

地表地質踏査技術の伝承

1. はじめに - 失われた技芸 -

「山が歩ける学生がいなくなった」といわれて久しい。<山が歩ける>とは地表地質踏査ができることを指さす。この20年くらいの間に山を歩いて地質図を作成するという研究行為そのものが大学から消えていった。額に汗をかいて身体を汚すことをばかげたことと見なす風潮を敏感に感じ取って学生も変わったが、大学教員も山を歩かなくなり、山が歩けなくなった。大学教員自身が山歩きを学生に見せないと、学生の山歩きは育たない。そして今では、ひとりで山に入ることができない学生が増え、クリノメーターを使えない学生が“地質系”コースを卒業していくことも珍しいことではなくなった。<山が歩ける>という言葉自体が死語になり、ついに大学では地表地質踏査技術は<失われた技芸>になった。

今日の大学の不甲斐なさには企業もさじを投げ、いまではほかの技術で対応するところまでできているが、失われたのは単に地表地質踏査技術だけではない。その喪失によって<自然を観る目>が衰え、地質調査の総合力が低下した。これは他の技術で簡単に補えるものではない。

さらに、バブル崩壊以降の企業の採用手控えの結果生じた若手技術者の減少と離職による熟練技術者の減少は技術を伝承される側と伝承する側の両方を減少させた。団塊の世代の大量退職はこの状況にさらに拍車を掛けることになる。<失われた技芸>の背後にある問題は根が深く深刻である。

本論では、この<失われた技芸>をどのように復活させ、次の世代に伝承していくにはどうすべきかを述べたい。しかし、伝承すべきものが失われて久しい状況を見ると、地表地質踏査とはどのような技術なのか、伝承すべきはどのような技術なのかという解説から始めるのが適切であろう。

2. 地表地質踏査はどのような技術なのか

2.1 総合的技術である

地表地質踏査は通常つぎのような流れで進んでいく。

調査の目的や既存の地質情報の有無などで実情が変わるが、はじめに、地形図、さらに場合によっては、既往の地質図も見ながら踏査ルートを選定することになる。基本的には露頭（一般には地山が地表に露出しているところをさす）条件の良い谷や、地質構造を横断するルートが選ばれるが、既往の情報によってはじめからある地層の追跡にターゲットを絞ったルートを計画することもある。また、地形解析でえられた断層地形や地すべり地形の情報に基づいて調査ルートが選ばれることもある。いずれの場合も現地に行くとき、まず地形図と現地の地形から選定した踏査ルートの入り口を確認する。

そして踏査開始となる。露頭・転石（露頭から分離した大小の岩塊）が出てくれば、その観察結果を地形図にプロットすることになる。そのとき地図上で自分の居場所がわからないとデータにならない。

露頭観察や地層の追跡では岩石鑑定能力は必須であるが、その他地質系諸分野の知識レベルは地質踏査のスピードや地質構造モデルの構築・検証に影響する。地質構造の解明を目的とする通常の地質踏査においても断層地形や地すべり地形、組織地形などに注意を払うことは必要である。実際に地質踏査では露頭を探すにも転石の意味を考えるにも地形を読む。そうしないと地質踏査のスピードが落ちるだけでなく地質構造も誤る。植生が地質踏査の重要な情報源になることもある。たとえば、チャート分布域は地形が急になるので杉や檜の植林に適さず自然林が残っている。四国山地はどこも急峻であるが、植林地内は安全に歩ける。このように地質の推定と調査ルートの選定に植生を活かすことができる。また、断層や地すべりの抽出にも植生は役立つ。断層に沿ってはしばしば湧水があり、そこでは植物の成長が早いので、植生分布から法面中の断層の位置が分かる。活動中の地すべり地の樹木はしばしば損傷を受け異常を示すので、異常樹木から地すべりの変動域や動きが読める。

ロッククライミング技術は必ずしも必要ではないが、谷や斜面を歩くための登山技術は必要である。露頭の良い谷ほど滝が多い。滝を直登するか巻く（谷壁斜面を登って滝上に出ること）かの判断と簡単なフリークライミングの技術はいる。危害を及ぼす恐れのある動植物の知識や気象を判断する知識も安全かつ快適な調査に必要である。

その他細々としたものを挙げるときりがないが、実践では服装や調査道具も非常に重要で、それが調査効率に影響する。それで細々としたものにも各自の創意工夫や思い入れが見られるから面白い。このように地表地質踏査はさまざまな分野の知識や個別技術の上に成り立つ総合的技術である。

2.2 総合化技術である

露頭は地表地質踏査の最良の情報源である。それでしばしば、この地域は露頭条件が良いとか悪いとかの話になる。では、通常露頭が占める面積率はどれくらいになるのだろうか。谷底や両谷壁に露頭が連続する谷や掘削によって岩石が露出している切土法面が続いている道路を見て、全面露頭だという。しかし、このような連続した露頭は日本では稀で、多くは10m²未満の小規模な孤立した露頭である。瀬戸内海の島では、島周りの海岸が干潮時に全面露頭になっているが、内陸部の露頭条件が非常に悪いので、露頭の面積率は10%前後である。四国山地は全般に露頭条件が良く、小規模な露頭なら至る所で見つめることができる。しかし露頭の面積率でみると、10%以下ではなかろうか。要するに日本は露頭が少ない。露頭が少ないが故に、必ずしも地質を確認したい位置に露頭が存在しない。むしろ露頭の分布は大きく偏っているといつて良い。それは瀬戸内海の島を思い浮かべれば明らかであろう。

さらに問題は、同一岩石からなる露頭であったとしても、風化状態や植生の有無が露頭ごとに異なるために情報の質に差異がでる。露頭面の向きと地質構造の姿勢（たとえば、地層の走向・傾斜）との関係は地質構造の理解をしばしば難しくする。露頭サイズが小さいと一部の現象を見てそれが全体を代表していると事実誤認をしてしまうこともある。

地質図とは、その地域の地質分布とそれらの構造的関係が三次元的に読めるように地形図上に表現したものである。このようないわゆる岩相マップが通常地質図と呼ばれるものである。その地質図作成のための地表地質踏査は、著しく偏りがあってしかも質の異なる露頭情報をマップスケールに拡張する情報の総合化技術である。しかし、地質学の知識がいくらあっても、地質が複雑な日本列島では、露頭の情報だけで地質図を作ることはできない。そこで重要になってくるのが後述する転石調査である。地表地質踏査の成功の鍵は転石が握っているといっても過言ではない。

3. どのような技術を伝承するか

踏査日数を増やせば地質図の精度が上がるという面が確かにある。しかし、地質図の精度を上げる歩き方を知らなければ、踏査日数を増やただけで地質図の精度を上げることは難しい。地質に関する知識や岩石鑑定力が同じであっても歩き方によって全く異なった地質図ができてしまう。われわれは地質図の精度をどのように評価したらよいのであろうか。

図1の地質図aと地質図bは同じ場所の地質図であるが、画かれている地質の分布・構造は全く異なっている。このような結果になった原因はどこにあるのであろうか。

はじめに図1の地域の地質について概要を述べておく。基盤の地質は付加体のチャートと泥質岩である。チャートは様々な規模のものがあり、大きなものは独立した地層のように見え、小さなものは径が数m以下で泥質岩中の礫のように見える。泥質岩中にはチャート岩塊のほかにも砂岩の岩塊も含まれている。砂岩岩塊の多くは数cm以下である。したがって、泥質岩と規模の大きなチャートの分布を三次元的に画いた岩相マップが当地域の地質図になる。地層の走向（劈開面や岩相境界面の走向）はほぼ東西である。地層の傾斜は50~60度程度が目立つが、より緩傾斜である場合も少なくない。地層の傾斜は北傾斜が多いが、南傾斜もある。

二枚の地質図において、記載されている露頭を比較すると、同じルートのルートマップであっても、露頭の位置や地点数、図示の規模に相違が出ている。小さな露頭は、実際の露頭の規模よりも大きく図示しないと表現できないので、図示の規模や位置に個人差が出てくる。図示された露頭の規模や位置の正確さは地形図の縮尺や精度によっても違いが出てくる。さらに、同じルートを歩いたといっても厳密には同じ場所を歩いているのではないし、必ずしも同じ露頭を見ていないということがルートマップの違いとなって現れる。地表地質踏査技術では、このような踏査者の個人差や表示の限界は避けられないので、どのような歩き

方で踏査し、地質図を画いているかということが重要になる。

二枚の地質図の歩き方を比較してみよう。地質図aでは、谷沿いだけでなく、尾根筋も歩いている。谷の途中から斜面を尾根まではい上がっているところもある。それに対して、地質図bでは、基本的に谷筋しか歩いていない。また、地質図aでは、転石の情報が得られているが、地質図bでは、転石の情報はゼロである。

もう少し詳しく見てみよう。地質図aでは、地形を使って、尾根筋と谷沿いの露頭・転石の分布から地層の傾斜を推定して地質図が画かれている。ルートマップから地層をどのように追跡したか、踏査ルートの軌跡が推察できる。それに対して、地質図bでは、岩相境界を追跡するのではなく、露頭で測定された地層の走向・傾斜（急傾斜の測定値が採用されている）を外挿し、露頭を繋いで地質図が画かれている。というよりも、地質図bのルートマップではこの方法でしか地質図を画くことができない。

その結果として、地質図aと地質図bとは、岩相境界面の走向はほとんど変わらないが、岩相境界面の傾斜や地層分布は全く異なったものになっている。特に地質図aの上から二枚目のチャート層は北に向かって次第に緩傾斜になり、北東に向かって層厚は次第に厚くなっている。しかし、地質図bでは、このチャート層とほぼ同層準に相当するチャート層は複数枚に分かれ、岩相境界の傾斜はより急傾斜で画かれている（図1）。

さて、地層分布や地質構造の異なるこれら二枚の地質図のうち、どちらの精度が高いであろうか。地質図の評価方法に公認された基準はないが、私の経験から、岩相境界が押さえられている地点数（岩相境界確認地点数）で評価するのが現実的であると考えている。岩相境界確認地点には、露頭内で岩相境界が測定できる地点もあれば、転石の分布から推定されるだけの地点もある。それでも、岩相境界確認地点数が多いほど、ポーリングデータとの整合性が高くなることを経験している。

岩相境界確認地点数を比較すると、地質図aが46地点、地質図bが20地点となり、差は歴然としている（図1）。しかも地質図bにおいて岩相境界が確認されているチャート層は層厚の薄いものがほとんどで、しかも、一枚のチャート層の上面と下面が確認されているものは希である。そして、層厚の厚いチャート層ほど確認されている露頭数も少ない。地質図bは何ら根拠のないところに岩相境界線が引かれているといわざるをえない。

付加体のようにさまざまなスケールの褶曲が発達している地質体では、実測された地層の走向・傾斜のうちで、地層の追跡に使えるのは走向である。傾斜を使うときは慎重でなければならない。それで、マップスケールの地層の平均的な走向・傾斜は尾根と谷の地層の分布を使って推定するしかない。しかし、転石を使わずしてそれは不可能である。この露頭・転石の分布を使って地層の分布・構造を現場で解明していく地表地質踏査法は付加体以外の地質体においても基本的に有効である。

地表地質踏査は個人の技量が成果品の質を大きく左右す

る技術である。地質図とともにルートマップが図示されていないと、反証の可能性は保証されにくい。ルートマップが図示されていない地質図は地質図の精度評価が難しいためにその価値が半減する。

4. どのように伝承するか

一般に技術は生身の人間を通して人から人に伝承されるものである。技術書があれば事足りるというものではない。どこをとっても同じでない現場を相手にする地表地質踏査は特にそうである。現場のことは現場で実践的に学ぶしかない。自ら現場を経験して技術を獲得していくしかない。技術を伝承するにも、現場指導が欠かせない。地表地質踏査の伝承・修得には時間が掛かるのである。

技術を伝承し育てるには、技術を伝承する人と伝承される人の関係が良好であることが重要であるが、それだけでは不十分である。その技術力や成果品を正しく評価し活用する人の役割も重要である。地質図を画けない人に地質図は読めない。成果品を受け取ってそれを活用する側に地質図を読める人がいないのはまずい。質の良いものは高く売れ、高い技術力を有する人は好条件で処遇されるということでないで技術は育たない。

今日、さまざまな目的の地質図（主題図）が作成されているが、初心者の地表地質踏査技術の修得には岩相マップの作成が適している。そして、その訓練には、地質構成が単純かつ岩石鑑定が容易であるフィールドが望ましい。さらに、地中の構造チェックが可能なボーリングデータがあればなお良い。そのようなフィールドで、地質図は現場で画くものであることを修得する。この訓練を通して、安全かつ効率的な踏査ルートを選定方法や露頭の観察法、転石の使い方などを実践的に学んでいく。このような教育プログラムの実践には産官学の協力が必要かもしれない。

5. フットワークの良さを活かそう

地表地質踏査技術は技術者個人の身体に獲得されている能力である。現場の地図が与えられれば、装備の準備に時間を要することなく、ほとんど身体ひとつで、現場に着いたそのときから踏査を始めることができる。フットワークの良さが地表地質踏査技術の大きなメリットである。

様々な調査フローにおいて、地表地質踏査はフロー中でほとんど初期段階に位置づけられている。それは、地表地質踏査技術なら、情報があまり集まっていない初期段階において、断片的な情報を拾い集めて全体を見通すことができるからである。初期段階に地表地質踏査を実施し、問題の本質を見極めて調査の方向性を決定することは有意義である。

しかし、地表地質踏査による概査と精査によって地質図が作成された後は、ボーリング調査や各種物理探査といった別項目の調査に移行していき、通常、それ移行地表地質踏査は行われなくなる。これでは、地表地質踏査のフットワークの良さが十分に活かされているとは言い難い。

ボーリング調査で得られる線的情報や物理探査で得られる面的情報は三次元の空間の中で意味づけを行うことによって付加価値が上がってくる。線的・面的情報から三次元地質モデルを構築・検証する上で、地表地質踏査は有効である。

近年、地すべりの安定解析を三次元のすべり面で解析することもできるようになった。しかし、既存の二次元の地質断面図を三次元に拡張しようとしたとき、しばしば破綻している。それは、これまでの地すべり調査では、岩相マップが作成されることはきわめて希で、二次元地質断面図は複数のボーリングデータを機械的に繋いだだけのものだからである。その結果、たとえば、交差する二次元の地質断面の間で地質分布や断層の位置に矛盾があってもきちんとチェックされていないということも起きている。

たとえボーリング一本の調査であっても、それを実施する前後で地表地質踏査を行っておれば、ボーリング調査の情報は生きてくる。こういうこともフットワークの良い地表地質踏査だからできることである。フットワークの良さを活かして気軽に活用することで、地表地質踏査は今後ますます技術的に向上し、地質調査全体の質的向上に貢献するものと期待できる。

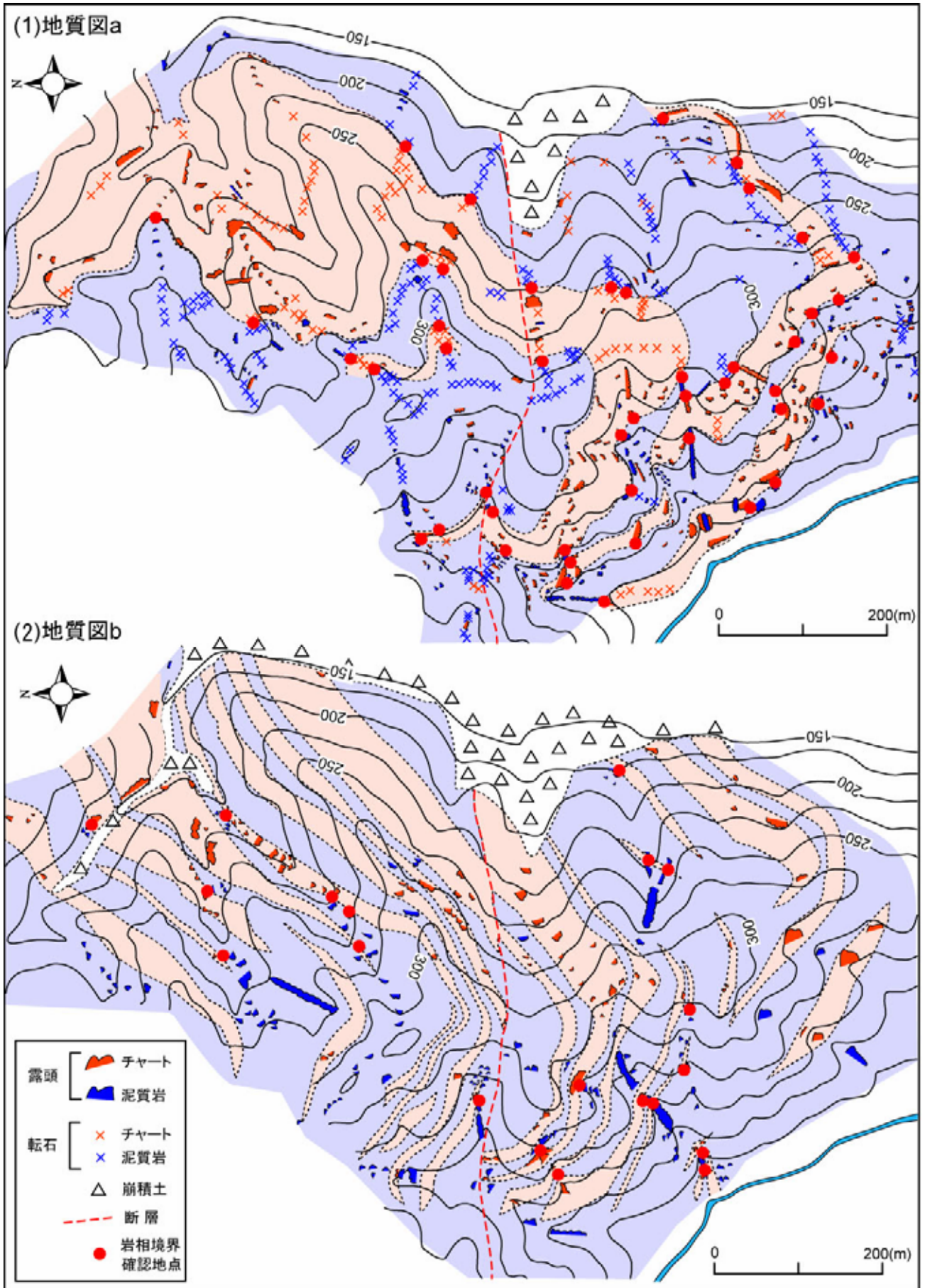


図1 同一地域で作成された二枚の地質図（ルートマップ付き）の比較
 （全国地質調査業協会連合会 編「地質と調査」，土木春秋社， p.19-22 より）