

第6章

災害に強い地域

～最新の手法を用いた地盤特性評価の事例～

落合 努

(神奈川大学)

はじめに

災害に強い地域とはどのような地域であろうか。

地域の災害に対する強さの一つの考え方として、社会的な特性と自然的な特性に分けることができる（図6.1）。また、社会的特性はさらに、地域にある建物の強さや堤防などハード的なものと、コミュニティのつながりや防災に関する知識の高さなどソフト的なものに分けられる。一方で、自然的な特性としては、地形状況やそもそもその地域の立地、気象状況などが挙げられる。ここでは、最初に社会的特性と自然的特性について概説をするとともに、自然的特性の中で地盤特性に着目し、アジアのいくつかの国で最新の手法を用いた評価事例についての紹介を行う。

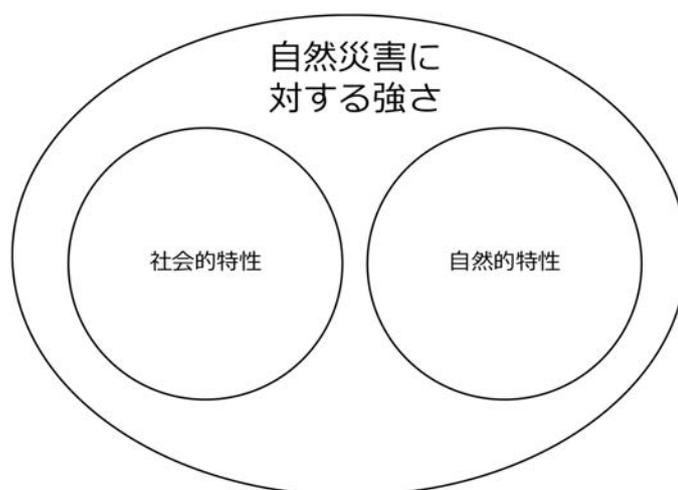


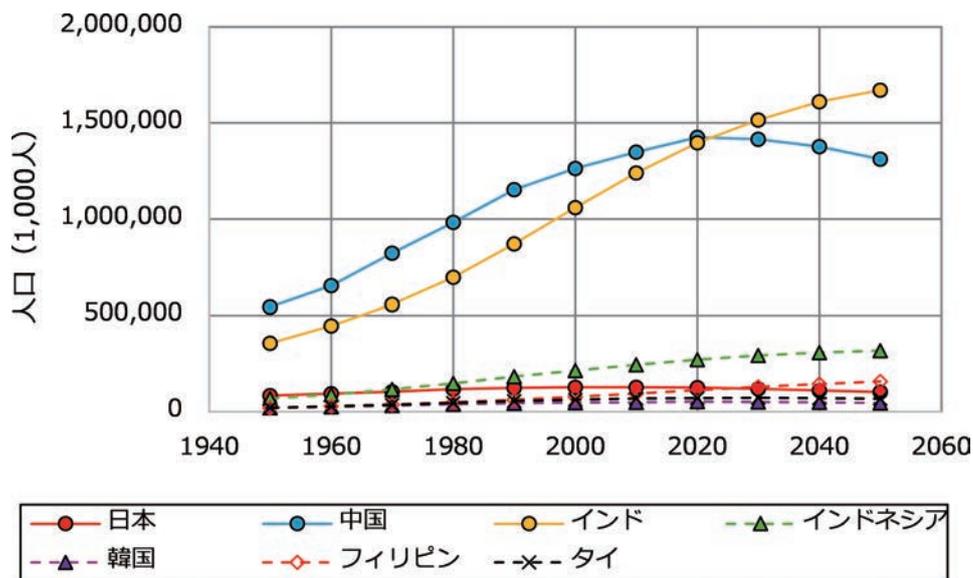
図 6.1 地域の災害に対する強さの概念図

1. 社会的特性の概説

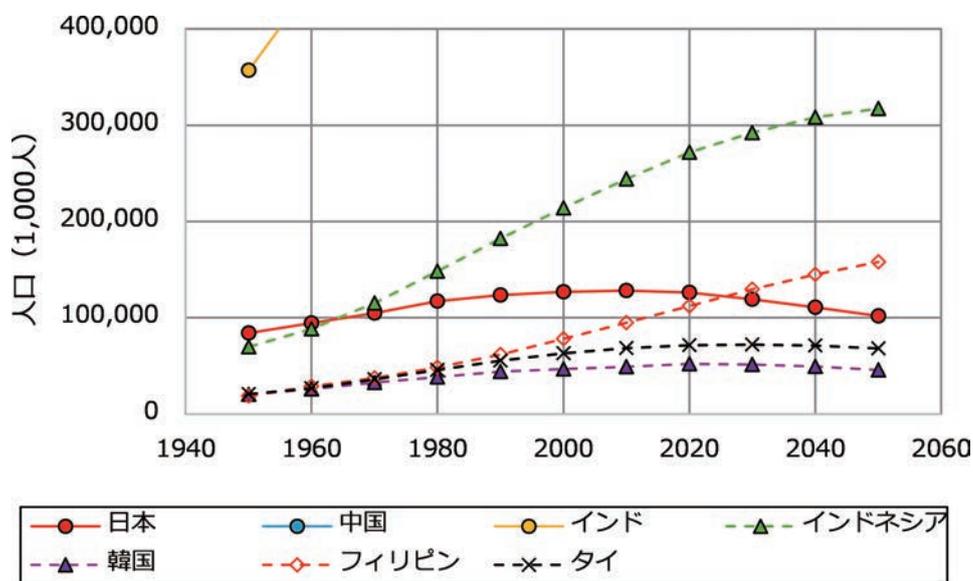
社会的特性としては、前述した通り建物などのハード的なものや、防災教育などのソフト的なものなど多数の項目が挙げられる。ハード的なものとソフト的なものは両方重要な要素であり、それぞれをバランスよく、効果的に組み合わせることが重要である。

ここでは、その社会的な特性の一つとして、人口数やその年代特性の違いについて統計データをもとに分析を進める。人口数の変化は、死亡数と出生数の差による「自然増減」と、流出数と流入数の差による「社会増減」の二つの側面がある。人口数が増加しているということは、若年層が多く労働人口も多いので、経済成長が進んでいる国や地域であるといえる。一方で、人口数が減少している場合は、すなわち平均寿命が長くなり出生率が低下していることを意味し、その地域で少子高齢化が進んでいることが多く、経済的にはやや停滞（成熟）している国や地域が多い。これを災害に関連して考えると、地震や水害など災害が発生した場合は、一般的に若年者に比べると高齢者は身体的に災害弱者となることが多い。すなわち、高齢者が多い地域のほうが災害に対しては弱い地域であると言える。

アジア圏のいくつかの国について、総務省により公開されているデータ¹⁾をもとに作成した人口数の推移（予測値含む）を図6.2に示す。中国とインドは他の国と比べると、人口総数が多いため、縦軸を変化させ、他の国についても見やすくした二つのグラフを作成している（使用している



(a) 全体の推移

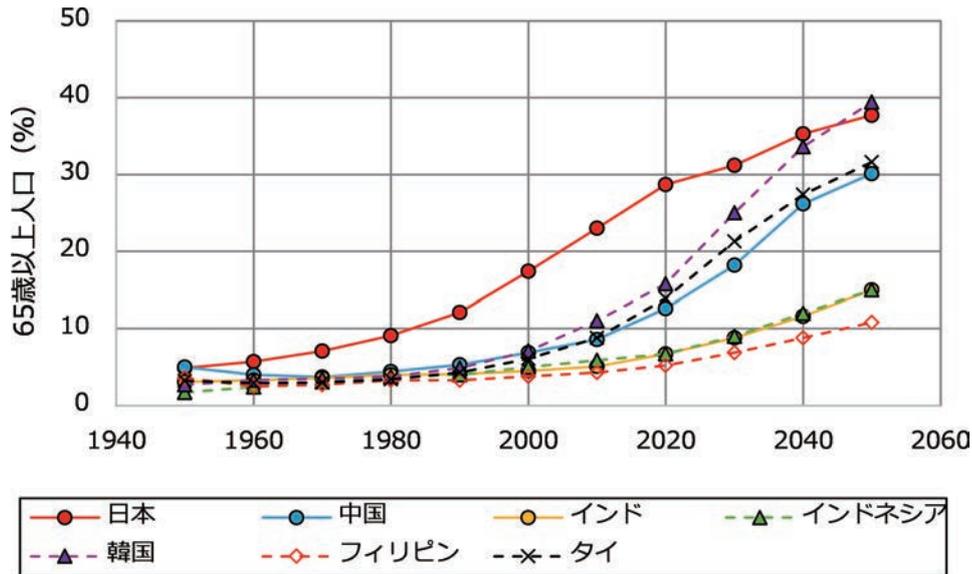


(b) 中国とインドを除いた国の推移

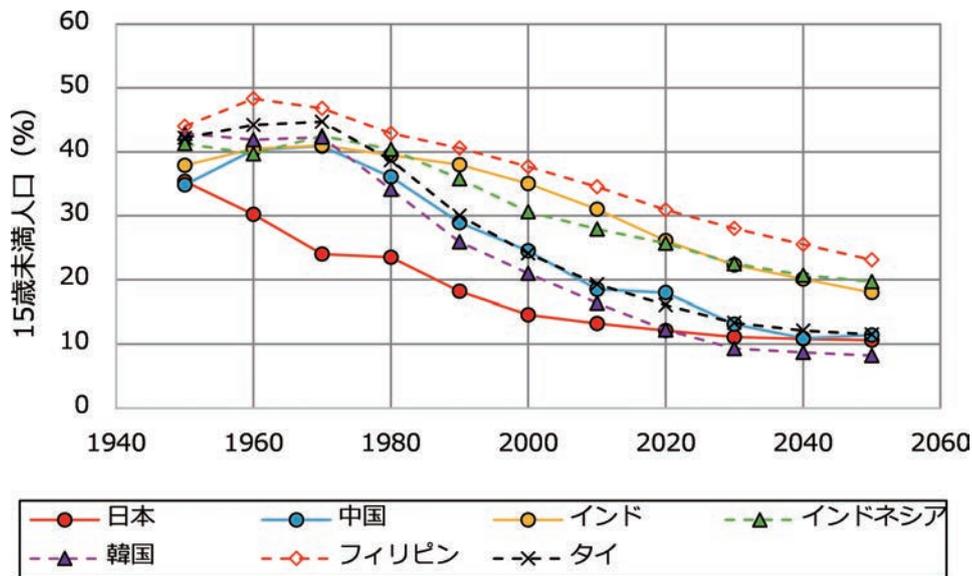
図 6.2 アジアの主要な都市の人口の推移

データは共通)。まず、前述した通り、人口総数としては、中国とインドが圧倒的に多いのが分かる。また、年数の推移に着目すると、インド、インドネシアやフィリピンは1950年から2050年の間、多少の勾配の変化はあるものの、常に増加傾向である。一方で、中国や日本は、2020年付近を境に人口減社会に変化している。

また、同データより65歳以上の人口割合と15歳未満の人口割合を図6.3に示す。基本的には65歳以上の人口が少ないことと、15歳未満の人口が多く、逆の関係となる。また、他のアジアの国と比べると、日本はやや特異な状況であることも読み取れる。例えば、65歳以上の人口は、1970年頃から他のアジアの国と比べてやや割合が多く、2020年頃までその乖離が大きくなる。2020年以降は、韓国やタイ、中国でも65歳以上の人口の割合が大きくなる。2030年以降は、韓国は日本とほぼ同水準となり、人口の30~40%が65歳以上となることが予測されている。15歳未満の人口割合でも概ね同様な傾向となるが、65歳以上の人口割合と比べると日本と他の国との差がやや小



(a) 65歳以上人口の推移



(b) 15歳未満人口の推移

図 6.3 アジアの主要な都市の 65 歳以上人口と 15 歳未満人口の推移

さい。

これらのグラフから、2000年頃から日本の少子高齢化が進みだし、その後近年では韓国や中国を中心に他のアジアの国の多くも少子高齢化が進展しつつあることがわかる。すなわち、アジア全体として経済発展がやや停滞してきていることが示唆され、災害への対応力が徐々に弱くなっていることが想定できる。

例えば、1995年の兵庫県南部地震発生時には、日本はまだそれほど少子高齢化が進んでいなかったため、国にも活力があり、目覚しい速度で復興が進められた。一方で、少子高齢化が進展した2011年の東北地方太平洋沖地震では、感覚的ではあるが復興にかなりの時間を要したと思われる。もちろん、災害の規模が異なるため、復興に時間がどの程度少子高齢化の影響によるかの判断は難しい。しかし、少子高齢化の影響が、東北地方太平洋沖地震の復興に時間がかかった一つの要因として挙げられるのではないかと考えられる。

また、2024年に発生した能登半島地震でも同様なことが起こる可能性が高い。本執筆中は、地震発生から半年ほど経過しているが、現地にはまだ発生直後からほとんど変化がなくがれきの片づけすら進んでいないような場所もある。能登半島は、日本の中でも特に高齢化率が高い地域となる。ここからも、少子高齢化の影響が、災害への対応力に大きく関係していることが読み取れる。

2. 自然的特性の概説

自然的特性としては、そもそも災害が発生しやすい場所かどうかと、同程度の外力であったとしても場所によって影響の程度が変わってくる場合とに分けることができる。災害が発生しなければ災害に強い地域とする必要性は低い。逆に言うと、災害が発生しやすい場所であったら、災害に強い地域となるように対応を進めなければならない。また、同程度の外力による影響が大きければ、同様に災害に強い地域とならなければ発災時に甚大な被害となる。ここでは、災害が発生しやすい場所については地震災害を対象に、また同程度の外力での影響の違いについては洪水を対象に、それぞれ例を挙げて示す。また、同程度の外力での影響の違いについては、次章で、最新の手法を用いた地盤特性の評価事例を挙げて詳しく述べる。

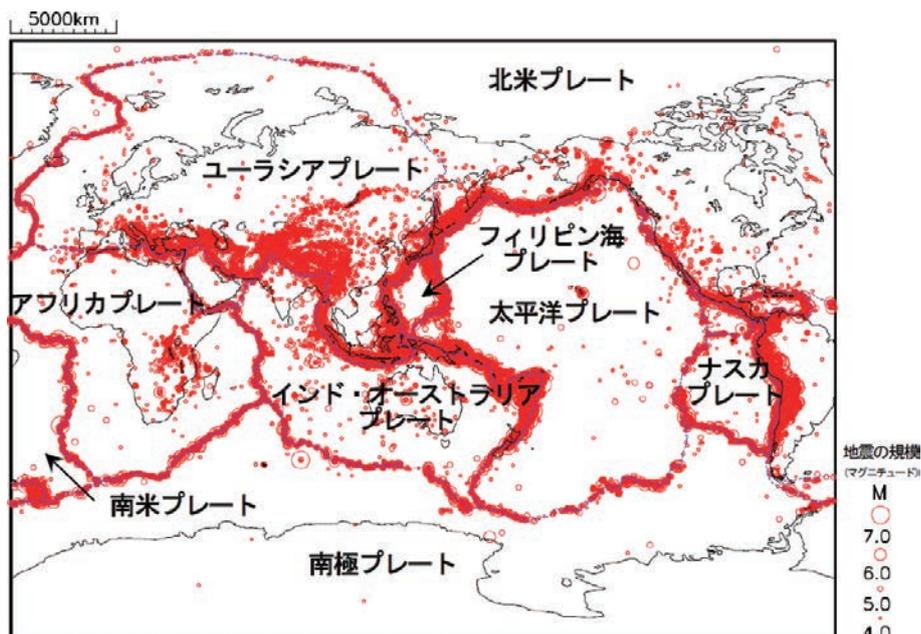
2.1 地震災害の発生しやすい場所

そもそも地震はどのようにして起こるのか？

気象庁 HP などに詳細の説明がなされているが、ここではその概要を示す。地震は、地下で起こる岩盤の「ずれ」により発生する現象である。硬いものに力が生じるとひびが入る。地球の中でも硬い岩盤には常に何らかの力がかかっている。岩盤がこの力に耐えられなくなると、岩盤にひびが入り（岩盤がずれ）地震が発生する。地球の中の岩盤にはどのような力が働いているのだろうか。地球は卵の殻のように表面に硬い岩盤があり、その内部はマントルと呼ばれる液体で構成されている。この表面の岩盤は、地球上で十数枚に分かれていて、それぞれが別の方向に年間数 cm 程度の速さで動いている。これはプレートテクトニクスという考え方で、プレート同士がぶつかったり、すれ違ったりする場所で強い力が発生し、岩盤にひびが入り地震が発生している。

気象庁によって整理された、2014年から2023年の期間に発生した地震の震央分布を図6.4に示す。図には主要なプレートの境界やプレート名が併記されている。図から、地球上でも地震が発生する場所と発生しない場所がはっきりと分かれていることが確認できる。特に、ユーラシアプレートや太平洋プレート、北米プレートの内側は、地震がほとんど発生していない。一方で、図の中心付近であるアジアは、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートやインド・オーストラリアプレートの境界付近となり、非常に多くの地震が発生しているエリアとなる。

似たような図となるが、石川(2019)³⁾によって1920年から2016年の間に発生した、深さ100 km 以浅、マグニチュード7以上の震源データを図化し、図6.5に示した。この震源は、地震後一か月間の余震分布から面的広がりを持って表現され、258個の地震となる。図はマグニチュードの大きさを4段階に区分けしている。この図も先ほどの図と同様に、プレート境界に数多くの地震が分布している。特に、マグニチュードが8.5以上の大きな地震は、太平洋プレート周辺で数多く発生している。アジア周辺のみを拡大すると、日本列島の東側に沿うような弧状と、インドネシア西側の弧状に大きな震源域の地震が広がっていることが確認できる。日本の東側は、太平洋プレートとユーラシアプレートの境界付近となり、インドネシア西側はインド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界付近となる。また、フィリピンの東側にもやや規模が小さくマグニ



※2014年から2023年の期間に発生した地震の震央分布。
 点線は主要なプレート境界。震源データは、米国地震調査所による。
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/jishin/about_eq.html

図 6.4 世界で発生した地震の震央分布²⁾

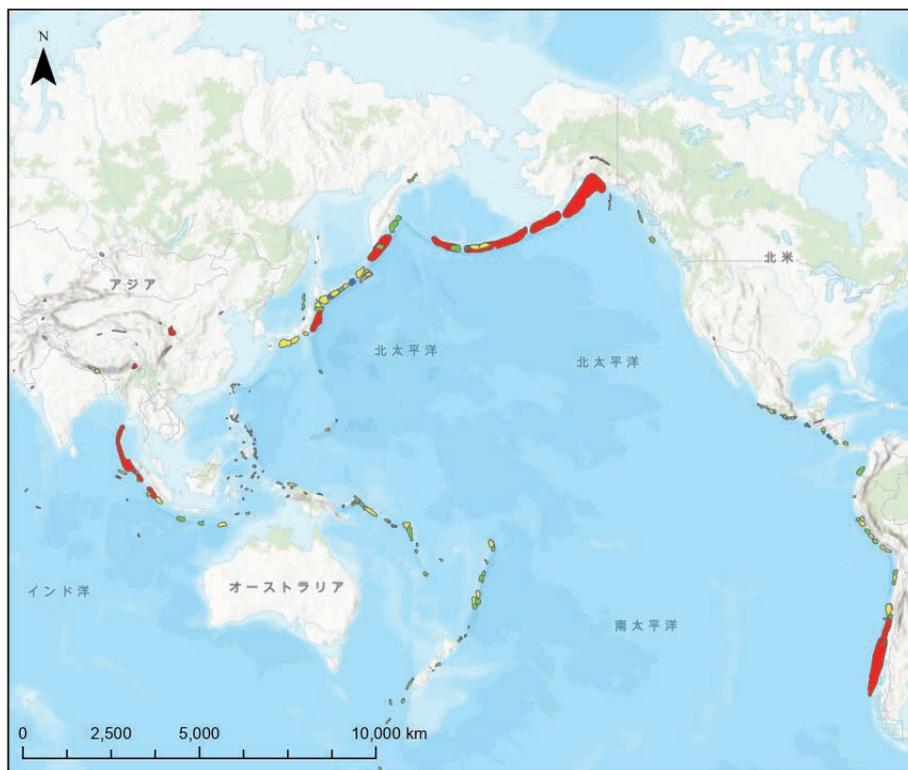


図 6.5 1920年から2016年の間に発生した、深さ100 km以浅、マグニチュード7以上の震源分布

マグニチュード7クラスとなるが弧状に震源分布が連なっている。ここはフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界付近となる。

このように、世界的にみると地震の発生しやすい、すなわち地震災害の発生しやすい場所は、プレート境界に集中している。アジアは大部分がユーラシアプレートの東側に位置するため、ヨーロ

ツパやアフリカなど他の地域に比べると全体に地震災害が発生しやすい地域となる。また、アジアの中でも特にマグニチュード8.5を超えるような巨大地震は日本やインドネシアの近くで多く、フィリピン近くではやや規模が小さいマグニチュード7クラスの地震が多い。よって、これらの国々は、世界の中でもより災害に強い地域となるようにソフトとハードの両者の対策を進める必要がある。ただし、ここでの議論は、近年のおよそ100年間程度の地震データに基づいた議論であり、このデータ上ではこれまで地震が発生していないようなエリアでも、長い地球の歴史を考えると巨大地震が発生している可能性はある。地震災害については、基本的にはどこで発生するかわからないと考えておくことも一つの重要な考え方である。

2.2 洪水災害の発生しやすい場所

水は高いところから低いところに流れる。よって、水による災害は通常標高が低い場所で発生しやすい。

水害についての詳細は、7章でも述べているが、ここでは大雑把に全世界の洪水災害の発生しやすさを確認できる Website として「Flood Map」⁴⁾ を使って議論を進める。これは、地表の標高データに対し任意の海水面を設定することで、どの程度のエリアが浸水してしまうかを評価できるサイトとなる。世界地図で、海水面が0mの場合と、10mとした場合で比較し、アジアのいくつかの都市に着目してみた。どなたでも利用可能なサイトであるため、各自、図を確認してほしい(図は本章最後にまとめます)。

日本の東京付近と大阪付近の比較(海水面0mと+10m)をした。東京付近では、海水面が10m上昇すると、東京湾沿岸部の江戸川区付近から内陸の春日部市付近まで浸水範囲が広がることが確認できる。また、川崎や横浜、千葉の沿岸部もほとんど浸水する。千葉県から茨城県付近では、太平洋側の霞ヶ浦から利根川沿いの内陸部まで広く浸水し、房総半島がほぼ島として孤立してしまっている。大阪付近だと、尼崎市や東大阪市などはほぼ全域浸水し、最も内陸だと京都府宇治市付近まで浸水範囲が広がる。なお、大阪市中心部(大阪市中央区付近)では、一部浸水していないエリアがある。ここは、大阪平野を南北に伸びる上町台地の位置となり、この北側の台地の端部に大阪城が位置している。なお、東京付近でも江戸城があった皇居付近は、海水面が+10mとなっても浸水しない位置となっている。

日本以外の都市として、インドネシアのジャカルタや、フィリピンのマニラでも同じ条件(海水面が0mの場合と10mとした場合)で比較すると、市街地の奥深くまで浸水域が広がっていることが確認できる。また、過去に何度も大規模な洪水に見舞われているバングラデシュでも同様な条件で比較してみると、国土の1/3以上が浸水してしまうことが確認される(バングラデシュの高潮災害の詳細については7章で記載)。

アジアに限らず人口が密集し経済活動が活発なエリアは、利便性などを理由に沿岸部の平野に広がっていることが多く、そのため都市は基本的には水害リスクが高い地域が多い。いくつかの都市について仮に海水面が10m上昇した場合の状況を簡便な手法で確認した。いずれの都市でも、かなりの範囲に浸水域が広がることが確認できた。今回は、単純に標高だけを考慮したかなり大雑把な検討であり実際の状況とは異なると思われるが、沿岸部の標高が低い地域は洪水災害の発生しやすい場所であることに変わりなく、地震災害の発生しやすい地域と同様に、災害に強い地域となるようにハードとソフトのバランスを考え対策を進める必要がある。

3. 地盤特性評価の事例

災害に強い地域を考える際の自然的特性の一つとして、地盤特性が挙げられる。ここでは特に、地震災害を対象に考える。

地震による災害は、建物自体の耐震性はもちろんであるが、対象地点の地盤構造の影響を受けることはよく知られている。一般に、建物に入力される地震動は、震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性によって決定される（図 6.6）⁵⁾。

震源特性は、断層面でのすべり量や破壊過程によって地震波の特性が決定され、巨視的パラメータや微視的パラメータに分けられる。主に地震学分野で精力的に研究が行われていて、発生した地震に対して逆解析などからパラメータを設定し、再現性が高いモデルの設定は可能となりつつある。一方で、今後発生が想定される地震に対しては、適切なパラメータを設定することは現時点では難しい。そのため防災的な観点では、恣意的に特定の地域の地震動が大きくなるようパラメータの設定や、パラメータをランダムにばらつかせて大量なケースを想定し最大値を抽出する事などが行われている。

伝播経路特性は、断層から放射された地震波が硬い地殻内をたどって対象地点近傍まで至る経路で地震動が変化する特性である。こちらも、地震学や物理探査分野で様々な研究がすすめられている。伝播経路の違いによって減衰性が大きく異なることが確認されており、過去の地震記録から抽出する経験的な手法がよく用いられる。

サイト増幅特性は、一般にせん断波速度が 3000 m/s 程度以上である地震基盤より上部の堆積層

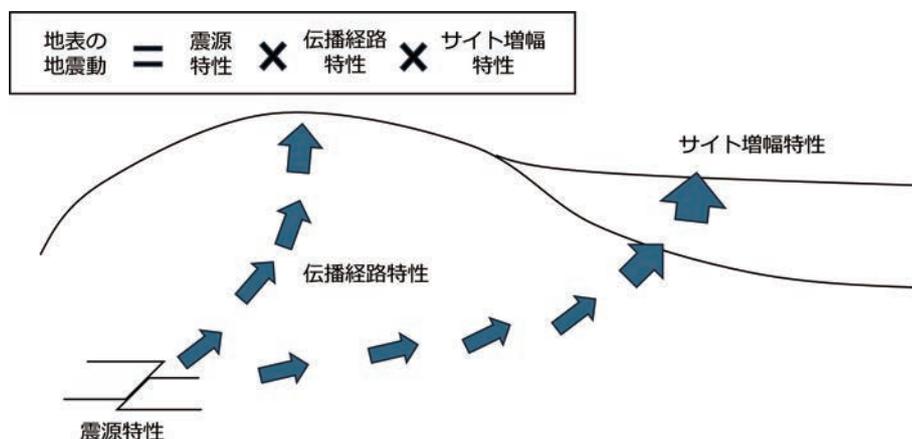


図 6.6 地震動の考え方



a) 層崩壊した木造アパート b) ほぼ無被害の木造家屋

図 6.7 地点の少しの違いによる建物被害の違い（2016 年熊本地震）

によって地震動が変化（増幅）される特性である。主に地震工学や地盤工学の分野で研究がすすめられ、比較的近い地点でも地震動特性が大きく異なる事例が数多く確認されている。また、筆者らが行った地震被害調査でも、構造や建築年代が似たような建物が少し離れるだけで全壊の建物と無被害の建物が確認された事例を数多く確認している。図 6.7 は、2016 年熊本地震発生後に筆者らが行った被害調査の事例である。2つの建物は同一の地区で、外観からのみの判断であるが両者比較的新しい木造の建物である。a) は 1 層が層崩壊しているのに対し、b) は目立った損傷は確認できない。

サイト増幅特性は、深部地盤の影響もあるが特に表層付近の堆積層の影響で大きく異なることがわかっている。震源特性や伝播経路特性に比べて、地震防災を進めるために対策（地盤改良などの物理的な特性の変更だけでなく地盤条件が良い場所への移動なども含む）が可能であることもサイト増幅特性の特徴である。

これらの状況から、災害に強い地域を押しすすめるうえでこのサイト増幅特性を把握することが重要であり、筆者らは常時微動観測を用いたサイト増幅特性を評価する手法としてサイスマイクマイクロゾーニングに関する研究を進めている。ここでは、初めに検討方法についての概要を述べるとともに、検討事例として日本で 2 地区、海外で 2 地区の事例について紹介する。

それぞれの事例から、常時微動観測を用いたサイト増幅特性は過去の地震被害やボーリング調査などから得られた地盤特性と整合性が高いことが確認されている。このことはすなわち、常時微動観測を事前に実施することでその地域が地震に強い地域であるかどうかの判断が可能であると考えている。

3.1 常時微動を用いたサイト増幅特性評価の方法

常時微動を用いたサイト増幅特性評価は、我が国を中心に 100 年以上すすめられており、実務レベルでの活用も多く見られるようになってきている。常時微動を用いて地盤を評価する方法として、大きく 2つの考え方がある。一つは、「微動のスペクトルから地盤種別や卓越周期などを直接求める考え方」（単点観測）、もう一つは、「微動から地盤構造を反映するデータを抽出し逆解析などから S 波構造を求める考え方」（微動探査）である。

ここでは、地域としてある程度広域な領域を対象とするため、比較的簡便で広域な評価が可能な手法である「単点観測」を用いた評価について述べる。

常時微動の単点観測では、H/V スペクトル比（水平方向と鉛直方向のスペクトルの比、以降は MHVR: Microtremor H/V spectrum Ratio）を用いた地盤評価が行われることが多い。MHVR の理論的な解釈については、現在でも様々な意見があるが、「時間によらず安定的な特性を示すこと」や「観測地点近傍の地下構造を反映していること」は概ね共通した認識として解釈されている。

MHVR は、現地で観測された常時微動の時刻歴波形の 3 成分（基本的には、水平 2 方向（NS、EW）と鉛直方向（UD））を用いて算出する。時刻歴波形から、任意の区間を対象にフーリエスペクトルを算定し、水平 2 成分のスペクトルを相乗平均し、上下成分で除することで MHVR を算出する。MHVR の算出事例を図 6.8 に示す。

MHVR を用いた代表的な地盤評価の一例として、大町・他（1994）⁶⁾ の研究成果を紹介する。この研究では、常時微動の主成分はレイリー波であることを前提に、2 層地盤の水平上下スペクトル比は、インピーダンス比が 1.0 から減少するにつれて、V 字型、W 字型、および逆 N 字型となり、また、多層地盤の場合の√字型も加えて類型化をした。この類型化を実測の微動にも適用し、東京都の 546 地点の結果を整理している（図 6.9）。結果から得られた卓越周期分布は既往の検討結

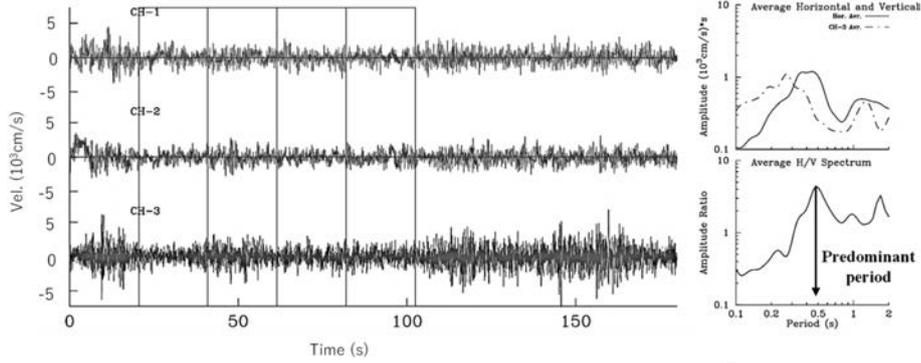


図 6.8 常時微動による MHVR の例 (落合・他 (2003))⁷⁾

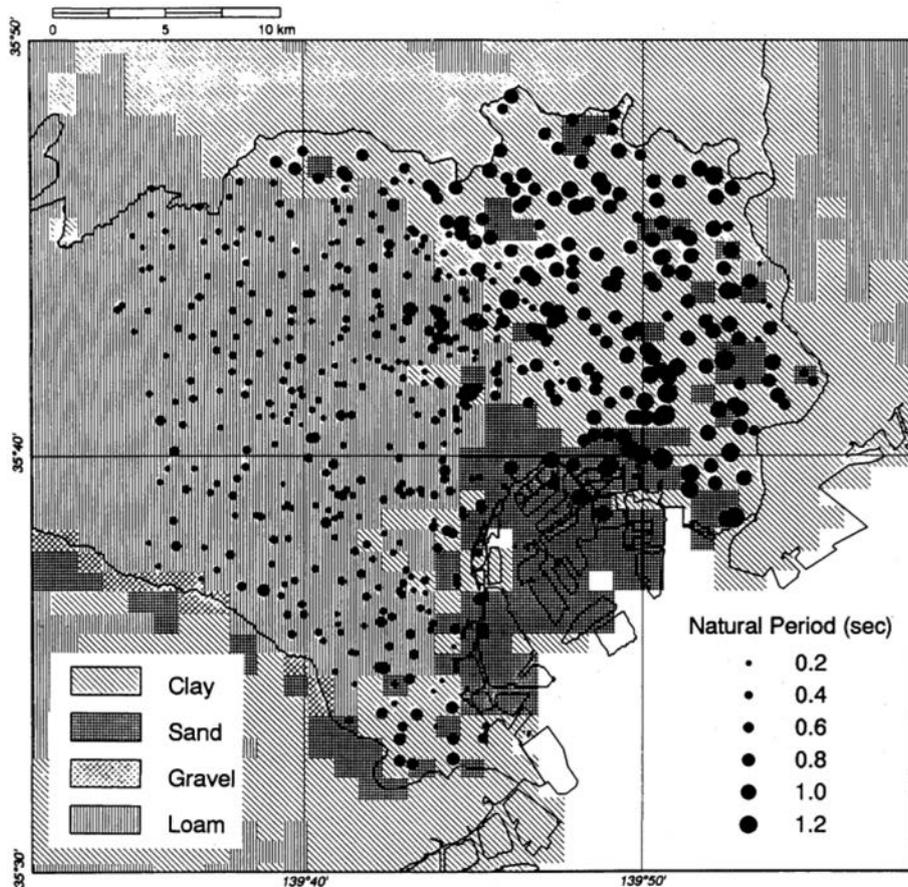


図 6.9 東京都区部の常時微動から推定した地盤の卓越周期の分布と表層地質 (大町・他 (1994))⁶⁾

果と整合的であり、その実用性が実証されたとされている。

この事例と同様に、筆者らも国内外のいくつかの地域で、MHVR を用いたサイト増幅特性の評価を行っている。次節より具体的な評価事例を挙げる。

3.2 評価事例

3.2.1 相模平野

相模平野では、平野の低地部を中心に概ね 500 m 間隔で 977 地点の常時微動観測を行い、MHVR を用いた分析を実施している。また、5 か所で、定点連続観測 (1 か所で 1 日から 1 週間程度の連続観測) を実施し、微動の安定性の評価も行っている。いずれのケースも、横軸である卓越

周期は標準偏差が0.1程度以下と安定している。また、縦軸である MHVR は卓越周期に比べるとややばらつきが多いが、標準偏差は0.8以下とある程度は安定している。

MHVR から求めた卓越周期の分布（図 6.10）から、以下の特徴が確認できる。

- ①台地部は全体に卓越周期が短い。
- ②平野を東西方向にみると、相模川流域の卓越周期が相対的に長い。
- ③相模川を南北（縦断）方向にみると、河口側の卓越周期が相対的に長い。
- ④相模川右岸側で、一部特に卓越周期が長いエリアが分布する。

ボーリングデータなどから想定されている相模平野の沖積層基底の地形を図 6.11 に示す。ボーリングデータから得られているこれらのデータと、前記した微動観測による卓越周期の特性はよく対応している。すなわち、卓越周期の大局的な分布（①～③）は、図 6.11 の沖積層厚に対応する。また、④の相模川右岸の局所的に卓越周期が長いエリアは、相模川河口付近の砂州・砂丘地帯（砂質土主体地域）から、後背湿地（粘性土主体地域）へ変わった地域に相当する。また、この MHVR の卓越周期が大きなエリアは、1923 年関東地震の全潰率とも整合的である。1923 年関東地震の全潰率は市町村単位と区分が荒いので詳細な比較は難しいが、例えば相模川河口右岸側の平塚

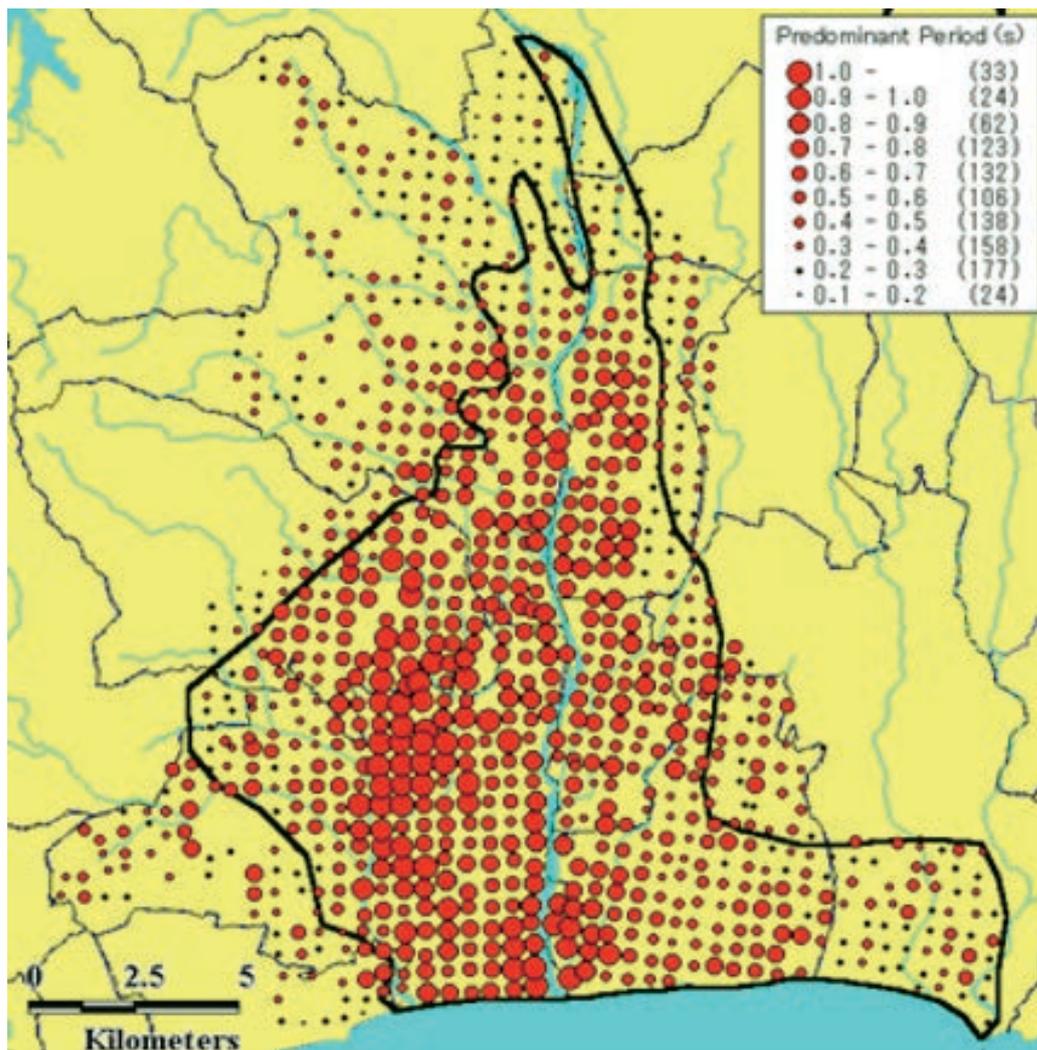


図 6.10 MHVR による卓越周期分布（相模平野）（落合・他（2003）⁷⁾

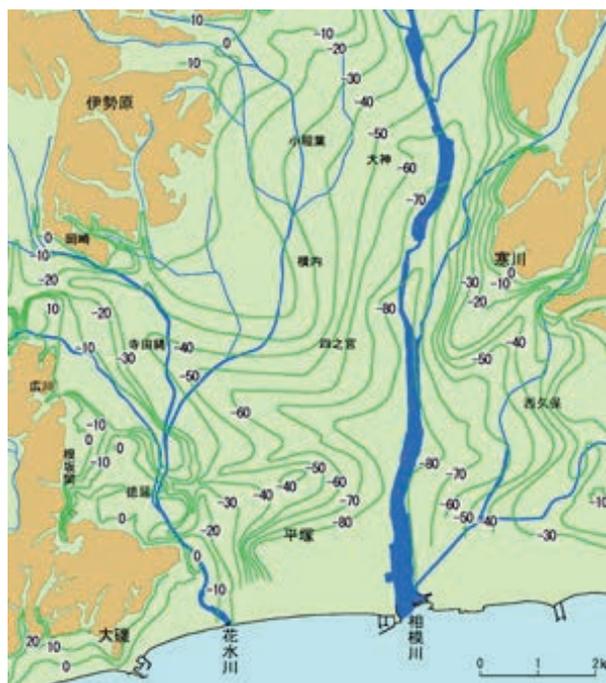


図 6.11 相模平野の沖積層厚分布（平塚市博物館 HP）

町の全潰率（30-60%）と比べると、やや内陸の金田村や大野村の全潰率が大きい（60-100%）。これは、図に示した MHVR の卓越周期の分布とよく整合している。

3.2.2 横浜市

横浜市では、前述した相模平野よりさらに細かく概ね 250 m 間隔で約 6000 点の常時微動観測を行っている。

横浜市の地形区分図上に MHVR の卓越周期分布を重ね合わせて図 6.12⁸⁾ を示す。横浜市の地形的な特徴として、人工改変地が多く、また北西部に広がる台地・丘陵地の表面にはローム層が不規則に堆積している。そのため、相模平野と比べると、全体にやや卓越周期にばらつきが多い傾向がある。しかし、全体的な傾向としては標高の高い西部から標高の低い東部にかけて徐々に卓越周期が長くなる傾向が認められている。また、特に周期が長い（0.8 秒以上）地域である黄色や赤のエリアは、北部の鶴見川流域と、中央部の帷子川・大岡川流域に分布している。

横浜市によって調査された、ボーリングデータを参考に想定された AVS30 の分布を図 6.13 に示す。AVS30 とは、表層から 30 m までの地盤のせん断波速度の平均値であり、値が小さいほど地盤が軟弱な（サイト増幅特性が大きい）ことを意味している。前記した、MHVR の卓越周期が長い地域（鶴見川流域や帷子川、大岡川流域）は AVS30 が 150 m/s 以下と小さい値を示しており、MHVR の分布（MHVR では逆に大きな値となる）と整合している。

3.2.3 カラカス（ベネズエラ）⁹⁾

ベネズエラの首都であるカラカスでは、500 m 間隔で常時微動計測を行い、他の事例と同様に、卓越周期分布を用いた検討を行っている（研究は 1999 年度の科研費（No. 11694178）で行われた成果の一つ）。

ベネズエラは、南米大陸の最北端のプレート境界に位置し、サンセバスチャン、ピラル断層などが存在し、地震活動が比較的高い。2 章のプレート境界の図では、ナスカプレートと南米プレ

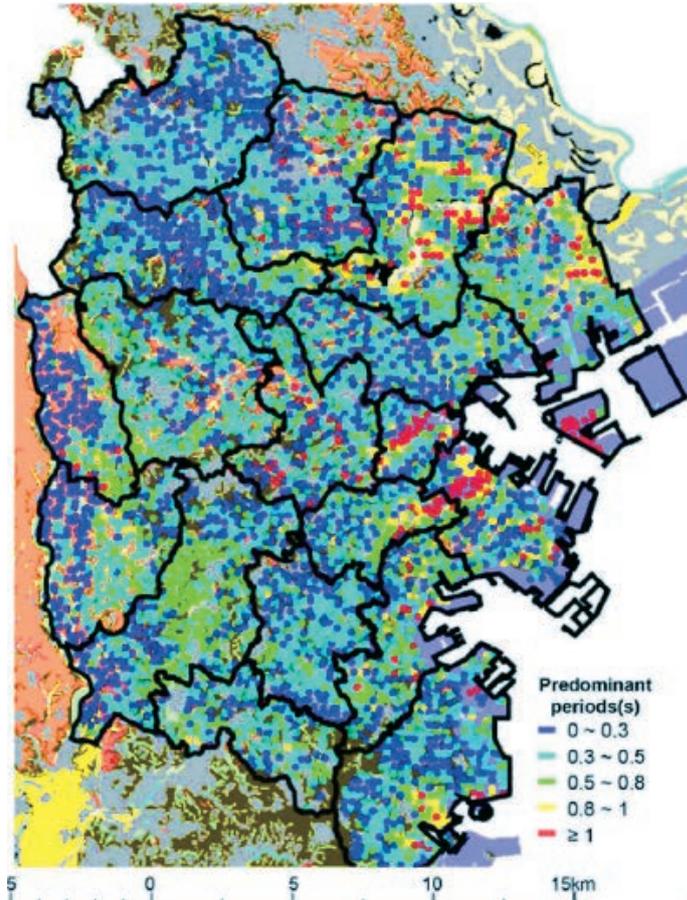


図 6.12 MHVR による横浜市の卓越周期分布 (ochiai et.al. (2019)⁸⁾

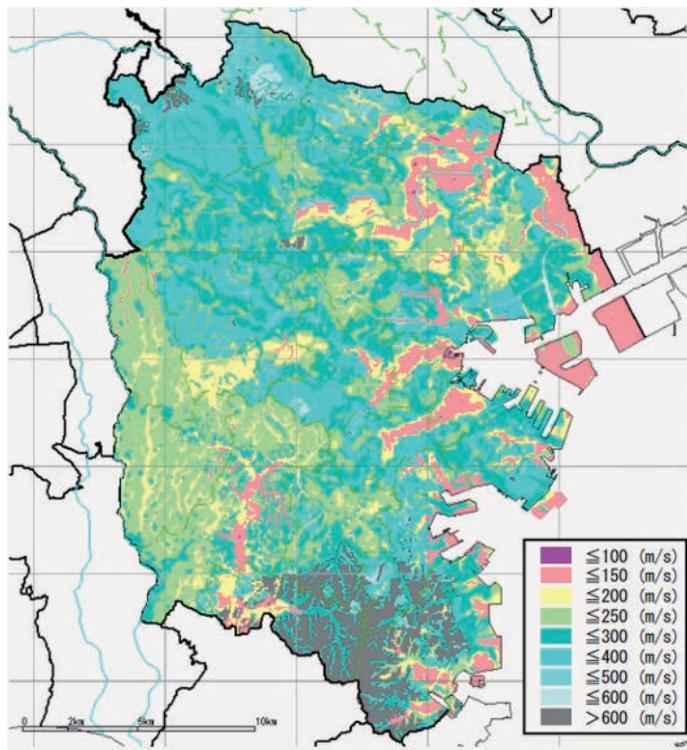


図 6.13 ボーリング調査による推定された横浜市の AVS30 の分布 (横浜市 HP)

トの境界付近に位置する。1967年7月に発生したカラカス地震（M6.5）では、多数の高層ビルが被災し約300人の死者が発生している。地震発生後に、いくつかの地点で地盤調査が行われており地震被害が著しかったロスパロスグランデスでは基盤岩までの深さは200～300mに達し、堆積層

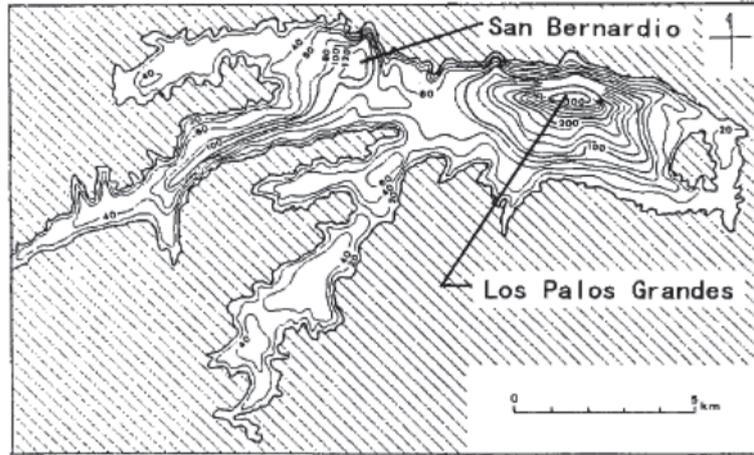


図 6.14 カラカス地域の堆積層厚の分布（荻本・他（2000）⁹）

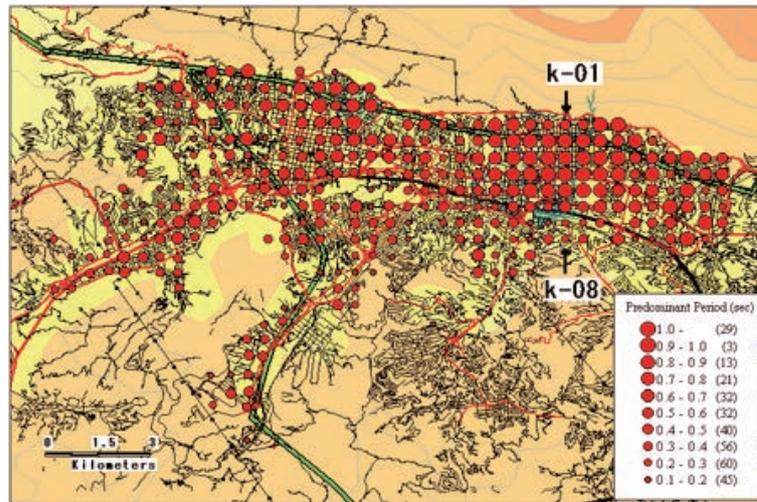


図 6.15 MHVR による卓越周期の分布（カラカス）（荻本・他（2000）⁹）

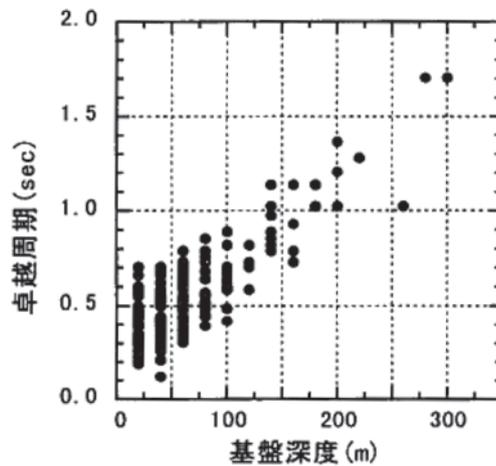


図 6.16 卓越周期と堆積層厚の関係（カラカス）（荻本・他（2000）⁹）

のせん断波速度は 480~570 m/s であることが確認されている。これらの調査から、図 6.14 に示す通りカラカス地域の堆積層分布が示されている。

これまでと同様に、MHVR による卓越周期の分布 (図 6.15) によると、北東部と北西部に卓越周期が長いエリアが目玉状に分布している。これは、前記した基盤深さの分布と整合している。そこで、基盤深度と卓越周期の関係をプロットしてみた (図 6.16)。図では基盤深度が 100 m だと卓越周期が概ね 0.6 秒、200 m だと 1.2 秒程度と右肩上がりの正の相関がある。この基盤深度と卓越周期の関係から、堆積層のせん断波速度を推定すると (1/4 波長則：地盤を 2 層構造と仮定すると地盤の固有周期は層厚の 4 倍をせん断波速度で除して推定する簡便式) 600 m/s となり、前述した PS 検層の結果とも整合的である。

3.2.4 マニラ (フィリピン)¹⁰⁾

フィリピンの首都であるマニラでは、都市化の著しい地域で 1 km 間隔、その他の地域は 2 km 間隔で常時微動計測を行っている (研究は 1997 年度の科研費 (No. 07044168) で行われた成果の一つ)。

フィリピンは、日本と同様に世界的に地震危険度の高い地域の一つである。一方で、マニラ首都圏は人口 1,000 万人を超える世界有数の大都市である。しかし、過去には何度も大地震で被害を受

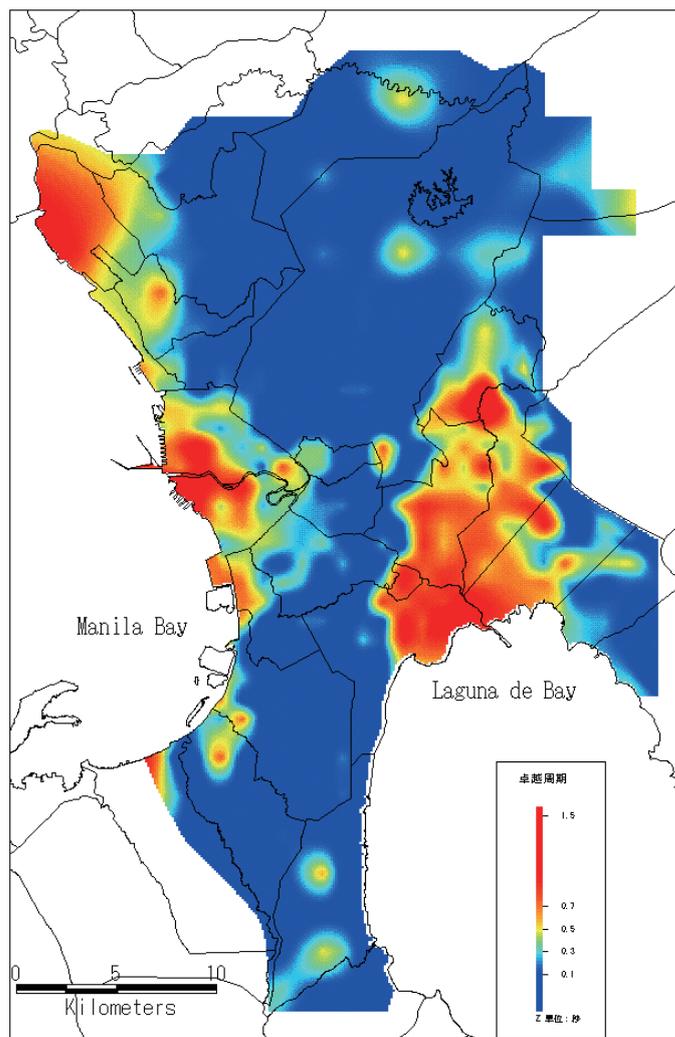


図 6.17 マニラ首都圏の地盤状況 (精木・他 (1996))¹⁰⁾

けていて、特に1990年のルソン地震では、死者12830名、負傷者27861名と甚大な被害が発生している。この地震の被害は、マニラ市内の海岸沿いの軟弱地盤地域に集中していた。過去の調査から、マニラ首都圏の大まかな地盤状況が報告されている。マニラ首都圏の中心部の表層地盤は、台地と軟弱地盤地域に大別される。台地は、マニラ首都圏の基底面を形成しているグアダルーペ層群がむき出しとなっているか、せいぜい最大2m程度の風化した地層に覆われている。軟弱地盤地域は、マリキナ・ヴァレー沖積平野とパッシング川によって作られたマニラ扇状地平野の軟弱な沖積層からなる(図6.17)。

マニラ地域のMHVRによる卓越周期の分布を図6.18に示す。図の南東や南西の沿岸部で卓越周期が長い地域が確認でき、軟弱層厚の分布とよく整合している。

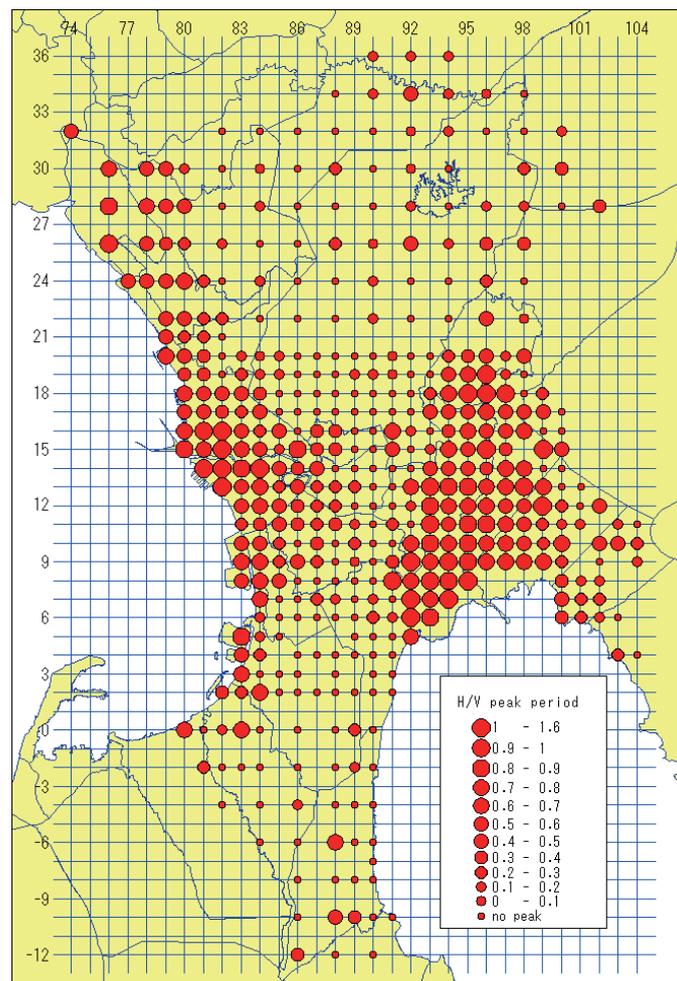


図6.18 MHVRによる卓越周期の分布(マニラ)(Abeki et al. (2000))¹⁰⁾

むすびにかえて

災害に強い社会として、地域の災害に対する社会的特性と自然的特性に分けて論じた。また、自然的特性の一つとして、地盤特性の評価について最新の手法を用いた事例を紹介した。

社会的特性としては、経済が停滞してくると間接的に災害には弱い地域であるとの仮説のもと、人口の推移に着目して分析を行った。統計データから、アジア圏の代表的な国を対象に総人口と

15歳未満、65歳以上の1950年から2050年（後半は推計値）の推移をグラフで示した。グラフから、アジア各国は共通して2000年付近までは人口増の時期で、15歳未満の人口の割合も高く、経済的に発展期であったことがうかがえる。すなわち、もし災害があった場合でも、復旧や復興への活力は大きかったことが推察できる。一方で、2000年以降は全体的に人口減社会になりつつあり、特に中国や日本では減少率が高い。すなわち、経済的には停滞期となり、災害への対応力が弱くなってきているともいえる。

自然的特性としては地震と洪水に着目し、それぞれアジア圏の特性について地図化されたデータを用いた分析を行った。地震としては、世界で発生している地震の震央分布図から、アジア圏は世界的に見ても地震に対するリスクが大きいことを確認した。また、特にマグニチュードが大きな地震については、アジアの中でも日本とインドネシア付近に集中していて、アジアの中でも地震に対する危険性が高い地域と低い地域があることを示した。洪水に関しては、インターネット上でフリーに使用できるツール（Flood Map）を用いて、アジア圏のいくつかの沿岸都市を対象に、仮に海水面が10m上昇した場合に、陸域がどの程度浸水してしまうかを可視化することで、洪水に対するリスクを確認した。いずれの都市でも、海水面が10m上昇するとかなりのエリアが浸水してしまうことが確認でき、ごく簡単な仮定条件でも洪水に関する危険性が高い地域を確認できることを示した。

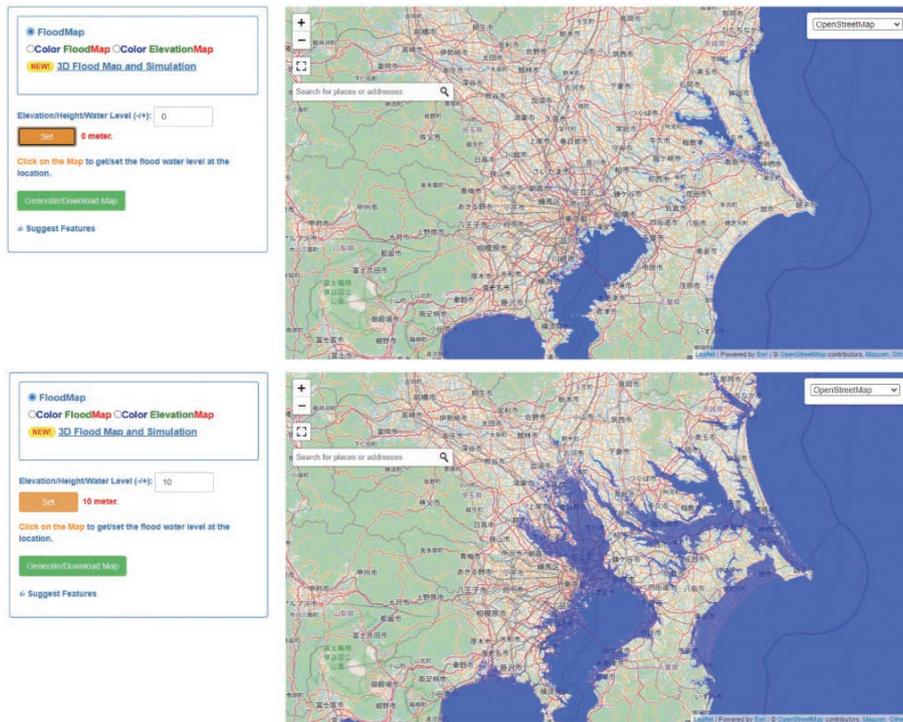
また、最後に自然的特性の一つとして、地震災害に関する脆弱性を評価する手法として主に地盤の常時微動計測を用いたサイズミックマイクロゾーニングの実施事例を紹介した。事例は、日本で2地区（相模平野、横浜）と海外で2地区（ベネズエラのカラカス、フィリピンのマニラ）である。いずれの地域でも、その地域内で地盤の固有周期の分布が異なる、すなわち地震の時に揺れが大きくなる地域とそうでない地域の分布が確認された。

本章では、災害に強い社会として、社会的特性と自然的特性に分けて論じた。これらの考えで、災害に強い地域と弱い地域などの地域特性の把握が可能となる。災害に強い社会とするためには、それらの地域特性を生かした防災・減災に関する取組を進めることが重要と考えている。

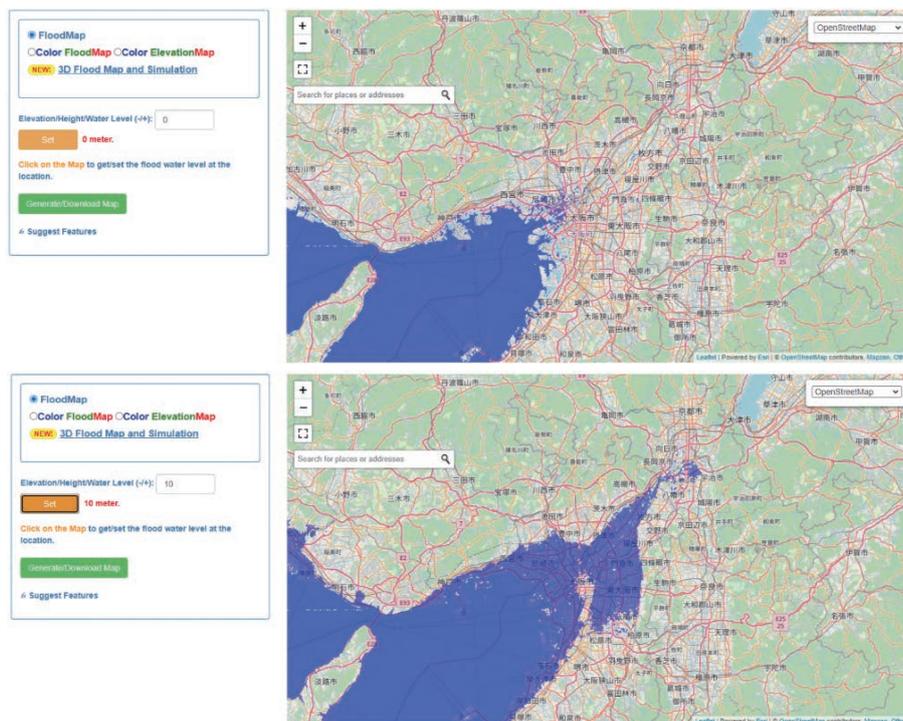
参考文献

- 1) 総務省統計局（2023）：世界の統計 2023、<https://www.stat.go.jp/data/sekai/pdf/2023al.pdf>
- 2) 気象庁 HP：地震の起こる場所、地震発生のしくみ
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/jishin/about_eq.html
- 3) 石川有三（2019）：世界の震源域の分布 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ、地質調査総合センター研究資料集、no. 667
- 4) Flood Map
<https://www.floodmap.net/>
- 5) 防災科学技術研究所：強震動の基礎 ウェブテキスト 2000 版、
<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/gk/publication/index.html>
- 6) 大町達夫、紺野克昭、遠藤達哉、年縄巧（1994）：常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定方法の改良と適用、土木学会論文集、No. 489/I-27、pp. 251-260
- 落合努、山本敏雄、服部秀人、荏本孝久（2003）：高密度微動観測を用いた相模平野の表層地盤振動特性のゾーニングに関する研究、地域安全学会論文集、No. 5、pp. 21-26
- 8) Ochiai, T., Enomoto, T. (2019): Development of Detailed Micro-Land Form Database and Amplification Characteristics in Kanagawa Prefecture, Japan, Journal of Geographic Information System, pp. 61-81
- 9) 荏本孝久、落合努、笠谷学、柳川克弥、精木紀男（2000）：ベネズエラ・カラカス市における地震災害危険度評価に関する研究 -微動観測に基づく地盤の周期特性と建物被害に関する基礎的検討-、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 269-270
- 10) Norio Abeki, Katsuya Yanagawa, Bartolome C. Bautista, Maria Leonila P. Bautista, Toshio Kikuchi, Mamoru

Yamada and Kazuhiko Onuma (2000): DEVELOPMENT OF GIS DATA BASE MAPS FOR SEISMIC DISASTER MITIGATION IN METRO MANILA, INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE INTEGRATION OF DATA FOR SEISMIC DISASTER MITIGATION IN METRO MANILA, pp. 143-154



参考1 関東近辺



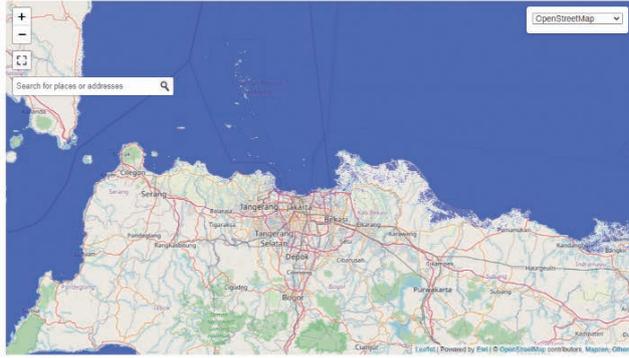
参考2 大阪近辺

FloodMap
 Color FloodMap Color ElevationMap
 NEW: 3D Flood Map and Simulation

Elevation/Height/Water Level (+/-):

0 meter.

Click on the Map to get/set the flood water level at the location.

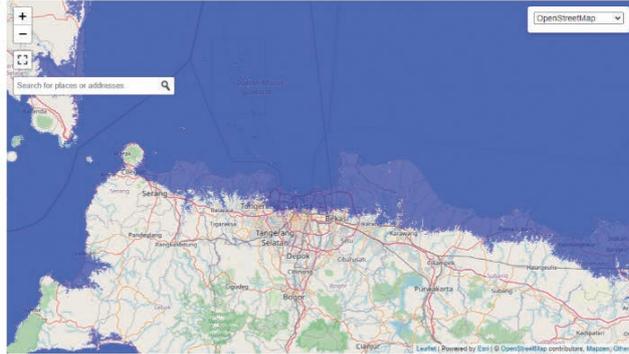


FloodMap
 Color FloodMap Color ElevationMap
 NEW: 3D Flood Map and Simulation

Elevation/Height/Water Level (+/-):

10 meter.

Click on the Map to get/set the flood water level at the location.



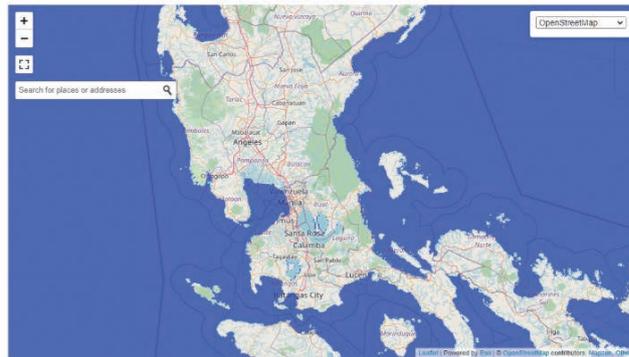
参考3 ジャカルタ近辺

FloodMap
 Color FloodMap Color ElevationMap
 NEW: 3D Flood Map and Simulation

Elevation/Height/Water Level (+/-):

0 meter.

Click on the Map to get/set the flood water level at the location.

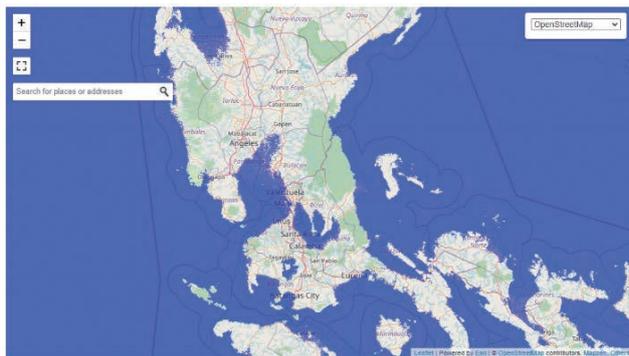


FloodMap
 Color FloodMap Color ElevationMap
 NEW: 3D Flood Map and Simulation

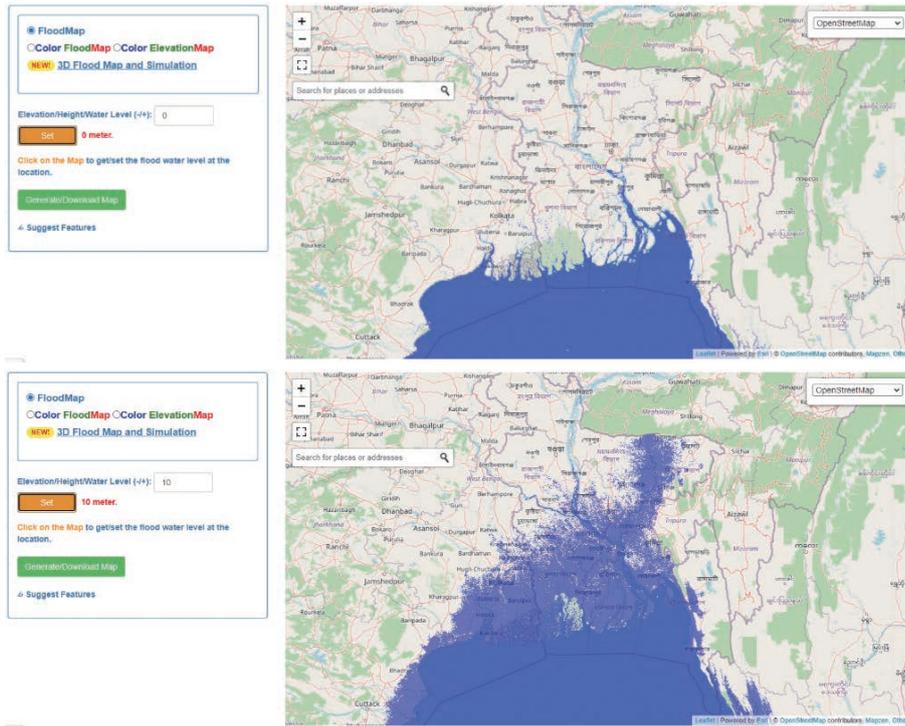
Elevation/Height/Water Level (+/-):

10 meter.

Click on the Map to get/set the flood water level at the location.



参考4 マニラ近辺



参考5 バングラディッシュ近辺

