

# NEWSLETTER OF IPNTJ

測位航法学会ニューズレター Vol.XI No.2 2020年6月30日 **IPNTJ**



**測位航法学会  
ニューズレター  
第XI巻第2号**

## 目次

- P.2~3 GNSS受信機研究の今後  
荒井 修
- P.4 DFMC SBAS 規格化の状況  
坂井丈泰
- イベント・カレンダー
- P.5, 8 GNSSの活躍の場を地下へと広げる  
Syntony GNSS社のSubWAVE®  
赤坂 明
- P.6, 7 Syntony GNSS社全面広告
- P.9~10 GNSSを利用した災害急性期避難  
情報放送日欧共通メッセージの放送実験  
嶋津恵子
- P.10~11 2019年度部会活動報告  
浪江宏宗
- P.11 ・編集後記
- P.12 本文中図・写真 法人会員

## 全国大会はすべてオンライン開催

参加登録:7月7日(火)17時まで

<https://www.gnss-pnt.org/zenkoku/>

日時:7月15日(水)9:30~16:30

セミナー①GNSS測位入門

講師:坂井丈泰氏

日時:7月16日(木)9:30~16:30

セミナー②RTKおよびPPP技術の応用と実習

講師:高須知二氏

7月17日(金) 午前 研究発表会

午後 特別講演会

演題:物流サプライチェーンにおけるシームレスな位置情報の必要性/準天頂衛星システム事業の最新状況 /CLASサービスの現状と今後の展開 /MADCOCA-PPPの概要とアジアオセアニア複数国での性能評価結果について/次世代高精度衛星技術の研究測位 /GNSS Raw Measurements Taskforce 年次ワークショップ・欧州からの講演を含みます。

特別法人会員



昨年のセミナーが懐かしいです。(2019年5月)

## GNSS受信機研究の今後

AAI-GNSS技術士事務所 荒井 修(正会員)



コロナの影響が続く中、皆様にはお元気で過ごしてでしょうか。明るいニュースが少ないなか、気分を前向きにするためGNSS受信機研究に関する思いを記してみました。時間が許せばご一読賜れば幸いです。

### ・これまでを振り返って

私とGPSとの関わりは昭和60年頃からです。当時米国のRockwell Collins社から発売された極初期の民間用GPS受信機Navcore-Iの外観を写真-1に示します。幅：195、奥行：190、高さ：120(mm)(突起部、取付用台座含まず)の大きなもので、質量は約2.8(kg)でした。

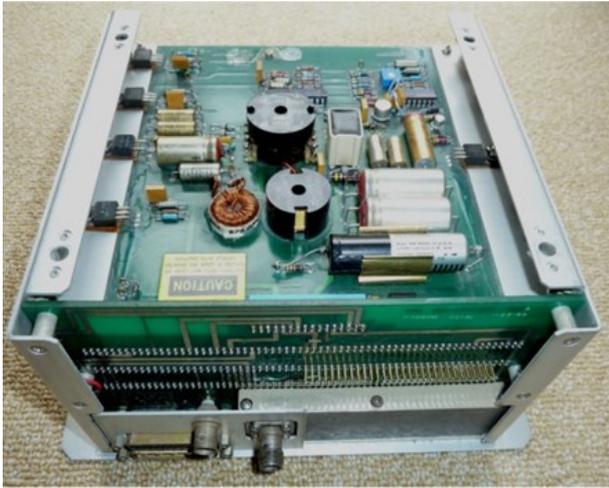


写真-1 Rockwell Navcore-I 外観(カバー除外)

写真で見える電源部とその下のCPU、メモリー、信号処理の合計4枚の約17×19(cm)の基板と、嚴重なシールド箱に入ったRF回路とで構成されています。逆拡散処理などを行なう信号処理基板を写真-2に、CPU基板(コード発生部を含む)を写真-3に示します。CPUの心臓部は当時脚光を浴びたAMD社のビットスライスALU、Amd2901を採用、ロジック素子は全て目に優しいピン間隔0.1(inch)のDIPパッケージです。信号処理はアナログとデジタルの混在で、レプリカコードの生成はデジタル回路、相関器の機能である逆拡散とその結果の



写真-2 信号処理部



写真-3 CPU 基板

積算は乗算器等のアナログ回路で実現していました。このように大掛かりな受信機でも同時に追尾できる衛星数(チャンネル数)は「1」でした。非常に高価で、450万円程だったと記憶しています。

測位を行うには二次元で3機、三次元で4機分の擬似距離観測データを要しますので、追尾は衛星を1/4秒ごとに切り替え、1秒間に4衛星の擬似距離の観測を行うシーケンシャル方式です。(本機は高速で、他社製は1衛星/1秒程度)測位演算は1衛星の観測データでも位置の更新ができるカルマンフィルタが用いられていました。

この方式には弱点があります。軌道情報(エフェメリス)の受信のために、一定の周期でメッセージの最小単位である1サブフレーム(6秒)の間は連続して同じ衛星を追尾する必要があり、その間測位が中断してしまうのです。当時民間の利用者は殆どが船舶でしたので、このようなノンビルしたもので大きな問題ではありませんでしたし、それでもLORAN-CやNNSSと比較して大幅な測位精度の改善が見られました。

測位中断の弱点は、信号処理が全デジタル化され、ゲートアレイに組み込まれるとチャンネル数を増やすことが容易となり、視野内の殆どの衛星に信号処理チャンネルを一組割り当てることで解決されました。同時に複数の衛星を追尾する並列追尾方式です。さらに多くのチャンネルを確保できた受信機では測位に必要な数以上の衛星の追尾が可能となり、冗長なデータも得られますが、これも測位に使用する(All-in-View測位)ことで、衛星信号の中断による影響も少なくなり、測位精度も向上するなど「数の威力」が実感できました。この段階でカーナビへの展開が始まりました。

次の大きな進歩は受信機の高感度化です。室内などの信号レベルが低い場所では、各衛星に割当てられた一組の相関器による信号探索は長時間を要し、また検出できたとしても、信号強度が追尾ループを維持するレベルには達しないため擬似距離の観測を行うことができません。この問題に対しても「数の威力」が発揮されます。信号探索が一組の相関器で順次行うのが難しければ、信号の存在する可能性のある場所全てに相関器を配置すれば良い。また信号追尾を行わなくても最大の信号レベルを示す相関器の場所が擬似距離を示すというものです。ハードウェアとソフトウェア処理の組み合わせで相関器の数を増やす工夫が行われ、その結果メーカーの発表によれば小さな受信モジュール内に数十万から二百万組程の相関器が実現されました。これは巨大並列相関器(Massively Parallel Correlators)と呼ばれています。主にこの技術によって、携帯電話でもGPSが利用可能になりました。振り返ると、相関器の「数の威力」は絶大です。価格面では半導体デバイスの進歩と、量産効果によって、Navcore-Iの機能・性能を全ての面で上回る受信機(モジュール。大きさの例：サイズ：10×10×2(mm)、質量：0.5(g))の価格は数量によりますが数百円です。量産という「数の威力」も巨大です。

## ・今後の課題

それではGNSS受信機の今後の課題はなんですか。多  
数あるでしょうが、私は測位精度向上を目指してのマルチパ  
スの影響の低減が重要であると考えております。

GPSの場合、米国政府の公式サイト、GPS.gov上で公開さ  
れている資料1)によれば、信号のURE (User Range Error)は  
殆どの衛星で95%が1(m)程度に収まっています。電子基準  
点のデータ(受信環境が良い場所に設置されている)を用い  
て単独測位を行うと、測位精度がdrms (distance root mean  
square)で1(m)より良い結果を得ることが可能で、この値と整  
合します。しかし、一般の利用者が(特に都市部では)このよ  
うにはなりません。理由は建物などからのマルチパス成分が  
観測データに誤差を与えているからです。結果として十(m)を  
超える誤差は珍しくありません。

マルチパスは当初から問題視され、“Narrow Correlator”に  
代表される、直接波に比べて遅れて到来するマルチパスの  
影響をまだ受けていないタイミングのデータのみを用いて、  
コード追尾誤差を検出するように信号処理回路の工夫が行  
われてきました。しかし信号の帯域幅による制限もあり、今後  
さらなる性能向上は困難です。また搬送波位相に対しての効  
果はありません。

この対策にはアンテナの「数の威力」を生かすことができま  
す。1本のアンテナでは指向性は全方向に一律で、直接波と  
は異なった方向から到来するマルチパス成分も区別なく受信  
します。しかし複数のアンテナの信号に位相差や重み付けを  
行って加算すると、直接波の方向には利得を大にし、反射波  
の方向は小にするなど指向特性を制御することができます。



写真-4 車に搭載された109素子のア  
レイアンテナ

備わっており、各アンテナに供給する信号の位相や振幅を制  
御することで、ビームの合成を行い、必要な方向に信号を集  
中しています。

GNSS用アレイアンテナの研究例は、米国では軍の資金によ  
ってNavsys社が1980年代終わり頃から開始しており、ION  
にも報告されています。中には109個ものアンテナを用いた  
例2)もあります。写真-4に同資料中の車に搭載した状態の  
写真を示します。

アンテナの数が  
多いほどその差  
も大きく(高性能  
に)なります。こ  
れがアレイアン  
テナで、所望の方  
向に指向性を向  
けることを“beam  
forming”、排  
除する方向の利得  
を無くすことを  
“null steering”  
と呼んでいます。  
現在この技術は  
特殊なものでは  
なく、身近なと  
ころでは各家庭  
にある無線Wi-Fi  
ルーターでも広く  
採用されていま  
す。これらにはア  
ンテナが3~4本

同社の成果との関連は不明ですが、現在米国の軍用航空機  
のGNSSアンテナはすべて妨害波対策のためにアレイアンテ  
ナが採用されているようです。

民間用としては、DLR(ドイツ航空宇宙センター)でも研究中  
で、研究用の受信機の構成や実験車両での評価結果なども  
公開3)されています。この資料からは、アレイアンテナの研究



写真-5 DLRのアレイアンテナ研究用受信機

に可也の費用や人員が投入されていることを窺い知ることが  
できます。

写真-5に9本のアンテナまで接続できるDLRのアレイアンテナ研究用受信機を示します。



写真-6 単一アンテナ(左)と、アレイアンテナ(右)による測  
位結果の比較

写真-6には単独のアンテナと、4素子のアレイアンテナを用  
いてビームフォーミングを行いマルチパス成分の抑圧を行っ  
た受信機によるフィールドテストの結果を示します。わずか4  
“null steering”と精度向上)があることに驚かされます。

写真-5の実験に用いた受信機は大型で、かつ(開発費も)  
高価なものです。しかしこれまでのGNSS受信機の発展を考え  
ると、量産された時点では劇的に安価になることが十分予想  
されます。

但し、GNSSアレイアンテナは製品化の前に解決すべき技術  
課題が多く存在し、現時点で民間企業が製品化を見据えて  
研究・開発に着手するのは容易ではありません。幸いわが国  
においてもご興味をお持ちの先生方は増えつつあるようで  
すが、この研究にはNavsys社やDLRの資料からも推定できる  
ように、従来とは桁が違う資源(研究費の「数の威力」)が必要  
となりそうですが、現時点ではこれが十分得られるようには思  
えません。

準天頂衛星システムについては、今後UREで代表される性  
能は世界のNo.1を目指して継続した研究・開発が必要なこと  
は論を待ちません。しかしその一方、受信機の耐マルチパス  
性能が現在のままでは利用者側に大きなメリットは与えませ  
ん。GPSのように、受信機も衛星測位システムの構成要素と

考え、アレイアンテナに限ったことではありません(その他にも課題は多数ありますが)、QZSSを最大限生かすためにも、米国はじめ多くの国が行っている国による戦略的な受信機関連の研究・開発の支援も必要ではないでしょうか。その結果、わが国のGNSS受信機関連の技術レベルが一躍世界トップに躍り出ること夢ではないと信じております。

・参考資料

1)“An Analysis of Global Positioning System (GPS) Standard Positioning Service (SPS) Performance for 2018“

2)Kenn Gold, Alison Brown and Kees Stolk,“Bistatic Sensing and Multipath Mitigation with a 109-Element GPS Antenna Array and Digital Beam Steering Receiver” ION 2005 National technical Meeting

3) “Antenna Arrays for Robust GNSS in Challenging Environments” <http://itsnt.recherche.enac.fr/application/files/8214/5373/8378/>

Antenna Arrays for Robust GNSS in Challenging Environments\_Konovaltsev.pdf

(ワード文書からコピーしましたが、このような表示になりました。このまま張り付ければダウンロードできます。)

## DFMC SBAS規格化の状況

電子航法研究所 坂井 丈泰(正会員)

SBAS(satellite-based augmentation system: 静止衛星型補強システム)は、ICAO(International Civil Aviation Organization: 国際民間航空機関)により国際標準とされているGNSS補強システムのうち静止衛星から補強信号を送るもので、GNSSに対するディファレンシャル補正情報及びインテグリティ情報を提供する。GPSと同じL1 C/A信号を使用することから受信機側ではアンテナやRF部をGPSと共用でき、使い勝手のよいものとなっている。我が国においては、2007年以来、国土交通省航空局がMSASと称するシステムを整備・運用してきており、SBAS対応の航空機アビオニクスはもちろん、航空分野以外でも多くの受信機が対応し、利用しているのは周知の通りである。



現在のSBAS規格(区別するためにL1 SBASと呼ぶ)は単一のGNSS(具体的にはGPSとGLONASSのいずれか)のL1周波数信号を補強対象としており、実際に現在運用されているSBASの補強対象はGPS L1 C/A信号のみである。一方、近年は欧州のGalileo、中国のBeiDou、そして我が国による準天頂衛星システム(QZSS)を利用する環境が整ってきた。GPSについてもL5周波数信号を送信する衛星の打上げが開始されていることから、複数のGNSS及び周波数を利用することで性能を大幅に向上するDFMC(dual-frequency multi-constellation) SBASがICAOにより検討されている。

もともとDFMC SBAS規格の検討を始めたのはSBAS

プロバイダ各国によるSBASIWG(interoperability working group)会合であり、2001年のL1 SBAS規格制定後、2004年頃からDFMC SBASの性能解析などが行われていた。2012年頃からDFMC SBAS規格の具体案が議論されるようになり、2015年にICD(interface control document)案を策定、以後はICAO NSP(Navigation Systems Panel)会議においてL5 SBASとして規格化作業が進められている。現在は2018年末に策定したベースライン規格に対する検証作業が行われており、本年末までに正式規格として制定する予定である。

L1 SBASに対して、L5 SBASは、(i)GPS L5周波数にて送信される、(ii)複数のGNSS(GPS・GLONASS・Galileo・BDS)に対応、(iii)二周波数(L1/L5)を使用する、(iv)静止衛星以外からの送信も許容される、といった特徴がある。注意点としては、SBASによる補強情報はL5信号で送信されるが、補強対象のGNSSはL1帯及びL5帯の信号の両方を受信・処理しなければならない。また、電離圏伝搬遅延情報は送信されず、受信機側でFLC(iono-free linear combination)擬似距離を得ることになる。従って、L5 SBASを利用する場合はL1信号あるいはL5信号のみの一周波数モードは存在しない。L5 SBASはL1 SBASとは独立した規格あるいはシステムであり、L1とL5のどちらかが受信できないなどL5 SBASを利用できない場合でも、L1 SBASは利用できる。

欧州はEGNOS V3としてL5 SBASを開発しており、2023年頃に運用を開始する予定である。米国WAASは複数GNSSへの対応はしないが、二周波数対応を進めている。中国やオーストラリアもL5 SBASの整備を計画しており、2027年頃のGPS L5 FOCを目途として各国によるL5 SBASの整備が進められることとなる。我が国においてはQZSS L5S信号による対応が可能な設計とされており、現行MSASを拡張する形での導入が期待される。

## イベントカレンダー

### 国内イベント

- ・2020.10.28-30(TBC) GPS/GNSS シンポジウム 2020
- ・2020.11.4-6 SATEX (東京ビッグサイト南館)
- ・2020.11.13-14 日本航海学会秋季講演会(東京海洋大学)
- ・2021.3.1-6(TBC) GNSS 国際スクール(東京海洋大学)

### 国外イベント

- ・2020.09.14-18 ICG-15 (Wiener, Austria)
- ・2020.09.21-25 ION GNSS+ 2020 (St. Louis, USA)
- ・2020.11.22-25 ENC 2020 (Dresden, Germany)
- ・2021.02.25-28 ITM (San Diego, USA)
- ・2021.04.19-22 Pacific PNT (Hawai, USA)

\* 太字は本会主催イベント

# GNSSの活躍の場を地下へと広げるSyntony GNSS社のSubWAVE® 寄稿

Syntony GNSS President Mr. Joel Korsakissok (SubWAVE®発明者、今回の主筆、写真左)  
Syntony GNSS VP, Sales Asia Mr. Louis-Francois Guerre (日本向け編集、写真中央)  
日欧産業協力センター GNSS.asia & Space.Japan 赤坂明(正会員、和訳担当、写真右)



## 1. はじめに(SubWAVE®の開発の背景)

GNSSが広く普及し数多くのアプリケーションやサービスが日々開発されています。GNSSの測位信号を直接受信できない屋内用にも様々な技術が提案され、それらの強みを生かしながら適材適所で利用されていますが、GNSSのような普遍的な屋内測位技術は未だ登場せず、残念ながら決定打を欠いています。

もし、地下のインフラ内でも地上と同じようにGNSSを利用できれば、既存のアプリケーションやサービスもそのまま利用できますから、最良の選択肢と成り得ます。Syntony GNSS社が開発し本稿で御紹介するSubWAVE®は、まさに「GPSを地下でも動作させるための技術」です。スマホやカーナビ等に組み込まれた全ての標準的なGPSチップセットと互換ですから、GPSを利用した地上のアプリケーションやサービスに変更を施すことなく地上と同等の性能を地下でも発揮させます。

## 2. SubWAVE®の動作原理の基本

SubWAVE®は、ひと言で表現すると、複数のGPSシミュレータが同時に動作している言わばサーバーのようなもので、トンネル内等に設置した複数のアンテナにシミュレータを一対一接続することにより、地下用の屋内測位システムをどこにでも構成できます。各アンテナの設置位置に対応する緯度・経度・高度がシミュレータごとにプログラムされます。別途設置する地上アンテナを用いて、各シミュレータの時刻(1μ秒以下)もエフェメリスも外界の本物のGPS衛星と同期させます。(模擬中の全衛星位置は、実際の各衛星位置と正確に一致させます。)

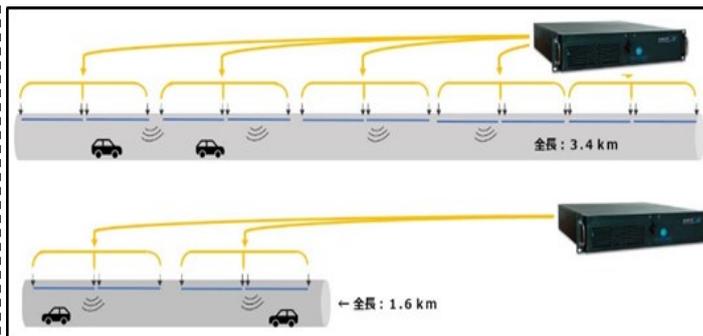
そうすることで、アンテナから発せられた信号の受信範囲内にある全てのGPS受信機(スマホ、GPS搭載の業務用無線機、他の標準的なGPS受信機)は、アンテナの設置位置に対応する位置を正確に測位演算し、受信機の移動に伴い地上から地下へ、また地下から地上へとシームレスに演算が繋がります。

アンテナとしては、パッチアンテナのような標準的なアンテナか、同軸ケーブルの全長にわたって電波が漏れ出る漏洩同軸ケーブル(漏洩フィーダ)の何れかを使用します。各種トンネル内で使える携帯電話用のアンテナの仕組みも同様ですから、SubWAVE®の設置の際には、通信用の既存の漏洩同軸ケーブルを再利用したり共用したりできます。

送信電力はかなり低目に設定され(例えば-80dBm)、アンテナの±20mの範囲内であれば、受信機がこのゾーン内を移動しても、この静的なアンテナ位置が測位演算結果となります。したがって、40~50m(多分100m)毎に1組のアンテナとシミュレータを設置し、各々の広いゾーン内で確実に信号が届くように10~20dBほど送信電力を上げれば、不連続で

はありますが、GPS受信機はトンネル内の位置の大まかな見当をつけることができますので、ある程度の潜在需要に対応できま

す。測位演算結果は原理的にはゾーン間および地下と地上との間でスムーズに遷移するのですが、地下鉄や自動車などに乗って受信機が高速で移動している場合には、Google MapやApple Map上で、ある位置から次の位置に「ジャンプ」しているのを観測できます。これらは、遮蔽やマルチパス等の影響で地上でも都市部では頻繁に起きる現象と似ています。



道路トンネル用SubWAVE®設置の典型例

## 3. SubWAVE®測位の高精度化

ゾーン単位のSubWAVE Zone®は、殆どのGPS受信機と互換性がありますが、上記のように測位演算結果は原理的にやや不連続となります。そこで、より要求の厳しいユーザに対応するための高精度化が求められました。

屋外GPSのような最良の測位技術はTOAベース(到着時間計測)ですが、「トンネル内を移動する衛星」が存在しないのに、標準的なGPSチップセットと互換なTOAシステムは果たして作れるものなのでしょうか？

SubWAVE Continuous®は、そんな疑問と期待に応えようと満を持してSyntony GNSS社によって開発された特許取得済みのソリューションで、GPS衛星のシミュレーション信号の一部を漏洩同軸ケーブルの片側から、残りの衛星のシミュレーション信号を他端から入力します。その上で、タイミングと送信電力を絶妙に校正すると、漏洩同軸ケーブルの受信範囲内のGPSチップセットは、緯度・経度・高度を、漏洩同軸ケーブルに沿って「かなり良い」実用的な精度で計算できるようになります。

晴天時の標準的なGNSSシステムの誤差には、様々な要因が寄与しており、軌道誤差・時計誤差・電離層遅補正延誤差・対流圏遅延補正誤差として知られています。SubWAVE®でシミュレーションする場合には、受信機に内蔵の数学モデルと概ね同一の数学モデルを用いて、同一のコンピュータ内で精緻に模擬信号が生成され、標準的なGPSチップセットに必要な情報を正確にお届けするので、これらの4つの誤差はnull化できます。

しかしながら、システム全体のタイミングと送信電力を正確に校正した後であっても、残念ながら他の誤差要因が残ります。その最大の誤差要因は、漏洩同軸ケーブル内部の電磁波の伝搬速度(一般的には光速の85~92%程度)に起因します。他にも、衛星が決して漏洩同軸ケーブルの軸線に完全に整列してはいませんので、幾何学的な誤差要(P.8に続く)

# Syntony GNSS

## 会社概要

Syntonyは、シミュレーションから受信機に至るまで、PNTとGNSSのフルレンジの製品とソリューションの設計製造に特化しており、その製品は、主に宇宙、防衛、航空、通信、IoT、輸送等の各分野で使用されており、民間企業にとどまらず世界中の様々な研究機関や大学等でも使用されています。

本社はフランスのトゥールーズに在り、パリ、サンフランシスコ、ニューヨーク、モントリオールに直営の営業拠点を設けております。販売網は既にシンガポール、韓国、中国、インド、オーストラリア、ニュージーランド、イスラエル、ドイツ、ノルウェー、南アフリカ、カナダ、アメリカ等で確立済みです。

定評ある専門商社様を販売代理パートナーとして、地下鉄・鉄道、交通、宇宙、セキュリティ、IoT、ナビゲーション、通信等の各分野の日本のユーザーの皆様にも、フルレンジの製品とソリューションの御提案をいよいよ開始できるよう鋭意準備中であるとお知らせできるのはSyntonyの大きな誇りです。

## ソリューション概要

Syntonyは、20年以上にわたるGNSS信号処理、高周波、エレクトロニクスの研究開発の歴史を継承し、革新的なソフトウェア組み込み製品とソリューションを通じてお客様のお役に立っております。オリジナルの製品ライン「ConstellatorとEcho」は、GNSSテストや測定等でおお客様の個別のご要望にお応えするため常に改良を重ねています。

また、公共交通機関（地下鉄、電車、バス）やインフラ（トンネル、地下駐車場、鉱山等）向けに、地下へGPSの覆域を拡張する「SubWAVE」を業界で初めて発売しました。さらに、組み込み型GNSS受信機「SoftSpot」では、ハイエンドのニーズ（航空、宇宙、鉄道）から低消費量のアプリケーション「SoftSpot IoT」まで、幅広く対応しております。

Syntonyの製品は、こうして日々世界中の数多くのお客さまから御満足を戴いております。

## 製品概要

「Constellator」はSDRで構成され、柔軟性と拡張性に秀でた業界で最も先進的で信頼性の高いGNSSシミュレータの一つです。例えば、Onewebコンステレーションを形成する通信衛星のGNSS航法装置の地上試験のための完全な軌道シミュレーションにも使用されており、合計で74機の打上が無事に成功しました。また、大手宇宙企業（Airbus, Thales, OHB, MAXARなど）、宇宙機関（CNES, DLR, ISROなど）、各分野のお客さまに御愛顧いただいております。



「Echo R&P」もSDR形式を採用しており、業界で最高の忠実度を誇るGNSS信号記録再生システムとの御評価をいただいております。例えば、航空機製造業でのリアルタイムのGNSS受信テストに長らく活用されておりましたが、今では、鉄道やスマートモビリティ等でも広くご利用いただくに至っております。

「SubWAVE Zone」は業界初のゾーンベースのGPSカバレッジ・エクステンダーとして、2017年からストックホルム地下鉄の全域で24時間365日稼働しており、運行事業者が安全を確保する一助となっております。また、高精度版である「SubWAVE Continuous」は、今年、ニューヨーク、パリ、ミュンヘン、ヘルシンキの各地下鉄で2メートルの精度で実証試験に成功しています。

「SoftSpot」は、カスタム仕様の高性能GNSS受信機を開発するためのSDR (Software Defined Radio) ソリューションです。マルチコンステレーション受信のための複雑高性能多機能信号処理、干渉対策、スプーフィング対策、高性能マルチセンサー統合を可能にし、要求の厳しいカスタム仕様を迅速に満たすお役に立てます。

「SoftSpot IoT」は、IoTデバイスが測位演算に要する消費電力を低減するという課題に応えるソリューションです。GNSS信号のスナッチショットを安全なクラウドに送り、測位演算を遠隔で行なうことにより、電力消費を大幅に削減し、より頻繁な位置測定を可能にします。

## 今年の話

GNSSシミュレータ市場におけるSyntonyのシェアは増加の一途をたどっています。インドや中国の宇宙研究機関に加えて、ヨーロッパの衛星メーカー3社、アメリカの衛星メーカー2社で、全ての衛星の試験に御利用いただいております。

地下へのGPSの覆域拡張については、ニューヨーク地下鉄での試験導入は公共交通機関の安全性を向上する上で重要なマイルストーンとなっています。ニューヨーク都市圏交通公社の幹部からは「このシステムの開発と採用の成功は、地下鉄のシステムを検討する際の長年の障壁を打ち破る鍵となる可能性がある」とのお褒めの言葉を賜りました。

この地下鉄での成果は、安全要求が非常に厳しい鉱山経営にも横展開できます。最後に、Syntonyの公共の安全への注力は、ヨーロッパの航空交通管制機関と共同での、航空機搭載のジャミングの検出装置・発信源特定装置の開発につながりました。

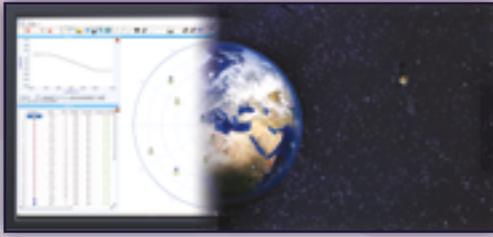
日本語でのお問い合わせは、代理店様が正式に決まるまで暫くの間、EU企業の日本進出支援の一環として日欧産業協力センターにて承ります。  
[contact.EU-Japan@syntony-gnss.com](mailto:contact.EU-Japan@syntony-gnss.com)

是非こちらも：<https://syntony-gnss.com>

## 試験および計測 (R&D, 宇宙, 交通, 他)

### Constellator

GNSS シミュレータ



- 衛星信号を忠実に再現、6周波数帯、400ch(拡張可能)
- ハードウェア・イン・ザ・ループ可 (更新レート: 最高1kHz)
- 豊富なシミュレーションオプション
- シミュレーションシナリオの時刻も地点も自由に設定可能
- 宇宙機シミュレーションにも完全対応  
(サブオービタルから地球脱出まで、  
軌道もダイナミクスも自由に設定可能)
- 背景ノイズや干渉・妨害も設定可能
- 大気伝搬誤差も模擬可能
- 衛星に起因する誤差も模擬可能
- 2台目をお求め戴ければ、Spoofingも模擬できます
- ファームウェア更新により常に最新性能

### Echo

GNSS 記録&再生装置

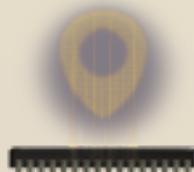


- 2分割の機器構成 (記録専用ユニット+再生専用ユニット)
- 世界最高の再生忠実度
- 最高100MHzのサンプリングレート
- ストレージは最大128TBのSSD搭載可  
(NAS利用により192TB以上も可、書込速度1200MB/s)
- パワフルで使い勝手の良いGUIで高度で複雑な設定が可能
- 3つの緊密に同期したチャンネル
- 1.6ビット分解能(I/Q)
- 車載測定も可能な堅牢な設計

## GNSS受信機 (宇宙, 交通, IoT, 他)

### SoftSpot

SDR方式ハイエンドGNSS受信機



- 高感度
- 全ての既存のGNSSをサポート
- ジャミングと干渉の緩和
- 独自のなりすまし対処アルゴリズム
- マルチパス緩和
- 位置・速度・時刻に関する独自の完全性アルゴリズム
- IMUとのインテグレーションも可能
- マルチコンステレーションやマルチ周波数にも対応
- ファームウェア更新により納品後も機能の向上と追加が可能

### SoftSpot IoT

IoT向け極低消費電力GNSSソリューション



- 通信プロトコル次第では、  
1/10~1/100に消費電力を低減可能
- IoTデバイスのコストの最適化に好適
- 同じ消費電力なら測定頻度を増やせます
- 現行の殆どの通信プロトコルと接続可
- 詳細はGSAのホワイトペーパーへどうぞ:  
[https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/uploads/gsa\\_internet\\_of\\_things\\_white\\_paper.pdf](https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/uploads/gsa_internet_of_things_white_paper.pdf)

## GPS地下覆域拡張装置

(地下鉄, 道路トンネル, 鉄道トンネル, トンネル掘削現場, 鉱山・坑道, 他)

### SubWAVE



- 1台当たり3~6系統のRF出力
- 時刻も地点も自由に設定可能
- ゾーン毎に位置速度時刻を指定可能
- ゾーン毎に送信電力を調整可能
- 屋外GPS信号との同期は1マイクロ秒以下の精度
- 警報監視付き
- GPSの補充も可能
- ニューヨーク地下鉄での実証試験の動画も是非:  
<https://syntony-gnss.com/subwave-tested-in-new-york-metro/>

(P.5より続く) 因が残りますが説明は難解です。しかしながら、SubWAVE Continuous®設置時には、どちらの誤差要因も確定し、既知となります。

地下のどこに漏洩同軸ケーブルが配置されているか正確に判っていれば、標準的なGPS受信機が高精度な測位演算ができるように、外界のDGPSと同様な仕組みで「スマホ内、無線機内、またはクラウド上」に補強ソフトウェアをあらかじめ用意しておくことにより、同軸ケーブルに起因する誤差は補正できます。その場合、SubWAVE Continuous®は、スマホではアンテナの中央で1~2mの測位精度を達成し、u-blox製のような一般的なチップセットでは1m未満の測位精度を達成し、殆どのユーザーが必要とする精度を満足できます。

#### 4. SubWAVE®測位の実際

今のところ、SubWAVE®は世界中の5つの地下鉄(ストックホルム、ニューヨーク、パリ、ミュンヘン、ヘルシンキ)にて、実運用、もしくはトライアル評価、あるいは概念実証中ですが、提携先を通じて英国でも積極的に販促活動中です。また、同程度の数の道路トンネルでも、全域あるいは一部に設置済みで、幾つかの実測試験を実施しております。

以下は、2020年3月に実施された欧州の地下鉄での概念実証の際の最新の試験状況の御報告です。テストの目的は、2つの異なるAndroidスマホ:「Google Pixel 4」と「Samsung S9」を使用して、SubWAVE Continuous®システムの性能を測定し確認することでした(u-blox製品は以前に他の実測試験でトライ済)。前章で述べたSubWAVE®の補強ソフトを両スマホにはインストール済みです。

まず、SubWAVE Continuous®の漏洩同軸ケーブルを長さ130mのホームに沿って、線路の側面(ホームの側面、右図中左側)に配置しました。

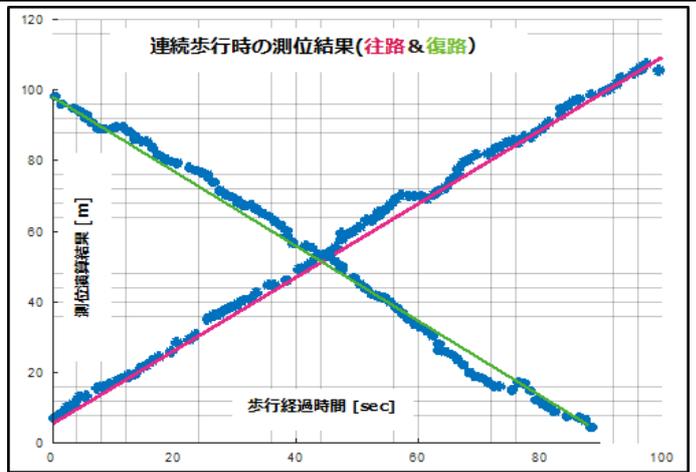
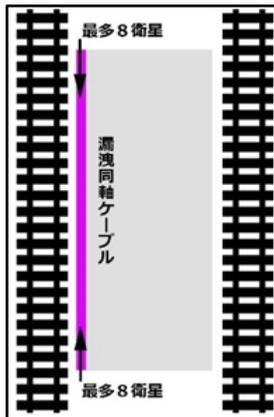
各回の測定は主に漏洩同軸ケーブルを置いたホームの左側で行われました。

この試験では、以下の機能を備えたスマホ(右写真)を持った歩行者に数回の連続歩行あるいは間欠歩行をしてもらい、スマホ上のアプリを通じてデータを収集・分析しました。

- ・地上の地図の表示機能
- ・漏洩同軸線の既知の位置も表示
- ・無補強時と補強時の位置表示
- ・測位結果とGPS生データの記録
- ・位置を特定可能な周囲の写真撮影

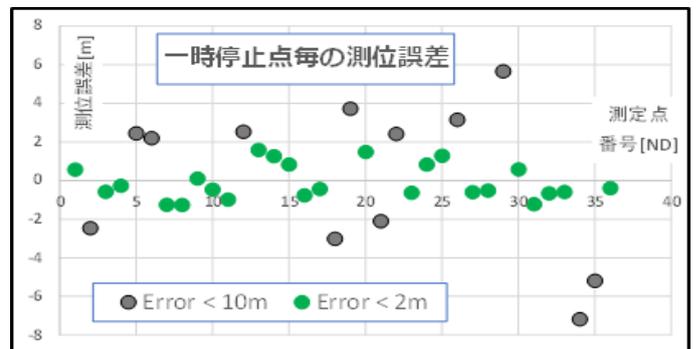
##### (1) 停止せずホーム左側に沿って連続歩行した場合:

手で受信機を保持してホームに沿って連続歩行してもらいました。お解りのように、歩行者が不規則な動きをするので、位置情報システムの正確な精度を評価するための最適な方法ではありませんが、実際の状況をよく再現できます。精度は、一定間隔(6.5m)の床マークで評価します。また、一定の速度で歩くように心掛けてもらいました。記録された測定値は図の通りで、詳細に眺めると、この非常にシンプルな試験手順でも、平均精度が1m、最大誤差は約5mと判ります。



##### (2) ホーム上で一定間隔で停止する間欠歩行の場合:

歩行を開始、最初の床マークで停止、15~30秒滞在、次のマークまで再び歩行・再び停止。この手順を、ホームの全長130mに渡って繰り返す。(結果は下図)



##### (3) 漏洩同軸ケーブルから遠いホーム右側での測定:

この場合の実測された測位精度は1.6~3mの範囲でした。ホームの反対側(漏洩同軸ケーブルから遠い側)を歩いても矛盾のない測位演算結果を示していますが、誤差に不規則性が生じ小さなスパイク(約8m)が現れ、漏洩同軸ケーブルに近いホーム左側を歩いた時の最大誤差の5mを越えました。ちなみに、最小誤差は0.1m、最大誤差は7.18mでした。

##### (4) 約40箇所でのシステム性能に関する統計結果の概要:

CEP精度(50%): 1.22m; 精度 95% (2σ): 5.19m  
 精度 68% (1σ): 1.59m; 精度 99.7% (3σ): 5.66m

このようにCEP精度は1.22mを達成し、地下のユースケースの殆どで必要とされるCEP 5mよりもはるかに優れています。

#### 5. まとめ

これらの結果は、Syntony GNSS社が以前に実施した他の地下鉄や他の地下エリアでの試験結果と矛盾は無く、補強ソフトウェアの利用により測位演算精度が向上し、誤差は最大でも数メートル程度に収まることが判りました。

補強ソフトが無い場合でも、都市部で日々経験する誤差より良好か同程度の誤差で測位演算が可能なのは実証済です。

SubWAVE Continuous®のこのように良好な測位精度は、衛星測位用の受信機を利用した各種アプリケーションの利用の場を地下へと拡げ、さらに地下で想定されるユースケースの殆どで必要とされている実用的な屋内測位精度を満足するものです。

6. ご参考 [https://events.vtools.ieee.org/m/231280?utm\\_content=130275923&utm\\_medium=social&utm\\_source=linkedin&hss\\_channel=lcp-9431362](https://events.vtools.ieee.org/m/231280?utm_content=130275923&utm_medium=social&utm_source=linkedin&hss_channel=lcp-9431362)

## 1. はじめに

我々は、2011年に発生した東日本大震災の経験から、大規模災害が発生すると被害が甚大な地域ほど日常利用している情報インフラが壊滅することを学習した。これを受け、災害急性期でも利用可能な通信設備の構築技術の研究とともに、



緊急避難に必要な情報を配信する暫定通信網を、GNSSを介して実現することが必要であると考えた。一方、GNSSは測位情報を放送することを目的として設計されており、送信容量が非常に限定的である。そこで我々は、この限定的な容量のメッセージ領域を最大限有効に活用した、緊急避難のための情報を放送するためのメッセージをEC (European Committee)のGalileo衛星担当官と共同で設計した。

今回我々は、このメッセージ設計に従った緊急避難情報をQZSS(Quasi-Zenith Satellite System)から実際に放送し、災害発生想定現場での受信状況の実証実験を行った。この時、GNSSの本来のミッションである測位情報と、避難のための緊急災害情報を同時に受信できるかどうかで有用性を評価した。

## 2. 日欧共通設計による緊急避難情報構造

我々は、世界中で整備されるGNSSに避難のための緊急災害情報を搭載することで、地球規模の災害の急性期において、自助による救命に貢献できると考えた。そこで我々は、ECのGalileoのチームと協力し、発災時に自分で避難行動をとるのに必要な情報を、標準の災害用語や災害およびそれを取り扱う際に必要になる標準のコード体系から抽出した。より具体的には、災害急性期の避難のためにGNSSを使った情報配信が必要な災害群として、Common Alerting Protocol (CAP)[1]を参照した。これは、世界中で開発されている危機警告発信システム間で、公開された警告や緊急情報を相互交換することを目指した災害情報体系であり、XMLフォーマットで定義されている。CAPを使用することで、Google Public AlertsやCell Broadcastなど多くの一般のアプリケーションに、個別の危機警告発信システムを介して同時に情報配信が可能となる。また、情報の前処理を簡素化することも可能になる。

測位情報を放送することを目的として設計されたGNSSのメッセージ領域は、必要とする放送情報量が小さいため放送可能容量が非常に限定的である。Galileoでは測位情報メッセージのうち122ビット長が避難のための緊急災害情報に割当て可能であり、一方日本のQZSSは、191ビット長が割当て可能である。そこで、我々は、122ビット長にデザインした避難

のための緊急災害情報を用いることで、多くのGNSSから放送可能になると考えた。

表1は、メッセージ全体の割り振りを示している。一般に災害、特に自然災害は緯度経度による点ではなく、面的に被害を及ぼす。そこでこれを表現するために我々のCommon EWS messageでは楕円による被災範囲の表現方法を採用した。

## 3. 実験仕様

前章に示したCommon EWS Messageのフォーマットで、災害と避難指示を想定したファイルを作成し、QZSSの1560-1590MHzからなるL1帯の回線で放送した。実験は、大型の地震が発生した場合、津波などによる複合型災害に発展する可能性の高い地域の一つである秋田県能代市で実施した。実験用メッセージは、5秒の間に、測位補強信号を4回、緊急災害情報を1回、繰り返して放送した。実証実験は、2019年8月20日～22日の10:00～12:00と13:00～17:00に行った。20日は特定の位置にとどまりノートPC「Lenovo ThinkPad X280(Windows 10 Home 64 bit)」とスマートフォン「Sony Xperia SO-02J(Android™6.0)」上の本実証実験用に作成した受信ソフトウェアで緊急災害情報を受信した。なお、信号の受信はNEC社製L1S対応小型GNSS受信機「QZ1」と「QZ1 LE」を用いて行い、受信したデータをNMEAフォーマットで各デバイスに送信した。受信機とデバイス間の通信はノートPCとQZ1をUSB2.0によって、スマートフォンとQZ1 LEをBluetooth ver.4.0によって接続し、シリアル通信を行った。また、その受信結果を画面上にその場で出力するとともにファイルとして記録した。21、22日はノートPCとスマートフォンを実験車に搭載し移動する場合、別のスマートフォンを実験者に携帯させ徒歩で移動する場合のそれぞれで20日と同じ放送を同様の方法で受信し記録した。

このときノートPCは、QZSSのL1帯を使って放送したすべての緊急災害情報を受信し、それらを画面に出力し、さらにファイルとして記録した。スマートフォンは、専用のアプリケーションを用いて、受信した緊急災害情報の対象領域が被験者の位置を含んでいる場合のみ受信情報の出力と記録を行った。また、スマートフォンの出力結果が予定通りであったかを、事前に用意した記録用紙をもとに手作業で確認した。記録した結果を図1(裏表紙)に示す。

放送したレコードの「ID」は12種類あり、「Target Area」、「Event」、「Severity」、「Message Type」などの予め定められた変数を持っている。例えば「ID1」のレコードではTarget Areaは楕円内であることを示す「Ellipse in which a current position is」、Eventは「Tsunami」、Severityは「Severe」そしてMessage Typeは「Initial Alert」である。同様に「ID2」は

表1 QZSS(DC)、Galileo(EWS)共通データの構成

122 Bits											
Identifier 18 Bits		Event 8 Bits		Chronology 20 Bits		Guidance 8 Bits		Target Area 46 Bits		Specific Setting 21 Bits	
Message Type	3	Event Category	3	Event Onset	16	Guidance Library	2				
Country ID	10	Event Sub-Category	3	Expected Duration	4	Response Type	3				
Provider ID	6	Severity	2			Instruction	3				

Update情報であり、「ID3」は取り消し情報である。今回はすべてのレコードを75回ずつ送信した。

#### 4. 実験結果

前章に示したレコードの受信の時間的偏りが無いかどうかを確認するために、受信レコード数を時間経過とともに累積し、それをグラフ化した。図2は20日の実験結果であり、ノートPCを用いた場合はQZSSから放送された測位補強信号の受信数に対して、緊急災害情報の受信数は常に約4分の1で一定に見える。4秒の間に前者が4回放送され、後者が1回放送されることから測位補強信号と同様のタイミングで緊急災害情報を受信できていると言える。スマートフォンを用いた場合は表示されたレコード数は線形に増加しているように見えることから、受信の時間的偏りは無いと言える。ただし、スマートフォンでは放送された緊急災害情報のうちMT44のみを表示しており、MT43を受信している期間は空白となっている。一方で、保存されたファイルを解析すると、図2では読み取れないが、緊急災害情報を受信できない期間があったことも見逃せない。この現象の原因に関する詳細は今後調査予定である。

前章に示したレコードの受信が、データを取得した位置による偏りが無いかどうかを確認するために、ノートPCが測位補強信号および緊急災害情報を受信した時の位置をそれぞれ地図上にプロットした。結果、QZSSから放送されたメッセージのうち測位補強信号と緊急災害情報で、受信機の位置による

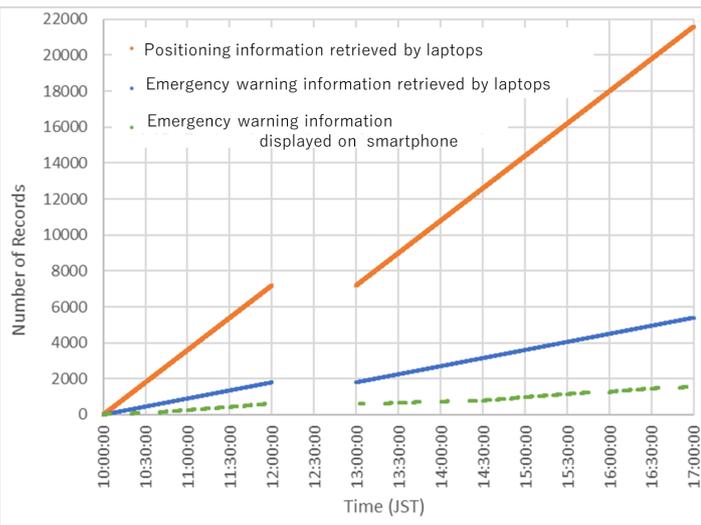


図2 8月20日の受信実験結果

取得傾向の差はみられなかった。

#### 5. 結び

GNSSは、利用者の現在位置を計測できる情報を入手できることから、避難に必要な緊急災害情報を同時に入手できれば、受信側が災害発生場所を知ること、自身に必要な情報かどうかを選別できる。我々はこの利点に注目して、GNSSを利用した緊急災害情報の同報を試み、その有用性を検証した。

測位衛星通信システムに緊急災害情報を同報させる際の課題のうち特に、情報量の少なさに対し、災害発生直後に自助のために必要な情報の取捨選択と構造化として、Common EWS Messageをデザインした。

そして実際に2018年の8月の3日間で、デザインに従って作成したメッセージをQZSSで放送しノートPCとスマートフォンによる受信実験を行った。1日27000レコードの受信を記録し、

有用性を確認した。

我々の開発したCommon EWS Messageは、被災地域を楕円で表現する。この方法が運用上適切か、またどの程度現状の仕組みと合致するかは、今回の実証検証からは確認できなかった。それは、今回の実証検証の目的が、開発したCommon EWS Messageに準拠した緊急災害情報が、測位補強信号と同程度のタイミングで受信できるかどうかであったため、当該の懸念に対する判断に十分なテストデータが用意されなかったことによる。今後は、実際の運用の視点から、特に被災範囲の楕円による特定と表現がどの程度適切であるかを検証する必要がある。

#### 参考文献

- [1] Common Alerting Protocol Version 1.2, OASIS Emergency Management TC, <http://docs.oasis-open.org/emergency/cap/v1.2/CAP-v1.2-os.pdf>

## 2019年度の部会活動 紹介

防衛大学校 浪江 宏宗(本会理事)

日頃より測位航法学会の活動につきましてご支援賜り真に有難うございます。本年度はコロナウイルスの影響により、イベントのスケジュールが定まりませんので、学会傘下で活動している部会につきまして紹介させて頂きたいと思います。また、引続きご指導賜りますよう、どうぞ宜しくお願い申し上げます。

### 次世代高精度衛星測位技術研究部会

準天頂衛星と静止衛星による我が国の衛星測位システム(日本版GPS)は2017年に4機システムとなり、2018年にサービスを開始した。さらに2023年度を目標に7機システムの構築を目指している。しかし、各国の衛星測位システムの整備と高精度化の技術開発は急激に進んでおり、現在の日本のペースでは、我が国の衛星測位技術は他国(米国、ロシア、中国、欧州、インド)の技術開発に追従できず、測位衛星だけを打ち上げても利用が進まない事が危惧される。我が国を中心とするアジア地域での利用を推進するためには、高精度化などのユーザの利便性を向上させるとともに、自動車やドローンなどへの利用を実現するためにオールジャパンでの取り組みが必要である。

これまでの日本版GPSの高精度化はSIS-URE(宇宙部分である軌道/時刻の測距精度)の向上と電子基準点を利用したRTKに主眼が置かれてきたが、広く利用されるためにはこれだけでは十分ではない。GNSSの測位誤差は、測距誤差を誤差源毎に評価して配分し、これに衛星軌道配置によって定まるGDOPを乗じる事で求められる。その高精度化のためには、誤差源毎に高精度化手法を用いて誤差を低減し、さらにサービス領域に対して衛星軌道配置を最適化してGDOPの最小化を図る必要が有る。また、ユーザの利便性を向上するためには、測位の収束までの時間の短縮や、ビル街、トンネルでの測位の継続などの課題が有る。

そこで、JAXAからの次世代衛星測位システム/技術ロードマップ(たつき台)を基に、我が国の持つべき衛星測位システムと、高精度化などのユーザの利便性を向上するために必要な技術項目、必要かつ有効な高精度化手法、衛星測位技術の利用の促進に必要な技術などを明確化、詳細化し、「次世代衛星測位システム/技術ロードマップ」(仮称)を制定し、次世代の日本版GPSのシステム仕様と反映するなどの、衛星測位技術の高度化や利用促進を行うために必要な諸活動を行う。(部会長 安田 明生(東京海洋大学))

## 屋内測位技術研究部会

屋内測位技術については多くの手法が提案されてはいるが、それぞれのもつ特性・利用方法等にも依るが、測位精度が担保されていない。屋内測位インフラの設置環境にも依るが、測位技術としての屋内外シームレス測位が、「高精度測位社会」の実現には不可欠である。電子地図による屋内地図の整備は施設管理者により部分的に整備されてはいるが、位置情報取得という面からの統一はされていない。自動運転・無人飛行機(ドローン等)の移動・行動のためのナビゲーション手法は屋内測位のインフラ整備にも必要なものである。「測位技術研究の振興」「測位技術に携わる人材育成」のためにも、屋内測位関連技術の研究の進展及び普及を図る。

活動概要は、準天頂衛星による測位環境の整備に合わせて、シームレス測位技術を研究するとともに、屋内測位インフラの特性を活かして「高精度測位社会」実現に向けた以下の屋内測位技術の研究を行う。

屋内測位技術動向の調査・研究／シームレス測位技術の調査・研究／屋内測位手法の特性・利用目的等の調査・研究／屋内測位における位置情報についての調査・研究／屋内測位技術に関連する講習会／実証実験等の実施／研究機関・測位機器メーカー・国内外の学会との連携／屋内測位技術の最新動向の把握 (部会長 牧野 秀夫(新潟大学))

## GNSS教育システム研究部会

大学教育により、企業にとってまたその海外展開にとって、有用な人材を育てるにはどうすれば良いか。以下の事項について検討する。

教育プログラムの作成／インターン・シップを通じて企業との連携・企業内技術者教育／海外教育機関とのコラボレーション(アジア・オセアニア)／海外展開・国際貢献の受け皿・発展途上国の学生の受け入れ／その他、教育・研修に関わる事項 (部会長 安田 明生(東京海洋大学))

## 航法安全技術研究部会

部会のテーマとして、GNSSの脆弱性、つまり干渉や妨害、ス

プーフィングの可能性や事例を検討するとともに、その対策技術に関する検討を行う。

(部会長 福島 荘之介(海上・港湾・航空技術研究所))

## 広報戦略部会

米国のGPSをはじめとする衛星航法システムは今や広く社会基盤として活用され、一般にも認知されることとなった。世界各国はその重要性を認識しており、ロシアはGLONASSの整備を再開し、欧州GALILEOや中国北斗、インドも独自の地域衛星測位システムNavICを構築した。一方で、我が国も準天頂衛星システムが2018年11月1日に正式運用が開始された。2023年を目途に、みちびき初号機の後継機を含め、7機体制の構築を目指すこととされている。このような状況において、測位技術、航法技術の啓蒙、若手育成・教育活動は必須で、本学会においても当然なされるべき最重点課題である。本部会において、戦略的に測位航法技術の広報、啓蒙、若手育成・教育のための助成活動等を行っていく。

主な活動内容は、以下の通りである。  
学生参加費等助成制度の運用／QZSS・GNSSロボットカーコンテスト支援／GPS/GNSSシンポジウムにおけるビギナーズセッション支援／雑誌「GIS NEXT」への寄稿  
(部会長 浪江宏宗(防衛大学校))

## 編集後記

世界的な新型コロナウイルス感染のため、大変な状況になっております。メディアからの情報によると、感染にはクラスタ化が良く生活も少しずつ戻さねばと思うのですが、コロナ感染の状況を見ると心配な状態が続いています。何れにしろ、コロナと上手く付き合うことを考えねばならず、良く見てよく考えて行動しその結果を又feedbackするという流れが続きそうです。

ところで、皆さんはいつごろからGNSSと言うのを意識されましたか？受信機を触ったのはいつから？・・・それなりの時間は経っているのでしょうか、最近では受信機と言う感覚はなく、スマホです。そして、先日、中国BeiDouは完成のための最後の衛星を打上げたという報道を出しました。

位置・時刻のついた情報の利用には、無限の可能性がありそうです。楽しもうではありませんか・・・。

ニューズレター編集委員長 峰 正弥

## 測位航法学会役員

(2018年5月17日～2020年総会まで)

### 会長

安田 明生 東京海洋大学

### 副会長

加藤 照之 神奈川県温泉地学研究所  
峰 正弥

### 理事

入江 博樹 熊本高等専門学校  
神武 直彦 慶應義塾大学  
澤田 修治 東京海洋大学  
柴崎 亮介 東京大学  
菅原 敏 (株)日立製作所  
曾我 広志 アクシス(株)  
高橋 富士信 横浜国立大学  
高橋 靖宏 情報通信研究機構  
瀧口 純一 三菱電機(株)  
細井 幹広 アイサンテクノロジー(株)  
浪江 宏宗 防衛大学校  
福島 荘之介 電子航法研究所  
松岡 繁 (一財)衛星測位利用推進センター

### 監事

小檜山 智久 (株)日立産機システム  
北條 晴正 センサコムコンサルティング

## 入会のご案内

測位航法学会は測位・航法・調時に関する研究開発・教育に携わる方、これから勉強して研究を始めようとする方、ビジネスに役立てようとする方、測位・航法・調時に関心のある方々の入会を歓迎いたします。皆様

の積極的なご加入とご支援をお願い申し上げます。

お申し込み：測位航法学会入会のページからお願いいたします。(http://www.gnss-pnt.org/nyuukai.html)

会員の種類と年会費：

正会員【¥7,000】

学生会員【¥1,000】 賛助会員【¥50,000】

法人会員【¥80,000】 特別法人会員【¥300,000】

特典：ニューズレターの送付(年4回)、全国大会・シンポジウムにおける参加費等の減免、MLによる関連行事等のご通知・ご案内のお問い合わせは：  
info@gnss-pnt.org お願いいたします。

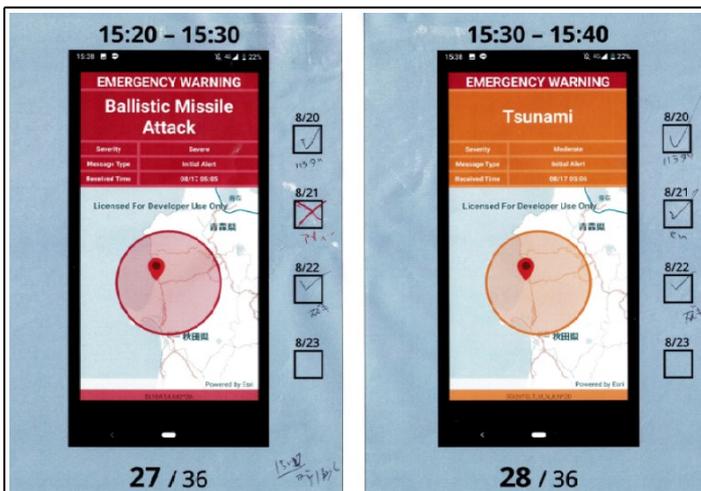


図1 実際の表示例(本文 P.9)



季刊雑誌「GIS NEXT」への寄稿連載(本文P.11)

広報戦略部会の活動

ロボットカーコンテストも主導。今年も出来れば良いですね。



次世代高精度衛星技術研究部会  
(2020/03/19・リモート参加も)P.10



ロボットカーコンテスト 2019 東京海洋大学グラウンド

**セイコーエプソン株式会社** **MARUWA** **小峰無線電機株式会社**  
 KOMINE MUSEN DENKI CO.,LTD.

**ENABLER** **SPACELINK** **快適空間** **NS Solutions** **SPAC**  
 Flexible Conversion

**NECソリューションイノベータ** **EU-Japan Centre for Industrial Cooperation** **Leica Geosystems**  
 日欧産業協力センター - when it has to be right

**構造計画研究所** **KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.**

**AmT** **ヤンマーホールディングス(株)** **FURUNO**

**JRC** **HITACHI Inspire the Next** **VIOS SYSTEM** **日本電気株式会社**  
**Hitz** 日立造船株式会社  
 Hitachi Zosen

**CORE CORE GROUP** **NTT data** **JRANSA** **Mar GPS** 特定非営利活動法人 海上GPS利用推進機構  
 GPSデータサービス株式会社 一般財団法人 航空保安無線システム協会

**WING over the World AISAN TECHNOLOGY** **MITSUBISHI ELECTRIC** **JENOB** **KOMATSU**  
 Changes for the Better ネットワーク型GNSSデータ配信サービス 株式会社 ジェノバ

**JSAT** **ALPSALPINE** **KODEN** **IDNTJ**  
 スカパーJSAT株式会社 宇田・衛星事業本部 株式会社 ジェノバ Koden Electronics Co., Ltd.

**GEOSUR**