

地震防災マップ作成技術資料

平成 17 年 3 月

内閣府（防災担当）

目 次

はじめに	1
第1章 揺れやすさマップ	
I. 揺れやすさマップ作成の概要	3
1. はじめに	3
2. 地盤構造について	5
II. 経験的手法による揺れやすさマップ作成の考え方	6
1. 全体概要	6
2. 作業手順の解説	8
2-1 メッシュの大きさの設定	8
2-2 データの収集	10
2-3 表層地盤モデルの設定	11
2-4 震源の設定	11
2-5 工学的基盤での地震動予測	11
2-6 地表での地震動予測	11
2-7 揺れやすさマップの作成	12
III. 経験的手法による揺れやすさマップ作成のケーススタディ	13
1. 作成手順	13
1-1 メッシュの大きさの設定	16
1-2 データの収集	20
1-3 微地形区分の設定	25
1-4 各メッシュにおける AVS30 の設定	25
1-5 表層地盤の増幅度の設定	28
1-6 震源の設定	28
1-7 工学的基盤での地震動予測	28
1-8 地表での地震動予測	28
1-9 揺れやすさマップの作成	28
2. ケーススタディで実施した具体的手法	29
2-1 微地形区分の設定	29
2-2 各メッシュにおける AVS30 の設定	40
2-3 表層地盤の増幅度の設定	55
2-4 震源の設定	55
2-5 工学的基盤での地震動予測	64
2-6 地表での地震動予測	64

2-7 揺れやすさマップの作成	65
IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例	67
 第2章 地域の危険度マップ	
I. 地域の危険度マップ作成の概要	97
1. 地震による建物被害とその想定手法について	97
2. 作成手順	98
II 地域の危険度マップ作成のケーススタディ	101
1 作成手順	101
2 ケーススタディで実施した具体的手法	104
2-1 50m メッシュ別の建物データの作成	105
2-2 50m メッシュ別の建物全壊率の算出	108
2-3 50m メッシュ毎の建物全壊棟数率の算出	111
2-4 マップへの表示	113
(参考) 計測震度と建物全壊率の関係	118
III 地域の危険度マップ作成における具体的な処理事例	122
 参考 火災被害マップ及び人的被害マップの作成手法について	
1 火災被害マップの作成の概要	137
1-1 地震による火災被害とその想定手法について	137
1-2 作成手順	137
2 人的被害マップの作成の概要	140
2-1 地震による人的被害とその想定手法について	140
2-2 作成手順	141
 参考文献	
	143

はじめに

1 地震防災マップ作成の目的

阪神・淡路大震災では、犠牲者の約8割以上が住宅等の倒壊による圧死であった。このような大きな被害をもたらす地震から人命、財産を守るためには、住宅等の耐震化が重要であり、これを進めていくことが急務となっている。しかしながら、新耐震基準（昭和56年6月）以前の住宅・建築物の約6割が耐震性に問題があるにもかかわらず、耐震化への第一歩である耐震診断すらなかなか行われていないのが現状である。

住宅等の耐震化を効果的に推進するためには、住宅所有者等の防災意識の高揚が重要である。そのためには、広報に加え、既に一部の地方公共団体において一定の効果を得ている地震ハザードマップ（震度マップ、住宅被害マップなど）を活用し、これを各地方公共団体において作成、公表することにより住宅所有者等の防災意識の高揚を図っていくことも効果的であると考えられる。

そこで、本技術資料では、住宅等の耐震化を促進するために、住宅所有者等の防災意識の高揚を図るために公表することを目的とした地震防災マップの作成方法の解説を行うものとする。

2 本技術資料で取り上げるマップについて

住宅の倒壊等を原因とする窒息・圧死、住宅・家財等財産の多大な損害から人命および個人財産を保護するためには、その地域において発生の恐れがある想定地震における建物被害等の可能性を住民に伝え、防災意識の向上や人命や個人財産を守る住宅等の耐震化を促していくことが必要である。そのためには、住民にとってなじみのある情報であって、理解しやすいものであり、また、その情報が身近に感じられるものを、地震防災マップとして提供することが求められる。

そこで、本技術資料では、以下の2種類のマップ作成方法を解説する。

1) 揺れやすさマップ

一般的に、どこかの地域で地震が発生した際に住民に知らされる情報は震度であり、これにより地震の大小を判断することが住民の間では通常行われていると考えられる。また、危険を身近に感じるためには、自らの居住地をマップにおいて明確に認識できることが必要であると考えられることから、個々の居住地が認識可能な縮尺のマップであることが求められる。

よって、本技術資料においては、地域の揺れやすさを地盤の状況とそこで起こりう

る地震の両面から評価し、地震動の強さで表したマップ（以下「揺れやすさマップ」という。）を居住地が認識可能な縮尺で作成する手法を解説する。

具体的には、マップ作成の概要、マップ作成の考え方を解説し、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」で採用されている手法を用いたマップ作成のケーススタディを例として紹介することとする。

2) 地域の危険度マップ

「揺れやすさマップ」が作成できた場合、これに地域の社会的なデータを併せて、地域において引き起こされる被害に関する検討を行うことが可能である。その結果をまとめて、被害に関するマップとして住民に示すことは、地震による危険をさらに身近に感じてもらい、防災意識の向上に資するものになると考えられる。

被害に関するマップとして、地震によって引き起こされる建物被害、人的被害、液状化被害、斜面崩壊被害等の様々なタイプのものが考えられるが、本技術資料では、住宅等の耐震化促進のために住民に提供する情報として、住民にわかりやすく、火災被害、人的被害等の直接的な原因のうちの主要因¹である建物被害に着目し、これをマップとして示した「地域の危険度マップ」について解説することとする。

¹ 阪神淡路大震災の犠牲者の8割は地震時の建物被害によって亡くなっている。

第1章 揺れやすさマップ

1. 揺れやすさマップ作成の概要

1. はじめに

本技術資料では、地域の揺れやすさを地盤の状況とそこで起こりうる地震の両面から評価し、揺れの強さで表したマップのことを揺れやすさマップと定義している。したがって、地域における地震による揺れの強さをいかに精度良く推定を行うかが、揺れやすさマップを作成する上で重要な鍵となる

この地震による揺れの強さは、主として、「地震の規模」、「震源からの距離」、「表層地盤」の3つの要件により異なる。地震の規模（通常マグニチュード（M）で表される）が大きいかほど揺れの強さは大きくなるが、震源からの距離が離れれば揺れの強さは小さくなる。しかし、同じ地域においても表層地盤により揺れの強さは大きく異なり、表層地盤が柔らかい場所では、表層地盤が硬い場所に比べ揺れは大きく、震源からの距離が離れていても表層地盤が柔らかい場合には揺れの強さは大きくなる。

このため、揺れの強さに対応した地震動の予測を行うには、想定する震源や地震波が伝播する地殻構造のみでなく、できる限り表層地盤の影響を反映することが重要となる。また、超高層ビルや石油タンク等の長大構造物への影響を評価するには、長周期地震動の推定が必要となる。

地震動の推定は、多くの場合、震源から離れたある場所までの地震動を推定し、次いで、その場所の表層地盤の影響を加える2段階の計算で行われる。震源から離れたある場所の地震動を推定する手法には、「震源モデルをもとに地震波形を計算する手法」と、「震源からの距離に応じて地震の揺れの強さを推定する経験的手法」とがある。その基盤から地表までの地震動を推定する手法にも、「表層地盤構造を設定して地震波形を計算する手法」と、「表層地盤の柔らかさに応じて地震動がどの程度増幅するかを推定する経験的手法」とがある。

地震動の推定の方式は代表的なものとして、次のA、B、C、Dの4つが挙げられる（表I.1-1 参照）。

- ① **方式A**：「震源からの距離に応じて地震の揺れの強さを推定する経験的手法」と「表層地盤の柔らかさに応じて地震動がどの程度増幅するかを推定する経験的手法」により地震動を推定する。
- ② **方式B**：「震源モデルをもとに地震波形を計算する手法」と「表層地盤の柔らかさに応じて地震動がどの程度増幅するかを推定する経験的手法」により地震動を推定する。
- ③ **方式C**：「震源モデルをもとに地震波形を計算する手法」と「表層地盤構造を設定し

て地震波形を計算する手法」により地震動を推定する。

- ④ **方式D**：長周期地震動を評価する場合に用いる方式で、方式Cに長周期地震動を推定する手法を加える（ハイブリッド手法と呼ばれている。）。

地域全体の地震防災対策を全般にわたり検討するには、必要に応じ、地震波形も活用できる方式B、Cあるいは方式Dによる地震動予測が行われることが望まれる。しかし、これらの方式により地震動を予測するには、詳細な地殻構造や表層地盤データが必要となり、最終的な成果を取りまとめるには、かなりの時間と労力が必要となる。

現在、予防対策として個人住宅の耐震化の推進が重要であり、まずは、揺れやすさの程度の違いを把握し住民の方々に理解してもらうことが緊急的な課題となっている。

この課題を解決するには、多くの市町村で早急にマップ作成を進めることが望まれる。このため、ここでは、比較的簡便に揺れやすさの程度の違いを把握できる方式A（経験的手法）による地震動予測の手順を中心にとりまとめることとした。

表 1.1-1 4つの地震動推定方式の特徴

大項目	小項目	方式A	方式B	方式C	方式D
震源	地震規模・形状の影響	○	○	○	○
	破壊方向・断層の不均質性の影響	×	○	○	○
深い地盤	地域の真下の深い地盤の影響	×	○	○	○
	周辺地域の深い地盤の影響	×	×	×	○
浅い地盤	微地形区分による影響	○	○	○	○
	層構造による影響	×	×	○	○
	震度	○	○	○	○
地表地震動	周期特性(短周期)	×	×	○	○
	周期特性(長周期)	×	×	×	○
目的		予防対策用地震防災マップの作成 (地域に影響を与える各地震による最大震度重ねあわせマップ等)	・特定地震による地震防災マップの作成 ・特定地震を対象とした被害想定調査のための地震動予測	周期2秒程度までの施設を対象とした特定地震による設計用入力地震動の設定	周期2秒を超える超高層ビルや石油コンビナート施設等の長大構造物も対象とした特定地震による設計用入力地震動の設定

※1：考慮できる項目を○、できない項目を×とした。

※2：目的については、その方式において主たるものを記載した。

2. 地盤構造について

地域の揺れやすさを評価する上で、揺れやすさの要因となる地盤構造を詳細にモデル化することが重要である。図 I .2-1 に地盤構造の模式図を示す。

図中に示したように、地盤構造モデルの設定は、地盤の性質の違いやデータ精度の関係から、地震基盤（S波速度：3000m/s 相当層）～工学的基盤（S波速度：300m/s～700m/s 相当層）の深い地盤と工学的基盤～地表の表層地盤に分けて設定を行うのが一般的である。そのモデル化の方法は、S波速度の層構造モデル（層ごとのS波速度、層厚、密度、減衰）を設定することが一般的であり、表層地盤においては、大きな揺れにより地盤が軟化する影響（地盤の非線形的な挙動）も考慮する場合がある。

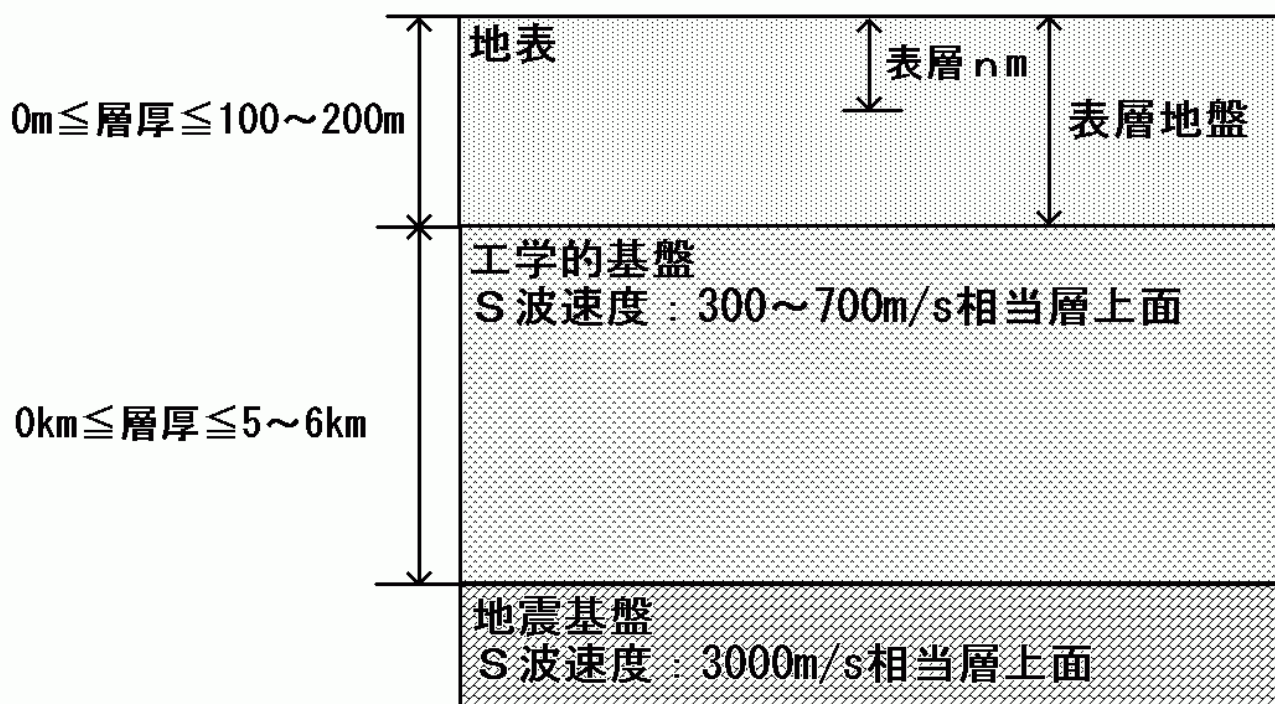


図 I .2-1 地盤構造の模式図

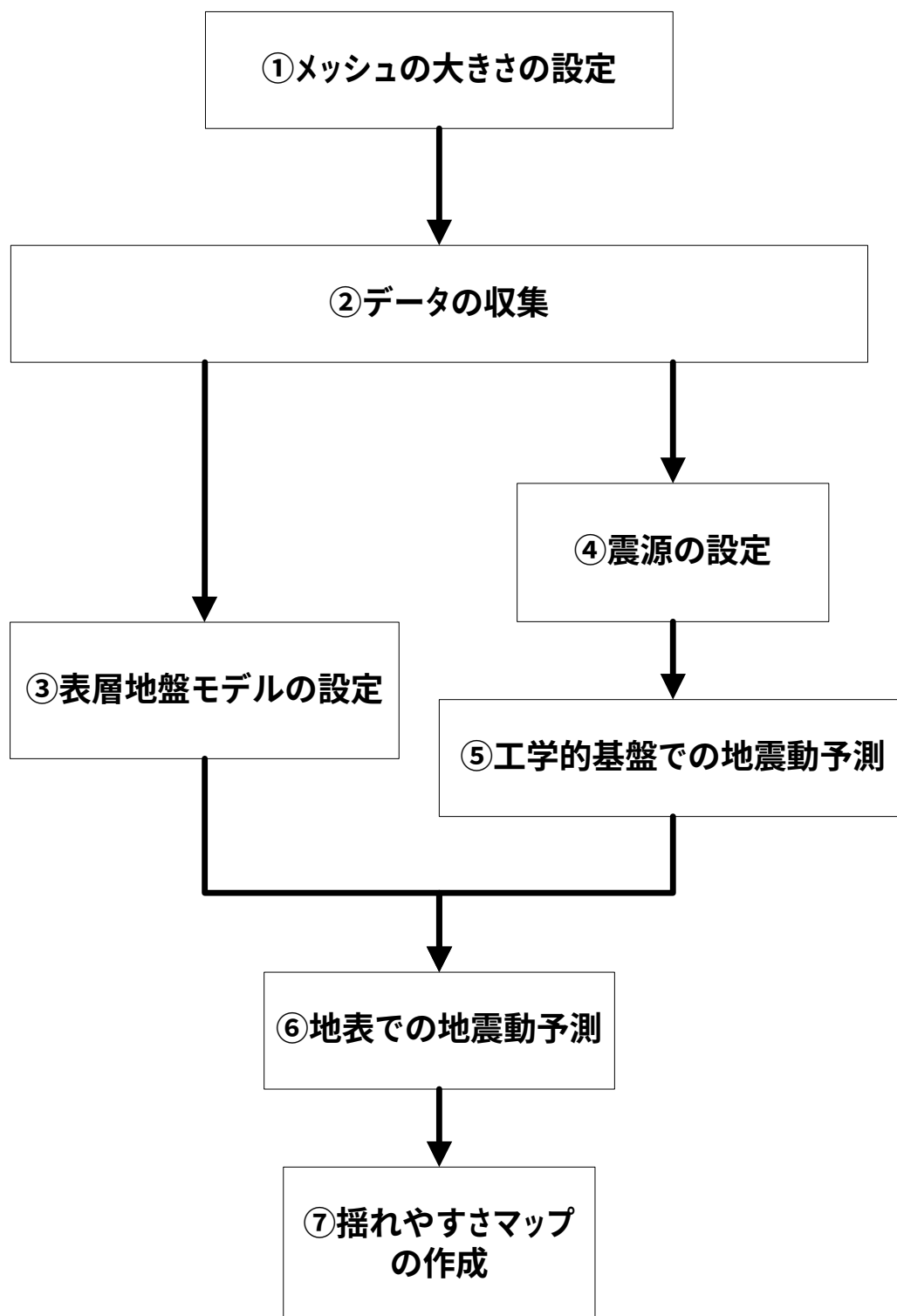
II．経験的手法による揺れやすさマップ作成の考え方

ここでは、地方公共団体が個人住宅の耐震化推進のための揺れやすさマップを作成するにあたって、どのような点を考慮すべきかを把握できるようにするため、「I．揺れやすさマップ作成の概要」で示した4つの地震動推定方式のうち、比較的簡便に作成できる方式Aに相当する経験的手法による揺れやすさマップ作成の一般的な考え方について示す。

1．全体概要

経験的手法による揺れやすさマップ作成の作業項目を以下に示し、その作業フローを図II.1-1に示す。

- ① メッシュの大きさの設定
- ② データの収集
- ③ 表層地盤モデルの設定
- ④ 震源の設定
- ⑤ 工学的基盤での地震動予測
- ⑥ 地表での地震動予測
- ⑦ 揺れやすさマップの作成



図Ⅱ.1-1 経験的手法による揺れやすさマップ作成の作業全体フロー

2. 作業手順の解説

ここでは、「1. 全体概要」で示した①～⑦の作業項目ごとにその考え方についての解説を行う。

2-1 メッシュの大きさの設定

揺れやすさマップを作成する場合は、まず目的に応じて、どの程度詳細なマップを作成するか、つまり、検討範囲についてどの程度の大きさに分割したマップを作成するかを決定する必要がある。

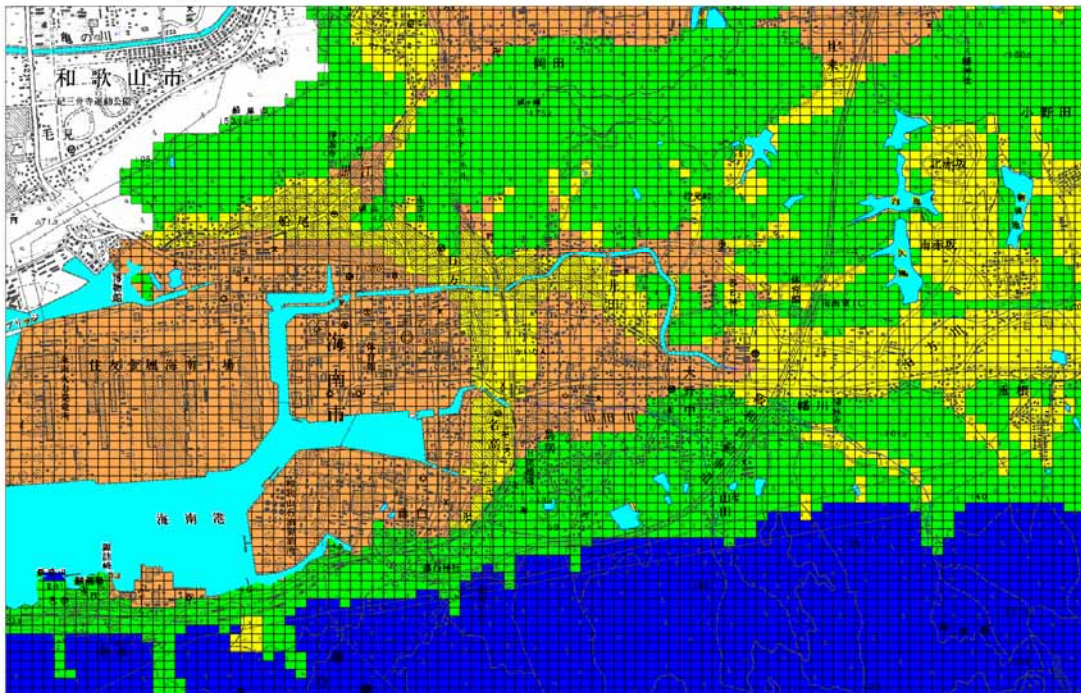
揺れやすさマップの主な目的として、地方公共団体内における住宅の耐震化推進に資するものを目指す場合は、地域内の詳細な揺れの違いを把握できるマップでなければならない。そのためには、揺れやすさそのものは、主に地形の違いで変化することが知られているため、地域の地形の違いに対応したメッシュの規模が目安となる。

日本では、ほぼどの地域においても地形が入り組んだ領域があり、その領域では数十m単位で地形が変化することから、メッシュの規模はそれに合わせて、できるだけ詳細に設定することが望ましい。

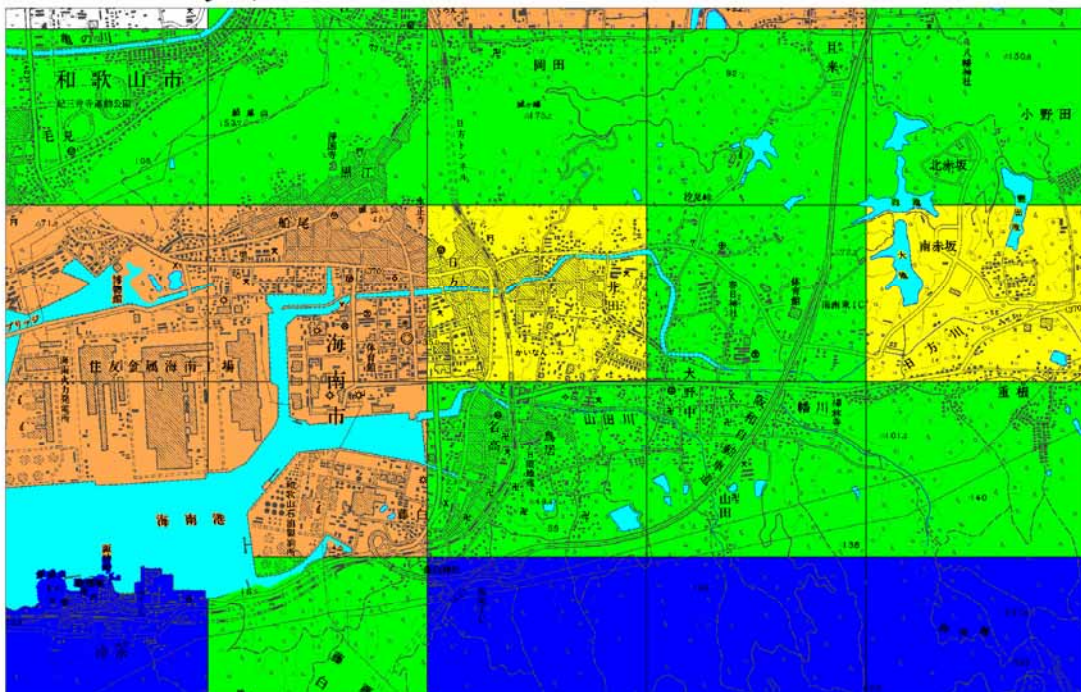
図Ⅱ.2-1-1には、参考までにあるエリアにおいて、全国レベルで地震動評価を行う際に標準的に用いられる1kmメッシュと50mメッシュでの震度予測結果を比較した例を示す。

なお、地形の形状の複雑度に応じて、エリアごとにメッシュの規模を変えて設定することも考えられる。

50mメッシュ



1kmメッシュ



図Ⅱ.2-1-1 50mメッシュと1kmメッシュの震度予測結果を比較した例
(太枠が1kmメッシュ、細枠が50mメッシュ)

2-2 データの収集

基礎データの収集は、揺れやすさマップの精度を決める上で重要な作業項目であり、揺れやすさマップについては、表層地盤、震源に関わるデータを収集する必要がある。以下、必要となるデータの内容について解説する。

1) 表層地盤に関わるデータ

表層地盤に関わるデータについては様々なものがあり、収集すべきデータの主なものには、ボーリングデータ、地形分類図、表層地質図などがある。

これらのデータのうちの多くは、ほぼ全国一律に公的な機関から入手することが可能であるが、ボーリングデータについては、地方公共団体等が所有するデータを用いることとなり、地方公共団体等の既存のボーリングデータの整備状況により活用できるデータの量・質に較差が生じることとなる。

ボーリングデータを全く整備していない地方公共団体においても、全国のボーリングデータの平均的な特性を用いることにより、揺れやすさマップの作成は不可能ではないが、地域の特性が考慮されないために現実とはかなり乖離した結果となるおそれがあることから、基本的には避けることが望ましい。

また、表層地盤の増幅度を推定するためには、S波速度構造が把握されている一定深度以上のボーリングデータが存在することが前提となる。したがって、メッシュ単位でP S 検層*を実施している一定の深度以上のボーリングデータの存在が最も理想的である。しかしながら、一般的には、既存のボーリングデータがメッシュ単位の高密度で一様に分布することは極めて稀であり、さらにP S 検層を実施しているボーリングデータとなるとほとんど存在していないのが現状である。この場合、データが不足している地域については、新たに一定の深度以上のボーリングを掘削し、P S 検層を実施してデータを集める努力が求められるものの、現実的には困難な場合も多い。そこで、実際の揺れやすさマップの作成に当たっては、既存のボーリングのうち、P S 検層を実施していないボーリングや掘進深度が浅いボーリングについてもできるだけ多くのデータを収集し、適切な処理を行うことによって、その活用を図ることが必要となる。

以上を踏まえると、揺れやすさマップの作成を目指す地方公共団体においては、ボーリングデータが表層地盤の増幅度の地域性を考慮に入れる上で極めて重要なデータであることを認識し、日頃からボーリングデータを整備しておくことが望まれる。

2) 震源に関わるデータ

震源に関わるデータについては地方公共団体周辺の震源に関する文献を収集することが基本となる。ただし、これまでに中央防災会議等で検討・整理された震源データがある場合には、そうした既存の成果を利用することが可能である。

* ボーリング孔を利用して、地盤を伝播する弾性波であるP波、S波を測定し、それぞれの速度を求める調査方法

2-3 表層地盤モデルの設定

経験的手法による表層地盤モデルとしては、基準地盤に対する表層地盤の増幅度を評価するのが一般的である。そのためには、ボーリングデータおよび地形・地質図から推定される表層地盤の違いを詳細に調査し、表層地盤の増幅度を推定することが必要となる。この表層地盤の増幅度を推定する考え方としては、主に以下2つの方法が考えられる。

① 表層地盤のS波速度構造を推定して、実際の観測波形を用いた応答計算により解析的に最大加速度や最大速度の増幅度を推定する方法

この方法は、メッシュ単位でS波速度の層構造モデルを作成することが前提となる。したがって、増幅度を推定するという点からは最も望ましい方法である。

② 表層地盤のある深度までの平均S波速度と最大加速度の増幅度、最大速度の増幅度、計測震度の増分を関連づけることにより地盤の増幅度を推定する方法

この方法は地盤の増幅度をある深度までの平均S波速度と関連づけることから、①の方法より精度は劣るものの、ボーリングデータから推定される表層地盤の違いは詳細に評価できる。さらにボーリングデータを微地形、表層地質等の区分に集約して、平均S波速度を微地形、表層地質等の区分と関連づければ、入手しやすい地形分類図等よりボーリングデータが存在しないメッシュでも増幅度が推定可能である。メッシュ単位での地盤モデルの設定の労力は①の方法よりはかなり小さくなる。

2-4 震源の設定

震源については、地方公共団体周辺の海溝型地震、活断層の分布状況から、影響の大きいものを想定地震として選び出し、断層の位置、形状、地震規模などのパラメータを設定する必要がある。さらに、未知の断層が直下で動くことも否定しきれないため、そうした地震についても想定地震として考慮する必要がある。

2-5 工学的基盤での地震動予測

経験的手法による工学的基盤での地震動の予測は、想定地震の断層パラメータより経験式を用いて、工学的基盤での地震動を推定することで行われる。

また、国や地方公共団体で実施されている地震動予測結果が既に存在する場合には、そうした結果を利用することも可能である。ただし、国や地方公共団体で実施されている地震動予測は広域を対象としているため、予測結果は1kmメッシュとか500mメッシュというようにかなり粗いメッシュで評価されていることが通常である。そのため、詳細なメッシュで評価するにあたっては、国や地方公共団体で予測した1kmメッシュや500mメッシュの工学的基盤での地震動の結果から、空間補間等によりメッシュごとの工学的基盤での地震動を設定する必要がある。

2-6 地表での地震動予測

地表での地震動の予測は、工学的基盤の地震動の予測結果に「2-3 表層地盤モデル

の設定」において推定したメッシュごとの表層地盤の増幅度と組み合わせて地表面における地震動を推定することで行われる。

2-7 揺れやすさマップの作成

「**2-6 地表での地震動予測**」での結果を受けて、揺れやすさマップの作成を行う。ただし、経験的手法による揺れやすさマップの表現としてはいくつかの表現方法があり、その主なものを以下に示す。

① 地盤増幅度マップ

表層地盤そのものが持つ、揺れやすさのポテンシャルの大きさを表したマップであり、増幅倍率で表現される。地震は考慮されておらず揺れの強さを表したものではない。

② シナリオ地震地震動マップ

特定の想定地震からの地震動の大きさを表したマップであり、主に震度分布で表現される。

③ 確率論的地震動マップ

地域に影響があるすべての地震の発生確率および地震動を予測して設定した地域の地震によるリスクの大きさを表したマップである。具体的には、地震動の強さ・期間・確率のうち、2つを固定して、1つをパラメータとしたマップとなる。例えば、「今後50年間に10%以上の確率で発生する震度の大きさ」で分布が示されることとなる。

④ 最大地震動重ね合わせマップ

地域に影響があるすべての地震の地震動予測結果を重ね合わせて最大となる値を抽出したもので、地域の最大地震動の大きさを表したマップであり、主に震度分布で表現される。

III. 経験的手法による揺れやすさマップ作成のケーススタディ

耐震化推進のための揺れやすさマップの作成については、「I. 揺れやすさマップ作成の概要」、「II. 経験的手法による揺れやすさマップ作成の考え方」で示した内容に基づいて、ケーススタディとして行った、中央防災会議で採用した考え方に基づいた経験的手法（以下「経験的手法（中防方式）」という。）による揺れやすさマップの作成手順、具体的な作成手法について示すこととする。

ただし、パラメータ設定の方法や利用する経験式などは状況に応じて、地域で適当なものや最新の知見のものを採用するのが望ましい。

1. 作成手順

経験的手法（中防方式）による揺れやすさマップ作成の作業項目は以下の①～⑨で示され、その作業フローは図III.1-1 となる。（さらにこのうち、実質的にマップ作成を行う作業項目である③～⑨の項目の詳細なフローは図III.1-2 となる。）

- ① メッシュの大きさの設定
- ② データの収集
- ③ 微地形区分の設定
- ④ 各メッシュにおける AVS30* の設定
- ⑤ 表層地盤の増幅度の設定
- ⑥ 震源の設定
- ⑦ 工学的基盤での地震動予測
- ⑧ 地表での地震動予測
- ⑨ 揺れやすさマップの作成

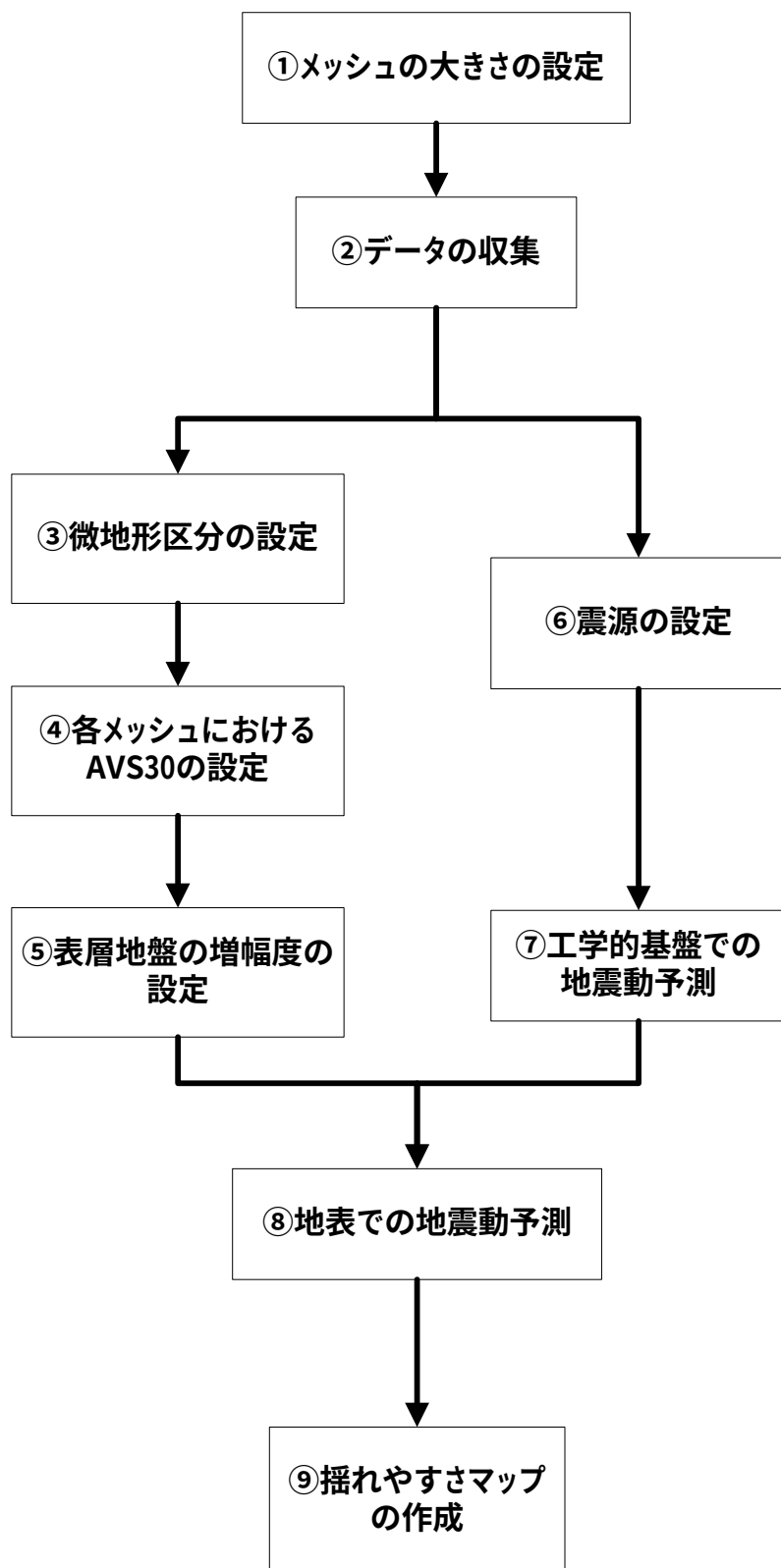
表層地盤の評価については、中央防災会議による考え方に基づいて、「II. 2-3 表層地盤モデルの設定」で示した②の方法を利用して設定を行う。具体的な地盤増幅度の指標としては、地震動の最大速度値の地盤増幅度がこれまでよく用いられており、ここではこの値を指標として用いることとする。

この最大速度値の地盤増幅度の値は AVS30 と相関関係があることが知られており、さらに、AVS30 は微地形区分と相関関係があることから、予めボーリングデータを利用して微地形区分と AVS30 との関係を設定しておけば、ボーリングデータが無い地点でも AVS30 を推定することが可能となる。また、ボーリングデータが不足している場合でも、既往の平均的な経験式により概略的に評価することが可能である。

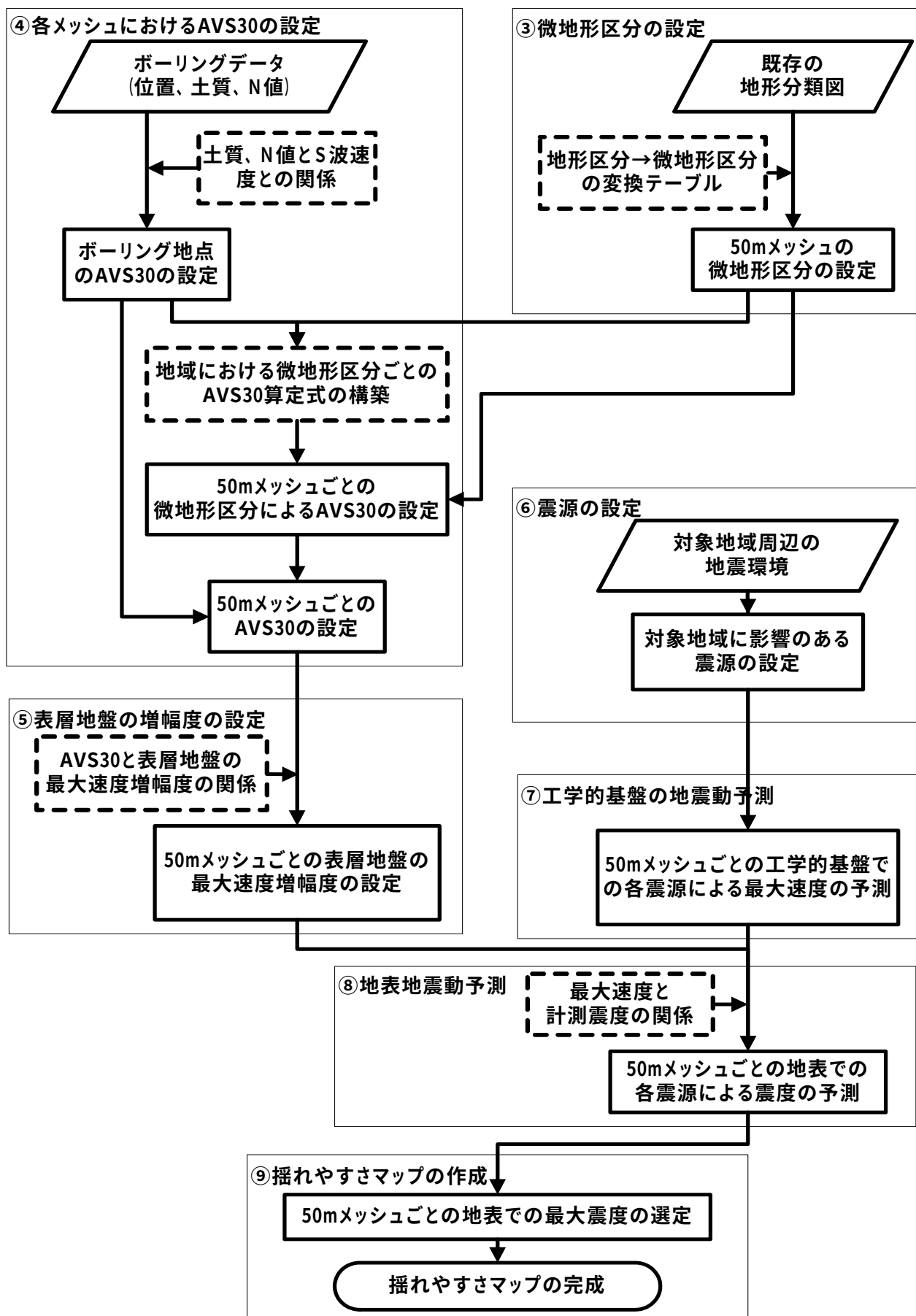
したがって、「II. 経験的手法による揺れやすさマップ作成の考え方」で示した作業項目7項目のうち、「表層地盤モデルの設定」の部分においては、作業項目を「微地形区分の設定」、「各メッシュにおける AVS30 の設定」、「表層地盤の増幅度の設定」の3項目に細分類

* AVS は平均 S 波速度、30 は深度 30m を意味し、AVS30 は深度 30m までの表層地盤の平均 S 波速度を意味する。

される。



図Ⅲ.1-1 経験的手法（中防方式）による揺れやすさマップ作成の作業全体フロー



図III.1-2 揺れやすさマップ作成の詳細フローチャート

1-1 メッシュの大きさの設定

「II. 2. 2-1 メッシュの大きさの設定」の考え方に基づいて、地形に関わる標高データのうち、全国一律に整備されているデータの最小単位が 50m メッシュであることから、ケーススタディでは 50m メッシュの大きさで揺れやすさマップの作成を行うこととした。

なお、ここでいう 50m メッシュとは、全国で一律に整備されている 50m メッシュ標高データと整合するように、緯度・経度をベースとした約 1km 四方の標準地域メッシュ第 3 次地域区画（東西 45 秒×南北 30 秒）を 20×20 分割したメッシュのことであり、東西 2.25 秒×南北 1.5 秒の大きさで区切られた約 50m 四方のメッシュを意味する。参考までに標準地域メッシュの定義について、「数値地図ユーザズガイド（改訂版）」（日本地図センター編）より抜粋した内容を図Ⅲ.1-1-1～2 に示す。

また、こうして作成した 50m メッシュについては、解析を行う上で便宜的にコードを設定する必要があるが、そのコードの付け方の一例を図Ⅲ.1-1-3 に示した。

1.1.1 標準地域メッシュ

全国的な規模で数値地図情報を整備する場合、「標準地域メッシュ」が広く採用されている。これは、一定間隔の経緯線によって地域を分割する方法の一つであり、次の1)～4)に示す階層的な地域区画で全国が分割できようになっている。

1) 第1次地域区画

全国の地域を1度毎の経線と3分の2度(40′)毎の緯線によって縦横に分割して第1次地域区画(国土地理院発行の縮尺1/200,000地勢図の通常の区画に相当する範囲)が作られている。

第1次地域区画の地域メッシュ・コードは、区画南端の緯度を1.5倍した2桁の数字と、西端経度から100を引いた2桁の数字とを1. 緯度 2. 経度の順に組み合わせた4桁の数字として定義されている。(図1-1及び図1-2参照)

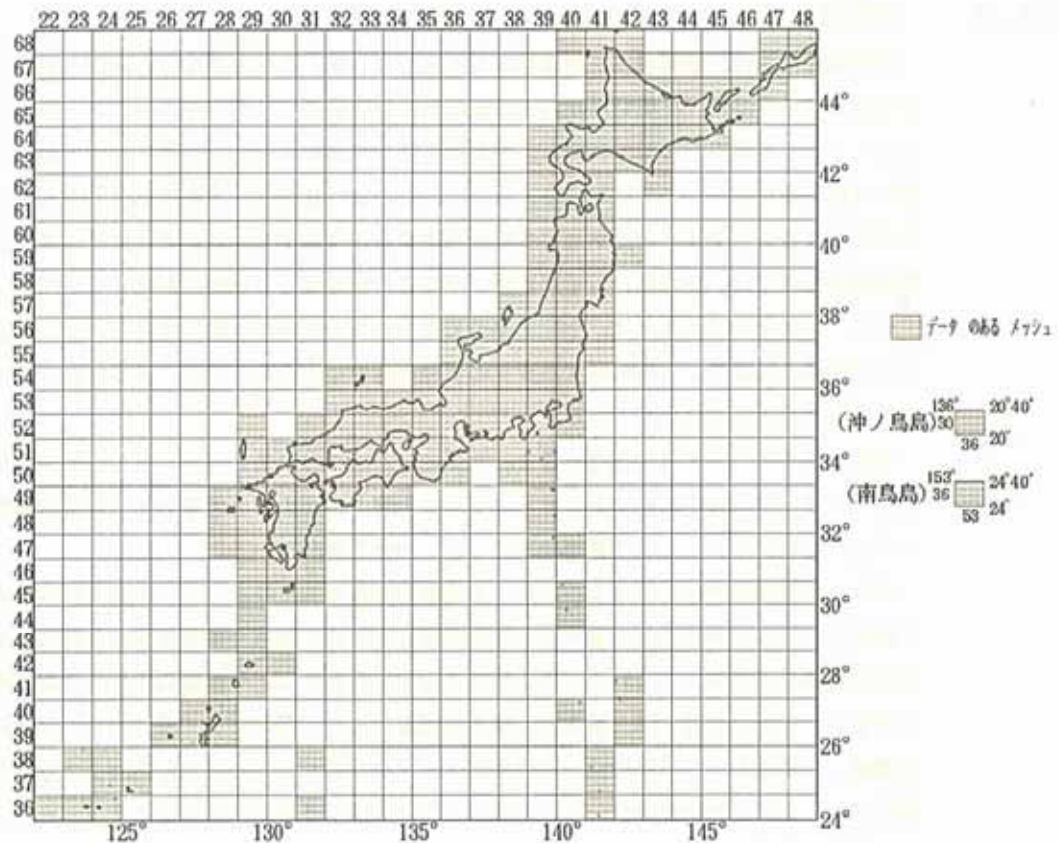


図1-1 標準地域メッシュの第1次地域区画

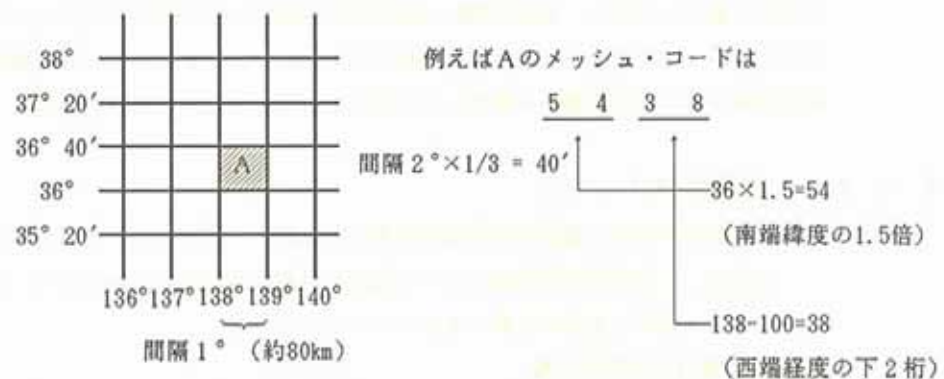


図1-2 第1次地域区画のコードの付け方

図III.1-1-1 標準地域メッシュの説明その値地図ユーザーズガイドより抜粋)

2) 第2次地域区画

第1次地域区画の縦横をそれぞれ8等分して第2次地域区画（国土地理院発行の縮尺1/25,000地形図の通常の区画に相当する範囲）が作られている。第2次地域区画の地域メッシュ・コードは、第1次地域区画を8等分した区画に、経線方向については南から、緯線方向については西から、それぞれ0から7までの数値を付け、これを1.経線方向、2.緯線方向の順に組み合わせた2桁の数字として定義されている。（図1-3参照）

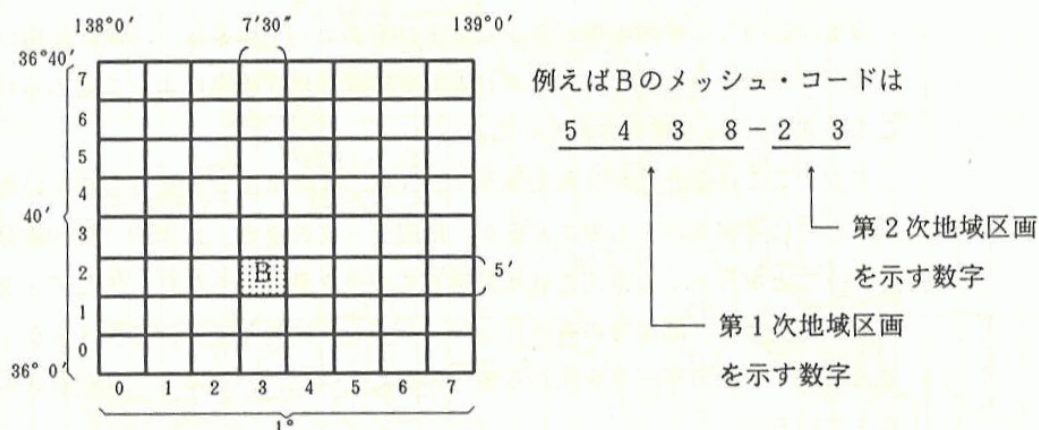


図1-3 第2次地域区画およびコードの付け方

3) 第3次地域区画

第2次地域区画の縦横それぞれを10等分して、第3次地域区画（ほぼ1平方キロメートル）が作られている。第3次地域区画の地域メッシュ・コードは、10等分した区画に、経線方向については南から、緯線方向については西から0から9までの数値を付け、これを1.経線方向、2.緯線方向の順に組み合わせた2桁の数字として定義されている。（図1-4参照） また、第3次地域区画は基準地域メッシュとも呼ばれており、国勢調査等全国的なメッシュ情報の多くはこの区画毎の情報として記録されている。

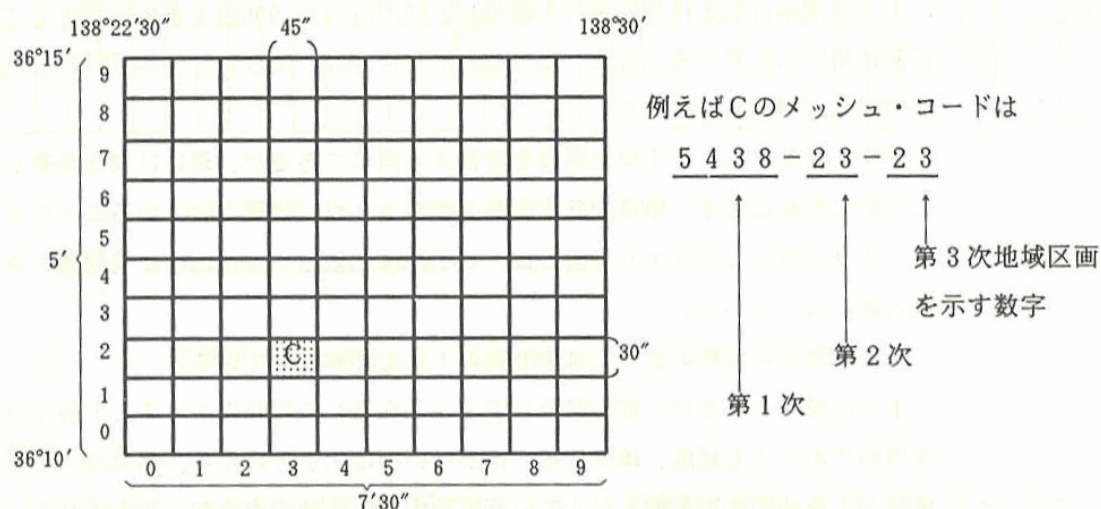
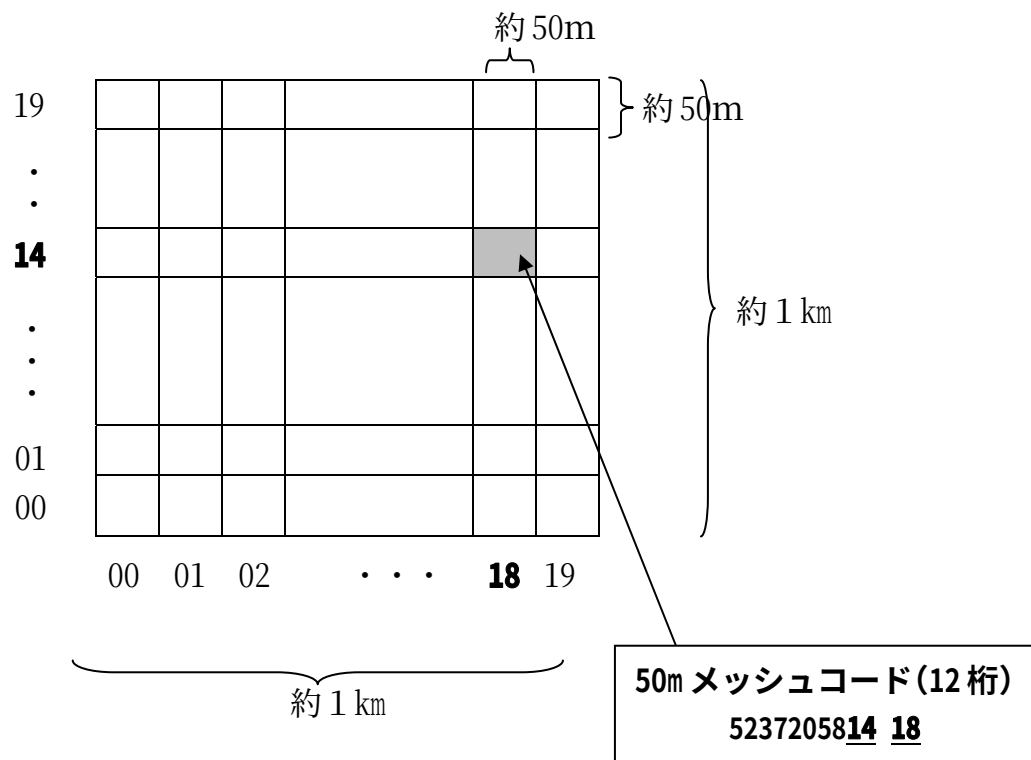


図1-4 第3次地域区画およびコードの付け方

図III.1-1-2 標準地域メッシュの説明その2（数値地図ユーザズガイドより抜粋）

50m メッシュコードの付け方は、標準地域メッシュ(第3次地域区画)の8桁を基本に、末尾に4桁の数字を付加した計12桁の数字とする。末尾の4桁の内の上2桁は、南→北の順につけた00～19の数字、下2桁は西→東の順につけた00～19の数字とする。



図III.1-1-3 50m メッシュコードのつけ方の例

1-2 データの収集

作業を行う前提として、表層地盤および想定地震に関わるデータを収集する必要がある。そこで、ここでは、それぞれについて収集すべきデータについて具体的に解説する。

1) 表層地盤に関わるデータ

表層地盤に関わるデータは、地盤の AVS30 を推定するために必要なデータを収集しなければならないが、収集するデータの多寡や質によって地盤モデルの精度は変わってくる。したがって、信頼性の高い揺れやすさマップを作成するためには、できるだけ質の高いデータを多く収集することが極めて重要である。

必要なデータ項目の種類と地盤モデル作成項目との関係を表Ⅲ.1-2-1 にまとめて示す。

表Ⅲ.1-2-1 必要なデータ項目の種類と地盤モデル作成項目との関係

データ項目	地盤モデル作成項目					
	①50mメッシュ微地形区分作成	②新たな人工改変地の特定	③微地形区分—AVS30の既存の関係によるAVS30の推定	④ボーリング地点のAVS30	⑤微地形区分—AVS30の地域的な関係によるAVS30の推定	⑥人工改変地の切盛領域の設定
1) 地形分類図	◎	◎	◎	—	◎	◎
2) 1/25000地形図	◎	◎	—	—	—	◎
新旧	—	○	—	—	—	◎
3) 標高データ	○	—	◎	—	◎	—
4) 河川流路データ	○	—	◎	—	◎	—
5) 表層地質データ	◎	—	—	—	—	—
6) 土地利用データ	—	○	—	—	—	—
7) ボーリングデータ	—	—	—	◎	◎	◎

◎：データ作成に必要な項目 ○：データ作成に直接必要ではないが、チェック等に役立つ項目

表中の地盤モデル作成項目のうち、①～③の項目は AVS30 推定を行うために最低限必要な項目であり、④～⑥は地域性を考慮するために必要となる項目である。また、④から⑥に項目が進むにつれて、データ作成の作業量は増加するが、地域特性をより反映したものとなる。I. で述べたように、揺れやすさマップにおける地域性の考慮は重要であり、できる限りボーリングデータを収集して、少なくとも④⑤の項目については実施できるようにすることが重要である。

以下、表Ⅲ.1-2-1 に示したデータの内容および入手方法について説明する。ボーリングデータ以外のデータについては、いずれも公的な機関から廉価あるいは無料で入手することが可能である。

(1) 地形分類図

地形分類図は、微地形区分を設定する上で最も基本となるデータである。

全国的な地形区分のデジタルデータとしては、1km メッシュの国土数値情報の地形区分が整備されており、中央防災会議においては、そのデータから 1 km メッシュの地震動予測の

ための微地形区分のデータが作成されている。このデータは広域の地震動を予測するには有用なデータであるものの、1km メッシュ単位であるため、地域の詳細な地震動分布を表現するにはやや粗いといえる。したがって、詳細な微地形分類を行うためには、より詳細な地形分類図を収集する必要がある、50m メッシュ単位で微地形区分を設定できるようにするためにはこれらの地形分類図をスキャニングして画像化し、地理情報システム（GIS）上で地形区分の境界線をデジタル化（ポリゴン化）するといったような処理を行うことが考えられる。

このような目的に合致し、かつ容易に入手可能で活用できる地形分類図としては、以下のものがあげられる。

① 1/50000 土地分類基本調査図（旧経済企画庁、各都道府県）

国土調査法に基づく「国土調査」の一環として、土地の自然条件と利用現況に関して調査を行い、その成果をまとめた地図。地形分類図、表層地質図、土壌図等の図面がある。全国で整備されており、下記のHPからダウンロードし、すべての地域の地図を閲覧することが可能である。

<http://tochi.mlit.go.jp/tockok/tochimizu/F3/index.html>

ただし、HPからダウンロードする地図は解像度が低いため、解像度の高い画像データ(200dpi)を購入する事も可能である。入手方法は下記のHPを参照されたい。

<http://www.zen-kyo.or.jp/jigyoku.htm>

② 1/25000 土地条件図（国土地理院）

防災対策や土地利用・土地保全・地域開発等の計画策定に必要な、土地の自然条件等に関する基礎資料を提供する目的で、昭和 35 年から継続して作成された地図。

一部の平野部で整備されており、日本地図センターから購入可能である。詳細は下記のHPを参照されたい。

<http://www.jmc.or.jp/map/gsi/tochijoken.html>

以上から、対象となる地方公共団体が土地条件図の領域にほぼ入っている場合には土地条件図を利用し、全くあるいは一部しか入っていない場合には土地分類基本調査図を利用することが基本となると考えられる。その他、地方公共団体で独自に詳細な微地形分類図を整備していれば、そうした地図を利用することも可能である。

（２）1/25,000 地形図（新旧）

1/25,000 地形図は、人工改変地の特定、微地形区分のチェック、揺れやすさマップの背景図として利用する。入手方法としては、最新版の紙の図幅は書店等で購入可能である。ただし、効率的に微地形区分をチェックをしたり、揺れやすさマップを見やすくするために背景図として使うことを考慮すると、1/25,000 地形図を画像化した数値地図 25000（地図画像）を入手し、地理情報システム(GIS)上に取り込めるような方が便利である。数値

地図 25000（地図画像）の購入については、下記のHPを参照されたい。

http://net.jmc.or.jp/guide_data_map_su_03.asp

さらに、人工改変地の位置のチェックや人工改変地内の盛土／切土の判定まで行う場合には、造成以前の年代（昭和30年代前後）の旧地形図を購入する必要がある。これらの地図は絶版となっているため、国土地理院から旧版地図の謄本交付を受けることにより入手する。詳細は下記のHPを参照されたい。

<http://www.gsi.go.jp/MAP/HISTORY/koufu.html>

（３）標高データ

標高データは、微地形区分によってはAVS30を推定するためのパラメータとなり、標高分布そのものが地形区分のチェックとしても活用できる。

入手する標高データとしては、全国において約50mメッシュの間隔でデータが整備されている数値地図50mメッシュ（標高）が最も適当である。このデータは、前記の1/25,000地形図の範囲を緯度、経度方向にそれぞれ200分割した格子点ごとに標高データが整備されており、想定単位である50mメッシュに対応している。データの入手方法は、下記のHPを参照されたい。

http://net.jmc.or.jp/guide_data_map_su_06.asp

（４）河川流路データ

河川流路データは、一部の微地形区分（デルタ・後背湿地）でAVS30を推定するためのパラメータとして必要となる。全国的に利用できるデータとしては、国土数値情報河川流路データがあり、無料で国土数値情報ダウンロードサービスから入手可能である。

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/top.html>

（５）表層地質データ

表層地質のデータは、山地における地質年代推定、段丘などを砂礫台地、ローム台地等に分類する際に必要となる。

地質年代のデータとしては、産業技術総合研究所発行の「100万分の1日本の地質図第3版CD-ROM版」が利用しやすい。このデータは、全国の地質構造をデジタル化（ポリゴン化）しており、地質年代と対応できるようになっている。したがって、解像度は低い（縮尺は小さい）ものの、このデータから山地における地質年代の設定を行うことが可能となる。

このデータの入手方法は、下記のHPを参照のこと。

<http://www.gsj.jp/Map/JP/kounyu.htm>

段丘などを区分する際に表層の土質（砂礫、火山灰）を確認する場合には、「（1）地形分類図」で説明した土地分類基本調査図の5万分の1表層地質図や地域によっては5万分の1地質図（<http://www.gsj.jp/Map/JP/5man.htm> 参照）等を利用する。

(6) 土地利用データ

古い年代の地形分類図を利用せざるを得ない場合には、その年代以降の人工改変地が反映されていないこととなる。そのため、土地利用データは年代による土地利用の変遷を調べることで、新しい人工改変地の場所の特定に役に立つ。全国的に利用できるデータとしては、国土数値情報 100m メッシュ土地利用のデータがあり、無料で国土数値情報ダウンロードサービス (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/top.html> 参照) から入手可能である。このデータは、昭和 51 年、昭和 62 年、平成 3 年、平成 9 年で整備されており、約 100m メッシュ単位で年代ごとに土地利用の変遷を調べることができる。

首都圏、近畿圏、中部圏については、細密数値情報(10m メッシュ土地利用)を利用することができ、より詳細な検討を行うことも可能である。データの詳細や入手方法は、下記の HP を参照されたい。

<http://www.jmc.or.jp/data/10mtochi/10mtochi.html>

(7) ボーリングデータ

ボーリングデータは、地域的な AVS30 を推定する上で極めて重要なデータである。一般にボーリングデータの数が多く、広範囲に分布すればするほど、地域的な地盤特性を反映でき、揺れやすさマップの確からしさが上がることとなるため、出来る限り多くのデータを収集することが肝要である。

ボーリングデータの入手は、地方公共団体で所持している既存のデータを収集することが基本となると考えられる。既にデジタル化されているデータがあればそのデータを活用し、デジタル化されていなければ紙データからデジタル化の作業を行うことが必要となる。その上でさらに可能であれば、データが手薄な地域や微地形区分の領域において、ボーリングを掘削して P S 検層を実施することが望ましい。

デジタル化の際、データ項目として必要な項目は以下のとおりである。

- ① ボーリング位置（緯度、経度等）
- ② 掘削年月日
- ③ 孔口標高（m）（標高の基準も明確にすることが望ましい）
- ④ 層ごとの土質名、上面（あるいは下面）深度（m）
- ⑤ N 値測定深度（m）、N 値、貫入量（cm）
- ⑥ 掘削深度（m）
- ⑦ S 波速度構造（層ごとの S 波速度(m/s)、上面深度(m)）→ P S 検層を実施しているボーリングのみ

2) 震源に関わるデータ

震源に関わるデータについては、震源に関する文献を収集することが基本となる。役に立つ文献としては、震源全般に関しては、各県ごとに被害地震や活断層の状況をまとめた

「日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－＜追補版＞」(地震調査研究推進本部編、<http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchr/eqchrfrm.htm> 参照) やこれまでに日本で発生した被害地震の断層パラメータをまとめた「日本の地震断層パラメーター・ハンドブック」(佐藤編、1989) などが参考となる。

活断層の位置情報に関しては、「新編 日本の活断層」(活断層研究会、1991)、「活断層詳細デジタルマップ」(中田・今泉編、2002) が参考となる。特に危険度が高いとされている活断層に関しては、文部科学省の地震関係基礎調査交付金により各県で実施された活断層調査報告書(<http://www.jishin.go.jp/main/koufu/00/koufu00.htm> 参照)が公開されており、この中で国の地震調査研究推進本部で評価された活断層については、評価結果がHP (<http://www.jishin.go.jp/main/index.html> 参照) に公開されている。

なお、これまでに中央防災会議の各専門調査会で検討された震源データがある場合にはその成果を利用することも可能である。

1-3 微地形区分の設定

微地形区分の設定は、基本的な手順としては、既存の地形分類図をデジタル化したデータに地理情報システム(GIS)上で 50m メッシュを重ねて、メッシュごとの地形区分データを作成し(ケーススタディでは、メッシュの中心点の区分をメッシュの区分として代表させた)、地形区分と微地形区分との変換テーブルを参照して行う。なお、設定する微地形区分は、地震動予測の観点から AVS30 の違いが見られるような区分となるよう留意する。

ただし、既存の地形分類図の地形区分は、一般的に各図幅で凡例が統一されていないために、地震動予測のための微地形区分への設定は画一的ではなく、地域ごとに異なるのが実情である。このため、分類基準を統一して、既存の地形分類図の区分を見直す作業を行うことが重要となる。

また、既存の地形分類図は作成年代が昭和 40 年代～50 年代のものが多く、その年代以降の人工改変地は反映されていないので新しい人工改変地を抽出することなども考慮に入れなければならない。さらに、丘陵部の人工改変地では切土、盛土で揺れ方が異なることが考えられるため、可能であれば切土、盛土の区分をできるだけ明らかにすることが望ましい。

1-4 各メッシュにおける AVS30 の設定

各メッシュにおける AVS30 設定の考え方の全体フローを図Ⅲ.1-4-1 に示す。

概略の手順としては次の①～③のとおりであり、それぞれについて設定の考え方を説明する。

- ① ボーリング地点の AVS30 を推定する。
- ② 微地形区分と AVS30 の関係を設定する。
- ③ ①と②の結果から、各メッシュにおいて AVS30 を設定する。

①ボーリング地点の AVS30 推定

掘進深度 30m 以上で P S 検層を実施しているボーリングについては、直接 AVS30 を算定することが可能である。しかしながら、このような条件の整っているボーリングデータは稀であり、ほとんどの場合は P S 検層を実施していない掘進深度 30m 以下のボーリングデータが大部分を占めることとなる。

したがって、AVS30 を推定するにあたって、ボーリングデータを有効利用するには、

- 1) P S 検層を実施していないボーリングについては、土質、N 値と S 波速度との経験式を用いて S 波速度構造を推定する、
- 2) 掘進深度 30m 以下のボーリングについては、浅い深度の AVS を活用して AVS30 を推定する方法を構築する、

ことが必要である。

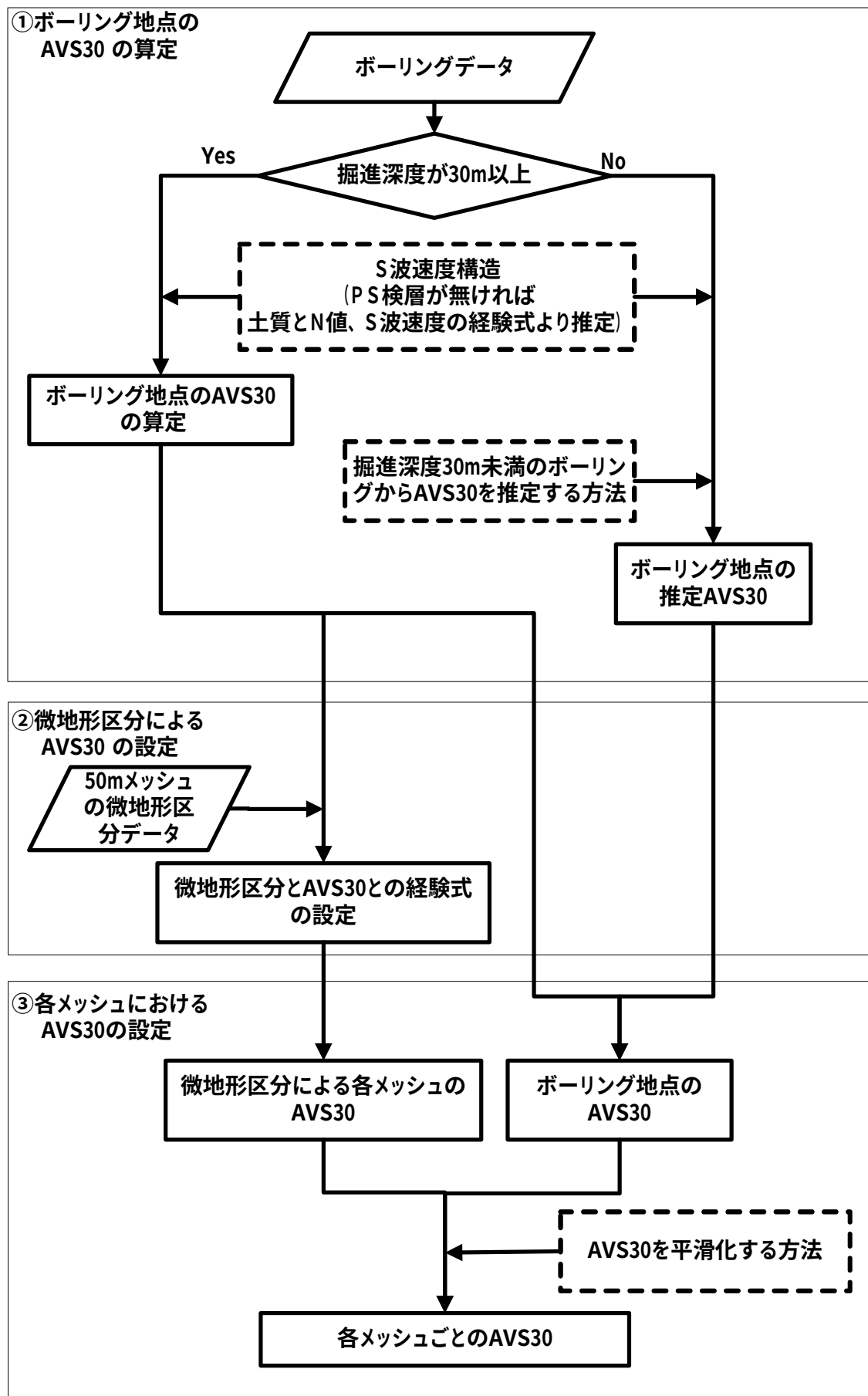
②微地形区分と AVS30 の関係

微地形区分と AVS30 の関係は松岡・翠川(1994)に従い、微地形区分ごとに標高又は主要河川の距離との経験式で設定する。

その経験式の係数は、当該地域において AVS30 が直接推定可能な掘進深度 30m 以上のボーリングデータがある程度存在し、地域性を考慮できると判断される微地形区分は、その区分に存在するボーリング地点の AVS30 の値を集約し、回帰式を用いて係数を設定する。掘進深度 30m 以上のボーリングデータが十分に存在しない微地形区分は、全国のデータを用いて設定した既存の係数を用いることとなる。

③各メッシュにおける AVS30 の設定

①で設定したボーリング地点の AVS30 の値および②の係数を用いて設定した各メッシュの AVS30 の値が存在することとなる。したがって、両者のデータを基に空間的に平滑化を行い、最終的なメッシュごとの AVS30 を設定する。



図III.1-4-1 各メッシュにおけるAVS30の設定の考え方

1-5 表層地盤の増幅度の設定

表層地盤の増幅度は、AVS30 と最大速度の増幅度の経験式を用いて、メッシュごとに設定する。

1-6 震源の設定

震源は、地方公共団体周辺の海溝型地震、活断層の分布状況から、地方公共団体に影響の大きいものを想定地震として選び出し、断層パラメータを設定する。さらに、未知の断層が直下で動くことも否定しきれないため、そうした地震についても想定地震として考慮する。

断層パラメータとしては、経験的手法を用いて地震動予測を行う場合には以下に示す項目の設定が必要となる。

- ① 断層位置に関するパラメータ（断層基準点の位置、走向、断層上端の深さ）
- ② 断層形状に関するパラメータ（長さ、幅、傾斜角）
- ③ 地震規模に関するパラメータ（気象庁マグニチュード、モーメントマグニチュード）

なお、これらの地震に関する断層パラメータの情報については、中央防災会議の各専門調査会などで検討したものなど既存のものを活用することが考えられる。

1-7 工学的基盤での地震動予測

工学的基盤での地震動予測は、「1-6 震源の設定」で設定した断層モデルから既存の経験的手法を用いて、各メッシュの工学的基盤の最大速度を推定する。

1-8 地表での地震動予測

地表での地震動予測は、以下に示す手順で実施する。

- ① 各メッシュの工学的基盤の最大速度に「1-5 表層地盤の増幅度の設定」で設定した表層地盤の最大速度の増幅度を掛け合わせることで各メッシュの地表最大速度を推定する。
- ② 地表最大速度と震度との既存の経験式により各メッシュの震度を推定する。

1-9 揺れやすさマップの作成

住宅の耐震化の推進に資するマップの作成という目的を設定し、住民に分かりやすく、かつ実効的なマップという観点から、「Ⅱ. 2-7 揺れやすさマップの作成」の④を採用し、各メッシュで計算された各想定地震の震度予測結果を重ね合わせ、最大となる震度を採用した結果を表示して揺れやすさマップを作成する。さらに、地形・地物が認識できる住宅地図などに表示するようにして、分かりやすいマップとする。

2. ケーススタディで実施した具体的手法

ここでは、揺れやすさマップを作成する作業イメージをより明らかにするため、以下に示す作業項目において、揺れやすさマップを実際にケーススタディで作成した際に実施した手法や留意した点などについて項目ごとに解説する。このなかで、特に解説だけでは分かりにくい内容については、具体的に作業を行った事例を「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例」にまとめて示す。

- ① 微地形区分の設定
- ② 各メッシュにおける AVS30 の設定
- ③ 表層地盤の増幅度の設定
- ④ 震源の設定
- ⑤ 地震動の予測
- ⑥ 揺れやすさマップの作成

なお、ここで解説する手法や設定値などはあくまで一つの例であり、各地方公共団体において実際に揺れやすさマップを作成するにあたっては、地域の状況に合わせてより最適な手法、設定値を検討し、採用することが望ましい。

2-1 微地形区分の設定

ケーススタディにおける微地形区分の設定については以下の方針で分類を行った。

- ① 地震動予測のための微地形区分については、いくつかの例があるが、ここでは中央防災会議において広域の地震動予測に用いられている、以下の15区分を用いることとする。

○中央防災会議による15区分

- 「古生代・中生代・古第三紀」、「新第三紀」、「他の地形」、「丘陵地」、「砂礫台地」、「ローム台地」、「扇状地」、「砂州・砂丘」、「谷底平野」、「自然堤防」、「デルタ・三角州（主要河川からの距離 $>0.5\text{km}$ ）」、「デルタ・三角州（主要河川からの距離 $\leq 0.5\text{km}$ ）」、「人工改变地」、「埋立地・干拓地」、「火山」
- ② この区分に分類するため、統一的な分類基準を適用して、既存の地形分類図の区分を見直す。分類基準の例としては、若松・他(2004)による微地形区分の分類基準（表Ⅲ.2-1-1 参照）と、この基準による微地形区分と既存の地形分類図における主な区分との対応図（図Ⅲ.2-1-1 参照）を参考にした。
 - ③ さらに、若松・他(2004)による微地形区分を中央防災会議で設定している上記の15区分の微地形区分に集約する（両者の関係を図Ⅲ.2-1-2 に示す。）。

以下、①、②、③の方針に基づいて、図Ⅲ.2-1-1にある既存の地形分類図の主な区分を、中央防災会議による15区分の微地形区分に変換する手順を整理し、地形分類図の主な区

分から微地形区分に変換するフローを設定した（図Ⅲ.2-1-3～7）。さらに、図Ⅲ.2-1-1に示されている既存の地形分類図における主な区分以外に、地形分類図の中でよくみられる区分から微地形区分に分類するフローを設定した（図Ⅲ.2-1-8）。ケーススタディでは、原則的にこれらのフローに従って再分類した。ただし、これらのフローは地域によってはそのまま適用できない可能性があるため、微地形区分を設定した際には、専門家に確認してもらうことが必要である。

⇒ **具体的に地形分類図の区分から微地形区分を設定した事例については、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－1 地形分類図の区分から微地形区分を設定した事例』」参照。**

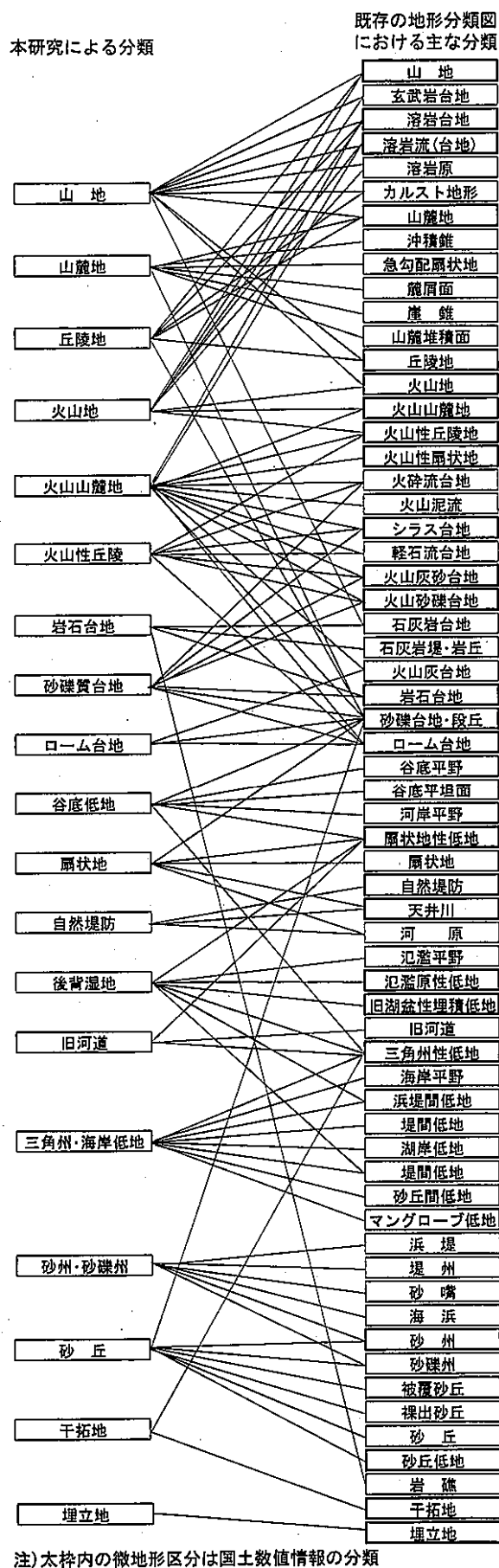
さらに、実際に分類を行うにあたっては、ケーススタディの中で以下のような問題点が発生しており、その際の対処方法を参考として挙げておく。

- 既存の地形分類図には、「扇状地、自然堤防」とか「自然堤防、砂丘、砂州」のように、複数の微地形区分が1つの凡例として示されているケースが存在する。そのようなケースに対しては、表Ⅲ.2-1-1の微地形区分の分類基準を参照して、標高分布など推定される地形的特徴に基づいて、その凡例の領域を再分類する。地形的特徴による分類が困難な場合には、後述する微地形区分と AVS30 の関係から、安全側を考慮して、AVS30 が低い区分を優先させることを原則とする。
- 図Ⅲ.2-1-3～図Ⅲ.2-1-8 に出てくる区分に全く該当しない区分がある場合には、ボーリングデータを利用して、周辺の微地形区分の土質柱状図や AVS30 の値と比較して、区分の設定を行う。
- 土地条件図や土地分類基本調査図は、作成された年代が昭和 40 年代～昭和 50 年代のものが多いため、その後の宅地造成や埋立の状況を反映していない。したがって、地形分類図が古い年代に作成された場合には、土地利用の変遷の状況や新地形図、地形分類図を重ね合わせて、地図作成年代以降の埋立や造成の領域を抽出する。
⇒ **具体的に処理した事例は、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－2 新しい人工改変地の領域を特定した事例』」参照。**
- 丘陵地・台地や山地周辺の宅地造成地に関わる人工改変地については盛土領域と切土領域で地震の揺れに違いが出ることが想定される。したがって、一部の都市の人工改変地については、画一的に評価するのではなく、新旧地形図の標高差から盛土領域と切土領域に分けて評価することを試みた。
⇒ **具体的に処理した事例は、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－3 人工改変地における切土領域と盛土領域を分類した事例』」参照。**

表Ⅲ.2-1-1 若松・他(2004)による微地形区分の分類基準

No.	微地形区分	定義・特徴
1	山地	1kmメッシュにおける起伏量(最高点と最低点の標高差)が概ね200m以上で、先第四系(第三紀以前の岩石)からなる標高の高い土地。
2	山麓地	先第四系山地に接し、土石流堆積物・崖錐堆積物など山地から供給された堆積物等よりなる比較的平滑な緩傾斜地。
3	丘陵	標高が比較的小さく、1kmメッシュにおける起伏量が概ね200m以下の斜面からなる土地。
4	火山地	第四系火山噴出物よりなり、標高・起伏量の大きなもの。
5	火山山麓地	火山地の周縁に分布する緩傾斜地で、火砕流堆積地や溶岩流堆積地、火山体の開析により形成される火山麓扇状地・泥流堆積地などを含む。
6	火山性丘陵	火砕流堆積地のうち侵食が進み平坦面が残っていないもの、または小面積で孤立するもの。
7	岩石台地	河岸段丘または海岸段丘で表層の堆積物が約5m以下のもの、隆起サンゴ礁の石灰岩台地を含む。
8	砂礫質台地	河岸段丘または海岸段丘で表層に約5m以上の段丘堆積物(砂礫層、砂質土層)をもつもの。
9	ローム台地	河岸段丘または海岸段丘で表層が約5m以上のローム層(火山灰質粘性土)からなるもの。
10	谷底低地	山地・火山地・丘陵地・台地に分布する川沿いの幅の狭い沖積低地。表層堆積物は山間地の場合は砂礫が多く、台地・丘陵地・海岸付近では粘性土や泥炭質土のこともある。
11	扇状地	河川が山地から沖積低地に出る所に形成される砂礫よりなる半円錐状の堆積地。勾配は概ね1/1000以上。
12	自然堤防	河川により運搬された土砂のうち粗粒土(主に砂質土)が河道沿いに細長く堆積して形成された微高地。
13	後背湿地	扇状地の下流側または三角州の上流側に分布する沖積低地で自然堤防以外の低湿な平坦地。軟弱な粘性土、泥炭、腐植質土からなる。砂丘・砂州の内陸側や山地・丘陵地・台地等に囲まれたポケット状の低地で粘性土、泥炭、腐植質土が堆積する部分を含む。
14	旧河道	過去の河川の流路で、低地一般面より0.5～1m低い帯状の凹地。
15	三角州・海岸低地	三角州は河川河口部の沖積低地で、低平で主として砂ないし粘性土よりなるもの。海岸低地は汀線付近の堆積物よりなる浅海底が陸化した部分で、砂州や砂丘などの微高地以外の低平なもの。海岸・湖岸の小規模低地を含む。
16	砂州・砂礫州	波や潮流の作用により汀線沿いに形成された中密ないし密な砂または砂礫よりなる微高地。過去の海岸沿いに形成され、現在は内陸部に存在するものも含む。
17	砂丘	風により運搬され堆積した細砂ないし中砂が表層に約5m以上堆積する波状の地形。一般に砂州上に形成されるが、台地上に形成されたものを含む。
18	干拓地	浅海底や湖底部分を沖合の築堤と排水により陸化させたもの。標高は水面よりも低い。
19	埋立地	水面下の部分を盛土により陸化させたもの。標高は水面よりも高い。

若松・他(2004)より抜粋



図III.2-1-1 若松・他(2004)による微地形区分と既存の地形分類図の主要な区分との対応

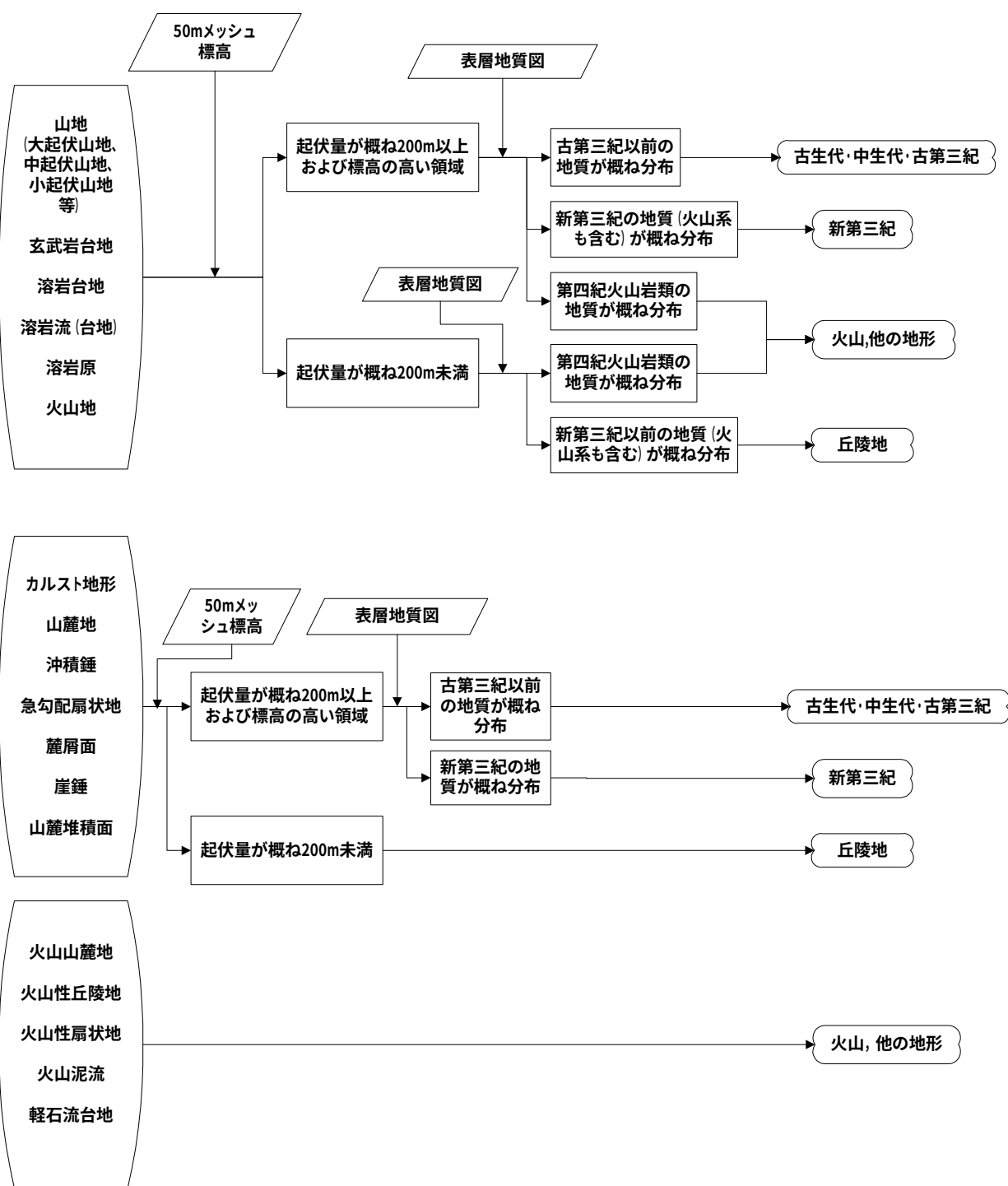
(若松・他,2004 より抜粋)

若松・他(2004)による微地形区分

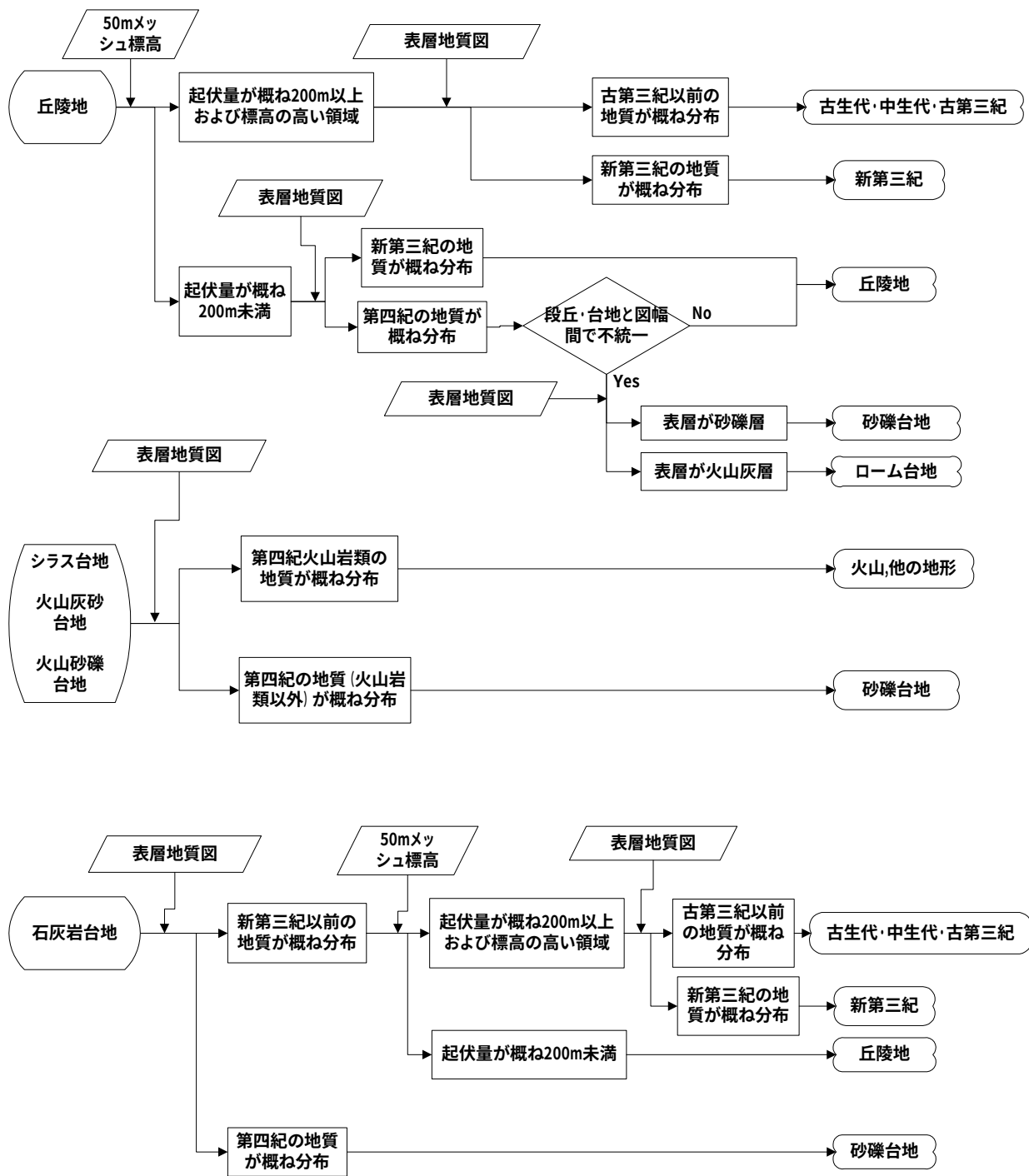
中央防災会議による微地形区分



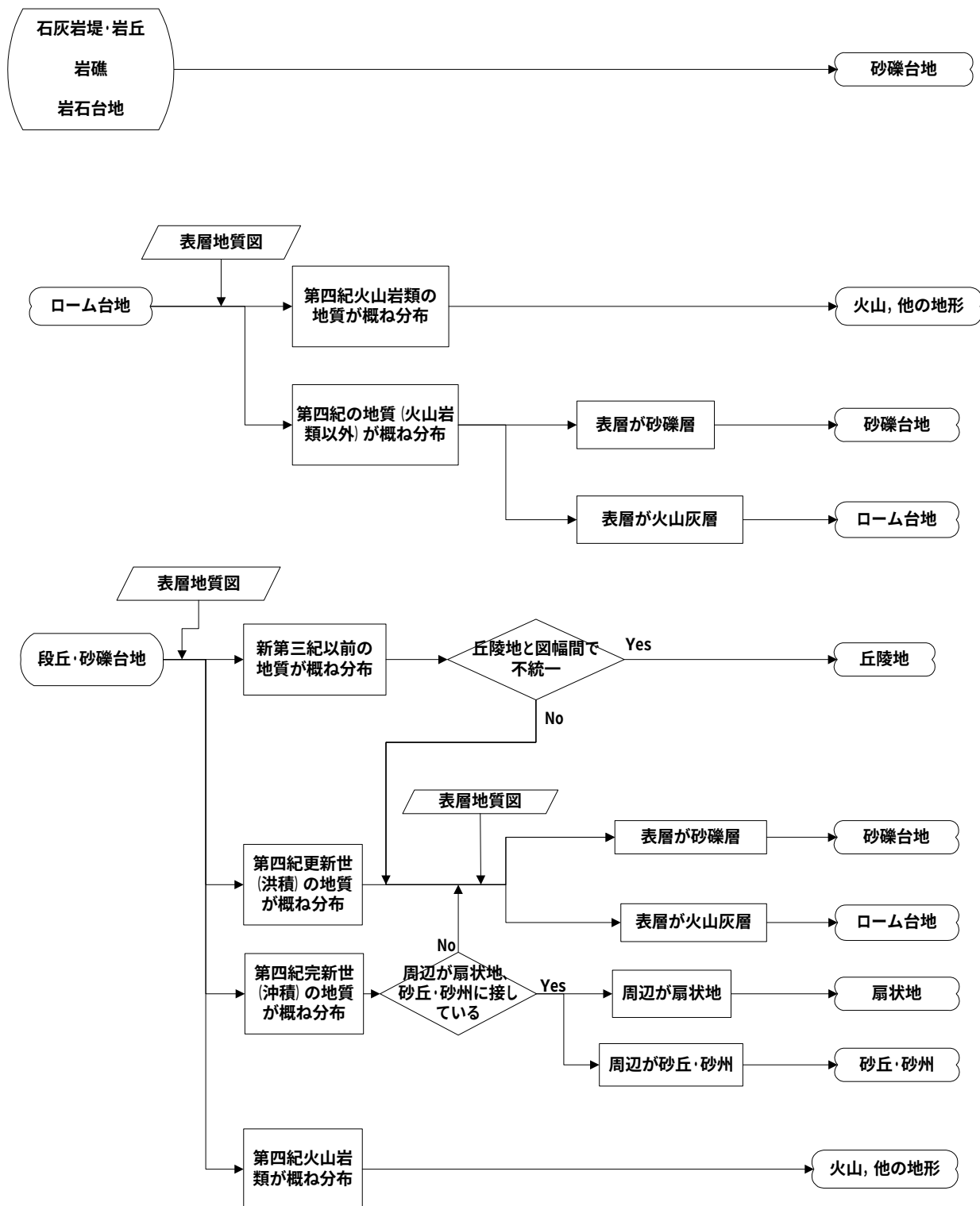
図III.2-1-2 若松・他(2004)による微地形区分と中央防災会議による微地形区分との対応



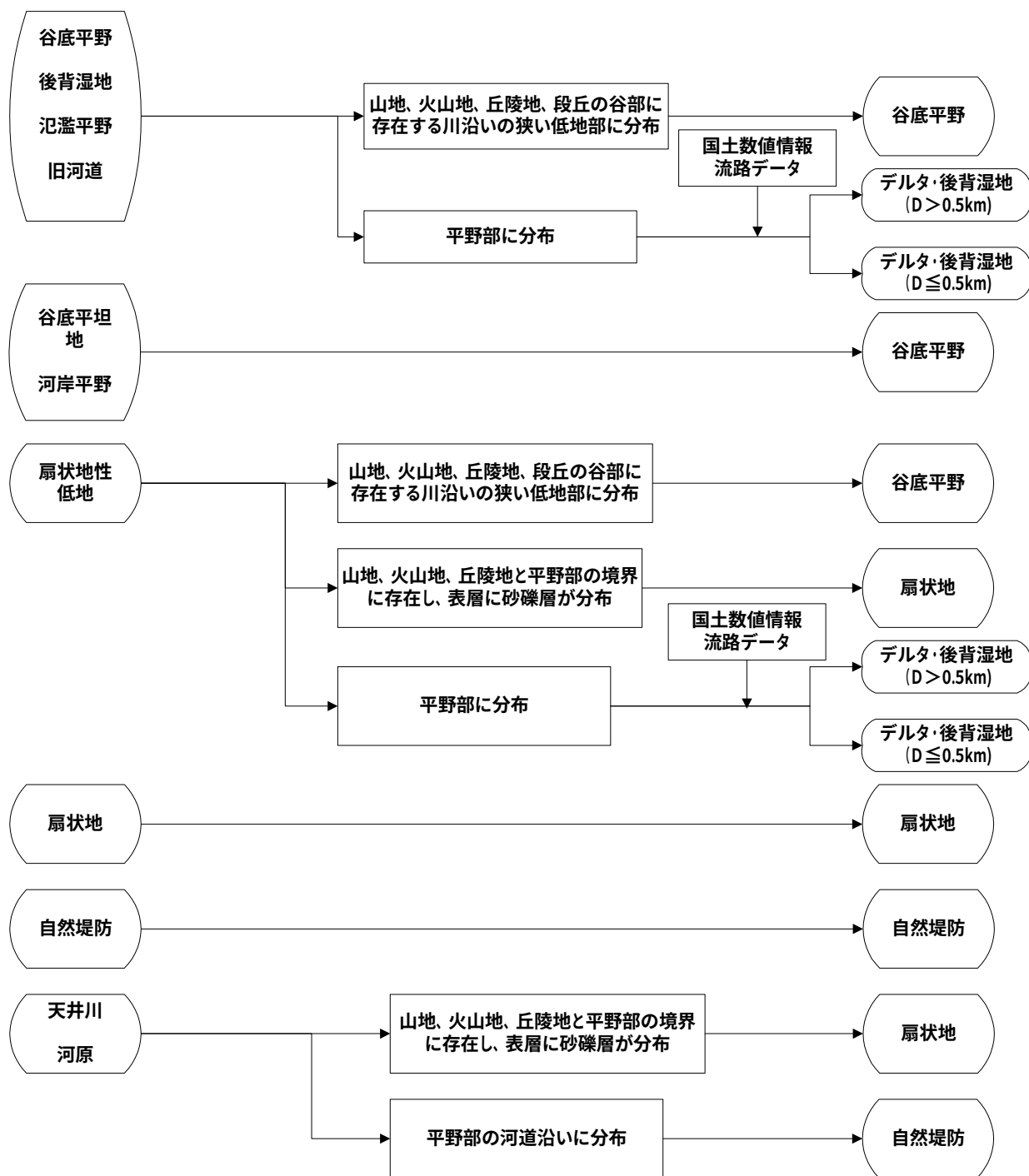
図III.2-1-3 既存の地形分類図の主な区分から中央防災会議による微地形区分を設定する手順（1）



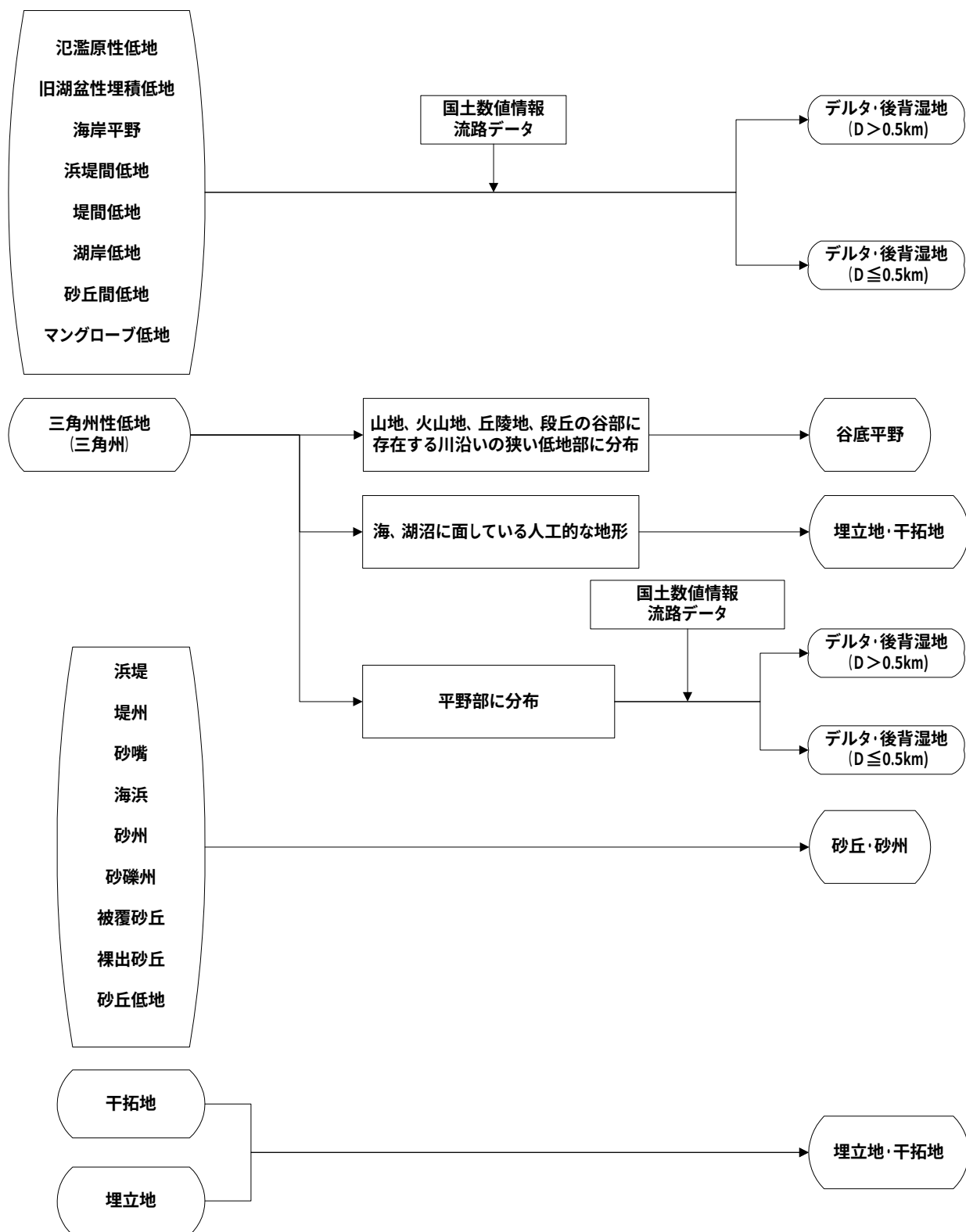
図III.2-1-4 既存の地形分類図の主な区分から中央防災会議による微地形区分を設定する手順（2）



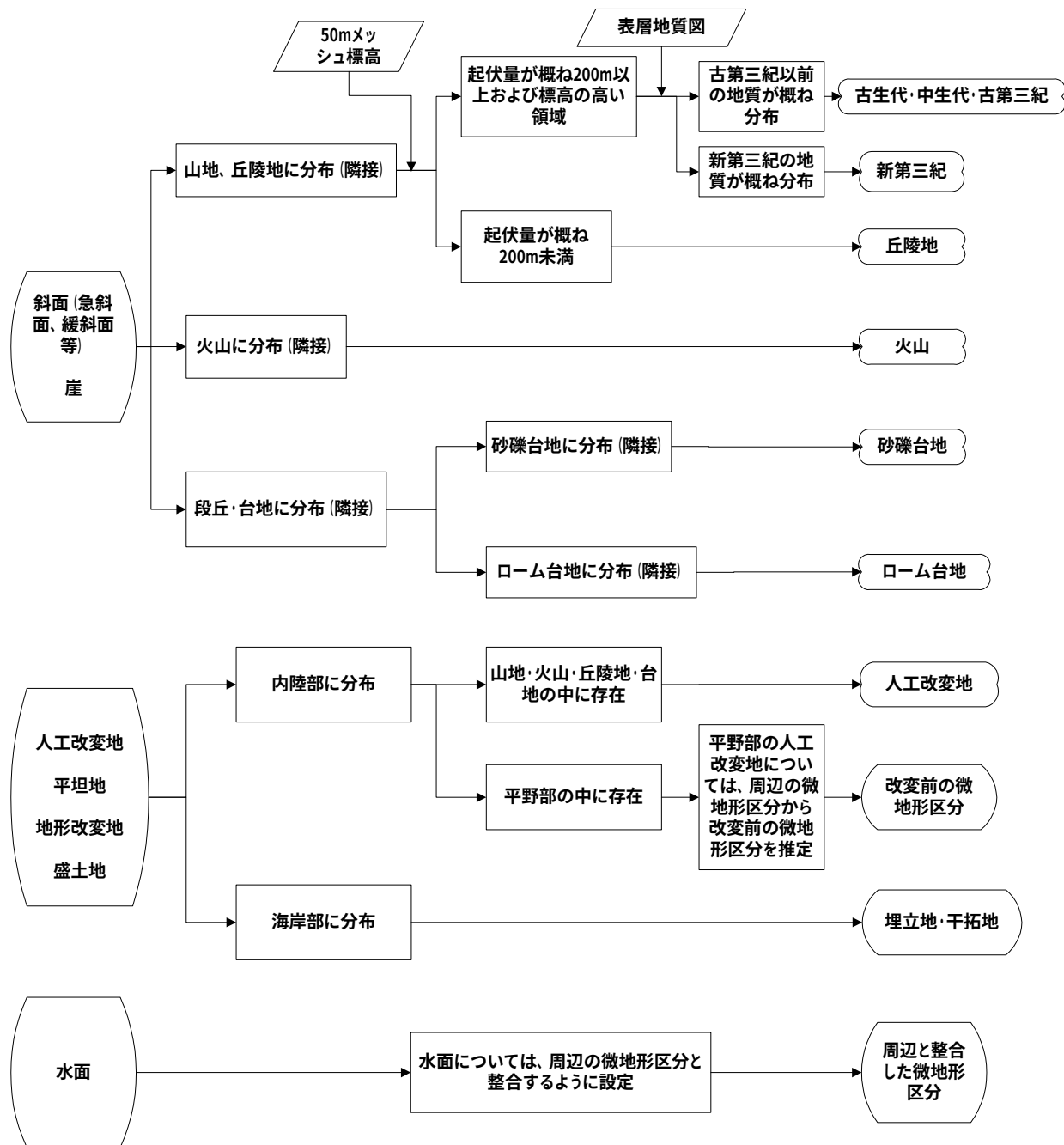
図III.2-1-5 既存の地形分類図の主な区分から中央防災会議による微地形区分を設定する手順（3）



図Ⅲ.2-1-6 既存の地形分類図の主な区分から中央防災会議による微地形区分を設定する手順（４）



図III.2-1-7 既存の地形分類図の主な区分から中央防災会議による微地形区分を設定する手順（5）



図Ⅲ.2-1-8 図Ⅲ.2-1-1 に示した地形分類図の主な区分以外によくみられる区分から中央防災会議による微地形区分を設定する手順

2-2 各メッシュにおける AVS30 の設定

ケーススタディでは、各メッシュにおける AVS30 を以下に示す 3 段階の作業を行って設定した。

(1) 収集したボーリングデータの処理

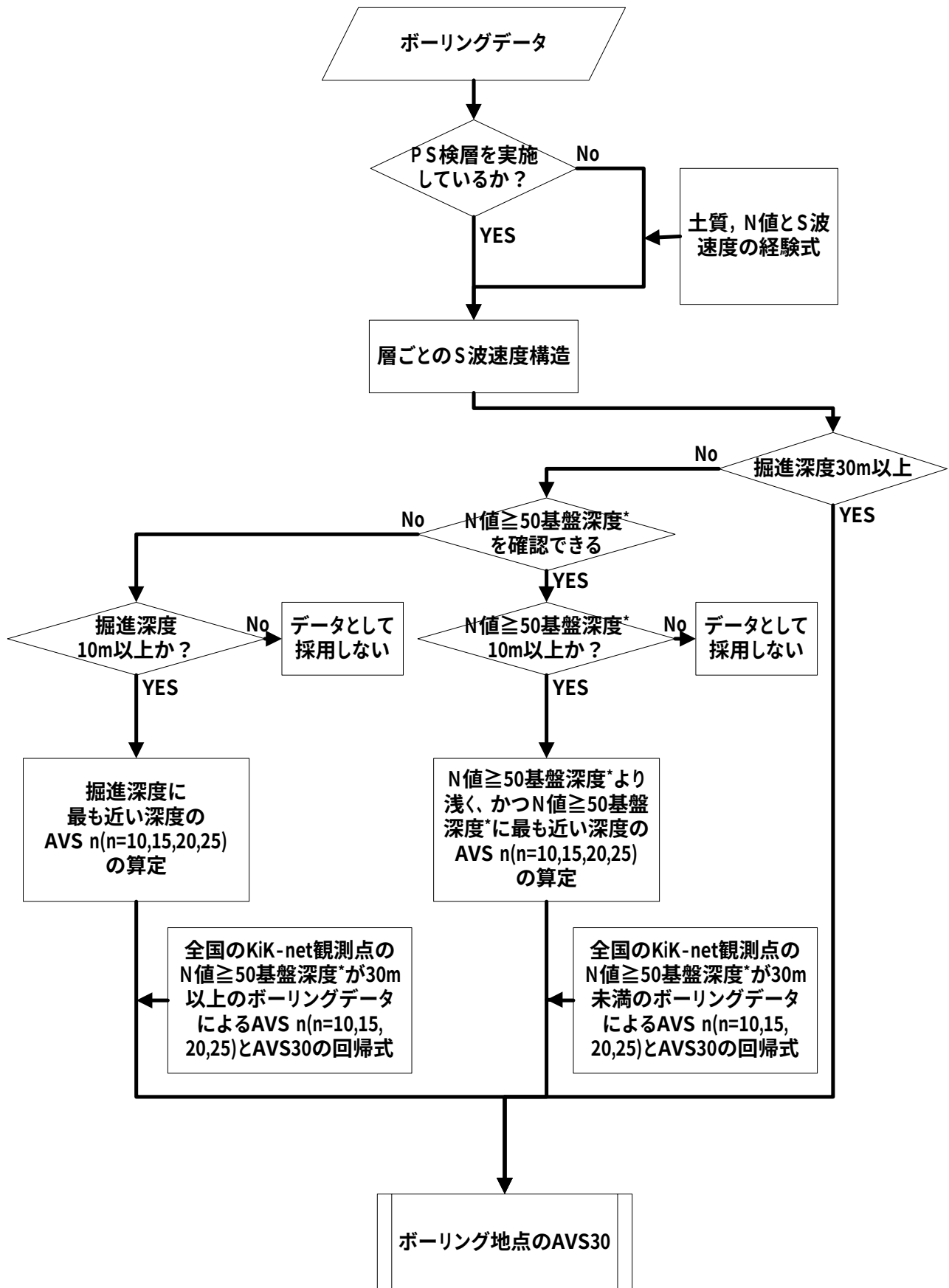
(2) 微地形区分と AVS30 の関係の整理

(3) 各メッシュにおける AVS30 の設定

それぞれの作業のフローを図Ⅲ.2-2-1~3 に示す。これらの作業におけるポイントをまとめると下記のとおりである。

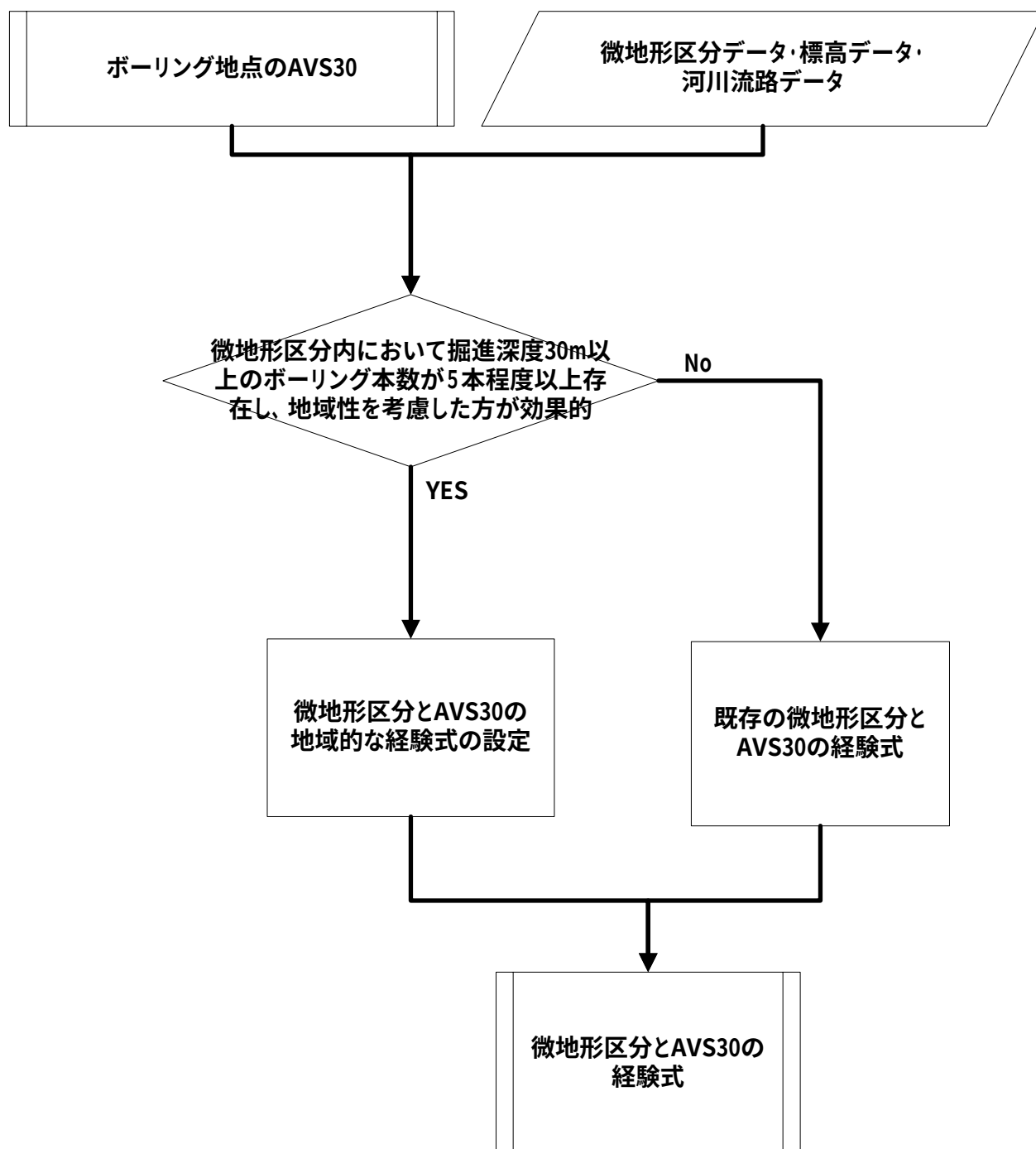
- 第一段階として、ボーリング地点ごと、メッシュごと、それぞれで AVS30 を推定する。
- P S 検層を実施していないボーリング地点については、土質、N 値と S 波速度との経験式により S 波速度構造を推定し、AVS30 の推定を行う。
- 掘進深度が浅いボーリング地点については、地表から深度 n m までの平均 S 波速度 (以下、AVS n と表記) と AVS30 の回帰式を設定して、AVS30 を推定することとし、ボーリングデータの有効利用を図る。
- メッシュにおける AVS30 は、微地形区分と AVS30 の経験式から推定する。この際、地方公共団体において掘進深度 30m 以上のボーリングデータがある程度存在する微地形区分についてはボーリング地点と AVS30 の値を集約し、回帰式を用いて、地域的な係数を設定する。
- 最終的なメッシュごとの AVS30 は、ボーリング地点の AVS30 の値と微地形区分より推定したメッシュの AVS30 の値とを空間的に平滑化して推定する。

以下、上記で示した 3 段階の作業について、ケーススタディで実施した具体的な処理内容を参考に示す。

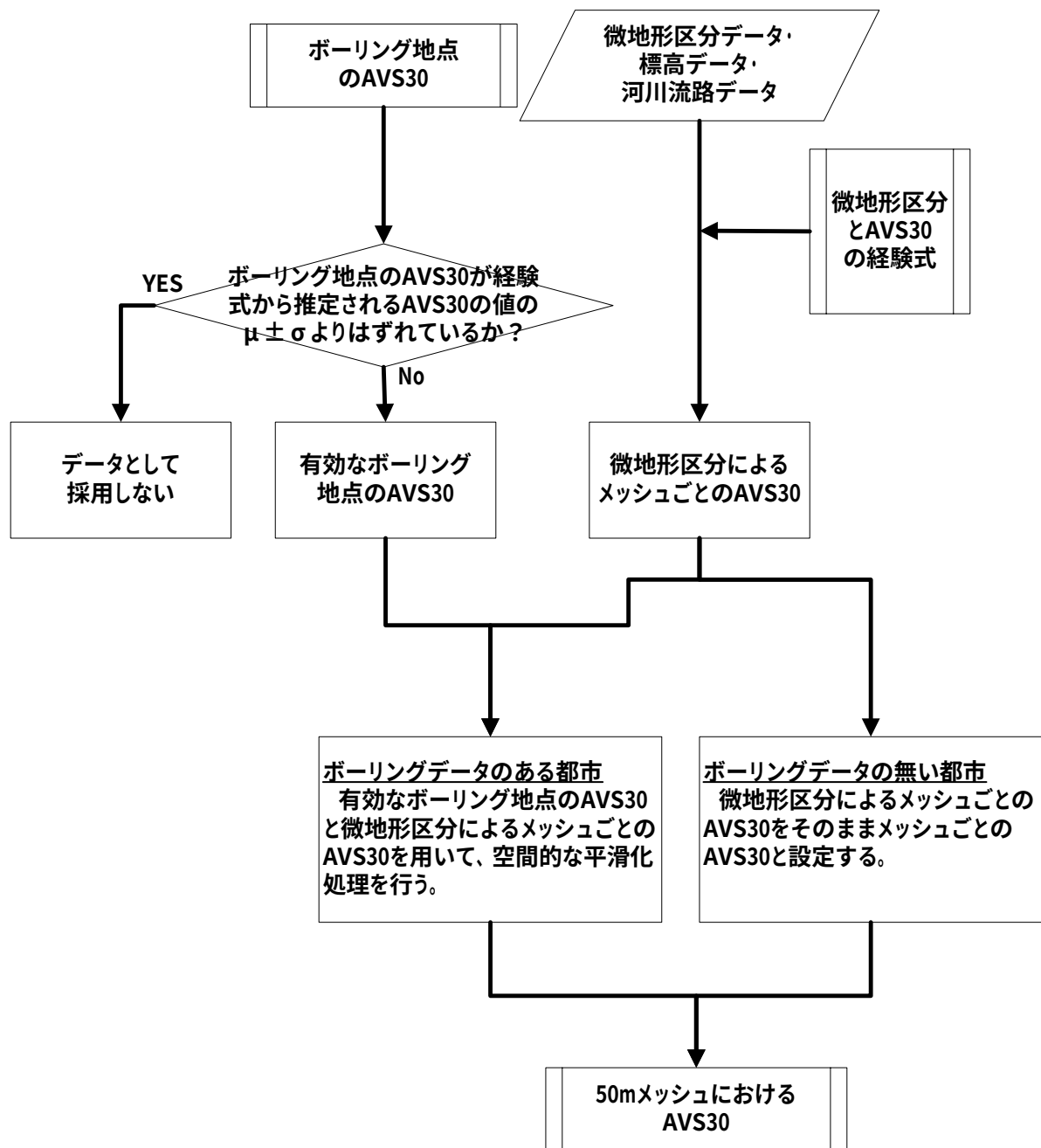


図Ⅲ.2-2-1 収集したボーリングデータの処理の考え方の全体フロー

* 「N 値≧50 基盤」については、P.48 を参照のこと



図III.2-2-2 微地形区分と AVS30 の関係の整理の考え方の全体フロー



図Ⅲ.2-2-3 各メッシュにおける AVS30 の設定の考え方の全体フロー

(1) 収集したボーリングデータの処理

地方公共団体において収集されるボーリングデータは、P S 検層を実施していないボーリングや掘進深度 30m に満たないボーリングデータがその多数を占める。これらのボーリングについては、そのままでは AVS30 の算定に活用することはできないため、一定の処理を施すこととする。ここでは、そのためにケーススタディで実施したボーリングのデータ処理の内容について説明する。

① P S 検層を実施していないボーリングデータの処理

ボーリング柱状図の深度ごとの土質区分と N 値データから経験式を用いて、各層の S 波速度を推定し、その結果を基に AVS30 を推定する。経験式は、P S 検層のデータが多数存在する場合には P S 検層のデータを用いて、地域的な関係を設定したものを用いることが望ましいが、実際には地方公共団体において十分なデータを得ることは困難である。したがって、既存の経験式を用いて、各層の S 波速度を推定する。既存の経験式としては、太田・後藤(1976)、Imai and Tonouchi(1982)、中央防災会議などの式が提案されているが、ケーススタディでは、中央防災会議による以下の式を利用した。

$$V_s = a \cdot N^b \quad \text{———— (III.2-2-1)}$$

V_s : S 波速度(m/s)

N : N 値 (層ごとの平均 N 値)

a : 土質係数 1 (粘土 : 111.30, 砂 : 94.38, 礫 : 123.05)

b : 土質係数 2 (粘土 : 0.3020, 砂 : 0.3144, 礫 : 0.2443)

なお、ボーリングデータから層ごとの S 波速度を推定するにあたっては、以下の点について留意する必要がある。

- 層厚 1m 未満の薄層など N 値を測定していない層が存在することがあるので、一定の処理方法を決めて、速度を設定できるようにする。
⇒ 具体的な処理の例については、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－4 薄層処理の手順例』」を参照。
- 岩が確認できた場合には、周辺の P S 検層のデータより設定することを基本とするが、不明の場合は $N \geq 50$ で S 波速度 500m/s、 $N < 50$ で S 波速度 300m/s と設定した。

② 各ボーリングデータごとの AVS30 の推定

各ボーリングデータごとの AVS30 の推定は掘進深度 30m 以上、掘進深度 30m 未満の合の 2 ケースに分けて実施した。以下、ケースごとに説明する。

1) 掘進深度 30m 以上のボーリング

P S 検層を実施している場合には、P S 検層結果の S 波速度構造から AVS30 を算定する。P S 検層を実施していない場合には、①で推定した層ごとの S 波速度から AVS30 を推定した。

⇒ 具体的に P S 検層を実施していない掘進深度 30m 以上のボーリングデータから AVS30 を推定した事例は、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－5 P S 検層を実施していないボーリングデータにおける AVS30 の推定事例』」参照。

2) 掘進深度 30m 未満のボーリング

以下の手順で AVS30 を推定した。

- ① まず、掘進深度 30m 未満のボーリングデータについて、N 値 50 以上の層に相当する基盤（以下、N 値 ≥ 50 基盤と呼ぶ）が存在するかどうか確認する。
ケーススタディでは、以下の基準で N 値 ≥ 50 基盤の設定を行っている。
 - ボーリング孔底付近で N 値 50 以上を連続 3 回以上確認してボーリングを止めている。
 - ボーリング孔底付近で N 値 50 以上の岩盤部を確認してボーリングを止めている。
- ② AVS30 が基盤深度 10m 未満のボーリング、さらには掘進深度 10m 未満のボーリングについては、AVS30 の推定の対象から外す。
- ③ AVS30 の推定は、N 値 ≥ 50 基盤が確認できるケースと確認できないケースの 2 つに分けて、以下のようにして設定を行う。

a) N 値 ≥ 50 基盤が確認できるケース

N 値 ≥ 50 基盤深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最も N 値 ≥ 50 基盤深度に近い値を設定し、その深度までの平均 S 波速度 AVS n ($n=10, 15, 20, 25$) を計算する。その値より、次式の AVS n -AVS30 の経験式より AVS30 を推定する。

$$AVS30 = a_n \times AVS_n + b_n \quad \text{-----} \quad (III.2-2-2)$$

$$n : 10, 15, 20, 25$$

$$a_n, b_n : AVS \ n \text{ と } AVS30 \text{ の回帰式の係数}$$

III.2-2-2 式の a_n , b_n の係数は、P S 検層が実施されている全国の KiK-net 観測点のうち、N 値 ≥ 50 基盤深度 (KiK-net では S 波速度 300m/s 以上層の上面深度と定義) が 30m 未満の観測点の S 波速度構造データを用いて、N 値 ≥ 50 基盤深度別に整理して AVS n と AVS30 の関係より回帰式を用いて算定したものである。(図 III.2-2-4 参照)

なお、図 III.2-2-4 中の点線の直線は 1 次回帰直線の y 切片を固定した上でそれぞれのデータの傾きの平均とばらつきを計算し、傾きの平均 $\pm \sigma$ を示した直線である。

このうち、ケーススタディでは安全側を考慮して、(傾きの平均 $\mu - \sigma$)の式を用いて、AVS30の推定を行っている。

b) N値 ≥ 50 基盤が確認できないケース

10m、15m、20m、25mのうちで最も掘進深度に近い値を設定し、その深度までの平均S波速度 AVS_n ($n=10, 15, 20, 25$)を計算する。その値より、N値 ≥ 50 基盤が確認できるケースと同様に(Ⅲ.2-2-2)式で示した AVS_n -AVS30 の経験式を用いて、AVS30を推定する。

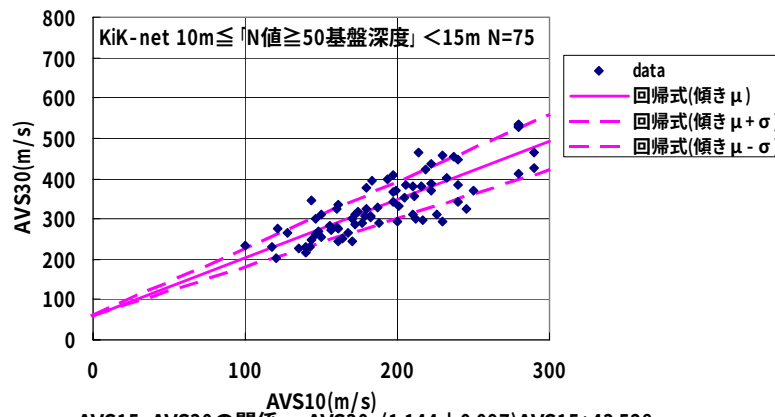
ただし、掘進深度を基盤深度と見なして、図Ⅲ.2-2-4で示した回帰式を用いてAVS30を推定すると一般的には危険側にAVS30を推定する傾向となる。そこで、(Ⅲ.2-2-2)式の a_n 、 b_n の係数は、全国のKiK-net観測点のうち、N値 ≥ 50 基盤深度が30m以上の観測点のS波速度構造データを用いて、 AVS_n とAVS30の関係より回帰式を用いて算定したものを利用することを考えた(図Ⅲ.2-2-5参照)。

その妥当性検討のために岡崎市の自然堤防を事例に、N値 ≥ 50 基盤が確認できない掘進深度 30m 未満のボーリングに対して、図Ⅲ.2-2-4で示した回帰式、図Ⅲ.2-2-5で示した回帰式の2つの式でAVS30を推定した分布を、実際の掘進深度30m以上のボーリングにおけるAVS30の分布と比較した結果を図Ⅲ.2-2-6に示した。その結果、図Ⅲ.2-2-5で示した回帰式でAVS30を推定した方が掘進深度30m以上のボーリングにおけるAVS30の分布との整合性が高いことが確認できた。こうした傾向は、概ねの微地形区分においてみられることから、N値 ≥ 50 基盤が確認できない掘進深度 30m 未満のボーリングに対しては、図Ⅲ.2-2-5で示した回帰式を用いてAVS30を推定することとした。

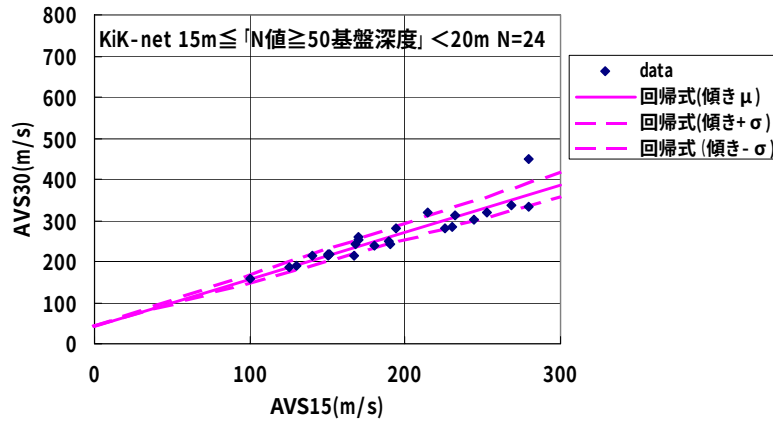
なお、ケーススタディでは、a)のケースと同様に安全側を考慮して、(傾きの平均 $\mu - \sigma$)の式を用いて、AVS30の推定を行っている。

⇒ 実際に収集した掘進深度 30m 未満のボーリングデータより、前述の考え方に基づいて AVS30 を推定した事例は、「Ⅳ. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－6 掘進深度 30m 未満のボーリングデータにおける AVS30 の推定事例』」参照。

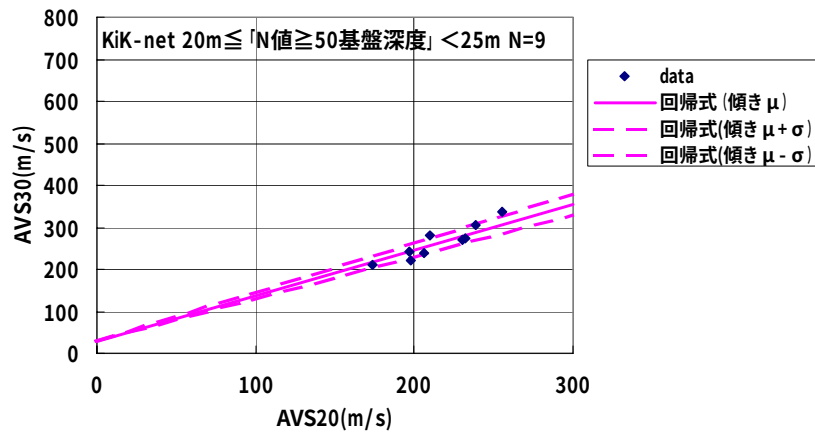
AVS10-AVS30の関係 $AVS30=(1.441 \pm 0.222)AVS10+ 58.726$



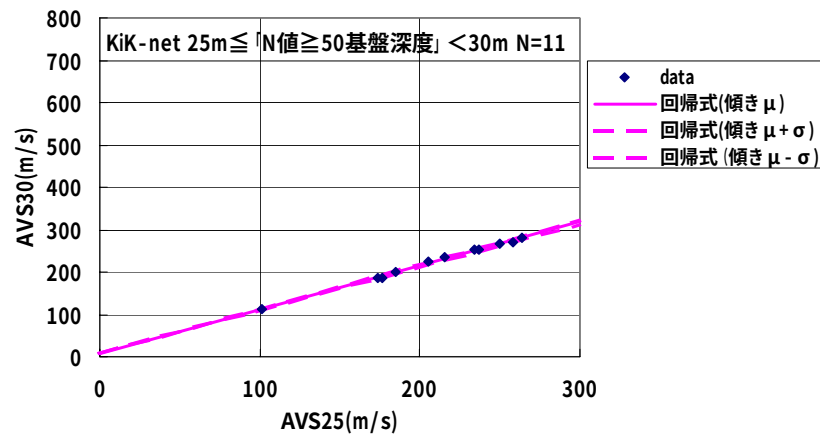
AVS15-AVS30の関係 $AVS30=(1.144 \pm 0.097)AVS15+43.528$



AVS20-AVS30の関係 $AVS30=(1.083 \pm 0.079)AVS20+ 29.658$

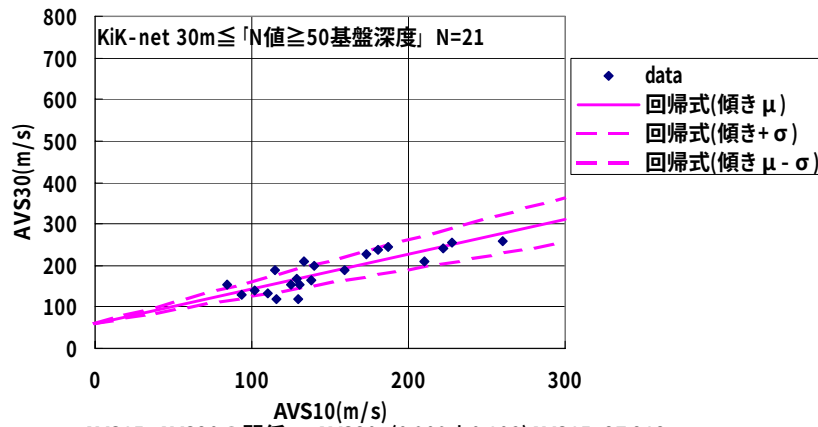


AVS25-AVS30の関係 $AVS30=(1.034 \pm 0.014)AVS25+7.937$

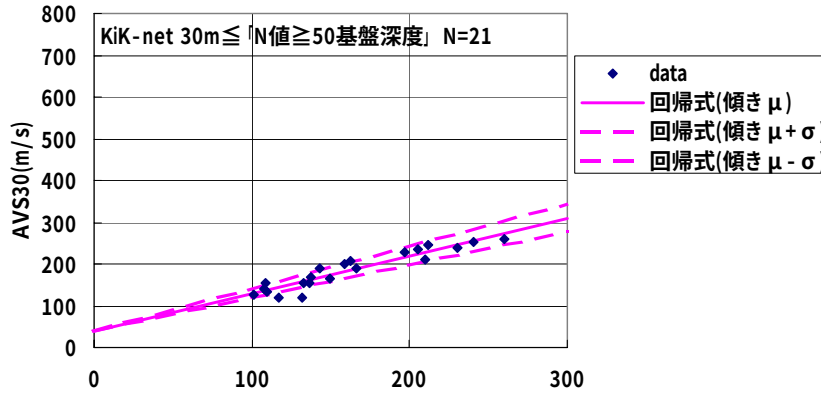


図III.2-2-4 N値 ≧ 50 基盤深度が 30m 未満の KiK-net 観測点における AVSn-AVS30 の関係

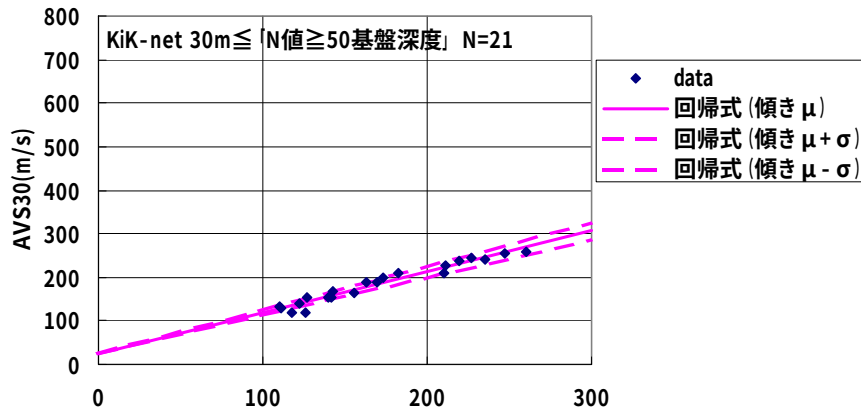
AVS10-AVS30の関係 $AVS30=(0.832\pm0.177)AVS10+59.881$



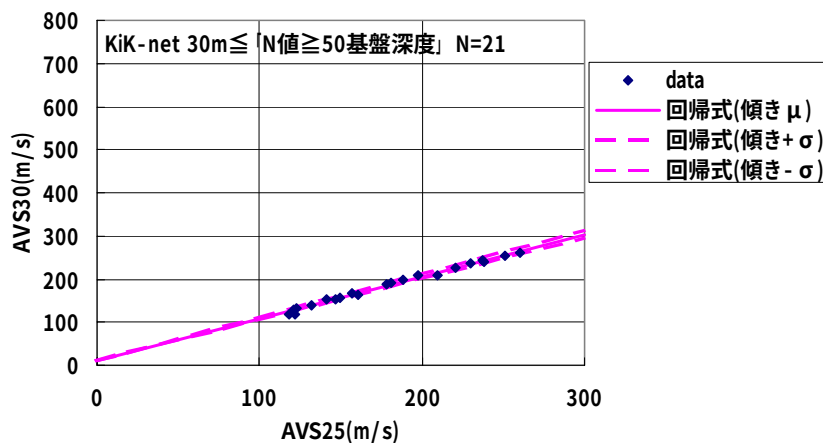
AVS15-AVS30の関係 $AVS30=(0.909\pm0.108)AVS15+37.213$



AVS20-AVS30の関係 $AVS30=(0.946\pm0.065)AVS20+23.318$

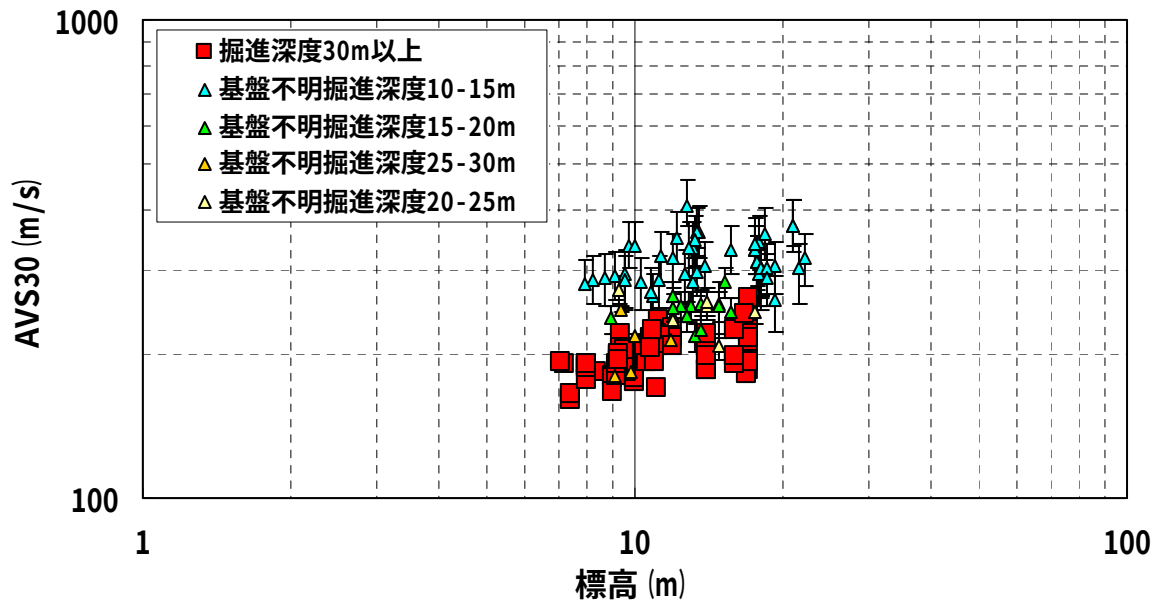


AVS25-AVS30の関係 $AVS30=(0.983\pm0.028)AVS25+9.113$

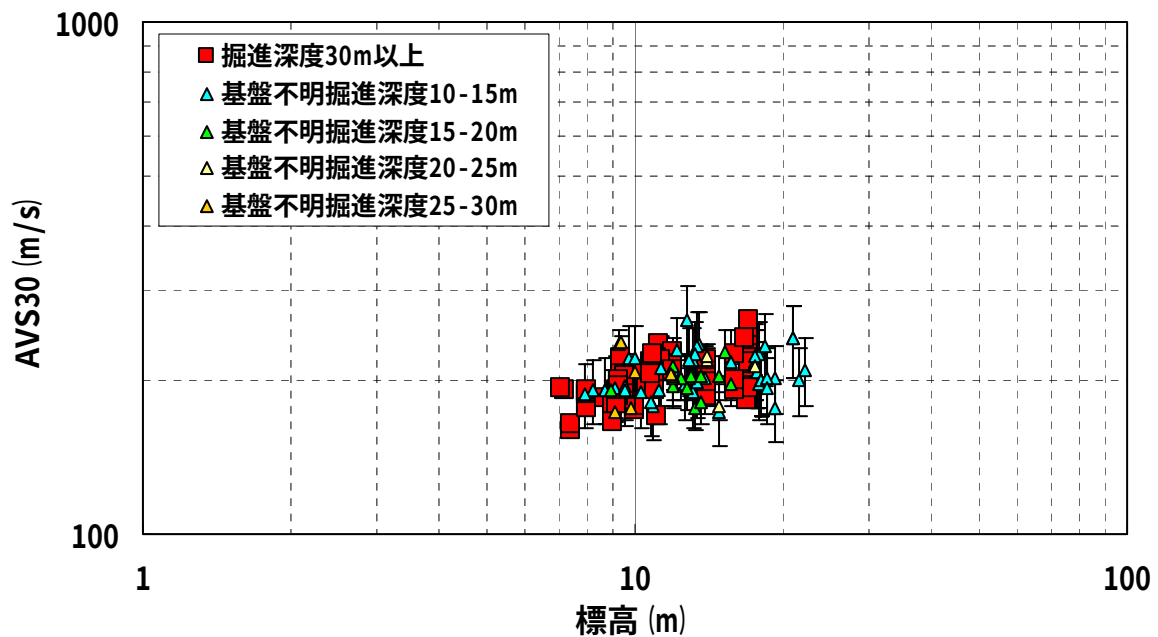


図III.2-2-5 N 値 ≥ 50 基盤深度が 30m 以上の KiK-net 観測点における AVSn-AVS30 の関係

岡崎市の自然堤防を事例に $N \geq 50$ 基盤深度が確認できないボーリングにおいて図III.2-2-4の回帰式よりAVS30を推定したたケース



岡崎市の自然堤防を事例に $N \geq 50$ 基盤深度が確認できないボーリングにおいて図III.2-2-5の回帰式よりAVS30を推定したたケース



図III.2-2-6 掘進深度 30m 未満で N 値 ≥ 50 基盤が確認できないボーリングにおいて、 AVS_n - AVS_{30} の回帰式で推定した AVS_{30} の分布と掘進深度 30m 以上における AVS_{30} の分布との比較（岡崎市、自然堤防の例）

(2) 微地形区分と AVS30 の関係の整理

ボーリングが存在しないメッシュにおける AVS30 を決定するため、微地形区分と AVS30 の関係式の設定を行う。この微地形区分と AVS30 の関係式は松岡・翠川(1994)の経験式をベースにして、次式によって設定を行った。

$$\text{LogAVS30} = a + b \cdot \text{Log}H + c \cdot \text{Log}D \pm \sigma \quad \text{-----} \quad (\text{III.2-2-3})$$

AVS30 : 表層 30m の平均 S 波速度の推定値

H : 標高 (m)

D : 主要河川からの距離(km)

a, b, c : 係数 (微地形区分ごと)

σ : 標準偏差 (微地形区分ごと)

(III.2-2-3)式の係数については、微地形区分ごとに地域的な係数の設定が可能な場合と不可能な場合の2つのケースがあり、以下の条件が満たされる場合、地域的な係数の設定を試みる。

- ・ AVS30 が直接推定可能な掘進深度 30m 以上のボーリングが同じ微地形区分内に 5 本程度以上存在する。

そこで、地域的な係数の設定が可能な場合と不可能な場合について微地形区分と AVS30 の関係式の設定方法について述べる。

①地域的な係数の設定が可能な場合

同じ微地形区分における掘進深度 30m 以上のボーリングデータを対象に (1) で推定した AVS30 の値を集約し、回帰式を用いて、地域的な係数を設定する。ただし、設定にあたっては、主に以下の点について留意した。

- 回帰式を設定する際には、原則的に既存の経験式をスライドさせるという考え方で、b, c, σ の値は既存の経験式と同じ値として、a の値のみをデータに整合するように算定した。
- 既存の経験式において、上限値・下限値が設定されている微地形区分については、原則的にその値をそのまま用いるようにした。ただし、微地形区分の間で想定される AVS30 の大小関係が逆転する場合には、必要に応じて、微地形区分ごとに経験式で推定される AVS30 の上限値・下限値の範囲を変化させた。主要な微地形区分と AVS30 の大小関係は、多少の前後は生じるものの、概ね次のとおりと推測される。ただし、地質状況によって例外もあり得る

小 <-----AVS30 -----> 大
後背湿地・デルタ < 谷底平野 , 自然堤防
谷底平野 < 扇状地, 砂礫台地

- 人工改変地におけるボーリングは造成前のデータが含まれる可能性がある。そのため、人工改変地においてはこうしたデータを取り除くこととした。

⇒ 具体的に人工改変地のボーリングデータから、造成前のデータを取り除いた事例は、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－7 人工改変地において、造成前のボーリングデータを取り除く手順例』」を参照。

- 同じ微地形区分における AVS30 推定可能なすべてのボーリング地点の標高(あるいは河川距離)－AVS30 の分布との整合性が既存の経験式より新たに設定した経験式の方が高いことを確認する。具体的には、既存の経験式の $\pm\sigma$ の範囲と新たに設定した経験式の $\pm\sigma$ の範囲を比較して、ボーリング地点のデータが新たに設定した経験式の $\pm\sigma$ の範囲により多く入っていることを確認する。逆に、既存の経験式の $\pm\sigma$ の範囲にボーリングデータがより多く入っている場合には、地域的な係数の設定は原則的には行わないようにする。

⇒ 実際に、微地形区分と AVS30 の地域的な関係を設定した事例は、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－8 ボーリングデータを用いて微地形区分と AVS30 の関係を設定する事例』」を参照。

②地域的な係数の設定が不可能な場合

既存の経験式の係数を用いる。既存の係数の例として、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」で設定した微地形区分ごとの(Ⅲ.2-2-3)式の係数 a,b,c と標準偏差 σ を表Ⅲ.2-2-1、藤本・翠川(2003)による係数を表Ⅲ.2-2-2 にそれぞれ示す。このうち、ケーススタディでは、地域的な係数の設定が不可能な微地形区分において、中央防災会議による係数を用いている。

(3) 各メッシュにおける AVS30 の設定

各メッシュにおける AVS30 の設定は以下の手順で実施する。

- ① 各メッシュの微地形区分および標高等のデータから(2)で設定した微地形区分と AVS30 の関係を用いてメッシュごとの AVS30 を推定する。その際、ケーススタディでは安全側を考慮し、 $-\sigma$ 式を用いて推定を行った。
- ② ①に対応して、ボーリング地点の AVS30 においても、推定値のばらつきを考慮し、便宜的にボーリング地点の微地形区分の σ を用いて、次式より $-\sigma$ 相当の値に変更した。ただし、AVS30 の真値が算定できる掘進深度 30m 以上の P S 検層が実施されているボーリング地点については次式を適用せず、AVS30 の値をそのまま利用した。

$$AVS30_{-\sigma} = 10^{\log AVS30 - \sigma} \quad (Ⅲ.2-2-5)$$

AVS30_{-σ} : (μ - σ)相当のボーリング地点の AVS30

AVS30 : 推定したボーリング地点の AVS30

σ : ボーリング地点の微地形区分の σ の値

- ③ ①で推定したメッシュごとの AVS30 の結果と②で推定したボーリング地点の AVS30 の結果を併せて空間的に平滑化を行い、各メッシュにおける AVS30 を設定する。その具体的方法は、メッシュの中心点に微地形区分より推定した AVS30 を記録する仮のボーリング地点が存在すると設定した上で次式により、AVS30 の空間的な平滑化を行い、メッシュごとの AVS30 を推定する。

$$AVS30 = \frac{\sum_i \left(\frac{1}{(r_i + C)^2} \cdot AVS30_i \cdot K_{wi} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{(r_i + C)^2} \cdot K_{wi} \right)} \quad r_i \leq R \quad (III.2-2-4)$$

AVS30 : 平滑化した当該メッシュの AVS30

R : 当該メッシュの中心点からの半径の長さ。この半径の円内にある当該メッシュと同じ微地形区分のボーリング地点がすべて平滑化計算の対象となる。R の値については、ボーリング地点の地質の影響範囲に相当するものと解釈されるが明確な根拠が無いため、ケーススタディにおいては概ね隣接メッシュ程度までは影響を及ぼすとして、R=100m と設定した。

r_i : 当該メッシュの中心点から i 地点のボーリングまでの距離

AVS30_i : i 地点のボーリングの AVS30

C : 近隣のボーリング地点の影響を調整するための定数。C が小さければ、近隣の影響を強く受けることになる。ケーススタディでは、C の値は R の 0.1 の大きさに設定した。

K_{wi} : 微地形区分より設定される仮のボーリング地点の影響と実際のボーリング地点の影響の重み付けを変えるための定数。i 地点が仮のボーリング地点であれば、K_{wi}=1 となり、実際のボーリング地点であれば K_{wi} は 1 より大きな数字を設定する。ケーススタディでは、半径 R の範囲で対象となる仮のボーリング地点の数と同等な値を実際のボーリング地点の K_{wi} の値とした。

⇒ メッシュごとの AVS30 をボーリング地点の AVS30 を利用して、空間的に平滑化を行って推定した具体的な事例は、「IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例『事例－9 50m メッシュごとの AVS30 をボーリング地点の AVS30 を利用して、空間的に平滑化を行って推定した事例』」参照。

表Ⅲ.2-2-1 (Ⅲ.2-2-3)式の係数 a,b,c と標準偏差 σ の比較表

[μ 式]

コード	微地形区分	a	b	c	σ	
3~5	古生代・中生代・古第三紀	2.90	0.00	0.00	0.15	
6	新第三紀	2.53	0.00	0.00	0.07	
7	他の地形	2.20	0.13	0.00	0.15	200<AVS<350
8	丘陵地	2.51	0.00	0.00	0.16	
9	砂礫台地	2.48	0.00	0.00	0.14	
10	ローム台地	2.09	0.23	0.00	0.10	200<AVS<400
11	扇状地	2.49	0.00	0.00	0.10	
12	砂州・砂丘	2.31	0.00	0.00	0.12	
13	谷底平野	2.08	0.19	0.00	0.15	162<AVS<300
14	自然堤防	2.06	0.26	0.00	0.14	162<AVS<400
15	後背湿地・デルタ ($D>0.5$)	2.27	0.00	0.19	0.13	AVS<250
16	後背湿地・デルタ ($D\leq 0.5$)	2.21	0.00	0.00	0.11	
17	人工改変地	2.39	0.00	0.00	0.14	
18	埋立地・干拓地	2.23	0.00	0.00	0.19	
21	火山	2.20	0.13	0.00	0.15	200<AVS<350

[- σ 式]

コード	微地形区分	a	b	c	
3~5	古生代・中生代・古第三紀	2.75	0.00	0.00	
6	新第三紀	2.46	0.00	0.00	
7	他の地形	2.05	0.13	0.00	145<AVS<250
8	丘陵地	2.35	0.00	0.00	
9	砂礫台地	2.34	0.00	0.00	
10	ローム台地	1.99	0.23	0.00	160<AVS<320
11	扇状地	2.39	0.00	0.00	
12	砂州・砂丘	2.19	0.00	0.00	
13	谷底平野	1.93	0.19	0.00	125<AVS<210
14	自然堤防	1.92	0.26	0.00	125<AVS<290
15	後背湿地・デルタ ($D>0.5$)	2.14	0.00	0.19	AVS<200
16	後背湿地・デルタ ($D\leq 0.5$)	2.10	0.00	0.00	
17	人工改変地	2.25	0.00	0.00	
18	埋立地・干拓地	2.04	0.00	0.00	
21	火山	2.05	0.13	0.00	145<AVS<250

中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」

表III.2-2-2 藤本・翠川(2003)による微地形区分と AVS30 の経験式の係数 a,b,c, σ

地形分類	地域	回帰係数			データ数	σ
		a	b	c		
山地 (古第三紀以前)	E				33	0.18
	C	2.74	0	0	17	
	W				131	
山地 (新第三紀)	E				53	0.15
	C	2.66	0	0	20	
	W				39	
第四紀火山	E				27	0.16
	C	2.36	0.11	0	30	
	W				47	
丘陵地	E	2.60	0	0	22	0.19
	C	2.48	0	0	36	0.12
	W	2.60	0	0	11	0.21
砂礫台地	E	2.57	0	0	55	0.14
	C				49	0.13
	W	2.32	0.12	0	53	
ローム台地	E	2.47	0	0	34	0.12
	C	2.10	0.21	0	129	0.13
	W	(2.10)	(0.21)	(0)	1	-
扇状地	E	2.18	0.17	0	58	0.15
	C	2.04	0.23	0	40	0.12
	W	2.31	0.14	0	69	0.11

地形分類	地域	回帰係数			データ数	σ
		a	b	c		
砂州・砂丘	E				6	0.15
	C	2.34	0	0	16	
	W	(2.34)	(0)	(0)	3	
谷底平野	E	2.50	0	0	20	0.13
	C	2.06	0.22	0	71	0.13
	W	2.25	0.18	0	23	0.12
自然堤防	E	2.37	0	0	10	0.14
	C	2.13	0.17	0	42	0.16
	W	2.29	0.13	0	24	0.07
デルタ・ 後背湿地	E	2.31	0	0	24	0.18
	W	2.35	0	0	67	0.13
	C	2.28	0	0.30	103	0.14
(D>0.5km)	C	2.19	0	0	73	0.15
	C					
	C					
(D≤0.5km)	C	2.19	0	0	73	0.15
	C					
	C					
人工改変地	E	(2.10)	(0.20)	(0)	4	-
	C	2.10	0.20	0	43	0.11
	W	2.50	0	0	14	0.23
埋立地・干拓地	E	(2.21)	(0.08)	(0)	0	-
	C	2.21	0.08	0	207	0.14
	W	2.31	0.08	0	81	0.14

表中の地域はE：東北日本、C：中央日本、W：西南日本、a,b,cは(2)式の回帰係数、σは標準偏差。
(2)式： $\log AVS = a + b \log H + c \log D$ [AVS:地盤の平均S波速度(m/s)、H:標高(m)、D:主要河川からの距離(km)]

(藤本・翠川(2003)より抜粋)

2-3 表層地盤の増幅度の設定

表層地盤の増幅度は、AVS30 と最大速度の増幅度の経験式を用いる。ケーススタディでは、Midorikawa et al.(1994)による 1987 年千葉県東方沖地震の観測記録を基に設定された式を用いた。

$$\text{Log}G = 1.83 - 0.66\text{Log}AVS30 \pm 0.16 \quad \text{—————} \quad (\text{III.2-3-1})$$

AVS30：表層 30m の平均 S 波速度(m/s)の推定値

ただし、 $100\text{m/s} < AVS30 < 1500\text{m/s}$

G：S 波速度 600m/s 基盤の最大速度に対する表層地盤の最大速度の増幅度

2-4 震源の設定

震源については、中央防災会議の考え方にに基づき、以下の方針で 3 つのタイプの地震の想定を行った。

①活断層で発生する M7.0 以上の地震

地方公共団体の直下あるいはその周辺で M7.0 以上の地震が発生するおそれのある活断層が存在する場合には、震源としてその活断層をモデル化する。ただし、最近 500 年以内にその活断層で地震が発生している場合には、当分その活断層では地震は発生しないものとして除外する。

②海溝型地震

地方公共団体に影響の大きい M7 クラス以上の海溝型地震が存在する場合には、その海溝型地震を震源としてモデル化する。

③全国どこでも起こりうる直下の地震

全国どこでも起こりうる直下の地震については、中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」において以下のとおり取り扱われており、これと同様に、震源としては全ての場所の直下で M6.9 の地震を想定する。

地震に対応する活断層が地表で認められない地震の規模の上限については、現在も学術的な議論がされているところである。過去の事例を見ると、M6.5以下の地震ではほとんどの場合、地表で活断層が認められていない。これより地震規模が大きくなると、例えば1925年北但馬地震(M6.8)など、活断層が認められることが多くなるが、1984年長野県西部地震(M6.8)のように地表で活断層が認められないものもある。

以上のことを踏まえ、活断層が地表で認められない地震規模の上限については、今後の学術的な議論を待つ必要もあるが、防災上の観点から、今回の検討では、M6台の最大であるM6.9の地震を想定する。

これら地震についても、今後、実際に地震が発生する可能性は、それぞれの場所で濃淡があるが、「今後何年以内に地震が発生するあるいはしない」と確実に予測することは困難であり、かつ、M7.0以上の地震に比べ断層がより小さくなっていることから、発生場所を的確に予測することは技術的にさらに難しい面がある。

したがって、このような地震については、活断層が認められる地域も含め網羅的に検討することとし、「全ての地域で何時地震が発生するか分からない」として防災対策上の備えを行うことが適切と考えられる。

なお、地盤構造探査等により、地震基盤より深い部位まで起震断層が認められない地域では、さらに規模の小さい地震しか発生しないものと考えられる。これらの地域で発生する地震の規模や対策等の検討は、調査内容やその目的等により異なることから、調査主体が個別的行うことが適切であり、本調査会では検討対象外とする。

上記の3つのタイプの地震について、想定地震を選定し、断層パラメータの設定を行う具体的な手順は以下のとおりである。

(1) 活断層で発生する M7.0 以上の地震

中央防災会議では、首都圏、中部圏、近畿圏を中心に条件に該当する活断層について地震動予測のための断層パラメータを検討しており、今後順次公表していく見込みとなっている。したがって、そうした活断層が周辺に存在する場合には、中央防災会議で検討を行った断層パラメータを利用することも可能である。

ただし、現状においてすべての地域でこうした断層パラメータが整備されていないため、ケーススタディでは、下記の手順で M7.0 以上の地震が発生する活断層の断層パラメータを設定することとした。

- ① 松田ら(2001)がとりまとめた起震断層のリスト及び地震調査研究推進本部による活断層のリストを参考にして、地方公共団体に影響を及ぼす長さ 20km 以上の活断

層を抽出する。具体的には、断層の長さが 20～60km の断層であれば、対象地方公共団体の概ね 30km 圏内、長さが 60km 以上の断層であれば、対象地方公共団体の概ね 50km 圏内に存在する断層を抽出する。詳細な断層位置は、「活断層詳細デジタルマップ」や「新編 日本の活断層」の断層線を参照して、設定を行う。なお、地震調査研究推進本部のリストにある活断層のうち、地震調査研究推進本部で評価結果が公表されている断層があれば、そうした情報も参考にして設定を行う。

- ② 小田切・島崎(2001)の歴史地震と起震断層との対応の資料などから、最近 500 年以内に、その活断層に対応する地震が発生したと考えられるものは対象からはずす。
- ③ 傾斜角は、「新編 日本の活断層」等で逆断層と記述されているものは 45 度、横ずれ断層と記述されているものは 90 度と設定する。他の文献で傾斜角が推定されているものがあれば、その値も参考とする。
- ④ 断層上端の深さは地震発生層の上面深度と同等として、地震発生層の上面深度分布から、断層上端の深さを設定する。地震発生層の上面深度は中央防災会議の考え方に基づき、地震基盤面の上面深度+2km として推定する。ただし、中央防災会議と同様に、地震基盤面の上面深度+2km の値が 4km よりも浅い地域は 4km、6km よりも深い地域は 6km と設定する。そこで、深度設定できるように、中央防災会議で設定されている日本全国の地震基盤面の深度分布より推定した地震発生層の上面深度分布を安全側に考慮して、4km 未満：4km、4～5km：5km、6km～：6km と表示して示した結果を図Ⅲ.2-4-1 に示した。
- ⑤ 断層幅は、周辺の地震発生層の幅（地震発生層の上面深度と下面深度との差から算定する。下面深度は図Ⅲ.2-4-2 に示すコンラッド面*の深度に相当するものとした。）と傾斜角から、次式によって推定を行う。

$$\text{断層幅} = \text{地震発生層の幅} / \sin(\text{傾斜角}) \quad \text{--- (Ⅲ.2-4-1)}$$

ただし、(Ⅲ.2-4-1) の値が断層長の 1／2 の長さより長い場合には、

$$\text{断層幅} = \text{断層長} \times 1／2 \quad \text{--- (Ⅲ.2-4-2)}$$

とする。

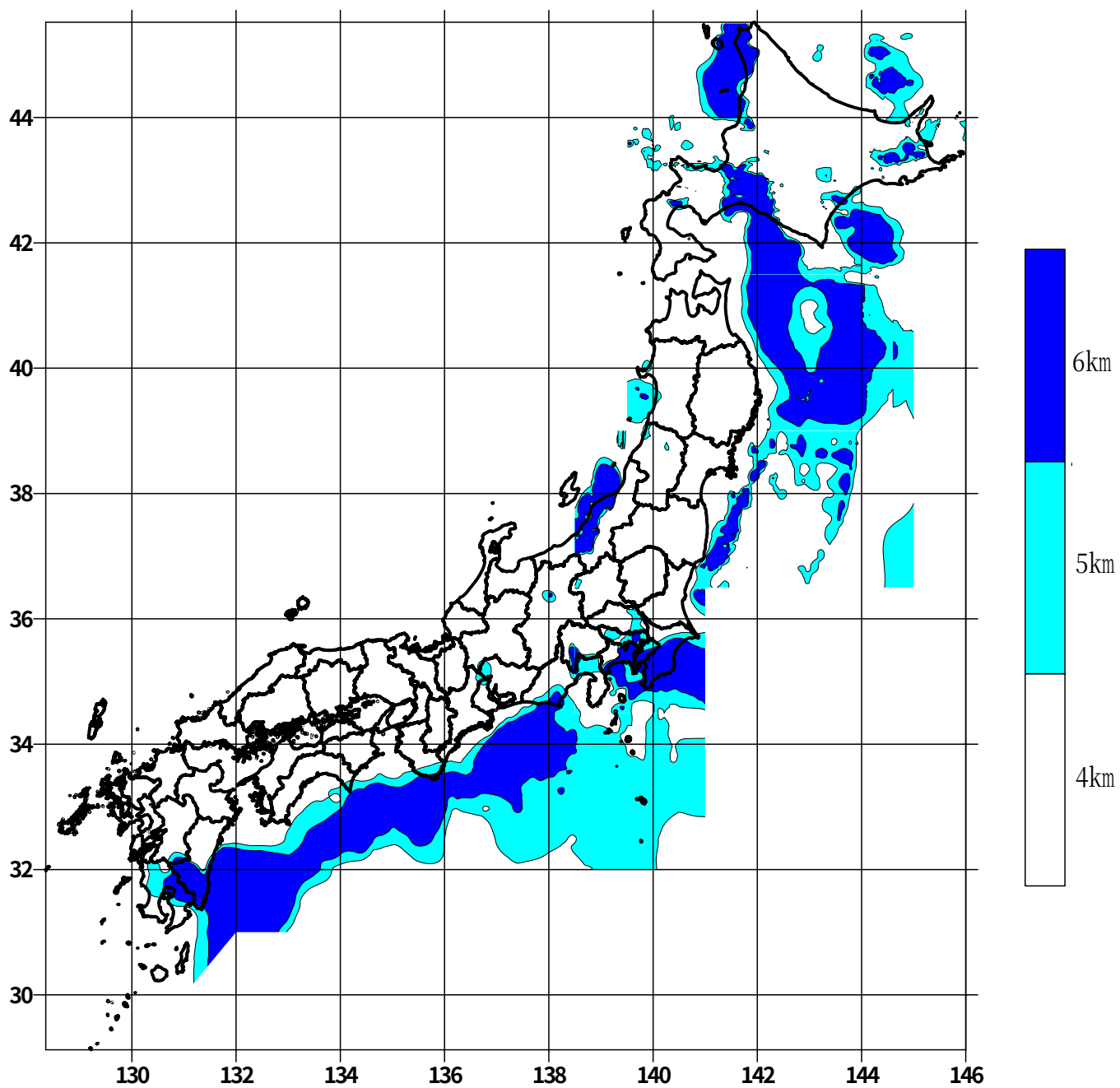
- ⑥ 地震規模は、松田(1975)による断層長さ $L(\text{km})$ と気象庁マグニチュード M の経験式を用いる。

* 地震の発生している上部地殻と地震の発生していない下部地殻との境界面

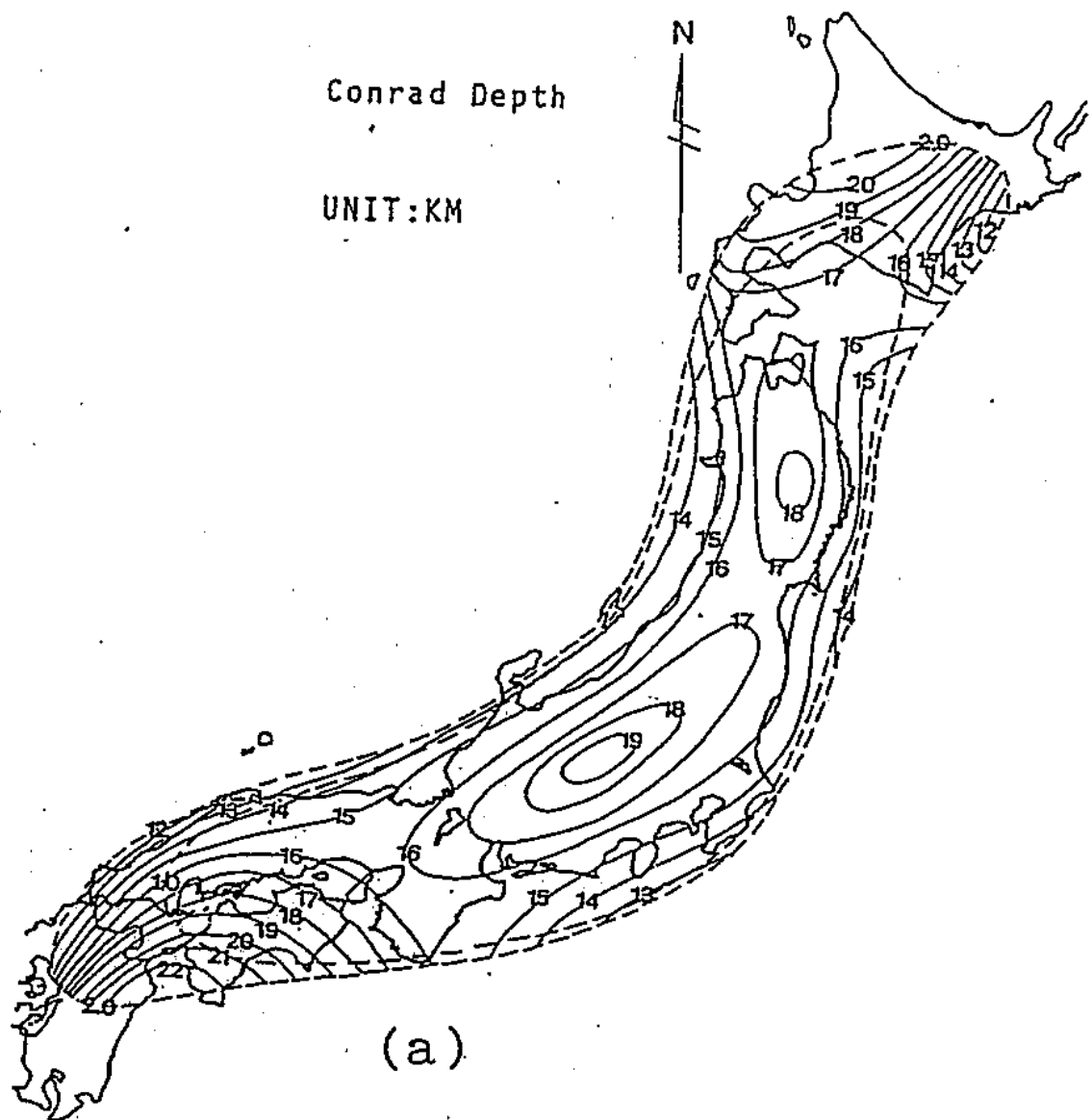
$$\text{Log}(L)=0.6M-2.9 \quad \text{--- (III.2-4-3)}$$

また、地震動予測に必要なモーメントマグニチュード M_w は次式による中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」による気象庁マグニチュード M との経験式によって推定する。

$$M_w=0.879M+0.536 \quad \text{--- (III.2-4-4)}$$



図Ⅲ.2-4-1 地震発生層上面深度分布



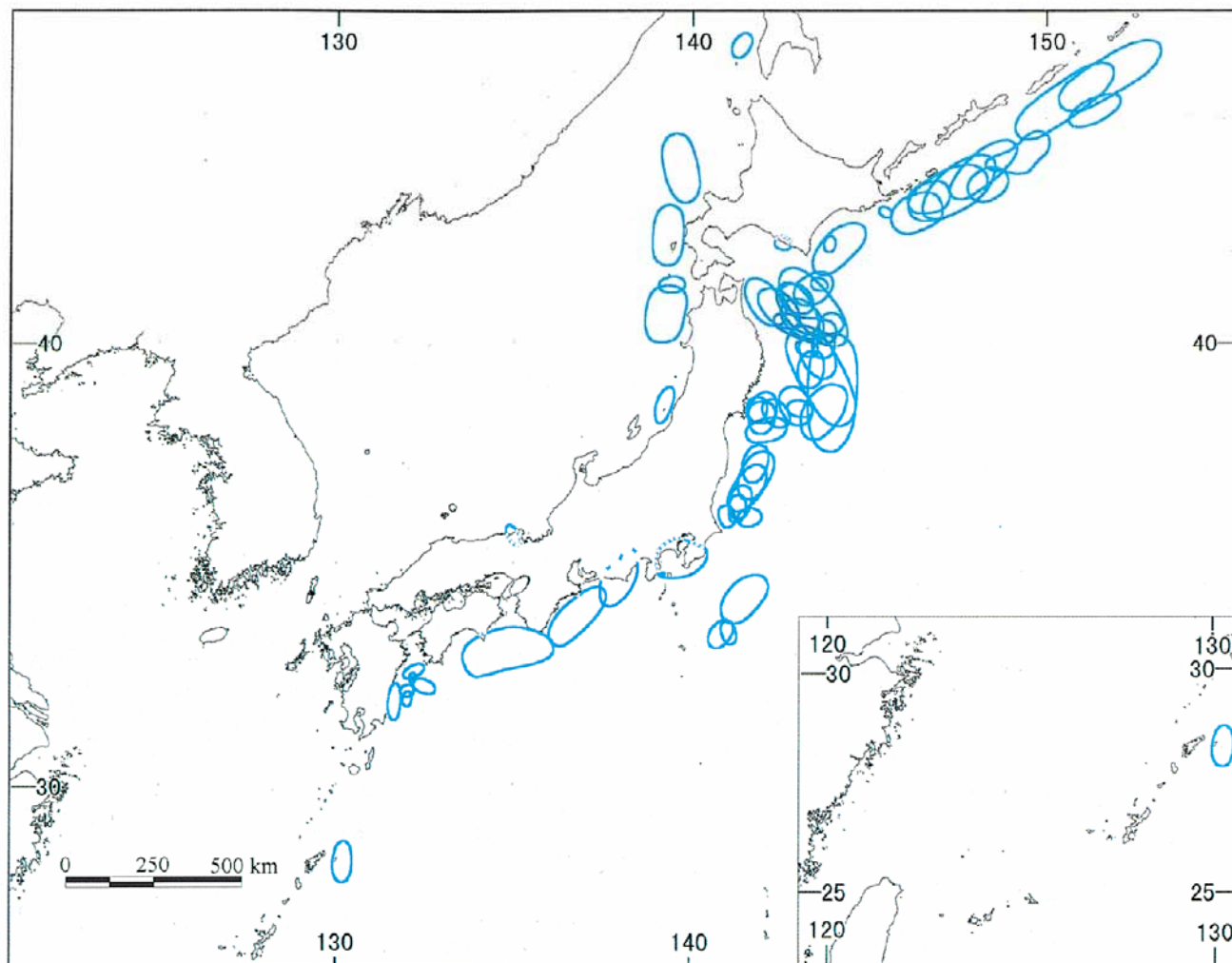
図III.2-4-2 コンラッド面の深度分布(ZHAO et al. ,1994)

(2) 海溝型地震

想定すべき海溝型地震の断層モデルは、以下の方針で設定することにした。

- ① 中央防災会議の各専門調査会で検討されている海溝型地震（東海地震、東南海地震、南海地震、日本海溝で発生する地震等）については想定すべき地震の断層モデルが示されていることから、そのパラメータを参照して設定する。
- ② ①以外の海溝型地震については、原則として過去に発生した地震の断層モデルを設定する。パラメータ設定にあたっては、「日本の地震断層パラメター・ハンドブック」等の文献を参照する。

したがって、実際の手順としては、図Ⅲ.2-4-3 に示した想定すべき海溝型地震の震源域位置図から、影響が大きい地震（対象地方公共団体から概ね 100km 圏内に震源域が存在する）を想定地震として選択し、上記の方針に基づいて、断層モデルを設定することとした。



図III.2-4-3 想定すべき海溝型地震の震源域位置図
(地震調査研究推進本部，1999 に一部加筆)

(3) 全国どこでも起こりうる直下の地震

全国どこでも起こりうる直下の地震のパラメータについては、仮定した地震規模 ($M=6.9$) の他に、直下の地震の上端深度および地震動予測の経験式 (司・翠川, 1999) のパラメータである平均断層深さとして必要な断層幅の値を設定する必要がある。

全国どこでも起こりうる直下の地震断層の上端深度については、活断層と同様に地震発生層の上面深度と同等と仮定し、地震基盤面の上面深度+2km として推定した。ただし、地震基盤面の上面深度+2km の値が 4km よりも浅い地域は 4km、6km よりも深い地域は 6km と設定した。

具体的には、図Ⅲ.2-4-1 に日本全国において推定した地震発生層の上面深度分布を示しているので、この図より対象地方公共団体周辺の深度を読み取って設定を行った。ただし、深度に変化が見られる地域では、1km メッシュごとの地震基盤面の上面深度データより空間補間を行って、50m メッシュ別のデータを作成した。(ただし、1km メッシュごとの地震基盤面の上面深度データが無い場合には、安全側に設定するようにする。)

一方、断層幅については、「活断層で発生する $M7.0$ 以上の地震」の想定方法と同様にして設定し、計算に必要な断層長については、(Ⅲ.2-4-3) 式から $M6.9$ の値に相当する長さを推定した。

なお、地震動予測の経験式に必要な地震モーメントマグニチュード M_w の値は気象庁マグニチュード M との経験式 (Ⅲ.2-4-4) 式を用いて $M6.9$ の値から推定している。

2-5 工学的基盤での地震動予測

ケーススタディにおいては工学的基盤の地震動として、工学的基盤での最大速度を予測した。

その方法は地震規模、断層からの距離と工学的基盤の最大速度の関係による経験的手法を用い、震源の断層モデルからメッシュごとの工学的基盤の最大速度を推定する。工学的基盤の最大速度の経験的手法はこれまで数多く提案されているが、ケーススタディでは中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」に基づいて、次式の司・翠川(1999)の式を一部修正したものを用いている。なお、司・翠川(1999)の式ではS波速度 600m/s 程度の層を工学的基盤として設定している。

$$\text{Log}PGV_{600} = 0.58 \cdot Mw + 0.0038 \cdot \text{Dep} - 1.29 + c - \text{Log}(X + 0.0028 \cdot 10^{0.50Mw}) - k \cdot X$$

— (III.2-5-1)

PGV_{600} : S波速度 600m/s の工学的基盤上の最大速度(cm/s)

Mw : モーメントマグニチュード (気象庁マグニチュードとの関係を考慮)

Dep : 断層の平均深度(km)

X : 断層最短距離(km)

c : 係数 {地殻内地震 (内陸地震) : 0.0、プレート境界 (海溝型地震) : -0.02}

k : 粘性減衰を表す項[司・翠川(1999)では $k=0.002$ 。ただし、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」では $k=0.0027$ 。]

2-6 地表での地震動予測

地表地震動の予測は地表最大速度、震度の順で経験的手法を用いて行った。その内容について解説する。

(1) 地表最大速度

S波速度 600m/s の基盤上の最大速度に「2-3 表層地盤の増幅度の設定」で推定したS波速度 600m/s 地盤の最大速度に対する表層地盤の速度の増幅度を掛け合わせて、地表最大速度を推定した。

$$V = G \cdot PGV_{600} \quad \text{— (III.2-5-2)}$$

PGV_{600} : S波速度 600m/s の基盤上の最大速度(cm/s)

G : S波速度 600m/s 基盤の最大速度に対する表層地盤の速度の増幅度

V : 地表最大速度(cm/s)

(2) 震度

震度は、次式の地表最大速度と計測震度との経験式を用いて推定した。既存の経験式としては、童・山崎(1996)、翠川・他(1999)などの式が提案されているが、ケーススタディでは、童・山崎(1996)の式を用いて推定している。

$$I = a + b \cdot \text{Log}V \quad \text{--- (III.2-5-3)}$$

I : 計測震度

V : 地表最大速度(cm/s)

a, b : 係数 [$a=2.30, b=2.01$ (童・山崎, 1996);
 $a=2.68, b=1.72$ (翠川・他, 1999)]

2-7 揺れやすさマップの作成

各メッシュごとに計算された活断層で発生する地震、海溝型地震、全国どこでも起こりうる直下の地震の震度予測結果を重ね合わせ、最大となる震度を採用した結果を最終的な耐震化推進のための揺れやすさマップとした。

最終的なマップを作成する際には、住民に理解しやすい図面とするため、メッシュの結果図を地理情報システム(GIS)上で数値地図 25000(地図画像)のデータを用いて、重ね合わせて表示する処理を行った。

揺れやすさマップの具体的な表示方法は下記のとおりである。

○揺れやすさマップの表示方法

数値地図 25000(地図画像)を背景図として表示するには、地理情報システム(GIS)のアプリケーションソフト(以下、GISソフトという)を用いると容易である。具体的な編集手順は利用するGISソフトによって異なるが、基本的に、測地法と基準点の設定を行えば表示可能になると考えられる。

まず、測地法であるが、納められているTIFF画像の地形図の緯度経度情報は、下記に示すように日本測地系及び世界測地系の両方で提供されている。従って、測地系の選択については、作成した50mメッシュの測地系に対応するものを選択する。

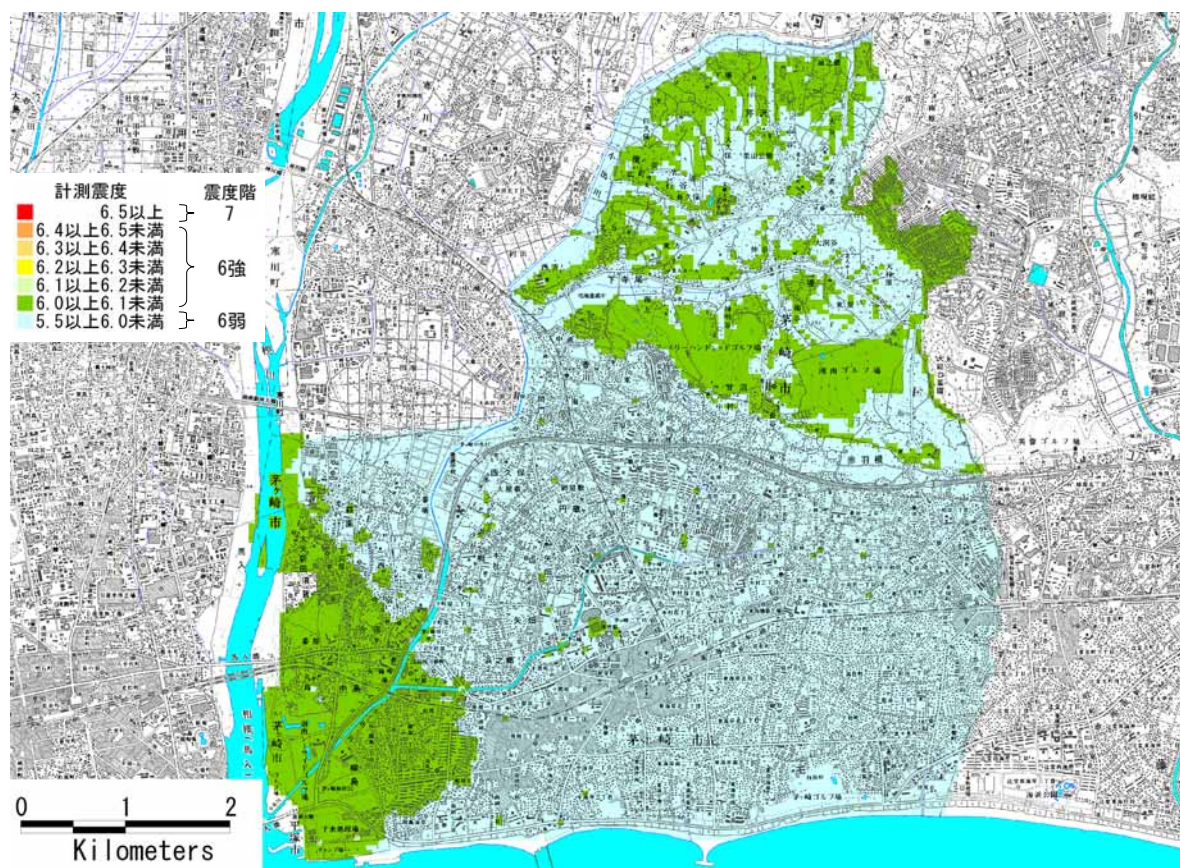
次に、基準点の設定であるが、数値地図 25000(地図画像)には、世界測地系・日本測地系2種類の図郭四隅の緯度経度を格納した管理ファイル(CSV形式)が収録されている。ここには各地形図のTIFF画像の四隅の緯度経度情報が、世界測地系及び日本測地系で記載されている。GISソフトに読み込む際には、これら四隅のうちの少なくとも三点を指定することで、地図画像の位置を正確に確定させることができる。

また、TIFF形式の地図画像ファイルには、ファイル上に日本測地系の各四隅の緯度経度情報が記載されているため、これを読みとることによって、緯度経度を指定することも可能である。なお、具体的な手順は利用するGISソフトのマニュアル等を参照されたい。

目的の揺れやすさマップは、GISソフト上で地図画像を表示させた後、地図画像のレイヤーを上にし、メッシュの結果図のレイヤーを下に重ね合わせることで作成することができる。この際、GISソフトの機能を用いて、地図画像の白色の部分を透明化する処理を行う必要があることに注意する。参考までに、このようにして作成した揺れやすさマップの例を図III.2-7-1に示した。

なお、この数値地図 25000(地図画像)の内容は2万5千分の1の地形図であるため、

国土地理院の測量成果物の一部である。国土地理院の測量成果の一部又は全部を他の情報と重ね合わせた図を第三者へ配布する場合には、測量法に基づき、国土地理院に対して複製もしくは使用の承認申請が必要となる。具体的な手順については、国土地理院への直接問い合わせるか、もしくは国土地理院ホームページの「測量成果の複製・使用」(<http://www.gsi.go.jp/LAW/2930/>)を参照されたい。



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図 25,000（地図画像）を複製したものである。
（承認番号 平 16 総復、第 508 号）

図Ⅲ.2-7-1 作成した揺れやすさマップの例

IV. 揺れやすさマップ作成における具体的な処理事例

ここでは、説明だけではわかりにくい以下の9項目の作業内容について、ケーススタディで実際に実施した具体的な処理を示すこととする。

- 事例－1 地形分類図の区分から微地形区分を設定した事例
- 事例－2 新しい人工改変地の領域を特定した事例
- 事例－3 人工改変地における切土領域と盛土領域を分類した事例
- 事例－4 薄層処理の手順例
- 事例－5 P S 検層を実施していないボーリングデータにおける AVS30 の推定事例
- 事例－6 掘進深度 30m 未満のボーリングデータにおける AVS30 の推定事例
- 事例－7 人工改変地において、造成前のボーリングデータを取り除く手順例
- 事例－8 ボーリングデータを用いて微地形区分と AVS30 の関係を設定する事例
- 事例－9 50m メッシュごとの AVS30 をボーリング地点の AVS30 を利用して、空間的に平滑化を行って推定した事例

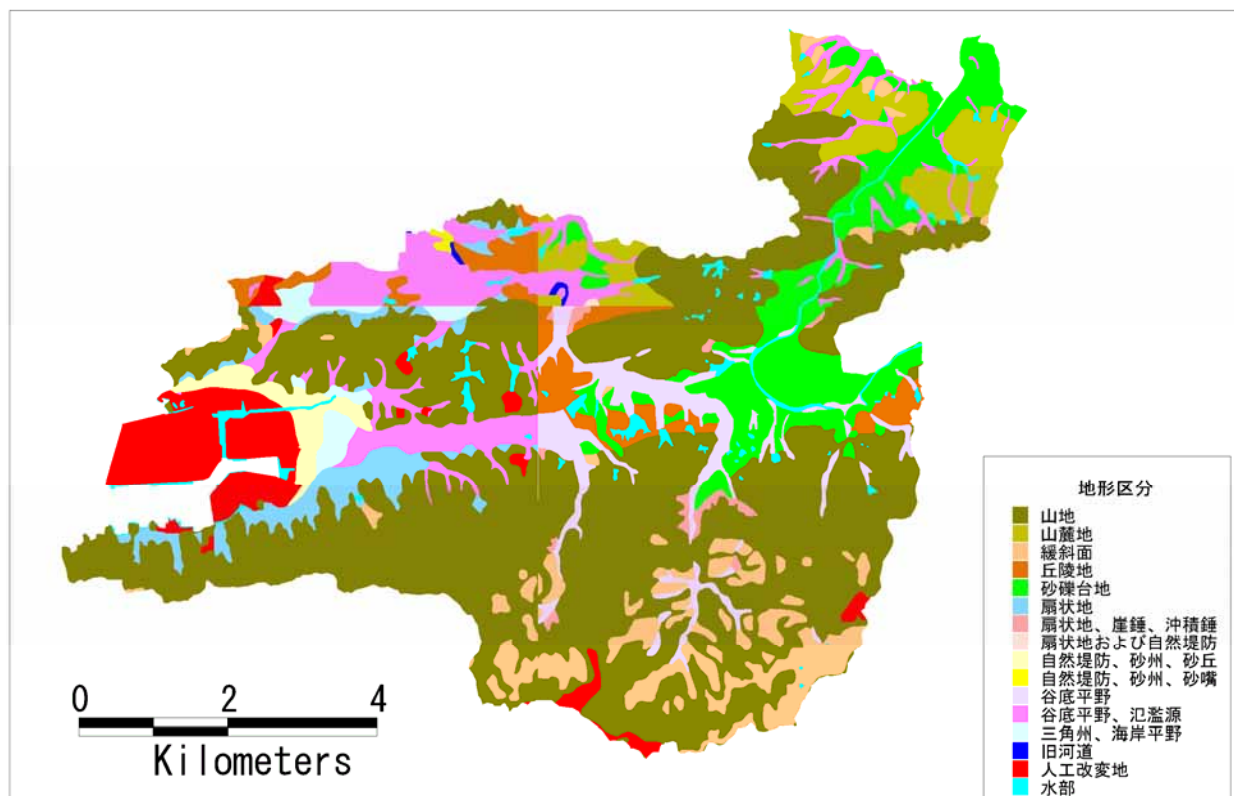
事例－1 地形分類図の区分から微地形区分を設定した事例

海南市の事例について、地形分類の区分から微地形区分を設定した例を示す。図IV.1に海南市において、既存の地形分類図より作成した地形分類図を示す。このケースの場合、主に以下の判断、処理を行っている。

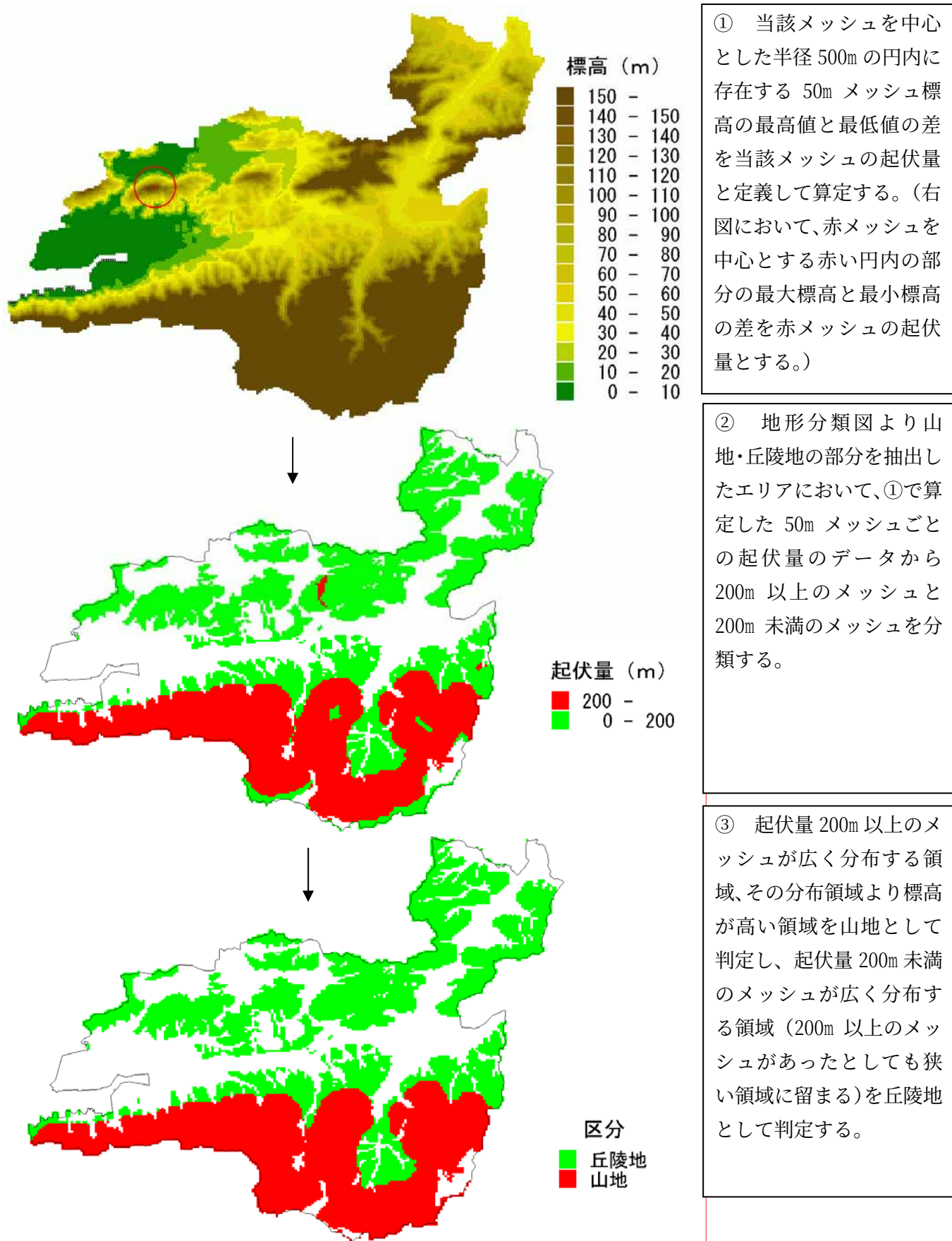
- ・ 山地部（緩斜面を含めて）と丘陵地の区分については、図幅境界で不整合があり、50m メッシュ標高データを用いて、統一的に区分した。具体的には、起伏量（当該メッシュを中心とした半径 500m の円内に存在する 50m メッシュ標高の最高値と最低値の差を当該メッシュの起伏量とした）が概ね 200m を超える領域およびその領域より標高の高い部分を山地、起伏量が概ね 200m を下回る領域を丘陵地と区分した。その手順を図IV.2 に示した。
- ・ 山地部については、「100万分の1日本の地質図第3版CD-ROM版」を利用して、海南市周辺の地質年代の分布（図IV.3 参照）より年代区分を行った。
- ・ 複数の地形区分が1つの凡例となり、かつそれが複数の微地形区分に解釈される区分については、それぞれ以下のように分類した。
 - ①「扇状地および自然堤防」については、山地・丘陵地と低地部の境界付近に分布する領域を中央防災会議における「扇状地」、平野部の河道沿いに分布する領域を中央防災会議における「自然堤防」とそれぞれ分類した。
 - ②「自然堤防、砂丘、砂州」および「自然堤防、砂州、砂嘴」については、平野部の河道沿いに分布する領域を中央防災会議における「自然堤防」、海岸沿いに分布する領域を中央防災会議における「砂丘・砂州」にそれぞれ分類した。
 - ③「谷底平野、氾濫原」については、山地・丘陵地・台地に分布する川沿いの細長い低地部に存在する場合は中央防災会議における「谷底平野」、平野部に存在する場合は氾濫源として中央防災会議における「後背湿地・デルタ」にそれぞれ分類した。
 - ④「扇状地、崖錘、沖積錘」については、扇状地は中央防災会議による「扇状地」と崖錘、沖積錘は中央防災会議による「古生代・中生代・古第三紀」、あるいは「新第三紀」、あるいは「丘陵地」に分類される。しかし、これらを地形的な特徴により分類することが困難であるため、安全側に考慮して、すべて AVS30 が遅い方の区分である「扇状地」に設定した。
- ・ 「旧河道」については、山地・丘陵地・台地に分布する川沿いの細長い低地部に分布している場合と平野部に分布している場合が見られたため、山地・丘陵地・台地に分布する川沿いの細長い低地部に分布している場合は中央防災会議における「谷底平野」、平野部に分布している場合には中央防災会議における「後背湿地・デルタ」にそれぞれ分類した。
- ・ 「砂礫台地」については、表層地質図（土地基本調査分類図）において洪積世の礫・砂（段丘堆積物）の領域にほぼ対応していることを確認した上で、図幅間の不整合も無いことから、そのまま中央防災会議における「砂礫台地」に分類した。

- ・ 「人工改変地」については、内陸部の造成地と海岸部の埋立地を区分していないため、内陸部については中央防災会議における「人工改変地」、海岸部については中央防災会議における「埋立地・干拓地」に分類した。

以上より、海南市において、統一的な基準で行った地形分類図の区分と微地形区分との対応関係を図IV.4に示し、その関係より50mメッシュごとの微地形区分に変換した分布を図IV.5に示した。

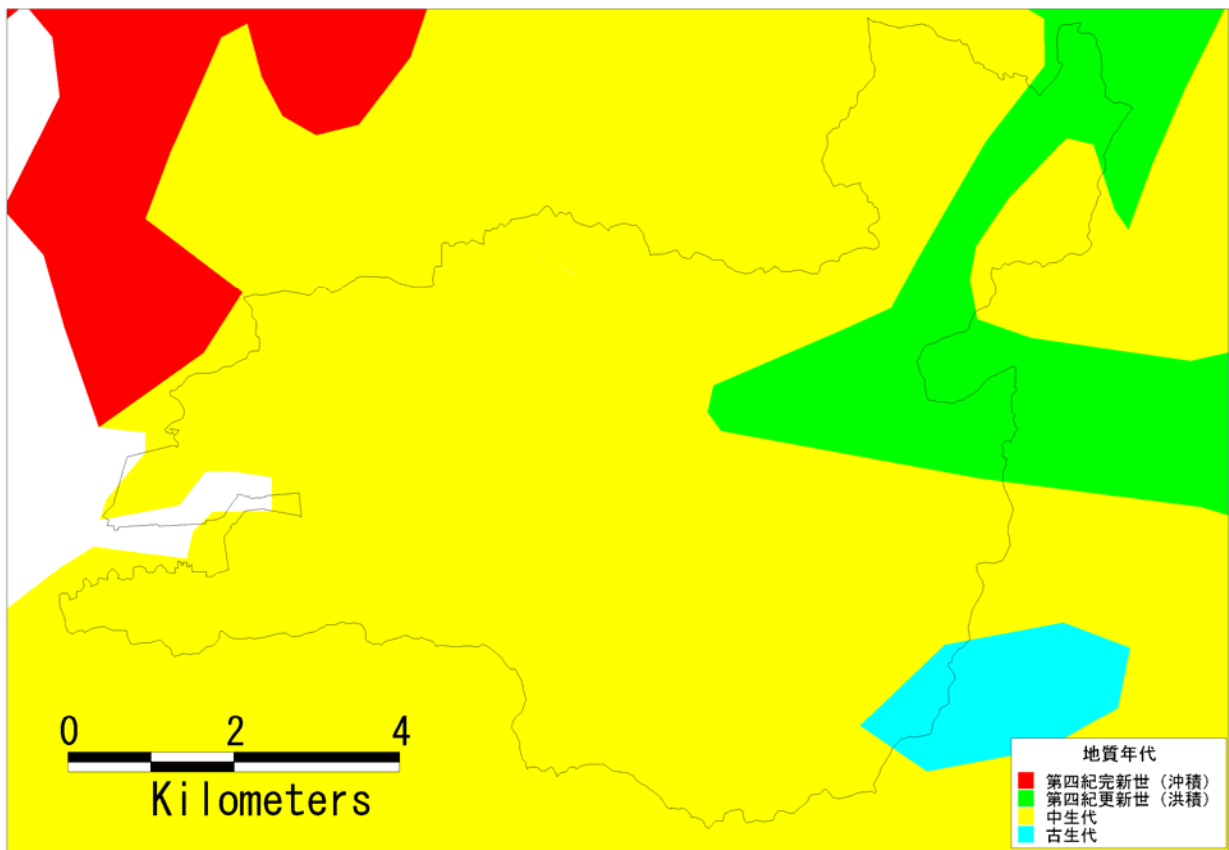


図IV.1 海南市における地形分類図



図IV.2

山地と丘陵地を分類する手順



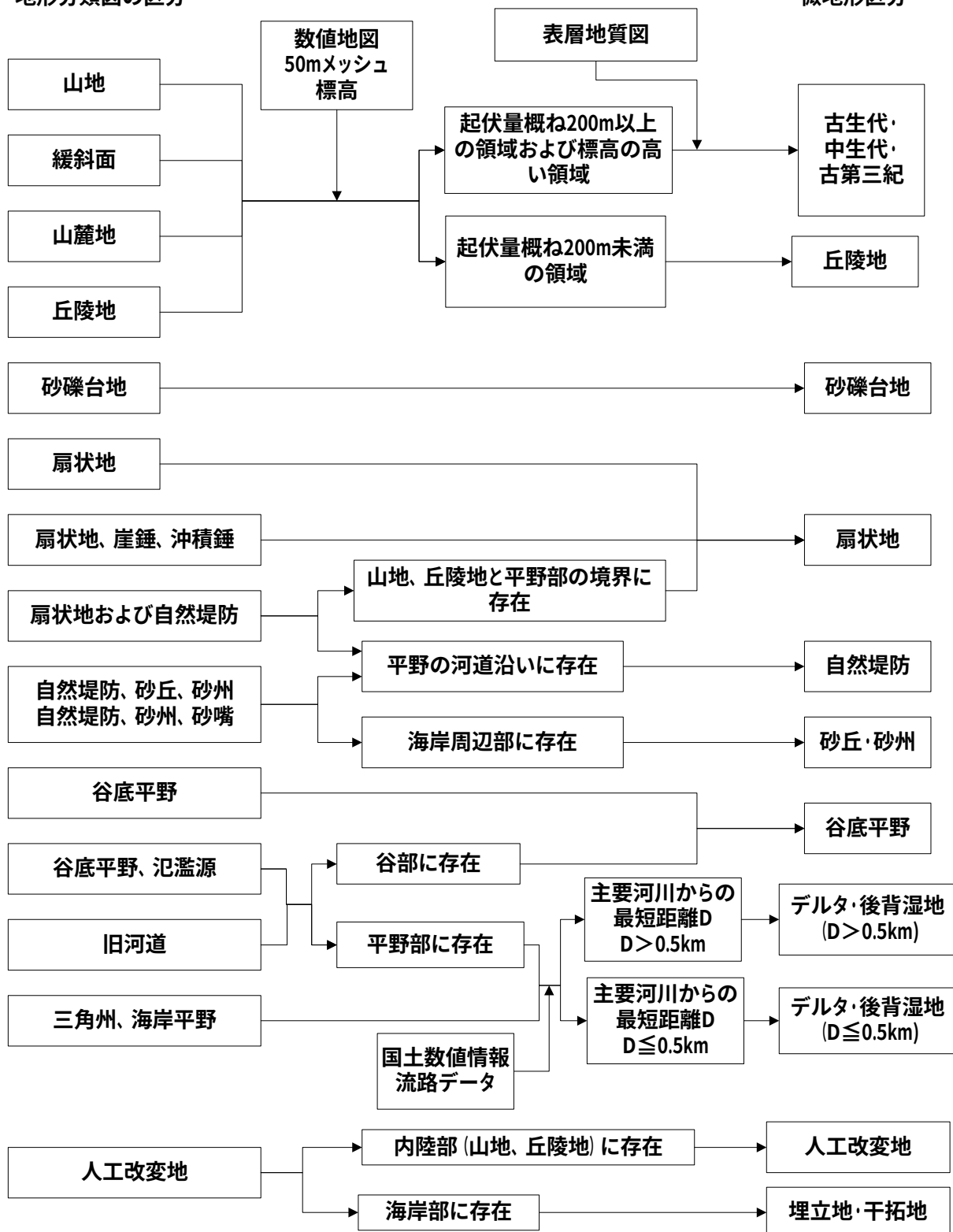
図IV.3

海南省海口市周辺の地質年代の大まかな分布

（「100万分の1日本の地質図第3版CD-ROM版」より作成）

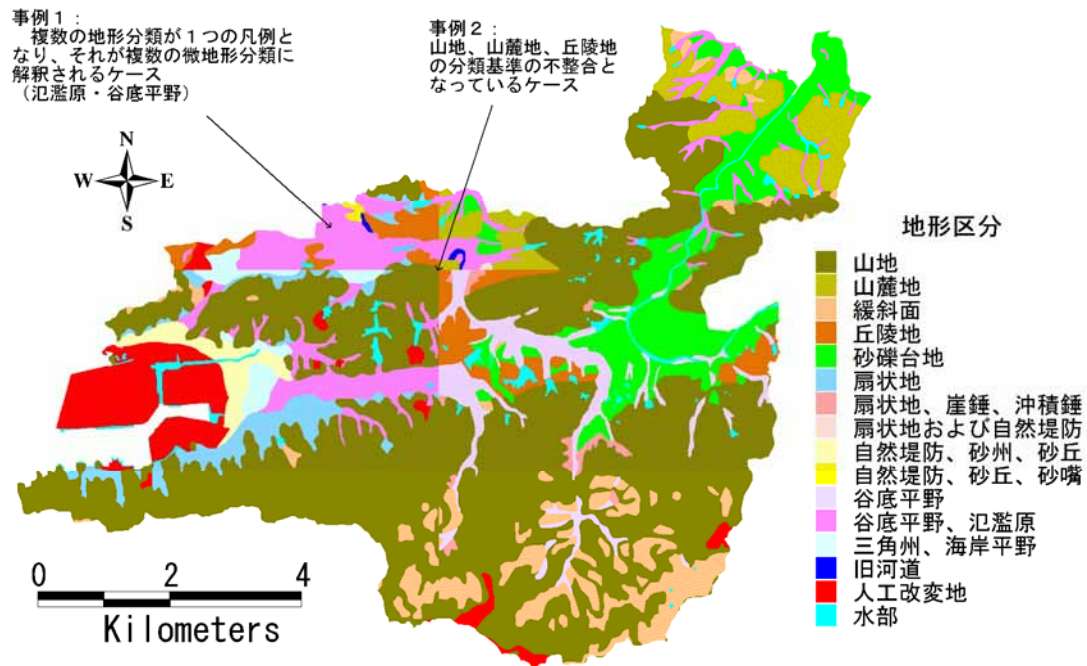
地形分類図の区分

微地形区分

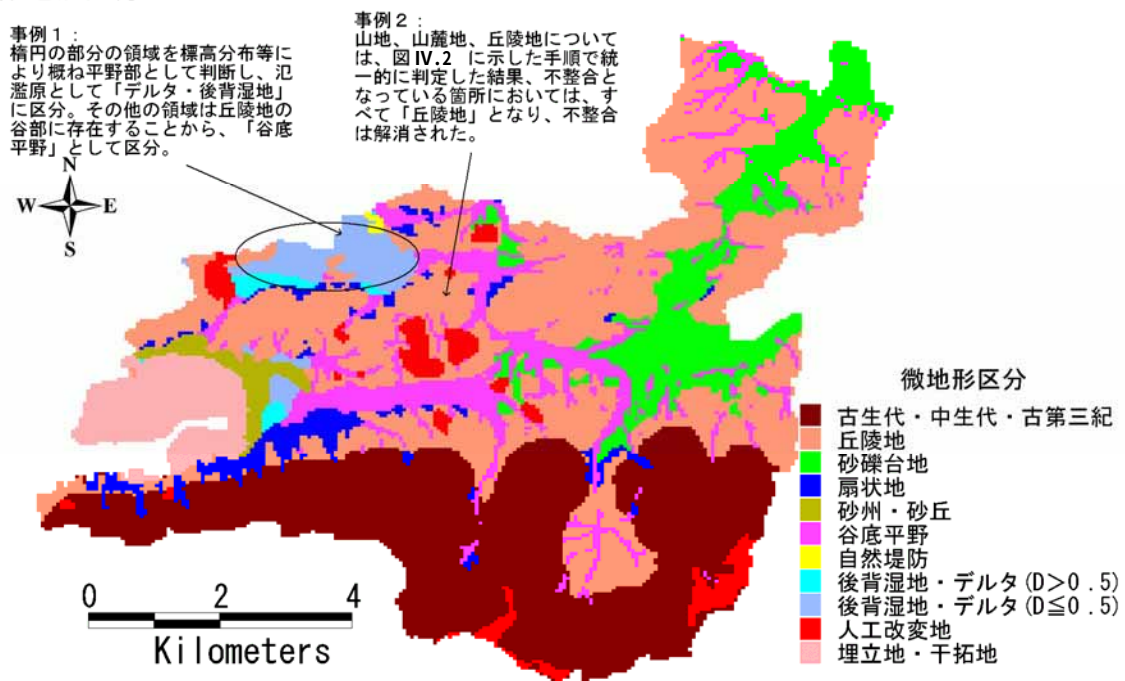


図IV.4 海南省における地形区分と微地形区分との関係

地形分類図による地形区分



微地形区分



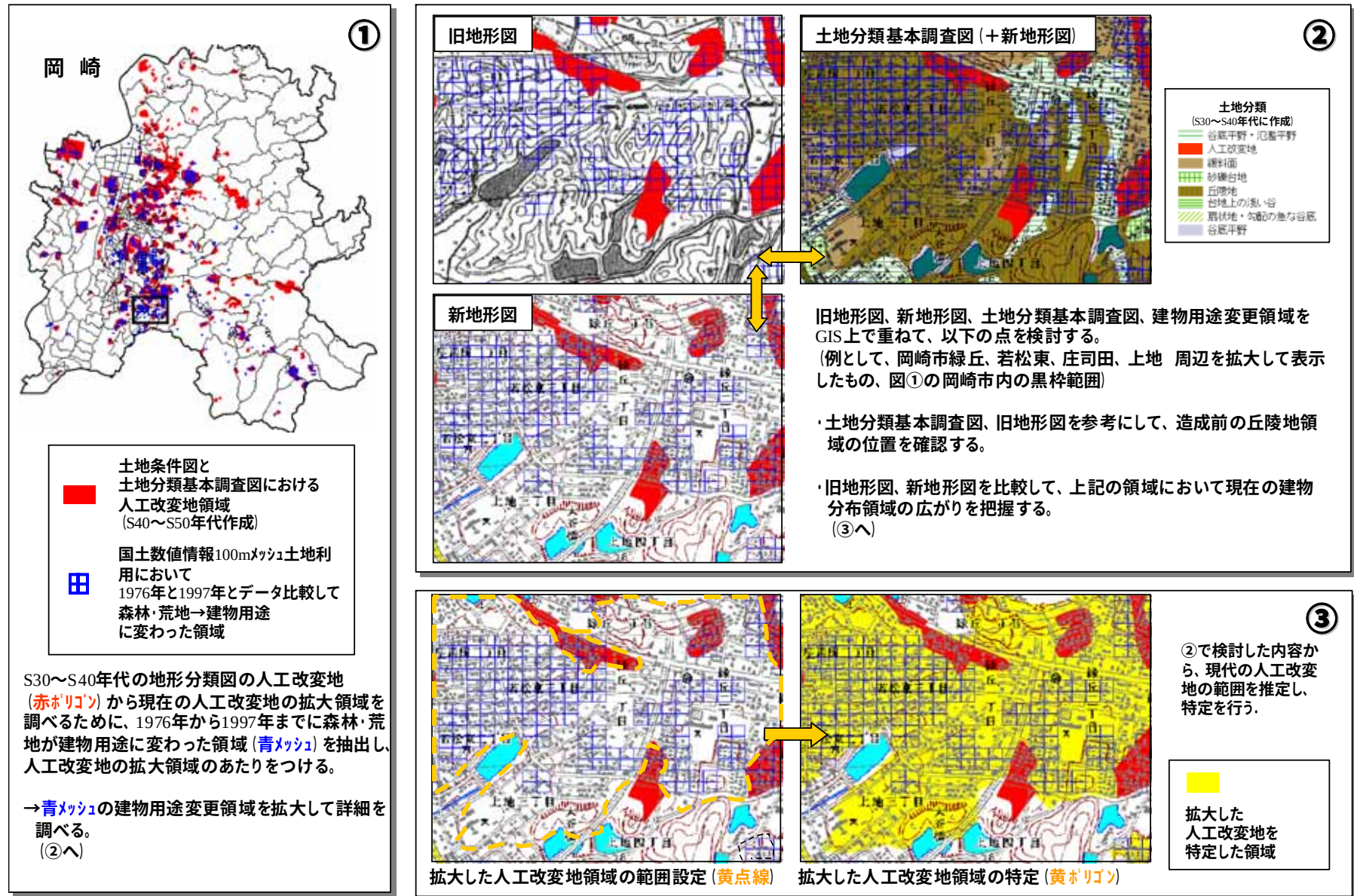
図IV.5 海南省における地形区分から微地形区分への変換

事例－２ 新しい人工改変地の領域を特定した事例

昭和 40～50 年代に作成された土地条件図、土地条件基本調査図等の地形分類図の人工改変地の領域から、現在の人工改変地の領域を推定するために、以下の手順で特定を行った。

- ① 国土数値情報の 100m メッシュ土地利用を用いて、1976 年から 1997 年までに森林・荒地が建物用途に変わった領域を抽出し、人工改変地の領域の目安とする。
- ② ①の範囲を中心に、地形分類図、現地形図を比較して、造成前の丘陵地・台地に建物がまとまって分布しているかを確認する。
- ③ ②で確認した範囲において、現在の建物分布領域、地形分類図における造成前の丘陵地・台地の領域（谷底平野を含む）との位置関係により、新しい造成地の範囲を特定する。

実際に岡崎市において、新しい人工改変地の領域を特定した事例を図IV.6に示す。このケースでは、建物分布がとぎれることなく、旧市街地から連続して人工改変地の新しい市街地へと続いているために、新しい人工改変地の領域を特定することが難しく、造成前の旧地形図も入手して検討を行った。



図IV.6 岡崎市において、新しい人工改変地の領域を特定した例

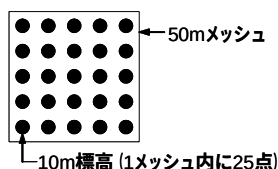
事例－ 3 人工改変地における切土領域と盛土領域を分類した事例

人工改変地が広く分布する岡崎市を事例に実施した切盛判定の具体的な手順について示し、実際に判定を行った結果の検証および人工改変地の切盛判定結果を示した。

1) 人工改変地の切土盛土の設定

人工改変地において切土領域と盛土領域では、地震動の揺れの違いが予想される。したがって、人工改変地の領域を切土領域と盛土領域に分けて、揺れやすさを考慮する事が望ましい。そこで、以下の手順で人工改変地における切土盛土の判定を行うこととした。

- ① 人工改変地の切土盛土判定を行うにあたっては、H13～14 年と S34 年に作成された岡崎市周辺の 2 万 5 千分の 1 新旧地形図の標高線をデジタルデータ化し、10m メッシュ標高データに変換したものをを用いる（図IV.7 参照）。判定の際には、人工改変地のメッシュ領域にある新旧地形図の標高差（旧地形図標高－新地形図標高）が正なら切土、負なら盛土である可能性が高いことを利用する。そこで、新旧地形図の 10m メッシュ標高データから標高差を計算し、1) で作成した人工改変地の 50m メッシュデータと重ね合わせる。



図IV.7 50m メッシュと設定した 10m メッシュ標高の位置関係

- ② 人工改変地 50m メッシュのある 1 メッシュが切土であるか盛土であるかを判定するために、メッシュ内の 25 点（5×5 点）の標高データの標高差について、標高差が正の点と負の点の数を調べる。
- ③ 人工改変地 50m メッシュのある 1 メッシュ内の標高データ 25 点において、正の数＞負の数ならば切土、正の数＜負の数ならば盛土と判定する。例）（正）20＞（負）5 →切土

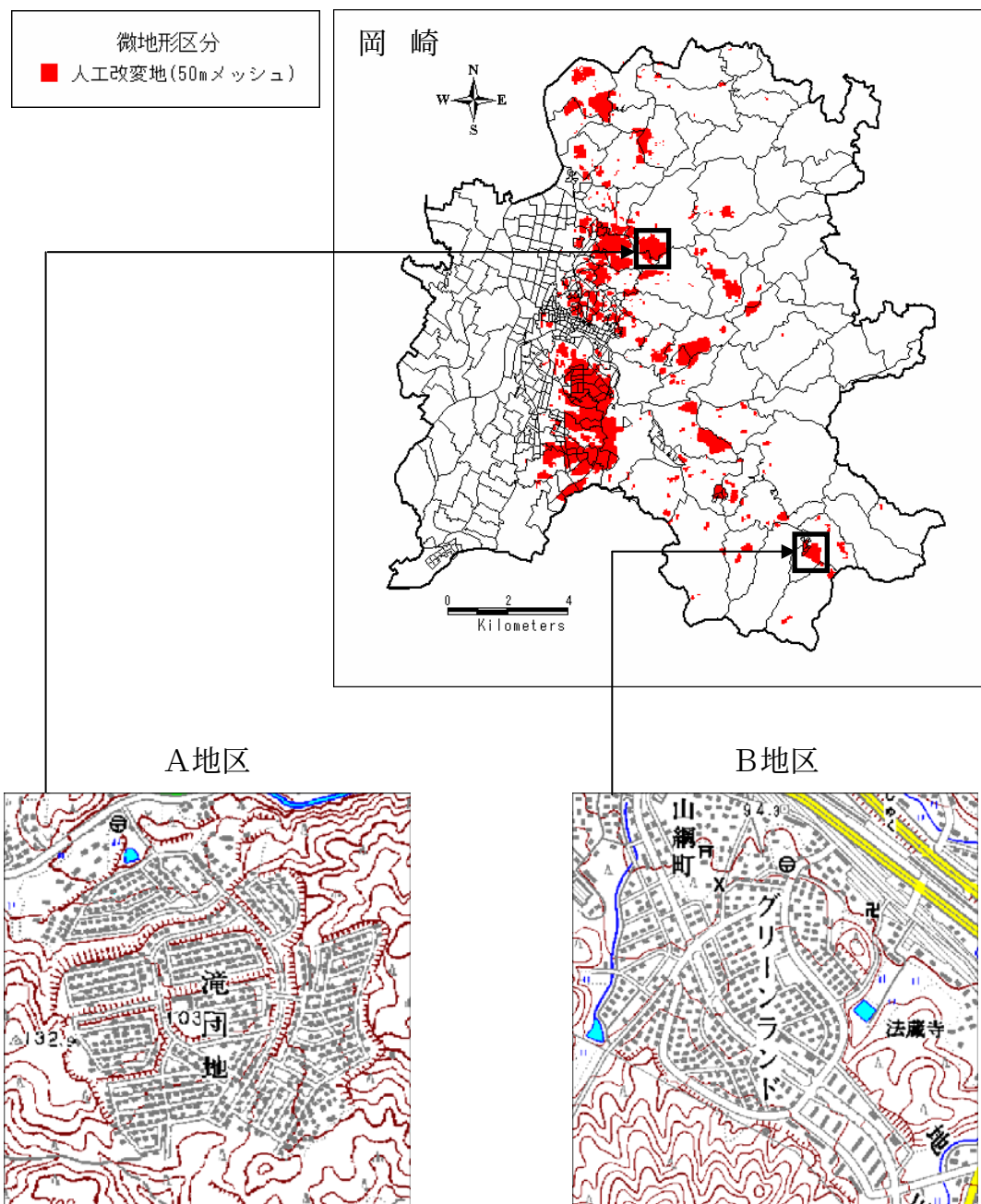
ただし、切土盛土判定の対象とした人工改変地は、台地、丘陵地等の小起伏地形の宅地造成地地域内に絞った。ここで小起伏地形に絞った理由としては、ほぼ宅地造成地の領域を網羅していること、大起伏地形において旧地形図の斜面の標高データの精度の問題から誤差が大きくなる、と判断したためである。

2)切土盛土の判定例

標高差による切土盛土の判定例を岡崎市にある2地域について検証する。判定例を検証する地域としては、図IV.8に示した

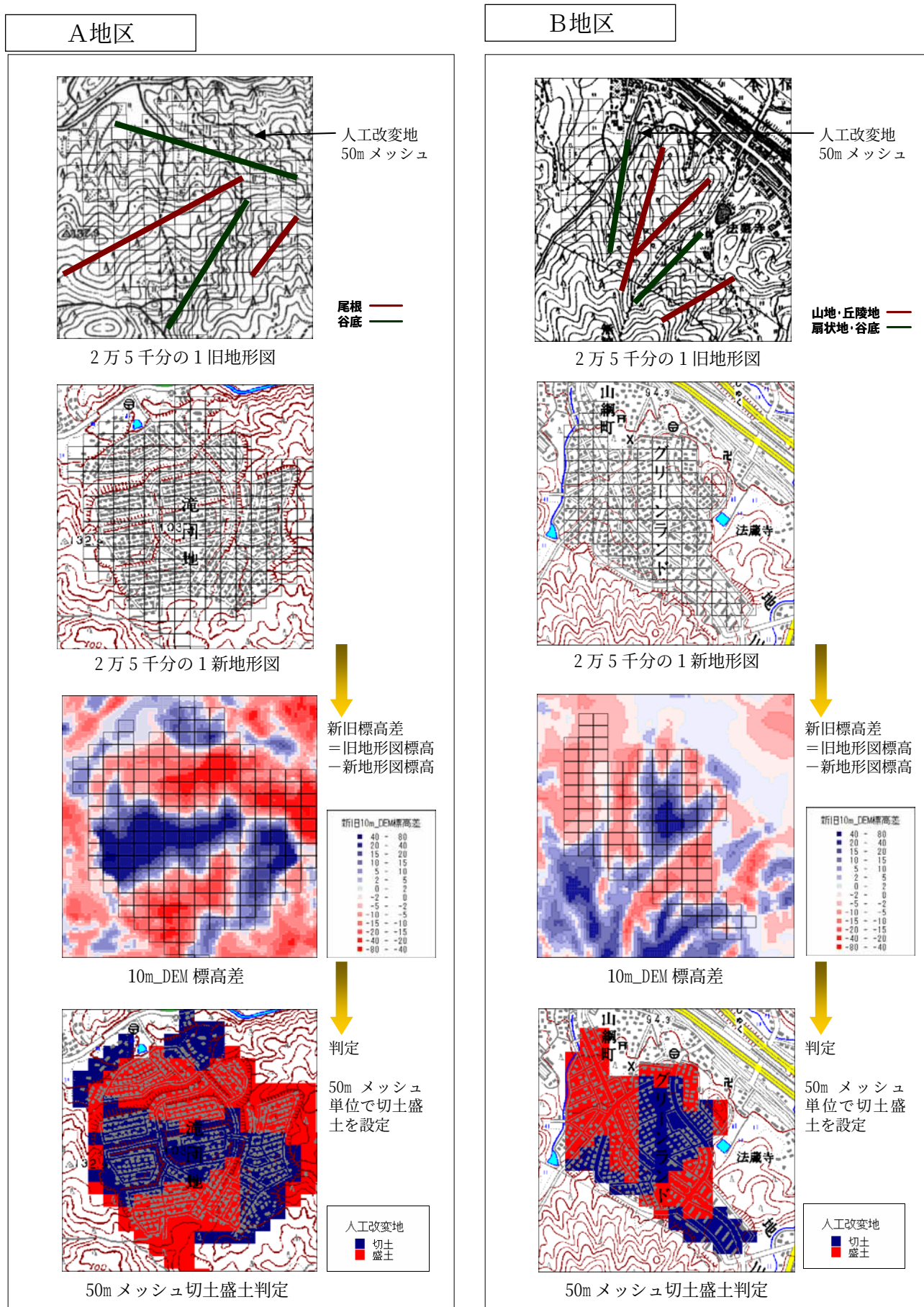
- ・ A地区
- ・ B地区

を選択した。いずれも東名高速道路周辺地域であり、1) で設定した 50m メッシュ人工改変地内に存在する。



図IV.8 検証を行った人工改変地の位置図

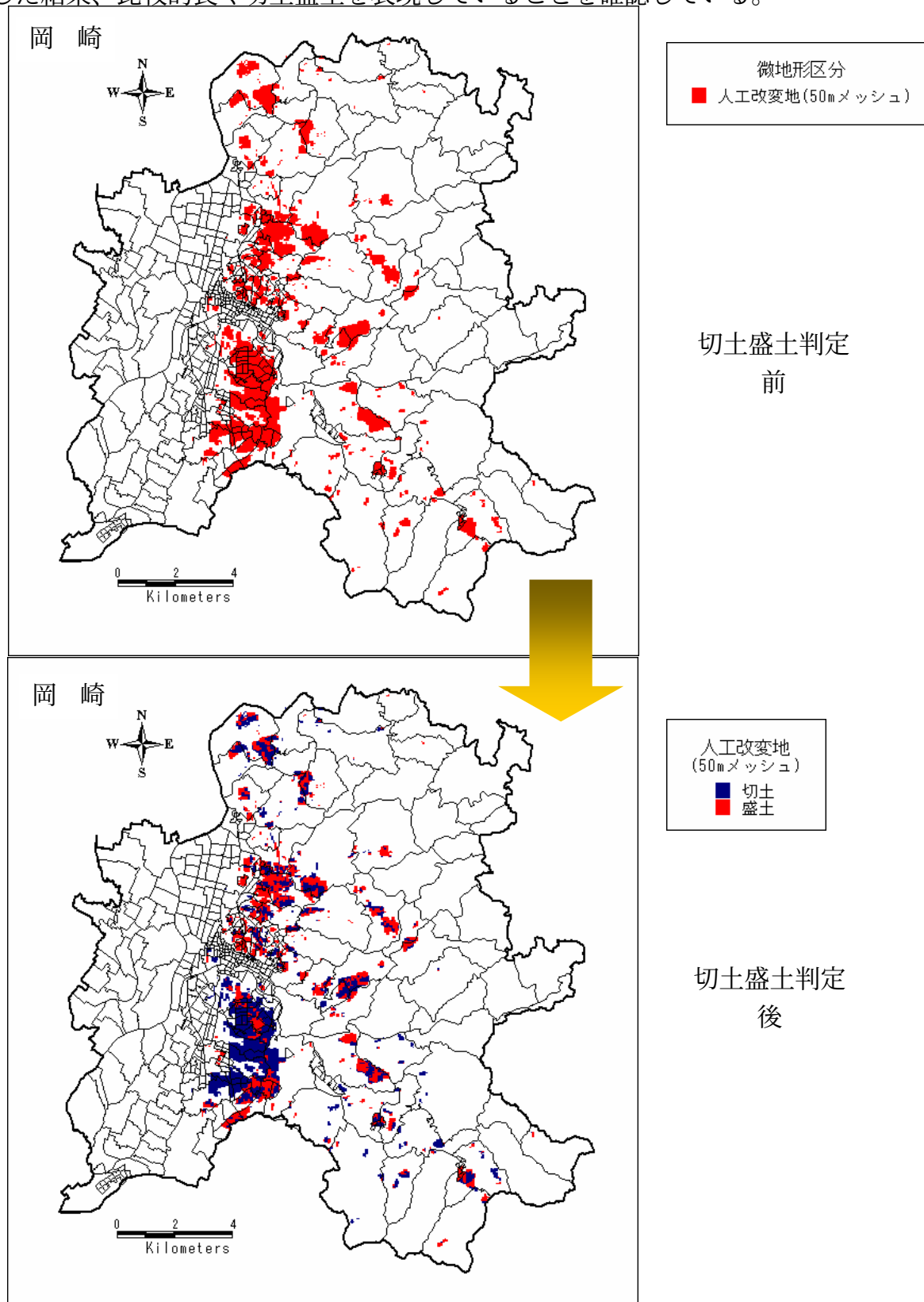
次にA地区とB地区における切土盛土判定のフローを図IV.9に示す。どちらも旧地形図で山地・丘陵地・尾根部分が切土と判定され、谷底・扇状地部分が盛土と判定されており、常識の範囲内の結果で良く切土盛土を表していると言える。



図IV.9 A地区、B地区における切盛判定の検証結果

3)岡崎市全地域の人工改変地切土盛土判定結果

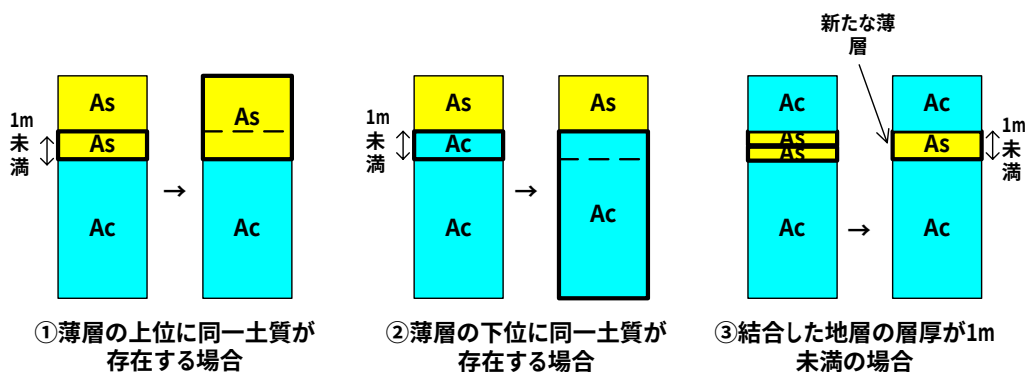
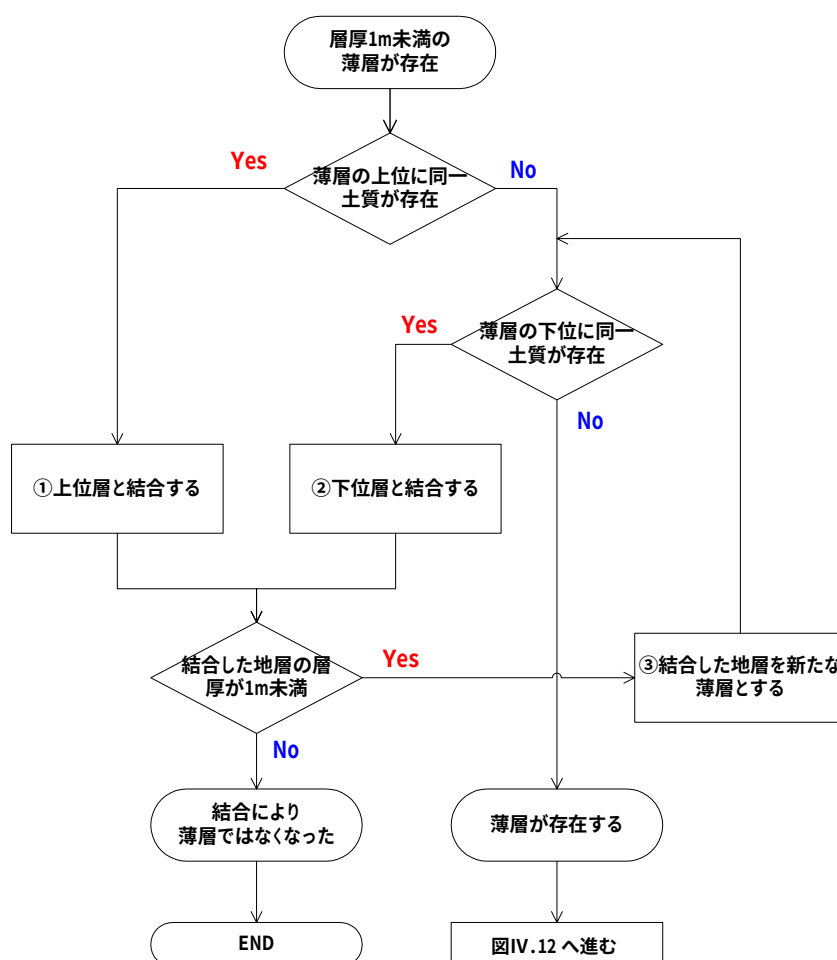
岡崎市全地域での切土盛土判定は図IV.10 に示す結果となった（切土：濃い青、盛土：赤）。判定例で示した地域以外にも人工改変地において建物が密集している地域で検証した結果、比較的良く切土盛土を表現していることを確認している。



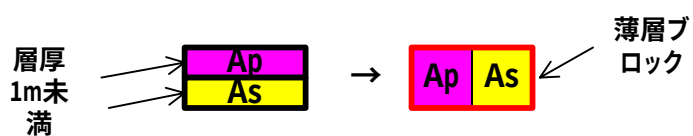
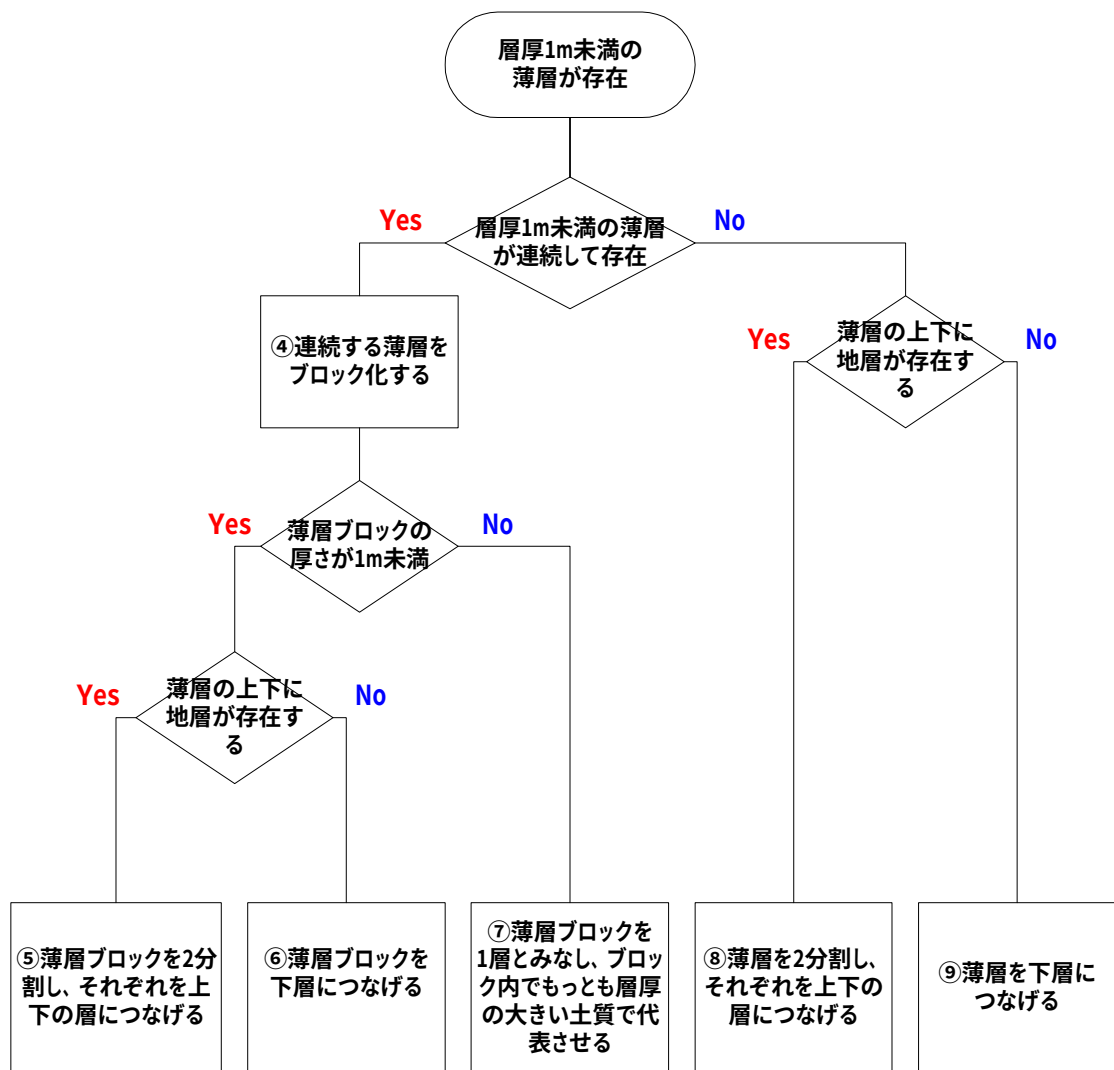
図IV.10 岡崎市の人工改変地における切盛判定結果

事例－４ 薄層処理の手順例

ボーリングデータの中に層厚が **1m** 未満の薄層が存在する場合は、N値が測定されていないために、そのままではS波速度を推定できない。そこで、図IV.11～13に示す流れで薄層処理を行った。

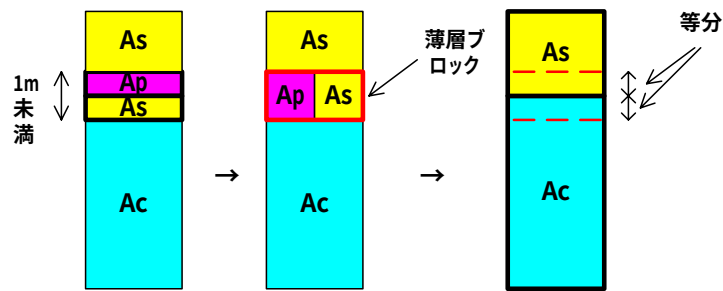


図IV.11 薄層の上下に同一土質の層が存在する場合

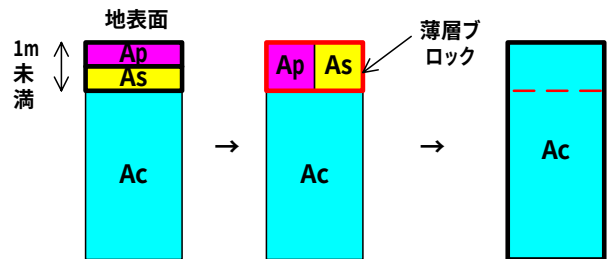


④薄層のブロック化

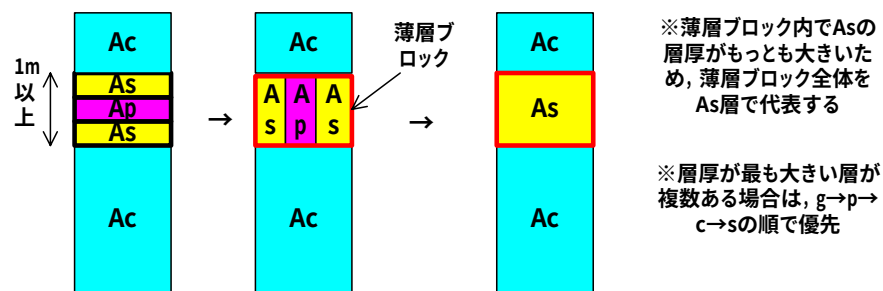
図IV.12 薄層が連続する場合（その1）



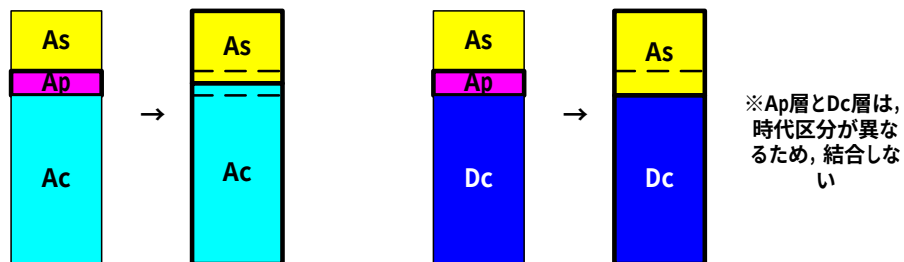
⑤薄層ブロックを上下の層につなげる場合



⑥薄層ブロックを隣接する層につなげる場合



⑦薄層ブロックを1層とみなす場合



⑧薄層を2分割して上下の層につなげる場合

⑨薄層を隣接する層につなげる場合

図IV.13 薄層が連続する場合（その2）

事例－5 P S検層を実施していないボーリングデータにおける AVS30 の推定事例

P S 検層のデータが無い基盤深度 30m 以上のボーリングデータを例に実際に AVS30 の値の推定を行った事例を図IV.14 に示した。このデータによる AVS30 の推定の手順は以下のとおり。

- ①ボーリングデータの層区分より、上から粘性土層(c)、礫質土層(g)、砂質土層(s) の3つの層で区分した。これに先立ち、1m 未満の薄層は前項の「事例－4 薄層処理の手順」に従って、処理を行っている。
- ②各層ごとに深度別のN値データから、層ごとの平均N値を算定した。その結果、粘性土層が 4.5、礫質土層が 33.2、砂質土層が 46.8 となった。なお、層ごとの平均N値を算定する際には、換算N値を利用せず、N値 50 以上はすべて 50 に頭打ちさせて算定した。これは換算N値のデータが不明であったり、換算N値を用いると S 波速度の値が異常に大きくなるケースが見られるためである。
- ③(Ⅲ.2-2-1)式の実験式を用いて、各層の S 波速度を推定した。その結果、粘性土層が 179m/s、礫質土層が 289m/s、砂質土層が 302m/s となった。
- ④③の結果より、各層の層厚と S 波速度から地表から深度 30m までの S 波速度の到達時間を(Ⅳ.1)式により算定し、その値から(Ⅳ.2)式よりボーリング地点の AVS30 を設定した。

$$T_{30} = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{Vs_i} \quad \text{-----} \quad (IV.1)$$

T_{30} : 地表から深度 30m までの S 波速度の到達時間(sec)

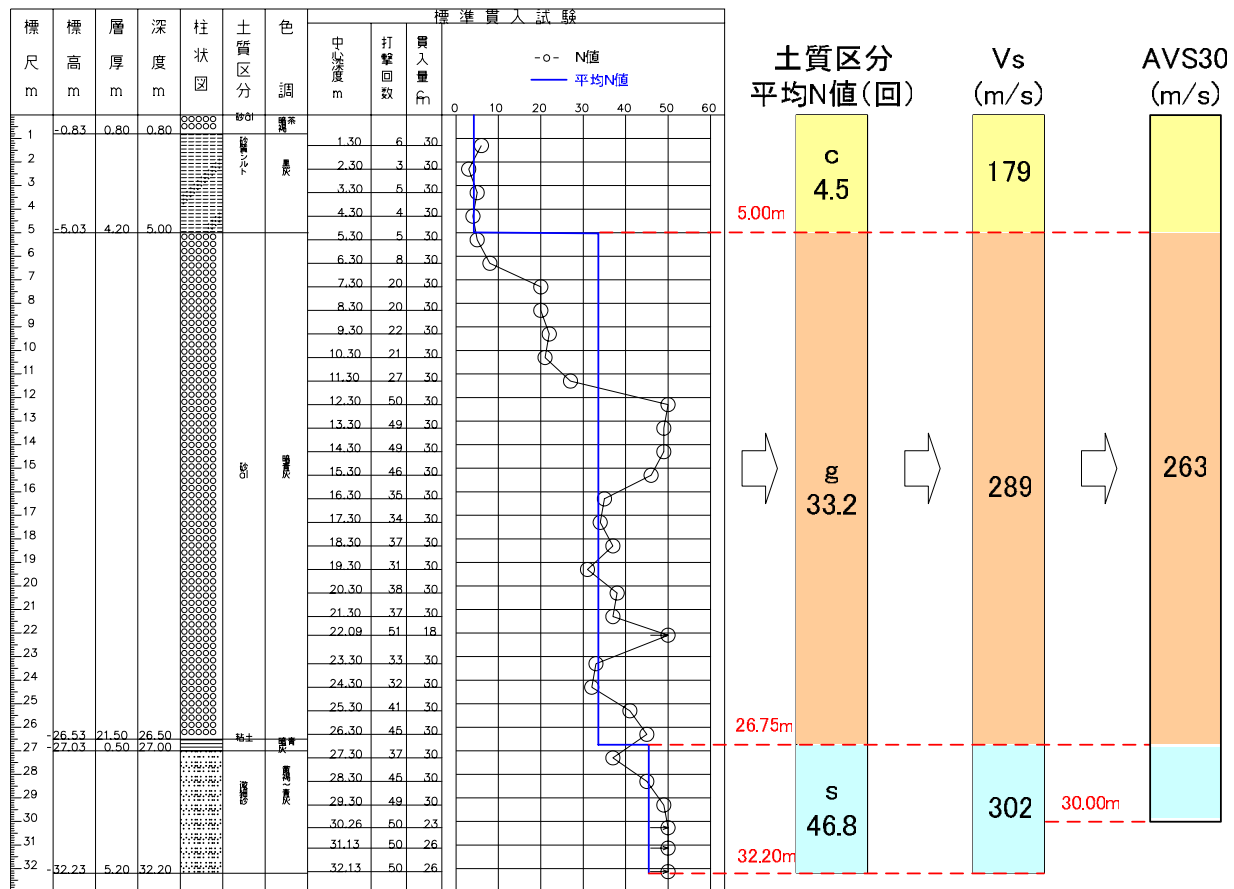
H_i : i 層の層厚 (m)

Vs_i : i 層の S 波速度(m/s)

$$AVS30 = \frac{30}{T_{30}} \quad \text{-----} \quad (IV.2)$$

AVS30: 地表から深度 30m までの平均 S 波速度(m/s)

この結果、このボーリングデータの AVS30 は 263m/s という結果が得られた。



図IV.14 ボーリング地点における AVS30 の設定例

事例－6 掘進深度 30m 未満のボーリングデータにおける AVS30 の推定事例

掘進深度 30m 未満のボーリングデータについて AVS30 を推定した手順を以下に示し、実際に AVS30 を推定した事例を図-1～2 に示した。

- ① まず、掘進深度 30m 未満のボーリングデータについて、N 値 ≥ 50 の層（S 波速度で約 300m/s 以上の層）に相当する N 値 ≥ 50 基盤が存在するかどうか確認する。

N 値 ≥ 50 基盤の判定は、以下の基準で行っている。

- ボーリング孔底付近で N 値 50 以上を連続 3 回以上確認してボーリングを止めている。
- ボーリング孔底付近で N 値 50 以上の岩盤部を確認してボーリングを止めている。

- ② AVS30 が N 値 ≥ 50 基盤深度 10m 未満のボーリング、加えて掘進深度 10m 未満のボーリングについては、AVS30 の推定の対象から外す。

- ③ AVS30 の推定は、N 値 ≥ 50 基盤が確認できるケースと確認できないケースの 2 つに分けて設定を行う。

○ N 値 ≥ 50 基盤が確認できるケース

N 値 ≥ 50 基盤深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最も N 値 ≥ 50 基盤深度に近い値を設定し、その深度までの平均 S 波速度 AVS_n ($n=10, 15, 20, 25$) を計算する。その値より、全国の N 値 ≥ 50 基盤深度 30m 未満の KiK-net 観測点のデータを N 値 ≥ 50 基盤深度別に整理して得られた次式の AVS_n -AVS30 の経験式より AVS30 を推定する。

$$AVS30 = a_n \times AVS_n + b_n \quad \text{-----} \quad (IV.3)$$

$$n : 10, 15, 20, 25$$

a_n, b_n : AVS_n と $AVS30$ の回帰式の係数

ケーススタディで用いた a_n, b_n の値

$$AVS10 : a_{10}=1.219, b_{10}=58.726$$

$$AVS15 : a_{15}=1.047, b_{15}=43.528$$

$$AVS20 : a_{20}=1.004, b_{20}=29.658$$

$$AVS25 : a_{25}=1.020, b_{25}=7.937$$

図Ⅳ.15 には、N 値 ≥ 50 基盤深度が確認された掘進深度 17m のボーリングを事例に AVS30 を推定した例を示した。

○N値 ≥ 50 基盤が確認できないケース

掘進深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最も掘進深度に近い値を設定し、その深度までの平均 S 波速度 AVS n ($n=10, 15, 20, 25$) を計算する。その値より、全国の N 値 ≥ 50 基盤深度 30m 以上の KiK-net 観測点のデータを整理して得られた次式の AVSn-AVS30 の経験式より AVS30 を推定する。

$$AVS30 = a_n \times AVSn + b_n \quad \text{-----} \quad (IV.4)$$

$$n : 10, 15, 20, 25$$

a_n, b_n : AVS n と AVS30 の回帰式の係数

ケーススタディで用いた a_n, b_n の値

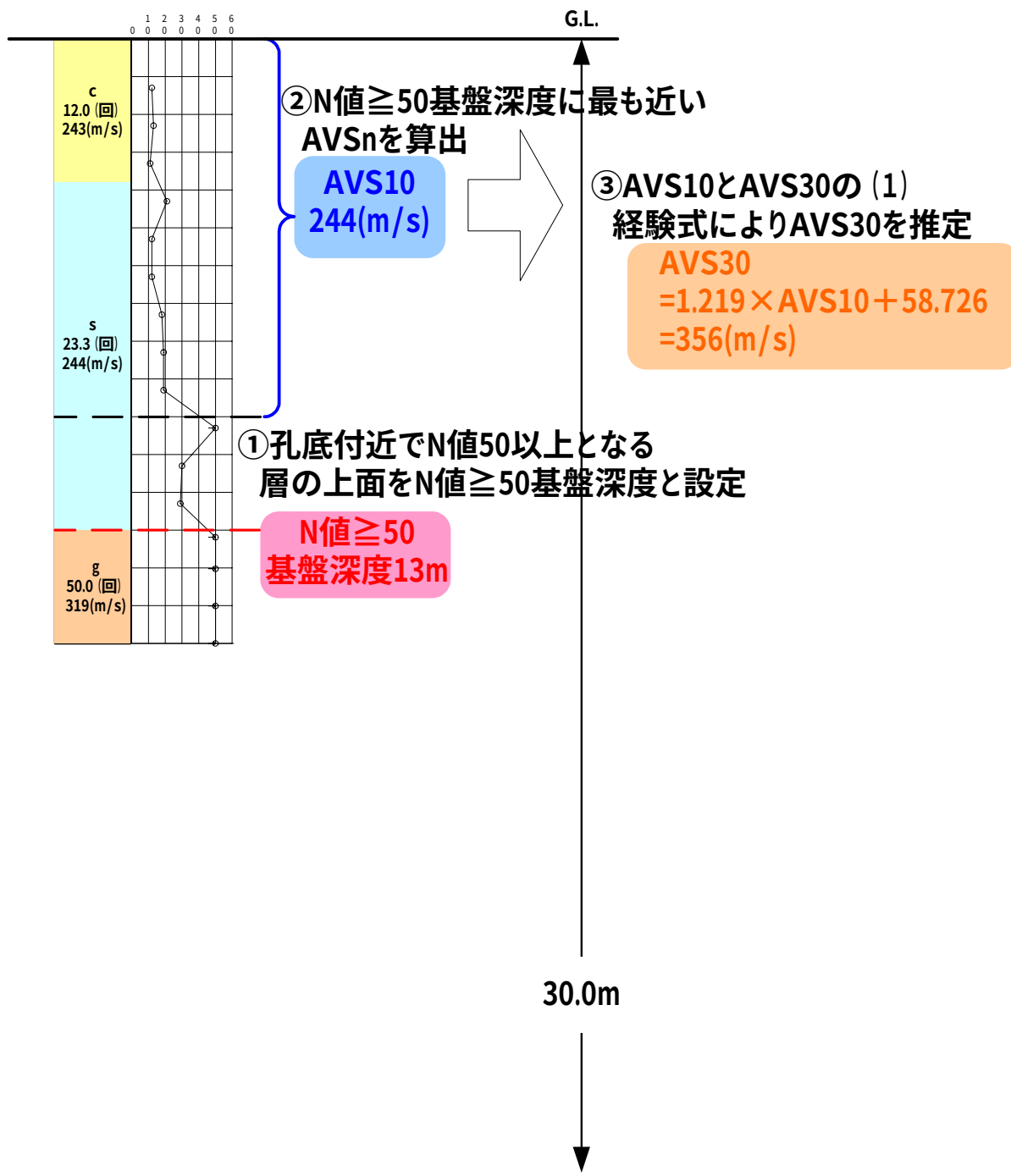
$$AVS10 : a_{10}=0.655, b_{10}=59.881$$

$$AVS15 : a_{15}=0.801, b_{15}=37.213$$

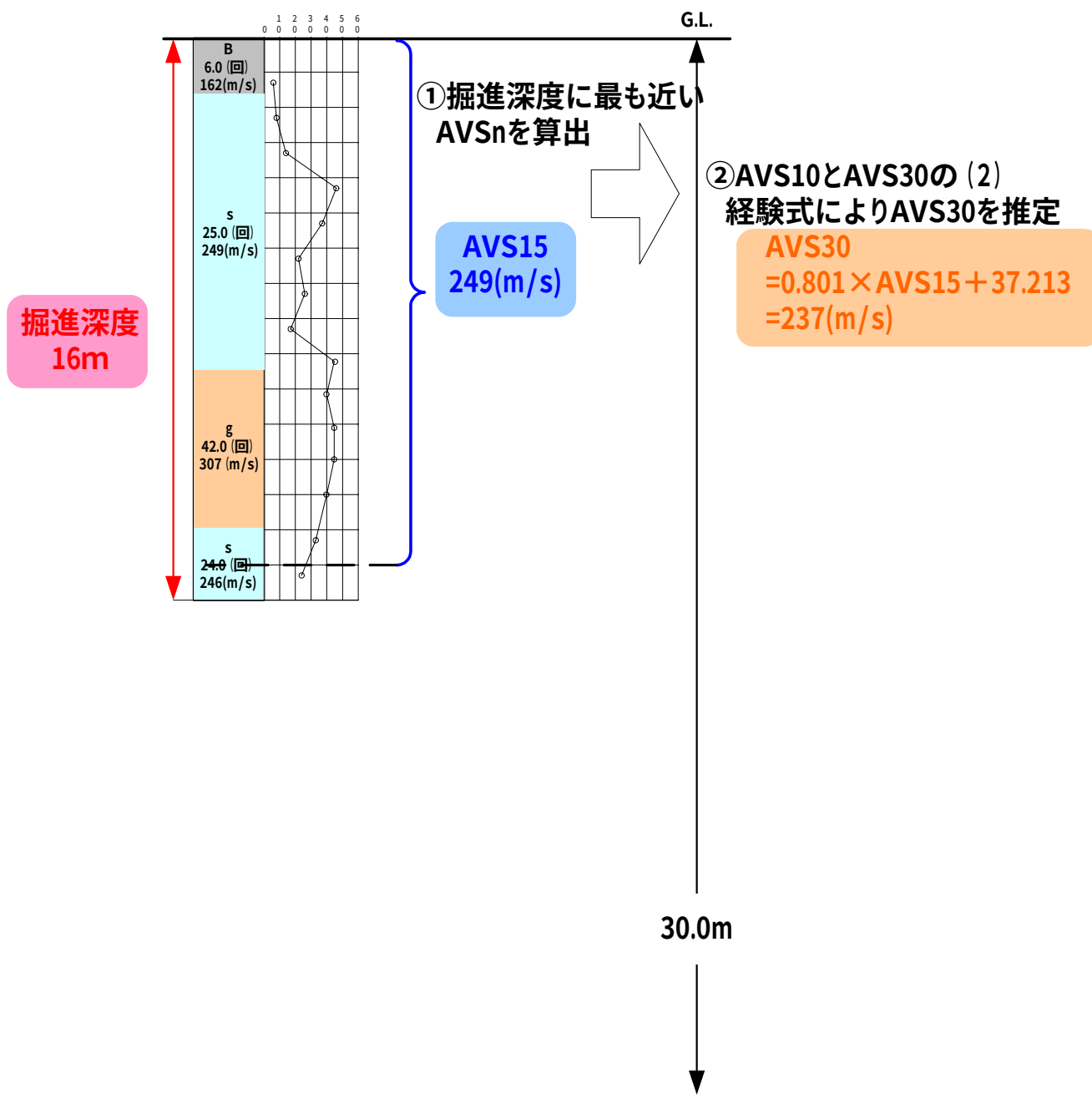
$$AVS20 : a_{20}=0.881, b_{20}=23.318$$

$$AVS25 : a_{25}=0.955, b_{25}=9.113$$

図IV.16 には、N 値 ≥ 50 基盤深度が確認されない掘進深度 16m のボーリングを事例に AVS30 を推定した例を示した。



図IV.15 掘進深度 30m 未満で N 値≥50 基盤が確認できるボーリングによる AVS30 の推定例



図IV.16 掘進深度 30m 未満で N 値 ≥ 50 基盤が確認できないボーリングによる AVS30 の推定例

事例－ 7 人工改変地において、造成前のボーリングデータを取り除く手順例

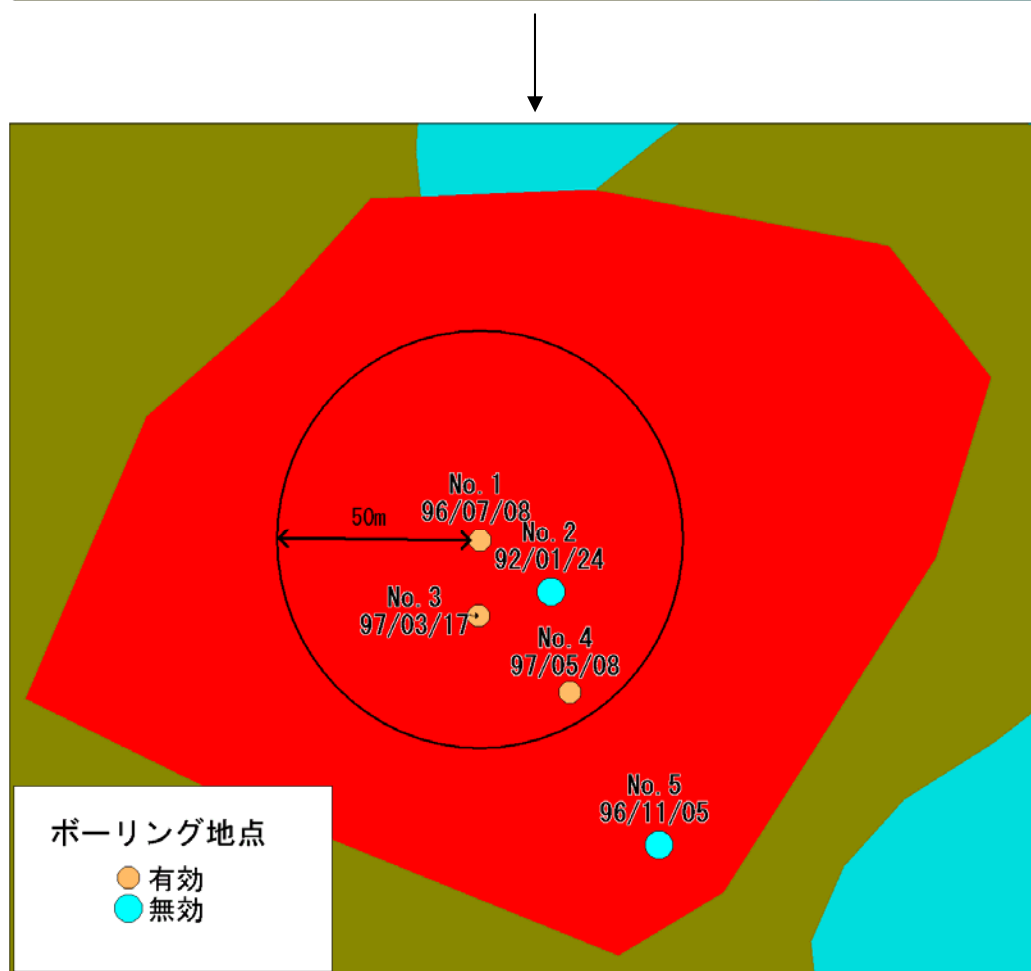
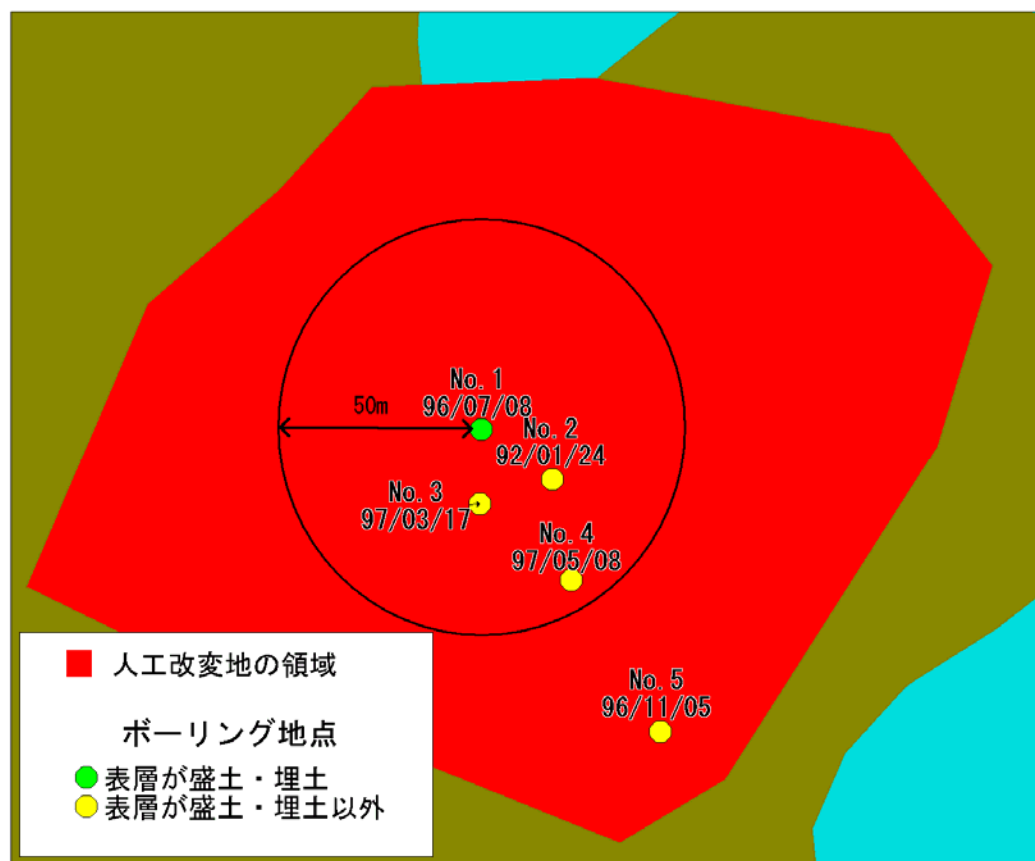
造成前のボーリングデータを除くには、人工改変地の造成時期とボーリングの掘進時期の関係により、造成時期以降のボーリングのみを抽出すればよい。人工改変地がごく限定している場合には、その人工改変地の造成時期をヒアリング等により把握することが可能である。

しかしながら、多数存在する場合には、それぞれの人工改変地の造成時期を把握することは現実的には手間がかかり、非常に困難である。したがって、以下の考え方で人工改変地のボーリングを抽出することにした。

- ① 人工改変地内に存在するボーリングのうち、表層に盛土、埋土という土質区分があるボーリングを盛土部のボーリングとして抽出する。
- ② ①のボーリングの周辺(半径 50m 程度の範囲と設定)でかつ人工改変地内に存在するボーリングのうち、①の掘進時期以降のボーリングを切土部のボーリングとして抽出する。

なお、ボーリングの掘進時期が不明であれば、①のデータのみで人工改変地のデータとする。

人工改変地において、上記の考え方で有効なボーリングを抽出した事例を図IV.17 に示す。



図IV.17 人工改変地において有効なボーリングを抽出した事例

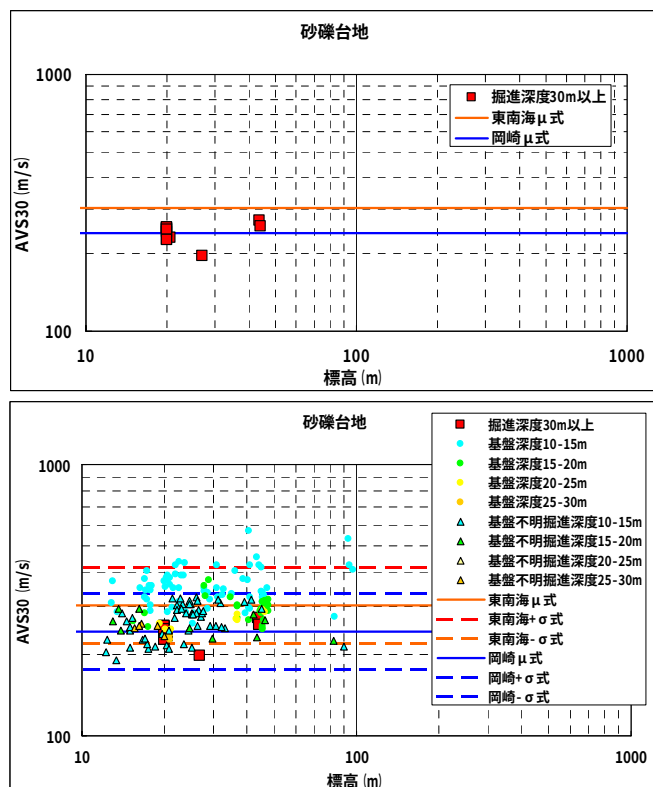
事例－8 ボーリングデータを用いて微地形区分と AVS30 の関係を設定する事例

収集したボーリングデータを利用して、微地形区分と AVS30 の地域的な関係を作成する手順を以下に示し、岡崎市の砂礫台地、茅ヶ崎市のローム台地に適用した事例を図Ⅳ.18に示す。

- ① AVS30 を推定できるボーリング地点がどの微地形区分に入るかを地理情報システム (GIS) を利用して設定する。
- ② 微地形区分ごとにボーリング地点の標高（後背湿地・デルタは河川距離）と推定した AVS30 の関係を整理する。
- ③ 掘進深度 30m 以上のボーリングが 5 本程度以上存在する場合には、掘進深度 30m 以上のボーリングデータを対象に (Ⅱ.2-2-3) 式による微地形区分と AVS30 の地域的な関係を設定する。設定の方法は、原則的には中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」の経験式の係数のうち、 b, c, σ の値を固定し、 a の値を変化させて、掘進深度 30m 以上のボーリングの AVS30 との関係を最も整合させるように中防の経験式をスライドさせる。
- ④ 掘進深度 30m 未満のボーリングを含めて、AVS30 と標高の関係をプロットし、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」の経験式および③で設定した地域的な経験式との関係を重ねて示す。その際、③で設定した経験式の $\pm \sigma$ の範囲により多くのデータがあることを確認する。逆に少ない場合には、③で設定した経験式は原則的には採用しない。

なお、掘進深度 30m 以上のボーリングが不足している場合には、既存の経験式を用いるようにする

○岡崎市 砂礫台地の事例



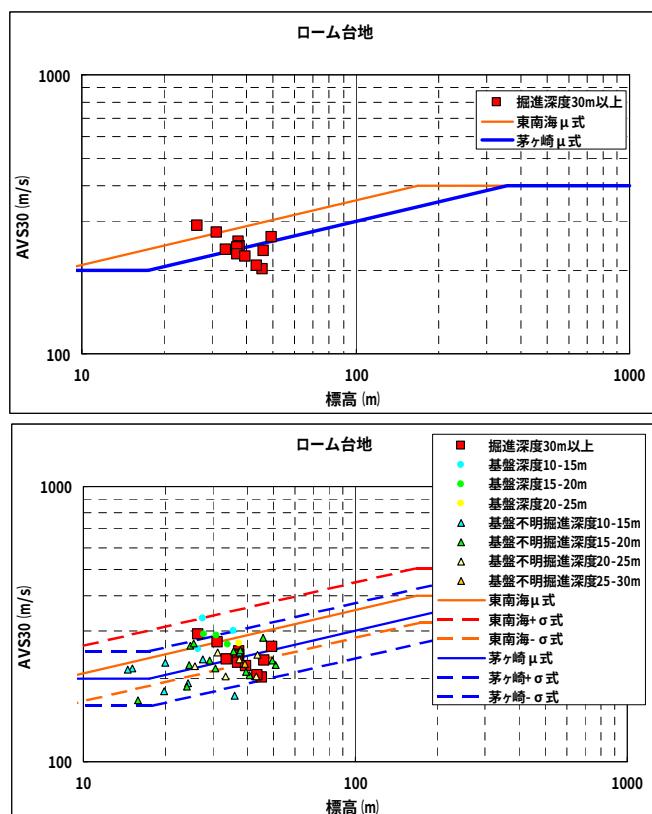
①掘進深度 30m 以上のボーリングデータを対象に既存の経験式（中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」）をスライドさせて、ボーリングデータと整合するように新たな経験式を設定した。（砂礫台地の場合は、標高に依存しない。）

新たに設定した経験式を青線で、既存の経験式の間係を赤線で示した。

②掘進深度 30m 未満の AVS30 推定可能なボーリングの情報を加えて、標高-AVS30 の関係をプロットし、既存の経験式±σ、新たに設定した経験式±σの範囲を示した。

このケースでは、砂礫台地にある全有効ボーリングの AVS30 の分布と比較すると、既存の経験式±σの範囲により多くのボーリングデータが入っているため、新たに設定した経験式は採用しない。

○茅ヶ崎市 ローム台地の事例



①掘進深度 30m 以上のボーリングデータを対象に既存の経験式をスライドさせて、ボーリングデータと整合するように新たな経験式を設定した。（上限値・下限値については、既存の経験式の値をそのまま利用した。）

新たに設定した経験式を青線で、既存の経験式（中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」）の間係を赤線で示した。

②掘進深度 30m 未満の AVS30 推定可能なボーリングを加えて、標高-AVS30 の関係をプロットし、既存の経験式±σ、新たに設定した経験式±σの範囲を示した。

このケースでは、ローム台地にある全有効ボーリングの AVS30 の分布と比較すると、①で新たに設定した経験式±σの範囲により多くのボーリングデータが入っているため、新たに設定した経験式を採用する。

図IV.18 ボーリングデータを用いて微地形区分と AVS30 の関係を設定した事例

事例－9 50m メッシュごとの AVS30 をボーリング地点の AVS30 を利用して、空間的に平滑化を行って推定した事例

ケーススタディの手法では、AVS30 を推定する過程において、

1) 微地形区分より推定した 50m メッシュごとに推定した AVS30

2) ボーリングデータより推定した AVS30

の 2 つの結果が出ることになる。そのため、最終的な 50m メッシュの AVS30 の分布はこれらの 2 つの結果に (IV.5) 式を適用させて空間的に平滑化を行って推定する。そこで、あるエリアを対象に (IV.5) 式の考え方で実際に AVS30 を平滑化して推定した具体例を図 IV.19 に示した。

$$AVS30 = \frac{\sum_i \left(\frac{1}{(r_i + C)^2} \cdot AVS30_i \cdot K_{wi} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{(r_i + C)^2} \cdot K_{wi} \right)} \quad r_i \leq R \quad (IV.5)$$

AVS30：平滑化した当該メッシュの AVS30

R：当該メッシュの中心点からの半径の長さ。この半径の円内にある当該メッシュと同じ微地形区分のボーリング地点がすべて平滑化計算の対象となる。R の値については、ボーリング地点の地質の影響範囲に相当するものと解釈されるが明確な根拠が無いため、ケーススタディにおいては概ね隣接メッシュ程度までは影響を及ぼすとして、R=100m と設定した。

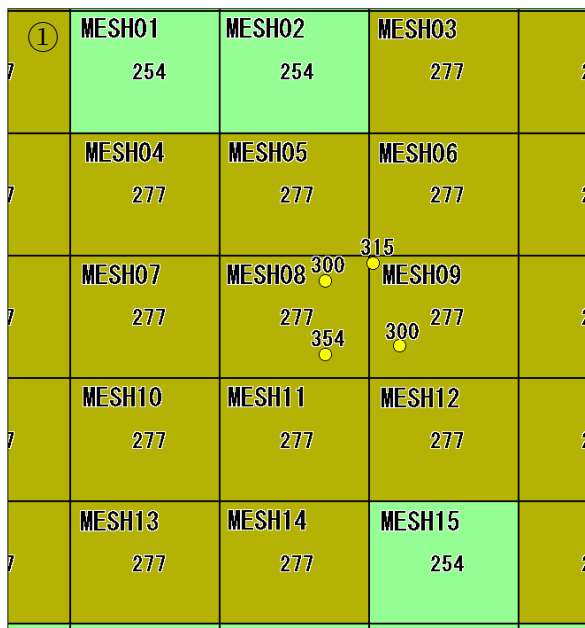
r_i ：当該メッシュの中心点から i 地点のボーリングまでの距離

$AVS30_i$ ： i 地点のボーリングの AVS30

C：近隣のボーリング地点の影響を調整するための定数。C が小さければ、近隣の影響を強く受けることになる。ケーススタディでは、C の値は R の 0.1 の大きさに設定した。

K_{wi} ：微地形区分より設定される仮のボーリング地点（図-1 参照）の影響と実際のボーリング地点の影響の重み付けを変えるための定数。 i 地点が仮のボーリング地点であれば、 $K_{wi}=1$ となり、実際のボーリング地点であれば K_{wi} は 1 より大きな数字を設定する。ケーススタディでは、半径 R の範囲で対象となる仮のボーリング地点の数と同等な値を実際のボーリング地点の K_{wi} の値とした。

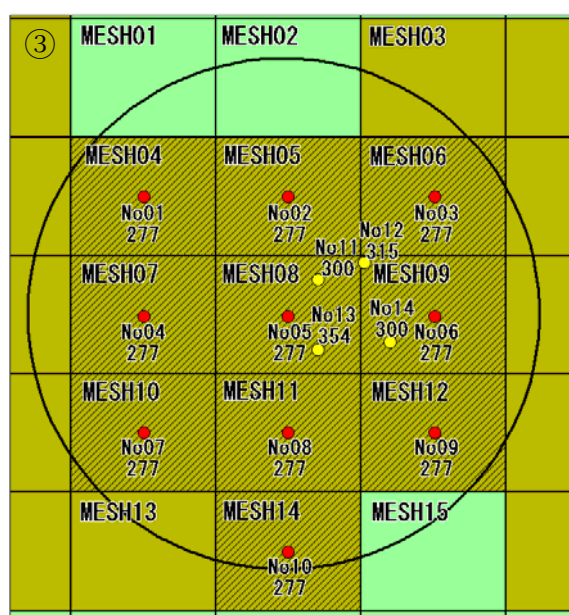
なお、R の値については、ケーススタディにおいて R=100m と設定している。ただし、前述したように明確な根拠はないため、参考までにボーリング数が多い世田谷区を対象に R=100m, 150m, 200m の 3 ケースで平滑化を行って推定した AVS30 の分布結果の事例を図 IV.20 に示した。また、図 IV.20 中には比較のため、平滑前の微地形区分のみで推定した AVS30 の分布結果も併せて示している。



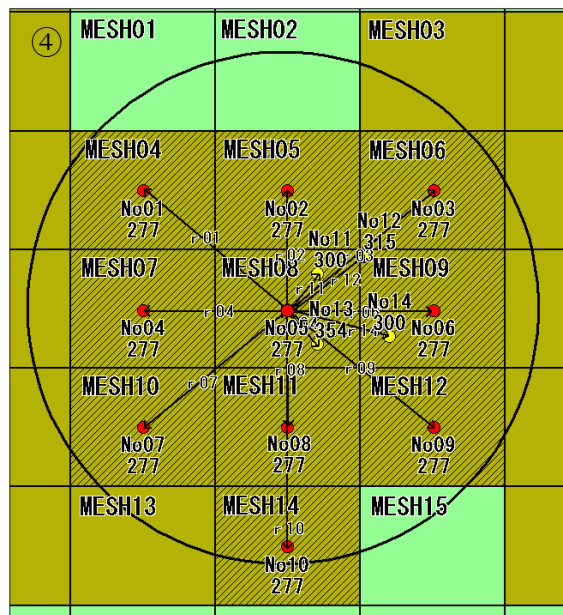
① 上図において、MESH08 の地点について、空間的に AVS30 の平滑化を行う手順を示す。メッシュの中心点の数値は微地形区分より推定した AVS30、黄丸はボーリング地点を示し、上の数値はボーリング地点の AVS30 を示している。メッシュの色分けは微地形区分の違いを表している。



② メッシュ 08 と同じ微地形区分で、かつメッシュ 08 の中心点から半径 $R=100\text{m}$ の円内の範囲に中心点が含まれるメッシュをすべて抽出する。実際に抽出されたメッシュを斜線で示している。また、ボーリング 4 地点もメッシュ 08 と同じ微地形区分で円内の範囲に含まれるため、抽出される。



③②で抽出されたメッシュの中心点に微地形区分より推定した AVS30 を記録する仮のボーリング地点があると設定する。したがって、円内には全部でボーリングが 14 地点あることになる。(わかりやすくするために通し番号を付け、No.01～No.10 を仮のボーリング (赤丸)、No.11～No.14 (黄丸) を実際のボーリングに設定した。)

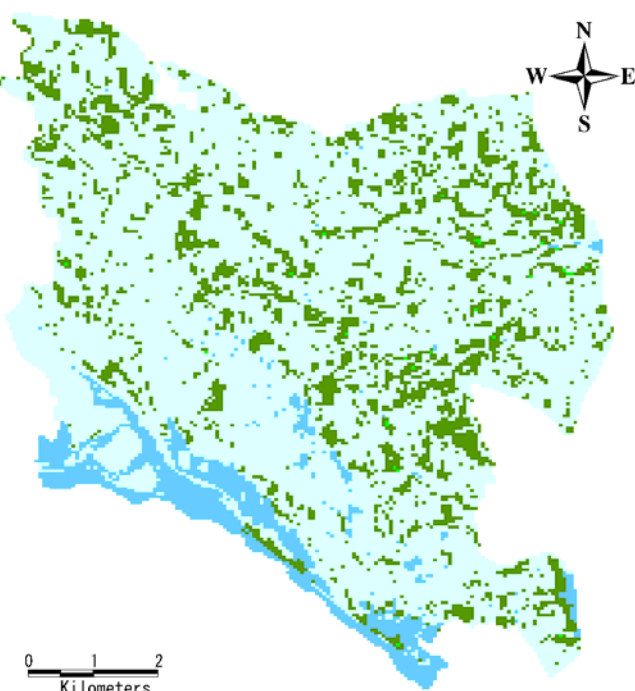
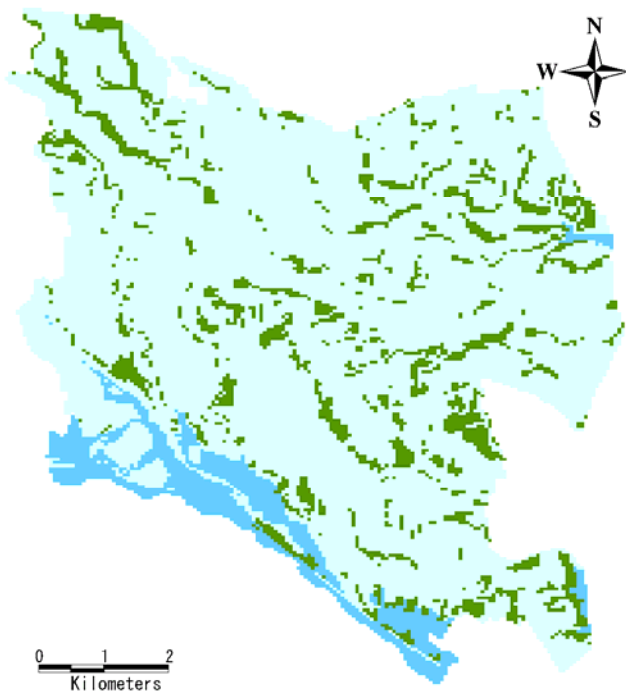


④ MESH08 の中心点から各ボーリング地点 ($i=1 \sim 14$) の距離 (r_i) を算定し、IV.5 式を適用して MESH08 地点の AVS30 の値を推定する。このケースにおいて、 K_{wi} は $i=1 \sim 10$ では 1, $i=11 \sim 14$ では赤丸の数と同じ 10 の値をとる。この結果、MESH08 の AVS30 の値は 310 となった。

図IV.19 AVS30 の平滑化を行った事例

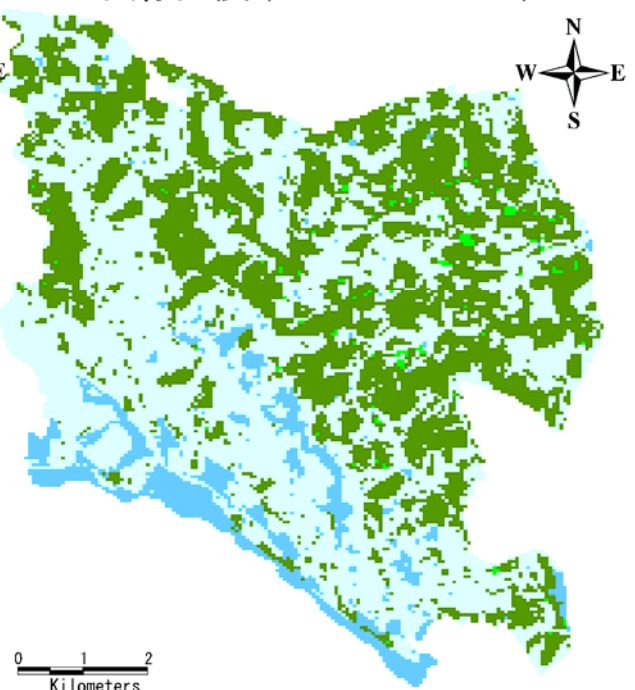
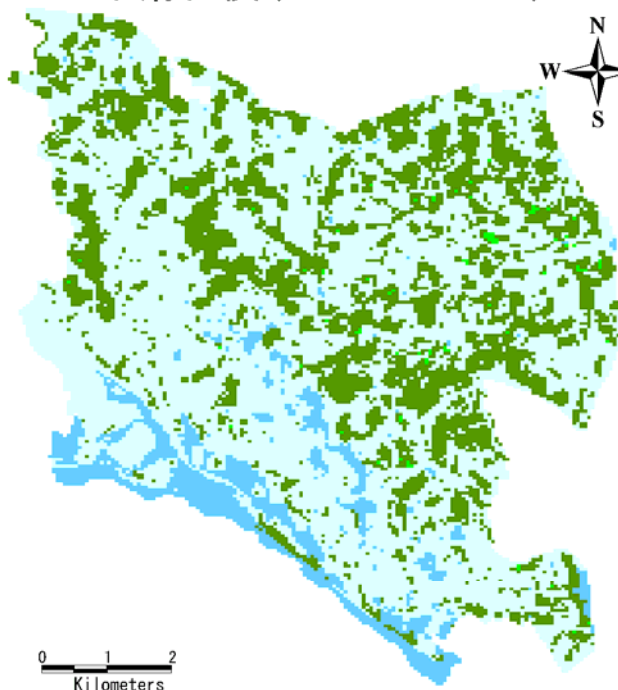
平滑化前(微地形区分のみ)

平滑化後(R=100m c=10m)

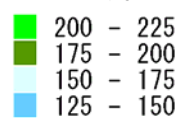


平滑化後(R=150m c=15m)

平滑化後(R=200m c=20m)



AVS30 (m/s)



図IV.20 世田谷区を対象に R=100m,150m,200m に設定して平滑化を行った AVS30 分布の例

第2章 地域の危険度マップ

Ⅰ．地域の危険度マップの作成の概要

第1章で解説した揺れやすさマップが作成されたことを前提に、ここでは地域の危険度マップの作成方法を解説する。

1．地震による建物被害とその想定手法について

地震による建物被害の主なものは、揺れを直接の原因として生じる被害である。

この揺れによる建物被害は、地震動により建物の柱や梁といった構造部等が破壊され、全壊、半壊、一部損壊などが生じることであるが、地震動が大きくなるにつれて住宅全体に占めるこれらの被害割合は高くなる傾向がある。

揺れによる建物被害の想定手法については、例えば、揺れの大きさと建物被害率との関係を整理し、これを利用してある地震動における建物被害を算定する手法が考えられる。具体的には、過去の被害地震の事例から、震度や加速度等の揺れと構造や建築年次等の区分での全壊率等の建物被害実態の関係を求め、揺れに対する被害率の関係を被害率テーブル等の形で設定し、想定した揺れの大きさに応じて、建物被害量を算出する手法（以下、経験的手法という）である。この他に、建物の固有周期と揺れによる建物の変形の程度を応答解析によってモデル的に評価して、想定される被害率を設定し、建物被害量を算出する手法も存在する。

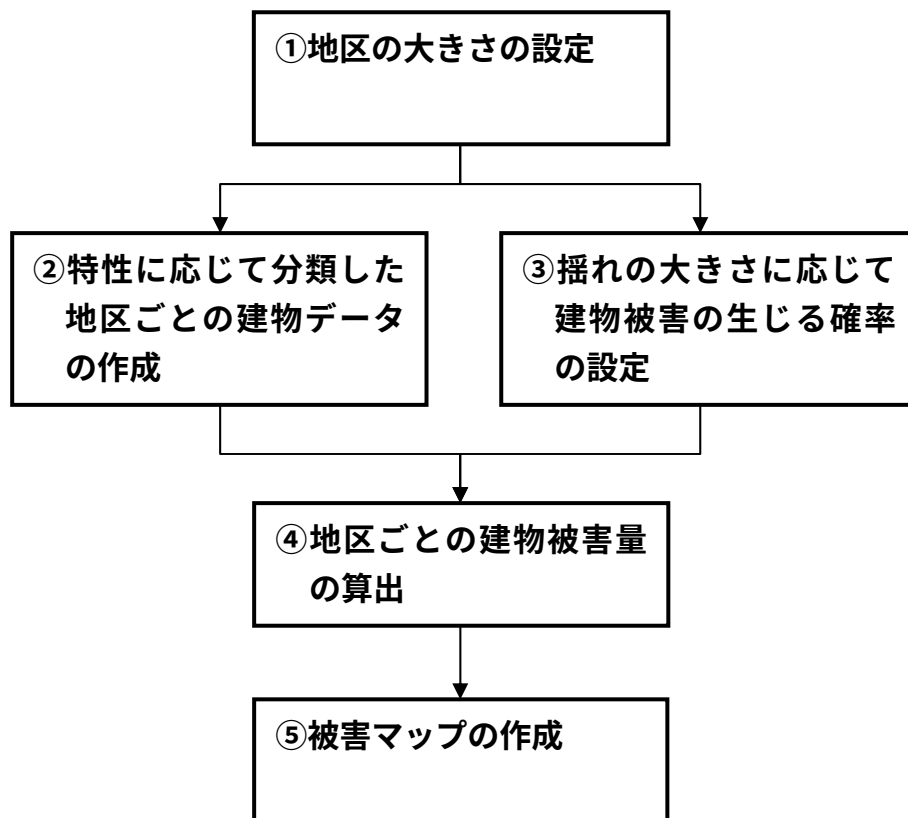
前者の手法は過去の被害実態から確率的に被害を求める方法として、一般的に用いられており、後者は個別の家屋の構造等を反映しないと正しく被害率を求められないことからモデル化が難しく、広い領域（地域など）で被害を推定する場合にはあまり用いられていない。ただし、建物を個別に評価するなど詳細な検討を行うにあたっては、こうした手法の活用も考えられる。

2. 作成手順

地域の危険度マップ作成の一般的な作成手順としては、以下が考えられる。(フローについては、図Ⅱ.1-2-1)

- ① 建物被害を検討する場合、一般的に、ある一定の地区のまとまりを設定する
- ② そのまとまりの中にどのような特性の建物が存在するかを考え、壊れやすい建物か、そうでない建物かという特性で分類した建物データを作成する。
- ③ ある揺れに対して、建物分類ごとにどの程度の被害を受ける可能性があるかを設定する。
- ④ 地区のまとまり毎にどの程度の被害が出るのかを算出する。
- ⑤ 算出した被害結果の分布を図示した地域の危険度マップを作成する。

図Ⅱ.1-2-1 地域の危険度マップ作成の全体フロー



以下では、各手順における留意事項等を解説する。

①地区の大きさの設定

地域の危険度マップを作成する際には、ある程度のまとまった地区ごとに検討することが必要となる。また、建物一軒一軒を個別に評価することは非常に困難でもある。

一方で、マップ作成の目的やマップの表現等の視点から、住民が自宅のある地区や近隣の建物被害の可能性を、実感をもって把握するためには、地域の詳細が適切に反映されるようできる限り詳細な地区ごとの検討が望ましい。

そこで、地区の大きさの設定に際しては、利用する建物データの整備状況や地震動データのメッシュサイズ、地域の危険度マップを作成するのに用いる電子地図等の地区の大きさを考慮して設定することが必要である。

②特性に応じて分類した地区ごとの建物データの作成

建物被害を検討するためには、現状の地区の実態を表す建物データを作成する必要がある。この建物データは、その構造や建築年次等の特性により壊れやすいか、そうでないかといった違いがあることから、出来る限り詳細な区分で分類可能なデータを使用することが望ましい。例えば、地方公共団体が保有する固定資産税台帳に基づく建物データや都市計画基礎調査をもとに建物データを作成することが考えられる。

○ 固定資産税台帳

全ての地方公共団体が保有するデータであり、最も一般的であると考えられる。

ただし、固定資産税台帳は、増改築に関するデータも棟数データと同様に、1レコードとして管理されているほか、マンション等の共同建物では区分所有1戸ずつのデータが1レコードとして管理されていることが多いことから、整理に際しては、これらを除外して集計することが必要である。

○ 都市計画基礎調査

全ての地方公共団体が保有する訳ではなく、都市計画区域を指定していないところや、都市計画基礎調査を実施していても、建物データを詳細には把握していない場合もあるなど、必ずしも必要なデータが作成されているとは限らないため、収集に際しては注意を要する。

その他にも、別の方法により詳細な建物データを収集・整理していれば、それを利用することも考えられる。

なお、今後、地方公共団体において、固定資産税台帳に基づく情報のほかにより詳細なデータを整備することに加え、詳細な被害程度の予測や個別建物の危険度評価手法の研究が進むことで、個別建物进行评估するといったことも技術的には可能となると考えられる。データの整備については、実際、横浜市を始めとする政令指定都市では建物ポリゴンデータの整備が行われているところがある。

③揺れの大きさに応じて建物被害の生じる確率の設定

想定される揺れの大きさに対して、壊れやすさに応じた建物分類ごとに、それぞれの程度の被害を受ける可能性があるかを設定する。

過去の地震における被害実態等調査結果をもとに、揺れの大きさと建物との被害程度を建物の特性毎に求め、建物被害率等を設定する。また、他地域等で検討された既存の設定値を利用することも有効である。

④地区ごとの建物被害量の算出

②で分類した地区との建物データがどの程度の被害を生じるかを、③で設定した被害を掛け合わせることで、揺れにより生じる恐れのある建物被害量を地区ごとに算出する。

⑤被害マップの作成

市販の地理情報システム（GIS）のアプリケーション等を利用し、④で算出した地区毎の建物被害量を用いて、その被害の程度により地区毎に塗り分けて、建物被害分布図を作成する。

II．地域の危険度マップ作成のケーススタディ

住宅等の耐震化促進のための地域の危険度マップの作成については、「1 地域の危険度マップ作成の概要」で示した内容に基づき、被害率の設定や利用する関係式等は最新の知見を反映し、地域の状況に応じて適切なものを採用することが望ましい。しかしながら、多くの地方公共団体にとっては、独自に手法を開発しながら地域の危険度マップを作成することは現実的には難しいといえる。

そこで、ここでは、一例として、中央防災会議で採用した手法による地域の危険度マップの作成手順とその具体的な作業内容を示すこととする。

ケーススタディにおいては、揺れやすさマップで作成した 50m メッシュ単位の震度分布をもとに地域の危険度マップを作成する。（ここでいう建物被害とは、地方公共団体が建物の罹災証明を発行する際の判別定義による全壊被害を指す。）

1．作成手順

ここでは、過去の地震の被害実態をもとにした計測震度と建物全壊率との関係を利用し、メッシュ単位の計測震度から建物区分ごとの全壊被害を算出することにより地域の危険度マップを作成する。その具体的な手順は以下のとおりである。（図Ⅱ．2－1－1）

①メッシュの大きさの設定

地域の危険度マップは、住民の自宅や地区ごとの被害の違いを示すことが重要であることから、基本単位はできるだけ詳細に設定することが望ましい。

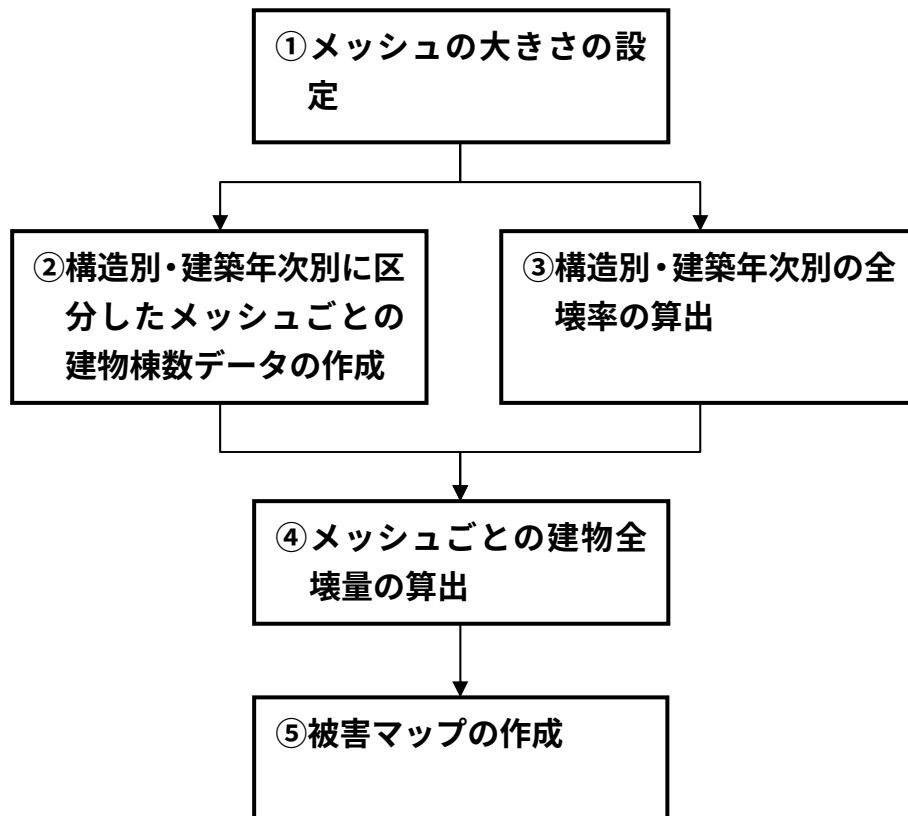
ここでは、50mメッシュの揺れやすさマップが作成され、計測震度データが得られていることから、50mメッシュ単位での建物被害を求め、地域の危険度マップを作成することとする。

②構造別・建築年次別に区分したメッシュごとの建物棟数データの作成

建物被害は、建物の構造や建築年次によっても、被害に差が生じることがわかっている。（特に、建築年次が耐震性能に関連する建築基準法の改正前後（昭和 46 年、昭和 56 年）に応じて、被害実態に明確な差が現れている。）

ここでは、固定資産税台帳に基づく建物データを用いて、構造別、建築年次別に 50mメッシュの建物棟数データを作成する。

図Ⅱ.2-1-1 地域の危険度マップ作成のフロー



③構造別・建築年次別の全壊率の算出

メッシュ毎の揺れの大きさに応じた建物全壊率を、建築年次別・構造別に算出する。

経験的手法の中でも中央防災会議で採用した手法を用いることとし、揺れの大きさと被害率の関係は、中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」で利用されている構造別・建築年次別に整理された計測震度と全壊率との関係式を用いる（参考 表Ⅱ.2-2-3 構造別・建築年別計測震度と建物全壊率の関係表。構造については木造及び非木造の2区分、建築年次については木造3区分、非木造3区分）。

このときに用いる揺れの大きさについては、「揺れやすさマップ」で作成した50mメッシュ別の計測震度を利用する。

④メッシュごとの建物全壊量の算出

②で作成した50mメッシュ別の建物棟数データと、③で作成した50mメッシュ別の全壊率設定値を掛け合わせることで、メッシュごとの建物全壊量を算出する。

⑤地域の危険度マップ（建物被害分布図）の作成

④で算出した建物被害量を用いて、その被害の程度により塗り分けた被害分布図を作成する。

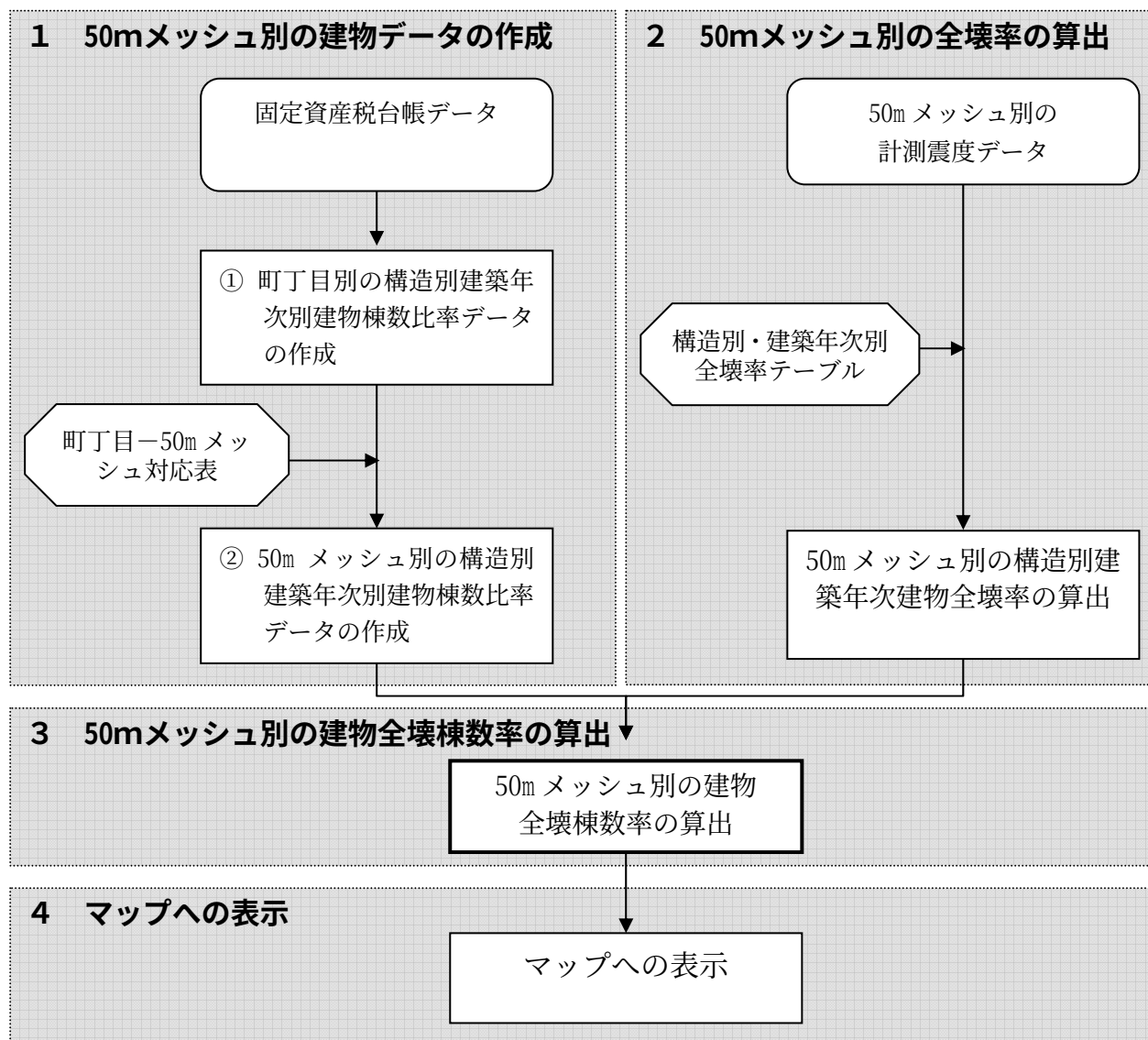
このとき、住民に自宅やその近隣の位置がわかりやすいように、道路、街区等の入った背景図を挿入すると、マップとして分かりやすいものとなる。

ゴルフ場や田畑等の建物の存在しないメッシュについても被害可能性を評価しているが、建物の存在するメッシュのみに被害可能性を表示することができれば、住民がより実感の持てるマップとなる。

2. ケーススタディで実施した具体的手法

ケーススタディで実施した具体的手法の流れを、図Ⅱ.2-2-1に示す。以下、それぞれの具体的な手法を解説する。

図Ⅱ.2-2-1 ケーススタディで実施した地域の危険度マップ作成フロー



- : 入力データ
- : データ加工のための計算式や補正に使う設定値
- : 入力データを元に算出される途中計算結果
- : マップ化すべきアウトプット

2-1 50mメッシュ別の建物データの作成

①町丁目別の構造別建築年次別建物棟数比率データの作成

固定資産台帳に基づいて、町丁目別に構造別・建築年次別で建物棟数データを集計する。構造の区分は、木造、非木造の2区分とし、建築年次の区分は被害想定手法に応じ、ここでは、木造建物がS34年以前、S35～S55年、S56年以降の3区分とし、非木造建物がS45年以前、S46～S55年、S56年以降の3区分とした、合計6区分とする。

以上の6区分で集計した建物棟数データから、町丁目内の建物棟数総数を100%とした町丁目別の構造別・建築年次別建物棟数比率を作成する。

②50mメッシュ別の構造別建築年次別建物棟数比率データの作成

実際の建物配置を正確に反映した50mメッシュ別の建物データを作成することは困難であることから、「ある町丁目内に含まれる50mメッシュそれぞれの構造別・建築年次別の建物棟数比率は、その町丁目の構造別・建築年次別の建物棟数比率と同じ」として、50mメッシュ別の建物データを作成する。

ただし、この方法で建物データを作成すると、実際には建物が存在しないメッシュにおいても被害が算定されてしまうこととなる。これを防ぐためには、メッシュごとに実際の建物に応じたデータを作成することが必要となるが、今回のケーススタディではそこまで行うことができなかったため、最終的に住民に示すマップについて、誤解をさけるため一定の処理を行うこととした。その処理については、「2-4 マップへの表示」で解説することとする。

なお、市町村の境界部及び町丁目の境界部のメッシュへの割付けの処理については、以下のとおりとした。

- a. 町丁目境界部のメッシュは最も占有面積が大きい町丁目をそのメッシュが所属する町丁目とする。
- b. 市町村境界部のメッシュは占有面積の大小にかかわらず、そのメッシュは町丁目に含まれるものとする。

⇒ 町丁目及び市町村境界と50mメッシュとの対応に関する具体的な処理方法については、「Ⅲ 地域の危険度マップ作成における具体的な処理事例『事例-1 区市町村及び町丁目境界部の50mメッシュの処理について』」を参照。

表Ⅱ.2-2-1 町丁目別の構造別建築年次別建物棟数比率データの作成例

町丁目 コード	町丁目名	全建物								
		合計	木造建物				非木造建物			
			合計	S34 以前	S35 ～S55	S56 以降	合計	S45 以前	S46 ～S55	S56 以降
5000	葵町	200 棟 (100%)	140 棟 (70%)	20 棟 (10%)	60 棟 (30%)	60 棟 (30%)	60 棟 (30%)	20 棟 (10%)	20 棟 (10%)	20 棟 (10%)
8000	青木町	300 棟 (100%)	195 棟 (65%)	15 棟 (5%)	90 棟 (30%)	90 棟 (30%)	105 棟 (35%)	15 棟 (5%)	45 棟 (15%)	45 棟 (15%)
10000	赤渋町	400 棟 (100%)	300 棟 (75%)	100 棟 (25%)	120 棟 (30%)	80 棟 (20%)	100 棟 (25%)	40 棟 (10%)	40 棟 (10%)	20 棟 (5%)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



表Ⅱ.2-2-2 50m メッシュ別の建物棟数比率データの作成例

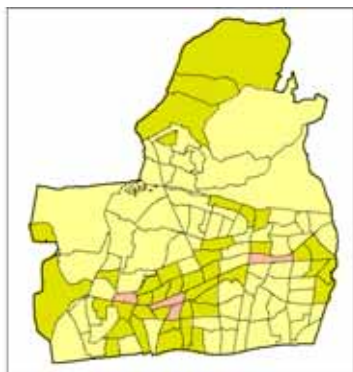
50mメッシュ コード	町丁目 コード	町丁目名	全建物								
			合計	木造建物				非木造建物			
				合計	S34 以前	S35 -S55	S56 以降	合計	S45 以前	S46 -S55	S56 以降
523720581417	5000	葵町	100%	70%	10%	30%	30%	30%	10%	10%	10%
523720581418	5000	葵町	100%	70%	10%	30%	30%	30%	10%	10%	10%
523720581419	5000	葵町	100%	70%	10%	30%	30%	30%	10%	10%	10%
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
523720581613	8000	青木町	100%	65%	5%	30%	30%	35%	5%	15%	15%
523720581614	8000	青木町	100%	65%	5%	30%	30%	35%	5%	15%	15%
523720581615	8000	青木町	100%	65%	5%	30%	30%	35%	5%	15%	15%
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
523720581812	10000	赤渋町	100%	75%	25%	30%	20%	25%	10%	10%	5%
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



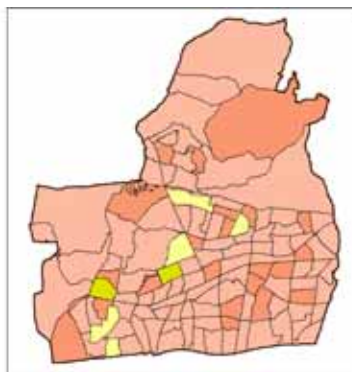
50mメッシュ別データとして作成

図 II.2-2-2 50m メッシュ別の建物データをマップ化した例
(建物棟数比率の分布図)

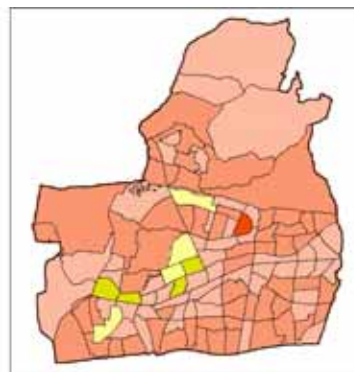
木造 (昭和 34 年以前築)



木造 (昭和 35～55 年築)



木造 (昭和 56 年以降)



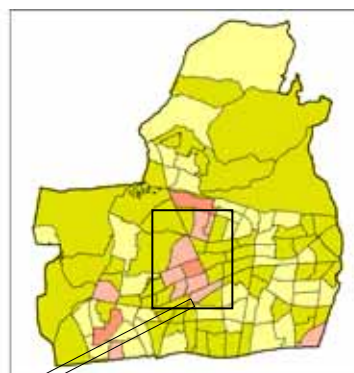
非木造 (昭和 45 年以前)



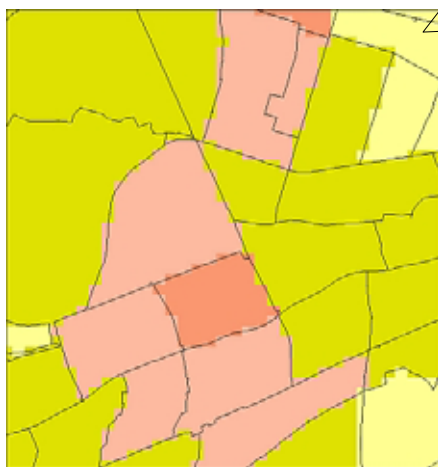
非木造 (昭和 46～55 年)



非木造 (昭和 56 年以降)

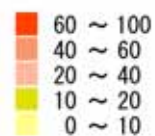


非木造 (昭和 56 年以降) の一部を拡大



□ 凡例

建物棟数率 (%)



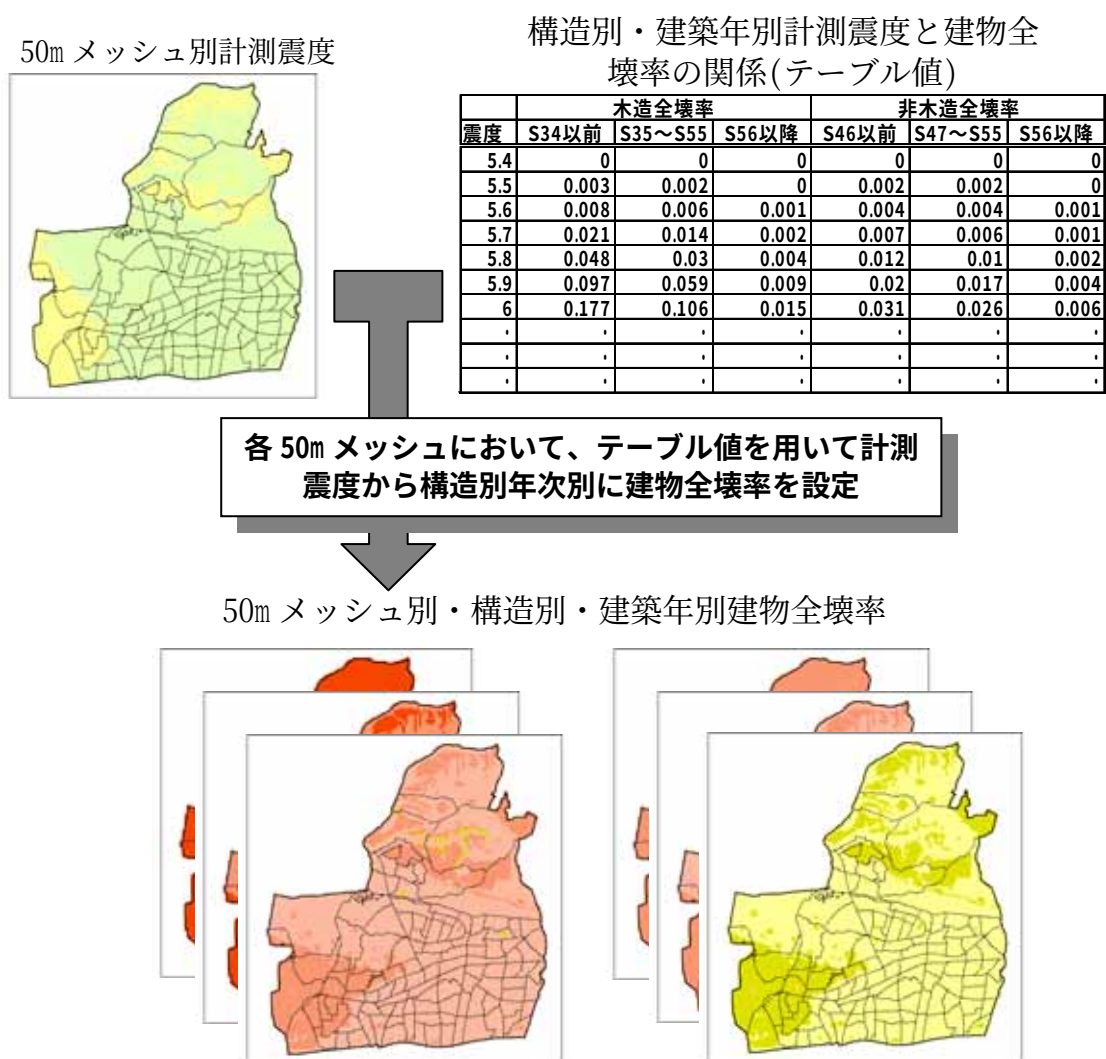
2-2 50mメッシュ別の建物全壊率の算出

揺れの大きさ（計測震度）と構造別・建築年次別建物全壊率の関係式（（参考）計測震度と建物全壊率の関係を参照）から、該当するメッシュの構造別・建築年次別の建物全壊率を算出する。次表（表Ⅱ.2-2-3 計測震度－建物全壊率関係表）から、各メッシュの該当する計測震度に対応した建物全壊率を読み取ることもできる。

ケーススタディにおいては、使用できる建物データの年代区分が2区分しか無い事例があった。これについては、計測震度－建物全壊率関係表を加工処理することにより2区分に対応した被害率テーブルを作成して対応している。

⇒ 全壊率設定値を加工した具体的な方法については、「Ⅲ 地域の危険度マップ作成における具体的な処理事例『事例－2 建物データの建築年次区分が2区分であったのに対応して全壊率（テーブル値）を加工した事例』」を参照。

図Ⅱ.2-2-3 50mメッシュ別の建物全壊率の設定イメージ



表Ⅱ.2-2-3 計測震度－建物全壊率関係表（構造別・建築年別）

この表に関する詳しい解説については、巻末の「(参考) 計測震度と建物全壊率の関係」を参照のこと。

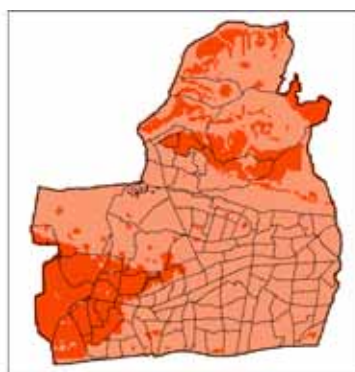
震度	木造建物の全壊率			非木造建物の全壊率		
	S34 以前	S35～S55	S56 以降	S46 以前	S47～S55	S56 以降
5.0	0	0	0	0	0	0
5.1	0	0	0	0	0	0
5.2	0	0	0	0	0	0
5.3	0	0	0	0	0	0
5.4	0	0	0	0	0	0
5.5	0.003	0.002	0	0.002	0.002	0
5.6	0.008	0.006	0.001	0.004	0.004	0.001
5.7	0.021	0.014	0.002	0.007	0.006	0.001
5.8	0.048	0.03	0.004	0.012	0.01	0.002
5.9	0.097	0.059	0.009	0.02	0.017	0.004
6.0	0.177	0.106	0.015	0.031	0.026	0.006
6.1	0.289	0.174	0.027	0.048	0.039	0.01
6.2	0.427	0.266	0.044	0.072	0.058	0.015
6.3	0.573	0.377	0.07	0.104	0.082	0.023
6.4	0.711	0.5	0.106	0.145	0.114	0.033
6.5	0.823	0.623	0.153	0.195	0.154	0.048
6.6	0.903	0.734	0.213	0.255	0.202	0.067
6.7	0.952	0.826	0.285	0.323	0.258	0.091
6.8	0.979	0.894	0.367	0.397	0.322	0.122
6.9	0.992	0.941	0.455	0.476	0.391	0.159
7.0	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.1	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.2	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.3	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.4	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.5	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202

図Ⅱ.2-2-4 50m メッシュ別の構造別建築年次別建物全壊率をマップ化した例

木造・昭和 34 年以前築



木造・昭和 35～55 年築



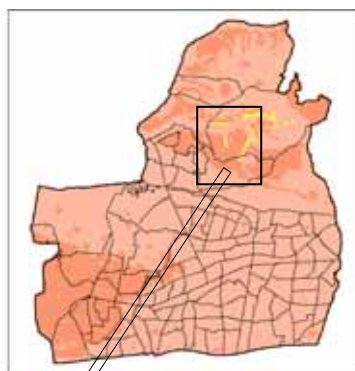
木造・昭和 56 年以降築



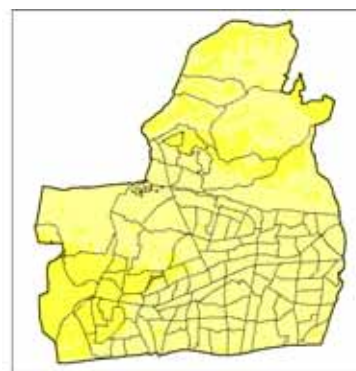
非木造・昭和 34 年以前築



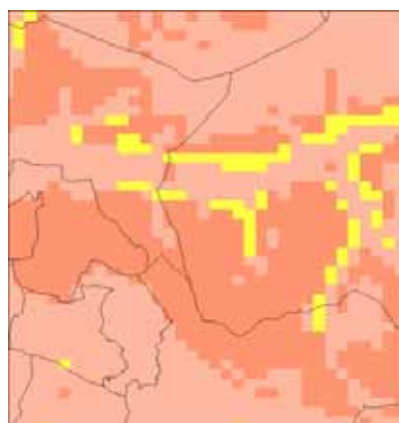
非木造・昭和 35～55 年築



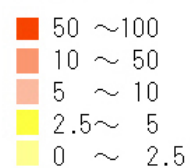
非木造・昭和 56 年以降築



非木造・昭和 35～55 年築の一部を拡大



全壊率 (%)



2-3 50mメッシュ毎の建物全壊棟数率の算出

2-1で作成した50mメッシュ毎の構造別・建築年次別の建物棟数比率と、2-2で作成した50mメッシュ毎の構造別・建築年次別の建物全壊率を掛け合わせることで、構造別・建築年次別に全壊棟数率（メッシュ内の構造別・建物年次別全壊数をメッシュ内の建物総数で除したもの）を算出し、それらを集計して50mメッシュ毎の建物全壊棟数率（メッシュ内の全体的な全壊率）を算出する。具体的には、下記の計算式に従い算出する。

50mメッシュ別の建物全壊棟数率

$$\begin{aligned}
 &= \text{「50mメッシュ別の建物棟数比率} \times \text{全壊率設定値」を構造・建築年次別に算出し合計したもの} \\
 &= (\text{昭和34年以前の木造建物棟数比率}) \times (\text{昭和34年以前の木造建物の全壊率設定値}) \\
 &\quad + (\text{昭和35～55年の木造建物棟数比率}) \times (\text{昭和35～55年の木造建物の全壊率設定値}) \\
 &\quad + (\text{昭和56年以降の木造建物棟数比率}) \times (\text{昭和56年以降の木造建物の全壊率設定値}) \\
 &\quad + (\text{昭和45年以前の非木造建物棟数比率}) \times (\text{昭和45年以前の非木造建物の全壊率設定値}) \\
 &\quad + (\text{昭和46～55年の非木造建物棟数比率}) \times (\text{昭和46～55年の非木造建物の全壊率設定値}) \\
 &\quad + (\text{昭和56年以降の非木造建物棟数比率}) \times (\text{昭和56年以降の非木造建物の全壊率設定値})
 \end{aligned}$$

図II.2-2-5 建物全壊棟数率の算出の具体例(原町市の一部メッシュを例に)

50mメッシュコード	計測震度	木造建物棟数比率			非木造建物棟数比率		
		昭和34年以前	昭和35年～55年	昭和56年以降	昭和45年以前	昭和46年～55年	昭和56年以降
564037920015	6.212	33.3%	44.4%	19.4%	0%	0%	3%
564037920115	6.212	33.3%	44.4%	19.4%	0%	0%	3%
564037920214	6.213	33.3%	44.4%	19.4%	0%	0%	3%

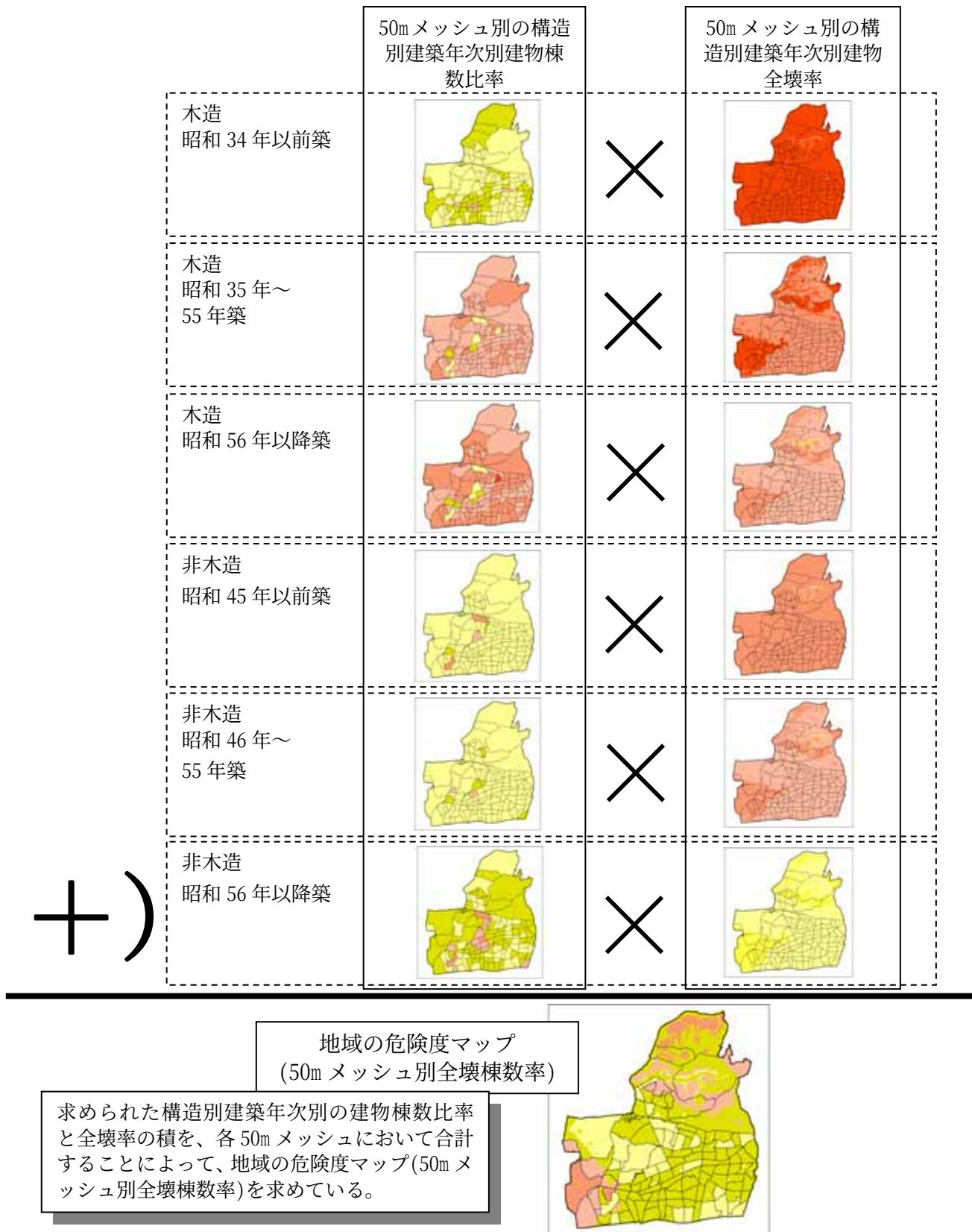
建物棟数比率と全壊率を掛け合わせる。

木造建物全壊率設定値			非木造建物全壊率設定値		
昭和34年以前	昭和35～55年	昭和56年以降	昭和45年以前	昭和46年～55年	昭和56年以降
0.427	0.266	0.044	0.072	0.058	0.015
0.427	0.266	0.044	0.072	0.058	0.015
0.427	0.266	0.044	0.072	0.058	0.015

構造別建築年次別の全壊棟数率を算出し、それらを集計して50mメッシュ毎の全壊棟数率を算出する。

木造建物全壊棟数比率			非木造建物全壊棟数比率			全壊建物棟数率
昭和34年以前	昭和35～55年	昭和56年以降	昭和45年以前	昭和46年～55年	昭和56年以降	
0.142333	0.118222	0.008556	0	0	0.000417	0.2918
0.142333	0.118222	0.008556	0	0	0.000417	0.2918
0.142333	0.118222	0.008556	0	0	0.000417	0.2918

図 II.2-2-6 建物全壊棟数率の算出イメージ



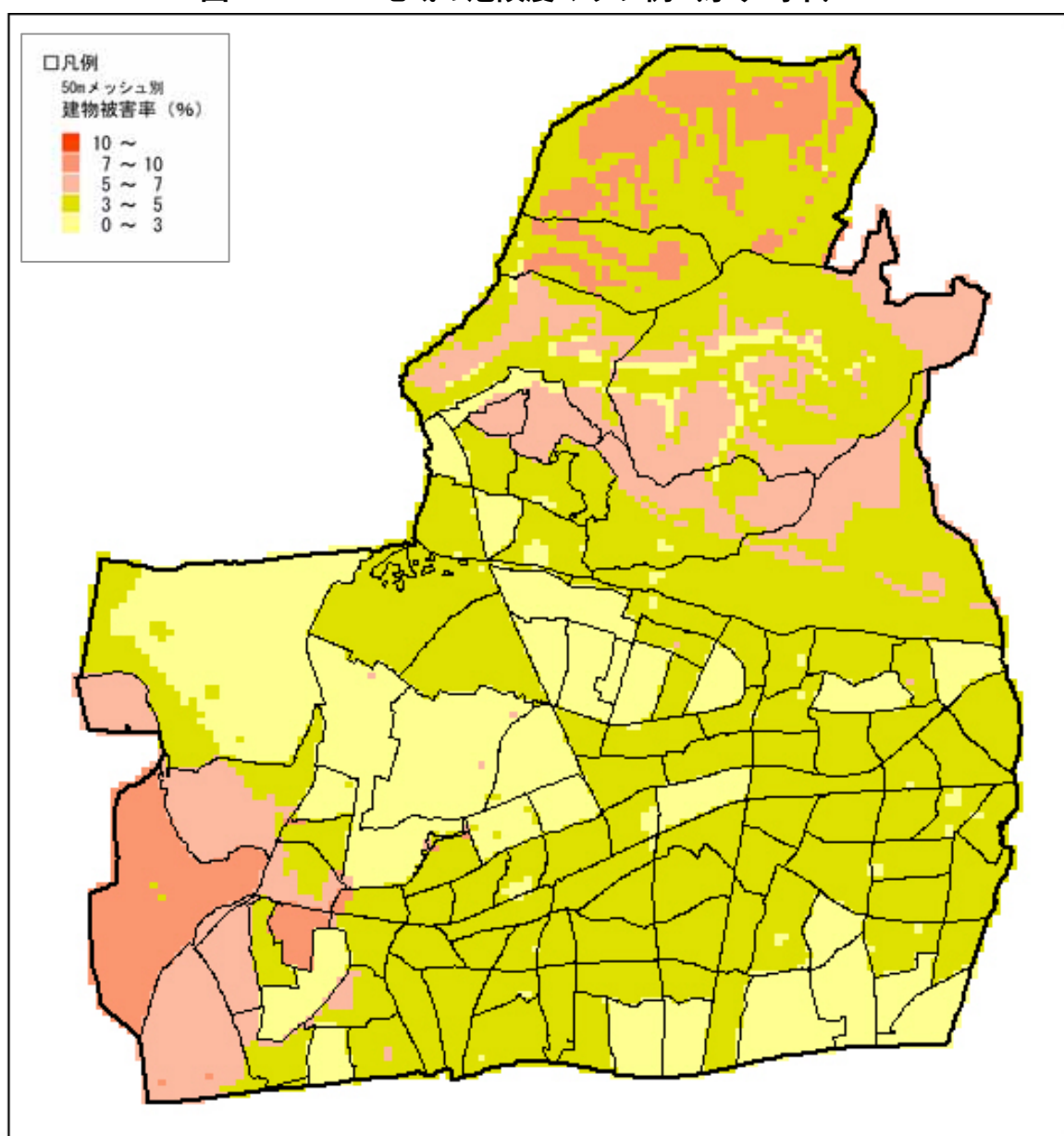
2-4 マップへの表示

算出した建物全壊棟数率の分布がわかるように、率によって塗り分けたマップを作成する。分布図には、住民が自宅やその近隣を正確に把握できるように背景図を入れ、建物が存在するメッシュのみを表示することにより、住民にとってより分かりやすく、実感の湧くマップとなるよう工夫をする。

(1) 被害分布図の作成

2-3で算出した 50m メッシュ別の建物全壊棟数率に基づき、50m メッシュ地図の各メッシュを塗り分ける。

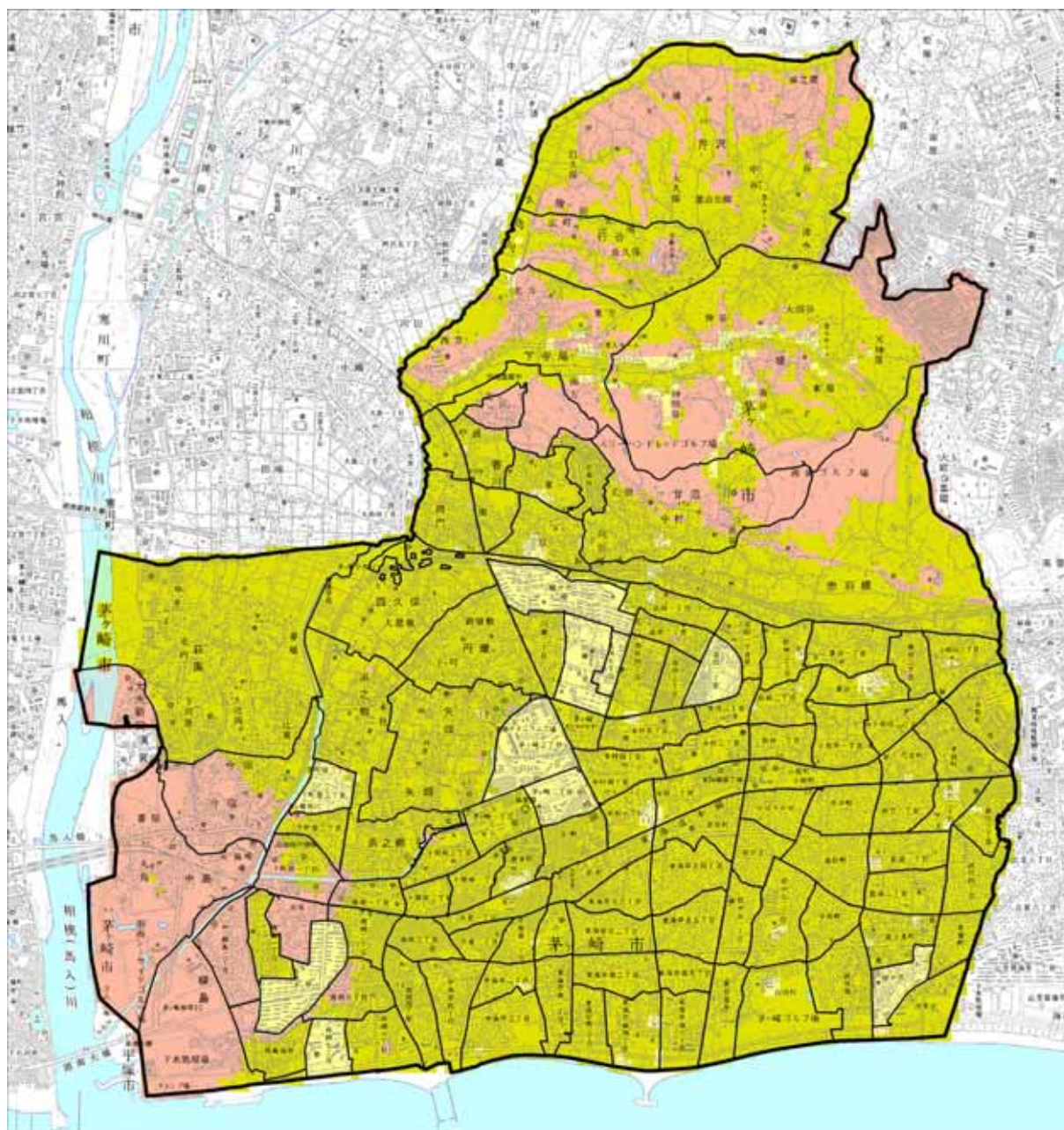
図Ⅱ.2-2-7 地域の危険度マップ例（茅ヶ崎市）



(2) 背景図の作成

ケーススタディでは、作成した被害分布図の背景図として2万5千分の1地形図を利用している。なお、この背景図の入手および表示に関する具体的な方法は揺れやすさマップと同様とする。

図Ⅱ.2-2-8 背景図を入れた地域の危険度マップ例（茅ヶ崎市）



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図 25,000（地図画像）を複製したものである。（承認番号 平 16 総復、第 508 号）

(3) 建物の存在する 50mメッシュを抽出とそれを利用した地域の危険度マップの表示

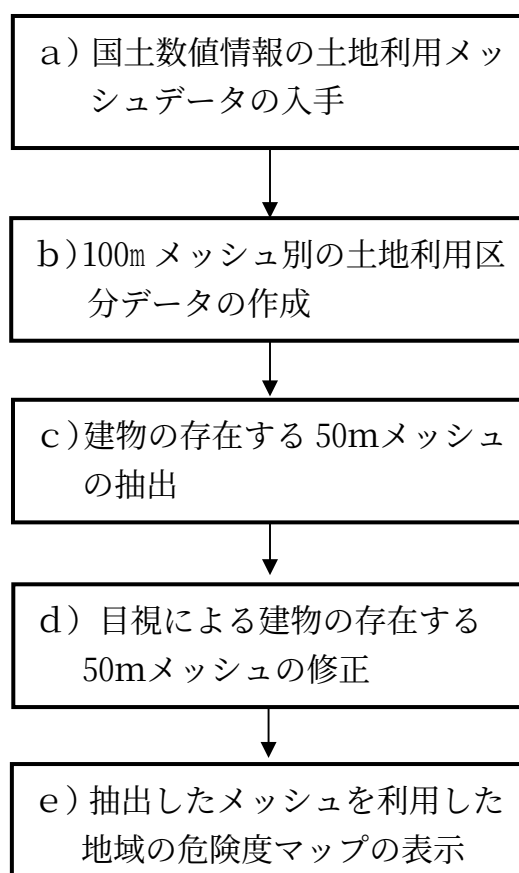
地域の危険度マップに(2)で作成した背景図を入れただけでは、山林や田畑等の建物の存在しないメッシュ部分にも被害が生じるように表示され、住民に実感を与えるには逆効果となる可能性がある。そこで、ここでは、建物の存在するメッシュだけを表示する方法を解説する。

①国土数値情報の土地利用メッシュデータ(100mメッシュ別土地利用データ)を用いた建物の存在するメッシュを抽出する手順について

建物の存在するメッシュのみを表示する方法として、国土交通省が提供する国土数値情報を用いて、建物の存在するメッシュを抽出し、表示する手法を紹介する。作成手順は以下の図に示すとおりである。

⇒ 具体的な方法については、「Ⅲ 地域の危険度マップ作成における具体的な処理事例『事例－3 建物の存在するメッシュを抽出する具体的な作業事例』」を参照。

図Ⅱ.2-2-9 建物の存在するメッシュを利用したマップ表示の手順



a) 国土数値情報の土地利用メッシュデータの入手

国土交通省の国土数値情報ダウンロードサービスより土地利用メッシュデータを取得する。[\(http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/\)](http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/)

b) 50m メッシュ別の土地利用データの作成

取得できる土地利用データは、3次メッシュ（1km メッシュ）の1/10 細分区画（以下、100m メッシュ区分という）での土地利用を表したものである。一方、ケーススタディで作成した地域の危険度マップは、50m メッシュ（3次メッシュの1/20 細分区画）で作成している。

そのため、100mメッシュの土地利用メッシュデータを加工して、50m メッシュ別の土地利用データを作成する必要がある。

具体的には、同じ3次メッシュに所属する100m メッシュと50m メッシュを重ね合わせ、100m メッシュに対応する50m メッシュに対し、そのまま100m メッシュの土地利用区分を適用する。

c) 建物の存在する 50mメッシュの抽出

建物の存在すると考えられる土地利用区分を指定することによって、建物の存在する50m メッシュを抽出する。

土地利用区分の指定にあたっては、本ケーススタディでは、「建物用地」、「幹線交通用地」、「その他用地」、「その他の農用地」に該当する50m メッシュを抽出することにより、建物の存在する50mメッシュとした。

本ケーススタディで選択した上記の土地利用種別はモデル地域において、背景図での建物現況との適合性が良いことから判断したが、他の地域で行う場合は必ずしも上記の土地利用種別が良いとは限らないことに留意する必要がある。

d) 目視による建物存在する 50mメッシュの修正

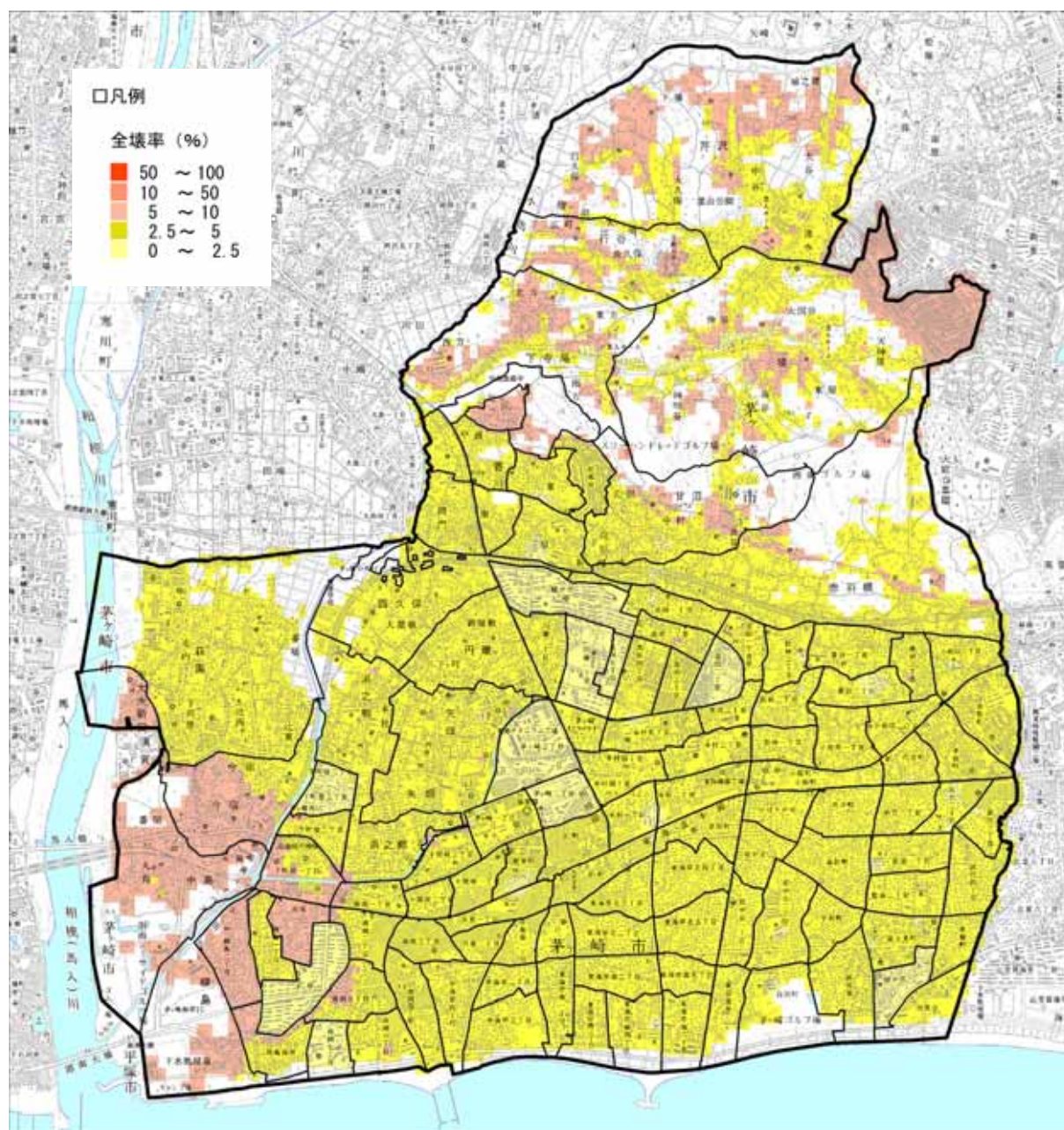
c) までの国土数値情報の土地利用メッシュデータを用いて建物の存在する50m メッシュを抽出する方法では、建物の存在するメッシュ全てを抽出しきれていない場合がある。それは、国土数値情報の土地利用メッシュデータが100m メッシュ内の過半以上の面積を占める土地利用を示すデータであるために、住宅等の建物の占める面積が過半を占めないメッシュでは、たとえ建物が存在しても抽出されないからである。

そこで、先に作成した背景図と抽出したメッシュを重ね合わせて、建物の有無を目視により確認し、対象となるメッシュの修正（追加もしくは削除）を行い、建物の存在するメッシュすべてを抽出する。

e) 抽出したメッシュを利用した地域の危険度マップの表示

以上の手順により抽出した山林、水田、ゴルフ場等を含まない建物の存在するメッシュのみを表示することにより、住民により分かりやすく、実感の持てる地域の危険度マップになる。

図Ⅱ.2-2-10 茅ヶ崎市地域の危険度マップ（被害表示対象メッシュ用いる）



※以下の国土数値情報（国土交通省国土計画局）を利用

（ファイル名：L03-09M-14-01.0.zip、土地利用メッシュ・平成9年・神奈川県）

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図 25,000（地図画像）を複製したものである。
（承認番号 平16総復、第508号）

(参考) 計測震度と建物全壊率の関係

計測震度と建物全壊率の関係については、内閣府「東南海・南海地震防災対策に関する調査報告書」(2004)において、以下のような考え方で整理が行われている。

ある地震動 (x) における建物被害の発生する確率 P (x) は、標準正規分布の累積確率密度関数を用いて、正規分布で表されると仮定して検討した。(山口・山崎 (1999) 等)

$$P(I) = \int_{-\infty}^I \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \zeta} \cdot e^{-\frac{(x-\lambda)^2}{2\zeta^2}} dx$$

P (I) : 被害が発生する確率

I : 計測震度

λ : I の平均値

ζ : I の標準偏差

	木造建物			非木造建物		
	S34 以前	S35～S55	S56 以降	S45 以前	S46～S55	S56 以降
λ	6. 2 5	6. 4 0	6. 9 5	7. 2 2	7. 3 7	9. 5 6
ζ	0. 2 7	0. 3 2	0. 4 4	0. 8 0	0. 8 5	1. 6 8

木造建物被害関数の構築に用いるデータ(町丁目単位)は、兵庫県南部地震における西宮市のデータおよび、鳥取地震における鳥取市のデータ、及び芸予地震における呉市のデータである。

なお、この西宮市のデータには、山口・山崎「詳細な建物情報を含む被災度調査結果に基づく西宮市の地震動分布の再推定」において用いられた町丁目ごとのデータであり、西宮市税務部情報システム課による被災度調査結果を集計したものである。

まず、上記データから被害の分布を代表する標準正規分布の累積確率密度曲線を回帰によって求める。この式は震度6強以上に多く分布する兵庫県南部地震の全壊率に影響され、震度6弱以下の被害率が鳥取県西部地震や芸予地震の実態よりやや大きめに再現される。

そこで、例えば旧築年(S36 以前)の場合、鳥取西部、芸予地震の被害実態を反映させるよう、計測震度5.5で全壊率が0に漸近するように、被害関数の定数λ、ζを調整する。

残りの 2 区分（S37～355／S56 以降）についても同様に、プロットをもとに被害率テーブルを作成した。

非木造建物については、兵庫県南部地震における西宮市のデータを活用した。

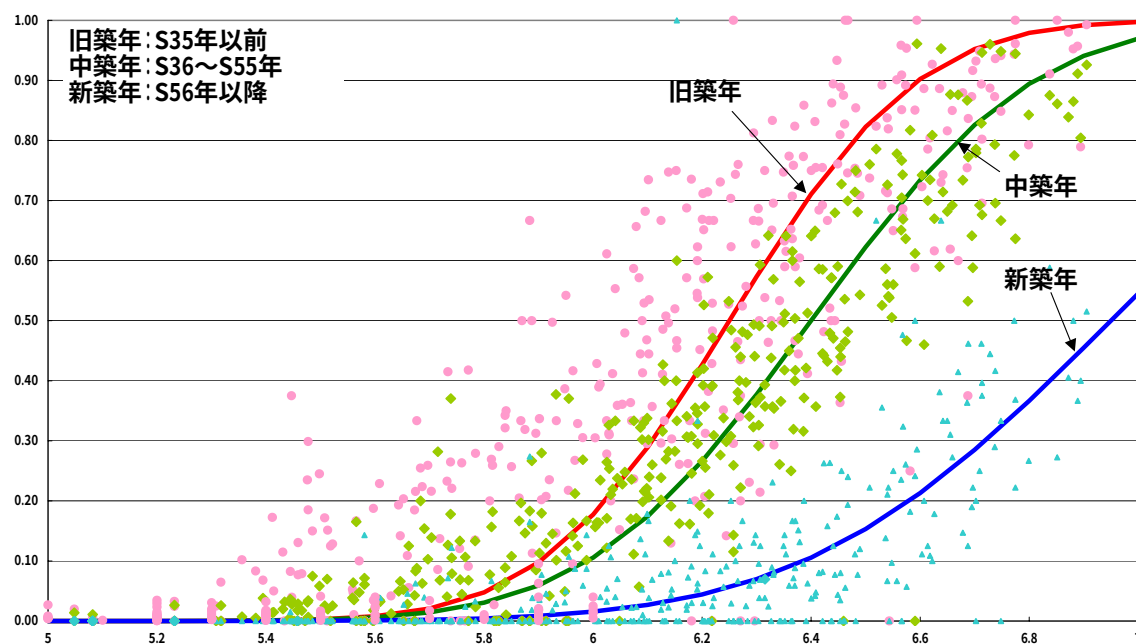
この西宮市のデータも木造と同様に町丁目ごとのデータを用いており、サンプル数は 200～300 である。これらを村尾・山崎「構造・建築年を考慮した建物被害データに基づく灘区の地震動の再推定」(1999)における被害率曲線の推定手法に基づき、計測震度の近い値ごとにサンプルを統合し、誤差のばらつきをおさえた。

また、非木造建物全壊率についても、木造建物全壊率と同様にプロットデータの特徴から被害の出始める震度を切片とした直線を仮定した。

震度の大小にかかわらず、平均的な状況を想定したものであるが、震度 6 弱や 5 強のエリアは面積が広い場合、被害率のデータにばらつきがある。また、建物の老朽化等によっても、被害の大きなばらつきが発生する。そのため、実際の全壊率曲線の分布にはある程度の幅が存在することに留意することが必要である。

図 計測震度と建物全壊率の関係（構造別・建築年別）

木造建物の全壊率テーブル



非木造建物の全壊率テーブル

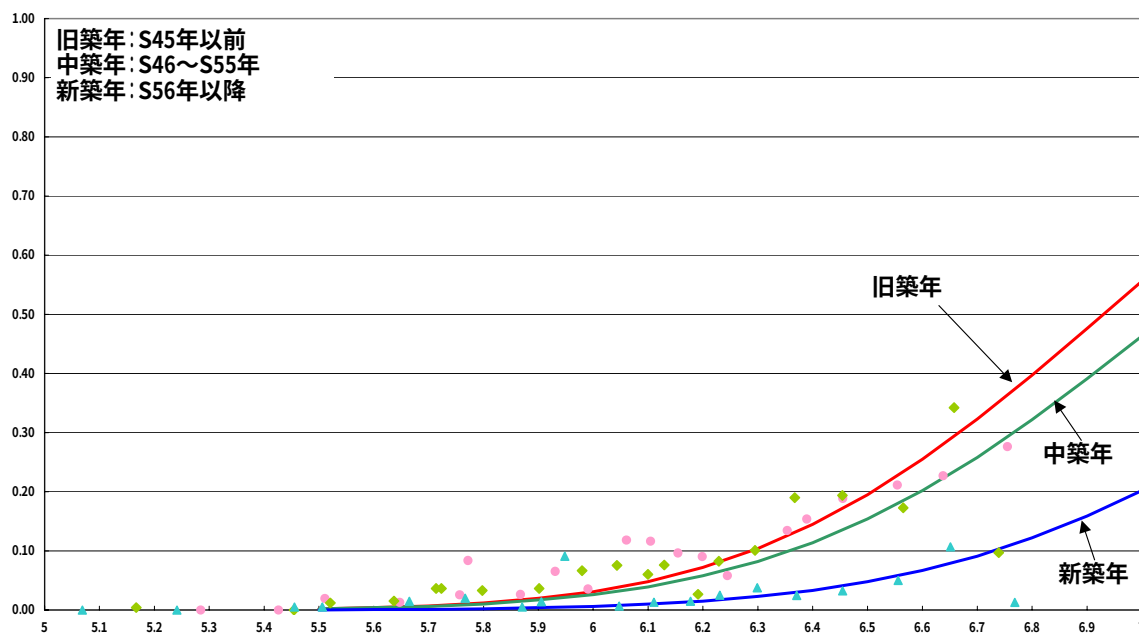


表 計測震度－建物全壊率関係表（構造別・建築年別）

震度	木造建物の全壊率			非木造建物の全壊率		
	S34 以前	S35～S55	S56 以降	S46 以前	S47～S55	S56 以降
5.0	0	0	0	0	0	0
5.1	0	0	0	0	0	0
5.2	0	0	0	0	0	0
5.3	0	0	0	0	0	0
5.4	0	0	0	0	0	0
5.5	0.003	0.002	0	0.002	0.002	0
5.6	0.008	0.006	0.001	0.004	0.004	0.001
5.7	0.021	0.014	0.002	0.007	0.006	0.001
5.8	0.048	0.03	0.004	0.012	0.01	0.002
5.9	0.097	0.059	0.009	0.02	0.017	0.004
6.0	0.177	0.106	0.015	0.031	0.026	0.006
6.1	0.289	0.174	0.027	0.048	0.039	0.01
6.2	0.427	0.266	0.044	0.072	0.058	0.015
6.3	0.573	0.377	0.07	0.104	0.082	0.023
6.4	0.711	0.5	0.106	0.145	0.114	0.033
6.5	0.823	0.623	0.153	0.195	0.154	0.048
6.6	0.903	0.734	0.213	0.255	0.202	0.067
6.7	0.952	0.826	0.285	0.323	0.258	0.091
6.8	0.979	0.894	0.367	0.397	0.322	0.122
6.9	0.992	0.941	0.455	0.476	0.391	0.159
7.0	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.1	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.2	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.3	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.4	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202
7.5	0.997	0.97	0.545	0.556	0.463	0.202

※この表は、前頁の木造建物、非木造建物の全壊率曲線における被害率の値を、計測震度 0.1 刻みでまとめたものである。

III 地域の危険度マップ作成における具体的な処理事例

ここでは、説明だけではわかりにくい以下の3項目の作業内容について、ケーススタディで実際に実施した具体的な処理を示すこととする。

事例－1 区市町村及び町丁目境界部の50mメッシュの処理について

事例－2 建物データの建築年次区分が2区分であったのに対応して全壊率（テーブル値）を加工した事例

事例－3 建物の存在するメッシュを抽出する具体的な作業事例

事例－1 区市町村及び町丁目境界部の 50mメッシュの処理について

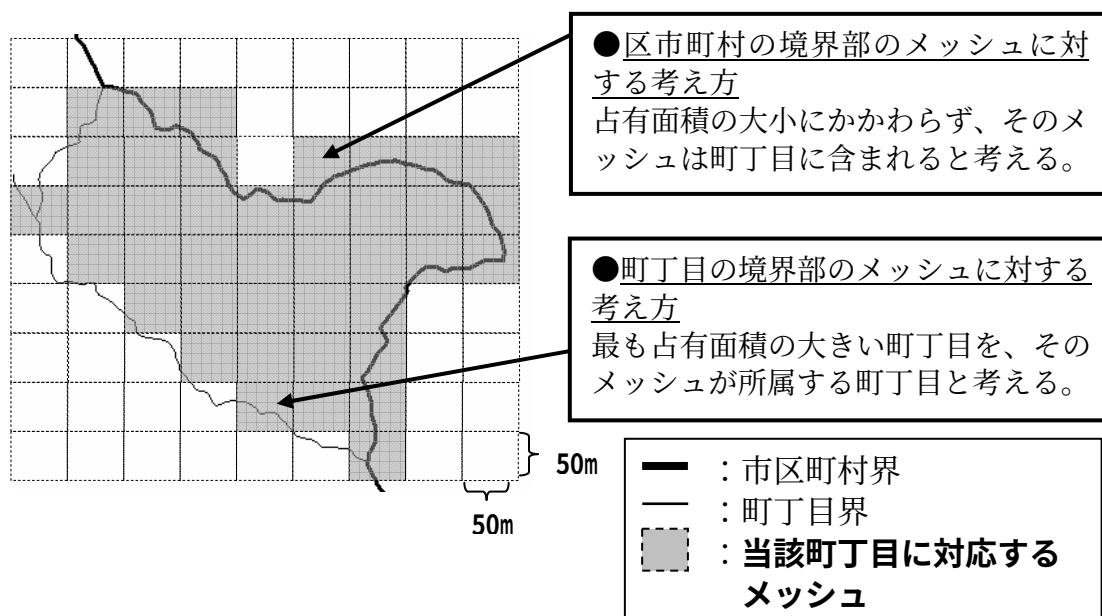
区市町村、町丁目に対応する各 50m メッシュについてはあらかじめルールを決め、それに従って区市町村対象メッシュとして、対応する町丁目に割り振らなくてはならない。

ルールとしては幾つかの手法が考えられるが、ケーススタディでは以下のルールに従っている。

また、この 50m メッシュコードとそれに対応した町丁目コードを整理した「町丁目－50mメッシュ対応表」を作成し、データの整理に利用する。

- a. 町丁目の境界部のメッシュについては、町丁目境界と 50m メッシュを重ねたときに、各々のメッシュにおいて最も占有面積の大きい町丁目に対応するメッシュと見なすこととしている。
- b. 区市町村の境界部のメッシュについては、区市町村境界と 50m メッシュを重ねたときに占有面積の大小に依らず、全て当該区市町村に対応するメッシュと見なすこととしている。

図III-1 区市町村、町丁目とメッシュとの対応の考え方



表III-1 町丁目－50mメッシュ対応表（イメージ）

町丁目コード	50mメッシュコード
5000	523720581418
5000	523720581419
5000	523720581516
5000	523720581517
5000	523720581518
5000	523720581519
⋮	⋮
8000	523720581715
8000	523720581717
8000	523720581718
8000	523720581719
8000	523720581814
8000	523720581815
⋮	⋮
25000	523720581914
25000	523720581915
25000	523720581916
25000	523720581917
25000	523720581918
25000	523720581919

事例－２ 建物データの建築年次区分が２区分であったのに対応して全壊率（テーブル値）を加工した事例

世田谷区の事例について、建築年次区分が２区分であったのに対応して、建物全壊率（テーブル値）を加工した例を示す。

世田谷区が地震防災マップの作成に際して、提供が可能であった建物データは、S53年以前築がひとまとまりとなったものであったため、木造建物がS34年以前築、S35～55年築、非木造建物がS46年以前築、S46～55年築といった区分に集計ができなかった。

そのため、木造建物をS55年以前築とS56年以降築の２区分に、非木造建物をS55年築とS56年以降築の２区分に集計して扱った。

また、建物全壊率（テーブル値）については、建物全壊率テーブル（表Ⅱ.2-2-3 計測震度－建物全壊率関係表（構造別・建築年別））をそのままでは利用できないことから、木造建物ではS34年以前築とS35～55年築の全壊率の平均値を用い、非木造建物ではS46年以前築とS46～55年築の平均値を用いた。具体的には次のテーブルを用いている。

図Ⅲ-2 世田谷区提供の建物データに合わせた、建物全壊率（テーブル値）の修正方法

震度	木造建物の全壊率			非木造建物の全壊率		
	S34以前	S35～S55	S56以降	S46以前	S47～S55	S56以降
5.4	0	0	0	0	0	0
5.5	0.003	0.002	0	0.002	0.002	0
5.6	0.008	0.006	0.001	0.004	0.004	0.001
5.7	0.021	0.014	0.002	0.007	0.006	0.001
5.8	0.048	0.03	0.004	0.012	0.01	0.002
5.9	0.097	0.059	0.009	0.02	0.017	0.004
・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・

S34 と S35～55
の全壊率の平均

↓

S34 と S35～55
の全壊率の平均

↓

震度	木造建物の全壊率		非木造建物の全壊率	
	S55以前	S56以降	S55以前	S56以降
5.4	0	0	0	0
5.5	0.0025	0	0.002	0
5.6	0.007	0.001	0.004	0.001
5.7	0.0175	0.002	0.0065	0.001
5.8	0.039	0.004	0.011	0.002
5.9	0.078	0.009	0.0185	0.004
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・

表III-2 世田谷区の事例で用いた構造別・建築年別計測震度
と建物全壊率の関係

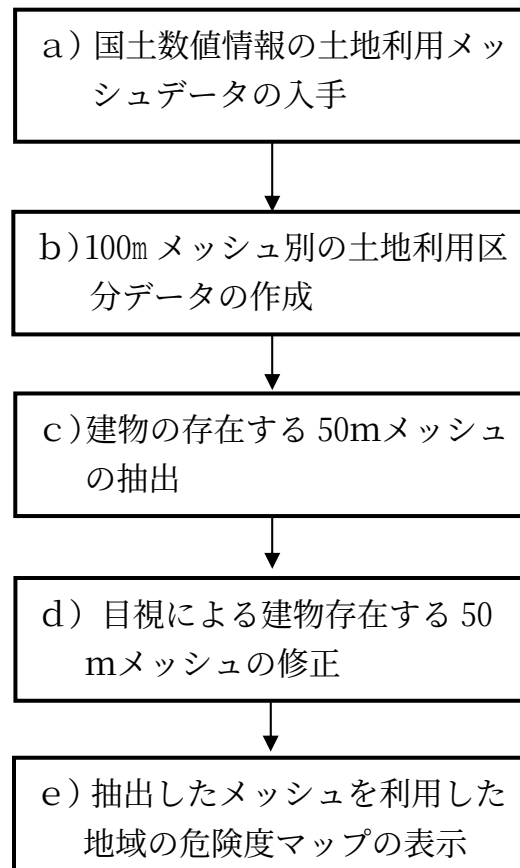
震度	木造建物の全壊率		非木造建物の全壊率	
	S55 以前	S56 以降	S55 以前	S56 以降
5.0	0	0	0	0
5.1	0	0	0	0
5.2	0	0	0	0
5.3	0	0	0	0
5.4	0	0	0	0
5.5	0.0025	0	0.002	0
5.6	0.007	0.001	0.004	0.001
5.7	0.0175	0.002	0.0065	0.001
5.8	0.039	0.004	0.011	0.002
5.9	0.078	0.009	0.0185	0.004
6.0	0.1415	0.015	0.0285	0.006
6.1	0.2315	0.027	0.0435	0.01
6.2	0.3465	0.044	0.065	0.015
6.3	0.475	0.07	0.093	0.023
6.4	0.6055	0.106	0.1295	0.033
6.5	0.723	0.153	0.1745	0.048
6.6	0.8185	0.213	0.2285	0.067
6.7	0.889	0.285	0.2905	0.091
6.8	0.9365	0.367	0.3595	0.122
6.9	0.9665	0.455	0.4335	0.159
7.0	0.9835	0.545	0.5095	0.202
7.1	0.9835	0.545	0.5095	0.202
7.2	0.9835	0.545	0.5095	0.202
7.3	0.9835	0.545	0.5095	0.202
7.4	0.9835	0.545	0.5095	0.202
7.5	0.9835	0.545	0.5095	0.202

事例－3 建物の存在するメッシュを抽出する具体的な作業事例

①国土数値情報の土地利用メッシュデータ（100m メッシュ別土地利用データ）を用いた建物の存在するメッシュを抽出する具体的な作業例

国土交通省が提供する国土数値情報を用いて、建物の存在するメッシュを抽出し、表示する手法を解説する。具体的な手順は以下の図に示すとおりである。

図III-3 建物の存在するメッシュを利用したマップ表示の手順



a) 国土数値情報の土地利用メッシュデータの入手

国土交通省の国土数値情報ダウンロードサービスよりデータのダウンロードを行う。[\(http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/\)](http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/)、下記ページ)

利用の際は、国土数値情報利用約款を十分に確認の上(下記参照)、ダウンロードサービスのページへ進む。(以下の画面及び操作に関する解説は、平成16年10月時点に基づく)

図III-4 国土数値情報ダウンロードサービスのトップページ



国土数値情報の約款には「転載・引用した場合の注意事項」及び「利用の制限」として、以下の記載がある。留意すべき点としては、利用したファイル名及び付随する情報をマップに記載する必要がある点が挙げられる。

国土数値情報約款より引用 (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)

第1条 転載・引用した場合の注意事項

利用者は、国土数値情報の各ファイルのデータ等を利用して他の作成資料等に転載・引用された場合は、ファイル名およびそれに付随する情報（年度・地域等）を必ず明記して下さい。

第3条 利用の制限

- (1) 利用者は、国土数値情報の各ファイルを、本条において制限される場合を除き、編集・加工し、その成果物を自由に頒布、譲渡、貸与することができます。
- (2) 利用者が、国土数値情報の各ファイルおよびデータをそのまま複製（ファイル形式を変換しての複製を含む）して第三者に頒布、譲渡することを禁じます。
- (3) 法律、政令、規則、省令その他すべての法令および条例等の法規に違反する目的・手段・方法で国土数値情報の各ファイルを利用することを一切禁じます。また、他人の権利を侵害する目的・手段・方法での利用、公序良俗に反するような利用についても一切禁じます。
- (4) 上記制限事項に反した場合、国土数値情報の各ファイルの利用に制限を加える場合があります。

国土数値情報のダウンロードはデータの種別別に実施する。被害表示対象メッシュの作成にあたっては、土地関連＞土地利用メッシュを利用するので、その「土地利用メッシュ」を選択する（以下の図参照）。

図III-5 国土数値情報ダウンロードサービスのデータ選択ページ



その後、都道府県の選択を行う（以下の図参照）。

図III-6 国土数値情報ダウンロードサービスの都道府県選択ページ

のご案内

とは

形式について

況

ードサービス

ードサービスにつ

ードサービスへ

ウス

国土地理院）

ウス・ゲートウェ

システム）へ

グハウスへ

リンク

のGISのページ

サービスのトップ

編ダウンロード

ム2002～200

S関係省庁連絡

国土数値情報ダウンロードサービス

地域選択

ダウンロードしたい地域をチェックし、選択ボタンを押してください。
なお、データの無い地域は表示されません。

都道府県							
☐ 北海道	☐ 青森	☐ 岩手	☐ 宮城	☐ 秋田	☐ 山形	☐ 福島	☐ 茨城
☐ 栃木	☐ 群馬	☐ 埼玉	☐ 千葉	☐ 東京	☐ 神奈川	☐ 新潟	☐ 富山
☐ 石川	☐ 福井	☐ 山梨	☐ 長野	☐ 岐阜	☒ 静岡	☐ 愛知	☐ 三重
☐ 滋賀	☐ 京都	☐ 大阪	☐ 兵庫	☐ 奈良	☐ 和歌山	☐ 鳥取	☐ 島根
☐ 岡山	☐ 広島	☐ 山口	☐ 徳島	☐ 香川	☐ 愛媛	☐ 高知	☐ 福岡
☐ 佐賀	☐ 長崎	☐ 熊本	☐ 大分	☐ 宮崎	☐ 鹿児島	☐ 沖縄	

注)監視区域(表)、港湾(点)など、一部のデータについては全国データのみのダウンロードとなります。

選 択

取 消

戻 る

さらに、年度別の選択を行い、約款に同意後、ダウンロードが行われる（以下の図参照）。なお、年度の選択に関しては、最新の年度を選択することが基本になると考えられる。

図III-7 国土数値情報ダウンロードサービスの年度別選択ページ

国土数値情報ダウンロードサービス

ファイル選択

該当するファイルは以下のとおりです。
ダウンロードしたいファイルをチェックし、選択ボタンを押してください。
ファイルの詳細は、ファイルをクリックすると表示されます。

ファイル名	ファイル容量 (MB)	年度	版数	データ項目	地域	説明	備考
☐ L03-51M-22-01.0.zip	0.32MB	昭和51年	1.0	土地利用メッシュ	静岡	日本測地系	メタデータ、 形式
☐ L03-62M-22-01.0.zip	0.31MB	昭和62年	1.0	土地利用メッシュ	静岡	日本測地系	メタデータ、 形式
☐ L03-03M-22-01.1.zip	0.29MB	平成3年	1.1	土地利用メッシュ	静岡	日本測地系	メタデータ、 形式
☒ L03-09M-22-01.0.zip	0.29MB	平成9年	1.0	土地利用メッシュ	静岡	日本測地系	メタデータ、 形式

ダウンロードされたデータについては、zip 形式の圧縮ファイルであるため、適宜解凍ソフトウェアで解凍した上で、データを利用することになる。

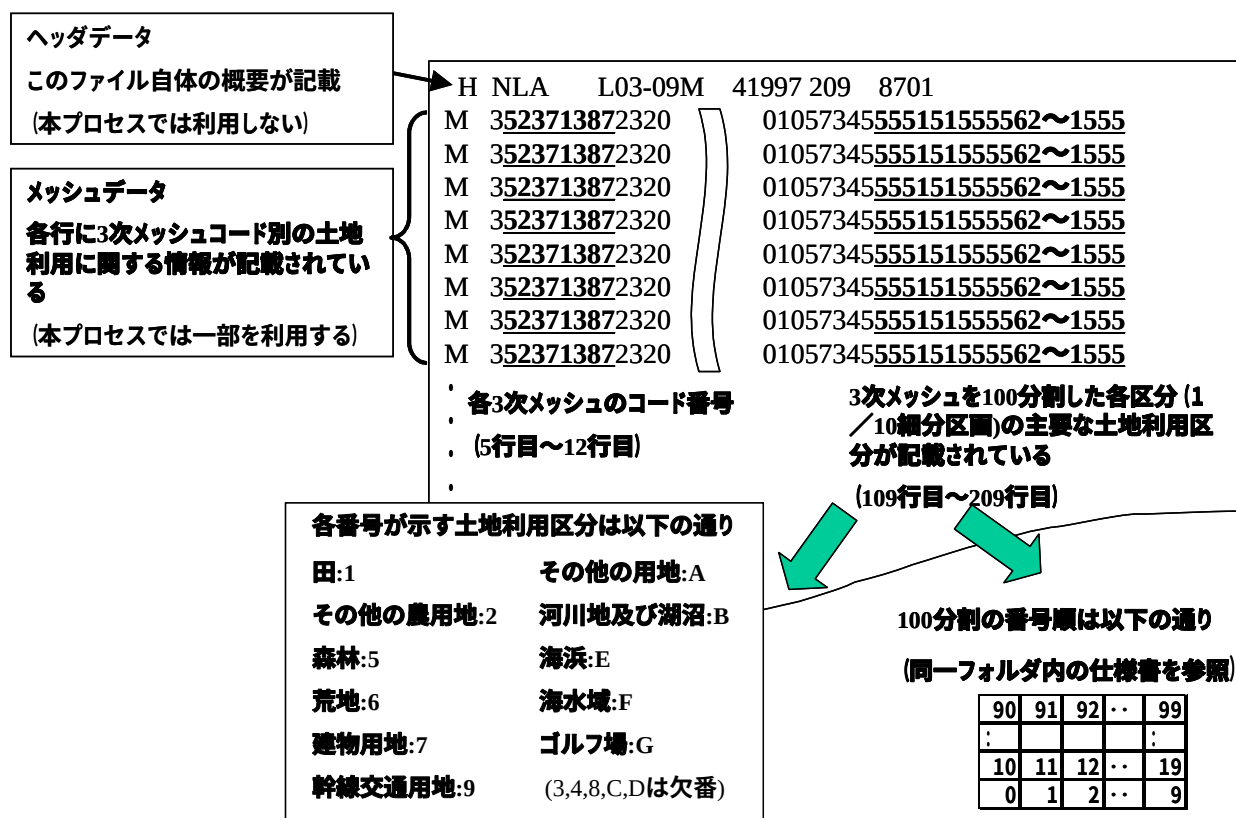
b) 50m メッシュ別の土地利用データの作成

ダウンロードしたファイルは、地域や年度によってフォーマットなど、細部が異なる場合がある。ここでは静岡県平成9年度の土地利用区分メッシュデータを例として手順を解説する。詳細な手順については地域・年度で異なることから、ダウンロードしたファイルに付属する仕様書は必ず一読されることを推奨する。

ダウンロードしたファイルは、データ本体（テキストファイル）と仕様書（htmlファイル）で構成されている。

データ本体の構造は以下の図に示すように、各行に3次メッシュコード別の情報が列記される形になっている。

図III-8 国土数値情報の土地利用区分データファイルの構造概要

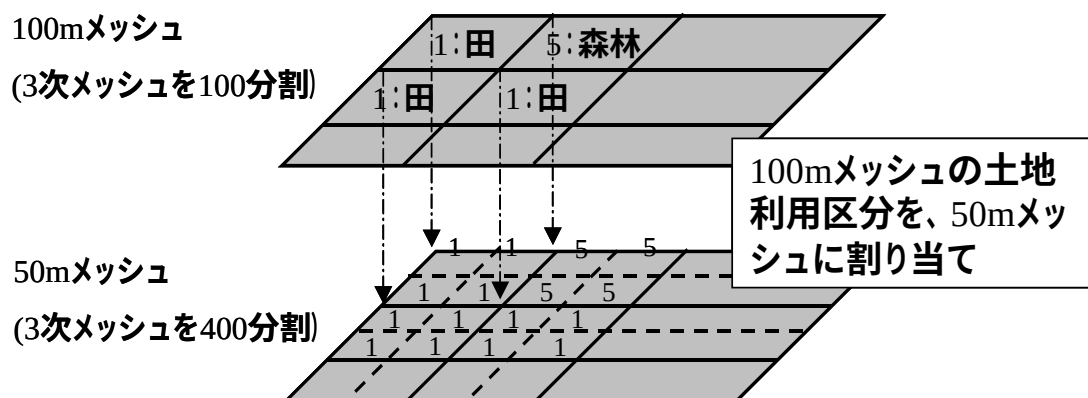


このように、国土数値情報の土地利用メッシュによって、3次メッシュの1/10細分区画（暫定的な表現ではあるが、ここでは100mメッシュ区分と以下表現）での主要な土地利用状況が把握できる。

一方、ケーススタディでは、地域の危険度マップは、50mメッシュ（3次メッシュの1/20細分区画）で作成している。従って、この土地利用メッシュデータを利用して、50mメッシュ別の土地利用データを作成する必要がある。

以下の図に示すように、同じ3次メッシュに所属する100mメッシュと50mメッシュを重ね合わせ、100mメッシュに対応する50mメッシュに対し、そのまま100mメッシュの土地利用区分を適用とする。

図III-9 100mメッシュ土地利用区分の50mメッシュへの割り当て



c) 建物の存在する50mメッシュの抽出

ここまでの手順によって、各50mメッシュ別の土地利用区分を把握することが可能となった。次に、建物の存在すると考えられる土地利用区分を指定することによって、建物の存在する50mメッシュを抽出する。

土地利用区分の指定にあたっては、ケーススタディでは以下の番号に該当する土地利用の50mメッシュを抽出した。

図III-10 抽出する100mメッシュ土地利用区分

1 : 田	Ⓐ : その他の用地
Ⓐ : その他の農用地	B : 河川地及び湖沼
5 : 森林	E : 海浜
6 : 荒地	F : 海水域
Ⓑ : 建物用地	G : ゴルフ場
Ⓓ : 幹線交通用地	(3,4,8,C,Dは欠番)

d) 目視による建物の存在する 50mメッシュの修正

先に記した、国土数値情報の土地利用メッシュデータを用いて、建物の存在する 50mメッシュを抽出する方法では、建物の存在するメッシュ全てを抽出できていない。それは、国土数値情報の土地利用メッシュデータが 100m メッシュ内の過半以上の面積を占める土地利用を示すデータであるためである。

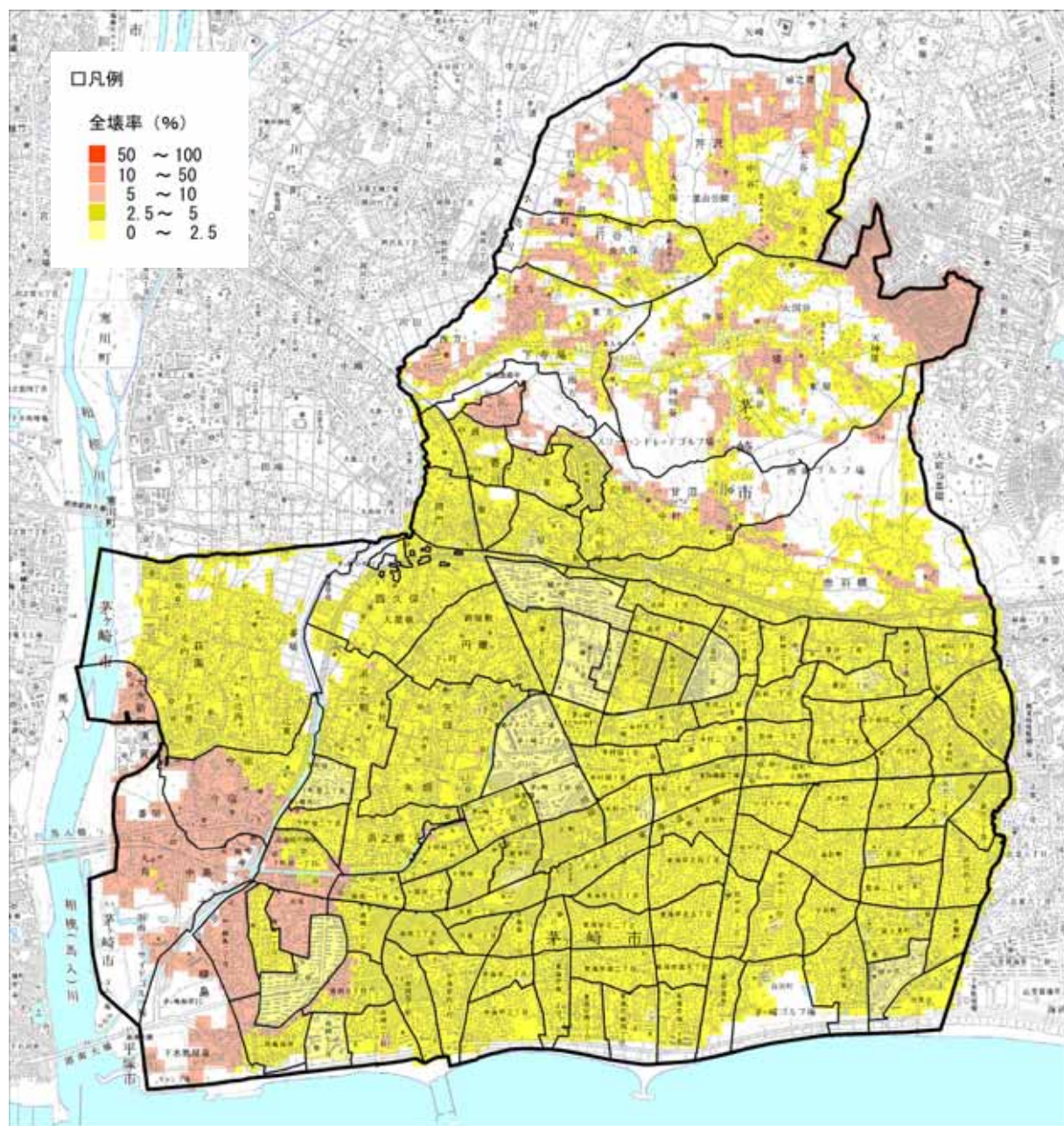
そのため、抽出したメッシュを背景図と重ね合わせた場合、建物が存在するにも関わらず抽出されていないメッシュが存在することがわかる。

そこで、背景図として用いている国土地理院作製の数値地図 2 5 0 0 0（地図画像）と、先の手順で抽出された 50m メッシュを重ね合わせて、建物の有無を目視により確認し、対象となるメッシュの修正（メッシュの追加もしくは削除）を行った。

e) 抽出したメッシュを利用した地域の危険度マップの表示

以上の手順により、山林、水田、ゴルフ場等を除いた建物の存在するメッシュを抽出することができたが、それを利用して地域の危険度マップを表示した。

図III-11 茅ヶ崎市地域の危険度マップ（建物の存在するメッシュのみ）



※以下の国土数値情報（国土交通省国土計画局）を利用（ファイル名：L03-09M-14-01.0.zip、土地利用メッシュ・平成9年・神奈川県）
この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図 25,000（地図画像）を複製したものである。（承認番号 平16総復、第508号）

(参考) 火災被害マップ及び人的被害マップの作成手法について

ここでは、地域の危険度マップの作成後、その結果を活用した火災被害マップや人的被害マップの作成手法の例を参考として、紹介する。

1. 火災被害マップ作成の概要

1-1 地震による火災被害とその想定手法について

地震による火災被害とは、建物倒壊や家具の転倒等により使用中の火気器具等から出火炎上し、その出火炎上から周辺の建物等へ延焼することにより、建物が焼失する被害のことである。そのため、建物被害が大きくなる恐れがあり、延焼の危険性の高い老朽した木造建物の密集地では、一般に火災被害が大きくなる傾向がある。

火災被害の想定手法については、過去の震災時の建物被害量と一般火気器具等からの出火の関係等から出火件数を想定し、その出火から広がる延焼焼失量（焼失棟数、焼失棟数率等）を算出する手法が考えられる。また、この時、発生した出火に対する地域の住民、消防団等による初期消火による消防効果の反映や、地震発生時の風速による延焼への影響を考慮する場合もある。

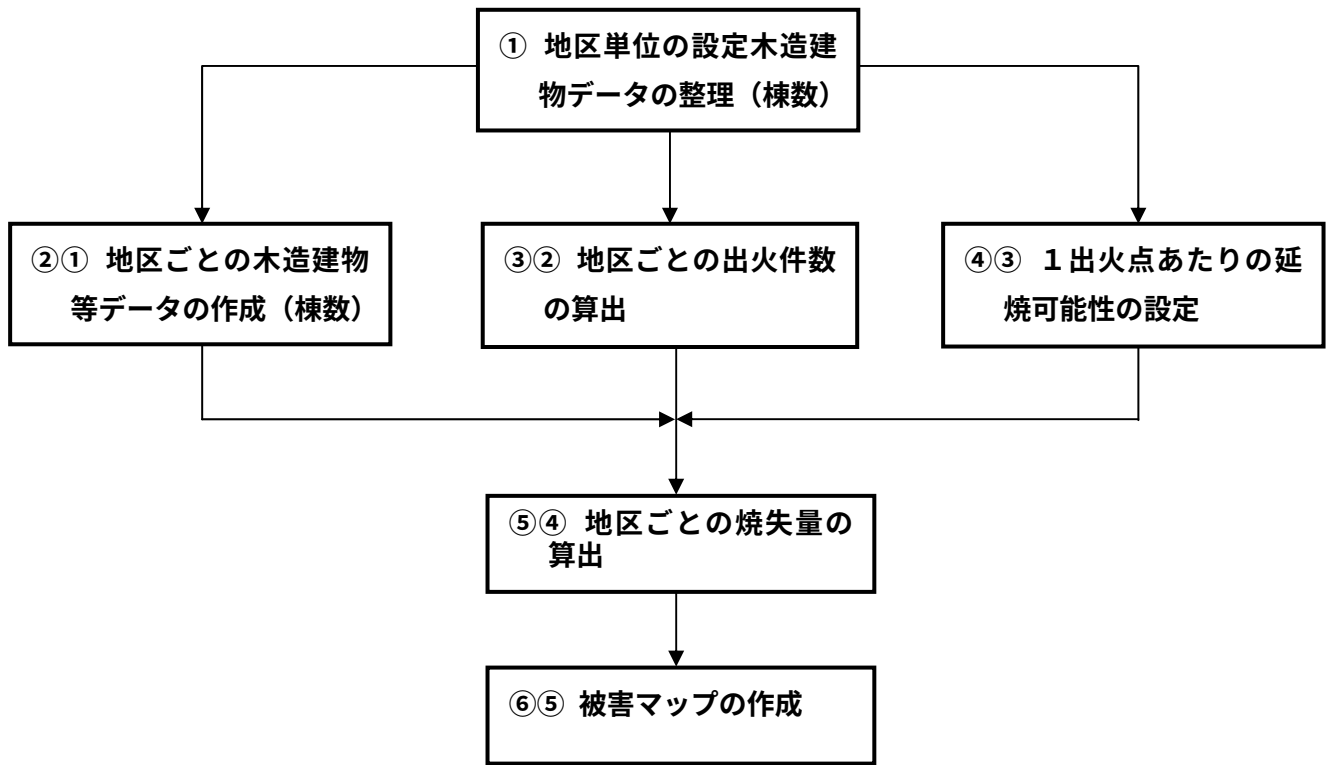
その他に、出火から延焼に至る状況を想定する手法として、風速、湿度、時刻等のパラメータから延焼の広がる速度を計算し、経過時間別の延焼状況等のシミュレーションを行う延焼速度式（東消式 97）等を用いる手法もある。

1-2 作成手順

火災被害マップ作成の一般的な作業手順としては、以下が考えられる（フローについては、図Ⅲ.1-2-1）

- ① 火災被害を検討する場合、建物一軒一軒について焼失可能性を検討することは困難であることから、ある一定のまとまりで検討する
- ② そのまとまりの中がどのような地区であるかを考え、設定した地区ごとの①木造建物等のデータを作成する
- ③ 地震によって発生する地区ごとの②出火件数を算出する
- ④ ③出火点1点からどの程度に火災が広がる可能性があるかを設定する
- ⑤ 出火から④延焼に至ることによって生じる焼失量を算出する
- ⑥ ⑤算出した被害結果の分布を図示した火災被害マップを作成する

図Ⅲ.1-2-1 火災被害マップ作成の全体フロー



①地区の大きさの設定

火災被害マップを作成する際には、マップ作成の目的やマップの表現の視点から、どの程度の地区の大きさを検討するかが重要である。火災被害マップは、住民が自宅のある地区や近隣において火災延焼の発生する可能性を把握してもらうためのマップである。また、地震時の火災は消火活動の遅れや倒壊した建物やその瓦礫等による延焼の拡大が大きな特徴である。そのため、ある程度まとまった地区の範囲で検討することが重要であると考えられる。

地区単位の設定に際しては、利用する建物データの整備状況、地震動データのメッシュサイズや火災被害マップを作成するのに用いる電子地図等の地区単位を考慮して設定することが必要である。

②地区ごとの建物等データの作成

焼失被害の対象となる建物棟数データ等を作成しなければならない。火災被害マップを作成する上で、建物データ等は詳細な区分で整理可能なものを使用することが望ましい。例えば、地方公共団体が保有する固定資産税台帳に基づく建物データ、都市計画基礎調査により作成した建物データ等を用いることが考えられる。

③地区ごとの出火件数の算出

出火件数は、建物被害との関係等から算出することが考えられる。具体的には、過去の地震における被害実態等に基づいて、建物被害等との関係から出火率を設定するほか、それらの関係式等を利用して、出火件数を算出する。また、地震の発生する季節や時刻による影響を考慮することも考えられる。

④ 1 出火点あたりの延焼可能性の設定

1 出火点あたりの延焼可能性については、過去の地震時の延焼実態や延焼シミュレーションに基づいて、延焼可能性を設定することが考えられる。この時、地震時の風速による影響を加味することも考えられる。

⑤地区ごとの焼失量の算出

焼失量については、③で算出した出火件数、④で設定した 1 出火点あたりの延焼可能性と②で作成した建物データから算出する。

⑥被害マップの作成

市販の地理情報システム（GIS）のアプリケーションを利用し、⑤で算出した地区毎の焼失量を用いて、その被害の程度により地区毎に塗り分けて、火災被害分布図を作成する。

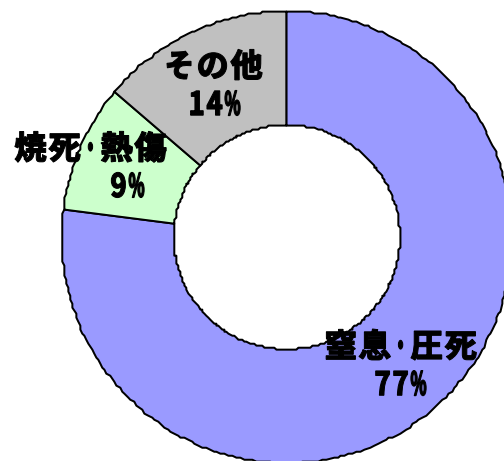
2. 人的被害マップ作成の概要

2-1 地震による人的被害とその想定手法について

地震による人的被害とは、建物被害や火災被害、ブロック塀の倒壊、建物内の家具・什器の転倒・落下、崖崩れ等の様々な原因により発生する死亡、負傷といった人的な被害である。この人的被害は、たとえ同じ規模、同じ場所に起こった地震であっても、地震が発生した時刻における人口動態に依存することから、発生時刻によって被害の程度が大きく異なるという特性がある。

近年の最大の人的被害をもたらした兵庫県南部地震（1995 年）における死者の発生要因は、家屋の倒壊等による窒息・圧死が全体の約 8 割を占め、火災による焼死・熱傷が約 1 割を占めており、これらが二大要因となっている。

図Ⅲ.2-1-1 兵庫県南部地震時の死者発生要因



出所）阪神・淡路大震災調査報告編集委員会「阪神・淡路大震災調査報告書 総集編」（2000 年）、厚生省大臣官房統計情報部「人口動態統計からみた阪神・淡路大震災による死亡の状況」（1995 年）より作成

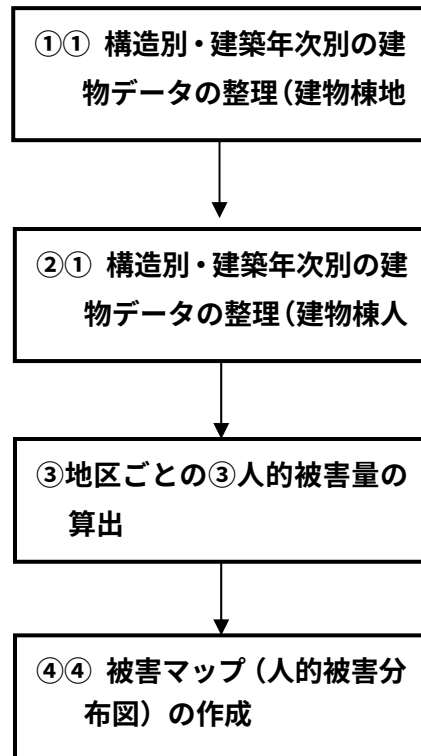
人的被害の想定手法については、過去の被害地震時の建物被害や火災被害、ブロック塀の倒壊等の人的被害の原因となる事象と人的被害の関係を整理し、これを利用して、ある地震動における人的被害を算出する手法が考えられる。

具体的には、建物被害を原因とする人的被害を算出する手法については、過去の被害地震における建物被害実態と死者等の人的被害実態との関係を整理し、建物被害から人的被害を求める関係式を作成し、想定した地震における建物被害から人的被害を算出する手法等である。

2-2 作成手順

人的被害マップ作成の一般的な作業手順としては、図Ⅲ.2-2-1 に示すフローが考えられる。主な作業項目としては、以下の4項目である。

図Ⅲ.2-2-1 人的被害マップ作成の全体フロー



①地区の大きさの設定

人的被害マップを作成する際には、マップ作成の目的やマップの表現等の視点から、どの程度の地区の大きさでマップを作成するかが重要である。人的被害マップは自宅や近隣での人的被害の可能性を、実感を持って把握してもらうため、できる限り詳細な地区単位を設定することが望ましいものの、詳細な地区単位を設定すると被害を受けることが想定される個人が特定することが可能となるといったプライバシー上の問題が生じる恐れもある。

そのため、人的被害マップの作成にあたっては、ある程度まとまった地区の範囲で検討することが望ましいと考えられる。

② 人的被害の原因となる事象の発生量を算出

人的被害を算出するために必要となる建物被害や火災被害、ブロック塀の倒壊等の人的被害の発生原因となる事象の発生量を想定する。

本技術資料では、先に解説した地域の危険度マップや火災被害マップ作成時に算出

する建物被害量（建物全壊棟数）や火災被害量（焼失棟数）が相当することになる。

③ 地区ごとの人的被害量の算出

過去の震災時における建物被害や火災被害、ブロック塀の倒壊等の人的被害の原因となる事象との関係に基づき、②で想定したそれら事象から人的被害量を算出することが考えられる。

この時、朝、日中、夕方、深夜等の時間帯ごとに人々の滞留する場所が異なっていることから、発災時刻の違いによる影響を考慮することも考えられる。

④ 被害マップの作成

市販の地理情報システム（GIS）のアプリケーションを利用し、③で算出した人的被害量を用いて、その被害の程度により地区毎に塗り分けて、人的被害分布図を作成する。

謝 辞

本技術資料では、防災科学技術研究所の KiK-net の地盤調査データを使用させて頂いた。

参考文献（アルファベット順）

- 中央防災会議：「東南海地震・南海地震等に関する専門調査会」資料，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index.html>
- 中央防災会議：「首都直下地震対策専門調査会」資料，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/index.html>
- 童華南・山崎文雄(1996)：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係，生産研究，第48巻，第11号，31-34.
- 藤本一雄・翠川三郎(2003)：日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均S波速度分布の推定，日本地震工学会論文集，第3巻，第3号，13-27.
- Imai, T. and K. Tonouchi(1982)：Correlation of NValue with ES0PTII S-wave Velocity and shear Modulus, 1982.
- 活断層研究会編(1991)：「新編 日本の活断層」，東京大学出版会
- 火災予防審議会・東京消防庁：直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策，1997年
- 地震調査研究推進本部編(1999)：「日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－」
- 松田時彦・吉川真季(2001)：陸域の $M \geq 5$ 地震と活断層の分布関係－断層と地震の分布関係－その2，活断層研究，20，1-22.
- 松岡昌志・翠川三郎(1994)：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング，第22回地盤震動シンポジウム，建築学会，23-34.
- 翠川三郎，藤本一雄，村松郁栄(1999)：計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標の関係，地域安全学会論文集，Vol.1，51-56.
- Midorikawa, S., M. Matsuoka, and K. Sakugawa (1994)：Site Effect of Strong- Motion Records Observed during the 1987-Chiba-ken-toho-oki, Japan Earthq. Eng. Sympo, Vol.3, 85-90.
- 中田高・今泉俊文編(2002)：「活断層詳細デジタルマップ」，東京大学出版会
- (財)日本地図センター編(1992)：「数値地図ユーザズガイド（改訂版）」
- 小田切聡子・島崎邦彦(2001)：歴史地震と起震断層の対応，地震第2輯，第54巻，47-61.
- 大阪府：大阪府地震被害想定調査，1997年
- 太田裕・後藤典俊(1976)：S波速度を他の土質的指標から推定する試み，物理探鉱，vol.29，251-261.
- 佐藤良輔編(1989)：「日本の地震断層パラメーター・ハンドブック」，鹿島出版会
- 静岡県：第3次静岡県地震被害想定結果，2001年
- 消防庁：阪神・淡路大震災の記録，平成8年
- 東京都市圏交通計画協会：東京都市圏パーソントリップ調査 PT データ利用の手引き，2001年
- 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報告集，523,63-70.
- 若松加寿江，松岡昌志，久保純子，長谷川浩一，杉浦正美(2004)：日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築，土木学会論文集，[759/I-67] 213-232
- 山口直也・山崎文雄：詳細な建物情報を含む被災度調査結果に基づく西宮市の地震動分布の再推定，土木学会論文集，No. 640/I-50，pp.203-214，2000.1
- Zhao, D., A. Hasegawa, H. Kanamori(1994)：Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events, J. Geophy. Res., 99, 22313-22329.