

# SGD02-P01 GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ Dynamic Map for Engineering Use of GNSS Positioning

#里村幹夫<sup>1</sup>, 島田誠一<sup>2</sup>, 伊藤広和<sup>1</sup>, 請井和之<sup>1</sup>, 末野幹雄<sup>1,3</sup>, 中尾 茂<sup>4</sup>  
 1: 株式会社日豊; 2: 東京大学新領域創成科学研究科; 3: 株式会社カルシステム; 4: 鹿児島大学理工学研究科  
 #Mikio Satomura<sup>1</sup>, Seiichi Shimada<sup>1,2</sup>, Hirokazu Ito<sup>1</sup>, Kazuyuki Ukei<sup>1</sup>, Mikio Sueno<sup>1,3</sup>, Shigeru Nakao<sup>4</sup>  
 1: Nippo, Co., Ltd. 2: Graduate school of Frontier Sciences, University of Tokyo  
 3: Calsystem Co., Ltd. 4: Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

## 要旨

日本の測地座標は、新しい測量結果をセミダイナミック補正と呼ばれる基準日（元期）からの地殻変動を補正して、元期（多くは1997年1月1日、東北地方、関東地方と北信越地方は2011年5月24日）の値に戻した値として管理されている。しかし、近年研究が進んでいる自動車の自動運転や航空機等の自動操縦に、測位精度向上の著しいGNSSの座標値とともに用いるには、この方法は適切な方法とは考えにくい。我々は、少なくとも道路や飛行場の位置などは、その時々に合わせて変化する四次元ダイナミック座標による現在の位置で管理すべきであると考え、国土地理院電子基準点データを独自に解析してきた結果をもとに、その実用化に取り組んでいる。

## ABSTRACT

Japan's geodetic coordinates are managed after correction for crustal movements from the reference date (the original epoch). It is January 1, 1997 in most Japan, and May 24, 2011 in Tohoku, Kanto and Hokushinetsu regions. New survey results are returned to those at the original epoch. However, with the recent improvement in GNSS positioning accuracy, it is hard to think that this method is appropriate as coordinate values used for automatic driving of cars and automatic steering of aircrafts, etc., which are under research. We consider that at least the location of the road and airfield should be managed at the current location using the 4D dynamic coordinates that change with time. We are working on its practical use based on the data by analyzing the GSI's GEONET data independently.

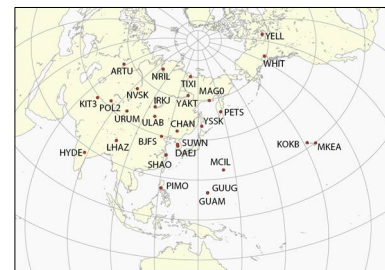
## はじめに

我々は、2008年以降国土地理院の電子基準点RINEXデータを毎日取得し、GAMIT/GLOBKソフトウェアによる自動解析を行って、日値と週値の座標データを蓄積している（島田ほか,2014;2015）。その解析の基準座標系はできるだけその時点で最新の座標系に準拠するように、2008年4月～2011年10月はITRF2005、2011年10月～2017年5月はITRF2008、2017年5月以降はITRF2014座標系を使用している。解析では、ITRF座標系に拘束するための基準点として、日本周辺にある30点のIGS観測データを用い、日本国内の電子基準点データと一緒に解いている。また、Bernese Ver.5.2を用いて同じ条件で解析を行い、結果に解析ソフトウェアによる差が出ていないか否かについてチェックを行っている。さらに日本の地殻変動のモニタリングのために、日本全域を1174の四角形の網と197の三角形の網に分け、それぞれの基線長、面積ひずみを計算している。これらのシステムについてはいくつかの特許を取り、それに基づいて計算を行っている。また、以上のデータを用いて、地盤情報システム（JISLaD）として、電子基準点の位置や基線長の変化をすでに公開している。



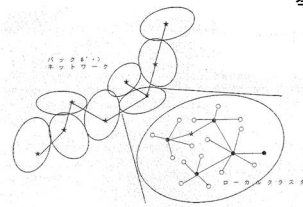
the Japanese Information System of Land Deformation

国土地理院の電子基準点。毎日RINEXデータをダウンロードし自動解析を行っている。



電子基準点のデータ解析に基準点として用いているIGS点。

JISLaDでは、日本全国を39ブロックに分けて、すべてIGS点と直接結合して解析している。



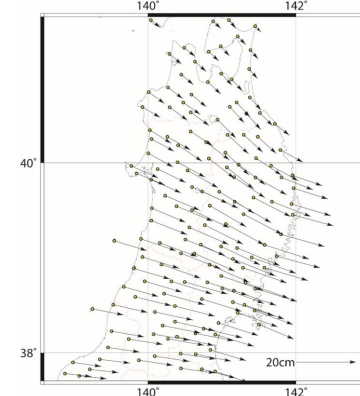
国土地理院のF3解は、まずバックボーン点の計算を行い、その後その点を基準にした解析を行っている。（松村、2018）

## 工学利用

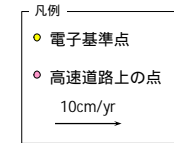
日本地球惑星科学連合2019年大会・宇宙測地学の工学利用セッション発表ポスター



現在、GEONET点での変動から、任意の点の変動速度を算出することを計画している。具体的には、四次元マップであるダイナミックマップ管理への適用を考えている。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の中の1項目として、第1期、第2期ともに自動走行システムが挙げられている。自動走行システムはさまざまな技術を結集すべきシステムであるが、その中の重要な項目として高精度のデジタル地図があげられる。自動走行のための自己位置の推定には衛星測位情報等を用いた自己位置の認識が重要であるが、それに対応する地図がなければ自己位置の認識だけでは意味がない。それにふさわしい地図として、時間的に変動する四次元ダイナミックマップの作製に向かって動いている。



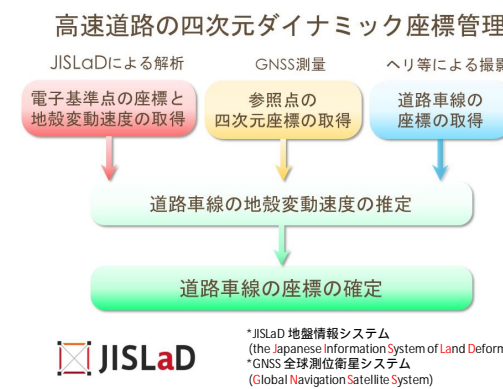
JISLaD結果に見る2013年1月から2014年6月までの東北地方の速度場。右下の矢印は20cm/y。



近傍の電子基準点の変動速度から求めた高速道路の速度場の推定例。

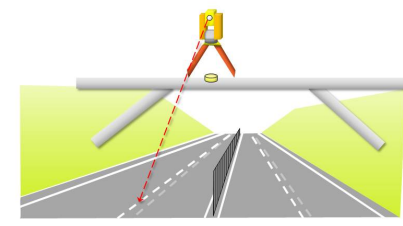
## 四次元ダイナミック座標管理（商標登録済）

いうまでもなく日本は地殻変動が激しい。したがって一度精密なデジタル地図を作ったからと言っていつまでもその地図が使えるわけではない。日本の地図の地殻変動に対する考え方は、セミダイナミックシステムが基本になっている。つまりまず元期を決め、地殻変動の観測に基づいて、現在測量した最新の位置座標を元期の座標の値に戻して、地図との対応をとるという考え方である。この方式は、土地の登記等の利用には向いているのだろうが、地殻変動の激しい日本列島でその瞬間ごとの自動車の位置と地図（道路車線の座標）とを対応させる自動走行システムに向いているとは言えない。そこで、我々は地殻変動に伴う変化を考慮して地図の座標そのものを日々新しいものにしていくダイナミックマップが自動走行システムの重要な基盤になると考え、JISLaDデータのダイナミックマップ管理への適用を考えている。東北地方では、東北地方太平洋沖地震以降、いまだに年間約10cmの余効変動が続いている。自動走行に使う基盤地図としては10cm程度の精度が必要であると考えており、このことは新たな地震等による地殻変動が起こらなくても、東北地方は最低年1回は地図の更新が必要であることを意味している。この考え方は、何も道路と自動走行の車に限ったものではなく、精密座標の取得が有効と考えられるすべての工学利用にとって重要なことであり、特に電子航法を使っている航空機と空港の位置関係の確認にはとても重要である。



JISLaD 地盤情報システム (the Japanese Information System of Land Deformations)  
 \*GNSS 全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System)

### 定期的な検証作業



トータルステーションによる道路内の測量参照点のGNSS観測(1年に1回～4回)

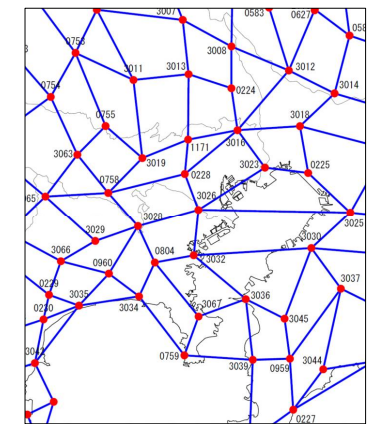
### 空港の座標値もダイナミック座標の考えが必要

ICAO（国際民間航空機関）の求める空港の座標値の精度

Points Of Interest	φ/λ	h
Primary Airport Control Station (PACS)	0.30m*	0.25m*
Secondary Airport Control Station (SACS)	0.05m	0.05m
Runway Ends	0.50m*	0.25m
Airport Reference Point (ARP)	30m*	N/R
Touch Down Zone Elevation (TDZE)	0.25m	0.25m
Threshold Ends	0.50m*	0.25m
Overrun (stopway) Ends	1m	1m

1次基準点の座標には、水平30cm高さ25cmの精度が要求される  
 \* 絶対位置精度  
 → 四次元ダイナミック座標管理が必要

飛行機の離発着に関して、GBAS（地上基準補強装置）やSBAS（静止衛星補強システム）といったGNSS測位の補強システムが進められており、それに対応するためには滑走路の現在の座標値が必要。



今後、四次元ダイナミック座標管理には、現在の電子基準点以上の稠密なGNSS点が必要になる。それらの点をJISLaDの網と結び付けて、電子基準点の座標をもとに解析する予定である。

JISLaD、四次元ダイナミック座標、四次元ダイナミック座標管理、四次元ダイナミックマップは株式会社日豊が商標登録をしています。