

## 地理情報システム (GIS) 研究とGIS教育の必要性

碓 井 照 子 \*

The Necessity of GIS research and GIS education in Geography

Teruko Usui

### はじめに

この20年間における世界レベルでの地理情報システム研究の発展には、目ざましいものがある。アメリカでは国立地理情報分析センター(National Center for Geographic Information and Analysis)<sup>1)</sup>がアメリカ3大学のコンソーシアムとしてカリフォルニア大学地理学科を拠点に設置され、イギリスでは、イギリス全土を区分するGISの地方センターとして8箇所の主要大学の主に地理学科にRRL (Regional Research laboratory) が併設された<sup>2)</sup>。(表1) また、GISの専門雑誌(International Journal of Geographical Information System)が、英国エディンバラ大学の地理学科より発刊され、MAPINFO、GISWORLD等のGIS情報誌が発刊された。我が国では、1991年に東京大学都市工学研究室を事務局として「地理情報システム学会」が発足したのである。1970年代初頭より久保幸夫がこの研究を我が国に紹介<sup>3)</sup>、GIS研究は、国土数値情報や地方自治体の情報化(UISプロジェクト)研究の中で進展した<sup>4)</sup>。測量、地図会社、情報関係関連企業等にも波及し、1990年からは、西川治を研究代表者とする文部省科学重点領域研究「環境変化の地理情報システム」<sup>5)</sup>が始まり、1991年には、旭川で国際会議が開催された。しかし、日本において世界的に評価をうけた少数の地理学的先駆的研究<sup>6)</sup>を除けば日本の地理学者層に幅広く指示される事なく今日に至っている。むしろ地理学に関係深い国土地理院や測量会社、地球科学の研究を除けば都市工学、建築学、農学、情報科学等の他分野の研究者にその重要性が理解され、その関心は極めて高いのである。日本の地理学研究に占めるGIS研究の比重は極めて小さい。まして、GIS教育を実施している地理学科は教えるほどしかない<sup>7)</sup>。アメリカにおける地理情報システム研究は、国際地理学連合の研究委員会(地理情報システム研究委員会)として1960年代より研究を続けており、世界の地理情報システム研究の発信基地は、まさに地理学である。本稿は、地理情報システム研究の地理学研究における重要性を地理学における計量革命との関係で整理し、その意義を明確にし、GIS教育の必要性を提唱するものである。

表1 英国のRRL (Regional Research Laboratory)

ESRC= Economic and Social Research Councilによる助成研究

I期 RRLI-RRL, Trial Phase I(1987,2月-1988,7月)	
目的 (地域別データベース作成、管理 分析システムの開発、GIS研究の普及と教育)	
(4つのRegional Research Laboratory (RRL))	
スコットランド(SRRL)	
Edinburgh大学 (ARC/INFO-ORACLEとのユーザーインターフェース ソフトウェアの研究)	
北部イングランド(NRRL)	
Lancaster大学 (統計単位のCross-Area推定、森林、災害政策システムの開発)	
Newcastle大学 (統計処理とGISの統合ソフトGAM, DOMESDAY, 商圏設定)	
ウェールズ、南西イングランド(WSWRRL)	
Wales大学科学技術研究所 (大規模DB検索システムORCIDの開発)	
South West大学地域情報センター (Map-Managerの開発)	
南東イングランド(SERRL)	
London 大学 Birkbeckカレッジ (SERRLデータベース、南西イングランドの地域変貌、	
London School of Economics 都市計画とリモートセンシング)	
II期 RRLI-RRL Main Phase II(1988,10月-1991,12月)	
目的 地域センターとしてのRRLの育成、GISの応用分野研究の増加	
(8つのRRL)	
北アイルランド(NIRRL)	
Queens大学Belfast (北アイルランドに関する社会・経済環境DB, 時系列DB, 経済政策DB)	
スコットランド(SRRL)	
Edinburgh大学 (データアクセスと分析に関するソフトウェアの開発、教育と労働市場におけるアプリケーションの開発、農村の土地利用変化と立地分析の研究)	
北西イングランド(NWRRL)	
Lancaster大学 (災害政策システム、生態系-公害の研究、統計処理のCross-Area推定問題)	
北東イングランド(NERRL)	
Lewcastle大学 (GIS分析関数の研究、医療情報システムの研究、犯罪パターン分析、環境DB)	
ミッドランド(MRRL)	
Leicester大 (ミッドランド地域データベースの研究、データリンク問題、オブジェクト	
Loughborough 指向型GIS)	
ウェールズ、南西イングランド(WSWRRL)	
Wales大学Cardiff カレッジ (住宅-医療管理システム、ウェールズ農業資源管理システム	
Bath大学コンピュータセンター フラクタル幾何学と空間データの処理)	
南東イングランド(SERRL)	
London 大学 Birkbeck カレッジ (南西イングランド集落-下位組織に関するデータベー	
London School of Economics ス、リモートセンシングと社会経済データ、GIS-Tutorシステムの開発)	
Urban Research and Policy	
Liverpool大学 (都市再開発、公共サービスに関する都市政策システム、住居表	
Manchester大学 示システム、地球の人口問題)	

( ) 内は、主な研究テーマ、下線は新しく設置されたRRL

資料 ESRCのレポートより作成 (注2参照)

## 1. 1960年代の地理学革命におけるGIS研究の萌芽

地理学研究にとって1960年代のワシントン大学は、ギャリソンスクールといわれるほど地理学研究史上に占める役割は大きい。GIS研究の萌芽は、このワシントン学派にある。ワシントン学派のTobler, Aが、自動地図化の論文をGeographical Reviewに発表<sup>9)</sup>したのは、1959年であったし、Marble, D.F.が、SAGEの軍事的研究でコンピュータマッピングの実演に感銘したのも彼らが、ワシントンにいた頃である<sup>9)</sup>。同室のBerry, B. J. Lらが、統計学や多変量解析法を導入して計量的な研究を展開させたとき、コンピュータ技術が、図形処理に不適であったという技術的制約で、GIS研究が、計量革命の主流になれなかった事は、すでに拙稿<sup>10)</sup>で発表した。また、1963年に設立された「都市と地域情報システム協会」(Urban and Regional Information System Association)の先駆的役割も大きい<sup>11)</sup>。

Garrison W. L.が、ワシントンから出身校のノースウエスタン大学に教え子のMableをつれて戻ったとき、ノースウエスタン大学にコンピュータマッピングシステムSYMAPを開発したFisherがいる。この大学が、計算幾何学のメッカであった事もその後のGIS研究の進展に関係している。Fisherは、1963年、フォード財団からの基金により、Fisherの母校ハーバード大学にコンピュータグラフィックス空間分析研究所を設立して初代所長に就任したのである<sup>12)</sup>。そしてこの研究所で、世界のGIS研究への布石を築いた地理情報システムパッケージODYSSEYの研究が行なわれ、1977年には、同研究所主催のトポロジカルデータ構造に関するシンポジウムが開催された。更にこのシンポジウム主催時点でのこの研究所の所長が中心地研究で有名なBerry, B. J. Lであった。

Berryの地理行列(Geographic Matrix)<sup>13)</sup>は、GISの空間データベースと属性データベースの考え方を地理行列で示したものである。つまり、属性データの計量化研究は、1960年代から1970年代にかけて地理学計量革命と呼ばれるブームを引き起こしたが、空間データの計量化、つまり、地図のデジタル化は、それほどの旋風を地理学界に引き起こす事なく、GIS研究とし受け継がれ、1970年代の後半から1980年代になってようやく英米地理学界で、急速な展開を見せたのである。

## 2. 地図化と地理情報システム

地理学において地図化をする事は、地表空間の分析における基本的なステップであり、地図化による分析が地理学的分析といっても過言ではない。地図が、地理学の言語であるといわれる由縁である。地図とは、2次元の空間に3次元以上である地表上の現象を経緯度座標系の上に投影したものである。たとえば、位置の確定、土地の高さ、河川や道路、集落の形状、地上の目印になる事物の記号化など特に地図作成の初期には、軍事的目的が重要であったため、これらの事物は、この目的にそったものに限定されている。つまり、地図は地表の現象を一定の目的によりモデル化(記号化)したものである。従って、地表に展開する事象を全て表現できるわけではない。地図というフィルタを透してしか地表空間を分析できないのである。地図の制約に気付くことは重要であろう。地図上でわれわれは、2点間の距離、角度、面積を計測することができ、特に、距離の概念は、地理学的空間モデルの主要キー概念である。それぞれ距離、角度、面積の正確さにウェイトを置いた様々な地図投影法が、伝統的な幾何学を数学的ベースとして発達してきた。

初期の地理情報システムが、地図情報のデジタル化の研究として進展し、点、線、面という幾何学要素を基に、その空間データモデル(ベクトル型GIS)を発展させた。ここで重要なことは、地理学研究においては地図化はあくまで地表面象の構造を分析するための手段であり、

それ自身が、研究対象ではない点である。ここに地図学と地理学が区別される理由がある<sup>10)</sup>。同様にGISがコンピュータ支援地図学(computer aided cartography)やコンピュータマッピングと識別される理由もこの点にあり、GISにおいては地表空間の分析が第一義的な関心事である。つまり、地図化により地表面象を分析するシステムがGISであり、1960年代から1970年代においてその基礎的な空間データモデルが完成し、1980年代には商業的GISの普及が世界規模で展開した。

コンピュータで地図を描かせる研究は、コンピュータマッピングの研究であり、コンピュータで基本図を作成する研究は、デジタルマッピングの研究である<sup>10)</sup>。最近では、衛星を使用して地表の位置を測定する研究GPS(Ground Position System)もある。これらが、GIS研究から識別される理由は、これらが、地図化や地図作成のみを研究対象としたコンピュータベースの研究であるという点にある。GIS研究の本質は、地図化を一つの空間分析法とみなして地図化を通して地表面象を分析するコンピュータベースの研究分析システムという点にある。

最近では、GIS研究の主要研究テーマは、地図化を越えた空間分析法の探究に向けられている。地表空間の入力データは多様化してきた。つまり、地図をデジタル化した座標値データだけではなく、ランドサットデータやスキャンされた画像データを処理するラスタ型GISが急速に発展し、ラスタ型とベクトル型を統一したGISの研究が盛んである。さらに1990年代では、従来のような集計に時間を要し、統計地区に制約された統計データではなく、リアルタイムでのデータの収集法も可能になってきた。空間を2次元に変換するのではなく、時間次元もとりにれた3次元、4次元の新しい空間分析法が、GIS研究の主要研究課題になっている。GIS研究とは、コンピュータベースの地理学方法論の研究とも言えるのである。

### 3. GISの定義と空間分析法

GISが、さまざまなコンピュータシステムやマッピングシステムから識別されるポイントは、コンピュータベースの空間分析法という点にあることはすでに述べた<sup>10)</sup>。GISに関連する空間分析法の意味を整理してみると、1) 漠然と地表空間のデータを扱うコンピュータベースの分析システムという広義の解釈<sup>17)</sup>から、2) 空間データを如何にデジタル化し、空間データベースとしてどのように構造化して格納するかという空間データモデルとしての意味<sup>10)</sup>、3) 空間データのサンプリングや空間的内挿法(spatial intrapolation)空間データ取得に関する空間統計学的な空間の分析法としての意味<sup>10)</sup>、の3つに分類される。

GISとは、「Geographic Information System」(地理情報システム)の略語であり、「Geographical Information System」という場合もある。カナダのTomlinson R.L.が、1966年にカナダ地理情報システム(Canada Geographic Information System CGIS)の研究において初めて地理情報システムという表現を使用した。地図情報システム、地域情報システム、都市情報システム等様々な表現が使用されていたが、1980年代になると専門用語として定着した。1968年に国際地理学連合(IGU)に「地理的データ入力と処理に関する研究委員会「Commission on Geographical Data Sensing and Processing」が設置され、その後地理情報システム委員会と改称されたが、この委員会の委員長であったMarble D.F.によるとGISの定義は、「空間データ処理(Spatial Data Handling)に関するコンピュータシステム」であり、空間データの入力、格納、分析、出力というコンピュータ処理体系としてGISを捉えている。空間分析は、空間データのハンドリングを意味する<sup>20)</sup>。

GISの定義について、Maguire D.J.は12の論文を整理し、空間分析の視点が様々なコンピュータベースの情報システムからGISが識別される理由であるとする<sup>21)</sup>。

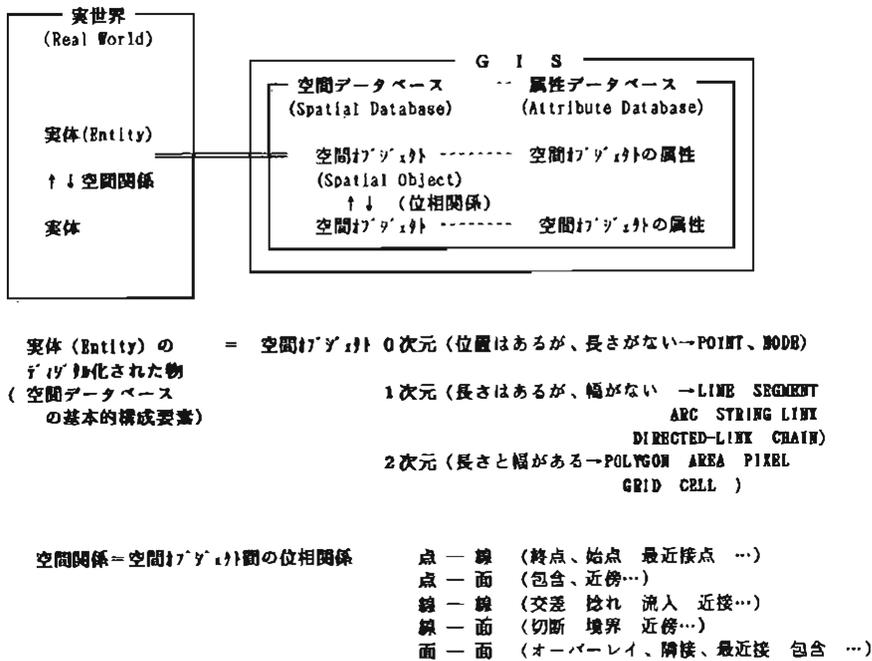


図1 空間オブジェクトと空間関係 (位相関係)

しかし、この空間分析という言葉は、計量地理学等で発達した狭義の意味ではなく、位置や形状に関する分析という広義の意味に介される場合が多い。Openshow, S.の空間統計学的な意味より漠然としている。Openshow, S.やGoodchild, M.F.等の主張するGISのための空間分析法はGISの空間データ構造や空間データモデルに力点がおかれているのではなく、むしろアプリケーション的な空間分析法、或いは、地表空間の空間データ取得法と空間データサンプリングに関するウエイトが強い<sup>21)</sup>。

#### 4. 空間データモデル (空間データ構造) と位相構造

GIS研究において重要なポイントは、地図の有する空間構造についてである。地理学者は地図化を通して空間分布を図示し、その空間的な距離の意味や地域差を分析してきた。等方空間としてのニュートン空間は、地理学的空間認識の前提条件になっている場合が多い。距離は、地図上で計測されてきた。地図は、地理学研究の距離概念の根底にあるものである。しかし、一方で、地図は、地表上の事物の位置や形状を視覚的に我々に理解させてくれる。ある2つの地物が、どれくらい離れているか等である。地図上で距離を計測する事により我々は、具体的な離れ具合を視覚的に計量化してきた。しかし、この地図情報をコンピュータに入力し、地物の位置や形状を識別するには、コンピュータに2点間の距離をデータとして入力してもその位置関係は、コンピュータで識別することはできない。人間が、視覚を通して可能なパターン認識をコンピュータでどのようにして実現させるのか。この問題が、空間データモデル、あるいは空間データ構造の問題である<sup>22)</sup>。

かつてラスタ型モデルとベクトル型モデルと対置された空間データモデルは、テッセレーションモデルとして統合することが可能である<sup>23)</sup>。規則的テッセレーションと不規則テッセレー

ションで空間を無数のセルに分割している。この無数の集合体をいかに把握するかで統合型幾何モデル、レイヤー型モデル、オブジェクト型モデルに識別される<sup>26)</sup>。このようなセル単位の集合体では、ここのセルのそれぞれの隣接、あるいは、結合、接続情報が必要になる。不規則テッセレーションは、空間セル(空間オブジェクト)を点、線、面またはTINモデルの3角形のそれぞれの隣接情報をデータベースとして格納している。つまり、位相関係が、コンピュータにそれぞれの位置関係や形状を認識させるのである。位相的な構造が、地図の基本的な空間構造であり、距離は、位相構造からの計測可能な2次的な情報と言える。

空間データ構造の位相構造(Topological Structure)とはBrasell K.<sup>26)</sup>によると、「points, node, lines, area, にかんする隣接(neighborhood, proximity)情報を有しているもの」であり、White G.によると「位相的な性質は、空間を伸縮したり、歪めたりしても変わらない性質であり、それは、隣接性、包含関係や交差関係、そして空間オブジェクトの種類(点は、点であり、線は、線であり、面は面であるということ)である。しかし、距離や角度、相対的な近接性などは、歪を加えることによって変化するため、位相的な性質ではない。さらに、空間データベースは、位相的關係(relation)の内、1つあるいはそれ以上の関係を有していなければならない」<sup>27)</sup>とする。トポロジカルな構造に於けるオブジェクトが、異なった次元の他のオブジェクトにより結合されている関係、たとえば、地域(2次元)の境界線(1次元)は、地域という面を互いに境界付けている。線(1次元)は、他の線で関連付けられているのではなく、点(0次元)に拠って結合されている。図1で示したようにベクトル型GISの空間データモデルは、地表空間を位相空間として捉え、その中の不変な諸関係(隣接、包含等)に注目して、空間オブジェクト(形状の次元の異なる種類)間を位相的關係で関連付けた空間データ構造を構築したのであった。

ポリゴン間の隣接性、ノード(交点)の連結性、ポリゴン境界を示す線分の順序付けられた集合(チェーン)などの位相的關係をデータベースに格納したのであった。この位相構造により、空間の位置関係や形状が、コンピュータで処理可能になったのである<sup>28)</sup>。

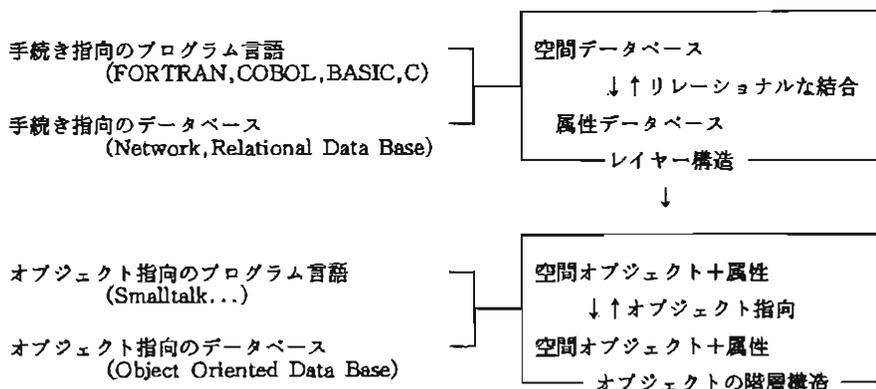


図2 データベース論、プログラミング言語における  
オブジェクト指向データベースとレイヤー構造のデータベースの関係

更に最近では位相構造とは異なった視点から空間データモデルの再考がいられている。図1に示したように、空間データベースと属性データベースについてレイヤー構造からオブジェクト指向の階層構造への移行である<sup>29)</sup>。これは、従来別々に考えられていた空間データベースと属性データベースを如何に統一するかという問題である。

## 5. ま と め

現在、GIS研究は、環境や景観を分析するツールとして脚光を浴びている。しかし、明瞭なこれらの分析ツールは、研究開発途上である。それは、景観や環境を現すコンピュータモデルが、難しいことに起因する。地図は、経緯度座標値（位置）、距離、角度、面積の大きさなどユークリッド空間における平面幾何の主要な特性を計測するため開発された地表のモデルであった。空間をこれほど見事に2次元に表現したものはない。しかし、この地図上に表現された地表上の事物の形や位置関係をコンピュータのデジタルな世界に変換し、コンピュータにこれらの形状や位置関係を識別させるためには、地図の有する位相的な関係を必要とした事は、地表上の現象（特に地域現象）を空間的に把握する上において重要である。地理学の研究対象を位相地理学的に整理する（水津の位相地理学の提唱）とは、GIS研究とともに通じるものがある。しかし、2次元の世界（点、線、面）に関する位相構造は、もともと地図の空間オブジェクトの構造の位相的な解釈であり、地図の世界を超える事はできない。今、GISに求められているものは、3次元、あるいは、時空間次元にも耐えうる空間オブジェクトとその空間データモデルを探す事である。それは、地理学における地図に変わりうる空間分析法であり、地理的空間（地表空間）の表現法である。まさに、コンピュータをベースにした地理学分析法の研究であり、新しい地理学を模索するためには、必須のものである。アメリカやイギリスにおいては、GIS教育に関するカリキュラムの研究が盛んである<sup>30)</sup>。日本においても西川治の重点組織研究の中の久保幸夫の計画研究班でNCGIAのカリキュラムを翻訳した。またGIA学会の教育用語部会で、日本型GIS教育カリキュラムを検討中である。しかし、広く地理学会全体にその気運は高まっていない。

## 参 考 文 献

- 1) Goodchild, M.F. and Kemp, K.K. (1990) (eds.); Introduction to GIS, technical issues in GIS, Applications in GIS, NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara.
- 2) Masser and Blakemore, M. (1998); The Regional Research Laboratory Initiative, ESRC report pp. Unwin, D.J. (1990); a syllabus for Teaching Geographical Information Systems, International Journal of Geographical Information Systems, 4-4, pp. 457-465.
- 3) 久保幸夫(1980)地理的情報処理の動向、人文地理、32-4、pp. 340-346  
久保幸夫(1987), The development of geographical information systems in Japan, International Journal of Geographical Information systems vol. 1. pp. 243-252.
- 4) 建設省；都市情報システム、
- 5) 西川 治(1991)；近代化による環境の変化の地理情報システム、文部省科学研究費重点領域研究101, 1991~1994.

- 6) 久保幸夫(1986); The basic scheme of TRINITY: a GIS with intelligence. Proceedings, 2nd International Geographical Union Commission of Geographical Data Sensing and Processing, pp.363-374.
- 7) 碓井照子(1989)地理情報システム教育を目指して、奈良大学地理学教室編、『地理学の探索』, 地人書房, pp.55~69.
- 8) Tobler,W.R.(1959); Automation and Cartography, Geographiacal Review,49,524-34
- 9) Marble,D.F.,Calkins,H.W., and Peuquet,D.J.(1984); Basic Readings in Geographic Informations Systems, SPAD Systems Ltd,Williamsville New york.
- 10) 前掲 6)
- 11) Coppock,J.T.and Rhind,D.W.(1991); The History of GIS, Maguire,D.J., Goodchild,M.F.and Rhind,D.W eds. Geographic Information Systems, vol 1.pp.21-43.
- 12) 前掲11)
- 13) Berry,B.J.L.(1964); Approaches to Regional analysis: a synthesis, Annals of the Associations of American Geographers, 54,2-11
- 14) Cowen,D.J.(1988); GIS versus CAD versus DBMS; What are the differences ?, Phogrammetric Engineering & Remote Sensing,54,1551-1555.(Peuquet,D.J. and Marble,D.F.ed.(1990), Introductory Readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, London.52-61.)
- 15) Burrough,P.A.(1986); Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon,Oxford (安仁屋政武、佐藤亮訳『地理情報システムの原理』、古今書院、1990,232p)
- 16) Maguire,D.J.(1991); An Overview and Definition of GIS, Maguire,D.J., Goodchild, M.F.and Rhind,D.W eds. Geographic Information Systems,vol 1. Principles,Longman,UK,pp.9-20
- 17) Marble,D.F.(1984); Geographic Information Systems: an Overview, Proceedings, Pecora 9 Conference, Sioux Falls,S.D.18-24,(Peuquet,D.J. and Marble, D.F.ed.(1990), Introductory Readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, London.)
- 18) Pullar,D.V.,(1988); Toward formal Definitions of Topological Relations Among Spatial Objects. Proceedings Third International Symposium on Spatial Data Handling, Sydney, Australia, pp.225-241.
- 19) Openshaw,S.(1991); Developing appropriate spatial analysis methods for GIS, Maguire,D.J., Goodchild,M.F. and Rhind,D.W eds. Geographic Infomation system,voll,Principles,Longman,UK.
- 20) 前掲 17)
- 21) 前掲 16)
- 22) 前掲 19)
- 23) Gatrell,A.C.(1991); Concepts of Space and Geographical Data, Maguire,D.J., Good child,M.F. and Rhind,D.W eds. Geographic Information Systems, vol 1,Principles,Longm an,UK.119-134.
- 24) Frank,A.U. and Mark,D.M.(1991) Language Issues for GIS, Maguire,D.J., Goodchild,M.F. and Rhind,D.W eds, Geographic Information Systems, vol 1.Principles,Longman,UK.pp.147-163.
- 25) Worboys, M.F., Hearnshaw,H.M., Maguire,D.J.(1990); Object-Oriented Data Modelling for Spatial Databases, International Jurnal of Geographical Information Systems, 4-4.pp.369-383.
- 26) Brasell,K(1978),A Topological Data Strueture for Multi-Element Map Processing,Dutton,G. edt. Harverd Papers on Geographic Information System. vol4.pp.Brassel/1-Brassel/18.

- 27) White,G(1990);unit12 NCGIA core curricuram (注1)
- 28) Star,J. and Estes,J.E.(1990); Geographic Information Systems an Introduction, Printice Hall, Englewood Cliffs New Jersey. (岡部篤行、真広幸雄、今井修訳『入門地理情報システム』、共立出版、1992,232p.
- 29) 碓井照子(1992):奈良県データベースとオブジェクト指向型データベースモデル、西川治代表 平成3年度総合報告書、『近代化による環境変化の地理情報システム、平成3年度総合報告書Ⅱ』p p.223-228.
- 30) 碓井照子(1992);GISの本質とGIS教育のカリキュラム—英米におけるGISカリキュラムの比較を通して—、地理情報システム学会講演文集、vol1,pp.90-93.

### Summary

The late 1980s saw considerable development in the technology for Geographic Information system throughout the world. The early development originated in North American University such as Washington University in which the quantitative revolution in geography took in the late 1950s. Garrison's colleagues and students including Barry,B.J.L., Tobler,W.R., and Marble,D.F. had the original readership of GIS and have driven the top level initiatives for GIS development. Many Geographer have worked as the significant persons in development of GIS in North America and Britain, but in Japan, many geographer have been neglected except of a few Japanese geographer, especially, Satio kubo who introduced GIS reseach to Japan from North America. It is important to extend GIS research in Japan in 1990s by Japanese geographers. This paper aims to propose the need and great significance of GIS.

By the early 1970, GIS research did not dominant as the restriction of computer technology.

The technology of computar mapping has been rapid increasing since the graphical facilities. Fisher,H.made a significant contribution in GIS research and established the Harverd Laboratory for computer graphics in which ODYSSEY was desigend. A highly significant symposium on topological dats sturcture indicating Vector Gis Model.

This vector data model means that space defines the set of spatial objects such as points lines polygons with topological linkage and connection. We should consider the space and spatial analysis in context GIS. And more we should imagine and find the new methods of spatial analysis in terms of GIS instead of mapping. The research of GIS produce the possibility of geographical research progress in the future.