

NEWSLETTER OF IPNTJ

測位航法学会ニューズレター 第IV巻第2号 2013年6月24日 IPNTJ



測位航法学会 ニューズレター 第IV巻第2号

目次

- P. 2 平成 25 年度全国大会報告
- P. 3-6 研究発表会報告 各セッション座長
- P.6 測位情報社会基盤プラットフォーム（高機能自動販売機）プロトタイプ完成 浪江 宏宗
- P. 7 GESTISS, G-Spase 紹介 海老沼 拓史
- P. 8 ICG meeting WG-B APP SG in Wuhanに参加して 峰 正弥
- 第4回CSNC報告 呉 堯林
- P. 9 GPS信号帯域の電波干渉探索とその意外な顛末 福島荘之介
- P. 10 IMES Show Case における展示デモ 平野説言子
- P. 11 P. 6 続き 入会案内、イベント・カレンダー、編集後記
- P. 12 イベント写真、IS-GNSS 2013 等、法人会員

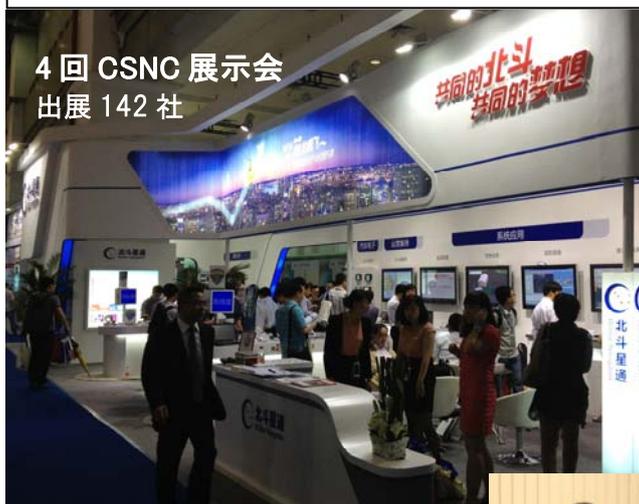
Location Business Japan 2013(幕張メッセ)

6月12 - 14日
記事 P.6, P.10



説明中の吉富 進氏
IMES コンソーシアム事務局長

4回CSNC展示会 出展142社



第4回CSNC開会式・P.9参照



CSNC プロシーディング



今年も出ました。全2020ページ。



全国大会・懇親会 4/18

平成 25 年度測位航法学会全国大会報告

1. 全国大会の概要

2009年に創設されて以来4回目となる測位航法学会全国大会は、秋のシンポジウムと並んで春のセミナーと研究発表会が学会の主要行事として定着しつつあります。今年は4月17日と18日の二日間のセミナー2コースと19日の研究発表会が、東京海洋大学品川キャンパスの過去3回利用した楽水会館に隣接する白鷹館で開催されました。セミナー①は西修二郎氏(日本測量協会・常任参与)による「GPS測位の理論」と題した初学者を対象としたものでした。セミナー②は久保信明氏(東京海洋大・准教授)による「GNSSソフトウェア受信機の理論と実際」と題した中・上級者を対象としたもので、ソフトウェア受信機の実習にも多くの時間が当てられました。いずれも40名を越える参加者に対して、熱の籠った講義が行われました。セミナー①については初心者用として、懇切丁寧で理解しやすいものであったと聴講者の評価も上々でした。セミナー②については、ノートパソコンによるソフトウェア受信機の実習では、TAも用意されましたが、ややレベルが高いと感じた方も見受けられたようです。その一方で、次回以降のセミナーに対する期待も多数寄せられています。セミナー二日目の後、総会(資料は<http://www.gnss-pnt.org/aboutus.html>に。PWが必要です。)に引き続き、懇親会が約40名の参加で行われました(写真・表紙)。最終日の研究発表会は午前中は2会場(白鷹館の1階、2階)、午後は1会場で計27件の研究発表が行われ、約130名の参加を得、熱心な討議が行われました。また、学生に与えられる学生最優秀研究発表賞には日本大学の池田隆博君の「移動時の干渉測位におけるGPSとGLONASSの利用衛星選択効果」と東京大学の五十里哲君の「みちびき(QZS-1)精密軌道決定のための太陽輻射圧モデルの比較」2件が選ばれました。また本学会に深く関わる活動であり、産業育成や若手研究者・技術者の育成を目指したEuropean Satellite Navigation Competition 2013(測位航法学会後援)およびGESTISSの紹介がありました。それぞれのイベントについては、以下に各担当者から報告をお願いしました。3日間の全国大会の運営と準備作業等をご担当いただいた、東京海洋大学海洋科学部の樊春明先生とご協力いただいた学生諸君に感謝申し上げます。(学会事務局)

2. セミナー(4/17~4/18)

セミナー①「GPS測位の理論」

講師：日本測量協会・常任参与 西 修二郎

セミナー①でお話した内容は、GPSの座標系・GPSの

信号・GPSの軌道・GPSの観測量・GPS測位原理・最小二乗法・リアルタイムGPS・GPSの誤差、です。

講義では特に、GPS測位の測地学的な側面を強調させていただきました。はじめに座標系の話では日本測地座標系とWGS84座標系との関係についてその定義から詳しく説明しました。軌道計算についても、ニュートンの運動方程式から最終の衛星位置計算まで式を追って解説しました。またGPS測位計算には、最小二乗法が本質的に重要であることを理解してもらうために、最小二乗法についてもその原理から行列による定式化までを講義しました。最近はやりのネットワーク型GPSやPPPについてもGPS誤差との関連で取り扱いました。セミナー①は初心者向けということでしたが、沢山の専門的な質問もあり、予想以上に熱心に受講して頂きました。受講者数も50名弱とたくさんの方にご出席いただき、お礼申し上げます。

セミナー②「GNSSソフトウェア受信機の理論と実際」

講師：東京海洋大学准教授 久保信明
東京海洋大学研究員 鈴木太郎

セミナー②では、GNSSソフトウェア受信機の概要の説明と、実際にプログラムを用いた実習を行いました。17日、18日の午前中は海洋大、久保信明先生が担当し、GPS、QZSS信号のソフトウェア受信機による解析について講義、実習しました。18日午後は鈴木がGLONASS、Galileo、BeiDouなど他の衛星システムの信号について説明を行いました。

初日の午前中は、GPSの信号やソフトウェア受信機の概要についてスライドを用いて説明を行い、その後、実際のプログラムを利用したGPSの3種類の信号について、信号捕捉、信号追尾、航法メッセージ解読、擬似距離算出、測位計算などを順番に実習しました。セミナー参加者は事前にHP上から、セミナー用のサンプルプログラムとGPSの信号を記録したIFデータをダウンロードしており、持ち込んだノートPCでプログラムを動作させながらソフトウェア受信機の動作を確認しました。18日の午後はGPS以外の他の衛星システムの信号について紹介し、こちらもプログラムを用いて信号の捕捉を行いました。

プログラムを用いた演習が多かったため、プログラムに慣れていない受講者には難しい部分もあったように思われましたが、受講者は皆熱心に取り組んでいました。セミナー中では十分に説明できない部分もあったかもしれませんが、配布プログラムを詳しく読み、さらに理解を深めてもらえれば幸いです。(鈴木記)



セミナー①の様 西氏・中央



セミナー②の様 鈴木氏

3. 研究発表会

<セッション I - 1 GNSS 受信機>

座長：久保信明（東京海洋大学）

(1)高ダイナミクス飛翔体に搭載可能 GPS 受信機の開発 海老沼拓史（東京大学）

主にロケット等の高ダイナミクス飛翔体で、安定して測位できるGPS受信機の開発の発表であった。通常の移動体とは異なり加速度が10Gに達することもあるため、切れ目なくかつ観測値にバイアスをのせずに追尾するには信号捕捉と信号追尾に工夫が必要であった。周波数の探索範囲が広いと、リアルタイムに信号を捕捉することも困難になるため、その部分の改良等が報告された。シミュレータによる実験結果は良好であったため、実機での検証が待たれるとのことであった。

(2)ソフトウェア受信機によるBeiDou測位 松永武士（東京海洋大学）

日本からも多数の衛星を受信できる中国のBeiDouに関する発表であった。BeiDou衛星のB1の信号捕捉、信号追尾そしてエフェメリス生成まで行っていた。前の発表者の海老沼氏からもBeiDouの単独測位は特に問題ないとアドバイスを頂いているようで、測位までもっていただけるようがんばってもらえればと思う。

(3)マルチGNSS対応リアルタイムソフトウェア受信機の開発 鈴木太郎（東京海洋大学）

昨今、大学の研究者で利用されるようになってきたソフトウェアGNSS受信機の発表であった。発表では、米国のGNSSの国際学会でも3分の1程度は何らかのソフトウェア受信機の結果を用いたものになってきているという報告があった。現在マルチGNSSに対応中で、すでにL1-C/A等のリアルタイム化は終了しており、20-30チャンネル程度であれば十分可能な状況ということであった。またRTKNAVIとリンクしている点も特徴として挙げていた。

(4)DSPベースLEX信号受信機の開発 末武雅之（株式会社コア）

日本の独自信号であるLEX受信機開発の発表であった。コア社は、1周波の高感度受信機でも既に実績があり、今後の事を考えてDSPで開発を開始されたようである。LEX信号の追尾に関する詳しい説明の後、実際にリアルタイムで信号追尾できていることが報告された。

<セッション I - 2 受信方法>

座長：海老沼拓史（東京大学）

本セッションでは、様々な測位手法とその精度評価について4件のご講演をいただいた。

(1)静止測位と旋回測位との同時比較実験 小林昇（ジオブレイン）

旋回測位とは回転するアームの先端に設置されたアンテナで測位を実施することで、その中心位置を単独測位より高精度に求めることができる手法である。今回の発表では、回転中心にもアンテナを設置し、静止測位と旋回測位を同時に実施することで、その精度を比較している。旋回測位では、測位精度の改善に加え、信号強度も回転中心のアンテナで受信された信号より向上していることが報告された。マルチパスなど、幾何的な配置に依存する影響が平滑化されている

とも考えられるが、興味深い結果であり、さらなる検討が望まれる。

(2)横浜国大・高橋研の測位応用研究の最新状況と背景 高橋富士信（横浜国立大学）

高橋研究室では、VLBIに関する問題を解決する過程で培った技術を元に、GPSを始めとするGNSSのソフトウェア受信機の開発や、遠隔医療通信のためのトランスポートプロトコルの開発に取り組まれている。さらに、GNSS信号を利用した応用研究として、2つの受信機によって観測された信号の干渉計測による信号認証手法を紹介していただいた。GNSS信号のanti-spoofingや認証技術はホットな話題でもあり、実用化に向けた研究開発が期待される。

(3)三重差測位（GPS距離計）の精度評価 井潤健二（神戸大学）

搬送波位相を出力可能なカーナビ用GPS受信機とアンテナを利用して、三重差測位を実施した際の精度評価が報告された。三重差測位は、隔たった時間の二重差観測値の差から観測方程式を作るため、その測位精度は時間間隔によって決まる。実験結果より、5分~10分の時間経過後に、測位精度が搬送波の波長である19cm程度に納まることが示された。これより搬送波のinteger ambiguityを推定することで、従来の二重差測位による高精度なRTK測位を続けることが可能となる。

(4)移動時の干渉測位におけるGPSとGLONASSの利用衛星選択高価 池田隆博（日本大学）

GPSとGLONASSを併用したRTK測位において、マルチパスを含む衛星電波を判別し、測位に利用する衛星を選択する手法とその効果について報告された。測位に利用する衛星の選択には、信号強度に加えて、L1とL2搬送波の距離変化の差を指標として用いている。車両による走行実験の結果、提案手法による衛星選択を加えることで、Fix解の測位率が5%ほど向上することが確認された。GLONASSを加えることで、利用可能な衛星数が増加し、衛星選択の自由度も増している。衛星配置なども衛星選択の指標に含めることで、さらなる誤差判別と衛星選択の性能向上が期待される。

<セッション I - 3 測位技術の応用展開>

座長：北條晴正（東京海洋大学）

測位衛星システムの発展や測位技術の向上は近年目覚ましいものがあり、そのニーズも大きいと考えられるが、世の中ではその応用が意外と知られていない面がある。European Satellite Navigation Competition 2013とGESTISSに引き続き、本セッションでは教育と利用拡大に関する2件が発表された。

(1)汎用マイコンボードを活用したGPSロボットカーの試作 入江博樹（熊本高等専門学校）

衛星測位に関する技術や研究の裾野拡大を目指し、本学会主催シンポジウムで予定されるGPSロボットカーレースの紹介と多数の参加を促進する方法が提案された。異なる汎用マイコンボードを使用し、初学者が容易に製作できるエントリーモデルから多数のセンサを搭載できる高性能モデルまで3通りのロボットカー試作例が紹介された。前2者はArduino UNOまたは準拠したものであり、高性能モデルはARM社Cortex-M3 CPU搭

載の汎用マイコンボードでワイヤレスプログラム環境にも対応している。会場では市販のラジコンカーも無料配布された。

(2)情報測位社会基盤プラットフォームのグローバル展開 浪江宏宗（防衛大学校）

近年、世界的に見てもIPIN、UPINLBSなどの国際シンポジウムはじめ屋内・屋内外シームレス測位の研究は盛んに行われているが、決定的な汎用の測位技術はなく、普及するには至っていない。3.11大震災の際、電気浪費の点で糾弾された自動販売機は、その後省エネ化し、蓄電池・広告表示機能を搭載したものが実用化された。この自販機に、世界標準のNFC、IMES、WiFiによる各種測位、通信機能を搭載した『情報測位社会基盤プラットフォーム』（高機能自動販売機）の提案、および現在開発中のプロトタイプが報告された。これにより災害発生時には情報と飲料を無償提供し、ネットによる安否確認のみならず情報収集、測位が可能であり、平常時には、地下街、建物内を測位可能とし、ネットも快適に利用出来る。今後、常設プラットフォームとしての展開と、Android iOS対応測位アプリの作製と無料頒布が予定されている。

<セッションI - 4 測位技術>

座長：高須 知二（東京海洋大学）

(1)みちびき（QZS-1）精密軌道決定のための太陽輻射圧モデルの比較 五十里 哲（東京大学）

人工衛星の軌道決定において軌道力学モデルの精密化が重要である。本研究ではみちびきの太陽輻射圧（SRP）につき、複数モデル（物理モデル、エンピリカルモデル、物理+エンピリカルモデル）の比較評価を行った。実験にはJAXAの開発したMADCOCA（multi-GNSS advanced demonstration tool for orbit and clock analysis）を使い、DLRのCONGO基準局ネットワークの観測データを処理し軌道決定を行った。オーバーラップ法による軌道精度評価結果では、エンピリカルモデルが最も高精度であることが分かった。加速度プロファイルの比較からは、物理モデルにより精密な軌道擾乱項を導入する必要性が示唆された。

(2)準天頂衛星を利用した視覚障害者用案内装置のための測位精度検証 吉井孝侑（新潟大学）

発表者らはGNSSによる視覚障害者案内装置の開発を行っている。本研究ではこのスマートフォン用案内アプリにQZSS対応機能を追加してQZSSの測位精度における効果を検証した。QZSS対応受信機としてはコア社の受信機を用い、比較対象としてスマートフォンも使用した。測位精度検証実験では周辺環境の異なる3点で測位を行いその精度を評価した。実験結果としてQZSSを併用することにより、特に周辺遮蔽物が多い環境下で測位精度が大きく改善することが明らかになった。

(3)北陸地方におけるLEX信号を用いた実証実験

白石宗一郎（金沢工業大学）

QZSSのLEX信号による補強情報を用いた測位実験を行った。実験としては定点観測、高速移動体観測を行い初期解が得られるまでの時間および測位性能を評価した。定点観測の実験結果としては初期解が得られるまでの時間がVRS-GPSに比較して長くなる傾向がみ

られたが、LEX補強による高精度測位解が得られた。高速移動観測実験では速度が100m/h前後になると解が不安定になったが、原因は特定できなかった。

(4)IMESに関する小考察 浪江宏宗（防衛大学校）

屋内測位方式として実用化が進められているIMESに関して、最適なメッセージ伝送速度を明らかにするため、歩行者ナビゲーションを想定した条件で、伝送速度と送信機と受信機間距離の組合せを変えて位置情報取得実験を行った。IMES送信機としては測位衛星技術社製、受信機としてはソニー製のものを用いた。評価した伝送速度は50, 250, 500 bpsである。実験結果からは伝送速度が速くなるにつれて、最大伝送可能距離が短くなる傾向が見られた。伝送速度に関しては、伝送可能距離と感度の面から250 bpsが有力と考えられる。ただし、実験中しばしば正常に位置情報を取得できない問題が発生した。問題の原因は不明であるが、設置方法、送信電力の設定、周辺環境等が考えられる。IMESの実用化には早急にこれらの原因を調査し、対策を講じる必要がある。

<セッションI - 5 測位技術と応用への課題>

座長：長岡 栄（電子航法研）

衛星航法システム（GNSS）は様々な分野に応用されているが、本セッションでは4件の発表があった。それぞれ、参加者との間に活発な質疑応答があった。各発表の概要を以下に示す。

(1)1周波GPS/GLONASS受信機におけるRTK測位の評価 和賀詳吾（茨城工業高等専門学校）

従来、RTK測位では、収束に時間がかかるため1周波受信機はあまり利用されない。しかし、複数の衛星測位システムを利用するマルチGNSS測位では、1周波受信機でもFixまでの収束時間が短縮され、衛星数増加による正確な測位が期待できるといわれる。本発表では、障害物のある環境下におけるFixの維持と測位精度について、1周波GPS/GLONASS受信機と2周波GPS/GLONASS受信機を比較した結果が報告された。

(2)田植えロボットにおけるQZSSの利用について

長坂善禎（農業・食品産業技術総合研究機構）

発表者らはロボット農作業体系構築のため、田植えロボットなどの開発を行っている。このロボットは、圃場内でのGPS測位データをもとに制御して作業を行うが、建築物や防風林近傍の圃場では、捕捉衛星数が不十分で測位精度が劣化することがある。QZSS利用により補足可能な衛星が増え安定した高精度測位が期待できる。本発表では、現用GPS衛星にQZSSの追加が農作業ロボットに与える効果の検討結果が報告された。

(3)衛星航法による航空機着陸システムとPPD（個人用保護デバイス）による干渉の影響

福島荘之介（電子航法研究所）

DGPSを応用した航空機の進入着陸システムに地上型衛星航法補強システム（GBAS）がある。米国ではカテゴリーIのGBAS実用機がニューアーク空港に設置され運用段階に入ったが、この試行期間に電波干渉によるシステムダウンが生じた。その原因は滑走路付近に配置されたGBAS基準局に近い高速道路を走行する車両に搭載されたPPDと特定されている。GBASは各国で導入に

向けた活動が活発化しつつあり、日本では電子航法研が関西国際空港に設置したプロトタイプ装置の実験・評価を行っている。しかし、PPDの電波特性やGPS受信機への影響などはまだ詳しく分かっていない。本発表はこの問題の初期調査結果で、詳しい背景説明の後、入手したPPDの基本特性の測定結果が紹介された。

(4)GNSS 標高測量の課題

中根勝見 (アイサンテクノロジー株)

従来の地上測量による標高は、水準測量又は三角測量によって得られていた。最近では、GNSSによる標高測量が行われるようになってきている。本発表では、今後、準天頂衛星等も加わり発展が予想されるGNSS標高測量の課題が報告された。具体的には、日本経緯度原点の測地原子、経緯度原点と日本水準原点の高さの整合、日本のジオイド2000の誤差、セミ・ダイナミック補正、水準測量の累積誤差、“広域標高系”の考察などである。

<セッションII-1 非衛星測位 - I>

座長：浪江 宏宗 (防衛大学校)

実用化が期待されている歩行者ナビゲーションで必須の屋内測位、また屋内外シームレス測位でも、まだ普及に至った技術は皆無で、世界中の多数の研究開発者が我こそ一番乗りをと凌ぎを削っている。本セッションでは、様々が技術を用いて屋内測位、屋内外シームレス測位の課題に取り組んだものであり、以下の4件が発表された。各研究とも、今後、更なる発展が期待される。割り当てられた部屋は小さかったものの、質疑応答も活発に行われた。

(1)屋内測位インフラIMESの高度利用に向けた研究

山田 豊 (東京海洋大学)

屋内測位インフラIMES 利用での喫緊の課題に対し、IMES開発元であるJAXAがメッセージ伝送レートの高速度化するための仕様変更を行った。元々はGPSと同じく50 bpsの伝送レートであったが、250bpsの伝送レートも許容することが併記された (IS-QZSS Ver.1.5)。伝送レートの高速度化により、航法メッセージの取得時間が短縮し、一定時間内での航法メッセージ取得が複数回行えることで、メッセージ取得の効率化と正確性が向上する。50 bps、250 bps受信機の能力にも依るが、伝送レート高速化により複数回のメッセージ受信が実証出来ている。合わせて500 bpsでの実証も行ったが、メッセージを受信できる範囲が縮小された。高速化に伴って屋内環境に影響を受け易くなり、通信品質が劣化した結果だと推測された。実証実験の結果として、レート250 bps が受信の範囲・レベル共安定した状態で有ることを確認された等発表された。

(2)地上デジタル放送波による屋内測距実験について

山森 修 (NTTドコモ)

ワンセグとして実装されている地上デジタル放送の受信機能を活用し、GPS 衛星の代替手段として適用する方法が付加されることで、屋内測位における新たな疑似距離算定手段の1つになることが期待される。研究では、地上デジタル放送波による測距機能を検証する装置を開発し、実験を行った。定点で4時間連続して取得したRTS (Receiving Time-Stamp) - PCR (Program

Clock Reference) の値を確認したところ、0.05388244秒のクロック偏差が有り、距離換算で1.122 mの誤差に相当するため、局部発信器の精度が測距精度に影響していると考えられる。今回の実験では、局部発信器の精度が支配的になったが、屋内測位の可能性が確認出来たことで、今後は、時刻を高精度に捉える仕組みにより、地上デジタル放送波を併用した屋内測位方式を検討していきたい等発表された。

(3)複数センサ間のTDOAに基づく非同期測位方式

高林 佑樹 (三菱電機株式会社)

屋内環境下における複数センサ間の電波到来時間差 (TDOA: Time Difference of Arrival) から算出される距離差による測位追尾システムを検討している。従来の測位システムでは、屋内マルチパスの影響によってTDOA 観測値が欠落し、同一時刻に得られるTDOA 観測値数が測位に必要な数に満たない場合、測位不能となる。そのため測位後、端末位置を追尾する場合、測位結果が得られずに追尾に移行できない問題がある。本研究発表では、異なる時刻に得られた各TDOA 観測値を用いて基準時刻における3次元の位置・速度ベクトルを推定する非同期測位法が提案され、従来方式に比べ早期に追尾が開始可能となった等発表された。

(4)近接多チャンネルスードライトを用いた双曲線測位

十時 惟 (早稲田大学)

GPSと互換性のある信号を使用する屋内測位として、スードライト (擬似衛星) とIMESが研究されてきた。その二つの手法には、それぞれ利点と欠点がある。スードライトは高い精度が得られるが、遠近問題や整数不定性決定などから測位条件が厳しく実用化は難しい。IMES は手法が単純で実用化し易いが、測位精度が設置間隔 (10~20 m) に依存するという問題が有る。本研究では、遠近問題と整数不定性問題を避け、IMESと同程度の実用化し易さで、より高精度な測位を実現する近接多チャンネルスードライトを用いた双曲線測位システムを提案され、実験された。

<セッションII-2 非衛星測位 - II>

座長：中川雅史 (芝浦工業大学)

屋外でも屋内でも高精度・安定的・低コストで測位できることを前提とした位置情報サービスに対するニーズは高い。また、災害時についても、被災状況を把握するために実施される空間データの現地収集において、特にGNSS測位に対する期待は大きい。しかしながら、屋内外における位置情報サービスを展開した際や、大量に蓄積された空間データを活用していくうえで生じる課題がいくつかある。これらの課題に関して取り組んだ以下の4件が発表された。

(1)道路景観からの震災復興状況把握のためのレーザー点群活用

落合健太 (芝浦工業大学)

航空写真撮影や車両計測によって、10年先まで高精度かつ継続的に震災復興状況を把握していくことができれば、防災計画や防災教育へ効果的に活用できる可能性がある。しかしながら、これらの計測は、計測コストが高い課題がある。そこで、本発表では、ボランティア作業でも扱えるGPSデジカメの利用と、復旧・復興における道路景観の変化に着目し、復旧・復興状況

測位情報社会基盤プラットフォーム (高機能 自動販売機) プロトタイプ完成 防衛大学校 浪江 宏宗 (正会員)

既に今年度の測位航法学会全国大会の研究発表会(4月19日)でも発表させて頂きましたが、この度、屋内測位・屋内外シームレス測位の決定版として実証実験を行おうとしている測位情報社会基盤プラットフォーム(高機能自動販売機)のプロトタイプがよいよ完成し、手始めに6月12~14日に幕張メッセで開催されたLocation Business Japan 2013(Interop併催)にて展示した模様を報告させて頂きます。

近年、世界的に見てもIPIN(Indoor Positioning Indoor Navigation)国際会議等、屋内測位・屋内外シームレス測位の研究は盛んに行われています。しかし、普及にまで到達した技術はまだありません。

現在、おサイフケータイ、モバイルSuica、Edy、Felica、PASMO等、非接触型決済機能付きのGPS携帯電話が普及しています。用途も、駅改札、自動販売機、コンビニ、コインロッカー、飲食店等、多岐にわたっており、これからの決済の主流になると考えています。また、本年3月23日、ついに全国の交通系決済カードが統一され、全国で共通して利用できるようになりました。この間、『おサイフケータイ』は『かざしてリンク』と名称を変え、RFID-RW、Felica-RWから、さらに世界標準のNFC(Near Field Communication: 近接通信)対応スマートフォン(以下、スマホ)が普及するに至っています。(イメージ図裏表紙、P.12)

3.11の際に、電力浪費の観点から糾弾された自動販売機ですが、ダイドードリンコはこれに蓄電池、広告表示機能を搭載したものを既に発表、実用化しています。これは災害発生時、瞬時に警報を発令すると共に、災害の状況等を周囲に知らせ、また、無償で飲料を提供出来る災害救済用自販機で、横須賀市、東北地方の自治体等を中心に導入が進んでいます。この自販機に、NFC、IMES、WiFiによる各測位、通信機能を搭載した『測位情報社会基盤プラットフォーム』を提案し、プロトタイプを作製してきました。NFCは対応ケータイでタッチするだけで、瞬時に緯度・経度等の位置情報がケータイに転送され、現在地(自販機の設置位置)をケータイ画面上に表示出来ます。(P.11へ続く)



Location Business Japan 2013(幕張メッセ)にて、高機能自販機前で説明する浪江氏(写真・中央)

の簡易かつ持続可能な記録および把握手法の提案をしている。GPSカメラで得られた位置方位情報を参照することで、異なる時期に撮影された画像間のおおむねの位置合わせは可能であるが、本研究ではこれに加えて、画像のレジストレーション法を適用し、画像判読における作業性の向上を試みている。復興進捗度の数値化などを今後の課題としている。

(2)位置・方位情報つき画像を用いた被災地の状況把握手法 遠藤弘隆(芝浦工業大学)

震災発生後の現地調査において、GPSカメラなどが活用され、膨大な位置・方位情報つき画像が撮影・蓄積された。しかしながら、膨大な画像群は、インターネット上で共有されたままの状態であり、迅速な情報整理が行えておらず、被災地の状況把握や復旧・復興作業支援に有効活用できていない。そこで発表者らは、この課題に対し、地図上にジオコードされた画像群から、現地移動や建物周回などを表現するコンテキストに適合する画像群を検索し、なおかつ、それらの画像群をスライドショー形式でプッシュ型閲覧する手法を提案した。さらに、被災地で取得した画像を用いた実験結果により、復旧・復興作業の事前調査への有効性を示した。提案手法における諸パラメータの設定などを今後の課題としている。

(3)時空間データ相互参照による位置情報の完全性保証 片岡恒之輔(芝浦工業大学)

様々な「モノ」や「コト」に位置データを付与することで、様々なサービスを展開することができる。しかしながら、GNSS測位などで得られる位置データは単なるテキスト情報であり、位置データの意図的な書き換えを容易に行ってしまうため、位置データ自体の信頼性の保証が課題となる。そこで、本発表では、測位における完全性に着目し、取得した複数の位置データを時空間的に相互参照し、位置データの完全性を簡易に保証する手法を提案した。さらに、時空間における相対距離にもとづく処理によって、無作為に書き換えられた位置データを検出する実験を行い、小縮尺における空間スケールにおいて、完全性を保証できることを確認している。完全性保証を行う手法の信頼性と拡張性の向上を今後の課題としている。

(4)写真測量を補助として用いた慣性測定の測位精度向上に関する基礎的研究 佐々木脩安(千葉工業大学)

GNSS測位ができない環境においては、慣性測定が有効な手法のひとつである。慣性測定では、角速度と加速度を積分することで、センサの姿勢と移動距離が推定される。この推定において、その積分処理に伴う誤差の蓄積が課題となっている。発表者らは、間歇停止慣性測定法の提案を含み、GPSで得られた測定値を観測量としてカルマンフィルタを構成し、慣性測定における推定誤差を低減する試みを行っている。本報告では、慣性測定の精度向上を目的として、慣性装置に固定したカメラによって連続撮影された画像から撮影時のカメラの位置と姿勢を推定し、その推定結果をカルマンフィルタへ入力する手法の提案と、その実験結果について報告した。特徴点抽出と特徴点追跡の高精度化などを今後の課題としている。

地理空間技術による革新的ソーシャルサービス・コンソーシアム (GESTISS) と宇宙インフラ活用人材のための大学連携国際教育プログラム (G-SPASE) について

東京大学 海老沼拓史 (正会員)

衛星によるリモートセンシング、測位、通信を中核とする宇宙インフラの整備が進む一方で、携帯電話による地上ネットワークが急速に拡大しています。衛星画像やデジタル地図といった背景情報も世界的に整備・公開が進んでおり、どこで何が起きているのか、何がどう活動しているのかを迅速に把握・解析する環境が地球規模で整いつつあります。

この環境変化は、地上での観測やデータ収集だけを前提に展開されてきたさまざまな社会的なサービス、例えば、防災・災害対応、都市・交通管理、物流管理、営農支援、森林管理、公衆衛生、海洋資源管理などのあり方を、世界規模で大きく変えるポテンシャルを持っています。

こうした時代には、個別システム・設備をそれぞれ展開するだけでなく、宇宙インフラと地上インフラを統合しながら、さまざまな社会サービス、ソーシャルサービスを再構築、あるいは創りあげることが一層重要になります。こうしたデザイン・マネジメントのできる人材を育てるにはどうすべきでしょうか？また、産業、公共、教育・学術セクタは、どのように協力し、何をすべきでしょうか？

そのような議論を交わす中、それぞれ専門とする分野が異なる大学研究室が協力し合い、領域横断的な人材育成を目指す大学コンソーシアムを立ち上げようという機運が高まりました。そして、東京大学空間情報科学研究センターの柴崎教授、東京海洋大学海洋工学部の久保准教授、慶応義塾大学SDM研究科の神武准教授が中心となり、GESTISS (GEospatial and Space Technology consortium for Innovative Social Services) が設立されました。

さらに、GESTISSによる人材育成活動の第一歩として、文部科学省の支援を受け、「宇宙インフラ活用人材のための大学連携国際教育プログラム (G-SPASE)」を2013年2月から開始しました。

このプログラムでは、GESTISSの3大学が連携して教育を行うことで、それぞれの専門分野の強みを生かし、宇宙工学、GIS、ビッグデータ、システムデザイン、マネジメントといった宇宙インフラやネットワークインフラの開発や運用、サービスの実現に必要な知識とスキルを学際的に参加学生に提供します。さらに、さまざまな企業や政府機関との連携によって、関連する国内外のプロジェクトに学生がインターンとして参加するなど、実社会での経験を積むこともできます。

プロジェクトに参加する学生は、日本人だけではなく、アジア各国の主要大学とも連携しながら国際的なプログラムを推進していく予定です。2月21日にはタイのアジア工科大学 (AIT) においてアジア各国の大学教員および学生を対象にオープンフォーラムを開催しました。AITには、この夏もG-SPASEの教員が訪れ、サマースクールを開催する予定です。

4月28日には、慶応義塾大学の日吉キャンパス協生館において、第1回セミナーが開催されました。ここで

は、プログラムの目的や概要の説明に続き、システムデザインについての講義が行われました。セミナーには、3大学を中心として50名以上の学生が参加し、学生同士の交流も活発に行われました。このようなセミナーは、講義のテーマを変えながら、毎月1回のペースで定期的開催されます。5月26日には衛星軌道など宇宙工学、6月23日には衛星測位工学の基礎について講義が開かれました。

G-SPASEにおける教育は、セミナーによる座学ではありません。プログラムの参加学生は、携帯電話ログを活用した災害対応支援システムや、準天頂衛星を利用した災害系警報システム、UAVを利用した災害情報収集システムの開発や利用実証など、国内外のプロジェクトへの参加を通じて、プロジェクトの舞台となる地域が現実に直面しているさまざまな課題を体感し、現場感覚を磨く機会が得られます。

次世代の人材育成を目指すGESTISSの取り組みにおいて、G-SPASEはスタートポイントになります。単なる試みで終わらせることなく、このような活動を継続的に改善・拡大・進化させていくことが重要ですので、産学官各分野からのご支援をよろしくお願いいたします。



AITでの打ち合わせ



第1回G-SPASEセミナーの様子 (慶應大学協生館)

ICG meeting WG-B APP SG in Wuhanに参加して SPAC 峰 正弥(本学会副会長)

アプリケーション側から見たGNSSシステムに対する要望等を議論する会議が ICG-6 (東京)以降に設置されたこと以前、ニューズレターにおいて紹介したが、この会議の第2回目が、今年の5月14日、中国の武漢において開催された。この会議についての概要を以下に述べることにする。



参加国としては、UK、USA、中国、韓国、日本の5か国となり、参加者は13名であった。

また、当日の発表は、防災関連が2件、地殻変動・天気予報関連等のデータ取得が1件、海洋利用が1件、測位信号の脆弱性関連の検討が3件の合計7件であった。

今回の会議を通じて

- ① 受信機メーカーは、完全にmulti-GNSSを意識した動きとなっている
- ② 防災を意識した検討が 現実的に進み、GNSSと通信との融合を意識している
- ③ GNSS信号の脆弱性に対する検討が 本格的に進んで来ている。

の3点が見えて来る。

以下、これらについて、少し、触れることにする。

まず①について…受信機の開発として、高精度タイプと携帯タイプの2種類があり、何れも4つのGNSS(GPS、GLONASS、Galileo、BeiDou)が受かるようになっている。前者は 各々のGNSSに対して複数周波数の測位信号が受信出来、後者は1周波の測位信号が受信出来るとしている。このため、当然のことながら、前者は1モジュール構造のGNSS受信機を意識しており、後者はチップ化を意識した構造となっている。そして、既に、RNSS(QZSS、IRNSS)を含めたmulti-GNSS受信機に移行しつつあるということであった。

市場を考えると、受信機メーカーとしては広義のGNSS(RNSS+GNSS)全てを受信出来るmulti-GNSS化の流れは必然であり、出来るだけ早くこれに取り掛かりたい…従って、プロバイダ側から、測位信号定義を早く出して貰うことを強く要望すると結んでいた。

②について…テロ、自然災害等々、生命に危険が生じる可能性が非常に高いので、防災としての情報の流れに対する要求は、「位置と時刻で整理された正しい情報を、総合判断が出来る場所に上げて正しいアクションを求め、それを必要なところに流す、しかもそれに要する時間は短くなければならない」となる。この為には、GNSSと通信との融合が不可欠となるという内容であった。特に、通信網については、通常利用している地上回線網の他に、衛星回線等を含めた別回線を設けるべきということも示していた。

今回の会議においては 本件に関する同様な発表内容が2か国からあった訳だが、他の2か国でも同様な検討をしており、GNSSと通信との融合による防災利用に対して同調を示していた。

③について…測位信号を用いて様々なアクションを取っている人達に取っては、測位信号の脆弱性は妨害電波により正しいアクションが取れなくなるという現実的な問題となっており、国家としてこの問題解決に取り組んでいるという発表があった。また、この問題を解決するために、この脆弱性を様々な観点から調査・分析しこのシミュレータを構築、その解決策

を検討しているというものや、脆弱性解決のためには、GNSSシステムレベル、地域的なネットワークレベル、端末レベルの3つのレベルを全て利用して、総合的な判断をしないと解決策は得られないという発表もあった。

今回、脆弱性関連の発表は3件であったが、かなりハイピッチで検討が進められているという感触を持った。

今回の会議は小さい規模での実施であったが、発表に対する質疑応答やコメント等々、ゆっくりと議論することが出来たので、国としての隔たりもあまり感じることなく、各々の問題に対して、純粋に議論することが出来たように思う。そういう意味からも、このAPP SGの意義を大きく感じた一日であった。



写真1 ICG WG-B APP SG 会議風景



第四届中国卫星导航学术年会

第4回 CSNC 報告

北京航空航天大学 吳 堯林(正会員)

第4回中国衛星会議(China Satellite Navigation Conference (CSNC 2013))は2013年5月15日~17日、中国武漢市の国際会議・展示センターで開催されました。CSNC 2013のメイン・テーマは“BeiDou Application - Opportunities and Challenges”でした。

主催は中国衛星航法事務所(CSNO)、共催として中国科学技術省高度新技術開発工業化局、中国国家宇宙局、国防国家技術工業局、中国運輸省総合計画局、中国教育省科学技術局、中国国家GNSS応用局、中国科学アカデミーハイテク研究開発部、中国工学アカデミー国際協力部、中国航空宇宙科学工業会社、中国電子技術グループ会社、武漢地方政府が名を連ねています。

参加総数は2,700名、727本の提出論文から181本が選考されて、Springerから発刊された“China Satellite Navigation Conference (CSNC) 2013 Proceeding”に掲載されました。(表紙写真)また287論文が、中国知的資源データベース発行の“Proceedings of the 4th Chinese Satellite Navigation Conference”に採録されています。

会議自体は、1日目招待講演、2・3日目は8会場に分かれて、以下の9トピックスの技術論文発表会が行われ、その他にフォーラムとIONパネル等が開かれました。

1. BeiDou/GNSS Navigation Application
2. BeiDou/GNSS Test and Assessment Technology
3. BeiDou/GNSS User Terminal Technology

(P.11へ続く)

GPS信号帯域の電波干渉探索とその意外な顛末 電子航法研究所 福島荘之介（本学会理事）

既に1年前のことだが、研究所内でGPSの電波干渉の話題で盛り上がったことがあった。2012年5月、別棟の研究チームのY氏から連絡があった。「L1周波数をスペアナで観測しているのですが、電波干渉が入っています。そちらで連続観測しているGPS受信機は問題ないですか?」。日頃、彼らのチームは、電波無響室を使ってRFの実験をしており、航空機内の電磁障害やレーダを扱っている。私の最初の返事は、「スペアナの近くに何か干渉源があるのでは?」だったと思う。「無いと思います。一度見に来て下さい」とY氏。そのとき彼らが観測していた信号は、図1の櫛状波形で、明らかに何かの干渉波に見えた。「それでは、こちらのアンテナにスペアナをつないでみましょう」ということで150 mほど離れた別棟での観測となった。

この結果、驚いたことに、ほぼ同じ櫛状の波形が観測された。「これはこの一帯が全部同じ状況!?まさかこんなハイパワーの干渉波を放射しているのは、この辺りの研究所か?近くの会社か、大学か??いや、そんなはずは...」。Y氏によれば、干渉波は時間帯が決まっていて、昼過ぎからゆっくり始まり夜9時頃にはゆっくりと消えるとのこと。「まさか、勤務時間に誰かが実験でもしているのでしょうか。最近あるGPS受信機のTTFF (Time to First Fix, 初期位置算出時間) を測定しているのですが、この時間帯だけは遅くなるようです。」「う〜ん。試しに方探 (方位探索) でもしてみる?」ということで、翌日数人で建屋の屋上にスペアナとアンテナを持ち出して電波が到来する方向を探ることになった。手元にあった、アルミ箔を貼った段ボールをアンテナに半分かぶせ、ある方位を隠すと干渉波が弱まる場所がある。しかし、かなりアンテナの上側まで覆わなければ干渉波は弱まらず再現性も高くない。このときある研究員が、「この櫛状のピークの間隔はちょうど1.023MHz。何かGPSに関係する信号のようだけど...」とつぶやいたのは後で正しかったこととなる。

数日後、答えは意外にも国外からやってきた。たまたま5月に行われた国際民間航空機関の会議に出席していた研究員がこの干渉波に関連するドイツのレポートを持ち帰っていたのだ。レポートによれば、ドイツではGPSの干渉対策のためにGMOS (GNSS Interference Monitor) という計測器を空港に置いてGPSのスペクトルをあるしきい値と比較してモニタしていたところ、2011年6月に約50 km離れた場所で同時に警報が発生した。この結果は航空周波数を管理するドイツ電波当局 (BNetzA) に報告され、衛星が干渉波を送信していると考えた当局は利得の高いパラボラアンテナを使って衛星追尾を行った。この結果、観測されたのが図2 (裏表紙) のNAVSTAR63の送信波のスペクトルである。

我々が見ていた干渉波は、意外にもGPS衛星から来ているものだったのだ。NAVSTAR63は2009年5月に初めて試験用のL5周波数を送信したSVN49 (PRN01) だったが、EL角に依存する擬似距離誤差が問題*1となり2011年5月6日に退役している。BNetzAは、FCCに連絡したところ、2012年1月に次のような意味の回答を

得ていた。「このGPS衛星は既に退役しているが、擬似ランダム符号とは異なるNSC (ノンスタンダードコード) を送信している。しかし、アルマナックは送信していないため、GPS受信機はこの衛星の存在に気づかず、IS-GPS-200に適合した受信機の能力に妨害は与えていない。NSCは1.023MHzのC/Aコードのチップレートで0と1を繰り返す。これが、1574.9MHz (= 1575.42 - 1.023/2) と1575.9 MHz (= 1575.42 + 1.023/2) に強い線状のスペクトルを生じる原因である。」レポートは、「検出された信号は無害であることが判明したが、GNSSモニタのしきい値を越え、干渉モニタを難しくしている。」と結んでいる。

かくして、我々が電波干渉と思ったのは、退役した衛星からのNSCであり、方探が無意味だったことも、一定の時間帯にだけ観測されることにも説明がつき、近くの干渉信号送信者の疑い?も晴れた。ただ、この干渉に似た信号が放送され、既に1年ほどが過ぎたが、私の知る限りこの問題はどこにも発表された形跡がない。この間の報道は、国家レベルの意図的な干渉やLight Squared社の問題に終始していたようだ。

2012年8月、私は偶然にも別の国際会議でドイツの航空管制アカデミーを訪れ、レポートの著者の一人であるドイツ航空管制会社のOlaf Weber氏に出会った。私が干渉探索の顛末話をすると、彼は満面の笑みで、彼らの同様の顛末と衛星から干渉が来ていることに気づいたときの驚きを話してくれた。我々の観測で、この信号は2013年2月頃まで放送されており、NAVSTAR63の可視時間帯さえ選べば、誰でもスペクトルをみるのが可能であった。しかし、現在 (2013年4月) 信号は確認できておらず、放送は停止されたようである。次の退役衛星では、同様のスペクトルが観測できるのだろうか?

*1: Inside GNSSに詳しい。

<http://www.insidegnss.com/node/1574>

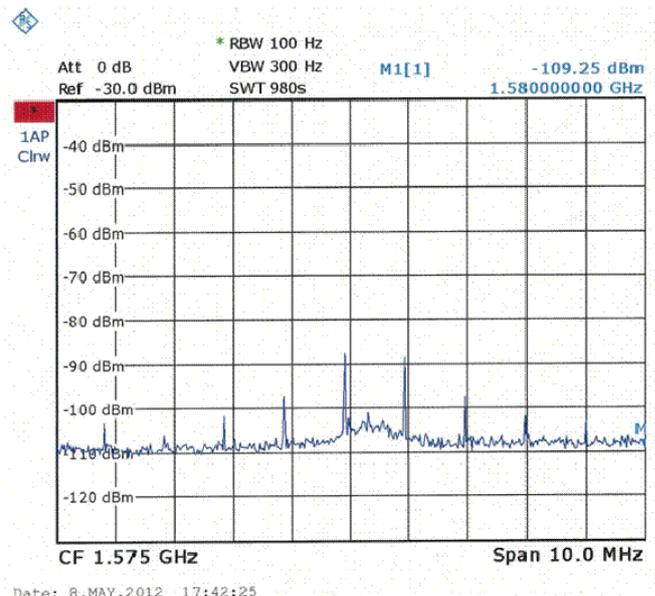


図1: 2012年5月に観測したGPS干渉波に似たスペクトル。中心の盛り上がった部分がGPS信号のスペクトル。その両端に櫛状のスペクトルが干渉波のように見える。(40dBアンプのGPSアンテナを使用、中心周波数1.575GHz、横軸1MHz/div)。

図2は裏表紙にあります。レポートの著者の一人であるドイツ航空管制会社のOlaf Weber氏から掲載許可を頂いています。

Location Business JAPAN 2013 の
 IMES Show Case における展示デモ
 測位衛星技術(株) 平野説言子 (正会員)

測位衛星技術(株)は協力会社等と共に6月12日から14日までの3日間、幕張メッセにて開催された「Location Business JAPAN 2013」においてIMESの最新技術及びシステムを「IMES Showcase」として出展いたしました。(関連写真・表紙) IMESは日本発の技術で、日本の測位衛星システムである「みちびき」の機能としても正式に採用されています。IMESはA-GPSやWiFiによる測位とは異なり、一般のGNSS受信機で、高精度の屋内測位ができる世界でもユニークなシステムです。



今回は、IMEによるロケーションサービスの一例として、会場内各所にIMES送信機を設置したゲームアプリにより、来場されたお客様にIMESの体験していただきました。

これは、「IMES Hunter」という、屋内位置情報に特化した簡易ロールプレイングゲームで、既に東急の二子玉川のライズビル内において実証されています。今回の会場では弊社が実用機として開発しましたIMES送信ユニットを会場の10箇所余りに配置し、PRN番号、電波強度等の割り振りを行い、正しく屋内のナビができる様に調整を行いました。

このゲームソフトでは目的地が3か所設定されており、人の移動に応じて次々とIMESサインポストからの位置情報を得て最終目的地に移動し、目的地看板前でIMES位置情報信号を受取ると戦闘がはじまる仕組みです。尚、今回の会場では誘導用のサインポストのIMES送信機の送信レートは、モンスター看板と同様、250bpsに設定されていました。

今回のケースではIMES送信機とIMES受信機は的確かつ迅速に反応し、かなり完成度の高い状況でありました。実際にはIMESサインポストまでの距離約4~6m程で受信が始まり、IMES受信機ユニットとアンドロイド端末の間はブルートゥースで通信されていました。IMES関連の研究開発者の方々にも、多数ご参加しましたが、皆さまからIMESを利用した機能のパフォーマンスに対して「非常に満足だ」という回答を頂きました。今回のIMESの機能を利用したゲームによりIMESの安定した精度が実証され、それを実際のロケーションビジネスサービス(LBS)に利用できる事が証明されました。

今回、3日間の開催期間中にこのゲームを体験していただいた方々は約80組100名ほどでありました。参加された方々の中には、屋内測位技術関係の研究開発者の方はもちろん、IMESを利用したLBSの開発を真剣に考えておられる企業の方々の参加が多く見られました。ゲーム終了後には皆様がIMES Showcase内の各種企業様のブースを訪れ、多くの質問等をされ、屋内測位について詳しい説明を要求されるなど、熱のこもった話し合いが、あちらこちらで見受けられました。今回のIMES技術を使った実体験ショーには事前の想像以上の関心と反響があり、大きな手ごたえを感じました。

世界のスマートフォン関連の企業でもIMESの機能を高く評価するところが増え、既にIMES信号を受信できる受信機を開発し、発売を計画している企業もあります。近い将来、スマートフォンやアンドロイド携帯すべてにIMES受信機が搭載されて、既に搭載されているWi-Fi測位やA-GPS機能等に、信頼できるIMESの位置情報が加わるにより、屋内におけるナビが、更に高精度で行えるようになります。これらの技術が便利で快適、かつ安心・安全な社会を創造し、同時に多くのLBSに関連したITビジネスを創り出すキーテクノロジーに成長するであろうと感じています。

また、今回行いましたゲームについては再度、秋のG空間EXPO2013(11月14日-16日)でも催行を予定しています。その時は、土曜日も含んでいますので、子供たちの行列ができるのではと今から楽しみにしています。今回体験ができなかった方も、是非G空間EXPOのIMESコンソーシアムのブースまでお越しください。

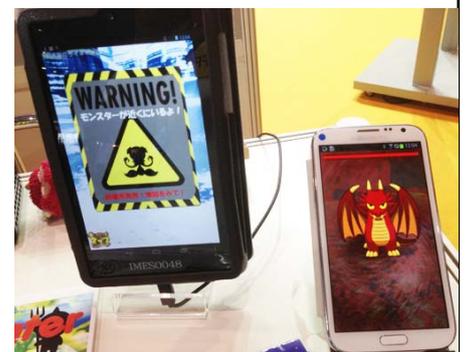
最後になりますが、この度ご多忙中にもかかわらず、ゲーム催行に関し、下記の団体様のご協力及び協賛にこの場を借りて感謝申し上げます。

- 東京エレクトロニクスシステムズ株式会社
(アプリケーション制作)
- 一般財団法人 衛星測位利用推進センター
(IMES受信機提供)
- 表示灯株式会社様 (IMES送信機設置支援)
- ダイードリンコ株式会社
(IMES送信機設置支援及びゲーム景品提供)
- IMESコンソーシアム
(主催・企画支援・ゲーム進行)



IMES受信機とスマートフォンの組み合わせ。スマートフォン上に会場配置図とモンスターの表示。ブルートゥースで結合。

スマートフォン上のモンスター画面と警告画面





IS-GNSS 2013は10月22 - 25日、イスタンブールに於いて開催されます。アブストラクトの締め切りは7月21日です。<http://www.isgnss2013.org/>

情報測位社会基盤プラットフォーム
(高性能 自動販売機と災害対応サイネージ)

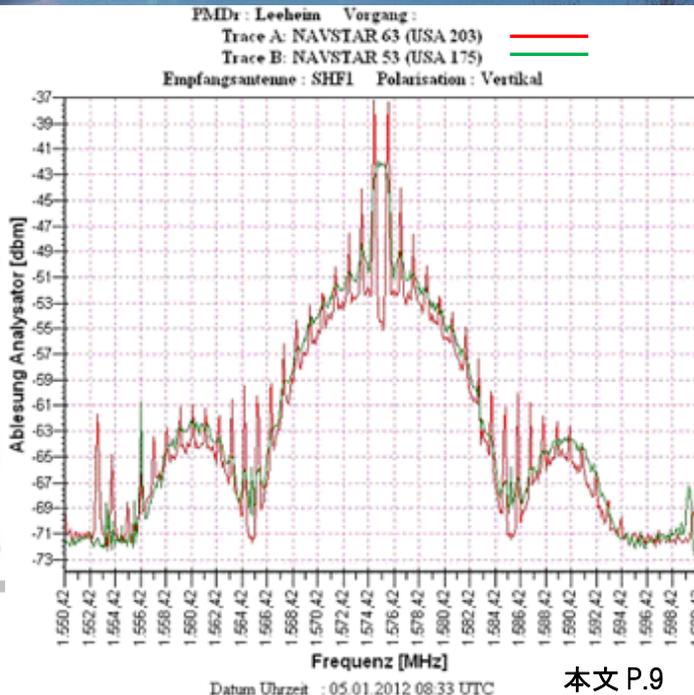
IMES
NFC
WiFi

緊急時は周囲に情報を発信して緊急情報提供！
緊急情報 - 緊急地震速報・大津波警報等！
緊急時にはサイネージ上部のスピーカやライトが
発光・点滅し、周囲に知らせ！
高機能パネル - 地震で、災害時にラインが切断され停電しても
一定時間の電源供給 (災害情報・映像配信) が可能！
電源供給が切れたバッテリー稼働中は被災者のための飲料の供給が無料！
情報管理会社が、設置場所の災害にあわせて避難経路などの情報管理の
システムを構築可能！
平常時は、行政・生活・気象・観光等の地域に密着した情報や
CSR広告・企業広告を配信！
多様な災害対応情報発信可能！
屋内・屋内外シームレス測定！！
その他
GPS測位機能を取り入れた
さまざまなサービス
の提供が可能！
詳しくは下記URLの
ページをご覧ください

道に迷った時...
あらゆる情報の発信源...
困ったときは
自販機を探せ!!

共同開発: DyDo, SEARS, GINSS
共同研究: 防衛大学校, 慶応義塾大学大学院, 横浜市交通局
研究協力: 防衛大学校, 慶応義塾大学大学院, 横浜市交通局

情報測位社会基盤プラットフォーム・イメージ図、P. 6



賛助会員 法人 特別法人会員・法人会員募集中。P.11ご参照下さい
会員

図2: ドイツ電波当局 (BNetzA) がパラボラアンテナを使って追尾した NAVSTAR63のスペクトル (赤) と比較のための NAVSTAR53 (SV47) のスペクトル (緑)。ゲインが高いので通常のノイズレベル以下の信号が見える。このスペクトル (赤) の一番レベルの高い部分が図1のスペクトルに相当。



セイコーエプソン株式会社



日立造船株式会社

三菱スペース・ソフトウェア株式会社



特定非営利活動法人 海上GPS利用推進機構



WING over the World AISAN TECHNOLOGY

- when it has to be right



日本電気株式会社



測位航法学会 事務局
〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6 東京海洋大学 第4実験棟 4F
TEL & FAX : 03-5245-7365 E-mail : info@gnss-pnt.org URL : http://www.gnss-pnt.org/