

## 5 新しい地域係数の試案

### 5.1 地域係数に対する様々な考え方

本章では、地震ハザード解析に関する地震調査研究推進本部（地震本部）などの最新の研究成果に基づき、新しい地域係数の提案に向けて考え方を整理することを目的とする。

設計地震動の規定に関する立場は、大まかには、確率論に基づく立場とそうでない立場にわけられる。

いわゆる確率論に基づく設計の考え方は、各種限界状態とその発生確率を規定することで建物を設計するいわゆる限界状態設計法の考え方に代表することができる。この立場に依れば、日本全国で同程度の地震リスク（供用期間中の破壊確率）となる地震動規定が望ましい<sup>1),2)</sup>。

一方、確率論に基づかない立場のひとつに確率的評価に対する限界を指摘するものがあり、「地震危険度はその付近の地震活動度によって決められるものである」<sup>3)</sup>が、歴史上「地震活動度が低い地域で被害地震（直下地震）が起こって」<sup>3)</sup>おり、確率論的評価では評価精度の問題もありその影響が適切に考慮できないと主張される。

そこで、確率論および直下地震重視の2つの考え方に基づき地域係数を考察することで、その特徴を議論する。また、後者の立場は解析手法自体の限界に対する指摘とも関係する。そこで、理論的手法や半経験的手法（断層モデル）の立場からみた経験的手法（距離減衰式）の現象説明能力についても若干の考察を行う。

### 5.2 確率論的視点からみた地域係数

(1) 地震ハザードカーブの地域性との関係からみた地域係数の問題点

図 5.1 に現行の地域係数のもとになった地図<sup>3)</sup>を示す。歴史地震記録に基づき求められた河角マップなどのいくつかの評価結果を参照して定められた。歴史地震の記録期間が高々300年程度であったため、当時の地図の参照再現期間は50~200年程度であった。しかし、短中期的な発生確率だけでなく、長期的な発生確率も考慮しなければならないという工学的判断で地震活動度の低い地域（B, C）の係数を小さくしなかったとされている。

図 5.2 に防災科学技術研究所・地震ハザードステーション（J-SHIS）<sup>4)</sup>で公開されている東京と福岡における工学的基盤での地震ハザードカーブを示す（評価期間50年，基準2009年1月1日）。東京では高発生確率のいわゆる首都直下地震（カテゴリ-I, II）の影響が大きく、ハザードカーブの値は緩やかに増加する。一方、福岡では直下の活断層（カテゴリ-III）の影響が大きく、地震自体の発生確率は大きくないことから低超過確率でハザードの値が急激に大きくなる傾向がみられる。一方、図 5.1 の地域係数は各地域でひとつの値として与えられ、何らかの再現期間に相当していると捉えることもできる。しかし、上記の工学的判断がどの程度の再現期間に相当するのかは明確でない。

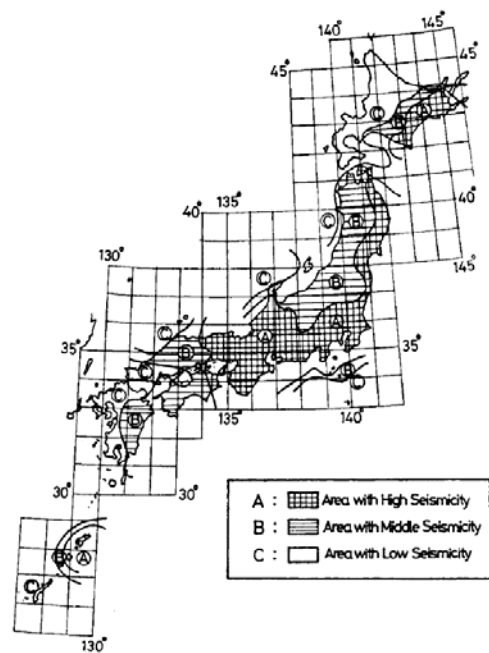
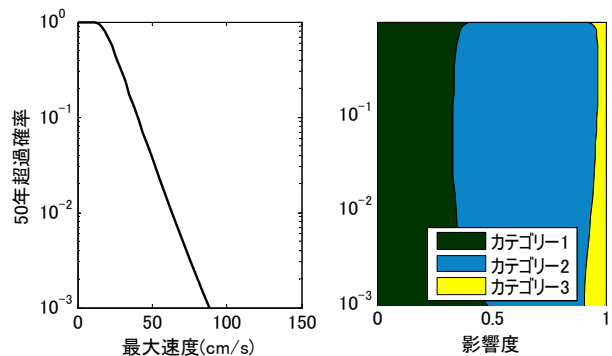
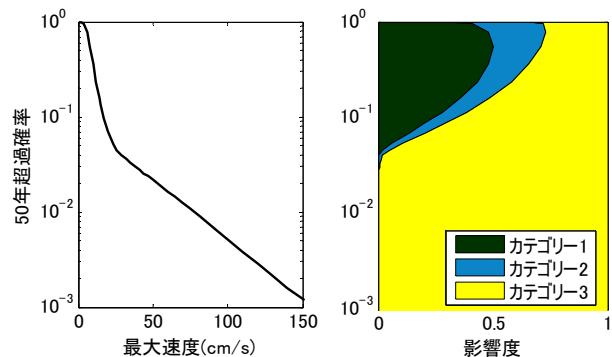


図 5.1 新耐震設計法（案）における地域係数<sup>3)</sup>

カテゴリ-I：海溝型の地震のうち震源を特定できる地震  
 カテゴリ-II：海溝型の地震のうち震源を特定しにくい地震  
 カテゴリ-III：活断層など陸域と海域の浅い地震



(a) 東京都新宿区（東京都庁）



(b) 福岡県福岡市（福岡県庁）

図 5.2 地域によるハザードカーブの違い  
 (Vs 600m/s 相当の硬質岩盤)

(2) 告示波からみた地域係数の再現期間

そこで地震本部のハザード評価結果を用いて、現在の地域係数がどの程度の再現期間に相当するかを評価する。

図 5.3 および図 5.4 に、都道府県庁所在地における工学的基盤の地震ハザードカーブ (Vs 400m/s 相当 : Vs600m/s 相当の硬質岩盤の 1.41 倍) から求めた告示波 (稀に発生する地震, 極稀に発生する地震) の再現期間を示す。稀, 極稀地震の工学的基盤での最大速度をそれぞれ 10cm/s, 50cm/s と仮定し, 対応する再現期間を求める。稀地震の再現期間は各地点で 5~63 年程度で, 高発生頻度の海溝型地震の影響が大きい太平洋側は再現期間が小さく, 低発生頻度の直下地震の影響が大きい日本海側は再現期間が大きい。一方, 極稀地震の再現期間は 14~5600 年程度で, 南海トラフ沿いの一部の地域を除けば, 太平洋側と日本海側の差は小さくなる傾向がみられる。

図 5.5 に再現期間の頻度分布を示す。稀, 極稀地震動の再現期間の中央値はそれぞれ 14 年, 370 年であり, 2 章での評価結果<sup>5)</sup>などとも調和的である。現在の地域係数のもととなった一連の地震ハザードマップが対象とした再現期間 (50~200 年) は, 両者の中間程度である。

(3) 現行の地域係数の一解釈

(2) の結果に基づき, 現行の地域係数について確率的な視点からの再解釈を試みる。図 5.6 に参照再現期間を 1500 年とした各都市の工学的基盤での最大速度を示す。最大速度 50cm/s を 1 に基準化し, 上限値を 1 としている。図は現行の地域係数の地域差と調和的に見える。このことから, 現行の地域係数は, 参照再現期間 1500 年 (50 年 3%) 程度の地震ハザード評価に相当する地域的な差異となっているが, 地震ハザード評価結果が 50cm/s よりも大きくなる地域では上限が 50cm/s とされていると解釈することもできそうである。

(4) 実耐震性能からみた地域係数の再現期間

次に, 建物の実耐震性能に対応する地震動の再現期間を評価する。8~12 階建ての RC 造建物<sup>6)</sup>を対象とし, 最大速度の地震ハザード曲線と構造物の小破, 中破, 大破のフラジリティ曲線から設計点 (破壊曲面の中で一番確率密度が大きく, 相対的に発生しやすい点) を求めることで, 各状態に対応する地震荷重の大きさと再現期間を求める。設計点は拡張一次近似二次モーメント (AFOSM) 法<sup>7)</sup>で算出する。ただし, 地震ハザードは工学的基盤上で定義し, 地表面最大速度を説明変数とするフラジリティ曲線は各地点の表層地盤増幅率で除すことで工学的基盤相当のフラジリティ曲線とする。

図 5.7, 5.8 に各設計点に対応する工学的基盤での最大速度と再現期間を示す。先ほどと同様に都道府県庁所在地で評価する。小破の設計点に対応する最大速度の中央値は 36cm/s, 再現期間の中央値は 140 年であり, 稀地震 (図 5.3, 5.5 左) と比較して最大速度, 再現期間でそれぞれ 4 倍, 10 倍程度大きい。中破と大破に対応する最大速度の中央値は 65cm/s 程度, 再現期間の中央値は 1100

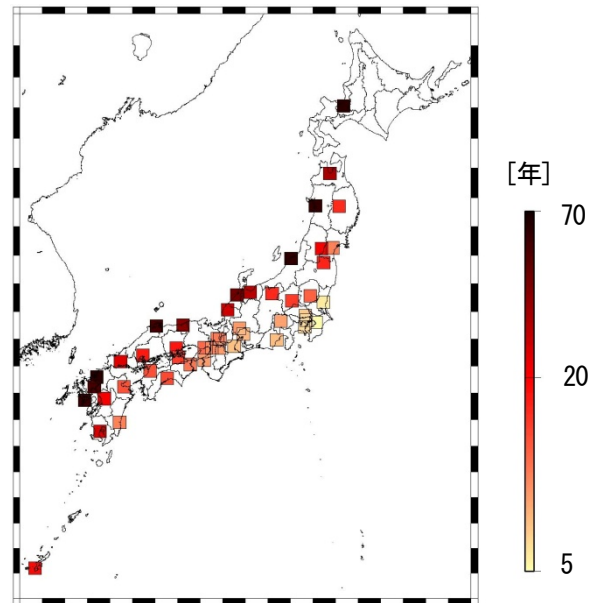


図 5.3 稀地震(10cm/s)に対応する再現期間

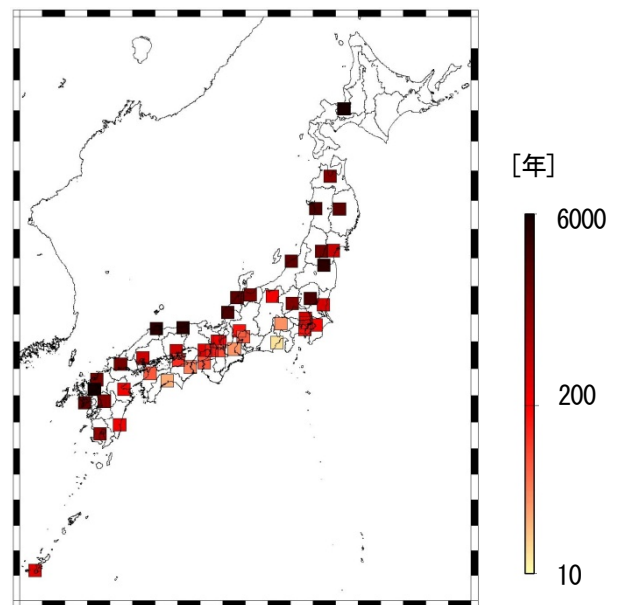


図 5.4 極稀地震(50cm/s)に対応する再現期間

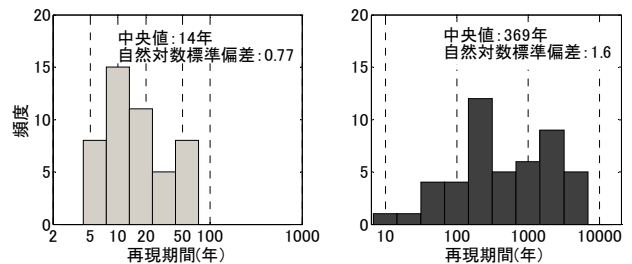


図 5.5 設計地震動に対応する再現期間の頻度分布 (左: 稀地震, 右: 極稀地震)

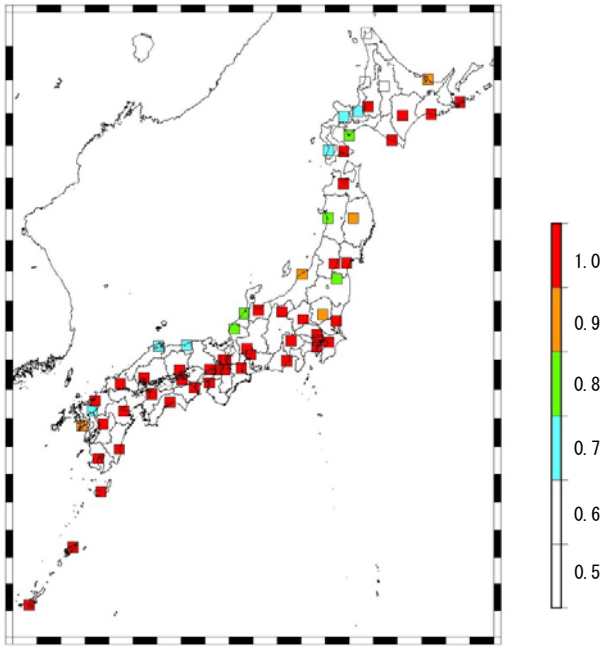


図 5.6 参照再現期間 1500 年, 上限値 50cm/s の場合の県庁所在地 (含: 北海道支庁所在地等) 位置での地域係数の試算例

年程度であり, 極稀地震 (図 5.4, 5.5 右) と比較して, 最大速度, 再現期間でそれぞれ 1.3 倍, 3 倍程度になっている。

表 5.1 に各種限界状態に対応する最大速度と再現期間の中央値の評価結果を示す。特に小破の再現期間は稀に発生する地震の再現期間と比較してかなり大きくなっている。図 5.9 にこれらの関係を模式的に示す。他の構造種別についての検討も必要であるが, 耐力規定やクライテリアの設定などで意識的, 無意識的に安全側の設定をしている可能性などが理由として考えられる。

これに対して, 例えば, 米国の指針では, 再現期間 2500 年の地震動強さに相当する MCE (最大地震動) を建物耐力の余裕 1.5 で割ることで再現期間 500 年相当の設計地震動としている (3 章参照)。これは図 5.10 に示すように, 建物倒壊レベルのクライテリアを睨みながら, より小さいレベルで設計照査を行っていることに相当している。また, 許容応力度設計の考え方から見ると構造物側の安全率を荷重側に移していると考えられる<sup>9)</sup>。以上から, 耐力側の余裕や設計クライテリアの設定をどのように考えるかにより, 設計地震荷重および地域係数の参照再現期間が変わりうると言える。

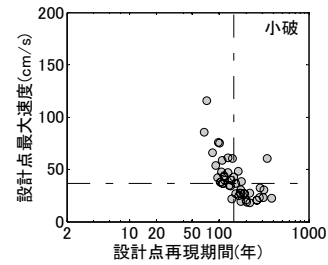


図 5.7 小破の設計点  $s_{1}^*$  に対応する工学的基盤での最大速度と再現期間

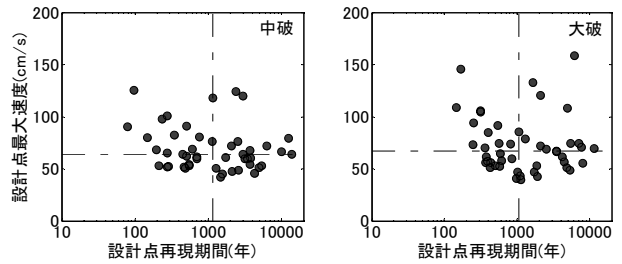


図 5.8 中破・大破の設計点  $s_{m}^*$ ,  $s_{h}^*$  に対応する工学的基盤での最大速度と再現期間 (左: 中破, 右: 大破)

表 5.1 各種限界状態に対応する地震動の大きさと再現期間の中央値

限界状態の種類	告示波		実耐震性能による検討	
	最大速度 (工学的基盤) [cm/s]	再現期間 [年]	最大速度 (工学的基盤) [cm/s]	再現期間 [年]
小破	10	14	36	146
中破	50	369	64	1162
大破			67	1064

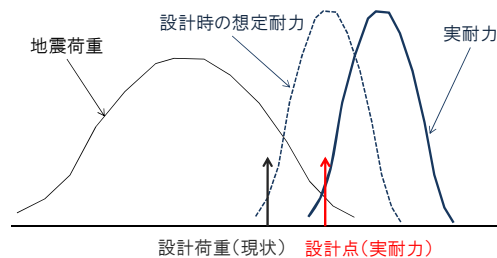


図 5.9 荷重と耐力の確率分布と設計点の関係の模式図

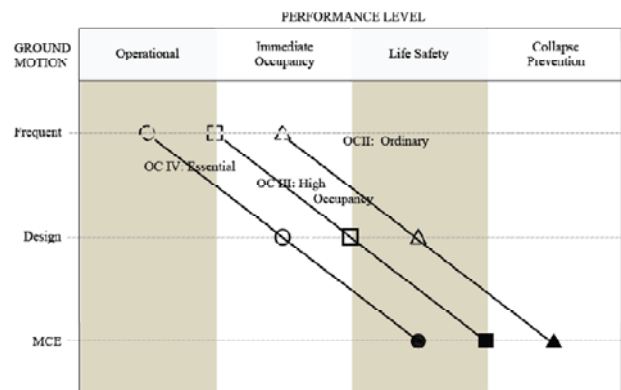


図 5.10 米国における MCE (最大地震動) と設計地震動 (MCE/1.5) の関係<sup>8)</sup>



### 5. 3 直下地震の危険性を重視する立場からみた地域係数

#### (1) 直下地震の危険性

図 5.11 に震度 5 強以上の揺れの影響度地図（震度 5 強以上の揺れの原因のうち最も影響の大きな地震カテゴリ<sup>4)</sup>）を示す。日本海側の地域では、カテゴリⅢ（直下地震）の影響が大きく、その領域は日本全体の半分程度を占める。つまり、国全体の地震リスクという視点では直下地震の影響は大きく、このような観点から発生確率の小さい直下地震に対して確保すべき耐震性能について合理的に議論することが可能かもしれない。

図 5.12 に明治以前の歴史地震による各地域の最大震度を示す。歴史地震においても南海トラフ沿いの地域だけでなく、新潟など日本海側でも震度 6 や 7 の揺れが記録されており、図 5.1 などと比較すると例えば東北地方では太平洋側と日本海側の大小関係が逆転している。

また、記録期間が短い北海道を除き、全国で震度 5 程度の揺れが記録されていることから、地震ハザードの小さい地域でも最低この程度の揺れを一律に想定する必要があると考えることもできる。しかし、建物の直下地震に対する必要耐震性能を検討した事例は多くない。

#### (2) 地域係数と直下地震時の被害の関係

そこで、地震ハザードに基づき、従来より地域差のある地域係数が設定される状況を想定し、そのような状況下における直下地震に対する建物の耐震性能を簡易的に評価する。

直下地震としては  $M_w7.0$ 、震源距離 10km の地殻内地震を考える。最大速度の中央値  $\mu_s$  と対数標準偏差  $\sigma_s$  は司・翠川式<sup>11)</sup>で与え、表層地盤増幅係数は 1.8（兵庫県灘区<sup>4)</sup>）とする。震度 5 強～6 強程度の揺れが想定される。8～12 階建ての RC 造建物<sup>6)</sup>を対象とし、耐力の中央値  $\mu_R$  は現状の耐力に対して地域係数  $z$  に比例し変化すると仮定する。このとき、建物の破壊確率は(1)式で求める。

$$P_f = \Phi^{-1} \left( -\frac{\ln \mu_R(z) - \ln \mu_s}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_s^2}} \right) \quad (1)$$

図 5.13 に評価結果を示す。地域係数を小さくすると破壊確率が大きく増加するのに対して、地域係数を大きくしても破壊確率はそれほど減少しない傾向が見られ、既往研究の指摘とも調和的である<sup>12),13)</sup>。地域係数が 0.5 の場合の小破以上、中破以上、大破以上の確率はそれぞれ 0.4, 0.3, 0.06 である。他の構造種別も含めてより詳細な検討を行う必要はあるが、人命を保護するという現在の建築基準法の目的のみから考えると、現行(0.8～1.0, 除沖縄)より小さい地域係数でも直下地震に対して十分な耐震性能を有する可能性があると考えられる。建築基準法の最低限の目標と一般市民が建築物に期待する性能とは大きく乖離している可能性があるという指摘<sup>14)</sup>等も踏まえ、議論の整理が必要かもしれない。

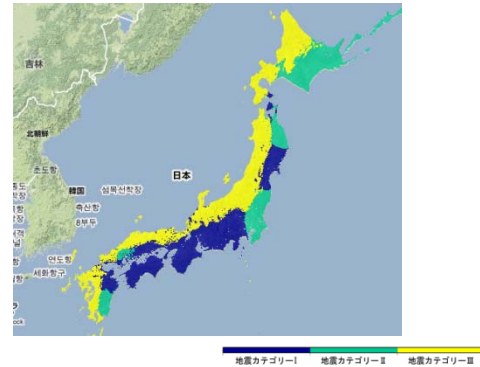


図 5.11 震度 5 強以上の揺れの影響度地図<sup>4)</sup>

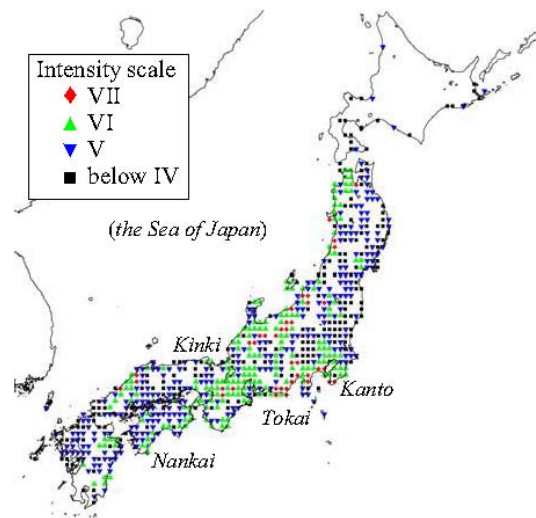


図 5.12 歴史地震による各地の最大震度（～1885 年）<sup>10)</sup>

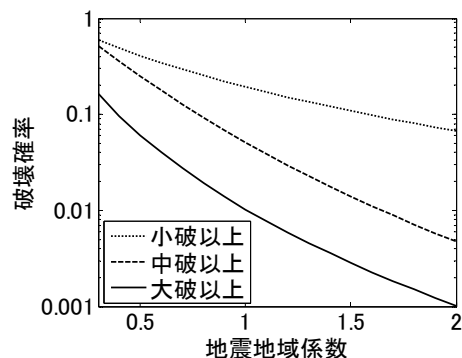


図 5.13 直下地震 ( $M_w7.0$ , 10km) に対する RC 造建物 (8～12 階) の破壊確率の地域係数による変化

#### 5. 4 新しい考え方に基づく地域係数と試算結果

##### (1) 地域係数の考え方

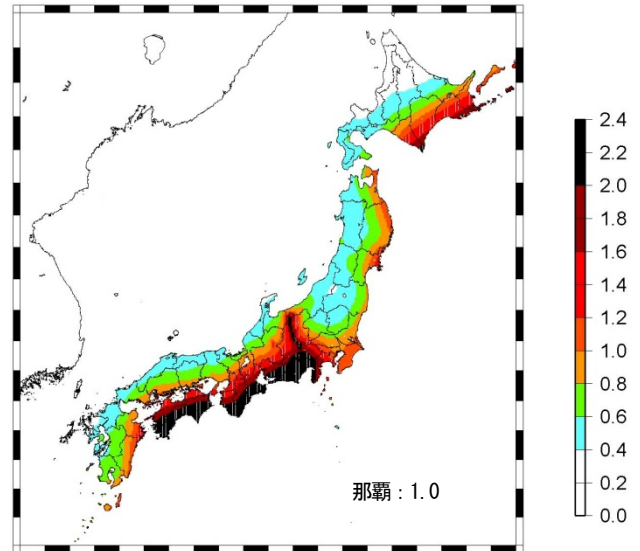
次に、以上の議論に基づき、新しい地域係数の考え方を提示し、試算を行う。極稀地震（2次設計）と稀地震（1次設計）を別々の地域係数とし、地震本部の地震ハザード評価結果に基づき係数を試算する。

##### (2) 極稀に発生する地震（2次設計）の地域係数

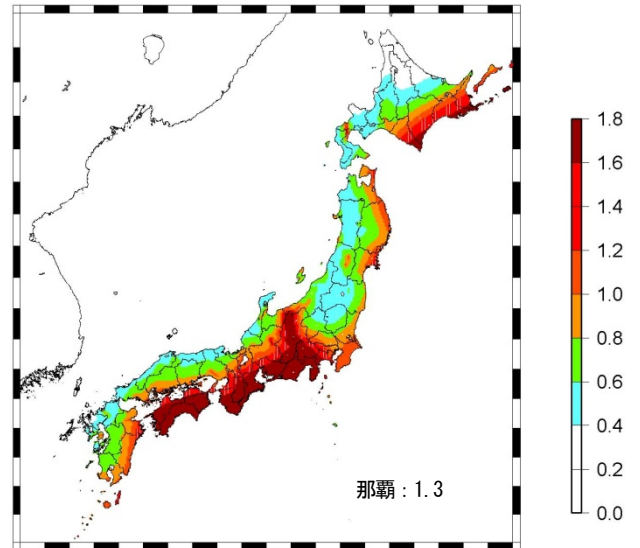
図 5.14 には、地震本部の地震ハザード評価結果に基づき試算した極稀地震の地域係数の試算例を示す。前述のようにクライテリアの設定や耐力の余裕に対する考え方により参照する再現期間は変わりうる。そこで、図 5.14(a)～(c)には、それぞれ再現期間 500、1500、2500 年のマップから評価した地域係数を示す。それぞれ、関東地方南部が 1 になるように基準化している。関東地方南部においては、再現期間 1500、2500 年の地震動強さは再現期間 500 年の地震動強さの 1.3 倍、1.4 倍程度である。いずれの再現期間においても、南海トラフ沿いや糸魚川静岡構造線周辺地域で地域係数が 1 より大きな値となる。東京、仙台などでは 1 程度、大阪、名古屋などでは 1.5 程度である。一方、北海道の北部で 0.1 程度となるのを除き、日本海側の最小値は 0.5 程度である。ただし、係数 0.5 程度の値が前節で議論された下限値と比較して妥当かどうかについては前述のように耐力の余裕まで含めて別途議論が必要かもしれない。

参照再現期間を 1500、2500 年とした図 5.14(b),(c)では発生頻度の高い断層（邑知潟、山形盆地、黒松内低地断層等）周辺の係数が 1 程度となる傾向が見られ、参照再現期間を適切に設定することで、発生確率の大きい活断層の影響を考慮することも可能となる。

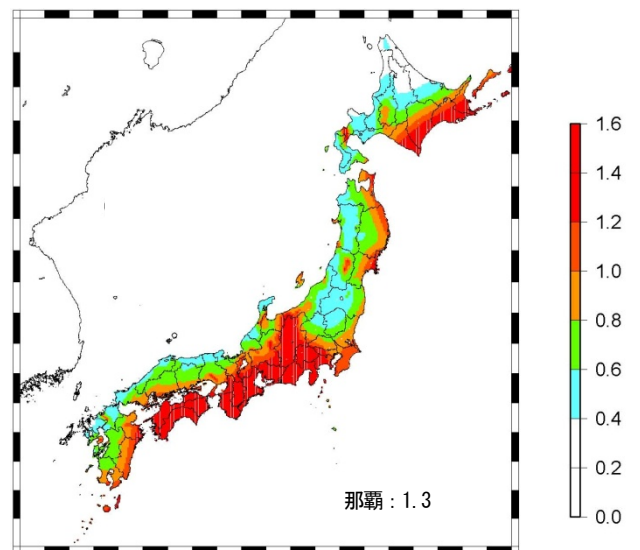
一方、南海トラフ沿いを中心に係数の値が 1 を大きく超える地域が見られる。これらの地域については、後述のように評価手法も含めた今後の検討が必要と考えられる。地震ハザード評価において、高発生頻度の地震（南海トラフや日本海溝の地震等）を対象とする場合、距離減衰式やばらつきの設定が原因で低超過確率での予測結果が現状の設計地震荷重と比較して極端に大きくなることもあり、その際、歴史的あるいは物理的に考えられる上限を超えることもある<sup>15)</sup>。米国の指針における MCE（最大地震動）の規定では、発生確率が高い地震に対して、確定論的に地震動を評価することにより、確率論的評価だけでは過大な設計地震動となる部分を調整していると考えられる（3章参照）。一方、本検討では過去の観測記録の分析<sup>16)</sup>に基づき、工学的基盤で 140cm/s 程度の上限を設定し、この問題に簡易的に対処しているが、設計地震荷重評価における適切な取り扱い方法については検討が必要かもしれない。



(a) 参照再現期間 500 年 (50 年 10%)



(b) 参照再現期間 1500 年 (50 年 3%)



(c) 参照再現期間 2500 年 (50 年 2%)

図 5.14 極稀に発生する地震の地域係数の試算結果

(3) 期待総費用最小化による稀に発生する地震（1次設計）の地域係数

稀に発生する地震については、通常供用期間中に1~2回発生する中小地震に対して、弾性限界を超えないような設計を行い、100年程度の再現期間を参照するが、土木学会<sup>18)</sup>でも指摘されているように、その妥当性についても検討の余地があると考えられる。そこで、ここでは、文献18)、19)に倣い、期待総費用最小化原理に基づき、稀に発生する地震に対する最適な地域係数を試算する。

小破と中破による修復費用を考慮し、破壊確率はCornellの近似解法<sup>1)</sup>で計算する。前述の8~12階建てRC造建物<sup>6)</sup>を対象とする。建物耐力が地域係数に比例し、係数が1のときに文献6)の fragility 曲線となると仮定する。小破・中破時の補修費用はそれぞれ新築時の0.1、0.3倍とし<sup>20)</sup>、コスト上昇係数（地域係数の増減に対する初期コストの増減率）は0.05とする<sup>21)</sup>。図5.16(a)に総費用最小化の評価結果を、図5.16(b)に参照再現期間100年の結果を示す。図5.16(b)の結果は関東地方南部で1になるように基準化している。

2つの結果いずれにおいても、極稀地震の係数よりも全体的に地域差がある結果が得られている。また、2つの結果を比較すると全体的な傾向は調和的だが、糸魚川静岡構造線周辺などでは傾向が異なっている。これより、総費用最小化原理で求まる係数は、100年より短い再現期間を参照している可能性も考えられ、今後検討の蓄積が必要と考えられる。

### 5. 5 今後の課題

#### (1) ハザード評価期間の設定

地震本部の地震ハザード解析では、評価期間は30年と50年である。しかし、今後、供用期間として100年~200年を想定する構造物の設計が増加するであろうこと、南関東地震など繰り返し間隔が比較的短く比較的最近発生した地震の取り扱いを考えると、設計荷重規定に用いる地震ハザード評価においては50年より長い評価期間の設定が必要であると考えられる。

#### (2) 距離減衰式の現象説明能力

地震動予測では、震源・伝搬経路・サイト特性を適切に評価する必要があり、理論的手法や半経験的手法による地震動評価ではこれらの影響が考慮された地震動評価が行われている。

一方、経験的な地震動予測式（距離減衰式）は、多くがマグニチュードや断層からの距離など限られた説明変数による回帰式であるため、それ以外の要因は一般的な地震ハザード解析では陽に考慮されてきておらず、その場合ばらつきとして考慮されている。ここでは、それらの要因のうち深部地盤によるサイト増幅特性の影響を考慮した地震ハザード解析の必要性について議論する。

図5.17に全国の深部地盤構造モデル<sup>23)</sup>から5km程度間隔で取り出したS波速度1km/s以上の層の上端までの

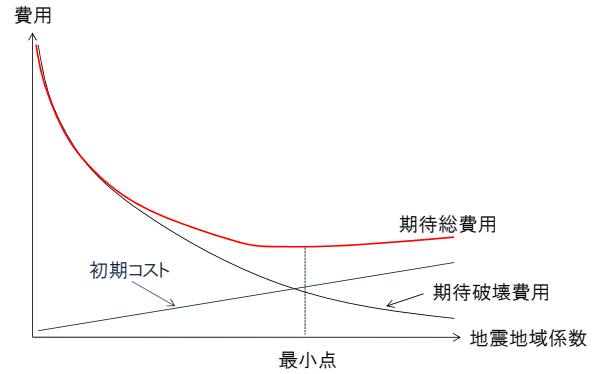
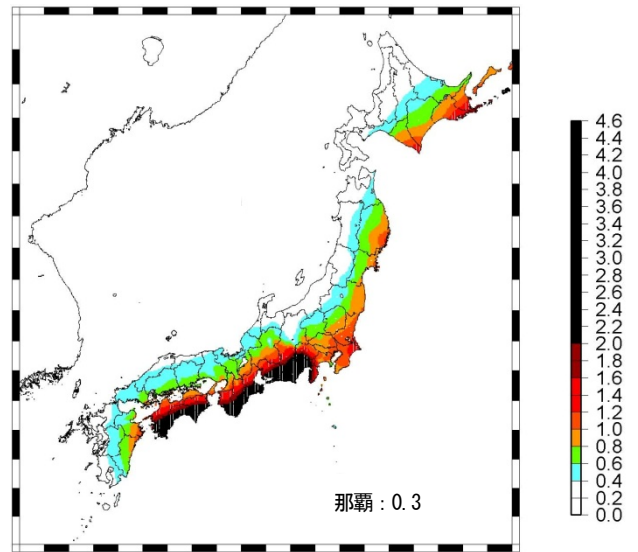
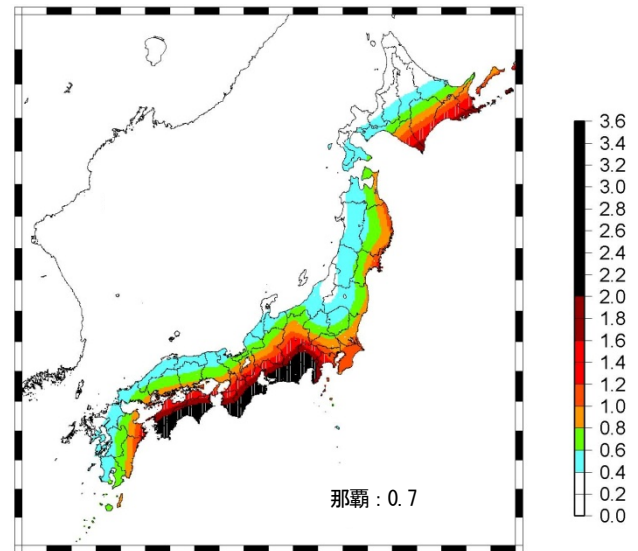


図 5.15 期待総費用最小化による地域係数算出の模式図



(a) 期待総費用最小化原理 (8~12階建てRC造建物<sup>6)</sup>を対象とし現状を1に基準化)



(b) 参照再現期間100年 (50年39%) (東京・神奈川・千葉の平均 (40cm/s) で基準化)

図 5.16 稀に発生する地震の地域係数の試算結果



深さ (Vs 1km/s 層上端深度) の分布を示す。

地震基盤から工学的基盤までの深部地盤による最大速度の増幅率の全国分布を求める。一次元重複反射理論により計算した増幅率を求める回帰式<sup>24)</sup>を用いて Vs1km/s 層の上端深度の関数として簡易的に求めている。

図5.18に最大速度の深部地盤増幅率を示す。関東平野、濃尾平野、大阪平野、日本海側の平野部、北海道などの地域で地盤増幅率が大きく評価され、これらの地域では従来の工学的基盤での地震ハザード評価が過小評価されている可能性を検討する必要があるかもしれない。また、最大速度だけでなく、周期1秒程度より長周期の応答スペクトルにも同様の傾向がみられることが予想される<sup>22)</sup>。このように、現在の確率論に基づく耐震設計において考慮されていないパラメータを、どのような形で設計の枠組みに組み込むかについて地盤種別の設定なども含めた地震荷重規定全体に関する議論が必要と言える。

## 5. 6 まとめ

従来の地域係数に関する考え方を整理し、地震調査研究推進本部の地震ハザード評価結果を用いた地域係数の試算結果について考察を行うことで、確率論に基づき地域係数を再検討する際の考え方を整理した。以下の点に関して、今後検討を行う必要があると考えられた。

- 適切な参照再現期間 (参照超過確率) の選定方法について検討する必要がある。その際の参照値は、設計クライテリアなど耐力の余裕の扱い方によっても変わりうる。
- 発生確率の低い直下地震 (特に震源を特定しない地震) に対して、どの程度の性能を建物に求めるのかを明確にする必要がある。
- 南海トラフ沿いの地震など発生確率の高い地震に対するハザード評価結果の妥当性について検討する必要がある。この際、現在の設計地震動の上限が 50cm/s 程度となっていることやハザード評価結果自体の信頼性などの視点からの考察も必要である。
- 稀に発生する地震の地域係数については、極稀に発生する地震より地域差のある規定が合理的な可能性がある。
- 現状 30~50 年であるハザード評価期間について、耐震設計の観点から考えたより長い期間の設定の必要性について議論する必要がある。
- 深部地盤による地震動の増幅など従来の確率論に基づく設計法で陽に考慮されていないパラメータの耐震設計における扱いや影響について地盤種別の設定などとも合わせた議論が必要である。

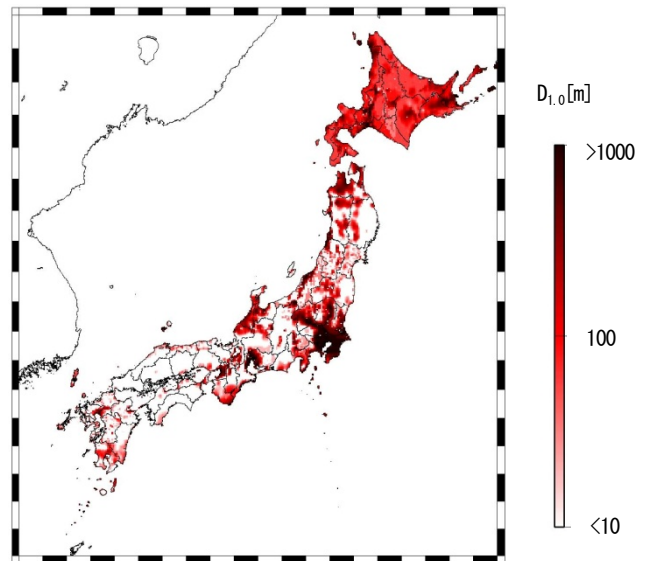


図 5.17 深部地盤構造<sup>23)</sup> (Vs 1km/s 層上面深度)

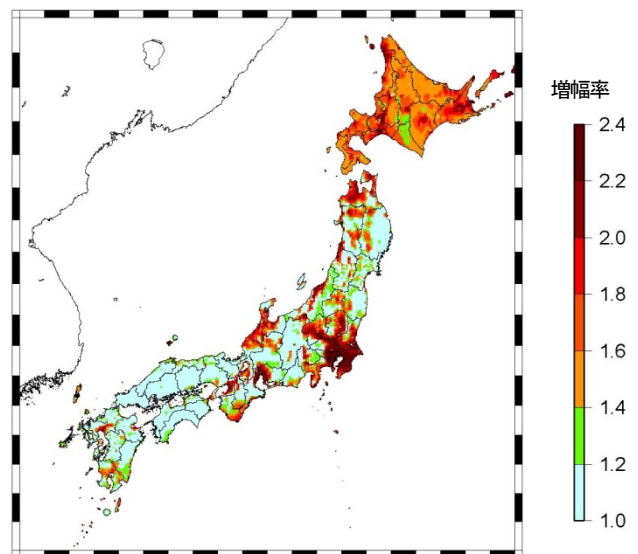


図 5.18 簡易評価した最大速度の深部地盤増幅率 (地震基盤から工学的基盤まで)

## 謝辞

防災科学技術研究所・地震ハザードステーション (J-SHIS) で公開されているハザードカーブデータ<sup>25)</sup>および深部地盤データ<sup>23)</sup>を利用しました。一部、図の作成には GMT4 を用いました。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会 (2004) : 建築物荷重指針・同解説.
- 2) 日本建築学会 (2002) : 建築物の限界状態設計指針.
- 3) 尾崎昌凡・他 (1978) : 地震動の地域特性に関する研究 (その1) 地震活動に基づく地震動期待値とその応用, 日本建築学会論文報告集, 第 266 号, pp.31-40.
- 4) 防災科学技術研究所 : 地震ハザードステーション (J-SHIS), <http://www.j-shis.bosai.go.jp/> (参照 : 2010-05-11).
- 5) Fukushima, S., Takada, T. (2008): Probabilistic Comparison of Seismic Design Response Spectra, Proceedings of the 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering.
- 6) 林康裕・他 (2000) : 1995 年兵庫県南部地震における RC 造建築物の耐震性能, 日本建築学会構造系論文集, 第 528 号, pp.135-142.
- 7) 星谷勝・石井清 (1986) : 構造物の信頼性設計法, 鹿島出版会.
- 8) Building Seismic Safety Council of the National Institute of Building Sciences (2009): NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures 2009 Edition, Part 2 Commentary to ASCE/SEI 7-05.
- 9) 例えば, 梅村魁 (1994) : 震害に教えられて, 第 6 章, 技報堂出版.
- 10) 坂本成弘・他 (2008) : 地震ハザードマップと歴史地震資料に基づく最大震度マップの比較, 日本建築学会学術講演梗概集, B-I, pp.91-92.
- 11) 司宏俊・翠川三郎 (1999) : 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, pp.63-70.
- 12) 牧野稔・清家規 (1989) : 地震荷重および地震地域係数に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 399 号, pp.65-71.
- 13) 清家規・多賀直恒 (1999) : 地震地域係数に関する基礎的研究, 地域安全学会論文集, No.1, pp.19-24.
- 14) 平田京子・石川孝重 (2001) : 社会的に要求される耐震安全性レベルの確率的評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 543 号, pp.23-29.
- 15) 例えば, 内山泰生・Brune, J.N. (2007) : 1952 年 Kern County 地震の震源域におけるバランスロックの調査, 日本建築学会学術講演梗概集, B-II, pp.393-394.
- 16) Anderson, J. G.: (2010): Source and Site Characteristics of Earthquakes That Have Caused Exceptional Accelerations and Velocities, Bulletin of the Seismological Society of America, 100 (1), pp.1-36.
- 17) Leyendecker, E. V. et al. (2000): Development of Maximum Considered Earthquake Ground Motion Maps, Earthquake Spectra, 16 (1), pp.21-40.
- 18) 土木学会地震工学委員会・耐震基準小委員会 (2003) : 土木構造物の耐震設計における新しいレベル 1 の考え方 (案), <http://www.jsce.or.jp/committee/eec2/taishin/Level1.html> (参照 : 2010-5-29)
- 19) 友澤裕介・高田毅士 (2009) : 確率論的地震ハザード解析結果に基づく新しい地震地域係数の提案, 日本建築学会学術講演梗概集, B-I, pp.15-16.
- 20) 諏訪仁 (2007) : 兵庫県南部地震における地震被害データを用いた建物の地震リスク評価法に関する研究, 東京大学博士論文.
- 21) 岡村祥子・神田順 (2004) : 建築構造の総期待費用最小化におけるコスト上昇係数の推定, 日本建築学会学術講演梗概集, B-I, pp.327-328.
- 22) Power, M. et al. (2008): An Overview of the NGA Project, Earthquake Spectra, 24 (1), pp.3-21.
- 23) 藤原広行・他 (2009) : 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料第 337 号.
- 24) 糸井達哉・高田毅士 (2010) : 確率論的地震ハザード評価における深部地盤構造の影響, 日本建築学会学術講演会梗概集, B-I.
- 25) 藤原広行・他 (2009) : 「全国地震動予測地図」作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料第 336 号.