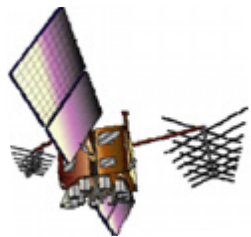


平成23年度国土交通省総合技術開発プロジェクト

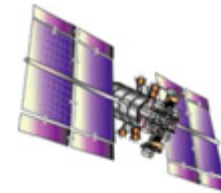
高度な国土管理のための 複数の衛星測位システム(マルチGNSS)による 高精度測位技術の開発



GPS(米国)



準天頂衛星(日本)



GLONASS(ロシア)



Galileo(EU)

GNSS: Global Navigation Satellite System

国土地理院

平成22年 7月

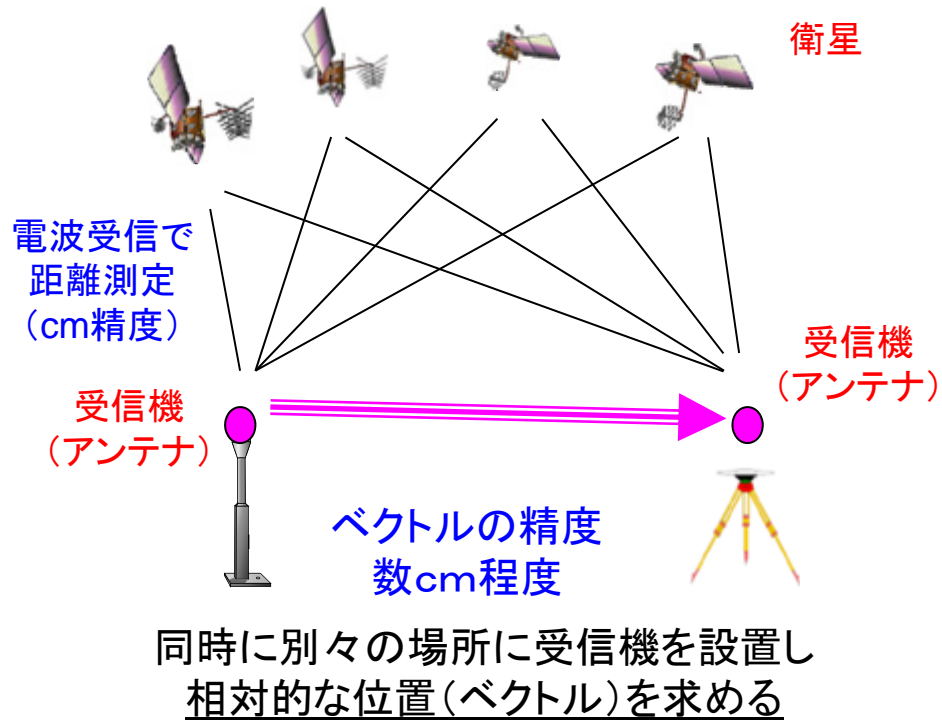
本技術開発は、これまでGPS測量が困難であったビル街等を含め、国土管理に必要な高精度測位の効率的な実施のため、マルチGNSSを統合的に利用して、短時間に高精度の位置情報を取得し、測量等に適用するための技術開発及び標準化を行うものである。

目次

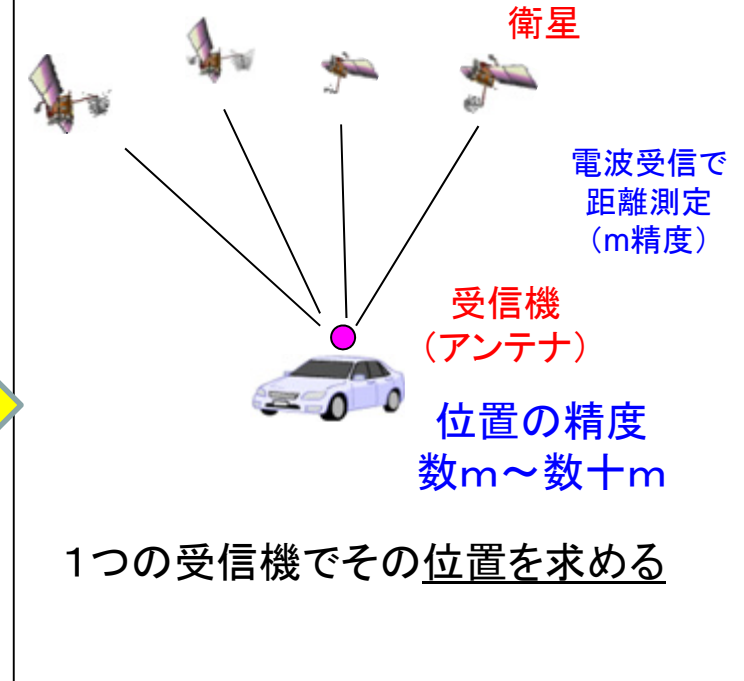
1. 技術開発の 背景・課題・必要性
2. 技術開発の 概要
3. 技術開発の 効果
4. 技術開発の体制・計画 など

高精度測位技術

今回の技術開発対象



【参考】測位(カーナビ方式)

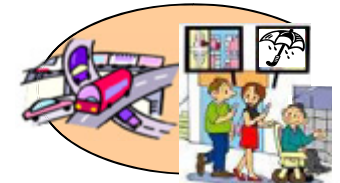
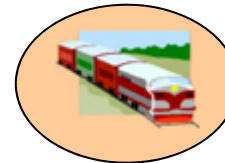
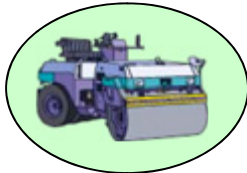


測量

低速移動体

高速移動体

カーナビ等



高精度 2cm

20cm

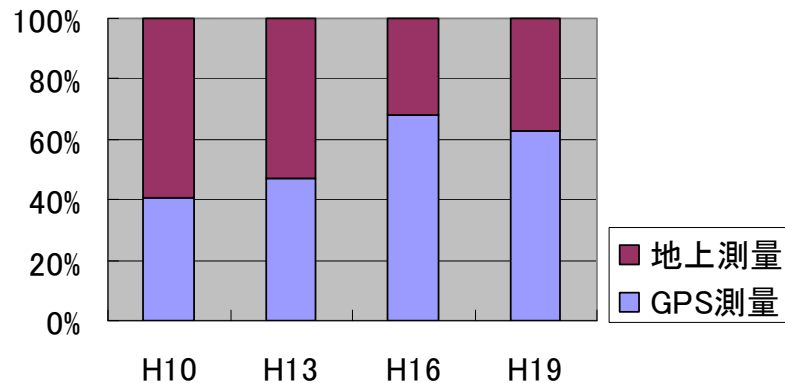
1m

10m 低精度

- 国土管理の各工程で、**高精度測位** (cm級) は不可欠。
 - 公共工事の用地取得・設計・施工、地図作成、地殻変動把握、情報化施工 等

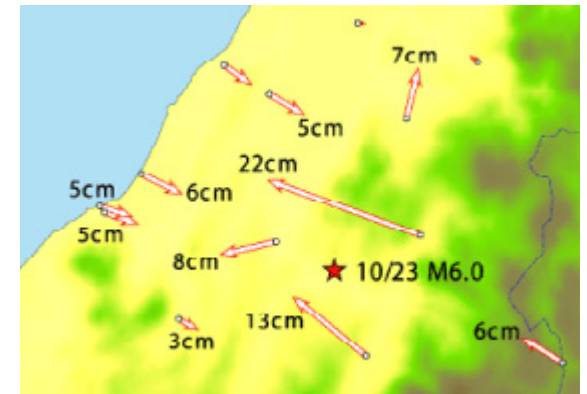
- 近年、**GPS衛星**を用いた高精度測位技術が普及。
 - GPS測量は、地上測量(トータルステーションによる測量)より効率的で、今では、基準点測量の3分の2がGPS利用
 - 全国に設置されたGPS連続観測網(**電子基準点**)は、地震・火山活動等の予測など防災に寄与

公共測量(基準点測量)におけるGPS測量と地上測量の割合(件数ベース)



電子基準点で求めた 平成16年(2004年)新潟県中越地震 地震時の地殻変動ベクトル図 (国土地理院)

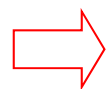
- 政府や地方公共団体の災害対策本部等に提供



課題① 都市部・山間部でGPSが使えないことへの対応



ビル等の影響でGPSによる高精度測位が不可能



手間のかかる地上測量を強いられている

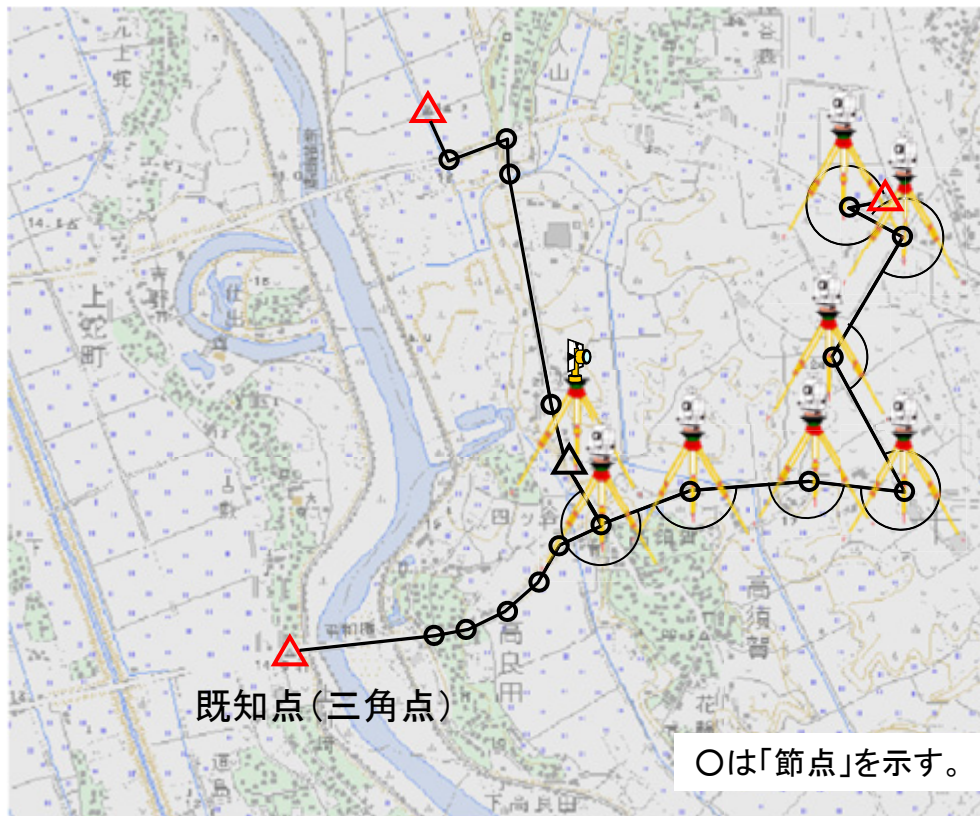
GPSによる高精度測位に必要な4機以上の可視時間率(銀座)



(JAXA資料による)

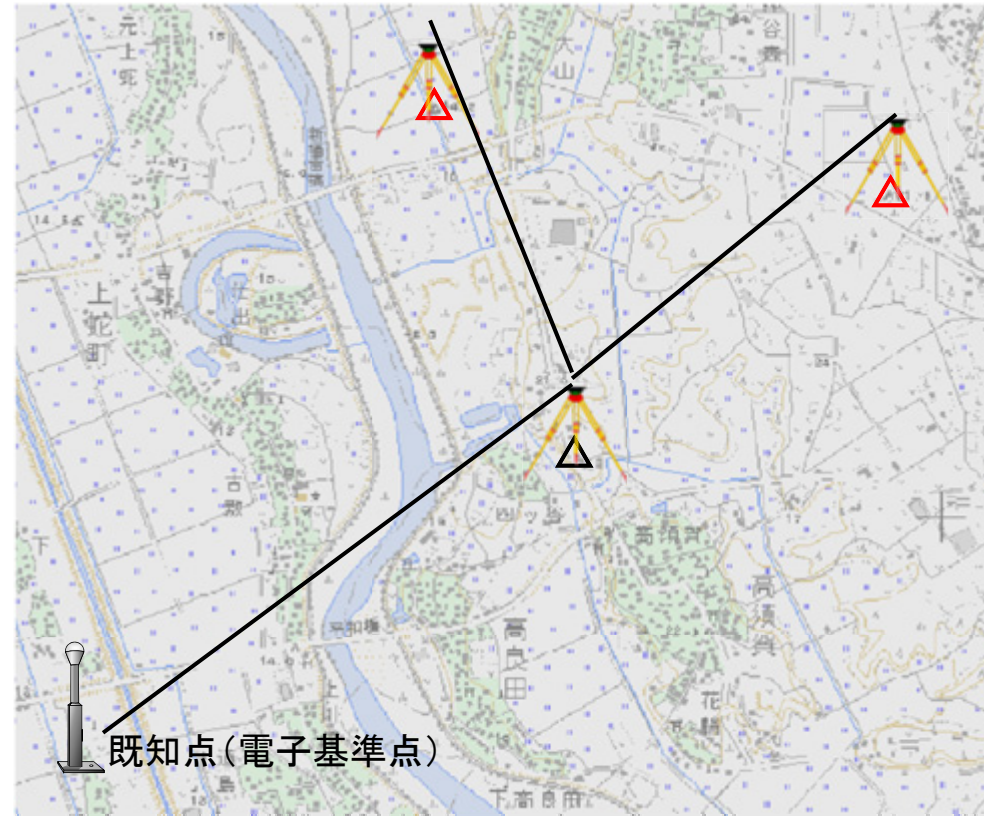
(参考) 地上測量とGPS測定の違い

3箇所の既知点(赤△、電子基準点)から、新たな点(黒△)の座標を求めるケース



地上測量

トータルステーションを用いる場合には、途中で節点を作りつつ、節点での距離や角度を測定し、最終的に黒△の位置を求める。



GPS測量

GPSを用いる場合には、電子基準点と、赤△2点、黒△の同時観測で黒△の位置を求める。

課題② GPS高精度測位の短時間化への対応

- GPS測量の観測・解析に要する時間の短縮化が必要
- 地震・火山噴火等の災害時の緊急対応では、災害の状況に応じた適切な避難活動を支援するため、地殻変動情報の迅速な提供が必要

地震・火山噴火時の地殻変動情報

災害対策本部
地方公共団体

提供まで5時間

- 観測 3時間
- 解析 1時間
- 評価 1時間

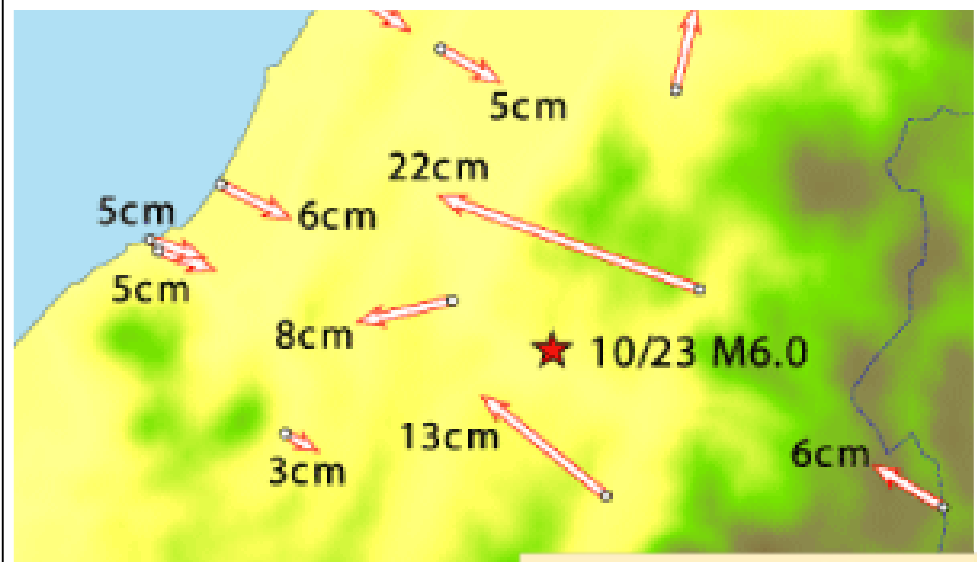
災害の予測、避難活動での活用

もっと早く

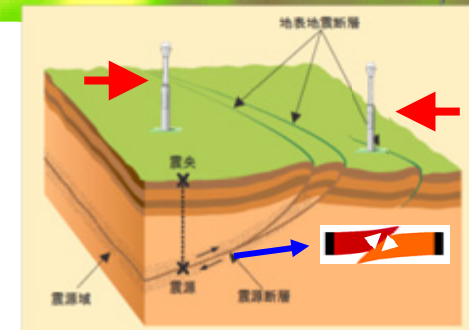
国土地理院の電子基準点(GPS連続観測システム)

地震時の解析の事例

被害状況が把握しにくい深夜等に発生した地震でも地殻変動情報を災害対策本部等へ短時間で提供することにより、急傾斜地での車両等の迂回路、住民の避難路選定などの災害対策活動に資する。



平成16年(2004年)新潟県中越地震に伴う地殻変動



■ 衛星測位の環境変化：GPSからマルチGNSS利用へ

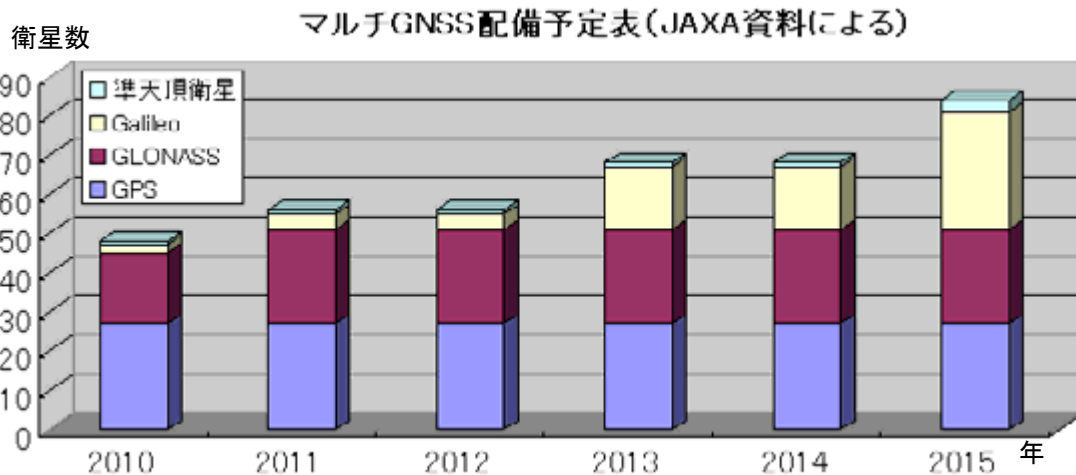
(Global Navigation Satellite System: 全世界的衛星測位システム)

- GPSの近代化* (米国) 初の近代化衛星 2010年5月打上げ。以後、近代化衛星に順次入れ替え
- 準天頂衛星 (日本) 初号機 (みちびき) 2010年夏打上げ予定
- GLONASS (ロシア) 2010年 6機打上げ予定。2011年に24機体制となる見込み
- Galileo (EU) 2010年 初の実用機 4機打上げ予定。2013年に16機体制となる見込み

近い将来 (2013年頃) 各国のGNSSが本格稼働

利用可能な衛星数の増加 GPS 30機⇒GNSS 70機 衛星数増加による可視性の向上

利用できる周波数信号の増加 2周波⇒4周波** 情報量の増加により解析速度が向上



* GPSの近代化

1999年1月にゴア米国副大統領は新しいGPS近代化政策を発表。世界中の民間、商用、科学分野へのサービスを強化するために、将来のGPS衛星に新しい民生信号と周波数を追加。

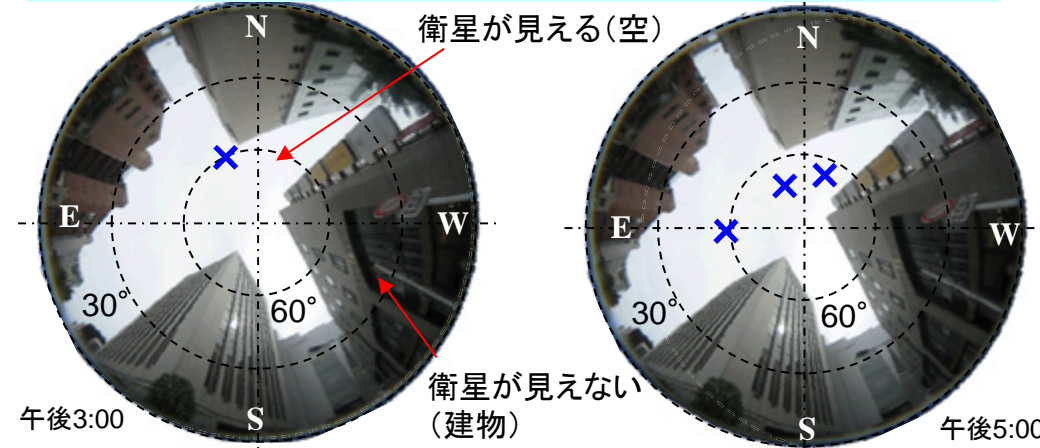
** GalileoのE6信号 (有償) を含めた場合

マルチGNSSのメリット

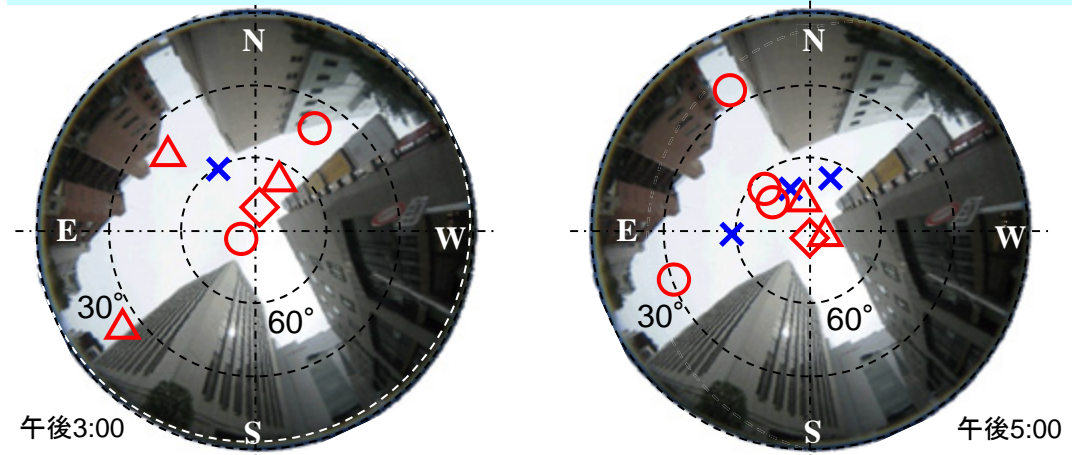
課題① 都市部等でGPSが使えないことへの対応

マルチGNSSが適用できれば可視性が向上、多くの衛星が利用可能

GPSのみ 衛星数 1~3機 ⇒ 高精度測位 不可



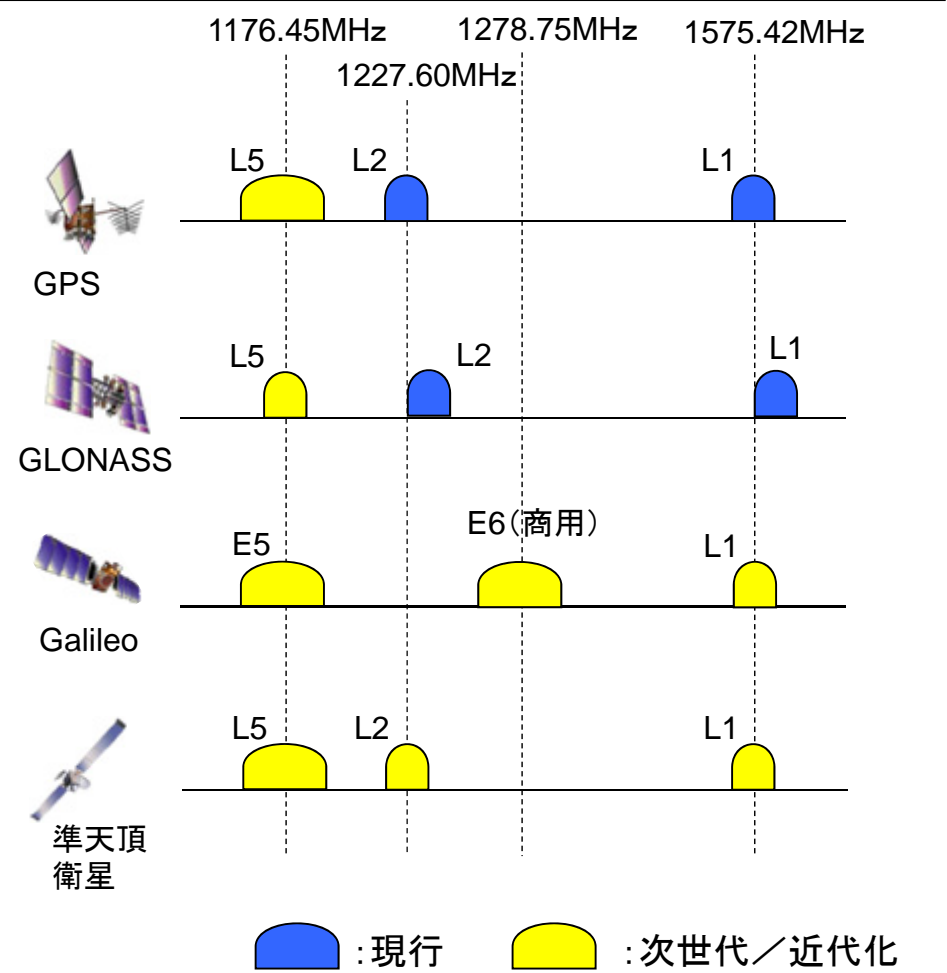
GPS+準天頂◇+グロナス○+ガリレオ△ 合計7~10機⇒可能



東京銀座 2013年7月21日の可視衛星

課題② GPS高精度測位の短時間化への対応

マルチGNSSが適用できれば情報量が増加し、解析速度の向上が可能



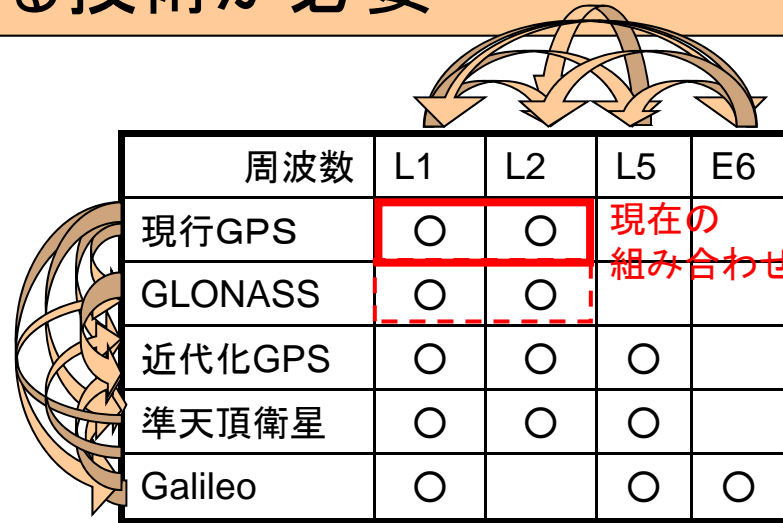
今後、GNSSから送信される予定の民生用測位信号の周波数帯(概要)

1. 多くの衛星が利用可能となり、かつ解析速度も向上する、マルチGNSSを統合解析する技術が必要

衛星／周波数の最適な組み合わせを定量的に評価する技術

あらゆる組み合わせから最適なものを評価

※E6はGalileoガリレオの商用信号(有償)



周波数	L1	L2	L5	E6
現行GPS	○	○		
GLONASS	○	○		
近代化GPS	○	○	○	
準天頂衛星	○	○	○	
Galileo	○		○	○

現在の組み合わせ

2. マルチGNSS統合解析技術を公共測量で適用可能とするため、標準的な手法を確立し、作業規程の準則※へ反映することが必要

早期(GNSSが本格稼働する2013年まで)に準則へ反映することで、マルチGNSSによる公共測量の円滑な実施を図る。

※ 測量法第34条に基づき国土交通大臣が告示する、公共測量の標準的な方式を示すもの

- 2008年5月 宇宙基本法
- 2009年6月 宇宙基本計画(宇宙開発戦略推進本部決定(本部長:内閣総理大臣))
 - ▶ 測位衛星システムについて
「技術実証・利用実証を行いつつ、システム実証に向けた施策を進める」
- 2009年12月 新成長戦略(基本方針) (閣議決定)
 - ▶ 科学・技術立国戦略
「宇宙・海洋分野など新フロンティアの開拓をすすめる」
- 2010年5月 宇宙開発戦略推進本部
 - ▶ 「宇宙分野における重点施策について」
「衛星により取得された情報・データなどによる統合的な利用基盤を構築」
- 2010年6月 新成長戦略(閣議決定)
 - ▶ 「衛星データ利用促進プラットフォームの構築」

- 2010年3月 地理空間情報戦略勉強会報告書
(総合科学技術会議(事務局:内閣府))

4. 必須基盤技術の開発

4.1. 測位技術とその基盤となる精密時刻更新技術

次世代の測位衛星数が今後10年間で約4倍となるなど 測位環境が一新することから、一層の精度・信頼性の向上が可能であり、**複数の衛星測位システムを統合的に利用する技術開発が必要**

- 2010年4月 地理空間情報の利活用に係わる研究開発
マップに関する報告書

(地理空間情報産学官連携協議会: 産側10団体、
学識経験者10人、関係省庁で構成)

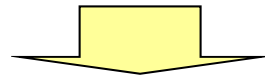
共通基盤技術

- 準天頂衛星等の**マルチGNSSによる高精度測位次世代基盤技術**

技術開発の目的:

これまでGPS測量が困難であったビル街等を含め、国土管理に必要な高精度測位の円滑な実施を図るため、マルチGNSSを統合的に利用して、短時間に高精度の位置情報を取得し、測量等に適用するための技術開発及び標準化を行う。

課題1. 複数の衛星測位システムを組み合わせた解析技術等の開発



課題2. 複数の衛星測位システムを組み合わせた解析技術の検証



課題3. 複数の衛星測位システムを組み合わせた高精度測位技術の標準化

目的: **周波数**の増加、**衛星**数の増加に対応したマルチGNSS解析システムを開発する。

技術開発の手法

解析方法を理論的に検討

⇒ 解析方法等をシステム(計算機)に実装

(1) マルチGNSS解析技術の開発

(2) マルチGNSS精度評価技術の開発

① 新たな**周波数**等の利用による
迅速な解析方法の技術開発

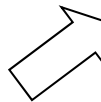
観測条件に応じた適切な周波数の
組み合わせによる解析方法の確立

② 異なる**衛星**測位システムの
統合利用に関する技術開発

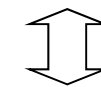
衛星測位システム間の誤差を除去
する方法の開発



実装



① 新たな**周波数**・異なる**衛星**測位
システムの統合利用に対応した
解析システムの開発



整合性チェック

② 電離層等の諸条件を組み込み
可能な、模擬測位信号を生成する
システムの開発

技術開発の成果: 様々な**周波数**の組み合わせが可能で、**衛星**測位システム間の誤差が消去できるマルチGNSS解析システムの開発

目的: 課題1で開発したマルチGNSS解析システムを利用し、模擬的な観測データの解析、現地実証実験で得た観測データの解析を行い、現地条件に応じた最適な衛星の組み合わせやデータ補正といった観測・解析手法を検証の上、確立する。

技術開発の手法

(1) マルチGNSS解析のシミュレーション実験

様々な観測・解析条件を設定して、模擬的な観測データを生成し、そのデータを解析して得られた結果から、シミュレーション上の最適条件を求める。

(2) マルチGNSSの現地実証実験

シミュレーション上の最適条件を参考に、現地で実際にマルチGNSS衛星の観測を行い、そのデータを解析して得られた結果から、最適条件を確認する。

○観測条件の例

- 1) 受信機の種類
(対応衛星、周波数)
- 2) 受信衛星の優先順序
- 3) 受信点の地理的位置
(経緯度、標高)
- 4) 受信点における衛星可視性
- 5) 電波環境(ノイズレベル) など

○解析条件の例

- 1) 観測時間帯、観測時間の長さ
- 2) 最低仰角の設定
- 3) 衛星情報の種別(精度)
- 4) 観測データの組み合わせ
(衛星、周波数)
- 5) 誤差補正の方法(電離層補正、大気遅延推定方法など) など

目的： 公共測量において利用できるよう、作業規程の準則を改正するとともに、地殻変動把握等における適用指針(案)を作成する。

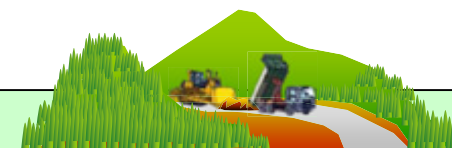
技術開発の手法

(1)「公共測量作業規程の準則」の改正案の作成

2(2)の結果を踏まえ、公共測量の種類に応じた、最適な観測・解析手法を確立し、「公共測量作業規程の準則」の改正案を作成する。

(2)地殻変動把握等への適用指針(案)の作成

マルチGNSS高精度測位技術を、地殻変動把握や情報化施工等の高精度測位分野に適用する場合の条件や手法を取りまとめる。



技術開発の成果：

「公共測量作業規程の準則」に以下の内容を規定

- ・作業計画
- ・観測方法
- ・計算方法
- ・精度管理の方法 等



地殻変動把握等における適用指針(案)として、以下の内容を規定

- ・適用できる業務の範囲
- ・観測方法、計算方法等に関するガイドライン、留意点 等



技術開発の効果(1) 国土管理の高度化

- マルチGNSSによる高精度測位技術の開発・標準化により
衛星測位システムの利用を拡大する環境を構築し
高度な国土管理を実現。

(1) 従来のGPSでは困難であった **ビル街、山間部**での
高精度測位を常時実現



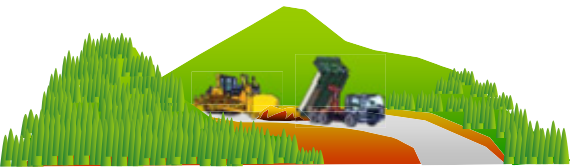
(2) GNSS測量作業の円滑化

- ・ 最適な観測・解析手法による測量作業の円滑な実施

⇒ 公共測量、民間測量(登録測量業者約13,000社等)への効果

(3) 地殻変動解析の時間短縮化、情報化施工の安定性向上

- ・ 地殻変動量の提供までの時間(約5時間)を約半分に短縮し、
災害時の初動対応を迅速化
- ・ 市街地・山間部での情報化施工の安定性向上



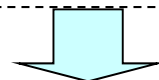
- マルチGNSS解析技術を産学官で共同開発することにより我が国の関連産業が、初期の検討段階から技術情報を共有して技術力の底上げが図られ、今後の国際展開を優位に進めることが可能。

▶ 海外展開を図る場として、「マルチGNSSアジア地域等実証実験(JAXA提唱、2010~)」も活用

- アジア・オセアニアにおける衛星測位の導入や活用を促進し普及させることが目的。
- JAXAではGNSSの軌道・時刻決定等に、国土地理院は測量等の高精度測位技術等に取り組む予定。



マルチGNSS解析技術を通し、世界に先駆けて我が国の関連産業の国際展開が促進される。

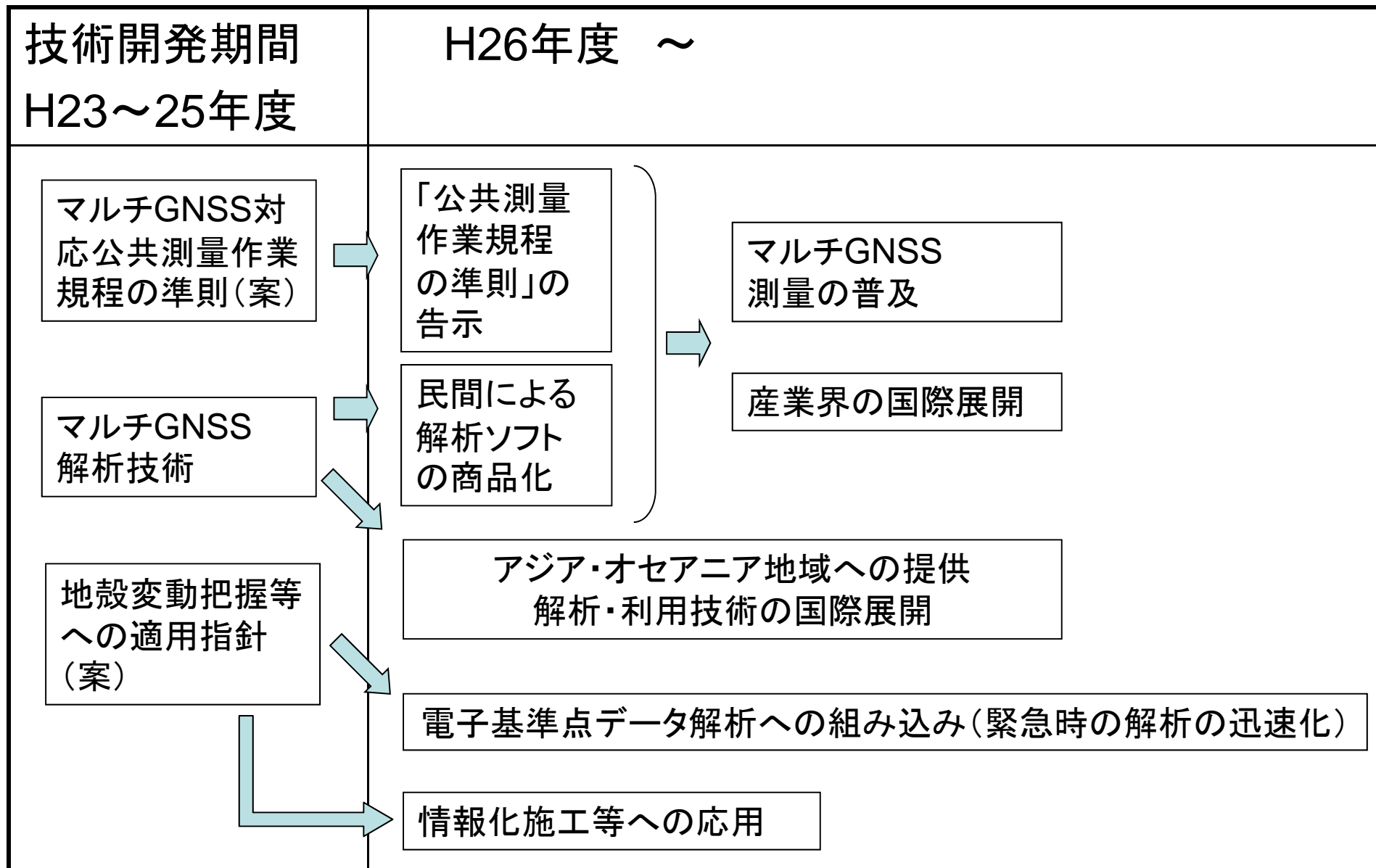


我が国の関連分野の成長に寄与

技術開発の年次計画

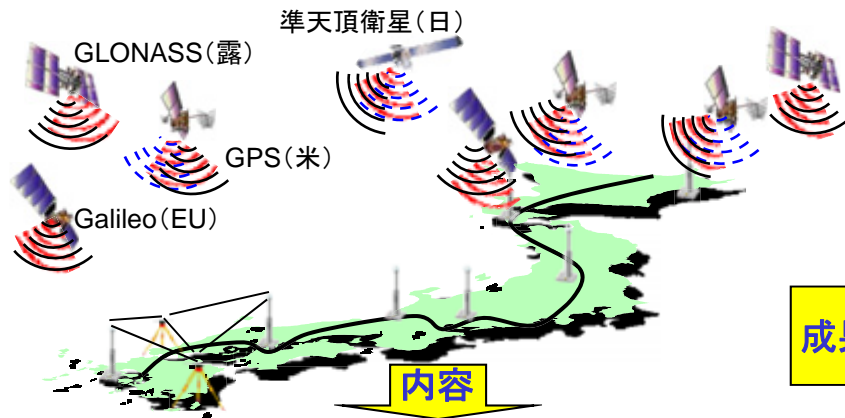
事 項	平成23 (2011)年度	平成24 (2012)年度	平成25 (2013)年度
1 複数の衛星測位システムを組み合わせた解析技術等の開発			
(1) マルチGNSS解析技術の開発	←		→
(2) マルチGNSS精度評価技術の開発	←		→
2 複数の衛星測位システムを組み合わせた解析技術の検証			
(1) マルチGNSS解析のシミュレーション実験			←→
(2) マルチGNSSの現地実証実験	←		→
3 複数の衛星測位システムを組み合わせた高精度測位技術の標準化			
(1) 「公共測量作業規程の準則」の改正案の作成			←→
(2) 地殻変動把握等への適用指針(案)の作成			←→

技術開発終了後の成果の還元



GPS、準天頂衛星、GLONASS、Galileoの、複数の衛星測位システム(マルチGNSS)を測量分野で利用するため

マルチGNSS高精度測位技術の開発・標準化



成果の活用

- ①複数の衛星測位システムを組み合わせ、cm級の精度で位置情報を短時間に取得が可能なマルチGNSS解析手法を開発
- ②シミュレーション実験や現地実証実験を行い、定量的に分析し、観測・解析方法を検証の上、確立する
- ③「公共測量作業規程の準則」改正案を作成するとともに、地殻変動量の把握、情報化施工への適用指針(案)作成

成果

準則

- ・作業計画
- ・観測方法
- ・計算方法
- ・精度管理方法 等

適用指針(案)

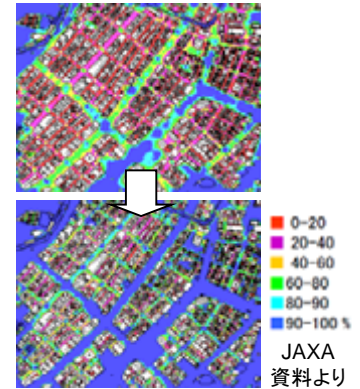
- ・適用できる業務の範囲
- ・観測方法、計算方法等に関するガイドライン、留意点 等

高度な国土管理

○ビル街、山間部での利用拡大



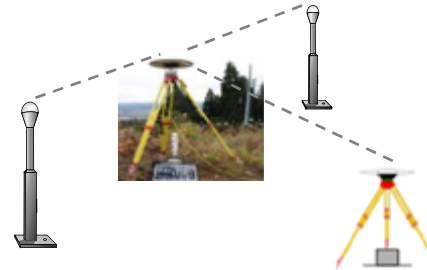
従来のGPSでは困難であったビル街などでもマルチGNSSを使用した高精度測位を常時実現



測位可能時間率の増加

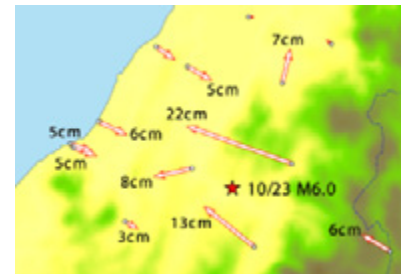
○測量作業の円滑化

GPS測量に比べ観測時間を約半分に短縮
⇒ 公共測量、民間測量(登録測量業者約13,000社等)への効果



○地殻変動量把握の迅速化

地殻変動量を短時間(現状の約5時間の半分程度)で判明することにより、災害時の迅速な初動対応を支援



○情報化施工の安定性向上

衛星数の増加により電波の常時受信で連続施工が可能

