

## 1 1 - 4 2010年2月27日チリ中部沿岸の地震 (M8.8) について

### The Earthquake of M8.8 in Near Coast of Central Chile Region on February 27, 2010

気象庁 地震津波監視課  
Earthquake and Tsunami Observations Division, JMA  
気象庁 地震予知情報課  
Earthquake Prediction Information Division, JMA

2010年2月27日15時34分(日本時間)頃、南米のチリ中部沿岸でMw8.8(気象庁CMT解によるモーメントマグニチュード)の地震が発生した。この地震の発震機構(気象庁CMT解)は東西方向に圧力軸を持つ低角逆断層型であった。また、震央位置は海溝軸の東側(プレートの沈み込み方向と同じ側)であり、地震の規模も非常に大きいことから、ナスカプレートと南米プレートのプレート境界で発生したと考えられる。気象庁では、地震発生から26分後の16時00分に太平洋津波警報センターの解析結果を用いて「遠地地震に関する情報」を発表した。この情報を含め「遠地地震に関する情報」を計8回発表し、海外での津波観測状況等を周知した。この地震(本震)の発生直後から約半月の間にM6.0以上の余震が多数発生したほか、3月11日にはMw6.9(気象庁CMT解によるモーメントマグニチュード)の地震が発生した。余震活動は徐々に終息してきているが、4月以降もM6程度の余震が時々発生している。概要を第1図から第3図に示す。

この地震により、チリのバルパライソで最大の高さ261cmの津波を観測した。また、震央に近いチリ沿岸部では、シミュレーションの結果、11m以上の津波が到達したと推定される(米国海洋大気庁による)。チリを中心に死者507人以上の被害が生じた(5月7日現在、米国地質調査所の資料による)。この地震により、日本、ニュージーランド等でも最大の高さ100cm以上の津波を観測するなど、太平洋の広い範囲で津波を観測した(米国海洋大気庁による)(第4図上)。

この地震により、気象庁は28日09時33分に日本の東北地方の太平洋沿岸に津波警報(大津波)を発表したほか、日本の太平洋沿岸、瀬戸内海、南西諸島、伊豆・小笠原諸島をはじめとする広い範囲に対して津波警報(津波)や津波注意報を発表した。同日19時42分に須崎港(国土交通省港湾局の検潮所)で最大の高さ128cmの津波を観測したほか、北海道から南西諸島及び伊豆・小笠原諸島の広い範囲で数cmから120cmの津波を観測した(第4図下、第5図)。また、各気象台が現地調査を行い、この津波により岩手県陸前高田市では1.9mの高さまで浸水したことが推定されたほか、北海道から鹿児島県にかけての広い範囲で0.8m以上の高さまで浸水したことが推定された(第6図)。

この地震の震央の約400km南方では、1960年5月23日にMw9.5<sup>1)</sup>の地震が発生しており、今回の地震の余震域は、1960年の地震の余震域に隣接する。今回の地震と1960年の地震は、震源が近いのみならず、その規模が非常に大きく、日本沿岸の広い範囲で津波が観測された共通点があることから、両地震の津波の比較が行われた。今回の地震のほうが地震の規模が小さいために、各検潮所において観測された津波の高さも今回のほうが小さいものの、両地震ともに第一波よりも後続の波のほうが高くなっていること、津波が長い時間にわたり繰り返し押し寄せていること、日本海沿岸でも津波が観測されたことなどの共通した特徴が見られた(第7図、第8図)。

この地震について、米国地震学連合の広帯域地震波形記録を収集し、W-phaseによるメカニズム解析<sup>2)</sup>を行った。この結果、今回の地震のモーメントマグニチュードは8.8、発震機構は東西方向

に圧力軸を持つ低角逆断層型と求められた(第9図)。この結果は気象庁CMT解とも調和的である。

この地震について、米国地震学連合の広帯域地震波形記録を収集し、遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>3)</sup>を行った。その結果、主なすべりは、破壊開始点付近及び北側にあり、主な破壊継続時間は約140秒と求められた。断層長は約350km、幅は約200kmであり、剛性率を30GPaと仮定したときの最大のすべり量は約12mであった。また、モーメントマグニチュードは8.7であった(第10図)。

さらに、東海地域に設置している埋込式体積歪計で観測された波形記録から、今回の地震のモーメントマグニチュードの推定を行った。気象庁CMT解を用い、モーメントマグニチュードを8.6～9.0のいずれかと仮定し、一次元地球構造モデルPREM<sup>4)</sup>の固有モード周期45～3300秒の重ね合わせにより、理論体積歪を計算した。観測された波形記録と理論波形記録を比較した結果、体積歪計で観測された波形記録の最大振幅を最も満足するのは、モーメントマグニチュードが8.9の場合であった(第11図)。

#### 参 考 文 献

- 1) Kanamori, H., The Energy Release in Great Earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 20, 82 (1977)
- 2) Kanamori, H and L. Rivera (2008): *Geophys. J. Int.*, 175, 222-238
- 3) M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,  
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>
- 4) Dziewonski, A.M. & Anderson, D.L., Preliminary reference Earth model, *Phys. Earth planet. Inter.*, 25, 297 (1981).

## 2月27日 チリ中部沿岸の地震

南米-ナスカプレート境界の地震、逆断層型、Mw8.8

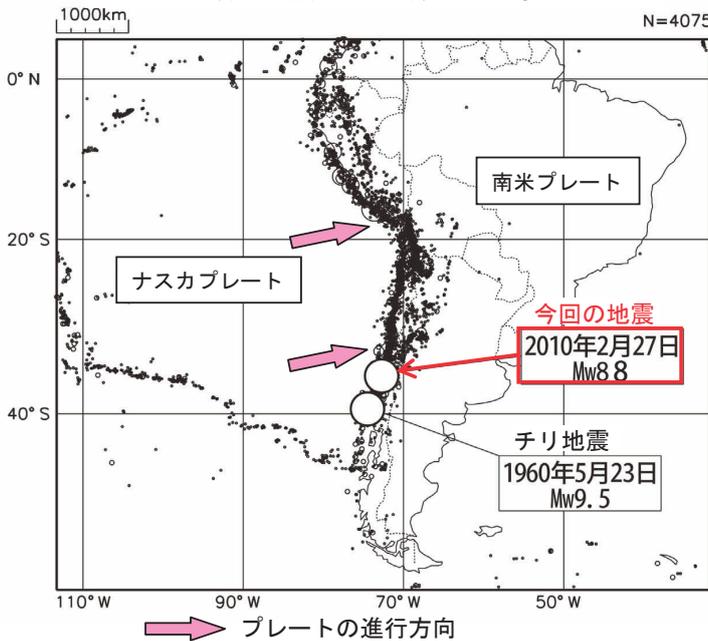
2010年2月27日15時34分（日本時間）、チリ中部沿岸でMw8.8（気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震が発生した。この地震の発震機構（CMT解）は、東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であり、南米プレートとその下に沈みこむナスカプレートの境界で発生した地震であった。この地震により津波が発生し、震源に近いチリで2mを超える津波を観測するなど、日本を含む太平洋沿岸諸国で津波を観測した。この地震と津波により、チリでは死者507人以上の被害となっている（被害は米国地質調査所〔USGS〕による）。

活動は、本震-余震型で推移しており、余震は本震を中心とした南北約600kmの範囲で発生している。

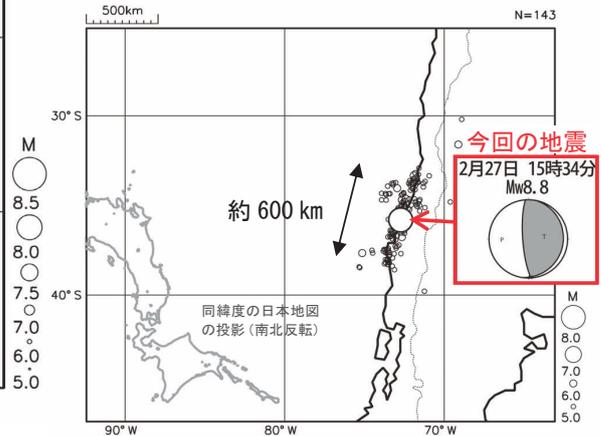
なお、日本国内では翌28日午後からこの地震による津波が観測された。国内の検潮所で観測された最大の高さは須崎港（国土交通省港湾局の検潮所）の128cmであった。

震央分布図（1960年1月1日～2010年2月28日、  
深さ0～200km、M≥5.0）

震源は米国地質調査所〔USGS〕による。  
今回の地震のMwは気象庁による。



本震及び余震の分布  
（2010年2月27日～3月3日、  
深さ0～200km、M≥5.0）  
発震機構は気象庁CMT解



震央分布図（1900年1月1日～2010年2月28日、  
深さ0～200km、M≥8.0）

震源は宇津の「世界の被害地震の表」及びUSGSによる。  
今回の地震のMwは気象庁による。

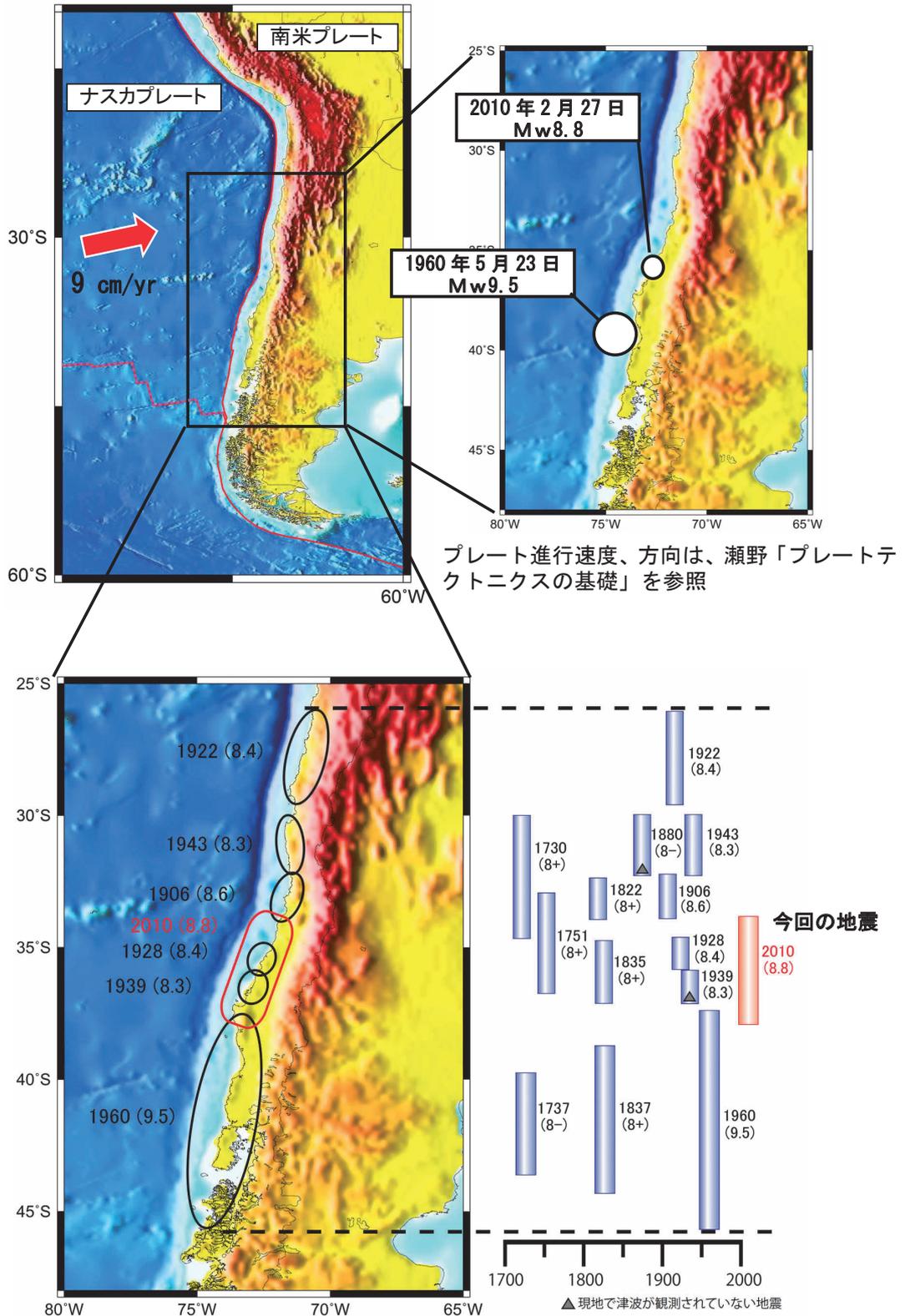


チリ沿岸を含む南米の西岸は、日本の太平洋沿岸と同じように、海側のプレート（ナスカプレート）が陸側のプレート（南米プレート）の下に沈み込んでいる場所である。そのため、M8.0以上の規模の大きな地震が度々発生しており、今回の地震の震央の南側では、1960年にチリ地震（Mw9.5、過去100年間で最大規模の地震）が発生した。1960年のチリ地震の際に発生した津波は、日本まで到達し死者142人などの大きな被害をもたらした（被害は「最新版 日本被害地震総覧」による）。

第1図 2010年2月27日チリ中部沿岸の地震（Mw8.8）について

Fig.1 The earthquake of Mw8.8 in Near Coast of Central Chile Region on February 27, 2010.

## チリ中部沿岸の地震 周辺のテクトニクス概要



- M 8 クラス以上の地震の震源域 (1700 年以降、地図には 1900 年以降の震源域を示す)
- ・ 地震の震源域および津波の有無は Kelleher (1972), Lomnitz (1970) を参照。
  - ・ 今回の地震 (2010 (Mw8.8)) の震源域は気象庁の解析結果を示す。

第 2 図 今回の地震の震源周辺のテクトニクス  
Fig.2 Tectonics around the hypocenter of this earthquake.

## 2月27日に発生したチリ中部沿岸の地震の余震活動等

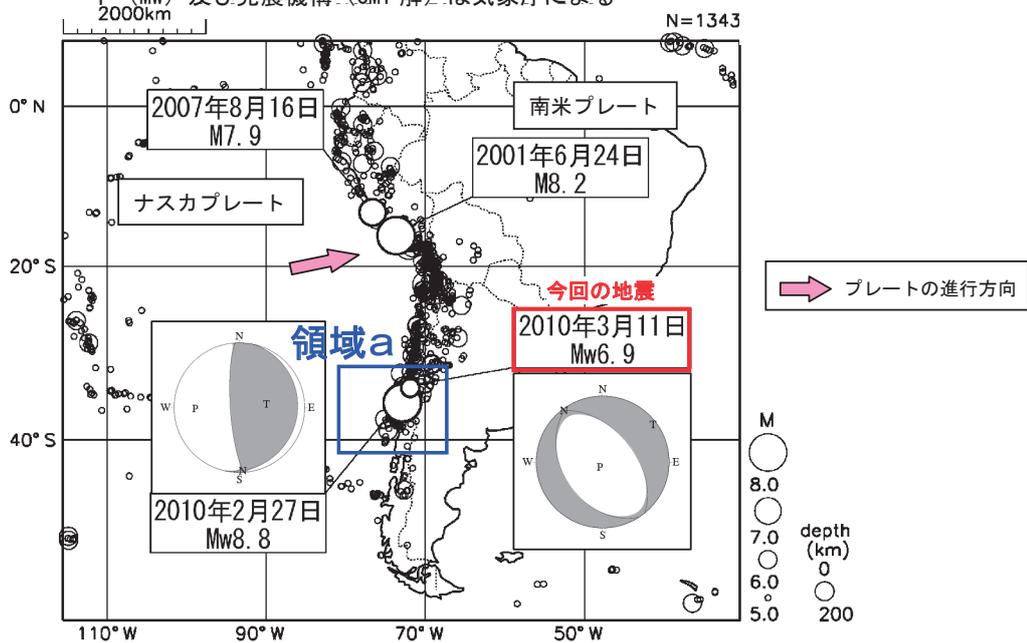
南米-ナスカプレート境界の地震、逆断層型、Mw6.9

2010年2月27日15時34分（日本時間）に発生したチリ中部沿岸の地震（Mw8.8、気象庁によるモーメントマグニチュード）の余震と見られる地震が3月も継続して発生している。3月31日現在、その発生頻度は徐々に少なくなっている。

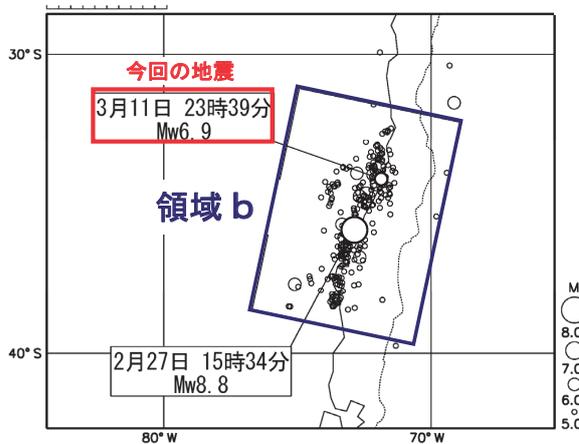
3月11日23時39分（日本時間）には、チリ中部沿岸でMw6.9（Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード）の地震が発生した。気象庁はこの地震に対して、3月12日00時11分と01時45分に「遠地地震に関する情報」を発表した。この地震によりチリのランカグアで被害が発生し、サンアントニオでは29cmの津波が観測された（米国地質調査所[USGS]による）。

この地震の発震機構（気象庁によるCMT解）は北東-南西方向に張力軸を持つ正断層型であり、逆断層型であるプレート境界で発生したMw8.8の地震（本震）の発震機構とは異なっていた。この地震はプレートの内部で発生した地震と考えられる。

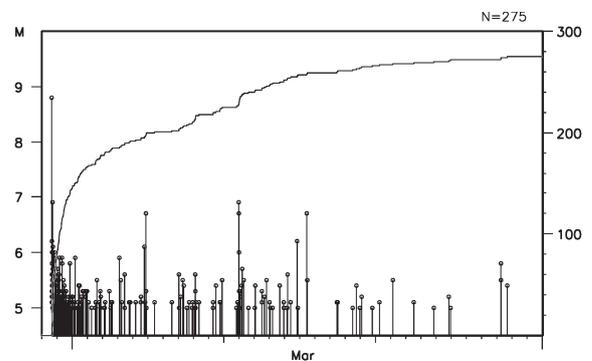
震央分布図（2000年1月1日～2010年3月31日、深さ0～200km、M≥5.0）  
※震源要素は米国地質調査所による。今回の地震のモーメントマグニチュード（Mw）及び発震機構（CMT解）は気象庁による



領域a内の震央分布図  
(2010年2月27日～3月31日、深さ0～200km、M≥5.0)



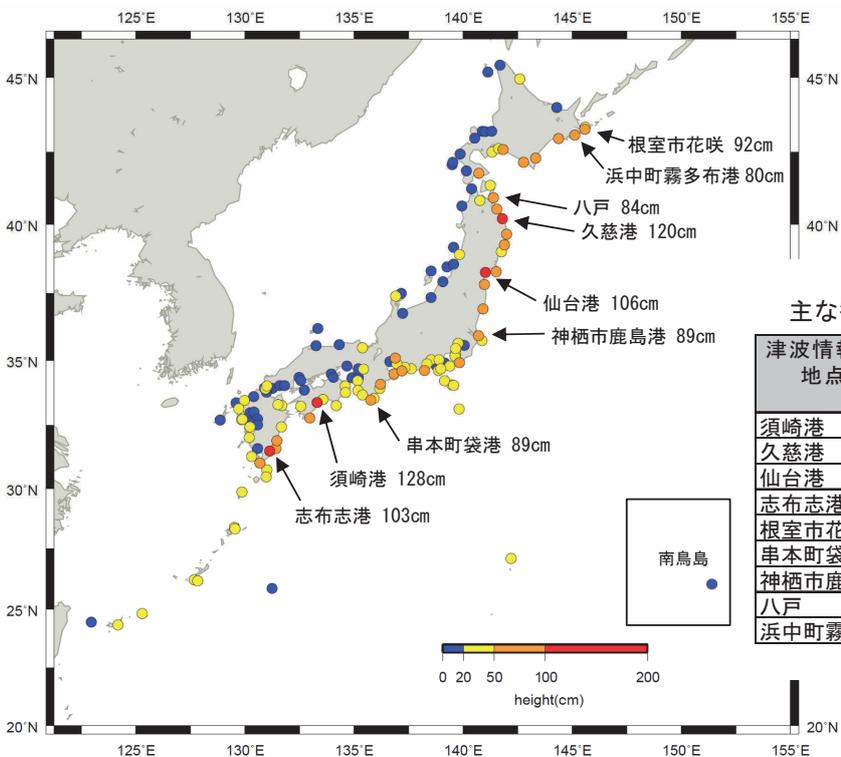
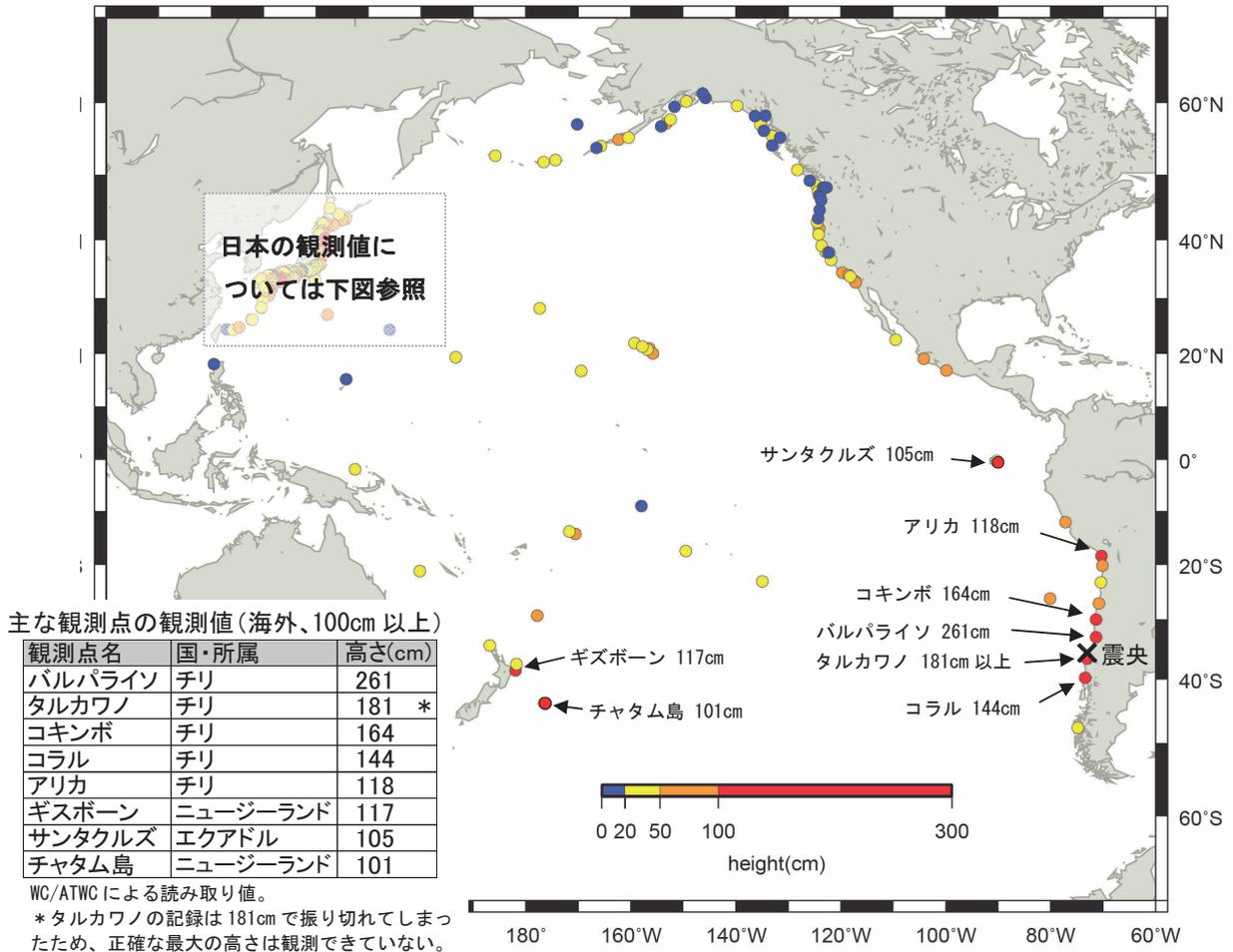
領域b内の地震活動経過図、回数積算図



第3図 今回の地震の余震活動

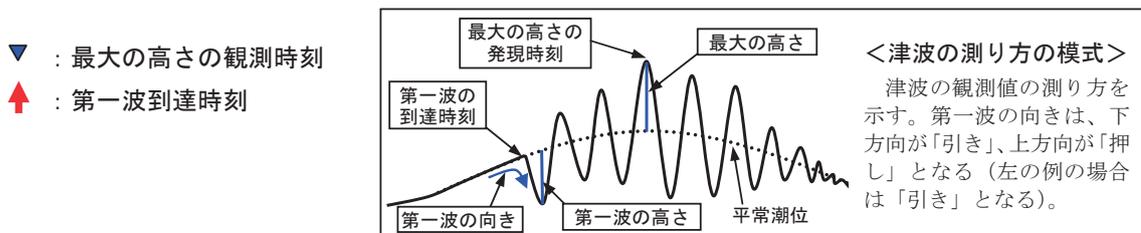
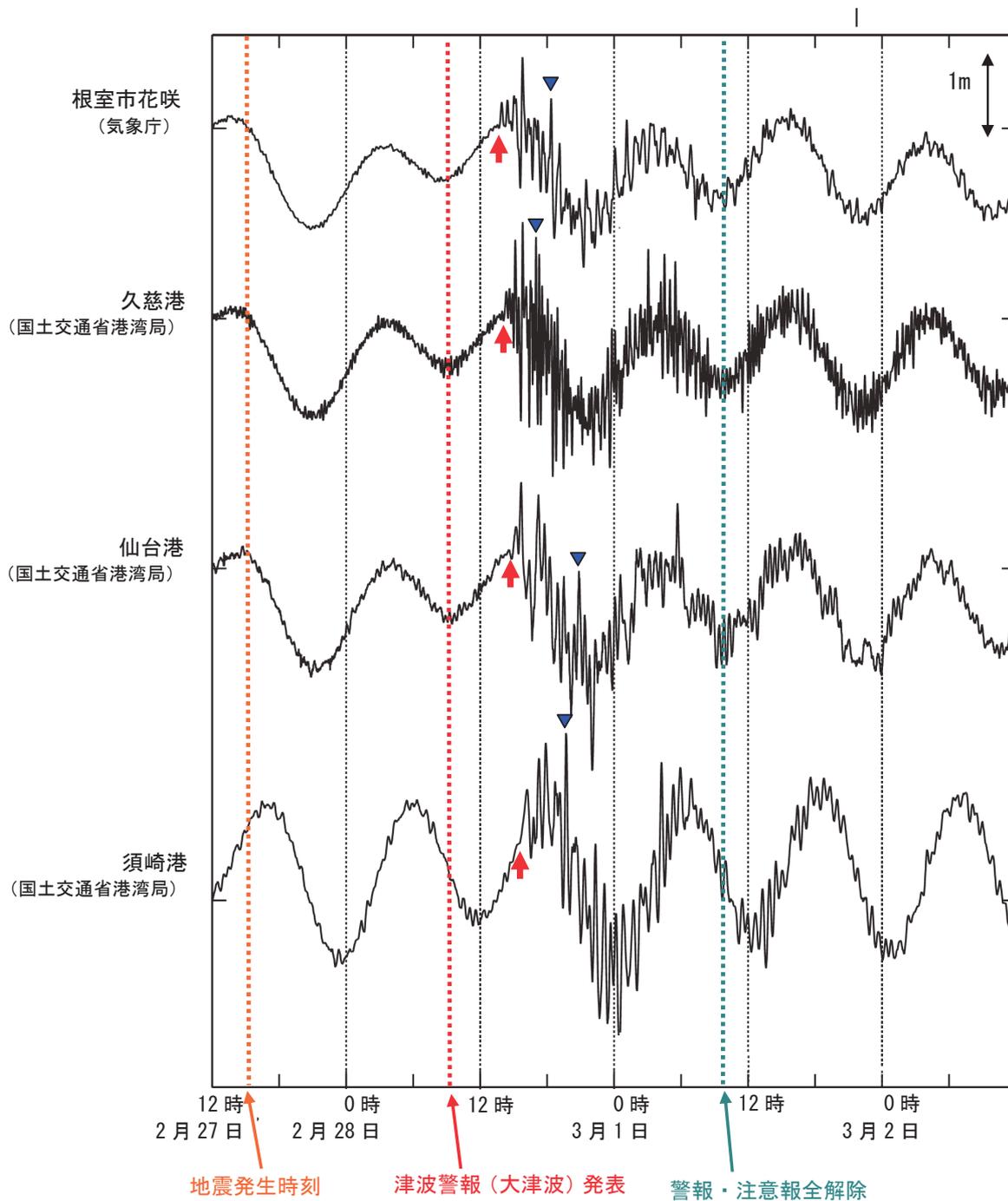
Fig.3 The aftershock activities of this earthquake.

# 2010年2月27日のチリ中部沿岸の地震による津波



第4図 海外及び国内の検潮所で観測された津波  
Fig.4 Tsunami observed on tidal stations on abroad and in Japan.

# 主な観測点の検潮記録

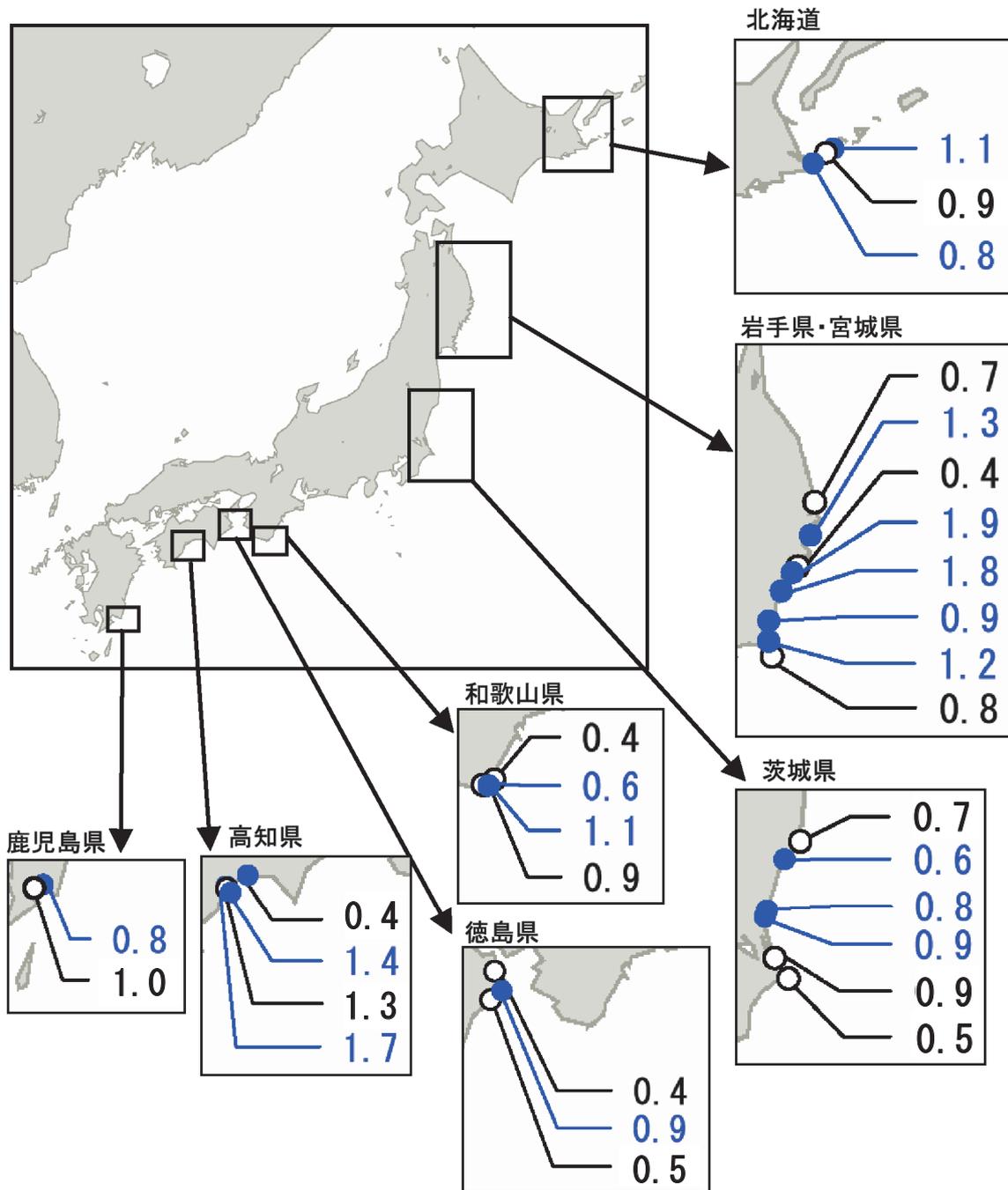


第5図 国内の検潮所で観測された津波の波形  
 Fig.5 Tsunami waveforms observed on tidal stations in Japan.

### 津波の現地調査の結果

平成 22 年 2 月 27 日(日本時間)にチリ中部沿岸で発生した地震による津波について現地調査を行い、津波の痕跡の位置等をもとに津波の高さの推定を行った。

現地調査による津波の推定の高さ (0.1m 単位) との比較のため、各検潮所での観測値を cm 単位で四捨五入して 0.1m 単位にした。



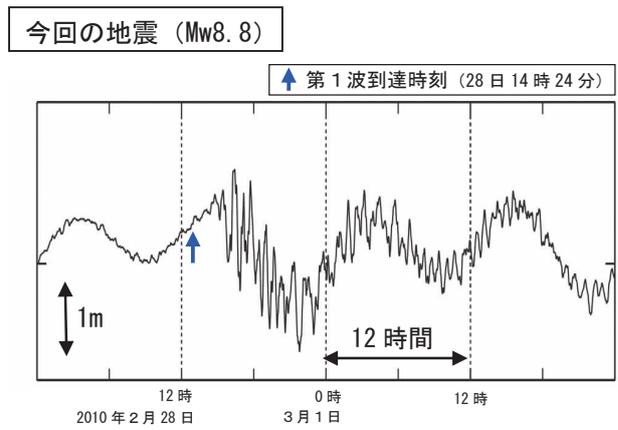
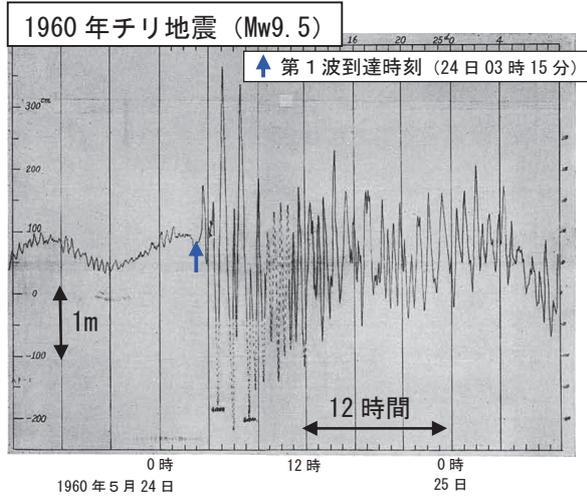
単位 (m)  
 黒字は検潮所での津波の最大の高さ(観測値)  
 青字は推定した津波の高さ

第 6 図 現地調査により推定された日本各地の津波の高さ  
 Fig.6 Tsunami height estimated by field survey on each point in Japan.

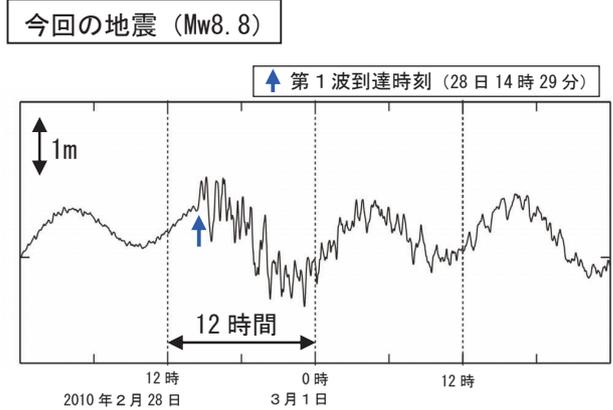
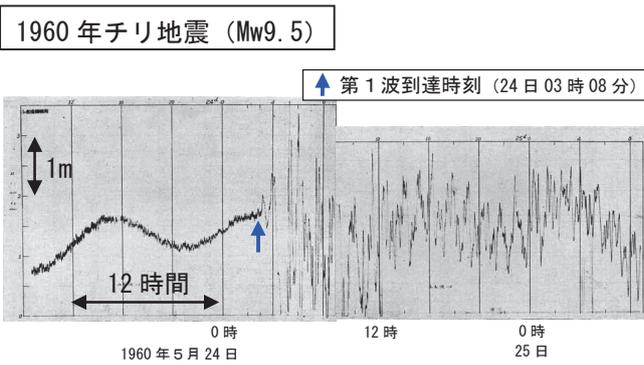
# 今回のチリ中部沿岸の地震の津波

## —1960年チリ地震津波との比較—

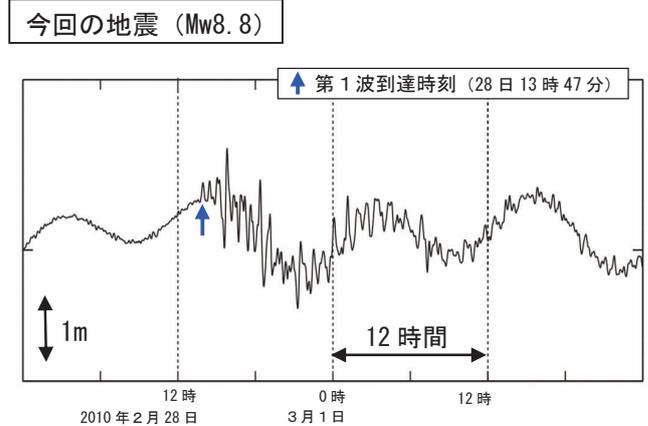
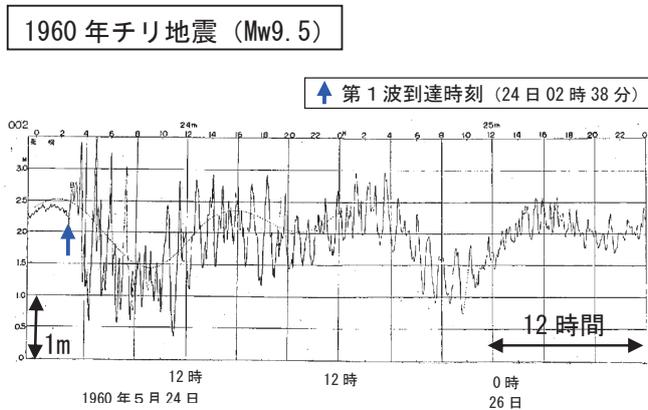
八戸



いわき市小名浜

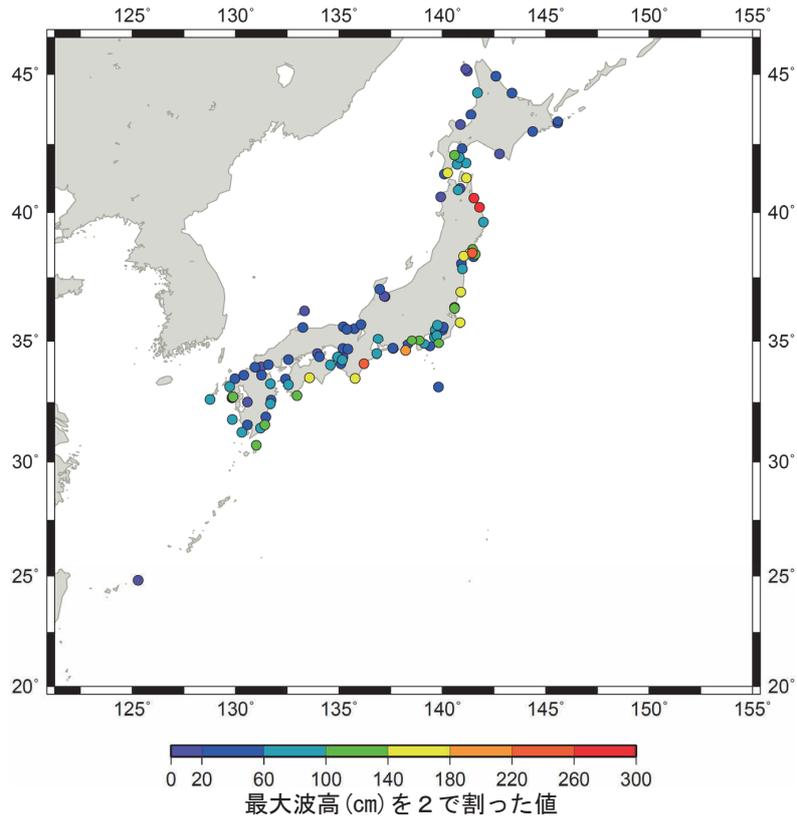


根室市花咲



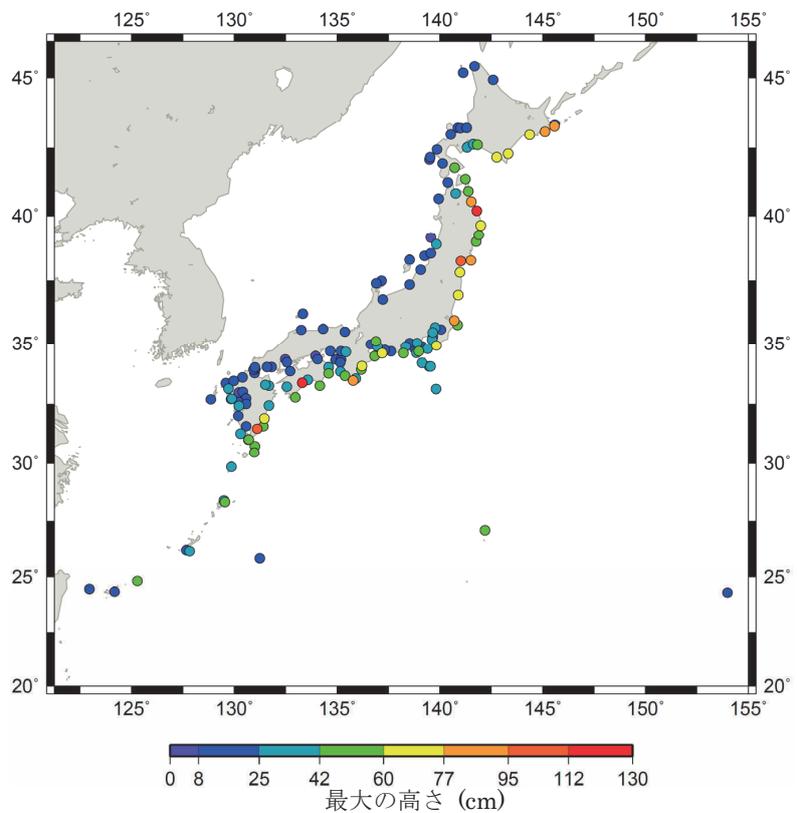
第7図 今回の地震の津波と1960年の「チリ地震津波」の検潮所で観測された波形の比較  
 Fig.7 Contrast between tsunami waveforms of this earthquake and those of "the Tsunami of the Chilean Earthquake,"1960.

1960年のチリ地震で観測された津波の高さ（最大波高）



一般に、最大の高さが求められていない場合、最大波高を2で割った値で代用することが多い。

今回の地震で観測された津波の高さ（最大の高さ）

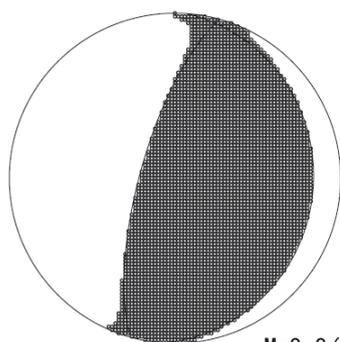


第8図 今回の地震の津波と1960年の「チリ地震津波」の検潮所で観測された最大の高さの比較

Fig.8 Contrast between maximum tsunami height of this earthquake and those of “the Tsunami of the Chilean Earthquake,”1960.

## 2月27日 チリ中部沿岸の地震 (W-phase を用いたメカニズム解析)

W-phase による解

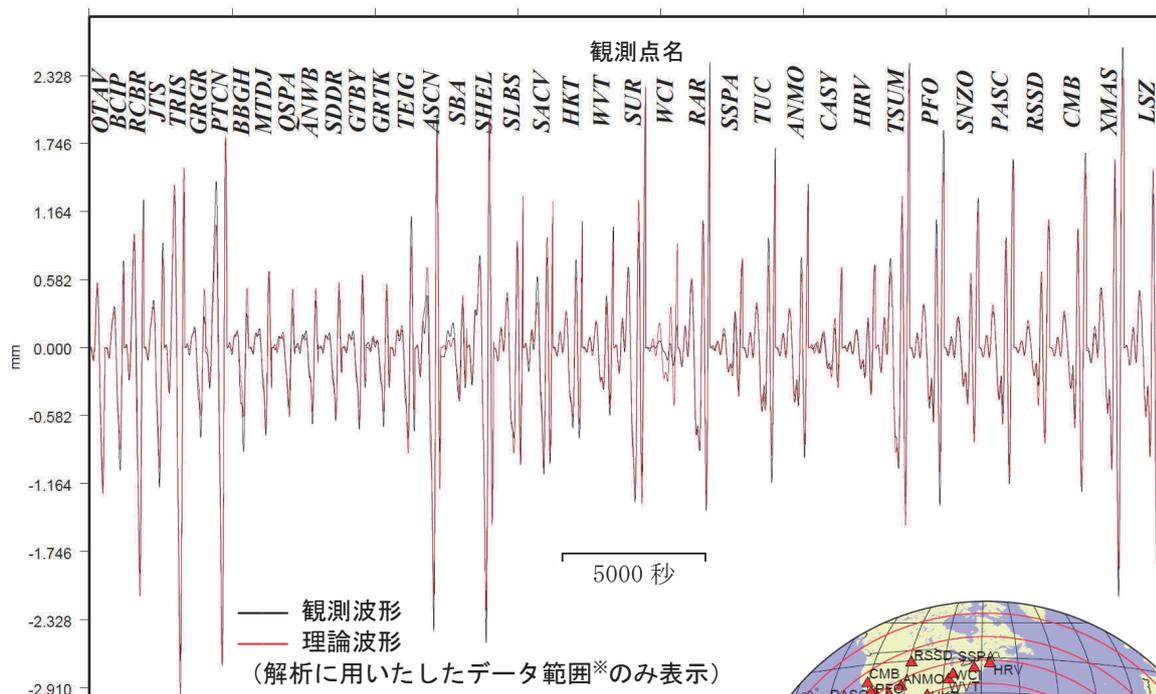


Mw8.8(8.76)

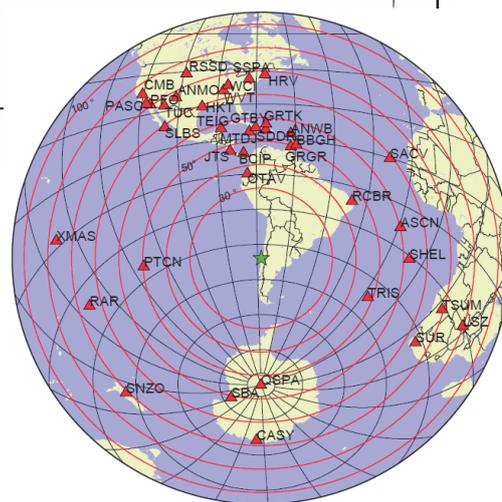
2010年2月27日15時34分のチリ中部沿岸の地震について W-phase を用いたメカニズム解析を行った。メカニズム、Mw とも、Global CMT などの他機関の解析結果とほぼ同様であり、Mw は 8.8 であった。最適位置は S35.946, W73.019 となった。

W-phase の解析では、震央距離 30° ~100° までの観測点の上下動成分を用い、200~1000 秒のフィルターを使用した。

注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。



※解析に用いたデータの範囲は 15 秒×震央距離(度)としており、各々の観測点の解析区間のみを繋げた波形を表示している。



解析に使用した観測点配置

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera (2008): Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用した。また、解析に使用したプログラムは金森博士に頂いたものを使用しました。記して感謝します。

第9図 W-phase によるメカニズム解析  
Fig.9 W-phase moment tensor solution.

## 2月27日 チリ中部沿岸の地震 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定） —

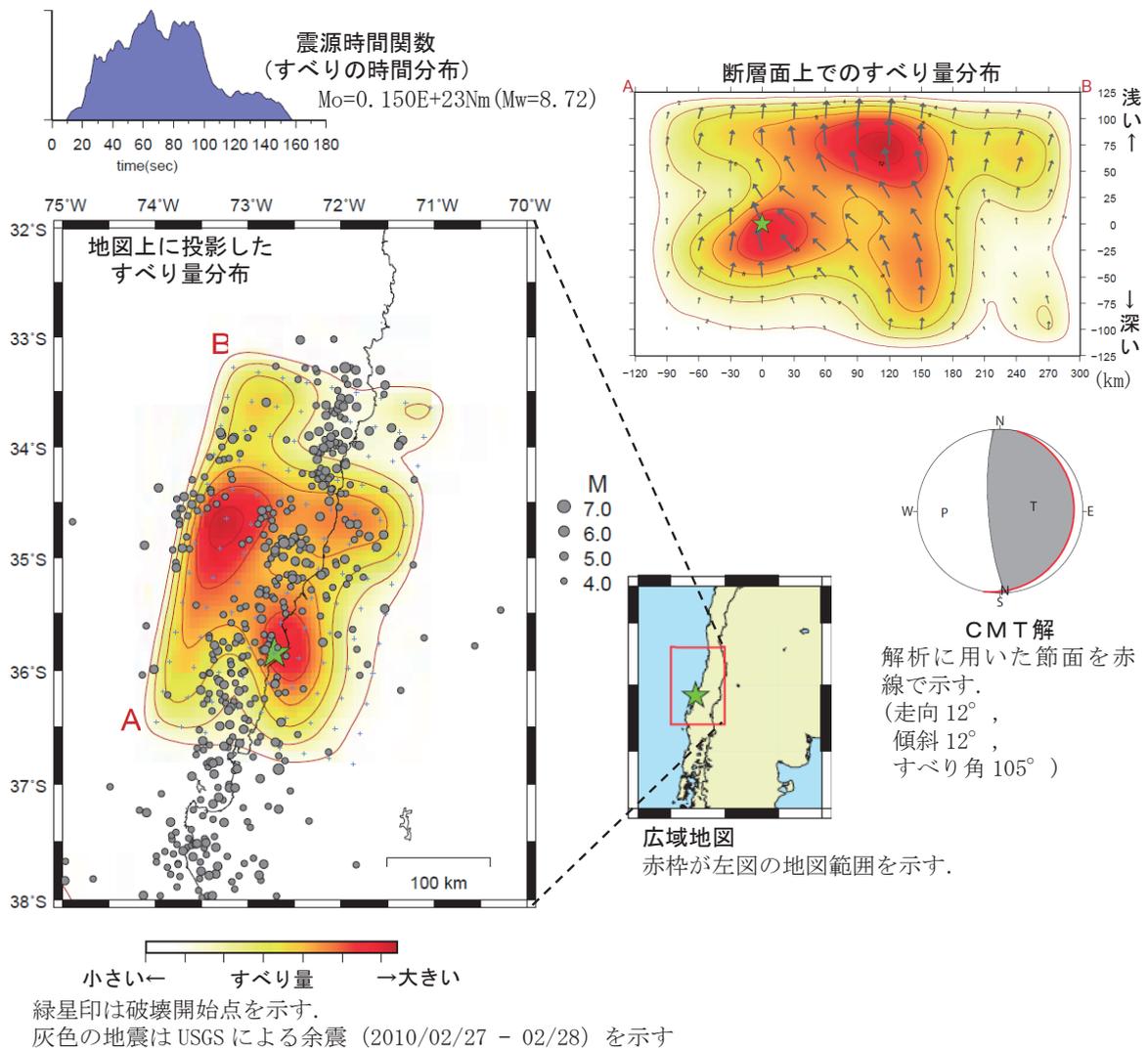
2010/02/27 15:34（日本時間）にチリ中部沿岸で発生した地震について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析（注1）を行った。

破壊開始点はUSGSによる震源の位置（S35.846, W72.719）とした（ただし、深さは30kmとした）。

断層面は、海外のデータを用いた気象庁のCMT解の低角側の節面を用いた（この解析では2枚の断層面のうち、どちらが破壊した断層面かを特定できないが、海溝付近で発生した地震であることから、低角側の節面を破壊した断層面と仮定して解析した結果を以下に示す）。

主な結果は以下のとおり。

- ・ 主なすべりは初期破壊開始点付近及び北側にあり、主な破壊継続時間は約140秒間であった。
- ・ 断層の大きさは長さ約350km、幅約200km、最大のすべり量は約12m（剛性率を30GPaと仮定）。
- ・ モーメントマグニチュードは8.7であった。



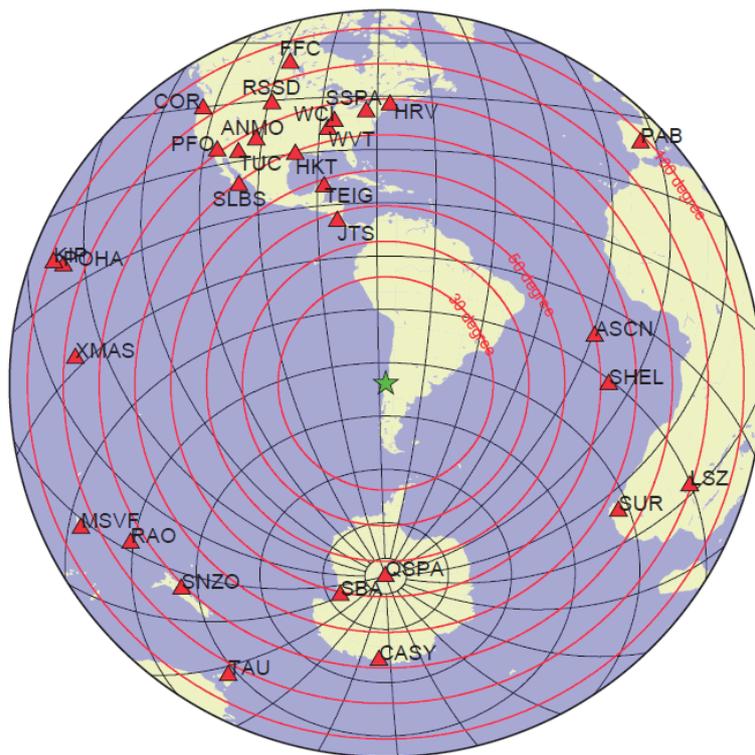
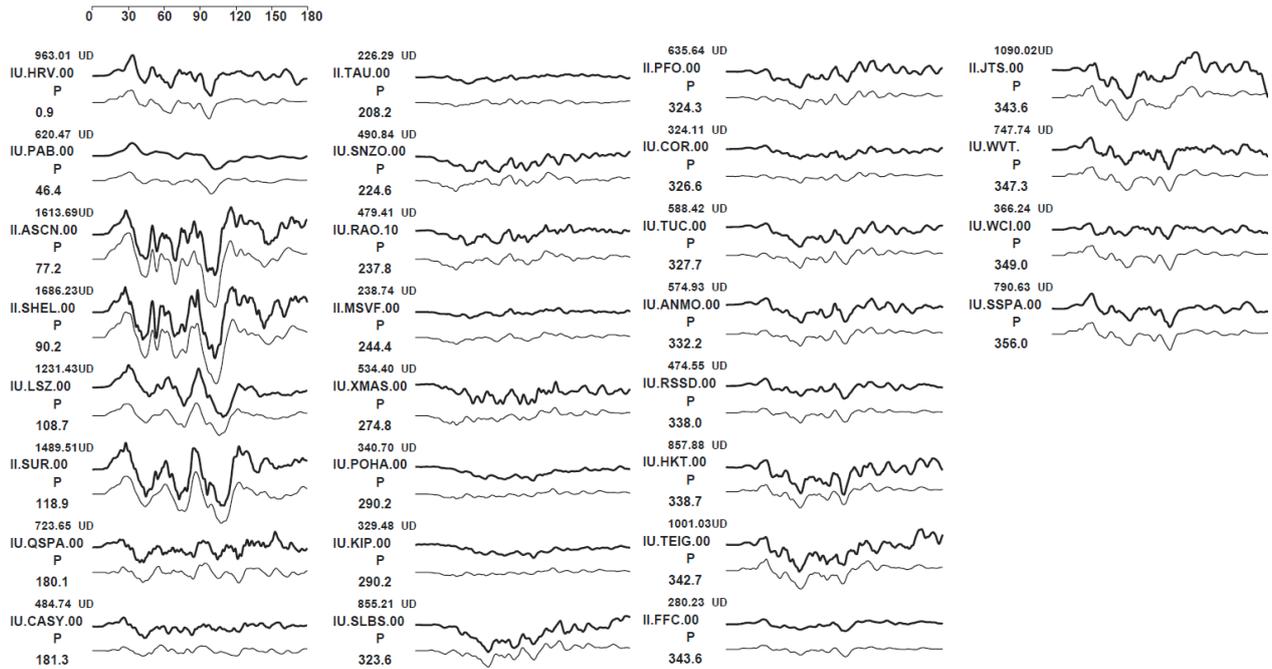
(注1) 解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,  
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

第10図 遠地実体波による震源過程解析  
Fig.10 Source rupture process analysis by far field body-wave.

観測波形（上：0.002Hz-1.0Hz）と理論波形（下）の比較

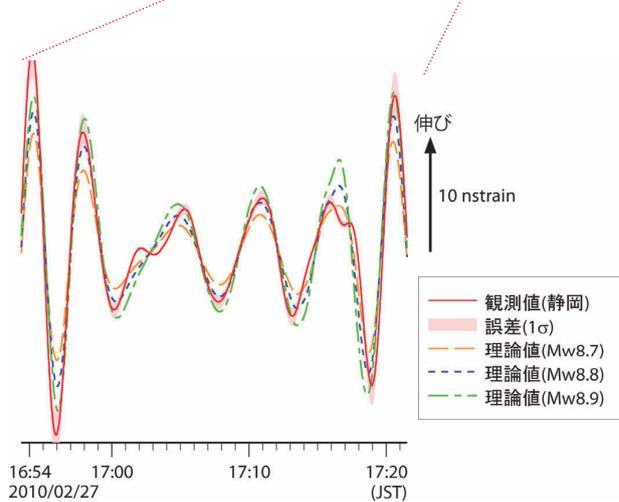
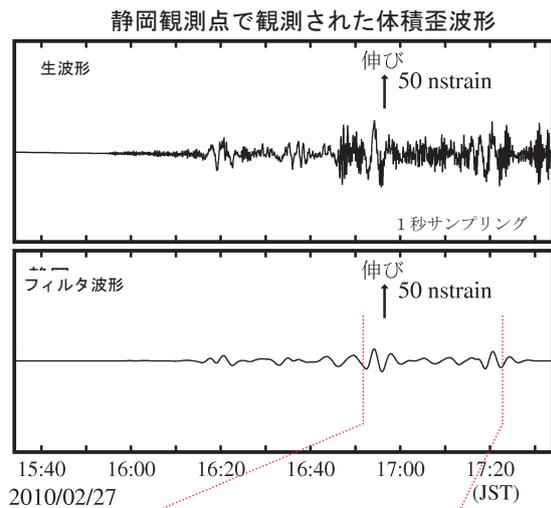


観測点配置図（震央距離 30° ~100° の 28 観測点を使用）

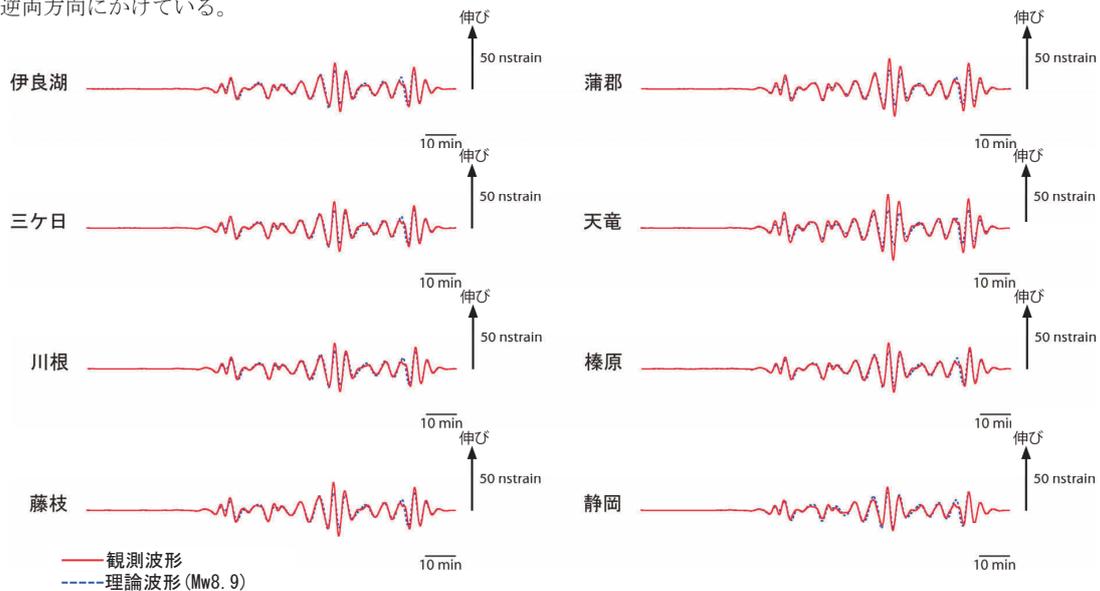
※近すぎると理論的に扱いづらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通過するため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離のデータのみ用いている。

※IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用

## チリ中部沿岸の地震 体積歪計の記録から推定される Mw



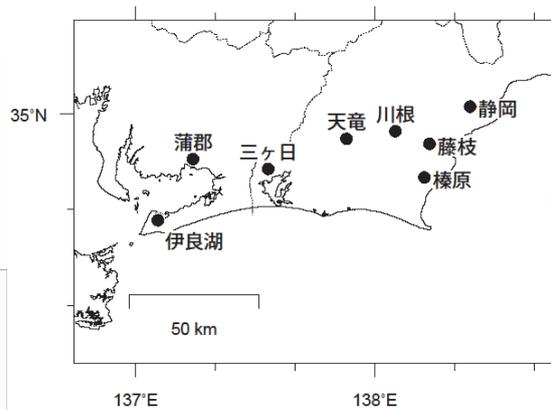
理論波形と体積歪観測点 8 カ所の観測波形との比較  
データには周期 200~1000 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。



気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

理論体積歪は気象庁 CMT 解を用い、一次元地球構造モデル PREM の固有モード周期 45 秒~3300 秒の重ね合わせにより計算した。その際に、スカラーモーメント量を Mw8.6 相当から 9.0 相当まで 0.1 刻みで変化させて、それぞれについて観測波形と比較した。体積歪計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのは、Mw8.9 相当の場合であった。

体積歪計の配置図



静岡観測点の観測波形と理論波形の振幅比較 (左図)  
データには周期 200~1000 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛けは誤差 (1σ) の範囲を示す。

第 11 図 埋込式体積歪計の記録から推定される Mw

Fig.11 The moment magnitude estimated from strain seismograms recorded by the borehole volume strainmeters.