

NEWSLETTER OF IPNTJ

測位航法学会ニューズレター Vol.XII No.1 2021年3月25日 **IPNTJ**

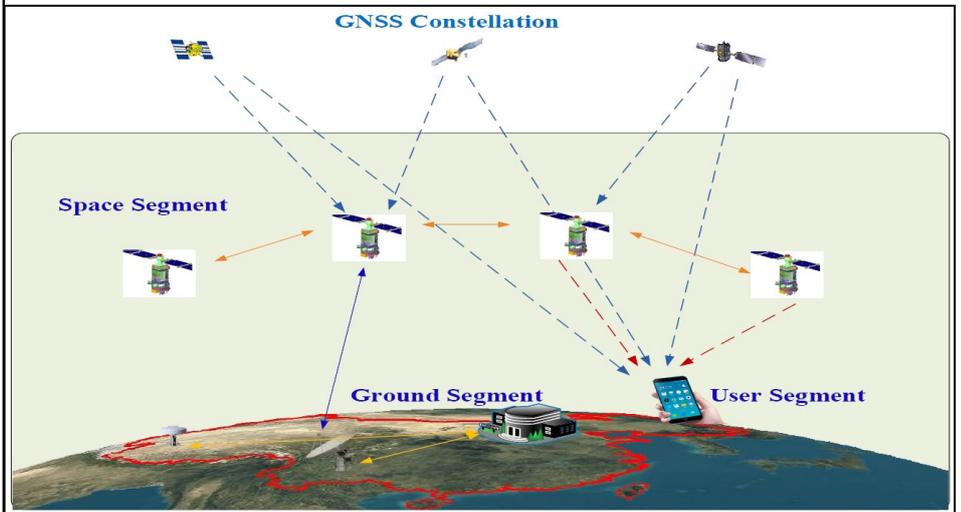


**測位航法学会
ニューズレター
第XII巻第1号**

目次

- P.2 個人情報まで取り込んだ解析の必要性と個人情報保護 峰 正弥
- P.3~5 低軌道衛星測位技術の研究開発と中国の動向モニタの必要性 山本 昇
- P.6 GNSS RF Simulator for MEO, GEO, and LEO based Satellite Navigation System Ivan Petrovski
- P.6 ~ 7 みちびき対応受信機の最新状況とソリューションメーカーとしての取り組み 最上谷真仁
- P.8 農業ロボット国際フォーラム(FIRA) 2020開催報告 赤坂 明
- P.9 ~10 SPACの2020年度の主な活動 濱田英幸
- P.10~11 Online GNSS Training by CSIS & ICG 開催報告 小林海斗
- P.11 イベント・カレンダー・編集後記
- P.12 本文中図・写真 法人会員

2021 年度測位航法学会全国大会開催予定
期間: 2021年6月23日(水)~25日(金) / オンライン開催
23・24日セミナー / 研究発表会 25日(金)
詳細は決定次第お知らせしますので、しばらくお待ち下さい。



Centispace(向日葵)のLEO コンステレーションによるGNSS 補強・本文 P.4

特別法人会員



FIRA 2020 ロボットギャラリー入口・本文 P.8

個人情報まで取り込んだ解析の必要性と個人情報保護

～人の安全安心を確保するために必要な個人情報の保護とは？～ 峰 正弥(本学会理事・副会長)

我々は、今、コロナウイルスからの挑戦を受けている。この戦い、この病原体を撲滅させねばならないのは当然のことなのだが、その戦い方、勝ち方にも重要な選択が課せられている。即ち、この戦場では、我々が常に生活出来ているということが必要であり、生きるための経済がそれなりにうまく回り、その中でこのウイルスを壊滅させることが出来たとか、このウイルスと共存出来る環境が作られた・というような形にならねばならない。勝つことは勝ったが、その後も飢餓状態のため生命が脅かされたということではどうもこうもない。このような観点で現状を見て行こう。



発症が確認されてから、既に1年以上が費やされ、やっと、病状を軽症化するワクチンの供給が出来るところまでにはなってきたが、安定的にこのコロナウイルスと共存出来る姿は未だ描けておらず、まだまだ試行錯誤が続くそうである。幸い、今の段階では、変異株を含めたコロナウイルスも凶暴化までには至っておらず、この1年以上の経過も、ただただ、ウイルスが今までは凶暴ではなかったということに救われていただけなのかも知れない。そこで、凶暴なウイルスの挑戦に対しても、我々はどのように対応して行けば良いのかということについて、少し考察してみたい。こう言う問題、想定外というexcuseは出来ないので、「感染力がもっと高い」や「重篤性ももっとある」場合についても考える必要がある。

まず、最初に必要なことは、このような問題の発火をどのように把握して行くのかである。図1にそのイメージを描いてみる。いち早く問題を把握することが必要であるから、何時、何処から、発火があるのかを常時観測していなければならない。当然ながら、眺めている範囲は、世界全体の規模となる。また、その観測では、発火点からの現象の広がりが「増加している」、「増加・減少を繰り返している」or「飛び火している」様に思われる等々、全てが地理空間情報という形で整理され分析されることが必要となる。観測では、対象の特徴(identification)が描けるのであれば、それとの相関を取ることによって把握出来るのだが、新種等であれば、先ずは、「いつもの健康状態ではない」・即ち、「体温」「呼吸」「脈拍」「血圧」等の数値及びその変化を観察し、その状態の集団性やその集団の状況変化の異常性をキャッチしていくことになる。データが集まって来ると捉えた現象も徐々にクラスタ化されて行くので、それと併行してidentification精度も上がり、それを用いた分析精度も向上される。そして、全てが地理空間情報として整理されているので、感染の広がりやその変化(速度)も重要

な情報のひとつとして地図上に整理される。その解析の中で、病原体そのものの性質やそれを運ぶ媒体が何なのか等々の推定もなされて行く。そして、その推論を閉ループの中に入れながら、更に病原体の認識精度を上げて行くことになる。この中で、病原体撲滅の方法も明らかになっていく。(図2参照)

また、この段階になると、重篤化についても深い検討がなされて行く。例えば、コロナウイルスの場合であれば、「65歳以上の高齢者?」「悪性腫瘍がある?」「血栓が出来やすい体質⇒心筋梗塞?脳梗塞?」「慢性の腎臓病?」「2型糖尿病?」「喫煙している?」等々である。この分析のためには、陽性者の正確な分類が必要となるので、年齢、性別、病状、生活環境等々の個人的な情報を加えた分析が行われることになる。結局、「感染・非感染情報を含む人の動き」×「感染症の状態」×「その他の個人に纏わる情報(例:医療)」が地理空間情報と言う形で整理され、それを用いた分析となるのである。

尚、勿論のこと、陽性者治療の段階も、「医院(病床、宿泊、治療施設キャパシティ)状況」×「人工呼吸器、体外式心肺補助(ECMO)等の設備状況」×「医者、看護師キャパシティ状況」等々が地理空間情報として整理され、それを利用した最適治療が成されていくことになる。

結局、「感染力が高く」「重篤性も高い」病原体等の発生と戦うためには、治療に至るまでの時間をどこまで短縮できるのかということに尽きるので、「早期発見」「早期分析」「早期アクション」のための関連情報を地理空間情報と言う形で整理されることが重要と言うことになる。

では、この様な対応が物理的に可能であるかという問いに対しては・・・スマートフォンの普及により個人の動きは把握出来るし、また、その病気に纏わる個々の情報も医師が持つ情報を整理することで可能である。また、感染を引き起こす媒体が何であるか等々例えばエアロゾル等を運ぶ関連した風の動きであっても、黄砂の移動を見るように天気予報対応の解析と同様な方法で可能のようである。また、鳥類等による運びがあったとしても、渡り鳥等の検討と同様な方法で、それなりの仮説&推定は可能のようと思われる。そして、これを整理・推論する計算機は、天気予報の精度向上にも繋がっているスーパーコンピュータそのものがある。従って、物理的な環境は対応出来そうであるので、結局、ネックとなるハードルはひとつ、個人情報の利用を何処まで許せるかと言う問題に帰着されるように思われる。

そこで、少々、強引な論理展開のようではあるが、突破を

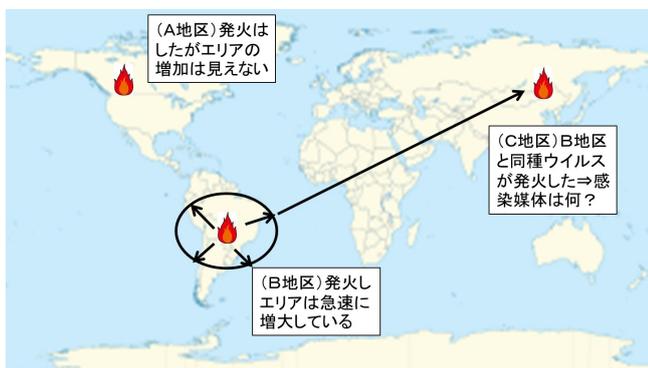


図1 全地球規模で異常発火をチェックする

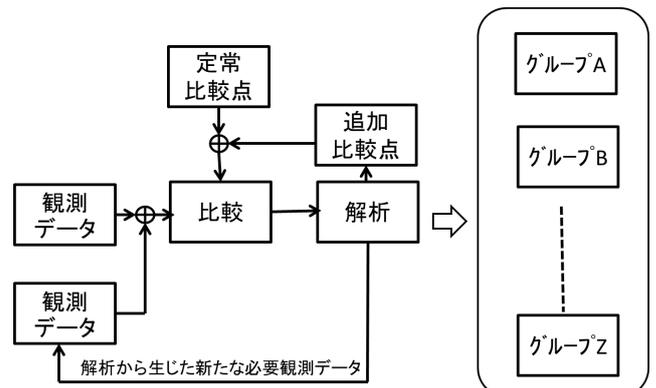


図2 クラスタ化される閉ループ

試みてみたい。

先ず、人の動きでは、名前の入らないAさん、Bさんで整理していく。勿論、各人の医療情報も加味されるが、それもそういう病気を持つAさん、Bさんという形で整理され、個人を認識するものではない。即ち、あくまで分類された群の各要素に他ならない。従って、最後まで個人を特定しない形で分析され整理されて行く。治療の検討段階に入ってもクラスタ化された塊として検討され、あくまで、Aさん、Bさんとして処理されている。尚、最後に具体的にアクションする段階で、個人名

の下でアクションする形を取る。そこで、具体的に、健康保険証を含め個人名で処理されることになる。尚、その後の経過は、再び、クラスタ化された群の要素として処理される。なんとなく行けそうではないだろうか・・・。

この手の問題は非常に複雑であるが、解決するまでに長い時間経過してしまうことは許されない。それ故、そろそろ、個人情報まで取り入れた総合的な詳細解析をしなければならぬ時代に来ているように思うのですが・・・如何でしょうか？

低軌道衛星測位技術の研究開発と中国の動向モニターの必要性

オリエンス・コンサルティング 山本 昇(正会員)



1. はじめに

昨年9月の当会ニューズレターで、英国政府によるOneWebの買収について、その目的が測位航法測時(PNT)サービスの提供であると報告したところ、さまざまな反響があった。その中でも、特に関心が寄せられたのは、低軌道(LEO)衛星による大規模なコンステレーションの動きが、最近になって加速していることであった。既に、ご承知の方も多いであろうが、総務省の情報通信審議会では、なにかと話題になるSpace X社のStarlink衛星の技術的検討が終わり、まもなく日本でもサービスの提供が始まる予定である。

ちなみに、LEO衛星への最初の関心は、1990年代後半のIridium、ICO、Globalstarなどであり、当時は、限られた周波数による電話が主なサービスだった。それに対し、今回は、OneWebのほか、SpaceX社のStarlink、Amazon社のKuiperなど、潤沢な周波数配分を元に、ブロードバンド通信やPNTを含む様々なサービスをグローバルに提供することが特徴である。しかも、ビジネスモデルは、それぞれのコンステレーション毎に異なっている。

2. LEO衛星のPNTプラットフォームとしてのメリット

ところで、最近のLEO衛星コンステレーション計画には、OneWebの600機からStarlinkの第一世代の4,000機を超えるものまでさまざまであるが、運用する衛星はおおむね小型化される予定である。ともあれ、これらの膨大な数のLEO衛星は、そのグローバルなカバレッジとともに、PNTサービス提供のためのプラットフォームの機会が、新たに生み出されようとしていることに注目すべきであろう。

ちなみに、米国衛星産業協会(SIA)の世界の衛星産業統計によれば、GNSS関連の売上額が、2019年に、衛星TV放送の売上額を追い抜き(後者が9兆2000億円相当のところ、前者が9兆7000億円相当)、GNSS分野が、宇宙産業全体の牽引役になった。この統計には、スマホなどへの組込GNSSチップの売上額が含まれていないし、GPSサービスなどは無償で提供されている。もし、それらを考慮すれば、宇宙産業におけるPNTの重要性は、既に、突出している。最近、アメリカのみならず中国でもPNTプロジェクトに急速に関心が高まっているが、その際、このSIAのデータはよく引き合いに出されている。しかも、注目すべきは、今後のPNTプロジェクトの多くが、LEO衛星コンステレーションによるものへと移りつつある兆候が随所にみられることである。

一方、LEO衛星をナビゲーション・プラットフォームとして使うメリットを取り上げた論文として、2016年9月、スタンフォード大学のチームとXONA Space SystemsのTyler G. R. Reid氏

が、アメリカのThe Institute of Navigation (ION) の衛星部門の第29回国際技術会議で発表した「ナビゲーションのための商用ブロードバンドLEOコンステレーションの活用について(Leveraging Commercial Broadband LEO Constellations for Navigation)」がある(ION-GNSS+2016)。

この中で、Reid氏とスタンフォード大学のチームは、ブロードバンド用のLEO衛星コンステレーションを、ナビゲーション用のGPSの補強にどのように活用できるか。さらには、完全なスタンドアロンのバックアップとしても、どのように活用できるかを議論している。

論文では、まず、ブロードバンドLEOコンステレーションは、PNTにおける「主要なパラダイムシフト」を示唆していると述べ、LEOのメリットとしては、以下が挙げられている。

- 1) 低軌道(LEO)衛星は、中軌道(MEO)のGNSSシステムと比較して地球に近い
 - a) パス損失が少なくなる
 - b) より強力な信号を配信できる(筆者注)必要な衛星電力は地球からの距離の2乗に反比例する。
 - c) 妨害に対する耐性が高まる
- 2) LEOの衛星は、上空で、MEOと比べてはるかに速い動きをする
 - a) マルチパスの多くが除かれる
- 3) コンステレーションとして衛星の数が多い
 - a) ユーザージオメトリの多様性が豊富になる
 - b) 劣化したSISUREも許容される
- 4) ホスティッドペイロード(副次的なナビゲーションペイロード)の可能性
 - a) 直接PNTを提供することも可能
 - b) 衛星搭載用のチップサイズの原子時計(CSAC)の使用が可能
 - c) 市販の部品(COTS)が使い、GPSに匹敵する性能をより廉価に達成することが可能
- 5) 開発から実施までの時間が短くてすむ(筆者注)MEOや静止軌道(GEO)衛星プロジェクトの場合、約5年のところ、2年程度。

このReid氏たちの論文は、特に中国で関心をよび、後述する様々なLEOベースのPNTプロジェクトにも影響を与えたと思われるが、LEO衛星には、追加のメリットとして、次があげられるであろう(出典:「低軌増強」将为世界卫星导航发展带来新赋能!“LEOによるSBAS”は、世界の衛星ナビゲーション開発の新たな力の源泉である!

<https://zhuanlan.zhishu.com/p/103509193>

- 6) LEO衛星を宇宙ベースの監視局として、バンアレン帯を避

けて配置し、電離層および対流圏の擾乱なしにナビゲーション信号を観測するとともに、地上ベースの監視局と共用することにより精度の向上が可能となる。

- a) 地上系のモニター設備が少なくすむ
- b) グローバルなサービス提供が、短期間に開始できる

さらに、次のような利点もある。

- ①衛星から発する電波によるが、室内でも受信できるサービスもある。
- ②連星として、互いからもモニターデータがとれる
- ③衛星の数が多いため、不具合を他の衛星でカバーできる

3. 既に提供中あるいは準備中のPNT提供のLEOコンステレーション

LEO衛星コンステレーションを使用したPNTシステムについては、欧米ならびに中国では、数年前から、研究や開発が始まり、特にOneWebの計画が発表されたころからは、急速に関心が高まっている。既に提供中か、あるいは準備中のPNTサービス提供のLEO衛星コンステレーションには以下がある（OneWebのPNTサービスについては、まだ、詳細が発表されていないので除く）。

例① IridiumのPNT関連サービス

STL Satellite Time & Location

Oroliia/株式会社東陽テクニカのウェブサイトによれば、このサービスの説明は以下のとおり。

時刻同期 ジャミング / スプーフィング対策

STL信号時刻同期ソリューション

STLサービスとは、独自のIridium衛星により、従来のGPS/GNSS衛星信号に依存せず、位置および時間データを提供するサービスである。

高度な安全性と強い信号強度のSTL信号を受信することで、より可用性、確実性の高いPNTソリューションを提案する。

PTP対応時間・周波数シンクロシステム「SecureSync」

SecureSync (セキュアシック)は、スペクトラコム社の持つ精密マスタークロック技術と確実なネットワークノウハウをコンパクトなモジュラーハードウェアにデザインしたPTP対応、時間・周波数シンクロシステムである。

ちなみに、IridiumのSTLは、衛星から発する電波によるが、室内でも受信できるし、複雑な地形であってもサービスが受けられるとされている。

(出典)https://www.toyo.co.jp/ict/products/list/contents_type=2679

Iridium社はまた、Aireon社とLEO衛星コンステレーションを使用した宇宙ベースの航空機用ADS-Bにも取り組んでいる。2016年9月、Aireon社はFlightAware社と、ADS-Bデータを航空会社に提供して、飛行追跡を行うためのパートナーシップ提携を発表した。FlightAware社は、SITA社やARINC社などの提供するSATCOMまたはVDLを介してACARSまたは同様のプロトコルを使用し、主要な航空データリンクサービスとADS-Bを統合する。このサービスは、Iridiumの新しいLEO衛星コンステレーションIridium NEXTにより提供されているとのことである。

(出典)英文Wikipedia:Automatic Dependent Surveillance-Broadcastより

例② Kepler システムの提案

ドイツ航空宇宙センター(DLR)のChristoph Günther氏が提案するKeplerシステムでは、Galileoの衛星と信号を、少数のLEO衛星、および地上局1基、衛星間の光学リンク(ISL)によ

り補完すれば、Galileoより優れたサービスが提供できるとのこと。LEO衛星は、1,209 kmに配備され、MEO衛星からの信号を、電離層の外側から観測するために使用される。また、光ISLは、すべての衛星をマルチホップ方式で接続し、今より優れたレベルでの衛星の直接同期を可能にするとともに、MEO衛星の時計の装備も必要がなくなるともいう。光ISLはさらに、軌道決定のための擬似距離ではない距離と、システム内のブロードバンド通信ネットワークを提供することである。

(出典) Kepler - Satellite Navigation without Clocks and Ground Infrastructure, Christoph Günther, German Aerospace Center (DLR),

例③ Centispace(向日葵)のLEOコンステレーションによるGNSS補強

運用者:中国科学院微小卫星创新研究院 - 北京未来导航科技有限公司

Centispace(中国名:微厘空间→変更後:向日葵)については、2021年から2023年の間に、120機の衛星が打ち上げられ、地上セグメントも完成する予定である。Centispace-1は、50 cm程度の高精度サービス、3秒未満のアラーム時間、99.99%のグローバル可用性を備えたサービスを提供する。MEOのGNSSデータとの組み合わせ処理では、1分未満の収束時間で<10cmのポイントポジショニング(LEO衛星のドップラーが高いため)が期待されている。

本システムでは、ゆっくり移動するGNSSのMEOコンステレーションと高速移動するLEOコンステレーションを組み合わせ、高速収束かつ高精度のPNTサービスが提供できるとのこと。そのほか、特徴として、低コスト、低電力、グローバルでシームレスなサービスがあげられており、スムーズに進捗中で、国際協力の呼びかけが行われているとのことである。(表紙図参照)
(出典) The Centispace-1: A LEO Satellite-Based Augmentation System, 14th Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems

例④ Hongyan (鸿雁, wild goose)

運用者:中国航天科技集团有限公司(CASC)

Hongyan(中国名:鸿雁、愛称:wild goose)は、システムテストのため、2020年までに9機の衛星を打ち上げ、最終的には320機の衛星で構成される。中国の港湾都市の天津に、年間130個の衛星を生産できる工場が建設されたとのこと。このコンステレーションの主要なサービスは、ブロードバンドインターネットアクセス、Internet of Thingsによる地上データの収集と交換、ホットスポット情報プッシュ、ナビゲーション補強、および航空ナビゲーションの監視であり、これらのサービスを中国ならびに一带一路の国々に提供することを目的とする。

(出典) 年产130颗! 航天科技集团鸿雁星座将让千万用户永不失联 <https://mp.weixin.qq.com/s/8aRZPzpeHpgqTOEwvt36iLQ> 集团 2018-11-09 China's New Space Race: First Satellite Of CASC's Hongyan LEO SATCOM Constellation To Launch By End Of 2018 <https://spacewatch.global/2018/11/chinas-new-space-race-first-satellite-of-cascs-hongyan-leo-satcom-constellation-to-launch-by-end-of-2018/>

例⑤ Hongyun(虹云)

運用者:中国航天科工集团有限公司(CASIC)

Hongyun(中国名:虹云 rainbow cloud、愛称:Star of Happiness)のプロジェクトは、CASICが筆頭となって開発・製造された世界をカバーするLEOブロードバンド通信衛星システム

である。このシステムは、宇宙ベースのインターネットアクセスをもとに、LEO衛星によるナビゲーションの強化、リモートセンシングの多様化とともに、通信・ナビゲーション・リモートセンシングの情報一体化を実現することを目的とする。

特徴は、グローバルかつ連続的(シームレス)なカバーであり、LEO衛星コンステレーションは、当初156機の予定だったところ、その後の見直しで864機とすることになった。

<https://www.theverge.com/2020/3/2/21162244/geely-satellite-network-autonomous-connected-cars-starlink>

例⑥ 箭旅鏡像

箭旅鏡像(Arrow Brigade in the Mirror Universe)は、中国の民間最大の自動車メーカー吉利汽車(Geely Automobile)の推進するLEO衛星コンステレーションの仮称である。同社の創業者の李書福(Li Shūfú)氏は、Elon Muskが、衛星製造と自動車製造の両方を手掛けているのに刺激を受け、自らも衛星製造を始めたといわれる。

Geelyの技術開発部門であるGeely Technology Groupは、2018年にLEO衛星の研究、打ち上げ、運用を行うためにGeespaceを立ち上げ、約300人の高度なスキルを持つスタッフがこのプロジェクトに取り組んでいる。Geelyによると、LEO衛星のナビゲーションの部分は特に役立つ可能性がある、とのこと。1センチメートル以内の精度を提供し、車の自動走行だけでなく、ドローンの操作も目指すとされている。

<https://www.theverge.com/2020/3/2/21162244/geely-satellite-network-autonomous-connected-cars-starlink>

例⑦ Yinhe-1(銀河)

Yinhe-1(中国名:銀河)は、大手ハイテク企業である小米科技(Xiaomi)のCEOの雷軍(Léi Jūn)氏の進めるLEO衛星コンステレーションである。グローバルに、10 Gbpsの5Gの提供をめざしている。同氏は、「中国のElon Musk」ともいわれ、中国でもっとも先進的なGalaxy Space社の主要な投資家として、Yinhe-1を製造中である。

4. 米中の宇宙をめぐる政策展開と衛星通信におけるパラダイムシフト

Yinhe-1は、明確にPNTを提供するとは述べていない。しかし、中国政府の進める「宇宙と地上の統合」イニシアチブでは、今後打ち上げられる宇宙インフラ、つまり通信衛星、地球観測衛星、PNT衛星などを地上インフラと「より適切に統合」する必要があるという考えに基づき、全体として調和を目指すものとみられる。

一方、中国政府は、宇宙活動を進めるにあたり重要となる周波数確保について、最近、ITUに対し、GWのコードネームで、合計して約14,000機のLEO衛星コンステレーションのための、Q/Vバンドの周波数申請をしたとのこと。これは、CASCやCASICなどの国営企業のほか、Galaxy SpaceやGeelyなどの民間企業の推進するLEO衛星に利用する周波数の需要を合わせたものであるとみられる。(コードネームがGで始まるのもそのためか?)

中国は、周波数確保について、欧米より出遅れたことについて、挽回を図ろうとしていることは、OneWebの競売に際し、Geely社が名乗り出たことから伺われる。上記のGWコードネームによるITUへの周波数申請の一本化は、この競売での失敗を受けて、Galaxy Spaceの雷軍氏による最近の全人代にむけての提言によるものではないかと思われる。

China pushes ahead with giant 13,000 satellite LEO constellation: <https://spacewatch.global/2020/10/china-pushes-ahead-with-giant-broadband-satellite-constellation/>

Constellation Watch: China's Incubating Answer to Starlink by Blaine Curcio

<http://satellitemarkets.com/constellation-watch-china-incubating-answer-starlink>

China's Space Industry in the time of COVID-19 by Blaine Curcio, 5 June 2020, Satellite Executive Briefing by Satellite Market & Research, Vol.13 No.5 June 2020

ところで、アメリカについては、2014年の中国のロボットアームをもつ衛星破壊衛星のテスト実施に対し、空軍宇宙軍司令官のWilliam Shelton将軍が、議会の米中経済・安全保障審査委員会で、大型化するハイテク衛星は、両刃の剣であるとの認識を示した。これを契機に、民間と軍事の衛星の区別を減らすことも含め、代替案の検討が開始された。

<http://rt.com/usa/us-satellites-vulnerable-shelton-381/>

その後しばらく鳴りをひそめていたが、2019年の小型衛星会議で、米空軍が小型衛星の利用を宣言、また、2020年8月には、第34回小型衛星会議において、国家偵察局のDirectorのChristopher Scolese氏が、小型衛星と民間商用衛星の利用を宣言した。

<https://spacenews.com/scolese-nro-sees-growing-opportunities-to-use-small-satellites/>

一方、インテルサット、ユーテルサット、SES、テレサットの衛星通信メガキャリアは、HuluやNetflixなどに押されて、衛星TVが不振で経営難に陥り、寿命を超えて衛星を利用することなどにより、かろうじて命脈を保っている。特にインテルサットは、昨年5月に倒産した。さらにFCCは、メガキャリアが衛星TVに使用してきたCバンドを5Gへ明け渡させようとし、なかでもインテルサットは、明け渡しの代償として受け取る資金を、事業の縮小再開に使おうとしている。明らかに、GEOの大型ハイスループット衛星(HTS)の全盛の時代は終わろうとしており、この影響は、MEO衛星のGPSなどにも及ぶものと思われる。

今まさに、衛星通信におけるパラダイムシフトが起こっているのである。Elon Musk氏のSpace X社による超大型再利用ロケットStarshipの開発も、その一環であろう。同機により、LEO衛星の打ち上げ費用も格段に安くなるほか、一度の打ち上げ数も400機と、一桁は増え、Space X社の目標とする数万機のLEO衛星コンステレーションが実現可能となる。中国も、それを意識し、同様の超大型再利用ロケットを開発中といわれている。

5. 終わりに — LEO衛星PNT技術の研究開発と中国の動向モニターの提案

ブロードバンドLEO衛星コンステレーション計画の相次ぐ発表とともに、PNTにおいても、主要なパラダイムシフトが起こりつつある。既に、欧米ならびに中国では、数年前から研究が始められ、一部には、既に提供中か、あるいはサービス提供に向けて、準備が進められているシステムもある。LEO衛星には、ナビゲーション・プラットフォームとして、GEOやMEO衛星にはない様々なメリットがあり、日本でも、早急に、研究を開始すべきである。その際、米欧のほか中国の動向も含めて十分な調査の上、日本としての立ち位置を選び、焦点を絞ることが重要と考える。中国語は、語順が英語と近く、機械翻訳も特に英語では精度が高いほか、AIにより、日本語翻訳についても飛躍的に向上しつつある。モニターをスムーズにするためにも、本学会として、PNT専門用語の中国語・英語・日本語対照表を用意したり、PNT専門家のための中国語コースをZoomなどで提供してはどうかであろうか。

GNSS RF simulator for MEO, HEO and LEO based satellite navigation systems.

ip-Solution Dr. イワン・ペトロフスキー(正会員)

To facilitate emerging new R&D projects, we have adapted our multi-frequency GNSS RF simulator to simulate LEO based satellite navigation systems.



Our multi-frequency GNSS RF simulator called the Replicator was originated in 2008 in our Chofu laboratory (調布研究所) when we have designed GPS simulator with scintillation models for JAXA. The project is described in our textbook (Petrovski, Tsujii, "Digital Satellite Navigation and Geophysics") published by Cambridge University Press.

Since that time the Replicator had been further developed to support almost all GNSS signals, such as GPS L1C/A, L2C, L5, QZSS, GLONASS G1, G2, G3, BeiDou B1, B2, Galileo E1, E5A, E5B, NavIC L5 and S. Until recently it supported medium, geostationary Earth and highly elliptical orbits (MEO, GEO and HEO).

We have extended the simulation to (low Earth orbit) LEO based GNSS transmitters to support a simulation of LEO based satellite navigation systems. The simulated signal dynamics of our simulator had been already verified for LEO satellites. Our simulator had been previously used in the ESA project to simulate a spaceborne GPS receiver. The scientists use our simulator under the ESA project to simulate GNSS signal on LEO with 450 km altitude for their custom space variant of uBlox receiver. (詳細についてはip-Solutionのホームページをご参照下さい: <http://www.ip-solutions.jp/>) We reverse transmitter – receiver pair to simulate LEO based GNSS transmitters.

Our simulator also supports user-defined signals. This allows a user to specify custom signals with binary phase shift keying (BPSK) or Binary Offset Carrier (BOC) modulation. Users can apply ready to use templates and modify orbit parameters to simulate LEO satellites.

The LEO GNSS simulation can enjoy the same set of high accuracy models, which includes multipath, atmospheric signal propagators, obstruction editor, etc. The models are adjusted for a difference between LEO and MEO orbital movement, difference in orbit altitude and in signal propagation models.

The simulated RF signals can be recorded for post-processing in a software receiver by one of our off-the-shelf RF recorders. The signals can be then processed by a MATLAB receiver (like one from Kai Borre book) or by our ARAMIS software receiver. A free academic version of the ARAMIS receiver is bundled with our book. The ARAMIS also out-

puts code and carrier raw data, which can be processed with RTKLib for high accuracy positioning. In case of LEO simulation, the multiple antenna output may be essential for a system designer.

The specificity of LEO movement makes it essential to provide real-time corrections for a rover. In such simulation one RF output is used for a rover, whereas others may be used for reference station receivers.

For such a simulation our CRPA simulator, the Ninja, is used for complete LEO based GNSS simulation. Our CRPA GNSS RF Ninja simulator has multiple RF outputs to simulate signal reception for a number of receivers, which can be useful also for anti-spoofing receiver R&D. It allows a user to simulate and validate a complete LEO-based GNSS prototype.



More information are in www.ip-solutions.jp. Various components of this system may made be available on demand (mail to info@ip-solutions.jp) for a demonstration in our office at Ariake.

IP-ソリューション 人工衛星アプリケーション 株式会社

東京都江東区有明

みちびき対応受信機の最新状況と

ソリューションメーカーとしての取り組み

株式会社コア GNSSソリューションビジネスセンター

最上谷 真仁(正会員)

1. はじめに

2018年11月1日に準天頂衛星システム「みちびき」のサービスが開始されて約2年が経過した。2019年には低価格ネットワークRTK サービスとして、NTT ドコモの「docomo IoT 高精度 GNSS 位置情報サービス」、SoftBank の「ichimill」が開始され、高精度測位がより身近なものとなった。さらに2020年11月には、センチメートル級測位補強サービスCLAS(Centimeter Level Augmentation Service)で補強対象衛星数が最大17機に対応するなど、サービスの機能改善も進んでいる。



このような近年の測位技術の進化の中で、株式会社コアでは最新の高精度測位技術をお客様により使いやすい環境で提供すべく、GNSS受信機およびソリューションの開発を進めている。本稿では、これらGNSSソリューションの最新開発状況について述べる。

2. みちびきDFMC-SBAS受信機

現行のSBASの後継機として、Dual-Frequency Multi

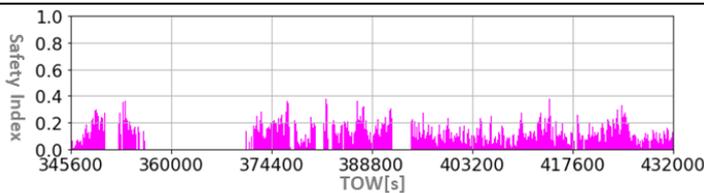


図 1 みちびきDFMC-SBAS受信機検証結果

Constellation(DFMC) SBAS の規格化が進められている。従来のSBAS との大きな違いは、L1帯、L5帯の2周波を利用した電離層遅延量の解決、Multi Constellationへの対応、静止軌道衛星以外の衛星からもメッセージ配信を行うことによる利用可能エリアの拡大が挙げられる。

準天頂衛星2号機以降のL5帯からはL5Sという信号名で、DFMC-SBAS の技術実証用のメッセージが配信されている。コアでは、その技術実証を実現するためのDFMC-SBAS 受信機の開発を先行的に実施しており、検証を進めている。

図1に昨年実施したみちびきDFMC-SBAS受信機の評価試験で得られたSafety Indexを示す。Safety Indexとは、水平保護レベルにおける水平誤差の割合を示したものであり、実際の測位誤差が、保護レベルを十分に下回った。

3. みちびきCLAS受信機

コアではみちびきサービスに開始に合わせてセンチメートル級測位補強サービスCLASとMADCOCA双方に対応した受信機Chronosphere-L6(図2)の販売を開始した。サービスの開始前からCLAS 受信機の開発に取り組んできており、実用利用を想定した測位精度向上に重点的に取り組んできている。

Chronosphere-L6の後継機として、2020年8月にはCLAS対応受信機Chronosphere-L6 IIの販売を開始した。同機では、Septentrio 社受信機プラットフォーム上に自社独自ソフト



図2 Chronosphere-L6 II (名刺とサイズ比較)

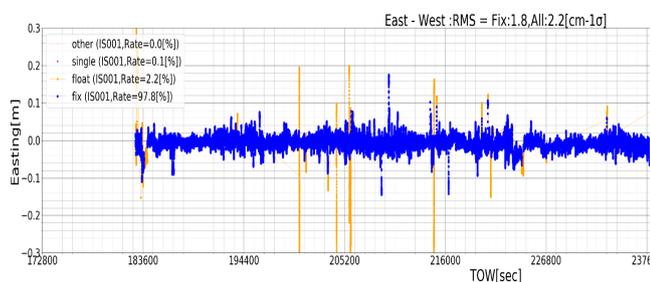


図 3 (a) 補強対象衛星数11機

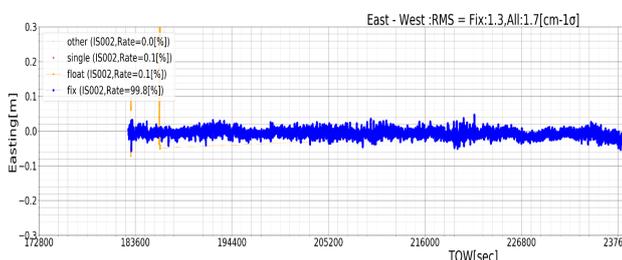


図 3(b) 補強対象衛星数17機

ウェアを搭載することで、高品質、低価格、小型、軽量化を実現している。2020年の11月から開始されている最大補強対象衛星数17機化にも対応済みであり、図3(b)に示すようにRMS誤差及びFix率ともに向上していることを確認している。



図4 CM-1

Chronosphere-L6 II の特徴の一つに最大測位周期100HzでのCLAS測位が可能である。本機能により詳細に精密な運動を観測することが可能となり、高速移動体やUAVなどの自動制御などにおいて精密な測位を実現する。

4. 測量用小型低価格多周波受信機

近年進むGNSS受信機の低価格化に対応するため、2020年11月より測量用小型多周波受信機CM-1(図4)の販売を開始した。CM-1の最大の特徴は、従来非常に高額であったGNSS測量機の小型化と低価格化である。これにより、Construction等の分野における作業効率化に大きく貢献すると考えている。また、標準搭載されているNTRIP Client機能と、通信キャリアが提供する低価格ネットワークRTK サービスを利用することで、手軽にセンチメートルレベルの高精度測位環境を実現することができる。

測量用という品質を活かし地殻変動などのモニタリング端末として利用することも可能である。受信機自体をFTPサーバとして使用することも可能であり、シンプルな機器構成で定点観測システムを構築することができる。



5. GNSSソリューション

CLAS対応による単独測位での高精度化や、低価格な受信機・サービスによって身近となったRTK測位技術などにより、高精度GNSSの利用環境は劇的に進歩している。ただ利用者から見れば、受信機だけで所望の機能を実現することはできず、ネットワークやアプリケーションなど用途に応じた環境を構築する必要がある。

株式会社コアは全国に拠点をもち、「ものづくりからことづくりへ」をスローガンに、組込みソフトウェアからアプリケーションに至るまでトータルでITソリューションを提供している。お客様の課題解決を目標に、受信機に限定しないシステム全体としての価値実現を目指している。

<https://www.core.co.jp>

6. まとめ

本稿では、株式会社コアにおけるみちびき対応受信機の最新の開発状況と、ソリューションメーカーとしてのGNSSへの取り組みについて述べた。

今後も進化が見込まれるGNSSの最新技術を継続して追求し、お客様による新たな価値創造に貢献してゆきたいと考えている。

農業ロボット国際フォーラム(FIRA)2020 開催ご報告

FIRA/GOFAR (主催団体の連携担当) Ms. Maialen Cazenave(今回の主筆、写真左)

FIRA/GOFAR (主催団体の渉外担当) Ms. Gwendoline Legrand(今回の主筆、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)



ロボット15機の実演の生中継等の充実したプログラムが組み込まれましたが、常に一貫しているテーマは「ロボットは農業の新時代を切り開けるか?」でした。



図2 Pixel Farming 社ライブ中継

1. はじめに(農業ロボット国際フォーラムFIRAとは)

学会員の皆様には昨11月末にメールリストを通じて御案内を差し上げましたが、昨12/8~12/10の3日間にわたり第5回農業ロボット国際フォーラムが開催されました。FIRA: Forum International de la Robotique Agricole が対象とする農業ロボットとは、日本で言うスマート農業よりも少し狭い意味で、いわゆる自走式農機やドローンですから、どちらも衛星測位の代表的な応用分野に該当します。これら農業ロボットだけを対象とした国際フォーラムは他に類を見ません。

普段はフランスのトゥールーズにてリアルに開催されており、昨年は幸か不幸かコロナのお陰で完全オンライン開催を余儀なくされましたが、単なるウェビナー用のプラットフォームではなくオンライン展示会専用の没入型プラットフォームを採用したことで、前年比ほぼ倍増の70カ国以上から1500人の参加者が接続し、充実した展示エリア、3つの会議室、交流を促進するネットワーキングラウンジを通じて例年通り一堂に会しました。また、このプラットフォームには今もアクセス可能で、全展示・全講演の録画を2021年6月まで視聴できます。つまり、FIRA 2020は過去最長の農業イベントです。

日本からの参加者は例年は片手の指で足りましたが、今年は30名強を数え(うち約1/3は農研機構の方々)、全参加者の2%を占めるに至りました。残念ながら、日本製の自走式農機の出展は依然としてありませんが、「農業Week東京2021」との相互乗り入れは実現しました。さらに、今年も登壇が1件(スマート農業に関するNTTの講演)ご座いました。

2. FIRA2020の構成と見どころ

FIRA2020の仮想空間は大きく3つに分かれています。

- ①展示ホール(延べ30社)
- ②講堂および会議室
- ③ラウンジ(雑談/商談スペース)

これらの仮想空間を存分に活用して、各社のオンライン展示やピッチ、著名な専門家85名の講演、実際の農場でのロ

特に注目を浴びたのは、会期中にFuture Farming誌と共催した「最優秀フィールドロボットコンセプト賞」に選定されたTEVEL AEROBOTICS TECHNOLOGIES(テヴェル エアロボティクス テクノロジー)社です。同社はイスラエルのスタートアップ企業で、リンゴ、桃、ネクタリン、梨、プラム、柑橘類、アボカドなど、様々な種類の果物の摘果のための、自律飛行する有線ドローンを開発しています。なお、報道に抛れば、会期後に(株)クボタから同社への出資が決まりました。

https://www.kubota.co.jp/news/2021/management_20210127.html



図3 Tevel 社の有線摘果ドローン

3. FIRAの2021年の予定

☆6月末まで公開中 見そびれた皆様の参加登録はコチラ:

<https://www.fira-agtech.com/en/register/>

あいにく有料ですが、当学会のための特別割引コード:

アカデミアの皆様は半額です: AMFIRA2020IPNTJ

それ以外の皆さまも2割引です: FIRA2020IPNTJ

☆4月15日: FIRA一般公開(この日だけ誰でも無料)

☆夏(計画中): FIRA-USA @ カリフォルニア

☆12月7~9日: FIRA2021 ハイブリッド形式の予定

詳細は: <https://www.fira-agtech.com/en/>



図1 FIRA エントランスホール

SPACの2020年度の主なイベント報告

衛星測位利用推進センター 濱田英幸(正会員)

SPACは、準天頂衛星システム「みちびき」を中心に高精度測位サービスの普及啓発、利活用促進、ビジネス化支援等を国内外の関係機関・企業と連携して活動しており、その一環として、高精度衛星測位サービス利用促進協議会(以下、QBICと称する。)の事務局を務めています。特に普及啓発では、毎年フォーラム・シンポジウムを開催し、関連する国内外のトピックスや利活用状況等を紹介しております。



2020年度は新型コロナウイルス感染防止のため、7月に開催を予定しておりました「第18回衛星測位と地理空間情報(G空間)フォーラム(通称SPACフォーラム2020)」を延期し、12月にSPACシンポジウムとの合同イベントとして開催し、さらに同イベント後には第10回QBIC総会を開催しました。その開催形態では3密を避けるために会場参加者は登壇者中心の人数に絞り、同時にライブ配信で実施しました。

本稿では、これらの講演内容について紹介します。なお、紙面の関係で、抜粋の報告となっております。講演資料につきましては、最後に記載のSPACのホームページから閲覧できますので、是非ご覧ください。

* 第18回衛星測位と地理空間情報(G空間)フォーラム・SPACシンポジウム合同イベント2020

(開催日:12月16日、会場:機械振興会館とライブ配信(Youtube)、主催:SPAC、共催:日本経済団体連合会、後援:内閣府宇宙開発戦略推進事務局)
(登壇者写真等・裏表紙)

SPACでは、毎年秋にG空間EXPOの一環としてSPACシンポジウムを開催しております。今回は、7月開催が延期されたSPACフォーラムを兼ね、合同イベントと称して開催しました。

始めにSPAC岡部理事長から開会挨拶があり、続いて新藤衆議院議員から来賓挨拶を賜り、各招待講演・SPAC報告と続きました。最後に共催の日本経済団体連合会宇宙開発利用推進委員会の柵山委員長(三菱電機取締役会長)から閉会挨拶がありました。ここでは、招待講演の主な内容について紹介します。

招待講演(1):宇宙政策の新たなビジョン

(松尾 剛彦、内閣府 宇宙開発戦略推進事務局長)

「宇宙政策を巡る環境認識」については、「社会の宇宙システムへの依存度の高まり」としてSociety5.0において宇宙システムは不可欠な存在であり、災害対策や国土強靱化、気候変動問題などの地球規模課題の解決、SDGsの達成に向け、宇宙システムへの期待が拡大している。諸外国の「宇宙活動の活性化」では、米露に加えて中国やインドの存在感が急激に拡大しており、宇宙空間の「多極構造」へと変わってきている。

「民間の宇宙活動の活性化と新たなビジネスモデルの台頭」としては、米国等の巨大資本の参入によるゲームチェンジ(打上げサービスの低価格化、小型衛星コンステレーション等)が成されており、我が国のベンチャー企業の動きも活発化しているが、一方で、我が国の既存の宇宙機器産業は欧米と比較して遅れている状況である。

宇宙政策推進の基本的スタンスは、(1)出口主導、(2)

民間の活力を最大限活用、(3)人材・資金等の資源の効果的活用、(4)同盟国・友好国等との戦略的連携等である。

「みちびき」の利用拡大では、既に市販のカーナビやスマートフォンのおほとんどが「みちびき」の測位補完機能に対応しており、さらに、「みちびき」を活用した新たなサービス・商品が生まれ出されつつある。アジア太平洋地域においても、準天頂衛星による高精度補強信号を活用した実証事業を、民間企業及び関係省庁の協力の下に実施し、「みちびき」の各国の認知・関心を喚起するとともに、技術の実用化やサービス展開の後押しを図っていく所存である。

招待講演(2):我が国の地理空間情報の活用の推進

(金井 甲、内閣官房 地理空間情報活用推進室長/国土交通省 政策統括官)

地理空間(G空間)情報とは、空間上の特定の位置を示す情報やその関連情報であり、地図データ、人工衛星で観測された車両や携帯電話の位置情報などの電子地図、静的データ、動的データ等々多様な種類がある。

地理空間情報活用推進基本法は、議員立法により平成19年成立し、以後、毎年同基本計画の見直しが行われ、今に至っている。地理空間情報は、第4次産業革命や Society 5.0 などのイノベーションの基盤となるものであり、これにより国民生活の安全・安心の確保と経済成長が実現できる。

また、高精度測位社会プロジェクトが進められている。この実証実験を通じて屋内空間情報インフラの仕様を策定し、民間サービスの創出促進のため標準仕様を普及させる。その一環としては、誰でも自由に利用できる屋内空間情報インフラとして、(i)屋内電子地図、(ii)屋内測位機器(ビーコン)配置のデータオープン化を図っている。

さらに、国民の命と暮らしを守るG空間防災技術の社会実装の推進のため、統合型G空間防災・減災システムの構築を図っている。このため、G空間で横串を刺し、省庁間・産学官連携強化、防災機関間情報共有、住民等への情報伝達の迅速化のための統合型情報ネットワークの強化、みちびきの活用・連携等を引き続き推進している。

招待講演(3):大林組の衛星測位データ活用方法とG空間社会での役割

(梶田 直揮、(株)大林組 常務執行役員 技術本部長)

大林組での衛星測位データの活用等について説明させていただきますが、これは我々の考え方である旨断っておきたい。

ゼネコンでの衛星測位データ活用方法について、まず建設現場では、測量での利用、重機やクレーン操作の利用、構造物自身の施工でのmm単位の精度要求等がある。

GNSS 活用に対する期待としては、測位が常時可能であることが重要である。現状の精度については、精度の厳しい建方への利用等を除くと現状での利用で技術的な問題は無いと考えている。ただし、ユーザーが使っている手法(1周波/2周波、マルチ衛星など)の限界を理解する必要がある点と、その精度予測の根拠を明確にすることが必要だと考えている。

G 空間社会に関連していまゼネコンが進めている方式として、SCIM(Smart City Information Modeling)がある。これは、建物だけでなく地盤・インフラ等を含めて街全体をコンピューター上に再現(デジタルツイン)するコンセプトである。デジタルツイン上の各所と街に係る各種データを紐づけることで、計画から運用まで街のライフサイクルのあらゆる段階で様々な情報・サービスを提供する事ができるようになる。また、ビルでは、スマートビルマネジメントシステム「WellnessBOX」という、働く

人のウェルネス増進のための人・建物間通信が必要という考え方である。

これらの基になるのが、BIM/CIM であり、これを徹底利用することで G 空間社会実現に貢献できると考えている。

SPAC 活動報告:「みちびき」サービスの利活用加速に向けた SPAC の取組

(三神 泉、SPAC 専務理事)

SPAC は、地理空間情報を高度に活用できる社会(G空間社会)を実現するため、産官学連携し、産業界の立場で活動を推進している。SPAC のみちびき社会実装支援活動事例としては、内閣府みちびき利用実証(2019 年)での「ピタットプロジェクト」においてニュージャパンマリーン九州(NJMK)への CLAS 技術や制御技術面で支援し、業界初の自動着岸に成功している。また CLAS 利用除雪車両の自動運転については、i-Snow(産、学、官)のメンバーとして CLAS 利用の測位技術面から支援を実施している。

補強情報の普及・社会実装に向けた SPAC 独自の取組として、CLAS から RTK 補正情報を生成し、ネットワーク経由で配信することで廉価版の汎用 RTK 受信機が使える CLARCS (CLAS-based RTK Correction System)を開発している。これを活用して連携団体・地方の潜在ユーザーに対し、低価格 RTK 受信機による CLAS の利用・測位体験を持ってもらう活動(QBIC のアウトリーチ活動を含む)を実施中である。

今後は、スマホ用 RTK アプリと組み合わせ、0.5m 程度のスマホ測位実現を目指すことを視野に、RTK 測位結果を利用したマルチパス軽減対策の開発に挑戦中である。IoT 社会を牽引するスマホへの CLAS の利用は SPAC の長年の夢であり、CLARCS が先駆けとなり、「みちびき」の社会浸透に拍車をかけたいと考えている。

* 第 10 回 QBIC 総会

(開催日: 12 月 16 日、会場: 機械振興会館とライブ配信(Youtube)、主催: SPAC※QBIC 事務局(写真・裏表紙))

QBIC 会長である山下様(田園調布双葉学園理事長、元 NTT データシニアアドバイザー)、QBIC 諮問委員である大林組梶田様(常務執行役員)、NTT 篠原様(同取締役会長)、オブザーバーである経済産業省藤木様(同製造産業局長)、是永様(同宇宙産業室長)他出席の下、開催されました。

QBIC 総会は原則年 1 回開催で、既に 7 月の総会時に 2020 年度活動計画等を決議済みです。今回は会長の交代審議があり開催され、新たな QBIC 会長につきましては、原案通り次の方が選出されました。

篠原弘道、日本電信電話株式会社 取締役会長

また、新会長選出後に新会長である篠原様から就任のご挨拶があり、山下前会長から退任のご挨拶がありました。引き続き、山下前会長の今までのご貢献に感謝を込めて花束と記念品贈呈がありました。

山下前会長には、2016 年 7 月のご就任以来 QBIC 活動を主導していただき、会員を代表して事務局一同あらためて深く感謝申し上げます。

なお、本総会の内容及び QBIC の活動状況につきましては、QBIC ホームページ(<http://qbic.eiseisokui.or.jp/>)から閲覧できます。ただし、会議資料・議事録等の一部は QBIC 会員のみが閲覧でき、一般の方への開示が制限されております。QBIC では随時会員を募っておりますので、この機会に是非参加をご検討ください。また、SPAC のフォーラム・シンポジウムの講演資料は、

SPAC ホームページ(<http://www.eiseisokui.or.jp/>)から閲覧できますので、是非ご覧ください。

以上

Online GNSS training jointly organized by CSIS and ICG 開催報告 東京海洋大学大学院 小林海斗(学生会員)

・トレーニングの概要

例年タイのAIT(アジア工科大学院)で行われていたCSIS(東京大学空間情報科学研究センター)とICG(International Committee on Global Navigation Satellite Systems:衛星測位利用促進のための国連機関)主催のGNSSトレーニングが2021年はオンラインによって行われました。トレーニングは2021年1月19, 20, 21の3日間に渡って開催され、世界中から100名近くのGNSSに興味のある幅広い身分の方々が参加しました。

・1日目

トレーニングはCSISのDinesh先生のGNSSの基礎に関する講演から始まりました。ここではGNSSの測位の仕組み、座標系、測位誤差、測位手法といった基本的な事項に関する説明が行われました。

その後EU、インド、日本の3カ国の測位衛星運用側から各国の測位衛星であるGalileo、NavIC、QZSSの特徴と今後の展開が説明されました。Galileoに関する講演ではアンチスプーフィング対策であるOS-NMAやL6を使用したヨーロッパでのPPPサービス、さらにはAndroidでのGalileoの観測データ取得などが興味深い内容でした。NavICに関する講演ではNavICを受信できる受信機の紹介やそれを使用した測位結果の発表がありました。QZSSに関する講演ではQZSSの7基体制への打ち上げプランやアジア地域で利用できるMADCOCA-PPPサービスの紹介がありました。

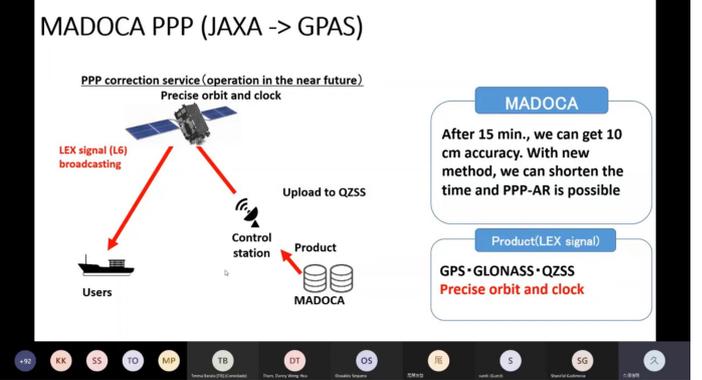
1日目の講演は以下のリンクから閲覧可能です。
<https://www.youtube.com/watch?v=NVSswewyOyhM>

・2日目

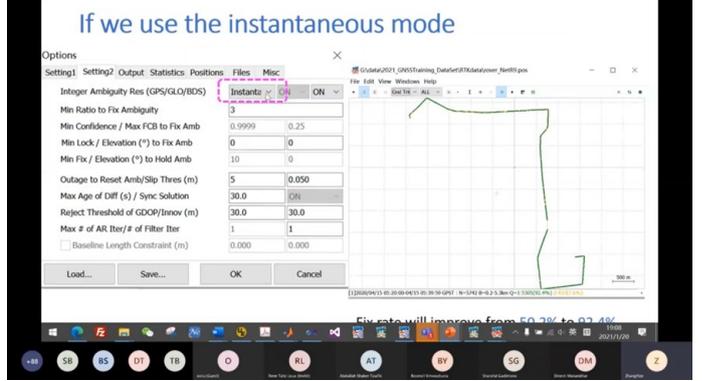
2日目はGNSSの精密測位を用いたアプリケーションの紹介から始まり、GNSS受信機からのデータ取得方法、サンプルデータとRTKLIBを用いた後処理解析、フィールドでRTKを行うためのRTKベースステーションの整備方法など、GNSSをフィールドで使うためのより実践的な内容の講義が東京海洋大学の担当で行われました。

最初に自動運転、重機の操縦補助、UAV測量など精密測位が利用可能な例をいろいろな産業分野に分けて解説しました。次にRTKを行うために必要な受信機やネットワークの例を挙げ、実際にベースステーションからRTK補正データを配信し、RTKNAV(RTKLIBのリアルタイムRTKソフト)やRTK対応受信機上でRTKする流れを見せました。データをロギングする方法なども紹介しました。その後はサンプルデータを用いて参加者のPC上でRTKLIBを使用した観測データのRINEXフォーマットへの変換と後処理測位(単独測位、DGNSS、RTK)をしてもらいました。

これらはオフラインイベントであれば実際にGNSS受信機を参加者に貸し、それを用いてフィールドでデータを取り、自分のPCで処理してもらうという流れなのですが、今回はオンラインイベントとなってしまったことで講演者がPC画面をシェアして実演するという方法で行われました。参加者が講義に付い



Online GNSS Training講義の一面 (本文P.10)



RTKLIBによる後処理RTKの実演画面 (本文P.10)

日本電気株式会社

ENABLER

MARUWA

NECソリューションイノベータ

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

JRC

CORE
CORE GROUP

WING over the World
AISAN TECHNOLOGY

MI INC.

モノをつないで、
人をほどく。

NISSEI

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

HITACHI
Inspire the Next

VIOS
SYSTEM

HITACHI
Hitachi Zosen

GPSdata
GPSデータサービス株式会社

JTRANS
一般財団法人 航空保安無線システム協会

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

JSAT
スカパーJSAT株式会社
宇宙・衛星事業本部

セイコーエプソン株式会社

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

快適空間
Flexible Conversion

NS Solutions

SPAC

- when it has to be right **Leica Geosystems**

FURUNO

Hitz 日立造船株式会社
Hitachi Zosen

MarGPS
特定非営利活動法人
海上GPS利用推進機構

KOMATSU

ALPSALPINE

KODEN
Koden Electronics Co., Ltd.

IPNTJ