

GPS 連続観測システムが捉えた平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動 Crustal Deformation Associated with the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008 Detected by GEONET

測地観測センター

宮原伐折羅・野神 憩・梅沢 武・岩下知真子・川元智司・飯村友三郎

Geodetic Observation Center

Basara MIYAHARA, Kei NOGAMI, Takeshi UMESAWA,

Chimako IWASHITA, Satoshi KAWAMOTO and Yuzaburo IIMURA

要 旨

2008 年 6 月 14 日 8 時 43 分頃に岩手県内陸南部でマグニチュード (M) 7.2 の地震が発生した（平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震）。この地震に伴い、宮城県栗原市の電子基準点「栗駒 2」で約 2.1 m の隆起、南東方向に約 1.5 m の変動が観測されるなど、岩手県・宮城県を中心とした地域で記録的な地殻変動が観測された。一部の電子基準点では地震に伴うピラーの傾斜が確認されたため、現地での調査に基づいて地殻変動に傾斜量の補正を行った。

1. はじめに

2008 年 6 月 14 日 8 時 43 分頃に岩手県内陸南部の深さ約 10 km で M7.2 の地震が発生し、岩手県および宮城県で最大震度 6 強を観測し、被害を伴った。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内の浅い地震である。地震活動は本震－余震型であり、余震の大部分は北北東から南南西に延びる長さ約 45 km、幅約 15 km の領域で発生しており、大局的には西傾斜の分布となっている（地震調査研究推進本部，2008）。

地震後、GEONET の緊急解析 (S2 解析) を行い、地震に伴う地殻変動を求めた。震源断層のモデルを推定するため、求めた地殻変動量を地理地殻活動研究センターに提供したが、震源断層に近い電子基準点「栗駒 2」で停電による通信断が生じており、解析結果が得られなかったため断層モデルが確定せず、6 月 14 日当日の報道発表では、緊急解析により把握された地殻変動のみを公表した。

電子基準点「栗駒 2」の GPS 受信機は、停電による通信断後もバックアップバッテリーによってほぼ 1 日間は観測データを取得していた。6 月 17 日に東北大学の協力により、現地で受信機から直接観測データを回収することができたため、回収したデータを用いて緊急解析 (S2 解析) を再度実施した。電子基準点「栗駒 2」の地殻変動が明らかになったことによって、断層モデルの傾斜方向が確定したため、地震発生の 4 日後の 6 月 18 日に報道発表の第二報として、速報解析 (R2 解析) 及び緊急解析 (S2 解析「栗駒 2」)

による地殻変動を震源断層モデルとあわせて公表した。

電子基準点の傾斜計データから地震時にピラーの傾斜が予想された電子基準点については、東北地方測量部により現地調査が行われた。電子基準点「栗駒」及び「鳴子」では、地震に伴うと思われる電子基準点基礎部の傾斜が確認されたため、傾斜測定の結果に基づき傾斜量を計算し、地殻変動量に傾斜補正を行った。また、電子基準点「栗駒 2」についても、測地観測センターの現地調査から傾斜が確認されたため、同様に補正を行った。傾斜補正に加え、電子基準点「水沢 1」の機器異常に対するオフセット補正を行った最終解 (F2 解) をホームページ上で公表し、最終的な地殻変動量とした。

2. GEONET が捉えた地殻変動

2. 1 緊急解析 (S2 解析) 結果

地震発生後に、9 時から 12 時までの 3 時間のデータを用いて、緊急解析 (S2 解析) を行った。地震前の速報解 (R2 解) 10 日間を基準として緊急解析の結果から求めた地震前後の地殻変動を図－1 に示す。震央の北西に位置する電子基準点「皆瀬」では東南東方向に約 29 cm、南東に位置する電子基準点「栗駒」では北西方向に約 19 cm の水平変動が観測された。震源断層に近い電子基準点「栗駒 2」は、通信断によりデータが取得できなかったため、一回目の緊急解析では解析結果が得られていない。上下方向の変動量は、電子基準点毎のばらつきが大きく、フォワードモデルから予測される変動量と整合しないため、有意な地殻変動は検出していないと判断を行い、報道発表の第一報では明確な変動量は示さなかった。震央付近の電子基準点 10 数点では、傾斜計のデータからピラーの傾斜が示唆された (図－2) が、傾斜計のデータは地震動によるピラーの振動等、他の要因によっても変動する可能性があるため、傾斜計データは傾斜測定を行う電子基準点を選ぶための情報として用い、報道発表の第一報では傾斜計データから直接傾斜補正は行わなかった。

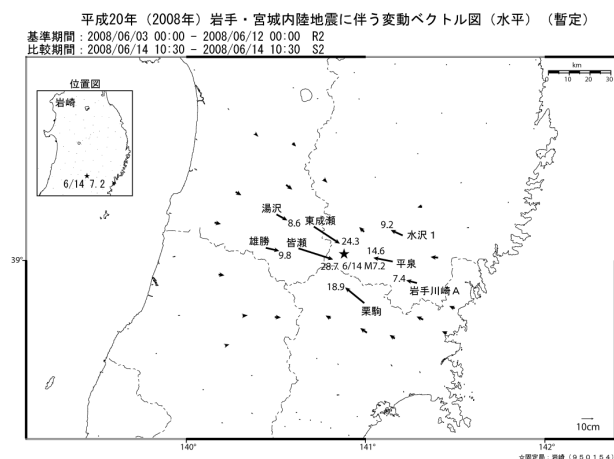


図-1 緊急解析(S2 解析)による水平地殻変動(第一報, 一部修正)。

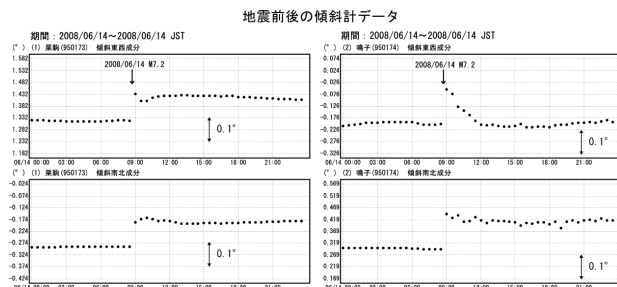


図-2 地震前後の傾斜計データ。

2.2 後処理1秒値キネマティック解析結果

電子基準点の観測データは、30秒間隔のデータがGEONETに保存されるとともに、1秒毎のデータがリアルタイムで常時GEONETに取得されており、このデータを用いて、任意の観測点についてリアルタイム及び後処理でキネマティック解析を行うことができる。地震前後の1秒値データを用いて、地震発生直後に後処理キネマティック解析を行い、地震に伴う地殻変動の検出を試みた。地震の約1時間後に地震前後45分のデータを用いて行った解析による水平変動ベクトルを図-3に示す。図-3では、変動ベクトルは様々な方向を向いており、地殻変動の大きさも緊急解析(S2解析)と整合しない。図-4に示す解析結果の基線成分変化グラフでは、地震後の比較的期間とした時間帯(8:45～8:59)において基線の各成分でばらつきがはげしく、地震による地殻変動の直後は解析結果が安定しないことが見て取れる。そこで、地震後のデータを30分追加して再度後処理キネマティック解析を行い、座標値が安定する時間帯(9:35～9:45)の解析結果から地殻変動を求めた。解析結果から得られた地殻変動を図-5に結果を示す。図-5の地殻変動は緊急解析とよく整合している。後処理キネマティック解析では変動量が大きい場合には、スタティック解析と整合した地

殻変動を捉える可能性が高いが、一方では、大きな変動直後には座標値が大きくばらつくため信頼できる地殻変動量を得るためには、変動後に座標値が十分安定するまで解析を行ってから変動を計算する必要がある。

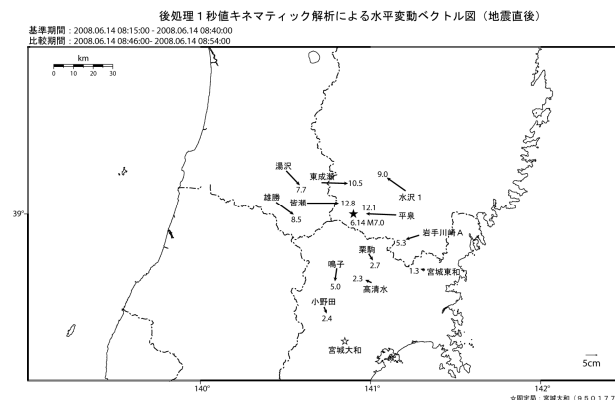


図-3 後処理1秒値キネマティック解析による水平地殻変動(地震直後8:45～59)。

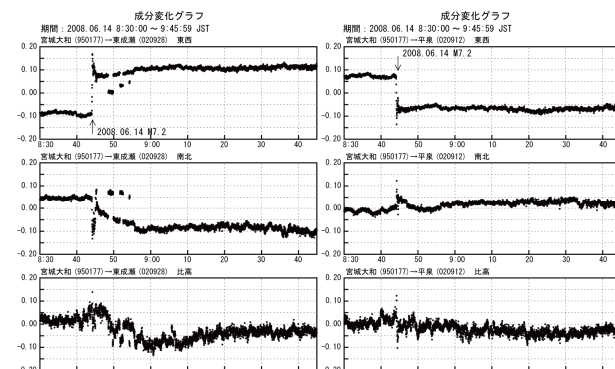


図-4 後処理1秒値キネマティック解析による成分変化グラフ。

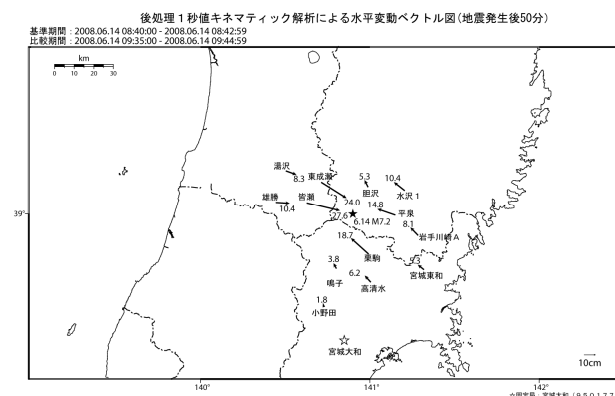
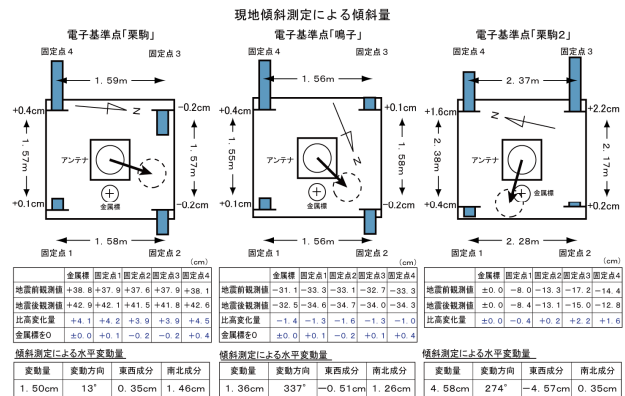


図-5 後処理1秒値キネマティック解析による水平地殻変動(地震発生約50分後9:35～45)。

2.3 電子基準点「栗駒2」のデータ復旧

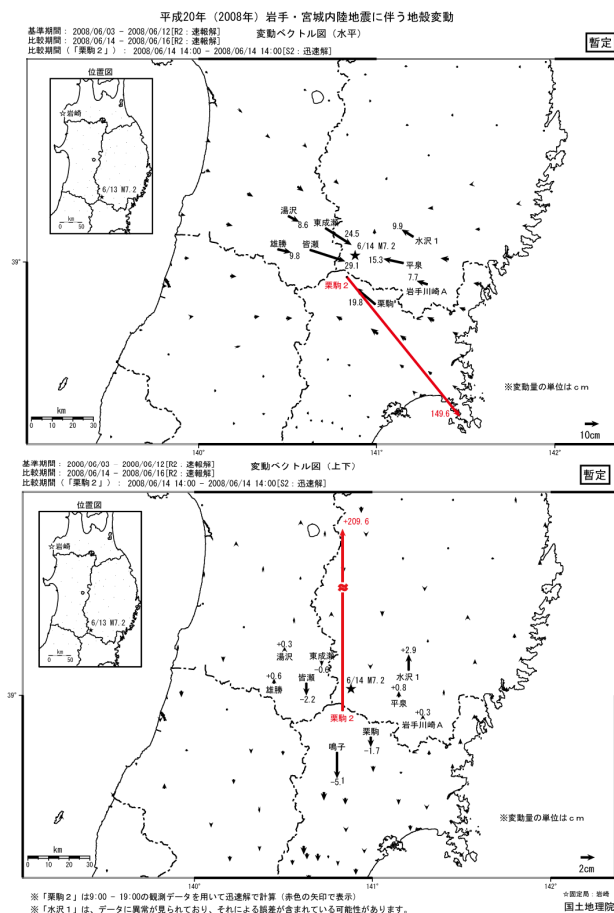
6月17日に東北大学大学院理学研究科地震・噴火

予知研究観測センターの協力により、通信の途絶えていた電子基準点「栗駒 2」の観測データを測地観測センターが現地で回収したことを受けて、緊急解析を再度実行した。緊急解析から得られた「栗駒 2」の地殻変動を速報解析（R2 解析）の結果とあわせて、6 月 18 日に地殻変動の報道発表第二報を公表した（図－6）。解析の結果から、電子基準点「栗駒 2」で上下方向に約 2.1m の隆起、水平方向に約 1.5m の南東方向への移動という GEONET の観測史上最大の地殻変動が観測された。第一報の緊急解析による地殻変動と第二報の速報解析による地殻変動はおおむね一致している。



図－7 傾斜測定による傾斜補正量。

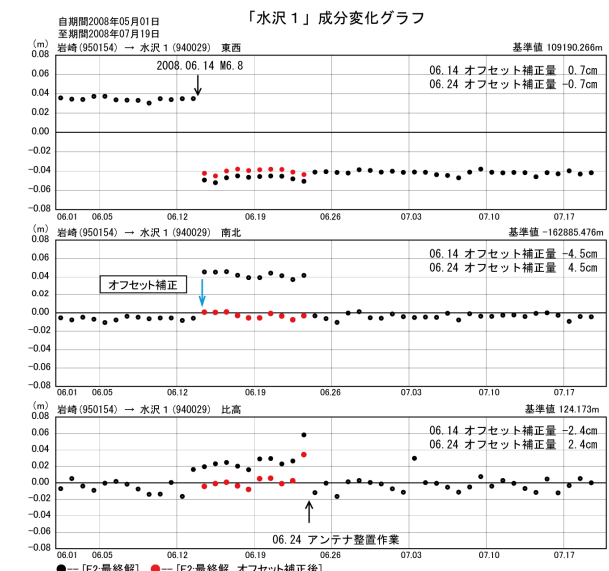
電子基準点「水沢 1」では、地震直後より観測データの品質に著しい低下が見られた。観測データに見られる品質低下の特徴から GPS アンテナが傾斜した可能性が示唆されたため、6 月 24 日に測地観測センターが現地で調査を行った。調査の結果、設置時のアンテナ固定が不十分であったため、地震時の振動によりアンテナが整準台から外れて傾いていたことが明らかとなった。アンテナを整理し復旧を行った結果、観測データの品質が向上し、GEONET の解析結果に変動が見られたため、アンテナが傾斜していた期間の座標が復旧後の座標値と整合するようにアンテナ整理の前後でそれぞれ 10 日間の最終解（F2 解）の値を用いてオフセット補正量を計算して補正を行った（図－8）。



図－6 緊急解析（S2 解析）及び速報解析（R2 解析）による水平地殻変動（第二報、一部修正）。

2. 4 傾斜補正及びオフセット補正

傾斜計のデータに地震に伴う変動が見られた震央付近の電子基準点 10 数点について東北地方測量部が現地で調査を行った結果、電子基準点「栗駒」及び「鳴子」で基礎部の傾斜が確認された。傾斜量は、「栗駒」で北へ 1.5cm、「鳴子」で北北西へ 1.4cm であった。電子基準点「栗駒 2」についても測地観測センターの現地調査から基礎部の傾斜が確認された。「栗駒 2」の傾斜量は西へ 4.5cm であった（図－7）。



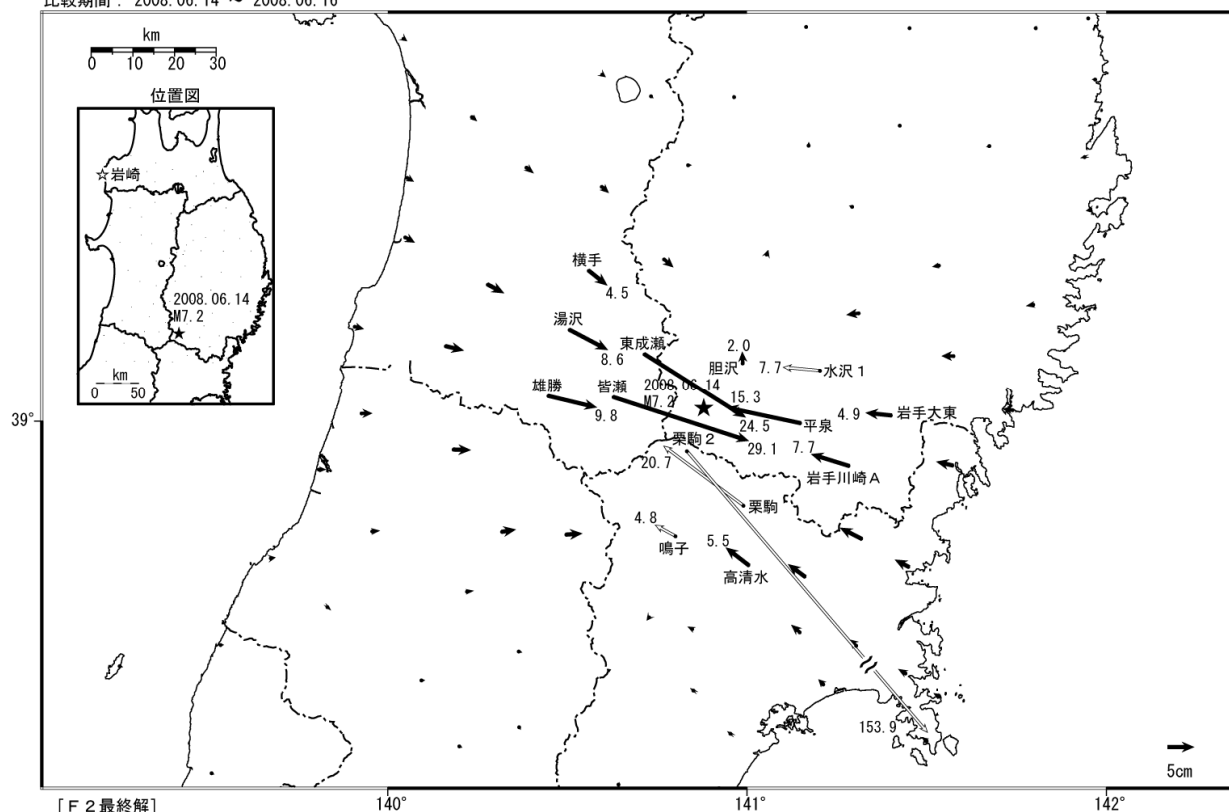
図－8 「水沢 1」の成分変化グラフとオフセット補正量。

最終解（F2 解）に対して上記の傾斜補正及びオフセット補正を行った結果を、GEONET による平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震に伴う最終的な地殻変動として 8 月 11 日に公表した（図－9、図－10）。

平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動

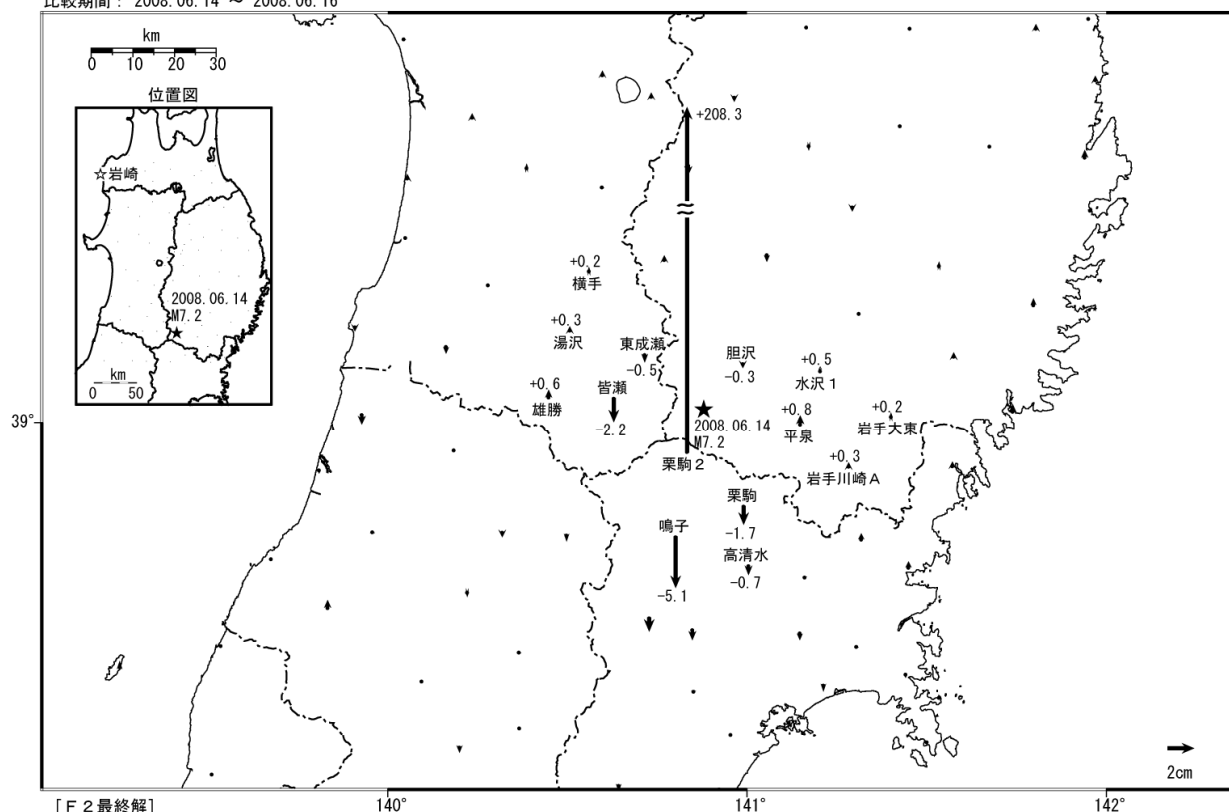
基準期間：2008.06.03～2008.06.12
比較期間：2008.06.14～2008.06.16

水平変動ベクトル図



基準期間：2008.06.03～2008.06.12
比較期間：2008.06.14～2008.06.16

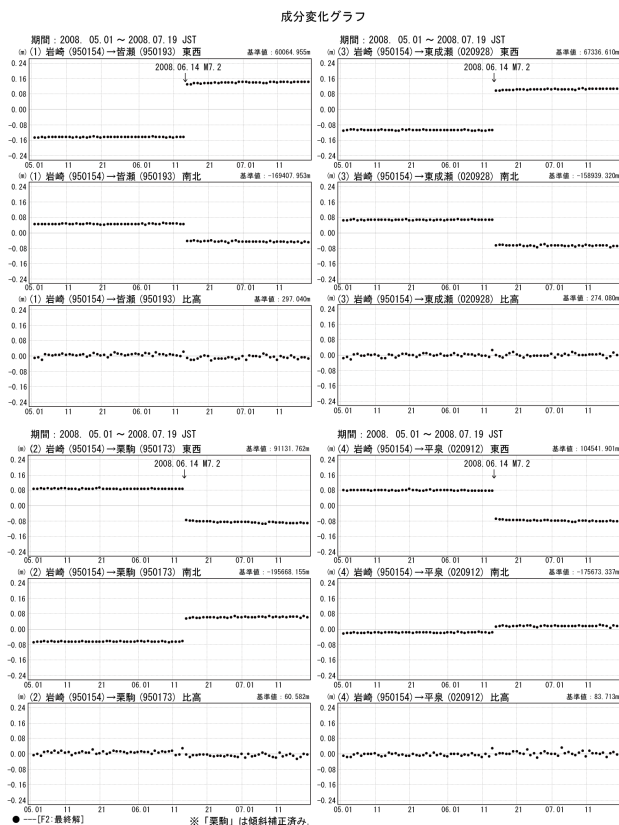
上下変動ベクトル図



※「栗駒」「鳴子」「栗駒2」(白抜き矢印)は傾斜による変位を補正済み。
「水沢1」(白抜き矢印)は機器の異常による誤差を除去している。
「栗駒2」は、6月15日 8:33までのデータを用いて計算。

☆固定局：岩崎
国土地理院

図-9 最終解析(F2解析)による地震前後の地殻変動(最終解,一部修正)。



2.5 地震後の地殻変動

図-11 は、地震後の地殻変動を示したベクトル図である。地震発生後から7月中旬までに電子基準点「栗駒2」で約6cm、「胆沢」で約4cm が確認されている。

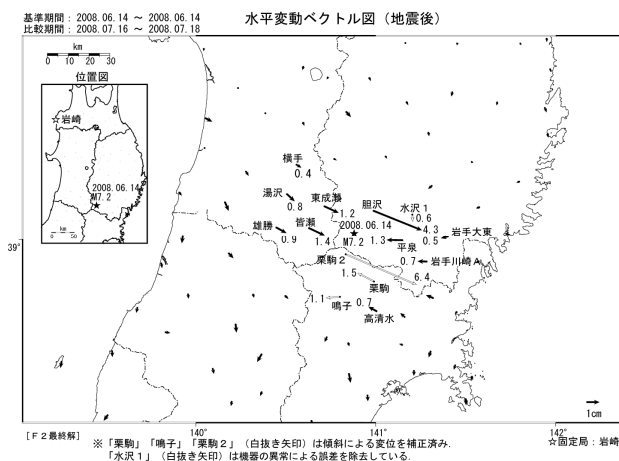
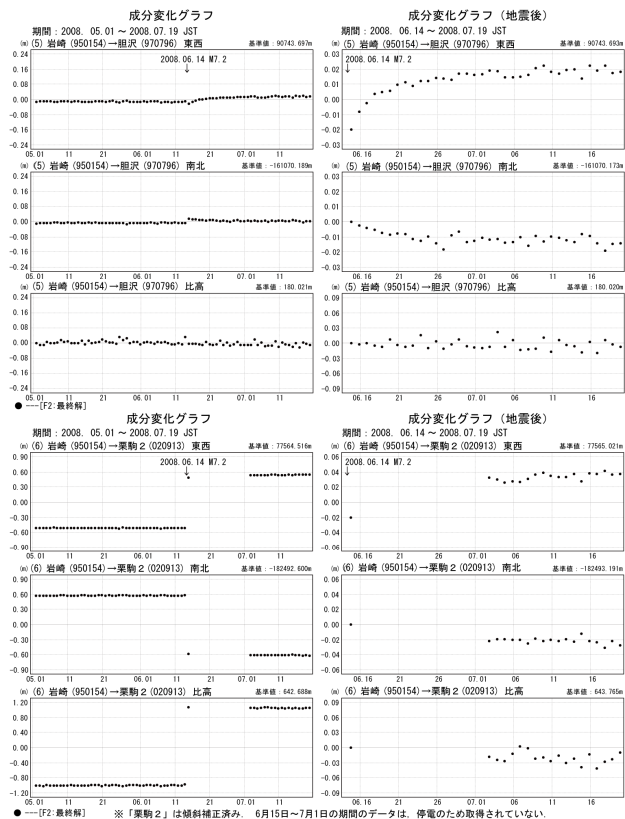


図-11 地震後の地殻変動

図-12 は、電子基準点「岩崎」を固定とした電子基準点「胆沢」及び「栗駒2」の基線成分変化グラフである。いずれの電子基準点も東西成分、南北成分ともに地震発生前と異なった傾向の変動を示しており、地震の余効変動が続いていることを示している。



3. まとめ

2008年6月14日に岩手県内陸南部でM7.2の地震が発生した。この地震に伴い、電子基準点「栗駒2」で約2.1mの隆起、南東方向に約1.5mの変動など、岩手県・宮城県を中心とした地域で記録的な地殻変動が観測された。電子基準点「栗駒」、「鳴子」及び「栗駒2」においてピラーが傾斜したため傾斜補正を、電子基準点「水沢1」で機器の異常のためオフセット補正を行った。今回の地震では、後処理1秒値キネマティック解析により地震時の地殻変動が捉えられた。また、震央付近の電子基準点で余効変動が観測されている。

最後に、東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センターには電子基準点のデータ回収時にご協力いただいた.ここに記して感謝いたします.

参考文献

地震調査研究推進本部, 地震に関する評価, http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka.htm (accessed 2 Sep. 2008).