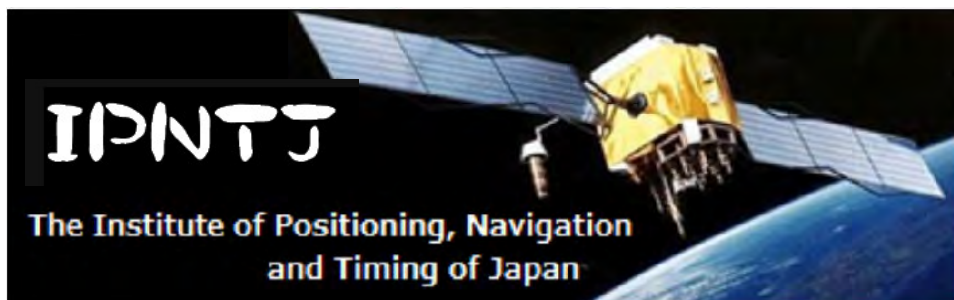


NEWSLETTER OF IPNTJ

測位航法学会ニューズレター Vol.XII No.3 2021年10月11日 IPNTJ



測位航法学会
ニューズレター
第XII巻第3号

目次

- P.2 Multi-GNSS Asia (MGA)による能力構築プログラム「RPD Challenge」のご紹介
小暮 聡
- P.3 みちびきから放送される災害・危機管理通報の統計
高橋 賢
- P.4 セプテントリオAsteRx-m3の紹介
ヤン・デターク
- P.6 ノンプロフェッショナル
～趣味の経緯儀～ 喜多充成
- P.7 研究室紹介 岡村浩一
- P.8 全国大会報告
セミナー① 坂井丈泰
セミナー② 久保信明
セミナー③ 川元智司
研究発表会セッション I 千葉 元
- P.9 セッション II 海老沼拓史
セッション III 入江博樹
- P.10 特別講演会
- P.11 イベント・カレンダー・編集後記
- P.12 本文中写真 法人会員

GPS/GNSS シンポジウム 2021

オンライン開催

10月27日(水)～29日(金)

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

参加登録締め切り: 10月25日(月)

- 10月27日(水)午前 スポンサー企業の事業紹介等
午後:セッション I GNSSの現状と将来構想
- 10月28日(木)午前
セッション II インドア・シームレス測位
セッション III GNSS 最新受信機の動向
- 10月28日(木)午後
セッション IV 測位補強システム
セッション V 測位応用システム
- 10月29日(金)午前 ビギナーズセッション
午後 研究発表会

特別法人会員



10月25日みちびき初号機後継機打ち上げ予定 <https://qzss.info/>



RPGチャレンジで「Grand Prize」を獲得したチームCULFEWの最終デモの準備の様子(バンコク・チュラロンコン大学敷地内にて)本文P.2

Multi-GNSS Asia (MGA)による能力構築プログラム「RPD Challenge」のご紹介

Multi-GNSS Asia議長 小暮 聡(正会員)

日頃からMulti-GNSS Asia(MGA)の活動にご支援頂きありがとうございます。MGAは、アジア地域での衛星測位技術の普及を目的として2010年にJAXAを中心として立ち上げた組織で、年に一度アジア・オセアニア地域の国々で、アジア地域からの参加者を招へいして開催してきました。



昨年は、MGAが活動を始めて10年目という節目の年でもありましたが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、これまでのMGAの活動をあらためて見直し、プログラムの一新を図ってまいりました。

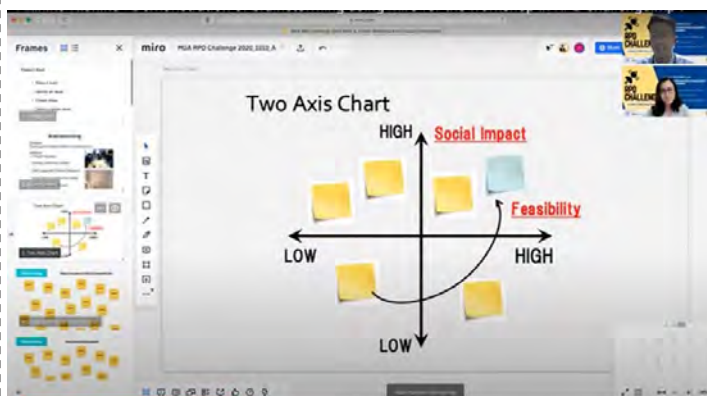
例年実施しておりましたオンラインによるMGA年次会合の開催は、延期を余儀なくされましたが、タイ国地理情報宇宙技術開発機関(GISTDA)との共催でMGAの活動の柱の一つでもあります人材育成プログラム“Rapid Prototype Development (RPD) Challenge”を、約1年間にわたりオンラインにて実施してまいりました。

MGA RPD Challengeは、単なるアイデアコンペを超えた実践的なハッカソンのプログラムで、参加者がチームと共に限られたリソースでプロトタイプを短期間で作り上げていきます。社会問題などをテーマに設定し、専門家からのアドバイスを受けながら、GNSSを活用した解決策を見出していきます。プログラムを通して、参加者や専門家などとの交流促進を図り、以下のような実施目的を掲げています。

- ◆ 準天頂衛星の利用促進
- ◆ 産官学連携
- ◆ GNSS技術やアプリケーションの認知度向上
- ◆ アジアのコミュニティとのネットワーク拡大
- ◆ 人材育成
- ◆ GNSS受信機を提供し、実際に手を動かせる機会を提供し、準天頂衛星システム、対応受信機やアプリケーションなどサービスの利用拡大を目指す

2020年度は、「津波、洪水の災害管理ソリューション」をテーマに、GNSSの専門知識のないプログラミング、アプリケー

ションのディベロッパー、衛星データアナリストなど、様々な専門性を持ったエンジニアが中心に約100名、日本をはじめとするアジアやヨーロッパからチームを組んで参加されました。GNSSの基礎技術講座から始まり、GNSS受信機を提供し、実際に手を動かしながらGNSSの理解を深めてもらい、各チームの専門性に、GNSS技術を加えたアイデアを構築、実証デモをプログラム最後に実施致しました。受賞チームによるアイデアはMGAのYouTubeサイトでもご覧頂けます。



慶応義塾大学チームによるSystem Design WSの様子
オンラインにて



チームJUNO最終デモの準備の様子



ウェブサイト: <https://www.multignssasia.com/>

Facebook: <https://www.facebook.com/multignss/>

YouTube: https://www.youtube.com/channel/UCnRbp4WOfQIYf_vcBFD1CLw?view_as=subscriber

1. はじめに

準天頂衛星みちびきは、3周波数帯にわたる測位信号のほかに、測位精度を高める3種類の補強信号を放送しています。その補強信号の一つであるL1S信号には、災害情報を伝達する災害・危機管理通報(DCR: disaster and crisis management report)メッセージが重畳されています。このDCRメッセージを効率よく受信することを目指して、そのデータの統計的調査をしました。



2. L1S信号と災害・危機管理通報メッセージ

現在、みちびきのL1S信号を受信できるマイコンは6,000円程度で入手でき、気軽に信号受信を試せます(図1)。



図1. L1S 信号を受信できるマイコン Spresense。アンテナも内蔵されていますが、改造して外部アンテナを使えるように

トのメッセージタイプ(MT)により区別されます。

DCRメッセージには、気象庁(JMA: Japan Meteorological Agency)形式のMT43と、その他形式のMT44とがあります。DCRメッセージは、4秒、または、それ以上の間隔をあけて伝送されることになっています。

気象庁形式のDCRでは、優先度として「最優先」「優先」「通常」「訓練」の4種類があり、また、情報種別として緊急地震速報などの12種類が定義されています。

3. L1S信号に含まれるメッセージ統計

ここで、L1S信号に含まれる補強メッセージとDCRメッセージの統計を求めます。期間は、2020年9月1日から2021年8月31日までの1年間です。自らの受信機によりデータ収集を行うことも可能ですが、ここではみちびきアーカイブ(<https://sys.qzss.go.jp/dod/archives/slas.html>)を利用しました。解析プログラムを作成して求めた統計を表1にまとめます。

最も多く放送されたメッセージは、衛星からユーザに至る観

表1 期間2020年9月1日から2021年8月31日までのL1S信号に含まれるメッセージ統計

メッセージ名	メッセージ数とその割合
JMA DCR	7,831,102 (24.8%)
Other DCR	52,571 (0.2%)
Monitoring station info.	525,589 (1.7%)
PRN mask	1,051,177 (3.3%)
IOD information	1,051,175 (3.3%)
DGPS correction	13,665,309 (43.4%)
Null message	7,358,403 (23.3%)

測距離を補正するDGPS(differential GPS)correction補強メッセージでした。それに次いで多く放送されたメッセージは、気象庁形式のDCR(JMA DCR)と、無情報のNull messageであり、それぞれ全体メッセージ数の4分の1を占めました。DCRメッセージは、上限に近い頻度で放送されていたといえます。

4. 気象庁形式メッセージの統計

しかしながら、ユーザの受信失敗による情報欠損を防ぐために、JMA DCRでは、同一内容メッセージがくり返して放送されます。また、高優先度メッセージは、より短い間隔で再送されることになっています。

そこで、上述の期間でのメッセージ履歴を求めたところ、独立したJMA DCRメッセージ数は33,598しかなく、再送回数は2回から1,000回以上まで広く分布していました。1度しか放送されなかったメッセージも4,497だけありました。同一メッセージの平均再送間隔(interval)に対する同一メッセージ数(occurrence)を図2にプロットします。ここでは一例として、優先度が優先であるものに限定しました。

平均再送間隔が、再送回数に大きく依存せずに、離散化されていることから、かなり強力にメッセージ送出順序制御がなされているといえます。再送回数が広く分布するのに対して、多くのメッセージが60秒以内に再送されたことがわかります。ここには示しませんが、平均再送間隔の累積分布から、優先メッセージの約半数が平均再送間隔10秒以内に再送されていました。また、優先メッセージの約半数は200回、再送されました。優先メッセージに着目するとき、例えば12秒間だけ受信機を動作させ、続く48秒間だけ受信機を休眠する動作をくり返す間欠受信を行い、その平均消費電力を軽減することも考えられます。

5. まとめ

みちびきから放送されるDCRメッセージの統計を調査しました。DCRメッセージは上限に近い頻度で放送されたこと、同一メッセージの再送回数が広く分布したのに対してその平均再送間隔は離散化されたこと、また、12秒間の受信で約半数の優先メッセージを捕捉できることがわかりました。

受信失敗を考慮したDCRメッセージ受信方法、効率的な受信方法などを検討してゆきたいと考えています。

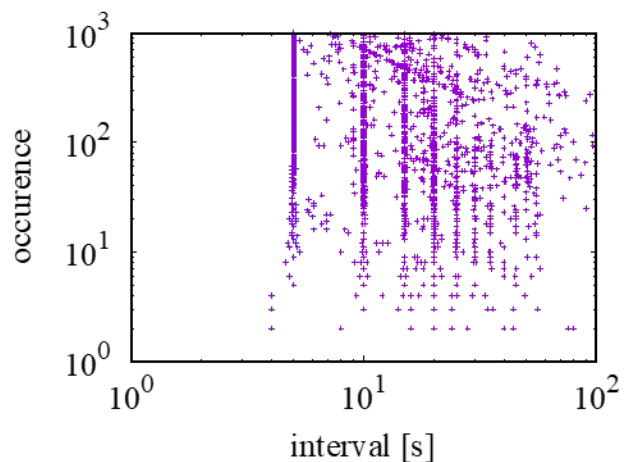


図2. JMA DCRの優先同一メッセージの平均再送間隔に対する再送回数

事務局注:DCRについては、最近の実験として嶋津恵子氏によるレポートがニューズレターVol.XI, Mo.2, P.9~10, Vol.X, No.1, P.2~4およびMo.2, P.4~5に掲載されています。

セプテントリオ社のAsteRx-m3の紹介

セプテントリオ株式会社 ヤン・デターク(正会員)

1. はじめに

弊社の最新GNSSプラットフォームAsteRx-m3(図 1)を紹介します。次に、AsteRx-m3をベースにした派生製品をカテゴリー別に紹介します。最後にAsteRx-m3を用いて、横浜みなとみらいでの走行実験データを紹介します。

2. AsteRx-m3

弊社はこれまで、2つのOEMボードを用いて来ました。AsteRx-4は8バンド受信機で、ハイエンド製品(PolaRx5とAsteRx-U)に使われています。またAsteRx-m2(a)は小型の4バンド受信機で、主に組み込み用に販売されています(ドローンやロボットなど)。新機種AsteRx-m3はAsteRx-4の機能と性能を持ちながら、消費電力とサイズはAsteRx-m2と同じです。

それを可能とするキー技術は新たに開発した4バンドRF ASICです。このASICと従来のベースバンドASICを2個ずつ利用し、小型な8バンド受信機を作りました。さらにこの新しいRF

ASICはバンドの設定が変更できる仕様になっており、同じHWで複数の構成が可能となりました。それによって、L-bandやL6/E6から放送される補正データサービスに柔軟に対応できるようになりました。同仕様のRF ASICは、すでにGNSS小型モジュールシリーズmosaic™に採用されております。

AsteRx-m3のSWやHWのI/FはAsteRx-m2(a)と下位互換性を持っており、AsteRx-m2(a)をご利用中のお客様がスムーズにAsteRx-m3に移行できます。

もう一つの重要な変更点は、IMUセンサーの搭載です。従来のAsteRx-m2の場合はIMUセンサーがI/Fボードのみに搭載可能でしたが、AsteRx-m3ボードに直接IMUセンサーを実装できるようになりました。これにより、INSシステムのコストと重量の削減が可能となります。

またAsteRx-m3のリリースにあわせて、I/Fボードもリニューアルいたしました。製品名はロボティクス・インタフェース・ボードです(RIB)。USBやシリアルに加えて、Ethernetインタフェース

も利用可能です。表1はAsteRx-m3とその他のプラットフォームの比較です。



図1 セプテントリオ社の新しいGNSSプラットフォーム - AsteRx-m3



図2 ロボティクス・インタフェース・ボードにより AsteRx-m3 の Ethernet、USB、Serial などに容易にアクセスできます。

3. AsteRx-m3 派生製品

3.1 SW 構成 : AsteRx-m3 Base, Pro と Pro+

表2のAsteRx-m3 Base はベース局専用の受信機です。AsteRx-m3 Pro はローバー専用です。出力は10Hzまでとなっています。AsteRx-m3 Pro+ではすべての機能(ベースおよびローバー)が有効です。2アンテナ方位も可能で、更新レートが100Hzまで設定できます。

3.2 高精度補正データ対応機種

AsteRx-m3は標準のRTK/VRS対応に加えて、いくつかの高精度サービスに対応する機種もあります。表3をご参照ください。弊社の狙いとしては二つあります。

1)お客様のアプリ

表1セプテントリオ社GNSS受信機のプラットフォーム比較

ボード名	AsteRx-m3	mosaic™	AsteRx-4	AsteRx-m2(a)
GNSS バンド	8 (プログラム可)	4 (プログラム可)	8 (固定)	4 (固定)
チャンネル数	544	448	544	448
対応信号	L1/L2/L5/L6	L1/L2/L5/L6	L1/L2/L5/L6	L1/L2/L5
対応衛星	GPS/QZSS/Glonass/Galileo/BeiDou/NavIC/SBAS, AsteRx-m2(a)は BeiDou-2 のみ			
RF	ASIC (2)	ASIC (1)	Analog	Analog
ベースバンド	ASIC (2)	ASIC (1)	ASIC (2)	ASIC (1)
2 アンテナ方位	可	可 (L1/L2 のみ)	可	可 (L1/L2 のみ)
寸法/重量	47.5x70x9.3 mm 27 g	31x31x4 mm 6.8 g	76.4x100x11.0mm 55 g	47.5x70x9.3mm 28 g
消費電力	0.7 ~ 1.0 W	0.6~1.1 W	1.6 ~ 3.0 W	0.77 ~ 1.05 W
ANT 接続	2 x MMCX	2 x パッド (実装)	2 x MMCX	2 x μFL
IMU センサー	GNSS ボード実装 又は外部センサー	(開発中)	不可	外部センサーのみ
I/O 接続	DF40 ヒロセ	LGA239 表面実装	SFM-140-02-SM-D	DF40 ヒロセ
HW I/F	Serial LVTTTL(x4), USB(+2 Virtual Serial COM), Ethernet, Event Input(x2), xPPS, SDIO (logging), GPIO			
SW I/F	CLI, WebUI, NTRIP(Client, Server, Caster), FTP Server/Push, SFTP, RxTools			
補正データ	RTCMV2.x, RTCMV3.x (MSM メッセージを含む), CMR v2.0 および CMR+			
出力データ	NMEA 0183, V3.01, V4.0, Septentrio Binary Format(SBF)			
動作温度	-40℃ ~ +85℃			
振動/規格	MIL810-G (AsteRx4 除く), RoHS, WEEE			

ケーションや展開地域に最適な補正データサービスを提供すること。

2)補正データサービスを受信機に内蔵することで、お客様の時間を省くこと。

みちびきのCLASサービスは2019年からAsterX-UとAsterX-4でサポートをしております。2022年1月にAsterX-m3 CLASもリリースします。すべてのCLAS対応受信機にはCORE社のOSR2SSRライブラリーを利用させていただいております。仕組みは図3をご参照ください。AsterX-m3はCLASにより補正される17機の衛星をすべてサポートします。

4. INS製品

GNSS信号が一時的に遮断されるアプリケーション、または移動体の3D姿勢情報が必要なアプリケーションのためにIMU付AsterX-m3を開発しました。2つのセンサーをサポートしております。表4をご参照ください。両センサーは性能面では遜色ないですが、ADIS16505はOEMボードに実装できるのでコスト面で有利です。Ellipse 2 Microはケーブルを用いて受信機と設置場所を切り離すことができます。この手法は電子部品が密集するドローンではよく利用されます。

方位は2アンテナによって初期化時間が短縮され、低速でも高精度を保ち、磁場にも影響されません。

5. 筐体型受信機

今後のすべての筐体型受信機にはAsterX-m3が内蔵される予定です。AsterX SB3(GNSSのみ)やAsterX Sbi3(INS)はリリース済みです。来年はAsterX U3(セルモデムおよびUHF内蔵)とAntaRx(アンテナ一体型)をリリース予定です。

6. 横浜みなとみらいの走行実験

2020年にリリースされたFW(V4.8)はBeidou3のすべての衛星をサポートしています。今年6月にリリースされたFW(4.10)ではQZSSも測位対象衛星に加わりました。QZSS衛星は少ないがGPS衛星として扱えるので、一個の衛星でもRTK解に加えることができます。

QZSSやBeidou3の効果を示すために、横浜みなとみらいの高層ビルエリアで走行実験を行いました。9月11日の午前9時～11時で取得したデータです。J01はUnhealthy状態だったので、事実上J03のみ(一部

J07も)利用しております。

車で3周のデータを取得して、後処理SWでそれぞれの構成のFix/Float率と平均/最大衛星数を求めました。QZSSを加えることで、ほぼ常にJ03がPVT演算に含まれております(2周目95.5%、3周目99.8%)。

全衛星を使うことで、高層ビルが立ち並ぶエリアでも高いフィックス率が可能となりました。特

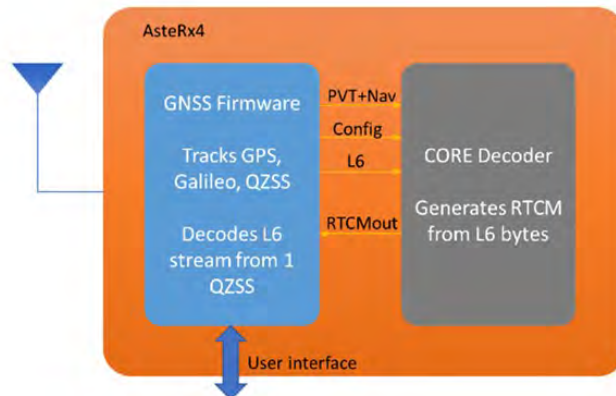


図3 弊社受信機FWとCORE社OSR2SSRライブラリーの連携

表2 AsterX-m3のソフトウェア構成一覧

製品名	AsterX-m3 Base	AsterX-m3 Pro	AsterX-m3 Pro+
対応衛星/信号	GPS: L1 C/A, L1C*, L2C, L2P, L5; QZSS: L1 C/A, L1C*, L2C, L5; Glonass: L1 C/A, L2C/A, L3; Beidou: B1I, B1C, B2a, B2I, B3I; Galileo: E1, E5a, E5b, E5 Altboas(AsterX-m3 Proは除く); Navic: L5: SBAS		
RTK	×	○	○
RTCM出力	○	×	○
ムービングベース	×	×	○
更新レート	10Hz	10Hz	100Hz
データロギング	○	×	○
xPPS	×	×	○
2アンテナ方位	×	オプション	○

表3 AsterX-m3の高精度補

製品名	AsterX-m3 Sx	AsterX-m3 CLAS	AsterX-m3 Marine FG
補正データ技術	PPP-RTK	PPP-RTK	PPP
デリバリー	L-band + NTRIP	L6	L-band + NTRIP
エリア	北米+欧州	日本+近海	全世界
契約	不要	不要	要(お客様+ Fugro社)
提供期間	5年間	—	—(契約次第)
初期化時間	≤ 60秒	≤ 60秒	20分
精度 (2σ)	≤ 10cm	≤ 12cm	≤ 8cm
リリース時期	リリース済み	2022年1月(予定)	2022年1月(予定)

表4 AsterX-i3のINS機種

製品名	AsterX-i3 D Pro	AsterX-i3 D Pro+	AsterX-i3 S Pro+
対応衛星/信号	GPS: L1 C/A, L1C, L2C, L2P, L5; Glonass: L1 C/A, L2C/A; Beidou: B1I, B2I, B3I; Galileo: E1, E5a, E5b, E5 Altboas (AsterX-i3 D Proは含まず。); SBAS		
IMUセンサー	ADIS16505-2	ADIS16505-2	Ellipse 2 Micro
センサー搭載	GNSSボード(実装)	GNSSボード(実装)	RIB(実装またはケーブルで引き出し可)
生データ出力	×	○	○
車速入力	○	○	○
ロギング	×	○	○
2アンテナ方位	×	○	○
精度(RTK)	方位	デュアルアンテナ: 0.15°/シングルアンテナ: 0.2°	
	ピッチ/ロール角	0.02°	
精度GNSS遮断時	水平(遮断秒数)	0.1m(5秒) → 0.3m(10秒) → 3.0m(30秒)	
	垂直(遮断秒数)	0.03m(5秒) → 0.05m(10秒) → 0.24m(30秒)	

にモバイルマッピングシステムにメリットが高いと思われます。Beidou3を完全にサポートする商業的なRTK補正データサービスの登場に期待します。裏表紙にみなとみらい周辺の全衛性を使った2周目の受信状況のルート図を右表に衛星利用時の受信状況統計値を示します。

7. 終わりに

数年に一度しかない新しいOEM受信プラットフォームAsterX-m3とその派生製品を紹介しました。あわせて全衛星型RTKを利用した走行実験を行いました。

使用衛星	フィックス/フロート率(%)	RTK 衛星数 (平均/最大)	データ取得
GPS/GLO	9.3/37.3	6.4/9	1 周目-後処理
GPS/GLO	13.9/37.5	7.0/11	2 周目-後処理
GPS/GLO/GAL	18.2/32.8	8.4/12	1 周目-後処理
GPS/GLO/GAL	36.4/24.2	9.2/14	2 周目-後処理
GPS/GLO/GAL/BDS2	65.1/21.1	10.4/20	1 周目-後処理
GPS/GLO/GAL/BDS2	49.0/37.1	11.5/21	2 周目-後処理
GPS/GLO/GAL/BDS2&3(C1-37)	78.5/11.0	12.4/22	1 周目-後処理
GPS/GLO/GAL/BDS2&3(C1-37)	72.2/16.0	13.7/24	2 周目-後処理
GPS/GLO/GAL/BDS2&3(C1-63)	86.5/3.9	15.8/31	1 周目
GPS/GLO/GAL/BDS2&3(C1-63)/QZS	92.2/6.0	13.2/25	2 周目
GPS/GLO/GAL/BDS2&3(C1-63)/QZS	96.81/2.78	16.7/29	3 周目

ノンプロフェッショナル～趣味の経緯儀～

科学技術ライター 喜多充成(正会員)

ノンプロフェッショナル 趣味の経緯儀

“GNSS”や“RTK”に#ハッシュタグを付けて検索してみると、趣味として高精度測位技術に関わり、楽しみながら試行錯誤する様子をSNSで発信する方々に出会えます。そうした皆さんはどんなバックグラウンドをお持ちで、どういう必要性から関わるようになったのか？ 手間と時間を費やすトライアルの中で困難に感じたことがあったとすれば、どのような点か？ GNSSや高精度測位に関わる仲間を増やす上で有益な示唆が得られるのではないかと思います、コンタクトしてみました。

* 北海道恵庭市で農業を営む大井泰徳さんはガレージに2周波対応のRTK基地局を設置し、耕作・施肥・播種などに使うトラクタの操舵支援に役立っています。農地24haは、地元では中規模農家とのことでした。

「子供の頃はラジオを分解したりするのが好きで、高校卒業の90年代後半からインターネットにハマりました。ハードやソフトの知識は以来、独学で身につけたものです。

北海道の農家にとって、トラクタの操舵支援は不可欠の装備となっています。たとえば薬剤散布のアームは長いもので30m。それだけの幅を漏れも重複もなく目測で往復運転するのは、ほぼ不可能です。もちろん数百万円出せばシステムは入手できますが、ネット上には“神々”が作ったソフトや先人たちの苦勞の跡が惜しげもなく公開されており、まるで北極星のように“この方向に進めばたどり着けるよ”と行き先を示してくれています。

冬の農閑期にダメもとでチャレンジし、春からうまく動いてくれれば、『ひと冬で数百万円儲けたのと同じだ！』というのが動機ですが、仕事にも役立つことを言い訳に、趣味に勤しんでいるだけかもしれません(笑)」とコメントしてくれました。

* GNSS・QZSSロボットカーコンテストで過去2回の優勝経験を持つTeam Katyのコナダさんにもお話を伺う機会がありました。2020年コンテストでは最新ラジコン機に搭載したF9Pにコード測位しかやらせないという、一見もったいない使い方をされていましたが、しかし爆走という目的実現にはそれが正解だったことを投稿の高速ドリフト動画で証明された方です。

本業はPA(プロセス・オートメーション)ベンダーの制御系エンジニアで、現在は技術統括に関わる立場。リソースと技術に幅広く目配りしながら複雑なシステムを仕上げるお仕事に関わっておられるようです。

GNSS技術と本業の接点は「ほとんどない」とのことでしたが、趣味としての取り組むGNSSロボットカーは格好のテーマであり、ご自身の年間スケジュールには、コンテスト開催に合

わせた研究・試作・本番のサイクルがだまかにできあがっているようです。「過去の大会では、本番3日前になって息子に走行制御プログラムのダメ出しをされ、ぜんぶ書き直された(笑)」と嬉しそうに語っておられました。拡大解釈すれば、GNSSが親子のコミュニケーションツールにもなっているわけで、ツールや技術の使いどころを心得ておられる方とお見受けしました。

* GNSS受信技術に関するブログを開設している堂込(どうごもり)健一さんからも、メールでコメントを寄せていただきました。

きっかけは、勤務先でGNSS/RTK関連機器の開発を命じられたことでした。知識ゼロから1人でのスタートだったので市販参考書やWebの情報、論文などを読み漁り、そうこうするうち高須先生の「RTKLIB」とu-blox社の受信モジュールが優れていると分かり、その組み合わせで開発を進めました。

また、ある程度の知識を得たところで個人的にもやってみたくなり、秋葉原で機器を購入しRTKに挑戦。安価な受信モジュールでも高精度測位ができることを確認しました。「高級な機材を使わなくてもできてしまった！」点に興味を覚えましたし、趣味ではまだ誰もやっていない分野であることも、大きなやりがいを感じられた理由かもしれません。

もともと以前の勤務先が無線機メーカーで、ラジオ受信・BCL・アマチュア無線などを趣味としていました。仕事と趣味との垣根もほとんどないタイプだったので、無線と隣接する分野であるGNSSに抵抗感はありませんでした。いっぽうで「ハードルが高いな」と感じたところは、やはりアカデミックな領域でしょうか。仕事として関わるからには、理論をもある程度は理解する必要があります。GNSS/RTKの分野は非常に難解で、仕事として使いこなせるようになるまでかなり苦労しました(特にカルマンフィルタのあたりは今でもあまり理解できていません…)。趣味として気楽に楽しめた一方で、仕事としては苦痛な部分も感じていました。その後、GNSS機器開発は会社の都合で中断となり、現在に至っております

以上、3名の方のコメントをご紹介しました。「敷居が低く、間口も広く、奥行き深い技術分野」としてアピールしていければ、もっと多くの方々に認知していただけるのではないかと思います。感触を持ちましたが、みなさんはいかが思われたでしょうか？

※表題はNHKの人気番組「プロフェッショナル～仕事の流儀～」をリスペクトしてのもです。

本校専攻科は、主に工業高校を卒業した学生が、更に2年間ものづくりに関する専門的な教育を受ける専攻課程です。本校専攻科は、2017年に全国で初めて公設民営化されており、愛知県から指定管理法人として名城大学が選定され学校運営を行っています。ものづくり愛知の将来を担うスペシャリストとして、生産現場の牽引役となる人材の育成を目指しています。本校専攻科は、ものづくりの現場等で活躍する企業経験者や高度な技術・技能を持った人材を多数教員に登用しており、私も航空宇宙産業のエンジニアリング企業出身の教員で、本年で3年目になります。

本校専攻科では、1年生・2年生がそれぞれ、週に1回、丸1日(4コマ)を使い、1年間あるいは2年間で、各種のものづくりに関する研究や実習を行う総合実習という授業があります。私は、その総合実習で、1年生の「CANSATの研究と実践」と2年生の「GNSSロボットカーの研究と実践」を指導しており、GNSS測位により自律走行する移動体の制御を教えています。学生達は、総合実習の成果として、CANSAT競技やGNSSロボットカー競技に参加し入賞することを目指しています。



本校専攻科玄関前にて 筆者:後列左端

CANSAT(缶サット)競技は、航空宇宙技術の教育を目的とした飲料水の缶サイズの小型模擬人工衛星が名称の発祥ですが、毎年秋田県で開催される能代宇宙イベントや鹿児島県で開催される種子島ロケットコンテスト等の国内競技では、気球やマルチコプターで地上約50mから投下した缶サイズのローバーを、パラシュートにより軟着陸させた後、ゴールに向かって自律走行させて到達精度を競います。

GNSSロボットカー競技は、皆さんご存じのとおり、測位航法学会が主催するコンテストです。現在、我々は自律走行させるためのコントローラをScilab/Xcosを使ってモデルベース開発(MBD)しており、10月にリモート開催される大会への初参加を目指しています。

CANSATおよびロボットカーは、3Dプリンター、プリント基板加工機、レーザー加工機、旋盤等の学内のいろいろな工作機械を使って製作しており、本校専攻科内の先生方に指導や協力をしていただきながら進めることができます。先生方には本当に感謝しています。今後も、ものづくりのリーダーを目指す学生の教育に、企業での経験や大学での研究経験を役立てたいと考えています。皆様、今後ともよろしくお願いいたします。



GNSS ロボットカー実習



CANSAT 実習

2020 年度 ロボットカー・コンテスト出場車

東京電機大学チーム



測位航法学会オンライン全国大会報告

今年の全国大会もコロナ禍で、6月23日～25日まで、Zoomを用いてのオンライン開催となりました。23日は初学者向け、24日目は中級者向けセミナーで、25日目は研究発表会と特別講演会を開催しました。参加者数は総じて、概ね100名を若干下回っていましたが、100名を超えることも度々ありました。以下、セミナー講師の方々、研究会の座長の方々に、概要をご報告をお願いしました。今年はXformを使ってアンケートを実施しましたが、ほとんどが高評価でしたが、一部厳しいご意見も頂きました。今後の反省点とさせていただきます。

セミナー①GPS/GNSSの基礎と高精度測位技術 電子航法研究所 坂井丈泰

昨年度と同様に、全国大会の初日に標記セミナーを行いました。内容としては、GPSの基本的な仕組みから測位誤差の要因、ディファレンシャル測位といったところで、新しくこの分野に取り組んでいただく方々を対象として想定しています。



このセミナーは仕組みの説明が多いのですが、最後には最近の話題として、準天頂衛星システムやその他各国の新しい測位システムについても説明しています。必ずしも読みやすい資料ではなかったと思いますが、このセミナーをきっかけにGPS/GNSSの分野を深めていただければ幸いです。

昨年もそうでしたが、今回も節目で多数の質問をいただき、当初考えていたよりも十分なコミュニケーションができたかと思っています。みなさまの協力のおかげで順調に進めることができました。長時間にわたり聴講いただいたみなさま、特に質疑をさせていただいた皆様、ありがとうございました。

セミナー②ソフトウェアGNSS受信機の基礎 東京海洋大学 久保信明

全国大会の二日目、6月24日午前中に標記セミナーを行いました。内容としては、GPSの信号の基本的な仕組みから信号捕捉、信号追尾、観測値の出力そして測位演算までで新しくこの分野に取り組んでいただく方々を対象に想定したものです。



測位演算部は高須様のRTKLIBセミナーや坂井様のセミナーでなじみの方が多いのですが、ソフトウェアGNSS受信機はこれまでもセミナーが開催されているものの、なかなか研究発表の少ない分野でした。

実際には受信機メーカーに任せてしまえばよい部分ではあるのですが、信号処理部は測位演算に必要な擬似距離や搬送波位相の精度に直結しており、できれば自分の中で理解しておきたい部分ではあります。

また現在も課題とされているマルチパス誤差の低減や、慣性センサーとの統合などもソフトウェアGNSS受信機の動作を理解していると、より深い研究が可能となります。

実際のセミナーは3時間半でしたので、興味を少しでももっていただけるよう概要を説明しました。

私自身も受信機の動作を完全に理解しているわけではなく、関連の教科書やこれまでのセミナーの内容も踏まえたセミナーとしました。オンラインで話している間は一方通行となりますので、多数の質問をいただければよかったのですが、セミナー中で質問ができなかった方も今後でも結構ですのでいつでもご連絡ください。

また、私と千葉工大の鈴木先生、中部大の海老沼先生で、近いうちにソフトウェアGNSS受信機の教育用ソフトを汎用のフロントエンドとMATLABで構築する予定です。関係のある大学の先生方は、ぜひ興味のある学生をご紹介頂けますと幸いです。

企業や研究機関の方より、実践的な課題を頂く予定でして、それら課題に対応すべく2-3年かけて学生にその道のプロへ成長してもらいたいと考えております。

最後になりましたが、このセミナーをきっかけにGPS/GNSSの分野についてはソフトウェアGNSS受信機への関心を深めていただければ幸いです。

オンラインセミナーとなりましたが、学会関係者、みなさまの協力のおかげで順調に進めることができました。

聴講いただいた皆様、特に質疑をさせていただいた皆様、大変ありがとうございました。

セミナー③衛星測位を支える基盤インフラ —国家座標と電子基準点—

国土地理院 川元智司

全国大会2日目に標記セミナーを行いました。衛星測位において位置を記述する基準である測地基準座標系について、その役割、観測を含む構築の仕組みや、国内においても国際的な位置の基準に基づいて国家座標が整備され、地殻変動補正等の仕組みや電子基準点等によってそれが支えられていることについて解説したものです。



測地基準座標系と言っても、普段の生活に関係ないものに思えるかもしれませんが、例えば衛星測位で得られる位置を実際の地図の上に示すにはどうすればよいか想像してみると、位置を表すための基準を共通のものとしておく必要があると分かります。日本国内の位置の基準は三角点や水準点等の基準点の座標値となりますが、このような座標を国家座標と呼んでいます。地図もこの座標値に整合するように作成されています。

まず、国際的に標準となる測地基準座標系が必要であること、それを構築するためには地球の正確な形状や動きを測る必要があることを説明しました。そのためには、国際協力により世界中で測地観測を行うことが必要で、GNSS、VLBI、SLR、DORISの4つの宇宙測地技術が用いられています。このようにして構築される世界標準の測地基準座標系はITRFと呼ばれています。ここで挙げた4つの宇宙測地技術にはそれぞれ長所・短所があり、GNSSのみでは高い精度のITRFは構築できません。そして、現在では各GNSS衛星の軌道情報もできるだけITRFと整合するよう調整されており、ITRFは衛星測位の結果を整合させる基盤となっていることを紹介しました。

次に、日本国内の位置の基準について説明しました。いわゆる国家座標は測量法によって位置の基準が規定され、ITRFと整合するよう決定されています。しかし、日本は地殻変動が活発で、衛星測位で得られる位置に対して地殻変動の影響の補正を行う必要があります。これを実現するためのインフラが国土地理院の運用する電子基準点で、日々の座標値を算出することで地殻変動監視に用いられています。そして、衛星測位で得られる座標値から国家座標と整合した緯度、経度、標高への換算は、電子基準点によって得られた地殻変動補正パラメータと、国土地理院が整備しているジオイドモデルを用いることで可能になることを紹介しました。

本セミナーで国家座標・測地基準座標系をテーマに扱ったのは今回が初めてだと思いますが、100名近い聴講があり、多数のご参加に感謝いたします。衛星測位の結果を国家座標・測地基準座標系に高精度に整合させるといった観点も改めて意識し、今後の研究・開発に役立てていただければ幸いです。

研究発表会セッションーⅠ 報告 6月25日(金)

大島商船高専 千葉 元

第一セッションでは、7件の研究発表が行われた。GNSSの高精度測位を利用した、農機誘導、地すべり検知、船舶衝突防止、障害者の位置把握等を目的とした具体的な取り組み事例、また都市部の移動体における受信精度の向上、妨害電波対策等の取り組みが紹介されている。



途中、通信トラブルで、一部、発表順序を入れ替えて頂く事態があったが、全体の発表及び質疑応答は、チャットでの各種フォローもあり、おむね順調に行えた。以下に、各発表の発表者と概要を示す。尚、4.~7.の発表は学生会員による発表であった。

1. CLAS を利用したスマート農業 ~ 大豆播種編

岩城善広(岩城農場)

栽培面積35ヘクタールの農場におけるトラクター等の農機への高精度衛星測位の農業用ガイダンスシステムの導入事例で、CLASを利用した大豆の播種作業が動画で紹介された。RTK 測位と比較して構成がシンプル、かつ設定が容易である、CLAS にて、農作業では十分な精度が得られることが確認できた。

2. 災害派遣医療チーム及び視覚障害者用位置把握の基礎研究

—2アンテナ式GPSとQZSS・CLARCS実験結果—

牧野秀夫(新潟大学)

大規模災害発生時における災害派遣医療チームの動態把握等が目的である。ここで、準天頂衛星からの補強信号をもとにSPAC+により開発された補正データ配信システム(CLARCS)及び2アンテナ式GPSによる方位検出を試みている。屋外実験にて、歩行軌跡と進行方位の取得状況を地理情報システム(GIS)上で確認している。

3. 小型船舶の衝突警告支援に必要なスマートフォンによる情報の精度

齊藤詠子(海上技術安全研究所)

近年普及が進むスマートフォンは、その機能を活用することで、小型船舶を対象とした新たな衝突警告支援システムと

して利用できる可能性がある。このため、航行中の2隻の小型船舶にスマートフォンとGPSコンパスを搭載して実海域実験を行い、衝突警告の支援に必要な通信時間、位置・進路・速力の精度を分析している。

4. GNSS搬送波位相測位を用いた広範囲地すべり観測手法の初期検証結果

宇佐美拓真(静岡大学総合科学技術研究科)

地すべり現象の検知と観測を目的として、200m四方ほどの広い範囲の土地の地すべりを、低価格GNSS受信機を用いたGNSS搬送波位相測位によって観測する手法を提案し、その初期検証結果を報告している。ここで、簡易GNSS観測局を用いたモニタリングで、地すべりブロック間の変位を数mm精度で観測できる可能性を示した。

5. 微小変位計測におけるGNSS機器の検討

菅谷海地(茨城工業高等専門学校)

地すべり地帯における高精度の地表面変位計測を行うため、GNSSの測位誤差の周期的な再現性と観測時の衛星の組み合わせに注目し、地表面変位計測の精度向上を目的とした誤差補正法を検討している。この誤差補正システムの開発に向けて2種類の低価格受信機を使用し、誤差補正を行った際の性能を評価している。

6. 2つのアンテナで同時に2つのRTK測位を行った実験結果について

和田山晃平(東京海洋大学)

衛星からの電波の遮蔽が多く発生する都市部において、自動車での移動時等における安定的なGNSS測位を目的として、移動側に2つのアンテナを設置して同時に計測を行い、それらで補完し合うことでFIX率及び測位精度の向上につながることを検討した。実際に走行実験を行った際の、FIX率の改善効果が示されている。

7. 耐スプーフィングに向けたアレーアンテナによる信号到来方向推定に関する研究

芝田淳之介*(大阪府立大学大学院 工学研究科)

GNSS は、妨害電波、特にスプーフィング(なりすまし)を受けた場合は、正常測位に大きな障害となり、このため、受信した信号がスプーフィング信号であるかどうかを検知する必要がある。本研究はスプーフィングの検知に向けて、信号到来方向推定手法の1つであるMUSIC 法を実衛星信号に適用して方向推定を行い、その有効性を確認している。

* 最優秀学生研究発表賞受賞

研究発表会セッションーⅡ 報告

中部工業大学 海老沼 拓史

第二セッションでは4件の研究発表が行われた。

8. MATLAB/Simulinkによる教育用ソフトウェアGNSS受信機のモデルベース開発

鈴木太郎(千葉工業大学)

MATLAB/Simulinkを用いて機能ブロックを結線することでソフトウェアGNSS受信機を構築できる新しいモデルベースの開発手法が紹介された。従来のコードベースのソフトウェア受信機よりも視覚的に構造を理解できることから、教育用として期待できるアプローチである。



9. GNSS時刻同期信号を利用したFPGAによる音響信号取得システムの構築

吉田和樹(芝浦工業大学)

GNSS受信機による精密時刻同期を利用した音源位置推定システムの2機による時刻同期実験の結果が報告された。実験室内で2台並べてチャープ波入力を48kHzでサンプリングした計測では、1サンプル以内の時刻同期が確認できた。今後の屋外における高精度音源位置推定が期待される。

10. 多方向IMUステレオによるVisual Odometryの性能検証

斎藤一葉(芝浦工業大学)

IMUを搭載したステレオカメラを用いたVisual SLAMによる位置姿勢推定の性能検証について報告された。ループ閉じ込みによるフレーム間の急激な自己位置推定の変化を補正することで、直交3軸方向に向けられた3台のIMUステレオカメラにより2cmの位置推定精度を実現した。

11. 水上レーザー計測による都市河川マッピングにおける課題整理

中川雅史(芝浦工業大学)

自律航行型船舶による水上空間のMobility as a Service (MaaS)の実現に向けて、RTK-GNSSとレーザースキャナによるSLAMによる自己位置推定実験の結果が報告された。神田川および日本橋川を対象とした観測実験では、GNSSとSLAMによるそれぞれの課題が明確となった。これらの組み合わせや、船舶モータの回転数などの利用により、水上空間におけるより安定した自己位置推定が期待される。

研究発表会セッションⅢ 報告

熊本工業高専 入江博樹

このセッションでは、4件の発表があった。質疑応答でも活発な議論が行われた。またチャットでも有益な情報提供があるなど、オンラインを有効に活用した研究発表会となった。

12. GNSS for Dynamic Road Pricing

Dinesh Manandhar (東京大学)

有料道路での通行料金の課金システムにGNSSによる位置情報を利用する方法が紹介された。さらに、このシステムには位置情報のなりすましによる不正を防止するためのシステム(DRP System; Dynamic Road pricing System)を備えており、独自アプリを搭載した受信機を用いた検証実験やシミュレーションによりその有効性が示された。

13. GPS信号を用いた月測位衛星の自律的な軌道決定及びクロックバイアス推定

飯山 敬大(東京大学 航空宇宙工学専攻)

月面での衛星測位システムに先立ち、月周回衛星の精密位置決定に地球を周回するGNSS衛星からのサイドローブによる地球裏側への漏れ電波を利用するアイデアが紹介された。月周回軌道の設計条件が示され、GPSの電波を利用して月を周回する衛星が自己位置の推定を行う場合について、シミュレーションによる精度検証結果が報告された。月周回衛星には小型原子時計も搭載されており、衛星間測距を併用する場合についての検証結果についても報告された。

14 超小型衛星で構成する低軌道測位衛星の概念設計

西本 慎吾(東京大学 工学系研究科航空宇宙工学専攻)

低軌道で周回する小型衛星の利点を活かした衛星測位シ

テム構築のアイデアが示された。低軌道衛星では、上空からのGNSS衛星からの電波を利用することで高精度に衛星位置と内部時計の推定できることや、送信出力を抑えることができるため、小型で安価な衛星システムが構築できることが示された。

15. 電子基準点日々の座標値(F5解)の運用開始

村松 弘規(国土地理院)

GNSS連続観測システム(GEONET)で公開している電子基準点の座標値が令和3年4月1日から新しい解析ストラテジに基づく解析結果(F5解)になったことが報告され、F5解とこれまでのF3解との違いと、F5解の特徴として、座標絶対値の精度および安定性の向上や、対流圏視点の推定方法変更による、高さ成分の安定性の向上などについて説明があった。

2021年度全国大会特別講演会

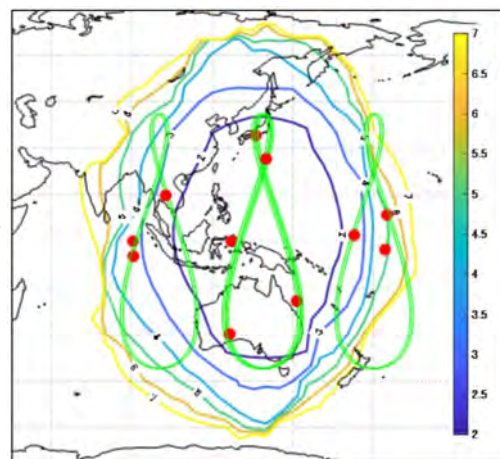
25日の研究発表会に引き続き以下の3件の特別講演会が行われました。

1) 準天頂衛星測位システムに関する最近の動向について

小暮 聡氏(内閣府)

はじめに準天頂衛星システムへの取り組みとして、開発・整備・運用のスケジュールが示された。

すなわち本年10月に初号機後継機の打ち上げ、2023年中に3機打ち上げて、7機体制での運用を開始する。持続測位能力の維持・向上に必要な後継機の検討・開発整備を継続的に行な



機数拡大例

て行く。2020年度改訂宇宙基本計画工程表に基づき衛星測位に関するワーキンググループを設置、取組方針を策定した。

将来のシステム構成として、衛星測位システムの持続測位性能の向上に向け、令和3年度に、海外の動向も念頭に、地上システム及び運用も含めた衛星測位システムの概念検討及びコスト試算を含めたより具体的な検討(機数拡張、寿命を超えた衛星の活用、異なる軌道高度のコンステレーションの活用等)を実施する。更に利用推進について最新情報が示された。海外向けの補強サービスとしてのMADCOAの拡張や災害通報の国際利用なども紹介された。

2) みちびきの補強信号(SLAS, CLAS, MADCOA)解説

久保信明氏(東京海洋大学)

SLAS(サブメータ補強システム)は、コード測距によるもので、かつてのDGPSに相当する。GPS、QZSSの可視14衛星の補強情報がL1C/Aにより送信されている。サービスエリアは日本国内および周辺に限定されている。東京海洋大学における24時間測位結果では精度1m以下というスペックを十分に満たしていた。

CLAS(センチメートル級補強システム)はL6D(LEX)によりビットレート、2,000bpsでGPS/QZSS/GALILEO17機の補正情報を送信している。搬送波位相測距によるものである。サー

ビスエリアは日本国内および沿岸に限られる。東京海洋大学における測定では スペック 6 cm 以下に対して、4 cm の測位精度が得られた。

MADCOA は精密衛星軌道・クロック推定を行い、精密に推定した測位衛星の軌道・クロック推定結果等に基づき、高精度測位に必要な補正情報を生成。海外や海洋も含めたグローバルな環境での高精度測位の利用が期待されている。

アジア・オセアニア地域の基準局のデータを含めて L6E で補正信号を送信することにより、海外でも 10 cm 以下の精度が得られている。使用衛星は GPS/QZSS/GLONASS である。

3 GNSS 技術に関する欧州連合と日本の産業協力
ファブリオ・ムーラ氏
(GNSS.asia Space.Japan 日本支局リーダー・日欧産業協力センター) <https://japan.gnss.asia/home/>

これまでの日欧産業協力の流れを振り返り、今後どのように宇宙利用分野・衛星測位分野で日欧が協力を進めて行くべきかえを利害関係者の間で話し合いたい。

欧州 GNSS 機関(GSA : European GNSS Agency)がEU 宇宙プログラム機関 (EUSPA ; EU Space Program Agency)に変わったのと紹介があった。

第 5 回 EU-Japan GNSS Roundtable in 2021 は 11 月 25・26 日にオンライン開催の見込み。<https://hub.gnss.asia/>



測位航法学会役員 (2022 年総会まで)

会長

安田 明生 東京海洋大学

副会長

加藤 照之 大正大学

峰 正弥

理事

久保 信明 東京海洋大学

神武 直彦 慶應義塾大学

澤田 修治 東京海洋大学

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)

中川 雅史 芝浦工業大学

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)宇宙システム開発利用推進機構

監事

初本 慎太郎 (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

イベントカレンダー

国内イベント

- ・2021.10.16 ロボットカーコンテスト審査会(オンライン)
- ・2021.10.22-23 日本航海学会秋季講演会(オンライン)
- ・2021.10.27-29(TBC) GPS/GNSS シンポジウム 2021 (オンライン)
- ・2022.2.28-3.5(TBC) GNSS 国際スクール(東京海洋大学)
- ・2022.2.2-4 SATEX(東京ビッグサイト)
- ・2022.5.25 - 27 WTP(東京ビッグサイト)

国外イベント

- ・2021.11.15-18 16th World Congress of IAIN (Edinburgh, Scotland, UK)
- ・2021.11.29-12.2 IPIN2021 (Lloret de Mar, Spain)
- ・2021.12.07-09 FIRA2021(Toulouse, France/Hybrid)
- ・2022.01.24-27 ION-ITM/PTTI 2022 (Long Beach, USA)
- ・2022.3.4-7 Munich Satellite Navigation Summit (Germany)
- ・2022.04.19-22 Pacific PNT (Hawaii, USA)

* 太字は本会主催イベント

編集後記

もう今年も残り3か月を切っています。時間の経過とは、こんなにも速いものだったのでしょうか？

今回は、定例の、測位航法学会全国大会、国際会議等の報告・紹介やみちびき信号の受信検討内容を報告するだけでなく、GNSS利用の底辺の幅広い声をどのように拾ってくるかの試みやGNSS利用を進める研究室の紹介等々も掲載しました。

ちょっとだけ大きな深呼吸をしながらお読み頂いては如何でしょうか？

ニューズレター編集委員長 峰 正弥

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・シンポジウム等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 にお願ひします。

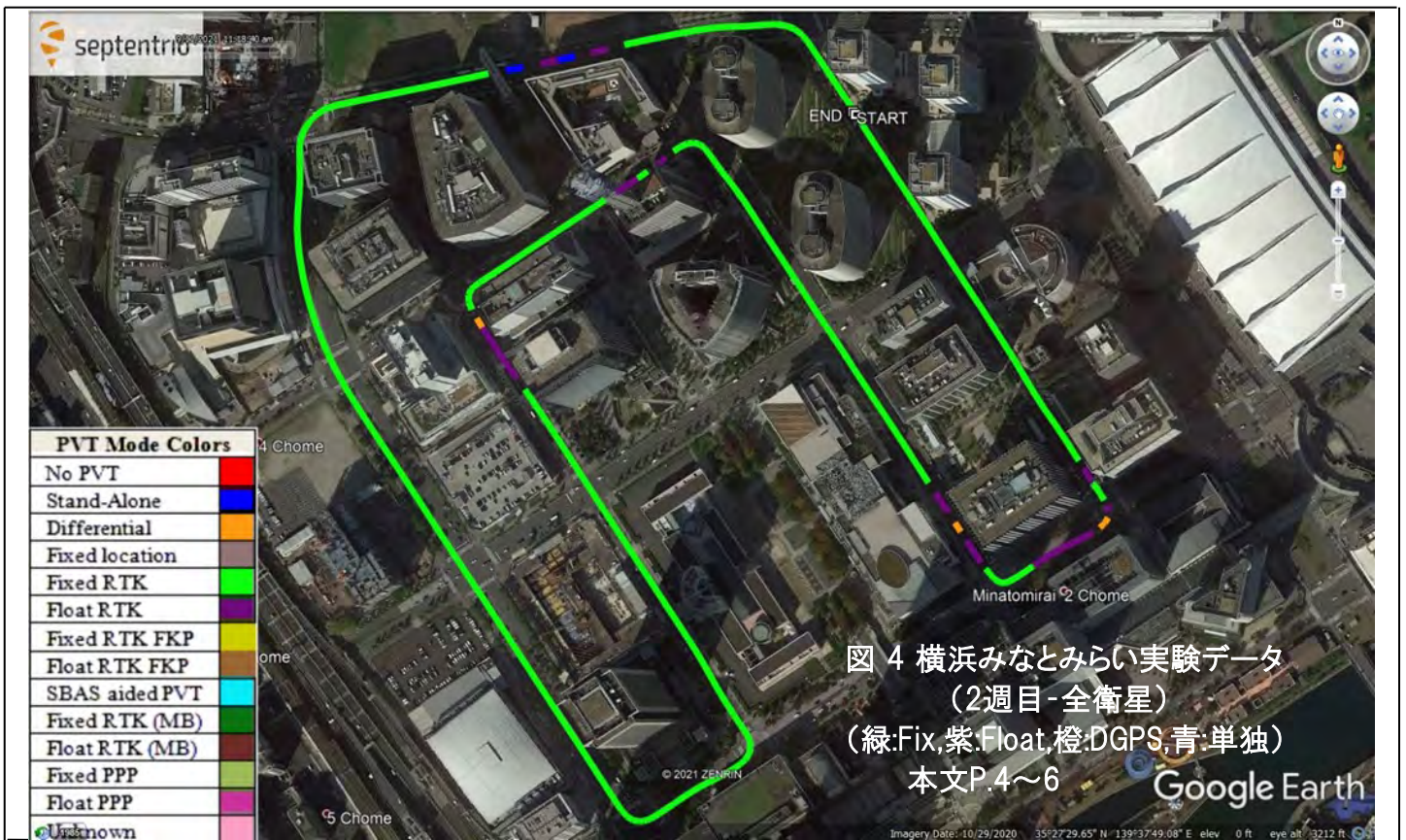


図 4 横浜みなとみらい実験データ
(2週目-全衛星)
(緑:Fix,紫:Float,橙:DGPS,青:単独)
本文P.4~6

日本電気株式会社

ENABLER **MI INC.** モノをつないで、人をほどく。

小峰無線電機株式会社 KOMINE MUSEN DENKI CO.,LTD.

セイコーエプソン株式会社

MARUWA **EU-Japan Centre for Industrial Cooperation** 日欧産業協力センター

NECソリューションイノベータ **株式会社 構造計画研究所** KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

株式会社 快通空間 FC **NS Solutions** **SYNTONY GNSS**

国際航業

VIOS SYSTEM **spacesystems** **NISSEI** - when it has to be right **Leica Geosystems**

ヤンマーホールディングス(株) **FURUNO**

JRC **HITACHI Inspire the Next** **A m T Hitz** 日立造船株式会社 Hitachi Zosen

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

WING over the World AISAN TECHNOLOGY **MITSUBISHI ELECTRIC** Changes for the Better **JENOB** 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 **KOMATSU**

JSAT スカパーJSAT株式会社 宇宙・衛星事業本部 **株式会社 ジェノバ** **ALPSALPINE**

GEOSUR **KODEN** Koden Electronics Co., Ltd. **IPNTJ**