

## 地震発生時の地盤変状予測マップについて

Risk Map on Ground Damage during Earthquake

谷口洋二	Yoji TANIGUCHI	(株) エイトコンサルタント)
萩田潤一	Juniti OGITA	(株) エイトコンサルタント)
富山博峰	Hiramine TOMIYAMA	(シンワ技研コンサルタント (株) )
藤村 尚	Hisashi FUJIMURA	(鳥取大学工学部)

阪神大震災を契機に、地震被害に対する国民の意識が向上し、同時に行政側の対応も迫られている。しかしながら、現在の技術では地震の予測は困難とされ、また不正確な予測では、経済活動を初めとする国民生活に大きな混乱をきたすことが予想される。そこで、本論文では、いろいろな規模の地震を想定し、その場合の変状予測をいくつかの簡易な手法を用いて行い、米子地域の地盤変状予測マップの作成を試みた。また、地盤情報のデータベースと簡易なGISシステムを構築することによって地盤情報の有効利用を図った。

キーワード：液状化、マイクロゾーニング、GIS、データベース

## 1. はじめに

(社)地盤工学会中国支部(鳥取)では鳥取県下の地盤データを収集・整理し、その効用を図ろうとしてきた。それらの成果の一部として、'96鳥取地盤図を発刊し、鳥取県内の主要地域の地盤情報を地盤断面図としてとりまとめた。

今回は、蓄積した地盤データをより活用することを目的にして、近年注目されている地震災害時等の地盤変状に着目し、マイクロゾーニング、簡易な地理情報システム(GIS)を用いて、地震時の液状化を主体とした地盤変状予測へのアプローチを試みたものである。

## 2. 地盤変状マップの概要

対象地域 : 米子地域(横13.5km、縦3.7kmの帯状地域)  
(図-1)

メッシュ割り : 3次メッシュの4分割(横560m、縦460m)  
ボ-リング資料:約400本のデータ

変状予測の手法: ・F<sub>L</sub>、P<sub>L</sub>法等による液状化の判定  
・浅層土質パターンによる判定  
・低N値分布からの判定  
・地形分類図からの判定  
・簡易GISシステムの構築, データベース化, 解析ソフト・情報地図の作成

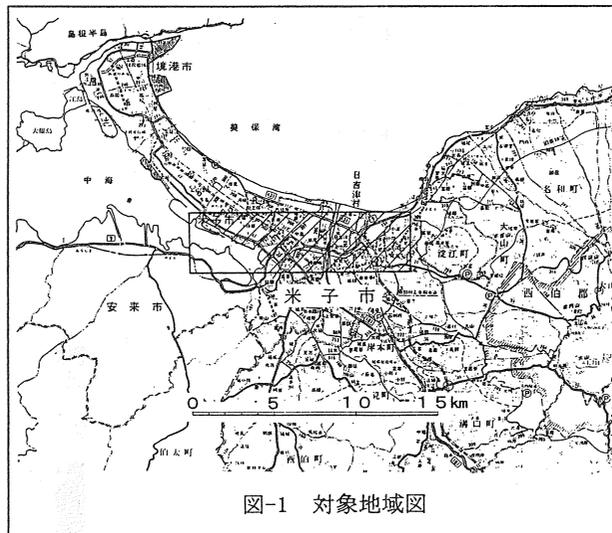


図-1 対象地域図

3. 地形・地質の概要

鳥取県米子市は、日野川によって形成された延長約20kmの大砂洲(弓ヶ浜半島)の付け根に位置し、西側はこの砂洲によって汽水湖となった中海に面している。米子市の地形的特徴は地形分類図に示すように、日野川以東は河川営力が大きく河川氾濫原堆積物による大きな扇状地が形成されているのに対し、西側(市街地)は中海の湾奥にあたり、溺谷埋設地域となり厚い沖積層が堆積している。海岸砂洲の後背地や堤間地に低地部が分布している。

図-3の地盤断面図をみると、日野川以西の山地部を境界として、沖積層の厚さや上部粘土層(Uc)の分布が変化していることが判る。西側は、全体に沖積層(特に粘土層)が厚く、その表層約10mには液状化しやすい緩い砂質土層が分布する。一方、東側は日野川の河川氾濫原が主体で粘土層は少なく、緩い砂質土層も薄くなっている。

米子市周辺の基盤岩は新第三紀中新世の流紋岩や安山岩であり、その出現深度は深く、市街地では標高-40m以深に位置する。

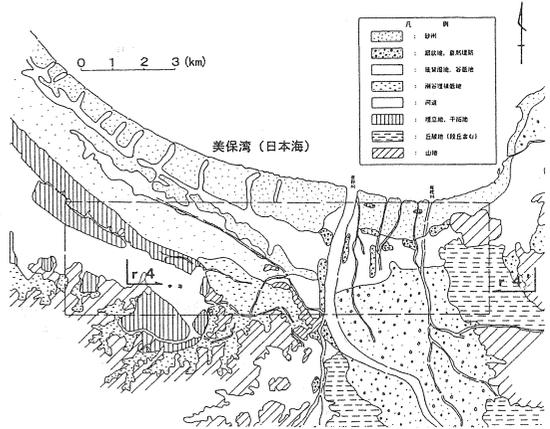


図-2 地形分類図<sup>1)</sup>

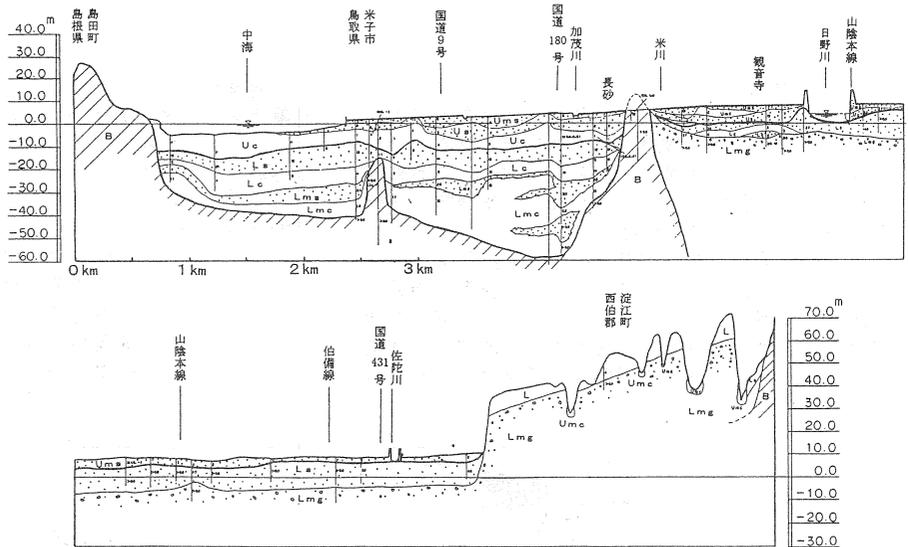


図-3 地盤断面図<sup>2)</sup> (r4~r4'断面)

地質区分と概要<sup>2)</sup>

地質時代	地層記号	土質記号	地層名	地質的特徴
沖積	Ums		最上部砂質土層	劣層(礫立土を含む)、海浜半砂質層
	Umc		最上部粘状土層	劣層(Ump)を挟む
	Umj		最上部粘質土層	河川氾濫原堆積層、UmcにN=0~3
新第四	Uy		上部砂質土層	河床堆積層(N<10)、劣層(N>10)部分堆積層(Uq)を含む
	Uc		上部粘状土層	前近代堆積層(主として扇状地堆積層)、有層状を認めるN=0~4
第四	Ls		下部砂質土層	河床堆積層(N>15)、劣層(N>20)
	Lc		下部粘状土層	扇状地堆積層、火山灰、軽石を認めることもあるN=5~15
第四	L		e-1層	火山灰、火山砂層の火山堆積物
	Lmc		最下部粘状土層	LmcはN>10で扇状地
	Lmj		最下部粘質土層	扇状地堆積層、堆積扇、火山砂層成
第三紀以前	Lmg		最下部粘状土層	Lmc, LmjにN>50
	B		基盤岩類	(火成岩) 花崗岩、流紋岩、安山岩、玄武岩(凝結岩) 凝灰岩、砂岩、シルト岩、泥岩、礫岩、礫状凝灰岩 三稜安山岩

4. 対象地周辺の地震と設定地表面加速度

鳥取県内で過去に発生した大きな地震は、1943年（昭和18年）の鳥取地震（マグニチュード7.4、死者1,025名）が有名であるが、図-4に示すように鳥取県西部の米子から島根県東部地域にも880年に大きな地震が記録されている。

その後、この地域では目立った地震がないため、現在では地震の空白域と考えられ特定観測地域に指定されている。

内陸直下型地震が、1000年程度のスパンで発生すると想定すると、鳥取市よりはむしろ米子地域（中海臨海地域）での地震発生の危険性が高いともいえる。

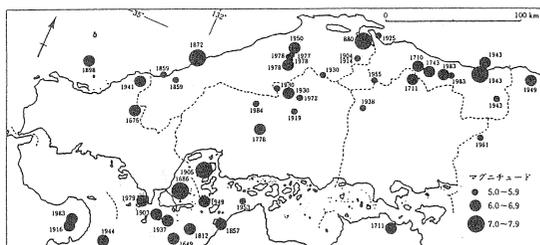


図-4 中国地方の主な地震分布<sup>3)</sup> (880~1974年)

表-1 気象庁の震度階級とおよその加速度

震度階級	名称	最大加速度(Gal)
0	無感	0.8以下
I	微震	0.8~2.5
II	軽震	2.5~8
III	弱震	8~25
IV	中震	25~80
V	強震	80~250
VI	烈震	250~400
VII	激震	400以上

注) 現在はVとVIが「強」「弱」に細分されている。

表-1に「震度階級とおよその加速度」を示す。F<sub>L</sub>法による液状化予測を行う場合、想定する地震の規模・地表面加速度等から、設計水平震度k<sub>h</sub>を決める必要がある。

一般には、震源とその規模を想定し、地震応答解析により地表面加速度を想定しているが、これは計算が煩雑で、また不確定要素が多い問題点がある。

したがって、ここでは地表面加速度を100, 200, 300, 400, 800Galの場合について、解析することにした。

5. 変状予測の手法

5.1 F<sub>L</sub>、P<sub>L</sub>法による液状化の判定方法

(1) F<sub>L</sub>の計算手法

F<sub>L</sub>の簡易計算手法は、各種の機関で若干異なっている。今回の計算は平成8年度に改訂された道路橋示方書に準じて行う。以下に計算式を示す。

液状化抵抗率 F<sub>L</sub>=R/L (F<sub>L</sub>≤1.0の土層は液状化するとみなす)

① L; 地震時せん断応力比

$$L = \gamma_d \cdot k_h \cdot \sigma_v / \sigma'_v$$

$\gamma_d = 1.0 - 0.015 \cdot \chi$  ( $\chi$ ; 地表面からの深度 m)  
 $k_h$ ; 設計水平震度  
 $\sigma_v$ ; 全上載圧 (kgf/cm<sup>2</sup>) = { $\gamma_{t1} h_w + \gamma_{t2} (\chi - h_w)$ } / 10  
 $\sigma'_v$ ; 有効上載圧 (kgf/cm<sup>2</sup>) = { $\gamma_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (\chi - h_w)$ } / 10  
 $h_w$ ; 地下水位の深さ (m)  
 $\gamma_{t1}$ ; 地下水位面より浅い位置での土の単位重量 (tf/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_{t2}$ ; 地下水位面より深い位置での土の単位重量 (tf/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma'_{t2}$ ; 地下水位面より深い位置での有効単位体積重量  
 $\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - 1.0$

② R; 動的せん断強度比の計算

$$R = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{N_u / 1.7} & \text{--- } N_u < 14 \text{ の時} \\ 0.0882 \sqrt{N_u / 1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_u - 14)^{4.5} & \text{--- } 14 \leq N_u \text{ の時} \end{cases}$$

ここで

(砂質土の場合) ----- D<sub>50</sub> < 2.0mm

$$N_u = C1 \cdot N1 + C2$$

$$N1 = 1.7 \cdot N / (\sigma_v + 0.7)$$

$$C1 = \begin{cases} 1 & \leftarrow (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC+40)/50 & \leftarrow (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20-1 & \leftarrow (60\% \leq FC) \end{cases}$$

$$C2 = \begin{cases} 0 & \leftarrow (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC-10)/18 & \leftarrow (10\% \leq FC) \end{cases}$$

(礫質土の場合) ----- D<sub>50</sub> ≥ 2.0mm

$$N_u = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} \times N1$$

$$N1 = 1.7 \cdot N / (\sigma_v + 0.7)$$

③ k<sub>h</sub>; 設計水平震度

道路橋示方書では、地震タイプ（プレート境界型、内陸直下型）と地盤種別（I~III種）により、設計水平震度を0.30~0.80の範囲にある値を用いることになっているが、今回は想定した種々の地表面加速度のk<sub>h</sub>について検討する。

④ 液状化の検討を行う土層

液状化検討を行う土層は、1) 細粒分含有率FCが35%以下、2) FCが35%を超えても、塑性指数I<sub>p</sub>が15以下の土層、3) 平均粒径D<sub>50</sub>が10mm以下でかつ、D<sub>10</sub>が1mm以下である土層とする。

(2) 液状化指数  $P_L$  の計算手法<sup>6)</sup>

$P_L$  値の計算式を以下に示す。地盤の液状化は  $F_L$  値が 1 未満の土層で発生するため、 $F_L$  値が 1 未満となる図中のハッチング部分の総面積は、このボーリング地点における液状化の危険性を表す 1 つの指標と考えてよい。 $P_L$  値は、この考え方を基本とし、さらに液状化が浅い土層で発生すれば構造物や地下埋設物に与える影響もより大きくなることから、図に示す各深度毎の  $F_L$  にその深度における重み関数の値を乗じ、これを地表から深度 20m まで積算したものである。

$$P_L = \int F \cdot w(z) dz$$

ここに、 $F$  は次式より求める。

- ・  $F_L \leq 1.0$  の場合  
 $F = 1 - F_L$
- ・  $F_L > 1.0$  の場合  
 $F = 0$

$w(z)$  : 重み関数 ( $=10-0.5z$ )  
 $z$  : 地表面からの深さ (m)

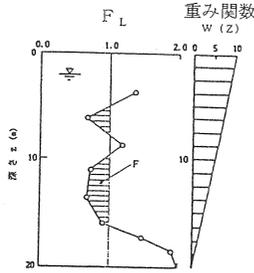


図-5  $P_L$  値の計算式の概要

(3)  $F_L$  計算に必要な土質定数

$F_L$  計算に必要な土質定数は「鳥取地盤図」で区分した地質 (土質) 区分 (図-3) に基づいて、図-6 のように土質試験データを分類整理し、既往文献と現地技術者の意見を参考にして表-2 に示す土質定数を代表値として採用した。

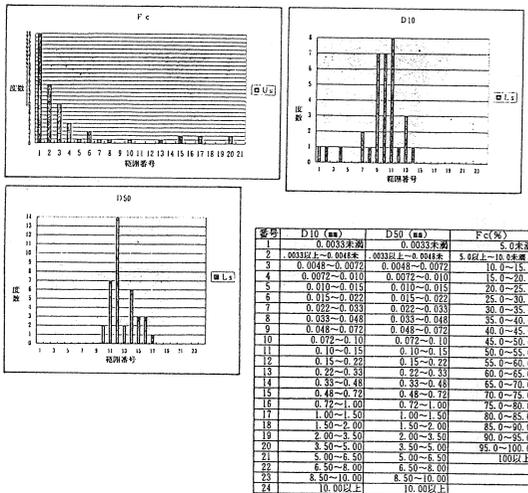


図-6 土質データ分類整理の例

表-2 土質定数の代表値

記号	地質名	地下水面以下の単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )	地下水面以上の単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )	平均粒径 D50 (mm)	10%粒径 D10 (mm)	細粒含有率 Fc (%)	塑性指数 I <sub>p</sub>
Ums	最上部砂質土層	1.90	1.70	1.10	0.400	5	-
Umc	最上部粘性土層	1.70	1.60	0.01	0.001	60	>15
Umg	最上部硬質土層	2.00	1.80	2.00	0.250	25	-
Us	上部砂質土層	1.80	1.60	0.60	0.250	5	-
Uc	上部粘性土層	1.60	1.55	0.01	0.001	90	>15
Ls	下部砂質土層	2.00	1.80	0.20	0.080	8	-
Lg	下部硬質土層	2.10	1.90	2.75	0.250	5	-
Lc	下部粘性土層	1.70	1.65	0.03	0.001	90	>15
L	ローム層	1.60	1.55	0.04	0.008	90	>15
Lmc	最下部粘性土層	1.60	1.55	0.03	0.001	55	>15
Lms	最下部砂質土層	2.00	1.80	0.15	0.008	8	-
Lg	最下部硬質土層	2.10	1.90	2.00	0.250	3	-

(4)  $F_L$  法による液状化危険度の評価法

$F_L$  計算結果による液状化危険度の評価、判定は「液状化指数  $P_L$ 」と東京都による「表層砂層の  $F_L$  判定法」を用いて行う。

液状化指数  $P_L$  の計算手法は先に示したように、地表に近いほど危険度が高くなるような重み関数を与え、浅い土層での液状化現象が強調されるようにしている。これは、地下埋設物や構造物の被害が浅い部分での液状化に影響されることを考慮したからである。計算された  $P_L$  の結果は、種々の地震の被災調査から次の様に評価することが適当とされている。ランク付けは今回設定したものである。以下、ここでは、危険ランクは 4 段階 (表-3) とした。

表-3  $P_L$  値による液状化危険度の評価

$P_L$ 値	評価	ランク
$15 < P_L$	液状化危険度が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。	4
$5 < P_L \leq 15$	液状化危険度が高い。重要な構造物に対してより詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。	3
$0 < P_L \leq 5$	液状化危険度は低い。特に重要な構造物の設計に関しては、より詳細な調査が必要。	2
$P_L = 0$	液状化危険度はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は一般に不要。	1

(5) 東京都による表層砂層の  $F_L$  法<sup>8)</sup>

この方法は、 $P_L$  法と同様に浅い砂層での液状化現象に、高い危険度を与えるように設定している。一般に、地盤の液状化現象と表層に分布する砂層の  $F_L$  値との関係について次のようなことがいわれている。①表層砂層厚が厚いほど地盤の液状化は生じやすい。②  $F_L$  値が 1 より小さくなる砂層の出現深度が浅いほど、また、 $F_L$  値が小さいほど地盤の液状化は大きくなる。③表層砂層が薄ければ、 $F_L$  値が 1 より小さくなる砂層の出現深度が浅くても地盤の液状化は生じにくい。④表層が非液状化層であっても、その下の砂層で完全液状化が生じると、地盤の液状化による被害が生じる。

本判定法では、砂層の液状化が地表の構造物に大きな影響を与える表層厚を 6m とし、表層砂層厚と砂層の  $F_L$  値が 1.0 及び 0.8 以下となる出現深度との関係から液状化判定を行う。(図-7) その判定基準を表-4 に示す。

表-4 表層砂層の  $F_L$  値による液状化危険度ランク

液状化層の出現深度	$F_L < 1.0, F_L < 0.8$ の出現深度 $Z$ (m)					
	1	2	3	4	5	
	$Z \leq 3$ $F_L < 0.8$	$Z \leq 3$ $0.8 \leq F_L < 1.0$	$3 < Z \leq 6$ $F_L < 0.8$	$3 < Z \leq 6$ $F_L < 0.8$	$Z > 6$ $F_L < 1.0$	
表層砂層厚 (m)						
a	$3 \leq 1$	4	4	4	3	2
b	$2 \leq 1 < 3$	4	3	3	2	1
c	$1 \leq 1 < 2$	3	2	2	2	1
d	$0 \leq 1 < 1$	2	2	2	1	1

(原本とランク番号を逆にした)

(凡例) 4: 液状化の可能性大 2: 液状化の可能性小  
3: 液状化の可能性中 1: 液状化の可能性なし

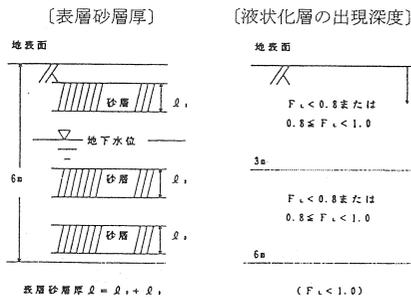


図-7 表層砂層厚と液状化層の出現深度

### 5.2 浅層土質パターンによる液状化の判定

鳥取地盤図では、地盤の土質構成を浅層部と支持層までの深層部とにわけて、表 5-4 のように土質パターン図を定め、地盤解析を試みている。

今回は、主に表層部の液状化による地盤変状予測を主眼とするため、浅層土質パターンを用いて解析する。

表-5 土質パターン区分表

区分	浅層地盤の土質パターン				支持層までの土質パターン			
	対象地盤							
土質パターン	深度 0 ~ 5 m				沖積層と洪積層の一部			
	1	2	3	4	1	2	3	4
柱状図	粘土のみ	粘土→砂	砂のみ	砂→粘土	粘土のみ	粘土→砂	砂のみ	砂→粘土
表記記号								
備考	粘土→砂又は砂→粘土の場合、上部土質が 2m 未満の場合は粘土のみ又は砂のみの単層とする。1. 0 未満の中間層は無視							

浅層土質パターンによる液状化の評価は、砂層が主体の場合は液状化危険度が高く、粘土の場合は液状化危険度が低い、という極めて基本的事項を考慮に入れる判定基準を表-6 のように設定する。

表-6 浅層土質パターンによる危険度評価

土質パターン	1	2	3	4
	粘土のみ	粘土→砂	砂のみ	砂→粘土
液状化危険度ランク	1	2	4	3

危険度高い 4 ←→ 1 低い

### 5.3 低N値からの地盤変状判定

地下水以浅の緩い砂層や軟弱な粘性土については、いわゆる液状化現象は生じないが、地震動が増幅しやすく、同時に流動化(地盤変状)や強度低下を生じやすい。この結果、特に低層住宅などの直接基礎構造の建物では支持力不足や地盤変状で被害が発生する可能性が高い。また、阪神大震災で盛土造成地での被害が顕著であったことも挙げられる。そして、これらは液状化現象でないため、 $F_L$  計算等に反映されない。

そこで、浅層の低N値分布からの地盤変状(流動化)危険度の評価基準を設定してみる。N値の範囲は、本来ならば過去の被災履歴調査等から設定すべきと考えるが、今回はこの設定値(表-7)で変状予測を試みた。

表-7 浅層部の低N値からの地盤変状(流動化)危険度評価

流動化危険度ランク	深度 5m 以内のN値
4	$N \leq 1$
3	$1 < N \leq 2$
2	$2 \leq N \leq 4$
1	$4 < N$

危険度高い 4 ←→ 1 低い

また、地震による地盤変状ではないが、粘性土全深度のN値分布から圧密沈下危険度ランクも表-8にしたがって評価する。なお、その評価にあたっては粘土層厚は考慮しない。

表-8 粘性土の圧密沈下危険度ランク

圧密沈下危険度ランク	粘性土のN値 (全深度)
4	$N \leq 1$
3	$1 < N \leq 2$
2	$2 < N \leq 4$
1	$4 < N$

危険度高い4 ←→ 1 低い

5.4 地形分類による地盤変状の判定

従来より地形や液状化履歴による液状化予測は、各種提案されている。

今回は、それらを参考にして、米子地域における「地形分類による地盤変状危険度ランク」を表-9のように作成し、評価基準とした。

表-9 地形分類による地盤変状危険度ランク

地形分類	地盤変状危険度ランク
砂州	3
扇状地, 自然堤防	3
後背湿地, 谷低地	4
溺谷埋積低地	4
河道	3
埋立地, 干拓地	4
丘陵地 (段丘含む)	2
山地	1

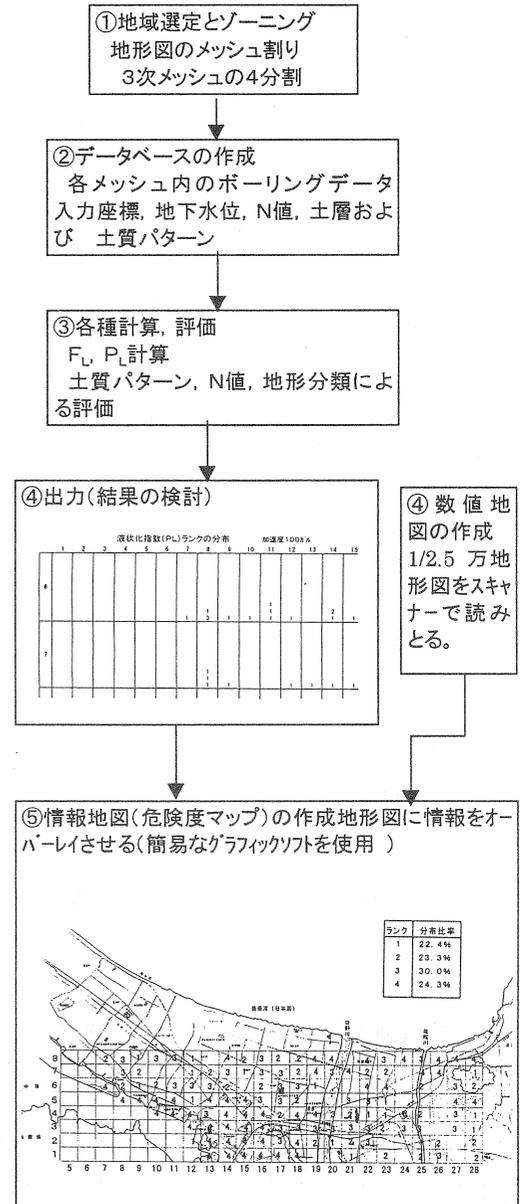
危険度高い4 ←→ 1 低い

後背湿地や溺谷埋積低地などの低地部には緩く堆積した砂層が分布し、地下水も高いことから液状化が発生し易い。また、液状化を発生しなくとも地震動の増幅による地盤変状が予測される。

埋立地は各地の被災履歴から、ランク4とする。砂州や扇状地は上記よりも、密に堆積したと考えられるためランクを1つ減じて3とする。丘陵地は古い段丘礫が主体であるため、さらに危険度ランクを下げる。山地については地震による斜面崩壊や落石は対象外とし、ランク1とした。

6. 簡易なGISシステムの構築フロー

表-10 簡易GISシステムの構築フロー



地域選定は、各種の地形的特徴が見られる横 13.5 km、縦 3.7 kmの帯状地域とし、この地域を3次メッシュの4分割(約 500m×500m)にゾーニングした。データベースでは、各ボーリングの位置、地下水位、N値、土層等を入力し、データの追加、更新が可能なものとした。結果の評価は各ボーリング毎に種々の計算・検討を行い、ゾーニングしたブロック内での最も危険なランクをブロックの代表評価とした。結果の表現は、地形図とオーバーラップさせ、視覚で容易に判別できるようにした。

7. 変状予測結果の考察

1)  $F_L$ 法による液状化判定

想定加速度別の危険度ランクの評価結果を表-11に示し、危険度マップの解析例を図-8に示す

表-11 想定加速度別の危険ランクの割合(%)

評価方法	P <sub>L</sub> 法による評価					表層砂層のF <sub>L</sub> による評価 (東京都)					
	100	200	300	400	800	100	200	300	400	800	
危	1. 低い	55.2	22.4	14.8	13.8	12.1	19.8	14.8	13.1	12.9	12.9
険ラ	2. やや高い	24.0	23.3	11.7	6.2	2.6	61.0	24.8	12.9	10.5	8.8
シ	3. 高い	14.8	30.0	26.9	21.4	15.2	5.5	8.8	6.0	6.2	5.2
ク	4. 特に高い	6.0	24.3	46.7	58.6	70.0	13.8	51.7	68.1	71.4	73.1

$F_L$ 法を基本とした、 $P_L$ 法による評価と表層砂層による評価を比べると、想定加速度 800Gal の大きな地震に対しては、同様な評価結果となるが、400Gal より小さな加速度では、表層砂層による評価の方が危険度ランクが高くなっている。また、表層砂層に

よる評価では 400Gal 以上の評価が余り変化していない。表層砂層による方法の危険度ランクが高くなるのは、この方法では評価が局所的な低N値砂層に大きく支配されるためであると考えられる。

以上のことから、土層全体の評価をする場合は、 $P_L$ 法の方が現実的であると思われる。表層砂層法は浅い深度の重要埋設物(ライフライン)に対しての適用等が考えられる。

$P_L$ 法の評価を地形的に見ると、想定加速度が100~200Gal では溺谷埋設低地域の危険度が高く、300Gal 以上になると砂州も危険度が高くなる傾向にある。また地表面加速度は、実際には地形や地質条件によって異なってくる。当地域では日野川右岸と左岸で条件が変化し、それによる加速度変化も予測される。今回の解析は5とおりの大きさの加速度で行っているため、右岸、左岸と異なった加速度で評価することも可能である。



図-8 危険度マップの解析例( $P_L$ 法、表層・砂層法)

2) 浅層土質パターンによる液状化の判定

浅層土質パターンによる液状化危険度マップを図-9に示す。この判定結果を高い危険度ランク3, 4に着目して見ると、図-10のP<sub>L</sub>法の想定加速度300~400Galの評価結果とよく似かよっていることが分かる。

表-12 浅層土質パターンによる危険度ランクの割合(%)

危険度ランク	分布比率 (%)
1. 低い	14.8
2. やや高い	14.8
3. 高い	12.9
4. 特に高い	57.6

したがって、震度階VI程度の大きな地震については、浅層土層パターンによる液状化の判定が利用できる。図によると、危険度ランク4の区域は、81.7%

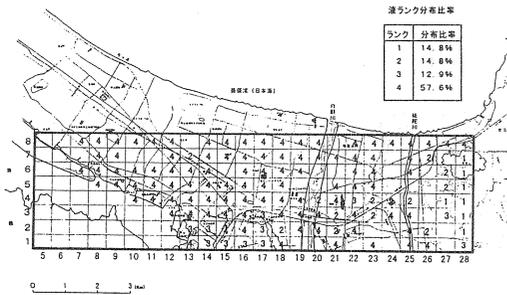


図-9 浅層土質パターンによる液状化危険度マップ

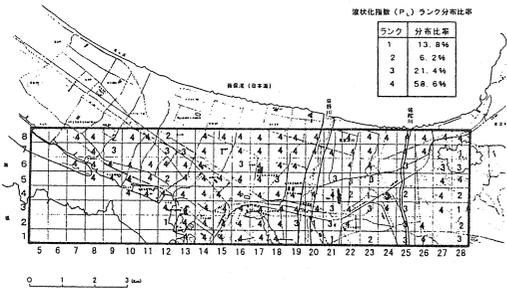


図-10 危険度マップの出力例(想定加速度 400Gal)

3) 浅層N値からの判定

深度5m以内の浅層N値からの地盤変状危険度評価結果を図7-4に示す。

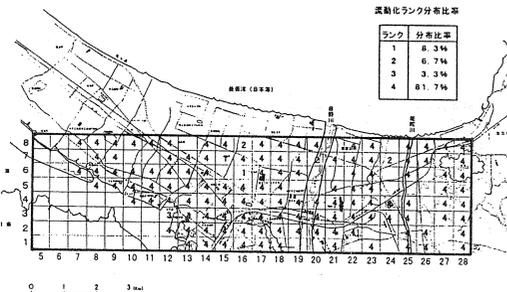


図-11 浅層N値による地盤変状危険度マップ

と高い分布を示している。これは、先のP<sub>L</sub>法の、800Gal時の数値よりも高い値である。当該地のような臨海平野部においては、低N値の分布域が非常に広いため、危険度の高い地域が大部分を占める結果になった。

また、丘陵地においても低N値の火山灰質粘土が分布していることから危険度が高くなっている。

以上のことを考慮すると浅層N値からの判定は、土地の用途区分を加味して用いることが考えられる。たとえば、住居区域や造成地で危険度が高い区域を要注意とする等。図-12に都市計画図の用途区分を地形図に重ねて示す。

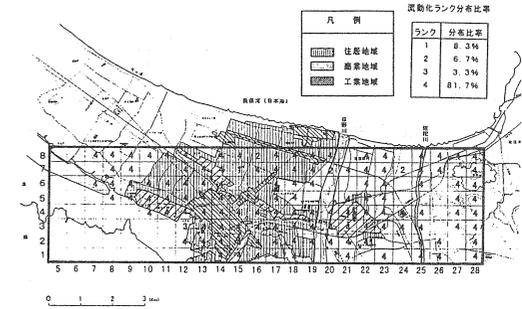


図-12 浅層N値による危険度マップと土地利用区分

4) 粘性土のN値による圧密沈下危険度マップ

地震等による地盤変状とは別に、粘性土の低N値分布を平面的に知ることにより、盛土時の圧密沈下危険区域が明瞭に判別できる。

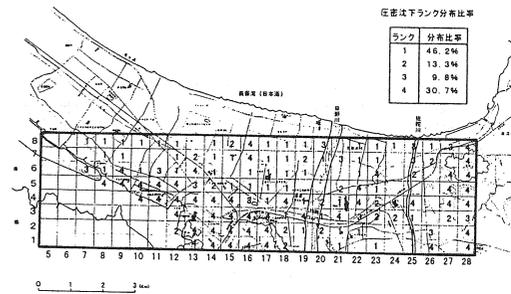


図-13 粘性土のN値による圧密沈下危険度マップ

## 5) 地形分類による地盤変状危険度の判定

図-14 に地形分類による地盤変状危険度マップを示す。

これによると、危険度ランク4が62.5%占めている。この結果は、 $P_L$ 法による判定の加速度400~800Gal時の結果に似かよっている。したがって、地形分類による判定はかなり危険度を高く評価しており、震度階VI以上の大きな地震における判定に利用できるが、中小規模の地震に対しては、ランク設定についての再検討が必要である。

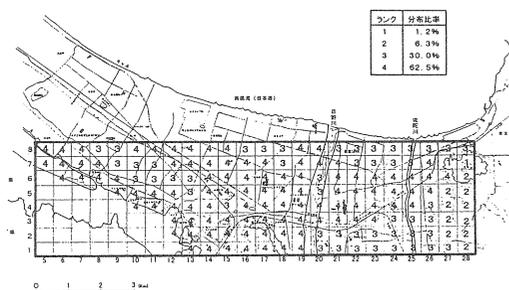


図-14 地形分類による地盤変状危険度マップ

## 8. まとめ

地盤データおよび地盤断面図を活用し、地盤データベースと簡易なGISシステムを構築することにより、地震時の地盤変状予測を行った。

今回の地盤変状予測の結果を簡単にまとめると次のようになる。

1)  $F_L$ 法を用いたゾーニング解析には、表層砂層法より $P_L$ 法を用いた方が現実的である。また、 $P_L$ 法は特に中小規模の地震変状予測には適する。

2) 震度階VI以上の大きな地震に対しては、浅層土質パターンによる簡易な液化化予測でも十分利用できる。

3) 浅層N値のみでの変状予測は、米子地域のような臨海平野部では危険度を高く見積もりすぎる。このため、この方法を用いる際には土地利用形態、たとえば盛土区域、低層住宅地域などを加味して、評価しなければならないと思われる。

4) 地形分類による地盤変状予測は、かなり危険度が高く評価される傾向にある。したがって、大きな地震に対しては有効であるが中小規模の地震に対しては検討する余地がある。

5) 粘性土の低N値分布による圧密沈下危険度マップは、平面的に沈下危険区域が判別できるため非常に有効なマップといえる。

最後に、情報化時代の流れの中で、地盤情報のデータベース化は、なかなか進んでいないのが現状である。しかしながら、今回行ったような簡易なシステムでデータベース化を図っていくことだけでも、大量のデータを多目的に使える貴重な技術情報になり得るものだと考える。

今回は、限られたデータを用いて米子地域の地震時の地盤変状予測を試みたが、さらなるデータの蓄積や新しい解析手法によってさらに精度を高めていきたい。

## 参考文献

- 1) 経済企画庁：土地分類基本調査、1967
- 2) 地盤工学会中国支部：'96鳥取地盤図、1996
- 3) 日本の地質「中国地方」編集委員会編：共立出版(株)、1987
- 4) 勝又 護：地震発生時のしくみ、成美堂出版、1995
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書同解説、1996
- 6) 岩崎敏男、龍岡文夫、常田賢一、安田 進：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例、第5回日本地震工学シンポジウム講演集、1978
- 7) 岩崎敏男、龍岡文夫、常田賢一、安田進：地震時地盤液化化の程度の予測について、土と基礎 Vol.28、No.4、1980
- 8) 東京都土工技術研究所：東京低地の液化化予測、1987