

# How to Find an Active Fault



**Dr. Hisayoshi YOKOSE**  
**yokose@sci.kumamoto-u.ac.jp**

**Yokose Research Group**  
**Earth & Environmental Sciences,**  
**Graduate School of Science & Technology,**  
**Kumamoto University**

# 注意書き

ここに記載されている事項は、地形認識実験の説明として用いた資料です。この資料作成に当たって、下記のデータを使用しております。著作権上問題があると思われる場合は、気軽にメールをいただければ、該当部分を即刻削除いたします。(yokose@sci.kumamoto-u.ac.jp)

## 参考文献

- 【活断層】松田時彦著，岩波新書，650円（☆この本がお勧め）
- 【空中写真による活断層の判読法】 国土地理院，財団法人日本地図センター，2000円
- 【空中写真の知識】財団法人 日本地図センター 1238円
- 【日本の活断層】
- 【九州地方の活断層】
- 【大地の動きを探る】 杉村 新，岩波書店，1900円
- 【火山と地震の国】 貝塚夾平，坂口豊，高橋裕，鎮西清高，中村一明，中村和朗，堀越増興（編者），岩波書店，3800円

## 参考となるWEB サイト

- <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- [http://www.pref.chiba.jp/syozoku/a\\_bousai/jishin/danso.htm](http://www.pref.chiba.jp/syozoku/a_bousai/jishin/danso.htm)
- <http://www.kishou.go.jp/know/shindo/shindokai.html>
- <http://kameckus.sevo.kyushu-u.ac.jp/index.html>
- <http://www.kkr.mlit.go.jp/hanshin/sinsai/index.html>
- [http://www5b.biglobe.ne.jp/~satom/ta\\_danso/dans\\_acs.html](http://www5b.biglobe.ne.jp/~satom/ta_danso/dans_acs.html)
- [http://www.jisin-110.com/meke/sindo\\_maguni/index6.html](http://www.jisin-110.com/meke/sindo_maguni/index6.html)
- <http://contest.thinkquest.gr.jp/tqj2000/30295/top.html>
- <http://www.niceliving.net/jiban/jiban/jiban22.html>
- <http://www.kobe-c.ed.jp/shizen/strata/quake/index.html>
- <http://www.bosai.go.jp/library/bousai/manabou/index.htm>

## 地形解析に利用可能なデータおよびサイト

- 空中写真サービス（国土地理院） <http://mapbrowse.gsi.go.jp/airphoto/>
- 地図閲覧サービス（国土地理院） <http://watchizu.gsi.go.jp/>
- Google Earth (google) <http://earth.google.com/>
- カシミール3D <http://www.kashmir3d.com/>

# 活断層とは

- **活断層ってなに:** 最近の地質時代(第四紀:約200万年前から現在)に繰り返し動き、将来も活動することが推定される断層とされています。  
地盤は、いつも同一方向から力を加えられ(プレートの押す方向と力)、おおよそ同じ位の間隔でこらえられなくなります(破壊する、断層が活動する)。このとき地震が起こることから、最近の時代に繰り返し断層活動が認められると、その断層は将来もほぼ同じ間隔で断層運動を起こし地震を発生させると推定されるので、活断層と呼ばれています。  
でも全ての断層が活断層ではありません。遠い昔動いていた断層が、今は動きをやめてしまったことも多くあります(地質断層とも呼ばれる)。
- **活断層調査:** 国は、国内に2000以上あるとされる活断層の内、もし活断層が活動した場合、社会的、経済的に影響の大きなものを98選んで、交付金で調査を実施しています。  
最近に活動した活断層は、一般に動いた痕跡(地表面の落差や河川のズレなど)を地表面に起こしているので、まず空中写真でその痕跡を抽出して調査対象を決めます。  
推定された地点を調べて、どのくらい前に堆積した地層がどの程度ずれているかを調べます。ただし、最近の時代に堆積した地層が分布していないとわからないこともあります。
- **なぜ活断層調査をするの:** 活断層は、地表に残された地震活動の足跡であり、調査でいつ頃、どの程度の規模の地震がどのくらいの間隔で発生する可能性があるかを確かめるものです。
- **地震が起きて怖いのは、なに:** 地表の変状(段差や地割れ)とゆれです。活断層が動くとき地表に落差や地割れができます。ほぼ前に動いた場所がまた動く(数千年前とほぼ同じです)のでその場所は危険です。  
次の恐怖は、ゆれです。地震の際のゆれ(地震動)の長さは、一般には十数秒ですが、この間に人は物につかまるか物陰に隠れる程度しかできません。もし地震が起こったら、自分のいる地域がどの程度ゆれるのか、知りたいですネ(地震動予測)。知っていたら、心の準備も落下対策も進みますネ?

# あなたの住んでいる地域は大丈夫？

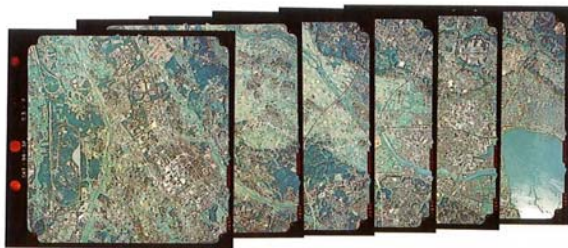


図61 空中写真の撮影

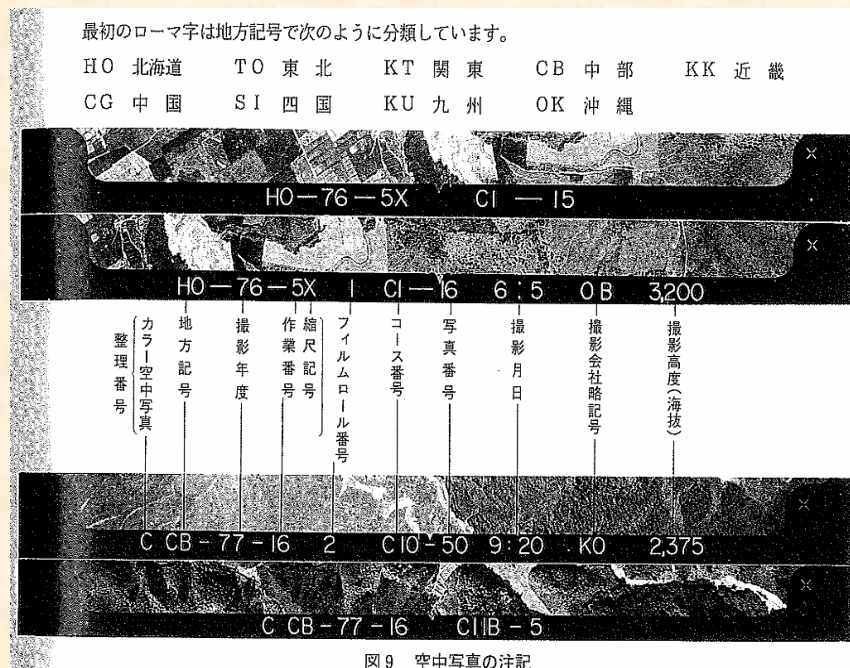
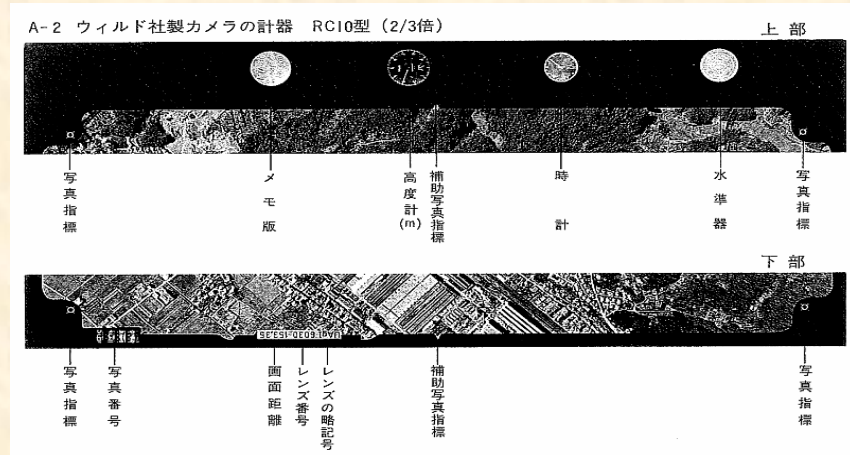


図9 空中写真の注記

If I were a bird, I could fly to you!

# Three Dimension Image

活断層を探すための道具（空中写真の立体視）

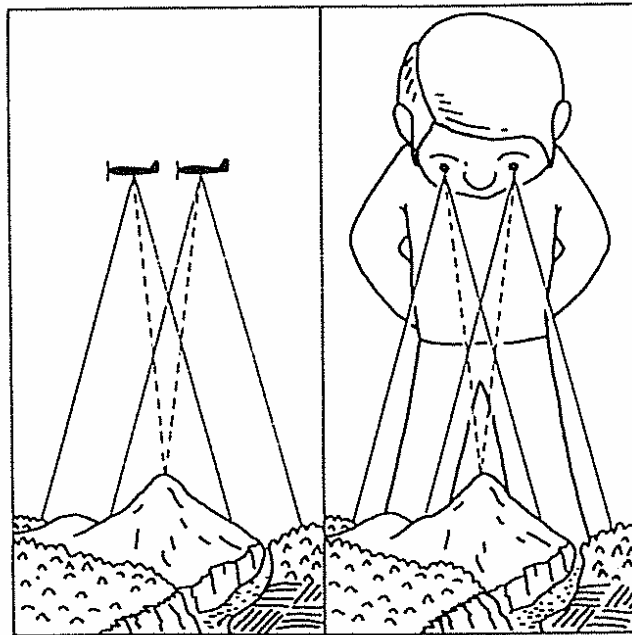
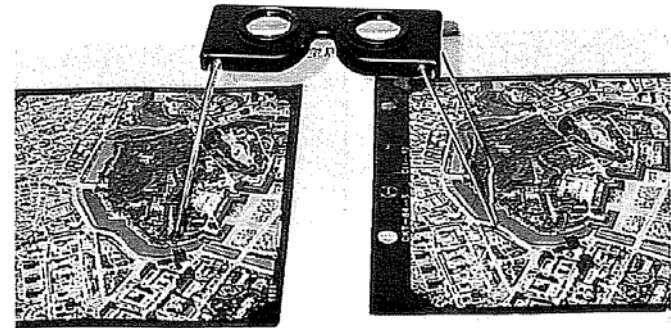
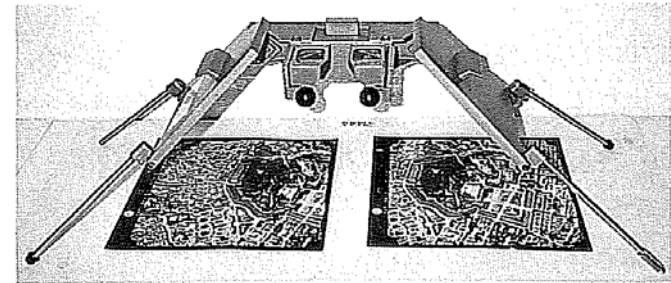


図26 実体写真撮影と巨人の実体感  
写真測定入門(西尾元充)より



(a) レンズ式実体鏡



(b) 反射式実体鏡

図31 実体鏡

やべ! マジ立体じゃ

# 中心投影(空から撮った写真は見える?)



図21 建物の画像の長さから高さを測る

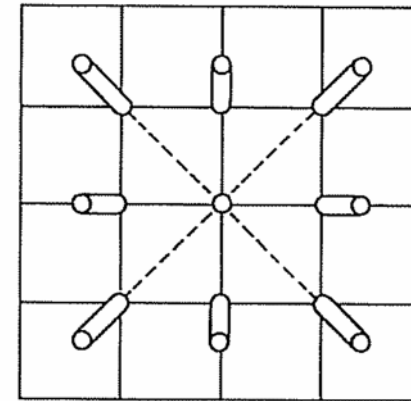


図12 中心投影の性質  
写真測定入門(西尾元充)より

空中写真は,無限遠から  
平面に投影ではない.  
そのため,周辺部は外側  
に向かって,倒れこむように  
映し出されている.

この写真の場所は? 新宿駅西口じゃ

# 丹那断層(北伊豆地震)

1930.11.26. M7.3; 死者 272

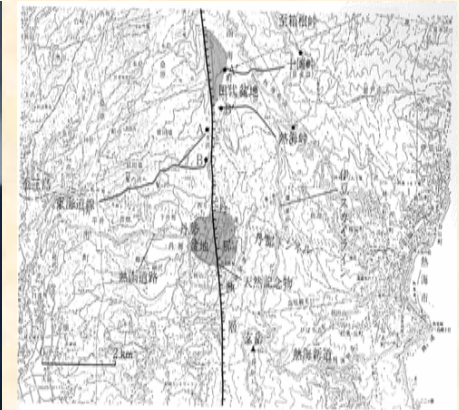


図 4.18 丹那断層付近。A、Bの各谷の上流が、丹那断層の運動のため、それぞれA、Bに移動したと考えられる。その移動量は約1000 m。(国土地理院より万分1地形図熱海、沼津)



図 4.21 田代盆地。矢印は丹那断層。断層の遠景側が隆起したために、土砂がせき止められて、このような平坦な盆地ができた。(撮影=松田)

左横ずれ断層らしいのだけれど

# 丹那断層2

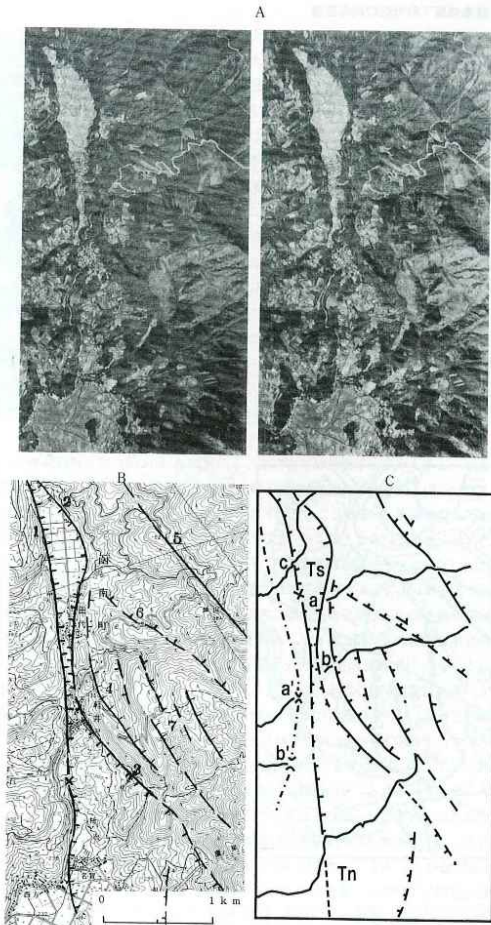


図-2 北伊豆地域の丹那断層。

A: 空中写真(番号 CB-67-IX, C 6-12・13)。B: 地形図(2.5万分の1「熱海」)と判読結果  
C: 地形の解説図

なんだか,傷だらけ! 裁頭谷発見! 横ずれしてるじゃん。



# 断層でないリニアメント

活断層以外で空中写真上に直線的な特徴(リニアメント状)が観察される場合.

1. 人工的線状模様  
道路, 鉄道, 流水溝, 送電線  
地下埋積線, 植生界,  
水田, 畑の耕作境界線
2. 表層的線状模様  
風, 波, 流水, 氷河などの  
自然現象によって作られた  
もの
3. 地質的線状模様  
活断層以外の線状模様には,  
たくさんの種類がある. 層理,  
岩石の境界, 節理, 地質の  
境界が原因となる植生, 地形  
土壌などの変化

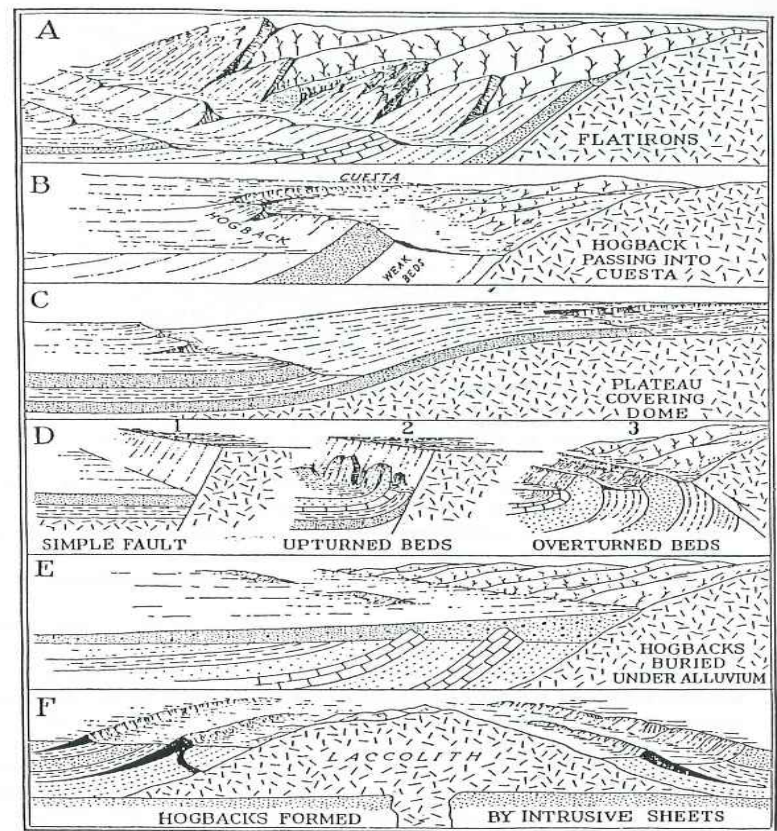
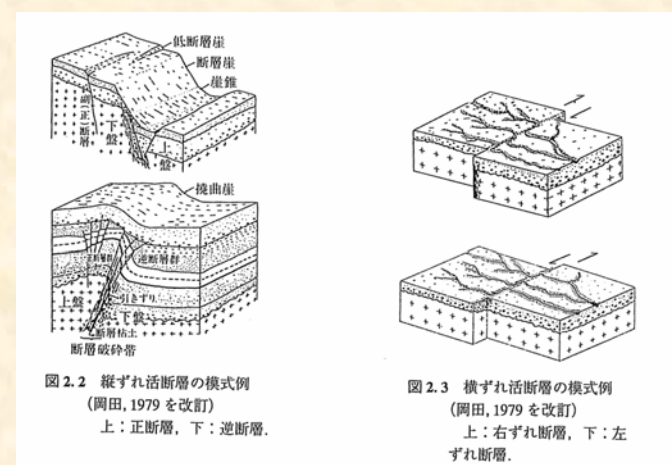
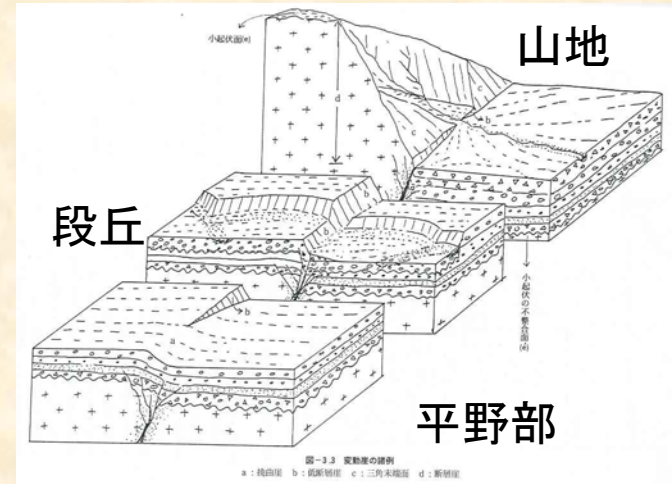
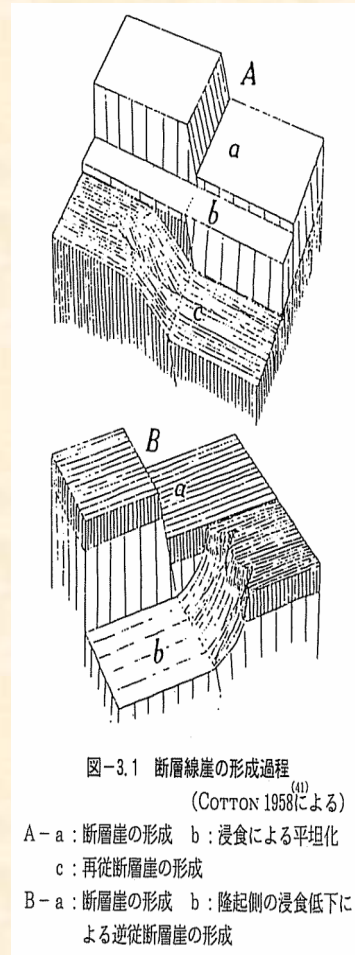
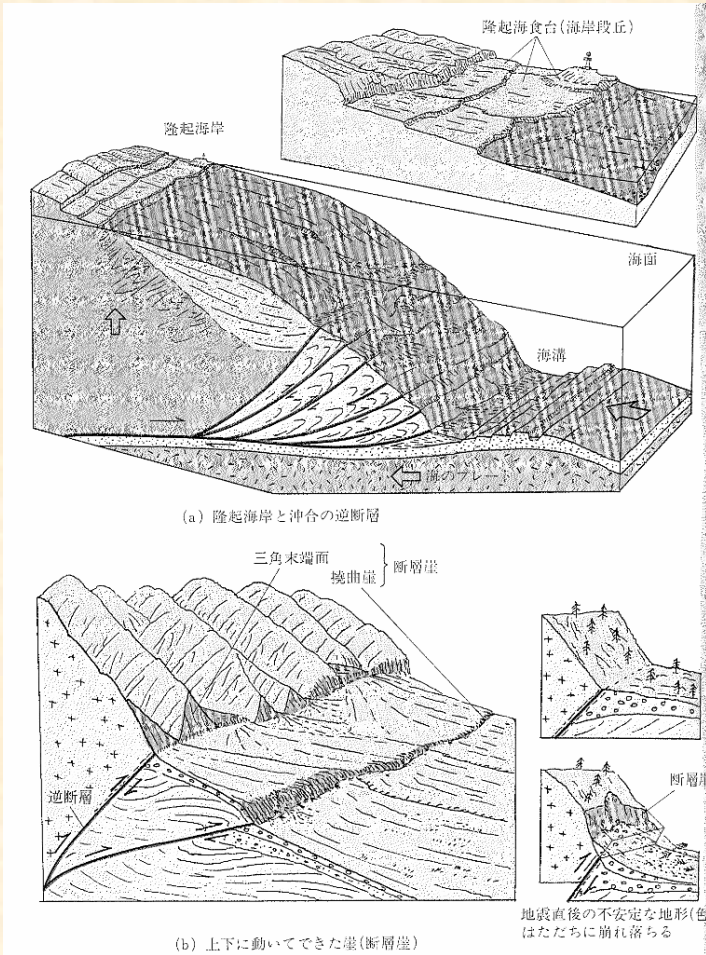


図-4.8 リニアメントを形成する各種の地形 (Lobeck, 1939 による)  
A: フラティロン ( hogバックの一種で、ドーム山地を覆う堆積岩の最下部層が硬層であると、山地山腹斜面にへばりついた形の走向山稜) B: ケスタに移化する hogバック C: ドームを被る台地とケスタ D: 1: 単純な断層 2: 断層によって上方に引きずられた地層 3: 逆断層による逆転層 E: 沖積層下に埋没した hogバック F: 逆入岩体によって形成された hogバック

地層の積み重なりで、直線状に見えるケース。

# 様々なスケールで現れる活断層



断層の性質はわかるか

# 活断層に伴う地形の分類

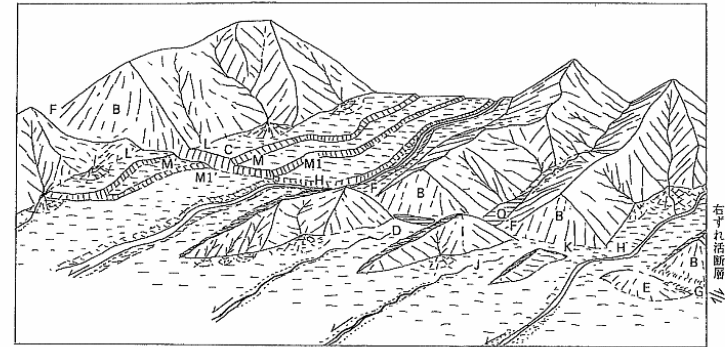
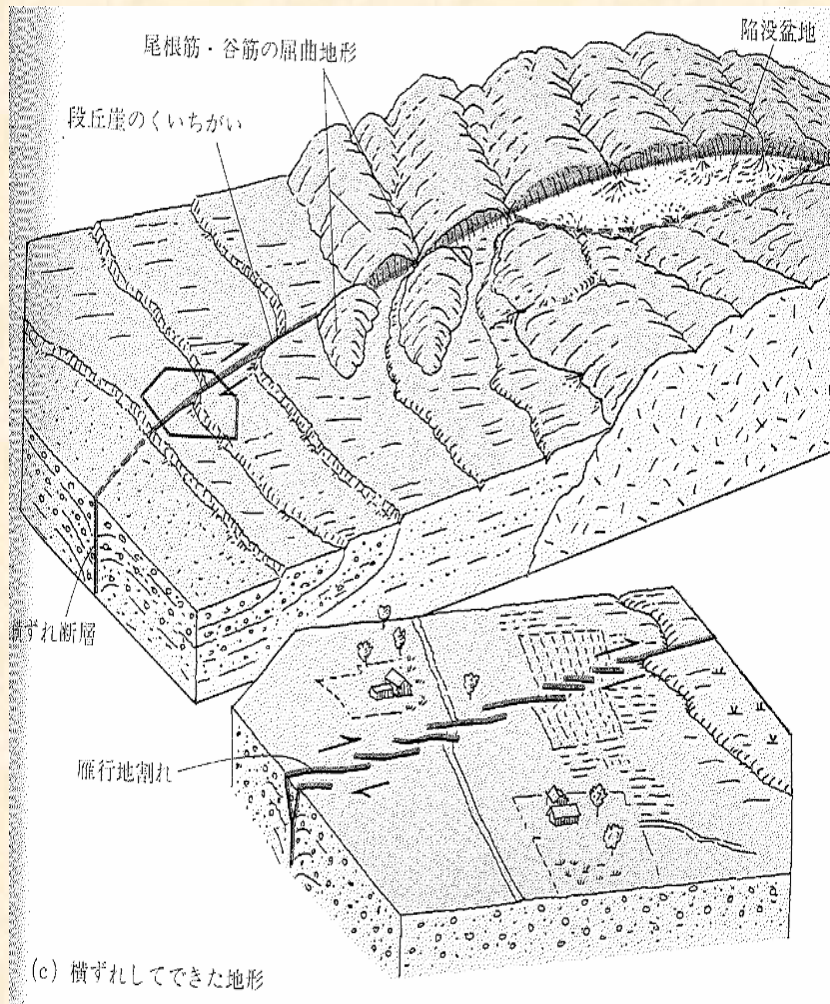


図 2.5 右ずれ断層による変位地形の諸例(岡田, 1979 を改訂)  
 B: 三角末端面, C: 低断層崖, D: 断層池, E: ふくらみ, F: 断層鞍部, G: 地溝, H: 横ずれ谷, I: 閉塞丘, J: 截頭谷, K: 風隙, L-L': 山麓線のくいちがい, M-M': 段丘崖 (M, M') のくいちがい, Q: 堰止め性の池。

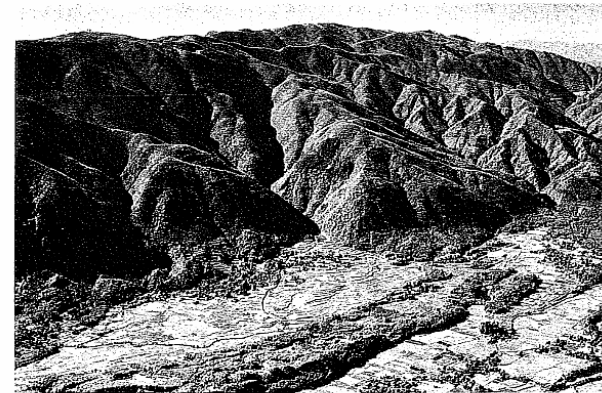


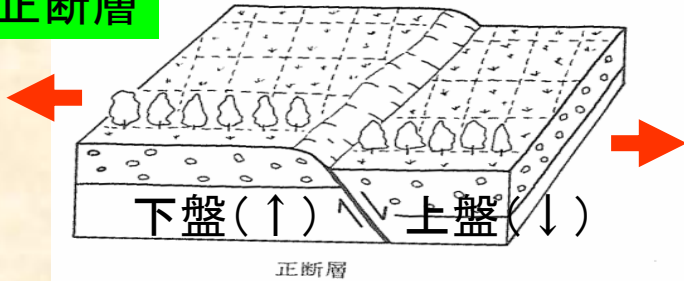
写真 2.1 鈴鹿山脈北部東麓の断層運動によってできた三角末端面(岡田撮影)  
 一志断層系に沿う鈴鹿山脈北部東麓の断層崖。山麓にある急斜面が三角末端面。後方中央は御池岳(1242 m)、左手は藤原岳(1143 m)。山麓の集落は右手(北側)より、三重県員弁郡藤原町の山口・坂本・大戸戸。

いろいろなスケールでみかけ  
違ってくるぞ。

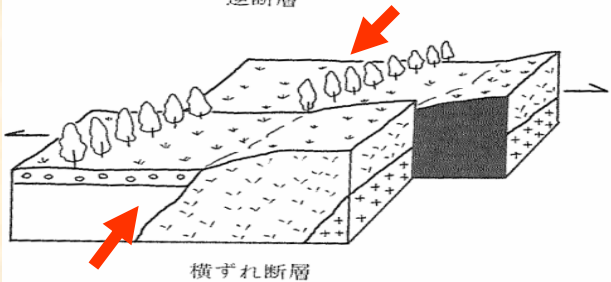
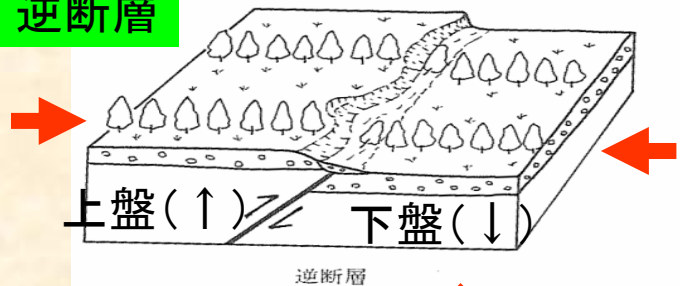
サンカクマツタンメン? 担麺食べ

# 地盤の動き方を検討する

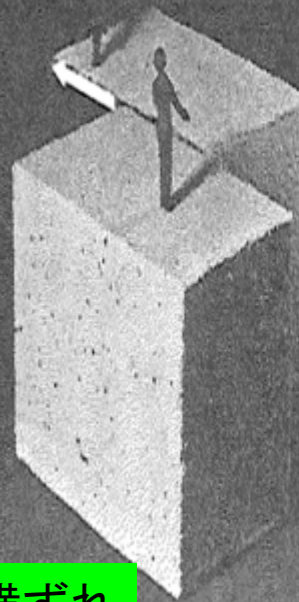
正断層



逆断層

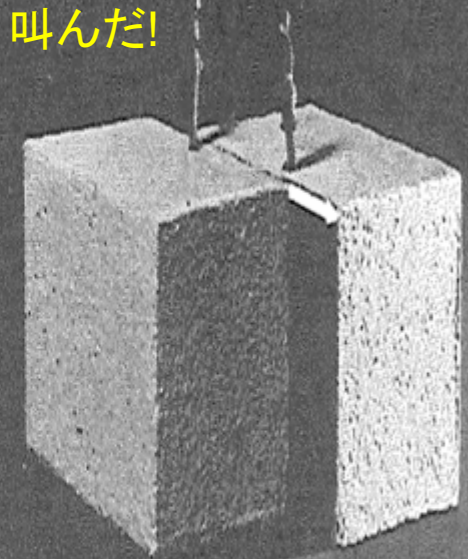


私達、お別れね.彼女は  
左側に去っていった.



左横ずれ

あ～行かないでくれ!  
とヒロシは右に向いて  
叫んだ!



右横ずれ

左ずれ断層と右ずれ断層 左, 左ずれ断層は, どちらの側から見ても左にずれている. 右, 右ずれ断層.

へ～～, そんな話, むかし聞いたような.....

可愛そうな二人, いつもすれ違い. 二人の間には深い溝が.....

# 兵庫県南部地震 (断層沿いの震度七)

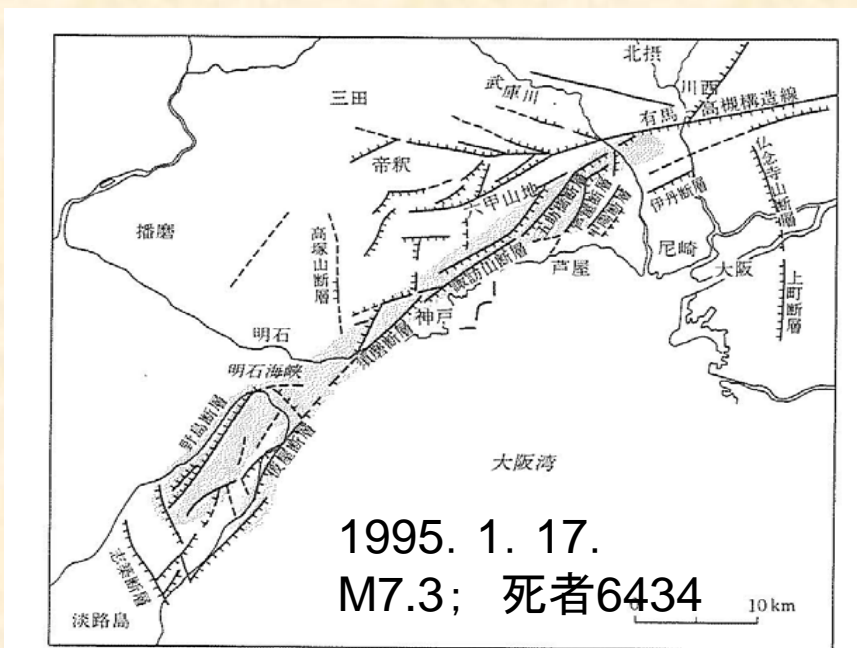
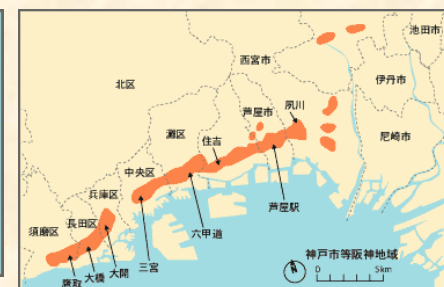
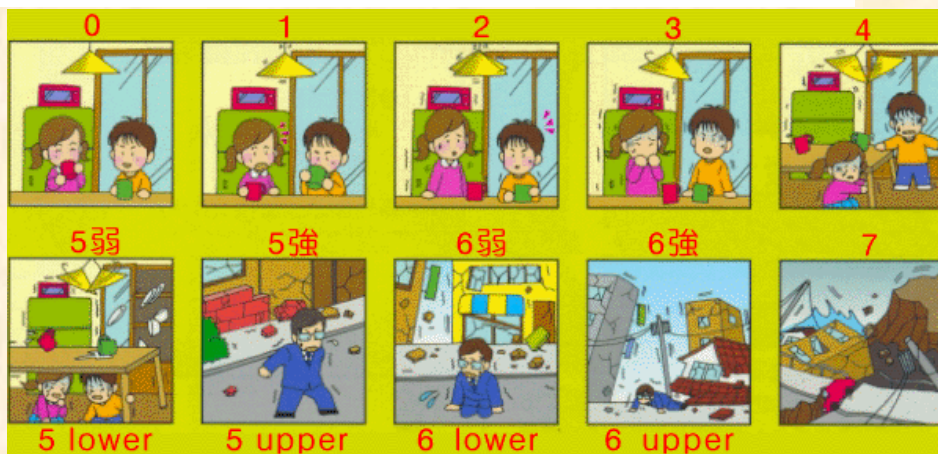
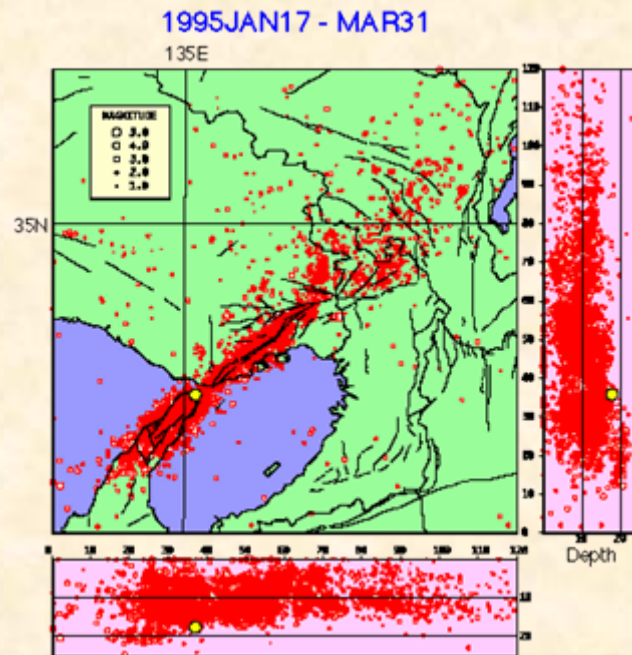


図7 阪神・淡路地域の活断層とおもな余震分布(1月25日まで)



(気象庁のホームページより)

活断層の上に被害が集中してるじゃん!!

# 地震と地形1

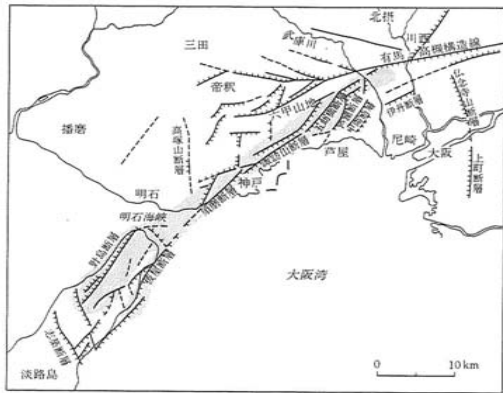
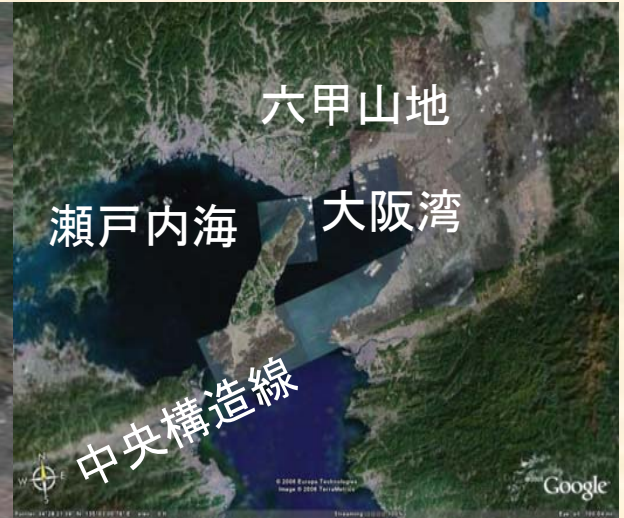


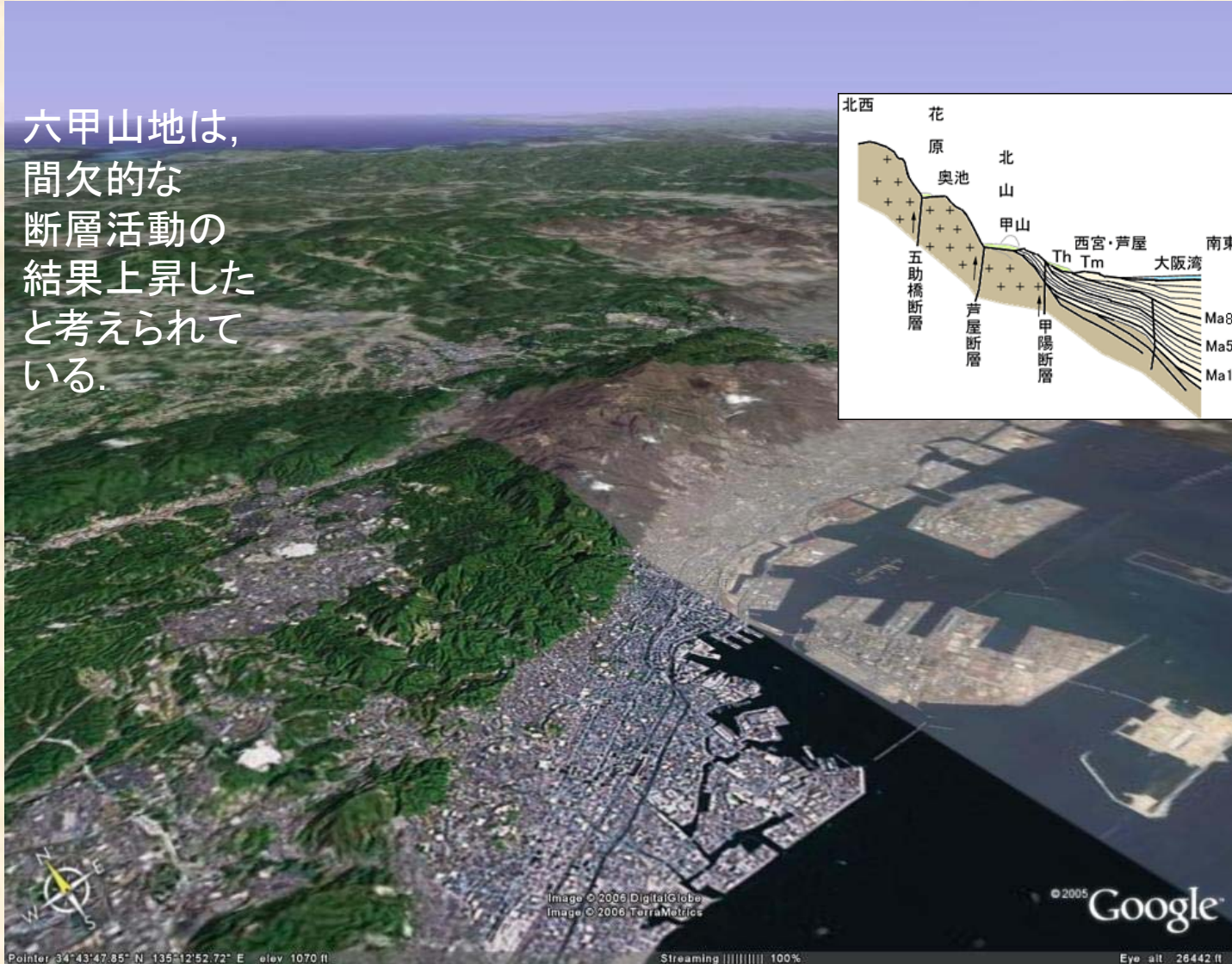
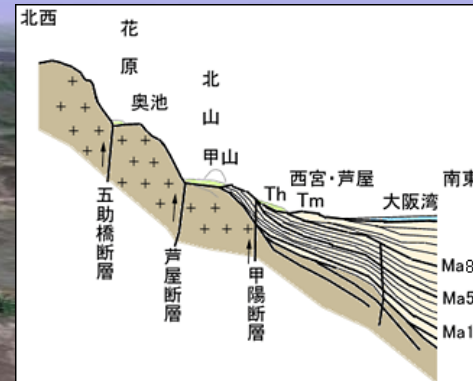
図7 阪神・淡路地域の活断層とおもな余震分布(1月25日まで)



いろいろな線が見えるけど. これってすべて活断層?

# 地形と地質と活断層

六甲山地は、  
間欠的な  
断層活動の  
結果上昇した  
と考えられて  
いる。

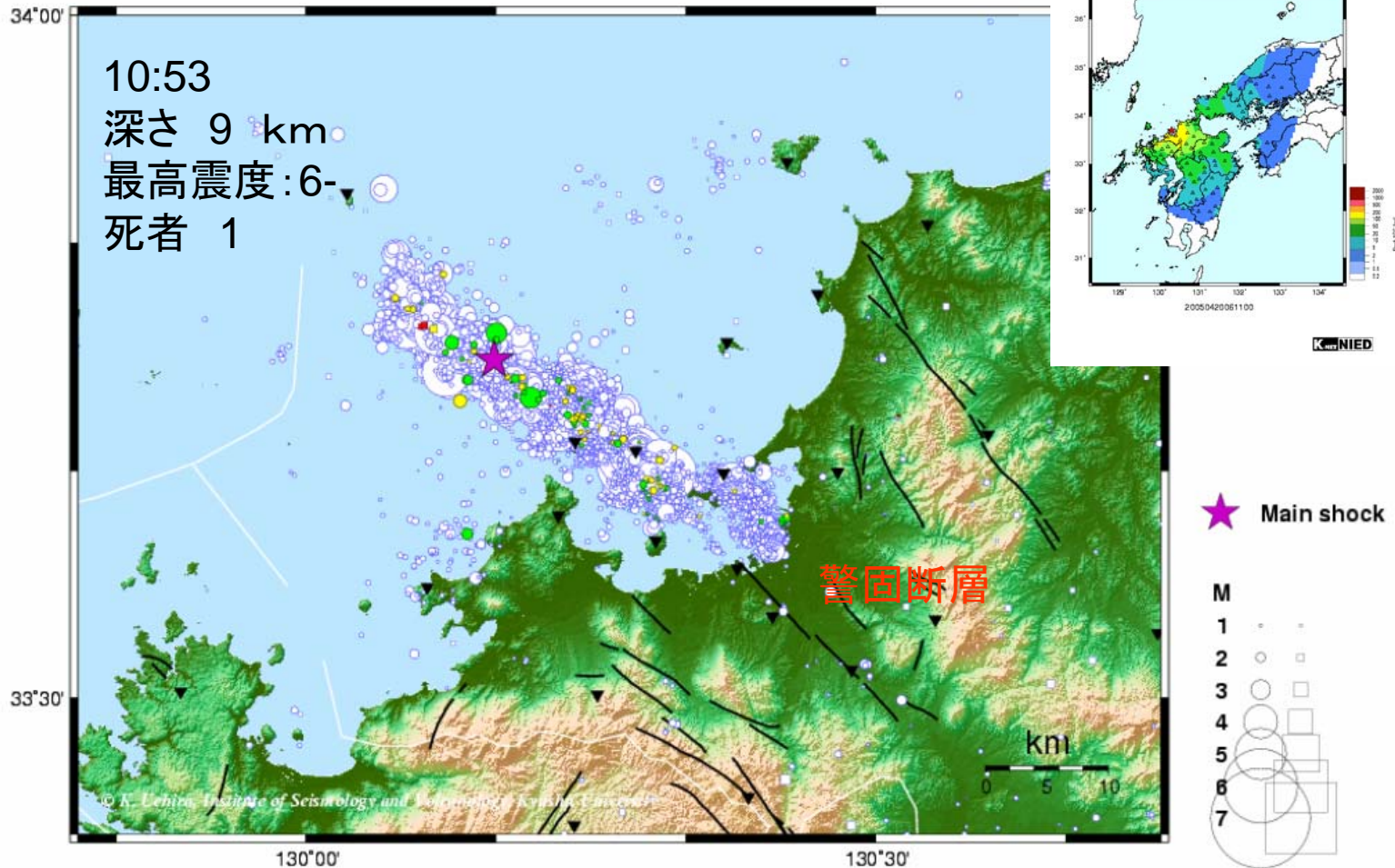


**山と平野の境目が危ない！！**

# 福岡県西方沖地震 (2005.3.20; M7.0)

Seismicity map in and around Genkai-Nada (after main shock)

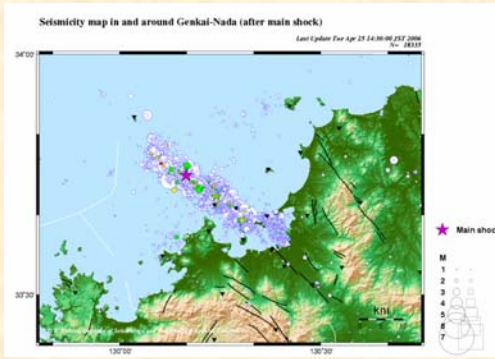
Last Update Tue Apr 25 14:30



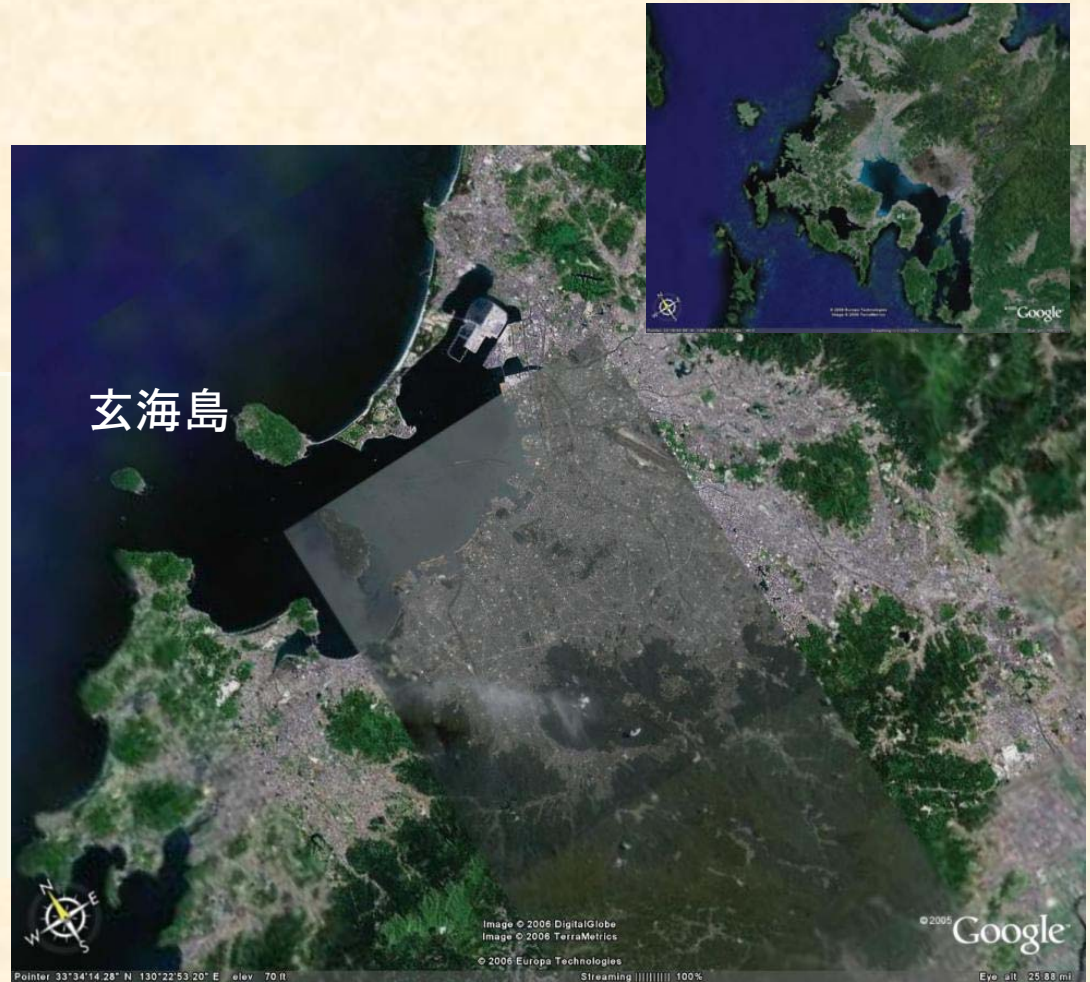
九州にも活断層が、あつとですか？—そぎやんで



# 地震と地形（福岡県西方沖地震）

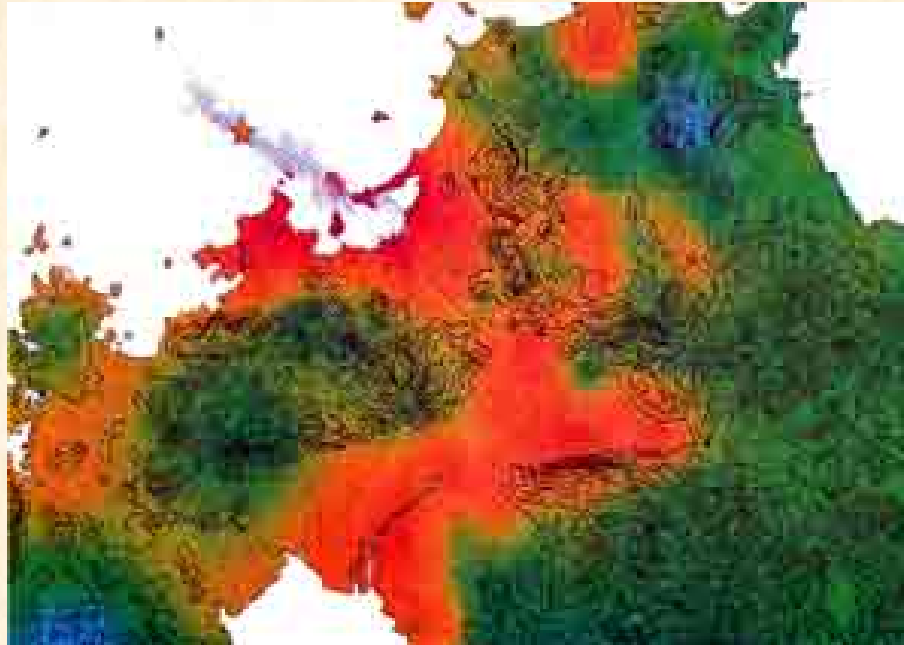


2005. 4.20. M5.8;  
最大の余震（震度5強）

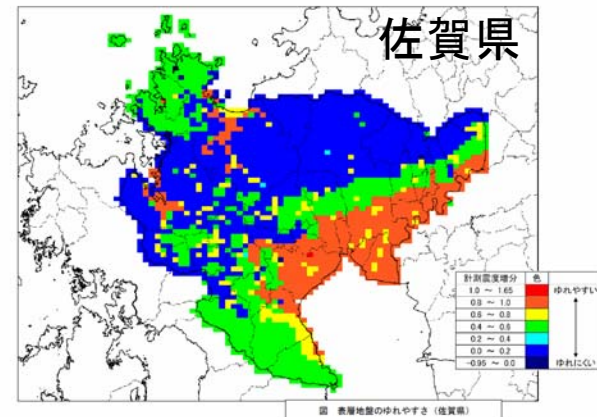
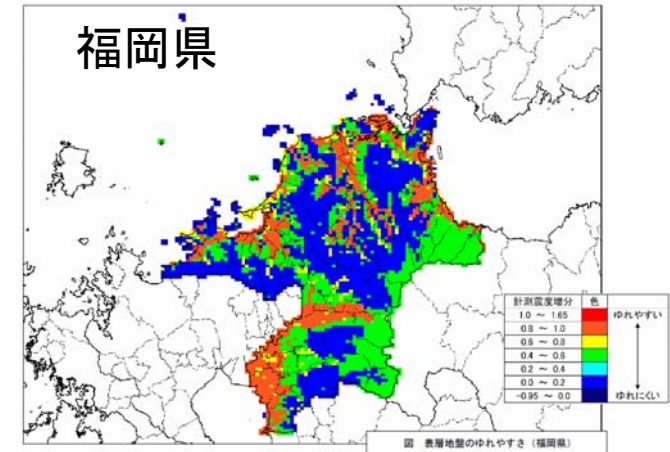


そぎゃんここに，活断層が通りよるですか！！

# 揺れやすい地域

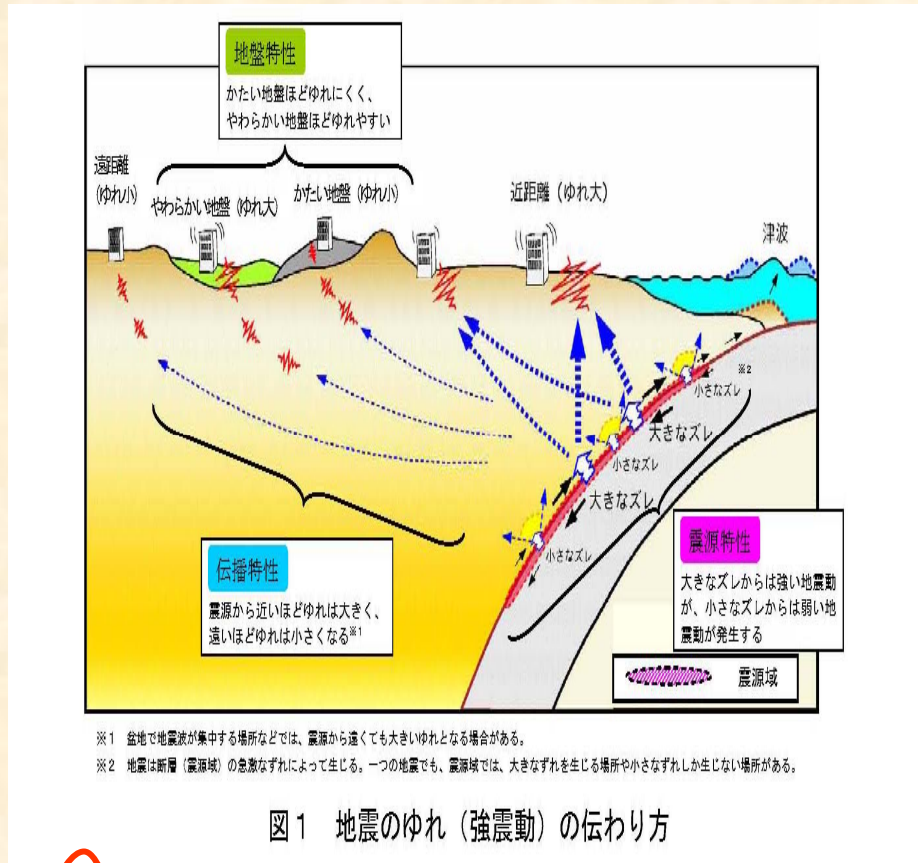


揺れの激しかったところが赤で示されている.  
どうみても,平野部に揺れの強いところ集中しているように見える.



**軟弱地盤に気お付けろ! 地震の揺れは半端じゃない。**

# 軟弱地盤が揺れを増幅する



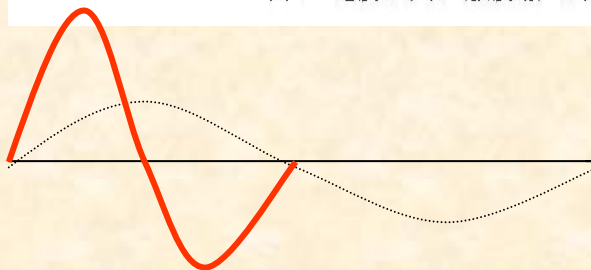
## ◆軟弱地盤が揺れる理由

地中を伝わる地震波は硬い地盤ほど速く伝わり、軟らかい地盤ほどその速度は遅くなります。この遅いというのは、1周期の間に波の進む距離（波長）が短くなるということ。ひとつの波長に含まれるエネルギーは土の種類によって変わることはないの、硬い地盤から軟らかい地盤に到達した地震波は波長が短くなる分、振幅が増大して、エネルギーを一定に保とうとします。これが、軟弱地盤のよく揺れる理由なのです

$$v = \lambda / T$$

$$u = 2 \pi^2 \rho a^2 f^2 \dots u: [J/m^3], \rho: [kg/m^3], a: [m], f: [Hz]$$

となり、媒質の振動のエネルギーは振幅の2乗と振動数の2乗と媒質の密度とに比例する



って  
こんなイメージ

# 活断層を探そう!

“地震予測”と“地震災害予測”は根本的に違

## 地震災害の予測

### 我々の関心

1. どこで (where) どこが被害にあうか?
2. いつ (when) いつごろ発生するか?
3. どのくらい (how) 想定される被害は?
4. どんな (what) どのようなタイプの災害が付随するか  
津波, 崖崩れ, 地割れ  
液状化

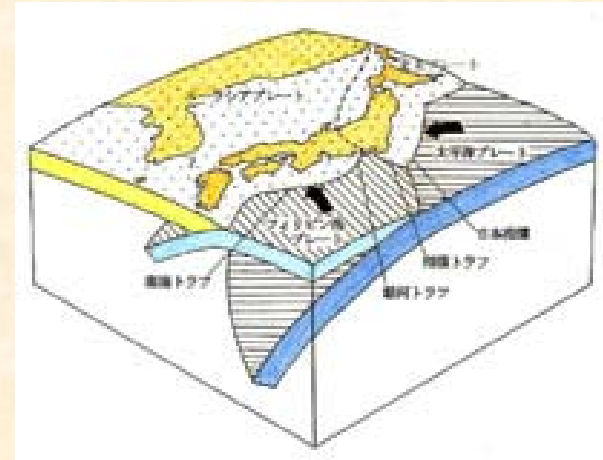
### 地震学者の関心

- どこに震央があるか?
- 正確にいつ発生するか?
- 震央における規模 (M X)
- 発震機構, 地球の内部構造
- etc

## そして誰のための予測や研究 ?

地球科学的研究は、災害の危険性を指摘することが可能となってきた。  
事前準備によって、破局的な災害を多くの場合は避けることができるかもしれない。  
それは、たとえ正確な震源地の予知ができていなくても。

# What Is an Earthquake?



地球表層部を構成するプレートが、相互作用を行った結果として地震が発生する。

## 地震の種類

沖合型地震

(一般に震源が深い)

プレート境界

沈み込むプレート内部

直下型地震\*

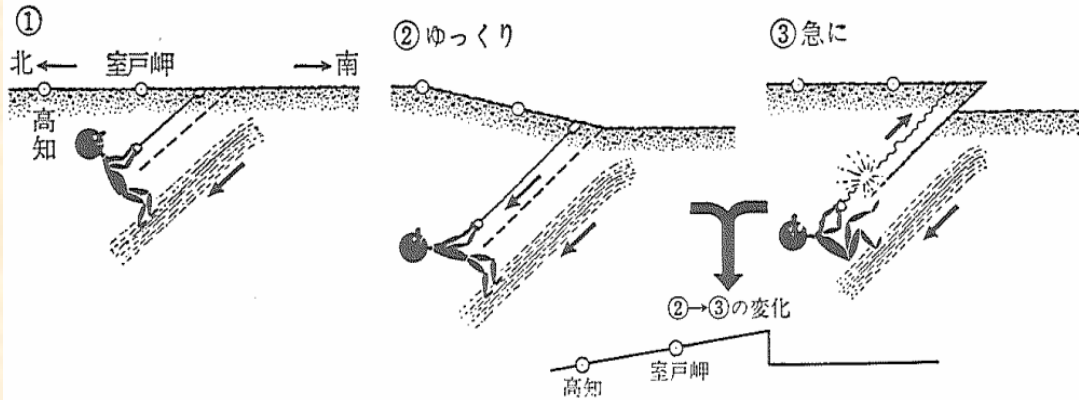
(地表から15 km位)

内陸の地殻上部

\* : “直下型地震”という用語に違和感を唱える人もいる。

**日本列島は、常に押されている状態だから弱いところが壊れる!!**

# 地震断層



弾性はねかえりの考えによる南海道地震の説明 ①は初めの状態、②は地震前の状態、③は地震の時の状態、②から③への地盤の変化は図の右下に小さなグラフで示したようになる。

プレート間の相互作用のみならず、同様の応力場が発生すると、同じような現象になる。

上盤側が跳ね返る!

プレート境界で片方が沈み込んでいる場合、反対側のプレートがある程度まで引きずられるものの、ある限界を超えると緊張の糸が切れて反発する。その結果、上盤側が上昇し、盛り上がる。

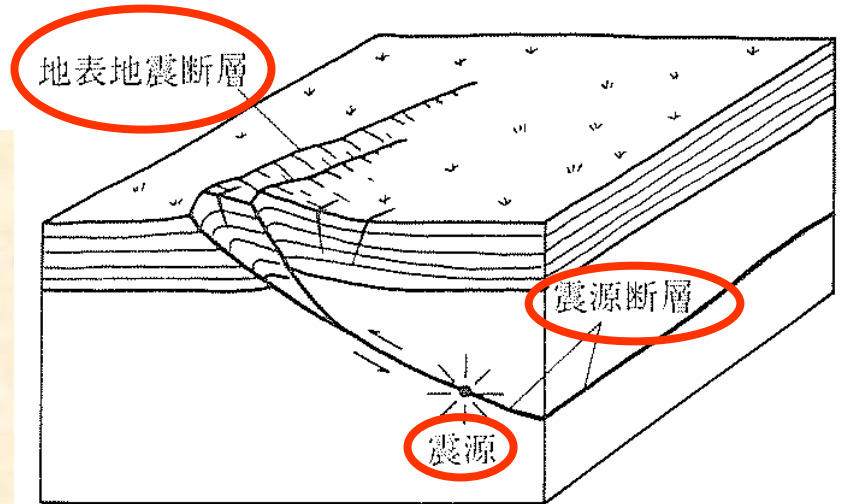
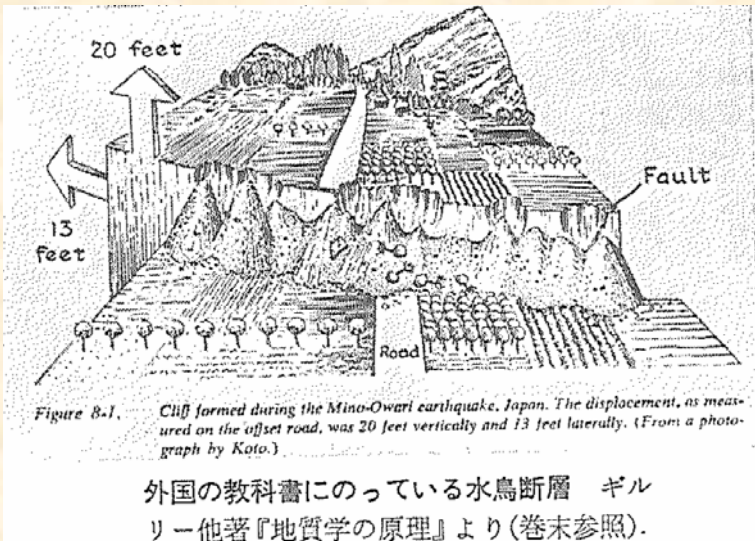
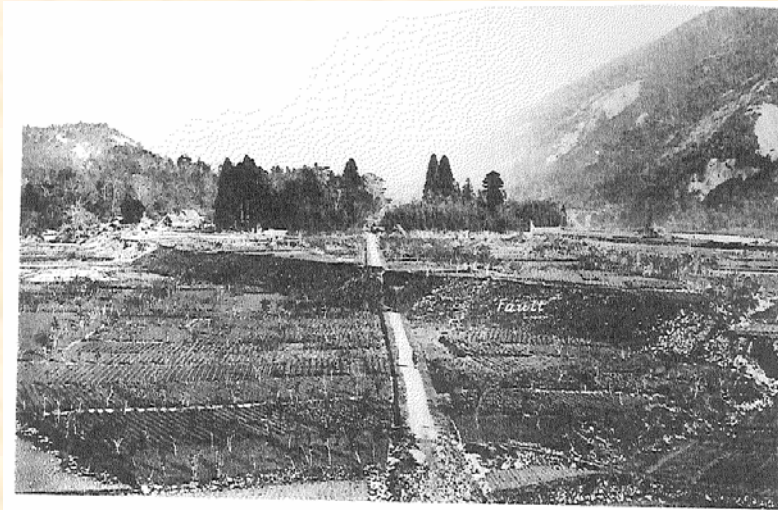


図10 地震断層と震源断層(震源断層の奥のほうは地表に達していない、手前の小さなき裂は根なしの地表断層)

断層と地震は一心同体!! 地盤の切れ目に気をつけ

# 根尾谷断層

(濃尾地震:明治24年)



1891年10月 濃尾地震(M 8.0)

震源地: 岐阜県根尾村

地裂線: 福井県から愛知県まで  
80 km

土地のずれ: 最大 8 m  
(世界最大でも12 m)

死者: 7273 名

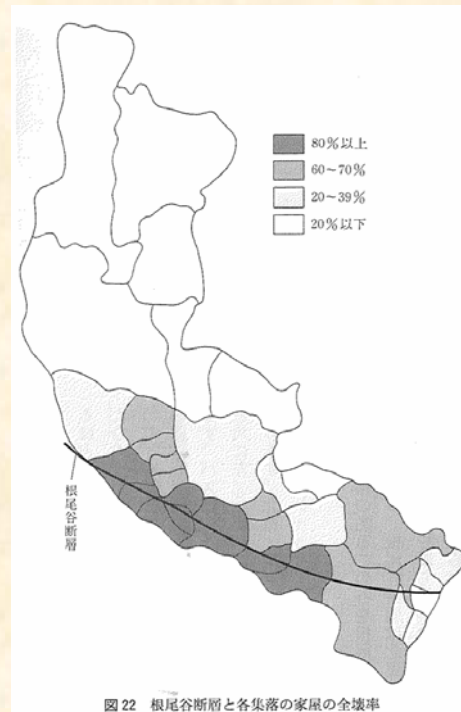


図22 根尾谷断層と各集落の家屋の全壊率

被害は、活断層  
沿いに集中  
している。

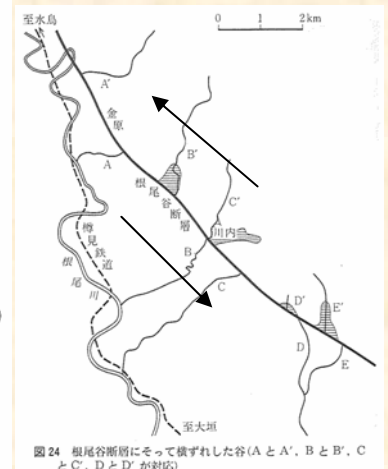


図24 根尾谷断層によって横ずれした谷(AとA', BとB', CとC', DとD'が対応)

8mとね? そぎゃん, 一気に動きよつたら, たまらんば

# よし! 活断層とやらを, 一丁掘ってみるべ! (断層の周期性)



で?掘ったら何がわかる



# トレンチ調査の中身

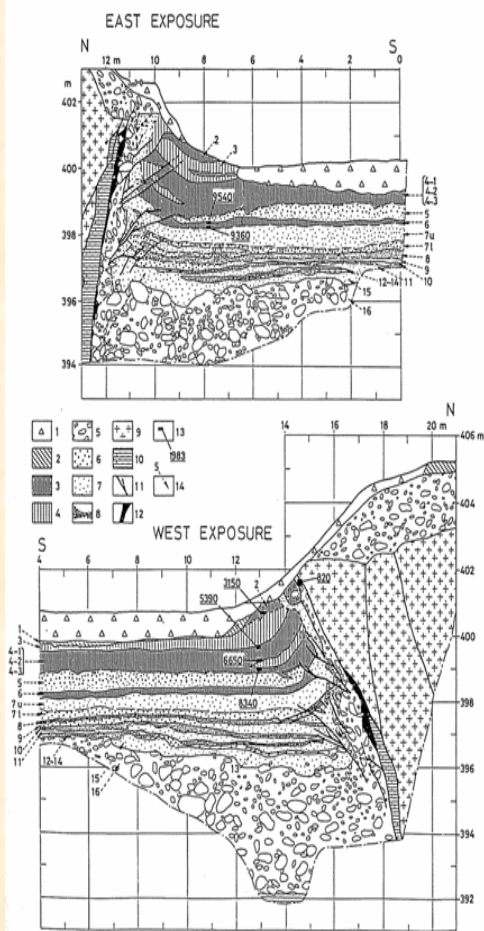


図2 勝津川断層 野首トレンチ断面のスケッチ(勝津川断層発掘調査団<sup>①</sup>)  
 (A)東側面、(B)西側面。1. 黄土および崩土、2. 水田土壌、3. 腐植土、4. 腐植質砂、5. 礫、6. 粗砂、7. 中砂、8. 細砂-シルト、9. 花崗岩、10. 石灰岩、11. 断層、12. 断層粘土、13. 年代試料の採取位置およびその年代(y. B. P.)、14. 地層番号。



写真2 勝津川断層 野首トレンチの状況(岡田撮影)  
 このトレンチは低断層崖を横切って南北方向に掘削されたために、トレンチ底から段丘面上まで比高約13mもある。日本で行われたトレンチ事例としては最深のもの。写真左右の法面は均配が約45°、その途中には大走りが作られた。

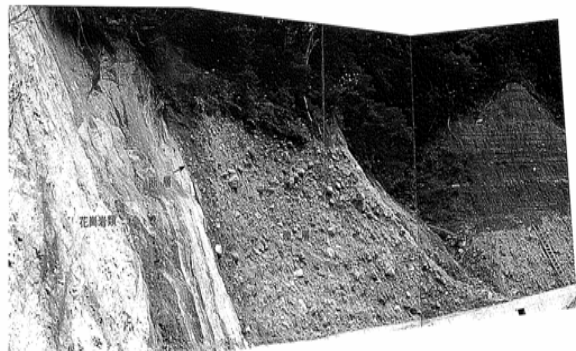
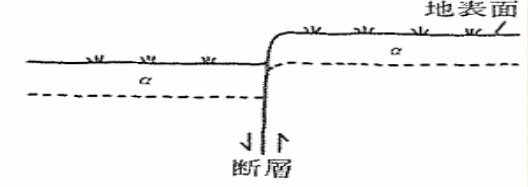
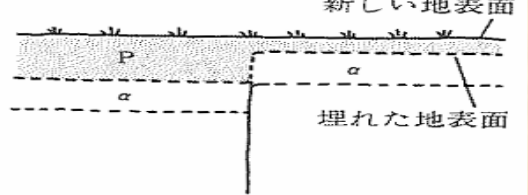


写真3 勝津川断層 真川流域の大露頭(神崎撮影)

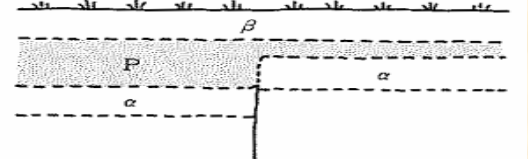
①地震の直後、平坦だった地表面に段差ができる



②その後、低い側に厚い地層Pができる



③それ以後、同じ厚さの地層βができる



④つぎの地震の直後、以後①→④がくりかえされる

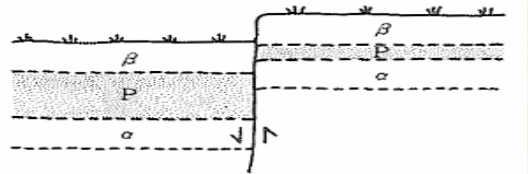


図19 過去の断層の活動を記録する地層(活動で地表に段差ができると厚さのちがう層として記録される)

具体的な活断層の動きがわかるわけ

# 地震の発生頻度（満期を迎える活断層）

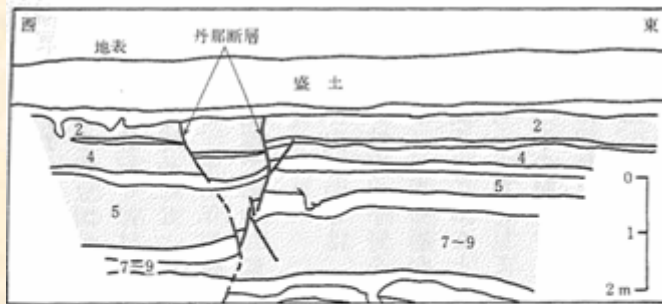


図 20 トレンチ壁面の地層(事件を記録している)

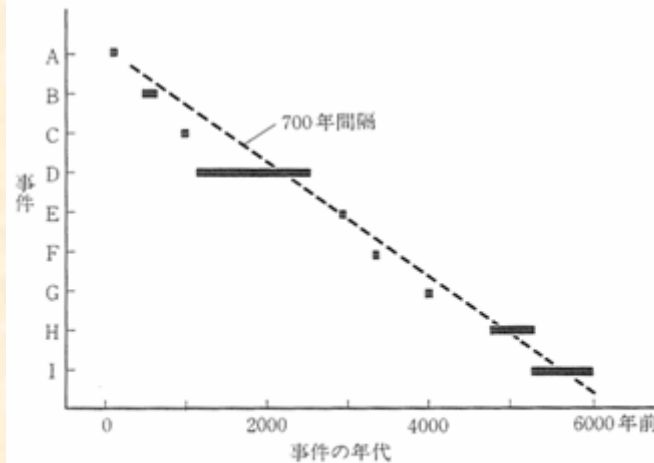


図 21 トレンチ壁面から読みとった9回の活動(活動の年代が横長なのは決定できる年代に幅があるため)

堆積物の年代測定に基づいて断層の周期性を調べる。

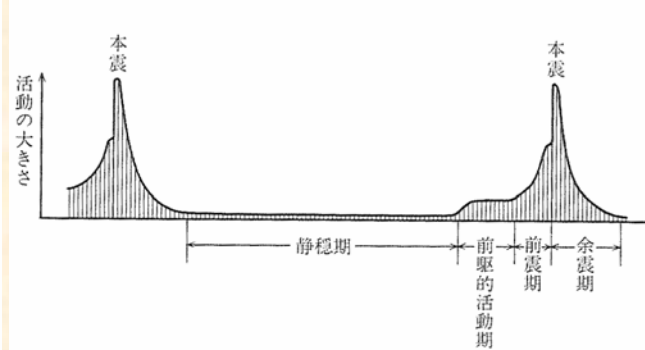


図 39 活断層の活動サイクル(1サイクルは4時期からなる)

地震活動の基本パターン  
前震はあったりなかったりする。

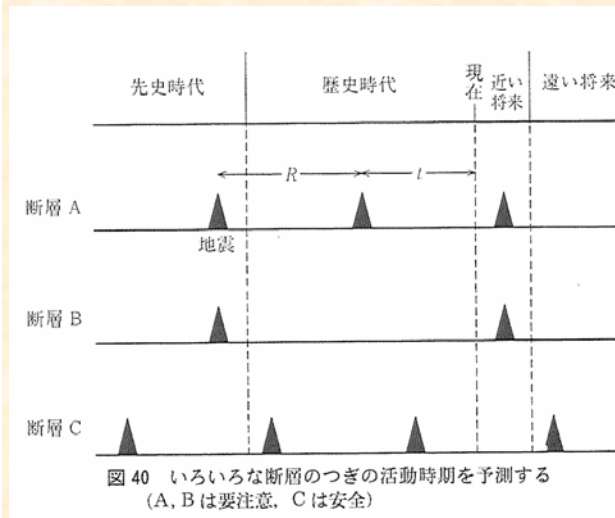


図 40 いろいろな断層のつぎの活動時期を予測する (A, Bは要注意, Cは安全)

地震活動の周期がわかれば、大雑把に、次の予測が可能となる。頻繁に活動する断層と長いこと沈黙を守っている断層は要注意!

ストレスがかかっているのに、黙ってるやつが、怒り出すと大変だもん

# 活断層の規模と地震の関係

表-2.3 活断層の平均変位速度による区分と断層変位地形の一般的特徴

(松田, 1975; 岡田・安藤, 1979<sup>(38)</sup>に加筆)

区分	1,000年間の平均変位速度 $S$	例	断層変位地形の一般的特徴
AA級	$100\text{m} > S \geq 10\text{m}$	日本海溝沿いの断層 南海トラフ断層 相模湾断層 San Andreas断層	ランドサット衛星映像や大地形に表現されているような大断層で、ほとんどの場合プレート境界に相当する
A級	$10\text{m} > S \geq 1\text{m}$	中央構造線 糸静線中央部 阿寺断層 丹那断層 跡津川断層	4万分の1空中写真の判読で地形線や地形面が切断されているのがよくわかり、変位の向きが確実に判定できる。断層変位地形はきわめて明瞭
B級	$100\text{cm} > S \geq 10\text{cm}$	立川断層 深谷断層 長町一利府断層	4万分の1空中写真の判読で、断層変位地形がどうか認定でき、条件がよければ変位の向きもわかる。断層変位地形はやや不明瞭
C級	$10\text{cm} > S \geq 1\text{cm}$	深溝断層 郷村断層 吉岡断層	2万分の1空中写真の判読で、断層変位地形がどうか認定できる程度。リニアメント(線状構造地形)は明瞭
D級	$1\text{cm} > S \geq 0.1\text{cm}$		第四紀に活動したことは確かであるが、断層変位地形は不明瞭ないし、ほとんどわからない。リニアメントもやや不明瞭

帰納法的に求められた経験式

$R=D/S$  (R: 地震発生間隔, D: 一回のずれ量(メートル), S: 平均変位速度)  
 $\log D = 0.6M - 4$  (M: マグニチュード)  $M=8 \rightarrow D=6\text{m}$ ;  $M=7 \rightarrow D=1.5\text{m}$   
 $\log L = 0.6M - 2.9$  (L: 断層の長さ(キロメートル))  $M=8 \rightarrow L=80\text{km}$   
 $M=7 \rightarrow L=20\text{km}$

**式がlogなのに注意しよう！ 地質現象はフラクタル次元なのじゃよ！**

# 活断層を探そう!

## まとめ

地球科学的手法を使った場合  
地震災害は、かなりの確率で予測可能である。

- 危険なもの :
1. 活断層の直上およびその周辺
  2. 軟弱地盤からなる場所
  3. 崖のそば
  4. 沖合型地震の場合は海岸
  5. 行政や研究機関  
(予算の都合で、すべてを把握しているとは限らない。)

**結論：ちゃんと勉強(情報収集)して、  
自分の身は自分で守ろう  
At your own risk!**