地理情報の発展とメッシュデータ

—海外の動向を中心として—

久 保 幸 夫*

Development of Geographic Information and Grid Data

Sachio KUBO*

Abstract

Computer analysis of geographic information has become one of the most important tools in today's geoscience. Geographic information System (GIS) was developed in the early 1960s in North America to cope with rapid rural population decrease and consequent urban development. In the 1960s and 1970s, when computer was small and with poor graphic capabilities, grid-square analysis was popular especially in universities.

In the 1980s, the utilization of grid-square analysis in geography became unpopular in some countries, particularly in the USA. Technological development of computers enabled vector data processing by less expensive computers and interactive color graphics. Commercial GIS products appeared in the early 1980s, which released researchers from efforts of making GIS by themselves. Vector data provided by the central agencies, such as DIME and DLG, decreased the cost and time of converting data to digital formats.

In UK, grid-square data attracted considerable interest in the late 1960s. Grid-square data was provided for 1971 population census for all the country, but in 1981 census, grid-square data was provided for less than 20% of her area. Some other data, such as oil product consumption data and environmental data were provided from national agencies.

In China, with arising interests to GIS, grid-square analysis is becoming popular in universities.

Grid analysis still have benefits in spatial analysis of geographic data even though vector-based GIS has become majority. For further development of grid-square analysis of spatial data, it is critically important to understand the nature of geographic information. Users must be aware of accuracy of data, size of spatial size of data units and methods of analysis.

I. はじめに

1) 地理情報とメッシュデータ

この小論においては、メッシュデータを含めた地理情報の発展過程と今後の動向を国際的な視点で見

* お茶の水女子大学文教育学部 Ochanomizu University, Department of Geography

てみたい。特に、コンピュータを用いた地理情報の処理システムである地理情報システム (geographic information system=GIS) との関連を中心にしたい。GIS 全般に関しては日本コンピュータグラフィックス協会 (1988) などを参照されたい。

計算機可読型地理情報 (computer compatible geographic information) は、コンピュータの入力装置で直接読める形態で提供されている数値地理情報のことである。また、地理情報とは、地図や統計、観測データ、リモートセンシング映像、空中写真など地球に関するさまざまな計測データのことをさす。

地理情報の表現形態としては、数値型 (デジタル型) のものと、アナログ型のものがある。例えば、一般の印刷された地図はアナログ型であるが、地理情報システムで用いられる地図データは、地図に描かれた情報を点・線・面に分解し、数値で記述したモデルである。空中写真はアナログ型であるが、リモートセンシング映像はデジタル型である。基本的にアナログ型とデジタル型においては、記述モデル、記録方式、記録媒体が異なるが、相互変換は可能である場合が多い。この数値型地理情報のうち、コンピュータで直接読み書きできる形態のものを計算機可読型地理情報と呼ぶ。

アナログ型であるか、デジタル型であるかという区別とは全く独立に、情報の意味に関する区別がある。空中写真と地図はともにアナログ型の地理情報であるが、その質は全く異なっている。空中写真から地図を作成する場合、判読 (interpretation) が必要である。空中写真においては直接的に意味がある情報は記述されていないが、地図にはそれが記載されている。判読または解釈されて意味付けられた情報をセマンティックな情報と呼ぶ。地理情報のなかには、地図や統計のようにセマンティックな情報と、リモートセンシング映像や空中写真のようなセマンティックではない情報がある。この論文ではセマンティックな情報に関して扱うこととする。むろん、非セマンティックな情報は、原データとして、また、セマンティックデータと重畳して利用することに大きな意味があり重要であるが、これを取り上げると解釈過程 (interpretation process) にまで拡大して論ずる必要が生ずるので、今回は割愛したい。

2) 地理情報と空間形状

地理情報を、データ取得や集計のために利用される空間の形状で分類することができる。まず、幾何学的に機械的に空間を分割する方法と、自然的、あるいは人文的な不定形な領域への分割がある。前者の方法には、①緯度経度での空間分割、②平面へ投影された空間を正方形、ないし長方形に分割するもの、③三角形に分割するもの、などがある。①と②は一般にメッシュ (英語では grid, grid cell, grid-square など) と呼ばれ、③に関しては、フラアのジオデティック分割などが知られている。これは、建築ではフラードーム構造として利用されている。その他、六角形分割がある。不定形領域への分割は、国家、都道府県、河川流域などの空間領域である。

メッシュデータは、規則性をもって空間に配列されている個々のメッシュに関して集計されたデータである。したがって、メッシュデータは空間的位置を顕在的に持つデータ形式である。これに対し、後者の行政区画やその他の自然的・人文的な地域区画で集計されているデータにおいては、空間的な配置関係はデータそれ自体から得ることはできない。このため、地名やコードなど、空間に対してユニークに付けられたジオコードをキーとして、別個に作成された地図データから空間における配置を決定する必要がある。この場合、地図データとして一般には、地域を多角形で近似するポリゴン記述が用いられる。ポリゴンは、起点、終点があるベクトル (ベクター) で記述される。記述方法としては、フリーマン (Freeman) による位相記述などがよく知られている。メッシュデータをラスター型データ、ポリゴン型のデータをベクター型データともいう。また、ラスター型データで内部表現する地理情報システムをラスター型地理情報システム、ベクトルで内部表現する地理情報システムをベクター型地理情報システムという。ここで、内部表現としたのは、ベクター型データをラスター型データに変換するのは容易であり、ラスター型地理情報システムの多くでは、入力情報としては、ベクター型データを許すからである。

3) メッシュデータの特徴

メッシュデータの特徴は、奥平 (1982)、河辺 (1985) などで述べられているが、整理すればメリットとして、

① まずメッシュデータの場合、機械的に同一形状・同一面積の（わが国の標準メッシュのようにほぼ同一という場合を含めて）単位区画を用いるために、自然現象（例えば、標高、地形、降雪量など）を記述するのに適している。

② 機械的にメッシュを設定しているため、メッシュデータを作り易い。特に、標準メッシュ体系では、国土地理院発行の2万5千分の1地図を縦横ともに十等分したものが3次メッシュになっているので、地図からメッシュデータを作成するのは容易である。

③ 図形情報量が少なく、小型のコンピュータや簡単なグラフィックス機器でも取り扱える。

④ 拡散シミュレーションなど、形状がメッシュのほうが適している分析も多い。

⑤ メッシュサイズがある程度大きいと、位置 (xy) 情報にあいまいさが含まれるため、プライバシーの保護という面でもメリットがある。

このメリットは、整理すればメッシュが機械的に決定されているという点にある。しかし、これは同時にデメリットにもなり得る。デメリットとしては、

① 機械的に形状が決められるため、実際の地域区分に合っていない場合がある。特に、自然データよりも社会データにおいてこの問題は発生する。

② 地図からメッシュデータを作成するのは容易であるが、本来、行政域などで集計されているデータをメッシュデータにリサンプリングするには労力を要する。

③ コンピュータの進歩により、多量の情報が扱えるようになり、情報が失われていないポリゴンデータの方がよい場合がある。また、グラフィックス機器も進歩してポリゴンデータでも問題なく表示・印刷できる。

④ データの重ね合わせ、ある点（線、面）からの一定距離内の範囲を抽出するバッファリング分析など、メッシュで与えられるよりも高い精度での位置情報を要求する分析も多い。

⑤ メッシュが小さいと、プライバシーを損ねることになる。統計では秘匿値の増加につながる。

II. メッシュの歴史

1) コンピュータ以前のメッシュの利用

コンピュータの登場以前において、メッシュは、データ作成のための空間の分割方法ではなく、計測、分析のために利用された。1920年代末において、フィンランドのグラニュー (J.G. Grano) によって用いられたのが最初である。1930年代においては、わが国においても寺田寅彦 (1930) による地形の分析から始まり、その影響を受けた松井 勇 (1930)、吉村信吉 (1930) らが文化景観の分析をおこなった。この後、10年あまりにわたって地域計測がメッシュを用いておこなわれ、方法論に関して重要な研究がなされた。しかし、統計的手法の地理学への導入の是非をめぐる論争などの結果、わずかな期間で下火となってしまった。

2) 北米におけるメッシュデータ

1950年代終わりから1960年代初頭に、地理情報システムの概念が登場した。これは、コンピュータ上の地図データベースと、地域統計データベースを組み合わせ、地域分析やプランニングを行い、その結果をコンピュータによって地図化（コンピュータ・マッピング）を行う分析・計画支援システムである。1962年には、カナダで世界最初の実用地理情報システムであるCGIS（カナダ地理情報システム）がトムリンソン (Tomlinson) によって作成された。地理情報システムは、当時、農村人口の急激な減少と都市部への人口集中に悩んでいたカナダ、アメリカにおいて急速に受け入れられていった。これは、急速な社会変化に追いつけず、都市のスプロール化、インフラストラクチャ整備の遅れ、農村の荒廃などが生じた

が、この原因が従来のプランニング技法が経験的で非科学的であるという批判から、計画技法の科学化が求められた結果であった (Catanese 1972)。

トムリンソンが計画した CGIS では最初からポリゴンシステムを採用していた。しかし、自由曲線を入力するための機器である デジタイザや、図形を出力するための XY プロッタはともに非常に高価であった。CRT への表示は、モノクロームでは可能であったがコストが極めて高くついた。当時、CGIS のスペックを満足させる機械が市場にはなく、特注する必要があった。さらに、コンピュータ自身も小さく貧弱な性能であった。トムリンソン自身、「1960年代は、小型で性能が低く、高価格のコンピュータと、貧弱なグラフィックスの時代であった」と述べている (Tomlinson 1985)。

技術的理由で、1960年代、さらに70年代半ばまでは、ポリゴンシステムを用いた地理情報システムは、一部では利用されたものの広範な普及を見なかった。このなかで、メッシュデータの利用は大学を中心として盛んになった。大学では、安価な労働力である学生を用いてメッシュデータを地図から作成できた。また、大学コンピュータセンターの標準的な入出力機器であるカードリーダー、ラインプリンタを用いることが前提となった。地図にテンプレートを重ねて情報を読み取り、カードパンチして入力し、プリンタグラフィックスといわれるラインプリンタ文字の重ね打ちで濃淡図形を出力する方法が中心であった。

特に、ノースウェスタン大学のハワード・フィッシャーが作成した SYMAP プログラムがハーバード大学によって提供されるようになると、急速な普及が始まった。ハーバード大学が、コンピュータグラフィックス・空間分析研究所を設立するとフィッシャーがその初代所長になった。同研究所は、1980年代半ばに研究所の活動が地図・地理情報システムから CAD に移るまで、この分野での中心的な研究の場であった。SYMAP の他、ラインプリンタでの地図出力プログラムとして、同研究所は GRID などのプログラムを提供したため、メッシュによる地域分析は急速な発展をみせた。アメリカにおいては、土地区分や、行政体の境界が経緯度によるものが多く、行政区画がそのままメッシュとなる地域が多いこともメッシュ利用を盛んにした原因の一つと考えられる。1970年代において、アメリカの多くの大学において、メッシュをベースとした地理情報システムが開発された (久保 1980)。

大学での利用に刺激され、1960年代末から70年代はじめにかけて、ミネソタ州、ニューヨーク州、メアリーランド州などで、メッシュを使用した地理情報システムが開発された。しかし、この中で、比較的長期間利用されたのはミネソタ州のシステムだけであった。ニューヨーク州のメッシュシステムの失敗について、オハイオ州立大学のマープルは、「メッシュが大きすぎたため、メッシュデータの精度が悪く、計画担当者に不評であった。担当者は、メッシュデータを作成するのに使用した色塗り地図のほうが有効だと考えた」と述べている。

1970年代終わりに、コンピュータに転機が訪れた。それは、コンピュータの小型化、高性能化とコンピュータグラフィックスの登場である。IC 技術はコンピュータを変えた。この GIS の結果地理情報システムは一般のユーザーに手の届くところになった。1970年代以降の北米の GIS の動向の詳細に関しては拙稿 (1989 a) を参照されたい。

また、アメリカ、カナダなどの統計局は統計作成のため、道路網を中心としたポリゴン型の数値地図の整備を1970年ごろから開始した (久保 1990)。アメリカでは、DIME、カナダでは AMF などと呼ばれるデータベースがそれである。アメリカの場合だと、DIME と、USGS (アメリカ地質調査所) が作成している20万分の1地図をデジタル化した DLG ファイルを併用することにより、ポリゴン型のデジタル地図データが簡単に入手できる体制が確立した。さらに1990年からは、これらを作成時から統合した TIGER が入手できるようになった。TIGER のデータは CD-ROM でも入手可能である。アメリカでは、地図、デジタル型地図データ、統計などに著作権は存在しないので、データはコピー料のみで入手できる。また、第三者への譲渡、販売に対する制約もない (久保 1989 b)。

このように、ポリゴン型の情報が容易に入手できるという環境のもとでは、北米ではメッシュデータは

あまり利用されなくなっている。地質、土壌などの自然データも地質図などをスキャナーで読み込み、自動的にポリゴン生成する方法（自動デジタルジグ）でポリゴン化されて提供されている。この中で、唯一、メッシュの形態で提供されているのが、USGS による DTM である。この DTM データは、磁気テープで提供される他、9枚の CD-ROM でも提供されている。

メッシュデータは全く利用されていないわけではない。例えば、サンフランシスコ湾沿岸地域では、地震対策として地質、土地利用などの詳細なメッシュデータを1980年代初頭に作成しているケースもある。リモートセンシングデータとの重畳や、DTM を用いた土地利用の3次元表示などでは、メッシュデータが利用されている。また、災害など自然条件、特に地形が問題となる場合はメッシュを用いた分析が用いられているが、この場合、ポリゴン型のデータとして初期入力して、分析時にメッシュデータに変換するケースがかなり多いように見受けられる。現在環境保全局 (EPA) で作成している EMAP (Environmental Monitoring and Assessment Project) のデータベースは、ポリゴンデータを六角形メッシュに変換している。

メッシュデータの利用ということではないが、メッシュを使ったゲームできわめてアメリカ的なものを紹介しておく。土地利用ロールプレイングゲーミングシミュレーションとして、CLUG (Community Land Use Game) がある。これは1972年にフェルド (Feldt) によって開発されたものである。CLUG はもともと、コンピュータで動作するようになっていなかったが、部分的にコンピュータ支援化する試みは複数の研究者によってなされた。日本でも、両角 (1980) などによって試みられている。これをシングルプレイヤーとしたものに、SIMCITY がある。

3) イギリスにおけるメッシュデータ

イギリスにおいては、1960年代末にメッシュデータへの関心が高まり、大学などで多くの研究がなされた。また、1970年代初めには、郡などで、メッシュデータを作る試みがなされた。これは、アメリカや日本とはほぼ同時期である。1971年の国勢調査では、1 km メッシュデータと100m メッシュデータが提供された。しかし、1981年の国勢調査では、1 km メッシュのみとなり、しかも、イギリス、ウェールズの約20%しかメッシュデータ化されなかった。この国勢調査のメッシュ集計では、メッシュに少数しか居住者がいない場合、秘匿データとしないため、小さな乱数を加えることで意図的に精度を落とす方法が取られている。現在、日本のメッシュ統計、特に商業統計では秘匿値が多く、分析に困る場合が多いのでこのような処理方法は参考になる。国勢調査以外には、石油製品の消費データ、自然環境データなどがメッシュデータ化されている。

しかし、メッシュデータに対する関心は全体的には低下している。チャーリー卿 (Lord Chorley) が委員長となってまとめた報告書である Handling Geographic Data (1986) においては、メッシュデータの欠点と長所を指摘し、メッシュデータは自然条件と社会条件を統合して分析するのに有利であり、利用を考えるべきだとの意見がのっている。また、より詳細な地域単位として、郵便番号区を利用すべきだという勧告も含まれている。すでにこれはスコットランドの国勢調査では実施されている。

イギリスの最近の論文では、メッシュデータを利用したものが殆ど見あたらない。これは、メッシュデータの公的な提供が少ないのと、ベクター型地理情報システムが普及しているせいであろう。

なお、国勢調査のメッシュ集計はドームズデイプロジェクト (Domesday Project) のレーザーディスクにも収められており、簡単に利用することができる。

4) 中国におけるメッシュデータ

中国ではメッシュデータの利用が最近盛んである。この背景としては、地理情報システムがブームとなっているが、それに利用できるデータが公的に提供されていないため、メッシュデータを大学で作成していること、大型コンピュータやワークステーションは少なく、パソコン利用が中心であるので、データ量が少なく処理が簡単なメッシュデータが好まれることが理由と考えられる。筆者が1987年に中国を訪問し

たとき、ポリゴンデータ作成に不可欠なディジタイザを見かけることはまずなかった(久保 1987)。

5) 環境問題とメッシュデータ

地球環境が大きくなるにつれ、地球レベルでの環境データの整備が大きな課題となってきた。すでに国連環境計画 (UNEP) では GRID プロジェクトがスタートしているほか、いくつかのデータ整備プロジェクトが進行中である。例えば、グローバルディスク計画では、16 キロメッシュのデータを作成、提供する考えがある。しかし、グッドチャイルド (Goodchild 1990) が指摘するように、地球をカバーするようなメッシュがどのようなものであるべきか、検討が必要である。

III. 現在のデジタル地理情報における問題

1) 日本における地理情報

世界的にみると、日本は地理情報という点では極めて特殊な国である。第一に、国家によるメッシュデータの整備という点では、世界でもトップレベルである。しかし、ポリゴンデータの整備ということでは、あまり芳しい状況ではない。すなわち、データ整備に偏りがある。メッシュデータ偏重のきらいがあり、メッシュデータにそぐわないものまでがメッシュデータになっている。

第二に、地理情報の性質や利用方法が十分に理解されていない。このため、メッシュデータがあっても、それが正しく使われていない。これは、メッシュデータにかぎらず、デジタル地理情報、ひいては、地理情報システムへの不信感につながっている。

第三に、せっかくのメッシュデータが十分に提供されているとはいえない。メッシュデータは官庁が作成しているものが多いが、一般への提供ルートがなかったり、提供媒体に問題がある。

第四に、メッシュデータやポリゴンデータを利用する環境では、きわめて遅れていることである。

2) メッシュデータとベクターデータ

最初の問題点に関して検討してみたい。メッシュデータとベクターデータとはそもそも、性格が異なるものであり、一般論としてどちらが優れているといった比較をする対象ではない。

メッシュサイズが微小であるならば、ベクターデータと完全な互換性を有するはずであり、メッシュかベクターかというのは、記述方法の差に過ぎないという意見があるが、これは正しくない。ベクターで表現する場合は、位相構造やネットワークに関して記述が可能であるが、メッシュでは不可能である。

土地利用、標高データのようにある地点においては一つの値しか持たず、他の要素や他の地点と独立にデータが存在する場合には、メッシュサイズが十分に微小であれば、ベクターデータとの完全互換性を有する。現に、色塗地図からベクターデータを作成するのに、スキャナーで微小な点に分解し、エッジを求めてベクターデータを作る方法は普及している。また、ラスター型地理情報システムでは、ベクターデータを内部でメッシュデータに変換して処理している。

このような場合、どの記述方法を採用するかということは、データ量の問題と、利用者がどのような分析手段(地理情報システム)を持っているかによる。同じ情報を記述する場合、データ量が少ない方法が有利であり、また、ユーザーが最終的に利用するシステムに都合がよい形態でデータを提供することが望ましい。

3) 地理情報の性質の理解

地理情報に関して、現在、概念の欠如や理解の不足がある。これは、地図と統計だけが地理情報であった時代の方法論では、近年のデジタル型など新しいタイプの地理情報に適合できないためである。ここでは、従来の概念を変えなければならないものが少なくない。

いままでは、縮尺という概念が情報の精度をあらわすものであったが、これはデジタルデータには適用できない。デジタル化されたデータでは、空間誤差、あるいは空間分解能という概念が必要である。この問題に関連するのが、メッシュサイズに関する議論である。メッシュサイズが大きすぎるため、十分

な情報が得られないという不満はよく耳にするが、これについてどう考えるべきなのだろうか。

この論議には、大きな混乱がある。それは、データのユーザーとして、より詳細な情報を得たい、という論理が一方にあるのだが、ある特定の分析を行いたい場合、どの大きさのメッシュが最適なのか、という視点が欠落しているためである。そもそも、メッシュには二つの異なる目的がある。それは、計測・集計し、さらにデータ提供する目的と、データを用いて分析する目的である。この両者は本質的に異なるものであり、それを吟味せずに一体として議論されているように思えてならない。

前者は情報を集計する単位としてのメッシュである。これに関しては、メッシュに変換される以前の情報、例えば、地形図上の情報、が損なわれないメッシュサイズが望ましいことになる。このためにはメッシュサイズは微小であればあるほど望ましい。微小なものを統合して空間的に大きなエリアとすることは可能であるが、逆は不可能である。しかし、微小なメッシュを採用することには、3つの限界がある。一つは、原情報の空間分解能より小さなメッシュを採用しても意味がないこと、二つ目は、情報量が大きくなること、三つ目は、統計などの場合、個人のプライバシーを損なう結果になることである。二番目の問題は、過去にはこれが一番重要であったが、現在ではデータ自動読み取りやデータ圧縮技術で解決する問題であるので、あまり重要とは思えない。

現在、日本で採用されている標準メッシュに関して、十分にメッシュサイズに関しての議論がされているとは思えない。この結果、本来、1 km の標準メッシュが不適当なデータに関してもこのメッシュにされているため、誤差が多くなったり、利用目的にそぐわなくなっているケースが多い。

後者は、主としてユーザー側の責任である。従来、分析における最適メッシュサイズの議論は殆ど行われていないといつてよい。多くのユーザーは提供されるメッシュデータをそのまま利用しているのが現状と思われる。しかし、分析に不適当なメッシュサイズを用いると分析結果に影響を与える。すでにこの問題は、1930年代から松井らによって指摘されているのに残念である。

4) データの提供

メッシュデータに限らず、デジタルデータの提供には多くの問題が生じている。海外と比較する場合、日本においては、提供を受けるための手続きが面倒であること、民間利用に制限が多いこと、利用者に利用しやすい形態でないこと、などがあげられる。

最近の海外の傾向としては、統計データやデジタル地図データがきわめて安価に CD-ROM やレーザーディスクで購入できるようになってきたことだ。アメリカ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランド、スウェーデンなどではすでに発売されているか、計画中である。CD-ROM の場合、フォーマットが公開されているものが多く、データを買ってきた場合、付属ソフトだけではなく、他のソフトでも利用できるなど、ユーザーの利用に関して配慮されている。

5) 地理情報システム

デジタル地理情報と地理情報システムの関係は、ニワトリと卵の関係である。日本では地理情報システムがまだ普及していないために、デジタル地理情報の利用が低く、そのため、CD-ROM などで提供されないため地理情報システムが普及しない。

従来、地理情報システムのソフトウェアはかなり高価なものであったが、最近、海外ではパソコンの能力の向上にともない、安価な製品が登場している。また、GRASS や Hyper Map のように無料で提供されるパブリックドメインのソフトウェアも増えている。しかし、これらのソフトウェアが IBM-PC ないし、マッキントッシュで動作するため、国内市場ではあまり見かけない。

国内の研究者の多くは、自分でソフトウェアを作成するが多いが、多くの労力と時間を消費しており問題が大きい。これは、国内においては、日本電気のパソコンが大きなシェアを占めていること、海外の事情があまり伝わっていないことによる。きわめて特殊な分析以外は、市販ソフトで十分可能であるので、改善が必要であろう。

IV. おわりに

この小論で扱った種類の地理情報は、筆者個人から見るとすでに過去のものである。現在のメッシュデータは、伝統的な「地図」や「統計」から新しいタイプの地理情報に移行する過程での暫定的なデータタイプのように思われる。また、現在の地理情報システムも、すでに古めかしいものになっているように思える。

空間、時間、属性を同時に表現できる新しい種類の地理情報の記述形態と、それを処理するシステムが必要であると考えている。しかし、このような地理情報が一般化するには、まだ長い年月が必要であろう。それまでは、「数値地図」に頼らざるを得ないであろう。

文 献

- CATANESE, A. J. (1972): Scientific methods of Urban Analysis. *University of Illinois Press*, Urbana.
- LORD CHORLEY (ed.) (1986): Handling Geographic Information. *HMSO*, London, 208 p.
- GOODCHILD, M. F. and SHIREN, Y. (1990): A hierarchical data structure for global geographic information system. *Proc. 4th Int. Symp. on Spatial Data Handling*, 911-917.
- GRANO, J. G. (1929): Reine Geographie. Eine methodologische Studie beleuchtet mit Beispielen aus Finland und Estland. *Acta Geographica*, 2-2.
- 河辺 宏 (1985): 地域統計概論. 古今書院, 195 p.
- 久保幸夫 (1980): 地理的情報処理の動向, 人文地理, 32, 40-62.
- 久保幸夫 (1987): 中国の地図情報動向. *PIXEL*, No. 62, 106-110.
- 久保幸夫 (1989a): アメリカの地理情報処理の現状. *PIXEL*, No. 76, 109-113.
- 久保幸夫 (1989b): 地図データベースをめぐって. *PIXEL*, No. 82, 82-86.
- 久保幸夫 (1990): 国勢調査と地理情報システム. *PIXEL*, No. 96, 78-84.
- 松井 勇 (1930): 上溝付辺の地表傾斜と文化景観との関係. 地理評, 6, 1599-1627.
- 両角光男 (1980): マイクロコンピュータを用いた Community Land Use Game. 高橋潤二郎編: 科研費「都市計画のための地域情報グラフィックシステムに関する研究」報告書, 59-82.
- 日本コンピュータグラフィックス協会編 (1988): コンピュータ・マッピング入門. 日本経済新聞社, 218 p.
- 奥平耕造 (1982): 都市・地域解析の方法. 東京大学出版会, 293 p.
- 寺田寅彦 (1930): 地形図に於ける傾斜勾配分布の統計的研究方法について, 地理評, 6, 653-661.
- Tomlinson, R. F. 久保幸夫・金安岩男訳 (1985): 地理的情報システム—新たな挑戦. 地理増刊, 30-3, 14-24.
- 吉村信吉 (1930): 地域形態計測の一方法とその例 文化景観と地形との面積的相関, 地理評, 6, 1569-1568; 1708-1743.

(1990年10月17日受理)