

4 - 10 GPS 稠密観測網による伊東周辺域の地殻水平変動 1994 年 7 月 - 1999 年 6 月 Horizontal Displacements Detected by Dense GPS Measurements at Ito Region in the Period July 1994 to June 1999

名古屋大学大学院環境学研究科

GPS 大学連合

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Japanese University Consortium for GPS Research (JUNCO)

GPS 大学連合では 1994 年から 1999 年までの 5 年間、毎年 6-7 月に、伊東周辺域で約 50 点からなる稠密 GPS 観測を繰り返し実施した。この期間、1995 年から 1998 年まで毎年のごとく伊東周辺域では地震数にして 1000 個以上の群発地震が観測され、cm を上回る水平変動が検出された。観測した水平変動から、球状やダイク貫入の圧力源モデルを推定した。

1994 年 7 月から 1999 年 6 月までの観測で検出された地殻水平変動ベクトルを第 1 図と第 2 図に示す。これらの水平変動ベクトルは伊豆半島西岸の沼津市内浦の GPS 観測点に対する相対的な変動である。そして、推定した圧力源から計算される水平変動ベクトルと観測値との残差ベクトルも示す。なお、地震研究所が決定した地震震源の位置も図示する。1994-1995 年、1998-1999 年の 2 年間だけは伊東周辺域で群発地震が発生していない。しかし、1994-1995 年に観測した水平変動ベクトルは伊東の南東沖からの放射状となり、南東沖に球状圧力源が推定できる。この球状圧力源の位置は貫入するダイクよりも深めに推定される。また、周辺域に地震は発生していない。1998-1999 年は、伊東湾内で小規模な群発地震が発生しているが、観測された水平変動ベクトルから圧力源を推定することは困難である。1995 年から 1998 年の間は毎年、群発地震が発生し、観測された水平変動からダイク貫入や横滑り断層が推定できる。

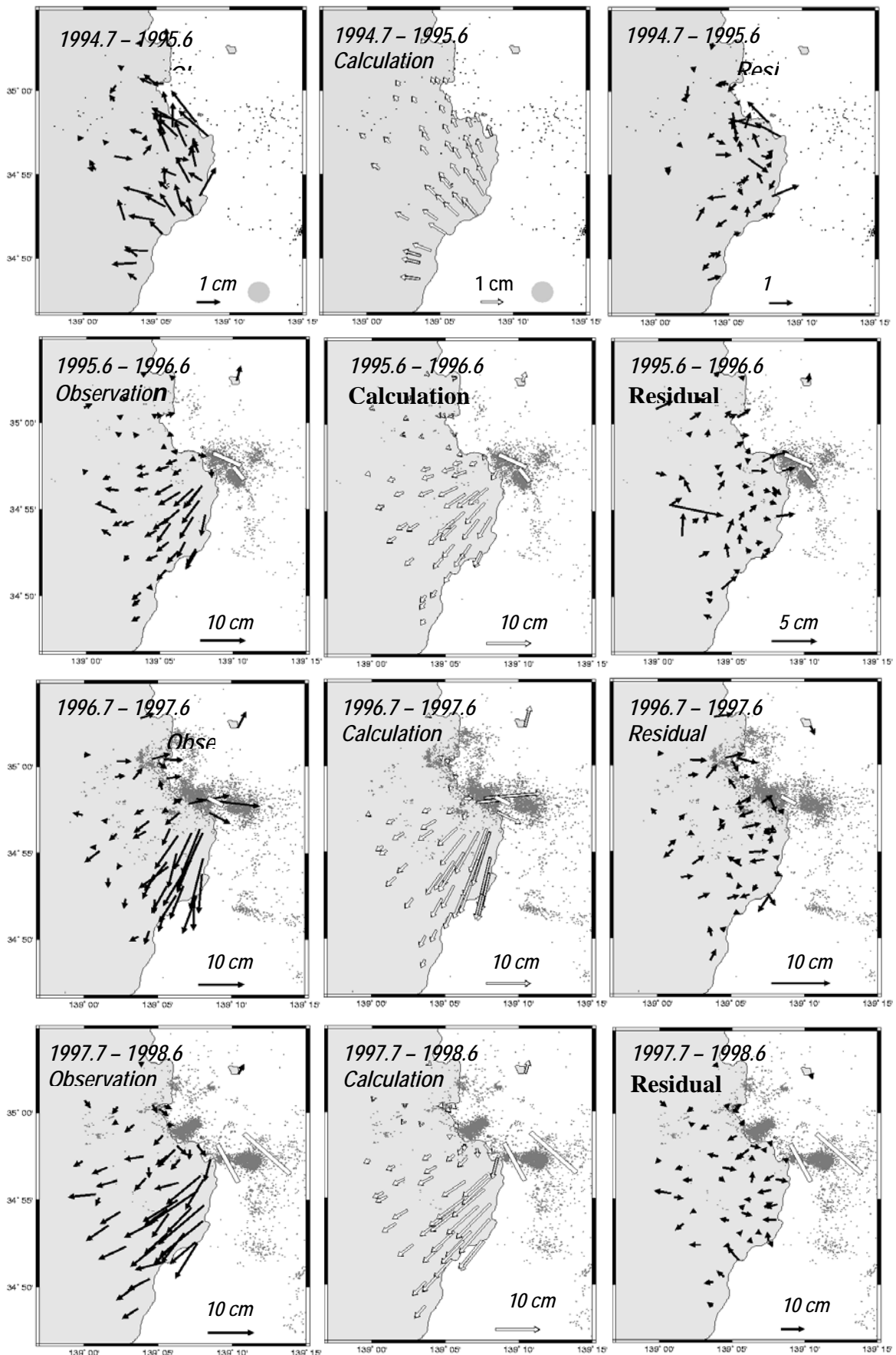
期間を通して推定した球状圧力源、ダイク貫入を第 3 図に示す。全期間に観測された地震の震源も図示する。すでに地震学的な研究から群発地震の震源域が近接しながらも重複していないことが指摘されている(林・他,2002)。また、貫入するダイクのモデル的な検討からその位置が重複しないと指摘されている(森田・他,2002)。たしかに、推定したダイクはイベントごとに位置が少し異なり、重複しない。

第 4 図に気象庁による伊東市周辺で観測された年間の地震回数、国土地理院による水準点 9338 の隆起量と光波測距による小室山 - 宇佐美基線の辺長伸張を示す。水準点 9338 は群発地震の発生に関わりなく隆起し、20 年間に 45cm も隆起している。また小室山 - 宇佐美基線は概して群発地震の発生毎に伸張し、10 年間で 20cm に達している。

第 5 図に今回推定した球状圧力源と貫入ダイクでの体積増加を示す。1989 年の海底噴火に伴うダイク貫入量は岡田・山本(防災科研,1991)による。図から球状圧力源では $3 \times 10^7 \text{m}^3$ 、発生回数が 10,000 回を超える群発地震を伴うようなダイク貫入では、 $(1 - 4) \times 10^7 \text{m}^3$ の体積増が推定される。球状圧力源の例が 1 例しかないが、球状圧力源にしても貫入ダイクにしても 10^7m^3 レベルでの体積増加になる。

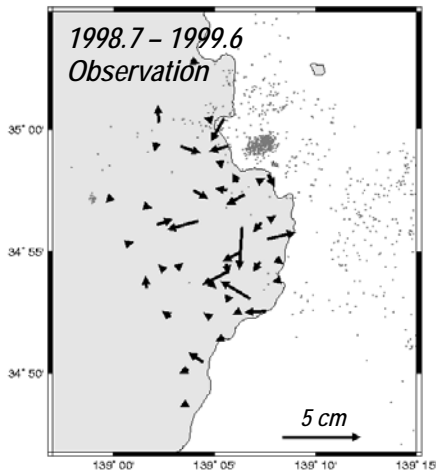
最後に伊東市周辺域におけるマグマ蓄積過程を考察する。水準点 9338 で 20 年間継続する隆起が主に南東沖の球状圧力源により、小室山 - 宇佐美基線における辺長伸張が主にダイク貫入により、発生回数 10,000 回を超える群発地震では $3 \times 10^7 \text{m}^3$ の体積増を伴うダイクが貫入していると仮定し、伊東市周辺域におけるマグマ蓄積量を第 6 図に示す。1974 年以降 10,000 回を越える群発地震は 8 回観測され、ダイク貫入量を最前の棒グラフで、球状圧力源での体積増加を中段に、その総計を後段に示す。1974 年以降、伊東市南東沖に推定される球状圧力源では $5 \times 10^8 \text{m}^3$ もの体積増が進行していることになる。

これらの議論は今西・他(1996)、佐竹・他(1999)によるところが大である。

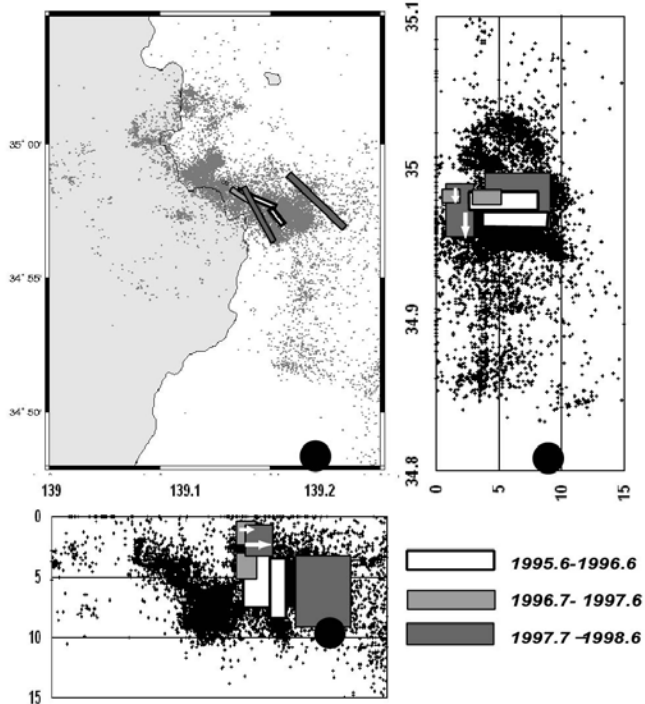


第 1 図 1994.7-1995.6-1996.7-1997.6 に観測された水平変動ベクトルと推定される球状圧力源とダイクの位置とそれから計算される水平変動ベクトル、ベクトルの残差、期間中に観測された地震の震央分布(地震研究所による)。

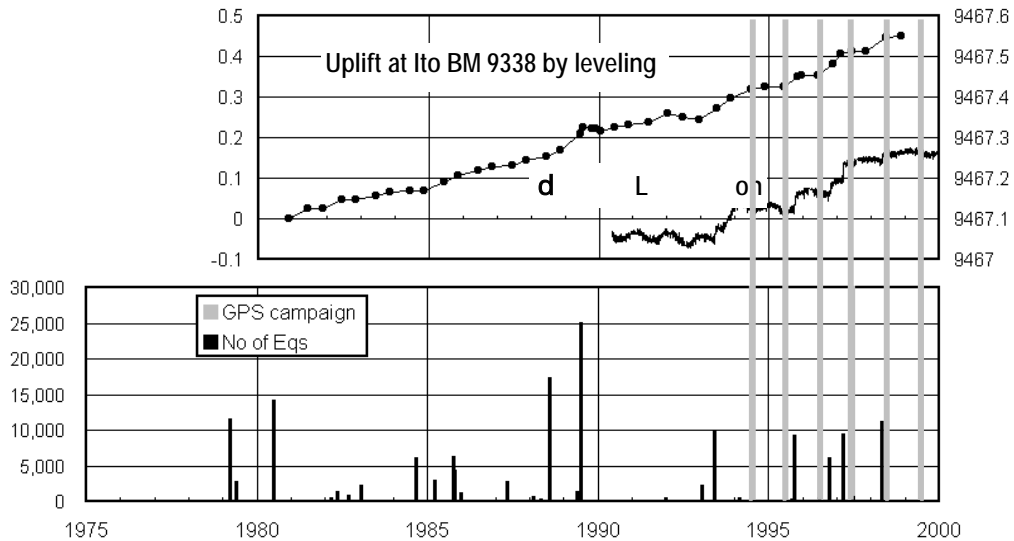
Fig.1 Horizontal vectors observed in the period July 1994 to June 1998 and estimated from the point pressure and dike intrusion models, and the residual vectors between the observation and calculation. Earthquake epicenters determined by ERI are also shown.



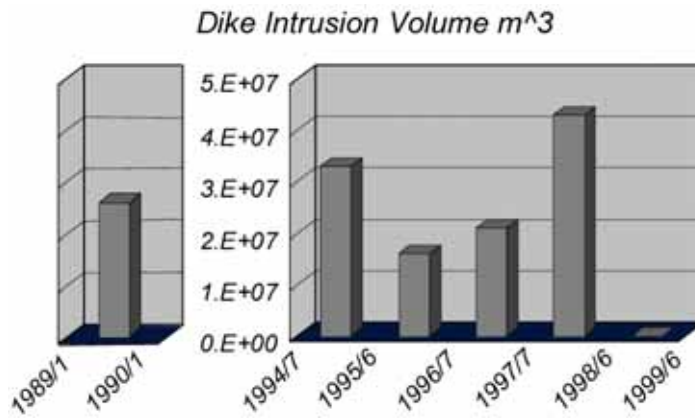
第 2 図 1987.6-1999.6 に観測された水平変動ベクトルと期間中に観測された地震の震央分布(地震研究所による)。
 Fig.2 Horizontal vectors observed in the period June 1988 to June 1999. Earthquake epicenters determined by ERI are also shown.



第 3 図 伊東市周辺域で 1994 年 6 月～1999 年 7 月に稠密 GPS 観測より推定される球状圧力源、ダイク貫入による開口割れ目断層、横ずれ断層の位置と震源分布。震源分布は酒井(震研)による。
 Fig.3 The locations of the point pressure source, dike intrusion models and strike slip fault estimated from the GPS measurements in the period June 1994 to July 1999. The earthquake epicenter determined by ERI are also shown.

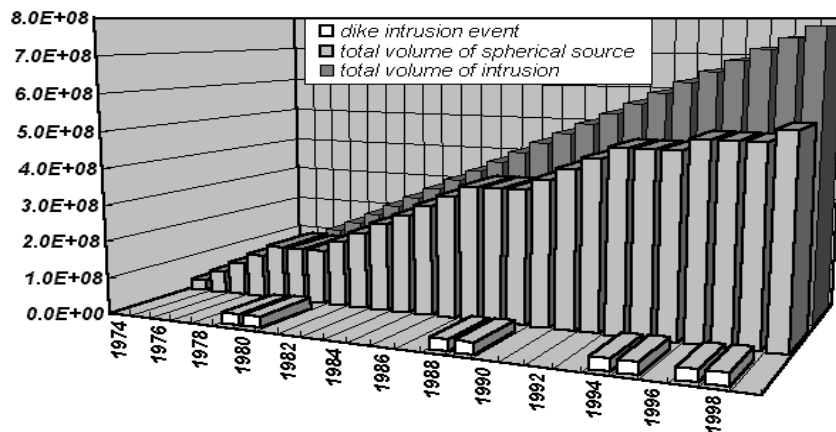


第 4 図 水準点 9338(伊豆高原)における地殻隆起、小室山 宇佐美 EDM 基線(KMR-USM)における辺長変化、伊東市奥野地震観測点で観測された地震回数の時間変化と伊東稠密 GPS 観測の実施時期(1999 年 6 月まで)。地殻隆起は熱海に設置された水準点に対する変動を示す。地殻隆起と辺長測量は地理院、地震回数は気象庁による。
 Fig.4 Ground uplift at BM 9338 detected by leveling of GSI, baseline length changing on the Komuroyama – Usami baseline by EDM of GSI, and number of the earthquakes observed by JMA. The periods of Ito Dene GPS Campaign are also shown.



第 5 図 伊東市周辺域で 1994 年 6 月～1999 年 7 月に稠密GPS観測より推定される球状圧力源とダイク貫入による開口割れ目における体積増加。単位は m^3 。1994・1995 年は今西(1996)、1996・1997 年は佐竹(1999)による。1989 年海底噴火時におけるダイク貫入量は岡田・山本(防災科研,1991)による。

Fig.5 Estimated increasing volume of the point pressure source and dike intrusion. Increasing volume is estimated in 1989 by Okada and Yamamoto (1991).



第 6 図 伊東市周辺域において球状圧力源とダイク貫入に関するマグマの体積の時間的变化。奥の棒グラフ； $3 \times 10^7 m^3$ の割合で蓄積した場合の球状圧力源でのマグマ体積、中の棒グラフ；ダイクとして流動した分を減じたマグマ体積、前の棒グラフ；ダイク貫入時の体積、地震回数が 1000 回以上の群発地震で $3 \times 10^7 m^3$ のマグマが流動すると仮定する。1974 年以降、地震回数 1000 回以上の群発地震は 8 回観測されている。

Fig.6 Secular change of the increasing volume at the point pressure source and intrusion magma. Forward diagram shows volumes of the intrusion dike, rear one means volumes of the point pressure and the middle is the residual of them.