

第4回地震対策等専門部会の 概要と対応について

令和5年3月22日

宮城県復興・危機管理部防災推進課

- 日時 令和4年12月22日(木) 午前10時から午後0時20分まで
- 場所 宮城県自治会館 304会議室 (Web会議併用)
- 出席者 座長 長谷川委員
専門委員 (学識経験者)
運上委員, 風間委員, 遠田委員, 増田委員, 松澤委員, 源栄委員
専門委員 (ライフライン等関係機関)
加藤委員, 菊池委員, 佐藤委員 (代理出席), 吉岡委員 (代理出席), 中嶋委員 (代理出席), 大沼委員
専門委員 (国の機関)
高江洲委員 (代理出席), 高濱委員, 平山委員
防災会議委員
佐藤委員
- 議事要旨
 - ① 中間報告書について
 - ・ 部会後に改めて委員へ意見照会を行ったうえで報告書を修正する。修正内容の確認は座長に一任し、その後公表する。
 - ② 人的・建物被害について
 - ・ 揺れによる建物被害の推計手法が適切か確認する。
 - ③ 今後の予定について
 - ・ 本調査で示される県内のリスクの違いを、今後の防災対策にどのように反映するかの方方向性を示した報告書にする。

第4回部会における意見への対応について

①中間報告書について（部会当日及び後日の意見照会でいただいた意見）

意見（概要）	意見提出者	対応	備考
被害想定に関する内容は最終報告書に記載することによいか。	運上委員	ご意見のとおり。	
パブリックコメント等、委員以外から意見を収集するか。	増田委員	行わない。委員のみから意見を収集する。	
GISデータも公表するのか。	遠田委員	地表震度、液状化危険度、津波浸水深のGISも公表する。	
本報告書に関する問い合わせ先はどこか。	増田委員	事務局である宮城県防災推進課となる。	
記述、図表等の追加・修正を行うこと。 <ul style="list-style-type: none"> ○東日本大震災における地震による被害、その後の対応 ○東日本大震災の余効変動、余震活動 ○過去に発生した地震の整理、被害の観点からの考察 ○強震動計算の解説 ○地表震度以外の計算結果（加速度等） ○代表的地点におけるスペクトル特性の比較 ○液状化危険度判定における閾値・配色 ○その他内容の適正化 <p style="text-align: right;">等</p>	<ul style="list-style-type: none"> 運上委員 風間委員 遠田委員 増田委員 松澤委員 源栄委員 加藤委員 高濱委員 	<p>所要の追加・修正を行う。</p>	

中間報告書の公表について

- 公表資料：本編，概要版，GISデータ（地表震度，液状化危険度，津波浸水深）
- 公表方法：宮城県防災推進課ホームページ（<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/bousai/ks-gozihiqai-top.html>）に掲載
- その他：中間報告書に関する問い合わせは事務局（宮城県防災推進課）が対応



第4回部会における意見への対応について

②人的・建物被害について

意見	発言者	対応	備考
スラブ内地震の被害量が宮城県沖地震（連動型）を上回っていることに違和感を覚える。	長谷川座長 風間委員 源栄委員	p.5～ 参照	
揺れによる建物被害の推計手法は適切か。	源栄委員		
累積疲労を考慮した被害想定を検討すべき。	源栄委員		
メッシュの説明図が正方形となっているが、長方形に修正したほうが実態に即している。	増田委員	最終報告書において修正する。	
被害量推計の手法を報告書にわかりやすく記載してほしい。	運上委員	メッシュデータの作成法や推計の方法等を最終報告書に記載する。	
津波による死者数について、避難行動別の内訳を示したり、より避難意識が向上した場合の推計も行うことで、市町村が防災対策を行う際の参考にできるのではないか。	高濱委員	関係機関が活用できるよう、複数パターンの推計を行う。	

③今後の予定について

意見	発言者	対応	備考
被害想定調査により県内でのリスクの違いが明らかになるので、それを今後の防災対策においてどう考慮するのかを明確にした方向づけが重要。	源栄委員	今後そのような観点も含めて防災対策を検討する。	

揺れによる建物被害に関する検討

1. 第4回地震対策等専門部会（12/22）における意見

2. （意見1への対応）スラブ内地震に関する検討

- (1) スラブ内地震の強震動が大きくなる理由
- (2) 宮城県沖地震（連動型）との比較

3. （意見2への対応）建物被害の推計手法に関する検討

- (1) 現在の推計手法について
- (2) 他の手法による推計

4. （意見3への対応）累積疲労を考慮した被害量に関する検討

- (1) 耐力低減を考慮した推計

5. 結論

揺れによる建物被害に関する検討

1. 第4回地震対策等専門部会（12/22）における意見

2. （意見1への対応）スラブ内地震に関する検討

- (1) スラブ内地震の強震動が大きくなる理由
- (2) 宮城県沖地震（連動型）との比較

3. （意見2への対応）建物被害の推計手法に関する検討

- (1) 現在の推計手法について
- (2) 他の手法による推計

4. （意見3への対応）累積疲労を考慮した被害量に関する検討

- (1) 耐力低減を考慮した推計

5. 結論

1. 第4回地震対策等専門部会（12/22）における意見

意見1 スラブ内地震の被害量が宮城県沖地震（連動型）を上回っていることに違和感を覚える。

建物全壊・焼失数（冬・夕のケース、単位は棟、第4回部会資料から抜粋）

	津波	揺れ	火災	合計
東北地方太平洋沖地震	68,755	6,661	2,196	77,612
宮城県沖地震（連動型）	153	5,386棟	521	6,060
スラブ内地震	0	9,239棟	9,380	18,619
長町-利府線断層帯地震		4,724	19,075	23,799

→ 震度をベースに被害量を算出（内閣府と同じ手法）

意見2 揺れによる建物被害の推計手法は適切か。

- 地震波には複数の周期の揺れが含まれており、**スラブ内地震には短周期（高周波）成分が多く含まれることが知られている。**
- 境ら（2004）によれば、**震度と最も相関が高いのは周期0.1～1秒の揺れの強さである一方、建物の大きな被害と相関をもつ周期帯は1～2秒である。**
- このため、**スラブ内地震に対しては、震度による被害量推計は過大評価となる可能性がある。**

0.1～1秒周期のみからなる仮想的な地震波を考えると、震度は大きくなっても建物の被害は大きくならないのでは？

参考文献

- 宮城県(2022)：宮城県地域防災計画〔地震災害対策編〕。
- 境有紀・神野達夫・纈纈一起(2002)：建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案，第11回日本地震工学シンポジウム論文集，CD-ROM。
- 境有紀・神野達夫・纈纈一起(2004)：震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案，日本建築学会構造系論文集，第585号，71-76。

意見3 累積疲労※を考慮した建物被害を検討すべき。

※過去の地震によって建物の耐力が低減すること

- 宮城県は、平成23年東北地方太平洋沖地震の本震・余震に加え、平成20年岩手・宮城内陸地震、令和3年・4年福島県沖の地震など、県内全域で数多くの地震を経験している。

揺れによる建物被害に関する検討

1. 第4回地震対策等専門部会（12/22）における意見

2. （意見1への対応）スラブ内地震に関する検討

(1) スラブ内地震の強震動が大きくなる理由

(2) 宮城県沖地震（連動型）との比較

3. （意見2への対応）建物被害の推計手法に関する検討

(1) 現在の推計手法について

(2) 他の手法による推計

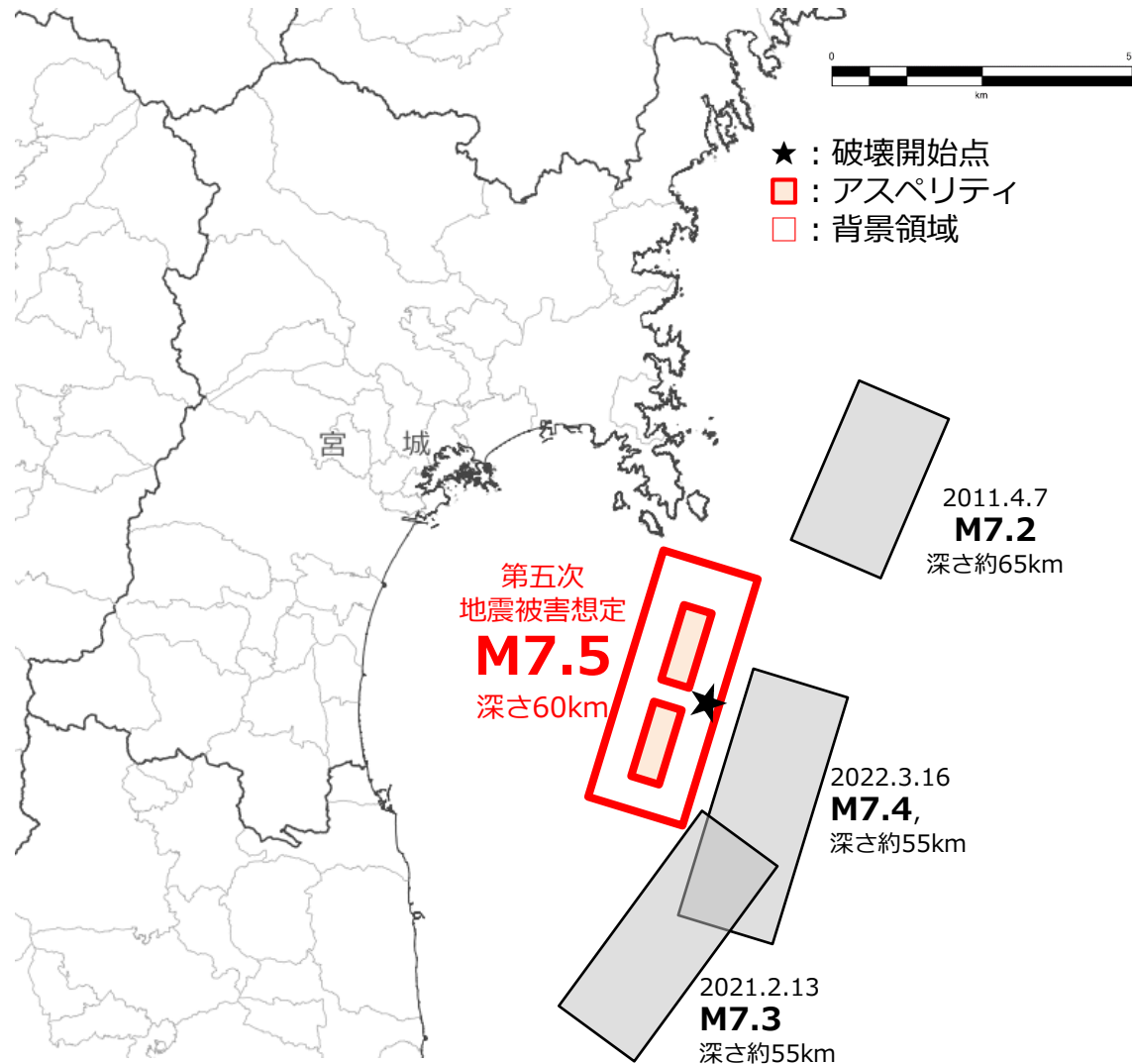
4. （意見3への対応）累積疲労を考慮した被害量に関する検討

(1) 耐力低減を考慮した推計

5. 結論

意見 1 への対応～過去のスラブ内地震よりも揺れが大きくなる理由①～

○ 過去に発生したスラブ内地震と比較して、本調査のスラブ内地震はマグニチュードが大きい。



スラブ内地震の強震断層位置図

意見 1 への対応～過去のスラブ内地震よりも揺れが大きくなる理由②～

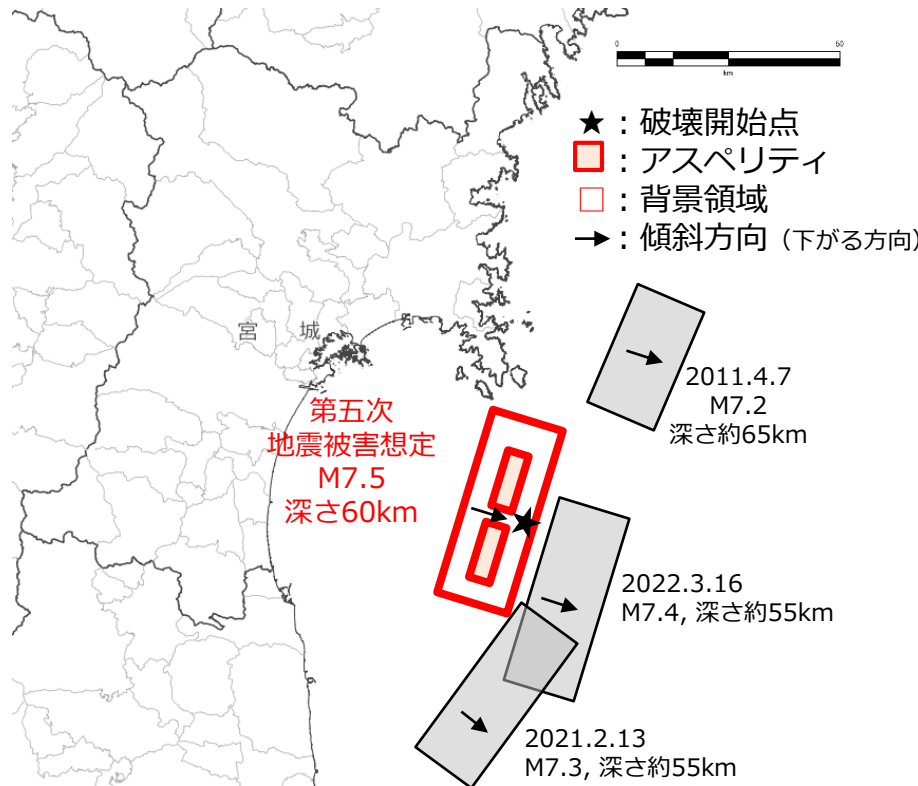
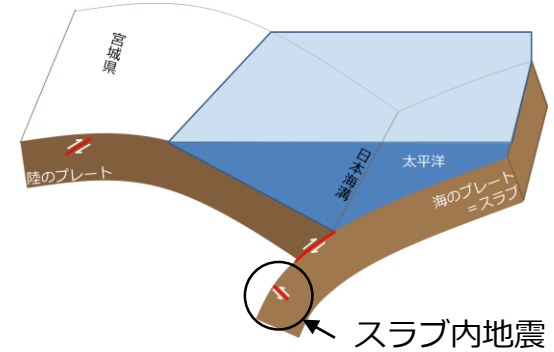
○ 過去に発生したスラブ内地震と比較して、本調査のスラブ内地震は本県への影響が大きくなる位置に断層を設定している。

① 距離の効果

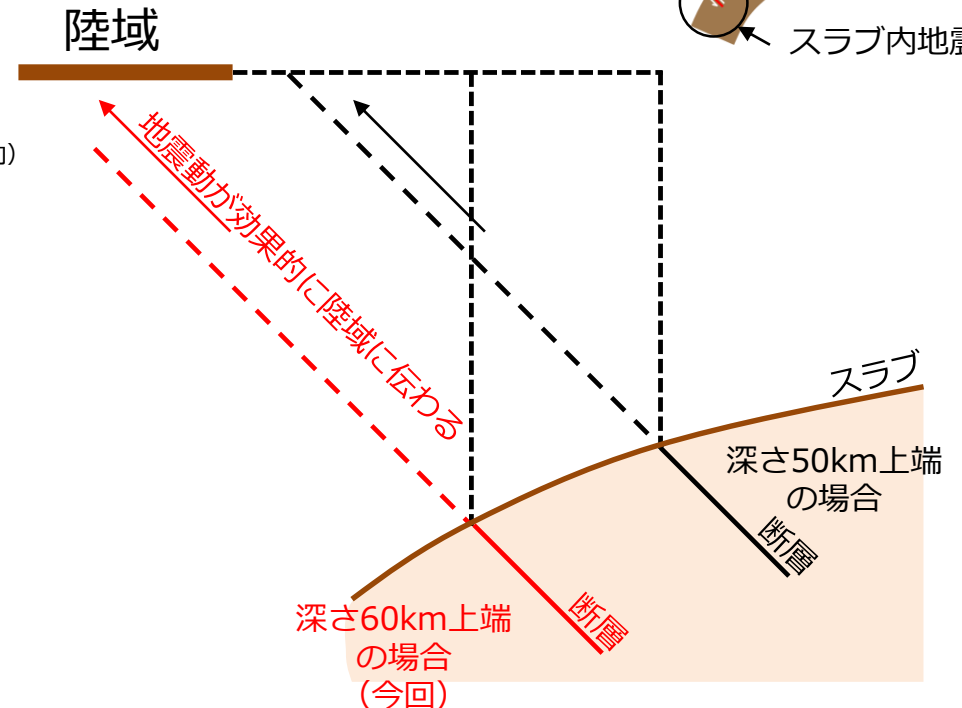
- 水平距離を近づけると、鉛直距離が大きくなるため、複数の位置に断層をおいて比較した。
- その結果、震源の深さを60kmとし、水平距離を近くした場合の影響が最も大きいことから現在の位置とした。
(上端深さを50kmにした場合と比較して断層最短距離は6km程度近い)

② 指向性の効果

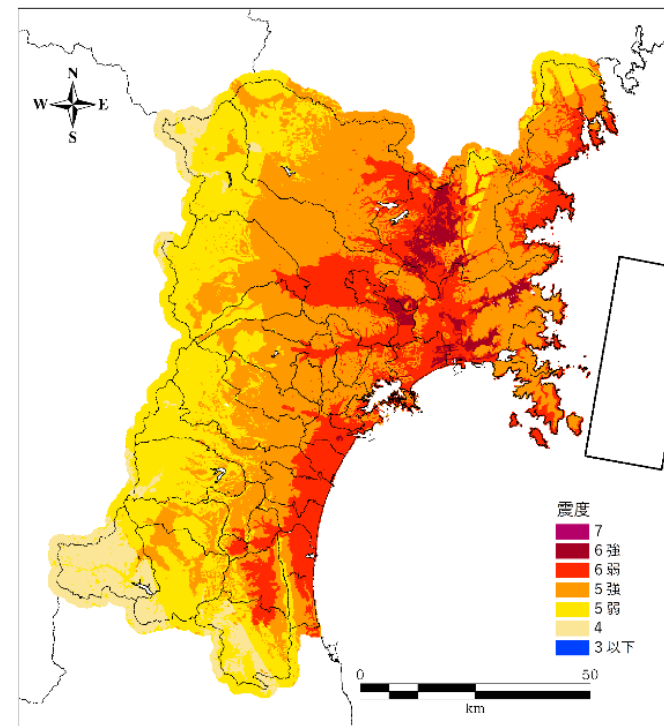
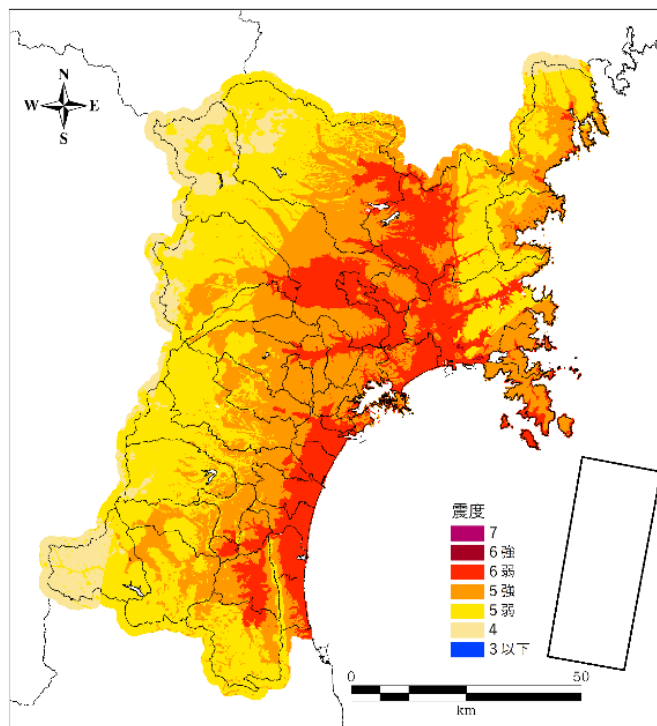
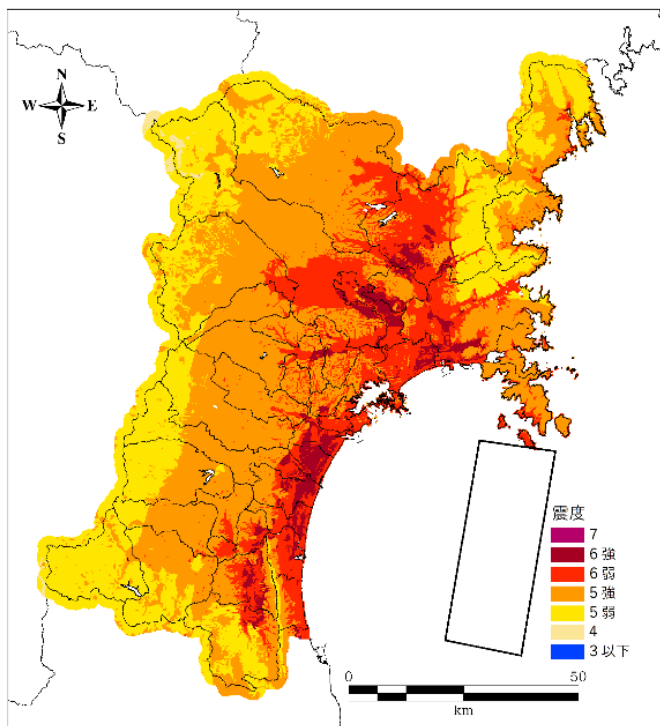
- 現在の位置は指向性パルスの影響が大きい。
(断層各点から発生する強震動が重なり合うこと)



スラブ内地震の強震断層位置図



断面模式図



深さ60kmとし、水平距離を小さくした場合
(本調査)

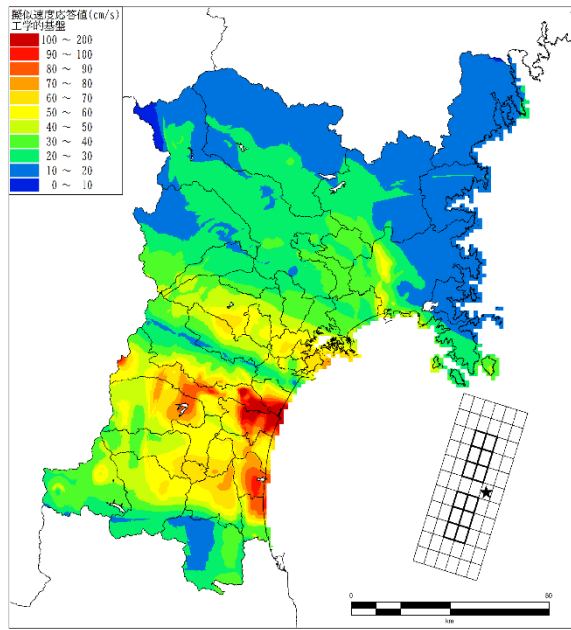
深さ50kmとし、水平距離を大きくした場合

平成23年4月7日の地震に近い位置

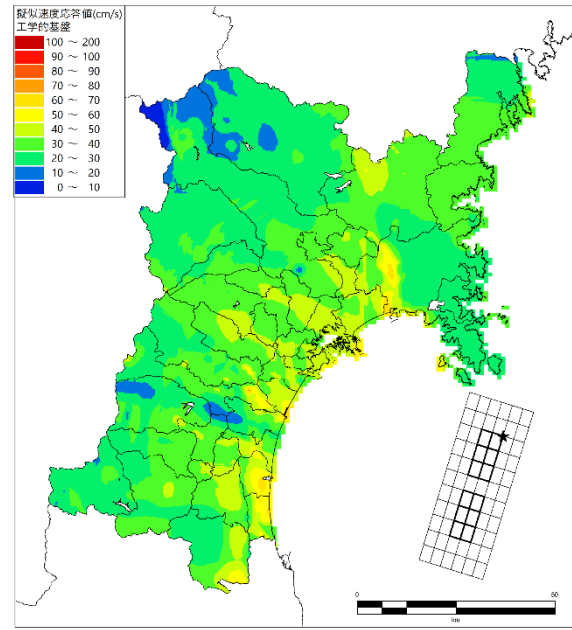
距離減衰式 (司・翠川,1999) による地表震度分布の比較

意見 1 への対応～過去のスラブ内地震よりも揺れが大きくなる理由③～

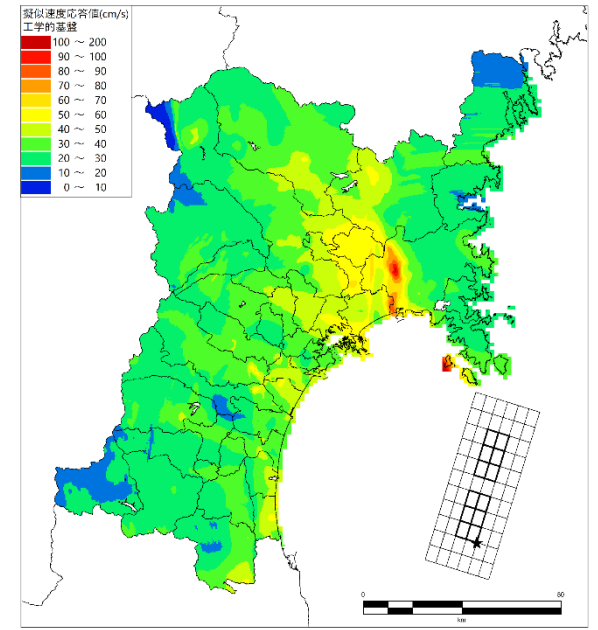
○ 破壊開始点を中央にすることにより、両アスペリティからの地震波が干渉して強震動をもたらす。



中央から破壊（本調査）



北から破壊



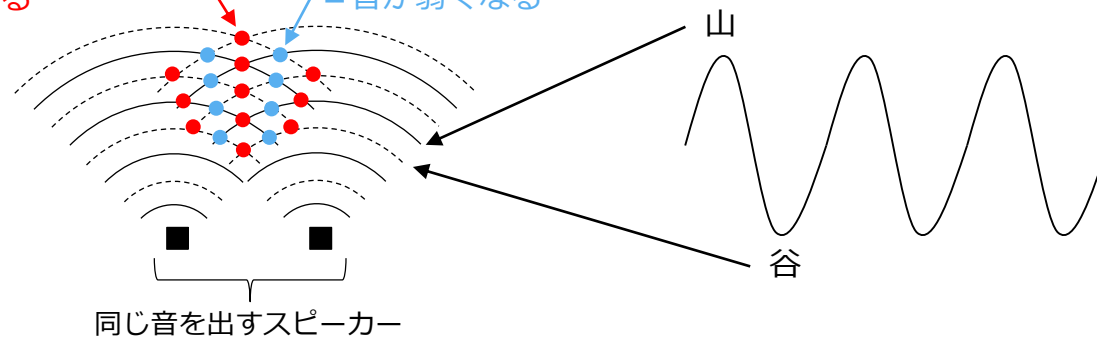
南から破壊

工学的基盤における疑似速度応答スペクトル（周期1.0秒）の比較

参考：波の干渉
（音波の場合）

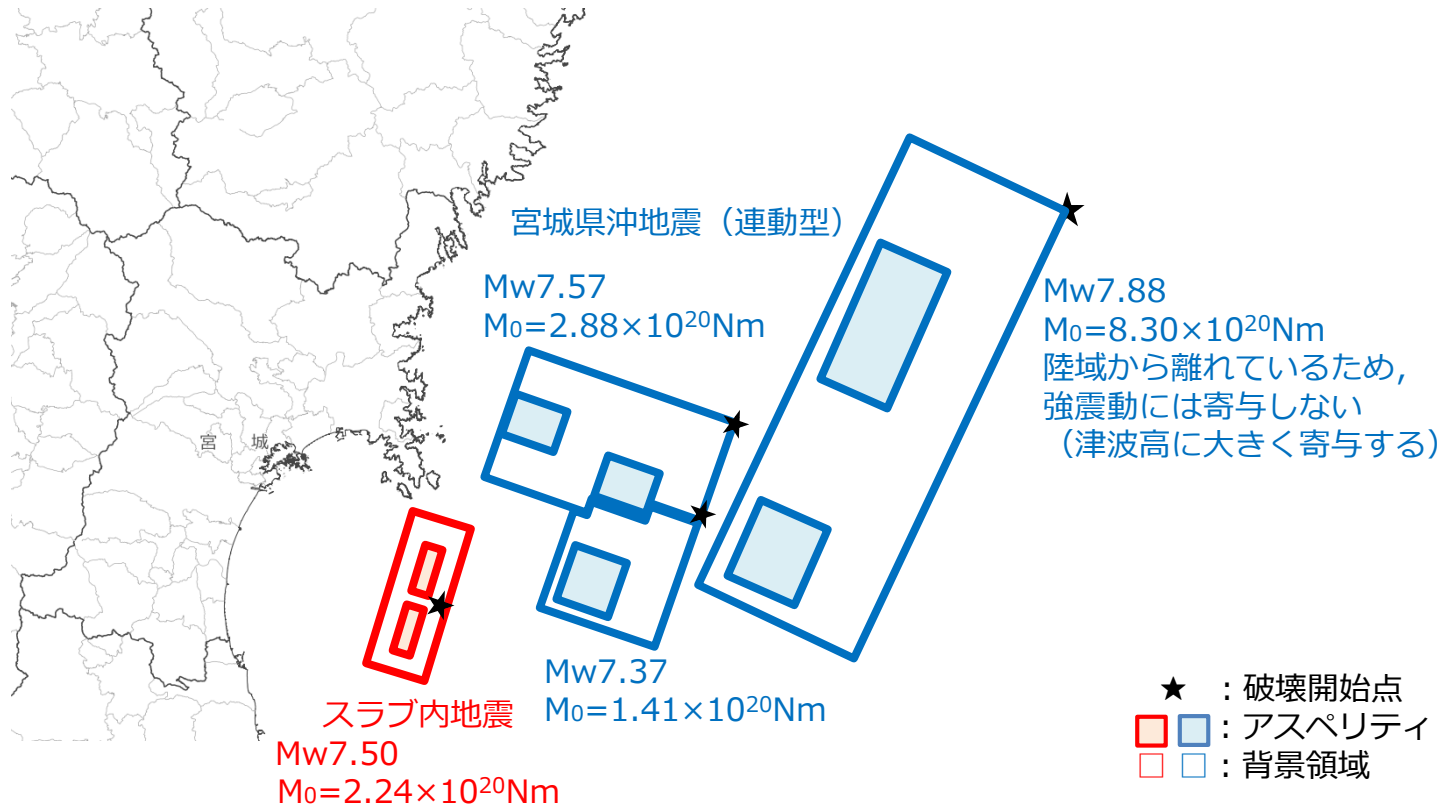
山と山（谷と谷）が強め合う
= 音が強くなる

山と谷が弱め合う
= 音が弱くなる



意見 1 への対応～宮城県沖地震（連動型）との比較①～

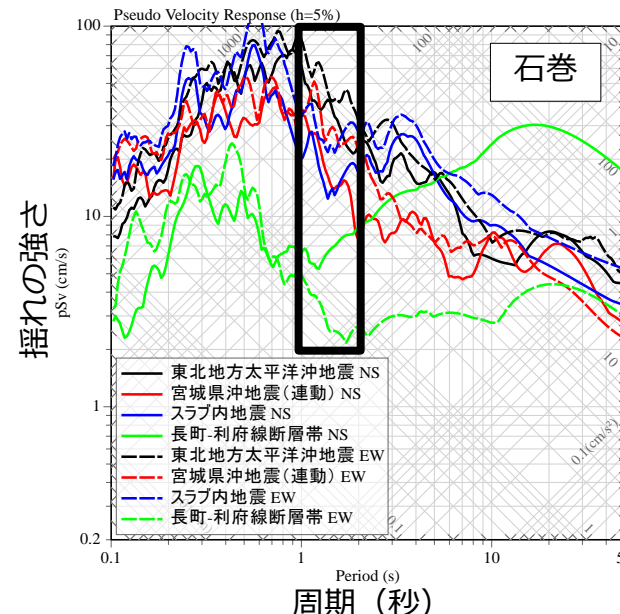
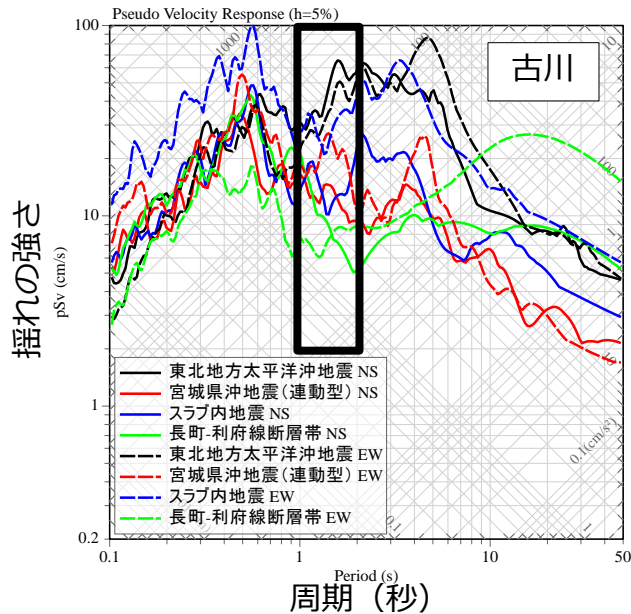
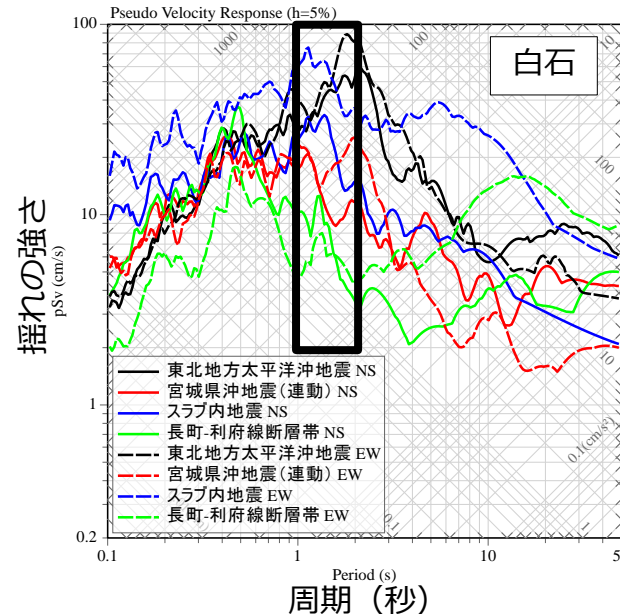
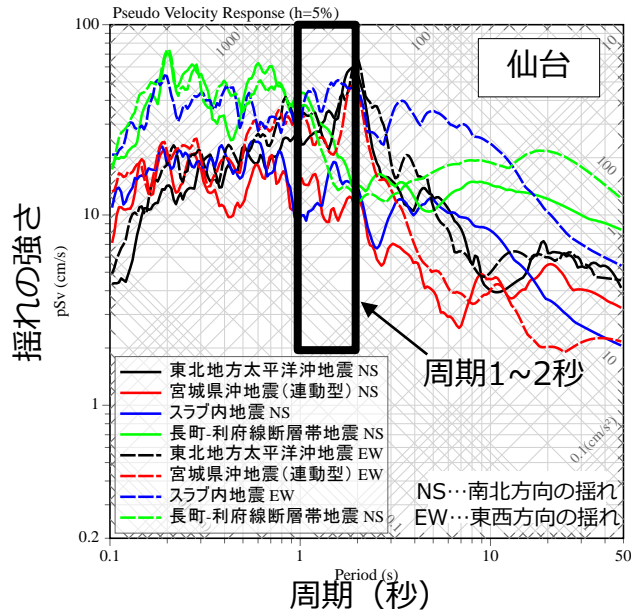
○ 宮城県沖地震（連動型）のMwは8.0であり、スラブ内地震の7.5より大きいですが、その過半は津波に寄与する海側の断層である。



スラブ内地震と宮城県沖地震（連動型）の断層比較

意見 1 への対応～宮城県沖地震（連動型）との比較②～

○ 周期1～2秒において、スラブ内地震の揺れの強さは、宮城県沖地震（連動型）と同等以上。



図：地表面における
疑似速度応答スペクトルの比較

スラブ内地震（青線、青破線）は
宮城県沖地震（連動型）（赤線、赤破線）と
比較して木造建物に対する揺れの強さ
（1～2秒周期帯における
疑似速度応答スペクトル）が同等以上

揺れによる建物被害に関する検討

1. 第4回地震対策等専門部会（12/22）における意見

2. （意見1への対応）スラブ内地震に関する検討

- (1) スラブ内地震の強震動が大きくなる理由
- (2) 宮城県沖地震（連動型）との比較

3. （意見2への対応）建物被害の推計手法に関する検討

- (1) 現在の推計手法について
- (2) 他の手法による推計

4. （意見3への対応）累積疲労を考慮した被害量に関する検討

- (1) 耐力低減を考慮した推計

5. 結論

意見 2 への対応～現在の推計手法について～

- 計測震度と被害率の関係から被害量を算出している。
- これは内閣府や他の多くの都道府県で採用している手法と同じ。
- 計測震度は罹災証明による全壊率との相関が比較的よく、防災の初動対応の指標として用いることに大きな問題はないとされている。

(1) 中央防災会議(2001)・中央防災会議(2003)・中央防災会議(2005)・東京都(2006)・中央防災会議(2008)・中央防災会議(2013)の手法

○採用自治体：青森県(16) 岩手県(04) 秋田県(13) 茨城県(18) 栃木県(15) 群馬県(12) 埼玉県(14) 東京都(12) 神奈川県(15) 新潟県(21) 富山県(18) 長野県(15) 岐阜県(19) 静岡県(13) 愛知県(14) 三重県(14) 京都府(17) 大阪府(14) 兵庫県(14) 奈良県(05) 鳥取県(18) 岡山県(14) 広島県(13) 山口県(14) 徳島県(17) 愛媛県(13) 香川県(13) 高知県(13) 佐賀県(15) 熊本県(13) 宮崎県(20) 鹿児島県(14) 沖縄県(14) さいたま市(15) 横浜市(12) 相模原市(14) 新潟市(15) 岡山市(13) 広島市(14) 熊本市(14)

33都府県, 7市

兵庫県南部地震における西宮市、鳥取県西部地震における鳥取市、芸予地震における呉市のデータから 計測震度と被害率（木造建物全壊率）との関係式を導出している。

$$P(I) = \Phi\left(\frac{I-\lambda}{\zeta}\right) \quad P(I) : \text{被害が発生する確率} \quad \underline{I : \text{計測震度}}$$

$\Phi(x)$: 標準正規分布の累積確率密度関数

λ, ζ : I の平均値および標準偏差

損害保険料算出機構の調査以降に被害想定を公表した

- ・北海道(22)
- ・青森県(22)
- ・岩手県(22)
- ・福島県(22)

も計測震度により被害量を算出している。

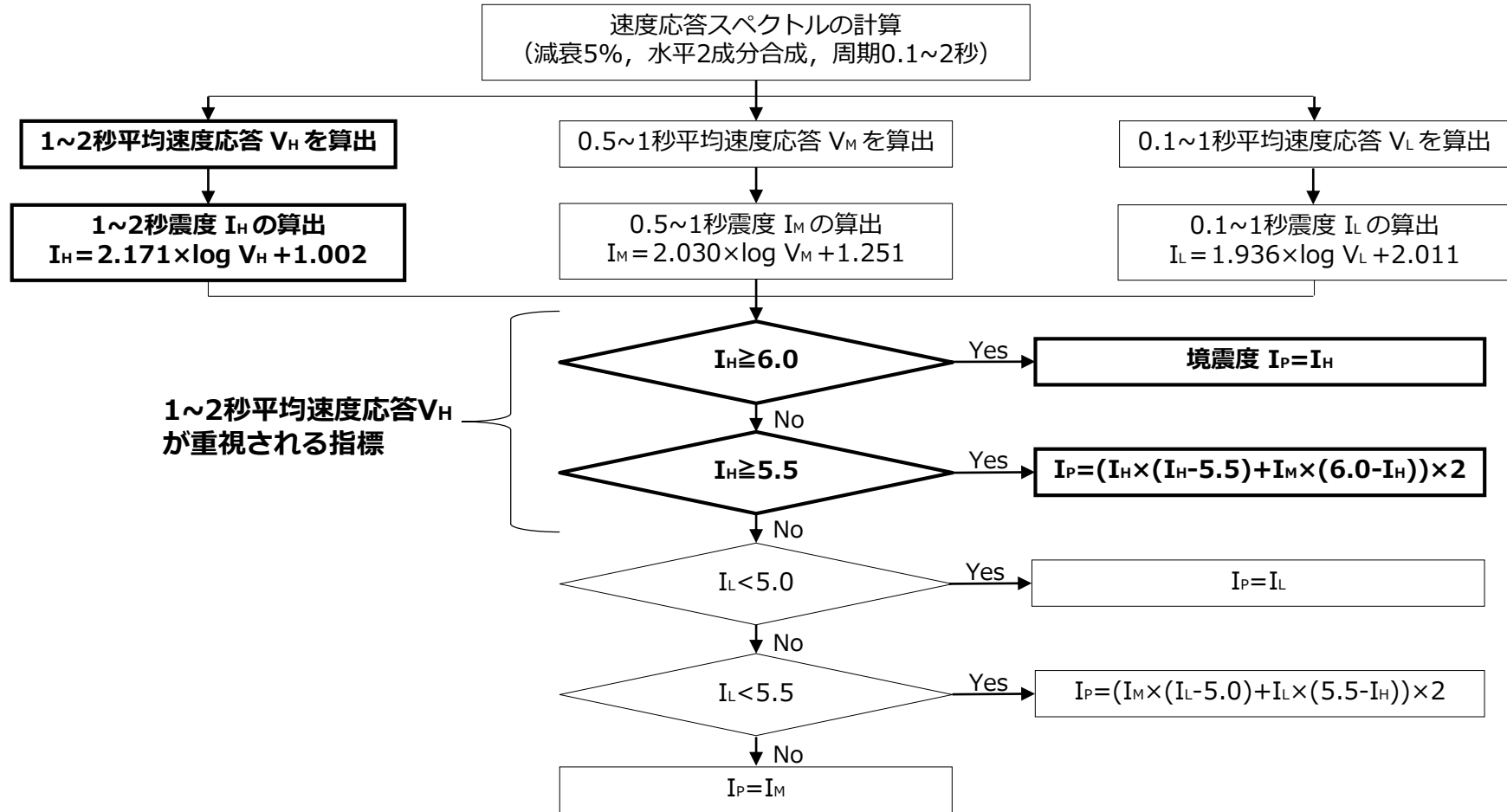
揺れによる建物被害（木造）の予測において、中央防災会議（内閣府）と同じく計測震度により被害量を算出している自治体（損害保険料算出機構（2022）に追記）

参考文献

損害保険料算出機構(2022)：国・自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査（2021年度調査）．
気象庁(2009)：震度に関する検討会報告書．

意見 2 への対応～他の手法による推計～

- 境ら（2004）によれば、震度と最も相関が高いのは周期0.1～1秒の揺れの強さである一方、低層建物の大きな被害と相関をもつ周期帯は1～2秒であるとしている。
- 境らは、低層建物被害との相関が良い指標を提案（以下「境震度」という）しており、境震度を用いて被害を推計する。



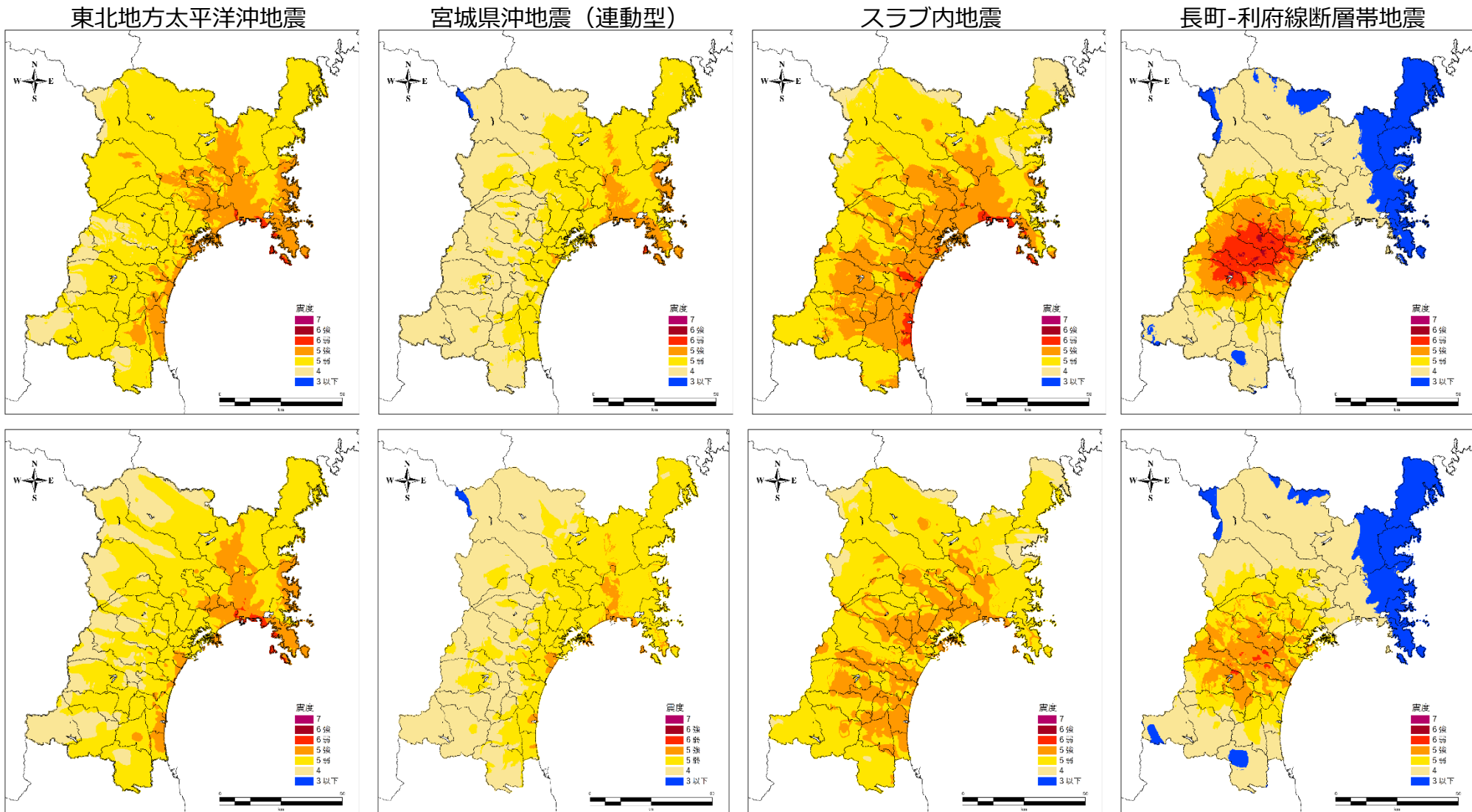
境震度 I_P の算出フロー

意見 2 への対応～工学的基盤における震度の比較～

○ 計測震度と境震度を比較（縦方向で比較）すると、震度分布の傾向はおおむね同じであり、大きさは計測震度 > 境震度である。

計測震度

境震度



工学的基盤における震度

意見 2 への対応～地表における震度の比較～

○ 波形から求めた工学的基盤における震度に対して、これまでと同様の震度増分を付与して地表震度を求めた。
 ・ 地表相当の波形に対して震度を求めるとより適切だが、本調査においては震度増分を用いた検討を行っているため広域の表層地盤モデルを作成していない。
 ・ 震度増分はAVS30から求めているものの、経験的な最大速度増幅率を用いているため短周期のみの成分で決まっていないものとする。

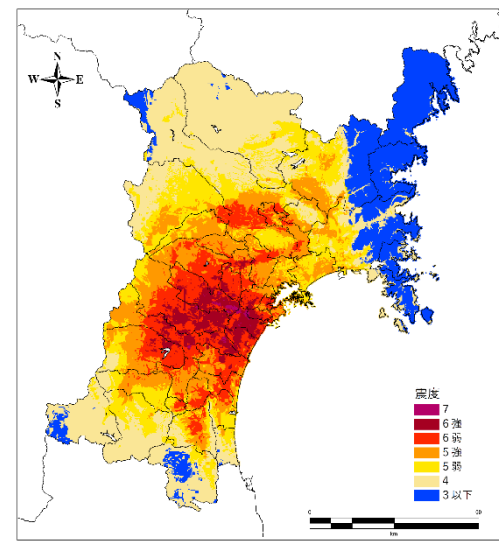
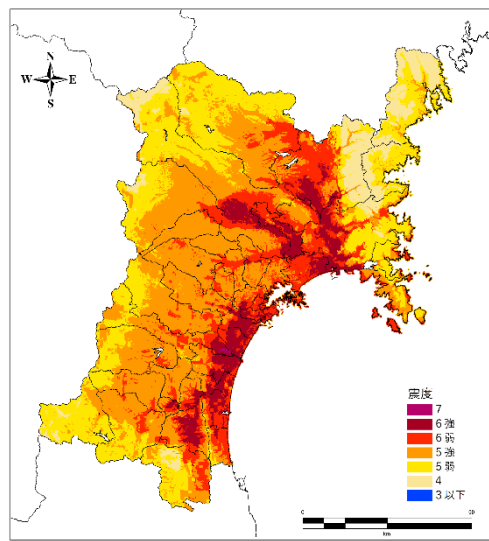
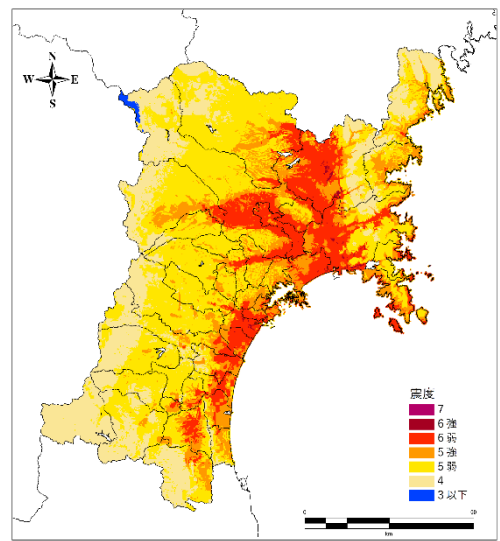
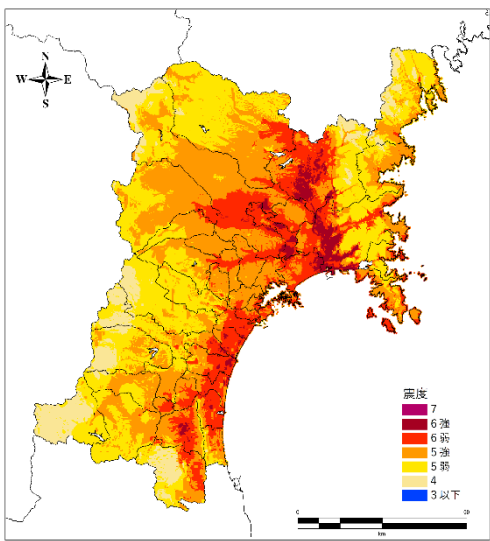
東北地方太平洋沖地震

宮城県沖地震（連動型）

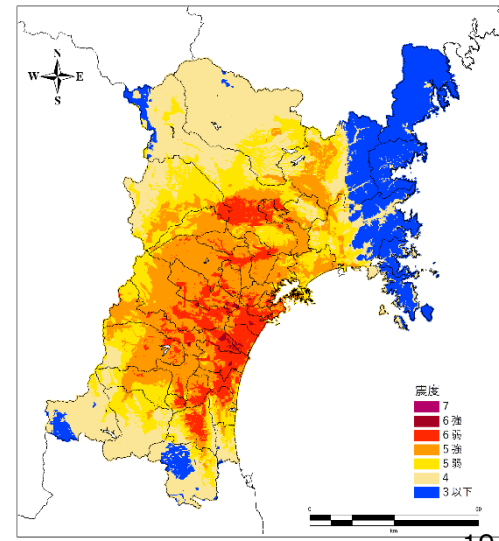
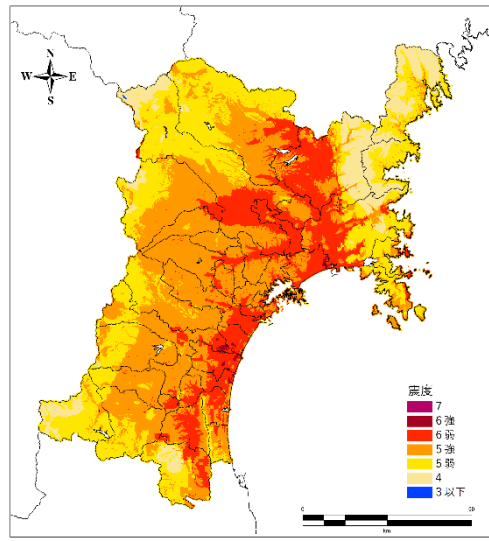
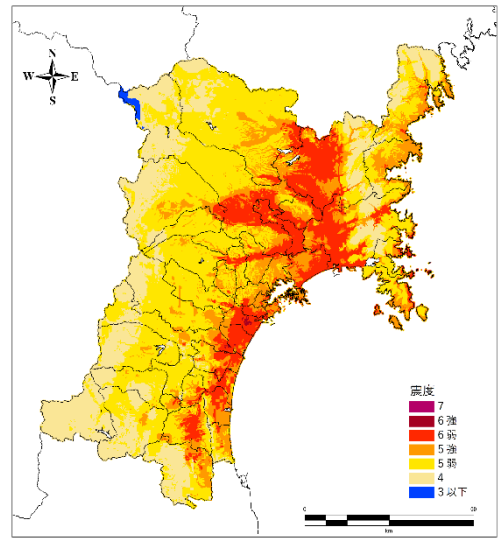
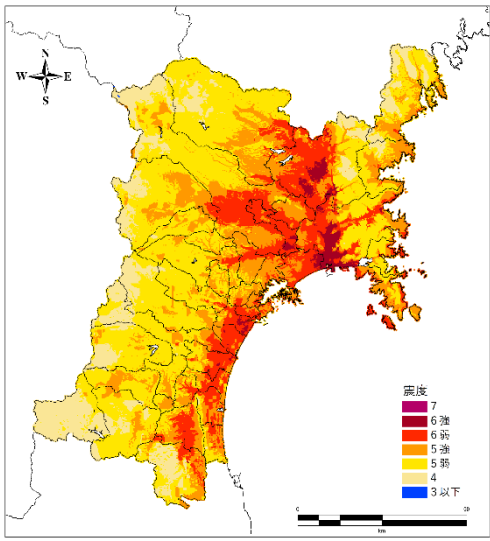
スラブ内地震

長町-利府線断層帯地震

計測震度



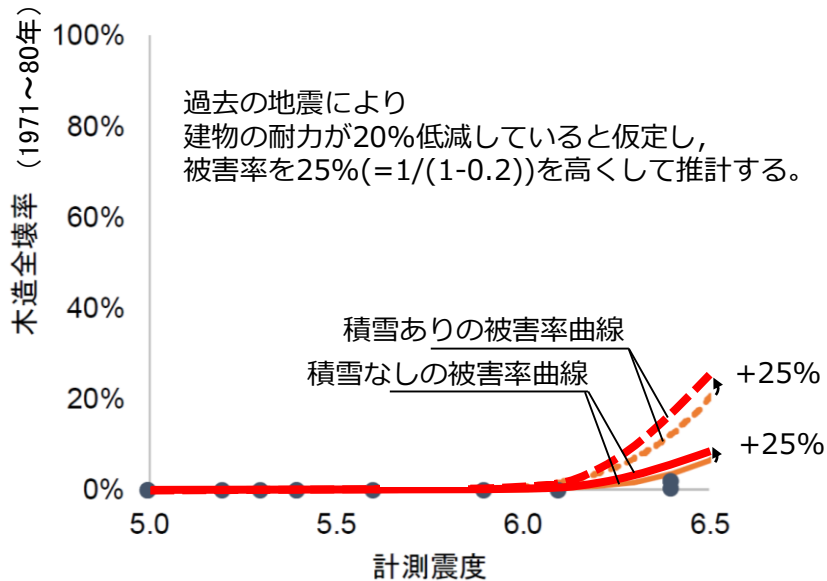
境震度



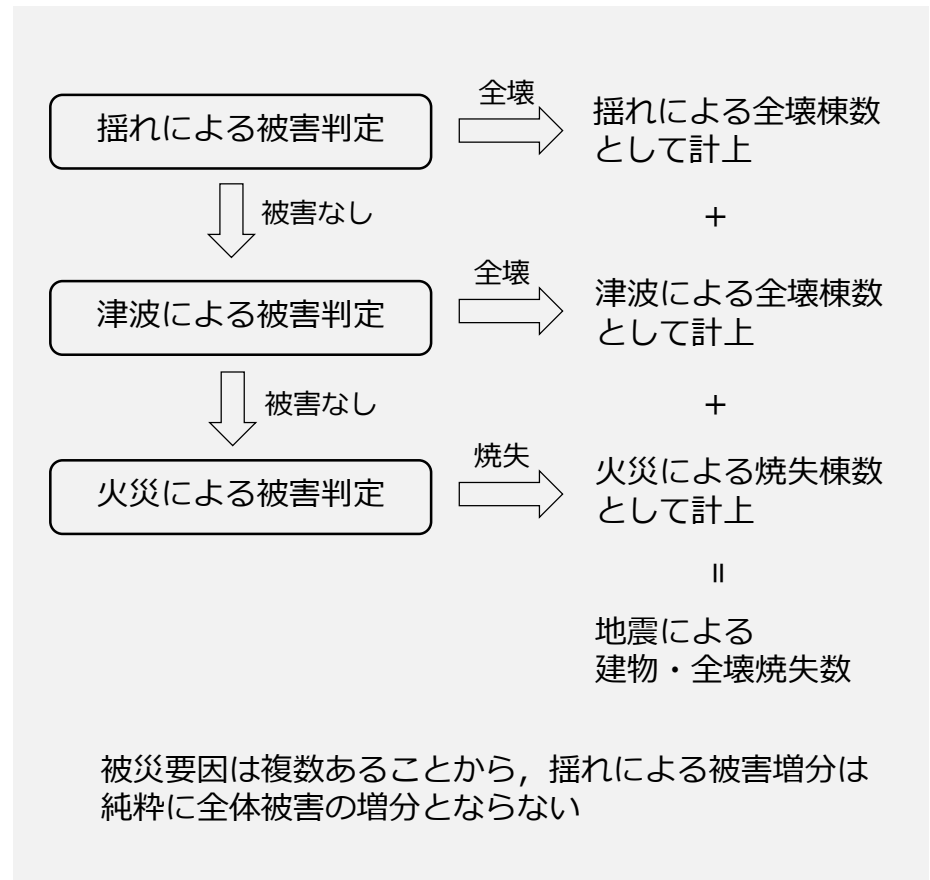
地表における震度

意見3への対応～累積疲労を考慮した被害量（試行）～

- 本調査のように、県内のすべての建物を対象としている被害量推計において、累積疲労による建物の耐力低減を定量的に評価することは困難である。
- 本検討では仮定として県内すべての建物が一律に20%耐力が低減したと想定した。
- なお、揺れによる建物被害が減少しても、その建物が地震の後に襲来する津波によって被害を受けるなど、被災要因は複数存在するため、今回の増分が純粋に建物全壊・焼失数の増分となるとは限らないことに留意が必要である。



被害率曲線の補正概念図



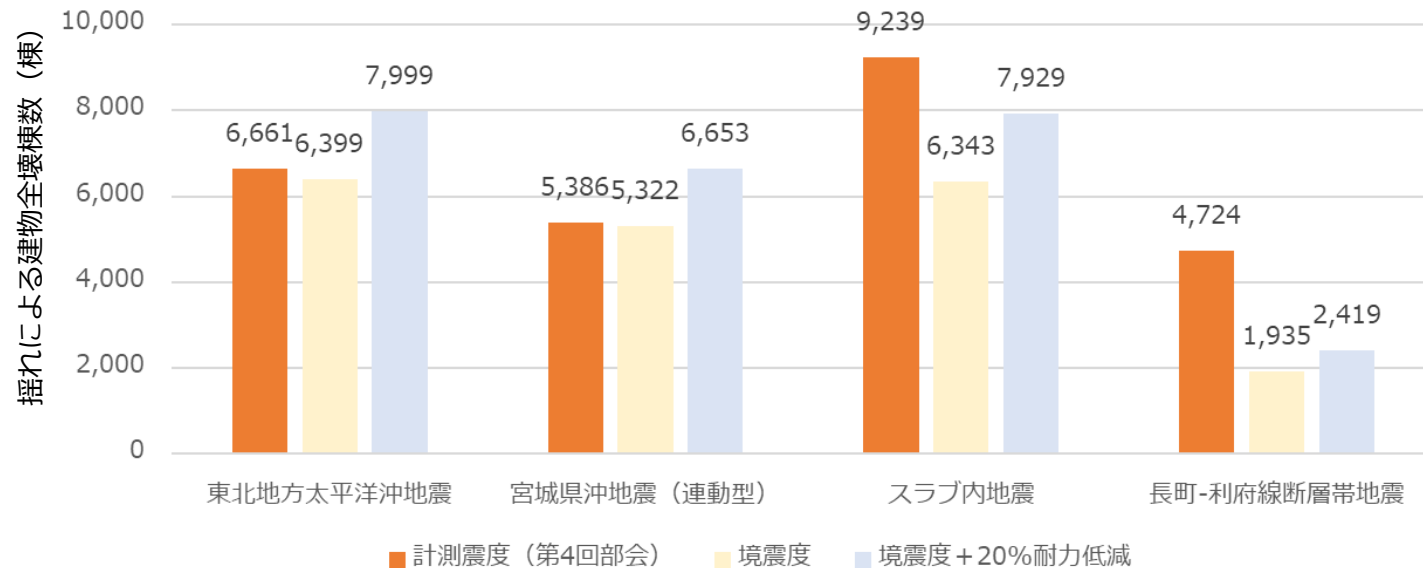
被災要因は複数あることから、揺れによる被害増分は純粋に全体被害の増分とならない

意見 2・3 への対応～被害量の比較～

- 計測震度から境震度に補正することにより、4つの地震全てで被害量が減少した。特にスラブ内地震と長町-利府線断層帯地震の減少量が顕著である。
- 耐力低減の有無により、1.25倍被害量が増加。
- 計測震度と境震度 + 耐力低減を比較すると、スラブ内地震と長町-利府線断層帯地震で被害量が減少している。

揺れによる建物全壊数（棟）の比較

	計測震度 (第4回部会) A	境震度 (耐力低減なし) B	境震度 (20%耐力低減を仮定) C
東北地方太平洋沖地震	6,661	6,399	7,999
宮城県沖地震（連動型）	5,386	5,322	6,653
スラブ内地震	9,239	6,343	7,929
長町-利府線断層帯地震	4,724	1,935	2,419



注) 被災要因は複数あることから、揺れによる被害増減は純粋に全体被害の増減とならない

揺れによる建物被害に関する検討

1. 第4回地震対策等専門部会（12/22）における意見

2. （意見1への対応）スラブ内地震に関する検討

- (1) スラブ内地震の強震動が大きくなる理由
- (2) 宮城県沖地震（連動型）との比較

3. （意見2への対応）建物被害の推計手法に関する検討

- (1) 現在の推計手法について
- (2) 他の手法による推計

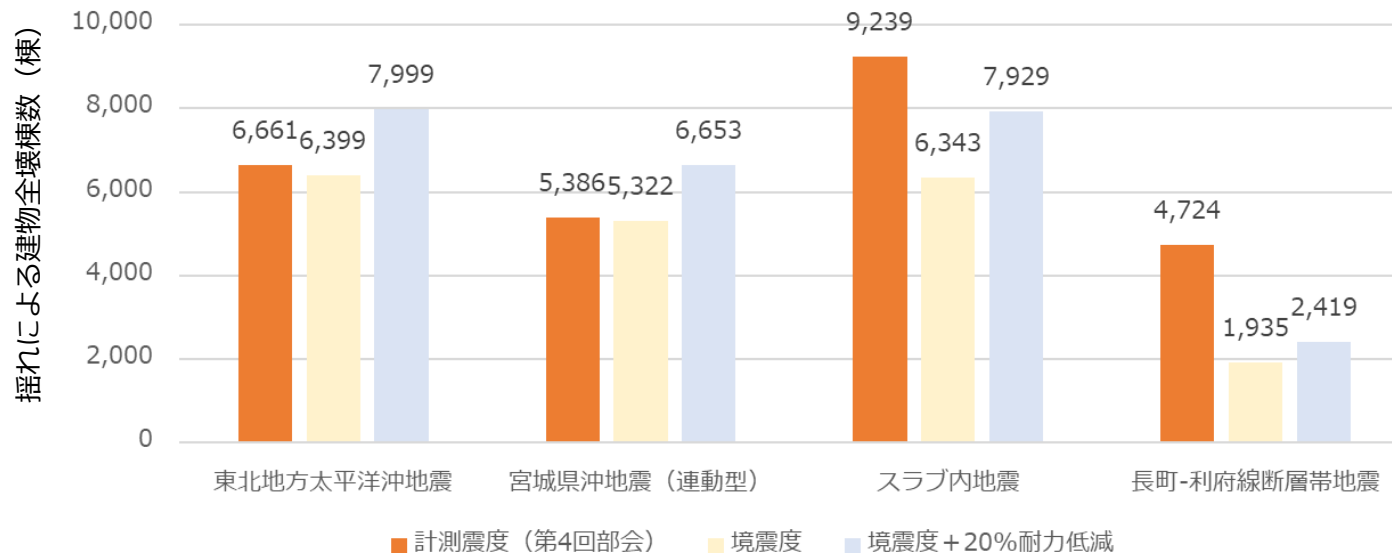
4. （意見3への対応）累積疲労を考慮した被害量に関する検討

- (1) 耐力低減を考慮した推計

5. 結論

揺れによる建物被害に関する考え方

- 本調査で対象としているスラブ内地震は、これまで経験したものよりも悪条件であるため、より大きい強震動をもたらす。
- 今後そのような地震が発生する可能性を科学的に否定できないことや、防災対策を講じる際にはより被害が大きい事象を想定すべきという考えから、本調査のスラブ内地震は防災対策上支障ないものとする。
- 計測震度による被害量推計は科学的な妥当性について議論の余地はあるものの、被害量が大きく出る傾向にあり、こちらも防災対策上支障ないものとする。
- 累積疲労の影響は、場所、構造、建築年等により個別に評価すべきものであるが、本調査が対象とする県内の全建物を評価することは現状では困難である。
- 以上から、総合的に勘案して、第4回部会で提示した計測震度による被害量推計を用いることとしたい。
- 今回の検討結果は最終報告書に記載し、現手法の有する課題を明らかにするとともに、今後の手法の改善に資するものとする。

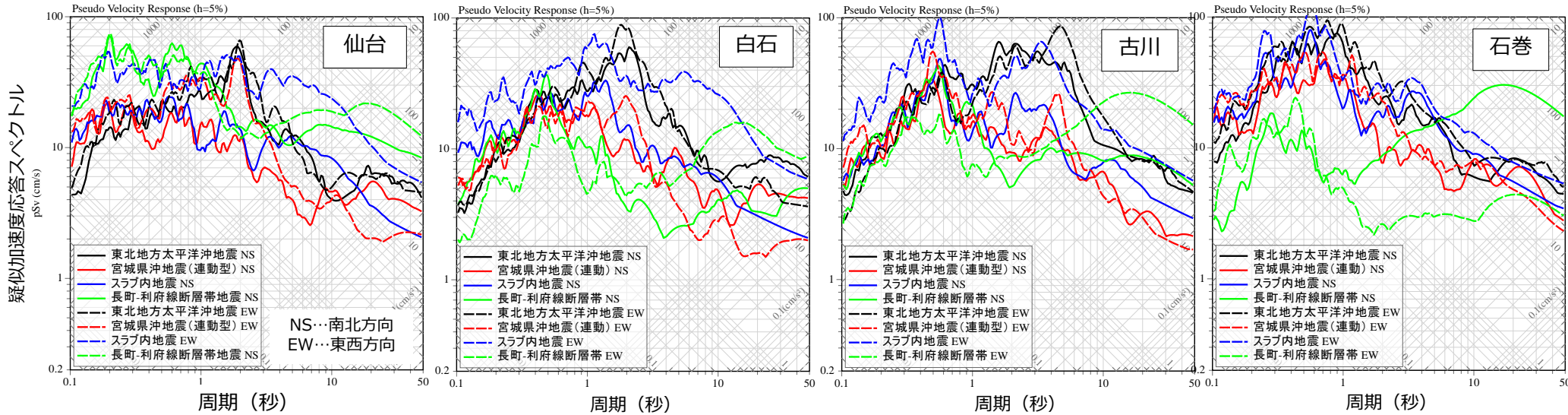


注) 被災要因は複数あることから、揺れによる被害増減は純粋に全体被害の増減とならない

地震動計算の留意点について

- 今回の検討では、計測震度以外の指標により4つの地震動を評価した。
- 地震動は振幅・経時・周期という複数の要素によって構成されているため、指標を変えるとその大小関係は変わることがある。(計測震度の大小は、必ずしも地震動の強弱とはならない。何を基準とするかによって変わる。)
- また、本調査の地震動計算は地震本部による強震動予測レシピに沿って行っているが、必ずしも実現象を正確に表現しているものではなく、それに起因する誤差を含んでいる。
- そのため、震度の予測結果のみならず、用いた計算の前提条件、導出過程等も最終報告書に盛り込み、利活用者の適切な理解・活用に資するものとする。

指標の違いによる地震動の比較



	東北地方太平洋沖地震	宮城県沖地震(運動型)	スラブ内地震	長町-利府線断層帯地震	東北地方太平洋沖地震	宮城県沖地震(運動型)	スラブ内地震	長町-利府線断層帯地震	東北地方太平洋沖地震	宮城県沖地震(運動型)	スラブ内地震	長町-利府線断層帯地震	東北地方太平洋沖地震	宮城県沖地震(運動型)	スラブ内地震	長町-利府線断層帯地震
計測震度	5強 5.2	5強 5.4	6弱 5.9	6強 6.2	5弱 4.9	5弱 4.6	5強 5.3	5弱 4.5	5強 5.3	5強 5.1	5強 5.3	5強 5.1	6弱 5.7	6弱 5.6	6強 6.0	5弱 4.7
境震度	5弱 4.9	5弱 4.9	5弱 4.9	5強 5.4	5弱 4.8	5弱 4.7	5強 5.0	5弱 4.5	5強 5.1	5強 5.1	5強 5.1	5強 5.1	5強 5.3	5弱 4.9	6弱 5.5	5弱 4.6