

1989年岩手県沖群発地震による津波

—三陸沖の放出津波エネルギー—

羽 鳥 徳太郎*

1. はじめに

1989年10月～11月の期間に、岩手県宮古の約100km沖に群発地震が起こり、活動のピークが3回、10月27日、29日および11月2日であった(仙台管区気象台, 1990)。この間に、10月29日と11月2日の地震に津波が伴い、11月2日の津波では岩手県沿岸市町村の住民に、避難命令が出された。ここでは、北海道から関東に至る検潮所で観測された検潮記録を用い、波源域・津波の規模などを解析し、この付近で発生した過去の津波と比較してみる。

三陸沿岸では、400年間の近地・遠地津波による波高の2乗累積値が調べられ(羽鳥, 1973, 1989b; 相田, 1988)、日本で最大の津波エネルギーを受けていることが、定量的に示された。このように、三陸沖の津波活動はきわめて活発であるが、青森・岩手・宮城県近海および海溝付近とは、津波の規模・発生頻度に差異がある。そこで本稿では今回の新データを加え、1896年明治大津波から現在に至る84年間に、三陸沖の各区域で放出された津波エネルギーの累積を調べ、発生域の地域性を考察する。

2. 1989年群発地震の津波

気象庁の観測によれば、10月29日14時26分ごろ三陸はるか沖(39°34'N, 143°47'E)におきた地震のマグニチュードは $M=6.5$ 、11月2日3時25分の地震(39°50'N,

143°04'E)は、 $M=7.1$ であった。10月29日の津波については、11月2日の津波とはほぼ同数の検潮記録を調べてみたが、津波が小さいので検出された観測数は少ない。表-1は、その読み取り値を示したもので、久慈の全振幅25cmが最大であった。

一方、11月2日の津波は、北海道から関東に至る広範囲で観測されており、表-2に検潮記録の読み取り値と、その管理機関を示す。検潮記録では、久慈の全振幅105cmが最大であったが、来襲時のテレビの放映では、岩手県下の港湾で津波が岸壁に溢れていた。また宮城県雄勝では、125cmの高波を観測し、埋立て地がわずかに冠水という報道(朝日新聞)もあった。図-1と2には、10月29日と11月2日の主な検潮記録を示す。

各地の津波伝播時間をもとに、逆伝播図の方法で推定される両津波の波源域は、図-3のようになる。10月29日の津波は、記録の初動がやや不明瞭なので、最終波面が乱れるが、波源域の長さ35km、面積 $0.8 \times 10^3 \text{ km}^2$ になる。

一方、11月2日の津波では、13個所の検潮記録から推定される波源域を示したもので、津波初動はすべて押し波で記録された。波源域の長さは55km、面積 $1.4 \times 10^3 \text{ km}^2$ となり、地震の規模と比べやや小型である。

図-3には、気象庁報告の群発地震域(10月27日～11月6日までの期間)を鎖線で示し、白丸と黒丸は10月29日と11月2日から、それぞれ2日間の地震($M > 4.2$)の震央分布を示す。これを見ると、白丸は10月29日の波源域内にあるが、黒丸の分布はSE方向に10月29日の波源域まで広がり、余震型でない。

*元東京大学地震研究所

なお、東北大学の微小地震観測網による結果も(松沢・他, 1990), 気象庁の観測と同様に, 群発地震域の走向はNW~SE方向に伸び, 波源域が同じ方向に並ぶ。

3. 岩手県沖津波の比較

三陸沖では, 余震または群発地震で津波を伴う発生例が多い(羽鳥, 1989a)。また, 今回の群発地震域も津波の多発域である。次に過去, この群発地震域におきたほぼ同程度の規模の地震と, それに伴った津波を比較してみよう。

図-4は, 1960年3月, 1968年6月と1989年11月の地震の震度分布, 右図に震度と震央距離の関係を示す。1960年地震は, 本震とその余震にも津波を伴い, 1968年6月地震は十勝沖地震(5月26日)の余震で, 津波を伴った(Hatori, 1969)。3地震の震度分布を比べると, 震度4の範囲はほぼ共通するが, 震度3では1989年11月地震がやや狭い。なお, 1960年地震のマグニチュードは $M=7.5$ とされていたが, 見直され $M=7.2$ と訂正された(宇津, 1982)。しかし, 波源域の長さは120kmもあり, 1989年11月津波のものより2倍ほど大きい(図-7)。次に, 津波の規模を筆者の方法(羽鳥, 1986)で判定してみよう。

図-5には, 横軸に震央から観測点までの海洋上の最短距離をとり, 縦軸に検潮記録上の最大全振幅値をとって, 津波マグニチュード m で区分してある。観測値はバラつくが, 1989年10月津波は $m=-1$ と判定され, 地震の規模と比べ標準的である。しかし, 11月2日の津波は1978年宮城県沖地震津波(羽鳥, 1978)よりやや上回り, $m=1$ と判定される。これは, $M=7.1$ の地震に対し, 津波マグニチュードが平均より1階級ほど大きい。図-6は, 1960年・1968年地震の津波と比べたもので, 1989年11月津波は1960年津波よりやや大きく, 1968年津波と同じマグニチュードになる。

4. 津波の放出エネルギー

図-7には, 1896年三陸大津波から現在に至る84年間(1896~1989)に, 三陸沖で発生した津波の波源域分布を示し, 発生年と津波マグニチュード m を付記してある。各波源域は逆伝播図の方法で推定され(例えば, Hatori, 1969, 羽鳥, 1974), 斜線のものは三陸沿岸に被害をもたらした津波である。

このように波源域が稠密に分布するのは他に例がなく, 三陸沖が世界屈指の津波多発域であることが, 改めて理解できよう。図-7に示すように, 1989年11月の波源域は比較的小さいが, その群発地震域は, 1960年岩手県沖津波の波源域と折り重なる広がりがある。

いま, 三陸沖の津波発生域を青森県沖(A), 岩手県沖(B), 宮城県沖(C)および海溝沿い(D)の4区域に分け, 1896年以降に放出された津波エネルギーの累積パターンを見ると, 図-8のようになる。ここで津波エネルギー Et は, 断層モデルから得られた波源域における津波のポテンシャル・エネルギーを表し(相田, 1977), 津波マグニチュードとの関係は, 次の実験式(羽鳥, 1979)を用いた。

$$\log Et = 0.7m + 19.1 \quad (\text{エルグ})$$

図-8によれば, 津波の多発域のC区域では, ほぼ一定の割合でエネルギーが放出されてきた。それに対し, B区域ではエネルギーの累積は急上昇してC区域を超越し, 10^{20} エルグのオーダーに達する。A区域では, C区域とほぼ同じエネルギーの累積をたどってきたが, 1968年十勝沖津波で急上昇した。この区域では江戸時代に3回, 十勝沖津波と同じクラスの津波が100年の間隔で発生しており(羽鳥, 1975), A, B, C区域のエネルギー累積の順位は, 歴史的にも変わらないであろう。一方, 海溝付近のD地域は, 巨大津波の発生域であることを反映し, 累積エネルギーは 10^{21} エルグのオーダーであり, 1933年以降平穏期が続いている。

5. むすび

検潮記録をもとに、1989年10月29日と11月2日の岩手県沖群発地震による津波を解析した。地震の規模と比べて、10月29日の津波は標準的で、津波マグニチュードは $m = -1$ であった。しかし、11月2日の津波は、 $M = 7.1$ の地震に対し、平均より規模が1階級ほど大きく、 $m = 1$ と格付けられ、高角断層によったことを暗示する。幸い被害の報告はないが、岩手県沿岸では津波が護岸に溢れており、避難命令は安全な処置であったと思う。

阿部ら(1990)の解析によれば、11月2日の波源域の走向は $N50^\circ E$ 、長さ70kmと求められ、筆者の解析結果と若干くい違った。しかし、地震波のメカニズム解では(仙台管区気象台、1990)、断層の走向は $N155^\circ E$ 、傾斜角 38° の逆断層の地震と発表されている。

1896年以降、三陸沖の4区域における津波の放出エネルギーの累積値は、岩手・宮城県沖で 10^{20} エルグ程度、青森県沖はこれより大きく、海溝付近では 10^{21} エルグのオーダーであった。各区域で津波の発生頻度は異なるが、放出エネルギーの推移に、特定な地域性が認められる。

謝辞：今回の岩手県沖群発地震に伴う津波の解析には、多くの検潮所管理機関で観測された記録を利用して頂き、謝意を表したい。また検潮記録の収集に当たっては、気象庁気象研究所岡田正実室長、東大地震研究所都司嘉宜助教授、日本歯科大学新潟短期大学阿部邦昭教授にたいへんお世話になった。記して厚く御礼を申し延べる。

参 考 文 献

- 阿部邦昭・岡田正実・都司嘉宜：津波初動分布からみた波源域の断層モデル，地震学会講演予稿集，No. 1, p. 4, 1990.
- 相田 勇：三陸沖の古い津波のシミュレーション，東大地震研究所彙報，Vol. 52, pp. 71~101, 1977.
- 相田 勇：日本沿岸における津波長期危険度としてのエネルギー累積値分布，地震2，Vol. 41, pp. 573~581, 1988.
- Hatori, T. : Dimensions and geographic distribution of tsunami sources near Japan, Bull. Earthq. Res. Instl, Vol. 47, pp. 185~214, 1969.
- 羽鳥徳太郎：日本沿岸における津波のエネルギー分布と到達時間，地震2，Vol. 26, pp. 1~7, 1973.
- 羽鳥徳太郎：東北日本太平洋側における津波の波源，地震2，Vol. 27, pp. 321~337, 1974.
- 羽鳥徳太郎：三陸沖歴史津波の規模と推定波源域，東大地震研究所彙報，Vol. 50, pp. 397~414, 1975.
- 羽鳥徳太郎：1978年宮城県沖津波とその近海の津波活動，東大地震研究所彙報，Vol. 53, pp. 1177~1189, 1978.
- 羽鳥徳太郎：津波の規模階級とエネルギーとの関係，東大地震研究所彙報，Vol. 54, pp. 531~541, 1979.
- 羽鳥徳太郎：津波の規模階級の区分，東大地震研究所彙報，Vol. 61, pp. 503~515, 1986.
- 羽鳥徳太郎：日本近海における余震・群発地震に伴う津波の特性，地震2，Vol. 42, pp. 183~188, 1989a.
- 羽鳥徳太郎：日本沿岸における遠地津波のエネルギー分布，地震2，Vol. 42, pp. 467~473, 1989b.
- 松沢 暢・河野俊夫・松本 聡・山本 明・長谷川 昭：1989年11月2日に三陸で発生した地震($M7.1$)の震源域周辺の地震活動，地震学会講演予稿集，No. 1, p. 102, 1990.
- 仙台管区気象台：三陸はるか沖の地震活動(1989年10月27日~11月18日)，地震予知連絡会会報，Vol. 43, pp. 38~48, 1990.
- 宇津徳治：日本付近の $M6.0$ 以上の地震および被害地震の表，1885年~1980年，東大地震研究所彙報，Vol. 57, pp. 401~463, 1982.

表-1 1989年10月29日三陸はるか沖地震の津波観測表

検潮所	第1波(初動)			最大波			所属
	伝播時間	振幅	周期	τ	全振幅	片振幅	
	min	cm	min	min	cm	cm	
広尾	不明						北海道開発局
庶野	?				15	9	"
浦河	?				12	6	海上保安庁
苫小牧	不明						北海道開発局
むつ小川原	47	5	11	13	10	5	港湾建設局
八戸	55	3	6	48	8	4	気象庁
久慈	40	11	6	13	25	13	岩手県
宮古	27	5	8	30	13	7	気象庁
釜石	30	4	10	24	8	5	海上保安庁
大船渡	不明						気象庁
宮城江島	38	1	3	35	2	1	東大地震研
鮎川	48?	4	8	13	18	10	気象庁
石巻	不明						宮城県
相馬	不明						国土地理院
小名浜	不明						気象庁

τ: 津波初動から最大波発現時間までの間隔

表-2 1989年11月2日岩手県沖地震の津波観測表

検潮所	第1波(初動)			最大波			所属
	伝播時間	振幅	周期	τ	全振幅	片振幅	
	h m	cm	min	h m	cm	cm	
花 咲	60	12	16	2 41	22	12	気 象 庁
釧 路	50?	11	12	1 40	23	14	"
広 尾	52	6	28	3 16	25	12	北海道開発局
庶 野	48	20	10	4	56	20	"
浦 河	45	20	13	36	63	33	海上保安庁
苦小牧	1 25	5	16	1 02	16	8	北海道開発局
室 蘭	?				10	5	"
森	1 20	7	10	15	20	10	"
函 館	1 25?	4	22	3 45	16	8	気 象 庁
青 森	?				10	5	港湾建設局
むつ小川原	42	26	12	56	60	34	"
八 戸	48	23	18	42	60	30	気 象 庁
久 慈	32	60	20	8	105	60	岩 手 県
宮 古	22	54	20	30	84	50	気 象 庁
釜 石	26	24	20	51	42	27	海上保安庁
大 船 渡	32	20	10	4	35	20	気 象 庁
宮城江島	41	4	5	3	18	4	東大地震研
鮎 川	49	20	8	12	58	32	気 象 庁
石 巻	1 11	13	8	2 25	40	12	宮 城 県
相 馬	1 20	23	16	10	56	23	国土地理院
小 名 浜	1 06	9	15	2 24	22	16	気 象 庁
大 津	1 09	13	12	2 22	40	21	茨 城 県
日 立	1 10?	10	22	1 12	20	10	"
銚 子	不 明						気 象 庁

τ: 津波初動から最大波発現時間までの間隔

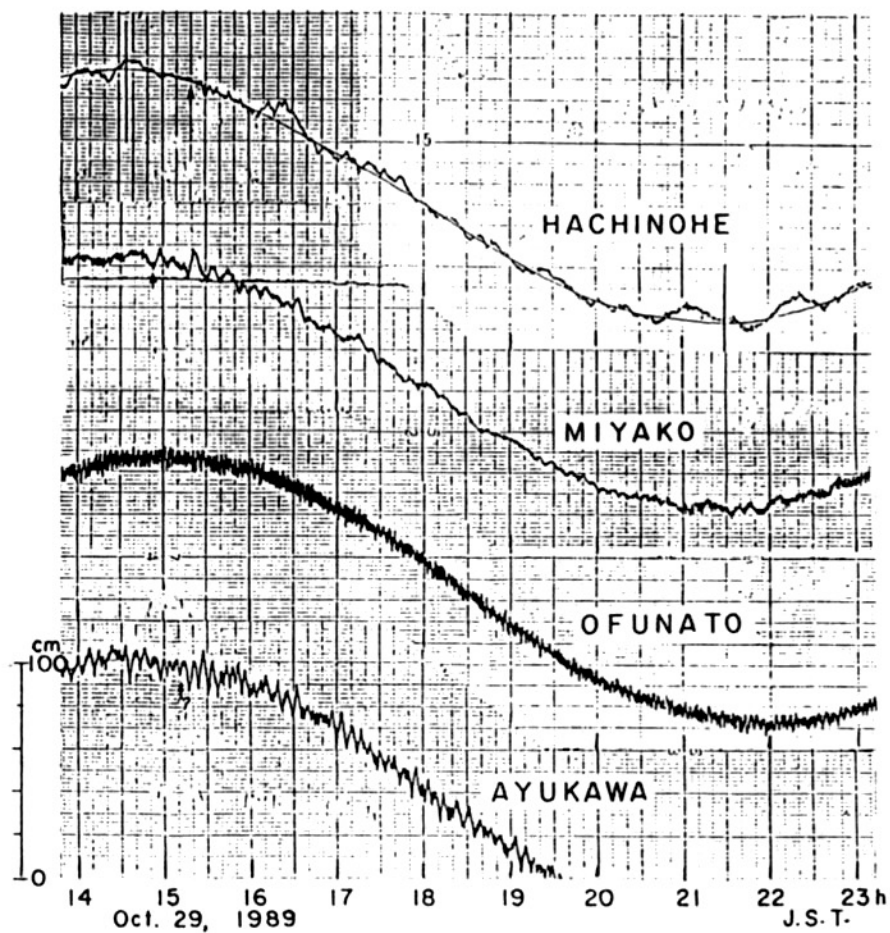
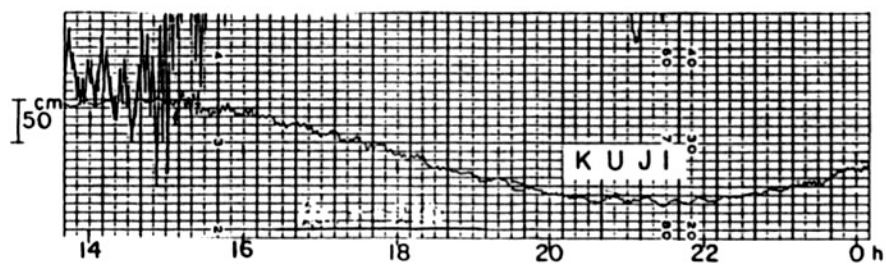


図-1 1989年10月29日三陸はるか沖地震津波の検潮記録

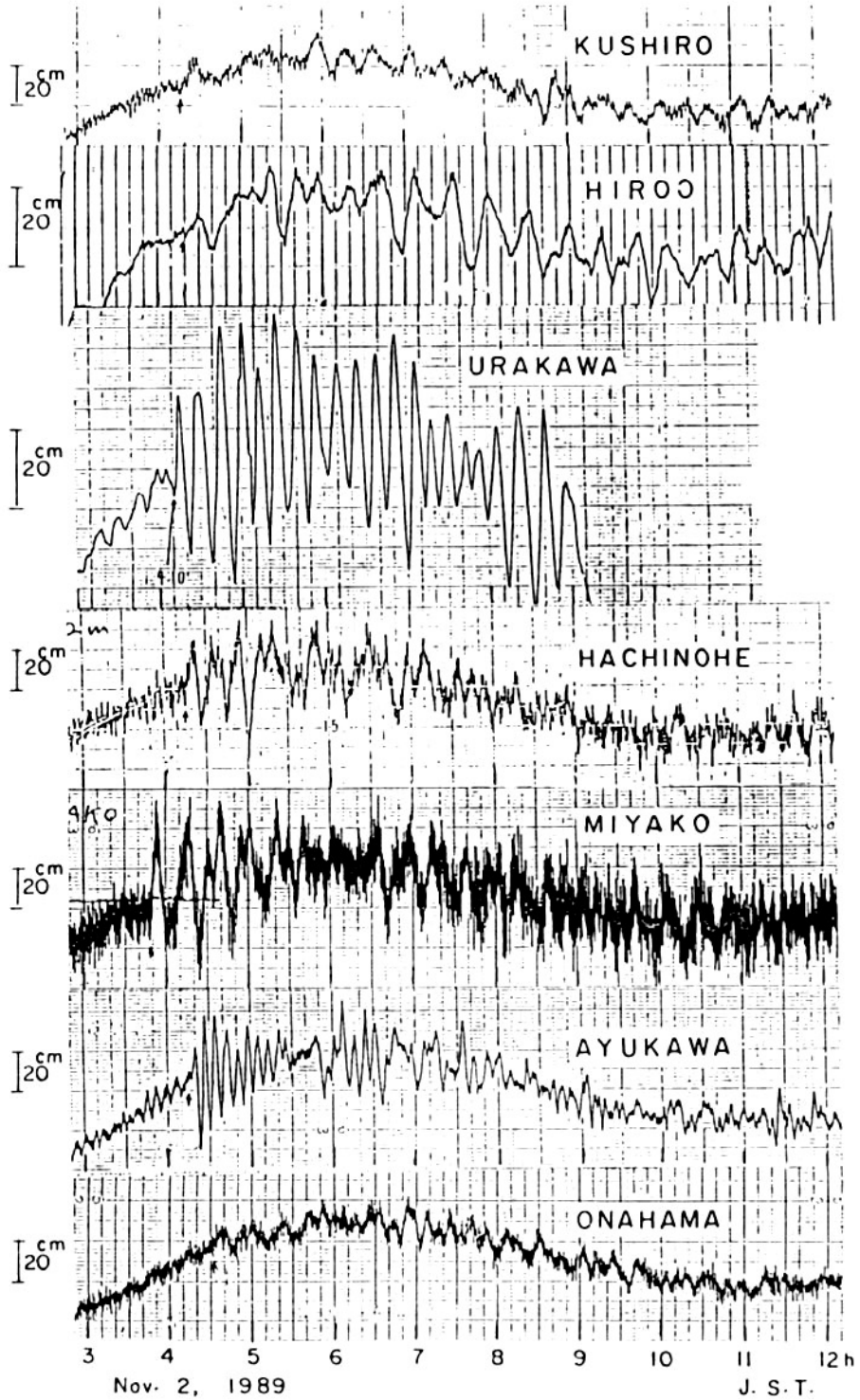


図-2 1989年11月2日岩手県沖地震津波の検潮記録

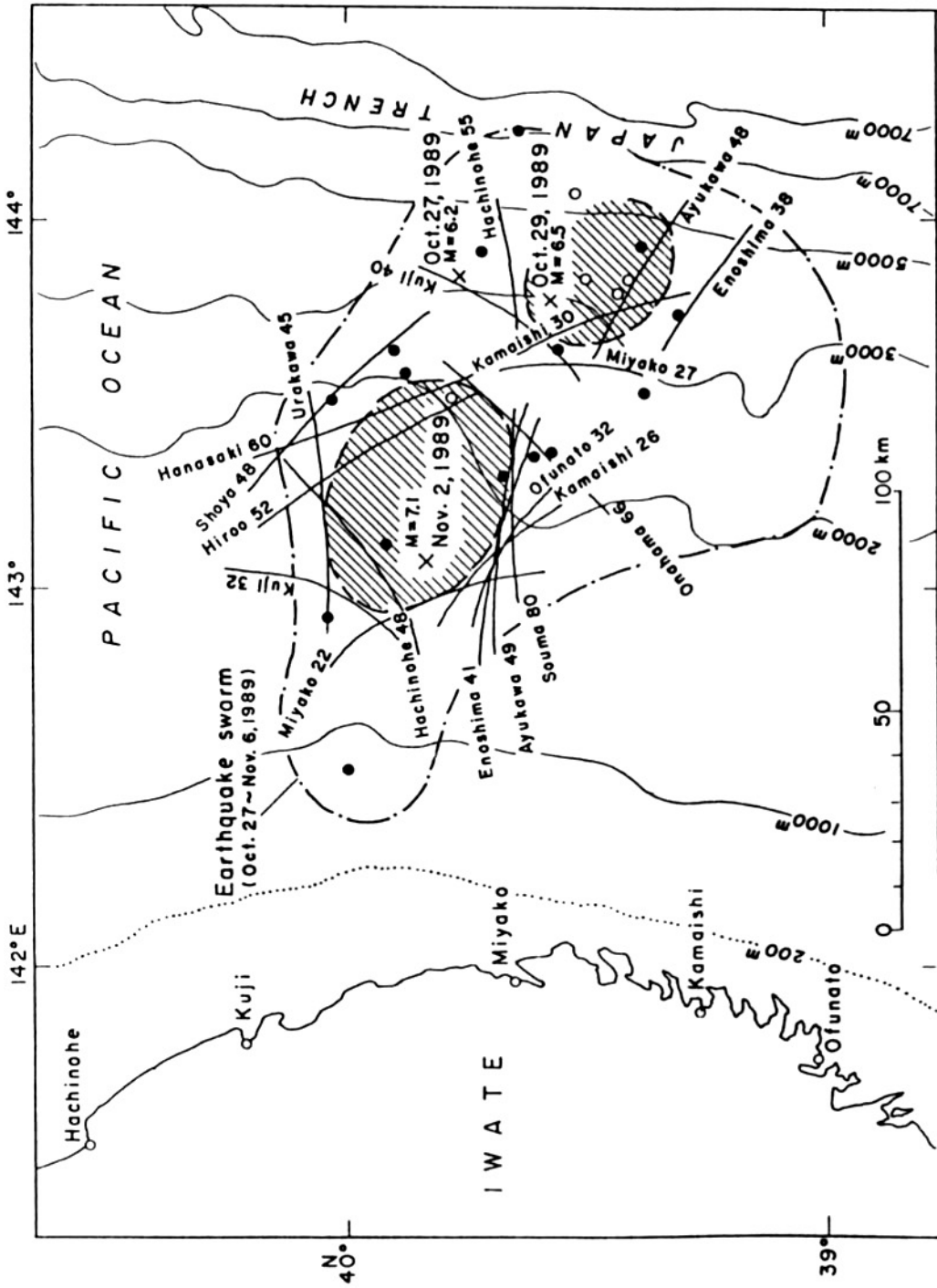


図-3 1989年10月29日と11月2日の津波の推定波源域。波面の数字は津波の伝播時間(分)。鎖線は群発地震域を示す

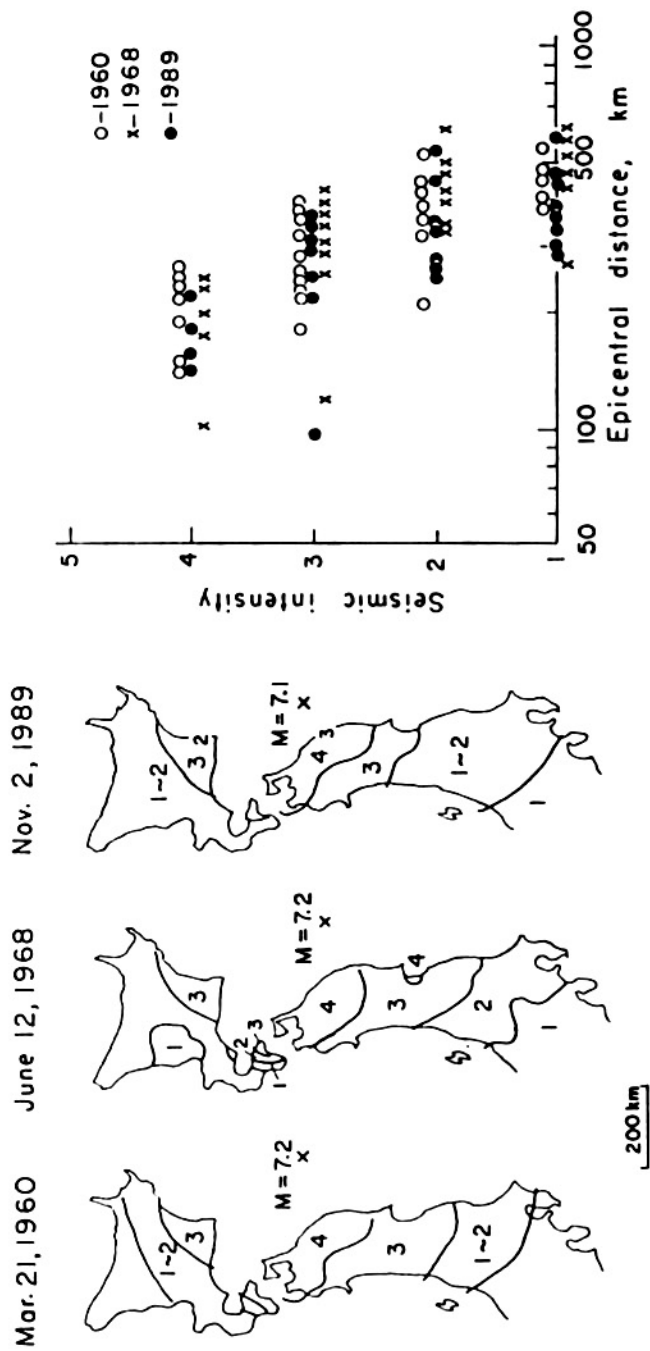


図-4 岩手県沖地震の震度分布と震央距離との比較

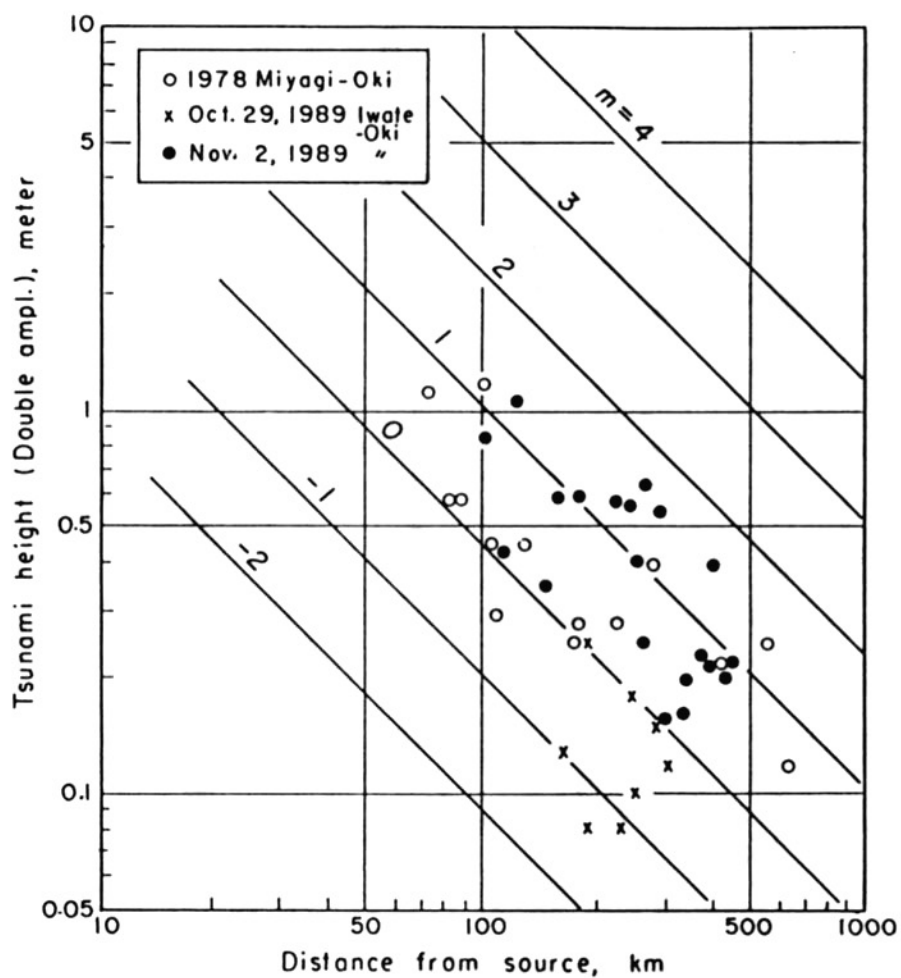


図-5 津波の最大全振幅値と震央距離の関係。津波マグニチュードで区分

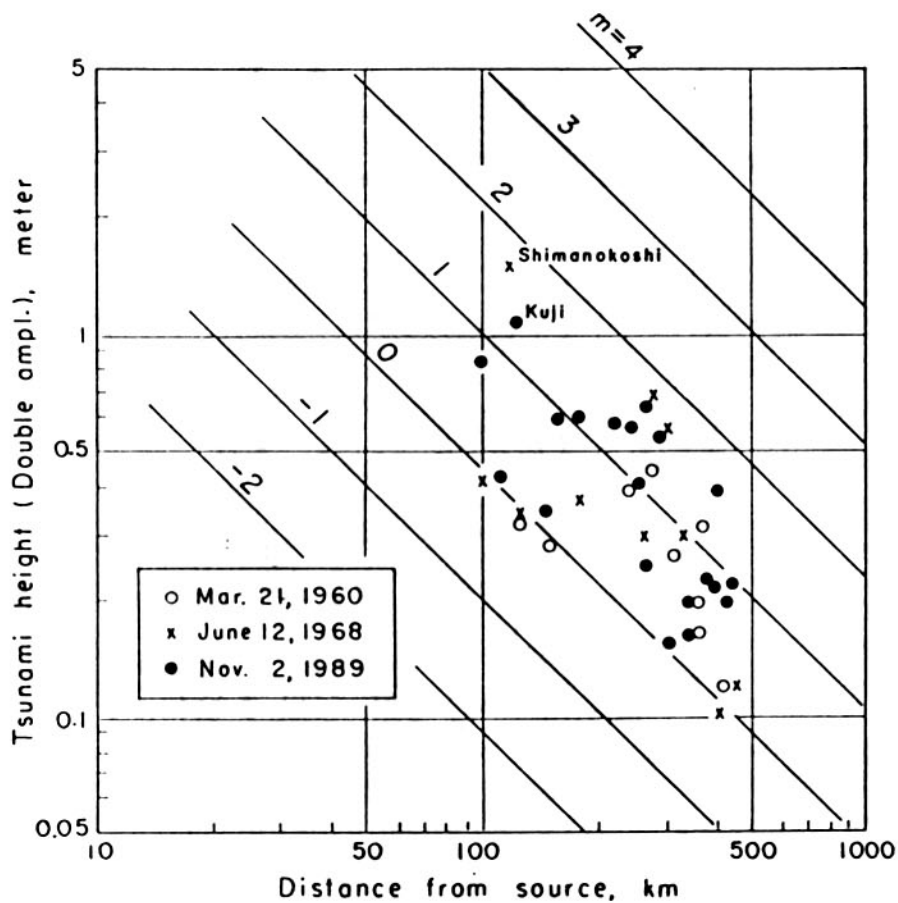


図-6 主な岩手県沖地震の津波マグニチュードの比較

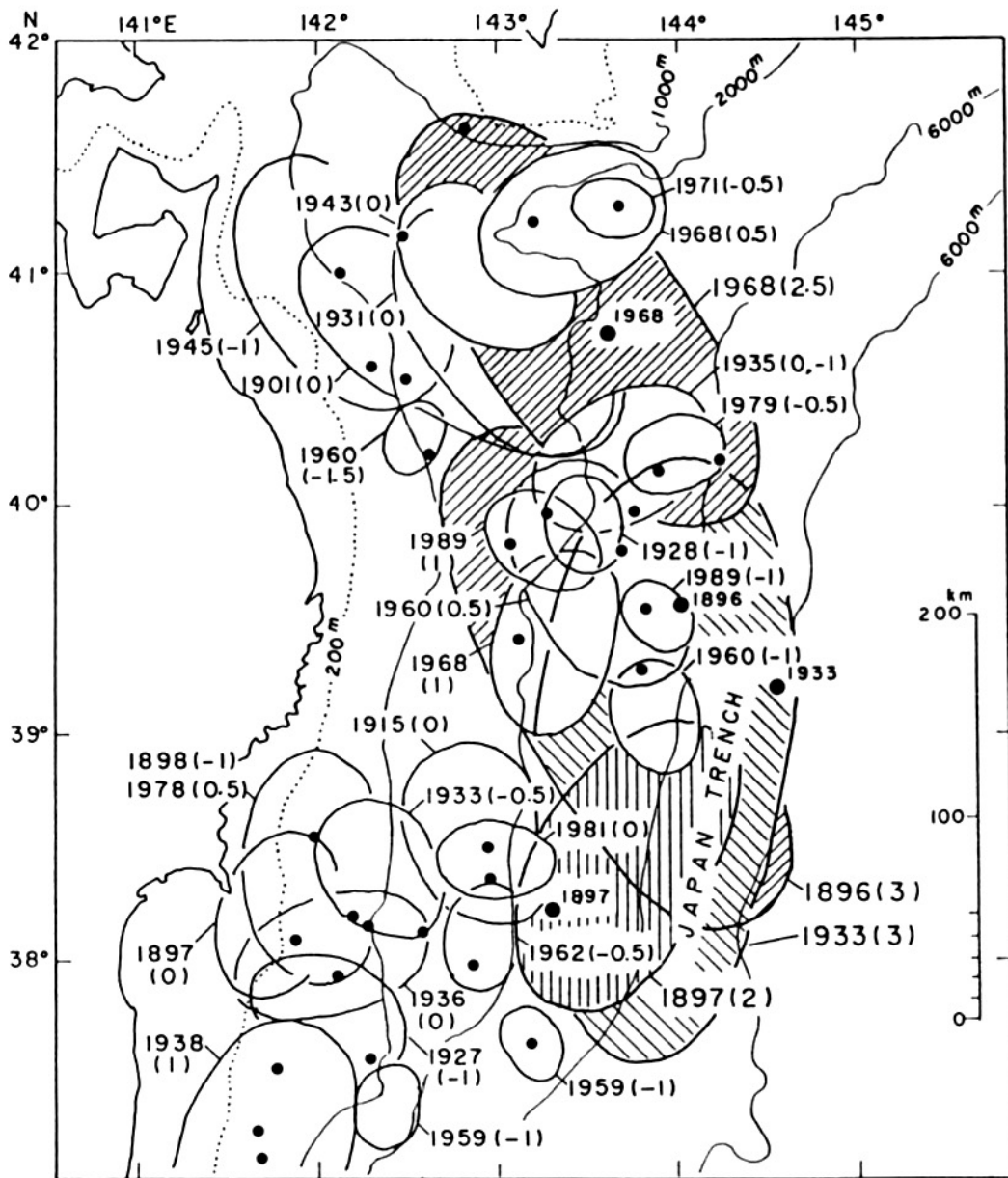


図-7 三陸沖で発生した津波の波源域分布 (1896~1989)。カッコ内の数字は津波マグニチュード

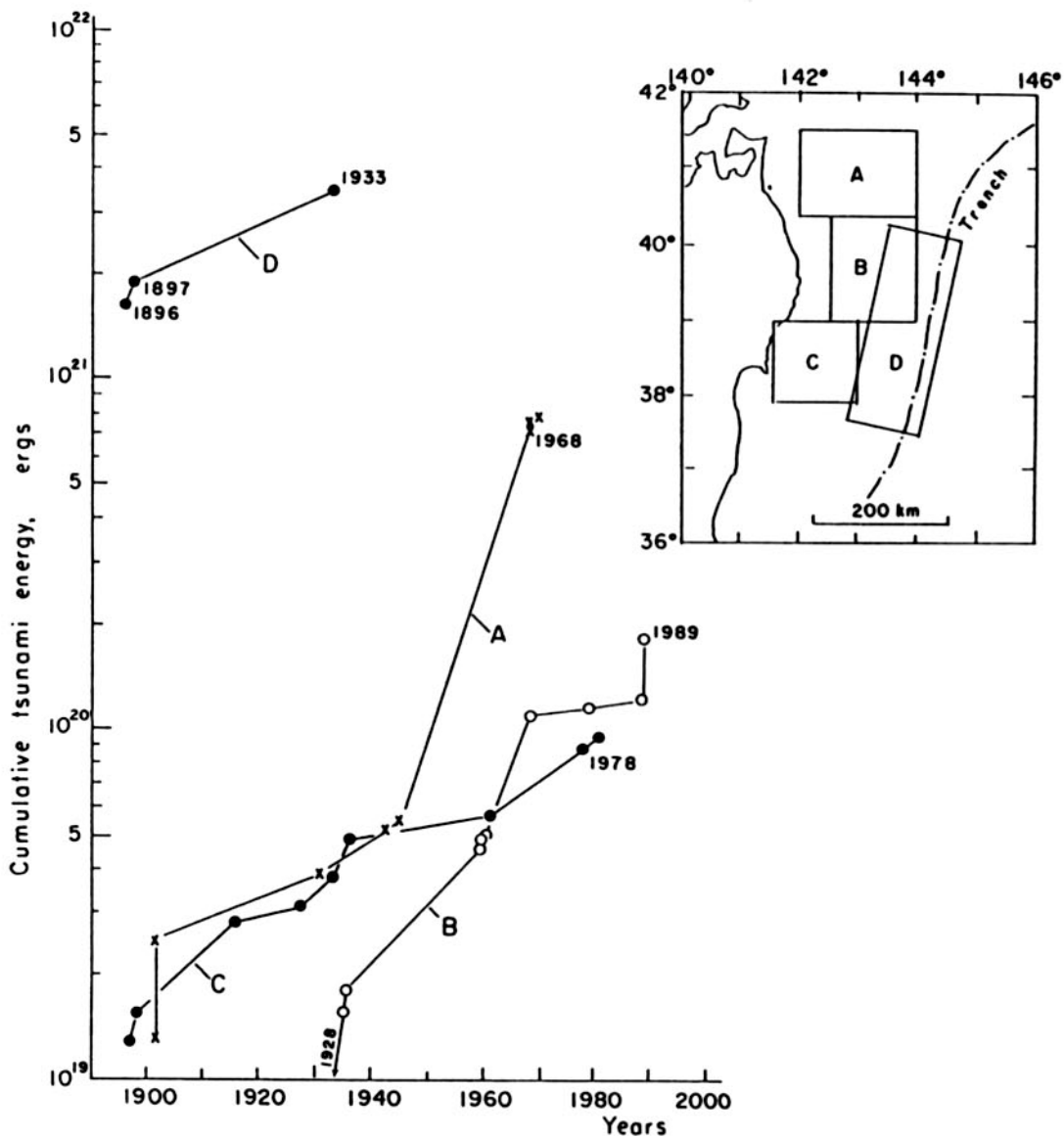


図-8 三陸沖各区域で放出された津波エネルギーの累積推移