



南海トラフ地震と連動する火山噴火 の可能性と定量的評価

小山真人（静岡大学防災総合センター）

1. 南海トラフ地震は富士山噴火を
誘発するか？ 研究の現状

2. リスク情報の伝え方の参考事例：
確率つき噴火シナリオ

『日本書紀』天武天皇十三年十月十四日

684年11月26日

白鳳地震が発生した当日に生じた伊豆諸島の火山噴火？

「是夕、有鳴聲如鼓、聞于東方。有人曰、伊豆嶋西北二面、自然增益、三百餘丈。更爲一嶋。則如鼓音者、神造是嶋響也」

『日本書紀』天武天皇十三年十月十四日

684年11月26日

白鳳地震が発生した当日に生じた伊豆諸島の火山噴火？

「是夕、有鳴聲如鼓、聞于東方。有人曰、伊豆嶋西北二面、自然增益、三百餘丈。更爲一嶋。則如鼓音者、神造是嶋響也」

- ・ 「伊豆嶋」がどこなのかわかっていない。
- ・ 島の西北二面が増えて、さらに1島を成したことに該当する7世紀後半の火山噴火は特定できていない。

XLII.—*On the Connexion of certain Volcanic Phenomena in South America ; and on the Formation of Mountain Chains and Volcanos, as the Effect of the same Power by which Continents are elevated.*

By CHARLES DARWIN, Esq., Sec., G.S., F.R.S.

Darwin (1840)

[Read March 7th, 1838.]

Plate XLIX.

CONTENTS.

INTRODUCTION, p. 601.

Observations on the earthquake in Chile of Feb. 20th, 1835, p. 601.

On the identity of the force which elevates Continents, with that which causes volcanic outbursts, p. 606.

On periods of increased volcanic action affecting large areas, p. 610.

Nature of the earthquakes on the coasts of South America, p. 615.

On different kinds of earthquakes ; and conclusions regarding those which accompany elevatory movements, p. 622.

Theoretical considerations on the slow elevation of mountain chains, p. 625.

Concluding remarks, p. 629.

INTRODUCTION.

THE object of the present memoir is to describe the principal phenomena generally accompanying the earthquakes on the west coast of South America ; and more especially those which attended the shock that overthrew the city of Concepcion on the morning of the 20th of February, 1835. These phenomena evince, in a remarkable connexion between the volcanic and elevatory forces ; and it will be attempted to deduce from this

I. 序 論

1. 地殻歪の指示者としての火山

—火山のテクトニクス例—

東大地震研究所 中 村 一 明

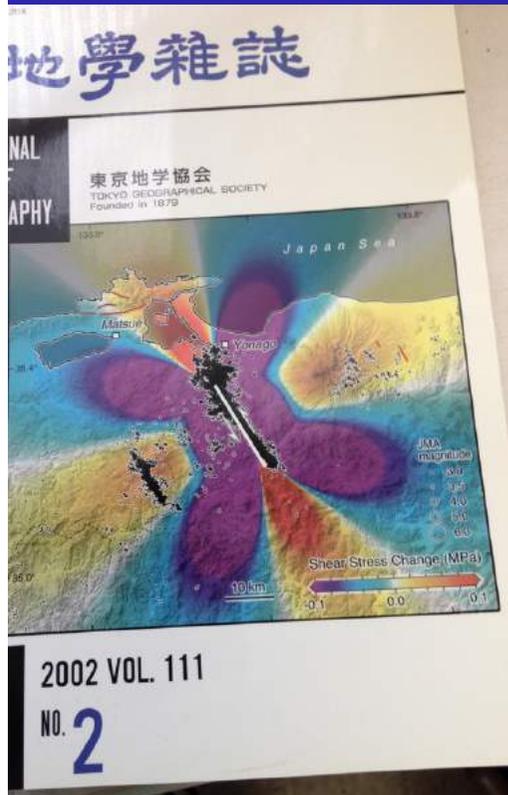
(昭和 47 年 1 月 15 日受理)

Volcano as a Possible Indicator of Crustal Strain

Kazuaki NAKAMURA

(Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

A model is presented which explains the temporal relation between an eruption and a succeeding earthquake, taking a basaltic stratovolcano, Izu-Oshima volcano, as an example. In the model, volcano is assumed to consist of an underground reservoir and a long pipe connecting the reservoir to the surface. As the compressional crustal strain is gradually stored toward the earthquakes to occur, the volcano, located near the potential fault, is also deformed and contracts to some degree. Then the magma in the reservoir is squeezed up through the pipe. The rise of the magma head above a certain level in the pipe causes an eruption.



特集「地震・火山噴火活動の相関とトリガリング」に寄せて 橋本 学, 遠田 晋次

1998年岩手山周辺の火山・地震活動 植木 貞人, 三浦 哲

伊東沖と岩手山における火山性力源による地震のトリガリング 西村 卓也

東北日本における火山噴火および内陸地震 ($M \geq 6.2$) と三陸沖の巨大地震 ($M8$ クラス) との時間的関連性について 中禮 正明

日向灘の地震に先立つ九州内陸の地震 山岡 耕春, 中禮 正明, 安藤 雅孝

巨大地震発生域周辺の地震活動に見られる静穏期から活動期への移り変わり 堀 高峰

内陸地震活動の統計的性質 活動期と静穏期及び大地震の続発性 青木 元, 吉田 明夫

大地震の前に日本海沿岸の広域に現れた地震活動の静穏化 吉田 明夫, 青木 元

火山で生じる異常現象と近隣地域で起きる大地震の関連性 その事例とメカニズムにかんするレビュー 小山 真人

応力ステップ・応力速度変化に伴う地震発生率の変化 地震発生確率予測の高精度化に向けて 遠田 晋次

月齢と丹波山地の微小地震発生との相関について 片尾 浩

地震発生における地球潮汐の影響 数値シミュレーションによるアプローチ 鶴岡 弘, 大竹 政和

注水に伴う誘発地震の発生特性 野島断層注水実験を中心として 西上 欽也, 田所 敬一, 永井 悟, 水野 高志, 加納 靖之, 平松 良浩

遠地地震により遠隔誘発された硫黄島火山の微小地震活動 鵜川 元雄, 藤田 英輔, 熊谷 貞治

断層間での破壊の乗り移り 応力が深さに依存する場合についての考察 加瀬 祐子

断層間の力学的相互作用を考慮した地震活動のシミュレーション 橋本 学

地震発生の必要条件と長距離相関を作り出すモデル 大内 徹

火山で生じる異常現象と近隣地域で起きる大地震の関連性

—その事例とメカニズムにかんするレビュー—

小 山 真 人*

**Mechanical Coupling Between Volcanic Unrests and Large Earthquakes:
A Review of Examples and Mechanisms**

Masato KOYAMA *

Abstract

Previous studies have reported many examples of possible mechanical coupling between volcanic unrests and large earthquakes, which occurred around the volcano. This paper reviews these studies and reorganizes the types of mechanical coupling into the following five cases (cases A-1, A-2, B-1, B-2, and C) and 10 mechanisms:

In case A-1, in which a large earthquake triggers activation of a volcano, the following four mechanisms can explain their coupling: (A-1-1) an increase in compressional stress, which was produced by earthquake source faulting, squeezes magma up to the surface; (A-1-2) an increase in differential stress (or magma pressure), which was produced by earthquake source faulting, promotes dike intrusion; (A-1-3) increase in tensional stress, which was

大地震と噴火の連動性について

鶴川元雄

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の直後からしばらくの間、日本列島の広い範囲で火山周辺の地震活動が活発化した。気象庁によると地震活動が活発化した火山は、北海道の丸山から鹿児島県の諏訪ノ瀬島まで20火山に達した。この中には東北地方太平洋沖地震の3日後にマグニチュード(M) 6.4の地震が発生した富士山や本震直後からM4.8の最大地震を含む群発地震が発生した箱根山も含まれる。活発化したほとんどの火山の地震活動は1, 2か月の間にほぼ静穏になった。火山での地震活動は火山活動の高まりを示す指標の1つであり、東北地方太平洋沖地震においても噴火

震活動を引き起こす場合であり、多くの研究が行われている(例えば鶴川, 1994; 小山, 2002等)。第3の場合としては広域応力場の変化により地震と噴火が同時期に活発化するような場合が考えられる(高橋, 1994; 中禮, 2002)。

本解説では地震と噴火の連動について、特に上記の第1の場合である巨大地震が震源域周辺や震源から離れた火山活動に及ぼす影響に注目する。まず富士山噴火と周辺の巨大地震の連動性について紹介し、次に世界の巨大地震と噴火の関係を見た後、大地震が噴火を引き起こすメカニズムについて述べる。

2. 富士山噴火と周辺の巨大地震との連動性

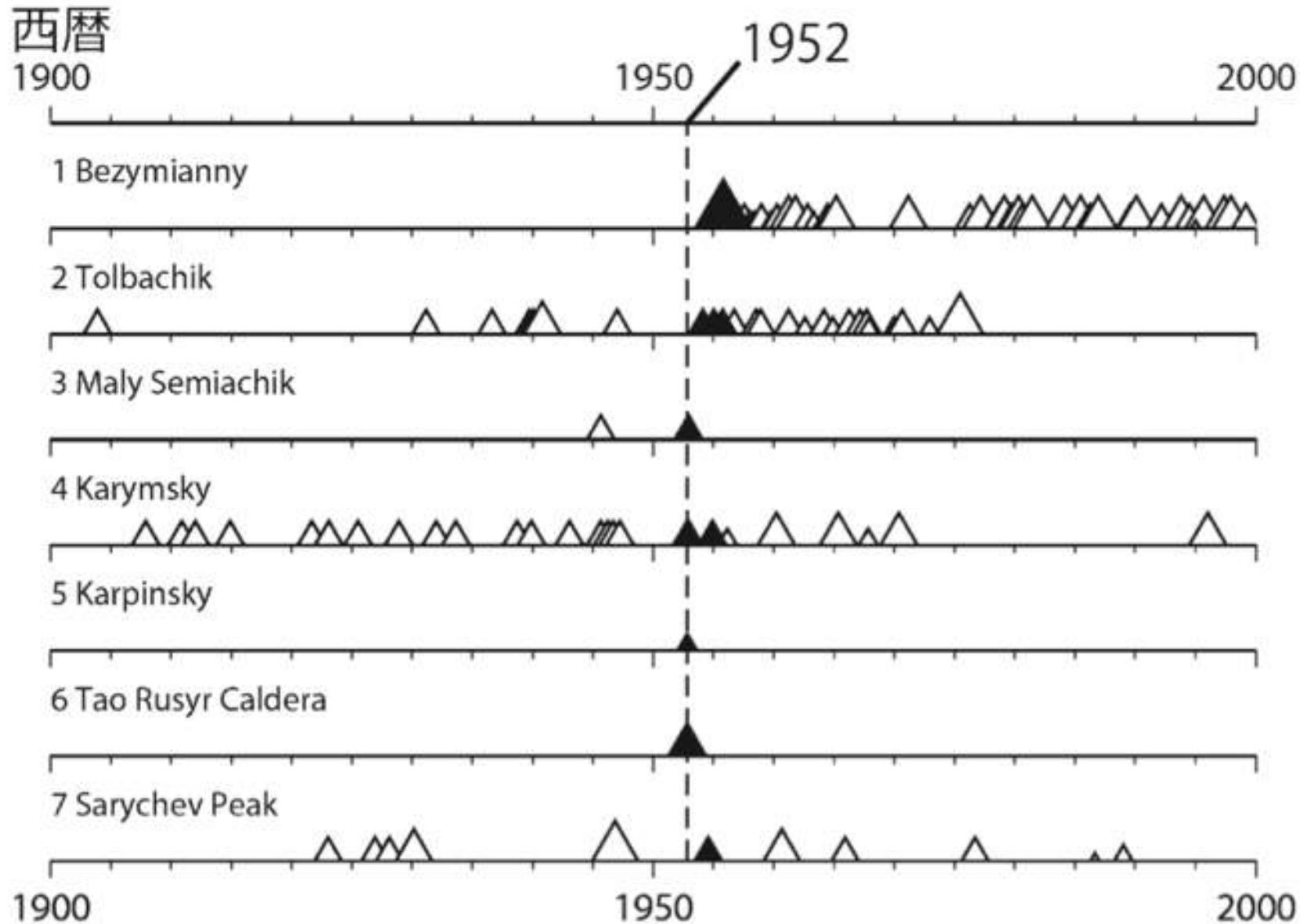
これまでの地震と火山の連動性研究

1. 特定地域(or 全世界)の噴火と近隣大地震の時間的近接性(or 時空分布)に関する見かけ上の関係分析(or 統計解析)

- ・有意だが弱い相関が報告される場合が多い(or 活動期の提唱)
- ・相関の具体的なメカニズムには立ち入らないのが普通
- ・相関のないものは「火山側の準備」が整ってなかったとされる
- ・そもそも相関の分析対象が「共変」のみで不適切

2. 応力計算による特定地域の噴火と近隣大地震間のメカニズム解析

- ・特定イベントに対して一応説明可能なメカニズムを提案
- ・そのメカニズムが成立する独立な証拠(物的証拠 or 実験)は提示されないのが普通
- ・説明できないものは「火山側の準備」が整ってなかったとされる
- ・そもそも相関の分析対象が「共変」のみで不適切



4b 1952年カムチャッカ地震後3年以内に噴火したカムチャッカ半島から千島列島の火山の噴火時系列。図の記号は図3bと同じ。

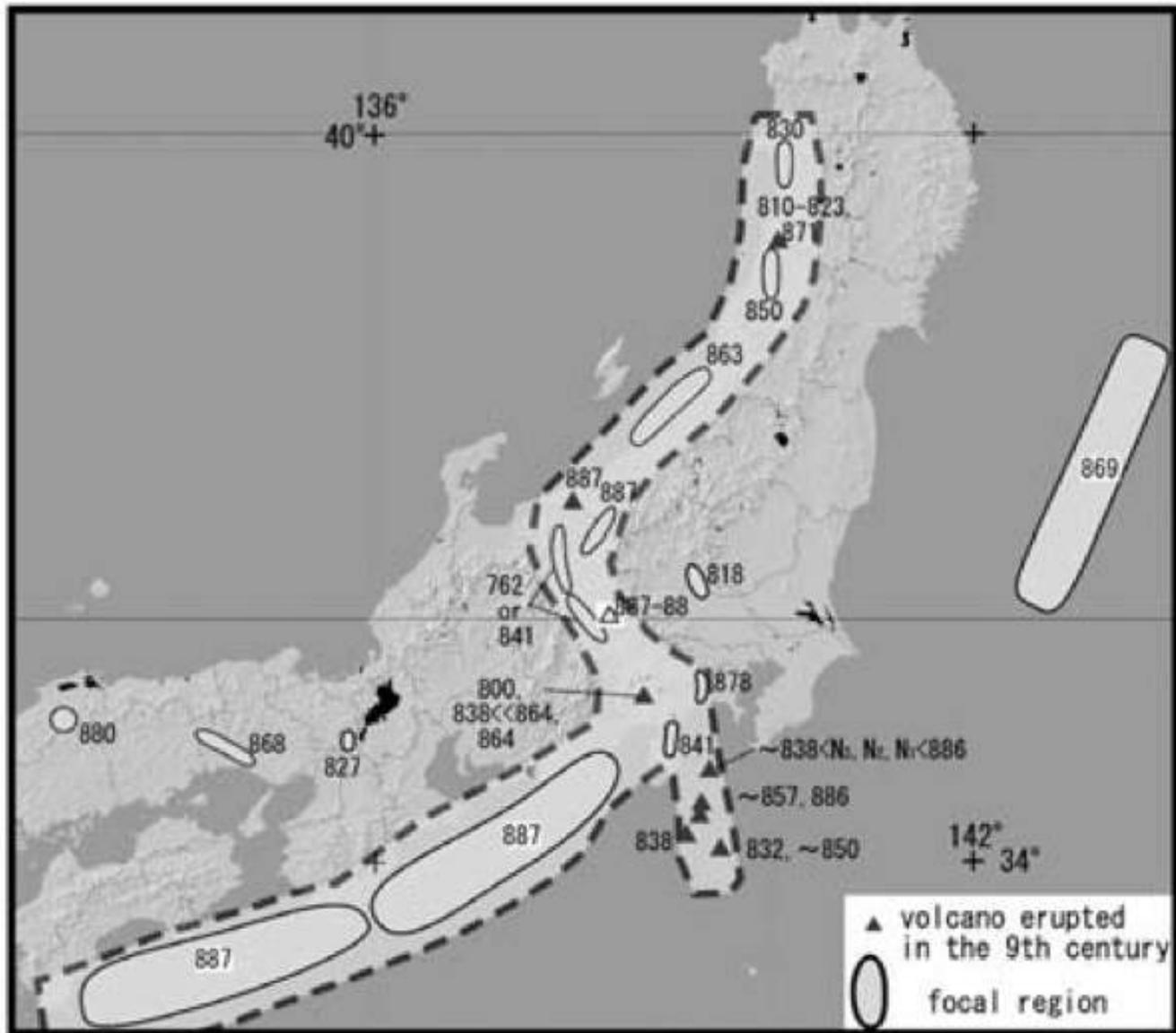


Fig. 4. Summary of eruptions and earthquakes occurred in the 9th century. Source areas of the earthquakes occurred in 868 and in 869 are after Hagiwara et al. (1989) and Watanabe (2001), respectively.

地震と火山異常の関連性：四分分割表で考える

事件(前後関係はどちらも可)	火山の近くで大地震が起きた(or促進された)	火山の近くで大地震が先延ばしされた
火山が噴火(or活動が高まった)	共変(ここばかり注目されている)	見落としている
火山活動が低下した	ごく一部を除いて見落としている	見落としている

- ・火山活動の低下が先に生じる場合：貫入事件やマグマだまりへのドレインバック等による応力変化を伴う可能性
- ・大地震の先延ばしが先に生じる場合：スロー地震・サイレント地震の発生、下部地殻の延性流動による応力変化を伴う可能性

これまでの地震と火山の連動性研究

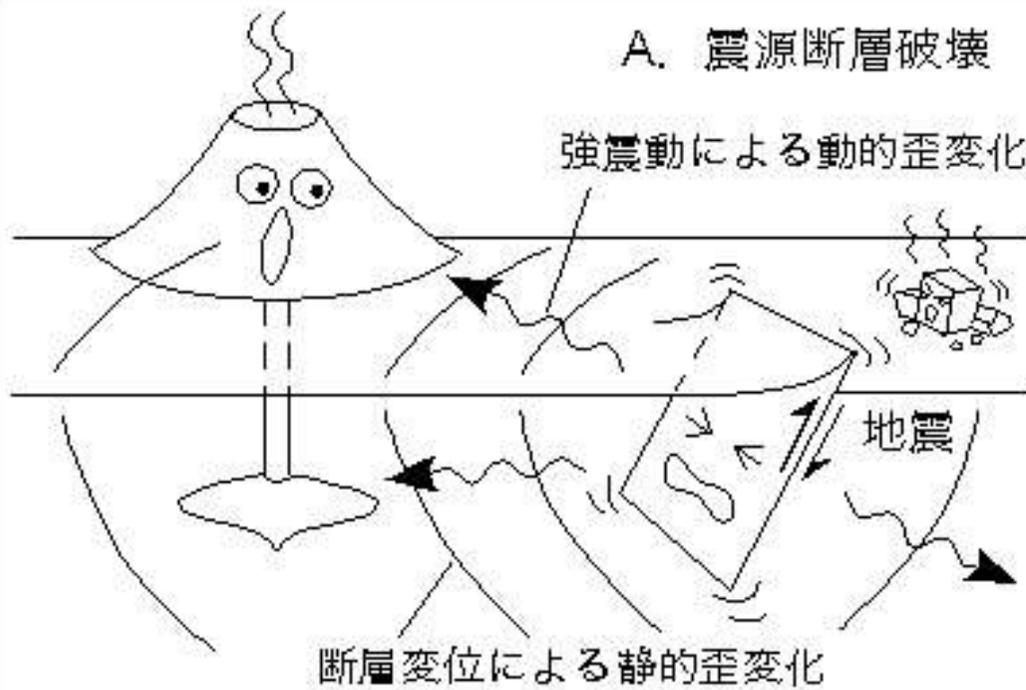
1. 特定地域(or 全世界)の噴火と近隣大地震の時間的近接性(or 時空分布)に関する見かけ上の関係分析(or 統計解析)

- ・有意だが弱い相関が報告される場合が多い(or 活動期の提唱)
- ・相関の具体的なメカニズムには立ち入らないのが普通
- ・相関のないものは「火山側の準備」が整ってなかったとされる
- ・そもそも相関の分析対象が「共変」のみで不適切

2. 応力計算による特定地域の噴火と近隣大地震間のメカニズム解析

- ・特定イベントに対して一応説明可能なメカニズムを提案
- ・そのメカニズムが成立する独立な証拠(物的証拠 or 実験)は提示されないのが普通
- ・説明できないものは「火山側の準備」が整ってなかったとされる
- ・そもそも相関の分析対象が「共変」のみで不適切

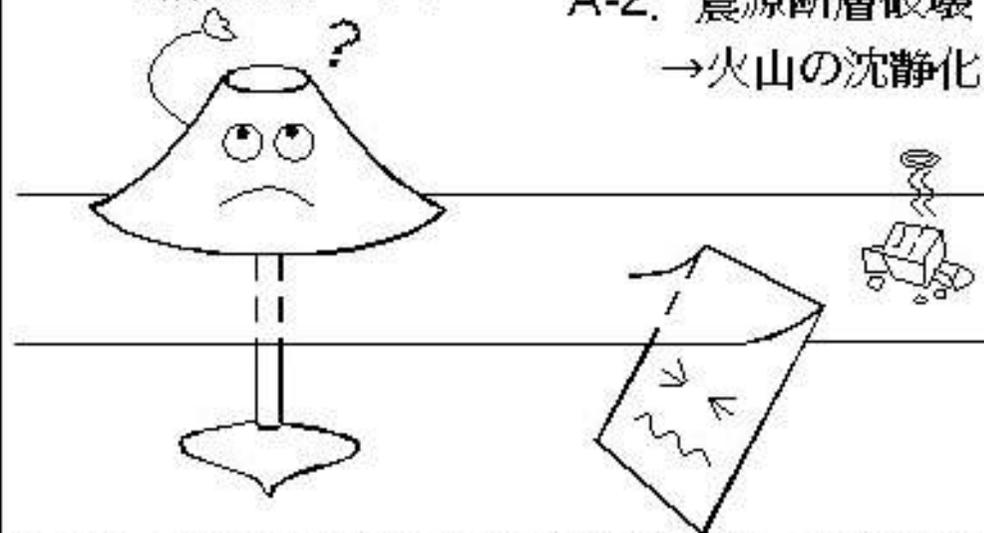
A. 震源断層破壊



地熱活動停止など

A-2. 震源断層破壊

→火山の沈静化



A-2-1: 圧縮歪増加による火道閉塞やマグマ発泡の阻害

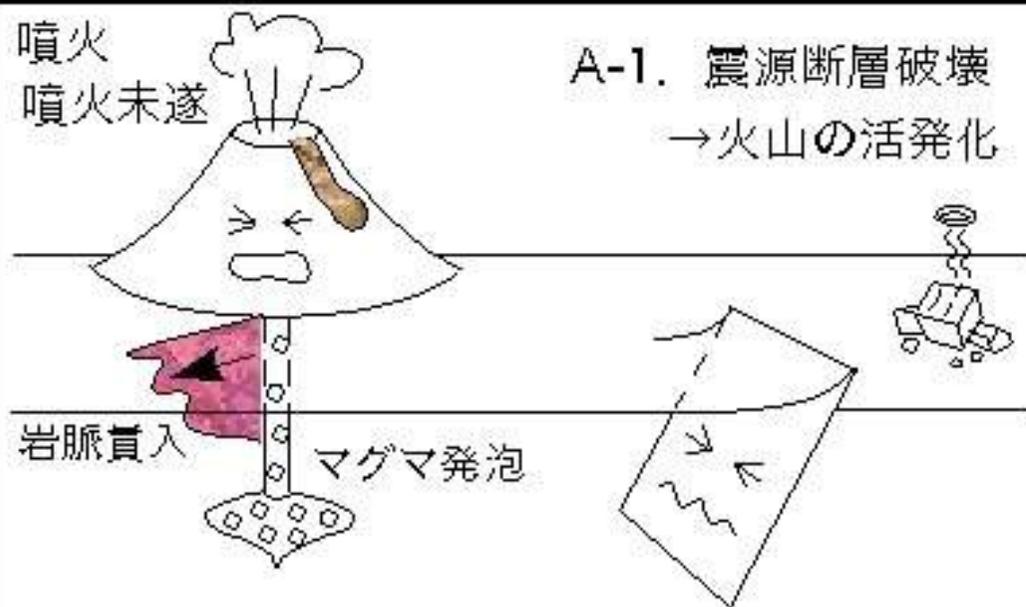
A-2-2: 差応力減少による岩脈貫入の阻害

A-2-3: 膨脹歪増加によるマグマの吸い込み

噴火
噴火未遂

A-1. 震源断層破壊

→火山の活発化



A-1-1: 圧縮歪増加によるマグマのしぼり出し

A-1-2: 差応力増加による岩脈貫入の誘発

A-1-3: 膨脹歪増加によるマグマの発泡→浮力獲得

A-1-4: 動的歪変化によるマグマの発泡→浮力獲得

地震と火山異常の 連動メカニズム2

小山 (2002)

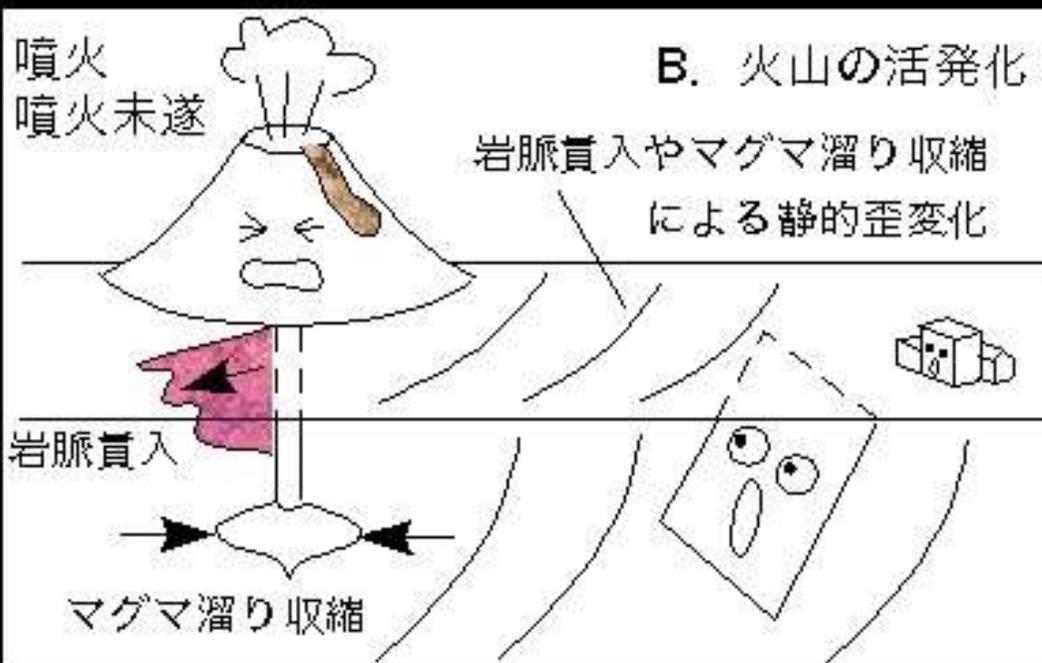
噴火
噴火未遂

B. 火山の活発化

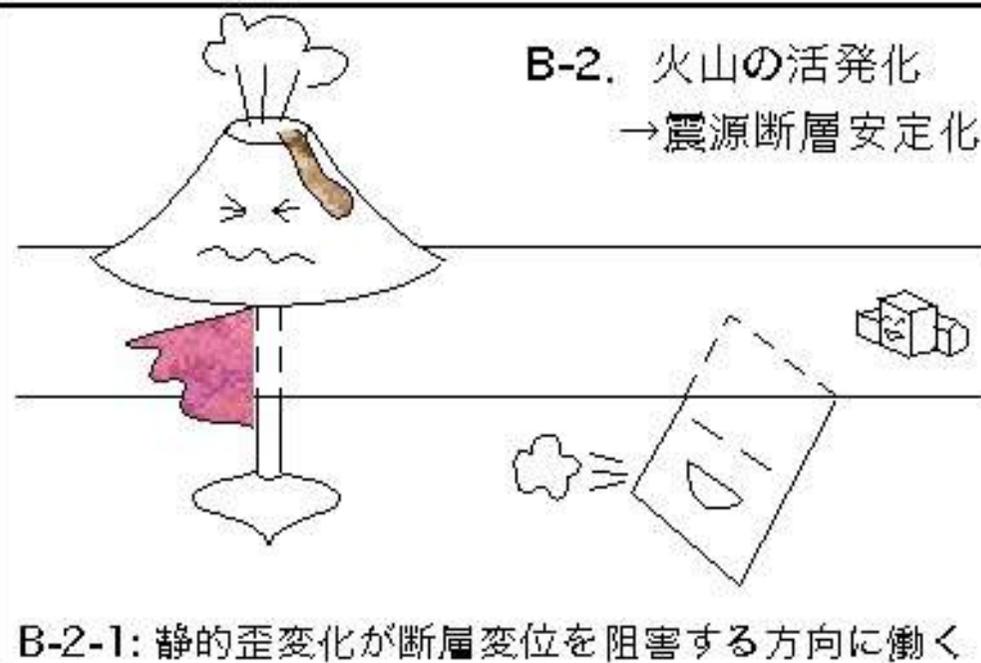
岩脈貫入やマグマ溜り収縮
による静的歪変化

岩脈貫入

マグマ溜り収縮

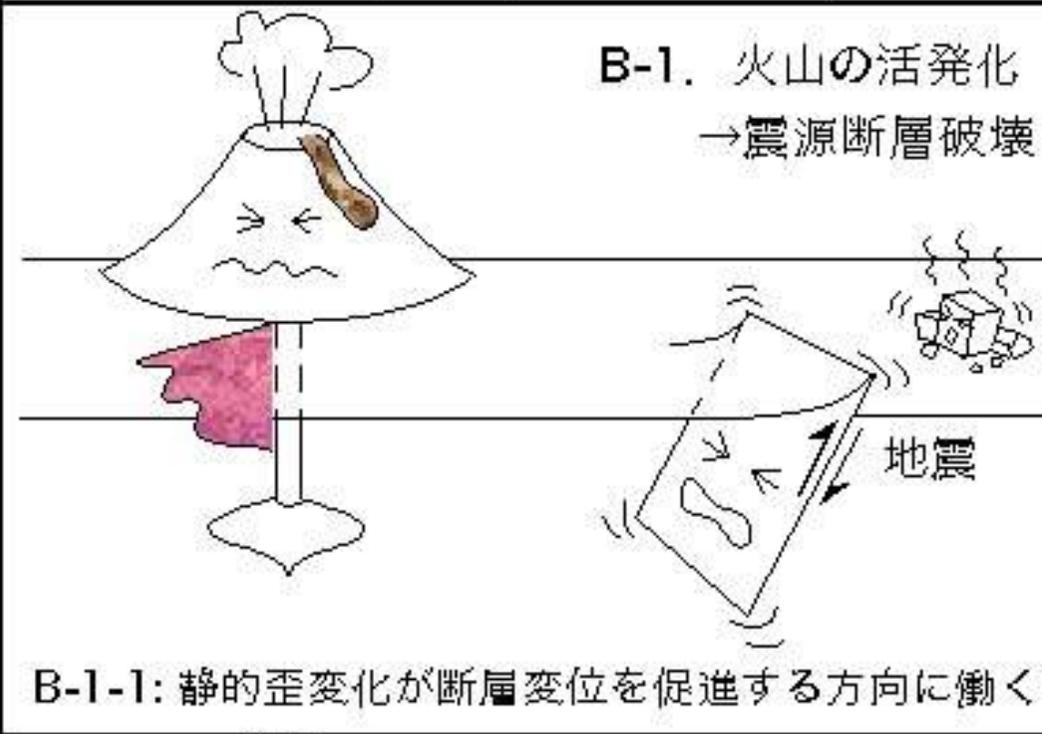


B-2. 火山の活発化 →震源断層安定化



B-2-1: 静的歪変化が断層変位を阻害する方向に働く

B-1. 火山の活発化 →震源断層破壊



B-1-1: 静的歪変化が断層変位を促進する方向に働く

地震と火山異常 の連動メカニズ ム3

小山 (2002)

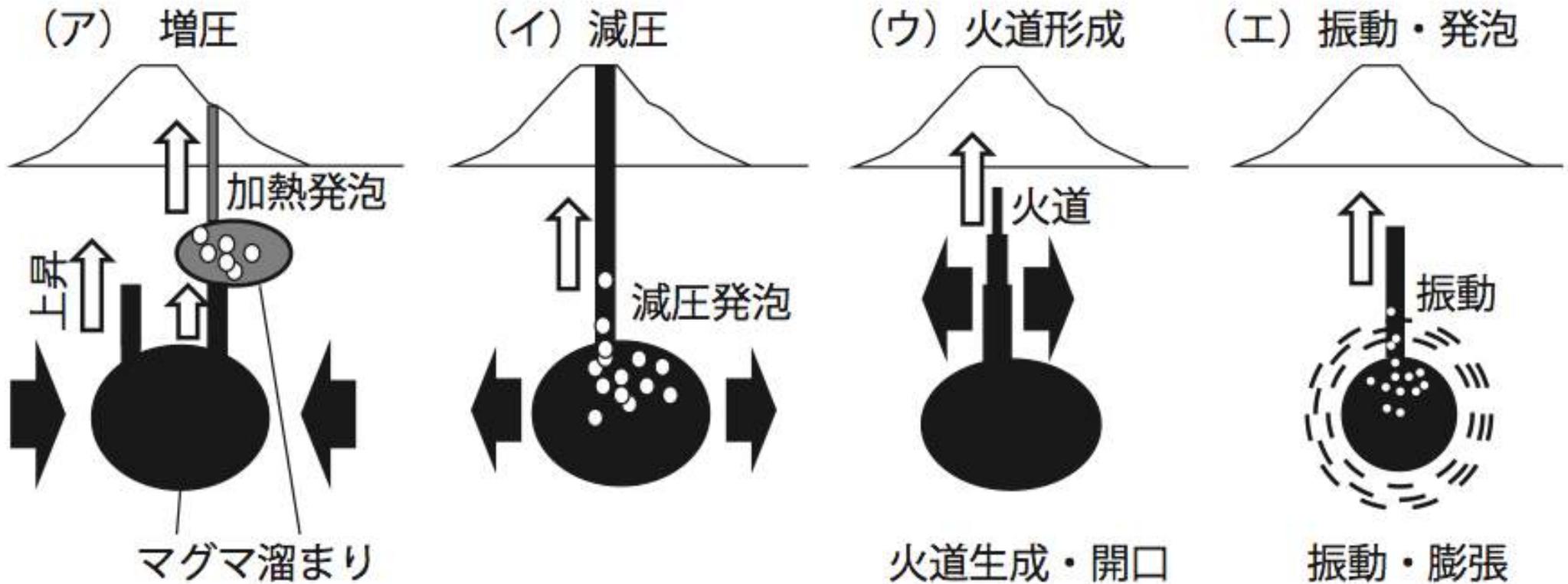
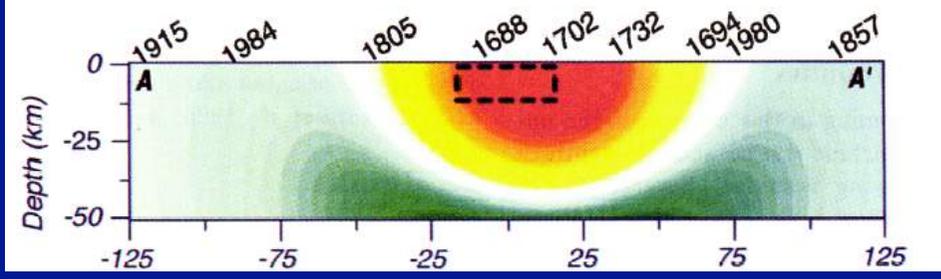
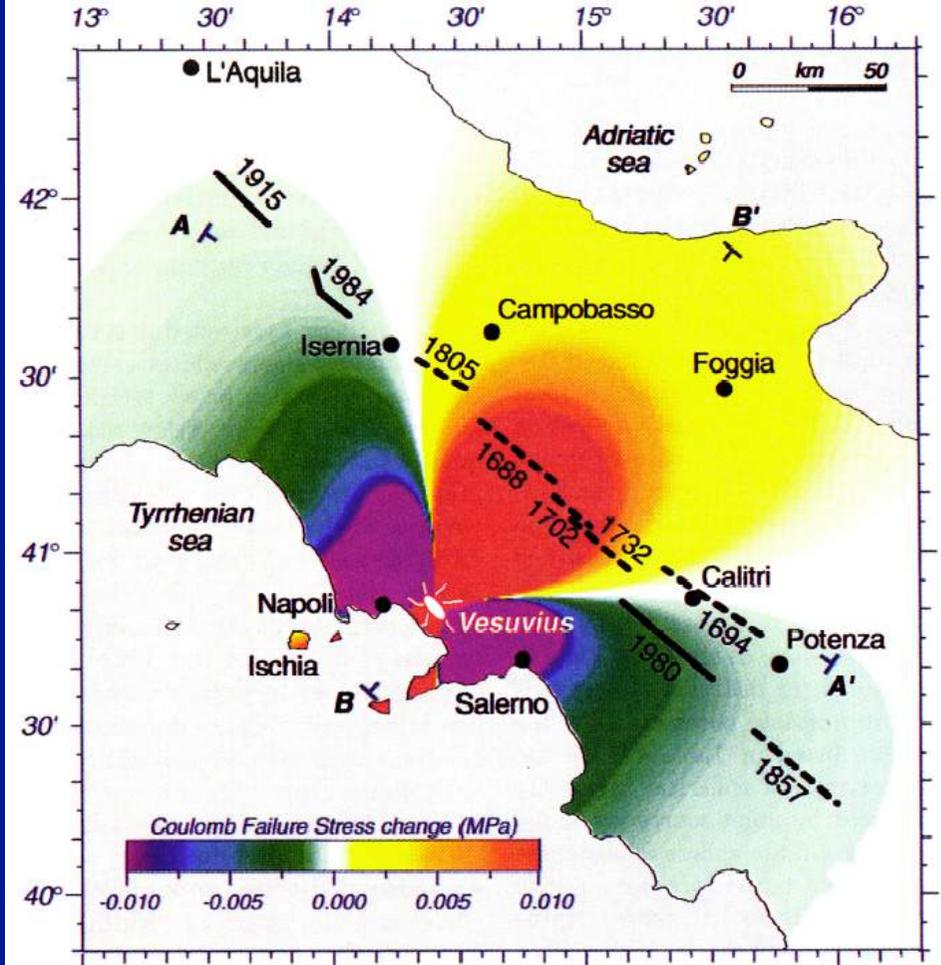
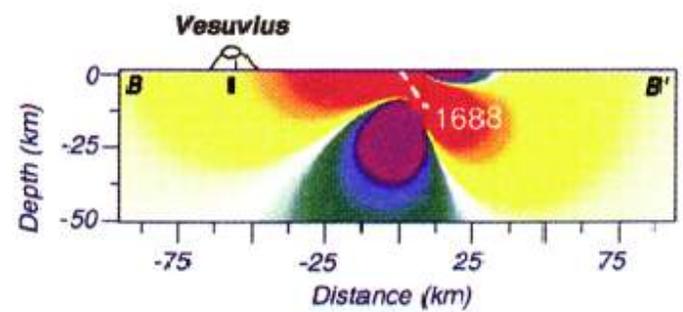
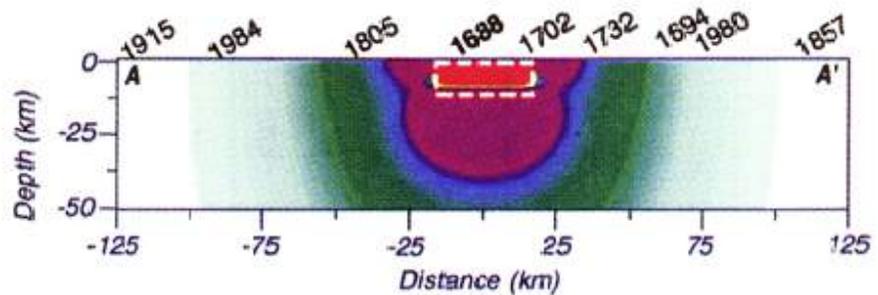
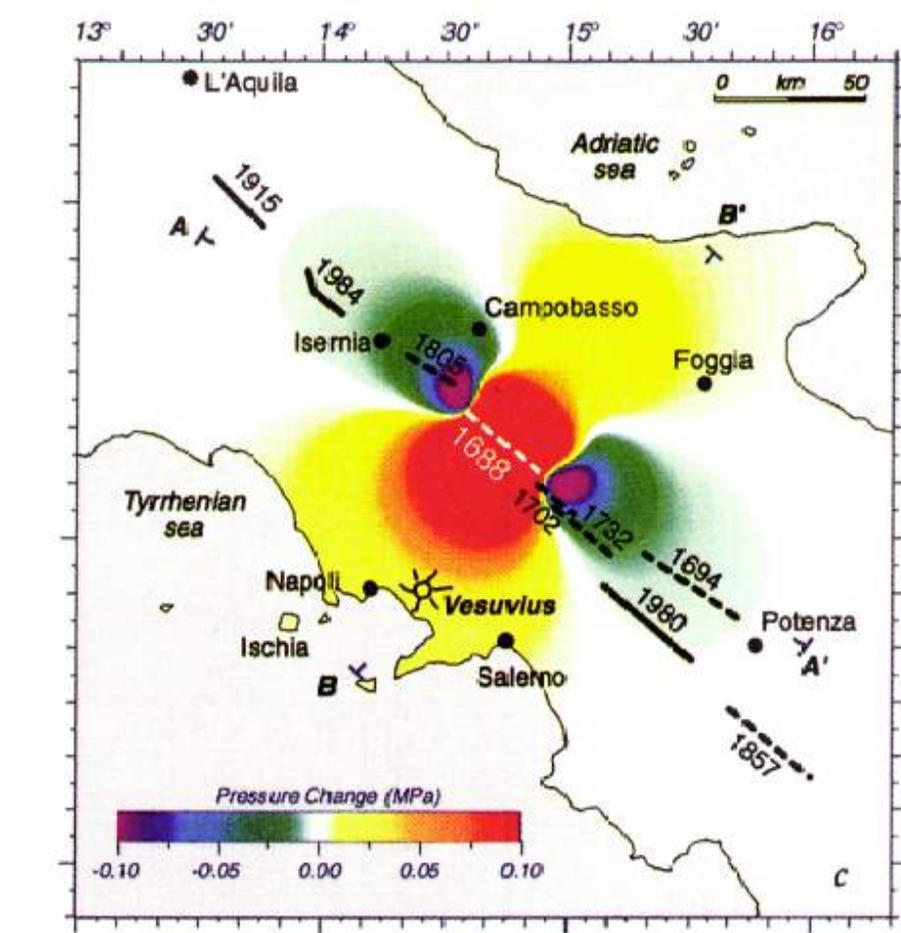


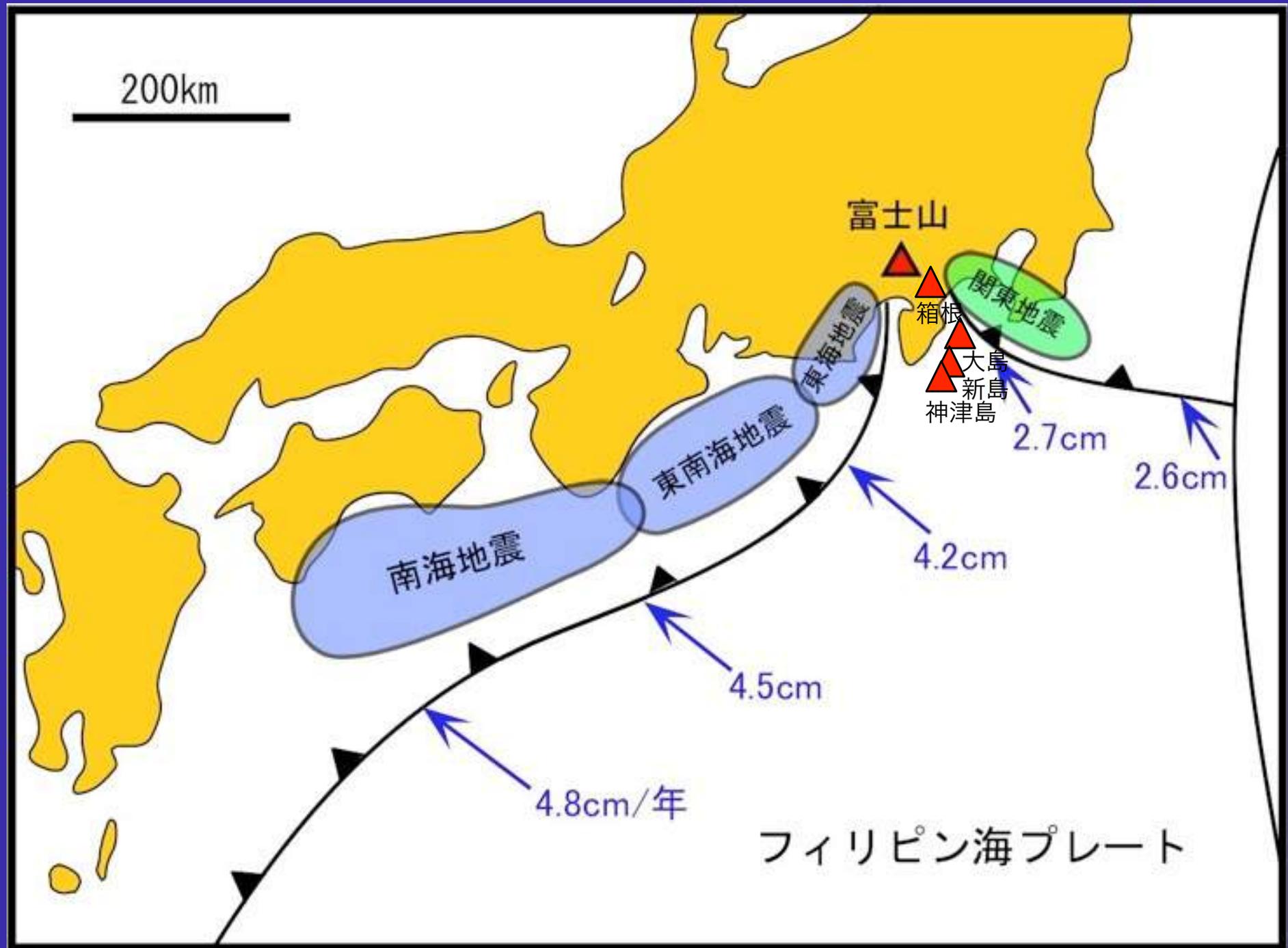
図 7 大地震と噴火の関連を模式的に示す図.



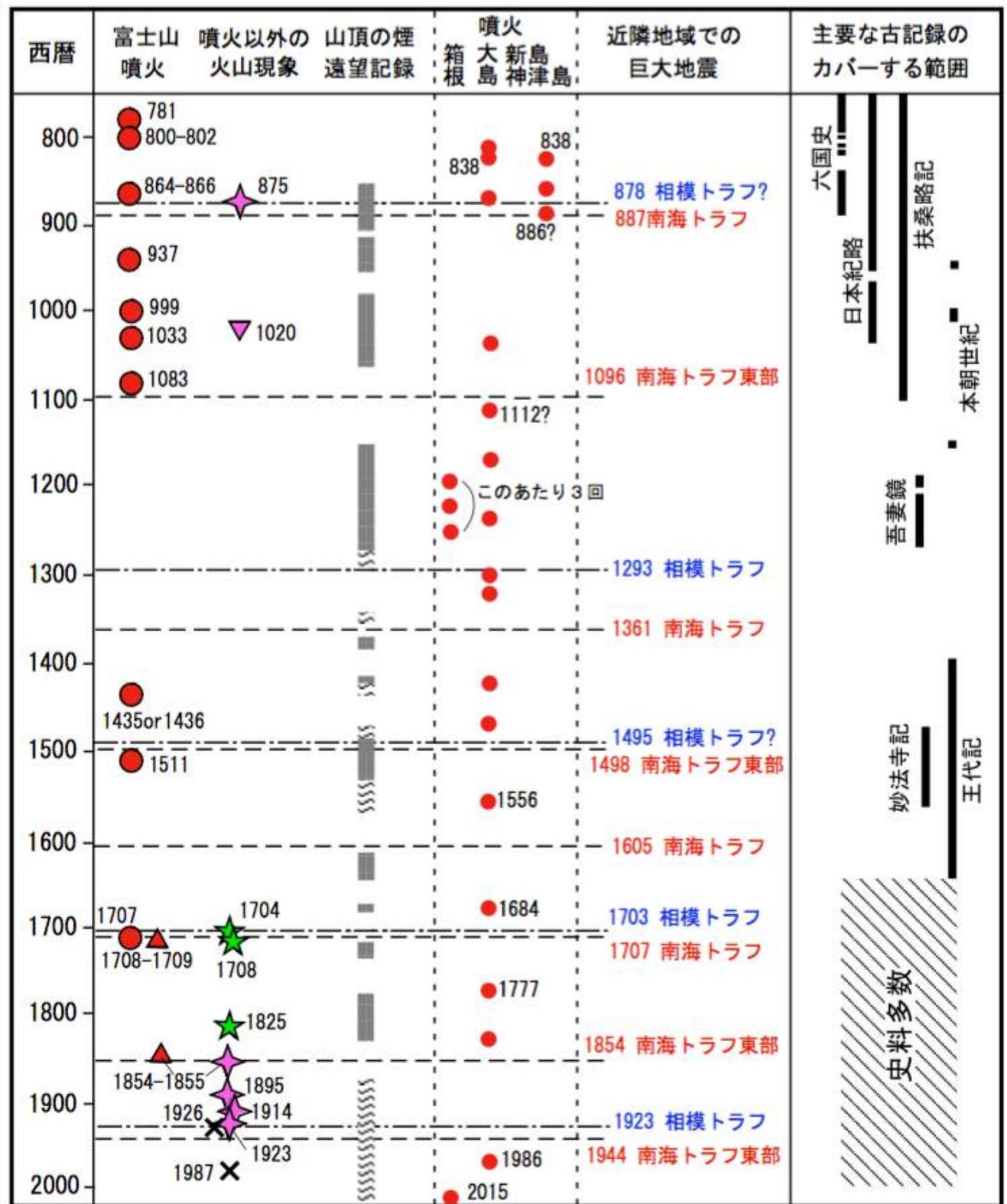
ベスビオ火山噴火とイタリア中部の地震

Nostro et al. (1998)

東海・東南海・南海（南海トラフ）地震・関東地震



噴火史年表



1703年
元禄関東
地震の
直後にお
きた富士
山鳴動

「太泉寺文書」
(静岡県史料)

四 僧教悦元禄大地震覺書

元禄十六年^{癸未}十一月^廿一日之夜丑之刻大地震事。

駿河之國ヨリ東相州箱根小田原取分大分ニユリ。家皆ユリツブレ。火事出來。人大分ニ損ジ。大久保加賀ノ・守殿城モユリツブシヤケ。人モ不^レ知^レ數^ヲ死ス。伊豆之國之内モ。下田ヨリ東浦濱方ノ分。皆津波上リ。家モ人モ皆ナ・破損ナリ。關東小田原ヨリ東ノ方へ向キタル濱方ノ分ハ・東ノハテマデ

田・原筋ニテ人大分死去スル故ニ。此邊モ用心イタシ油斷・^(サ脱)イタズ。夜ニ取分シケクユリ候ユヘニ。油斷ナリガタク候。

扱又・極月晦日ニハ富士山ナリ。正月二日三日兩日ニハ大分ニナ・リ。ソレヨリ地震少ヅ、ニナリ。自然トユリヤミ候。地震大ニ・ユリ候ハ。是ヨリ跡七十二年以前大ヂシンニテ。其時モ小・田原大分ニユリ。町方モ城モスキトユリツブシ申ト。年ヨリタル・衆咄シ傳へ申。其時ノヂシンハ晝ノヂシンナルユヘニ。人多ク死ニ・不^レ申ト申傳候。地震トアラバ必ス火ヲ消スガヨシ。

末ノ代ニ見ル爲ニ右ノ通りアララシルシヲキ候。

元禄十七曆^{甲申}二月五日

1707年宝永東 海地震後におき た富士山鳴動事 件、そして噴火

富士山焼出之節之事

頃者宝永四丁亥年十月四日昼ヒル之九ツニ大地震、富士山麓
表口駿州大宮町之民屋不残潰ツツレ、其後地震日々無止、月ヲ
越霜月十日頃ハ富士山麓一日之内ニ三・四度ツ、鳴動す
る事甚し、同月廿二日夜地震之する事及三拾度、三日之
明六ツニ大地震、女人子供周章顛倒者其数夥敷、然共死
ものハ老人も無御座候、同朝五ツニ大地震鳴動する事車
ノ輪ハ之如轟ト、ロクして、富士山之麓駿州平野村之上木山与砂
山との境より煙埋卷立登り、其音フト如雷ライにして民屋も忽潰タチマテ
ことくに動ク故、老人も家ニ居住難成、夜ニ入右之煙ケムり
火炎となり空ソクに立のほり、其内ニ鞠マリ之こときの白キ物と
火玉天を突抜ク如にして、上カまこと夥敷而如昼輝カ、ヤキ、

1703年
と1707
年の事

1704年異常

元禄十六年十一月二十三日
(1703年12月31日)

元禄関東地震

35日

十二月二十九日
(1704年2月4日)
翌年正月二日, 三日
(1704年2月6, 7日)

富士山鳴動

1707年異常→噴火

(宝永四年九月中に富士山の山中で
のみ感じられる群発地震の可能性)

宝永四年十月四日 (1707年10月28日)

宝永東海・南海地震

36日

十一月十日頃より
(1707年12月3日)
1日のうちに
3~4度ずつ

富士山鳴動

10数日

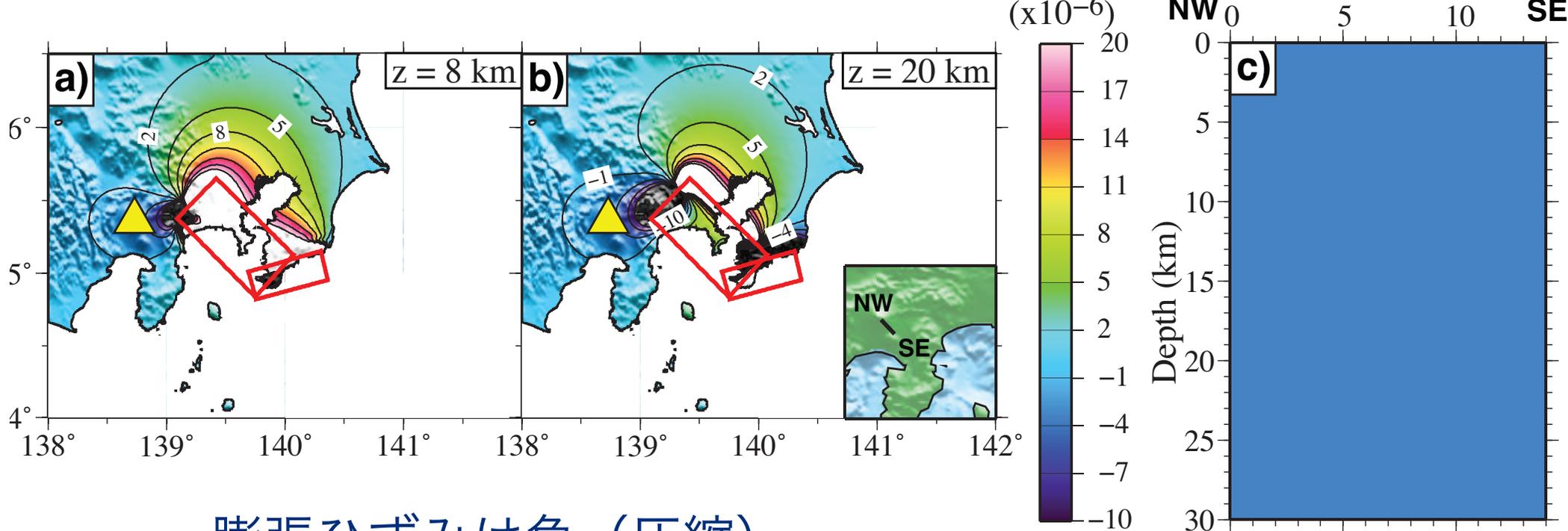
十一月二十二日 (1707年12月15日)

午後より顕著な群発地震 (夜に入って規模拡大)
十一月二十三日朝 (1707年12月16日)

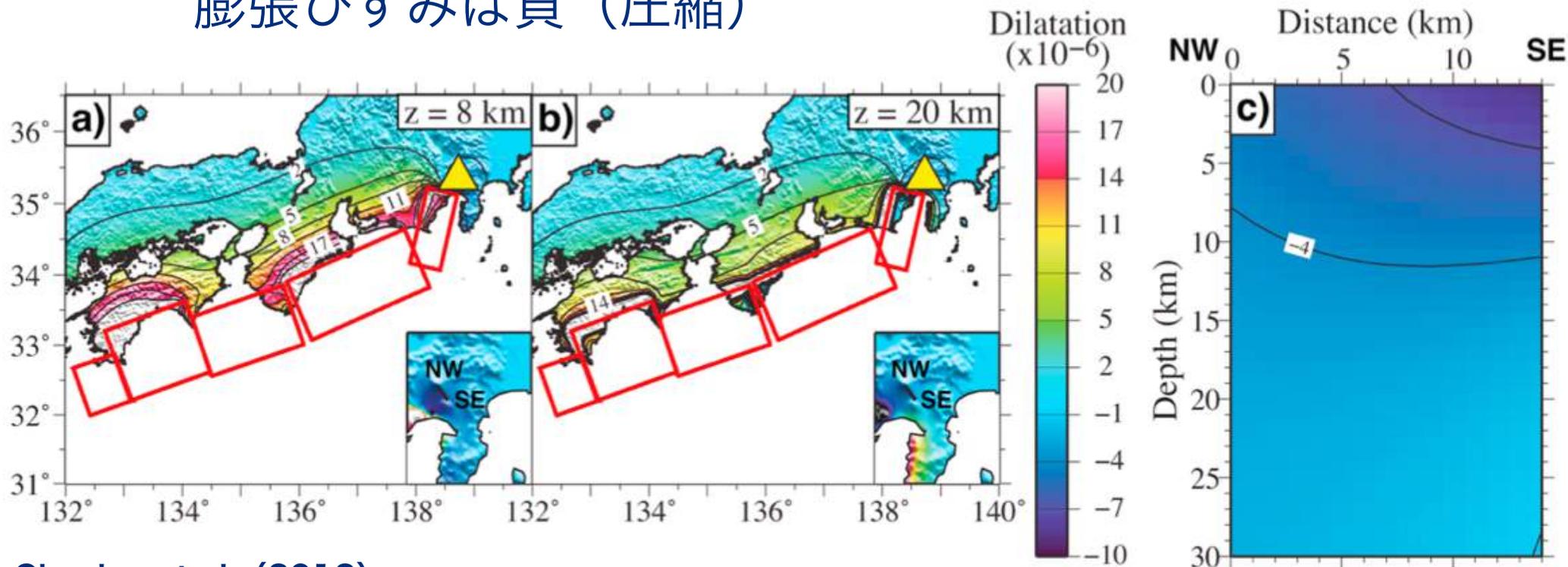
大地震2度

宝永火口より噴火

この間, 富士山中で
日々10~20度の
小地震があったが
山麓では地震を
感じなかった
という記録もあり

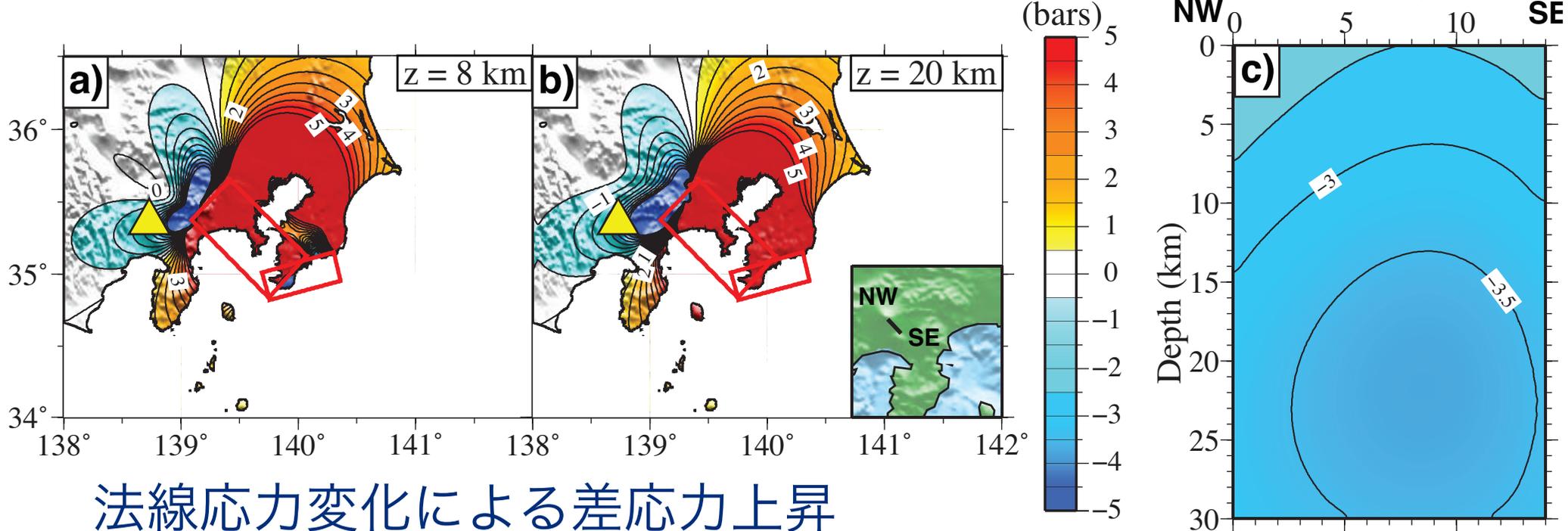


膨張ひずみは負 (圧縮)

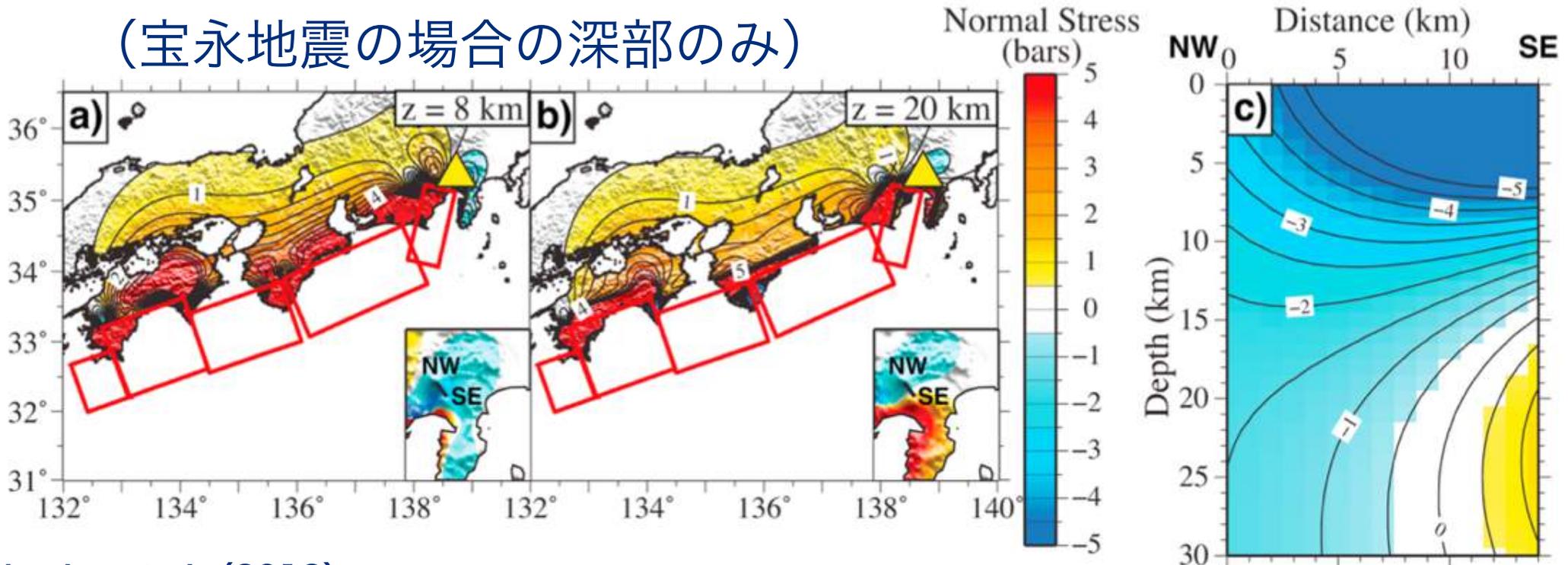


Chesley et al. (2012)

3. Dilatational strain produced by the 1707 Hiei earthquake. Contour interval is 3×10^{-6} . Depth slice of s



法線応力変化による差応力上昇
(宝永地震の場合の深部のみ)



Chesley et al. (2012)

Figure 2. Normal stress change generated by the 1707 Hoei earthquake on the Mt. Fuji magmatic system. Contour interval is 0.25 MPa. Depth lines from top to bottom are the dilatation of 0.1, 0.11, 0.12, and 0.13 MPa.

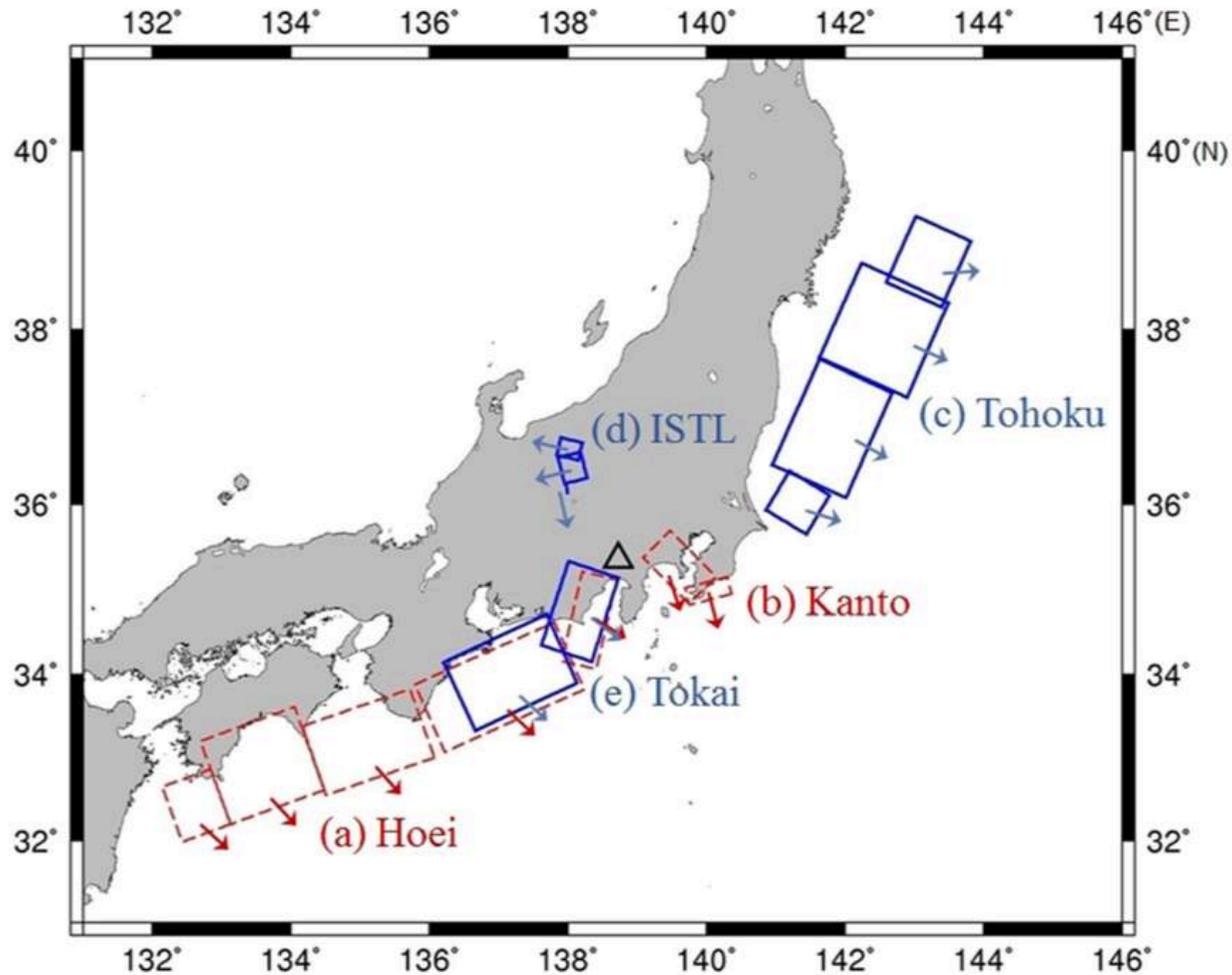


Fig. 3 Earthquake scenarios around Japan. The *rectangles* show five earthquake scenarios that could affect Mt. Fuji (*black triangle*). Two of them (*red dashed rectangles*) are the same as those of Chesley *et al.* (2012), whereas the others (*blue rectangles*) are not. The corresponding fault parameters are listed in Table 1. The vectors on the faults represent the movement directions of their hanging walls. *a* The 1707 Hoei earthquake within the Nankai Trough, with five subfaults. *b* The 1703 Genroku Kanto earthquake within the Sagami Trough, with two subfaults. *c* The 2011 Tohoku earthquake within the Japan Trench, with four subfaults. *d* The ISTL earthquake, with three subfaults. *e* The 1854 Ansei Tokai earthquake, with two subfaults

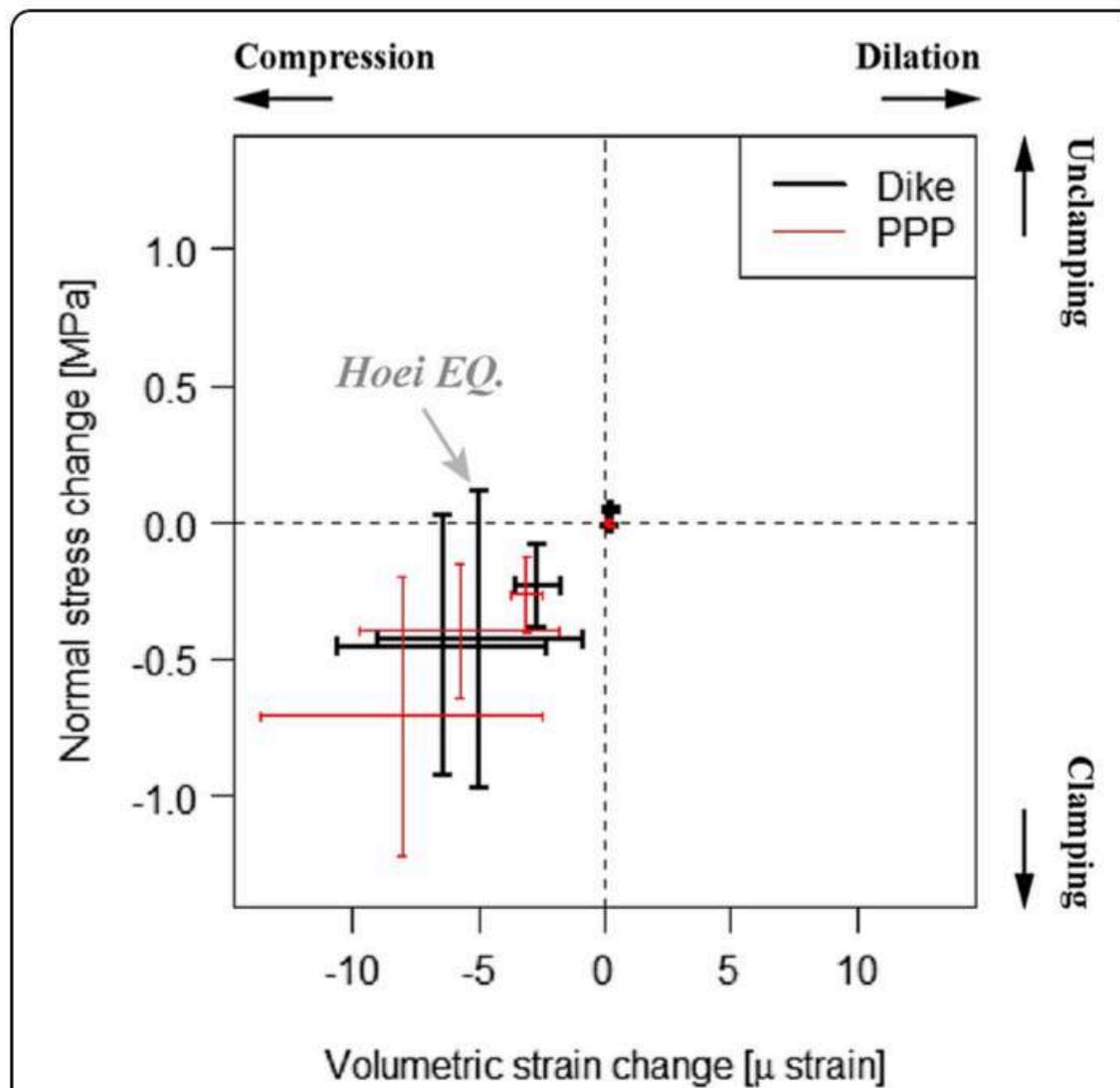


Fig. 11 Changes in the volumetric strain and normal stress on the dike plane and the PPP for the earthquakes shown in Fig. 3. The horizontal axis represents the volumetric strain changes, and the vertical axis represents the normal stress changes. The thick black lines show the calculation results for the extended dike plane, and the thin red lines show those for the PPP

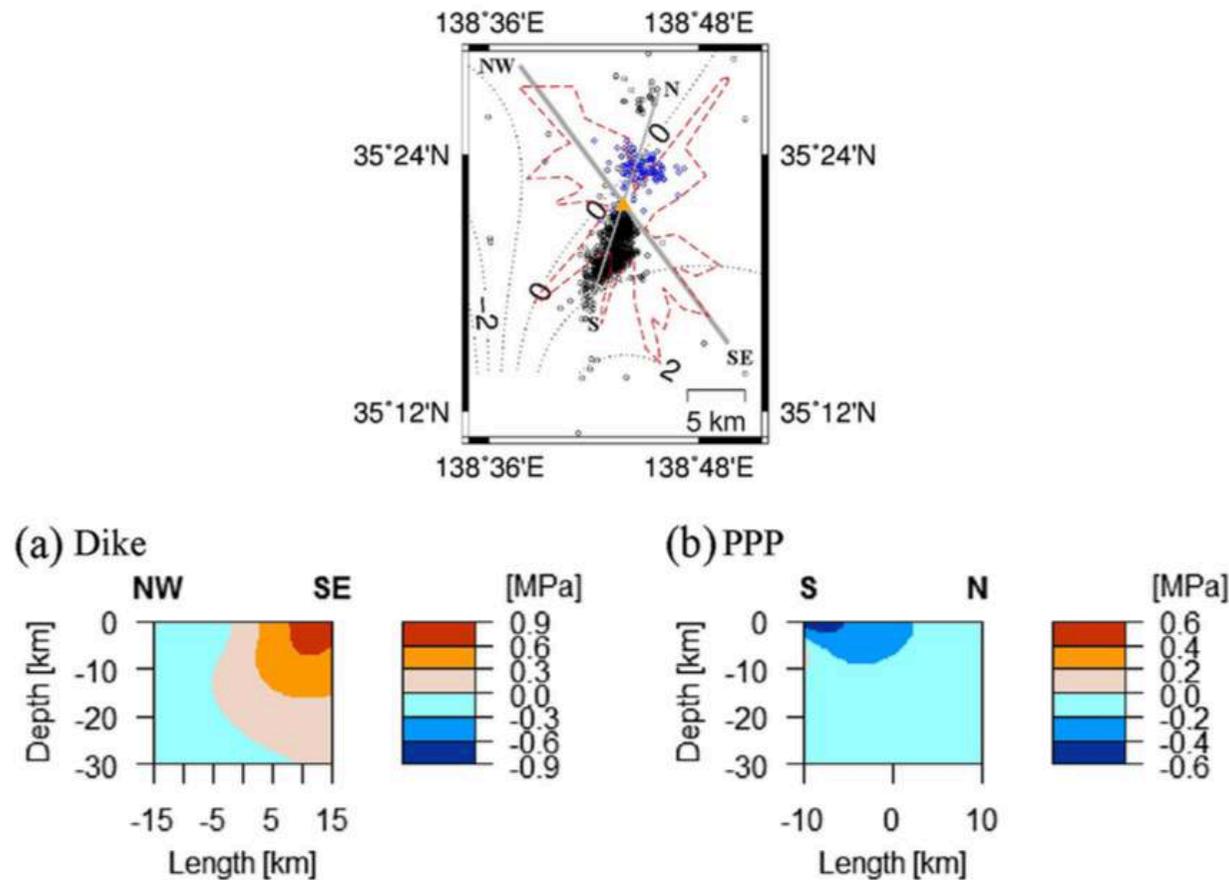


Fig. 12 Volumetric strain changes and normal stress changes perpendicular to dikes due to an Fujikawa-kako fault zone (FKFZ) earthquake. The *upper figure* shows isograms of volumetric strain changes at a depth of 20 km, as in Fig. 4, with the epicenters of low-frequency earthquakes (*blue squares*) and post-Tohoku seismicity (*black circles*) superimposed. **a, b** The *lower figures* illustrate the normal stress changes perpendicular to the extended dike plane (*thick gray line* in the *upper figure*), as in Fig. 6, and perpendicular to the PPP (*thin gray line* in the *upper figure*), as in Fig. 10

1. 南海トラフ地震は富士山噴火を
誘発するか？ 研究の現状

→独立の物証探索（たとえば噴出物中に
地震による誘発の痕跡をさがす）

2. リスク情報の伝え方の参考事例：
確率つき噴火シナリオ

2016年熊本地震

4月14日M6.5

通常の本震→余震型の地震を前提に気象庁が
余震確率を発表開始

4月16日M7.3

疑心暗鬼を呼んで社会不安

気象庁が余震確率を封印

しかし、実際には小さい確率のことが起きた
南海トラフ地震についても、こうした事態に
備え、事前に確率つきシナリオを作成して公
表すべきではないのか？

箱根山、実は富士山なみに「危ない火山」 大昔の大噴火では横浜まで火砕流到達？

2015年5月7日 19時16分 J-CASTニュース

J-CASTニュース (2015.5.7)

神奈川県箱根山で2015年4月26日以後、小規模な火山性地震が頻発し、5月4日から山道の一部が閉鎖されている。

箱根は観光地のイメージが強く、荒々しい火山活動とは無縁とも見えるが、箱根山は過去に何度も噴火や火山性地震を繰り返している活火山だ。専門家は、富士山同様「危ない火山」と指摘している。

9万年前の噴火で火砕流が横浜市付近まで到達

気象庁は5月6日、噴火警戒レベルを平常時の1か

ニュース詳細

共同通信 (2015.5.8)

| ランキング | 共同ニュー

8+1 0

ツイート 22

いいね! 3

B!

規制区域は箱根の一部 町が広域地図で強調

神奈川県箱根町の大涌谷周辺で噴火警戒レベルが2（火口周辺規制）に引き上げられ、観光への影響を懸念する町は8日までに、立ち入り規制区域が町内のごく一部であることを強調した新しい地図「噴火警戒レベルマップ」をホームページ（HP）で公開した。風評被害を最小限に抑える狙いで、これまでより広い範囲を載せ、規制区域を小さな赤い円で示した。

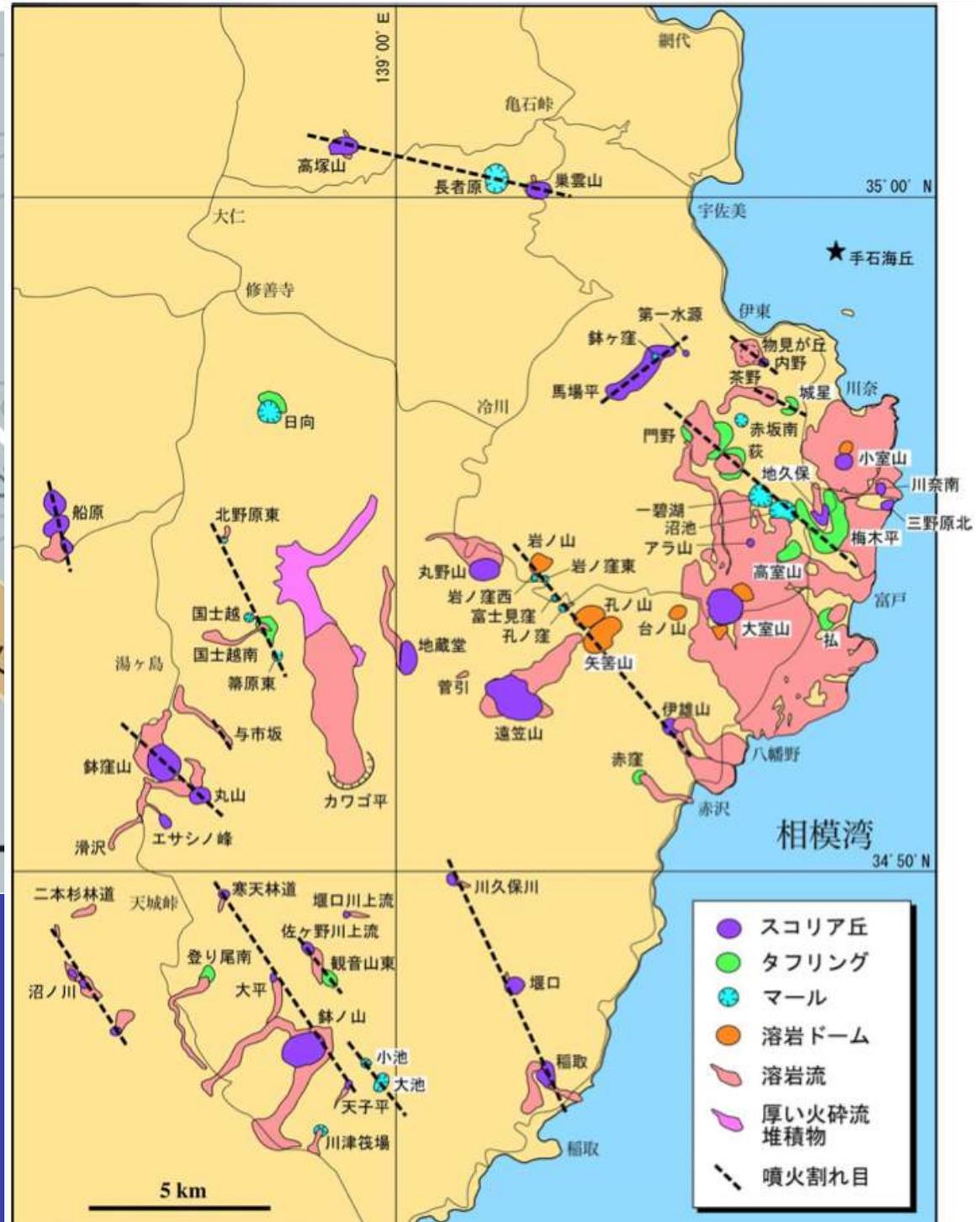
また、県は、噴煙が上がる大涌谷の様子を生中継するカメラを設置し、HPで公開する方針を決定。観光地や温泉の様子の写真や映像も一緒に公開し、規制区域外は安全と訴えたい考え。カメラの設置場所や公開時期を検討している。



神奈川県箱根町が新たに公開した、立

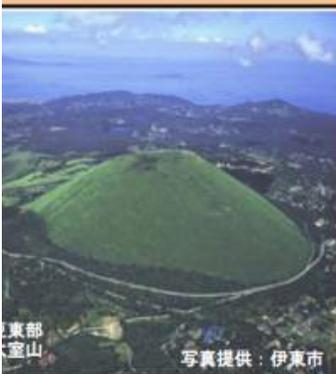


● 伊豆東部火山群
■ その他の火山



伊豆東部火山群

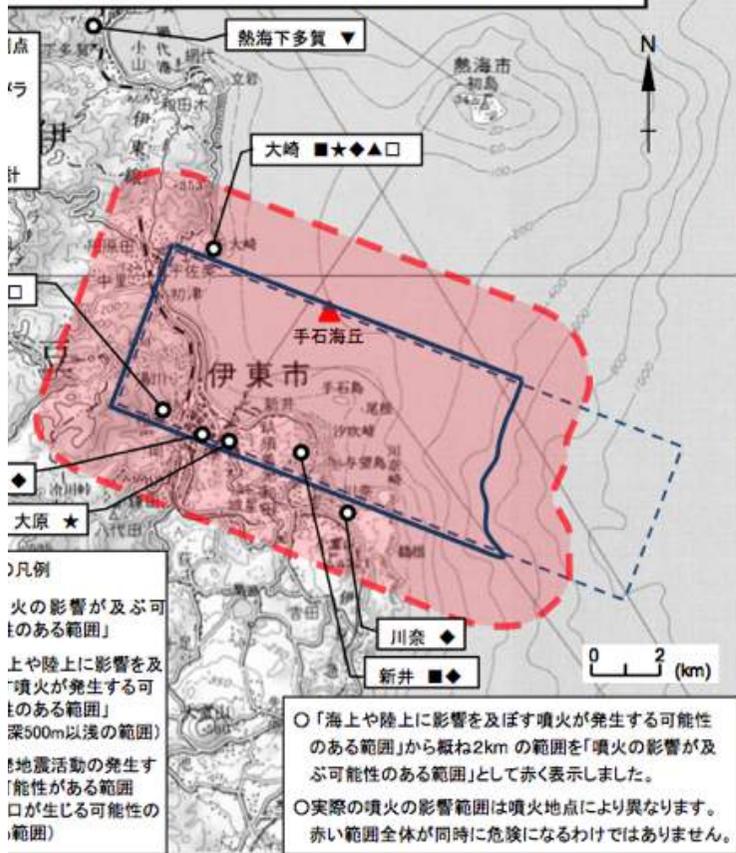
平成23年3月31日から 伊豆東部火山群の地震活動の予測情報と噴火警戒レベルを公表します



- 伊豆東部火山群では、地下のマグマ活動に関連し、群発地震活動が発生することがあります。そのマグマのごく浅部まで上昇すると噴火することがあります。
- 活発な群発地震活動の発生が予測された場合、「地震活動の予測情報」を公表します。
- 噴火の可能性が高まった場合、噴火警戒レベル4の噴火警報を公表します。
- 周辺の海域には、火山現象に関する海上警報を公表します。
- 「地震活動の予測情報」と「噴火警戒レベル」を活用した適切な防災対応をお願いします。

写真提供：伊東市

噴火の影響が及ぶ可能性のある範囲



【海底噴火のイニシエーション】

火口から概ね2kmの範囲



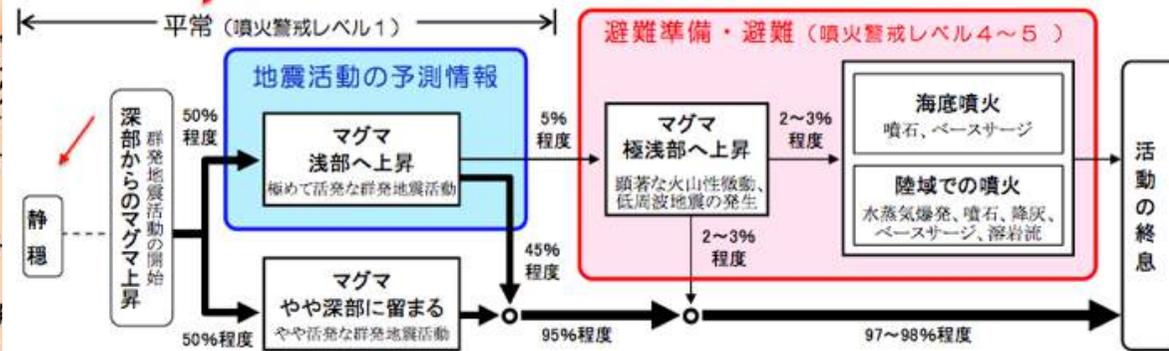
●ベースサージ
火山ガスと火山灰等の面や地表面を高速で横断し、地表の物を巻き込むような建物、船舶等に大きな被害があり、とても危険です。

■噴火警戒レベル4
規制範囲や避難地帯など、避難対応等については伊東市防災計画等で定められた詳細については伊東市にお問い合わせください。

■伊豆東部火山群の「地震活動の予測情報」と「噴火警戒レベル」を活用した防災対策については、「伊豆東部火山群防災対策検討会」の報告書、元自治体等と協議してください。

伊豆東部火山群で予想される活動推移

「地震活動の予測情報」と「噴火警戒レベル」



地震活動の予測情報

地下のマグマ活動による群発地震活動の発生が予測された場合に発表

予測項目

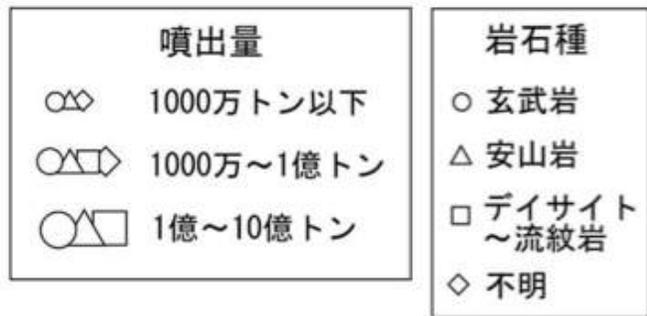
- ・最大地震の規模と震度
- ・震度1以上となる地震の回数
- ・活動期間

- ・上図は、「伊豆東部火山群の火山防災対策検討会」が作成した図を簡略化したものです。
- ・図中の%の数値は、過去の事例と火山学的な知見に基づき推定された発生頻度を示す目安です。
- ・ここで想定されていない火山現象がまれに発生することもあります。
- ・活動の途中や終息後、マグマが再度深部から上昇すると、新たな群発地震活動が始まる可能性があります。

伊豆東部火山群の噴火警戒レベル

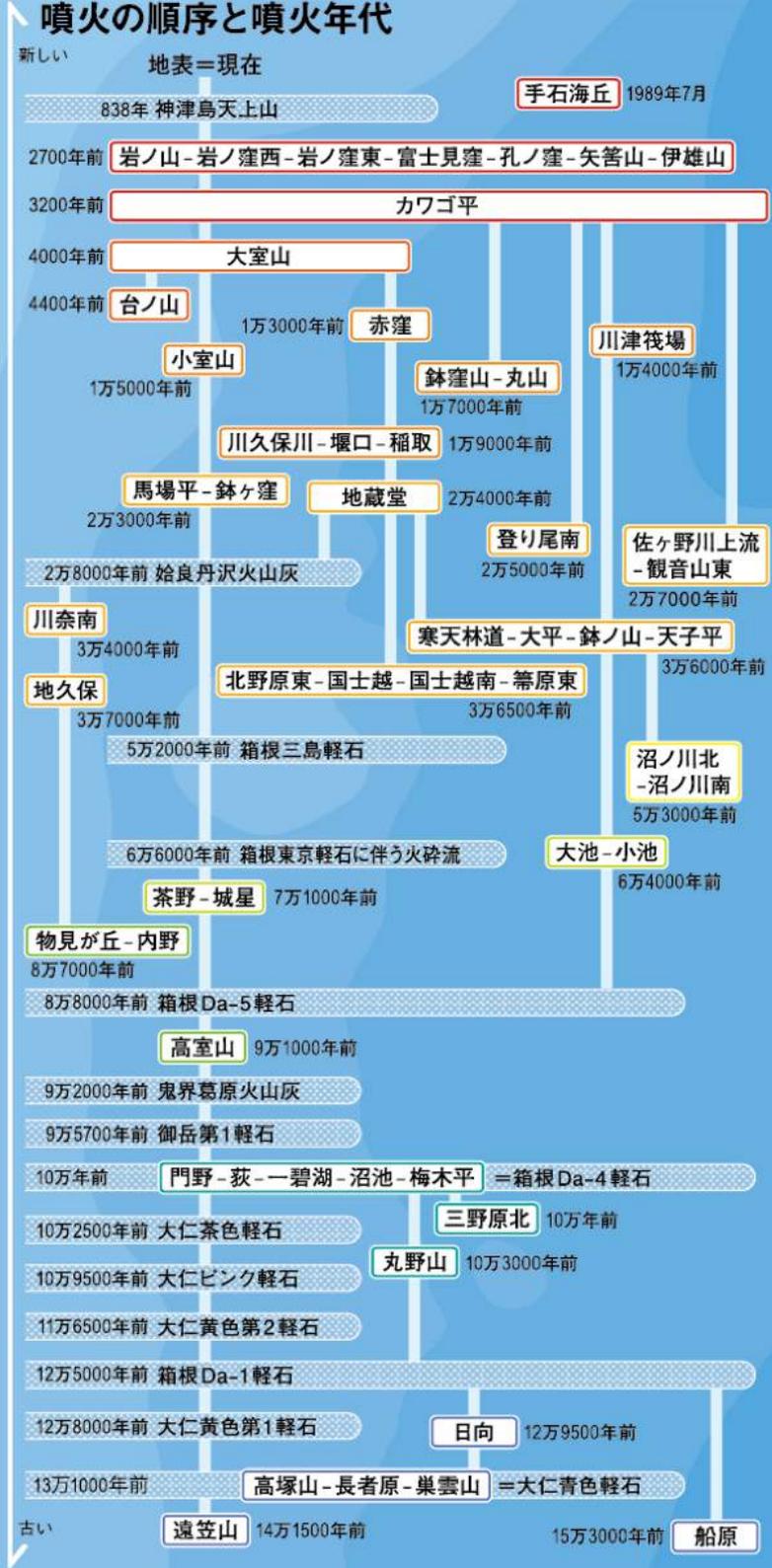
予報警報	レベル	火山活動の状況	住民等の行動	想定される現象等
噴火警報	レベル5 (避難)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ●マグマ水蒸気爆発の発生により大きな噴石^①、ベースサージが居住地域に到達する。 ●低周波地震活動の多発、火山性微動の発生 <p>過去事例 平成元年(1989年)7月11日の低周波地震活動の多発、火山性微動の発生、7月13日の海底噴火</p>
	レベル4 (避難準備)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される。(可能性が高まってきている)	警戒が必要な居住地域での避難準備、災害時要援護者の避難等が必要。	<ul style="list-style-type: none"> ●低周波地震活動の活発化。 <p>過去事例 平成元年(1989年)7月10日の低周波地震活動の活発化。</p>
火口周辺警報	レベル3 (入山規制)	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。危険な地域への立入規制等。	<p>【レベル2、3の発表について】</p> <p>○活動が活発化するとき 噴火の可能性が高まっていく段階では、レベル3の発表はなく、レベル4以上が発表されます。</p>
	レベル2 (火口周辺規制)	火口周辺に影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	<p>○活動が沈静化するとき 火山活動が沈静化し、レベル5からレベルを下げる段階で、火山活動の状況に応じてレベル2、3を発表する場合があります。</p>
噴火予報	レベル1 (平常)	火山活動は静穏。	住民は通常の生活。	<ul style="list-style-type: none"> ●火山活動は静穏 <p>●活発な群発地震活動により、最大震度5弱～6弱程度の大きな揺れとなることがある。</p> <p>過去事例 最近では、平成18年(2006年)4月、平成元年(2009年)12月の群発地震活動。</p>

注) ここでいう「大きな噴石」とは、風の影響を受けずに弾道を描いて飛散する大きさのものとする



伊豆東部火山群 の噴火履歴

小山 (2010)



伊豆東部火山群の噴火履歴

表2-1 伊豆東部火山群が過去にたどった噴火シナリオ（土石流は含まず） **全71例**
火口毎に事例を数えた。

水蒸気マグマ噴火→終了（17例）

大池、小池、赤窪（西）、岩ノ窪西、岩ノ窪東、富士見窪、長者原、日向、国土越、箒原東、
観音山東、赤坂南、高室山、物見が丘、城星、一碧湖、沼池

水蒸気マグマ噴火→溶岩流（溶岩ドーム含む）→終了（10例）

岩ノ山、門野、荻、払、赤窪（東）、梅木平、北野原東、国土越南、川津筏場、孔ノ窪

水蒸気マグマ噴火→ストロンボリ式噴火→溶岩流→終了（4例）

高塚山、鉢窪山、登り尾南、巢雲山

ストロンボリ式噴火→終了（6例）

馬場平、鉢ヶ窪、船原（北）、船原（中）、三野原北、アラ山

ストロンボリ式噴火→溶岩流→終了（24例）

川奈南、小室山、地久保、大室山、伊雄山、内野、丸野山、遠笠山、地藏堂、船原（南）、川久保川、
堰口、稲取、堰口川上流、丸山、エサシノ峰、第一水源、寒天林道、沼ノ川（北）、沼ノ川（南）、
大平、佐ヶ野川上流、鉢ノ山、天子平

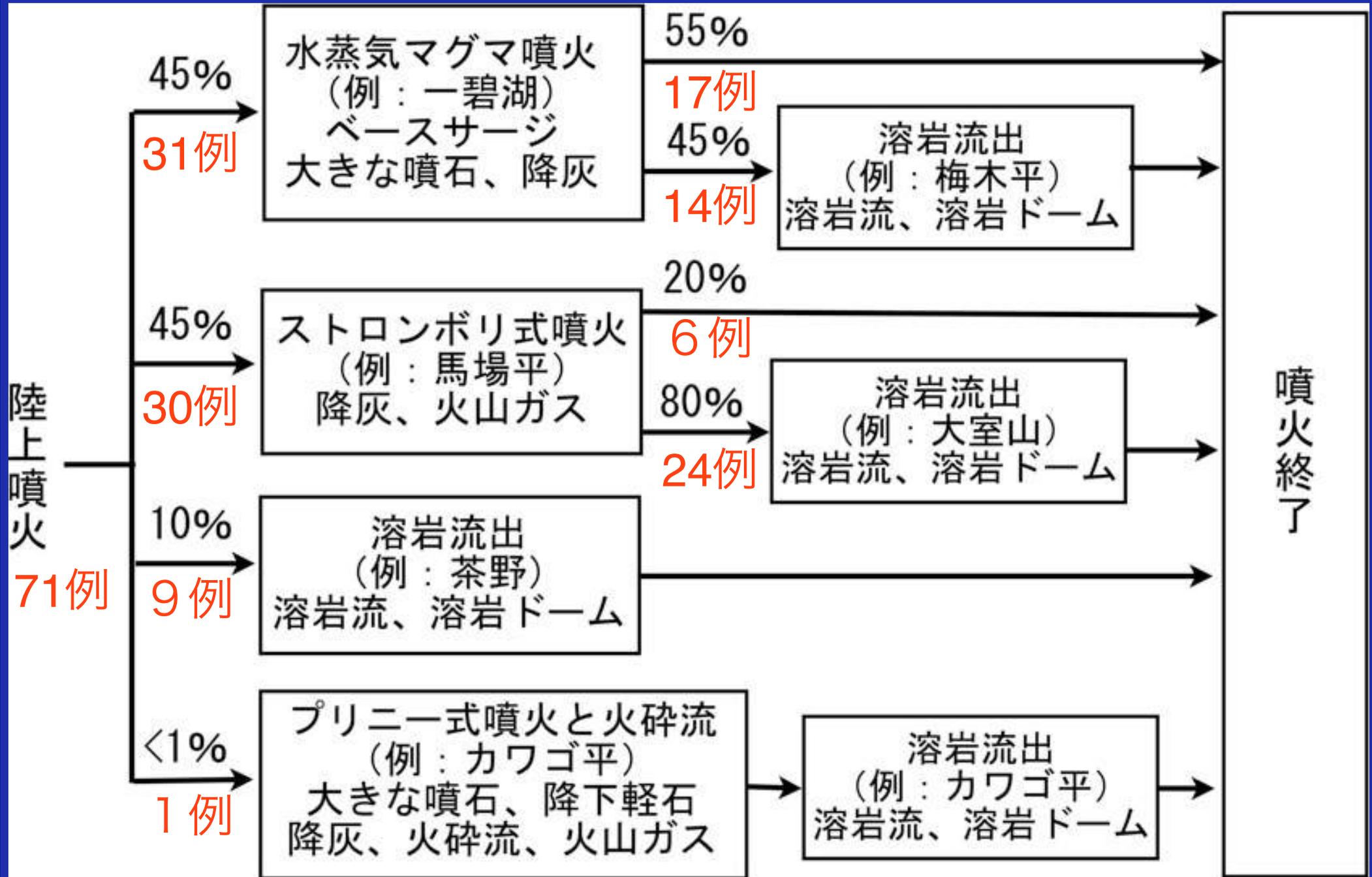
溶岩流（溶岩ドーム含む）→終了（9例）

茶野、台ノ山、孔ノ山、矢筈山、菅引、二本杉林道、滑沢、与市坂（北）、与市坂（南）

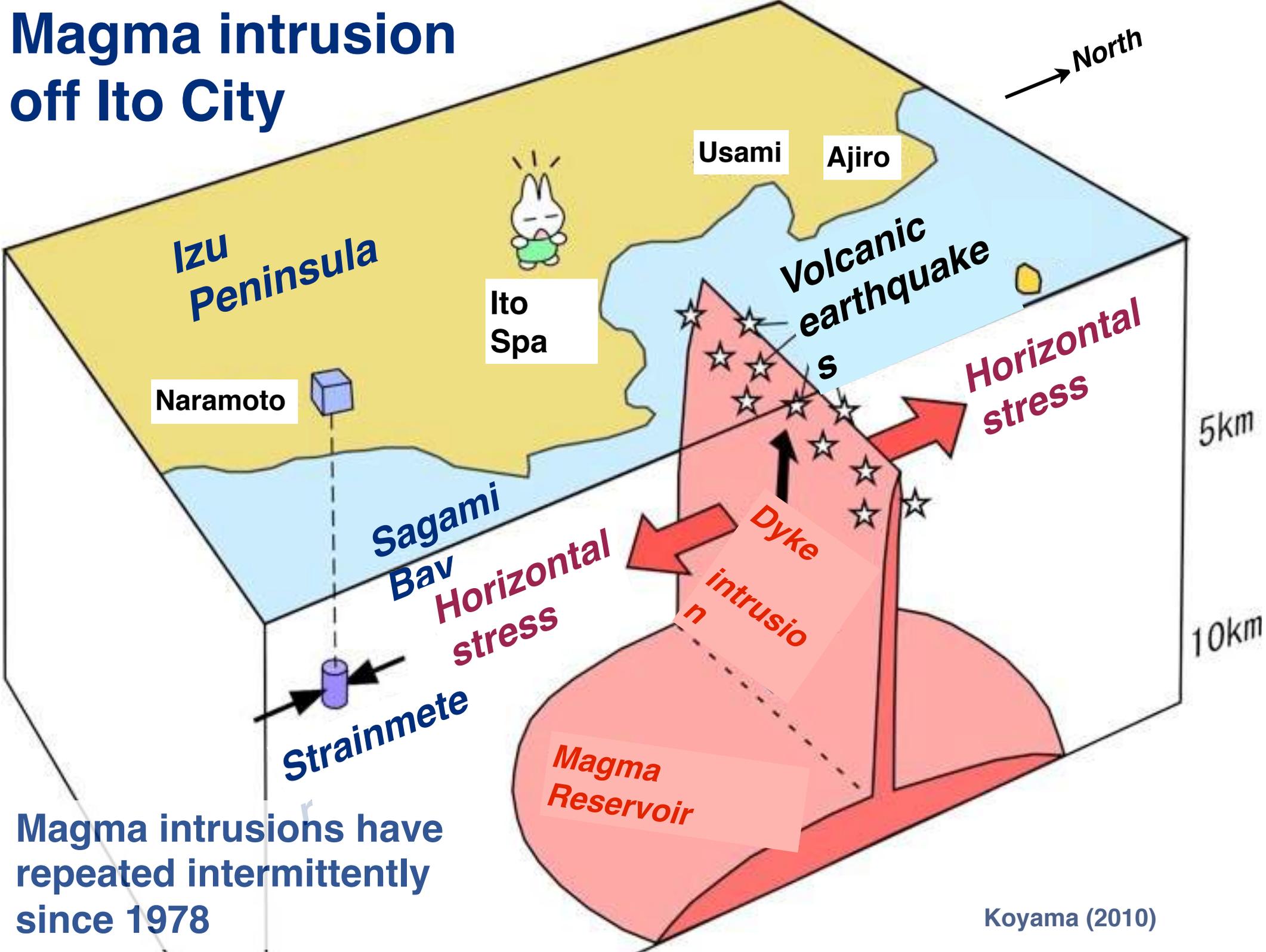
プリニー式噴火→火砕流→溶岩流→終了（1例）

カワゴ平

陸上噴火した場合のシナリオ（確率樹）



Magma intrusion off Ito City



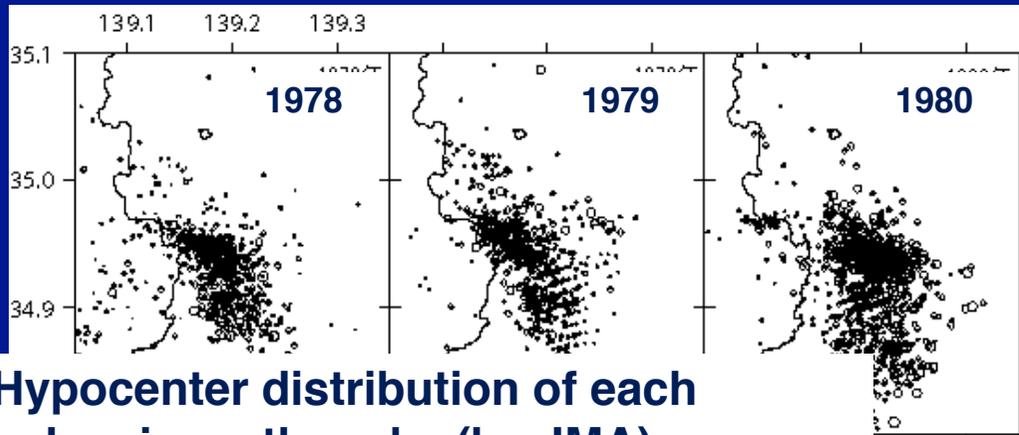
Magma intrusions have repeated intermittently since 1978

Pre-History of the Izu Peninsula Geopark 1 : Volcanic earthquakes and eruption

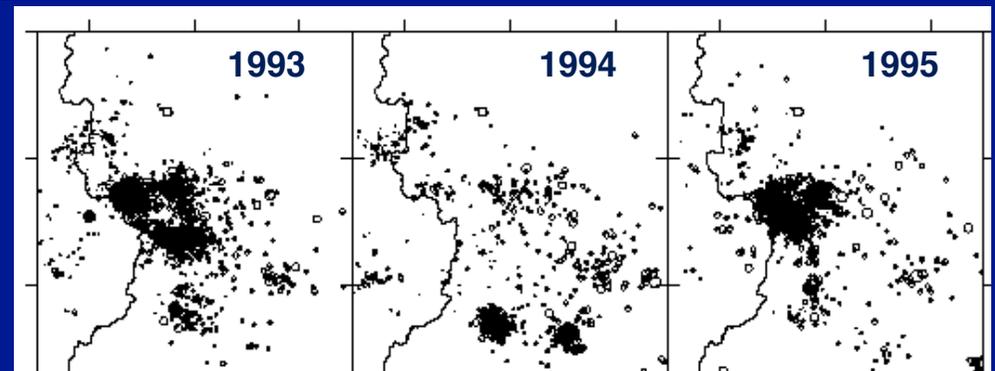
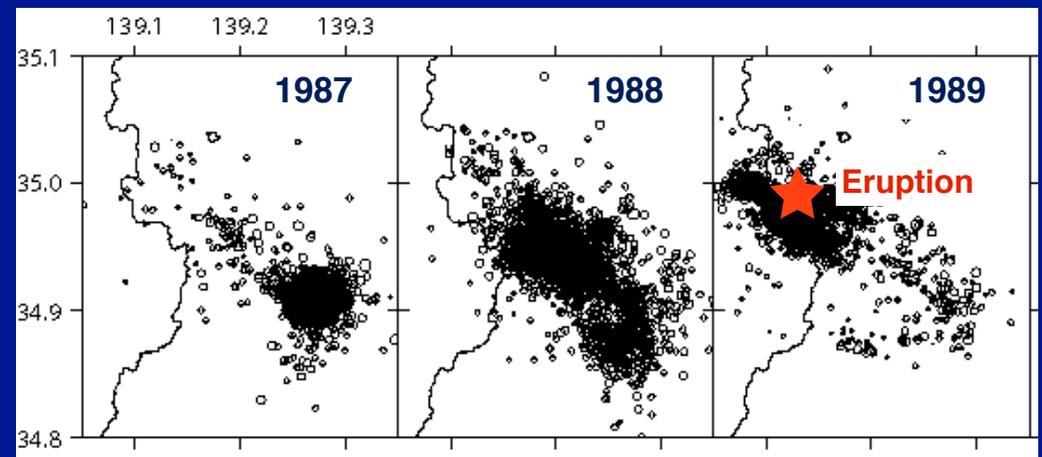
1978-1989:

Frequent (almost every year during 1978-1998) **volcanic earthquakes** occurred off Ito City and caused the **submarine eruption** in **1989**.

However, neither **official hazard map** nor **evacuation plan** was been created.

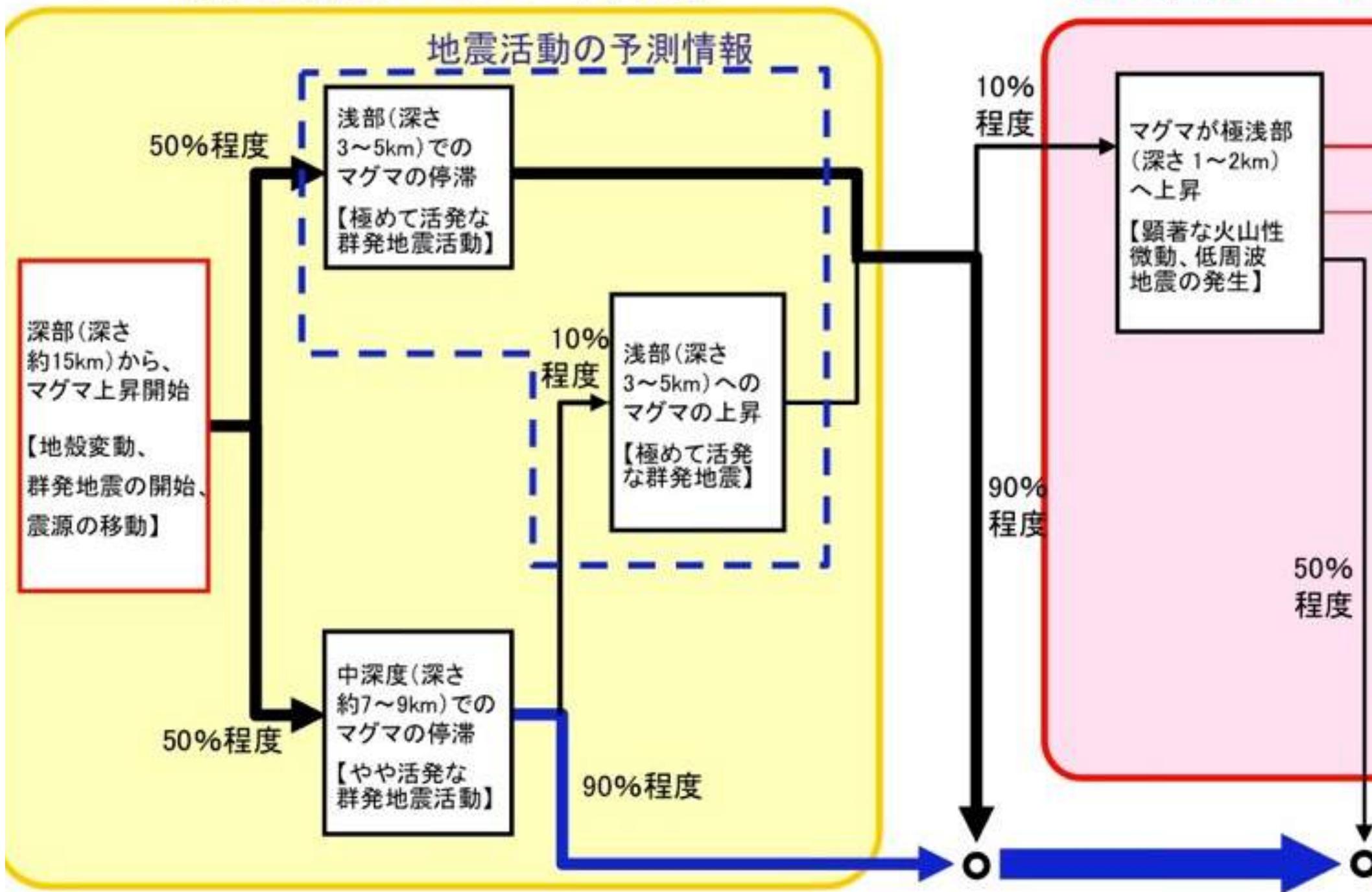


Hypocenter distribution of each volcanic earthquake (by JMA)



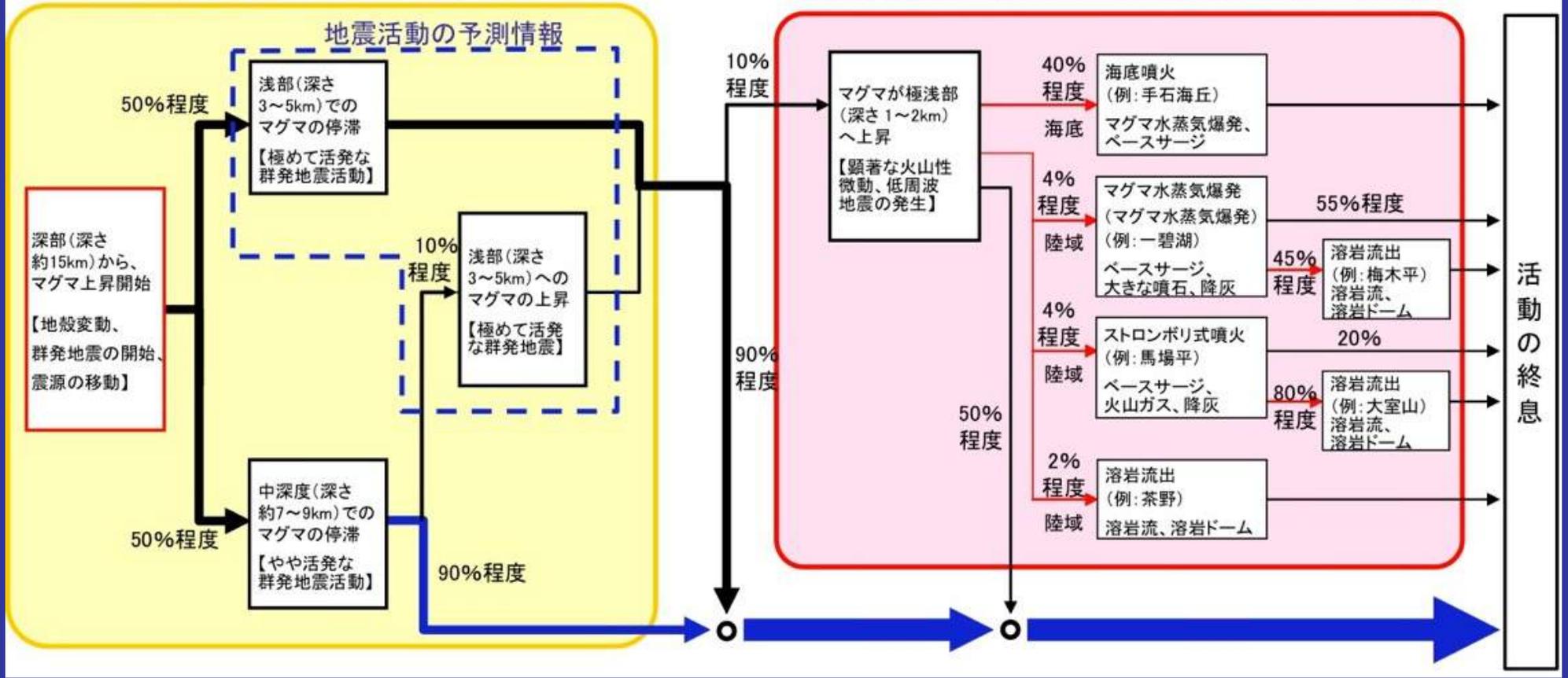
噴火警戒レベル1 (平常)

噴火警戒レベル2



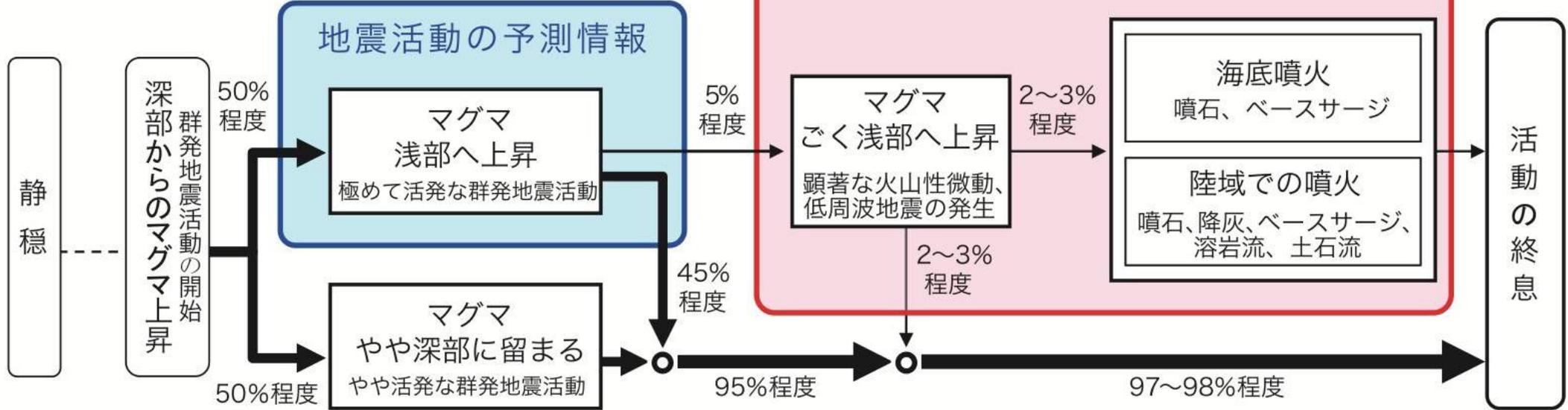
噴火警戒レベル1 (平常)

噴火警戒レベル4~5 (避難準備・避難)



← 平常 (噴火警戒レベル1) →

避難準備・避難 (噴火警戒レベル4~5)



伊豆東部火山群火山防災協議会のシナリオ訓練 (2015.2.17)



1) ジオパークと防災 (1) 伊豆半島の自然災害特性 (5月29日)

2) ジオパークと防災 (2) 地域防災の担い手としてのジオパーク (6月12日)

3) ジオパークと防災 (3) 伊豆東部火山群の新たな防災対策 (6月12日)

4) ジオパークと防災 (4) 噴火の影響範囲 (6月19日)

5) ジオパークと防災 (5) 火山活動シナリオ (6月26日)

6) ジオパークと防災 (6) 地震活動の予測情報 (1) (7月3日)

7) ジオパークと防災 (7) 地震活動の予測情報 (2) (7月10日)

8) ジオパークと防災 (8) 地震活動の予測情報 (3) (7月17日)

9) ジオパークと防災 (9) 地震活動の予測情報 (4) (7月24日)

10) ジオパークと防災 (10) 観光客の過剰反応 (7月31日)

11) ジオパークと防災 (11) 2011年7月の群発地震 (上) (8月7日)

12) ジオパークと防災 (12) 2011年7月の群発地震 (下) (8月14日)

13) ジオパークと防災 (13) 「安全」シナリオと「注意」シナリオ (8月21日)

14) ジオパークと防災 (14) 「警戒」シナリオ (8月28日)

15) ジオパークと防災 (15) 噴火警戒レベル (9月4日)

16) ジオパークと防災 (16) 想定火口域 (9月11日)

伊豆新聞連載記事

伊豆ジオパークへの道

(2011.5.29-2012.1.8)

伊豆新聞連載

伊豆ジオパークへの道 (63)

伊豆ジオパークの目標 (23) ジオパークと防災 (13)

火山学者 小山真人

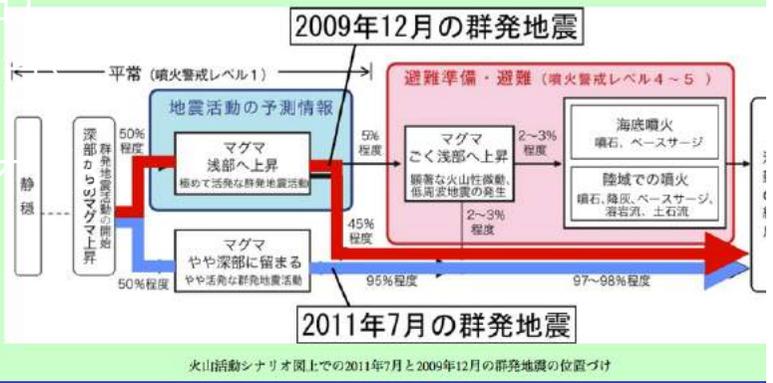
先月16日から起きたマグマ上昇とそれともなり群発地震は、伊豆東部火山群の火山活動シナリオ(本連載第55回)上で、どのように位置づけられて説明したように、マグマは7~8キロメートルの深い位置に留まったまま活動が終息した。つまり、シナリオ図左側の「深部からのマグマ上昇」が「留まる」を経て、右側の「活動の終息」に至った。このため、「地震活動の予測情報」が発表される対象とならず、実際に住民や観光客が不安を感じたことがなかった。つまり、想定されているシナリオ中で最も「安全」な推移をたどったのである。

一方、2009年12月には、マグマは上昇開始からほぼ1日で地下3~5キロメートルの浅い場所に至り、そこで激しい群発地震を引き起こしたが、そのシナリオ図上の「深部からのマグマ上昇」から「マグマ浅部へ上昇」を経た後、右側の「活動の終息」に至ったわけである。こうした「注意すべき」シナリオでは、気象庁から「地震活動の予測情報」が発表されることを、本連載第57~59回ですでに説明した。

「予測情報」の発表対象となる浅い群発地震の際に気をつけたことは、やはり大きめの地震の揺れである。このことは筆者よりも、むしろ1978年以降を体験してきた伊東市民の方々がよくご存知だろうが、伊東沖の群発地震では最大でマグニチュード6程度の地震が発生することがあり、震源が約5~15km程度の局地的な揺れを引き起こすことがある。2009年12月17日深夜と18日朝に起きた2回の地震が、まさにそうした地震であった。

こうした地震の揺れは、これまで経験してきた通り、耐震性の低い建物でなければ倒壊を引き起こす危険は小さい。しかし、床りの悪い物体を倒し、破損に十分な強さがある。普段から耐震診断・耐震補強、家具や電気製品の固定を心がけておくことに加え、群発地震の発生期間中にはブロック塀危険な場所や、ガラス製品などに近寄らないなどの注意が必要である。そうした対策を徹底しておけば、普段通りの生活をしていて問題はない。

一方、たまたま群発地震に運りあわせた観光客に対しては、誤災かつ十分な説明と万全な対応をおこない、信頼感をもって頂くことが何より重要であるためにも、今後は「地震活動の予測情報」や火山活動シナリオの図を活用してほしい。さらに、過剰な客離れを防ぐために、一歩踏み出して群発地震金を割引くなどの措置があっても良いと感じている。



解説

伊豆東部火山群の「地震活動の見通し情報」と噴火警戒レベル

Advisory on seismic activity and Volcanic Alert Levels for Izu Tobu Volcano Group

伊豆東部火山群のマグマが引き起こす伊東沖の群発地震活動については、観測の積み重ねによって一定の経験則が得られており、被害が生じそうな群発地震の期間や回数に関する見通し情報が出される。いよいよ噴火の危険が迫った場合には、噴火警報が出されるとともに噴火警戒レベルが上げられ、住民の避難に役立てられる。避難する範囲は、噴火の発生可能性のある範囲を示した地図にしたがって定められている。伊豆東部火山群の「地震活動の見通し情報」と噴火警戒レベルの詳細については以下を参照。

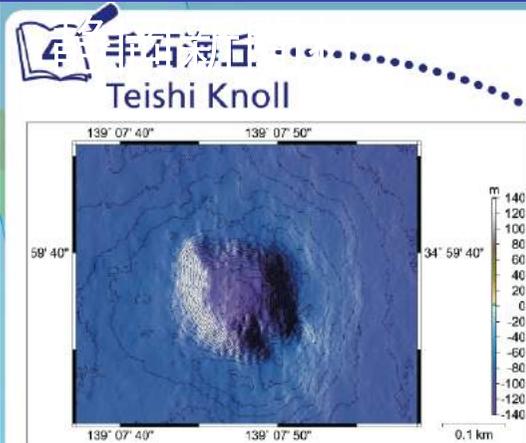
http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/316_Izu-TobuVG/316_index.html



伊豆東部火山群の噴火によって被害が及ぶ可能性のある範囲 (気象庁)

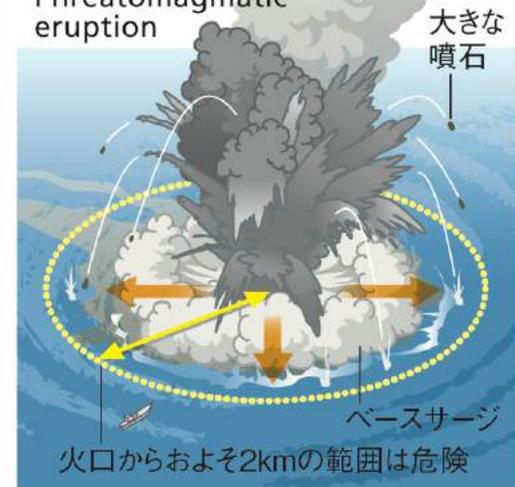
火山がつくった伊東の風景 (第2版)

2015年5月発売



音波探査結果にもとづく手石海丘の立体地形図 (海上保安庁)。直径200m、深さ40mほどの火口が開いている

手石海丘をつくった水蒸気マグマ噴火 Phreatomagmatic eruption



手石海丘 Teishi Knoll

相模湾
Sagami Ba

AD1989 submarine eruption of Teishi Knoll

Sagami Bay

Location of Teishi Knoll



3km

Ito Spa

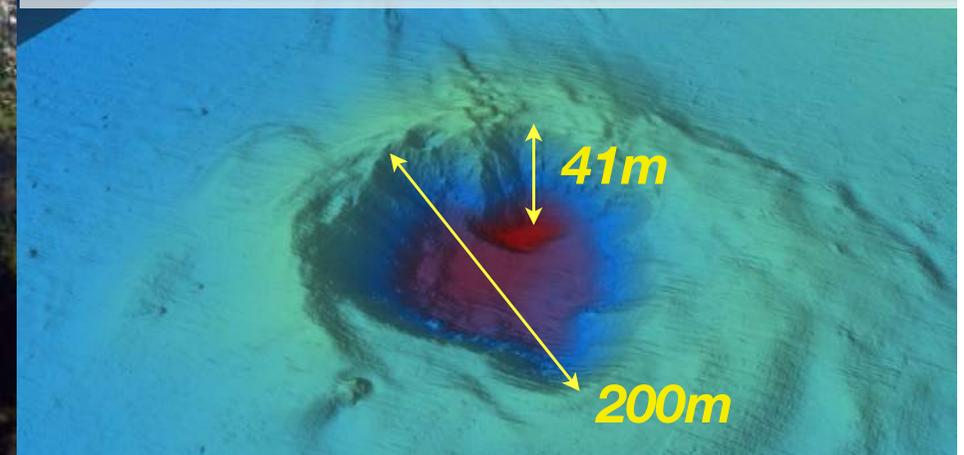


伊豆半島ジオパーク
IZU PENINSULA GEOPARK

Geo-cruise for tourists with an on-board bathymeter for observing submarine topography



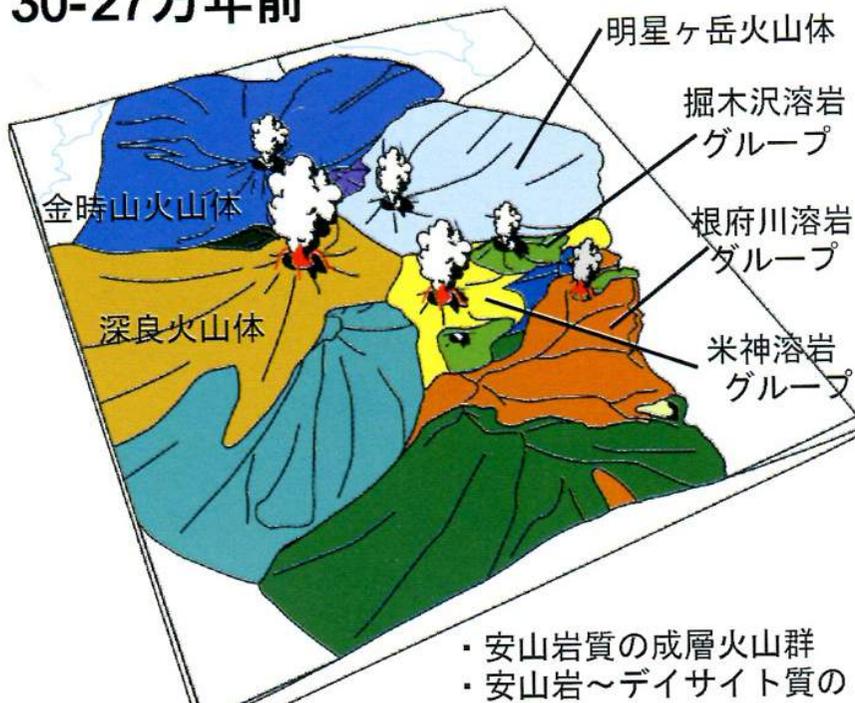
Marine topography of Teishi Knoll



Submarine crater

Windy Network Corp.(2015)

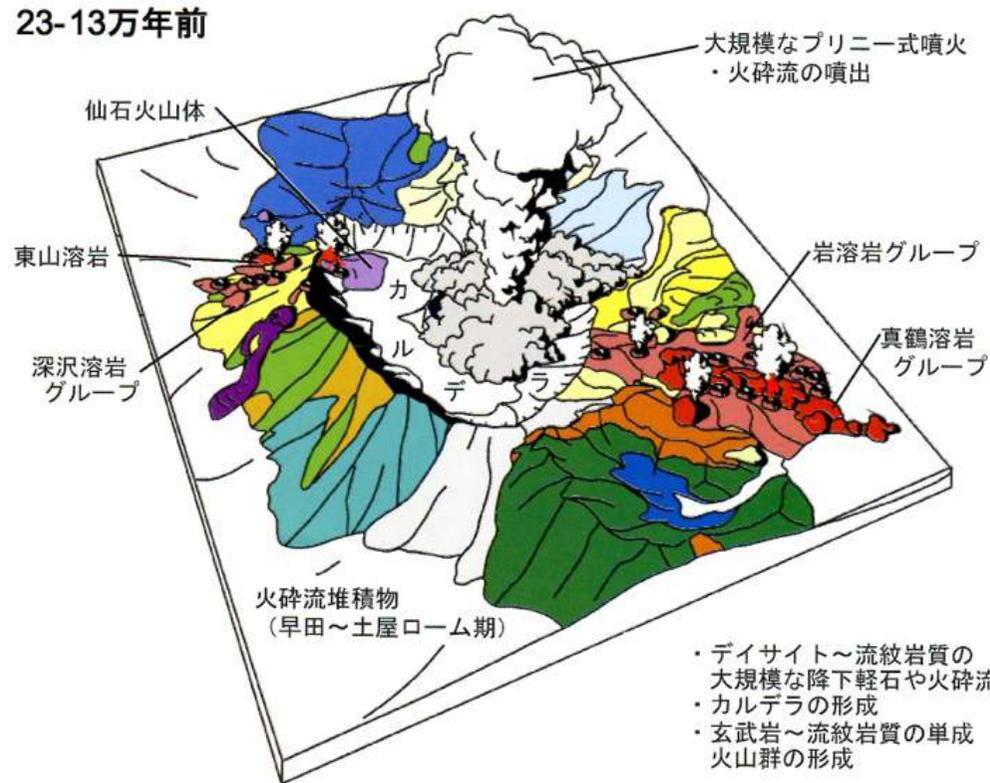
30-27万年前



- ・安山岩質の成層火山群
- ・安山岩～デイサイト質の単成火山群の形成

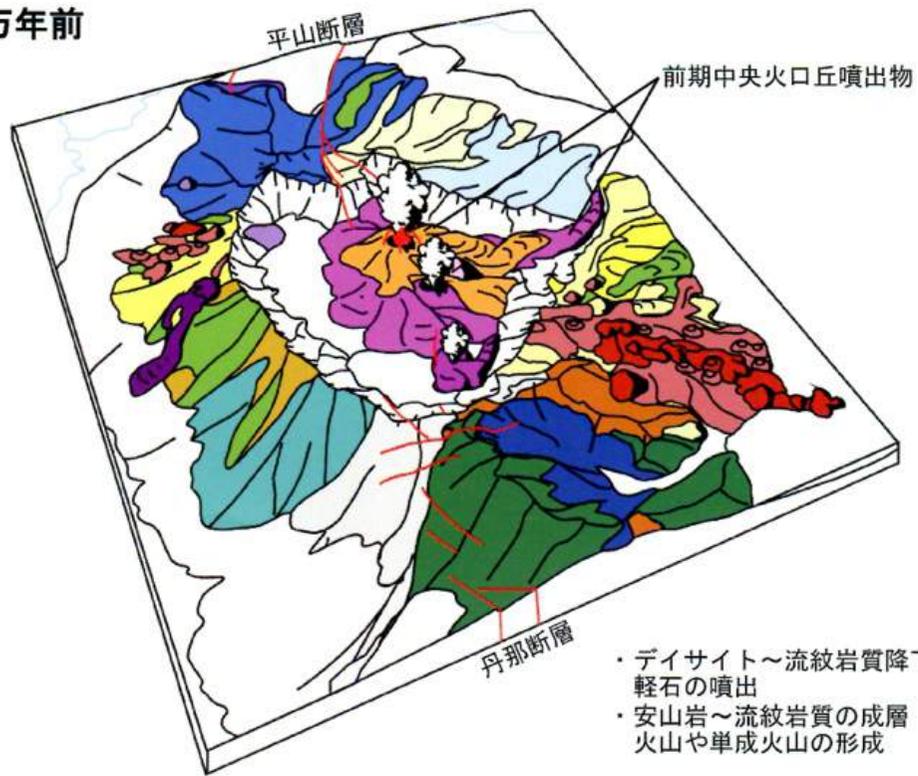
神奈川県博 (2008)

23-13万年前



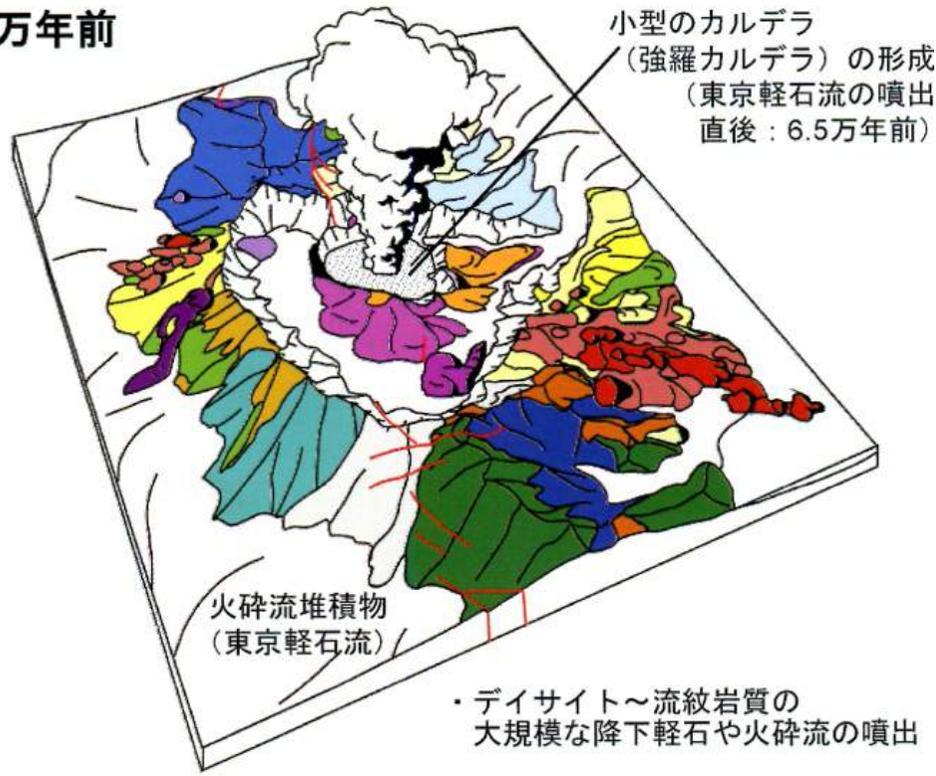
- ・デイサイト～流紋岩質の大規模な降下軽石や火砕流
- ・カルデラの形成
- ・玄武岩～流紋岩質の単成火山群の形成

13-8万年前



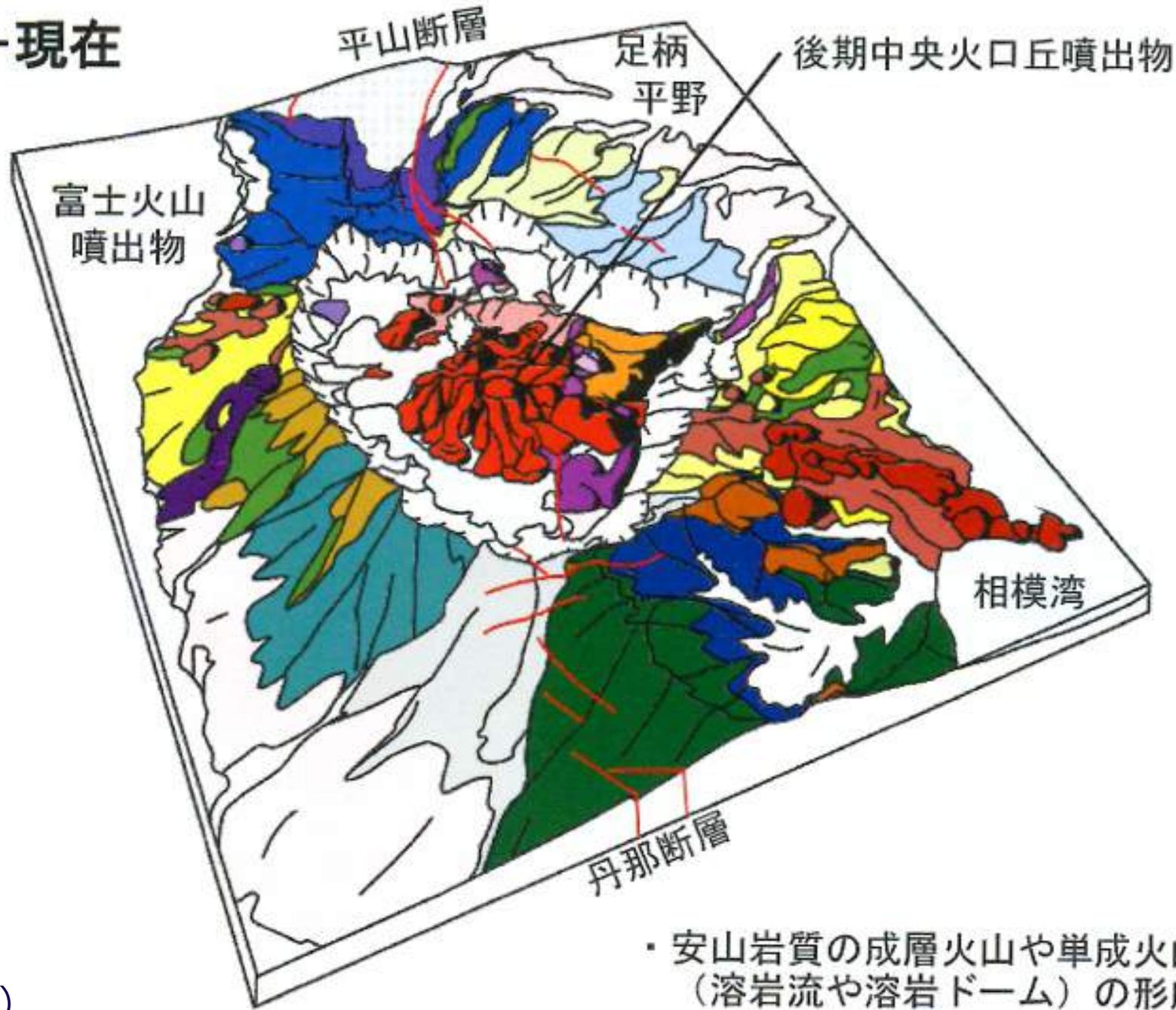
- ・デイサイト～流紋岩質降下軽石の噴出
- ・安山岩～流紋岩質の成層火山や単成火山の形成

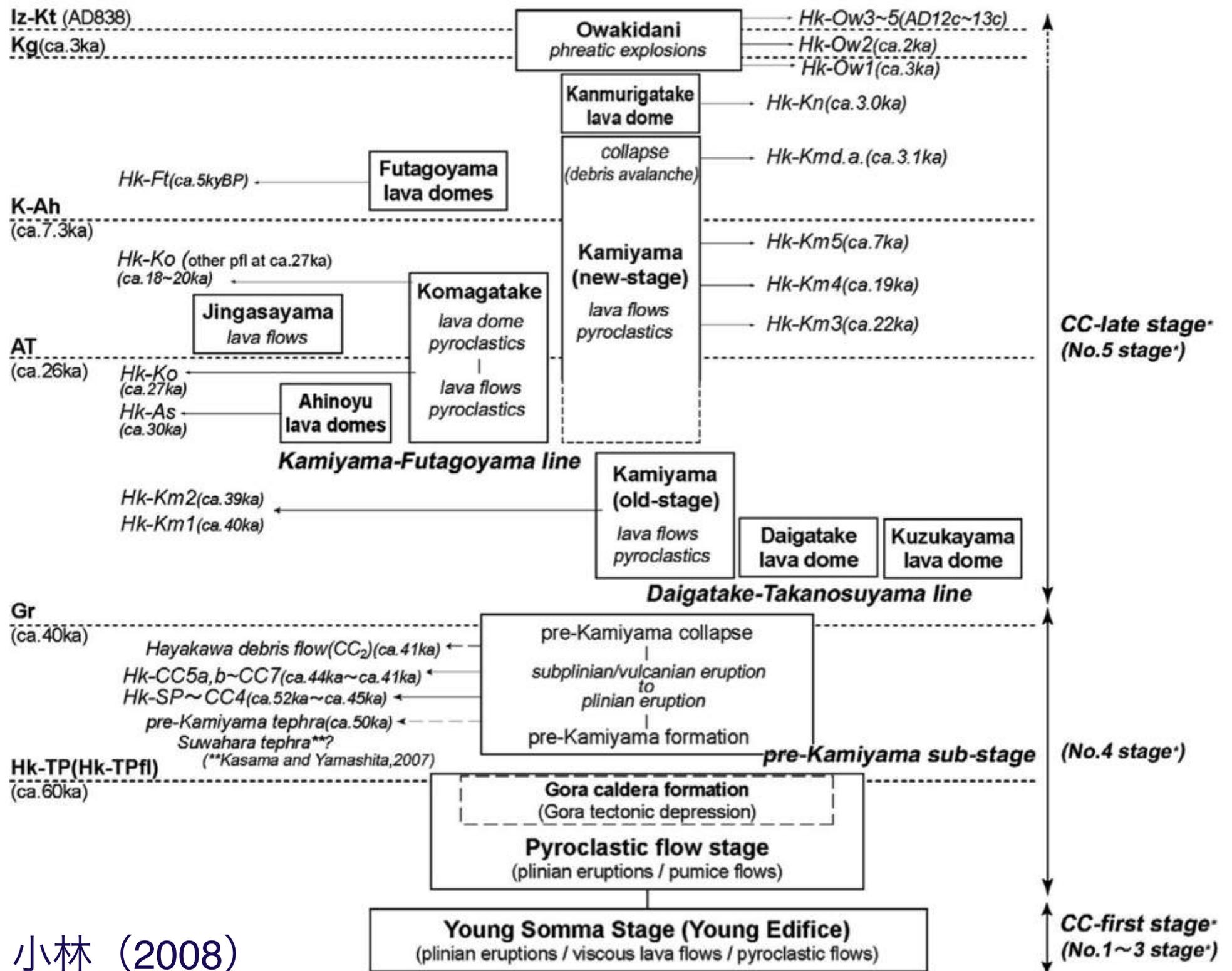
8-4万年前



- ・デイサイト～流紋岩質の大規模な降下軽石や火砕流の噴出

4万年前-現在





*Takahashi and Nagai (2007)

箱根火山の噴火シナリオ作成方法

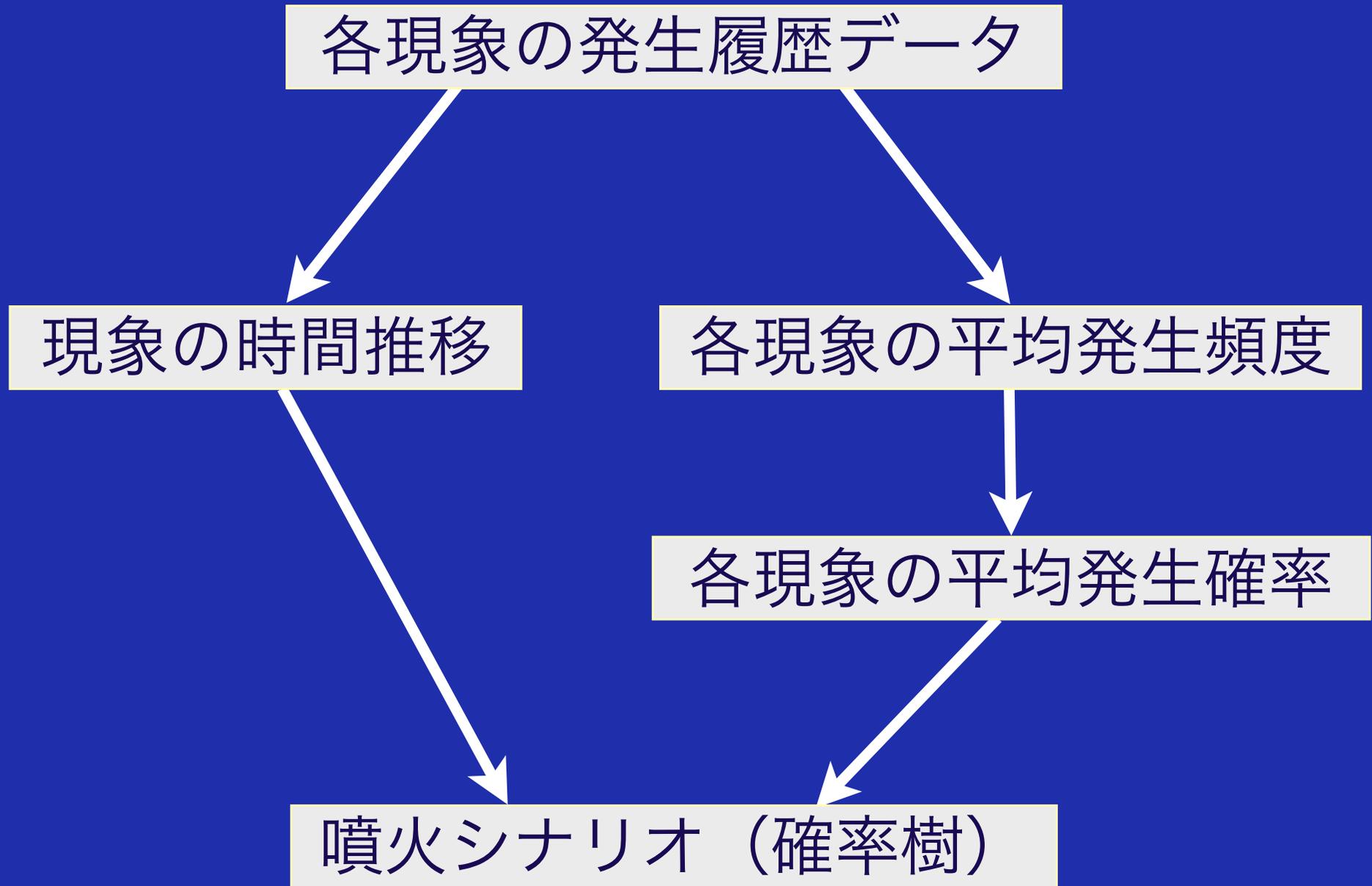
各現象の発生履歴データ

現象の時間推移

各現象の平均発生頻度

各現象の平均発生確率

噴火シナリオ (確率樹)



噴火の平均発生頻度

水蒸気噴火：大涌谷付近において過去3000年間に5回の水蒸気噴火（Ow1～Ow5）→発生頻度は600年に1度程度

なお、5回の水蒸気噴火のうちの1回（Ow2）で火砕サージの発生

溶岩ドームの形成：過去4万年間に14回（台ヶ岳、小塚山、丸山、古期神山-Km1、古期神山-Km2、芦之湯-As、駒ヶ岳-Ko(下位)、陣笠山、新期神山-Km3、新期神山-Km4、新期神山-Km5、駒ヶ岳-Ko(上位)、二子山-Ft、冠ヶ岳-Kn）→発生頻度は3000年に1度程度

なお、14回の溶岩ドーム形成のうちの9回が熱雲（上記のうちで-Km1などのテフラ名を付したものを）を発生させ、1回が山体崩壊（Kmda）後に熱雲（Kn）発生

プリニー式噴火（準プリニー式噴火含む）の頻度は、単純計算すると過去7万年間に10回（TP、SP、CC1～CC4、CC5a、CC5b、CC6、CC7）→7000年に1回程度となるが、過去4万年間のマグマ噴火は溶岩ドーム形成（とそれに伴う熱雲）が主体であることを考慮し、4万年に1度程度

なお、10回のプリニー式噴火のうちの1回（TP）が軽石流（TPfl）発生

噴火の平均発生確率

水蒸気噴火：過去3000年間に5回→発生頻度は600年に1度

溶岩ドームの形成：過去4万年間に14回→発生頻度は3000年に1度

プリニー式噴火（準プリニー式噴火含む）の頻度は、4万年に1度

今後4万年間の平均的な噴火の内訳として

プリニー式噴火：1回

溶岩ドーム形成：4万年/3000年 \approx 13回

水蒸気噴火：4万年/600年 \approx 67回

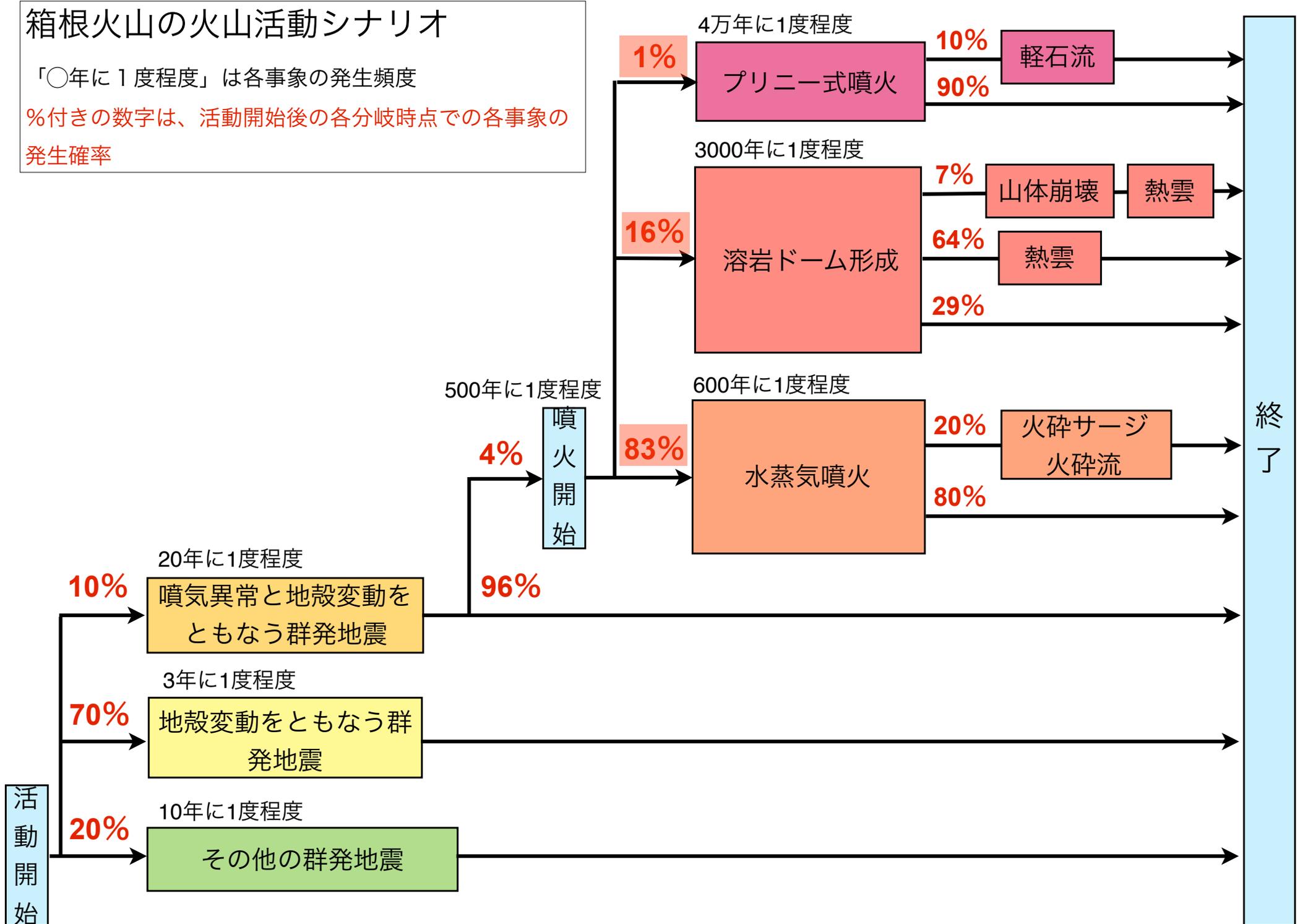
が起きることになる。すなわち、火山噴火の総数は

$1+13+67=81$ 回（噴火頻度は平均して約500年に1度）となり

り、確率配分はそれぞれ

箱根火山の火山活動シナリオ

「○年に1度程度」は各事象の発生頻度
%付きの数字は、活動開始後の各分岐時点での各事象の発生確率



噴火確率はどう認知されているのか？ 質問紙による調査

手順1：まず「向こう1年程度の箱根山の噴火確率」（6月29日の噴火後は「大規模な噴火に発展する確率」）の印象（値を%で記入）を尋ねた後（**確率認知**の調査）、箱根観光についての危険度の印象を、次の5選択肢からひとつ選ばせた（**危険度認知**の調査）。

- 1) まったく心配を感じないので、立入規制の範囲外であれば、ぜひ観光に行きたいと思う
- 2) あまり心配を感じないので、立入規制の範囲外であれば観光に行きたいと思う
- 3) やや心配だが、立入規制の範囲外であれば観光に行ってもよい

噴火確率はどう認知されているのか？ 質問紙による調査

手順2：

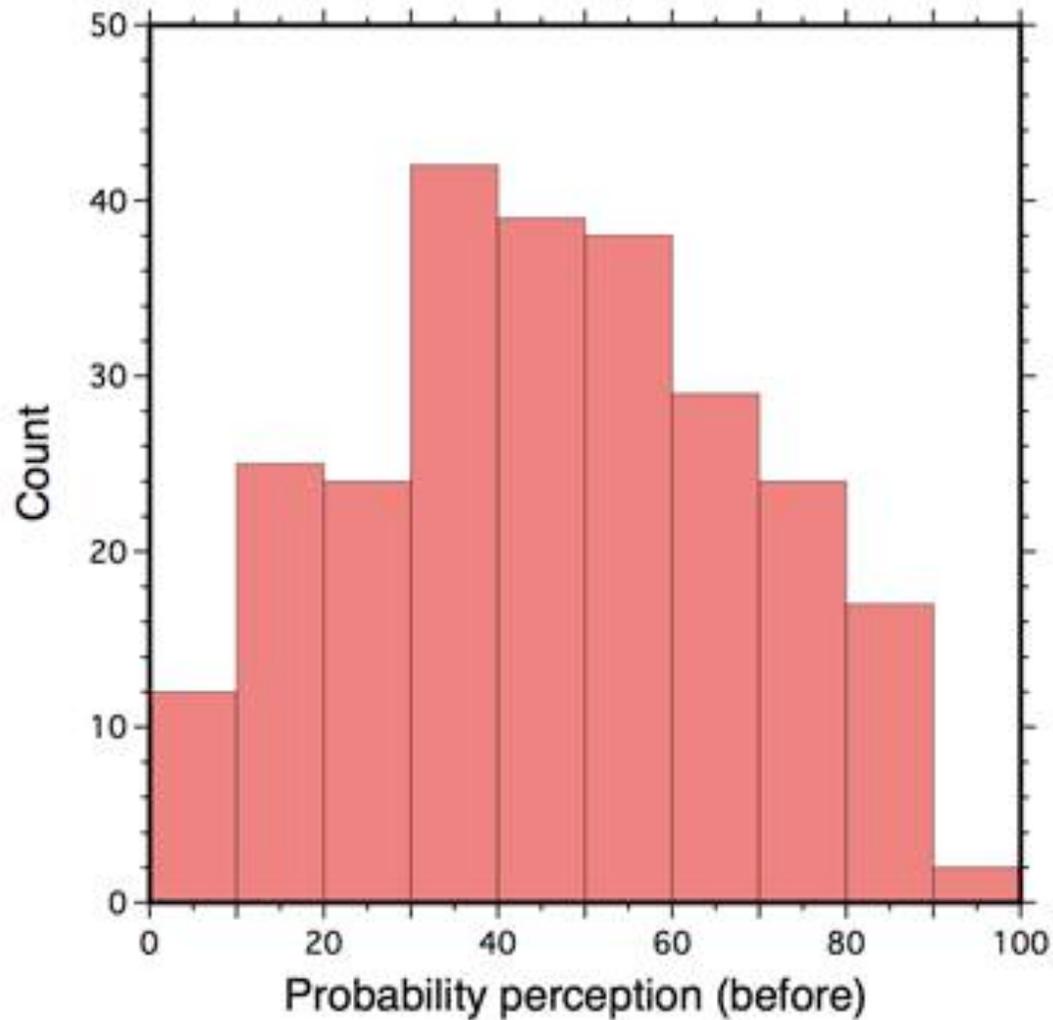
次に、同じ質問紙上で、

「箱根山の過去の火山活動のデータから、今回の活動が噴火にまで発展する確率は現時点で4%程度と試算されています（6月15日に開催された火山噴火予知連絡会の資料）」

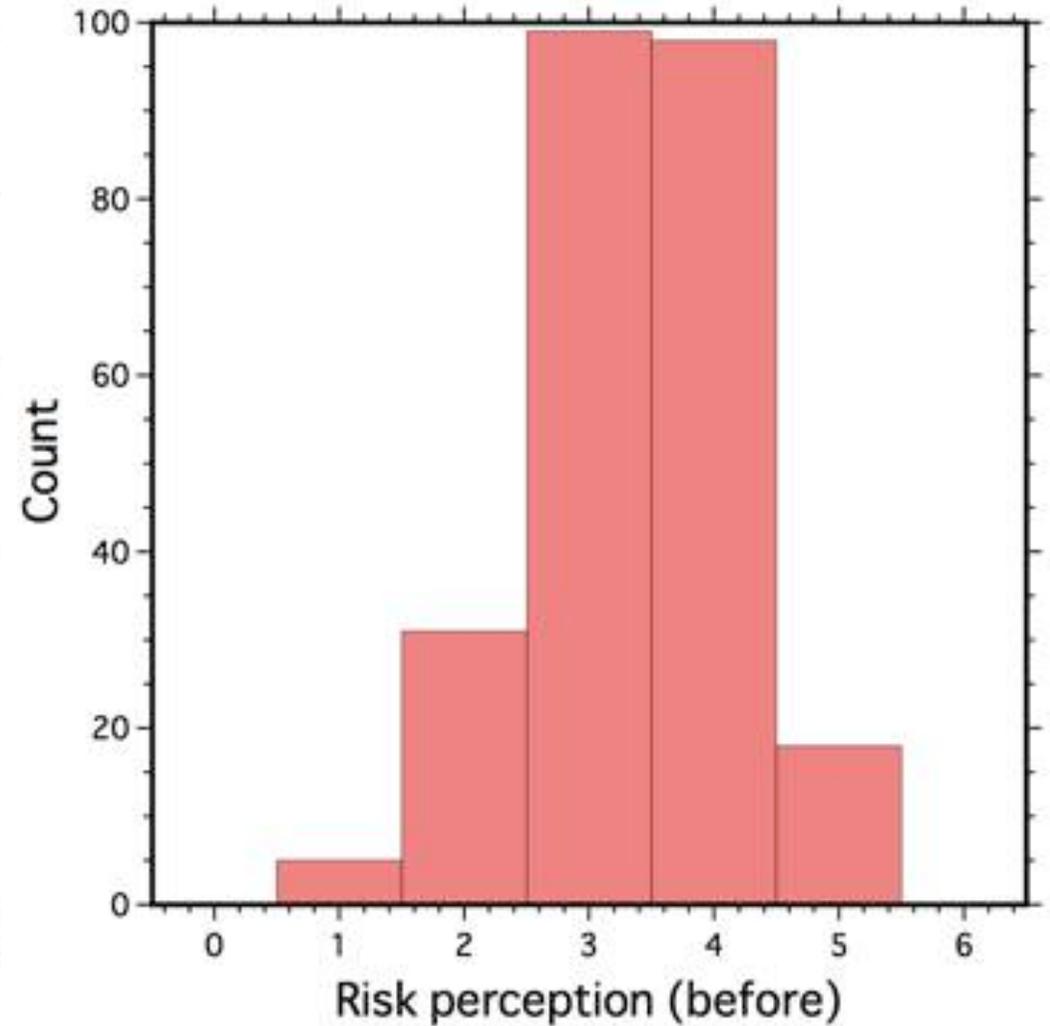
（注：6月29日の噴火後は「本格的な噴火にまで発展する確率」とした）

として呈示した上で、再度同じ質問をくり返して確率認知と危険度認知の変化を調査

噴火確率 4%の呈示前

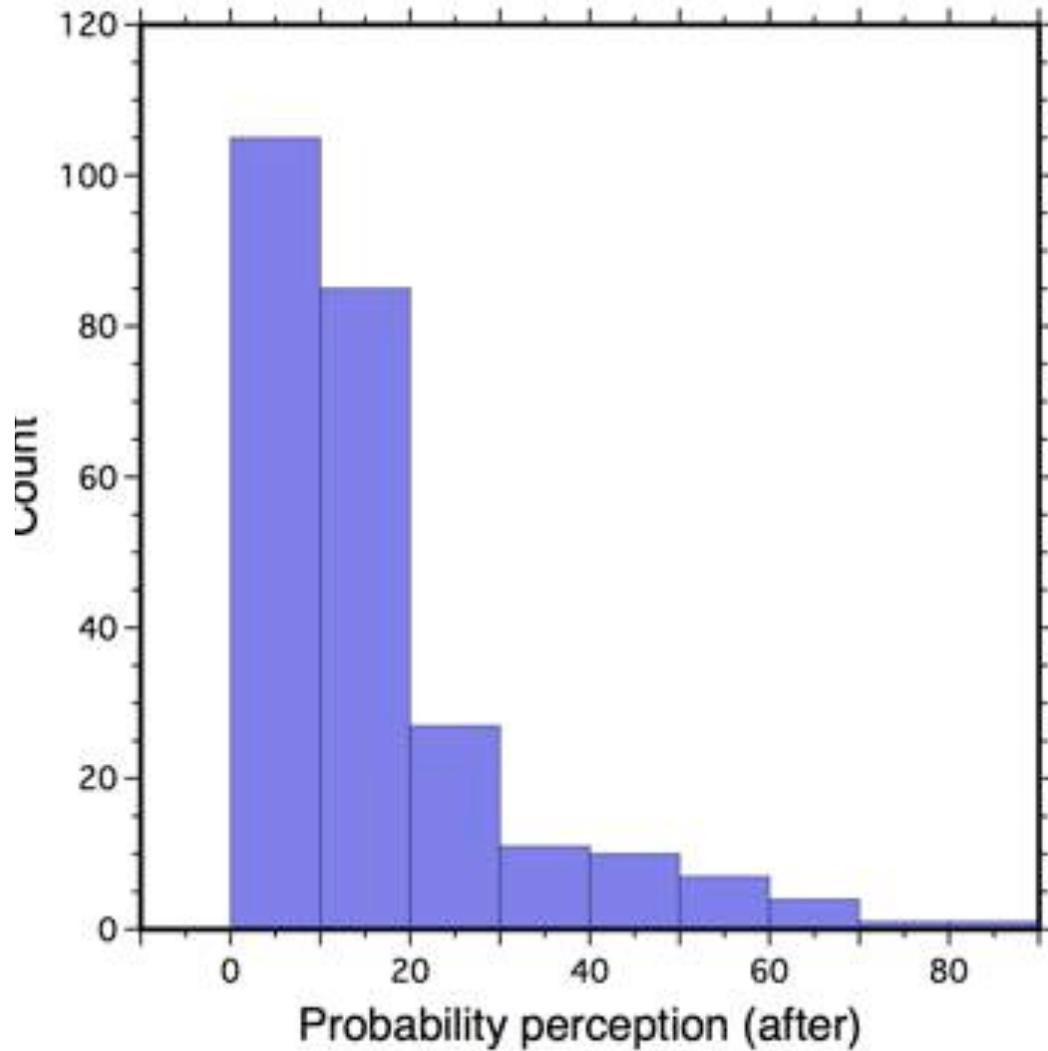


確率認知

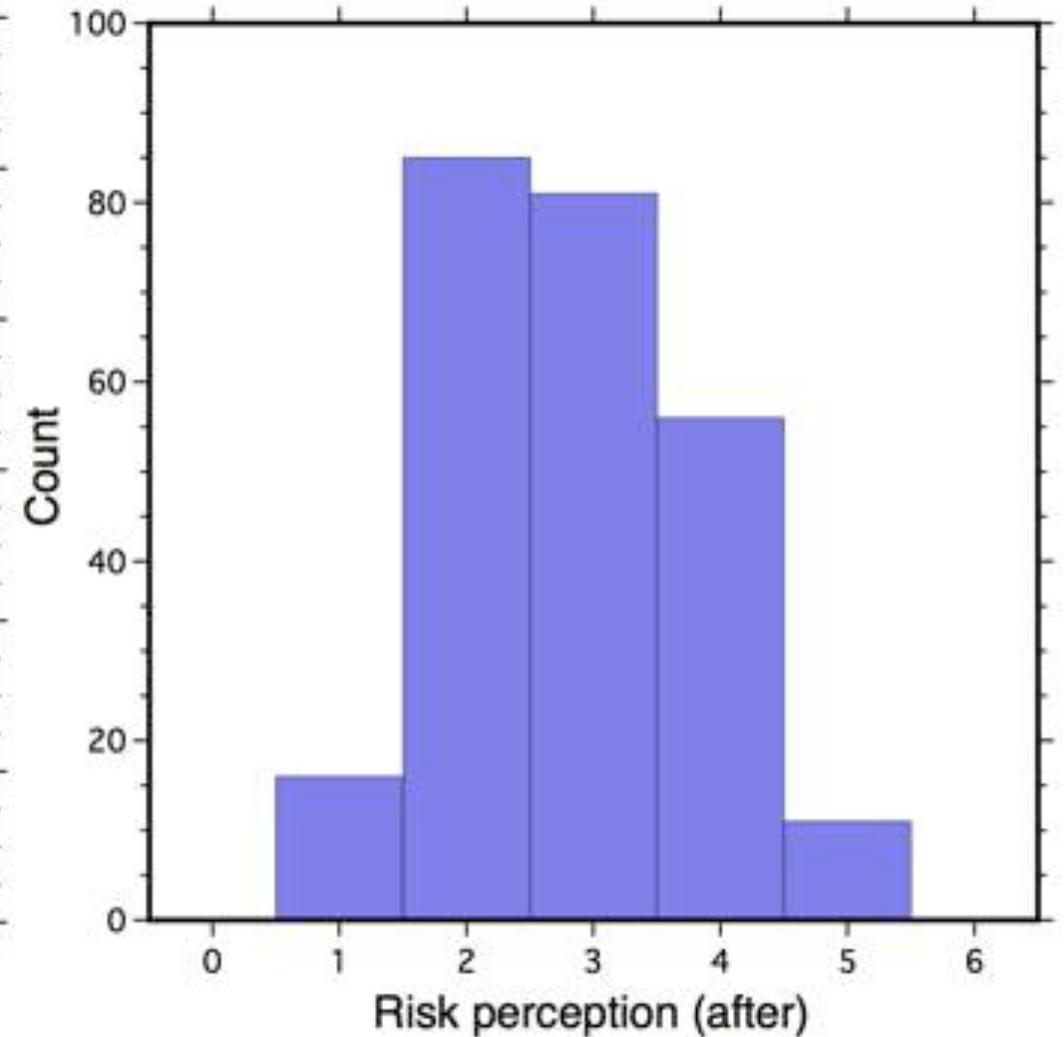


危険度認知

噴火確率 4%の呈示後

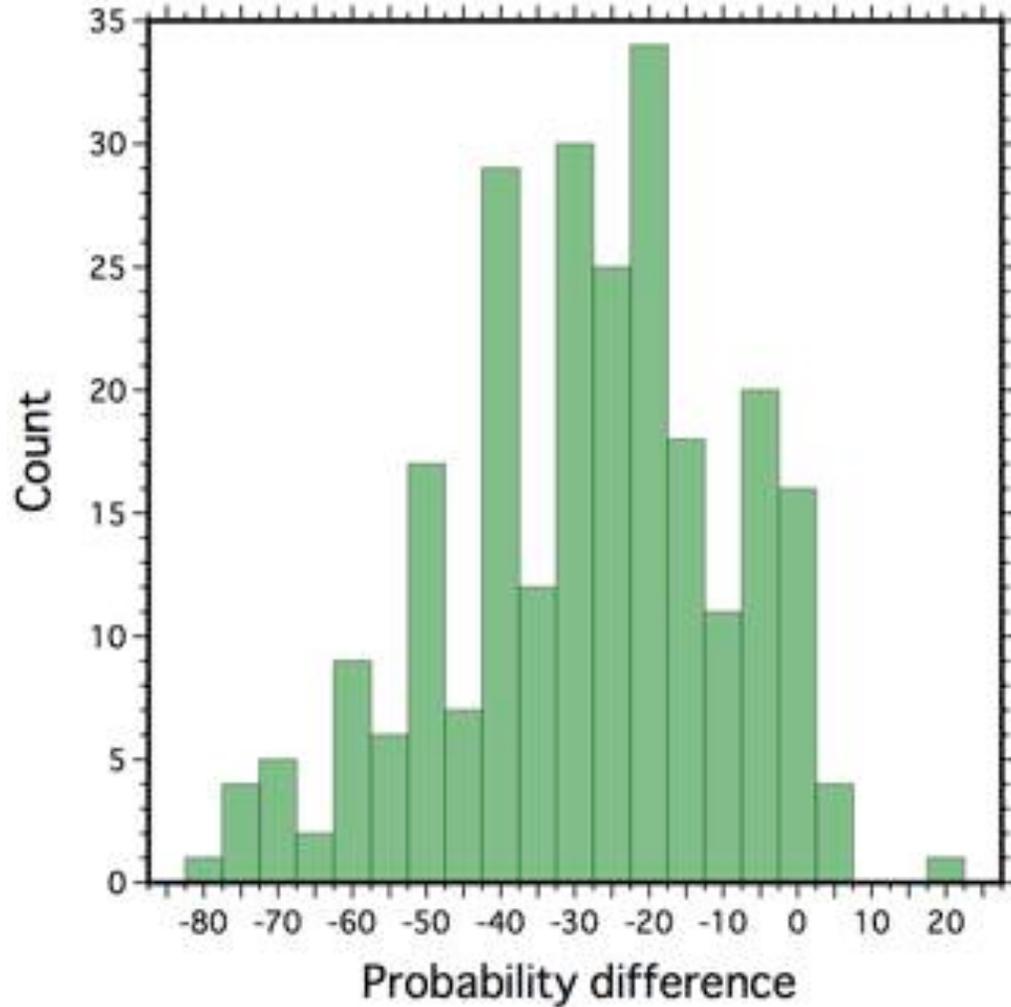


確率認知

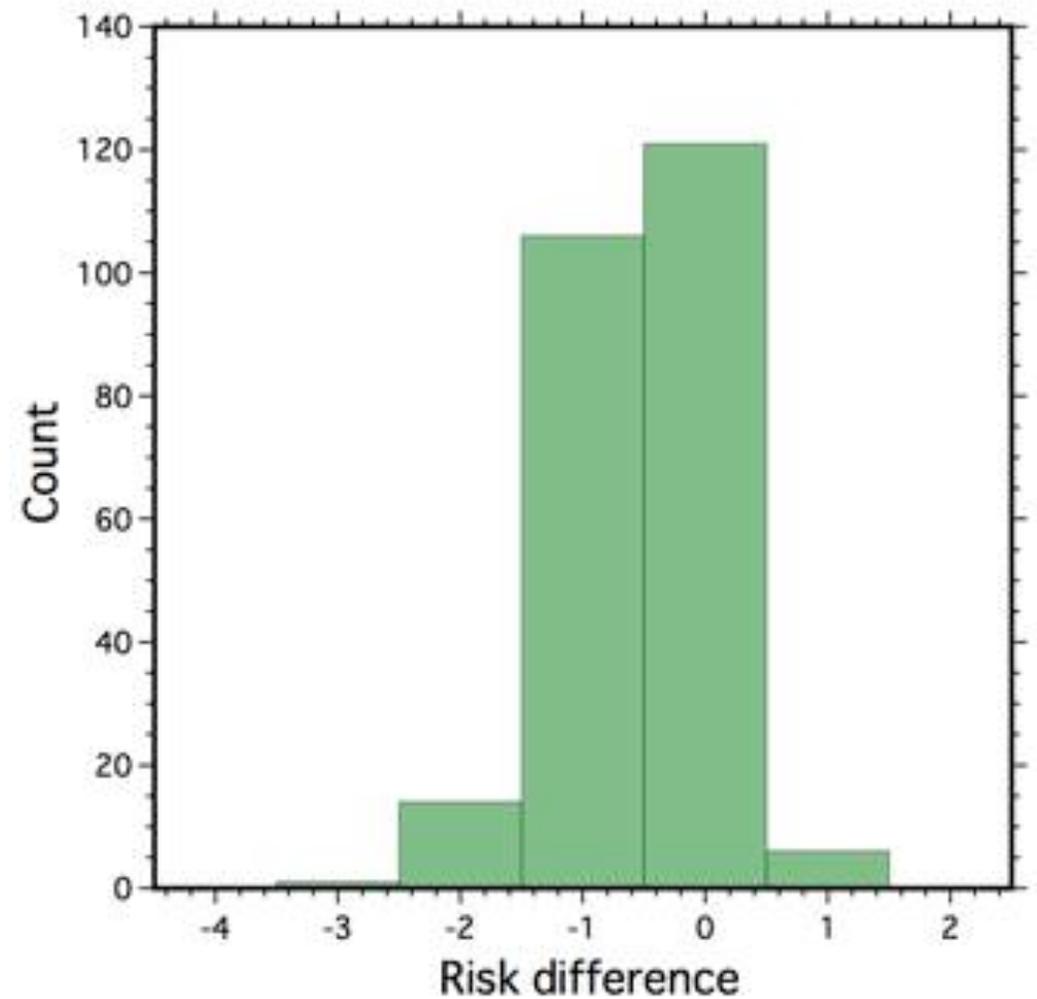


危険度認知

噴火確率 4%の呈示前と呈示後の差分



確率認知



危険度認知

1. 南海トラフ地震は富士山噴火を誘発するか？ 研究の現状

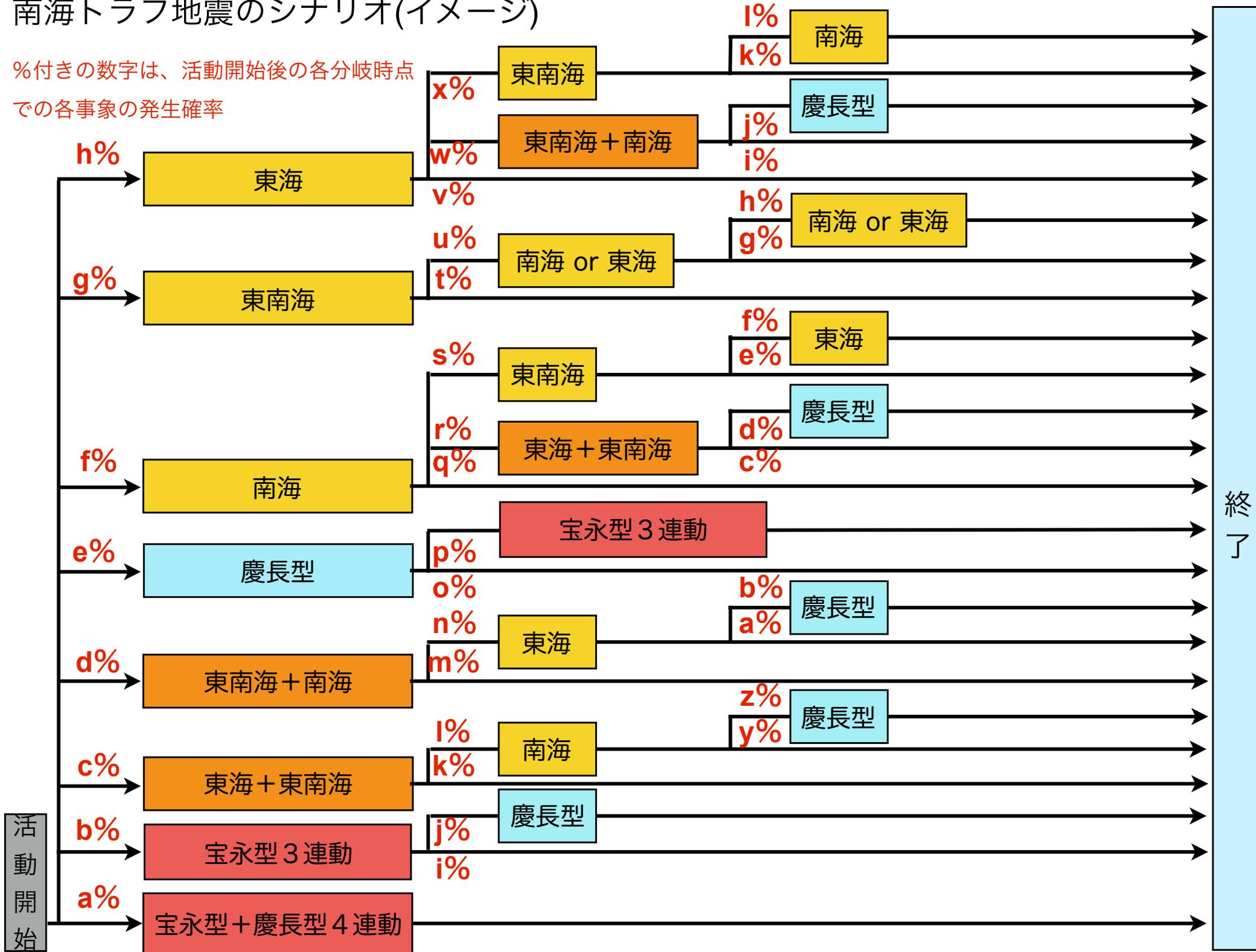
→独立の物証探索（たとえば噴出物中に地震による誘発の痕跡をさがす）

2. リスク情報の伝え方の参考事例：
確率つき噴火シナリオ

→南海トラフ地震発生の確率つきシナリオの呈示（事前の効果検証研究は必要）と、それにもとづく防災対策を

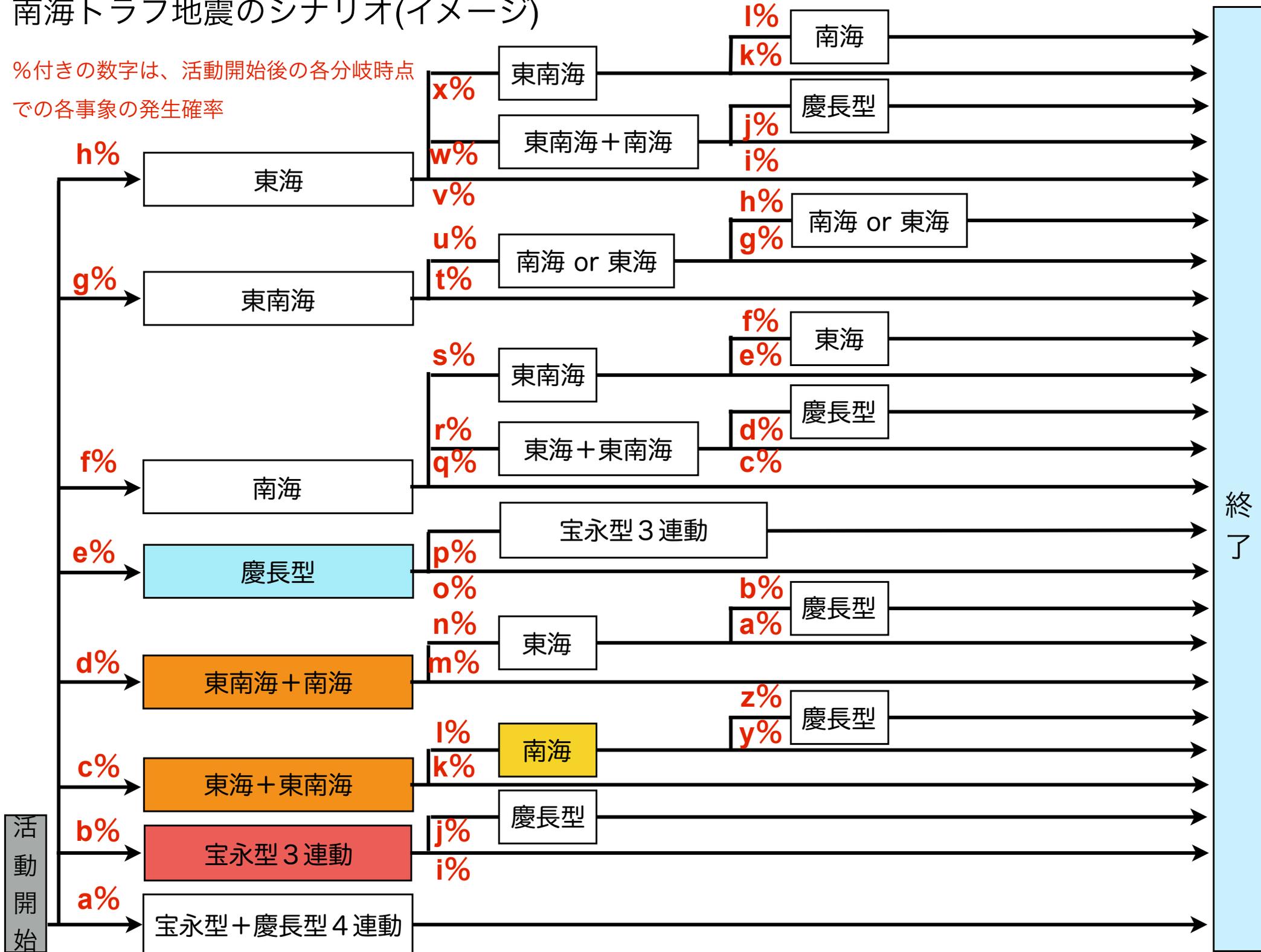
南海トラフ地震のシナリオ(イメージ)

%付きの数字は、活動開始後の各分岐時点での各事象の発生確率



南海トラフ地震のシナリオ(イメージ)

%付きの数字は、活動開始後の各分岐時点での各事象の発生確率



怖い=1

どちらか
とえば

怖い=2

どちらとも
言えない=3

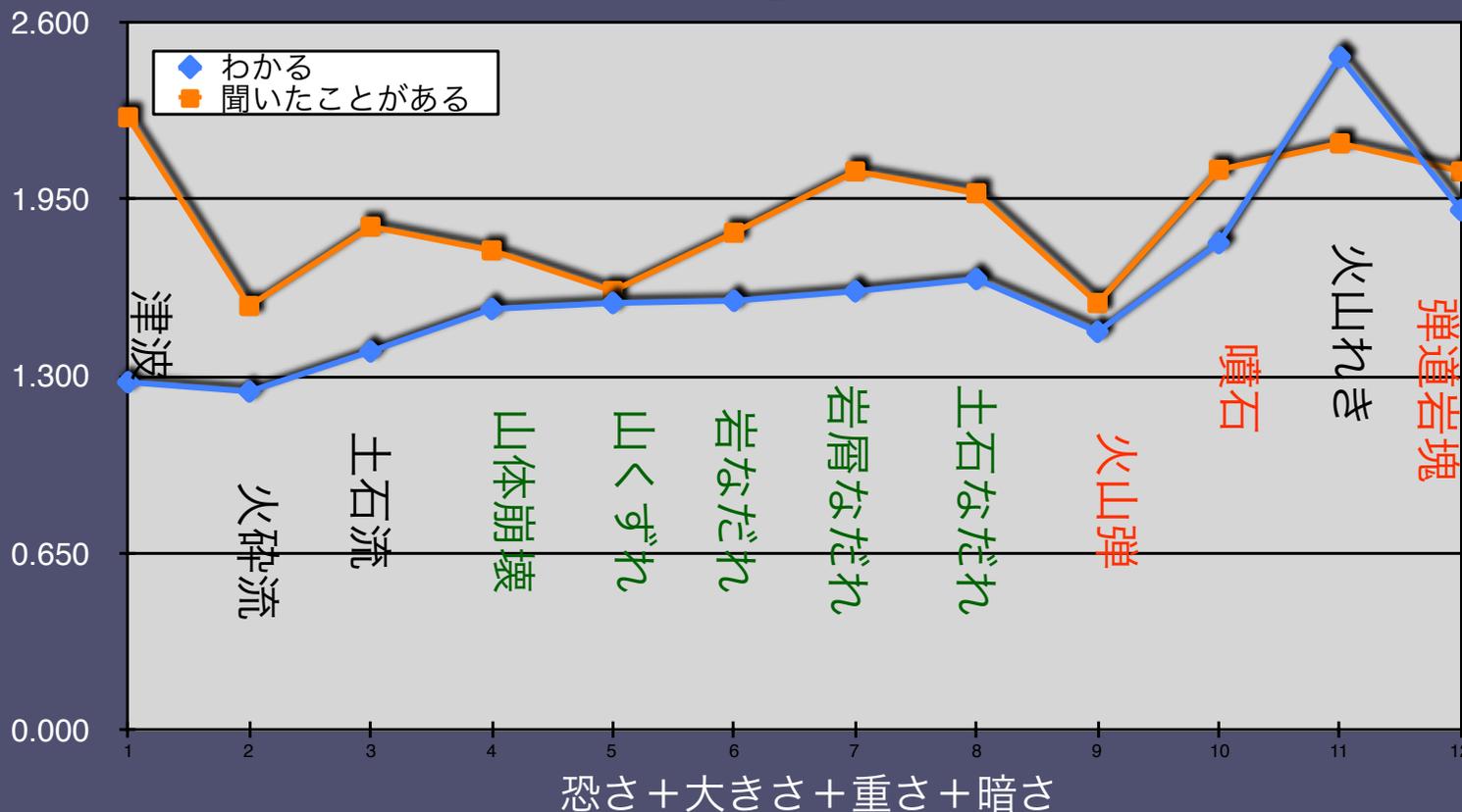
どちらか
とえば
恐くない

=4

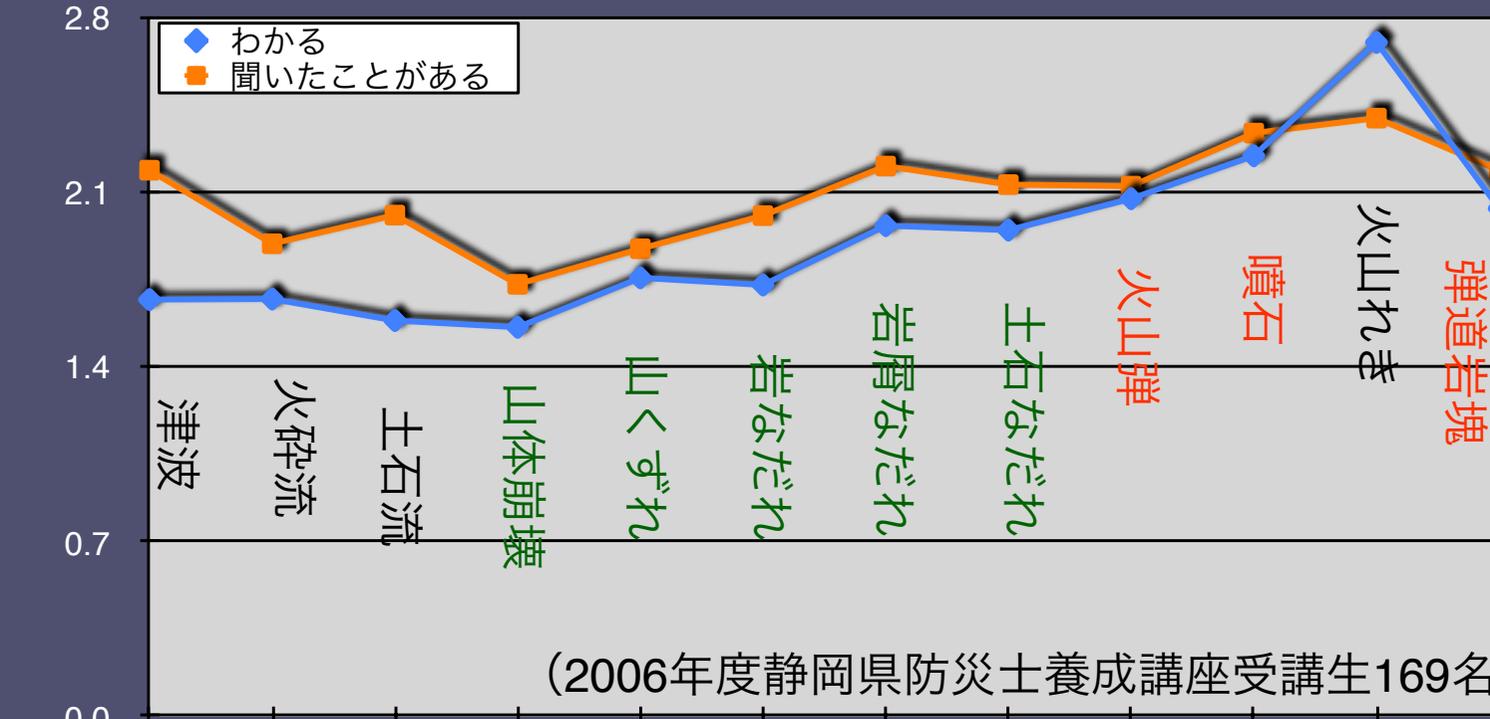
恐くない

=5

とした時の
の平均値



恐さ+大きさ+重さ+暗さ



(2006年度静岡県防災士養成講座受講生169名)



怖い=1

どちらかといえば怖い=2

どちらとも言えない=3

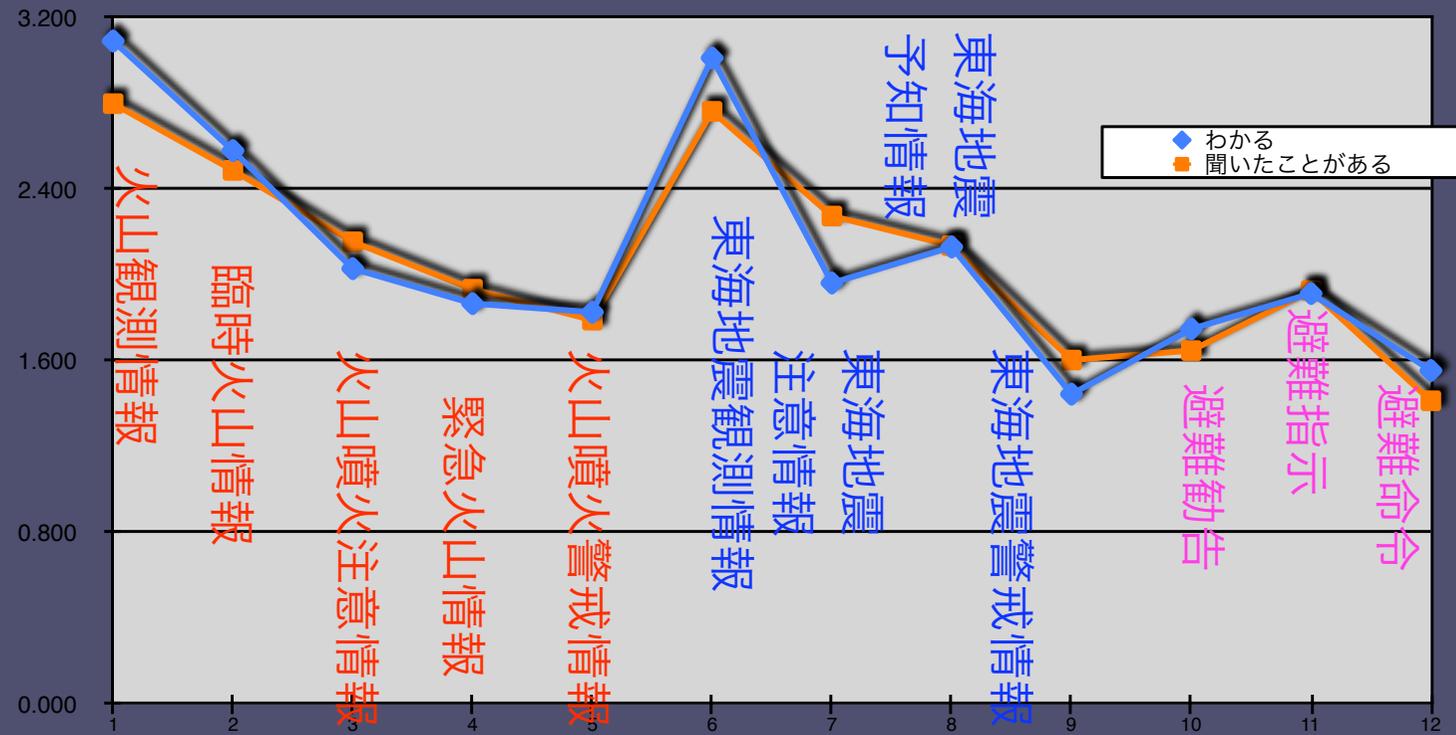
怖い=4

どちらかといえば怖い=5

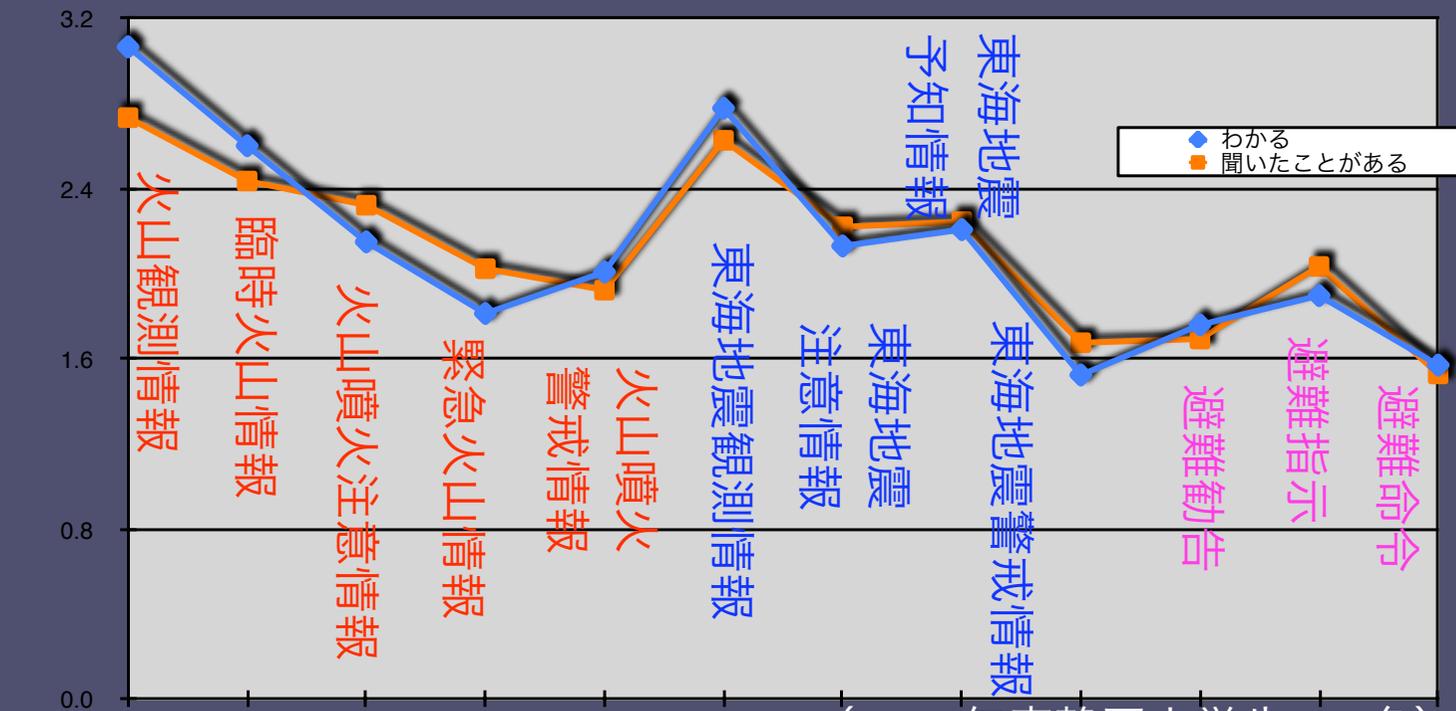
怖い=5

とした時の平均値

恐さ



恐さ+暗さ+心配さ+重さ+急ぎ



(2006年度静岡大学生795名)