

日出生断層帯の長期評価（第一版）

日出生（ひじょう）断層帯は、大分県東部に分布する活断層帯である。ここでは、中央構造線断層帯の再評価に伴って、平成17年に地震調査研究推進本部地震調査委員会が公表した「別府－万年山断層帯の評価」の構成断層を見直し、その一部であった「別府湾－日出生断層帯／西部」を基本とし、「日出生断層帯」としてその諸特性を次のように評価した。^{*}

1 断層帯の位置及び形態

日出生断層帯は、大分県東部に位置する断層帯である（図1）。日出生断層帯は、大分県速見（はやみ）郡日出（ひじ）町から大分県玖珠（くす）郡玖珠町に至る長さ約41kmのほぼ東西方向に延びる断層帯で、主として南側が相対的に低下する正断層である（図2、表1）。

2 断層帯の過去の活動

日出生断層帯の平均的な上下方向のずれの速度は、0.1－0.2m/千年程度であった可能性がある。また、最新活動時期は7千3百年前以後、6世紀以前と推定される。平均的なずれの速度と1回のずれの量、活動間隔から推定すると、平均活動間隔は2万－2万7千年程度であった可能性がある（表1）。

3 断層帯の将来の活動

日出生断層帯は、全体が1つの区間として活動すると推定される。その場合、マグニチュード7.5程度の地震が発生すると推定され、その際には断層の南側が相対的に4m程度低くなる段差を生じる可能性がある（表1）。

日出生断層帯の最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率を算出すると表2に示すとおりとなる（注1）。

4 今後に向けて

日出生断層帯は、火山地域に分布する正断層で、多数の短い断層から構成されているが、それぞれの断層の活動は考慮できていない。この断層帯の周辺には、万年山－崩平山断層帯や中央構造線断層帯（⑩豊予海峡－由布院区間）が互いに近接しており、これらの断層帯との関係についてさらなる検討が必要である。

また、火山活動とも密接な関係があることも考えられる。本評価では既往の評価同

^{*}地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017)により、「中央構造線断層帯（金剛山地東縁－由布院）の長期評価（第二版）」が公表された。これによると、従来の「別府－万年山断層帯」（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005）の構成断層のうち一部区間が中央構造線断層帯に組み込まれることとなった。このため、従来の「別府－万年山断層帯」の区域分けを見直した結果、「別府－万年山断層帯」の構成断層帯である「別府湾－日出生断層帯／西部」および千田ほか（2017）により指摘された活断層を追加して「日出生断層帯」として評価することとした。

様、経験則を当てはめて地震の規模やずれの量の予測を行わざるを得なかったが、日出生断層帯特有の断層形状や地質条件等を考慮した評価手法について、今後検討していく必要がある。

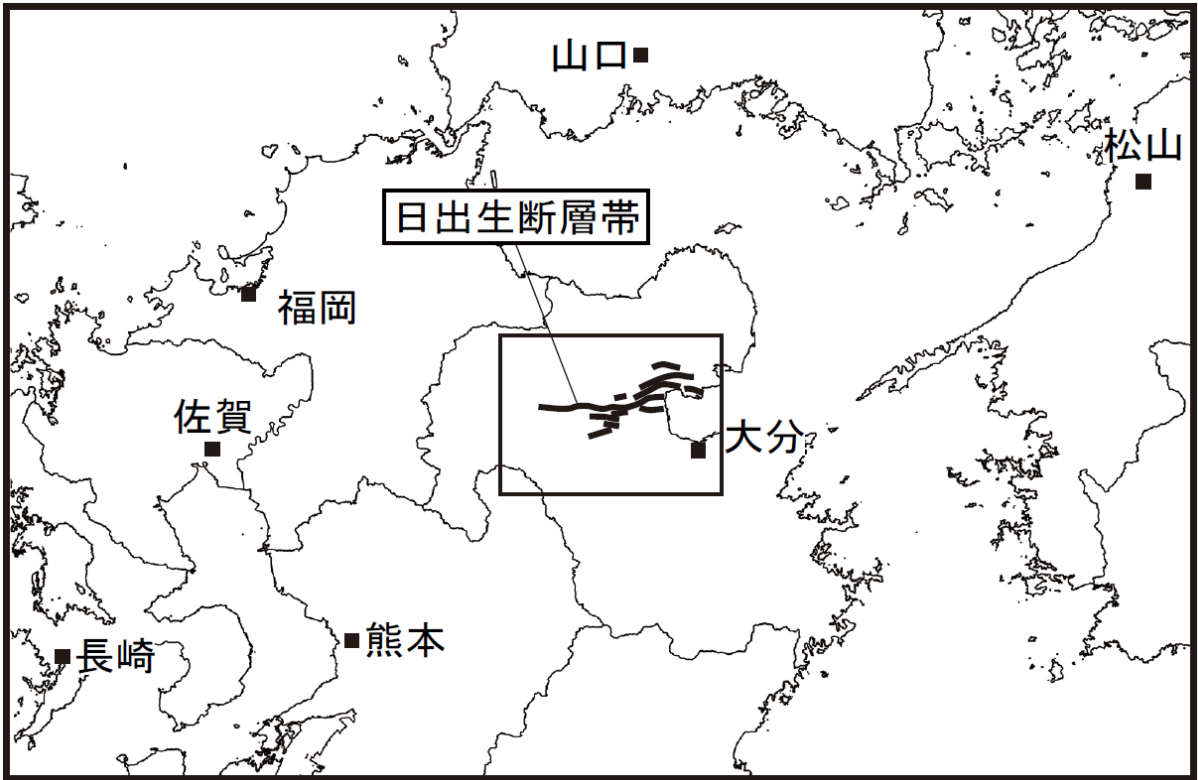


図1 日出生断層帯の概略位置図
(長方形は図2の範囲)

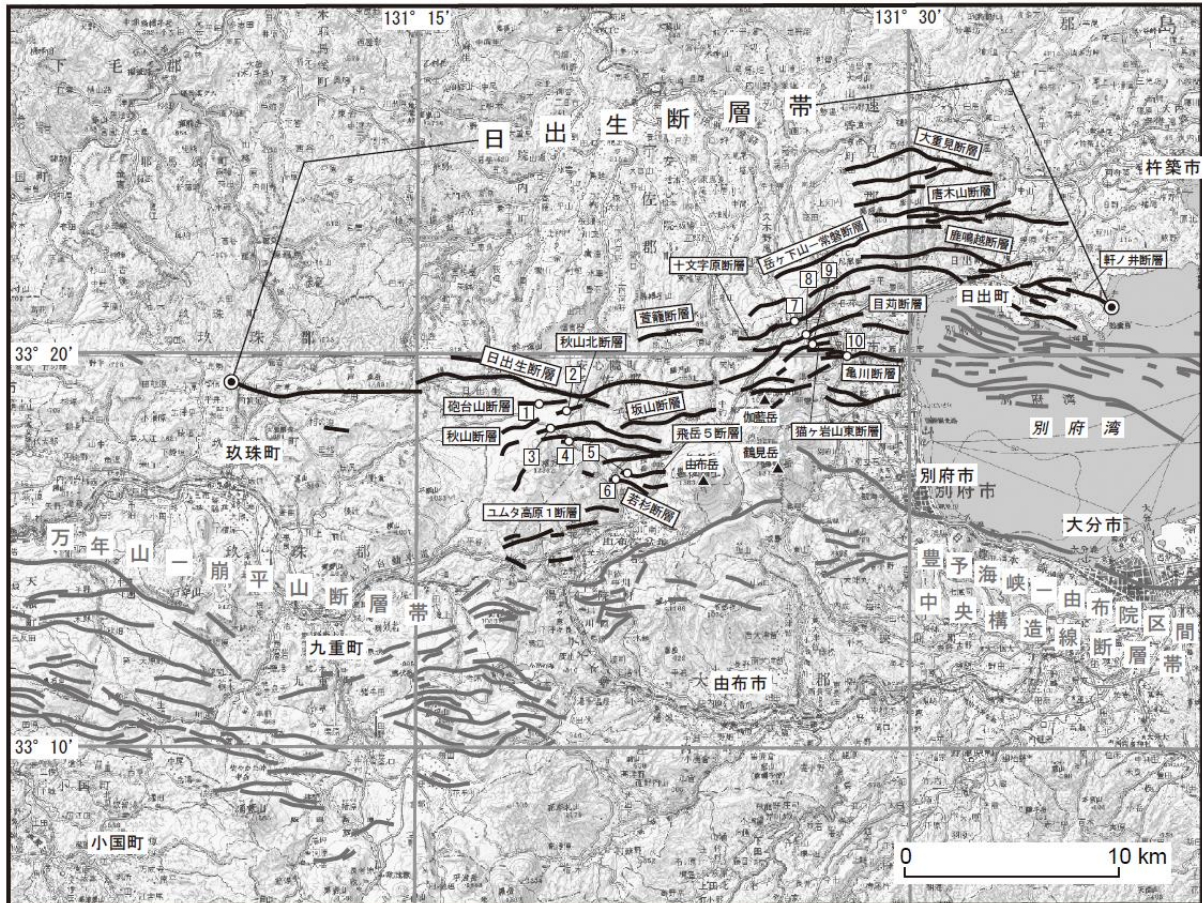


図2 日出生断層帯の位置と主な調査地点

- 1 : 砲台山地点 2 : 秋山北地点 3 : 秋山地点 4 : 坂山地点 5 : 飛岳5地点
 6 : 若杉地点 7 : 十文字原地点 8 : 目刈地点 9 : 猫ヶ岩山東地点 10 : 亀川地点

活断層の位置は文献7, 8, 9, 11に基づく。

● : 断層帯の端点

基図は国土地理院発行数値地図 200000「大分」を使用。

表 1 日出生断層帯の特性

項目	特性	信頼度 (注 2)	根拠 (注3)
1. 断層の位置・形状			
(1) 構成する断層	大重見断層、唐木山断層、鹿鳴越断層、亀川断層、猫ヶ岩山東断層、目苅断層、十文字原断層、秋山北断層、秋山断層、砲台山断層、坂山断層、飛岳5断層、若杉断層、日出生断層など		文献2、3、5、6、7、8、9、11
(2) 断層の位置・形状	<p>地表における断層帯の位置・形状</p> <p>断層帯の位置</p> <p>東端： 北緯 33° 21.4′ 東経 131° 35.9′</p> <p>西端： 北緯 33° 19.3′ 東経 131° 9.5′</p> <p>長さ 約 41km</p> <p>一般走向 N85° E</p>	<p>△</p> <p>○</p> <p>△</p> <p>○</p>	文献7、8、9、11
	<p>地下における断層面の位置・形状</p> <p>長さ及び上端の位置： 地表での長さ・位置と同じ</p> <p>一般走向：地表における一般走向と同じ</p> <p>上端の深さ： 0km</p> <p>傾斜： 主として高角度南傾斜(地表付近)</p> <p>地震発生層の深さ：10-15km 程度</p> <p>幅： 不明</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>◎</p> <p>○</p> <p>△</p>	<p>上端の深さが 0km であることから推定。</p> <p>傾斜は地形の特徴、および断層露頭から推定(文献2、3、4)</p> <p>地震活動による</p>
(3) 断層のずれの向きと種類	主として南側が相対的に低下する正断層	○	地形の特徴、断層露頭から推定。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	0.1-0.2m/千年程度(上下成分)	△	文献2、3
(2) 過去の活動時期	活動1(最新活動) 約7千3百年前以後、6世紀以前	○	文献5、10

	なお、約2万8千年前以後、約8千8百年前以前に複数回の活動があった可能性がある。		
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 4m程度（上下成分） 平均活動間隔 約2万－2万7千年	△ △	断層の長さから推定 平均的なずれの速度と1回のずれの量、活動間隔から推定。
(4) 過去の活動区間	断層帯全体で1区間	○	断層の地表形態から推定。
3. 断層の将来の活動			
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	活動区間：断層帯全体で1区間 地震の規模： マグニチュード7.5程度 ずれの量： 4m程度 (上下成分)	○ ○ △	断層の地表形態から推定。 断層の長さから推定。 断層の長さから推定。

表2 将来の地震発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 (注4)	信頼度 (注5)	備考
地震後経過率（注6）	乙ランク 0.05－0.4		発生確率及び集積確率は文献1による。
今後30年以内の地震発生確率	ほぼ0%	b	
今後50年以内の地震発生確率	ほぼ0%		
今後100年以内の地震発生確率	ほぼ0%		
今後300年以内の地震発生確率	ほぼ0－0.001%		
集積確率（注7）	ほぼ0%		

注1：1995年兵庫県南部地震、1858年飛越地震及び1847年善光寺地震の地震発生直前における30年確率と集積確率（うち、1995年兵庫県南部地震と1858年飛越地震については「長期的な地震発生確率の評価手法について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2001）による暫定値）は以下のとおりである。

地震名	地震を引き起こした活断層	地震発生直前の30年確率(%)	地震発生直前の集積確率(%)	断層の平均活動間隔(千年)
1995年兵庫県南部地震(M7.3)	野島断層(兵庫県)	0.4%—8%	2%—80%	約1.8—約3.0
1858年飛越地震(M7.0—7.1)	跡津川断層帯(岐阜県・富山県)	ほぼ0%—11%	ほぼ0%—90%より大	約1.9—約3.3
1847年善光寺地震(M7.4)	長野盆地西縁断層帯(長野県)	0.9%—17%	2%—90%より大	約1.0—約1.2

「長期的な地震発生確率の評価手法について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2001）に示されているように、地震発生確率は前回の地震後、十分長い時間が経過しても100%とはならない。その最大値は平均活動間隔に依存し、平均活動間隔が長いほど最大値は小さくなる。平均活動間隔が2万年の場合は30年確率の最大値は1.3%程度である。

注2：信頼度は、特性欄に記載されたデータの相対的な信頼性を表すもので、記号の意味は次のとおり。◎：高い、○：中程度、△：低い

注3：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

文献1：地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）

文献2：活断層研究会編（1991）

文献3：九州活構造研究会編（1989）

文献4：大分県（1999）

文献5：大分県（2000）

文献6：大分県（2004）

文献7：中田・今泉編（2002）

文献8：千田ほか（2017）

文献9：千田ほか（2000）

文献10：千田ほか（2001）

文献11：田力ほか（2000）

注4：評価時点はすべて2017年1月1日現在。「ほぼ0%」は 10^{-3} %未満の確率値を示す。活断層における今後30年以内の地震発生確率が3%以上を「Sランク」、0.1~3%を「Aランク」、0.1%未満を「Zランク」、不明（すぐに地震が起きることが否定できない）を「Xランク」と表記している。地震後経過率（注6）が0.7以上である活断層については、ランクに「*」を付記している。

注5：地震発生確率等の評価の信頼度に関する各ランクの分類条件の詳細は以下のとおりである。

ランク	分類条件の詳細
a	発生確率を求める際に用いる平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも比較的高く（◎または○）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が高い。
b	平均活動間隔及び最新活動時期のうち、いずれか一方の信頼度が低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が中程度。
c	平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性がやや低い。
d	平均活動間隔及び最新活動時期のいずれか一方または両方の信頼度が非常に低く（▲）、発生確率等の値は信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、データの不足により最新活動時期が十分特定できていないために、現在の確率値を求めることができず、単に長期間の平均値を確率としている。

注6：最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間を、平均活動間隔で割った値。最新の地震発生時期から評価時点までの経過時間が、平均活動間隔に達すると1.0となる。今回の評価の数字で、例えば、0.4は7300年を20000年で割った値。

注7：前回の地震発生から評価時点までに地震が発生しているはずの確率。

(説明)

1 日出生断層帯に関するこれまでの主な調査研究

日出生断層帯に関する主な調査研究としては、以下のようなものがある。

辻村（1932）は主に地形図の読図によって黒岳断層崖と鹿鳴越（かなごえ）断層崖を見出し、その分布を図示した。村井・金子（1975）は、主に空中写真判読により大分県中・西部一帯の活断層分布を調査し、これらの活構造と1975年の大分県中部地震との関連について述べている。また、千田（1979）、池田（1979）などは、主に空中写真判読により断層変位地形を記載している。

千田ほか（2001）は、亀川断層においてトレンチ調査を行い、その活動履歴を明らかにした。大分県（1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004）は、日出生断層帯及びその周辺について総合的な調査を行い、変位速度や活動履歴などを示し、断層帯の活動性を考察した。

2 日出生断層帯の評価結果

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、日出生断層帯を含む別府一万年山断層帯の長期評価を公表した。別府一万年山断層帯は大分県東部の豊予海峡付近から別府湾、大分市、別府市を経て、日田（ひた）市大山町にかけて、ほぼ東西方向に分布する断層帯である。別府一万年山断層帯は、ほぼ東西方向の多数の断層から構成されたが、断層の走向や変位の向き、活動性の違いなどから、大分県大分市佐賀関の豊予海峡付近から別府湾を経て玖珠（くす）郡玖珠町に至る「別府湾－日出生（ひじう）断層帯」、大分県大分市から玖珠郡玖珠町南東部に至る「大分平野－由布院（ゆふいん）断層帯」、大分県由布市湯布院町から日田（ひた）市大山（おおやま）町に至る「野稲岳（のいねだけ）－万年山断層帯」及び大分県由布市庄内町から日田市大山町に至る「崩平山（くえのひらやま）－亀石山（かめいしやま）断層帯」の4つに区分した。なお、別府一万年山断層帯が分布する地域には、活火山の鶴見岳・伽藍（がらん）岳や由布岳などが位置している。

一方、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2017）は、中央構造線断層帯の長期評価（第二版）を公表した。この中で、中央構造線断層帯の構成断層として、従来の別府一万年山断層帯の一部である、「別府湾－日出生断層帯」の一部および「大分平野－由布院断層帯」を含めることとなった。この理由として、文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科（2017）による別府湾内の反射法地震探査の再解析から、中央構造線断層帯と同様の構造が伊予灘から別府湾へと続くと判断されること、別府一万年山断層帯では震源断層として評価された別府湾海底断層群（活断層研究会編，1991など）が、地震発生層ではその構造に収斂する二次的なものであることが構造探査から推定されたことなどが挙げられる。このため、残る構成断層について改めて評価を行う必要が生じた。残る構成断層については、従来の評価文の区分でいうと「別府湾－日出生断層帯」の西部と「崩平山－亀石山断層帯」および「野稲岳－万年山断層帯」が該当する。このため、「別府湾－日出生断層帯」の西部に千田ほか（2017）により指摘された大分県速見郡日出町周辺の断層も追加して、今回、日出生断層帯として改めて評価した。なお、本断層帯の構成断層である亀川断層の最新活動時期が6世紀以前（後述）と推定されており、中央構造線断層帯（⑩豊予海峡－由布院区間）の最新活動時期と一致しないことや、本断層帯の平均変位速度（後述）が中央構造線断層帯（⑩豊予海峡－由布院区間）の別府湾内西部の平均変位速度よりも小さいことも、本断層帯が中央構造線断層帯（⑩豊予海峡－由布院区間）とは異なる断層帯であると判断した理由である。

日出生断層帯を構成する各断層の位置は、活断層研究会編（1991）、九州活構造研究会編（1989）、大分県（2004）、中田・今泉編（2002）、千田ほか（2000, 2017）、田力ほか（2000）な

どに示されている。

本評価では、各断層の位置について、主として中田・今泉編（2002）や千田ほか（2000, 2017）、田力ほか（2000）の結果を利用した。

2. 1 断層帯の位置・形態

（1）日出生断層帯を構成する断層

日出生断層帯は、大分県速見郡日出町から大分県玖珠郡玖珠町に至るほぼ東西方向に延びる断層帯であり、おおむね東から、大重見断層、唐木山断層、鹿鳴越断層、亀川断層、猫ヶ岩山東断層、目苧断層、十文字原断層、坂山断層、飛岳5断層、若杉断層、秋山北断層、秋山断層、砲台山断層、日出生断層などから構成される（図2）。

（2）断層帯の位置と形状

日出生断層帯の長さは、図2に示された断層帯の西端と東端を直線で結ぶと、約41 kmとなる。断層面上端の深さは、断層変位が地表に達していることから0 kmとした。

断層面の傾斜は、断層露頭に認められる断層の傾斜、断層変位地形の特徴などから、主として地表付近では高角度で南傾斜と推定される。

断層面の幅は、地震発生層の下限の深さが10–15 km程度と推定されていることから、断層面の下端の深さは10–15 km程度と推定されるが、断層面の幅は不明である。

（3）断層の変位の向き（ずれの向き）（注8）

日出生断層帯は、反射法弾性波探査結果（由佐ほか，1992）、音波探査結果（島崎ほか，1990, 2000；大分県，2002）、断層変位地形、断層露頭などから、主として南側が相対的に低下する正断層と推定される。

2. 2 断層帯の過去の活動

（1）平均変位速度（平均的なずれの速度）（注8）

日出生（ひじょう）断層では、断層西部において阿蘇4火砕流堆積物（約8万5千–9万年前：注9）を相対的に5–20 m 南側低下させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は0.06–0.24 m/千年と求められる。

なお、以下については、溶岩の分布を変位基準としているが、溶岩形成時の地形の起伏が不明のため、参考扱いとする。

亀川断層では、約20万年前の高平山（たかひらやま）溶岩を相対的に50 m 北側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は約0.25 m/千年と求められる。

伽藍岳（がらんだけ）断層では、約7.5万年前の伽藍岳火山溶岩を相対的に30 m 以上北側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は約0.4 m/千年以上と求められる。

日出生（ひじょう）断層では、東部で約72万年前の雛戸山（ひなどさん）安山岩を180 m、中部で約130万年前の高陣ヶ尾（たかじんがお）安山岩を130 m、西部で約42万年前の日向神（ひゅうがみ）溶岩を70 m、相対的に北側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は0.1–0.25 m/千年と求められる。

秋山断層では、約60万年前の秋山安山岩を相対的に50 m 北側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は約0.08 m/千年と求められる。坂山（さかいやま）断

層では、約57 万年前の立石山溶岩を相対的に70 m 北側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は約0.12 m/千年と求められる。

飛岳（とびだけ）1 断層では、約50 万年前の飛岳火山溶岩を相対的に40 m 南側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は約0.08 m/千年と求められる。若杉断層では、約7.5 万年前以後とされる若杉岩層なだれ堆積物を相対的に25 m 南側隆起させていること（九州活構造研究会編，1989）から、平均上下変位速度は約0.33 m/千年と求められる。十文字原（じゅうもんじばる）断層では、約53 万年前の万年山溶岩を相対的に120 m 北側隆起させていること（活断層研究会編，1991）から、平均上下変位速度は約0.23 m/千年と求められる。猫ヶ岩山（ねこがいわやま）東断層では、約25 万年前の山陰系旧期火山岩を相対的に40 m 北側隆起させていること（活断層研究会編，1991）から、平均上下変位速度は約0.16 m/千年と求められる。立石山（たていしやま）断層では、約57 万年前の立石山溶岩を相対的に100 m 北側隆起させていること（活断層研究会編，1991）から、平均上下変位速度は約0.18 m/千年と求められる。砲台山断層では、約60 万年前の秋山安山岩を相対的に20 m 北側隆起させていること（活断層研究会編，1991）から、平均上下変位速度は約0.03 m/千年と求められる。

以上より、並走する断層が分布しない日出生断層西部での値で日出生断層帯の平均上下変位速度を代表させることとすると、その値は0.1–0.2 m/千年程度であった可能性がある。

（2）活動時期

1）地形・地質的に認められた過去の活動

a）亀川断層亀川地点

千田ほか（2001）は、別府市内竈（うちかまど）の亀川断層においてトレンチ調査を行い（図3）、トレンチ1の壁面から断層活動を認定している。千田ほか（2001）は、それぞれの地層における変位量の大きさの違いから、最新活動を1B 層堆積より後、1A' 層堆積より前、1つ前の活動時期を4A 層堆積より後、3C 層堆積より前、2つ前の活動時期を4C 層（始良T_n火山灰層：注9）堆積より後、4B 層堆積より前、3つ前の活動時期を7層堆積より後、6層堆積より前としている。

しかしながら、本評価ではスケッチに示された地層の構造から断層の活動時期を読み取ると以下ようになる。まず、最新活動時期については、2層が断層で切られているが、1B 層内の構造が示されておらず、また上位の1A' 層が撓曲変形している可能性も否定できないことから、2層（鬼界アカホヤ火山灰層）堆積より後、1A 層堆積より前としか言えない。1A 層からは5–6 世紀を示す¹⁴C年代値が得られていることから、その年代は約7千3百年前以後、6世紀以前と推定される。

1つ前の活動時期については、西側壁面で4B 層を切る分岐断層が3A に覆われることから、4B 層堆積より後、3A 層堆積より前に1つ前の活動があったと推定される。4B 層からは直接年代が得られておらず、始良T_n火山灰を含む4C 層堆積より後に活動があったとしか言えないが、3A層からは約9千3百–8千8百年前の¹⁴C年代値が得られている。したがって、その年代は約2万8千年前以後、約8千8百年前以前の可能性がある。

さらに、2つ前の活動時期については、4C 層と4B 層の間の傾斜不整合として読み取れるが、4C 層の構造が示されておらず、変位の累積も明瞭でないので確実性がやや落ちる。また、活動時期は5層堆積より後、4B 層堆積より前としか言えず、4C 層との関係は不明である。なお、3つ前の活動時期は、地層の構造からは読み取ることができない。

b) 秋山北断層秋山北地点

大分県(2000)は、玖珠郡玖珠町堀原(ほりばる)の秋山北断層においてトレンチ調査を行い、2層(鬼界アカホヤ火山灰層)を変位させる断層を確認している。また、その下位の6層(始良Tn火山灰層)がさらに大きく変位していることから、その1つ前の活動を認定している。さらに、大分県(2000)は、2層の上位の1世紀の¹⁴C年代値を示す黒ボク層も変形していると記載しているが、壁面スケッチではこの層内に水平な構造が描かれているため、断層による変形があるとは言い切れない。

以上のことから、最新活動時期は約7千3百年前以後、1つ前の活動時期は約2万8千年前以後であったと推定される。

このほかにも、過去の活動に関する以下の報告があるが、鬼界アカホヤ火山灰降下以後の活動のみしか判明していない調査結果や副次的な断層での調査のため、最新活動時期の下限の年代を限定する調査結果であるため、従来の評価通り参考として紹介にするに留める。

・ 十文字原断層十文字原地点

大分県(2000)は速見郡日出町の大分自動車道日出JCT西方においてトレンチ調査を行い、5層(鬼界アカホヤ火山灰層)を変位させる断層を確認している。大分県(2000)では、由布岳1火山灰層を変位させないと記載されているが、この地層は鬼界アカホヤ火山灰層と混在した再堆積物と考えられるため、この資料から活動時期の上限を決めることはできない。また、大分県(2000)のトレンチ壁面スケッチでは、断層線は3層内部まで描かれているが、3層基底には変位が認められない。また、大分県(2000)では、4層上部から得られた約3千4百年前の¹⁴C年代値により最新活動時期の上限について言及しているが、4層の内部構造が示されていないため、この年代から上限を決めることはできない。以上のことから、本断層の最新活動時期は、約7千3百年前以後であったとしか言えない。

・ 目苺断層目苺地点

大分県(2000)は、別府市の大分自動車道日出JCT南方の自衛隊演習場においてトレンチ調査を行い、鬼界アカホヤ火山灰層が変位していることを確認している。また、大分県(2000)は、その上位の由布岳1火山灰層の変形から断層活動を認定しているが、変形が不明瞭であるため、この断層活動は確実ではない。また、小断層が5層中で止まっていることを根拠にそれ以前の活動を認定しているが、これもトレンチ壁面スケッチからは読み取ることはできない。以上のことから、本断層の最新活動時期は、約7千3百年前以後であったとしか言えない。

・ 猫ヶ岩山東断層猫ヶ岩山東地点

大分県(2000)は、別府市大分自動車道日出生JCT南方の自衛隊演習場にてトレンチ調査を行い、断層が約1万1千年前を示す¹⁴C年代値が得られた7層に覆われることを確認している。この結果から、本断層の最新活動時期は約1万1千年前以前であったと推定される。ただし、本断層は規模が小さく、副次的な断層の可能性があるため、この結果から断層帯全体の活動時期を限定することはできない。

・ 砲台山断層砲台山地点

大分県(2000)は、玖珠郡玖珠町段原(だんばる)の断層露頭において確認された断層が鬼界アカホヤ火山灰層を変位させないことから、最新活動時期を約7千3百年前以前としている。し

かし、この露頭における断層は規模が小さく、副次的な断層の可能性があるため、この結果から断層帯全体の活動時期を限定することはできない。

・秋山断層秋山地点

大分県（2000）は、玖珠郡玖珠町堀原においてトレンチ調査を行い、2層（鬼界アカホヤ火山灰層）を変位させる断層を確認している。大分県（2000）は、その下位の黒ボク層の高度差からさらに1つ前、2つ前の断層活動を認定しているが、地層の対比が不明確であり根拠も不十分なため、これらの活動は確実ではない。以上のことから、本断層の最新活動時期は約7千3百年前以後であったとしか言えない。

・坂山断層坂山地点

大分県（2000）は、玖珠郡玖珠町坂山（さかいやま）付近においてトレンチ調査を行い、断層沿いの亀裂に鬼界アカホヤ火山灰層を含む土壌が落ち込んでいることを確認している。また、大分県（2000）は、これらの構造が約5千-4千9百年前の¹⁴C年代値が得られている黒ボク土壌に覆われることから、この年代以後には活動していないとしているが、トレンチ壁面のスケッチからはこれを確認するのは困難である。以上のことから、本断層の最新活動時期は約7千3百年前以後としか言えない。

・飛岳5断層飛岳5地点

大分県（2000）は、大分郡湯布院町若杉（わかすぎ）北方の飛岳5断層の断層露頭にて、断層が鬼界アカホヤ火山灰層を変位させていることを確認している。したがって、本断層の最新活動時期は約7千3百年前以後であったと推定される。

・若杉断層若杉地点

大分県（2000）は、大分郡湯布院町若杉においてトレンチ調査を行い、断層が鬼界アカホヤ火山灰層を変形させていることを確認している。さらに、大分県（2000）は、その下位の2層準の約9千7百-9千5百年前の¹⁴C年代値が得られたくさび状礫層をイベント堆積物とみなし、この層準より後とそれ以前の2回の活動を推定している。しかし、このくさび状礫層は不明瞭で地層区分の客観性に欠けるため、これらの活動の時期を確実に限定することはできないと判断される。以上のことから、本断層の最新活動時期は約7千3百年前以後であったとしか言えない。

2) 先史時代・歴史時代の活動

日出生断層帯の近傍で発生した歴史地震としては、別府湾沿岸周辺で大きな被害をもたらした、1596年（慶長元年）の別府湾の地震（慶長豊後地震；マグニチュード7.0±1/4）が知られており、この地震発生時には現在の大大分市沖に存在した瓜生（うりう）島（府内から約4km離れていた「沖の浜」という港町を指す）が津波により水没したとされている（宇佐美ほか，2013）。

さらに、この地震では、府内（現在の大大分市）周辺の別府湾で家屋流出等の被害が生じ、周辺の由布院や佐賀関でも山崩れ等の被害があった。この地震と日出生断層帯との関連は不明である。

また、2007年6月6日にマグニチュード4.9の地震が、同7日にマグニチュード4.7の地震が発生し、6日の地震では国東市、別府市、速見郡日出町、杵築市で震度4の揺れを7日の地震では別府市で震度4の揺れを観測した。これらの地震により重傷者1名、住家一部破損1棟、水道管漏水が3カ所生じた（宇佐美ほか，2013）。

以上の調査結果をまとめると、日出生断層帯西部の最新活動時期は、約7千3百年前以後、6世紀以前と推定され、少なくとも約2万8千年前以後、約8千8百年前以前の間には1つ前の活動を含む複数回の活動があった可能性がある。

(3) 1回の変位量(ずれの量)(注8)

日出生断層帯では、1回の活動に伴う変位量を示す直接的な資料は得られていない。一方、日出生断層帯の長さが約41 kmであることから、松田ほか(1980)による経験式(1)を用いると、1回の活動に伴う変位量は4 m程度と計算される。以上のことから、1回の活動に伴う上下変位量は、4 m程度であった可能性がある。

$$D = 0.1 L \quad (1)$$

ここで、Lは1回の地震で活動する断層区間の長さ(km)、Dは断層のずれの量(m)である。

(4) 活動間隔

日出生断層帯においては、2.2(2)で述べた過去2回の活動時期からは、平均活動間隔は約2万7千年以下としか言えない。一方、2.2(1)のように平均変位速度が0.1-0.2 m/千年程度、1回のずれの量が4 m程度の可能性があることから、活動間隔は2万-4万年程度と求められる。したがって、日出生断層帯の平均活動間隔は、2万-2万7千年程度であった可能性がある。

(5) 活動区間

日出生断層帯は断層がほぼ連続的に分布することから、松田(1990)の基準に基づけば全体が1つの区間として活動したと推定される。

(6) 測地観測結果

日出生断層帯における、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震以降、平成28年(2016年)熊本地震の前までの最近5年間のGNSS連続観測結果から得られた水平ひずみ速度分布では、断層帯の周辺で東北東-西南西方向のわずかな伸びと西北西-東南東方向のわずかな縮みが見られる(図4-1)。また、1994年までの約100年間の測地観測結果から得られた水平ひずみ速度分布では、断層帯の周辺で北北東-南西南方向のわずかな伸びが見られる(図4-2)。

(7) 地震観測結果

最近約20年間の地震観測結果によれば、日出生断層帯付近では、中央構造線断層帯(⑩豊予海峡-由布院区間)との境界付近、特に鶴見岳・伽藍岳付近で地震活動が活発であり、他の地域ではきわめて低調である(図5-1)。日出生断層帯周辺における地震発生層の下限の深さは10-15 km程度である。発震機構は南北方向に張力軸を持つ型が多い(図5-3)。

また、鶴見岳・伽藍岳付近では深さ20-30 km程度で低周波地震が発生している(図5-2)。

2016年4月16日01時25分と07時11分に本断層帯と中央構造線断層帯(⑩豊予海峡-由布院区間)との境界付近でM5.7(注)とM5.4の地震がそれぞれ発生した。1923年以降、それら以外はM5以上の地震は発生していない。

注：2016年4月16日01時25分の熊本県熊本地方の地震(M7.3)の地震の発生直後に発生したも

のであり、Mの値は参考値である。

2. 3 断層帯の将来の活動

(1) 活動区間と地震の規模

日出生断層帯が活動した場合、断層帯の長さが約 41 km であることから、経験式 (2) を用いると、発生する地震の規模はマグニチュード 7.5 の可能性があり、その際には、主として断層の南側が北側に対して、相対的に 4m 程度低下する可能性がある。なお、日出生断層帯は火山地域に分布する断層帯であることを考慮すると、「3 今後に向けて」に記述したような事項に留意する必要がある。

$$\text{Log } L = 0.6 M - 2.9 \quad (2)$$

ここで、経験式 (2) は松田 (1975) による式で L は 1 回の地震で活動する断層区間の長さ (km)、M は地震のマグニチュードである。

(2) 地震発生の可能性

日出生断層帯は、平均活動間隔が約 2 万 - 2 万 7 千年の可能性があり、最新活動時期は約 7 千 3 百年前以後、6 世紀以前と推定されていることから、平均活動間隔に対する現在における地震後経過率は、0.05 - 0.4 となり、また、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001) に示された手法 (BPT 分布モデル、 $\alpha = 0.24$) によると、今後 30 年以内、50 年以内、100 年以内、300 年以内の地震発生確率は、それぞれほぼ 0%、ほぼ 0%、ほぼ 0%、ほぼ 0 - 0.001% となる。また、現在までの集積確率は、ほぼ 0% となる。表 3 にこれらの確率値の参考指標 (地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会, 1999) を示す。

3 今後に向けて

日出生断層帯は火山地域に分布する正断層で、多数の短い断層から構成されている。これらの断層が個別に活動する可能性については評価できなかった。周辺には万年山 - 崩平山断層帯や中央構造線断層帯⑩豊予海峡 - 由布院区間が互いに近接するため、連続して活動する可能性も否定できない。さらに火山活動との関係も不明である。これらの問題を解決するために、過去の活動について、さらに精度の良い資料を集積する必要がある。

本評価では既往の評価同様、経験則を当てはめて地震の規模やずれの量の予測を行わざるを得なかったが、上記のような日出生断層帯の分布・形状・地質条件も考慮し、さらに地震活動との関連性も含めて、評価手法の高度化を今後も検討していく必要がある。

注 8 : 「変位」を、1 - 2 頁の本文及び 5 - 6 頁の表 1 では、一般的にわかりやすいように「ずれ」という言葉で表現している。ここでは、専門用語である「変位」が表 1 の「ずれ」に対応するものであることを示すため、両者を併記した。以下、文章の中では「変位」を用いる。なお、活断層の専門用語では、「変位」は切断を伴う「ずれの成分」と、切断を伴わない「撓みの成分」よりなる。

注 9 : 始良 Tn 火山灰 (AT) の降下年代値については、日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編 (1996)、小池・町田編 (2001) 等から、25,000 年 BP とし、暦年補正して約 2 万 8 千年前とした。また、鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) の降下年代値については、町田・新井 (2003) に従い、約 7 千 3 百年前 (暦年補正值) とした。さらに、由布岳 1 火山灰 (YF-1)、九重第 1 火山

灰 (Kj-p1) 及び阿蘇4火山灰 (Aso-4) の降下年代値については、町田・新井 (2003) に従いそれぞれ約2千2百年前、約5万年前及び約9万-8万5千年前とした。

文 献

- 千田 昇(1979):中部九州の新时期地殻変動 とくに第四紀火山岩分布地域における活断層について. 岩手大学教育研究年報, 39, 97-114.
- 千田 昇・池田安隆・中田 高・岡田篤正・宇根 寛(2000):1:25,000 都市圏活断層図「別府」. 国土地理院技術資料 D1-No. 375.
- 千田 昇・松山尚典・下山正一・松田時彦・三島久尚(2001):別府地溝帯・別府湾地溝を構成する 亀川断層の最近の活動履歴. 活断層研究, 20, 92-103.
- 千田 昇・楮原京子・金田平太郎・熊原康博・澤 祥(2017):1:25,000 都市圏活断層図「豊岡」. 国土地理院技術資料 D1-No. 760.
- 池田安隆(1979):大分県中部火山地域の活断層系. 地理学評論, 52, 10-29.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(1999):「(改訂試案)長期的な地震発生確率 の評価手法について」. 74p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001):「長期的な地震発生確率の評価手法について」. 46p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005):「別府一万年山断層帯の長期評価について」. 73p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017):「中央構造線断層帯(金剛山地東縁一由布院)の 長期評価(第二版)」. 162p.
- 活断層研究会編(1991):「新編日本の活断層一分布図と資料一」. 東京大学出版会, 437p.
- 小池一之・町田 洋編(2001):「日本の海成段丘アトラス」. 東京大学出版会, CD-ROM3 枚・付図 2 葉・122p.
- 九州活構造研究会編(1989):「九州の活構造」. 東京大学出版会, 553p.
- 町田 洋・新井房夫(2003):「新編 火山灰アトラス一日本列島とその周辺」. 東京大学出版会, 336p.
- 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について. 地震, 第2輯, 28, 269-283.
- 松田時彦(1990):最大地震規模による日本列島の地震分帯図. 地震研究所彙報, 65, 289-319.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文(1980):1896 年陸羽地震の地震断層. 地震研究所彙報, 55, 795-855.
- 文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科(2017):別府一万年山断層帯(大 分平野一由布院断層帯東部)における重点的な調査観測 平成 26~28 年度成果報告書. 526p.
- 村井 勇・金子史朗(1975):1975 年大分中部地震の被害調査報告一とくに被害・地変と活断層の 関係について一. 地震研究所彙報, 50, 303-327.
- 中田 高・今泉俊文編(2002):「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会. DVD-ROM 2 枚・付 図 1 葉・60p.
- 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編(1996):「第四紀露頭集一日本のテフラ」. 日本第四紀 学会, 352p.
- Niklaus, T. R. (1991):CalibETH version 1.5, ETH Zurich, 2disketts and manual, 151p.
- 大分県(1999):「平成 10 年度地震関係基礎調査交付金 別府一万年山断層帯に関する調査 成果 報告書」. 70p.
- 大分県(2000):「平成 11 年度地震関係基礎調査交付金 別府一万年山断層帯に関する調査 成果 報告書〔トレンチ・ボーリング調査編〕,〔海上調査編〕,〔反射法地震探査編〕,〔総合解析 編〕」. 155p, 50p, 60p, 52p.
- 大分県(2001):平成 12 年度地震関係基礎調査交付金 別府一万年山断層帯に関する調査. 171p.
- 大分県(2002):「平成 13 年度地震関係基礎調査交付金 別府一万年山断層帯に関する調査 成果 報告書〔反射法弾性波探査・ボーリング調査編〕,〔海上調査編〕,〔反射法弾性波探査(深

- 部・浅部) 編], [ボーリング調査・総合解析編]」。62p, 65p, 45p, 85p.
- 大分県 (2003): 「平成 14 年度地震関係基礎調査交付金 別府一万年山断層帯に関する調査 成果報告書」。162p.
- 大分県 (2004): 「平成 15 年度地震関係基礎調査交付金 別府一万年山断層帯に関する調査 成果報告書」。1-1-8-25.
- 島崎邦彦・中田 高・千田 昇・岡村 眞・谷山 尚・田辺あらし (1990): 別府湾中央断層 (仮称) の地震活動. 日本地震学会講演予稿集, 1, 185-185.
- 島崎邦彦・松岡裕美・岡村 眞・千田 昇・中田 高 (2000): 別府湾の海底活断層分布. 月刊地球, 号外 28, 79-84
- 田力正好・池田安隆・中田 高・岡田篤正・千田 昇・宇根 寛 (2000): 1:25,000 都市圏活断層図「森」. 国土地理院技術資料 D1-No. 375.
- 辻村太郎 (1932): 東北地方の断層盆地 (上) (下). 地理学評論, 8, 641-658, 984-992.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子 (2013): 日本被害地震総覧 599-2012. 東京大学出版会, 694p.
- 由佐悠紀・竹村恵二・北岡豪一・神山孝吉・堀江正治・中川一郎・小林芳正・久保寺章・須藤靖明・井川 猛・浅田正陽 (1992): 反射法地震探査と重力測定による別府湾の地下構造. 地震, 45, 199-212.

表3 地震発生確率及び参考指標

項目	数値 (注10)	備考
地震後経過率	0.05-0.4	
今後30年以内の発生確率	ほぼ0%	発生確率及び集積確率は地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)参照。
今後50年以内の発生確率	ほぼ0%	
今後100年以内の発生確率	ほぼ0%	
今後300年以内の発生確率	ほぼ0-0.001%	
集積確率	ほぼ0%	
指標(1)経過年数 比	マイナス17400年 - マイナス6700年 0.08-0.5	地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(1999)参照。
指標(2)	ほぼ0-0.0005	
指標(3)	ほぼ0%	
指標(4)	ほぼ0-0.00006	
指標(5)	0.00004-0.00005	

注10: 評価時点はすべて2017年1月1日現在。「ほぼ0%」は 10^{-3} %未満の確率値を、「ほぼ0」は 10^{-5} 未満の数値を示す。

指標(1)経過年数 : 当該活断層があることによって大地震発生の危険率(1年間あたりに発生する回数)は最新活動(地震発生)時期からの時間の経過とともに大きくなる(ここではBPT分布モデルを適用した場合を考える。)。一方、最新活動の時期が把握されていない場合には、大地震発生の危険率は、時間によらず一定と考えざるを得ない(ポアソン過程を適用した場合にあたる。)。この指標は、BPT分布モデルによる危険率が、ポアソン過程を適用した場合の危険率の値を超えた後の経過年数である。マイナスの値は、前者が後者に達していないことを示す。紀淡海峡-鳴門海峡の場合、後者の危険率は4000分の1(0.0003)回-6000分の1(0.0002)回であり、時間によらず一定である。前者は評価時点で20000分の1(0.000005回)-2500分の1(0.0004回)であり、時間とともに増加する。20000分の1であれば前者が後者の回数に達するには今後1千6百年を要するが、2500分の1であれば、前者が後者の回数に達してから3百年が経過していることになる

指標(1)比 : 最新活動(地震発生)時期から評価時点までの経過時間をAとし、BPT分布モデルによる危険率がポアソン過程とした場合のそれを超えるまでの時間をBとする。前者を後者で割った値(A/B)。

指標(2) : BPT分布モデルによる場合と、ポアソン過程とした場合の評価時点での危険率の比。

指標(3) : 評価時点での集積確率(前回の地震発生から評価時点までに地震が発生しているはずの確率)。

指標(4) : 評価時点以後30年以内の地震発生確率をBPT分布モデルでとりうる最大の確率の値で割った値。

指標(5) : ポアソン過程を適用した場合の危険率(1年間あたりの地震発生回数)。

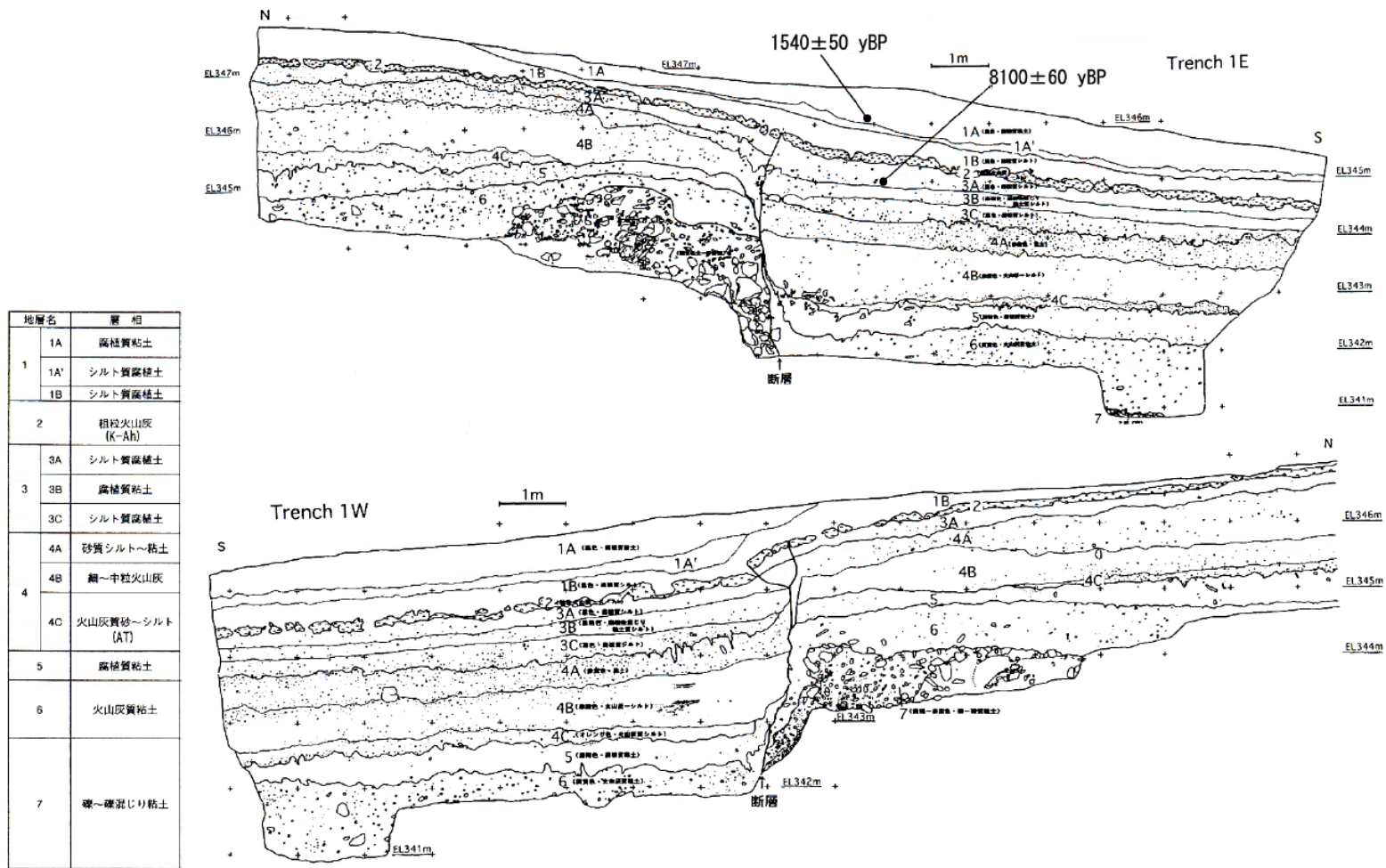


図3 亀川断層のトレンチスケッチ 千田ほか (2001)

大分県 (2000) より、本評価に使用した放射性炭素同位体年代測定試料の採取位置を加筆。これらの年代測定試料について、10000年BPより新しい放射性炭素同位体年代値は Niklaus (1991) に基づいて暦年補正した。これらの値を、紀元後は世紀単位、紀元前を百年単位で四捨五入して表示すると以下のようになる。

1540±50 yBP → 5-6世紀 8100±60 yBP → 約9千3百-8千8百年前

基準期間：2011/03/13 - 2011/04/11
比較期間：2016/03/13 - 2016/04/11

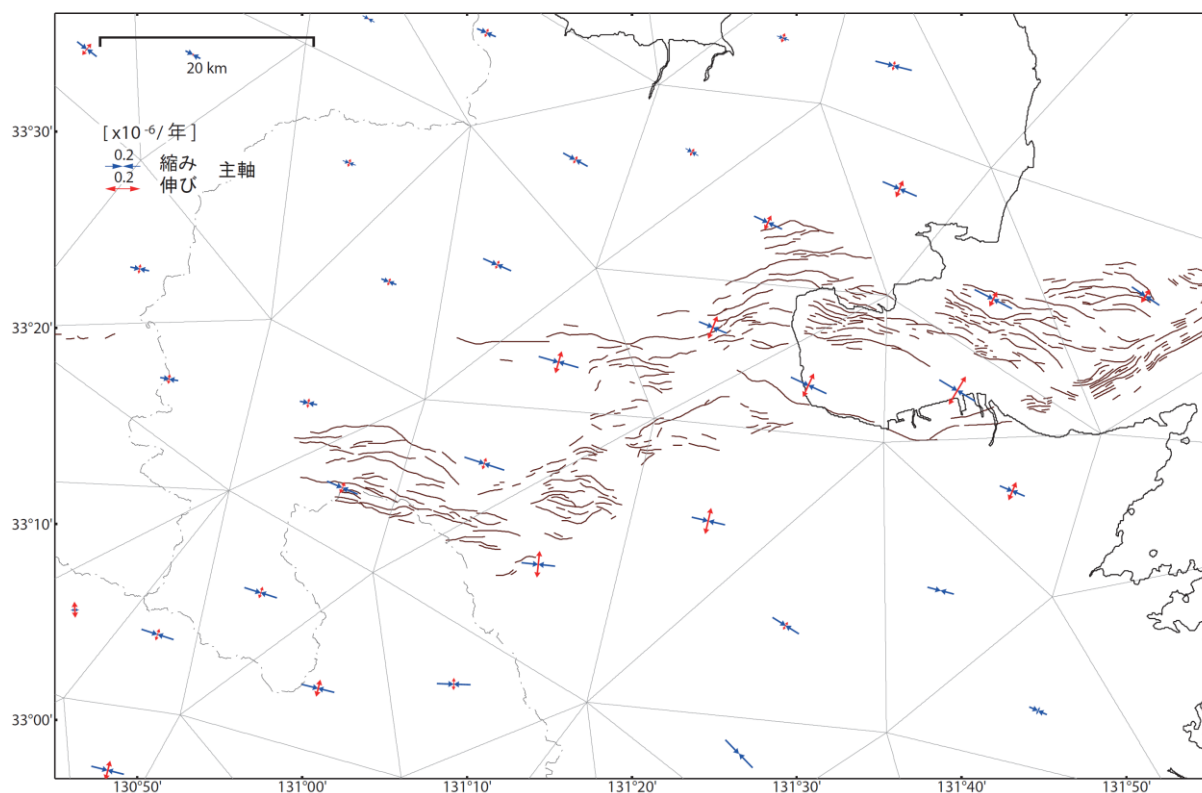


図4-1 GNSS連続観測に基づく日出生断層帯周辺の水平ひずみ速度分布（国土地理院作成）

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震以降、平成28年（2016年）熊本地震の前までの最近5年間のGNSS連続観測による日出生断層帯周辺の水平ひずみ速度分布を表している。スケールは 0.2×10^{-6} /年。

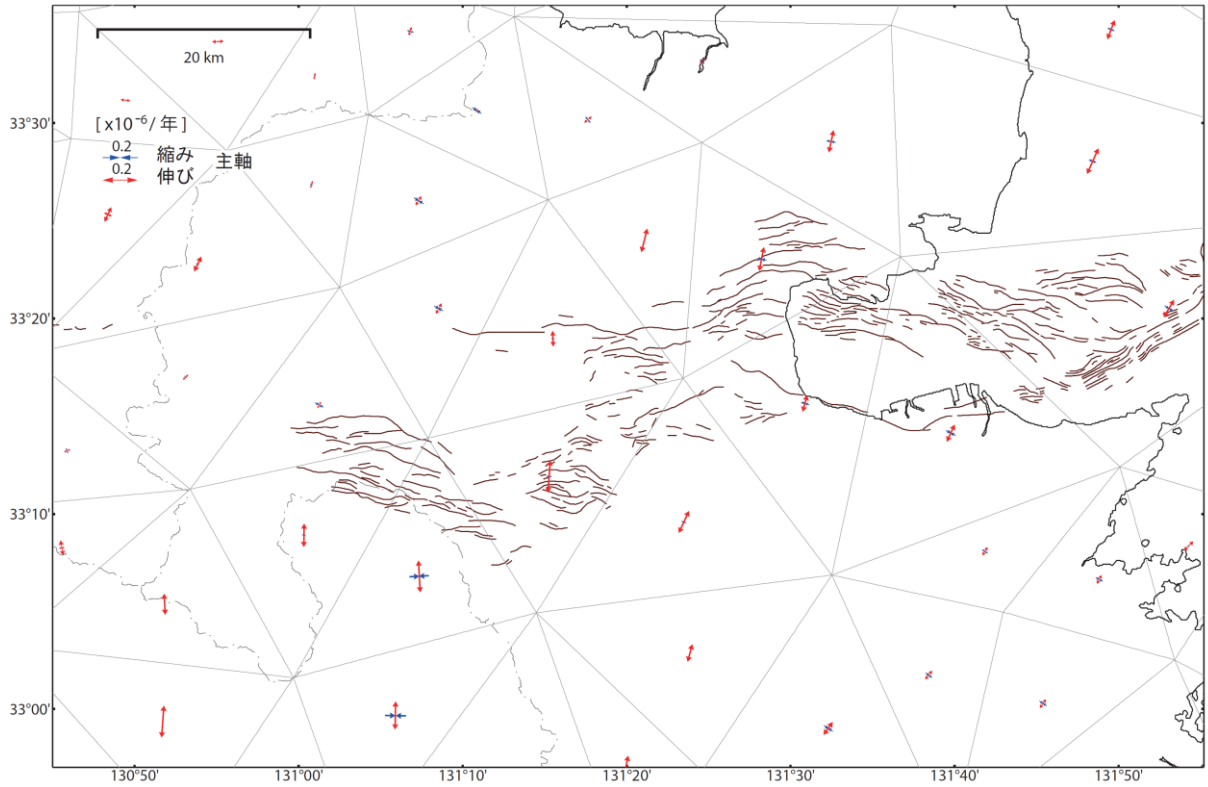


図4-2 約100年間(1883年~1994年)の測地観測に基づく日出生断層帯周辺の水平ひずみ速度分布(国土地理院作成)

スケールは 0.2×10^{-6} /年

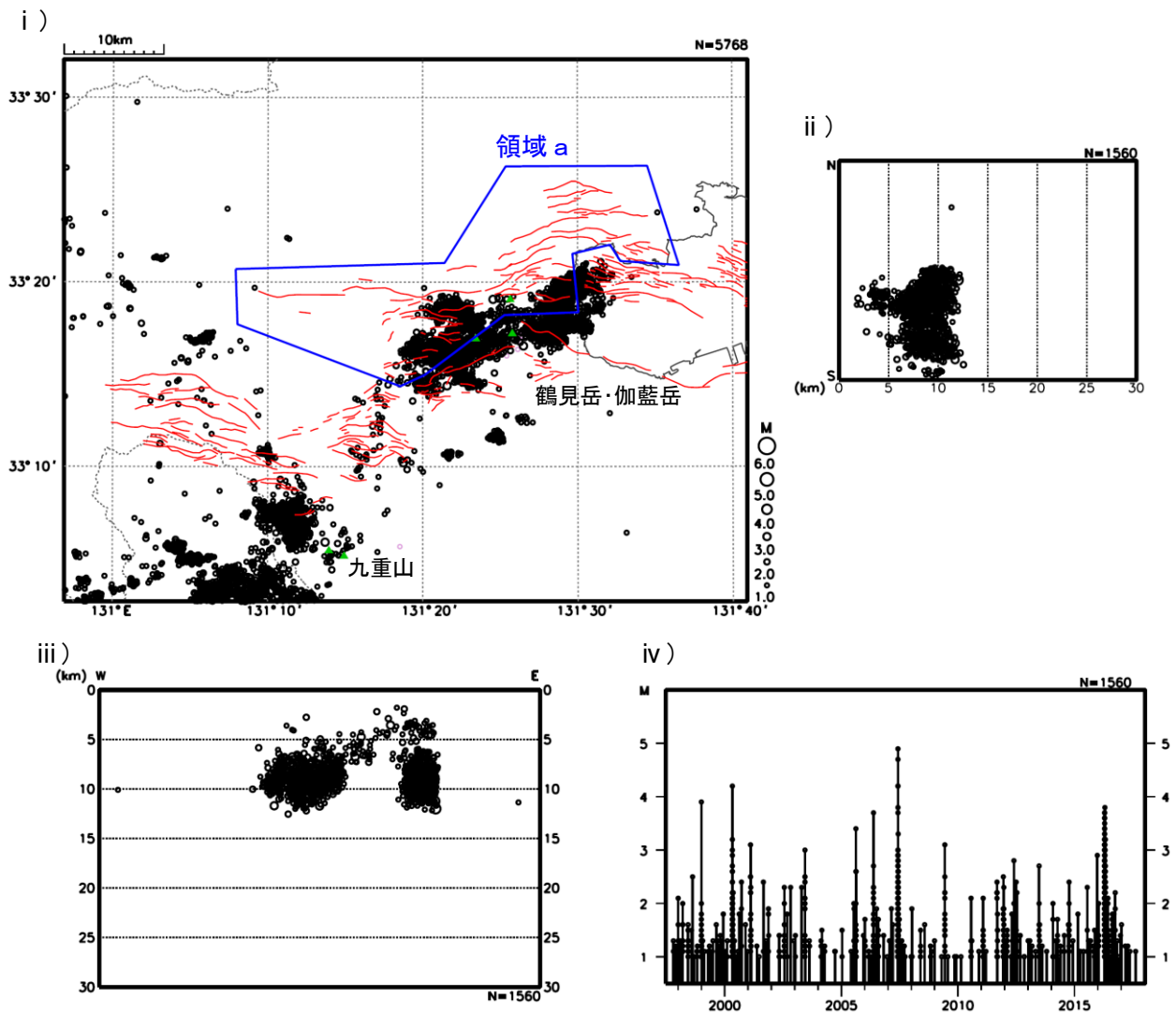
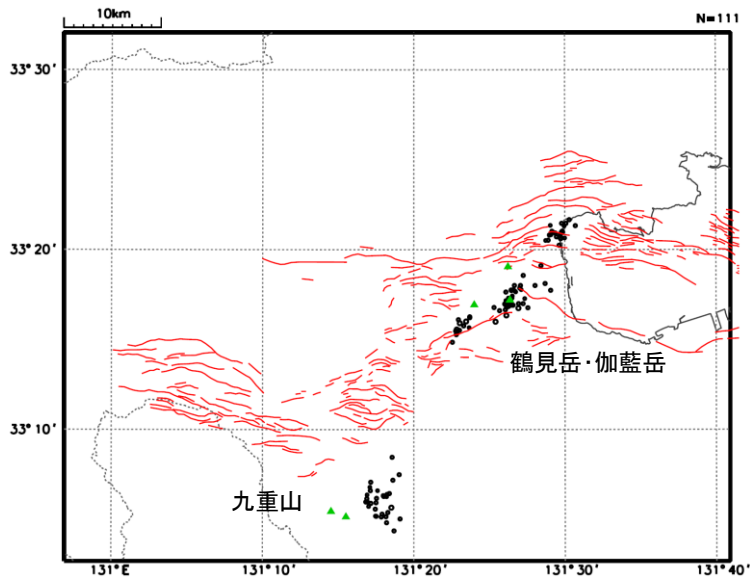


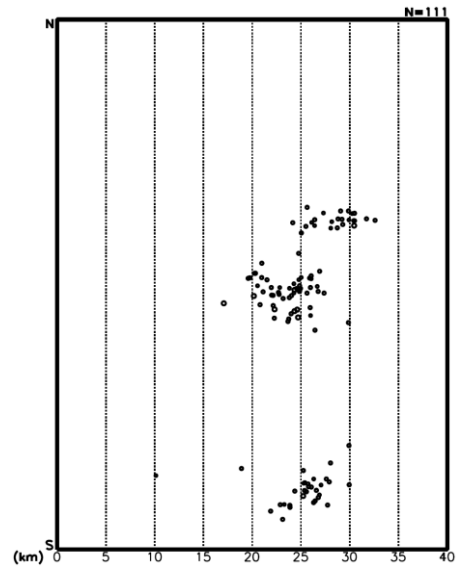
図 5 - 1 日出生断層帯周辺の地震活動 (気象庁作成)

- i) 震央分布図 (1997 年 10 月 1 日～2017 年 9 月 30 日、深さ 30km 以浅、 $M1.0$ 以上)
緑色の三角は活火山を示す
- ii) i) の領域 a 内の南北投影の断面図
- iii) i) の領域 a 内の東西投影の断面図
- iv) i) の領域 a 内の M-T 図 (地震活動経過図)

i)



iii)



ii)

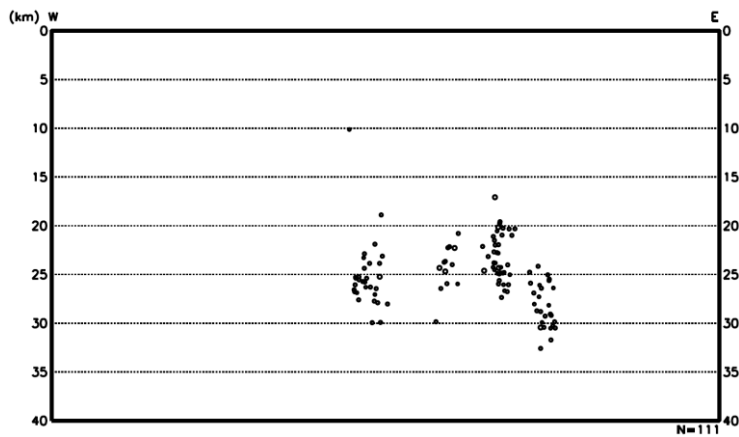


図5-2 日出生断層帯周辺の低周波地震活動（気象庁作成）

i) 震央分布図（1997年10月1日～2017年9月30日、深さ40km以浅、Mすべて）

緑色の三角は活火山を示す

ii) i) の東西投影の断面図

iii) i) の南北投影の断面図

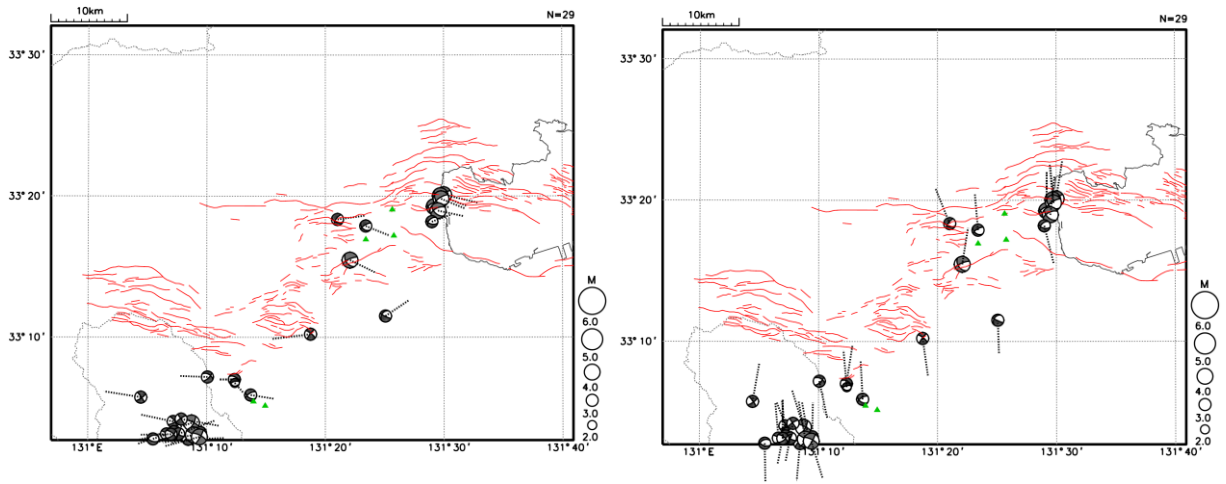


図5-3 日出生断層帯周辺の地震の発震機構（P波初動解による下半球投影）と圧力軸（左）と張力軸（右）の分布（気象庁作成）

1977年10月1日～2017年9月30日（深さ30km以浅、M2.0以上）、緑色の三角は活火山を示す。