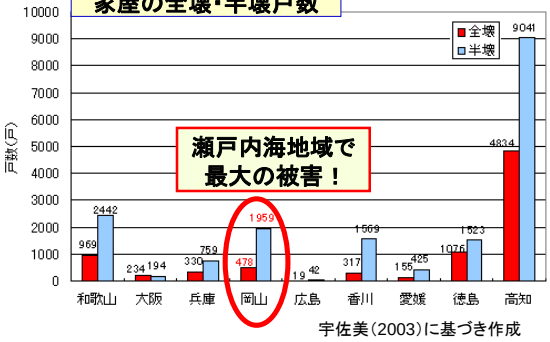
2010.10.15 岡山国際交流センター

岡山平野の基盤構造からみた地震災害

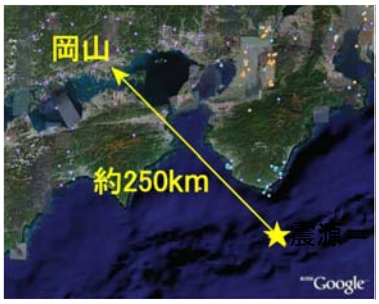
岡山理科大学 総合情報学部
生物地球システム学科
西村敬一

昭和南海地震による家屋の全壊・半壊戸数



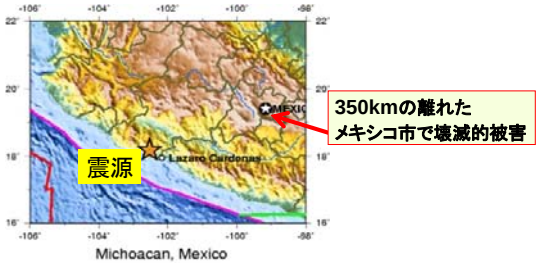
宇佐美(2003)に基づき作成

震源から離れている岡山で、被害が大きかったのはなぜか？



断層破壊の開始点

よく似た事例
1985年9月19日メキシコ地震(M8.1)



1985年メキシコ地震(M8.1)

死者:メキシコ市を中心に 少なくとも9500名

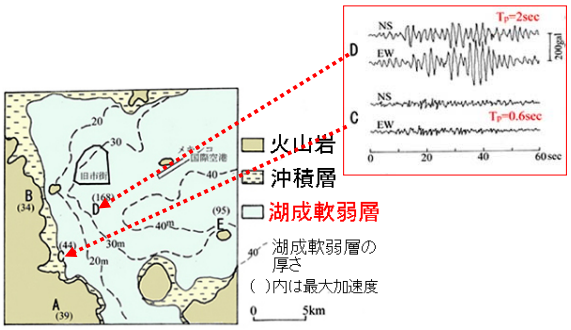
ビルの「パンケーキ状」崩壊

「メキシコ市は当時、近代的防災都市で知られ、被災したホテルの鉄筋強度は日本の2倍・・・」

日本建築学会調査報告書(1987)

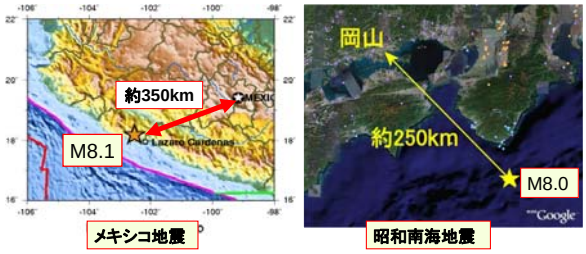
被害が集中したメキシコ市域の大半は、約200年前まで湖底であったところを干拓した土地

日本建築学会:『1985年メキシコ地震に学ぶ』

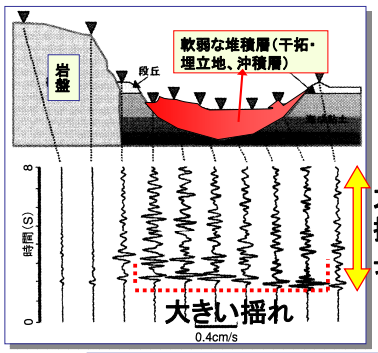


メキシコ市の表層地質と地震動

『応用地質（株）調査速報』(1986)



共通点＝干拓地の軟弱地盤による
地震動の増幅と長く続く揺れ



アメリカ・サンタクルツでの同時観測の例　King(1990)

ゆれやすさは何によって決まるか？

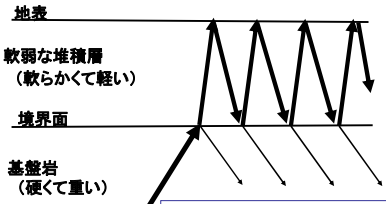
$$\left.\frac{\text{地層の地震インピーダンス}}{\sqrt{\text{硬さ}\times\text{密度}}}\right] = \text{ゆれにくさ}$$

軟弱な堆積層は

硬さ：小さい
密度：小さい
⟹ **地震インピーダンスが小さい**
＝ゆれやすい

軟弱な堆積層でゆれが長く続くのはなぜか？

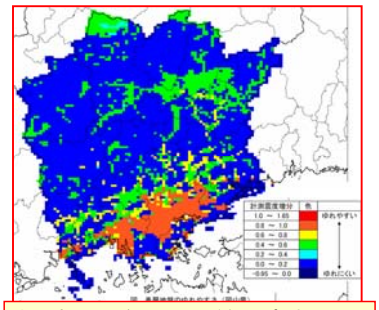
→地震波の多重反射により、エネルギーが堆積層内に閉じ込められるため



境界面での地震波エネルギーの配分比は
堆積層と基盤岩のインピーダンス比で決まる

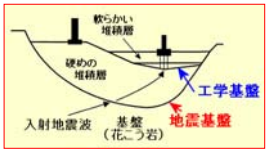
干拓地の表層地盤は軟弱で軽い

『岡山県地質図』(1985)より抜粋・加筆



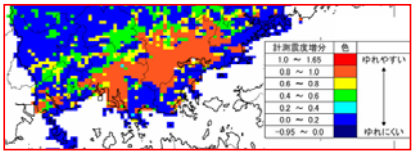
表層軟弱地盤による増幅を考慮した
岡山県の「ゆれやすさマップ」 内閣府(2005)

「ゆれやすさマップ」のもとになる考え方

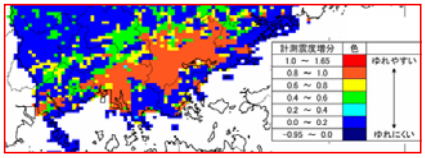


工学基盤より上の
軟らかい堆積層による
地震動の増幅率を算定
＝計測震度の増分

干拓地全域が一様に「ゆれやすい」になる



干拓地全域が一様に「ゆれやすい」



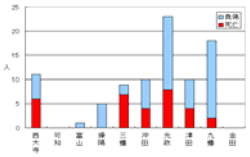
しかし、昭和南海地震の被害分布は一様ではなかった

「沖新田南部、興除新田南部の曽根～藤田・大曲付近の被害が特に大きかった」

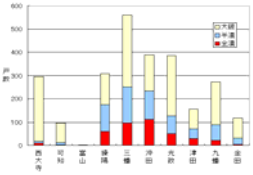
「全・半壊家屋が帯状に並んだ」

例えば、被害が最も大きかった沖新田の場合

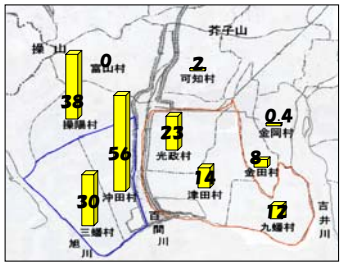
人的被害



建物被害



『管内震災被害状況（昭和21年12月24日現在）』に基づき作成



昭和南海地震による家屋損壊率（%）の分布

$$\frac{\text{全壊＋半壊}/2}{\text{総戸数}} \times 100$$

昭和22年臨時国勢調査の「世帯数」を用いた.

昭和南海地震体験者の証言でも裏づけられた

県内も大被害 はや61年

昭和南海地震
風化を防ごう

証言集め冊子に

2007年12月20日 『山陽新聞』

昭和南海地震

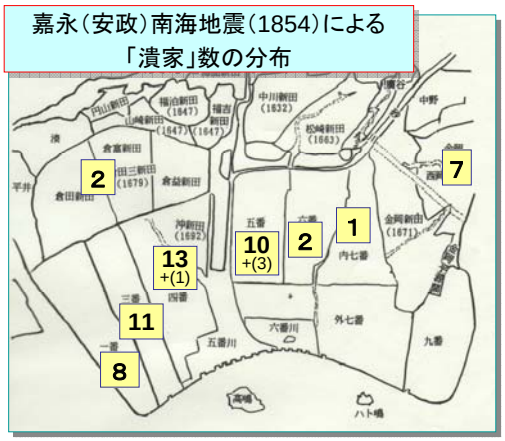
体験者の声 後世に

理科大 小坂さんが証言録

直後の様子生々しく

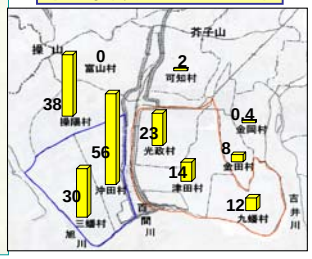
2009年3月31日 『山陽新聞』

嘉永（安政）南海地震（1854）による
「潰家」数の分布



嘉永南海地震による
「潰家」数の分布

昭和南海地震による
家屋損壊率（%）の分布



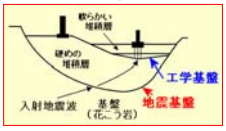
被害分布の様子が似ている

「ゆれやすさマップ」の問題点

南海地震の被害分布が一様でなかったことを どう説明するか？

（ｉ）表層軟弱地盤の枠内で考える？ →「澪筋」説など

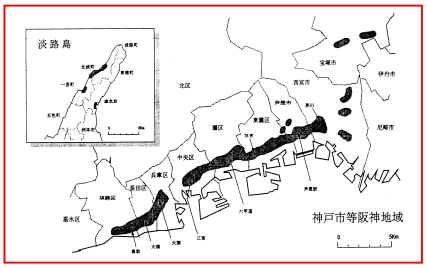
（ii）地震基盤の影響を考える？ →神戸の地震の教訓



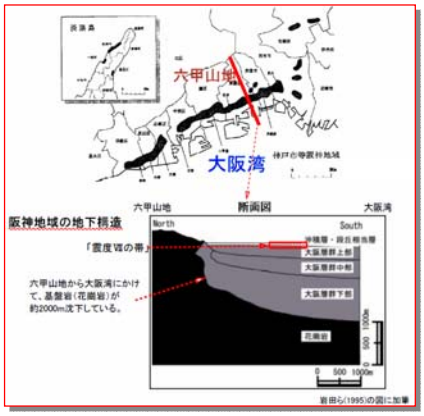
（iii）地震のゆれの長さの影響を考える必要がある
→地震波動論、E-ディフェンスでの実験結果

神戸の地震の教訓とは？

1995年1月17日兵庫県南部地震（M7.3）

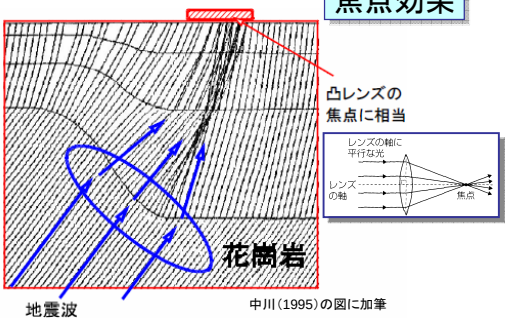


「震災の帯」



岩盤に凹凸があると地震波が集まって揺れが大きくなる場所が生じる

焦点効果

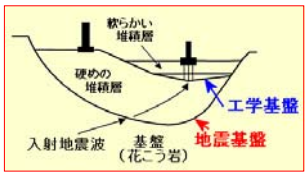


中川（1995）の図に加筆

世界と日本の地震学が学んだ教訓

震災分布の原因を明らかにするためには、表層地盤だけでなく、深い岩盤（地震基盤）の構造に目を向けなければならない。

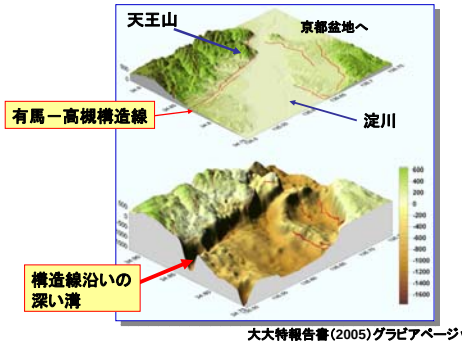
「震災の帯」



対象は
南関東
中部
京阪神

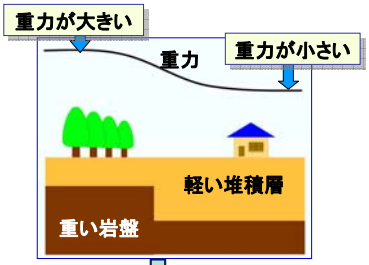
大大特（2002-2006）

重力探査によって明らかになった大阪平野北東部の基盤構造



大大特報告書（2005）グラビアページvi

重力探査の原理



重力の大小から岩盤の深さの違いを逆算

重力測定の様子

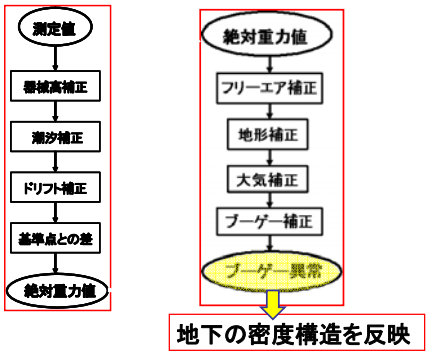
自動重力計

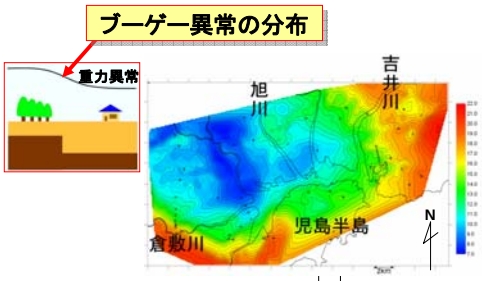
- CPUとメモリー内蔵
- 地球潮汐の影響を自動的に補正
- 公称測定精度 ±5μGal

児島湾干拓地での重力測定点の分布

概ね300m間隔で3057地点

データ解析の流れ

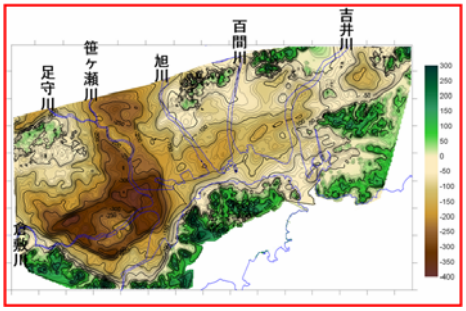




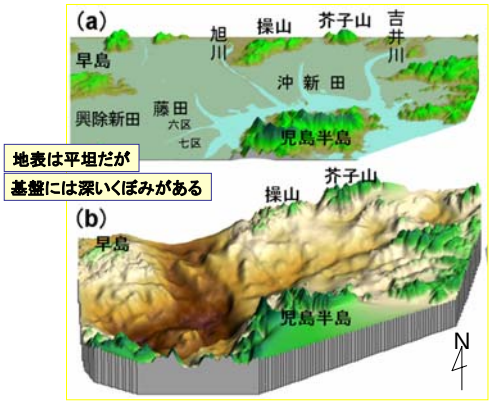
2層モデル（堆積層＋基盤）を仮定して　逆算

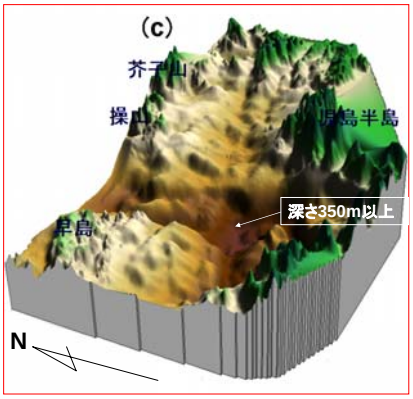
3次元基盤構造モデル

得られた基盤構造モデル

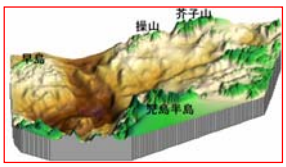


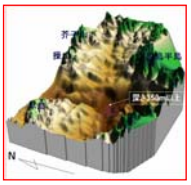
基盤の凹凸を表す平面図





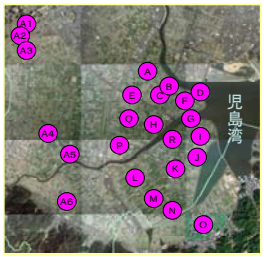
衛星画像





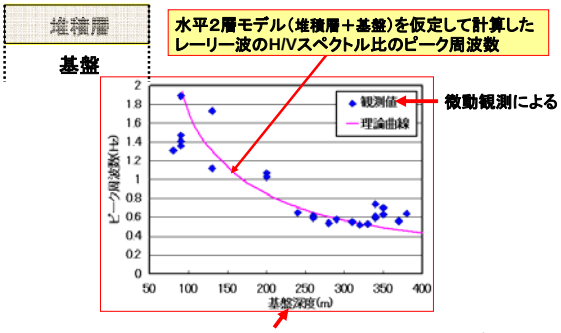
東部から伸びるリニアメントが、中央部の深いくぼみで切られている

微動探査による基盤構造モデルのチェック



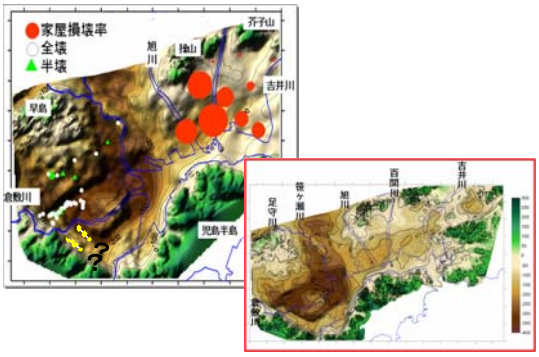
微動観測点

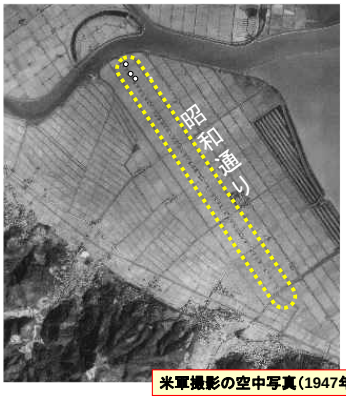
微動探査による基盤構造モデルのチェック



行木（2009）

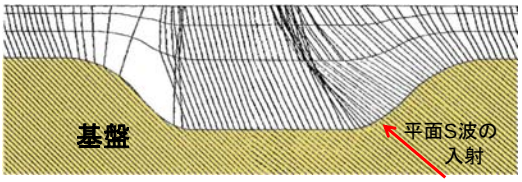
基盤形状と昭和南海地震による損壊家屋分布の関係





米軍撮影の空中写真（1947年10月）

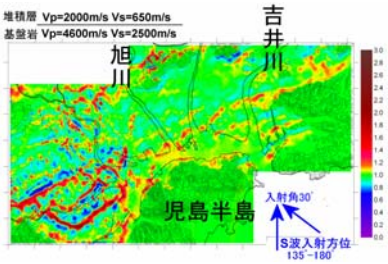
焦点効果が地表での地震波集中度の分布に及ぼす影響



中川（1995）をもとにして作成

焦点効果による地表での地震波集中度分布

2層モデル（堆積層＋基盤）を仮定し、平面S波の入射を考えた
3次元波線理論による計算



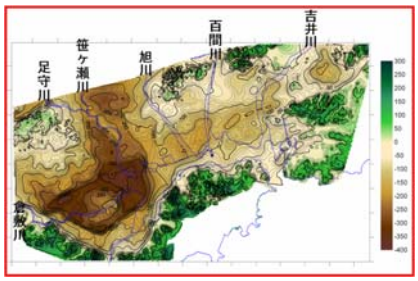
昭和南海地震の震源域を想定

現時点での結論

- 重力探査によって児島湾干拓地の花崗岩質基盤構造が明らかになった。
- 基盤構造モデルは岡山平野形成過程を研究するための1つの手がかりになると考えられる。
- 基盤形状および焦点効果による地震波集中域と、昭和南海地震による損壊家屋分布との間に有意な相関が認められる。
- より詳細な地震ハザードマップを作成するために、表層軟弱地盤だけでなく花崗岩質基盤（地震基盤）の影響をも考慮する必要がある。

課題　基盤構造モデルの精度の向上

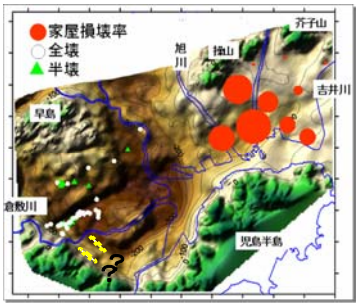
→着岩ボーリングに期待



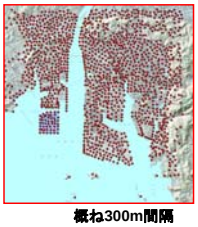
課題　基盤構造閲覧ソフトの完成

課題　昭和南海地震による被害の詳細の把握

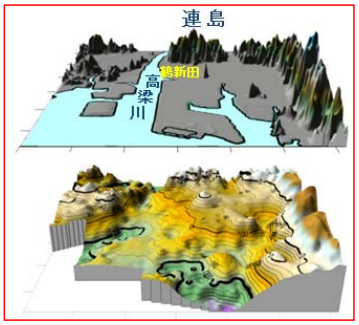
→とくに、藤田・灘崎、興除など



課題　水島・玉島地区→倉敷平野を含む基盤構造モデルの作成

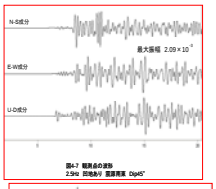


概ね300m間隔
1527地点



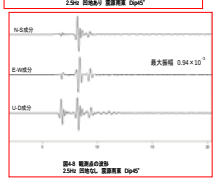
課題　3次元基盤構造を考慮した地震動のシミュレーション

地震のゆれの全体像（大きさと長さ）を理解するためには、波線理論でなく波動理論が必要。



震源が近くにある場合の計算例→

上：地盤上でのゆれ
下：基盤でのゆれ

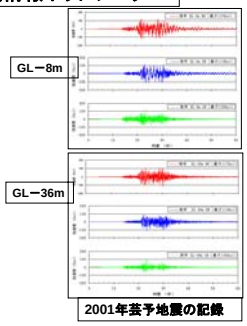


しかし、
遠い南海地震の場合の計算方法がまだ見つかっていない。

期待

干拓地での地震観測網の構築

→実例：広島市地震情報ネットワーク



2001年芸予地震の記録