

## 沖繩本島～台湾東部における津波の波源域

羽鳥 徳太郎\*

### 1. はじめに

沖縄県八重山諸島の西表島で1991年1月と1992年8月に群発地震があり(代表:安藤, 1991, 1993), その後も八重山諸島近海での地震活動が顕著である。2001年12月18日与那国島近海地震(M7.3), 2002年3月26日石垣島南方沖地震(M6.6), 同年3月31日には台湾東方沖地震(M7.2)が発生した。これら3地震は津波を伴い, 琉球列島の各検潮所で観測された。本稿では, これらの検潮記録をもとに津波マグニチュードと波源域を検討した。

琉球列島の津波は17世紀中期から記録されており, (今村, 1938a, b), 1万2千人の死者を出した1771年八重山大津波は知られている(三好, 牧野, 1972; 加藤, 木村, 1983 加藤, 1987, 加藤, 他, 1988)。また, 台湾東方沖で発生した津波が石垣島や宮古島などで観測されてきた(羽鳥, 1994, 渡辺, 1998)。さきに筆者(羽鳥, 1988)は, 琉球列島での波源域と津波規模の特性を調べたが, 歴史津波の記録数や1900年以降も発生件数は少なく, 不十分であった。近年, 八重山諸島, 台湾東方沖で津波が頻発しており, これらの地震, 津波データを加え, 波源域の分布状況を考察する。

### 2. 検潮記録

#### a) 2001年12月18日与那国島近海津波

12月18日13時02分, 与那国島近海で発生した地震津波である。気象庁の観測によれば, 震央は $23^{\circ} 53.3' N$ ,  $122^{\circ} 48.7' E$ , 深さ12km, 地震のマグニチュードはM7.3であった。

図-1には, 津波の検潮記録を示す。上図の4記録(那覇, 平良(宮古島), 石垣, 与那国島は, 気象庁の地震, 火山月報(平成13年12月)から引用したものである。下図は, 西表島2地点の記録(国土地理院所管)であり, ハワイの国際津波情報センター発行のニュースレター(ITIC, 2002)によった。Table 1には, 検潮記録の読み取り値を示す。

特徴的なことは, 6記録とも津波初動は明瞭な引き波で始まっている。最大波の全振幅値は西表島で35cmであった。津波初動の周期は8分前後の短周期波である。ハーバード大学, 気象庁のメカニズム解では, 東西方向に張力軸がある正断層型である。

#### b) 2002年3月26日石垣島南方沖津波

3月26日12時45分, 石垣島はるか南方の海溝付近で発生した地震津波である。震央は $23^{\circ} 8.3' N$ ,  $124^{\circ} 13.0' E$ , 深さ8km, M6.6(JMA)であった。メカニズム解によれば, 傾斜角 $88^{\circ}$ の高角断層である(菊地, 山中, 2002a)。図-2の上図には, 気象庁による津波の検潮記録を示す。Table 2には記録の読み取り値を示す。振幅が小さく津波初動はやや不明瞭であるが, 押し波で始まり, 周期は4~8分である。最大波の全振幅は西表島の記録(国土地理院所管)で14cmである。なお, 平良(宮古島)の検潮記録には津波の初動部分は不明であった。

#### c) 2002年3月31日台湾東方沖津波

3月31日15時52分, 台湾東方沖で発生した地震津波である。震央は $24^{\circ} 13.7' N$ ,  $121^{\circ} 58.2' E$ , 深さ55km, M7.2(JMA)であった。台湾で死者5人, 負傷者300人と, 新聞報道された。メカニズム解で, 傾斜角 $28^{\circ}$ 低角断層

\*元東京大学地震研究所

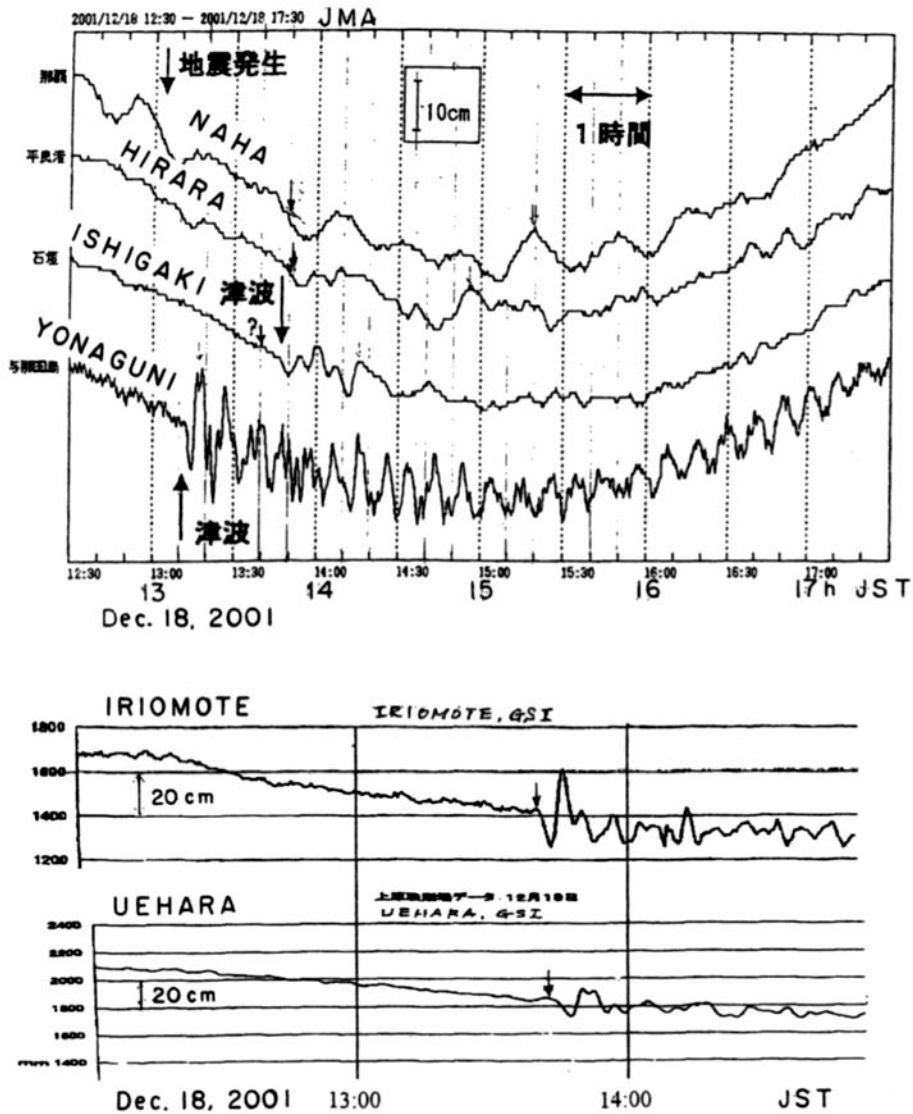


図-1 2001年12月18日与那国島近海津波の検潮記録 (気象庁とITICによる)

Table 1. The Yonagunijima-Oki tsunami of Dec. 18, 2001, as recorded by tide gauges. The wave originated near the earthquake epicenter ( $23^{\circ} 53.3' N, 122^{\circ} 48.7' E, M = 7.3$ , JMA) off Yonaguni Is. at 13:02 (JST) Dec. 18, 2001

Tide station	Initial wave			Maximum wave				Authority
	Travel time	rise	Period	Occurrence time (JST)	Double ampl.	H	Period	
	min	cm	min	h m	cm	cm	min	
Yonaguni Is.	11	-9	8	13 18	27	13	10	JMA
Iriomote Is.	38	-16	5	13 46	35	20	5	GSI
Uehara, Iriomote Is.	40	-12	8	13 50	20	11	6	GSI
Ishigaki Is.	38 ?	-4	8	14 46	8	4	8	JMA
Hirara (Miyako Is.)	49	-4	10	14 56	7	5	10	JMA
Naha (Okinawa Is.)	48 ?	-4	28	15 20	8	6	30	JMA

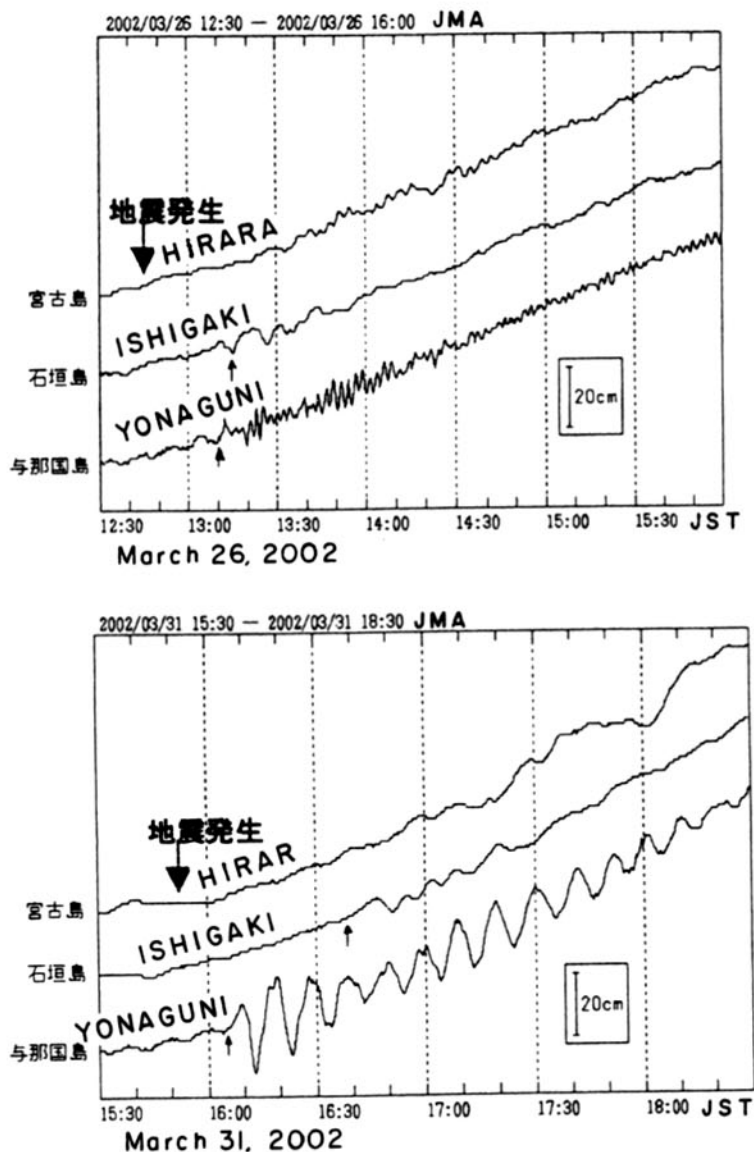


図-2 2002年3月26日石垣島南方沖津波（上図）と2002年3月31日台湾東方沖津波（下図）の検潮記録（気象庁地震、火山月報による）

Table 2. The Ishigakijima-Oki tsunami of March 26, 2002, as recorded by tide gauges. The wave originated near the earthquake epicenter ( $23^{\circ} 08.3' N, 124^{\circ} 13.0' E, M = 6.6$ , JMA) far off Ishigaki Is. At 12:45 (JST) March

Tide station	Initial wave			Maximum wave				Authority	
	Travel time	rise	Period	Occurrence time (JST)	Double ampl.	H	Period		
	m	cm	min	h	m	cm	cm	min	
Hirara	?			13	52	5	3	3	JMA
Ishigaki Is.	30	8	8	13	22	6	3	9	JMA
Iriomote Is.	37?	4	4	13	36	14	5	3	GSI
Yonaguni Is.	28	6	4	13	25	12	6	2	JMA

のプレート境界地震とみなされた(菊地, 山中, 2002b)。

図-2の下図には, 気象庁による津波の検潮記録を示す。Table 3 に記録の読み取り値を示した。津波初動は押し波で始まり, 周期は10分前後である。与那国島で全振幅値30cmが最大であった。

### 3. 津波の規模と波源域

各観測点の津波伝播時間をもとに, 逆伝播図の方法から3津波の推定波源域を図-3に

示す。各観測からの最終波面に伝播時間(分)を付記した。まず2001年12月与那国島近海津波についてみると, 各地の伝播時間は与那国島11分, 西表島38-40分, 石垣島38分であり, 波面は余震分布の東端域に集まる。余震分布を参照すると, 津波の波源域は南北60km, 幅30kmと推定される。各検潮記録がすべて引き波初動であったことから, 波源の東側の海底が沈降したことを示唆する。

2002年3月26日石垣島南方沖津波では, 石垣島, 西表島, 与那国島での伝播時間は30分前後であり, 各波面は海溝付近に達する。余

Table 3. The East Taiwan tsunami of March 31, 2002, as recorded by tide gauges. The wave originated near the earthquake epicenter ( $24^{\circ} 13.7' N, 121^{\circ} 58.2' E, M = 7.2, JMA$ ) off East Taiwan at 15:52 (JST) March 31, 2002.

Tide station	Initial wave			Maximum wave				Authority
	Travel time	rise	Period	Occurrence time (JST)	Double ampl.	H	Period	
	min	cm	min	h m	cm	cm	min	
Hirara	?			16 58	4	2	10	JMA
Ishigaki Is.	48	3	9	16 46	4	2	9	JMA
Iriomote Is.	46	8	10	16 52	27	10	8	GSI
Yonaguni Is.	15	8	9	16 19	30	13	10	JMA

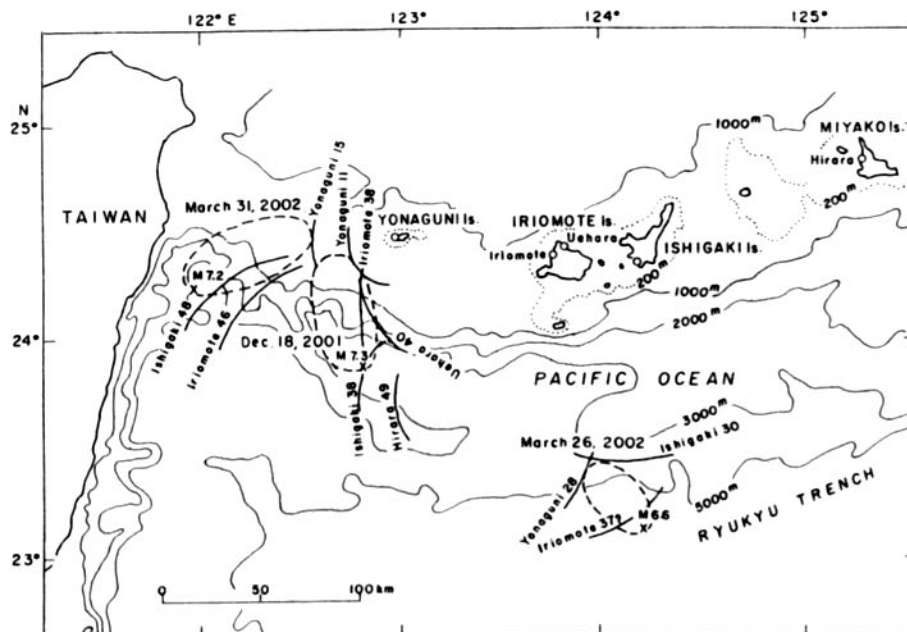


図-3 2001年与那国島近海津波, 2002年石垣島南方沖津波, 2002年台湾東方沖津波の推定波源域。逆伝播図の波面に観測点の伝播時間(分)を示す

震分布を参照すると、波源域の長さは約40kmと推定される。

2002年3月31日台湾東方沖津波では、与那国島での伝播時間は15分と短時間である。これを重視すると、波源域は東西方向に長さ約70kmと推定される。

#### 4. 津波の規模

図-4には、筆者の方法(羽鳥, 1986)による津波マグニチュードの判定図を示す。横軸に震央から観測点までの距離、縦軸には最大波の全振幅値をとる。津波マグニチュードは、波高が距離 $\Delta^{-1}$ で減衰するとみなし、2.24倍の刻みで区分してある。2001年与那国島近海津波では、津波マグニチュードは $m = -1$ と格付けられる。2002年石垣島南方沖津波と台湾東方沖津波では、観測値はばらつくが、津波マグニチュードはそれぞれ $m = -1.5$ と $m = -1$ と推定される。

地震と津波との関係をまとめてみると、図-5のようになる。ここで破線は、北海道～九州間の津波データから得られた経験式(羽鳥, 1996)を示す。地震の規模と比べ、琉球列島での津波マグニチュード(黒丸)は1～2階級下回るものが多い。それに対し、1771年八重山津波の規模( $m = 4$ )は大きく突出

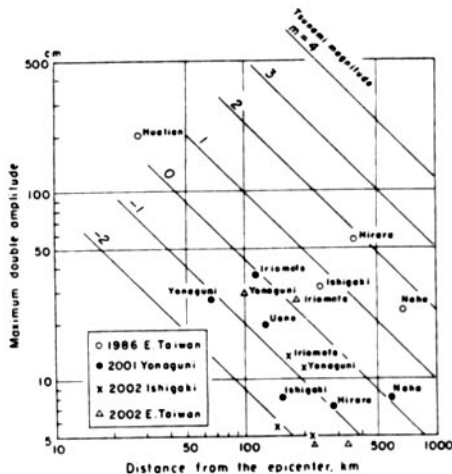


図-4 津波の最大全振幅値と震央距離の関係。津波マグニチュードで区分

し、典型的な“津波地震”であった。一方、台湾東方沖津波(白丸)も、全体の2/3の津波のマグニチュードが1階級(波高にして約1/2)下回っている。

#### 5. 沖縄本島～台湾東部の津波波源域

1664～2002年間に沖縄本島～台湾東部における津波を伴う地震のリストをTable 4に示す。地震データ(震央, マグニチュード,  $M$ )は宇津(1990)と宇佐美(1996)の文献から引用し、最近のものは気象庁の地震、火山月報で追加した。なお、津波の記録は不明だが、 $M7.0$ 前後の浅い地震は津波を伴う可能性が考えられ、リストに加えてある。1899年以前の歴史津波のマグニチュードは、今村(1949)によって示され、それ以降のマグニチュード値は筆者が求めたものである。近年の津波はマグニチュード $m = 1$ 以下のものが多いが、1771年八重山津波は $m = 4$ と格付けられ(羽鳥, 1988)琉球列島で最大級の津波であった。

図-6には、1664年以降から現在に至る期間に、沖縄本島～台湾東部に発生した津波の波源域分布を示す。それぞれ発生年に地震と津波のマグニチュード $M/m$ を付記した。検

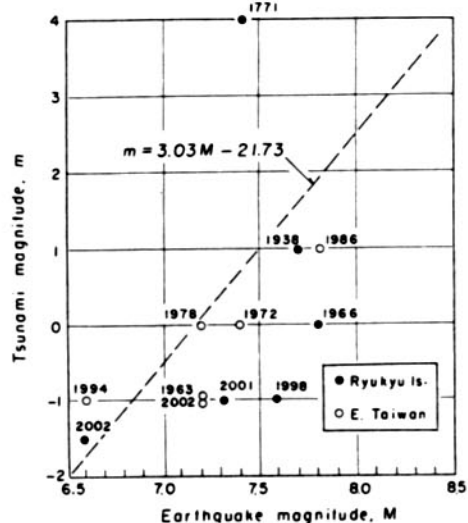


図-5 地震と津波の規模との関係。破線：北海道～九州間の津波データによる経験式(羽鳥, 1988)

Table 4. List of tsunamigenic earthquakes from the Okinawa Islands to East Taiwan during 1664-2002.

Date	Location	Lat. N		Long. E		d km	Magnitude		Tsunami height
							M	m	
1664	Torishim	-	-	-	-	-	-	1	Bottom eruption
1667	Miyako Is.	-	-	-	-	-	-	1	Subsides at Shimoji
1696 06 01	Miyako Is.	-	-	-	-	-	-	-	-
1760 05 15	Okinawa Is.	-	-	-	-	-	-	-	-
1768 07 22	Okinawa Is.	26.2°	127.5°	-	-	-	-	1	Okinawa Is. 1.2m
1771 04 24	Ishigaki Is.	24.2	124.8	-	-	-	7.4	4	Ishigaki Is. 30m
1791 05 13	Okinawa Is.	-	-	-	-	-	-	?	Yonahara 10m
1842 04 17	Miyako Is.	-	-	-	-	-	-	-	-
1865 03 01	Okinawa Is.	-	-	-	-	-	-	1	Abnormal tides
1867 12 18	N. Taiwan	25.5	121.7	-	-	-	7	2?	Runup in Keelung
1898 09 01	Tarama Is.	24.5	124.75	s	-	-	7	-	-
1909 08 29	Okinawa Is.	26	128	s	-	-	6.2	-	-
1938 06 10	N. Miyako	25.3	125.2	40	-	-	7.7	1	Hirara 1.5m
1947 09 27	N. Yonaguni	24.7	123.2	95	-	-	7.4	-	-
1958 03 11	N. Ishigaki	24.62	124.29	77	-	-	7.2	-	-
1963 02 13	E. Taiwan	24.4	122.1	53	-	-	7.2	-1	Hualien 40cm
1966 03 13	Yonaguni Is.	24.2	122.7	42	-	-	7.8	0	Ishigaki Is. 20cm
1972 01 25	E. Taiwan	22.6	122.4	29	-	-	7.4	0	Ishigaki Is. 5cm
1978 07 23	E. Taiwan	22.3	121.5	34	-	-	7.2	0	Ishigaki Is. 10cm
1986 11 15	E. Taiwan	24.1	121.8	33	-	-	7.8	1	Hualien 200cm
1994 05 24	E. Taiwan	23.97	122.4	37	-	-	6.6	-1	Hatoma Is. <10cm
1994 06 05	E. Taiwan	24.28	121.77	28	-	-	6.7	-	-
1998 05 04	S. Ishigaki	22.42	125.42	33	-	-	7.6	-1	Ishigaki Is. 10cm
2001 12 18	S. Yonaguni	23.89	122.81	12	-	-	7.3	-1	Iriomote Is. 35cm
2002 03 26	S. Ishigaki	23.14	124.22	8	-	-	6.6	-1.5	Iriomote Is. 14cm
2002 03 31	E. Taiwan	24.23	121.97	55	-	-	7.2	-1	Yonaguni Is. 30cm
2002 05 15	E. Taiwan	24.64	121.8	47	-	-	6.8	-	-

Epicenter and earthquake magnitude, M, quoted Utsu (1990) and Usami (1996).

m : Tsunami magnitude of Imamura-Lida scale (Imamura, 1949 ; Hatori, 1988, 1994)

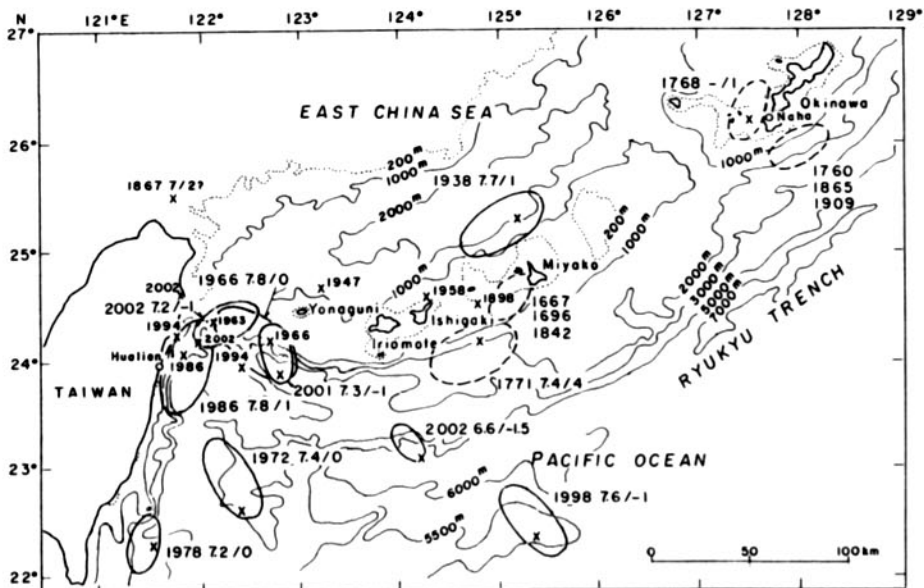


図-6 沖縄本島～台湾東部間における津波の波源域分布 (1664-2002)。各波源に発生年および地震と津波のマグニチュードM/mを示す

潮儀による津波の観測データが少ないので、波源域は2～3の津波を除き、余震分布から推定した。1899年以前の歴史津波のものは、推定域を破線で示す。波源の大きさは、M7.6～7.8の地震で100km前後、M7.0～7.5の地震では50～70kmになっている。

近年の地震活動は、島弧が折れ曲がる八重山諸島西部域に集中する。また、台湾東部と島弧の会合点付近から南東方向に津波波源が並び、構造線があるように見える。台湾東方沖津波（1972年、1978年）では、近年の地震活動域を考慮し（Wang, 1982）、波源の方位を推定した。なおテクトニクス面から、この方位に沿う地震活動の要因は、琉球海溝での沈み込みにより、フィリピン海プレートが曲げを受けるため、との指摘がある（瀬野, 1994）。

さて、海溝付近での津波の発生件数は少ないが、津波を伴う歴史地震の分布を見ると、宮古島付近で3回（1667, 1696, 1842年）、沖縄本島近海では4回（1760, 1768, 1865, 1909年）あり、津波が記録されている。半面、宮古島～沖縄本島間では、歴史地震の史料に津波の発生記録は見当たらない。一方、東シナ海側では1938年宮古島沖地震のほか、深発地震を除くM7クラスの地震で津波を伴ったものは5回に過ぎず、太平洋側の地震と比べて、発生頻度は低い。

## 6. むすび

検潮記録をもとに、2001年与那国島近海津波、2002年石垣島南方沖津波、2002年台湾東方沖津波を解析した。いずれも津波マグニチュードは、 $m = -1$ 以下の小規模であった。1900年以降の津波では、地震の規模と比べて津波マグニチュードは1～2階級下回るものが多い。

近年、台湾東部と八重山諸島の島弧の会合点付近で地震津波が頻発し、台湾東部から南東方向に波源域が分布し、構造線があることを示唆する。琉球列島の海溝付近では、津波の発生件数は比較的少なく、1771年八重山津

波はきわめて異例な巨大津波であった。一方、宮古島、沖縄本島近海には7例の歴史津波の記録があり、100年以上も静穏期が続いていることに留意したい。

## 謝 辞

津波の解析にあたり、東大地震研究所の都司嘉宣助教授から最近の検潮記録と関連の資料が提供された。記して深く感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 安藤雅孝（代表）、1991、琉球弧の地震とテクトニクス、月刊地球、海洋出版、1991年10月号。
- 安藤雅孝（代表）、1993、西表島群発地震のメカニズム、月刊海洋、海洋出版、1993年4月号。
- 羽鳥徳太郎、1986、津波の規模階級の区分、地震研究所彙報、61、pp.503-515。
- 羽鳥徳太郎、1988、琉球列島における津波の規模と波源域、地震2、41、pp.541-547。
- 羽鳥徳太郎、1994、台湾、フィリピン、インドネシアにおける津波規模の特性、地震2、47、pp.155-162。
- 羽鳥徳太郎、1996、日本近海における津波マグニチュードの特性、津波工学研究報告、13、pp.17-26。
- 今村明恒、1938a、琉球地震帯ならびに明和と大津浪に就て、地震、10、pp.431-442。
- 今村明恒、1938b、琉球に於ける津浪、地震、噴火に関する史料、地震、10、pp.443-450。
- 今村明恒、1949、本邦津浪年代表、地震2、2、pp.23-28。
- International Tsunami Information Center, Hawaii, 2002, Tsunami Newsletter, Vol.34, No.1, 2.
- 加藤祐三、木村政明1983、沖縄県石垣島のいわゆる「津波石」の年代と起源、地学雑誌、89、pp.471-474。
- 加藤祐三、1987、八重山地震津波（1771）の

- 週上高, 地震 2, 40, pp.377-381.
- 加藤祐三, 日高和己, 川野良信, 新城竜一, 1988, 琉球列島多良間島での八重山地震津波 (1771). 地球科学, 42, pp.84-90.
- 菊地正幸, 山中佳子, 2002, 2002年3月26日石垣島南方の地震 (Mj 6.9), EIC地震ノート, No.119.
- 菊地正幸, 山中佳子, 2002b, 2002年3月31日台湾東部沿岸の地震 (Mj 7.3), EIC地震ノート, No.121.
- 気象庁, 2001-2, 平成13年12月, 平成14年3月地震, 火山月報 (防災編).
- 三好 寿, 牧野 清, 1972, 1771年4月24日の大津波について (II), 地震 2, 25, pp.33-43.
- 瀬野徹三, 1994, 台湾付近のテクトニクス, 地震 2, 46, pp.461-477.
- 宇佐美龍夫, 1996, 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 493p.
- 宇津徳治, 1990, 世界の被害地震の表 (古代から1988年まで), 宇津教授退官記念事業出版, 243p.
- Wang, C., 1982, Earthquakes caused by horizontal bending of the Philippine Sea plate near Taiwan, Tectonophysics, 88, T1-T6.
- 渡辺偉夫, 1998, 日本被害津波総覧 (第2版), 東京大学出版会, 238p.