

特許と商標登録を活用した 測定の営業戦略 ～絶対座標と四次元ダイナミック座標管理～

株式会社日豊 技術顧問
里村幹夫

令和5年度測定新技術研修会
(第1回Web研修会)

全体の流れ

- 日豊が取得している特許、商標登録
- JISLaDと四次元ダイナミック座標管理
- フィリピンでの活用
- 日本の空港測量
- 盛土防災監視測量と今日の地図・明日の地図
- まとめ

(株)日豊が取得 済みの特許・ 商標登録

特許

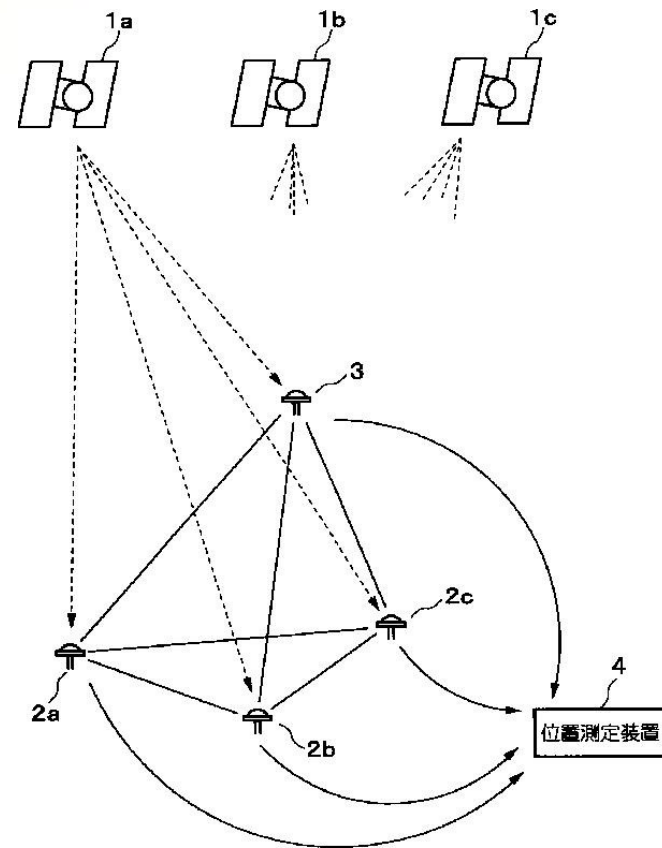
特許ナンバー	発明の名称	出願番号	登録日
特許第3760102号	時空間三角網平均による宇宙測量法	特願2001-050414	平成13年2月26日
特許第4846779号	災害緊急地盤変動解析システム及び災害緊急地盤変動解析方法	特願2008-314949	平成23年10月21日
特許第5058594号	測位点推定装置および測位点推定方法ならびにそのプログラムと記録媒体	特願2006-356132	平成24年8月10日
特許第6082795号	地盤情報システム、地盤解析装置、地盤情報処理方法、プログラム	特願2015-202409	平成29年1月27日
特許第6528293号	ダイナミック座標管理装置、ダイナミック座標管理方法、プログラム	特願2018-099182	令和元年5月24日
特許第7195659号	動画生成装置、動画生成方法、プログラム、動画生成システム	特願2021-128338	令和4年12月16日

商標登録

登録ナンバー	発明の名称	出願番号	登録日
登録第5883676号	JISLaD	商願2016-031338	平成28年9月23日
登録第6124060号	四次元ダイナミック座標	商願2018-060284	平成31年2月22日
登録第6124061号	四次元ダイナミック座標管理	商願2018-060285	平成31年2月22日
登録第6124062号	四次元ダイナミックマップ	商願2018-060286	平成31年2月22日
登録第6408777号	四次元ダイナミックGIS	商願2020-072207	令和3年6月29日

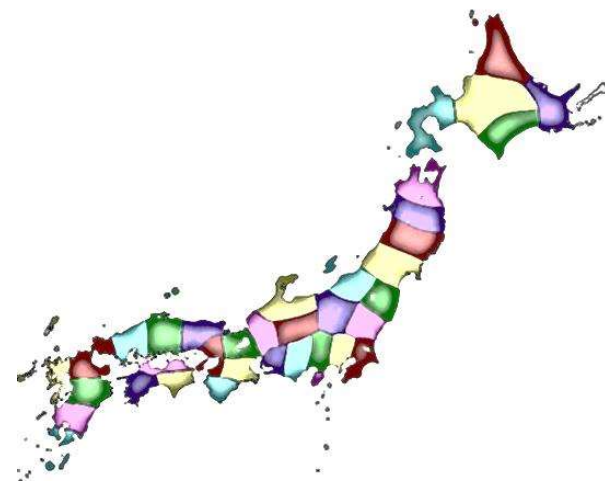
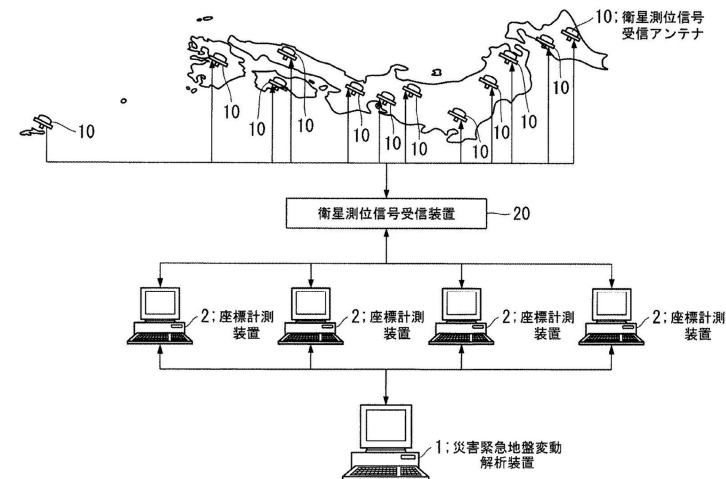
時空間三角網平均による宇宙測量法

- 清水建設と共同出願
- 平成13年2月26日登録
- 特許第3760102号
- 上空にGPS受信機を備えた飛行体を飛行させ、3次元的な立体を三角網を作り、地上の変動をとらえる。



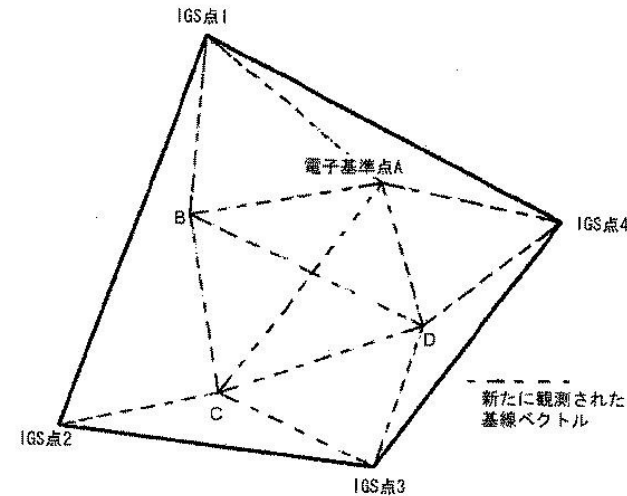
災害緊急地盤変動解析システム及び 災害緊急地盤変動解析方法

- 平成23年10月21日
登録
- 特許第4846779号
- GPS観測点の地域
ネットワークを組み、
観測結果を緊急に広
く利活用して地盤変
動を求める解析方法



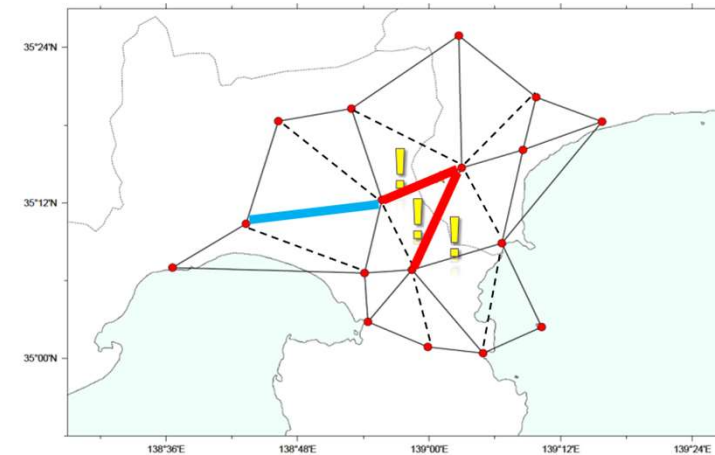
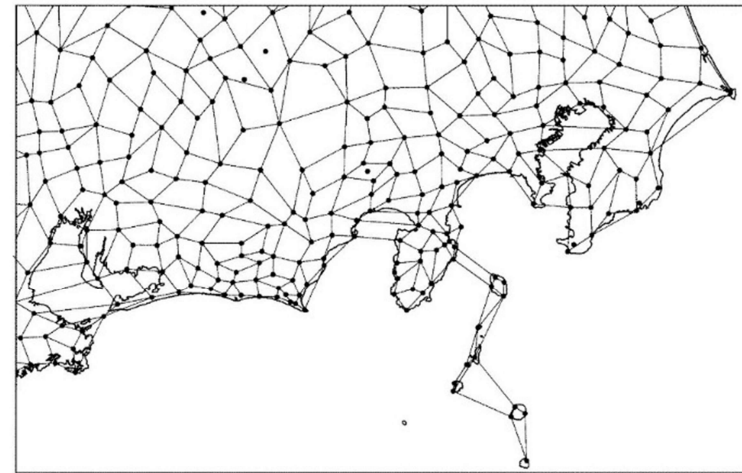
測位点推定装置および測位点推定方法 ならびにそのプログラムと記録媒体

- 平成24年8月10日
登録
- 特許第5058594号
- 電子基準点の座標
とその移動速度から
任意の座標点の
移動速度を求める。



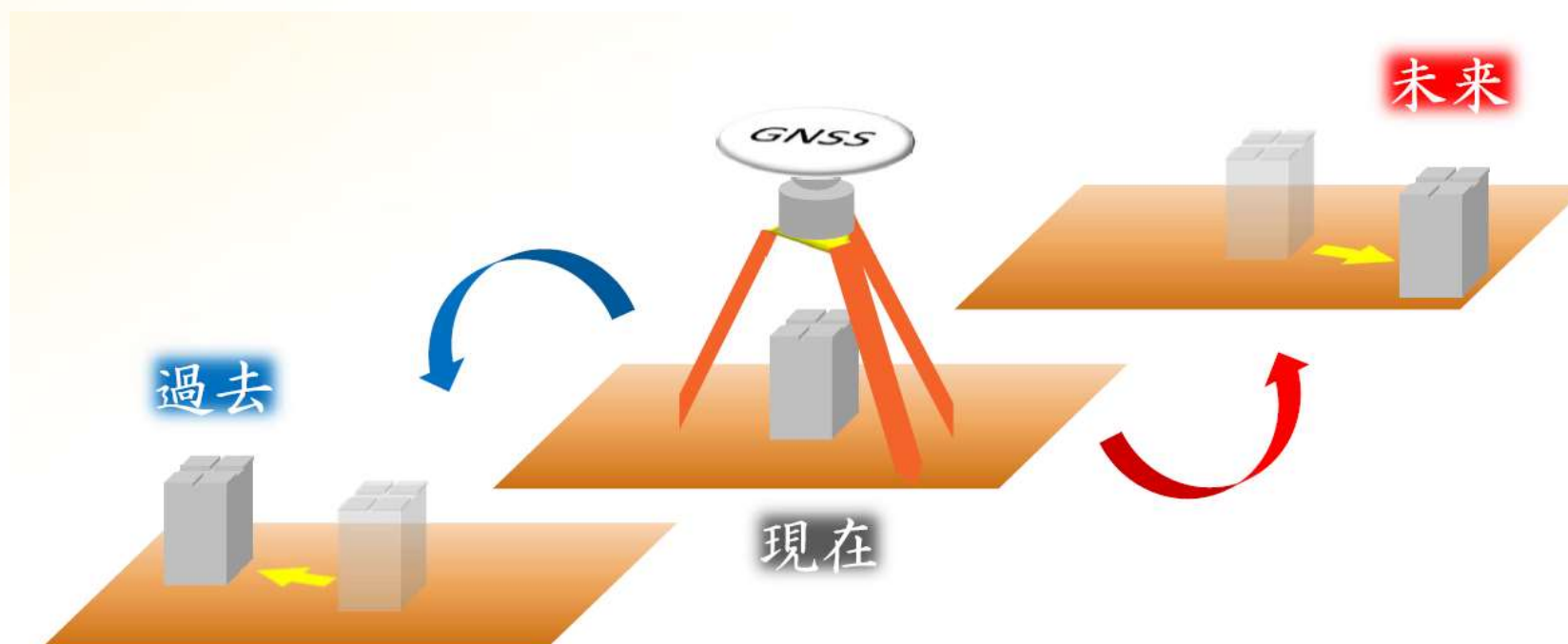
地盤情報システム、地盤解析装置、地盤情報 処理方法、プログラム

- 平成29年1月27日
登録
- 特許第6082795号
- 有用性の高い地盤
の変動の情報を迅速
に伝えることので
きる地盤情報システ
ムを提供する。



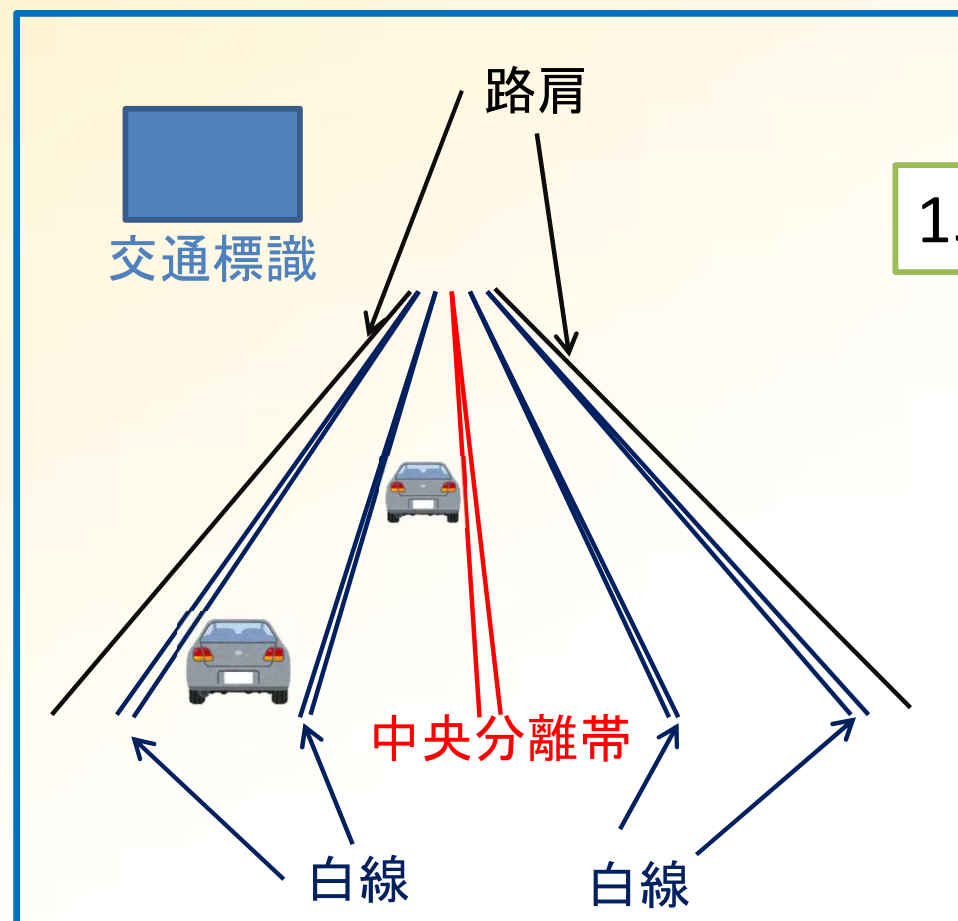
ダイナミック座標管理装置、ダイナミック座標 管理方法、プログラム

- 令和元年5月24日登録
- 特許第6528293号
- 座標と地殻変動速度による四次元の座標管理で、座標に速度情報を加えることによって、過去の座標へ戻したり、未来の座標を推定することが可能となる。

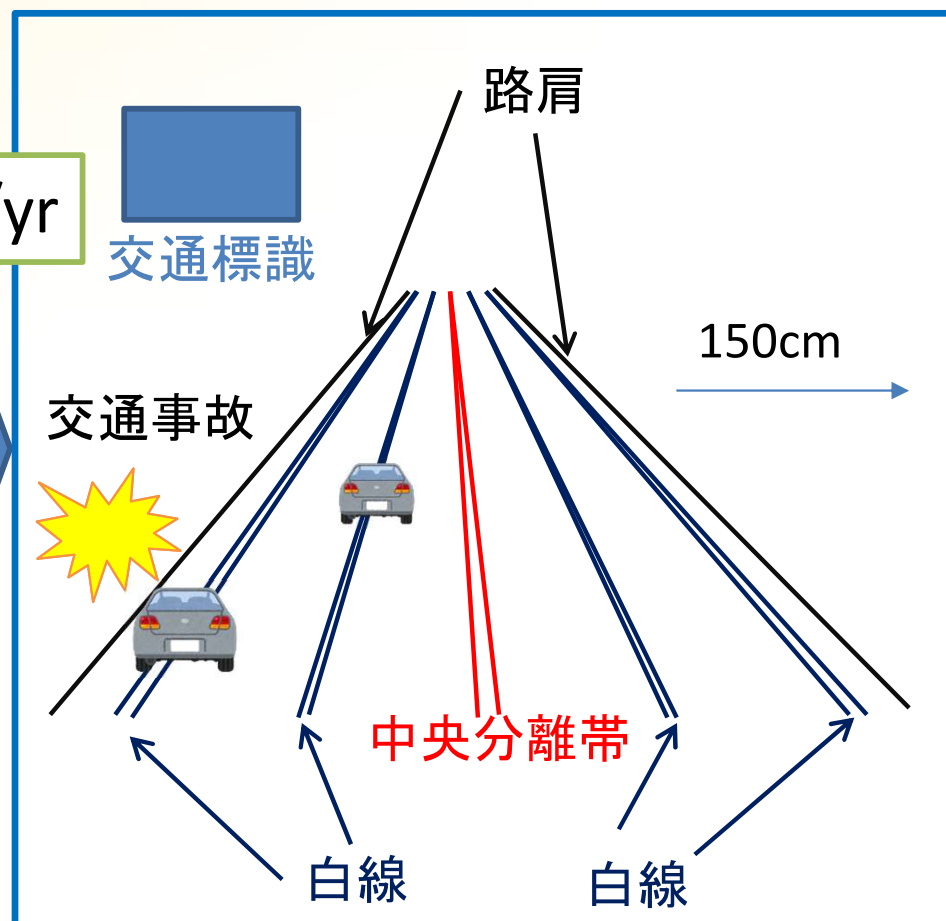


高精度3次元地図データ

現在



10年後

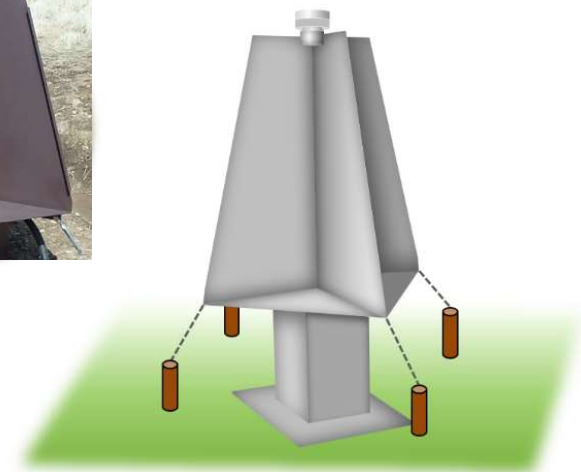
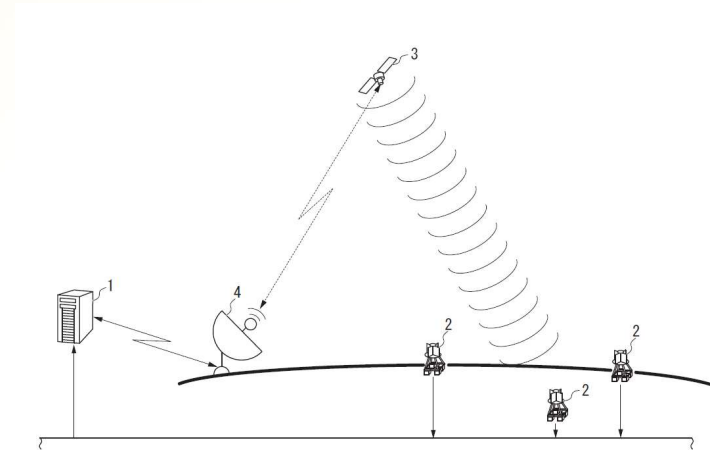


150cm 変動!!

地殻変動がある値を超えたら、高精度3次元地図データを更新する必要がある。

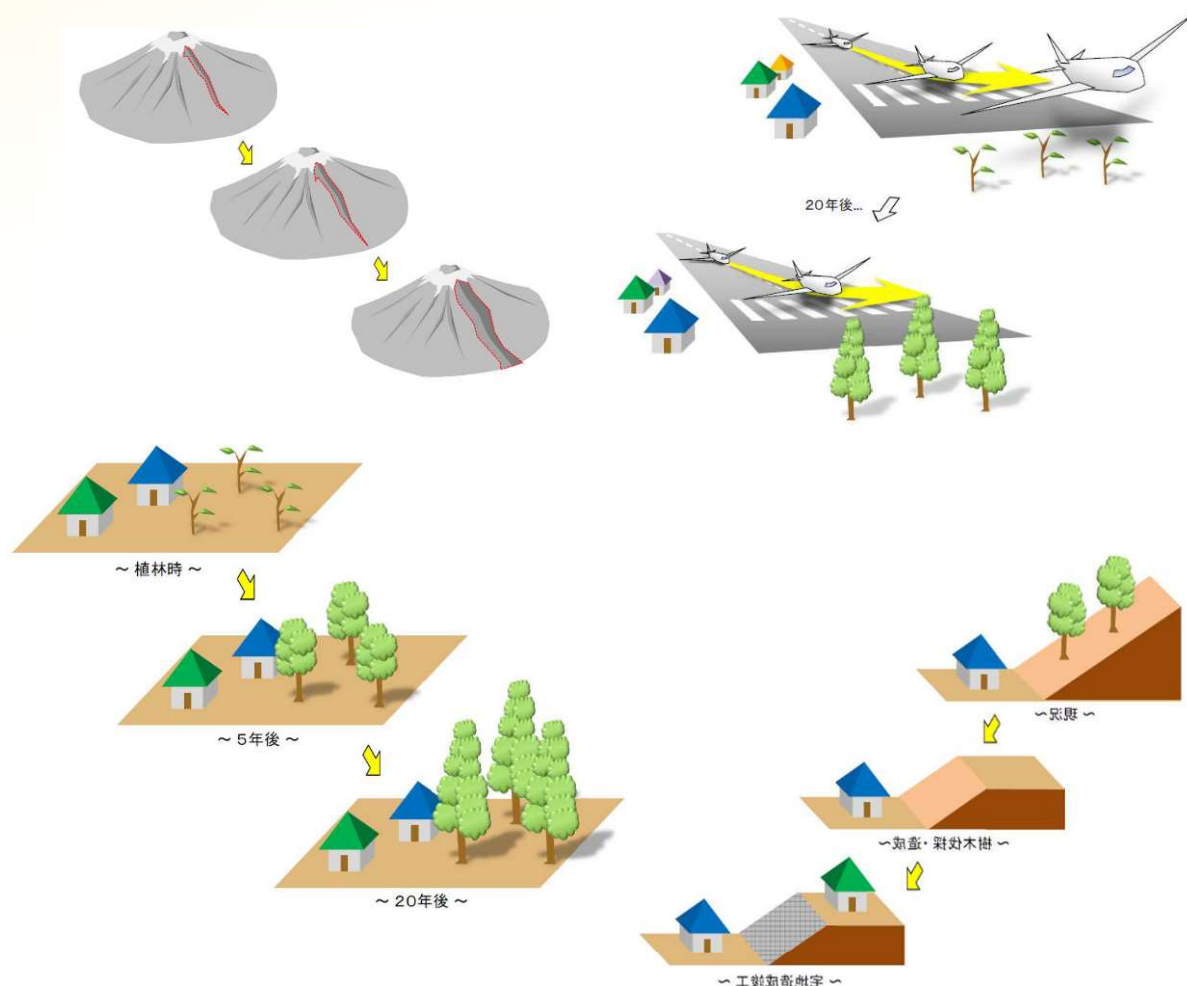
画像生成装置、画像生成方法、プログラム

- 清水建設と共同出願
- 平成30年5月23日出願
- 特開2022-29176
- 米国国際特許出願中
- 干渉SAR画像によって得られた広域の変動とその画像で位置を特定できるGNSS観測点などの変動を統合した画像を生成する。



動画生成装置、動画生成方法、プログラム、 動画生成システム

- 令和4年12月16日
登録
- 特許第7195659号
- 3Dデータによる原
地盤モデル作成、
設計、ICT工事の起
工・中間出来高・竣
工までの一元管理
の動画生成装置



商標登録

-  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
 - 四次元ダイナミックGIS

論文・学会発表等

論文

- 地盤情報システム (JISLaD)と四次元ダイナミック座標.応用測量論文 文集32巻(2021)

解説

- 時間とともに変動する座標～GNSS測量に地殻変動を取り込む～.測量 2021年6月号(測る量る図る)



測る 量る 図る

時間とともに変動する座標
GNSS測量に地殻変動を取り込む

口答発表等

- 地盤情報システムの開発について(日本測地学会,2015)
- GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ(地球惑星科学連合,2019)
- 今日の地図、明日の地図(測量調査技術発表会,2021)
- その他、多数

JISLaD とは

JISLaD (the Japanese Information System of Land Deformation)

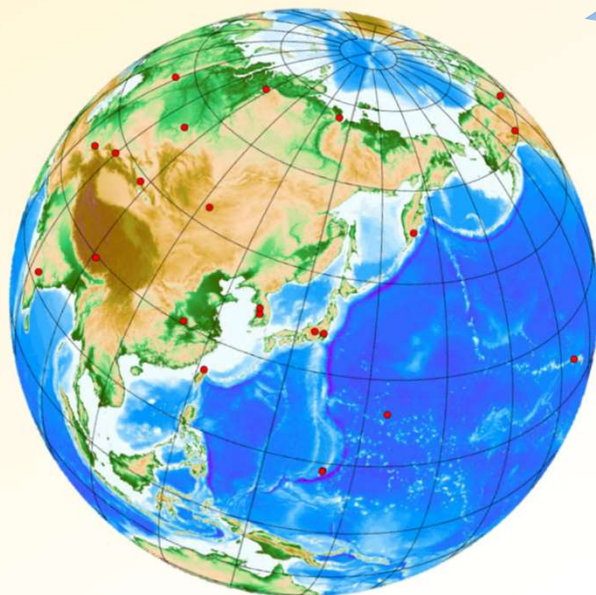
日本の地盤情報システム

- 国土地理院より電子基準点の観測データを取得
- GEONET 全点連日自動解析システムによる**精密な座標**の決定(特許第4846779号)
- 解析ソフトウェアはGAMITとBernese



- 蓄積されたデータによる**座標速度の推定**(特許第4846779号)
- 菱形のGEONET網を作成して、辺長、面積変化を計算(特許第5058504号)
- 各要素の変動量を監視(特許第6082795号)
- **四次元ダイナミック座標管理**に使用(特許第6528293号、商標登録)

JISLaD ~GEONETの解析について~



—解析条件—

GAMIT ver10.71

Bernese ver5.2

(近い将来Ver5.4に変更予定)

ITRF2014座標系

(ITRF2020に変更作業中)

IGS点約28点

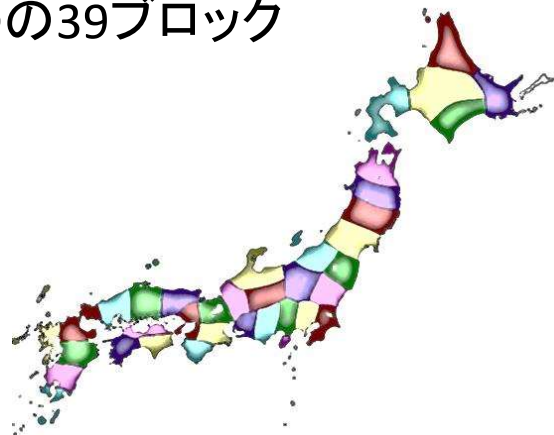
全国約1300点の電子基準点を
絶対座標で毎日決定している



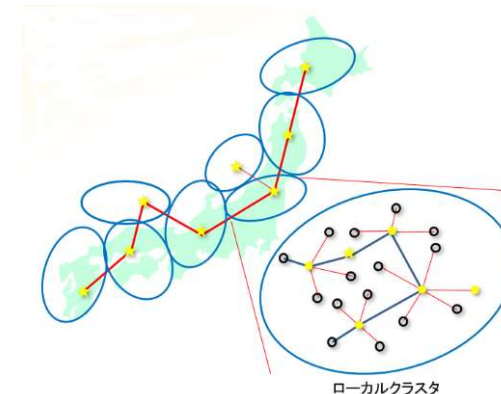
JISLaDの解析 ～JISLaDとF3・F5解の違い～

- GAMIT/GLOBKを用いている。さらにBerneseの解析で照査
F3解・F5解はBerneseのみ
- 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。
F3解・F5解はバックボーンクラスタ方式

JISLaDの39ブロック



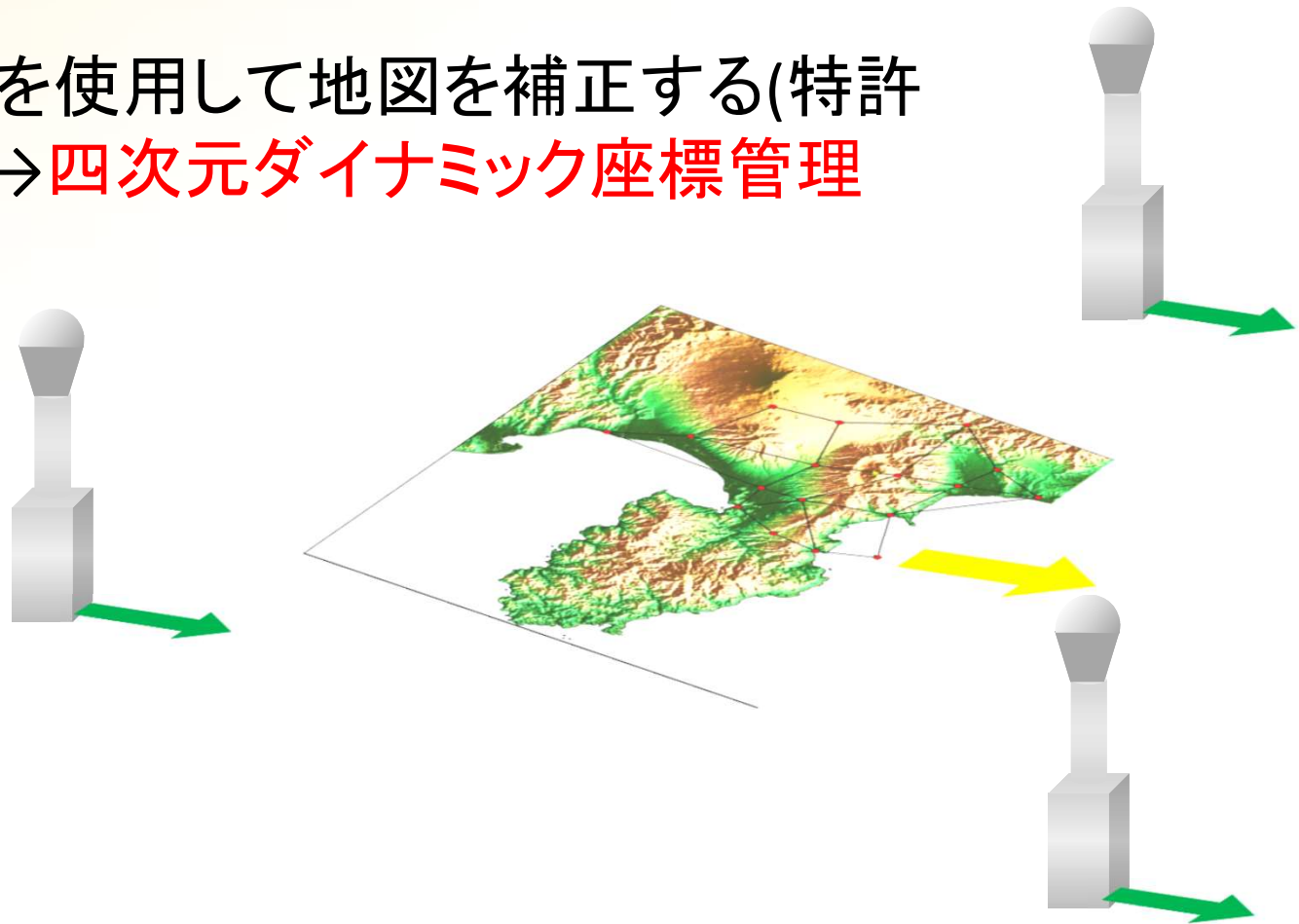
バックボーンクラスタ方式



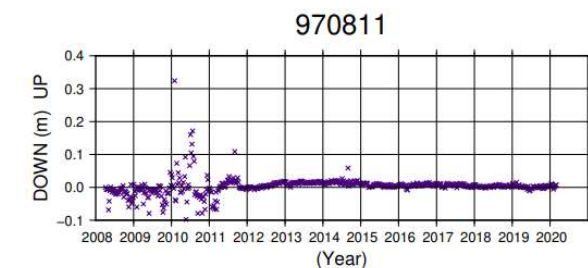
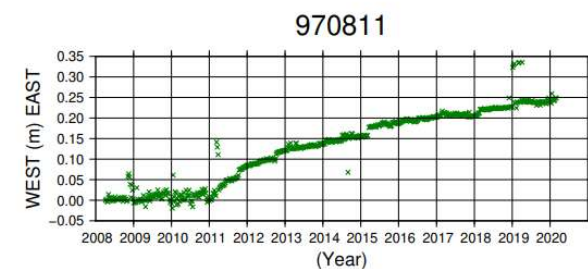
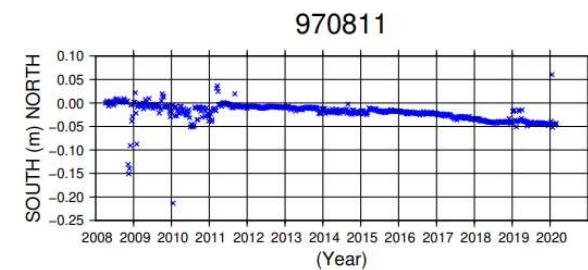
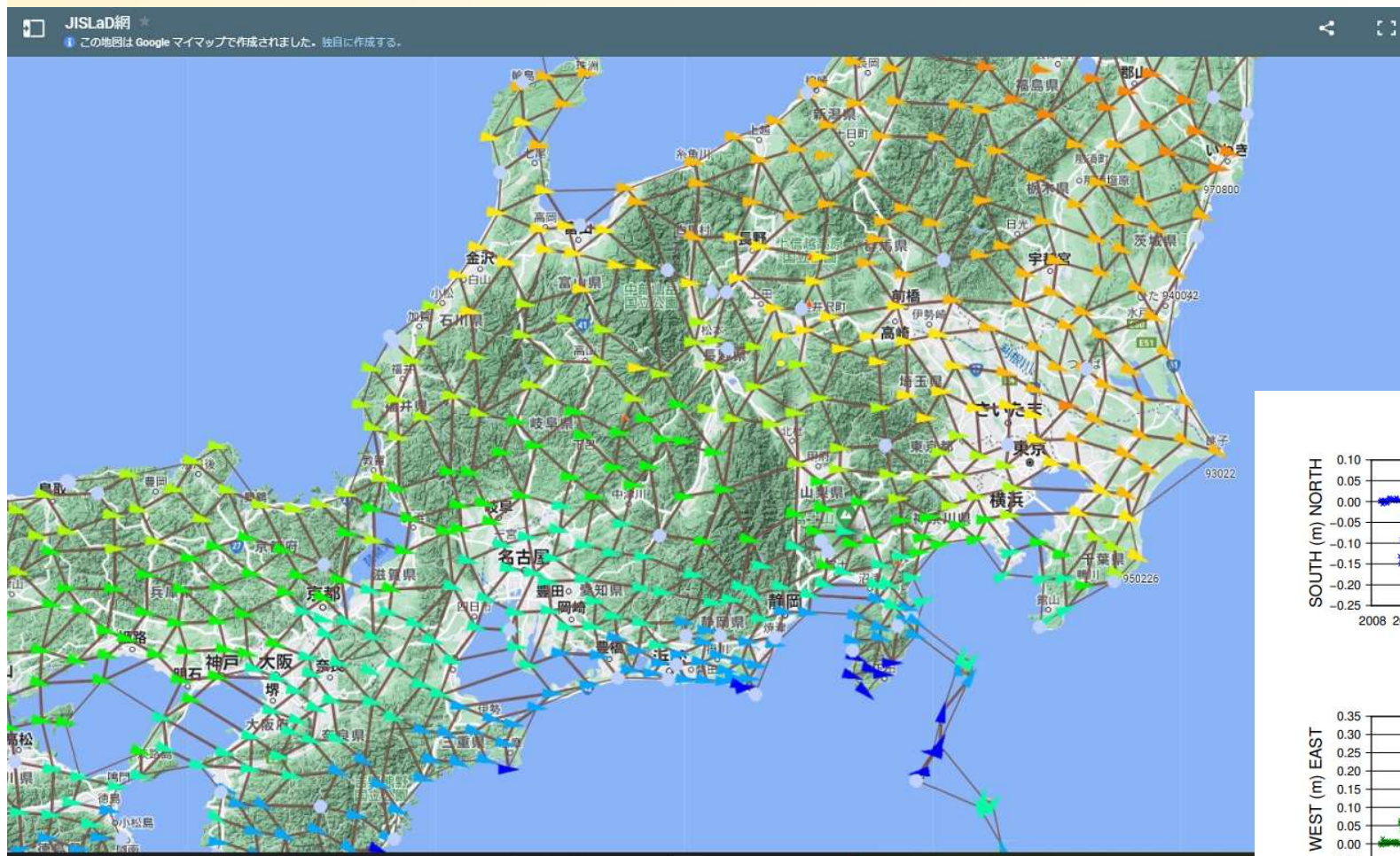
地殻変動 ～地図の変動補正～

基線長比法により近傍の電子基準点から
任意点の速度を推定(特許第5058594号)

任意点の速度を使用して地図を補正する(特許
第6528293号)→**四次元ダイナミック座標管理**
(商標登録)



JISLaDホームページの画面例



<https://www.jislاد.com/>

日本の座標 ～測地成果2000～

—計算方法—

ITRF94座標系

Bernese

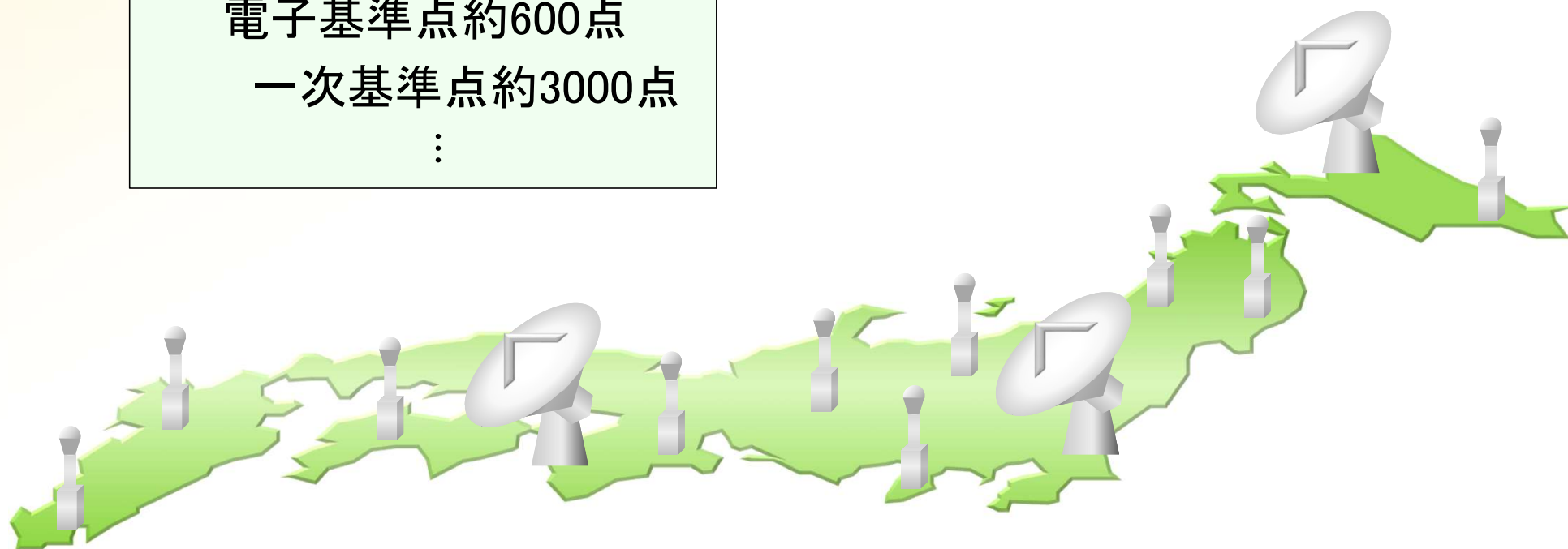
VLBI網3点

電子基準点約600点

一次基準点約3000点

⋮

座標の元期を1997年1月として、
基本的に座標値は変更しない

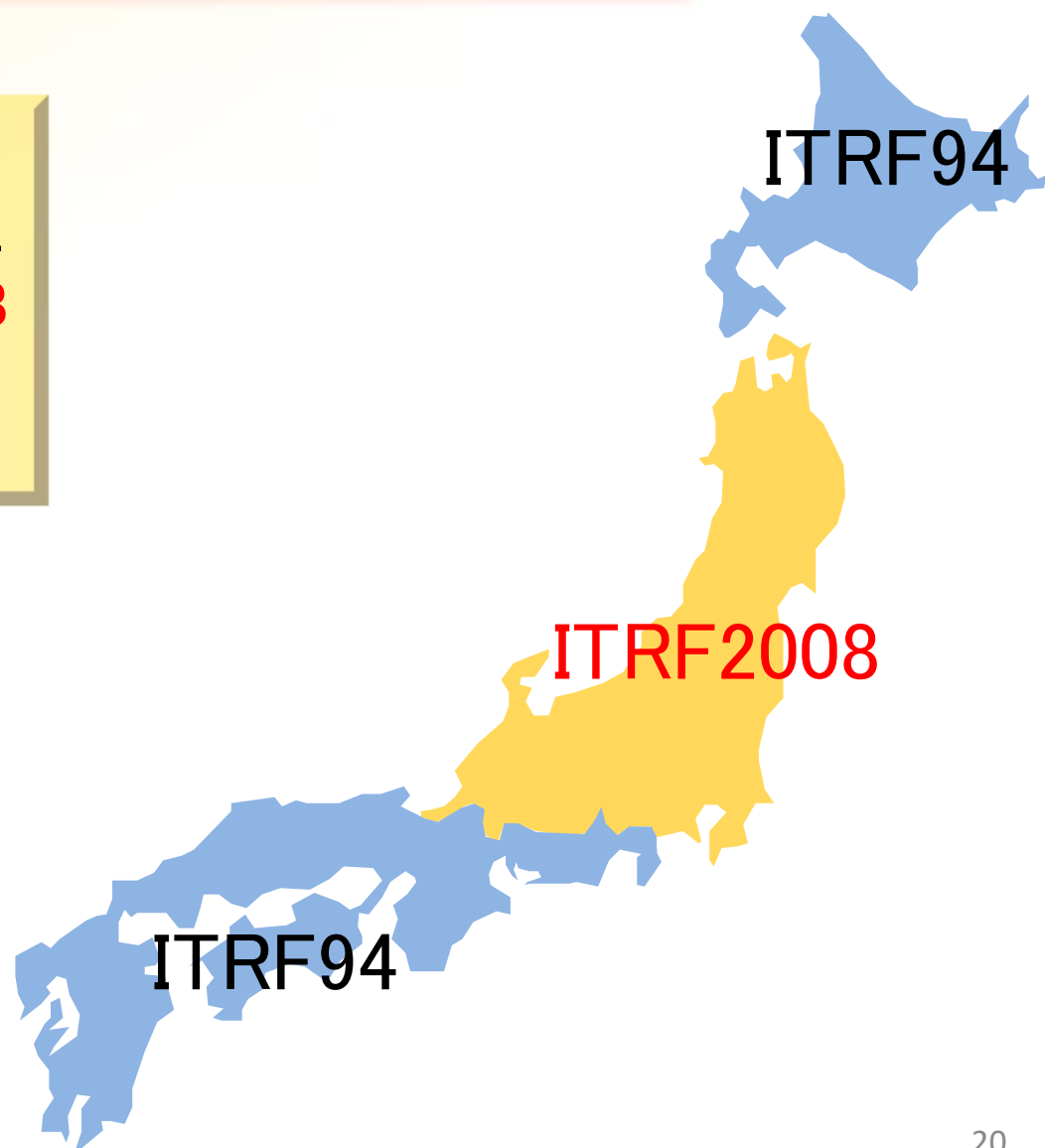


日本の座標 ～測地成果2011～

東北地方太平洋沖地震後に一部エリアの成果を改定

東北地方太平洋沖地震
時に大きな変動があった
エリアの成果を**ITRF2008**
で改定
元期：2011年4月

その他のエリア
成果は改定せず、
ITRF94から変更なし
元期：1997年1月



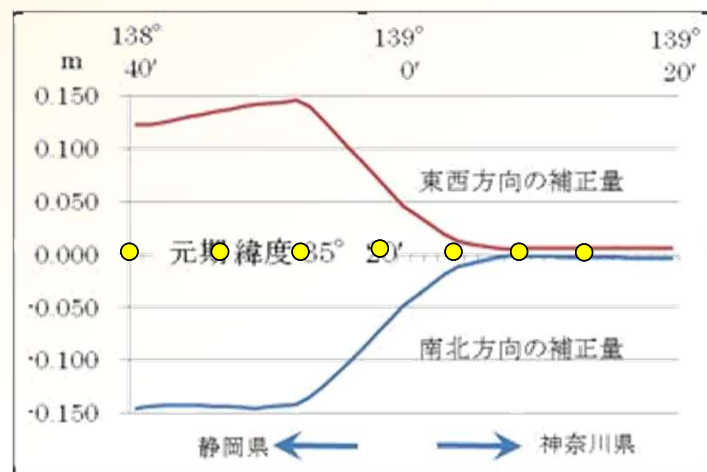
日本の座標 ～セミダイナミック補正～

2011年6月のセミダイナミック補正後の
地殻変動

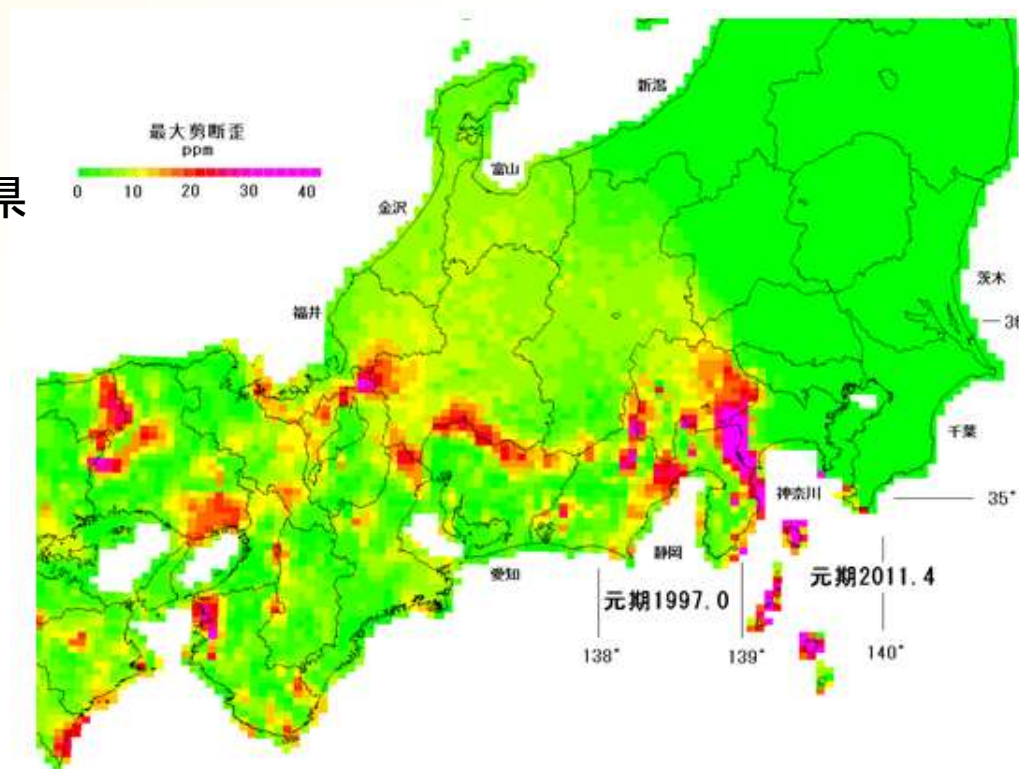
2011年6月 → 2011年4月

2011年6月 → 1997年1月

静岡県 → 神奈川県



静岡県－神奈川県間の
段階的な地殻変動補正



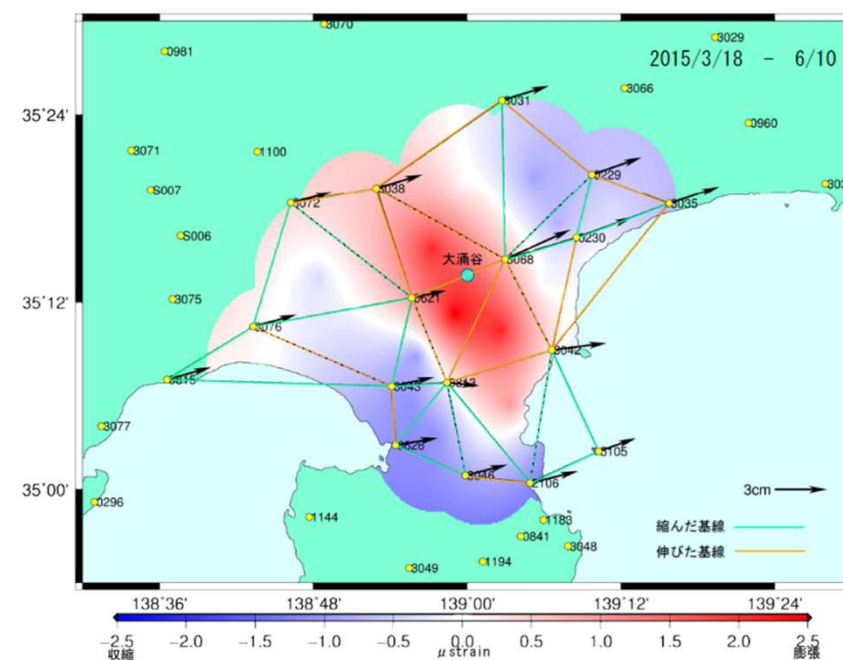
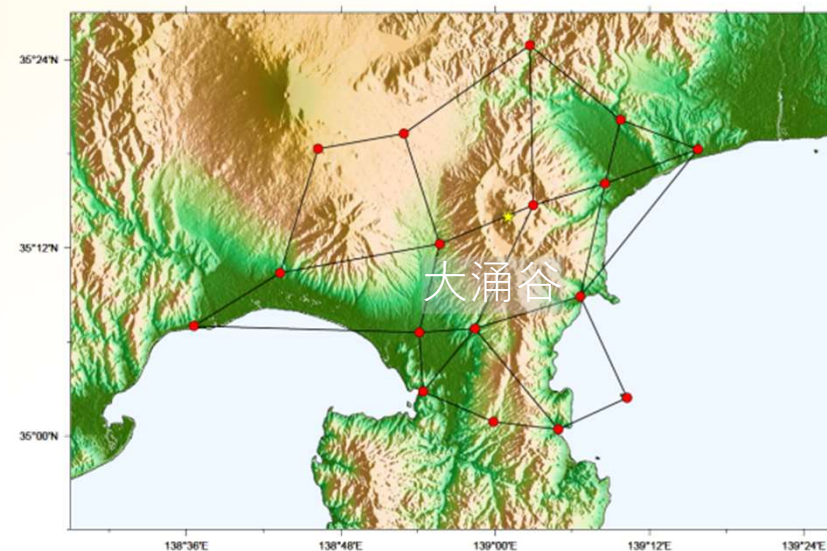
電子基準点の成果改定・非改定地域の地殻変動(最大剪断歪)
2011年度版地殻変動補正パラメータSemiDyna2011.parを利用

AISANホームページATMSパークより引用

JISLaD ～変動量の監視例～



日本の速度ベクトル分布



面積ひずみ図

フィリピンGeneral Santos 空港

2018年11月にUAV(ドローン)
写真測量を実施
10フライト
1215枚の写真
1~2日の作業でオルソフォト
を作成



フィリピンでUAVを用いた空港測量 を実施した背景

- 航空機の離発着の自動化が進みつつある。
 - GBAS(地上型衛星補強システム)やSBAS(衛星航法補強システム)といったGNSSを用いた飛行機の位置決定の精度向上が進んでいる。
- それに空港が対応するには、滑走路の正確なWGS84座標が必要。
- フィリピンも日本と同様に地殻変動の大きな国であり、四次元の精密ダイナミック座標管理が必要。
- 空港全体の正確な地図の作成には航空測量が必要であるが、UAVを用いることにより、簡便に航空測量ができるようになってきている。
- 東南アジアでの空港測量の実績があり、日本国内で四次元ダイナミック座標の導入を進めている(株)日豊が、2018年11月に座標値の精密決定とともにUAVを用いた航空測量を行った。

日豊が過去JICAプロジェクト等として 行ってきた東南アジアでの実績

空港測量

Butuan, Philippines (2010)

Hai Phong, Hue in Vietnam (2011)

Vientiane, Pakse in Lao PDR (2011, 2013)

Siem Reap, Phnom Penh in Cambodia
(2012)

GNSS データ解析指導

Manila, Philippines (2013,2014)

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精度が必要となり、水平30cm高さ25cm程度の精度の座標が求められている

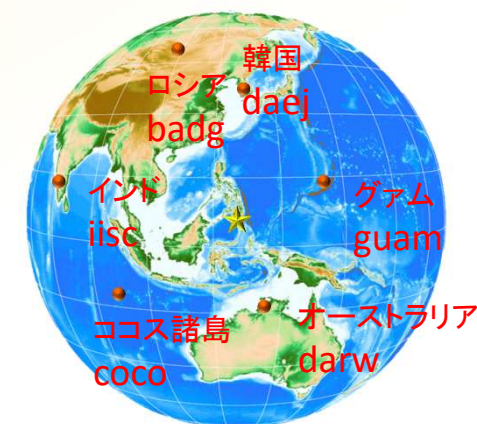
→ **ダイナミック座標管理**が必要

1次基準点として、2002年に米国
NIMA (National Imagery and
Mapping Agency) が作成した2点の
BMを採用し、4日間の連続
GNSS観測を実施



基準点のGNSS解析結果

解析に使用したIGS点



		緯度(dmmss)	経度(dddmmss)	楕円体高	測量年月
PMR3	Nippo	60416.9410	1250546.9518	220.403	2018/11
	NIMA	60416.9458	1250546.9618	220.485	2002/4
	Nippo — NIMA	-0.148m	-0.306m	-0.082m	
PMR1	Nippo	60237.9424	1250559.0392	208.602	2018/11
	NIMA	60237.9480	1250559.0489	208.687	2002/4
	Nippo — NIMA	-0.176m	-0.299m	-0.085m	

2002年NIMA測量以降の16.5年間の変動



(参考)スンダプレートを基準としたときの変動(1年あたり)

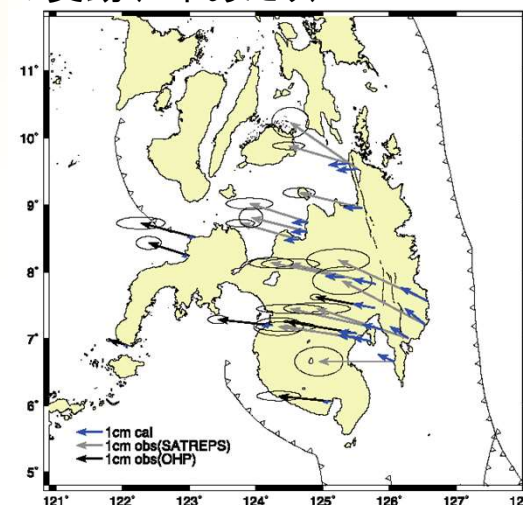
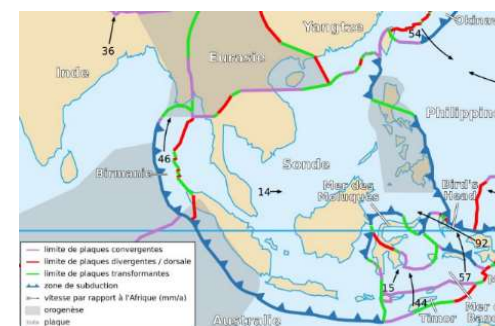


Fig. 4. Velocity vectors with respect to the Sunda plate. Open arrows denote calculated velocities assuming 100% of plate coupling along the upper surface of the subducting Philippine Sea Plate down to a depth of 80 km. Blue and red arrows are velocities observed by the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development Program (SATREPS) and Ocean Hemisphere Project (OHP) campaigns, respectively. Error ellipse of 3-sigma are also shown for the observed velocities.

Ohkura et al.(2015),J. Disaster Research



スンダプレート

共同で仕事をしている清水建設のグループ企業が新たなSAR衛星開発



Synspectiveが開発中のSAR衛星をSPACEONEが打ち上げる計画が進んでいる



日本のSynspectiveが開発中のSAR衛星「StriX-α」の運用イメージ

Xバンド（8～12GHz帯）の電波を使う合成開口レーダーを搭載。2022年には6機体制でサービスインを予定している。将来的には25機体制を構築して世界中の任意の地点を1日1回は観測できるようにする。（出所：Synspective）

（日経クロステック、2020）

フィリピン・ダバオ国際空港へGNSSアンテナ付きSARリフレクタ の設置作業進行中(特開2022-29176 国際特許申請中)



SARリフレクタ + GNSSアンテナ

(箱根・大涌谷に設置したもの)





NAMRIA(フィリピン
国土地理院)が全
国GNSS連続観測網
を作っている。

PAGeNet
(Philippine Active
Geodetic
Network)



<http://pagenet.namria.gov.ph/AGN/agnHome.aspx>

PAGeNetとダバオ空港の GNSSデータを併せて JISLaD方式で解析予定

NAMRIA(フィリ
ピン国土地理
院)での打ち合
わせ会議

ダバオ空港のPAGeNetアンテナ



ダバオ空港でのリフレク
ター設置場所調査



1
5

日本の空港座標の再測

- 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。
→四次元ダイナミック座標管理(特許6528293号、商標登録)

測 量

- 令和3年度17空港、令和4年度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



GNSS測量器の設置



アンテナ高の確認



GNSS観測



TS観測



障害物の有無の確認調査



VRS観測による基準点の設置



障害物高のTS観測



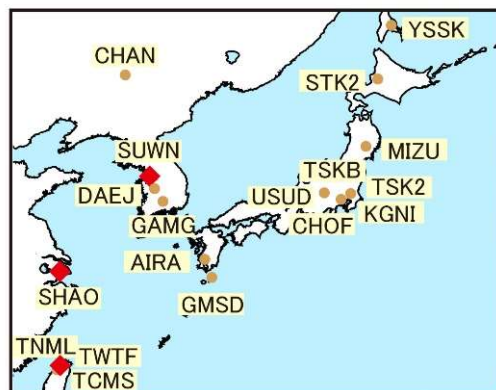
障害物高のTS観測

データ解析

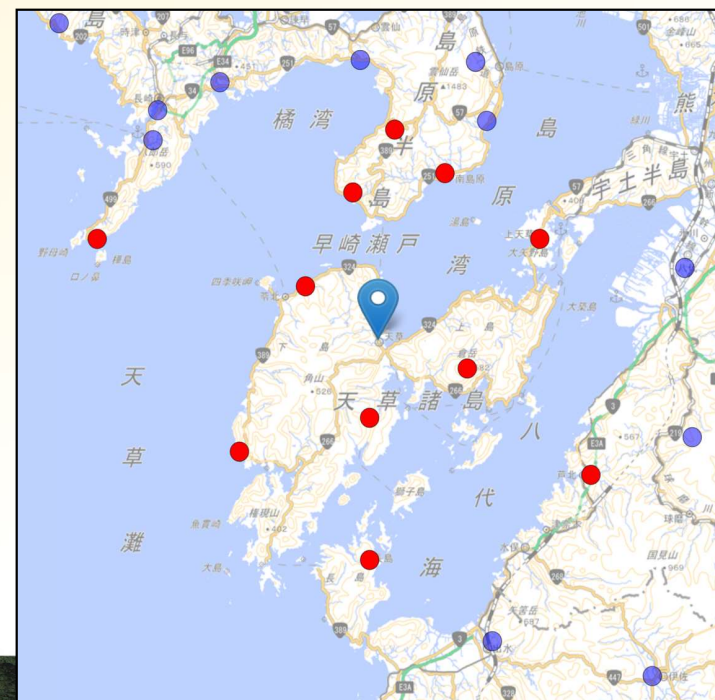
- 空港周辺の3点の電子基準点のJISLaD座標（今期の座標）を基準として、空港内の二次基準点4点の座標を決定（測量用プログラムTOWISEを使用）
- TSを用いて二次基準点4点の座標から滑走路両端のWGS84座標を決定
- 空港周辺の障害物の座標、水平位置と高さを決定（VRS-RTKとTSの組み合わせ）

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。
(特許第5058594号)

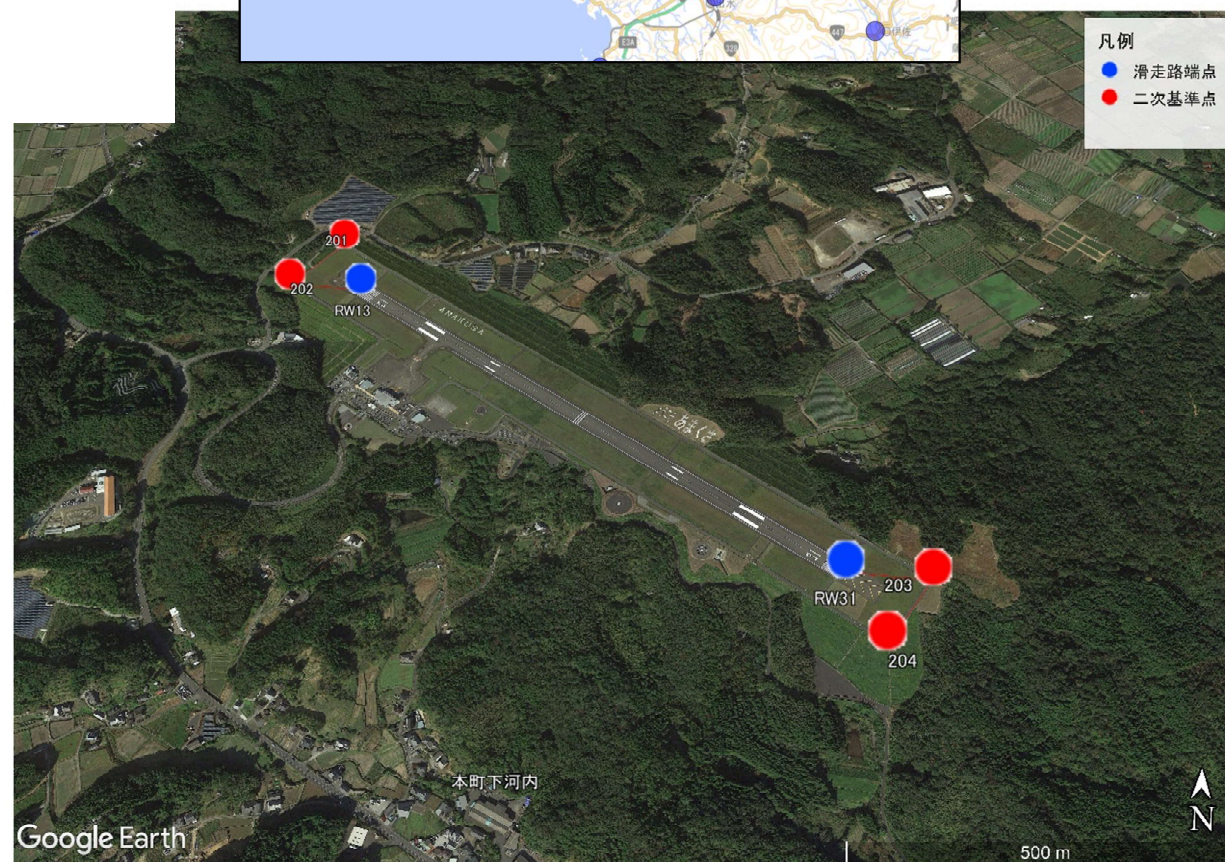


解析に用いたIGS点
 ◆ 座標基準点
 ● 非拘束点

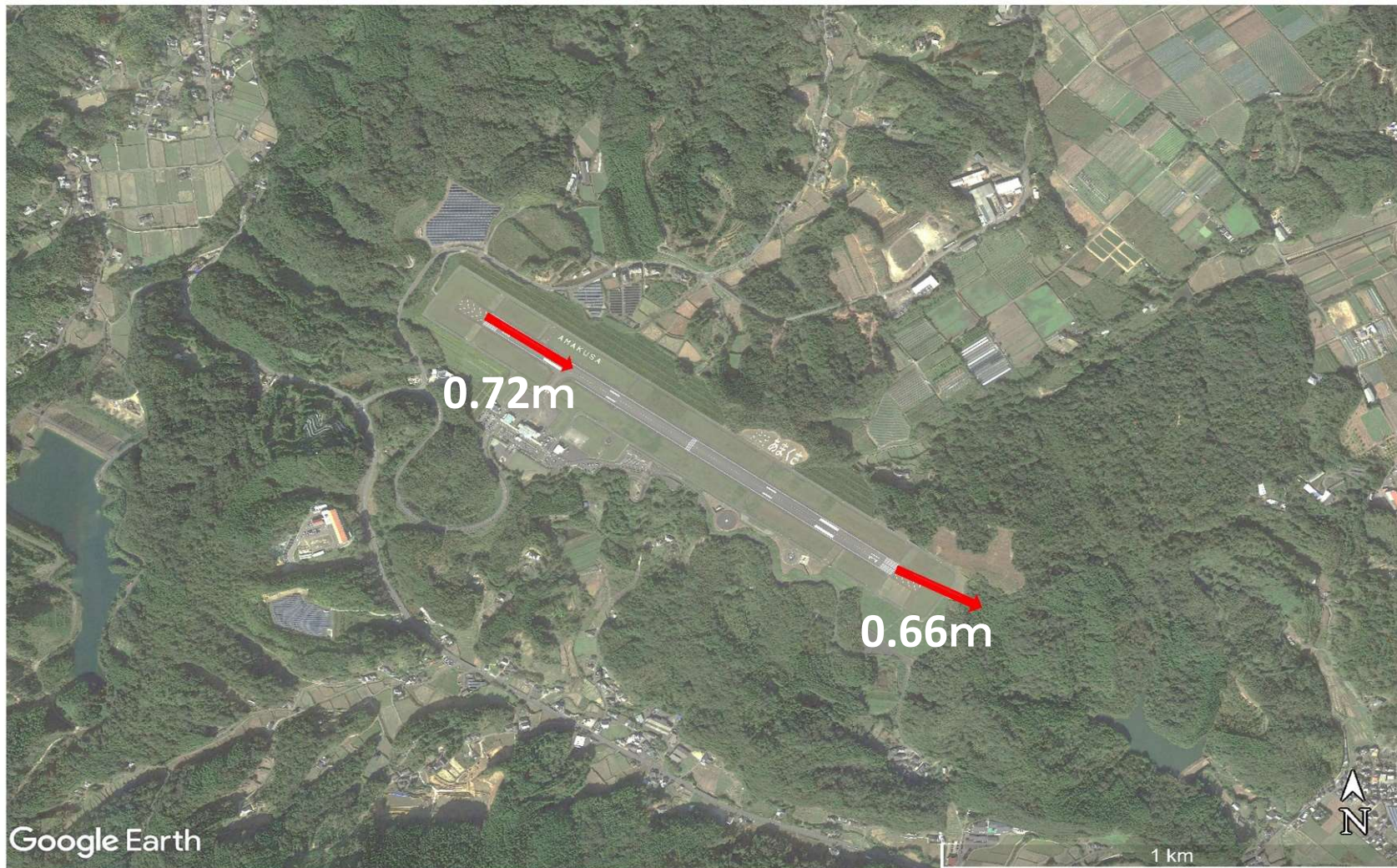


凡例
 ● 滑走路端点
 ● 二次基準点

データの検証

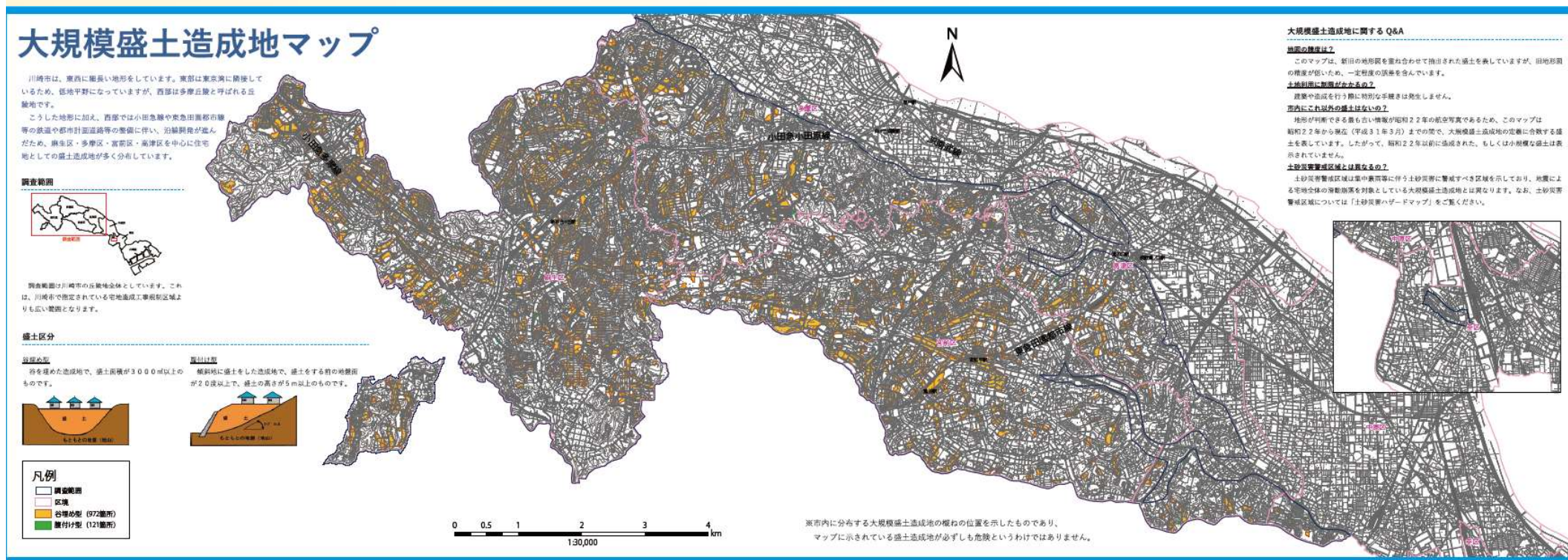


2000年から2021年までの水平変動



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

川崎市大規模盛土造成地マップ

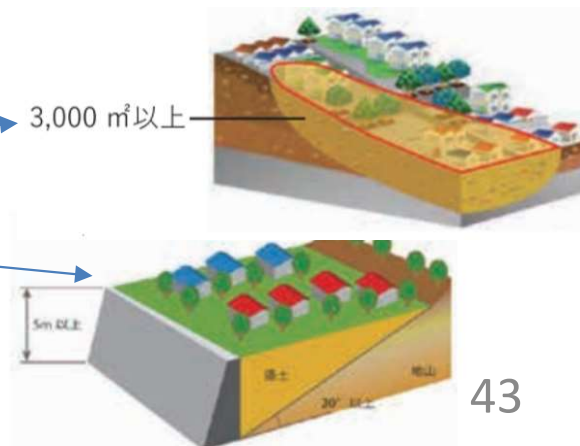


川崎市内の大規模盛土造成地 1093箇所

谷埋め型 972箇所

腹付け型 121箇所

1000箇所以上の大規模盛土造成地を抱える
市町村は川崎市を含め全国3市のみ



共同研究立ち上げ

- 川崎市の大規模盛土変動予測調査で滑動崩落対策工事が必要となる箇所はないとの結論を得ているが、地盤変動を実測しているわけではない。今後新たな滑動崩落の兆候とされる変状等が生じる恐れ。
- 共同研究「GNSSと干渉SARの統合解析による川崎市内大規模盛土造成地の地盤変動監視」の立ち上げ(2022年4月より2年間)
 - 川崎市(まちづくり局指導部)
 - 日豊(川崎市の測量会社、GNSS測量、4次元座標管理)
 - 清水建設(大手ゼネコン、宇宙技術利用に力を入れている)
 - 神奈川県温泉地学研究所(県の研究所、干渉SAR解析に実績)
 - マッフル(地図作成販売、「今日の地図」の作成)
 - ASロカス(地理情報システム開発、4D-GIS作成)
 - 武揚堂(地図作成販売、川崎市の盛土ハザードマップ作成)
 - 三矢研究所(川崎市、UAV製作・撮影)



令和4年4月26日
報道発表資料

GNSS測量による大規模盛土造成地の 経過観察に係る共同研究を開始します

川崎市では、平成18年から大規模盛土造成地の各種調査に取り組み、優先的に観察を行う場所を選定し、取組を進めてきたところです。調査を行った大規模盛土造成地については、現地踏査による経過観察を継続的に実施し、滑動崩落の兆候の早期把握に努めることとしています。

このたび、本市と共同研究者で4月に共同研究契約を締結し、市内全域を網羅するGNSS(Global Navigation Satellite System: 全球測位衛星システム)連続観測点を各区に設置して、GNSS測位と干渉SAR(Synthetic Aperture Radar: 合成開口レーダー)によるデータを用いて地盤変動を観測することにより、市内の大規模盛土造成地の監視を行います。

連続観測点を基準として、大規模盛土造成地に複数観測点を設置し、年間複数回のGNSS定期観測を実施して地盤の変動を詳細に監視し、大規模盛土造成地の経過観察への有効性等を研究します。

また、本研究では、大規模盛土造成地の安全性判定のデータベースを構築するとともに、ドローンに搭載したレーザースキャナーや地上レーザースキャナーにより、擁壁などの構造物の劣化やひび割れなど細部の経年変化の監視も行います。さらに経年変化の変動速度を加味したデータ管理システムの構築を目指します。

【共同研究の概要】

(1) 研究名称

GNSSと干渉SARの統合解析による川崎市内
大規模盛土造成地の地盤変動監視

(2) 実施期間

令和4年度から2年間

(3) 共同研究者

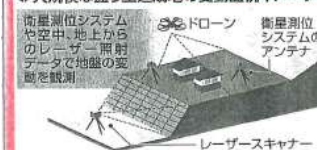
日豊(川崎市)、清水建設(東京都中央区)、
神奈川県温泉地学研究所、

マッフル(東京都千代田区)、ASロカス(千葉県)、
武揚堂(東京都目黒区)、三矢研究所(川崎市)



2022年(令和4年)8月18日(木曜日) 川崎 市報

大規模な盛り土造成地の変動監視イメージ



盛り土変動衛星で監視
川崎市など造成地の状況3次元化

川崎市は、大規模な盛り土造成地の崩落などの兆候を早期に把握するため、衛星を使った測量技術を用いた監視システムの研究を民間と共同で今年にも始める。市によると、同様のシステムは全国に例がなく、国土交通省は「観測技術を組み合わせた先進的な取り組み」と注目する。昨年7月の静岡県熱海市の土石流災害などをきっかけに、市は「国土交通省と連携し、盛り土造成地の安全確保に貢献したい」としている。

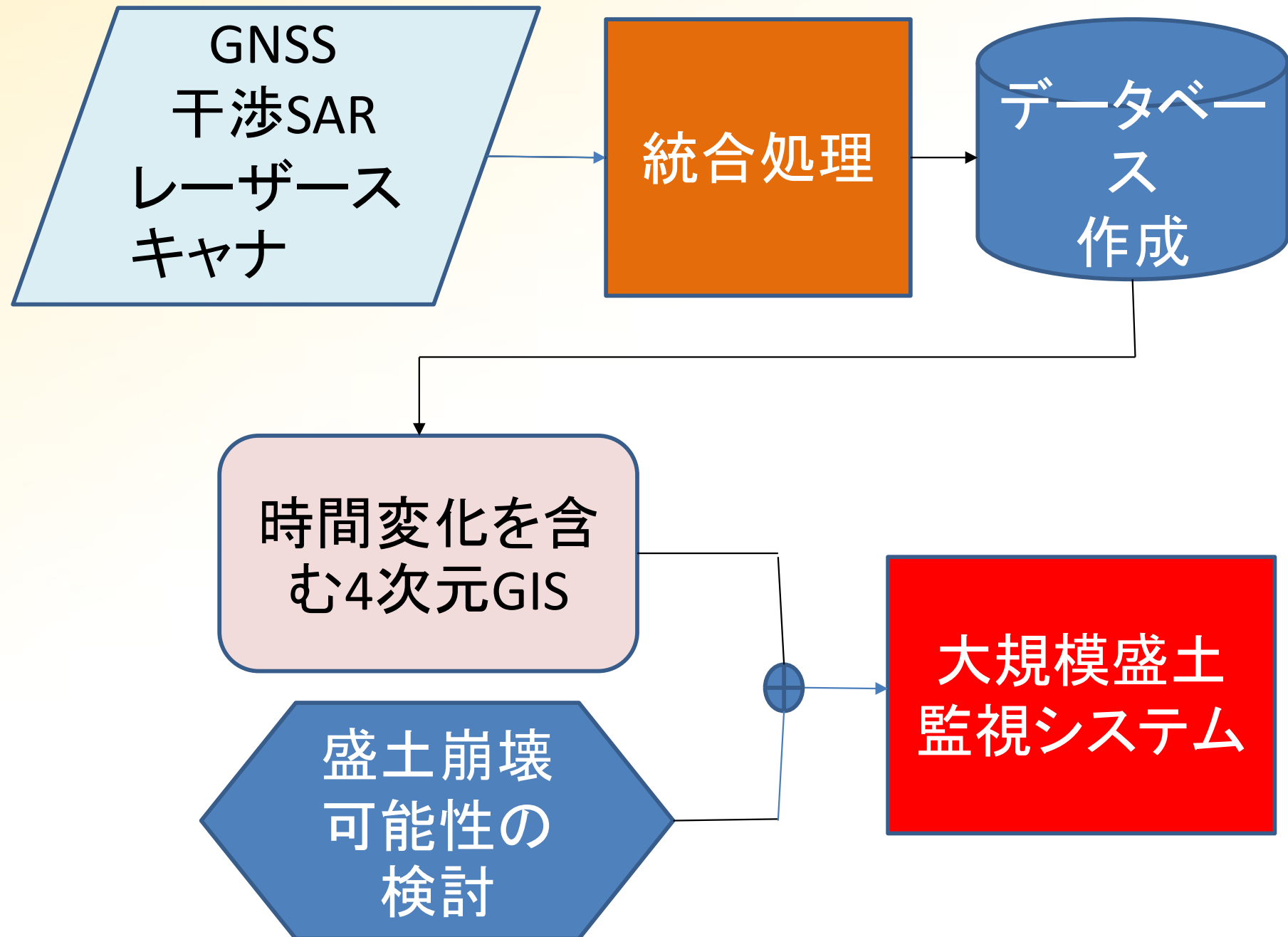
市は、国土交通省と連携し、盛り土造成地の安全確保に貢献したいとしている。市は、国土交通省と連携し、盛り土造成地の安全確保に貢献したいとしている。

大規模な盛り土造成地、高度成長期以降に造られた盛り土造成地は、全国に約5万箇所ある。谷を埋め立てた「谷埋め型」は面積3000平方メートル以上、傾斜地の「腹付け型」は地盤の傾斜が10度以上で盛り土の高さが5メートル以上の場合が該当する。

市は、国土交通省と連携し、盛り土造成地の安全確保に貢献したいとしている。市は、国土交通省と連携し、盛り土造成地の安全確保に貢献したいとしている。

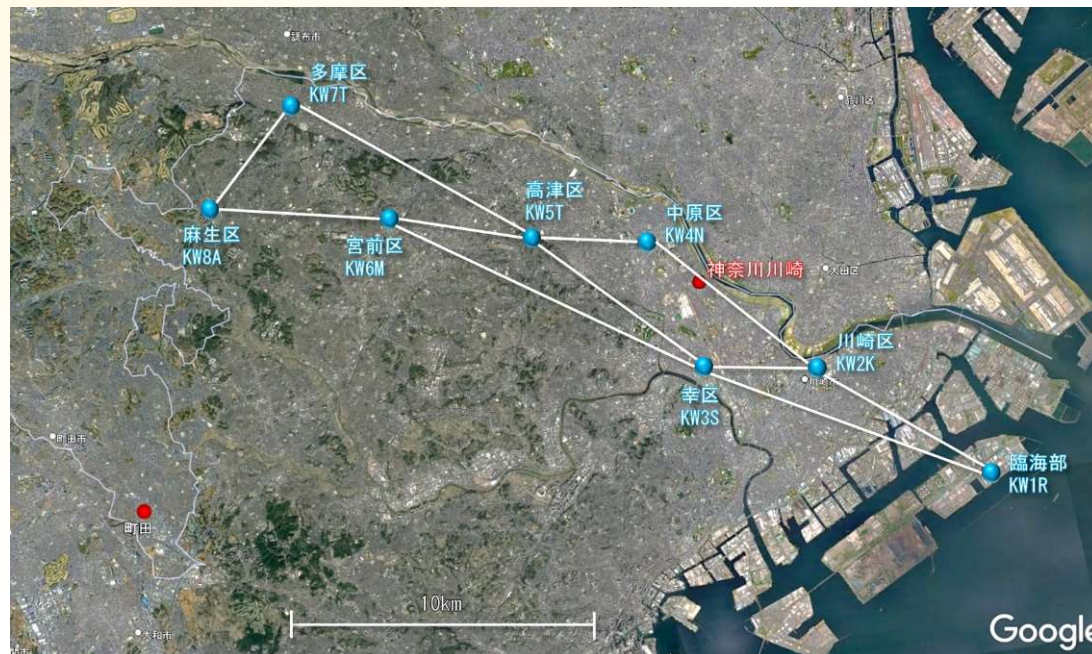
複数の観測地4回ほど地盤変動を測り、分析を行う。電子基準点が測り、空中のレーザースキャナーのデータを組み合わせて3次元モデルを作成し、精度を高める。市は、国土交通省と連携し、盛り土造成地の安全確保に貢献したいとしている。

大規模盛土防災監視方法の流れ



GNSS基準点新設(8点)

アンテナ
小峰無線電機 QZG12FQ



受信機
セプテントリオ社 mosaic-x5

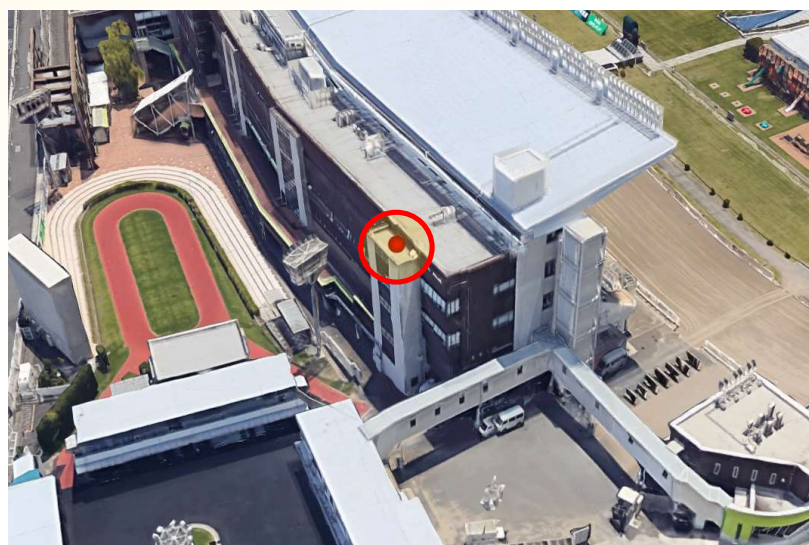
サンプリング間隔
1秒

取得衛星
GPS GLONASS Galileo 準天頂

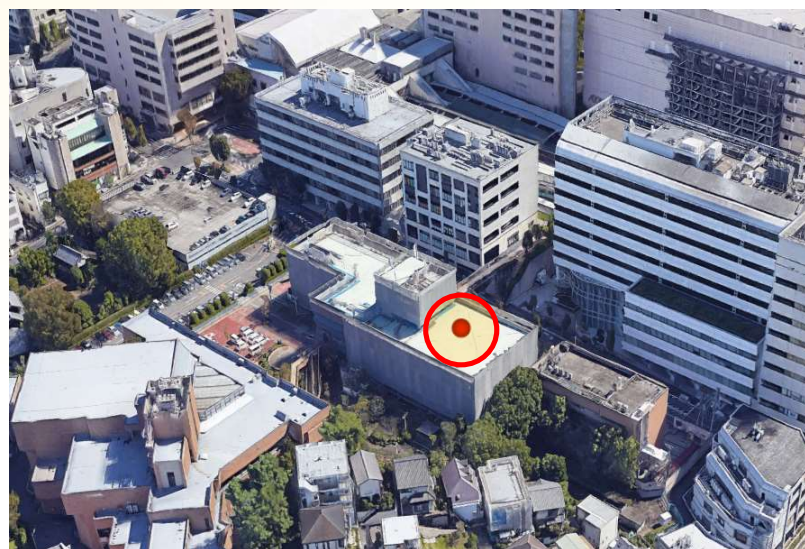
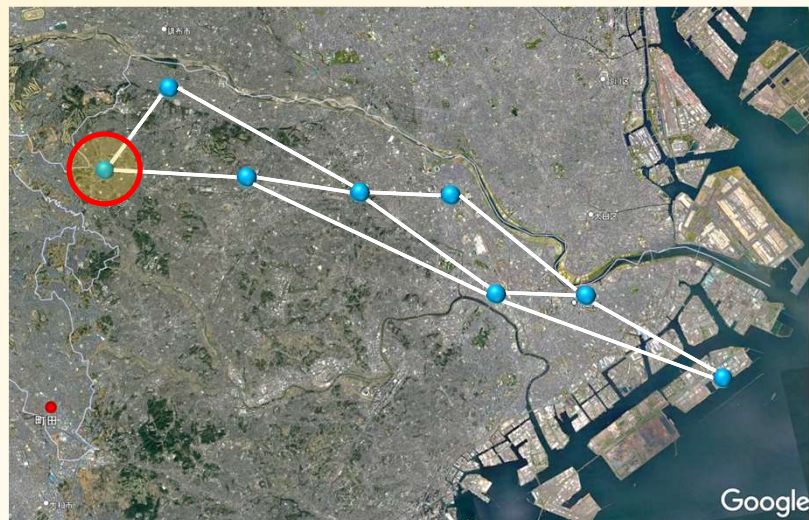


KW2K 川崎区

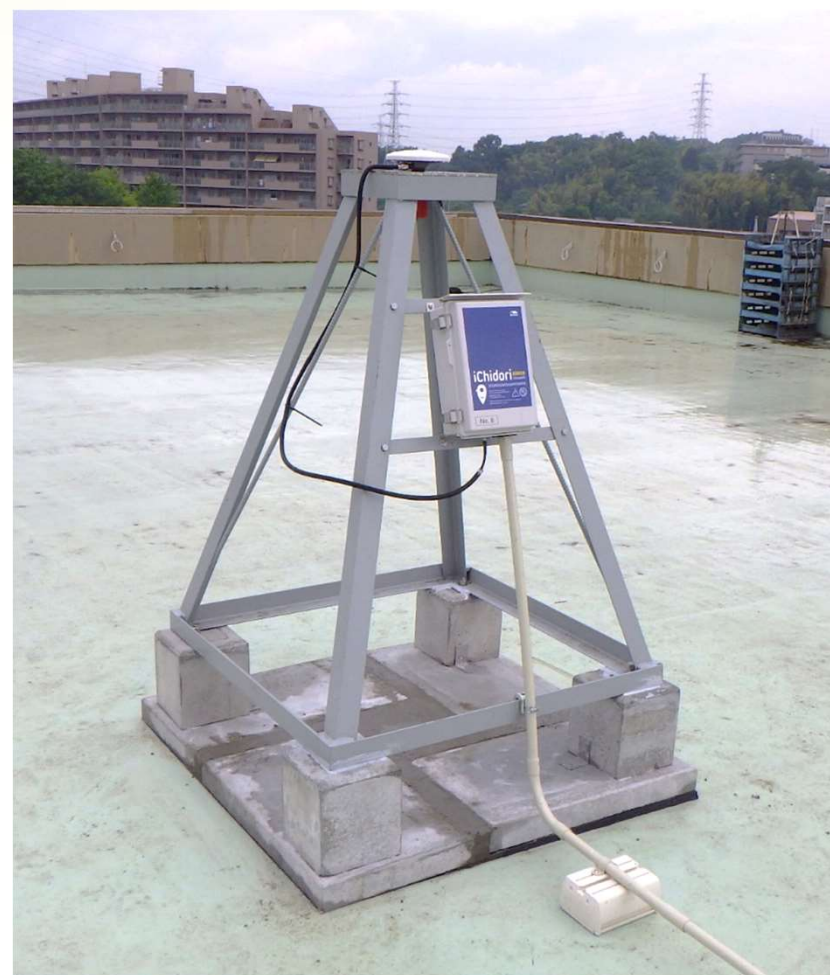
川崎競馬場 屋上



KW8A 麻生区



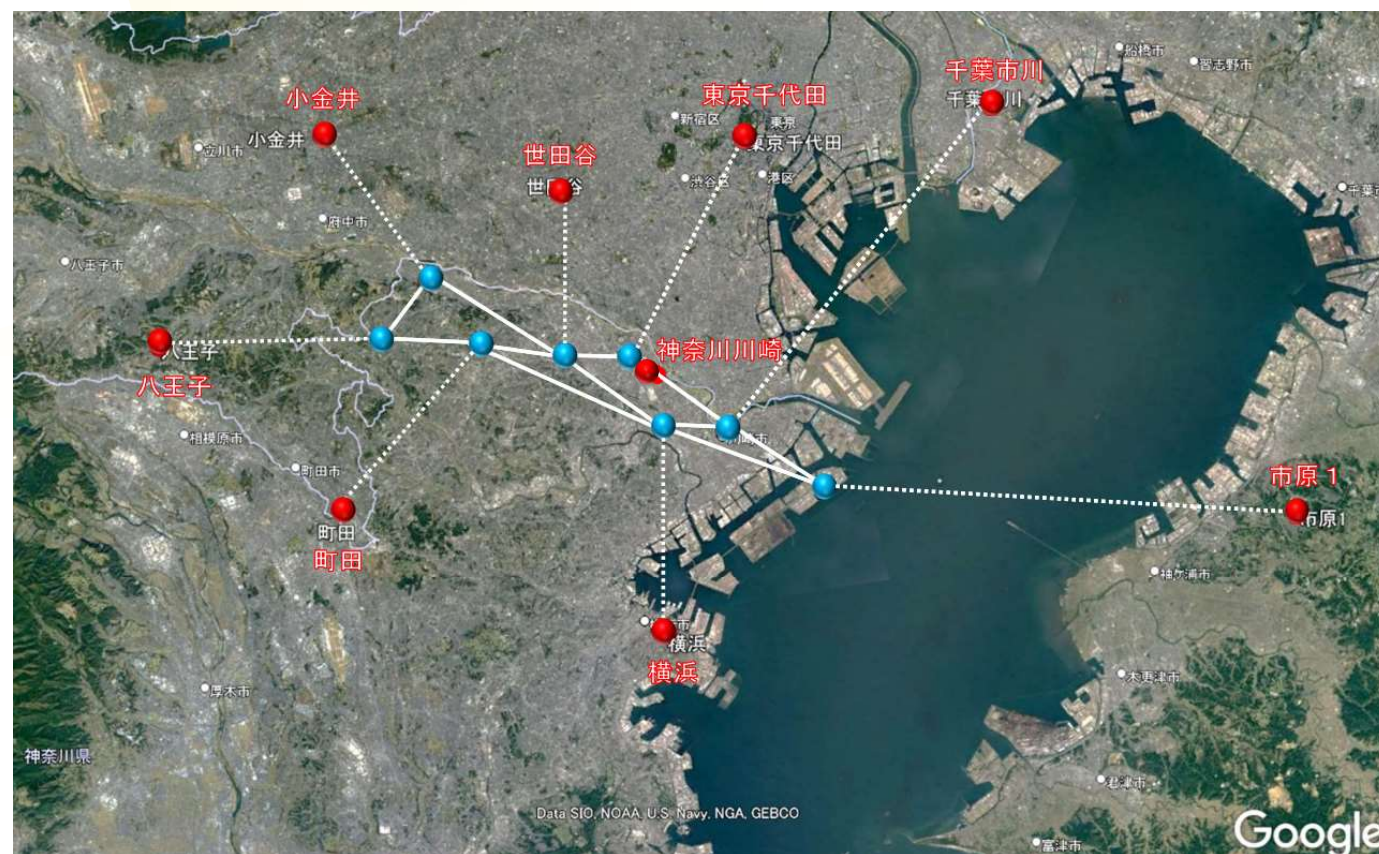
麻生区役所 屋上



川崎市周辺の電子基準点とあわせ新しいJISLaD網に



JISLaDの39ブロック



新たに加えるブロック

- 新設した基準点、
- 国土地理院の電子基準点

精度の検討(短期再現性)

2022年DOY205から246のGAMITによる結果の平均値からのRMS(単位:mm)

新設点

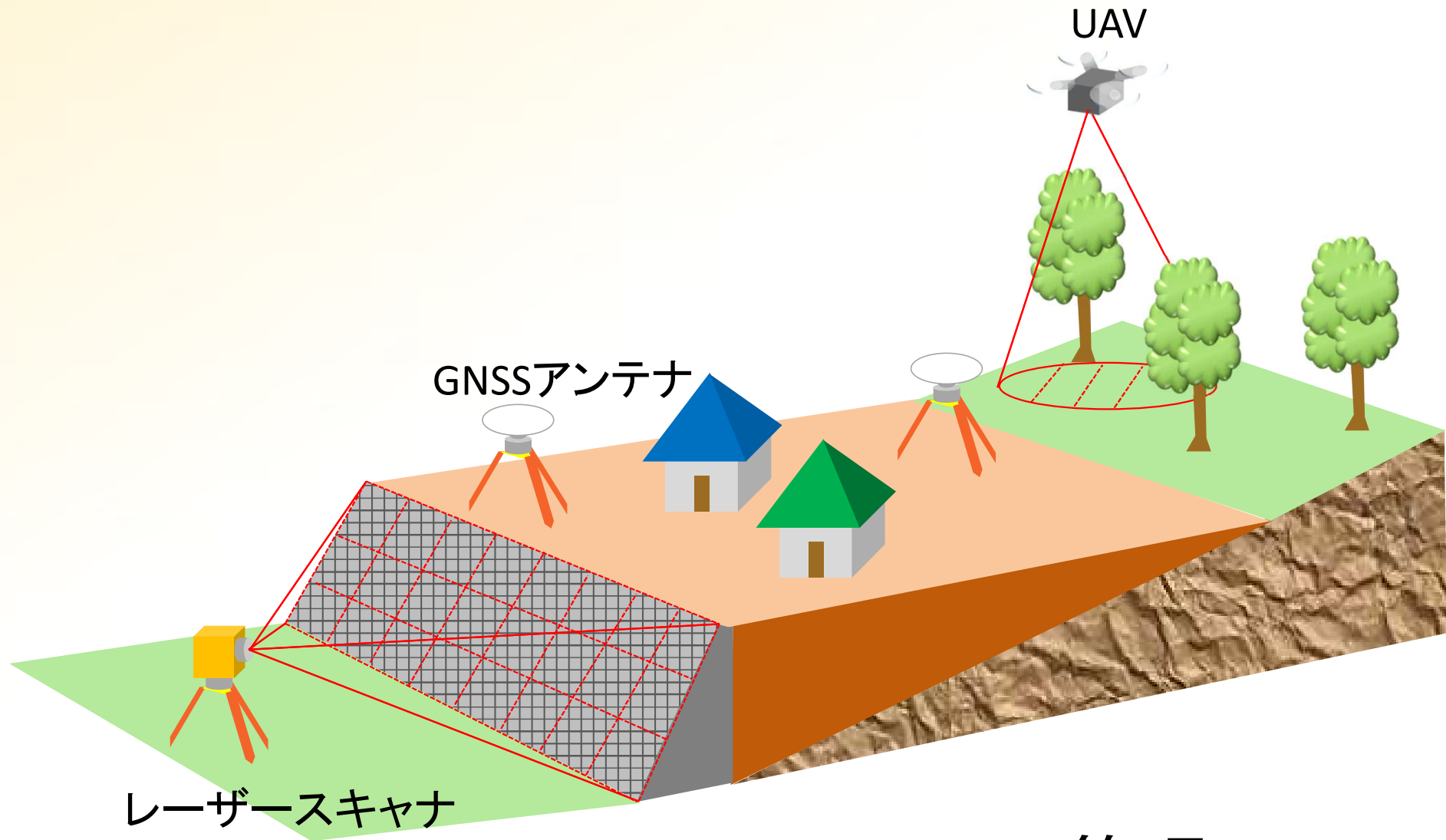
	NS	EW	UD
KW1R臨海	2.9	4.3	8.5
KW2K川崎	4.3	4.4	8.3
KW3S 幸	3.0	4.5	7.0
KW4N中原	4.6	4.4	11.8
KW5T高津	2.9	4.4	7.7
KW6M宮前	3.7	4.6	9.4
KW7T多摩	3.7	4.4	8.7
KW8A麻生	4.1	4.3	8.6
全RMS	3.7	4.4	8.9

国土地理院電子基準点

	NS	EW	UD
世田谷	2.7	4.3	9.0
八王子	2.6	4.6	6.8
東京千代田	2.7	4.6	7.0
小金井	3.4	4.4	7.1
千葉市川	2.6	4.5	6.9
神奈川川崎	2.6	4.7	5.1
町田	2.3	4.5	7.5
市原1	2.5	4.1	8.2
横浜	2.5	4.5	5.8
全RMS	2.7	4.5	7.1

電子基準点に比べると、若干精度が落ちるように見えるが、簡単な受信点にしてはまずまずの精度の値が得られている。

GNSS・地上レーザー・UAVによる盛土 の監視



4D-GISで管理

四次元ダイナミック座標管理 ～今日の地図・明日の地図～

マッフル10000デジタルデータ



約5.6km



約4.6km

全国の主要部3200メッシュ以上
基図は1/2,500図面

図形データ

線データ(28)、ポリゴンデータ(29)、注記データ(29)、
注記+シンボルデータ(47)、シンボルデータ(11)

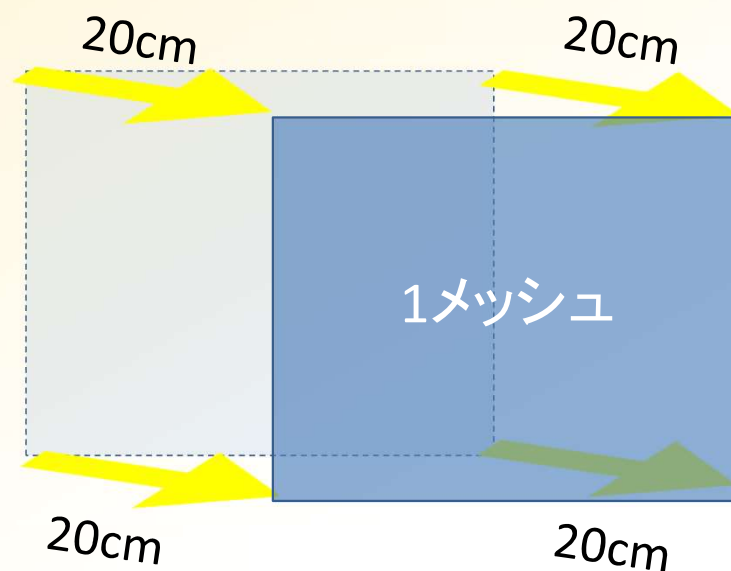
線データ

注記属性(24)、線属性(4)

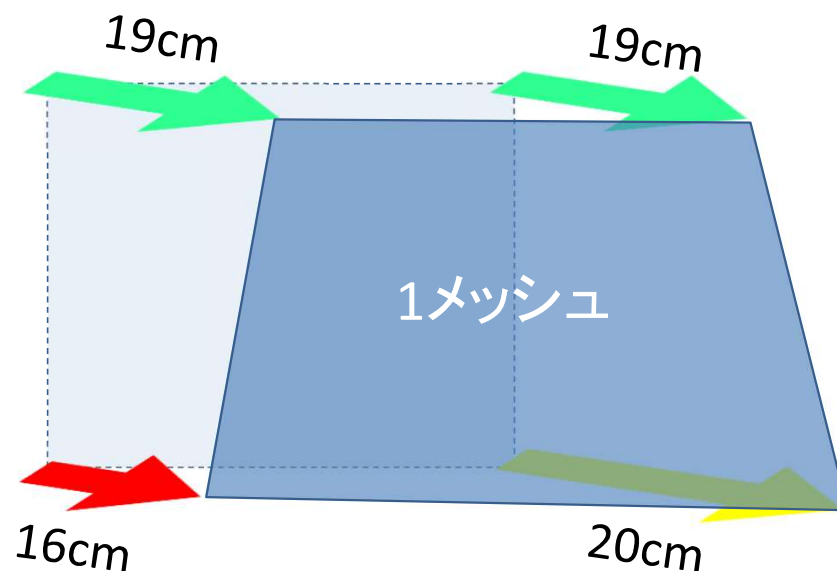
マッフルデジタルデータサンプルより引用

四次元ダイナミック座標管理 ～今日の地図・明日の地図～

大縮尺
1メッシュに
1つの補正量



小縮尺
1メッシュに
4つの補正量



推定パラメータ

検証
(測量)

実用成果

まとめ

- (株)日豊は、特許や商標登録や学会発表を基に、新たな仕事の開拓を行ってきた。
- 具体例として、JISLaDシステムを作り、四次元ダイナミック座標管理を推し進めている。
- その実際例として、フィリピンでの空港測量、フィリピンでのGNSS連続観測点解析事業、日本の空港測量、川崎市での盛土防災(さらには四次元で変動する地図)の例を紹介した。
- 特許や商標登録は、新たな仕事の開拓の助けになるとともに、仕事を守るためにも役立つ。