

シームレスな 20 万分の 1 日本地質図の作成とウェブ配信

— 地質図情報の利便性向上と有用性拡大を目指して —

脇田 浩二*、井川 敏恵**、宝田 晋治**、伏島 祐一郎**

地域ごとに異なる時代に作成された地質図を、統一した最新の凡例のもとに再構成し、同時に区画の境界を連続化して日本全体をカバーするシームレスなデジタル地質図を作成した。その研究過程を中心に、地質学の基礎研究から社会への情報発信技術に至る研究シナリオを構想した。また第 1 種基礎研究の成果としての地質図を、誰でも容易に利用できる情報に加工し、インターネットを通じて相互運用性の高い情報として国内外に発信するまでの第 2 種基礎研究としての研究方法を創出し、地質図研究における本格研究への道筋を提案した。

1 はじめに

地質学には、地表・地下における自然現象を解明する基礎科学としての側面と、地下資源探査など社会要請に密接に結びついて発展してきた応用科学としての側面がある。地質学の黎明期に作成された世界最初の地質図は、地下の不思議や謎を解き明かし、私たちの目の前に示してくれると同時に、石油・石炭・鉄・ダイヤモンドといった宝の山を人類にもたらす貴重な知見と情報を与えてくれた^[1]。現在においても、地質学は地球のシステムを理解する知識の体系を構築する学問として発展し続けるとともに、国際地球惑星年 2008 の標語「社会のための地質科学」にあるように、資源・環境・防災など多方面において、役立つ実学としての役割を担っている。

日本では、産総研地質情報総合センターの前身である地質調査所が設立された明治 15 年 (1882 年) 以来、様々な縮尺の地質図が作成され、明治初期から戦中・戦後にかけて産業振興を支える鉱物資源探査の基礎情報として重要な役割を果たし、近年では産業立地、防災や環境対策の基礎情報として利用されてきた。中でも 20 万分の 1 縮尺の地質図は、全国を網羅する最も詳細な地質図として、作成・利用されてきた。

このように地質図は国土の基本的地盤情報として整備されているが、同時に野外地質学の第一級の研究成果でもある。野外調査に基づき最先端の研究を実施し、日本列島の地殻の発達過程に関する地質学の最新成果を盛り込んで作成される地質図は、知識の体系の構築に寄与する第 1 種基礎研究の研究成果である^{[2] [3]}。

このように地質図は野外調査を通じて行われる第 1 種基礎研究の成果として作成され、その時代に最新とされる地質モデルに基づいて作成される。地質図作成の基となる地質モデルは研究の進展とともに変化し、改変・更新されていく性格のもので、異なる地質モデルで作成された地質図ではそれぞれ異なる地質区分や表現がなされている。従って隣接する地質図であっても、作成年次が異なる場合、地質区分や地層の分布が異なるという事態がしばしば生じる。

このような状況の中で、様々な年代で実施された第 1 種基礎研究の成果としての地質図を最新の地質モデルで集約し、周辺地域における地質調査で得られた新たな地質情報に基づいて再解釈することによって、地質図を最新の知識で置き換える必要が生じた。さらにこれを全国規模に展開することによって、より社会に役立つ情報として生まれ変わらせることができる。作成当時最新の地質モデルで作成された第 1 種基礎研究の成果としての地質図が、時を経て、古い地質モデルで描かれた使いにくいデータとなる状況を「死の谷」に擬えるならば、その「死の谷」を乗り越えて、社会に役立つ地質情報を創出する「第 2 種基礎研究」として本報告で紹介するのがシームレス地質図の研究である。

シームレス地質図の研究は単に利便性の高い地質情報を整備するだけではない。それは地質図を社会で広く活用してもらうためのインターネット配信技術の研究や、異なる種類の空間情報と相互に利用しあうための標準化の研究でもある。そして、情報整備・配信・利用を国内外のネットワークの中で実現するといった本格研究としての発展を目指している。さらにシームレス地質図を基盤として、世界標準

に基づいたデータ整備を行い、最新のウェブ配信技術の適用を推進している。これらを通じてより詳しくより正確な地質情報を迅速かつ広汎に流通させ、さらに他の情報・システムと相互運用することによって、インフラ整備や災害防止など、社会の安心・安全に寄与することができると期待される。

本報告では、地質図情報を基礎とした国土の知的基盤整備を積極的に推進するために第 2 種基礎研究として構想したシームレス地質図に関する研究シナリオと、社会に役立つわかりやすい地質情報の提供という研究目標達成のために創出した知識選択の方法を示す。ここで第 1 種基礎研究の例として示している地質図の研究は、古生物学・構造地質学・層序学・岩石学など様々な分野の知識を統合して地域社会に役立つ地質情報を創出している点で、第 2 種基礎研究という側面も併せ持っている。しかし、近年作成されている地質図では専門分野ごとにより高度な研究内容を盛り込んだ基礎研究報告書としての性格が過去に比べてより強くなっているという事実に基づいて、地質図研究の第 1 種基礎研究としての側面を特に強調して記述している。このような対比に基づいて、日本の国土の地質に関する様々な領域の知識に加えて、インターネット配信技術などより広範な知識の統合を通じて、社会生活における価値創出のための一般性のある方法論を導き出す「第 2 種基礎研究」としてのシームレス地質図の研究の特徴を以下に論述する。

2 シームレス地質図研究の背景と目標

2.1 新しい地質モデルによる古い地質図の更新

地質図は、河川沿いや山野にわずかに露出した地層や岩石の種類や構造の観察データに基づいて地質モデルを構築して、地層や岩石が草木や土壌に隠されて露出していな

い大部分の地域を推定して描かれる。まず重要なのは、露頭と呼ばれる地層や岩石が分布している場所での観察である。この観察の際においても、観察者が有する知識や地質モデルが重要な役割を果たす。ただ漫然と眺めるのではなく、現在世界で進行している地質学の最新の知識とモデルに基づいて、わずかな露頭の情報から地下全体にわたって、正確さを失わない範囲内で最大限に地質情報を抽出する。山野に点々と分布するわずかな点の情報から広大な地下の様子を描き出す地質図描画技術は、データとモデルが不可分な、いわばアナログ可視化技術としてコンピュータ誕生のはるか以前から発展してきた。

隣接する地質図が異なる地質モデルに基づいて作成された例として、岐阜県美濃地方を見てみる。岐阜県美濃地方では、1964 年発行の「根尾」、1984 年発行の「八幡」、1991 年発行の「谷汲」、1995 年発行の「美濃」という 4 つの 5 万分の 1 地質図が隣接している^{[4]・[7]}。地質学の世界では、新たなパラダイムである「プレートテクトニクス」が 1960 年代に確立した。このパラダイム転換の前に地向斜モデル^{用語 1}で作成されたのが「根尾」で、海洋プレートの沈み込みで形成された付加体モデル^{用語 2}に基づいて作成された他の地質図とは地質区分や表現方法が大きく異なっている。また、それ以降の地質図もそれぞれプレートテクトニクスの適用において、海底地すべり説^{用語 3}の「八幡」、泥ダイアピル説^{用語 4}の「谷汲」、構造変形説^{用語 5}の「美濃」のように異なる地質モデルを採用し、それに従って描かれているため、地質区分や表現方法が地質図ごとに若干異なっている (図 1)。

このように岐阜県美濃地方の地質図はそれぞれ時代によって異なる地質モデルが採用され、それに従って描かれてきた。地質図を利用するためには、それぞれの時代背景や研究成果の変遷などを理解する必要があるが、利用者

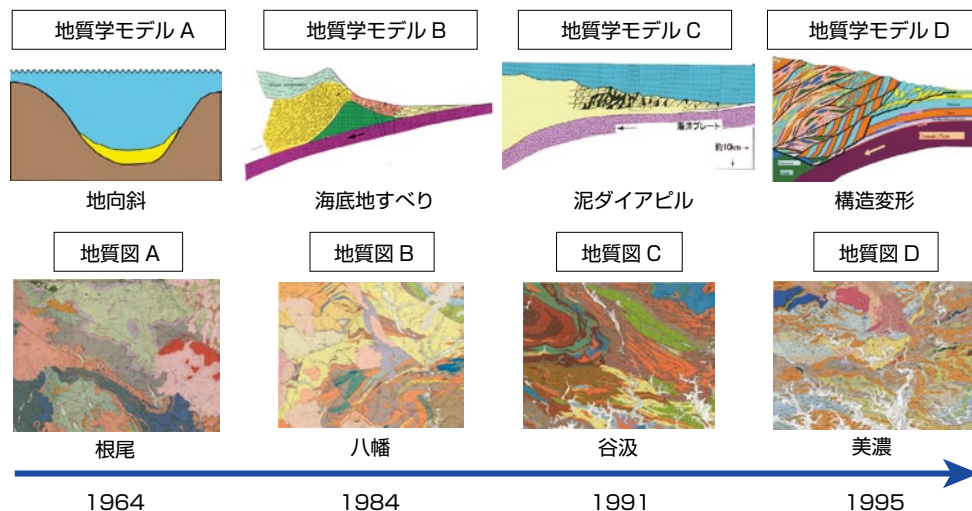


図1 美濃地域の地層の形成過程仮説

の多くは現在の地質学の知識はあっても、過去の研究経緯までは理解していないのが通常であるので、異なる説明や表現に戸惑い、利用に支障が生じる。この支障を解消するために、我々は最新の研究による地質モデルに基づいて「地質図のシームレス化の手法」を開発し、地質図を再構成した。ただし、我々が最初に着手したのは図 1 に例示した 5 万分の 1 地質図ではなく、全国規模ですでに相当程度整備されている 20 万分の 1 地質図である。

2.2 シームレス地質図の研究目標とシナリオ

地質図は社会で利用されてはじめて価値あるものとなる。本研究では、各地域ごとに個別に行われる地質研究の成果である地質図を全国的に統合した上で効果的に社会に発信して利活用を促進し、社会の安心安全に貢献するという研究目標を設定した。

この研究目標を実現するために、次の研究シナリオに従って研究を実施した (図 2)。

- ・区画ごとに異なる地質モデルで作成されている地質図を改訂し、最新の地質モデルに基づいた全国一律の基準 (統一凡例) で再構成し、境界のない分かりやすい地質図を作成する。
- ・作成された地質図を紙や CD-ROM 媒体ではなく、インターネットで配信し、広範な利用を目指す。
- ・地質情報の表現方法を標準化し、地質以外の国内外の様々な地盤情報との相互運用を図れるようにする。

3 シームレス地質図の作成過程

3.1 概要

地質図のシームレス化とは、過去の地質モデルを適用した古い地質図の、新しい地質モデルによる見直しである。

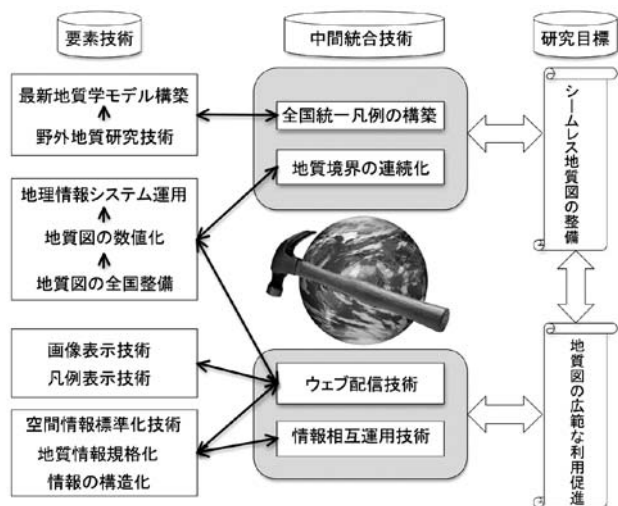


図2 日本シームレス地質図作成のための要素技術とシナリオ

この見直しは凡例の統一と地層境界や断層の調整などの手続きによって進められる (図 3)。今回の地質図のシームレス化の作業に当たっては、社会への迅速な情報提供を優先し、改めて現地の再調査は実施しないこととした。

全国規模でシームレス化を行うことが可能な地質図のうちで最も精度が高いのは 20 万分の 1 地質図で、日本国内の約 90 % (112 枚: 2006 年度末) が完成している。これらの地質図をベースに再構成して作成された「20 万分の 1 日本シームレス地質図」は、現在最も頻繁に利用されているシームレス地質図の代表例である^[8]。

このシームレス地質図は、2002 年度にプロジェクトが始動し、次のように地域ごとに順次作成し公開してきた。2003 年度は北海道地域・東北地域を、2004 年度は関東地域を作成し東日本地域が完成した。さらに同年度、北陸地域及び東海・近畿地域も相次いで作成した。2005 年度は中国・四国地域、九州地域及び南西諸島地域を作成し、西日本地域が完成した。それに加え、関東地域南部 (伊豆小笠原北部)、関東地域南部 (伊豆小笠原南部)、北海道地域東部 (道東・北方四島) を完成させ、北海道地域を改訂したことで全国版の初版が完成した。このようにして作成されたシームレス地質図は全国統一凡例を用いて描かれた地質図で、2007 年 5 月 12 日版において、面データ数 149,081、線データ数 371,528 の膨大な情報をもつデジタル地質図となった^[9]。

3.2 統一凡例の作成

地質図をシームレス化する第一歩は、統一凡例の作成である。地質図は凡例に従って地表面を隙間なく塗り分けて描かれている。凡例にはその地質図に表現するすべての地質体や記号などの説明が記述されている。このため、隣接する地質図に共通的に使える統一凡例を最新の地質モデルに基づいて作成することが重要である。ただし、古い地質図の情報量に限界があることから、最新版の地質図の凡例をすべての地域に適用することは不可能である。最新の地質モデルに基づきながら、古い地質図にも適用可能な、最

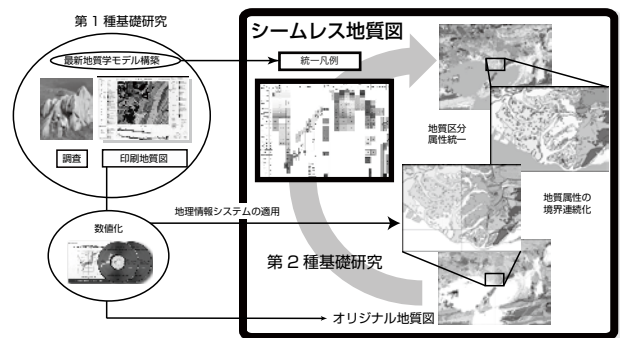


図3 シームレス地質図作成プロセス

新かつ最適な凡例を統一凡例として選択・決定した。

統一凡例は、二段階の研究過程を経て決定した。全国規模でシームレス化を行うためには、日本全域に渡って分布するすべての地層や岩石について、最新の研究モデルに基づいて、全国統一凡例を構築する必要がある。個々の地質図で採用された凡例は、その地域の地質情報を表示し、説明するためだけに作成されるため、独自の区分がなされていたり、地域に固有の名称が与えられることがある。全国統一凡例では地域固有の区分を排除し、岩石の種類と地質年代の 2 つの要素で区分することにした。そのような区分は、1992 年に作成した 100 万分の 1 日本地質図第 3 版^[10]で初めて採用された凡例システムである。統一凡例の第一段階では、この 100 万分の 1 日本地質図第 3 版の凡例を踏襲して区分することにした。この統一凡例は、シームレス地質図の作成を開始した 2004 年度においても、最も精度の高い地質モデルに基づいた全国規模の地質凡例であった。この区分を統一凡例の最初の規範(基本版)とし、この基本版統一凡例に基づいたシームレス地質図をこれまでウェブ上で公開してきた。100 万分の 1 縮尺の地質図の凡例は最新の地質モデルに基づいており、全国統一凡例の基礎として非常に優れているが、100 万分の 1 縮尺の地質図と 20 万分の 1 縮尺の地質図は情報量と精度が異なるため、この凡例では 20 万分の 1 縮尺に盛り込まれた地質情報を十分詳細に表示できない。そこでこの問題を解決するために、さらに地質区分を細分化した詳細版統一凡例を作成することとした(図 4)。

詳細版の統一凡例は、基本版凡例をベースに、20 万分の 1 縮尺で全国規模に区分できる岩石・地層区分を堆積岩・付加体・火山岩・深成岩・変成岩と 5 種類の研究対象別に検討した。変成岩の区分については、(1) 変成条件による区分、(2) 変成岩年代による区分、(3) 原岩岩相による区分という 3 つの区分にした^[11]。付加体については、構造ユニットごとの岩石の種類を細分、堆積岩については、層序の広域対比に基づいた地質年代の細分を中心に統一凡例を再検討した。火山岩や深成岩では地質年代以外に化学組成による区分をより詳細に実施し、詳細な統一凡例を作成した。また、人口密集地である平野地域では、完新世の堆積物の区分を成因に基づいて砂丘堆積物、湿地堆積物、扇状地堆積物、自然堤防堆積物、湖成堆積物、人工改変地堆積物として細分化した。

このような専門分野ごとの検討結果は、20 万分の 1 縮尺の地質図としては最新の地質モデルにもとづく理想的なものではあるが、様々な年代に作成された 20 万分の 1 地質図のすべてに適用できるわけではない。すべての 20 万分の 1 地質図の凡例をリスト化し、これらの理想的な凡例を

対応させて調整した結果、現状の地質図に適用できる詳細版の凡例として 384 の地質区分を採用するのが最適であるとの結論を得た。この結果、100 万分の 1 縮尺の地質図の凡例をベースにした第一段階の基本版統一凡例の凡例数 194 に比較して凡例数は倍増した。このような凡例の詳細化によってシームレス地質図は、より詳しい地質図として生まれ変わった。四国地方の例を図 5 に示す。

3.3 統一凡例の適用とデータ置換

次に統一凡例をそれぞれの地質図に適用し、凡例の置換と数値化されたデジタル地質図の属性データの再構築を行った。その際に我々は地理情報システム (GIS)^{用語 6}を援用することにした。紙に多色刷で印刷されている地質図を数値化し、塗り分けられたそれぞれの区画に本来の凡例を付与し、統一凡例との対応表に基づいて置換を行った。数値化した地質図データにベクタ形式^{用語 7}を採用することにより、個々の区画のデータを個別に演算するとともに、機械的な一括置換が可能となり、地質境界位置の精度・確度を維持しながら、データ編集の迅速化・コスト削減を実現することができた。

オリジナルの地質図は作成年代によって異なる様々な地質モデルに基づいて作成されており、最新の地質モデルに基づいた統一凡例との対応をつけることは容易ではない。また地質図は火山岩や堆積岩など岩石や地層の種類ごとに専門家が担当して作成しているほか、九州北部、東北南部など、研究者ごとに地域が限定されている。このため、統一凡例をデジタル地質図に当てはめる際には、九州北部の火山岩ならば A 研究者、東北南部の堆積岩ならば B 研究者と、その地域や専門で最も詳しい研究者が担当した。それぞれの専門家は、古い地質モデルで作成された地質図の凡例が最新の統一凡例のうちどれに該当するかについて、近隣の比較的新しい地質図やより広域の地質図から地層対比を検討したり、化石や年代測定などの最新情報から形成年代を判断することによって、対応関係を決定した。この場合、それぞれの岩石の種類ごとに広域の対比表や柱状図を作成することができる場合には、それらを使ってより精度の高い対比を行った。比較的新しい 20 万分の 1 地質図では基本凡例版に対応する地質年代が示されている場合があり、その場合はそれらを使って対比がより容易になった。

3.4 地質境界線の連続化と地質図編集

統一凡例への置換の次に行う手続きは地質境界や断層線の位置変更と連続化である。これによって研究精度や解釈の差異を調整する。すなわち隣接する地質図のうち、より新しい地質図を基準に新しい地質図に合致するように古いデータを改変し、最新の地質情報や地形情報などを考慮

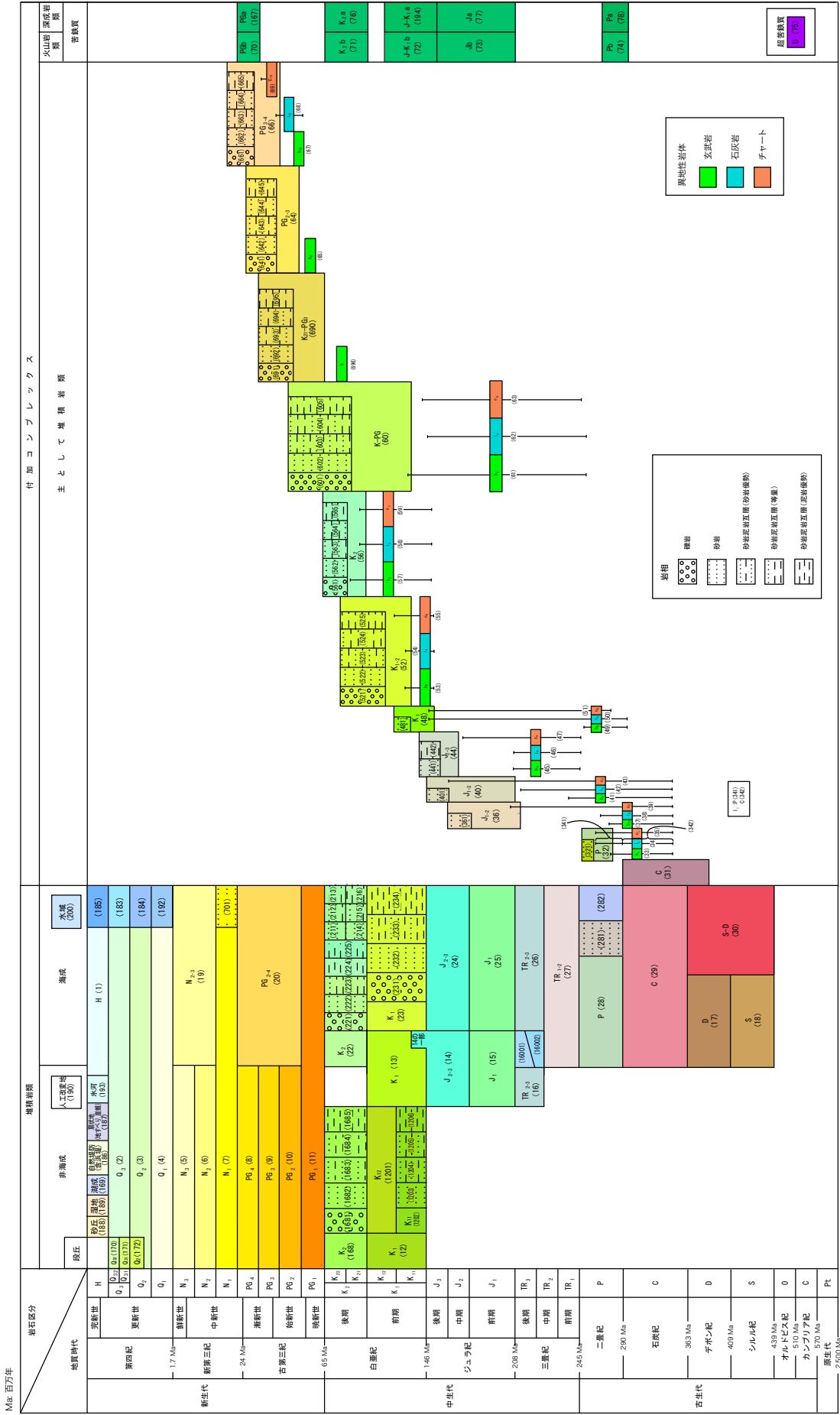


図4 20万分の1日本シームレス地質図の詳細版統一凡例 (a)

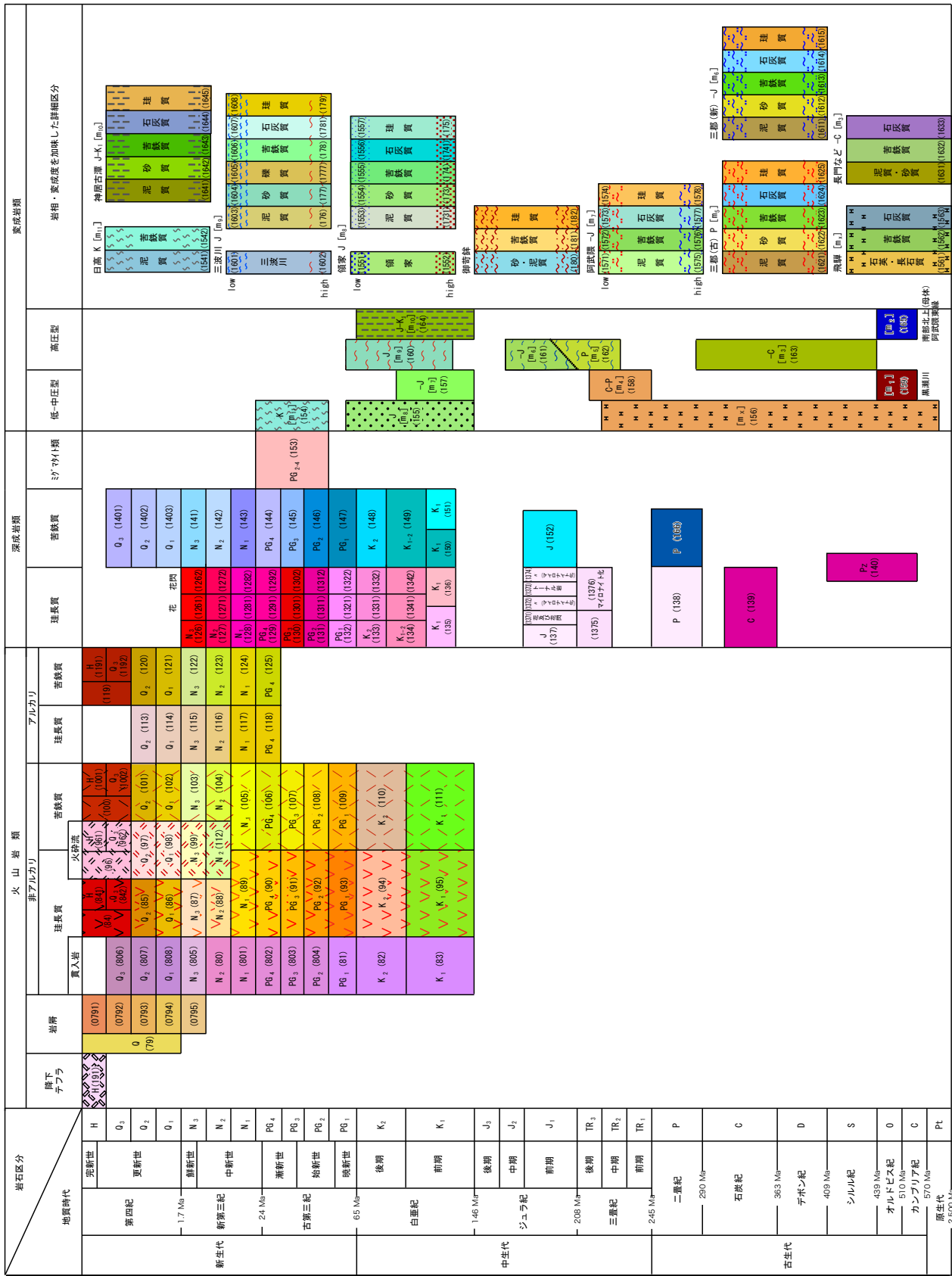


図4 20万分の1日本シームレス地質図の詳細版統一凡例 (b)

しながら地質境界を調整した (図 6)。また、最新の地質モデルに基づき、地質区分と地質境界について再検討することも必要とした。

隣接した区画の地質図から連続した地質図を作成する手法は、地質図編集として一般的に行われている。地質図編集では、20 万分の 1 地質図を作成する場合に 5 万分の 1 縮尺の地質図を使うなど、より大縮尺の地質図に基づいて広域の地質図を作成する場合が通常であり、本研究のように 20 万分の 1 縮尺の地質図を用いて、同じ縮尺の連続的な地質図を作成することはこれまで行われたことがない。大縮尺地質図から小縮尺地質図を編集する場合は、コピー機で縮小したり、目測で地質境界を定めたりして描いていく。これは位置精度が低くなるのが前提となっているから可能な手法である。

20 万分の 1 縮尺の複数のオリジナルな地質図を元に、同縮尺の連続した地質図を作成する場合、位置精度は同等に維持されなければならない。そのために、数値化されたデジタル地質図に地理情報システムを積極的に援用した。統一凡例に属性を置き換えられたデジタル地質図は、隣接する区画において同一の地質区分は同一の属性を有している。しかし、隣接する区画では位置精度が作成年度によって異なるため、単一の地質体の位置がずれて表現されている、あるいは地質区分の解釈が異なる場合がある。このような場合以下の手法で、地質分布の連続化を行った。

地質図は調査した範囲で得られた情報に基づいて個別に作成される。ある地質図が作成され、それに隣接した地質図が後年作成された場合、地質情報が飛躍的に増えているため、最初の地質図よりも後から作成された地質図の方が地層や岩石の分布に関してより正確である場合が多い。従って、隣接した区画で地層や岩石の分布の境界線が連続せず、その位置がずれている場合、より新しい地質図の境界線に一致させるように連続化を行った。さらに、5 万分の 1 縮尺の地質図や学術論文などに示されている地質年代や地質区分、そして地質分布などの新しい情報を考慮

して、地質境界線のより適切な連続化を行った。

また古い地質図はしばしば古い地形基図の上に描かれているため、地理情報システムを用いて新しい地形図の上に重ね合わせると、段丘や扇状地の位置が地形と微妙にずれる場合がある。このような場合には、新しい地形基図に基づいて修正を行った。海岸線にはもっと深刻な場合がある。古い海岸線に沿って描かれた地質図は新しい海岸線に合わせて次のように描き直した。島の海岸線の場合は、基準点を多数設けてアフィン変換^{用語8}によって位置調整を行った。その他は、最新の海岸線に合わせて地質境界の延長や縮小などの位置調整を地理情報システムを用いて実施した。

地層や岩石の分布境界ばかりではなく、隣接した地質区画における断層が実在か伏在かなど断層の性質の最新の情報に基づいた変更や再解釈を行った。地層や岩石の境界について断層であるか否かについての判断も、それぞれの地域を担当する専門家の意見や最新の文献などを考慮して行った。

4 紙からデジタルへ、CD-ROMからインターネットへ

4.1 デジタル地質図の意義

地質図は一般に紙面に描かれ、印刷図として出版されてきた。1990 年代から地理情報システムの普及により、数値化されたデジタル地質図への要望が社会で高まり、1993 年から「電子媒体による出版の手続き」について組織的な検討を行い、1995 年にはデジタル地質図が CD-ROM でも出版されるようになった。しかし、シームレス地質図は今のところ紙での印刷も CD-ROM による出版も行っておらず、シームレス地質図の配信は主にインターネット上で行ってきた。その主な理由は、①データアクセスが容易で、多く利用が望める、②データの更新を頻繁に行うことができる、③印刷物や CD-ROM 出版と異なり出版経費をかけず無料ないし安価に情報提供ができるなどである。

実際、2002 年に公開を開始した日本シームレス地質図はインターネットでのアクセスが 2006 年度において年間約 60 万件に達している。一方紙で印刷されている 20 万分の

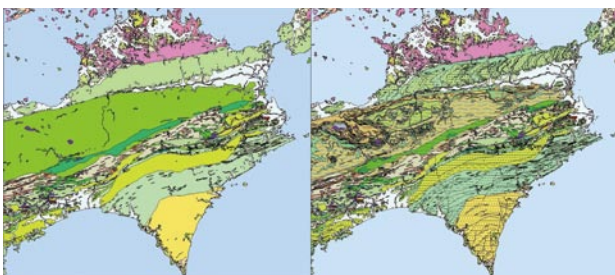


図5 異なる統一凡例を用いた場合の地質図の違い。基本版 (左) と詳細版 (右)。四国地方の例。

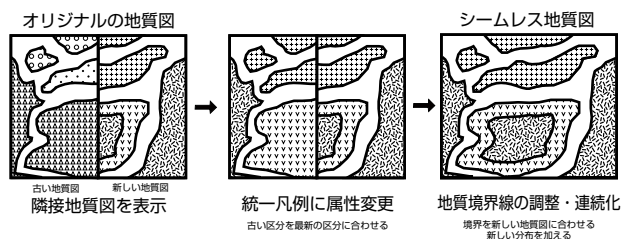


図6 凡例統一の適用と地質境界の調整

1 地質図幅の販売は、年間に約 900 枚程度に留まっている。繰り返し利用する印刷図の販売と直接の比較はできないが、3 桁の違いは非常に大きいと考えられる。実際、利用層も研究者以外にコンサルタント会社から不動産業界まで幅広い利用が認められる (図 7)。

4.2 ウェブ配信

シームレス地質図は、2003 年に産業技術総合研究所の研究情報公開データベースとして、<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/index.html> において公開を開始した。オリジナルのデータは地理情報システムを利用してベクタ形式のデータとして構築されたが、初期のウェブ配信は画像形式に変換したデータによって実施した (図 8)。その第一の理由は、従来の地質図は紙の印刷物として作成されており、一般社会での利用は見る・調べるための画像による閲覧が主体であったことにある。またベクタ形式のデータを軽快に閲覧するための十分なインフラが整備されていなかったことも理由の 1 つである。

現在ウェブ配信している日本シームレス地質図の画像データは日本全国を 20 万分の 1 縮尺でカバーしている。この画像を本来の縮尺で印刷すると、高さ 3 m 幅 7 m 程度の大きさとなる。コンピューターの画面上では必要な部分の高精度の画像を拡大表示させる必要があるが、拡大しても閲覧に耐える精度 (400 dpi) で画像データを作成すると、ファイルのサイズが 4 GB くらい大きくなってしまふ。これを一度にユーザーのコンピューターに配信するのでは重すぎるので、必要な場所に必要なデータのみを瞬時に配信する仕組みが必要である。この仕組みを実現する複数のソフトウェアが既に市販されていたが、コスト削減や表示機能の最適化を図るため独自のプログラム J-GeoView を開発した。ユーザーは地質図を自由に拡大縮小でき、さらにカーソルを置くと地質の説明が表示される。専門的な説明とともに、専門用語を用いない一般用の説明も併記しており、誰でも表示された地質図が理解できるように工夫した。

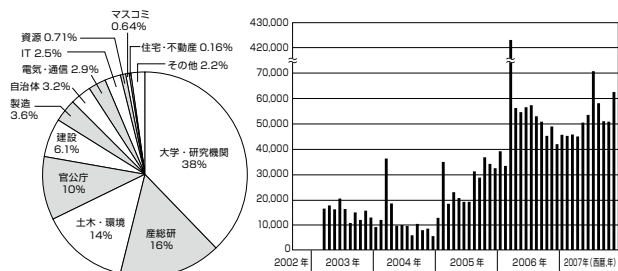


図7 日本シームレス地質図の主な利用者の区分 (左: 2007年11月分*) とアクセス件数の推移 (右: 2002年9月~2007年11月)
* 所属不明は除く

5 シームレス地質図の発展と将来の課題

5.1 地質情報の高精度化と情報の集積技術への発展

シームレス地質図の作成は、地質調査を実施せずに行ってきた。しかし、より精度の高い地質図を全国的に整備するためには、実際に現地調査を行い、新しい地質図を整備しながら、日本全域のシームレス地質図の岩石や断層などの分布の精度や確度を高めていく必要がある。そのためには、20 万分の 1 や 5 万分の 1 地質図を作成している研究グループとの協力・連携が欠かせない。産総研の第 2 期 (2005 - 2009 年度) では、20 万分の 1 地質図の全国整備後に出版済みの地質図を古いものから順次改訂していき、第 3 期以降に (2010 年度から) 新しい地質図を作成することとしている。これらの地質図作成計画と連動して、シームレス地質図のコンテンツは、より精度の高いものへと更新されていくことになる。

シームレス地質図のベクタ形式のデータは、2006 年度に整備されたウェブ配信サービス GeoMapDB によって配信されている。 (<http://iggis1.muse.aist.go.jp/ja/top.htm>)。ベクタ形式の特徴は、オブジェクト指向の概念のもとに地表面を構成する個々の要素を切り分けて、対応するデータを個別に管理する点にある。これにより、拡大・縮小や色・境界線の太さなどの見かけの変更や修正を自由に機械的に行えるようになる。また個々の地質体・断層などに地質年代・層厚・岩相など様々な属性のデータを付与することが可能になる。我々の開発した地質図シームレス化の手法は、まさにこの特徴を生かしたものである。今後シームレス地質図のデータを厳密に規格化し、データ間の構造をも規格化するデータモデルを構築することによって、空間リレーショナルデータベースとしての運用も可能となり、柔軟な検索や分析・描画・シミュレーション・自動制御など、多様な展開を導いていく [12]。



図8 20万分の1日本シームレス地質図データベースの初期画面

これらの特徴を組み合わせることによって、シームレス地質図の一組のデータセットから、初期の平面図としての地質図のみならず、地質断面図・3次元地質図などの多様な描画や、地質学的年表である地質編年表などの作成が将来的には可能になっていく。これらの実現を目指して、我々は様々な地質学データの規格化・標準化・データモデルの構築とデータ整備を開始している。

5.2 日本の共通基盤情報としてのシームレス地質図

シームレス地質図の目標は、単にシームレス化による利便性の向上やインターネット配信による広域配信だけではない。地質図を国民全体の共通財産として利用してもらえるように整備し、インターネットを通じて自在に利用できる“みんなのコンテンツ”として発展させていくことを目指している。

その一例として、国土交通省の土木地質図や表層地質図と産総研のシームレス地質図のデータ相互利用は、経費削減の経済効果をもたらすとともに、最新の地質図情報の相互交換などに寄与できる(図9)。実際日本シームレス地質図の作成には、四国地方など土木地質図^[13]を利用して地質図編集を行った。逆に日本シームレス地質図のベクタ形式のデータを利用して、東北地方では土木地質図が作成された^[14]。また、地質図とは異なる空間情報との相互利用もシームレス地質図が目指す重要な機能である。現在名古屋大学や東北大学等と環境分野の共同研究を推進している。産総研の内部でも日本シームレス地質図は活断層研究や土壤汚染研究等において基盤地質情報として用いられている。

20万分の1日本シームレス地質図の作成を契機に、「情報相互運用性の高い統合地球科学図データベース構築のための基盤研究」という研究課題のもとに、20万分の1縮尺で他の地質情報も全国整備する計画が開始された。

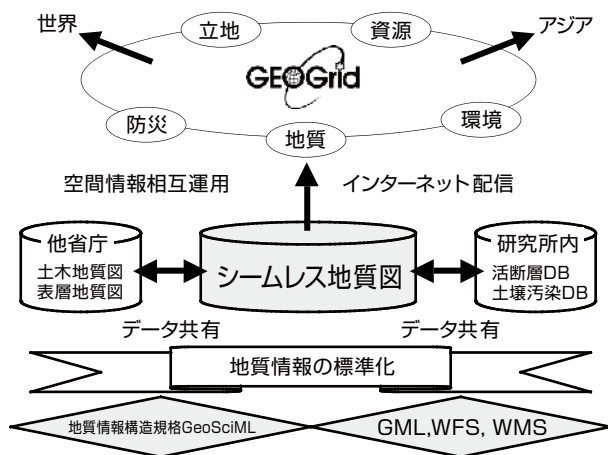


図9 シームレス地質図の将来の発展モデル

この研究では、日本シームレス地質図とともに地球物理図(重力図・空中磁気図)及び地球化学図^{用語9}を20万分の1縮尺で整備し、これらをセットで、日本の20万分の1縮尺での全国規模の地球科学シームレスアトラスとして整備しつつある。これは地質調査情報センターの様々な地質情報の基盤として位置づけられ、また日本の地質情報基盤として、他分野の情報との相互運用を容易にすることが期待される(図9)。

5.3 地質情報の国際標準化と相互運用

地質図情報をインターネット上でやりとりし、相互に利用するためには、ソフトウェアやファイルフォーマットの違いによらず利用できる仕組みが必要である^[15]。また、使われている用語や言語の意味が、誰でも、更にはどのシステムでも自動的に同じ意味として理解できるようにする必要がある。空間情報の国際標準化団体 Open Geospatial Consortium (OGC) は、空間情報全般に関する規格 GML^{用語10}と、その運用仕様 WFS や WMS^{用語11}などを国際標準として提案している^[16]。シームレス地質図も、これらの国際標準に準拠することによって、様々な分野の様々な形式の空間情報との相互利用を目指している(図9)。

地質図を初めとする多様な地質情報の相互運用実現を目指して、現在、国際地質学連合 (IUGS) の地質情報管理応用委員会 (CGI) に著者らが参加し検討しているのが地質情報国際規格 GeoSciML^[17]である。この規格は上記の GML 同様、データモデルを XML によって記述した XML ボキャブラリーの1つで、空間情報に関しては GML に準拠している^[18]。地質図を初めとした様々な地質関係電子文書を細かく切り分けて、それらに GeoSciML の多様なタグでメタデータを埋め込むことによって、組み合わせ可能な部品としてのデータ相互運用を実現する(図10)。GeoSciML をはじめ様々な XML ボキャブラリーの適用の為にはそれ

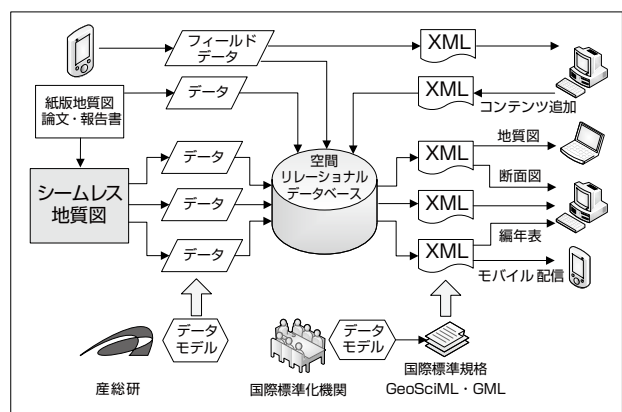


図10 地質情報の標準化とそれによって可能になる相互運用のフロー

らのデータモデルに従ったデータの整備が必要で、20 万分の 1 日本シームレス地質図にも GeoSciML を適用し、空間リレーショナルデータベースとしての再構築を目指している (図 10)。

シームレス地質図を初めとした地質情報の利用に関して、セキュリティが確保された利用の枠組みも今後必要となってくる。それを実現するのが産業技術総合研究所の融合課題である GEO Grid^{用語12} である (図 9)。GEO Grid では、現在日本国内ばかりではなく、アジア各国と協力して、国際間のデータ共有の検討を開始した。シームレス地質図はその重要なコンテンツの 1 つとなり、アジア各国の同様な地質図や関連情報は相互利用が可能になる (図 9)。資源や環境の問題は国境に依存しないので、日本周辺各国の地質情報は日本の安定した経済活動や安心安全な生活確保にとって重要である。アジア各国で頻発する地震や火山などの災害対応など、地質情報の GEO Grid 上での運用は社会の安心安全に貢献する重要な技術の 1 つとして期待されている。

6 まとめ

基礎研究としての成果である地質図から最新の地質モデルに基づいた全国均一地質情報コンテンツとしての「シームレス地質図」への情報革新と、その情報をウェブコンテンツとして相互運用するための技術について述べた。

シームレス地質図は第 1 種基礎研究の成果を一般社会への利用を進めた第 2 種基礎研究の成果とみなすことができる。日本全国を統一したシームレス地質図を 20 万分の 1 縮尺で整備し、インターネット上に配信した結果、年間約 60 万件のアクセス (2006 年度実績) があり、社会で広範に利用された。しかし、一般社会への本格的な普及のためには、20 万分の 1 より大縮尺のより精度の高い地質情報整備が必要となってくる。そのため、土木・建設の分野で必要とされる 5 万分の 1 シームレス地質図や、個人住宅や工場の立地の判断に必要な 2.5 万分の 1 シームレス地質図の作成を開始した。これらの精度の高いコンテンツを、携帯電話・カーナビといった一般ユーザーに利用しやすいツールに対応したきめ細やかな情報サービスへの対応も視野に入れて検討している。地質情報の本格研究の一環として、シームレス地質図の作成とその相互運用技術の研究を通じて、更に国民の安心安全のための情報と技術の整備を推進するつもりである。

謝辞

本研究を推進するに当たり、地質情報研究部門陸域地質図研究担当者の各位、地質調査情報センターの宮崎純

一氏及び Joel C. Bandibas 氏には、多くのご協力をいただいた。記して、関係各位に謝意を表したい。

用語説明

用語1: 地向斜モデル: 仮想的な巨大堆積盆地が造山運動によって山地を形成する元になったと考えた地質モデル。1800年代後半から1960年代まで地質学の分野で支配的だった。

用語2: 付加体モデル: 付加体とは海洋プレートの沈み込みに伴って、陸からもたらされる堆積物と海洋底の岩石や堆積物が混合し、陸側に付け加わり形成される地質体のこと。日本の基盤を構成する岩石の基本はこれで成り立っているとする地質モデル。

用語3: 海底地すべり説: 1980年代では、様々な種類の岩石が混在する地質体を形成する過程として海底での地すべりが有力視されていた。

用語4: 泥ダイアピル説: 中米バルバドス島周辺の海底などを説明するための仮説で、付加体中の泥が高間隙水圧によって上昇し、周囲の様々な岩石を混在させたとする。

用語5: 構造変形説: 海洋プレートが島弧や大陸縁辺で沈み込み付加体を形成する際に、陸側と海洋プレートの間で剪断変形が起こり、海洋底の岩石や地層、陸からもたらされた堆積物などが構造的に変形しながら混合するという説。

用語6: 地理情報システム: Geographical Information System (GIS)。本来は、地図に代表される空間情報を処理するためのコンピュータシステムであるが、空間情報処理のためのソフトウェアを指すことが多い。

用語7: ベクタ形式: 空間情報をコンピューター内で表現するオブジェクト指向のデータ形式。ポリゴン・ライン・ポイントなどから構成され、それぞれが位置や属性の情報を有する。

用語8: アフィン変換: ユークリッド幾何学的な線型変換と平行移動の組み合わせによる図形や形状の移動を行う変換形式。変換によって任意の直線間の平衡性が失われない性質がある。

用語9: 地球化学図: 日本全土において10 kmメッシュで採取した約3000試料に基づいて、試料採取地点に関する流域解析を行ない、53元素の分布を示した図。

用語10: GML: XMLでベクタ形式空間情報を記述する国際標準規格 (Geography Markup Language)。Open Geospatial Consortium (OGC) が提案している。

用語11: WFS及びWMS: とともにOGCが提案したハードウェアやソフトウェアに依存しない空間情報運用仕様で、ベクタ形式にはWeb Feature Service (WFS) を、ラスタ形式にはWeb Map Service (WMS) を用いる。

用語12: GEO Grid: 地球観測グリッド (Global Earth Observation Grid) の意味で、グリッド技術を用いて、地球観測データや各種の観測・空間情報を融合し、ユーザーの利便性を高めることを目指したシステム。

キーワード

地質図、シームレス、ウェブ配信、標準化、GeoSciML、GEO Grid

参考文献

[1] サイモン・ウィンチェスター (野中邦子訳) : *世界を変えた地図 ウィリアム・スミスと地質学の誕生*, 早川書房 (2004).

[2] 小玉喜三郎, 磯部一洋, 湯浅真人: *見方・使い方 地質図*, オーム社 (2004).

[3] 脇田浩二, 井上誠: *実務に役立つ地質図の知識*, オーム社 (2006).

[4] 河合正虎: 5 万分の 1 地質図幅及び同説明書「根尾」, 地質調査所 (1964).

[5] 脇田浩二: 八幡地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所 (1984).

[6] 脇田浩二: 谷汲地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所 (1991).

[7] 脇田浩二: 美濃地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所 (1995).

[8] 脇田浩二, 井川敏恵, 宝田晋治: 新しいコンセプトによる 20 万分の 1 シームレス地質図, *地質ニュース*, 620, 27-41 (2006).

[9] 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) : 20 万分の 1 日本シームレス地質図データベース 2007 年 5 月 12 日版 産業技術総合研究所研究情報公開データベース RIO-DB084, 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2007).

[10] 地質調査所: 100 万分の 1 日本地質図第 3 版, 地質調査所 (1992).

[11] 宮崎一博: 20 万分の 1 シームレス日本地質図の変成岩統一凡例 (試案), *地質調査研究報告*, 54, 295-302 (2003).

[12] A.K.W.Yeung, and G.B.Hall: *Spatial Database Systems-Design, Implementation and Management*, Dordrecht Netherland: Springer (2007).

[13] 建設技術者のための東北地方の地質編集委員会: *建設技術者のための東北地方の地質*, 東北建設協会 (2006).

[14] 四国地方土木地質図編集委員会: 四国地方土木地質図, 国土開発技術研究センター (1998).

[15] 脇田浩二: 地質図の数値化と標準化: 最近の国際動向, *地質ニュース*, 588, 40-54 (2003).

[16] Z-R.Peng and C.Zhang: The roles of geography markup language (GML), scalable vector graphics (SVG), and Web feature service (WFS) specifications in the development of Internet geographic information systems (GIS), *Journal of Geographical Systems*, 6, 95-116 (2004).

[17] S.J.D.Cox, E.Boisvert, B.Brodaric, T.R.Duffy, B.R.Johnson, J.L.Laxton, S.M.Richard and B.Simons: GeoSciML: a standards-based encoding for transfer of geoscience information from IUGS/CGI, *Proceedings, International Association for Mathematical Geology, XIth International Congress, Liege*, S05-04 (2006).

[18] M.Sen and T.R.Duffy: GeoSciML: Development of a generic GeoScience Markup Language, *Computers & Geosciences*, 31, 1095-1103 (2005).

(受付日 2007.12.25, 改訂受理日 2008.2.22)

執筆者略歴

脇田 浩二 (わきた こうじ)

1977 年 3 月名古屋大学理学部地球科学科卒業、同年 4 月工業技術院地質調査所 (当時) 入所。現在、地質調査情報センター長。

2007 年度まで野外調査に基づく 5 万分の 1 及び 20 万分の 1 地質図幅の作成、付加体形成過程の研究、アジアのテクトニクスの研究等を担当した。世界地質図委員会アジア国際地質図編集委員・デジタル地質標準作業部会委員、国際地質学連合地質情報応用管理委員会評議員。2002 年より日本シームレス地質図データベースの研究プロジェクトをリーダーとして推進する。名古屋大学理学博士号取得 (1988 年)。本論文では主としてシームレス地質図のプロジェクトの統一凡例作成と日本全域の地質図編集及び統合を担当した。

井川 敏恵 (いがわ としえ)

2003 年産総研特別研究員として入所。2007 年より日本産業技術振興協会派遣職員。利用しやすい国土基盤情報の発信を目指し、20 万分の 1 シームレス地質図の作成に取り組んできた。他に、5 万分の 1 シームレス地質図及び 5 万分の 1 部分地質図の作成にも従事する。専門は炭酸塩堆積学。九州大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻を修了し、博士 (理学) を取得 (2002 年)。本論文では主として日本全域のシームレス地質図のデータ作成及びデータ編集を担当した。

宝田 晋治 (たからだ しんじ)

1991 年入所。火山体で発生する火砕流等の火山重力流の研究に取り組んでいる。雲仙火山、有珠火山等の火山噴火に関わってきた。また、八甲田山地域、北海道地域などの火山地域の地質図の作成を行った。2000 年以降は、20 万分の 1 日本シームレス地質図の作成に関わっており、RIO-DB 公開サイト開発を担当。最近では WebGIS を使った統合地質図データベースにも取り組んでいる。また、総合地質情報データベース構想による地質情報の統合化や GEO Grid プロジェクトの推進を行っている。北海道大学理学博士号取得 (1994 年)。本論文では主として北海道地域と火山岩類の編集、シームレス地質図のウェブ配信を担当した。

伏島 祐一郎 (ふせじま ゆういちろう)

1998 年旧科学技術振興事業団重点研究支援協力員として旧地質調査所活断層研究室に配属。活断層研究センター第二号契約職員を経て、2007 年産総研に入所。活断層の調査研究のかたわら、活断層データベースの構築を開始し、地震発生確率予測の社会的情報基盤として育て上げた。さらに対象を地球科学情報全般に広げ、その構造化と標準化によって、相互運用性を高める研究と実装を並行して進めている。本論文では主としてシームレス地質図の構造化と標準化を担当した。

査読者との議論

議論 1 第 1 種基礎研究へのフィードバック

質問 (小野 晃)

本研究は、第 1 種基礎研究としてそれぞれの地域で区画ごとに作成されたオリジナルな地質図を、日本全国をカバーするシームレスな地質図に統合するという優れた第 2 種基礎研究であると高く評価します。

部外者の想像ですが、個々のオリジナルな地質図はその時々規範に基づいて作成された優れたものと思いますが、一方でそれを担当した研究者個人の興味と能力に大きく依存した、ある意味非常に個性的なものにも思えます。今回の研究は、統一凡例という共通の規範のもとにそれら個別的な研究を再評価するという意味合いを持っていませんか。

今回の研究は、第 1 種基礎研究で作成されたオリジナルな地質図をベースとして、数年間にわたるシームレス化の第 2 種基礎研究として行われましたが、逆にこの第 2 種基礎研究が今後の第 1 種基礎研究 (オリジナルな地質図の作成など) に何らかの良い影響を与えたことはありませんか。このシームレス地質図の作成が新たな刺激となって、個性的で独創的な地質研究が多く出てくることを期待したいと思います。

回答 (脇田 浩二)

シームレス地質図は既存の 20 万分の 1 地質図に基づいて作成されるので、元の地質図において情報量が少なかったり、もしくは位置精度が低かったりする場合には、周辺の地質情報もそれに伴って情報量や位置精度が限定されます。第 2 種基礎研究として作成されたシームレス地質図は、どのような場所において重点的に第 1 種基礎研究を推進すべきか、どのような研究が必要かなどについて適確な指針を与えています。また、シームレス地質図では、広域の地質情報を従来よりも非常に詳しく表現しているため、異なる地層や岩石の関係などについて、基礎研究として見直すべき課題と調査研究対象の絞り込みにも役立っています。

議論2 これまでに行われたシームレス化

質問 (小野 晃)

隣接する地質区画の間で地質データを整合化すること (シームレス化すること) は、地質情報のデジタル化やインターネット配布が行われる以前のアナログの時代から行われていたのではないのでしょうか。デジタル化やインターネット利用が始まって、整合化が本格的に取り上げられるようになったと考えてよろしいですか。

回答 (脇田 浩二)

同縮尺の地質図におけるシームレス化はかつて行われていませんでした。大縮尺の地質図を小縮尺に作り直す、「編纂」が行われていたにすぎません。同縮尺の地質図におけるシームレス化は今回の研究の大きなチャレンジでした。

議論3 グーグルアースのシームレス化との比較

質問 (小野 晃)

グーグルアースがインターネットで利用されていますが、これの実現のためにはシームレス化が大きな問題の 1 つではなかったかと思われます。本研究とグーグルアースとの間で、シームレス化の方法で共通点や相違点があればご指摘ください。

回答 (伏島 祐一郎)

グーグルアース実現のために、シームレス化は大きな問題とはなりません。その最大の理由は、グーグルアースを構成する主要情報が、衛星画像や航空写真であるからです。これらは短期間に地表面を一様に写し取った情報で、時空間分布密度と精度は、地質情報に比べ圧倒的に均質です。撮影機材や雲量や日射や季節など、衛星画像や航空写真にもシームレス化 (データの整合化) を行うべき要素は存在しています。しかしこれらの整合化も、地質情報とは比べものにならない程の膨大な情報量をもとにした、統計的なアプローチで順次解決に向かっていきます。目に見えない地中の限られた情報を、目に見える地表面の膨大な情報に比肩できる情報へと高められるように、地質図シームレス化のチャレンジがあります。

議論4 外国の研究動向

質問 (小野 晃)

シームレス地質図の作成は日本だけでなく、外国でも関心が高いのではないかと思います。外国の研究動向はどのようなもののでしょうか。またそれらと比較して日本の研究レベルはどのようなものと評価されますか。

回答 (脇田 浩二)

シームレス化について欧米での判断は 2 つに分かれます。フランスは 20 万分の 1 ばかりではなく、5 万分の 1 地質図もシームレス化をしています。一方、英国はオリジナルをそのまま使うことを推奨しています。チェコなどの東欧や韓国などアジアの国々でも 20 万分の 1 に近い縮尺ではシームレス化が行われています。しかし、これらの国々と

日本の地質については決定的な違いがあります。諸外国の地質に比べて、活動的島弧からなる日本の地質は非常に複雑でユニークです。安定した大陸地殻からなる欧米諸国の地質図は比較的単純であり、岩石や地層の研究が学問的に進展しても、地質図に大きな違いはありません。従ってシームレス化は非常に容易であったり、しばしば不要であったりします。しかし、日本の場合は、非常に複雑な地質で独自の地質モデルが必要である上、植生や土壌が多く、研究の進展によって、地質図は著しく変化していきます。この状況は現在も同じです。従って、簡単にシームレス地質図ができる、もしくは最初から隣接地質図が連続的にできてしまう欧米に比べて劣っているのではなく、日本列島は特殊な地質状況に置かれているため基礎研究の進展が直接地質図の精度向上に反映され、シームレス地質図を作成しなければ、より正確で分かりやすい地質情報を国民に提供できないと考えています。このような日本の特殊な地質状況を勘案すると、日本のシームレス地質図に関する研究レベルは、国際的にも高いレベルにあると自負しています。

議論5 地質図幅の研究

質問 (佃 栄吉)

本研究論文が (第 2 種基礎研究としての) 新たな方向性を示していることについて異論はありません。一方で、今までの地質調査がすべて第 1 種とする論理展開は無理があると思います。地質調査には第 1 種、第 2 種の両方の要素があり、「地質図幅」は第 2 種に軸足があるものと理解しています。単に科学的発見のために実施されているものではないと思います。今までの地質図幅はある地域で行われてきた第 1 種基礎研究の成果を集約し、新たな知見も加味して、個別に最適化したものではあるものの、それなりに死の谷を乗り越えてきたものだと思います。

シームレス地質図の研究は問題点を克服するための「新たな」死の谷を乗り越えているのだと思いますが、著者の見解はいかがでしょうか。

回答 (脇田 浩二)

地質図の研究が、第 1 種基礎研究だけではなく、第 2 種基礎研究の側面も有するという点には異論はありません。(その点は本文中に記述しました。) しかし、「地質図の研究が第 2 種基礎研究に軸足がある」という点には同意できません。私が考える現在の地質図幅プロジェクトの位置づけでは、現在の 5 万分の 1 地質図 (幅) は研究報告書であり、20 万分の 1 地質図 (幅) は一定の研究成果がその地域に集積されたときに出版される研究の集大成です。そのような位置づけであるため、それぞれの研究者がそれぞれのアイディアで記述しているため、同じ地層や岩石でも全く違った解釈が同じ時期の出版物に記載されています。研究者個人の判断で出版されない場合があり、データが少ない地域は社会的要請が高くても放置されます。地層区分の単位名でさえ、研究者の判断に委ねられ、統一されていません。その意味で、第 2 種基礎研究の社会的価値を高めるという努力がなされていないのが現状です。また、地質図 (幅) の研究では、社会的価値を実現するための、一般性のある方法論を導き出すという「第 2 種基礎研究」の基本が行われていません。これらの欠点を補うために、シームレス地質図の研究を実施することになりました。

地質図 (幅) の研究について、この数年議論した結果として、地質図幅 (特に 5 万分の 1 地質図幅) は、それぞれの専門分野について最新の研究を盛り込んだ、野外地質図の研究成果としての性格を強調しています。それぞれの専門分野で最新の研究を行うのに最適な地質図の作成を行い、その野外地質研究技術という標準を社会に還元していくスタンスであると考えています。

本研究では、シームレス地質図の研究の特徴を際立たせるために、地質図幅の研究が第 2 種基礎研究の性格を有することを承知で、第 1 種基礎研究と単純化した側面もありますが、一方で、明治以来日本の地質図研究が担ってきた役割が、大きく変容している現実に即した対比であると認識しています。