



背弧海盆・島弧・海溝系の発達過程
—フィリピン海を中心に—

伊豆弧を中心とした 火山・大地震活動の 規則性

木村政昭

**Time-space relationship between eruptions
and seismic activities in the Izu Arc and its
vicinity**

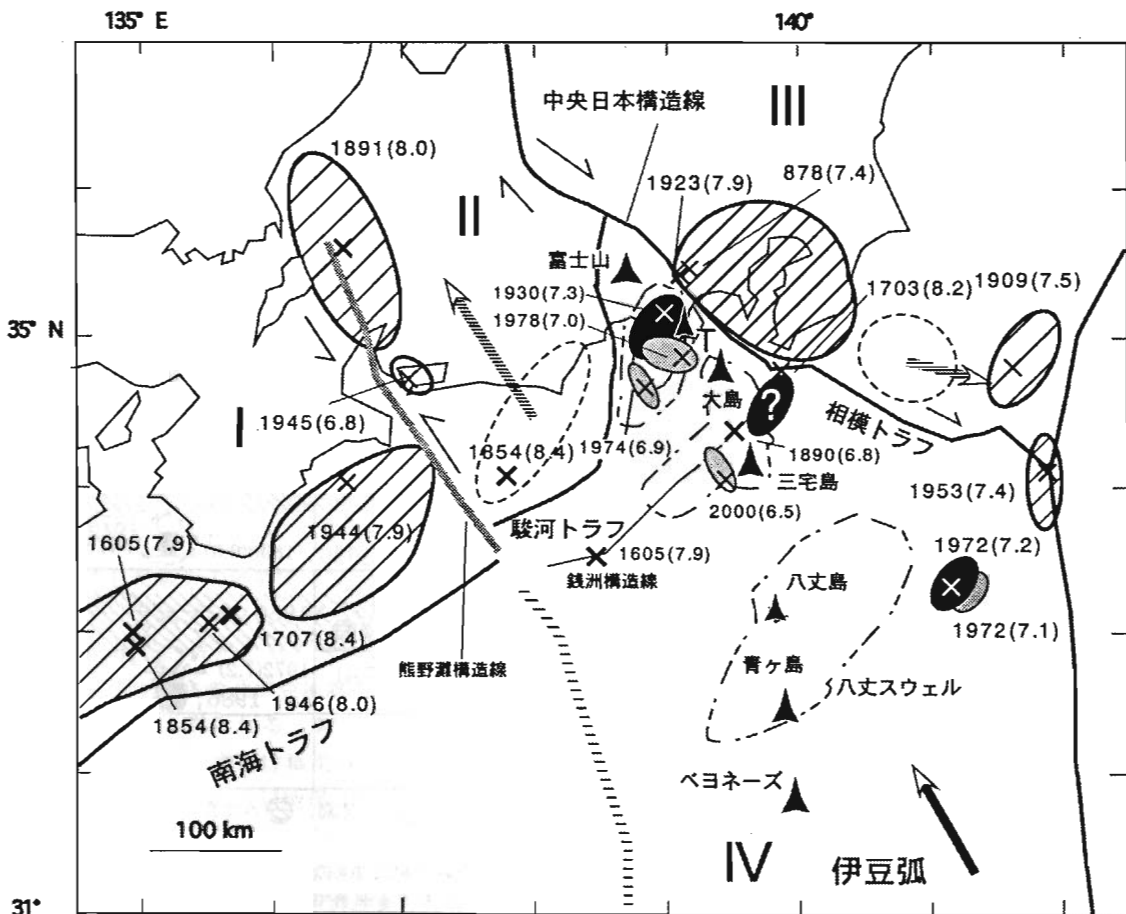
きむら まさあき：琉球大学理学部

大噴火があると、その後に 500km 以内でおよそ 20 年以内に大地震が発生する確率はきわめて高いことが明らかとなった。その際、火山から震央までの距離と地震発生までの時間との間に逆相関関係が成立する。

1. 伊豆弧北部域のテクトニック・フレームワーク

図 1 は海底地形や活断層を考慮して作成した伊豆弧（海嶺）北部域の活構造を中心とした、いわゆるネオテクトニック・フレームワークである。それにこれまでの大地震（ $M \geq 7.2$ ）を示してある。重要なものについては、それ以下の規模の地震も示されている。そのフィリピン海プレート北域にある伊豆弧（海嶺）が、本州と衝突するところに東海地方（II）があり、伊豆弧西縁の北方延長に“熊野灘構造線”（仮称）が推定される（図 1）。それは、①南海トラフの軸（陸側斜面下）に対してその北東延長部にあたる駿河トラフが左横ずれに 40 km ほどずれていること、そして②熊野灘の海底谷や活断層の走向がこの構造線を境にドラッグ状に左横ずれにずれていることや活断層の分布密度が弧の衝突側に高くなっている（活断層研究会、1991 の付図；徳山ほか、2001 の付図）ことなどから推定される。ただし、従来の地図には、熊野灘構造線に沿う北西-南東性の大断層は示されていないので、それは海底浅所にまでは現れていないものかもしれない。その北西方延長は陸域となるが、そこには、地表に現れた左横ずれの活断層が断続的に続く。それらは、伊豆弧の北西進により生じた活構造とみられ、これによってその影響はトラフ軸を切って内陸部にまで及んでいることが示唆される。すなわち、伊豆弧（IV 域）の北進と共に、II 域のプレートが北西進していることが推定される（図 1）。

伊豆弧の北西進の原因には、フィリピン海プレートを東方から押す太平洋プレートの進行が大きく寄与していると思われる。伊豆弧北部の地形的特徴として、北東-南西方向に長軸をもつ大きな長楕円形に膨らんだ膨隆あるいは海膨（スウェ



T: 手石海丘、

図1 フィリピン海北部のテクトニック・フレームワーク。破線を施した楕円部はスウェル(膨隆域)。×:震央。円で囲んだ部分はほぼ余震域に相当し、19世紀後半以降に発生した海溝型大地震。黒塗りおよび灰色のそれは伊豆弧のプレート内型地震 ($M \geq 6.9$)。太矢印はプレートの移動方向。▲は活火山。

る) と言うべき広い地形的高まりが認められる。図1の伊豆弧の中軸部に沿って描かれた北東-南西に長軸を持つ破線の楕円がそれである。そして、その膨隆域に有史以降噴火活動のある活火山が集中している。そこで、それらに分布する代表的な火山の名をとってそれらを南から北へ八丈スウェル、三宅スウェル、伊豆スウェルと仮称する。それぞれの膨隆の成因は、フィリピン海プレートの北西方向への移動と関係すると推定される。す

なわち大局的にはプレートの移動によって生じた北西-南東方向の主圧縮応力 (σ_1) によってそれに直交する方向に生じたのびた褶曲と、 σ_1 により発生した割れ目系に沿って上昇したマグマ活動との結果できあがった構造地形とみなせる。したがって、それらの存在は本域に北西-南東方向の圧縮応力が広域的・持続的にかかっていることを示している。

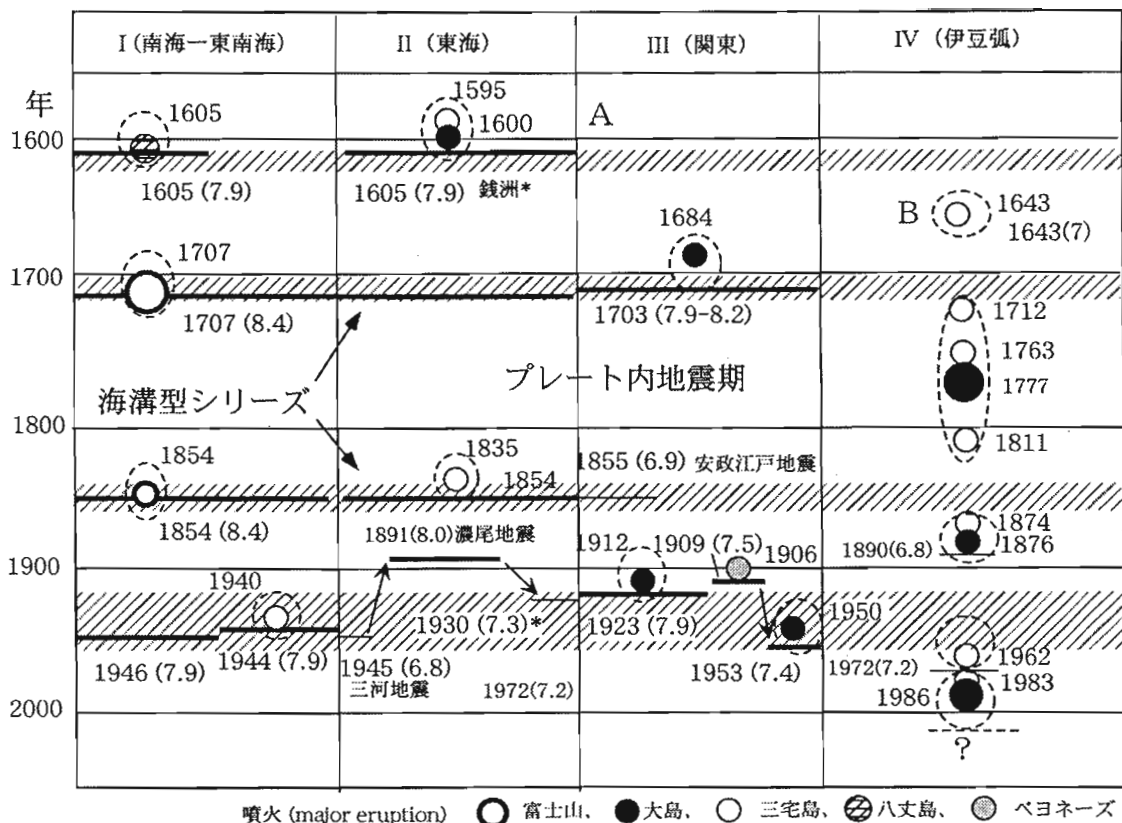


図2 “海溝型”プレート間型巨・大地震とプレート内地震との関係。太横線はM \geq 7.4のもの。ただし、伊豆弧域(IV)で発生したものでも海溝型期のものはII域に記した。噴火はすべて主噴火を代表する顕著噴火。

2. プレート境界型とプレート内型地震

ここで、噴火・地震のデータが比較的揃ってきた1600年以後について巨・大地震の発生の時系列を見てみたい。図2のIからIVは、図1の地域区分と対応している。ただし、I~IIIの内の地名は太平洋岸のもの。地震と噴火のデータは誰にでもチェックできるよう主として理科年表および気象庁(JMA)資料に基づく。しかし、内容吟味のため、日本噴火資料や宇佐美(2003)等、他の資料もあわせ検討した。1923年関東大地震の震央については、浜田(1987)により再決定されたものを用いた。本図によると、1600年以後はほぼ

100年に一度M8クラスを含む巨大地震が、南海-相模トラフにかけて並んでいる。ただし、1498年以前の平均は200年周期となっている。この100年に一度の大地震シリーズは、海溝に沿うプレート間巨・大地震が主体である。ただし、図2の*印を付した地震は、IV域で発生しているようであっても実際は海溝型地震の流れの中で発生しているもので、それぞれII域に置いた。

プレート間大地震のシリーズの間は、図2ではほとんど空白になっているが、実はより規模の小さなプレート内で独自により小規模の地震発生がある。このタイプの地震は規模がより小さくなるので図2中にはほとんど示していない。ただし、

そのプレート内型で最大規模の1981年の濃尾地震が示されている(内陸型とも言う)。また、噴火については伊豆弧の火山を対象とした。ただし、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、内の海溝型地震に時・空的に対応するものは、その位置へ移してプロットしてある。後の噴火と地震との対応に重要な意味をもって来る。

すでに見たように、1600年以後は100年前後の間隔で、南海トラフから相模トラフにかけてプレート間型大地震($M \geq 7.4$ 、本域では巨大地震と言っても良い)がほぼ一線に並んでみられる。しかし不思議なことに、最新の大地震シリーズにはかなりばらつきがあり、これについては、巨大地震として1891年の濃尾地震と1909年房総沖地震をつなげるとシリーズが完結する。たしかに濃尾地震は内陸で発生したが、日本列島の内陸でこれまで発生した最大の地震でありきわめて大きく割れたため、Ⅱ域プレート境界のストレス解放がこれによって行われたと見てとれる。1945年の三河地震や、1930年の北伊豆地震も当該域の歪解消の一連の現象とみられる。事実1981年の濃尾地震($M 8.0$)発生の際には根尾谷断層(左横ずれ)が活動し、1945年の三河地震($M 7.1$)も、左横ずれ断層によって発生した。そして、1944年に東南海地震($M 7.9$)が発生しⅠ域は南東方向へ移動した。

以上の地震によって、もぐり込みスラブの上面にあたるⅡ域の東海地方のプレートが相対的に北西方にひっぱられて移動したはずである(図1の白矢印)。これに加えて、濃尾地震発生後図3で見られるように、伊豆大島三原山火口底は低下をしている。これは、濃尾地震によってⅡ域の応力減少によりⅣ域および伊豆大島付近が引っ張られるセンスの応力が働いたため、マグマ溜まりがふくらみマグマ頭位が下がった(後述)。そこで、図1にはⅡ域の地震後の移動方向を白矢印で示した。同様に房総沖空白域も1909年地震のストレス解放により歪みが解消されたとみられる(白矢印)。そのため、フィリピン海プレート北部の海溝沿いの歪は一応解消され、現在はプレート境界でなくフィリピン海プレート内の歪の解消の時期に入ったとみられる。したがって、現在は海溝型

巨大地震の発生はなく、プレート内型(本土であれば内陸型)地震が発生する時期と推定される。そのことは、1953年より後の大地震発生はフィリピン海プレート内の八丈島近海で行われ(1972年、 $M 7.2$, 7.1)、その後は伊豆半島付近で行われている(図1)。このことから、予想される東海地震(石橋, 2003)が来るとすれば、早くとも50年か100年ほど先の海溝型巨大地震シリーズの時というのが考え易いことになる。

ここで、同じフィリピン海プレートの中でも、伊豆弧の西部は1605~1945年に発生した大地震で歪は解放されているとみられる。したがって、その後のフィリピン海プレート北西進による歪は、Ⅳ域の中でも東部に蓄積されている可能性がある。したがって、近年の伊豆弧東部の地震発生はこの歪の解放現象ととれる。すると、今後もその地域での歪解放はありうるとみるべきであろう。

3. 火口底変化と大地震発生との力学的関係

噴火と地震の関係という、地震に誘発された噴火についての議論は良くされる(例えば横山, 1971)。しかし、島弧にかかる広域的・持続的応力が“噴火→地震”という関係をもたらし、実は、これが島弧における基本パターンであるということがわかってきた。図3は、伊豆弧北域の最近の動きを見るのにふさわしい現象をとりあげたものである。(1)は地震と噴火を示している。太線は $M \geq 7.2$ の地震、破線は(2)の火口底(表1)を上昇させたと思われる地震である。丸は噴火を示し、大小は相対的な噴火規模を示す。ここで、火山から地震までの震央距離の最も離れたもので420kmである(表2-1)。(2)は大島三原山の火口底(ほとんどの時期ほぼマグマ頭位を示す)の昇降を示している。火口底データは木村(1994a)にその後の観察データを加えた(表1)。

この図3は、伊豆大島三原山の火口底の昇降には周囲の大地震発生が影響を与えていることを示している。すなわち、大島下に圧縮応力を増加させる地震の発生後に火口底が上昇する。そして、周辺での大地震発生により引張性応力がかかる

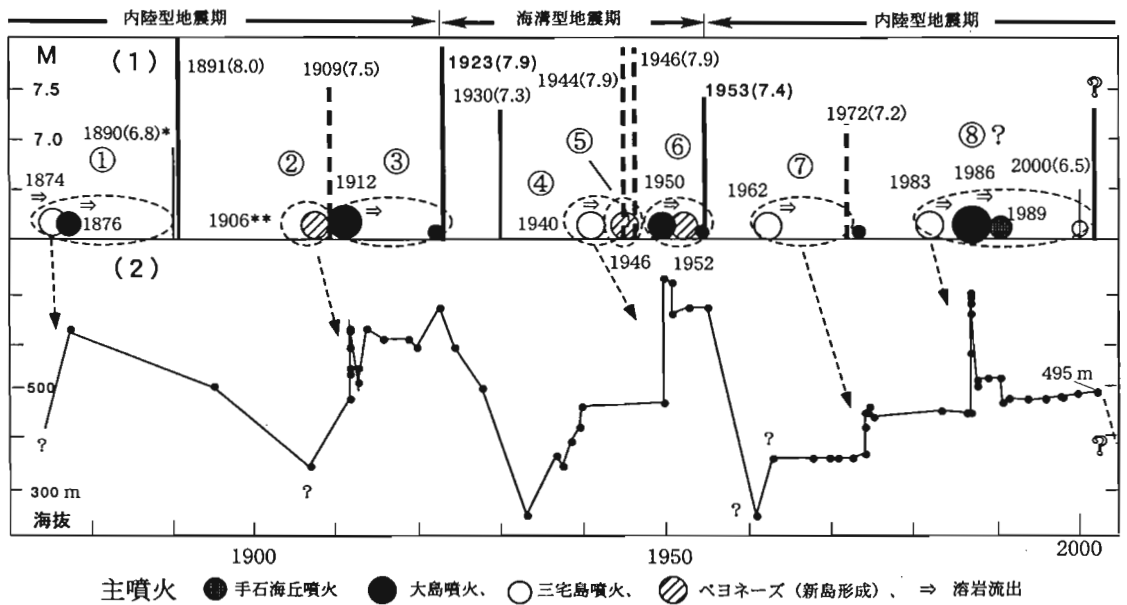


図3 伊豆大島三原山火口底の昇降と噴火・地震の対応。(1)の縦棒は、図1域で発生した地震。実線は火口底を低下させた地震、破線は上昇させたもの。(2)は、火口底の標高変化を示している。図中の小黑丸は観測データがあるもの。ただし火口底の目視観察・画像解析も含む。

と、マグマ溜りがふくらみ火口底が下降するという関係(中村, 1971; Kimura, 1976)が見てとれる。そこで、三原山火口底と噴火・地震との関係を具体的にみると、1912年の大島大噴火時に火口底上昇があり1923年関東大地震後低下という関係が明らかである(その間11年)。1950年大島噴火→1953年地震も同様な関係を示す(その間3年)。これは、三原山を乗せるプレートに歪が蓄積しマグマ溜りが押し縮められマグマ頭位が上昇し、続いて発生した大地震により歪の解放が行われたためとみられる。したがって、大島噴火のみに着目すると、1912年と1950年の三原山の主噴火(major eruption)は、それぞれ1923, 1953年地震との間に力学的な関係を持つことが示唆される。その意味では、1876年大島噴火とその後の1891年(M8.0)の地震とその後の火口底低下との関係も明瞭である。しかし、これについては後述の図4-1のグラフから大きくはずれる。そのため、少し規模は小さくなるが、1890年地震(M6.8)を

採用すると曲線ときれいに対応する。この地震は、三宅島で海岸が崩れ道路に亀裂が生じ下田付近も強く感じた(宇佐美, 2003)という点からみると、実際はより大きかった可能性も示唆される。以上、基本的には大太平洋プレートにより伊豆弧が東南方より押されるため、各火山のマグマ溜りが押し縮められ頭位が上昇し噴火する。その後ややがて、テクトニック歪解消のために大地震が発生するということが示されている(例えば、木村, 1978)。いずれにしてもここで重要なことは、火口底上昇により主噴火→大地震という組み合わせが生じていることである。

次に三宅島やベヨネーズ火山噴火に着目する。三宅島噴火後に発生した大地震をみると、図3では三宅島噴火と後の地震とのペアと思われるものが2例、ベヨネーズ噴火と地震とのペアが2例ある。ところが驚くべきことは、これらの火山で主噴火があると、その後必ず大島火口底上昇がもたらされているのである(図3の①, ②, ④, ⑤,

表1 図3で用いた三原山火口底高度の計測データ。Tsuya *et al.* (1956), 木村 (1994) に新データ付加。小数点以下は月を示す。

西暦	標高, m	西暦	標高, m
1874	420	1961 ?	240
1876	520	1963.2 ?	356
1896	410	1968	356
1907	340 ?	1970	356
1912	480	1971	356
1912	530	1972.9	356
1912	580	1974.2	366
1912	540	1974.3	418.9
1912	615	1974.4	451.0
1912	618	1974.5	450.8
1913	510	1974.9	460.0
1913	540	1975.2	442.2
1913	510	1983.4	452.3
1914	620	1986.4	450.9
1916	600	1986.9	451
1919	600	1986.9	570
1920	580	1986.9	650
1923	660	1986.9	680
1924	580	1986.9	690
1928	500	1986.9	670.7
1933.4	240	1987.9	504.7
1936.9	360	1987.9	516.08
1937.7	340	1989	520
1938.7	390	1990.6	520
1939.8	420	1990.8	470
1940	460	1991.6	478.5
1950	470	1993.9	480
1950	720	1994	480
1951	710	1995	481.3
1951	650	1998	485
1953	660	2000	491
1955.2	662	2002.2	495

⑦, ⑧中の点線矢印に注意)。これは、三宅島やベヨネーズ火山に主噴火を起こすほどの歪が伝播する頃は隣接する大島火山下にもその影響が見られはじめ相当程度の歪が蓄積されることを示している。これに対応して、この時期にしばしば大地震が発生し火口底上昇を加速させる場合が認められる(1909, 1944, 1945, 1972年地震)。そのようにして火口底が上昇すると、大島の小噴火や大噴火に至る。1974年(M6.9)地震の際には大島火口底の100m近い上昇および大噴火をもたらして

いる。

以上のように見るかぎり、大島の火口底の高度を有意に変化させるような大地震に対して、それ以前にいずれかの火山の主噴火(ほとんど大噴火)が必ず対応していることがわかった。1909年地震前のベヨネーズ火山の噴火については規模不明であるが、離島の海底噴火では大噴火が記録されることが多い。また、本域では地震前に三宅島と大島あるいはベヨネーズほかの複数の火山噴火がある場合が多い。それらの発生時期は相互に決して重ならず、それらの間に本質的な時系列が存在しているようにみえる。そこで、図3の点線の円で囲まれた①から⑦が噴火-地震のペアとみなした。しかし、実際には①と⑥は2つの火山が対応しているの、さらに2つずつのペアに細分される(表2-1)。また本図を見るかぎりにおいて、この関係はプレート内型でも海溝型においても明瞭に認められる。ここで、①, ②と⑦のペアがプレート内型、③~⑥のペアが海溝型のものである。

以上のペアについて、噴火から地震発生の時間(年)と火山から震央までの距離(km)との間にどのような時・空関係があるか見るために、相関図を作った(図4-1)。図中の▲印で右上にはずれたものは、濃尾地震のものであるが、これを除けば、他は明らかに相関曲線にフィットすることがわかった。しかもその関係は逆相関である。これはどういうことを意味するのであろうか。本域は、太平洋プレートに押されて常に圧縮応力がかかる。圧縮応力は将来大地震を発生すべき震央域に歪を蓄積するはずである。それは、プレート境界や地殻内の既断層域等に蓄積されやすい。また他の要因で生じたアスペリティ(菊池, 2003; 鷲谷, 2003)への蓄積もあるかもしれない。いずれにしても時間がたつと、その歪の蓄積はそこを中心として拡大すると考えられる。その拡大が、火山下に及ぶとマグマ溜りを押し縮める。火山下のマグマ溜りにマグマが十分あれば、その頭位を押し上げ、一定の歪量に達するとマグマが地表に流出し噴火となると考えられる。

4. 噴火→海溝型大地震の時・空関係

図3に示されるように、火口底変化との対応については1800年後半からしかわからないが、それ以前にも主噴火とそれに対応する大地震発生がこれまでも当然あったはずである。そこで次に、それ以前にも主噴火→大地震について同様な関係が成立していたか見てみる。それは、次のような定義の下で行う。

4.1) 噴火年は、主噴火 (major eruption) の年をとる。主噴火を中心とした火山活動は一般に10～30年ほどかかり、その過程を示すステージ P₁～P₃ (木村, 1994a) 中の P₂ にあたる噴火を主噴火とし、通常大噴火がこれに相当する。この P₁ や P₃ は、その前後の活動で、本域火山では火山性地震の増大ですむことが多いが小噴火や中噴火を伴うこともある。通常伊豆弧の噴火の多くは、大島を除き、記録に残る噴火のほとんどはこの P₂ のものとみなされる。溶岩流出があったり、海底火山形成があったり、新島没や歴史上初の噴火であったり、明らかに通常の大噴火がそれを上回る噴火活動があったものの記録が主体を占めている。ちなみに、IAVCEIでは、大噴火 (great) とは総噴出物が1,000万 m³ 以上のものを指し、1,000～1万 m³ は中噴火 (medium) それより少なめのものは小噴火 (little) と区別している。ただしここでいう主噴火というのは、通常10～30年内のその火山活動の極大を示す噴火であれば良いので、溶岩流出の記録など内容がわかれば必ずしも噴出物量やエネルギーが計算されていなくとも判断できるのがこれまでの分類にない利点である。図2には、そのような主噴火がプロットされている。

4.2) M7.4以上の大型地震のみについて対応を見る。1870年以降については火口底データがあるため、例外的に M6.8の地震もペアに含めて良いことがわかった。しかし、他の歴史地震と噴火との関係を見るには記録精度に問題が多く不確実性が増すため、M7.4以上の大型地震のみについて対応を見る。

4.3) 噴火→地震の対応範囲は、それぞれの火山

からは500km以内とする。これは、表1-1のグループの最長震央距離の420kmを含む範囲を参考にした。また震央距離については、北海道-東北の火山にかかる海溝型地震直前、直後の差応力値 (最大主応力と最小主応力の差応力) が計算されている (木村ほか, 1982)。それによると、1933年三陸沖地震の際には対応火山は10bを越える差応力値を示した。そのような、差応力値の大きな火山域との震央距離は300kmに及んでいる。

4.4) 地震発生以前20年までに主噴火があれば、それは対応するものとして一つのペアにする。この時間間隔は、表1-1で主噴火から地震発生までの最高が16年ということ、火口底変化からみた一連の噴火活動期がほぼ30年以内であり主噴火はその期間の中間付近で行われるという経験則等とマッチする。

4.5) 一つの地震に対応する火山噴火については、対応する複数の火山をとることができる。

4.6) 噴火と大地震が同年に発生している巨大イベントに対しては、±1年までを対応するものとして採用する。古い記録になれば、同年内のものについて噴火と地震の前後関係が通常明らかでないことが多いこと、地震後の噴火にみえても、実はその活動期は地震前にはじまっていた例が多いこと等による。たとえば、1707年の南海地震と富士山の関係については、地震の1.6ヶ月後に噴火があったため、一般に地震後の噴火とされている。しかし、実は、1700年にも噴火の記録があり、富士山の噴火活動は地震前から行われていたことが明らかである。噴火に対して臨界状態にあったため、たまたま地震後の瞬間的な応力集中により地震後1.6ヶ月後に巨大爆発になったとみられる。また、計算上対数処理するために0や-をとれないという点からも、それらは期間1年とした。

以上の定義にしたがって厳密に歴史時代の噴火と地震の記録を検討した結果、4.1)に加えてさらに11のペアを選ぶことができた (表1-2)。それに関連する地震の震央を、図1中に太い十字で示した。それらは、表1の1で示され火口底の変動を

表2 噴火と地震の時・空関係を示す表。(1) 火口底変化と対応する地震 ($M \geq 6.8$) とのペア。(2) $M \geq 7.4$ の海溝型巨・大地震前の噴火との対応。(3) 予測空白域と噴火との時・空関係。

	火山	位置 (北緯、東経)	主噴火年	震央	地震 (M)	震央距離、km	噴火-地震年数
1) 火口底基準	三宅島	34° 05', 139° 32'	1874⇒ 明治	139° 18', 34° 12'	1890 (6.8) 三宅近海	30	16
	伊豆大島	34 43, 139 24	1876⇒ 明治	"	"	60	14
	伊豆大島		1912⇒ 明治-大正	35 20.8, 139 8.9	1923 (7.9) 関東大地震	70	11
	三宅島		1940⇒ 昭和	33 48, 136 36	1944 (7.9) 東南海地震	270	4
	ベヨネーズ	31 55, 139 55	1946 △ 昭和	33 00, 135 36	1946 (7.9) 南海地震	420	1
	伊豆大島		1950 ⇒ 昭和	34 00, 141 42	1953 (7.4) 房総沖地震	230	3
	ベヨネーズ		1952 △ 昭和	"	"	290	1
	三宅島		1962 ⇒ 昭和	33 12, 141 06	1972 (7.2) 八丈島近海	180	10
	富士山	35 21, 138 44	864⇒ 青木ヶ原	35 30, 139 18	878 (7.4) 関東諸国	50	14
	八丈島	33 08, 139 46	1487	34 00, 183 00	1498 (8.4) 東海道全般	130	11
2) 海溝型 $M \geq 7.4$	三宅島		1595	33 30, 183 30	1605 (7.9) 慶長地震, 越洲	120	10
	伊豆大島		1600	"	"	160	5
	八丈島		1605 慶長	33 00, 134 54	1605 (7.9) 慶長地震, 南海	450	1
	伊豆大島		1684 ⇒ 貞享-元禄	34 42, 139 48	1703 (7.9-8.2) 元禄地震	40	19
	富士山		1707 宝永	33 12, 135 54	1707 (8.4) 宝永地震	350	1
	三宅島		1835⇒ 天保	34 00, 137 48	1854 (8.4) 安政東海地震	140	9
	伊豆大島		1846 大噴火?	"	"	170	8
	富士山		1854	33 00, 135 00	1854 (8.4) 安政南海地震	430	1
	ベヨネーズ		1906	34 30, 141 30	1909 (7.5) 房総沖	430	1
	3) 予測	三宅島		1983⇒	34 22, 139 28	2003±2 (6.8-7.3)	30
伊豆大島			1986⇒	"	"	40	17
手石海丘			1989	"	"	80	14

⇒ 溶岩流出、△ 新島出沒

介在して得られたような力学的関係を持つものと同等と考えられるものである。その結果を前者に重ねてプロットしたものが図4-2である。それは図4-1を補強する関係を示した。

以上をまとめると、1600年以降のM7.4以上のプレート境界型巨・大地震 ($M \geq 7.4$) については、それに先だって、それに対応するいずれかの火山の主噴火が100%発生していることがわかった。また逆に、本域では有史以降の記録で見える限り(図2, 表1)、火山の主噴火があると、そこから500km内でM7.4以上の大地震が20年以内に100%発生している。したがって、これ以後このような時・空関係にあるものについては、小論で噴火→地震に関して力学的関係が成立すものとする。

ここで内陸型の1891年濃尾地震は、すでに述べたように、図4の時・空曲線から大きくはずれている(図右上の▲)。そのため現在のところ、伊豆弧の火山活動とは直接関係はなしとみなされる。しかしこれについては、たまたまこの時期に火山下にマグマがたまっていなかったからなのか、そ

れとも常時無関係なのかは今後の検討が必要である。事実、図3で示されるように、三原山の火口底低下に関与した関係性は、プレート運動にかかわるより大きなテクトニクスとの関係を示しているようにみえる。

5. メカニズム

火山と震央までの距離(D)と噴火から地震までの時間(T)との間に逆相関が成立したというのは、どのようなメカニズムを考えれば良いのであろうか。これについては、次のようなシナリオが考えられる。フィリピン海プレートに圧縮応力がかかると、将来地震を発生させる場所に応力が集中し、歪域がそこから周辺に拡大すると考えられる。したがって、震央の近くにある火山のマグマ溜りから圧縮されマグマ頭位が押し上げられ噴火し、次に遠くの火山に同様なプロセスが移る。それが図4-1で示される関係となり、三原山火口底変動パターンとも矛盾がない。そのため、既述したように、1つの地震に対して複数の火山噴火

$$y=37.69-14.02\log(x), R=0.95$$

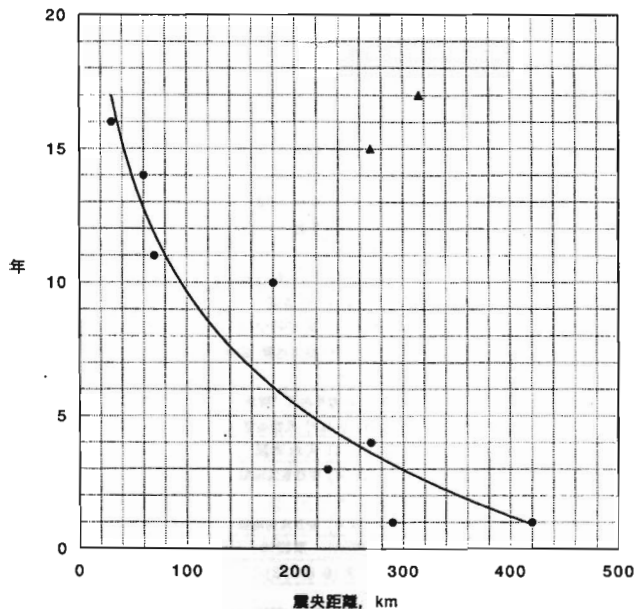
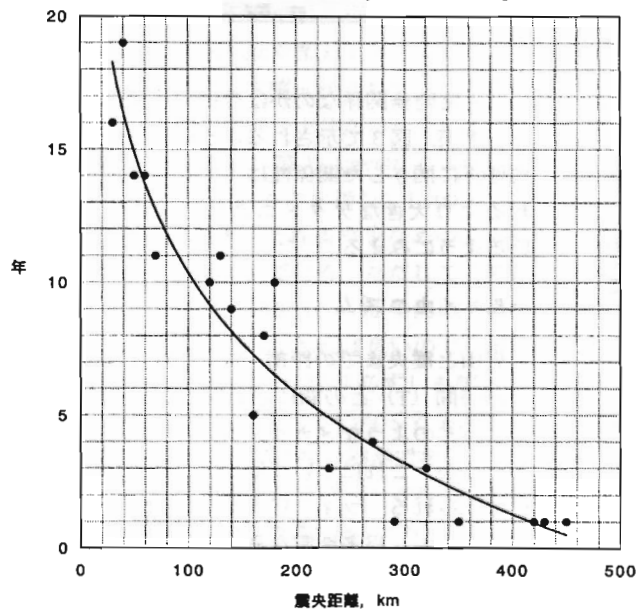


図4 図1内の噴火と大地震の時・空関係を示す曲線。

図4-1 火口底変化と対応する噴火-地震の時・空曲線。データは表2の1. ▲は1981年濃尾地震とのペア、曲線からはずれる。

図4-2 図4-1にそれ以前(図表1-2)のプレート間巨・大地震と、それに先行する主噴火とのペアを加えた時・空曲線。

$$y=40.58-15.10\log(x), R=0.96$$



を対応させることができる。

もし、ある火山に主噴火があり、半径500km以内に大地震空白域が認められれば、そこが噴火より何年後に大地震が起こるという計算ができる。したがってこの規則性は、大地震発生予測に役立つ

つものと思われる。ただし、空白域の位置が決まって、 $\pm 2 \sim 4$ 年ほどの計算誤差が見積もられる。そしてまた、それは1カ所のみで発生するとはかぎらない。何カ所で発生するかは空白域がいくつあるかにかかわってくる。

6. 近年の三宅島・大島大噴火に対応する大地震発生はあるのか？

伊豆弧北部では近年、1983年三宅島および1986年伊豆大島の溶岩流出を伴う大噴火そして1989年手石海丘の顕著な噴火活動があった。その後、2000年には三宅島のカルデラ内陥没を伴う噴火があった。しかし、溶岩流出を伴わず、これはP₃の噴火活動とされた(木村, 2000)。そこで、三宅島の主噴火は1983年の溶岩流出を伴う活動ということになる。それでは、それらに対応する大地震の発生はあったのか、それともこれからなのであるか。ここで、2000年の三宅島噴火の際、 $M \geq 6.5$ の地震が三宅島近海に発生した。規模こそ7に満たないが、関連する地震統発は顕著であり、時・空関係も図4-2の曲線にフィットする。これが、主噴火に対応する大地震であった可能性はないのであろうか。

図3によると、過去3回のペアについては、①を除いた4回において大地震の前後に大島の小噴火(P₃)があった。小噴火といっても火口底上昇といった変化を伴う顕著なものである。今回の2000年の三宅島噴火では、溶岩流出はなかったがカルデラの大陥没を起こし三宅島の火口底の大きな変化を伴った。その点では、やはり大地震発生前のP₃の火山活動とみなせる。そして、1983年以来的噴火と2000年(M_{6.5})地震との対応を見てみると、回帰曲線に良くフィットするように見える。時・空関係からは、その地震活動は明らかにそれ以前の付近の火山活動に対応したものである。したがって、それで噴火を起こしたストレスはすべて解放されたという見方が一つには成立する。しかし、そうとも思えぬ点がある。その理由は以下のようである。

(1) 図3によると、伊豆大島や三宅島などの主噴火があった後は必ず $M \geq 6.8$ の大地震発生をみている。M_{6.8}についてはより大きかったとの見方もできる。だが、まだ6.5の地震しか起きていない。

(2) M_{6.8}以上の地震発生のたびに、その後三原

山火口底の100m以上の上昇か下降という大きな変化をしてきた。2000年三宅島近海の地震後そのような変化はない。

(3) 最近の2回のプレート内地震期には、伊豆弧域ではM_{6.8}が1回とM_{7.2}が1回それぞれの主噴火後に発生している。1953年より後の伊豆弧北部では、1972年に八丈スウェル付近で2つ(M_{7.2}と7.1)、1974年と78年に伊豆スウェルで2つの地震(M_{6.9}と7.0)が発生している。その点では、三宅スウェルでは2000年にM_{6.5}が一つ起こっているが今後2000年を上回る地震発生があってもおかしくない。

(4) 付近に地震空白域が残っている。図1の?を付した黒余震域。基本的には従来、房総近海に通常地震活動のドーナツの中に相当する空白域が指摘されていたが(木村, 1992)、最近はその内の南東部が指摘されている(木村, 2003)。銭洲構造線の北東延長部にあたると思われる位置に海底急崖(エスカーPMENT)が発達し、それに沿って北東-南西性の第四紀断層がある(徳山ほか, 2001の付図)。その地下で活断層が動く可能性も示唆される。そこで、その付近の通常地震活動を見るとドーナツ現象も認められているようにみえる。このような状態は、アスペリティ(固着域)(菊池, 2003; 鷲谷, 2003)がはっきりしだした時期とも考えられる。

5) そこで、その付近に震央を予想し、本域で作製された噴火と地震の時・空曲線に乗せると良くフィットする(表1参照)。未だしばらく大地震発生の余地はありそうにみえる。

7. まとめ

(1) 伊豆弧の北西進は、熊野灘構造線を介して東海地域を北進させていると推定される。

(2) 伊豆弧の噴火活動が活発になると、やがてそれより500km以内で大地震が発生する傾向がある。またそれが火山より遠くの場合は、噴火から短時間、近くの場合は長時間かかるという逆相関関係を見出した。これは少なくとも一般にM_{7.2}以上の地震について成立する。

(3) 予想される東海巨大地震の発生は次の海溝型地震発生時かそれ以降の可能性がある。

(4) 現在はプレート内（内陸型）地震発生期にあたり、しばらくは伊豆弧北部での $6.8 \leq M \leq 7.3$ の地震発生の余地がある。

参考文献

- [1] 浜田信生 (1987) : 1923 年関東地震の震源の深さについて. 駿震時報, 50, 1-6.
- [2] 石橋克彦 (2003) : 「駿河湾地震説」小史. 科学, 73, 1057-1064.
- [3] 活断層研究会 (Ed.) (1991) : 「新編」日本の活断層－分布図と資料. 東大出版会, 437pp.
- [4] 菊池正幸 (2003) : アスペリティ分布の解析, 科学, 73, 1000-1005. 1
- [5] 木村政昭・豊田純一 (1975) : 伊豆大島三原山火孔底最近の変動, 火山, 第 2 集, 20, 65-78.
- [6] Kimura, M. (1976) : Major magmatic activity as a key to predicting large earthquakes along the Sagami Trough, Japan. *Nature*, 260, 131-133.
- [7] 木村政昭 (1978) : 噴火と大地震. 東大出版会, 東京, 187pp.
- [8] 木村政昭, 笠原順三, 麻植誠二郎 (1982) : 噴火活動に対する巨大地震の力学的影響の二次元有限要素法モデル－東北日本－地学雑誌, 91, 217-238.
- [9] 木村政昭 (1992) : 噴火と地震－揺れ動く日本列島－. 徳間書店, 253 pp.
- [10] 木村政昭 (1994a) : 地殻歪の指示者としての火山噴火. 地学雑, 103, 488-497.
- [11] 木村政昭 (1994b) : 火山噴火と地震の時・空間関係－日本付近の大地震について. 京大防災研年報, (37B-1), 293-317.
- [12] 木村政昭 (2000) : これから注意すべき地震・噴火. 青春出版社, 217pp.
- [13] 木村政昭 (2003a) : 伊豆弧を中心とした火山・大地震活動の規則性. 東大海洋研共同利用研究集会演旨, 7-9.
- [14] 木村 (2003b) : 東海地震はいつ起こるか－地球科学と噴火・地震予測. 論創社, 293pp.
- [15] 中村一明 (1971) : 地殻歪の指示者としての火山－火山のテクトニクス例－. 火山, 16, 68-71.
- [16] 鷲谷威 (2003) : GPSによるゆっくり地震の解析. 科学, 73, 1006-1011.
- [17] 徳山英一, 本座栄一, 木村政昭ほか 11 名 (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史. 海洋調査技術, 13, 27-53.
- [18] Tsuya, H., A. Okada and T. Watanabe (1956) : Evolution of Mihara crater, Volcano Oshima, Izu, in the course of its activities since 1874. *Bull Earthq. Res. Inst.*, 34, 33-59.
- [20] 宇佐美龍夫 (2003) : 最新版日本被害地震総覧, 416, 2001. 東大出版会, 605pp.
- [21] 横山泉 (1971) : 大地震によって誘発された噴火. 北大地球物理学研報, 25, 129-139.

