

「障害に強い（ロバストな）位置情報のための地域的測位衛星の高度利用」の成果について

研究 開発 体制	主管研究機関	独立行政法人電子航法研究所	研究 開発 期間	平成22年度～ 平成24年度 (3年間)	研究 開発 規模	予算総額（契約額） 59百万円		
	共同研究機関	国立大学法人東京海洋大学		1年目		2年目	3年目	
				19百万円		25百万円	15百万円	

研究開発の背景・全体目標

- ・米国のGPSに代表される測位衛星は、すでに国民生活に欠かせないインフラとなっている。
- ・現状の衛星測位システムは米国のGPSに全面的に依存しており、万が一GPSが停止した場合のバックアップシステムがない。
- ・GPSの停止時においても最低限の機能を維持することが必要。
- ・本研究課題は、GPSが停止した場合のバックアップとなり得る衛星測位システムについて、構成要件及び具備すべき性能等を検討するもの。

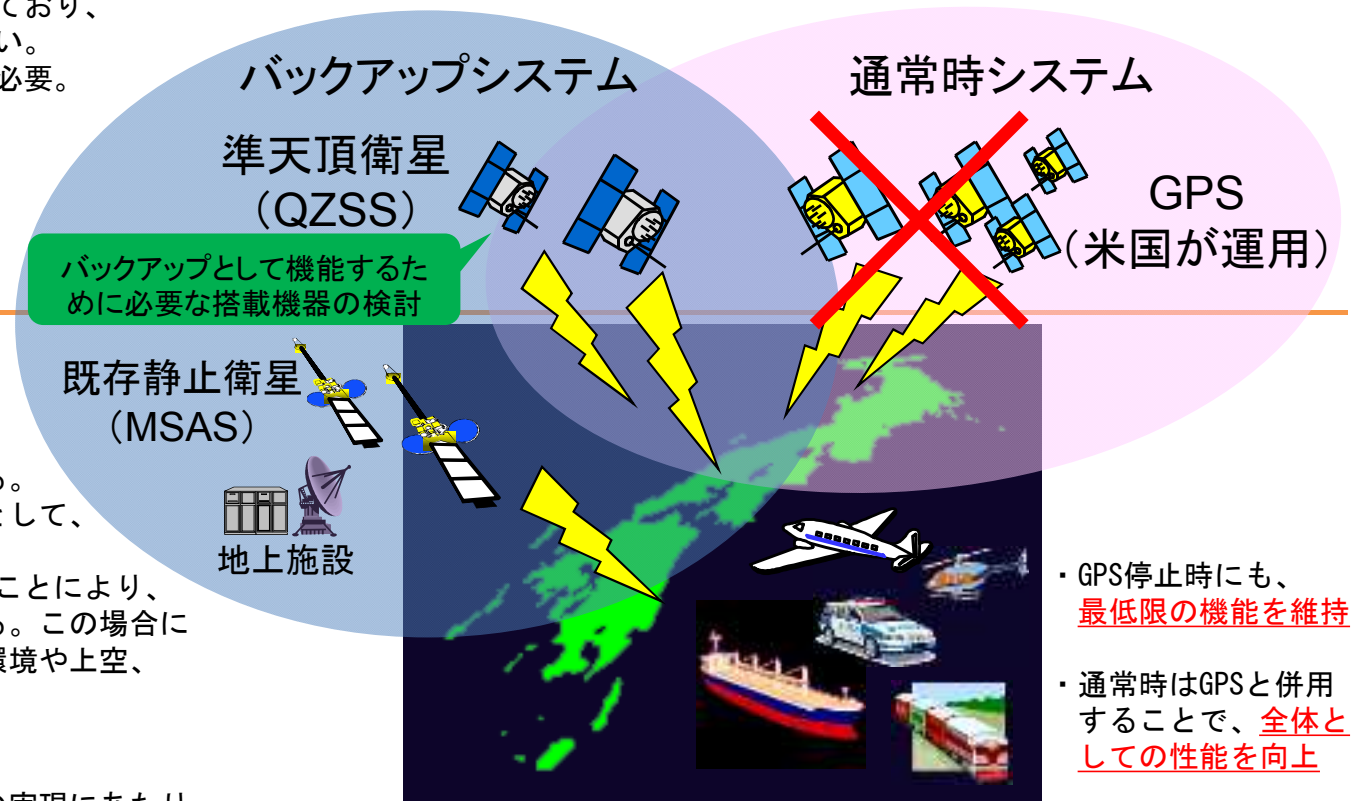
研究開発の全体概要と期待される効果

【本研究課題の全体概要】

- ・GPSの一部または全部が停止した場合を想定して、我が国が保有する測位衛星システムである準天頂衛星及びMSASにより位置の測定を行う方式について検討する。
- ・位置情報についてもっとも信頼性を必要とする利用者として、船舶及び航空機について、実証実験を実施する。
- ・平常時においては、これらのシステムとGPSを併用することにより、高精度かつ高い信頼性をもつ測位サービスを実現できる。この場合に利用可能な測位サービスの水準を明らかにし、市街地環境や上空、海上などにおける必要な実証実験を実施する。

【期待される効果】

- ・衛星測位システムの利用促進による安全・安心な社会の実現にあたり、GPS停止時におけるバックアップは欠かせず、また平常時における性能を明らかにすることはシステム整備上の基礎情報となる。
- ・航空用測位衛星システムMSASは元来航空機による利用を目的として整備されてきたが、本研究課題はこれを我が国の公共インフラとして捉えて多分野における利用を促進するものであり、既存ストックの実用的かつ有効な活用が図られる。
- ・準天頂衛星システムの整備が決定されており、本研究課題の成果を活用することで有用性にすぐれたシステムを構築できる。



全体イメージ

- ・GPS停止時にも、**最低限の機能を維持**
- ・通常時はGPSと併用することで、**全体としての性能を向上**

① 「ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価」

達成目標と実施内容

【達成目標】

- ・さまざまな位置情報利用者について、国として保障すべき最低限のバックアップ体制を整理・検討する。
- ・GPSに対するバックアップ体制を構築するために求められる準天頂衛星の2号機以降に対する機能要件を明らかにする。

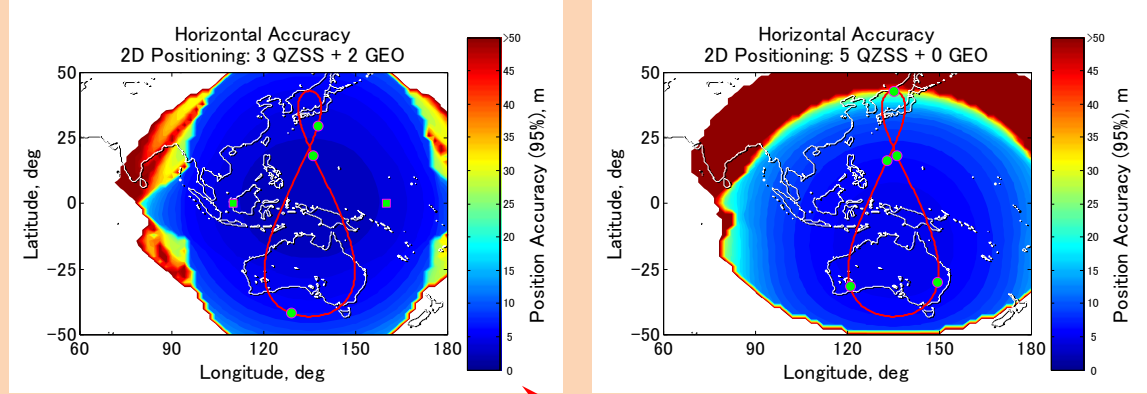
【主な実施内容】

- 平成22年度
 - ・さまざまな位置情報利用者について、衛星測位システムに必要とされる性能要件を整理・検討した。
 - ・バックアップ体制の構築にあたり必要な衛星の構成や配置、地上施設の要件を検討した。
- 平成23年度
 - ・シミュレーションにより準天頂衛星およびMSASによるバックアップシステムの性能解析を実施するとともに、通常時にこれらをGPSと併用した場合の性能を評価した。
- 平成24年度
 - ・シミュレーションにより準天頂衛星およびMSASによるバックアップシステムの性能について詳細な解析を実施するとともに、通常時にこれらをGPSと併用した場合の性能を再評価した。

主な研究開発成果

- ①利用者要件調査を実施し、GPSが利用できる通常時およびそうでない非常時の双方における、さまざまな位置情報利用者が衛星測位システムに求める性能要件を明らかにした。
- ②準天頂衛星およびMSASを利用したバックアップシステムにおいて、GPSが使用できない場合に期待できる性能を明らかにした。
- ③準天頂衛星およびMSASを利用したバックアップシステムにおいて、通常時にGPSと併用した場合の効果を明らかにするとともに、これを最適化するための準天頂衛星の軌道上における配置を導き出した。
- ④バックアップシステムによる実際の測位性能を明らかにするために、GNSS信号シミュレータで生成した信号を用いてマルチシステム対応GNSS受信機で測位を行う性能評価実験を行い、日本国内において6~11mの測位精度が得られることを確認した。

水平測位精度の試算例

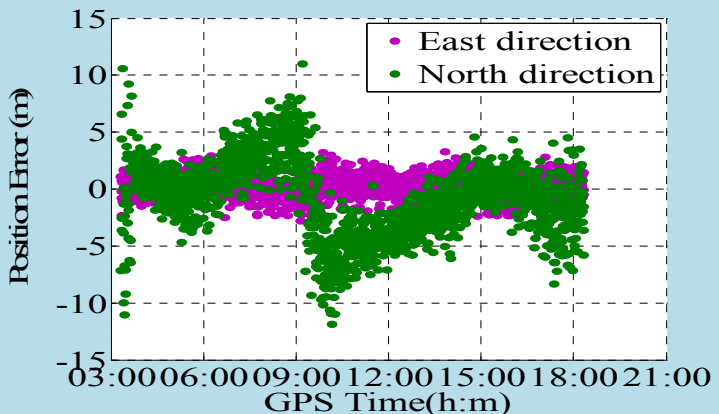


静止2機＋準天頂3機

準天頂5機

同じ衛星数なら
こちらの構成が有利

GNSS信号シミュレータで生成した信号による測位実験



単独測位誤差(静止3機＋準天頂3機、対象地点＝東京)

② 「マルチシステム測位実証実験」

達成目標と実施内容

【達成目標】

・ 準天頂衛星および静止衛星による測位方式について、実験用船舶および航空機等を用いて実証実験を実施し、実効性を明らかにする。

【主な実施内容】

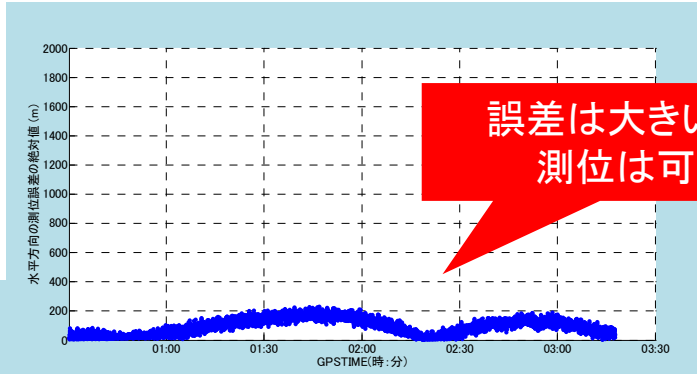
平成22年度 ・ GPS・準天頂衛星・MSASの信号に対応したマルチシステム対応受信機を準備した。
平成23年度 ・ マルチシステム実証実験として、前年度に開発した受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶及び航空機を用いた実験を実施した。

主な研究開発成果

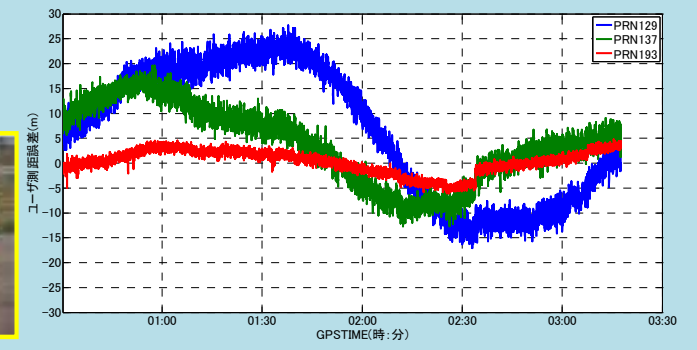
- ① マルチシステム対応受信機を準備したうえで、実験用航空機による実証実験を実施し、準天頂衛星およびMSASによる位置の測定が可能であることを明らかにした。
- ② 同様に実験用船舶による実証実験を実施し、準天頂衛星および静止衛星による位置の測定が可能であることを明らかにした。



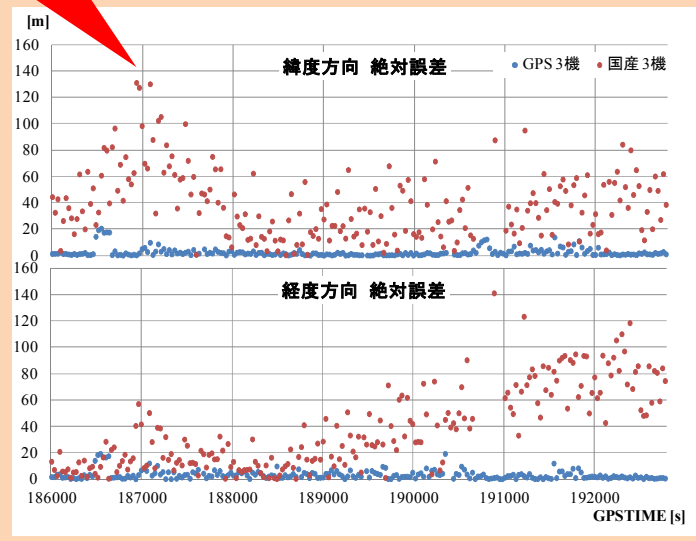
実験用船舶の航跡



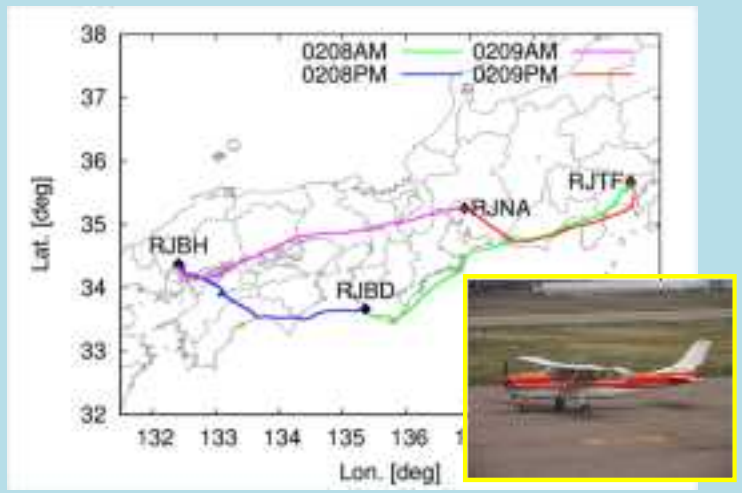
水平測位誤差の変化



各衛星の測距誤差



水平測位誤差の変化(船舶実験)



実験用航空機の航跡

③ 「マルチシグナル測位実証実験」

達成目標と実施内容

【達成目標】

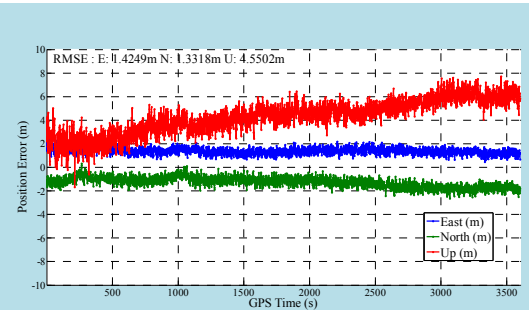
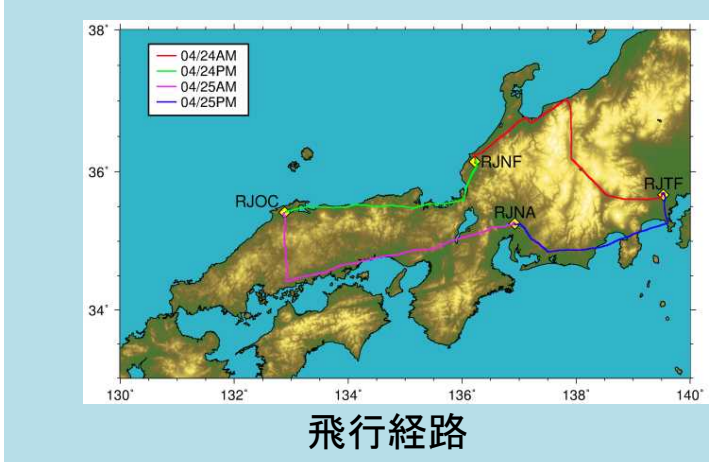
・新周波数対応の受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶および航空機を用いた洋上及び上空における実験を実施する。

【主な実施内容】

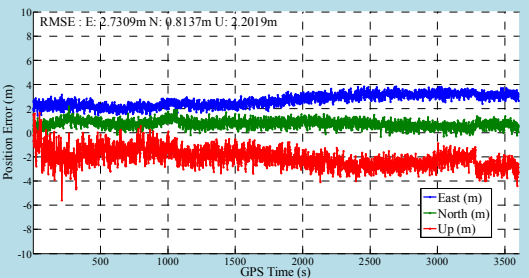
平成23年度 ・新周波数対応のGPSアンテナを実験用航空機に設置した。
 平成24年度 ・マルチシグナル実証実験として、新周波数対応のGNSS受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶および航空機を用いた実験を実施した。

主な研究開発成果

- ①マルチシグナル対応受信機およびアンテナを準備し、これらを実験用航空機に搭載・設置した。
- ②実験用航空機による実証実験を実施し、新しい周波数の測位信号を用いた位置の測定が可能であることを明らかにした。
- ③同様に実験用船舶および車両による実証実験を実施し、複数の周波数の利用による電離層伝搬遅延補正の改善を確認した。



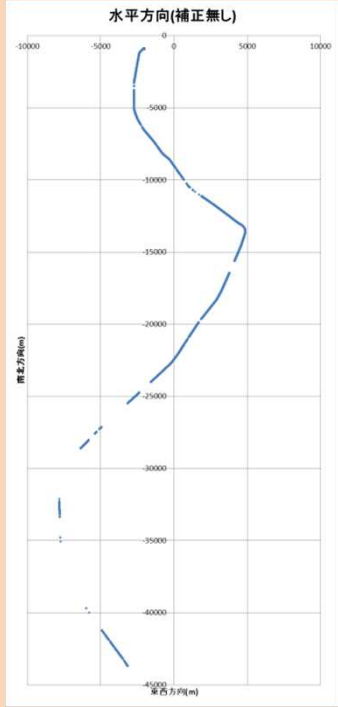
測位誤差: 単一周波数のみ



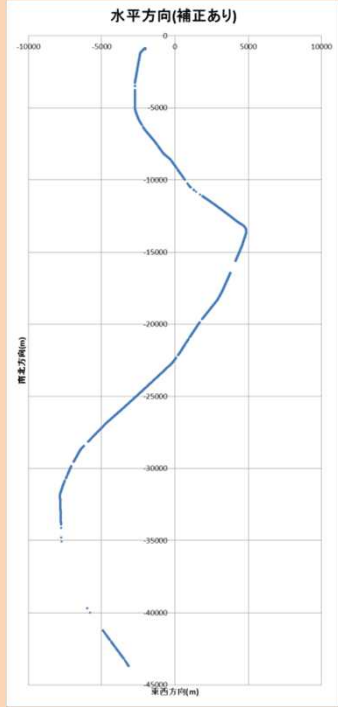
測位誤差: L5信号を利用



練習船 汐路丸



単一周波数



複数周波数

④ 「新周波数における電波環境の調査」

達成目標と実施内容

【達成目標】

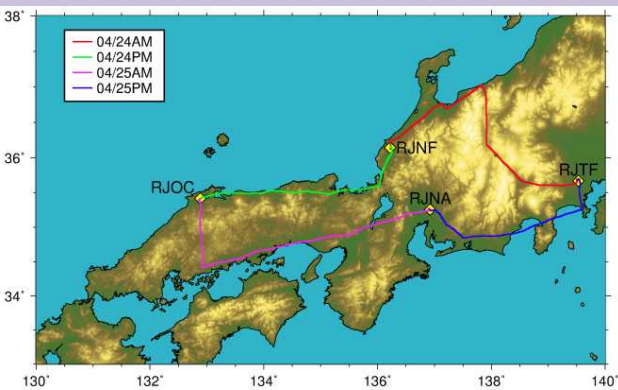
- ・ 障害に強い衛星測位システムの構築に有効な新しい周波数帯について、我が国における電波環境を調査し、実用性を確認する。

【主な実施内容】

- 平成22年度 ・ 既存実験機材により本調査を実施できることを確認した。
- 平成23年度 ・ 船舶及び航空機を利用した実験において、既存周波数における電波環境を調査した。
- ・ 信号環境記録装置を実験用航空機に搭載するための改修を実施した。
- 平成24年度 ・ 船舶及び航空機を利用した実験において、新周波数における電波環境を調査した。

主な研究開発成果

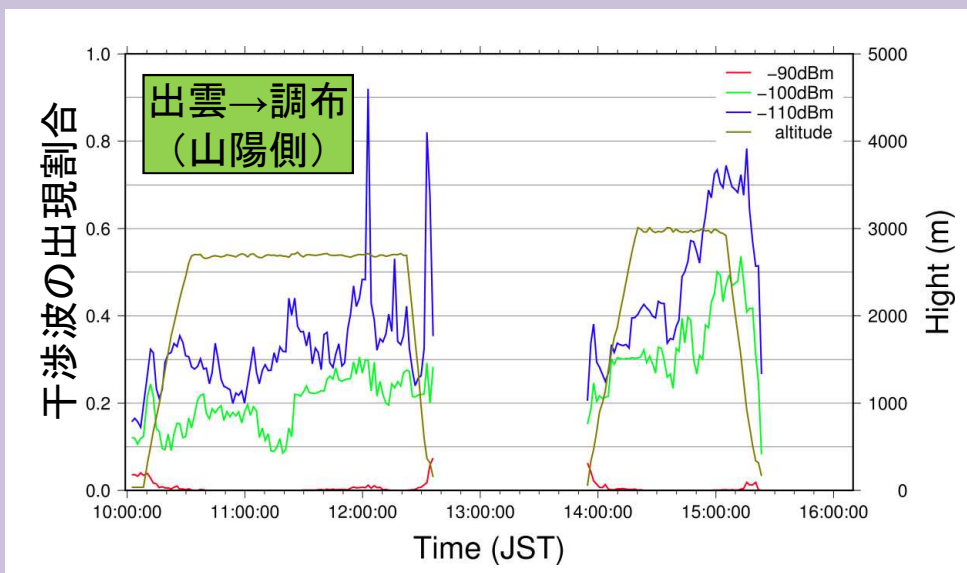
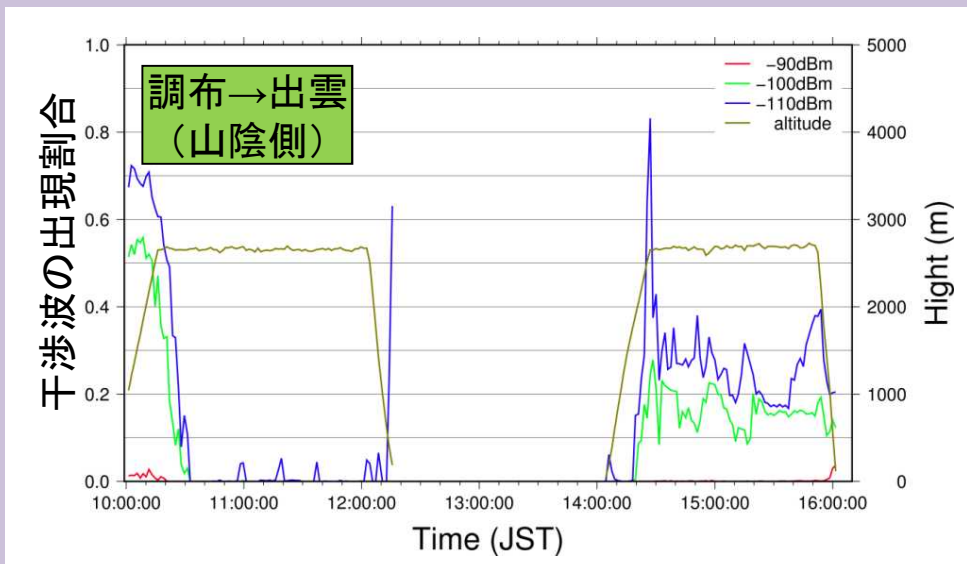
- ① 船舶及び航空機を利用した実験において、既存周波数および新周波数における電波環境を調査した。
- ② 新周波数については、航空用DMEによるものとみられる干渉波を多数確認した。これらについて解析を行った結果、GPS受信機には影響を及ぼさない程度であることがわかった。



飛行経路



実験用航空機



干渉波の観測結果

その他の研究開発成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	受賞等
	なし	国内：3	国内：12 国際：10	なし	なし	なし

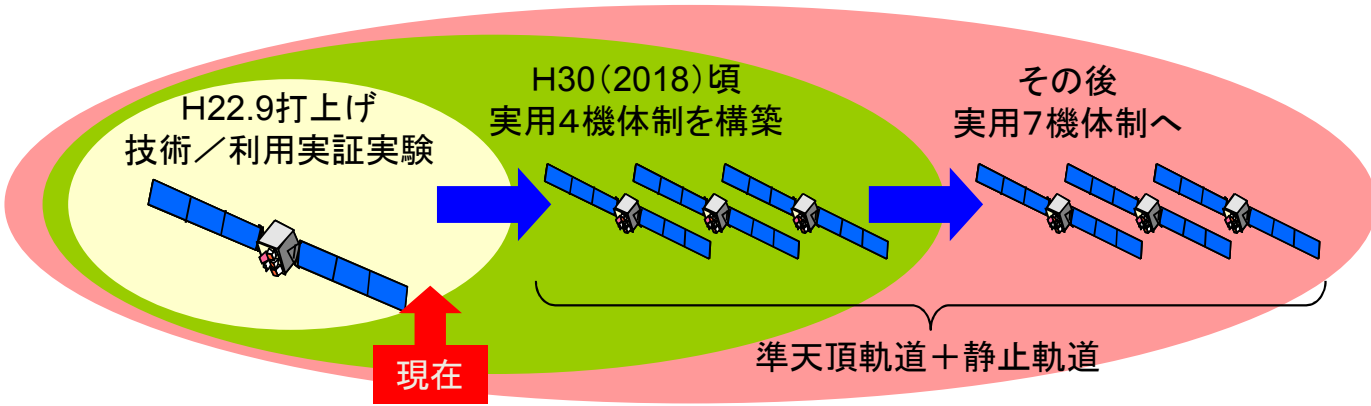
成果展開の状況について

- ・本研究課題による検討結果は国として保障すべき最低限のバックアップ体制を構築するうえで有用。衛星の構成や配置、地上施設の要件も含めた検討結果は、準天頂衛星の2号機以降の設計・開発に活用される。
- ・本研究課題の毎年度の成果報告書は、準天頂衛星システムの整備を実施している内閣府宇宙戦略室にも提供。当該システムの総合システム設計に活用されている。
- ・内閣府宇宙戦略室は、準天頂衛星システムの整備を実施中。当面は4機体制を整備し、将来的には7機体制への拡充を目指している。本研究課題では5~8機のさまざまな構成について性能解析結果を提供した。
- ・我が国のほかにも、中国やインドが準天頂軌道衛星による測位システムを志向している。これらのシステムの構成や性能を評価するうえでも本研究課題の検討結果は有用である。

人材の養成・知的基盤の整備

- (人材の養成)
- ・任期付研究員1名を雇用し、本研究課題の研究活動にあたらせた。
 - ・特に、航空機および船舶を使用した実証実験を担当させ、予備検討、実験準備、実験の実施、実験データの整理・処理、実験結果の取りまとめといった一連の業務を実施させて研究員としての能力向上を図った。
- (知的基盤の整備)
- ・本研究課題の実施により、実用システムのための基礎資料作成との観点においてノウハウを蓄積できた。
 - ・衛星測位システムの性能評価に必要なツールを蓄積するとともに、移動体による実験のノウハウを得た。

今後の研究開発計画



準天頂衛星システムの整備方針

- ・本研究課題の解析結果によれば準天頂衛星システムがアジア・オセアニア地域で有効であることを踏まえて、電子航法研究所では「GNSS広域補強信号サービスのアジア展開に関する研究」を平成25年度より開始した。
- ・同研究課題では、特にアジア・オセアニア地域を対象として準天頂衛星システムの性能評価を行うとともに、その改善方を示す予定。
- ・また、本研究課題により衛星測位システムへの電波干渉が実際に発生していることがわかった。この対策として、人工衛星によらないバックアップ測位システムの検討を平成26年度から開始する予定。

事後評価票

(平成25年3月現在)

1. 課題名 障害に強い（ロバストな）位置情報のための地域的測位衛星の高度利用

2. 主管研究機関 独立行政法人電子航法研究所

3. 事後評価結果

(1) 課題の達成状況

「所期の目標に対する達成度」

本研究課題は、次の4つの研究項目により実施した。

- ・ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価
- ・マルチシステム測位実証実験
- ・マルチシグナル測位実証実験
- ・新周波数における電波環境の調査

それぞれの研究項目について、目標とその達成度は以下の通りである。

【ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価】

本研究項目については、

- ・さまざまな位置情報利用者について国として保障すべき最低限のバックアップ体制を整理・検討する。
- ・GPSに対するバックアップ体制を構築するために求められる準天頂衛星の2号機以降に対する機能要件を明らかにする。

との目標が設定された。これらに対して、

- ①利用者要件調査を実施し、GPSが利用できる通常時およびそうではない非常時の双方における、さまざまな位置情報利用者が衛星測位システムに求める性能要件を明らかにした。
- ②準天頂衛星およびMSASを利用したバックアップシステムにおいて、GPSが使用できない場合に期待できる性能を明らかにした。
- ③準天頂衛星およびMSASを利用したバックアップシステムにおいて、通常時にGPSと併用した場合の効果を明らかにするとともに、これを最適化するための準天頂衛星の軌道上における配置を導き出した。
- ④バックアップシステムによる実際の測位性能を明らかにするために、GNSS信号シミュレータとマルチシステム対応GNSS受信機による性能評価実験を行い、日本国内において6~11mの測位精度が得られることを確認した。

といった成果を得ており、目標に対して十分といえる。

【マルチシステム測位実証実験】

本研究項目については、

・準天頂衛星および静止衛星による測位方式について、実験用船舶及び航空機等を用いて実証実験を実施し、実効性を明らかにする。

との目標が設定された。これに対して、

①マルチシステム対応受信機を準備したうえで、実験用航空機による実証実験を実施し、準天頂衛星およびMSASによる位置の測定が可能であることを明らかにした。

②同様に実験用船舶による実証実験を実施し、準天頂衛星および静止衛星による位置の測定が可能であることを明らかにした。

といった成果を得ており、目標に対して十分といえる。

【マルチシグナル測位実証実験】

本研究項目については、

・新周波数対応の受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶及び航空機を用いた洋上及び上空における実験を実施する。

との目標が設定された。これに対して、

①マルチシグナル対応受信機およびアンテナを準備し、これらを実験用航空機に搭載・設置した。

②実験用航空機による実証実験を実施し、新しい周波数の測位信号を用いた位置の測定が可能であることを明らかにした。

③同様に実験用船舶および車両による実証実験を実施し、複数の周波数の利用による電離層伝搬遅延補正を施すことで測位のアベイラビリティが50%程度改善されることを確認した。

といった成果を得ており、目標に対して十分といえる。

【新周波数における電波環境の調査】

本研究項目については、

・障害に強い衛星測位システムの構築に有効な新しい周波数帯について、我が国における電波環境を調査し、実用性を確認する。

との目標が設定された。これに対して、

①船舶及び航空機を利用した実験において、既存周波数および新周波数における電波環境を調査した。

②新周波数については、航空用DMEによるものとみられる干渉波を多数確認した。これらについて解析を行った結果、GPS受信機には影響を及ぼさない程度であることがわかった（大津山他、「飛行実験によるGPS-L5帯域の信号環境評価」、電子情報通信学会論文誌、2012年11月）。

といった成果を得ており、目標に対して十分といえる。

以上より、本研究課題については研究計画にもとづいて実施されており、また得られた成果は妥当であり、所期の目標を達成していると判断する。

「必要性」

米国の GPS に代表される測位衛星は、カーナビゲーションシステムや各種の位置情報サービスの実現に欠かせず、我が国の国民生活になくてはならないものとなっている。ところが、現状の衛星測位システムは米国の GPS に全面的に依存しており、万が一 GPS が停止した場合のバックアップシステムがない状態である。安全・安心な暮らしを支えるインフラ基盤として衛星測位システムは重要な機能を担っており、GPS の停止時においても最低限の機能を維持することが求められる。

我が国は GPS に準じた測位衛星として準天頂衛星「みちびき」を打ち上げている。平成 22 年に打ち上げられた準天頂衛星初号機の技術実証実験が順調に進められていることを受けて、翌年には実用準天頂衛星システムとして 4 機体制を整備することが閣議決定されており、平成 30 年頃を目標に事業が進められているところである。一方では航空用測位衛星システムとして静止衛星 2 機による MSAS が平成 19 年より運用されており、これらがすべて稼動した場合には GPS を使用せずとも我が国の測位衛星のみにより衛星測位を可能とできる。

本研究課題は、このような背景状況を踏まえ、GPS が停止した場合のバックアップとなり得る衛星測位システムの構成要件及び具備すべき性能等を検討し、また通常時に当該システムが GPS と併用された場合に期待される性能をあわせて検討するものである。測位衛星の利用促進による安全・安心な社会の実現にあたり、GPS 停止時におけるバックアップ方式の検討は欠かすことができず、また平常時に GPS と併用した場合における性能を明らかにすることはシステム整備上の基礎情報となることから、本研究課題による研究及び実証実験は広く公益に資する。

以上により、本研究課題には十分な必要性があり、実施することが妥当であるものと判断する。

「有効性」

以下に述べるところより、本研究課題については十分な有効性を備えているものと判断する。

(イ) 目標・効果等

本研究課題開発においては、

- ① さまざまな位置情報利用者について国として保障すべき最低限のバックアップ体制を整理・検討する。
- ② GPS に対するバックアップ体制を構築するために求められる準天頂衛星の 2 号機以降に対する機能要件を明らかにする。
- ③ 準天頂衛星および静止衛星による測位方式について、実験用船舶及び航空機等を用いて実証実験を実施し、実効性を明らかにする。
- ④ 障害に強い衛星測位システムの構築に有効な新しい周波数帯について、我が国における電波環境を調査し、実用性を確認する。

との目標が設定された。

これらの目標については、GPS が停止した場合のバックアップとなり得る衛星測位システムの構成要件及び具備すべき性能等を検討するうえで、必要十分かつ効果的に設定されていると判断する。

(ロ) 行政施策への貢献

測位衛星の利用促進による安全・安心な社会の実現にあたり、GPS 停止時におけるバックアップ方式の検討は欠かすことができない。また、平常時における性能を明らかにすることは、システム整備上の基礎情報となる。このため、本研究課題による検討結果は国として保障すべき最低限のバックアップ体制を構築するうえで有用であり、衛星の構成や配置、地上施設の要件も含めた検討結果は、準天頂衛星の2号機以降の設計・開発に活用されるべきである。また、航空用測位衛星システム MSAS は元来航空機による利用を目的として整備されてきたが、これは我が国の公共インフラとして活用できる既存ストックであり、本課題の終了後も本課題による成果を踏まえて多分野における利用促進が図られるべきである。

以上に鑑み、本研究課題の毎年度の成果報告書は準天頂衛星システムの整備を実施する内閣府宇宙戦略室にも提供されており、総合システム設計に活用されているところである。

(ハ) 人材の養成・知的基盤の整備

本研究課題の実施にあたり、任期付研究員1名を雇用して研究活動にあたらせた。特に、航空機および船舶を使用した実証実験を担当させ、予備検討、実験準備、実験の実施、実験データの整理・処理、実験結果の取りまとめといった一連の業務を実施させて研究員としての能力向上を図った。

また、本研究課題の実施により、実用システムのための基礎資料作成との観点においてノウハウを蓄積できた。さらに、衛星測位システムの性能評価に必要なツールを蓄積するとともに、移動体による実験のノウハウを得た。

「効率性」

(イ) 実施体制

本研究課題の主管研究機関は衛星測位分野の研究活動を継続的に実施してきており、特に衛星測位システムの性能解析については計算機プログラムやノウハウを有している。また、実験用航空機を保有しており、本研究課題の実証実験を実施することが可能な装備・体制を備えている。さらに、電波環境測定装置を保有しており、新しい周波数帯域における電波環境の測定を実施可能である。

共同参画機関である東京海洋大学は、市街地における衛星測位システムの性能改善に関する研究を実施してきており、本課題における性能解析に必要な市街地モデリングに貢献できる。また、実験用船舶および車両による実験を多く実施してきた経験があり、本課題における同種の実験を確実に実施可能である。

以上のとおり、本研究課題の遂行にあたり必要な検討作業を十分に実施できる体制を備えるとともに、実験用航空機や実験用船舶といった装備も有している。本研究開発の実施体制は妥当であったものと判断する。

(ロ) ロードマップ

本研究課題は、以下のとおり3年にわたり実施することとした。

○平成22年度

ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価：さまざまな位置情報利用者について、衛星測位システムに必要とされる性能要件を整理・検討する。また、バックアップ体制の構築にあたり必要な衛星の構成や配置、地上施設の要件を検討する。

マルチシステム測位実証実験：GPS・準天頂衛星・MSAS の信号に対応したマルチシステム対応受信機（一周波数）を準備する。

○平成 23 年度

ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価：シミュレーションにより準天頂衛星および航空用測位衛星 MSAS によるバックアップシステムの性能解析を実施するとともに、通常時にこれらを GPS と併用した場合の性能を評価する。

マルチシステム測位実証実験：マルチシステム実証実験（一周波数）として、前年度に準備した受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶及び航空機を用いた洋上及び上空における実験を実施する。

マルチシグナル測位実証実験：新周波数に対応した GPS アンテナを実験用航空機に設置する。

新周波数における電波環境の調査：船舶及び航空機を利用した実験において、既存周波数における電波環境を調査する。また、信号環境記録装置を実験用航空機に搭載するための改修を実施する。

○平成 24 年度

ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価：シミュレーションにより準天頂衛星および航空用測位衛星 MSAS によるバックアップシステムの性能について詳細な解析を実施するとともに、通常時にこれらを GPS と併用した場合の性能を再評価する。

マルチシグナル測位実証実験：マルチシグナル実証実験（二周波数）として、新周波数対応に改修した受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶及び航空機を用いた洋上及び上空における実験を実施する。

新周波数における電波環境の調査：船舶及び航空機を利用した実験において、新周波数における電波環境を調査する。

以上の通り適切に年次計画を策定するとともに、研究課題の開始および終了時点において主管研究機関による事前・事後評価を実施して組織的に管理を行ってきており、ロードマップは妥当であったものと判断する。

（ハ）資金計画（契約額）

- ・平成 22 年度： 19 百万円
- ・平成 23 年度： 25 百万円
- ・平成 24 年度： 15 百万円
- ・総額： 59 百万円

本研究課題においては、利用者側の性能要件に関する調査を含め、過不足なく実施内容を定めるとともに、マルチシステム・マルチシグナル対応受信機の開発を含む実証実験を限られた予算で実施すること

としており、資金計画はやや窮屈ではあるが妥当であったものと判断する。

以上により、実施体制、ロードマップおよび資金計画について、関係機関との連携や実証実験を含めた実施内容が適切に設定・管理されており、効率性の観点から妥当であったものと判断する。

(2) 成果

「アウトプット」

本研究課題において設定した研究項目ごとの、成果のアウトプットの状況は以下の通りである。

【ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価】

本研究項目については、

- ・ さまざまな位置情報利用者について国として保障すべき最低限のバックアップ体制を整理・検討する。
- ・ GPS に対するバックアップ体制を構築するために求められる準天頂衛星の 2 号機以降に対する機能要件を明らかにする。

との目標が設定された。これらに対して、

- ① 利用者要件調査を実施し、GPS が利用できる通常時およびそうではない非常時の双方における、さまざまな位置情報利用者が衛星測位システムに求める性能要件を明らかにした。
- ② 準天頂衛星および MSAS を利用したバックアップシステムにおいて、GPS が使用できない場合に期待できる性能を明らかにした。
- ③ 準天頂衛星および MSAS を利用したバックアップシステムにおいて、通常時に GPS と併用した場合の効果性を明らかにするとともに、これを最適化するための準天頂衛星の軌道上における配置を導き出した。
- ④ バックアップシステムによる実際の測位性能を明らかにするために、GNSS 信号シミュレータで生成した信号を用いてマルチシステム対応 GNSS 受信機で測位を行う性能評価実験を行い、日本国内において 6~11m の測位精度が得られることを確認した。
- ⑤ 準天頂衛星の補強信号によるバックアップの実現性について検討を行い、特に L1-SAIF 補強信号に補完機能を具備させることが可能であることを示した。

といった成果を得た。

【マルチシステム測位実証実験】

本研究項目については、

- ・ 準天頂衛星および静止衛星による測位方式について、実験用船舶及び航空機等を用いて実証実験を実施し、実効性を明らかにする。

との目標が設定された。これに対して、

- ① マルチシステム対応受信機を準備したうえで、実験用航空機による実証実験を実施し、準天頂衛星および MSAS による位置の測定が可能であることを明らかにした。なお、本課題の応募時点ではマル

チシステム対応受信機の開発を行う計画であったが、その後に本課題で使用可能な既製品の受信機が市場に出てきたことから、開発を中止し既製品の調達に切り替えている。

- ② 同様に実験用船舶による実証実験を実施し、準天頂衛星および静止衛星による位置の測定が可能であることを明らかにした。

といった成果を得た。

【マルチシグナル測位実証実験】

本研究項目については、

- ・ 新周波数対応の受信機を使用して、車両による市街地測位実験に加え、実験用船舶及び航空機を用いた洋上及び上空における実験を実施する。

との目標が設定された。これに対して、

- ① マルチシグナル対応受信機およびアンテナを準備し、これらを実験用航空機に搭載・設置した。
- ② 実験用航空機による実証実験を実施し、新しい周波数の測位信号を用いた位置の測定が可能であることを明らかにした。
- ③ 同様に実験用船舶および車両による実証実験を実施し、複数の周波数の利用による電離層伝搬遅延補正の改善を確認した。

といった成果を得た。

【新周波数における電波環境の調査】

本研究項目については、

- ・ 障害に強い衛星測位システムの構築に有効な新しい周波数帯について、我が国における電波環境を調査し、実用性を確認する。

との目標が設定された。これに対して、

- ① 船舶及び航空機を利用した実験において、既存周波数および新周波数における電波環境を調査した。
- ② 新周波数については、航空用 DME によるものとみられる干渉波を多数確認した。これらについて解析を行った結果、GPS 受信機には影響を及ぼさない程度であることがわかった。

といった成果を得た。

また、本研究課題により得られた成果については、各年度の成果報告書に取りまとめるとともに、次のとおり学会等における発表を行った。

- ・ ロバスト測位システムのシナリオ検討・性能評価：9 件
- ・ マルチシステム測位実証実験：6 件
- ・ マルチシグナル測位実証実験：2 件
- ・ 新周波数における電波環境の調査：5 件

「アウトカム」

本研究課題による検討結果は我が国における衛星測位システムの整備にあたり有用であることから、本研究課題の毎年度の成果報告書は準天頂衛星システムの整備を実施している内閣府宇宙戦略室にも提供されており、当該システムの総合システム設計に活用されているところである。

内閣府宇宙戦略室による準天頂衛星システムの整備においては、準天頂軌道衛星のほかに静止衛星も配置する方針とされている。GPS 停止時のバックアップ体制を構築するうえで静止衛星が有効であることは本研究課題による検討結果として示されており、実際にそうしたシステム構成が実現することとなる見込みである。

本研究課題においては、5～8 機の準天頂衛星および静止衛星による衛星測位システムについても性能解析を実施した。準天頂衛星システムについては、当面は 4 機体制を整備したうえで、将来的には 7 機体制への拡充を目指すこととされており（平成 23 年 9 月閣議決定）、本研究課題の検討結果からは準天頂衛星システムの将来的な拡充に関しても有用な情報が提供されている。

以上、国民生活に欠かせないインフラとなっている衛星測位システムに対し、米国の GPS が停止した場合のバックアップシステムの整理・検討を行い、準天頂衛星および MSAS による測位方式について国として定量的な測位精度評価し、実用性・利用性が確認されたことは、大きな成果である。

また、新しい周波数の測位信号を用いた位置の測定が可能であることを、車両、船舶、航空機を用いた実験を実施し、明らかにしたことは、大いに評価できる。準天頂衛星および静止衛星による衛星測位システムについても性能解析を実施しており、この結果も踏まえて実用準天頂衛星の構築に向けて大きく寄与している。

（3）今後の展望

測位衛星の利用促進による安全・安心な社会の実現にあたり、GPS 停止時におけるバックアップ方式の検討は欠かすことができない。また、平常時における性能を明らかにすることは、システム整備上の基礎情報となる。このため、本研究課題による検討結果は国として保障すべき最低限のバックアップ体制を構築するうえで有用であり、衛星の構成や配置、地上施設の要件も含めた検討結果は、準天頂衛星の 2 号機以降の設計・開発に活用されるべきである。

内閣府宇宙戦略室による準天頂衛星システムの整備においては、当面は 4 機体制を整備し、将来的には 7 機体制への拡充を目指すこととされている（平成 23 年 9 月閣議決定）。本研究課題においては 5～8 機の準天頂衛星および静止衛星による衛星測位システムについても性能解析を実施しており、この結果も踏まえて 7 機体制の具体的なシステム構成が検討されることになる。

なお、我が国のほかにも準天頂軌道衛星による測位システムを計画し、あるいは構築しつつある国が存在する（現在のところ、中国およびインド）。これらのシステムの構成や性能を評価するうえでも本研究課題による検討結果は有用であり、我が国の準天頂システムの今後の発展にも資するものである。

評価点	
S	<p>評価を以下の5段階評価とする。</p> <ul style="list-style-type: none">S) 優れた成果を挙げ、宇宙利用の促進に著しく貢献した。A) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献した。B) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。C) 一部の成果を挙げているが、宇宙利用の明確な促進につながっていない。D) 成果はほとんど得られていない。