

## 6 2005年福岡県西方沖地震による玄界島の地震性ノンテクトニック断層

Earthquake-induced non-tectonic faults caused by the 2005 Fukuoka-ken Seiho-oki Earthquake at the Genkai Island, Fukuoka Prefecture

○横山俊治（高知大・理学部）・加藤靖郎（川崎地質（株））

Shunji YOKOYAMA (Kochi Univ.) , Yasuo KATOH (Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd. )

### 1. はじめに

2005年3月20日に北緯33.739°・東経130.176°の福岡県西方沖で発生した福岡県西方沖地震は震源の深さ9.2km, マグニチュード7.0の内陸型地震で, 余震域の分布から推定される地震断層の走向はN60°Wであった(図-1)。震央から南東方向に約10km, 余震域の南西縁近傍に位置している玄界島では, 島の頂部に多数の断層が発生した(図-2)。

本稿では, これらの断層が地震動で発生した非造構性の断層, すなわち地震性ノンテクトニック断層であることを述べる。

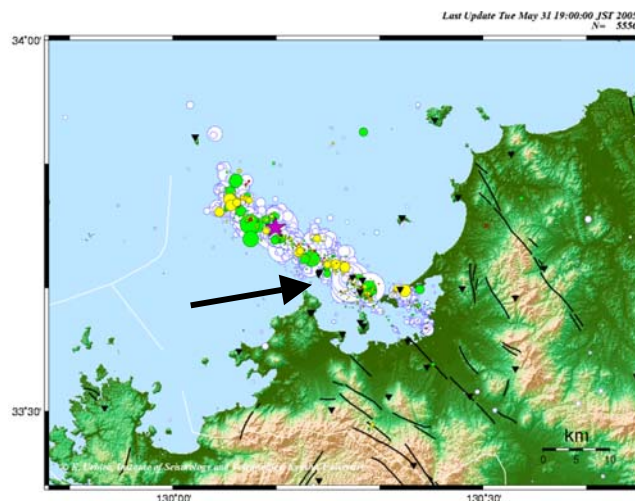


図-1 本震(★)及び余震域と玄界島位置(矢印)  
(九州大学地震火山観測研究センターHPより)

### 2. ノンテクトニック断層の定義と研究の意義

地質学では, 剪断破壊によって地層や岩石に生じた破断面を断層と定義している。通常, われわれは, 造構運動によって発生したものに限って, 断層と呼ぶことを習慣にしているが, 本来の断層の定義に従えば, 重力の作用や圧密, 沈下, 地震動などによって発生した剪断破断面も断層の範疇に入る。

社会が求める地質の仕事場では, 本来の断層の定義に基づく断層の識別・認定が要求されている。にもかかわらず, 日本の地質学(とくに大学理学部の地質学)はその要求に応えることを怠ってきた。その結果, たとえば, 1995年兵庫県南部地震では, 地表地震断層か, 地震動の水平加速度による断層か, 地すべりのすべり面(地震動が誘因になって発生した重力性の断層)かという, 基本的な断層の認定で混乱した。

兵庫県南部地震から 10 年、ようやく最近、造構性の断層をテクトニック断層、非造構性の断層をノンテクトニック断層と命名して、非造構性の断層に焦点を当てた研究成果が学会で議論されるようになってきた<sup>1)</sup>。ノンテクトニック断層は地表付近に形成されることが多いので、その認定では、活断層からの識別基準を明確にすることが重要な課題になるが、ノンテクトニック断層の成因を具体的に解明することでその課題は達成される。

### 3. 断層の分布

玄界島の地質は海岸から標高 120~140m 付近に分布する後期白亜紀の志賀島花崗閃緑岩とそれを不整合に覆う鮮新世の玄武岩からなる。山頂部の玄武岩はしばしば風化しており、粘土化した風化岩の中に長径が 1~3 m のやや平たい餅状の未風化核岩が多数発達している（図-2）。

福岡県西方沖地震で発生した断層は島の山頂部の玄武岩中に分布している。断層はいくつかの領域に偏在分布し、そこでは複数の断層が群をなしている。それらの断層群をこの地震で発生した玄武岩の崩壊との位置関係で見ると、崩壊と密接に関係して滑落崖の直上斜面に分布するものと、崩壊地から離れて分布するものがある。これらの断層群に共通した分布の特徴は遷急線の直上の平坦な斜面に遷急線とほぼ平行な走向をもって走っていることである。

その結果として、山頂平坦部の北縁では、WNW から E-W 走向の断層が発達している。それに対して山頂平坦面の幅が狭くなって北北西縁と南南東縁に遷急線が発達する南部では、NW から NNW 走向の断層が発達している。

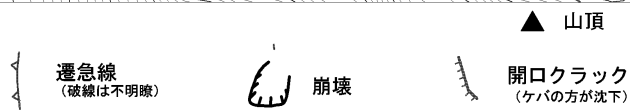
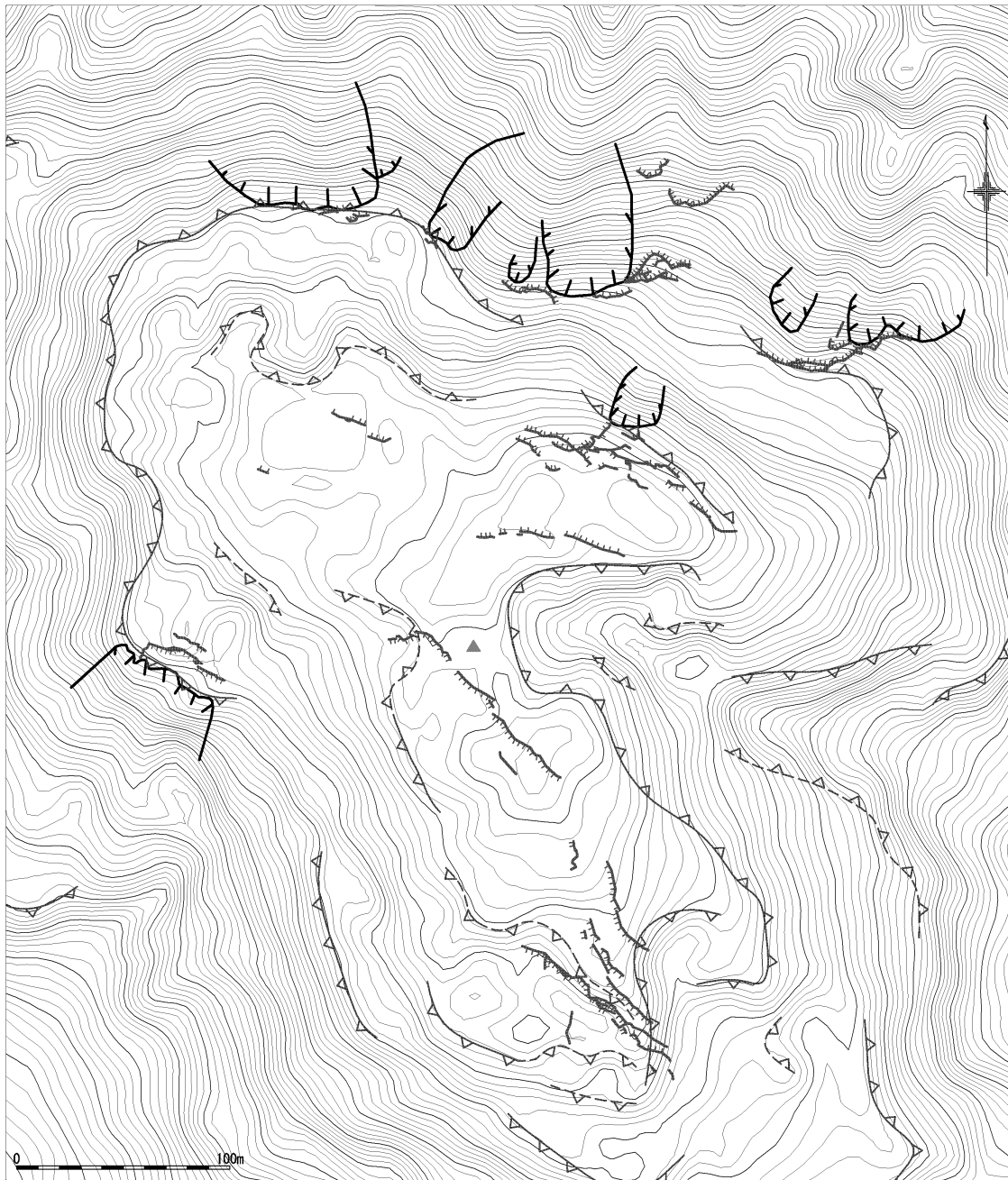
### 4. 断層の形態

断層の多くは地表面ほど開口した正断層で、遷急線側の地面が下がっている。断層の長さは長いもので約 50m に達するが、多くは 20m 前後以下で、なかには 1 m 以下のものもある。鉛直落差は最大 50cm で、一般的には 10~30cm 程度である。開口幅は最大 110cm で、一般的には 10~30cm 程度である。断層の両端に向かって鉛直落差と開口幅は次第に小さくなっている。

これらの断層の重要な特徴は“障害物”の手前で停止していることや、それを回避して湾曲していることである。断層の停止・湾曲の原因になっている障害物にはいくつかのものがある。

障害物のひとつは巨木である。巨木を挟んでその両側で断層は 1~2m 手前で停止している場合と、断層が巨木の根回りを取り巻いて湾曲している場合とがある。

玄武岩の未風化核岩やその巨礫も障害物になっている。断層が未風化核岩や巨礫を切断している現場はない。高角度で走ってきた断層がそのままの傾斜で走向だけを変えて未風化核岩や巨礫の縁を取り巻いている事例がある。また、高角度の断層が未風化核岩や巨礫にぶつかったところでいったん停止しているが、その反対側では再び高角度断層が始まっている事例がある。このとき、しばしば未風化核岩や巨礫の縁に沿って開口クラックが発達している。開口クラックは、未風化核岩や巨礫が地震動で移動したことによって形成されたもので、高角度断層面の走向に平行でかつ断層の上盤に近い方の縁ほど広く開口している。一方、その反対側は、移動した未風化核岩や巨礫に押しつけられて、地表面が圧縮されている。類似した現象は、地面に長径が 2 m



図一 2 玄界島山頂部の地震性ノンテクトニック断層と崩壊の分布

を越える自然石を雑然と並べただけの石垣でも認められる。断層は石垣の下を少し入ってったところで停止しているが、断層の延長線上の自然石は激しく移動している。

三つ目の障害物は段差地形である。段差地形に直交する走向をもつ断層は段差地形のところで途切れることが多い。小崖の崖面が玄武岩の空石積み擁壁で付いてあるところでは、停止している断層の先の空石積みがゆるんだり、自然石が飛び出したりしているほか、断層の変位センスと調和的な垂直ずれや横ずれが空石積み擁壁に現れているとこともある。

## 5. 断層の開口方向

断層の開口方向は開口部を跨いで伸びている緊張した樹根の方位から推定できる<sup>2)</sup>。樹根は断層が開口した方向に引っ張られて緊張する。測定したすべての樹根の方位をローズダイアグラムにプロットすると、 $N20^{\circ}\sim 50^{\circ}$  および  $S0^{\circ}\sim 40^{\circ}$  に卓越方位が現れる(図-3)。これらの方位を方向に機械的に読み替える(例： $NE20^{\circ}$  と  $SW20^{\circ}$  はいずれも  $N20^{\circ} E$  とする)と、その平均値は  $N36^{\circ} E$  となる。一方、断層面に直交する方向を同じくローズダイアグラム北半球にプロットすると、 $N20^{\circ} E$  から  $N70^{\circ} E$  に卓越する(図-4)。その平均値は  $N32^{\circ} E$  となる。以上の事実は、断層面に直交する方向に開口している断層が多いことを示している。

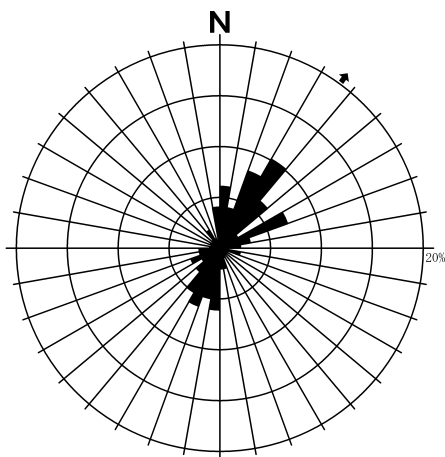


図-3 開口クラックを跨ぐ緊張した樹根の方位 (全データ, パーセント表示)

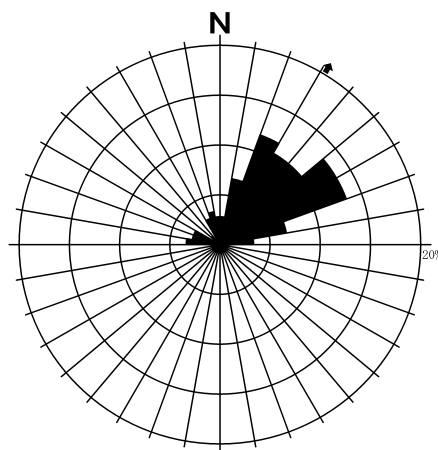


図-4 断層面に直交する方向 (全データ, パーセント表示)

しかし、詳細に見ると、山頂平坦面の山頂記号の辺りでは、断層の開口方向と断層面に直交する方向は斜交している。断層の走向が北西から北北西を示すので、開口方向とは反時計回りで約  $20^{\circ}$  斜交することから、断層は左横ずれ成分をもつことになる(図-5, 図-6)。この領域では、小崖の空石積み擁壁にも左横ずれ変位が現れている。

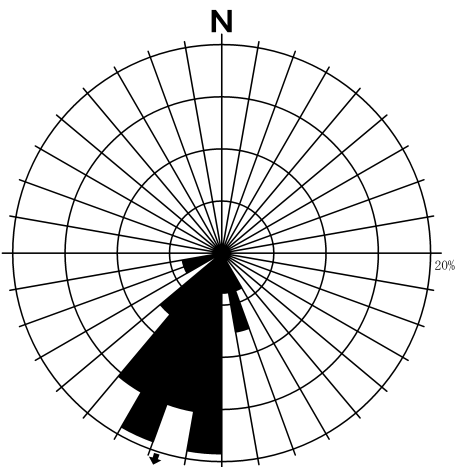


図-5 断層を跨ぐ緊張した樹根の方位 (山頂部, パーセント表示)

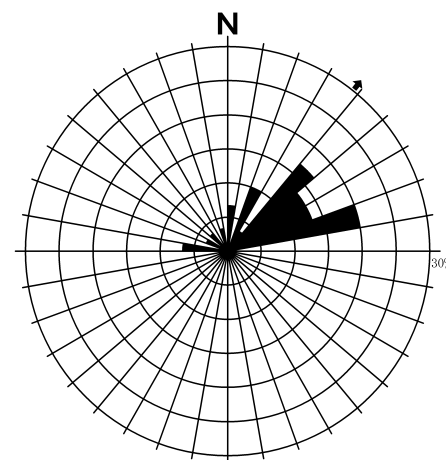


図-6 断層面に直交する方向 (山頂部, パーセント表示)

## 6. 考察

### 6. 1 構造物から推定した玄界島の卓越水平加速度方位

玄界島における卓越水平加速度方位を推定するために、玄界島の中にある石碑や灯籠の転倒方位と電柱の傾動方位を計測した。ただし、玄界島では、これらの地震動センサーの分布が限られ、測定できた数も少ない。墓石・灯籠は島の南端の二カ所に限られ、また、断層の近傍では数本の電柱しかない。これらのセンサーが示す転倒・傾動の方位とは正反対の方向が地震動の水平加速方位であると考えると、卓越水平加速度方位は NE30 から 50° およびその正反対方位の SW30~50° (測定数: 21 中 8) と N0~10° および S0~10° (測定数: 21 中 6) で、そのあとに NW70~80° および SE70~80° (21 中 3) が続く (図-7)。山頂平坦面の電柱から推定される水平加速度方位は、第二位の範囲に入るものが3箇所、第三位の範囲に入るものが1カ所であった。

玄界島からみて、震源の位置は約 NW45° 方位になる。地震動センサーで捉えられた玄界島の卓越水平加速度方位は、山頂部の電柱のデータがやや斜交しているものの、大局的には震源方向と直交していると結論した。

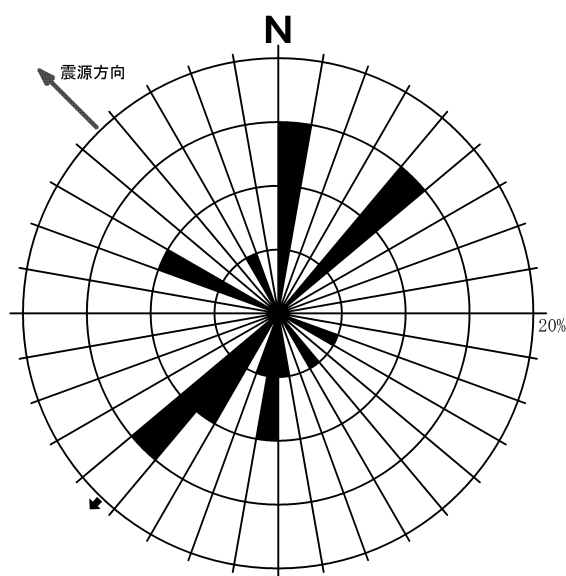


図-7 玄界島内の電柱・石碑などの傾動・転倒方位と震源方向

断層運動による破壊は地震断層に沿って進むが、破壊速度より地震動の伝播速度の方が速いので、震源から伝播した地震動がまず到達することになる。墓石や灯籠を転倒させた S 波は地震動の伝播方向に直交する方向に振動することから、震源から SE45° の方向に位置している玄界島には、最初に北東あるいは南西の方位の振動が到達すると期待される。地震動センサーから推定された玄界島の卓越水平加速度方位はまさに震源から伝播した地震動を反映したものである。

### 6. 2 断層の開口方向と卓越水平加速度方位との関係

断層の走向は近傍の遷急線の規制を受け、その方向とほぼ平行なものが多い。その結果として、卓越水平加速度方位と直交する走向をもつ断層が多く発生しているが、それと斜交する走向をもつ断層も発生している。断層の開口方向と卓越水平加速度方

位との相関性が高く、両者は平行なものが多いが、断層面に直交する方向と卓越水平加速度方位とが斜交している断層では横ずれ成分をもっていることも分かった。これらの事実から、卓越水平加速度方位は断層の開口方向を規制していると結論した。

### 6. 3 断層の成因

玄界島の断層はつぎのような現象を証拠に地震動によるノンテクトニック断層であると結論した。それは、①断層は、地形的要因によって地震動が増幅すると予想されている遷急線の直上<sup>3)</sup>に発達し、断層の走向に関わらず、地震動による卓越水平加速度方位と平行な方向に破断面が開口していること、②玄武岩の未風化核岩や巨礫の移動として記録されているように、地震動のエネルギーが揺れによって吸収されやすい玄武岩の未風化核岩やその巨礫、大木が障害物となって断層の進展が妨げられていること、③破断面の開口は近年多数のトレンチ調査で活断層と認定されている断層には見られない形状であること、である。玄界島の断層は玄界島が余震分布や音波探査によって検出されている海底活断層の位置から外れていることもノンテクトニック断層説を支持している。これらの断層は正断層成分が大きいので、正断層の先（地下）にすべり面が形成されていると考えている研究者・技術者もいる。しかし、想定される地すべりの規模は現実的でない。実際に発生している崩壊は地震性ノンテクトニック断層の形成直後か、その後の余震時に、すでに形成されている断層を滑落崖として崩壊したものである。

### 7. おわりに

地震動によって形成されたノンテクトニック断層は地表付近に限られ、断層の形態から見て、おそらく、地表から深部に向かって破壊は進展したと予想している。これに対して、活断層（地表地震断層）は深部から地表に破壊が伝わる。そこで、トレンチによって、断層の深部を確認すれば、テクトニック断層であるかノンテクトニック断層であるかが確実に決まるであろう。

### 引用文献

- 1) 横田修一郎(2004)：ノンテクトニック断層の研究(その1)－“ノンテクトニック断層”と活断層の識別．平成16年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，pp. 67-70.
- 2) 横山賢治・横山俊治(2004)：異常現象を示す樹木をセンサーとする地すべり性開口クラックの検出と解析．地すべり学会誌，Vol.41，no.3，pp.1-8.
- 3) 横山俊治・水口真一・藤田勝代・嘉茂美佐子・菊山浩喜，2002，花崗岩地域における地震時落成の発生場所・落下方向・到達距離の予測，地すべり，Vol.39，no.1，pp.30-39.