

- 耐震化推進のための地震防災マップの整備に関する調査検討 -

ケーススタディにおける地震防災マップ作成手順・補足資料

平成16年2月20日
内閣府（防災担当）

1 揺れやすさマップの作成手法（資料2 1, 2）

1) 揺れやすさマップ（震度マップ）作成の考え方

揺れやすさマップ（震度マップ）を作成するためには、表層地盤の増幅特性を把握することが重要であり、その指標として、簡易的には地震動の最大速度値の増幅率がよく用いられている。この最大速度の増幅率は、地下30mまでの表層地盤の平均S波速度(以下、AVS30と呼ぶ)と相関関係があることが知られている。AVS30は、通常ボーリングデータより推定するが、実際のボーリングデータは震度マップの想定単位であるメッシュごとに一様に分布することは現実的にはあり得ない。そこで、微地形とAVS30に相関関係があることに着目して、ボーリングデータの存在しないメッシュについては、あらかじめAVS30と微地形との地域的な関係を導出し、微地形からAVS30の値を推定する。

震源の設定は「予防対策用震度分布」の考え方に基づき、全国どこでも起こりうる地震、内陸地震および海溝型地震の震源の設定を行う。

以上より、震度マップの作成における主要な検討項目は、下記の通りである。

- 1) 微地形区分の設定
- 2) AVS30の設定
- 3) 表層地盤の増幅率の設定
- 4) 震源の設定
- 5) 地震動予測方法
- 6) 震度マップの作成

以下、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」で実施した、それぞれの項目の手法について示す。

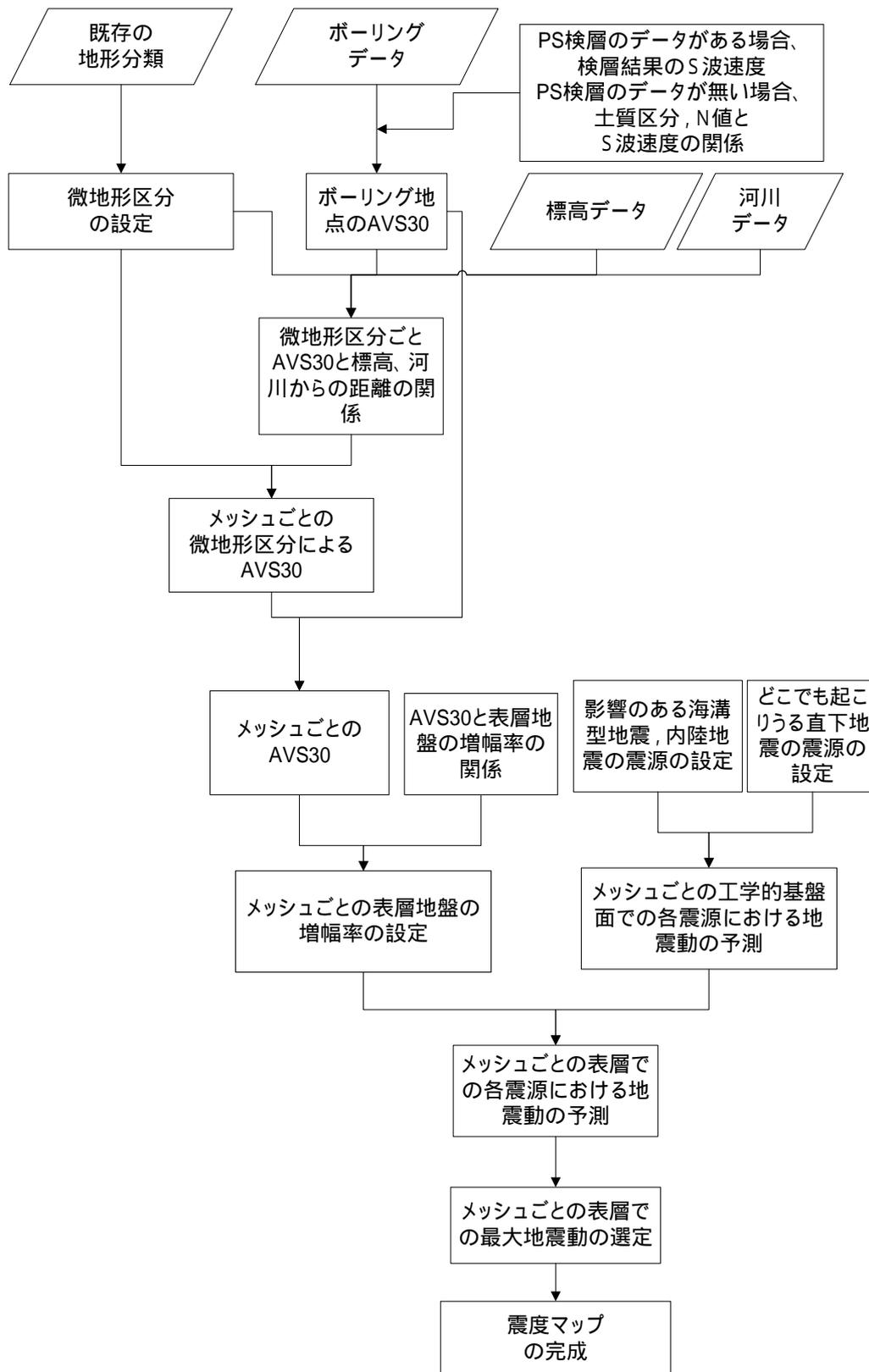


図 - 1 震度マップ作成のフローチャート

2) 作成手法

(1) 微地形区分の設定

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、国土数値情報の地形分類データ等を基に想定地域を約1kmメッシュごとに「古生代」、「中生代」、「古第三紀」、「新第三紀」、「火山」、「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>0.5km）」、「デルタ・三角州（主要河川からの距離 0.5km）」、「人工改変地」、「埋立地・干拓地」の17区分で微地形区分を分類している。

(2) AVS30の設定

AVS30の設定は、次の2つの条件に分けて設定を行っている。

掘進深度30m以上のボーリングが存在しているメッシュ

掘進深度30m以上のボーリングが存在していないメッシュ

掘進深度30m以上のボーリングが存在しているメッシュ

ボーリング孔でPS検層を実施している場合には、PS検層結果のS波速度構造からAVS30を算定する。ボーリング孔でPS検層を実施していない場合には、ボーリング柱状図の深度ごとの土質区分とN値データより経験式を用いて、各深度のS波速度を推定し、その結果を基にAVS30を算定する。

土質区分およびN値データとS波速度の経験式については複数提案されているが、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」では、関東地方から中部地方にかけてPS検層資料を収集し、それらを年代（沖積，洪積，第三紀等），土質の種類（粘土，砂，礫）で区分してS波速度との関係性を求めた次式による経験式を作成した。中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」でも、西日本のデータを加えて傾向に変わりがないことを確認した上で同じ式を利用している。

$$V_s = 112.73 \cdot N^{0.256} \cdot E \cdot F \quad (1)$$

V_s : S波速度(m/s)

N : N値

E : 年代係数（沖積：1.000，洪積：1.223，第三紀：1.379）

F : 土質係数（粘土：1.000，砂：0.885，礫：0.900）

掘進深度30m以上のボーリングが存在していないメッシュ

松岡・翠川(1994)に従い、微地形区分とAVS30の経験式により設定を行う。

$$\text{LogAVS30m} = a + b \cdot \text{LogH} + c \cdot \text{LogD} \pm \sigma \quad (2)$$

AVS30m : 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 (各微地形区分ごと)
: 標準偏差 (各微地形区分ごと)

(2) 式の係数については、想定地域において収集したボーリングデータを用いてボーリング地点の微地形区分とAVS30の値を集約し、回帰式を用いて、地域的な係数を設定している。

(3) 表層地盤の増幅率の設定

表層地盤の増幅率は、AVS30と最大速度の増幅率の経験式を用いる。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、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ている。

$$\text{Log}G = 1.83 + 0.66\text{Log}AVS30m \pm 0.16 \quad (3)$$

AVS30m : 表層30mの平均S波速度(m/s)の推定値

ただし、 $100\text{m/s} < AVS30m < 1500\text{m/s}$

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率

(4) 震源の設定

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、“想定される全ての地震が発生した場合にそれぞれの場所での最大の地震動はどの程度になるか”という予防対策用震度分布の考え方に基づいて、震源については、以下のような設定を行っている。

全国どこでも起こり得る直下の地震

地表面に痕跡を残さずに全国どこでも起こりうる直下の地震の規模はマグニチュード6.5~6.9より小さいと考えられることから、防災上の観点から安全側に立ちマグニチュード6.9と設定している。さらに、この地震の断層形状は、すべての地域で発生すると取り扱うことから鉛直断層とし、その上端の深さについては、浅い地震が多く発生し始める深さに相当するものとして、気象庁の震源分布より4~6kmと設定している。

したがって、全国どこでも起こり得る直下の地震の震源は、いずれのメッシュの直下においてもM6.9の鉛直断層が深さ4~6kmに存在するものとして仮定している。

活断層、海溝型地震

切迫性が高い(500年以上前に発生した)内陸のM7.0以上の活断層の存在が明確な場合、その震源について、断層パラメータを設定している。東南海・南海地震の海溝型地震については、強震波形計算を行う際に設定した震源モデルを利用している。

なお、経験的手法による断層パラメータは、以下の通りである。

地震の規模 : マグニチュード

位置：緯度、経度、深さ

断層の大きさ：走向、長さ、傾斜角、幅

(5) 地震動予測方法

予防対策用震度分布における地震動の予測は、経験的手法を用いて、工学的基盤の最大速度，地表最大速度，震度の順で予測を行っている。以下、その内容について示す。

なお、東南海・南海地震の海溝型地震の地震動については、強震波形計算手法で高精度に計算した結果をそのまま利用している。

工学的基盤の最大速度

工学的基盤の最大速度の予測は地震規模・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最大速度を予測する。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、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、次式の司・翠川(1999)の式を用いている。

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

(4)

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 : 震源の深さ(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 $k=0.002$ 。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 $k=0.0027$ 。]

地表最大速度

地表最大速度は、次式に示すようにS波速度 600m/s の工学的基盤上の最大速度に、「2 - 3 表層地盤の増幅率の設定」で推定した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率を掛け合わせて、地表最大速度を予測する。

$$V = G \cdot PGV_{600} \quad (5)$$

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

V : 地表最大速度(cm/s)

震度

最大速度から震度への変換は、次式の地表最大速度と計測震度との経験式を用いて算定する。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おり、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」では童・山崎(1996)の式を用いている。

$$I = a + b \cdot \text{Log}V \quad (6)$$

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)]

(6) マップの作成

各メッシュごとに計算された内陸地震、海溝型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震度マップとする。

2 建物被害マップの作成手法（資料2 3）

（1）建物被害想定のお考え方

地震防災マップにおける建物被害マップの作成にあたっては、東南海、南海地震等に関する専門調査会における建物全壊数想定手法を参考とする。

木造建物・非木造建物の構造別に異なる被害率テーブルを利用する。さらに、木造建物については、建築年次別（昭和35年以前／昭和36年～昭和55年／昭和56年以降）に区分して、揺れによる建物被害を算出する。

（2）建物被害の想定方法

木造建物被害の算出

計測震度と被害率の関係（被害率テーブル）から、揺れによる建物被害を算出する。

被害率テーブルについては、兵庫県南部地震における西宮市のデータ（町丁目別）、鳥取県西部地震における鳥取市のデータ、芸予地震における呉市のデータを活用している。

木造建物全壊率は、標準正規分布の累積確率密度関数を用いて以下の式で表現する。

$$P(I) = \Phi\left\{\frac{I - \lambda}{\zeta}\right\}$$

$P(I)$: 被害が発生する確率

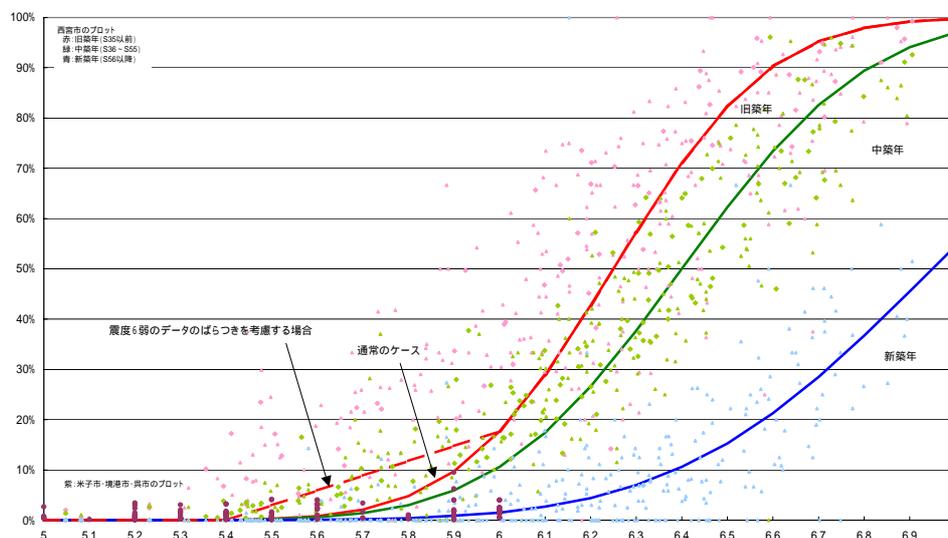
I : 計測震度

$\Phi(x)$: 標準正規分布の累積密度関数

λ : I の平均値

ζ : I の標準誤差

図 木造建物全壊率テーブル

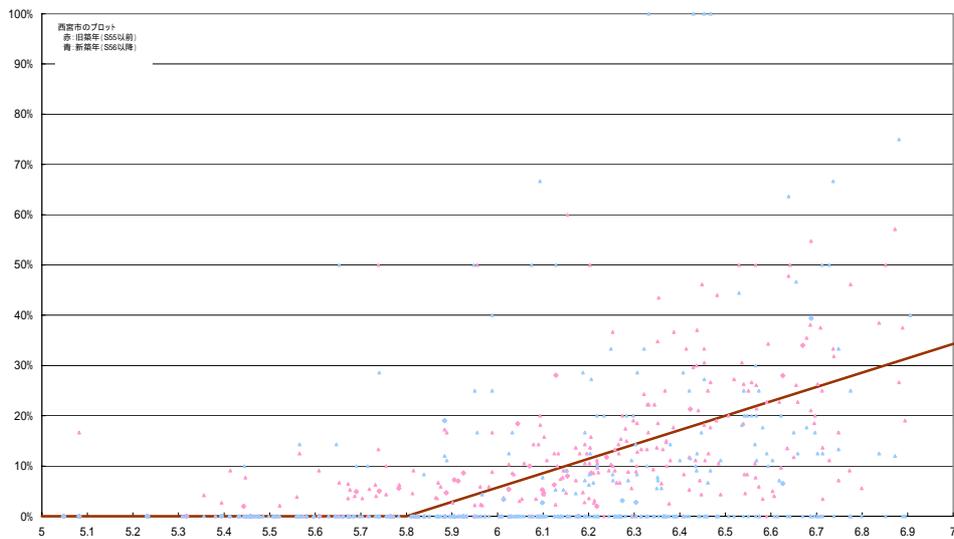


非木造建物被害の想定手法

木造建物と同様、計測震度と被害率の関係（被害率テーブル）から、揺れによる建物被害を算出する。

被害率テーブルについては、兵庫県南部地震における西宮市のデータ（町丁目別）、鳥取県西部地震における鳥取市のデータ、芸予地震における呉市のデータを活用している。これらのデータの特徴に基づき、非木造建物全壊率は、被害の出始める震度を切片とした直線を仮定している。

図 非木造建物被害率テーブル



(3) マップの作成

算出した木造被害量、非木造被害量を合計して、建物被害マップを作成する。

3 火災被害マップの作成手法（資料2 4）

（1）火災被害想定のお考え方

地震防災マップにおける火災被害マップの作成にあたっては、東南海、南海地震等に関する専門調査会における延焼数想定手法を参考とする。

火災出火延焼数は、炎上出火件数を設定し、それらのうち、地域の消防力の運用により消されずに残った火災を残火災として設定し、その残火災を対象として延焼規模を算定する。（ただし、地震防災マップの作成にあたっては、火災被害量算定の前提となる地震動が各地点の最大震度とすることから、この条件下での地域の消防力の運用効果（保有消防車台数や消防車1台当たりの消火能力等）の評価が困難である。そのため、東南海、南海地震等に関する専門調査会で検討した地域の消防力の運用効果を考慮しないものとする。）

（2）火災被害の想定方法

炎上出火件数の算出

出火の要因としては、主に一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線からの出火を対象とする。これらの出火のうち、家人、隣人、自主防災組織等の初期消火が半分成功すると仮定し、残りの組織的な消防活動が必要とされる炎上出火を取扱う。

兵庫県南部地震の事例を基に、揺れによる全壊率と出火率との関係から出火件数を算定する。

一般火気器具からの出火：(出火率) = $0.0022 \times (\text{全壊率})^{0.73}$

電熱器具からの出火：(出火率) = $0.0043 \times (\text{全壊率})^{0.73}$

電気機器・配線からの出火：(出火率) = $0.00036 \times (\text{全壊率})^{0.73}$

以下の兵庫県南部地震の出火要因比率を参考とし、上記の出火数を、化学薬品・漏洩ガスによる出火も加えた出火数に補正する。

表 兵庫県南部地震の出火要因比率

火気器具	電熱器具	電気機器・配線	化学薬品	漏洩ガス
16.4%	32.7%	32.6%	6.0%	12.3%

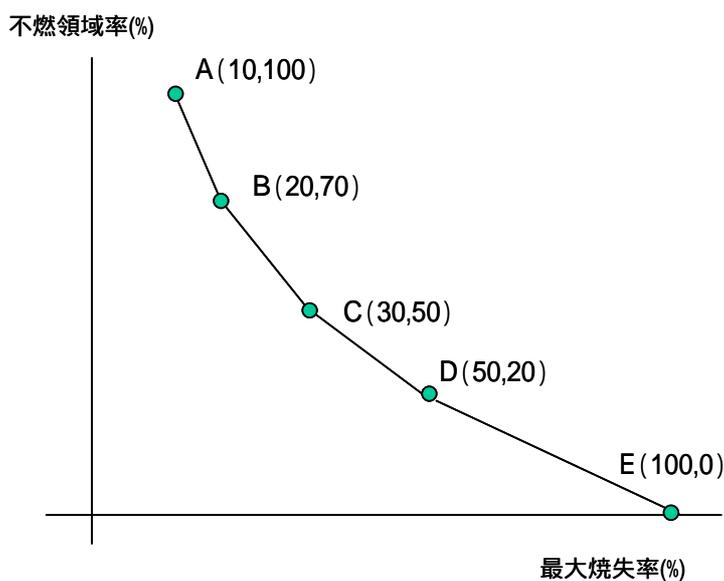
上記は兵庫県南部地震当時のマイコンメータの普及率約75%が前提となっているため、この値と各県のマイコンメータ普及率との格差を出火数に反映する。

初期消火率を50%と考え、炎上出火件数 = 出火件数 × 0.5 とする。

延焼数の想定手法

各地区の炎上出火件数が、消されずに全て残火災となると仮定する。さらに、各地区の不燃領域率を土地利用実態データ等（国土数値情報の100mメッシュ土地利用データ等）から設定し、不燃領域率と焼失率の関係から求められる各地区の焼失率から、延焼数を算出する。不燃領域率と焼失率の関係には、兵庫県南部地震の被害実績や建設省総合技術プロジェクトによるシミュレーション結果から求めた大阪府の式を利用する。

図 不燃領域率と焼失率の関係



出所)大阪府地震被害想定調査 (平成9年3月、大阪府)

(3) マップの作成

算出した延焼数から、火災被害マップを作成する。

4 人的被害マップの作成手法 (資料2 5)

(1) 人的被害想定のお考え方

地震防災マップにおける人的被害マップの作成にあたっては、東南海、南海地震等に関する専門調査会における建物全壊および火災出火延焼を死者発生原因とする想定手法を参考とする。

さらに、地震の発生時刻に建物内(住宅、その他施設)における滞留状況について考慮する。

(2) 人的被害の想定手法

建物全壊による死者数については、比較的最近で300人以上の死者が発生した5つの地震(鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、兵庫県南部地震)の被害事例を基にした木造建物全壊棟数と死者数により算出する。

$$(\text{木造全壊建物からの死者数}) = 0.0676 \times (\text{木造建物全壊棟数})$$

非木造建物全壊による死者数については、木造建物と同じ式から算出し、静岡県(1999)の手法を加味した補正係数を乗じる。

$$(\text{非木造全壊建物からの死者数}) = 0.0676 \times (\text{非木造建物全壊棟数}) \times \text{補正係数} \\ (0.0155/0.0629)$$

火災出火延焼による死者数については、消防白書における過去5年間の平常時火災の集計結果を基にした以下の焼失数と死者数の関係式により算出する。

$$(\text{火災による死者数}) = 0.055 \times (\text{焼失数})$$

(3) マップの作成

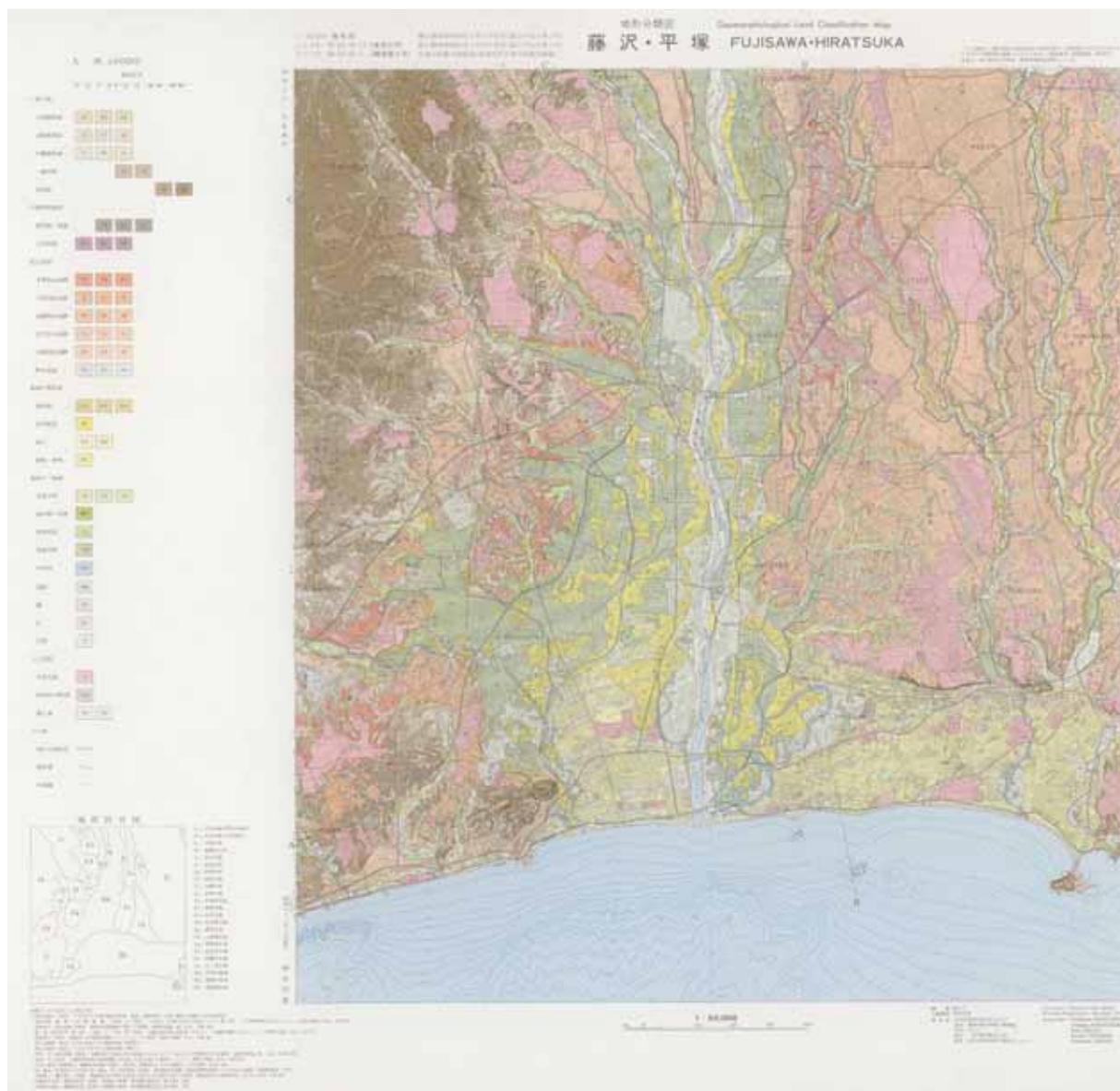
算出した死者数から、人的被害マップを作成する。

(参考) 収集・整理データ例

微地形区分

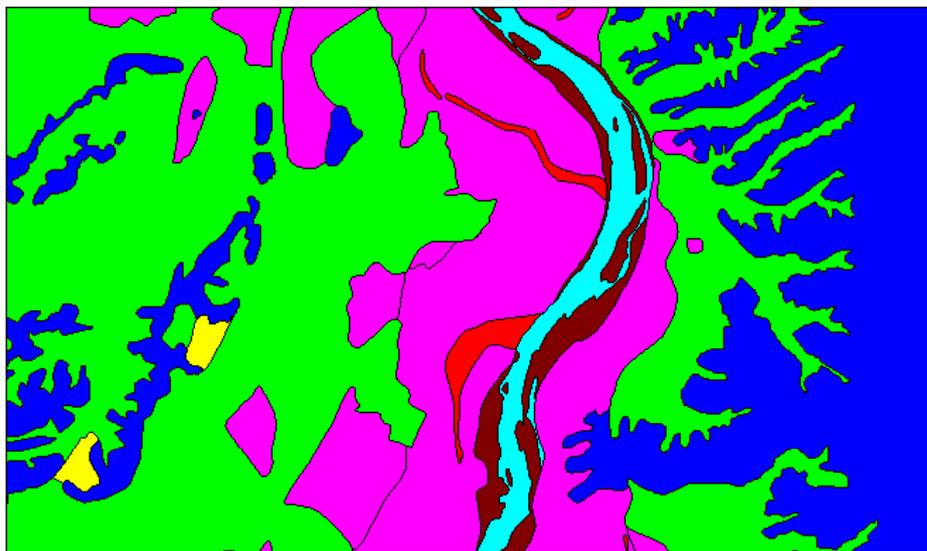
まず、微地形区分となる基図となる土地基本分類図の例を以下に示す。

土地基本分類図の例



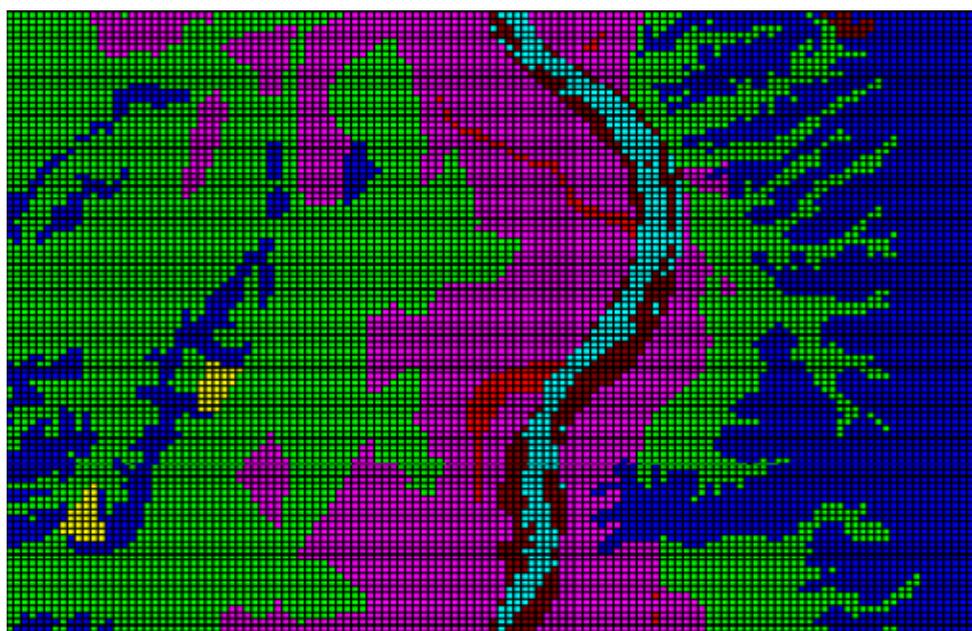
土地分類基本図等の基図から、分類を整理して以下に示すような微地形区分図を作成する。

微地形区分図の例



上記の微地形区分図にメッシュを重ねて、メッシュごとの微地形区分を以下のように設定する。

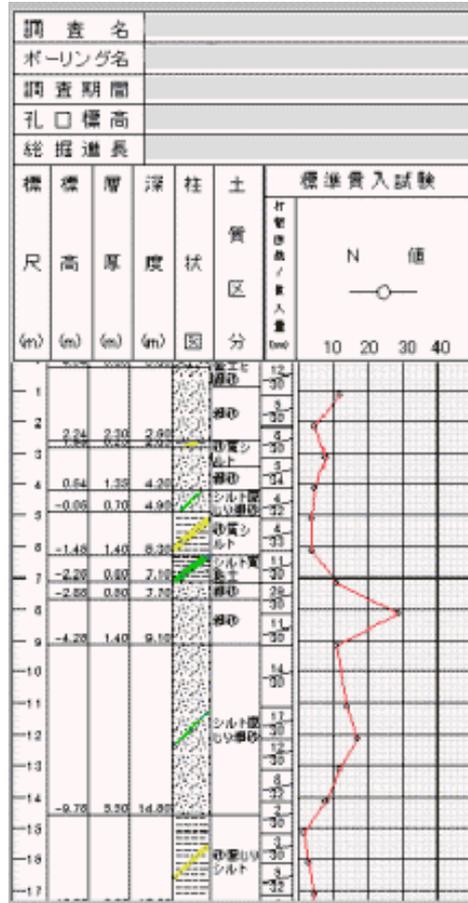
メッシュ分割された微地形区分の例



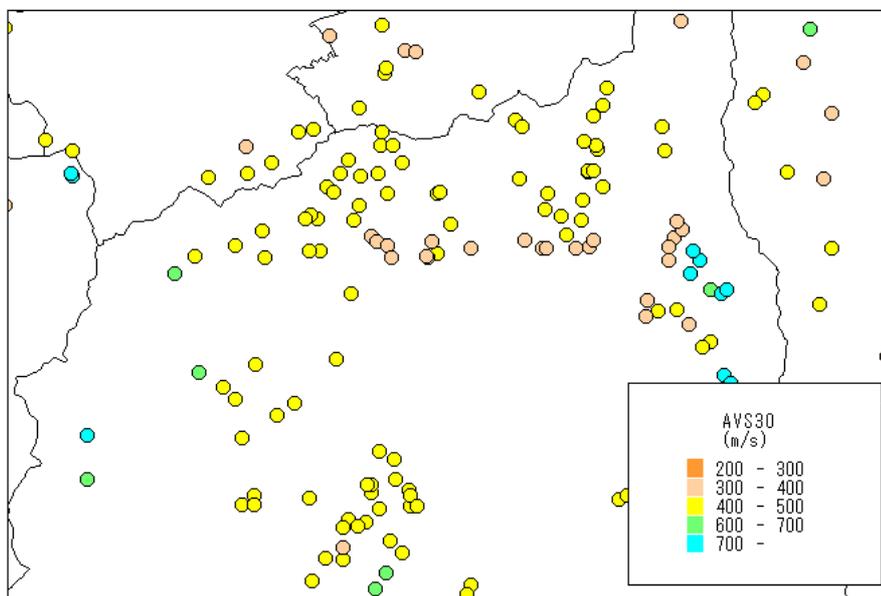
ボーリングデータ

ボーリング柱状図データを基に、ボーリング地点におけるAVS30（表層30mの平均S波速度）を推定する。

ボーリングデータ例（ボーリング柱状図）



ボーリング地点のAVS30の分布例



建物データ、人口データ

固定資産税台帳から構造別・建築年次別に建物データを整理する。また、住民基本台帳や国勢調査から人口データを整理する。

建物データ、人口データの整理例

(単位：棟数、人)

3次メッシュ コード	木造建物・旧築 年(S35以前)	木造建物・中築 年(S36-S55)	木造建物・新築 年(S56以降)	非木造建物	夜間人口
5339****	277	421	346	170	6,492
5339****	591	901	740	378	13,876
5339****	479	729	599	775	11,239
5339****	682	1,039	853	341	16,004
5339****	191	290	239	158	4,473
5339****	271	413	339	257	6,362
5339****	397	605	497	661	9,318
5339****	281	428	352	249	6,602
5339****	488	743	610	584	11,445
5339****	495	755	620	650	11,626
5339****	483	735	604	369	11,329
5339****	725	1,105	908	1,128	17,023
5339****	809	1,232	1,012	471	18,981
5339****	720	1,097	901	456	16,902
5339****	424	646	531	311	9,960
5339****	768	1,170	961	463	18,028
5339****	624	951	781	445	14,655
5339****	631	962	790	856	14,816
5339****	470	716	588	583	11,034
5339****	555	845	695	522	13,026
5339****	684	1,042	856	394	16,061
5339****	503	766	629	440	11,801
5339****	763	1,162	954	535	17,897
5339****	532	811	666	383	12,489
5339****	703	1,071	880	770	16,500
5339****	892	1,359	1,116	489	20,934
5339****	878	1,338	1,099	720	20,609
5339****	626	953	783	403	14,682
5339****	698	1,062	873	429	16,369
5339****	723	1,102	905	549	16,973
5339****	591	900	740	645	13,872
5339****	723	1,101	904	974	16,957
5339****	739	1,125	925	491	17,338
5339****	862	1,312	1,078	672	20,222
5339****	568	865	711	733	13,330
5339****	798	1,215	998	578	18,717
5339****	953	1,451	1,192	857	22,358
5339****	818	1,245	1,023	1,057	19,187
5339****	779	1,187	975	498	18,288
5339****	434	661	543	374	10,186
5339****	315	479	394	139	7,381
5339****	527	803	660	350	12,368
5339****	454	692	568	381	10,656

注) 本例では3次メッシュコード(約1km×1kmのメッシュ)別に整理しているが、ケーススタディにおいては町丁目別に整理する。

町丁目ポリゴン

町丁目ポリゴンデータ例

