

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

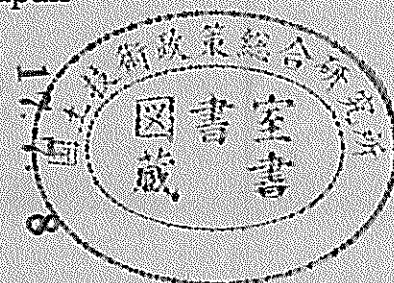
No. 1096 June 2005

2004年東海道沖地震津波の観測結果

永井 紀彦

里見 茂

独立行政法人 港湾空港技術研究所
Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan



目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 地震津波の概要	4
3. 津波発生時における海況	5
4. 津波波形記録	6
5. 津波波形記録に関する考察	11
6. まとめ	14
7. おわりに	14
参考文献	14

Records of Observed 2004 Tokaido-off Earthquake Tsunami Profile

Toshihiko NAGAI*
Shigeru SATOMI**

Synopsis

This paper explained results of the observed tsunami characteristics caused by the 2004 Tokaido-off Earthquake. Offshore tsunami profiles were obtained from the Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HARbourS (NOWPHAS) wave observation network and newly installed Muroto-off GPS buoy. Offshore tsunami data of the NOWPHAS seabed installed acoustic and pressure wave gauges nationwide network data and the GPS buoy data were compared with the coastal tide stations data.

It was concluded that NOWPHAS network seabed installed gauges and the GPS Buoy successfully observed tsunami profiles with good precision at the event. GPS buoy of 100m deep observed the first tsunami wave 10 minutes earlier than the coastal tide station, which indicated that GPS buoy will be useful for rapid coastal evacuation and tsunami disaster reduction. Tsunami amplification characteristics from offshore GPS buoy observation points to coastal tide gauge points were also clarified at the Muroto area, by conducting tsunami profile wave-to-wave analysis and frequency spectrum analysis.

Key Words: NOWPHAS, Tsunami, GPS buoy, Tsunami profile

* Head, Marine Information Division, Marine Environment and Engineering Department
** Researcher, Marine Information Division, Marine Environment and Engineering Department
Port and Airport Research Institute, Independent Administrative Institution 3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-46-844-5048 Fax : +81-46-842-5246 e-mail: nagai@pari.go.jp
<http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaisho/>
<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>

2004年東海道沖地震津波の観測結果

永井 紀彦*
里見 茂**

要 旨

2004年9月5日23:57に東海道沖地震が発生し、東海から四国に至る太平洋沿岸域で津波が観測された。本稿は、2004年東海道沖地震津波の観測結果を紹介したものである。

沿岸での津波は、銚子から油津にかけての広範な太平洋沿岸検潮所で観測されたが、その津波波形特性は、検潮所毎に大きく異なっていた。室津港、潮岬、および御前崎では、沖合における津波波形記録と港内の記録を比較することができた。特に、室津港では、ナウファスの一環として設置されている水深27mの超音波式波高計、流速計型波向計による観測記録と、沖合水深100mに設置されているGPS津波計との、波形記録が観測されており、室戸岬漁港内の気象庁検潮所の潮位変動記録とあわせて、沖から岸への津波の伝播・変形状況を捉えることができた。この結果、沖合では港内よりも8~10分程度早く津波の波形を捉えていたことが明らかにされた。また、3観測点の津波の周波数スペクトルを比較した結果、沖合から港内への津波波形の増幅特性を明らかにすることができ、室戸岬漁港内においては、周期8分程度の海面変動が増幅されやすい共振周期となっていることが示された。津波による流れの検出についても検討し、海底設置式のナウファス波浪計は、津波による流速変動を捉えたことが示された。ただし、GPSブイでは、常時の係留系の固有周期による水平回転運動が大きいため、今回の津波に伴う流速変動は検出できなかった。

沖合いにおける津波波形を観測するためには、従来のデータ収集システムでは不十分であり、切れ目のない連続的なデータ収集と、長周期波の特性に応じた観測データの処理解析が必要となる。1993年の北海道南西沖地震津波を契機として、ナウファスでも切れ目のない連続的なデータ収集システムが構築されることとなった。こうしたシステムの実現運用によって、沖合津波波形記録の収集解析が可能になり、沿岸に来襲する津波の特性解明に大きく貢献できるようになった。さらに、より早く沖合の津波を検知することができるシステムとして、GPS津波計を開発実用化し、2004年4月以降、室戸岬沖13kmの水深100m地点に実用化されたGPS津波計が配置され、大水深海域での津波や高波のリアルタイム監視開始された。本津波の実態把握にあたっては、こうした、ナウファスの改良やGPS津波計が、重要な役割を担った。

キーワード：ナウファス、全国港湾海洋波浪情報網、津波、GPSブイ、津波波形

* 海洋・水工部海象情報研究室長
** 海洋・水工部海象情報研究室
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所
電話：046-844-5048 Fax：046-842-5246 e-mail：nagai@phri.go.jp
<http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaisho/>
<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>

1. はじめに

2004年9月5日23:57に東海道沖地震が発生し、東海から四国に至る太平洋沿岸域で津波が観測された。

津波の波形は、波浪や潮位の観測データから解明される^{1), 2)}。本報は、毎年定期的にとりまとめられている波浪観測年報³⁾や、5年間毎を目途にとりまとめられている長期統計報⁴⁾とは別に、2004年に発生したこの津波に焦点を絞って、全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）によって観測された波浪観測記録や、沿岸潮位観測記録を、とりまとめたものである。

本稿で紹介する2004年に来襲した東海道沖地震津波の詳細な観測は、以下に述べる一連の技術開発の成果であり、全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）の開発・改良を通じた、近年の沿岸波浪観測情報の飛躍的な充実の結果である^{5), 6), 7), 8)}。

かつての波浪観測は、概ね周期30秒以下の風波やうねりをターゲットとしていたため、ナウファスでは、2時間毎に20分間だけ0.5s間隔で波浪観測情報を収集するシステムが構築されていた。（気象庁では3時間毎を標準としていた。）しかし、現実の海洋には、長周期波と呼ばれる、周期30秒を越える波浪成分が含まれており、係留船舶の長周期動揺や沿岸漂砂を支配する重要な外力となることが、次第に明らかにされてきた。海底地震によって発生する津波は、もっとも顕著な長周期波である。こうした津波などの長周期波を観測するためには、従来のデータ収集システムでは不十分であり、切れ目のない連続的なデータ収集と、長周期波の特性に応じた観測データの処理解析が必要となる。1993年の北海道南西沖地震津波⁹⁾を契機として、ナウファスでも切れ目のない連

続的なデータ収集システムが構築されることとなった。

こうしたシステムの実現運用によって、沖合津波波形記録の収集解析が可能になり、沿岸に来襲する津波の特性解明に大きく貢献できるようになった^{10), 11)}。2003年十勝沖地震来襲時には、北海道から東北地方沿岸の沖合10波浪観測点で、津波の詳細な波形を明らかにしている¹²⁾。

津波の観測にあたっては、いち早く沖合で津波を把握し、人的被災を軽減させる避難情報としても活用されることが望ましい。設置水深が概ね50mまでに限定されている海底設置式波浪計よりもより早く沖合の津波を検知することができるシステムとして、GPS津波計が開発実用化された^{13), 14)}。2004年4月以降、室戸岬沖13kmの水深100m地点に実用化されたGPS津波計が配置され、大水深海域での津波や高波のリアルタイム監視が開始された。2004年の異常波の実態把握にあたっては、この室戸沖に新設されたGPS津波計もまた、重要な役割を担うことができた。

2. 地震津波の概要

東海道沖地震津波は、2004年9月5日に発生した。9月6日0:19の気象庁発表によると、地震発生は、日本時間9月5日23:57、マグニチュードは7.3、震源は紀伊半島沖北緯33.2度、東経137.1度、深さ10kmとのことであった。この地震の約5時間前に、紀伊半島沖地震が発生している。紀伊半島沖地震は、9月5日19:29の気象庁発表によると、発生日時は日本時間9月5日19:07、マグニチュードは6.8、震源は紀伊半島沖の北緯33.2度、東経136.9度、深さ10kmとのことであった。いずれの地震でも、紀伊半島南東部で震度5弱が観測された。震

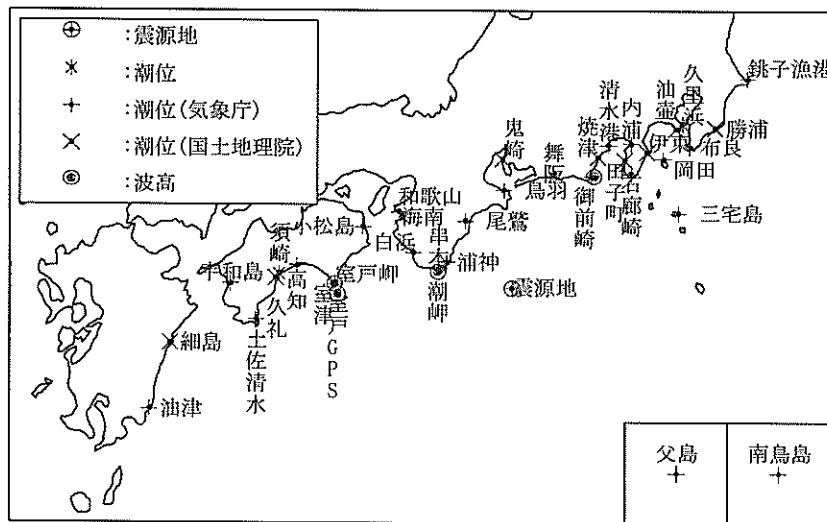


図-1 震源および津波観測点の分布

表-1 津波波形記録観測点一覧

地点名	計器	緯度(北緯)	経度(東経)	水深(m)	所属機関	地点名	計器	緯度(北緯)	経度(東経)	水深(m)	所属機関
銚子漁港	フース型	35° 45' 00"	140° 51' 00"		気象庁	潮岬	海象計	33° 25' 47"	135° 45' 00"	55	近畿地方整備局
勝浦	フース型	35° 08' 00"	140° 15' 00"		国土地理院	串本	フース型	33° 29' 00"	135° 46' 00"		気象庁
布良	フース型	34° 55' 00"	139° 49' 00"		気象庁	白浜	フース型	33° 41' 00"	135° 23' 00"		気象庁
三宅島	音波式	34° 03' 00"	139° 33' 00"		気象庁	海南	フース型	34° 09' 00"	135° 12' 00"		国土地理院
久里浜	フース型	35° 13' 28"	139° 43' 27"		港湾空港技術研究所	和歌山	フース型	34° 13' 00"	135° 09' 00"		気象庁
岡田	フース型	34° 47' 00"	139° 23' 00"		気象庁	小松島	フース型	34° 01' 00"	134° 35' 00"		気象庁
油壺	フース型	35° 10' 00"	139° 37' 00"		国土地理院	室戸GPS	GPS津波計	33° 08' 26"	134° 12' 10"	100	※
伊東	フース型	34° 53' 00"	139° 08' 00"		国土地理院	室津	波高計	33° 15' 59"	134° 08' 52"	27	四国地方整備局
石廊崎	音波式	34° 37' 00"	138° 51' 00"		気象庁	室戸岬	フース型	33° 16' 00"	134° 10' 00"		気象庁
田子町	フース型	34° 48' 00"	138° 46' 00"		国土地理院	高知	音波式	33° 30' 00"	133° 34' 00"		気象庁
内浦	フース型	35° 01' 00"	138° 53' 00"		気象庁	須崎	フース型	33° 23' 14"	133° 17' 33"		四国地方整備局
清水港	フース型	35° 01' 00"	138° 31' 00"		気象庁	須崎	水圧電極式	33° 23' 36"	133° 18' 07"		四国地方整備局
焼津	フース型	34° 52' 00"	138° 20' 00"		国土地理院	久礼	フース型	33° 20' 00"	133° 15' 00"		国土地理院
御前崎	海象計	34° 37' 05"	138° 15' 44"	23	中部地方整備局	土佐清水	フース型	32° 47' 00"	132° 58' 00"		気象庁
御前崎	フース型	34° 37' 00"	138° 13' 00"		気象庁	宇和島	音波式	33° 14' 00"	132° 33' 00"		気象庁
舞阪	フース型	34° 41' 00"	137° 37' 00"		気象庁	細島	フース型	32° 26' 00"	131° 40' 00"		国土地理院
鬼崎	フース型	34° 54' 00"	136° 49' 00"		国土地理院	油津	フース型	31° 35' 00"	131° 25' 00"		気象庁
鳥羽	フース型	34° 29' 00"	136° 49' 00"		気象庁	父島	フース型	27° 06' 00"	142° 11' 00"		気象庁
尾鷲	フース型	34° 05' 00"	136° 12' 00"		気象庁	南鳥島	水圧式	24° 18' 00"	153° 58' 00"		気象庁
浦神	フース型	33° 33' 00"	135° 54' 00"		気象庁						

※：東京大学・人と未来防災センター・日立造船・港湾空港技術研究所

度1以上の揺れを感じた地域は、いずれの地震でも宮城県から九州地方にいたる広範な範囲であった。

これらの地震による沿岸での津波は、銚子から油津にかけての広範な太平洋沿岸検潮所で観測されたが、その津波波形特性は、検潮所毎に大きく異なっていた。

図-1に、震源および観測点を示す。沖合の波浪観測機器でこれらの地震に伴う津波による顕著な水位変動を観測できたのは、室津港、潮岬および御前崎であった。このうち、室津港では、ナウファスの一環として設置されている水深27mの超音波式波高計、流速計型波向計による観測記録と、沖合水深100mに設置されているGPS津波計との波形記録が観測されており、室戸岬漁港内の気象庁検潮所の潮位変動記録とあわせて、沖から岸への津波の伝播・変形状況を捉えることができた。同様に、設置水深55mのナウファス潮岬海象計の観測データは気象庁串本検潮所の潮位観測記録と、設置水深23mのナウファス御前崎海象計の観測データは気象庁御前崎検潮所の潮位観測記録と、それぞれ比較検討することができた。

表-1は、東海道沖地震津波を観測した各観測点の緯度経度等の観測条件を示したものである。沖合波浪観測点については、設置水深もあわせて表示している。港内検潮記録は、大部分の観測点が検潮井戸内のフロートの上下変動を計測するフース型であったが、南鳥島では水圧

式、三宅島・石廊崎・高知・宇和島では空中発射型超音波式潮位計¹⁵⁾であった。

なお、紀伊半島沖地震および東海道沖地震という名称は、気象庁のホームページから閲覧することができる。2004年9月7日の気象庁報道発表資料に基づく名称である。東京大学地震研究所では、この後に発生した余震と考えられる複数の一連の地震を総称して紀伊半島南東沖地震と呼び、最大のマグニチュード7.4であった東海道沖地震のことを紀伊半島南東沖地震の本震という呼び名で表現されている^{16), 17)}。本稿では、気象庁の発表資料に従った地震名称を用いた。

3. 津波発生時における海況

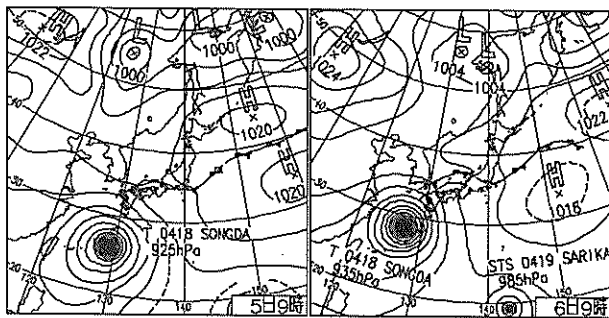
図-2は、津波発生前後の天気図を示したものである。地震発生当時は、台風17号の影響も残っており、台風18号は沖縄本島を直撃していた時であったため、太平洋沿岸では、うねりが強い海況であった。図-3は、沿岸波浪分布図を示したものである。

こうした波浪は、観測波形記録から津波を抽出する際には、ノイズとなるものであり、こうした高波浪時における津浪波形抽出にあたっては、適切な数値フィルターの選定が重要となる。ここでは、次章に示す数値フィルターを用いて観測記録から津波によると考えられる水位

変動を抽出することとした。

他方、細い導水管を通じて外海につながった井戸内の水位変動を観測する検潮記録は、固有の井戸周波数応答特性を有し、導水管の径や長さに応じて、ある周波数以上の高周波水位変動に対しての応答が悪くなる特性を有している。各検潮井戸の周波数応答特性は不明であるが、一般的に述べれば、周期の短い変動を検知している検潮

記録は、井戸周波数応答がよいが、津波に伴うものではない波浪の長周期成分の水位変動をあわせて記録している可能性が高いことには注意が必要である。逆に、周期の短い水位変動が見られずゆっくりとした変動のみが記録されている検潮記録は、井戸周波数応答性が悪く、周期の比較的短い津波による水位変動を検知していない可能性が高いので、やはり注意が必要である。



(2004年9月5日9時) (2004年9月6日9時)

図-2 津波発生前後の天気図

4. 津波波形記録

付図に、収集検討した津浪波形記録を示す。以下に、付図から、港湾沿岸毎にとりまとめた観測津波波形の特徴を述べる。潮位変動の除去にあたっては、気象庁の潮位解析に採用されているカットオフ周期 209 分の数値ハイパスフィルター（周期 209 分の透過率が 50% のデジタルフィルター）¹⁸⁾ を採用した。また、風浪の影響を除去するため、試行錯誤の結果、カットオフ周期 150s の数値ローパスフィルターを用いた。横軸の時間軸は、日本時

2004年9月6日2時における沿岸波浪分布

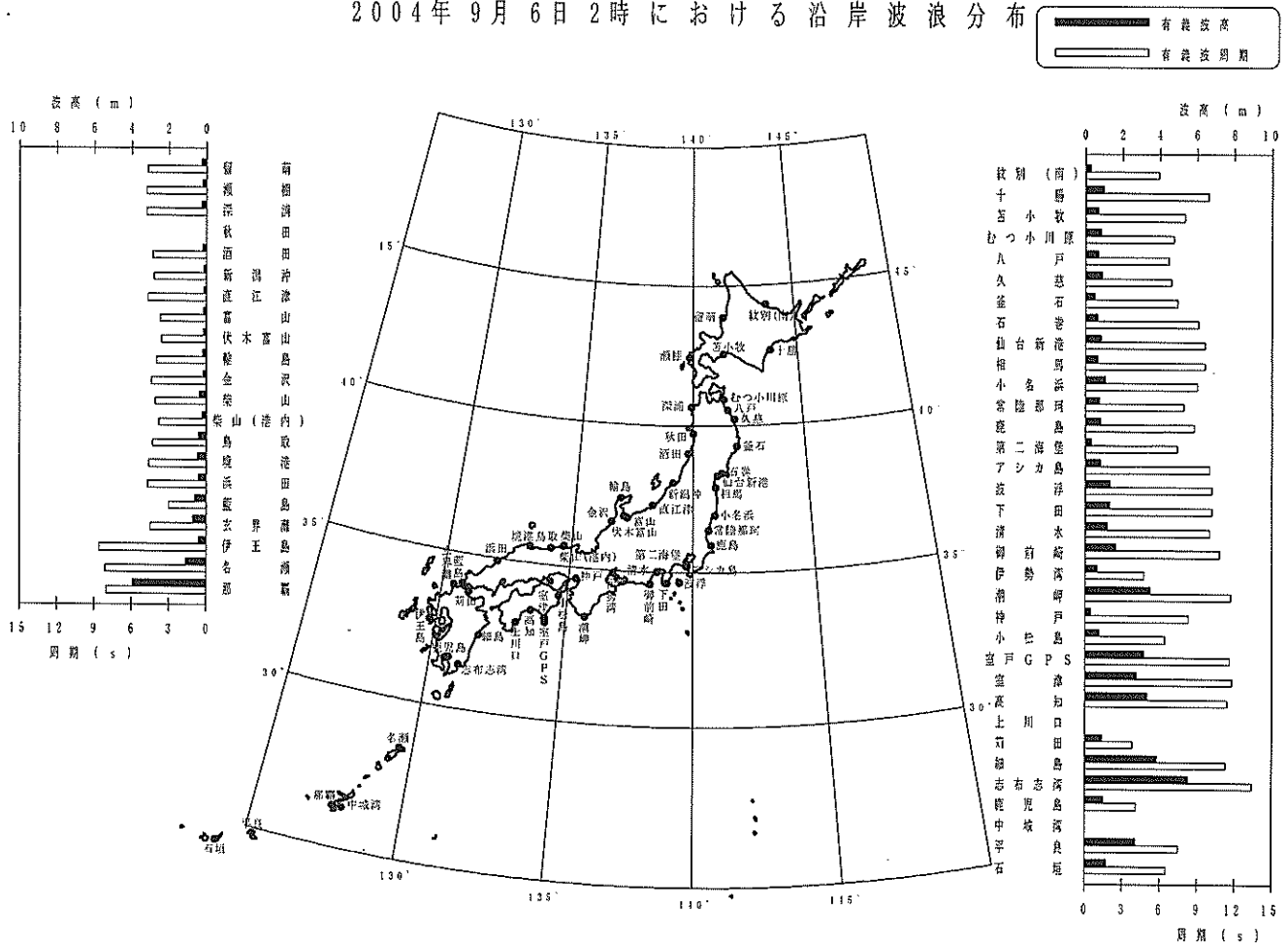


図-3 沿岸波浪分布図

間を示しており、9月5日18:00から6日6:00までの12時間の波形記録を示している。

図-4は、室戸岬沖GPSブイ（水深100m）、室津港沖ナウファス超音波式波高計（水深27m）および室戸岬検潮所における津波波形記録を、東海道沖地震によると判断される時間について付図を拡大して示したものである。GPSブイによる津波観測記録の妥当性は、大船渡港沖における実証試験結果¹⁴⁾で明らかにされている他、当所海象情報研究室あるいは東京大学地震研究所のホームページにリンクされている室戸沖GPSブイ観測データ公開ホームページで述べられている通り、東海道沖地震津波の数値シミュレーション結果ときわめて良好な一致を示していることから、妥当な観測結果を得たものと判断されている。

なお、付図からわかるように、紀伊半島沖地震に対しては、津波の検出はそれほど容易ではなかった。GPSブイの記録を見ると、19:30頃から2波程度、それまでよりは若干周期が長く周期10分程度あり、両振幅（波高）も若干大きく4cm程度ある、紀伊半島沖地震によって発生したと考えられるきわめて弱い津波が見られる。ナウファス波浪計では、紀伊半島沖地震による津波はもう少しはっきりとしており、19:35頃から、やはり周期10分程度、波高10cm程度の弱い津波が数波ほど継続している状況が見られる。室戸岬検潮所では、常時周期8分程度の副震動と考えられる海面変動が観測されているようであるが、19:40頃から20:50頃にかけてその変動が前後の記録よりも著しく大きく、周期8分程度、波高50cm程度の変動が継続している。その後も、こうした変動は、うなりのように繰り返され、22:00～22:30頃、および23:30～0:30頃にかけて、波高の増大が見られた。

しかし、23:57に発生した東海道沖地震に対しては、図-4からわかるように、津波によると考えられる顕著な波形記録が現れている。GPSブイでは、0:25頃から押し波が始まり、0:31に偏差が極大値となる10cmとなった。その後、水位は低下し、0:35には-9cmの極小値となる顕著な津波第1波目を観測している。ナウファス波浪計が検出した東海道沖地震による津波の第1波は、0:28頃から押し波が始まり、0:32に偏差が極大値となる22cmとなった。室戸岬検潮所では、紀伊半島沖地震によって励起されたと考えられる周期8分程度の副震動が0:00を過ぎてからも残っていたが、東海道沖地震によると考えられるより顕著な津波が観測された。第1波は、0:37から押し波が始まり、0:40に偏差が極大値となる32cmであった。東海道沖地震によると考えられる津波による水面変動は、その後数時間にわたって継続したが、

その振震は徐々に減衰していったため、津波の終了時刻は明確に定義することはできなかった。

図-5は、図-4と同様に、潮岬沖ナウファス海象計（水深55m）および串本検潮所における津波波形記録を示したものである。東海道沖地震によって生じたと考えられる津波の第1波の偏差の極大値は、沖合では0:17に49cm、港内では0:23に83cmであった。沖合では、周期5分弱程度の短い周期の海面変動が3波ほど続いた後、変動幅は両震幅20cm弱に急速に減少した。他方、港内検潮所では、津波波形は長時間継続した。周期15～20分の比較的周期の長い海面変動が、6日の早朝まで継続した。

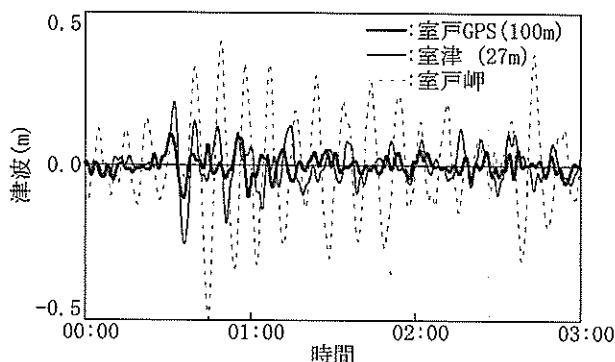


図-4 観測津波波形（室津港：GPSブイ、波浪計、検潮器）

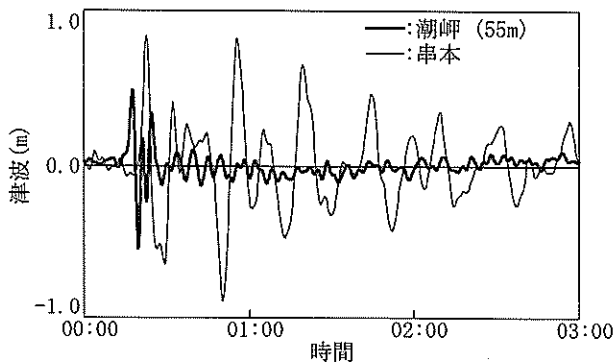


図-5 観測津波波形（潮岬：海象計、検潮器）

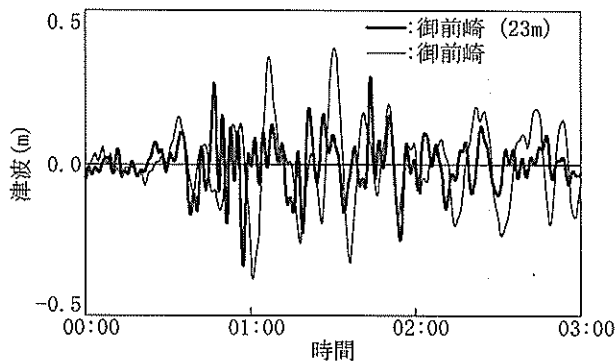


図-6 観測津波波形（御前崎：海象計、検潮器）

なお、付図からわかるように、紀伊半島沖地震によって生じたと考えられる津波の第1波についても、沖合波浪計および港内検潮器で明確に現れていた。第1波の偏差の極大値は、沖合では19:25に10cm、港内では19:30に30cmであった。

図-6は、御前崎沖ナウファス海象計（水深23m）および御前崎港検潮所における津波波形記録を示したものである。東海道沖地震の津波については、到達は必ずしも明確ではないが、ゼロアップクロス法で定義される沖合では0:22から、港内では0:24からのそれぞれの個別波が、津波の第1波と考えられる。第1波の偏差は、沖合では7cm、港内では17cmであった。津波は、その後増幅され、沖合での最大偏差は1:43に28cm、港内では1:30に37cmであった。津波波形記録にはさまざまな周期成分が含まれているように見られるが、沖合の津波周期は港内よりもかなり短くなっている。津波にはさまざまな周期成分が含まれており、観測地点毎に異なる周期成分が増幅されていることが想像される。

なお、付図からわかるように、紀伊半島沖地震によって生じた津波は、あまり明確ではないが、特に港内では、19:30以降、周期15分程度両振幅10~20cmの海面変動が見られ、津波の影響であると考えられる。

その他の観測点における検潮記録を、付図をもとに、代表的な観測点の波形について述べる。

①銚子検潮所（気象庁）

常時の数cmの副振動はあるものの、20:50~21:00にかけて両振幅約10cm周期6分程度の紀伊半島沖地震によると思われる津波の第1波を観測した模様である。21:00~21:20頃にかけて津波によると思われる振動は継続していると読み取られるものの、その震幅は小さい。21:20以降は、津波と常時の副振動との識別は困難であった。その後、6日の1:35頃から2:10頃にかけて、東海道沖地震によると考えられる、両振幅20cm程度、周期8分程度の津波を5波続けて観測。2:10以降も津波は継続しているものの、振幅は小さくなっている。

②布良検潮所（気象庁）

常時両振幅20cm程度、周期2~5分程度の副振動が存在しているため、津波波形の抽出は困難である。しかし、5日20:25頃から20:50頃にかけて、両振幅約50cm、周期約6分程度の紀伊半島沖地震によると思われる津波を、3波続けて観測した模様である。その後は、津波は減衰し、常時の副振動との識別が困難になるものの、6日1:00頃から2:00頃にかけて、振動の大きさと周期が急に大きくなっているのは、東海道沖地震によるものと思われる。この1時間の間に、8波程度、両振幅50~70cm

程度の津波によると思われる波形が見られる。

③三宅島検潮所（気象庁）

常時両振幅20cm程度、周期2~5分程度の副振動が存在しているため、津波波形の抽出は困難である。しかし、5日19:40頃から20:20頃にかけて、両振幅約30cm、周期約5分の紀伊半島沖地震によると思われる波形が見られる。その後もうなり上の波形が、20:45頃、21:20頃、22:20頃を各極大値として、繰り返し見られる。6日0:30頃からは、東海道沖地震によるものと思われる、より顕著な水位変動が見られる。この第1波の両振幅は、70cm程度であった。周期5分程度、両振幅50~70cm程度の津波によると思われる波形が、その後、3:00頃まで継続した。

④久里浜検潮所（独立行政法人港湾空港技術研究所）

常時両振幅2~3cm程度、周期15分程度の副振動が存在しているため、紀伊半島沖地震による津波波形の抽出は困難である。その後の東海道沖地震の津波波形も必ずしも明瞭ではないが、6日1:00頃から5:00頃にかけて、周期15分程度の水面変動が増幅されており、最大12cm程度の両振幅であった。

⑤岡田検潮所（気象庁）

常時両振幅20cm程度、周期2~5分程度の副振動が存在しているため、津波波形の抽出は困難である。しかし、5日20:25頃から20:50頃にかけて、両振幅約50cm、周期約6分程度の紀伊半島沖地震によると思われる津波を、3波続けて観測した。その後は、津波は減衰し、常時の副振動との識別が困難になるものの、6日1:00頃から2:00頃にかけて、振動の大きさと周期が急に大きくなっているのは、東海道沖地震による津波と思われる。この1時間の間に、8波程度、両振幅50~70cm程度の津波と思われる波形が見られる。

⑥石廊崎検潮所（気象庁）

常時両振幅20cm程度、周期2~5分程度の副振動が存在しているため、津波波形の抽出は困難である。しかし、5日20:00頃から20:10頃にかけて、両振幅約40cm、周期約5分程度の紀伊半島沖地震によると思われる津波波形が2~3波見られる。その後、6日0:20から、東海道沖地震津波によるものと思われる顕著な水位変動が再び始まる。この水位変動は、0:45頃から0:55頃までの連続した2波が最も顕著であり、最大両振幅は1m程度であった。その後、津波は徐々に減衰するが、2:15頃には2回目のうなりによる極大両振幅が50cm程度に達した。

⑦内浦検潮所（気象庁）

比較的常時副振動が小さいので津波波形の識別が容易であった。20:00頃から23:00頃にかけて紀伊半島沖地

震によると思われる津波波形が継続している。最大両振幅は25cm程度、周期は10分程度であった。その後、0:30頃から東海道沖地震津波によるものと思われる顕著な水位変動が再び始まった。周期は10～15分程度と他の観測点より長く、最大両振幅は、6日2:00すぎに、70cm程度の波形が観測された。その後も津波による水位変動は継続し、6:00以降も継続した。

⑧清水港検潮所（気象庁）

両振幅10cm程度、周期2～3分程度の常時副振動が見られるが、紀伊半島沖地震によると思われる津波波形の識別は困難である。しかし、6日1:00以降、周期15分程度の東海道沖地震津波によるものと思われる顕著な水位変動が見られる。この津波波形は、両振幅10～15cm程度であり、4:00頃まで継続した。

⑨舞阪検潮所（気象庁）

両振幅10～20cm程度、周期2～3分程度の常時副振動が見られるため、津波波形検出は困難であった。しかし、6日0:30頃、東海道沖地震によるものと思われる津波が1波だけ観測された模様である。周期6分程度、両振幅35cm程度の水位変動であった。

⑩鳥羽検潮所（気象庁）

比較的常時副振動が小さいので津波波形の識別が容易であった。紀伊半島沖地震津波によると思われる水位変動は5日20:00ころから22:00頃にかけて見られる。最大の両振幅は21:15頃の波形に見られ、30cm程度であり対応周期は12分程度であった。その後、6日1:00頃から到達時刻の読み取りは困難であるが東海道沖地震津波によるものと思われる顕著な水位変動が見られ、6日6:00以降まで津波波形は継続した。最大の両振幅は、2:00から2:15頃の波形に見られ、75cm程度に達した。対応周期は15分程度であった。

⑪尾鷲検潮所（気象庁）

隣接する浦神検潮所とともに、比較的常時副振動が小さく、かつ、最も容易に両地震による津波波形が顕著に観測できた。5日19:30頃から押し波として紀伊半島沖地震津波の到達が確認できた。津波の周期は15分程度であり、最大両振幅は2波目の60cmであった。5日21:00以降、津波波形は一旦おさまるが、6日0:20頃から押し波として東海道沖地震津波の到達が確認できる。第1波が最大両振幅となり120cm程度であった。第1波の周期は15分程度であった。津波波形はその後減衰するが、6日6:00以降も継続した。

⑫浦神検潮所（気象庁）

隣接する尾鷲検潮所とともに、比較的常時副振動が小さく、かつ、最も容易に両地震による津波波形が顕著に

観測できた地点である。5日19:25頃から押し波として紀伊半島沖地震津波の到達が確認できた。津波の周期は12分程度であり、最大両振幅は1波目の55cmであった。

5日21:00以降、津波波形は一旦おさまるが、6日0:17頃から押し波として東海道沖地震津波の到達が確認できる。第1波が最大両振幅となり140cm程度であった。第1波の周期は12分程度であった。津波波形はその後減衰するが、6日6:00以降も継続した。

⑬須崎電極水圧併設型潮位計（四国地方整備局高知港湾空港整備事務所）

5日20:30頃から6日0:00頃にかけて、紀伊半島沖地震津波によると思われる両振幅10～20cm程度、周期20分程度の水位変動が続いた。この時間中の最大両振幅は、22:40頃30cm程度であった。その後、6日1:00頃から、東海道沖地震津波によると思われる両振幅20～50cm程度、周期20分程度の水位変動が5:00頃まで継続した。この時間中の最大両振幅は、1:10頃40cm程度であった。

⑭父島検潮所（気象庁）

5日20:40頃から22:00頃まで、紀伊半島沖地震津波によると思われる波形が見られる。この中で、21:00から21:30にかけての4波が、もっとも顕著であり、それぞれ、両振幅40cm程度、周期15分程度であった。その後22:00以降は、津波によると考えられる振動は見られない。6日1:15頃からは、東海道沖地震津波によるものと思われる顕著な水位変動が再び始まった。この津波波形は、はじめの4波にわたり徐々に増幅され、最大両振幅は、2:15頃の第4波目で75cmであった。2:20以降は、徐々に津波振幅は減衰したが、周期15分程度の津波によると考えられる水位変動は、6日6時頃まで継続した。

⑮南鳥島検潮所（気象庁）

顕著な津波によると思われる水位変動は見られなかった。

以上のように、多くの検庁所で、数分から十数分程度の固有の周期を持つ副振動が津波来襲前から見られ、津波によって副振動が増幅された事象が多かったと考えられる。このため、検潮所毎に観測された津波波形の周期は、異なったものとなったものと考えられる。

表-2は、津波の到達時刻と諸元を一覧表にとりまとめたものである。各観測点に共通して、津波は水位の上昇（押し波）から始まったため、ここでは到達時間は、東海道沖地震による津波と考えられる水位上昇が始まった時刻として定義した。

表-2 津波の到達時刻と諸元一覧表

観測地点		到達時刻	第1波		最大偏差波			最大波			増幅率 (港内/沖合)			
			偏差 (cm)	ピーク時刻	No.	偏差 (cm)	ピーク時刻	No.	波高 (cm)	周期 (分)	ゼロアップ 加算時刻	第1波 偏差	最大 偏差	最大波
銚子漁港	フース型	1:36	5.0	1:38	4	13.0	2:00	2	18.0	8	1:45			
勝浦	フース型	1:17	14.0	1:19	1	14.0	1:19	1	32.0	13	1:17			
布良	フース型	0:46	14.0	0:48	6	34.0	1:28	4	60.0	12	1:07			
三宅島	音波式	0:24	13.0	0:27	2	36.0	0:33	2	61.0	5	0:32			
久里浜	フース型	0:50	3.0	1:02	6	7.0	2:14	6	11.0	17	2:10			
岡田	フース型	0:45	11.0	0:47	7	28.0	1:18	16	52.0	6	1:59			
油壺	フース型	0:44	5.0	0:58	7	18.0	2:11	4	29.0	17	1:36			
伊東	フース型	0:49	5.0	0:51	22	9.0	2:10	2	15.0	5	0:53			
石廊崎	音波式	0:24	21.0	0:27	6	58.0	0:53	6	96.0	6	0:52			
田子町	フース型	0:25	6.0	0:28	10	10.0	1:55	17	17.0	10	2:56			
内浦	フース型	0:32	11.0	0:36	8	37.0	2:08	8	57.0	17	2:06			
清水港	フース型	0:27	6.0	0:37	19	7.0	3:02	14	16.0	17	2:02			
焼津	フース型	0:31	20.0	0:35	5	22.0	1:20	5	38.0	9	1:18			
御前崎	海象計	0:23	7.0	0:25	16	28.0	1:44	7	44.0	4	0:55			
御前崎	フース型	0:26	16.0	0:34	5	38.0	1:31	5	70.0	12	1:27	2.29	1.36	1.59
舞阪	フース型	0:33	22.0	0:35	1	22.0	0:35	1	35.0	6	0:33			
鬼崎	フース型	1:27	7.0	1:29	4	13.0	1:55	13	26.0	12	3:11			
鳥羽	フース型	0:47	12.0	0:50	8	35.0	2:09	8	74.0	14	2:06			
尾鷲	フース型	0:22	55.0	0:26	2	55.0	0:41	1	116.0	15	0:22			
浦神	フース型	0:18	58.0	0:22	1	58.0	0:22	1	139.0	14	0:18			
潮岬	海象計	0:13	48.0	0:18	1	48.0	0:18	1	102.0	8	0:13			
串本	フース型	0:20	83.0	0:23	1	83.0	0:23	1	148.0	11	0:20	1.73	1.73	1.45
白浜	フース型	0:34	17.0	0:37	8	20.0	1:34	7	29.0	6	1:26			
海南	フース型	0:56	2.0	0:57	6	14.0	1:55	6	25.0	18	1:51			
和歌山	フース型	1:02	0.0	1:02	8	9.0	2:16	9	13.0	30	2:40			
小松島	フース型	1:04	7.0	1:09	3	11.0	1:55	3	18.0	28	1:45			
室戸GPS	GPS津波計	0:27	10.0	0:31	1	10.0	0:31	1	20.0	11	0:27			
室津	波高計	0:27	22.0	0:32	1	22.0	0:32	1	46.0	11	0:27	2.20	2.20	2.30
室戸岬	フース型	0:38	32.0	0:40	2	41.0	0:49	1	82.0	9	0:38	3.20	4.10	4.10
高知	音波式	1:28	12.0	1:29	2	19.0	1:42	2	31.0	18	1:38			
須崎	フース型	0:59	19.0	1:09	1	19.0	1:09	1	25.0	19	0:59			
須崎	水圧電極式	1:07	19.0	1:16	1	19.0	1:16	1	40.0	32	1:07			
久礼	フース型	0:59	17.0	1:00	37	19.0	4:47	5	34.0	11	1:18			
土佐清水	フース型	0:52	23.0	0:57	4	31.0	1:18	44	57.0	4	3:53			
宇和島	音波式	3:05	8.0	3:10	19	9.0	5:00	6	13.0	6	3:47			
細島	フース型	0:41	8.0	0:49	35	11.0	4:24	3	19.0	17	1:02			
油津	フース型	1:05	14.0	1:08	9	18.0	2:36	3	31.0	9	1:15			
父島	フース型	1:22	11.0	1:27	4	38.0	2:17	4	73.0	14	2:12			
南鳥島	水圧式	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

5. 津波波形記録に関する考察

(1) 周期帯波高表示による津波の検出

図-7 は、沖合波浪観測点における周期 300s 以上の長周期帯波高の経時変化を示したものである。ナウファスでは、2 時間単位で波浪観測データをスペクトル解析し、長周期波成分の周波数スペクトルの特性を周期帯波高表示で表しているが、その結果を示したものである⁸⁾。津波波形が確認されている室津・潮岬・御前崎に共通して、2 時 (0:10~2:10 の観測記録のスペクトル解析結果) の周期帯波高が顕著な極大値を示しているが、これが津波による影響と考えられる。図-8 は、この観測時間帯における周期帯沖合津波波高と最大偏差との関係をプロットしたものである。3 地点に共通して、スペクトルから得られる周期帯波高は、時間内における津波の最大偏差とほぼ等しい値となっており、周期帯波高表示によっておおまかな津波の偏差を推定できる可能性を示している。

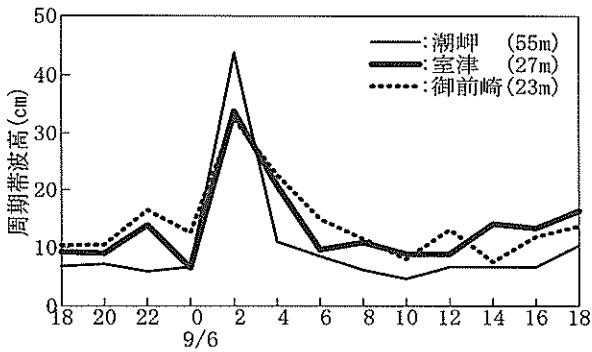


図-7 沖合波浪観測点における周期帯波高 (300 秒以上) の経時変化

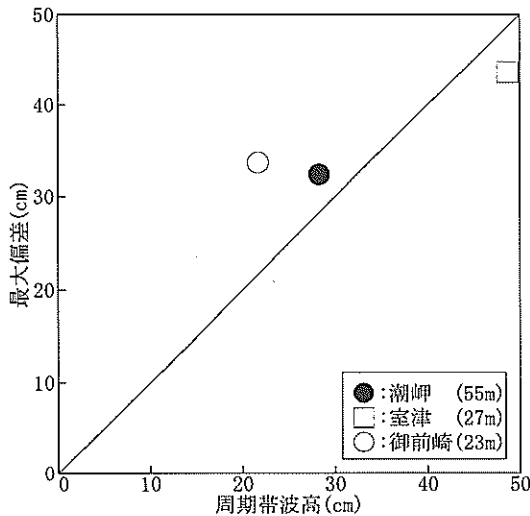


図-8 周期帯沖合津波波高と最大偏差 (6 日 0:10~2:10JST)

(2) 沖合から港内への津波の増幅特性

図-9 は、室津港近傍 3 観測点の津波の周波数スペクトルを比較したものである。津波のような非定常な現象をスペクトル解析するのは、定常過程を仮定するスペクトルの考え方と矛盾するものではあるが、スペクトル解析は津波エネルギーの周波数分布を推定するには有効な手法であることが、過去の津波の観測事例から明らかにされている。ここでは、最もサンプリング間隔の長かった室戸岬検潮所と同期をとったスペクトル解析を実施することとし、沖合 GPS ブイが津波波形検出する直前の 6 日 0:20 から 2:28 までの 128 分間を、15s 間隔で 512 データをサンプリングし、スペクトルを求めた。前述した図-4 で示したように、このサンプリング時間帯内は、3 観測地点とも津波による水位変動が継続していた時間帯であると考えられる。上の図は、3 観測点の周波数スペクトルをそのまま表示したもの、下の図は沖合 GPS ブイのスペクトルを基準としたナウファス波浪計と港内検潮器のそれぞれのスペクトル応答を表示したものである。

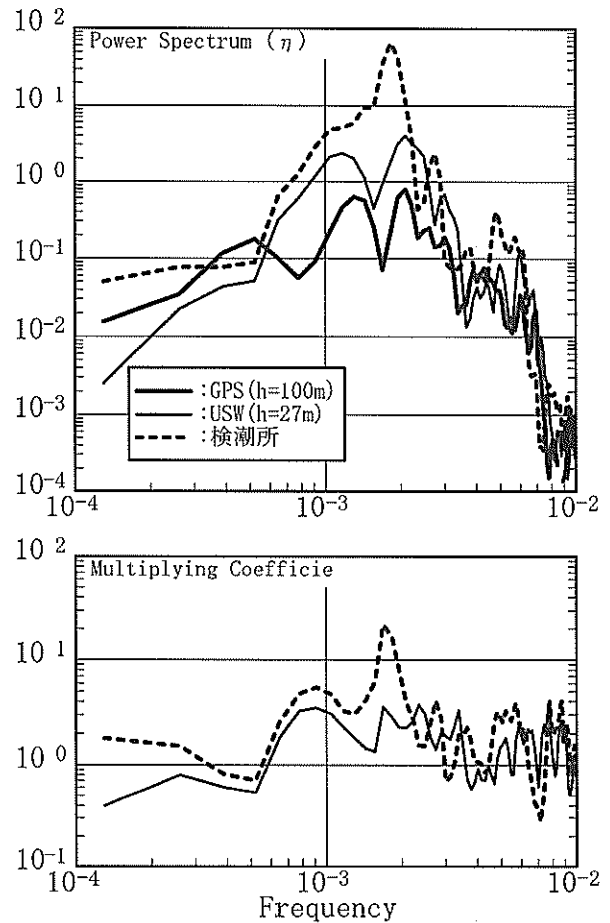


図-9 スペクトル解析による沖合から港内への津波の増幅 (室戸)

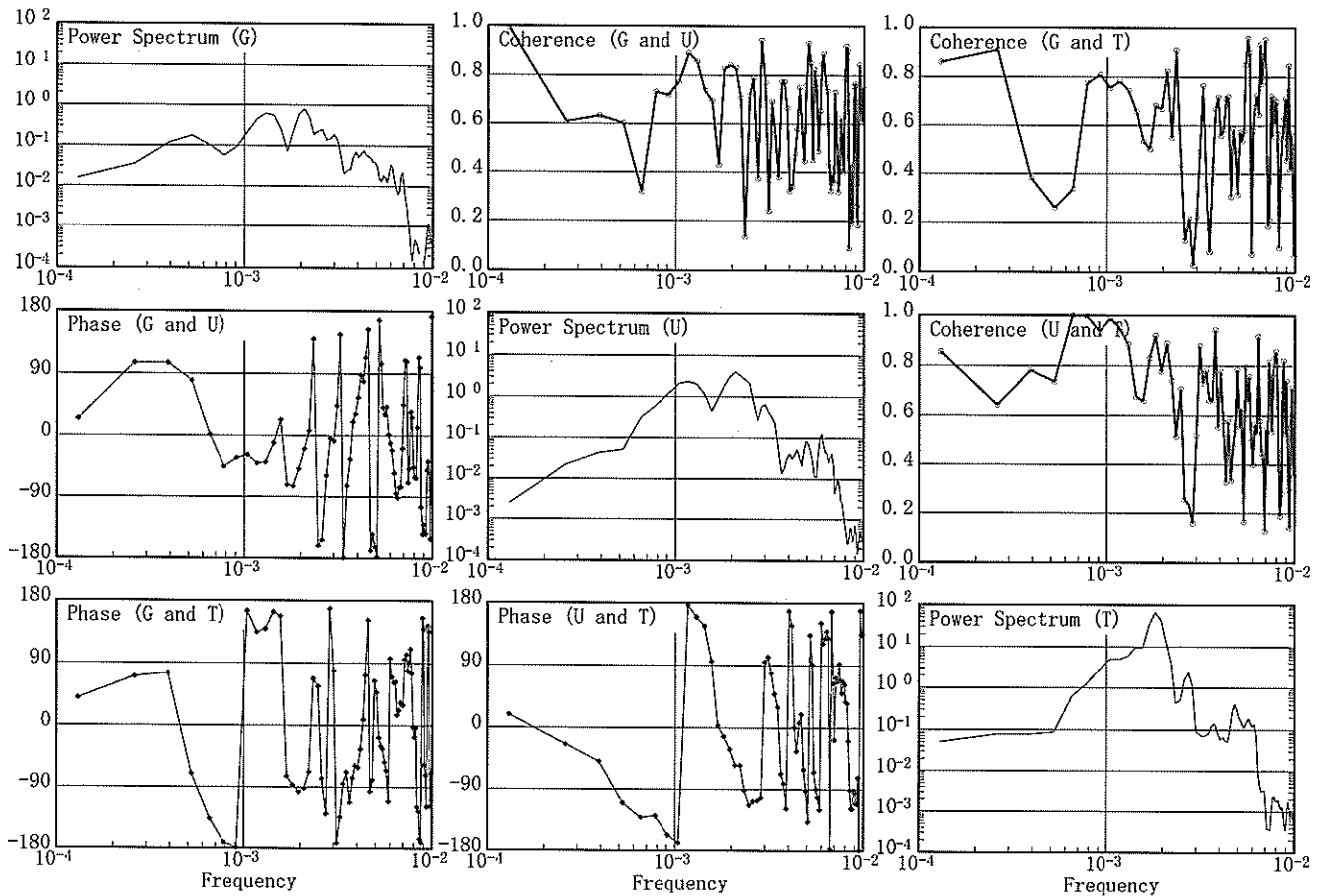


図-10 沖合と港内のスペクトルの相関 (室戸)

沖合GPSブイおよびナウファス波浪計では、スペクトル形状は、どちらも双峰型の形状を示しており、 0.0013Hz (周期約13分) 付近と 0.002Hz (周期約8分) 付近とに、同じ程度の大きさのピークが現れており、概ね似たようなスペクトル形状のまま沖合水深100mから27mへの津波のエネルギーの増幅が確認される。しかし、港内の検潮所では、後者の周期の短い方のピークの増幅が著しく、スペクトルは単峰型となっている。このことは、室戸岬漁港内においては、周期8分程度の海面変動が増幅されやすい共振周期となっていることを意味している。

図-10は、沖合と港内のスペクトルの相関を調べた結果である。左上から右下への対角線上に沖合GPSブイ(G)、ナウファス波浪計(U)、港内検潮器(T)の、それぞれの周波数スペクトルを示し、この上側の3種類の図は対応する組み合わせのスペクトル相関の強さを示すコヒーレンスを、この下側の3種類の図は対応する組み合わせのスペクトル相関の位相差を、それぞれ示している。コヒーレンスについてみると、周波数スペクトルのピークとなる 0.0013Hz (周期約13分) 付近と 0.002Hz (周期約8分) 付近とで、いずれの組み合わせでも0.8

以上の強い相関性を示していることがわかる。すなわち、沖合と港内の津波波形は強い相関性を持っており、沖合津波波形観測結果から港内の津波波形を予測できる可能性の高いことを意味している。位相差について見ると、例えば、沖合GPSブイ(G)と港内検潮器(T)では 0.0009Hz (周期約18分) で位相差が反転(180度)となり、ナウファス波浪計(U)と港内検潮器(T)では 0.0012Hz (周期約14分) で位相差が反転(180度)となっている。この時間差は、表-2で見られた津波の第1波の最大偏差の時刻差である9分および8分の概ね2倍程度の値となっていることは興味深い。すなわち、第1波の最大偏差の時刻差が津波の伝播時間であると考えると、伝播所用時間の倍周期成分に関して、沖合と港内との位相が反転(180度差)することを示している。すなわち、図-4および表-2で求められた津波の到達時刻差は、スペクトル解析結果とよく対応することとなる。ただし、表-2で求められた第1波の到達時刻差に関しては、必ずしも同じ時刻差が見られていない。これは、今回の津波が比較的微弱であり到達時刻の定義が困難であったことによるものと考えられる。

(3) 津波による流れの検出

図-11 は、室津港沖ナウファス波浪計が捉えた津波による流速変動の検出結果を示したものである。N40° Eを正方向として定義する岸沖方向の流れを太線で、これと直角の沿岸方向の流れを細線で示している。岸沖方向の流れの1:40頃に30分程度続く0.2m/s程度の比較的早い流速を持つ岸向きの流れが見られるが、この流れの原因や津波との関係は不明である。しかしながら、0:30頃から1:00頃にかけて、津波によると考えられる周期5～8分程度の変動流が岸沖方向および沿岸方向に共に見られ、少なくともこれに関しては、津波による流速変動を捉えたものと考えられる。津波の第1波は沖から岸に向かうことを考えれば、波の峰が通過する時に進行方向の流速が最大になるのは、進行長波の性質に従ったものであり、合理的な観測結果である。完全な進行長波であれば、その流速(U)と水位(η)の間には、次式が成立するはずである。

$$U = \eta \sqrt{\frac{g}{h}} \quad (1)$$

ここに、gは重力加速度(9.8m/s²)、hは水深(23m)である。

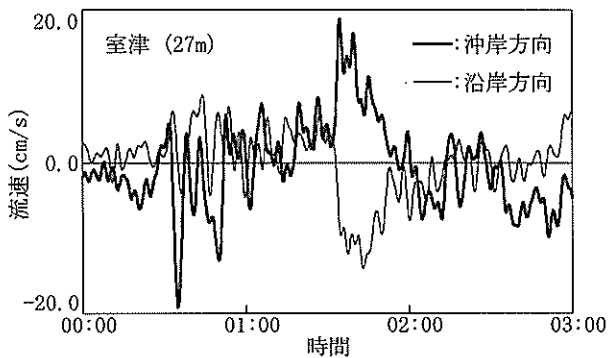


図-11 津波による流速変動の検出
(室津港沖波浪計)

図-12は、水位変動と岸沖流速の関係を示す式(1)と比較したものである。津波が進行長波であるとすれば、図のプロットは、縦軸と横軸の等しい45度の勾配を持つ直線状に並ぶことになる。しかし、実際には、縦軸と横軸の関係はより複雑であり、早い段階で、沖合の津波は、進行波ではなく重複波としての性状を示していることがわかる。図におけるプロットは、津波到達後約11分間に、第1象限から第2象限および第3象限を経て第4象限に至る複雑な挙動を示している。すなわち、進行波の峰、反射波の峰、進行波の谷、反射波の谷、というように、時間とともに水面変動と流速変動との関係が大きく変化する、津波の強い非正常性を示しているものと考えられる。

図-13および図-14は、室戸沖GPSブイについて、図-11および図-12と同様の整理を行い津波による沖合での流速変動の抽出を試みたものである。

図-13を見ると、津波の来襲前と考えられる時点から、常時、岸沖方向および沿岸方向に5～10分程度の周期でブイは動揺しており、津波の来襲に伴う顕著なブイの動揺変化は見られないことがわかる。また、図-14は、図-4および表-2から得られた津波第1波の押し波時間帯

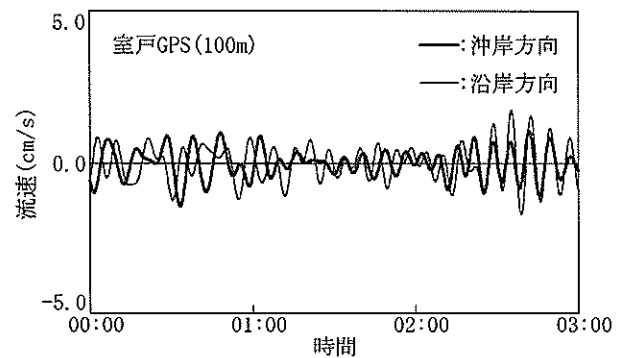


図-13 津波による流速変動の検出
(室戸沖GPSブイ)

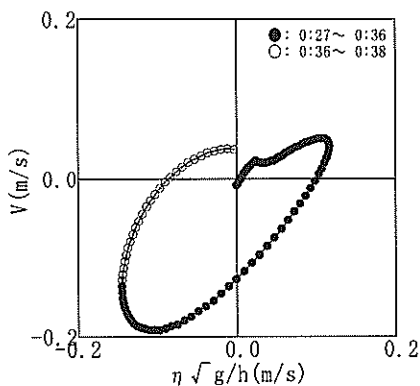


図-12 津波による流速変動と流速変動
(室津港沖波浪計)

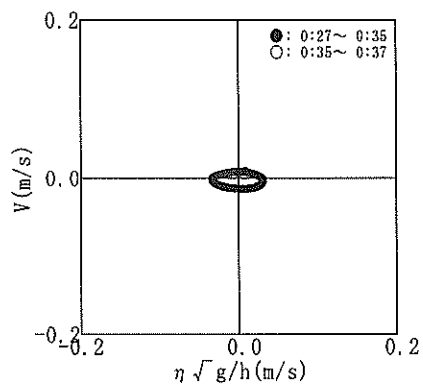


図-14 津波による水位変動と流速変動
(室戸沖GPSブイ)

(0:27 から 0:35 まで) と引き波時間帯 (0:35 から 0:37 まで) における南北方向流速 V とブイの上下変位 η との関係を示す式 (1) にならって整理したものであるが、図-12 で得られたナウファス波浪計による観測結果のように、流速と水面変動の顕著な対応は明らかにできなかった。このことは、大水深 GPS ブイは常時の係留系の固有周期による水平回転運動が大きいため、今回のような微少な津波に伴う流速変動は検出しきれなかったことを意味している。弱い津波による微少な流速変動検知には、固定された海底設置センサーの方が優れていると考えられる。

6. まとめ

本稿では、2004 年東海道沖地震津波の観測結果を紹介した。

沿岸での津波は、銚子から油津にかけての広範な太平洋沿岸検潮所で観測されたが、その津波波形特性は、検潮所毎に大きく異なっていた。室津港、潮岬、および御前崎では、沖合における津浪波形記録と港内の記録を比較することができた。特に、室津港では、ナウファスの一環として設置されている水深 27m の超音波式波高計、流速計型波向計による観測記録と、沖合水深 100m に設置されている GPS 津波計との、波形記録が観測されており、室戸岬漁港内の気象庁検潮所の潮位変動記録とあわせて、沖から岸への津波の伝播・変形状況を捉えることができた。この結果、沖合では港内よりも 8~10 分程度早く津波の波形を捉えていたことが明らかにされた。また、3 観測点の津波の周波数スペクトルを比較した結果、沖合から港内への津浪波形の増幅特性を明らかにすることができ、室戸岬漁港内においては、周期 8 分程度の海面変動が増幅されやすい共振周期となっていることが示された。津波による流れの検出についても検討し、海底設置式のナウファス波浪計は、津波による流速変動を捉えたことが示された。ただし、GPS ブイでは、常時の係留系の固有周期による水平回転運動が大きいため、今回の津波に伴う流速変動は検出できなかった。

7. おわりに

本報をとりまとめている最中にスマトラ等沖地震が発生し、大津波がインド洋沿岸の多くの国々に多大な被害をもたらした。地震発生は 2004 年 12 月 26 日の日本時間午前 9:58、震源はスマトラ島西方沖の北緯 3.3 度、東経 95.87 度、震源の深さは 30km、地震のマグニチュード

は 9.0 とのことであり、発生した津波によって 20 万人以上の尊い人命が失われるという、歴史に残る大災害であった。津波は全地球規模で伝播し、南極の昭和基地で 73cm、チリで 70cm などという津波観測記録が報道されているが、日本沿岸の波浪・潮位観測点では、顕著な津波波形を見ることはなかった。これは、スマトラ島西方から我国沿岸までの津波の伝播経路上は、マレー半島や多くの島嶼によって、何重にも遮蔽されているためであったと考えられる。しかし、本稿の表題である 2004 年の異常波としては、全地球規模で最も大きな災害をもたらせた事象として、忘れることのできないものであった。

港湾技術研究所 (現港湾空港技術研究所) における全国港湾域の波浪観測データの集中処理解析が開始したのは 1970 年のことであり 35 年以上の年月が経過した。高波浪状態における確実な波浪観測データの測得や、津波のように突然やってくる非定常な長周期成分波の観測は、かつては極めて困難であるとされていたが、長年にわたる運輸省 (現国土交通省) 港湾局関係機関の数多くの関係者の努力の結果、ナウファスの開発・改良を通じてこうした問題点は徐々に克服され、本稿で紹介したような津波に関しての沿岸の出現特性を把握することが可能となった。

本稿で紹介した室戸岬沖水深 100m の GPS ブイは、2004 年 4 月に新たに設置されたものであるが、本資料のとりまとめにあたって極めて重要なデータをこの GPS ブイから得ることができた。この GPS ブイは、東京大学地震研究所、日立造船 (株)、(財) 人と防災未来センターおよび (独) 港湾空港技術研究所が、文部科学省の産学官連携イノベーション創出事業費補助金 (独創的革新技術開発研究提案公募制度: 課題番号第 14401 号) をいただき、室戸市・室戸測候所および高知港湾空港整備事務所のご支援を受けて、開発・製作・設置したものである。

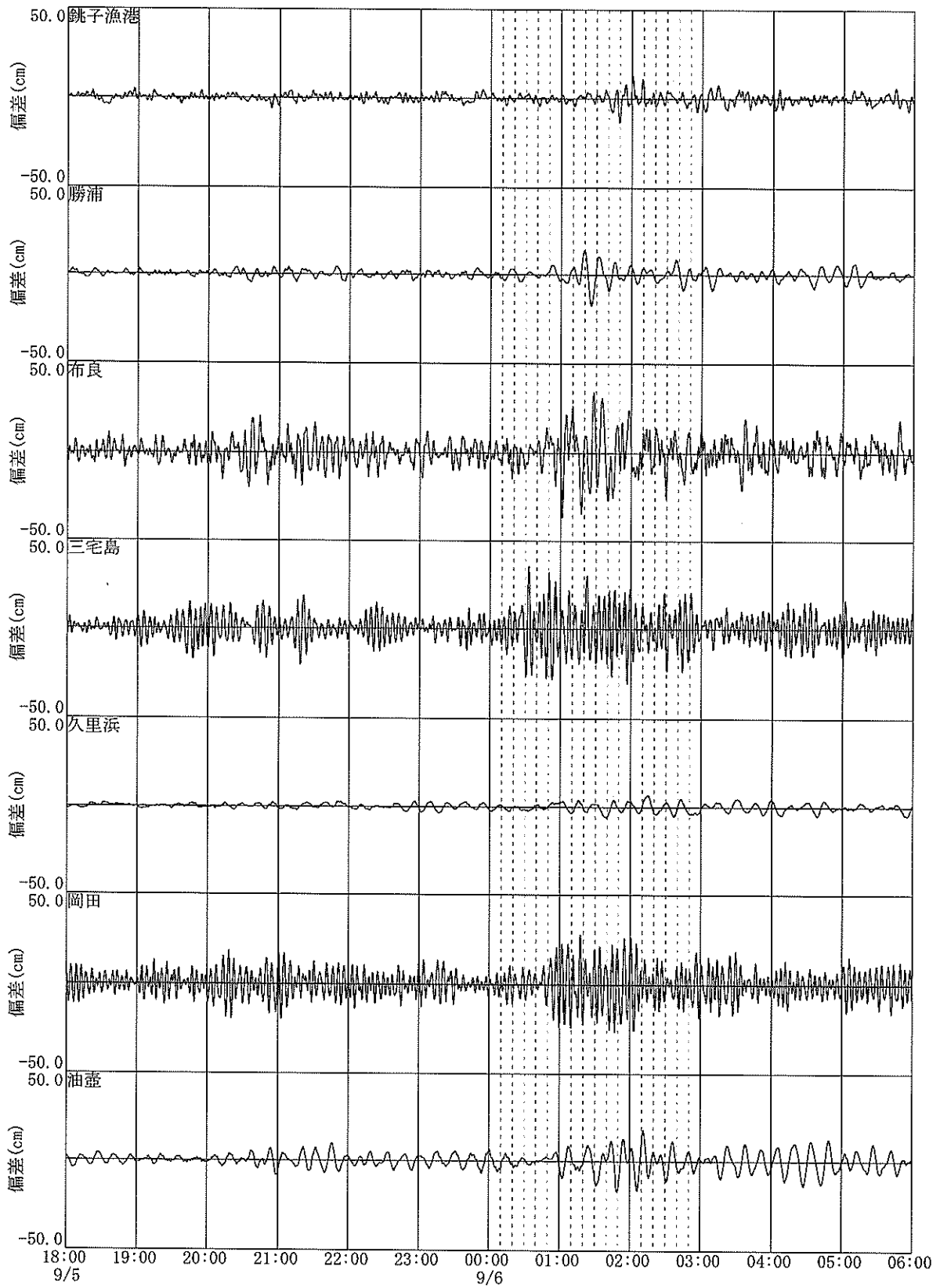
これらの数多くの関係者の方々に、改めて謝意を表す。

(原稿提出: 平成 17 年 2 月 2 日)

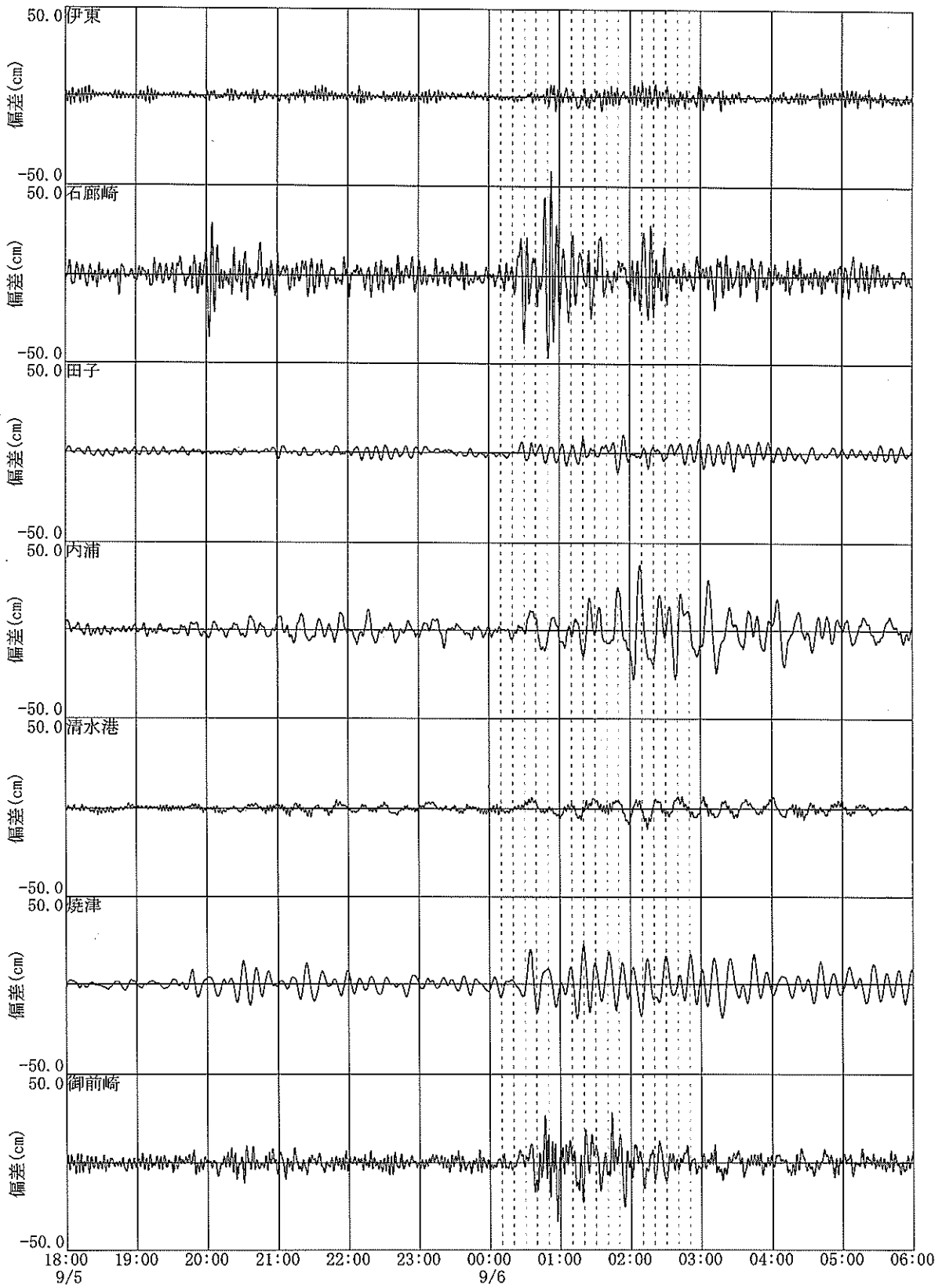
参考文献

- 1) 合田良実監修, 海象観測データの解析・活用に関する研究会編集: 波を測る (沿岸波浪観測の手引き), (財) 沿岸技術研究センター, 212p., 2001.
- 2) 合田良実監修, 海象観測データの解析・活用に関する研究会編集: 潮位を測る (潮位観測の手引き), (財) 沿岸技術研究センター, 188p., 2002.
- 3) 永井紀彦・小川英明: 全国港湾海洋波浪観測年報

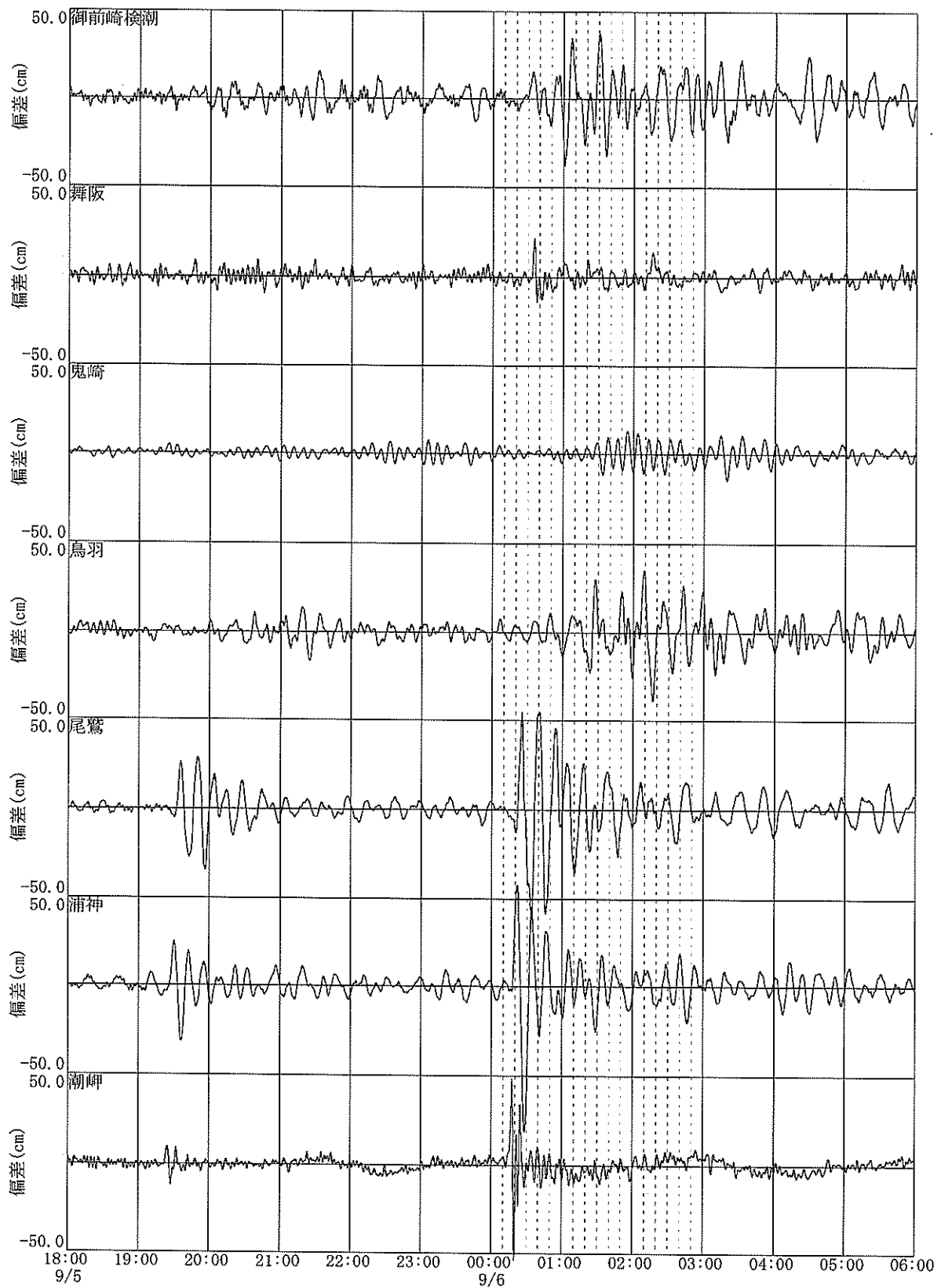
- (NOWPHAS 2002), 港研資料 No.1069, 336p., 2004.
(波浪観測年報は港研資料として 1970 年以降毎年刊行)
- 4) 永井紀彦：全国港湾海洋波浪観測 30 年統計 (NOWPHAS 1970-1999), 港研資料 No.1034, 336p., 2004. (波浪観測年報は港研資料として 1970 年以降毎年刊行)
 - 5) 永井紀彦：ナウファス (全国港湾海洋波浪情報網) による我国沿岸の波浪特性の解明, 港研資料 No.863, 113p., 1997.
 - 6) 永井紀彦：ナウファス (全国港湾海洋波浪情報網) の現況と今後の課題, 土木学会論文集巻頭論文 (技術展望), 第 609 号VI-41, pp.1-14, 1998.
 - 7) 永井紀彦・橋本典明・川口浩二・佐藤和敏・菅原一晃：ナウファスの連続観測化による我国沿岸の長周期波の観測, 港湾技術研究所報告第 38 巻第 1 号, pp.29-69, 1999.
 - 8) 永井紀彦・小川英明・額田恭史・久高将信：波浪計ネットワークによる沖合津波観測システムの構築と運用, 土木学会, 海洋開発論文集第 20 巻, pp.173-178, 2004.
 - 9) 永井紀彦・橋本典明・浅井正：平成 5 年北海道南西沖地震津波波形記録解析速報, 港研報告第 32 巻第 4 号, pp.51-97, 1993.
 - 10) 永井紀彦・橋本典明・平石哲也・清水勝義：平成 6 年 (1994 年) 北海道東方沖地震津波の特性, 港研資料No.802, 97p., 1995.
 - 11) 小舟浩治・永井紀彦・橋本典明・平石哲也・清水勝義：1996 年イリアンジャヤ地震津波の特性, 港研資料No.842, 96p., 1996.
 - 12) 永井紀彦・小川英明：平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震津波波形の特性, 港湾空港技術研究所資料No. 1070, 92p., 2004.
 - 13) Kato, T., Terada, Y., Kinoshita, M., Kakimoto, H., Isshiki, H., Moriguchi, T., Takada, M., Tanno, T., Kanzaki, M. and James Johnson (2001). A New Tsunami Monitoring System using RTK-GPS, ITS 2001 Proceedings, Session 5, Number 5-12, pp.645-651.
 - 14) 永井紀彦・小川英明・寺田幸博・加藤照之・久高将信：GPSブイによる沖合の波浪・津波・潮位観測, 海岸工学論文集第 50 巻, 土木学会, pp.1411-1415, 2003.
 - 15) 永井紀彦・菅原一晃・清水康男・高山俊裕・小園みちる：超音波空中発射式潮位計の開発, 港湾技研資料 No.998, 17p., 2001.
 - 16) 山中佳子：9 月 5 日の紀伊半島南東沖の地震 (Mj6.9, Mj7.4, Mj6.4+Mj6.2), E I C 地震学ノート No.152, 東京大学地震研究所, 2p., 2004.
 - 17) 山中佳子：9 月 5 日の紀伊半島南東沖地震 (本震：Mj7.4) の再解析, E I C 地震学ノート No.153, 東京大学地震研究所, 2p., 2004.
 - 18) 岩崎峯夫：デジタルフィルターを用いた津波計, カイジョー技報, Vol.2, No.4, (株)カイジョー, pp.51-58, 1996.



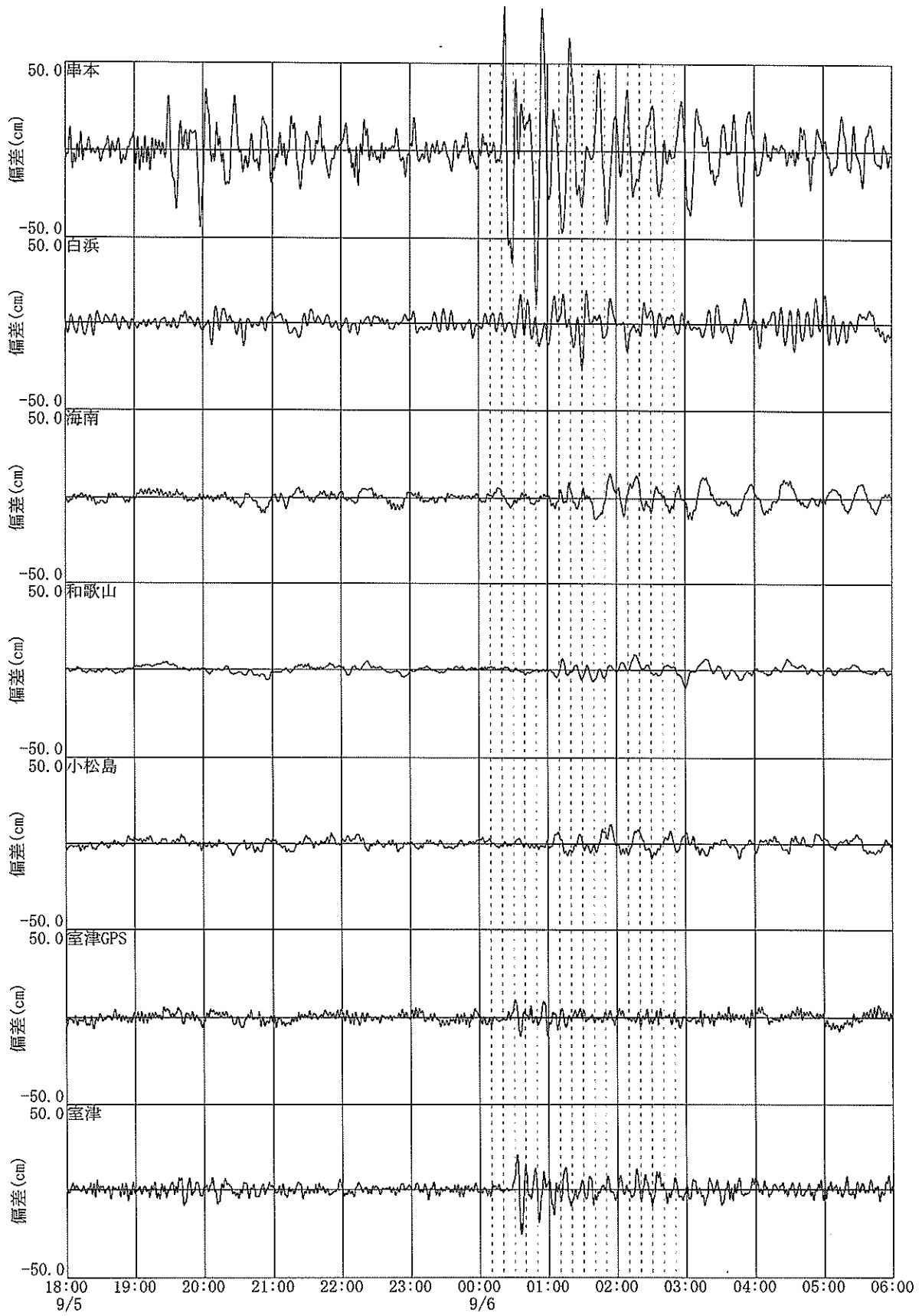
付図-1 収集検討した津浪波形記録
 (銚子漁港・勝浦・布良・三宅島・久里浜・岡田・油壺における偏差)



付図-2 収集検討した津浪波形記録
 (伊東・石廊崎・田子・内浦・清水港・焼津・御前崎沖における偏差)

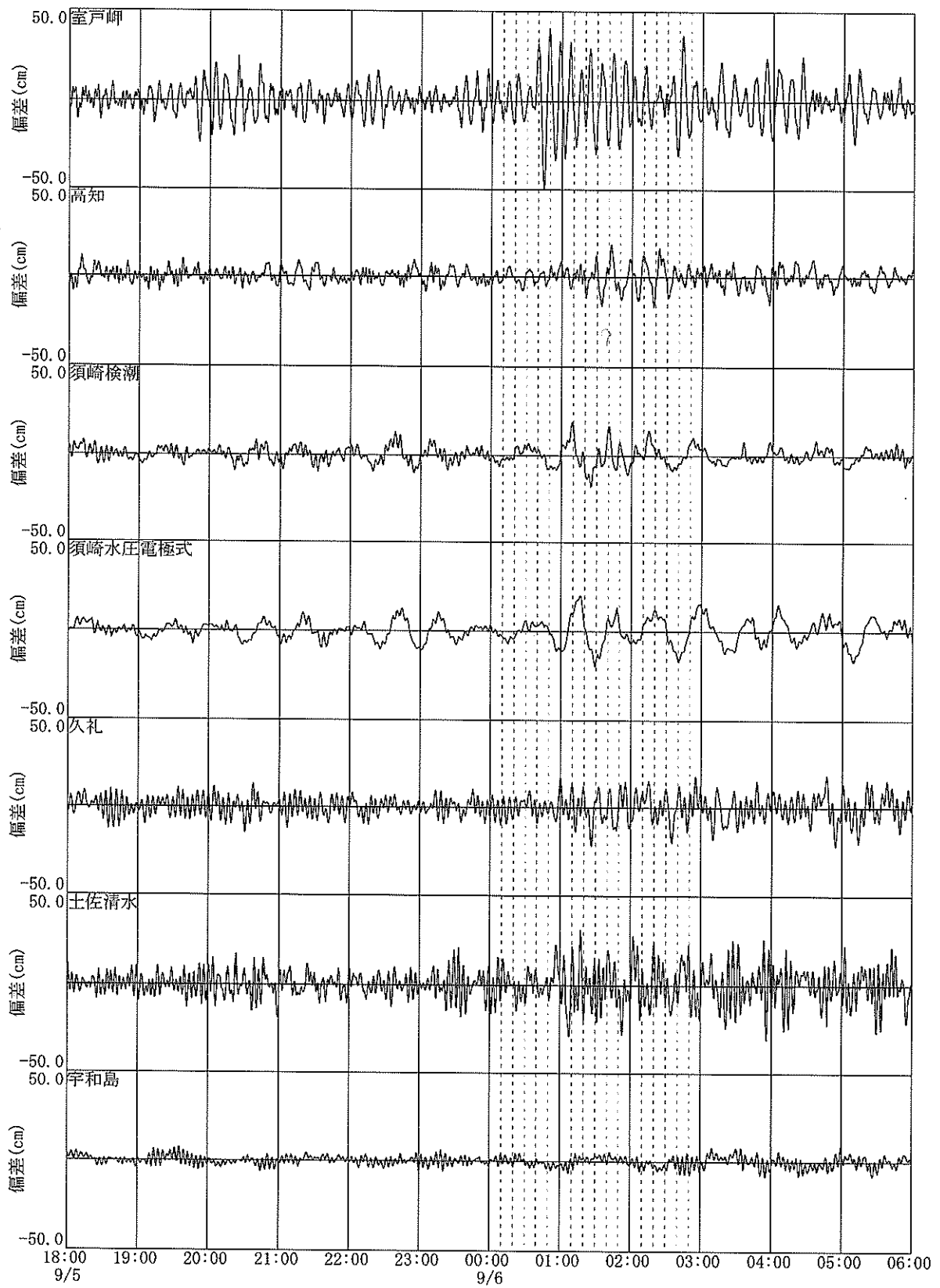


付図-3 収集検討した津浪波形記録
 (御前崎港内・舞阪・鬼崎・鳥羽・尾鷲・浦神・潮岬沖における偏差)

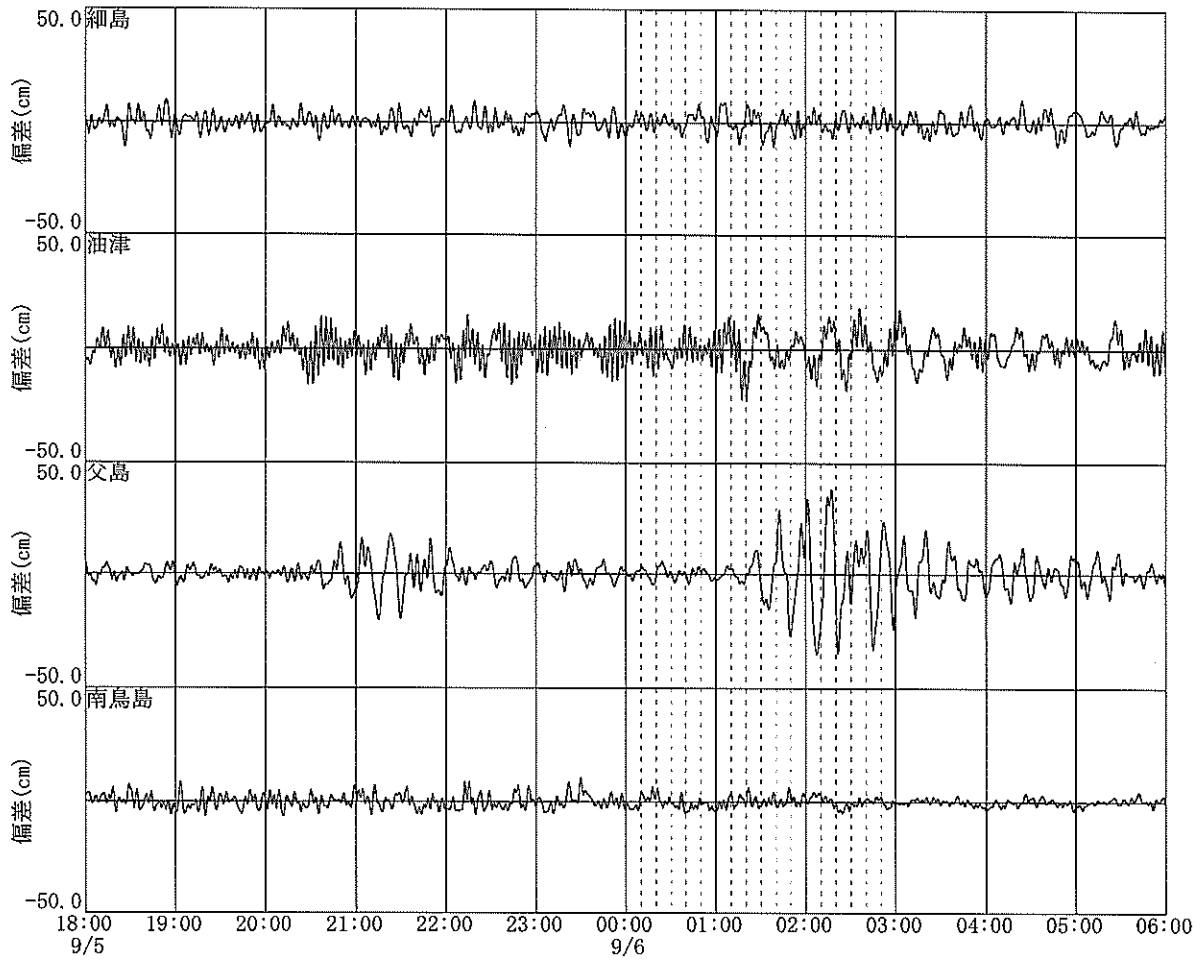


付図-4 収集検討した津浪波形記録

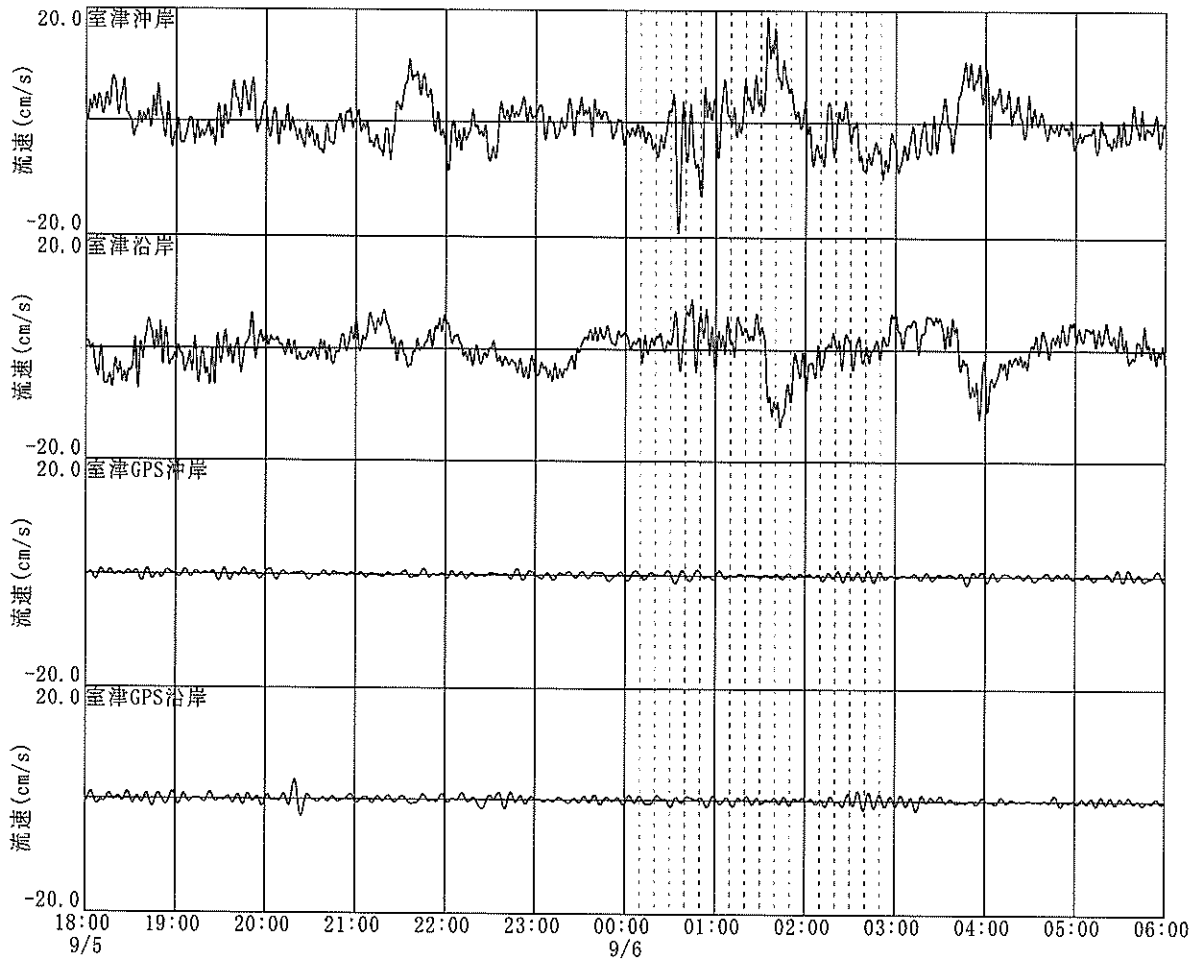
(串本・白浜・海南・和歌山・小松島・室戸沖 GPS プイ・室津沖における偏差)



付図-5 収集検討した津浪波形記録
(室戸岬・高知・須崎検潮・須崎水圧電極式・久礼・土佐清水・宇和島における偏差)



付図-6 収集検討した津浪波形記録
 (細島・油津・父島・南鳥島における偏差)



付図-7 収集検討した津浪波形記録
 (室津沖の岸沖・沿岸成分流速および室戸沖 GPS ブイの南北・東西成分流速)

港湾空港技術研究所資料 No. 1096

2005.6

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 昭和情報プロセス株式会社

Copyright © (2005) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。