

2 災害状況の整理（東日本大震災の災害検証）

2.1 現象の整理

東北地方太平洋沖地震は、これまで整理した災害状況によると東北地方太平洋沖を震源とする地震による揺れ（地震動）と、地震にともなう津波、土砂災害による複合的な災害である。よって、本報告では、整理すべき現象として次の3つの災害現象を取り扱うこととした。

- ・地震動
- ・津波
- ・土砂災害

2.2 地震

東北地方太平洋沖地震は、東北地方太平洋沖の広い範囲を震源とし、東日本一帯に強い揺れをもたらした。

石巻市での観測最大震度は6強である。（桃生観測点；気象庁）

2.2.1 震源

東日本大震災を引き起こした東北地方太平洋沖地震の震源域は、国土地理院が電子基準点（GPS 連続観測点）で観測した地殻変動データから推定した震源断層モデルによると、断層面の形状が日本海溝に沿った2枚の長方形で近似でき、総延長約380km、幅が約90～130kmの西に傾き下がる断層面となっている（図2-1）。すべり量は北側が約25m、南側が約6mと推定され、この断層モデルにおける推定モーメントマグニチュードは約8.9である。

2.2.2 震度

東北地方太平洋沖地震における石巻市の地震動は、地震計の観測記録によると市域の大半の観測所で震度6弱を観測しているが、桃生においては震度6強が観測された。

表 2-1 観測所の震度

観測所	震度階	観測所	震度階
大瓜	5強	鮎川浜	6弱
泉町	6弱	相野谷	6弱
門脇	6弱	前谷地	6弱
北上	6弱	桃生	6強

「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」により各地で観測された震度等について（第3報）；気象庁を反映

なお、地震観測点の観測結果と市域の地盤特性から面的な震度の分布を求めたものを図2-3に示した。

図 2-3 によれば、市域東部の山地で震度 5 強の地域がある以外は、市街地、集落の立地する平地部は震度 6 弱以上の強い揺れとなっている。特に、稲井（大瓜、南境）、河北（東福田、大森、小船越）、河南（須江、広淵、和淵、前谷地）、桃生（ほぼ全域）で震度 6 強となっている。

参考

面的な震度計算は、基盤地震動を求め、さらに表層地盤の増幅度を 250m メッシュで評価して地表の震度を求めている。計算の手順は次のとおり。

(1) 基盤地震動

観測点の地震動から観測点が存在するメッシュの増幅度を使って逆算して求めた。

ア 観測点の震度を把握する

イ アから翠川・他の式（1999）で、震度から速度に変換する

ウ イをメッシュの微地形の増幅度で除し、工学的基盤速度を求める

エ ウを使ってコンターを作成し、メッシュに展開する

オ エを半径 20km で平滑化し、なだらかになるようにする

(2) 表層地盤の増幅度

表層地盤の増幅度は、防災科学技術研究所の J-SHIS によるデータを用いた。ただし、東北地方太平洋沖地震が巨大地震であるという特徴を踏まえて、応答の非線形性を考慮し、計算速度と観測速度の関係を求め、補正した。補正式は以下の通り

$$\begin{aligned} \text{補正速度} &= \quad \times \text{地表速度} \\ &= -0.0015 \times \text{地表速度} + 1.0435 \end{aligned}$$

(3) 震度の計算

(2)で補正した速度を使って、翠川・他の式（1999）により速度から震度に換算した。

2.2.3 地殻変動量

東北地方太平洋沖地震では、図 2-1 で示す断層のすべりにより大規模な地殻変動が発生した。全国で最も大きい変動量は、石巻市内にある牡鹿電子基準点で観測されており、水平変動量約 5.3m、標高変動量約 1.2m となった。

石巻市内の地殻変動は、国土地理院の水準点における地盤沈下量から把握することが可能であり、旧北上川沿川および半島部エリアにおいて地殻変動量が公表されている。地殻変動量を見ると、全て沈下していることが分り、震源に近い半島部の変動が大きい。

公表されている国土地理院の水準点毎の地盤沈下量を図 2-4 に示し、地殻変動後の標高を図 2-5 に示す。

図 2-1 東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）の震源断層モデル

東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）の震源断層モデル

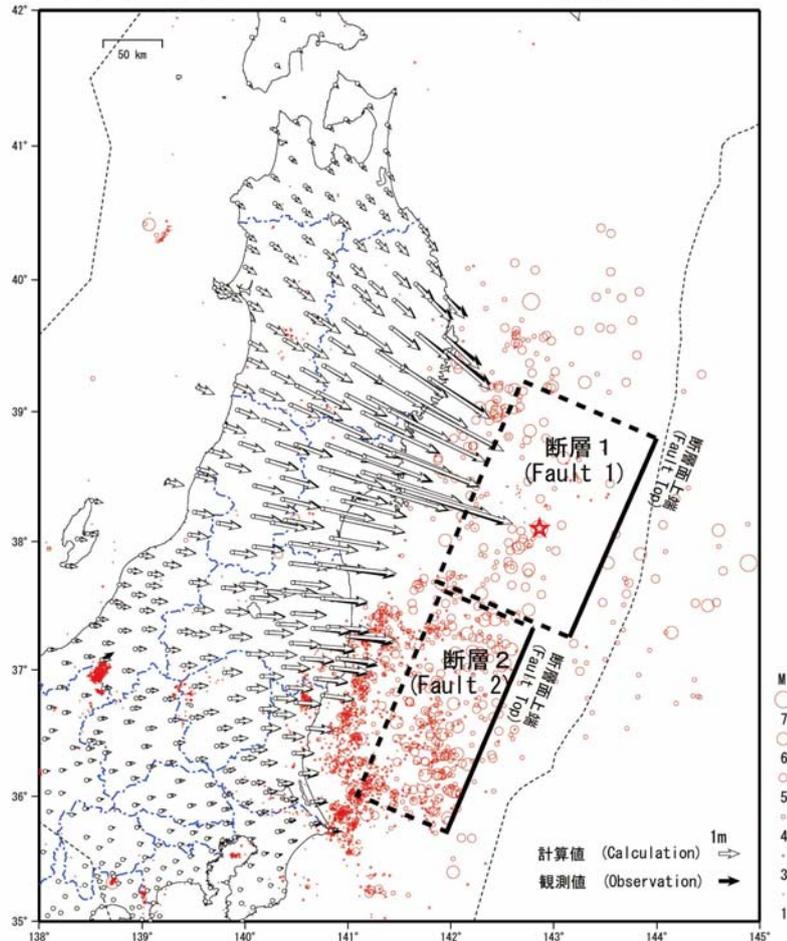
The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011: Fault Model

1. 水平変動

1. Horizontal Displacement

From 2011/03/10 - 2011/03/10
To 2011/03/12 - 2011/03/12

固定局：福江（950462）
Reference Site：950462



星印は気象庁の震央（142.861°，38.104°）。
A Star indicates an epicenter released from JMA. (142.861°，38.104°)

矩形断層二枚での推定結果。
Two rectangular faults with uniform slip are assumed.

西側に傾き下がる逆断層。モーメントマグニチュードは北側が8.8、南側が8.3。2つ合わせて8.9。
West-dipping reverse fault. Total moment magnitude: Mw8.9 (Northern segment: Mw=8.8, Southern segment: Mw=8.3)

断層の長さは南北に約190kmの断層1と約190kmの断層2で合計約380km。
Total major rupture length: ~380 km. (Fault Length: Northern segment ~190 km / Southern segment ~190 km)

赤丸は気象庁一元化震源（3/11-3/15）。
Red circles indicate epicenters determined by JMA. (3/11-3/15)

	緯度 Lat	経度 Lon	上端深さ Depth (Fault Top) km	長さ Length km	幅 Width km	走向 Strike	傾斜角 Dip	すべり角 Rake	すべり量 Slip m	Mw
断層1	38.80°	144.00°	5.1	186	129	203	16	101	24.7	8.8
断層2	37.33°	142.80°	17.0	194	88	203	15	83	6.1	8.3

Lat=38.80 Lon=144.00 D=5.1km L=186.2km W=128.5km Strike=203deg Dip=16deg Rake=101deg Slip=24.69m Open=0.0m Mw=8.8
Lat=37.33 Lon=142.80 D=17.0km L=193.9km W=87.9km Strike=203deg Dip=15deg Rake=83deg Slip=6.12m Open=0.0m Mw=8.3

国土地理院資料
Geospatial Information Authority of Japan

出展：「電子基準点（GPS連続観測点）データ解析による地殻変動と震源断層モデル（2011-04-22）」国土地理院 Web サイト

2.2.4 建物被害

石巻市域の地震動による建物被害は、地震直後に到達した津波による被害と重複し、特に津波浸水区域においては、津波被害と分離して把握することが難しい。

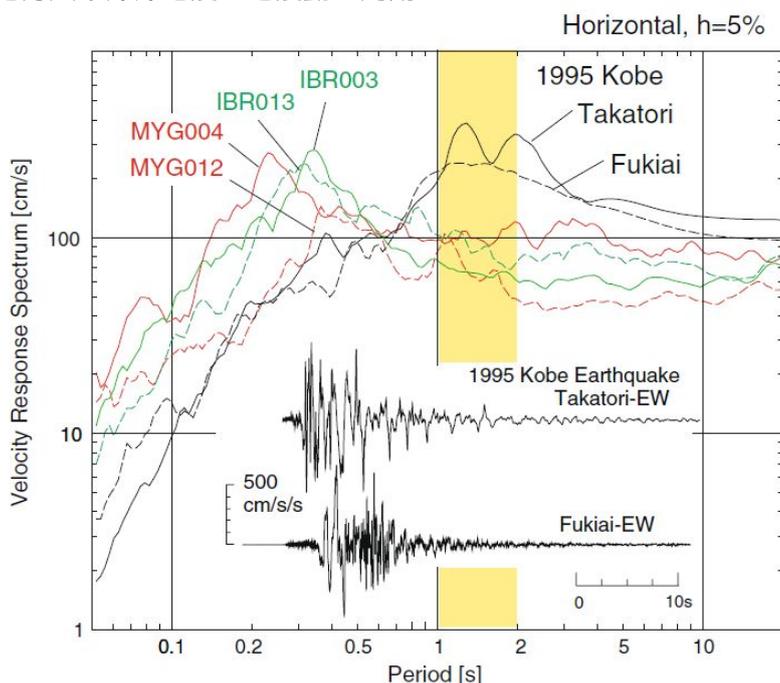
ただし、後述する「3.災害対応の整理（東日本大震災における救助活動の調査及び今後の課題の抽出）」でのヒアリング等によると、門脇、南浜地区で地震発生から津波到達までの時間に建物被害を目撃した証言が得られている。同様に、渡波地区においても、道路の地割れ、電線の垂れ下がりなどを目撃した証言が得られている。

また、津波浸水区域においても、津波の直接の流体力による被害が生じないと推測できる地域（主に湛水被害）においても建物の構造（柱など）の傾きや壁に亀裂が入るなどの被害が発生している。

なお、東北地方太平洋沖地震では、過去に大きな建物被害が生じた阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）と比較し、木造建物の被害に直結する周期1～2秒前後（図2-2黄色ハッチ）の成分が少ない傾向にあり、このことが他の地震（兵庫県南部地震）に比べて建物被害が少ないことに関係すると言われている。しかし、今後、予想される余震の周期等によっては、本震による建物構造の損傷などにより更なる建物被害を発生させる可能性がある。

図 2-2 東北地方太平洋沖地震の地震動の周期

東北地方太平洋沖地震時に、MYG004, YG012, IBR003, IBR013で観測された速度応答スペクトルと、1995年兵庫県南部地震においてFukiai, Takatoriで観測された速度応答スペクトルを比較した図である。黄色ハッチ（周期1から2秒まで）の周期帯は、木造建物に最も揺れを発生させる周期である。1995年兵庫県南部地震時にFukiai, Takatoriで観測された波形では、この周期帯で強い速度応答スペクトルが観測されている。



MYG004：栗原市内観測点 MYG012：塩釜市内観測点
 IBR003：日立市内観測点 IBR013：銚田市内観測点
 Fukiai：神戸市中央区内萇合観測点 Takatori：JR 鷹取駅観測点

速度応答スペクトル：固有周期を持つ建物に対し、地震動がどの程度の揺れの強さを生じさせるかを示したものの固周期

出典：Strong ground motions from the 2011 off-the Pacific-Coast-of-Tohoku, Japan (Mw=9.0) earthquake obtained from a dense nationwide seismic network; Takashi Furumura | Shunsuke Takemura | Shinako Noguchi | Teito Takemoto | Takuto Maeda | Kazuhisa Iwai | Simanchal Padhy; 2011

図説明は、出典論文の表現を参考に追記したものである。

2.2.5 人的被害

人的被害は、「東日本大震災による被災現況調査；国土交通省」での調査成果を引用したが、当該調査成果は、犠牲者が発見された地域を示すものではなく、犠牲者が属する住所で犠牲者数を集計したものである。加えて、建物被害と同様に、人的被害についても津波による被害と地震動による被害を分離することが難しい。よって、地震動による人的被害の詳細を把握することは困難な状況である。

犠牲者が属する住所単位で犠牲者を集計した結果は、次頁に示す(表 2-2 住所別犠牲者数)とおりである。

2.2.6 地震動による被害のまとめ

石巻市では、津波により甚大な被害を受けたため、地震動による被害が取り上げられることが少なく、特に津波被害が甚大であった地域では、地震動に起因する被害状況を把握することが困難である。

しかし、市域では、地震計により震度 6 強(桃生)が観測され、再現計算による震度分布でも広い範囲に想定震度 6 弱(一部 6 強)が確認されており、津波浸水区域外においても全壊・一部損壊等の建物被害が出ている。

ただし、地震動の特性としては、図 2-2 の評価によれば、東北地方太平洋沖地震では木造住宅の倒壊に影響を及ぼすキラーパルスと呼ばれる成分(周期 1 ~ 2 秒の揺れ)が、兵庫県南部地震等と比較して小さいとされている。このことから、東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)では、過去の地震と比較して規模、震度が大きいにも関わらず建物被害が少ない傾向にあったといわれている。

よって、今後も余震が懸念されるが、東北地方太平洋沖地震と比較して小さい震度でも地震の持つ周期によっては、建物被害が拡大する可能性がある。

また、地盤沈下により海面(T.P.0m)よりも低い地域が広がったことから、内水・外水氾濫や高潮浸水等の水害リスクが増したと言える。

表 2-2 住所別犠牲者数

犠牲者所属住所	犠牲者数	犠牲者所属住所	犠牲者数
宮城県石巻市渡波	228	宮城県石巻市中里	11
宮城県石巻市南浜町	178	宮城県石巻市沢田	11
宮城県石巻市釜谷	168	宮城県石巻市渡波町	11
宮城県石巻市北上町	161	宮城県石巻市水押	10
宮城県石巻市門脇	140	宮城県石巻市鮎川浜	10
宮城県石巻市築山	106	宮城県石巻市貞山	10
宮城県石巻市雄勝町	105	宮城県石巻市尾崎	9
宮城県石巻市三ツ股	102	宮城県石巻市住吉町	8
宮城県石巻市門脇町	99	宮城県石巻市向陽町	8
宮城県石巻市針岡	87	宮城県石巻市大瓜	8
宮城県石巻市大街道南	82	宮城県石巻市東中里	8
宮城県石巻市松原町	74	宮城県石巻市桃浦	8
宮城県石巻市大門町	73	宮城県石巻市泉町	8
宮城県石巻市長面	68	宮城県石巻市駅前北通り	8
宮城県石巻市鹿妻南	66	宮城県石巻市鹿妻北	8
宮城県石巻市湊	61	宮城県石巻市小網倉浜	7
宮城県石巻市新館	52	宮城県石巻市広淵	7
宮城県石巻市湊町	48	宮城県石巻市桃生町	7
宮城県石巻市中屋敷	44	宮城県石巻市清水町	7
宮城県石巻市大宮町	42	宮城県石巻市田道町	7
宮城県石巻市大街道東	41	宮城県石巻市相野谷	7
宮城県石巻市明神町	38	宮城県石巻市谷川浜	7
宮城県石巻市長浜町	38	宮城県石巻市開北	7
宮城県石巻市蛇田	34	宮城県石巻市南境	6
宮城県石巻市川口町	33	宮城県石巻市寄磯浜	6
宮城県石巻市八幡町	31	宮城県石巻市新館	6
宮城県石巻市松並	30	宮城県石巻市旭町	6
宮城県石巻市大街道	24	宮城県石巻市丸井戸	5
宮城県石巻市流留	23	宮城県石巻市元倉	5
宮城県石巻市中央	22	宮城県石巻市南中里	5
宮城県石巻市吉野町	22	宮城県石巻市塩富町	5
宮城県石巻市緑町	21	宮城県石巻市小船越	5
宮城県石巻市伊勢町	20	宮城県石巻市山下町	5
宮城県石巻市浜松町	20	宮城県石巻市鹿又	5
宮城県石巻市福地	20	宮城県石巻市万石町	4
宮城県石巻市幸町	19	宮城県石巻市中瀬	4
宮城県石巻市雄勝町雄勝	19	宮城県石巻市井内	4
宮城県石巻市伊原津	18	宮城県石巻市十八成浜	4
宮城県石巻市不動町	16	宮城県石巻市垂水町	4
宮城県石巻市北上町十三浜	15	宮城県石巻市大街道北	4
宮城県石巻市(詳細不明)	14	宮城県石巻市小積浜	4
宮城県石巻市中浦	12	宮城県石巻市新橋	4
宮城県石巻市小淵浜	12	宮城県石巻市水明北	4
宮城県石巻市日和が丘	12	宮城県石巻市水明南	4

この犠牲者数は、犠牲者が発見された住所を示すものではなく、犠牲者が属する住所ごとに集計したものである。
本調査成果で特定できた犠牲者数は、計 2965 名である。

表 2-3 住所別犠牲者数

犠牲者所属住所	犠牲者数
宮城県石巻市あけぼの	3
宮城県石巻市中島	3
宮城県石巻市前谷地	3
宮城県石巻市北上町女川	3
宮城県石巻市北上町橋浦	3
宮城県石巻市千石町	3
宮城県石巻市南光町	3
宮城県石巻市大森	3
宮城県石巻市大橋	3
宮城県石巻市新成	3
宮城県石巻市新栄	3
宮城県石巻市狐崎浜	3
宮城県石巻市真野	3
宮城県石巻市雄勝町明神	3
宮城県石巻市魚町	3
宮城県石巻市鮎川	3
宮城県石巻市三輪田	2
宮城県石巻市八幡	2
宮城県石巻市双葉町	2
宮城県石巻市大門崎	2
宮城県石巻市小網倉	2
宮城県石巻市成田	2
宮城県石巻市月浦	2
宮城県石巻市東福田	2
宮城県石巻市水沼	2
宮城県石巻市河北町	2
宮城県石巻市沼津	2
宮城県石巻市羽黒町	2
宮城県石巻市萩浜	2
宮城県石巻市錦町	2
宮城県石巻市雄勝町大須	2
宮城県石巻市立町	2
宮城県石巻市三和町	1
宮城県石巻市中ノ瀬	1
宮城県石巻市前網浜	1
宮城県石巻市北境	1
宮城県石巻市北村	1
宮城県石巻市十三浜	1
宮城県石巻市和渚	1
宮城県石巻市大原浜	1
宮城県石巻市大手町	1
宮城県石巻市大街道西	1
宮城県石巻市宜山町	1
宮城県石巻市宜山町	1

犠牲者所属住所	犠牲者数
宮城県石巻市寄磯浜前浜	1
宮城県石巻市小竹浜	1
宮城県石巻市小網倉浜	1
宮城県石巻市小舟越	1
宮城県石巻市尾崎	1
宮城県石巻市後生橋	1
宮城県石巻市折浜	1
宮城県石巻市新富町	1
宮城県石巻市末広町	1
宮城県石巻市松並町	1
宮城県石巻市松原	1
宮城県石巻市松波	1
宮城県石巻市桃生町城内	1
宮城県石巻市桃生町寺崎	1
宮城県石巻市桃生町新田	1
宮城県石巻市永沼	1
宮城県石巻市河南町	1
宮城県石巻市泊浜	1
宮城県石巻市清水田浜	1
宮城県石巻市湊字筒場	1
宮城県石巻市皿貝	1
宮城県石巻市福貴浦	1
宮城県石巻市穀町	1
宮城県石巻市給分浜	1
宮城県石巻市網地浜十人前	1
宮城県石巻市萩浜	1
宮城県石巻市西山町	1
宮城県石巻市谷川	1
宮城県石巻市長浜	1
宮城県石巻市雄勝町伊勢畑	1
宮城県石巻市雄勝町分浜	1
宮城県石巻市雄勝町名振	1
宮城県石巻市雄勝町大浜	1
宮城県石巻市雄勝町立浜	1
宮城県石巻市雄勝町船戸神明	1
宮城県石巻市雄勝町船越	1
宮城県石巻市雲省野町	1
宮城県石巻市青葉東	1
宮城県石巻市須江	1
宮城県石巻市馬鞍	1
宮城県石巻市駅前北通	1
宮城県石巻市駅前通り	1
宮城県石巻市鮎川大町	1
宮城県石巻市鮎浦	1