2. 調査観測の報告

2.1 過去の宮城県沖地震の活動の履歴および活動様式に関する調査

2.1.1 地震観測データに基づく過去の宮城県沖地震の震源再調査

(1) 調査観測の内容

(a)課 題 地震観測データに基づく過去の履歴および活動様式に関する調査

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
仙台管区気象台技術部	地震情報官	橋本 徹夫 (H14-15)
	地震情報官	青木 元 (H16)
仙台管区気象台技術部地震火山課	主任技術専門官	吉川 一光

(c) 調査観測の目的

1936 年及び 1978 年の宮城県沖地震の本震、余震の再調査を実施し、それぞれの相対的な位置関係を比較検討する。

(2) 平成14~16年度の成果

(a) 調査観測の要約

気象庁カタログの1936年と1978年の宮城県沖地震の震源は、震源決定手法などが異 なっているため、そのままでは震源の相対的な位置関係が議論できない。そこで本調査 では、震源計算手法や使用観測点などの条件を全く同じにして震源計算を行い、両者の 相対的位置関係を比較した。

その結果、1936年の震源の方が、1978年の震源よりも相対的に北に位置することが確 かめられた。しかし、使用観測点の選定によって震源位置が大きく変わる場合もあると いう問題点が明らかになった。

(b) 1936 年及び 1978 年の宮城県沖地震の震源比較

1) 調査観測の実施方法

気象庁カタログの 1936 年と 1978 年の震源 (図 2.1.1-1)は、震源決定に使用した観測 点、走時表及び震源計算方法が違っている (1936 年は 83A 走時表で深さ自由、1978 年は 市川・望月の走時表で深さ 10km 刻み)ので、そのままでは震源の相対的な位置関係が議 論できない。そこで本調査では、用いる観測点・検測項目を固定し、走時表は 83A を用 いることにした。また、震源決定手法としては、現在一般に行われている P 波及び S 波 の到達時刻をもとにした計算(以下、P・S計算)のほか、1936 年は手動時計のため各観 測点における時刻精度にばらつきがあるので、浜田(1987)の震源決定プログラムを用い てS-P時間を用いた計算(以下、S-P計算)も実施した。なお、震源の深さは自由と して計算した。



図 2.1.1-1 気象庁カタログによる 1936 年(左図)と 1978 年(右図)の宮城県沖地震の 本震の位置と本震発生から 2 週間以内の震源分布



図 2.1.1-2 使用した観測点の配置。本調査で使用した観測点は●印

観測点及び検測項目としては、P・S計算では、盛岡、宮古、石巻、仙台、山形、福島、小名浜の7観測点のP波及びS波と水沢のP波の到達時刻、合わせて8観測点 15 要素を使用した。S-P計算では、水沢を除く7観測点のS-P時間を用いた。観測点 配置を図 2.1.1-2 に示す。

なお、水沢観測点については、1978年の検測値は気象庁カタログには掲載されていないので、国立天文台水沢観測所の地震記象紙から検測させていただいた。

2) 調査観測の成果

図2.1.1-3に、1936年と1978年の本震の震源を上記の手法で再決定した結果を示す。 P・S計算による1936年の震源は、気象庁カタログから猪苗代と八戸のデータを除い ただけなので、気象庁震源とほぼ同じである。1978年の震源は、震源計算手法や使用観 測点が変わったため、震源がやや西寄りに移動した。S-P計算では、1936年と1978 年の震源は、ともに気象庁震源より陸寄りに移動し深くなった。ただし、P・S計算、 S-P計算ともに、1936年の震源は1978年の震源よりも北側に位置する傾向には変わ りない。



図 2.1.1-3 1936 年と 1978 年の本震の再決定震源比較

次にそれぞれの余震について同様の手法で震源再決定を行ったが、小名浜観測点のS 波の検測値が少なかったため、小名浜及び水沢を除いた6観測点のS-P時間をもとに 再決定を行った(図 2.1.1-4)。図 2.1.1-4 を見ると、1936 年の本震は 1978 年の本震よ り北側に位置するという傾向は変わらないものの、小名浜観測点を使用しなかっただけ で 1936 年の本震の位置が大きく北にずれたことが分かる。なお、余震の分布域は、1936 年と 1978 年で大きな違いがないように見える。



図2.1.1-4 1936年(○)と1978年(△)の本震及び余震の再決定(小名浜なしで計算)

3) 結論ならびに今後の課題

1936 年及び 1978 年の宮城県沖地震について、震源決定手法や使用観測点を全く同じ にして震源再決定を行い、両者を比較した。その結果、1936 年の震源の方が、1978 年 の震源よりも相対的に北に位置することが確かめられた。

しかし、小名浜観測点を使用しなかった場合に、1936年の本震の位置が大きく北にず れるなど、使用観測点の選定によって震源位置が大きく変わる場合もあることが明らか になった。

1936年と1978年のアスペリティの相対的位置関係に関する議論を行うためには、本 震や余震分布の詳細な位置決定が重要である。今後、さらに使用観測点の組み合わせを 検討するとともに、必要に応じて地震記象紙を見直すことも考慮する必要がある。

国立天文台水沢観測所の田村氏には同所保管の地震記象紙を閲覧させていただきました。ここに記して感謝いたします。

- (d) 引用文献
 - 1) 浜田信生:日本列島の内陸部に発生した被害地震に伴う地震活動の再調査とその地 震学的意義,気象研究所研究報告,38, pp.77-156, 1987.
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
 - 1) 論文発表

著 者	匙	名	务	Ě	表	先	発表年月日
なし							

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
吉川一光・青木	1978 年と 1936 年の宮城県沖	仙台管区気象台,	2004
元・尾山哲夫・	地震の震源比較, 平成 16 年度	pp. 181-182	
吉田明博・橋本	仙台管区調査研究会資料		
徹夫			

2.1.2 津波波形解析による過去の宮城県沖地震の調査

(1) 調査観測の内容

(a) 課 題 津波波形解析による過去の宮城県沖地震の調査

(b) 担当者

所	属	役 職		氏	名	
北海道大学理学研究科地震火山研	究観測センター	助教授	谷	岡	勇†	「郎
気象研究所地震火山研究部		主任研究官	長名	全川	洋	平

(c) 調査観測の目的

過去の宮城県沖地震(1978年、1936年)により発生した津波が観測された検潮所の津 波記録を使用して、津波波形解析を行い、それぞれの地震のすべり量分布を明らかにす る。1937年の地震については津波の有無を明らかにし、津波波形が存在する場合は解析 を行う。

(2) 平成14~16年度の成果

(a) 調査観測の要約

平成14~16年度において次の各項目を実施した。

- 1)検潮所で記録された 14 の津波波形を用いて 1978 年宮城県沖地震のすべり量分布を推 定した。
- 2)1936年宮城県沖地震による津波波形記録を収集、さらには検潮所近傍の地形及び海底 地形データを収集した。それらのデータも用いて 1936 年宮城県沖地震のすべり量分 布を推定し、1978年のそれと比較した。
- 3) 1937 年宮城県沖地震について津波記録を調査した。
- (b) 1978 年宮城県沖地震のすべり量分布推定
 - 1)調査観測の実施方法

1978 年宮城県沖地震の震源過程はすでに多くの研究者によって議論されている(相田(1978)、Seno et. al. (1980)、山中・菊地(2005)等)。特に山中・菊地(2005)は地震波形を詳細に解析し、1978 年のアスペリティーは余震の少なかった場所に位置する(余震と相補的関係にある)事を示した。そこで本調査では、太平洋沿いの14検潮所で観測された津波波形を用いて1978 年宮城県沖地震のすべり量分布を推定し、これまでの研究結果と比較する。

津波波形データとして、八戸(湊)、八戸(鮫)、宮古、釜石、大船渡、気仙沼漁港、月浜、女 川、鮎川、石巻、塩釜、仙台工業港、小名浜、大洗の14検潮記録を用いる(図2.1.2-1)。断層 面は12個の小断層に分割した(図2.1.2-2)。断層の長さと幅は30 km ×30 kmである。全ての 小断層においてメカニズムはSeno et al. (1980)が推定した、走向は190°、傾斜20°、すべり 角は76°、を用いた。各々の小断層に対して、単位すべり量を与えて海底の地殻変動を計算 し、線形長波の式を用いて津波の数値計算を行った。計算領域は図2.1.2-1に示す。全域の グリッド間隔は20秒(約600m)で、検潮所近傍のみ4秒(約120m)を用いた。津波数値計算手 法についてはSatake(2002)を参照。各検潮所で計算された津波波形をグリーン関数としてイン バージョンを行ない、各小断層のすべり量を求めた。

2) 調査観測の成果

最も大きくすべった小断層は図 2.1.2-1 に示す 9 番の断層ですべり量は 1.0mであった。さら にその北東側にある5番の断層で 0.5m、北側の 6 番の断層で 0.4mであった(表 2.1.2-1 参 照)。さらに 8 番の断層で 0.3mすべった以外の小断層のすべり量は 0.2m以下と推定された。 剛性率を7×10¹⁰N/m² とするとトータルの地震モーメントは 1.9×10²⁰Nm(Mw7.5)と計算される。 この結果は山中・菊地(2005)による 2.1×10²⁰Nm とほぼ同等で、Seno et al.(1980)による 3.1 ×²⁰Nm に比べると少し小さい。図 2.1.2-2 に観測津波波形と計算津波波形の比較を示す。全 ての検潮所で観測波形が計算波形によりうまく再現されているのが分かる。

すべり量 (m)
0.09
0.08
0.13
0.20
0.48
0.37
0.13
0.31
1.03
0.03
0.01
0.12

表 2.1.2-1 1978 年宮城県沖地震のすべり量分布

図 2.1.2-1(左)で山中・菊地(2005)が地震波形からすべり量分布を求めた結果と本調査 の結果を比較しているが、本調査により推定された 1978 年宮城県沖地震の際に大きく滑った プレート境界は山中・菊地(2005)の結果と良く一致していることが分かる。詳しく見ると津波波 形解析からは北側5番・6番の断層より、南側9番で大きく滑ったと推定されたが、山中・菊地 (2005)では北側の方が大きくすべったと推定されているのが少し違う。図 2.1.2-1(右)に Seno et al.(1980)の結果と本調査の結果を比較する。津波波形解析で最も大きくすべった小断層は Seno et al.(1980)が推定した陸側の断層に一致し、またその北東の5番の断層は彼らによる海 側の断層に一致するであろう。また陸側の小断層が海溝側より大きくすべている分布は Seno et al.(1980)と良く一致している。ただ津波波形で推定されたすべり量は全体的に Seno et al.(1980)よりも小さい。



1978年宮城県沖地震のすべり量分布。▲は解析に用いた検潮所の位置、番号付 ⊠ 2.1.2-1 長方形がすべり量を推定した小断層の位置を示す。(左)山中・菊地(2005)の推定した 1978 宮城県沖地震のすべり量分布 (コンター間隔 50cm)との比較。(右) Seno(1980)の推定し た1978年宮城県沖地震の断層面との比較



1978年宮城県 沖地震のすべり 量分布解析によ る、観測津波波 形と計算津波波 形の比較。青色 実線が観測波形、 赤色破線が計算 波形。検潮所名 の下に使用した 津波波形の地震 発生時からの時

刻(分)を示す。

3) 結論ならびに今後の課題

津波波形解析により 1978 年宮城県沖地震のすべり量分布を推定した結果は、地震波 を用いて推定されたアスペリティー(大きくすべった場所)とほぼ同じ場所である事が 明確になった。検潮記録を用いた津波波形解析は過去の地震のアスペリティー分布を知 る上で重要である事が再確認できた。

- (c) 1936 年宮城県沖地震のすべり量分布推定
 - 1) 調査観測の実施方法

i) 八戸測候所・仙台管区気象台・小名浜測候所にて津波波形記録の調査・収集を行 う。八戸の津波波形記録については、原記録を得ることができたため、記録の時刻補正 ができた。しかし解析に使用したその他の3つの津波波形記録(月浜、石巻、小名浜) については、原記録は存在せず時刻精度が八戸の記録に比べてよくない。

ii) 八戸港湾空港工事事務所・八戸市立図書館・塩釜港湾空港工事事務所・石巻港湾 事務所・石巻市立図書館・小名浜港湾事務所にて地震当時の検潮所周辺の海底地形デー タの調査・収集を行う。収集されたデータを基に、津波波形数値計算に必要な 1936 年 当時の検潮所近傍の海底地形デジタルデータを作成した。

iii) 八戸、月浜、石巻、小名浜の4検潮記録を用いて1936年宮城県沖地震のすべり量 分布を推定した。津波波形から断層面上のすべり分布を推定するため、想定される断層 面を9個の小断層に分割した(図2.1.2-3右)。断層の長さと幅は30 km×30 kmである。 小断層は前述の(b)1978年宮城県沖地震のすべり量分布を津波波形解析から推定したも のと同じ位置に配置した。ただし今回は北側の3つの小断層を省いた。その理由は、ま ず本地震に対してインバージョンに使用できる津波波形記録は4つしかなく分解能が 無い事、さらに余震域や地震波解析から1936年の地震はすくなくとも北側に破壊が及ん でいないと確認されている事である。全ての小断層においてメカニズムはSeno et al. (1980)が1978年宮城県沖地震に対して推定したものと同じと仮定し、走向は190°、傾 斜20°、すべり角は76°、を用いた。津波数値計算の方法及び津波波形インバージョン の方法は1978年宮城県沖地震の場合と同じ。ここで得られた1936年宮城県沖地震のすべ り量分布を1978年宮城県沖地震のすべり量分布と比較する。

iv) 八戸以外の3検潮記録は原記録に戻る事ができなかったため、時刻精度に問題が 残る。時刻精度によるすべり量分布の違いを評価するために、それらの検潮記録の時刻 を5分から10分程度変化させて津波波形インバージョンを行い、すべり量分布の結果 にどのような影響を及ぼすか評価した。

2) 調査観測の成果

八戸、月浜、石巻、小名浜の4検潮記録を用いて1936年宮城県沖地震のすべり量分 布を推定した結果を図2.1.2-3右に示す。最も大きくすべった小断層は6番の断層です べり量は0.7mであった。その他の小断層のすべり量は0.15m以下と推定された(表2 参照)。剛性率を7×10¹⁰N/m²とするとトータルの地震モーメントは0.68×10²⁰Nm (Mw7.2)と計算される。図2.1.2-4に観測津波波形と計算津波波形の比較を示す。4

小断層	すべり量 (m)
1	0.09
2	0.05
3	0.00
4	0.04
5	0.14
6	0.66
7	0.03
8	0.07
9	0.00

表 2.1.2-2 1936 年宮城県沖地震のすべり量分布





図 2.1.2-4 1936 年宮城県沖地震のすべり量分布解 析による、観測津波波形と計算津波波形の比較。 青色実線が観測波形、赤色破線が計算波形。検 潮所名の下に使用した津波波形の地震発生時から の時刻(分)を示す。

図 2.1.2-3 に 1936 年宮城県沖地震のすべり量分布と 1978 年の宮城県沖地震のすべ り量分布を比較する。まず、全体的にすべり量は 1978 年の地震は 1936 年の地震よりも 大きかったことが分かる。推定された地震モーメントは 1978 年の地震が 1.9×10²⁰Nm (Mw7.5) であったのに対し、1936 年の地震は 0.68×10²⁰Nm (Mw7.2) であった。断層 がすべった断層域も 1978 年の地震の方が広かった。しかし、最も大きくすべった位置 はほぼ同じであるといえる。ただし、1936 年の地震に対する上記の結果は全ての検潮 記録の時刻が正しいと仮定して得られた結果で、実際には月浜、石巻、小名浜での時刻 精度は良く分かっていない。

そこで上記3検潮記録の時刻を表3に示すように故意にずらしてすべり量を求める 事により、1936年宮城沖地震のすべり量分布がどの程度正確に推定されているか評価 する。表2.1.2-3から8分以上ずらした場合は、波形の合いが悪くなり、観測波形を満 足させるようなすべり分布が得られない。しかし、月浜+5分、石巻+5分、小名浜-5 分とした場合は、観測波形と計算波形の合いも比較的良い結果を得る事ができた。その 結果を図2.1.2-5に示す。結果は時刻をずらさなかった場合よりもすべり量が南に染み 出したような分布となった。

検潮所			補 正 時	刻(分)		
月浜	0	+ 5	+ 5	+ 8	+10	+10
石巻	0	+ 5	+ 5	+ 8	+10	+10
小名浜	0	0	- 5	- 8	- 5	-10
RMS res.	2.98	3.57	3.17	3.52	3.96	3.86
小断層		す	べり量	分布(1	n)	
1	0.09	0.15	0.18	0.11	0.08	0.04
2	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.10	0.17	0.16
4	0.04	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10
5	0.14	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00
6	0.66	0.32	0.28	0.02	0.00	0.00
7	0.03	0.10	0.17	0.17	0.11	0.13
8	0.07	0.12	0.18	0.27	0.30	0.36
9	0.00	0.14	0.29	0.23	0.05	0.00

表 2.1.2-3 3 検潮記録の時刻を故意にずらしすべり量分布を推定した結果



図 2.1.2-5 検潮記録の時刻誤差が月浜+5分、石巻+5分、小名浜-5分とした場合 のすべり量分布(左)と観測波形と計算波形の比較(右)

3) 結論ならびに今後の課題

1936年宮城県沖地震のすべり量分布を八戸・月浜・石巻・小名浜の検潮記録を用い て推定した結果、地震モーメントは0.68×10²⁰Nm(Mw7.2)と1978年の地震の1.9×10²⁰Nm (Mw7.5)と比べると小さい事が分かった。大きくすべった位置は1978年の場合と同じ 場所に推定されたが、月浜・石巻・小名浜の記録の時刻に誤差が大きい事を考慮すると、 1936年のすべりが1978年の地震のすべり域よりも南に及んでいた可能性は否定できな い。過去の地震のすべり量分布を精度良く推定するためには、検潮記録の時刻精度が問 題となり、地震動が記録されていない場合には原記録に戻り、時刻遅れを正確に知る必 要がある。

- (d) 1937 年宮城県沖地震の津波調査
 - 1) 調査観測の実施方法

八戸測候所にて津波波形記録の調査を行う。

- 2) 調査観測の成果 地震発生日時(1937年12月27日)の八戸での検潮記録を収集する。ノイズレベル をこえる津波は無かった事が確認できた。津波は1978年宮城県沖地震や1936年宮城 県沖地震に比べると小さかった事が確かめられた。
 - 3)結論ならびに今後の課題
 1937年宮城県沖地震の津波解析は難しい。
- (e) 引用文献
 - 1)相田 勇: 1978年宮城県沖地震に伴った津波の数値計算,地震研究所彙報,Vol 53, pp. 1167-1175, 1978.
 - Seno, T., K. Shimazaki, P. Somerville, K. Sudo, and T. Eguchi: Rupture process of the Miyagi-oki, Japan, earthquakes of June 12, 1978, Phys. Earth Planet. Inter., Vol 23, pp. 39-61, 1980.
 - Satake, K.: Tsunamis, in "International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology", ed. By W.H.Lee, H. Kanamori, P.C. Jennings, and C. Kissikinger, Part A, Accademic Press, pp. 437-454, 2002.
 - 4) 山中佳子, 菊地正幸: 本報告書, 2005.
 - (f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著 者	題名	発 表 先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
谷岡勇市郎	The 1978 Miyagi-oki	AGU 2002 Fall meeting, 主	平成 14 年
	earthquake	催:AGU	12月9日
谷岡勇市郎	津波波形から推定される 1978	日本地震学会秋季大会、主催:	平成 15 年
	年宮城県沖地震のすべり量分	日本地震学会	11月12日
	布		
谷岡勇市郎	津波波形解析による 1936 年	地球惑星科学関連学会 2003	平成 15 年
	及び 1978 年宮城県沖地震の	年合同大会	5 月
	震源過程		
谷岡勇市郎	The comparison between the	IUGG2003	平成 15 年
	1936 and 1978 Miyagi-oki		7 月
	earthquakes		

2.1.3 歴史資料に基づく過去の宮城沖地震の調査

(1) 調査観測の内容

(a) 課 題: 歴史資料に基づく過去の宮城県沖地震の調査

(b) 担当者

所属	役 職	氏 名
東京大学地震研究所	助教授	都司嘉宣

(c) 調査観測の目的

宮城県沖地震は、江戸時代の初頭以来、1978年の宮城県沖地震まで表 2.1.3-1 に記したように、合計7回の類似の地震が発生している。本研究では、このような歴史上に発生した宮城県沖地震系列の地震の実像を解明して、共通する性質と、個々に異なった点を解明して、将来にも発生するであろう宮城県沖地震の予知、防災対策の計画立案に資することを目的とする。

表 2.1.3-1 昭和 53 年(1978) 宮城県沖地震に類似する地震

和暦	西暦	被害域	関東中 部震度4	津波の有無	前回間 隔年
享保 2 Ⅳ 3	1717 V 13	0	0	〇気仙沼市 階上	
寛政5 I 7	1793 II 17	0	0	Ø	76
天保6 Ⅵ 25	1835 VII 20	0	0	×	42
文久1 区 18	1861 X 21	0	Δ	○綾里・野蒜	26
明治 30 Ⅱ 20	1897 II 20	0	0	0	36
	1026 VI 2	0	_	〇女川	20
昭和日日へいる				90cm	39
四千0 52 57 12	1079 \Л 12	0	0	〇仙台新港	40
昭和 53 VI 12 1978 VI 12 〇		0	48cm	42	

被害域に〇とあるのは、おおむね震度5以上の範囲が類似することを示し、 関東中部震度4に〇があるのは震度4の領域が関東地方中央部にまで拡がっている

ことを示している。

(2) 平成14~16度(3か年)の成果

(a) 調査観測の要約

東北6県の各県立図書館を訪問し、各5~10日ほどの期間滞在して、従来の地震史料 集の刊行以後今日までに新しく発行された市町村誌類に紹介された歴史地震に関する資料を収集した。これによって得られた史料を地震年代別に整理分類して、江戸時代に起 きた4回の宮城県沖地震の震度、津波の状況などを調査し、宮城沖地震に共通的な特徴と、 周期性、前震、余震活動などを調べた。過去に発生した最大の宮城県沖地震であると考 えられる、寛政五年(1793)宮城県沖地震の古文書史料の記載内容を整理分析し、震度分 布、および津波の被災状況、浸水高さをとくに詳細に調査した。その結果に基づき、この地震の震源モデルを考察した。寛政五年(1793)宮城県沖地震については(c)節で、その他の三つの地震については(b)節で述べる。さらに、昭和53年(1978)宮城県沖地震を始め、近現代に起きた宮城県地震について、前兆とおぼしき「宏観現象」が気づかれており、これらは将来の宮城県沖地震の予知の手がかりとなると考えられるので、それらの記事も集積した。その結果を(d)節で述べる。

(b) 江戸時代に起きた三度の宮城県沖地震の研究

表2.1.3-1から分かるように、江戸時代には宮城県沖地震と同系列の地震と見られる地震 が4回起きている。このうち、2番目の寛政五年(1793)の宮城県沖地震はやや大きな規模の 津波を伴う地震であって、次節で扱うこととして、ここではそれ以外の、享保二年(1717)、 天保六年(1835)、および文久元年(1861)の三度の地震について述べておこう。そもそも、震 度分布などから見た宮城県沖地震の特徴を要約しておこう。それは表2.1.3-1にも挙げた次 の三つの特徴を持つものを「宮城県沖地震」と定義することができる。

- 1) 震度5弱以上の、家屋、建造物に被害を生ずる揺れの範囲が、仙台平野をはじめ宮城県 全域と岩手県の南部、および福島県北部の平野部の範囲に及んでいること。
- 2) 震度4の範囲が関東地方中央部にまで及んでいること。
- 3) 小さな津波を伴うこと。

をあげることができる。ただし、昭和53年(1978)宮城県沖地震では、津波の最大高さを 示したのは、気仙沼港での1.2m、女川での1.1mに過ぎなかったので、歴史の地震事例 では津波は必ずしも記録が残されているとは限らないことに注意する。

江戸時代には、宮城県地方を中心にして被害を生じた顕著な地震はこれ以外にもあるが、 この3つの特徴を備えていないものは宮城県沖地震とはみなさないことにした。

① 享保二年四月三日(1717 V 13)·享保宮城県沖地震

享保二年(1717)宮城県沖地震の震度分布を図 2.1.3-1 に示す。震度5の領域が、北上側流 域に沿って盛岡に及んでいること、震度4の領域が関東地方中央部に現れていること、およ び気仙沼市階上につなみによる田畑への浸水記録があって小津波を伴っていたことが判明 し、この地震が典型的な宮城県沖地震であることが明らかとなった。



図 2.1.3-1 享保 2 年(1717) 宮城県沖地震の震度分布



② 天保六年六月二十五日(1835 VII 20)·天保宮城県沖地震





図 2.1.3-3 天保6年(1835)宮城県沖地震の震度分布

天保宮城県沖地震の詳細震度分布を図 2.1.3-2 に、その宮城県とその周辺部での詳細図を図 2.1.3-3 に示す。震度5弱以上の地域は宮城県全域と、岩手県南部、および福島県北部に及んでい る。さらに首都圏を含む関東平野中央部が震度 4 の地域となっており、宮城県沖地震の特徴が顕著 である。ただし、この地震には津波記録は見つかっていない。しばしば言及される「太平年表」、「校正 王代一覧」、「慶弘紀聞」など、後世の編年ものの文献にのみ現れる文章はすべて「仙台領大地震、居 城大破損、大津波にて民家数百軒流死人数を知らず」であって、対応する地方史料の裏づけがまった く得られず、この地震に津波があったことは裏付けられない。陸算高田市の海岸に近い集落である今 泉で記された「小嶋家文書」の「世間風唱之事」では、この天保地震の現地の様子が述べられ、かつ、 寛政五年地震で津波があったことを対比している。また、石巻、塩釜、松島など仙台に近い場所で書 かれた、信頼性の高い地元記録にも津波の記載はない。さらに、松島町桜渡戸で書かれた桜井家文 書には、6月 25 日の地震被害を記したあと、その9 日後の7 月 4 日から7 日まで大風雨があって、付 近の集落が海のようになり、さらに「仙台御城下澱橋から五軒茶屋まで「五百軒ばかり流れ、人死する こと数知らず」という、大風雨災害があったことが記されている。「太平年表」などの「大津波にて民家 数百軒流。死数しらず」の記事は、この地震の9 日後の暴風雨による被害記事をあやまって同一視し たものとほぼ断定できるであろう。

武者(1941)の「増訂・大日本地震史料、第三巻」の第417ページに山奈宗真の「岩手県沿岸大 海嘯取調書」に綾里(大船渡市三陸町)での取材記事「天保ノ津浪ニ湊人家ニ破損無し、海岸 ヨリ百五十間マデ波走りたりと云」の記事が紹介してあり、山名宗眞はこの「天保ノ津浪」を、 天保六年宮城県地震の「津波ナラン」とあて推量している。しかし、三陸海岸には天保14年 にチリ国コンセプシオン沖の地震による遠地津波が襲っており、大槌、気仙沼の市街地で床ま で津波が揚がっている。綾里はこの大槌と気仙沼の中間点である。当然「天保ノ津浪」とはこ ちらの津波と理解すべきである。

以上の論証により、天保六年宮城県沖地震の津波存在の根拠はすべて失われることとなり、 この地震が津波を伴っていたとする見解は否定されなくてはならない。

③ 文久元年九月十八日(1861 X 21) · 文久宮城県沖地震

文久元年(1861)宮城県沖地震の震度分布を図 2.2.3-4, および図 2.1.3-5 に示す。この地震の震度5弱以上の地域も、宮城県全域方岩手県の南部に及んでいる。また震度4の領域が江戸に及んでいる。さらにこの地震には明白に津波が伴っており、綾里で12尺、すなわち 3.6m であったことが記録されている。



図 2.1.3-5 文久元年(1861)宮城県沖地震による宮城県 およびその周辺部での詳細震度分布

どの宮城県沖地震の震度分布図にも共通して、石巻から北、鹿又、桃生など、北上側流 域の平野部に位置する各集落で震度が大きく現れていることが指摘できる。地盤の軟弱な ことによるのであろう。

(c) 寛政五年(1793)宮城県沖に発生した地震の詳細震度分布と津波の状況

1) 寛政地震の震度状況

寛政五年正月七日昼九ツ(1793年2月17日12時頃)、宮城県と岩手県を中心に東日本一帯 の広い範囲で地震が発生した。この地震について書かれた史料は比較的多く残っており、そ れをもととした地震の先行研究がいくつかある。

各史料からの寛政地震記事を引き抜き,場所,記事,出典及び震度をまとめたものを表 2.1.3-1 にかかげ,その表 2.1.3-1 から得られた震度分布図を図 2.1.3-6 に載せた。また,震度が判 定された地点の多い,宮城県及び福島県については,分布を明瞭にするために,図 2.1.3-7 及び図 2.1.3-8 にそれぞれ拡大図を載せた。これらの図から,寛政地震は宮城県を中心に福 島県や岩手県が強く揺れた地震であることが言える.とくに宮城県は震度 6 から震度 5 の強 い揺れを県内全域で感じている。また,岩手県内陸南部から福島県北部にかけても震度 6 ク ラスの強震域が及んでおり,これが寛政地震の大きな特徴といえよう。そして,震度 4 の分 布は東京にまで及び,震度 3 に関しては宮城県沖から約 500km 離れた長野県山口村や約 350km 離れた新潟県糸魚川などでも感じるなど、広範囲で揺れたことがわかる。

この震度4の分布に注目すると、その分布は関東南部にまで及んでおり、寛政地震の震度は、北は青森県から南は関東地方にまで及んでいる。

史料地名	現在地名	記事	出典	判定 震度
八戸	青森県八戸市	大地震三度あり	八戸藩勘定所日記	4
鷹巣	秋田県北秋田郡鷹 巣町	大地震	永年記	4
雫石	岩手県雫石町	所々家蔵損、酒屋酒こぼし瀬戸物屋品物沢山損	雫石歳代日記	5-
牛頭天王宮	岩手県盛岡市	大破	寺社 四	5-
花巻	岩手県花巻市	潰町屋6、給人家2、土蔵1、寺1	盛岡藩雑書	6
本荘	秋田県本荘市	地震良繁して止まらず	編年日記覚書	3
黒沢尻	岩手県北上市	土蔵大破3	盛岡藩雑書	5+
鬼柳	岩手県北上市	役屋大破2、小屋大破1	盛尚藩雑書	5+
永徳寺	岩手県金ヶ崎町	永徳寺本堂土蔵崩れる	<u>水沢市史</u>	6-
藤沢	岩手県藤沢町	大地震	皆川家日記	4
鶴尚	山形県鶴岡市	余ほどの地震有	大泉百談 弐	4
迫	宮城県迫町	家作寝返り、人馬死すことおひただし10日の余震で 倒れた家もあり	近世日誌	6-
藤里	宮城県瀬峰町	藤里村、破損多し	藤里村誌	5-
寺池	宮城県登米町	後船橋で居家倒壊4、5軒	登米町史	6-
瀬峰	宮城県瀬峰町	大地震被害頗る多し	瀬峰町史	5+
西野	宮城県米山町	米岡周辺村で潰家42,3軒	登米町史	6+
古川	宮城県古川市	所々家倒れ、酒屋酒こぼれ、産婦負傷	岩崎三代記録	6-
鹿又	宮城県河南町	屋敷石垣崩れる、長屋十五軒程瓦崩れ、町家数多	永書	6-
塩竈	<u>宮城県塩釜市</u>	百年にも之無大地震、人馬に怪我無し	塩釜町方留書	4
仙台東照宮	仙台市青葉区	東照宮の金灯籠4本、石灯籠2本、眞浄院灯籠1本倒	仙岳院文書	5-
仙台城	仙台市青葉区	仙台城大手先、片倉小十郎屋敷石垣揺り崩れ、茂庭 様表御長屋15軒瓦崩、城下芭蕉辻雁金屋店8軒倒	鷧齋日録(うさいにちろ く)	5+
上余田	宮城県名取市	当町近隣所々棟梁折れ、壁倒崩	香集院文書	6-
米沢	山形県米沢市	米沢城、御堂はじめ御城破損か?	上杉家御年譜	5-
飯坂温泉	福島県福島市	上飯坂温泉小湯トフクダ湯停まる	明光寺過去帳	5+
伏黒	福島県伊達町	土蔵大破、壁落ち潰もあり、居宅潰	伊達町史 IV	6-
相馬	福島県相馬市	相馬城内籾蔵等破損、家破損	新妻蔭常手記	5-
福島	福島県福島市	痛み家多く、戸障子多く外れ散乱す、潰家20余、土 蔵潰20余怪我人1人	永書	6-
川俣	福島県川俣町	土蔵屋根潰、石落、酒樽の酒こぼれる	累世年鑑	5-
本宮	福島県本宮町	大地震	藤原家記録(「本宮地 方史」所収)	4
白沢	福島県白沢村	大地震	年代記	4
三春	福島県三春町	大地震	福島県史3 近世2 三 春藩	4
長岡	新潟県長岡市	地震	真福寺「諸事見分雑	3
守山	福島県郡山市	大地震	守山藩御用留	4
田島	福島県田島町	地震	農業耕作帳	3
四倉	福島県いわき市	大地震	北行日録	4
糸魚川	新潟県糸魚川市	地震	榊神官日記	3
矢祭	福島県矢祭町	大地震	万覚帳	4
日光	栃木県日光市	大地震、御機嫌伺い	表日記	4
赤城神社	群馬県宮城村	地震	赤城神社年代記	3
笠間	茨城県笠間市	大地震有之、天水桶の水こぼれ申候	牧野家御家譜	4
関城	茨城県関城町	地震	飛田佐平太年々覚付	3
下諏訪	長野県下諏訪町	地震	上社大祝家日記	3
岩槻	埼玉県岩槻市	地震無慮7回	児玉南柯日記	3
川越	埼玉県川越市	強き地震	松平藩史料	4
豊田	次城県龍ヶ崎市	余ほどの大地震	<u> 豊田村名主日記</u>	4
厥 和 F I II	<u>埼圡県蕨市</u>	大地震	(岡田家)日記	4
取前 、 一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一	<u> 十葉県飯尚町</u> 東京扨子公田屋	大地震	<u> 月後太郎兵衛家文書</u>	4
<u> 江戸 城 内 礼 葉 田</u>	<u> 東京都十代田区</u>	果卿風日壁割れ、窓二ケ所落ちる	<u> </u>	4
<u> </u>	<u> 泉京都十代出区</u>	121 - 121	<u> </u>	4
<u> 中桁</u> ルデマ	田栄県甲村市	地震	奴田御田日記	3
八土十	<u> </u>	地展 地雷 E/ぜわる	<u> 1 日記</u> 	3 0
		<u>地長 支<</u> 括れる 土地電	 7) 坦見音 新古安御田師	3
<u>ル丁ル生</u> 仕事	<u> 朱 朱 小 十 儿 生 叫</u> <i>掛</i> 近 古 娘 日 反	八地辰	<u>以向豕仰用笛</u> 期口日記	2
<u>工久</u> 御駅担	10000110000000000000000000000000000000	地震 して近い 中		ა ე
仰殿场	11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.	地辰文へ活り出	泊土日記	3

表 2.1.3-2 政地震の震度判定表(記事は要約して書かれているものもある)



図 2.1.3-6 寛政地震震度図



2) 寛政地震による津波の状況

寛政地震による津波(以下寛政津波と記す)は,『新収史料』が発刊されてから記事が豊 富になった。これにより、三陸海岸から福島県沿岸にかけて比較的詳しい津波の様子が明 らかになり、浸水高分布だけでなく、引き波が強かったなどの津波の特徴も明らかになっ た。

史料からの津波記事による浸水高判定は一般に難しい。ひとつの方法は、実際に現地に 行って高さを測ることであろう。都司・上田(1995)は、三陸海岸を踏査し史料の記述の中 で高さを測定できそうな地点を選んで、寛政津波の浸水高を推定した。その結果、岩手県 宮古で約1m、山田で2.6m、大槌で2.4m、大船渡で4.2m、長部(陸前高田市)で4.6m などと推定している。これらは信頼の置け る値であろうと思われる。

われわれは、2004 年 1 月 9 日、10 日の 2 日間にわたって、岩手県山田町以南、宮 城県牡鹿町までの 11 点(図 2.1.3-9 参照) について、古文書の記載に基づき津波の浸 水高さに関する測量測定を行った。それら の測量のさい、各市町村役場発行の『都市 計画地図』の 2500 分の 1 の地図が入手で き、標高目標点の近くに TP 測定標高の既 知点があるときには、その点を起点として 津波浸水点の標高を測定した。

現地において実地測量した 11 点での寛 政津波による海水の浸水高の推定値を表 2.1.3-2 としてまとめた。



図 2.1.3-9 寛政津波の浸水高を 実際に測定した 11 点

担訴		経度			緯度		訂書	津波による水
物内	0	1	//	0	1	″	正寺	位上昇高測定
山田町・細浦	141	57	34	39	27	12	往来を塩浪打越	2.3m (MSL)
山田町·織笠	141	57	44	39	26	45	川通家水上がり	2.4m (MSL)
釜石市両石水海	141	53	22	39	17	52	家十四件流失	≧4.5m (TP)
釜石市唐丹本郷	141	53	29	39	12	23	御制札場で肩まで水漬かる	5.9m (TP)
大船渡市三陸町砂子浜	141	50	42	39	4	19	御制札へ水付き候	3.9m (MSL)
大船渡市三陸町綾里	141	47	56	39	2	29	肝入輿平治宅道具流失	4.5m (TP)
陸前高田市長砂	141	38	34	39	0	34	長砂海道まで海水のぼる	1.6m (TP)
陸前高田市誂石下	141	37	21	39	1	15	誂石下まで津波押し流される	2.6m (TP)
陸前高田市長部湊	141	37	28	38	59	20	家々の土台上三尺程水漬かる 居家へ四尺水揚げたり	5.0m (TP)
雄勝町雄勝	141	28	11	38	30	55	床上浸水二尺	5.4m (MSL)
牡鹿町給分浜小淵	141	28	25	38	19	0	小淵は四十軒流失	4.3m (MSL)

表 2.1.3-3 寛政津波の水位上昇高実地測定結果



- (d)1978年宮城県沖地震の宏観現象の報告事例
 - 1) 調査観測の実施方法
 - 1978年宮城県沖地震の発生後2,3年以内に地震学会、学会誌、マスコミ報道などに現れた様々な宏観現象の報告を収集した。
 - 2) 調査観測の成果
 - A. 専門的研究者による物理化学現象
 - A-1 地下水、水位異常変化

静岡県御前崎水位観測井戸にて、前兆と考えられる水位異常変化(低下)が観測された。

[文献] 脇田宏・中村裕二、帯水層の飽和度と地震前の水位変動、

地震学会講演要旨集、1981春、C23。

中村裕二・脇田宏・島村英紀、深層地下水の温度変化(II)、地震学会講演要旨集、 1980 春、C44。

A-2 地震観測、ストレスドロップ:モーメント Mo 比

約1年前から宮城県沖海域に生じた中小の地震のおのおのについてこの比を測定 したところ、約1年前の M5.8 地震の発生を境にこの日の値が小さくなった。

[文献] 斉藤和也・増田徹、浜口博之、高木章雄、地震学会講演要旨集、1980 秋、A19. A-3 微小地震の活動様式の変化<第2種空白域>

- 1975年-1977年6月8日まで「プリズム領域」内に地震が頻発したが、1977年6月8日から本震の1978年6月12日までここではほとんど地震が起きていない。
 〔文献〕 高木章雄、長谷川昭、海野徳仁、地震学会講演要旨集、1980秋、A20.
- A-4. 地層の電気比抵抗の変化

神奈川県油壺観測所(D=404km)付近の「ナマズ岩」の電気比抵抗が変化した。 4時間前から比抵抗が降下した。

[文献]山崎良雄、東京大学地震研究所彙報、58、1980、477-525.

- A-5 本震8分前の前震(文献多し)
- A-6 地磁気の短周期変動の異常

女川(Δ=70km)で、地磁気の短周期変動の振幅比異常が本震の30日前から発生。 [文献]〈原文献未調査〉「1978年宮城県沖地震調査報告書」、土木学会東北支部 A-7 地下水中のラドン量の変化

[文献]〈原文献未調查〉「1978年宮城県沖地震調査報告書」、土木学会東北支部 A-8(長期前兆)

地震活動、三陸沖の海底地震活動に空白域を生じていた。

[文献] 笠原順三、三陸沖における海底地震活動と空白域、地震学会、1978 秋、A43. A-9 地下水位・温泉温度

仙台市、塩釜市、東京都、横浜市、葉山町、大和市、大井町、長野県戸倉などの

井戸に水位異常。また山北町、伊東市の温泉温度に多少の変化あり。

[文献] 大木靖衛、平賀士郎、伊豆半島近海および宮城県沖地震に関する地下水位、 温泉温度の前兆現象について、地震学会、1978 秋、A53.

- B. 生物現象
- B-1 ネムノキの電位

東京都杉並区善福寺2丁目東京女子大文理学部校内のネムノキの電位、2日前の 6月10日に、鋸歯状異常が出現した。

[文献] 鳥山英雄、川口正人、地震学会、1978 秋、A54、および 1979 春、C52-1. B-2 生物異常

本震の約10日以前か本震発生時までに気づかれた生物異常行動(有意性の判定の 困難なものが大部分)

亀井(1978)は365件をあげている。

- [文献] 亀井義次、宮城県沖地震前の異常調査、地震学会、1978 秋、A41. 仙台市八木山動物公園の動物。インド象、チンパンジー、ラマ(9頭)、キリン 県立第一女子中学校調査の動物異常。
- [文献] 力武常次、鈴木美音子、宮城県沖地震と動物先行現象、「1978 年宮城県沖 地震の記録と教訓」、泉市、1979.
- C. アマチュアの指摘する物理現象
- C-1 前日の夕焼け

前日の夕焼けが異常な赤さであった。

[文献] 亀井義次、宮城県沖地震前の異常調査、地震学会講演要旨集、1978 秋、A41.

C-2 雲の異常

白い毛糸のような横縞(?)、NHK 東京放送の上空に現れたとされる。

- [文献] 高石慶次、地震学会、1980春、C54
- C-3 雲の異常、予知雲(?)が東京で観測された。
- [文献] 谷口宏、地震予知と大気現象の異常雲、地震学会、1979秋、C60.和田忠夫、大石小四郎、地震学会、1978秋、A58.
- C-4 地中水平電位
- [文献] 川口正人、地震学会、1978 秋、A56.
- C-5 彗星?
- [文献] 児堀四郎、地震学会講演要旨集、1978 秋、A59.
- 3) 結論ならびに今後の課題

地震研究者として専門家といえる人の観測項目に宏観現象が気付かれていることは 注目に値する。現象が震源に近い宮城県方面よりも関東地方や東海地方など震源から遠 い地方で多く気付かれている。電磁気的な現象、井戸内水位変化の報告が多い。将来の 宮城県沖地震の予知の手段として有効な情報が含まれていると考えられる。

(e) 考察と今後の課題

宮城県沖地震は、江戸時代の初期からすくなくとも7回あったこと、それらがおおむ ね40年弱の間隔で起きていることがわかった。また震度5以上の地域が宮城県全域と、 岩手県南部、福島県北部に及んでいることが判明した。震度4の地域は関東地方中部と 首都圏に及ぶ。ときには局地的にではあっても、栃木・群馬両県に被害を生ずることが ある。また多くの場合小さな津波を伴っているため、海域に震源のある地震である。こ の3カ年に研究で、新たに震度の判明した点もあり、図に反映されているが、せっかく 集められた資料の活用はまだ十分とは言えない。40年周期は、日記による、有感地震か ら見た地震活動の変化に対応しているかどうか?液状化、斜面崩壊、亀裂、家屋の倒壊、 人の死傷、特異的に震度がいつも大きくなる地点と地盤との関係、沿岸湖沼への地震津 波の痕跡調査など、このあとに手がけるべき課題はいくつもあげることができる。 昭和53年宮城県沖地震では宏観現象がいくつか現れた。そのうちのいくつかは十分信 頼するに足る研究者の手によって、客観的な測定や観察事実によってとらえられている。 そのなかには、電磁気的な現象が多い。その体系化、アマチュア観測者による報告など にも謙虚に耳を傾け、将来の宮城県沖地震への対策に活用すべきであろう。

(f)引用文献

武者金吉、1941、「増訂・大日本地震史料・第二巻」、文部省震災予防評議会、pp754. 武者金吉、1941、「増訂・大日本地震史料・第三巻」、文部省震災予防評議会、pp944. 武者金吉、1951、「日本地震史料」、毎日新聞社、pp757. 東京大学地震研究所、1983、「新収・日本地震史料(第三巻)」、pp961. 東京大学地震研究所、1984、「新収・日本地震史料(第四巻)」、pp870. 東京大学地震研究所、1989、「新収・日本地震史料(補遺)」、pp1220. 東京大学地震研究所、1993、「新収・日本地震史料(続補遺)」、pp1043. 宇佐美龍夫、1987、「新編 日本被害地震総覧」、東京大学出版会、pp434.

- (g)結果の論文発表・口頭発表等
- 1) 論文発表

著者	題	名		発	表	先	発表年月日
行谷佑一・都司嘉	寛政五年	(1793)	宮城県沖に	歷史地知	震、19、	80-99	2003
宣・上田和枝	発生したナ	也震の話	羊細震度分布				
	と津波の料	犬況					

2) 口頭発表、その他口頭発表

発 表 者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
行谷佑一·都司嘉	寛政五年(1793)宮城県沖に	第 20 回歴史地震研究会	平成 15 年
宣・上田和枝	発生した地震の詳細震度分	九十九里町	
	布と津波の状況		

行谷佑一·都司嘉	寛政五年(1793)宮城県沖に	「地球科学合同学会」幕	平成 16 年 4
宣・ 上田和枝	発生した地震の詳細震度分	張メッセ	月
	布と津波の状況		

2.1.4 波形インバージョンによるアスペリティの空間分布の調査

(1) 調査観測の内容

(a) 課 題 波形インバージョンによるアスペリティの空間分布の調査

(b) 担当者

所	属	役職	氏 名
東京大学地震研究所		助手	山中佳子

(c) 調査観測の目的

強震計波形記録を用いて 1978 年宮城県沖地震の断層面上の詳細なすべり量分布を求め、 アスペリティの位置を押さえる。

(2) 平成14~16年度の成果

(a) 調査観測の要約

平成 14~16 年度は次の各項目を実施した。1978 年宮城県沖地震の強震動波形記録を収集し デジタル化しを行った。またそれらのデータを用いてインバージョン解析を行った。その結果 これまでの結果に比べ陸側に寄ったところに2つのアスペリティが存在することがわかった。

(b) 調査観測の実施方法

気象庁で観測された強震計波形記録を収集した。これらはインク書きのアナログ記録である ため、スキャナで取り込みデジタイズをしてデジタルデータに変換した。今回解析に用いた観 測点は、石巻、大船渡、仙台、福島、山形、宮古、小名浜、盛岡の8観測点である。これらの データに 0.02-0.5Hz のバンドパスフィルターをかけて波形インバージョンを行った。解析には Kikuchi et al. (2003)の方法を用いた。メカニズムから断層面を仮定し、その断層面上でのす べり量分布を求めた。

(c) 調査観測の成果

平成14年度の解析では震源から見て南側の観測点である福島、小名浜のデータが得られ ずこれらを使わずに解析を行っていた。平成15年度、新たにこれらのデータが見つかり追 加した。その結果、北側の観測点を主に使ってきた解析では海溝側に見えていたアスペリ ティが見かけ上のアスペリティであった可能性がでてきた。図2.1.4-1にこれまでの解析 結果(青コンター)と今回の結果(赤コンター)を比較する。コンター間隔はともに0.3m で0.5m以上すべった領域のみコンターを引いてある。主なるアスペリティの位置は南側の 観測点を含めた解析でもそれほど変わらない。解析の結果、1978年のアスペリティは主に 2つ(図2.1.4-1のA, B)あることがわかった。図2.1.4-1にあわせて本震後1ヶ月以 内に起きた余震分布も示す。余震がアスペリティの周りを囲むように起きていることがわ かる。 波形を使った解析から、1978 年宮城沖地震は約 37km の深さから始まり、破壊はプレー ト境界に沿って深い方に進展した。地震の規模は Mo=2.1×10²⁰Nm (Mw=7.5)、 最大すべり 量は 1.9m となった。



図 2.1.4-1 1978 年宮城沖地震のアスペリティ分布(赤コンター)と余震分布 参考に北側の観測点のみを用いた解析結果(青コンター)も示した。

1978年の宮城沖地震の1つ前の地震といわれる1936年の地震については現存する観測 波形記録が少なく、精度のよい解析はできないが、破壊開始点である震源は2つの地震と もほぼ同じような位置でありながら、1936年は南側に、1978年は北側に破壊が進んでいっ たことがわかる。図2.1.4-2に1936年と1978年のすべり分布を示す。さらに1937年にも Mw=7.2程度の地震が起きているが、これもちょうど1936年と1978年のアスペリティの間 の隙間で起きた可能性が高い。



図 2.1.4-2 1936 年と 1978 年宮城沖地震のすべり分布

(d) 結論ならびに今後の課題

今回の解析の結果、1978年宮城沖地震のアスペリティの場所が押さえられた。ただ、観 測波形と理論波形を比べる(図 2.1.4-3)と福島、仙台の水平成分の振幅が完全には説明 できていない。これは観測点付近の構造、あるいはプレートの影響が考えられる。今後解 析手法を改良し、3次元構造を考慮した解析が必要である。また1936年については波形記 録が少ないため、破壊開始点としてはP波、S波の到着時刻を基にした震源決定によって 決められたものを基にするしかない。これらの地震のアスペリティ分布を正確に求めるた めにも古い地震の正確な震源の位置の情報は重要である。



図 2.1.4-3 1978 年宮城沖地震の解析結果 (a)求められたメカニズム解 (b)震源時間関数 (c)仮定した断層面上のすべり分布 (d)観測波形(上段)と理論波形(下段)との比較

(e) 引用文献

 Kikuchi M., M. Nakamura and K. Yoshikawa : Source rupture processes of the 1944 Tonankai earthquake and the 1945 Mikawa earthquake derived from low-gain seismograms, EPS, 55, 159-172, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発 表 先	発表年月日
Yamanaka,	Asperity map along the	J. Geophys. Res., 109,	2004
Y. and M.	subduction zone in	B07307,	
Kikuchi	northeastern Japan inferred	doi:10,1029/2003JB002683	
	from regional seismic data		
山中佳子	大地震の位置を示す全国版アス	AERA Mook, 91-93	2002
	ペリティマップを作る		
山中佳子	100年間の地震記録から見えて	東京消防, 81, 16-19	2002
	きた大地震発生の特徴		
山中佳子·	見えてきたアスペリティの特徴	月刊地球, 277, 526-528	2002
菊地正幸			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
山中佳子	大地震アスペリティのマッピン	科学技術振興調整費「地震災	平成 17 年 3
	グ	害軽減のための強震動予測	月 16 日
		マスターモデルに関する研	
		究」シンポジウム	
山中佳子	東北沖のアスペリティ	地震サイクルシンポジウム	平成 16 年 6
			月
山中佳子	アスペリティマップから見えて	地球惑星科学関連学会合同	平成 16 年 5
	きたこと,そして	大会	月
山中佳子·	アスペリティとは	安全工学シンポジウム	平成 15 年 7
菊地正幸			月 10 日
Yamanaka,	Asperity Map Along the	AGU	平成 14 年 12
Y. and M.	Subduction Zone in the		月 10 日
Kikuchi	Northeastern Japan Inferred		
	From Historical Seismograms		
菊地正幸·	アスペリティ	産経新聞	平成 14 年 10
山中佳子			月 27 日
菊地正幸·	アスペリティマップについて	東京新聞,他	平成 14 年 5
山中佳子			月 27 日

2.1.5 震度インバージョンに基づく宮城県沖地震の震源調査

(1) 調査観測の内容

- (a) 課 題 震度インバージョンに基づく宮城県沖地震の震源調査
- (b) 担当者

所	属	役 職		氏	名	
鹿島建設(株)	小堀研究室	室次長	武	村	雅	之

(c) 調査観測の目的

宮城県沖で過去に発生した海洋プレートに沿う大地震に対して震度インバージョン手法 を適用し、プレート境界地震、スラブ内地震の区別ならびに各地震の震源過程の違いを明 らかにする。

(2) 平成14~16年度の成果

(a) 調査観測の要約

平成14~16年度は次の各項目を実施した。

- 1)2003 年 5 月 26 日の地震を解析し、震度インバージョン手法の有効性を確認する。
- 2) 1978 年 6 月 12 日と 1936 年 11 月 3 日の地震を解析し波形インバージョン結果と比較する。
- 3) 1897 年 2 月 20 日,8 月 5 日と 1898 年 4 月 23 日の 3 地震を解析し、互いの性質を区別する。

4) 1861 年 10 月 21 日の地震(文久の地震)を解析し性質を明らかにする。

(b) 2003 年 5 月 26 日の地震の解析

1) 調査観測の実施方法

神田・武村(2003、2004)の震度インバージョン手法の手順を図 2.1.5-1 に示す。震度デ ータは地震動の短周期成分を反映し、サイト特性の影響を強く受けるため、インバージョ ンにあたって予めその影響を除去しておく必要がある。このため、豊富な震度データがあ る最近の地震により標準的な震度の距離減衰式を評価しそれからの差をサイト特性とし て評価する。図 2.1.5-1 ではその値を相対震度と呼んでいる。対象とする地震の震度デー タから近傍で求められた相対震度の値を差し引いたデータセットを作成し、それをインバ ージョンすることにより短周期発生源を突き止める。

図 2.1.5-2 は、もとめられた震度観測点毎の相対震度、右側はそれらを用いて求めた揺 れ易さマップである。図 2.1.5-3 は、インバージョンに用いる際の断層の領域である。太 平洋プレート潜り込み面を想定して定めている。2003 年 5 月 26 日の地震はスラブ内地震 であり、断層面はプレートの潜り込み面に分布する訳ではないが、やや深発地震面の上面 の地震であり、震度から評価する震源位置の精度を考慮すれば、プレートの潜り込み面に 仮定しても、それほど不都合は起こらない。

2) 調査観測の成果

図 2.1.5-4 は 2003 年 5 月 26 日の地震の震度分布で、左は気象庁発表の観測値、右はサ

イト特性を補正した震度分布である。サイト特性を補正すると、震央を中心にほぼ震度分 布が同心円状になることが分かる。図 2.1.5-5 はインバージョン結果と余震域である。余 震域は針生・他(2003)をもとに評価した。色が濃く相対的にエネルギー放出の大きい場所 と余震分布がよく一致し、震度分布から短周期発生域を有る程度の精度で評価できること がわかる。残差を最小にするMは 7.1 で気象庁マグニチュードの値にほぼ一致する。



図 2.1.5-1 震度インバージョンの流れ



図 2.1.5-2 相対震度の分布とそれを元にしてもとめたコンター



図 2.1.5-3 解析に用いたプレート境界面の位置



図 2.1.5-4 2003 年 5 月 26 日の地震の震度分布と相対震度補正後の震度。+印は震央、等 震度線は余震域の中心から距離減衰式によって描く。



図 2.1.5-5 2003 年 5 月 26 日の地震の震度インバージョン結果。気象庁発表の 震央とおよその余震域を示す。

3) 結論ならびに今後の課題

2003年5月26日の地震を例に震度インバージョン手法の有効性が確認できた。

- (c) 1978年6月12日と1936年11月3日の地震の解析
 - 1) 調査観測の実施方法

1978年6月12日の地震の震度インバージョンをやるにあたっては、気象庁発表の震度 データがこの時期気象管署に限られ極めて少ないため[武村、2004a]、気象庁による震度デ ータ[浜松・宇佐美(1985)]に加え、表(1980)によるアンケート震度データも用いた。1936 年11月3日の震度データは浜松・宇佐美(1985)がまとめた中央気象台発表のデータで ある。鏡味(2002a)は新聞記事を中心に本地震の被害を調べているが、全潰家屋はほと んどなく、震度はいずれの地点も5以下と小さいようである。このことは1978年の地震 で、宮城県北部を中心に震度6の地域が出現したことと異なる特徴であり、中央気象台の 震度データもそのことをよく表している。

2) 調査観測の成果

図 2.1.5-6、図 2.1.5-7 が用いたデータ分布とインバージョン結果である。各図に2つの結 果があるのは、気象庁マグニチュードを仮定した場合と、残差が最低となるMを求めた場合で ある。最適なMは両地震とも気象庁マグニチュードにかなり近い。図の四角は 1978 年 6 月 12 日の地震の推定震源域 [地震調査研究推進本部(2000)]を囲ったもので、以下の全ての結果に 対して位置の目安として示す。星印は気象庁による震央位置である。楕円で囲う地域は短周期 地震波が強く出たと思われる地域で、解析対象地域の平均を1とした場合におよそ 10 倍以上の 地域を示している。解析対象範囲をどの範囲まで取るかによってこの値は変わるために、絶対 値に意味はない。1978 年の地震では四角で囲まれた断層面のうち陸よりの地域から主に短周期 地震波が強く励起されたことがわかる。

一方 1936 年の地震は、1978 年の地震の震源域を基準に見ると、明らかに短周期発生域が 南にずれていることが分かる。図 2.1.5-8 は Yamanaka and Kikuchi (2004)の波形インバー ジョン結果との比較である。1936 年の地震はすべりの大きな部分も 1978 年の地震とは異 なり南にずれていることが分かる。

3) 結論ならびに今後の課題

1978 年と 1936 年の地震を比べると震度分布は明らかに異なり、それを反映して短周期 発生域も違う。このような違いは Yamanaka and Kikuchi (2004)の波形インバージョン結果 とも整合し、両者が異なる断層面で発生したことを示唆するものである。宮城県沖では 1937 年 7 月にも M=7.1 の地震があり、この地震と 1978 年ならびに 1936 年の地震との関 連を明らかにすることは宮城県沖のプレート境界地震の繰り返しを考える上で重要な今 後の課題である。



図 2.1.5-6 1978 年 6 月 12 日の地震の震度データとインバージョン結果。上は気象庁マグニ チュードを用いた場合、下は最適なマグニチュードを用いた場合。四角は震源域、短 周期発生域を点線の楕円で示す。星印は気象庁による震央



図 2.1.5-7 1936 年 11 月 3 日の地震の震度データとインバージョン結果。上は気象庁マグニ チュードを用いた場合、下は最適なマグニチュードを用いた場合。点線の四角は 1978 年の地震の震源域、短周期発生域を点線の楕円で示す。星印は気象庁による震央



図 2.1.5-8 1978 年 6 月 12 日と 1936 年 11 月 3 日の地震の短周期発生域と Yamanaka and Kikuchi (2004) の波形インバージョンによるすべり分布との位置関係

(d) 1897 年 2 月 20 日、8 月 5 日と 1898 年 4 月 23 日の地震の解析

1) 調査観測の実施方法

1897 年と 1898 年には宮城県沖に相次いで大地震が発生している。1900 年 5 月 12 日に起こ った宮城県北部地震も加えると、対象地域ならびにその周辺で被害地震が頻発した時代で ある。1900 年の地震は武村(2004b、c) により詳しく調べられているので、ここでは 1897 年及び 1898 年の地震について検討する。

この時期の地震の震度も浜松・宇佐美(1985)によりまとめられているが、1898年頃から1907年頃までの時期の震度は定義の変動があり、それ以後の震度とそのままの対応関係で用いると明らかに不自然な状況になることが指摘されている[武村(2004b)]。この点については武村(2004a)に詳しく説明されている。そのことを考慮して、ここでは、以下のような修正を加えて震度分布を評価することにする。

(1) 烈震を5(烈震)ただし、対象地震には報告点なし

(2) 強震を4(中震)とする。強の弱き方は3(弱震)とする。

(3)弱震を2(軽震)とする。弱の弱き方(8/5の地震のみ存在)も2(軽震)とする。(4)微震を1(微震)

烈震については6も含むし、強震については5も含む可能性があるが、原データで区別することは不可能である。このためひとまず5と4にそれぞれ対応させる。弱い方のデータの方が多くなるのが普通であるため、その方が間違いが少ないと判断したからである[武村(2004a)]。また3地震とも中央気象台の地震報告[中央気象台(1900、1902)]に震度分布の図が出ているが、その図には弱き方の分類はなく、それ以前の分類通り、烈、強、弱、微の4段階で示されている。その内2月20日の地震のみは烈の地域が示されているため、その地域に入る地点の震度は上記の対応を考慮して5に変更した。

さらに、3 地震について同報告に揺れの特徴などについての記載がある。そのうち 1897 年2月20日と1898年4月23日の地震には揺れによる被害の記述がある。一方 1897年8 月5日の地震に対しては津波についての記述が中心で、揺れによる被害の記述はなく、揺 れによる被害はほとんど無かったものと思われる。1897年2月と1898年4月の地震につ いては他の被害資料も用いて震度を決め直した。用いた他の資料は、2月の地震は木村 (1898)、鏡味(2002b)、東京地学協会(1897)、池上(1900)、4月の地震は東京地学協会(1898) である。池上(1900)には1900年宮城県北部地震と被害を比較した結果が掲載されている。 このようにして決め直した震度の有る地点はその値を用いた。

2) 調査観測の成果

図 2.1.5-9 に 1897 年 2 月 20 日の地震の結果を示す。表現は図 2.1.5-6 や図 2.1.5-7 と 同じである。震央とマグニチュード M_U は宇津(1979)を用いた。最適な地震規模も含め、 図 2.1.5-9 の結果は 1978 年 6 月 12 日の宮城県沖地震と非常に良く似ていることが分かる。 図 2.1.5-10 に 1897 年 8 月 5 日の地震の結果を示す。震央と M_U は宇津(1979)による。短 周期発生域は 1978 年 6 月 12 日の地震より遥かに海溝よりにあり、地震調査推進本部(2000) の指摘通りである。また最適な地震規模は M_U に比べはるかに小さい。 M_U は励起された津 波の規模や長周期地震動の振幅で決められた地震規模から推定されており[宇津(1979)]、 この結果は、短周期地震波の励起が少なかったことを表している。武村・小山(1981)は、 東北日本の太平洋沿岸では水深 3000m以上の海溝に近い地域では低周波地震が発生する と指摘しているが、その指摘と整合する。

図 2.1.5-11 は翌年4月23日の地震の結果である。プレート境界で発生したと考えられる 1978年6月12日や1936年11月3日や1897年2月20日に比べ仙台以南の震度が低い。 この特徴は図 2.1.5-4の2003年5月26日の地震と共通している。短周期発生域は領域の 北西部に強くでるが、中央部にもやや弱く現れる。これは先に指摘したような震度データ の問題点が完全に修正できていないためかもしれない。より強い北西側の短周期発生域が 真の姿に近いとすれば2003年5月26日の地震と短周期発生域の位置が近く、宮城県北部 の沿岸直下で発生するやや深発地震である可能性が高い。最適なMは7.2で宇津(1979) による評価と同じである。

3) 結論ならびに今後の課題

1897年、1898年に発生した3地震のうち、1897年2月の地震は1978年の地震と極めて よく似た短周期発生域を示すことが分かった。また1897年8月の地震は海溝近くに震源が あるプレート境界地震、1898年4月の地震は短周期発生域の場所から2003年5月と同種 のスラブ内地震ではないかと推定される。迫田(2004)のFig.5を見ると、2003年の地震の 震源域より西側のやや深い場所にスラブと直行する方向に微小地震のクラスターが見られ、 1898年の地震との関連が注目される。



図 2.1.5-9 1897年2月20日の地震の震度データとインバージョン結果。上は宇津(1979)
 によるマグニチュードを用いた場合、下は最適なマグニチュードを用いた場合。
 点線の四角1978年の地震の震源域、短周期発生域を点線の楕円で示す。
 印は宇津による震央



 図 2.1.5-10 1897 年 8 月 5 日の地震の震度データとインバージョン結果。上は宇津 (1979)によるマグニチュードを用いた場合、下は最適なマグニチュードを用い た場合。点線の四角は 1978 年の地震の震源域、短周期発生域を点線の楕円で示 す。星印は宇津による震央



 図 2.1.5-11 1898 年 4 月 23 日の地震の震度データとインバージョン結果。上は宇津 (1979)によるマグニチュードを用いた場合、下は最適なマグニチュードを用い た場合。点線の四角は 1978 年の地震の震源域、短周期発生域を点線の楕円で示 す。星印は宇津による震央

- e) 1861 年 10 月 21 日の地震(文久の地震)の解析
- 1) 調査観測の実施方法

この地震は宇佐美(2003)によれば M=6.4の内陸地殻内地震とされているが、一方で都司 (2000)は、宮城県沖のプレート境界地震の可能性を指摘している。武村(2004b)は、 宮城県北部地域の地震帯が1900年以来、1962年、2003年の3地震の震源域で埋め尽くさ れたように見えることから、内陸地殻内地震の一般的な発生頻度から考えて、わずか40 年前に起こった1861年の地震が内陸地殻内地震であった可能性は低いと指摘している。

図 2.1.5-11 は、文久の地震と 2003 年に相次いで起こった 5 月 26 日の地震ならびに 7 月 26 日の地震の震度分布の比較である。内陸地殻内地震である 7 月 26 日の地震は震源付 近の震度が 6 と高い割に、震度 4 の範囲が狭く、強い震動が遠くまで届かない特徴がある。 一方文久の地震は震度 4 の範囲は十分広く関東地方にまで及んでおり、この点からも内陸 地殻内地震とは考えにくい。一方、5 月 26 日の地震は、宮城県北部沿岸直下の海洋スラブ 内で発生したやや深発地震である。このタイプの地震の震度分布の特徴は、震度 5 以上の 強い揺れの範囲が岩手県に大きく広がり、逆に仙台以南にはそれ程広く広がらないことで ある。このため震度 4 の範囲も、内陸地殻内地震に比べ、全体としては大きく広がるが、 図 2.1.5-12 に示す宮城県沖で繰り返すプレート境界地震のように関東地方にまでは延び ない点である。このような観点から文久の地震の震度分布を見ると、少なくとも宮城県北

そこで宇佐美(2003)による震度データを用いて震度インバージョンを試みた。

2) 調査観測の成果

図 2.1.5-13 に結果を示す。目印となる 1978 年 6 月 12 日の宮城県沖地震の断層の西縁近 くにに短周期発生域が求まり、1978 年 6 月 12 日 (図 2.1.5-6) や 1897 年 2 月 20 日 (図 2.1.5-9) と極めてよく似た短周期発生域分布を示すことが分かる。

3) 結論ならびに今後の課題

図 2.1.5-13 からも分かるように岩手県方面に十分なデータが無く、その意味で評価結果 に不安は残るが、現状のデータで見る限り文人の地震は 1978 年 6 月 12 日や 1897 年 2 月 20 日と同種のプレート境界地震ではないかと考えられる。



図 2.1.5-12 1861 年の文久地震の震度分布と最近の 2 地震の震度分布比較



図 2.1.5-13 1978 年、1936 年、1897 年に宮城県沖のプレート境界で発生したとみられ る地震の震度分布



図 2.1.5-14 1861 年 10 月 21 日の地震の震度データとインバージョン結果。上は地 震調査研究推進本部(2000)によるマグニチュードを用いた場合、下は最適なマ グニチュードを用いた場合。点線の四角は 1978 年の地震の震源域、短周期発生 域を点線の楕円で示す。星印は宇佐美(2003)による震央

(f) 引用文献

- (1)中央気象台, 1900, 明治 30 年地震報告, 48-60.
- (2)中央気象台, 1902, 地震報告, 明治 31 年中央氣象臺年報第二編, 戊ノ部, 54-59.
- (3)針生義勝・関根秀太郎・汐見勝彦・小原一成,2003,防災科研 Hi-net による2003 年 5 月 2 日宮城県沖の地震の余震分布,日本地震学会大会講演予稿集,A076.
- (4)池上稲吉, 1900, 陸前地方の強震に就いて, 気象集誌, 19, 347-359.
- (5) 地震調査研究推進本部, 2000, 宮城県沖地震の長期予測,

http://www.jishin.go.jp/main/index.html.

- (6)鏡味洋史,2002a,1936年11月3日宮城県沖地震の被害,日本建築学会技術報告集,15,359-362.
- (7)鏡味洋史,2002b,1897年2月20日宮城県沖地震の被害,日本建築学会技術報告集,15,363-366.
- (8)神田克久・武村雅之・宇佐美龍夫,2003, 震度データを用いた震源断層からのエネルギー放出分布のインバージョン解析,地震2,56,39-58.
- (9)神田克久・武村雅之・宇佐美龍夫,2004,震度インバージョン解析による南海トラフ巨 大地震の短周期地震波発生域,地震2,57(印刷中).
- (10)木村駿吉, 1898, 仙台市及び付近震災被害調査報告, 震災予防調査会報告, 21, 51-56.
- (11) 表俊一郎, 1980, 地震動についてのアンケート調査, 1978 年宮城県沖地震災害調査報告, 日本建築学会, 33-41.
- (12) 迫田浩司・岡田知己・菅ノ又淳一・長谷川昭,2004,2003 年 5 月 26 日宮城県沖地震
 (M=7.1) と二重深発地震面の地震活動,地震 2,57,187-198.
- (13)武村雅之, 1984, 強震動(地盤震動にかかわる今日の課題-日本海中部地震をめぐっ て), 第12回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会, 15-24.
- (14)武村雅之,2004a, 近代的強震観測開始以前からある強震データとその活用-変位型 強震計記録,震度観測値,被害データ,「日本の強震観測 50 年」シンポジウム,防災 科学技術研究所資料(投稿中).
- (15)武村雅之,2004b,1900 年宮城県北部地震のマグニチュードと震源位置の再評価-1962 年および 2003 年の地震との関連性,地震2(投稿中).
- (16)武村雅之,2004c,1900年および1962年宮城県北部地震の被害データと詳細震度分布, 歴史地震,20(投稿中).
- (17)武村雅之・小山順二, 1983, 低周波地震のスケーリングモデルー津波地震と中小規模 低周波地震の関係, 地震 2, 36, 323-336.
- (18) 東京地学協会, 1897, (雑報) 地震彙報, 地学雑誌, 第9輯, 99, 142-143.
- (19) 東京地学協会, 1898, (雑報) 地震被害, 地学雑誌, 第10輯, 113, 283.
- (20)都司嘉宣,2000,江戸時代,明治時代記録に見る宮城県沖地震の再現性,第18回歴史 地震研究会講演要旨集,19.
- (21)宇佐美龍夫, 2003, 最新版日本被害地震被害総覧 [416-2001], 東大出版会, 605pp.
- (22) 濱松音蔵・宇佐美龍夫 1985, 日本の地震震度調査表 I-VI (1885-1984), 866pp.
- (23)宇津徳治, 1979, 1885年-1925年の日本の地震活動, 東大地震研彙報, 54, 253-308.
- (24)Yamanaka, K., and M. Kikuchi, 2004, Asperity map along seduction zone in

northeastern Japan inferred from regional seismic data, J. Geophys. Res., 109, B07307

- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
 - 1) 論文発表

著 者	題名	発 表 先	発表年月日
神田克久・	震度データから検証する宮城	地震(日本地震学会論文集)	平成 17 年 4
武村雅之	県沖で発生するプレート境界		月(投稿中)
	地震の繰り返し		

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
神田克久·	震度インバージョン解析によ	日本地震学会秋季大会,A074	平成 15 年
武村雅之	る宮城県沖の地震の短周期発		秋
	生域:その 1. 1936 年, 1978		
	年,2003年の地震		
武村雅之·	震度インバージョン解析によ	日本地震学会秋季大会,A075	平成 15 年
神田克久	る宮城県沖の地震の短周期発		秋
	生域:その2. 1898 年, 1897		
	年,1861年の地震		
武村雅之·	震度データのインバージョン	第20回歴史地震研究発表会	平成 15 年
神田克久	解析による明治以後宮城県沖		秋
	で発生した地震の分類		