

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

東海地方における地殻活動モニタリングの高度化

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ．東海・東南海・南海地域

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

これまでの観測研究の結果は、東海地域における観測研究の継続的実施の重要性を如実に示している。そこで、今次 5 か年計画においても東海地域における地殻変動、電磁気及び重力の観測を継続実施し、この地域の地殻活動を連続的にモニタリングする。特に GPS 及び電磁気観測においてはテレメータ方式を増設し、モニタリングの高度化並びに観測にかかる労力の軽減を実現して、データのより高度な数理解析への展開を計る。

1) 東海地方において稠密 GPS アレイ観測を実施し、詳細な地殻変動をモニタリングする。

東海地方に設置されている高密度 GPS 観測網の観測を継続し、GEONET データと併合処理することにより東海地方の地殻変動を詳細にモニタリングする。また、テレメータ化した観測点では 10Hz の高頻度サンプリング観測を実施し、地震波等の高速の現象が検出できるか試験的な研究観測を実施する。得られたデータに基づき沈み込むフィリピン海プレートの固着の時間変化を明らかにする。相良においては地殻活動総合観測装置による観測を継続し、富士川観測所などの石英管伸縮計、水管傾斜計およびボアホールひずみ計などの連続観測から得られるひずみ・傾斜変化と比較し、地殻活動の時間変化を連続的にとらえる。

2) 東海地方において電磁気変化をモニタリングする。

東海地方において、広域的応力場変化、地殻内流体の移動をモニターするための、全磁力、3 成分磁場連続観測を実施する。観測点項目ないし配置の見直しにより、地殻活動に関連した電磁気現象の検知能力を高める。

3) 東海地方において重力観測を実施する。

東海地方の複数点で絶対重力観測を年間 3 回程度繰り返すとともに、その周辺域で相対重力観測を同時に実施して、重力値の時間変化を面的に捉える。

4) 地殻変動・地磁気及び重力変化を統合した東海地域のプレート運動とそれに伴う各種現象のモデル化の試みにチャレンジする。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要 :

平成 21 年度においては以下の観測研究を実施する :

1) GPS 観測の継続実施

高頻度サンプリング GPS 観測の導入

相良におけるボアホール連続観測の継続実施

観測データの整理・解析と解析処理によるプレート固着変化及び短期スローイベントの検出

2) 地磁気観測の継続実施

観測データの整理・解析と東海地方の地磁気活動の解明

3) 絶対及び相対重力観測の継続実施

観測データの整理・解析とプレート運動に伴う重力変化の検出とモデル化

4) フィリピン海北縁部 (東海・東南海・南海) で実施している観測網のデータの総合的解析とモデル化を推進するため , 関連研究者による研究集会を実施する .

平成 22 年度においては以下の観測研究を実施する :

1) GPS 及び連続観測の継続実施

観測データの整理・解析と解析処理によるプレート固着変化及び短期スローイベントの検出

2) 地磁気観測の継続実施

観測データの整理・解析と東海地方の地磁気活動の解明

3) 絶対及び相対重力観測の継続実施

観測データの整理・解析とプレート運動に伴う重力変化の検出とモデル化

4) フィリピン海北縁部 (東海・東南海・南海) で実施している観測網のデータの総合的解析とモデル化を進める . また , 関連研究者による研究集会を実施する .

平成 23 年度においては以下の観測研究を実施する :

1) GPS 及び連続観測の継続実施

観測データの整理・解析と解析処理によるプレート固着変化及び短期スローイベントの検出

2) 地磁気観測の継続実施

観測データの整理・解析と東海地方の地磁気活動の解明

3) 絶対及び相対重力観測の継続実施

観測データの整理・解析とプレート運動に伴う重力変化の検出とモデル化

4) フィリピン海北縁部 (東海・東南海・南海) で実施している観測網のデータの総合的解析とモデル化を進める . 関連研究者による研究集会を実施する .

平成 24 年度においては以下の観測研究を実施する :

1) GPS 及び連続観測の継続実施

観測データの整理・解析と解析処理によるプレート固着変化及び短期スローイベントの検出

2) 地磁気観測の継続実施

観測データの整理・解析と東海地方の地磁気活動の解明

3) 絶対及び相対重力観測の継続実施

観測データの整理・解析とプレート運動に伴う重力変化の検出とモデル化

4) 関連研究者による研究集会を実施し , フィリピン海北縁部 (東海・東南海・南海) で実施している観測網のデータの総合的解析とモデル化を推進すると共に次期計画に向けての課題を洗い出す .

平成 25 年度においては以下の観測研究を実施する :

1) GPS 及び連続観測の継続実施

観測データの整理・解析と解析処理によるプレート固着変化及び短期スローイベントの検出

2) 地磁気観測の継続実施

観測データの整理・解析と東海地方の地磁気活動の解明

3) 絶対及び相対重力観測の継続実施

観測データの整理・解析とプレート運動に伴う重力変化の検出とモデル化

4) 関連研究者による研究集会を実施し、5年間の研究を総括すると共に成果をとりまとめる。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

1) GPS 観測

GPS 大学連合では 2004 年から東海地域で高密度の GPS 観測網を展開して観測を行ってきた。今年度も昨年度に引き続き GPS 観測を実施したほか、今回改めて 2004 年以降のデータを統一的に再解析し、最近の東海地方の地殻変動について検討したので、その結果を報告する。

1. 2005 年夏の長期スロースリップ収束前後に、各地の変位速度だけではなく面積ひずみ速度の傾向が大きく変わった。フォワード計算により、これ結果から沈み込むフィリピン海プレートの表面のアスペリティが推定できることをすでに報告しているが、インバージョン計算でも同様の結果が得られた(図 1)。

2. 長期スロースリップ終了から東北地方太平洋沖地震発生までの 5 年強の期間を 2 つに分けて、ITRF2008 絶対座標系での地殻変動の様子を比べたところ、後半のほうが変位速度の南向き成分が小さかった。このことは、長期スロースリップ終了から時間がより多く経過したほうが、沈み込むフィリピン海プレートとのカップリングが強まったことを示唆する。

3. 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動を、時間に対して指数関数で表される項と直線的な傾斜の項に分けて求め、地震発生時の地殻変動量(図 2)と比較した。いずれも地震時地殻変動量に比べ南北での変動量の差が小さかった。指数関数で表される項を余効変動、直線傾斜勾配の地震前からの変化を粘性緩和による影響と考えると、このことは、地震時の地殻変動の原因となった断層運動より、地震後の余効変動を起こしている範囲や粘性緩和を起こしている範囲のほうが広いという解釈と調和的である(図 3)。

4. 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動から面積ひずみ速度を求めると、静岡北部から長野県にかけては面積増加がみられるが、静岡県南部地域は面積減少がみられた。このことは、研究地域の北部は余効変動や粘性緩和による東向きの変位速度が東ほど大きいために面積増加を示しているが、フィリピン海プレートと固着している南部の内部変形は東北地方太平洋沖地震の影響が小さいと考えられる。

2) 地磁気観測

電磁気観測点(分布図は図 1)における全磁力の深夜 2 時から 4 時までの毎分値の、YAT(八ヶ岳地球電磁気観測所)における全磁力との差の日別平均値の時間変化を図 4 に示す。東海大学との協力により、今年度 FNK にフラックスゲート磁力計を設置し、地磁気 3 成分の観測を開始した。

各観測点の全磁力変化のうち、2011 年 3 月における SHN/FJM におけるステップ状の全磁力の減少は、2011 年 3 月 15 日静岡県東部地震にともなうピエゾ磁気効果による説明が可能な、応力変化に対する地磁気の応答による変化である。2012 年は全観測点で全磁力の増加が継続したが、東部ほど増加の傾向が大きい。これは国土地理院の測地観測所(千葉県)、大多喜(千葉県)・原町(福島県)両地球電磁気連続観測点における全磁力の YAT との差の時間変化にもより顕著に見られる。このため東日本から中部日本にかけてのリージョナルな地磁気永年変化が全磁力変化に反映していると考えられる。しかし OKY、TAW における増加がより西方の FNK、HRN における増加よりも小さい。

予察的解析により、1) 本観測領域の西方に位置する国土地理院の志賀(石川県)・萩原(岐阜県)両地球電磁気連続観測点における全磁力の YAT との差の時間変化は、2007 年 7 月以降、5nT を越える系統的变化は見出せず、本観測領域西部 FNK・SAG・HRN の 2009 年から 2010 年にかけての全磁力の増加はこの観測領域特有の変化である、2) YAT を基準とした鉛直成分の差の時間変化に着目すると、TAW では 2010 年 7 月以降、年間 10nT 程度の減少が見られ、この傾向は志賀・萩原における鉛直成分の時間変化と定性的に符合する一方、SAG においては 2010 年から年間 10nT 程度の増加傾向が 2012 年半ばまで見られ、TAW との間で鉛直成分の時間変化の傾向に相違が生じる 2010 年 7 月を挟む前後 4 ヶ月間で HRN では全磁力が 5nT 程度増加していた(図 5)、などが示されつつあり、精察を今後行う。

3) 重力観測

平成 24 年 9 月 17 日から 9 月 22 日に御前崎において、絶対重力測定を実施した。23 年度の観測結果に対して、2 マイクロガルの増加が認められた。この変化は長期的な重力増加の傾向と一致している。平成 24 年 2 月 11 日から 2 月 17 日に豊橋及び菊川周辺で相対重力測定を行った。絶対重力測定結果は測定機器の不調のためばらつきが大きく、相対測定の結果も含めて現在、解析を進めている。

- (8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
藤田明男，2012，GEONET データによる西南日本の固着分布とスロースリップイベントの連続モニタリング，静岡大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻修士論文
藤田明男・里村幹夫・生田領野・島田誠一・加藤照之，2012，GEONET を用いた西南日本のスロースリップイベントのモニタリング，日本地球惑星科学連合 2012 年大会(幕張メッセ，2012 年 5 月 20 日)
国土地理院・東京大学地震研究所，2012，第 197 回地震予知連絡会資料 2012，御前崎における絶対重力変化
Mikio Satomura, Ryoya Ikuta, Akio Fujita, Yuki Hashimoto, Seiichi Shimada, Teruyuki Kato, Yasushi Harada, Shinichi Nomura, 2012, Micro displacement obtained from very dense GPS network in the Tokai District, central Japan, AGU 2012 Fall meeting, (San Francisco, California, U.S.A.)
野村晋一・里村幹夫・生田領野・島田誠一・加藤照之・原田靖・鷲谷威，2012，2011 年東北地方太平洋沖地震による東海地域の地殻変動への影響，日本地球惑星科学連合 2012 年大会(幕張メッセ，2012 年 5 月 20 日)

(9) 平成 25 年度実施計画の概要：

1) GPS 観測

GPS 観測網における GPS 観測を継続する。ひずみ場の解析を進め、想定東海地震震源のアスペリティ分布の推定の高精度化を図る。高頻度サンプリング GPS の観測を継続し、GPS を地震計として活用できるか検討する。これまでの観測及び研究成果の取りまとめを行う。

2) 地磁気観測

現行の観測を継続するとともに、地磁気 3 成分観測網の稼働によりデータが蓄積されつつあり、3 成分磁力計のキャリブレーション(地磁気絶対観測)を各観測点で進める。地磁気 3 成分の経年変化の議論を開始する。その際、地殻活動とは関係のない地磁気永年変化の空間分布を考慮した、観測量変化の標準場・異常場の分離を行う。プレート境界に仮想する地殻内部流体移動を起源とする流動電位による地表における電磁場の評価手法を確立し、磁場・重力変化の観測事実との対比検証の環境を構築する。これまでの観測及び研究成果の取りまとめを行う。

3) 重力観測

御前崎・豊橋・菊川における絶対・相対重力観測を 1 回以上実施し、重力の経年変化及び中期的な揺らぎについて更にデータの蓄積を進める。また、プレート運動及びスロースリップから期待される地殻変動と重力変化を計算するモデルの改良に取り組む。合わせて、東北地方太平洋沖地震による地震時、地震後の重力変化を取り除くためのモデル開発を進める。これまでの観測及び研究成果の取りまとめを行う。

4) 統合処理

研究集会を実施するとともに、データの共有化を図り、東海地域の沈み込み帯におけるプレート間固着やスローイベントに伴う地殻活動発生メカニズムに関する考察を行う。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学地震研究所 加藤照之・上嶋誠・小河勉・小山茂・大久保修平・田中愛幸

他機関との共同研究の有無：有
静岡大学 里村幹夫
東海大学 長尾年恭

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター
電話：03-5841-5796
e-mail：teru@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：加藤照之
所属：東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター

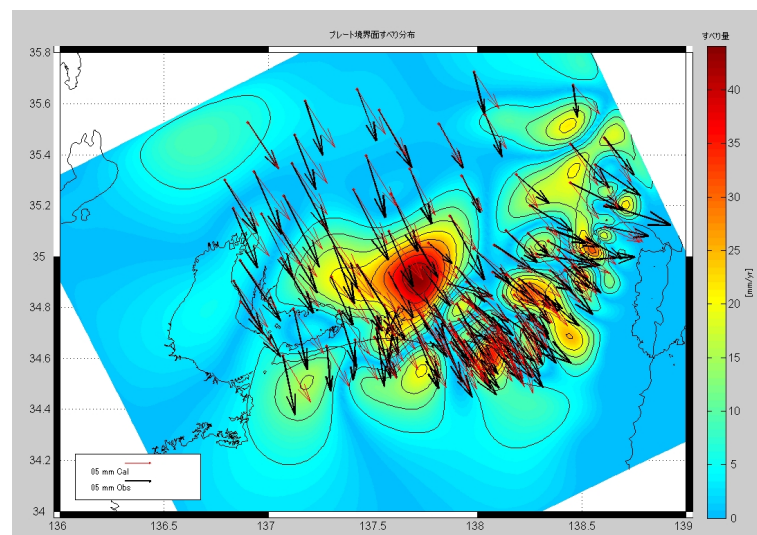


図 1：東海長期スロースリップ発生中 (2004/1/1～2005/7/31) とスロースリップ終了後 (2005/8/1～2011/2/28) の地殻変動水平速度の差と、それからインバージョンにより求めたフィリピン海プレート表面の滑り分布．赤い部分がスロースリップ発生中に滑っていた領域を示す．

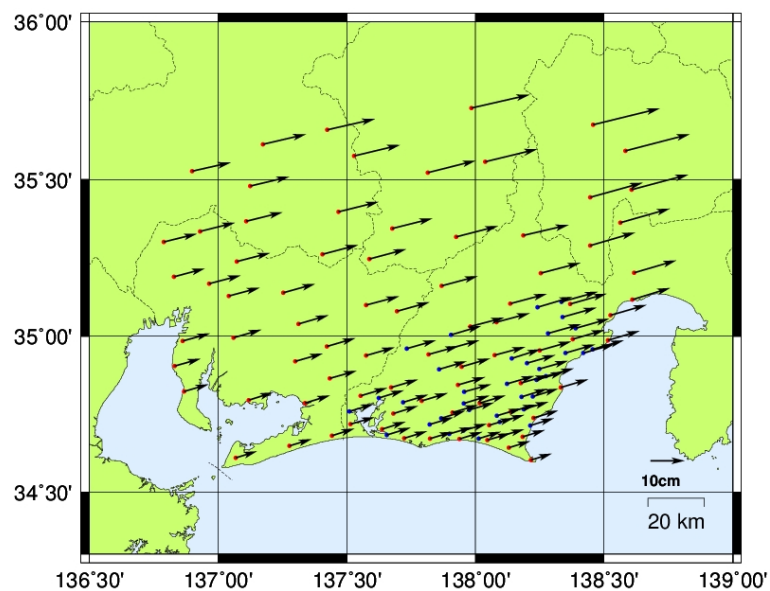


図 2
2011 年東北地方太平洋沖地震時の地殻水平変動

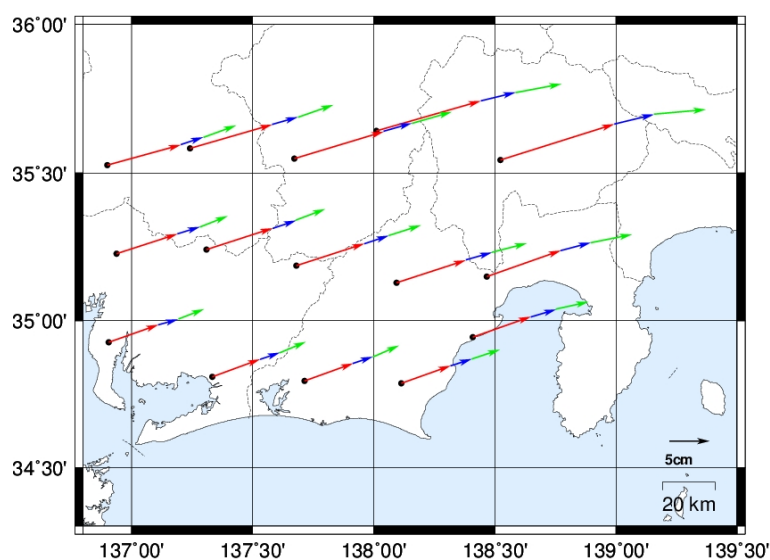


図 3
解析地域を 15 に分けた時の，2011 年東北地方太平洋沖地震時の水平変動 (赤) と，それ以降の余効変動 (時定数 59 日としたときの指数項の係数) (青)，及び地震前と地震後の地殻変動直線成分の勾配の変化量 (地震後 539 日分の変動量) (緑)．地震時の変動は北のほうが大きい，それに比べると余効変動や勾配の変化量は南北による差が小さい．

observation network

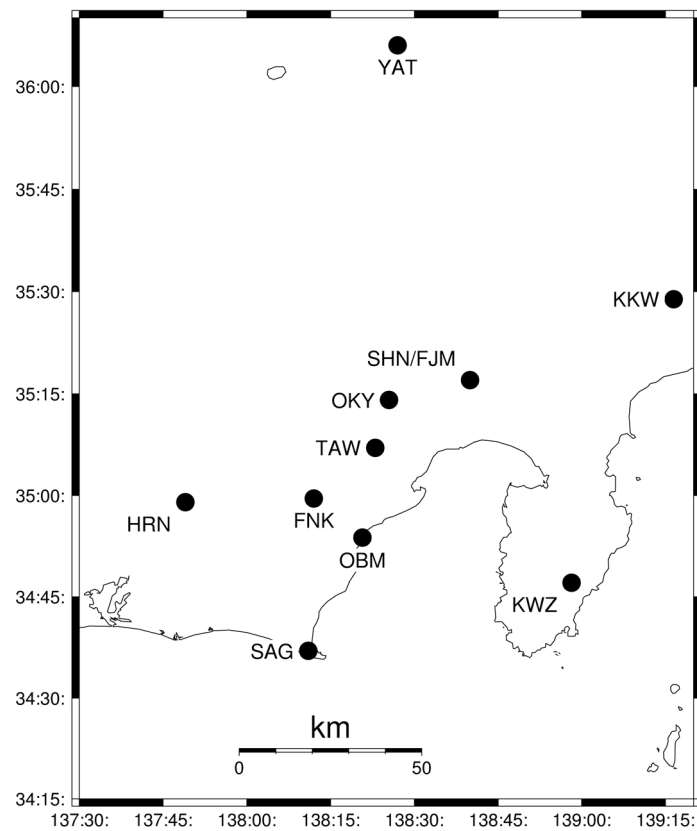


図 4

東海地方の地球電磁気連続観測点分布．全観測点で全磁力を，また KWZ，SHN/FJM，TAW，SAG，YAT で地磁気 3 成分も観測している．FNK で 2012 年 5 月から地磁気 3 成分の観測を開始した．

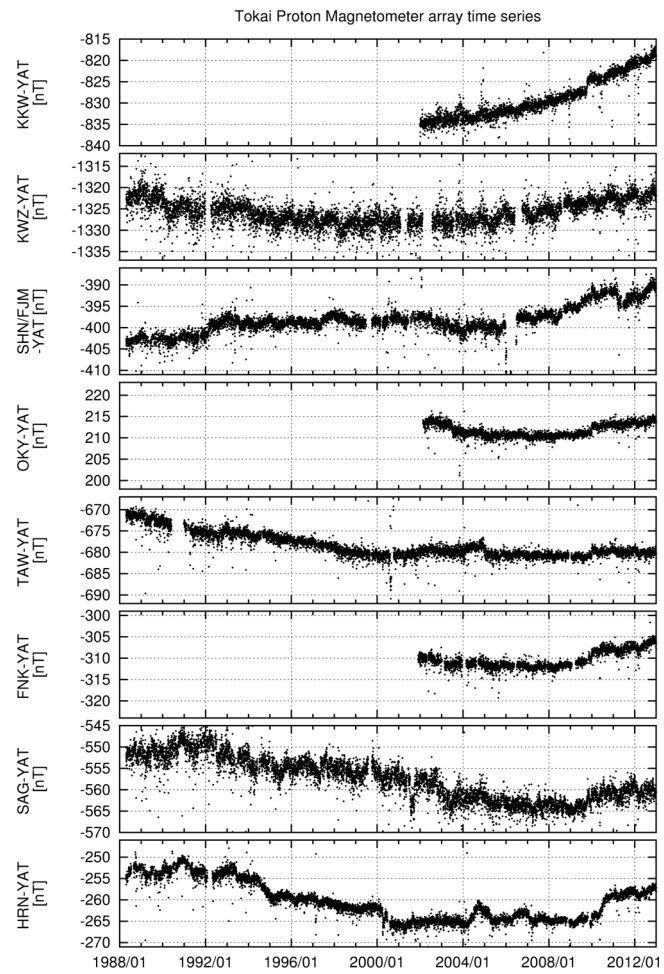


図 5

YAT を基準とした 1988 年 4 月から 2012 年 12 月までの全磁力時間変化 . 上から KKW , KWZ , SHN/FJM , OKY , TAW , FNK , SAG , HRN .

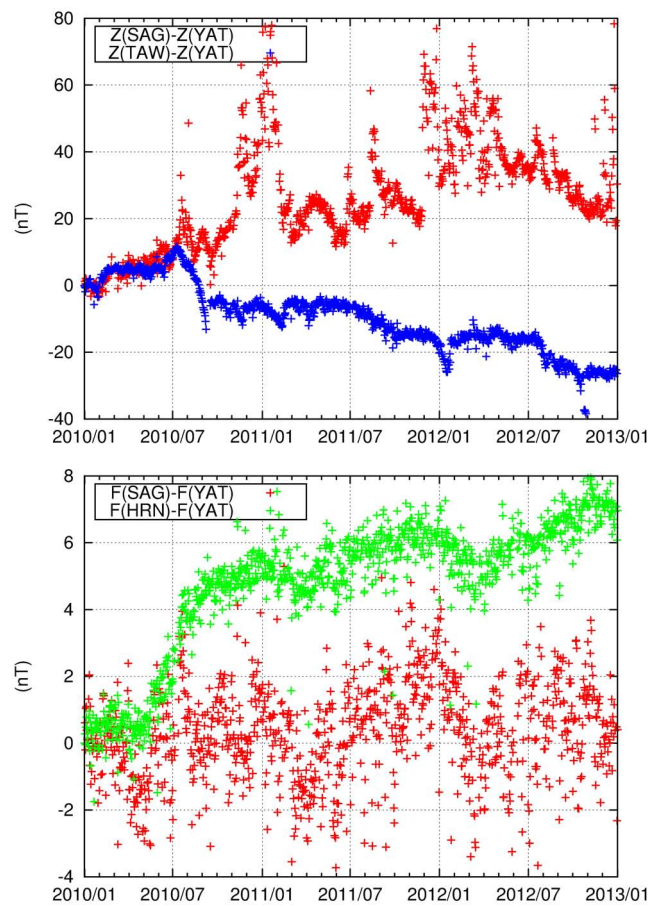


図 6

(上) YAT を基準とした 2010 年 1 月から 2012 年 12 月までの、SAG、TAW における地磁気鉛直成分の時間変化．2010 年 1 月 1 日の値を原点としている (下) YAT を基準とした 2010 年 1 月から 2012 年 12 月までの、SAG、HRN における全磁力時間変化．2010 年 1 月 1 日の値を原点としている．