

( 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：

特定地域の地殻活動モニタリングシステムの高度化

( 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

イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

( 4 ) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

( 2 ) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

( 2-1 ) 地震発生予測システム

ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

イ. 地殻活動予測シミュレーションの高度化

ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測

( 2-2 ) 火山噴火予測システム

ア. 噴火シナリオの作成

イ. 噴火シナリオに基づく噴火予測

( 3 ) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

ア. 地震・火山現象の基礎データベース

イ. 地震・火山現象に関する情報の統合化

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

ア. 列島及び周辺域のプレート運動, 広域応力場

イ. 上部マントルとマグマの発生場

ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布

エ. 地震活動と火山活動の相互作用

オ. 地震発生サイクルと長期地殻ひずみ

( 2 ) 地震・火山噴火に至る準備過程

( 2-1 ) 地震準備過程

ア. アスペリティの実体

イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

ウ. ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

エ．スラブ内地震の発生機構

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

イ．噴火履歴とマグマの発達過程

(5) 本課題の5か年の到達目標：

「地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化」の中では、大地震の発生や火山噴火の可能性の高い地域において、活動の予測に有用な情報を数多く収集するために、地震現象、火山現象モニタリングの観測項目の多項目化、観測点の高密度化、実時間処理システムの一層の整備を要請している。この要請に答えるため、宮城県沖地震の震源域及びその周辺域(サブテーマ1)、糸魚川-静岡構造線の震源域及びその周辺域(サブテーマ2)、南関東とその周辺域(サブテーマ3)、伊豆半島東部及び伊豆諸島(サブテーマ4)における自然地震、電磁気、重力の観測からこの地域の地殻活動をモニタリングする。それぞれのモニタリング観測を、通年、ないしは、地震発生、火山噴火時に連続、ないしは機動的に行い、活動の的確な把握に努めると共に、地震発生、火山噴火予測システムに組み込む基礎データを提供する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本課題の4つのテーマそれぞれについて、全年度にわたって以下の観測研究を実施する。

宮城県沖地震の震源域及びその周辺の地殻活動モニタリングシステムの高度化

(海底地震観測による詳細な地震活動把握と地殻構造との対比)

平成17年度からの5か年計画で、推進本部の選定する「重点的調査観測」の一環として実施されてきた。この成果を、地震予知研究に活用する。地震予知研究としては、地震発生確率の高い地域で、地殻活動をモニタリングする手法の開発を行い、プロトタイプモデルを作成する。

糸魚川-静岡構造線の震源域及びその周辺の地殻活動モニタリングシステムの高度化

(地震観測による詳細な地震活動把握と精密な震源・発震機構解の決定)

平成17年度からの5か年計画で、推進本部の選定する「重点的調査観測」の一環として糸魚川-静岡構造線周辺の調査観測が実施されてきた。この成果を、地震予知研究に活用する。地震予知研究としては、地震発生確率の高い地域で、地殻活動をモニタリングする手法の開発を行い、プロトタイプモデルを作成する。

南関東とその周辺域の地殻活動モニタリングシステムの高度化

首都圏直下地震防災・減災特別プロジェクトに基づいてモニタリングシステムの高度化を図る。フィリピン海プレート内部(スラブ内)地震のモニタリングを行う手法を開発する。

伊豆半島東部及び伊豆諸島での地殻活動モニタリングシステムの高度化

まず伊豆半島東部では、連続観測(地電位差、全磁力)データの変化量の地球電磁氣的な統合的解釈を5か年の到達目標としている。変化の原因として、直接には比抵抗、磁化、異常電流等の分布の変化を推定し、更にその原因として応力変化、熱変化、地殻内部流体の移動等の地球物理的過程が、群発地震活動の盛衰と持つ関連の解明を目指す。そのために必要な観測点の補充(地電位差、全磁力、地磁気三成分変化等の観測)を行うとともに既存観測点が質の良いデータを引き続き取得するための保守を行う。データを過去に遡り、新たな解析手法を取り入れ、地殻活動モニタリングシステムとしての実績の評価をより高精度化する。異なる機関で実施されてきた全磁力観測とデータ整理を一元化する。観測点の補充の最初として、地磁気三成分変化観測点を既存の一全磁力観測点に近接させて設ける。地電位差、全磁力の連続観測を引き続き実施し、地磁気三成分変化の連続観測を新たに開始することにより、これらの変化量の地球電磁氣的統合的解釈の下位手法(比抵抗、磁化、異常電流等の分布の推定手法)を開発する。更にこの解釈を補助するために、相対重力の連続観測を可能とする新たな重力計の同地域への展開を視野に、重力計開発を進める。

次に伊豆大島においては、前計画より引き続いて3成分磁場、長基線地電位差連続観測を実施し、比抵抗、異常電流等の分布の変化を推定するとともに、火山活動との関連性を調査する。

(7) 計画期間中(平成21年度~25年度)の成果の概要:

サブテーマ1 宮城県沖地震の震源域及びその周辺域

プレート境界型大地震が過去繰り返し発生している宮城県沖において、長期観測型海底地震計を用いた繰り返し観測を平成14年度から平成21年度まで実施した。この観測では、同一の観測点配置による観測を長期間継続して実施することにより、データの蓄積を図るとともに、地震活動の時間変化を検出することが目的である。推進本部による「重点的調査観測」は、平成21年度に完了し、取得した記録の整理および震源決定を行った。平成14年度から平成21年度までの8年間について、宮城県沖地震の震源域周辺のより正確な微小地震活動の分布が得られた。平成19年から平成20年にかけて得られた震源分布と求められている構造を比較すると、微小地震はプレート境界に沿って発生しているが、深さ30km程度の太平洋プレートの折れ曲がり点よりも深いプレート境界で、地震活動がより活発であることがわかった(図1)。また、これらの長期間のデータにより、地震活動の時間的推移が明らかになった。

サブテーマ2 糸魚川-静岡構造線の震源域及びその周辺の地殻活動モニタリングシステムの高度化

糸魚川-静岡構造線断層帯の地震活動のモニタリングを目的として、東京大学地震研究所の定常観測網、防災科学技術研究所の高感度地震観測網(Hi-net)、文部科学省委託研究(平成17年度から21年度)による臨時観測によるデータを用いて研究を行った。平成18年、平成19年、平成20年に実施した3回のそれぞれ約3ヶ月間の臨時観測と、周辺の定常観測点(123点)で観測された1193個の地震を用いて地震波トモグラフィ法で地震波(P,S)速度構造を求めた。この結果、地表から深さ20kmまでを空間分加能5kmでイメージングすることができた。さらに、この3次元速度構造を用いて、定常観測網で記録された地震の震源と発震機構解を再決定した。速度構造、震源分布、発震機構解などから、北部ISTLと中部ISTLでは地殻と断層形状は以下のように変化していることが分かった(図2)。北部ISTLの深部は、中新世の北部フォッサマグナ堆積盆地の底に沿って低角度に東傾する断層となっている。これに対して、中部ISTLでは松本盆地東縁で斜め横ずれの高角度の断層を形成している。本研究によって北部と中部の境界部の構造変化が明瞭になり、糸井川-静岡構造線断層帯の地震活動モニタリングを行うための知見が得られた。

サブテーマ3 南関東とその周辺域の地殻活動モニタリングシステムの高度化

文部科学省委託研究事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(平成19年~平成23年、代表:平田直)」によって首都圏地域に296点の地震観測網(MeSO-net)が構築された。MeSO-netは、平成24年から文部科学省委託研究事業「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」にその運用が引き継がれている。東北地方太平洋沖地震のときには、南関東地域でも各地で停電や回線断が発生したが、MeSO-netでは、現地に2日以上稼働可能なバッテリーとデータ蓄積メモリを備えていたため、停電や回線断が復旧後に自動的にデータ伝送され、データ欠落のない完全なデータを得ることができた。MeSO-netで得られた地震の読み取り値を用いて地震波速度トモグラフィ解析を行い、P波速度分布、S波速度分布とそれらから得られる $V_p/V_s$ 分布図を作成した。それらの二次元断面から、フィリピン海スラブ内の速度分布の特徴を抽出して、地震活動と速度構造との比較を行った。例えば、低 $V_p/V_s$ の領域が、ほぼ同じ厚さ(8km程度)で、北方へ深くなっていく様子が見られた。これは、沈み込むフィリピン海プレートの海洋性地殻を示すと考えられ、その上部境界面をフィリピン海プレートの上面とした。地震活動と比較すると、この上面付近には、地震活動が集中していて、それらのほとんどが逆断層型の地震であり、その中にはくりかえし小地震が多数見られた。フィリピン海プレートの形状に関しては、これまでに多くの研究がなされているが、それらよりも浅くなり、地域によっては5~10km程度浅くなった。さらに観測波形のスペクトルの傾きから観測点ごとの $t^*$ を求め、その $t^*$ を用いた減衰構造のトモグラフィ解析を行った。関東下に沈み込むフィリピン海プレートに起因すると考えられる減衰域が見られ、特に千葉県中部には顕著な減衰域が存在する。この部分は、

フィリピン海プレート下面が太平洋プレートと接している部分で、地震波トモグラフィ法によって得られた速度構造における高  $V_p/V_s$  領域と一致していて、周辺で地震活動が活発な領域である。

#### サブテーマ4 伊豆半島東部及び伊豆諸島での地殻活動モニタリングシステムの高度化

2009年12月の群発地震活動において、顕著な地震活動の終了に伴って震央域のARIで負の、震央域南側のYOBで正の、5nT程度の全磁力変化が検出された一方、震央域北側のTISでは明瞭な全磁力変化は検出されなかった(図3)。三観測点は約2km四方の範囲に位置するため、全磁力変化の原因として磁気ダイポールソースを仮定するとその深さは震源が分布する深さ3km程度よりも浅くなることが示唆された。

図4に示す観測点における全磁力観測及び長基線地電位差観測を継続した。全磁力観測は機器の不調が散発し、観測点ごとに欠測が生じたが、地電位差観測は安定な観測が行えた。2013年は明瞭な地殻活動が本地域ではなかったため、全磁力、自然電位ともに顕著な変化が見られなかった(図5及び図6)。

IKE観測点基準の全磁力差は2013年秋以降、多くの観測点におけるそれまでの増加基調の変化が、停滞ないし減少基調へと傾向が変わった。地磁気永年変化の傾向の変化と観測点近傍の固有の磁場の合成による見かけ上の全磁力差変化の可能性がある。

自然電位の2013年9月中旬のYSDの著しい減少とその緩和的回復は、同時期の台風に伴う激しい降雨を契機とした、電極設置点近傍浅部の電気的狀態変化が原因と考えられる。ほかは年周变化的な挙動が見られるにとどまった。

#### (8) 平成25年度の成果に関連の深いもので、平成25年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

Yamamoto Y, K Obana, S. Kodaira, R. Hino, and M. Shinohara, Structural heterogeneities around the megathrust zone of the 2011 Tohoku earthquake from tomographic inversion of onshore and offshore seismic observations., J. Geophys. Res., DOI: 10.1002/2013JB010582, 2014.

Panayotopoulos, Y., N. Hirata, H. Sato, A. Kato, K. Imanishi, Y. Kuwahara, I. Chou, T. Takeda, and Y. Asano (2014), Investigating the role of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line towards the evolution of the Northern Fossa Magna rift basin, Tectonophysics, In Press 2014, Available online 29 December 2, 2013. In Press, Accepted Manuscript, Available online 29 December 2013, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040316313001000>

Fujie, G., S. Miura, S. Kodaira, Y. Kaneda, M. Shinohara, K., Mochizuki, T. Kanazawa, Y. Murai, R. Hino, T. Sato, and K. Uehira, Along-trench structural variation and seismic coupling in the northern Japan trench subduction zone, Earth Planets Space, 65(2), 75-83, doi:10.5047/eps.2012.06.003, 2013.

#### (9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

平田直(代表), 金沢敏彦, 篠原雅尚, 上嶋誠, 小河勉, 小山茂, 望月裕峰

他機関との共同研究の有無 : 有

東北大学, 千葉大学, 京大防災研, 防災科技研, 東海大等

#### (10) 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 : 03-3818-3697

e-mail : hirata@eri.u-tokyo.ac.jp

URL :

#### (11) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名 : 平田直

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

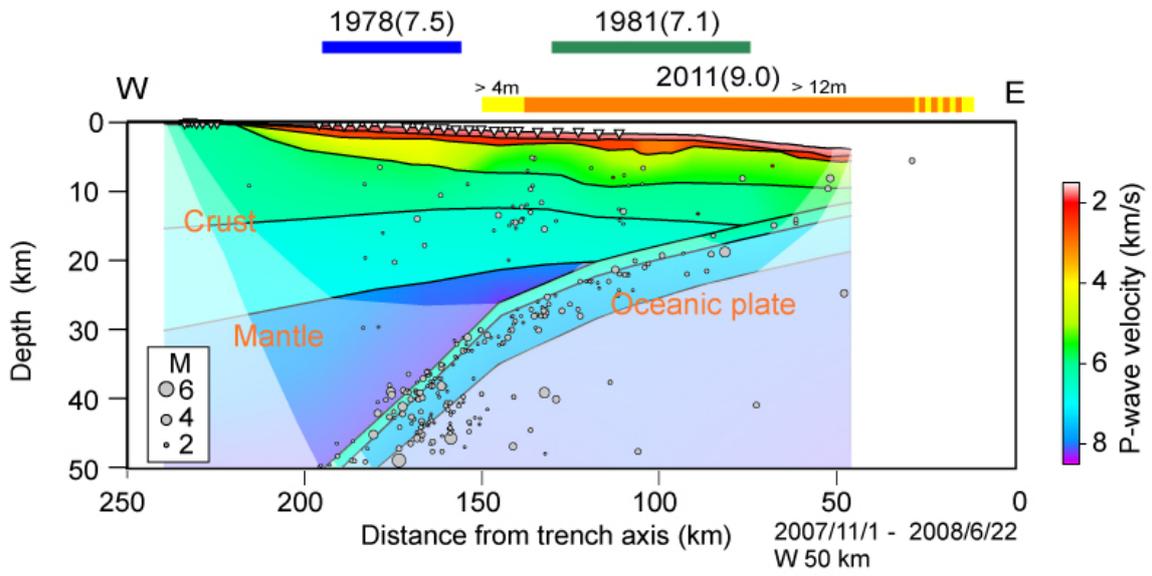


図 1

2004年に実施された海底地震計を用いた構造探査実験結果と、2007年11月から2008年6月下旬までの微小地震震源分布の比較。深さ30 kmよりも深いプレート境界において、地震活動が活発であることがわかる。

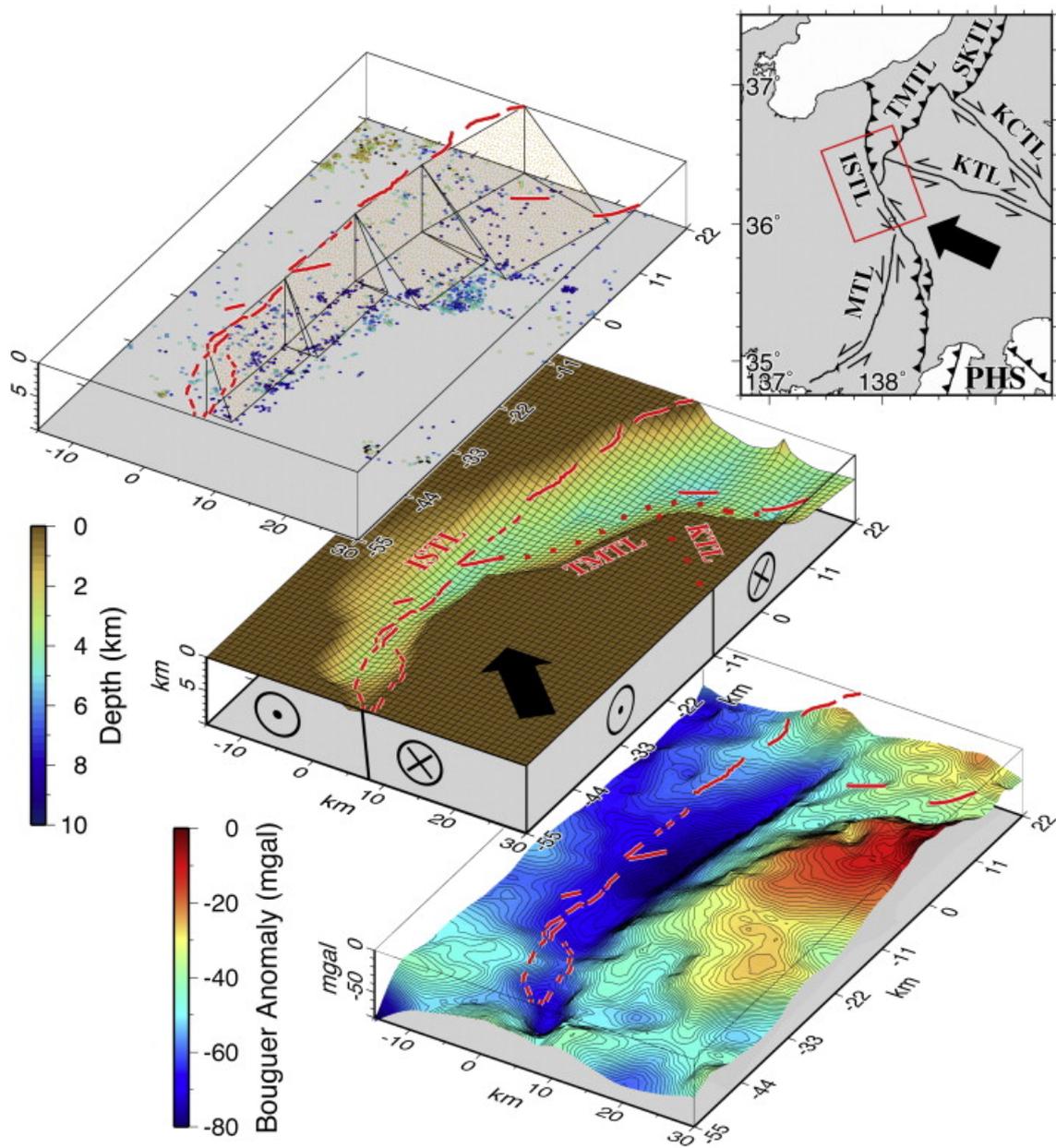


図2

糸魚川 - 静岡構造線断層帯 (ISTL) の3次元構造モデル。北部ISTLから中部ISTLに向かって、震源断層の傾斜が東への低角から高角に変化している (右上) モデル領域 (左上) 震源断層形状と分布 (中)  $V_p = 5\text{km/s}$  の等深度面。先第三系基盤の深度に相当する (下) ブーゲ重力異常の分布。各図の赤い実線は活断層の地表位置。太い矢はISTL, 津南 松本線 (TMTL), 関東構造線 (KTL) に囲まれた領域のISTLの西側に対する運動方向 (Panayotopoulos et. al., 2014)。

# 2010 1/15-2009 12/16 [nT]

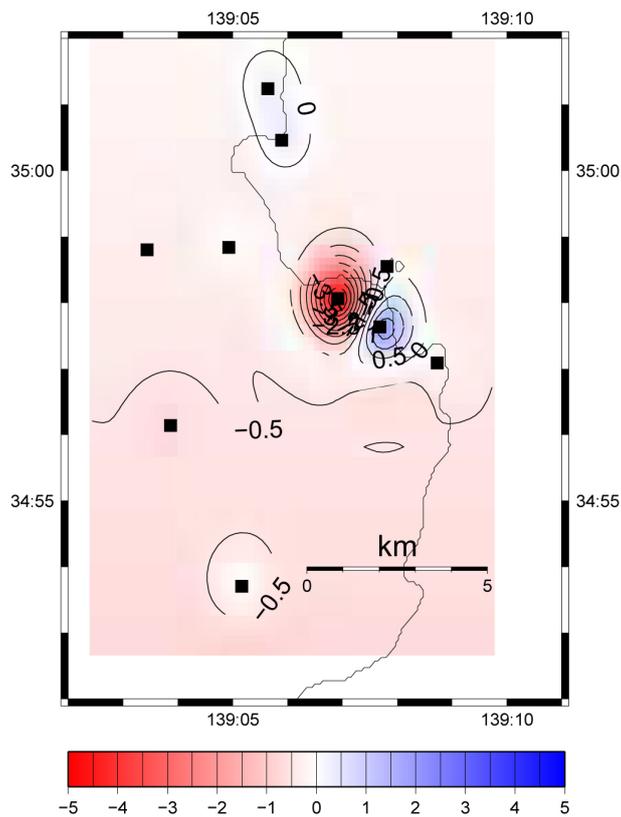


図 3

2009 年 12 月 16 日から 2010 年 1 月 15 日までの全磁力変化の空間分布 .

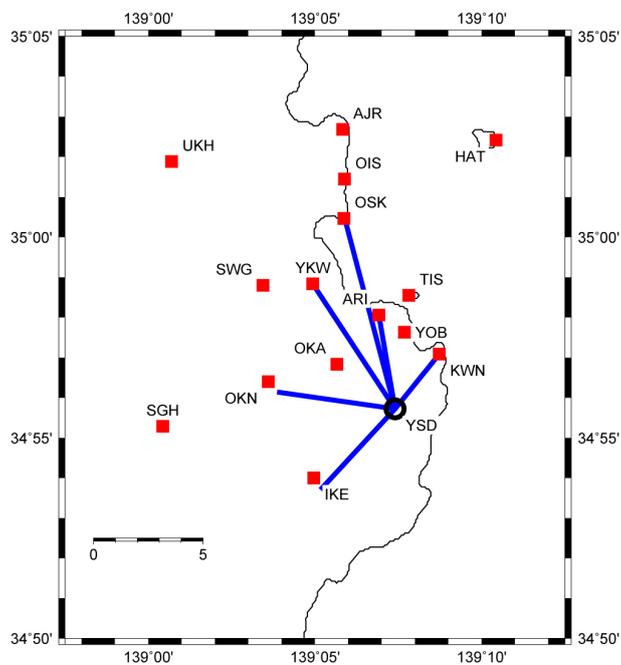


図 4

伊豆半島東部における全磁力観測点 (赤) と長基線地電位差観測基線 (青) の分布 .

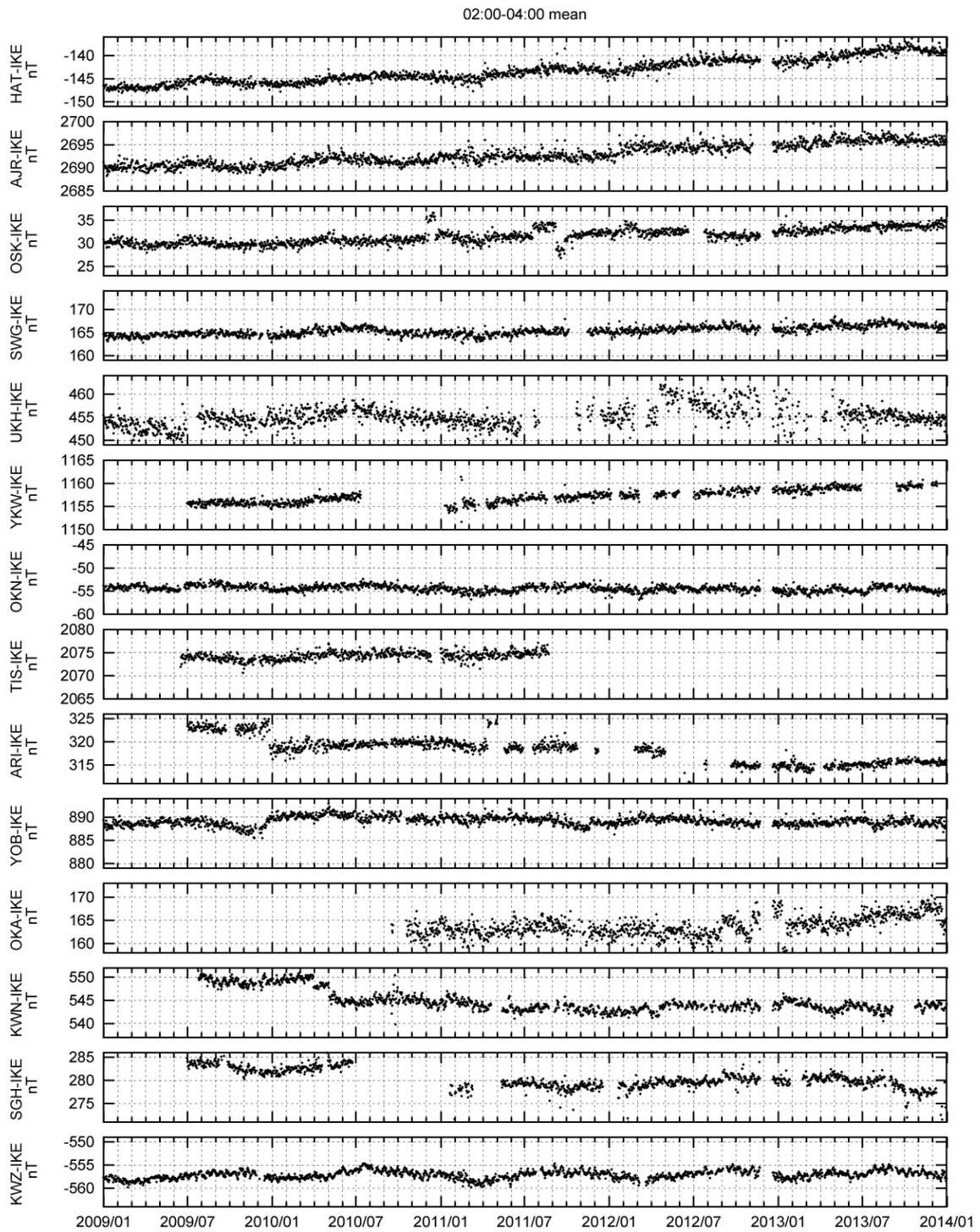


図 5

IKE 観測点基準の各観測点の全磁力差の深夜 2 時から 4 時までの夜間平均値の時間変化。

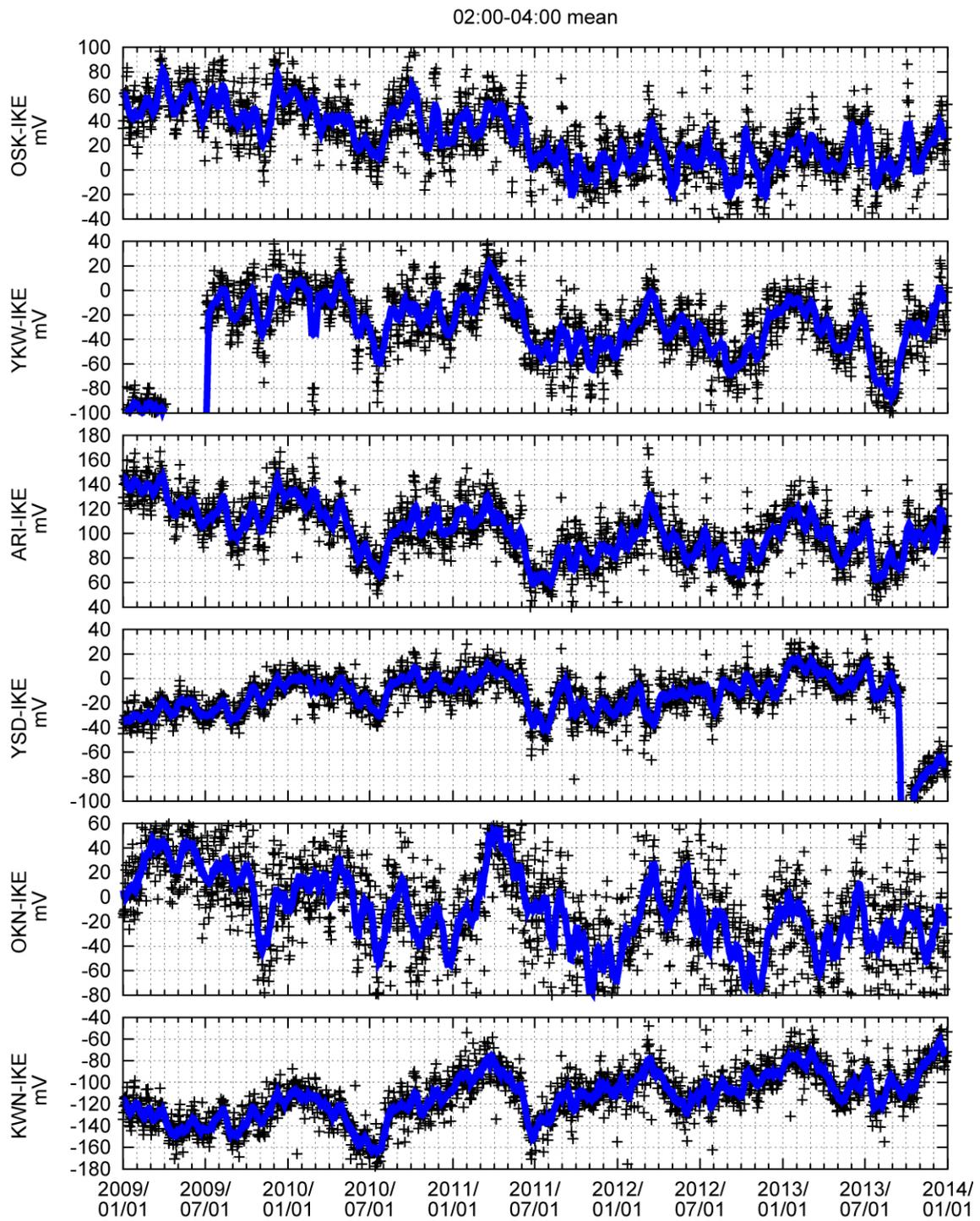


図 6

IKE 基準の各点の地電位差の深夜 2 時から 4 時までの夜間平均値 (黒) とその 15 日移動平均値 (青線) の時間変化。