

## ● 目次

- 新年ご挨拶…………… 1
- 第14回リアルタイム測位利用技術講習会の報告…………… 2
- 【基調講演】  
「みちびき（準天頂衛星システム）の最新動向」…………… 3  
内閣府 宇宙開発戦略推進事務局  
準天頂衛星システム戦略室  
企画官 坂部 真一
- 「電子基準点海外展開事例  
—タイにおける試験観測とその結果—」…………… 5  
株式会社ジェノバ  
技術統括 今給黎 哲郎
- 「GNSS測量におけるBeidou衛星  
利用検証」…………… 8  
一般社団法人日本測量機器工業会  
GNSS部門会  
部門長 杉本 明
- 「レーザ測位システムICHIDAS Laserの  
開発」…………… 10  
株式会社日立産機システム 事業統括本部  
ドライブシステム事業部 IoT機器設計部  
技師 槇 修一



会長 佐田達典

日本の準天頂衛星「みちびき」については、昨年2号機、3号機、4号機が続けて打上げに成功し、いよいよ本年度より4機体制での運用が始まります。運用計画につきましては昨年10月25日開催のリアルタイム測位利用技術講習会で内閣府宇宙開発戦略推進事務局の企画官からお話しいただいて、会員の皆様に最新の情報を提供することができました。

みちびきの4機体制での運用が始まりますと、GNSSの測位環境が大きく向上し安定した測位に寄与することが期待されます。

こうした状況を踏まえ、本協議会としてはリアルタイム測位の一層の高度化や利用拡大を目指し、基盤技術ワーキンググループ、利用促進ワーキンググループという2つのワーキンググループを中心に活動していきます。会員はワーキンググループの活動に参加できます。新規の参加も歓迎です。

このほか、会員の皆様を対象とした講演会、講習会の開催なども行っていくことになると思います。どうか今年も当協議会に対しご協力を賜りますようお願い申し上げますとともに、会員の皆さまにとって実り多い一年でありますよう心からお祈り申し上げて、新年のごあいさつといたします。

## 新年ご挨拶

電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会の会員の皆さま、明けましておめでとうございます。

本協議会は国土地理院が全国に配備している1,300点を超える電子基準点が受信するGNSS衛星のデータを利用して行うリアルタイム測位が、安定的に運用され、また広く活用されるよう推進する活動を行っています。

特に国土地理院とは、リアルタイム測位のさらなる環境整備や利用制度の充実に向け、年に数回意見交換を行っています。電子基準点で受信し、データの配信がなされる衛星がGPSだけでなくGLONASS、準天頂衛星、Galileoと追加され、マルチGNSSとなってきたことについては、本協議会が実証試験などを行って取り組み、働きかけを行ってきたことが大きな推進要因になっております。

## 第14回リアルタイム測位利用技術講習会の報告

平成29年10月25日(水)測量年金会館(新宿区山吹町)大会議室において、『第14回リアルタイム測位利用技術講習会』を開催いたしましたので、それら講演の概要についてご報告いたします。

### ●【基調講演】

「みちびき(準天頂衛星システム)の最新動向」

内閣府 宇宙開発戦略推進事務局

準天頂衛星システム戦略室

企画官 坂部 真一



坂部様のご講演の様子

順次打ち上げられている、準天頂衛星システム「みちびき」の最新動向についてご講演をいただきました。

### ●「電子基準点海外展開事例

—タイにおける試験観測とその結果—」

株式会社ジェノバ

技術統括 今給黎 哲郎



今給黎様のご講演の様子

電子基準点の海外展開について、実例を基にご講演をいただきました。

### ●「GNSS測量におけるBeidou衛星利用検証」

一般社団法人日本測量機器工業会

GNSS部門会

部門長 杉本 明



杉本様のご講演の様子

Beidou衛星の信号を用いたGNSS測量の精度検証等のご講演をいただきました。

### ●「レーザ測位システムICHIDAS Laserの開発」

株式会社日立産機システム 事業統括本部

ドライブシステム事業部 IoT機器設計部

技師 槇 修一



槇様のご講演の様子

レーザスキャナを用いた位置姿勢検出用のシステムであるICHIDAS Laserについてご講演並びにご紹介をいただきました。

# みちびき (準天頂衛星システム) の最新動向 (講演資料より)

1

## みちびき2号機~4号機の状況

### 2号機の状況

- 6月1日に種子島から打上げ
- 9月15日〜「試験サービス」として測位サービスの配信開始

### 3号機の状況

- 8月19日に種子島から打ち上げ
- 現在、各種試験・チューニング中
- 12月〜「試験サービス」開始予定

### 4号機の状況

- 昨日に種子島から打ち上げ
- 現在、各種試験・チューニング中
- 来年1月〜「試験サービス」開始予定

2号機を乗せたH-IIA 34号機



公開された3号機機体

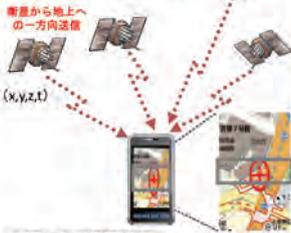


2

## 衛星測位のしくみ

### 測位衛星 (GPS等)

時刻情報、衛星の軌道情報等を送信



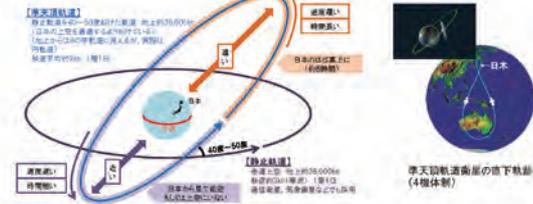
4機以上の衛星から信号を受信して位置と時刻を決定

- 衛星測位は、人工衛星からの信号を受信することにより地上の位置・時刻を特定する技術
- 3次元情報と時刻情報の4つのパラメータを計算するため、位置特定には最低4機の人工衛星から信号を受信
- 米国GPSは、米国国防総省が運用している30機程度の人工衛星から構成されるシステムで、各人工衛星は高度約2万km上空を12時間で地球を1周している

3

## 準天頂衛星システムの軌道(4機体制)

- 準天頂衛星システムの軌道は、「準天頂軌道(3機)」と「静止軌道(1機)」の2種類。
- 「静止軌道」は赤道面上にあり、高度約36,000kmの円軌道で、地球の自転と同期して約24時間で1周する軌道。そのため衛星は地上からは静止したように見える。
- 「準天頂軌道」は、静止軌道に対して軌道面を40〜50度傾けた楕円軌道で、静止軌道と同様に地球の自転と同期して約24時間で1周する軌道。東経135度近傍を中心とした8の字を描き、日本の真上に長く滞在するという特徴を有する。



4

## 諸外国の測位衛星システムの状況

- ▶ 準天頂衛星システムは平成30年度(2018年度)より4機体制でサービスを開始予定。4機体制により、常に7機以上の衛星が日本上空に滞在することになり、高精度かつ安定した位置情報等のサービスの提供が可能となる。
- ▶ 平成35年度(2023年度)を目途として7機体制の確立により、日本上空に必ず衛星4機が存在し、米国GPSに依存せずに持続測位が可能となる。

国	システム名	衛星数	高度	運用状況
米国	GPS (Global Positioning System)	約10m	約10m	31機体制で運用中
ロシア	GLONASS	約50-70m	約50-70m	28機体制で運用中
欧州	Galileo	約1m	約1m	18機体制で運用中 2020年までに24機体制を予定
中国	BeiDou	約10m	約10m	20機体制で運用中 (9機の静止軌道衛星と11機の準天頂衛星を予定) 2020年までに35機体制を予定
インド	NAVIC	10~20m	10~20m	7機体制で運用中 (4機の静止軌道衛星と3機の準天頂衛星を予定)
日本	準天頂衛星システム (QZSS: Quasi-Zenith Satellite System)	数cm等	数cm等	4機体制で運用中 2023年度目途に7機体制を予定

年度	H24 (2012)	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	H31 (2019)	H32~H44 (2020~2023)
準天頂衛星 (2~4機体制)									
初号機 (みちびき) 試験機									

5

## 新たな宇宙基本計画の決定(第9回宇宙開発戦略本部会合)

平成27年1月9日、安倍総理は、第9回宇宙開発戦略本部会合を開催した。山口宇宙政策担当大臣からによる説明及び関係大臣からの発言の後、宇宙基本計画が決定された。



『準天頂衛星初号機「みちびき」の設計寿命が到来する平成32年度以降も確実に4機体制を維持すべく、平成27年度からみちびき後継機の検討に着手する。また、安全保障分野での重要性、ユーザーの利便性、産業誘発効果、運用の効率性等に係る総合的な検証を行うつつ、持続測位が可能となる7機体制の確立のために必要となる追加3機については、平成29年度を目途に順次導入し、平成35年度を目途に運用を開始する。』宇宙基本計画(抜粋)

最後は安倍総理は、決定を踏まえて次のように述べた。  
「本日、決定した宇宙基本計画は、新たな安全保障政策を十分に踏まえた長期的かつ具体的な計画とすることができました。今後の宇宙政策の基本方針として、歴史的転換点となるものであります。  
今回の計画では、今後10年間にわたって必要となる準天頂衛星の増設や整備年次を具体的に明示する等、産業界の投資の予見可能性を向上させ、宇宙産業基盤の強化にも貢献するものと確信しております。  
今後は、宇宙基本計画に魂を入れて、強力に実行できるかが問われます。このためには、宇宙政策の司令塔機能を一層強化しなければなりません。計画を着実に実行するために必要となる仕組み作りを早急に進めていきたいと考えています。関係省庁及びJAXA(宇宙航空研究開発機構)は、山口大臣を中心に、この計画をしっかりと実現していただきたいと思っております。よろしくお願いいたします。』

6

## みちびきの機能について

### ①衛星測位サービス (GPSの補充)

衛星数増加による測位精度の向上(上空視界の限られた都市部を中心に改善が望まれる)

### ②測位補強サービス (GPSの補強)

衛星測位の精度向上(電子基準点を活用してcm級精度を実現)

### ③メッセージサービス

- 災害・危機管理通報
- 衛星安否確認サービス (3号機搭載)

### みちびき活用のイメージ (宇宙基本計画に向けた提言(平成26年10月 経団連発表)より)



### みちびきを活用した道路交通分野(自動運転)の動向

- 超高齢化社会を見据え自動車事故の低減を目的とした先進安全運転支援技術・自動運転の開発が進んでいる
- 各社、衛星測位を含む様々なセンサーの組み合わせ、アルゴリズムを開発中
- 準天頂/GPS受信機・アンテナメーカーもOEM供給体制に向けて開発体制を強化
- 競争領域ではなく協同領域である3次元地図の標準化について作業中
- 我が国の地図作成会社 (DMP) が事業会社化。



### みちびきを活用した農業分野の動向

- 農業分野における高齢化は深刻であり、農業改革は喫緊の課題。
- 安倍総理も2018年までに園場内での農機自動走行システムの市販化、2020年までに無人システムの実現に向け制度整備を行っていく旨発言。
- 農水省においては、本年3月に園場内での無人自動走行技術の実用化を見据え、安全確保ガイドラインを策定。
- 農機メーカー各社は、準天頂衛星が配信する測位補強情報に実証実験を重ね、本年6月にはロボットトラクターをモニター販売する社も現れた。
- 更に、海外展開を視野に入れたcm級測位の実証実験も実施。



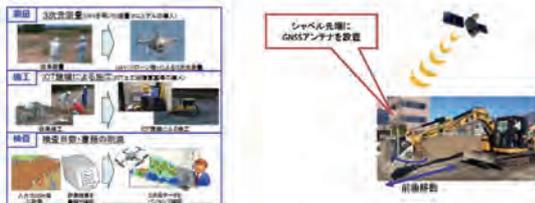
### みちびきを活用したスポーツ・健康サービス

- 準天頂衛星を活用してマラソンランナーの走行軌跡を測定し、コーチング(ペース配分、コース戦略等)をリアルタイムに提供することが可能。
- 既に、ラグビーではGPS受信機搭載したウェアを着用し、練習中・試合中のトラッキング解析を行っている。準天頂衛星を活用することにより、分析精度向上と他の競技への展開が進められている。
- 普通のランニング/ウォーキング量(速度と距離)を正確に測定し、運動量と健康との関係を明らかにすることで、健康になるための運動を促すサービスも展開可能であり、東京五輪を契機に健康志向が高まってきている日本国民が高付加価値サービスを受けやすくなる。



### みちびきを活用した土木建設分野(i-Construction)の動向

- 今後の労働力不足への備え及び労働力確保に向けた、生産性向上と労働環境改善が必要
- 未来投資会議において、2025年までに建設現場の生産性を2割向上させると発表
- 準天頂衛星を利用した測量やUAVによる3次元測量は既に一部で導入されている
- 準天頂衛星に対応したICT建設機械の市場投入が開始
- 平成28年のショベルカーの実証実験では、水平1cm・高さ2cm (σ) の誤差でショベル先端を操作可能であることを実証済
- 今後、センチメートルも活用しつつ、工事の一層の生産性向上・品質確保を図る
- 民間企業によるブルドーザ及びバックホウによる実証実験の予定あり



### みちびきを活用した観光

- アニメを活用した聖地巡礼が脚光を浴びている。背景として、近年、特定の地域を舞台にしたアニメが多数存在 (“箱根町×エヴァンゲリオン” “金沢市×花咲くいろは”等)。
- みちびきのサブメーター級測位補強やAR(拡張現実)等を活用し、ある特定の場所に行くとか特定のアニメキャラクターに出会え、写真撮像や特定のグッズ等が入るなどの仕掛けづくりを展開することが可能。
- 地域側としても、観光客に見てほしいスポットにアニメキャラクター等をAR等で配置することで地域の新しい発見に繋がる仕組み。東京五輪時には、東京近郊に集う訪日外国客を地域に展開させるフックとして機能。
- SNS情報と位置情報の組み合わせ活用による観光振興にも期待



内閣府  
宇宙開発戦略推進事務局  
準天頂衛星システム戦略室  
企画官 坂部 真一

## 電子基準点海外展開事例 —タイにおける試験観測とその結果—

### 1. はじめに

我が国においては、GPS衛星の整備が進み衛星測位の利便性が高まり始めた1990年代半ばから「測定の基準」と「地殻変動監視」を目的として全国に電子基準点網(GEONET)の整備が進められてきた。現在、全国に約1,300点配備された電子基準点では、常時測位のためのデータが取得され、リアルタイムに収集、処理、送信されることで測位・測量的ための重要なインフラとして活躍をしていることは広く社会にも知れ渡っている。測位衛星もGPSだけでなく、GLONASS、Galileo、Beidouなどの各国のシステムが参入し、わが国でも準天頂衛星(QZS)が初号機「みちびき」を2012年に打ち上げられたのに続き、本年2、3、4号機の打ち上げが成功して4機体制で日本及び東南アジア・オセアニア地域でのサービスが可能となるなど、本格的なマルチGNSSの時代を迎えている。

このような背景のもと、我が国で成功を取めた電子基準点システム運用のノウハウを東南アジア地域にも展開し、経済活動の振興につなげようという動きがある。東南アジアでは独自に電子基準点網を整備した国(マレーシア、シンガポール)、部分的に整備途上の国(タイ、インドネシア、フィリピン)、ほとんど未整備の国(ミャンマー、カンボジア等)、各国の状況は様々であり、導入に向けてのアプローチにもそれぞれの事情に応じた工夫が必要である。

本日の講演では、これらの国々のうちで特に官民ともに協力関係の構築が進められているタイでの電子基準点展開に関わる動きと現地で行われた実証実験観測について紹介したい。

### 2. タイの電子基準点事情

タイでは、王立測量局(RTSD:Royal Thai Survey Department)が全国における測量と地図の作成管理を行う国家機関として存在している。また、土地局(DOL:Department of Land)が別途、地籍調査のために測量、地図作成を実施している。このほかに水農業資源情報研究所(HAII:Hydro and Agro Information Institute)、地理情報宇宙技術開発庁(GISTDA:Geo-Infomatics and Space Technology Development Agency)、公共事業都市農村計画局(DPT:Department of Public Work、Town and Town Country Planning)等複数の機関が、国土開発、土地管理、水資源管理・防災等のための測量インフラとしてGNSS連続観測網(電子基準点網)を導入しようとしている。2018年末までには合計で二百数十点の電子基準点網が整備されるという計画である。

日本との関わりでは、2015年2月の日・タイ首脳会談後の共同プレス声明に「電子基準点網」の導入で協力することが同意項目に含まれたことを契機に、日タイ両国関係機関が具体的協力内容について調整するための「電子基準点網構築のための日タイWG」が同年6月に設置された。それ以降情報交換や現地での試験観測、JICA専門家派遣などの協力が進められてきている。特に、タイでは各機関が平行して電子基準点の設置を進めているため、これらの個別基準点網のデータ有効に活用するには各機関のデータを統合し、アーカイブ、解析、共有、流通させるための統合データセンターが必要であるという観点から、JICA専門家を通じてその構想について情報、意見を交換しているところである。

### 3. 実験観測

タイの電子基準点網で将来的に想定されるサービスとして、高精度測位のためのネットワーク RTK 用信号の配信事業が考えられる。タイ側の機関でも、日本における事例紹介に興味を持ち、現地でも同様なサービスが可能であるかどうかの実証実験を日タイ WG のもとで日本側が行うこととなった。バンコク市内およびその周辺に、10 点の仮設電子基準点を設置して、連続的に測位衛星信号を受信し、観測点間での基線解析や複数観測点データから高精度測位用の測位信号 (VRS データなど) を生成し、移動観測用受信機を用いた観測実験などを行った。

図 1 は配点図であるが、この観測網の中でネットワーク RTK のデータを配信することができるように 20 数 km から 40 数 km の間隔で観測点を設置してある。

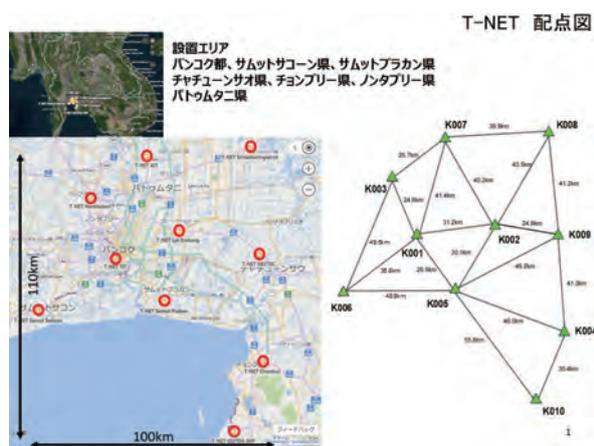


図 1 配点図



図 2 仮設基準点写真

また、図 2 は仮設基準点設置風景の写真である。現地で事業を行っている関連日本企業の管理する敷地、建物などを借りての設置であった。

日本と比較して低緯度に位置するタイでは、衛星測位の誤差要因となる電離層の影響が懸念され、スタティック法による基線解析の結果でも、影響が大きい時期も確認された。予想されたように夏季には影響が大きく、また時間帯としては午後二時頃から日没にかけての影響が大きいことが見られた。それでも日本国内での測位精度よりはやや劣るものの、実用的には問題のない結果が得られることが確認できた。

また、移動体の位置計測についてもこの観測網を用いて実験を行った。図 3 は 2017 年 1 月に実施した移動体の位置計測に関するネットワーク RTK の結果である。実施場所は観測網のうち K001、K002、K005 の 3 点で囲まれる地域で、東側はスワンブーム空港に近い郊外の環境、西側はバンコク市街にかかる建物や街路樹が多い環境であった。

設定されたルートを、天井に GNSS アンテナを固定した自動車で運行し、ネットワーク RTK の信号を受信して計測を行った。

結果として、63% の区間で FIX 解が得られ、その地点では cm 精度の位置が求められた。同時に取得した全天 360 度カメラの画像からは、FIX 解が得られなかった西側地域では、上空視界が良好でないことがわかる。

上空視界の悪い場所での対応などに課題があるものの実用に耐える精度のリアルタイム測位が十分可能であることが実証できたことは成果であると考えられる。

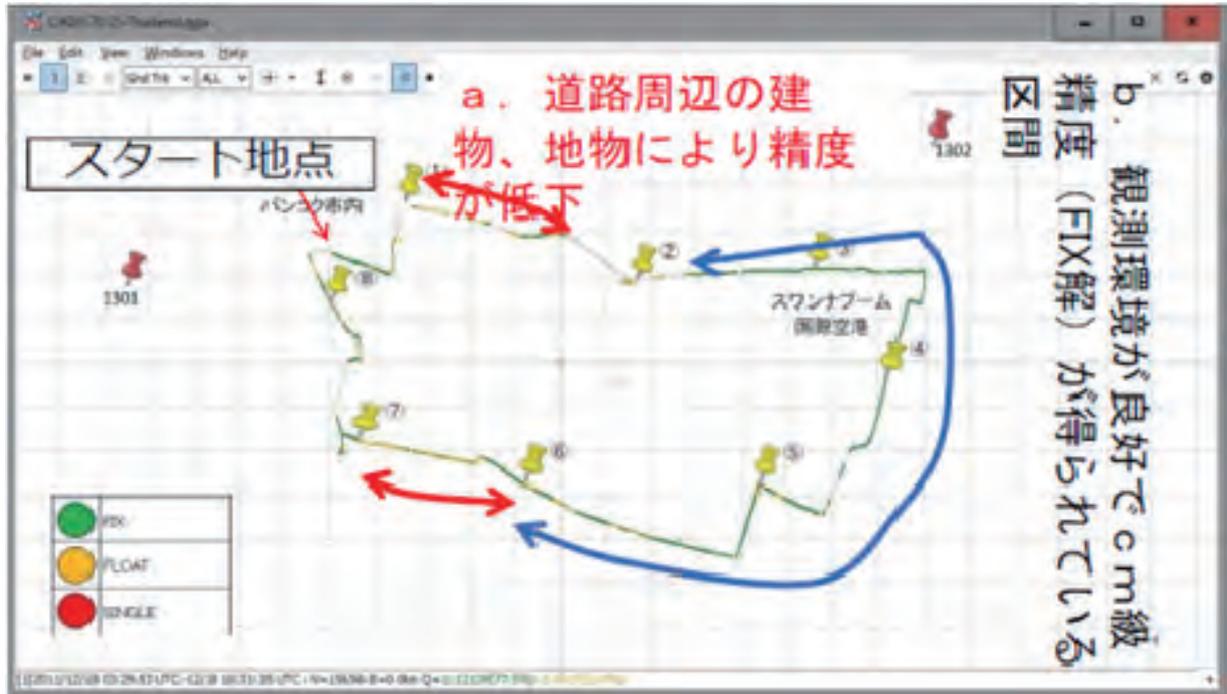


図3 移動体観測の結果



図4 FIX 解が得られなかった地点の上空視界状況

#### 4. 終わりに

タイにおける仮設電子基準点網により、この地域でも電子基準点を利用した測位サービスなどが十分可能であることが確認された。

これからも日タイ両国の間で情報交換、技術協力を進めることで、この地域における電子基準点、衛星測位情報の利活用が進むように貢献していきたい。

株式会社ジェノバ  
技術統括 今給黎 哲郎

# GNSS 測量における Beidou 衛星利用検証

## 1. 検証の経緯

GNSS の環境が GPS+GLONASS の時代から、マルチ GNSS の時代に移ろうとしている中、特に中国の Beidou 衛星が増加しており、RTK アベイラビリティ向上等への期待が高く対応受信機も増えている。しかしながら準則や電子基準点などの利用環境は未整備で、また検証データも少なく、有効性、安全性に懸念が持たれている状況であり、Beidou 衛星を快適に利用できる状況ではない。そこで検証を行った。

検証日：2017年5月10日～11日

場所：国土地理院 菱形基線場内

検証参加社：RTK 5社、スタティック6社

## 2. RTK 観測における効果の確認

あえて GNSS 観測環境の悪い場所に計14点の試験観測点を設置し Beidou 有無での RTK 観測を実施した。各観測点では1分を限度に初期化時間の計測を行い、その後静止観測を実施した。再初期化は各社それぞれの手法により行った為、各社によって初期化判定時間は異なる。

### ① RTK 初期化可否

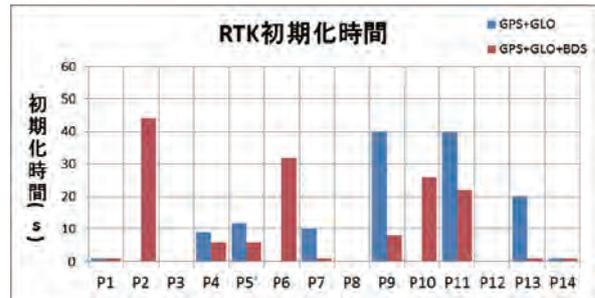
1分間でFix解が得られた観測点は緑(○)、Fixしなかった観測点は赤(×)として各観測点の各社の結果をまとめた。

Beidou 有(右側)の結果が明らかに良い。

観測点	GPS+GLONASS					GPS+GLONASS+Beidou				
	A社	B社	C社	D社	E社	A社	B社	C社	D社	E社
P1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
P2	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
P3	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
P4	×	×	×	○	×	×	○	○	○	○
P5'	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
P6	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
P7	×	○	×	○	×	○	○	○	○	×
P8	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
P9	○	○	○	○	×	○	○	○	○	×
P10	×	○	×	×	×	○	○	×	○	×
P11	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○
P12	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
P13	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
P14	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○
成功数	5	8	4	8	6	9	12	9	11	8

### ② RTK 初期化時間

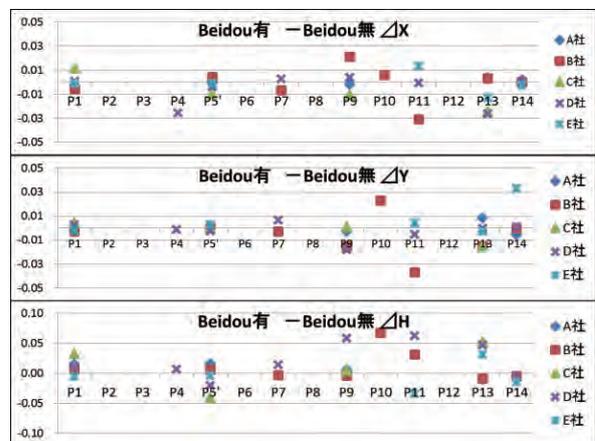
各社結果の傾向は同じであり、代表例としてD社の計測結果を示す。各観測点における初期化時間である。赤のBeidou有りが早くなっていることがみられる。



### ③ RTK 観測精度

真値(TS観測)とRTK座標の較差を求めたところ、Beidou有り無し共にH: 3~5cm, V: 5~10cmの誤差が多く現れ、予想以上に悪い結果であった。今回あえて厳しい場所で検証したためマルチパスの影響等が大きく出たものと思われる。またRTKポールの設置誤差、気泡管誤差などの影響もあると考えられる。

Beidou有り無しの座標差を求め比較してみた。多くの結果において水平±1cm、高さ±2cmに収まる結果が得られ、Beidou有無による座標の違いは大きく無いことを確認した。



また全ての結果の標準偏差を確認したところ Beidou 有りの結果が若干良い。

	GPS+GLONASS			GPS+GLONASS+Beidou		
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta h$	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta h$
標準偏差(m)	0.036	0.021	0.037	0.028	0.023	0.030

Beidou無しでは観測できなかった厳しい環境下の観測結果も含んでいるにも関わらず結果が良いことは評価に値すると考えられる。

### 3. 異なるメーカー間のRTK解析確認

RTCM MSM3フォーマットを使用したRTKを行い異なるメーカーの組合せにてFix解が得られるかどうかを検証した。結果を表に示す。

	移動局				
	A社	B社	C社	D社	E社
A社	△	GLONASSまたはQZSSが入るとFloat	× Beidou無しでも同じ	○	○
B社	△ Beidouが入るとFloat		× Beidou無しでも同じ	△ Beidouが入るとFloat	○
C社	○	○		○	○
D社	○	× タイムタグ不一致エラー	○		× Beidou量ではFix
E社	○	○	× Beidou無しではFix	○	

20組合せ中8例にてRTKにならない、Fix解にならない結果となった。原因の追究は行わなかったがRTCMフォーマットの互換性や設定等に問題があったと考えられる。今後の課題として受け止めた。

### 4. 異なるメーカー間のスタティック解析確認

RINEXを使用したスタティック解析を行い異なるメーカーの組合せにてFix解が得られるかどうか、また精度を検証した。

数m～30mの短基線で各社受信機による2時間の観測を行い、各社RINEXデータを自社の基線解析ソフトウェアで自社受信機を固定点として解析し検証した。

#### ①スタティック解析互換性

各組合せの結果を以下表にまとめた。

	移動局					
	A社	B社	C社	D社	E社	F社
A社	○	○	○	○	○	○
B社	×		○	×	○	△
C社	○	○		○	○	○
D社	×	×	×		×	×
E社	○	○	○	○		○

○(緑): Fix解  
△(黄): Float解もしくは条件付きでFix  
×(赤): 解析不可

B社とD社の解析ソフトウェアにおいて問題が確認された。但しB社-D社、B社-F社の組み合わせはBeidou無しでも同じ結果であったことから、Beidouの影響とは考えづらい。

25組合せ中17は問題なく、互換性は高いものと思われる。

#### ②スタティック精度

Beidou有り無し共に2周波スタティック測位の性能基準 $\Delta N$ 、 $\Delta E$ =15mmを十分満たす結果が得られた。高さに関してはアンテナ定数未定義によるオフセットが生じるものがあり評価は出来ないが、Beidou有り無しの座標差を求めることによって確認した。



座標差は1mm以内でBeidou有無による差は殆ど無いことが確認された。

### 5. まとめ

以下の事が確認された。

- ・Beidou衛星を利用することによる精度への悪影響は見受けられない。
- ・RTKにおいてアベイラビリティ向上、初期化時間短縮の効果が有る。

今回は十分な検証ではないがGNSS測量の利便性への効果が期待できることが確認できた。今後さらに検証を重ね確認していき、Beidou衛星利用環境の促進につながるよう活動していきたい。

一般社団法人日本測量機器工業会

GNSS部門会

部門長 杉本 明

## レーザ測位システム ICHIDAS Laser の開発

### 1. はじめに

(株)日立産機システムでは、レーザスキャナを用いた位置姿勢検出用のシステムである ICHIDAS Laser (以下、ICHIDAS) の開発を行っている。ICHIDASはレーザスキャナの計測データから、現場にある構造物や設備のレイアウト図(地図データ)を作成し、地図上における自己の位置を検出(位置同定)するものである。これにより容易に自律移動体の開発が可能である。本稿ではこの ICHIDAS に搭載されている技術について紹介する。

### 2. ICHIDASのシステム構成

図1は ICHIDAS の機能ブロック図である。主に、位置同定機能と地図生成機能を有している。入力情報としては、レーザスキャナの距離データであり、Ethernetにより入力されている。本システムの最大の特徴は位置同定を行う入力として、距離データ以外のエンコーダ情報やジャイロセンサの情報を必要としないことである。

位置同定機能は、予め生成しておいた地図をハードウェアに内蔵し、この地図と入力された距離データをマッチング処理することで、地図上の位置・姿勢(x, y,  $\theta$ )を求めるものである。このデータを移動体のコントローラに出力することで、移動体は自己の位置と姿勢を制御することができる。演算時間は組み込み系のCPUで25ms以下と高速に処理している。そのため、最高速度60m/minで移動する場合、演算時間内の走行距離が25mmであり、エンコーダやジャイロセンサによる補間演算を必要としない。

地図作成機能は、図1のマッチング部において、事前に収集しておいた環境の距離データに対して照合を行いながらデータを自動統合することで行う。事前に地図を作成することは、地図の精度を担保し、その地図に対する位置同定の精度を確保することになる。

表1に ICHIDAS の仕様を、図2にその外観を示す。位置同定精度の仕様をそれぞれ  $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 3\text{deg}$  と設定した。地図データの範囲は  $10,000\text{m}^2$  としている。

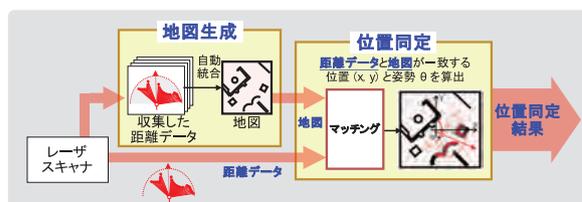


図1 システム構成図

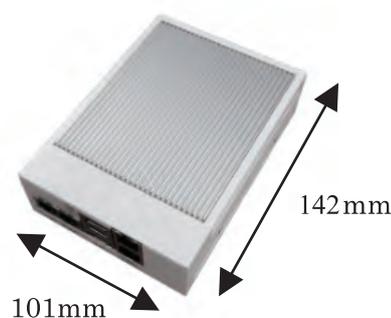


図2 ハードウェアの外観

表1 ICHIDAS の仕様

分類	項目	仕様
ハードウェア	CPU	1.33GHz
	メモリ	1 GB
	入出力	有線LAN
センサ	計測範囲	距離30m、角度270deg
地図作成	地図生成	自動
	範囲	$10,000\text{m}^2$
位置同定	精度	精度： $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 3\text{deg}$ 繰返精度： $\pm 10\text{mm}$ 、 $\pm 1\text{deg}$
	出力周期	25ms
その他機能	地図の切り替え	25msで地図を切り替えるための機能
	準SLAM (有償オプション)	頻繁に風景が変化する場所でも安定して位置同定を行うための機能
	部分地図更新 (有償オプション)	設備レイアウトの変更に対して地図データを修正するための機能

### 3. 地図作成の手順

本節において地図作成および位置同定の一例を紹介する。図3は製品展示ロビー（約19×19m）であり、展示製品、打ち合わせ用の机・椅子、一面がガラスのエントランス等が含まれている。このロビーにおいて、レーザスキャナ、ICHIDAS、PC、バッテリーを搭載した計測台車を用いて、距離データを収集し、地図作成・位置同定を行った。作成した地図と位置同定の例を図4に示す。環境計測・地図作成に要した時間は約10分であった。



図3 計測台車（左）と計測の様子（右）

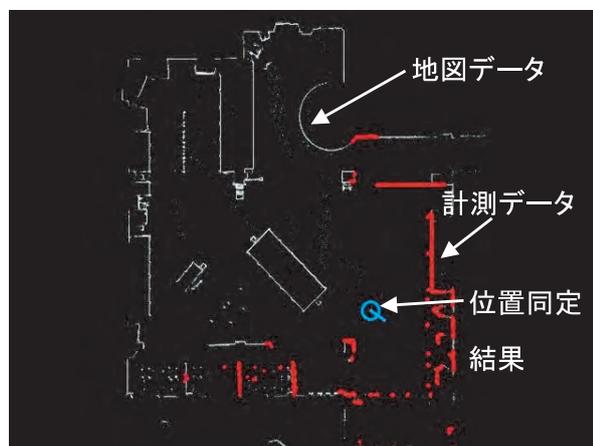


図4 生成した地図と位置同定の様子

### 4. 準SLAM機能

3節で地図作成について述べたが、実際の現場においては地図作成後に物の配置が変化する場合も多い。ICHIDASにはこれらの環境に対応するための準SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 機能が搭載されている。

図6に本機能の概要を示す。一般の工場における環境変化の典型例としてはパレット積み荷物の

などがある。図のように通路脇にパレットが配置されており、頻りに配置が変更されている。本機能では地図上に記載のないデータを逐次地図データに書き込みを行うことで、配置変化への対応を可能としている。この時、人やフォークリフト等移動物体が外乱となるが、これらの影響を最小限にするために、地図データとして書き込み可能な領域 (SLAM領域) を指定し、この領域内部の地図データのみを一時的に更新する。このように限定された領域のみ地図の更新を行う方式を準SLAMと呼ぶ。この方式によって、一般の工場において安定した位置の検出が可能となっている。

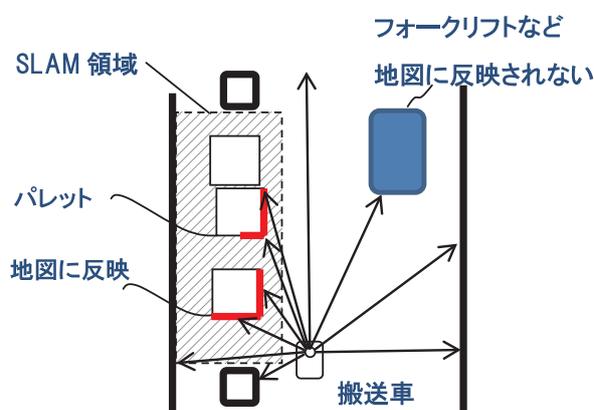


図5 SLAM領域の設定例

### 5. まとめ

ICHIDASに搭載されている技術について紹介を行った。レーザスキャナのみを用いて位置の検出を行うことが可能であり、手軽に自動搬送車への適用が可能である。

周囲に計測できる物体がなくレーザスキャナが利用できない屋外環境ではGPS等衛星測位技術との連携が必須である。屋内外シームレス測位の実現を目標として、GPSとの連携機能を拡充し、技術開発を進めていく。

株式会社日立産機システム 事業統括本部  
ドライブシステム事業部 IoT機器設計部  
技師 榎 修一



---

発行：電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会

公益社団法人 日本測量協会 測量技術センター内  
連絡先：事務局 [data@geo.or.jp](mailto:data@geo.or.jp)