

公共測量における新技術の導入 －作業規程の準則の一部改正－

国土地理院企画部

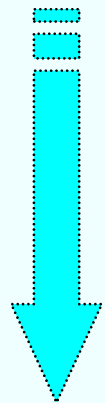
技術管理課

飯村 友三郎

準則と作業規程について

【作業規程の準則】(測量法第34条)

「国土交通大臣は、作業規程の準則を定めることができる。」
→ (各測量計画機関の作業規程作成の規範となるもの)



作業規程のお手本

例えば、
国土交通省公共測量作業規程

国土交通省の直轄事業で実施する
公共測量の方法を定めたものである。

【作業規程】(測量法第33条)

測量計画機関は、公共測量を実施しようとするときは、当該公共測量に関し観測機械の種類、観測法、計算法 その他国土交通省令で定める事項を定めた作業規程を定め、あらかじめ、国土交通大臣の承認を得なければならない。これを変更しようとするときも、同様とする。

2 公共測量は、前項の承認を得た作業規程に基づいて実施しなければならない。

国土交通大臣

申請

承認



公共測量の実施

測量作業機関



測量計画機関
国土交通大臣

測量計画機関
〇〇県知事ほか

作業規程の準則の改正

作業規程の準則

準則は、測量技術水準・利用者のニーズなどに応じて適切な改正が必要

前回は、平成20年3月31日に全部の改正

今回の改正では、利用環境の整った技術等を反映
一部改正 平成23年3月31日(国土交通省告示第334号)
GLONASS対応、観測手法の拡大 など

測量計画機関が準用することで、新しい技術を用いた測量作業を適切に行うことが可能

公共測量の効率化

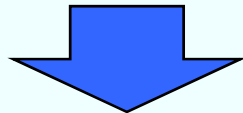
準則の一部改正の概要

目 次

- 1 複数の衛星測位システムの利用
 - ・GLONASS衛星の利用
- 2 用語の変更
 - ・GPS→GNSS (Global Navigation Satellite System)
- 3 測量方法の利用拡大
 - ・キネマティック法、ネットワーク型RTK法など
- 4 セミ・ダイナミック補正の導入
 - ・電子基準点のみを既知点として利用する基準点測量
- 5 その他
 - 新たな測量技術(今後の利用)
 - ・モバイルマッピングシステム、準天頂衛星

1 複数の衛星測位システムの利用(1/3) 国土地理院

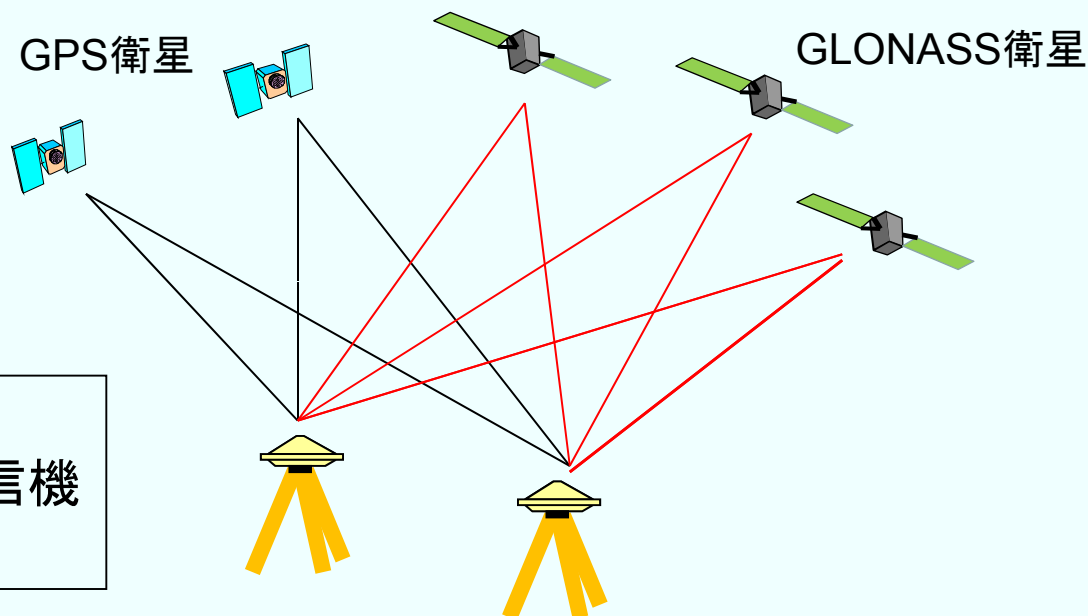
- GLONASS(グロナス)が、概ね完全運用体制。
 - ・ロシア版GPSとも呼ばれ、GPSと同様に全世界をカバー
 - ・現在23衛星が運用(2011年5月現在)
 - ・GLONASSの近代化→ GLONASS-K(初号機2011年2月)
FDMA方式のL1,L2バンドに、
CDMA方式(GPSと同じ)のL3バンド追加
寿命も10年以上(従来は7年)
- 測量用受信機のほとんどが、「GPS」と「GLONASS」の対応が一般的。



検証作業等を行い、位置精度および利用に関する有効性を確認

GPS衛星とGLONASS衛星の利用

- 干渉測位では、4衛星による独立した3組の二重位相差から基線ベクトルを求める。
- GPS衛星とGLONASS衛星の間では、二重位相差は作れない。
GPS → CDMA方式(すべての衛星が同一周波数)、GPS時刻、座標系(WGS-84)
GLONASS → FDMA方式(周波数分割)、GLONASS時刻、座標系(PZ-90)などの変換
- GPS衛星とGLONASS衛星の併用では、最低5衛星必要



二重位相差：
2つ衛星と2つの受信機
による位相の差

1 複数の衛星測位システムの利用(3/3) 国土地理院

◆ 観測方法による使用衛星数

観測方法	衛星の組合せ	使用衛星数
スタティック法	GPS衛星のみ	4衛星以上 (10km以上は5衛星以上)
	GPSとGLONASS衛星	5衛星以上 (10km以上は6衛星以上)
短縮スタティック法 キネマティック法 RTK法 ネットワーク型RTK法	GPS衛星のみ	5衛星以上
	GPSとGLONASS衛星	6衛星以上

◆ 観測条件

- GLONASS衛星を用いる場合は、GPS衛星及びGLONASS衛星をそれぞれ2衛星以上用いる。
例(5衛星観測の場合)
GPS 2衛星+GLONASS 3衛星→ 5衛星
GPS 3衛星+GLONASS 2衛星→ 5衛星 など
- GLONASS衛星を用いる場合は、同一機器メーカーのGNSS測量機を用いる。

2 用語の変更(1/2)

- **GNSS** (Global Navigation Satellite System) の名称を用いる。

GNSS(全地球航法衛星システム)は、多数の衛星測位システムの総称。**準則では、GPS及びGLONASSを適用すると明記。**

各国の衛星測位システム

衛星測位システム	運営国	信号方式	衛星の軌道	基本となる衛星数
GPS	米 国	CDMA	高度:20,200km	24衛星(現在:32衛星)
GLONASS	ロ シ ア	FDMA (CDMA)	高度:19,100 km	24衛星(現在:23衛星)
準天頂衛星	日 本	CDMA	33,000km~39,000km	3衛星(現在:1衛星)
ガリレオ	欧州連合	CDMA	高度:23,200 km	27衛星 (実用衛星10月予定)
コンパス	中 国	CDMA	高度:21,500 km	35衛星(静止衛星を含む)

2 用語の変更(2/2)

➤ 変更した主な用語

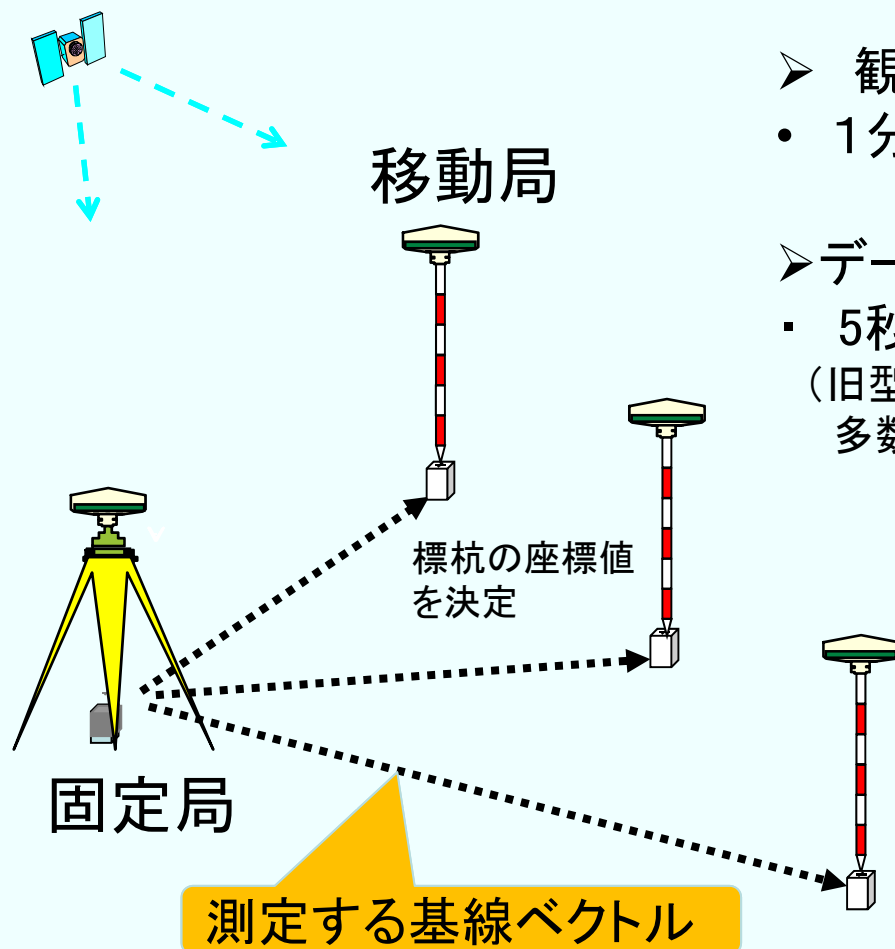
- GPS測量機 → GNSS測量機
- GPS観測 → GNSS観測
- キネマティックGPS解析 → キネマティック解析
- GPS/IMU → GNSS/IMU

➤ 測量方法の呼称の変更

- RTK-GPS法 → RTK法
- ネットワーク型RTK-GPS法 → ネットワーク型RTK法
- リアルタイムキネマティック → RTK法

3 測量方法の適用拡大 (1/3)

キネマティック法

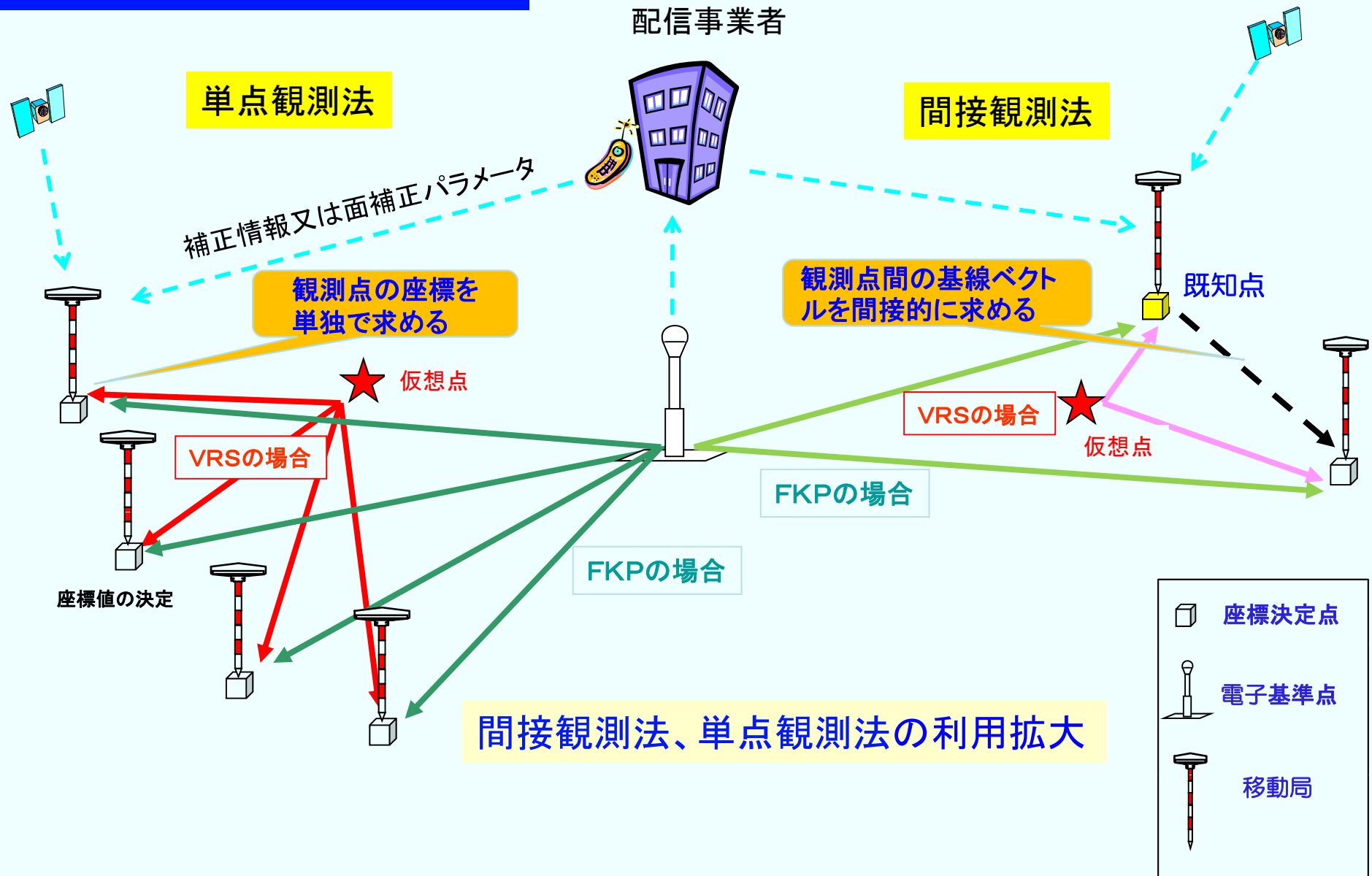


- 観測時間の短縮
 - 1分以上 → 10秒以上 (10エポック以上)
- データ取得間隔
 - 5秒以内
(旧型は、1秒間隔でデータ取得できない機種も多数存在)

キネマティック法の利用拡大

3 測量方法の適用拡大 (2/3)

ネットワーク型RTK法



3 測量方法の適用拡大 (3/3)

利用を拡大した測量方式

(●:新たに追加 ○:従前から対応 -:利用不可)

測量名	作業項目	ネットワーク型RTK法		キネマティック法	RTK法
		間接観測法	単点観測法		
基準点測量	3級基準点測量	○	-	●	○
水準測量	永久標識の設置	●	○	●	●
現地測量	TS点の設置	●	○	●	○
現地測量	地形、地物等の測定	●	○	●	○
空中写真測量	標定点の設置	○	●	○	○
航空レーザ測量	調整用基準点の設置	○	●	○	○
路線測量	条件点の観測	○	○	●	○
	IPの観測	○	○	●	○
	中心点の観測	○	○	●	○
河川測量	横断測量	●	○	●	○
	距離標の設置	●	○	●	●
	用地測量	○	○	●	○
	用地境界仮杭設置	○	○	●	○

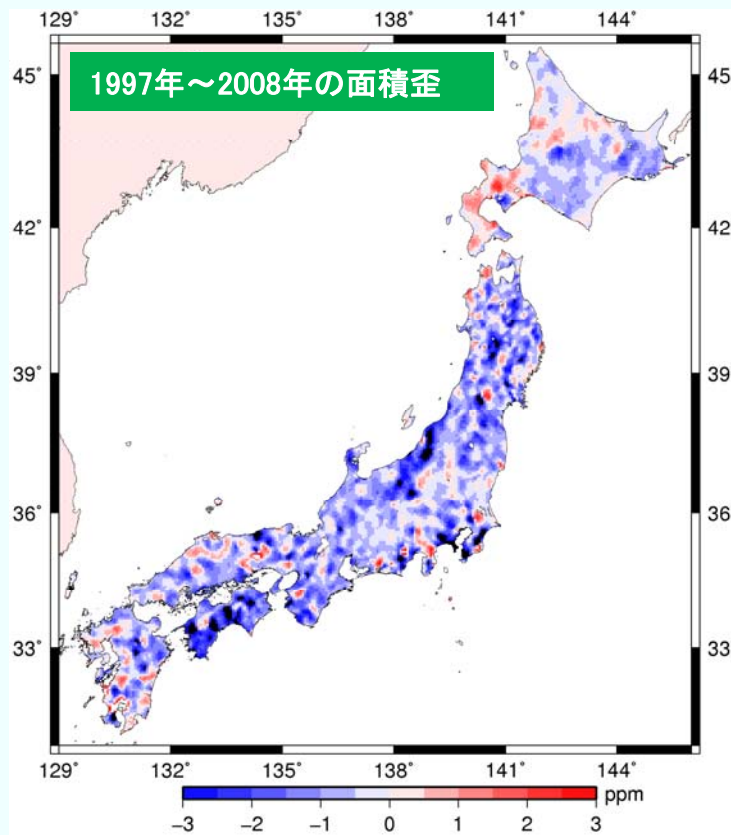
※ネットワーク型RTK法では、後処理による基線解析を可能とした。

4 セミ・ダイナミック補正の導入(1/3)

セミ・ダイナミック補正

プレート運動に伴う定常的な地殻変動による基準点間の歪みの影響を基準点測量で得られた測量結果に補正し、測地成果2000の元期(1997年1月1日)時点における測量成果を求める。

補正により、いつでも安定して高精度な位置情報を活用ができる。



地殻変動の激しい日本列島

- 平均0.2ppm/年
大きいところでは0.4ppm/年以上
- 歪みは時間とともに蓄積していく

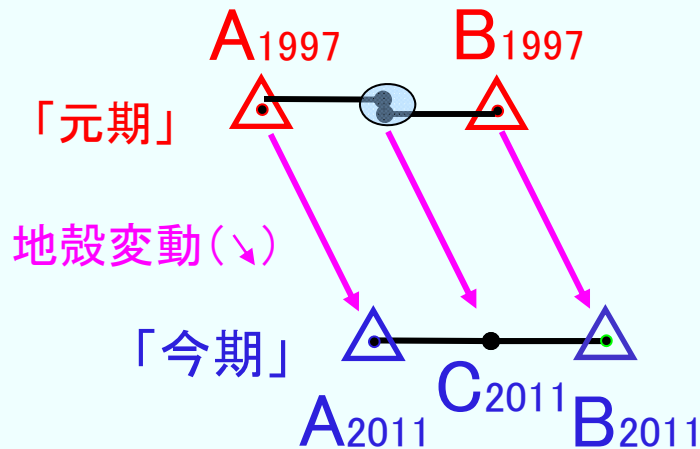
4 セミ・ダイナミック補正の導入(2/3)

歪みが及ぼす影響

「元期」=1997年1月1日時点 ← 測地成果2000

「今期」=測量を実施した時点(年度単位)

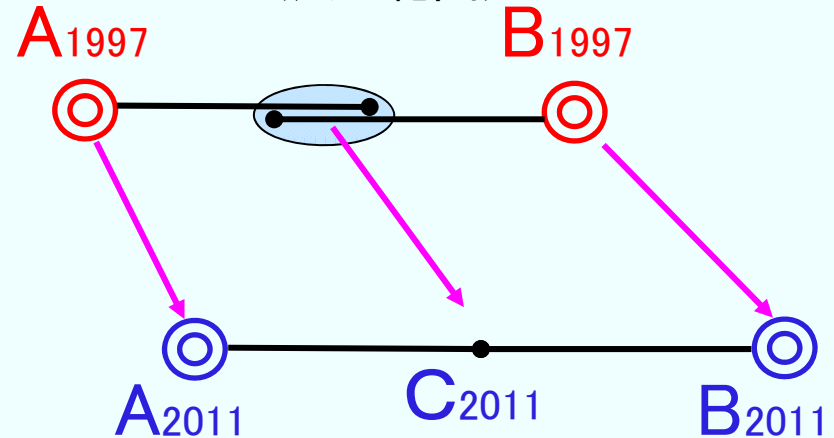
三角点や公共基準点を使用した測量
(狭い範囲)



$$(AC_{2011} + CB_{2011}) - (AB_{1997}) \doteq 0$$

(地殻変動は微小)

電子基準点を既知点とした測量
(広い範囲)



$$(AC_{2011} + CB_{2011}) - (AB_{1997}) \neq 0$$

(観測値に地殻変動が見える)

10年間で、1km → 2mm(誤差の範囲内)

歪み: 0.2ppm/年

10年間で、25km → 5cm(誤差が大きい)

$$\left[\begin{array}{c} \text{観測値と測量成果の不整合} \\ \text{(mm)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{歪み速度} \\ \text{(ppm/年)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{経過元期からの} \\ \text{時間(年)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{基線長} \\ \text{(km)} \end{array} \right]$$

4 セミ・ダイナミック補正の導入(3/3)

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴う セミ・ダイナミック補正について

- 地殻変動が大きかった地域で、電子基準点の測量成果を5月31日に改定した。
- 2011年度版地殻変動補正パラメータは、6月中に公開予定。
また、成果の改正地域では、「元期」が変更になる。

成果改定地域における「元期」は、2011年5月24日。

- 改定した測量成果と2011年度版地殻変動補正パラメータを使用する。

準則に定めのない機器及び作業方法等について

準則 第17条(機器等及び作業方法に関する特例)

- 準則に定めのない新しい測量技術を使用する場合

- 使用する資料、機器、測量方法等により精度が確保できることを確認することで新しい測量技術を使用できる。

ただし、確認に当たっては、国土地理院の長の意見を求める。

- 最近は、新技術として、MMS(モバイルマッピングシステム)による公共測量が行われている。

5 新たな測量技術(今後の利用) 2/3

MMS(モバイル・マッピング・システム) 車載型の三次元計測システム

GNSSアンテナ 全方向カメラ IMU



センサーユニットを載せた車両

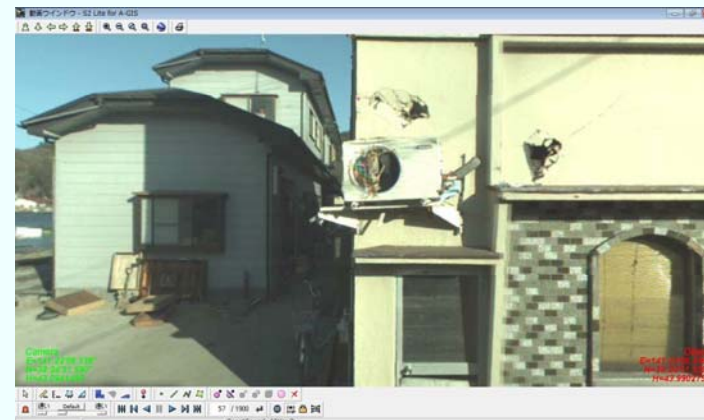
MMSは、GNSS、IMU、カメラ、レーザースキャナを用いて、走行しながら画像データや3次元空間データを取得し、道路周辺の建物や道路の形状、標識などの対象物の把握、特定、抽出を行う。

東北地方太平洋沖地震の被害状況調査を実施(石巻市周辺)



動画の一部

360° の映像を把握できる



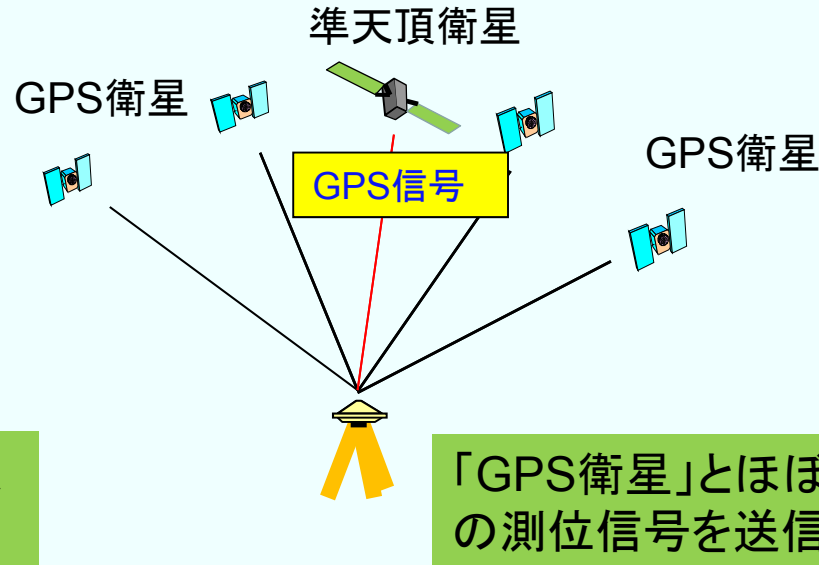
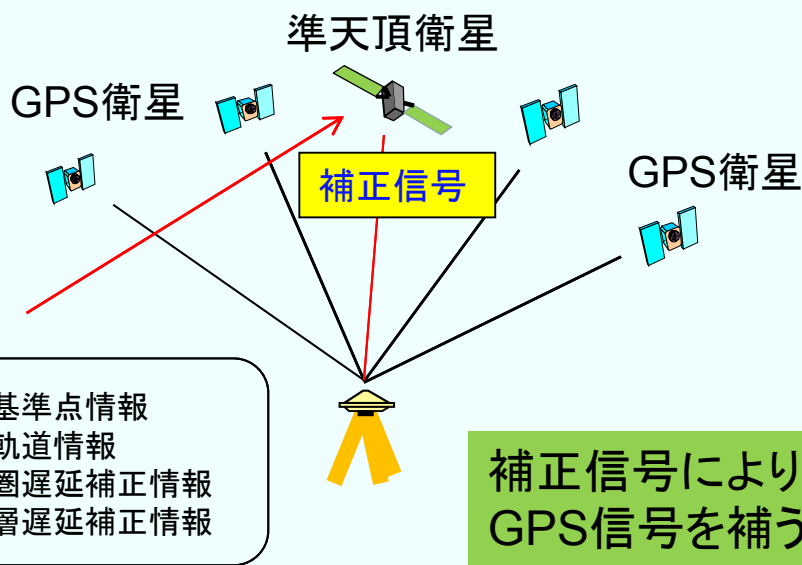
動画での計測

被害の状況が三次元で計測できる。

準天頂衛星(QZS)の利用

GPS補強

GPS補完



マニュアル素案作成

マルチGNSS利用のマニュアル検討

- 準天頂衛星
- 近代化GPS
- 近代化GLONASS
- ガリレオ(2014年運用開始)、など

ま と め

GPS衛星とGLONASS衛星の利用により、利用できる衛星の数が大幅に増加した。

市街地や山間地における利用環境が向上し、作業時間の短縮などの効果に期待できる。

（現在は、55衛星が利用可能、初期化時間の短縮など）

また、キネマティック法、RTK法、ネットワーク型RTK法等の適用範囲が拡大し、現場の条件に適した測量方法の選択の幅が、広くなったことで、効率的な測量の実施が期待できる。

準則は、今後とも技術水準やニーズに応じて、適切に改正する方針である。