

GEONETの高度化

測地観測センター
地殻監視課

contents

1. 背景

2. 現状の課題

3. 個別研究課題

- (1) 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究
- (2) 次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発
- (3) リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

4. 学会発表・論文等の状況

5. まとめと今後の取り組み

GEONET:GPS Earth Observation NETWORK System

- ・全国に1240点のGPS連続観測点
(電子基準点、点間距離約20km)
- ・GPS信号を毎秒受信
- ・IP-VPN網でリアルタイム取得
(一部の離島等は衛星携帯で取得)
- ・GPS中央局でデータ収集・解析
- ・観測データは無償公開し、
測量・研究分野で利用
- ・定常解析により地殻変動監視



電子基準点配点図

3

GEONETの目的

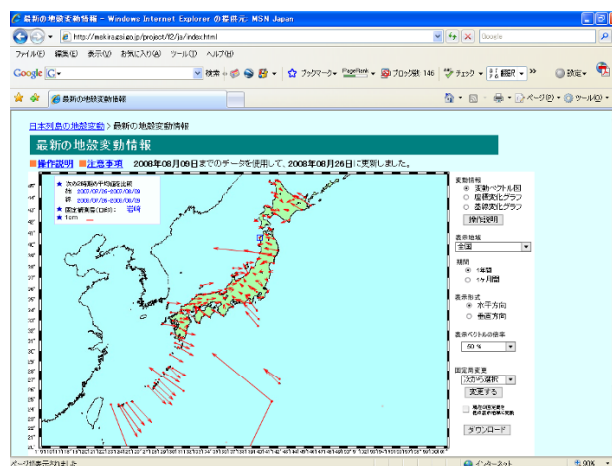
- ・測量標としての役割(国内測地基準網の構築)
- ・連続観測による地殻変動監視(防災、地球科学への貢献)

※観測データ等を無償公開し、測量・研究分野での利用に貢献



測量データ提供HP

(<http://mekira.gsi.go.jp/>)



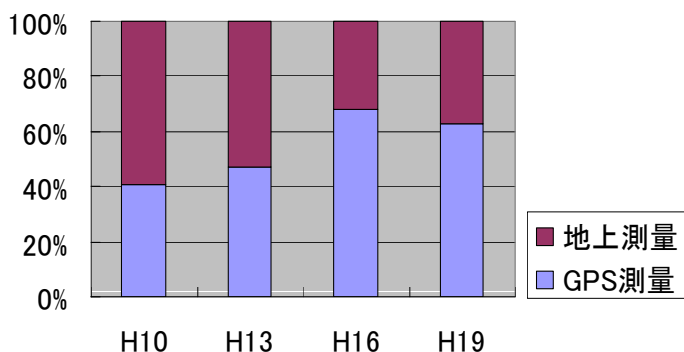
地殻変動情報提供HP

(<http://terras.gsi.go.jp/ja/index.html>)

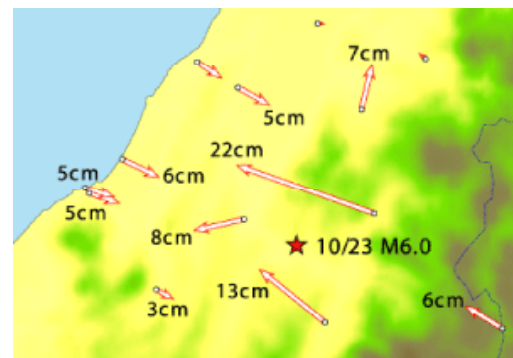
4

- ・測量は国土管理の上で必要不可欠な技術
(例) 公共工事の施工、地図作成等
- ・最近10年でGPS衛星を用いた測量技術が普及
 - GPSは、地上測量より効率的
⇒ 現在、基準点測量の 3分の2 はGPSを利用
 - 精緻な地震・火山活動等の地殻変動検出にも利用

GEONET: 測量分野・地殻活動監視を支える重要な社会インフラ



公共測量(基準点測量)におけるGPS測量と地上測量の割合(件数ベース)



電子基準点における地震時の地殻変動ベクトル図
(平成16年(2004年)新潟県中越地震)

5

GPSからGNSSの時代へ

各国の次世代衛星測位システム(GNSS)の計画

GPS(米)

- L2C信号: 2005から配信、2016年24機体制
- L5信号: 2010から配信、2019年24機体制
- L1C: 2014から配信、2021年24機体制

GLONASS(露)

- 2011年: 24機体制
- 2020年以降: FDMA→CDMA方式へ移行

Galileo(欧)

- ～2011: 試験衛星4機打上げ
- ～2014: 18機体制

QZSS(日)

- 2010.9月: 初号機「みちびき」打上げ
- 現在、GPS補完信号配信中

COMPASS(中)

- ～2020: 35機体制

この先数年の間に各国のGNSSが本格稼働

衛星数の増加 GPS 30機⇒GNSS 70機
周波数の増加 2周波⇒多周波



可視性・測位精度の
向上が期待



6

contents

1. 背景

2. 現状の課題

3. 個別研究課題

- (1) 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究
- (2) 次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発
- (3) リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

4. 学会発表・論文等の状況

5. まとめと今後の取り組み

7

現状の課題①

都市部等での衛星測位性向上・測量時間の短縮

- ・ビル・山等の影響でGPSによる衛星測位が不可
- ・従来の地上測量による施工→作業コストの増大

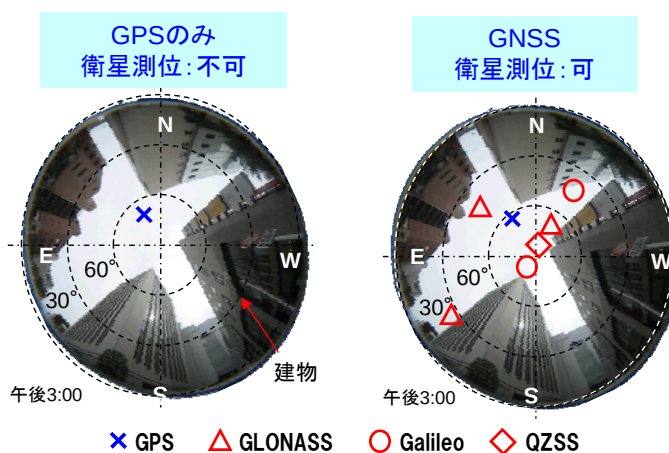
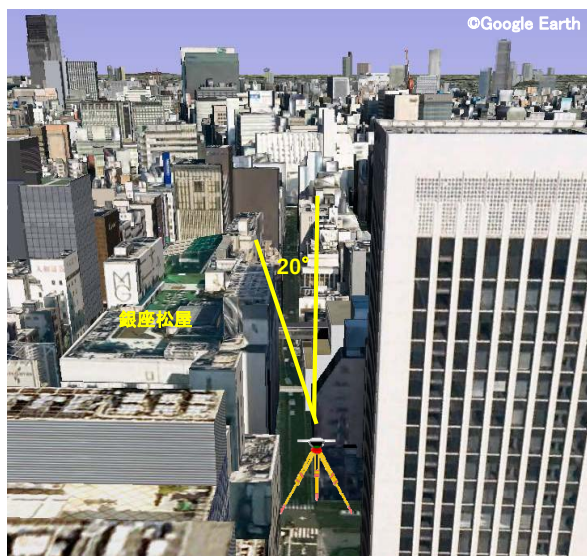


図: 東京銀座 2013年7月21日の可視衛星(シミュレーション結果)

- ・GPS→GNSS利用により観測・解析時間の短縮が期待
- ・特に都市部や山間部等で衛星測位実施の可能性向上

→ 測量作業効率の向上が期待

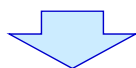
8

災害発生時における地殻変動量算出時間の短縮

- ・地震・火山噴火等の地殻変動情報は災害後の応急活動や二次災害防止に重要なデータ(例:断層モデル推定、地盤沈下・土砂災害危険度等)

現状:約5時間後提供

(観測データ 3h、解析 1h、評価 1h)



準リアルタイム解析による
迅速な提供(約1時間)

(解析・評価で約1hを目標)

災害予測、避難活動に活用

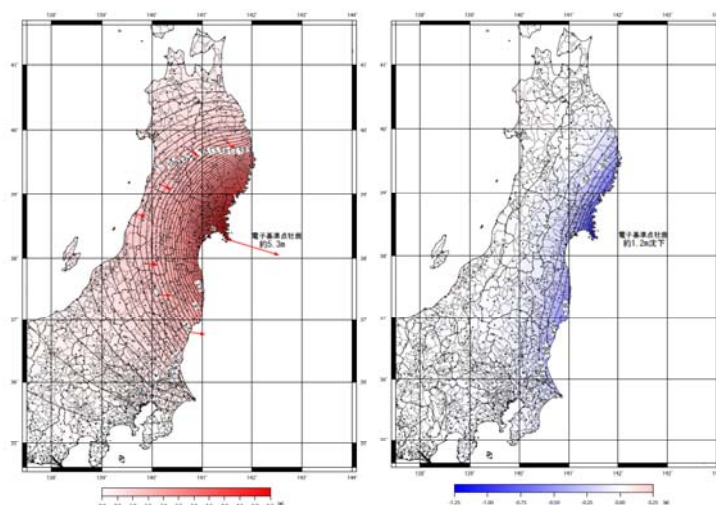


図:平成23年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量(水平・上下)

- ・準リアルタイム解析手法の開発による迅速な地殻変動情報提供

→ 防災・減災への貢献が期待

9

contents

1. 背景

2. 現状の課題

3. 個別研究課題

- (1)電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究
- (2)次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発
- (3)リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

4. 学会発表・論文等の状況

5. まとめと今後の取り組み

今後のGNSS計画や現状の課題への対応のため以下の調査研究を実施中

(1) 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究

- ・GNSS対応型機器を用いたGEONETの更新・改良の進め方の検討
- ・次世代GNSSに対応したGEONET再構築のための方針策定
→ GEONETの安定運用・GNSS測量に必要なデータ提供

(2) 次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発

- ・各次世代GNSSについて、GNSS測量への適用可能性・方法を検証
- ・実測・シミュレーションを組み合わせた評価
→ 次世代GNSSの利用可能性に関するとりまとめ

(3) リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

- ・災害発生時に、より迅速に信頼性のある地殻変動量が算出できるようリアルタイム解析装置(解析ソフト・戦略等)を確立

11

(1) 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究 国土地理院

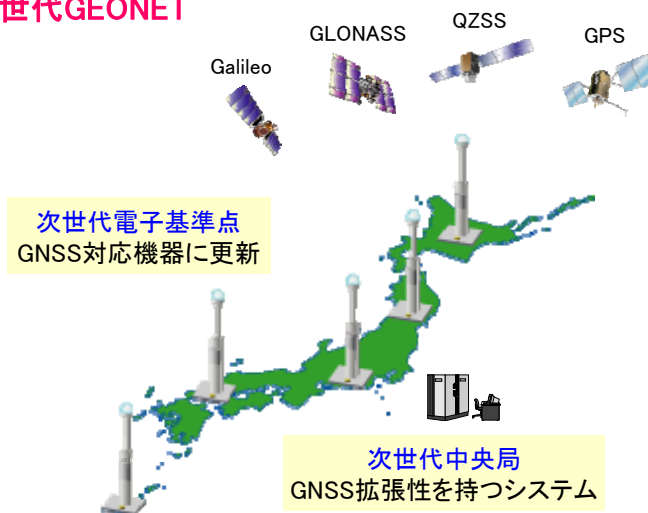
・GEONETの次世代GNSSへの対応

- GNSS対応型機器導入によるGEONETへの影響調査
- GNSSデータに対応した中央局システムや解析戦略の構築
- 多様な利用者ニーズに対応(GNSSデータ提供等)

現行GEONET



次世代GEONET



12

平成22年度までの成果

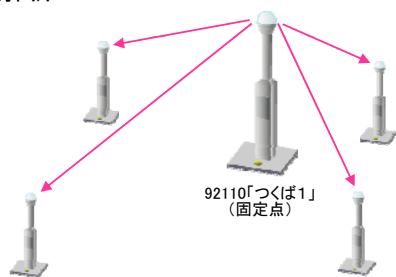
※対象アンテナ: Trimble社製TRM59800.00、TRM59800.80、Leica社製AR25

- ・GNSS対応型チョークリングアンテナ※を用いた試験観測、品質検査、模擬解析
- ・アンテナの違いによる基線ベクトルの差はほぼ確認できず
→ 地殻変動の連続監視への影響はほとんどない



検証したチョークリングアンテナ

①通常の定常解析

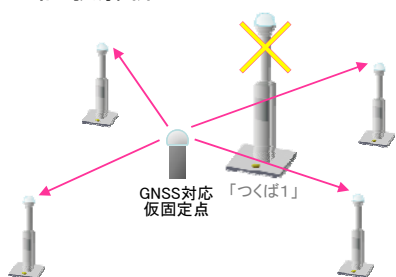


全点の座標差を算出

②GNSS対応型アンテナを仮固定点とした試験解析

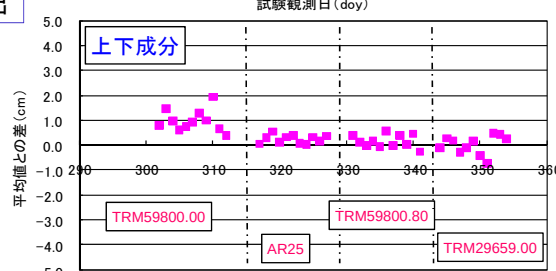
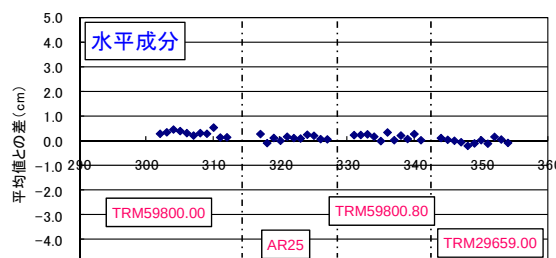


仮固定点とした
屋上点



試験解析結果

(宇都宮(950219)ー出水(970834)、基線長: 約1007km)



※基準値は現行アンテナ(TRM29659.00)で求めた10日間の平均値 13

平成23年度

- ・チョークリング以外のGNSS対応アンテナ※を用いた
試験観測、性能評価等

※対象アンテナ: TOPCON社製PN-A5(右)

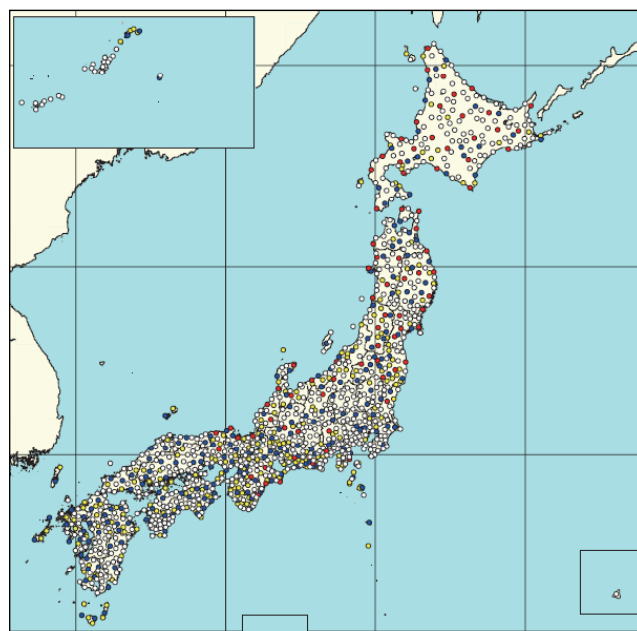


平成24～25年度

- ・GEONETに新しい測位信号を含めた際の
基線解析結果への影響調査

必要な試験観測等を実施し、
GEONETの更新・改良を進める

- ・GNSS対応受信機への更新
 - H21年度(230点) GPS+GAL
 - H21年度(220点) GPS+GLO+GAL+QZS
※H22年度ファームウェア更新
 - H22年度(80点) GPS+GLO+GAL+QZS
 - H23年度以降(710点)
- ・GNSS対応アンテナへの更新
H23年度以降毎年80点



GEONETのGNSS対応受信機更新計画

- ・衛星測位の分野では、従来のGPS(米)、GLONASS(露)に加え、今後Galileo(欧)、COMPASS(中)、QZSS(日)等各国・地域の次世代GNSSが導入
- ・測量分野で利用した場合にどのような効果が期待されるのか？



①次世代GNSSによる測位可能性向上効果の評価

→次世代GNSSの利用で、測位条件が悪い場所でどの程度
測位可能性が向上するかを可視衛星の配置に基づいて評価

②数値シミュレーションによる次世代GNSS利用時の測位精度予測

→シミュレータを用いて各次世代GNSSの擬似観測データを作成
→測位ソフトウェアで解析し**測位精度**を評価

※測位信号に互換性のあるGPS、QZSS、Galileoを対象として評価

15

平成22年度までの成果①(測位可能性向上の評価)

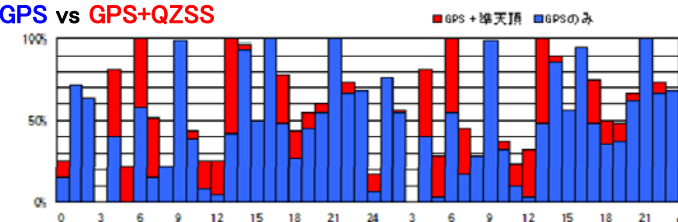
- ・測位精度の指標(PDOP※)の値が、一般的な測位可能の目安(PDOP<6)を満たす時間の割合を各GNSSの組み合わせで評価



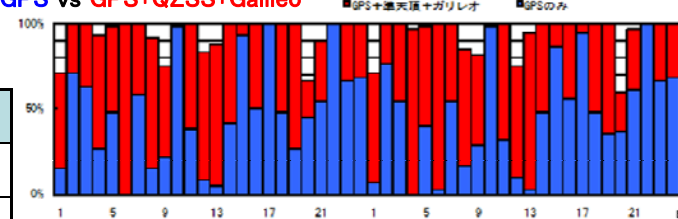
模擬観測点位置(新宿地区)

※PDOP(位置精度低下率):GNSS衛星の配置状況を示す指標。
PDOP=1のとき測位精度が最もよく、PDOPの値が大きくなると測位精度が低下する。

GPS vs GPS+QZSS



GPS vs GPS+QZSS+Galileo



測位可能時間率の推移。青がGPSのみ。
赤はGPS+準天頂(上)、GPS+準天頂+Galileo(下)

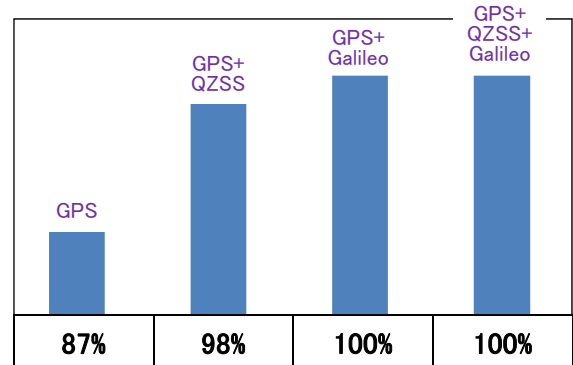
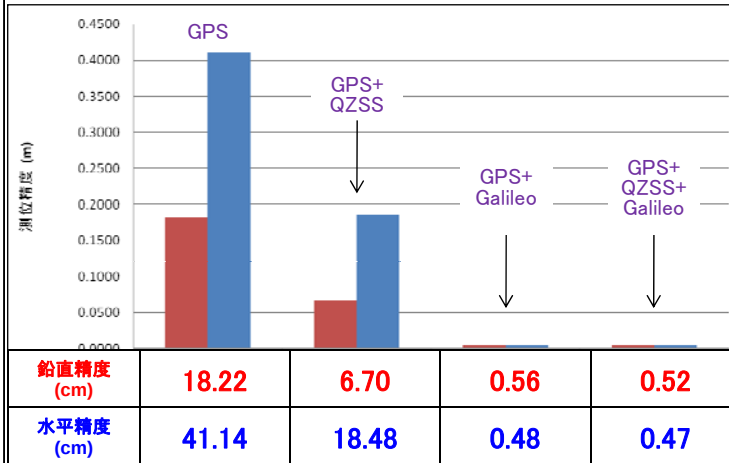
GNSS組み合わせ	測位可能時間率
GPSのみ	47.8%
GPS+QZSS	64.9%
GPS+QZSS+Galileo	94.6%

次世代GNSSを加えることにより、測位可能時間率が大幅に向上

16

平成22年度までの成果②(測位精度の評価)

- ・上空視界の限られた都市部での観測条件を想定
- ・シミュレータで作成した擬似観測データを基線解析ソフトウェア(GAMIT)で解析して得られた座標解と、真の座標解との差で測位精度を予測
- ・有効観測(予測測位精度が水平2cm以内、上下3cm以内)の割合を評価



有効観測率(水平2cm、上下3cm以内)の割合

5km基線における予測測位精度

- ・次世代GNSSを加えることで測位精度の向上が期待(特に上空視界が制限される場合に効果大)

17

(3)リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

○現在のリアルタイム解析に係る状況

- ・全国の電子基準点から1秒データをリアルタイム取得
→リアルタイム解析が可能な環境(現在はGPSのみ対象)
- ・定常解析に比べ測位誤差大
- ・ソフトウェア※のライセンス数やサーバ能力により解析点数に制限
→全点リアルタイム解析は不可
- ・地震後に手動で起動→結果まで時間を要する

※GPS Solutions社製RTNET・Geodetics社製RTD



リアルタイム解析の精度向上

→地殻変動監視に利用できる測位精度の実現

リアルタイム解析の自動起動化

→緊急地震速報を活用した起動装置の開発

→迅速な解析結果の提供

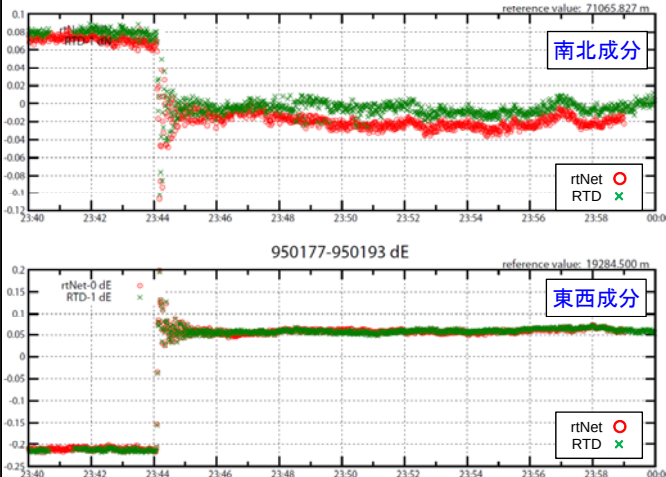
18

平成22年度までの成果

- ・解析戦略の改良(初期座標値の設定等)による解の安定性向上
- ・異なるリアルタイム解析ソフトウェアによる相互比較検証
- ・リアルタイム解析の自動起動化による解析開始までに要する時間の短縮

解析結果の時系列

(宮城大和(950177)ー皆瀬(950193、基線長:約71km)



リアルタイム解析結果の例(rtNet・RTD)
(2008/6/14 岩手・宮城内陸地震)



リアルタイム解析の自動クラスタリングの例
(2008/6/14 岩手・宮城内陸地震)

19

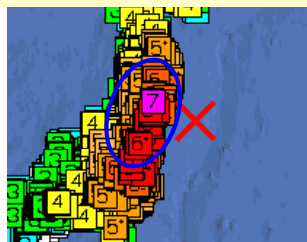
平成23年度

- ・自動起動化されたリアルタイム解析システムの信頼性検証
 - 過去の地震時のデータを利用した精度検証
 - 地殻変動量が大きい場合の解の安定性向上

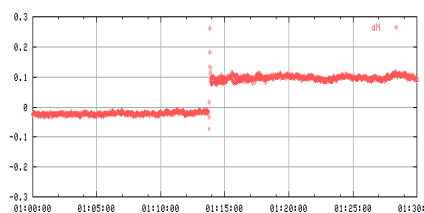
平成24～25年度

- ・地殻変動情報として提供するための仕組み作り

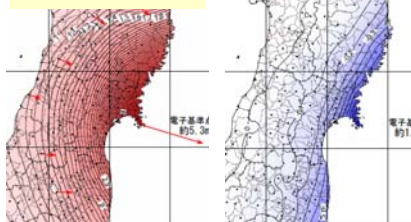
発災後即時に解析範囲を決定



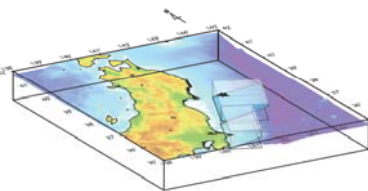
1秒データの準リアルタイム解析を自動開始



変動量作成



震源断層モデル作成



迅速な地殻変動
情報の把握・提供
(1時間以内)

20

contents

1. 背景

2. 現状の課題

3. 個別研究課題

- (1) 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究
- (2) 次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発
- (3) リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

4. 学会発表・論文等の状況

5. まとめと今後の取り組み

21

共同研究や産学官連携等の状況

(特になし)

学会発表等(5件)

- ・辻他, 次世代GEONETについての技術的検討, 日本測地学会第112回講演会, 2009.
- ・野口他, 電子基準点のGPS近代化計画への対応, 日本地球惑星科学連合2010 年大会, 2010.
- ・辻他, マルチGNSS測量の実用化に向けて, 測位航法学会GPS/GNSSシンポジウム2010, 2010.
- ・辻他, マルチGNSS測量の可能性と課題, 日本測地学会第113回講演会, 2010.
- ・小島他, GEONET準リアルタイム解析システムの構築について, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011.

論文等(8件)

- ・辻, 最近のGEONETについて, 電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会, vol.22, 2009.
- ・野口他, 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究, 国土地理院調査研究年報, 2010.
- ・宗包, 次世代GNSSの利用可能性に関する研究, 国土地理院調査研究年報, 2010.
- ・古屋他, リアルタイム解析の信頼性向上に関する調査研究, 国土地理院調査研究年報, 2010.
- ・宮川他, GEONET解析システムの高度化に関する研究, 国土地理院調査研究年報, 2010.
- ・影山他, 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究, 国土地理院調査研究年報, 2011.
- ・宗包, 次世代GNSSの利用可能性に関する研究, 国土地理院調査研究年報, 2011.
- ・影山他, リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究, 国土地理院調査研究年報, 2011.

22

contents

1. 背景

2. 現状の課題

3. 個別研究課題

- (1) 電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究
- (2) 次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発
- (3) リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

4. 学会発表・論文等の状況

5. まとめと今後の取り組み

23

まとめと今後の取り組み

・GEONETに係る現状と課題

- ・測量分野・地殻活動監視を支える重要な社会インフラ
- ・今後、各国のGNSSが本格稼動→対応が必要
- ・都市部等での衛星測位の実現による測量作業効率の向上
- ・災害発生時における地殻変動量算出時間の短縮

・電子基準点のGPS近代化計画への対応に関する研究

- ・GNSS対応アンテナの違いによる影響はほとんどない
- ・今後、新しい測位信号を含めた場合の基線解析結果への影響等調査

・次世代衛星測位の測量への応用手法の研究開発

- ・シミュレータを用いて次世代GNSSの測量分野への影響を調査
- ・次世代GNSSの追加で測位可能時間率・測位精度の向上が期待

・リアルタイム解析の信頼性向上に関する研究

- ・解析戦略の改良による測位解の安定性向上
- ・緊急地震速報を利用した自動起動化による準備時間の短縮
- ・変動が大きい場合の精度向上、過去の地震時の検証解析

24