

●特集 2015 年 9 月 17 日 チリ中部沿岸の地震

情報発表に用いた震央地名は〔チリ中部沖〕である。

(1) 概要

2015 年 9 月 17 日 07 時 54 分（日本時間、以下同じ）にチリ中部沿岸の深さ 21km で Mw8.3 の地震が発生した。この地震により、震源に近いチリの検潮所（コキンボ）で 4 m を超える津波を観測するなど、日本を含む太平洋沿岸の多くの国で津波を観測した。チリ国内では、今回の地震と津波により、死者 12 人、家屋全壊約 60 棟、家屋半壊約 200 棟などの被害が生じた。

気象庁は、この地震により、18 日 03 時 00 分に北海道から沖縄県にかけての太平洋沿岸等に津波注意報を発表した（同日 16 時 40 分に全て解除）。この地震に伴い、岩手県久慈港（国土交通省港湾局）で 78cm の津波を観測するなど、北海道から沖縄県にかけての太平洋沿岸等で津波を観測した。

(2) 地震活動

ア. 発生場所と余震の状況

2015 年 9 月 17 日 07 時 54 分にチリ中部沿岸の深さ 21km で Mw8.3 の地震が発生した。この地震は、発震機構（気象庁による CMT 解）が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、ナスカプレートと南米プレートの境界で発生した。

地震活動は、本震－余震型で推移しており、余震は本震を挟んで南北およそ 350km の範囲で発生している。9 月 30 日までに M6.0 以上の余震が 13 回発生し、最大規模の余震は 9 月 17 日 08 時 18 分に発生した Mw7.0 の地震である。

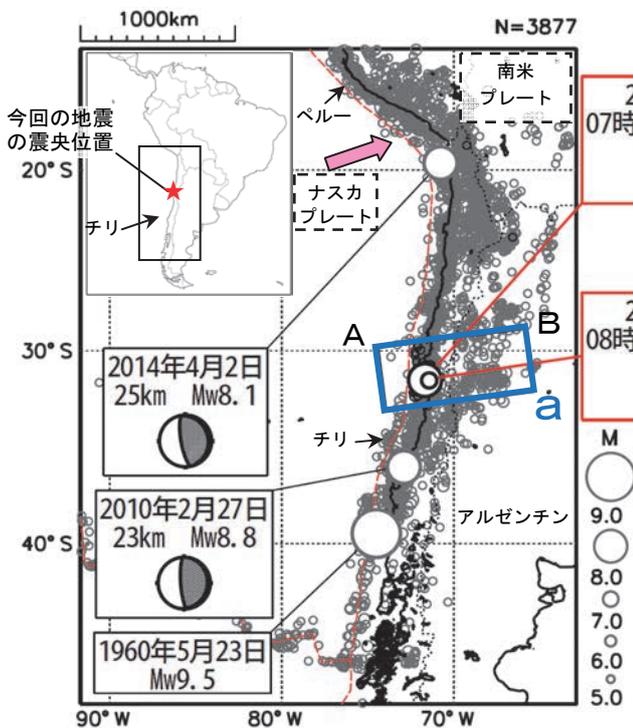


図 2-1 震央分布図
(1960 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、深さ 0～200km、M≥5.0)
2015 年 9 月 17 日以降の地震を濃く表示

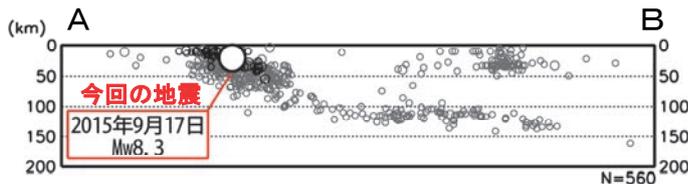


図 2-2 領域 a 内の断面図（A-B 投影）
2015 年 9 月 17 日以降の地震を濃く表示

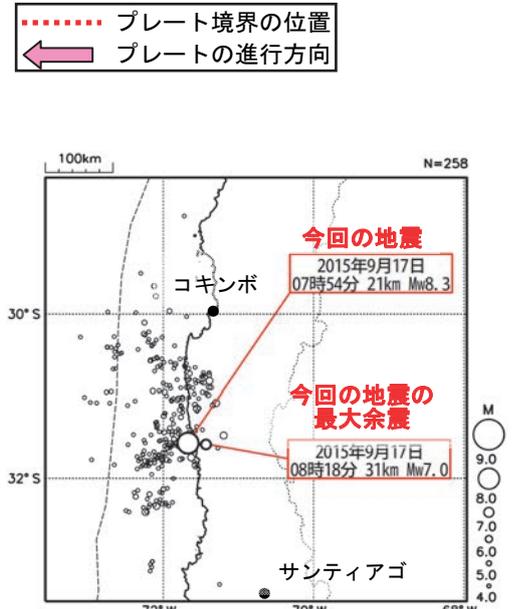


図 2-3 震央周辺の拡大図（本震と余震の分布）
(2015 年 9 月 17 日～9 月 30 日、深さ 0～60km、M≥4.0)

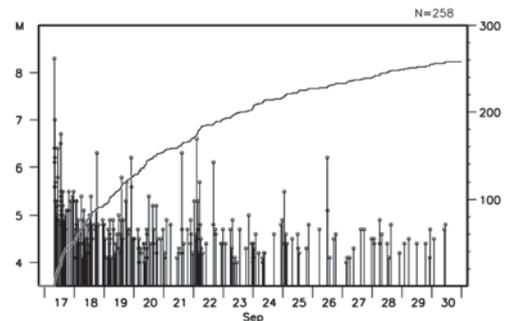


図 2-4 上図内の M-T 図および回数積算図

本資料中、2010 年 2 月 27 日、2014 年 4 月 2 日及び今回の地震の発震機構と Mw は気象庁による。1960 年 5 月 23 日の地震の Mw は、宇津及び国立研究開発法人建築研究所国際地震工学センターによる「世界の被害地震の表」による。その他の地震の発震機構と震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2015 年 10 月 1 日現在)。被害は、OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs : 国連人道問題調整事務所) による (2015 年 9 月 18 日現在)。プレート境界の位置と進行方向は Bird (2003) より引用。

参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

イ. 周辺の過去の地震活動

チリからペルーにかけての沿岸では、ナスカプレートが南米プレートの下に沈み込んでおり、M8 程度またはそれ以上の地震が繰り返し発生している場所である。過去には、チリ沿岸付近で発生した地震により、日本でも津波による被害が生じている。

1868 年以降、領域 b 内で発生した地震で最大規模の地震は 1960 年 5 月 23 日の Mw9.5 の地震である。この地震では、日本国内でも北海道から沖縄県にかけての広い範囲で津波を観測した。岩手県野田村で 8.1m（現地調査による）の津波を観測するなど、北海道から関東地方にかけては 5m 以上の津波を観測した所もあった。この津波により、日本国内では死者・行方不明者 142 人等の被害を生じた。

最近では、2010 年 2 月 27 に Mw8.8 の地震、2014 年 4 月 2 日に Mw8.1 の地震が発生した。いずれの地震でも日本国内の広い範囲で津波を観測し、前者の地震では、住家の被害（床上浸水・床下浸水）57 棟の被害を生じた。

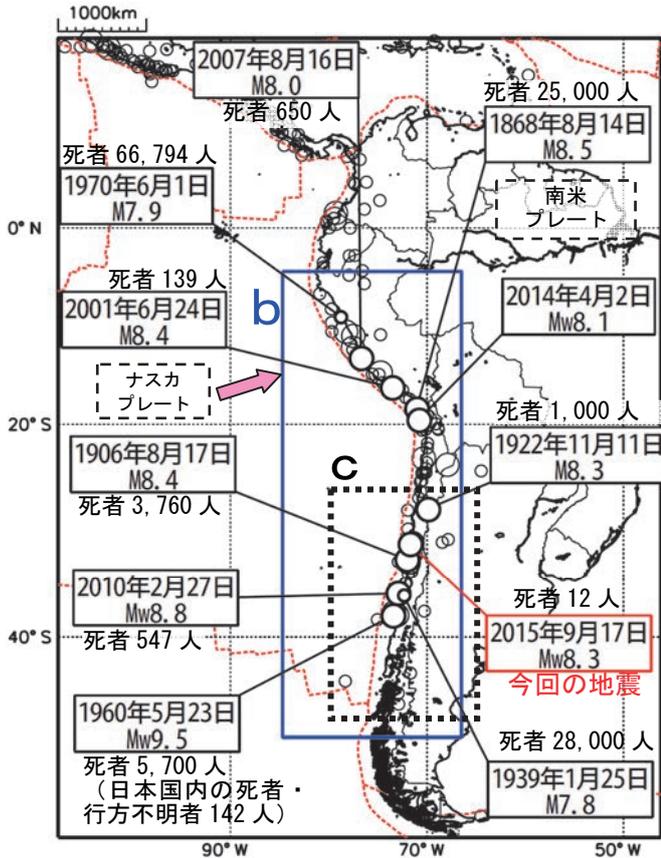


図 2-5 震央分布図
(1868 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、
深さ 0～200km、M_≥7.0)

--- プレート境界の位置
← プレートの進行方向

- *吹き出しは以下の地震に付けた。
- ・ 2000 年以降の M8.0 以上の地震
 - ・ M8.0 以上かつ死者 1,000 人以上の被害を伴った地震
 - ・ 死者 10,000 人以上の被害を伴った地震

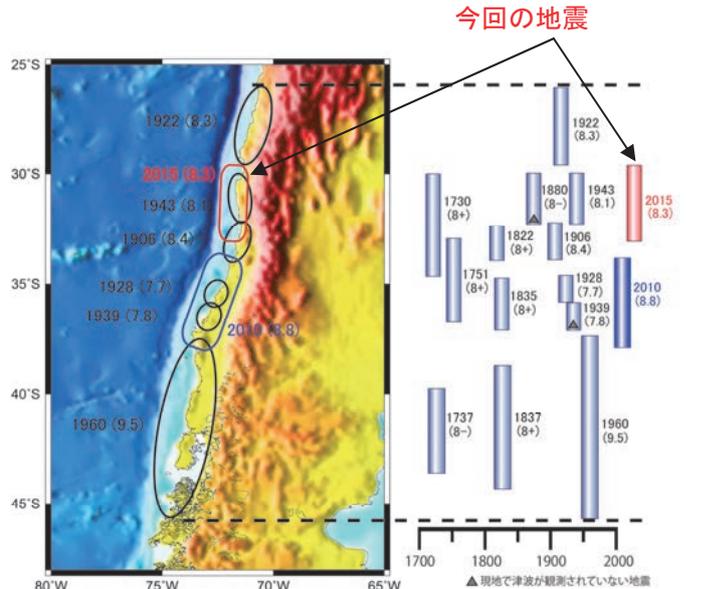


図 2-6 領域 c 内の M8 クラス以上の地震の震源域
(1700 年以降、地図には 1900 年以降の震源域を示す)

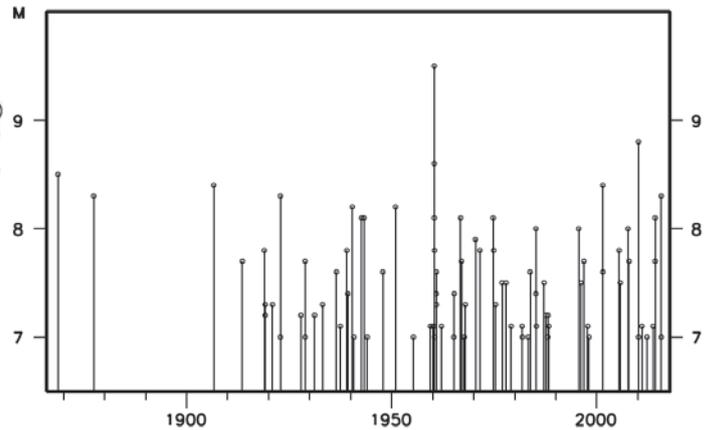


図 2-7 領域 b 内の M-T 図
(1910 年以前は、M8.0 以上かつ死者を伴った地震のみ表示している)

本資料中、1910 年～2009 年の震源要素は国際地震センター (ISC) による。2010 年以降の震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2015 年 10 月 1 日現在)。以下の地震の Mw は気象庁による。

- ・ 2015 年 9 月 17 日 Mw8.3
- ・ 2014 年 4 月 2 日 Mw8.5
- ・ 2010 年 2 月 27 日 Mw8.8

1910 年以前の M8.0 以上かつ死者を伴った地震を、宇津及び国立研究開発法人建築研究所国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」から追加した。

- ・ 1868 年 8 月 14 日 M8.5
- ・ 1877 年 5 月 10 日 M8.3
- ・ 1906 年 8 月 17 日 M8.4

今回の地震の被害は OCHA (2015 年 9 月 18 日現在) による。その他の地震の被害は、宇津及び国立研究開発法人建築研究所国際地震工学センターの「世界の被害地震の表」、米国地質調査所 (USGS)、理科年表、総務省消防庁による。プレート境界の位置は Bird (2003) より引用。

図 2-6 の地震の震源域および津波の有無は Kelleher (1972), Lomnitz (1970) による。今回の地震及び 2010 年 2 月 27 日の地震 (Mw8.8) の震源域は気象庁の解析結果を示す。

（3）津波の観測状況

この地震に伴い、日本では、岩手県久慈港（国土交通省港湾局）で 78cm の津波を観測するなど、北海道から沖縄県にかけての太平洋沿岸等で津波を観測した。また、震源に近いチリのコキンボで 475cm、仏領ポリネシアのヌクヒバで 137cm 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。

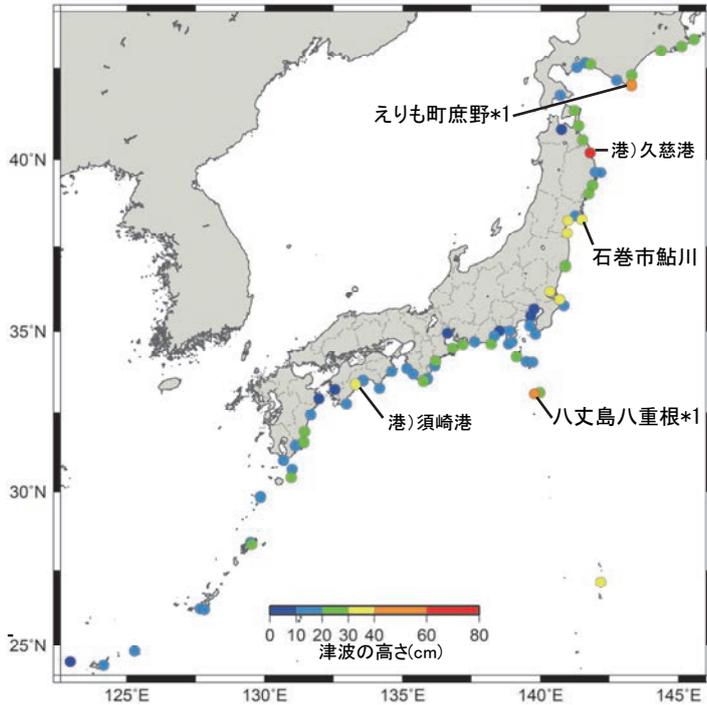


図 3-1 国内の津波観測施設で観測した津波の最大の高さ（次頁で津波波形を示した地点について観測点名を表記）
※ 港)は国土交通省港湾局の所属であることを表す

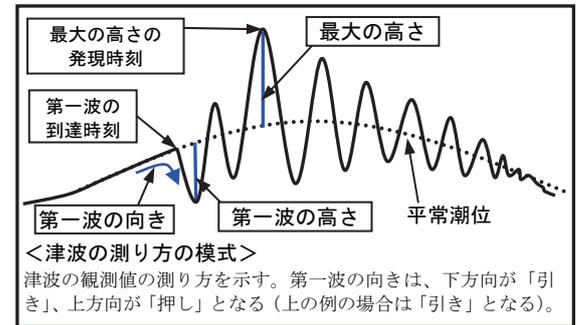


表 3-1 国内の津波観測施設の津波観測値

都道府県	津波観測施設名	所属	第一波 到達時刻	最大波	
				発現時刻	高さ (cm)
北海道	根室市花咲	気象庁	18日 06:20	18日 11:12	21cm
	釧路	気象庁	18日 06:-	18日 14:11	21cm
	浜中町霧多布港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 09:12	27cm
	十勝港	国土交通省港湾局	18日 06:-	18日 11:12	24cm
	えりも町庶野*1	気象庁	18日 06:-	18日 10:08	0.5m
	浦河	国土交通省港湾局	18日 06:01	18日 09:31	16cm
	苫小牧東港	国土交通省港湾局	18日 09:-	18日 12:30	21cm
	苫小牧西港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 23:16	14cm
	白老港	国土交通省港湾局	18日 07:29	18日 12:39	12cm
	函館	気象庁	18日 08:14	18日 17:16	16cm
青森県	むつ市関根浜	気象庁	18日 07:-	18日 09:56	20cm
	むつ小川原港	国土交通省港湾局	18日 06:44	18日 09:09	25cm
	青森	国土交通省港湾局	18日 10:16	18日 13:15	5cm
岩手県	八戸港	国土交通省港湾局	18日 07:23	18日 10:20	27cm
	久慈港	国土交通省港湾局	18日 06:21	18日 09:38	78cm
	宮古	気象庁	18日 06:10	18日 09:11	17cm
	大船渡	気象庁	18日 06:-	18日 09:50	20cm
	釜石	海上保安庁	18日 06:19	18日 07:59	27cm
宮城県	岩手宮古沖*2	国土交通省港湾局	18日 -	18日 14:15	0.1m
	石巻市鮎川	気象庁	18日 -	18日 10:44	36cm
	石巻港	国土交通省港湾局	18日 08:-	18日 13:20	18cm
福島県	仙台港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 11:55	33cm
	相馬	国土地理院	18日 07:46	18日 10:31	33cm
茨城県	いわき市小名浜	気象庁	18日 06:-	18日 08:52	24cm
	大洗	気象庁	18日 07:-	18日 11:00	34cm
千葉県	神栖島鹿島港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 14:44	35cm
	銚子	気象庁	18日 06:-	18日 14:43	16cm
東京都	館山市布良	気象庁	18日 07:-	18日 12:14	17cm
	東京晴海	気象庁	18日 -	18日 08:07	5cm
	三宅島坪田	気象庁	18日 -	18日 12:20	18cm
	八丈島八重根*1	気象庁	18日 07:-	18日 12:14	0.5m
	神津島神津島港	海上保安庁	18日 -	18日 12:37	23cm
	三宅島阿古	海上保安庁	18日 -	18日 11:16	15cm
	八丈島神湊	海上保安庁	18日 07:-	18日 08:50	20cm
	父島二見	気象庁	18日 05:59	18日 08:57	35cm
神奈川県	横浜	海上保安庁	18日 06:58	18日 07:16	7cm
	三浦市油壺	国土地理院	18日 -	18日 12:48	14cm
静岡県	下田港	国土交通省港湾局	18日 08:-	18日 12:45	16cm
	南伊豆町石廊崎	気象庁	18日 08:-	18日 15:19	11cm
	沼津市内浦	気象庁	18日 -	18日 11:01	17cm
	清水	気象庁	18日 -	18日 10:40	6cm
	焼津	国土地理院	18日 -	18日 12:36	16cm
愛知県	御前崎	気象庁	18日 08:-	18日 12:59	22cm
	舞阪	気象庁	18日 07:35	18日 10:00	11cm
三重県	田原市赤羽根	気象庁	18日 08:-	18日 12:30	26cm
	四日市	四日市港管理組合	18日 -	18日 13:45	6cm
	鳥羽	気象庁	18日 09:03	18日 12:24	24cm
和歌山県	尾鷲	気象庁	18日 07:47	18日 09:30	25cm
	熊野市遊木	気象庁	18日 07:49	18日 13:08	15cm
	那智勝浦町浦神	気象庁	18日 07:-	18日 09:25	15cm
	串本町袋港	気象庁	18日 07:-	18日 10:45	25cm
徳島県	白浜町堅田	気象庁	18日 07:25	18日 15:31	17cm
	御坊市被井戸	気象庁	18日 09:-	18日 15:28	13cm
	徳島由岐	気象庁	18日 07:59	18日 11:40	17cm
高知県	室戸市室戸岬	気象庁	18日 08:07	18日 09:53	18cm
	高知	気象庁	18日 08:40	18日 12:43	15cm
	土佐清水	気象庁	18日 07:54	18日 19:13	19cm
	須崎港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 18:21	31cm
愛媛県	宇和島	気象庁	18日 -	18日 16:05	9cm
	大分県	佐伯市松浦	気象庁	18日 08:-	18日 15:39
宮崎県	日向市細島	宮崎県	18日 08:05	18日 18:54	10cm
	宮崎港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 16:56	25cm
	日南市油津	気象庁	18日 -	18日 15:45	22cm
鹿児島県	志布志港	国土交通省港湾局	18日 -	18日 16:09	13cm
	南大隅町大泊	海上保安庁	18日 -	18日 15:07	17cm
	種子島西之表	海上保安庁	18日 -	18日 12:12	16cm
	種子島熊野	気象庁	18日 07:55	18日 12:54	22cm
	中之島	海上保安庁	18日 -	18日 12:00	14cm
	奄美市小湊	気象庁	18日 08:23	18日 10:23	25cm
	奄美市名瀬	海上保安庁	18日 -	18日 16:40	14cm
	那覇	気象庁	18日 09:31	18日 13:06	10cm
	南城市安座真	国土地理院	18日 08:42	18日 13:00	11cm
	沖縄県	宮古島平良	国土交通省港湾局	18日 09:19	18日 13:16
石垣島石垣港		気象庁	18日 08:-	18日 11:14	10cm
与那国島久部良		気象庁	18日 09:18	18日 13:23	4cm

※観測値は後日の精査により変更される場合がある
※所属機関の観測波形データをもとに気象庁が検出した値
- は、津波波形が明瞭でないため値が決定できないことを示す

*1 巨大津波観測計により観測されたことを示す（観測単位は 0.1m）

*2 は GPS 波浪計により観測された海面昇降を検潮所の観測値と同じ手法で読み取った値を示す（観測単位は 0.1m）

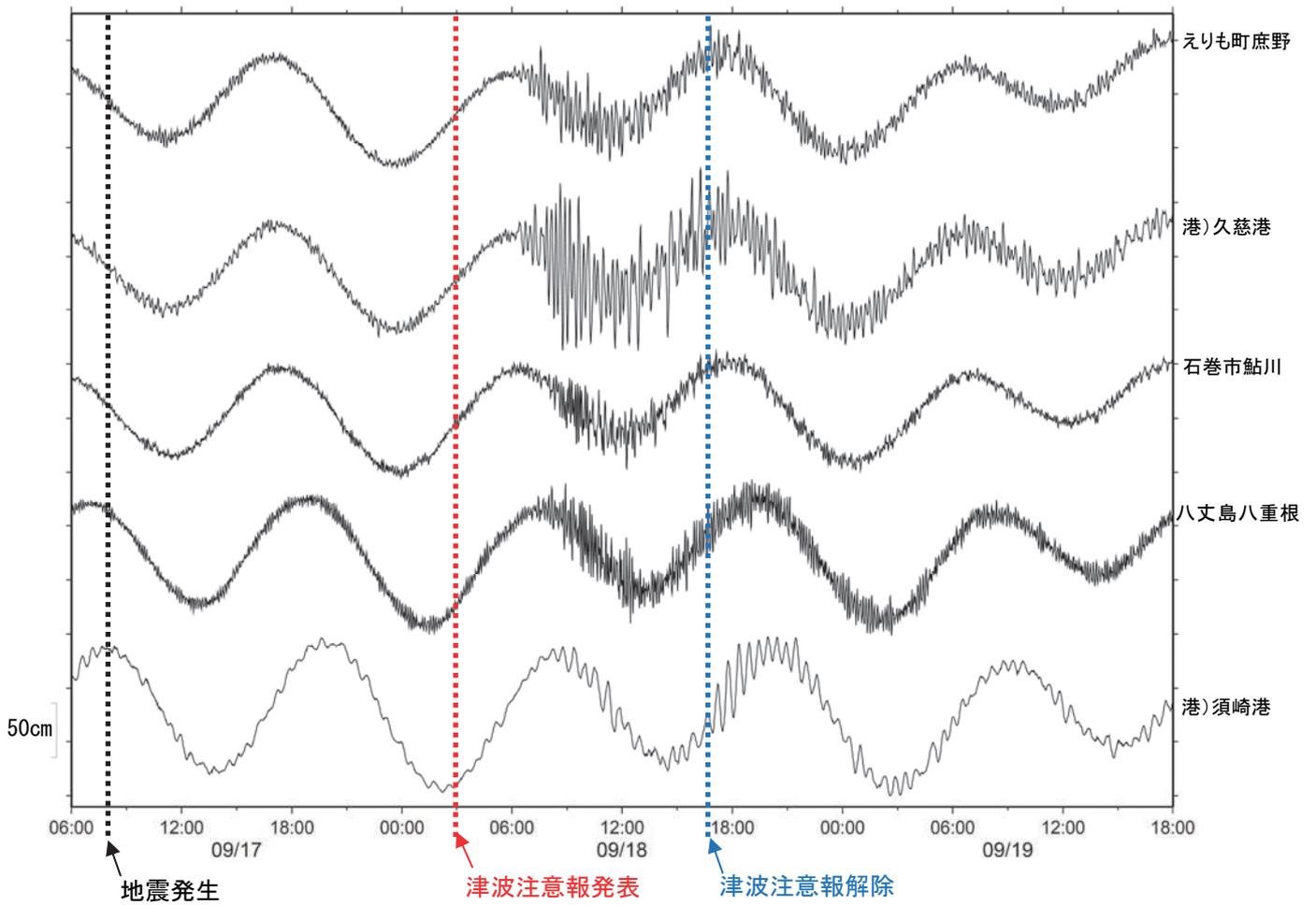


図 3-2 国内の津波観測施設で観測した主な津波波形

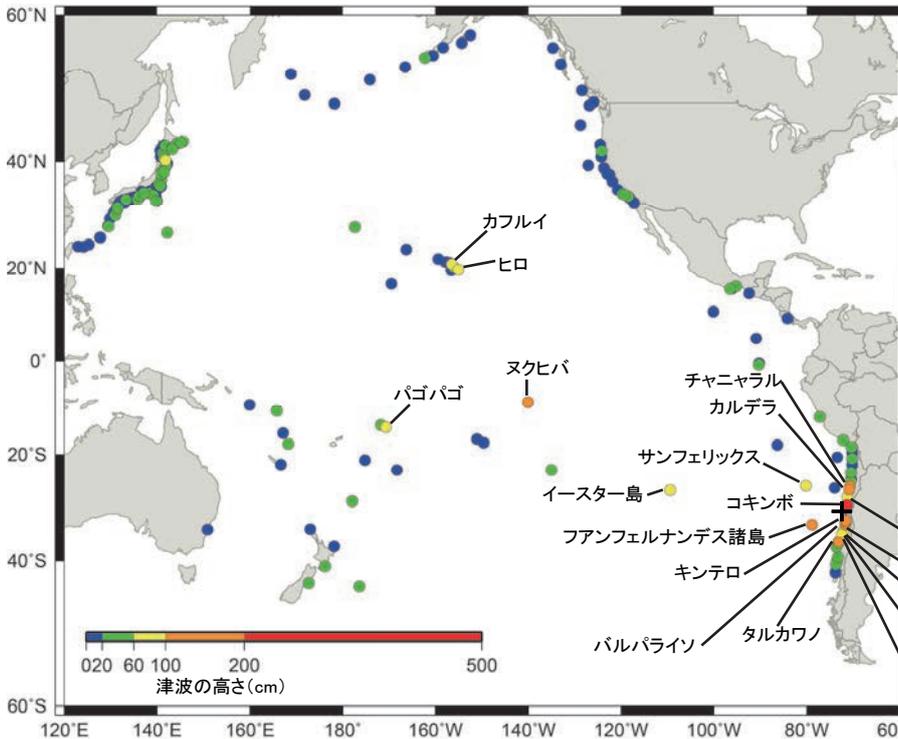


表 3-2 海外の主な津波観測施設の津波観測値（最大の高さ 60cm 以上を観測した地点を表示）

津波観測施設名	国名	最大の高さ (cm)
コキンボ	チリ	475
キンテロ	チリ	186
バルパライソ	チリ	178
ヌクヒバ	仏領ポリネシア	137
タルカワノ	チリ	128
ファンフェルナンデス諸島	チリ	121
カルデラ	チリ	114
チャニヤラル	チリ	109
サンアントニオ	チリ	104
ヒロ	米国ハワイ州	90
コンステイトウシオン	チリ	88
イースター島	チリ	83
キリキーナ	チリ	83
ウアスコ	チリ	77
フカレム	チリ	76
サンフェリックス	チリ	69
バゴバゴ	米領サモア	67
カフルイ	米国ハワイ州	66

※観測値は米国海洋大気庁（NOAA）による（10月06日現在）

図 3-3 海外の津波観測施設で観測した津波の最大の高さ
（最大の高さ 60cm 以上を観測した地点については観測点名を表記、+印は震央を表す）
※海外の津波観測施設の観測値は米国海洋大気庁（NOAA）による（10月06日現在）

（４）気象庁が発表した津波注意報、津波情報、地震情報及び報道発表の状況

気象庁はこの地震により、18 日 03 時 00 分に北海道から沖縄県にかけての太平洋沿岸等に津波注意報を発表し、同日 16 時 40 分に全て解除した。今回の地震で気象庁が発表した津波注意報、津波情報、地震情報及び報道発表の状況を下表に示す。



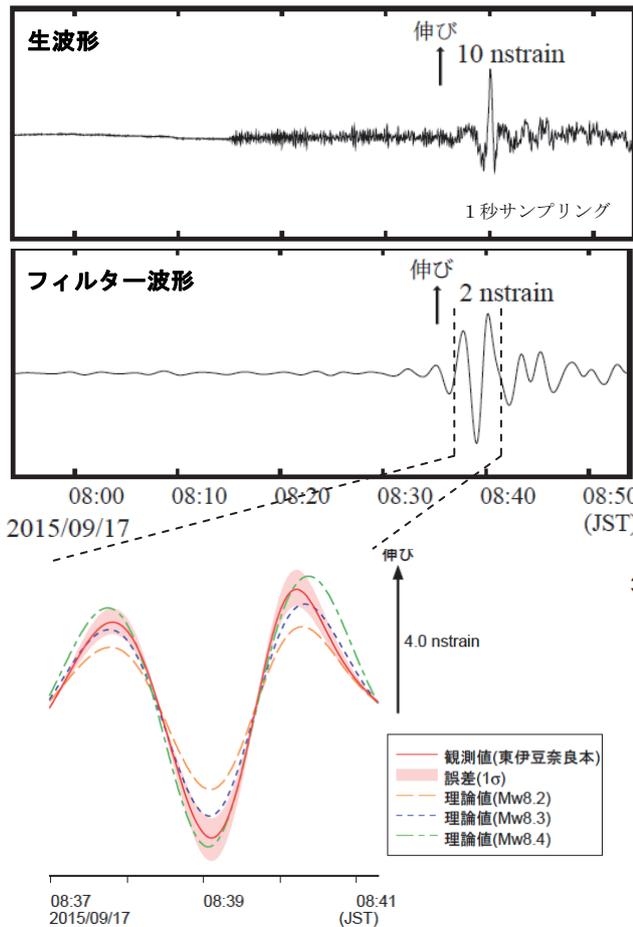
図 4-1 9 月 17 日のチリ中部沿岸の地震による津波に対して発表した津波注意報

表 4-1 気象庁が発表した津波注意報、津波情報、地震情報及び報道発表の状況

月 日	時刻	情報発表、報道発表等の状況	備考（主な内容等）
9 月 17 日	07 時 54 分	地震発生	
	08 時 31 分	地震情報（遠地地震に関する情報）	地震の概要、太平洋の広域に津波発生の可能性があること、日本への津波の影響については調査中であること
	09 時 54 分	地震情報（遠地地震に関する情報）	海外での津波の観測状況
	11 時 00 分	報道発表（第 1 報）	地震の概要、日本への津波の影響については調査中であること、海外での津波の観測状況等
	11 時 19 分	地震情報（地震の活動状況等に関する情報）	報道発表（第 1 報）の概要
	14 時 56 分	地震情報（遠地地震に関する情報）	海外での津波の観測状況
	16 時 30 分	報道発表（第 2 報）	日本への津波の影響についてはハワイでの津波の観測状況（17 日 24 時頃）を基に判断すること、海外での津波の観測状況等
	16 時 43 分	地震情報（地震の活動状況等に関する情報）	報道発表（第 2 報）の概要
9 月 18 日	18 時 59 分	地震情報（遠地地震に関する情報）	海外での津波の観測状況
	00 時 35 分	地震情報（遠地地震に関する情報）	海外での津波の観測状況
	01 時 00 分	報道発表（第 3 報）	津波注意報の発表予定（18 日 03 時頃に発表する予定）、防災上の留意事項等
	01 時 11 分	地震情報（地震の活動状況等に関する情報）	報道発表（第 3 報）の概要
	03 時 00 分	津波注意報の発表	
		津波予報（若干の海面変動）	
		津波情報（津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報）	
	03 時 01 分	津波情報（各地の満潮時刻・津波到達予想時刻に関する情報）	
	03 時 30 分	報道発表（第 4 報）	津波注意報の発表状況、防災上の留意事項、海外での津波の観測状況等。
	03 時 35 分	地震情報（地震の活動状況等に関する情報）	報道発表（第 4 報）の概要
	06 時 51 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 06 時 50 分現在の値]
	07 時 21 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 07 時 20 分現在の値]
	07 時 51 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 07 時 50 分現在の値]
	08 時 20 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 08 時 20 分現在の値]
	08 時 52 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 08 時 51 分現在の値]
	09 時 25 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 09 時 23 分現在の値]
	10 時 00 分	報道発表（第 5 報）	防災上の留意事項、日本での津波の観測状況等
	10 時 08 分	地震情報（地震の活動状況等に関する情報）	報道発表（第 5 報）の概要
	10 時 12 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 10 時 10 分現在の値]
	10 時 46 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 10 時 45 分現在の値]
	11 時 46 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 11 時 45 分現在の値]
	12 時 47 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 12 時 45 分現在の値]
	13 時 26 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 13 時 25 分現在の値]
14 時 00 分	報道発表（第 6 報）	防災上の留意事項、日本での津波の観測状況、津波注意報の解除の見込み（16 時頃までデータを見て判断）等	
14 時 06 分	地震情報（地震の活動状況等に関する情報）	報道発表（第 6 報）の概要	
14 時 31 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 14 時 30 分現在の値]	
15 時 32 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 15 時 30 分現在の値]	
16 時 26 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 16 時 25 分現在の値]	
16 時 40 分	津波注意報の解除	今後 1 日程度は海面変動が継続することを十分認識して行動すれば、津波による災害のおそれはなし	
	津波予報（若干の海面変動）		
16 時 42 分	津波情報（津波観測に関する情報）	[18 日 16 時 25 分現在の値]	
17 時 00 分	報道発表（第 7 報）	津波注意報の解除、防災上の留意事項、日本での津波の観測状況等	

(5) 体積ひずみ計の記録から推定されるモーメントマグニチュード (Mw)

東伊豆奈良本観測点で観測された体積ひずみ波形



気象庁が東海地域に設置している埋込式体積ひずみ計で観測された今回の地震の波形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。

理論体積ひずみは気象庁 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 Mw8.1 相当から 8.5 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。

体積ひずみ計の観測波形と理論波形が最もよく整合するのは、Mw8.3～8.4 相当の場合であった。

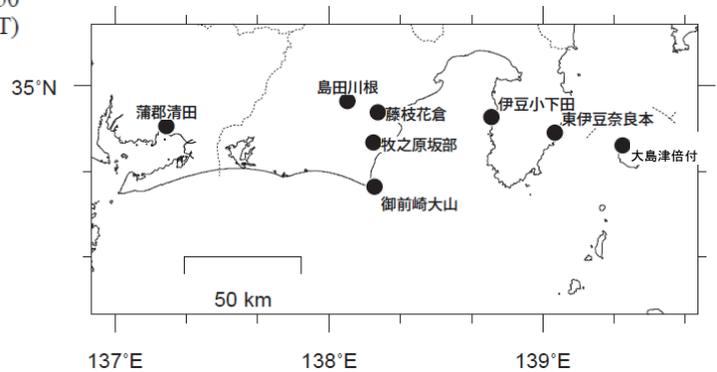


図 5-2 体積ひずみ計の配置図

図 5-1 東伊豆奈良本観測点観測波形と理論波形の振幅比較

データには周期 120-333 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。

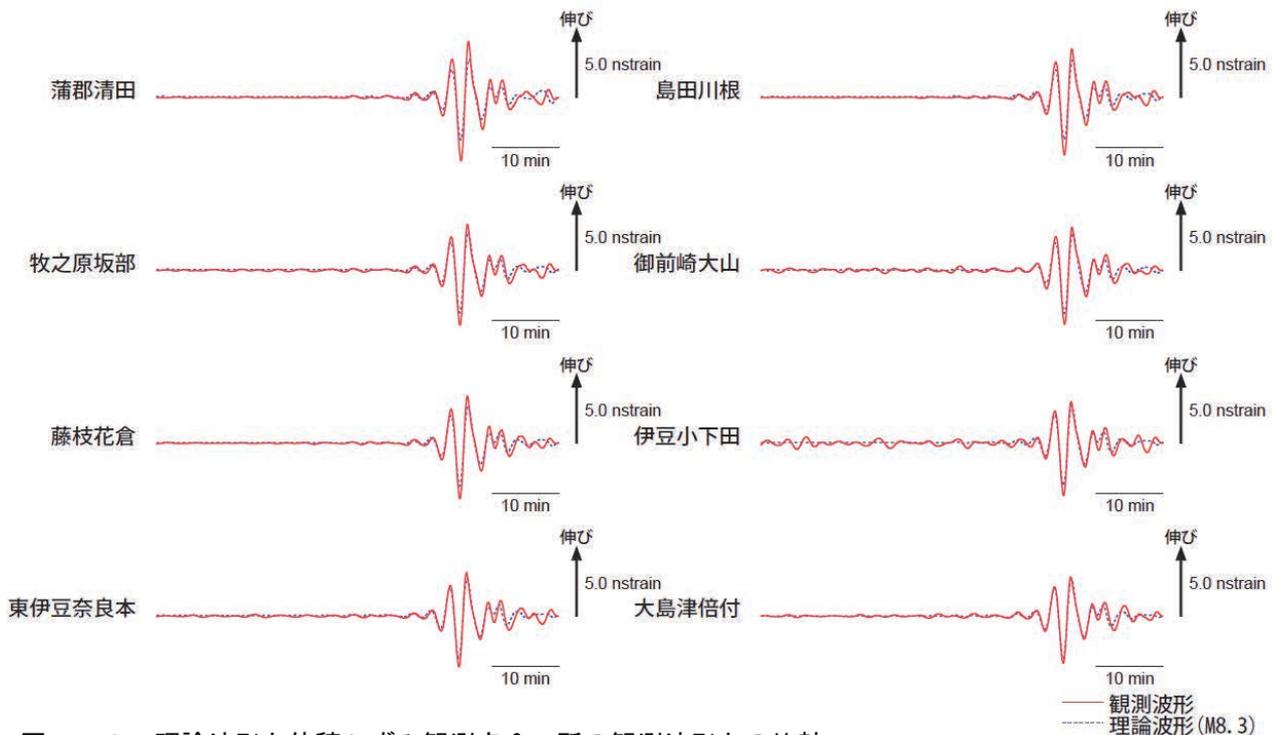


図 5-3 理論波形と体積ひずみ観測点 6 カ所の観測波形との比較

データには周期 120-333 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。

（6）震源過程（暫定）

2015 年 9 月 17 日 07 時 54 分（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、遠地実体波を用いた震源過程解析（注1）を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所（USGS）による震源の位置（31° 34.2′ S、71° 39.2′ W、深さ 25km）とした（9 月 25 日現在）。断層面は、気象庁 CMT 解の 2 枚の節面のうち、プレート境界面に整合な低角傾斜の節面（走向 3°、傾斜 14°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.6km/s とした。理論波形の計算には CRUST2.0（Bassin et al., 2000）および IASP91（Kennett and Engdahl, 1991）の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

- ・ 主なすべりは破壊開始点の北方にあり、最大すべり量は 8.9m であった（周辺の構造から剛性率を 30GPa として計算）。
- ・ 主な破壊継続時間は約 90 秒であった。
- ・ モーメントマグニチュード（Mw）は 8.3 であった。

結果の見方は、http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。

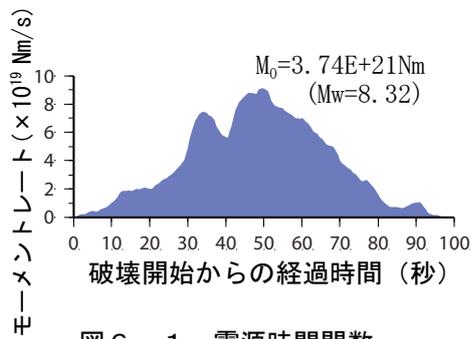


図 6-1 震源時間関数

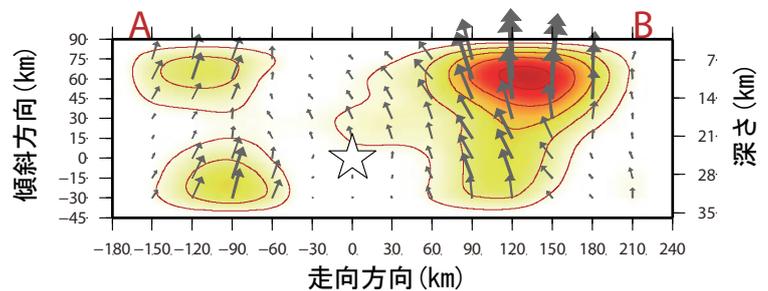


図 6-2 断層面上でのすべり量分布

星印は破壊開始点、矢印は下盤側に対する上盤側の動きを表す。

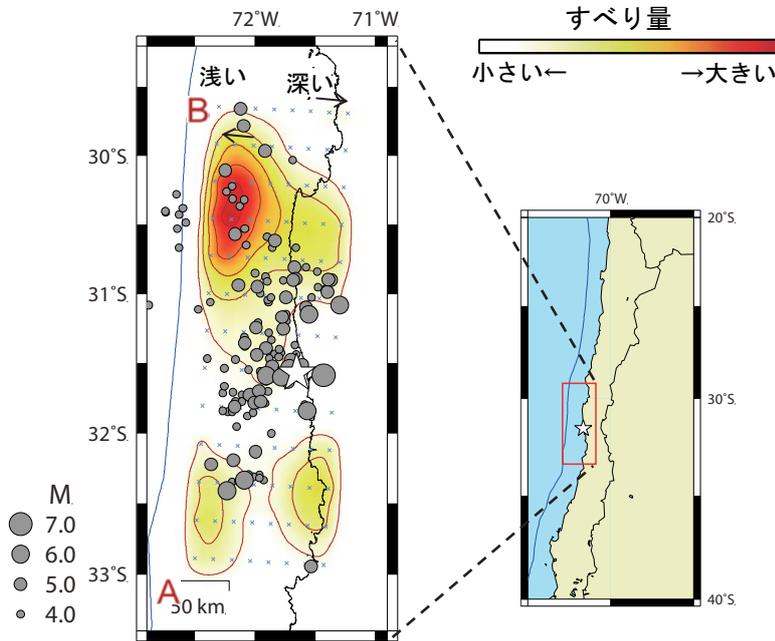


図 6-3 地図上に投影したすべり量分布

星印はこの地震の破壊開始点を示す。また、灰色の丸は本震発生後 3 日以内の余震の震央を示す（M4.0 以上、USGS による）。青線はプレート境界を示す。

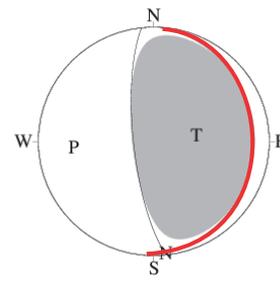


図 6-4 解析に用いたメカニズム解（気象庁 CMT 解）

断層面の設定に用いた節面（走向 3°、傾斜 14°、すべり角 99°）を赤線で示す。

（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/>