

小川勇二郎・久田健一郎：付加体地質学（日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会編，Field Geology 5）共立出版，2005年8月，160ページ，2,100円（税込み），ISBN4 320 04685 4。

（書評1）

日本列島の地質を理解する上で、「付加体」は避けて通れない概念である。また、最近、日本列島周辺での深海底掘削データが蓄積されるとともに、海域や平野部における大深度地下構造探査が数多く実施されてきている。これらのデータは「付加体」の実証に重要な役割を果たしているだけでなく、新たな見方を加えるのにも役立っている。

さらに、応用地質学の分野では、斜面崩壊などの防災対策や、ダムやトンネルの施行における事前の地質調査などに際し、地盤の強度や特性の基礎情報として、付加体の岩相分布や地質構造の把握が重要であるとの認識が広がっている。

このような状況の中、本書は「付加体学」入門の手引き書として世に出された待望の書である。また、地質学の普及を目的に、地質学の基本である野外地質学がわかりやすく解説された「フィールドジオロジー（全9巻）」のシリーズの1つとして本書が出版されたのは、非常に時宜に合ったことである。

本書の中は、「A概説編」、「B実践編」、及び「C文献編」に分かれ、Aで付加体の研究史を概説し、特徴、要素、及び認定基準について、最近の研究成果を引用しながら、わかりやすく解説している。

次に、Bで陸上付加体の研究方法について、各地域の露頭写真やスケッチ、概念図等を示しながら、具体的に説明するとともに、アナログ実験にも言及している。また、後半では、「付加体案内」として、日本列島各地の付加体の特徴について概説するとともに、世界の付加体にも簡単に触れて

いる。特筆すべきは、これらの説明文中に挿入された囲み記事の存在であり、付加体研究にまつわる「デコルマン」や、「メランジュ」、「オリストストローム」といった専門用語がわかりやすく解説されており、これらを読むだけでも「付加体学」の最先端に触れることができる。

最後に、Cで引用文献がまとめて示され、検索やさらに詳細な検討を行う際に便利のように配慮されている。

このように、本書は付加体地質学を概観する上で最適の書であるが、手引き書として位置付けられていることもあり、さらに踏み込んだ解説書の登場が期待される。例えば、沈み込んだ付加体がどのようにして地表に顔を出すかについては、「A-3-8 沈み込んだ地層の運命」の中でごく簡単に触れられているだけなので、個人的には、この現象についての考察を詳しく紹介したものがあると有り難い。また、各地域の「付加体案内」は説明が簡略化され、読者にはわかりにくいと思われるので、今後、日本列島の付加体を地域毎または時代毎に解説するような続編、または別企画の解説書の登場を期待したい。

さらに、ダムやトンネルの施行といった土木建設の現場において、付加体分布地域における断層破砕帯の分布や特性、岩相変化などを予測するために、付加体の構成要素や地質構造などを理解する必要が指摘されてきており、今後、両者を結びつけて解釈するための研究の進展が望まれる。

このように、付加体地質学は、これからの発展が期待される分野であり、その入門書である本書は、地質学に関わる者にとって必読の1冊である。（下川浩一）

（書評2）

付加体という言葉は、このごろは誰でも話し誰でも引用する述語であるが、その正確な意味を知っていると見える人は案外少ないのではなからうか。付加体といった時、サブダクションで付け加わったものか、大陸がぶつかって成長したものか、一瞬迷うことがある。プレートの収斂境界でサブダクションに伴ってできる地質体という意味

に特定して使うようになったのはそう古いことではないので、まだ使い方が十分安定していないということなのかもしれない。

いろんな書籍を見ても、書き方からして同じではない。いまでは付加体と書く人が多いが、一昔前は付加帯と書く人も多かったし、付加プリズムと表記する人や付加コンプレックスとわざわざ書く人もいた。英語でも今では accretionary prism がかなり広く使われているけれども、accretionary wedge と書く人もいれば accretionary complex という人もいる。AGI の Glossary of Geology を見ると 2004 年の第 4 版には accretionary prism は載っているが、ちょっと古い第 2 版（1980 年）にはまだこの言葉は見あたらない。こういう分かったつもりで分かっていない言葉というのは困った代物である。大体術語というのはその言葉を使うと物事が理解できたような気分になってしまうもので、サブダクションで付加するとはどういうことで、できた地質体はどのようなものだ、ということをしきりと理解していないと話がこんがらかるし、物事が先に進まない。

日本列島の骨格は大部分この付加体でできていると人がいうから、そうなのかと思ってしまうのが一番危ない。そういう危ないものをきちんと解説してくれる本があればこれに越したことはない。日本中付加体ならばそれを調べている人の数は少なくないに決まっているが、この本の著者たちはそういう人たちの中でも言葉や意味にうるさい人たちであって、きちんと言葉の内容を説明してくれている。著者の一人小川氏は、地表面を歩くだけではもの足らず、潜水調査船にのって海溝底にまで潜って行って今付加しつつある岩体を見るという進取の気性に富んだ人である。

この本は小型ながら内容は豊富である。大きく分けて A 概説編、B 実践編、C 文献編の 3 部分からできている。最初の概説編は付加体という言葉の意味するところを概説しているところで、付加体というのはなんだろうと思う人がまず取りかかるころではあるが、同時にもう知っていると思っている人ももう一度振り返って反省する機会

が与えられるところでもある。実践編というのは妙な表題だが、研究方法の提案と事例の紹介が含まれている。文献編は説明するまでもないが、入門書や概説的な論文が別にまとめられていて何から読み始めたらいいかとっかかりを与えてくれる。全部を通して読めば一応付加体に関する知識の概略が得られるようになっているが、なんといっても面白いのは概説編である。

A 概説編の最初に「A 1 付加体概念の発想と進展」という章があって、簡単ではあるが要領よくまとめられた歴史が書いてある。それによると付加体というものの概念が生まれたのは 1970 年代のようである。付加体というのは「プレートの沈み込み境界におけるウエッジ状の物質の付け加わり」（6 ページの囲み記事にある定義）であるから、そのモデルは島弧―海溝系の研究者から言い出されたのは不思議でないが、もっとも早いモデルは日本から提案されている（九大の勘米良亀齡氏、1976 年）ことが紹介されている。その後の進展は沈み込み境界の地震探査や深海掘削に大きく依存しているが、陸上での調査も重要な寄与をしている。日本での研究はその点で特筆大書しなければならないと著者たちはいう。付加体と認定するに必要な要素は「A 2 付加体の特徴、要素と認定基準」と題する 1 章で説明されている。そのような要素として 15 の要素があげられているが、この中でも一番大事なのは 3 要素で、1) 外側に若くなるスラストシートの積み重ね、2) シート内部と全体の若くなる方向が逆、3) 外側フェルゲンツであるとされている。このほかにもっと細かい特徴を 12 あげている。これを全部確かめるのは大変そうだが、全部なければならないというものでもなくて、総合的に判断せよというのが結論のようである。

それに続いて、「A 3 付加体の基礎知識」と題する 1 章があり、ここで付加体の形成プロセス、形成のメカニズム、付加体の集積物、その変形などがかなりの分量を割いて説明されている。この章はいわば全体の核心ともいえる。プレートの沈み込みにもなって、なにがどこにどのように付け加わってゆくかがモデルの図とともにかなり詳

しく説明されており、その中にはきわめて新しい成果も取り入れられている。海洋性の岩石が取り込まれるプロセスや沈み込んだ地層の運命といった付加体の発展の基本的な問題もきちんと取り扱われている。おなじみのスラストシートの積み重ねの図が何度かでてくるが、残念ながら小型の本のためか細かいところが読みづらい難点はある。しかし、その言わんとするところは十分くみ取ることができる。

さて、この部分はこの本の核心ともいうべき部分であるが、それを完全に理解するのは必ずしも容易ではない。それにはすでにかかなりの基礎的な知識が要求される。ところどころに囲み記事のスタイルで用語の定義が示されているのは有用であるが、それだけでは足りなくて、十分に理解するにはほかの書物や論文にあたりながら精読する必要があるだろう。これはこの本がフィールドジオロジーと称するハンディなシリーズの一編として書かれたために、叙述を簡潔にせざるを得なかったせいもあるかもしれない。

第2のB実践編には陸上での研究方法と付加体のガイドブックが一緒に入っている。前者は「B 1 陸上付加体の研究方法」と題されていて、主に陸上の露頭規模での観察のしかたを取り扱っている。しかし、マニュアルのようにそれに従って観察すればそれでよしというようなものはない。前章の基礎知識にでてくるような大小の地質現象を見逃さずにその意味をしっかりと把握しながら進め、というような書き方である。要するに小・中規模の構造の特徴を知り、それが付加体全体の中でどういう位置にありどういう意味をもっているかを考えよという、地質構造解析や堆積相解析の常道を説いていると考えていい。対象が付加体なので、付加体特有の構造を紹介しているのはもちろんである。付加体の特徴の一つである混在岩の見方などは、実際に野外調査をする人々にはよい指針になるだろう。またサンプルの室内における取り扱いにも触れている。

実践編の後半は「B 2 付加体案内」というガイドブックになっていて、どこにいったい何を見れば付加体の概念が得られるかが書いてある。あ

げられている例は日本の各時代の付加体を網羅している。新生代の三浦・房総、白亜紀の四万十帯、列島中軸部のジュラ紀付加体、内帯の二畳紀付加体などが取り上げられている。さらに国外ではニュージーランド、スコットランド、フランスカン、アペニン山地などが引かれている。ただし、説明はどれも簡単で、これだけもって現地に見学に行くわけにはゆかず、概要を知るとともにもっと詳しい案内書になるような本や論文を探すきっかけを与えてくれるものと思った方がいい。

このハンディな本は、そのハンディさのためにやさしい入門書だと思つと、存外歯ごたえがあることを発見して驚くことであろう。それはよくあるようなこれまでに書かれた本を読んで要約したというような概説書ではなく、著者たちが自分たちのこれまでの研究を通して考え理解したことを本の中核にして、なにが本質的かと考えながら書いたたからだと思つ。そういう意味でさらに付加体の理解を深める動機を与える本であるともいえる。それはそれで十分存在価値がある。本の分量に対して多少値段が高いと感じられるかもしれないが、中身は充実していて十分その価格に値する。研究者はもとより、野外での調査を業とする技術者にも、また日本列島のなりたちや地球の科学に興味をもっている人にも、1冊を各自の本棚に備えておくことを薦めたい。

(佐藤 正)

B. ホフマン ウェレンホフ, H. リヒテネガー, J. コリンズ(著), 西 修二郎訳:「GPS 理論と応用」 シュプリンガー・フェアラク、東京、2005年4月、435ページ、5,250円(税込) ISBN: 4431711589。

本書(Global Positioning System: Theory and Practice)は、オーストリア、グラーツ工科大学のB. ホフマン-ウェレンホフ博士(Dr. B. Hofmann-Wellenhof)、グラーツ工科大学の同僚のH. リヒテネガー博士(Dr. Herbert Lichtenegger)、そして米国メリーランド州ロックビルのJ. コリンズ博士(Dr. James Collins)が共著

されたものである。「はしがき」によれば初版は1992年発行とあるが、本書は第五版(2001年)を翻訳したものだ。B. ホフマン-ウェレンホフ博士は、1992年当時にIUGG(国際測地学地球物理学連合)の会長だったHelmut Moritz博士のお弟子さんにあたる方で、理論家のような。H. リヒテネガー博士は軌道理論や地球力学現象を含む測地天文学の専門家であったが、1986年以降は主にGPS研究をされた。J. コリンズ博士は1980年に米国の国立測地局(NGS)の副長官を退いた後、GPSによる測量に取り組みられた方で、Geo/Hydro社の創設者であり同社の会長も務められた。

翻訳者は西 修二郎氏で、東京教育大理学部卒業後、1973年から国土地理院に勤務され、その後関東地方測量部長、測地観測センター長を歴任された。同氏は2005年3月時点では日本測量協会常任参与である。記者あとかぎによれば、国土地理院が日本全国に約一千点のGPS連続観測網(「電子基準点」ともいう)を整備された際に本書の初版をご覧になられて刺激されたことが翻訳の契機になったようだ。

以下、目次順に各章のタイトルと内容をまとめる。なお、内容を反映すると思われる用語等を各章毎に最後の括弧内に追加した。

第1章「はじめに」: 測量の起源, グローバルな測量技術の進歩, GPSの歴史(測量やGPSの歴史についてのレビュー, 静止測量と動的測量の違い, GPS衛星からのC/AコードとPコード)

第2章「GPSの概要」: 基本的な概念, 宇宙部分, コントロール部分, ユーザー部分(GPS衛星の配置と更新履歴, 今後の更新計画, 衛星搭載原子時計(短期安定度は 10^{-13} ~ 10^{-14}), 原子時計で組み立てられるL1信号(1575.42 MHz; 波長19.0 cm)とL2信号(1227.60 MHz; 波長24.4 cm)による電離層屈折誤差の除去, 民生用C/Aコード(測位誤差は約300 m)および以前は利用許可が必要だったPコード(測位誤差は約30 m)の違い)

第3章「基準座標系」: 座標系, 時間のシステム(WGS-84, ITRF, 座標変換)

第4章「衛星軌道」: 軌道の説明, 軌道決定, 軌道の広報(六個の軌道要素と軌道表現方法, NAVSTAR, 衛星に作用する加速度擾乱(軌道要素の時間変化の原因), ケプラー軌道, 摂動軌道, 軌道データの広報, 放送暦と精密暦)

第5章「衛星信号」: 信号構成, 信号処理(GPS信号の処理方法, 疑似ランダム雑音符号(PRNコード), C/AコードとPコードのフォーマット, 地上受信機構成と受信コード信号抽出)

第6章「観測量」: データ取得, データ結合, 大気の影響, 相対論効果, アンテナの位相中心のオフセットとその変化, マルチパス(GPSコードと位相, GPSアンテナ, ドップラーシフト, 大気モデル, 大気水蒸気, ノイズの除去, 相対論)

第7章「GPSによる測量」: GPS測量の計画, 測量作業, データ処理, 測量作業報告書(実際の測地作業の流れ, ディファレンシャルGPS(DGPS)と測位精度, 相対測位, 測量計画, 基準点との結合, 短基線, GPS網, 高さの基準系)

第8章「測位の数学モデル」: 単独測位, デファレンシャル測位, 相対測位(測地条件, 種々の測位モデル)

第9章「データ処理」: データ前処理, アンビギュイティーの決定, 網平均, フィルタリング, 平滑化, GPS数学モデルの網平均, 精度低下率, 精度基準(サイクルスリップの検出と除去, 線形問題化, 逆問題解析)

第10章「GPS成果の変換」: 序論, 座標変換, 基準系の変換, GPSデータと地上測量データの混合(楕円体座標, 局地座標系)

第11章「GPSのソフトウェア」: 序論, 計画, データ転送, データ処理, 品質管理, 網計算, データベース管理, ユーティリティ, 適応性(複数のGPS測地ソフトウェアの中からの用途に応じた選択)

第12章「GPSの利用」: GPSの一般的な利用, 姿勢決定, 航空写真測量に使われるGPS, GPSの相互運用性, 基準網の設置(様々な空間スケールでのGPS利用方法, 電波航法システム)

第13章「GPSの将来」: GPSの新たな利用面,

GPS の近代化，GPS の補強システム，GNSS，ハードウェアとソフトウェアの改善，おわりに（GPS 時計，次世代 GPS）

全般的な印象だが，数式表現方法については改善の余地があるのではなからうか。訳者のあとがきに書かれてもいるが，2004 年 12 月には GPS 民生利用が保証されたとのこと。残念なことかどうか判らないが，少なくとも評者は日本で実用化された GPS 解析ソフトウェアを知らない。関係者の努力を期待したい。

ところで，欧州は米国 GPS とは別の“ガリレオ”という衛星測位システムの整備を計画している。この計画には中国も参加するとの報道があった。また，中国は自ら衛星測位システム（中国版 GPS）の整備を検討しているようだ。我が国の今後の対応が気になるのは私だけではあるまい。

言うまでも無く，GPS は今や測地学を含めた固体地球分野のみならず，気象学でも大気圏水蒸気量の推定等に利用されている。また，車両等の一般の航法装置にも組み込まれているし，携帯電話等でも GPS による位置情報は使われている。現在の状況は 1980 年代前半には予想できないものではなかったらうか。

評者は，1980 年代前半（防災科学技術研究所 [以下，防災科研] 勤務時代）に南太平洋での自己浮上式海底地震計を利用した海底地震観測研究に参加した経験があるが，外洋での GPS の威力には驚いた。海底地震観測研究では震源決定の際に海底に設置した地震計の正確な位置情報が必要である。外洋における海底地震観測航海では，まずは正確な船位決定が必須である。そして，潮流や海底地形を考慮しつつ，海上の観測船と海底に設置した地震計との間の超音波測距データを基にして海底地震計の設置位置を推定するのである。当時，南太平洋ではロラン C はあまり有効ではなかったので，衛星から発射される電波のドップラーシフトを観測して測位するシステムである NNSS（Navy Navigation Satellite System）なる米国海軍航行衛星システムを利用する場合もあった。四方が海の中で異邦人だった船上の我々は，二百～三百 m 程度の測位精度と言われ

た NNSS では衛星の飛来頻度が数時間に一度であったため，十数点の海底地震計の設置や回収作業を観測航海期間中の限られた割当時間内で終えるのに苦労した。つまり，設置や回収作業は間延びした NNSS による船位決定タイミングに律則されたのである。また，NNSS の測位精度は一定ではなかったので，海底地震計設置点での船位決定のため NNSS 飛来を 2 回（またはそれ以上）待つこともあった。翌年の南太平洋での別の海底地震観測航海では，幸運にも関係者の配慮と国内某電気メーカーの協力により GPS 受信機（試作機）を持参することができた。当時は GPS 衛星打ち上げ数が足りず，地球上のどこでも GPS 衛星を常時確認できる訳では必ずしもなかった。そのため，上空に GPS 衛星がみえるまでの待ち時間は NNSS 程でないにしろ多少必要であった。でも GPS 衛星が一個または複数飛来した時は NNSS に比べて（当然ではあるが）測位精度は向上した。特に，GPS 測位情報が 1 秒前後の間隔でプリンタに出力されるのを見た時は，船の乗組員を含めた関係者で顔を見合わせ，感涙にむせんだような思い出がある。また，評者は 1980 年代後半に関東・東海地方における GPS 連続観測網整備プロジェクトに参加した。この GPS 観測網は最盛期には合計 20 箇所近くの GPS 固定観測点で構成され，少なくとも国内で最初の広域観測網であった。この防災科研 GPS 観測網は，1989 年 7 月 13 日に伊豆半島東部の伊東沖で起きた手石海丘噴火に伴う地殻変動を見事に捉え，GPS の地殻変動検知能力の高さを国内外に実証した。その後，国土地理院による全国規模の電子基準点（固定 GPS 観測点）の整備が開始されたこともあり，防災科研の GPS 観測網は次第に縮小されてきたようだが，GPS 観測点新設等を一部担当した評者は，いささか寂しい気持ちになるのは止むを得ない。なお，国土地理院の電子基準点ネットワークは整備直後から全国規模の観測網としての威力を発揮していて，これまでも様々な（ゆっくり地震を含む）大地震による地殻変動を捉え，大地震の時空間的発生機構の解明に大きく寄与している。または，国土地理院等の電子基準点だけでは

なく、必要に応じて特定の領域に臨時 GPS 観測点を設けることにより、その領域でのさらに詳しい地殻変動等を捉えることができる。電子基準点と臨時観測点を併用することにより、有珠山や三宅島、浅間山等での火山活動に伴う局所的地殻変動を精査・監視することが可能となった。そして、電子基準点データにより日本列島内の広域的歪帯の存在が確認されつつある。この歪帯の時空間的な挙動の解明は、日本列島とその周辺でのプレート境界の識別やプレート間大地震、プレート内大地震の研究にもつながるであろう。また、もう少し広域的にみると、フィリピン海プレートやアムールプレートといった小プレートの運動等も GPS（等）の近代的測地手法により精度良く決まりつつある。さらには、インド亜大陸のユーラシアプレートへの衝突等によるユーラシアプレート東部の変形、或いは地中海から中東、インドネシア地域、トンガ海溝域にかけての地域での様々な空間スケールでのプレート運動や大地震に伴う地殻変動なども捉えられつつある。この他、前述のように気象学では大気水蒸気の分布量の推定等にも GPS データが使われはじめた。このように

GPS は（理学系に限ってみても）測地学や固体地球物理学、気象学等の発展に多大な貢献をしている最中である。研究論文等で GPS の威力に触れる度、つくづく我々は幸運な時代に生きていると感じる。GPS や関連技術の整備に尽力された米国等の関係者には心から感謝したい。

本書では、GPS の概念や基本技術の解説を主要な部分とし、GPS 測地手法に関する最新の進歩も取り入れている。研究者のみならず、地殻変動や測量実務者、航法技術者等にも是非一読をお勧めしたい。前提とする知識や数式の内容等から判断すると、大学の学部でも教科書または参考書として利用可能である。

最後に付け加えるが、今から二十年前の 1986 年に日本測地学会編著「GPS 人工衛星による精密測位システム」という解説書が日本測量協会により発行され、評者も GPS 技術の理解に役立った記憶がある。大学や国土地理院、国立天文台等の関係者の方々には、理学系（特に地球科学系）への応用に重点を置いた GPS 教科書や専門書のご執筆を今後も是非お願いしたい。

（江口孝雄）