

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「先進的統合センシング技術」
研究課題
「安全と利便性を両立した空間見守りシステム」

研究終了報告書

研究期間 平成17年10月～平成23年3月

研究代表者：車谷浩一
(独)産業技術総合研究所 情報技術研究部門
マルチエージェント研究グループ長

§ 1 研究実施の概要

本研究は、リアルタイムで取得したセンシングデータの統合解析を用いた新しい情報サービスを、単一アーキテクチャ上において提供する空間見守りシステムの実現を目標とし、平常時には利便性を提供するシステムが、非常時には非常時用モードへと自動的に切り替わり安全・安心感を提供する非常時用システムとして動作するような統合システムの実現に重点を置いて研究開発を推進した。ユーザが使用する携帯情報端末としてスマートフォン(Windows Mobile) ならびに携帯電話(iAppli 等の Java アプリケーション)を想定し、センサ情報を送受信する方法としては ZigBee, IEEE 802.15.4 ならびに Bluetooth, サーバとの通信は携帯電話網上での TCP/IP を前提としたソフトウェアアーキテクチャを用い、具体的なサービスイメージとして、1) 平常時には利便性を提供するナビゲーションサービスを提供し、非常時には非常時用情報を自動的に配信する「屋内自律型ナビゲーション」、2) ユーザの身体状態を生体センサでリアルタイムに計測し、遠隔地の家族や医療関係者がユーザの身体状態を見守れる「遠隔生体見守りサービス」を実現した。

屋内自律型ナビゲーションでは、GPS信号の利用が困難な屋内空間を想定し、ユーザが自身の位置・移動軌跡情報を自分の手元で把握することができる屋内自律型測位システム、平常時にはユーザへの利便性を提供する平常ナビゲーションを実行しつつ、非常時には無線センサネットワークを用いて非常信号を配信し、最寄りの非常口までユーザを誘導するための情報を提供する非常時ナビゲーションを実現した。このシステムは、1) ZigBee, IEEE 802.15.4 の通信パケットを用いて、環境に設置された無線センサネットワークノードからの複数の測位用パケットを、確率推論を用いて解析し、ノイズや信号の欠落に頑健で対象の位置・移動軌跡を連続的に計測できる測位システム、2) 測位ビーコンのみを用いて非常信号を配信し、非常時においても平常時と全く同一の通信量・帯域幅で非常信号を配信するシステム、3) 非常信号を受信すると自動的に近くの非常口までの経路情報を提供する平常時・非常時兼用の屋内ナビゲーションシステムから構成され、実環境である横浜市みなとみらい地区のランドマークプラザにおいて動作を検証した。従来の 2.4 GHz ISM 帯の無線信号を用いた測位システムでは、信号の伝搬時間差を用いたシステムは特殊なハードウェアが必要という制約があり一般に高価である。一方、無線信号の強度を用いたシステムは比較的安価であるが、信号の一時的な欠落、雑音、マルチパスによる信号強度の変動などによって測位結果が大きく影響を受けるため、対象の連続的な位置変化を的確に計測できない(測位結果が非連続的に変化し、実位置とは全く異なる場所を示すという問題)という問題があった。本システムはこれらの問題点を解決するものともなっている。

遠隔生体見守りシステムは、人の身体・活動状態を常時見守り、平常時には日頃の活動状態を記録し健康の維持に関する情報を提供し、また非常時には自動的に家族等へ連絡を行うサービスを実現するものである。1) 「モバイル生体センサ」と呼ばれるユーザが自分で装着しないしは携帯可能な超小型・軽量のセンサデバイス(加速度・温度・湿度・気圧・心電位を同時に計測可能、Bluetooth 通信、SD カードによるデータの蓄積、リチウムイオン電池による動作)からの情報を、2) 携帯情報端末で受信・解析し、携帯電話網を用いてインターネット上のサーバへ転送し、3) アプリケーションサーバ上で追加的な解析を実行する。このシステムの特徴として、データの解析を行うコンポーネントを状況に応じて動的に変更できる機能が挙げられる。姿勢・運動状態等の活動状態の解析は、モバイル生体センサ、携帯情報端末、サーバのいずれのコンポーネントでも実行できる設計となっており、例えば充電電池の容量を考慮することにより、データ解析を実行するコンポーネントを動的に変更して、システム全体の動作を最適化することが可能な設計となっている。データ解析の結果(姿勢、歩行状態、歩数、活動状態、心拍数、装着状態)は、見守られるユーザの携帯情報端末で表示されるのに加えて、リアルタイムで見守るユーザの携帯情報端末でも Web アクセスにより閲覧可能である。

以上の屋内自律型ナビゲーション、遠隔見守りシステムのバックボーンとして、アプリケーションサーバ上で動作するデータ解析システム(時空間情報データマネジメントシステム SENSORD)を実現した。同システムは、複数のセンサデバイスから得られるセンサ情報を確率統計的に解析することによって、例えばユーザの状況に応じた適切なコンテンツの自動配信や、身体活動の見守り

で異常を検知するといったサービスのプラットフォームとして動作する。また、SENSORD に対して非日常音を通知する非日常音検出システム、人の集まりを ZigBee, IEEE 802.15.4 の信号強度から推定する群集動態の検出システム、多くの人が集まる状況における効率的なナビゲーションを実現する群ユーザ支援アルゴリズムの研究開発を実施した。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

研究開始時に、屋内空間において平常時には利便性を提供しつつ非常時には避難に必要な情報を提供するデュアルシステムの実現を目指し、そのハードウェアとしてはナビゲーション専用デバイスではなく、他のサービスと併用可能な汎用の無線センサネットワークの利用を想定した。無線センサネットワークとして独自に開発したものを利用しつつ、研究開発の進展に伴い、成果の社会実装のためには国際標準に準拠した無線センサネットワークの利用が不可欠と判断し、ZigBee, IEEE 802.15.4 デバイスによる屋内自律型ナビゲーションの完成へとつながった。また、ユーザの位置・移動軌跡情報のみならず、ユーザの身体・活動状態の把握の重要性から、小型・軽量のモバイル生体センサの研究開発を実施し、屋内自律型ナビゲーションと同一のアーキテクチャ上でのサービスとして遠隔生体見守りサービスを実現した。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

研究開発の当初においては、非常事態の把握方法として主にカメラデバイスの利用を想定していたが、それに加えて音の情報を利用する方法を着想し、非日常音検出システムの研究開発を実施した。

§ 3 研究実施体制

(1) 「産総研」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
車谷 浩一	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ長	H17.10～H23.3
幸島 明男	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ 研究員	H17.10～H23.3
河本 満	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ 研究員	H18.4～H23.3
麻生 英樹	産業技術総合研究所 知能システム研究部門	インタラクション モデリング研究グループ 主任研究員	H18.4～H23.3
橋田 浩一	産業技術総合研究所 社会知能技術研究ラボ	研究ラボ長	H18.4～H23.3
山下 倫央	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ 研究員	H17.10～H23.3
池田 剛	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ テクニカルスタッフ	H18.4～H23.3
山本 晃	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ テクニカルスタッフ	H22.4～H23.3
石橋 睦美	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ テクニカルスタッフ	H21.4～H23.3
斉藤 美行	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ テクニカルスタッフ	H18.6～H23.3
久我 幸史	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ テクニカルスタッフ	H20.10～H23.3
伊達浩一	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェント研究グループ テクニカルスタッフ	H22.4～H23.3
坂本佳之	産業技術総合研究所	マルチエージェント	H20.4～H21.3

	情報技術研究部門	トグループ テクニカルスタッフ	
井上 豊	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェン トグループ 産総研特別研究員	H18.4～H21.3
荻田 裕子	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェン トグループ テクニカルスタッフ	H18.4～H21.3
浅野 太	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	メディアインタラ クショングループ 長	H18.4～H21.3
太田 正幸	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェン トグループ 産総研特別研究員	H17.10～H20.3
山本 潔	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	メディアインタラ クショングループ 産総研特別研究員	H18.4～H20.3
森 彰	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	ユビキタスソフト ウェアグループ長	H17.10～H20.3
依田 育士	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	ユビキタスビジョ ン研究班長	H17.10～H20.3
大場 光太郎	産業技術総合研究所 知能システム研究部門	空間機能研究グル ープ長	H17.10～H20.3
野田 五十樹	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェン トグループ研究員	H17.10～H20.3
神谷 年洋	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	ユビキタスソフト ウェアグループ研 究員	H17.10～H19.3
和泉 憲明	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	知的コンテンツグ ループ研究員	H17.10～H19.3
谷川 民生	産業技術総合研究所 知能システム研究部門	空間機能研究グル ープ研究員	H17.10～H19.3
橋本 政朋	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	ユビキタスソフト ウェアグループ研 究員	H17.10～H18.4
和泉 潔	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェン トグループ研究員	H17.10～H18.4
松尾 豊	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	知的コンテンツグ ループ研究員	H17.10～H18.3
高岡 大介	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	マルチエージェン トグループ研究員	H17.10～H18.7

② 研究項目

- ・ 屋内ナビゲーション・生体見守りシステムの研究開発

(2) 「北大」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
鈴木 恵二	北海道大学大学院 情報科学研究科	教授	H20.4～H23.3
川村 秀憲	北海道大学大学院 情報科学研究科	准教授	H17.10～H23.3
辻 順平	北海道大学大学院 情報科学研究科	M 2	H21.4～H23.3
福井 知子	北海道大学大学院 情報科学研究科	M 2	H21.4～H23.3
松尾 潤	北海道大学大学院 情報科学研究科	M 2	H21.4～H23.3
新井 雅也	北海道大学大学院 情報科学研究科	M 1	H22.4～H23.3
中村 ひさえ	北海道大学大学院 情報科学研究科	短時間勤務職員	H19.4～H23.3
大内 東	北海道大学大学院 情報科学研究科	教授	H17.10～H21.3
飯塚 博幸	北海道大学大学院 情報科学研究科	ポスドク	H20.4～H20.6
山本 雅人	北海道大学大学院 情報科学研究科	助教授	H17.10～H20.3
加地 太一	小樽商科大学 社会情報学科	教授	H17.10～H20.3
長尾 光悦	北海道情報大学 経営情報学部	講師	H17.10～H20.3
斎藤 一	北海道情報大学 情報メディア学部	助教授	H17.10～H20.3
伊藤 直哉	北海道大学大学院国際 広報メディア研究科	助教授	H17.10～H20.3
田中 文昭	北海道大学大学院 情報科学研究科	P D	H17.10～H19.3
片岡 崇	北海道大学大学院情報 科学研究科	M 2	H17.10～H18.3
松村 有祐	北海道大学大学院 情報科学研究科	D 1	H17.10～H20.3
今川 孝博	北海道大学大学院 情報科学研究科	M 2	H18.4～H19.3
山下 晃弘	北海道大学大学院 情報科学研究科	M 2	H18.4～H20.3

② 研究項目

- ・ 屋内ナビゲーション・生体見守りシステムの研究開発

(3) 「はこだて未来大」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
鈴木 恵二	公立はこだて未来大学情報 アーキテクチャ学科	教授	H17.10～H20.3

H20 年 4 月より、北大グループへ統合。

② 研究項目

- ・ ローカルサポートとグローバルサポートの自律協調機構の開発

§ 4 研究実施内容及び成果

4. 1. 屋内ナビゲーション・生体見守りシステムの研究開発(産総研グループ)

(1)研究実施内容及び成果

本研究は、リアルタイムで取得したセンシングデータの統合解析を用いた新しい情報サービスを、単一アーキテクチャ(無線センサネットワーク、携帯電話・スマートフォン、サーバ上でのコンピューターションを用いたサービス提供アーキテクチャ)上において提供する空間見守りシステムの実現を目標とする。平常時には利便性を提供するシステムが、非常時には非常時モードへと自動的に切り替わり安全・安心感を提供する非常時システムとして動作するような統合システムの実現に重点を置く。

具体的なサービスイメージとして、1)ショッピングモール・展示会場・美術館・街角のような公共空間を想定し、平常時には利便性を提供するナビゲーションサービスを提供し、非常時には非常時情報を自動的に配信する「屋内自律型ナビゲーション」、2)ユーザの身体状態を生体センサでリアルタイムに計測し、携帯電話・携帯電話通信網・サーバ上でのデータ解析を用いて、遠隔地の家族や医療関係者がユーザの身体状態を見守れる「遠隔生体見守りサービス」を実現する。

以上を実現するために、本プロジェクトでは、ユーザが使用する携帯情報端末としてスマートフォン(Windows Mobile)ならびに携帯電話(iAppli 等の Java アプリケーション)を想定し、センサ情報を送受信する方法としては ZigBee, IEEE 802.15.4 ならびに Bluetooth, サーバとの通信は携帯電話網上での TCP/IP を前提としたソフトウェアアーキテクチャを用いた(図1)。

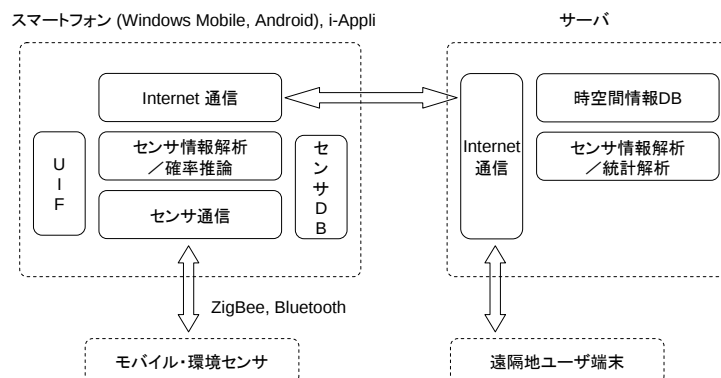


図1. 本プロジェクトで用いたソフトウェアアーキテクチャ

具体的な最終成果として2種類のサービスイメージ「屋内自律型ナビゲーション」「遠隔生体見守りシステム」を設定し、各々に関して、最終的なシステムに必要なとされる機能の洗い出し、サービスイメージの詳細化を実施し、必要とされる要素(モジュール)を順次実装した。

屋内自律型ナビゲーション

GPS信号の利用が困難な屋内空間を想定し、ユーザが自身の位置・移動軌跡情報を自分の手元で把握することができる屋内自律型測位システム、ならびに同システムを基盤として、平常時にはユーザへの利便性を提供する平常ナビゲーションを実行しつつ、非常時には無線センサネットワークを用いて非常信号を配信し、最寄りの非常口までユーザを誘導するための情報を提供する非常時ナビゲーションを実行する。平常時にはショッピングやイベント案内などのサービスを提供しつつ、非常時には屋内で非常口までの案内を行う避難誘導ナビゲーションが実現できれば、商業施設の一般客に安心感を与えるとともに、さまざまなサービスを提供できると考えられる。具体的に

は、

- 1) 環境に設置された汎用の無線センサネットワークを用いて測位用のビーコン信号を発信し、ユーザの手元の携帯端末で複数のビーコン信号を解析し、測位を実行すること。
- 2) 平常時には利便性ナビゲーションを提供すること。
- 3) 非常信号を無線センサネットワークのみを用いて配信すること。
- 4) 非常信号を受信すると、最寄りの非常口情報をユーザに提示する非常時ナビゲーションを提供すること。

を単一システムで実現するのが本プロジェクトの「屋内自律型ナビゲーションシステム」である。また、汎用の無線センサネットワークを利用することにより、環境側デバイスの設置容易性・システムの拡張性を確保しつつ、無線センサネットワークの持つ他の汎用サービスと共存可能な設計を行った。

具体的な設計方針として、研究開発成果の社会実装を図るため、現実の環境での設置・運用・メンテナンスを重視し、以下のような特徴を持つシステムを実現した。

- 1) 低消費電力センサネットシステム
屋内空間におけるユーザの測位や環境状態を計測するセンサネットを構成するために、
 - A) 低消費電力のセンサネットデバイス
 - B) センサネットワークノード間の通信を規定する通信プロトコル
 - C) 通信内容を解釈・実行する組込みソフトウェアを開発した。具体的には、IEEE802.15.4 通信プロトコルに準拠した、非常信号配信機能を有する測位用ビーコンシステムの設計と実装を行った。
- 2) 確率推論による自律型測位システム
確率推論を用いてユーザの位置を確率的に推定する測位システムを実現した。以下の特徴を有する。
 - A) 確率推論とデータの統計的性質を併用することにより、測位の精度の向上・ビーコン信号の一時的な欠落や雑音に対する頑健性を実現。対象の位置変化を連続的に計測可能。
 - B) 携帯電話に搭載された MPU 程度の情報処理能力で測位エンジンならびにナビゲーションソフトウェアが動作可能。
 - C) 混雑した環境でも動作可能。人が多く集まる混雑した環境でも測位の性能の低下を抑えられる。測位を実行できる端末装置数に制限がない。
- 3) 屋内空間においてユーザの道案内を行うために、ユーザ位置に応じて適切なコンテンツを自動的に提示するシステムを開発し、利便性ナビゲーションを実行できる。また、非常時には測位用ビーコン信号のみを用いて、非常信号の伝搬が可能である。この非常信号を受信すると、ユーザに最寄りの非常口までの情報を提供する非常時ナビゲーションを実行。

以上のシステムを完成させ、横浜市みなとみらい地区のランドマークプラザにおいて、同システムを実装し、その動作を検証した。

本システムの核となるのは、屋内空間でユーザが自身の位置・移動軌跡を計測できる屋内自律型測位システムである。その背景として、屋内で人やモノの位置・移動軌跡を計測するに当たり、信号の一時的な欠落や雑音・マルチパスに強い実用的な測位システムが求められていることが挙げられる。特に、設置が容易で低コストの 2.4 GHz ISM 帯の無線通信を用いて、数メートル以内の誤差で、信号の欠落や強度の変動があっても対象の位置・移動軌跡を連続的に計測できる頑健な測位システムの実用化できればその波及効果は大きい。本研究開発では、当初微弱無線を用いた屋内測位システムの実空間における実験を進めていたが、プロジェクト後期においてより実用性の高い 2.4 GHz ISM 帯の無線センサネットワーク、具体的には ZigBee, IEEE 802.15.4 を用いた、頑健で低コストの屋内測位システムを実用レベルで完成させた。従来の 2.4 GHz ISM 帯の無線信号を用いた測位システムでは、信号の伝搬時間差を用いたシステムは特殊なハードウェアが必要という制約があり一般に高価である。一方、無線信号の強度を用いたシステムは比較的安価であるが、信号の一時的な欠落、雑音、マルチパスによる信号強度の変動などによって測位結果が大きく影響を受けるため、絶対精度が悪く、さらには対象の連続的な位置変化を的確に計測できない（測位結果が非連続的に変化し、実位置とは全く異なる場所を示すという問題）という問題があった。この問題に対し、本研究開発では、携帯端末でも動作可能な計算量の少ない確率推論アルゴリズム

ムを、プロジェクト後期の平成 21～22 年度に新たに開発した。IEEE 802.15.4 通信の無線ノードを 10～30m 程度の間隔で横浜ランドマークプラザの2～4階に実装し、1～数mの精度で測位が可能であることを実証した。図2に、横浜ランドマークプラザでの測位結果を示す。画面の中央の赤丸がユーザの位置を示し、小さい赤点が移動軌跡を示す。例1→例2→…→例6と時間の経過とともにユーザが移動しており、計測されたユーザの位置情報が更新されている。また画面の上部には、横浜ランドマークプラザ4階のフロア全体図が表示されている。

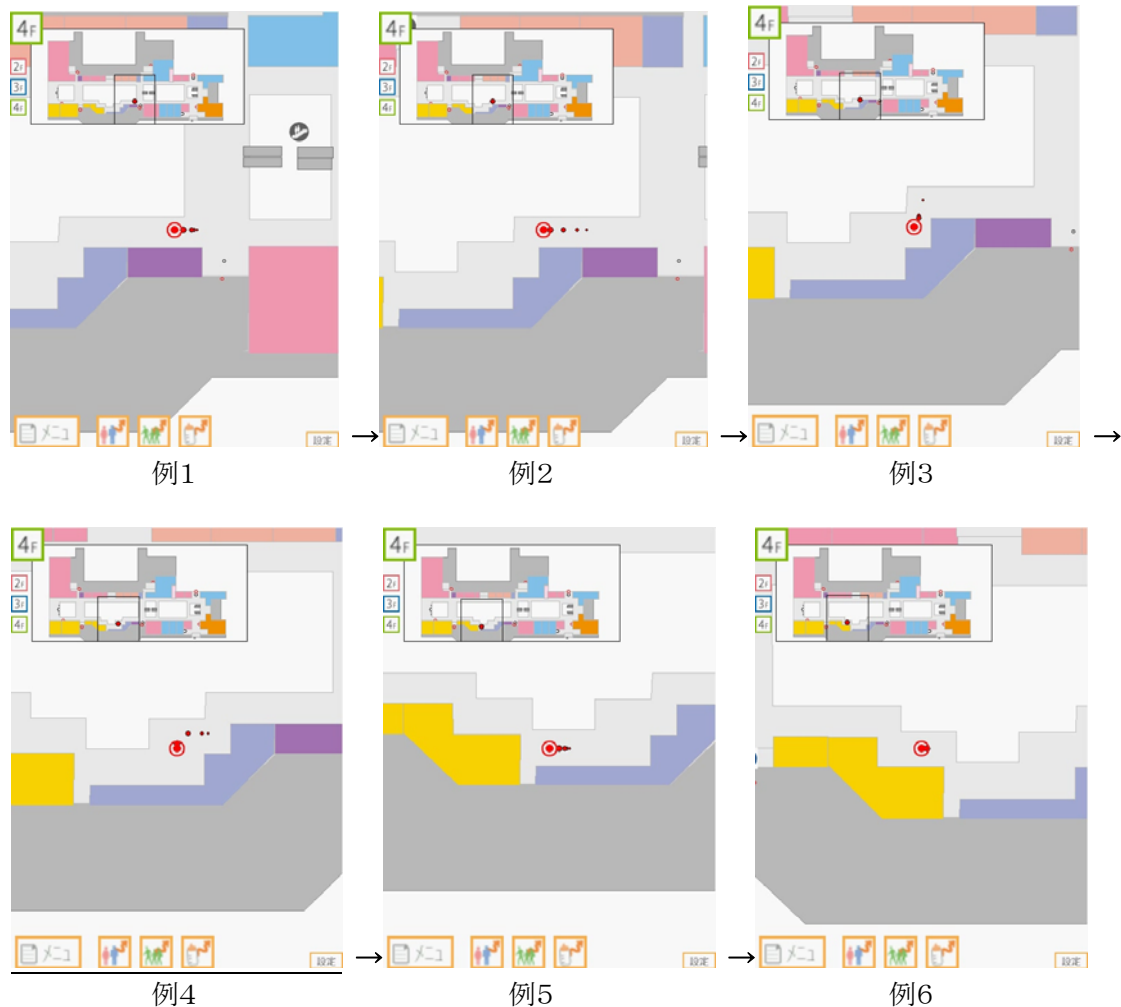


図2. 横浜ランドマークプラザにおける屋内自律型測位システムの動作結果

この測位エンジンを用いて、平常時においては利便性を提供する平常時ナビゲーションサービスを提供し、非常時には自動的に非常時ナビゲーションサービスを提供できる屋内自律型ナビゲーションシステムを実現した。その目標として：

- 1) 平常時のナビゲーションシステムが、非常時にはそのまま非常時ナビゲーションシステムとして動作すること
 - 2) 非常信号の配信は、日常時における通信量・通信帯域幅と全く同一の通信資源を用いて実行可能であり、非常時に確実に非常信号の配信が期待できること
- の2点に留意した。この目的を達成するため、非常信号すなわち非常事態の発生とその種類(火災、事故など)の情報を測位信号に付加して、測位の精度や計測時間に影響を与えずに配信するシステムを開発した。非常事態の発生を従来のように監視サーバなどの通信を行うことなく、このシステムのみで建物内のユーザに知らせることができる。ユーザは自身の携帯端末上で、平常時

にはショッピングや観光向けの利便性ナビゲーション、非常信号を受け取ると自動的に避難誘導ナビゲーションへと切り替わるサービスを受けることができる。図3に、非常信号の配信と避難誘導ナビゲーション起動の概念図を示す。

具体的な非常信号の配信方法は以下の通りである。環境側に設置された無線センサネットワークのノードが発信する測位用ビーコン packets に、非常時を通知するための情報(非常時通知メッセージ)を付加し、この測位用ビーコンを受信した他のノードも、それ以降は非常信号を付加した測位用ビーコンを発信するという、フラグディングによる非常信号の配信を行った。この方法を用いることにより、非常信号の配信のための新たな通信パケットの送受信は必要がないため、測位システムの動作は保証しつつ通信量を増やすことなく非常信号を無線センサネットワークのみを用いて配信することが可能となる。図4に、横浜ランドマークプラザに実装された無線センサネットワーク上で非常信号の配信を行った際の非常信号の配信に必要な時間を示す。

非常時情報配信のメカニズム

- ・ 非常信号を受け取ると、自動的に非常メッセージを表示
- ・ 避難口への経路の表示も可能。

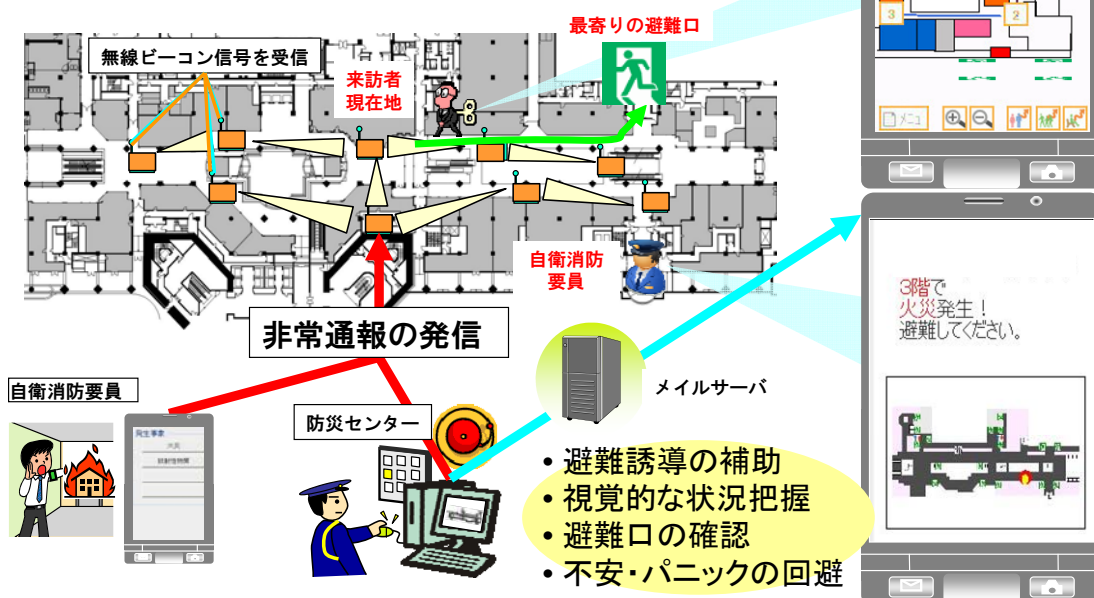


図3. 非常情報配信と避難誘導ナビゲーション起動のメカニズム

非常信号伝搬結果

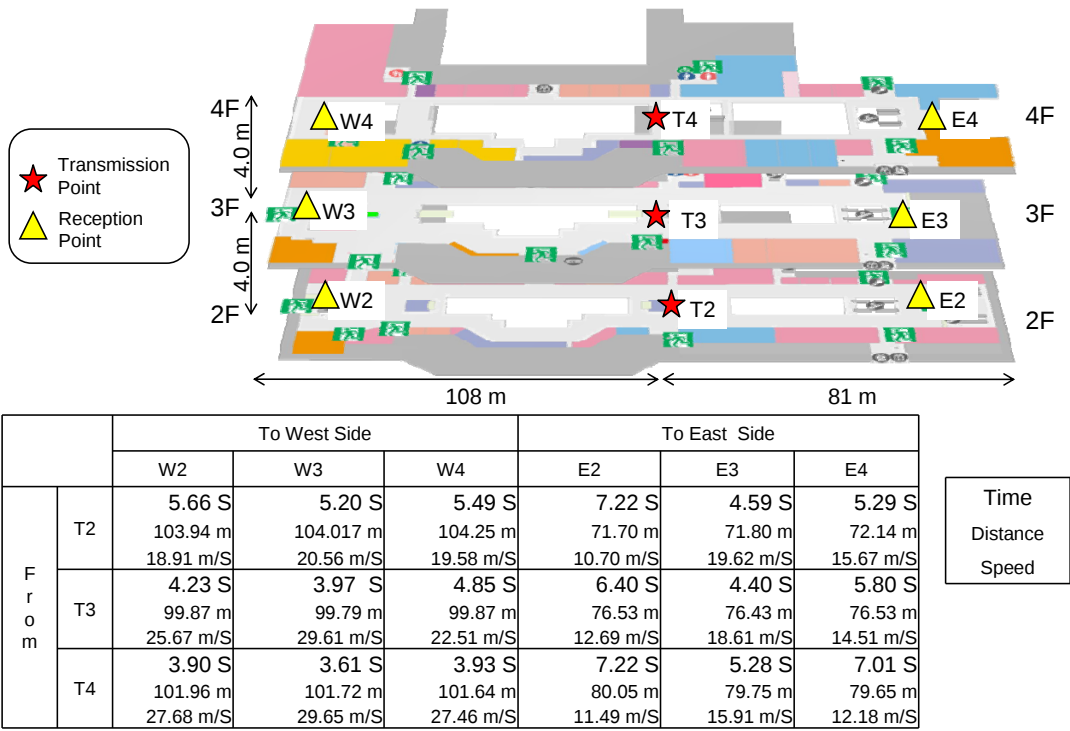


図4. 非常信号配信の必要時間

次に、ナビゲーションシステムが非常信号を受信し、平常時のショッピングナビゲーションから避難誘導ナビゲーションへ移行する様子を図5に示す。



図5. ランドマークプラザ4Fにおける避難誘導ナビゲーションの表示画面の例

例1は平常時のナビゲーション画面であり、出発点から現在位置を経て目的地へと移動する経路が示されている。例2は非常信号を受信して避難誘導ナビゲーションへと移行し、近くの非常口へのナビゲーションへと切り替わる際の表示を示している。例3は、避難誘導ナビゲーションに移行し

た後、非常口までの経路を示している画面である。

以上述べてきた屋内自律型ナビゲーションシステムは、ZigBee, IEEE802.15.4 無線センサネットワークの基本機能であるセンサデータの配信(例えば、屋内環境計測(温度、湿度、光度等)、カメラ・マイクによる異常検知)を実行しつつ、同時にユーザに屋内ナビゲーションのサービスを提供できるアーキテクチャとなっている。すなわち、ZigBee, IEEE 802.15.4 無線センサネットワークを設置すれば、環境計測や異常検知のアプリケーションと、本研究開発で実現した測位・ナビゲーションシステムを同一のインフラストラクチャーの上で実現できる。図6に、本プロジェクトで研究開発した IEEE 802.15.4 無線センサネットワークノードのデバイスを示す。チップアンテナを基板上に搭載し、電源を供給するだけで動作可能な設計となっている。本プロジェクトで開発した測位・ナビゲーションシステムのソフトウェアは汎用的な設計となっており、IEEE 802.15.4 の通信プロトコルに則った他のデバイスでも動作する。



図6. IEEE 802.15.4 無線センサネットワークノード

遠隔生体見守りシステム

もう一つの目標である遠隔生体見守りシステムは、人の身体・活動状態を常時見守り、平常時には日頃の活動状態を記録し健康の維持に関する情報を提供し、また非常時には自動的に家族等へ連絡を行うサービスを実現するものである。このような遠隔生体見守りサービスを実現するため、以下のコンポーネントからなるシステムの設計・実装を行った。

- 1) モバイル生体センサ
ユーザが自分で装着ないしは携帯可能な超小型・軽量のセンサデバイス
- 2) 携帯情報端末
- 3) インターネット上のサーバ

モバイル生体センサと携帯情報端末の間は、リアルタイムでの情報転送のため Bluetooth を採用し、携帯情報端末とインターネット上のサーバ間は、携帯電話網を用いて TCP/IP 接続とした。

モバイル生体センサは、ユーザが身体に装着ないしは携帯できる超小型・軽量のデバイスであり、加速度・温度・湿度・気圧・心電位を同時に計測可能である。平常時には、加速度・温度・湿度・気圧を計測し、非常時には電極を追加して装着することにより心電位を計測可能な設計とした。センサ内部には MPU を搭載し、センサ情報の解析をモバイル生体センサ内部でも実行できる。具体的には、後で述べる活動状態(姿勢・歩行状態・歩数・心拍数等)をモバイル生体センサ内部で解析可能である。また、2.4GHz ISM 帯通信の Bluetooth 通信モジュールを搭載し、携帯情報端末等の外部機器との間でデータの送受信が可能である。解析された活動状態を外部へ伝えるのと並行して、計測されたセンシングデータそのものも伝送可能である。SD メモリカードを内蔵し、計測・解析された結果を長期間に渡って記録することができ、データロガーとしての利用も可能である。リチウムイオン充電電池を内蔵し、電池交換なく充電のみで使用可能である。図7に本プロジェクトで研究開発したモバイル生体センサのデバイスを示す。



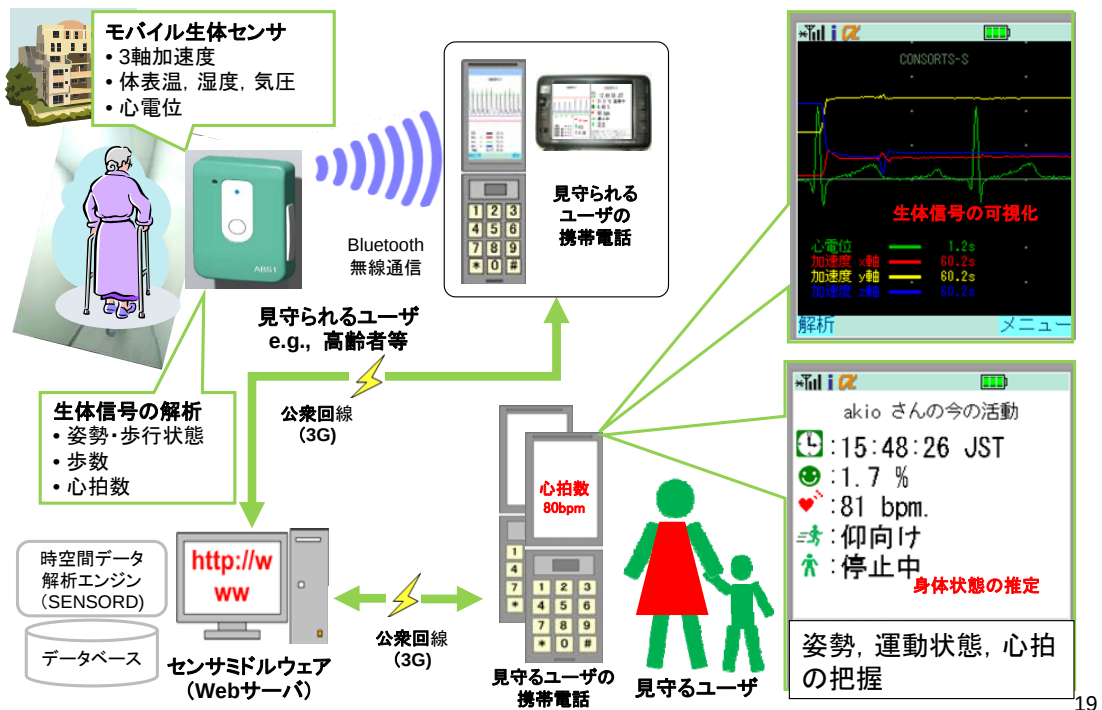
図7. モバイル生体センサ

モバイル生体センサで計測・解析されたデータは、Bluetooth 経由で携帯情報端末に転送され、携帯情報端末の画面上に表示される。また、携帯電話上のアプリケーション(i-Appli または Windows Mobile のアプリケーション)によってデータの解析が可能となっている。

携帯電話で受信・解析されたデータは、携帯電話網上の TCP/IP 経由で、インターネット上のアプリケーションサーバに送られ、計測・解析されたデータと解析結果をデータベースに格納し、後々の参照や、他のユーザ(例えば遠隔地に住む家族等)へと情報を提示することが可能である。

見守られるユーザの携帯情報端末ならびに遠隔地の家族等の携帯電話上において、センシングした心電位などのデータを携帯電話の画面上にグラフ表示することに加えて、ユーザの活動状態を「歩行中」などのような定性的な状態に識別して表示することが可能である。図8に、遠隔生体見守りサービスの全体の概念図を示す。

遠隔生体見守りサービス



19

図8. 遠隔生体見守りシステム

このシステムの特徴の一つとして、センシングデータの解析を行うコンポーネントを状況に応じて

動的に変更できる機能が挙げられる。姿勢・運動状態等の活動状態の解析は、モバイル生体センサ、携帯情報端末、サーバのいずれのコンポーネントでも実行できる設計となっており、例えばモバイル生体センサ・携帯情報端末の充電機の容量を考慮することにより、1) 活動状態の解析の一部をモバイル生体センサで行い、残りは生データをそのまま携帯上端末に送信し携帯情報端末上で解析を実行する、2) 全ての生データをサーバへと送り、サーバ上で全ての解析を実行する等、データ解析を実行するコンポーネントを動的に変更して、システム全体の動作を最適化することができるシステム設計となっている。

本システムで推定可能な活動状態を以下に示す。

A) 姿勢

身体の高の傾きを算出し、「仰向け、うつぶせ、正立」などの姿勢を識別する。

B) 歩行状態

加速度データの解析から、「歩行中、走行中」を判定する。

C) 歩数

加速度データの解析から、歩行中・走行中の歩数を計算する。

D) 活動状態

姿勢と加速度の時系列変化から、「就寝、起床、転倒」を推定する。

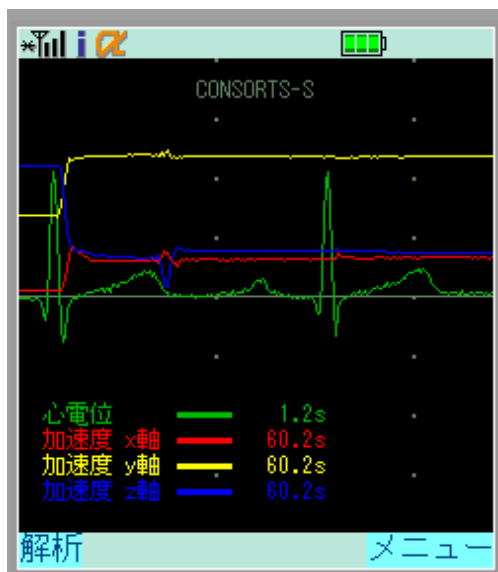
E) 心拍数

心電位の時系列データから、心拍数 (Beat Per Minute) を計算する。

F) 装着状態

温度とその時系列変化から「非装着」「装着中」を判定する。

図9に、計測された心電位データ、解析された活動状態の結果の携帯情報端末上での表示例を示す。本システムは潜在的に様々な場面に応用可能と考えている。例えば、1) 高齢者の遠隔見守りシステム、2) 介護施設での入居者見守りシステム、3) 救急現場での患者モニタリング、4) 心疾患等の遠隔モニタリング等が考えられる。



例1



例2



例3

図9. 携帯電話での表示例

時空間情報データマネジメントシステム

屋内自律型ナビゲーション, 遠隔生体見守りシステムのバックボーンとして動作するサーバ側のアプリケーションとして, 時空間情報データマネジメントシステム SENSORD を設計・実装した。

本システムは、ユーザサイドでは普段その機能を意識することはないが、屋内自律型ナビゲーションならびに遠隔生体見守りシステムの機能の一部を担うソフトウェアシステムである。

本システムは、複数のセンサデバイスから得られるセンサ情報を分析し、屋内自律型ナビゲーションでは状況に応じて適切なコンテンツの配信を行ったり、モバイル生体センサ情報の統合解析による健康管理といった見守りサービスを実現するプラットフォームとして動作する。SENSORD ミドルウェア (Sensor-Event-Driven Service Coordination Middleware) の主要な機能は以下の通りである。

- 1) センサ情報の管理(センサ情報格納と時空間情報検索)機能
任意のセンサデータに対して、その得られた時刻と空間的位置をキーとして検索を実行できるデータ管理機能。
- 2) センサ情報の解析機能
センサデータ駆動でサービスを起動するために、センサデータの時空間的相関などを確率推論・統計解析・マシンラーニングの手法を用いて解析する機能。
- 3) 実時間サービス連携機能
異常の検知などの定型的な解析を実時間で行い、その解析結果に応じて情報配信などのサービスを起動する機能。

図10に、SENSORD の基本アーキテクチャを示す。

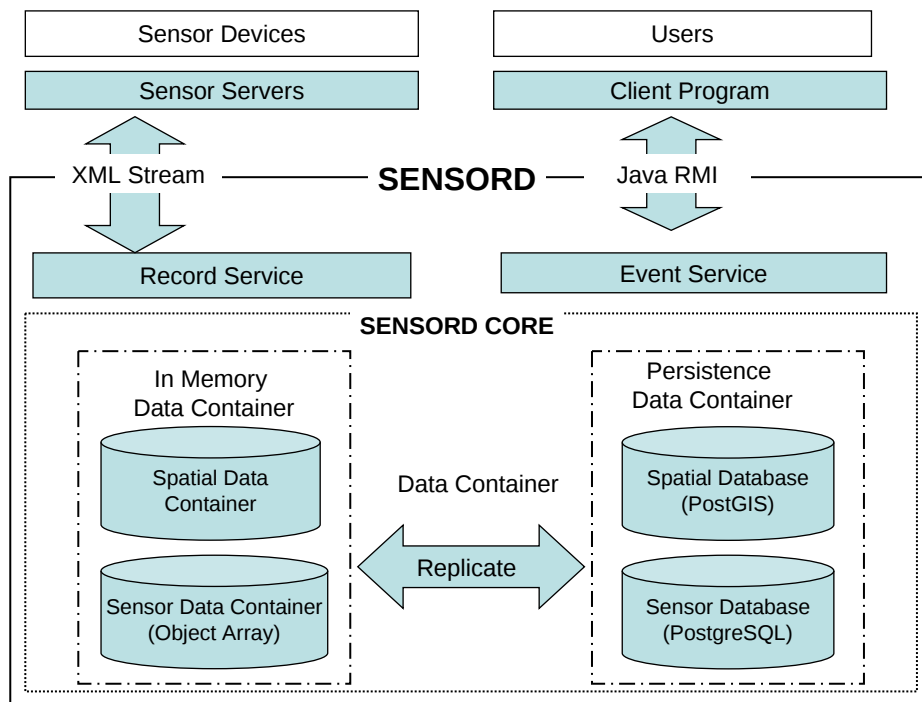


図10. SENSORD の基本アーキテクチャ

SENSORD を用いた具体的なサービスとして、屋内避難誘導のための屋内環境モニタリングシステムの開発を行った。このサービスは、屋内や地下街などの閉空間において火災などの緊急時における情報配信や避難誘導を目的としたものであり、秋葉原ダイビル 10F のフロアに様々なセンサデバイス(温度湿度センサ、ビデオシステム)を実際に設置し、温度・湿度の変動や人流データなどの収集、格納、検索、解析を行うシステムを構築した。図11に開発した屋内環境モニタリングシステムの概要を示す。700 平米の実験スペースに 20 台の温度・湿度センサ、9 台のビデオシステム (Ubiquitous Stereo Vision (USV), Vitracom SiteViewEP, IBS Counter)を設置した。人流計測用のビデオカメラは部屋の出入り口付近に設置されており、実験エリア内に設定された仮想的なボーダ

ラインを通過した人の数を計測し、SENSORD に通知するシステムとなっている。SENSORD システムは、上記のようなセンサ群と通信し、センサデータ(温度・湿度、実験エリア内の通行人の検知結果など)を受信する。受信したセンサデータを解析することにより、ある部屋に現在在室中の人数の計測などをリアルタイムで行う。

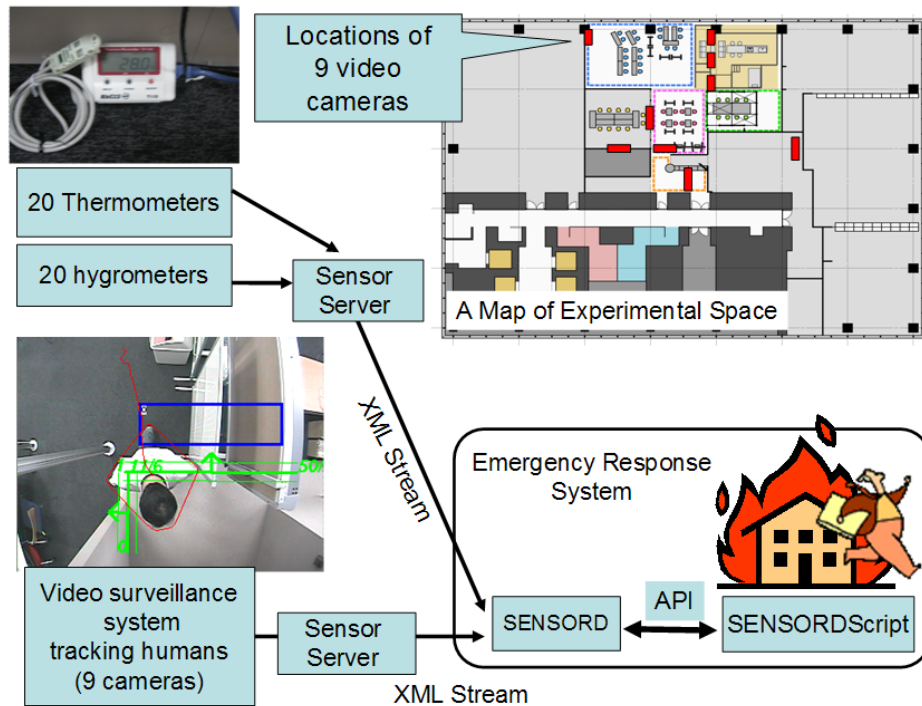


図11. SENSORD を用いた屋内環境モニタリングシステム

図12は本システムのユーザインタフェースのスクリーンショットである。図12の2次元地図は実験スペースの概観を示しており、左の各ウィンドウは各センサの温度・湿度、通過者の人数を表示している。本システムの空間データは、SENSORD の統一的な空間データ管理機能を用いて実現しており、表示領域の拡大・縮小によって、屋内の配置図と秋葉原周辺地図とがシームレスに連動した表示を実現している。図13は、図12の表示を縮小していった場合の表示例である。

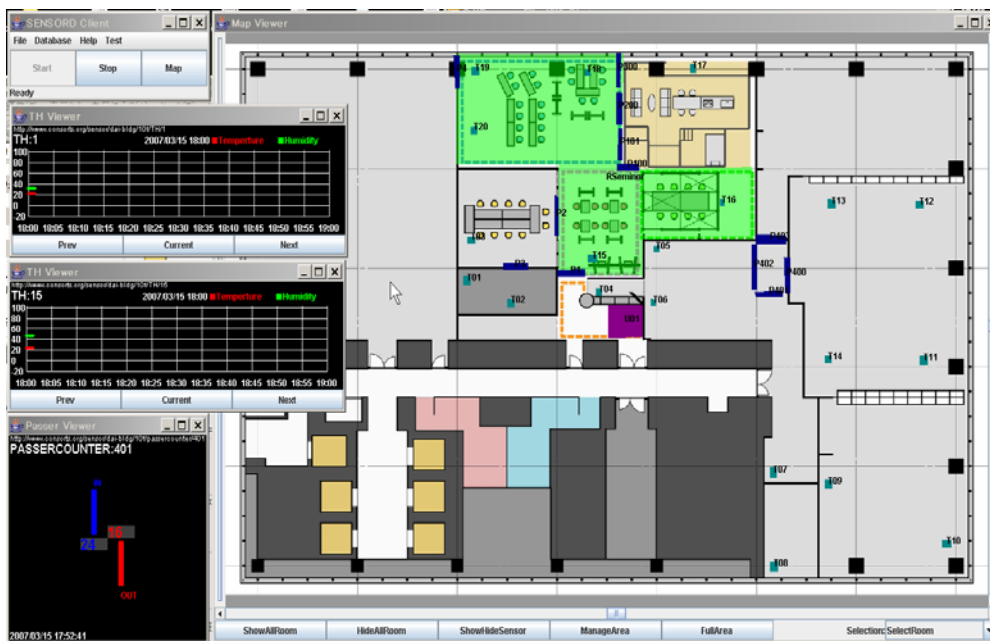


図12. 屋内環境のモニタリングシステムのユーザインターフェイス
左上・中:温度・湿度 左下:人流カウント

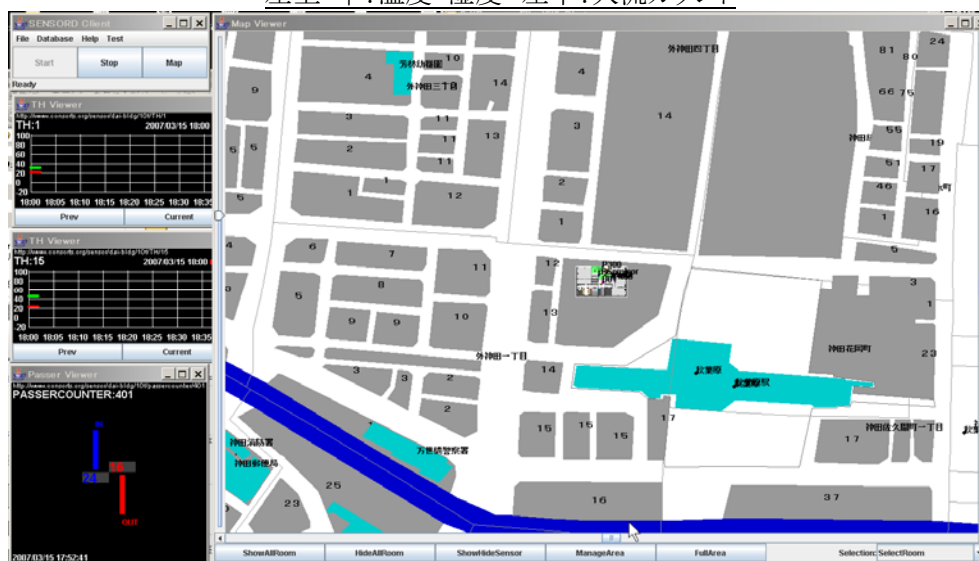


図13. 秋葉原駅周辺を含めた環境モニタリングシステムの表示
(背景の地図は国土地理院発行の数値地図 2500 東京-6 を使用)

ビデオシステムのうち, Ubiquitous Stereo Vision (USV)は, 人の移動を検知し, その移動軌跡を記録することが可能であり, SENSORD の時空間 API を用いて, フロアの受付付近における訪問者の移動軌跡データの記録, 格納, 検索機能も実現した. 図14は, この軌跡データの検索システムのスナップショットである. この検索システムでは, 監視エリア内を通過した人の軌跡を, 時間をキーとして検索し, 時間順序でプレイバックする機能を実現した.



図14. 移動軌跡データ検索システムのスナップショット
USV の軌跡情報の取得機能を使用し、原画像を保持せずに、
軌跡データだけを SENSORD に蓄積することが可能.

緊急時の屋内ナビゲーションを実行するのに重要なのは、緊急事態が発生した際にそのことを迅速に把握し情報伝達を行うことである。このような緊急事態の把握のために、緊急事態を知らせる音（例えば、「人の叫び声」「ガラスが割れる音」「車のクラクション」）の発生とその方向を自動的に検出し、必要な情報発信を自動的に行う「非日常音検出システム」の研究開発を実施した(図15)．複数のマイクを空間内に構造的に配置して音源の方向を把握するデバイスである Quad-Cubic ベクトル型マイクロフォンアレイを設計・製作し、空間内における音源の発生方向を検出し、位置推定した音のみを抽出するシステムを実現した。

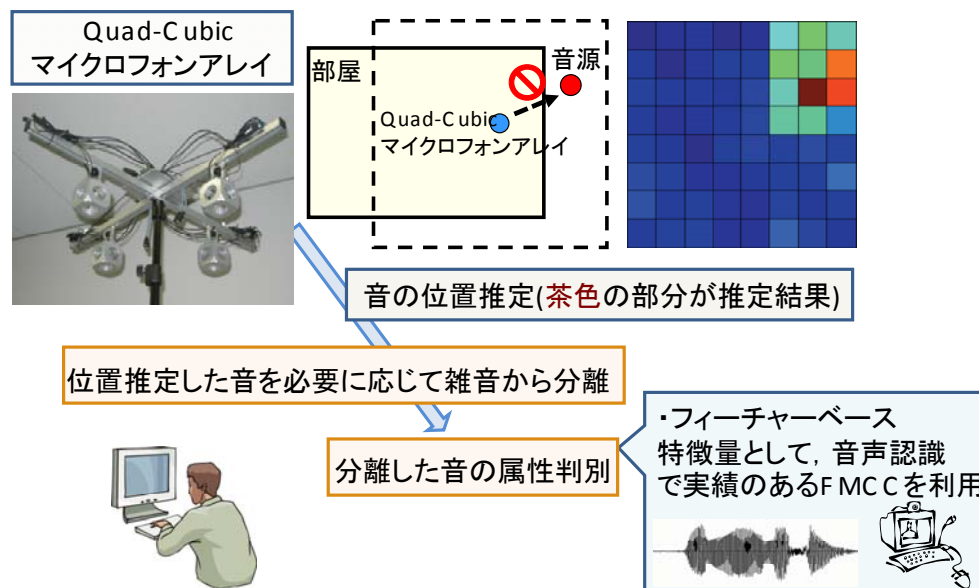


図15. 非日常音検出システム

本システムは以下のような特徴を持つ。Quad-Cubic マイクロフォンアレイでは、観測した信号の差分をとることにより、低周波信号の影響を取り除き、反響や残響の影響が受けにくい。従来システムでは、ビルの玄関ホールなど反響が多い空間での利用が困難であったが、本システムはそのような問題点を解決している。また、音源定位を行う際に計算される尤度関数の値を利用することによって、以前に異常音が発生したことのある場所から音が発生しているのかどうかの判定方法を実現した。異常音源を検出する際に用いられる規範は、1) 尤度関数の大きさの違いを表した規範、2) 設定された81の仮想音源(9×9の行列)に尤度関数の値を当てはめ、行列の固有ベクトルを比較する規範を用いた。本システムを産業技術総合研究所臨海副都心センター本館玄関ホールに設置して実証実験を行い、反響の多い空間での実用的な動作が可能であることを確認した。

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究開発で得られた成果は、無線センサネットワークを用いて、対象の測位ならびに対象の身体活動状態を把握し、得られたセンサデータの解析結果によってアプリケーションを駆動するアーキテクチャとミドルウェアを提供する一般的な枠組みである。具体的なアプリケーションイメージとしては、屋内ナビゲーション・遠隔生体見守りシステムが挙げられるが、それ以外にも潜在的に多くのアプリケーション・サービスを実現できる可能性を持った研究開発成果となっている。

- 新潟県見附市における高齢者の遠隔見守りシステムの提供
同市において、市内に在住の高齢者を対象に、モバイル生体センサと携帯電話を用いた運動・活動センシングシステムを提供し、高齢者の日頃の活動状況を家族が遠隔地から把握し、家族間のコミュニケーションの一助となる商業システムを導入した。
- 長崎リハビリテーション病院でのスタッフ動線把握システム
同病院において、屋内自律型測位システムを用いた病院スタッフの移動軌跡の計測システムの実証実験を実施した。
- 共同住宅における非日常音検出システム
鹿島建設の所有する共同住宅において、共用部分における不審行動の検出を目的とした、非日常音検出システムの実証実験を実施した。
- 横浜市ランドマークプラザでのユーザの位置把握・マーケティング解析システム
ランドマークプラザにおいて無線 LAN・携帯情報端末を用いて、1) 非常時に避難誘導情報を

提供, 2) イベント時に来場者の位置・軌跡を把握, 3) ユーザの移動軌跡情報の相関性を SENSORD で解析等のサービスを提供する商業システムを準備中.

4. 2. 屋内ナビゲーション・生体見守りシステムの研究開発(北大グループ)

(1)研究実施内容及び成果

大型商業施設などの屋内空間における, 物品・従業員管理, 顧客の動線情報の獲得を目的として, ZigBee, IEEE 802.15.4 センサネットワークを利用した, 環境側での位置測位システムの構築を行った. 現在提案されている RSSI を用いた測位手法では, 多様な什器が設置された空間のように, マルチパスの影響が大きい環境下における測位性能の限界は明らかとなっていなかった. また ZigBee が使用する 2.4GHz ISM 帯の電波は人体に吸収されやすく, 空間内を群集が通過すると, RSSI の変動が生じ測位性能が劣化する問題もある. これらの課題に対して, ZigBee を移動端末とするセンサネットワークと Ethernet のハイブリッド化システムを用いて, 多数の測位対象を同時に扱うシステム基盤の構築を行い, ルータ数の複数化により多数の測位対象の同時計測に対応可能とした. これにより, 多様な什器が設置された空間における位置測位において, 移動端末が静的に設置されている場合では 2m 程度の誤差範囲に収まることを示した.

環境側に固定されその位置が既知である ZigBee ノード(以下, ルータと呼ぶ)と, 測位対象となる移動端末の ZigBee センサ間の RSSI 計測を用いて, 移動端末の位置を測定するシステムの構成として, ルータでデータを計測しサーバにて位置測位の計算を実行するためには, 複数の計測情報を遅延無く, サーバ上に集約する必要がある. この集約に用いるネットワークとして, ZigBee のみで構成するアドホックネットワークでは帯域が狭いうえ, 通信量の増大により輻輳を引き起こしやすいため, 多数の移動端末の測位をリアルタイムに実行することが困難となる. 本研究開発では, 計測側に設置されたルータ群の一部の通信はアドホックネットワークとして組まれるメッシュ通信によって実現し, 基幹となる ZigBee の中継端末からは Ethernet を経由してサーバにデータを集約するという方法を実現した(図16).

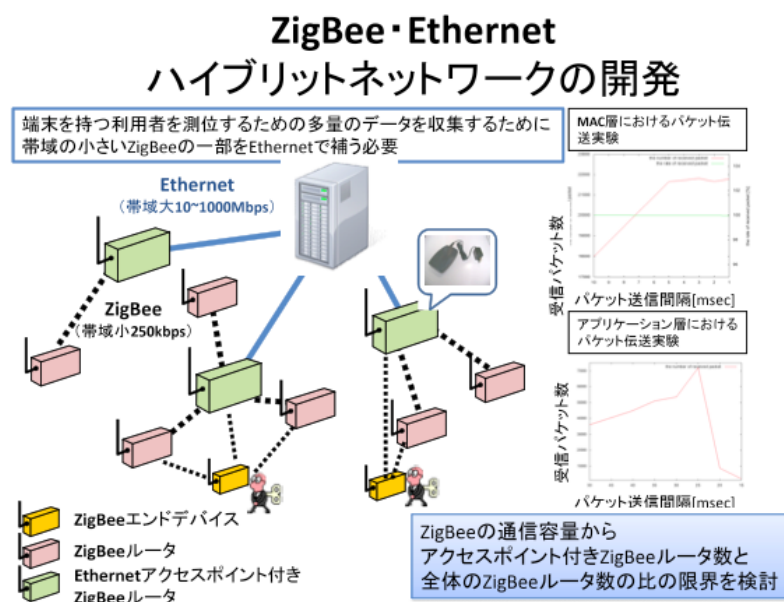


図16. 測位インフラ概要

各移動端末から発せられた信号を受け取ったルータ群はその RSSI を計測し, サーバに情報を集約する. サーバではある移動端末に関して集められた RSSI のデータ群から, その移動端末の位置を推定する計算を行う. この測位計算において, 従来型の手法では, RSSI は距離に応じて指

数関数的に単調減少となることを前提としていた。この前提は、マルチパスの影響が無い場合であり、多数の什器が置かれた屋内環境でマルチパスが多数発生するような場所では、この前提が成り立たず、従来型の測位計算手法には限界があった。このような問題に対し、本研究では、まず、多数の什器が置かれた屋内環境の RSSI が実際にどのような特性を持つのかを明かにした。図17は金属製パーティションが置かれた研究室における、移動端末とルータとの距離変化に対する RSSI の計測結果の例である。

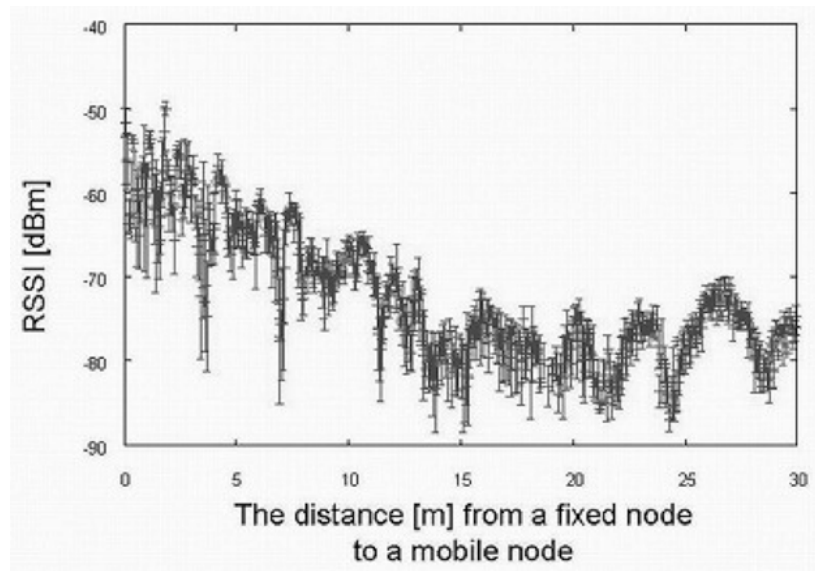


図17. 研究室環境における RSSI のルータからの距離特性の例

この結果が、計測時だけの一時的なものか、あるいは環境固有の性質を有した静的なものか確認を行った。北海道大学情報基盤センターの大宮教授研究室の協力を得て、スーパーコンピュータを用いた計測空間の精密な電磁界解析シミュレーションを行った結果が図18である。この結果から、計測結果(Measurement)とシミュレーション計算の結果(Calculation)の一致が見て取れる。壁や什器といった屋内環境をモデル化したシミュレーション環境と計測結果がほぼ一致していることから、距離変化に伴う RSSI の変動は計測環境に固有の性質を示していることが明らかとなった。

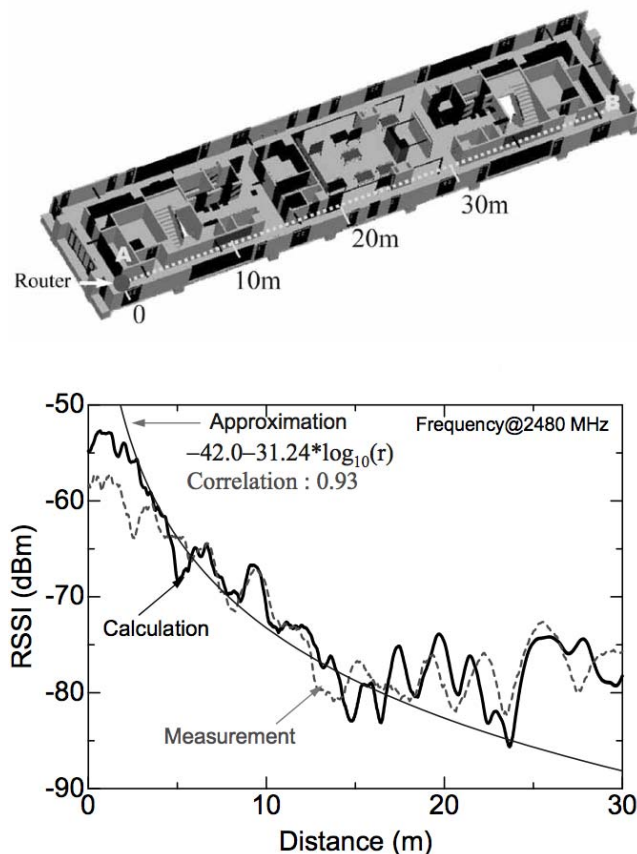


図18. 電磁界シミュレーションのためのモデル(上図)
モデル図内の AB 間の RSSI の計算結果(下図).

本測位システムの性能を検証するための実験を、北海道大学情報科学研究科棟の 9 階フロアの廊下・部屋において行った。廊下の壁はコンクリート材、天井は石膏ボードで構成されており、壁には凹凸があり、吹き抜けの構造も含まれる。さらに研究室内では、金属製のパーティションなどの什器が多数配置されており、電波環境としてマルチパスを伴う非一様な屋内環境である。また、当階には複数の研究室があり、それぞれの研究室には無線 LAN などの電波を利用する機器が設置されている。ZigBee の電波は無線 LAN と同じ 2.4GHz 帯を用いるため、それらの影響も受けることになる。

この環境において、静的な測位性能について評価を行った(図19)。ここで静的とは、RSSI の事前計測を行った経路上において移動端末を移動させた場合であり、さらに移動端末とルータ間の通信に、人体などの什器以外の変動要因が入らないようにした場合の測位を意味する。そのため、移動端末をスタイロフォームからなる機材上に設置し、床面にはこの機材の移動をガイドするとともに、機材の位置を検出するスイッチを取り付けた上で測位を行った。図において、fixed node(6 個)がルータ位置を表し、mobile node が移動端末を示す。図中黒矢印線で示した 0m から移動を開始して、廊下を直進、その後、研究室内に入って廊下に戻るまでの一周 33.43m を測位対象とした。その結果、移動ノードからの信号の発信頻度を増減させた場合、発信頻度を 1.4 [times/sec] にした場合の最良測位精度として 2.34 ± 0.19 m の計測結果を得た(図20)。

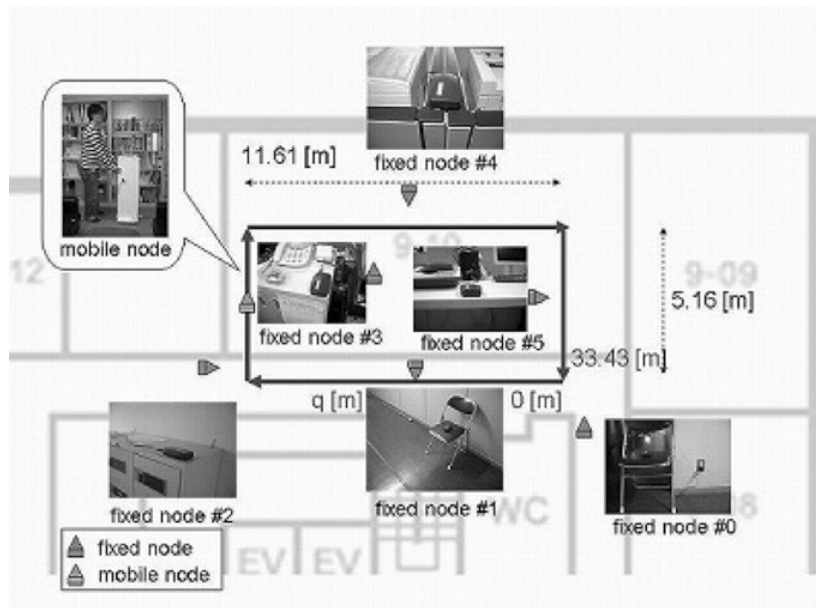


図19. 測位実験に用いたフロアにおけるルータの配置

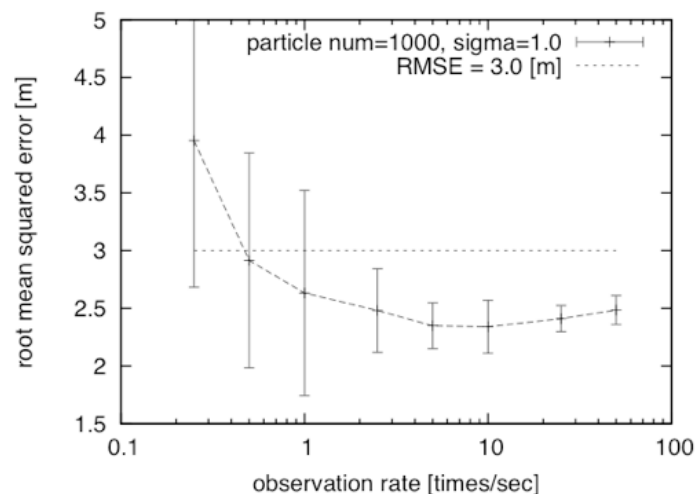


図20. 測位の結果

ZigBee が用いる 2.4GHz ISM 帯の電波は人体による RSSI 変動が大きく、無線通信系路上を群集が通過すると、RSSI 値が変動する。この変動は、通過した群集の人数や移動速度などに応じて、特有の変動を示している可能性がある。RSSI の変動と群集の移動形態との対応関係が取れるならば、この変動自体をセンシングし、カメラ等を用いずに RSSI の変動から群集の人数や移動速度を計測するシステムが実現できる可能性がある。このような着想から、「群衆動態」(群集の人数・移動速度等の移動形態)と RSSI の変動の関係性を明らかにする研究を行った。

群集動態の状況を表す量として、(a)単位面積当たりの人数である密度、(b)群集全体の平均移動速度、(c)群集の移動方向の乱雑さ、の 3 つの量を用いた。測定環境として、 3.6×3.6 平方メートルの領域を設定し、この領域を通過して通信する ZigBee ルータ対を 1m の高さに設置した(図21)。この測定領域内で群集が動き回るときの、ルータ対の RSSI 変化を測定した。群集の動態として、

- 1) 人数を 1 名から 16 名までの間の 5 パターンで変化させ、
- 2) 立ち止まっている、平均移動速度を変えた 2 パターン、乱雑さの大小 2 パターンの計 5 パターン

を組み合わせ、総計 25 パターンの群集動態を計測した。この結果得られた RSSI の変動の様子、すなわち 25 パターンの計測結果 (各 3 分間) を、横に密度、縦に速度と乱雑さの組で並べたものを図22に示す。この図から、人数や移動の速さ、乱雑さによって RSSI が特有の変動を示している可能性が見て取れる。それぞれの RSSI の時間変化から平均値・分散値・中央値、さらに、離散フーリエ解析を行い、得られたパワースペクトルを一定周波数ごとに平均値することで各パターンの特徴を抽出して、レーダチャートにプロットした結果を図23に示す。

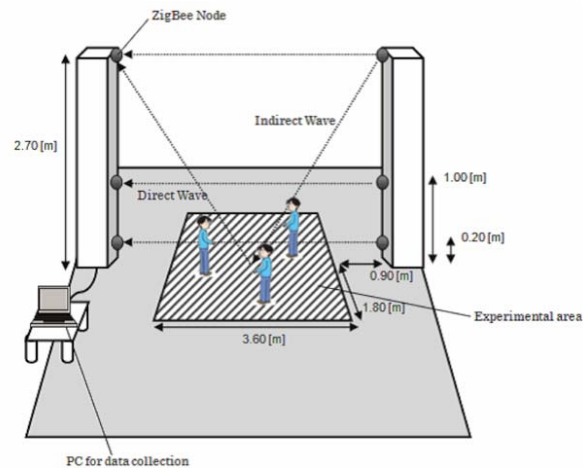


図21. 群衆動態の計測環境

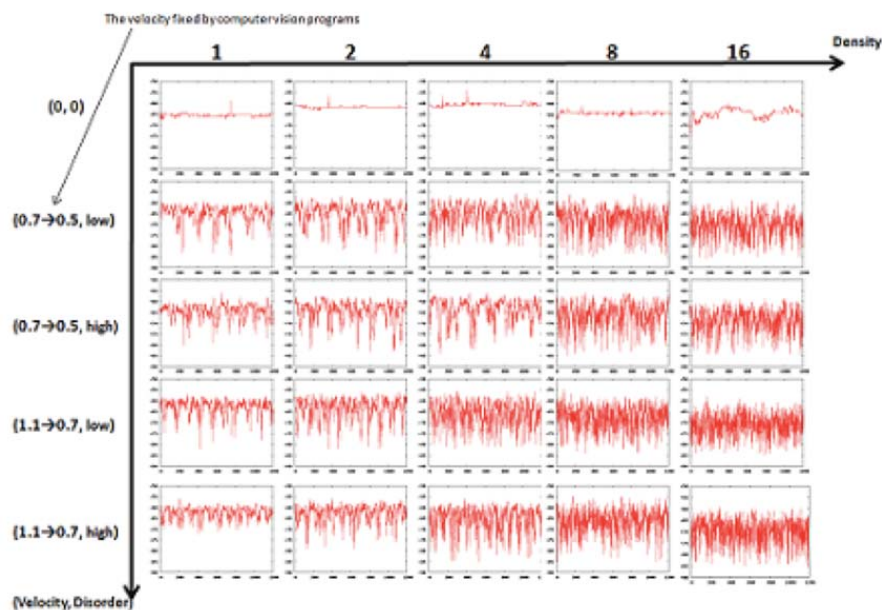


図22. 群集動態に応じた RSSI 計測結果 (高さ1m)

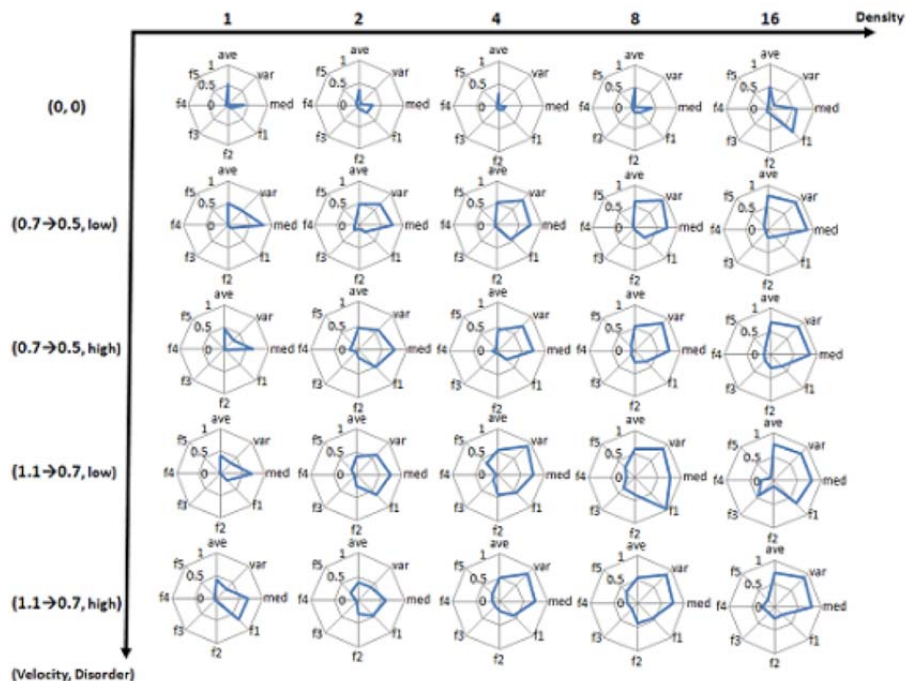


図23. RSSI の変動特徴のレーダチャートによるプロット結果

図23において、レーダチャートの ave が平均値、var が分散、med が中央値、f1 から f5 がパワースペクトルの値を示す。この結果から、密度に関して中央値が変化しており、速さや乱雑さに応じて、分散および f1 の値が変化していることが見て取れ、群集の動態と RSSI の変動に関係性があることを見いだした。この結果に基づき、あるルータ間の RSSI の変動結果が与えられたときに、群集動態の状況が推定できるかについて、階層型ニューラルネットワークにバックプロパゲーションを用いた学習を施し、推定結果を出力させる実験を行った。上述の 25 パターンの区別では、推定率が 4 割を下回る結果となったが、密度、速さ、乱雑さをそれぞれ 2 パターンの組み合わせで推定させた場合には、7 割強の識別性能が得られた。このことから、群集の通過に対する RSSI の変動を空間センサとする、新しい発想からなるユーザ群の見守り手法の可能性を切り開いた。

本システムの応用として、平成 22 年 6 月 6 日に北大祭の企画行事の一部として実施された「はるにれ実験教室2010」にて、同システムを実験内容として提供し、小中学生を中心とした参加者の位置計測を行った。場所は北海道大学の体育館で、本実験以外に紙飛行機、糸電話、空気砲等の実験内容が参加者に提供された。当実験に参加を希望した協力者に、事前に概要説明(図24)を行い、同伴している保護者に位置情報を計測し研究利用する旨について了解を得られた参加者8人に対して、ZigBee 端末を首からぶら下げて頂く形式で計測を行った。

測位結果に関して、幾つかのルータの配置が適切でなかったため、体育館中央部で RSSI が弱くなってしまう現象が起き、測位精度の低下や測位が途切れるなどの状況が発生したが、概ね参加者の動向を把握できる結果が得られた。ある参加者の計測結果の一例を図25に示す。図中に 4 種類の実験が行われたおおよその領域を示している。この結果から、中央部の空気砲に関する実験が人気だったことが伺える。この測位に基づく推測は当日の観察結果とも一致しており、子供の動向を見守るシステムとして有効性が確認された。



図24. 参加者への実験概要の説明の様子

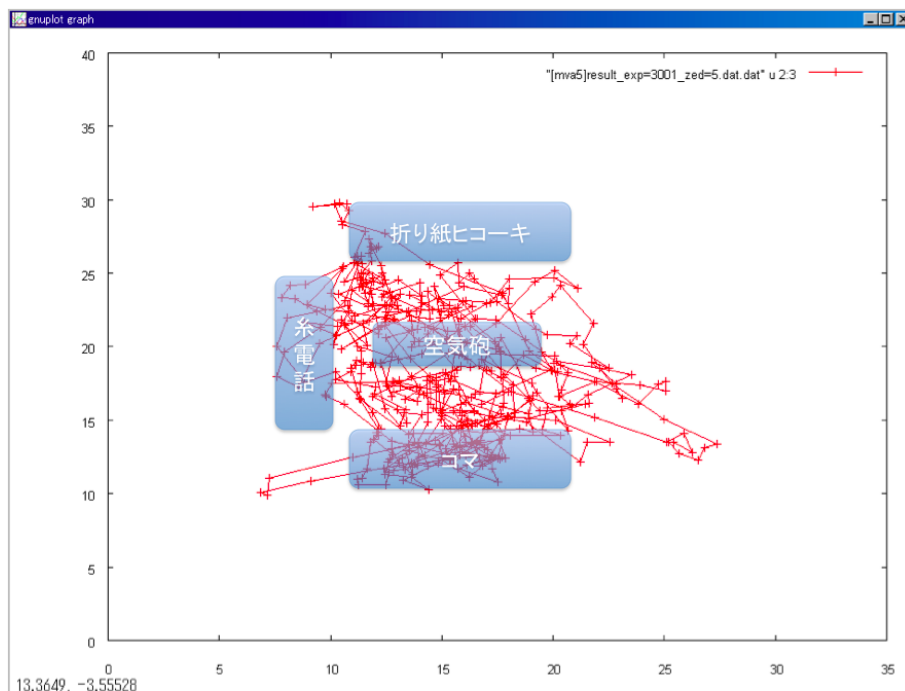


図25. ある参加者の移動軌跡事例

左下から出発し、下側位置がコマに関する実験、中央部が空気砲、上部がヒコーキ、左側が糸電話といった実験が行われた領域の目安を表す。

屋内ナビゲーションにおける経路生成・選択のための方法として、多くのユーザを同時に、かつ混雑をできるだけ低減させるようなナビゲーションアルゴリズムの研究開発を実施した。テーマパーク問題と例として、多数の群ユーザの同時ナビゲーションに関する実用的な理論の開発へ向けて、User-in-the-loop forecasting と呼ばれるユーザ間の情報共有による混雑情報の予測・配信の仕組みに関する基礎的アルゴリズムと、その混雑情報配信を利用しダイクストラ法とローカルサーチ法を組み合わせた最適化法によるユーザのアトラクション訪問順序最適化アルゴリズムを開発した(図26)。これにより、各ユーザの行動予定と未来の混雑情報予測が配信され、各ユーザが自分の満足

ゆく行動を追求していると同時に、全体として混雑を減少させる方向へと挙動を誘導することが可能であることをシミュレーションで示した。

User-in-the-loop forecastingによるテーマパーク問題の混雑緩和

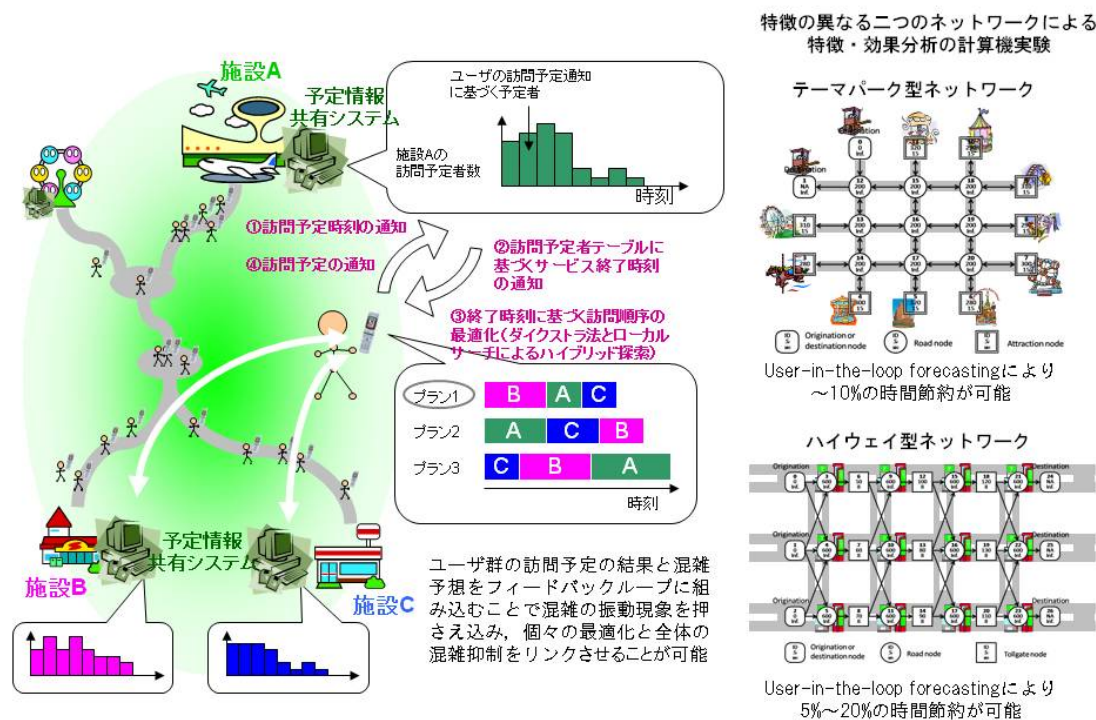


図26. User-in-the-loop forecasting によるテーマパーク問題の混雑緩和

(2)研究成果の今後期待される効果

大型商業施設において来客グループの位置情報提供サービスの実証実験の準備を進めている。子供を同伴した来客に対して、子供の現在位置を、携帯電話を用いて確認できるサービスとする予定である。

また、トンネルの点検保守における位置情報の記録システムの実証実験の準備を進めている。従来は、トンネル内部で補修が必要な箇所を目視で検査し、その位置・状態を手書きと写真撮影で記録した後、改めてCADデータとして入力しなおすといった手順で作業が行われている。このため、位置情報が不正確であったり、CADへの入力漏れなどが生じている。また、検査作業の際に補修箇所の記録に手間取るため、検査作業そのものの時間が多大に必要となり、人件費も増大するといった問題を抱えている。こうした問題に対して、補修箇所をデジタルカメラで撮影すると同時に、測位システムが提供する位置情報を同時に記録することによって、手作業で行われていた記録作業を短縮するとともに、CADへの直接入力が期待できるなど、様々な工程におけるコスト削減と時間短縮に繋がるシステムの実現を目指す。

以上の取り組みにより、地域経済の商業の活性化や、公共事業の作業の効率化等の社会的貢献が可能と考えている。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 7 件、国際(欧文)誌 30 件)

1. 松村 有祐, 川村 秀憲, 大内 東: 成長する待ち行列ネットワークにおけるトポロジー生成規則の最適性, コンピュータソフトウェア, Vol.24, No. 1, pp.40-49 (2007).
2. 川村 秀憲, 大内 東: プレミアム固定型顧客主導予約調整メカニズムとその効果検証, 電子情報通信学会和文論文誌 D, Vol. J90-D, No. 9, pp. 2432-2443 (2007).
3. 松村 有祐, 川村 秀憲, 大内 東: 待ち行列ネットワークにおける待ち時間を最小化する構造設計, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 6, pp. 2097-2105 (2007).
4. 山下倫央, 車谷浩一, 中島秀之: 交通流の円滑化に向けた協調カーナビの提案, 情報処理学会論文誌(ジャーナル), 第 49 巻, 第1号, pp.177-188 (2008).
5. Kenta Oomiya, Keiji Miyanishi, Keiji Suzuki: Design of Tax Charging Players in the Tragedy of the Common, Proc. of the Japan-Australia Workshop on Intelligent and Evolutionary Systems 2005 (IES2005), CD-ROM, (November, 2005. Hakodate).
6. Kenta Oomiya, Keiji Miyanishi, Keiji Suzuki: Evolutionary Effects of Meta-agent Approach in the Tragedy of the Common, Proc. of The First International Workshop on Artificial Computational Economics & Social Simulation 2005 (ACCESS 2005), CD-ROM (December 2005. Hakodate).
7. Akio Sashima, Yutaka Inoue, Koichi Kurumatani: Spatio-Temporal Sensor Data Management for Context-Aware Services. In the Proc. of the International Workshop on Advanced Data Processing in Ubiquitous Computing (ADPUC 2006), 2006. (<http://doi.acm.org/10.1145/1169067.1169072>).
8. Akio Sashima, Yutaka Inoue, Koichi Kurumatani: Sensor-Event-Driven Service Coordination Middleware for Context Aware Systems. In the Proc. of the System Support for Ubiquitous Computing Workshop at Ubicomp 2006 (Ubisys 2006), 2006.
9. Akio Sashima, Noriaki Izumi, Koichi Kurumatani, Yoshiyuki Kotani: Towards Role-Based Agent Coordination for Mobile and Ubiquitous Services. In the Proc. of the 2nd International Workshop on Web and Mobile Information Systems (WAMIS '06), 20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2006) , Vol.2, pp. 262-266, 2006. (<http://dx.doi.org/10.1109/AINA.2006.328>)
10. Akio Sashima, Noriaki Izumi, Koichi Kurumatani, Yoshiyuki Kotani: Dynamic Role Assignment Protocol for Pervasive Computing. In the Proc. of the Third International Conference on Information Technology: New Generations, pp. 588-589, 2006. (<http://dx.doi.org/10.1109/ITNG.2006.54>)
11. Tomohisa Yamashita, Daisuke Takaoka, Noriaki Izumi, Akio Sashima, Koichi Kurumatani, Koiti Hasida: Realizing Context Awareness in Mobile Services Based on Lightweight Ontology, In the Proc. of The Second International Workshop on Semantic Web Technology For Ubiquitous and Mobile Applications (SWUMA), pp.34-46, 2006.

12. Kenta Oomiya, Keiji Miyanishi, Keiji Suzuki: Balancing Sociality in Meta-agent Approach, In the Proc. of 3rd International Conference on Autonomous Robots and Agents (ICARA 2006) Palmerston North, New Zealand, pp.605-610, 12-14 December 2006.
13. Yusuke Matsumura, Hidenori Kawamura Azuma Ohuchi, Optimizing of Growing Queuing Network with Slight Reconstruction," The Special Issue of ITSSA Journal on "Emergent Intelligence of Networked Agents, Vol. 3, No 1, 2007.
14. Takeshi Ikeda, Yutaka Inoue, Akio Sashima, Koichi Kurumatani. Handling Spatio-temporal Sensor Data in Global Geographical Context with SENSORD. In the Proc. of 4th International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2007), Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 4836, Springer, pp. 33-44, 2007.
15. Yusuke Matsumura, Hidenori Kawamura, Koichi Kurumatani, Azuma Ohuchi: Relations Between Structure of Networks and Effectiveness of Mass-User Support System, In the Proc. of International Conference on Economic Science with Heterogeneous Interacting Agents 2007 (ESHIA/WEHIA 2007), CD-ROM (2007).
16. Mitsuru Kawamoto, Futoshi Asano, Hideki Asoh, Kiyoshi Yamamoto, Particle Filtering Algorithms for Tracking Multiple Sound Sources Using Microphone Arrays, In the Proc. of IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP) 2007, Vol. I, pp. 129-132, 2007.
17. Akio Sashima, Takeshi Ikeda, Yutaka Inoue, Koichi Kurumatani. SENSORD/Stat: Combining Sensor Middleware with a Statistical Computing Environment. In the Proc. of the Fifth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS 2008), 2008.
18. Akio Sashima, Yutaka Inoue, Takeshi Ikeda, Tomohisa Yamashita, Masayuki Ohta, Koichi Kurumatani. Toward Mobile Healthcare Services By Using Everyday Mobile Phones. In the Proc. of International Conference on Health Informatics (Healthinf 2008), Vol. 1, pp.242-245, 2008.
19. Yutaka Inoue, Takeshi Ikeda, Kiyoshi Yamamoto, Tomohisa Yamashita, Akio Sashima, Koichi Kurumatani, "Usability Study of Indoor Mobile Navigation System in Commercial Facilities ", In Proc. of the 2nd International Workshop on Ubiquitous Systems Evaluation (USE 2008) in UbiComp 2008 , pp.45-50, Seoul, South Korea (2008/9).
20. T. Ikeda, Y. Inoue, A. Sashima, K. Yamamoto, T. Yamashita, and K. Kurumatani, "ComPass System: An Low Power Wireless Sensor Network System and its Application to Indoor Positioning", in the Proc. of the 5th International Conference on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology Proceedings (CSTST 2008, Paris), ACM, pp.656-662 (2008).
21. Yutaka Inoue, Akio Sashima, Takeshi Ikeda, and Koichi Kurumatani, "Indoor Emergency Evacuation Service on Autonomous Navigation System using Mobile Phone," in Proc. of the Second International Symposium on Universal Communication (ISUC 2008, Osaka), IEEE Computer Society, pp.79-85, 2008.
22. Akio Sashima, Yutaka Inoue, Takeshi Ikeda, Tomohisa Yamashita, and Koichi

Kurumatani, "CONSORTS-S: A Mobile Sensing Platform for Context-Aware Services," in Proc. of the 2008 International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks, and Information Processing (ISSNIP 2008, Sydney), pp.417-422, 2008.

23. Yasushi Yanagita, Keiji Suzuki, "Evaluation of Mass User Support Strategies in Theme Park Problem," in Post-Proc. of the Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems International Workshop 2007 (AESCS2007), Springer, pp.43-54, 2008.

24. 柳田 靖, 鈴木 恵二:複雑ネットワークモデルにおけるテーマパーク問題に関する考察—ネットワークモデルの比較法, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, pp. 437-446 (2009).

25. Akio Sashima, Koichi Kurumatani: Mobile Monitoring of Physiological Signals for Remote Healthcare Services. In the adjunct proceedings of Pervasive 2009, pp.249-252, 2009. (2009年05月12日)

26. Takeshi Ikeda, Akio Sashima, Koichi Kurumatani: ComPass-B ESD: An Emergency Signal Distribution Protocol on Low Power Radio Node Devices for Indoor Emergency Evacuation Navigation System. In Proc. of the 2009 International Symposium on Ubiquitous Computing System, pp.123-132, 2009. (2009年08月26日)

27. Junpei Tsuji, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki, Takeshi Ikeda, Akio Sashima and Koichi Kurumatani: Indoor Positioning Method Based on RSSI Pre-Observation with ZigBee Network, 13th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems (IES09), Fukuoka (Japan), Dec 5, 2009. (CD-ROM, 6 pages). (2009年12月5日)

28. Akio Sashima, Takeshi Ikeda, Koichi Kurumatani: Toward Mobile Sensor Fusion Platform for Context-Aware Services, Intelligent and Biosensors, pp.67-82, 2010 (2010年01月11日).

29. Mitsuru Kawamoto, Futoshi Asano, Koichi Kurumatani and Yingbo Hua: A System for Detecting Unusual Sounds from Sound Environment Observed by Microphone Arrays, International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications (IJCISIM), Volume 1 - 2009 pp. 232-238, ISSN 2150-7988, <http://www.mirlabs.org/ijcisim/volume1.html> (2010年3月1日).

30. 幸島明男, 車谷浩一:携帯電話を用いたモバイル生体センサデータ解析プラットフォームの構築, 情報処理学会論文誌(ジャーナル), Vol.51, No.4.pp.1192-1203 (2010)

31. Mitsuru Kawamoto, Kiyotaka Kohno, Yujiro Inouye, and Koichi Kurumatani: A Modified Eigenvector Method for Blind Deconvolution of MIMO Systems Using the Matrix Pseudo-Inversion Lemma, In Proc. of The 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2010), pp.2514-2517, 2010. (2010年6月1日)

32. Jun Matsuo, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki, Takeshi Ikeda, Akio Sashima and Koichi Kurumatani: ZigBee Based Sensor Network Design for Indoor Space Gazing System, 24th European Conference on Operational Research, Lisbon, pp. 174-174, 2010. (2010年7月11日)

33. Junpei Tsuji, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki, Takeshi Ikeda, Akio Sashima and Koichi Kurumatani: Particle Filter Based Indoor Localization with ZigBee Sensor Networks, Proceedings of SICE Annual Conference 2010 in Taiwan, Taiwan, pp. 702-705, 2010. (2010 年 8 月 18 日)

34. Masaya Arai, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki: Estimation of ZigBee's RSSI Fluctuated by Crowd Behavior in Indoor Space, Proceedings of SICE Annual Conference 2010 in Taiwan, Taiwan, pp. 696-701, 2010. (2010 年 8 月 18 日)

35. Junpei Tsuji, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki, Takeshi Ikeda, Akio Sashima and Koichi Kurumatani: An Indoor Positioning System Based on Probabilistic Model with ZigBee Sensor Networks, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII), Vol. 14, No. 5, pp.669-676, 2010. (2010 年 9 月 20 日)

36. 池田剛, 河本満, 幸島明男, 鈴木恵二, 車谷浩一: ISM 帯無線通信によるパーティクルフィルタを用いた頑健な屋内自律型測位システム, 電気学会論文誌, Vol.131, No. 1, Sec. C, pp.227-236.

37. Junpei Tsuji, Hidenori Kawamura, Keiji Suzuki, Takeshi Ikeda, Akio Sashima and Koichi Kurumatani: ZigBee Based Indoor Localization with Particle Filter Estimation, Proc. of 2010 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2010), Istanbul (Turkey), 2010. (2010 年 10 月 10 日).

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 幸島明男, 車谷浩一: モバイル生体センサを用いた遠隔ヘルスマモニタリングのための Web アプリケーションの開発, ITヘルスケア (ITヘルスケア学会第4回年次学術大会抄録集), Vol.5, No.1, pp.59-62 (2010).

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 2 件、国際会議 1 件)

1. 車谷浩一: 安全と利便性を両立した空間見守りシステムの構想 - リアルタイムセンシング+群ユーザ支援によるサービス群の実現, 情報処理学会 知能と複雑系研究会 特別講演, 2006 年 1 月 12 日 (北海道小樽市).

2. 山下倫央: 高速無線通信技術の応用～空間見守りシステム・協調カーナビゲーション～, ISICO(財)石川県産業創出支援機構/ ISA(社)石川県情報システム工業会 共催 講演会, 金沢、2007/02/16.

1. M. Kawamoto, F. Asano, K. Kurumatani, Y. Hua: A System for Detecting Unusual Sounds from Sound Environment Observed by Microphone Arrays, in the Proc, of Fifth International Conference on Information Assurance and Security (IAS09), pp.729-732, August, 2009.

② 口頭発表 (国内会議 56 件、国際会議 7 件)

1. 幸島明男, 車谷浩一, 和泉憲明, 小谷善行: 役割に基づく実世界指向のエージェントインタラクション, Proceedings of the Joint Agent Workshop and Symposium 2005 (JAWS'05), pp.64-67

(2005).

2. 片岡 崇, 川村 秀憲, 車谷 浩一, 大内 東: エージェント間の意志共有を用いた混雑情報によるサービス施設への動的な負荷分散効果, 第 6 回SICEシステムインテグレーション部門講演会, 2K3-5, 熊本 (2005/12).

3. 松村 有祐, 川村 秀憲, 大内 東: リンクコストを考慮しない待ち行列ネットワークの最適設計, 情報処理学会研究報告, 2006-ICS-142, pp. 1-8 (2006/1).

4. 松村 有祐, 川村 秀憲, 大内 東: 待ち行列ネットワークの複雑ネットワーク理論を用いた最適設計, 2006年日本オペレーションズ・リサーチ学会春期研究発表会, pp. 204-205 (2006/3).

5. 大宮健太, 宮西啓司, 鈴木恵二: 共有地の悲劇におけるメタエージェント化機能の進化的な効果, 情報処理学会知能と複雑系研究会「マルチエージェントとメカニズムデザイン」, (2006/3).

6. 幸島明男, 池田 剛, 井上 豊, 車谷 浩一: センサーイベント指向のサービス連携ミドルウェア: SENSORD. 第 1 2 回ユビキタスコンピューティングシステム研究会報告, pp. 37-44, 2006.

7. 山下倫央, 車谷浩一: 道路交通流の円滑化に向けた情報共有に基づく協調カーナビの提案, 情報処理学会研究報告, 2006-67, pp.63-70, 2006/06.

8. 太田 正幸, 山下 倫央, 車谷 浩一: 屋内空間避難誘導シナリオのシミュレーションによる検討, 第 22 回 ファジィシステム シンポジウム 講演論文集, pp.819-822, 2006/09.

9. 大宮健太, 鈴木恵二: 負荷分散問題への社会性エージェントアプローチ, 2006 年度精密工学会北海道支部学術講演会, pp 9-10 2006 年 9 月 2 日.

10. 松村有祐, 川村秀憲, 車谷浩一, 大内東: 最適フローネットワーク設計問題によるエージェント間通信の最適化, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2006 (JAWS2006), CD-ROM (2006).

11. 大宮健太, 鈴木恵二: グリッドコンピューティング向けエージェントベースアプローチ, 情報処理北海道シンポジウム 2006, pp 54-55, 講演番号 B-8 2006 年 10 月 12 日.

12. 山下倫央, 幸島明男, 車谷浩一: “協調省エネ” 電力消費のタイムシフトによるマクロなエネルギー削減効果の検証, 情報処理学会研究報告, 2007-26, pp.7-14, 2007/03.

13. 山下倫央, 高岡大介, 和泉潔, 和泉憲明, 幸島明男, 野田五十樹, 車谷浩一, 橋田浩一: アクティブ RFID を用いた展示館来場者の館内滞在傾向の分析, 情報処理学会研究報告, 2007-26, pp.51-58, 2007/03.

14. 太田正幸, 山下倫央, 車谷浩一: 非常時における非難政策の学習による獲得, 情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Reports 2007-ICS-147, 2007-26, pp. 31-34, 2007/03.

15. 今川孝博, 川村秀憲, 大内東, 車谷浩一: テマパーク問題における予定情報共有システムの提案と有効性の検証, 情報処理学会研究会報告「第 1 4 7 回知能と複雑系研究会」, pp. 1-6 (2007).

16. 松村有祐, 川村 秀憲, 大内 東: 待ち行列ネットワークの構造生成規則の抽出, 情報処理学会研究会報告「第147回知能と複雑系研究会」, pp. 203-209 (2007).
17. 柳田 靖、鈴木恵二 (はこだて未来大/CREST, JST): テーマパーク問題における来場者行動モデルの構築, 第7回複雑系マイクロシンポジウム. 北海道 旭川市勤労者福祉会館 2007 年 3 月 1 日, pp. 21-26
18. 柳田靖、鈴木恵二: テーマパークにおける巡回戦略の比較、知能と複雑系研究会報告 N0.147, PP15-22, 2007 年 3 月 14 日.
19. 和田志保美, 鈴木恵二: 二重ジレンマ状態での協調行動の誘発に関する意思決定手法の検討, 知能と複雑系研究会報告 N0.147, pp.89-96, 2007 年 3 月 15 日.
20. 大宮健太, 鈴木恵二: 動的な負荷分散問題へのエージェントベースアプローチ、知能と複雑系研究会報告 N0.147, pp.109-114, 2007 年 3 月 15 日.
21. 幸島明男, 井上豊, 池田剛, 山下倫央, 太田正幸, 車谷浩一 (産総研/CREST, JST). モバイルセンシングプラットフォーム: CONSORTS-S ~ ワイヤレス心電センサと携帯電話を用いたヘルスケアサービスの構築 ~. 情報処理学会第15回ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 東京, 2007 年 7 月 20 日.
22. 松村 有祐, 川村 秀憲, 車谷 浩一, 大内 東 (北大/CREST, JST): 成長する待ち行列ネットワークにおける部分的構造最適化の効果, ネットワークが創発する知能研究会第 3 回国内ワークショップ(JWEIN07)講演論文集, 東京 (2007/8)
23. 山下倫央, 幸島明男, 車谷浩一: マクロなエネルギー削減に向けた家電群制御による協調省エネの提案, 平成 19 年度空気調和・衛生工学会大会, pp.2209-2212, 2007 年 9 月 14 日 (仙台).
24. 柳田 靖、鈴木恵二 (はこだて未来大/CREST, JST): 複雑ネットワークモデルにおけるテーマパーク問題に関する考察 ~ ネットワークモデルの比較法 ~, 情報処理北海道シンポジウム 2007, 札幌 北海道工業大学 2007 年 9 月 19 日
25. 柳田 靖、鈴木恵二 (はこだて未来大/CREST, JST): 複雑ネットワークモデルにおけるテーマパーク問題に関する考察, JAWS'07, 沖縄県 沖縄コンベンションセンター, 2007 年 10 月 29 日
26. 池田剛, 井上豊, 山本潔, 幸島明男, 山下倫央, 車谷浩一 (産総研/CREST, JST). 微弱無線センサーネットワークシステム ComPass-センサーネットワークシステムの全体構成. 情報処理学会第17回ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 東京, 2008 年 3 月 6 日.
27. 井上豊, 池田剛, 山本潔, 幸島明男, 山下倫央, 麻生英樹, 車谷浩一 (産総研/CREST, JST). ComPass ビーコンを用いたスマートフォン上での屋内自律型測位システム. 情報処理学会第17回ユビキタスコンピューティングシステム研究会報告, 東京, 2008 年 3 月 6 日.
28. 川村秀憲, 車谷浩一, 大内東: User-in-the-loop Forecasting によるテーマパーク問題の負荷分散, 第22回人工知能学会全国大会講演論文集, CD-ROM, 2008.
29. 柳田靖, 鈴木恵二: テーマパーク問題における来場者行動モデルの構築, 第7回 複雑系マイクロシンポジウム, 2008.

30. 柳田靖, 鈴木恵二: テーマパーク問題における来場者行動モデルの考察, 平成 20 年電気学会 電子・情報・システム部門大会, 2008.
31. 河本満, 浅野太, 車谷浩一: マイクロフォンアレイを用いた音環境の見守りによる非日常音と危険状態の検出システム, 第 19 回ユビキタスコンピューティングシステム研究発表会論文集, 情報処理学会研究報告, Vol.2008, No.66, pp.19-26, 2008.
32. 山下倫央, 久我幸史, 幸島明男, 車谷浩一: クラスタ型エネルギーマネジメントシステムにおける家電群制御による協調省エネ, 電子情報通信学会 2009 総合大会 講演論文集, pp.S-97-S-98, 2009.
33. 福井 知子, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 大内 東: センサネットワークにおける集団通信に関する基礎研究, 第8回 複雑系マイクロシンポジウム (北見), 2009.3
34. 辻 順平, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 大内 東: 屋内センサネットワークにおける移動ノードからの RSSI 計測, 第8回 複雑系マイクロシンポジウム (北見), 2009.3
35. 松尾 潤, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 大内 東: センサネットワークに基づく屋内移動経路提示に関する研究, 第8回 複雑系マイクロシンポジウム (北見), 2009.3
36. Yusuke Matsumura, Hidenori Kawamura, Azuma Ohuchi: Desirable Design of Queuing Networks Excluding Linking Costs, Workshop on Emergent Intelligence on Networked Agents (WEIN' 06), Hakodate(Japan), pp.12-24 (2006).
37. Kenta Oomiya, Keiji Miyanishi, Keiji Suzuki: Weighted Evaluation of Meta-agent Approach in the Tragedy of the Common, SCIS & ISIS 2006 (Tokyo) Paper No. SU-B2-1 (CD-ROM), 24th, September, 2006.
38. Shihomi Wada & Keiji Suzuki "How to reach pareto optimal equilibrium in double-bind prisoner's dilemma game", Joint 3rd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 7th International Symposium on advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2006) 2006 年 9 月 21 日セッション TH-H2 論文番号 100340.
39. Shihomi Wada & Keiji Suzuki: "Double-bind Prisoner's Dilemma Game" Annual Conference of the North American Association for Computational Social and Organizational Science 2006 (NAACSOS 2006) 2006 年 6 月 22 日セッション 1-B
40. Y.Yanagita, K.Suzuki (はこだて未来大/CREST, JST): Theme Park Problem on Complex Network Models, Complex'07, Gold Coast, Australia, 2007 年 7 月 2 日
41. Akio Sashima, Yutaka Inoue, Takeshi Ikeda, Tomohisa Yamashita, Masayuki Ohta, Koichi Kurumatani (AIST/CREST, JST). Design and Implementation of Wireless Mobile Sensing Platform, The Sensing on Everyday Mobile Phones in Support of Participatory Research Workshop at the Fifth ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (ACM SenSys 2007), Sydney, Australia. 6 Nov. 2007.
42. 幸島 明男, 車谷 浩一: 生体センサと携帯電話を用いた遠隔地からの見守りサービスの実現, 医療情報通信技術研究会資料集, 9 号, pp. 79-88, 2009.(2009 年 07 月 28 日)

43. 幸島 明男: ワイヤレス生体センサと携帯電話を用いた生体見守りサービスの構築, Nature Interface, 9 巻 2 号, pp. 10-11, 2009. (2009 年 06 月 01 日)
44. M. Kawamoto, F. Asano, K. Kurumatani, Y. Hua: A System for Detecting Unusual Sounds from Sound Environment Observed by Microphone Arrays, in the Proc. of Fifth International Conference on Information Assurance and Security (IAS09), pp.729-732, August, 2009.
45. 河本満, 車谷浩一: 非日常音検出技術, 第14回産総研特許・技術移転交流会, 財団法人日本産業技術振興協会, 2009 年 06 月 25 日
46. 松尾 潤, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: 屋内空間に基づく人員移動計画の評価に関する研究, 情報処理北海道シンポジウム 2009 講演論文集, pp.97-102, 旭川, 2009 年 10 月 3 日.
47. 辻 順平, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: ZigBee センサネットワークを用いたリアルタイム屋内測位システムの性能評価, 情報処理北海道シンポジウム 2009 講演論文集, pp.103-110, 旭川, 2009 年 10 月 3 日. (学術研究賞 受賞)
48. 松尾 潤, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: 屋内空間構造に基づく人員移動計画向け経路生成アルゴリズムの評価に関する研究, 第 19 回インテリジェント・システム・シンポジウム(FAN 2009) 講演論文集(CD-ROM), pp. 244-249, 会津, 2009 年 9 月 17 日.
49. 辻 順平, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: ZigBee センサネットワークを用いた確率推論に基づく屋内測位システムに関する研究, 第 19 回インテリジェント・システム・シンポジウム(FAN 2009) 講演論文集(CD-ROM), pp.250-255, 会津, 2009 年 9 月 17 日.
50. 幸島 明男, 車谷 浩一: 生体センサと携帯電話を用いた遠隔地からの見守りサービスの実現, 医療情報通信技術研究会, 2009 年 07 月 28 日.
51. 河本満, 車谷浩一: 非日常音検出技術, 第14回産総研特許・技術移転交流会, 財団法人日本産業技術振興協会, 2009 年 06 月 25 日.
52. 松尾 潤, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: 屋内空間に基づく人員移動計画の評価に関する研究, 情報処理北海道シンポジウム 2009 旭川, 2009 年 10 月 3 日.
53. 辻 順平, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: ZigBee センサネットワークを用いたリアルタイム屋内測位システムの性能評価, 情報処理北海道シンポジウム 2009 旭川, 2009 年 10 月 3 日. (学術研究賞 受賞)
54. 松尾 潤, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: 屋内空間構造に基づく人員移動計画向け経路生成アルゴリズムの評価に関する研究, 第 19 回インテリジェント・システム・シンポジウム(FAN 2009) 会津, 2009 年 9 月 17 日.
55. 辻 順平, 川村 秀憲, 鈴木 恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一: ZigBee センサネットワークを用いた確率推論に基づく屋内測位システムに関する研究, 第 19 回インテリジェント・システム・シンポジウム(FAN 2009) 会津, 2009 年 9 月 17 日.
56. 辻順平, 川村秀憲, 鈴木恵二, 池田剛, 幸島明男, 車谷 浩一: ZigBee センサネットワークの

受信強度を用いた屋内リモート測位システム, 第 88 回人工知能学会知識ベースシステム研究会, pp.13-18, 2010 年 3 月 1 日.

57. 松尾潤, 川村秀憲, 鈴木恵二, 池田剛, 幸島明男, 車谷浩一: ZigBee を用いた屋内ネットワーク設計に関する基礎研究, 第 88 回人工知能学会知識ベースシステム研究会, pp.09-12, 2010 年 3 月 1 日.

58. 辻順平, 川村秀憲, 鈴木恵二, 池田剛, 幸島明男, 車谷浩一: 研究室環境下における ZigBee を用いた位置測位, 第 25 回情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会, pp.529-536, 2010 年 3 月 28 日.

59. 松尾潤, 辻順平, 川村秀憲, 鈴木恵二, 池田剛, 幸島明男, 車谷浩一: ZigBee を用いた屋内空間ネットワークにおける通信の頑健性に関する考察, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会論文講演集(CD-ROM), 2010 年 3 月 10 日.

60. 幸島 明男, 車谷 浩一: モバイル生体センサを用いた遠隔ヘルスマニタリングのための Web アプリケーションの開発, IT ヘルスケア学会第 4 回年次学術大会, 2010 年 05 月 23 日.

61. 河本満, 池田剛, 幸島明男, 車谷 浩一: 焦電型赤外線センサアレイを用いた一測位方法, 第 26 回ユビキタスコンピューティングシステム研究発表会, 2010 年 5 月 28 日.

62. 池田剛, 河本満, 幸島明男, 車谷浩一: 非常信号配信機構を有する屋内自律型測位システムの設計と実装, 第 28 回ユビキタスコンピューティングシステム研究発表会, 2010 年 10 月 29 日.

63. 新井 雅也, 川村 秀憲, 鈴木 恵二: 群集移動による RSSI 変動の測定と応用, 2010 年度人工知能学会全国大会(第 24 回) (JSAI2010), 3E3-2, 長崎, 2010. (2010 年 6 月 11 日)

③ ポスター発表 (国内会議 1 件、国際会議 2 件)

Yutaka Inoue, Akio Sashima, Koichi Kurumatani: Indoor Navigation System for Emergency Evacuation in Ubiquitous Environment, UbiComp 2006 Poster Session, Los Angeles, September 2006.

Mitsuru Kawamoto (AIST, JST) "Particle Filtering Algorithms for Tracking Multiple Sound Sources Using Microphone Arrays," 2008 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Honolulu, Hawaii, April 15-20, 2007

柳田靖, 鈴木恵二: テーマパーク問題における来場者誘導調整の可能性に関する考察, 情報処理北海道シンポジウム, 2008.

(4) 知財出願

① 国内出願 (3 件)

1. 「非日常音検出システム」

車谷浩一, 河本満. 産業技術総合研究所. H20/06/24. 特願 2008-164395.

2~3. 非公開

② 海外出願 (1 件)

1. 非公開

(5)受賞・報道等

①受賞

平成18年 情報処理学会 ITS 研究会優秀論文賞, 山下倫央, 車谷浩一, 道路交通流の円滑化に向けた情報共有に基づく協調カーナビの提案, 情報処理学会 ITS 研究会(2007/1/26).

平成19年度 情報処理学会 山下記念研究賞(2008年3月14日)

「道路交通流の円滑化に向けた情報共有に基づく協調カーナビの提案」

山下倫央(産業技術総合研究所, CREST, JST).

平成20年 第17回ユビキタスコンピューティングシステム研究会 優秀論文賞(2008年11月13日), 池田剛, 井上豊, 山本潔, 幸島明男, 山下倫央, 車谷浩一, 微弱無線センサーネットワークシステム ComPass - センサーネットワークシステムの全体構成.

情報処理北海道シンポジウム2008 情報処理学会北海道支部奨励賞(2008年9月19日), 柳田靖, 鈴木恵二, テーマパーク問題における来場者誘導調整の可能性に関する考察.

情報処理北海道シンポジウム2009 学術研究賞(2009年10月3日) 辻 順平, 川村 秀憲, 鈴木恵二, 池田剛, 幸島 明男, 車谷 浩一, ZigBee センサネットワークを用いたリアルタイム屋内測位システムの性能評価.

②マスコミ(新聞・TV等)報道

○ 平成19年12月13日 科学技術振興機構・産総研共同記者発表

「携帯情報端末で動作する屋内測位システムを開発

(無線ビーコンと携帯情報端末だけで屋内の位置と移動軌跡を計測)」

○ 平成22年9月28日 産総研プレス発表

「低消費電力で信号強度の変動に頑健な屋内測位システム

- 非常信号を受けると自動的に避難誘導ナビゲーションを実行 -」

【新聞報道】

◆ 2007年12月14日(金)掲載

日本経済新聞(朝刊 15面 12版)

日刊工業新聞(朝刊 22面 14版)

フジサンケイビジネスアイ(朝刊 9面 11版)

神奈川新聞(朝刊 11面 A版)

◆ 2007年12月17日(月)掲載

電経新聞(2面)

◆ 2007年12月21日(金)掲載

科学新聞(1面)

◆ 2007年12月27日(木)掲載

朝日新聞(朝刊 33面 14版)

◆ 2008年1月1日(火)掲載

日本情報産業新聞(朝刊 2面)

◆ 2010年9月29日(水)掲載

日経産業新聞(朝刊 13面)

§ 6 研究期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

H17 年度

年月日	名称	場所	参加人数	概要
18 年 3 月 30, 31 日	プロジェクト 全体会議	北大 会議室	25 名 (産総研, 北大, 未来大)	H18 年度の研究 計画とデモイメー ジに関する討論 を行った.

H20 年度

年月日	名称	場所	参加人数	概要
20 年 12 月 8～9 日	安全・安心サー ビス検討会	産総研 臨海副都心セン ター	10 (産総研, 北大)	安全・安心サー ビスの検討
21 年 1 月 14 日	商業ビルにおけ る安全・安心検 討会	北大(札幌)	10 (産総研, 北大)	商業ビルにおけ る安全・安心サー ビスの検討

H21 年度

年月日	名称	場所	参加人数	概要
21 年 7 月 27 日	測位エンジン検 討会	北大(札幌)	10 (産総研, 北大)	測位エンジンの 構成に関する検 討会
21 年 9 月 8 日	ナビゲーション システム検討会	産総研(臨海)	10 (産総研, 北大)	ナビゲーションシ ステムに関する 検討会
21 年 11 月 24 日	ナビゲーション システム検討会	産総研(臨海)	8 (産総研, 北大)	ナビゲーションシ ステムに関する 検討会

§ 7 結び

プロジェクト開始時の目標であった、平常時・非常時兼用のデュアルシステムとしての屋内自律型ナビゲーションシステムは目標通りに実現された。同システムは、国際標準である IEEE 802.15.4 に準拠した通信プロトコルを用いたシステムとして完成されたが、これは研究成果の社会実装の観点から望ましい結果であると考えられる。また、ユーザの位置・軌跡情報に加えて、ユーザの身体・活動状態を把握できるモバイル生体センサは、当初の目標を超えて、新しいサービスとしての遠隔生体見守りシステムの実現へとつながった。

本プロジェクトにおいて開発された、無線センサネットワーク関連ソフトウェア、モバイル生体センサ、携帯情報端末向けソフトウェア、アプリケーションサーバ上のソフトウェアは、各々独立して使用可能であると同時に、応用サービスの必要に応じて適切なものを選択し組み合わせて利用可能な設計となっている。これは、当初から念頭に置いていた、ユビキタスコンピューティングシステムとしてのモジュール・コンポーネント設計として妥当なものであり、今後様々な新規の応用サービスに利用・展開されてゆくものと考えている。

(以上)