

シームレスGPS測位技術確立への取り組み

Approach to Technology of Seamless Positioning System Using GPS Signal

川口 貴正 Takamasa Kawaguchi
小暮 聡 Satoshi Kogure

海老沼 拓史 Takuji Ebinuma
江端 智一 Tomoichi Ebata

下垣 豊 Yutaka Shimogaki
川口 敦生 Atsuo Kawaguchi



注:略語説明 GPS(Global Positioning System)

図1 GPSケータイを用いたシームレスGPS測位技術のイメージ

IMES(Indoor Messaging System)方式に対応したGPSケータイは、屋外のGPS衛星からの無線信号と、屋内のGPS送信機の無線信号と受信先を自動的に切り換える。また、世界測地系WGS84などの世界標準の場所コードに対応しており、現在地に応じて屋外地図だけでなく、屋内の地図をダウンロードすることもできる。

GPS機能を搭載した携帯電話の普及により、周辺施設検索、経路探索・道案内、モバイル広告、弱者見守り、緊急通報など、歩行者向けの位置情報サービスが期待されている。しかし、GPS衛星からの無線信号は施設内や地下街などの屋内には届かないため、屋内では別の測位手段が必要である。

日立グループは、独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が提案するIMES方式に対応したGPS送信機を開発し、屋内において屋外のGPS測位と同等の位置情報サービスを実現するシームレスGPS測位技術の確立をめざしている。

シームレスGPS測位は携帯電話を用いた位置情報サービスだけではなく、専用のGPS端末を利用した作業員や物品の位置管理、入退出管理、トレーサビリティ、鉄道・交通分野などへの適用も可能である。

1.はじめに

2007年4月から携帯電話による警察・消防などへの緊急通報にGPS(Global Positioning System)測位などによる位置情報を付加することが義務づけられた。これにより、今後発売される第三世代携帯電話はGPS端末機能の搭載が標準となると考えられる。これは国内での利用台数が1億を突破した携帯電話がGPS端末として利用できる可能性を示唆している。このGPSケータイの普及は、緊急通報、弱者の見守り、経路探索や道案内、歩行者の位置に関連づけられたモバイル広告などの位置情報サービス展開への大きな足がかりになると期待されている。

しかし、GPSはGPS衛星からの無線信号を受信して位置を測位するシステムであり、GPS衛星からの無線信号が届かない建物の内部や地下街では測位できない。また、ビルの谷間

や建物の窓際では捕捉(ほそく)できるGPS衛星の数が減少するため、測位精度が低下する。携帯電話における位置情報サービスの使用ユーザーは4,000万人とも言われているが、本格的に利用しているユーザーは数万人程度と思われる。これは、屋内における位置を測位する手段の不在が、その一因と考えられる。

こうした中、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(Japan Aerospace Exploration Agency:JAXA)は、GPS端末を利用して屋内測位を可能とするIMES(Indoor Messaging System)¹⁾方式を提案している。日立グループは、このIMES方式に準拠したGPS信号送信機(以下、GPS送信機と記す。)を開発した。GPS送信機を用いて、屋外のGPS測位と同等の位置情報サービスを屋内において実現するシームレスGPS測位の技術確立をめざしている(図1参照)。

ここでは、GPS送信機開発の取り組みと、2008年7月に東京国際フォーラムで開催した「日立uVALUEコンベンション2008」において、展示会向け位置情報サービスとして行ったIMES方式によるシームレスGPS測位技術のデモンストレーション展示内容について述べる。

2. シームレスGPS測位のニーズ

2.1 従来の屋内測位

GPS測位では地下街や屋内での測位が難しいため、これらの場所では独自の測位方式が考えられてきた。例えば、Bluetooth¹⁾、RFID(Radio-frequency Identification)、無線LAN(Local Area Network)、可視光通信、UWB(Ultrawide-band)などの無線を応用した測位方式がある³⁾。これらの無線

1) Bluetoothは、米国内Bluetooth SGI, Inc.の登録商標または商標である。

表1 シームレスGPS測位を実現する測位方式の比較

IMES方式は他の方式に比べて、コスト面や精度面で優れていることがわかる。

	GPS衛星測位	リピータ方式	スードライト方式	IMES方式
概要	米国が軍事目的で打ち上げたGPS衛星から送信される測位信号の一部を民間で利用する	GPS衛星の信号を捕捉(ほそく)できる地上や屋上にGPS端末を設置し、そのGPS端末が受信したGPS信号を同軸ケーブルで屋内や地下街に伝送して中継装置で再放射する	GPS衛星と同じ機能を有する送信機を擬似GPS衛星として屋内外に設置する	既存のGPS信号と同じ周波数・変調方式で、屋内信号を送信するGPS信号送信機を屋内に設置する
衛星チャネル番号	1~32 (GPS衛星チャネル)	1~32 (GPS衛星と同一チャネル)	33~37 (擬似衛星用チャネル)	173~182 (IMES用チャネル)
測位方式	四つ以上のGPS信号を利用した到達時間差による三辺測量			一つのGPS信号でエリア検知
測位情報	位置座標(緯度・経度・高度)	位置座標(緯度・経度・高度)	位置座標(緯度・経度・高度)	場所コード;位置座標(緯度・経度・高度)または位置ID
測位精度	10 m程度(屋外)	× 10~100 m程度	10 m(コード位相測位方式)程度	10 m程度
装置コスト	不要(米国負担のため)		×	
設置コスト	不要(米国負担のため)	× 大規模工事の必要あり	× 電波調整・時刻調整に難あり	電波調整あり
保守コスト	不要(米国負担のため)	不明	不明	不明
端末対応		特になし	ソフトウェアの改修のみ	ソフトウェアの改修のみ
懸念事項	地下・屋内では測位ができない	高さの精度が悪いので立体施設には不向き	GPS衛星との混在に難あり	衛星チャネル番号「173~182」対応

方式は、一部は携帯電話や音楽プレーヤ、ゲーム機などの携帯端末にすでに搭載されており、屋内測位の方式として利用されている。しかし、これらの方式には、(1)コストアップ、(2)電池消耗、(3)測位時の端末IDの送信による個人情報保護の配慮不足、(4)屋内外の測位自動切替が困難、および、(5)既存GPSアプリケーションの流用が困難といった問題点があるため、現在のところ屋内測位のデファクトスタンダードになっていない。

このような問題点に対して、屋内でもGPS端末機能を利用する方式は優位であると考えられる。その理由は次のとおりである。

- (1) 携帯電話にはGPS端末機能が標準搭載となる見込みであり、コストアップが少ない。
- (2) GPS受信IC(Integrated Circuit)の低消費電力化が進んでおり、最新品では他の測位方式に比べて $\frac{1}{20}$ の1 mAで動作する。
- (3) GPS端末はGPS信号の受信専用であるため、端末IDを送信せずに測位可能である。
- (4) GPS受信ICで屋内と屋外の測位を自動切替できる。
- (5) 既存GPSアプリケーションを屋内用に流用することが可能である。

2.2 GPS測位の屋内への応用

GPSを応用して屋内測位を行う方式として、リピータ方式やスードライト(擬似(ぎじ)衛星)方式などが提案されている(表1参照)。

しかし、リピータ方式は同軸ケーブルの設置工事が困難であったり、位置情報などが地上や屋上に設置したGPS受信アンテナの設置位置となるため、特に高さ情報が重要となる立

体エリアには不向きという問題がある。また、スードライト方式は擬似衛星からGPS端末までの距離がGPS衛星に比べきわめて近いため、擬似衛星からの電波が強すぎて、遠いGPS衛星からの信号を分離できなくなるという遠近問題がある。さらに、スードライト方式の擬似衛星にはGPS衛星の原子時計ほどではないが、高精度な水晶発振器による正確な時刻同期の仕組みが必要となり、機器コストや設置コストが高くなる。

そこで、日立グループは、JAXAが提案するIMES方式に基づいたシームレスGPS測位方式の実用化に取り組んだ⁴⁾。IMES方式の概念を図2に示す。

IMES方式は、GPS無線信号と同じ周波数と変調方式を利用し、屋内に設置したGPS送信機から場所コード自体をGPS端末に送信する方式である。場所コードとは、その場所を示す値であり、例えば、地球上の座標(緯度・経度・高度)、郵便番号と町名、丁目、番地の組み合わせ、64ビットなどのID番号で表現する位置IDなどがある。そのため、GPS衛星測位と異なり、GPS端末側で測位計算を行う必要がない。GPS端末は、IMES用の衛星チャンネルをサーチして場所コードを受信するためのソフトウェア上の軽微な変更が必要である。この変更を加えたGPS端末は屋外ではGPS衛星の無線信号を受信して位置を測位し、屋内ではGPS送信機の場所コードを受信する自動切換によってシームレスに位置を測位することができる。

IMES方式のGPS送信機は、電波法に定められた微弱無線の規定に準拠することにより、設置・運用にあたっては無線局免許申請などの手続きは不要である。

3.IMES方式に基づくGPS送信機の開発

3.1 開発のねらい

このようなIMES方式に基づいた屋内測位を実用化するためには、他の屋内測位方式と比べて遜(そん)色のないシステム導入コストを実現しなければならない。GPS送信機として現在入手可能な機器は、GPS端末の製造現場で利用される出荷検査用のGPSシミュレータであるが、低価格な製品でも1台150万円ほどである。また、GPS送信機を地下街や商業施設、オフィスなどの天井などに設置することが想定されるので、初期設定や保守メンテナンス機能も充実させる必要がある。日立グループは、低コストな汎用部品を使用することによるGPS送信機の低コスト化と、設置保守メンテナンスの容易化をねらいとしたGPS送信機の開発に着手した。

3.2 GPS送信機と設定ツール/性能評価装置の開発

(1) GPS送信機

開発したIMES方式に基づいたGPS送信機の外観を図3に、GPS送信機の基本仕様を表2にそれぞれ示す。

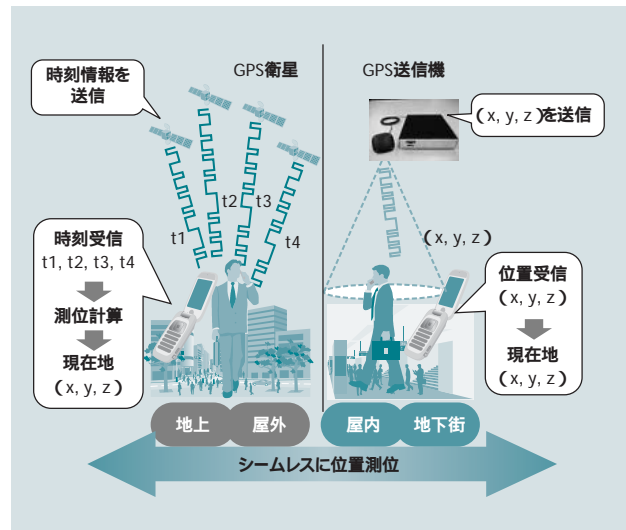


図2 IMES方式を用いたシームレスGPS測位のイメージ
同一のGPSケータイで、屋外と屋内をシームレスに測位可能となる。



図3 GPS送信機の外観

開発したGPS送信機はIMES方式に対応した場所コードなどをGPS信号に格納して送信する。

表2 GPS送信機の仕様

開発したIMES方式対応のGPS送信機の仕様を示す。

項目	内容	
物理仕様	寸法	300×220×50(mm)
	材料	アルミ合金
	重量	1.5 kg以下
外部I/F	電源スイッチ	主電源スイッチ
	アンテナ端子	SMA Female
	設定用端子	RS-232C:D-Sub9 pin
無線仕様	送信周波数	1.57542 GHz
	変調方式	BPSK変調
	送信出力	-65 dBm(-95 dBW)以下
	チャンネル数	1ch
	衛星チャンネル番号	1~37, 173~182
クロック	信号種別	GPS衛星のL1 C/A信号 (1,023ビット系列GOLD符号)
	基準周波数	1.023 MHz
アンテナ	利得	2.8 dBiC
	指向性	無指向性
	偏波	右旋円偏波

注:略語説明 I/F(Interface), BPSK(Binary Phase Shift Keying)

送信するGPS無線信号の衛星チャンネル番号、場所コードをRS-232C(Recommended Standard 232)のシリアル経由で設定することができる。送信出力は微弱無線設備の電波法



図4 GPS送信機の簡単設定ツール

GPS送信機をPCに接続して、簡単設定ツールで値を設定する。

(3 m法)に基づいて -65 dBm(-95 dBW)以下とした。また、電波法に準拠していることを証明するため、微弱無線の試験場で電波測定を行い、公的認証機関において微弱無線性能証明書を取得した。

(2) GPS送信機の簡単設定ツール

GPS送信機に対して緯度・経度・高さ情報などの場所コードを容易に行うための簡単設定ツールを開発した(図4参照)。今回はRS-232Cケーブルでパソコンと接続して初期設定を行うだけであるが、将来的にはGPS送信機をネットワーク対応させることにより、遠隔での設定・保守を可能にする。

(3) GPS無線信号の評価装置

GPS送信機の基本性能を確認するためには、GPS無線信号の評価環境の構築が重要である。しかし、GPS送信機から送信されるGPS無線信号はGPS送信アンテナから数メートル程度離れると白色雑音より低い信号強度となってしまう。そのため、スペクトラムアナライザなどの通常の無線評価装置はGPS無線信号の信号強度を測定することができない。そこで、オープンソースGPS受信ソフトウェア⁵⁾が動作するGPS受信機にIMESの衛星チャネル番号とメッセージの受信機能を追加したGPS信号評価装置を開発した(図5参照)。この評価装置により、GPS送信機の基本性能が評価可能となった。

4. シームレスGPS測位のデモンストレーション展示

4.1 概要

2008年7月に東京国際フォーラムで開催した「日立uVALUEコンベンション2008」において、展示会向け位置情報サービスとして実験用端末4台を用いてシームレスGPS測位のデモンストレーション展示を行った。

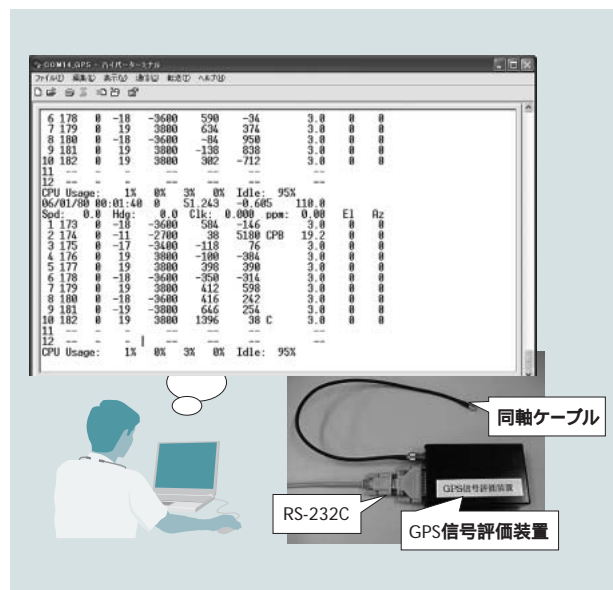


図5 GPS信号評価装置と評価装置のモニタ画面

画面では、GPS信号評価装置が衛星チャネル174番にロックして信号性能を表示している。

4.2 システム構成

システム構成は以下のとおりである(図6参照)。

(1) GPS送信機

日立グループが開発したIMES対応GPS送信機

(2) 実験用端末

市販GPSケータイの内部ソフトウェアを改修した実験用端末

(3) 位置情報DB(Database)サーバ

実験用端末から送信された位置情報を解析し、屋外と屋内とを判別するサーバ

(4) 屋内地図配信サーバ

屋内地図配信サーバのプロトタイプであり、ここでは「日立uVALUEコンベンション2008」会場の展示会地図を配信するサーバ

(5) 検索・推測エンジンサーバ

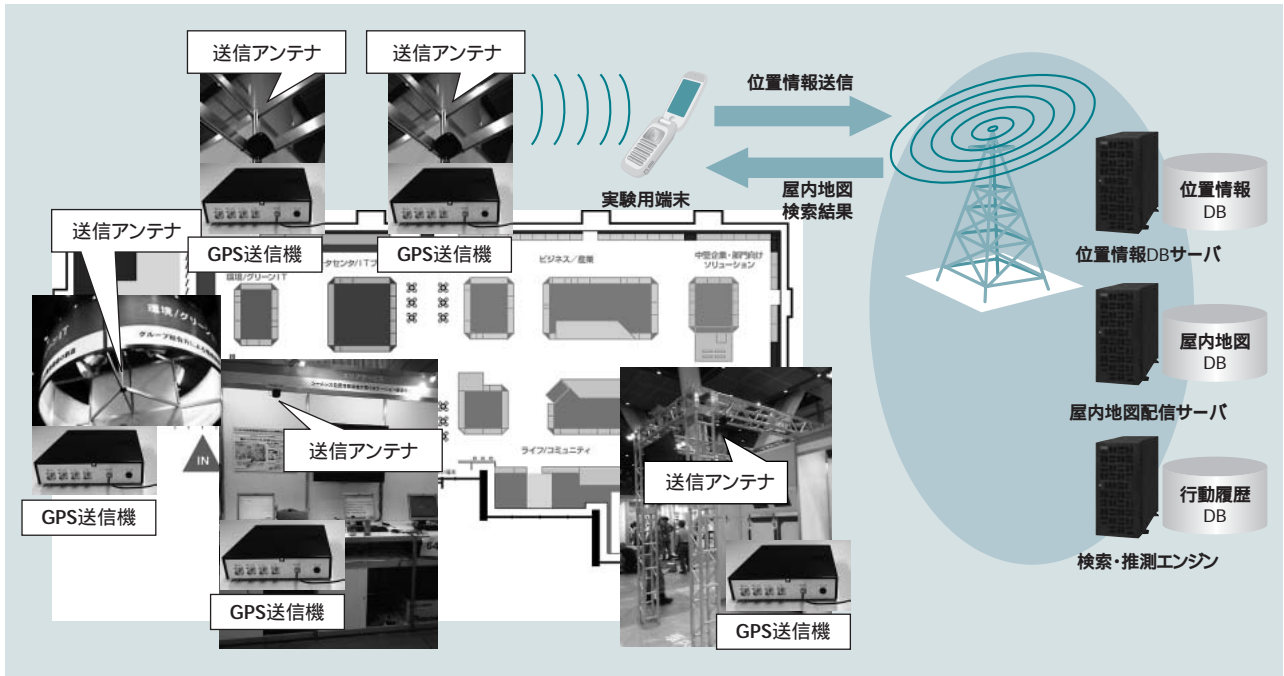
行動履歴DBに基づいて情報の検索・推測を支援するDBサーバ

4.3 展示会向け位置情報サービスへの適用

今回は、展示会向け位置情報サービスとして、以下のようなサービスメニューを用意した。

(1) 現在位置表示

実験端末の画面に展示会場内での現在位置を表示した。また、展示会場において市販のGPSケータイで取得したデータと精度比較を行った。市販のGPSケータイでは、30～100 mの誤差を示したのに対し、GPS送信機からの電波を受信した実験端末では10 m程度の誤差となった(図7参照)。場所コードに世界測地系WGS84(World Geodetic System 1984)を用いることにより、現在使われているGPSケータイのアプリケー



注:略語説明 DB(Database)

図6 「日立uVALUEコンベンション2008」におけるシステム構成
複数のGPS送信機を会場に設置して、実験用端末上で会場の屋内地図を表示できるようにした。

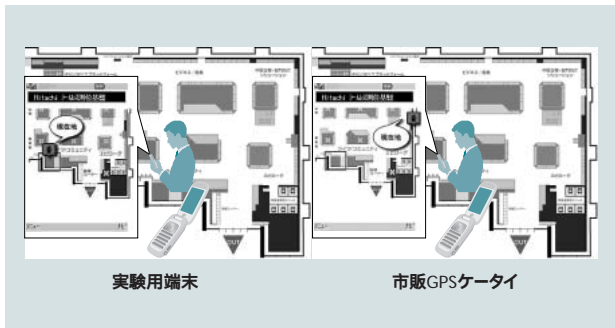


図7 実験用端末と市販GPSケータイとの位置精度比較のイメージ
実験用端末ではほぼ同じ位置を示すのに対し、市販GPSケータイでは30~100mの誤差となった。

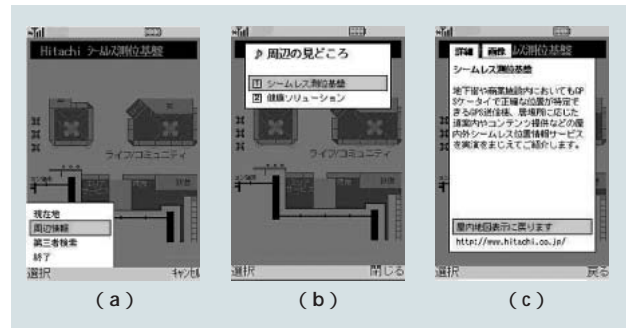


図8 周辺検索の画面
現在位置を取得した後、携帯電話のアプリケーション上のメニューを選択すると(a)、出展ブース情報の「周辺の見どころ」が表示される(b),(c)。

ションが問題なく動作することを確認した。

(2) 周辺検索

上述した現在位置の測位結果に基づいて、出展ブース情報、会場出口、商談施設、トイレなどの周辺施設情報を取得可能とした(図8参照)。また、あらかじめ設定した趣味趣向などのキーワードにより、表示する優先順位を変更したりフィルタリングを掛けたりすることができる。

(3) 道案内

会場出口、商談施設、トイレなどの周辺施設情報を目的に設定することにより、実験用端末の屋内地図上に矢印で経路情報を表示し、道案内を実現した(図9(a),(b)参照)。

(4) ローカル情報配信

実験用端末の画面上に、ローカル情報を配信する。例えば、出口の途中で近くの展示ブースを1行広告の形で表示させた(図9(c)参照)。

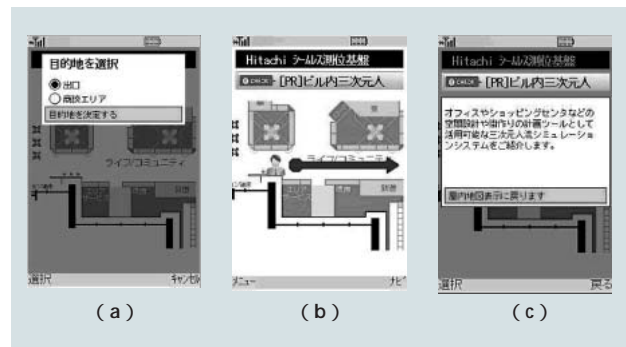


図9 道案内とローカル情報配信画面
目的地選択(a)を行って現在地に基づいて道案内画面が表示される(b)。また、道案内の画面に、位置情報に基づいた1行広告のようなPR画面が表示され、クリックすると、周辺の「おすすめ展示ブース」が表示される(c)。

(5) 第三者検索

各説明員が実験用端末を携帯することにより、関係者が会場のどこにいるかなどの状況を把握することができた(図10参照)。

5. おわりに

ここでは、IMES方式に基づいたGPS送信機の開発と、「日立uVALUEコンベンション2008」でのシームレスGPS測位のデモンストレーション展示について述べた。

展示会向け位置情報サービスへの適用を行い、IMES方式の有用性を示した。シームレスGPS測位が普及するためには、GPS送信機の価格が重要となる。GPS送信機の価格は、最終的に機能および耐用年数とのトレードオフとなると考えられる。今後は、GPS送信機の低コスト化の研究開発に取り組むとともに、GPS信号評価装置を用いた性能評価を行っていく。また、日立グループは、JAXAや財団法人衛星測位利用推進センターと協力し、衛星チャネル番号管理やGPS送信機の設置基準の策定支援を行っていきたいと考えている。

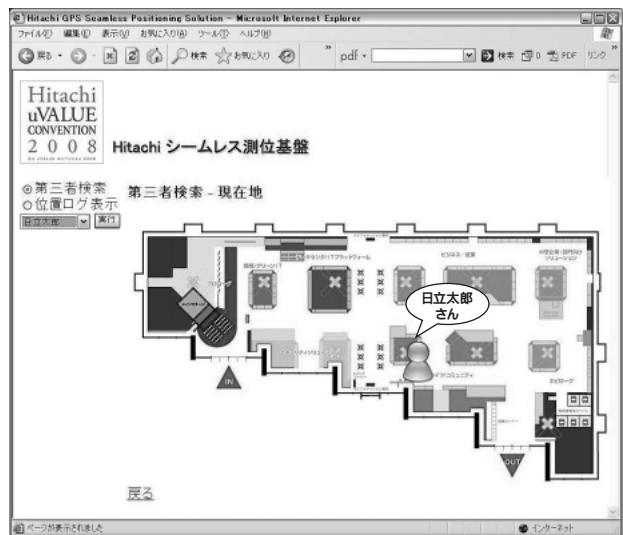


図10 第三者検索による現在地表示

展示会場内における他の説明員の居場所を表示することができる。画面は「日立太郎さん」の現在地を第三者検索で表示しているところである。

参考文献

- 1) Pratap Misra and Per Enge:精鋭 GPS, 社団法人日本航空学会GPS研究会
- 2) 独立行政法人宇宙航空研究開発機構:準天頂衛星システム ユーザインタフェース仕様書(IS-QZSS 1.0版)付録 地上補充信号(IMES)(2008.6)
- 3) 中嶋:インドア測位について, GPS/GNSSシンポジウム2007, p.73~78 (2007.11)
- 4) 小暮, 外:シームレス位置情報の地域公共分野への適用, 日立評論, 90, 3, 290~293(2008)
- 5) 海老沼, 外:オープンソースを用いた小型宇宙機用GPS受信機の開発, 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 54, No. 635, 542-548(2006)

執筆者紹介



川口 貴正
2000年日立製作所入社, システム開発研究所 情報サービス研究センタ 第六部 所属
現在, GPS送信機の研究開発, センサネット応用ユビキタス社会ソリューションの新事業創生に従事
電気学会会員



小暮 聡
1993年宇宙開発事業団入社, 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 宇宙利用ミッション本部 準天頂衛星システムプロジェクトチーム 所属
現在, 準天頂衛星システムのミッション系開発, GPSなどGNSSとの調整に従事
日本航空宇宙学会会員, 米国航法学会会員



海老沼 拓史
東京海洋大学 客員准教授, 海洋科学技術研究科 海運ロジスティクス 所属
現在, 宇宙機用のGPS受信機開発に従事
工学博士
日本航空宇宙学会会員, 米国航法学会会員



江端 智一
1991年日立製作所入社, システム開発研究所 情報サービス研究センタ 第六部 所属
現在, シームレス位置情報サービスの新事業創生に従事



下垣 豊
2004年日立製作所入社, 情報・通信グループ 経営戦略室 新事業インキュベーション本部 新事業推進部 所属
現在, 位置情報分野の新事業開拓, 拡販に従事
技術士(情報工学)



川口 敦生
1989年日立製作所入社, システム開発研究所 情報サービス研究センタ 第六部 所属
現在, ユビキタス情報システムの研究開発に従事
工学博士