1930 年代に発生した $M 7$ クラスの宮城県沖の 地震の震度分布について

東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター* 河野俊夫・海野徳仁
長谷川 昭

Distributions of Seismic Intensities of the 1930s $M \sim 7$ Miyagi-oki Earthquakes

Toshio KONO, Norihito UMINO, and Akira HASEGAWA

* Research Institute for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions,
Graduate School of Science, Tohoku University, Aramaki-Aza-Aoba 6-6,
Aoba-ku, Sendai 980-8578, Japan

(Received July 28, 2006; Accepted December 15, 2006)

Distributions of seismic intensities of the 1933 M_{JMA} 7.1, 1936 M_{JMA} 7.4 and 1937 M_{JMA} 7.1 Miyagi-oki earthquakes are investigated and compared with that of instrumental seismic intensities of the 2005 $M 7.2$ Miyagi-oki earthquake. Residuals of seismic intensities are estimated from an empirical regression equation of seismic intensity attenuations in NE Japan. Large positive residuals of seismic intensities, namely overdetermined seismic intensities, are deduced at several commission stations of the Central Meteorological Observatory (CMO) in the central and western portions of Fukushima prefecture and in northern Kanto District. Based on local newspaper articles reporting seismic damages by the 1930s $M \sim 7$ Miyagi-oki earthquakes, seismic intensities are estimated in Iwate, Miyagi, Fukushima, Ibaraki, Tochigi, and Gunma prefectures. Since there were no newspaper articles of seismic damages in the central and western portions of Fukushima prefecture and in northern Kanto District, seismic intensities there are estimated to be less than 4. Locations with seismic intensity 5 are estimated at several places close to the main shock of the 1930s $M \sim 7$ Miyagi-oki earthquakes. Distribution of seismic intensity 5 estimated from the seismic damages of the 1936 $M 7.4$ Miyagi-oki earthquake are very similar to that of the instrumental seismic intensity of the 2005 $M 7.2$ Miyagi-oki earthquake: these two earthquakes seem to be caused by an slip of the same asperity on the upper surface of the Pacific plate.

Key words: Miyagi-oki earthquake, Seismic intensity, Asperity, Interplate earthquake, Seismic damage

§ 1. はじめに

地震調査委員会の評価で今後 10 年以内に発生する確率が約 50% と想定されている宮城県沖の想定震源域内 [地震調査研究推進本部 (2001)] において, 2005 年 8 月 16 日 11 時 46 分に $M 7.2$ の地震が発生した。しかし, その規模が想定されていた $M 7.5$ 程度に比べて一回り小さい地震であったため, 地震調査委員会では想定されている宮城県沖地震ではないと評価した [地震調査研究

推進本部 (2005)]。その宮城県沖で繰り返し発生している地震は, 前회가 1978 年に発生した $M 7.4$ の 1978 年宮城県沖地震であり, 前々回の地震が 1936 年の $M 7.4$ の地震であると考えられている [地震調査研究推進本部 (2000)]。

Umino *et al.* (2006) は, この 1936 年の地震 ($M 7.4$) と, その前後の 1933 年 ($M 7.1$) と 1937 年 ($M 7.1$) に宮城県沖に発生した地震の本震および余震の震源を S-P 時間を用いて再決定し, これら 3 つの地震の余震域が 1978 年宮城県沖地震の余震域の東側, 中央, 西側の部

* 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6

分に重なることを示した。そして、想定震源域内には少なくとも3つのアスペリティが存在しており、1930年代に発生した3つの宮城県沖の地震はそれらのアスペリティが次々に破壊したものであり、1978年宮城県沖

地震ではそれら3つのアスペリティが同時にすべったものであると考えている。一方、Yamanaka and Kikuchi (2004) は、強震波形記録を用いて1936年宮城県沖地震のすべり域を推定した。彼らによれば、1936年

Fig. 1 (Captions are in the next page.)

の地震のすべり域は 1978 年宮城県沖地震のすべり域の南東側に隣接した領域に分布しており、1978 年の地震とは異なった領域ですべりが発生したとしている。また、神田・武村 (2005) は、震度インバージョンにより推定した 1936 年の地震の短周期波発生域が、1978 年の地震の震源域の南側に隣接した領域に分布しているとしており、彼らの推定した短周期波発生域は、Yamanaka and Kikuchi (2004) の推定したすべり域とおおよそ一致する。

本研究では、気象庁気象要覧や地震月報に記載されている震度データと、地震発生直後の新聞記事の中から地震被害に関する記事を収集することにより、1930 年代に発生した宮城県沖の地震の震度分布について再検討を行った。また、2005 年宮城県沖の地震 ($M7.2$) の計測震度分布についても比較検討を試みた。

§2. 1930 年代の宮城県沖の地震と 2005 年宮城県沖の地震の震度分布の特徴

気象要覧に記載されている 1933 年 6 月 19 日 ($M7.1$)、1936 年 11 月 3 日 ($M7.4$)、1937 年 7 月 27 日 ($M7.1$) の宮城県沖の 3 つの地震の震度分布を Figs. 1(a)~(c) に示す [中央気象台 (1933, 1936, 1937)]。本研究の調査範囲は東北 6 県と北関東地方 (北緯 36 度以北) とした。震度データは地震動の短周期波成分を反映し、観測点直下の地盤構造の影響を強く受ける。神田・武村 (2005) は、それらの要素を考慮して、浜松・宇佐美 (1985) がまとめた中央気象台や気象庁のデータを用いて、インバージョン手法を開発して、宮城県沖に発生した過去の地震の震源での短周期波発生域を推定している。本研究で用いる震度データは、Fig. 1 に示した震度観測点の位置と震度から、神田・武村 (2005) の使用した震度データとほぼ同じものと思われる。1936 年と 1937 年の地震については、神田・武村 (2005) により求められた短周期波発生域の中心を、Figs. 1(b), (c) に○印で示す。1933 年の地震については、神田・武村 (2005) による短周期波発生域が求められてはいないため、Umino *et al.*

(2006) による再決定震央を Fig. 1(a) に星印で示す。これらの地震は、いずれも沈み込む太平洋プレートの上部境界面上付近で発生したものであり、それらの震央は約 50 km の範囲内に集中している。したがって、3 つの地震のあいだには、震源特性や地震波伝播経路の減衰特性に大きな違いはないものと思われる。

図中の破線は、本震の震央や短周期波発生域を中心とした 50 km 間隔の等震央距離コンターである。四角で囲った数字は、気象官署 (測候所) の震度を表しており、水沢緯度観測所 (岩手県) の震度も同様に表示してある。その他の数字は民間等に観測委託をしていた区内観測所 [浜松 (1981)] の震度である。東北地方を南北に縦断している曲線は、宇佐美・他 (1992) による震度急変線である。宇津 (1987) や宇佐美・他 (1992) によると、東北日本の太平洋側で発生した地震の震度分布は、火山フロントあるいはこの震度急変線より東側では同じ震度が島弧に沿って南北方向に連続して観測される傾向があり、震度急変線の西側では震度が急激に小さくなる特徴がある。Fig. 1 のそれぞれの地震の震度分布は、大まかには、この特徴を示している。

それぞれの地震の震度分布の特徴を詳細に見てみよう。Fig. 1(a) の 1933 年の地震では、約 3 カ月前に発生した 1933 年 3 月 3 日の三陸沖地震 ($M8.1$) の津波による大災害を被った岩手県では、区内観測所の震度が多数報告されており、太平洋沿岸南部の一部で震度 5、その他の地点ではほとんど震度 4 となっている。宮城県内では、仙台の震度 4 が 1 カ所だけで、ほかには報告されていない。岩手県と震央距離がほぼ等しい位置にあたる福島県内では、測候所の震度が 3 カ所とも震度 3 であるのに対し、区内観測所では震度 5 が多く観測されている。さらに、震央距離が 200 km を超えている福島県会津地方では、震度 5 が震度 3 に隣接している場合もある。山形県内では震度 3 が広く分布しているが、それらに隣接して震度 1 が見られる。

Fig. 1(b) の 1936 年の地震は $M7.4$ と規模が大きく、さらに短周期波発生域が陸側に近い位置にあったにもか

Fig. 1. Map showing seismic intensity of $M\sim7$ Miyagi-oki earthquakes. Numerals enclosed by squares denote seismic intensity observed at the observation stations of the Central Meteorological Observatory (CMO). Seismic intensity observed at Commission Stations are shown by numerals. Dashed lines denote iso-epicentral distance circles. Thick lines in NE Japan show the boundary of the attenuation characteristics of seismic intensity [Usami *et al.* (1992)]. (a) 1933 $M7.1$ Miyagi-oki earthquake. The relocated epicenter by Umino *et al.* (2006) is shown by a star. (b) 1936 $M7.4$ Miyagi-oki earthquake. Open circle shows the center of the short-period wave radiation zone [Kanda and Takemura (2005)]. (c) 1937 $M7.1$ Miyagi-oki earthquake. Open circle shows the center of the short-period wave radiation zone [Kanda and Takemura (2005)]. (d) 2005 $M7.2$ Miyagi-oki earthquake. Epicenter of the unified hypocenter catalog determined by Japan Meteorological Agency (JMA) is shown by a cross. Numerals denote instrumental seismic intensities.

かわらず、岩手県内の区内観測所での震度データの数が半減している。しかも、岩手県南部では震度 4、北部では震度 3 となっており、1933 年の地震の震度分布と比較すると各地の震度が小さい値となっている。宮城県内では、震度 5 が 11 カ所で観測されており、震度急変線の西側の鬼首でも震度 5 である。山形県内の観測点はすべて震度 3 である。福島県内では、中通り地方の南部や震度急変線の西側の会津地方も含め多くの観測点で震度 5 を、その他の地点では震度 4 を観測している。短周期波発生域からほぼ等しい距離にある岩手県中・南部の震度と比較してみると、福島県中通り・会津地方で観測された震度は大きい傾向が見られる。さらに、震央距離が 200 km を超える茨城県・群馬県・栃木県においても震度 5 が観測されているが、これらはすべて区内観測所の震度データである。神田・武村(2005)によれば、茨城県・群馬県・栃木県などは観測点直下の地盤構造の影響により大きな震度が観測されることが指摘されているが、測候所の震度には震度 5 は見られない。

Fig. 1(c) の 1937 年の地震では、1933 年の地震と同じ規模 (M 7.1) であり、震央が陸側により近い位置にあったにもかかわらず、岩手県内の震度データ数は激減しており、震度 3 と 4 が混在し、1933 年の地震よりは小さい震度となっている地点が多い。宮城県内では、震度 4 の観測点が震度 5 の観測点よりも多い。福島県内では震度 3 の地点が多く、1936 年の地震より規模が小さい地震であったことと調和的である。しかし、この地震の場合でも、福島県内の区内観測所で観測された震度分布は、震度 5 と 3 が隣接している。また、山形県内では、22 カ所の観測点では「有感」との報告しかないため、図中の 3 カ所の震度 3 しか表示していない。さらに、1936 年の地震の震度データと同様に、震央距離が 200 km を超える群馬県・栃木県では、区内観測所においてのみ震度 5 が観測されている。

宇津(1984, 1986, 1987)は、震度、震央距離、マグニチュードの関係を表す経験式を求めた際に、「区内観測所のデータを用いない理由は、気象官署のデータに比べて精度がやや劣ること、データが無いことが地震を感じなかったためか、担当者の事情により観測・報告がなされなかったためかわからないこと」などの問題点を指摘している。今回調査した地震についても、同様の問題点がありそうである。

震度分布の比較のために、2005 年宮城県沖地震 (M 7.2) の計測震度分布を Fig. 1(d) に示す。図中の×印は一元化震源の位置を示す。地震波形インバージョンにより、この地震は 1978 年の地震を引き起こしたアスペリティのうち南東部のアスペリティがすべったことによる

プレート境界地震であると推定された [Okada *et al.* (2005)]. Fig. 1(d) を見ると、震央に最も近い宮城県内で震度 5 強、5 弱が広い範囲で分布し、岩手県内では軟弱地盤が分布する北上川流域に沿って震度 5 弱が北方に延びている。福島県内の震度 5 強、5 弱は、県内の北東部の地域に限られており、震央から等距離の宮城県内や岩手県内の震度とほぼ同じ値となっている。この震度分布は、震度急変線より東側では、震央からほぼ同心円状に震度が減衰する分布となっており、震度急変線の西側では急激に震度が小さくなる傾向が見られる。これらの特徴は、宇津(1987)や宇佐美・他(1992)により指摘されている東北地方の震度減衰特性の特徴と良く一致している。一方、1930 年代の 3 地震の際に震度 5 が観測された福島県中通り中南部・会津地方では、震度 4 あるいは 3 となっている。さらに、1930 年代の地震で震度 5 が観測されている茨城県・群馬県・栃木県では震度 4 以下の震度データが報告されている。2005 年宮城県沖の地震と 1930 年代の 3 つの宮城県沖の地震は、震源の位置、規模ともそれほど大きな違いがないにもかかわらず、それらの震度分布、特に震度 5 が観測された福島県中通り中南部・会津地方や茨城県・群馬県・栃木県のそれには大きな相違が見られることが明らかとなった

§ 3. 震度の距離減衰式から推定した理論震度と観測震度の関係

震度は震源距離の増加に伴って減少するが、標準的な震度距離減衰式はさまざまな地域で推定されている [たとえば、宇佐美・他(1992)、宇津(1984, 1986, 1987)、司・翠川(1999)、神田・武村(2005)] 神田・武村(2005)は、宮城県沖で発生した過去の大地震の震度データを詳細に検討して、震源距離 X 、マグニチュード M 、震度 I の間には、

$$I = -4.7 \log X + 1.2 M + 5.8 \quad (1)$$

の関係があることを明らかにした。

ここでは、神田・武村(2005)の震度距離減衰式を基にして、前節で示した宮城県沖の地震の震度分布の特徴について調べてみる。

1933 年、1936 年、1937 年の地震の震度と震央距離の関係を Figs. 2(a)~(f) に示す。Fig. 1 から明らかなように、これらの地震の震度は、測候所データと区内観測所データに大きな差異があることが推測される。したがって、それぞれの地震について、測候所の震度データを Figs. 2(a), (c), (e) に、区内観測所の震度データを Figs. 2(b), (d), (f) に示す。図中の◇印は測候所の観測震度、□印は区内観測所の観測震度、破線は神田・武村(2005)の震度距離減衰式である。横軸は、1933 年の地

Fig. 2. Relationship between seismic intensities and epicentral distances of Miyagi-oki earthquakes. Diamonds and squares denote seismic intensities observed at Central Meteorological Observatory (CMO) stations and Commission Stations (CST), respectively. Dashed lines and dot-and-dash lines denote the attenuation formula of seismic intensities of magnitude 7.4 and 7.2 estimated by Kanda and Takemura (2005). (a) 1933 $M7.1$ earthquake observed at CMO. (b) 1933 $M7.1$ earthquake observed at CST. (c) 1936 $M7.4$ earthquake observed at CMO. (d) 1936 $M7.4$ earthquake observed at CST. (e) 1937 $M7.1$ earthquake observed at CMO. (f) 1937 $M7.1$ earthquake observed at CST. (g) Instrumental seismic intensities of 2005 $M7.2$ earthquake observed at JMA stations. Solid line denotes an attenuation formula derived from the regression analysis of seismic intensities in this study.

震については再決定震源 [Umino *et al.* (2006)] からの距離 (Figs. 2(a), (b)) を, 1936 年と 1937 年の地震については短周期波発生域 [神田・武村 (2005)] の中心からの距離 (Figs. 2(c)~(f)) をそれぞれ表す。

測候所の震度の分布を見ると, これらの地震の震度は震源距離の増加に伴って減少しており, 神田・武村の震度距離減衰式と大きな差はないことがわかる。一方, 区内観測所の震度の分布を見ると, 観測震度が震源距離の増加とともに減少する傾向はほとんど見られない。特に, 震度 5 の分布は, 神田・武村の震度距離減衰式から大きくずれていることが明らかである。

谷岡・長谷川 (2005) は, 1936 年の宮城県沖地震のマグニチュードを津波波形のインバージョン解析から推定し, 気象庁マグニチュード $M 7.4$ より小さい $M_w 7.2$

が妥当であるとしている。そこで, $M 7.2$ とした場合の 1936 年の地震の震度距離減衰式を Figs. 2(c), (d) に一点鎖線で示した。図中に破線で示された $M 7.4$ の震度距離減衰式と比較してみても, 震度分布の特徴はほとんど変わらないことがわかる。

2005 年の地震の計測震度と震源距離の関係を Fig. 2 (g) に示す。横軸は一元化震源からの距離を表す。図中の実線は本研究に用いた計測震度の距離減衰を表す回帰直線, 破線は神田・武村 (2005) による震度の距離減衰式である。図から明らかなように, 2005 年の宮城県沖の地震の計測震度 (図中の○印) は神田・武村の距離減衰式 (図中の破線) と非常に良い一致を示している。そこで, 宮城県沖で発生した地震に対する標準的な震度距離減衰式として神田・武村 (2005) による経験式を採用し

Fig. 3 (Captions are in the next page.)

Fig. 3. Distribution of seismic intensity residuals. Residuals are determined by differences between observed seismic intensities and predicted seismic intensities calculated by empirical regression equations by Kanda and Takemura (2005). Diamonds and squares denote seismic intensity residuals observed at Central Meteorological Observatory (CMO) stations and Commission Stations (CST), respectively. Shaded areas show the range of seismic intensity residuals smaller than ± 1.4 . (a) 1933 M 7.1 earthquake observed at CMO. (b) 1933 M 7.1 earthquake observed at CST. (c) 1936 M 7.4 earthquake observed at CMO. (d) 1936 M 7.4 earthquake observed at CST. (e) 1937 M 7.1 earthquake observed at CMO. (f) 1937 M 7.1 earthquake observed at CST. (g) 1936 earthquake with presumed magnitude 7.2 (see text) observed at CMO. (h) 1936 earthquake with presumed magnitude 7.2 (see text) observed at CST. (i) Residuals of instrumental seismic intensities of 2005 M 7.2 earthquake. Numbers of seismic intensity data, averages and standard deviations of residuals are summarized in Table 1.

Table 1. Residuals of seismic intensities. Distribution of residuals are shown in Figs. 3(a)~(i).

	1933 (M 7.1) CMO	1933 (M 7.1) CST	1936 (M 7.4) CMO	1936 (M 7.4) CST	1937 (M 7.1) CMO	1937 (M 7.1) CST	1936 (M 7.2) CMO	1936 (M 7.2) CST	2005 (M 7.2)
No. of data	18	163	20	171	16	103	20	171	774
Average	-0.387	0.144	0.127	0.134	-0.244	-0.134	0.367	0.374	0.042
S.D.	0.735	0.88	0.574	0.783	0.659	0.753	0.574	0.783	0.539
See Fig. 3	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)

て、(1) 式から計算される理論震度と 1930 年代の地震の観測震度との差の値の分布について調べてみる。

Figs. 3(a), (c), (e), (g) に測候所の震度データと理論震度との差を、Figs. 3(b), (d), (f), (h) に区内観測所の震度

データと理論震度との差を、それぞれ示す。測候所震度の残差をみると、ほとんどすべての残差が ± 1.4 以内 (観測された震度の差が 1 以内) に分布していることがわかる。一方、区内観測所の残差を見ると、残差が ± 2

Fig. 4 (Captions are in the next page.)

を超えるものも見られ、区内観測所震度データの信頼性が低いことが推察できる。また、Fig. 3(i)に2005年の地震の計測震度の残差分布を示す。図からわかるように、ほとんどの計測震度は灰色で示した ± 1.4 の範囲に分布している。Table 1に震度残差のデータ数、平均値、標準偏差を示す。

1933年、1936年、1937年の宮城県沖の地震の震度残差の空間分布を調べた結果を、Figs. 4(a), (b), (c)にそれぞれ示す。また、1936年の地震については、M7.2と

Fig. 4. Map showing distribution of seismic intensity residuals. Circles with thick and thin circumference show the locations of the CMO stations and those of Commission Stations, respectively. Residuals of seismic intensities are shown by a color scale at the bottom. Locations of the main shocks are shown by the same symbols as in Fig. 1. (a) 1933 M7.1 earthquake. (b) 1936 M7.4 earthquake. (c) 1937 M7.1 earthquake. (d) 1936 earthquake with presumed magnitude 7.2. (e) 2005 M7.2 earthquake. Note that positive residuals are observed at several 25 Commission Stations in western Fukushima prefecture and north Kanto district in the case of 1930s earthquakes.

した場合の震度残差の分布を Fig. 4(d)に示す。図中の太○印は測候所、細○印は区内観測所の位置をそれぞれ表す。(1)式から得られた理論震度に対する震度の残差をカラースケールで示した。Fig. 4(a)の星印はUmino *et al.* (2006)の再決定震源、Figs. 4(b)~(d)の○印は神田・武村(2005)の短周期波発生域の中心の位置である。

1933年の地震については、Fig. 4(a)からわかるように、山形県の負の残差、福島県の正の残差が顕著であるが、大きな残差を示しているこれらの観測点はすべて区内観測所である。一方、新潟県・群馬県・埼玉県の負の残差の測候所は、神田・武村(2005)によれば相対震度の小さい場所(揺れにくい場所)に相当しているように見える。

1936年の地震については、Figs. 4(b), (d)からわかるように、福島県中部および会津地方の正の残差、茨城県・群馬県の正の残差が顕著であるが、これらの観測点もまた、すべて区内観測所である。

1937年の地震の震度残差を Fig. 4(c)に示す。宮城県・山形県・福島県中東部の区内観測所では負の残差となっているが、福島県会津地方の区内観測所では1936年の場合と同様に正の残差となっている。さらに、群馬県・栃木県・茨城県の区内観測所でも孤立した正の残差が認められる。

比較のために、2005年の地震の計測震度の残差分布を Fig. 4(e)に示す。1930年代の地震と比べると震度残差の値が非常に小さいことが明らかである。1930年代の地震では正の震度残差が見られた福島県会津地方では、計測震度残差は負の値を示しており、さらに茨城県・栃木県・群馬県ではやや大きな正の計測震度残差が得られている。これらの傾向は神田・武村(2005)の相対震度の分布とよく一致しており、計測震度データの信頼性を示しているものと考えられる。

相対震度分布[神田・武村(2005)]からもわかるように、福島県会津地方は揺れにくい場所である。仮に、1936年の地震の短周期波発生域が Fig. 4(b)に○印で示された場所よりもさらに南側であったと考えると、福島県および北関東地方の区内観測所の正の震度残差は説明可能となるが、それ以外の測候所や区内観測所の震度残差の空間分布を説明することは難しくなるであろう。

§4. 地震時の被害状況から推定した震度分布

気象庁震度階級の震度5の説明には、「壁に割れ目がいり、墓石・石どうろうがたおれたり、煙突・石垣などが破壊する程度の地震動」が見られ、「立っていることはかなりむずかしい。一般家屋に軽微な被害がはじめる。軟弱な地盤では割れたり崩れたりする。すわりのわ

Table 2. List of newspaper articles reporting seismic damages by the 1933 *M* 7.1 Miyagi-oki earthquake.

県	市町村 (地名)	観測 震度	推定 震度	被害記事
岩手県	久慈町	4	4	時計止まり, 陳列品は崩れ, 戸外に飛び出す人多し. (日報)
	宮古町	4	4	町民いずれも戸外に飛び出す. (日報)
	釜石地方	4	4	バケツの水半分こぼれる. 棚のもの落下. 時計の振り子止まる. 沢村辺で地崩れ. (日報)
	甲子村		4	菊池未子末 (71), 洞泉山で桑摘み中, 落石により頭部を打たれ即死. (日報)
	稗貫地方		4	家屋はグラグラ動き, 樹木も電柱も大風にあおられたごとくダオダオと動いた. (日報)
	花巻町	4	4	人々は驚愕して裸足で戸外に飛び出す. 時計の振り子止まる. 3月3日より短い強い. (日報)
	飯豊村		4	苗代の水あふれるばかりにゆれた. (日報)
	胆江地方	4	4	かなり強くゆれ, いずれも戸外に飛び出した. (日報)
	一関地方	4	4	かなりの強震あり, 時計の振り子止まり, 棚から物落下, 全町民戸外に飛び出す. 人畜に被害無し. (日報)
	盛町権現堂		4	道路, 長さ1間2ヶ所, 3間1箇所亀裂. (日報)
	綾里村		4	綾里村小学校付近の道路にところどころ亀裂. (日報)
	横田村		4	駐在所付近の県道で長さ1間半乃至3間位の長さに小亀裂を生ず. (日報)
宮城県	仙台市	4	4	市民ら戸外に飛び出す. 3月3日の大地震と比較すれば規模は小さいが震源地が近いために上下動を伴い家屋震動の程度が3月3日の地震よりはむしろひどかった所が多い. (河北) 市民が戸外に飛び出す. 時計の振り子止まり, 陶器店に少なくない被害あった. 3月3日の地震よりは幾分弱い方であった. (民報)
	石巻地方		5-	3月3日の地震より小被害多し. 水産学校実験室薬物棚の瓶墜落破損. 標本室の数百点の標本瓶将棋倒して破損. 山崩れで松の木数本倒れる. 倉庫の壁大亀裂. 万石浦沿岸県道, 2, 3箇所亀裂を生じる. 市内, 瀬戸物屋, 各商店, 一般家庭でも棚のものの転落破損する等小被害無数. 湊町県電高圧線断線. (河北, 民報)
	涌谷町		4	陶器商の瀬戸物落下. (河北, 民報)
	田尻町	4		駅前農業倉庫の壁崩れる. (河北, 民報)
福島県				県下の被害無し (民報)
	福島市	3	4	6時40分頃市内に突如地震があり, 数多の人々は戸外に飛び出した. (民友)
	平町地方		4	時計の振り子止まり, 棚のものの落ち大騒ぎをなしたが幸いに被害は無し. (民友)
	会津地方	3	3	会津方部一帯に亘って強震あり, 時計の振子の止まった所が各所にあったくらいで人畜その他に被害無し. (会津新聞, 会津日報)

新聞社略号

日報: 岩手日報 (岩手県), 河北: 河北新報 (宮城県), 民報: 福島民報, 民友: 福島民友, 会津新聞, 会津日報, 新会津 (以上福島県), 茨城: 茨城新聞 (茨城県), 下野: 下野新聞 (栃木県), 上毛: 上毛新聞 (群馬県)

Table 3. List of newspaper articles reporting seismic damages by the 1936 M7.4 Miyagi-oki earthquake.

県	市町村 (地名)	観測 震度	推定 震度	被害記事
岩手県	宮古町	3	4	戸外に飛び出し、高所に避難。被害は無し。(日報)
	釜石地方	5	4	町民戸外に飛び出す。時計の振り子止まる。瀬戸物屋損害少々。
	前沢町		4	屋外に飛び出す人多し。時計の振り子停止。家具の毀破。陶器店の陶器の損害あり。(日報)
	一関町		5-	戸外に飛び出す。時計の振り子止まる。町内の照明(外)灯? のかさ10 数個破損。(日報)
	油島村		5-	県道に25 間の亀裂。(日報)
	門崎村		5-	大船渡線門崎峠付近1 m の落石。(日報)
宮城県	十三浜村		5+	追波湾付近の北上川沿岸: 耕地の隆起、沈下、堤防道路の亀裂。家屋の崩壊。商品の損害等甚大。(河北)
	女川町		5+	道路決壊1 箇所70 間。(彙報)
	荻ノ浜村		5+	県道崩壊交通不可。(河北), 2 箇所23 間。(彙報)
福島県	福島市	4	5-	8 棟の屋根瓦落下。家屋外壁破壊2 件。呉服店ショーウィンドウガラス破損。食料品、飲料品、瀬戸物等の商品落下破損。病院、薬店の薬瓶倒れ。学校の天井、壁の剥落。理科標本、化学薬品、石膏像等の転落破損。(民報、民友)
	飯坂町		5-	県道90 間割裂。共同浴場その他、一時混濁、増量。(民報)
	大森村		5-	大森小学校校舎壁破壊。(民報)
	余目村		5-	土蔵壁半坪破壊。(民報)
	川俣町	5	5-	土蔵壁崩れ塀の倒壊。被害僅少。(民報)
	梁川町		5-	町道長さ5 間、幅3 尺決壊。(民報)
	小高町		4	セメント瓦製造業、材料の破損。(民報)
	磯辺村		5+	工事現場の防波堤30 間倒壊。(民報)
	原町		4	七輪製造業で七輪の破損被害。薬種商薬品の損害。(民報)
	刈野村		5-	県道長さ36 尺幅1 寸の地割れ。(民報)
	富岡町	5	4	店頭の陶器破損。(民報)
	浪江町		5-	屋根瓦4 坪落下(民報)
	平町		5-	町民寝巻き姿で飛び出す。人畜に被害無し。送電線断線による停電。水道管数箇所破裂し洪水。(民報)
	湯本町		5-	長さ15 間、幅2, 3 間、高さ20 尺の山崩れ。(民報)
	郡山地方	4	4	相当の強震であったが、棚から物が落ちた程度で被害はごく軽少。(民報)
	須賀川地方		4	陶器店陳列品転落。人々驚いて皆戸外に飛び出す。人畜に被害無し。(民友)
	会津地方	4	4	*11 月1 日から11 月10 日頃まで会津の本郷町付近を中心に群発性の地震が発生。その記事が頻繁に掲載されている。当該地震についてはその群発性地震の記事中に、相当の震動があったというごくわずかな記述のみで被害に関する記事はみあたらない。(会津新聞、新会津)
茨城県	水戸地方	3	4	時計は止まり戸外に飛び出す等一時大騒ぎをしたが、被害はなかった。(茨城)
	古河町		4	時計の振り子止まり、町民驚いて戸外に飛び出し大騒ぎ。被害無し
栃木県	宇都宮地方	4	4	かなりの強震あり、市民を驚かしたが時計の振子が止まった程度で被害はなし。(下野)
群馬県	前橋地方	4	4	突如最近には珍しい強い地震あり。慌てて表へ飛び出すものもあった。被害は別段ない模様。(上毛)

Table 4. List of newspaper articles reporting seismic damages by the 1937 *M* 7.1 Miyagi-oki earthquake.

県	市町村 (地名)	観測 震度	推定 震度	被害記事
岩手県				県内には被害なき見込み。(日報)
	盛岡市	3	4	戸外に飛び出す。棚のものが落ちる。(河北)
	久慈地方	4	4	家屋動揺甚だしく時計の振り子止まる。人々戸外に飛び出す。(日報)
宮城県				県下の状況：時計の振り子の停止。棚のものが落ちたり、水道管の破裂、窓硝子の破損程度で海嘯の襲来もなく頗る平安。(河北)
	気仙沼地方	4	4	人々は驚いて戸外に飛び出すほどだった。(河北)
	米谷町		4	？橋4箇所の電燈破損。商品破損の被害あり。(民報宮城版)
	北浦村		4	醸造中の醤油1石流出(民報宮城版)
	松山町		5-	屋根瓦の落下。ガラス屋の破損数件。(民報宮城版)
	飯野川町		5-	人家の壁落下。電線引込み線切断等数件。(民報宮城版)
	石巻市	5	5-	市役所付近30間に亀裂。萬石橋コンクリート継ぎ目亀裂。陶器店数軒で商品の破損。(民報宮城版)
	塩釜町		5-	海岸通の歩道に約4尺、幅2分位の亀裂が生じた。(河北、民報) 海岸通りで高圧線断線。水道管破裂噴水。(民報宮城版)
	仙台市	4	4	電話が20、30箇所断線。あるいは混線した程度でその他被害はない模様。(河北)
福島県	福島市	4	4	商品の瀬戸物落下。市民戸外へ飛び出す。時計止まり。壁に多少ヒビが入った箇所あった。(民友)
	中村町	5	4	戸外に飛び出す。時計が止まる。被害はない模様。(民報)
	小高町		4	七輪工場の七輪600個落下。(民友)
	原町		4	時計の振り子が止まり、いずれも戸外に飛び出し大混雑したが、幸い人畜には支障なし。(河北)
茨城県	水戸地方	4	3	被害はないものと見られる。市民の中には外に飛び出したものもあった。(茨城)

るい家具はたおれる。」とされている。したがって、震度5の地震動が観測された場所では家屋や構造物などに被害が見られるはずである。ここでは、1930年代の宮城県沖の地震が発生した当時の新聞記事を調査して、被害状況からその地域の震度を推定することを試みた。鏡味(2002)は、1936年の地震の被害状況を報道した新聞記事と、高山(1936)の被害調査報告を併せた結果を報告している。さらに、鏡味(2005)は、1936年、1937年、2005年の3つの宮城県沖地震の被害状況を整理し、それらに基づいて各地の震度を推定し、2005年の地震と1936年の地震の被害分布は良く似ていると指摘した。ただし、鏡味(2005)が調査した新聞記事は、宮城県内発行の新聞に限られていたので、推定された震度分布は宮城県内と福島県の一部のみである。そこで本研究では新たに、岩手県内発行の「岩手日報」、宮城県の「河北新報」、福島県の「福島民報」、「福島民友」、「会津新聞」、「会津日報」、「新会津」、茨城県の「茨城新聞」、栃木県の「下野新聞」、群馬県の「上毛新聞」の各地方紙の被害記事について調査を行い、鏡味(2005)の結果に追加した。

被害状況から震度を推定する方法については、野越(1971)、武村(2005a, b)、神田・武村(2005)などを参考

にした。また、勝又・徳永(1971)や武村(2005a)によれば、被害が発生する最小震度は5であると考えられる。したがって、被害がない場所の最大震度は4とみなしても良いであろう。調査した新聞の被害記事の概要と、それから推定した震度をTables 2~4に示す。推定した震度の分布を、鏡味(2005)の結果と併せてFig. 5に示す。本研究で調査・推定した震度を大きい六角形で、鏡味(2005)による震度を小さい六角形で表し、それぞれの震度をカラースケールで示してある。Umino *et al.* (2006)による再決定震源を星印、浜田・他(2004)による震源の位置を×印、気象庁の一元化震源の位置を◇印で、そして神田・武村(2005)による短周期波発生域の中心を○印でそれぞれ示す。

1933年の地震については、鏡味(2003)が河北新報の記事による岩手県と宮城県内の被害を整理している。本研究では、前述の各地方新聞の記事を追加調査し、新たに岩手県・宮城県および福島県で地震被害の記事を見いだすことができた(Fig. 5(a))。被害分布から推定した震度5弱は宮城県石巻地方のみであり、その他の地域では震度4であった。区内観測所の多くで震度5が報告されている福島県内では、この地震による被害は軽微なもの

Fig. 5. Map showing seismic intensities deduced from seismic damages reported by local newspaper articles. Large and small hexagon denotes seismic intensities determined in this study and those of Kagami (2005), respectively. (a) 1933 M 7.1 earthquake. (b) 1936 M 7.4 earthquake. KN and KG show seismic intensity scale used in this study and Kagami (2005), respectively. (c) 1937 M 7.1 earthquake. (d) The instrumental seismic intensities of 2005 M 7.2 earthquake. Stars, crosses, diamond and circles denote the relocated epicenters by Umino *et al.* (2006), the relocated epicenters by Hamada *et al.* (2004), the unified epicenter determined by JMA and the centers of the short-period wave radiation zones [Kanda and Takemura (2005)], respectively.

であったという記事のみが報道されており、震度は最大でも4であったと推定される。

1936年の地震では、鏡味(2005)により宮城県北部から福島県沿岸北部にかけて震度5強～5弱の震度が多数報告されているが、今回の調査で新たに、宮城県沿岸で震度5強、岩手県南部および福島県北東部でも震度5弱

を示す新聞記事が見いだされた(Fig. 5(b)). 特に、福島県内の被害に関しては、地震翌日の11月4日の福島民友の見出しに「浜通り総なめに」と記されており、地震被害が福島県浜通りと中通り北部に発生していたことが確認された。しかし、多数の区内観測所で震度5の報告があった福島県会津地方や北関東では、被害の記事は見

いだすことができず、これらの地域の震度は最大でも 4 であったと推測される。図から明らかなように、震度 5 強は宮城県沿岸付近に集中していることがわかる。

1937 年の地震は、1936 年の地震と比較すると震源が陸側に近く、 M がやや小さかったが、被害記事から推定した最大震度は 5 弱であり、1936 年の地震の際の震度 5 強が推定された宮城県沿岸部付近に集中している。宮城県内や福島県北部では震度 4 となっており、この地震についても、震度 5 を報告している福島県内の区内観測所周辺域での大きな地震被害の新聞記事を見いだすことはできなかった。

2005 年の地震の計測震度の空間分布 (Fig. 1(d) を拡大したもの) を Fig. 5(d) にカラススケールで示す。計測震度の観測点数は非常に多いが、それらの空間分布は大まかには震央距離の増加に従って徐々に減少していることがわかる。Kanamori *et al.* (2006) は、遠地地震波形記録の解析から、2005 年の $M 7.2$ の地震と 1936 年の地震 ($M_{JMA} 7.4$, $M_w 7.2$) はほとんど同じ場所で発生した同程度の規模の地震であった、と考えている。1936 年の地震の震度分布 (Fig. 5(b)) と 2005 年の計測震度分布 (Fig. 5(d)) は、震度データの数とは異なっているが、よく似た空間分布をしていることがわかる。2005 年の地震では、福島県内での計測震度 5 弱の地域は北東部のみに限られており、福島県中通り中南部・会津地方にまでは及んでいない。

1930 年代の 3 つの地震については、福島県中通り中南部・会津地方および北関東地方における被害状況を報じた新聞記事を見いだすことはできなかった。このことから、前節で検討した福島県中通り中南部・会津地方、北関東地方の区内観測所で観測された震度 5 は大きすぎる可能性が高い。神田・武村 (2005) による理論震度に対する残差が +1 を超えていることも、これらの区内観測所の観測震度が大きすぎることを示唆している。

§5. おわりに

1933 年 6 月 19 日、1936 年 11 月 3 日、1937 年 7 月 27 日に宮城県沖で発生した $M 7$ クラスの地震について、北緯 36 度以北の北関東地方・新潟県および東北 6 県の気象官署 (測候所) と区内観測所で観測された震度の空間分布について調査した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 震度を報告した観測点の数 (特に区内観測所の数) は必ずしも地震の規模に比例してはいない。
- (2) 1930 年代の地震の震度は、地震ごとに同一県内で同じ震度が観測されている場合があり、区内観測所でその傾向が強い。

- (3) 福島県中通り中南部・会津地方・茨城県・栃木県・群馬県の区内観測所の多くで観測された震度 5 は、神田・武村 (2005) による震度の距離減衰の経験式から期待される震度より、+1 以上の大きな値である。
- (4) 1936 年の地震の被害状況を報じた新聞記事から推定した震度分布は、2005 年の $M 7.2$ の宮城県沖の地震の計測震度の分布と非常に良く似ている。
- (5) これらのことから、1930 年代の宮城県沖の地震で観測されている福島県中通り中南部・会津地方・茨城県・栃木県・群馬県の区内観測所での震度 5 は過大な震度であり、震度 4 あるいはそれ以下であった可能性が高い。

謝 辞

地震被害の新聞記事の調査を行うにあたり、岩手日報社川井博之氏から 1930 年代の 3 つの宮城県沖の地震被害に関する岩手日報の記事のコピーを提供していただいた。記して感謝いたします。鏡味洋史氏および神田克久氏の 2 名の査読者、編集担当委員の勝間田明男氏にはきわめて有益なご意見をいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

文 献

- 中央気象台, 1933, 金華山沖東方沖の地震, 気象要覧, **406**, 692-698.
- 中央気象台, 1936, 金華山沖強震, 気象要覧, **447**, 1166-1171.
- 中央気象台, 1937, 金華山東方沖の地震, 気象要覧, **455**, 712-716.
- 浜田信生・吉川一光・近藤さや・鎌谷紀子・明田川保・松浦律子・鈴木保典, 2004, 日本の震源カタログの改善—1923 年~1925 年部分の新規作成と 1926 年以降の改善—, 験震時報, **68**, 1-24.
- 浜松音蔵, 1981, 第 3 章 地震観測史 §3.1 常時観測, 地震 2, **34** (特別号), 73-92.
- 浜松音蔵・宇佐美龍夫, 1985, 日本の地震震度調査表 I-IV (1885~1984), 東京大学地震研究所, 866 pp.
- 地震調査研究推進本部, 2000, 宮城県沖地震の長期評価 (平成 12 年 11 月 27 日, 訂正: 平成 13 年 3 月 14 日, 平成 15 年 11 月 12 日変更), <<http://www.jishin.go.jp/main/chousa/00nov4/miyagi.htm>>, (参照 2006-10-29).
- 地震調査研究推進本部, 2005, 宮城県沖の地震活動の評価 (平成 17 年 9 月 14 日), <http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05sep_miyagi/index.htm>, (参照 2006-10-29).
- 鏡味洋史, 2002, 1936 年 11 月 3 日宮城県沖地震の被害—繰り返し発生した宮城県沖地震の被害関連資料の整理—, 日本建築学会技術報告集, **15**, 359-362.

- 鏡味洋史, 2003, 1897. 2. 20 および 1936. 11. 3 宮城県沖地震の前後の地震による被害—繰り返し発生した宮城県沖地震の被害関連資料の整理—, 日本建築学会技術報告集, **17**, 531–534.
- 鏡味洋史, 2005, 1936, 1937, 2005 年の宮城県沖の地震の被害分布の比較, 第 24 回日本自然災害学会学術講演会予稿集, 41.
- Kanamori, H., M. Miyazaki, and J. Mori, 2006, Investigation of the earthquake sequence off Miyagi Prefecture with historical seismograms, *Earth Planets Space* (in press).
- 神田克久・武村雅之, 2005, 震度データから検証する宮城県沖で発生する被害地震の繰り返し, 地震 **2**, **58**, 177–198.
- 勝又 護・徳永規一, 1971, 震度 IV の範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 験震時報, **36**, 89–96.
- 野越三雄, 1971, 秋田県南東部地震 (1970. 10. 16) の震度分布について, 東北地域災害科学研究, **7**, 177–200.
- Okada, T., T. Yaginuma, N. Umino, T. Kono, T. Matsuzawa, S. Kita, and A. Hasegawa, 2005, The 2005 *M* 7.2 MIYAGI-OKI earthquake, NE Japan: Possible re-rupturing of one of asperities that caused the previous *M* 7.4 earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L24302, doi: 10.1029/2005GL024613.
- 司 宏俊・翠川三郎, 1999, 断層タイプおよび地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の減衰式, 日本建築学会構造系論文集, **523**, 63–70.
- 高山威雄, 1936, 昭和 11 年 11 月 3 日金華山沖地震調査報告, 東京帝国大学地震研究所彙報, **15**, 179–183.
- 武村雅之, 2005a, 1900 年宮城県沖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**, **58**, 41–53.
- 武村雅之, 2005b, 1900 年および 1962 年宮城県北部地震の被害データと震度分布, 歴史地震, **20**, 201–221.
- 谷岡勇市郎・長谷川洋平, 2005, 津波波形を用いた 1936 年宮城県沖地震の震源過程の再解析, 日本地震学会講演予稿集, P1 28.
- Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki, 2006, Revisiting the three *M* 7 Miyagi-oki earthquakes in the 1930s: Possible Seismogenic slip on asperities that were ruptured during the 1978 *M* 7.4 Miyagi-oki earthquake, *Earth Planets Space* (in press).
- 宇佐美龍夫・濱松音蔵・久本壮一・渡邊 健・中村亮一・植竹富一, 1992, 震度分布からみた東北日本の地震の特性, 地震 **2**, **45**, 339–351.
- 宇津徳治, 1984, 震度—震央距離—マグニチュードの関係 その 1. 東日本太平洋岸沖合を除く日本の浅発地震, 地震研究所彙報, **59**, 219–233.
- 宇津徳治, 1986, 震度—震央距離—マグニチュードの関係 その 2. 東日本太平洋岸沖合を除く日本のマントル最上部の地震, 地震研究所彙報, **61**, 551–561.
- 宇津徳治, 1987, 震度—震央距離—マグニチュードの関係 その 3. 東日本太平洋岸沖合の地震, 地震研究所彙報, **62**, 289–296.
- Yamanaka, Y., and M. Kikuchi, 2004, Asperity map along subduction zone in Northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, **109**, B07307, doi: 10.1029/2003JB002683.