

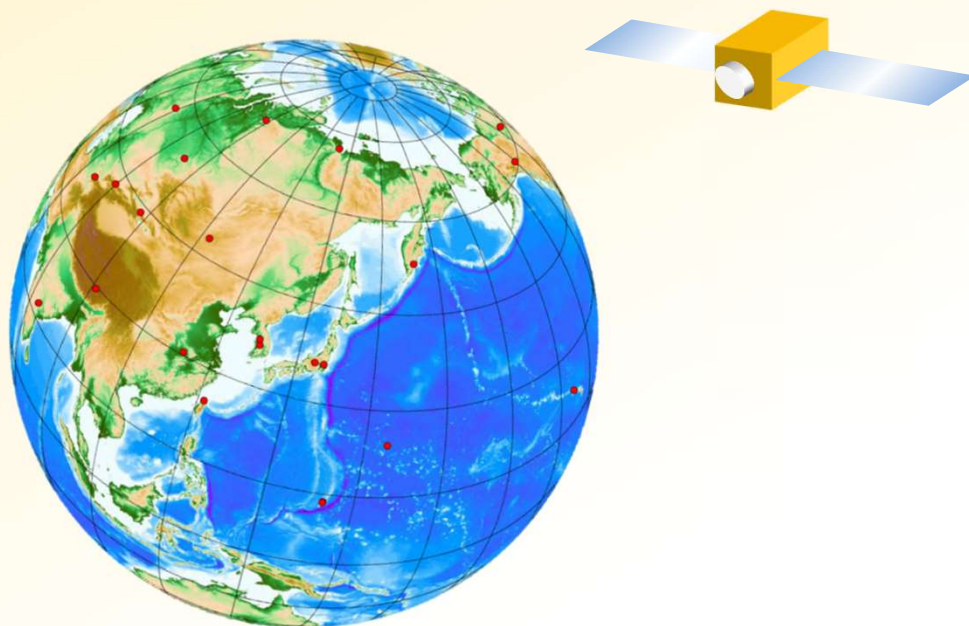
地盤変動情報(JISLaD)の 実際の測量への応用(その1) ～空港座標決定への利用～

株式会社日豊

植田伸一・里村幹夫・伊藤広和・多田吉成・
庭野 基・相京幸一・中川雄二・島田誠一・
末野幹雄・藤井綾香

一般財団法人航空保安無線システム協会
工藤智幸・長谷部行生・永井隆一

JISLaD ～GEONETの解析について～



—解析条件—

GAMITver10.7

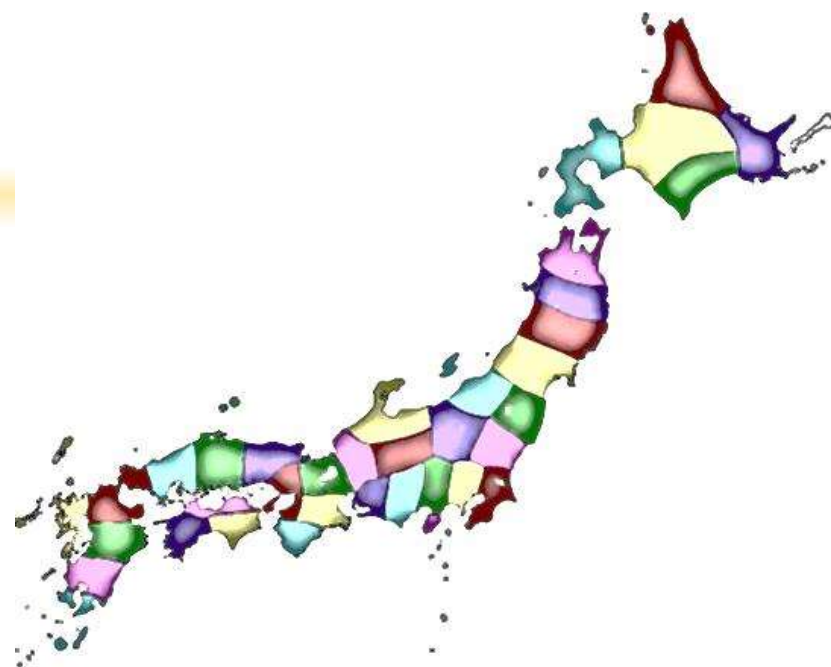
BERNESEver5.2

ITRF2014座標系

IGS点約30点

全国約1300点の電子基準点を
絶対座標 (ITRF) で毎日決定している。

全国の観測点を39のブロック
に分けて解析し、各ブロックの
計算結果を統合している。



空港座標の再測

- GNSSを補強するSBAS (Satellite-Based Argumentation System)やGBAS (Ground-Based Argumentation System)の発達により、GNSSを使った航空機の位置決定精度が各段に上がった。
- SBAS,GBASで補強されたGNSSデータを使った航空機の計器着陸の導入が現実的になってきた。
- そのためには、空港における滑走路末端のその時点での(今期の)精密な位置座標が必要となる。
- 1990年代に日本の空港のWGS-84座標を求めている。
- その後、様々な地殻変動があることから、1990年代に求めた座標を確認するとともに、今後も維持管理する必要がある。

空港の座標値

衛星航法を使った航空機の離発着では、ICAO(国際民間航空機関)が、その精度及び分解能を規定している

Data element	Accuracy	Resolution	Integrity
FPAP (Flight Path alignment point) (latitude, longitude)	0.3m (1ft)	0.0005"(1.5cm)	10 ⁻⁸ *
LTP/FTP (Loading threshold point/Fictitious threshold point)(latitude, longitude)	0.3m (1ft)	0.0005"(1.5cm)	10 ⁻⁸ *
LTP/FTP(Loading threshold point/Fictitious threshold point) (ellipsoidal height)	0.25m	0.1m	10 ⁻⁸ *
Approach TCH (threshold crossing height)	0.5m	0.05m	10 ⁻⁸ *
Glide path angle	0.01°	0.01°	N/A
Course width	N/A	0.25m	10 ⁻⁸ *
Delta length offset	N/A	8m	N/A

* 10⁻⁸というのは、最高の品質という意味

(ICAO(2020): Doc 8168より)

滑走路の座標については、航空機の位置情報と同等のの度が必要となり、水平30cm高さ25cm程度の精度の座標が求められている

➡ **ダイナミック座標管理**が必要

測 量

- 今年度は16空港で実施
- 各空港4点(二次基準点)を新設し、24時間×2回のGNSS測量(周辺のGEONET点3～4点を一次基準点とする)
- 二次基準点と滑走路端の間をトータルステーション(TS)で測量
- 空港周辺の障害物の座標を測量 (VRS-RTKとTSの組み合わせ)
- 航空機が受ける電波状態の調査



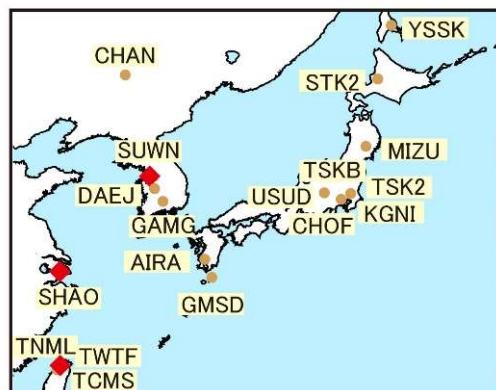


データ解析

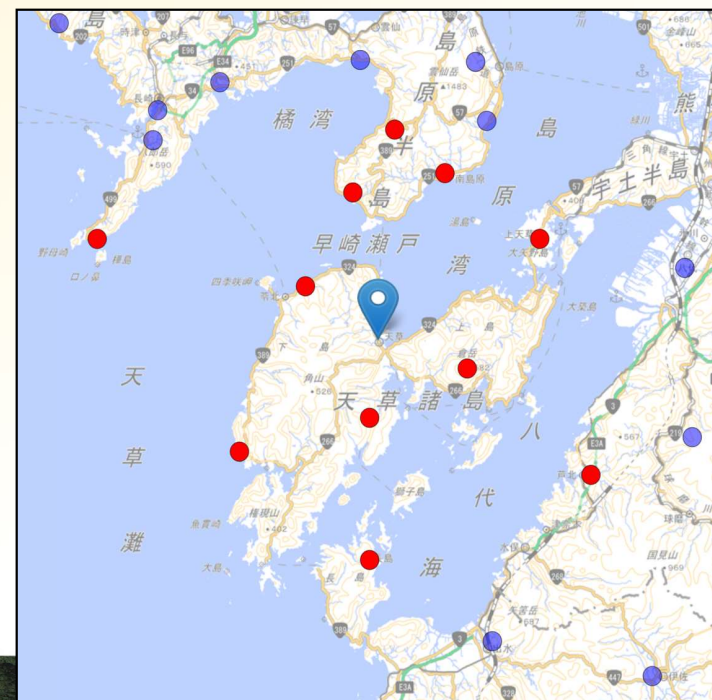
- 空港周辺の3点の電子基準点のJISLaD座標（今期の座標）を基準として、空港内の二次基準点4点の座標を決定（測量用プログラムTOWISEを使用）
- TSを用いて二次基準点4点の座標から滑走路両端のWGS84座標を決定
- 空港周辺の障害物の座標、水平位置と高さを決定（VRS-RTKとTSの組み合わせ）

結果の検証と変動予測

- 検証のため、IGS点データ、GEONET点約10点と空港内二次基準点4点をGAMITとBerneseを用いて解析。
- 空港周辺のJISLaDデータより、空港の変動速度を求め、ICAOの規定を超える時期を予測。

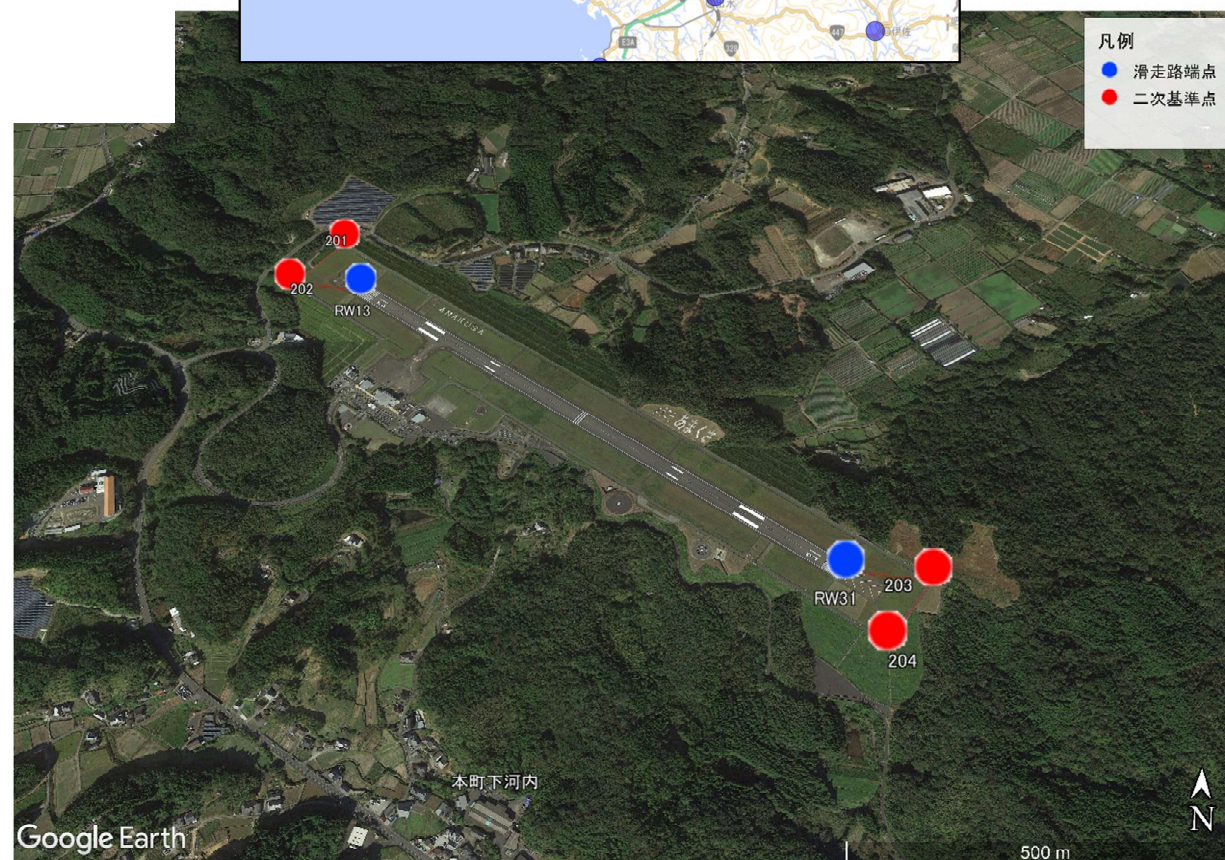


解析に用いたIGS点
 ◆ 座標基準点
 ● 非拘束点



凡例
 ● 滑走路端点
 ● 二次基準点

データの検証



移動速度と測量誤差以外の誤差因

- JISLaDによる周辺の11電子基準点の平均移動速度
南向き16.3mm/y 東向き25.3mm/y
N123Eに30.1mm/y (約12年でICAOの求める精度外)
- ITRF2014とITRF2000の比較(ITRF2014-ITRF2000、
2021年の測量日現在)

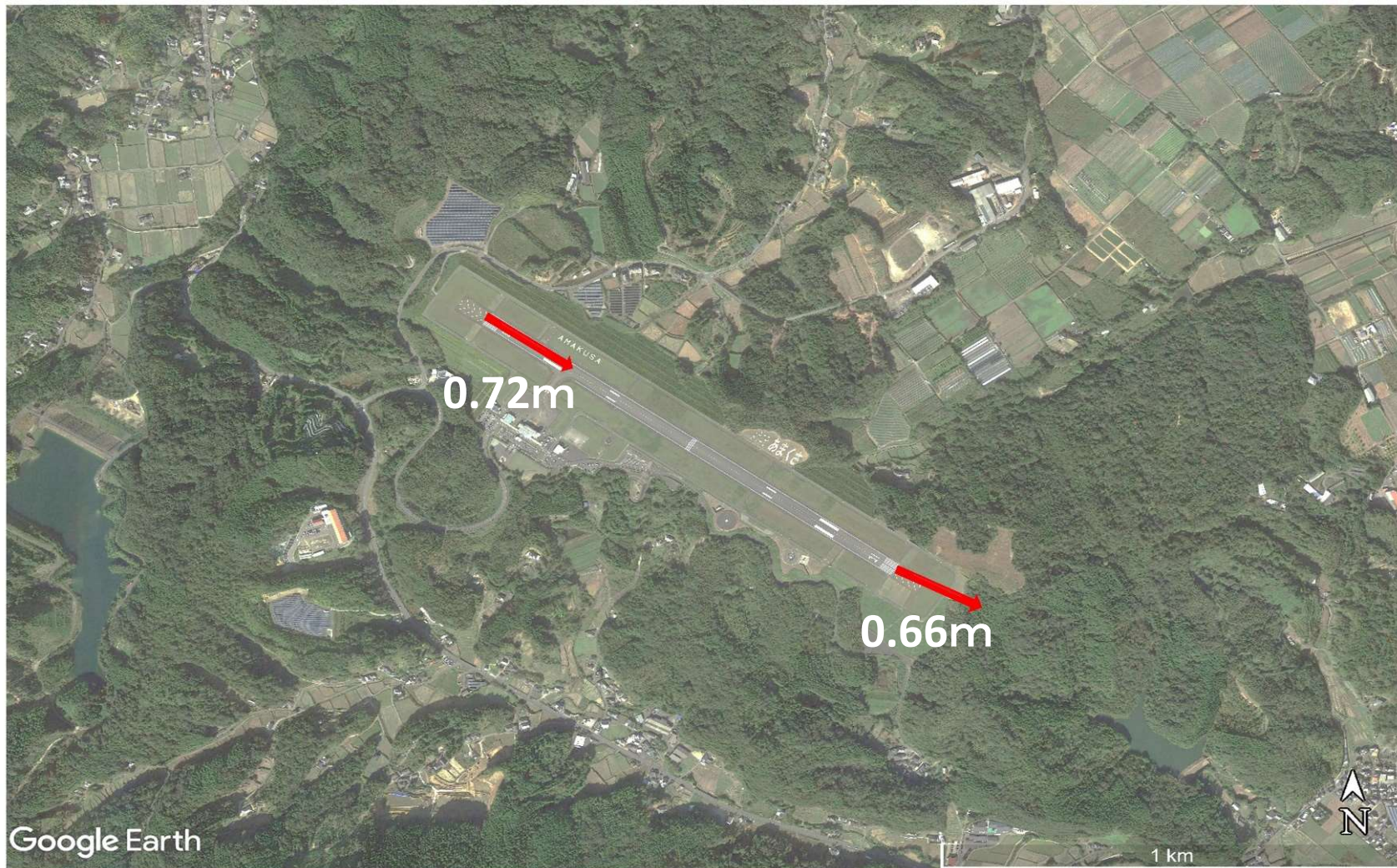
(ICAOはITRF2000のWGS-84座標を使用)

$\Delta X = -5.6$, $\Delta Y = 10.2$, $\Delta Z = -40.3$ (mm)

$\Delta \phi = -0.0012''$ (3.7cm), $\Delta \lambda = -0.0004''$ (1.0cm),

$\Delta H = -1.8$ cm

2000年から2021年までの水平変動



JISLaDから求めた変動速度 $30.1 \text{ mm/y} \times 21 \text{ 年} = 0.632 \text{ m}$
変動方向 N123E

まとめ

- GNSSを使った航空機の着陸の実用化に向け、JISLaDデータを測量に応用して空港の滑走路末端の今期の座標測量を行っている(今年度は16空港で実施予定)。
- 測量用プログラム『TOWISE』を用い、二次基準点4点のITRF2014座標を求め、その点からTSを用いて滑走路両端の座標を求めた。
- 海外IGS点を基準に、『GAMIT』、『Bernese』で検証する。
- 周辺のGEONET点の変動速度から、今回求めた座標がICAOのの基準値を越える時期を予測する。
- 今後数年かけて、順次日本国内の空港の滑走路の座標を同様の方法で測量する予定。
- 将来的には、再測の時期だけではなく、座標の時間変動から将来の座標値も推定できるようにしたい。