

## デバイス非依存な屋内測位方式の検討

石渡 要介<sup>†</sup> 高梨 郁子<sup>†</sup> 斎藤 謙一<sup>†</sup> 久永 聡<sup>†</sup> 田中 聡<sup>†</sup>

山路 晃徳<sup>‡</sup>

屋内測位システムとして様々な構成のものが検討・開発されているが、我々のターゲットとする物品管理およびナビゲーション用途に必要な検出精度・検出範囲を想定した時、個々のデバイスでこれらを同時に満たすことは出来ていない。このため、複数のデバイスを組み合わせて個々の短所を補うことで実現されているが、それらのシステムは適用対象に合わせた作りとなっており開発は効率的になされていない。そこで本論文では、複数のデバイスを組み合わせて使用するための測位システムのフレームワークを検討する。デバイスを組み合わせるためにデバイス依存部分と非依存部分を分離する手法を提案する。さらにアクティブタグを利用したシステムを検討・試作し、このシステムが様々なデバイスに適用できること、また組み合わせてもデバイス非依存部を共通化でき、システム開発の効率化が可能となることを示す。

### Design of “device-independent” Indoor Positioning System

Yosuke Ishiwatari<sup>†</sup>, Ikuko Takanashi<sup>†</sup>, Ken-ichi Saito<sup>†</sup>, Satoshi Hisanaga<sup>†</sup>, Satoshi Tanaka<sup>†</sup>,  
Akinori Yamaji<sup>‡</sup>

There are designing and developing many indoor positioning systems. It is insufficient, however, to adapt those systems for our target, Article Management and Navigation, because there are no device that has both the measurement accuracy and coverage we need. Existing systems solve those problems to combine some devices, but those systems can't be adapted for the devices that are not used with when those systems are devised. In this paper, we designed a positioning system framework using many devices simultaneously. To use devices simultaneously, the system has separated parts, device-independent parts and device-specific parts. Then we suggest a concept to separate. To evaluate this system, we implement a test system using active tags. We will represent to adapt our system to use various devices where no changes apply to device-independent parts, and to construct positioning systems effectively.

<sup>†</sup>三菱電機株式会社 情報技術総合研究所, Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corp.

<sup>‡</sup>三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社, Mitsubishi Electric Information Systems Corp.

## 1. はじめに

近年、屋内測位システムの適用先として物品管理やナビゲーション用途に対するニーズが高まっている。これらの分野において必要とされる検出精度と検出範囲に対し、個々のデバイスでは両者を満たすことは出来ていない。そのため、デバイスを複数組み合わせることでそれぞれの長所を生かし、目的の検出精度・検出範囲を達成している。

しかしながら、複数のデバイスを用いるシステムは、測位環境・対象に応じたチューニングがなされ、同じシステムを他に適用することや、システムに別のデバイスを組み込むことは想定されていない。

そこで、これらの問題を解決するため、デバイスを複数組み合わせることで使用する屋内測位システムのフレームワークについて検討を行った。

## 2. 屋内測位システム

### 2.1. 屋内測位とは

様々な用途・目的に応じた屋内測位システムが検討・実装されている[1][2][3][4][5]。このような屋内測位システムが適用されるアプリケーションにおいて、必要とされる検出精度と検出範囲を図 1 に示す。

この表で示す通り、例えば迷子監視の一部として、迷子がある建物・フロア内にいるかどうかを検出する場合と、物品管理で倉庫の中のどこに欲しい物が置いてあるかを検出する場合には必要な精度や範囲が異なる。

前者ならば、例えば建物・フロアの入り口の通過を知ることが出来れば検知可能であるし、後者ならば、一定のスペース内における位置を検出する必要がある。

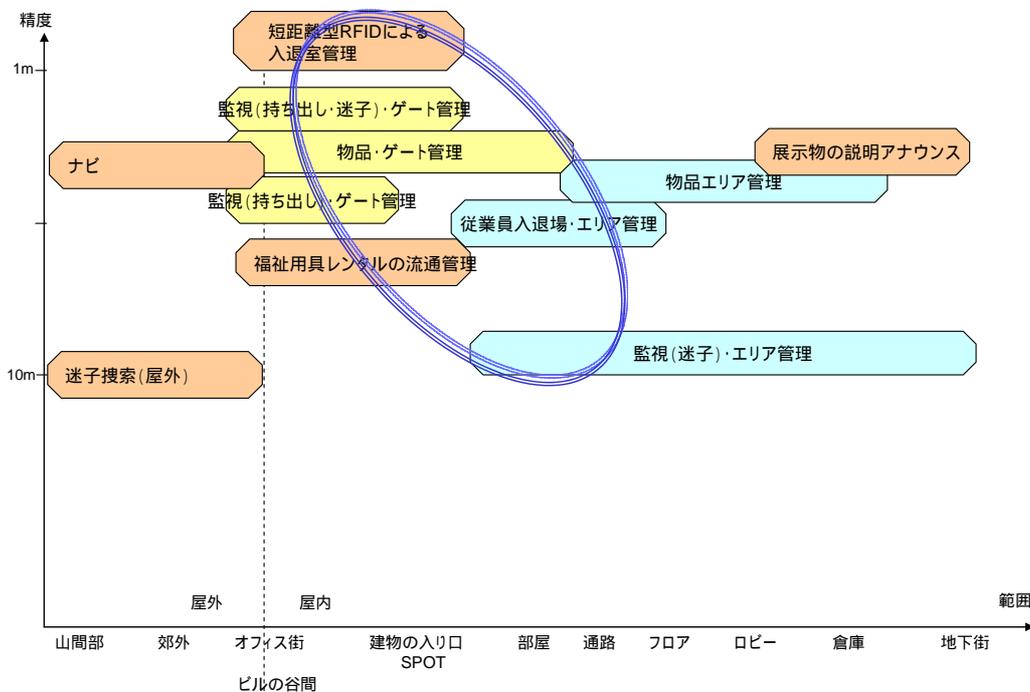


図 1 屋内測位で要求される検出精度・検出範囲

本論文では、物品管理やナビゲーションといった、周囲環境が変化しやすい場所において短時間に不特定多数の対象を精度よく測位するアプリケーションを適用ターゲットとする(図1内の楕円で示す)。

## 2.2. 測位システムの問題

各種検討されている、屋内測位方式に用いられているデバイスがカバーする検出精度・検出範囲を図2に示す。

この図より、本論文でターゲットとしている物品管理やナビゲーションに単一で対応できるデバイスが存在しないことがわかる。

現状では、RFIDと赤外線を組み合わせた入退場検知システムのように、デバイスを複数組み合わせることで実現している。しかし、既存のシステムは、使用するデバイス・適用先を固定したシステムとなっており、デバイスを入れ替えることを想定して作られておらず、用途やコスト

に応じた変更が不可能である。そのため、適用先に応じたチューニングが必要となり、測位システム開発の効率が悪いという問題がある。

## 3. 提案方式

### 3.1. 前提条件

図2で示したデバイスを用いた測位システムでは、基本的に図3のようにデバイスと対象の関係を定義できる。すなわち、ここで対象とする測位システムとは、測位環境において座標系が定義され、デバイスの座標が既知であるときに、デバイスとの位置関係から測位を行うものである。

ここで、平面空間における位置特定方法を考えた時、一般的に以下のどれかが成立すれば計算できる。

1. 平面上の3点からの距離
2. 平面上のある点からの向きと距離

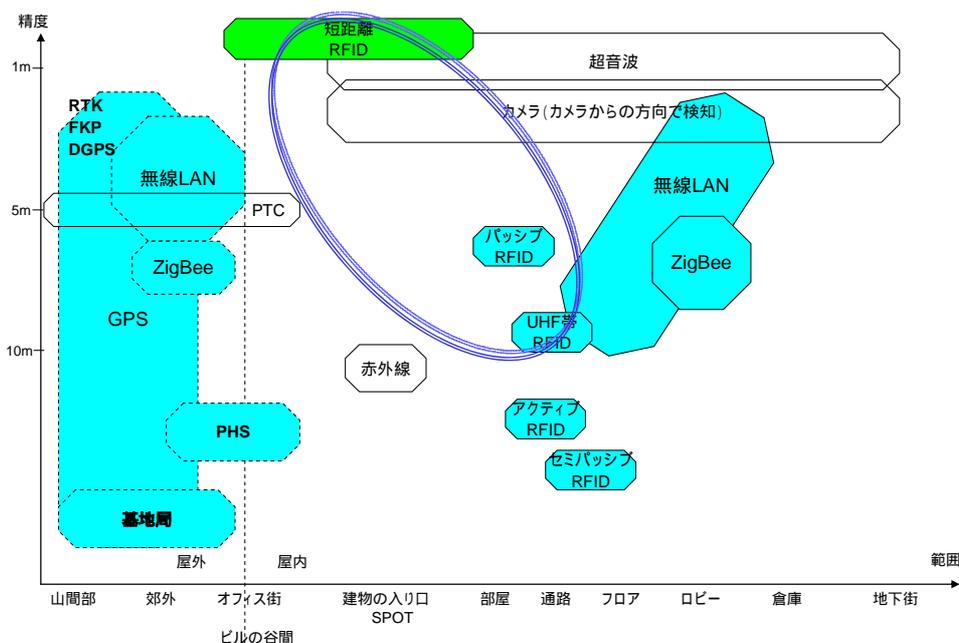


図2 測位デバイスのカバーする検出精度・検出範囲

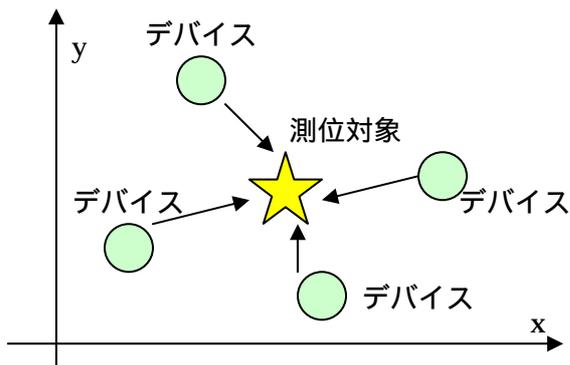


図 3 デバイスと測位対象との関係

ここで挙げた距離・向きはデバイスが何であるかを問わない。すなわち、デバイスの測定値から平面空間上の距離ないしは向きに変換できることが出来れば「デバイス測定結果を距離・向きに変換」「距離・向きから測位計算」と処理を分離することで測位を行うことが可能になる。

### 3.2. デバイス依存部・デバイス非依存部の機能分担

複数デバイスを用いる測位システムでは、デバイスに依存する処理(デバイス依存部)とデバイスに依存しない処理(デバイス非依存部)があり、この分離が出来れば後者を個別チューニングとは関係なく適用でき、効率化が図れるはずである。そこで、前節の前提を元に、以下のように定めることで分離を図る(図 4)。

#### 測位結果

測位座標系における位置ないしは範囲を測位結果と定義する。

#### デバイス依存データ

デバイスの測定結果をデバイス依存データと定義する。

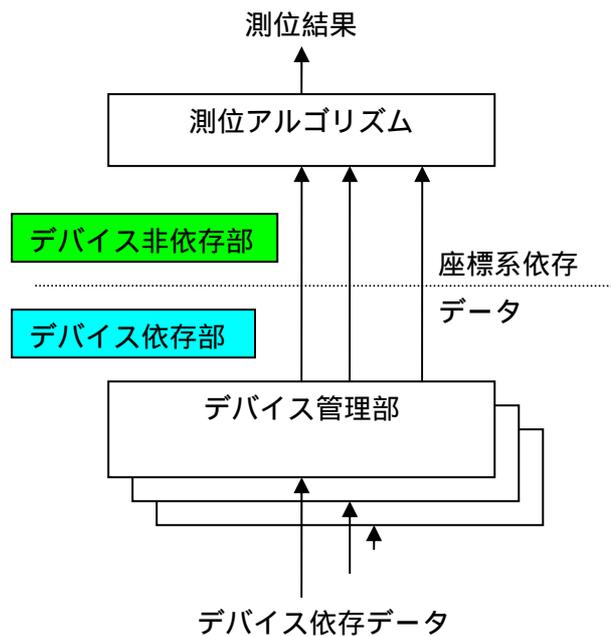


図 4 測位におけるデバイス依存・非依存分離  
座標系依存データ

測位座標系の距離・方向などの値を座標系依存データと定義する。

ただし、実際には測定距離に誤差が出る可能性があることから、距離・向き以外の値(測定値誤差など)を含める必要があると考えられる。

#### デバイス管理部

デバイス依存データを座標系依存データへ変換する部分をデバイス管理部と定義する。

#### 測位アルゴリズム

座標系依存データから測位結果を出力する部分を測位アルゴリズムとして定義する。

この時、4. が「デバイス依存部」に相当し、5. が「デバイス非依存部」に相当する

この分離で、多数のデバイスが組み合わせられ、またそれによりデバイス非依存部が変更されることが無い。すなわち、デバイスの変更・追加に関わらずデバイス非依存部を共通化でき、開発効率化を図ることが出来る。

## 4. 試作システム

### 4.1. アクティブタグによる測位システム

提案システムの実装例として、アクティブタグを用いたシステムを試作し検証した。

本実験で用いたアクティブタグでは、タグリーダーにおいてタグからの電波の電界強度が取得できる。そこで、この電界強度を利用する測位アルゴリズムを設計・実装した。

試作システムにおける構成は図 5 の通り。電界強度値から座標系依存データ(距離)に変換する部分と、距離から測位を行う部分に分離することで、電界強度から距離を出す処理系を実装することで、アクティブタグ以外のデバイスを用いることが可能になる。

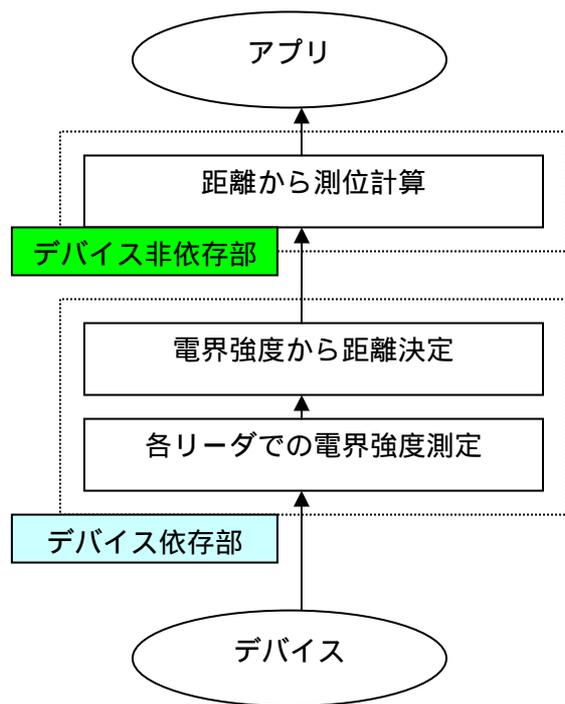


図 5 試作システムの構成

### 4.2. 提案システムの構成

試作システムは図 6 で示す構成をとる。

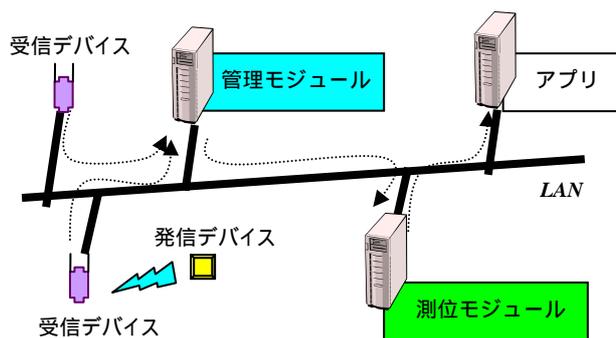


図 6 提案システムの構成

- 発信デバイス・受信デバイス  
電波の送受信を行うデバイス
- 管理モジュール  
各受信デバイスからのデータを受信して測位モジュールに渡すモジュール
- 測位モジュール  
管理モジュールからのデータを受け取って測位を行うモジュール
- アプリ  
測位モジュールから測位結果を受け取り利用するモジュール

管理モジュールでデバイス依存部を管理し、測位モジュールをデバイス非依存部とする。

### 4.3. システム適用例

提案システムの有意性を示すため、試作システムを他のデバイス・マルチデバイスに適用する例を示す。

#### (1) ZigBee を用いた測位システム

ZigBee による測位システム[6]では、ZigBee ノードの位置と電界強度から位置を求めている。ZigBee ノードでは電界強度が db 値で求められるため、試作システムで ZigBee を適用する場

合、求めた電界強度値を距離に変換する管理モジュールさえあれば、デバイス非依存部である測位計算部分を変えることなく、試作システムに ZigBee を適用・追加することが可能になり、試作システムを ZigBee を用いたシステムとして適用でき、開発効率化が図れる(図 7)。

## (2) アクティブタグと赤外線センサの結合

試作システムに、赤外線センサのようなスポットの検出デバイスを追加することを考える。この場合、赤外線センサによる反応があるときはその赤外線で定められるスポット内にいるということである。

これを試作システムに導入するには、例えば赤外線センサが反応した場合に、その赤外線センサの反応範囲を距離として与える(図 8)ことで、反応したことを座標系依存の値に変換できる。これにより、試作システムに赤外線センサを適用した測位システムの開発が効率的に行われる。

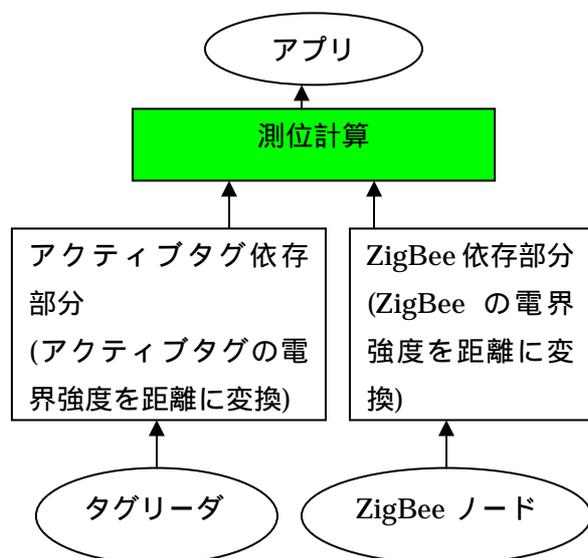


図 7 試作システムにおける ZigBee 適用

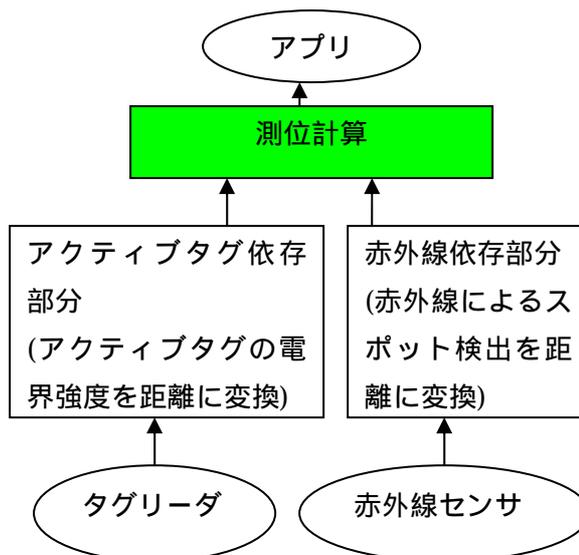


図 8 試作システムにおける赤外線センサの適用

## 5. おわりに

本論文では、単一デバイスによる測位の問題点を解決するための、マルチデバイスに対応した屋内測位システムのフレームワークを提案した。そのため、デバイス依存・非依存部の分離方式について検討し、システムの試作を行い、デバイス非依存部分の共通化による効率化が検証された。今後は、単一デバイスによるシステムと比しての有意性・有効性を検証する予定である。

## 参考文献

[1] Ulf Rerrer, "Location-awareness for a Service-oriented Architecture using WLAN Positioning", ECOWS 2005,

<http://wscc.info/p51561/files/38-rerrer.pdf>

[2] 萩野他, “無線 LAN 統合アクセスシステム-位置検出方式の検討-“, DICOMO2003, pp.569-572

[3] Jürgen Bohn, Friedemann Mattern, “Super-Distributed RFID Tag Infrastructures”, EUSAI 2004

[4] 田中他, “RFID システムによる自己位置推定とタグ配置作業”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J88-D-II, No.9, pp1759-1770

[5] Miguel Rodriguez, et al, “In-building location using Bluetooth”, IWWAN 2005

[6] 高梨他, 「ZigBee を利用した、歩行者の位置特定に関する実験」, 情報処理学会 第 20 回高度交通システム研究会, pp105-111, 2005