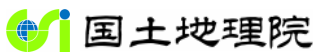


液状化リスク評価のための 地形・地盤分類情報の 効率的整備手法の開発

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室
中埜 貴元



Geospatial Information Authority of Japan

本日の報告内容



1. 液状化現象について
2. 液状化リスク（危険度）評価の現状と課題
3. 液状化ハザードマップ作成のための地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の作成
4. 地形・地盤分類情報の効率的作成手法の開発
5. まとめにかえて

1. 液状化現象について

2. 液状化リスク（危険度）評価の現状と課題

3. 液状化ハザードマップ作成のための地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の作成

4. 地形・地盤分類情報の効率的作成手法の開発

5. まとめにかえて

Slide 3

液状化現象とは？

地震の際に地下水位の高い砂地盤などが、振動により液体状になる現象のこと。

- 地上の重い構造物は埋没したり傾いたりし、地中の軽い構造物（下水管等）は浮き上がったりする。
- 液体状になった砂泥が地表に噴出する（噴砂）。



← 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う液状化発生例



Slide 4

液状化現象が発生すると...

写真出典:NDL東日本大震災アーカイブ



マンホールの浮き上がり

家屋・電柱の傾倒

噴砂の堆積・水没

交通障害・避難路の断絶などが発生

どこでどの程度の液状化が発生するのか、あらかじめ把握しておくことが重要

液状化リスク評価

液状化ハザード(危険度)マップ

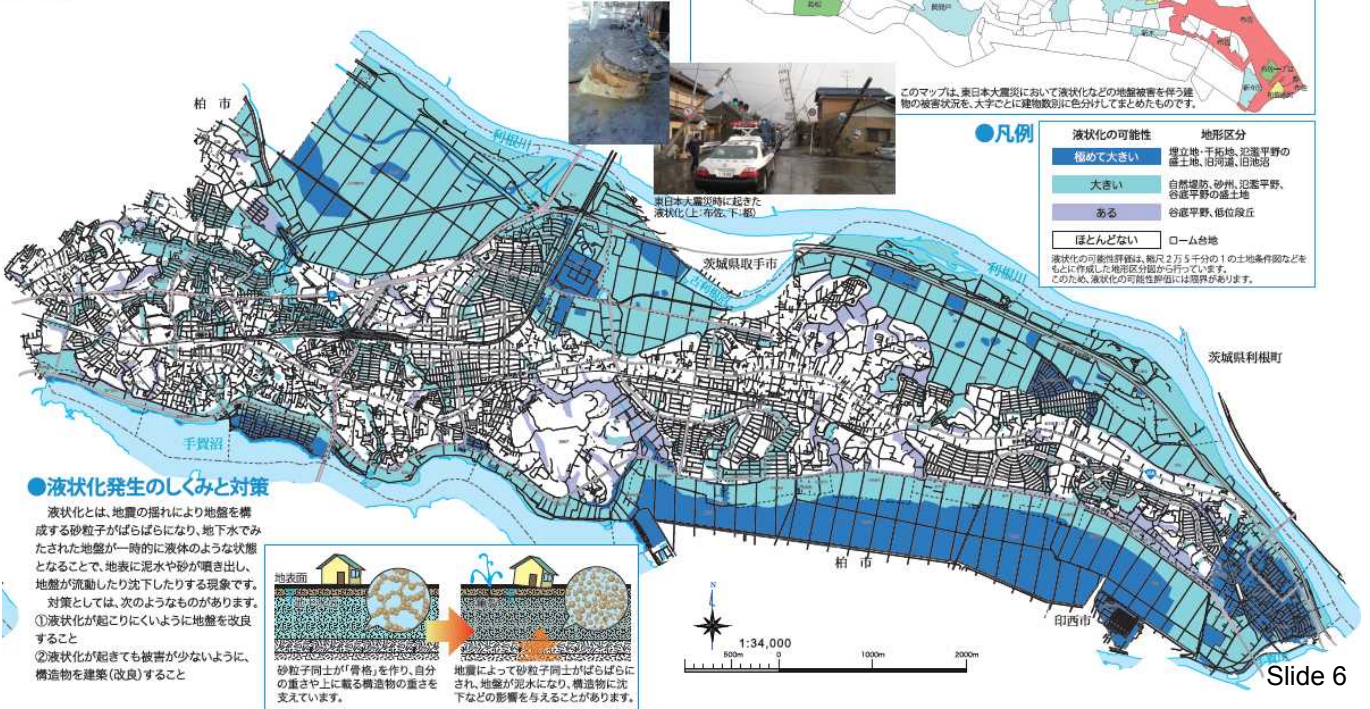
全国の整備率(2014年4月時点)は約18% Slide 5

液状化ハザード(危険度)マップの例

あびこ地震ハザードマップ
液状化危険度マップ

●液状化危険度マップとは?
 東日本大震災では、市内でも液状化が発生し、建物やライフラインに被害が発生しました。ここに示した液状化危険度マップは、市内の詳細な地形図をもとに、液状化の発生可能性を評価したものです。なお、液状化のしやすさは、地下水位や地盤を構成する砂泥の粒の大きさによっても変わるため、おおよその目安としてご覧下さい。

●東日本大震災の地盤被害状況



1. 液状化現象について
- 2. 液状化リスク（危険度）評価の現状と課題**
3. 液状化ハザードマップ作成のための地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の作成
4. 地形・地盤分類情報の効率的作成手法の開発
5. まとめにかえて

Slide 7

液状化リスク(危険度)評価とは？

液状化ハザードマップを作成するために、地震に伴う地盤の液状化の発生可能性（危険度）を評価すること。

主な評価手法

● 計算式を用いる手法

地盤の固さなどと地震の揺れの大きさから、どの程度液状化する可能性があるかを計算する方法

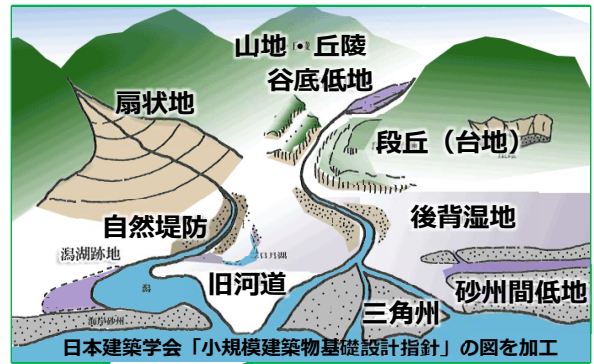
● 経験則を用いる手法

過去の地震でどのような場所（地形）で液状化が発生したかを整理した結果から経験的に評価する方法

Slide 8

● 計算式を用いる手法

- 定量的な評価が可能
- × 面的な評価が困難
- × 専門的な知識が必要



● 経験則を用いる手法

- 地形の情報（**地形・地盤分類情報**）を用いた面的な評価が可能
- 評価が比較的容易
- × 定性的な評価で、評価の基準が多数存在
- × 評価範囲の細かさが**地形・地盤分類情報**に依存

Slide 9

経験則による液状化リスク評価の課題

● 評価の基準が多数存在し、条件もやや複雑。

微地形分類図と表 5.5.1 の液状化判定基準を使用して、地盤表層の液状化の可能性を地震動のレベルに応じて、それぞれ下記の4段階に判定する。

- レベル1地震動—「大」、「小」、「無」
- レベル2地震動—「極大」、「大」、「小」、「無」

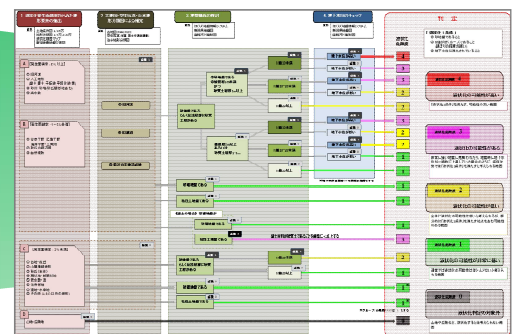
表 5.5.1 地形から見た判定基準

グレード1	地盤表層の液状化可能性の程度		微地形区分
	レベル1地震動	レベル2地震動	
液状化の検討を要する地域	大 液状化の可能性は大きい。	極大 液状化の可能性は非常に大きい。	埋立地、盛土地、旧河道、旧池沼、蛇行州、砂泥質の河原、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、湧水地点
	小 液状化の可能性は小さい。	大 液状化の可能性は大きい。	自然堤防、湿地、砂州、後背低地、三角州、干拓地、緩扇状地、デルタ型谷底平野
	極小 液状化の可能性は極めて小。	小 液状化の可能性は小さい。	扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜、扇状地型谷底平野
要しない地域	無 可能性無し。	無 可能性無し。	台地、丘陵地、山地

(注1)・ここで言う盛土地とは、崖・斜面に近接した盛土地、低湿地・干拓地・谷底平野の上の盛土地をさす。これ以外の盛土地は、盛土前の地形区分と同等に扱う。

(注2)・自然堤防のうち、自然堤防縁部、比高の小さい自然堤防等、地下水位が高い部分(G.L.2m~G.L.3m以浅)は液状化の可能性を1ランク高く評価する。

- ・砂丘のうち、砂丘末端斜面、切土部等、地下水位が高い部分は液状化の可能性を2ランク高くする。
- ・段丘、台地上でも凹地部分等では、地下水位が高いため、液状化の可能性がある。



北陸地方整備局・地盤工学会北陸支部 (2012) の液状化しやすさ判定フロー

地盤表層の液状化可能性の程度		微地形区分
レベル1 地震動レベル	レベル2	
大 液状化の可能性は大きい。	極大 液状化の可能性は非常に大きい。	埋立地、盛土地、旧河道、旧池沼、ポイントバー、砂泥質の河原、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、湧水地
小 液状化の可能性は小さい。	大 液状化の可能性は大きい。	自然堤防、湿地、砂州、後背湿地、デルタ、干拓地、緩扇状地、デルタ型谷底平野
極小 液状化の可能性は極めて小さい。	小 液状化の可能性は小さい。	扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜、扇状地型谷底平野
無 可能性無し。	無 可能性無し。	台地、段丘、丘陵地、山地

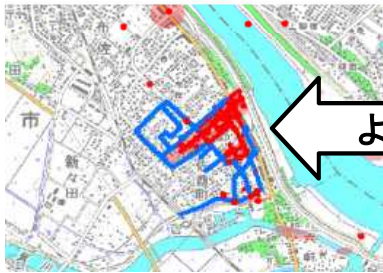
ここで言う盛土地とは、崖・斜面に近接した盛土地、低湿地・干拓地・谷底平野上の盛土地をさす。これ以外の盛土地は、盛土前の微地形区分と同等に扱う。

・自然堤防のうち、自然堤防縁部、比高の小さい自然堤防等と地下水位が高い部分(G.L.-2m~G.L.3m以浅)は液状化の可能性を1ランク高く評価する。

・砂丘のうち、砂丘末端斜面や切土部など地下水位が高い部分は液状化の可能性を2ランク高く評価する。

若松ほか (2005) の液状化可能性判定基準

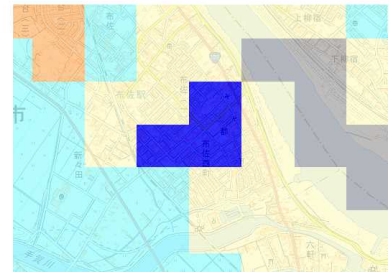
- 現状で全国をカバーしている地形・地盤分類情報は250mメッシュサイズ
- 狭い地域の液状化リスクを十分に表現できない



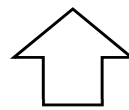
東日本大震災による液状化被害箇所 (赤色部分)



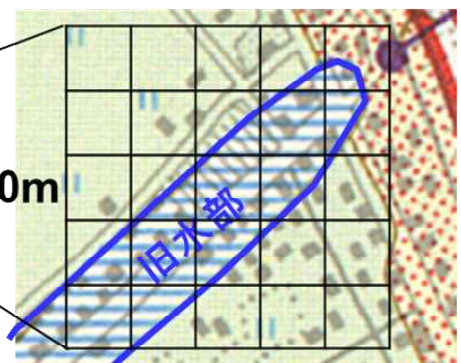
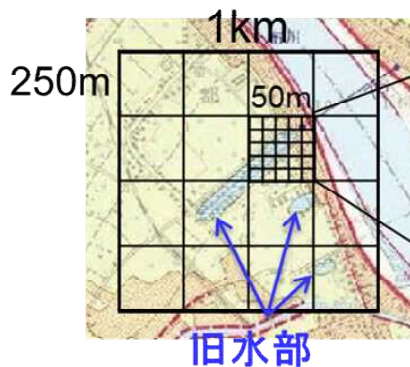
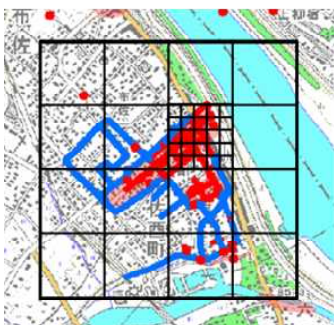
左図と同じ場所の詳細な地形・地盤分類図



左図と同じ場所の250mメッシュ微地形区分図



- こういう分類図は主要な平野部にしかない
- 作るのが結構大変...



- 50mメッシュサイズなら狭い地域も評価できそう！
- メッシュデータなら作る手間も従来よりは少なくて済みそう！

- 行政の防災担当者等にもわかりやすい、**シンプルな地形・地盤分類情報項目**と、各地形・地盤分類における液状化の発生可能性を示した**リスク評価基準**が必要
➔ **従来成果を統合して再整理**
- 空間的に詳細な**50mメッシュサイズ**の**地形・地盤分類情報**が必要
➔ **既存の250mメッシュ地形・地盤分類データから効率的に作成する手法を開発**

Slide 13

本日の報告内容

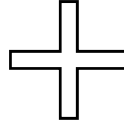
1. 液状化現象について
2. 液状化リスク（危険度）評価の現状と課題
3. **液状化ハザードマップ作成のための地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の作成**
4. 地形・地盤分類情報の効率的作成手法の開発
5. まとめにかえて

Slide 14

● 地形・地盤分類と液状化リスクの関係をまとめた従来研究成果の整理・統合・体系化

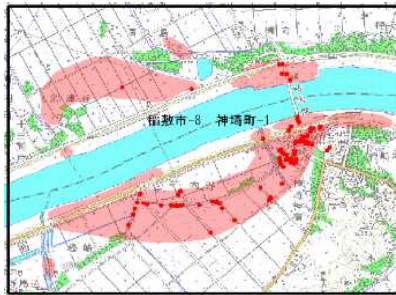
翠川・松岡（1995）、松岡ほか（2005）、国土地理院（2007）、若松ほか（2008）、小荒井・佐藤（2009）、松岡ほか（2011）、他5件を参照

液状化の発生可能性		液状化の発生可能性	
大	小	大	小
液状化の発生可能性は非常に大きい	液状化の発生可能性は大きい	液状化の発生可能性は非常に大きい	液状化の発生可能性は大きい
液状化の発生可能性は中程度	液状化の発生可能性は小さい	液状化の発生可能性は中程度	液状化の発生可能性は小さい
液状化の発生可能性は非常に小さい	液状化の発生可能性はほぼ無し	液状化の発生可能性は非常に小さい	液状化の発生可能性はほぼ無し



地形・地盤分類	液状化の発生可能性
埋立地	非常に大きい
干拓地	大きい
盛土地	やや大きい
旧河道	非常に大きい

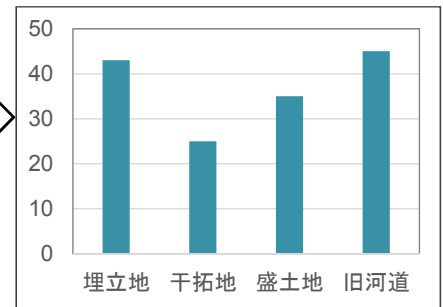
● 東日本大震災における被害を含めた災害事例による分析



液状化被害と地形・地盤分類情報との重ね合わせ



地形・地盤分類情報項目別液状化発生率の算出



Slide 15

土地条件図の地形分類	250mメッシュ地形・地盤分類	液状化ハザードマップ作成用地形・地盤分類	液状化発生可能性
更新世段丘	ローム台地／岩石台地	更新世段丘	ほぼ無し
完新世段丘	砂礫質台地	完新世段丘	小さい
扇状地	扇状地	扇状地 (勾配1/100以上)	小さい
		扇状地 (勾配1/100未満)	やや大きい
自然堤防 天井川沿いの微高地	自然堤防	自然堤防 (比高5m以上)	やや大きい
		自然堤防 (比高5m未満)	大きい
砂洲・砂堆・砂丘	砂洲・砂礫洲	砂洲・砂堆・砂礫洲等	やや大きい
	砂丘	砂丘	小さい
凹地・浅い谷	(形成前の地形 (現在の隣接地形) による)	低地隣接砂丘縁辺部	非常に大きい
		-	-
谷底平野・氾濫平野 海岸平野・三角州	谷底低地／三角州・海岸低地	谷底平野・海岸平野等 (勾配1/100以上)	やや大きい
		谷底平野・海岸平野 (勾配1/100未満)	大きい
後背低地	後背湿地	後背湿地	大きい
	砂洲・砂丘間低地	砂洲・砂丘間低地	非常に大きい
旧河道	旧河道	旧河道	非常に大きい
高水敷・低水敷・浜	河原	河原等	大きい
高い盛土地 盛土地・埋立地 干拓地、旧水部	埋立地	埋立地 (*2)	非常に大きい
	干拓地	干拓地 (*2)	大きい

(*1) 形成前の地形 (現在の隣接地形) に含めることとし、液状化発生可能性・揺れやすさもそれに準ずる。

(*2) 土地条件データに含まれる陸地部の人工地形 (低地の一般面上の盛土地等) は、改変前の地形に含めることとし、液状化発生可能性・揺れやすさもそれに準ずる。

液状化発生可能性	地形・地盤分類情報項目
非常に大きい	・埋立地 ・旧河道 など
大きい	・干拓地 ・比高の小さい自然堤防 など
やや大きい	・勾配の小さい扇状地 ・勾配の大きい谷底平野 など
小さい	・砂丘 ・勾配の大きい扇状地 など
ほぼ無し	・古い段丘面

アンケートを取った地方公共団体等職員(125名)の約3分の2が、**従来の評価基準よりもわかりやすい**と回答

Slide 17

本日の報告内容

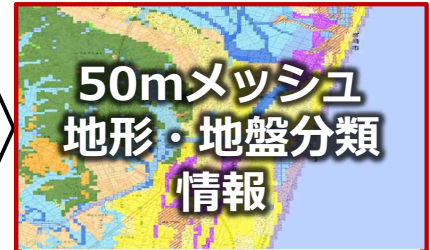
1. 液状化現象について
2. 液状化リスク（危険度）評価の現状と課題
3. 液状化ハザードマップ作成のための地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の作成
- 4. 地形・地盤分類情報の効率的作成手法の開発**
5. まとめにかえて

Slide 18



既存情報を組み合わせて、
分類規則を導出

分類規則



例えば...

250mメッシュ地形・地盤分類が「丘陵」で、
[傾斜度] < 5度 かつ
[湿潤度(水の溜まりやすさ)] < 1
の場所は「古い段丘」に変更

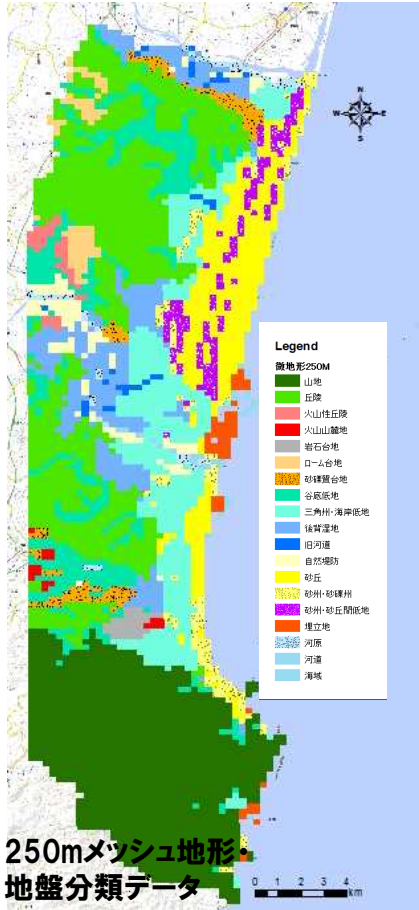
【参考文献】石井ほか（2007），石井ほか（2011）など

Slide 19

手法開発のモデル地区



Slide 20



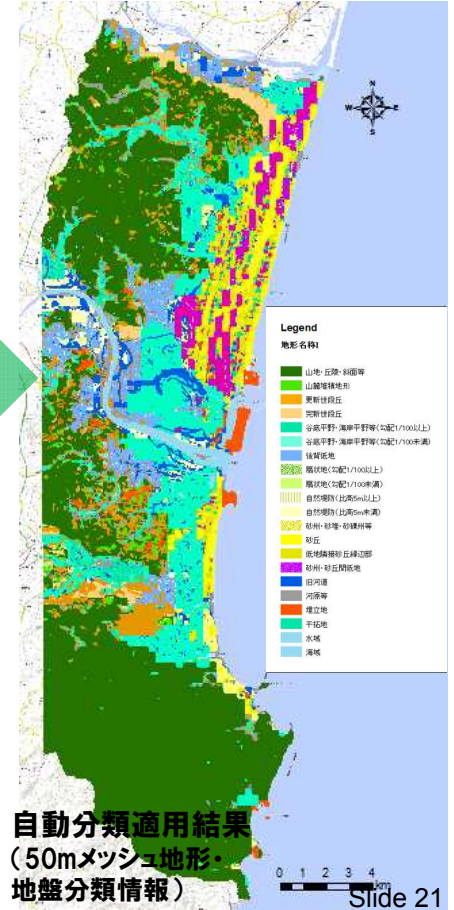
① 分類規則に基づいて、250mメッシュ地形・地盤分類データを50mメッシュ地形・地盤分類データに変換

分類規則

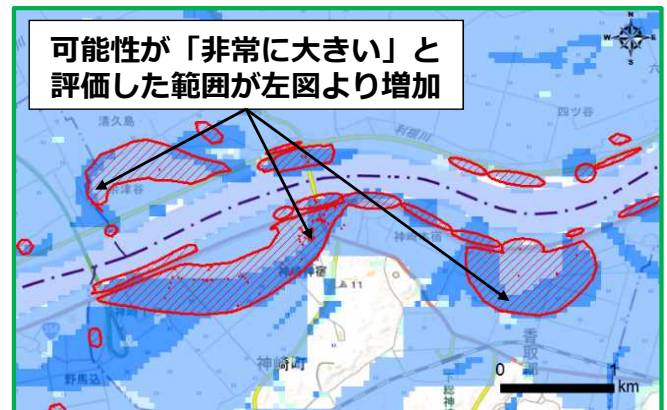
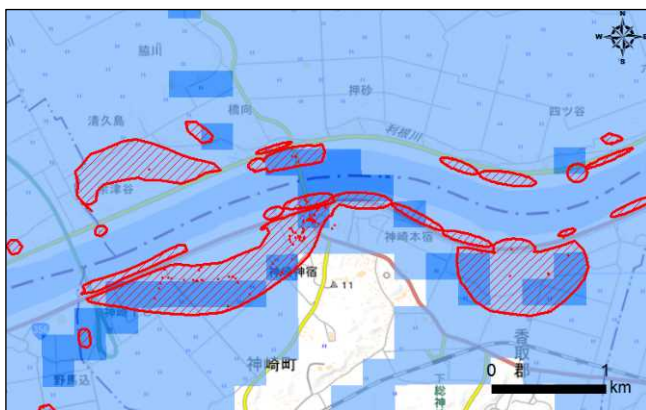
**フィルタリング/
旧河道・旧水部
適用処理**

② フィルタリング処理及び他の情報源の旧河道・旧水部データの適用

**従来の写真判読法の
5分の1の作業人日数**



関東地方における2011年東北地方太平洋沖地震に伴う液状化発生地域(関東地整, 2011)と液状化リスク評価結果との比較



液状化発生地点

液状化発生可能性

- ほぼ無し
- 小さい
- やや大きい
- 大きい
- 非常に大きい

右図の本研究成果の方が、左図の従来データよりも、実際の液状化発生場所をより多く「発生可能性が非常に大きい」と評価できている！

液状化リスク評価結果に有効な地形・地盤分類情報が作成できている！

1. 液状化現象について
2. 液状化リスク（危険度）評価の現状と課題
3. 液状化ハザードマップ作成のための地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の作成
4. 地形・地盤分類情報の効率的整備手法の開発
5. まとめにかえて

Slide 23

成果活用の見込み

本研究開発の成果

液状化ハザードマップ作成に有効な地形・地盤分類情報項目とリスク評価基準の体系表

液状化発生 頻度	地形・地盤分類情報項目
非常に大きい	・ 緩斜面傾斜角急傾斜面 ・ 砂丘間地盤 ・ 砂丘 ・ 崖地盤 ・ 崖
大きい	・ 自然堤防（比高5m未満） ・ 砂丘平野・海岸平野（勾配1/100未満） ・ 砂質塩地帯 ・ 砂質帯 ・ 干拓地
やや大きい	・ 緩斜面（勾配1/100未満） ・ 自然堤防（比高5m以上） ・ 砂質・砂礫・砂礫質帯 ・ 砂丘平野・海岸平野等（勾配1/100以上）
小さい	・ 緩斜面傾斜角 ・ 緩斜面（勾配1/100以上） ・ 砂丘
確認無し	・ 更新地帯

DEMデータとリモートセンシングデータを用いた50mメッシュ地形・地盤分類情報の効率的作成手法



活用先(見込・目標)

- 内閣府の評価基準への反映
- 地方公共団体等における地形・地盤分類情報を用いた液状化リスク評価・ハザードマップ作成への活用
- 防災・地理教育資料

↑ データ活用

- 地方公共団体等が50mメッシュデータを整備する場合の技術的支援
(国土地理院においても既存データ等の更新を検討)

Slide 24

熊本市内 (2016年4月16日撮影空中写真)



阿蘇市内 (2016年4月16日撮影空中写真)



畑の噴砂 (小山ほか(2016)より)



水田の液状化による陥没 (2016.5.12調査) Slide 25

ご清聴、ありがとうございました