


平成 21 年度 第 2 回災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会

話題提供資料

- ・「津波高データを用いた津波波源の検討」（高瀬嗣郎）
- ・「リモートセンシングの防災利用に関連した最近の取り組みについて」（三富 創）



津波高データを用いた 津波波源の検討

— 中央防災会議の津波想定 —

応用地質株式会社
高瀬 嗣郎



本日の話題

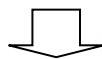
1. 中央防災会議の津波想定
2. リモセン技術の利用

1. 中防の津波想定 専門調査会

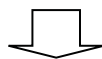
- 東海地震に関する専門調査会
(平成13年1月～平成13年12月)
- 東南海、南海地震に関する専門調査会
(平成13年10月～平成20年12月)
- 首都直下地震対策専門調査会
(平成15年9月～平成17年7月)
- 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会
(平成15年10月～平成18年1月)

専門調査会 調査会の流れ

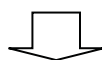
想定地震に関する検討



地震動および津波波高等の算出

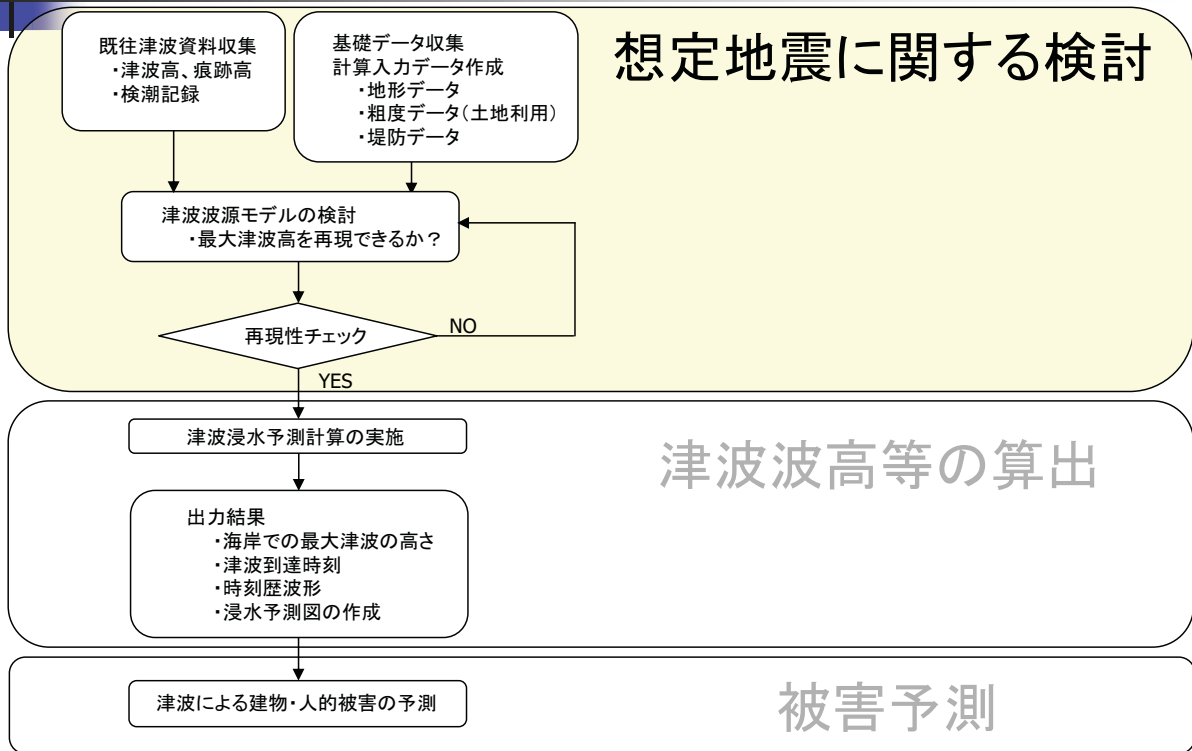


被害予測



地震対策に関する検討

想定地震に関する検討(1)

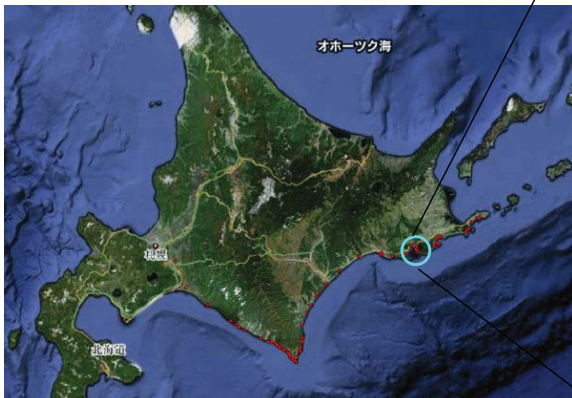


想定地震に関する検討(2)

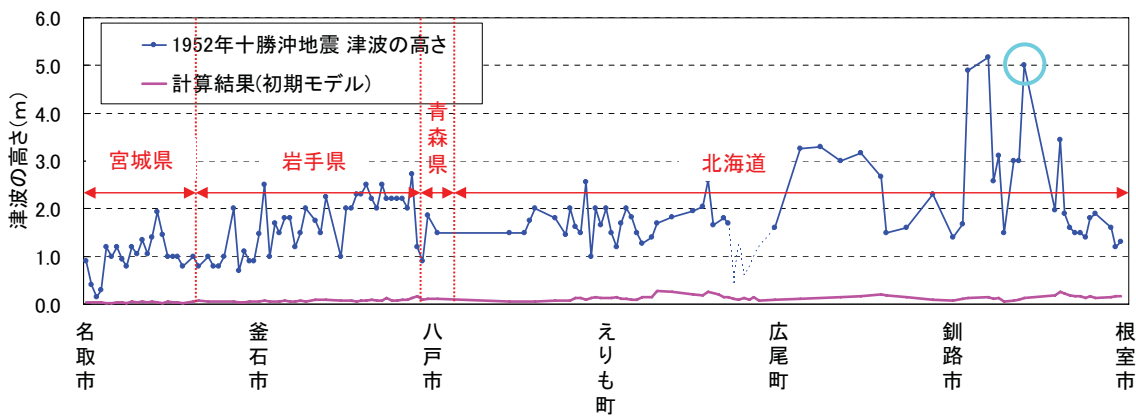
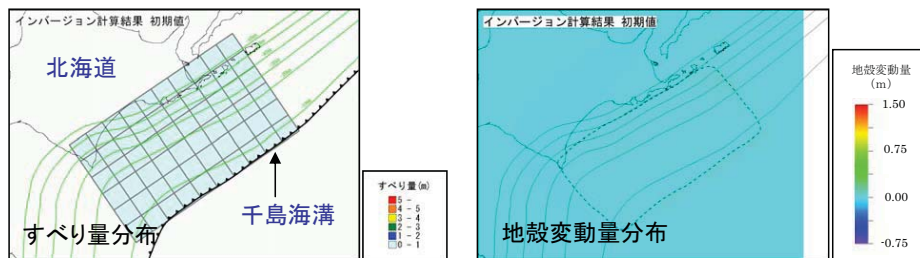
津波高データを用いた津波波源の検討

既往の最大津波高を再現するように、非線形最小二乗法を用いて各セグメントのすべり量を与える。

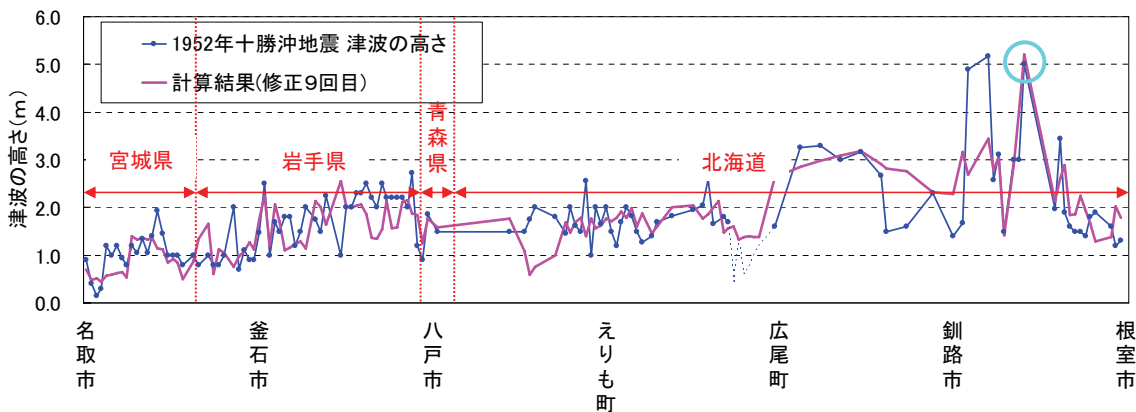
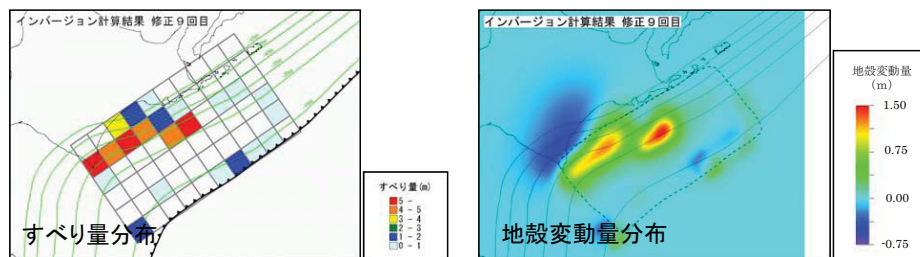
— 例. 1952年十勝沖地震 —
津波高実測値 床譚 / 5.0m



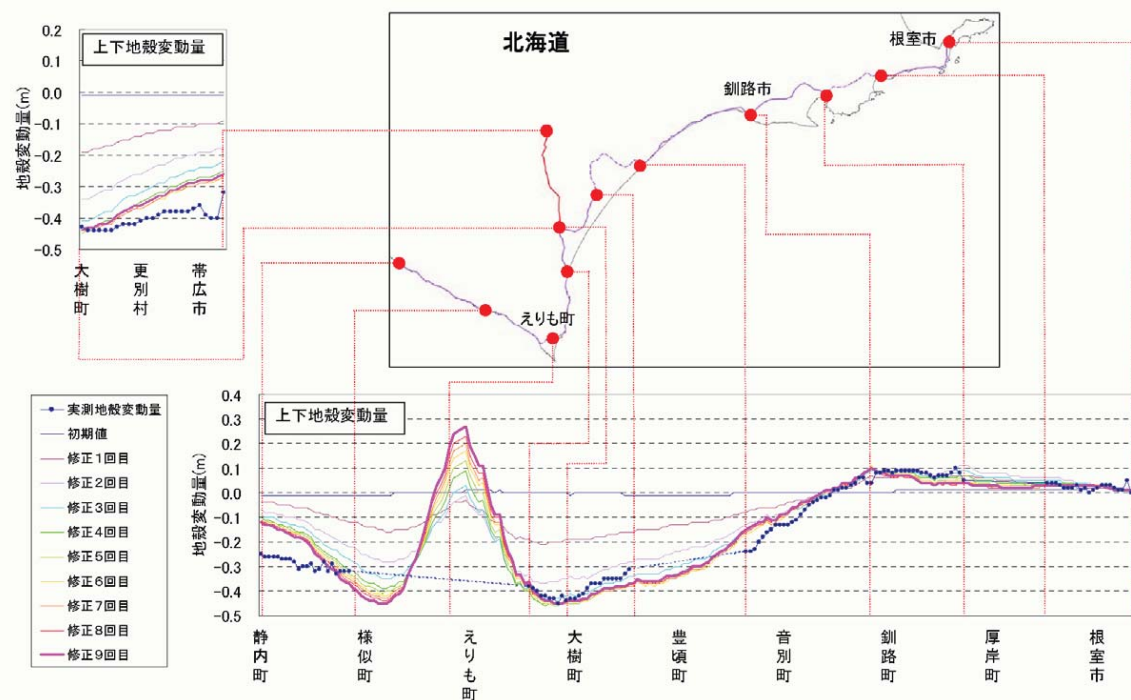
想定地震に関する検討(3)



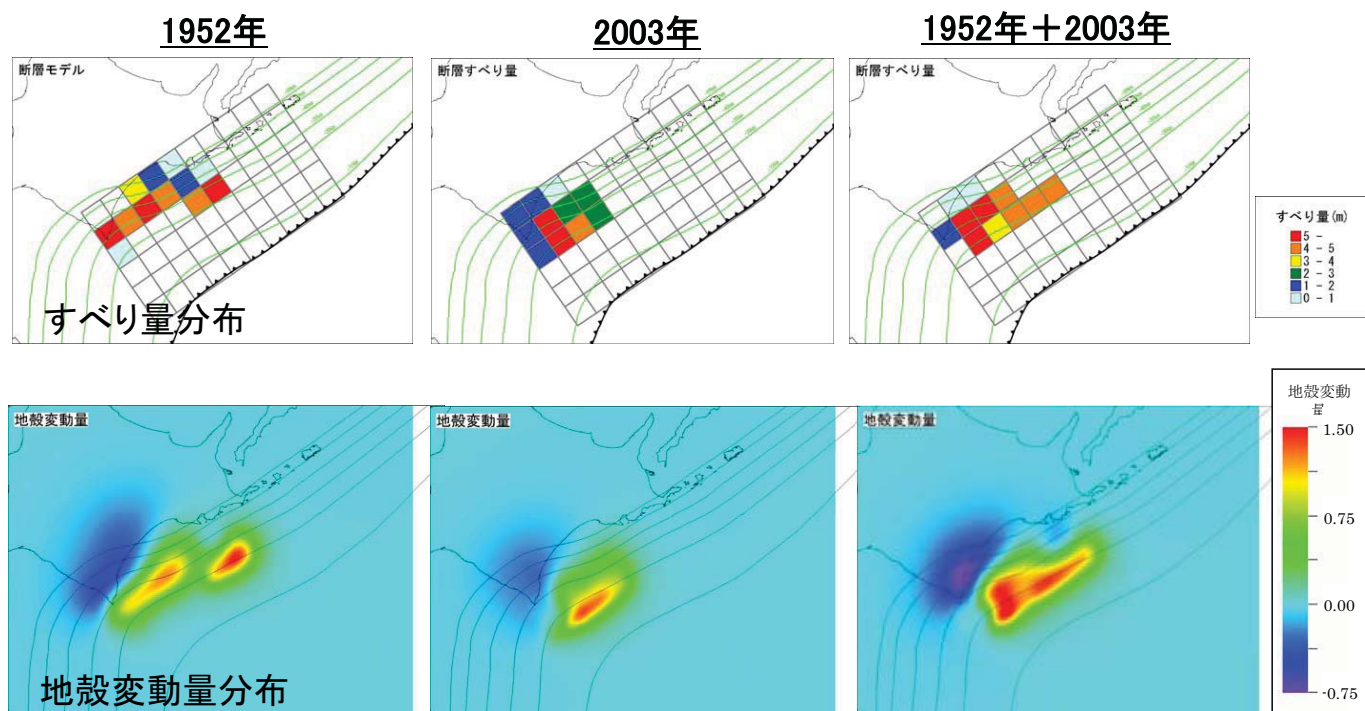
想定地震に関する検討(4)



想定地震に関する検討(5)

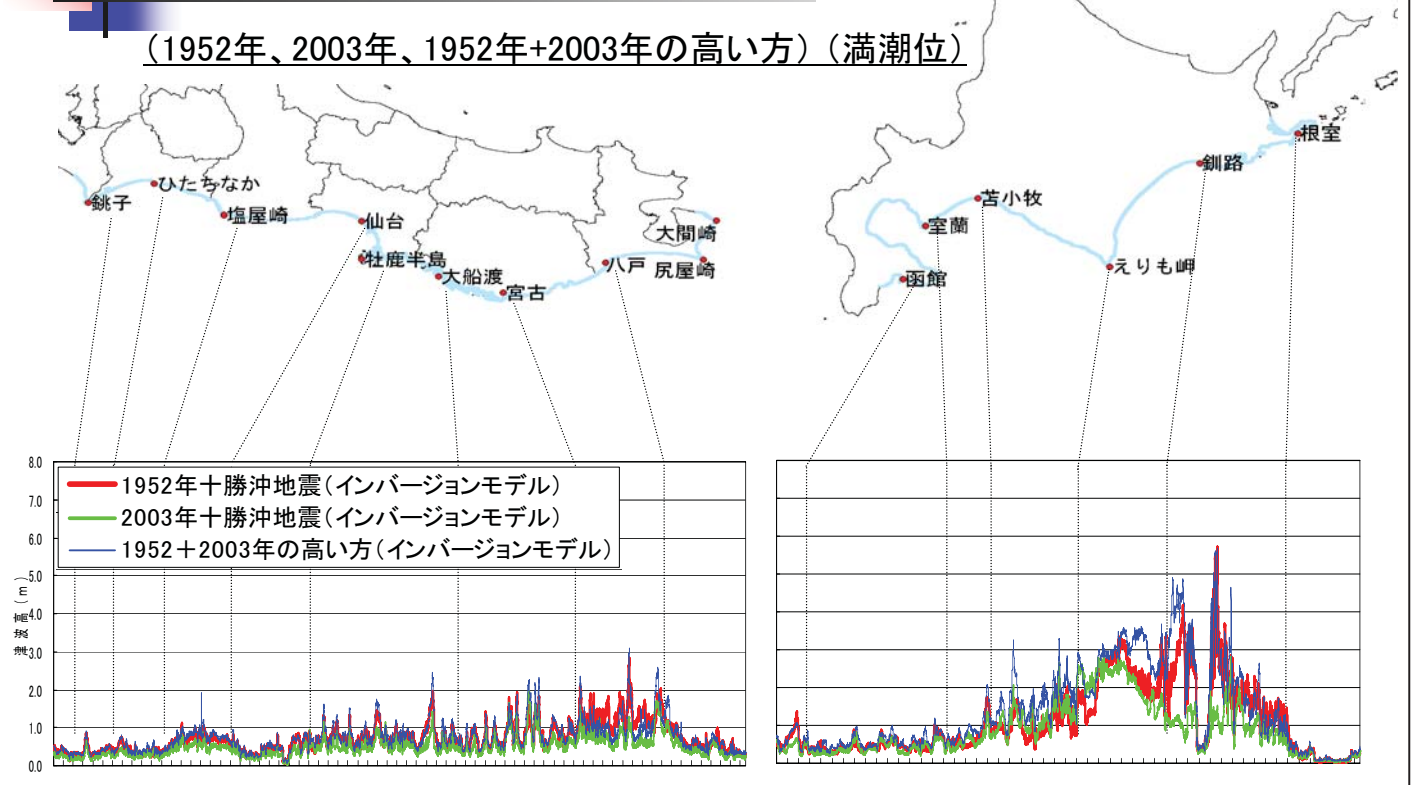


想定地震に関する検討(6)



想定地震に関する検討(7)

(1952年、2003年、1952年+2003年の高い方)(満潮位)

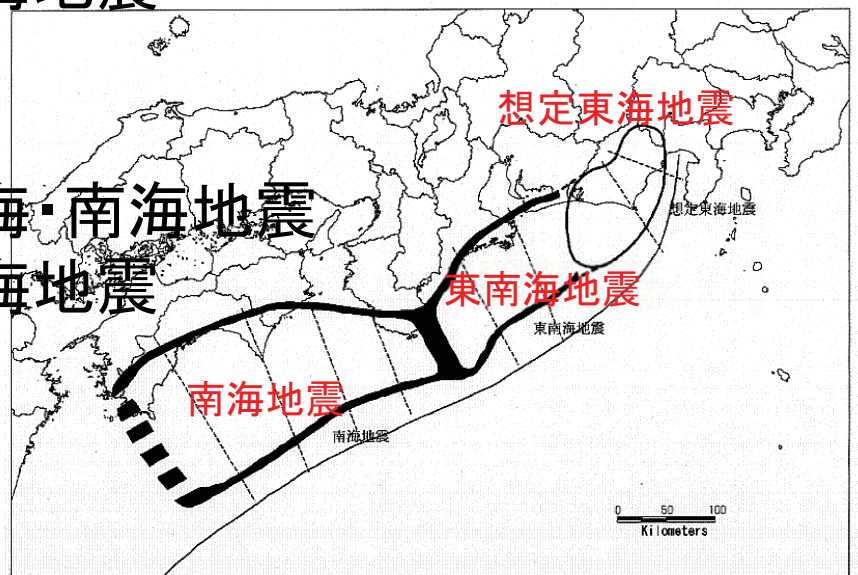


東南海、南海地震

想定地震と断層モデル

■ 想定地震: 以下の5地震

- ① 東南海・南海地震
- ② 東南海地震
- ③ 南海地震
- ④ 東海・東南海・南海地震
- ⑤ 東海・東南海地震



想定震源域とセグメントの概念図

東南海、南海地震

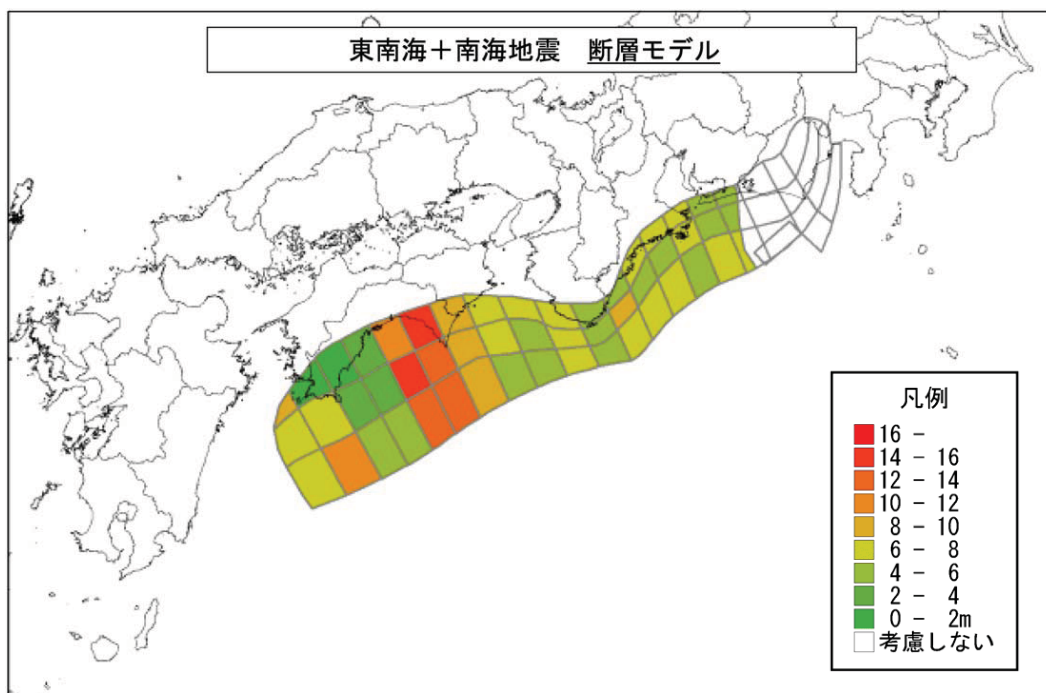
想定地震と断層モデル

- 断層モデル設定の考え方：
既往津波（1707宝永、1854安政地震など）の最大津波高を再現するように設定
- 設定方法
 - ①波源全体を概ね50km程度でセグメント化
 - ②既往の最大津波高を再現するように、非線形最小二乗法を用いて各セグメントのすべり量を与える。
 - ③東海部分は「想定震源域＋ABD」とする

東南海、南海地震

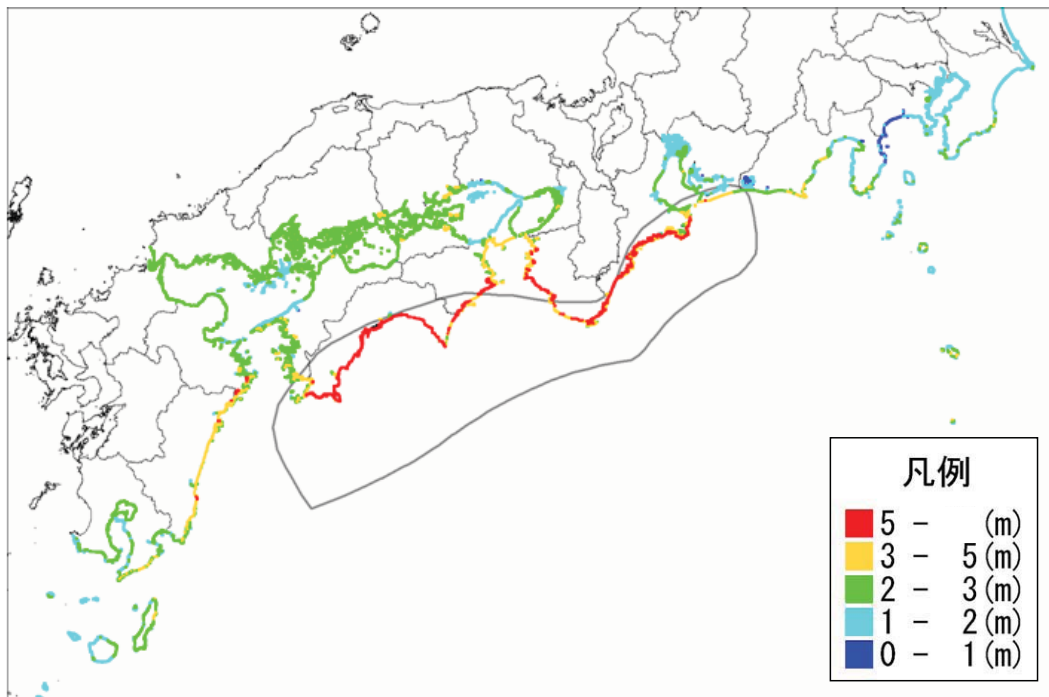
想定地震と断層モデル

東南海・南海地震 [M_w=8.7]



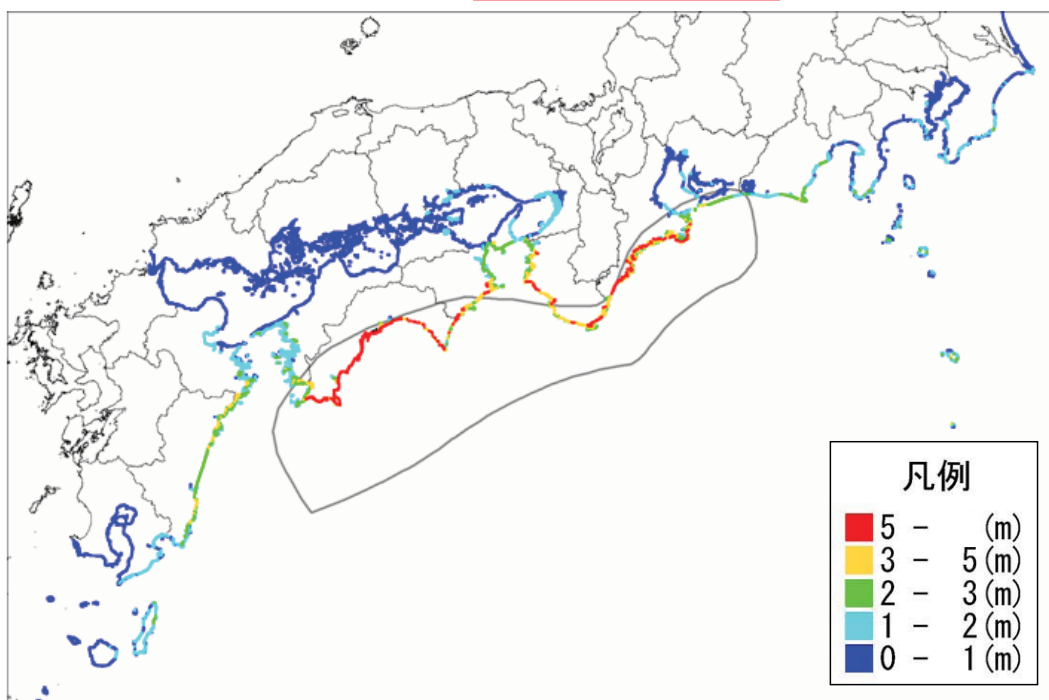
東南海、南海地震 津波の高さ

①東南海・南海地震(満潮位)



東南海、南海地震 津波の高さ

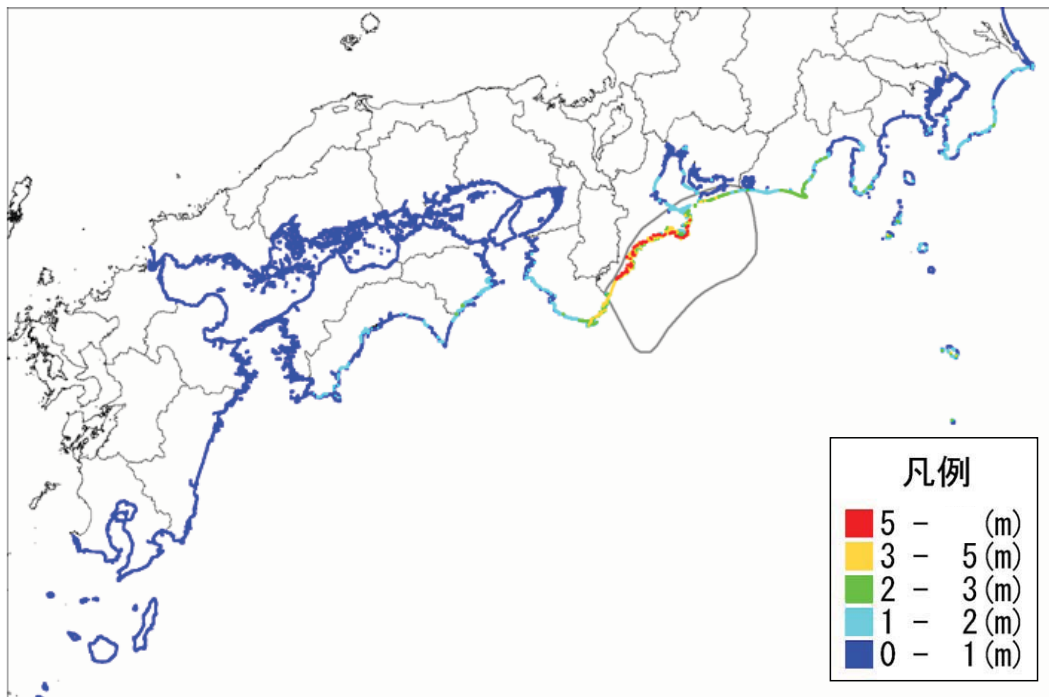
①東南海・南海地震(平均潮位)



東南海、南海地震

津波の高さ

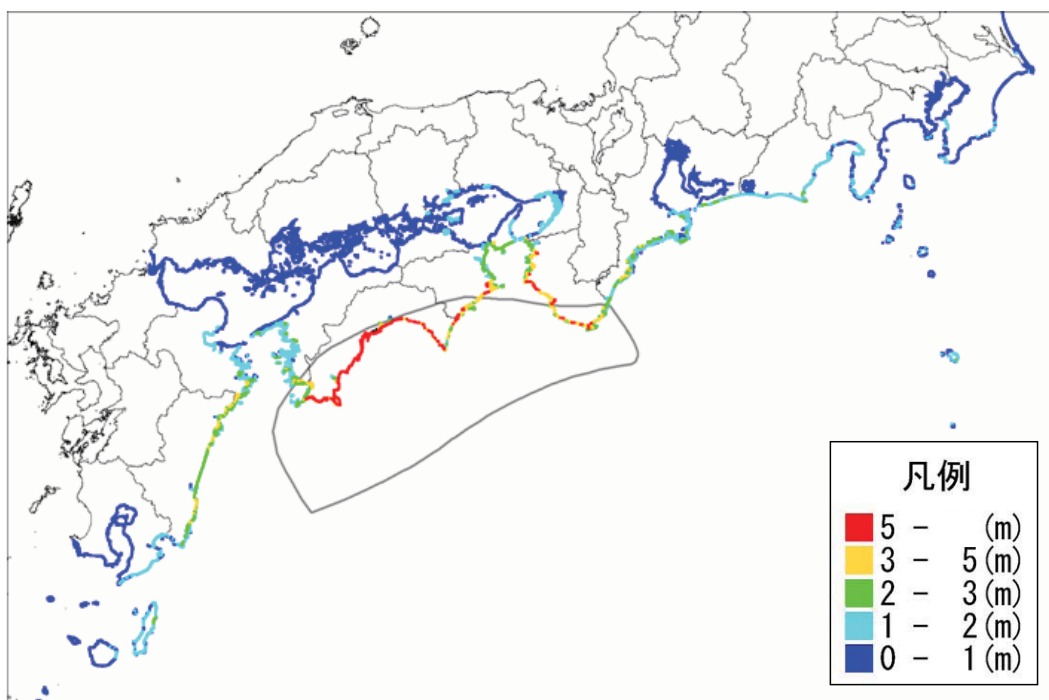
②東南海地震(平均潮位)



東南海、南海地震

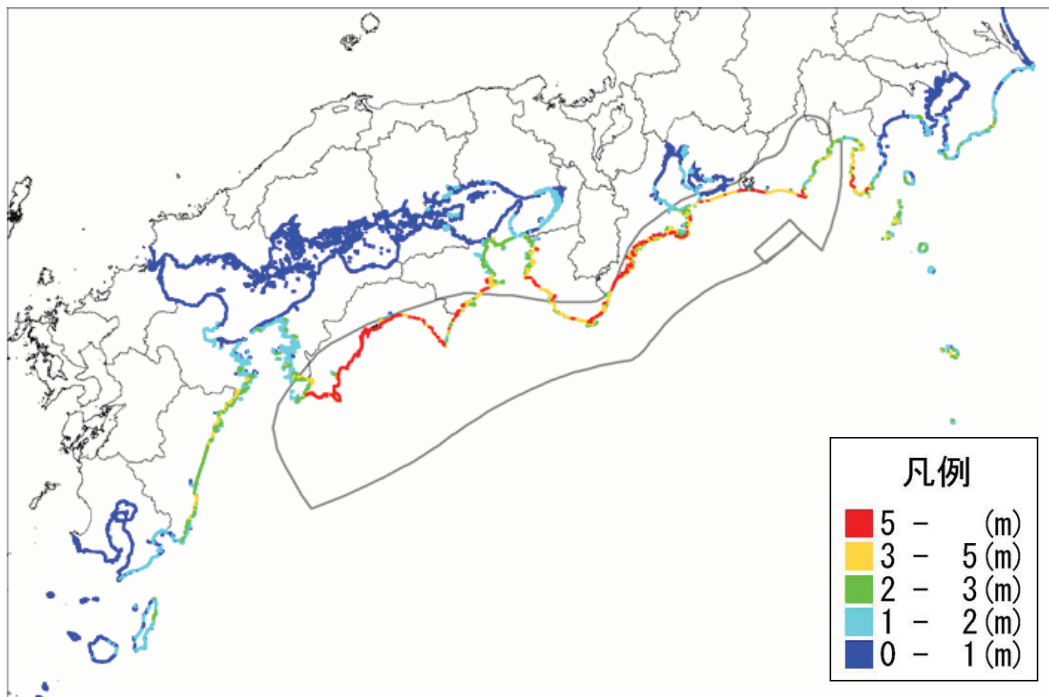
津波の高さ

③南海地震(平均潮位)



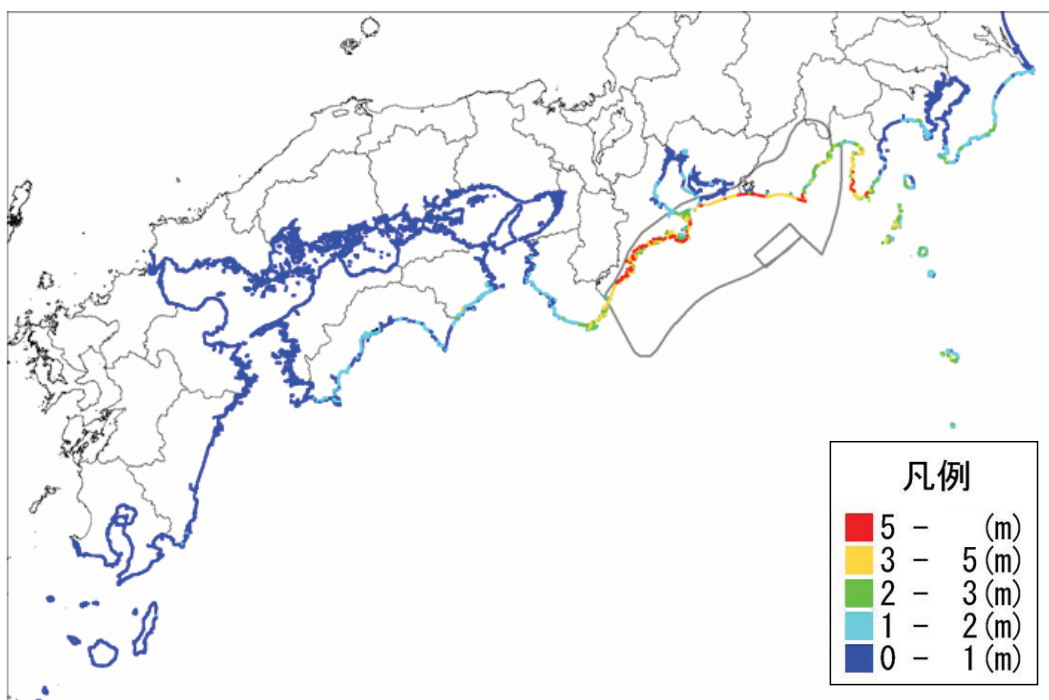
東南海、南海地震 津波の高さ

④東海・東南海・南海地震(平均潮位)

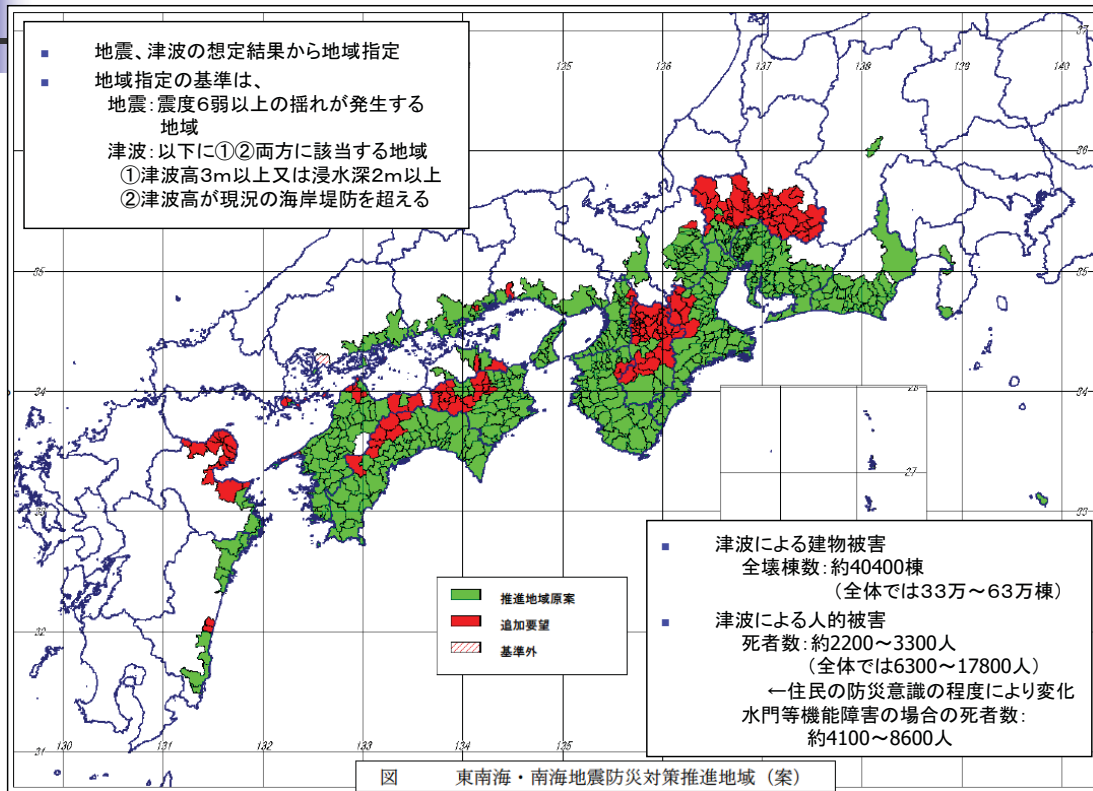


東南海、南海地震 津波の高さ

⑤東海・東南海地震(平均潮位)



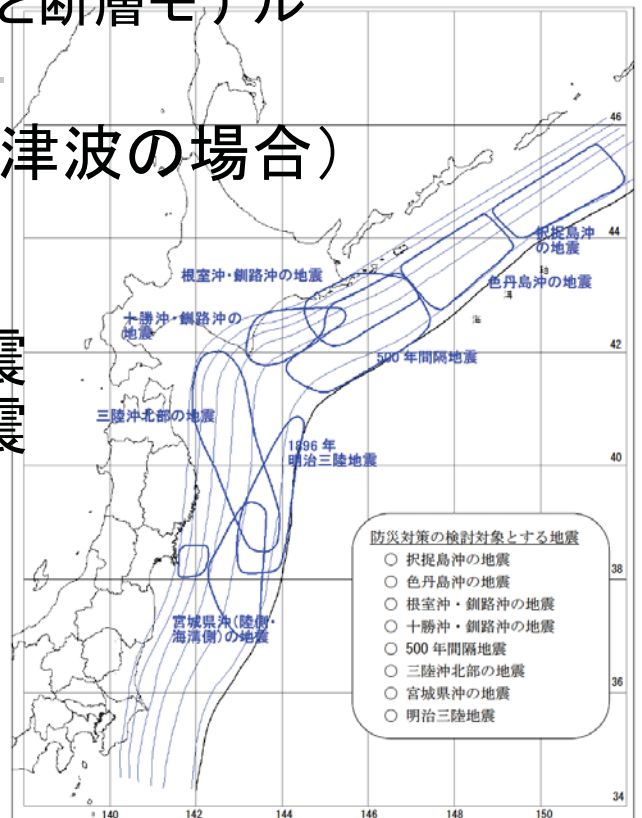
東南海、南海地震 推進地域



日本海溝 想定地震と断層モデル

■ 想定地震：以下の8地震(津波の場合)

- ① 択捉島沖の地震
- ② 色丹島沖の地震
- ③ 根室沖・釧路沖の地震
- ④ 十勝沖・釧路沖の地震
- ⑤ 500年間隔地震
- ⑥ 三陸沖北部の地震
- ⑦ 宮城県沖の地震
- ⑧ 明治三陸タイプ地震

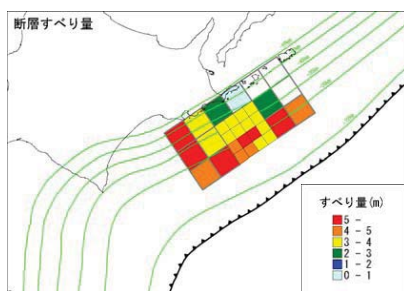


日本海溝 想定地震と断層モデル

- 断層モデル設定の考え方:
 1. 択捉島沖、色丹島沖
→ 既往津波の資料が十分に無いため、地震動と同じモデルとする
 2. 択捉島沖、色丹島沖以外
→ 既往津波の最大津波高を再現するように設定(手法は「東南海、南海」と基本的に同様)

日本海溝 想定地震と断層モデル

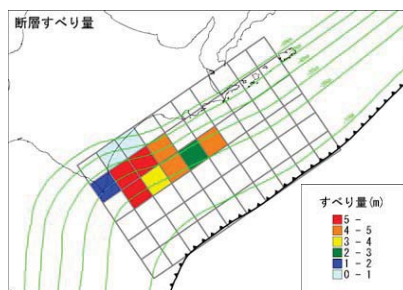
③ 根室沖・釧路沖の地震 [Mw=8.3]



津波高等を参照した地震

- ・1894年根室沖地震、
- ・1973年根室半島沖地震

④ 十勝沖・釧路沖の地震 [Mw=8.2]



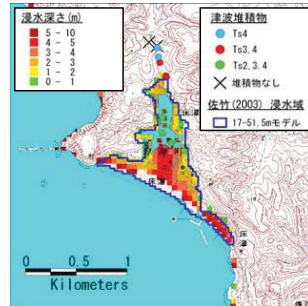
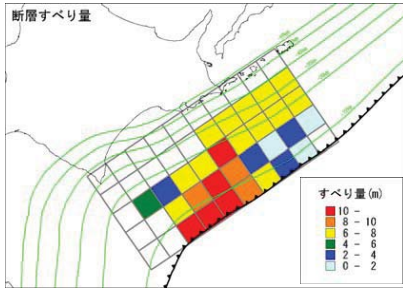
津波高等を参照した地震

- ・1952年十勝沖地震、
- ・2003年十勝沖地震

日本海溝

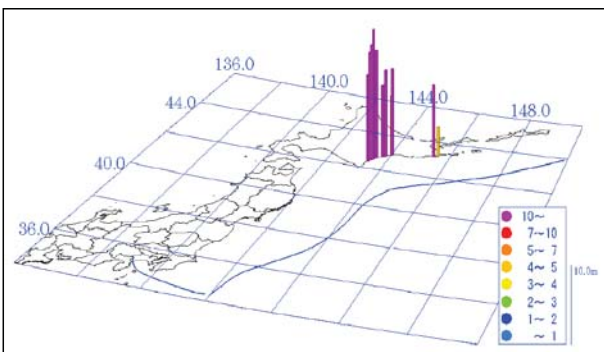
想定地震と断層モデル

⑤ 500年間隔地震 [Mw=8.6]



津波高等を参照した地震
・17世紀初頭の巨大津波
発生時期

| 十勝地域の津波 | | 根室地域の津波 | |
|-----------------|-------------|-----------------|--|
| 発生時期 (cal.B.P.) | 再来間隔 (年) | 発生時期 (cal.B.P.) | |
| 津波1 | 17世紀初頭 | 津波1 | |
| 津波2 | 12~13世紀 | 津波2 | |
| 津波3 | 9世紀 | 津波3 | |
| 津波4 | 1630-(4世紀?) | 津波4 | |
| 津波5 | AD/BC? | 津波5 | |
| 津波6 | 2590- | 津波6 | |
| 津波7 | 2870~2920 | 津波7 | |
| 津波8 | 3220~3460 | 津波8 | |
| 津波9 | 3690~3720 | 津波9 | |
| 津波10 | 4200+ | 津波10 | |
| 津波11 | 4580 | 津波11 | |
| 津波12 | 4860+ | 津波12 | |
| 津波13 | 5000- | 津波13 | |
| 津波14 | 5640+ | 津波14 | |
| 津波15 | 6370- | 津波15 | |

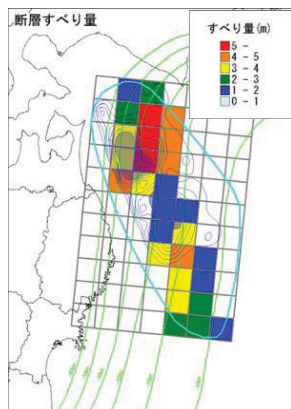


日本海溝

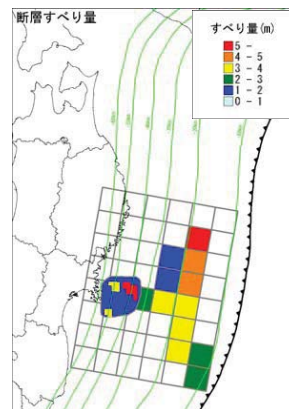
想定地震と断層モデル

⑥ 三陸沖北部の地震 [Mw=8.4]

⑦ 宮城県沖の地震 [Mw=8.2]



[Mw=8.4]



[Mw=8.2]

津波高等を参照した地震

- ・1856年安政三陸沖地震、
- ・1968年十勝沖地震

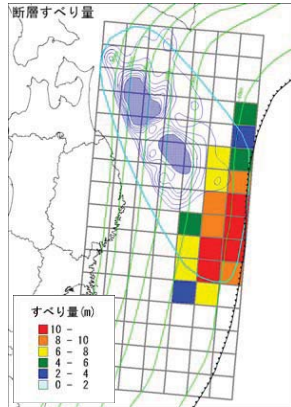
津波高等を参照した地震

- ・1793年宮城県沖地震、
- ・1978年宮城県沖地震

日本海溝

想定地震と断層モデル

⑧ 明治三陸タイプ地震 [Mw=8.6]

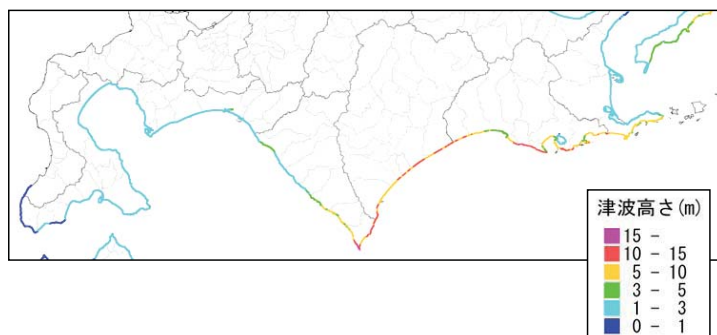
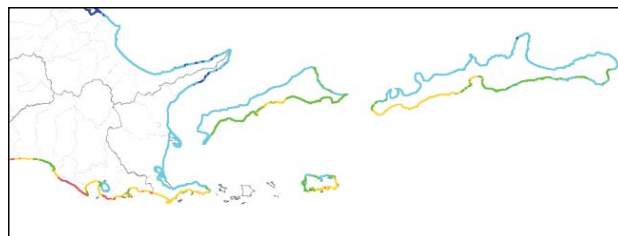
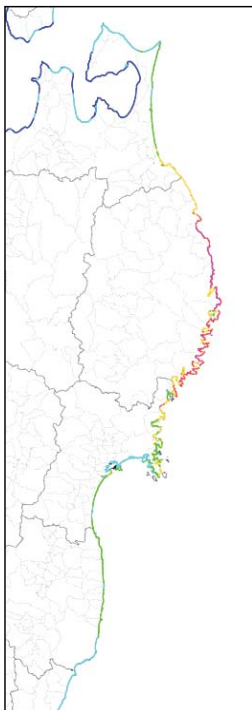


津波高等を参照した地震
・1896年明治三陸地震

日本海溝

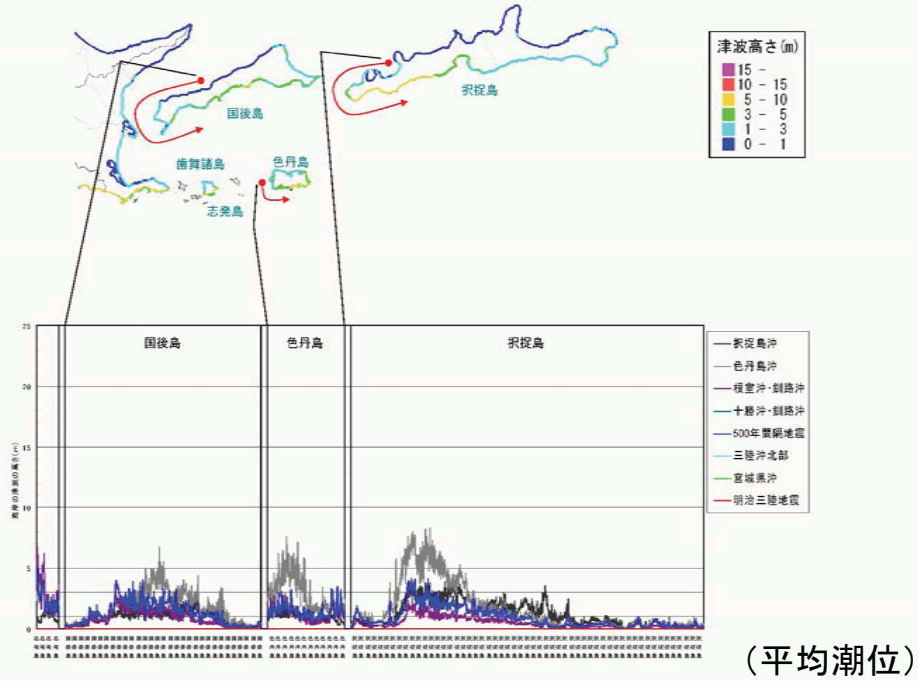
津波の高さの最大値(1)

(満潮位)



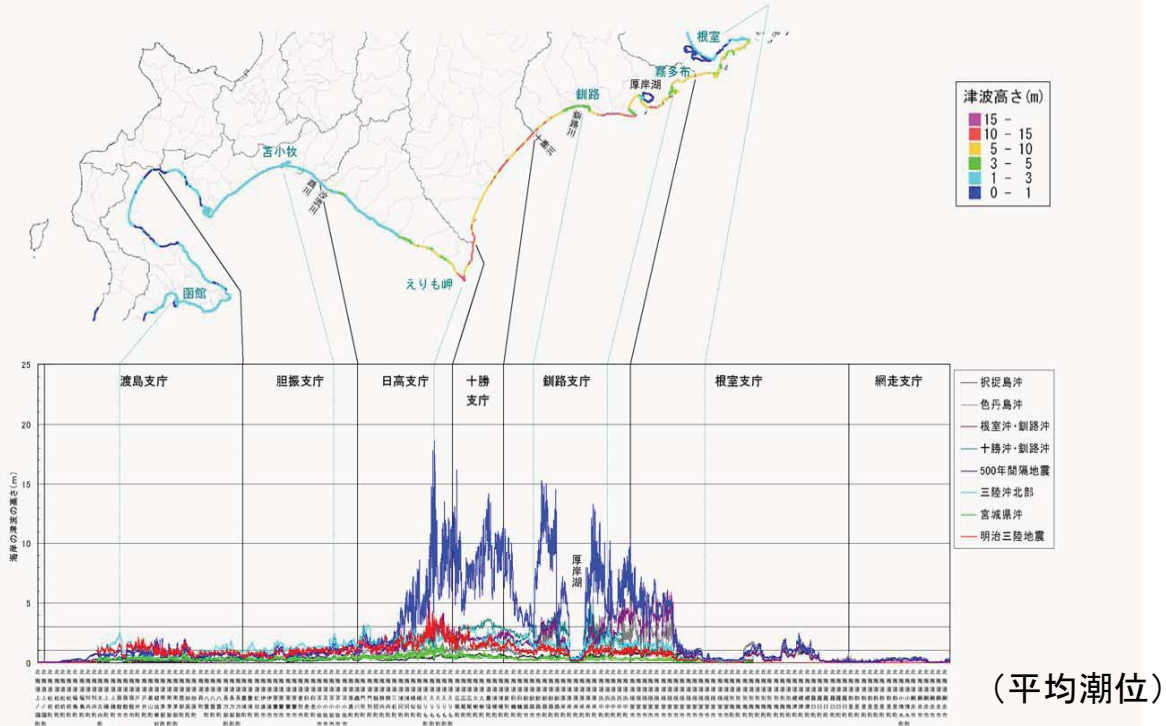
日本海溝 津波の高さの最大値(2)

海岸での津波高さの最大値【北海道（北方四島）】



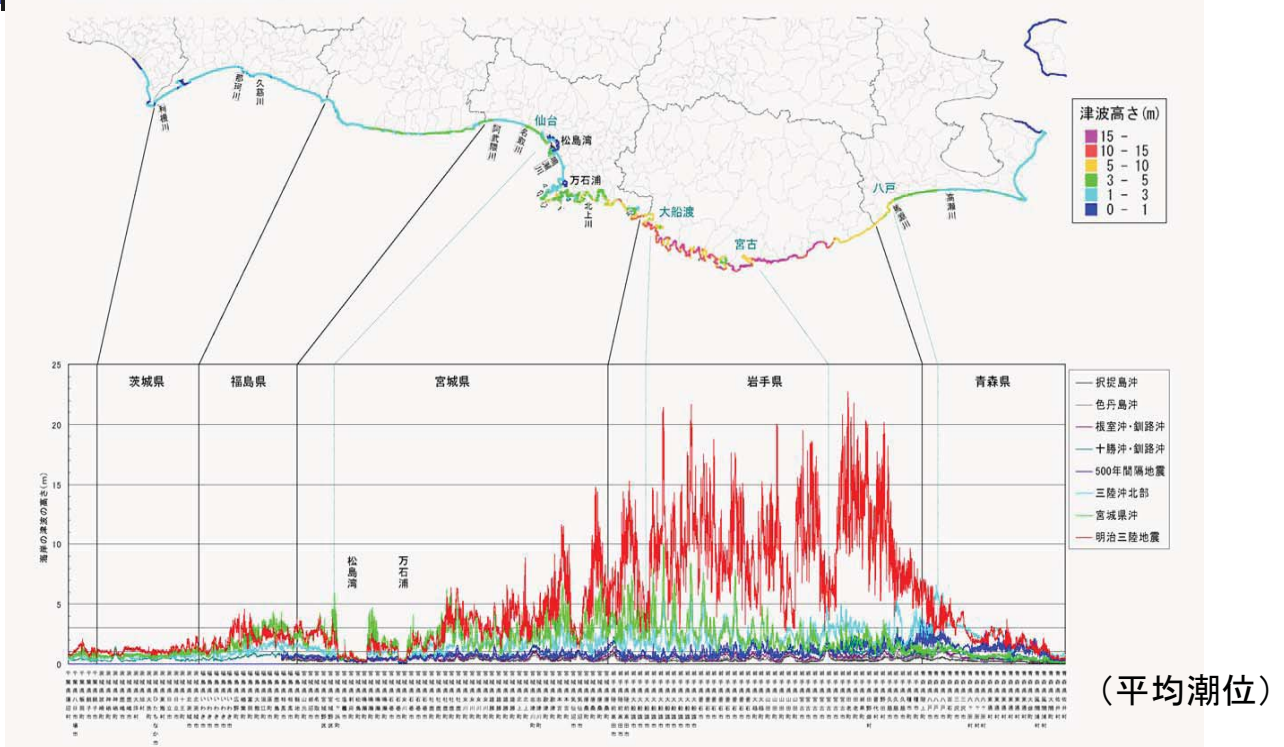
日本海溝 津波の高さの最大値(3)

海岸での津波高さの最大値【北海道】



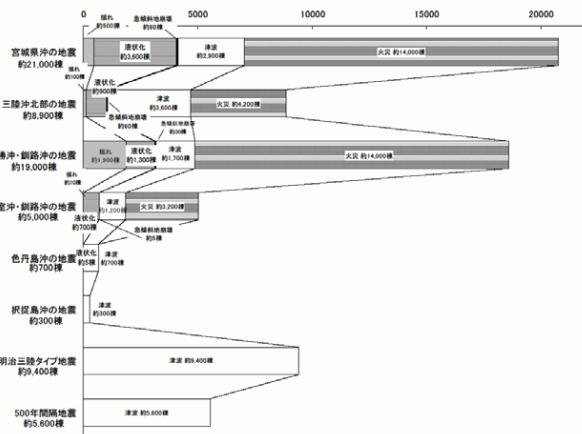
日本海溝 津波の高さの最大値(4)

海岸での津波高さの最大値【青森～千葉】

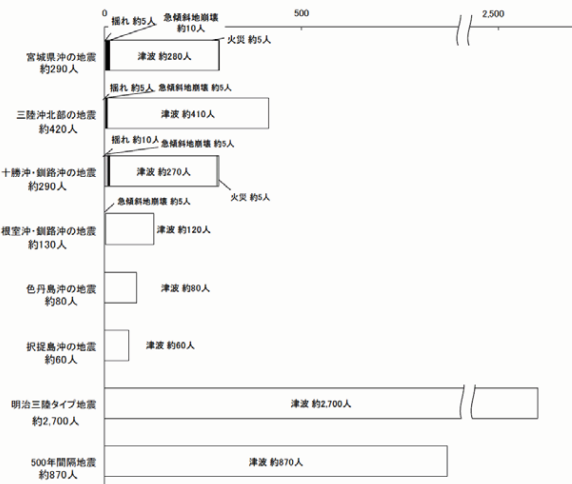


日本海溝 推進地域+被害予測

- 地震、津波の想定結果から地域指定
- 地域指定の基準は、
地震：震度6弱以上の揺れが発生する地域
津波：以下に①②両方に該当する地域
①津波高3m以上又は浸水深2m以上
(ただし、DID・港湾地区は1.2m)
②津波高が現況の海岸堤防を超える



津波による建物被害



津波による人的被害



2. リモセン技術の利用

1. 基礎データの抽出 → 数値計算予測精度の向上
 - ・地盤標高
 - ・土地利用
 - ・堤防構造物
2. 津波浸水被害範囲の抽出 → 津波波源の検討
 - ・津波遡上高
3. 地震時の上下地殻変動量 → 津波波源の検討
4. 家屋・道路分布の抽出 → 被害想定

リモートセンシングの防災利用に関連した 最近の取り組みについて

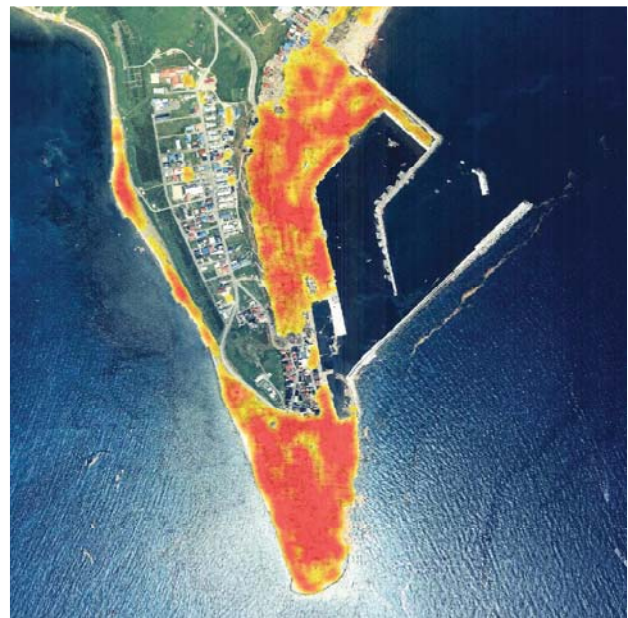
平成21年 10月 29日

アジア航測株式会社
三 富 創

建物被害抽出の事例

1993年北海道南西沖地震(奥尻島・青苗地区)／航空写真

- ◆日本海側で発生した地震の中で最大級(M7.8)。
- ◆震動・火災・津波により、人口4,000人足らずの奥尻島は壊滅的被害を被った。
(死者172名、行方不明26名、重軽傷者143名)。



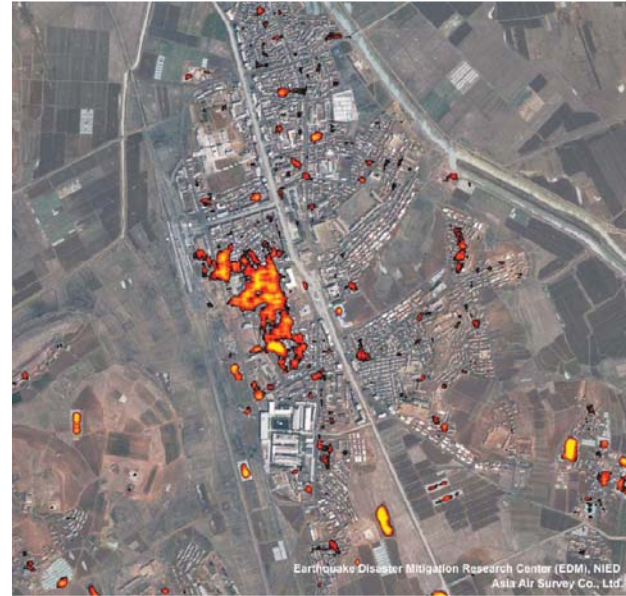
建物被害抽出の事例

2004年北朝鮮列車爆発事故／衛星画像QuickBird

◆北朝鮮北部の竜川駅付近で爆発があり、
少なくとも161人死亡、1,300人重軽傷

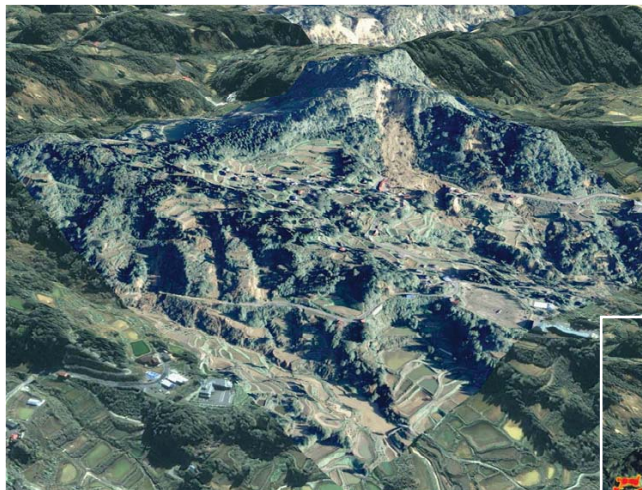
※発生：2004年 4月22日

※取得：2004年 4月27日

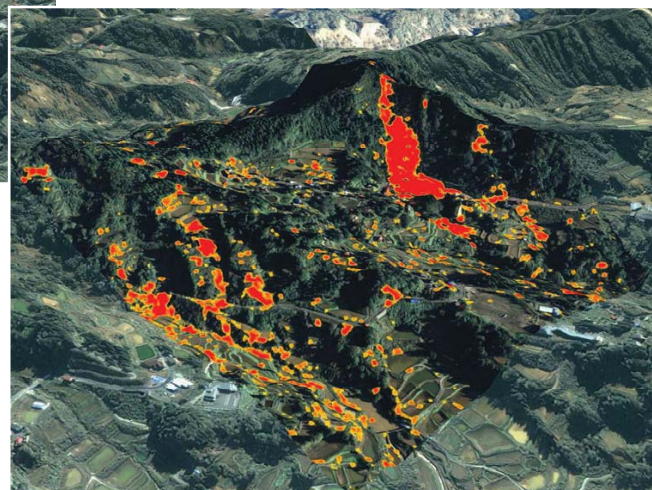


建物被害抽出の事例

2004年新潟県中越地震／デジタル航空写真・航空レーザ計測



周辺の背景は衛星画像IKONOS
被害抽出範囲はデジタル航空写真



被害抽出結果を三次元化
(高さデータは航空レーザ計測による)

建物被害抽出の事例

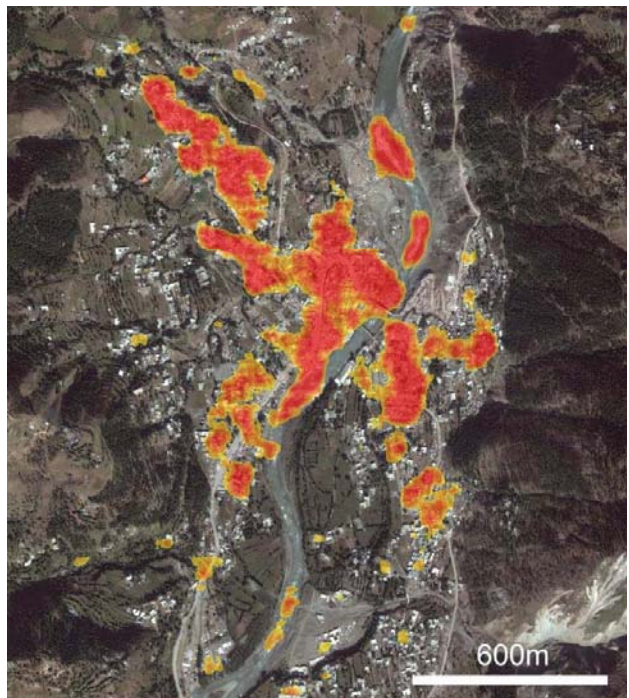
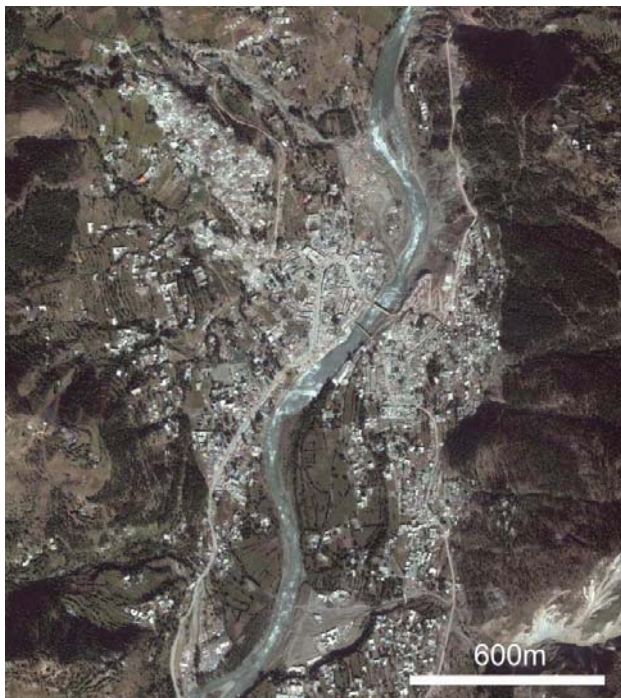
2005年福岡県西方沖地震(玄界島)／航空写真・斜め撮影写真



建物被害抽出の事例

2005年パキスタン・カシミール地震／衛星画像QuickBird

◆死者7万3千人以上、被害者250万人(パキスタン政府発表・地震の約1ヵ月後)



画像処理による建物被害地域の抽出手法

空撮画像

ヘリコプター斜め撮影画像(NHK)

地震の10日後撮影

画像上部:約17cm/pixel

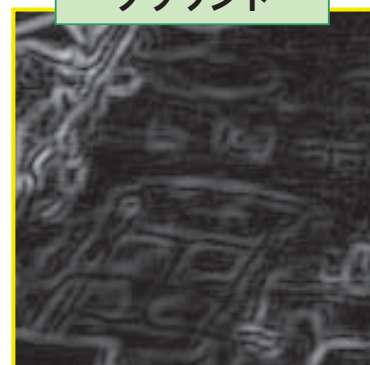
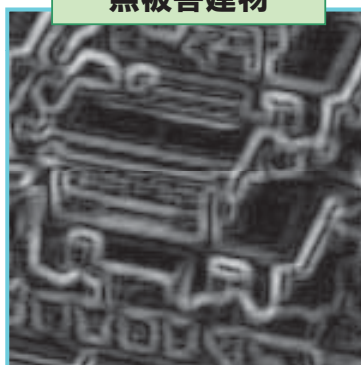
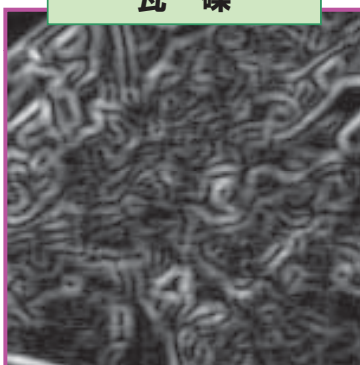
画像下部:約10cm/pixel



画像処理による建物被害地域の抽出手法

抽出指標の作成

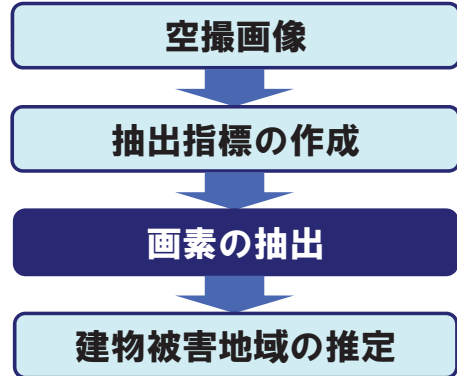
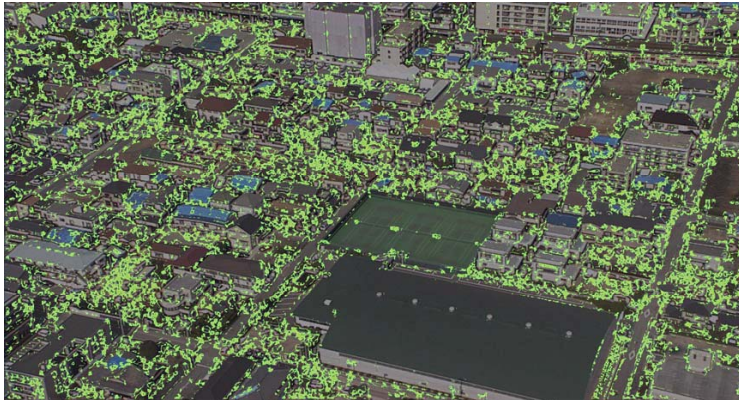
輪郭(エッジ)を抽出して輪郭の特徴を分析



画像処理による建物被害地域の抽出手法

画素の抽出

4つのしきい値を同時に満たす画素の抽出

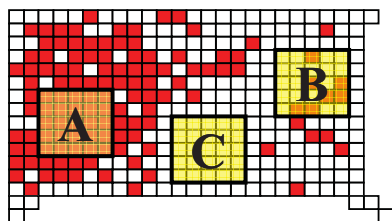
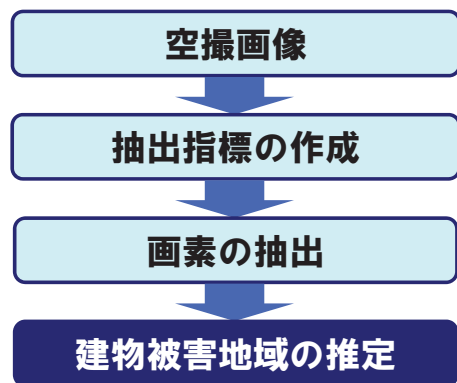


| | |
|----------------------|-------------------------------|
| ① エッジ強度の分散(7×7画素領域) | 2.0~6.8 (×10 ⁵) |
| ② エッジ方向の最頻度(7×7画素領域) | 0.30~0.60 |
| ① 角2次モーメント(7×7画素領域) | 0.74~6.6 (×10 ⁻²) |
| ① エントロピー(7×7画素領域) | 3.4~4.2 |

画像処理による建物被害地域の抽出手法

建物被害地域の推定

領域内に含まれる画素の割合 **R_{px}値** を計算

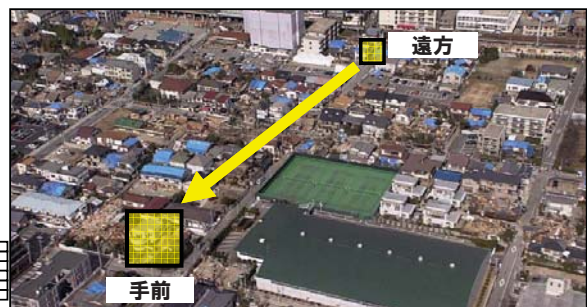


領域A: 100%
領域B: 24%
領域C: 0%

遠方:
31×31画素

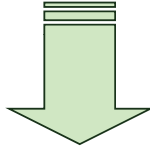
画像の手前と遠くて
建物の大きさが異なる
ためウィンドウサイ
ズを変化させる

手前:
63×63画素



本研究の目的

1995年兵庫県南部地震の瓦礫から特徴づけた『輪郭情報』4指標で
建物焼失・倒壊に起因する瓦礫の抽出が可能



- 空撮ビデオカメラ映像 (NTSC, HDTV)
- 航空写真 (垂直, 斜め)
- 高空間分解能衛星画像 (IKONOS, QuickBird)

この処理手法を実装していくためには
現行手法の適用範囲を明らかにしておく必要がある

地上解像度

- ① 画像の解像度変化にともなう抽出指標と抽出指標の『しきい値』の汎用性検証

※地上解像度10cm~100cmを10cm刻み

Rpx値・計算領域

- ② Rpx値の計算領域と『しきい値』の設定方法

※31×31画素~101×101画素を10画素刻み

抽出精度

- ③ 定量的な被害抽出精度の評価

※画素単位の抽出率, 正答率 Rcor, 街区単位



エリア A (1月20日撮影)

- A1** 火災による延焼で建物が焼失した地域
- A2** 震動による建物倒壊 (瓦礫発生) 地域
- A3** マンション側面のバルコニー等
- A4** 道路 (車両や道路付属物を含む)
- A5** 学校グラウンド (車両や人等を含む)

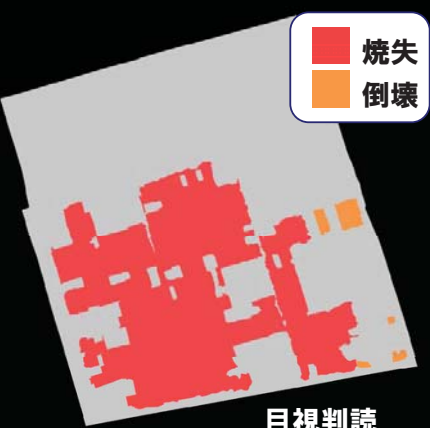
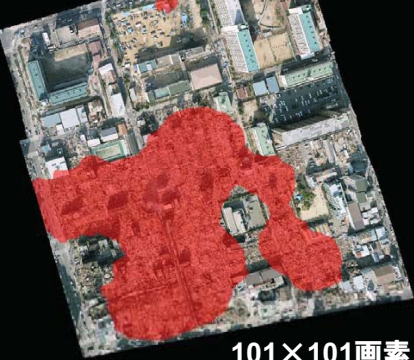
エリア B (1月18日撮影)

- B1** 火災による延焼で建物が焼失した地域
- B2** 震動による建物倒壊 (瓦礫発生) 地域

地上解像度10cm

地上解像度50cm

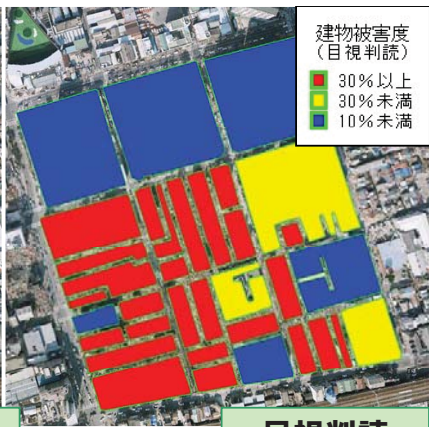
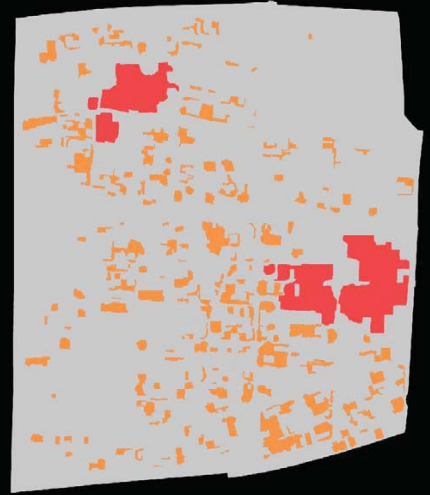
■ 焼失
■ 倒壊



101×101画素

101×101画素

目視判読



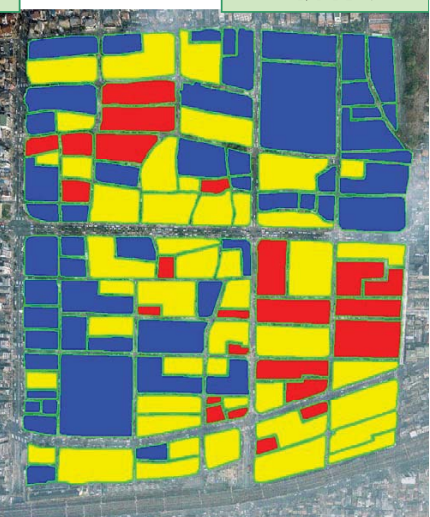
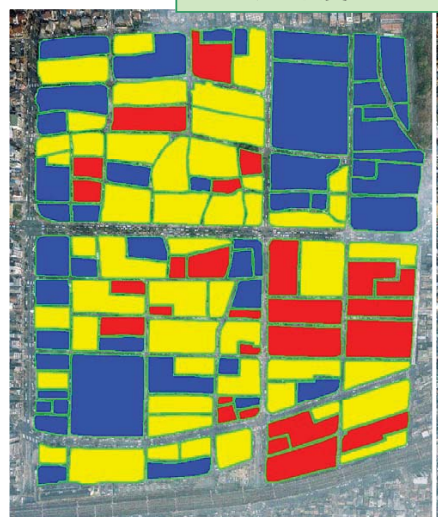
建物被害度
(目視判読)

- 30%以上
- 30%未満
- 10%未満

地上解像度10cm

地上解像度50cm

目視判読



結論（現行手法の適用範囲）

| 画像の種類 | 地上 解像度 | w31 w41 | w51 w61 w71 | w81 w91 w101 |
|--------------------------|-----------|------------|-------------------|--------------------|
| デジタル航空写真 空撮ヘリ映像（HDTV） | 10cm | × | ◇ | ◎ |
| 航空写真 低高度空撮ヘリ映像 | 30cm | × | ○ | ○ |
| 航空写真 空撮ヘリ映像（NTSC） | 50cm | × | ○ | ○ |
| 高空間分解能衛星画像 （パンシャープン） | 80cm | × | △ | ○ |

- ◎： 建物1棟単位の被害まで抽出可能である
- ◇： 建物1棟単位の被害まで抽出できる可能性がある
- ： 広域的な被害のみ抽出可能である
- △： 広域的な被害のみ抽出できる可能性がある
- ×： 被害抽出は困難である

今後の課題

◆GISデータ(街区・町丁目等)との重ねあわせによる被害抽出結果の表現方法

◆広域画像への適用に際して考慮すべき事項

- ※ 火災の煙等の影響を取り除く手法
- ※ 樹木が繁茂した状態を取り除く手法

◆処理時間の短縮化

- ※ 地上解像度50cmの画像でも建物1棟単位の倒壊建物が抽出できる画像処理手法の検討