

地理情報システムによる気候データの解析

—北海道積雪深データを例として—

岩崎一孝*・橋本雄一*

I. はじめに

地域のさまざまな情報を収集・整理・分析するシステムとして、地理情報システム(GIS)が注目されはじめている(高坂, 1994; 町田, 1994)。その代表的なソフトウェアのひとつであるARC/INFO(米国ESRI社)は、地図作成・データ解析ツールとして、きわめて有効であることが報告されており(Hashimoto and Nakamura, 1994),これを援用した研究成果も出はじめている(側島, 1993, 中村, 1995など)。しかし、気候学におけるARC/INFOの援用例はほとんどなく、従来は、観測密度の異なる気候要素の空間的分布を比較検討するとき、分布図にメッシュをかけて属性データの統合を手作業で行うことが多かった(たとえば岩崎, 1984)。しかし、ARC/INFOを用いれば、同一地図上において複数のデータ属性を統合することが容易なため、気候学研究でのARC/INFOの援用も有効であると考えられる。そこで本稿では、北海道における積雪深データの分析を例とし、ARC/INFOを気候学に援用することによって生じる有効性と問題点について論じたい。

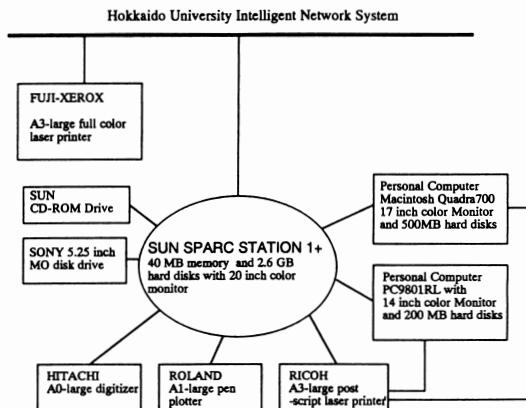
II. システム構成およびデータの作成

1) システム構成

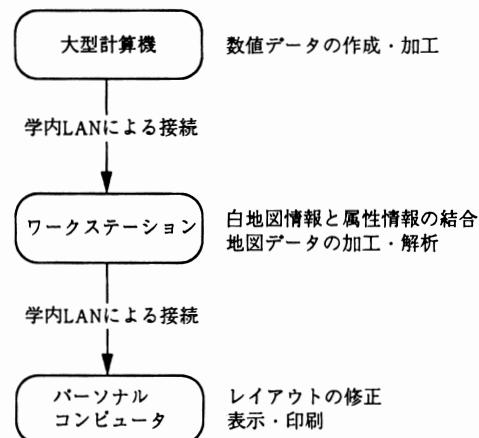
分析に用いた地理情報解析システムを第1図に示す。ワークステーション(Sun Sparc Station 1+)を中心とし、GIS解析ソフトウェアとして、米国ESRI社製のARC/INFOを備えている。このワークステーションには、入力装置としてAO版デジタイザ、出力装置としてA1版ペンプロッタ、A3版ポストスクリプト・レーザプリンタが接続されている。また、学内LANを通じて、A3版フルカラーページプリンタも利用可能となっている。

本システムは(HINES¹⁾)により、北海道大学

大型計算機センターのメインフレーム(HITAC M880 SYSTEM)や研究室のパーソナルコンピュータと接続されている。そのため、離れた場所に設置されているさまざまな機種の間で、データの転送を簡単かつ迅速に行うことができる。またMS-DOSとUNIXとの間でデータの交換をすることも可能である。

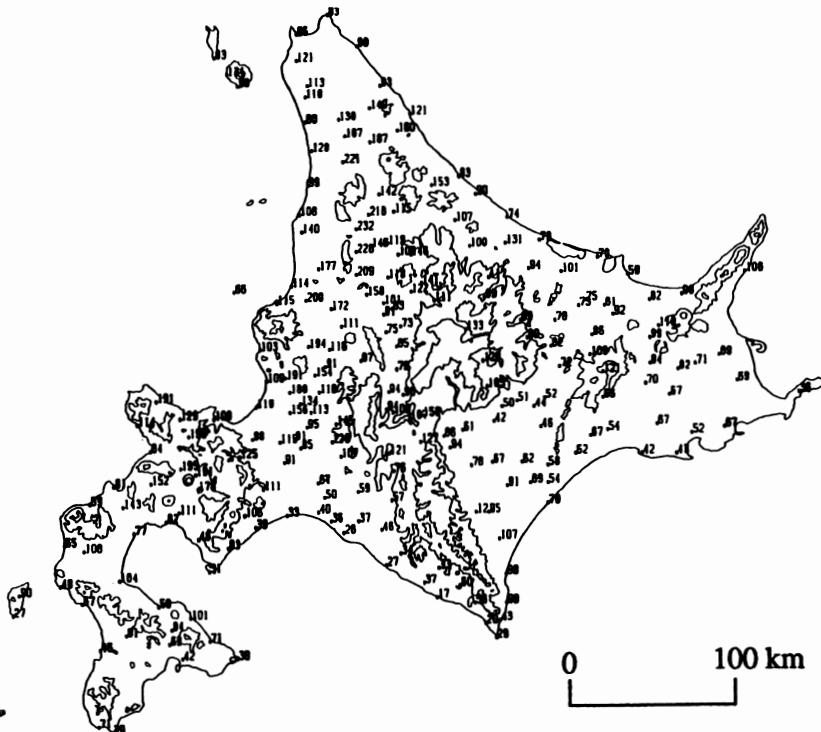


第1図 本研究室における地理情報システム構成図



第2図 異なるハードウェアによるデータの加工

* 北海道大学文学部



第3図 北海道積雪深観測地点における最大積雪深の平均値(1954-1978年)の分布

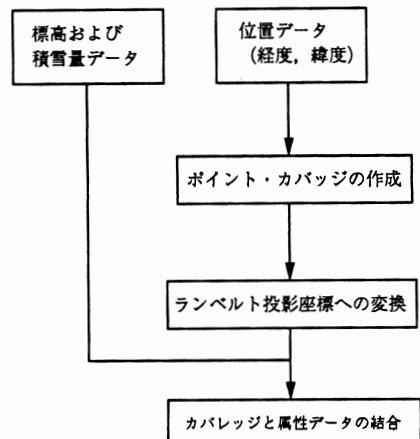
本研究での作業手順は第2図に示した通りである。まず磁気テープで入手した高度データ・積雪深データを、大型計算機センターで処理した後、学内LANを通じてワークステーションを中心とする本システムに転送する。次に、ワークステーション上で白地図データを作成し²⁾、これと高度データ・積雪深データを結合させて解析する。なお、この作業にはARC/INFOを用いており、操作はすべて、ARC/INFOのマクロ言語(AML)で作成したメニューにより行う。最後に、分析の結果得られた画像ファイルを、TCP/IP接続されたパーソナルコンピュータ³⁾に転送した後、レイアウトを修正して、ポストスクリプト・レーザプリンタで出力する。

2) データの作成

本稿で用いる資料は、気象庁作成の磁気テープ資料「多雪地積雪ファイル」であり、北海道、本州の多雪地地域の日積雪量と積雪深のデータが、1954年から1984年までの31年間分収められている。このデータから各年ごとに、前年の12月から3月における最大積雪深を算出し、1954/55年から1983/

84年にいたる30年平均値を計算したものを基礎データとする(第3図)。また、高度データとしては、国土数値情報1kmメッシュのグリッドデータを用いる。

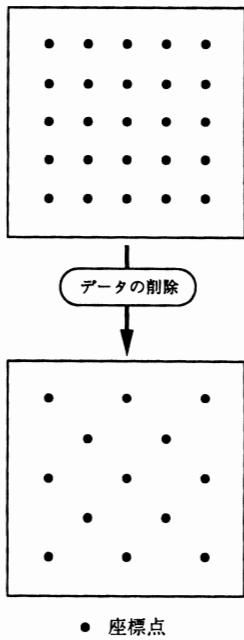
標高および積雪量データの加工は第4図の通りである。北海道には、国土数値情報における標高データの座標点は90.000点以上存在する。また、



第4図 標高および積雪量に関する地図データの作成

気象庁管轄の積雪深観測所が218カ所存在する。これらの位置データ（経緯度データ）を、ワークステーションに転送し、ARC/INFO上で地点に関する白地図（ポイント・カバレッジ）を作成する。作成したポイント・カバレッジはランベルト投影座標へ変換する。次に、ポイント・カバレッジに、標高データおよび積雪量データを属性データとして結合させる。

ここで、2つの修正を行う。システムの制約により、データ地点を50,000点以下にしなければならない。そのため、第5図に示したように、座標



第5図 ポイント・カバレッジの削除

ポイント・カバレッジは標高データの座標点に対応。



第6図 ポイント・カバレッジとライン・カバレッジ

ポイント・カバレッジは標高データの座標点、
ライン・カバレッジは海岸線に対応。

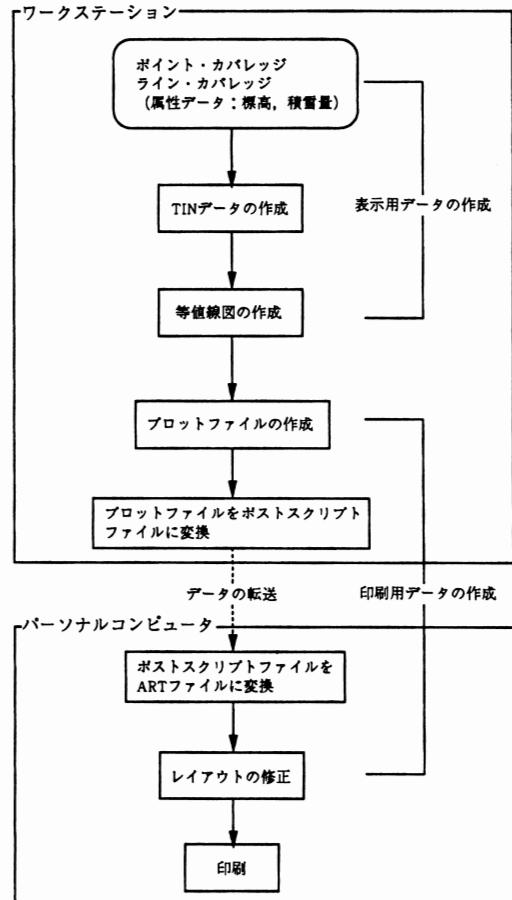
点を一つおきに削除する。また、海岸線に関する白地図（ライン・カバレッジ）を作成し、その属性である標高に対しゼロの値を入力する（第6図）。これは、海洋上は高度ゼロであり、その陸地との接点である海岸線も高度ゼロとみなしうると考えたことによる。

III. 北海道における気候データの解析

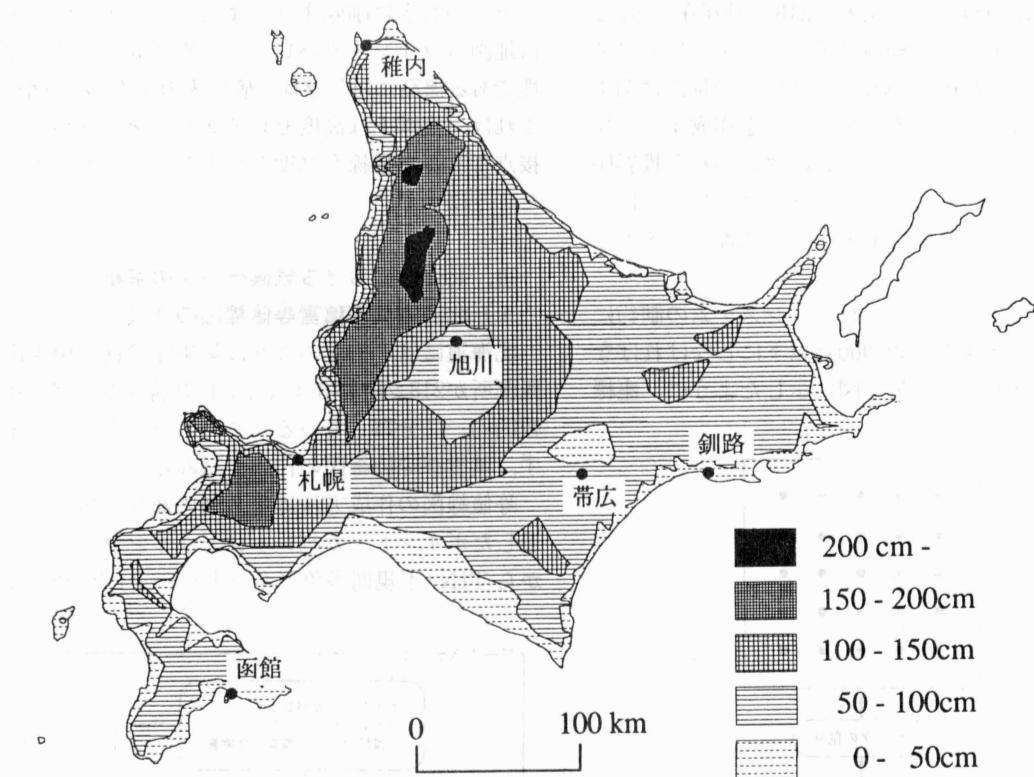
1) 北海道最深積雪等值線図の作成

北海道には、上記のように気象庁管轄の積雪深観測所が218カ所存在するが、山岳部を除けば、比較的均一に分布している。このデータをもとにまず、積雪深等值線図の作成を試みる。

等值線図の作成方法は第7図の通りである。前述したポイント・カバレッジとラインカバレッジからTIN（不規則多角形ネットワーク）を作成し、



第7図 等值線図の作成手順



第8図 ACR/INFOにより作成された最大積雪深平均値(1954-1978年)の等值線図

それをもとに等值線図を作成する。なお、その際、線の間隔を指定できるため、研究目的にあった精度の等值線図が作成できる。

ここで作成した等值線図の画像データの出力過程は以下の通りである。画像データからプロットファイルを作成し、さらに、それをポストクリップトファイルに変換する。このポストスクリプトファイルをパーソナルコンピュータに転送し、使用するソフトのファイル形式(本分析ではARTファイル)に変換する。パソコン上でレイアウトの修正をしてから印刷する⁴⁾。

その結果、北海道の積雪深218点のみから形成されたTINには、大きく3つの原因からなると思われる不自然な部分が認められた。第1点目は、海洋上にデータがないために、離れた2点からかなり不自然なTINが形成されてしまうことである。第2点目としては、知床半島の先端部などデータのない半島部ではTINが形成されないことである。第3には、陸部でも観測点密度の少ない地域で、きわめて不自然なTINが形成されてしまうことで

ある。

そこで、海洋上はすべて積雪0cmと仮定し、不自然なTINが形成された海洋上に仮想観測点をつけ加えた。さらに、データのない半島部にもTINを形成させるため、海岸線も積雪0cmとして積雪深データに付け加えた。また、陸部で観測点密度の少ない地域では、周辺から積雪深を推定し、仮想観測地点として積雪深データに付け加え、不自然な多角形の出現を防ぐ処置をした。

以上の操作により完成したのが第8図であり、日本海側の多雪地域、道東の少雪地域、上川盆地の積雪が周辺の山地に比べて少ないと、日高山脈東麓で西麓より多雪なことなどが読みとれ、マクロスケール的には十分精度の高い等值線図が作成されたと考えられる。

しかしながら、前述の補正には、2点の問題点を残した。第1点は、海岸線データ上の積雪をすべて0cmとしたことである。海洋上の積雪深は、流水におおわれないときは0cmであり、海岸を海洋と陸部との境界線と考えると、海岸線も積雪深は0m

となると解釈したからである。しかし、陸部の積雪深は0cmではなく、海岸線を越えてはじめて0cmになるという考えも成り立つ。ただし海岸線沿いのデータを現存する観測点分布から内挿外挿することは不可能に近いので、本稿ではとりあえず海岸線上の雪積深を0cmとした。また流氷接岸時には海上でも積雪深が0cmでなくなるが、接岸期間は短かいので、流氷上の積雪は無視することとした。しかし、海岸線上の積雪深については、今後さらに検討する必要があると思われる。

第2点目は、陸部内で仮想観測地点を追加した問題である。Eguchi (1992) は、不規則に分布した観測点から気候要素のグリッドデータを作成するときに、データの性質をよく把握した熟練者が等值線を引いた図をもとに作成されたデータの方が、観測点から直接内挿外挿法のプログラムにより算出されたものより、精度のよい結果が得られる事を示した。積雪深観測点の地域代表性は地点ごとに異なるため、より現実に近い等値線を生成させるには、データの性質をよく把握した熟練者が、必要最小限の仮想観測地点を追加してもかまわないと判断した。

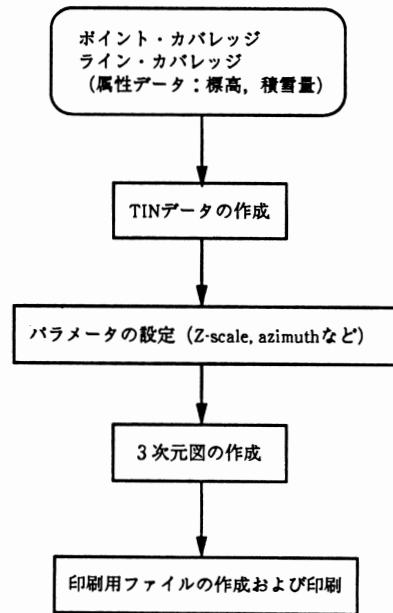
仮想観測地点を追加したにもかかわらず、日高山脈東麓の多雪地域の表現が不十分であることなど、メソスケールにおいては多くの問題点が認められた。結局、より正確なカバレッジを生成するためには、でき上がった等値線に、なお手作業で修正を加える必要があり、気候研究におけるARC/INFOの援用には、さらなる検討が必要である。

2) 積雪深立体図の作成と断面解析

次に、積雪深立体図の作成を試みる。気温や湿度と異なり、積雪深は現実に地表に存在する雪の多少を示す数値である。そのため、この気候要素は、立体図を作成することで、より具体的に地域的差異を把握することが可能である。

立体図は第9図に示したように、TINデータを用いて作成する。その際、投影角度など図化のためのパラメータを設定することができる。ここで作成した高度および積雪深に関する画像ファイルは、前述したのと同様の方法で印刷される(第10図)。

標高および積雪深の立体図から、積雪は日本海に面した道北の天塩山地から胆振山地沿いに多い

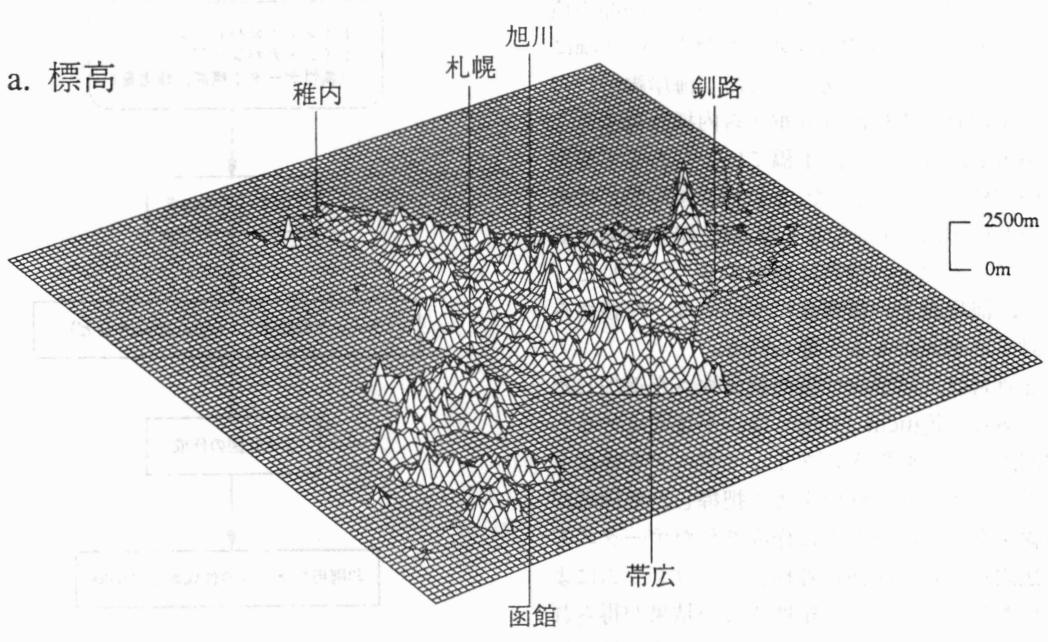


第9図 3次元図の作成手順

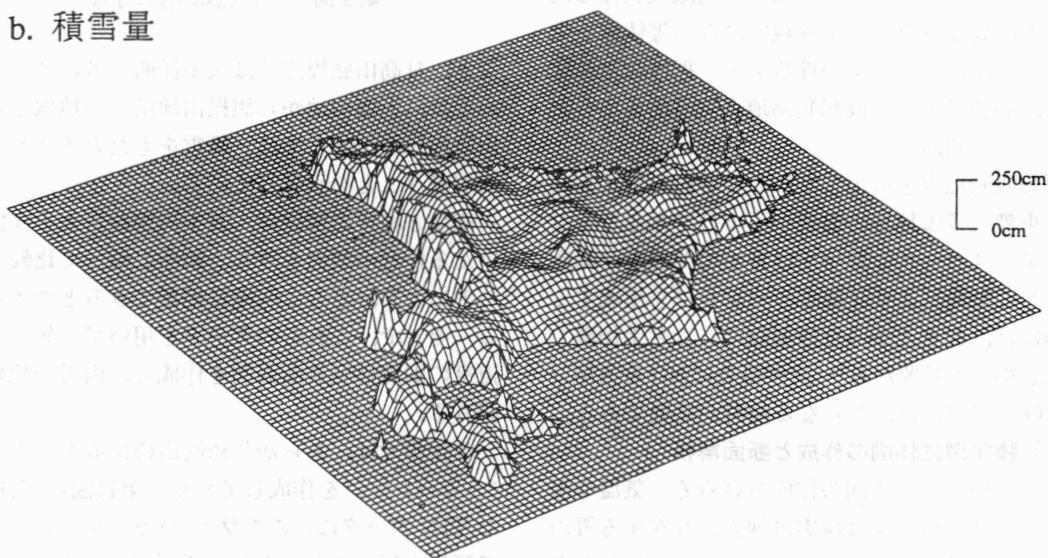
こと、日高山脈周辺では太平洋側で多いことが読みとれ、天塩山地から胆振山地沿いの地域と日高山脈周辺の地域とでは、降雪をもたらすメカニズムが違うことを示唆している。

高度と積雪の関係は、日本海側から太平洋側にいたる任意の断面を取り、断面に沿って比較することにより、さらに明確に把握できると考えられる。そこで、これらのデータを用いて、雄冬から道東の別海に至る断面図を作成し、両者の比較を試みる。

本作業では、あらかじめ断面の位置を示すライン・カバレッジを作成しておく(第11図)。前述したTINデータに、このライン・カバレッジを重ねて解析を行うことにより、断面図の画像データが得られる(第12図)。この画像データによると、季節風の進入口である増毛山地では積雪は2mを越え、上川盆地では1m未満と少なくなる。さらに石狩山地で積雪は増し、太平洋側でまた減少していく様を読み取ることができる。残念ながら、山岳地域に積雪データがないため、詳細な議論はできない。しかし、現状のデータからでもある程度の傾向を読みとることができ、こうした気候データの解析にも、ARC/INFOの有効性が示されたと考える。



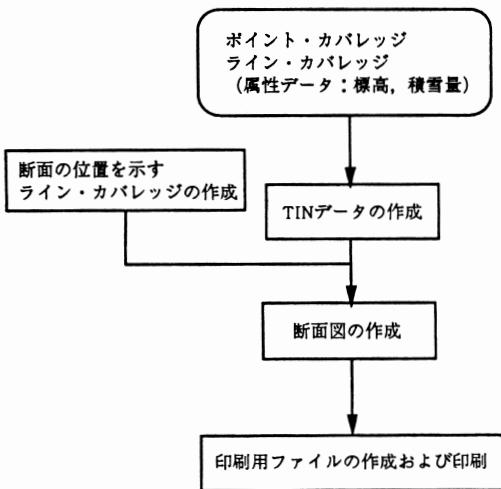
b. 積雪量



第10図 高度分布と最大積雪深平均値の3次元図

3) 地図データの重ね合わせ
GIS上で地図データや属性データの整備がなされている場合、迅速かつ簡単に部分地域の拡大表示や、当該地域における属性データの加工が可能である。ここではその一例として、任意の部分地域に関して標高データで3次元図を作成し、その上に積雪深の等值線を重ねて表示するプログラム

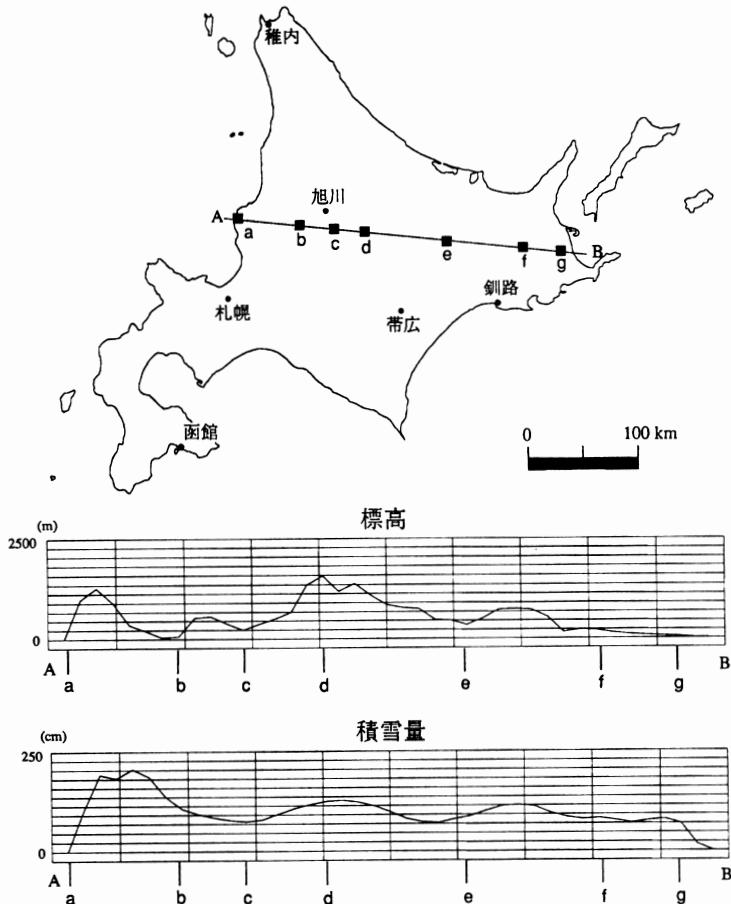
を AML により作成した。地図の作成過程は第13図の通りである。まず前述した海岸線を示すライン・カバレッジをディスプレイに表示し、そこでマウスにより範囲の指定をする⁵⁾。次に、指定した範囲内のポイント・カバレッジおよびライン・カバレッジを抜き出し、部分地域に関する新たなカバレッジを作成する。この新カバレッジから TIN



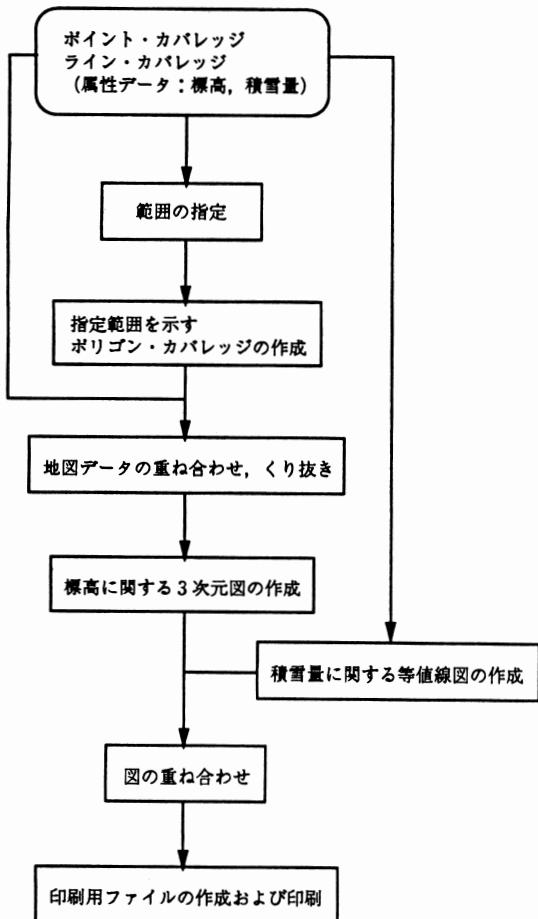
第11図 断面図の作成手順

データを作成し、さらに標高に関する3次元図を作成する。この3次元図もパラメータの指定により、高さに関する縮尺や投影角度などを指定することができる。次に、前に作成した積雪深の等値線図の当該範囲を、標高の3次元図に重ねて表示を行う。

ここでは日本海側地域の代表例として石狩平野の札幌周辺地域を、内陸盆地の代表例として上川盆地を、太平洋側地域の代表例として十勝平野を指定して図化を行った（第14図）。石狩平野では、北部の内陸部で積雪が多く、岩見沢周辺では135cmを越える地域がある。また南下するに従って積雪は減少していく、75cmを下回る地域も認められる。上川盆地では、周囲の山地より盆地内部で積雪が少なく、80cm以下となる地域が分布することがわ



第12図 最大積雪深と高度との関係
a:雄冬 b:深川 c:東川 d:石狩岳 e:北見相生 f:虹別 g:別海



第13図 3次元図と等値線図の重ね合わせ
3次元図は標高データ、等値線図は
積雪深データにより作成。

かる。十勝平野では、南部で積雪が多く、北上するに従ってその量は減少し、北部では50cmを下回る地域のあることも認められる。

このように、スケールを変更した上で、複数のデータを重ね合わせ、それを検討することにより、データ相互間の関係を視覚的に把握することができる。地理情報システムは、気候データのように観測点が不規則に分布する要素間の、相関関係や因果関係を孝察する際に、強力な援用ツールになることが明らかになった。

IV. おわりに

本稿では北海道の最深積雪平均値を用いて、

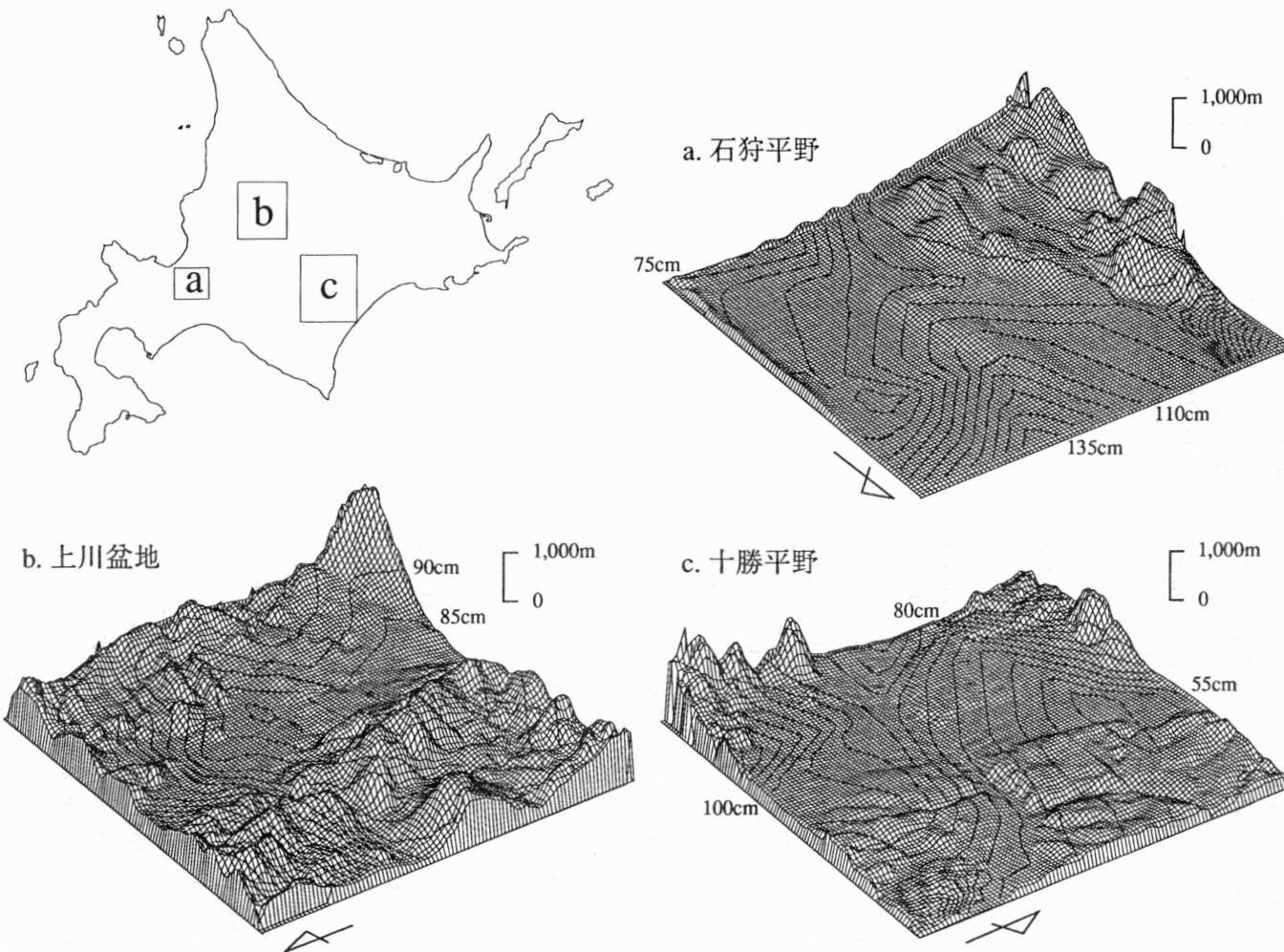
ARC/INFO の気候学研究への有効性について検討した。その結果、不均質に分布するデータを補正して、いかに正確なカバレッジを作成するかが、重要なポイントであることがわかった。本稿では、この補正を、かなり主観的な手作業にたよって行ったが、いかにすれば客観的補正法を導入できるか、また手作業にたよらず自動化するにはどうすればよいかという 2 点が、今後の重要な課題として残された。

今後、マッピングあるいは解析ツールとしての GIS を、地理学の分野において活用していくためには、迅速なデータの入手が不可欠である。そのためには、ネットワークの整備や、共同データベースの構築が早急に望まれる。

ARC/INFO を用いて共同データベースを構築しようとした場合、数値データ、カバレッジ、および AML などのプログラムが、その要素として含まれる。とくに、AML を蓄積することにより、地理学的分析のためのパッケージが作成可能である。この共同データベースは、ネットワークにより、多くの大学で利用すべきものであるが、その構築には多額の費用がかかる。そのため、これを 1 カ所に設置して、利用できるようにするために、かなり大きなプロジェクトが必要になる。

そこで、インターネットによって、各大学が保有するデータ、カバレッジ、AML などを利用し合うことにより、代替的な共同データベースの構築が可能と思われる。そのためには、大学間における人間同士のコミュニケーションと、コンピュータのネットワークによって、共同データベース利用のための組織を作ることが必要である。そして、各種気候データ、国土数値情報、国勢調査などの地理データを、磁気化した状態で積極的に活用していくことが、共同データベース構築の基礎になると思われる。さらに、データやカバレッジの紹介、解析の作業手順、結果のサンプルなどを WWW (World Wide Web)^⑥で他大学に紹介することにより、この共同データベースは、より有効に利用されると考えられる。

共同データベース構築のためには、ハードウェアについての知識を蓄積するとともに、利用者の組織を整備することが必要であり、それによって、地理学研究者の GIS 利用への関心は、さらに高ま



第14図 道央主要平野・盆地における高度分布と最大積雪深分布
高度は3次元表示、最大積雪深分布は等値線表示してある。

るものと考えられる。

本研究の骨子は、韓国大田市にて開催された平成6年度日韓科学協力事業セミナー（研究代表者：東京大学教授高木幹雄）にて発表した。発表の機会を与えていただいた東京大学生産技術研究所の高木幹雄教授に感謝の意を表します。

なお、データ編集の一部には、北海道大学大型計算機センター（HITAC M880 SYSTEM）を利用した。

注

- 1) Hokkaido University Intelligent Network System の略称。
- 2) 詳細は岩崎（1991）を参照のこと。
- 3) パーソナルコンピュータとしてApple社 Macintosh LC475を、図表編集ソフトウェアとしては、Adobe社 Illustratorを使用した。
- 4) このようにパソコン上で地図の修正・加工を行うことにより、簡単に細かい作業（例えば文字の張り付けや、複数の地図の張り合わせ）が可能となる。また、地理情報教育を施す際にも、パソコンの作業部分を増やすことにより、安価な教育用システムを構築することが可能となる。
- 5) マウスにより指定範囲の最小座標と最大座標を指定することにより長方形または正方形の範囲を任意に選択できる。
- 6) NCSA 製の文書探索表示ツール Mosaic などで、この情報を閲覧することができる。

文 献

- 岩崎一孝（1984）：7月における華中の多雨・少雨に関する原因についての考察。地理学評論, 57, 369-383.
- 岩崎一孝(1991)：気候情報の収集とデータベース化に関する基礎研究。「近代化による環境変化の地理情報システム 平成2年度 総合報告書（II）」立正大学, 197-204.
- 高坂宏行（1994）：『行政とビジネスのための地理情報システム』古今書院, 233ページ。
- 側島康子（1993）：新潟県賀北地区における砂丘列の自然的基盤と土地利用との関係。地域調査報告, 15, 85-94.
- 中村康子(1995)：秩父山地における斜面中腹集落住民による自然条件の認識と土地利用。地理学評論, 68, 229-248.
- 町田 聰（1994）：『地理情報システム入門&マスター』山海堂, 178ページ。
- Eguchi,T(1992):Comparison of Grid Data Sets compiled by Different Procedures. Iwasaki,K.ed.: *PRECIPITATION AND TEMPERATURE DISTRIBUTION OF THE WORLD - A Contribution*

to the Research Project "Better Understanding of Earth Environment via Satellite"- . Division of Geography, Faculty of Letters, Hokkaido University, 16-19.

Hashimoto, Y and Nakamura, Y (1994): Applications of ARC/INFO in Geographical Analyses. UNCRD Proceedings Series, No.3: *GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: PRESENT AND FUTURE*, 197-222.