

研究課題事後評価表

1. 研究課題名：測地基準系精密保持手法に関する研究

2. 研究期間：平成17年4月 ～ 平成22年3月 （5年間）

3. 予算：特別研究 45,199千円（5年間の総額）

4. 成果の概要

（1）上下変動機構（表層地盤弾性変形）の解明

つくばの地盤上下季節変動について、直接的な観測量が存在せず、その大きさが未知であった190m地盤より深い層の変動について、精密単独測位解析により求めた構内GPS観測点の絶対上下変動と、地盤沈下計による表層190mの層厚変化を組み合わせ定量的に評価するとともに、先行研究において構築した地盤弾性変形モデルを改良し、全層厚の変化を反映した絶対量モデルを構築した。構築したモデルは表層190mの層厚変化を表すモデル、および、190m地盤より深い層の変動を表すモデルの2つからなる。表層190mの層厚変化を表すモデルは、20m井、190m井の水位を入力とする線形モデルであり、地盤沈下計で観測された表層190mの層厚変化(両振幅で1cm強)の分散の96%を説明する。一方、190m地盤より深い層の変動を表すモデルは、190m井の水位を入力とし、地下水位計測位置の違いを考慮して周波数応答を含めたモデルであり、GPSなどにより推定された190m地盤より深い層の変動のうち、両振幅で1cm程度の季節変動を説明する。このモデルで説明されない残差が両振幅で1cmの大きさで見られるが、それはマルチパス誤差による見かけのものである可能性が高いことを明らかにした。

（2）宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測

平成17年4月より、地理院構内で月1回の水準測量を継続して行い、宇宙測地基準局間の比高変化を高精度に計測した。その結果、VLBI観測局は、他の宇宙測地基準局に比べ、基礎をより深部に持つことにより、上下季節変動の振幅が3mm程度小さいこと、また、年0.6mm程度の経年的な隆起が見られることを明らかにした。また、構内のGPS基準局間の比高変化はほとんど見られない（両振幅で1mm程度）ことを明らかにした。

（3）安定地層固定型基準点の技術開発

190m地盤に固定された地盤沈下観測井内管にアンテナを直結することで、軟弱な表層地盤の上下変動の影響を受けにくくしたGPS観測点06S061を新設した。水準測量との比較から、GPS基線解析による、06S061と構内GPS基準点との間の比高変化は、水準測量と同等の品質を持つことを示した。また、地盤沈下観測井で行われている、表層190mの層厚変化の計測において、レーザー距離計の導入により、従来の地盤沈下計によるものに比べて、より安定かつ効率的な監視を実現した。

（4）経年的地盤変動の中長期的モニタリング

つくばにおける経年的な季節的地盤変動に関し、表層190mの層厚変化、190m地盤より深い層の変動、宇宙測地基準局間の比高変化のそれぞれについて、監視手法を確立した。また、つくばエクスプレス(TX)沿線開発に伴う宇宙測地基準局の上下変動の様相変化の有無について、精密な観測結果に基づく評価を行い、様相変化が今のところ見られないことを明らかにした。

5. 当初目標の達成度

[目標]

本研究では、VLBI、GPSの宇宙測地基準局が設置されており、世界測地系及び地球基準座標系（合わせて、「測地基準系」）の構築・維持に重要な役割を担っているつくばにおいて観測される上下季節変動を精密に計測、モデル化し、特に上下方向について測地基準系の精密保持手法を確立することを目的として、以下の目標を設定し研究を進めた。

- (1) 上下変動機構（表層地盤弾性変形）の解明
- (2) 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測
- (3) 安定地層固定型基準点の技術開発
- (4) 経年の地盤変動の中長期的モニタリング

[達成度]

- (1) 先行研究で構築したつくばの地盤上下変動モデルを改良し、全層厚の変化を反映した絶対量モデルを構築し、その性能を評価した。以上のことから、目標は達成された。
- (2) 平成 17 年 4 月より、地理院構内で月 1 回の水準測量を継続して行い、宇宙測地基準局間の比高変化を高精度に計測し、VLBI 観測局と地表面との間の比高変化、構内 GPS 基準局間の比高変化を明らかにした。以上のことから、目標は達成された。
- (3) 190m 地盤沈下観測井内管に直結され、表層地盤の上下変動の影響を受けにくくした GPS 観測点 06S061 を新設した。水準測量との比較から、GPS 基線解析による 06S061 と構内 GPS 基準点との間の比高変化は、水準測量と同等の品質を持つことを示した。また、レーザー距離計の導入により、表層 190m の層厚変化の安定かつ効率的な監視を実現した。以上のことから目標は達成された。
- (4) つくばにおける経年的な地盤上下季節変動に関し、表層 190m の層厚変化、190m 地盤より深い層の変動、宇宙測地基準局間の比高変化のそれぞれについて、長期的な監視手法を確立した。また、本研究の実施期間内における中期的変化の監視として、TX 沿線開発に伴う宇宙測地基準局の上下変動の様相変化の有無について精密な観測結果に基づく評価を行い、様相変化が今のところ見られないことを明らかにした。以上のことから目標は達成された。

6. 成果公表状況

研究報告書、発表論文、口頭発表、出願特許数等を示す。

研究報告書	5 件
発表論文 査読付き	1 件
査読なし	3 件
口頭発表	4 件
特許等	0 件

7. 成果活用の見込み

本研究で確立した、地下水揚水に伴う地盤変動の監視手法に基づき、つくば宇宙測地基準局の

上下変動監視が今後継続的に実施される見込みである。また、本研究で得られたつくばの季節上下変動に関する知見は、新たな技術を導入する VLBI2010 への対応における検討にあたり参考情報として活用される予定である。また、本研究で明らかにした VLBI 局位置の経年的変動、および、VLBI 観測局と GPS 基準局の比高変化の情報は、特別研究「世界測地系における国内位置基準の監視の高度化に関する研究」で取り組まれる VLBI と GPS の統合解析手法の開発において考慮され、測地基準系の構築の高度化へ反映される。さらに、本研究で明らかになった、マルチパス誤差に関する知見は、電子基準点におけるマルチパス誤差の定量的評価手法に関する研究へ発展させる予定である。

8. 達成度の分析

(1) 必要性の観点からの分析

本研究は、国土地理院構内の宇宙測地基準局において上下変動を数 mm 程度の高精度で検出することを目標としており、そのためには、地下水による地盤変動の影響を受けない安定地層直結型基準点の技術開発を実施するとともに、地盤上下変動について、水準、地盤沈下計、GPS 観測の相互比較を通じた精度検証を行いつつ、その機構を解明しモデル化することが不可欠であった。本研究では、それら必要と考えられるアプローチを実施し、目標を達成できた。

(2) 有効性の観点からの分析

安定地層固定型基準点について、GPS による上下変動を、地盤沈下計、水準測量という複数の観測結果と比較・評価することで、安定地層固定型基準点の観測環境が良好であり、190m 地盤を基準にした構内の電子基準点の変動について、水準観測と同等の監視が実現できることを示した。また、上下変動機構の解明を通じ、安定地層固定型基準点で観測される地盤上下季節変動が、構内の電子基準点に比べて半減されることを示した。それらの分析は、安定地層直結型基準点の性能を把握する上で有効であった。

(3) 効率性の観点からの分析

本研究においては、既存の地盤沈下観測井を活用することで、安定地層固定型基準点の技術開発を効率的に実施することができた。また、190m よりも深い地盤の変形の評価に際しては、(独) 産業技術総合研究所から 300m 観測井の地下水位データの提供を受け、効率的に評価を実施することができた。

9. 残された課題と新たな研究開発の方向

本研究により、国土地理院構内にある宇宙測地基準局である VLBI 観測局と GPS 基準局の間に存在する季節的な比高変化が定量的に明らかになった。複数宇宙技術を用いた測地基準系の構築に際し、このような局所的な変動を考慮することにより、より安定な基準系が実現されることが期待される。そこで、特別研究「世界測地系における国内位置基準の監視の高度化に関する研究」の一部として、このような局所的な変動を考慮した VLBI と GPS の統合解析手法の開発に取り組むことに発展し、それらの成果とあわせて測地基準系の構築へ反映される予定である。

また、本研究の過程で、地面からのマルチパス反射が、座標時系列に系統的な誤差を与えていることが明らかになった。得られた知見は、今後、電子基準点におけるマルチパス誤差の定量的評価手法に関する研究へ発展させる予定である。

10. その他、課題内容に応じ必要な事項
特になし。

11. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室

TEL : 029-864-1111 (内8341) FAX : 029-864-2655

平成 17 年度～平成 21 年度 特別研究
「測地基準系精密保持手法に関する研究」
に関わる成果公表リスト

[研究報告書]

国土地理院調査研究年報 (2005, 2006, 2007, 2008, 2009 年度)

[公表論文]

(査読付き)

- Munekane, H., Y. Kuroishi, Y. Hatanaka, K. Takashima, and M. Ishimoto (2010): Groundwater-induced vertical movements in Tsukuba revisited: installation of a new GPS station, Earth Planets Space, 62, 711-715.

(査読無し)

- 兒玉篤郎・飛田幹男・宗包浩志・山田晃子・高野和友 (2008): 電子基準点「山形新庄」において冬季に見られる地盤変動, 国土地理院時報, 116, 19- 24.
- Munekane, H., Y. Kuroishi, Y. Hatanaka, K. Takashima, M. Ishimoto, and M. Tobita (2009): An Ultra-deeply anchored GPS station in Tsukuba, Japan - preliminary report -, Bulletin of GSI, 57, 11-17.
- 畑中雄樹・宗包浩志・石本正芳・高島和弘・黒石裕樹 (2010): つくばの年周上下変動と VLBI-GPS 観測点間の変動監視について, 国土地理院時報, 120, 115-124.

[口頭発表]

- 飛田幹男・黒石裕樹・福崎順洋・宗包浩志 (2006): 地下水位変化による地盤上下変動, 日本測地学会第 106 回講演会.
- 畑中雄樹・黒石裕樹・宗包浩志・矢来博司・飛田幹男 (2008): 地下水位変化による地盤上下変動 (その 2), 地球惑星科学関連学会 2008 年合同大会.
- 宗包浩志・黒石裕樹・畑中雄樹・高島和宏・石本正芳 (2009): つくばにおける超深度固定型 GPS 観測点の開発, 地球惑星科学関連学会 2009 年合同大会.
- 宗包浩志・黒石裕樹・畑中雄樹・高島和宏・石本正芳 (2010): 国土地理院構内 GPS 連続観測局の上下成分みかけ安定性評価, 地球惑星科学関連学会 2010 年合同大会.

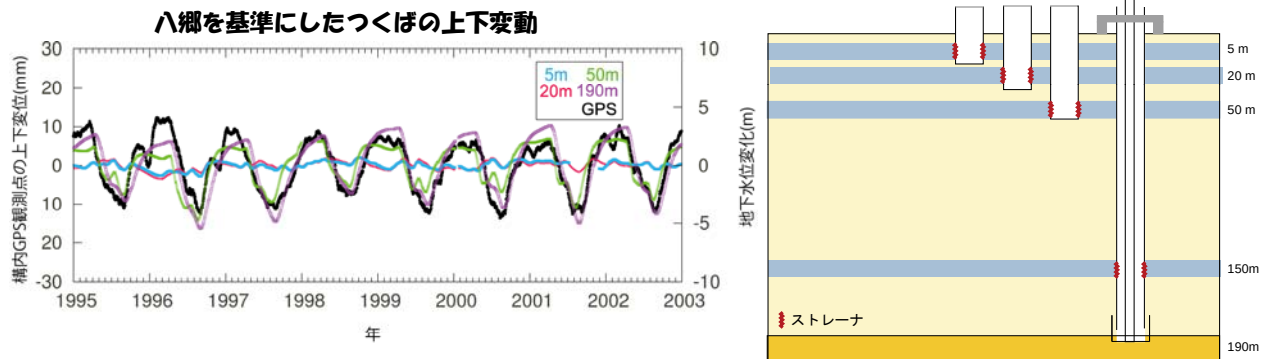
測地基準系精密保持手法 に関する研究

国土地理院 地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室

本研究の背景

- 国土地理院構内にはVLBI観測局、GPS連続観測点などの**宇宙測地基準局**があり、国内外の測地基準系の維持・構築に重要な役割を果たしている
- 先行研究「GPS時系列に含まれる誤差に関する研究」において、地理院構内では、振幅1cm程度の季節的上下変動が見られ、その機構が、農業用の地下水くみ上げに伴う帯水層の弾性変形であることが分かってきた

- ・ 機構：地下水位（間隙水圧）変動による帯水層の弾性変形
- ・ モデル化：地下水位データによるモデル構築



地下水位変化と地盤上下変動は高い相関をもつ

・ 帯水層がその間隙水圧に応じて弾性変形するというモデルにより地下水位変化と地盤の上下変動の比例関係が説明できる



- 仮定： 1. 帯水層が水平成層である
2. 変動が表層190mの帯水層による

Slide 3

本研究の概要

つくばの上下変動の季節変動及び経年的変動をこれまでになく精度で定量的に測定することにより、その変動機構を明らかにし、宇宙測地基準局としてふさわしい位置精度を確保する。

1. 上下変動機構の解明
2. 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測
3. 安定地層固定型基準点の技術開発
4. 経年的地盤変動の中長期的モニタリング

Slide 4

● 目標

➤ 先行研究で構築したモデルの改良

1) 水平成層の仮定の検証

2) 表層190mの層厚変化(地盤沈下計により計測)と 190m地盤より深い層の変動の分離・定量化



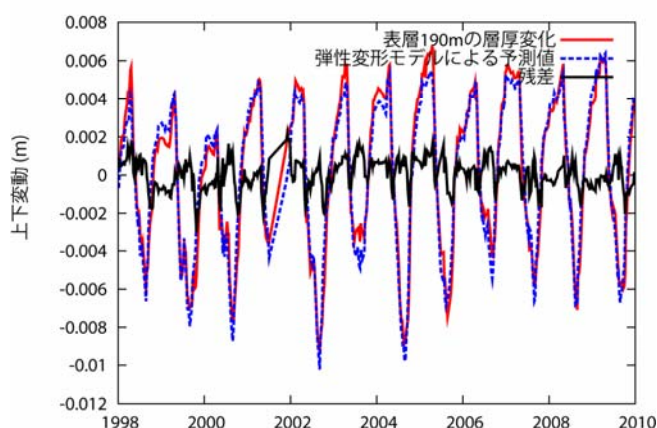
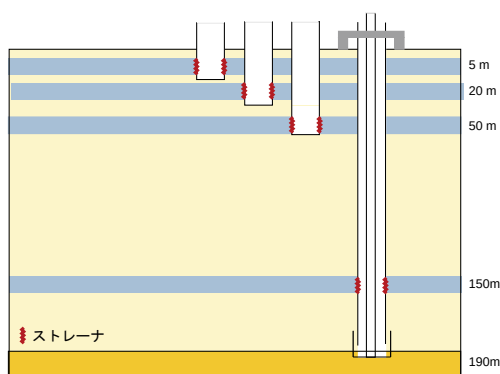
全層厚の変化を反映した絶対量モデルの作成

Slide 5

1. 上下変動機構の解明—絶対量モデルの作成

① 表層190mの層厚変化(=地盤沈下計)モデル化

・20m井, 190m井の水位変化に比例して, 地盤が
上下変形すると仮定→比例係数の推定

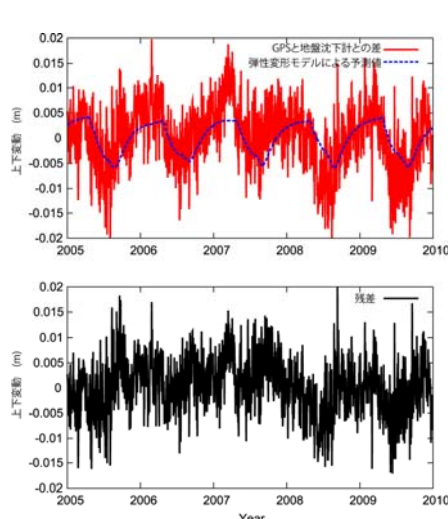


モデル残差：最大±2mm程度, 分散の96%を説明

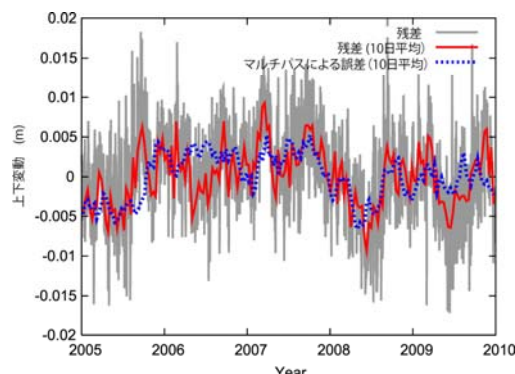
Slide 6

② 190m地盤より深い層の変動のモデル化

$$[GPS点の上下変動] - [地盤沈下計] = [190m地盤より深い層の変動] + \alpha$$



✓190m井の水位を入力とし、深さの違いによる周波数応答を考慮してモデリング



- 190m地盤より深い層の変動は両振幅で1cm程度
- モデルで説明できないように見える変動の多くはGPSのマルチパス誤差によるものである。

Slide 7

2. 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測

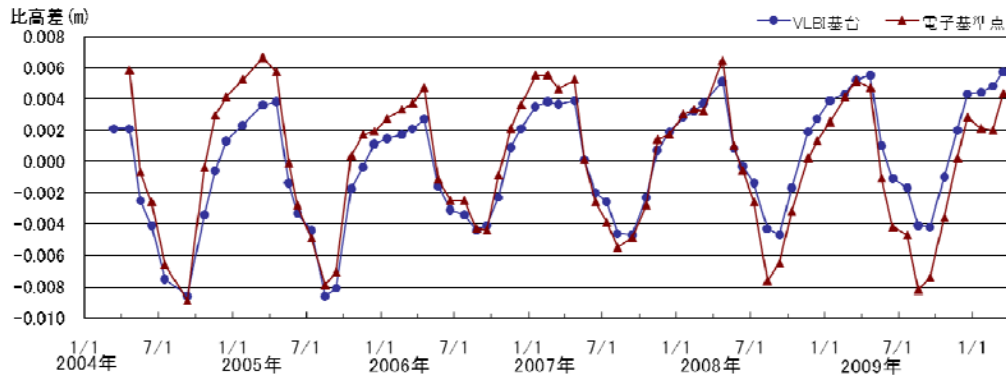
● 目標

➤水準測量により、構内の宇宙測地基準局間の比高変化を高精度に計測する

- GPS基準点: VLBI観測局

Slide 8

・ VLBI観測局

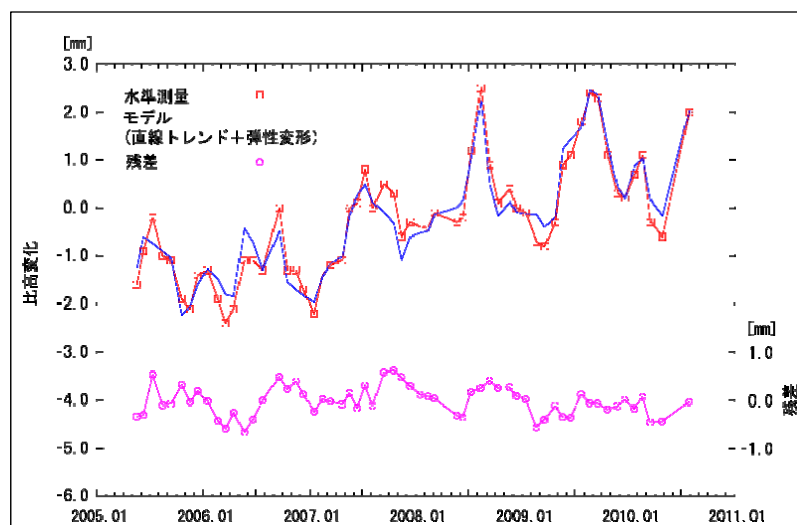


VLBI観測局は他の宇宙測地基準局に比べ、

- ✓ **季節的上下変動の振幅が小さい**
- ✓ **隆起傾向にある (0.6mm/yr程度)**

Slide 9

・ VLBI観測局の上下季節変動のモデル化



✓ VLBI局基礎より上（表層45m）の弾性変形を仮定

✓ 20m井, 50m井の水位を入力とする線形モデル

➡ **両振幅で3mm程度；分散の87%を説明**

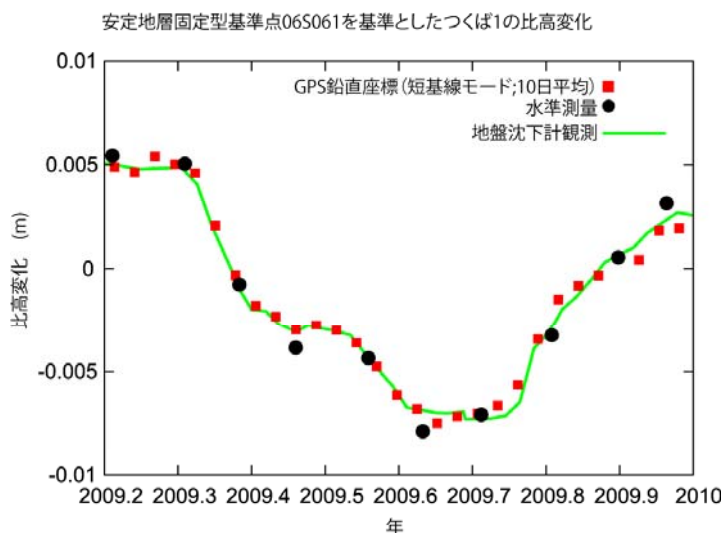
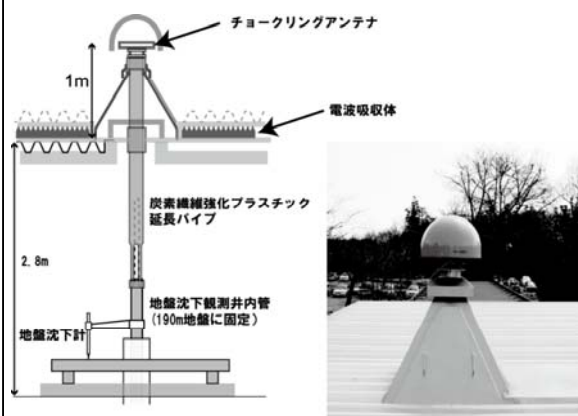
Slide 10

● 目標

- 地盤沈下観測井を改造し、190m地盤に直結した基準点を構築する
- 190m地盤を基準とした構内のGPS基準点の変動について、GPS観測を用い、水準測量と同等の品質で監視できる手法を構築する
- 表層190mの層厚変化計測について、より安定かつ効率的な手法を開発する

Slide 11

- ・ 190m地盤に固定された基準点を構築
- ・ 水準測量による観測と同等の性能を確認



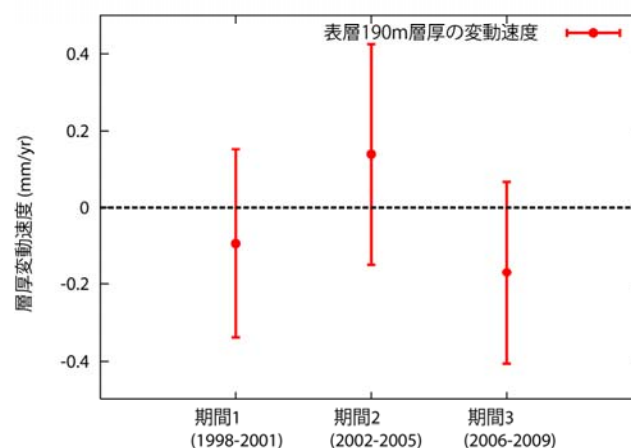
● 目標

- 地下水揚水による季節的地盤変動の監視手法の確立
- つくばエクスプレス(TX: 2005年開業)沿線開発に伴う、宇宙測地基準局の上下変動における様相変化の有無の監視

Slide 13

・ TX沿線開発に伴う宇宙測地基準局の上下変動における様相変化の有無の検討

表層190mの層厚変化について、1998-2009を三期間に分けた場合の線形トレンドの時間変化



表層190mの地盤沈下は見られない

Slide 14

・つくばにこだわらず、地下水の影響が少ない安定した場所に基準点を設置することについても検討すべきである

→基準局としては継続性も重要な要素

→変動を定量的に把握し、補正することで基準局としての性能を確保することが可能であり、本研究では、そのために必要な変動の絶対量モデルを構築した

なお、本研究で得られた知見は、他の電子基準点における地下水の影響評価や、基準点新設の際の選点にも、活用が期待される。

Slide 15

成果の活用

本研究

地下水揚水による地盤変動の監視手法の確立
VLBI局とGPS局の相対変動の高精度検出

VLBIとGPSの
結合手法高度化

つくば宇宙測地
基準局の変動監視

VLBI2010対応
の検討

測地基準系の構築への反映

マルチパスについての知見

電子基準点における
影響評価手法の研究

16

1. 上下変動機構の詳細な解明

- 地盤季節変動の絶対量モデルを構築
 - ✓ 表層190m:20m, 190m井戸の水位を入力とする線形モデル
両振幅で1cm強:分散の96%を説明
 - ✓ 190m地盤より深い層:190m井戸の水位を入力とし、周波数応答を考慮したモデル
両振幅で約1cm

2. 宇宙測地基準局の上下変動計測手法の高度化

- GPS基準点間の比高変化は小さいことを確認
- VLBI観測局には地表面に比べ、両振幅3mm程度の季節的上下変動および年0.6mm程度の隆起が見られることを確認
 - ✓ 20m井, 50m井の水位を入力とする線形モデル
両振幅で3mm程度:分散の87%を説明

Slide 17

3. 安定地層固定型基準点の技術開発

- 190m地盤に直結した基準点を新設
- 190m地盤を基準とした構内のGPS基準点の変動について、水準測量の品質で監視ができることを確認
- 表層190mの層厚変化計測について、レーザー距離計の導入により、より安定かつ効率的な計測を実現

4. 経年的変動のモニタリング

- 地下水揚水による季節的地盤変動の監視手法を確立
- TX沿線開発に伴う宇宙測地基準局の上下変動における様相変化が今のところ見られないことを確認

Slide 18

**(独)産業技術総合研究所からは、同所で観測している
地下水位データを提供いただいた。ここに謝意を表する。**

文献：

**大谷竜・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・佐藤努・北川有一・板
場智史 (2008) 東海・関東・伊豆
地域における地下水等観測結果 (2007 年11 月～
2008 年4 月)(37)、地震予知連絡会報、80, 360-368**

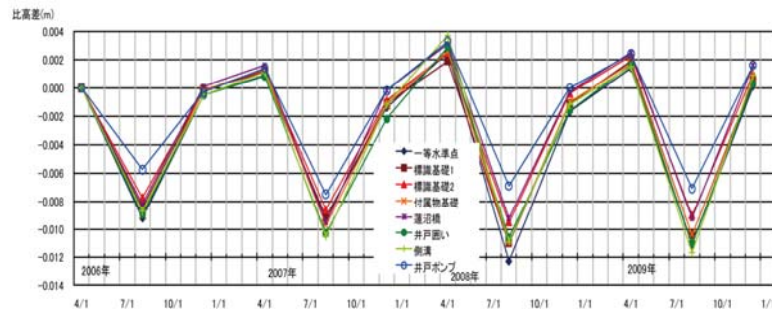
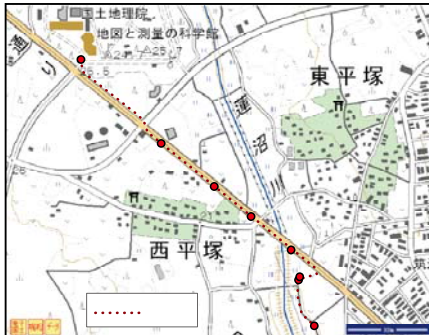
Slide 19

Slide 20

1. 上下変動機構の解明—水平成層の仮定の検証 国土地理院

● 構外水準測量

- ✓ 年4回、地理院の周囲1km程度の路線で水準測量
- ✓ 基礎の深い「井戸ポンプ」以外はどの点もほぼ一様の変動→水平成層の仮定はほぼ妥当

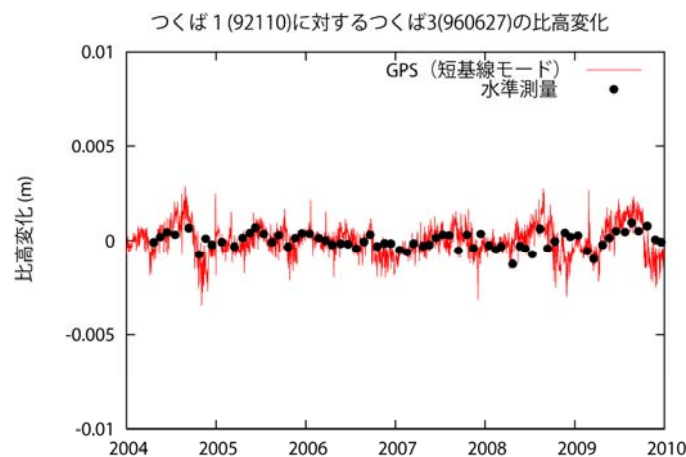


Slide 21

2. 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測 国土地理院

・ GPS基準点

短基線モード（2周波の独立解析：大気遅延量不推定）
による'つくば1' - 'つくば3' の比高変化



GPS基準点間の比高変化はほぼ見られない

Slide 22

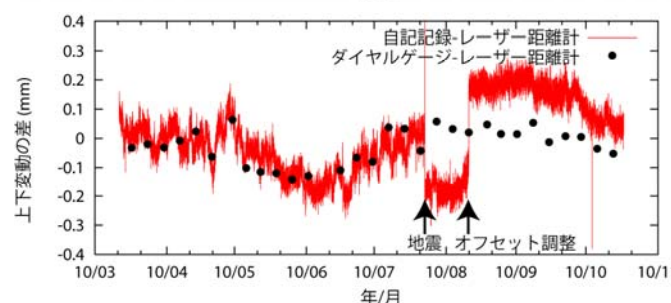
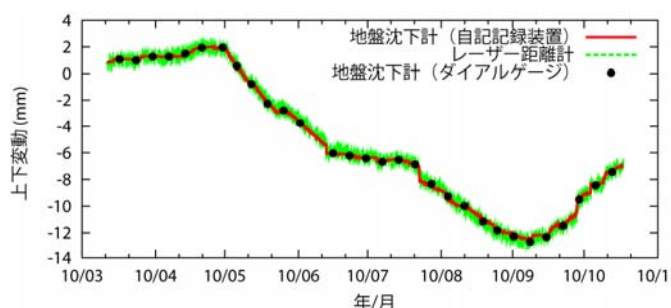
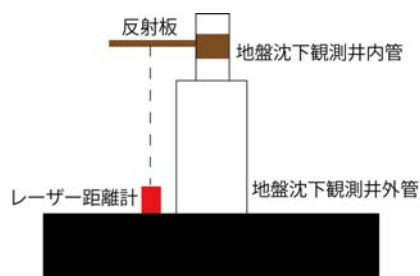
・ 表層190mの層厚変化の安定かつ効率的な監視を実現

地盤沈下計の問題点

- 定期的な調整が必要
- 自記記録装置の針先が地震時にずれる



レーザー距離計で置き換え



4. 経年的地盤変動の中・長期的モニタリング

・ 監視対象および手法

● 表層190mの層厚変化

- ✓ 地盤沈下計観測
- ✓ 地下水位観測 (モデル媒介)
- ✓ 安定地層固定型基準点とのGPS基線解析 (短基線モード)

● 190m地盤より深い層の地盤変動

- ✓ 地下水位観測 (モデル媒介)
- ✓ 安定地層固定型基準点06S061の絶対変動

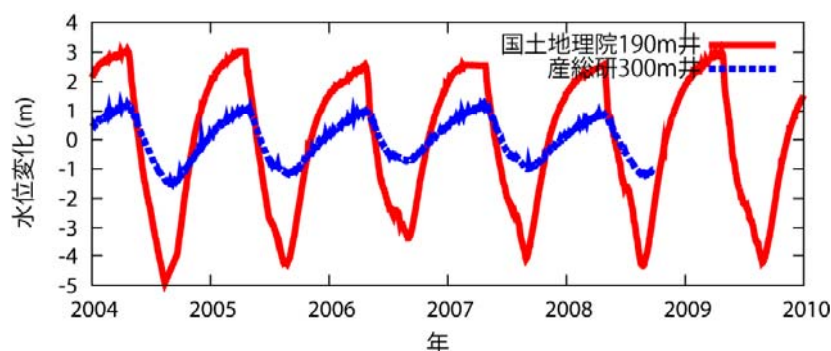
● 宇宙測地基準局間の比高変化

- ✓ 地下水位観測 (モデル媒介)
- ✓ 水準測量

• '地理院190m井'と'産総研300m井'との比較

➤ 190m井：ストレーナ140—150m

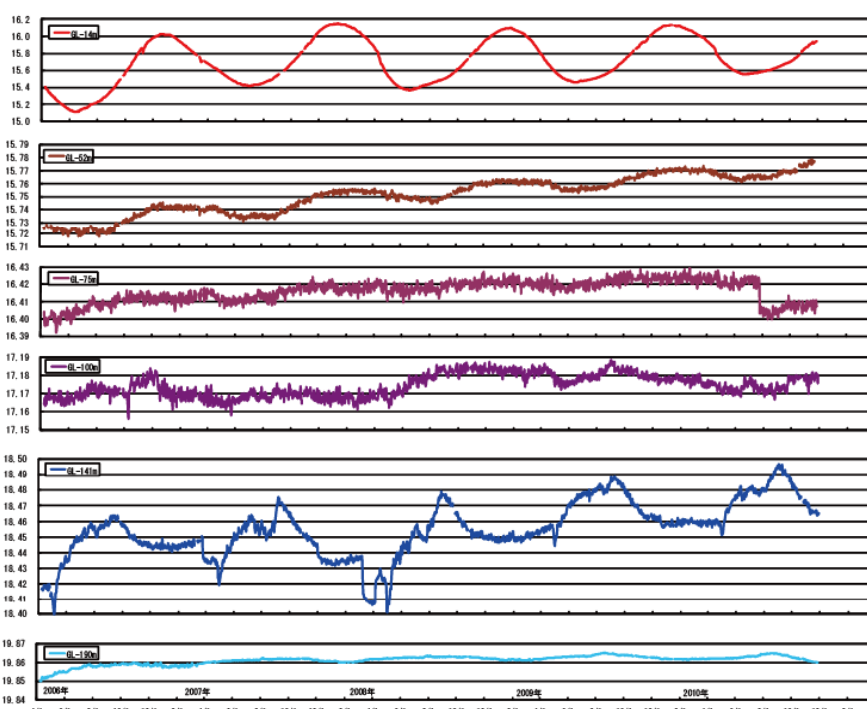
➤ 300m井：ストレーナ230—270m



相関係数： 0.92
振幅比： 0.28

Slide 25

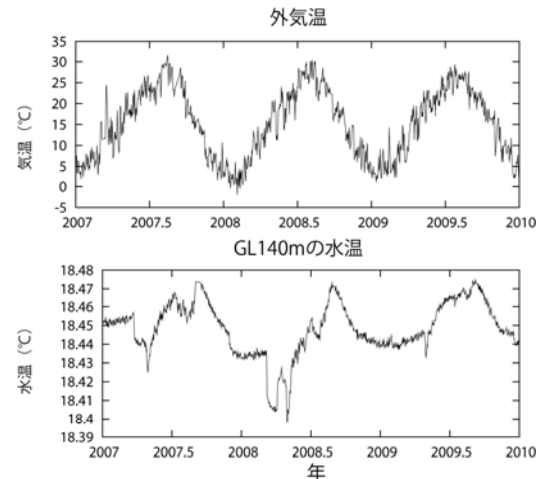
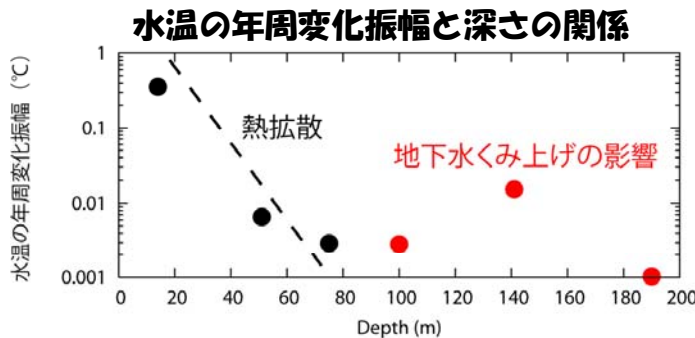
水温計の観測 (1)



190m井内部計6か所
において、水晶水温計
による連続水温観測
を実施

Slide 26

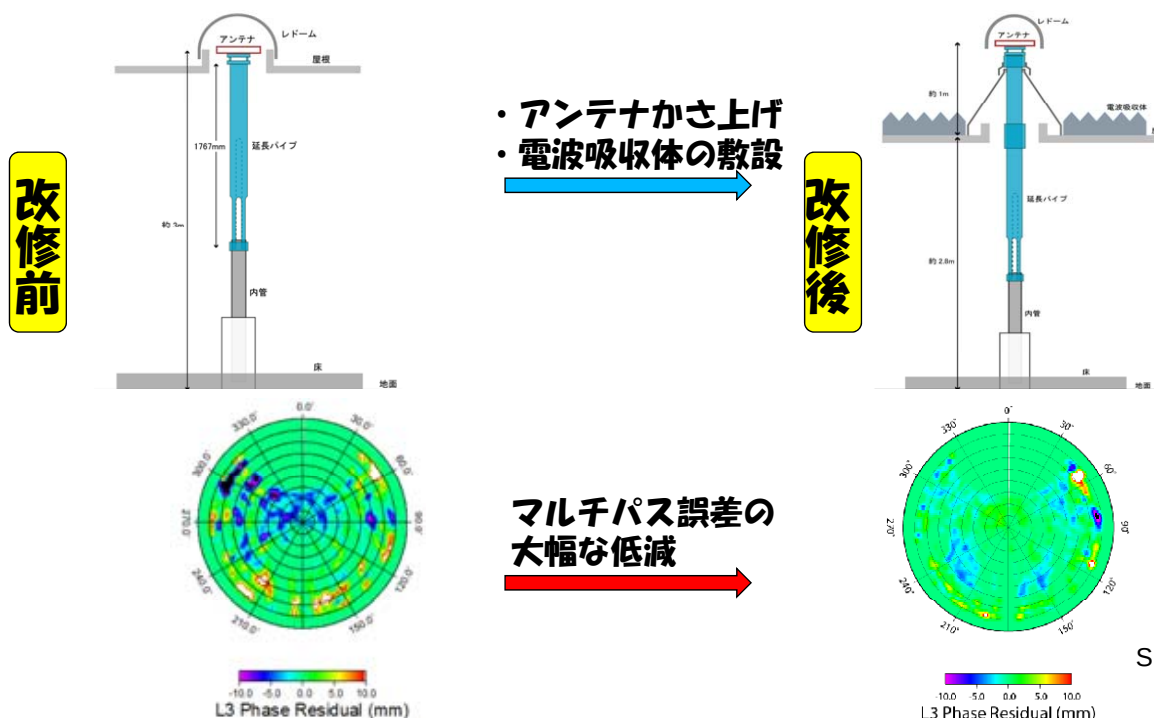
- 地下水くみ上げに伴う地下水流動
→ 通常の熱拡散を超える水温変化が生じるのか？



ただし、水温異常による内管の変形は、
高々0.01mm程度と推定される
(参考：熱拡散による温度変形は0.6mm程度)

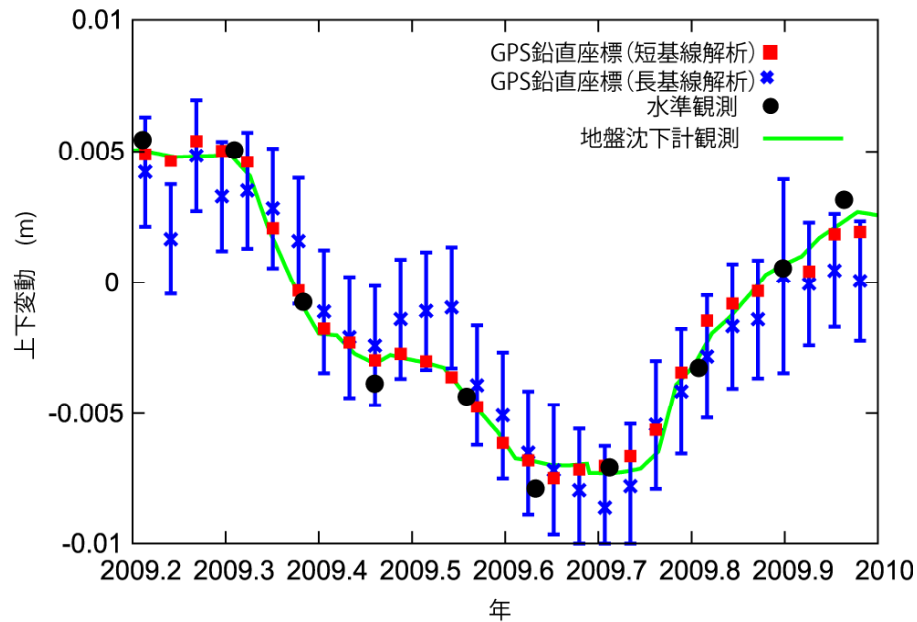
Slide 27

安定地層固定型基準点の改良

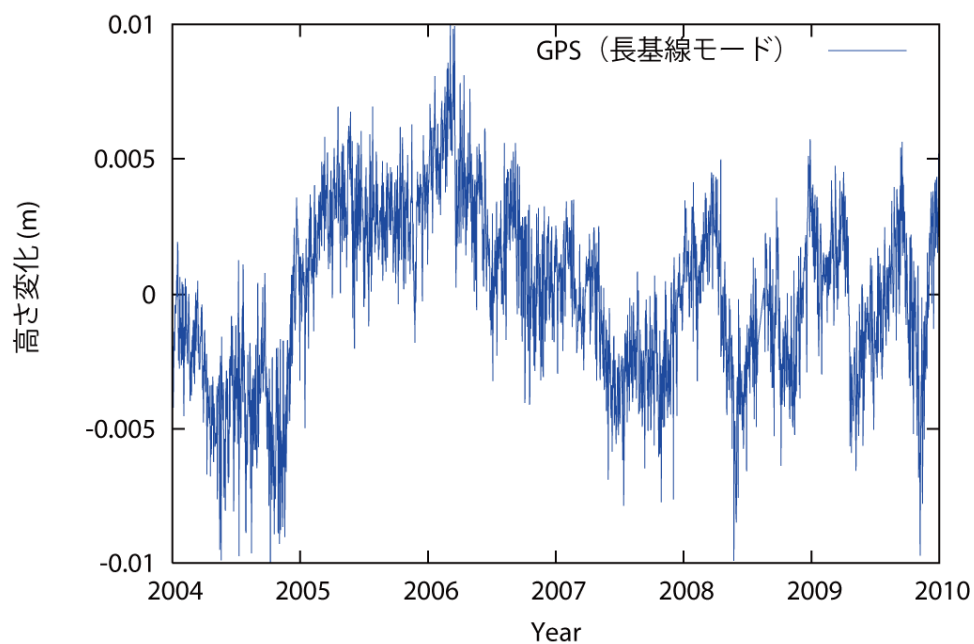


Slide 28

安定地層固定型基準点06S061を基準とした地上観測点92110の上下変化



Slide 29



Slide 30

研究課題事後評価表

1. 提案課・室名問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室
TEL : 029-864-1111(内8341) FAX : 029-864-2655

2. 研究課題名

測地基準系精密保持手法に関する研究

3. 研究期間

平成 17 年 4 月 ～ 平成 22 年 3 月 (5 年間)

4. 予算

特別研究 45,199 千円 (5 年間の総額)

5. 分科会委員

○里村 幹夫、田部井 隆雄、日置 幸介

6. 成果の概要

つくばの地盤上下季節変動について、表層 190m の層厚変化と 190m 地盤より深い層の変動に分け、全層厚の変化を説明するモデルを作成した。またその残差はマルチパスによる影響の可能性が高いことを示した。

VLBI 観測局は、他の宇宙測地基準局よりも上下季節変動が小さいことを明らかにし、さらに、地下 190m 地盤に固定された観測井内管にアンテナを固定することで上下変動の影響を受けにくい GPS 点を設置して、つくばエクスプレス沿線開発に伴う上下の地盤変動が現れていないことを明らかにした。

7. 当初目標の達成度

当初目標として (1) 上下変動機構の解明、(2) 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測、(3) 安定地層固定型基準点の技術開発、(4) 経年の地盤変動の中長期的モニタリングを設定していたが、いずれも達成された。

8. 成果公表状況

査読付き雑誌 EPS に成果を公表するとともにその他の論文 3 篇などを公表しており、良好である。

9. 成果活用の見込み

本研究で得られた知見は、今後の VLBI 観測、GPS 観測に取り入れられることになるが、GEONET 測位解への取り込みについては、未検討部分が多い。

10. 達成度の分析

上下季節変動量精密計測や上下変動機構の解明についてはほぼ達成されたが、その補正方法については必ずしも十分とはいえない。

11. 残された課題と新たな研究開発の方向

GPS、VLBI とともにつくばが日本の重要な観測基準局であり、その観測継続は重要であるが、今後つくばの上下変動を測位解から補正するのか、新たな基準局を設けるかの議論が必要である。

12. その他、課題内容に応じ必要な事項
とくになし。

13. 総合評価 ①. 十分な成果 2. 一部不満足 3. 部分的成果 4. 失敗

新規研究課題提案書

(課題提案者が記入)

提案課・室名 問合せ先	課・室名：地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室 住 所：茨城県つくば市北郷1番 TEL：029-864-1111内線8332 FAX：029-864-2655
研究課題名	測地基準系精密保持手法に関する研究
研究制度名	特別研究
研究期間	平成 17年 4月 ～ 平成 22年 3月 (5 年間)
① 課題分類	(1) 測量事業・行政施策を支援する研究開発
② 研究開発 の背景・必要 性	国土地理院(つくば市)構内には、VLBI観測局、GPS連続観測点があり、一体となって国内観測の中央局及び国際観測網の宇宙測地基準局として、世界測地系及び地球基準座標系(合わせて、「測地基準系」)の構築・維持に重要な役割を担っている。これらの観測点の位置データに含まれている上下季節変動は、外国局の季節変動のように従来の理論では説明できなかったが、2003年、日本固有の変動機構であるらしいことがわかってきた。 近年、測位精度の急速な向上に伴い、宇宙測地基準局の正確な位置が必要とされる中、上下成分の季節変動及び経年的変動をこれまでにない精度で定量的に測定することにより、その変動機構を明らかにし、宇宙測地基準局としてふさわしい位置精度を確保することが課題となっている。 構内には、深度190mの二重管式地盤沈下計があり、0.02mm精度の地盤上下変動データを蓄積しているが、本研究の目的のためには、地下水温変化の計測やGPS・水準測量等他の測地技術との比較など、より精密な調査・研究が必要となる。 また、つくばエクスプレス(TX)沿線開発に伴い、宇宙測地基準局の上下位置が変動する可能性があり、変動量を定量的に計測・蓄積することが測地基準系維持にとって欠かせない。
③ 研究開発 の目的・目標	次の4つの目標を通して、特に上下方向について、測地基準系精密保持手法を確立することを目的とする。 1. 上下変動機構(表層地盤弾性変形)の解明 2. 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測 3. 経年的地盤変動の中長期的モニタリング 4. 安定地層固定型基準点の技術開発
④ 研究開発 の内容	既存の190m地盤沈下計を改造し、二重管の特性を生かした、これまでにない高精度・高時間分解能の上下変動観測を実現する。水田灌漑用地下水揚水という既知の巨大な地盤変動源を利用し、上下変動機構のモデル化を試みる。また、新旧GPSの観測データ他との比較により、信頼度を検証する。基盤岩以浅の全層厚変動を観測できる二重管式観測井を念頭に置き、測地基準系精密保持手法を研究する。
⑤ 研究開発 の方法、実施 体制	研究の方法: 国土地理院構内にある既存の190m地盤沈下計について、水温計設置、及び、小屋の断熱化を行い、地層厚変動データの高精度化を行う。また、管頭にGPS受信機を設置、及び、水準測量を実施し、既存GPS連続観測データ等との比較により、上下変動計測の信頼度を検証する。また、既存4本の地下水位観測井の水位データ等との比較、及び、地下水利用形態・涵養形態の調査を実施し、上下変動機構の解明を試みる。 実施体制: 宇宙測地研究室室長1名、主任研究官1名、研究官1名にて実施する。水温計設置、小屋の断熱化、GPS設置は外注する。水温データは地理調査部のFisシステムに組み込みを予定。GPS受信機の設置は測地観測センターとの調整を予定。
⑥ 研究開発 の種類	1. 基礎研究 測地基準系上下方向ミリメートル管理への挑戦 4. 観測・調査 地盤上下変動データの常時取得 3. 技術開発 安定地層固定型基準点という新規発想の技術開発
⑦ 現在まで の開発段階	2. 試行段階 既存の190m層厚地盤沈下計の観測データは良好であり、GPS観測データとの間に矛盾がないことが確認されている。
⑧ 想定され る成果と活 用方針	本研究により、宇宙測地基準局に必要とされる上下測位精度を確保し、GEONET(国内GPS観測網)固定局上下位置、IGS(国際GPSサービス)の日本の拠点であるTSKB上下位置及びVLBI観測局を補正することで、測地基準系の上下方向成分の精密な保持が可能となる。また、経年的変動に着目することで、大規模地域開発の際の地下水涵養への配慮が有効に機能しているか確認することがで

	きる。また、GPS連続観測局や水準点を安定地層に固定する新しい手法が開発されることになる。さらに、表層地盤の上下変動機構の解明により、テクトニックな上下変動の分離、及び、測地測量における誤差源の把握が可能となる。地球温暖化に伴う海面上昇の計測精度向上が期待される。
⑨ 研究に協力が見込まれる機関名	国土交通省土地・水資源局、つくば市内の研究所（例：産総研）、つくば大学、東京大学地震研究所、都市基盤整備公団
⑩ 関係部局等との調整	院内のみ：地理調査部と既存井戸との関連調整。測地観測センターとGPS受信機設置に関する調整。測地部の重力、水準測量、VLBIに関する調整。
⑪ 備考	

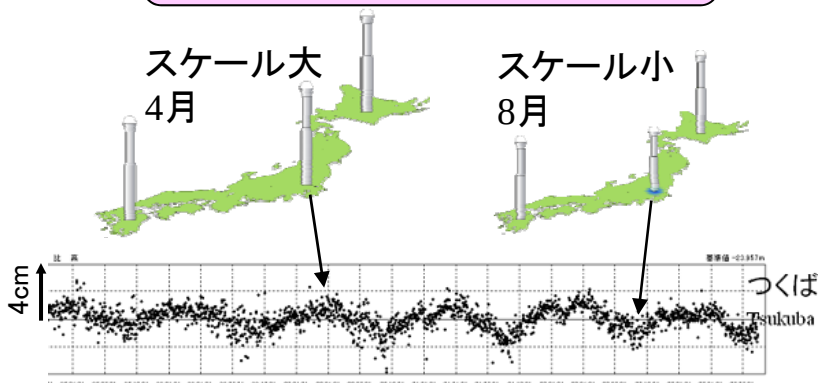
測地基準系精密保持手法に関する研究

つくば国土地理院
宇宙測地基準局



GPS・VLBI・重力等

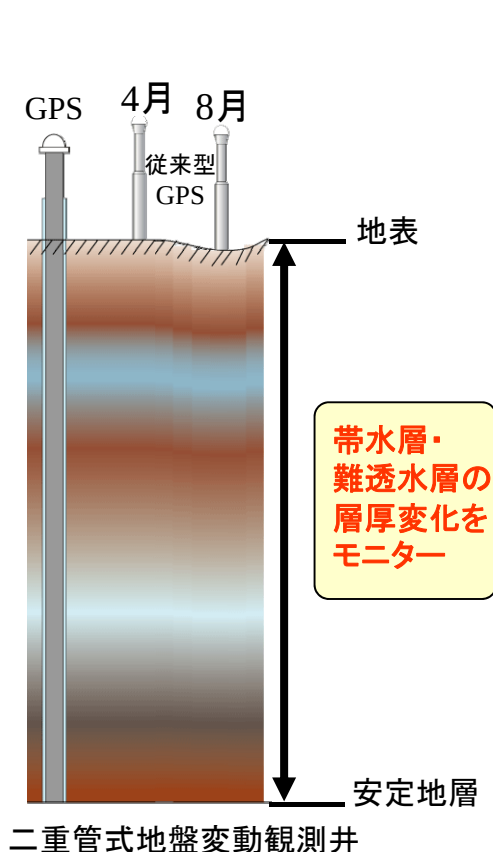
国内・国際観測網の重要な基準局
として測地基準系を維持



地下水の汲み上げに伴う季節上下変動

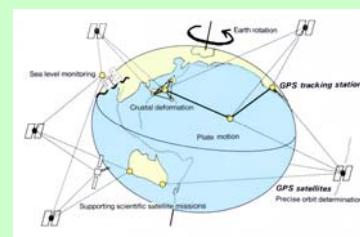
VLBI, TSKB, GEONETに影響

観測井による地盤変動の常時モニタリング(0.1mm精度)



上下変動機構(表層地盤弾性変形)の解明

つくば固定局の上下季節変動
に起因する
GEONETのスケール
誤差を減少させ、
測位精度を向上



高精度な国際GPS観測網にふさわしい基準局に

経年的地盤変動の中長期的モニタリング

地盤沈下が起こらないことを確認

安定地層固定型基準点の技術開発

従来型GPS高 - 基盤岩固定GPS高 = 全層圧変化 を確認