

2014年4月2日チリ北部沿岸の地震の 津波注意報の検証

目次

地震発生から津波注意報発表、解除までの対応

- 情報発表等のタイムライン
- 津波注意報発表に至る過程
- 海外の潮位観測点と観測／予測波形
- 津波シミュレーション結果と観測値に基づく補正の実施
- 発表した津波注意報と津波観測値
- 津波注意報解除のタイミングの検討

事後の検証

- 津波シミュレーション結果の評価
- 第一波観測時刻と到達予想時刻の比較(海外)
- 第一波観測時刻と到達予想時刻の比較(国内)
- 【参考】2010年チリ中部沿岸の地震の第一波観測時刻と到達予想時刻の比較

まとめ

地震発生から津波注意報発表、解除までの対応

情報発表等のタイムライン

震源要素 (USGS)

発震時: 2014年04月02日08時46分

19° 38.5' S 70° 49' W 深さ20km マグニチュード8.1 (USGS)



4月2日

08:46 地震発生

09:09 遠地地震に関する情報(地震発生、マグニチュード8.0、津波について調査中)

09:29 遠地地震に関する情報(津波実況値掲載)

10:16 遠地地震に関する情報(津波実況値追加、マグニチュードを8.2に更新)

11:00 記者会見(1回目、津波の規模について評価作業中、日本への到達時刻に言及)

17:00 記者会見(2回目、津波注意報レベルの津波の予想、津波注意報の発表予定時刻に言及)

4月3日

00:32 遠地地震に関する情報(津波注意報発表予告)

03:00 津波注意報発表

03:01 津波情報(津波到達予想時刻と予想される津波の高さに関する情報)発表

03:02 津波情報(各地の満潮時刻と津波到達予想時刻に関する情報)発表

03:30 記者会見(3回目)

07:17 津波情報(津波観測に関する情報)発表

岩手県久慈港で20cmの津波を観測

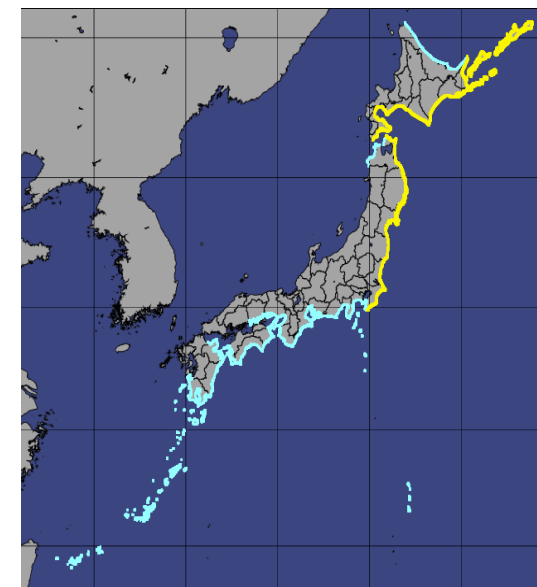
以下、適宜津波情報(津波観測に関する情報)を発表

11:10 記者会見(4回目)

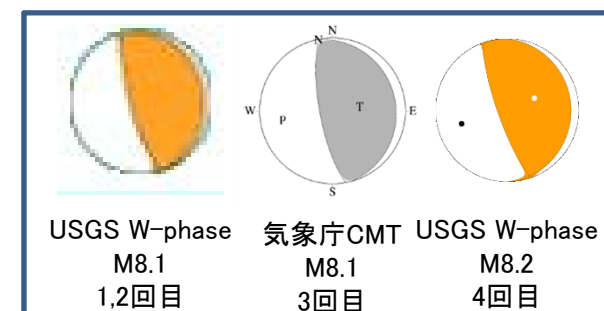
18:00 津波注意報解除

津波注意報発表に至る過程

日時	作業及び判断
4月2日	
08:46～	地震発生、震源要素から、遠地の津波データベースを検索
09:50～13:00頃	津波シミュレーションを実施(USGS Mw8.1) ・シミュレーション1回目(低角)、2回目(高角) ・南米の沿岸の潮位データは入手できるものの、震源の西側のDARTブイやイースターなどの観測点が欠測 ・シミュレーション結果と観測値を比較すると、低角の解が観測値をよく説明している
13:20～15:30頃	津波シミュレーションを実施(気象庁 Mw8.1) ・シミュレーション3回目(低角) ・北日本、東日本は概ね津波注意報レベル、東海～西日本は一部津波注意の予報区もあるが、どの予報区も注意報基準(20cm)前後の予測値である
15:50～18:10頃	津波シミュレーションを実施(USGS Mw8.2) ・シミュレーション4回目(低角) ・シミュレーション結果で比較的高い値が予測されている仏領ポリネシア、ハワイなどの実況を比較して最終判断を行う
21～23時	上記観測点で実況値と予測値の確認 ・全体的にシミュレーション結果より観測値の方が低い傾向 ・各シミュレーションの結果による津波予測値の分布傾向に大きな差はないことから、4回目の予測値を0.8倍とする ・伊豆諸島及び小笠原諸島については、過去の地震でも津波を観測していることを踏まえ、北日本から東日本の太平洋側、伊豆諸島及び小笠原諸島に津波注意報の発表を決定する
4月3日	
0:32	地震情報を発表(津波注意報発表の予告)
3:00	津波注意報を発表

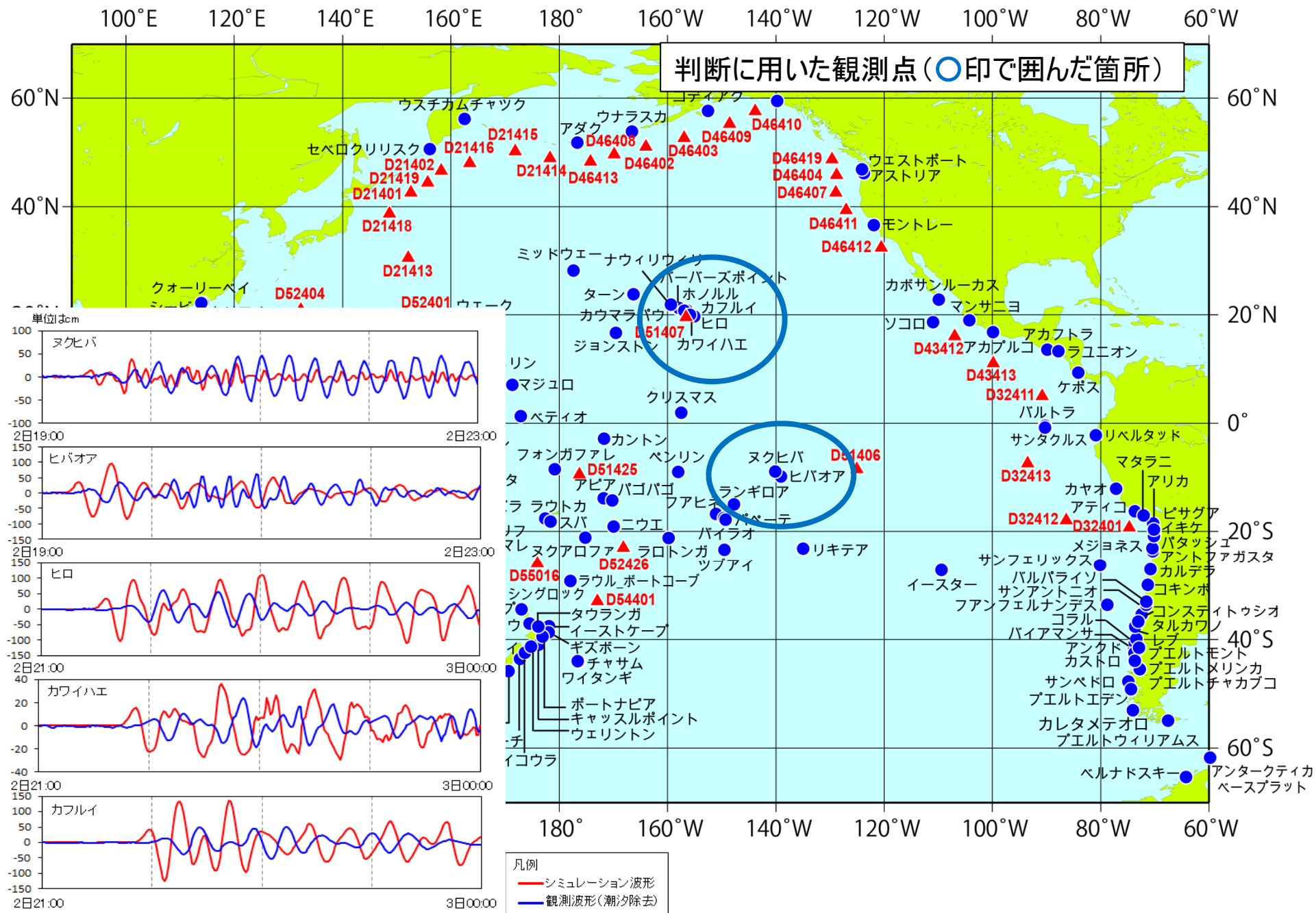


データベース検索結果

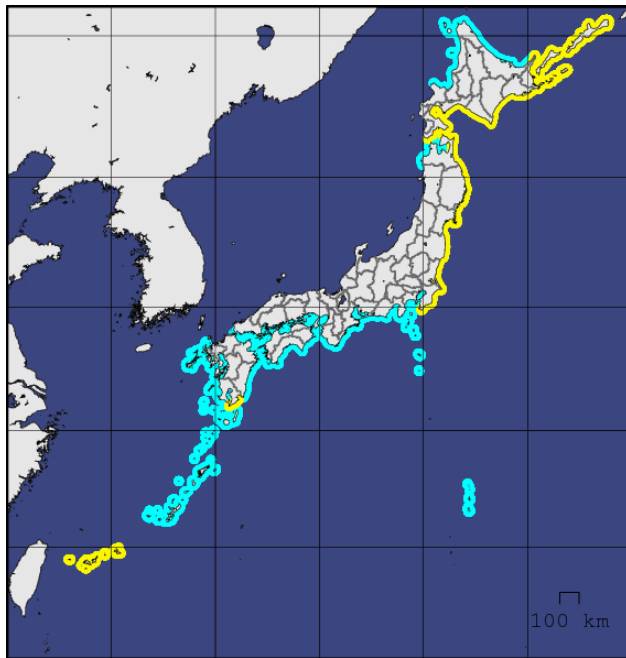


メカニズム解の傾向は概ね一致

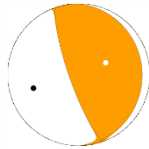
海外の潮位観測点と観測／予測波形



津波シミュレーション結果と観測値に基づく補正の実施



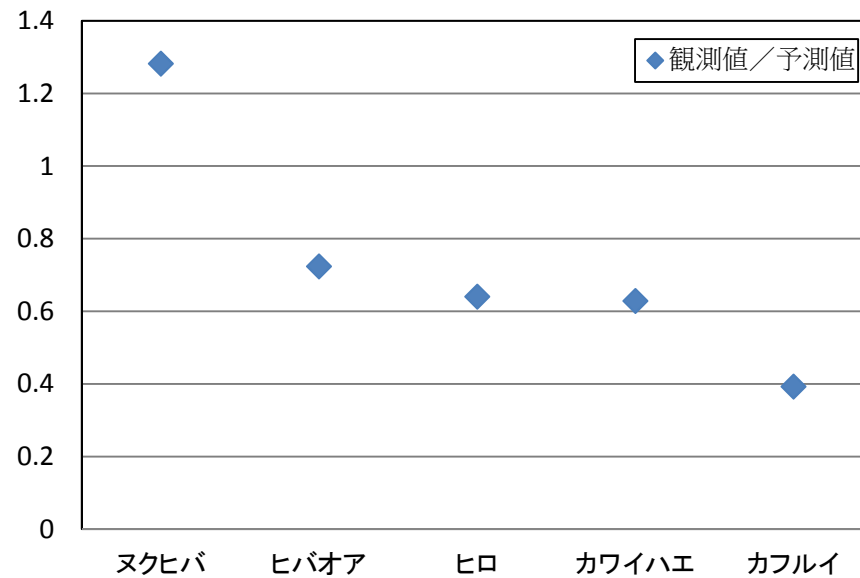
津波シミュレーションの結果



USGS W-phase
M8.2

凡例

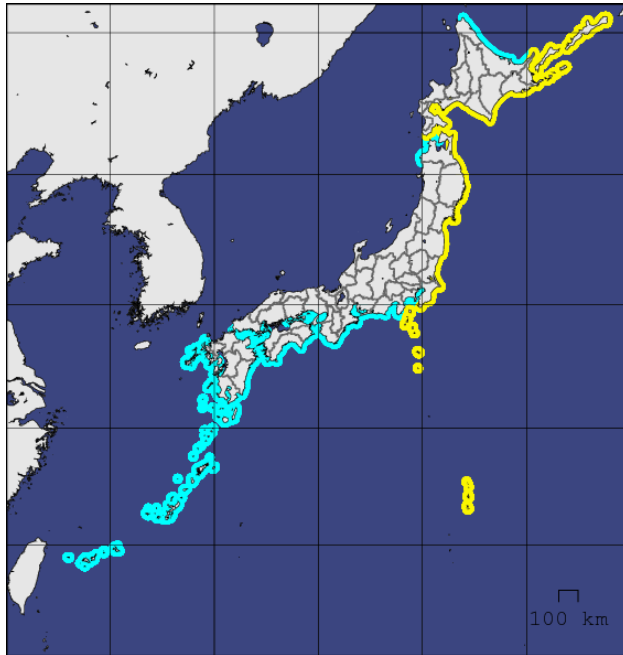
- 津波注意報(20cm以上)
- 若干の海面変動(20cm未満)



ハワイ、仏領ポリネシアの観測値と予測値(4回目のシミュレーション)の比をプロット

予測値/観測値のプロットを見ると、概ね0.8倍弱程度となっており、これを元にして津波注意報の範囲の調整を行った。(鹿児島県東部及び宮古島・八重山諸島の予報区は本調整により、津波注意から若干の海面変動となった)

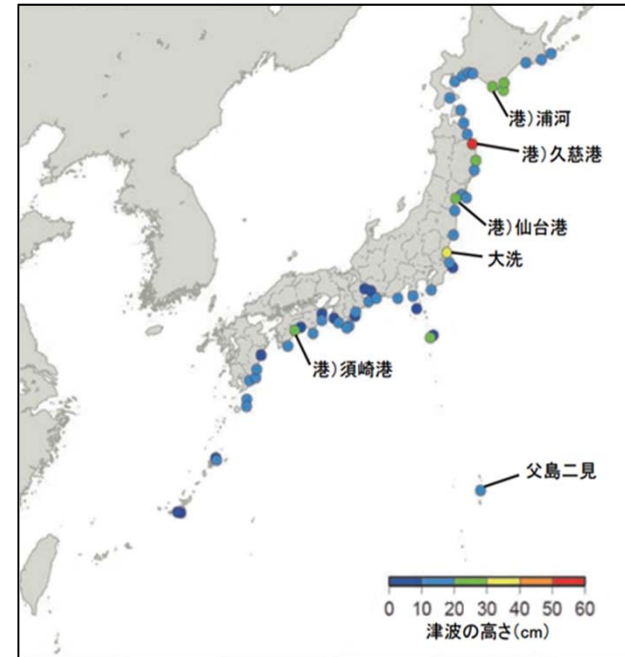
発表した津波注意報と津波観測値



津波注意報発表状況

凡例

- 津波注意報(20cm以上)
- 若干の海面変動(20cm未満)



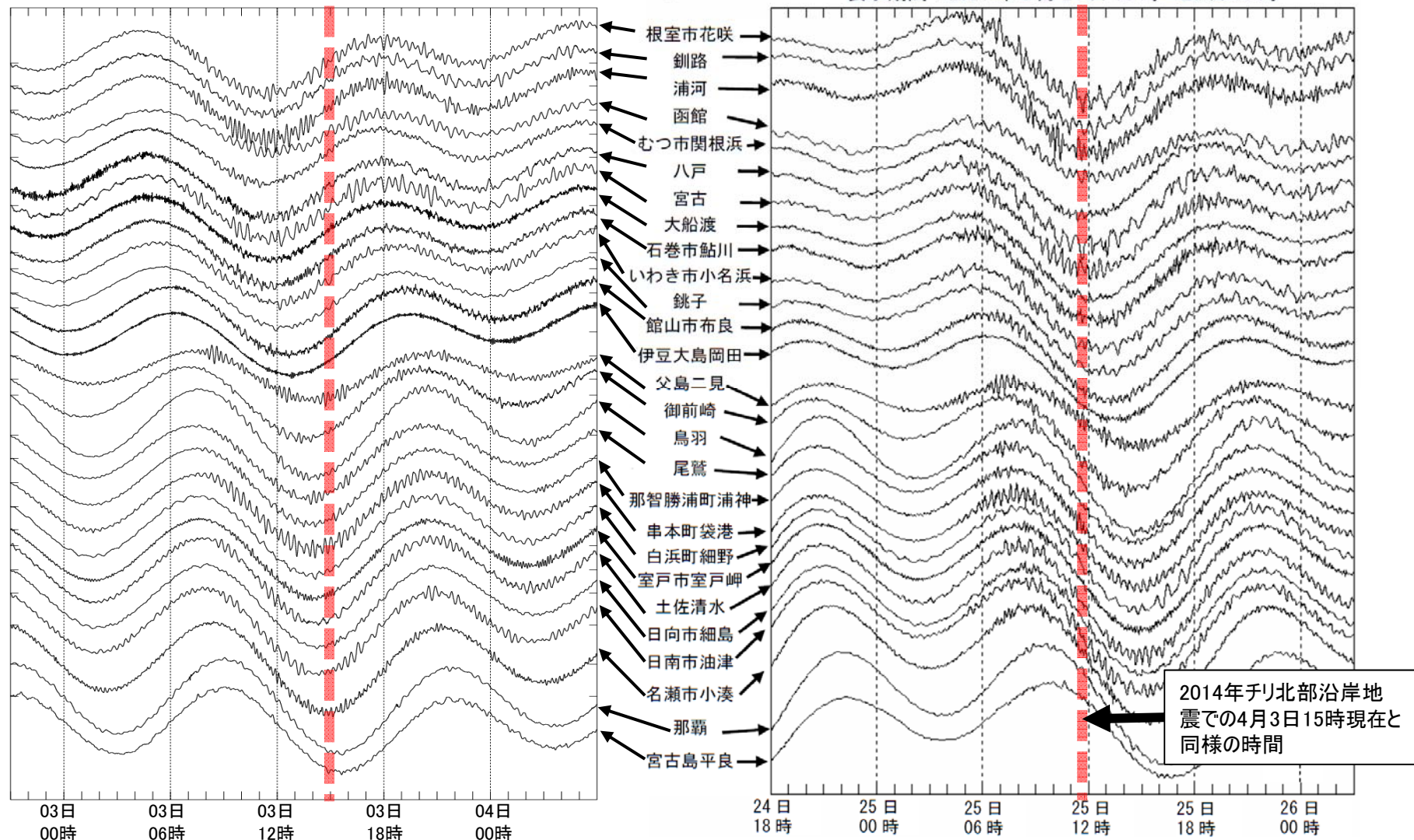
津波観測値

主な観測値(20cm以上を観測した地点)			
名称	津波予報区	津波の高さ	最大の高さ発現時刻
十勝港	北海道太平洋沿岸中部	21cm	11時40分
浦河	北海道太平洋沿岸中部	23cm	12時33分
宮古	岩手県	21cm	19時02分
久慈港	岩手県	55cm	12時22分
仙台新港	宮城県	24cm	18時55分
大洗	茨城県	0.3m	13時02分
八丈島	伊豆諸島	0.2m	11時24分
須崎	高知県	25cm	16時36分

津波注意報解除のタイミングの検討

2014年4月2日 チリ北部沿岸の地震の津波波形
表示期間：2014年4月2日21時～4日06時

2001年6月24日 ペルー沿岸の地震の津波波形
表示期間：2001年6月24日18時～26日03時



今回のチリ中部の地震と同規模の南米で発生した地震(2001年6月24日(Mw8.4)、2007年8月16日(Mw8.0))について、検潮波形を比較したところ、概ね地震発生から30時間程度(4月3日15時程度)までに最大波が到達していた。これを参考にして、今回についても同様の経緯をたどると予想した。

18時00分に津波注意報の解除を行ったが、当該時間を過ぎて顕著な最大波が観測されることはなかった。

事後の検証

津波シミュレーション結果の評価

津波観測地点	予報区	観測値	1回目	3回目	4回目
久慈港	岩手県	55	44	49	64
須崎港	高知県	25	25	21	26
仙台新港	宮城県	24	32	24	32
浦河	北海道太平洋沿岸中部	23	19	30	37
大洗	茨城県	22	38	32	41
十勝	北海道太平洋沿岸中部	21	25	24	29
宮古	岩手県	21	23	32	35
八丈島八重根	伊豆諸島	20	16	13	18
えりも町庶野	北海道太平洋沿岸中部	20	24	17	21
串本町袋港	和歌山県	19	30	17	24
相馬	福島県	19	39	29	40
釜石	岩手県	19	43	26	38
宮崎港	宮崎県	18	18	14	18
むつ小川原港	青森県太平洋沿岸	18	16	16	17
父島二見	小笠原諸島	18	15	19	22
石巻市鮎川	宮城県	18	22	41	45
種子島熊野	種子島・屋久島地方	18	22	28	36
釧路	北海道太平洋沿岸東部	18	45	35	40
根室市花咲	北海道太平洋沿岸東部	18	37	35	51
霧多布	北海道太平洋沿岸東部	18	42	29	43
日南市油津	宮崎県	17	18	12	15

幾何平均(国内)

1.49	1.29	1.65
------	------	------

幾何分散(国内)

1.82	1.69	1.95
------	------	------

津波観測地点	国名	観測値	1回目	3回目	4回目
アリカ	チリ	201	169	155	193
イキケ(チリ)	チリ	180	258	210	289
サンフェリックス	チリ	70	80	77	36
マタラニ	ペルー	58	43	49	68
サンタクルス	エクアドル	57	63	69	77
タルカワノ	チリ	36	33	70	90
アントファガスタ	チリ	31	80	36	49
サンアントニオ	チリ	27	20	30	38
カラオ	ペルー	26	33	25	30
カルデラ	チリ	26	24	18	19
コキンボ	チリ	24	27	16	21
ファンフェルナンデス	チリ	19	17	13	13
D32401.S-Am	DART	17	35	33	44
D32412.S-Am	DART	5	14	13	19
D32413.S-Am	DART	3	6	6	10

幾何平均(海外)

1.55	1.42	1.71
------	------	------

幾何分散(海外)

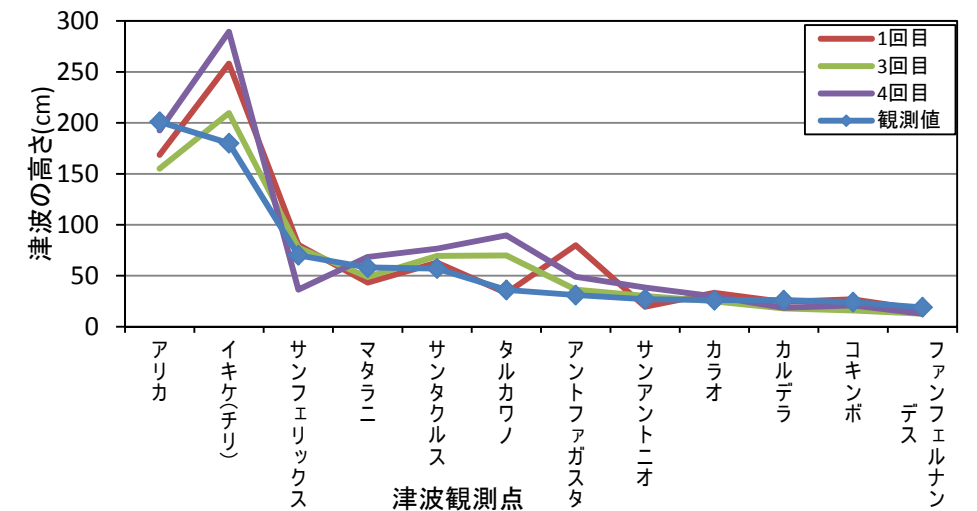
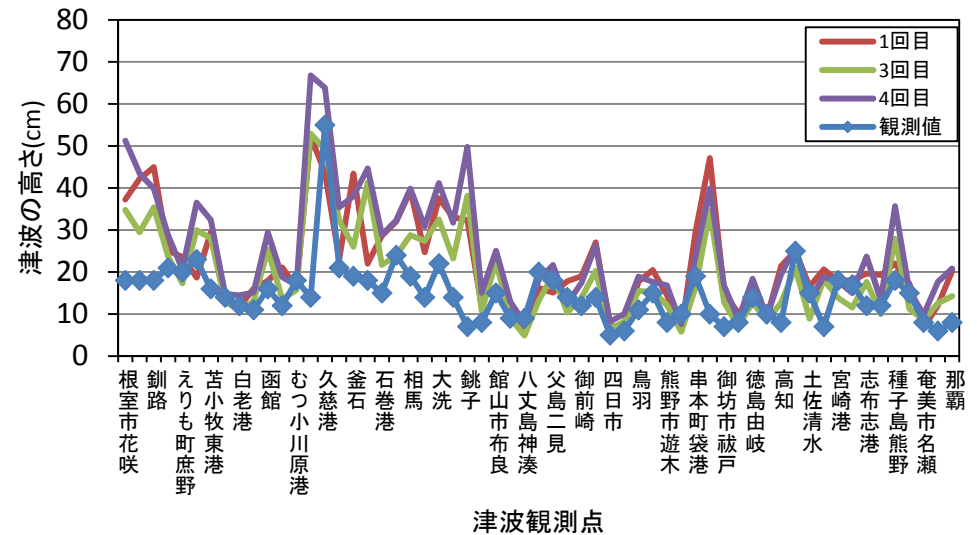
2.10	2.05	2.36
------	------	------

シミュレーション結果による予測値と観測値の幾何平均・幾何分散結果

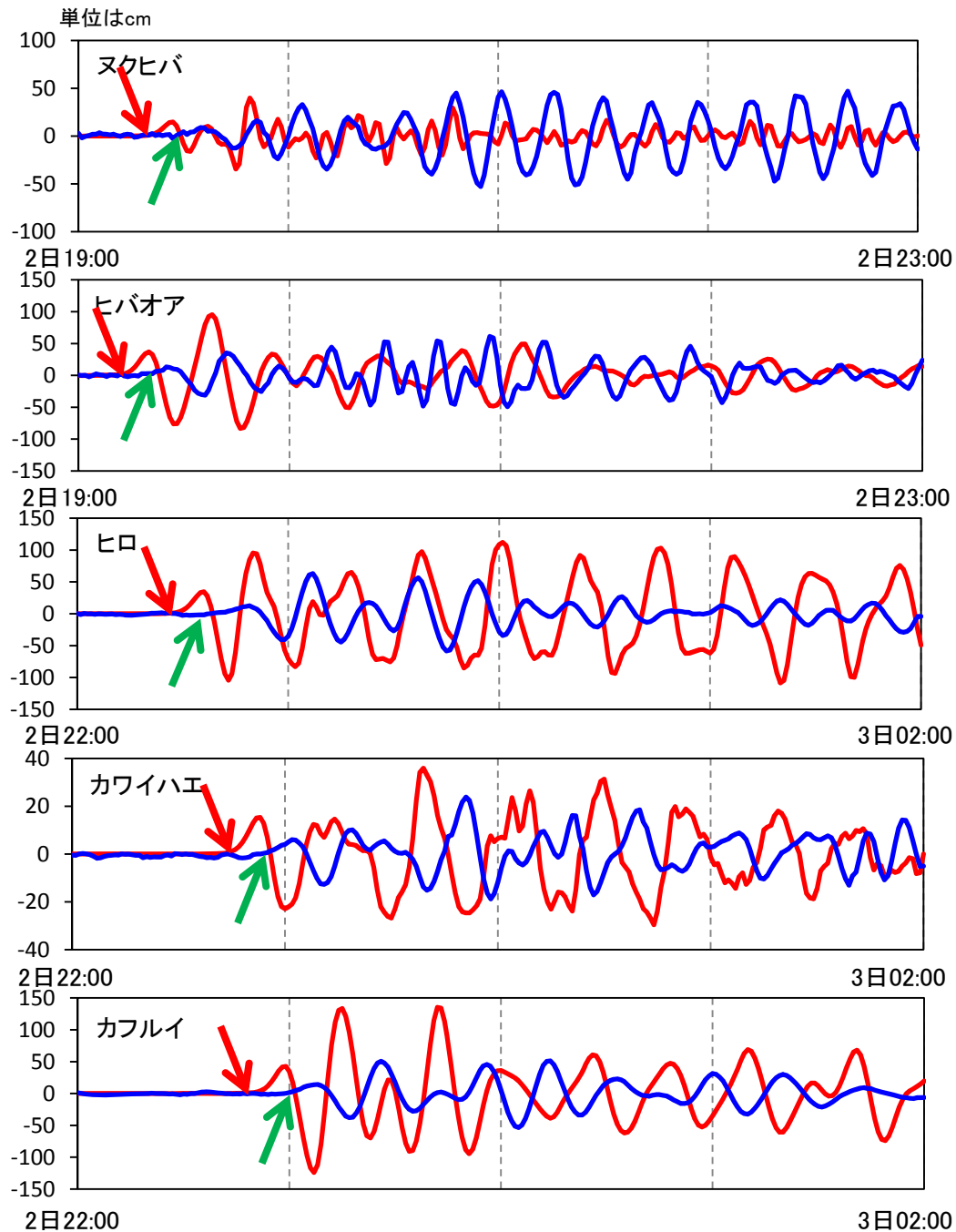
幾何平均、幾何分散は津波を観測した全ての観測点に対して求めたものである。

シミュレーション結果による予測値を事後評価するため、観測値との幾何平均、幾何分散を求めた。

処理結果は3回目の予測値が最も整合していたものの、他の予測値を用いても分布傾向に大きな差異は出なかった。



津波の到達予想時刻の比較(海外)

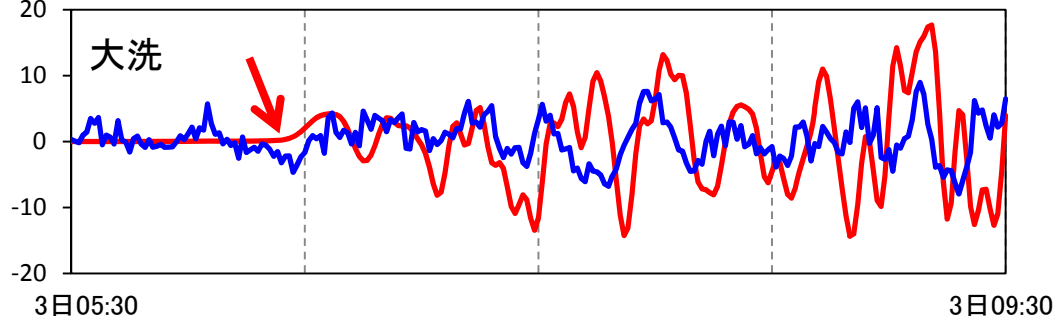
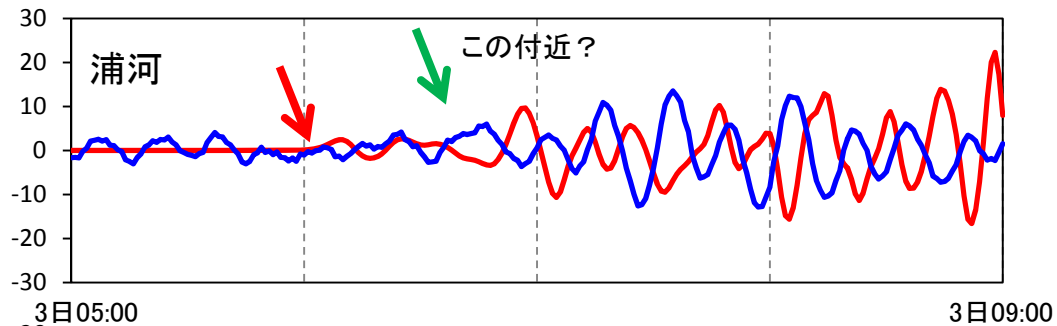
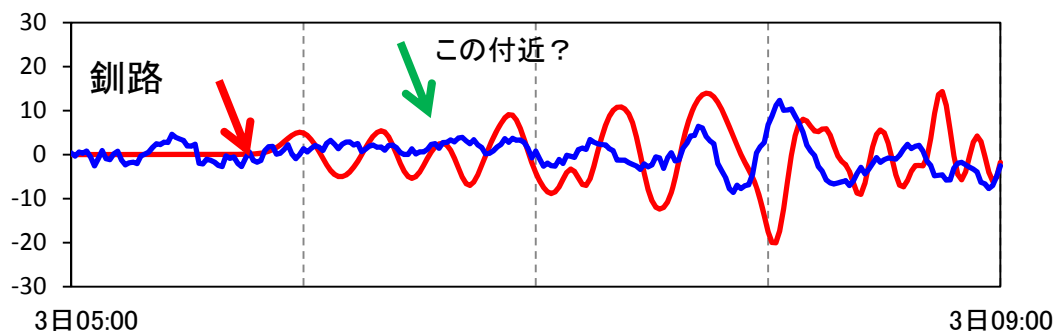
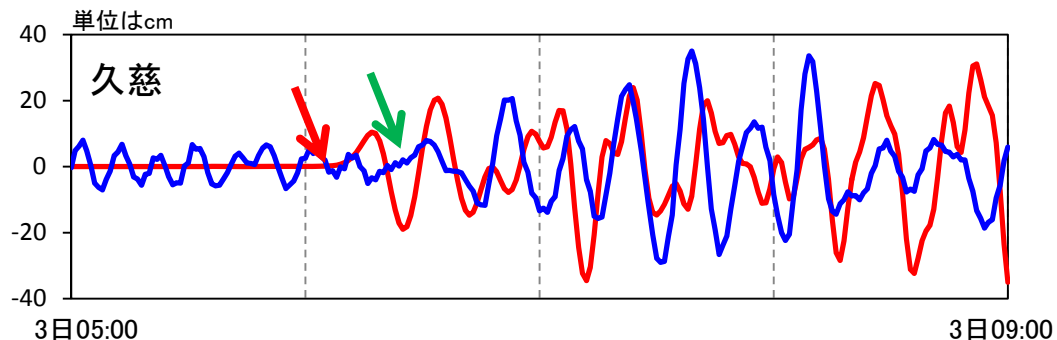


日本に至る途中経路の孤立した島嶼部の観測点について、津波シミュレーションによる第一波(赤色の⇒)と観測値の第一波(緑色の⇒)に15分程度の遅れが見られる。

凡例

- シミュレーション波形
- 観測波形(潮汐除去)

津波の到達予想時刻の比較(国内)



国内の主な津波観測点について、シミュレーションと観測値を掲載した。

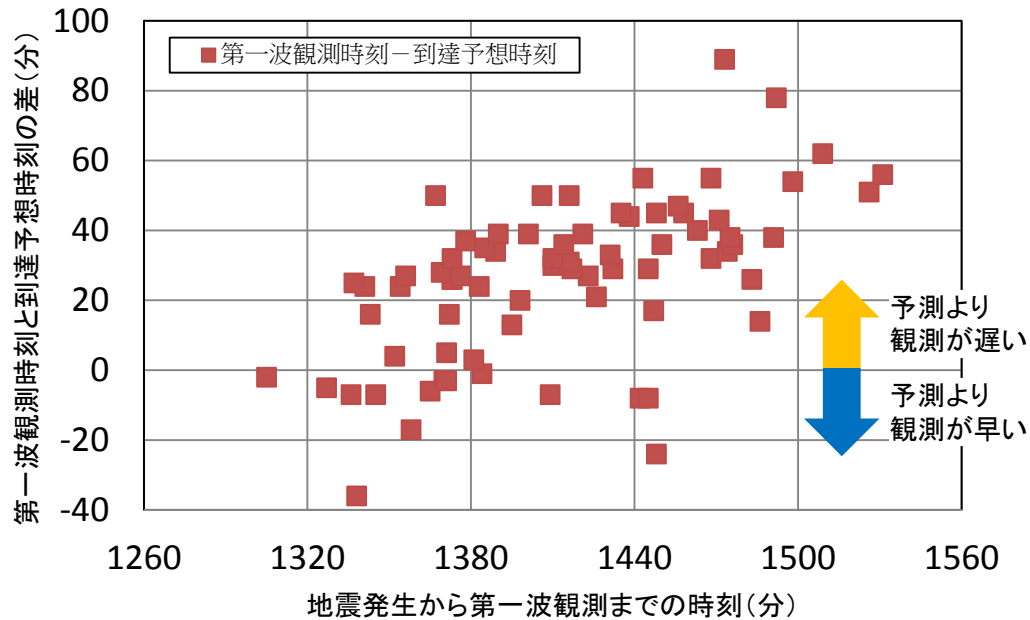
観測波形の立ち上がりが比較的分かりやすい久慈を見ると、津波シミュレーションでは06時過ぎに第一波が到達する予想(赤色の⇒)となっているが、実際の津波到達(緑色の⇒)は06:30頃であり、30分程度遅れて津波が到達している。

凡例

- シミュレーション波形
- 観測波形(潮汐除去)

参考：2010年チリ中部沿岸の地震の第一波到達と到達予想時刻の比較

2010年2月27日15時34分 チリ中部沿岸 Mw8.8



検潮所	時刻差	検潮所	時刻差
石巻市鮎川	-36	枝幸港	89
四日市	-24	南城市安座真	78
相馬	-17	那覇	62
半田市衣浦	-8	与那国島久部良	56
豊橋市三河港	-8	南大東漁港	55
むつ小川原港	-7	奄美市小湊	55
銚子	-7	石垣島石垣港	54
日向市細島	-7	宮古島平良	51
西伊豆町田子	-6	父島二見	50
大船渡	-5	函館	50
		苫小牧西港	50

平均値： 26分
標準偏差： 23分

2010年に発生したチリ中部沿岸の地震について、各地の到達予想時刻と第一波観測値の差を図及び表に記した。表は、早いものと遅いもので差の大きいものを示した。

2010年2月27日のチリ中部沿岸で発生した地震について、国内の津波観測点について、津波の第一波を観測した時刻と第一波のシミュレーションによる到達予想時刻の時刻差をプロットした。

遠地津波は伝送距離が長くなることから、第一波が不明瞭となる傾向が多いが、この地震は規模が大きかったために、多くの観測点で比較的明瞭に第一波が発現している。

全国を平均すると、概ね第一波観測時刻よりも到達予想時刻の方が早い傾向が見られる。

まとめ

- ✓ 2010年のチリ沿岸中部の地震を受けて整備された津波評価解析装置を用いてリアルタイムシミュレーションを行い、その結果を元に津波に関する注意喚起や津波注意報発表を行った。
- ✓ 解析に用いた震源メカニズムはいずれも似通っていたため、データベース検索結果、津波シミュレーション結果いずれも似たような結果となり、特に大きな差異は見られなかった。
- ✓ 途中経路にあたるハワイ諸島や仏領ポリネシアなどの潮位データを元に津波予測値の調整を行ったが、これにより予測精度を改善を行った。
- ✓ 太平洋沿岸の各地で津波が観測されたが、概ね北海道～関東にかけての地域でやや高い傾向が見られた。これは上記のデータベースやシミュレーション結果と整合している。
- ✓ 2010年のチリ中部沿岸の津波に続き、今回の津波においても、第一波が到達予想時刻より観測値が遅くなる傾向が見られた。
- ✓ 津波注意報解除について、定量的な評価が行えない中で過去の類似事例を参照して最大波の発現する時間を予測してその後注意報解除を行った。津波注意報の解除については技術的課題が多いが、過去事例を参照することは有効である。