また、地図表示領域での地図表示や、地図上のピン、ポップアップなどの表示は NTT レゾナント社の Goo 地図 API を利用している。

ユーザ ID とパスワード、および閲覧履歴は、ユーザ情報データベースとして管理される。タグの物理 ucode と地点情報、複数の物理 ucode をまとめて同じコンテンツに結び付けるためのコンテンツグループ番号、コンテンツグループ番号と結び付けられるタブのタイトルとコンテンツ ucode、およびコンテンツ ucode とそれに結び付けられた URL など、ucode に関連する情報は ucode データベースとして管理される。そして、これらデータベースを管理するためのインタフェースも CGI によって提供されている。

以下、サーバ上で動作しているパーソナル web ページ関連の CGI プログラムおよび、web ブラウザで動作する JavaScript プログラムに関して説明する。

## (3) ログイン/ログアウト CGI

パーソナル web ページへのログイン・ログアウトを管理するための CGI であり、パーソナル web ページのログイン画面のフォーム、あるいは、ログアウト用のリンクから呼び出される。ログイン時には、入力されたユーザ ID とパスワードをユーザ情報データベースに記録された情報と比較し、正しい組が入力されていれば、セッション ID を発行してクッキーに記録し、パーソナル web ページへと移動する。以後、パーソナル web ページへのアクセスは、このセッション ID によって管理される。

パーソナル web ページからのログアウト処理を行う場合は、クッキーとデータベースのセッション情報のクリアを行い、ログイン画面に戻る。

#### (4) パーソナル web ページ生成 JavaScript と、閲覧リスト生成 CGI

この二つのプログラムによって、パーソナル web ページが web ブラウザの画面に表示される。パーソナル web ページの地図表示領域と閲覧履歴表示領域は、パーソナル web ページ生成 JavaScript によって生成される。閲覧リスト生成 CGI は、この JavaScript から呼び出される CGI である。

パーソナル web ページが表示される時、パーソナル web ページ生成 JavaScript はまず閲覧リスト生成 CGI を、セッション ID をパラメータとして呼び出す。

閲覧リスト生成 CGI は、セッション ID に対応したユーザの閲覧履歴をユーザ情報データベースから検索する。この閲覧履歴には、コンテンツを閲覧する際に受信されたタグの物理 ucode とその受信時刻の組が記録されている。次に ucode データベースから、それぞれの物理 ucode と関連付けられた、位置情報（緯度経度および階数）と、コンテンツグループ番号を検索する。この時点で、パーソナル web ページで同じコンテンツが連続して表示されるのを防ぐために、同じコンテンツグループ番号が連続している場合は、2つめ以降の履歴を切り捨てる処理が行われる。

さて、UC では一つのコンテンツグループ番号に対して複数のコンテンツを割り当てることができ、UC 画面上ではタブで選択することができる。そのため、ucode データベースにはコンテンツグループとそのグループで表示するタブの対応、およびそのタブのタイトルと表示するコンテンツの ucode も記録されている。また、コンテンツ ucode はデータが実際に格納されている URL と結び付けられている。これらの情報を利用することで、UC でコンテンツが表示されたそれぞれの地点に対して、時刻と位置情報、および表示された複数のタブのタイトルとコンテンツの ucode とデータの URL、という組を作成することができる。これを時刻順にソートしたものを閲覧履歴とし、閲覧リスト生成 CGI は、以下のような XML 形式の閲覧リストとして結果を返す。

```
<?xml version="1.0"?>
<ucodelist>
<user>userX</user>
<lang>ja</lang>
<point>
  <ucode>00001c0000000000000100000001c33c</ucode>
  <datetime>2008-01-12 01:01</datetime>
  <ucodegroup>#0583</ucodegroup>
  <latitude>+35.671836187704</latitude>
  <longitude>+139.764441305824</longitude>
  <floor>0</floor>
  <tab>
    <ucode>00001c000000000000020000000a4041</ucode>
    <title>明治 10 年ごろ</title>
    <url>file:///contents/jpn/colum_up/co0302_meiji10.html</url>
  </tab>
  <tab>
    <ucode>00001c000000000000020000000a0124</ucode>
    <title>地上パノラマ</title>
    <url>http://personal.example.jp/contents/qtvr/ha_07.mov</url>
  </tab>
  <tab>
    <ucode>00001c000000000000020000000a417b</ucode>
    <title>情報誌</title>
    <url>file:///contents/jpn/add_info/index04.html</url>
  </tab>
</point>
<!--以下、閲覧履歴の地点数だけ <point>~</point> が続く-->
</ucodelist>
```

閲覧リスト生成 CGI から閲覧リストを受け取った JavaScript は、リストに含まれる各要素を順に拾い上げ、閲覧履歴表示領域には閲覧履歴を表示するための HTML を生成し、地図表示領域には Goo 地図 API によってピンやポップアップを表示する処理を行う。その際、コンテンツ URL の一部（上記 XML の例の file:///～など）は、パーソナル web ページのサーバでのコンテンツ配置に合わせて置き換えられる。これらの処理により、web ブラウザ上に、パーソナル web ページの画面が作成される。

#### **(5) コンテンツ変換 CGI**

UC 用の HTML コンテンツは、基本的には PC 用の web ブラウザでもそのまま表示可能である。しかし音声や動画を再生するプラグインに関しては形式が異なるため、これらの部分に関しては、PC で表示可能な形式に変換する必要がある。また、画像や他のコンテンツを参照する URL が絶対参照になっている場合などは、パーソナル web ページでのコンテンツの階層構造に合致するように URL を書き換える必要がある。そのため、コンテンツ表示では UC からコピーされた HTML を直接指定するのではなく、コンテンツ変換 CGI を通して指定する形となっている。

コンテンツ変換 CGI は基本的には指定されたコンテンツをそのまま出力するが、コンテンツが HTML であった場合は動画や音声を再生する UC 用のプラグインに関する記述が含まれていないかを調べ、含まれていた場合は、プラグイン記述から各種パラメータを抽出し、該当部分を PC 用のプラグイン記述に置換する処理を行う。また、コンテンツ変換 CGI は URL 置換リストを指定することで、HTML 中のリンクに置換リストとパターンマッチした URL が含まれていた場合は、それを書き換える機能を持っている。これは、UC 用の HTML で絶対参照形式の URL が利用されていた場合や、web での公開が禁止された動画データを代替データに入れ替える場合などに利用している。

#### **(6) ユーザ ID 発行 CGI**

UC に記録されたログ情報を受け取り、新規ユーザ ID とパスワードを発行する CGI である。今回の実装では、ユーザ ID の発行は、UC を返却する時に、ログ回収用 PC に接続してログファイルを取り出し、それを web のフォームからユーザ ID 発行 CGI に送ることで行った。ユーザ ID 発行 CGI は、まず新規ユーザ ID とパスワードを生成する。そして、送られてきたログファイルの各行から ucode と時刻を取り出し、生成されたユーザ ID と結びつけてユーザの閲覧履歴情報とし、ユーザ情報データベースに登録する。

その後、発行されたユーザ ID とパスワードをユーザに表示するための HTML ページを生成する。このページはログ回収用 PC の web ブラウザの画面に表示されるので、それを印刷してユーザに手渡すことで、発行されたユーザ ID とパスワードをユーザに通知する。

#### **(7) ucode データベース登録 CGI**

ucode とそれに関連する情報を、ucode データベースに登録するための CGI である。

UC 用のデータベースを作成するための元情報となる CSV ファイルを、ucode データベース登録 CGI に web のフォームを利用して登録処理することで、サーバ上の ucode データベースに情報が登録される。

#### **(8) まとめ**

パーソナルホームページは、「UC の利用者」と「コンテンツを閲覧した場所」「コンテンツを閲覧した時刻」というコンテキストを利用し、大量のコンテンツの中から、利用者が閲覧したコンテンツを抽出して提示するシステムである。特に、「場所」と「時刻」というコンテキストを利用したことで、単なるリンク集としてではなく、閲覧時刻順のリスト

と地図上の地点群を組み合わせて表示することが可能となった。これによって、ユーザが UC を利用して閲覧したコンテンツを、後から PC 用の web ブラウザを利用しても、自分が UC を持って歩いた道筋を追体験できる仕組みを提供することが可能となった。

#### 4-3-2-4T-Kernel

T-Kernel について表 4-3-2-1 に掲げた改善を行った。

これらの改善を行うことにより、T-Kernel を使って構築した UC のシステムの安定性を向上させることができた。

表 4-3-2-1: T-Kernel の改善項目一覧

番号	改善内容	改善対象
(1)	待ち状態のタスク状態を参照すると、誤った状態（「実行状態」）が返される現象が発生するので、正常に動作するように改善した。	task_manage.c
(2)	tk_sig_sem でセマフォカウント値がオーバーフローしてもエラーコードが返されない現象が発生するので、正常に動作するように改善した。	semaphore.c
(3)	メッセージバッファにおいてバッファサイズを超えた送信を行った場合、先行の送信要求が完了しても（本来バッファに入れられるサイズになっている）後続の送信要求待ちが解除されない現象が発生するので、正常に動作するように改善した。	messagebuf.c
(4)	バッファサイズを 0 に設定して同期処理用のメッセージバッファを生成した場合、メッセージバッファの状態を確認すると常に次に受信するメッセージのサイズが 0 となるので、正常に動作するように改善した。	messagebuf.c
(5)	ランデブ回送を行った場合に回送先ポートの属性が無視されて、待ちが解除される現象が発生することがあるので、正常に動作するように改善した。	rendezvous.c
(6)	ランデブ回送を行った場合に回送先ポートの属性が無視されて、呼出待ちの順番が常に FIFO となるので、正常に動作するように改善した。	rendezvous.c
(7)	可変長メモリプールにおいて、供給可能な最大メモリサイズよりも大きなメモリ領域を確保しようとした場合にメモリ獲得待ち状態になるので、パラメータエラーとなるように改善した。	mempool.c
(8)	同一時刻（同一タイムティック）に起床されるタスクが複数存在する場合、起床待ち状態になった順に待ちが解除されないため、起床待ち状態になった順に待ちが解除されるように改善した。	timer.c
(9)	未初期化の変数について明示的に初期化するように改善した。	deviceio.c device.c
(10)	FPU を用いた浮動小数点演算を複数のタスクで実行している場合、タスクのディスパッチが発生すると誤った演算結果になることがあるので、正常に動作するように改善した。	cpu_support.S
(11)	その他	

表 4-3-2-1 に掲げた現象はいずれも特殊な状態・設定において発生する。T-Kernel 仕様としても明記されていない暗黙の定義に相当する箇所が中心である。これらを改善することにより、T-Kernel を使ったシステム (UC) の安定性を向上させ、かつ、プログラミング時に発生する問題を軽減させることができた。

なお、いくつかの項目については補足説明が必要であるので以下に記載する。

## (2) セマフォカウンタ値のオーバーフロー検出

T-Kernel ではセマフォのカウンタの最大値は 2,147,483,647 として実装されている。通常ここまで大量のセマフォカウンタ値を消費することはないので改善しなくても問題はないが、仕様から外れてしまうので改善対象とした。

なお、改善の方法は専用のオーバーフロー判定処理を追加するのではなく、現状の判定処理の演算式を改善することで対応した。よって、本件を改善したことによる性能の悪化は発生していない。

## (3) バッファサイズを超えるメッセージの送信

生成したメッセージバッファのバッファサイズを超えるメッセージの送信については仕様に規定されていない。一般にはメッセージバッファのバッファサイズを超えるメッセージは送信しない実装にすることが多いが、T-Kernel ではバッファサイズを超えるメッセージも送信できる実装になっている。

バッファサイズを超えるメッセージとそれに続けてバッファサイズを超えないメッセージが送信待ちになっている場合の処理を追加することで、意図的に本機能を利用した場合でも正常に動作するように改善した。

## (8) 同一タイムティックでの待ち解除の順番の逆転

仕様では同一タイムティックにおいて待ちが解除される順番までは規定していない。指定されたティックタイムにおいて待ちが解除されることは必須条件であるが、それ以上は実装依存である。

実際問題として、待ちの指定はプログラム実行中に動的に相対時刻で指定されるため、同一タイムティックにおいて複数のタスクの待ちが解除されることはほとんどありえないので、通常のプログラムでは気にする必要はない。しかしながら、タイミングによっては同一タイムティックにおいて複数のタスクの待ちが解除されることがあり、その場合に解除される順番が逆転すると混乱を招く可能性がある。

このため、T-Kernel では同一ティックタイムにおいて複数のタスクの待ち状態が解除される場合、待ち状態に入った順番に待ち状態が解除されるように改善した。

## (10) FPU を用いた浮動小数点演算とタスクのディスパッチ

本現象は FPU を持つ CPU でのみ発生する。具体的には SH7751R、SH7760 で発生する。

あるタスクにおいて FPU を用いて浮動小数点演算を実行中に、他のタスクにディスパッチし、ディスパッチ先のタスクでも FPU を用いた浮動小数点演算を実行する場合にのみ発生する。

通常、組込み機器において浮動小数点演算を使用することはまれであったが、近年のハードウェアの進歩と組込み機器の機能の拡張によって浮動小数点演算が利用されることも多くなっている。

(11) その他

T-Kernel の動作には直接は関係しないが、コメントの改善、冗長な判定処理の削除、冗長なキャストの削除などを行うことによって、ソースコードの品質を向上した。

UC のような組込み機器では必要に応じて T-Kernel を改造することも多いので、コメントなどの改善は、T-Kernel を改造する場合の作業効率を向上させる効果がある。

#### 4-3-2-5 T-Kernel/Standard Extension

T-Kernel/Standard Extension について表 4-3-2-2 に掲げた改善を行った。

これらの改善を行うことにより、T-Kernel/Standard Extension を使って構築した UC のシステムの安定性を向上させることができた。

表 4-3-2-2 T-Kernel/Standard Extension の改善項目一覧

番号	改善内容	改善対象
(1)	プロセスの生成・実行時にプロセス属性として TPA_PTR を指定した場合、プロセス削除時にはメモリの動的確保が必要ないにも関わらずメモリの削除を行っていたので、必要のない処理を実行しないように属性の判定処理を追加した。	prcmgr. c, fileaccess. c
(2)	プログラムのロード時にプロセス属性として TMA_PTR を指定した場合にもファイル名のコード変換処理を実施していたので、必要のない処理を実行しないように属性の判定処理を追加した。	prcmgr. c, fileaccess. c
(3)	ディレクトリに対する不正な処理を実行してもエラーとならないので、判定処理を追加して不正な処理は実行できないように改善した。	fileio. c
(4)	プロセス終了時に DORMANT 状態のサブタスクが存在した場合、クリーンアップ処理でサブタスクが消去されない問題を修正した。これによりプロセス終了時の資源リークをなくすことができた。	prcmgr. c
(5)	グローバル名操作 API を使用する際、パラメータとして指定するグローバル名の名称文字列領域のメモリアクセス権のチェックが不十分であったため、不正領域を指定することで例外が発生してプログラムが異常終了する可能性があった問題を修正した。これによりグローバル名を扱うプログラムの異常値指定時の安定性を高めることができた。	gname. c
(6)	FAT ファイルシステム上のファイルのアクセス時刻を変更する際に、正常に変更することができない可能性がある問題を修正した。	ext_fatfs. c
(7)	TKSE インタフェースライブラリ (libtkksesvc) の自動ソース生成時にエラーが発生する可能性がある問題を修正した。	Makefile. common
(8)	システムのサスペンドに失敗した場合のエラーコードが正常に戻ってこない可能性があったため、正しい状態値を返すよう修正した。	devsus. c
(9)	内部のマクロ名やコメントなどの表記の見直しを行った。	該当ファイル
(10)	システムコールの戻り値の型が不一致であったため、表記を統一した。	該当ファイル

表 4-3-2-2 に掲げた現象はいずれも特殊な状態・設定において発生する。T-Kernel/Standard Extension 仕様としても明記されていない暗黙の定義に相当する箇所を中心である。これらを改善することにより、T-Kernel/Standard Extension を使ったシステム (UC) の安定性を向上させ、かつ、プログラミング時に発生する問題を軽減させることができた。

なお、いくつかの項目については補足説明が必要であるので以下に記載する。

#### (1) プロセス削除時のメモリの動的開放

実装としては後から追加した機能である。他のプロセス属性の場合は全てプロセスの生成時にメモリ領域を動的に確保しているため、プロセスの削除処理においても一括して削除するパスを通過していた。そこで、プロセスの終了時にもプロセス属性を確認して必要のない場合は、開放処理を実行しないように改善した。

#### (2) プログラムロードに関する問題

**TMA\_PTR** はプログラムをシステムにロードする場合に、ファイルからではなくメモリ中に展開されたコードへのポインタを指定する。

この指定の場合ファイル名は使用しないにもかかわらず **tcstotuc** で文字コード返還を実施していたので、不要な場合は変換処理を実行しないように改善した。

#### (4) プロセス終了時の資源リーク

サブタスクを **DORMANT** 状態にする機能は、追加で定めた仕様である。本機能の実装時に、プロセス終了時の資源解放処理の修正を行っていなかったため問題が発生していた。対策として、プロセス終了時の資源解放処理 (クリーンアップ処理) において **DORMANT** 状態のサブタスクが存在するかどうかを確認し、存在する場合はタスクの削除およびタスクスタック領域の解放を行い、資源のリークを無くすよう改善した。

#### (5) グローバル名操作 API のパラメータチェック

グローバル名の生成・削除・取得 API のパラメータとしてグローバル名の名称を文字列で指定するが、この領域に対するメモリアクセス権のチェックを先頭部分しか行っていなかったため、名称文字列が複数のメモリページに分かれて存在する場合にメモリアクセス権違反が発生してプログラムが異常終了する可能性があった。本現象を回避するため、パラメータの全領域をチェックするように改善した。

#### (6) ファイルのアクセスタイム変更に関する問題

**FAT** ファイルシステム上のファイルのアクセスタイムを変更する場合、**tkse\_utime()** のパラメータ **atime** (最終アクセス時刻) と **mtime** (最終変更時刻) に別々の値を指定しても、どちらも **atime** で指定した値に設定される可能性がある不具合を改善した。なお、**tkse\_utime()** を使わずに、通常ファイル操作で設定される **atime** と **mtime** については、この不具合は存在しない。

#### (7) インタフェースライブラリのソース自動生成

T-Kernel/Standard Extension のシステムコールをプログラムから呼び出すためのインタフェースライブラリは、ソースとして配布されており通常は一般ユーザが修正する必要はない。ただし、T-Kernel/Standard Extension を改造してシステムコール仕様を変更する場合はインタフェースライブラリのソースを自動生成スクリプトで生成し直す必要がある。

る。このスクリプトの記述に誤りがありソースを生成できない場合があったため、改善を行った。

#### (8) サスペンド時のエラーコード

時計ドライバを組み込んでいない場合、システムのサスペンドを試みて失敗すると常に E\_BUSY エラーを返すという現象が発生していたので、この部分を改善した。

### 4-3-2-6 T-Kernel Test Suite

T-Kernel の改善に合わせて T-Kernel Test Suite の改善と試験項目の追加を行った。T-Kernel Test Suite の変更点を表 4-3-2-3 に示す。

**表 4-3-2-3 T-Kernel Test Suite の改善・追加試験項目一覧**

番号	改善内容	改善対象
(1)	T-Kernel の以下の改善点を確認する試験を追加した。 「ランデブ回送を行った場合に回送先ポートの属性が無視されて、待ちが解除される現象が発生することがあるので、正常に動作するように改善した。」	por56. c
(2)	T-Kernel の以下の改善点を確認する試験を追加した。 「ランデブ回送を行った場合に回送先ポートの属性が無視されて、呼出待ちの順番が常に FIFO となるので、正常に動作するように改善した。」	por57. c
(3)	T-Kernel の以下の改善点を確認する試験を追加した。 「バッファサイズを 0 に設定して同期処理用のメッセージバッファを生成した場合、メッセージバッファの状態を確認すると常に次に受信するメッセージのサイズが 0 となるので、正常に動作するように改善した。」	mbf53. c mbf54. c
(4)	テストスイート実行後にオブジェクトが削除されずに残る場合があるので、不要となったオブジェクトは必ず削除するように改善した。	mbx52. c, mbx3. c, por50. c, por52. c, tds51. c, tds58. c, tds59. c, err6. c
(5)	その他	

表 4-3-2-3 の(1)から(3)は表 4-3-2-1 にある T-Kernel の改善結果を確認するための試験である。表 4-3-2-1 にある T-Kernel の全ての改善項目についての試験は行っていない。これは、T-Kernel テストスイートは T-Kernel の API 仕様について確認するためのものであり、仕様に明記されていない内容については試験を実施するべきではないとの判断による。

(4)と(5)は T-Kernel テストスイート自体の改善である。T-Kernel テストスイートを T-Kernel と合わせて改善することにより、今後新しいハードウェアに T-Kernel を移植した場合でも容易に動作を確認できるようになる。なお、いくつかの項目については補足説明が必要であるので以下に記載する。

#### (4) T-Kernel テストスイート実行後のオブジェクトの削除

T-Kernel テストスイートは単体で動作させることを前提として実装しており、T-Kernel テストスイートに続けてアプリケーションを動作させることはない。このため、システム終了時にオブジェクトが残っていても問題は発生しないが、生成したオブジェクトの削除は基本的なプログラミング作法であるので、改善を行った。

#### (5) その他



T-Kernel テストスイートのバージョンを出力するように改善した。T-Kernel テストスイート用に作られた一部のマクロにおいて、T-Kernel のパラメータと並びが異なるものがある。このままでも問題はないが紛らわしいので T-Kernel に合わせて変更した。

#### 4-3-3 まとめ

ハードウェアプラットフォームに関しては、ベースハードウェアを改良し、ファームウェアによるイベント処理機能に関する実装および評価ツールの開発を行った。また、ソフトウェアプラットフォームに関しては、全体アーキテクチャの第1バージョンの設計およびその試作が完了した。中間目標で定めている機能に関しては実現することができた。来年度はさらなる改善を加えていく予定である。

#### 4-4 総括

##### 4-4-1 (サブテーマ1) 超小型マルチプロトコル RFID R/W 装置

###### 4-4-1-1パッシブ型

パッシブ型 RFID のマルチプロトコル R/W については、第一次試作を実施し、ボード上に LSI を実装して評価を行った。評価の結果、試作した LSI を用いて、ISO/IEC 18000-4、ISO/IEC 15693、ISO/IEC 18092 (eTRON) など複数種類の RFID タグに関して通信できることを確認した。今後は評価を今後進め、来年度以降の開発に向けた準備を実施する。

###### 4-4-1-2アクティブ型タグ

動作状況や通信頻度などをチューニングする機能を持つアクティブタグの実装を完了し基本動作を確認した。また、発電機構を内蔵するアクティブ型タグの試作を行い、今後は来年度以降の屋外長時間動作の評価に向けた準備を実施する。

##### 4-4-2 (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

平成18年度の第一次試作に関して機能検証と実行性能評価を実施したところ、特に二次元ブラウザの実行性能が満足いくものではなかったため、OpenGL ハードウェアアクセラレータを用いるように追加設計・実装を実施することで、二次元情報の表示性能及び、それを対話的に操作する性能を向上させた。協調処理言語については、JavaScript を用いた試作システムを用いて、機能検証と性能評価を実施し、基本動作と基本性能の達成を確認した。

##### 4-4-3 (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

###### 4-4-3-1ハードウェアプラットフォーム

ベースハードウェアを改良し、ファームウェアによるイベント処理機能についての実装および評価ツールを構築した。今後は現実環境にユビキタスマーカがとりつけられた環境でのデータを収集し、効果を評価する。

###### 4-4-3-2ソフトウェアプラットフォーム

平成19年度は全体アーキテクチャの第一バージョンの設計及びその試作が完了した。中間目標で定めている機能の4つはいずれも実現した。

## 5 参考資料・参考文献

### 5-1 研究発表・講演等一覧

#### (1) 論文

- [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] 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)
- [3] 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)
- [4] 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)

#### (2) 収録論文

- [1] 久保寺 祐一、鶴坂 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)

#### (3) 報道発表 (UNL)

- [1] "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
- [2] "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
- [3] "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
- [4] "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
- [5] "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
- [6] "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
- [7] "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
- [8] "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
- [9] "「ユビキタス」への取り組み 多様に展開"、Fuji Sankei Business I、2007年7月
- [10] "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

(4) 雑誌

[1] 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.

[2] 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.