

# 衛星測位技術の利用と普及

## ～準天頂衛星を利用したリアルタイム防災システムと屋内測位方式IMESの紹介～

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

准教授 神武 直彦

### 1. はじめに

道路の混雑度合いによって信号切り替えのタイミングを調整し、交通渋滞を緩和するサービスや、ヒトの体温や脈拍データ、行動履歴に基づいて適切な食事のメニューを提示する健康管理サービスなど、様々な種類のセンサによってヒトやモノの状態やその変化をセンシングして取得し、分析し、その結果に基づいて価値のある情報の提供や機器の制御を行うシステムの研究開発が世界的に脚光を浴びており、その成果に基づいたサービスが普及しつつある。米国ではCyber Physical Systems、欧州ではInternet of Things、そして、中国では物聯網(ウーレンワン)といったキーワードで進められているこれらの活動は、エネルギー問題や環境問題、食糧問題といった地球規模の課題をIT技術によって解決することを目的としている。

ヒトやモノの状態やその変化を取得するために、位置情報は重要なセンシング情報のひとつである。例えば、2011年度のグッドデザイン大賞を受賞した本田技研工業株式会社の「東日本大震災でのインターナビによる取組み：通行実績情報マップ」は、カーナビゲーションシステム「インターナビ」によってGPSなどで取得した自動車の移動位置に関する走行データを共有することで、被災地域における走行可能なルート情報を提供するサービスであり、東日本大震災後の被災者や自治体関係者、ボランティアの適切な移動に役

立った。

ヒトやモノの位置を広い範囲で正確にセンシングする衛星測位において、GPSの代替えまたは補完、補強を目的として開発され、運用されている準天頂衛星初号機「みちびき」は、GPSのみによる測位と比較し、測位可能時間を90%から99.8%に、測位精度を低精度(約10m)から高精度(2m/数cm)まで向上させ信頼性を確保することに成功した<sup>[1]</sup>。そして、それらの成果を経て、2011年9月30日の閣議決定および宇宙開発戦略本部決定によって2010年代後半を目途にした4機の準天頂衛星による実用準天頂衛星システム事業が推進されることになった。そのため、これからは、準天頂衛星を用いた、特に、準天頂衛星だからこそ実現可能な様々な価値のあるサービスを創出し、実用化することが重要である。そして、それらの準天頂衛星を利用したサービスの実用化における知見を踏まえ、更に実用準天頂衛星後継機の改良を進めることが、衛星測位の分野でのアジア太平洋地域を始めとした海外地域へのプレゼンス向上や、産業界の国際競争力向上に寄与できるのではないかと考えられる。

準天頂衛星を始めとした測位衛星を利用したサービス創出や利用実証に関する取組みは財団法人衛星測位利用推進センター(以下、SPAC)を中心に活発に行われており、SPACによる民間利用実証については、2011年9月の時点で214団体が100テーマを提案し、準天頂

衛星初号機を用いた実証を実施している<sup>[2]</sup>。また、Multi-GNSS Asia が推進するキャンペーンでは、主にアジア、オセアニア地域の団体が研究開発テーマを提案し、海外での実証を実施している<sup>[3]</sup>。その他にも、Galileoを中心とした衛星測位システムの利用におけるEUと日本、中国、インド、韓国、台湾それぞれとの産業協力の促進を目的としたGNSS.asiaプロジェクトなど様々な試みが行われている<sup>[4]</sup>。

本稿では、準天頂衛星の利用に関する研究開発の事例として、準天頂衛星だからこそ可能になる防災システムの実証および、準天頂衛星初号機の開発過程で生み出された屋内測位方式IMESについて紹介する。そして、最後に、それらの取組みから得られた衛星測位技術の利用と普及に関する知見と今後の課題について述べる。

## 2. 準天頂衛星を利用したリアルタイム防災システム

### 2.1 災害時の防災情報提供における課題

災害時には、被害を最小限に食い止めるために、被災者や自治体関係者、レスキュー隊といった関係者に対し、適切なタイミングで、適切な情報を確実に提供できることが重要である。しかし、東日本大震災においてもそうであったように、特に、被災者の生死に影響が大きい災害発生直後からの数時間は、地上の通信インフラも様々な被害を受け、また、平常時よりも遥かに大きな通信トラフィックが発生することが多く、適切な情報を確実に提供することが困難、もしくは不可能になることがある。また、従来の防災情報提供の仕組みでは、その情報の受信者の位置に応じて適切な情報を提供できるものは少なく、特定の受信者に対しては、不適切な情報を提供してしまうという課題がある。例えば、自治体から同一の避難指示を受けるある地域におい

て、ある地震の際に避難する必要のない特定の地域の住民も避難指示を受け、あえて避難行動を取ったことで、その過程で津波の被害にあってしまったというような問題も起きている。

### 2.2 RedRescueプロジェクト

RedRescueプロジェクトは、文部科学省による宇宙利用促進調整事業の一環として、2009年よりNTTデータ株式会社、アジア航測株式会社、株式会社パスコ、慶應義塾大学が共同で実施している「準天頂衛星による広域同報小容量データを利用したリアルタイム防災システム（以下、RedRescueシステム）」の構築とその有効性を確認することを目的としたプロジェクトである。RedRescueシステムによって、小容量ながら準天頂衛星を介して避難誘導などに関する防災情報を提供することができ、準天頂衛星からの信号を受信可能な端末であれば、災害時にも地上の通信インフラを介することなく防災情報を受信することが可能になる。また、その防災情報は、それぞれの位置に応じた内容が順次送信される仕組みになっているため、受信端末では、その時点での端末の位置に応じた防災情報のみを適切な防災情報として取り込むことができる。準天頂衛星の主な3つの機能、「GPSの代替えまたは補完」、「GPSの補強」、「安否確認・避難誘導等機能」の中で、特に3つめの機能を実証するプロジェクトである。

### 2.3 RedRescueシステム構成

RedRescueシステムのシステム構成を図1に示す。準天頂衛星の補強信号のひとつであるL1-SAIFを介して防災情報を放送する点が特徴である。GPSおよび準天頂衛星からの測位信号とL1-SAIF信号を受信可能な受信機を用いることで、その受信機によって衛星測位と

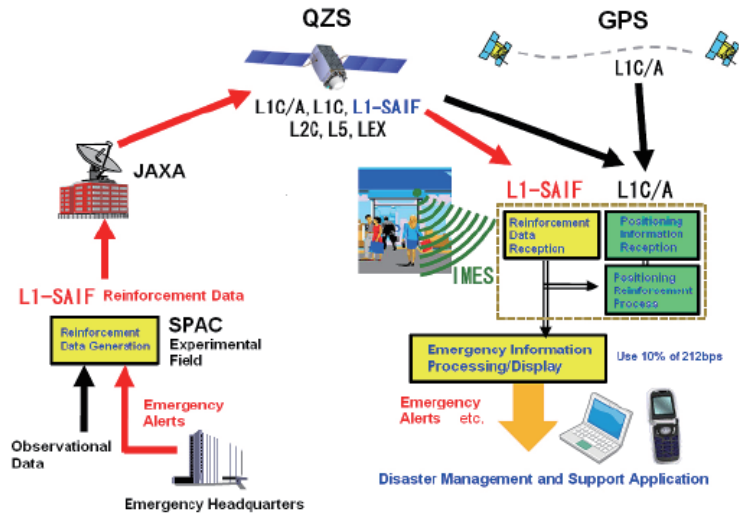


図1 RedRescueシステム全体構成

防災情報の受信を行うことが可能になる。L1-SAIFを介した防災情報の放送には、1) 災害の種類や規模、位置に応じた防災情報の作成、2) L1-SAIF信号への防災情報の入力、3) 準天頂衛星へのL1-SAIF信号の送信」を行う必要があるが、RedRescueシステムでは、それぞれ、RedRescueプロジェクト、SPAC、宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）が担当した。L1-SAIF信号のデータ形式は212bitでデータ速度は250bpsであり、防災情報はそのデータ形式の一部を利用するため、一定時間に同報可能なデータ量は小容量である。そのため、防災情報の作成にあたっては、位置情報のコード化による防災情報選択受信アルゴリズムやトランザクションごとの分割伝送方式、他の防災情報配信システムとの連携などの技術的検討の上、設計を実施した。

なお、受信機については、携帯電話などに内蔵されたGPS受信機では、現状、準天頂衛星からの測位信号、L1-SAIF信号を受信する機能がないが、既に登山用GPS受信機などで用いられているSBASに対応したチップセットの技術を活用することで比較的容易にその

機能を実現することができる。現時点では、SPACの開発による携帯端末用GPS受信機を用いた。

## 2.4 開発の進捗

RedRescueプロジェクトは、プロジェクト開始後、2009年には、RedRescueシステム設計にあたって、過去の災害の記録の分析や、近年災害が発生した幾つかの被災地での実地調査やインタビュー、顧客価値連鎖分析（CVCA）によるビジネスモデル分析、利用者視点でのシナリオ分析などによって、災害時の防災情報提供における課題を明らかにし、システム要求仕様を作成し、一部の機能の検証を実施した。そして、2011年3月には、横浜駅東口周辺を対象とした防災情報提供シミュレータを用いたシステム動作検証を実施した（図2）。この検証は、横浜駅東口周辺を対象とし、地震、津波、火事といった具体的な災害と災害発生場所を幾つかのシナリオに分けて設定し、複数の被験者が複数の場所で同時に防災情報を携帯端末で受信し、それぞれの位置に応じて適切なタイミング適切な情報を確実に受信できるかの確認を行った。図



図2 横浜駅東口周辺を対象としたシステム検証

2の下段では、左からそれぞれ、緊急防災情報受信（一斉同報）、緊急防災情報受信（位置に応じて）、メニュー選択表示、避難経路、の様子を表示している。

これらの経験を踏まえ、2012年1、2月には、準天頂衛星初号機を利用したシステム動作検証と複数の被験者による移動履歴の分析、ユーザビリティ検証を行った（図3）。この検証は横浜駅東口からこの地域の広域避難所であるパシフィコ横浜までのルートを対象とし、地震および津波の発生を想定した防災情報を実際に準天頂衛星L1-SAIF信号を介して受信機で受信することで、被験者が位置に応

じた避難情報を受信し、どのような行動を取るかを観察と移動履歴の分析、また、実験後の被験者によるインタビューによるユーザビリティ検証を行った。現在、結果をまとめている段階であるが、小容量ながらも準天頂衛星から防災情報を提供することの有用性を確認することができた。

### 2.5 真に役立つ防災情報提供システムの実現に向けて

RedRescueプロジェクトによって、準天頂衛星の「安否確認・避難誘導等機能」を用いた防災システムの有効性を確認することができたと考えているが、この機能を用いて真に



図3 準天頂衛星からの防災情報による被験者の避難とその移動履歴

役立つ防災情報提供システムを実現することを考えた場合、既存の防災システムとの互換性やシステムの運用形態、法的な規制などについて、様々な利害関係者（以下、ステイクホルダー）を考慮したシステムデザインを行う必要がある。例えば、消防庁による全国瞬時警報システム（J-ALERT）からの情報や気象庁が配信する緊急地震速報、各地方公共団体が配信する災害・避難情報とどのように連携するか、RedRescueシステムから送信される様々な種類の防災情報をどのような組織がどのようなプロセスで作成し、適切なタイミングで適切な地域に提供するか、といったことである。また、既に災害時の実利用の事例が数多くある地球観測衛星、通信放送衛星に準天頂衛星を加えた「宇宙アセット」を用いてどのように防災に寄与するか、ということも検討すべき点であり、その一部については、アジア太平洋地域宇宙機関会議が推進するセンチネル・アジアプロジェクトにて既に議論が始められている。これらの仕組みは、災害前の防災や、災害後の復旧や復興含め有効な仕組みとして利用することを念頭にシステムデザインすべきである。

また、地球全体をカバーすることのできる衛星測位の場合、海外との競合と連携を常に考える必要がある。測位衛星を利用した広域同報小容量データ配信機能については、我々の調査によると、準天頂衛星以外には、現状、北斗（中国）およびGalileo、EGNOS（共に欧州）がその機能を有しており、北斗ではSバンド信号、Galileo、EGNOSは、Lバンド信号を用いている。特に、欧州については、我々と同様、広域同報小容量データを利用したりリアルタイム防災システムの研究開発を進めており、今年、軌道上のGalileoとENGOSを用いて実証実験を行う予定であるということと、防災情報の放送にLバンド信号を用いて

いることから、RedRescueプロジェクトでは、欧州の関係機関との間で定期的な情報交換や放送する防災情報のデータ形式の標準化について議論を進めている。今後、携帯端末などに内蔵されたGPS受信機が補強信号を受信可能になることを想定した場合、準天頂衛星から放送する防災情報とGalileo、EGNOSから放送する防災情報のデータ形式に互換性を持たせておくことで、そのGPS受信機を持った利用者はこれら3種の測位衛星からの防災情報を受信することができる。また、GPS受信機メーカーにとっても、GPS受信機を携帯端末に内蔵することで、3種の測位衛星からの信号を受信できるようになるため、GPS受信機の価値を向上させることができる。

### 3. 衛星測位技術を応用した屋内測位方式IMES

#### 3.1 屋内測位における課題

日常生活における人間の行動は、その多くを屋内、特に都市圏での生活の場合、1日の8割程度を屋内で過ごしている。それに対し、衛星測位では、GPSや準天頂衛星によって屋外では殆どの場所で測位が可能になったが、衛星からの信号が届きにくい屋内では正確かつ確実に測位を行うことが難しいのが現状である。そのため、衛星測位以外の無線LANやRFID、可視光通信、カメラなどを用いた様々な測位方式の研究開発が進められており、スマートフォンなどの普及により、その需要は日々高まってきている<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 IMESとは？

屋内測位方式の中で有望な技術のひとつが衛星測位技術を応用したIMES（Indoor Positioning System）である。IMESは、準天頂衛星システムから送信する測位信号の開発過程において発案された我が国発の屋内測位の方式であり、JAXAが準天頂衛星システムユー

ザインタフェース仕様書にて仕様を公開している<sup>[6]</sup>。「GPSを補完する測位信号発信機を屋内にも設置すれば、屋内外シームレスに測位可能になり、測位可能範囲が飛躍的に拡がり、様々なサービスが生まれることが期待できるので、準天頂衛星からの信号を受信可能なGPS受信機をメーカーが開発する大きなモチベーションになるのではないか？」という発想から生まれた。

IMESは、GPSと同じ周波数帯と変調方式を利用した信号をIMES送信機から送信し、その信号を受信、処理できるようにファームウェア

を変更したGPS受信機で受信することで屋内での測位を実現するシステムである。これにより、GPSからの信号の届きにくい屋内においても位置を求めることができ、IMESならびに、GPS、準天頂衛星によって、同一のGPS受信機で屋内外シームレスに測位可能であることが最大の特徴である（図4）。GPS L1-C/A信号と比較したIMES信号の主な仕様を表1に示す。なお、IMESは、2007年に米国GPSWよりPRNコード10セット（173-182）を割り当てられ、それらのコードを利用している<sup>[7]</sup>。

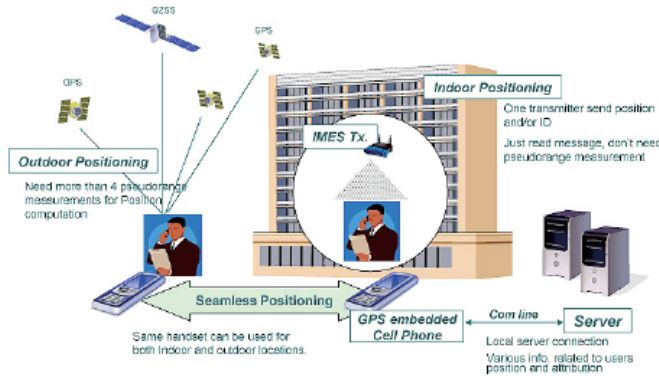


図4 IMESの仕組み（JAXA提供）

表1 GPS L1-C/A信号と比較したIMES信号の主な仕様

	GPS	IMES
中心周波数	1575.42MHz	1575.42MHz
PRN コード	1-32	173-182
PRN コード長	1ms	1ms
PRN 拡散周波数	1.023MHz	1.023MHz
データ伝送速度	50bps	50bps
PRN 拡散変調方式	BPSK	BPSK

IMESならびに測位衛星からの信号を受信できれば、同一のGPS受信機で屋内、屋外ともに測位を行うことができるため、無線LANやRFID、可視光通信、カメラなどを利用した屋内測位技術と比較した場合、1) 広く普及しているGPS受信機内蔵携帯端末で利用する

ことができ、利用者のIMES信号受信のためのコスト負担が小さい、2) 屋内外の測位の切り替えをシームレスに行うことができる、3) 既存の屋外を対象にしたLBSを屋内用に改良することが容易、という点で、優位性を有している。また、国が定めた位置情報管理の枠

組みとの連携を意識した運用方針を立てており、建物などに設置するIMES送信機については、位置情報点として国土地理院のデータベースに登録することを検討している。この点は、屋内測位の位置情報の正確さを担保するといった課題を解決する可能性があり、その実用化に向けての調整を進めている。

### 3.3 IMESの開発経緯

IMESは、その方式が発案された2005年以降、実利用を念頭に様々な研究開発や実証実

験が行われてきた。表2に主な開発経緯を示す。なお、この表に記載した内容以外にも数多くの技術実証、社会実験などが実施されている。IMES送信機に関する技術開発からスタートし、現在は、その開発を継続しつつも、実用化を念頭においたサービスのデザインや検証、ビジネスモデルの検討、PRNコードの管理などIMES運用についての検討や調整が活発に行われている。なお、現時点でのIMES送信機メーカーは、株式会社日立産機システムと測位衛星技術株式会社の2社であり、

表2 IMESの主な開発経緯

年度	開発経緯
2005	・準天頂衛星システムから送信する測位信号の設計検討作業において、JAXAを中心にIMESのコンセプトを発案。
2006	・第4回GPS-QZSS 専門家会合において、米国GPS に対して共同検討を提案。分科会を設置、GPS やQZSS への干渉解析を実施。 ・送信機ハードウェアの試作機を開発。 ・JAXA、NTT ドコモ、新衛星ビジネス株式会社、日立製作所、測位衛星技術の5社で共同研究を実施。赤坂国際ビル地下駐車場にて基礎実証試験を実施、IMESの原理、コンセプトを検証。
2007	・技術検証の結果、微弱電波の上限を守り、適切な隔離距離を確保して運用されるIMES信号はGPS信号に対して干渉を与えずに運用可能との結論を得る。 ・米国GPSWより、IMES地上補完用のPRNコード10セットの割当が認可。
2008	・国土交通省自律移動支援プロジェクトに採用され、神戸三宮地下街での実証実験を実施。 ・NEDOイノベーション実用化開発費助成制度に応募、採択され、IMES送信機LSI開発に着手。
2009	・経済産業省e空間実証事業に採択され、阪急梅田での実証実験を実施。 ・経済産業省異種測位技術間における共通処理基盤構築事業に採択され、新丸の内ビルでの実証実験を実施。
2010	・国土地理院場所情報コードの利用技術に関する共同研究を開始。IMESの利用、運用について研究推進。 ・JAXA宇宙オープンラボ公募に位置情報連動広告配信事業の検討が採択され、二子玉川ライズ・ショッピングセンターにてIMES送信機を常設、アプリケーション開発のプラットフォームを開発。
2011	・IMESコンソーシアムを設立（6月23日）。 ・ICG（International Committee on GNSS）にてIMES利用検証に関する報告ならびにデモンストレーションを実施。 ・IMESコンソーシアム内に各種ワーキンググループ（送信機WG、受信機WG、運用WGなど）を設置し、IMES実用化に向けた課題の抽出ならびに、運用定義やシステム仕様、運用ガイドラインの策定に着手。
2012	・IMESコンソーシアム公式サイトを公開（ <a href="http://www.imesconsortium.org/">http://www.imesconsortium.org/</a> ）。 ・IMESサービス開発キャンペーンを開始（30件以上のサービス提案）。 ・Location Business Japan 2012にて各種IMESサービスを公開予定。

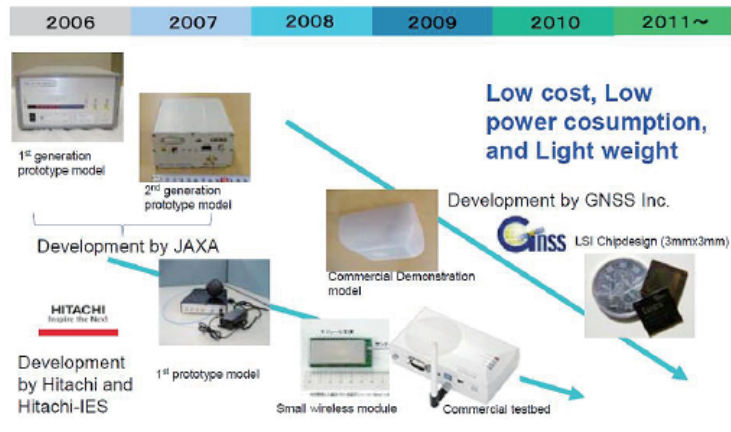


図5 IMES送信機の開発の経緯 (IMESコンソーシアム資料より)

JAXA主導による2006年からの研究開発を経て、両社ともに高機能化、小型化、軽量化を進めている(図5)。また、IMES対応の受信機については、携帯端末メーカーや通信キャリアによって各種実証実験が行われているが、既存の携帯端末にIMES信号を受信できる機能を内蔵したものはまだ普及していない。今年度実施しているIMESサービス開発キャンペーンでは、GPSおよび、準天頂、IMESからの信号を受信し、bluetooth経由でその信号を別の端末に伝送可能なモジュールをJAXAオープンラボにて開発し、IMESコンソーシアムを通じて配布している。

### 3.4 屋内外シームレスな位置情報サービスの実用化に向けた試み

IMESを用いた屋内外シームレスな位置情報サービス(以下、LBS)の実用化を実現するためには、継続的な運用を考慮した技術的、経済的、社会的なシステムデザインと実証が必要である<sup>[8]</sup>。また、今後の技術の拡がりを念頭においた普及活動や、ビジネスモデルの構築、IMES信号の管理、標準化、ガイドラインの作成といった活動が重要であり、現在、

以下のような試みを実施している。

#### 3.4.1 IMES送信機の常設と利用環境の整備

IMES送信機を屋内に常設することで、LBS提供者が自由にかつ継続的にIMESを利用した屋内外シームレスLBSを開発、検証することが可能になる。また、常設を前提とした屋内の建物への設置や管理などを検証することができる。そのため、東急電鉄株式会社の協力を得て、2011年3月19日にオープンした二子玉川ライズ・ショッピングセンターにIMES送信機を常設し、継続的に運用を行っている(図6)。建物1階の出入口と8階の特定のフロアにおいて、現状20台程度のIMES送信機を常設している。二子玉川ライズ建設工事の過程でIMES送信機を設置頂くというやり方で、現状、全てのIMES送信機が天井よりも上に設置されており、利用者からはIMES送信機は見えない配置になっているが、屋内測位によるLBSで利用されつつある(図7)。既存の建物に暫定的にIMES送信機を設置して一定期間のみ実験を行うといった従来のやり方とは異なった知見を得ることができている。なお、2012年の間にIMES送信機をさらに100台程度常設し、更に有効性を検証する予定である。





図6 二子玉川ライズ外観（東京都世田谷区）



天井内部のIMES送信機  
(測位衛星技術株式会社提供)



IMESを利用した屋内測位による  
位置情報サービス

図7 IMES送信機の天井部への常設

### 3.4.2 IMESコンソーシアムの設立

日本発のIMES方式の普及による屋内外シームレスLBSの実現に向け、大手電機メーカーや通信キャリア、携帯端末メーカー、IT関連企業、大学などの関係者が発起人となり、2011年6月23日にIMESコンソーシアムを設立した<sup>[9]</sup>。このコンソーシアムでは、IMESの実用化に必要なことや企業や大学が個別に対応することが難しいIMESに関連する課題に取り組むこととし、設立に際しては、以下の4つを主要な活動とした。なお、コンソーシアム内には、各種ワーキンググループ（送信機WG、受信機WG、運用WGなど）を設置し、IMES実用化に向けた課題の抽出ならびに、運

用定義やシステム仕様、運用ガイドラインの策定に着手しており、その成果を近々公表する予定である。

- (1) IMES普及・発展のための広報活動
- (2) IMES仕様の標準化に係る提言
- (3) IMES利用・設置等のガイドライン作成
- (4) IMES国際化のための取り組み

### 4. 準天頂衛星の実用化に向けて

ヒトやモノの位置情報を利用したLBSは、GPS受信機を内蔵した端末の普及や、iPhone、Androidに代表されるスマートフォンやオープンでリッチなアプリケーション開発環境の整

備などによって、世界規模で市場が拡大している。それに対し、準天頂衛星も研究開発から技術実証、利用実証を経て複数機体制による実利用段階に入りつつあるため、適切なタイミングで市場の需要に対応した実用準天頂衛星のサービスを開始することができれば、測位システムとしての国際的なプレゼンスを発揮できると考えている。実用準天頂衛星実現にあたっての私見を以下に記述する。

#### 4.1 準天頂衛星対応受信機の普及

実用準天頂衛星が整備されたとしても、その衛星からの信号を受信できる端末が普及しなければ、準天頂衛星だからこそ実現可能な価値のあるサービスを実現させ、普及させることは困難である。準天頂衛星からの測位信号に対応したGPS受信機が販売されつつあるが、限定的であり、広く普及している携帯電話内蔵のGPS受信機は対応していない。また、L1-SAIFなどの準天頂衛星独自の補強信号に対応したGPS受信機は研究開発用の受信機しか存在しておらず、普及している携帯端末に内蔵するためには小型化や低コスト化、高信頼性化のための開発と検証が必要である。「準天頂衛星だからこそ実現可能な価値のあるサービスが数多く創出されれば、それに必要なGPS受信機もおのずと開発されるはず。」という考えもあるが、GPS受信機の世界的なシェアは海外メーカーがその多くを占めていることも考慮すると、実用準天頂衛星が国際的なプレゼンスを発揮するためには、準天頂衛星対応受信機の普及のための戦略も考慮に入れた取組みが望まれる。

#### 4.2 ステイクホルダー参加によるシステムデザイン

「日本版GPS」と称されることの多い準天頂衛星について、その補強機能や安否確認・避

難誘導等機能を理解しているLBS提供者は少ない。また、LBS利用者に至っては、準天頂衛星の存在すら知らない場合も多い。準天頂衛星の実用化のためには、準天頂衛星だからこそ実現可能な価値のあるサービスを実現させる必要があり、そのためには、LBSの利用者、提供者、運用者を始めとするより多くのステイクホルダーが、実用準天頂衛星のシステムデザインの初期フェーズから関与できる仕組みを構築すべきである。それによって、LBS利用者による準天頂衛星に対する潜在的なニーズを明らかにすることができ、また、そのようなニーズを反映した実用準天頂衛星の運用時際には、そのLBS利用者が有望な顧客になる可能性が高い。また、その仕組みによって、実用準天頂衛星の利用に関するコミュニティが形成され、様々なLBSが誕生し、また、LBSの利用者視点、提供者視点での準天頂衛星へのシステム要求も、より適切にタイムリーに明らかにできるのではないかと考えている。

#### 4.3 他システムとの協調

ヒトやモノの位置をセンシングするために準天頂衛星は重要な役割を果たすことができるが、万能ではなく、例えば、屋内においてはIMESなどの他の測位システムの利用が必要であり、また、位置以外の情報をセンシングするには、別のセンサが必要である。それらのデータをどのように処理し、価値のある情報として利用者に提示するかについて、データ形式などの標準化活動含め、効果的に連携させる方法を長期的な視野で検討することが必要である。

#### 4.4 国際競争・国際連携

幾つかの国が独自の測位衛星を開発し、運用を行っている現在、準天頂衛星の機能や、

それによるサービスを他の測位衛星とどのように差別化するか設計検討が重要であり、既に多くの議論がなされている。また、アジア地域へのGalileo利用の普及を目指したEUによるGNSS.asiaプロジェクト<sup>[4]</sup>などとの連携も検討すべきであり、複数種GNSSの利用環境が世界で最も早く整うアジア・オセアニア地域において、差別化した準天頂衛星の機能やそのサービスをいち早く実証することで、他国の測位衛星との連携を優位に進めていくことも重要である。

#### 4.5 継続的な研究開発

長年の運用実績を誇るGPSですら、未だにシステムの改良や小型化などに関する研究開発が進められている。実用準天頂衛星についても、今後も継続的な研究開発によって常に改善を行って行く必要があり、そのためにも、衛星に関する研究開発とその利用のための研究開発をバランスよく継続的に実施可能な仕組みを構築する必要がある。また、その仕組みの中で、準天頂衛星の研究開発や、その利用、運用などの専門性を有した人材を継続的に育成する必要があると考えている。

#### 5. おわりに

本文は、第64回ISO宇宙機国際標準委員会において、準天頂衛星の利用に関する事例に

ついて講演させて頂いた内容を改めてまとめたものである。そのため、準天頂衛星の利用と普及について網羅的に整理できているわけではないが、少しでも関係者のお役に立てば幸いである。

#### 参考文献

- [1] 山川宏, 我が国の測位システムの状況について, SPACシンポジウム2011.
- [2] 財団法人 衛星測位利用推進センター, <http://www.eiseisokui.or.jp/>
- [3] Multi-GNSS Demonstration Campaign, <http://www.multignss.asia/>
- [4] GNSS.asia, <http://www.gnss.asia/>
- [5] 日経エレクトロニクス2011.03.07号, 決め手は位置情報, 2011.
- [6] 宇宙航空研究開発機構, 準天頂衛星システムユーザインタフェース仕様書(IS-QZSS 1.4).
- [7] L1 C/A PRN CODE ASSIGNMENTS, <http://www.losangeles.af.mil/shared/media/document/AFD-101124-042.pdf>, 10 October 2010.
- [8] 神武直彦, IMESによる屋内外シームレスLBS実用化に向けて, GPS/GNSSシンポジウム 2011.
- [9] IMESコンソーシアムサイト, <http://www.imesconsortium.org/>