

11 - 1 海底地殻変動観測システムの開発と試験観測の進捗状況

Development of observation systems for seafloor crustal movement and experiments at sea: a progress report

東北大学大学院理学研究科 藤本博巳

Hiromi Fujimoto, Tohoku Univ.

GPS 等の精密測地観測による地殻変動の研究の進歩は目覚しいが、日本周辺における大地震の大部分は海洋プレートの沈み込みに伴って深海底下で起こっている。電波が使えない海底の変動を解明するためには、陸とは異なる地殻変動観測システムの開発が必要である。沈み込み運動に伴う変動帯の幅は広いので、最低でも 300km 程度の幅の変動をモニターする必要がある。東北大と東大地震研の海底観測グループはこのような課題に共同で取り組んでおり、その進捗状況を報告する。

海中で電波の代わりに利用できるのは音波であるので、精密音響測位と海上のキネマティック GPS 測位と組み合わせた海底精密測位システムにより、水平方向の地殻変動をモニターすることが最も現実的であると考えられる。その概念図を第 1 図に示す。技術的な課題は四つに大別できる。(1) 音波が海上から海底まで往復する時間の精密測定、(2) 海中の音速変化の補正、(3) 海上の GPS アンテナと音響素子の相対運動(揺れ)の補正、そして(4) 海上のキネマティック GPS 測位である。

これらの問題に関する取り組みを簡単に報告する。(1) の問題については、GPS 測位で用いられているのと同じ相関処理技術を採用し、計測精度を向上させており、要素技術としてはほぼ完成している。われわれのグループは、海上の船が発する水中音響ノイズをさけるために、第 2 図に示すように海上ブイを用いて観測している。(1) とともに最も重要な (4) の問題も、最近のデータ処理技術の進歩によりほぼ解決のめどが立ってきた。第 3 図は仙台・東京間(基線長 310km)におけるキネマティック GPS 測位の結果であり、1 日分の観測データを使用してその間の平均的な観測点位置を推定するスタティック解析の結果と一致する(三浦・他, 2001)。基線長約 350km の海上測位でもほぼ同様な測位結果が得られている(三浦・他, 2002)。(3) の問題は、3 台の GPS アンテナを用いて測位するとともに、ブイの動揺をモニターすることで解決している。(2) の問題を回避するために、第 1 図に示すように、海底に 3 ないし 4 台の音響測距装置を設置する方法を採用している。海中の音速は、温度・圧力・塩分濃度により増加するが、基本的には海洋の構造は水平成層構造をしている。この方法によれば、水平成層構造の近似が成立するかぎり、音速構造が変化しても海底の測位結果には影響しないが、その近似からのずれは場所および時間によって変わる。残された最大の問題はこの問題であり、現場の観測を進める中で解決していく必要がある。

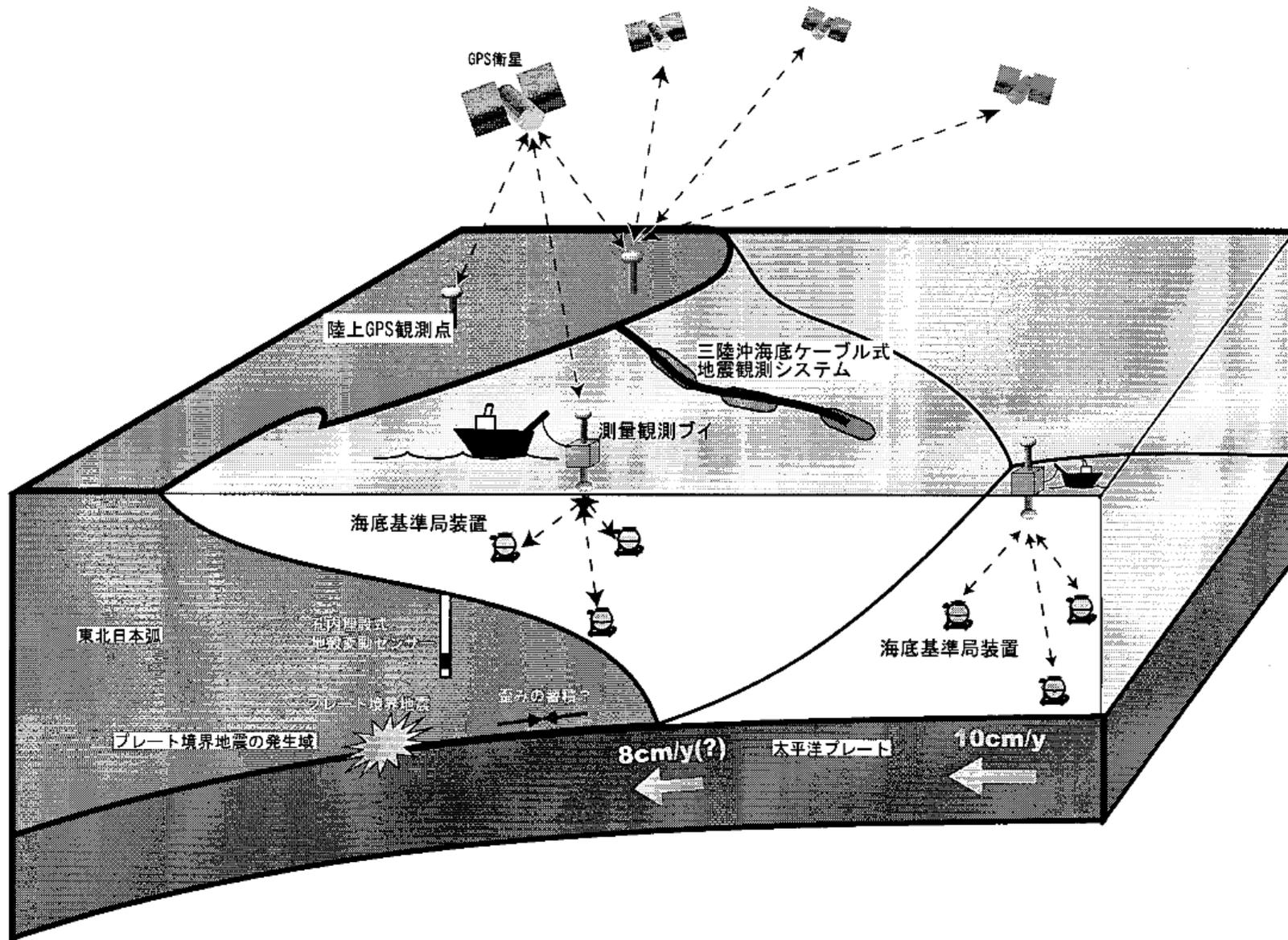
われわれのグループでは、第 4 図に示すように、日本海溝の海側と陸側にそれぞれ 1 セットの測位装置を設置して海底精密測位観測を開始している。まだ初歩的な技術的トラブルにも悩まされているが、基本的には、上記四つの問題を合わせても、数千メートルの海底においてセンチメートルオーダーの精度で測位観測を行うことは実現できそうである。現在の推定測位精度は 5cm から 10cm であるが、今後これを 1cm に近づけていく努力が必要である。

音速変化が直接影響するので、音波を用いて海底の上下変動を精密に観測することは難しい。代わりに利用できるのは、海底圧力観測と海底重力測定であるが、測定分解能と観測の技術的問題から、海底圧力観測が現実的である。これは陸上の海岸における潮位観測に相当する。気象海象の変動は

海底圧力にもかなり影響するが，複数点の観測データの差をとることにより，その影響をほとんど差し引くことができる．観測例の一部を第 5 図に示す．普通は水深換算で月に 1cm 程度の一定のドリフト成分だけが残るが，一番下の神津島近海の結果はドリフトレートが異常に大きく，群発地震に伴う海底地殻変動を表していると解釈している．傾斜と歪の観測では，原理的には陸上の孔内計測システムを改造した装置が利用できるが，装置の設置や，電力の供給，観測データの回収などが技術および経費の面で問題であり，今後，日本の深海掘削計画の一環として検討する必要がある．

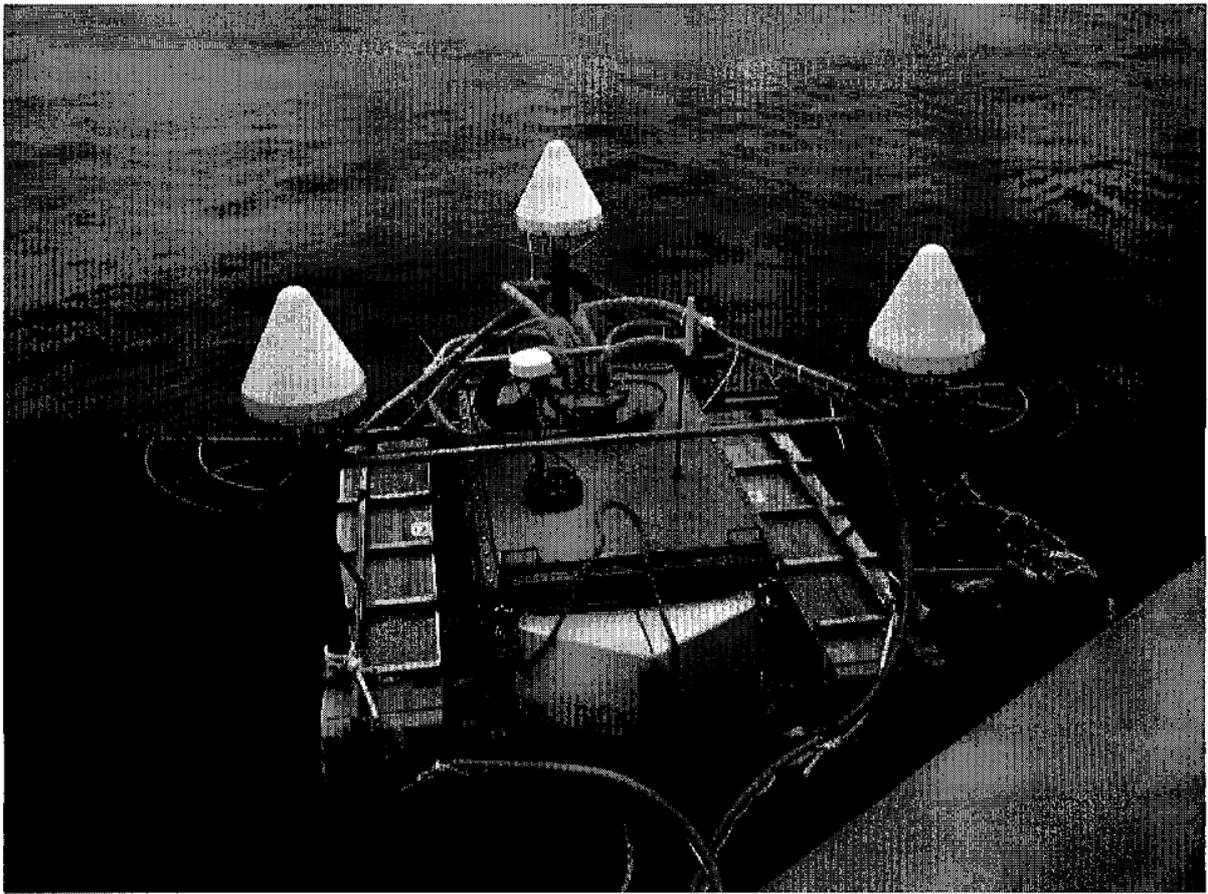
参 考 文 献

- 1) 三浦・他，海底地殻変動観測システム - kinematic GPS 解析による船位測定の精度評価(2) - ，日本地震学会講演予稿集，2001 年度秋季大会，C11，2001．
- 2) 三浦・他，海底地殻変動観測のためのキネマティック GPS 解析の精度評価と誤差要因，地球惑星科学関連学会合同大会，D058-009，2002.



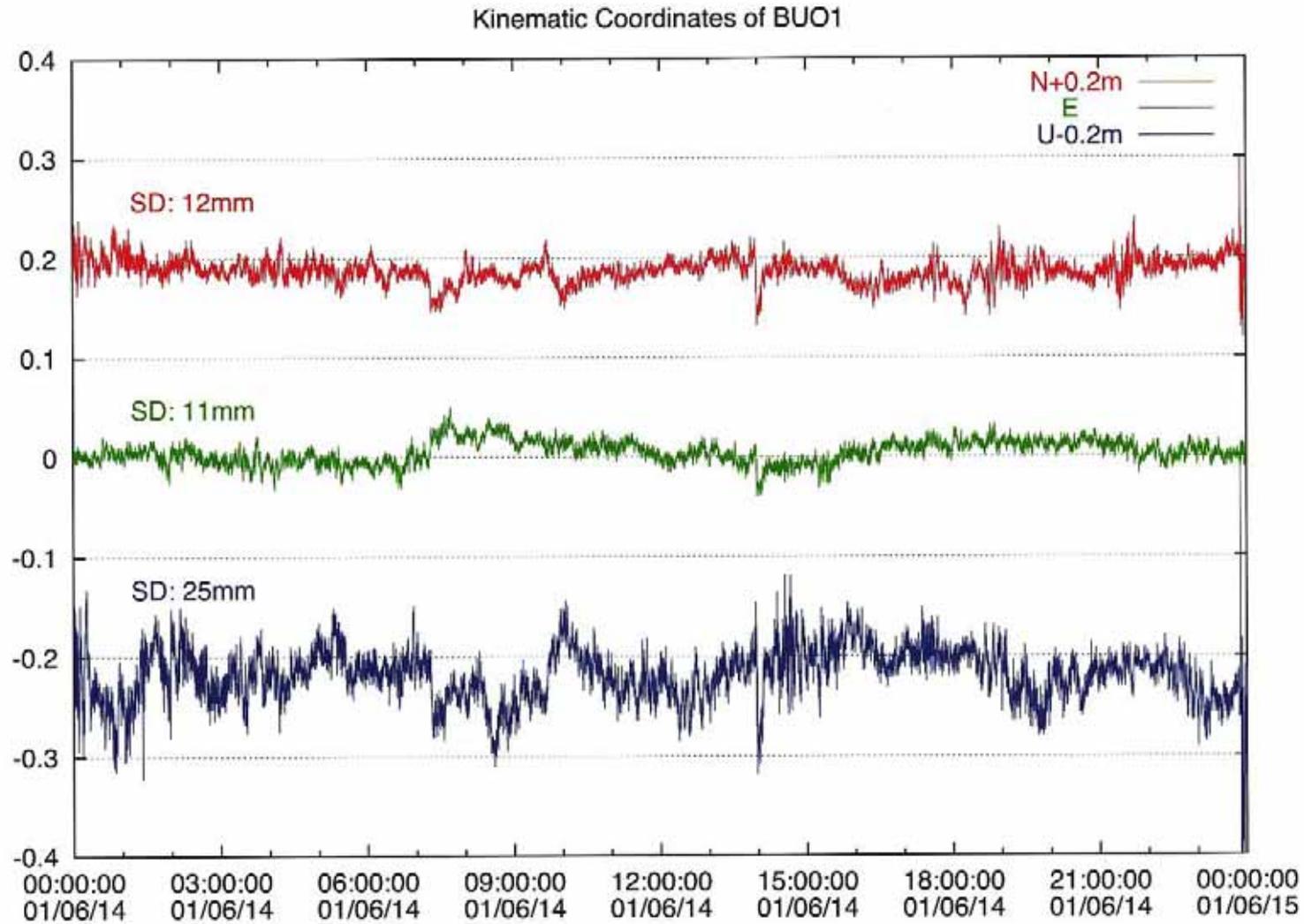
第1図 沈み込み帯のGPS音響結合海底精密測位の概念図

Fig.1 Schematic illustration of GPS/Acoustic precise seafloor positioning in a subduction zone.



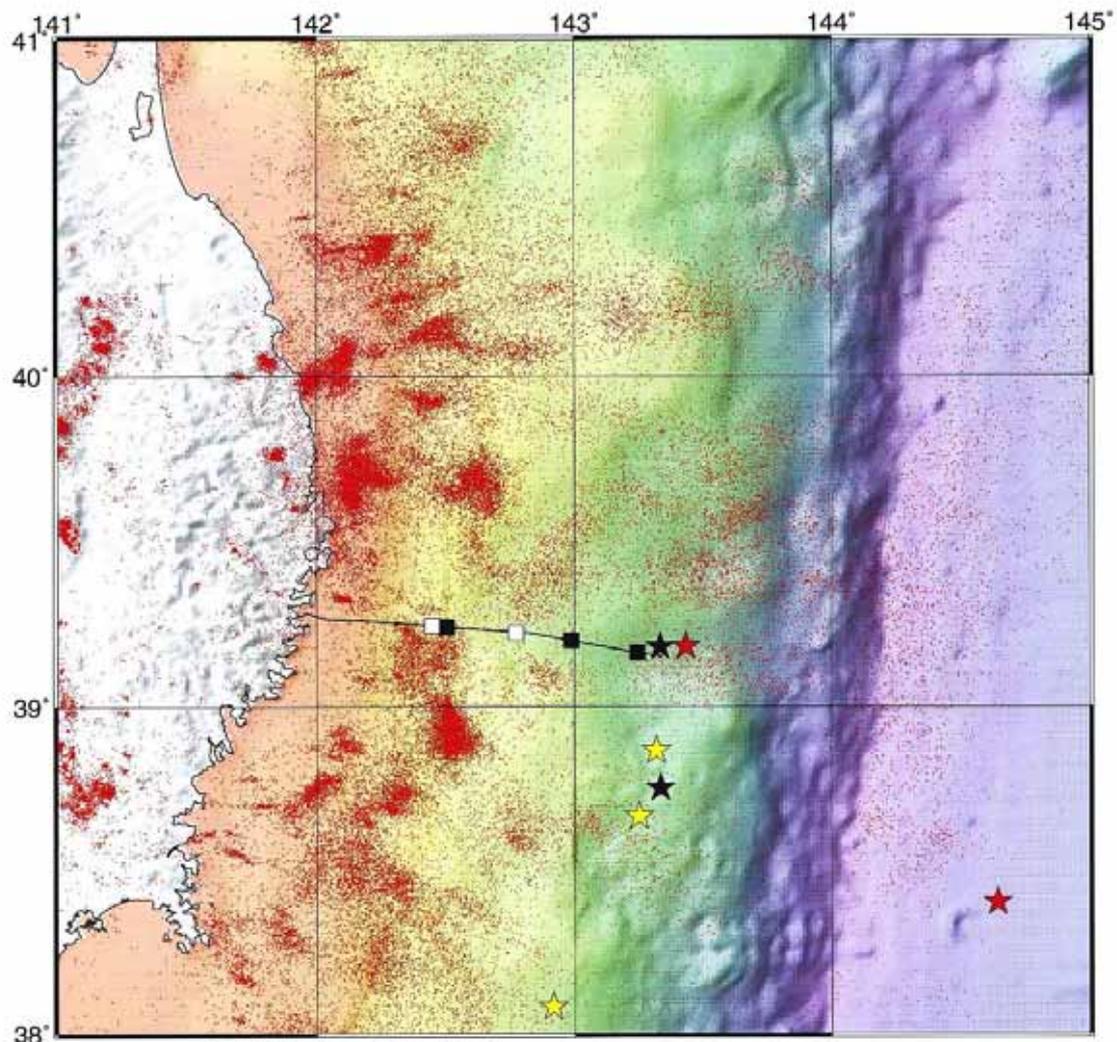
第2図 3台のGPSアンテナ(2m間隔)と音響トランスジューサ,および動揺観測装置を搭載したGPS音響結合海底精密測位観測用の海上ブイ

Fig.2 A sea surface buoy for GPS/Acoustic precise seafloor positioning equipped with 3 GPS antennas, an acoustic transducer, and a motion sensor.



第3図 仙台・東京間(310km)におけるキネマティックGPS測位データ(陸上試験)。データ処理上の問題から生ずる両端のデータを除けば、水平位置は1cmの精度で求まっており、測地測量の解析結果と一致している(三浦・他, 2002)。

Fig.3 Land-based result for kinematic GPS positioning at a baseline length of 310 km (Sendai-Tokyo). Precision of horizontal positioning is about 1 cm, and agrees with the result of a static analysis. The fluctuations at both ends are due to a filtering process.



第 4 図 三陸沖の海底観測装置

赤い星印：GPS 音響結合方式の海底精密測位観測点（海半球計画）

黄色星印：GPS 音響結合方式の海底精密測位観測点（海上保安庁）

黒い星印：海底孔内地震・地殻変動観測点（ODP・海半球計画）

黒い四角：海底ケーブル方式の地震計（東大地震研究所）

白い四角：海底ケーブル方式の津波計（東大地震研究所）

Fig. 4 Seafloor observation systems deployed off Sanriku

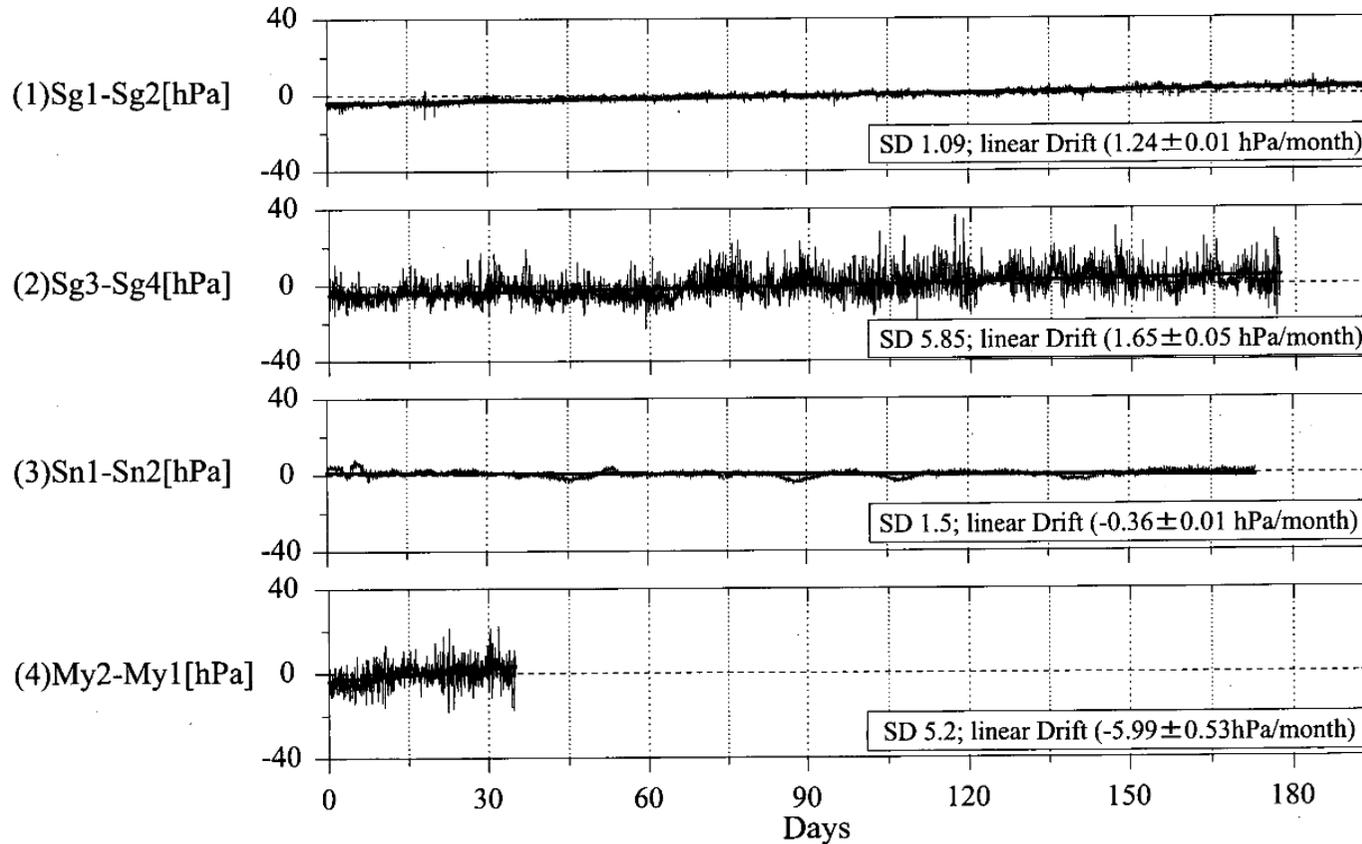
Red stars: GPS/Acoustic seafloor positioning system (OHP Program)

Yellow stars: GPS/Acoustic seafloor positioning system (Japan Coast Guard)

Black Stars: Seismic and geodetic downhole observatories (ODP/OHP Program)

Black squares: Ocean bottom seismometer with a cable system (ERI)

White squares: Ocean bottom Pressure sensors with a cable system (ERI)



第5図 2台の海底圧力計を用いた差圧観測の結果．水深換算で1cm/month程度の一定のドリフト成分のみとなる．一番下の神津島近海のデータは2000年の群発地震に伴う海底地殻変動を表していると解釈している．データは上から，相模湾北部，相模湾伊東沖，三陸釜石沖，神津島近海．

Fig. 5 Some results of differential seafloor pressure observations with two pressure sensors. Usual results show linear drift at a rate of about 1 cm (1 hPa) per month. The unusually large drift rate in the bottom figure is interpreted to be a seafloor crustal movement associated with the earthquake swarm event in 2000 near Kozu Island. The data were observed in northern Sagami Bay (top), off Ito in Sagami Bay (second), off Kamaishi in Sanriku area (third), and near Kozu Island (bottom).