

# NEWSLETTER OF IPNTJ

測位航法学会ニューズレター Vol.XIV No.3 2023年9月30日

IPNTJ



測位航法学会  
ニューズレター  
第 XIV 卷第 3 号

## 目次

- P.2-3 ESG(or SDGs)を考えた測位関連事業  
峰 正弥
- P.4 GNSSサマースクール2023開催報告
- P.5 受信機講座講義報告 辻井利昭  
特別講義・GNSS気象学講義報告  
小司禎教
- P.6 特別講義・GNSS受信機講義報告  
井上雅永
- P.7 SDR受信機講義報告 鈴木太郎  
乗船実習報告 横田健太郎
- P.8 システム・デザイン・ワークショップ報告
- P.9 サマースクール参加体験記  
奈良元 開
- P.10 ロボテスフェスタ2023報告  
松岡 繁
- Report on CSNC 2022 Yize Zhang
- P.11 イベント・カレンダー・編集後記
- P.12 イベント写真・法人会員

測位データ収集しながら  
東京港内クルージング  
レインボーブリッジを背景  
に (本文 P.7)



システム・デザイン  
ワークショップ  
グループ討論中  
(本文 P.8)



特別法人会員



システム・デザイン・ワークショップ終了後の集合写真 (本文 P.8)

# ESG(or SDGs)を考えた測位関連事業

## 峰 正弥(副会長)

少なくとも現時点では、人類が生存出来るエリアはこの地球であり、「あれが欲しい」とか「あれをやりたい」とか言っても、この地球環境の中で答えを見つけていかねばならない。これには、SDGsしかありえない。

そこで、生きるということに直結する食糧を例に、この供給について少し考えてみたい。

まず、これを考える上で必要となる人口。World population prospects 2022 で示されているデータ(図1)によれば、現在約80億人の人口が、2050年には、約97億人となり、2100年には、約104億人と増加状態が続く。尚、この数値は平均的なものであり、人類の誕生・死等に確率的な要素を加味すると、2100年では約124億人～約89億人の幅となるようだ。平均でも1.3倍、最大予測では1.55倍の人口の増加である。人類が生存するためには、人体に適切な栄養が供給出来なくてはならない。従って、少なくとも人口増加の割合で、食糧増加…正確には、食糧そのものが増えなくても栄養の供給量が増えればよいのだが…それがなされていかないと生存出来ない。

では、食糧(or栄養)供給量を人口増に合致させて増やすために、耕地をこの割合で増やすことが出来るだろうか？…しかし、これについては、既に、地球温暖化に関係した森林

の伐採等々で問題視されており、単純に耕地をこの割合で増やすという解はなさそうである。

では、生産能力をこの割合で上げるというのはどうだろう。80年の間に1.5倍前後の生産能力アップをする…であるが、これは耕地の土壌改良、DNAを含めた品種改良を企てていくということだ。しかし、これも現状の更なる生産能力アップであるが故に、ハードルは高そうである。また、これに加えて、地球温暖化等による作物に関する自然環境の悪化の傾向もあり、現状維持ですらも難しい状況である。

更に、政治的、軍事的な悪漢、国同士の争いで食糧や肥料の安定供給が出来ない等々の問題もある。IMFから出されている記事を見ると、「…かつては賑わっていたウクライナの黒海の港における活動が停止し、畑は手入れが行き届かない状態となりロシアの輸出能力に制限が掛かった。両国の世界輸出に占める割合は、小麦が1/4、大麦とトモロコシが1/5、ヒマワリ油が半分超である。両国の輸出は世界で取引されるすべてのカロリーの約1/8を占める。」(「戦争は食糧危機を煽る」byアンドリュー・スタンレーから抜粋)とある。これがあると、国際連合食糧農業機関(FAO)が出している食糧価格推移(図2)に示されているように、食糧価格の激しい高騰に繋がり、特に、発展途上国においては、飢餓の問題に直結していく。これでは、これからの食糧の安定供給とはなっていない。即ち、人類の生存が困難な状態にあるということだ。

同様に、プラスチック問題に目を向けてみる。昔は、豆腐屋がラッパを吹きながら街に繰り出し、豆腐を売って歩いていた。人々は、そのラッパを合図に自宅にある鍋を持参し、豆腐を購入しそれに入れて家に持ち帰っていた。時代は進み、今では、入れ物を持参しなくても、スーパーでいつでも豆腐を購入出来る。醤油等の調味料も瓶を持参して購入する訳でなく、容器込みでいつでも購入できる。ジュース等も瓶の回収なく、いつでも購入できる。確かに、この流れは、人類のプラスチック容器の発明による「効率化・生活の豊かさの追求」ではあった。誰もこの便利さに酔っていた。しかしながら、使い終わったものの処理については、「効率化・生活の豊かさを云々するためのコスト」には入れていなかった。そこは、「私の事業の範囲ではない？誰かがやってくれること」で終わっていた。その結果、数年、数十年の月日を経て、人類の生存環境を犯す問題となってきた。その一つが、マイクロプラスチック問題である。プラスチックが海洋に散乱し、更にマイクロプラスチック化されて、蓄積されている。「軽くて腐らないし安い」といういいこないだまでのメリットは、今は、逆に「収集が難しい処理しにくいもの」となっている。

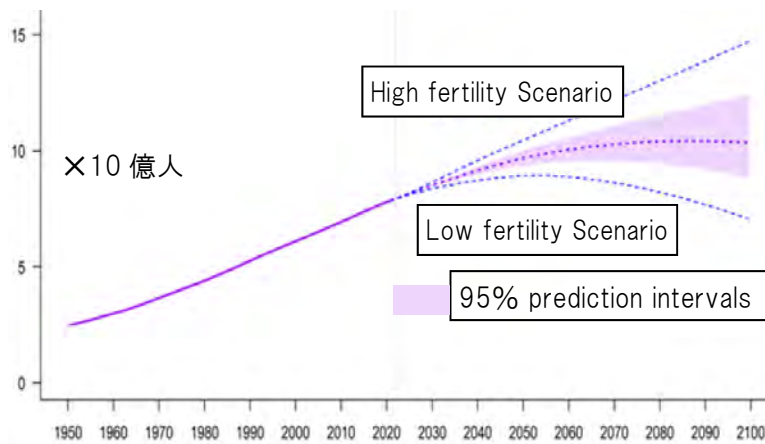


図1 世界の人口推移

### 過去最高値

世界の食料価格は数年間、ほぼ安定していたが、その後、異常気象やパンデミック関連の混乱で急騰。価格上昇はロシアのウクライナ侵攻を受け一段と進み、2022年3月に再び過去最高値を更新した。

(食品の実質価格指数。2014-16年=100)



図2 世界の食糧価格

これらについては、今までは、事業開始&展開を始めた時には、コスト関数の中に入れてなかった要素であり、企業投資の観点からは評価が難しいところである。確かに、昨今は、国連のSDGsや企業のESG投資等の文言が使われるようにはなってきた。しかしながら、個々に、バラバラに、これを進めていって本来の目的である「生活の豊かさを維持さ

れながら、この地球に住み続けることが出来るのか？」

という問題の解となっているのかどうか分からない。「良い方向に進んでいるのだから」だけで進めて、数十年後に「その程度では足らなかった」「あれが抜けていた」と言っても間に合わない。

そこで、少し大上段に構えた形ではあるが、我々が今まで展開してきた事業を顧みながら、これについて少し考えてみたい。

我々の事業とは、地理空間情報を導出するために必要なインフラの整備やその情報を生み出す機器の開発、それを利用した事業展開等々であるが・・・、例えば、上述した「食糧の安定供給」という問題を考えると、初めにあるのは、「問題の共有化」と「このムーブメントの参加者を増やすこと、世界的な動きになること」である。このためには、共通な座標系で問題が表され、解決案も同様に表現できることである。

ところでいろいろな問題（「何年にどこの人口がどの位になる」「小麦の生産高分布はどのようになる」「どこで紛争が起きている」「天気予測はどのようになる」等々）や解決案（「どの国でどのような生産を計画する」「リスク回避の蓄積分布はどのようにする」）等は、地理空間情報として表現されることから、先ず、この座標軸の世界的な共通化とその維持が必要不可欠となる。これは、現状のGNSSを意味するが、これについては、現在、国連のICG meetingで実行されており、この継続維持は非常に重要である。

その上で、「問題の共有化」と「このムーブメントの参加者を増やすこと、世界的な動きになること」となるのであるが、この問題は様々な要素が絡み合っており、「人口問題」「食糧問題」「地球温暖化問題」等々のいろいろな国際会議でのプレゼンを行いながら、各々の会議を繋げていくようなことも必要となっ

てくる。ここで言う国際会議は、国同士の会議であり、「官」としての要素が高いが、ここで発表するのは、世界的なデータをベースにしたシミュレーション解析等を含む総合的な検討結果に基づくものであり、「学」「民」関連の研究開発を必要とする。そして、この「学」「民」の研究開発においても、自国以外の国との連携が出てきて、この連携があればあるほど、その結果に「広さ」や「深み」が追求され、正しい解に導かれていくように思う。

「問題の共有化」と「このムーブメントの参加者を増やすこと、世界的な動きになること」は、渦巻き状に広く・高くなっていくことが必要であるが、「問題提起」「解決案提示」「その施行」「結果解析」「問題再設定」のサイクルは先ず小さいサイクルから始まり、その複数が一つになって大きなサイクルになり、その大きなサイクルが複数個結合して更なる大きな渦となり、意味のある「広さ」「高さ」になっていくように思う。

従って、このサイクルを「官」「学」「民」で協力して大きくして育成し、更に、それが国際的に融合して大きな渦になっていけるのかに掛かっている。（図3参照）

この流れは、誰か一人の旗振りで「右に倣え」とは動いて行かず、大きく育つためのそれなりの時間「数十年規模？」が掛かりそうである。冒頭で述べた「食糧の安定供給」に関する数字から考えると、現在の進み方では本来の姿「人類はこの地球に住み続けることができる」に到達するのか少々不安のように思うが、如何でしょうか？

GPS/GNSS シンポジウム 2023 10月26日午後後半  
パネルディスカッションで討議する予定です。  
\*多数の皆様のご参加をお待ちしています。



図3 地球全体としての把握とアクション

## GNSS Summer School 2023開催報告

### 沿革：

当サマースクールは2013年に測位航法学会が東京海洋大学と協力して立ち上げ、2014年の2年間、7月下旬の大学が夏季休暇に入った直後の一週間6日間、海外から20名、国内から20名の参加者を募集して、集中的にGNSSの基礎から応用まで幅広く学ぶ場を提供しました。海外からの参加者のほとんどは測位航法学会の法人企業からの寄付金による招へいでした。2015年からはJST (Japan Science and Technology Agency) の補助事業として、東京海洋大学から申請して、実務は測位航法学会が行う形を取って、2019年まで実施して来ましたが、2020年から2022年まではコロナ禍のため招へいが出来ず、2021年と2022年はオンラインで4日間の講義を実施しました。

### 参加者：

今年はコロナによる制限が解除されたことにより、4年ぶりの対面での開催となりましたが、準備の遅れで、8月28日(月)から一週間の開催となりました。海外からの参加者は100名近いJST奨学金希望者の中から選ばれた招へい者9名、自費参加12名(数名を除いて宿泊費はスポンサー企業の寄付等から支給)の21名、国内から社会人6名、学生3名の計30名での実施となりました。

海外からの参加者は、香港理工大学、学生2名、フィリピン大学、学生1名、助手2名、台湾成功大学、学生2名、ネパール・トゥリビアン大学工学部、教員1名、学生1名、ネパール測量局、技師2名、モンゴル地理情報協会、技師1名、ブルネイ王国・ソアテック社、技師2名、エチオピア・メケーレ大学教員、1名、スペイン・デュースト大学、助手1名(パキスタン人)、ドイツ・ビュルツブルグ大学、助手1名(インド人)、マレーシア・サインズ大学、学生1名(オマーン人)、フィンランド・ヴァーサ大学、研究員1名(エジプト人)、インドネシア測量局、研究員1名、英国フォーカル・ポイント・ポジショニング社、技師1名(南アフリカ人)の21名でした。

### 講義内容：

講義は実習等を含め、8月28日(月)～9月2日(土)まで、8:30～17:20の間に一講義時間90分、5コマで、昼食は和風のお弁当と一緒に楽しみましたが、ベジタリアンやハラールなど宗教上の慣習対応が必要でした。



サマースクール第一日目講義開始/8月28日  
東京海洋大学越中島会館セミナー室

第一日目は最初にサマースクールのプログラムの全体像を紹介し、GNSSの基礎として測位システムの起源から現状までを概説しました。引き続き、4講義時間でGNSSの信号の詳細、測位原理から受信技術・各種受信機技術等の解説がありました。

第二日目は4講義時間で、測位アルゴリズムについて詳しく学び、Pythonによる測位プログラムの実習がありました。その後1講義時間で、QZSS現状と将来計画について紹介を受けました。

第三日目は3講義時間で、GNSS受信機の詳細について学んだ後、気象学への応用事例の紹介と、最新の商用受信機について各一講義時間の紹介がありました。

第四日目は、高精度搬送波位相測位ソフトウェアパッケージRTK-LIBについて詳しく学び、各自のPCにダウンロードしてその性能を堪能しました。また、測位実習用として、参加者全員にu-blox社から最新のGNSS受信モジュールとGNSSアンテナが無償で提供されました。

午後からは二班に分かれて、やよい丸により東京港内を遊覧しながら航行中の測位とGNSSデータの収集を行い、RTK-LIBによる後処理により、高精度の航跡を確認しました。

第五日目前半は、ソフトウェア受信機の原理と実習によるもので、GNSSの高周波信号をパソコンで扱える周波数まで落として、数値化し、ソフトウェアで処理して、測位結果をパソコン画面上に表示する実習を行いました。

その後はシステムデザインワークショップとして、6グループに分かれて衛星測位システムを利用した様々な問題解決の提案を行いました。(詳細は後述)

最終日は、衛星測位システムを使った、災害警告システムの状況、補強システムの現状、などの講義の後、参加者の中、9人の有志から自身の研究概要についての発表が有り、その後閉会式にて修了証の授与がおこなわれ、6日間のプログラムを無事終えることができました。参加者はGNSSについて多くを学ぶと共に、多くの仲間と友好を深め帰国の途に就きました。

以下に講師の先生方のコメント、参加者の方からの報告を記載します。(順不動)



サマースクール第一日目講義終了後ウエルカムパーティー

古野電気株式会社、セプテントリオ社、u-blox社  
小峰無線電機株式会社の各社様より運営費の補助金を頂いたことを記し、謝意を表します。

## C1/C2/C3 GNSS Signal/Receiver and Applications 大阪公立大学 辻井利昭

C1では、GNSS信号の構成、CDMAの原理、およびGPS受信機の基礎を説明した。受信機の機能については、ソフトウェアGPSレシーバを使ってデモを行った。



C2では、ソフトウェア受信機を用いた応用研究として、マルチパスを含む電波干渉の説明と事例紹介を行ない、スードライトを用いたマルチパス評価実験について紹介した。また、電波干渉を低減するアレーアンテナの原理や、ビームフォーミング・信号の到来方向推定とスプーフィング抑制等について実データをもとに紹介した。

午後のC3では、慣性航法装置（INS）の概略を説明した後、GPSとINSの複合手法、電離圏シンチレーションの影響などについて講義した。また、GPS/INS複合により電離圏シンチレーション環境でも信号追尾が向上できることを、実フライトデータを用いてデモンストレーションした。全体的に熱心に聴講しており、講義中の質問はもとより休憩中にも質疑に訪れるなど、海外学生の意欲の高さを感じた。ただ、休憩中に議論すると実質休み時間が無くなってしまいうので、休憩時間をやや長くとっても良いかと感じた。

C2/C3はやや特殊なトピックであったが、質疑も盛んであり、少なからぬ受講生が興味をもってくれたと考えている。

### 特別講義Ⅱ

#### 日本における地上基地型GPS/GNSS気象学入門 気象研究所 小司禎教

本講義では、以下について説明を行いました。

##### 1. 地球環境や災害をもたらす気象現象に対する水蒸気的重要性

水蒸気は地球の大気の中で最大の温室効果をもたらしている。また、しばしば豪雨や突風等気象災害をもたらす積乱雲は地上数百m~1km程度の高度に暖湿な空気が集まることで発生・発達する。積乱雲の発生機構の解明には風と水蒸気を、高い時・空間分解能で観測することが必要である。

##### 2. GPS/GNSS測位の概要と水蒸気の影響

GPS/GNSSによるcm級の精密測位には、測位衛星から送信されるL波帯の電波（搬送波）の位相と、受信機内部で生成した同一周波数の信号の位相との差（搬送波位相）を用いる。大気分子の双極性により、大気中での搬送波の伝播速度は真空中に比べ減速する。GPS/GNSSによる測位解析では、受信機の位置とともに天頂方向に換算した電波の遅れ（天頂遅延量、ZTD）を未知パラメータとして推定する。

##### 3. GPS/GNSS測位から可降水量を推定する方法



ZTDのうち、大気分子の誘導双極子に起因する遅延量（天頂静水圧遅延量、ZHD）は地上気圧に比例する。一方、水蒸気に起因する遅延量（湿潤遅延量、ZWD）は鉛直積分水蒸気量である可降水量（PWV）に比例し、比例係数は地上気温から推定することができる。そのため、GPS/GNSSアンテナ位置の気圧と気温が得られれば、精密測位解析で推定したZTDからPWVを算出することができる。

#### 4. GPS/GNSS可降水量の特質

大気中の水蒸気量を観測する手段は12時間間隔で行われている高層ゾンデ観測や、極軌道衛星に搭載されたマイクロ波放射計などがあるが、現状では時・空間的に十分な観測情報が得られているとは言えない。GPS/GNSSから得られる可降水量は、高精度で校正不要、高時間分解能、経済性や耐久性等、実用的な気象センサーとしての特質を有している。国土地理院はGEONETと呼ばれる約1,300か所のGNSS連続観測システムを運用している。気象庁は2009年10月より、GEONETからPWVを解析し、予報への利用を行っている。

#### 5. 船舶に搭載したGPS/GNSS装置を用いた海上の可降水量推定

近年の測位衛星システムの増加、MADCOAによるリアルタイム衛星軌道解析の実現、さらに準天頂衛星によるMADCOAリアルタイム軌道情報の配信など、キネマティック測位による海上でのリアルタイムGNSS水蒸気解析も精度が向上している。気象庁は2021年より、船舶における二周波GNSS観測から、海上のPWVを解析し、予報に利用している。

説明に時間がかかり、後半は駆け足の説明になってしまいました。高層ゾンデの費用や、PWVのリアルタイム解析方法などに質問がありました。暑い中参加された皆様に、なにか有益な情報をお伝え出来たならば幸いです。

### 特別講義Ⅲ

#### GNSS受信機の紹介

セプテントリオ社 井上雅永

##### 1.はじめに

本年度のGNSS Summer School 2023に「高精度GNSS受信機のご紹介」の特別講義に於きましてセプテントリオの紹介をさせていただきました。

参加者はGNSSについて初歩段階の方からGNSS関連に既に携わっておられ、より深い知識を学ぶためにご参加される方など様々なレベルの皆様と一緒に学ばれる機会です。

それに合わせて、GNSSの第一歩に便利なmosaic goの紹介に加えて、頑丈なGNSSに必要なアルゴリズムの少し深い話もいたしました。

##### 2.セプテントリオ会社概要

世界的な半導体機関のIMECがベルギーのルーヴェンにございますが、セプテントリオはこのIMECからスピノフした会社です。セプテントリオの本社は同じく



ルーヴェンにあり、弊社のGNSSのASIC開発ではIMECは強力なパートナーです。

またESA（欧州宇宙機関）と戦略パートナー関係を持っていること、Galileoのテスト受信機はすべて弊社が供給しております。

### 3.セプトントリオGNSS受信機の技術的特徴、高精度GNSS受信機ご使用例

弊社の高精度GNSS受信機は堅牢性が求められる厳しい環境下に対応可能な点が特徴であることを採用事例を挙げて紹介致しました。

Makin社のショベルカーマシンガイダンスでご採用戴いた例はノルウェーなど北極圏に近い厳しい堅牢性が求められる環境下で使用できるGNSS受信機がセプトントリオでした。北極圏では電離層擾乱の影響を受けることが多い地域ですが、電離層擾乱の対応性、また地層が岩盤でショベルカーが大きく揺れ振動からTracking Lostがよく起こりますが、その振動性にも優れていた点、ショベルカーの横に大きな崖がある作業では、衛星の信号がその崖に反射しマルチパスが起きる厳しい環境ですが、弊社GNSS受信機のマルチパス対応もご採用の大きなポイントでした。

世界的な浚渫会社であるJan De Nul社のご採用理由は同じく電離層擾乱への対応です。また海洋でのInmarsat通信との電波干渉障害の緩和もご採用の決定に至りました。

アプリケーション、求められる要求仕様、市場での価格により選択されるGNSS受信機も様々ございますが、

上述のマルチパス、電離層擾乱、耐震トラッキング、電波干渉緩和といった対応への特徴が弊社がPatentを持った独自のアルゴリズムの強みであること、堅牢性が求められる環境下ではセプトントリオのGNSS受信機が大きく社会貢献していることをお伝えしました。

特にマルチパス対応（APME+）、電波干渉と妨害電波対応（AIM+）、耐震トラッキング（Lock+）について特徴をご紹介しました。

<https://www.septentrio.com/en/learn-more/Advanced-positioning-technology/gnss-technology>

### 4. PolaRx5 製品

弊社の最上位GNSS受信機のPolaRx5シリーズ製品について少しご紹介致しました。製品の特長よりもこのGNSS受信機が世界中の地震観測、火山観測、地殻変動のモニタリング（UNAVCO、IGS Network、Ordnance Surveyなど）で貢献していることを話しました。

日本は地震大国ですから当然ながら地殻変動のモニタ



リングが盛んに行われています。日々の地表、火山に近い岩盤などから小さなゆがみで引き起こされる微動を検出する際にPolaRx5が使用されています。

PolaRx5から得られたデータに基づき、火山の挙動モデル作成、津波予測、地震の警告を出すことに寄与しております。

<https://www.septentrio.com/en/learn-more/customer-stories/monitoring-volcanic-activity-accurate-reference-stations>

<https://www.septentrio.com/en/products/gps/gnss-reference-receivers>

### 5. mosaic シリーズ製品

mosaic-x5（RTK対応）、mosaic-H（方位、デュアルアンテナ対応）、mosaic-CLAS（日本のみ、CLAS対応）、mosaic-T（時刻同期）の4つのラインナップがあり、この4製品のmosaicモジュールのHardwareは同じです。高精度GNSS受信機のモジュールの特長（ASICの為高い更新レート、CPU搭載）を紹介しました。

GNSS受信機を初めてご使用されるユーザー様にはこのmosaicのモジュール製品でお試し戴くのが良い、と弊社では考えております。

この各モジュールを搭載（mosaic-Tを除く）した簡易評価キット「mosaic-go」シリーズを合わせてご紹介しました。

手のひらサイズのアルミケースに入った評価キットでPlug & Playで簡単直ぐにGNSS受信機をお試し戴くことができる評価キットです。

Youtubeでもmosaic-goの使い方の紹介ビデオがございますのでその動画通りに進めて戴きましたら簡単にご使用戴けます。

また、弊社ではより多くのユーザー様にまずはセプトントリオを知って戴きたい、使い易いと感じて戴きたいという思いから、CQ出版さんのWEB SHOPからプロモーション価格で販売中であることをご紹介致しました。通常のご購入ではアンテナ、アンテナケーブルが付属されておりません。

また円安の影響で10万円を超える価格になっております。CQ出版さんのWEB SHOPからの販売ではアンテナ（L1/L2/L5/L6対応）、3.5mのアンテナケーブルを付属しており、これらすべて込みで10万円を切るプロモーション価格を展開中です。

是非、セプトントリオのGNSS受信機をお試し下さい！！

<https://www.septentrio.com/en/products/gps/gnss-receiver-modules>

<https://www.youtube.com/watch?v=n1u5QZG4jls>

<https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/L/1000436.htm>



サマースクール講義報告 SDR受信機  
千葉工業大学 鈴木太郎

東京海洋大学越中島キャンパスにおいて開催されたSummer School on GNSS 2023において、ソフトウェアGNSS受信機技術にかかわる講義を担当しました。コロナの影響でここ数年はバーチャル開催だったため、久しぶりの対面での開催となりました。この講義では、GNSS信号の詳細と、ソフトウェア受信機のフロントエンドのサンプリング方法、そしてフロントエンドの出力からどのように信号処理をするのかの概要と、実際にプログラムを使用したハンドワークを行いました。



講義では、まずそれぞれの衛星の測位信号について説明し、フロントエンドではどのようにしてアンテナから入力されたRF信号をデジタル化するかについて学びました。次に衛星からの信号をどのように捕捉・追尾し、またナビゲーションデータをどのようにデコードするかについて述べました。これらの信号処理をわかりやすく学ぶために、本講義ではMATLAB/Simulinkを用いたサンプルコードを用いて信号処理について学びました。ハンドワークでは、まず、ソフトウェア受信機に入力するRF信号を取得するためのフロントエンドを全員に配り、ドライバーのインストール、データ取得のテストからスタートしました。毎年この講義では、GNSS受信機のフロントエンドとして、RTL-SDRと呼ばれるUSB dongleを用いています。このRTL-SDRフロントエンドとパッチアンテナを用いて、室内に設置したGNSS信号の再放射器（リピータ）からデータ取得の実験を行いました。そしてGNSSのソフトウェア受信機のプログラムを用いて、実際にフロントエンドから取得した生のRFデータから、衛星の信号を捕捉し、位置を計算するハンドワークを行いました。

今回のハンドワークでは、配布したGNSSソフトウェア受信機のソフトウェアに問題があり、参加者の多くがプログラムが正しく動作しないという結果になりました。大変申し訳ありませんでした。来年に向けて、再度実習の内容の確認と講義の質をあげていきたいと考えています。

GNSSサマースクールにおける乗船実験について  
東京海洋大学大学院 横田健太郎

1 概要

令和5年8月28日から9月2日まで東京海洋大学において行われたGNSSサマースクールにおいて、同大学保有の「やよい」での実験及びクルージングが実施された。GNSSサマースクールについては、約4年ぶりの対面方式での実施となり、各国から参加者が参加していた。やよい丸での実験は海外からの参加者だけでなく、国内からの参加者にも盛況であり、同航海において得た実験データを解析した講義ではRTKLIB Exploreによる事後解析も紹介された。

2 実験概要

「やよい」の船橋屋上にアンテナ (NovAtel GGG703) を設置し、それをPPP、RTK及びCLASの3つの受信機に分波して計測を実施した。

計測は2回実施し、東京海洋大学から東京湾へ向かう航路は異なるものの、いずれもレインボーブリッジの下を往復し、東京国際クルーズターミナル付近まで進出した。2回目のほうが東京湾内の交通量、また環境が悪く、波による船体の動揺が大きくなった。

解析にはRTKLIB Exploreを用い、RTKの基準局は東京海洋大設置のものを使用した。

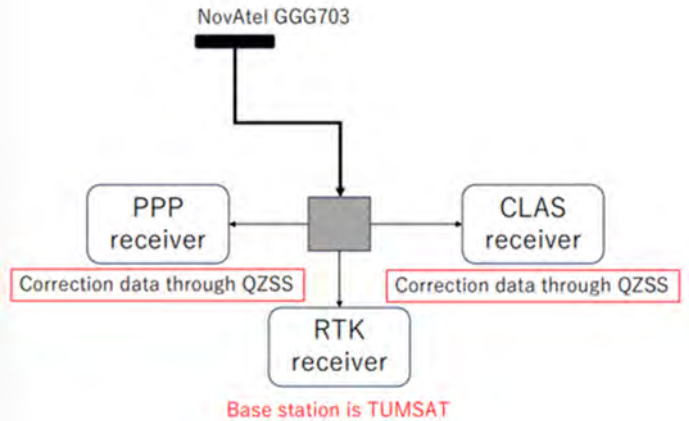


図1 実験構成



図2 やよいでの乗船実験の様子

3. 実験結果

(1) 1回目

1回目のCLASにおいてFIX解を得られていない場所はレインボーブリッジをはじめとする橋の下を通過した地点である。特に、隅田川を航行している際の橋の影響は大きく、橋桁下約数mを通過する箇所が複数あったことが要因と考えられる。

PPPではFloat解が93.2%を占めているが、CLASに比して橋を通過した際の影響が大きく出ている点特徴的である。

また、RTKによる結果が最も良く、FIX解 97.1%であった。橋の下であっても比較的良好なFIX解を出せている。また、CLASでは生起していた位置が飛び事象もみられることはなかった。

表1 1回目解析結果

	FIX	Float	dgps	Single
CLAS	89.0%	6.4%	2.2%	2.3%
PPP	-	93.2%	-	6.8%
RTK	97.1%	1.5%	1.4%	-

System Design Workshopは、9月1日（金）の午後に実施された。このワークショップは、小高暁特任准教授を中心とした慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科の教員、学生らによって設計され、具体的には、小高暁特任准教授、博士学生の<sup>①</sup>大野友氏、修士学生の<sup>②</sup>敷田剛志氏、<sup>③</sup>大関燿氏の4名によって実施された。まず、ワークショップの冒頭で、小高特任准教授からGNSSの概要やGNSSを活用したマレーシアでの農業指導、ラグビー選手の運動量分析、畜産分野における効率化検証など、研究室での活動を中心にMulti-GNSSのトレンドやその有用性について解説し、その効果を多様な分野で価値に結びつけるためにも俯瞰的かつ緻密な思考、つまり、物事をシステムとして捉える考え方が重要であるということ論じた。



その後、修士学生の<sup>④</sup>敷田氏が全体のワークショップファシリテーターを務め、受講生4～5人程度を1チームとし、6チーム構成でワークショップを行った。各チームはファシリテーターのガイドとサポートに入ったメンターのアドバイスにより、4つのワークを行った。具体的には、①アイスブレイク手法を用いた自己紹介 ②ブレインストーミングによるアイデア創出 ③2軸図による構造シフト発想法を活用したアイデアの分類と新規アイデアの創出 ④ステイクホルダー分析から始める顧客価値連鎖分析である。

そして、最後に、ワークショップを通じて得られたアイデアについて、各チームが全体発表を実施した。以下に6チームが行った最終発表の概要を記述する。僅かな時間と母国語ではないなど制限が多くある中で、自己紹介からアイデアの創出、分析、シナリオの構築と発表まで駆け足で行い、全てのチームが発表まで成し遂げる事ができた。

今回のワークショップでは考え方や文化の違いを活かし、これまでにないGNSSの活用方法を考えるとともに、俯瞰的に物事を考えてまとめる過程を通して対話が生まれているチームが多くみられた。文化や意見の違いを、会話を通して相互理解に繋げる事ができた事こそ最大の成果だと感じている。以下に各チームの成果概要を紹介する。

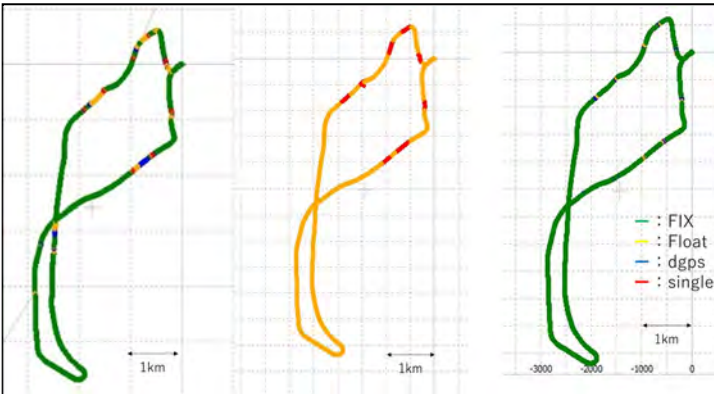


図2 第1回実験結果(左からCLAS、PPP、RTK)

## (2) 2回目

1回目比べて解析結果が全体的に悪くなっており、CLASにおいてはFIX解が71.4%まで低下している。特にレインボーブリッジの往復時には、結果が安定するまで約200m以上進んでいる状況であった。

PPPでは1回目と同様にFloat解が92.4%を占めていたものの、CLASに比して橋を通過した際の影響が大きく出ている点特徴的であった。

また、RTKによる結果が最も良く、FIX解は96.3%となった。

表2 2回目解析結果

	FIX	Float	dgps	Single
CLAS	71.9%	21.7%	3.6%	2.8%
PPP	-	92.4%	-	7.6%
RTK	96.3%	1.6%	1.9%	0.2%

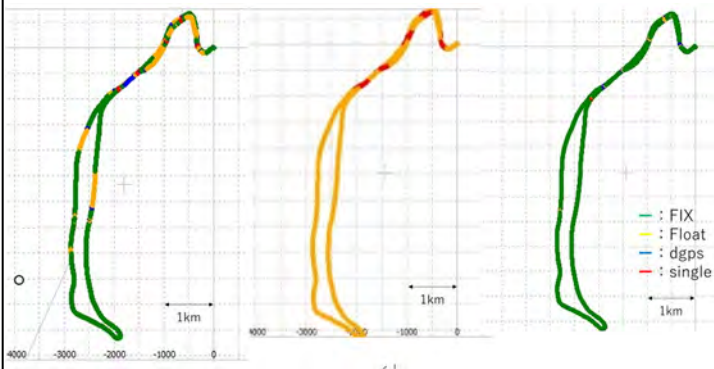


図4 第2回実験結果(左からCLAS、PPP、RTK)

## 4. 結論

実験結果から、全体的に第2回の方がFIX率が低下しており、特にCLASが顕著となっている。

一方で、PPPやRTKにおいては第1回と第2回で大きな差はなく、これらの手法がCLASより影響を受けにくいことが本実験では導出できる。

第1回と第2回の差は航路及び環境変化以外はないものの、特にCLASのレインボーブリッジ通過時におけるFIX率の低下が著しいため、この部分について事後調査が必要である。



Aチーム / アイデア名: J2 PNT' S Smart Glasses



メガネにGNSSレシーバを付けて、音声でのナビゲーションをさせるサービス。ビーコン等を使うことで屋内でも対応可能とし、視覚に障害をお持ちの方でも目的地にたどり着

けることをねらった。サービスのユーザを視覚に障害を持った方に限定せず、観光客にも有用ではないかという提案がその後の議論でなされた。

Bチーム / アイデア名: KANY Support System  
重症患者向けの緊急連絡システム。



急な病気で倒れてしまった人の位置情報を病院に送信し、緊急車両を手配する。また、保険会社や病院との連携をおこない、デバイスの普及に協力を依頼することで、ステイクホルダーがメリットを得られる持続可能なビジネスモデルを提案した。

急な病気で倒れてしまった人の位置情報を病院に送信し、緊急車両を手配する。また、保険会社や病院との連携をおこない、デバイスの普及に協力を依頼することで、ステイクホルダーがメリットを得られる持続可能なビジネスモデルを提案した。

Cチーム / アイデア名: Save Kids



GNSSレシーバを子供に持たせて、安全を見守るサービス。

スーパーマーケットや学校からの帰宅中など、常に見守り続けるのが難しい親が気軽に見守ることを可能にする。

プライバシーの観点から子供がデータを提供したいと思うのか、監視されている感覚を軽減するためにセンサを制服につけたら良いのではないかといった提案もなされた。

Dチーム / アイデア名: Outdoor posting for extra-terrestrial planets using GNSS system



月や火星においてGNSSを構築する提案を行った。

世界各国の宇宙機関をステイクホルダーに含む大きなプロジェクトを構想し、現地調査や打ち上げを含む実装を担う。

誰がこのシステムの予算を支払うのは誰か、恩恵を受けるのは誰かなど社会技術的な視点から議論が多くなされた。

Eチーム / アイデア名: Drone Delivery System



GNSSレシーバを搭載したドローンによって、食品や薬品等あらゆるものを運ぶサービス。

GNSSの精度が向上することにより、正確な配達が可能になる点に着目した。

主な論点として既存サービスとの差異が見えにくいため、どのように差別化していくのかなどの議論がなされた。

Fチーム / アイデア名: Up Hill Airport Navigation System



GNSSレシーバを搭載したデジタルパスポートを実装することで、煩雑な入国審査を自動化することや、世界各地での支払いを効率化するアイデア。位置情報と行動ログを紐付けることによるリスクとその対応策、また具体的に何を

用いて実装するか、といった議論がなされた。

GNSS Summer School 参加体験記

広島市立大学大学院 奈良元 開

今回、私は東京海洋大学で行われたGNSS Summer School 2023に参加させていただきました。全ての講義が英語で行われ、参加者の半数以上が外国人という普段とはあまりにも違う環境に飛び込むということで、参加前は不安しかありませんでした。正直、英語に自信があるわけでもなかったですし、初対面の人とのコミュニケーションにも自信があるわけでもありません。様々な要素が不安を強めていました。

しかし、それは杞憂でした。参加者全員がフレンドリーですし、こちらが日本人であると分かると簡単な英語を使ってくれたり、私の発言の意味を何とかくみ取ってくれたりしてくれました。また、講義もちろん英語で行われるためきちんと理解出来るか不安でした。

正直、完全に理解できたかと聞かれると素直にうなずくことは出来ませんが、毎回用意される紙の資料と講師たちの丁寧な説明の助けもあって、慣れない英語の講義であるにも関わらず想像よりもすんなりと理解することが出来ました。また、日本で行われるセミナーということだけあって、講義内容に準天頂測位衛星みちびきなどの日本の要素がかなり出てきます。実際に住んでいる土地が舞台ということもあってより講義に身が入りました。

また、参加者の立場が年齢、国籍様々ということで普段では経験の出来ないコミュニケーションがたくさん出来たと感じています。海外の参加者に限らず日本の参加者からも吸収できることは多かったように思います。

(P.11左欄中程に続く)

## ロボテスフェスタ2023報告

宇宙システム開発利用推進機構 松岡 繁

「ロボテスフェスタ2023(公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構と南相馬市が共催)」が9月1日(金)～9月2日(土)、ふくしまロボットテストフィールド(RTF)で開催され、2日間で延べ917名の方が来場されました。RTFは約50haの敷地に陸海空で働くロボットや、ドローンの研究開発に活用できる設備、研究者の活動拠点となる研究棟などが整備されており、「ロボテスフェスタ2023」では、ドローンをはじめとするフィールドロボットの実演展示、ロボット関連事業者が情報交換や商談の実施、再先端技術に触れる機会が設けられました。

この「ロボテスフェスタ2023」の一環として「みちびき(準天頂衛星システム)講演会 ～ドローンUGV最前線2023～」(主催:準天頂衛星サービス/共催:宇宙システム開発利用推進機構、宇宙システム開発利用推進機構/後援:内閣府宇宙開発戦略推進事務局)公開デモ、展示会を開催しました。講演会テーマと講演者を紹介します。

### (1)準天頂衛星システム「みちびき」の利活用と今後のサービス展開について

内閣府 宇宙開発戦略推進事務局 企画官 和田 弘人  
準天頂衛星システムのサービスの「特徴」と一般的な衛星測位、市場動向、サービス概要を説明があり民間における事業創出に向けた各種の取り組みの紹介と7機 体制で整備されるサービスについて説明された。

### (2)ChronoSky Eyes目視外点検見える化ソリューション みちびきを活用した近接飛行点検

株式会社コア GNSSソリューションビジネスセンター  
営業統括部 部長 黒川 涼  
目視外点検見える化ソリューション「ChronoSky Eyes」を使うことで、見えない場所、行けない場所の点検を誰でも簡単に実施できるデータ検証とのスキームについて説明された。

### (3)みちびきの農業利用「ニンジンロボット君1号」

岩城農場 岩城 善広  
スマート農業の開発・導入の一環としてみちびきの高精度衛星測位サービス(CLAS)とGPSコンパスを利用して自律走行する自作のニンジン運搬ロボットを製作、その概要について説明された。

### (4)ドローンAI協調型CLAS海ごみ自動回収運搬ロボット

仙台高等専門学校 総合工学科 教授 園田 潤  
ドローンを利用し上空から海ごみが多い箇所を特定し効率的な人員配置をし、最小限の人手で効率的に回収する海ごみ自動運搬クローラ型ロボット(CLAS)について説明された。

(2),(3),(4)は講演後にRTF内の最適なデモ環境下にバスで移動し見学、臨場感にあふれる公開デモを堪能しました。公開デモ風景はYouTubeに掲載していますので参照ください。

強風のため飛行は難航しました。



<https://www.youtube.com/watch?v=oebSv1m7Nz4&t=6s>



岩城農場 ニンジンロボット君1号  
公開デモ風景  
岩城農場 ニンジンロボット君1号  
公開デモ風景  
ロボット機構はクローラタイプ。想定

作業場所としてニンジン搭載位置、と洗い場の間を自走。

<https://www.youtube.com/watch?v=-P6T9eAqvsY&t=3s>

### 仙台高専 CLAS海ごみ自動回収運搬ロボット



搬送重量は約100kgのクローラタイプ自走ロボット。  
傾斜15度の坂も安定した自走デモを実施。

<https://www.youtube.com/watch?v=BSXdcXlwqGY&t=24s>

みちびきの測位市場への浸透は確実に増えてきている感じを受け、今後のみちびき利活用に大きく期待したい。また地方におけるこのような講演会はみちびきの露出を高めるためにも大いに有益と考え継続して開催すべきと考えます。

## Report on CSNC 2022

Shanghai Astronomical Observatory, Dr. Yize Zhang

The 13th China Satellite Navigation Conference (CSNC2022) was held April 26–28 in Beijing, China.

Due to the status of COVID-19, the CSNC2022, which originally scheduled for 2022, was postponed to April in 2023. This year, with the liberalization of epidemic policy in China, the CSNC2022 was smoothly held online and offline simultaneously.

At the opening ceremony of the conference, Xia Qingyue, Chairman of China Satellite Navigation System Committee, Yang Changfeng, Chief Designer of BeiDou Satellite Navigation System Project, Chairman of the conference and academician of Chinese Academy of Engineering, Xu Xinchao, Deputy Secretary-General of Beijing Municipal People's Government, attended the opening ceremony and delivered a speech, and Nicholas Hymand, Director of UNOOSA, delivered a speech by video.

Following the opening ceremony, the department in charge of each GNSS system reported their recent activities and future plans. Keynote speeches were given by experts from academia and industry. Development and outlook for future positioning technics were discussed from the aspects of "Science and Technology" and "Application and Industrialization".

The conference has attracted more than 4,000 participants online and offline from top experts, scholars and industry leaders and outstanding talents in the field of satellite navigation at home and abroad. Achievement Expo has attracted nearly 150 exhibitors and the number of

visitors has exceeded 10,000.

The conference is dedicated to the extensive exchange of academic results, holding 10 academic communication activities and 13 high-end forum activities, constituting a magnificent scale of academic interaction. The academic communication sessions involved in GNSS orbits and clocks, GNSS augmentation, signal processing, timing and frequency, GNSS application, autonomous navigation and so on.

On April 28, after successfully holding the summit forum, academic communications, achievement expositions, high-end forums, scientific popularization and other activities, the 13th China Satellite Navigation Conference came to a successful end at the National Measurement International Conference and Exhibition Center in Beijing.

The CSNC2024 will be held in Jinan, Shandong province, next year. (関連写真・裏表紙)

筆者：上海天文台研究員。2017年6月～2021年1月、東京海洋大学情報通信工学研究室、ポスドク研究員。

(P.9 右欄下より続く)

さらに、実際のアンテナを使った実習があったのですが、これも知識の吸収の一助となりました。また、グループに分かれて各々の新製品を開発するというワークショップでは文化の差を大きく感じる経験もありました。同じグループの方が、猿にGPSをつけて監視するという案を提案されたのですが、日本に住んでいる私達では出てこない発想だと思います。

全体を通して、このセミナーを通じてしか得られない経験が非常に多く、参加出来て良かったと強く感じています。GNSS Summer Schoolで得た経験を糧にして、これからの学生生活、ひいては実生活をより良いものにしていきたいです。

### 測位航法学会役員 (2024年総会まで)

#### 会長

安田 明生 東京海洋大学

#### 副会長

加藤 照之 大正大学地域構想研究所

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

- ・2023.10.17-20 宇宙科学連合講演会(富山国際会議場)
- ・2023.10.22 GNSS ロボットカーコンテスト(東京海洋大学)
- ・2023.10.25-27 GPS/GNSS シンポジウム(東京海洋大学)
- \* 太字は本会主催イベント

### 国外イベント

- ・2023.10.15-20 17th ICG Meeting (Madrid, Spain)
- ・2023.10.30-11.03 Asian Conference on Remote Sensing (Taipei Taiwan)
- ・2024.01.22-25 ITM 2024 (Long Beach, USA)
- ・2024.01.30-02.02 14th MGA (Chiang Rai, Thailand)
- ・2024.03.20-22 Munich Satellite Navigation Summit (Germany)
- ・2024.04.15-18 Pacific PNT (Honolulu, Hawaii)

### 編集後記

「暑さ寒さも彼岸まで」ではなかったのでしょうか・・・彼岸が過ぎた今でも、本当に暑い日が続いています。地球の状態が心配です。

今年は、久しぶりにWEB上ではなく、東京海洋大学においてのサマースクールが開催されました。特別講義ではGPS、GNSS信号を利用した気象データの把握の紹介もあり、ここにも地理空間情報としての意義が述べられていました。このサマースクールの内容を記事にしていますので、是非、ご一読下さい。

ところで、10月には、測位航法学会のシンポジウムが開催されます。今年は久しぶりに、会場で行われます。お月見でお団子を食べながらではないですが、皆さん会場に足を運ばれて、昨今の技術&研究開発に触れながら議論を戦わされては如何でしょうか？

ニュースレター編集委員長 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/entry/)

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：ニュースレターの送付(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 お願いします。



CSNC2022(開催は2023年4月)本文はP.10 いつの間にこんな大きな差が出来てしまったか？要検証！
