

# GNSS時代の幕開け

測地観測センター  
宮川 康平  
平成24年11月

## 目次

GEONETの概要  
GNSS対応 GPSからGNSSへ  
まとめ

## GEONETの概要

## GEONET

**GEONET (GNSS<sup>\*</sup> Earth Observation Network System)** は、全国1,240ヶ所に設置された電子基準点と中央局(茨城県つくば市)からなるGNSS連続観測システムで、高密度かつ高精度な測量網の構築と広域の地殻変動の監視を目的としている

※Global Navigation Satellite System(s)  
米国のGPS、日本の準天頂衛星、ロシアのグロナス、EUのガリレオ等、衛星測位システムの総称



## GEONETの歴史

- 1994年 COSMOS-G2(南関東・東海地域、110点)、GRAPES(南関東・東海地方を除く全国、100点)の運用開始
- 1996年 **COSMOS-G2とGRAPESを統合したGPS連続観測システム(GEONET)の運用開始。測量法の基準点と位置づけ**  
電子基準点400点増設(累計610点)
- 1997年 20~25km間隔のGPS連続観測網整備を計画、電子基準点277点増設(累計887点)
- 1998年 電子基準点60点増設(累計947点)
- 1999年 30秒RINEXデータ提供開始
- 2001年 新解析(F1)導入
- 2002年 **改正測量法施行、世界測地系へ移行。電子基準点データが公共測量で使用可能に。「電子基準点日々の座標値(F1)」提供開始。都市部200点でリアルタイムデータ提供開始**  
電子基準点1,200点設置、リアルタイムデータ提供931点に拡大
- 2004年 **新解析(F2)による新GEONETの運用開始**
- 2008年 電子基準点1,240点設置、解析システムの二重化等の改造を実施
- 2009年 新解析(F3)による定常解析の運用開始
- 2010年 離島や山頂などを除く1,221点のリアルタイムデータを提供
- 2011年 GNSS対応アンテナ・受信機への更新を開始

## GEONETの役割

国土地理院

### 高精度な測定の基準の提供

測量網の監視  
セミダイナミック測地系の維持・管理

### 地殻変動の監視

地震に伴う地殻変動の把握

火山活動に伴う地殻変動の把握

その他

広域的な地盤沈下の把握 リアルタイムデータの提供

## GNSS対応

### GPSからGNSSへ

## 世界の衛星測位の動向

国土地理院

	H22年度 (2010)	H23年度 (2011)	H24年度 (2012)	H25年度 (2013)	H26年度 (2014)	H32年度 (2020)
<b>GPS(米国)</b>	30機 →					
近代化信号	L2C, L5				L1C	
<b>準天頂衛星(日本)</b>	1機 → 2010年代後半 4機実用体制					
<b>グロナス(ロシア)</b>	24機 →					
近代化信号	L3(CDMA)?			L1(CDMA)		
<b>ガリレオ(EU)</b>	2機 →		順次整備		18機 →	30機

GPS(アメリカ) 準天頂衛星(日本) グロナス(ロシア) ガリレオ(EU)

## 各機関GNSSの動向

国土地理院

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021~
GPS	30機で運用 L2C信号9機 L5信号2機			Block III衛星 L1C信号		L2C信号 24機体制			L5信号 24機体制	2026年 L1C信号 24機体制
GLONASS	24機で運用		GLONASS-K2衛星 CDMA(L1, L2, L3)信号						CDMA 24機体制	
Galileo	2機打ち上げ 4機体制		18機体制 民生用サービス開始予定					30機体制		
Compass	1機打ち上げ 16機体制		アジア太平洋地域のサービス開始						35機体制	

## 衛星測位に用いる電波について

国土地理院

http://www.gps.gov/cgsc/meetings/2010/turner.pdf

## 準天頂衛星とは

国土地理院

準天頂衛星とは、米国が運用するGPS衛星の補完・補強を目的として、我が国が独自に開発を進める測位衛星

- 補完・・・GPS互換信号(L1C/A、L1C、L2C、L5を送信)
- 補強・・・補正情報によるGPS測位精度向上 (GPS補強機能用信号としてL1S、L5S、L6bを送信)
- 準天頂軌道
  - 静止軌道と同じ周期
  - 軌道傾斜角45°
  - 軌道を楕円に(離心率を大きく)して衛星が地球から一番離れる位置を北半球の日本付近の上空に

日本付近で高仰角を長時間維持し、衛星の幾何学的配置を改善

平成22年内閣官房宇宙戦略本部事務局作成資料、JAXAウェブページより作成

### 準天頂衛星に関する経緯

国土地理院

平成13年7月 経団連が準天頂衛星計画(通信・放送・測位の複合機能)を提案  
 平成15年度～ 総務、文科、経産、国交の各省(開発4省)が研究開発を開始  
 平成17年9月 内閣に「測位・地理情報システム等推進会議」が発足  
 平成18年2月 民間が通信・放送の事業化断念  
 平成18年3月 測位・地理情報システム等推進会議が「準天頂衛星システム計画の推進に係る基本方針」を決定  
 平成19年5月 地理空間情報活用推進基本法が成立  
 平成20年4月 地理空間情報活用推進基本計画を閣議決定  
 平成20年5月 宇宙基本法が成立  
 平成21年6月 宇宙基本計画を宇宙開発戦略本部決定  
 平成22年8月 「当面の宇宙政策の推進について」(宇宙開発戦略本部決定)において、政務官レベルによるプロジェクトチームの設置等を決定  
 平成22年9月 準天頂衛星初号機「みちびき」打上げ成功  
 平成23年9月 実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方を閣議決定  
 平成24年9月 実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方を公表(内閣府宇宙戦略室)

平成22年内閣府宇宙開発戦略本部事務局資料、内閣府宇宙戦略室ウェブサイトより作成

### 準天頂衛星の動向

国土地理院

#### 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)

- 2010年代後半を目途にまずは4機体制を整備する。将来的には、持続測位が可能となる7機体制を目指すこととする。
- 実用準天頂衛星システムの開発・整備・運用は、準天頂衛星初号機「みちびき」の成果を活用しつつ、内閣府が実施
- 開発・整備・運用から利用及び海外展開を含む本事業の推進に当たっては、関係省庁及び産業界との連携・協力を図る

↓  
具体的な動きとして

#### 実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方を公表

(平成24年9月21日)

- 衛星システムの開発・整備及び打上げは、国直轄事業として実施する。また、地上システムの開発・整備・維持管理及び総合システムの運用は、PFI事業として実施
- 測位関連サービス及びメッセージ関連サービスをユーザに提供

<http://www.cao.go.jp/shotatsu/eisei/juntenchou.html>

### 測位衛星の増加によって

国土地理院

#### 都市部での衛星配置

GPSのみ 衛星数 1~3機 ⇒ 高精度測位 不可

衛星が見える(空) / 衛星が見えない(建物)

午後3:00 / 午後6:00

GPS+準天頂+グロナス+ガリレオ 合計7~10機 ⇒ 可能

上空視界が限られた状況でも衛星数を確保

#### 衛星配置の時間経過

GPSのみ

GPS+準天頂+グロナス

衛星の配置がより均質に

### GNSS対応の利点と課題

国土地理院

#### 期待される利点

衛星測位システム(衛星数)の増加、民生用測位信号の近代化により

- 衛星測位を活用できる地域、時間が増加
- データ数の増加により観測時間が短縮
- 測位の初期化に要する時間が短縮
- 安定した受信によりマルチパスが減少

等

↓

#### 広い範囲で精度の高い測位が短時間で実現可能

#### 解決しなければならない課題

- △多様化した衛星測位システムからの民生用測位信号を受信
- △受信した信号をいかにして統合的に取り扱うか

### GEONETのGNSS対応

国土地理院

GEONETは基盤的な測量インフラとして、GNSS対応への社会的なニーズが高まっており、できる限り早期の対応が求められているところ

#### GEONETの「G」は「GPS」から「GNSS」へ

課題解決し、上記社会ニーズに応えるため、以下の対応を実施

- 電子基準点の機器更新
- GEONET中央局のGNSS対応(データ収集・配信系、解析系)

### GEONETのGNSS対応にかかるスケジュール

国土地理院

	H22年度 (2020)	H23年度 (2021)	H24年度 (2022)	H25年度 (2023)	H26年度 (2024)	H32年度 (2020)
GPS(米国)		30機	→	順次近代化		
グロナス(ロシア)		24機	→	順次近代化		
ガリレオ(EU)		2機	→	順次整備 3機	→	30機
準天頂衛星(日本)		1機	→		→	2010年代後半 4機運用体制
電子基準点	受援機・アンテナをGNSS対応型に更新			最新で最も信頼性の高いGNSS対応型アンテナに更新	老朽化した受信機等を順次更新	実用準天頂衛星、ガリレオにも対応可能
中央局	要件定義	基本設計	構築(データ収集・配信系)	構築(データ解析系)		
データ提供			GNSS対応型中央局の構築(データ収集・配信系と解析系に分けて設計・構築)			
			一部地域で試験配信	グロナス・準天頂衛星等のGNSSデータのHP提供	GNSSのリアルタイムデータの配信(配信事業者と連携)	全国の公共測量、情報化施工等で、GNSSデータが利用可能に

## 電子基準点のGNSS対応

平成24年度末までに全国のほぼ全ての電子基準点のアンテナ、受信機をGNSS対応型に更新



## 中央局のGNSS対応

データ収集・配信系の刷新  
これまでに実施してきた要件定義、基本設計に基づいてGNSS対応に向けた収集・配信系の整備を開始。

- 新たな収集・配信系の構成
  - ・インタフェース部：電子基準点とのインタフェース処理を実施
  - ・ストレージ部：観測データや解析結果を保存
  - ・メイン処理部：データの管理・処理、システムの管理を実施
- システムの構成を見直し、負荷分散機能、仮想化を取り入れることで、システム内の冗長性が確保され、安定性、信頼性が向上
- GNSS対応によるデータ量の増大にも柔軟に対応



測量ユーザをはじめとする位置情報ユーザに多様で価値ある情報の提供を目指す

## GNSS観測データの提供を開始

7月13日より、GPS衛星に加えて準天頂衛星、グロナス衛星の観測データを提供しています。



平成26年早期に全点のGNSSデータの提供を目指す

## 解析系におけるGNSS対応

GNSS対応による高精度測位を実現するためには、次のような課題、開発要素がある

### 解決しなければならない課題

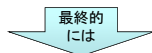
測位解析において、多様な衛星測位システムからの民生用測位信号をいかにして統合的に取り扱うか

### 開発要素

- 異なる衛星測位システムを使用することで生じる誤差を除去する方法の開発
- 観測条件に応じた民生用測位信号の適切な組合せによる解析方法の開発

## 国土交通省総合技術開発プロジェクト

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」において、平成23年度～26年度に実施。

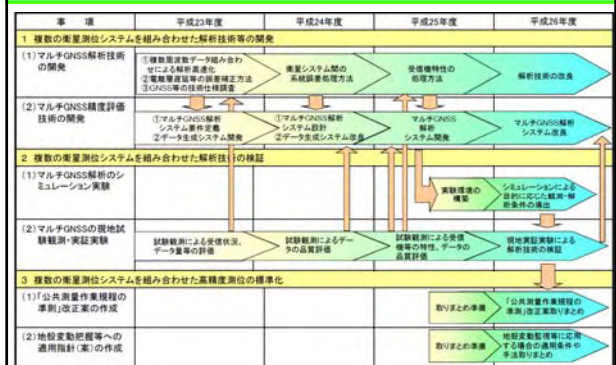


高精度な位置情報を短時間に取得可能なマルチGNSS解析手法を開発

### 期待される成果

- 「公共測量作業規定の準則」改正案
- 地震時の地殻変動把握等に適用するための指針案

## プロジェクトのスケジュール



マルチGNSSによる高精度測位技術の開発に関する委員会(第1回)資料より

### 開発の実施状況(平成23年度)

①衛星系の組合せに関する調査  
各衛星測位システムがもつ時刻系、座標系、軌道暦の精度、測位信号の特性の違いについて影響を評価

↓

グロナスは時刻系、座標系が異なるとともに、信号形態が異なるため、補正が必要

②複数周波数信号の組合せに関する調査  
GPSの3つの周波数信号(L1、L2、L5)の組合せにより、測位の初期化に要する時間、測位精度を評価

↓

測位のばらつきはこれまでの2周波と大差なし  
手法によっては測位の初期化時間を大幅に短縮

### 開発の内容(平成24年度)

①複数周波数信号、衛星系の組合せに関する技術開発  
異なった受信機で観測した各種GNSSの測位信号を統合して解析するためのアルゴリズムを開発

②マルチGNSS解析システムに関する開発  
GPSとグロナス、準天頂衛星の2周波の測位信号を個別に計算し最終的に組み合わせるプロトタイプソフトウェアを開発(測量作業での使用を想定)

↓

後年度に開発予定の、各種GNSSの3周波の測位信号を統合して解析を行うソフトウェアのベースとなるもの

### まとめ

### GEONETのGNSS対応によって

○GNSS測量作業の効率化、可能地域の拡大  
○地殻変動把握の一層の迅速化、高精度化  
さらには、  
○各種位置情報サービスのさらなる展開 が期待

**次世代GEONETの構築**

ガリレオ衛星    グロナス衛星    準天頂衛星    GPS衛星

次世代電子基準点  
次世代GNSS対応型の  
受信機・アンテナに更新

次世代中央局  
次世代GNSS対応型の  
シングルで拡張性あるシステム

### GNSS対応でどう変わるのか(イメージ)

都市部・山間部でGPSが使えないことへの対応

銀座松屋南側通り    衛星が見える(空)  
銀座松屋    衛星が見えない(建物)

ビル等の影響でGPSによる高精度測位が不可能    地上測量が必要

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)

可視時間率: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-90, 90-100%

(JAXA資料による)

### 公共測量分野でのGNSSの利用

1996年 電子基準点を永久標識として測量法施行規則に位置づけ  
2002年 電子基準点が公共測量で利用可能に  
2008年 作業規程の準則を全部改正  
2011年 これまでのGPS単独に加えてGPSとグロナスの併用を作業規程の準則に位置づけ  
(ただし、グロナスを用いる場合は同一機器メーカーのGNSS測量機を使用。GNSSデータの提供は一部の電子基準点に限定。)

将来的には

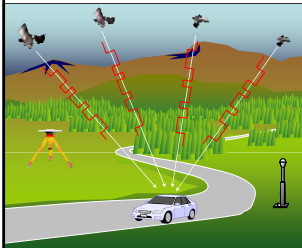
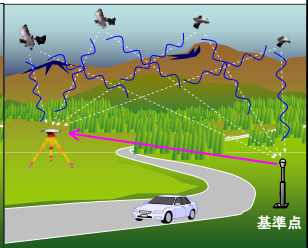
準天頂衛星、ガリレオにも適用拡大が予想されることであり、衛星測位の利用機会の拡大、観測時間の短縮による作業の効率化が期待される

国土地理院

# 御清聴ありがとうございました

国土地理院

## GNSSによる測位の方法

カーナビ方式 <単独測位>	測量方式 <相対測位>
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・絶対位置(経緯度、高さ)</li> <li>・精度：～10 m</li> </ul> <p style="text-align: center;">→カーナビ等では十分な精度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準点からの相対位置(距離と方向)</li> <li>・精度：cm級</li> </ul> <p style="text-align: center;">→測量ではこの精度が必要</p>

国土地理院

## GEONETの名称変更

衛星測位システム(GNSS※)を取り巻く状況の変化に対して、国土地理院で各種対応を進めていることから(詳細は後述)、平成24年度よりGEONETを次の略称に変更

GPS連続観測システム  
(GPS Earth Observation Network System)

↓ 変更 ↓

GNSS連続観測システム  
(GNSS Earth Observation Network System)

※Global Navigation Satellite System(s)