

衛星測位に関する取組方針

令和3年4月22日

内閣府

宇宙開発戦略推進事務局

目次

前文.....	2
1. 背景.....	3
(1) 準天頂衛星システムの開発・整備・運用・利活用に係る経緯.....	3
(2) 準天頂衛星システムが提供するサービス.....	4
(3) 国際協力.....	5
(4) 諸外国の動向.....	6
① 各国の衛星測位システム.....	6
② SBAS・GNSS 補強システム.....	10
③ GNSS 補完・バックアップシステム (Alternative PNT システム).....	11
④ 低周回衛星 (LEO) コンステレーションを利用した PNT サービス.....	12
⑤ PPP 補強サービス.....	15
⑥ 衛星測位サービスのサービス領域拡張 (SSV: Space Service Volume).....	15
2. 将来のシステム構成.....	16
(1) 現状の課題.....	16
(2) 今後の検討の進め方.....	17
3. 将来のシステム性能の方向性・要素技術.....	17
(1) 将来のシステム性能の方向性.....	18
① 精度、安定性、信頼性等.....	18
② 抗たん性・機能性能保証.....	19
③ システム維持更新・運用コスト低減.....	20
(2) 要素技術.....	20
(3) 研究開発分担.....	22
4. 利活用の推進と基盤強化.....	24
(1) 総論.....	24
(2) 利活用の観点からの課題 (受信機、標準化等).....	26
(3) 地理空間情報.....	26
(4) 海外展開.....	27
(5) 人材育成、産学官連携.....	28
(6) その他.....	29

前文

宇宙基本計画（令和2年6月30日閣議決定）において、宇宙システムは、位置・時刻・画像情報や通信機能を提供するなど、社会のデジタル化・リモート化を、安全を確保しつつ実現する基盤であり、経済社会への明確な貢献が求められるとされている。準天頂衛星システム（QZSS: Quasi-Zenith Satellite System）は、宇宙システムにおいて位置・時刻情報を提供する不可欠のシステムである。宇宙基本計画工程表（令和2年度改訂）においては、2020年度に衛星測位に関する取組方針を策定し、海外の技術動向や国内外のニーズを踏まえつつ、精度・信頼性の向上や抗たん性の強化等の測位技術の高度化を戦略的かつ継続的に進めること、また、持続測位能力を維持・向上するため、後継機の機能・性能を含め、中長期的な観点から我が国の衛星測位システムの在り方について検討を行うこととされている。

これを受けて、内閣府宇宙開発戦略推進事務局では、2023年度をめどとする準天頂衛星システムの7機体制が確立された後、持続測位能力を維持・向上するため、準天頂衛星2，3，4号機それぞれの後継機及びそれ以降における将来の準天頂衛星システム構成、搭載機器の性能向上等を目指した技術課題を抽出するとともに、2021年度以降の研究開発の方向性や、これらの技術の研究開発の体制、役割分担等について検討を行った。また、準天頂衛星システムの利活用については、7機体制確立前より取組の強化が必要であるとして、現状の課題、今後の取組の方向性について検討を行った。

宇宙基本計画に定める自立した宇宙利用大国となることを目指し、日本における衛星測位の維持・発展及び産業利用の拡大を図るにあたっては、精度・安定性・信頼性を確保するとともに、受信機開発や将来の利用等を担う人材育成を含む利活用の推進が重要である。そのためには海外の衛星測位の技術動向を念頭に世界をリードする自立した測位技術の開発を進めるとともに、準天頂衛星独自のサービスの提供を実施していく必要があるとの認識のもと、本取組方針をとりまとめたものである。

1. 背景

(1) 準天頂衛星システムの開発・整備・運用・利活用に係る経緯

我が国独自の衛星測位システムである準天頂衛星システムは、産業の国際競争力強化、産業・生活・行政の高度化・効率化等に資する観点から、その構築に係る検討が官民共同により進められてきた。

「準天頂衛星システム計画の推進に係る基本方針」（平成 18 年 3 月 31 日測位・地理情報システム等推進会議決定）において、準天頂衛星システムは官が主体となって立ち上げ、準天頂衛星初号機「みちびき」（平成 22 年打上げ）による技術実証・利用実証を官民双方の参画により行うこととされた。宇宙基本法（平成 20 年法律第 43 号）及び地理空間情報活用推進基本法（平成 19 年法律第 63 号）並びにそれらに基づく宇宙基本計画及び地理空間情報活用推進基本計画において、準天頂衛星システムの開発・整備・運用は主要な政策の一つとして位置づけられている。

その後、「実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方」（平成 23 年 9 月 30 日閣議決定）において、まずは 4 機体制を確立し、将来的には 7 機体制を目指すとともに、準天頂衛星初号機「みちびき」の成果を活用しつつ実用準天頂衛星システムの開発・整備・運用を内閣府が実施することとされた。

これに基づき、2017 年に 2, 3, 4 号機の打上げが完了し、2018 年 11 月に 4 機体制による正式サービスが開始された。現在は、2021 年度に初号機後継機の打上げが予定されているほか、2023 年度めどの 7 機体制の確立に向け、5, 6, 7 号機の開発が進められている。

準天頂衛星システムの運用に関しては、内閣府が平成 24 年に公表した「準天頂衛星システムの運用等事業の実施方針」に基づき、民間の資金、経営能力及び技術的能力の活用により財政資金の効率的活用を図るため、PFI 方式による契約を締結した準天頂衛星システムサービス（株）が運用を行っている。

また、準天頂衛星システムの利活用促進のため、様々な取組が進められてきた。2007 年に設立された（一財）衛星測位利用推進センター（SPAC）は、準天頂衛星システムの利用促進に向け、関連企業・団体と連携して、普及啓発及び事業化の推進、利用促進のための技術開発並びに技術の標準化に取り組んできた。さらに、2013 年には高精度衛星測位サービス利用促進協議会（QBIC）が設立され、準天頂衛星システムのサービスの利活用を想定する民間企業が、

国内のみならずアジア・オセアニア地域でビジネス展開するために必要となる業界横断的な課題を議論し、さらには解決策を見出すことで、利活用の促進を図ってきたところである。現在、QBICの会員企業数は約300社であり、「海外展開」、「アウトリーチ推進」、「標準化」、「社会実装推進」の4つのWGにおいて、準天頂衛星システムの利活用促進に向けた議論がなされている。なお、SPACは2021年4月より、(一財)宇宙システム開発利用推進機構と統合し、利用拡大・深化に向けた活動をより強化していく予定である。

これらの取組の中で、これまでに利活用促進に向けて様々な実証実験が行われてきたところであり、SPACにおいては、2011年から2014年の間に自動車、防災、鉄道、測量など多岐にわたる分野において、140件を超える利用実証実験を実施したほか、準天頂衛星システムサービス(株)は2014年から2020年までに80件程度の実証実験を行っている。

また、(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)においても、JAXAが中心となってアジア地域におけるGNSS利用促進のために立ち上げたMulti-GNSS Asia(MGA)を通じて、タイやマレーシアをはじめとしたASEAN諸国の研究者・企業と20件以上の共同実験を実施してきている。国内においても、準天頂衛星システムの精度検証に係る多地点・多利用形態の技術実証や、民間企業との共同実証実験として準天頂衛星システムの位置情報を活用した無人走行車両の技術開発等を実施してきたところである。

また、政府においても、4章に後述するとおり、これまで国内外の多種多様な分野において準天頂衛星システムを活用した技術やサービスに係る実証事業を実施している。

(2) 準天頂衛星システムが提供するサービス

準天頂衛星システムは、GPS等を補完する衛星測位サービスに加え、高精度な測位を可能とする「サブメータ級測位補強サービス(SLAS)」、「センチメータ級測位補強サービス(CLAS)」を提供しているほか、国土交通省が生成したSBAS(衛星航法補強システム)信号を配信する「SBAS配信サービス」を2020年度より提供している。また、ジャミング(測位信号への妨害電波)やスプーフィング(偽測位信号の送信)への抗たん性を有する公共専用信号、測位技術の実証機会提供のための試験信号(MADOCA-PPPやDFMC-SBAS)を配信している。

加えて、防災・減災・国土強靱化への貢献の観点から、準天頂衛星システムでは防災機関から発表された地震や津波発生時の災害情報などを配信する「災害・危機管理通報サービス」及び災害時における避難所の情報等を衛星経由で管制局に送信し収集する「衛星安否確認サービス」を提供している。

(3) 国際協力

国際協力に関しては、国際連合における衛星航法システムに関する国際委員会 (ICG) や Multi-GNSS Asia (MGA) をはじめとした国際場裡において、衛星測位サービスプロバイダの一員として他システムとの相互運用性確保や国際標準化に寄与している。また、アジア大洋州地域において、高精度測位サービスや災害・危機管理通報サービスを用いた実証事業、意識啓発等の取組を、関係府省庁の協力のもと進めている。

二国間での協力に関しては、米国との間では日米宇宙包括対話などを通じ、両国の衛星測位に係る政策につき情報交換を行うとともに、個別プロジェクトを通じて、日米両国政府間で緊密な協力関係を維持している。

欧州については、2017年3月に内閣府と欧州委員会との間で衛星測位に関する日欧協力協定を締結し、官民ラウンドテーブルの開催を通じて官民双方の協力関係を強化してきている。また、高精度測位に関する E6/L6 信号のフォーマット標準化活動、海外向け災害・危機管理通報サービスの共通フォーマット規格策定、DFMC-SBAS に関する活動を実施している。

インドネシアについては、2018年10月に内閣府とインドネシア側6機関（国土庁、地理空間庁、国境管理庁、技術評価応用庁、航空宇宙庁、バンドン工科大学）との間で衛星測位利用に関する協力覚書 (LOI) を締結した。MADOCA を利用した高精度地籍測量及び DFMC-SBAS について、実証事業などを通じて協力を実施している。

豪州については、2019年11月に内閣府と豪州地球科学局 (GA: Geoscience Australia) との間で衛星測位協力に関する協力覚書を締結した。日本の準天頂衛星システムと豪州の SBAS システムの間で、両システム間のデータ共有、豪州・東南アジア地域への高精度測位情報の配信、緊急警報システム (EWS: Emergency Warning Service) 等に関する共同研究活動を推進している。2020年には民間企業の協力も得て EWS の実証実験を実施し、社会実装に向けて大きく前進したところである。

(4) 諸外国の動向

我が国の衛星測位の将来システムの検討にあたっては、海外の政策動向や技術動向を踏まえた検討を行う必要がある。

① 各国の衛星測位システム

現在、衛星測位システムを整備、運用している国は、米国（GPS）、ロシア（GLONASS）、欧州（Galileo）、中国（BeiDou）、インド（NavIC）と日本（QZSS）の計6か国である。各国とも、現行のサービスを提供するために必要な衛星数を維持、更新しており、それぞれ、次世代機への更新が進められている。各国のシステム整備状況、次世代システムの更新及び開発計画の概要として、表1-1に各システムのコンステレーション、構成、サービスをまとめるとともに、図1-1に整備スケジュールを示す。

表1-1 各国システムの構成とサービス一覧

	コンステレーション特性				衛星機数		サービス						備考
	サービスエリア	軌道タイプ	軌道高度 (km)	軌道面数	ノミナル衛星数	運用中衛星機数 (2021年1月末現在)	民生PNT	+信号認証	Search&Rescue	+RTNリンク*	高精度補強	災害警報(Short Msg.)	
GPS(米国)	全球	MEO	26560	6	27	31	○	△	△				Block III衛星打ち上げ、IIIF開発中
GLONASS (ロシア)	全球	MEO	25510	3	24	27	○		○				K2シリーズ衛星開発中
		IGSO	42164	3	6	0	△					△	2025年より打上げ27年までに6機
Galileo (欧州)	全球	MEO	29600	3	24	24	○	△	○	○	△	△	予備・置換衛星群 (Batch3) を21年末より打上げ、第2世代衛星開発中
BDS (中国)	全球	MEO	27906	3	24	27(24)**	○		○	○		○	第3世代衛星群の配備を完了
		IGSO	42164	3	3	10(3)**	○			○		○	ショートメッセージサービスは中国と周辺地域向けとグローバルと2種類、双方向通信
		GEO	42164	1	3	8(3)**	○				○	○	高精度補強は中国と周辺地域向けサービスを開始
NavIC (インド)	地域	IGSO	42164	2	4	4	○						11衛星への拡張計画あり。次世代衛星開発中
		GEO	42164	1	3	3	○						
QZSS (日本)	地域	IGSO	42164	4	4	3	○	△				○	7機体制確立に向け、5-7号機開発中
		GEO	42164	1	2	1	○	△				○	
		QGEO	42164	1	1	0	○	△				△	
KPS (韓国)	地域	IGSO	42164	4	4	0	△		△			△	2027年までに初号機、34年ごろ7機体制
		GEO	42164	1	3	0	△		△			△	

○：サービス開始済み △：今後開始予定

*：Search&Rescueのリターンリンク、欧州Galileoと中国BDSは受信した遭難信号発信者に対して受信確認のメッセージを送信する機能を有す

**：BDSの衛星機数は、第2世代(BDS-2)と第3世代(BDS-3)を合わせた機数であり、()内の数値は、第3世代(BDS-3)の機数を示す

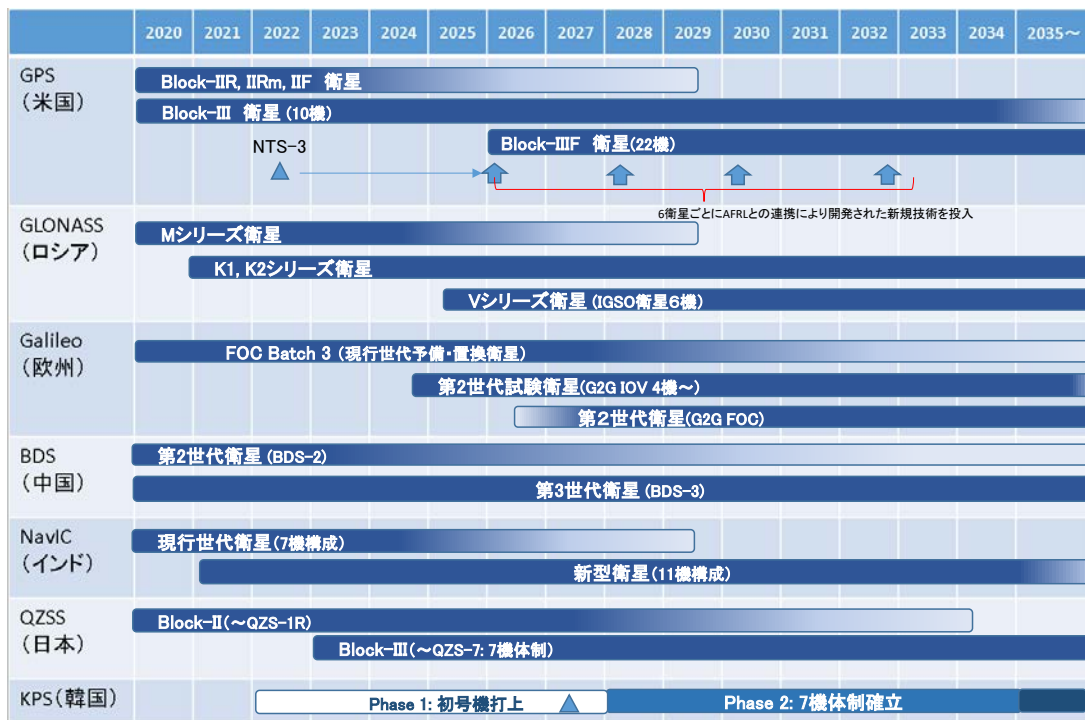


図 1-1 各国のシステム整備状況と計画

i) 米国 (GPS)

次世代衛星 (Block-III F) については、2018 年に 22 機の製造をロッキードマーチン社と契約し、開発に着手しており、2026 年に初号機を打ち上げる計画となっている。信号構成や、電力配分、変調方式などを軌道上で変更可能なデジタルペイロード、有事の際の作戦エリアへ 100 倍の送信電力で M コード信号を送信する耐ジャミング性能向上や、衛星間通信リンクを用いた即時アップリンク機能の追加、原子時計の性能向上、レーザ反射鏡、SAR (Search And Rescue) ペイロードの追加等を行う予定である。新規開発技術の一部は 2022 年に打上げ予定の Navigation Technology Satellite (NTS)-3 で実証される。

ii) ロシア (GLONASS)

K シリーズより、CDMA (符号分割多元接続) 信号の追加(L3 信号)を開始、原子時計の改良などを実施、地上システムの監視局のロシア国外への設置の促進、軌道クロック推定ソフトウェア改修などと合わせて、SIS-

URE (Signal-In-Space User Range Error ; 衛星の軌道・時刻に起因するユーザ視線方向の誤差) の性能向上を図っている。

さらに改良を加えた K2 衛星の打上げも 2021 年から開始され、K2 シリーズ最初の 2 機の衛星は、L1、L2 帯にも CDMA 信号を追加し、従来の FDMA (周波数分割多元接続) 信号とは別アンテナから送信するものの、2023 年以降に打ち上げられる K2 衛星は、共通のアンテナから FDMA と CDMA の全信号を送信する。

また、高緯度地域をカバーし、高精度な補強情報配信 (PPP 方式向けの精密軌道クロック補正) を行うため、準天頂衛星同様の傾斜地球自転同期軌道 (IGSO: Inclined Geo-Synchronous Orbit) の高高度 GLONASS-V 衛星 6 機を 2025 年より打ち上げる計画がある。

iii) 中国 (BDS)

第 3 世代衛星群は、実証衛星を用いて実証した国産原子時計 (ルビジウム、水素メーザ) や、デジタル化された新信号生成器、衛星間測距装置を搭載し、高性能化を実現している。

今後は第 3 世代衛星の軌道上バックアップ機を追加し、33 機ないし 35 機の衛星でサービス提供を行うものと思われる。PPP 補正情報配信については、将来的に中国及び周辺国向けに PPP-RTK サービス (電離層、対流圏遅延補正の追加)、MEO 衛星によるグローバル PPP サービスへの拡張の計画がある。ICG での発表によれば、中国政府は BDS をコアに、屋内、水中などでも利用可能なユビキタス PNT サービスを、地上ネットワークや他のセンサも利用して実現する構想を持っている。

iv) 欧州 (Galileo)

2014 年頃に検討を開始した第 2 世代システムでは、ユーザ測位性能向上、システム維持運用コスト低減を目標として、オンボードアンサンブルクロックや、水素メーザ原子時計の小型軽量化、光時刻標準、衛星間測距・通信機器、電離層遅延予測、EWS、IoT 機器をターゲットにしたユーザ受信機の低消費電力化に有用な新信号等に関して ESA や欧州各国の宇宙機関、さらには EU の研究開発ファンドである「Horizon 2020」の枠組みを利用した研究開発が進められている。

第2世代の衛星群は、2024年の年末に試験衛星から打上げを開始、2030年に初期サービス、2035年に次世代システムの配備を完成する計画である。第2世代衛星は、第1世代衛星よりも大型、大電力化が図られ、最大2トン、発生電力は第1世代の3~4倍、設計寿命も12年から15年に拡張され、電気推進、衛星間通信機能が実装されている。6個の原子時計を搭載、アンサンブルクロックを構成するとともに、うち1個は次世代に向けた実験用の原子時計を搭載する。

v) インド (NavIC)

今後、IGSO衛星4機を追加して11機にコンステレーションを拡張し、軌道上バックアップと幾何学的配置改善によるサービス性能向上を行う計画がある。次世代衛星に向け、原子時計国産化に取り組む他、他のGNSSとの相互運用性が高いL1帯(中心周波数1575.42MHz)への新信号追加などの機能性能向上も計画されている。

vi) その他

現在、衛星測位システムを運用中の6ヶ国に加えて、韓国がKPSと呼ばれる7機の衛星で構成される地域衛星測位システムの構築を計画している。2018年2月5日に国家宇宙委員会で制定した第三次宇宙開発推進計画に2035年までに韓国独自の地域衛星測位システムを整備することが記載されており、2027年までに初号機を打ち上げて実証を行った後、2034年までに残り6機を打ち上げて初期サービスを開始する計画となっている。

また、EUを離脱した英国は、2020年9月24日に、Space-Based Positioning, Navigation and Timing Programme (SBPP)を開始し、従来のMEO衛星ベースのGNSSにとどまらず、より広範な測位技術、複数軌道衛星の活用も選択肢として、英国のクリティカルインフラや防衛のための国外システムに依存しない独自の衛星測位インフラの検討を行うことを公表している。

英国政府は、2020年7月に破産した低周回衛星コンステレーション移動体通信事業者であるOneweb社をインドの通信事業者とともに買収しているが、Oneweb社の第2世代衛星に測位ペイロードを搭載することもSBPPで行う検討の選択肢に含まれている。

② SBAS・GNSS 補強システム

現在、運用または整備中の SBAS は計 9 システムあり、運用中のシステムとして米国 (WAAS)、欧州 (EGNOS)、インド (GAGAN) と日本 (MSAS) があり、整備中のシステムとして、ロシア (SDCM)、中国 (BDSBAS)、韓国 (KASS)、豪州・ニュージーランド地域 (SouthPAN)、アフリカ・インド洋地域 (A-SBAS (仮称)) がある。

SBAS は、国際民間航空機関 (ICAO) の国際標準に定められた衛星航法補強システムであり、99.99999% のインテグリティ保証を行えるシステムである。現行の L1 による SBAS (L1SBAS) は、インテグリティ機能に加え、補強対象とする衛星 (GPS 及び GLONASS) の軌道情報や時刻の補正情報、補強対象エリアの電離層補正情報及び GPS L1C/A 信号と互換性のある測位信号 (SBAS レンズ機能) を提供することが可能である。

また、ICAO では、電離層伝搬遅延による影響軽減やアベイラビリティの向上を目的とし 2 周波マルチコア (GPS, GLONASS, Galileo, BDS) に対応した L5 による次世代 SBAS (DFMC-SBAS) の国際標準化が行われており 2022 年に初版が発行される予定である。DFMC-SBAS では、準天頂衛星を含む非静止衛星からの SBAS 信号の提供、2 周波レンズ機能の提供及び認証信号によるなりすまし防止機能の追加が次版 (2024 年予定) にて国際標準化される計画である。加えて SBAS 機能標準化に係る技術検討を担う SBAS-IWG (Interoperability Working Group) では、SBAS による PPP 及びそのインテグリティ機能についても議論が始まったところである。

運用中の各 SBAS のサービスレベルを表 1-2 に示す。

SBAS は各国・地域において整備・運用が進められているが、国際標準として規定されたサービスであり、SBAS 信号が提供されている地域において利用可能であるグローバルなサービスであるため、航空以外にもカーナビゲーションや測量用受信機、農業機器・船舶等の自動運転においても広く使われている。

表 1-2 各 SBAS（運用中）のサービスレベル

サービス性能 各 SBAS	航空路	ターミナル	非精密進入	LPV 進入	CAT-I 進入
WAAS	■	■	■	■	■
EGNOS	■	■	■	■	■
GAGAN	■	■	■	■	
MSAS	■	■	■	※	

※：宇宙基本計画に基づく測位補強サービスの性能向上後

③ GNSS 補完・バックアップシステム（Alternative PNT システム）

2020 年 2 月に米国トランプ大統領が署名した大統領令 13905 では、クリティカルインフラストラクチャに対して、PNT サービスの責任ある利用が要求されており、GNSS 脆弱性対策として、GPS 以外のバックアップ手段の確保を政府機関やクリティカルインフラストラクチャの運用者に求めている。

2021 年 1 月に更新された米国の国家 PNT 政策（Space Policy Directive 7(SPD-7):The United States Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Policy）においても、PNT 政策改定の背景として、“Space-Based PNT の責任ある利用”が取り上げられ、GPS 自身の脆弱性対策、サイバーセキュリティや抗たん性強化に加えて大統領令 13905 に準拠したクリティカルインフラストラクチャにおける非 GNSS によるバックアップ手段確保、すなわち“Alternative PNT(A-PNT)”の利用を推進することが定められている。SPD-7 と同日公開された米運輸省の報告書では、現存する 11 の A-PNT 商業サービスを評価した結果が報告されている。唯一、NextNav 社の地上無線測位システム（Metropolitan Beacon System: UHF 帯 920-928MHz で運用される時刻同期された専用基地局からの測距信号を利用）が評価シナリオ全項目で高いスコアを得ているが、広域性の観点（単位面積あたりの展開コスト）で完全な GPS の代替手段とはなり得ていない。米運輸省は民間の A-PNT 技術への投資を促進するために、PNT システムの要件定義及びその標準化、試験手順や性能監視手法を整備することを勧告している。

④ 低周回衛星（LEO）コンステレーションを利用した PNT サービス

上述のとおり、米国政府は GPS の脆弱性対策として、民間の A-PNT システム/サービスへの投資、利用促進を行う政策を打ち出しているが、新たに構築される Starlink や Oneweb などの広帯域無線通信システムをプラットフォームとした A-PNT サービスの検討が行われている。これは、GNSS の脆弱性の最大の要因となっている信号強度の弱さについて、LEO 衛星を用いることによって、強い信号を用いた PNT サービスが提供できることによる。加えて、LEO 衛星の視線方向ベクトル変化が大きいことによってマルチパス信号の除外が容易なことや PPP 収束時間短縮の効果など、MEO 以上の高高度衛星の衛星測位コンステレーションよりも高性能なサービス提供が可能な観点から、既存の GNSS との統合や、より高性能な補強サービスを提供する計画が米国、欧州、中国で検討されている。

米国では、DARPA が民間の LEO コンステレーションを、様々な安全保障用のミッションに活用するための、共通バス、早期警戒、通信、偵察及び PNT のペイロード開発を BlackJack プロジェクトとして 2018 年から実施しており、キューブサットや小型衛星等を用いた“Risk reduction”試験を、早期警戒センサや、光衛星間通信、オンボード高性能計算機、SDR 技術等のキー技術の軌道上検証を行った後に、2021 年から 22 年にかけて、10~20 機の衛星群を用いたシステム実証を行う計画である。

また、民間ビジネスとしては、Xona Space Systems 社が、2023 年以降小型衛星コンステレーションの構築を段階的に進め、2026 年には 300 機の衛星を用いた、独立した PNT サービスを提供することを計画している。

中国では、CASC（China Aerospace Science and Technology Corp.）が、ブロードバンド衛星移動体通信システムである 320 機からなる Hongyan constellation の開発整備を進めている。Hongyan は、BDS と組み合わせて測位補強システムとしても用いられる構想となっており（BDS と組み合わせたシステムを Kuilong と呼称）、Hongyan 衛星群のうち 60 機と BDS の GEO からの補強メッセージによって、10cm の測位精度を 1 分以内の初期収束時間で実現する予定である。また、Beijing Future Navigation Technology 社が、Centispace と呼ばれる高度 975km の 120 機の衛星群から L 帯の測位信号を送信する LEO コンステレーションの構築を進めている。

これら LEO コンステレーションによる PNT サービスは、通信回線を測距信号や、補強情報配信に利用するシステムであるが、欧州では Galileo の第 2 世代 (G2G) の検討の中で、4~6 機の LEO 衛星を経由した光衛星間通信を用いて衛星群の時刻同期、オンボードでの精密軌道推定、L 帯測位信号の品質監視などを行う Kepler システムと呼ばれる構想がある。Kepler システムでは、高精度軌道クロック推定により、Galileo の信号のみ (補強メッセージなし) での精密測位の実現や、LEO 衛星における信号品質監視による高いインテグリティなどの性能向上に加えて、地上の監視局網やアップリンク局数の削減によるシステムの維持・運用費削減も期待されている。

表 1-3 に、各国の低周回衛星通信コンステレーションと PNT サービスをまとめる。

表 1-3 低周回通信衛星コンステレーションと PNT サービス

名称	国/組織名	軌道高度	衛星機数	周波数帯	整備状況	概要
Iridium	米/Satelles	780 km	66	L(1621.35-1626.5MHz)	運用中	イリジウムの通信回線を用いた 3 次元測位、時刻同期サービス (STL サービス)
Global star	米/ Echo Ridge LLC	1,410 km	24	Uplink: L Downlink: S	運用中	グローバルスターの移動体衛星通信回線を用いた 3 次元測位・時刻同期サービス
Starlink	米/Space-X	340, 550, 1,150 km	800 – 40,000	Ka, Ku, V	運用中 (テストサービス)	ブロードバンドインターネット通信サービス。現時点では PNT サービスの提供は無い
Kuiper	米/Amazon	590 – 610 km	3,236	Ka	不明	ブロードバンドインターネット通信サービス。現時点では PNT サービス提供は不明
Oneweb	英・印/Oneweb	1,200 km	600-900	Ka, Ku	2022 年末第一フェーズ完成予定	第 1 世代では時刻同期サービスを提供、第 2 世代より測位・航法ペイロードを搭載予定
Xona Pulsar	米/Xona Space Systems	800 km	300	不明	2026 年フルシステム完成予定	Xona 衛星群からの測位信号による単独測位で、ロバスト、高精度な測位サービスを提供
BlackJack	米/DARPA	1,000 km	20	不明	2021-2022 にデモシステム完成	小型の商用バス、衛星測位含む複数のペイロードの実証を実施、フルコンステレーションは 90 機構成が想定されているが、実現について現時点では未定
Hongyan/ Kuiling	中/CASC	1,100 km	320	Ka, L	2018 年 12 月に初号機、2025 年完成	ブロードバンド衛星通信システム (Hongyan) の通信回線を測距信号として使用、さらに 60 機を用いて補正情報を配信 (Kuiling システム)、10cm 以下の精密測位を収束時間 1 分以内で提供
Hongyun	中/CASIC	1,000 km	156	Ka	2018 年 12 月に試験機、2023 年頃完成	ブロードバンドインターネット通信サービス。現時点では PNT サービスの提供予定は不明
Xingyun	中/CASIC	561 km	80	L	2020 年に試験衛星 2 機、2023 年頃完成予定	狭帯域の IoT 向け衛星通信サービス。現時点では PNT サービスの提供予定は不明
Centispace	中/BFNT	975 km	120	L(L1 L5)	2018 年に試験機、2023 年完成予定	BDS と相互運用性のある L1、L5 の測位信号を送信、10cm 以下の精密測位を収束時間 1 分以内で提供
Kepler	独/DLR	MEO:29,601km LEO: 1,209 km	24 4	L Optical	机上検討、要素技術試作、評価試験を実施	MEO 衛星群 (現世代の Galileo を将来的に置換する) と 4~6 機の LEO 衛星で構成、衛星間を光通信リンクで接続、時刻同期とオンボードでの軌道推定、航法メッセージ生成を行う。地上システムの大幅な削減、インテグリティ向上などのメリットが見込まれている。

⑤ PPP 補強サービス

①項で述べたように、欧州（Galileo）、ロシア（高高度 GLONASS 及び SDCM）、中国（BDS-3）がそれぞれ、PPP 向けの補強メッセージ配信を計画している他、豪州 SouthPAN、計画中の韓国 KPS も同様のサービスを提供する予定である。表 1-4 に各国の PPP 補強サービスの現状と計画をまとめる。

表 1-4 衛星測位システム又は補強システムから提供される PPP 補強サービス

システム	サービスエリア	補強方式	補強対象	信号	開始時期
Galileo(欧)	Global	PPP	GAL, GPS	E6 (1278.75MHz)	2022-2023
	Regional	F-PPP			
GLONASS/ SDCM(露)	Regional	PPP PPP-RTK	GLO, GPS, GAL, BDS	L3C (1202.025MHz)	2021 以降 2030(PPP-RTK)
BDS(中)	Regional	PPP	BDS,GPS	B2b (1207.14MHz)	2020
QZSS(日)	Regional	PPP, PPP-AR	QZSS, GPS, GAL, GLO	L6 (1278.75MHz)	2023 2018 (CLAS)
	国内	PPP-RTK			
SouthPAN(豪)	Regional	PPP	GPS, GAL	L1(1575.42MHz) L5(1176.45MHz)	2023
KPS(韓)	Regional	不明	不明	L6(1278.75MHz)	不明

⑥ 衛星測位サービスのサービス領域拡張（SSV: Space Service Volume）

GNSS は宇宙空間においても低周回衛星での利用が広く普及しているところであるが、近年、GPS や Galileo 等の MEO 衛星の高度以上の高い軌道、静止衛星においても GNSS 利用が進んできている。今後は Gateway や アルテミス計画による月近傍、月面での活動などより高高度での GNSS 利用ニーズが高まることが予測されている。

これら新しい GNSS 利用領域は SSV（Space Service Volume）と呼ばれ、単一の GNSS コンステレーション利用では十分な可視衛星が得られないため、特に GNSS 間の相互運用性が重要であるとされ、ICG では、米国、欧州、中国を中心に検討分科会が結成され、複数 GNSS を用いた SSV

利用の効果をシミュレーションで示し、SSV へのサービスの継続性や性能改善を求める活動を行っている。

NASA、ESA は、Gateway や月周回、月面での GNSS 利用について検討を進めており、2021 年に計画されている Artemis-1 に搭載された GNSS 受信機によるデータ収集や、2023 年に計画されている CLPS ミッションでの月面に GNSS 受信機を設置しての受信実験を行う検討も行っている。

月面を含む深宇宙での航法、タイミングサービスのためのインフラ構築には、地球周回の GNSS 信号だけでなく、光学センサを用いた航法や、月面や月周回軌道に置いた無線ビーコンやパルサーが発する X 線などを利用した複合航法の研究開発、必要なインフラの検討が必要である。

2. 将来のシステム構成

(1) 現状の課題

宇宙基本計画（令和 2 年 6 月 30 日閣議決定）では、「準天頂衛星システムについて、持続測位が可能となる 7 機体制を確立するために必要となる、追加 3 機の開発を 2023 年度めどの運用開始に向けて着実に進めるとともに、持続測位能力を維持・向上させるために必要な後継機の開発に着手する」とされていることから、まずは 2023 年度をめどに運用を開始する準天頂衛星システム 7 機体制の確立を着実に実施する必要がある。その上で、7 機体制確立後の衛星測位のさらなる発展のために、将来の準天頂衛星のシステム構成の在り方についての検討が必要である。

過去、7 機体制のシステム構成を検討するにあたっては、持続測位、すなわち、他国の測位衛星が使用できない場合でも、我が国のシステムのみで最低限の測位サービスの提供を持続できること、及び、常に日本とその近傍の高仰角方向に衛星が存在する時間率を評価指標として、衛星機数や軌道配置が検討されたという経緯がある。その結果、準天頂軌道衛星 4 機と静止軌道衛星 3 機（準静止衛星含む）の計 7 機のシステム構成が選択されている。

ここで決定された 7 機体制は、持続測位及び高仰角特性を実現するために必要な最小衛星数による構成であり、予備機がなく衛星故障時には他の GNSS との併用によるサービス継続は可能であるものの、システム単独での測位サービ

スである持続測位のミッション保証は考慮されていない構成である。

また、将来の準天頂衛星システムのサービス範囲については、受信機等のGNSS製品の利活用拡大の観点からは、サービスのグローバル化の利点が挙げられる一方で、災害・危機管理通報サービスのようなQZSS独自のサービスを海外展開する方が利点があるとの考え方もあり、今後検討が必要である。

(2) 今後の検討の進め方

前述した課題は、現行の7機体制の個々の衛星システムの性能改善のみでは解決できないため、衛星機数や軌道配置等のシステム構成に関する検討が必要となる。

日本がとるべき将来の準天頂衛星システムの構成については、現行の7機体制に加え、ミッション保証の観点からの予備機追加を含む機数拡張、寿命を超えた衛星の活用や、諸外国でも検討されている異なる軌道高度のコンステレーションの併用などについて、2021年度に、地上システム及びその運用も含めた衛星測位システム全体の概念検討及びコスト試算を含めたより具体的な検討を実施することとする。ユーザが安心して利用でき、かつ産業化に繋がるような仕様を見極めつつ、衛星の低コスト化の論点や衛星開発・実証プラットフォームにおける議論も踏まえた上で、最終的な結論を得ることとする。

また、上記の検討を行う際の想定条件として、将来の準天頂衛星システムに求められるサービス性能に関する整理が必要である。サービス性能については、想定されるユーザへのヒアリングを行ったうえで、想定すべき条件を明確化することが必要である。また、準天頂衛星システムに対しては、衛星測位サービスだけではなく、測位補強サービスや災害・危機管理通報サービスへの期待も大きい。ユーザの観点からは、準天頂衛星システムが広く利用されるためには、他のGNSSと協調しつつ差別化を図るという観点が必要であり、これらのサービスの利用状況も踏まえて、将来の準天頂衛星システムの構成を検討する必要がある。

3. 将来のシステム性能の方向性・要素技術

本章では、将来のシステムに求められるサービス性能の方向性について検討を行い、研究開発を行うべき要素技術の抽出を行った。具体的なシステム性能に

については 2021 年度以降引き続き検討を行う。また、要素技術については、研究開発分担についての考え方を整理した。

(1) 将来のシステム性能の方向性

① 精度、安定性、信頼性等

i) 衛星測位サービス

測位精度については、現在取り組んでいる SIS-URE (Signal-In-Space User Range Error ; 衛星の軌道・時刻に起因するユーザ視線方向の誤差) の向上施策を継続的に行うべきであり、衛星間、衛星-地上間測距装置搭載衛星の配備を着実に進めるとともに、搭載時刻基準の安定度改善、衛星に働く外乱量の正確な把握やモデル改良、精密軌道・クロック推定技術の向上に取り組む。加えて、DOP (Dilution of Precision ; 上空の衛星配置による測位精度の低下率) の改善によるユーザ測位精度向上、精度の高いエリアの拡充、軌道保持制御に伴うサービス休止時間の短縮も合わせたアベイラビリティ向上を目指し、機数拡張についてシステム構成と併せて内閣府を中心に 2021 年度以降検討を行う。

精密軌道・クロック推定技術の向上には、各国の測位衛星の更新への対応や、新規観測量追加などの研究開発に加え、生成された精密軌道の座標系と既存の基準座標系 (国家座標) を整合させるための測地分野との連携も重要である。文部科学省 (JAXA) と国土交通省 (国土地理院) を中心に、安定的な GNSS の軌道時刻推定に向け、精度の改良、ノウハウの集約・維持、人材の確保や育成に係る産学官全体での取組を強化する必要がある。

衛星測位サービスで提供する各種情報の精度に対する性能指標について、衛星測位分野で一般的な 95% 精度ではなく、より高い確率での精度保証や、性能指標開示に関する検討が必要である。インテグリティの保証については、インフラ、ユーザ (受信機含む) 間での適切な要求配分、利用用途に応じた設定が重要であり、衛星測位システムだけで保証することは不可能であることから、主要なユーザとの共同研究や開発の検討、利活用省庁との分担、規制、標準化等の施策の検討を内閣府を中心に関係省庁が連携して 2021 年度以降に行う。検討にあたっては、対象利用分野のターゲットを定めた上で、利用ユーザを含めた形で実施する。

民間企業が現在提供する製品・サービスの継続的な展開の観点から、システムの後方互換性についても留意する必要がある。システムの後方互換性については、製品・サービスを展開する民間企業に配慮しつつも、イノベーション促進のため、より優れた技術を開発・導入していく必要性や、システム全体としての費用対効果含めサービス構成の最適化を図る必要性もあり、双方の観点のバランスをとった政策を内閣府を中心に実施していく必要がある。加えて、SBAS レンジング機能による後方互換性の確保についても、オペレータである国土交通省及び利用ユーザーを含めて検討を行う。

ii) 測位補強サービス

測位補強サービスによる精度については、CLAS で実現した補強対象衛星数の拡充等の機能・性能改善に取り組むこととする他、高精度測位補強サービスのアジア・オセアニア地域での実用化と初期収束時間短縮等の課題解決に向けた研究開発を内閣府を中心に実施する。

測位補強サービスのインテグリティについては、CLAS や SLAS も i) の衛星測位サービスと同様、受信機やユーザー側のシステムとの機能・性能配分の検討が必要であり、内閣府を中心に関係省庁が連携し、利用ユーザーを含む体制での検討、研究開発に取り組む。

測位補強サービスのユーザー拡大・利活用促進のため、CLAS、SLAS 精度の月平均の実績値について公開を開始しているが、より詳細なデータや、都市部など環境に応じた結果の公開、ユーザーのテスト環境整備など、利活用の促進に資する取組の実施を内閣府を中心に検討する。

SBAS 配信サービスについては、宇宙基本計画に基づき測位補強サービスの性能向上を着実に進めるとともに、DFMC-SBAS については各国と歩調を合わせ実用化の検討を内閣府と国土交通省が連携して行う。

② 抗たん性・機能性能保証

準天頂衛星システムの抗たん性・機能性能保証を強化するために、衛星機数の拡張や、衛星の故障や不具合発生時の予備機の確保の検討が必要である。また、オンボードでの自律自動運用を促進、運用の簡素化、効率化による地上システムへの依存度を低減し、より安定的にサービス

を提供できる信頼性の高いシステムの検討を内閣府を中心に行う。また、将来の様々な脅威・リスクに備え、耐ジャミング、耐スプーフィング特性向上、サイバーセキュリティの確保及び改善等に内閣府を中心に利用省庁を交えて取り組む。特に、衛星-地上間通信の保護や地上局受信機の欺瞞耐性向上は、他宇宙システムにおける機能保証確保に向けた研究開発や、利用省庁や民間の受信機開発で現在取り組んでいる研究開発の動向を調査・分析し、準天頂衛星システム固有の必要技術の有無の把握と検討を行う。

③ システム維持更新・運用コスト低減

コスト増を抑制しつつ、効率的にシステム性能の維持向上を実現するためには、衛星の小型軽量化によるデュアルローンチ化、地上システムへの依存度の低減やシステム効率化、運用の自動化・自律化等、システム維持更新、運用コスト低減を目指した研究開発を内閣府が中心となって取り組む。

(2) 要素技術

宇宙基本計画工程表（令和2年度改訂）をベースに、令和3年度以降で実施する研究開発の計画（案）を示す（図3-1参照）。研究開発計画策定にあたり、以下を考慮した。

- 準天頂衛星2，3，4号機後継機はデュアルローンチも可能となることを想定し、現在運用中の2，3，4号機の設計寿命を迎える2032年度に合わせ、打上げ時期を設定した。電気推進による軌道投入期間増加の可能性も見込んで2029年度と2031年度にそれぞれ打上げ時期を設定している。
- 短期的研究開発は、2，3，4号機後継機をターゲットとする。中長期的研究開発は、それ以降に打ち上げる想定衛星及びその地上システムへの適用を目指す研究開発である。
- 短期的研究開発及び中長期的研究開発を始めるにあたり、2021年度以降も継続して2，3，4号機後継機を含めた将来の衛星測位システムのあり方を検討する。

年度	R2 2020	R3 2021	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026	R9 2027	R10 2028	R11 2029	R12 2030	R13 2031	R14 2032	
宇宙基本計画工程表 (令和2年度改訂)	4機体制の運用 (GPSと連携した測位サービス) [内閣府]				7機体制の運用(持続測位) [内閣府]									
	▲ Q1R打上げ		▲▲▲ Q5-7打上げ			▲▲▲ 持続測位能力の維持・向上に必要な後継機の検討・開発整備 [内閣府]								
	衛星測位に関する取組方針の作成 [内閣府、文部科学省等]													
	海外の技術動向等を踏まえた精度・信頼性の向上や抗たん性の強化等の測位技術の高度化 [文部科学省等]													
研究開発計画 (案)	システム検討		短期的研究開発 [内閣府]			Q2-4後継機開発 #1 [内閣府]				Orbit-Raising				
	システム検討		中長期的研究開発 [文科学、総務省等]										Orbit-Raising	
			Q2-4後継機打上げ#1 ▲		Q2-4後継機開発 #2 [内閣府]		Q2-4後継機打上げ#2 ▲		※ R3年度システム検討により #2機数は変動					
													次期測位衛星開発	

図 3-1 衛星測位に関する研究開発計画 (案)

短期的な観点として、準天頂衛星7機体制確立後も、引き続き、さらなる精度向上の実現に向けた取組を継続する必要がある。特に性能向上に重要な2, 3, 4号機後継機の搭載ペイロード開発にあたっては、5, 6, 7号機搭載ペイロード開発の成果や、得られた知見を踏まえ、実現性検討、先行開発をJAXAとの連携協力に基づき効率的かつ着実に実施することとする。

中長期的な研究開発については、優先項目を選定し、主要技術の国産化を念頭に、衛星開発・実証プラットフォームも活用して産学官の協力を強化して研究を推進するべく、議論を継続する。

研究開発項目を表 3-1 に示す。

表 3-1 研究開発項目

研究開発項目	対象
T1. 超高精度クロックシステム技術 アンサンブルクロック、光周波数標準、光格子時計、チップスケール原子時計など	衛星/地上
T2. 高精度軌道時刻推定技術 高精度加速度計、光衛星間リンク、モデル改良、補正情報高度化など	衛星/地上
T3. 細密軌道制御技術 ΔV 制御高度化、細密自律軌道制御など	衛星
T4. 小型・軽量・省電力技術 衛星バス小型化、高効率電力増幅器、高性能低消費電力計算機（デジタル化）など	衛星
T5. デュアルロンチ化技術	衛星
T6. 信頼性向上と抗たん性強化技術 拡散コード認証、ソフトウェア無線技術、量子暗号通信、自動航行など	衛星/地上
T7. 受信機開発	ユーザ
T8. 宇宙利用技術 オンボード PPP 受信機、高高度 GNSS 受信機など	ユーザ
T9. ユーザ利用技術	ユーザ

(3) 研究開発分担

研究開発について、府省間で協力・分担体制を構築し、必要な予算の確保に努めるとともに、産学官の連携の取組を強化していく。

準天頂衛星システムに関わる研究開発についての役割分担の基本的考え方を下記に示す。なお、具体的なプロジェクトの進め方にあたっては、衛星開発・実証プラットフォームでの議論を通じて、費用対効果も考慮しつつ、必要な調整等を行う。研究開発の役割分担における内閣府とは、準天頂衛星システム開発・整備主体としての内閣府を指す。

i) インフラに必要な研究開発項目（QZSS 固有）

準天頂衛星システムに必要な研究開発項目のうち、準天頂衛星システムでの利用に固有の研究開発項目については、実用サービス提供元である内閣府（SBAS は国土交通省航空局と連携）が担当する。

ii) インフラに必要な研究開発項目（他宇宙システムにも利用を想定）

他の宇宙システムでも利用が想定される基盤的な研究開発項目については、文部科学省（JAXA）や総務省（NICT）をはじめとする当該技術の専門性を有する組織等が開発を進め、実用システムへの反映を内閣府が行う。

iii) 利用関連技術（非商用：宇宙利用技術等）

宇宙利用などの民間による事業化が行われていない分野については担当府省庁・実施機関にて、研究開発から最終的な実利用までを実施する。

iv) 利用関連技術（商用：ユーザ利用技術等）

利用応用分野で必要な研究開発項目については、基本的に利用分野ごとに所掌する省庁の関係研究機関が研究開発を担当する。実利用への橋渡しとしての利用実証を利用省庁にて実施するが、事業化が成され市場形成後は民間企業が主体となって製品開発を継続する。

さらに、現時点で中長期の研究開発項目と識別され得る項目についても、研究開発が進み、準天頂衛星の実用システムへの採用が決まった時点で、当該搭載機器や地上対向機器・設備は準天頂衛星システム固有の研究開発項目として整理することとする。上述の研究開発分担の考え方を表 3-2 にまとめる。

表 3-2 研究開発分担の考え方

	研究開発レベル	実用システム開発レベル
i) インフラに必要な研究開発項目 (QZSS 固有)	内閣府*1	内閣府*1
ii) インフラに必要な研究開発項目 (他宇宙システムにも利用を想定)	文部科学省、総務省等	内閣府
iii) 利用関連技術 (非商用：宇宙利用技術等)	文部科学省、総務省等	文部科学省、総務省等
iv) 利用関連技術 (商用：ユーザ利用技術等)	利用府省庁等*2	—

*1：SBAS は国土交通省航空局と連携

*2：利用実証を含む

今後、内閣府が行う準天頂衛星システム整備への採用基準（要求仕様、達成基準、時期）を明確にし、関係省庁における研究開発計画との整合性を図ることとする。汎用的な基盤技術開発や実証機会拡充については、衛星開発・実証プラットフォームとの連携、他分野の技術や利用技術開発については、Society5.0 や地理空間情報などとの連携を視野に、ユーザや民間企業も巻き込んだ研究開発計画とその実施計画を模索する。

4. 利活用の推進と基盤強化

(1) 総論

衛星測位システムは、我が国の安全保障や経済・社会活動を支えるとともに、Society5.0 の実現に向けた基盤としても重要性がより一層高まっており、利活用の促進を産学官が連携して進めていく必要がある。

準天頂衛星システムの利活用については、官民における測位データ利用の課題、推進方策の共有等を図るとともに、自動運転を含め、農業、交通・物流、建設等様々な分野における実証事業に取り組み、先進的な利用モデルの創出を通じて社会実装が加速している。実際に、準天頂衛星システムを活用している製品カテゴリーは多岐にわたっており、既に国内だけでも 180 を超える企業から 200 を超える製品が製造・販売されている。さらに、自動車分野においては自動運転支援技術の位置情報取得に CLAS を活用した車両や、ドローン分野においては CLAS に対応した農薬散布ドローンの開発・製品化が予定されている。また、準天頂衛星システムサービス（株）による実証事業に採択された企業のうち、コンテナ等の駐車位置情報を管理する SLAS 対応 IC タグや、CLAS を活用したプレジャーボートの自動離着岸の制御装置、CLAS・SLAS を活用した波高推定が可能な海象観測用のブイといった製品の實用化に向けて取り組んでいる企業もあり、今後もより幅広い分野での活用が期待される。

表 4-1 主なみちびき対応製品カテゴリー

分類	製品カテゴリー
受信機	受信機、チップ、モジュール、アンテナ、シミュレータ・信号発生器、RF 信号収録・再生
自動車	カーナビゲーションシステム、ドライブレコーダ、レーダ探知機、消防用車載端末、自動車関連機器・サービス
測量・建設	測量支援システム、バックパック型ライダー
情報提供サービス	スマートフォン、タブレット、デジタルカメラ、照明、セットトップボックス、防災・減災情報、位置情報検索サービス
農業	農業機器、ドッグナビ
スポーツ・健康	スマートウォッチ、アウトドア・スポーツ、スポーツ走行解析ツール
安心・安全	見守り、地盤変位観測システム
航空宇宙	複合センサ
海洋・船舶	航法装置、魚群探知機
その他応用	アマチュア無線機、無線関連計測器、高精度位置補正情報配信サービス
時刻同期	タイムサーバー、衛星電波時計

また、政府においても、利活用促進の観点から、これまで国内外の多種多様な分野において準天頂衛星システムを活用した技術やサービスに係る実証事業を実施し、その有効性が確認されてきた。例えば、総務省では、現在実証実験信号として配信している補強情報である MADOCA-PPP を活用し、インドネシアにおいて植林地の樹高を高精度に把握することを目的とした実証事業が行われ、樹高推定について地上基準点なしでも良好な結果が得られた。経済産業省では、CLAS をドローンの自律飛行制御に活用したピンポイント配送に関する実証事業が実施され、幅数 cm の白線上に着陸させることに成功した。

以上のように様々な分野で実証事業が進んでいるものの、実証事業の円滑な事業化には至っていない。実証段階から実用段階への移行が課題であり、実用化を促進するために、これまで各府省庁で取り組んできた実証事業の実施に加え、より実装につながる取組を検討・実施する。そのためには、実用段階における成功事例を積み上げていくとともに、革新的なアイデアの実現に向けた実証段階において失敗を恐れずに挑戦できる環境づくりが必要である。

さらに、利活用については、静止軌道など高高度における GNSS 利用や、月近傍での GNSS 利用等の地上のみならず宇宙における利用の可能性についても検討を行う。

(2) 利活用の観点からの課題（受信機、標準化等）

3. (1) ①において掲げた精度・安定性・信頼性や後方互換性等の課題に加え、受信機・アンテナの小型化・低価格化、準天頂衛星システムの活用促進に向けた標準化、規程への位置付けの必要性等についても検討が必要である。衛星インフラ側の課題である 3. (1) ①の課題に着実に対応しつつ、ユーザ側の課題については、主要なユーザとの共同研究や開発の可能性、必要な支援策や、標準化、規程等の施策について、準天頂衛星システム利活用促進タスクフォースも活用し、利活用関係省庁と連携して今後の戦略と具体的な施策を検討・実施する。

特に、受信機については、民間の活力を最大限活用するという宇宙基本計画の考えに基づき、民間による開発を基本とし、マーケットのニーズに沿った受信機開発の促進のために必要な施策を関係府省庁間で検討・実施する。

(3) 地理空間情報

Society5.0 の実現に向けて地理空間情報は不可欠であり、準天頂衛星は位置情報と時間情報を提供する社会インフラとして、その重要性はハード面のみならずソフト面においても今後さらに増していくと考えられる。

第 3 期地理空間情報活用推進基本計画(2017～2021 年度)においては、衛星測位サービスの向上により「地理空間情報が高度に活用された社会の基盤を確固たるものとすることができる」とされ、重点施策として、衛星安否確認サービスの実証事業を通じた地方公共団体等への導入促進のほか、無人航空機物流の実現に向けた実証、農業機械の自動走行技術の開発など衛星測位を活用した地理空間情報の活用に係る各分野での取組を推進していくこととしている。

Society5.0 の実現に向けては、IoT 等を支えるリアルタイムデータの基盤整備が重要であり、次期地理空間情報活用推進基本計画の改定に向けた議論の中で産学官が連携して総合的な検討を行うべく関係省庁と必要な調整を行いつ

つ、衛星測位のみならず時刻同期情報も含め、高精度で信頼性や利用価値の高い地理空間情報を利用できる環境を整備する取組を推進する。

(4) 海外展開

利活用について検討するにあたっては、国内展開のみならず海外展開も重要であり、特に、アジア・オセアニア地域での海外展開を戦略的かつ迅速に進める必要がある。

これまでの Multi-GNSS Asia における取組のほか、タイやミャンマーでの電子基準点網の構築に向けた支援や、タイ地理情報宇宙技術開発機関

(GISTDA) の GNSS イノベーションセンターへの協力などを通じ、アジア・オセアニア地域では衛星測位に高い期待が寄せられている。

海外展開にあたっては、準天頂衛星システムの特徴でもある高精度測位補強サービス及び災害・危機管理通報サービスの海外展開の意義が大きいと考えられる。

高精度測位補強サービスの海外展開については、現在実証実験信号として配信している補強情報 (MADOCA-PPP) について、令和元年よりアジア・オセアニア地域の 6 か国で性能評価を実施してきたところ、7 機体制確立時までに実用サービスとして開始すべく (2023 年度を想定)、必要なシステム整備を行う必要がある。加えて、初期収束時間短縮のため、広域電離層補正情報生成・配信機能の追加整備に向けた取組も併せて 2021 年度より着実に進め、2024 年度以降の実証実験の成果を反映しつつ、早期の本運用を目指す。

また、災害・危機管理通報サービスについては、これまでアジア・オセアニア地域において実証実験 (2018 年豪州、2019 年フィリピン等) を行ってきている。最近の自然災害の世界的な増加もあり、各国から高い関心と期待が寄せられており、同サービスの海外展開に向け、2025 年度めどの正式運用を目指して、2021 年度よりシステム整備の検討を進める。検討にあたっては、災害・危機管理通報が人命救助と密接な関係にあることから、衛星配信情報の優先順や、衛星配信に伴う責任関係の整理に関する各国との調整や、回線容量といった衛星側の制約、対象国との費用分担といった課題に留意する必要がある。災害・危機管理通報の対象国の拡大と選定の調整にあたっては、アジア防災センター (ADRC) やアジア太平洋経済社会委員会 (UNESCAP) と連携すると共

に、ポスト仙台防災協力イニシアティブ（フェーズ2）に位置づけられることを目指す。

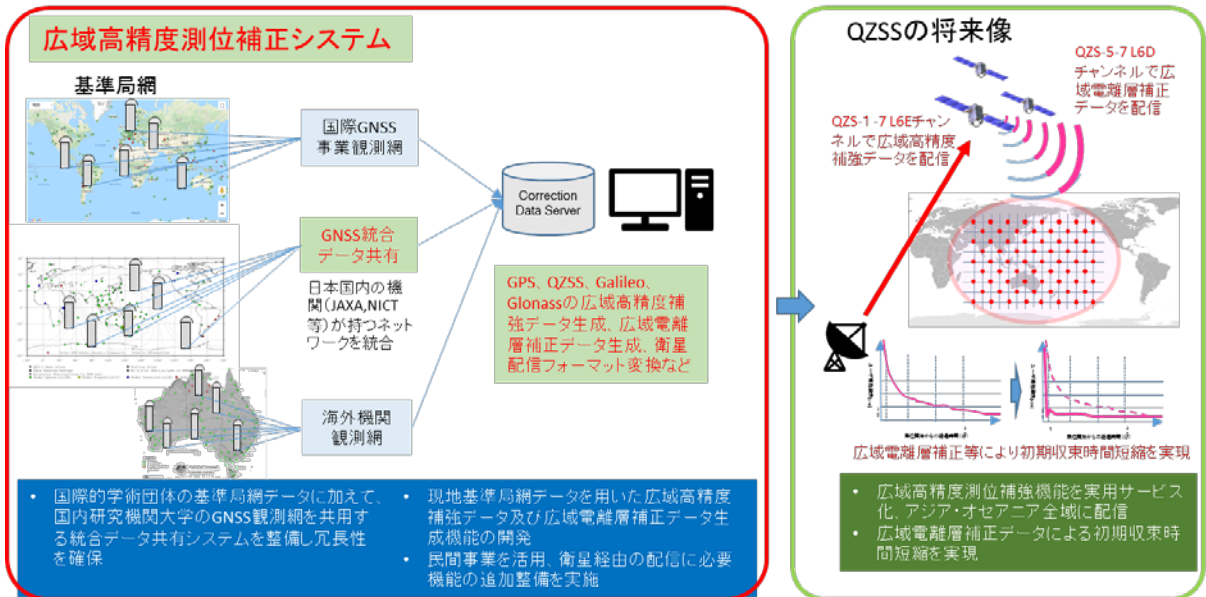


図 4-1 広域高精度測位補強の実用サービス開始に向けたシステム整備

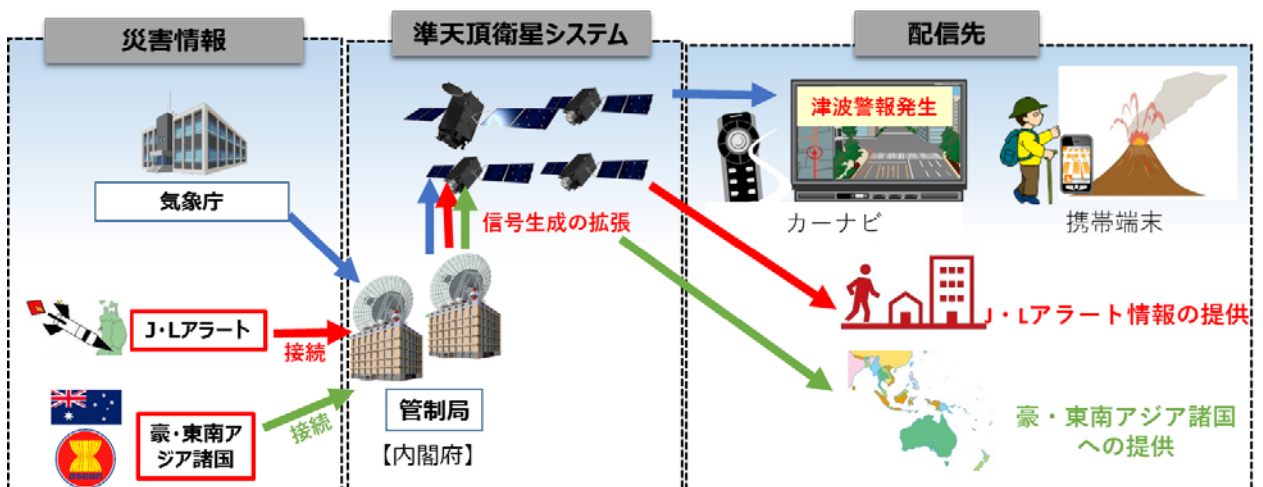


図 4-2 災害・危機管理通報サービスの機能拡張

(5) 人材育成、産学官連携

衛星測位システムの研究開発・開発整備・運用・利用は Society5.0 の実現に向けて不可欠な施策である一方、米国や欧州と比較して、日本における人材は、産学官の全ての層において著しく不足しているのが現状であり、衛星測位

人材の育成は喫緊の課題である。この点は、ICG等の国際場裡における日本のプレゼンスの観点からも課題であるといえる。

宇宙基本計画工程表においては「宇宙関係者の裾野拡大も見据えて、学校教育等と連動した人材育成の取組を実施する。また、大学生等を対象にした宇宙技術に係る実践的な取組を通じた次世代人材の育成等を強化する」とされているところ、宇宙航空科学技術推進委託費や宇宙ビジネス専門人材プラットフォーム（S-Expert）等の人材育成・強化に係る取組も踏まえ、大学、研究機関、産業における人材の育成を図りつつ、産学官の連携を図るための仕組みについて検討を行う。一案として、産学官による議論の場づくりが考えられるところ、今後民間企業や関係府省庁も含め検討を行っていく。

また、衛星測位関連の人材育成を促すためには、衛星測位分野における我が国の将来ビジョンを明確に示すことにより、民間企業や大学等におけるプロジェクトの予見可能性を与えることが重要であり、情報の発信強化を図る。

（6） その他

最後に、政府においても、長期的に持続可能かつ効率的な準天頂衛星システムの開発・整備・運用体制を構築する必要があり、まずはより効率的な業務の執行に向けて、関係省庁・機関とも連携して取り組む。

運用の側面については、2033年3月に準天頂衛星システムの運用に関するPFI契約が終了することに伴い、PFI方式による衛星運用のメリット・デメリットについて検証し、他の衛星の運用方式も参考としつつ、2033年4月以降の衛星運用をより柔軟かつ効率的な運用とすべく運用方式の検討を今後適切なタイミングに開始する。