

GPS 観測データを用いた東北沖太平洋地震前後における 北海道北部の地殻変動解析

Crustal Deformation Analysis by using GPS Observation Data before and after
Tohoku-oki Earthquake in northern Hokkaido, Japan

常盤 哲也 杉本 慎吾

Tetsuya TOKIWA and Shingo SUGIMOTO

地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット

Horonobe Underground Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate

March 2013

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

GPS 観測データを用いた東北沖太平洋地震前後における 北海道北部の地殻変動解析

日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門

幌延深地層研究ユニット

常盤 哲也, 杉本 慎吾*

(2012 年 12 月 20 日 受理)

本研究は、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による北海道北部地域の地殻変動を把握することを目的とし、原子力機構および国土地理院で取得した GPS 観測データ（2010 年 10 月 1 日～2011 年 5 月 31 日）を基にして、地震発生時付近の地殻変動に関する解析を行った。その結果、地震発生前後の地殻変動は、南南東方向に変位し、その大きさは西側ほど大きい傾向が認められた。つまり幌延町周辺を固定点とした場合、東側は北側へ、西側は南側へ変位していることが分かった。観測期間が半年という短い期間であるが、この傾向はほぼ東西圧縮場である従来の地殻変動と異なる結果である。

幌延深地層研究センター（駐在）：〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2

* 川崎地質株式会社

**Crustal Deformation Analysis by using GPS Observation Data before and after
Tohoku-oki Earthquake in northern Hokkaido, Japan**

Tetsuya TOKIWA and Shingo SUGIMOTO*

Horonobe Underground Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido

(Received December 20, 2012)

GPS analysis was carried out to understand the characteristics of the crustal deformation due to the Tohoku-oki Earthquake in the northern Hokkaido, Japan. The data period for the analysis is from October 1, 2010 to May 31, 2011. The result of the analysis indicated that the displacement in the direction of the south-southeast was detected in this area, and the amount of displacement of the western side of northern Hokkaido is relatively larger than that of the eastern side. Therefore, the eastern side of northern Hokkaido was displaced to the north with respect to Horonobe area, and the west side was displaced to the south. Although the analysis period is short, the crustal deformation is different from aseismic crustal deformation showing the E-W crustal compression.

Keywords: GPS, Crustal Movement, Tohoku-oki Earthquake, Horonobe, Hokkaido

* Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. GPS データの収集	2
3. 地殻変動量解析	4
3.1 GPS データ解析条件・方法	4
3.2 スタティック解析結果	4
3.3 地震時変位	7
4. 謝辞	10
引用文献	10
付録	11

Contents

1. Introduction	1
2. Collection of GPS data	2
3. Crustal movement analysis	4
3.1 Analysis condition and method of GPS data	4
3.2 Static analysis	4
3.3 Displacement induced by Tohoku-oki EarthquakeD	7
4. Acknowledgment	10
References	10
Appendix	11

図リスト

図 1	IGS 観測点	2
図 2	GEONET および原子力機構観測点	3
図 3	一段階目のスタティック解析による座標時系列	5
図 4	二段階目のスタティック解析による座標時系列	6
図 5	YSSK を基準とした地震時の水平変位と鉛直変位	8
図 6	020849（稚内 4）を基準とした地震時の水平変位と鉛直変位	9

1. はじめに

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下，原子力機構）では，幌延地域を対象とした地質環境の長期安定性に関する研究の一環として北海道北部地域における地殻変動の特徴を把握する研究を行っている．本研究は，2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震が北海道北部地域の地殻変動に与えた影響を把握することを目的とし，北海道北部（北緯 44.0° ～ 46.0° ，東経 140.5° ～ 143.5° ）において 2010 年 10 月 1 日から 2011 年 5 月 31 日までに取得された GPS 観測データを用いた GPS 解析を行った．

2. GPS データの収集

GPS観測データを用いた地殻変動解析のためには、二段階のGPSデータ解析が必要である。まずその一段階目に、解析対象領域である北海道北部地域内で基準となるGPS観測点を選定し、その日々の座標値をGPSデータ解析によって取得する。その観測点座標は、世界測地系に準拠させる。その後、二段階目として、その一段階目で解析した観測点を基準として、解析対象領域内のその他のGPS観測点に対してGPSデータ解析を実施する。以上の方法で北海道北部地域内の観測点は世界測地系に準拠することになる。このGPSデータ解析では、国際GNSS事業（以後、IGS）による観測点データと、国土地理院によって運用されているGPS連続観測システム（以後、GEONET）によるGPS観測点データが必要である。したがって、原子力機構が観測している観測点（HDB-1）に加え、上記の両機関からGPSデータを収集した。IGSデータについては、北海道北部地域を概ね包囲している Yakutsk（YAKT）、Khabarovsk（KAHJ）、Petropavlovsk-Kamcha（PETS）、Yuzhno-Sakhalinsk（YSSK）、臼田（USUD）、つくば（TSKB）、始良（AIRA）、Daejeon（DAEJ）、Suwon（SUWN）の計9点分のGPSデータをIGSのFTPサーバ（<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov>）より取得した（図1）。GEONET観測データについては、北海道北部地域の33観測点を対象に、国土地理院のFTPサーバ（<ftp://terras.gsi.go.jp>）よりダウンロードした（図2）。

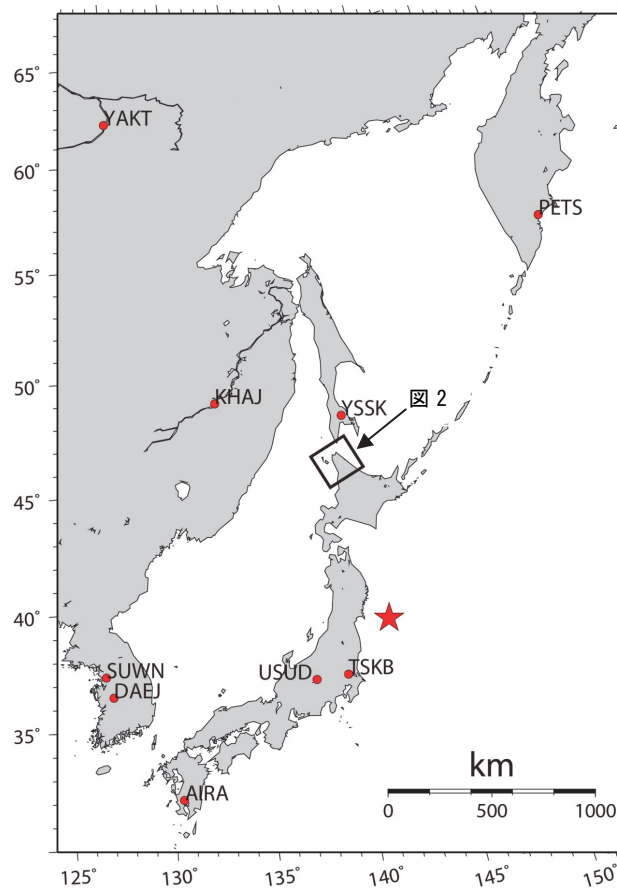


図1 IGS観測点

赤丸はIGS観測点を、赤星は2011年3月の東北地方太平洋沖地震の震央を示す。

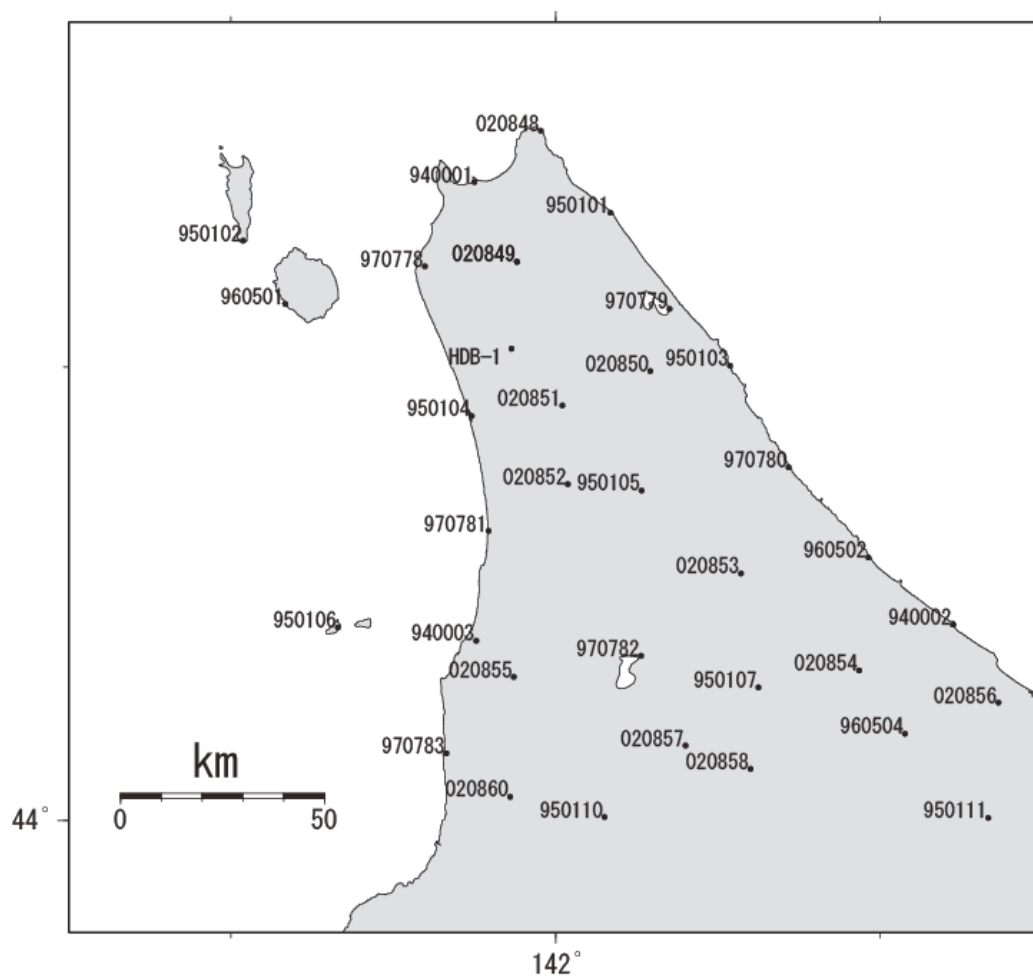


図 2 GEONET および原子力機構観測点
6桁の数値は GEONET 観測点を, HDB-1 は原子力機構の観測点を示す.

3. 地殻変動量解析

地殻変動量解析を行う前に、GPS データ解析で各 GEONET 観測点の座標データを取得する。その座標データ取得のために、Bernese GPS Software (version 5.0)を用いてスタティック解析を実施した。以下に、解析条件および方法と推定量に関して説明する。

3. 1 GPS データ解析条件・方法

始めに、北海道北部地域内で基準となる観測点のスタティック解析を実施した。一段階目で解析する観測点には、IGS 観測点である YSSK (図 1) とした。解析前に精密単独測位を実施した結果、北海道北部でも地震時の変位が認められた。そのため、ほぼ不動点として扱える YSSK を二段階目の基準点となるよう解析を実施した。その際には、YAKT, PETS, KHAJ, AIRA に拘束を与え、他の TSKB, USUD, DAEJ, SUWN は、予め調べた地震時変位に応じて制約を与えた。このことによって、世界測地系に準拠しつつ、TSKB, USUD, DAEJ, SUWN の地震時変位も解析した。

次に、YSSK を基準点として、その他の GEONET および原子力機構の観測点のスタティック解析を行った。本解析では、IGS 最終精密軌道暦（衛星の位置決定精度：10 cm 未満）を使用し、海洋潮汐荷重による観測点の変位とその位相を考慮するために GOTIC2 ソフトウェア (Matsumoto et al., 2001)¹⁾ を用いて、あらかじめ補正量として解析に組み込んだ。さらに、絶対アンテナ位相モデルを使用し、世界測地系 IGS08 に準拠するように解析を実施した。以上のような解析方法で、各観測点の座標推定を実施し、それと同時に、天頂遅延量を 1 時間ごとに各観測点で推定した。本解析では、マルチパスの影響を低減するために、GPS アンテナのカットオフ仰角は 15 度とした。

3. 2 スタティック解析結果

スタティック解析結果の例として、TSKB, SUWN, YSSK での座標時系列、および、一段階目で使用した IGS 観測点数の時系列を図 3 に示す。2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（マグニチュード 9.0）による変位が、IGS 観測点でも検出された。

すべての時系列で 2010 年 10 月 21 日から 11 月 30 日の期間の座標値にバイアスが生じている。これは、この期間に YAKT の欠損のためである（図 3d）。一段階目の解析で、あらかじめ YAKT を除外することもできるが、除外した場合、基準として固定する IGS 観測点配置が直線的になってしまい全期間を通して、測位解が不安定になる可能性がある。地震時の変位を調査するにあたって、この期間のバイアス誤差は、問題にならないために本調査では、IGS 観測点配置を良くするために敢えて YAKT を使用した。

二段階目の解析結果から代表して次に続く観測点座標の時系列を図 4 に示す。図 4 には解析対象領域内で最大の変位を観測した天売島 (950106)、最小の変位の西興部 (020854) 観測点、地震時変位の算出で基準とする稚内 4 (020849) 観測点、および HDB-1 を示し、それ以外の観測点に対しては付録に示している。縦黒実線は 2011 年 3 月 11 日を示し、その黒の縦実線と

前後にある黒の縦破線で挟まれた両期間（前期間：2011 年 02 月 25 日～3 月 10 日，後期間：2011 年 3 月 12 日～3 月 25 日，いずれも 2 週間）で平均を取り，各成分で変位を算出した．その時に，平均値から標準偏差の 2 倍以内の座標データのみを使用した．

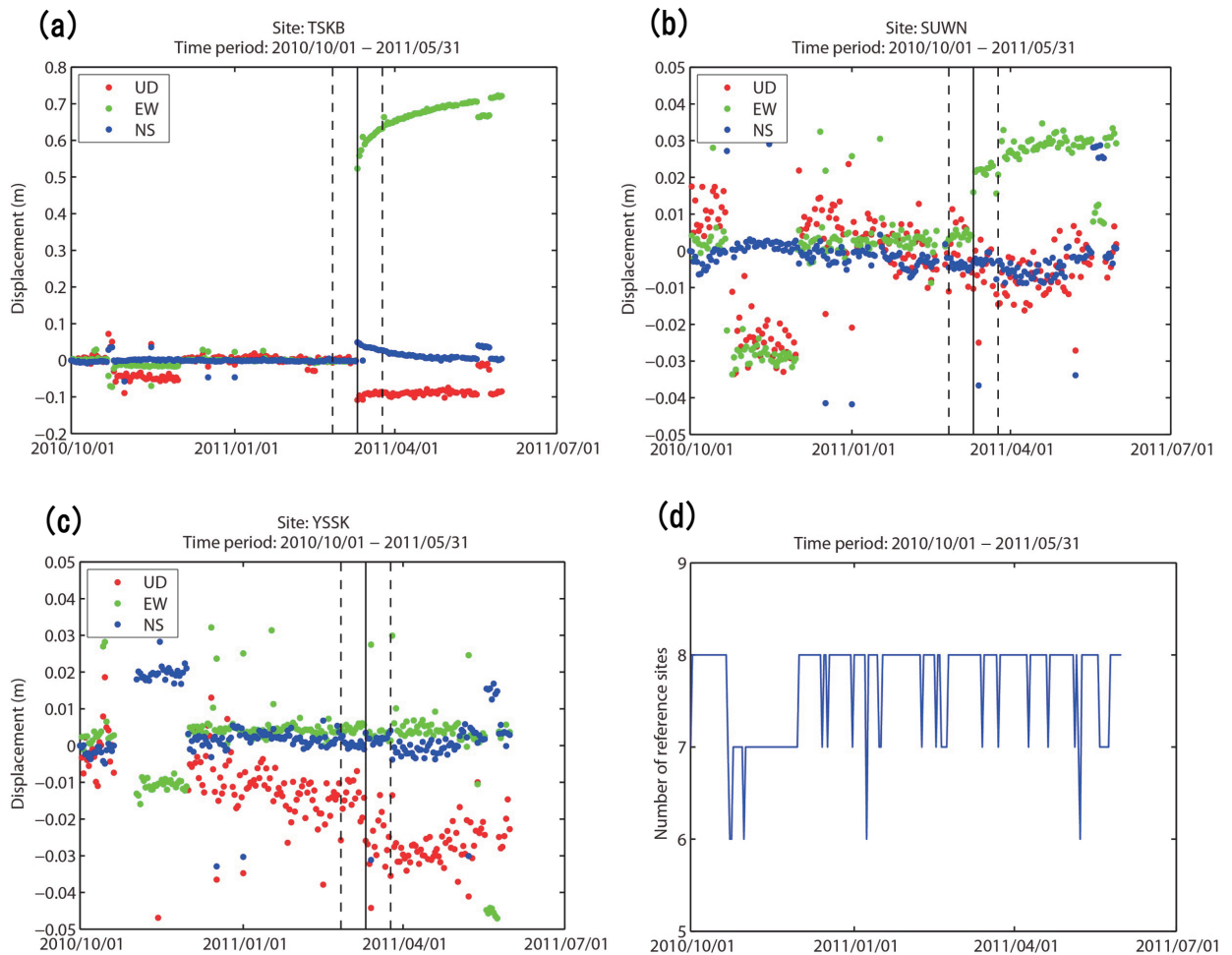


図3 一段階目のスタティック解析による座標時系列
 (a) TSKB (つくば), (b) SUWN (Suwon), (c) YSSK (Yuzhno-Sakhalinsk),
 (d) 解析で使用した IGS 観測点数

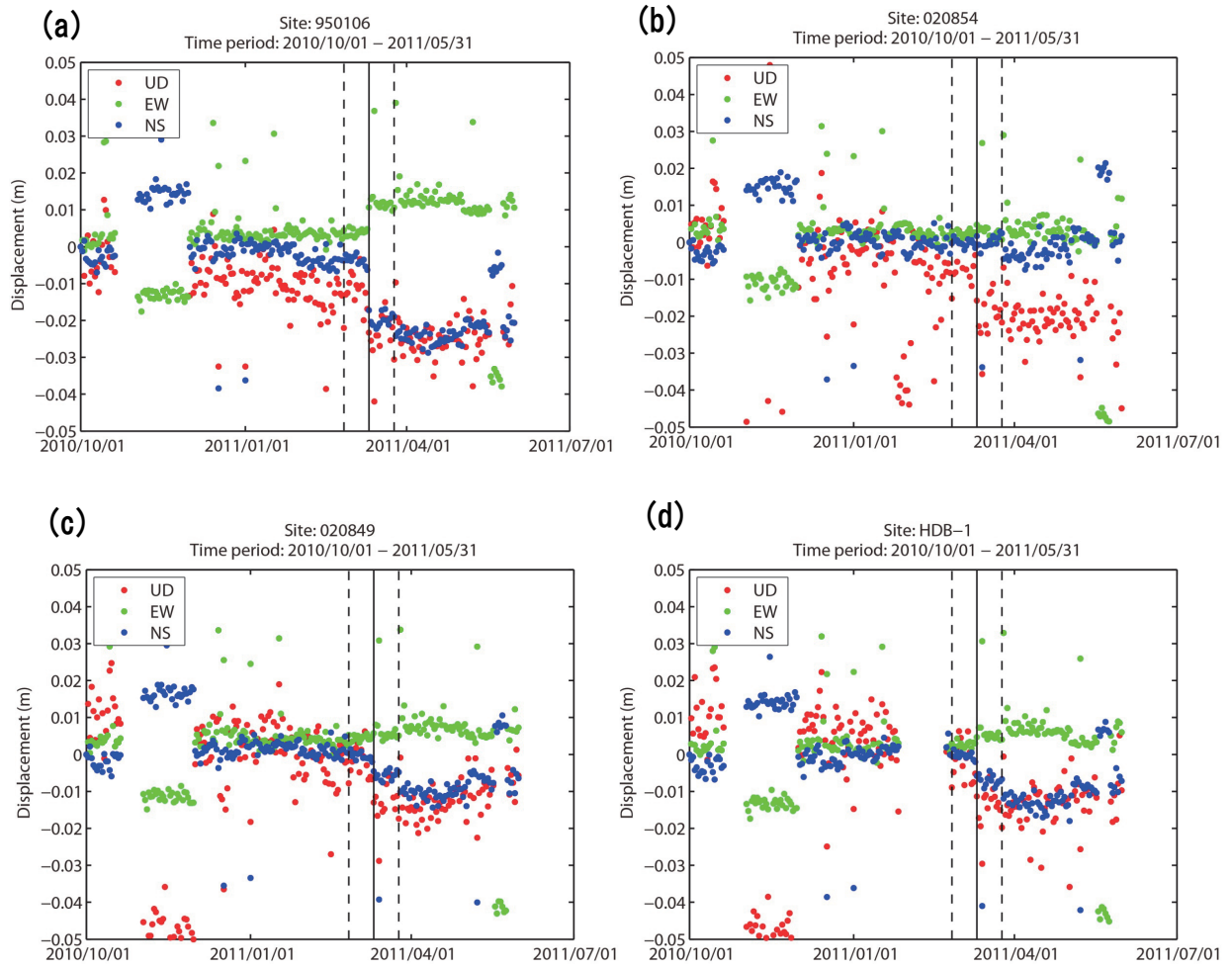


図4 二段階目のスタティック解析による座標時系列

(a): 950106 (天売島), (b): 020854 (西興部), (c): 020849 (稚内4), (d): HDB-1

3. 3 地震時変位

スタティック解析で得られた解析対象領域内の各観測点の座標データを用いて、2011 年 3 月 11 日を境にして、地震前後の 2 週間分の座標データで変位を計算することで、地震時変位の算出を行った。その結果を図 5 および図 6 に示す。図 5 は YSSK (Yuzhno-Sakahalinsk) を基準点としており、図 6 は 020849 (稚内 4) を基準点としている。YSSK の水平成分は有意な地震時の変位はほぼ見られないため、基準点として使用し、北海道北部の相対的な地震時変位をとらえるために 020849 (稚内 4) でも図示した。

図 5 が示すとおり、東側に比べて、西側では、南南東方向に有意な水平変位が確認された(天売島 (950106) で最大、約 2cm)。一方、鉛直変位に関しては、有意な変位は確認できなかった。また、北海道北部においての相対的な地震時の変位を把握するため、020849 (稚内 4) を基準点とした場合、東部側は北側への変位を示し、西部は南側への変位を示した。この傾向はほぼ東西圧縮である従来の地殻変動と異なる結果である。なお、原子力機構の観測点である HDB-1 の変位傾向は、他の観測点と同様のものではなかった。

– 8 –

– 9 –

4. 謝辞

本解析の GPS データは、国土地理院による GEONET のデータを使用させていただいた。ここに記して感謝いたします。

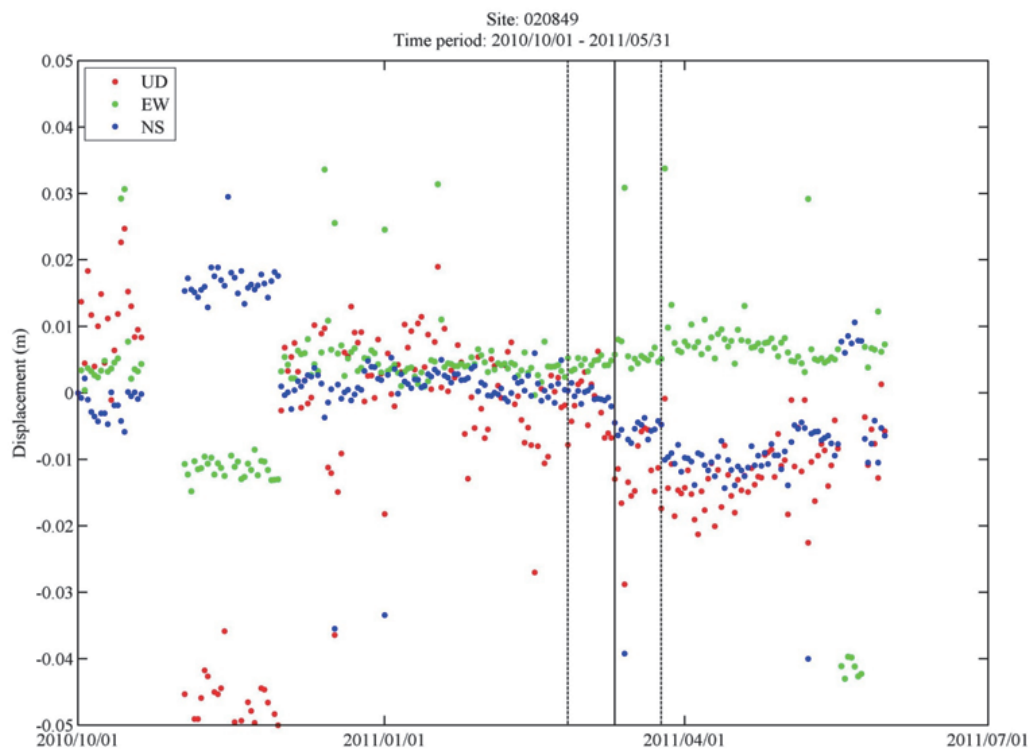
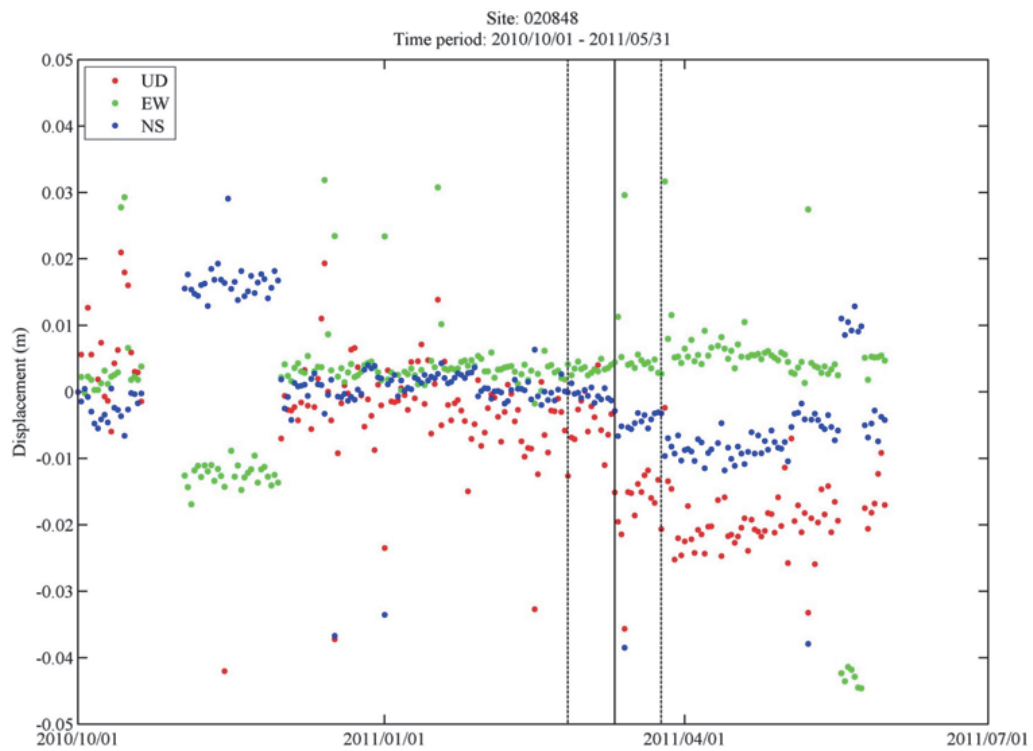
引用文献

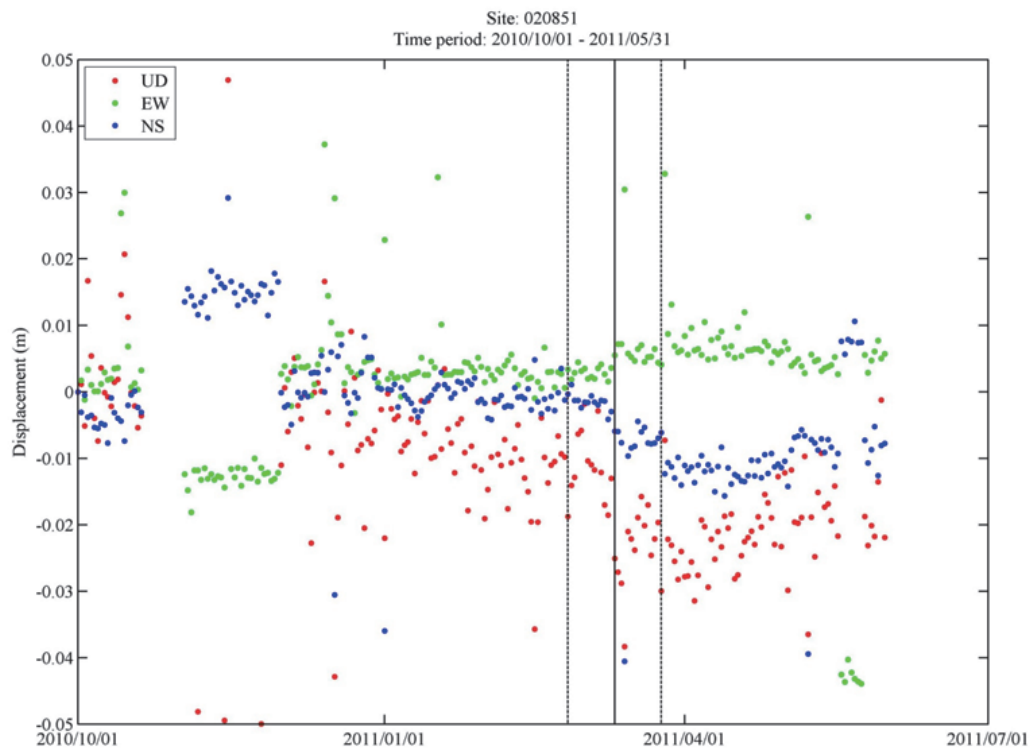
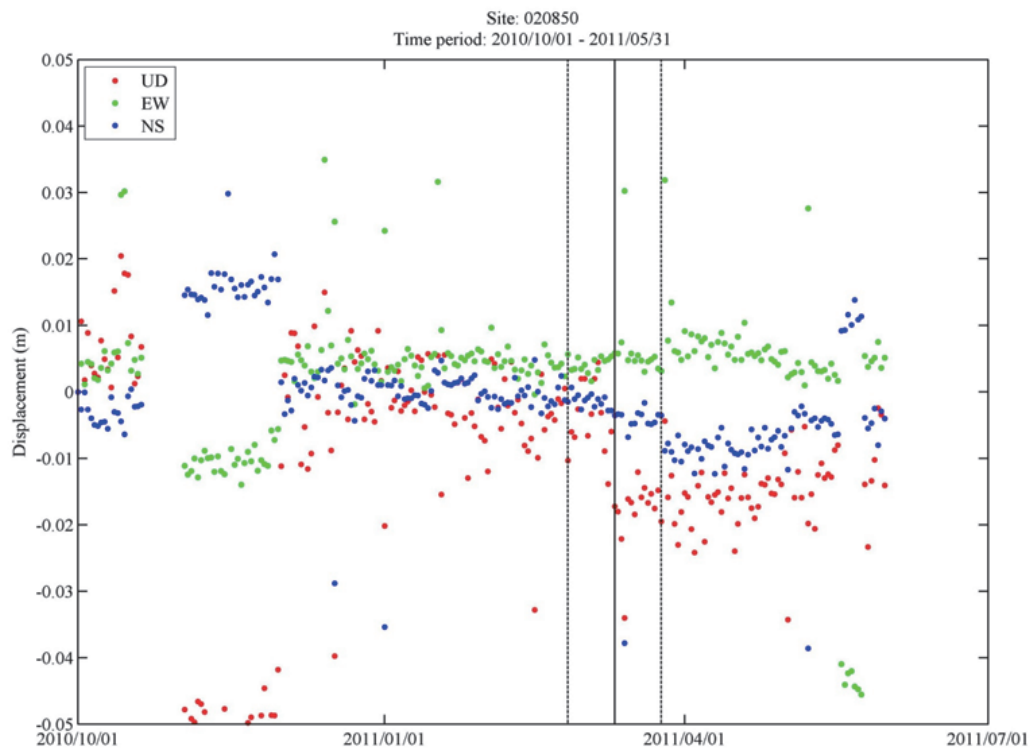
- 1) Matsumoto K., Sato T., Takanezawa T. and Ooe M.: “GOTIC2: a program for computation of oceanic tidal loading effect”, J. Geodetic Society of Japan, vol. 47, pp. 243–248 (2001)

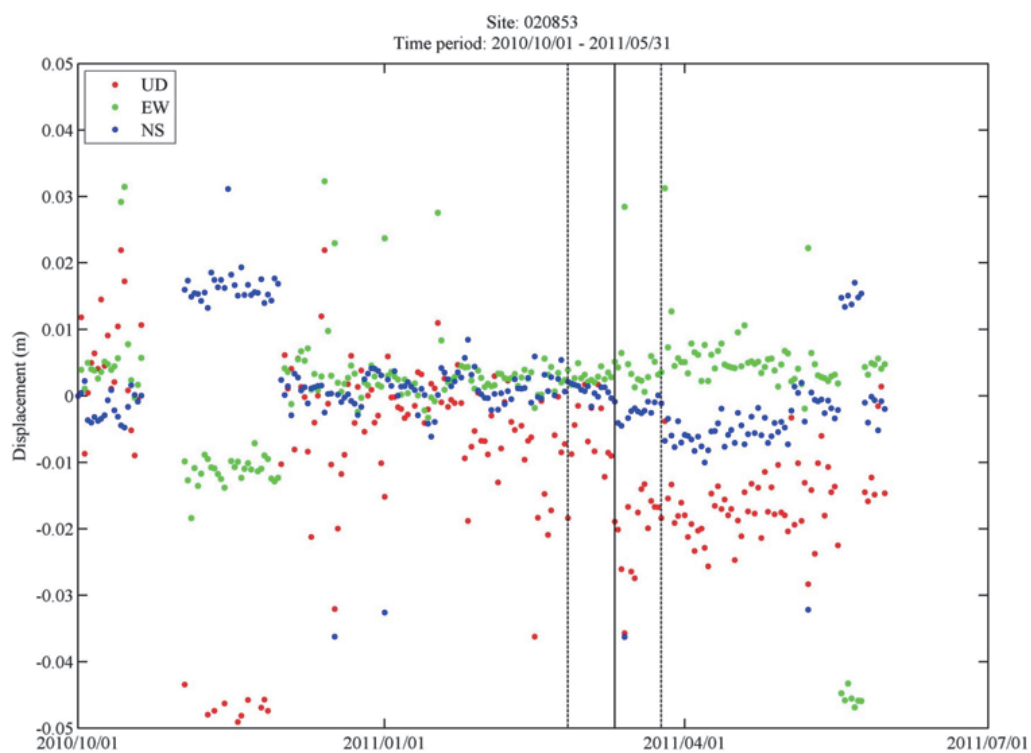
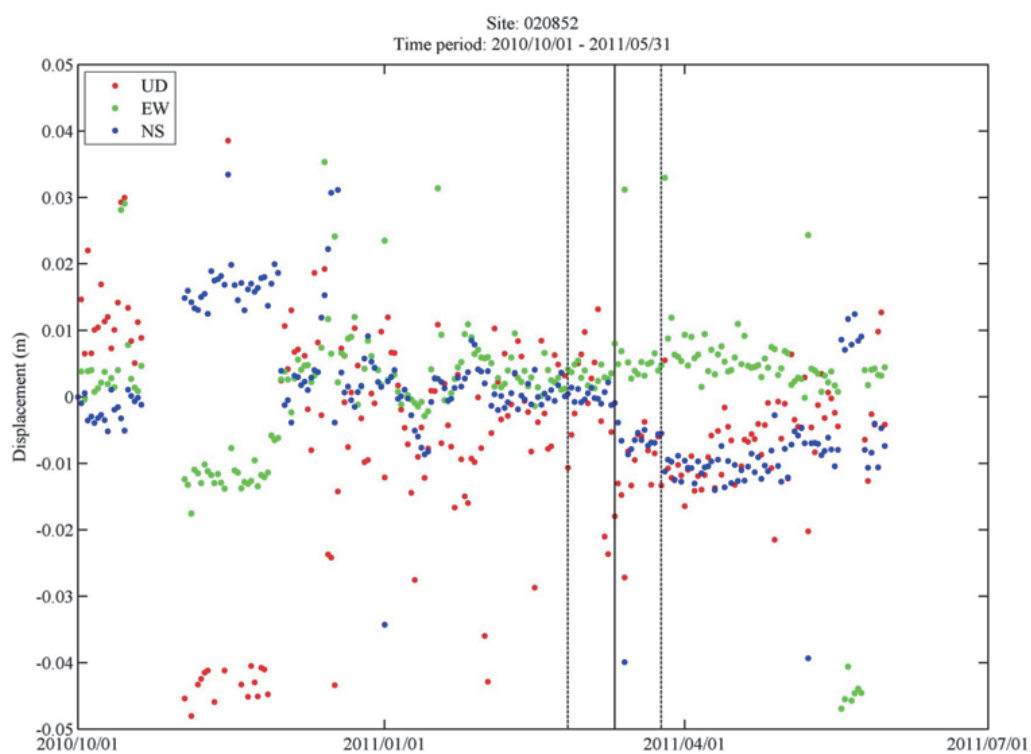
付 録

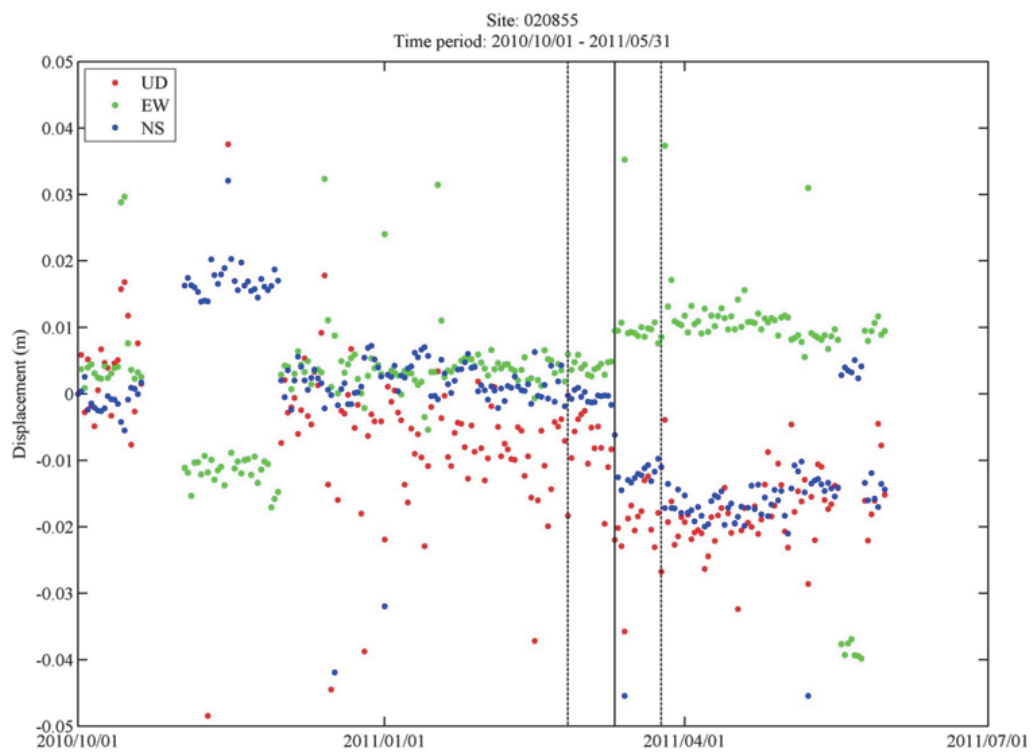
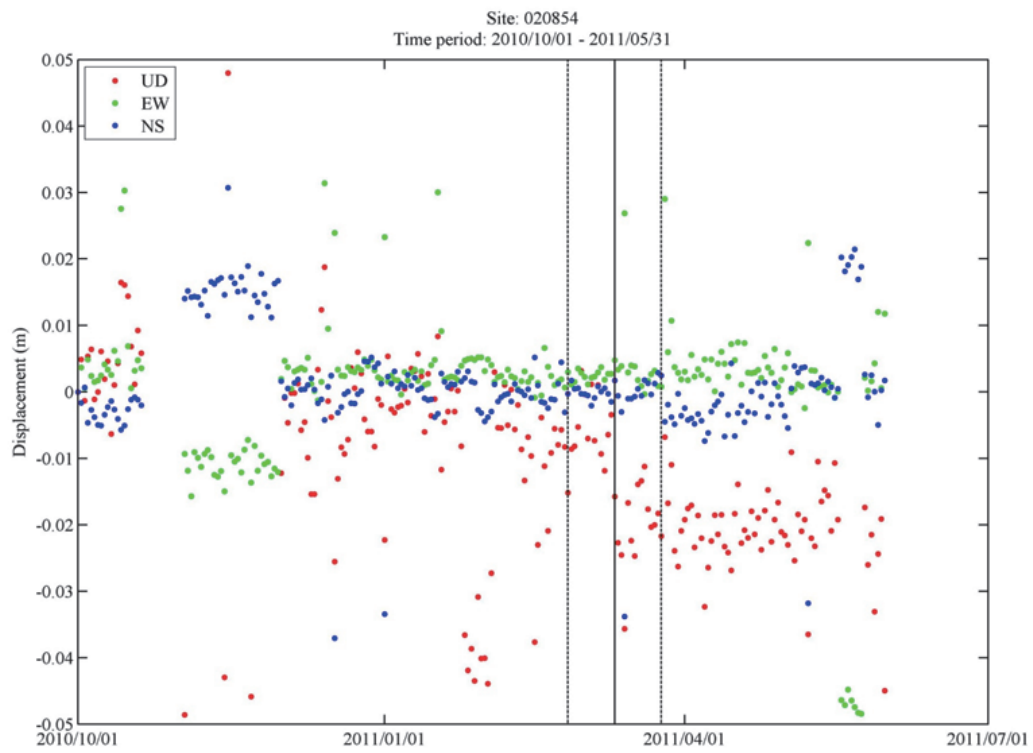
以下に，すべての観測点の座標時系列データをまとめる．

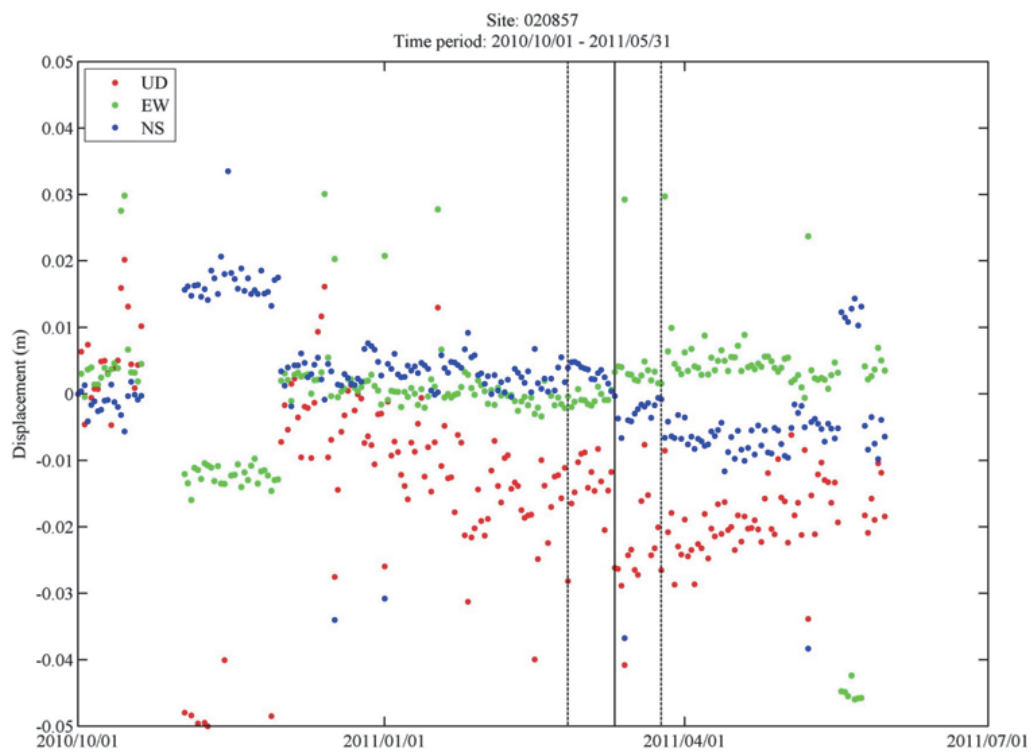
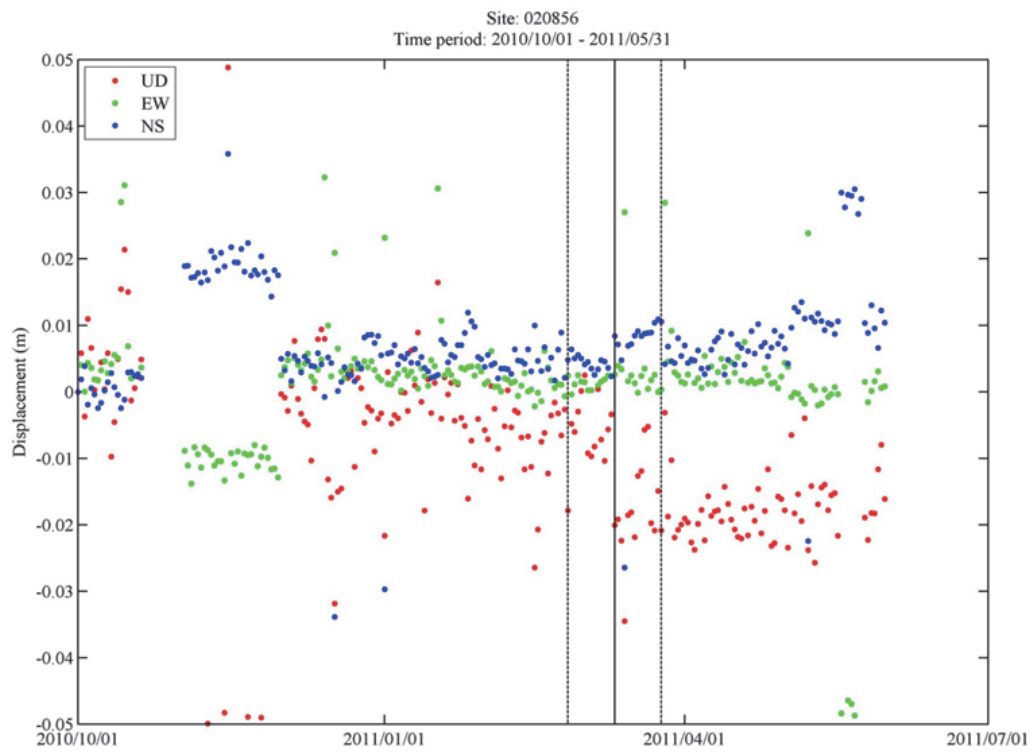
以下、各観測点の座標時系列データ（観測点番号は図2を参照）：

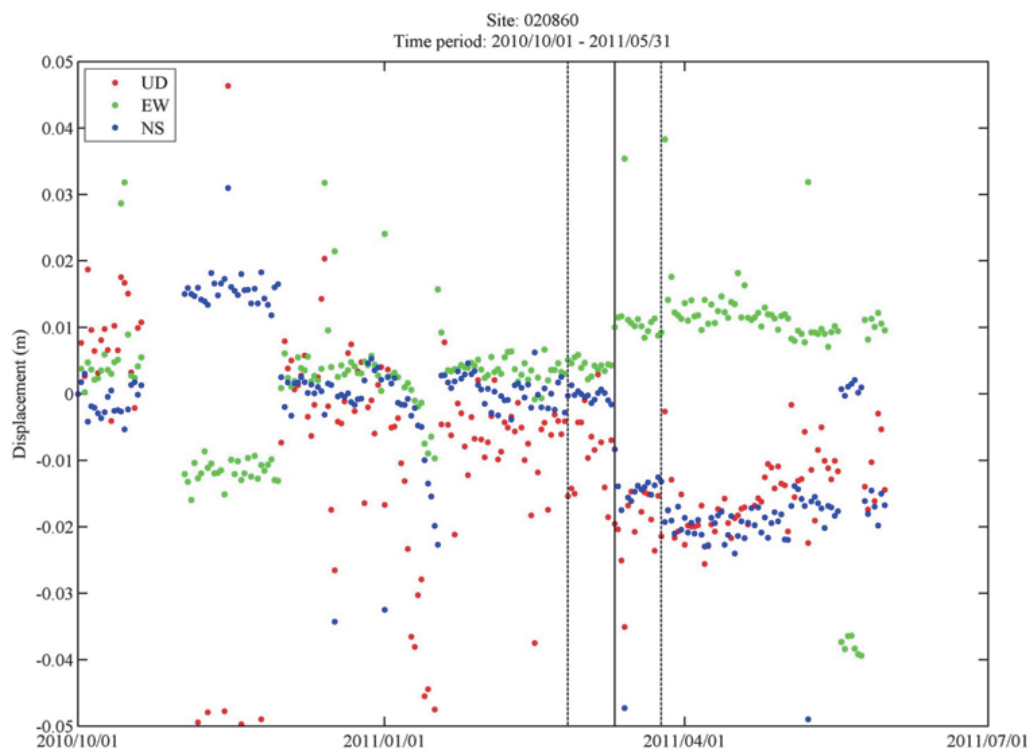
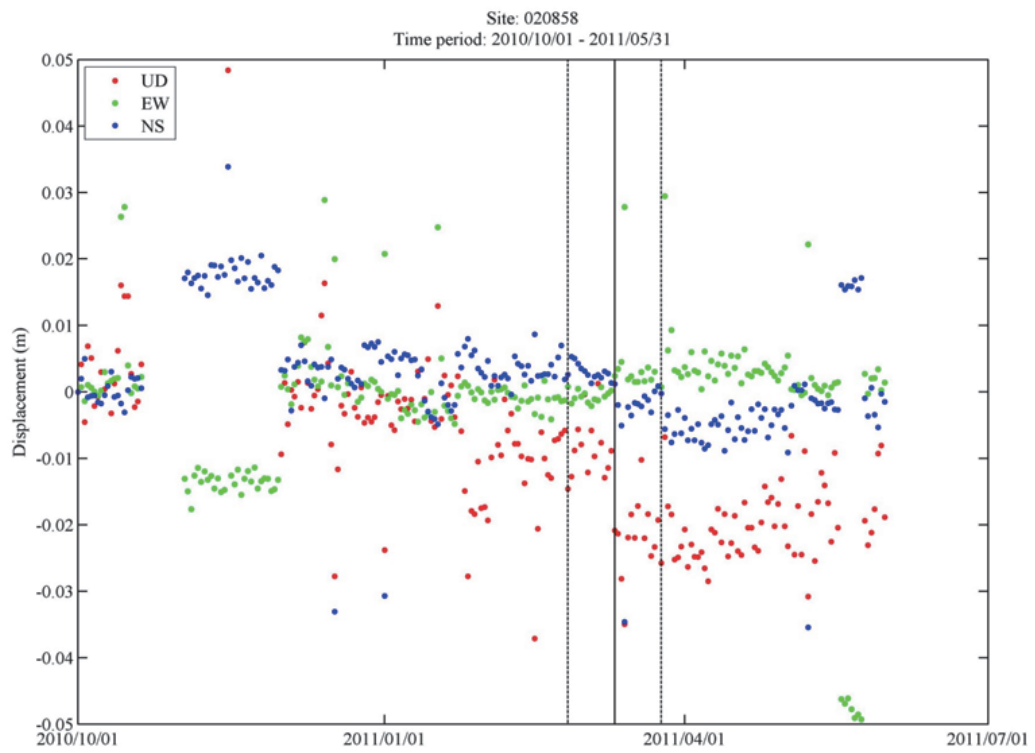


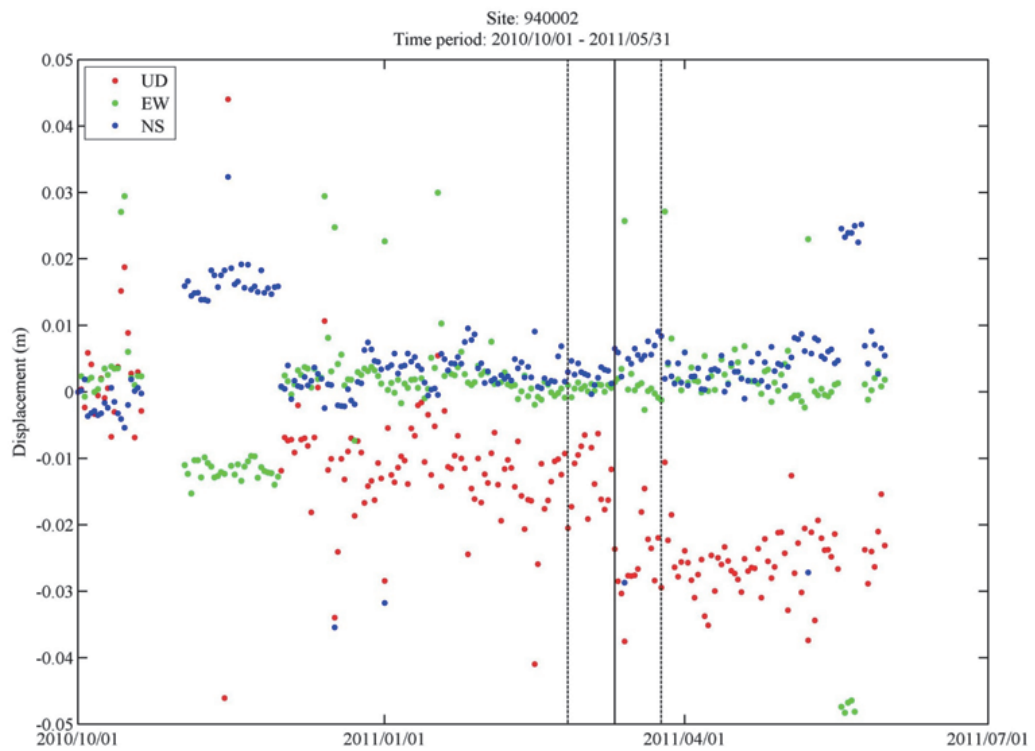
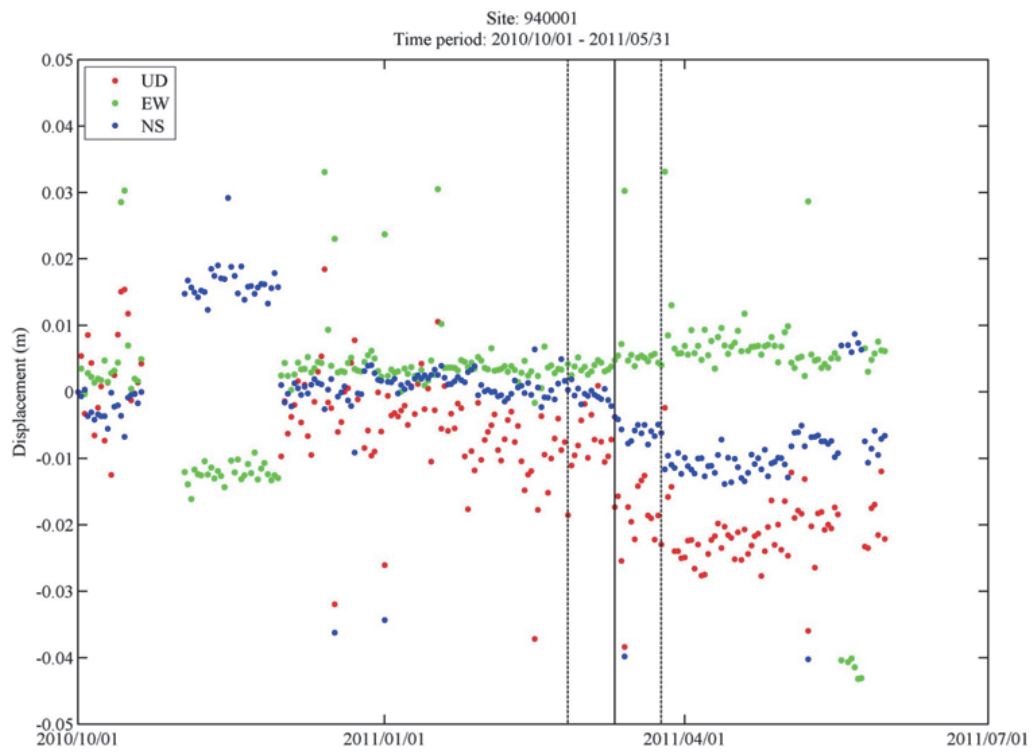


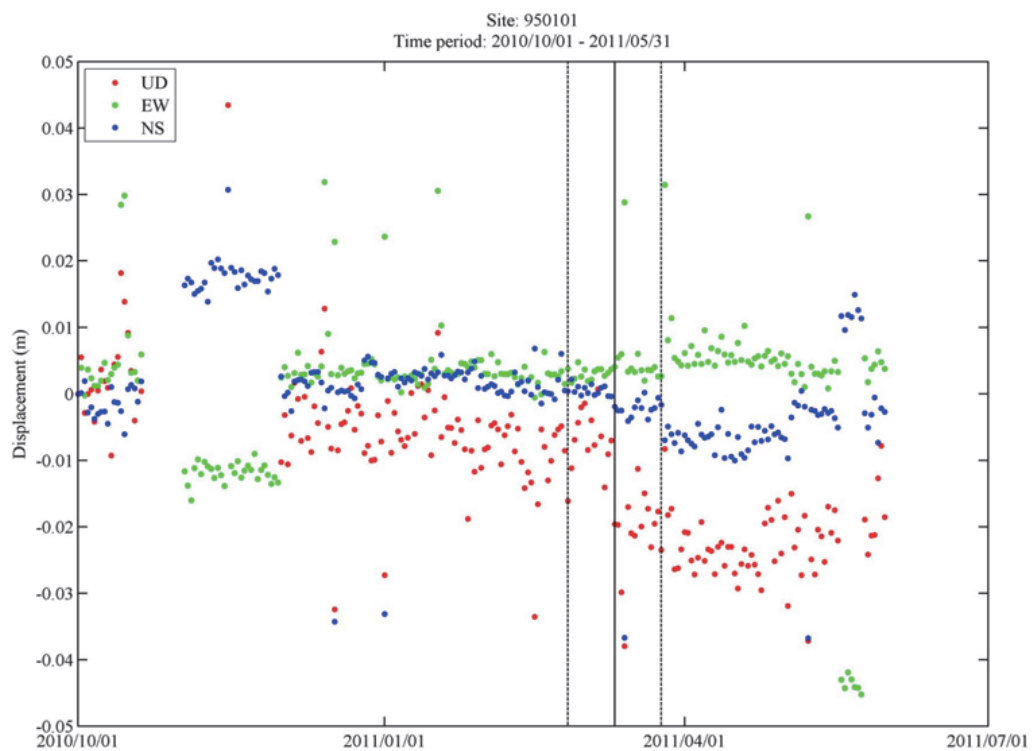
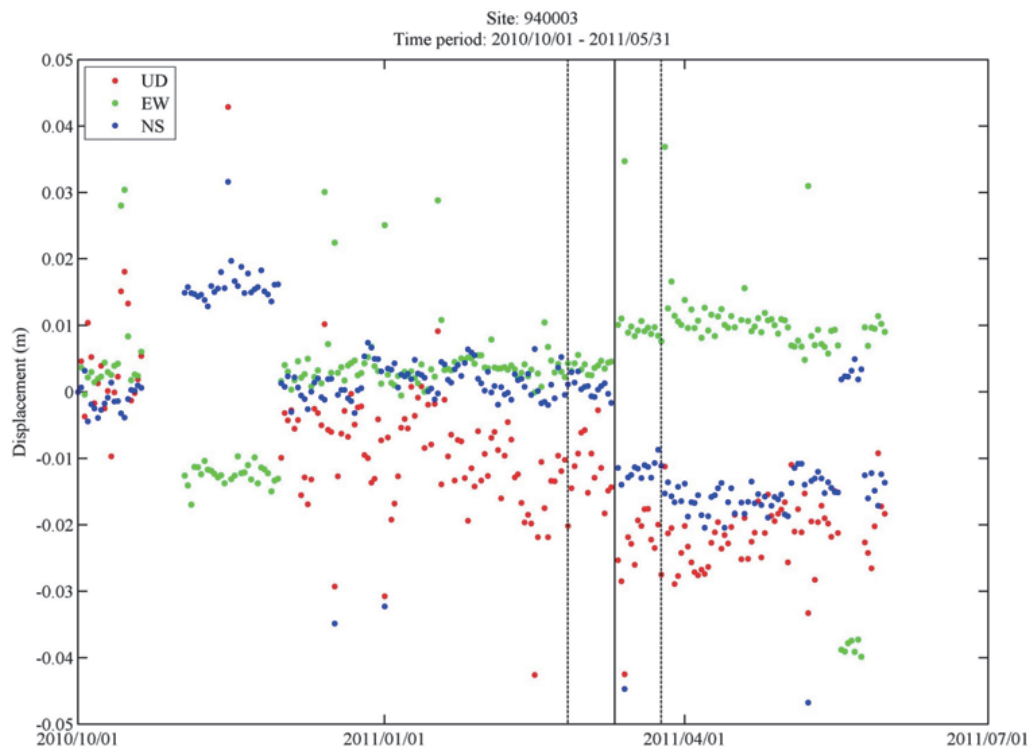


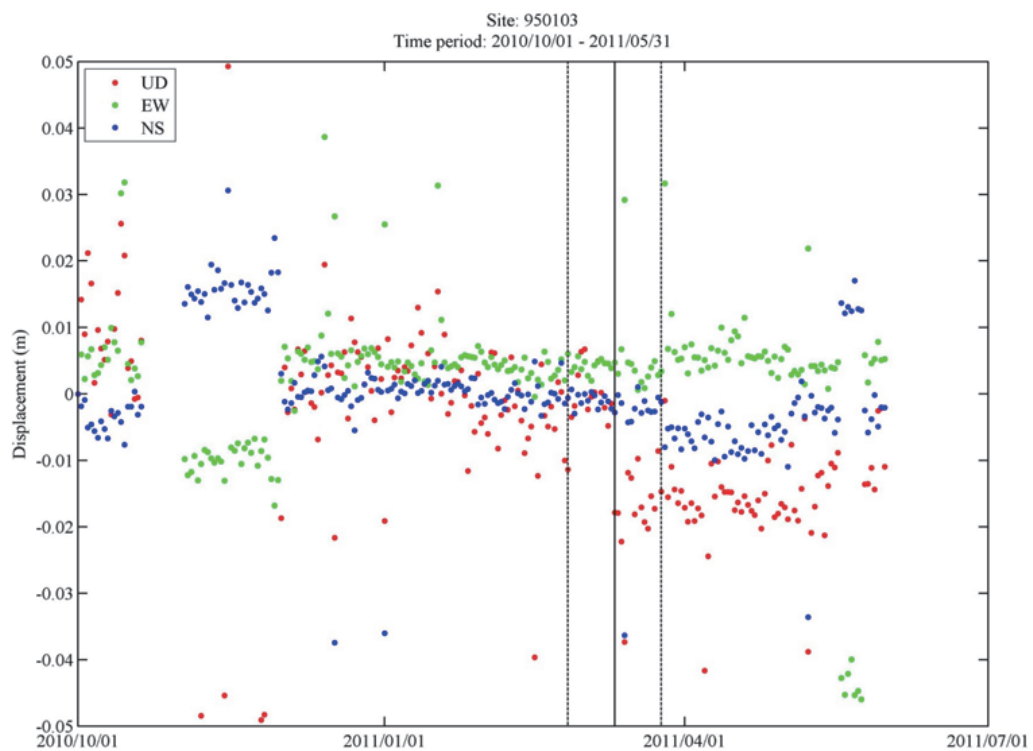
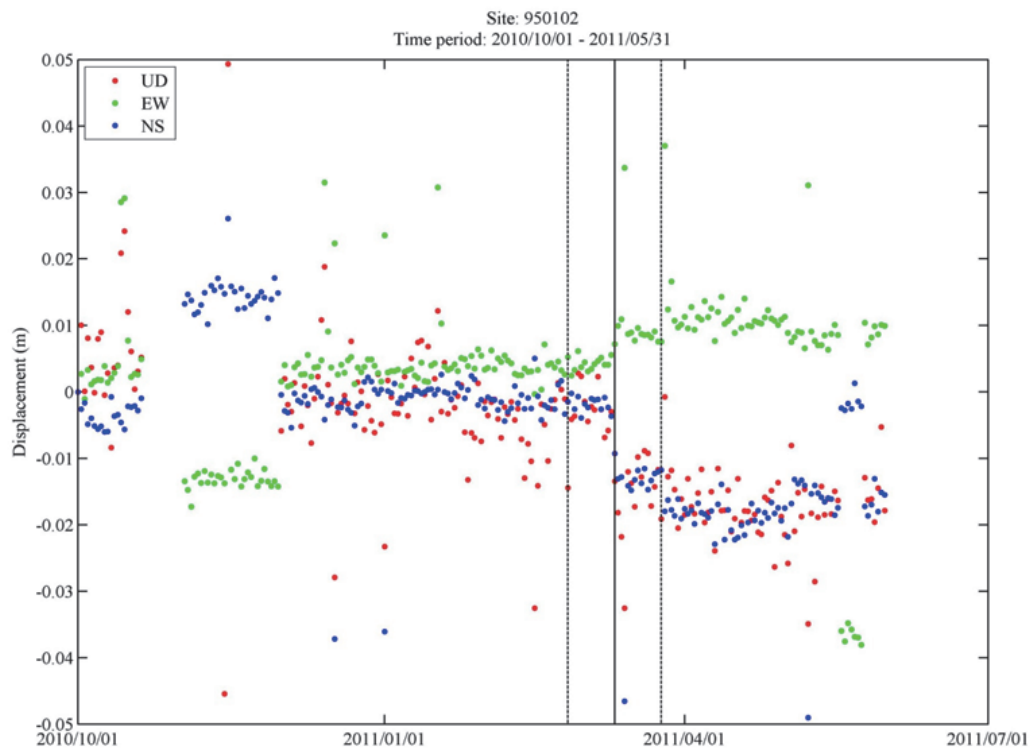


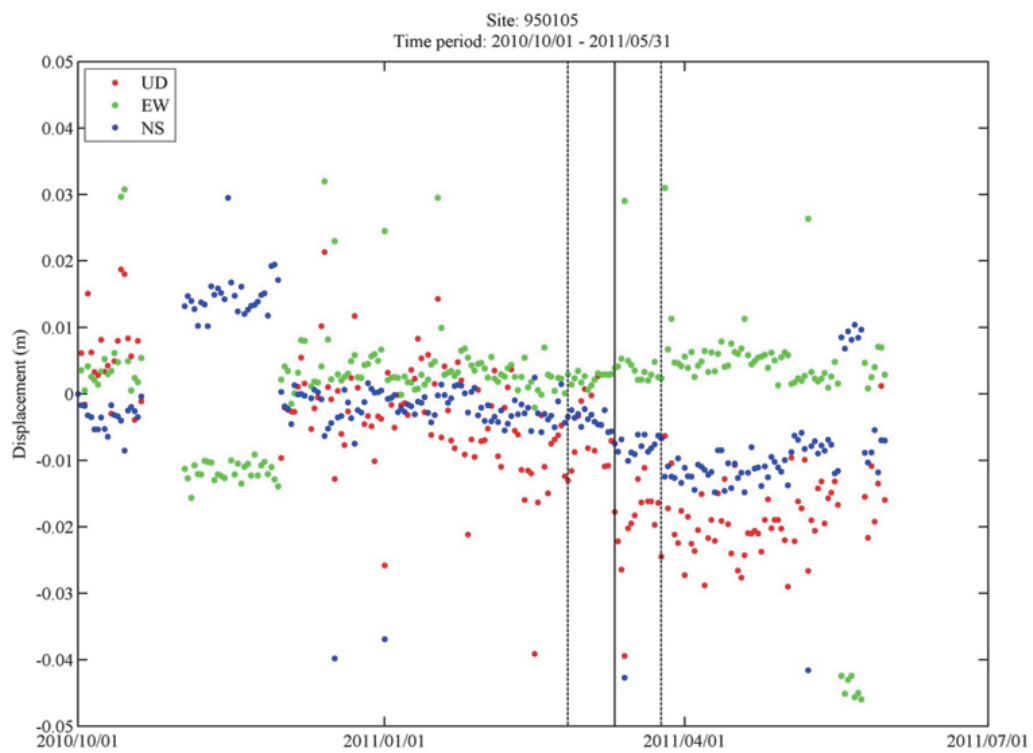
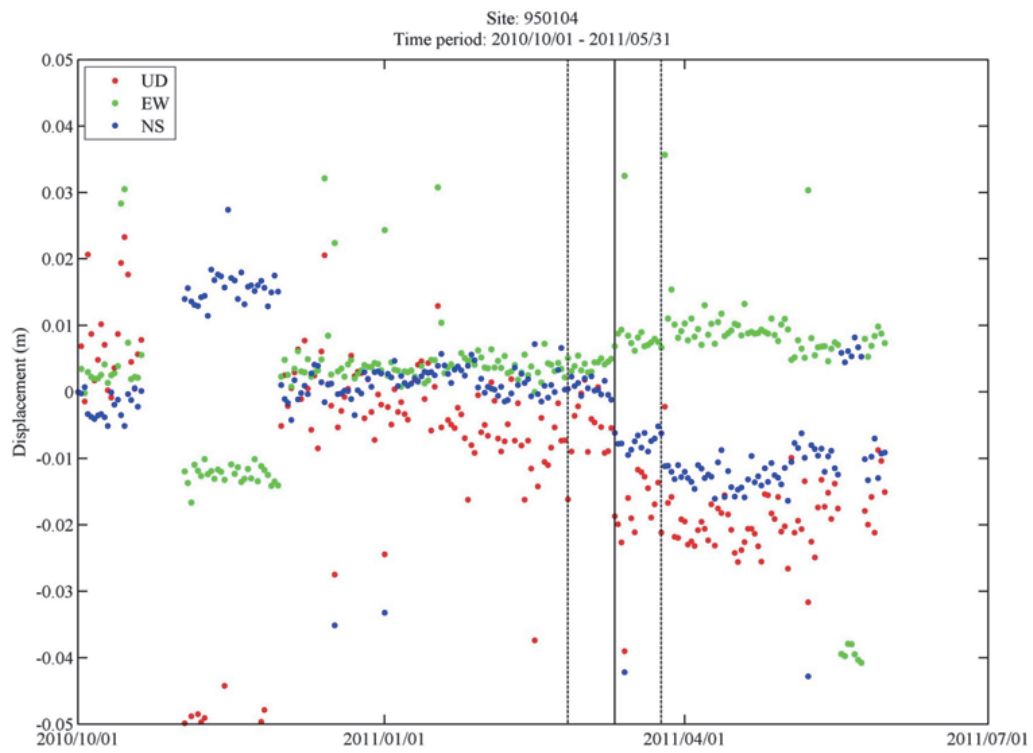


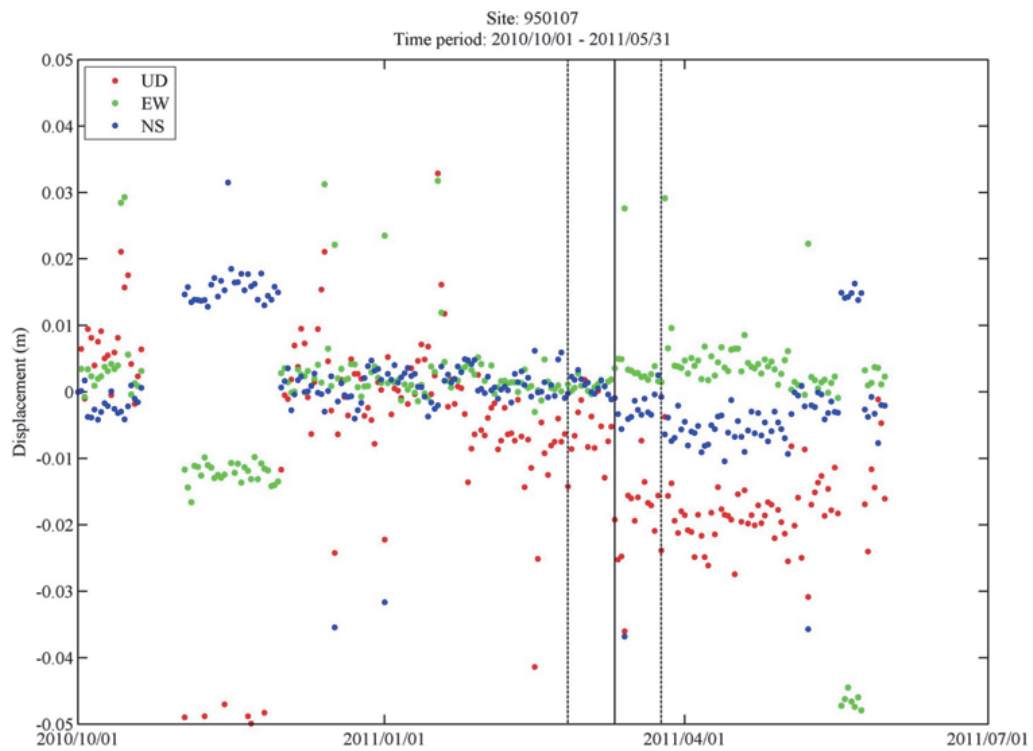
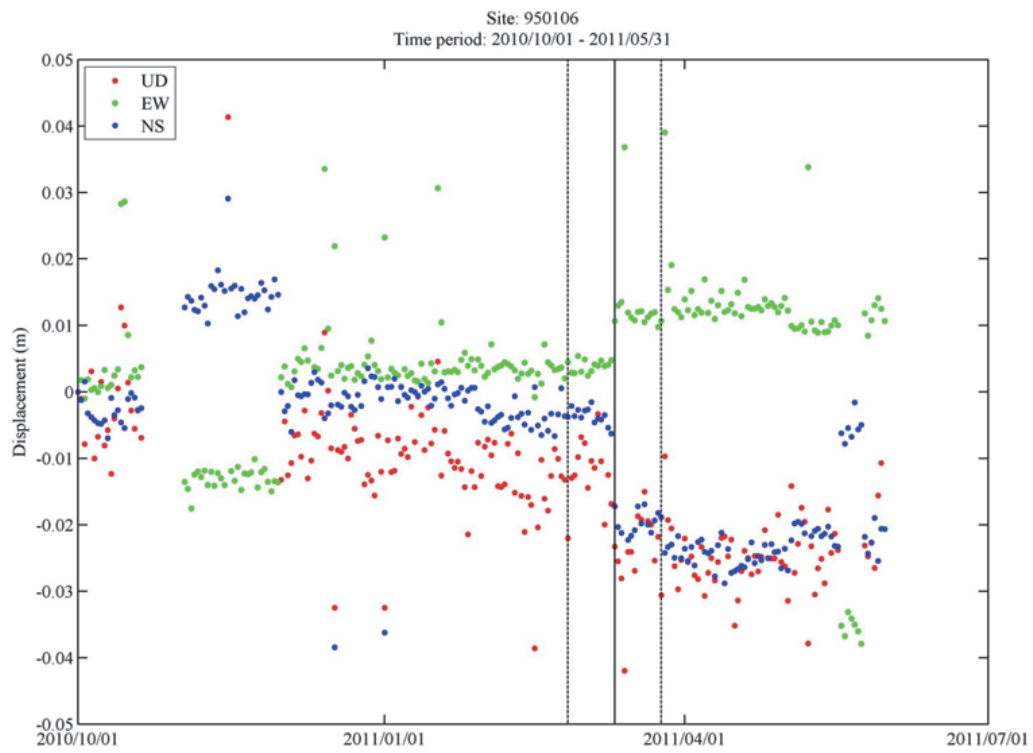


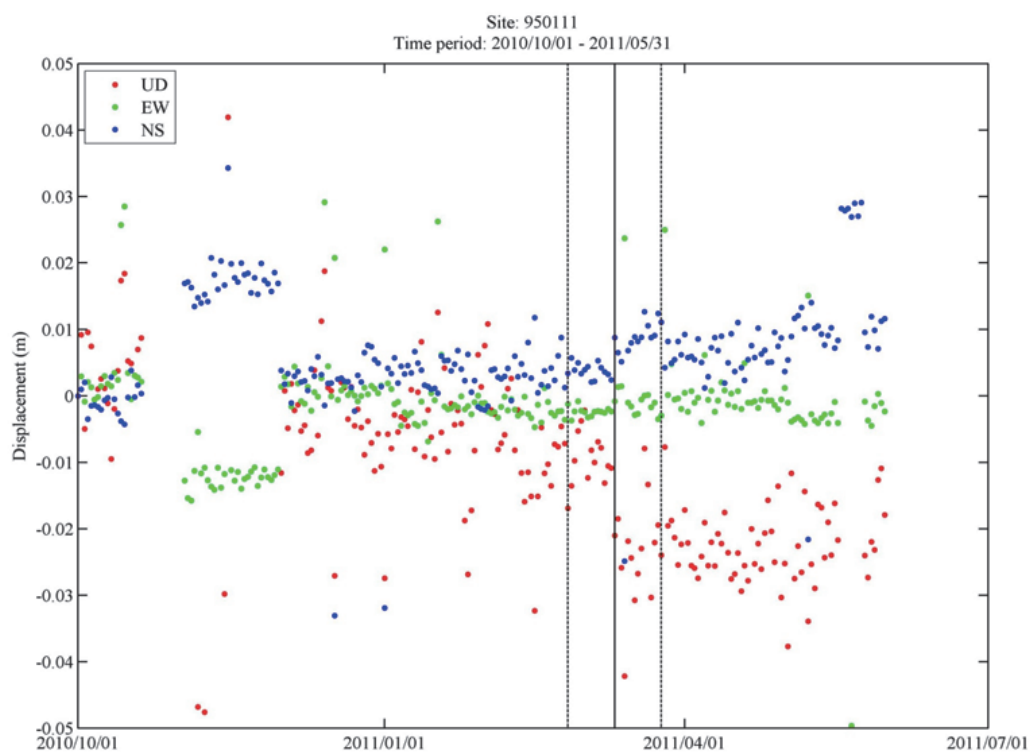
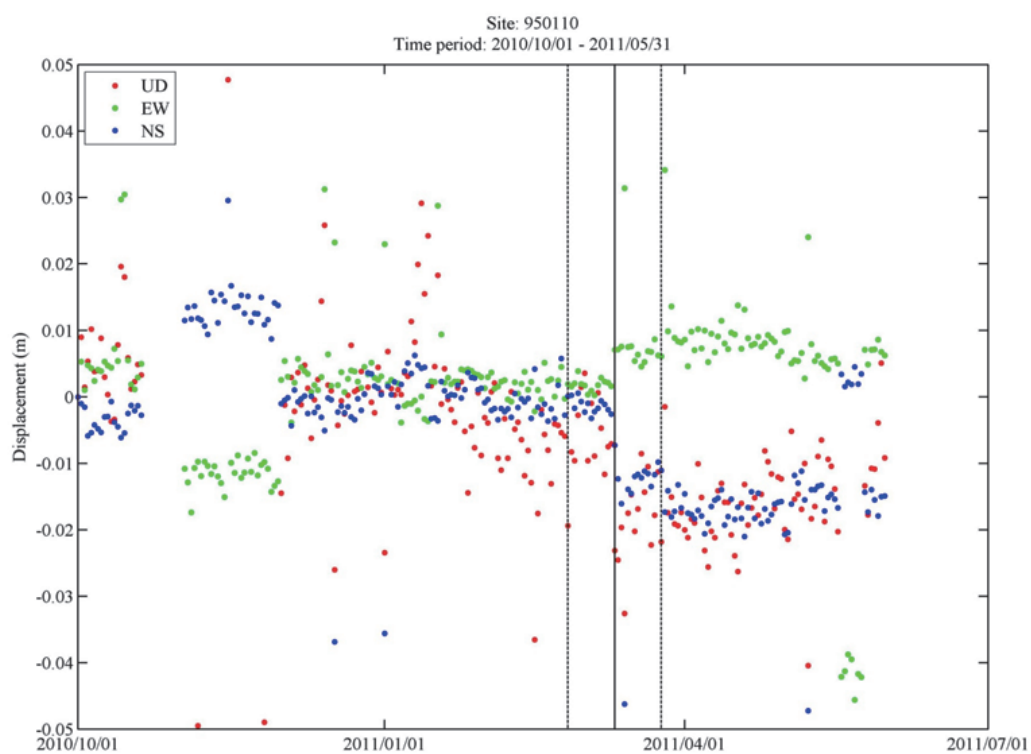


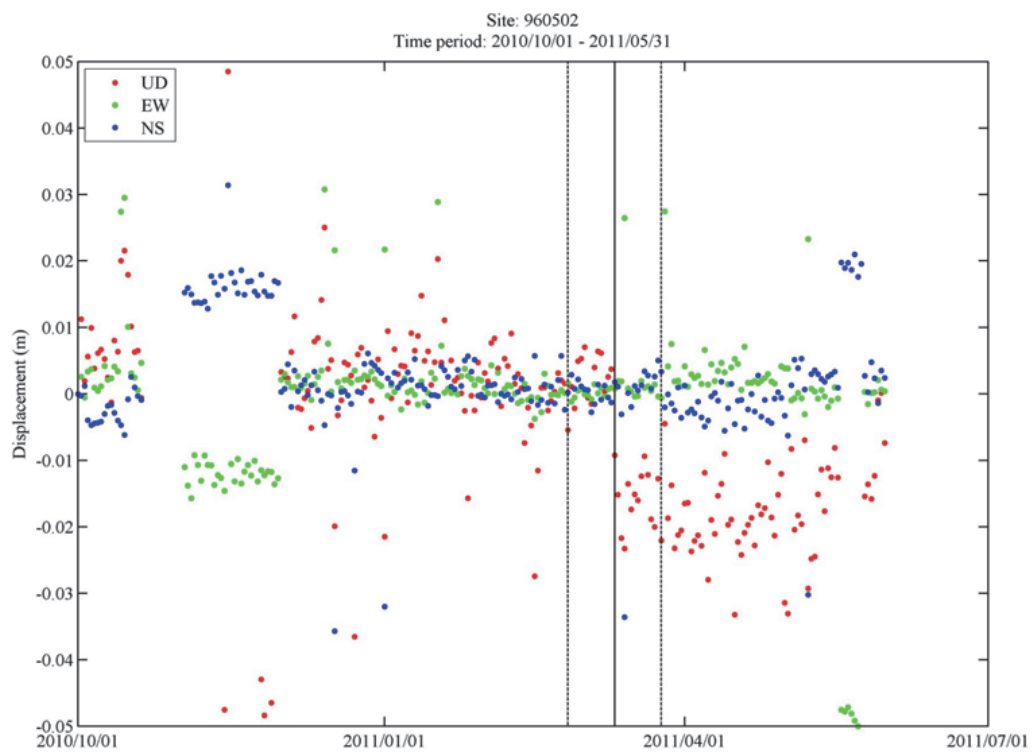
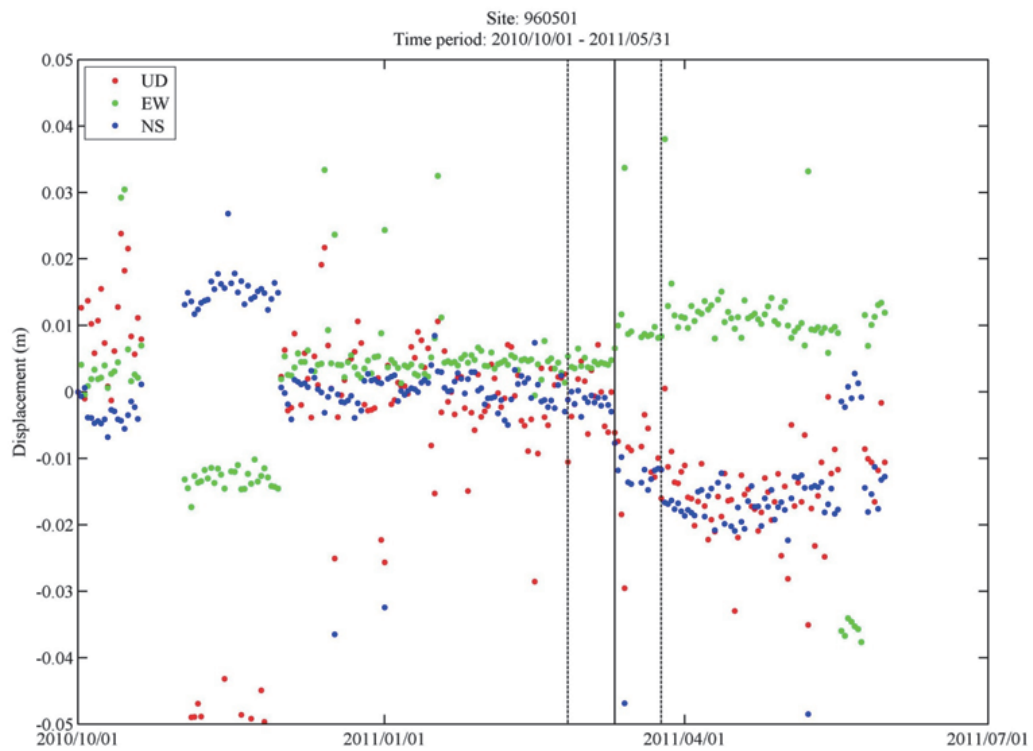


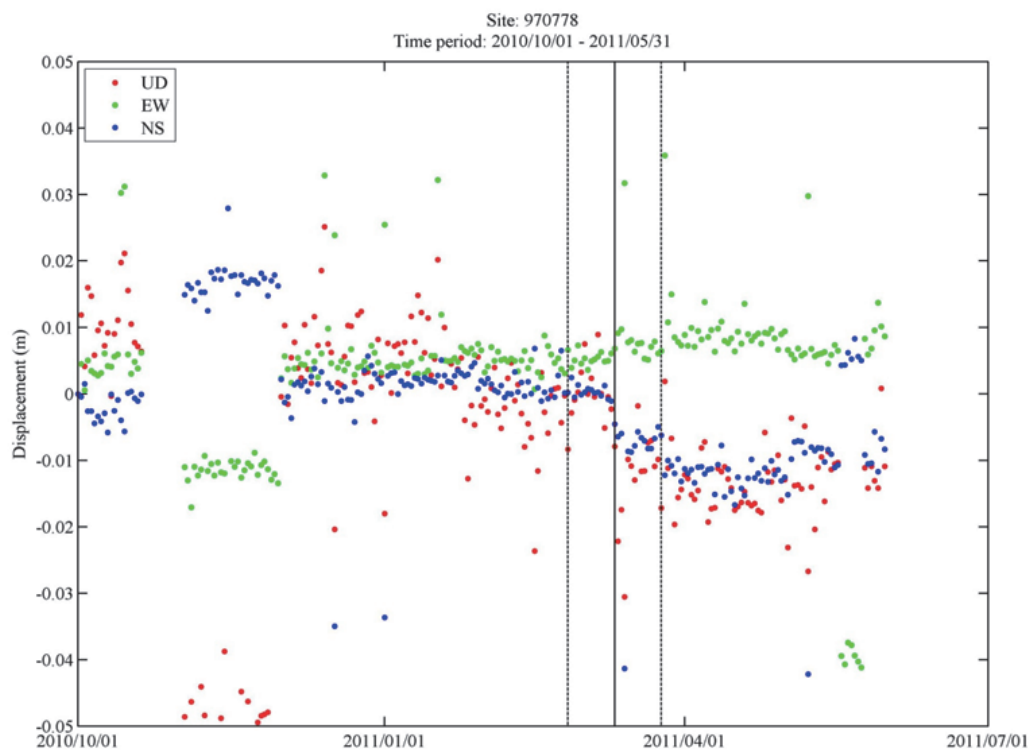
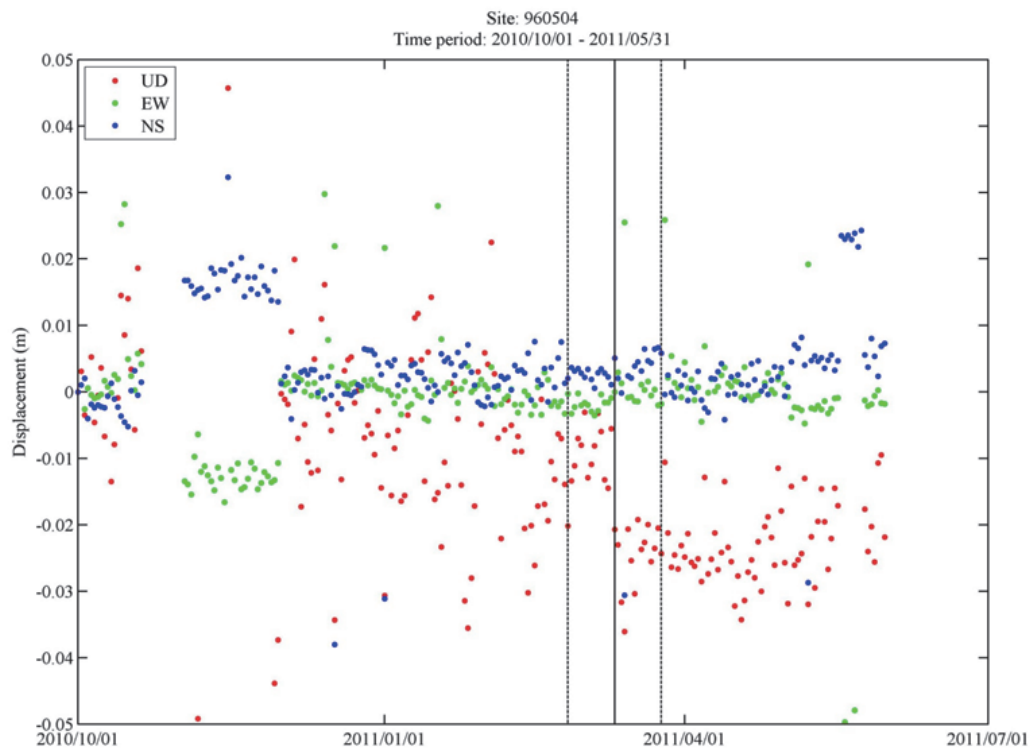


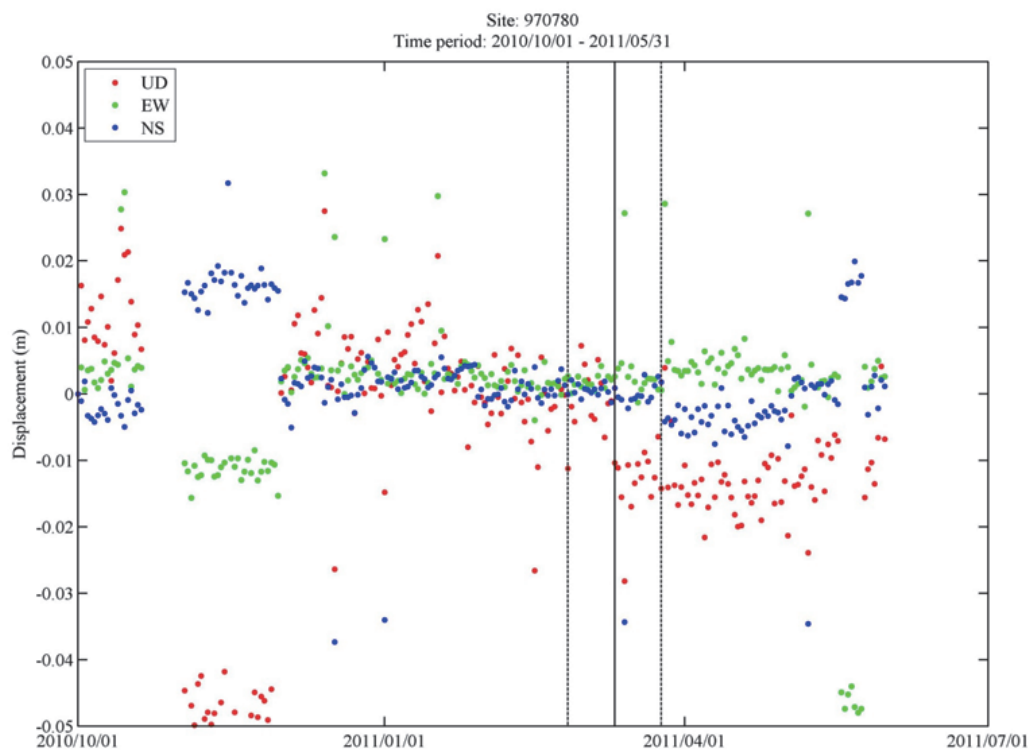
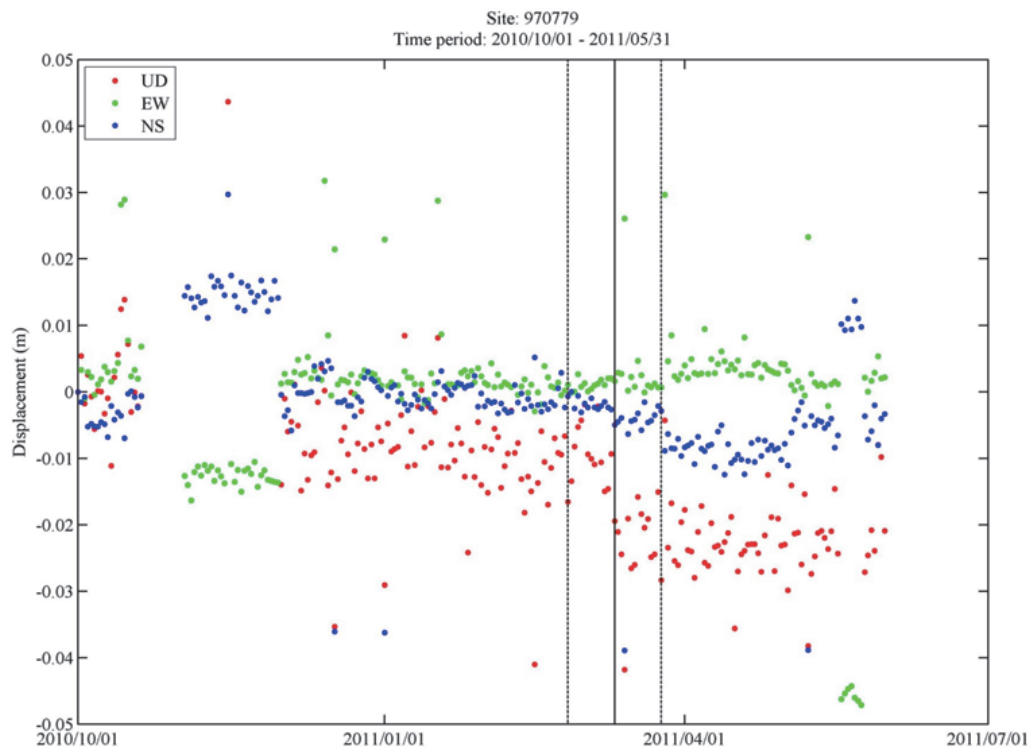


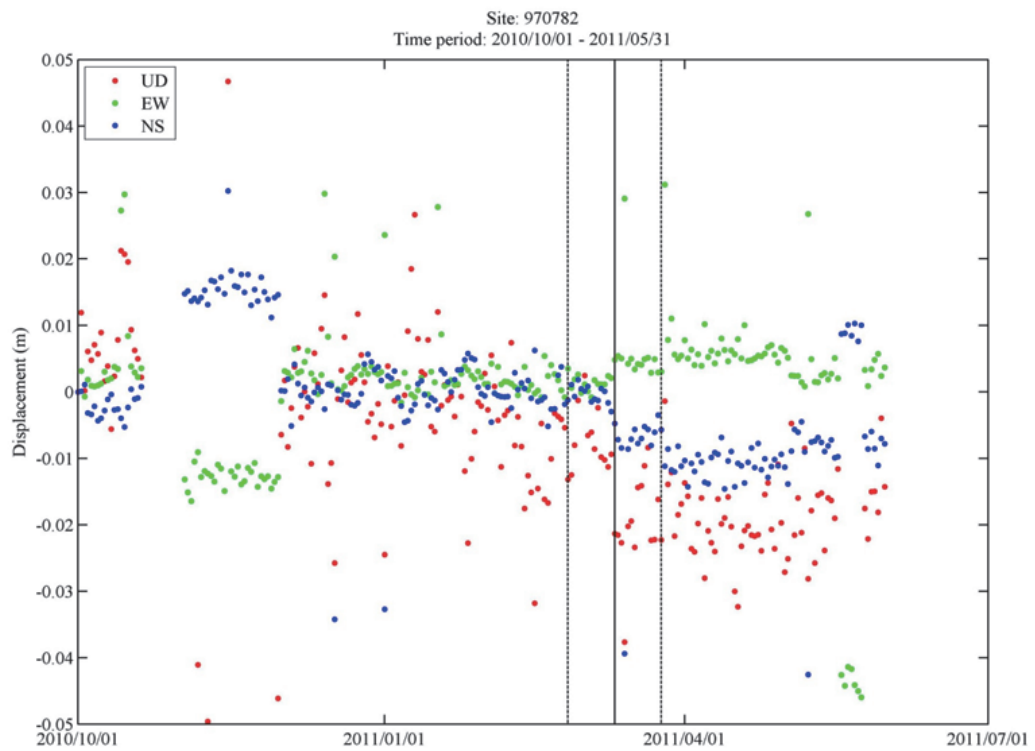
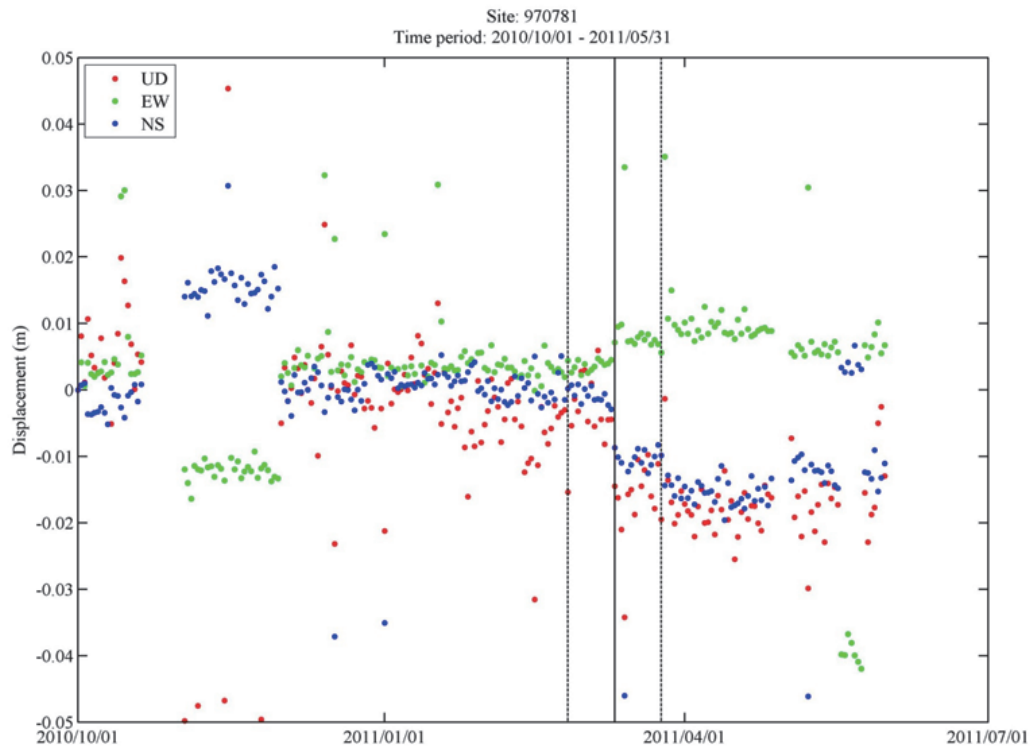


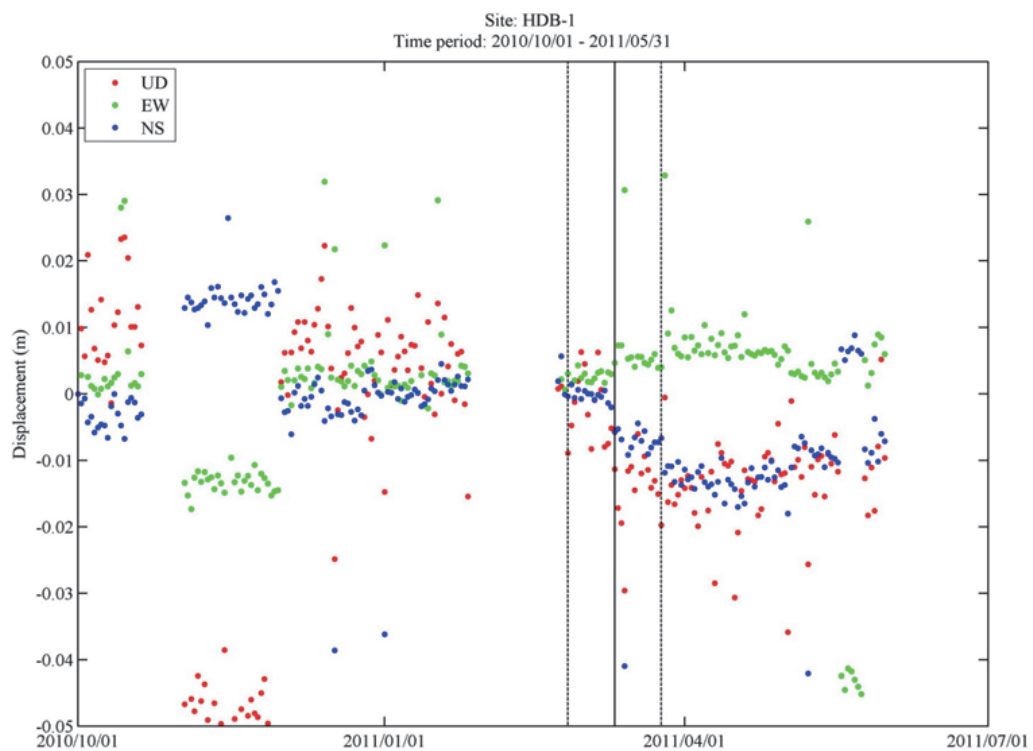
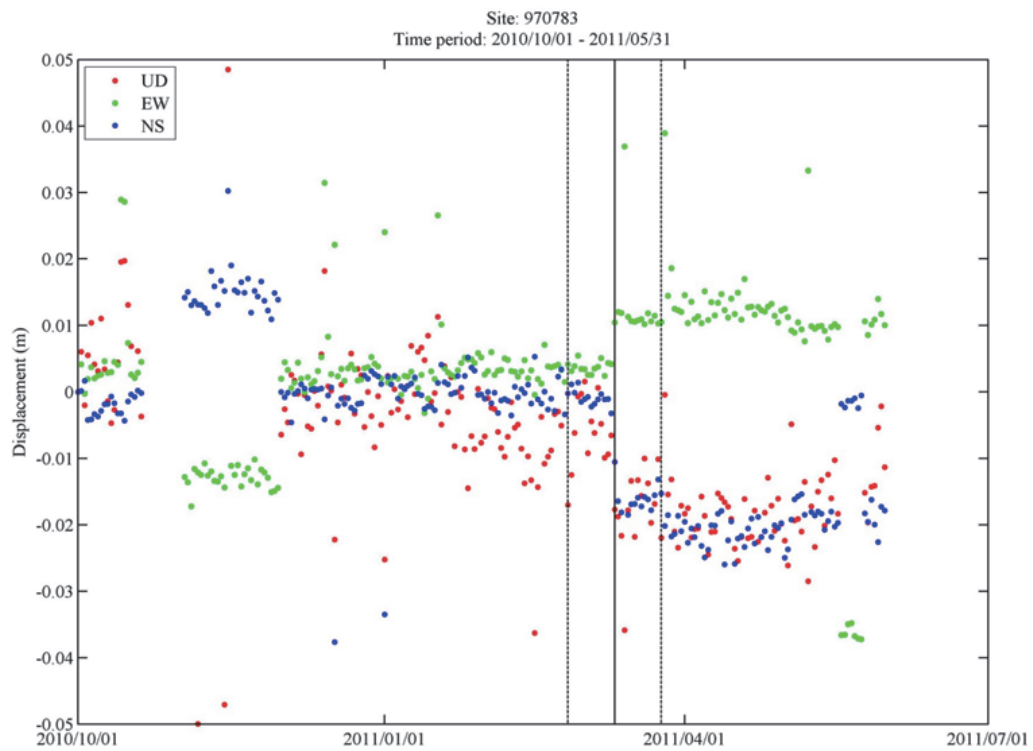












国際単位系（SI）

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	数毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
電界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比誘電率 ^(b)	(数字の) 1	1

- (a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束密度	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束流	ルーメン	lm		cd sr ^(c)
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

- (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎平方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ³ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=1l=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm ²)2=10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St =1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フォトリ	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx = 1G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G =1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ⁷ /4π)A m ⁻¹

- (c) 3 元素のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1フェルミ≐1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15℃」カロリー) , 4.1868J (「IT」カロリー) 4.184J (「熱化学」カロリー)
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10 ⁻⁶ m

