

断層形態の把握レベル

Expression and Recognition of Fault Configuration

横田修一郎*

Shuichiro Yokota

はじめに

地質学的な立場で断層破壊過程の議論をするとき、断層形態の正確な把握が不可欠となる。しかしながら、地質図上での断層や断層系の表現の仕方は必ずしも一定せず、現実には様々な表現が存在する。たとえば、市販の小縮尺地質図では断層は直線または曲線によって表現されるが、土木関係の大縮尺地質図ではほとんどの場合細かい網目状の断層群となっており、これに比べれば、前者ははるかにシンプルであるといえる。この違いは地質図のスケール、目的、調査方法、調査精度(密度)等に大きく依存するが、個々の調査者や地質図作成者の視点の違い、断層に対するイメージの違いもかなり反映されていると考えられる。

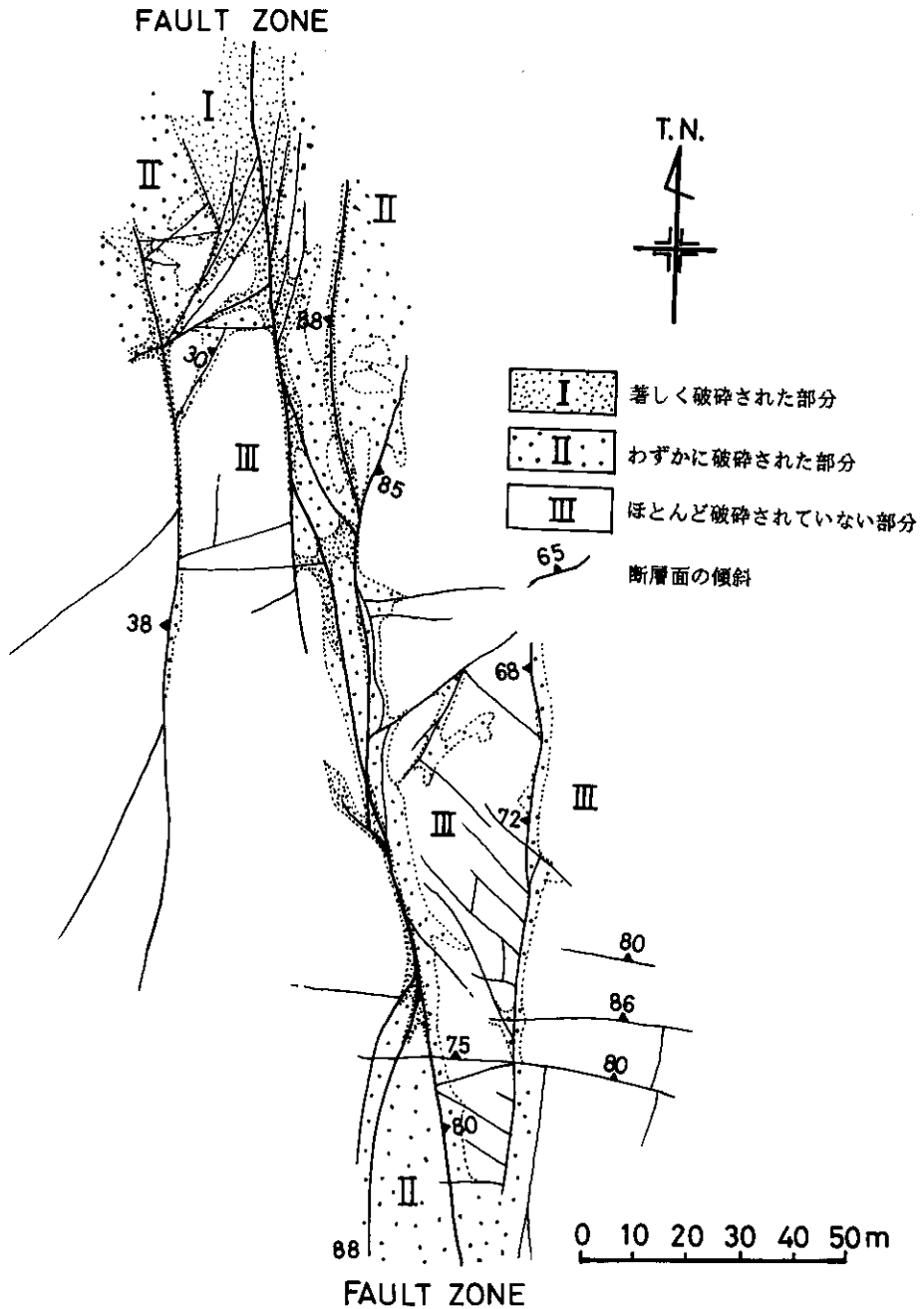
基本データとなるべき断層形態のスタート時点での違いはその後の議論に様々な影響をもたらすことが予想される。とくに、活断層や地震断層のように断層形態を地震という物理現象に対応させる必要があり、しかも従来の定性的な議論から一歩踏み込んだ議論をしようとするとき、その把握内容のレベルや地質図上での表現の違いによる影響は無視できないと考えられる。そこで、以下では地質図上での断層表現の違いならびにそれに関連する問題について考えてみる。

フラクチュア一面としての断層形態表現と 地質記号としての断層関係表現

断層の定義のなかに大きさが含まれていない以上、断層には様々な大きさのものが存在する。延長1000km以上に達し、プレート境界をなす大断層から、1/50,000の地質図に描かれている延長10km前後の中規模の断層、あるいは特定の露頭内ではしか観察できない小断層などがあり、さらにその延長として岩石の破壊実験で生ずる破壊面も顕微鏡サイズの断層といえることができる。いずれも断層面が変位面、破壊面であるという点では共通しており、このことが断層破壊過程(形成過程)の議論におけるアナロジーのよりどころとなっている。

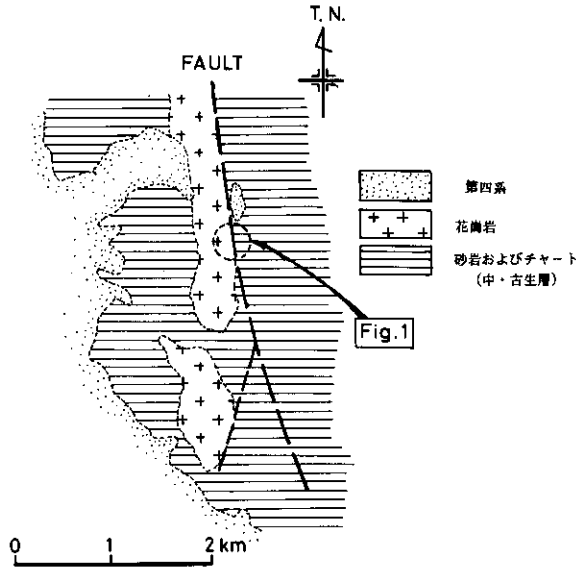
さらにこれらの断層は独立しているのではなく、むしろ互いに関連しあって存在していると考えられる。したがって、大きな断層や断層系といえども様々な大きさの断層の集合体であるとする方が妥当であろう。冒頭で述べたような1/50,000程度の地質図に直線または曲線で描かれているような断層であっても、詳細にみれば主要な断層とまわりの無数の副次的な断層群よりなる。このような断層を地質図上に表現するとき、スケールと目的、視点の違いによって表現がどのように違うかの例を第1図および第2図に示す。

*鹿児島大学理学部地学教室



第1図 掘削岩盤面の調査による詳細な“断層形態”の地質図表現。断層群は細かい線分によって全体としてネットワーク状に表現されており、これはあるスケールでみた断層の実態を表していると考えられる。

断層形態の把握レベル



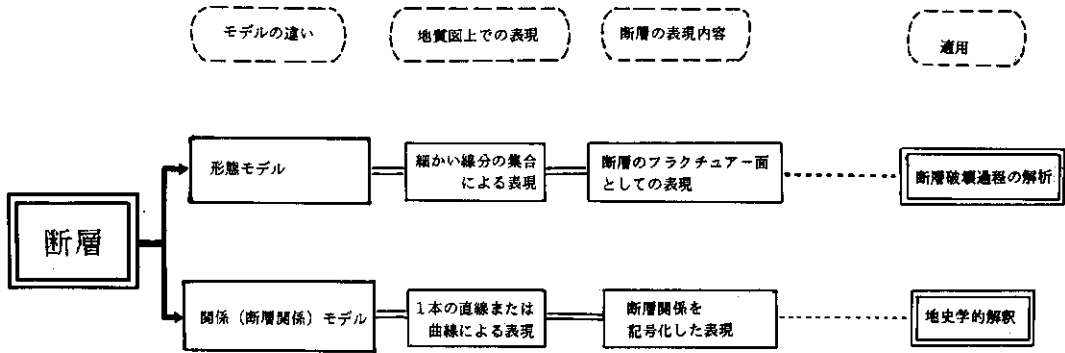
第2図 広域地質図上での“断層関係”の地質図表現。「日本地方地質誌「近畿地方」」(松下, 1970, 第39図)に加筆。断層は直線または曲線によって表現されており, これは断層のそのものの形態というよりもむしろ地史的な断層関係を表す“記号”とみることもできる。断層中央部の円内は第1図の位置を表す。

第1図は花崗岩と中・古生層の境界部に存在する断層群であるが, これは表土を全面的に削除し, 岩盤面で調査された詳細なスケッチ図(平面図)である。これでは断層は1本の線ではなく, 種々の大きさの断層面, すなわち小断層面や節理面に対応する線によって表されている。互いに平行なものも多いが, 斜交するものもあり, 全体としてネットワーク状(網目状)を呈していることがわかる。これはもちろん活断層ではなく, また種々の断層面の形成過程を明確に表したものではないが, あるスケールでみた断層の実態を表していると考えられる。一方, 第2図は第1図と同じ断層を広域的な地質図上で表現したものであり, 主断層が1本の線で花崗岩と中・古生層を境するように描かれているにすぎない。これでは断層の走向(延長方向)と変位の傾向がわかるのみである。

第1図, 第2図とも断層を表現した地質図にはかわりはないが, 第1図はどちらかという岩盤中の不連続面, 破壊面としての“断層形

態”を写実的に表しているのに対して, 第2図ではむしろ“断層関係”, “変位面としての断層の概略の位置”を表しているとみることができる。後者の場合, 花崗岩と中・古生層を境する1本の線は, 断層そのものの形態というよりもむしろ地史的な断層関係を表す一種の“記号”とみた方がよいかもかもしれない。そして, 第1図, 第2図の違いはスケールの違いがあるものの, 結果的には平面的にみた正確な断層形態を表すか, 断層関係とその平面位置を表すかの違いとみることができる。

単に変位面, 地質境界面としての断層関係や従来のような活動時期を知るだけならば, 第2図のような表現でも十分であるが, 造構運動における破断面としての断層そのもの形成機構や地震という破壊現象との対応関係を目指す場合には理想としては第1図のような“フラクチャー(破壊)面としての断層形態表現”に基づくべきであろう。もちろん, 第2図のような表現でも場合によっては多くの議論が可能なこと



第3図 断層を地質図に表現する際の2つのモデル—形態モデルと関係モデル。断層を地質図にモデル化して表現するには何通りものモデル化が可能であるが、主なものとしては破壊（フラクチャア）面としての形態を重視した形態モデルと関係（断層関係）の存在を重視した関係モデルがある。

はいうまでもないし、さらにもっと広くみれば、第2図の直線がもっと大規模な断層系の形態の一部を表すこともありうる。

形態のモデルと関係のモデル

このような地質図上での断層表現例をみると、地質図に表現されている断層は真の断層をそのまま機械的に縮小したもの（スケールモデル）ではなく、それをなんらかのかたちで近似したモデル、あるいはそのモデルを視覚化したものであるということが出来る。いかに大縮尺の地質図であっても微小なワレ目はフィルターにかけられ、ある程度の近似になっている。これは断層表現に限らず地質図一般に共通することであり、地形図作画における絵描とよばれる操作に対応している。このような点から Agterberg(1974)のように地質図による地質現象表現の限界を指摘する人もいる。

さて、モデルといってもモデル化の仕方、断層の何をモデル化するかによって—たとえば破壊面の形態を重視するか地史的解釈上の断層関係を重視するかなどの違いによって—つくられるモデルは大きく異なる（第3図）。岩松・横田(1989)が指摘しているように、断層には変位、破壊、破碎、活動時期というように、目的、視点によってとらえ方が大きく異なるた

め、何通りものモデル化が可能である。しかしながら、ここでの議論に必要なのは第3図に示す破壊面としての“断層形態のモデル”であって、単に断層関係を表した“関係のモデル”では不十分である。

現実のフィールド・データに準拠してモデルを構築し、それをもとに研究を進めていくのは断層の研究に限らず地質学の各分野に共通した研究方法である。層序学や岩石学の場合には地質体、岩体の空間的広がりから地質体間、岩体間の関係を重視したモデルがつくられる。層序学の場合には断片的な露頭で層序学的関係（上下関係、不整合関係など）さえ確認されれば、それらを総合して層序学的な関係のモデルを組み立てることが可能である。また、岩石学の場合でも岩体間あるいは岩体内部での岩石学的関係（貫入関係など）さえわかれば、関係のモデル化は可能である。これらの延長として地質現象をすべて“関係”の組み合わせとみる場合さえある（Burns,1975; 塩野・弘原海, 1988）。

さて、断層の場合にも断片的な露頭からモデル化はできるかを考えると、ここで述べたのと同様の単に“断層関係”を表すだけのモデル化は可能であるが、破壊の議論に必要な形態的なモデル化にはやはり限界があるであろう。形態的なモデル化には平面的にも広がった完全な連続露頭が必要であり、多くの場合不可能であ

る。このため、形態のモデルといっても第1図のようなものを除けば、程度の差はあるものの、断層に対する個人のイメージの違いがかなり反映されてつくられているのが現実であろう。その結果、上記の2つのモデルのどちらともいえない中間型モデルも存在することになる。おそらく、断層研究以外の目的でつくられた地質図や府県地質図などの断層にはまだまだこのような中間型が多いのではないだろうか。

まとめ

断層破壊過程の議論に関連して地質図上での断層表現というやや抽象的な問題について述べた。断層の地史的解釈、断層関係のみを目的とするとき、あるいは個々の断層の活動時期の把握のみを目的とするとき、個人の把握レベルや地質図上での表現はさして問題にはならないが、断層の破壊過程としての議論を従来よりも1歩すすめるには、より高いレベルでの断層系としての形態把握が必要となる。また、地震評価のうえでの主断層と副断層やsegmentationの見方などもこれらがベースとなる。しかし、現実問題として形態の詳細な把握は困難でもあり、地質図上では単に断層関係のみを表現したもの、あるいは個人的なイメージを入れて表現

したものも多い。このためこれらの表現はある程度しかたがないとしても、構築された断層形態のモデルとそれから言及できる範囲については十分認識しておく必要がある。そして、既存の地質図を用いる際には、できるかぎりフラクチャー（破壊）面としての断層を表現した分布図に基づきたいものである。

文 献

- Agterberg, F.P., 1974: Geomathematics - mathematical background and geo-science applications. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Burns, K.L., 1975: Analysis of geological events. *Mathematical Geology*, 7, 295-321.
- 岩松 暉・横田修一郎, 1989: 断層調査法—野外における断層のみかた. 地学ハンドブック・シリーズ 3. 地学団体研究会.
- 松下 進, 1970: 日本地方地質誌「近畿地方」, 朝倉書店.
- 塩野清治・弘原海 清, 1988: 論理地質学のための関係の代数. *情報地質*, 13, 261-296.

(受理：1990年3月27日)