

双葉断層の長期評価について

平成17年4月13日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」（平成11年4月23日）を決定し、この中において、「全国を概観した地震動予測地図」の作成を当面推進すべき地震調査研究の主要な課題とし、また「陸域の浅い地震、あるいは、海溝型地震の発生可能性の長期的な確率評価を行う」とした。

地震調査委員会では、この決定を踏まえつつ、これまでに陸域の活断層として、88断層帯の長期評価を行い公表した。

今回、引き続き、双葉断層について現在までの研究成果及び関連資料を用いて評価し、とりまとめた。

評価に用いられたデータは量及び質において一様でなく、そのためにそれぞれの評価の結果についても精粗がある。このため、評価結果の各項目について信頼度を付与している。

双葉断層の評価

双葉断層は、阿武隈山地の東縁部に位置する活断層である。ここでは、平成8－10年度に福島県によって行われた調査をはじめ、これまでに行われた調査研究成果に基づいて、この断層の諸特性を次のように評価した。

1. 断層の位置及び形態

双葉断層は、宮城県亶理（わたり）郡亶理町から福島県相馬市を経て原町（はらまち）市にかけてほぼ南北方向に延びている。全体としての長さは16－40kmで、左横ずれが卓越し、西側隆起成分を伴う断層である（図1、2及び表1）。

2. 断層の過去の活動

双葉断層の平均的な左横ずれの速度は0.15m／千年程度、上下方向のずれの速度は0.05－0.1m／千年程度の可能性があり、最新活動時期は約2千4百年前以後、2世紀以前であったと推定される。活動時には、1.5m程度の左横ずれと、0.5－1m程度の西側隆起が生じた可能性がある。本断層の平均活動間隔は8千－1万2千年程度であった可能性がある（表1）。

3. 断層の将来の活動

双葉断層は、全体が1つの区間として活動する場合、マグニチュード6.8－7.5程度の地震が発生する可能性がある。その時、断層の近傍の地表面には1.5m程度の左横ずれと、0.5－1m程度の西側隆起の段差や撓みが生じる可能性がある。（表1）。本断層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は表2に示すとおりである（注1、2）。

4. 今後に向けて

双葉断層では、北部において、活動履歴に関する詳しい資料が得られていない。これらについての精度良いデータを集積させて、活動区間を明確にし、最近の活動履歴や平均活動間隔を正確に把握する必要がある。

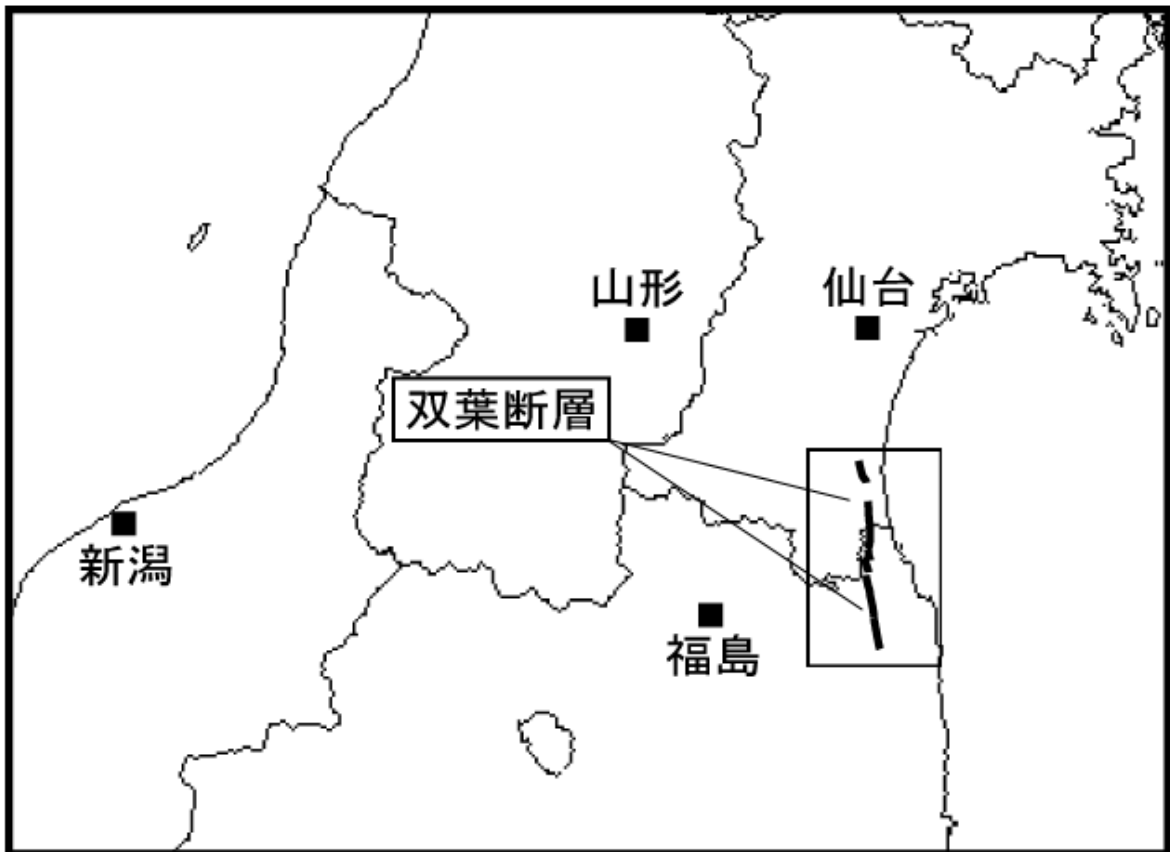


図1 双葉断層の概略位置図
(長方形は図2の範囲)



図2 双葉断層の位置と主な調査地点

1：遠藤地点 2：栢窪地点 3：栢窪南地点 4：榎原地点

●：断層の北端と南端

⊕：断層の北端（第四紀後期における活動性が確かめられている区間。この区間の南端は断層全体の南端と同じ）

断層の位置は文献3、5及び7に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000「仙台」「福島」を使用。

表 1 双葉断層の特性

項目	特性	信頼度 (注3)	根拠 (注4)
1. 断層の位置・形態			
(1) 構成する断層	双葉断層		文献5による。
(2) 断層の位置・形状	地表における断層の位置・形状 断層の位置 (北端) 北緯38° 01′ 東経140° 51′ –北緯37° 48′ 東経140° 52′ (南端) 北緯37° 40′ 東経140° 54′ 長さ 約16–40km	△ ○ △	文献3、5、7による。 北端の位置は、表に掲げた範囲内。 位置及び長さは図2から計測。
	地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ 上端の深さ 0 km 一般走向 N10°W 傾斜 垂直–高角度東傾斜 (地表付近) 幅 15km 程度	○ ◎ ◎ ○ △	上端の深さが0kmであることから推定。 ◎ 地形の特徴から推定。 ◎ 一般走向は、断層の両端を直線で結んだ方向(図2を参照)。 ○ 文献1–3、9などによる。 △ 幅は、傾斜と地震発生層の下限の深さ(15km程度)から推定(説明文2.1(2)参照)。
(3) 断層のずれの向きと種類	左横ずれ断層 (西側隆起成分を伴う)	△	文献1–3、6、8–10などに示された地形・地質の特徴による(説明文2.1(3)参照)。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	0.15m/千年程度 (左横ずれ成分) 0.05–0.1m/千年程度 (上下成分)	△ △	文献1–3に示された資料から推定。
(2) 過去の活動時期	活動1 (最新活動) 約2千4百年前以後、2世紀以前	○	文献1–3に示された資料から推定。
	活動2 (1つ前の活動) 約1万4千年前以後、約1万年前以前	○	文献2、3に示された資料から推定。

(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 1.5m程度（左横ずれ成分） 0.5-1m程度（上下成分） 平均活動間隔 8千-1万2千年程度	△ △ △	文献2、3に示された資料から推定。 過去2回の活動から推定。
(4) 過去の活動区間	不明		
3. 断層の将来の活動			
(1) 将来の活動時の地震の規模	活動区間 断層全体で1区間 地震の規模 マグニチュード6.8-7.5程度 ずれの量 1.5m程度（左横ずれ成分） 0.5-1m程度（上下成分）	△ △ △ △	断層の位置・形状から推定。 断層の長さから推定。 過去の活動から推定。 過去の活動から推定。

表2 双葉断層の将来の地震発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 (注5)	信頼度 (注6)	備考
地震後経過率（注7）	0.2-0.3		
今後30年以内の地震発生確率	ほぼ0%	b	発生確率及び集積確率は文献4による。
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%		
集積確率（注8）	ほぼ0%		

注1：我が国の陸域及び沿岸域の主要な98の活断層のうち、2001年4月時点で調査結果が公表されているものについて、その資料を用いて今後30年間に地震が発生する確率を試算すると概ね以下のように推定される。

98断層帯のうち約半数の断層帯：30年確率の最大値が0.1%未満

98断層帯のうち約1/4の断層帯：30年確率の最大値が0.1%以上-3%未満

98断層帯のうち約1/4の断層帯：30年確率の最大値が3%以上

（いずれも2001年4月時点での推定。確率の試算値に幅がある場合はその最大値を採用。）

この統計資料を踏まえ、地震調査委員会の活断層評価では、次のような相対的な評価を盛り込むこととしている。

今後30年間の地震発生確率（最大値）が3%以上の場合：

「本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになる」

今後30年間の地震発生確率（最大値）が0.1%以上-3%未満の場合：

「本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属することになる」

注2：1995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年確率と集積確率は以下のとおりである。

地震名	活動した活断層	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)	六甲・淡路島断層帯主部 淡路島西岸区間「野島断層を含む区間」(兵庫県)	0.02%－8%	0.06%－80%	約1.7－約3.5
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%－13%	ほぼ0%－90%より大	約1.7－約3.6
1847年善光寺地震 (M7.4)	長野盆地西縁断層帯 (長野県)	ほぼ0%－20%	ほぼ0%－90%より大	約0.8－約2.5

「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8千年の場合は30年確率の最大値は3%程度、1万2千年の場合は2%程度である。

注3：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4：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

- 文献1：福島県 (1997)
- 文献2：福島県 (1998)
- 文献3：福島県 (1999)
- 文献4：地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001)
- 文献5：活断層研究会編 (1991)
- 文献6：松本 (1976)
- 文献7：中田・今泉編 (2002)
- 文献8：大槻ほか (1977)
- 文献9：鈴木・小荒井 (1989)
- 文献10：柳沢ほか (1996)

注5：評価時点はすべて2005年1月1日現在。「ほぼ0%」は 10^{-3} %未満の確率値を示す。なお、計算に当たって用いた平均活動間隔の信頼度は低い(△)ことに留意されたい。

注6：地震後経過率、発生確率及び現在までの集積確率(以下、発生確率等)の信頼度は、評価に用いた信頼できるデータの充足性から、評価の確からしさを相対的にランク分けしたもので、aからdの4段階で表す。各ランクの一般的な意味は次のとおりである。

a：(信頼度が)高い b：中程度 c：やや低い d：低い

発生確率等の評価の信頼度は、これらを求めるために使用した過去の活動に関するデータの信頼度に依存する。信頼度ランクの具体的な意味は以下のとおりである。分類の詳細については付表を参照のこと。なお、発生確率等の評価の信頼度は、地震発生の切迫度を表すのではなく、発生確率等の値の確からしさを表すことに注意する必要がある。

発生確率等の評価の信頼度

a：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が比較的高く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が高い。

- b : 過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が中程度で、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が中程度。
- c : 過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性がやや低い。
- d : 過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が非常に低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が低い。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、最新活動時期のデータが得られていないため、現時点における確率値が推定できず、単に長期間の平均値を確率としている。

注7 : 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。今回の評価した数字のうち 0.2 は 1805 年を 12000 年で割った値であり、0.3 は 2400 年を 8000 年で割った値である。

注8 : 前回の地震発生から評価時点までの間に地震が発生しているはずの確率。

(説明)

1. 双葉断層に関するこれまでの主な調査研究

双葉断層は、阿武隈山地東縁部に位置する活断層である。

松本(1976)は、変位地形を検討し、左横ずれかつ西上がりの活断層の存在を指摘した。大槻ほか(1977)も左横ずれの変位地形の存在を認め、第四紀における左横ずれ運動は先第四紀に形成されていた双葉破砕帯が新しい応力場によって再活動したものとした。活断層研究会編(1980, 1991)は、全長約70kmにわたる活断層としてその詳しい位置を図示し、北部をより確実な活断層とした。岸ほか(1985)は段丘堆積物を切る断層露頭を記載し、活動時期、活動した断層の長さについて述べた。小荒井(1988)、鈴木・小荒井(1989, 1990)は、変位地形及び断層露頭について記載し、更新世後期の活動性について検討した。久保ほか(1990, 1994)、柳沢ほか(1996)は、5万分1地質図「相馬・中村図幅」の範囲に相当する部分において、第四紀における累積的な断層活動が認められると指摘した。遅沢(2004)は、仙台付近から南方へ断層を示し、双葉断層への連続について言及した。

福島県(1997, 1998, 1999)は、地形地質調査、ボーリング調査、トレンチ調査などを行い、活動履歴とその区間について報告した。また、中田・今泉編(2002)でも断層の詳しい位置が示されている。

2. 双葉断層の評価結果

2. 1 双葉断層の位置及び形態

(1) 構成する断層

双葉断層は、宮城県亶理(わたり)郡亶理町から福島県相馬市を経て原町(はらまち)市に至る断層である(図1、2)。

双葉断層を構成する断層の位置及び形態は、活断層研究会編(1980, 1991)、柳沢ほか(1996)、福島県(1997, 1998, 1999)、中田・今泉編(2002)などに示されている。ここでは、断層の位置は活断層研究会編(1991)及び中田・今泉編(2002)にしたがい、福島県(1999)も考慮にいられた。また、断層の名称は活断層研究会編(1991)にしたがった。

活断層研究会編(1991)等は、福島県相馬市から原町市を経て双葉郡広野町に至る長さ約70kmの活断層を双葉断層とした(図3)。しかしながら、原町市以南の概ね40-50kmに及ぶ断層は、鮮新世の地層を大きく変位させている(久保ほか, 1994)ものの、断層を横切って分布する後期更新世以降の段丘面には変位が認められない(福島県, 1999)。すなわち、この区間の断層は活動性が低いと考えられることから、地震調査研究推進本部(1997)の基盤的調査観測対象の活断層の基準には該当しないと判断して、詳細な評価の対象とはしないこととした(注9)。

なお、遅沢(2004)が仙台付近から南方に分布するとした断層(青葉東断層)は、本断層とは5km程度離れて分布していること、活断層としての具体的な証拠に乏しいこと及び中田・今泉編(2002)などには示されていないことから、評価対象には含めなかった。

(2) 断層面の位置・形状

本断層の長さ及び一般走向は、図2に示された断層の北端と南端を直線で結んで計測すると、約40km、N10°Wとなる。ただし、相馬市街地西方以北については、中田・今泉編(2002)では推定活断層として図示された部分に相当し、第四紀後期における活動性に関して不確かな点があ

る。第四紀後期における活動が確かめられている相馬市街地西方以南に限ると、その長さはほぼ半減して約 16km となる。以上のことから、本断層の長さは約 16–40km とした。

断層面の上端の深さは、地表まで変位が及んでいることから 0 km とした。

断層面の傾斜は、地表における断層トレースが直線的であることと、鈴木・小荒井 (1989)、福島県 (1997, 1998, 1999) などによる地表露頭及びトレンチにおける断層面の記載から、地表付近では垂直–高角度東傾斜と推定される。深部の形状については資料がない。

断層面の幅は、地震発生層の下限の深さが 15km 程度と推定されること及び本断層が横ずれ主体の断層であること (後述) から、地下深部でも地表付近の傾斜と同様であるとすれば、15km 程度の可能性がある。

(3) 断層の変位の向き (ずれの向き) (注 10)

本断層付近では、谷や尾根の左屈曲や西上がりの低断層崖などの変位地形 (松本, 1976 ; 大槻ほか, 1977 ; 柳沢ほか, 1996 など) が認められているとともに、断層露頭 (鈴木・小荒井, 1989 など) やトレンチ壁面 (福島県, 1997, 1998, 1999 など) において、段丘堆積物に西側隆起の変位や段丘堆積物基底の旧流路に左横ずれの変位が認められている。また、後述するように、変位量は左横ずれが卓越することから、本断層は左横ずれを主体とし西側隆起を伴う断層と考えられる。ただし、第四紀後期における活動性が不確かな相馬市街地西方以北の地域においては、横ずれを示す資料は乏しい。

以上のことから、本断層は、左横ずれを主体とし、西側隆起を伴う断層の可能性はある。

2. 2 双葉断層の過去の活動

(1) 平均変位速度 (平均的なずれの速度) (注 10)

本断層の平均変位速度に関する資料としては以下のものがある。

相馬郡鹿島町栃窪地点では、福島県 (1998, 1999) により沖積面 (A1 面) を掘削するトレンチ調査及びボーリング調査が行われ、後述するように、左横ずれ成分の 1 回の変位量が約 1.5m、上下成分の 1 回の変位量が 0.5–1 m 程度、また平均活動間隔が 8 千–1 万 2 千年程度と求められた。これらの値に基づき計算すると、平均変位速度として左横ずれ成分が約 0.13–0.19m/千年、上下成分が 0.04–0.12m/千年という値が得られる。

また、栃窪地点より数百 m 北方では、M2 面が西側隆起で変位しており、福島県 (1998) により断層を挟んでボーリング調査が実施されている。ここでは、M2 面構成層の基底面に、上下方向の約 6 m の高度不連続が認められる。福島県 (1999) は、M2 面の形成年代を約 8 万年前と推定していることから、平均変位速度として約 0.08m/千年 (上下成分) という値が得られる。

なお、相馬市遠藤地点では、低位河岸段丘面が西側隆起で約 1.5m (活断層研究会編, 1991 など)、栃窪地点、鹿島町櫓原 (じさばら) 地点では、完新世の段丘面と推定される河成段丘Ⅲ面が西側隆起で 1 m 程度、いずれも上下変位 (岸ほか, 1985 ; 鈴木・小荒井, 1989 ; 柳沢ほか, 1986) しているが、段丘面の詳細な形成年代は明らかではないため参考値とする。

以上のことから、本断層の平均上下変位速度は、左横ずれ成分で 0.15m/千年程度、上下成分で 0.05–0.1m/千年程度の可能性がある。

(2) 活動時期

a) 地形・地質的に認められた過去の活動

本断層の活動時期に関する資料としては以下のものがある。

① 栢窪南地点（栢窪南ピット）

福島県（1998）は、L2面上でピット（TS-1、TS-2）を掘削した（図4）。福島県（1998）は、TS-1ピットの北側法面において、L2面構成層の礫層とこれを覆う礫混じり褐色砂質シルト及び黒色土壌（ α 層）が西側隆起で変位しているが、これより上位の褐色土壌（a層）には変位が及んでいないとしている。 α 層から得られた最も新しい ^{14}C 年代値は約2千4百－2千2百年前、a層から得られた最も古い ^{14}C 年代値（注11）は1世紀－2世紀を示すことから、この地点における活動時期は、約2千4百年前以後、2世紀以前と推定される。

② 栢窪南地点（栢窪南トレンチ）

福島県（1998）は、栢窪南ピットに隣接する位置でトレンチを掘削した（図5）。その結果、トレンチの南北法面から、基盤とこれを覆うL2面構成層を西側隆起で変位させる断層が露出した。

南側法面では、断層は、基盤上面を覆うIa、Ib層に1m程度の変位を及ぼしている。さらに、これより上位のIIk1層は、断層の低下側にのみ分布するなど、堆積構造も異なる。また、これらの堆積物を覆うIIk2層より上位の地層は、断層により西側隆起で変位しているもののその変位量は数10cm程度である。このことから、IIk1層堆積後、IIk2層堆積より前に活動があったと考えられる。IIk2層の堆積年代は判明していないが、IIk1層の ^{14}C 年代値は約1万4千年前、IIk2層より上位の2u層の ^{14}C 年代値は、約1万1千－1万年前を示すことから、この活動時期は、約1万4千年前以後、1万年前以前と推定される。

一方、北側法面では、断層は最上部のV層中の約2千9百－2千8百年前を示す α 層には変位を及ぼしているが、これより上位の8－10世紀の ^{14}C 年代値を示す β 層は、断層を覆って水平に分布している。このことから、最新活動は、約2千9百年前以後、10世紀以前にあったと考えられる。

以上のことから、栢窪南地点では、約1万4千年前以後、約1万年前以前と、約2千9百年前以後、10世紀以前の2回、断層活動があったと推定される。

③ 栢窪地点（栢窪A2トレンチ）

福島県（1999）は、栢窪南地点より500m程度北方の沖積面（A2面）でトレンチを掘削した。その結果、北側法面から、基盤上面を覆う1層を西側隆起で約60cm変位させる断層が露出した。この断層は、上位の2世紀－3世紀の ^{14}C 年代値を示すu層には変位を及ぼしていないことから、1層堆積後、u層堆積より前に活動があったと考えられ、その活動時期は3世紀以前であったと考えられる。

④ 栢窪地点（栢窪北ピット）

福島県（1999）は、栢窪A2トレンチより300m程度北方の崖錐性扇状地面上でピット（TN-1、

TN-2) を掘削した。その結果、ここでは、3千年前頃の¹⁴C年代値を示す黒色土壌(ロ層)に変位が及んでいることから、約3千年前以後に活動があったと考えられる。

⑤ 檜原地点(檜原南トレンチ)

福島県(1998)は、L3段丘面上でトレンチ(Jsp-1)を掘削した。その結果、13段丘構成層(砂礫層)とこれを覆う約3千1百-2千8百年前の¹⁴C年代値を示す黒色土壌に西側隆起の変位が認められた。一方、最上部の11世紀-13世紀の¹⁴C年代値を示す黒色土壌には変位は認められなかった。このことから、檜原地点では、約3千1百年前以後、13世紀以前に活動があったと推定される。

これらの調査の結果、本断層では、約2千4百年前以後、2世紀以前と、約1万4千年前以後、約1万年前以前の2回、断層活動があったと推定される。

b) 先史時代・歴史時代の活動

本断層の活動を示すような被害地震の記録は報告されていない。

以上のことから、本断層では、最新活動が約2千4百年前以後、2世紀以前に、1つ前の活動が約1万4千年前以後、約1万年前以前にあったと推定される。

(3) 1回の変位量(ずれの量)

本断層の1回の変位量に関する資料としては、以下のものがある。

① 枳窪南地点

福島県(1999)は、枳窪南トレンチの南側延長部でボーリング調査を実施し(図7)、双葉断層とほぼ直交する河川の礫層(I層)と基盤の不整合面が山際で消失する位置を変位基準として、断層位置を挟んで2.8mの左横ずれ変位、西側隆起1.1mの上下変位が推定されると指摘した。枳窪南ピット及び枳窪南トレンチ調査の結果からは、I層堆積以後、2回の断層活動が推定されることから、1回の左横ずれ変位量は1.4m、1回の上下変位量は0.55mと求められる。

② 枳窪地点

枳窪A2トレンチ(福島県, 1999)では、前述したように、基盤上面とこれを覆うA2面構成層下部(I層)が西側隆起で約0.6m変位している。

また、トレンチの底盤上では、基盤とA2面構成層下部(I層)の境界が断層を挟んで食い違っていることから左横ずれ変位が示唆され、その量は1.5m程度と見積もられている(図6)。I層からは直接年代値は得られていないが、完新世に堆積したと推定されている(福島県, 1999)。隣接する枳窪南地点でのトレンチ調査の結果から、1万年前以後の断層活動は1回のみであると推定されることから、これらの変位は最新活動によるものの可能性がある。以上のことから、この地点における1回の変位量は、左横ずれ成分が1.5m程度、上下成分が約0.6mであった可能性がある。

③ 桁窪地点

桁窪地点の桁窪北ピットでは、断層により、9千年前頃の¹⁴C年代値を示す黒色土壌（イ層）が西側隆起で0.9–1.2m程度、これを覆う8千年前頃の暗灰色礫質シルトが西側隆起で0.7–0.9m程度変位している。桁窪南地点のトレンチ調査結果から、9千年前頃以後の活動は1回と推定されることから、この地点における上下変位量は1m程度であった可能性がある。

これらのことから、本断層の1回の変位量は1.5m程度（左横ずれ成分）、0.5–1m程度（上下成分）であった可能性がある。

なお、本断層の長さは、約16–40kmであることから、次の松田（1975）の経験式（1）、（2）に基づくと1回の変位量は1–3m程度と求められ、上述の値と整合的である。

$$\text{Log } L = 0.6M - 2.9 \quad (1)$$

$$\text{Log } D = 0.6M - 4.0 \quad (2)$$

ここで、Lは1回の地震で活動する断層の長さ(km)、Dは断層の変位量(m)、Mは地震のマグニチュードである。

（4）活動間隔

上述したように、本断層における最新活動は約2千4百年前以後、2世紀以前で、1つ前の活動は約1万4千年前以後、約1万年前以前であったと推定される。これらのことから、平均活動間隔は8千–1万2千年程度であった可能性がある。

（5）活動区間

本断層の活動区間に関する直接的な資料は得られていない。

（6）測地観測結果

本断層周辺における1994年までの約100年間の測地観測結果では、断層の周辺で南北方向と東西方向の伸びが見られる。

また、1985年からの約10年間では、顕著な歪みは見られない。

最近5年間のGPS観測結果では、北部で東西方向のわずかな縮みが見られる。

（7）地震観測結果

本断層周辺の最近約7年間の地震観測結果によると、本断層付近における地震活動は低調である。本断層付近の地震発生層の下限の深さは15km程度と推定される。

2. 3 双葉断層の将来の活動

（1）活動区間と活動時の地震の規模

断層全体を1つの活動区間とした場合、上述の松田（1975）の経験式（1）に基づくと、双葉断層（長さ約16–40km）から発生する地震の規模はマグニチュード6.8–7.5程度の可能性がある。また、このような地震が発生した場合、断層の近傍の地表面に1.5m程度の左横ずれと、0.5–1m程度の西側隆起の段差や撓みを生じる可能性がある。

(2) 地震発生の可能性

本断層の平均活動間隔は8千—1万2千年程度、最新活動時期が約2千4百年前以後、2世紀以前と求められていることから、平均活動間隔に対する現在における地震後経過率は0.2—0.3となる。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、いずれもほぼ0%となる。また、現在までの集積確率もほぼ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

双葉断層では、北部において、活動履歴に関する詳しい資料が得られていない。これらについての精度良いデータを集積させて、活動区間を明確にし、最近の活動履歴や平均活動間隔を正確に把握する必要がある。

注9：原町市大原以南の長さ概ね40—50kmの断層では、第四紀後期の約12万年間に変位がなかったとされている(福島県, 1999)。このことから、当該区間の断層の長さとして松田(1975)の経験式*から1回の変位量は約3—4m、活動間隔は12万年以上となり、その活動度(注12)はC級中位以下となる。なお、仮に原町市大原以北の区間を含め、全長を80—90kmとして試算しても、上述の経験式より1回の変位量は約6—7mとなり、活動度はC級中位以下となる。

*経験式は2.2(1)項を参照

注10：「変位」を、1頁の本文及び4、5頁の表1では、一般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、本文や表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(たわ)みの成分」よりなる。

注11：10,000年BPよりも新しい炭素同位体年代については、Niklaus(1991)に基づいて暦年補正し、原則として1 σ の範囲の数値で示した。このうち、2,000年前よりも新しい年代値は世紀単位で示し、2,000年前よりも古い年代値については、百年単位で四捨五入して示した。また、10,000年BPよりも古い炭素同位体年代については、Kitagawa and van der Plicht(1998)のデータに基づいて暦年補正した値を用いた。

注12：活断層の活動の活発さの程度を活動度(松田, 1975)と呼ぶ。

- ・活動度がAの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が1m以上、10m未満であるものをいう。
- ・活動度がBの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が0.1m以上、1m未満であるものをいう。
- ・活動度がCの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が0.01m以上、0.1m未満であるものをいう。

文 献

- 福島県 (1997) : 「平成 8 年度地震調査研究交付金 双葉断層に関する調査成果報告書」. 124p.
- 福島県 (1998) : 「平成 9 年度地震調査研究交付金 双葉断層に関する調査成果報告書」. 80p.
- 福島県 (1999) : 「平成 10 年度地震関係基礎調査交付金 双葉断層に関する調査成果報告書」. 109p.
- 地震調査研究推進本部 (1997) : 「地震に関する基盤的調査観測計画」. 38p.
- 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.
- 活断層研究会編 (1980) : 「日本の活断層一分布図と資料一」. 東京大学出版会, 363p.
- 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.
- 岸 清・桑原 洋・澤田臣啓 (1985) : 福島県浜通り地方の地質. 電力土木, **194**, 24-32.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J. (1998) : Atmospheric radiocarbon calibration to 45,000yrB.P. : Late Glacial fluctuations and cosmogenic isotope production. *Science*, **279**, 1187-1190.
- 小荒井 衛 (1988) : 変動地形調査-福島県東部-. 国土地理院技術資料 D・1-No.298, 地理調査部研究報告, **4**, 76-85.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・高橋 浩 (1994) : 浪江及び磐城富岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 104p.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・山元孝広・滝沢文教 (1990) : 原町及び大甕地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 155p.
- 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.
- 松本秀明 (1976) : 阿武隈山地北東縁・塩手山付近の活断層. 東北地理, **28**, 176.
- 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・60p. 付図 1 葉.
- Niklaus, T. R. (1991) : CalibETH version 1.5, ETH Zurich, 2disketts and manual, 151p.
- 大槻憲四郎・中田 高・今泉俊文 (1977) : 東北地方南東部の第四紀地殻変動とブロックモデル. 地球科学, **31**, 1-14.
- 遅沢壮一 (2004) : 双葉断層の北方延長・活断層としての仙台青葉東断層と, 坪沼断層・長町一利府断層・久の浜一岩沼撓曲について. 地球科学, **58**, 229-244.
- 鈴木毅彦・小荒井 衛 (1989) : 福島県相馬郡鹿島町における双葉断層 (大谷断層) の断層露頭と最近の活動に関する一考察. 活断層研究, **6**, 23-29.
- 鈴木毅彦・小荒井 衛 (1990) : 双葉断層系大谷断層の最新活動に関する ^{14}C 年代資料. 東北地理, **42**, 17-19.
- 宇佐美龍夫 (2003) : 「最新版 日本被害地震総覧 [416] -2001」. 東京大学出版会, 605p.
- 柳沢幸夫・山元孝広・坂野靖行・田沢純一・吉岡敏和・久保和也・滝沢文教 (1996) : 相馬中村地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 144p.

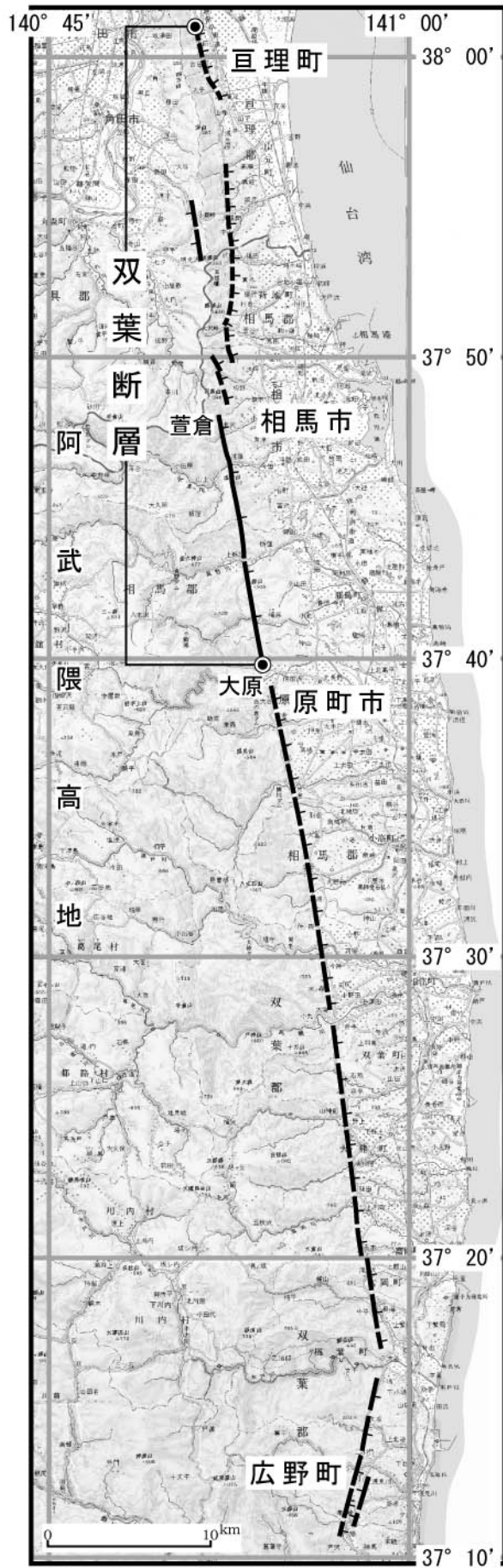


図3 双葉断層の評価において考慮した断層
 * 活断層研究会編(1991)は、相馬市北部から南方約70 kmを双葉断層として示した。

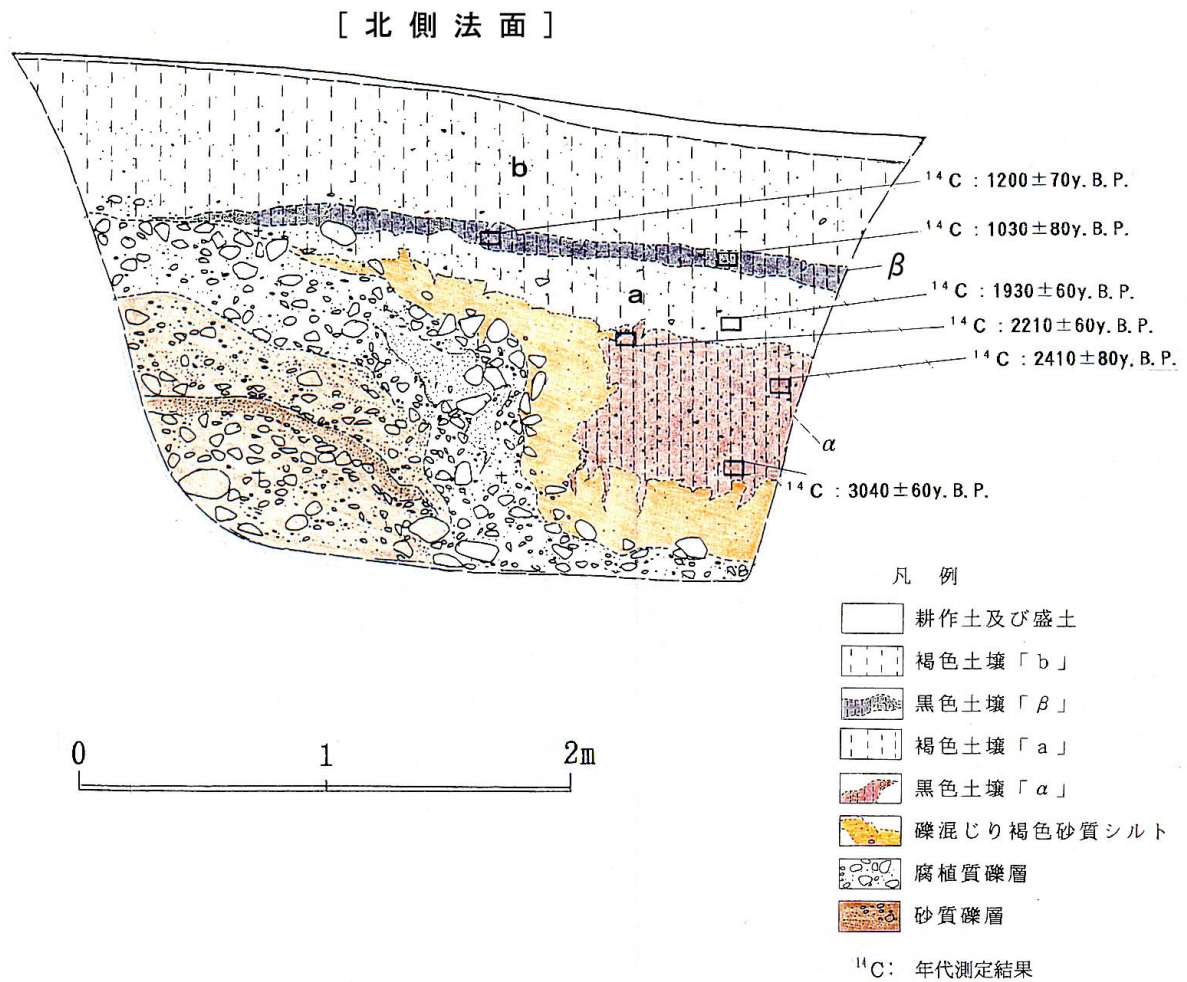


図4 栢窪南地点、TS-1ピットスケッチ
(福島県, 1999 に一部加筆)

図中の年代値は、暦年未補正の放射性炭素同位体年代。10,000年BPより新しい放射性炭素同位体年代はNiklaus(1991)に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100年単位で四捨五入して表示すると、以下ようになる。

1200 ± 70yBP → 8世紀-10世紀	1030 ± 80yBP → 9世紀-12世紀
1930 ± 60yBP → 1世紀-2世紀	2210 ± 60yBP → 約2千4百-2千2百年前
2410 ± 80yBP → 約2千8百-2千4百年前	3040 ± 80yBP → 約3千4百-3千2百年前

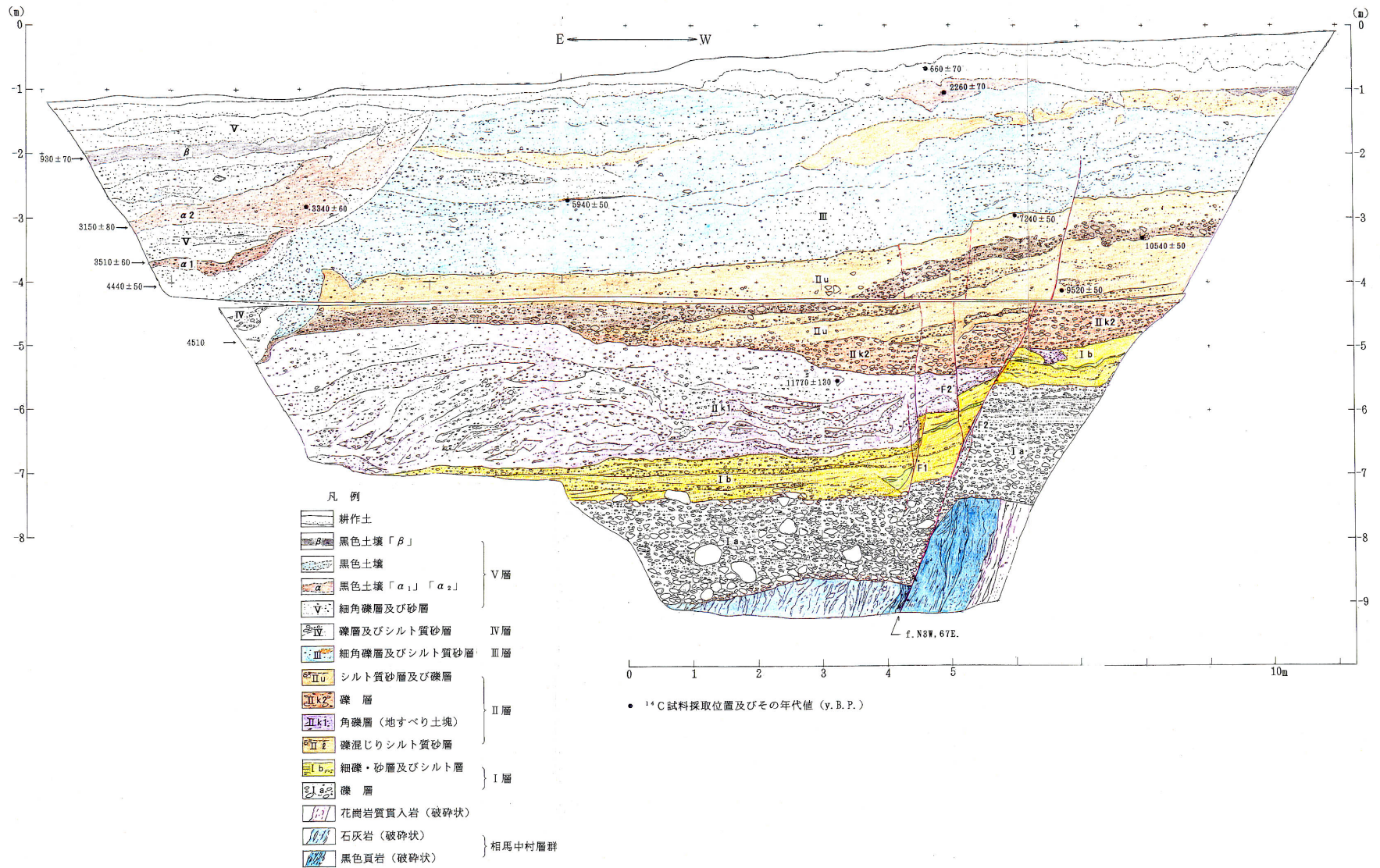


図5 析窪南トレンチ、南側法面スケッチ(福島県、1999)

図中の年代値は、暦年未補正の放射性炭素同位体年代 (yBP)。10000 年 BP より新しい放射性炭素同位体年代は Niklaus (1991) に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を 100 年単位で四捨五入して表示し、10,000 年 BP より古い放射性炭素同位体年代は Kitagawa and van der Plicht (1998) に基づいて暦年補正し、1000 年単位で四捨五入して表示すると以下ようになる。

9520 ± 50 yBP → 約1万1千-1万年前

鉛直変位 0.6m, 水平変位 1.5m での復元図

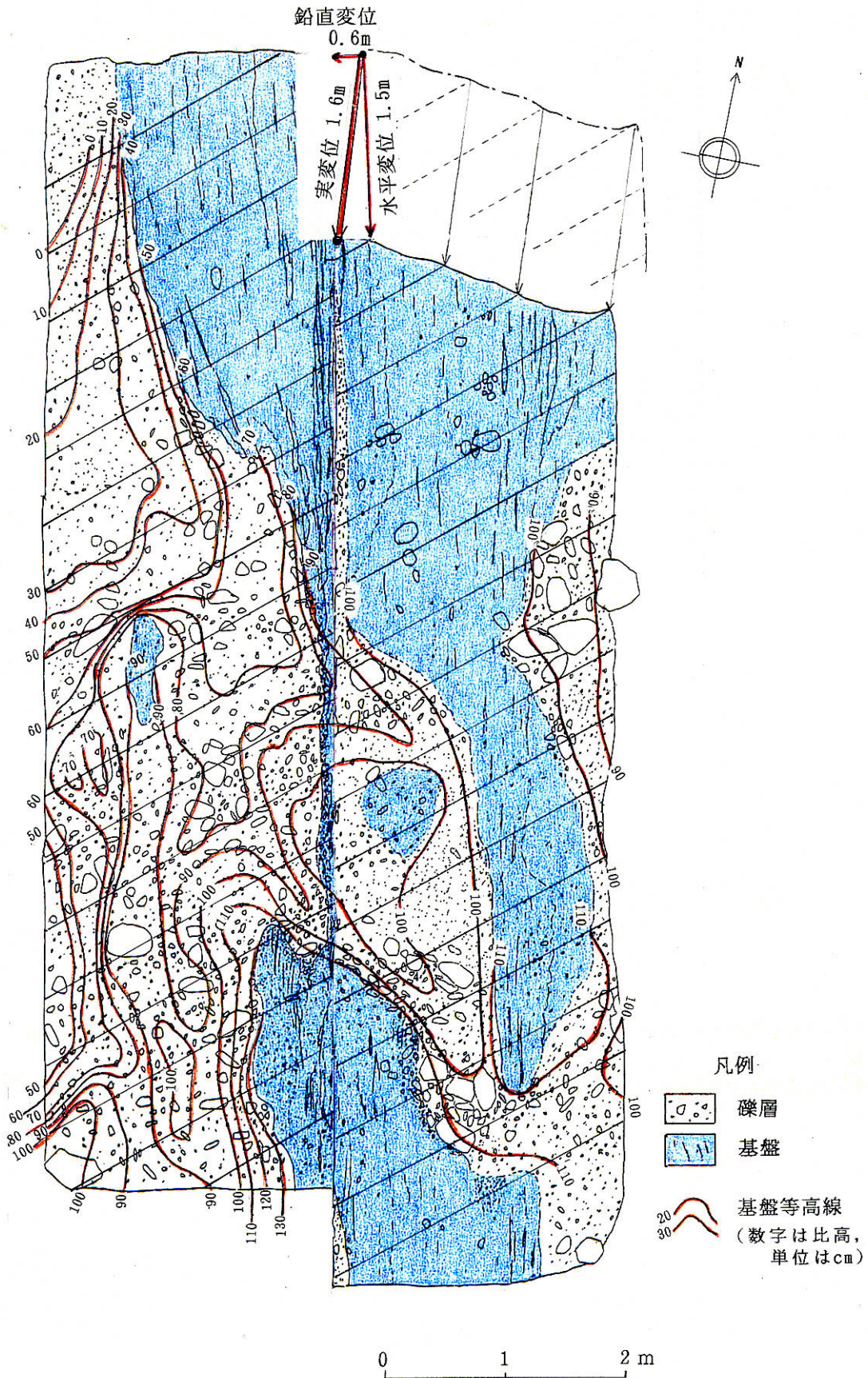


図6 枳窪Aトレンチによる横ずれ量の検討 (福島県, 1999)

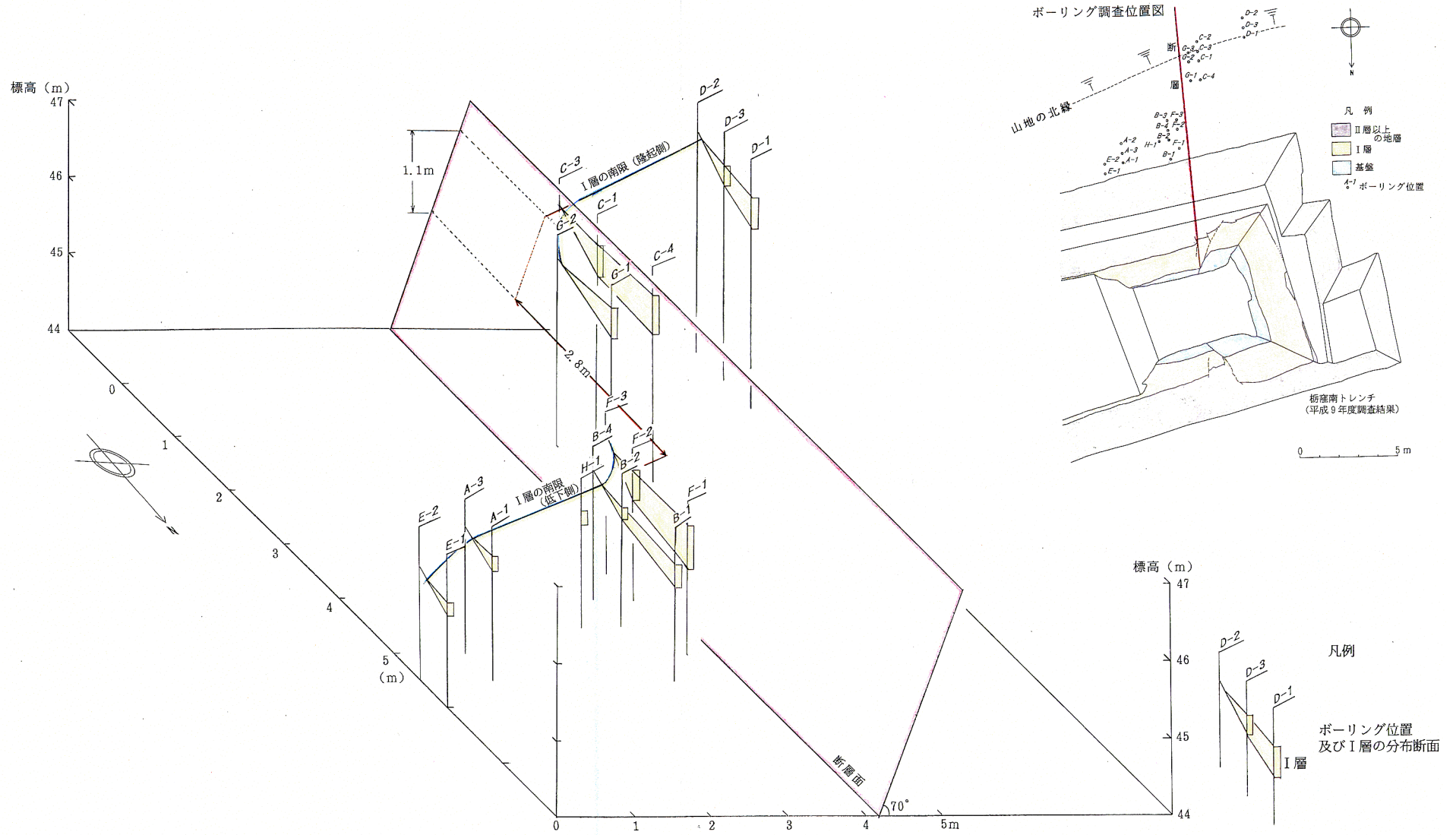


図7 析産南地点、ボーリングによる横ずれ量の検討
(福島県, 1999 に一部加筆)

表3 双葉断層の地震発生確率及び参考指標

項目	数 値	備 考
地震後経過率	0.2-0.3	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 30 年以内の発生確率	ほぼ 0 %	
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 %	
集積確率	ほぼ 0 %	
指標（1）経過年数 比	マイナス3千8百-マイナス6千年 0.3	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	
指標（3）	ほぼ 0 %	
指標（4）	ほぼ 0	
指標（5）	ほぼ 0 - 0.0001	

注 12：評価時点はすべて 2005 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。なお、計算に用いた平均活動間隔の信頼度は低い(△)ことに留意されたい。

指標(1)経過年数：当該活断層での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（BPT 分布モデルを適用した場合の考え方）。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の考え方）。

この指標は、BPT 分布モデルを適用した場合の危険率が、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。値がマイナスである場合は、BPT 分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達していないことを示す。

本断層の場合、ポアソン過程を適用した場合の危険度は、8千-1万2千分の1（0.0001）であり、いつの時点でも一定である。

BPT 分布モデルを適用した場合の危険率は評価時点ではほぼ 0 であり、時間とともに増加する。BPT 分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達するには今後 3 千 8 百 - 6 千年を要する。

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）。

付表

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。