

中学「理科」における震源過程学習の有用性・必要性

石巻市立大川小学校被災の教訓から

林 衛

HAYASHI Mamoru

富山大学人間発達科学部

【キーワード】 東日本大震災、マグニチュード、震度、活断層の長さ、震源近傍の強い揺れ

1 疑問を励まさない鵜呑み教育でよいのか

中学校「理科」では、震度、マグニチュードの学習が伝統的に続いている。震度＝その場の揺れの大きさ、マグニチュード＝地震の規模（あるいはエネルギー）などと習い、高校受験時にも復習され定着をみせている。

勤務校（富山大学）での授業時に筆者が調べても、震度とマグニチュードのちがいを知っている学生は多い。例えば、理学部・工学部1年生を中心とする教養授業「現代と教育」（2013年度後期）時の自由記述するアンケート調査の正答率をみると、震度について7割強、マグニチュードについて8割強、両方とも正解は54%であった。東京都の中学生（東京都、2013）や滋賀県の高校生（中島、2004）への調査でも震度とマグニチュードのちがいは比較的理解されている結果が得られている。

しかし、喜んでばかりもいられない。中学校では、「震源」とは震央の地下にある1点だとして学習する。“点”であるにもかかわらず、地震ごとに規模やエネルギーが異なるのは、数学や質量保存則、エネルギー保存則の学習を通して身につけた概念と矛盾する受け入れがたい内容であるはずだ。矛盾の発見が、概念に揺さぶりをかけ、疑問を生じさせ、思考を深めるきっかけとなるのは、理科教育学においてもよく知られている。

ところが、震度やマグニチュードを「正解」できても、「震源が点であるのに、なぜエネルギーの大きさが異なるの？」と問いかけるまで、この矛盾に自覚的でない生徒、学生が多い。ある理科教師は、震源やマグニチュードとはいったいなんなのだろうかと、地震の授業時に不思議を感じていたが、教科書に書いてある内容をとりあげてきたという。同様の経験をもつ、理科教員も多いことだろう。

学習時点で矛盾に気づいた生徒であっても、受験時に震度＝その場の揺れの大きさ、マグニチュード＝地震の規模などと丸暗記して、矛盾や疑問を捨て去っていく。鵜呑みの教育である。

ハンナ・アーレントが、ナチス時代を経験したドイツ人から「凡庸な悪」を読み取ったのと同様の、集団的自己欺瞞の構造がみてとれるともいえずなくもない。人間は、為政者や権威者による嘘に

気づいたとき、その強制に対抗するよりもむしろ従ってしまう性向を示す。マグニチュードの中学校理科学習は、矛盾を利用し、思考を深めるどころか、権威に従わせ、あえて考えない学習者を育み続けているのではないだろうか。

2 長く激しい揺れに大津波を直観した大川小児童

2011年東北地方太平洋沖地震による大津波で、学校にいた児童74名、同教員10名、迎えに来ていた中学校生徒3名、人数が把握できていない大川地区住人が犠牲となった宮城県石巻市立大川小学校でも、巨大地震とそれによる大津波の可能性を直観した児童、教師がいた。

地震とは、断層を境に岩盤が激しくずれ動く現象である。震源での破壊の伝播速度は秒速2ないし3km程度の高速である。マグニチュード7クラスの兵庫県南部地震（1995）では、断層の長さは30km程度で破壊は10秒伝播して止まり、震源近傍の強い揺れも10秒程度だった。マグニチュード8クラスの大正関東地震（1923）では断層の長さは100km程度で、破壊も震源近傍の強い揺れも40から50秒程度であった（ただし、遅れてきた遠地波が重なりあい堆積平野で増幅される現象も知られている）。

東北地方太平洋沖地震はマグニチュード9、約450kmの断層に沿った破壊が2分半も継続したため、揺れの継続時間も長かった。大川小学校では、その揺れの激しさと長さから、二日前3月9日に経験したマグニチュード7.3の地震とは比べものにならない大津波がくると地球物理学的に正しい直観をした児童たちが、親しみのある裏山への避難を提案したが、教師たちに制止され、校庭に留め置かれたために津波の犠牲となってしまったのだ。

3 中学校「理科」への震源過程導入は有効だ

明治の大発見であるP波、S波、初期微動継続時間を用いた震央作図も知的努力の成果を試す高校受験の定番だが、近年解明された地震の本体震源過程をほんの1時間中学「理科」に追加するだけで、地震現象の本質が腑に落ちるだろう。

2015/08/02日本理科教育学会@京都教育大学

中学「理科」における震源過程学習 の有用性・必要性

石巻市立大川小学校被災の教訓から

林 衛

富山大学人間発達科学部

科学コミュニケーション研究室

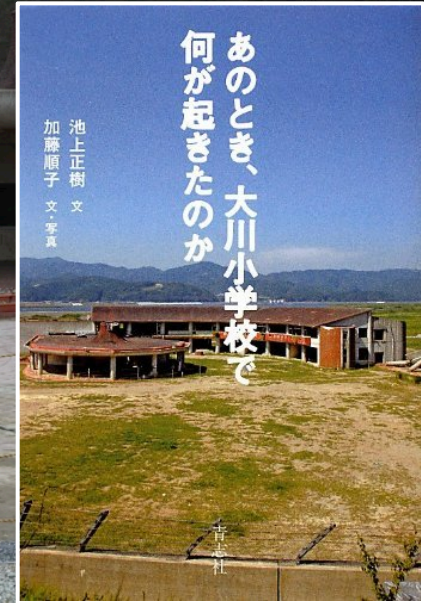
(教科教育学・市民社会メディア論)

hayashi@scicom.jp

科学研究費助成事業課題番号24501245
原発震災で問われた「発表ジャーナリズムの限界」の検証・克服をめざす基礎研究

教師の判断が、児童・生徒の生死を分ける(2012年3月31日撮影)。

裏山に早く登って逃げようという児童を、冷静に落ち着きなさいと教師が諫めた。



大川小遭難事故

- 学校にいた大川小児童74名，同教員10名，迎えにきていた大川中学生徒3名，人数が把握できていない大川地区住人が犠牲
- 現場生存者は児童4名，教員1名
- 教頭，教務主任，安全主任の少なくとも3名の教員，高学年男子，迎えにきた保護者らの何人もが，山への避難を提案
- 大川小事故検証委員会は「失敗」に終わる
→ 学校事故検証を文科省・宮城県教委が指導・監視。遺族が集めた事実・論点を取りこぼす。

文科省主導の大川小事故検証委員会

委員	体育	数見隆生	東北福祉大学総合福祉学部社会教育学科教授
	鉄道航空	佐藤健宗	弁護士、鉄道安全推進会議 (TASK) 事務局長、 関西大学社会安全学部客員教授
	津波工学	首藤伸夫	東北大学名誉教授
	鉄道航空	芳賀 繁	立教大学現代心理学部心理学科教授
	鉄道航空	美谷島邦子	8.12連絡会事務局長
委員長・防災		室崎益輝	関西学院大学総合政策学部都市政策学科教授・ 災害復興制度研究所長、神戸大学名誉教授
調査委員		大橋智樹	官城学院女子大学学芸学部心理行動科学科学科長・教授
		佐藤美砂	弁護士、公益財団法人日弁連交通事故相談センター理事、 宮城地方最低賃金審議会公益委員
		翠川 洋	弁護士、東北大学法科大学院非常勤講師、 公益社団法人みやぎ被害者支援センター理事
		南 哲	神戸大学名誉教授
アドバイザー		前川喜平	文部科学省官房長 兼 子ども安全対策支援室長
指導・監視		伊東昭代	宮城県教育委員会教育次長
事務局		首藤由紀	(株) 社会安全研究所 所長 首藤伸夫の娘



鉄道安全推進会議 (TASK) 事務局長として遺族とともに鉄道事故検証にあたってきた佐藤健宗検証委員 (左) と、建物が壊れない震度5強の神戸市地域防災計画を提案し阪神・淡路大震災 (最大震度7) の深刻化を招いた研究者としての責任・反省を語り、その後も、防災研究を進めている室崎益輝検証委員会委員長 (右)。



美谷島邦子検証委員 (1985年日航ジャンボ機墜落事故の遺族による「8.12連絡会」事務局長)

- 1) 2011年3月大津波, 遺族による救援
- 2) 石巻市教育委員会と遺族(それぞれが調査)
- 3) 遺族・文科省・宮城県教委・石巻市「4者円卓会議」を経て, 文科省が検証委員会を提案, 遺族・遺族指名者の参加では公正・中立にならないので, 自らメンバーを決定, 宮城県教委とともに指導・監視。
→1次, 2次, 3次被害(人権侵害)が繰り返す。

震災直後の緩斜面



遺族提供

大川小裏山に、小学生が登る
困難はなかった



急斜面になるが落ち葉で
ふかふか

林撮影

14分登れば開けた林道に
(2014年6月11日)



林撮影

大川小裏山コンクリートたたき台（津波避難に好適）
震災前年に3年生の写生を校長が撮影，スナッフ頒布。



校長撮影・頒布

2014年5月に佐藤敏郎氏撮影



校長撮影・頒布

校長頒布写真とほぼ同じ位置から(2014年6月11日)



林撮影

最高到達点上の
たたきまですぐ



石巻市役所 北上
総合支所相川保育所

旧相川中

相川小跡地

裏山へマニュアル以上の避難をした相川小、雄勝小と比べても、大川小裏山避難に大きな困難はない。

Googleマップ利用



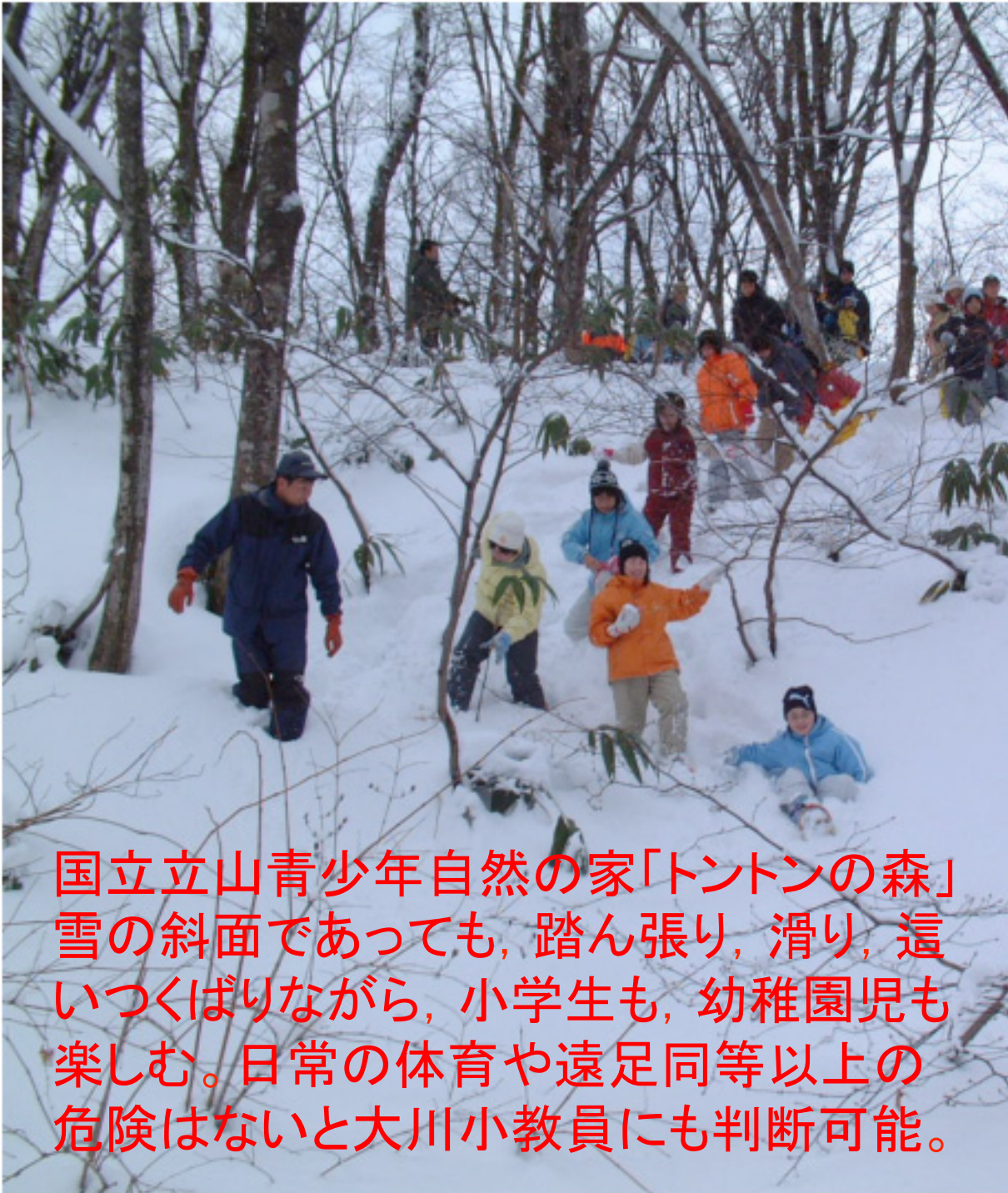
相川小裏山(尾根から道なき竹藪を見下ろす)。児童は這いつくばって尾根に。

20140611 林撮影



雄勝小裏山(倒木は最近のもの)。1時間の登山避難となったという。

20140611 林撮影



国立立山青少年自然の家「トントンの森」
雪の斜面であっても、踏ん張り、滑り、這
いつくばりながら、小学生も、幼稚園児も
楽しむ。日常の体育や遠足同等以上の
危険はないと大川小教員にも判断可能。



林撮影

国立立山青少年自然の家提供

裏山比較からいえること

- 大川小裏山に、避難に成功した小学校裏山やトントンの森に比べて大きな危険性があったとはいえない。つまり、遠足や体育、運動会以上の危険はない。
- 避難できなかったのは別の大きな要因による。
- 倒木の音がほんとうに激しかったのならば、その原因は検証すべき。
- 斜面崩壊を心配していたのならば、斜面直下の校庭に留まっていたのと矛盾。
- 生存教員はメガネを失ったが土地勘と3年生生存児童の眼とを頼りに、この林道を利用したはず。
- 高学年児童が、避難提案した際には、探検遊びで経験済みの林道をイメージしていたはず。

ではなぜ50分も校庭に留まったのか

- 危機感があったが共有されず（**知識の問題**:本日はなかでも**理科教育の問題点を議論**），避難の判断はあったが決断に至らなかった（**組織の問題**）。
- 当然，裏山・高台を考えただろうが，マニュアルで具体的に決まっていないうちに避難して，「もしも津波がこなかったら」「トラブルがあったら」ばどうしようとの心配（他の学校でもみられた）が逡巡をもたらした。
- 2009年から職員会議が諮問機関になり，ボトムアップによる教員間の協力関係の構築が困難に。
- 大川小は単級（1学年1クラス）のため，担任は自分のクラスに集中しさえすれば日常の役割ははたせた。緊急時に求められる決断力が弱かった。

中学校「理科」で震源モデルを学びたい 大川小児童の思いを語り継ぐためにも

富山大学人間発達科学部 林 衛

マグニチュードの大きな地震ほど、大きな断層によってもたらされ、長時間にわたる強い揺れと大きな津波をもたらす。地震の原因と結果をつなげるこの一般的性質は、1980年代ごろに確立した震源の断層モデルによってよく理解できるようになった。しかし、中学校「理科」では、明治の大発見である破壊の開始点としての震源決定を強調するものの、いまだに断層モデルを学べない。「地震のエネルギーあるいは規模」として極めて抽象的に導入されるマグニチュードを定量的、半定量的に理解し、震源や地震の多様性の知識を活用するために震源モデルは効果的である。

1. 超巨大地震がもたらす大津波

2011年3月11日、富山大学の研究室で面談相手の学生の「地震です」との声で地震動に気づいた。ガタガタと揺れは続く。もしも、このやや強い揺れが初期微動であれば、この後主要動によって、耐震改修をしたとんクリート4階建て築40年の校舎かもしれないと、緊張感が高まっ



今回で「ガス抜き」?
「連動型地震の
可能性小さく、

日本地震学会モノグラフ

Monograph of the Seismological Society of Japan No.4

2015年7月 第4号

学校・社会教育による地震知識の普及

- 教育を通じた地震災害軽減の現状と課題 —
- 地震の研究者と小・中・高等学校教員との連携 —

(モノグラフ「学校・社会教育による地震知識の普及」編集委員会)

日本地震学会最新刊
教育特集モノグラフに
発表論考をもとに
考察を追加したのが
本日の発表です。

同学会HP

<http://zisin.jah.jp/>

出版物・資料ページ
からダウンロード可

林衛によるこれまでの分析(こちらをご覧ください)

NPO法人市民科学研究室『市民研通信』(電子版)

大川小事故検証委員会なぜ混迷を続けるのか

<http://archives.shiminkagaku.org/archives/2014/01/post-468.html>

大川小事故検証委員会なぜ混迷を続けるのか(その2)

<http://archives.shiminkagaku.org/archives/2014/02/2-11.html>

日本地震学会モノグラフ掲載

中学校理科で震源過程を学びたい—大川小児童の思いを語り継ぐためにも

<http://zisin.jah.jp/> 同学会出版物・資料ページからダウンロード可

林衛の主な学会発表資料(スライドも揃っています)

2014年11月科学技術社会論学会(大阪大学)

『大川小事故検証委員会はどこで道をまちがえたのか』

<http://hdl.handle.net/10110/13165>

2014年10月日本災害復興学会・日本災害情報学会合同大会(長岡)

『大川小学校事故検証に残された課題—事実に向き合い・語り継ぐ重要性』

<http://hdl.handle.net/10110/13070>

#いずれも無料ダウンロード可能です。

申し上げたいこと

- 自然災害の「人災的側面」を照らし出せる理科。
- 津波の危険性は、現場の教師や児童たちに予見されていたが、生かされなかった。
- 「山さ逃げよ」は、過小評価した気象庁よりも正しかった(2分半も続く激しい揺れはマグニチュード8以上の超巨大地震を示唆)。
- 科学リテラシーや批判的思考力は、自動的には発揮されず、しばしば抑制される問題が大きい(疑問を励ます理科教育になっていない)。
- 市民社会の構成員(政治的責任者)として、自ら自らの「政府の誤りを正す」責任から逃れない(「市民性教育」は理科でも大課題)。

あの日、大川小学校の校庭で起きたこと

学校に80数名の子ども **11名の教員**

14:46 地震発生 体験したことのない強い揺れ

14:52 大津波警報

手段



↑ **体育館裏の山**～傾斜9°上に貯水槽
マラソンコース脇 平成19年まで椎茸栽培



幅 約4m 広さは十分

↑ **校庭脇の山**～低学年の授業で登っている



校長先生は何度も山から撮影

植樹した山にも行ける(ハットの森)

スクールバス

方向転換を済ませ、避難を進行

**助かる手段は
全員が知っていた**

時間

地震後
51分

警報後
45分

情報

指揮台の上の**ラジオ**

迎えに来た**保護者**
「津波が来る、逃げて」

広報車、防災無線
「津波が来ます、高台へ」

子どもたち
「ここにいたら死ぬ」
「山さ逃げっぺ」

普通なら

- ・必ず来る
 - ・もしかしたら来る
 - ・まさかここまで
は来ない
- どう考えたとしても

念のため避難

大川小では

**子どもを預かり、
守る組織として
どうあるべきか**

組織の機能停止

逃げようと強く言えない

意思決定の遅れ

**津波到達1分前
まで移動せず**

パニック

**狭く、行き止まり、
川へ向かうルート、
移動距離先頭で180m**



15:37 津波到達

三角地帯

大津波警報は全員に伝わっていた

佐藤敏郎先生(国語担当中学校教員:当時), 小さな命の意味を考える会代表・提供

<http://311chiisanainochi.org/>

小さな命の意味を考える会

ホーム

大川小学校事故の概要

検証委員会など

メディア

メッセージ

Q&A

意見

ギャラリー

リンク



「小さな命の意味を考える会」を作りました



情報も時間(50分)も手段(裏山)も揃っていた

	できごと・およその経過時間	東北放送(TBC)ラジオの主な放送内容(NHKラジオ第1の情報も一部加えた)
14時46分		巨大地震発生(直後に緊急地震速報)
	2分後	震度6強宮城県北部, 中部, 6弱宮城県南部, 岩手県, 揺れが続く
	3分後	震度7宮城県北部。津波の恐れありますのでこのまま放送を聞いてください 大津波警報太平洋沿岸, 高いところで3m以上, 三陸沿岸では非常に高く
14時49分		気象庁: 大津波警報(宮城県6m, 岩手, 福島県3m: 気象庁マグニチュード7.9をもとにしていたため過小評価)
	4分後	岩手から福島太平洋岸に大津波警報。宮城県は6m, 午後3時到達予想
	6分後	津波到達予想宮城県石巻市鮎川3時10分, 仙台港3時40分
14時53分		気象庁: 震源とマグニチュード(気象庁マグニチュード7.9)の情報を発表(テレビ画面には直後に反映)
	7分後	時間がありません, ただちに高台へ避難してください。大きな津波が押し寄せ, 6m以上, とくに三陸沿岸では高くなる (津波や余震への警戒メッセージが繰り返される緊迫感の高い放送が続く)
14時59分		気象庁: 内部でモーメントマグニチュード9.1と計算
	20分後	マグニチュード7.9の巨大地震(気象庁マグニチュードの数字が音声で流れる)
	24分後	数cmから20cm程度の津波の到達(NHK)
15時14分		気象庁: 大津波警報更新(宮城県10m, 岩手, 福島県6m)→AMでは15時31分ごろまで放送されなかった。
	28分後	★岩手県釜石で港の市場に浸水映像実況(NHK)
	31分後	宮城県女川港情報カメラ映像実況では明らかな波の変動はわからない ★岩手県大船渡で津波が川を逆流映像実況, 釜石でも津波被災続く映像実況(NHK)
	33分後	★女川が津波被災。情報カメラ映像による実況 ★福島県小名浜の港で道路冠水映像実況(NHK)
	38分後	大津波警報が茨城まで。検潮所水位(津波高さ): 大船渡3.3m, 釜石4.2m, 鮎川で3.3m, 岩手県宮古で2.8m(NHK)
	39分後	★宮城県気仙沼で渦を巻く津波映像実況(NHK)
15時30分		NHK: ラジオセンターに切り替え(テレビ放送音声とは独立した放送開始) 気象庁: 大津波警報再更新(岩手から千葉県10m以上)
	45分後	大津波警報宮城県10m以上(NHK): 15時14分気象庁発表からおおよそ16分遅れで放送
	48分後	検潮所津波高さ, 宮古4m, 大船渡3.3m, 釜石4.2m, 鮎川3.3m
15時37分		このころ釜谷地区, 大川小が津波にのまれる(地震発生から51分ごろ)
16時直前		気象庁: 気象庁マグニチュード8.4(暫定値)と修正発表
16時すぎ		NHKテレビで仙台名取川へり中継映像放映(住宅地を押し流す泥流, 立ち上る火災)
17時30分		気象庁: モーメントマグニチュード8.8と修正発表(13日12時55分に同9.0と修正発表)

2014年4月29日修正版

★印: 現地映像をもとにしたラジオ津波実況。

放送内容のうち無印が東北放送ラジオ, NHKとあるのがNHKラジオ第1放送。

東北放送ラジオとNHKラジオ第1の放送音声をもとに林が作成(経過時間は放送切り替えからのおおよその時間)

補足資料: メディア研究部番組研究グループ「東日本大震災発生時・テレビは何を伝えたか」放送研究と調査2011年5月号
気象庁技術報告第133号(2012)/島村英紀: 人はなぜ御用学者になるのかー地震と原発, 花伝社(2013)

津波の危険性は予測されていた

—生存教員の思考(一般的地学知識)をたどる

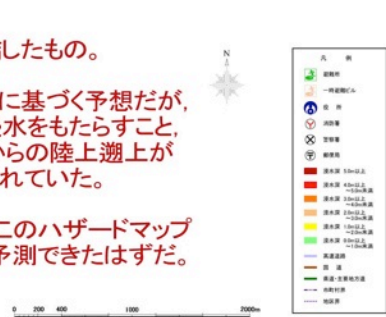
- 昭和三陸大津波の翌年に、新北上川付け替え工事が完了。その後、土地利用が進み始めた(新住民に知見を伝える学問, 行政の役割大)。
- 沖積平野には、上流からの洪水, 下流からの高潮, 津波による浸水は繰り返されてきた(それが沖積平野に関する地理学的知見)。
- 石巻市ハザードマップは、大川小まで500mに迫る3.5kmもの陸上遡上を示していた(マグニチュード8以上では危険と想定可能だった)

3.5kmもの津波陸上遡上が予言 マグニチュード8以上では明確に危険

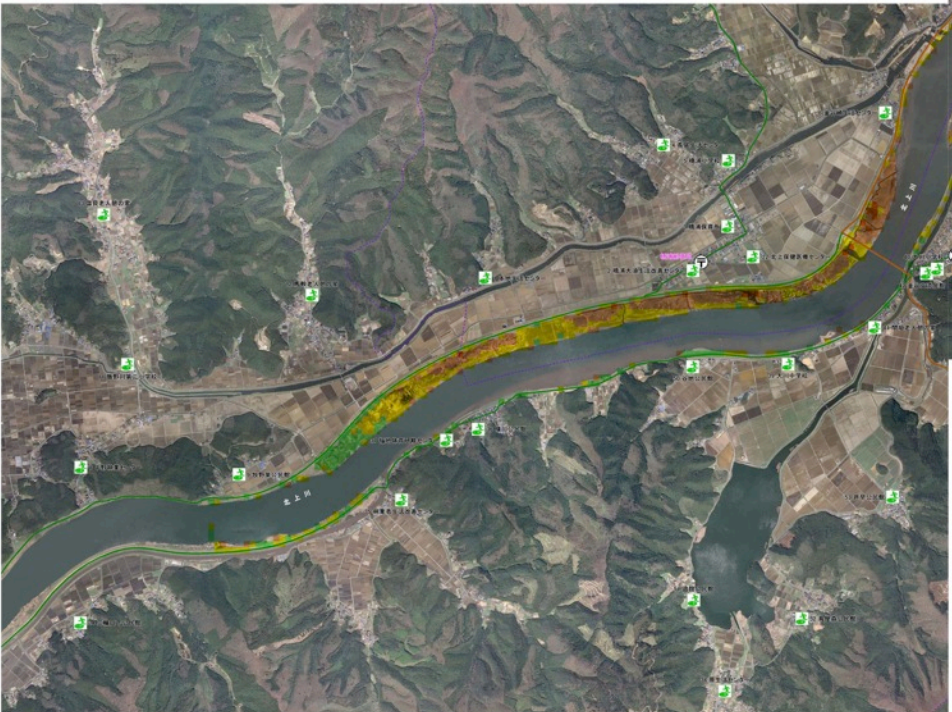
石巻市河北地区津波ハザードマップ2枚を連結したものの。

想定マグニチュード8の宮城県沖地震(連動型)に基づく予想だが、北上川の津波遡上は10km以上に及び数mの浸水をもたらすこと、太平洋・追波湾(地図東側)に面した長面地区からの陸上遡上が大川小のすぐ手前500~600mに迫ることが示されていた。

マグニチュード8を越える尋常でない揺れから、このハザードマップで想定された以上の大津波来襲による危険も予測できたはずだ。



下(↓)のように切り出さず、元々のハザードマップ全体を示すよう、検証委にいくども提案したが、最終報告まで変わることはなかった。



検証委員会による
事実情報に関するとりまとめ
(2013年10月22日)から

大川小付近だけを切り出しているため、北上川上流10km以上の津波浸水、大川地区すぐ手前まで迫る陸上遡上が実感をもって読み取れない。



大津波襲来・東日本大震災

ふるさと石巻の記憶

空撮 3.11 その前・その後



三陸河北新報社

三陸河北新報社刊「空撮」写真集から

沖積平野が谷間に広がり、リアス式海岸と平野部両方の特徴を示す新北上川河口付近。北上大橋の左手前、河口からおよそ4km上流の集落に大川小学校は位置する。

(詳細はこの大判の写真集参照)

石巻市
長面・北上町十三浜周辺



川の左側は長面地区(手前)、釜谷地区など。右側は北上町十三浜地区など。
被災後の写真では、河口付近右側の川岸近くあるのが吉浜小学校(緑色の
屋根)や石巻市北上総合支所(小学校の左手前)など
(撮影:©1990年9月 ©2011年4月5日)

東日本大震災関連記事
2面 避難住民が連絡網づくり
3面 急増 震災ごみに苦慮
4面 被災者の生活関連情報

あすの仙台

あさ ひる よる

気温 最高 12℃ 最低 1℃

仙台・若林 57%浸水



津波内陸に最大4キロ

国土地理院

三陸リアス式海岸地域だけでなく、仙台平野などの広々とした沖積平野で津波浸水に注目が集まった。大川小学校のある石巻市河北地区では、仙台平野で注目された最大4kmの内陸への津波遡上が予言されていた。その内容が、職員、教職員の研修でどのように扱われていたのかは、筆者が意見書で示しても検証委員会は検証しなかった。

他方、名取市の検証委員会は浸水予測を生かせなかった経緯を掘り下げている(次ページ)。

プルトニウム微量検出

福島第1敷地内土壌から

放射能測定器で検出されたプルトニウムは、極めて微量なものの、検出されたことは、福島第1原子力発電所敷地内土壌にプルトニウムが存在していることを示している。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。

プルトニウムは、放射能測定器で検出された。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。プルトニウムは、放射能測定器で検出された。

三陸道あすから全面通行

宮城県 2次避難へ意向調査



仙台市 復興計画 策定

仙台市は、復興計画を策定した。復興計画は、仙台市の復興を支援するための重要な役割を果たす。復興計画は、仙台市の復興を支援するための重要な役割を果たす。

東日本大震災の津波は、仙台平野に最大4キロの内陸まで遡上した。国土院の調査によると、仙台平野の最大遡上距離は、最大4キロに達した。国土院の調査によると、仙台平野の最大遡上距離は、最大4キロに達した。

国土院の調査によると、仙台平野の最大遡上距離は、最大4キロに達した。国土院の調査によると、仙台平野の最大遡上距離は、最大4キロに達した。

自治体別の浸水状況

自治体	面積	浸水	浸水率
仙台市宮城野区	58	20	34.5%
仙台市青葉区	51	29	56.9%
仙台市太白区	228	3	1.3%
仙台市若林区	29	6	20.0%
名取市	98	27	27.6%
東支庁	1,000	27	2.7%

再生へ

仙台市は、復興計画を策定した。復興計画は、仙台市の復興を支援するための重要な役割を果たす。復興計画は、仙台市の復興を支援するための重要な役割を果たす。

そこで、想定津波として、気象庁より発表される津波の量的予想に対応させ、津波の高さを8m、4m、2m、1m、0.5mの5通りとして、津波遡上シミュレーションを行った。閑上港の改修による影響を評価するために改修前後の浸水予測図を作成した。また、基本的には標準潮位の時の予測を行ったが、波高8mについては、満潮時についても浸水予測を行った。

その結果、①閑上港の航路開通の影響は小さいこと、②標準潮位の場合、閑上地区については、閑上公民館、閑上小学校、閑上中学校の3つの避難場所すべてが浸水しないことがわかった。しかし、満潮時(+1.5m)に津波高8mが来襲したときに

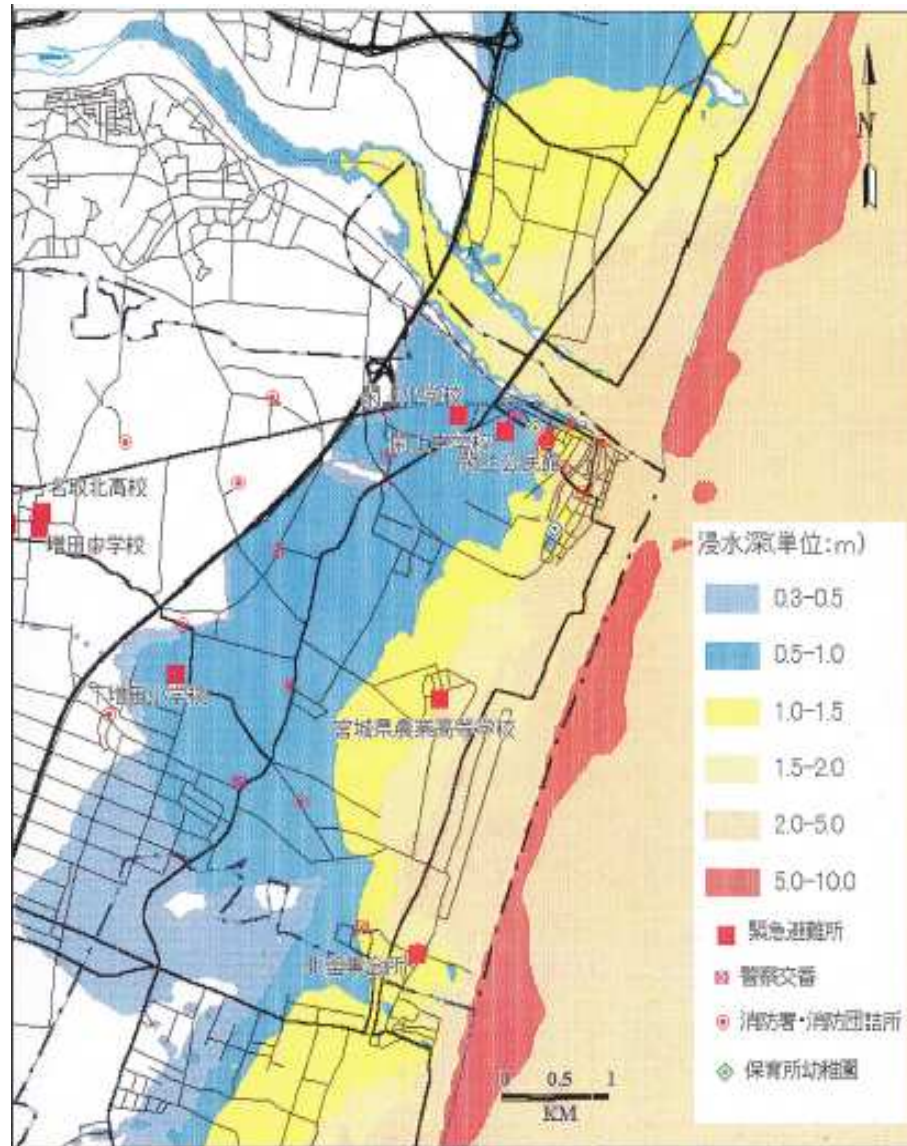
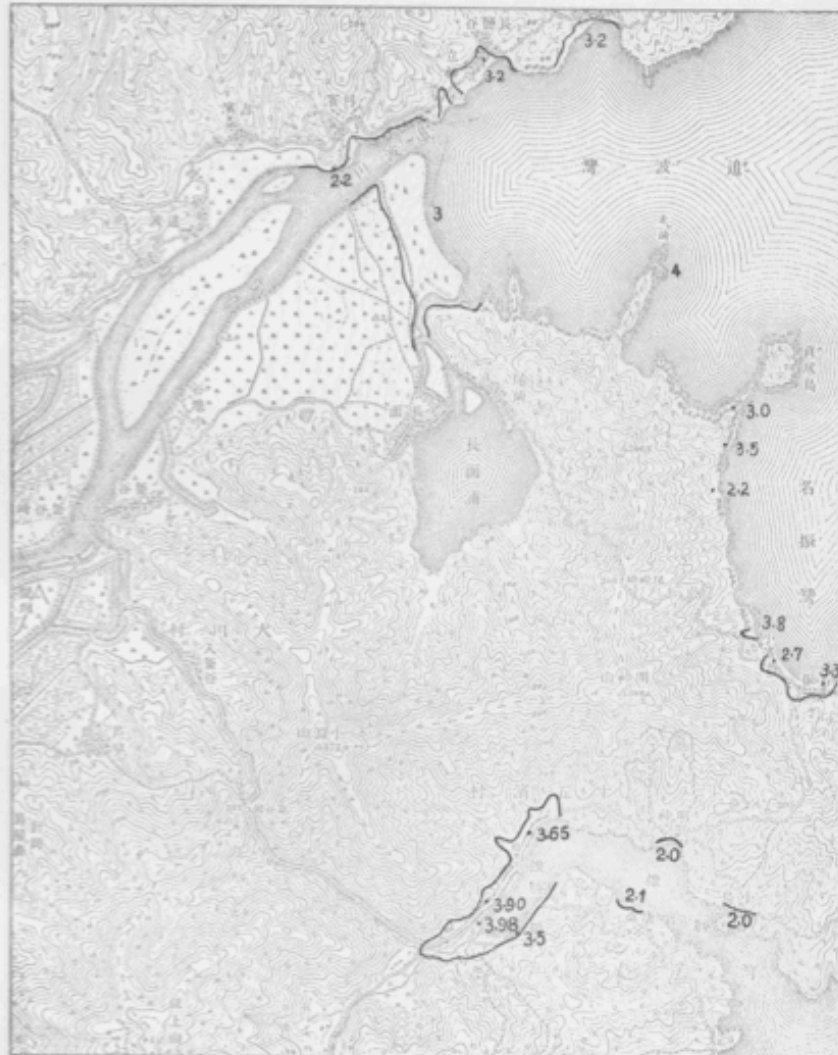


図4 満潮時(+1.5m)、津波高8m来襲による浸水予想



第 197 圖 Map No. II, 55.

【出典】地震研究所彙報別冊第 1 号（昭和 9 年 3 月）

昭和三陸津波における大川地区近隣の津波来襲状況

大川小事故検証委員会報告書は、昭和三陸大津波の際の浸水域を引用している。

追波湾に面した長面の砂丘域に浸水高さの表示があるが、追波川（昭和三陸大津波の翌年に付け替え工事が完了して新北上川になる）には浸水域の表示がない。

しかし、中州や旧河道にあたる湿地帯に浸水がなかったはずはない。

調査結果が不十分な理由

- 1) 湿地帯は、洪水や高潮によって、上流かも下流からもしばしば浸水していたため、津波浸水域の特定が困難だった（沖積平野一般の特徴）。
- 2) 集落が未形成、人工物が少なく、被害発生による浸水域特定がされなかった。
- 3) 付け替え工事の進展によって、古い地形図と調査時点の地形が変わっていた。

これらは、防災研究者にとって自明だが、検証委は言及せず。

3月11日「宮城県沖地震か」と気づいた人多数、それ以上かもしれないとも

- 名取市防災安全課防災担当係長：緊急地震速報が鳴った直後、「予測されていた宮城県沖地震が来た!」と思ったが、強い揺れが長く続いたので、違う地震ではないかとも感じたという(名取市東日本大震災検証委員会報告書概要版(案)から)。
- 大川小遺族：突然の大きな横揺れと揺れの長さのただ事ではない...これは、高い確率で発生すると言われている宮城県沖地震なのかと思った。

科学

Science Journal KAGAKU

1

VOL.70 No.1 JAN. 2000

特集：阪神・淡路大震災
——5年目の教訓

今回の震災は、1995年1月17日、兵庫県南部で発生した。大規模な地震であり、死者・行方不明者合わせて約2500人、被災者約200万人に達した。この地震は、1995年1月17日、兵庫県南部で発生した。大規模な地震であり、死者・行方不明者合わせて約2500人、被災者約200万人に達した。



科学書局

- 1981年から日本で一番採択率の高い東京書籍中学校理科の教科書に→“啓蒙”の最終段階？
- 主体性をうながすには、社会のしくみを問題にする必要性あり

第3章 変動する大地

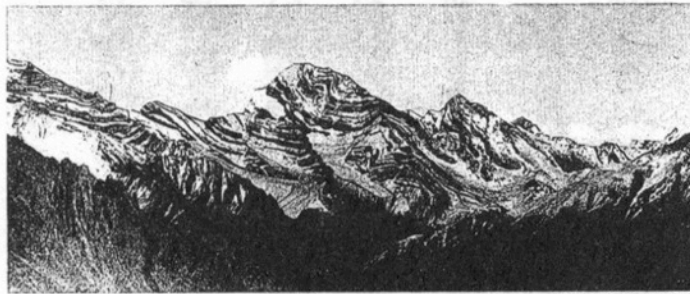


図1 ヒンズークシ山脈 (アフガニスタン・パキスタン)

アジア中央部のヒンズークシ山脈の標高6000~7000m付近には、石灰岩の地層があり、この中にサンゴや巻貝の化石が見られる。また、写真から地層が大きくうねっているようすもわかる。山脈をつくっているこれらの地層は、もともと海底にあったものだが、どうして7000mの高さまで達したのだろうか。地球内部のエネルギーのはたらきと結びつけながら、変動し続ける大地について学習していこう。

1 地震によって大地はどのように変わるか

大きな地震が起こると、地面が深く割れ、この割れ目を境にして、地面がずれることがある。これを断層という。断層

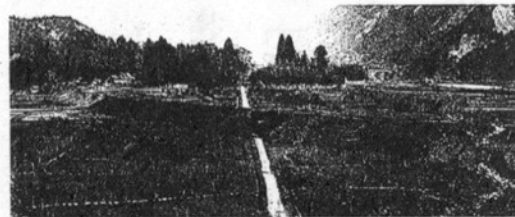


図2 根尾谷断層 (岐阜県 本巣郡) 1891年10月28日の濃尾地震の直後に撮影。

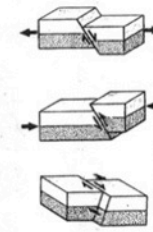


図3 断層の向き方

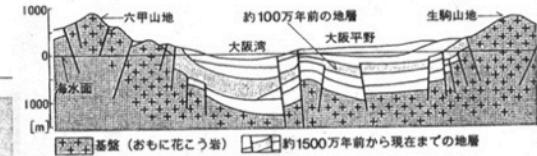


図4 断層によるずれの様子

には上下方向と水平方向のずれがある。

図2の断層は長さ約80kmに達し、写真のように上下方向に約6m、水平方向に2~3mのずれが生じたところもある。

1回の地震による断層のずれは、大きくて数mであるが、長い年月の間に数多くの地震がくり返されると、そのずれがしだいに大きくなる。神戸市の六甲山地の標高約250mのところ約100万年前の地層があり、これと同じ時代の地層が大阪平野の地下約550mのところで見られている。この地層のずれは断層のくり返してできたものである。日本の火山以外の山は、断層と密接な関係があるものが多い。

2 地形から大地の変動がわかるか

大地の変動による隆起や沈降のようすが、海岸や河岸にも現れていることがある。海岸には、図5のように切り立ったがけと平らな土地とが段になっている地形が各地に見られる。これは、土地の隆起によってつくられた地形で、海岸段丘とよんでいる。

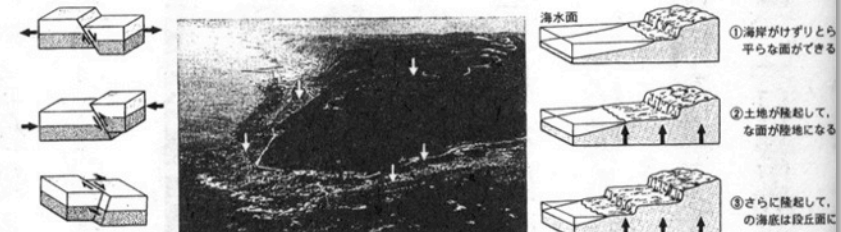


図5 海岸段丘 (高知県 室戸市) とその向き方

100万年で800m
1万年で8m
1250年で1m
600年で約50cm

理科教育の知識(質と抑制)の問題 「震度」「マグニチュード」知ってても

- 震度とマグニチュードそれぞれを自由記述
(富山大学理学部・工学部1年生を中心とする
教養授業「現代と教育」2013年度後期)
- 正答率: 震度7割強, マグニチュード8割強
- 両方とも正解が54%
- 間違えは, 地震と地震の揺れ(地震動)との
区別ができていないなど(原因は, 震源・マグ
ニチュードが不明だからだと考えられる)
- わずかにいる経済学部, 人文学部学生とも差
はわからない

ほかの調査も同様，例えば高校生

6. 次の2つの言葉の違いを，どの程度説明できますか。

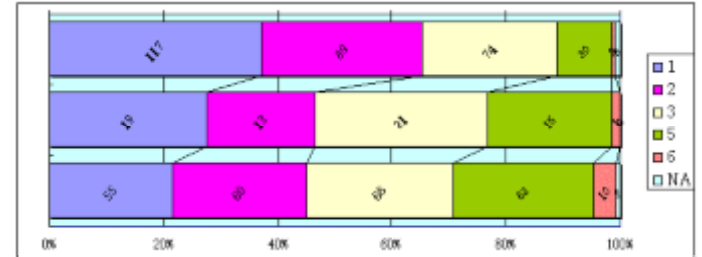
- ①よく知っていて説明もできる ②知っていて半分くらい説明できる ③知っているが少しだけ説明できる ④知っているが説明できない ⑤その言葉を知らない

(1)震度とマグニチュード

[A] ① 117 ② 89 ③ 74 ⑤ 30 ⑥ 2

[B] ① 19 ② 13 ③ 21 ⑤ 15 ⑥ 1

[C] ① 55 ② 60 ③ 66 ⑤ 63 ⑥ 10

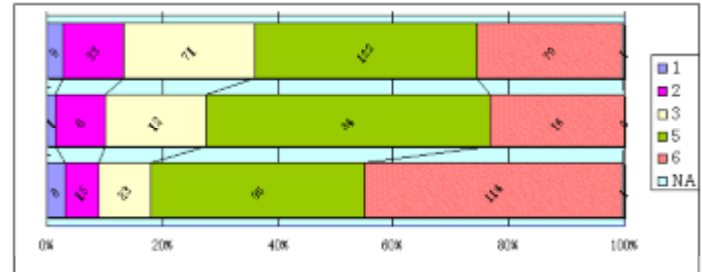


(2)地震と地震動

[A] ① 9 ② 33 ③ 71 ⑤ 122 ⑥ 79

[B] ① 1 ② 6 ③ 12 ⑤ 34 ⑥ 16

[C] ① 8 ② 15 ③ 23 ⑤ 95 ⑥ 114

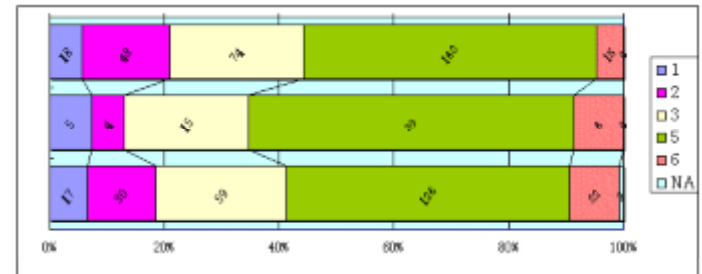


(3)兵庫県南部地震と阪神淡路大震災

[A] ① 18 ② 48 ③ 74 ⑤ 160 ⑥ 15

[B] ① 5 ② 4 ③ 15 ⑤ 39 ⑥ 6

[C] ① 17 ② 30 ③ 59 ⑤ 126 ⑥ 22



[A]地学専門教員による地学の履修者 309名

[B]非専門教員による地学の履修者 69名

[C]地学非履修者 262名

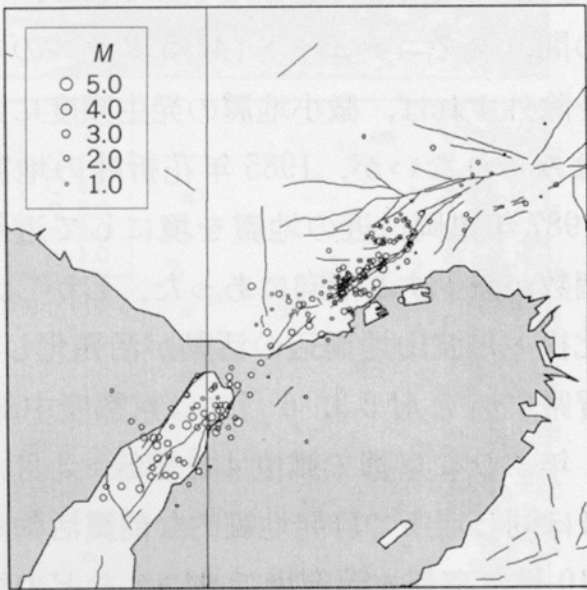
「疑問をもつことを励ます」理科教育 (科学コミュニケーション)

- 「むずかしい、だからおもしろい」ではなく、テストでできる(できればよい)が目的化している？
- 深い学びの途中段階にある。思考停止せず、考え続ける、続けたいくなる。
→ところが、**「震源は点」として学ぶのにマグニチュードは「震源の規模」が異なると丸暗記。**
- 「疑問をもつことを励ます」理科教育になっていない

地震の本体(断層モデル)を習えない

- 中学校理科では、いまだに震源を1点として学ぶ。1点だけで、地震の規模(マグニチュード, 地震のエネルギー)が決まるわけではない。数学では習う点概念(広がりが無い), 理科1分野で習う質量保存則, エネルギー保存則と矛盾から、おかしいと疑問をもてるはずだが、試験で解ければと思考停止。
- マグニチュード7ならば強震動は10秒程度, 8ならおよそ1分, 9ならば2, 3分。大川小児童の避難提案は、超巨大地震・巨大津波(だから避難をとの基本)を正しく直感できていた。
- 生存教員も同様に理解していたにちがいない。だから、裏山への避難を提案するとともに、校舎の1階ではなく2階に避難場所を探していた。

(a) 1995年1月17日 10:00-12:00



(b) 1995年1月26日~2月26日

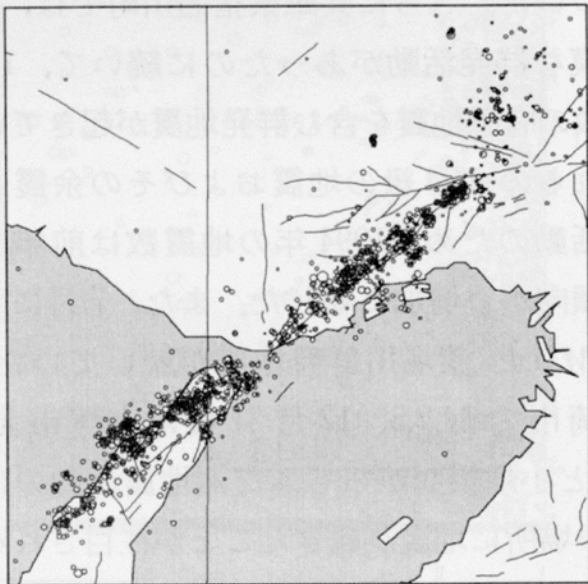


図7 余震分布。(a)本震直後7時間以内⁽⁶⁾。(b)本震後1ヵ月(NEMOTO et al.).

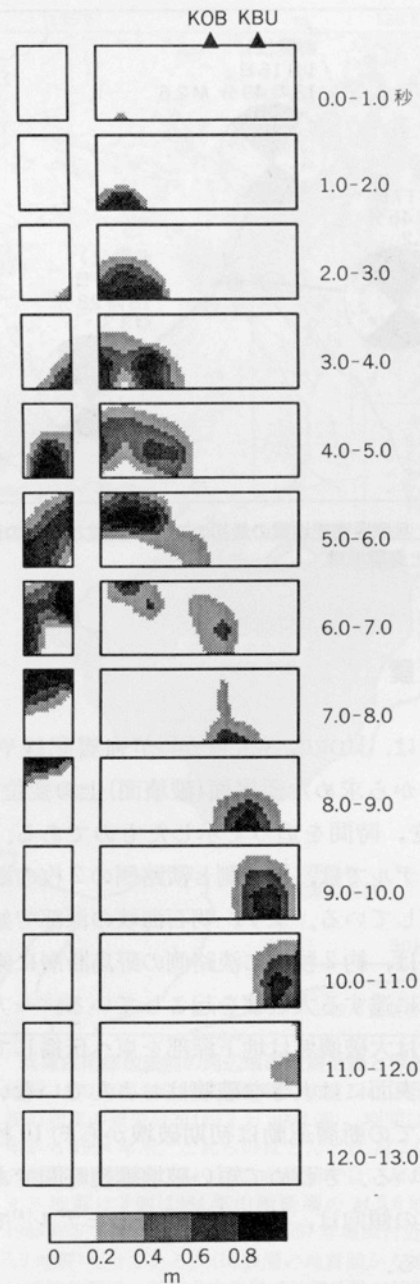
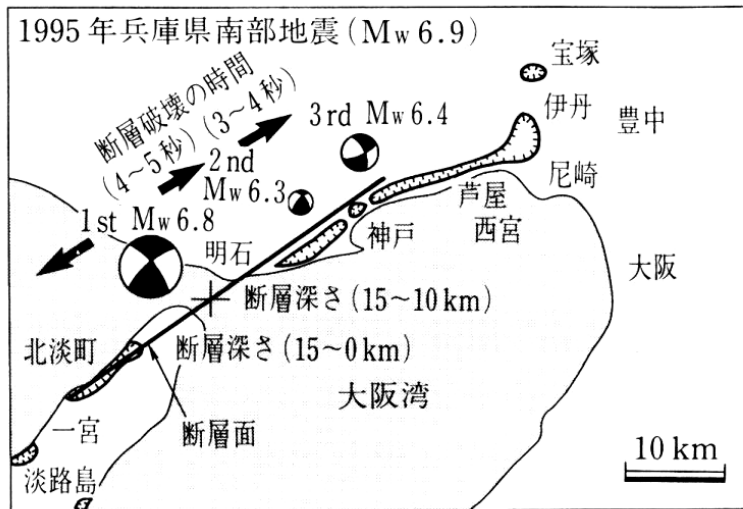


図6 強震計や測地データから求めた断層面上の変位の時間的推移⁽³⁾。色の濃さは変位量(m)を表す。KOBは神戸海洋気象台、KBUは神戸大学の位置を示す(HORIKAWA et al.).

マグニチュード7級の兵庫県南部地震は10秒余りで破壊が終わる。30から40kmを秒速3km程度で破壊が拡大。

これこそが、地震=マグニチュードの物理的実態。

片尾浩・安藤雅孝
『科学』2月号(一九九六)



1st, 2nd, 3rdは断層のブロック、兵庫県南部地震は3つのブロックが、関東地震は大きく2つのブロックが動いた。
各ブロックのすべり方を震源メカニズムで示す。
●は横ずれ、⊖は縦ずれを示す。Mwは各ブロックの地震規模を示すモーメントマグニチュード。
関東地震の1つのブロックの破壊は兵庫県南部地震全体より大きい。

凡例
上図 ⊙ : 兵庫県南部地震の震度7の領域
下図 ⊙ : 関東地震の木造全壊率50%以上の領域

マグニチュード8級の大正関東地震は小田原付近から房総半島南部までおよそ100km破壊が進行。強い揺れの発生は1分程度。

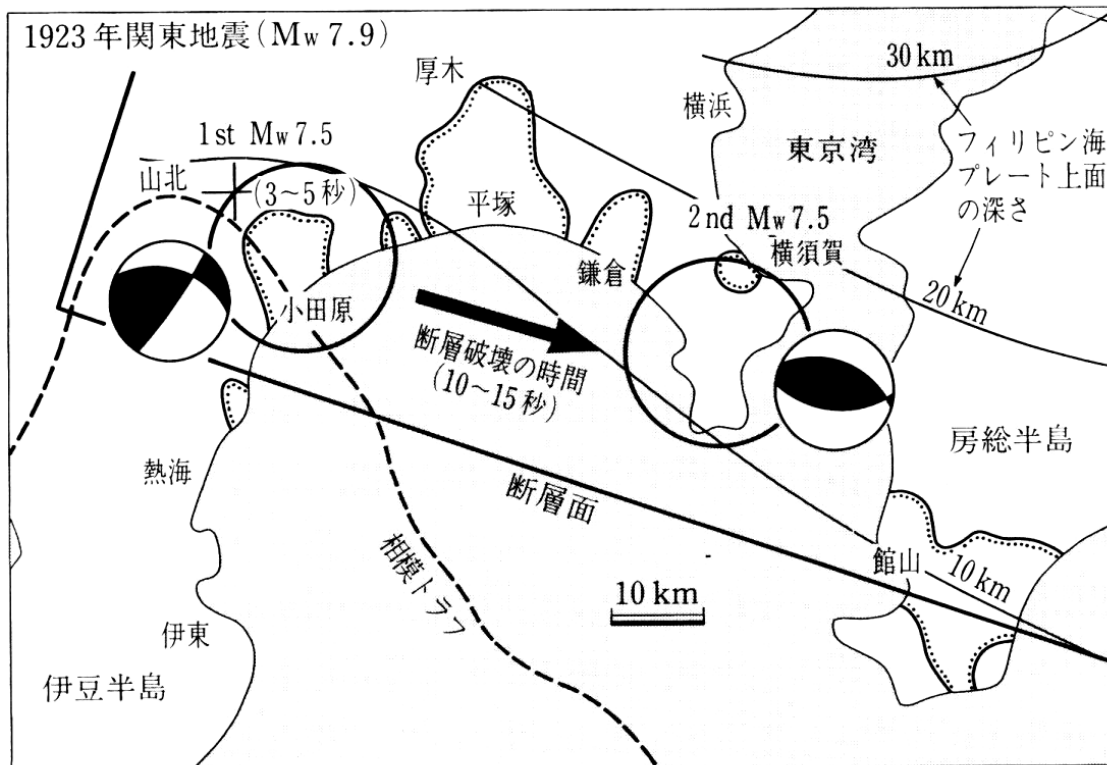
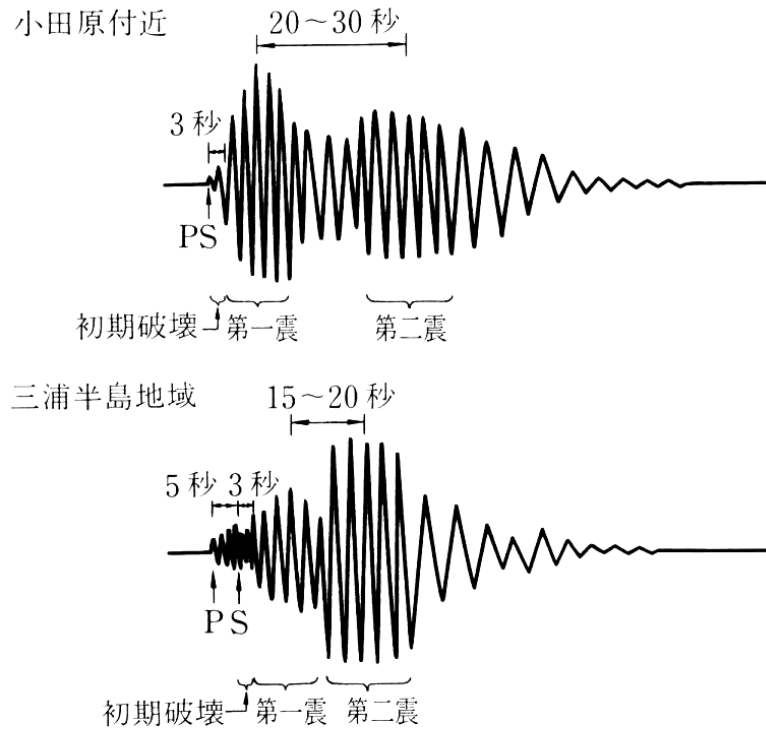


図1-4 兵庫県南部地震と関東地震の比較⁷⁾

関東地震



兵庫県南部地震

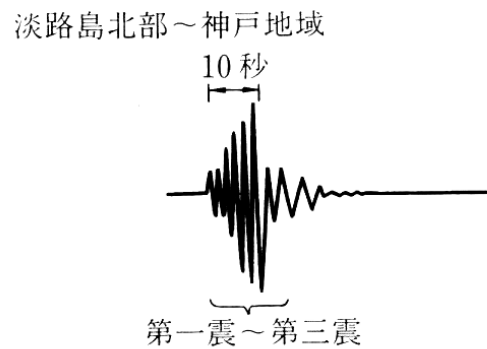
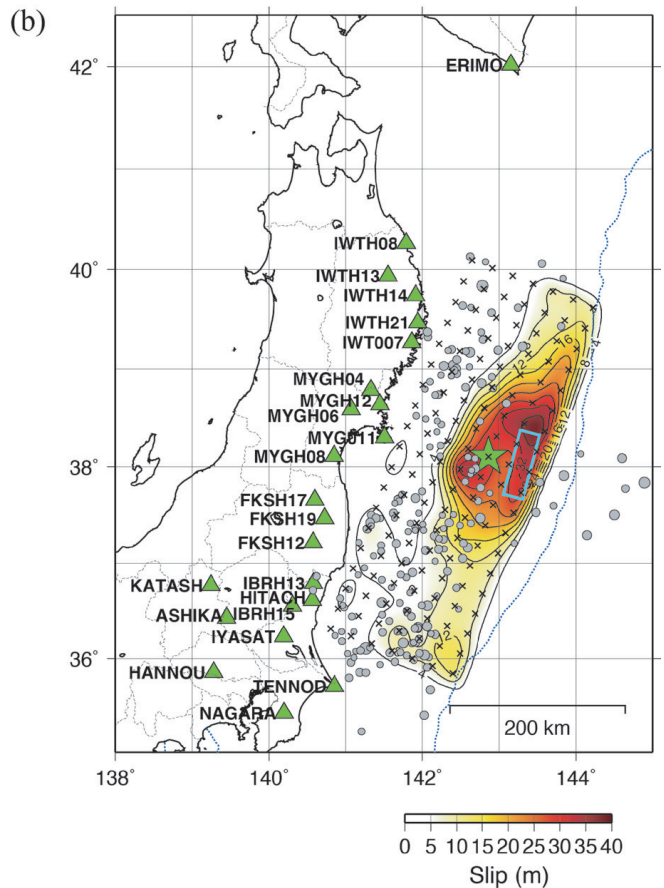
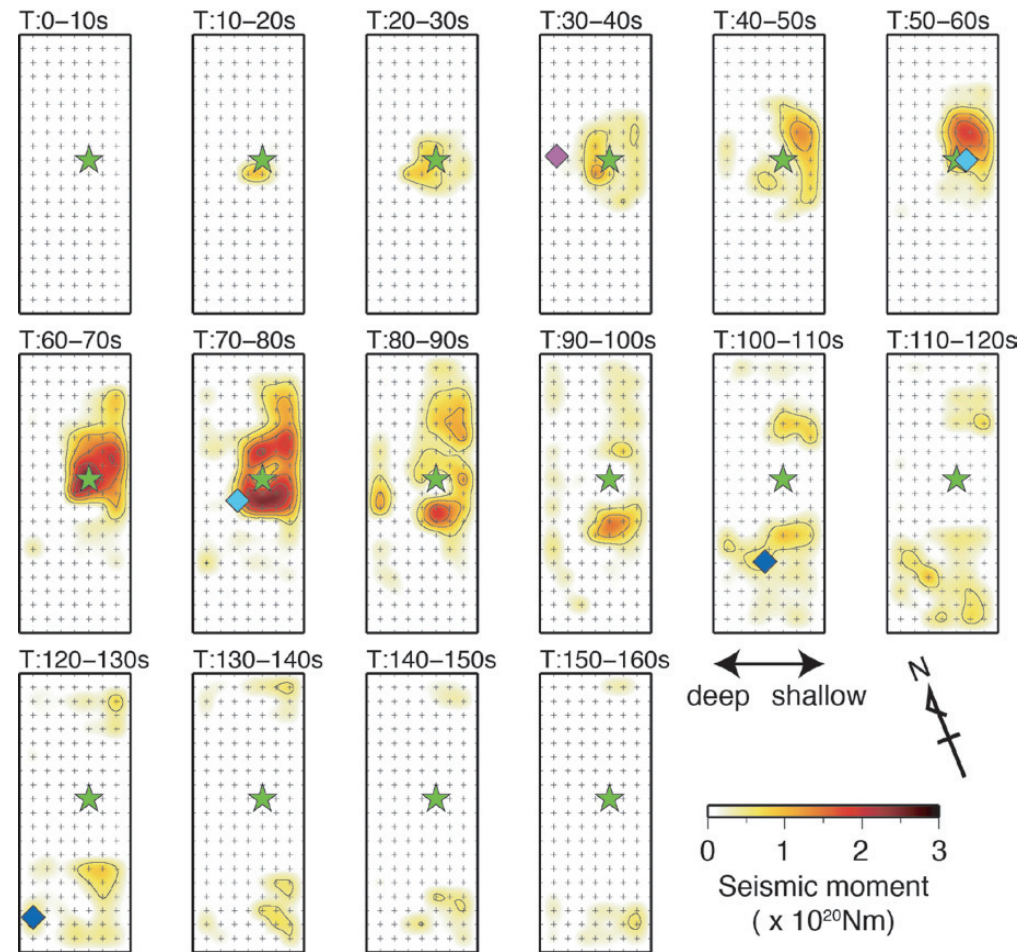


図 1-5 関東地震と兵庫県南部地震の震源近傍における揺れ方の特徴



第 1.4.5 図 近地強震記録を使った震源過程解析結果
 (a) モーメントレート関数. (b) 断層面上のすべり分布. 星印は震源(破壊開始点)の位置, 丸印は本震発生後1日以内に起きたM5以上の余震. ×印は仮定した小断層の中心位置, 三角は解析に使用した観測点を示す. すべり量のコンターは4mごとである. 水色の長方形は津波波形記録より求めた海底が大きく隆起した領域 (Hayashi *et al.*, 2011).



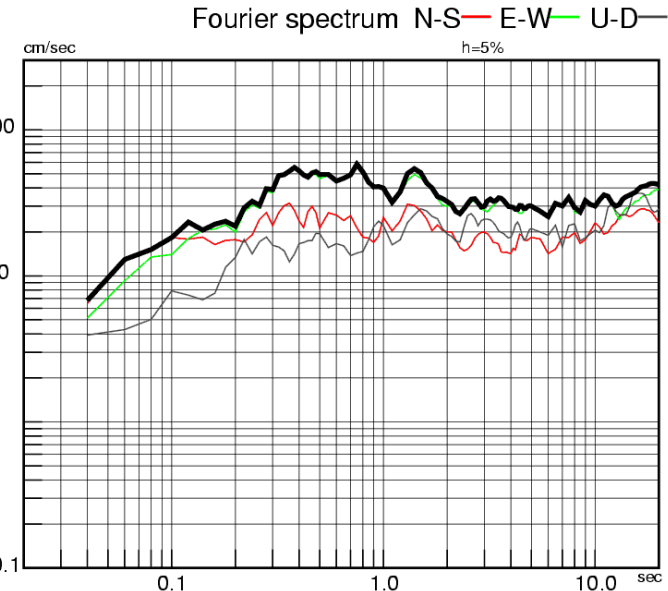
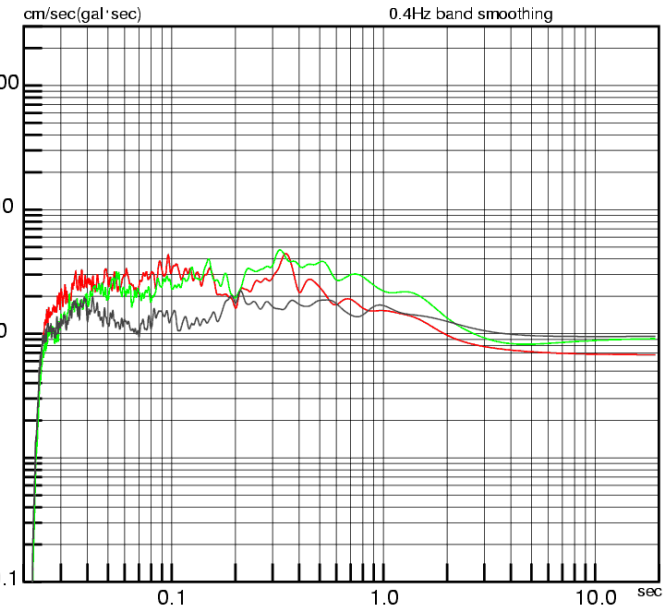
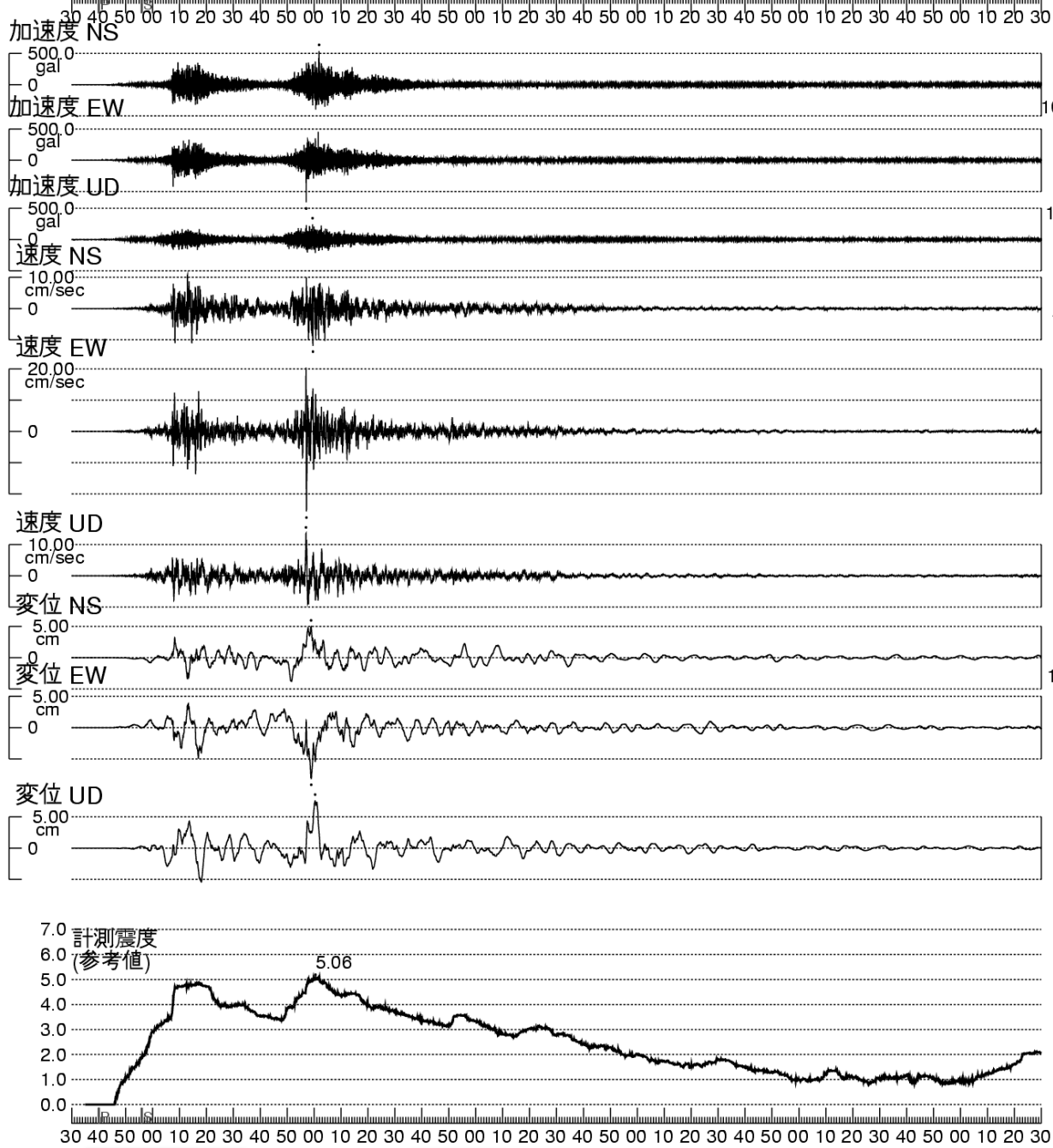
第 1.4.7 図 10秒ごとの破壊のスナップショット
 各々10秒間のモーメント解放量を示す. コンターの間隔は 5×10^{20} Nm. 菱形は青木ほか(2011)で求めた短周期を大きく励起した場所を示す.

マグニチュード9の超巨大地震では, 破壊終了まで2分半以上かかる。当然, 強い揺れが長く続く。

2011/03/11 14h46m30s~

石巻市大瓜

2011東北地方太平洋沖地震



Velocity response spectrum N-S—E-W—U-D—Horizon—

気象庁資料から

表 1. 地震の大きさの概略

M	滑り量	断層の長さ	断層面積	例えば...
9	10m	500km	100,000km ²	東北地方くらい
8	3m	150km	10,000km ²	宮城県や岩手県くらい
7	1m	50km	1,000km ²	佐渡島くらい
6	30cm	15km	100km ²	猪苗代湖くらい
5	10cm	5km	10km ²	金華山くらい
4	3cm	1.5km	1km ²	皇居くらい
3	1cm	500m	0.1km ²	東京ドーム2個くらい
2	3mm	150m	10,000m ²	グラウンドくらい
1	1mm	50m	1,000m ²	体育館くらい

*すべての数値は倍～半分くらいのバラツキがあることに注意。

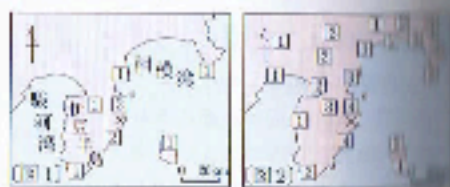
松澤暢氏(東北大学 地震・噴火予知研究観測センター)
講演「2011年東北地方太平洋沖地震が与えた衝撃」
資料から

なぜ震源断層モデルを中学理科 で学べないのか

- 研究の進展と理科教育の相互作用という「科学の文化」の所産
- 科学史的にみると、P波、S波、初期微動継続時間による震源決定は「明治の世界的大成果」
- 受験学力測定に好都合（習得に必要な思考的努力を測れる）→参考書『自由自在』ほか
- 高校地学が独立、「理系」「文系」問わず習わないままの人が多し。
- 頑迷な東大教授の影響？

3 図1、2は、震源がほぼ同じ地震の震央と震度の分布を表したものである。震央、□は震度を示している。次の①～③のそれぞれに適切な語を入れよ。

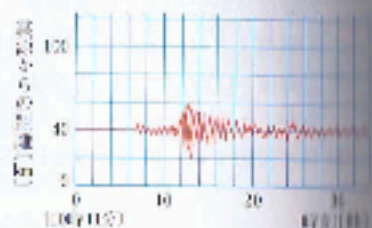
地震の(①)の大小を表す尺度をマグニチュードという。その(②)をこの2つの地震で比べると、図1の地震のほうが図2の地震より(③)。
また地震の発生にともない、(④)が発生するおそれがあると警報や注意報がでる。



4 右の表は、ある地震について観測地A～Cで観測された、ゆれ始めの時刻の一部を示したものである。図は観測地Aにおけるゆれの様子を記録を示したもので、横軸が時刻、縦軸が震源からの距離である。震源から観測地Cまでの距離を80 kmとして、次の問いに答えよ。

- 初期微動を起した地震の波の伝わる速さは何 km/秒か。
- 観測地Bで、主要動が始まった時刻は何時何分何秒か。
- この地震の発生時刻は何時何分何秒か。

観測地	初期微動が始まった時刻	主要動が始まった時刻
A	10時11分7秒	10時11分19秒
B	10時11分17秒	時 分 秒
C	10時11分12秒	10時11分21秒



5 日本海溝を境にして大規模な震源が集中し、日本海側にいくにしたがって震源が深くなっている。このことをプレートが動くという考えで推察すると、次の①～③のどれになるか。1つ選び、記号で答えよ。

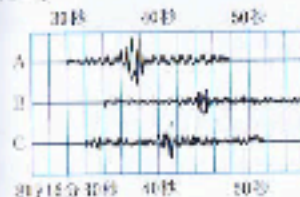
- ①海洋プレートが大陸プレートの下にもぐりこむから。
- ②大陸プレートが海洋プレートの下にもぐりこむから。
- ③大陸プレートと海洋プレートが正面からぶつかるから。
- ④海洋プレートと大陸プレートが反対方向に移動するから。

6 次の①～④の文章の中から正しいものを選び、記号で答えよ。

- ①最も深い地震は地下2000 kmの所で発生する。
- ②震源からの距離が等しい場所では、震度はどこでも同じである。
- ③マグニチュード7.5の地震のエネルギーは6.5の地震のエネルギーの約30倍である。
- ④これまでに起きた最大の地震のマグニチュードは10を超える。

実力問題

7 (地層の記録) 下の図は、A、B、Cの3地点での地震の記録を模式的に示したものである。これについて、以下の問いに答えよ。



- ① A地点は震源の真上にある。この地震が起きたのは何時何分何秒か。ただし、初めに伝わってくる地震波(P波)の速さは8 km/秒、主要動(S波)の速さは4 km/秒とする。
- ② 震源の深さは何 km か。
- ③ B地点の震央からの距離は何 km か。

8 (岩石の種類) 夏休みの宿題は石を拾ってくることであった。

- ① A君は九州に旅行したとき、桜島で流石を拾った。この石に含まれる暗緑色の鉱物をルーペで見ると、割れ目の歪は120度の角をなす2方向に入っていた。
- ② B君は山口県の秋吉台でたくさん見られる白っぽい石を拾ってきた。これにはサンプルの化石が含まれていた。
- ③ C君は四国の室戸岬で果てはくまで全体に色のあらい石を拾った。ずしりと重いので密度を測ると、 2.7 g/cm^3 であった。

含まれていない。あとで調べると、火成岩であることがわかった。

- ④ D君は神戸の六甲山で最も多く見られる石のうち、あまり風化していないものを持ち帰った。白っぽい石で全体に粒にあり、中に少しだけ黒い鉱物が含まれていた。
- (1) A君、B君、C君、D君の持ち帰った岩石の名称に何か、記号で選べ。
①閃緑岩 ②はんれい岩
③石灰岩 ④花こう岩
⑤安山岩 ⑥凝灰岩
 - (2) A君の石に含まれている暗緑色の鉱物は何か。
 - (3) A君の石の歪は何とよばれるか。
 - (4) B君の石の種類を薬品を使って確かめる簡単な方法を答えよ。
 - (5) C君の石に含まれている白い鉱物は何か。
 - (6) D君の石に含まれている黒い鉱物は何か。
 - (7) D君の石の組織は何とよばれるか。

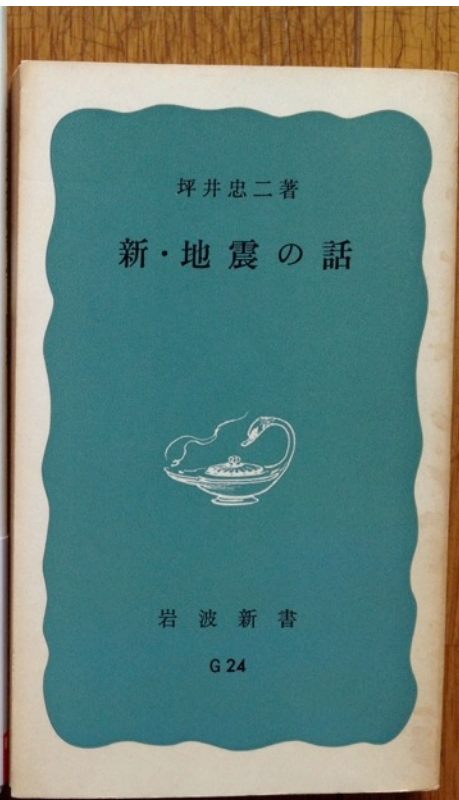
9 (地層の形) 次の図1は、海底の泥、砂、れきの分布を示し、図2はA地点を通る東西の断面を示している。

これらについて、次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 海底の堆積物が、図1のような分布になるのはなぜか。①～④のうち、最



2013



1967

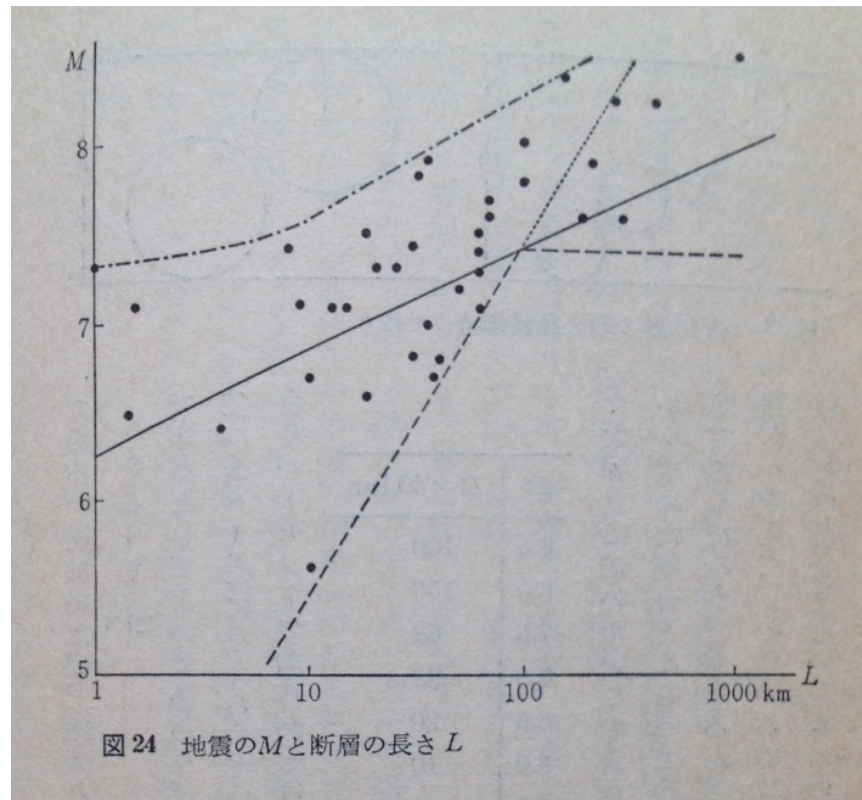


図 24 地震のMと断層の長さL

金森博雄(1936~)

1959年東京大学理学部物理学科卒、地震学(地球物理学)に進み岩波新書を読む。
「しかし私は、地震の震源で起こることを「マグニチュード」という極端に単純化した数字だけで扱うスタイルにはあまり魅力を感じられませんでした」←疑問が出発点。

坪井忠二(1902~1982) 地震球体モデルに立ち、濃尾地震、カリフォルニアで蓄積があった断層モデルを否定、球体モデルに固執。
 左上の「新」編は、1967年5月20日初刷、1982年10月10日最終16刷、計3000部印刷、最初に1800部製本、翌1983年9月21日残りの1200部に増製本(おそらくその後1年程度で品切)。

マグニチュードとは

- 気象庁マグニチュード
「地震計で観測される波の振幅から計算されますが、規模の大きな地震になると岩盤のずれの規模を正確に表せません」
→最大振幅以外の地震の多様性を見落とす
- モーメントマグニチュード
「岩盤のずれの規模(ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ)をもとにして計算。物理的な意味が明確...地震発生直後迅速に計算するのは困難」

大川小検証委が検証を避けた論点例

現場にいた教員3名(教頭, 教務主任, 安全主任), 児童, 児童を迎えにきた保護者らが裏山への避難を口にしていたのは, 危機感をもっていた証拠である。したがって, このような危機感を抱いたのはなぜか, その危機感が共有されず, 生かせなかったのはなぜか, それこそが検証対象のはずだった。

検証すべきポイント例1: 生存教員はなぜ, 山への避難を提案したのか→一般的地学, 防災の知識あり

同ポイント例2: 児童はなぜ, 山への避難を提案したのか→2011年3月9日のM7.3地震よりも強く, 長い地震動との比較と, 祖父母世代からの伝承を通して大津波を, 過小評価した気象庁よりも正しく想定。→気象庁, 理科教育への教訓でもある。

同ポイント例3: 児童を迎えにきた保護者はなぜ, 山への避難を提案したのか→激しく長い揺れ, ラジオから届く大津波警報, 裏山を知ってた3点。

同ポイント例4: 危機感が教員間に強く共有されなかった原因となりうる研修の内容→石巻市民に震災前配付されていたハザードマップ全体を示さず, 調べられるはずの研修内容も調べず。

同ポイント例5: 危機感があったのに避難が遅れた理由

→山元町立山下第二小学校でも「津波がこなかったら」を考え, 逡巡。大川小でも生じたはず。

事実にもとづかない権威主義的検証

室崎委員長が強調する被災原因例1「学校が4階建てでなかったこと」

→大川小は2階建てであり、避難にふさわしい屋上もなかった。しかし、4階建てでなかったために避難ができなかったといえる根拠が、報告書にあるわけではない。実際には水平避難ゼロ。ただし、生存教員は校舎2階に避難場所を探したと証言。

同例2「地域の誰かが積極的にアドバイスすれば避難できた」

→児童や保護者からの裏山避難の提案が積極的でなかったあるいは消極的なものであったという証拠はない。検証委が始まる前から調査をしていた研究者、ジャーナリスト、遺族らによって明らかにされてきた証言ほど、「ゼロベース」で調べるとの方針のもと、検証委は厳しく検証の対象とした。（対照的に、石巻市側証言は鵜呑みに近いのは、裁判を意識したらしい）。

同例3「山に登る階段があれば」

→マニュアル以上の避難に成功した相川小、雄勝小裏山とを登り比べても、大川小裏山に登るのに困難はない。

同例4「教諭と児童が防災教育を通じて信頼関係が築けていたら」とあたかも信頼関係がないかのように

→同じく根拠不明、「死人に口なし」の検証姿勢を象徴。

批判的思考力

- 批判的思考とは第1に証拠に基づく論理的で偏りのない思考である。
 - 第2に自分の思考過程を意識的に吟味する省察的(リフレクティブ)で熟慮的思考である。
Cf: 日常語の非難・批判とのちがい
 - そして第3により良い思考を行うために目標や文脈に応じて実行される目標指向的な思考である。
- (楠見2013)
- その「欠如」「育成」より「抑制」こそが課題？！

「語り」の重要性

- 「語られないこと」は「ないこと」になる。

事例:「受忍」を強いられていた広島・長崎の被爆者の被害の共有は「語り」によって実現。

直野章子:被ばくと補償, 平凡社新書(2011)

- 「天災は忘れた頃にやってくる」(寺田寅彦)は, 災害の間隔の長さだけを問題にしたのではない。「未曾有の災害」として特殊化し, 現実を直視せず, 教訓を語るようであり, 忘れてしまおうとする知識人(学者, ジャーナリスト, 為政者ら)への警鐘。

藤井陽一郎:科学史研究(1966)



検察審査会 「大津波予見，回避できた」 福島事故「避けられた」 東電元会長ら強制起訴へ

- ・法的責任：政府・東電
- ・道義的責任
- ・政治的責任：市民として逃れられない

マグニチュードって，震源ってなに（中学生でも疑問をもてる，追加1時間で学べる）

2015/08/01

金沢駅にて撮影