

中国地質調査業協会 岡山県支部
平成25年度 技術講演会

重力探査による岡山～倉敷平野部の
地下構造と地震動との関係

1. 基盤構造調査の必要性について
2. 重力探査で推定した花崗岩質基盤の構造
3. 基盤構造モデルの地震学的検証

岡山理科大学総合情報学部
生物地球システム学科
西村 敬一

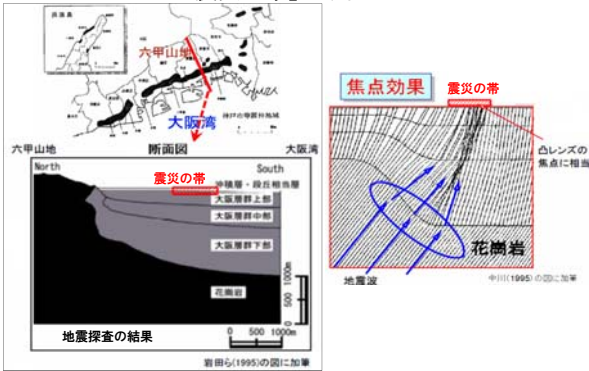
1. 基盤構造調査の必要性について

その1 神戸の地震の教訓

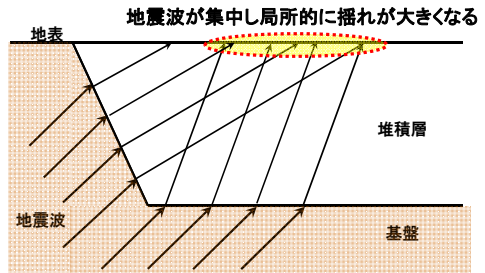
「震災の帯」の成因を明らかにするためには、表層地盤だけでなく、**花崗岩質基盤の形状**(深さと凹凸)を調べなければならない。



「震災の帯」の成因



波線理論による地震波の**焦点効果**の説明



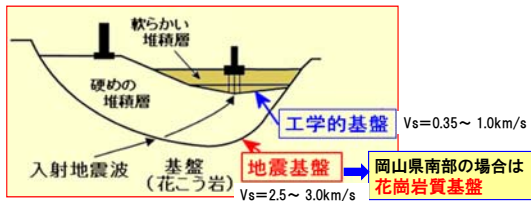
波動理論を用いて、平野や盆地の縁で生成される2次的表面波の影響も考慮する場合は**エッジ効果**と呼ばれる。

その2 「ゆれやすさマップ」では昭和南海地震による岡山平野の被害分布を説明できない。

「ゆれやすさマップ」とは?

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)

地表でのゆれが深部(工学的基盤)でのゆれに対して大きくなる割合(計測震度増分)を示したものである。

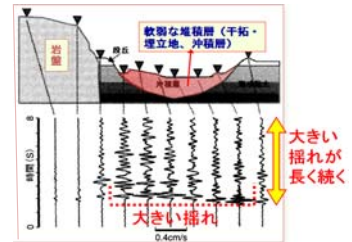


ゆれやすさは何によって決まるか?

$$\left. \begin{array}{l} \text{地層の地震インピーダンス} \\ \sqrt{\text{硬さ} \times \text{密度}} \end{array} \right\} = \text{ゆれにくさ}$$

軟弱な堆積層は → 地震インピーダンスが小さい=ゆれやすい
硬さ:小さい 密度:小さい

アメリカ・サンタクルツでの同時観測の例 King(1990)



『岡山県地震・津波被害想定 報告書』(2013年7月)の場合

$$S(f) = S_c(f) \times P(f) \times G_d(f) \times G_s(f) \quad \text{---スペクトルによる表現}$$

- S(f) : 地表の地震動
- S_c(f) : 断層での地震動
- P(f) : 伝播経路の特性
- G_d(f) : 地震基盤～工学的基盤の深層地盤の増幅特性
- G_s(f) : 工学的基盤～地表の浅層地盤の増幅特性

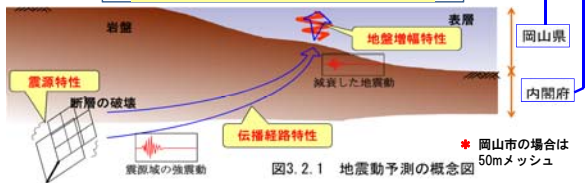


図3.2.1 地震動予測の概念図

岡山県による震度の推計と昭和南海地震の被害

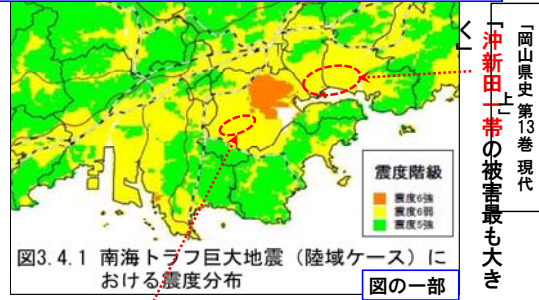
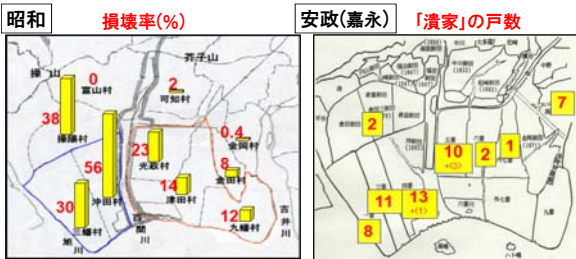


図3.4.1 南海トラフ巨大地震(陸域ケース)における震度分布

地域住民の間で知られていること
 興除新田南部の菅根～藤田の大曲付近の被害が特に大きく、全壊・半壊家屋が帯状に並んだ。

昭和と安政の南海地震による沖新田の被害分布



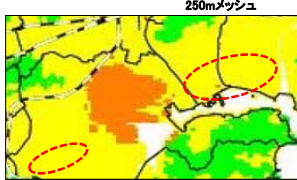
『管内震災被害状況(昭和21年12月24日現在)』により作成
 損壊率(%) = $\frac{\text{全壊} + \text{半壊} / 2}{\text{総戸数}} \times 100$
 1947年臨時国勢調査の「世帯数」を用いた。

岡山市立中央図書館・藤原文庫の古文書により作成
 ()内の数字は外数で、各主からのリストに含まれていたが、大庄屋がチェックして除外した戸数

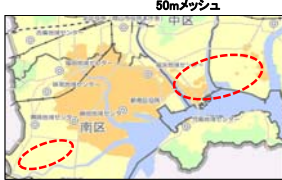
査 昭和南海地震体験者からの聞き取り調査 (総数50名)

被害分布の様相を確認できた。

岡山県による震度の推計



岡山市による震度の推計



(深さ30mまでの平均S波速度)
 AVS30の算定、メッシュサイズ(内挿法)の違いを反映か?

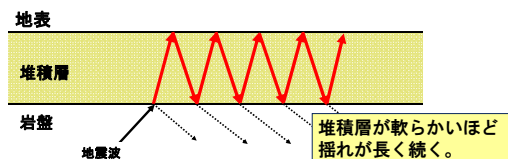
通例の「ゆれやすさマップ」作成手法の限界

いずれの場合も、昭和南海地震の被害が大きかった地域(○)の想定震度に疑問が残る。

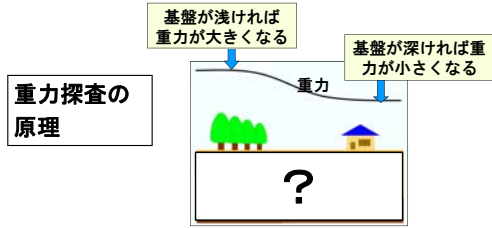
3.11 が提起した「ゆれやすさマップ」のもう1つの問題点

より有効な地震ハザードマップを作るためには、
 震度(ゆれの大きさ)だけでなく、
 ゆれの継続時間をも考慮する必要がある。

- 要因1 震源域の大きさ(マグニチュード)
- 要因2 軟弱な堆積層による多重反射



2.重力探査で推定した花崗岩質基盤の構造



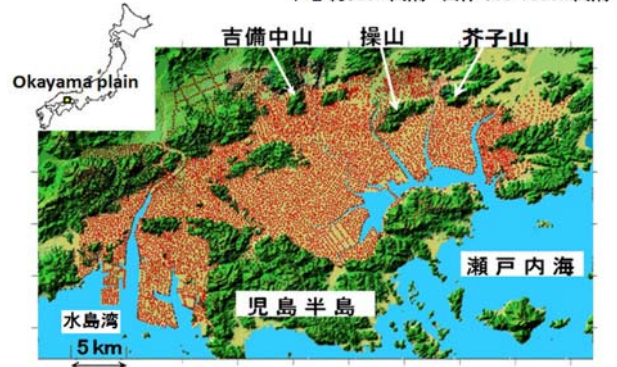
測定データを逆解析して

地震基盤(花崗岩質基盤)の深さと凹凸を推定

重力測定点の分布

総数 7978地点

平地 約300m間隔 山体 500-1000m間隔

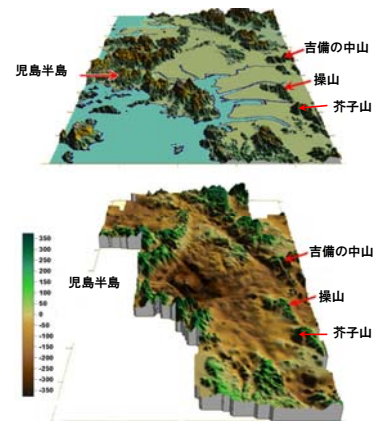


花崗岩質基盤の形状 (7692地点分の解析結果)

2層モデル(堆積層+基盤)を仮定。密度: 堆積層=2.20g/cm³ 基盤=2.60g/cm³

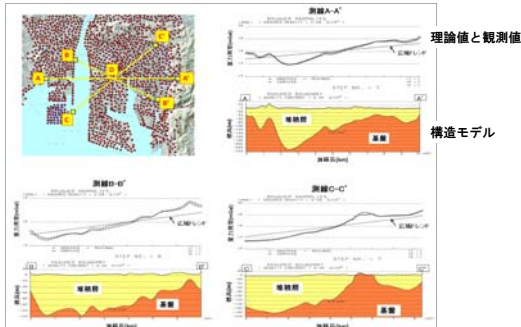


真東からみた鳥瞰



2次元断面解析による堆積層の平均密度の推定

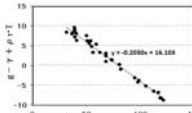
一倉敷市水島・玉島地区の場合



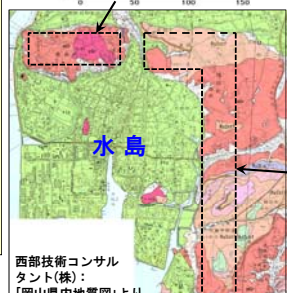
推定結果: 堆積層=2.20~2.25g/cm³ 基盤=2.58~2.61g/cm³

ついでながら

重力データから推定される
山体の平均密度の違い



G-H相関法で求めた
連島山体の平均密度
=2.52g/cm³



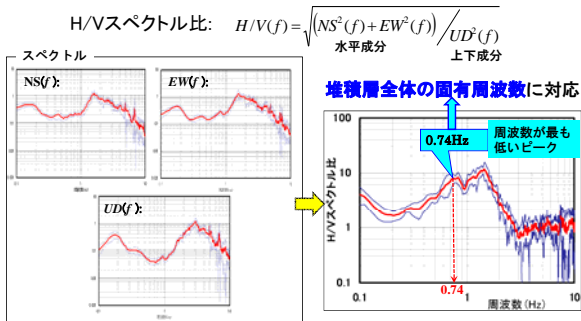
山体の風化度の
違いを反映か?

G-H相関法で求めた
東方山体の平均密度=
2.66g/cm³

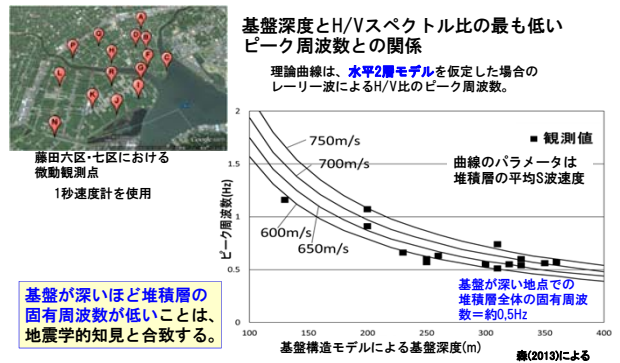
西部技術コンサル
タント(株):
「岡山県内地質図」より

3. 基盤構造モデルの地震学的検証

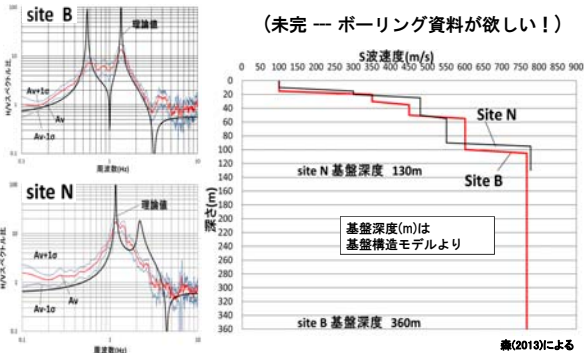
(1) 微動のH/Vスペクトル比を用いた検証



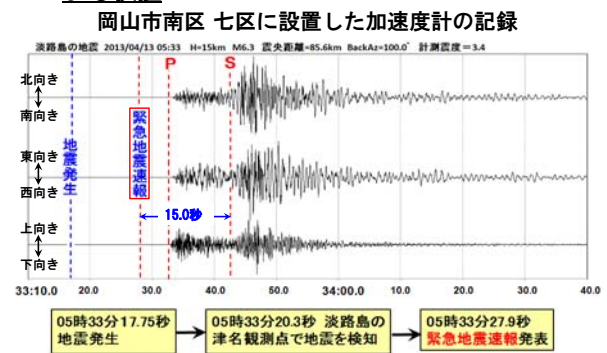
基盤深度と微動のH/Vスペクトル比の関係



堆積層を水平多層構造とした場合のH/Vスペクトル比



(2) 2013/04/13 淡路島の地震(Mj 6.3)の観測記録による検証

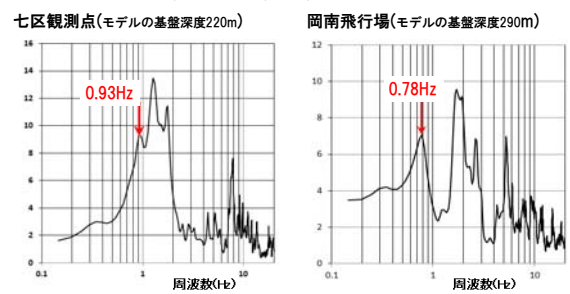


基盤構造と計測震度の関係



県の震度記録によると、児島湾干拓地では、岡山飛行場のみ震度階級4(計測震度3.56)。七区観測点の震度階級が4に近かった(計測震度3.46)ことは、基盤構造モデルと調和的である。

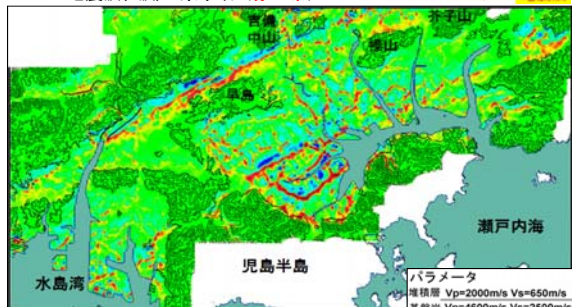
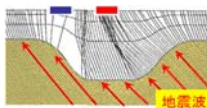
S波部分(20.48秒間)のH/Vスペクトル比



基盤が深い岡山飛行場のピーク周波数が七区観測点よりも低いことは、基盤構造モデルと調和的である。

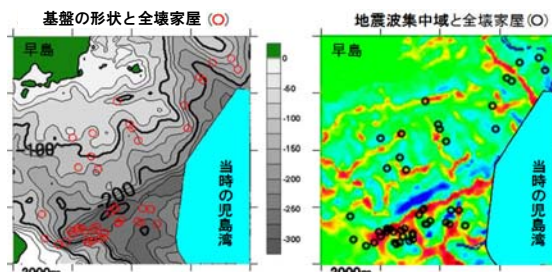
(3) 基盤の形状による地震波の焦点効果

昭和南海地震の震源域から到達する地震波(S波)の集中域(赤い帯)



興除・藤田地区における昭和南海地震体験者からの聞き取り調査による検証

焦点効果によるS波集中域と全壊家屋の分布との関係



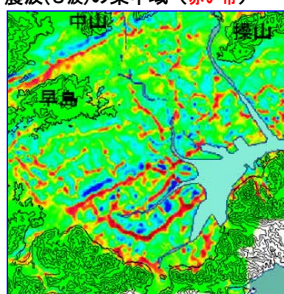
基盤の形状、地震波集中域、および、昭和南海地震による全壊家屋の分布の間に、有意な相関が見られる。

岡山市による南海トラフ巨大地震による震度分布の推計

堆積層による増幅のみを考慮



焦点効果による南海地震からの地震波(S波)の集中域(赤い帯)



両者を重ねて考える必要がある



まとめ

- 重力探査によって岡山～倉敷平野部の花崗岩質基盤構造が明らかになった。
- 得られた基盤構造モデルを、藤田六区・七区における微動観測記録、及び、2013/04/13 淡路島の地震の観測記録を用いて検証した。
- 基盤構造による南海地震の震源域からのS波集中域を算出し、興除・藤田地区の昭和南海地震による被害分布と有意な相関があることを示した。
- 新たに想定された南海トラフ巨大地震による被害予測にあたっては、通例の「ゆれやすさマップ」作成手法に頼るだけでなく、基盤構造の影響をも考慮する必要がある。

今後の課題

- 微動や地震の観測記録を用いた基盤構造モデルの検証をより広い範囲で行う必要がある。
- 重力探査の範囲を広げ、少なくとも総社や西大寺の北～東を含む地域の基盤構造を明らかにする必要がある。
- 基盤構造の地震動への影響を、震度(ゆれの大きさ)だけでなくゆれの継続時間を含めて定量的に検討するために、波線理論でなく波動理論を適用する必要がある。

謝辞

淡路島の地震の震度計による観測記録を提供して下さった岡山県危機管理課に厚く御礼申し上げます。