

# 測量用航空機「くにかぜⅢ」(1)

国土地理院では、2010年6月から測量用航空機「くにかぜⅢ」の運用を開始しました。災害時には、被災状況を迅速に把握し提供するため機動性のある運航体制で運用しています。

## 測量用航空機「くにかぜⅢ」(Cessna208B)



機種	: セスナ208B
搭乗人員	: 6名(デジカメ搭載時最大)
巡航速度	: 240km/h(標準運用時)
航続時間	: 5時間(標準運用時)
拠点空港	: 調布飛行場
運航整備	: 民間に委託
主要装備	: デジタル航空カメラ、レーザスキャナ 航空機搭載型合成開口レーダ(SAR) 直下画像情報取得装置、衛星電話
主要業務	: 空中写真測量、航空レーザ測量 SAR観測、災害時の被災情報収集

歴代航空機

くにかぜⅠ

1960~1983

くにかぜⅡ

1983~2009

運航: 海上自衛隊

## デジタル航空カメラ (DMCⅡe230 : Leica-Geosystems)



くにかぜ機内の様子(撮影士席)

製造社(国)	: Leica Geosystems (スイス)
焦点距離	: 92mm
写真1枚の画素数	: 15552×14144
写真1枚に写る範囲	: 8.8 km <sup>2</sup> (地上で20cm四方の解像度時) (3,110m×2,829m)

- ・複数のレンズで撮影
- ・白黒、赤、緑、青、近赤外の4画像
- ・高解像度白黒とカラーの画像を合成し、カラー空中写真を作成

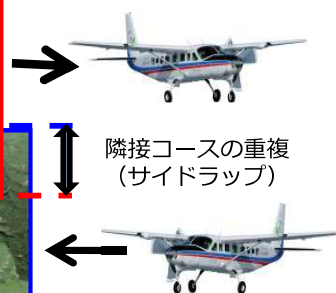
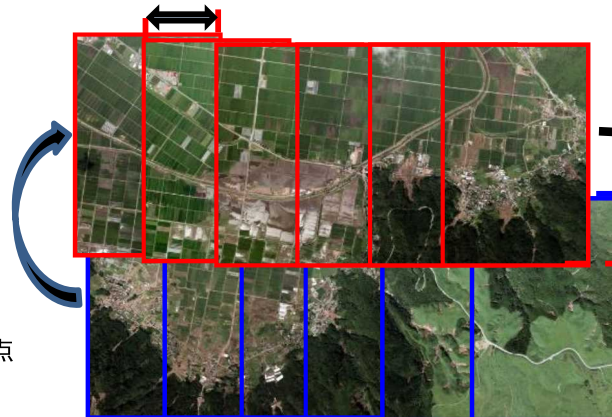
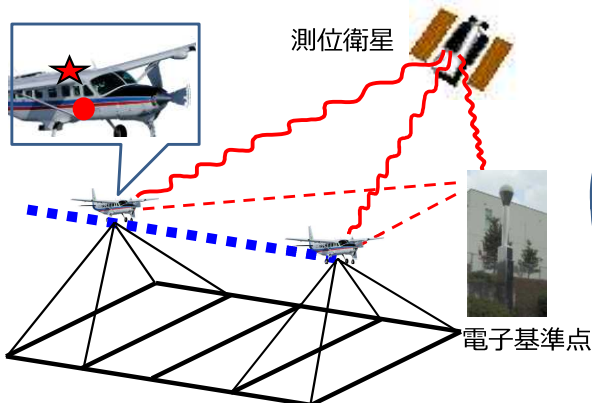


## 空中写真の撮影方法

機体に搭載したGNSSとIMU装置(慣性計測装置)により位置と姿勢を記録

隣接写真の重複(オーバーラップ)

飛行コース上で撮影範囲が重複するように撮影することで3次元計測が可能



隣接コースの重複(サイドラップ)

## その他の装備「航空機搭載型合成開口レーダー (SAR)」

航空機に搭載した装置から電波(マイクロ波)を地上に向けて照射し、水蒸気(噴煙や雲)を透過させて、地表の様子や地形を計測する技術



SARを搭載した状況



SARの計測イメージ図



一眼レフカメラ撮影



SAR再生画像

2017/10/12観測

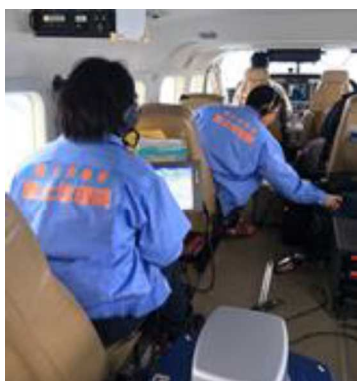
# 測量用航空機「くにかぜIII」(2)

測量用航空機「くにかぜ」は、広い範囲の写真を一様な精度で撮影できる能力を備えており、災害時にいち早く緊急撮影を行えるよう、常時、機動的な運用体制を確保しています。

## くにかぜの役割

### 地震や風水害時の緊急撮影

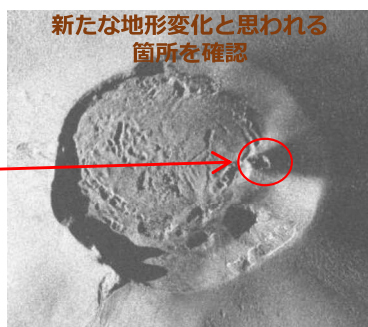
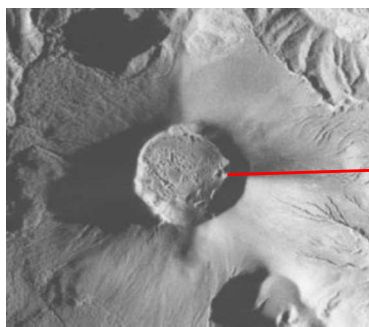
平成30年北海道胆振東部地震では、発災当日、速やかに現地の空中写真撮影を行い、翌日には、北海道庁や厚真町に写真を届けました。



2018/9 北海道胆振東部地震 (厚真町)

### 火山災害時の迅速な地形変化の把握

雲を透過する合成開口レーダ (SAR) を搭載することにより、噴煙下の火山においても、地形変化の様子を捉えることができます。



2017/10 新燃岳噴火時のSAR画像



2018/01 草津白根山噴火時のSAR画像

### 平時の国土管理

重要な離島などの撮影や防災訓練を通じて、災害対応能力を錬成します。



2018/10 東京都 式根島



2018/12 小笠原諸島 西之島



# 国土地理院ランドボードの取組

国土地理院ランドボードとは、無人航空機（UAV）活用のための国土地理院内の横断的組織です。

平成28年3月16日に発足し、事務官、技官の有志で構成され、緊急撮影にも対応できる高度な技術を習得した操縦者を養成します（目標は100名以上）。また、本院（つくば市）のみでなく、全国の地方測量部等にも順次展開しています。



## 国土地理院ランドボードの訓練内容

独自の運用マニュアルを作成し、運用と安全管理の方法を具体的に規定  
独自の操縦ライセンス制を導入し、計画的に操縦訓練を実施

訓練開始

検定合格

B級

検定合格 + 飛行経験

A級



安全管理についての講習会を開催



屋内でシミュレータや200g未満の超小型UAVで操縦訓練を実施。操縦に関する実技講習会も開催



国土地理院グラウンドなどで1.5kg程度の小型UAVによる操縦訓練を実施



熟練者は8kg程度の中型UAVの運用訓練も実施

## 国土地理院ランドボードの活動内容

災害時

緊急撮影と情報提供  
災害現場の動画や静止画の撮影と提供・公開



国土地理院の災害対策本部より指令を受けて出動



直営でマルチコプター型UAVによる緊急撮影を実施



撮影映像は関係者に提供し  
地理院ホームページでも公開

有人航空機で撮影困難な火山では、固定翼型UAVによる撮影（外注）と情報提供も実施



平常時

技術力の確保と向上  
i-Constructionへの対応  
公共測量への助言



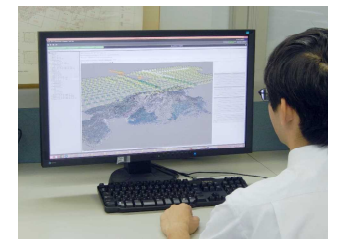
UAVによる公共測量への助言やi-Constructionへの対応を実施



各地の防災訓練に参加（写真は第65回利根川水系連合・総合水防演習）



広報資料の撮影も実施（写真はVLBI石岡測地観測局）



UAVの電子国土基本図の更新への活用（検討中）

# 宇宙技術で地球の位置を決める

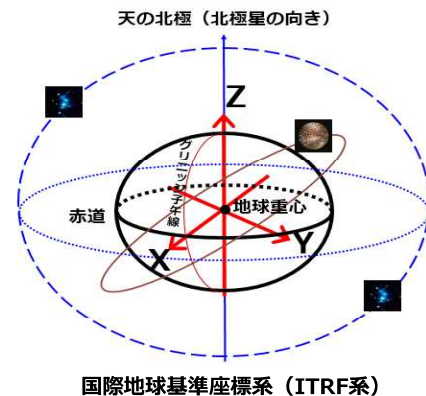
地球上の位置は、天体や人工衛星からの電波を受信することなどで正確に決まります。国土地理院のVLBIや電子基準点は、正確な位置や地球の形の決定に貢献しています。

## 国際地球基準座標系とは（ITRF系）

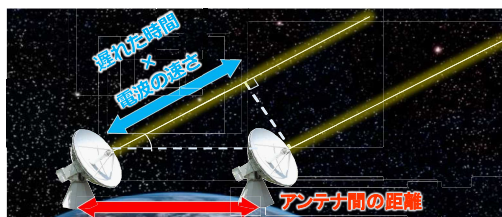
地球重心を原点とし「自転軸をZ軸」、赤道面の「グリニッジ子午線方向をX軸」「東経90°をY軸」とした座標系で、地球上の位置を世界共通の基準で表します。この座標系は、宇宙技術の観測結果から国際的な学術機関（IERS）が決定します。

ITRF（International Terrestrial Reference Frame） 国際地球基準座標系

IERS（International Earth rotation and Reference Systems Service） 国際地球回転・基準系事業



## 天体からの電波で自転軸の方向（Z）を決定（VLBI）



2点間の距離を求めるイメージ

※ 実際には複数の天体を観測して距離を決定

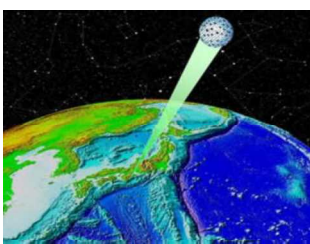


世界のVLBI局

VLBI（Very Long Baseline Interferometry）超長基線電波干渉法

VLBIは、世界中の観測点で天体からの電波を受信し、2点間の距離を正確に計測する技術で自転軸の方向や地球の位置を決定します。

## 人工衛星をレーザで観測し地球の重心を決定（SLR）



SLRのイメージ



レーザ測距儀

SLR（Satellite Laser Ranging）人工衛星レーザ測距観測（日本では海上保安庁が担当）

SLRは、レーザを用いて観測点と人工衛星との距離を測る技術で地球の重心を決定します。

（出典：海上保安庁海洋情報部下里観測所HP）

## 衛星測位で日本国内の位置を正確に決定（GNSS）

GNSS（Global navigation Satellite System）全球測位衛星システム



電子基準点の配点図



電子基準点「東京千代田」  
（国会議事堂前公園）

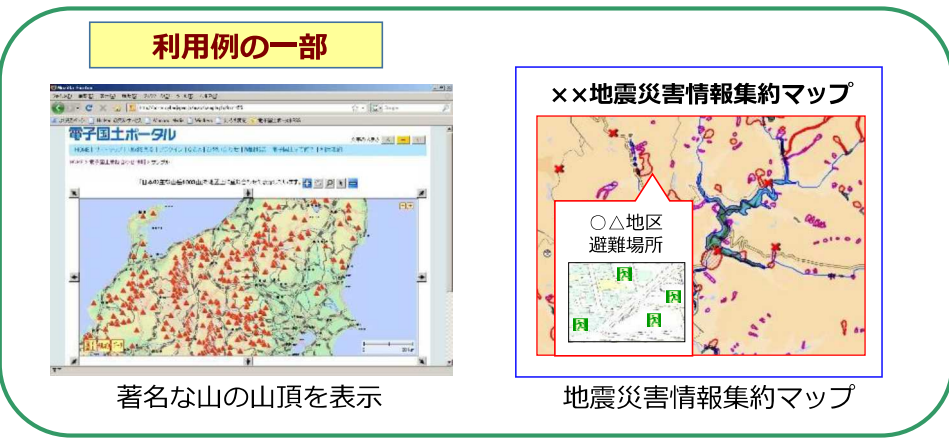
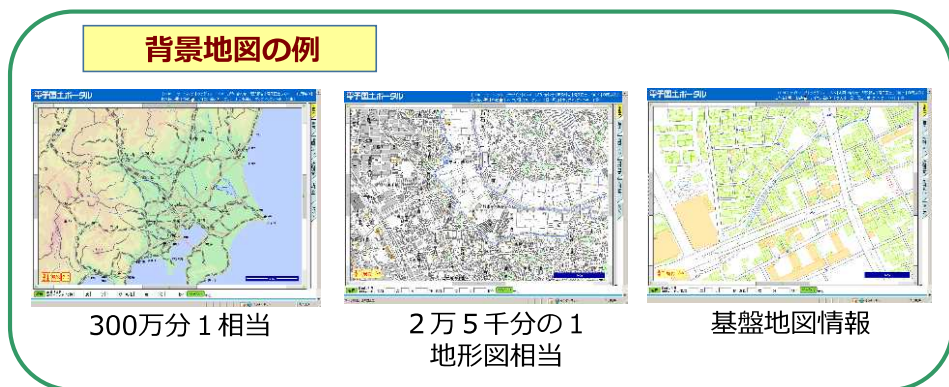
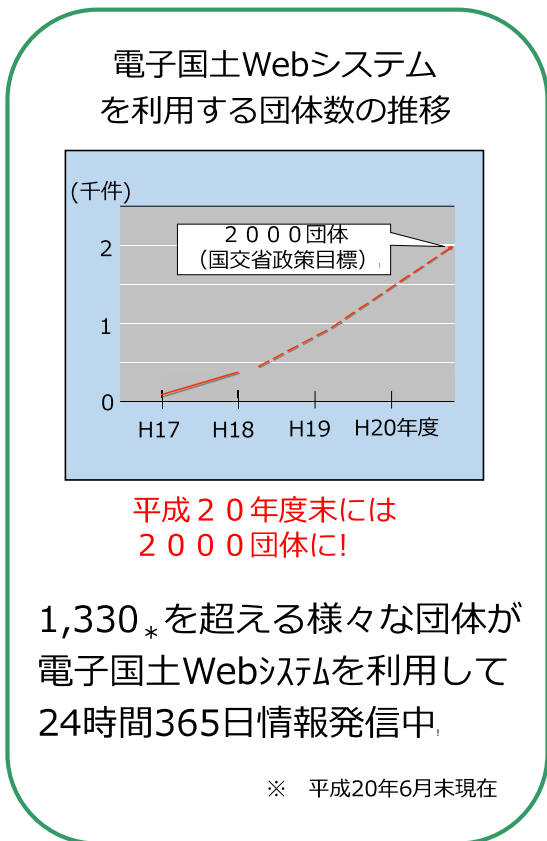
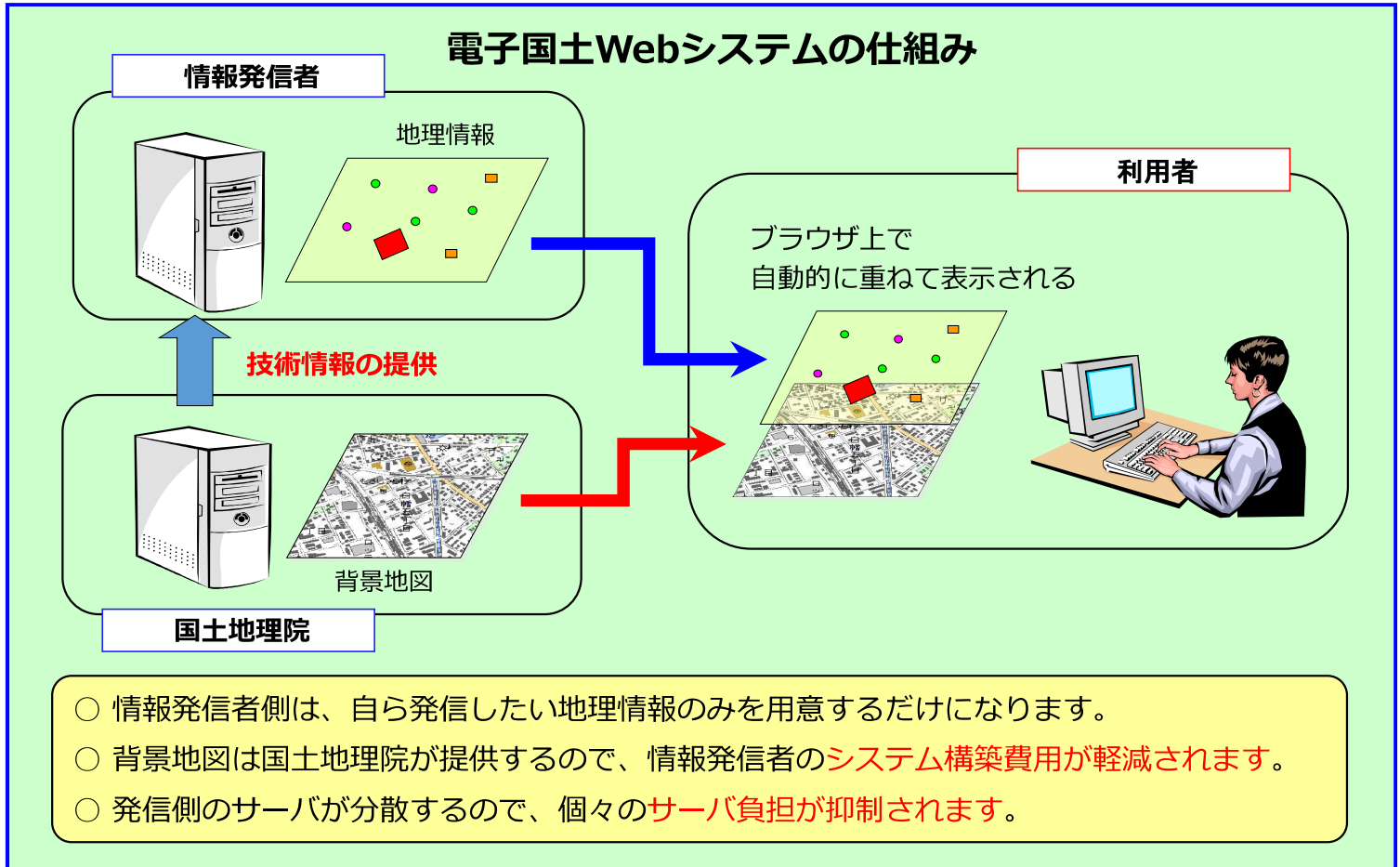
GNSSは、衛星からの電波を受信して位置を求める技術で、日本各地の位置を正確に決定します。この観測施設が電子基準点です。日本国内に約1,300点設置されています。



# 電子国土Webシステム

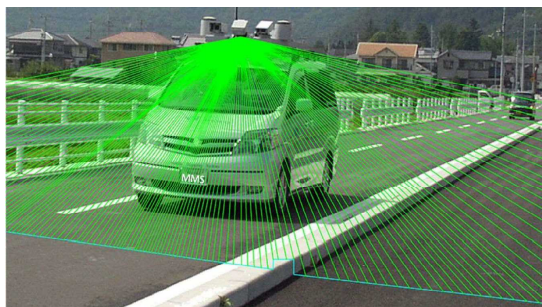
電子国土とは、様々な地理空間情報を位置情報に基づいて統合し、コンピュータ上に再現した国土のことをいいます。

電子国土Webシステムとは、インターネットを利用して、国土地理院が提供する基盤地図の上に地理情報を自由に発信できるシステムです。



# 車載写真レーザ測量システム (MMS)

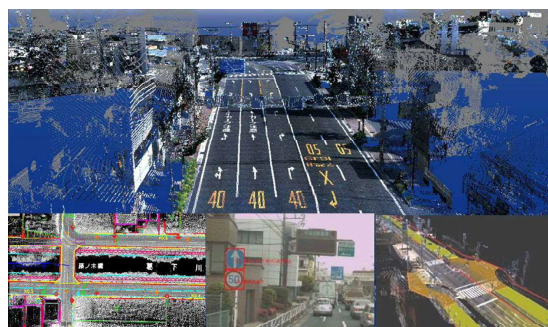
## MMSの概要



MMS (Mobile Mapping System) とは、車両にGNSS、レーザスキャナ、デジタルカメラ等を搭載して走行することで、道路及び沿道の3次元デジタルデータを取得する移動体計測システムです。

・ GNSS (Global Navigation Satellite System) 衛星測位

道路の法面や建物の側面など、上空からでは計測できなかった地物の情報を取得することができます。対象物への計測距離が短いため、詳細な（解像度の高い）計測が可能です。例えば、道路の白線やマンホール、電柱、ガードレールなど比較的小さい地物の計測が可能で、道路施設等の調査・測量・設計・維持管理に貢献しています。



## MMSの基本構成

### IMU (Inertial Measurement Unit) 慣性計測装置

地上の固定局と車上で同時に測位航法衛星の測位電波を受信し、1秒以下レートの自車（センサ）の位置、軌跡を算出します。IMUにより姿勢・位置情報を融合計算して精密な自車位置姿勢データを求めます。

### レーザスキャナ

近赤外線レーザ光を照射し、反射光を受光します。レーザ光の往復時間から、スキャナと物体照射点との距離を測定します。

### カメラ

設定した移動距離または時間間隔で計測車両走行中に自動撮影するカメラです。レーザスキャナデータと重畳することで、レーザ点の色付け処理や地物認識による座標抽出、図化等に利用されます。

### 車測装置 (オドメータ)

車軸の回転から走行距離を計測します。GNSS衛星から受信できない区間においてIMUとの複合計算に利用されます。

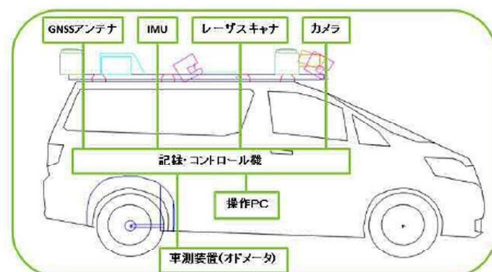
計測結果はレーザ点の色付け処理や地物認識による座標抽出、図化等に利用されます。

### 操作PC

計測における設定値を入力し、計測開始～計測終了の操作を行います。計測中におけるGNSS衛星受信状況、カメラ取得状況のモニタリングも行います。

### 記録コントロール機

各種センサの作動管理等を行い、各種データにGNSS時刻付け等を行います。





# 宇宙の電波で地球を測る-VLBI-

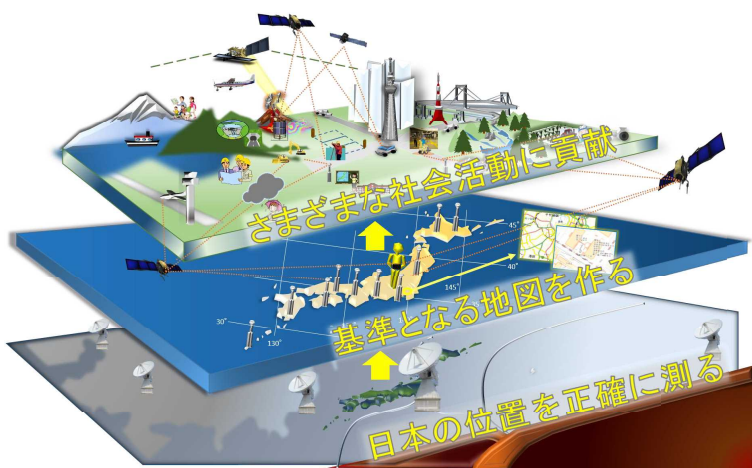
## 国土地理院 石岡測地観測局

国土地理院は VLBI (Very Long Baseline Interferometry; 超長基線電波干渉法) という測量技術を用いて、絶えず変化している地球を正確に測っています。



## 位置の基準を決める

VLBIで地球上における日本の位置を正確に測ることが、日本の基準となる地図の作成だけでなく、カーナビやスマートフォンでのルート検索など、わたしたちの身近な生活に役立っています。

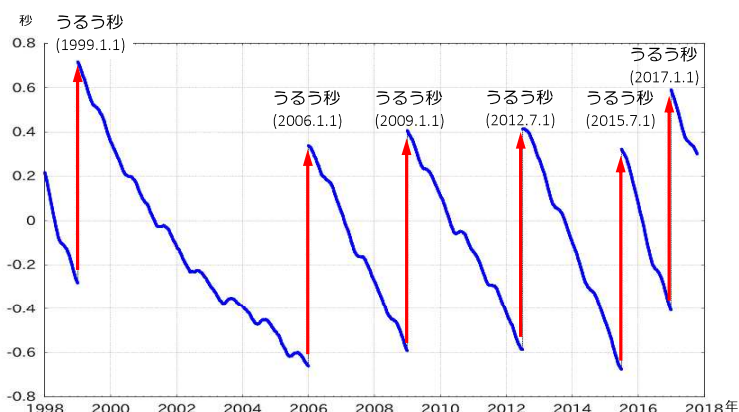


## 地球の自転を測る

1日の長さは24時間より約1000分の2秒長いのです。

このため数年に1度「うるう秒」を入れて時刻を調整します。この「うるう秒」を入れるタイミングは、VLBIで地球の自転の速さを正確に測ることによって決められています。

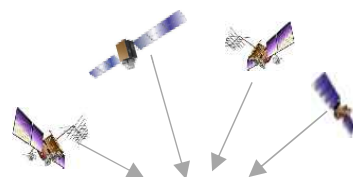
地球の自転に基づく時刻と原子時計に基づく時刻のずれ



# 電子基準点の基本知識

## 1. そもそも何？

- GPSや準天頂衛星等の測位衛星（人工衛星）の電波を受信する連続観測施設です。
- このデータを上手に使うと、**地上の位置がcmの精度でわかります。**
- 地殻変動の監視、測量の基準点として国土地理院が1993年から整備をはじめました。
- 現在**全国に約1,300点**あります。
- 基本的には右写真のような形をしています。高さ約5mのステンレス製です。



## 2. 何をしているの？

- 頭部のアンテナに届いた衛星の電波を、内部の受信機で記録しています。
- 観測データは1秒毎に国土地理院へ送ります。
- 1日分のデータをまとめて解析し、地球上の位置を1cmの精度で求め、**地殻変動を監視します。**
- リアルタイムでも解析し、巨大地震の規模を直ちに求め、**津波の予測を支援します。**
- 測量に必要な観測データは国土地理院のウェブサイトで公開しています。
- 1秒毎のデータはリアルタイムで配信され、**建設機械の制御・農業機械の自動運転等に利用されます。**
- 大気中の水蒸気量がわかるので、**天気予報にも使われています。**



電子基準点「つくば1」

## 3. なぜ電子基準点というの？

- 電子レンジ同様、電気仕掛けで動く「基準点」なので、電子基準点と呼びます。基準点とは、測量に使う標識のことで、三角点や水準点などがあります。

## 4. どこにあるの？

- **概ね20km程度の間隔で全国各地に設置**されています。
- この間隔は、政府の地震調査研究推進本部が定めた計画に基づくものです。
- 2018年3月に、国会前の憲政記念館敷地に都心では初となる電子基準点「東京千代田」が設置されました。

## 5. なぜ必要なの？

- YouTubeで動画「動く日本列島」をご覧ください。こんなに動く国だから、電子基準点での監視が必要です。



<https://youtu.be/W2TKZw4pNMM> 「動く日本」で検索！

- 電子基準点は、
  - 1) 正確な測量・地図作製のための基準として使われています。
  - 2) 国土の地殻変動を監視し、地震・火山活動による災害対応やメカニズム解明に活用されています。
  - 3) 高精度な位置を即時に把握できる位置情報サービスに活用されています。

## 6. いくらかかるの？

- 頑丈に作るので、**1点の設置に約1,500万円かかります。**
- 1,300点の運用（通信、維持等）に年6億円程度必要です。
- 電子基準点を利用した公的な測量の市場規模は毎年100億円程度です（国土地理院時報2016）。

## 7. 外国にもあるの？

- 日本では電子基準点の設置を先行して開始しましたが、今では先進国は勿論、途上国でも設置が進んでいます。
- 国土地理院は、東南アジア諸国を中心に、電子基準点に関する技術協力をを行い、その海外展開を支援しています。
- GNSS連続観測点（電子基準点）を整備している国・地域は米国、欧州、中国、豪州、韓国、東南アジア等があります。
- **日本の設置密度は世界一です**



電子基準点 配置図

## 8. これからどうなるの？

- 2018年11月、我が国の**準天頂衛星システム（QZSS）**が4機体制となり、センチメートル級測位補強サービス（CLAS）が始まりました。CLASを用いると、誰でも簡単に自分の位置をセンチメートルレベルで把握できます。ここにも電子基準点データが活用されています。
- 今後も、測量・測位のインフラとして、電子基準点をしっかり運用して、国土を測り、豊かな未来を築きます。



# 高精度測位社会を支える 電子基準点

電子基準点のデータは、みちびきのcm級測位のための補正情報を生成するなど、高精度測位社会の実現に貢献しています。

## 位置情報サービスの支援

- ・電子基準点の観測データは測位信号の誤差を取り除く補正情報生成に利用されています。
- ・補正情報を用いることでリアルタイムでセンチメートル級の位置を決定することができます。
- ・測量以外にも、建設や農業等様々な分野で活用され作業の効率化に貢献しています。

