

### 3. 2 津波波源モデル・震源断層モデルの構築

#### 3. 2. 1 歴史地震・古津波調査

##### 3. 2. 1. 1 歴史文書・地震記録の調査

## 目 次

### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
  - 1) 平成25年度
  - 2) 平成26年度
  - 3) 平成27年度
  - 4) 平成28年度
  - 5) 平成29年度
  - 6) 平成30年度
  - 7) 令和元年度
  - 8) 令和2年度
- (e) 平成30年度業務目的

### (2) 平成30年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
  - 1) 東北沖、北海道沖で発生した地震の断層モデルの検証
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

### (3) 令和元年度業務計画案

## (1) 業務の内容

### (a) 業務題目

#### 2.1.1 歴史文書・地震記録の調査

### (b) 担当者

| 所属機関        | 役職    | 氏名    |
|-------------|-------|-------|
| 東京大学地震研究所   | 教授    | 佐竹 健治 |
|             | 助教    | 西山 昭仁 |
|             | 特任研究員 | 五島 朋子 |
|             | 特任研究員 | 叶 玲玲  |
|             | 特任研究員 | 何 東政  |
| 国立科学博物館     | 研究主幹  | 室谷 智子 |
| 地震予知総合研究振興会 | 主任研究員 | 石辺 岳男 |

### (c) 業務の目的

震源が知られている 20 世紀に発生した大地震（M7 クラス）の地震記録の再解析と、北海道から九州に至る日本海沿岸域での歴史資料の解析を進め、津波波源域の推定に必要な基礎資料を得る。

### (d) 8 か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

#### 1) 平成 25 年度：

地震カタログや地震波形記録から、1964 年新潟地震の本震・余震の震源再決定、1963 年越前岬沖、1964 年男鹿半島沖、1971 年サハリン西方沖、1983 年青森県西方沖の地震の本震・余震の震源再決定や断層パラメータ、すべり分布の推定を行った。1741 年（寛保元年）渡島大島津波について、地震歴史資料のデジタルデータ化を行い、校訂作業のための原本の収集を開始した。「古地震・津波等の史資料データベース（ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト）」で公開されている歴史資料に基づき、1762 年（宝暦 12 年）佐渡地震と 1802 年（享和 2 年）佐渡小木地震について、震度分布と津波被災地の推定を行った。

#### 2) 平成 26 年度：

平成 25 年度に引き続き 20 世紀に発生した 1963 年越前岬沖、1964 年男鹿半島沖、1983 年青森県西方沖の地震に対して、地震波形記録の再解析から断層パラメータ、すべり分布の推定を行った。1964 年男鹿半島沖、1983 年青森県西方沖の地震に対して、津波波形記録の再現を試み、断層パラメータの検証を行った。1741 年（寛保元年）渡島大島津波について、新たに史料を収集し、平成 25 年度に収集した史料については、校訂作業を開始した。

3) 平成27年度：

平成26年度に引き続き、20世紀にサハリン沖・東北沖・北陸沖で発生した地震について、地震記録・津波記録を用いて断層モデルの推定などの地震学的解析を実施した。また、主に山陰・九州地方を中心として、過去に発生した地震の地震・津波に関する史資料の収集や解析を実施した。さらに、平成25年度に収集した史料に関して、引き続き校訂作業を実施し、史料分析を行った。

4) 平成28年度：

平成27年度までに地震学的解析を行った、サハリン沖・東北沖・北陸沖の地震の断層パラメータの検証と、1963年越前岬沖地震と海底活断層との関係についての検証を行った。また、主に山陰・九州沖を中心として、過去に発生した地震・津波に関する波形・歴史資料の調査・収集を実施した。

5) 平成29年度：

主に北海道地域を対象として、過去に日本海で発生した1940年積丹半島沖の地震、1993年北海道南西沖地震における断層パラメータに関する既往研究結果を収集し、津波数値解析を実施し、津波断層モデルの検証を実施した。また、北海道沿岸に津波による影響を及ぼす可能性がある地震に関して資料を収集した。

6) 平成30年度：

北海道・東北地域を対象として、過去に日本海で発生した1940年積丹半島沖の地震、1983年日本海中部地震の津波波形記録を用いて、津波数値解析による断層モデルの検証を行った。

7) 令和元年度：

日本海全域を対象として、地震・津波波形記録や史料の収集と解析を実施する。

8) 令和2年度：

20世紀以降に発生した地震については、断層パラメータを整理し、それらの関係（相似則）を検討する。

(e) 平成30年度業務目的

北海道、東北地域を対象として、過去に日本海で発生した1940年積丹半島沖の地震、1983年日本海中部地震において収集した既往研究による断層パラメータや、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層パラメータを用いて、これまで検討されていなかったロシア沿岸での検潮記録を加えて津波波形計算を実施し、津波断層モデルの検証を実施する。

(2) 平成30年度の成果

(a) 業務の要約

1983 年日本海中部地震について、既往研究によって推定されている断層パラメータを用いて津波数値計算を行い、観測波形と比較することで断層モデルの検証を行った。その際、既往研究による解析では使用されていなかったロシア沿岸の検潮所での記録を新たに追加した。1940 年積丹半島沖の地震については、平成 29 年度に既存研究による断層パラメータを用いた検証を行ったが、今年度サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって新たに得られた断層パラメータを用いて、検証を行った。

## (b) 業務の成果

### 1) 東北沖、北海道沖で発生した地震の断層モデルの検証

平成 30 年度は、日本海沿岸域に津波被害をもたらした 1983 年日本海中部地震の既往断層モデルについて整理し、本プロジェクトで収集したロシア沿岸での検潮記録を用いて、断層モデルの検証を行った。また、平成 29 年度に既往断層モデルを用いて検証した 1940 年積丹半島沖の地震について、サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって新たに得られた断層パラメータを加えて、再度検証を行った。

津波計算には、断層パラメータから Okada (1985)<sup>1)</sup> によって計算した海底地殻変動を初期条件とし、分散を考慮しない非線形長波式の大規模並列計算コード JAGURS<sup>2)</sup> を用いた。海底地形は、日本水路協会の JTOPO30 と M7000 シリーズから作成した 30 秒 (約 900 m) メッシュのグリッドデータを用いた。以下、各地震についての結果をまとめる。

#### a) 1983 年日本海中部地震 (Mjma 7.7)

1983 年日本海中部地震は、5 月 26 日 12 時頃に秋田沖の深さ 14 km 付近で発生した Mjma 7.7 の地震であり、死者 104 名、負傷者 163 名、住家全壊 933 棟、流出 52 棟などの被害が生じた。この地震により秋田市、むつ市、深浦町で最大震度「5」が観測され、液状化現象が発生した。地震発生から約 7 分後には津波が来襲し、秋田県峰浜村で 14 m、八竜町で 6.6 m、奥尻島で 4.3 m を観測したほか、山陰地方でも最大 3 m の津波が到達した<sup>3)</sup>。

この地震の断層モデルは、Satake (1989)<sup>4)</sup>、Fukuyama and Irikura (1986)<sup>5)</sup> などによって推定されている。Satake (1989)<sup>4)</sup> は、津波波形を用いたインバージョン解析によって、Fukuyama and Irikura (1986)<sup>5)</sup> は近地地震波形と経験的グリーン関数を用いたインバージョン解析によって、それぞれ断層モデルを推定している。ここでは、Fukuyama and Irikura (1986)<sup>5)</sup> は Dziewonski et al. (1983)<sup>6)</sup> の地震モーメント ( $4.55 \times 10^{20}$  Nm) を仮定して、すべり量分布を推定している。また、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」(以下、「日本海検討会」)<sup>7)</sup> は、F24 断層が 1983 年日本海中部地震に相当する海底断層としている。「日本海検討会」<sup>7)</sup> は、個々の断層のすべり量は 6 m で飽和するとして ( $\sigma$  式<sup>7)</sup>)、F24 断層に最大 6 m のすべり量を与えている。これに加えて、地震調査研究推進本部による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)<sup>8)</sup> で用いられている、「(ア) 過去の地震記録や調査結果などの諸知見を吟味・判断して震源断層モデルを設定する場合」(以下、「レシピ(ア)」)の方法を用いて設定したすべり量も検証に追加した。これら 4 断層モデルによって津波波形を計算し、観測波形と比較した。各モデルのパラメータを表 1 に示す。

津波波形計算を行った観測点は、Satake (1989)<sup>4)</sup> で用いられた沓形、石狩、岩内、江差、吉岡、酒田、柏崎、富山の 8 点に加えて、ロシアの Vladivostok、Pos'et、Nakhodka、Rudnaya Pristan を追加した(図 1)。各断層モデルによって計算した海底上下変動を図 2、観測波形と計算波形の比較を図 3 に示す。

表 1 津波数値計算を行った各断層モデルのパラメータ

| モデル                          | 断層長 (km) | 断層幅 (km) | 上端深さ (km) | 走向 (°) | 傾斜角 (°) | すべり角 (°) | すべり量 (m)   |
|------------------------------|----------|----------|-----------|--------|---------|----------|------------|
| Satake (1989)                | 30.0     | 40.0     | 1.0       | 340.0  | 30.0    | 90.0     | 1.8        |
|                              | 30.0     | 40.0     |           | 340.0  |         |          | 2.2        |
|                              | 30.0     | 40.0     |           | 20.0   |         |          | 3.9        |
|                              | 30.0     | 40.0     |           | 20.0   |         |          | 2.0        |
| Fukuyama and Irikura (1986)* | 60.0     | 30.0     | 1.0       | 350.0  | 20.0    | 90.0#    | 最大すべり量 7.6 |
|                              | 30.0     | 30.0     |           | 15.0   |         |          |            |
| F24 (σ 式)                    | 77.9     | 28.2     | 1.0       | 349.0  | 30.0    | 80.0     | 6.0        |
|                              | 53.7     | 28.2     |           | 21.0   |         | 74.0     | 6.0        |
| F24 (「レシピ (ア)」)              | 77.9     | 28.2     | 1.0       | 349.0  | 30.0    | 80.0     | 6.48       |
|                              | 53.7     | 28.2     |           | 21.0   |         | 74.0     | 5.37       |

\*小断層に分割してインバージョン解析を行っている。#本研究で仮定。

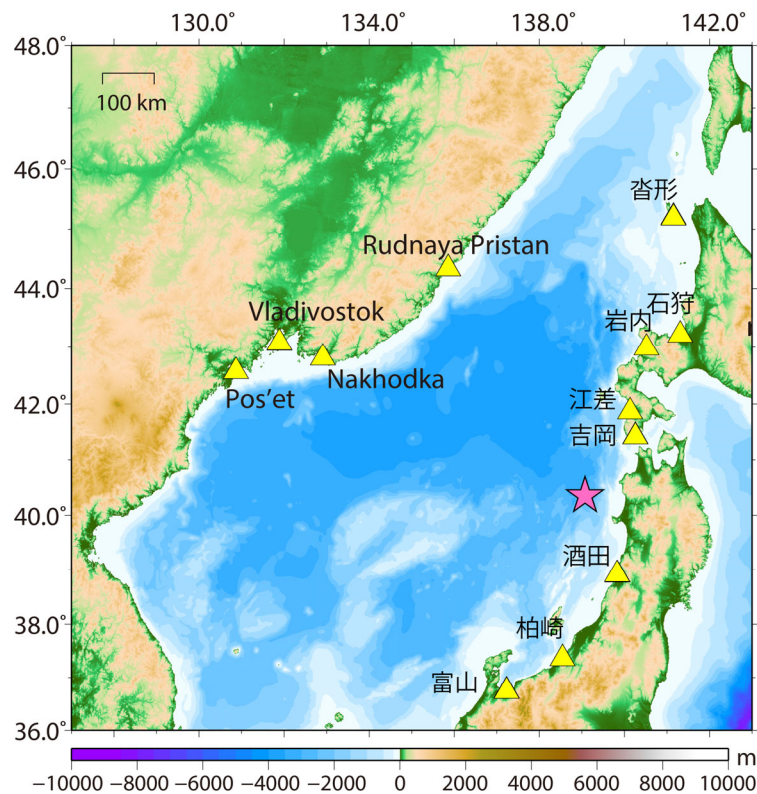


図 1 津波波形を計算した観測点分布 (黄色三角)。星印は気象庁による 1983 年日本海中部地震の震央を示す。

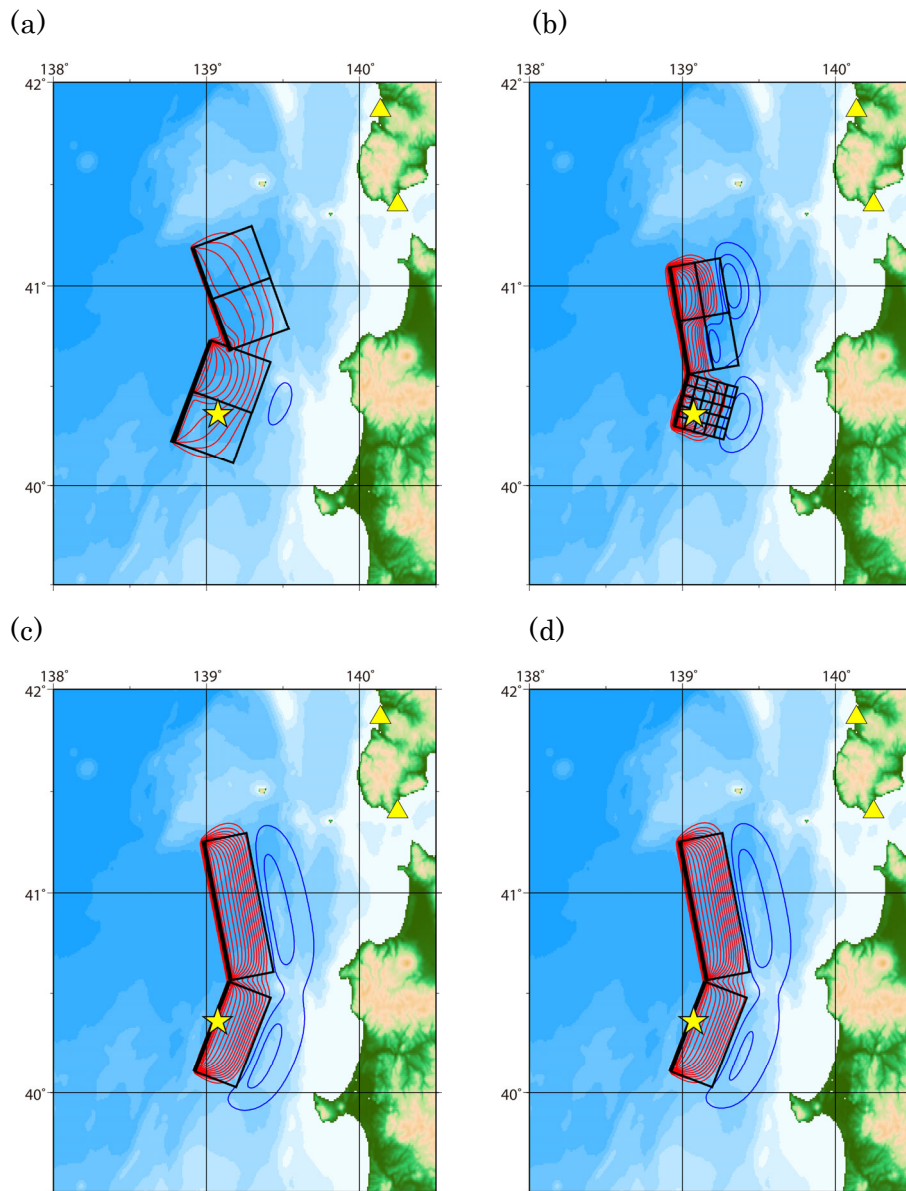


図 2 各断層モデルによって計算された海底上下変動。(a) Satake (1989)<sup>4)</sup> モデル。(b) Fukuyama and Irikura (1986)<sup>5)</sup> モデル。(c) 日本海検討会<sup>7)</sup> F14 モデル ( $\sigma$  式)。(d) 日本海検討会<sup>7)</sup> F14 モデル (「レシピ (ア)」<sup>8)</sup>)。黒矩形は断層面、黒太線は断層上端を示す。赤は隆起、青は沈降を表す。コンター間隔は 20 cm。星印は気象庁による 1983 年日本海中部地震の震央を示す。

日本国内の検潮所について比較してみると (図 3a)、Satake (1989)<sup>4)</sup> モデルで今回再計算した結果は、Satake (1989)<sup>4)</sup> による線形長波式から計算された結果を比較的良く再現できている。多少異なる観測点もあるが、支配方程式 (非線形項の有無)、使用した海底地形データや計算メッシュサイズの違いによるものと思われる。Fukuyama and Irikura (1986)<sup>5)</sup> モデルによって計算した津波波形は、観測波形や Satake (1989)<sup>4)</sup> と比較して、江差や吉岡側での海底の沈降が大きく、初動が合わなかった。「日本海検討会<sup>7)</sup>」による F24

モデル ( $\sigma$  式) は、Fukuyama and Irikura (1986)<sup>5)</sup> モデルと同様に吉岡での初動の引き波が大きいですが、北側に断層が長いいためか江差の初動は観測と合っている。しかし、全体に北側の検潮所への津波到達時刻は早くなっている。一方で、平均すべり量が大きい分、振幅は Satake (1989)<sup>4)</sup> モデルに比べて観測波形に近くなっている。「日本海検討会」<sup>7)</sup> による F24 (「レシピ (ア)」<sup>8)</sup>) モデルは、 $\sigma$  式によるモデルとほぼ同じ傾向であったが、北側、南側の各断層で求めたすべり量に併せて、北側の検潮所の計算波形の振幅が大きく、南側の検潮所の振幅は小さくなっている。新たに使用したロシア沿岸域の 4 検潮所での観測波形と計算波形を比較したところ (図 3b)、Rudnaya Pristan を除いて断層モデルによる影響はほとんど見られず、第 2 波までは比較的良く再現できている。Rudnaya Pristan は震源域の北西に位置しており、各断層モデルの北端浅部のすべり量の差が現れている可能性があるが、ロシア沿岸域の詳細な地形データの入手が困難なため、検潮所付近の地形が再現できていない。さらに、ロシアの各検潮所では時計の時刻がずれている可能性があり、ここでは計算波形の初動に観測波形の初動を合わせていることに注意する必要がある。

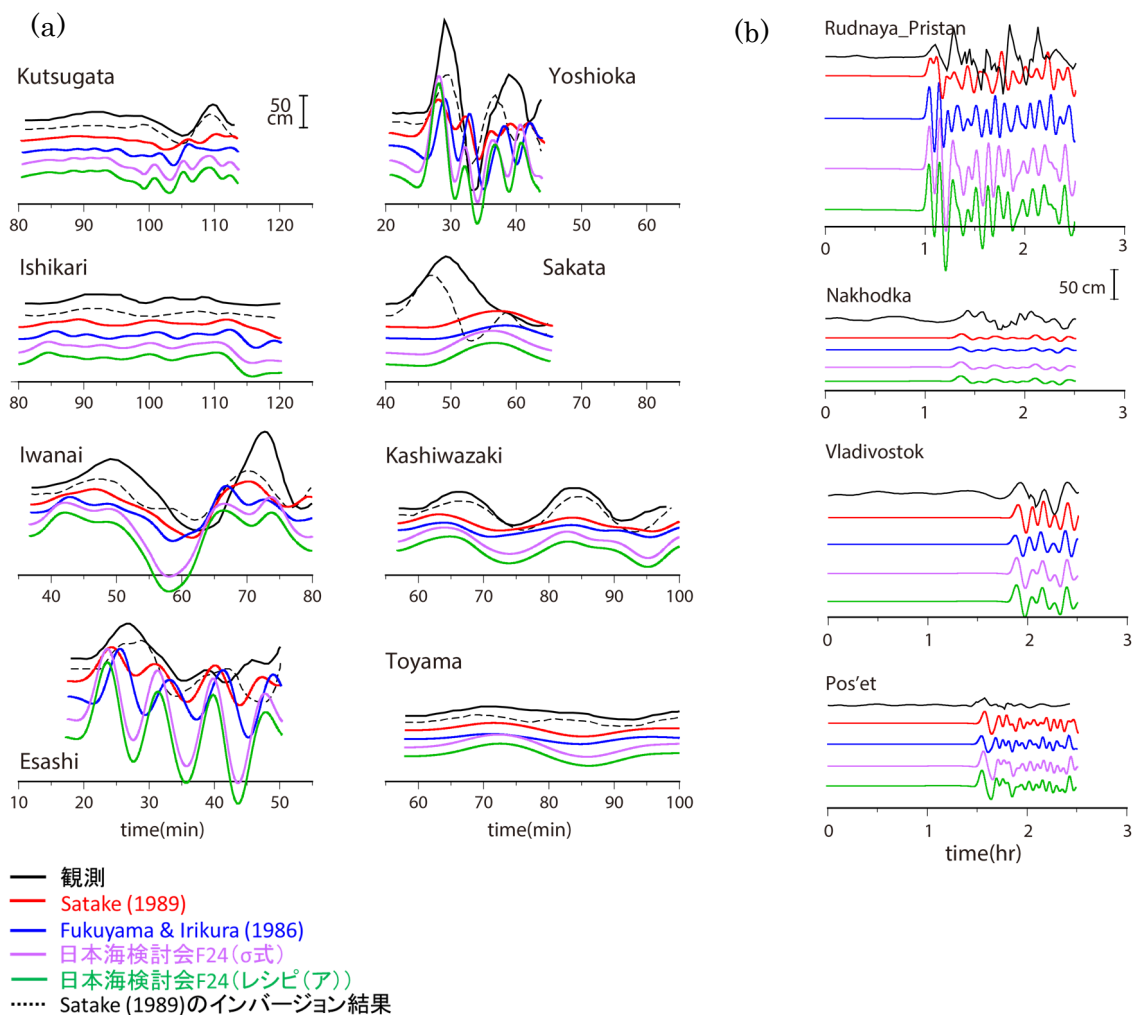


図 3 津波観測波形と各断層モデルから計算した津波波形の比較。(a) 日本沿岸の検潮所。(b) ロシアの検潮所。時間軸は地震発生時刻を 0 とした。

b) 1940年積丹半島沖の地震 (Mjma 7.5)

1940年積丹半島沖の地震は、8月2日0時8分頃に北海道南西沖の深さ0km付近で発生したMjma 7.5の地震であり、死者10名、負傷者24名、家屋全壊26棟などの被害が生じ、手塩・羽幌に2m、利尻に約3mの津波が到達した<sup>3)</sup>。

平成29年度に、Satake (1986)<sup>9)</sup>、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup>、Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup>によって推定されている断層モデルを用いて、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> で用いられた石狩、小樽、忍路、岩内、酒田、新潟、輪島の7点と、ロシアのVladivostok、Bolshoy Kamen、Nevelskの3点に対して津波数値計算を行い(図4)、観測波形と計算波形との比較を行った。平成30年度は、本年度にサブサブテーマ2.5.1「断層モデルの構築」により得られた1940年積丹半島沖の地震の震源域周辺の新たな断層モデルを用いて、平成29年度と同様に、津波数値計算を行った。ここでは、既往断層モデルを参考に、サブサブテーマ2.5.1「断層モデルの構築」によるMS01、MS02、ST01、ST02の4枚の断層が連動して1940年の積丹半島沖の地震を起こしたとして、断層モデルを設定した(以下、MS-STモデル)。サブサブテーマ2.5.1「断層モデルの構築」では断層のすべり量は与えられていないため、「レシピ(ア)」<sup>8)</sup>にしたがってセグメントの断層面積の総和を震源断層の面積として地震モーメントを算出し、個々のセグメントに平均応力降下量が一定となるように分配したのちにすべり量を求めるモデル(以下、MT-ST「連動すべり量モデル」)と、個々の断層が単独として活動する場合のすべり量を与えたモデル(以下、MT-ST「単独すべり量モデル」)との2通りのモデルを設定した。「日本海検討会」<sup>7)</sup>のF05、F07、F09がこれらのモデルの周辺に設定されているが、「日本海検討会」<sup>7)</sup>によって1940年積丹半島沖の地震に相当する断層とは示されていないため、ここでは検討を行わなかった。各断層モデルのパラメータを表2に示す。

表2 津波数値計算を行った各断層モデルのパラメータ

| モデル                                   | 断層長 (km) | 断層幅 (km) | 上端深さ (km) | 走向 (°) | 傾斜角 (°) | すべり角 (°) | すべり量 (m) |
|---------------------------------------|----------|----------|-----------|--------|---------|----------|----------|
| Okamura et al. (2005)                 | 42.0     | 16.0     | 0.0       | 22.0   | 45.0    | 90.0     | 1.64     |
|                                       | 42.0     | 16.0     |           | 184.0  |         |          | 2.23     |
|                                       | 37.0     | 16.0     |           | 162.0  |         |          | 2.74     |
|                                       | 53.0     | 16.0     |           | 0.0    |         |          | 0.58     |
| Ohsumi and Fujiwara (2017) : HKD-2239 | 33.9     | 16.9     | 0.0       | 189.0  | 45.0    | 90.0     | 3.0      |
|                                       | 15.1     | 16.9     |           | 162.0  |         |          |          |
|                                       | 30.3     | 16.9     |           | 189.0  |         |          |          |
|                                       | 28.9     | 16.9     |           | 167.0  |         |          |          |
| 連動すべり量                                | MS01     | 57.1     | 0.0       | 9.0    | 30.0    | 53.0     | 9.88     |
|                                       | MS02     | 40.3     |           | 183.0  |         |          | 6.98     |
|                                       | ST02     | 40.4     |           | 171.0  |         |          | 7.33     |
|                                       | ST01     | 59.6     |           | 357.0  |         |          | 9.44     |
| 単独すべり量                                | MS01     | 57.1     | 0.0       | 9.0    | 30.0    | 53.0     | 2.96     |
|                                       | MS02     | 40.3     |           | 183.0  |         |          | 1.48     |
|                                       | ST02     | 40.4     |           | 171.0  |         |          | 1.63     |
|                                       | ST01     | 59.6     |           | 357.0  |         |          | 2.71     |



表 3 MS-ST「連動すべり量モデル」とMS-ST「単独すべり量モデル」での各パラメータ

| 断層モデル | 長さ   | 幅    | 上端深さ | 走向  | 傾斜 | すべり角 | 合計長さ  | 合計面積            | M0                    | 平均すべり量 | Mw  | 分配M <sub>0</sub>      | すべり量 |
|-------|------|------|------|-----|----|------|-------|-----------------|-----------------------|--------|-----|-----------------------|------|
|       | km   | km   | km   | 度   | 度  | 度    | km    | km <sup>2</sup> | × 10 <sup>20</sup> Nm | (m)    |     | × 10 <sup>20</sup> Nm | m    |
| MS01+ | 57.1 | 32.0 | 0.0  | 9   | 30 | 53   | 197.5 | 5414.9          | 16.30                 | 8.78   | 8.1 | 6.19                  | 9.88 |
| MS02+ | 40.3 | 22.6 | 0.0  | 183 | 45 | 82   |       |                 |                       |        |     | 2.19                  | 6.98 |
| ST02+ | 40.4 | 24.9 | 0.0  | 171 | 40 | 94   |       |                 |                       |        |     | 2.52                  | 7.33 |
| ST01  | 59.6 | 28.0 | 0.0  | 357 | 30 | 45   |       |                 |                       |        |     | 5.40                  | 9.44 |
| MS01  | 57.1 | 32.0 | 0.0  | 9   | 30 | 53   | 57.1  | 1827.2          | 1.86                  |        | 7.4 |                       | 2.96 |
| MS02  | 40.3 | 22.6 | 0.0  | 183 | 45 | 82   | 40.3  | 913.0           | 0.46                  |        | 7.0 |                       | 1.48 |
| ST02  | 40.4 | 24.9 | 0.0  | 171 | 40 | 94   | 40.4  | 1005.9          | 0.56                  |        | 7.1 |                       | 1.63 |
| ST01  | 59.6 | 28.0 | 0.0  | 357 | 30 | 45   | 59.6  | 1668.8          | 1.55                  |        | 7.4 |                       | 2.71 |

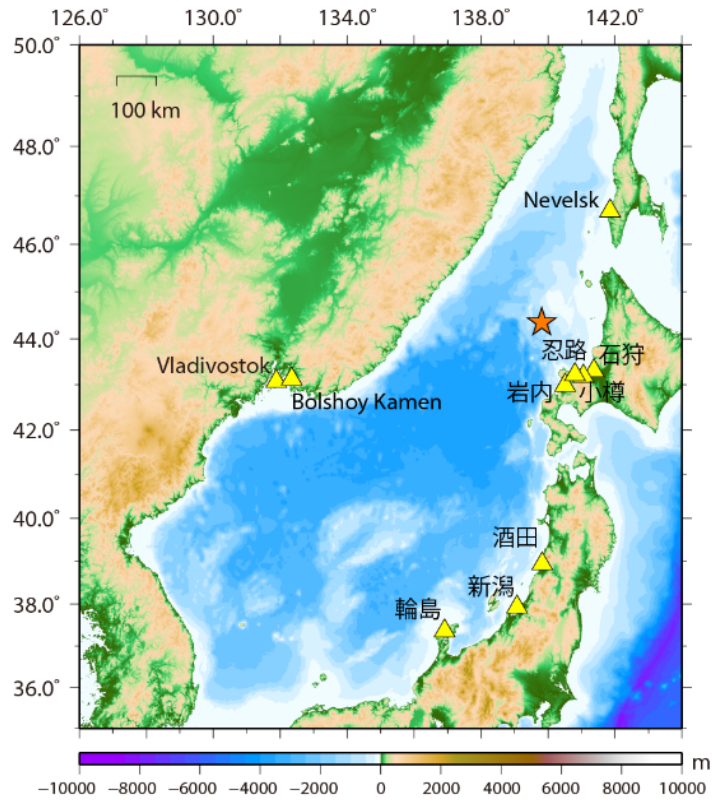


図 4 津波波形を計算した観測点分布（黄色三角）。星印は気象庁による 1940 年積丹半島沖の地震の震央を示す。

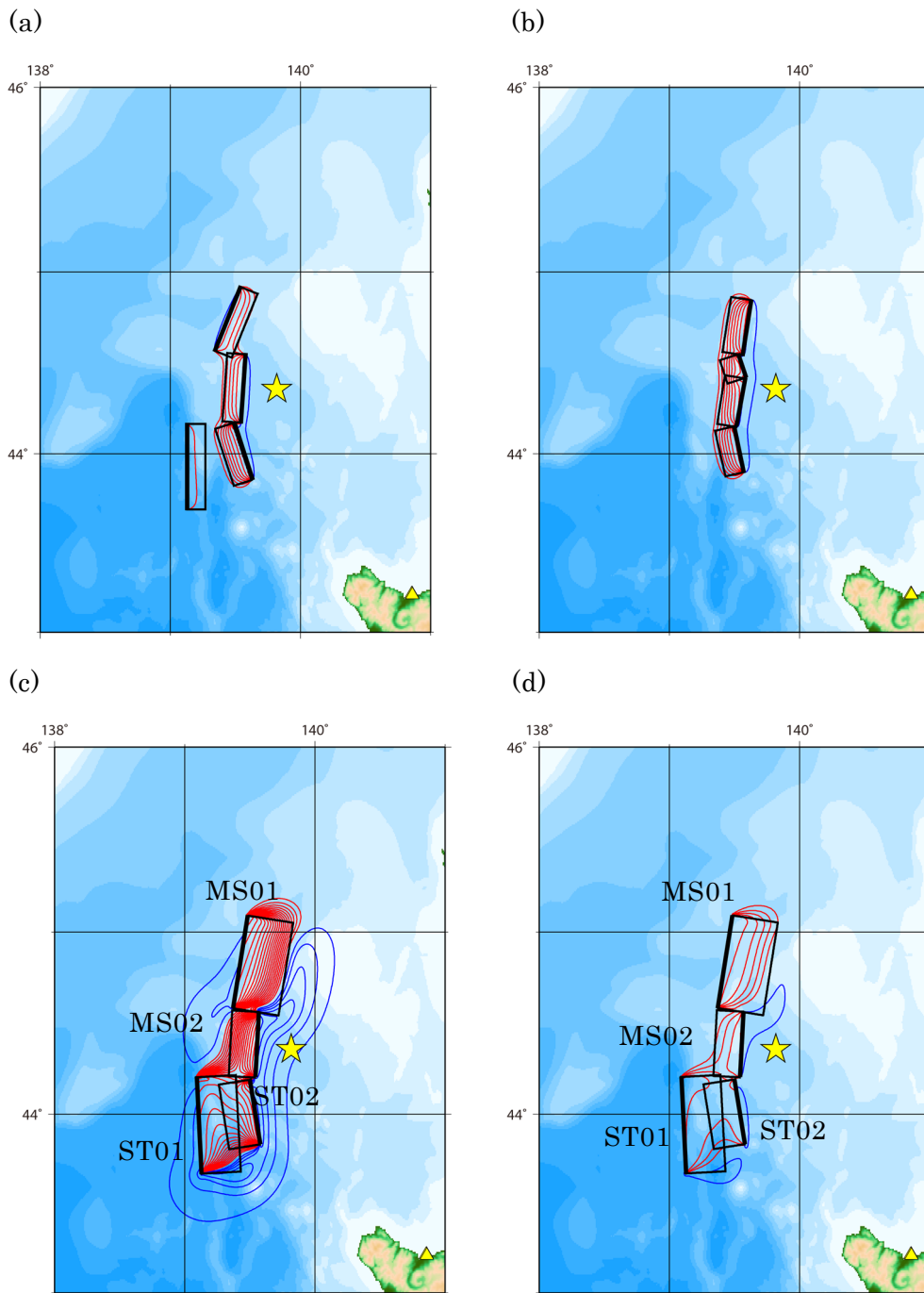


図5 各断層モデルによって計算された海底上下変動。(a) Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> モデル。(b) Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup> モデル。(c) サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」で得られたモデルに対して「レシピ (ア)」<sup>8)</sup> にしたがって連動モデルとしてすべり量を設定したモデル。(d) サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」で得られたモデルに対して「レシピ (ア)」<sup>8)</sup> にしたがって単独モデルとして計算したすべり量を設定したモデル。黒矩形は断層面、黒太線は断層上端を示す。赤は隆起、青は沈降を表す。コンター間隔は 20 cm。星印は気象庁による 1940 年積丹半島沖の地震の震央を示す。

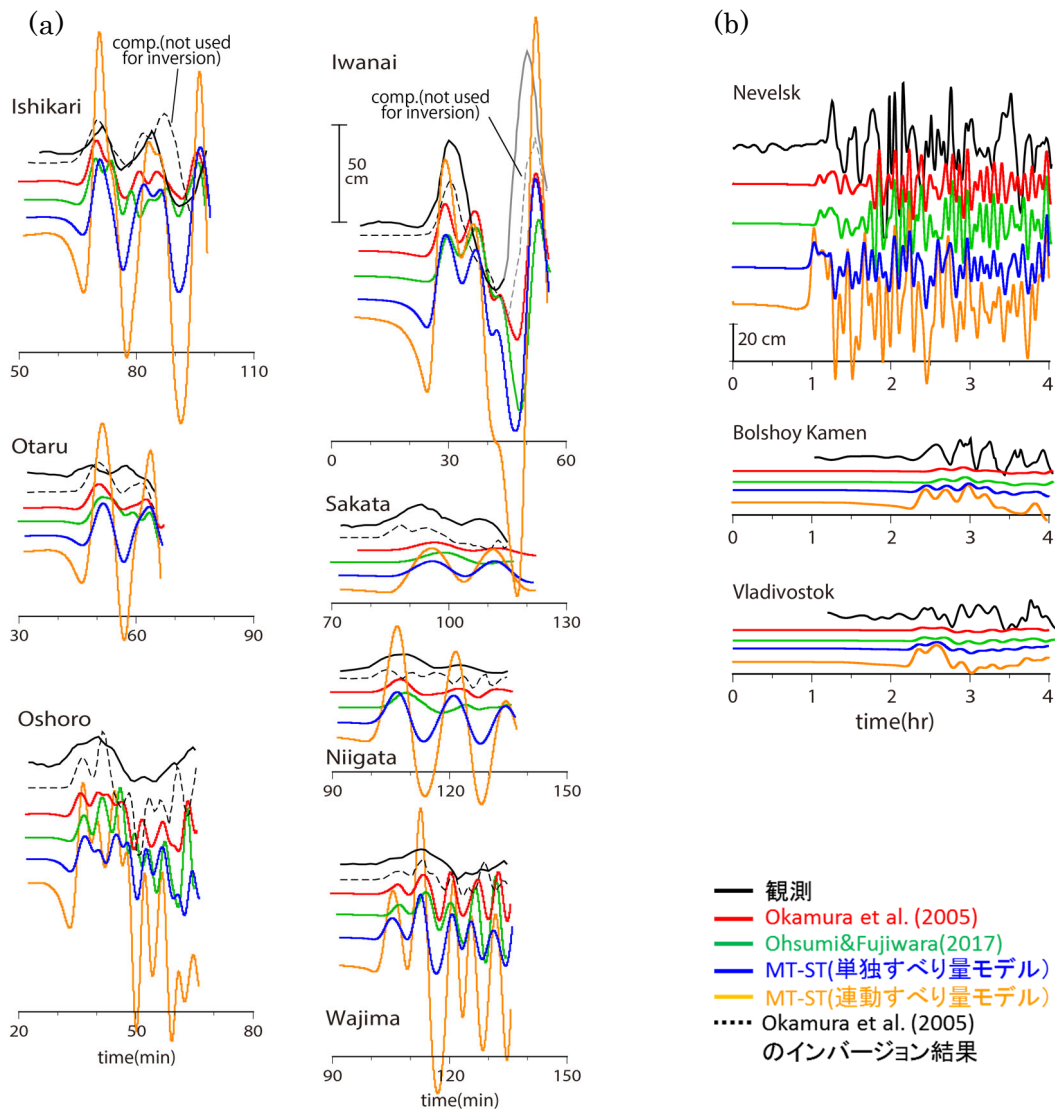


図 6 津波観測波形と各断層モデルから計算した津波波形の比較。(a) 日本沿岸の検潮所。(b) ロシアの検潮所。時間軸は地震発生時刻を 0 とした。

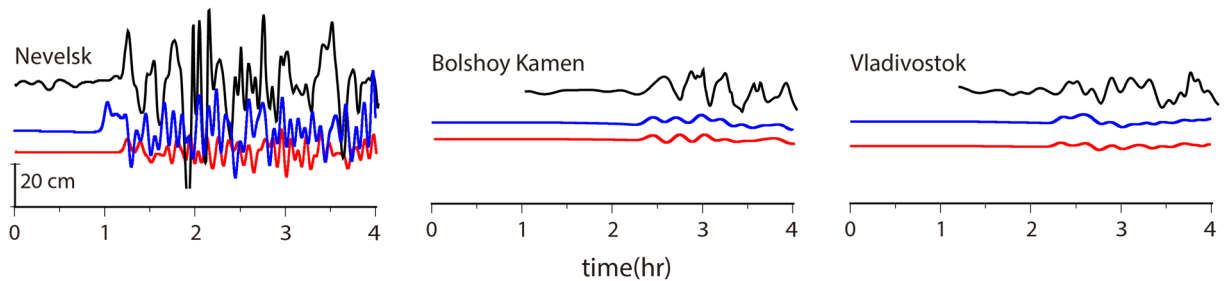


図 7 MS-ST「単独すべり量モデル」による津波波形（青）と「単独すべり量モデル」の ST01 のみで計算した津波波形（赤）。震源域西側にあたる沿海州の Bolshoy Kamen と Vladivostok は、ほぼ ST01 のすべり量による。

各断層モデルによって計算した海底上下変動を図 5、観測波形と計算波形の比較を図 6 に示す。Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup>、Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup> は、平成 29 年度と同様の結果である。日本国内の検潮所について比較してみると (図 6a)、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> モデルによって計算された津波波形は、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> と同様、観測波形を良く再現している。若干異なる部分は、支配方程式 (非線形項の有無)、使用した海底地形データや計算メッシュサイズの違いによるものと思われる。Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup> モデルによる結果は、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> モデルに比べて振幅が大きい観測点がいくつかあったが、両モデルの顕著な差は見られなかった。MS-ST「連動すべり量モデル」は、「レシピ (ア)」によると Mw8.1 となり (表 3)、計算波形の振幅が観測波形よりもかなり大きくなった。MS-ST「単独すべり量モデル」では、若干観測波形よりも計算波形が大きかった。この地震に対しては、連動した場合でも個々の断層のすべり量は一定であるカスケードモデルとしてすべり量を考慮する方が、観測波形を説明できる。一方で、ロシア沿岸域の Vladivostok、Bolshoy Kamen、Nevelsk の検潮所での観測波形と計算波形との比較では (図 6b)、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> と Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup> モデルによる差はほとんど見られず、観測波形の振幅が再現できなかったのに対し、MS-ST モデルでは改善されている。これは、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> の南西端の断層と MS-ST モデルの ST01 断層に対応する、海洋海山周辺に設定された断層でのすべり量の違いによる。Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup> は、この場所に断層を設定していない。Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> では、日本のみの記録を用いた津波波形インバージョンの結果、この断層でのすべり量は 0.6 m と小さい。一方で、MS-ST モデルの ST01 断層では、「連動すべり量モデル」では約 9.44 m、「単独すべり量モデル」では 2.71 m のすべり量を与えて計算しているが (図 7)、3 m 以上のすべり量があれば、震源域の西側であるロシア沿海州の津波高が再現できると思われる。ただし、ロシア沿岸域の詳細な地形データの入手が困難なため、検潮所付近の地形が再現できないことに注意する必要がある。Ohsumi and Fujiwara (2017)<sup>11)</sup> モデルの北端の断層は、Okamura et al. (2005)<sup>10)</sup> や MS-ST モデルとは逆傾斜であるが、その影響はほとんど見られないようである。

### (c) 結論ならびに今後の課題

1983 年日本海中部地震について、既往研究の断層モデルを用いて津波数値計算を行い、日本とロシアでの津波波形記録と比較することによって、断層モデルの検証を行った。日本国内の記録の観測波形と計算波形の比較は、津波波形インバージョンから推定された断層モデルが観測波形を最も良く再現し、地震波形インバージョンから推定された断層モデルでは、観測初動の再現が出来ない観測点があった。「日本海検討会」による F24 モデルでは、与えたすべり量が大きいため観測波形の振幅に近づいた。ロシア沿岸域の検潮所での観測波形と計算波形の比較では、周辺の地形が再現できていない Rudnaya Pristan の記録を除けば断層モデルによる影響はほとんど見られず、第 2 波までの波形は良く一致していた。ロシア沿岸域の津波波形記録を追加することによって断層モデルを改善するためには、ロシア周辺の詳細な地形データが必要である。また、平成 29 年度に引き続き 1940 年積丹半島沖の地震について、新たにサブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」で得られた断層モデルを用いて、1983 年の地震と同様に津波数値計算を行った。1940 年の地震につ

いては、日本国内の記録の観測波形と計算波形の比較では、津波波形インバージョンから推定された断層モデルが、最も観測波形の再現が良かった。サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた断層モデルに対しては、スケーリング則によってすべり量を求めたため、津波波形インバージョンによるモデルや、日本沿岸の津波高を説明するためのモデルではすべりが必要ななかった海洋海山に相当する断層にも大きなすべりが設定され、海底地形の変動量も大きくなり、計算波形の振幅は観測波形に比べて過大評価となった。ただし、連動しても個々の断層でのすべり量は変わらないとすれば、計算波形の振幅はかなり観測波形に近かった。しかし、ロシアの津波観測記録を用いることで、沿海州の観測波形の津波高を説明するためには海洋海山に相当する断層で、3 m 以上のすべり量を伴う破壊が必要である可能性が示唆された。今後、ロシア沿岸の精度の良い海底地形データによって再解析することが望まれる。

(d) 引用文献

- 1) Okada, Y.: Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 75, 1135-1154, 1985.
- 2) Baba, T., Takahashi, N., Kaneda, Y., Ando, K., Matsuoka, D., and Kato, T.: Parallel implementation of dispersive tsunami wave modeling with a nesting algorithm for the 2011 Tohoku tsunami, *Pure Appl. Geophys.*, doi:10.1007/s00024-015-1049-2, 2015.
- 3) 地震調査研究推進本部：日本海東縁部の地震活動の長期評価について（平成 15 年 6 月 20 日公表），[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/03jun\\_nihonkai/index.html](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/03jun_nihonkai/index.html).
- 4) Satake, K.: Inversion of tsunami waveforms for the estimation of heterogeneous fault motion of large submarine earthquakes: The 1968 Tokachi-oki and 1983 Japan Sea earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 94, 5627-5636, 1989.
- 5) Fukuyama, E. and Irikura, K.: Rupture process of the 1983 Japan Sea (Akita-oki) earthquake using a waveform inversion method, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 76, 1623-1640, 1986.
- 6) Dziewonski, A. M., Franzen, J. E. and Woodhouse, J. H.: Centroid-moment tensor solutions for April-June, 1983, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 33, 243-249, 1983.
- 7) 日本海における大規模地震に関する調査検討会：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書（平成 26 年 9 月公表），国土交通省・文部科学省・内閣府，470 ページ，2014.
- 8) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（平成 29 年 4 月 27 日公表），[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/17\\_yosokuchizu/recipe.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/17_yosokuchizu/recipe.pdf), 2017.
- 9) Satake, K.: Re-examination of the 1940 Shakotan-oki earthquake and the fault parameters of the earthquakes along the eastern margin of the Japan Sea, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 43, 137-147, 1986.
- 10) Okamura, Y., Satake, K., Ikehara, K., Takeuchi, A., and Arai, K.: Paleoseismology of deep-sea faults based on marine surveys of northern Okushiri ridge in the Japan

Sea, J. Geophys. Res., 110, B09105, doi:10.1029/2004JB003135, 2005.

- 11) Ohsumi, T., and Fujiwara, H.: Investigation of offshore fault modeling for a source region related to the Shakotan-Oki earthquake, J. Disaster Res., 12(5), 891-898, 2017.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

| 著者              | 題名                                 | 発表先                             | 発表年月日               |
|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 五島朋子, 楠本聡, 佐竹健治 | 津波堆積物調査研究における微化石分析の有用性<br>(ポスター発表) | 日本地球惑星科学<br>連合 2018 大会<br>(千葉市) | 平成 30 年<br>5 月 22 日 |

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 令和元年度業務計画案

日本海全域を対象として、地震・津波波形記録や史料の収集と解析を実施する。