

—研究ノート—
Scientific note

日本の南極観測活動における地理情報システム (GIS) ポータルサイト

野木義史^{1,2*}・北本朝展^{3,4}

GIS portal site of Japanese Antarctica Research

Yoshifumi Nogi^{1,2*} and Asanobu Kitamoto^{3,4}

(2010年8月4日受付; 2010年8月26日受理)

Abstract: GIS (Geographic Information Systems) based on digitized spatial informations have been employed in various fields recently. GIS portal site of Japanese Antarctica research has been built under the project of transdisciplinary research integration of Research Organization of Information and Systems to make good use of Antarctic map data for researchers and the public. The map data of Antarctica that the Geospatial Information Authority of Japan and the National Institute of Polar Research hold were digitized for use on the GIS portal site Web services. Fundamental spatial information on the Antarctic region was prepared, and GIS portal site of Japanese Antarctica research provides basic map operation services on the Web. GIS portal site of Japanese Antarctica research also serves data set of the map that are available for Google Earth and the other GIS application. Although the location errors of various kind of map data should be fixed, substantial use of GIS portal site of Japanese Antarctica research are expected.

要旨: デジタル化された空間情報を元にした地理情報システム (GIS) は、現在様々な分野で活用されている。日本南極地域観測で得られた地図データを、研究者を始め多くの人々に容易に利用可能にするため、情報・システム研究機構新領域融合研究センターの新領域融合プロジェクトのもと、南極 GIS ポータルサイトを構築した。国土地理院および国立極地研究所が保有する南極域の地図データを、Web 上で利用可能なようにデジタル化し、南極域の基礎的な空間情報がほぼ整備された。南極 GIS ポータルサイトにより、地図を利用する基本的な作業が Web 上で行えるようになった。また、南極 GIS ポータルサイトでは、Google Earth 等のア

¹ 情報・システム研究機構国立極地研究所。National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

² 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻。Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Sciences, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

³ 情報・システム研究機構国立情報学研究所。National Institute of Informatics, Research Organization of Information and Systems, Hitotsubashi 2-1-2, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430.

⁴ 総合研究大学院大学複合科学研究科情報学専攻。Department of Informatics, School of Multidisciplinary Sciences, Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Hitotsubashi 2-1-2, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430.

* Corresponding author. E-mail: nogi@nipr.ac.jp

アプリケーションと連携が可能な地図データセットが提供されている。異なる種類の地図の位置データの整合性をとるという問題は残されているが、今後、南極 GIS ポータルサイトを基礎とした、より充実した活用方法等が望まれる。

1. はじめに

地図は、空間データを視覚化するためのものであり、一般に地球表面の一部または全部を記号、文字、色彩等を用いて平面上で縮小表現したものである。地図には、地形図、地質図、海図や道路地図等、様々な種類の地図が存在し、また、球体である地球を平面で表現するため目的に応じた投影法が用いられている。最近では、紙媒体等で作成された地図から、コンピュータ等を通してデジタル的に操作することができる地図に移り変わってきている。デジタル的に地図を扱う事ができるシステムのひとつとして GIS がある。GIS とは、地理情報システム (Geographic Information Systems) の略称であり、デジタル化された地理的情報をもとに、それらに付加情報を持たせ、位置や場所から様々な情報を統合したり、分析したり、コンピュータ等に分かりやすく空間情報を視覚化する事が可能なものである。現在 GIS は、物流、行政や研究観測等、幅広い分野で利用されている。

南極の地図や地質図は、これまでほとんど紙媒体であった。このため、緯度経度情報等をもとに、簡易に地図上にデータを描画する等の作業が困難であった。そこで、コンピュータ上で最近広く利用されつつある GIS を利用し、南極の地図データのデジタル化を図り、研究者間等での容易な利用や異種データ間の定量的な比較等が可能となる基盤を確立する必要があった。

このような状況の中、情報・システム研究機構新領域融合研究センターでは、新領域融合プロジェクトとして、平成 16 年度に南極域の GIS 整備を視野に入れた「地球科学総合情報データベースの構築に関する研究」が開始され、この翌年度からプロジェクトを統合および拡大する形で、「分野横断型融合研究のための情報空間・情報基盤の構築」が実施された。このプロジェクト内では、サブテーマのひとつとして、「生命などの巨大システム解明のための統合的地球情報基盤の形成と活用手法の確立」が行われた。このサブテーマの一部である統合的地球情報基盤形成の研究では、地球科学情報のデータ (コンテンツ) を利用可能な形に整備し、データを統合して使用できるシステムを構築するという、二つの大きな柱のもとに研究が推進された。このサブテーマは、国立情報学研究所、統計数理研究所および国立極地研究所 (以下、極地研) によって研究が進められ、極地研が保有する南極域のデータを整備し、多くの人々に利用可能な南極域のデータ情報基盤の構築も大きな目的のひとつであった。特に、空間情報として基礎となる、国土地理院や極地研が保有する日本の南極域の地図に関して、デジタルデータの整備が遅れていることから、紙媒体のデータについては新たにデジタル化し、南極 GIS ポータルサイトの構築を目指した。約 6 年間の新領域融合プロジェクトの結果、南極域の基礎的な空間情報がほぼ整備され、南極 GIS ポータルサイトが基本的

に利用可能となった。本稿では、新領域融合プロジェクトにより構築された南極 GIS ポータルサイトの構成、機能等とともに、現時点での問題点および今後の展望について述べる。また、本稿で使用した略語・用語の解説を Appendix として文末に付した。

2. 南極 GIS ポータルサイト

2.1. 南極 GIS ポータルサイトの構成

南極 GIS ポータルサイトの構築には、米国 ESRI 社製品の、世界的に広く活用されている ArcGIS を使用した。現在の ArcGIS のバージョンは 9.3 である。基本的には、国土地理院や極地研が保有している南極域の地図に関する情報を、Web サービスを通して簡易に閲覧できるシステムである。地図データの公開にあたっては、サーバーを 2 台立ち上げ、一般公開用の Web サイトと、共同研究等の利用を目的とした極地研所内の Web サイトを用意した。一般公開用の URL は、「<http://geogisopen.nipr.ac.jp/gisopen/index.html>」であり、Web サービスを通じた地図の情報の閲覧等が可能である。また、共同研究等の利用を目的とした極地研所内向けの URL は、「<http://geogis.nipr.ac.jp/GIS/>」である。所内向けの Web サイトでは、Web サービスを通じた地図情報の閲覧等に加えて、Web サイトで使用されている地図データがダウンロード可能となっている。極地研所内向けの Web サービスは、基本的に所内での利用を想定しており、所外のアクセスを制限しているが、共同研究等を目的としていることから、所外研究者の申請に応じて所外からのアクセスも可能である。図 1 に、南極 GIS ポータルサイトのフロントページを示す。一般公開用では、図 1 で示された画面の前に、このポータルサイトの利用承諾画面が表示される。

南極 GIS の内容は、表 1 に示されるように、地形図、地質図、航空写真、衛星写真図や標高モデル等である。これらの地図情報が、Web 上で表示できるようになっている。GIS における空間データの形式は、ベクトルデータとラスターデータの 2 つに分類することができる。ベクトルデータは、点・線・面等の図形を、座標値及び座標値の列によって表現するデータのことである。ラスターデータは、画像データであり、その例としては航空写真や衛星画像等が挙げられる。言い換えれば、ラスターデータは、規則正しい格子状 (グリッド) に並んだピクセル (画素) の集合体である。現在、南極 GIS ポータルサイトに格納されている地図データのほとんどはラスターデータであり、地質データ等、一部のデータがベクトルデータとなっている。

Web 上では、SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) の ADD (Antarctic Digital Database) (ADD Consortium, 2000) の地図情報と整合をとるため、座標系は WGS84 測地系、ポーラステレオ図法で表示されるようになっている。基準となる緯度経度 (ポーラステレオ図法での座標の原点) が南緯 90 度、経度は東経 0 度である。国土地理院では、1998 年に開催された SCAR の第 25 回総会において、測地地理情報作業部会から測地基準系として、



図 1 南極 GIS ポータルサイトのフロントページ

Fig. 1. Front page of GIS portal site of Japanese Antarctica research.

表 1 南極 GIS ポータルサイト上で閲覧可能な地図の種類

Table 1. List of maps in GIS portal site of Japanese Antarctica Research.

地図の種類	内容
地質図	国立極地研究所整備の地質図
地形図	国土地理院整備の地形図
写真図	国土地理院整備の写真図
航空写真	国土地理院整備の航空写真
衛星画像図	国土地理院整備の衛星画像図
標高モデル	国土地理院整備の DEM と陰影図を重ねたもの
海底地形図	広域は、ETOPO1 (Amante and Eakins, 2009) による海底地形ラスタデータ。リュツォ・ホルム湾内だけ、Moriwaki and Yoshida (1990) による海底地形図を使用。
垂直写真	撮影点レイヤに国土地理院による垂直写真のハイパーリンクがある。
背景地図	広域の表示には、ESRI 社提供の画像データを加工したものを使用。詳細の表示用には、SCAR の ADD データを使用。

ITRF (International Terrestrial Reference Frame: 国際地球基準座標系) に改訂する勧告を受けた事により、ITRF に基づく測量が実施されるようになった。ITRF2000 (Altamimi *et al.*, 2002) と GPS の基準座標系である WGS84 との誤差は 1 cm 以内とされている。この GIS ポータル構築にあたって使用した多くの紙媒体の地図が、過去に採用されていた測地基準系 1967 をもとに作成されている。測地基準系 1967 から WGS84 への座標変換は可能であるが、

過去の地図データの一部には、単純な座標変換だけでは解決できない歪みがある。このような地図データも統一的に Web 上で表現するため、SCAR の ADD の海岸線データ等と可能な限り合致するようなデータベースを作成した。このため、Web 表示上でも、SCAR の ADD の地図投影に準拠する形で表示している。現在も国土地理院により、過去の地図データの ITRF2000 への変換が行われており、南極 GIS ポータルサイト内のデータも変換済みの地図データに順次更新を行っている。また、共同研究等の利用を目的とした極地研所内の Web 上では、背景地図として ADD のデータを使用しており、ADD のデータも閲覧可能である。

2.2. 南極 GIS の機能

図 2 に、地質図を選択した時の南極 GIS ポータルサイトの画面構成を例として示す。図 2 では、画面の大まかな構成要素を赤線で囲んでいる。Web 上の GIS 画面は、地図表示画面を中心に、メニュー、地図表示内容、概観図、地図操作ツール等で構成される。また表 2 には、Web 上で使用できる機能の一覧をまとめている。一部、極地研所内向けの Web サービスのみでしか使用できない機能があるが、一般公開用のサイトでもほとんどの機能が使用可能である。

Web 最上部のメニューは、「地図」、「表示」、「選択」、「描画」、「ウィンドウ」および「設定」で構成される。「地図」からは、地図の管理、印刷や画像のエクスポートが行える。「表示」からは、場所の移動や縮尺の変更等が行える。「表示」メニューでは、地図の回転機能も含まれている。これは、Web 上の地図画面の表示が、南緯 90 度、経度および東経 0 度を基準の緯度経度とした地図を表示しており、表示した画面の真上が北にならないため、画面上の真上の方向を北方向等に変更できるように、経度の入力、もしくは画面上で 2 点を結ぶ直線を設定し、地図画面がそれらに垂直になるように回転表示することができる機能である。ただし、この機能を実行した後は空間検索が行えない等、一部機能が制限される。「選択」からは、属性検索等が可能である。「描画」では、表示された地図上に、マーカー、ラベルや簡単な図形等の描画ができる。「ウィンドウ」からは、概観図や属性検索の結果等の表示や非表示を選択できる。また、「設定」では、画面上の図形等を選択した時のハイライト色を変更できる。

Web 上の地図表示と地図内容の表示の間に、地図操作ツールバーがある。地図操作ツールバーに説明を加えたものを図 3 に示す。このツールバーを使用して、拡大・縮小、移動、全体表示、属性表示等が行える。さらに、地図操作ツールの一番下には、二点間の距離等を簡単に計測できるツールがある。また、Web 画面左上の地図表示内容の部分では、チェックのオン・オフにより、地図内容の表示および非表示を行うことができる。左下の概観図からは、現在地図表示している地域より広域が示されており、その中で現在表示している地図が赤のボックスで示される。さらに概観図の赤のボックスは移動可能であり、これを表示したい地

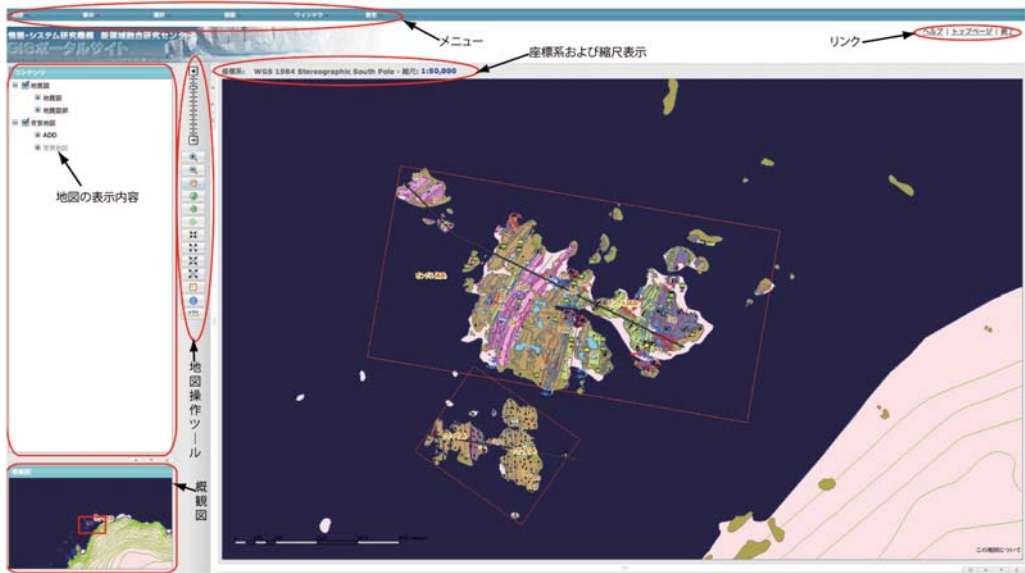


図 2 南極 GIS ポータルサイトの画面構成例

Fig. 2. Example of screen structure of GIS portal site of Japanese Antarctica research.

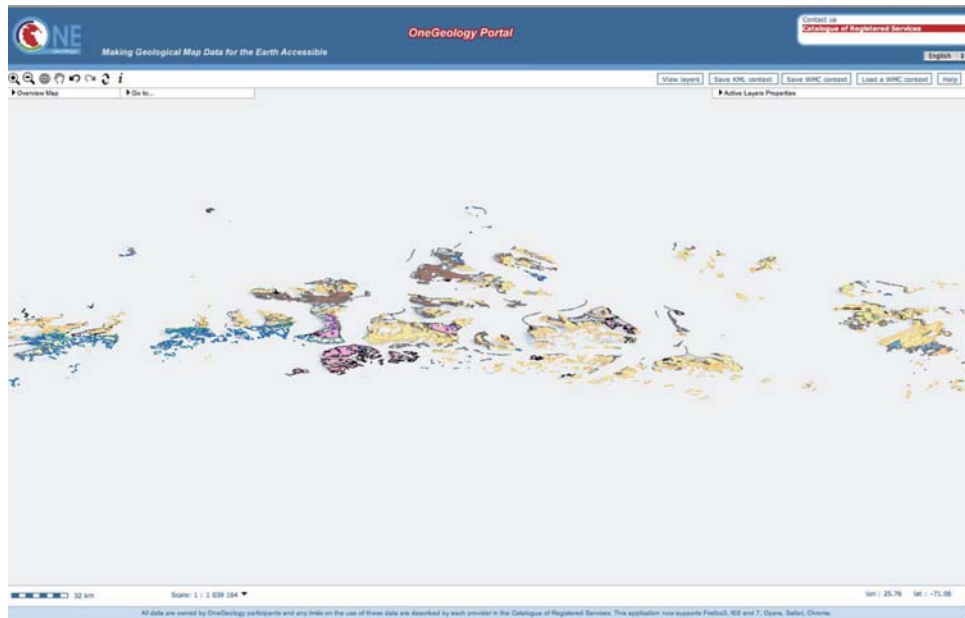


図 4 OneGeology ポータルを使用して表示させたセール・ロンダーネ地域の地質図の例

Fig. 4. Example of geological map in the Sør Rondane Mountains using OneGeology portal site.

表 2 南極 GIS ポータルサイト上の機能一覧

Table 2. Function list of GIS portal site of Japanese Antarctica Research.

機能分類	機能名	備考
地図操作	縮尺変更	
	縮尺スライダー	
	矩形拡大	
	矩形縮小	
	移動	
	全体表示	
	前の表示範囲に戻す	
	次の表示範囲に進む	
	定率拡大	
	定率縮小	
	ポイント拡大	
	ポイント縮小	
	メジャー	
	レポート作成	印刷
画像のエクスポート		
地図管理	地図の追加	極地研究所内サイトのための機能
	地図の管理	
表示	場所の移動	
	レイヤの整備範囲で表示	
	座標を指定して移動	
	地図回転	極地研究所内サイトのための機能
	縮尺変更	
選択	属性検索	極地研究所内サイトのための機能
	属性表示	
	バッファ選択	極地研究所内サイトのための機能
	空間選択	極地研究所内サイトのための機能
描画	ポイントバッファ選択	極地研究所内サイトのための機能
	マーカー描画	
	ラベル描画	
	図形描画	
	グラフィック削除	
ウィンドウ	折りたたみメニュー	
	概観図	
設定	結果	極地研究所内サイトのための機能
	選択シンボル	極地研究所内サイトのための機能

域に移動することによって、その地域の地図が表示される。

以上、概略を簡単に述べたが、目的の地図の表示や図形の描画等が可能であり、これらの結果を印刷や画像ファイルとしてエクスポートできる等、地図を利用する基本的な作業が Web 上で行える。それぞれの機能の使用法については簡易なマニュアルが用意されており、Web 上の画面右上の「ヘルプ」から参照できる。

2.3. 外部アプリケーションとの連携

ここでは、OneGeology、Google Earth や GIS アプリケーション等との連携について述べる。GIS アプリケーションとの連携については、Web サイトで使用されている地図データのダウンロードが必要な場合がある。ほとんどの外部アプリケーションとの連携方法については、南極 GIS ポータルサイトの Web 上にも記載されているので、ここでは概略を述べる。

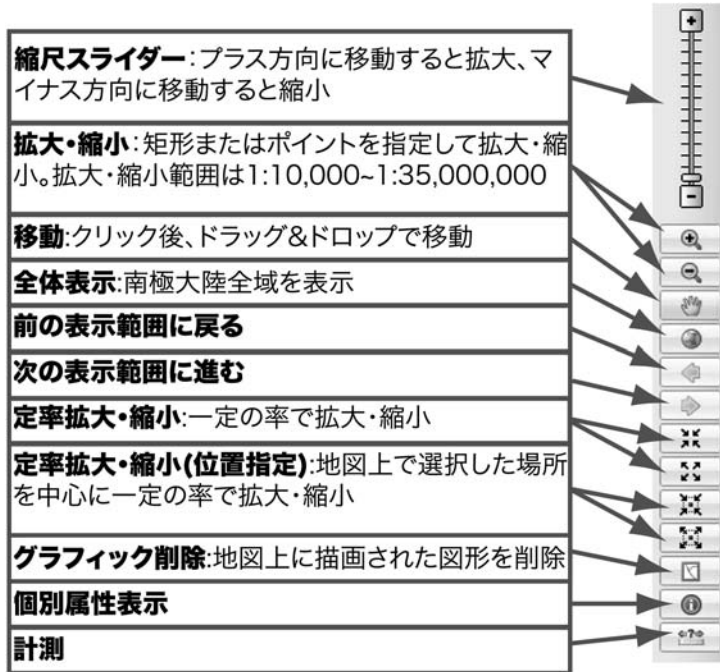


図 3 地図操作ツールバー

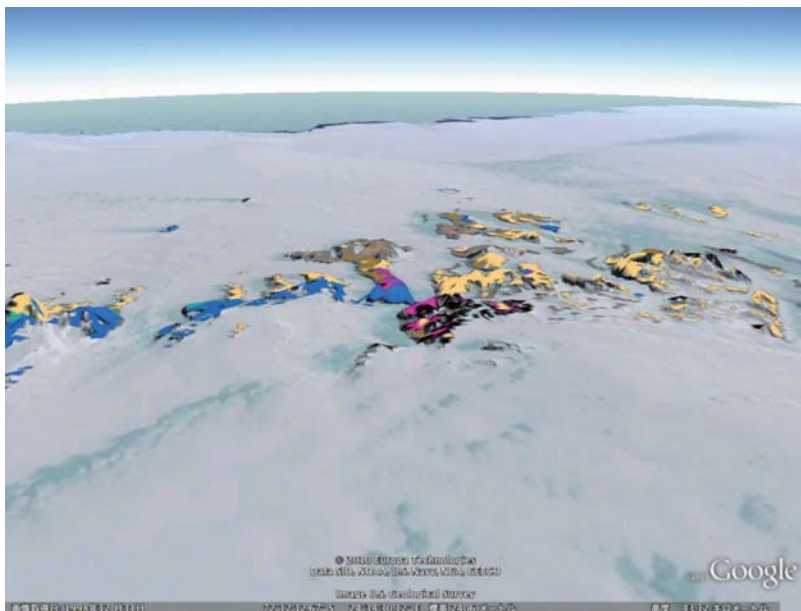
Fig. 3. Toolbar of map manipulation on the Web.

OneGeology は、英国地質調査所長の呼びかけをきっかけに、全世界の地質調査研究機関が中心になって実施しているプロジェクトである。これは、世界各地で作成されていた個別の地質図を、インターネット配信を通じて、誰でもどこでもお互いに使えるようにという考えのもとに構築された全地球地質図ポータルサイトである。データは、各国のサーバーから WMS や WFS という形式で、OneGeology のポータルを通じてユーザーに配信されている。WMS と WFS は、オープン地理的情報システム Consortium (OGC) によって発行されたウェブマッピング規格である。WMS は Web Map Service を、WFS は Web Feature Service を表す。南極 GIS ポータルサイトの地質図のデータでは、WMS が提供されており、これにより OneGeology との連携が可能となっている。地質データの WMS は、「http://geogisopen.nipr.ac.jp/ArcGIS/services/NIPR_Bedrock_and_Superficial_Lithology/mapservers/WMSserver?」である。図 4 に、セール・ロンダーネ地域の地質図を OneGeology ポータルを使用して表示させた例を示す。

地質図のデータは、さらに Google Earth における位置情報を示すファイル kmz ファイル (kml ファイルを圧縮したもので、ファイルには座標、距離等の情報が記載されている) も用意されており、このファイルにアクセスすることによって、Google Earth 上でも同様に表示可能である。kmz ファイルへのリンクは、「http://geogisopen.nipr.ac.jp/ArcGIS/kml/NIPR_



(a)



(b)

図 5 Google Earth でのセール・ロンダーネ地域の地質図の表示例 (a) 真上から見た表示 (b) 南斜め上空の視点からの表示

Fig. 5. Example of geological map in the Sør Rondane Mountains using Google Earth. (a) View from the top. (b) View from south up in the sky.

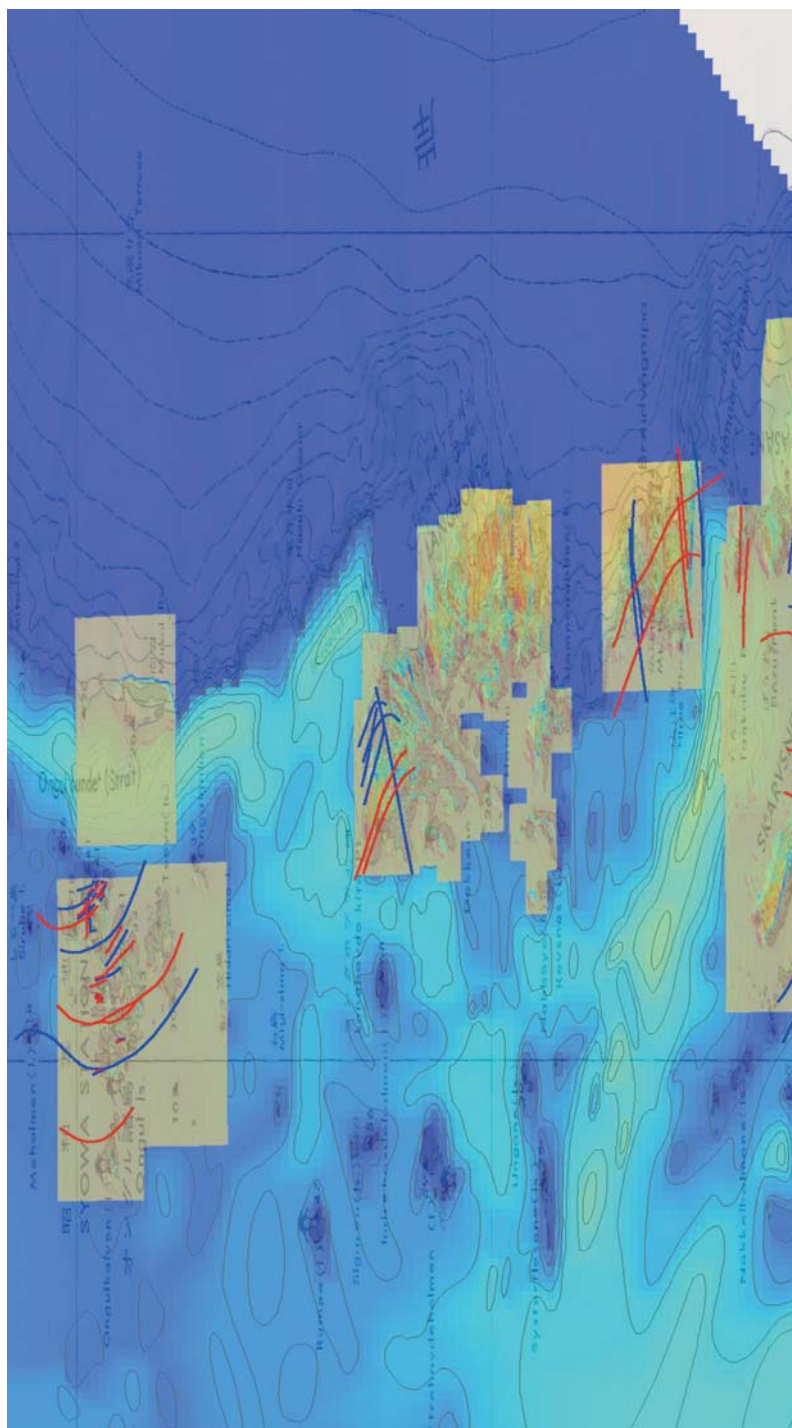


図 6 Quantum GIS を使用した地図描画の例。赤線が向斜軸，青線が背斜軸。
 Fig. 6. Example of map view using Quantum GIS software. Red and blue lines indicate syncline and anticline axes, respectively.

Bedrock_and_Superficial_Lithology.kmz」である。Google Earth を使用した、セール・ロンダ―ネ地域の地質図の表示例を図 5 に示す。図 5 (b) は、Google Earth 上で視点を変え、高度の起伏を強調して表示した同地域の地質図である。この図からは、この地域の地質帯が三次元的にどのように分布しているかを把握する事が可能である。このような三次元的な地質帯の分布形状は、デジタルデータである事から容易に視覚化できる。さらに、こういった新しい視点から今後の研究の進展が期待される。

当然ながら、南極 GIS ポータルサイトに登録されているデータは、商用やフリーの GIS ソフトでも利用可能である。商用の GIS ソフトとしては、ArcGIS Desktop や MapInfo 等がある。特に、ESRI 社製の ArcGIS Desktop での利用は、南極 GIS ポータルサイトのエンジンが ArcGIS である事から親和性も高く、地質図データ等は上記 WMS により、ネットワークを通じて表示が可能である。

一方、フリーの GIS ソフトとしては、Quantum GIS や GRASS 等が挙げられる。フリーの GIS での利用に関しては、現時点では Web サイトで使用されている地図データのダウンロードが必要となり、共同研究等の利用を目的とした極地研所内向けのサービス限定となる。ここでは、Quantum GIS を使用した地図描画の例を図 6 に示す。この図は、Quantum GIS で、ラスターデータとして、南極 GIS ポータルサイトからダウンロードした、25 万分の 1 のリュツォ・ホルム湾地域の地形図、国土地理院の整備した DEM (Digital Elevation Model)、および 25 万分の 1 のリュツォ・ホルム湾海底地形イメージをレイヤーとして透過して重ね合わせ、ベクトルデータとしてリュツォ・ホルム湾海底地形の等深線と、向斜軸および背向軸の地質データを示したものである。地域としては、東経約 39 度 16 分から 40 度 8 分、南緯約 68 度 57 分から 69 度 26 分の間の、オングル諸島からスカルプスネス付近までを切り出して表示している。このようにフリーの GIS ソフトでも、今まで容易ではなかった異なった種類の地図データの重ね合わせが簡単に行える。この図からは、陸上の地形と向斜軸および背向軸との関係から、それらの延長としての海底地形という観点で捉え、地磁気異常のようなその他の地球物理データと組み合わせ、陸上から海底にかけての地質構造の連続性に関する検討も可能であろう。現時点では、海底地形データの精度が十分ではなく、この観点からの検討は難しい。しかしながら、新しい南極観測船「しらせ」に、マルチビーム音響測深器が搭載された事により、この海域の詳細な海底地形が明らかになっていく事が期待される。これにより、上記のような陸上から海底にかけての地質構造の連続性に関する検討も現実的となるであろう。GIS による異種データの容易な重ね合わせは、今後研究の幅を大きく広げていく一つの手法となるであろう。

3. 問題点

過去に測地基準系 1967 で作成された紙地図をデジタル化したのが、これが一番大きな問題

である。過去の紙地図の座標は、測地基準系 1967 から WGS84 の単純な変換では済まず、もともと大きく歪んでいるものがある。これらのデータは、デジタル化した時点で参照できる ADD データに可能な限り合わせたが、完全には補正されていない。さらに、国土地理院が提供する ITRF2000 座標系で作成された最新のデータと、ADD データにも食い違いがある。過去の地質図も、過去の国土地理院の地図を参照して作成しているため、地質のベクトルデータ等も国土地理院が提供する最新のデータと食い違いがある。国土地理院も、最新の測量結果や衛星データ等を使用して地図の改訂を進めている。今後は、南極 GIS ポータルサイトのデータを国土地理院が提供する最新のデータに更新し、これらの最新データを基準に、順次地質図等のデータも更新していく必要がある。また、国土地理院でもインターネットを通じた地図データの提供を予定しており、南極 GIS ポータルサイトのデータ更新とともに、国土地理院のサーバーとうまく連携した効率的な運用を検討していく必要がある。

南極 GIS ポータルサイトは、現時点では日本語版のみの提供となっている。SCAR や国外研究者への日本の保有する南極域の地図データ配信という意味で、英語版のポータルサイトの構築が必要であろう。さらに、海外の一般向けの南極 GIS ポータルサイトも構築する必要があると考えられる。しかしながら、現状では上記の異なった種類の地図の位置データの食い違いという問題がある。このため、海外配信用のポータルサイトに関しては、これらの位置データの整合性をとった後、構築する事が望まれる。また、ここでも国土地理院との連携を考慮する必要があるであろう。

4. 今後の展望

南極 GIS ポータルサイトにより、研究者がこれまで不可能であった、南極域の空間的な異種データ間の定量的な比較が可能となる基盤を提供した。研究で利用されることはもとより、今後の南極域での研究計画や設営計画を立案する上でも、重要な基盤データベースとして機能するであろう。また、第 52 次南極地域観測 (2010-2011) から、南極観測船「しらせ」上でも、南極 GIS ポータルサイトが利用可能なように、船上に同機能のサービスを提供するサーバーを搭載予定である。これにより、「しらせ」船上でも Web 上で地図が閲覧可能となり、船上での観測計画の詳細の検討等に利用されるであろう。また、上記で挙げた問題点の早急な解決が必要であろう。今後、地図データベースの更新や地理情報以外とのリンク等、南極 GIS ポータルサイトを基礎とした、より充実した活用方法等が望まれる。

謝 辞

南極 GIS ポータルサイトは、情報・システム研究機構新領域融合研究センターの新領域融合プロジェクトの予算により構築された。

Appendix: 略語・用語解説

- GIS:** 地理情報システム (Geographic Information Systems) の略称. デジタル化された地理的情報をもとに, それらに付加情報を持たせ, 位置や場所から様々な情報を統合したり, 分析したり, コンピューター等に分かりやすく空間情報を視覚化する事が可能なもの.
- ArcGIS:** ArcGIS は, 米国 ESRI 社の GIS (Geographic Information System) ソフトウェアファミリーの総称. 市販の GIS ソフトウェアの中でも, 世界的に広く活用されている. ArcGIS は, デスクトップ GIS, サーバー GIS 等から構成されている.
- WGS84:** World Geodetic System (世界測地系) 1984 の略語. WGS84 は, 米国が構築・維持している世界測地系. 世界測地系とは, 世界で共通に利用できる位置の基準である. WGS84 は地球に固定された直交座標系で, 原点は地球の重心. また, WGS84 は, GPS や測量等で標準的に使用されている世界測地系である. WGS84 は, これまでに数回の改定を行っており, その都度 ITRF 系に近づいている.
- ITRF2000:** International Terrestrial Reference Frame (国際地球基準座標系) 2000 の略語. ITRF2000 座標系は, IERS (International Earth Rotation Service: 国際地球回転観測事業) が構築した 3 次元直交座標系である. ITRF と WGS84 との違いは, ITRF ではプレート運動や潮汐効果等の時間変化をも考慮した多くの地上点で実現されている座標系である点である. ITRF は定期的に更新されており, 座標系構築に使われたデータの観測年の下二桁もしくは, 観測年を省略しない ITRF 2000 のように表される.
- ADD:** Antarctic Digital Database の略称. SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research: 南極科学委員会) の元で構築されている, 南極の地形等の国際的なデジタルデータベースである. データは, ArcGIS の標準的なベクトルデータ形式であるシェイプファイルとして保存されており, 科学的な目的で使用する事を前提に, 各個人でユーザー ID を申請後, ダウンロード可能である. 現在, BAS (British Antarctic Survey: 英国南極観測局) により管理されている.

文 献

- ADD Consortium (2000): Antarctic Digital Database: ADD version 3.0.: manual and bibliography. Cambridge, Scientific Committee on Antarctic Research, 93 p.
- Altamimi, Z., Sillard, P. and Boucher, C. (2002): ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications. *J. Geophys. Res.*, **107** (B10), 2214, doi: 10.1029/2001JB000561.
- Amante, C. and Eakins, B.W. (2009): ETOPO1 1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis. Bolder, Colo., National Geophysical Data Center, Marine Geology and Geophysics Division, 19 p. (NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC: **24**).
- Moriwaki, K. and Yoshida Y. (1990): Bathymetric chart of Lützow-Holmbukta (Lützow-Holm Bay), Tokyo, Natl Inst. Polar Res. (Special Map Series of the Natl Inst. Polar Res.: **4**).