

準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービスが拓く高精度測位社会

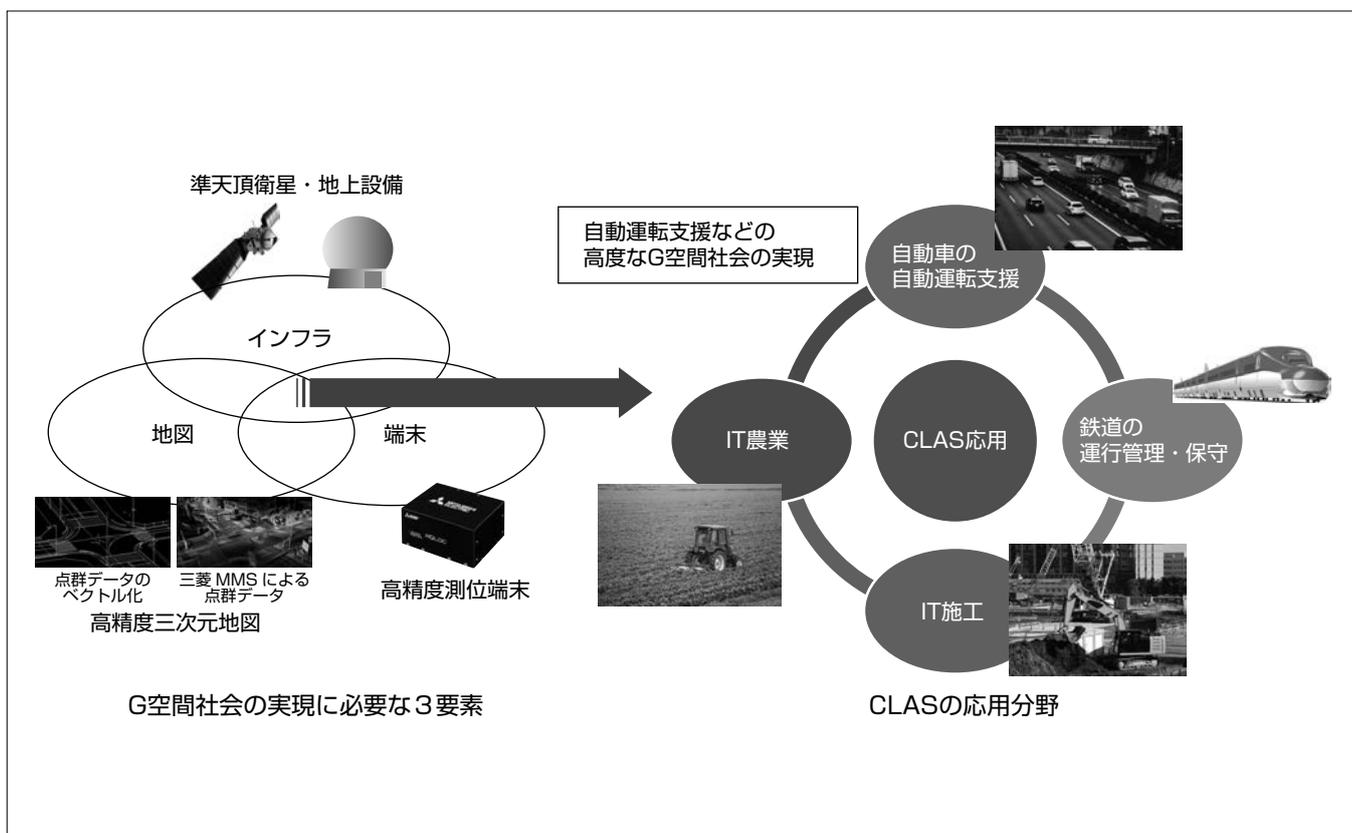
廣川 類*
島 嘉宏**
安光亮一郎*

High-accuracy Positioning Society Pioneered by Centimeter Level Augmentation Service of Quasi-zenith Satellite System
Rui Hirokawa, Yoshihiro Shima, Ryoichiro Yasumitsu

要旨

2018年度に実用サービスが開始される準天頂衛星システムでは、従来の測位精度を飛躍的に高めるセンチメートル級測位補強サービス(Centimeter Level Augmentation Service: CLAS⁽¹⁾⁽²⁾)が提供される。CLASでは、衛星測距データに含まれる各種誤差を補正するデータを準天頂衛星経由で配信することで、高い測位精度(静止時仕様値水平: 6cm)を実現する。また、測位衛星の異常をリアルタイム監視するインテグリティ機能を持ち、測位情報の信頼性を確保できる。CLASは、正確な位置情報に様々な情報を組み合わせて高度に活用する“G空間社会(地理空間情報高度活用社会)”の実現に向けて、IT農業、IT施工、自動車の自動運転、鉄道の運行管理・保守等、様々な分野への応用が期待されている。また、三次元ダイナミックマッ

プとの連携によって、自動車の自動運転支援等の分野への応用も期待されている。このサービスの普及を促進するため、2017年9月に準天頂衛星による試験サービスが開始され、各種の利用実証が行われている。また、CLAS評価用として測位端末を開発し、一般ユーザーへの貸出しを行っている。このシステムの開発では、海外を含む普及促進のために伝送フォーマットを国際標準規格と互換性を持つ形式で定義・採用した。自動車市場等に向けた高精度測位チップの量産化によって、劇的な低コスト化が図られ、普及が促進することが期待される。また、同種の補強サービスの欧米を初めとする世界各国への展開を計画する海外他社と協業し、端末の相互運用性を確保し、国際展開が基本の自動車市場等での普及を促進することにした。



準天頂衛星センチメートル級測位補強サービス

電子基準点(日本全国約300点)で取得した観測データから各衛星の距離誤差成分(軌道・クロック・信号バイアス・電離層遅延・対流圏遅延)を推定、圧縮及びインテグリティ情報付与後、衛星経由で配信する。ユーザー測位受信機は、各衛星の観測データを補強データ補正、高精度測位結果(精度: 静止時仕様値水平6cm)を得る。

1. ま え が き

近年、スマートフォンに搭載されるナビゲーションアプリケーションに代表される地理空間情報の利活用が目まぐるしく行われている。正確な位置情報に様々な情報を組み合わせて高度に活用する“G空間社会”が実現することで、ルート検索や運行情報取得といったサービスだけでなく、従来は人間が行っていた物流業務や機器操作を自動化する等、新たな応用が可能となる。情報技術の飛躍的な進歩によって、モノのインターネット化(Internet of Things : IoT)が進んでおり、人工知能(AI)技術の進歩と相まって、大量の情報が瞬時にビッグデータとして処理・活用される第4次産業革命が訪れつつある。その鍵となる“いつ・どこで・何が・どのように”という地理空間情報を高度に活用したG空間社会を実現するためには、位置を正確に知るためのインフラ、位置情報を有用な情報と結びつけるための高精度な地図、有用な情報を提供する端末(アプリケーション)からなる3つの要素の整備が必要不可欠である。

当社は、G空間社会の実現に向けたこれら3要素の整備に総合的に取り組んでおり、準天頂衛星システム(Quasi-Zenith Satellite System : QZSS)による測位補強インフラの構築、ダイナミックマップ基盤(DMP)による高精度三次元地図基盤の整備、高精度測位端末の開発・製品化を行っている。準天頂衛星システムの最大の特徴の1つは、センチメートル級の極めて高い測位精度を実現する補強サービスであるセンチメートル級測位補強サービス(CLAS)を提供することである。このサービスは、従来のGPS(Global Positioning System)カーナビゲーション等で数mであった精度を6cm(静止時仕様値水平)と飛躍的に高めるものであり、IT農業、IT施工、自動車の自動運転支援、鉄道の運行管理・保守等の様々な用途への応用が期待されている。このサービスは日本全国をサービスエリアとして2018年度から開始される。また、当社が出資するSapcorda社によって、欧米を初めとする世界各国への同種の補強サービスの提供も計画されている。

本稿では、当社が開発に参画する準天頂衛星システムとセンチメートル級測位補強サービスの開発状況、及びこのサービスを応用したアプリケーションの可能性について述べる。

2. 準天頂衛星システムの特徴と開発状況

2.1 準天頂衛星システムの特徴

準天頂衛星システムは、2018年度からの実用サービス開始を目指して日本が独自に開発中の衛星測位システムである。準天頂衛星システムは、米国のGPSと互換性を持つ測位信号を送信する補完機能と、測位精度を向上させる補強情報を日本国内向けに配信する補強機能を併せて持っている。準天頂衛星は、静止衛星の軌道を傾け、かつ日本

上空に長時間とどまるよう離心率を付けた特殊な軌道を採用している。このため、日本地域で衛星を高い仰角で観測できる時間が長く、ビルの谷間のような衛星測位にとって厳しい環境でも活用できる。

2.2 準天頂衛星システムの開発状況

宇宙基本計画(2015年1月)では、準天頂衛星システムの整備について、4機体制によるサービスを2018年度から開始、2023年度を目途に持続測位が可能となる7機体制を目指すとしている。この計画に基づいて3機の衛星の開発・製造が行われ、2017年6月に準天頂衛星2号機、8月に3号機、10月に4号機が打ち上げられた。並行して衛星の管制や測位システムで使用される情報の生成を担当する地上システムや利用実証に使用されるプロトタイプ測位端末も開発されており、実運用サービスに先行してサービス普及につながる利用実証などを行うため、試験サービスが開始されている。今後、4機の衛星及び地上システム・測位端末からなるシステムの総合的な機能・性能を確認した後、2018年度から実運用を開始する予定である。

3. CLASの開発状況

3.1 CLASシステムの特徴

CLASでは、国土院が日本全国に整備した約1,300点のうち約300点の電子基準点のGNSS(Global Navigation Satellite System : 全地球航法衛星システム)受信機で観測されたGNSS測距データを用いて補強情報データをリアルタイム生成し、準天頂衛星から配信する(図1)。

補強情報は、SSR(State-Space Representation)方式によって衛星起因の誤差(軌道、クロック、信号バイアス)及び大気遅延起因の誤差(電離層遅延、対流圏遅延)として誤差要因ごとにモデル化され、cmレベルの高い精度で推定される。このデータを各誤差のダイナミクス・特徴に基づき圧縮することで従来比1,000倍以上に伝送帯域を圧縮し、準天頂衛星のL6測位信号(2,000bps)による日本全国向けサービスが可能となった。CLASの主要諸元を表1に示す。CLASは、マルチGNSSに対応し、補強対象としてGPS、準天頂衛星(QZS)以外にGalileo(EUの全地球航法衛星システム)をサポートする。これによって、都市部で

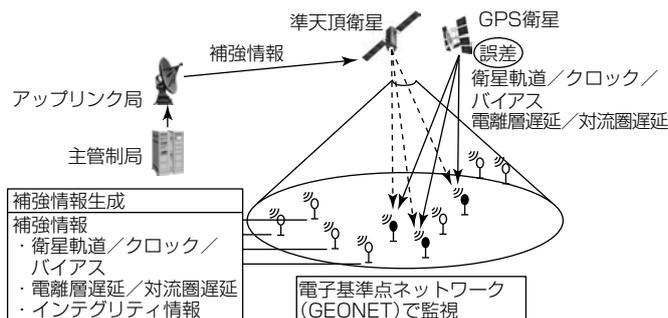


図1. CLASの構成

表 1. CLASの主要諸元

項目	仕様
補強対象信号	GPS : L1C/A, L1C, L2P, L2C, L5 QZS : L1C/A, L1C, L2C, L5 Galileo : E1B, E5a
サービスエリア	日本国及び領海(約80万km ²)
位置精度 (オープンスカイ, 95%)	静止 : 水平6cm/垂直12cm 移動 : 水平12cm/垂直24cm
初期化時間(95%)	60秒以下(補強情報取得時間を含む)

も安定して必要な可視衛星数を確保するとともに、民生信号だけ受信可能な安価な多周波受信モジュールによる高精度測位システムの構築が可能となる。

補強データの配信フォーマットとしては、日本国内限定の仕様となることを回避し、普及を促進するため、国際標準規格RTCM(Radio Technical Commission for Maritime services)⁽³⁾に互換性を持つCompact SSR形式⁽⁴⁾を採用している。Compact SSRは大気遅延補正量の伝送及びインテグリティ機能に対応する初のオープンフォーマットであり、また、従来方式(RTCM SSR)に対して60%以上の伝送効率改善を実現している。この仕様は衛星配信だけでなく、地上配信にも対応し、CLAS以外の高精度測位補強サービスにも適用可能な柔軟性を持っている。

3.2 インテグリティ機能

自動車の安全運転支援のような用途では、95%値やrms値で表現される一般的な精度指標では不十分であり、より確度の高い保護レベル(例：信頼度99.9%以上)に基づくインテグリティという機能が必要となる。CLASは高精度測位システムとして世界で初めて^(注1)インテグリティ機能をサポートし、ユーザーシステムで確度の高い測位結果を得る手段を提供する。CLASのインテグリティ機能では、システムモニタ機能によって、サービスエリアでのユーザー測位性能を常時監視しており、例えば故障した測位衛星をすみやかに検知し、補強対象から外することができる。また、補強データ(衛星起因及び大気遅延起因)の確度に関する情報を放送することで、ユーザーシステム側で保護レベルと呼ばれる信頼度の高い精度指標の推算が可能となる。ユーザー側では、システムの特徴に応じて保護レベルを推算し、警報限界を超える場合は衛星測位を使用不可として、代替モードへの切替えを行う(図2)。

(注1) 2016年2月4日現在、当社調べ

3.3 ユーザー測位端末の開発

2017年9月から日本全国をサービスエリアとするCLASの試験サービスが開始され、準天頂衛星に対応した受信機による評価が可能となっている。試験サービスでは、一般ユーザーによる評価を容易にするため、当社が開発したプロトタイプ端末(図3)を評価用に貸し出している。この端末は、後述する各種の利用実証に供されており、CLASが提供するセンチメートル級の測位精度を実証している。

現在、CLASに対応する受信機の開発が複数のメーカー

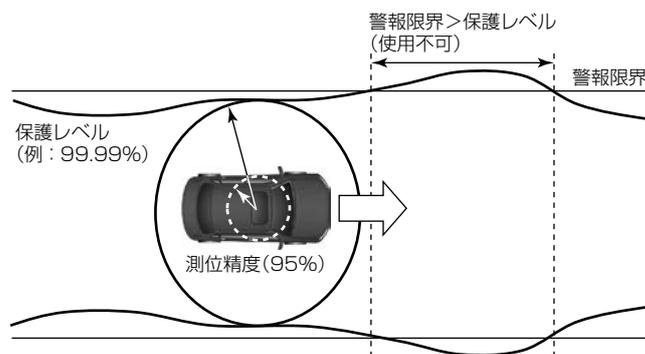


図2. インテグリティ機能での保護レベルと警報限界



図3. CLASプロトタイプ端末(外形寸法：178×142×90(mm))

によって行われており、2018年度以降、現行のカーナビゲーション用GNSS受信モジュールに相当する小型で安価なCLAS対応受信モジュールの市販化も計画されている。従来、センチメートル級測位を行うためには、軍用信号を受信可能な高価な受信機が必要であり、補強サービスのインフラ確保も課題であったため、その用途が測量などの一部用途に限定されていた。マルチGNSS及びGPS近代化信号に対応するCLAS対応の端末が自動車向けなどの用途で量産されることで、端末コストが数千円にまで下がり、従来比1/1,000の劇的な低コスト化を実現することで、サービスの普及が加速するものと予想される。

4. 高精度測位社会に向けたCLAS応用

高精度測位社会の実現に向けて期待されるCLASの応用先は多岐にわたるが、代表的な分野として、IT農業、IT施工、自動車の自動運転支援、鉄道の運行管理・保守が挙げられる。次に、各分野での応用の可能性と実証試験について述べる。

4.1 IT農業分野

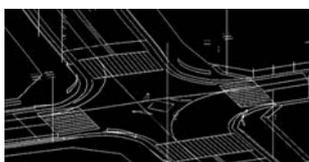
農業人口の高齢化に伴い、農機の自動走行化・ロボット化による省力化が期待される。また、土壌の精密な地図を作成し、土壌の成分に応じた最適な肥料を与えることで、単位面積当たりの収穫量の増加を試みるといった精密農業への応用も期待される。農機の自動走行を行うためには、耕作地の轍(わだち)を精密にトレースすることができる高い測位精度が要求される。また、モバイル通信環境が整っていない山間部等で使用可能な可用性も求められる。内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)“次世代農林水産業創造技術”で、準天頂衛星からのCLAS補強信号



図4. 農機自動走行の様子(提供：北海道大学)



図5. 農機隊列走行の様子(提供：北海道大学)



点群データのベクトル化



三菱 MMS による点群データ

図6. 高精度三次元地図による交差点データ化事例

をリアルタイムで使用して、農業用トラクターを自動走行させる実証実験が2017年10月23日に北海道上富良野町で実施された。実験には、北海道大学と主要な農機メーカーが参加し、各自が独自に開発した自動走行可能な農機によって、定められた経路に沿って、数センチの精度で正確に走行できることを実証した。ほかにも北海道大学では農機自動走行(図4)、農機隊列走行(図5)させる実証実験を実施している。

4.2 自動車の自動運転支援分野

当社は、ネットワークRTK(Real-Time Kinematic)方式に基づくセンチメートル級高精度測位技術の応用としてMMS(Mobile Mapping System)を製品化し、移動体測量という新しい分野を切り拓(ひら)いてきた。MMSは、複数のレーザ測距センサとカメラを搭載し、周囲のレーザ点群データを取得するとともに、高精度な位置姿勢決定技術

を活用して、各点に高精度な位置情報を付与することができる。近年、急速に広まりつつある自動運転分野では、これらの高精度点群データを利用して車線などの有用なデータを認識・抽出することで、ダイナミックマップと呼ばれる高精度三次元地図(図6)を基盤とした階層構造データベースの構築が始まっている。

5. むすび

2018年度の準天頂衛星システムのサービス開始に向けて開発中のセンチメートル級補強サービス(CLAS)の開発状況及びCLASが切り拓くと期待される高精度測位社会の構想について述べた。このサービスは、日本全国を対象にセンチメートル級の位置情報を提供するものであり、農機、IT施工の自動化等様々な用途が期待される。また、三次元ダイナミックマップとの連携によって自動車の自動運転への応用も期待される。各測位受信機メーカーに対しては、補強データ伝送フォーマットの国際標準規格化を推進、必要な技術情報を提供することで、対応する端末の早期の製品化を求めていく。また、Sapcorda社との連携によって補強サービス自体についても欧米展開を含む国際化を進め、相互運用性を確保することで、世界レベルの高精度測位社会の実現に貢献する。

参考文献

- (1) Cabinet Office : Quasi-Zenith Satellite System Interface Specification Centimeter Level Augmentation Service, IS-QZSS-L6-001(Draft) (2017)
- (2) Cabinet Office : Quasi-Zenith Satellite System Performance Standard, PS-QZSS-001(Draft) (2017)
- (3) RTCM SC-104 : RTCM Standard 10403.2 Differential GNSS(Global Navigation Satellite Systems) Services (2013)
- (4) RTCM SC-104,QZSS Working Group : Specification of Compact SSR Messages for Satellite Based Augmentation Service, RTCM Paper 080-2017-SC104-1034 (2017)