

「MANDARA」の開発と研究・教育への応用

Development of the MANDARA System and Applications to Research and Education

谷 謙二 (埼玉大学・教育学部)

Kenji TANI (Saitama University)

キーワード: MANDARA, GIS, ソフト開発

Keywords: MANDARA, GIS, Software Development

1. はじめに

現在 GIS は、地図を取り扱う研究・教育分野に深く浸透し、不可欠なものとなりつつある。しかしワープロによる文書作成や、表計算ソフトでの計算とは異なり、地理情報の処理方法や目的は多様である。目的には地図の閲覧、統計地図の描画、空間解析などがあり、データの構造はベクター系とドロー系で大きく異なる。また大量の空間データを保持する必要性から、スタンドアロンだけではなくインターネットでアプリケーションを提供する Web GIS も盛んである。さらに商業ベースのソフトウェアだけではなく、個人が開発した無料のフリーウェアや安価なシェアウェアも各種存在している。

こうした様々な目的やデータの形式を取り扱う場合や、ソフト間で費用にかなりの違いがある場合には、一つのソフトで全てをまかなうことは非効率的であり、用途に応じて適切なソフトを使い分けることが必要である。

筆者は 10 年ほど前から、ベクター型の「地理情報分析支援システム『MANDARA』』という、統計地図の表示を主目的としたソフトを開発している。本稿ではその機能の特徴、開発の経緯および研究・教育との関連、ソフト開発の面白さなどについて紹介したい。

2. 開発の経緯

MANDARA の開発を始めたのは 1992 年頃であり、筆者は当時学部 3 年生として名古屋大学文学部地理学教室に所属していた。当時、既に GIS という言葉は知られていたが、きわめて高価なため実際に操作する機会はあまりなかった。一方で、地図を図形として表示するソフトとしてはジャストシステムの「花子」などが存在したが、色塗りなどは一箇所ずつ設定する必要があり、その手間は手作業とあまり変わらないものであった。そうした状況で、学生が気軽に統計地図などの主題図を描くために MANDARA の開発が始められた。この当時の状況は谷(1994)で簡単に紹介されている。

開発当時の MANDARA は、MS-DOS 版であり、NEC の PC-9801 シリーズ専用であった。プログラムは主に N88-BASIC で書かれていたが、グラフィックの描画など、スピードが要求される箇所はアセンブリ言語で記述されていた。操作方法は当初からマウスを中心としたもので、

DOS コマンドなどを覚えていなくても操作できるように設計されていた。

当初の目標は、表計算ソフト上の地理行列の属性データを、地図上に表示することであった。当時のパソコンは、現在のようにマルチタスクではなかったため、表計算ソフト（当時は Lotus123 が主流であった）の属性データをテキスト形式で保存してから、MANDARA を起動し、当該ファイルを読み込むという方法が採用された。当時の筆者の考え方では、たとえば全国の都道府県の境界が入った地図データファイルならば、様々な人が利用するので、ハードディスク中の特定のディレクトリに置いて共用の地図ファイルとし、その上に属性データを表示することが自然だろうと考えた。そのため、属性データファイル上に使用する地図ファイルを指定しておき、属性データを読み込むと同時に地図ファイルも読み込まれるように設計した。地図データ内のオブジェクトには、それぞれ任意の重複しない名称を付し、属性データを結合する際のキーとすることにした。このように、MANDARA では統計地図を表示する際に、属性データを最初に開くという点で、現行の一般の GIS とは操作が逆になっている。

他にも一般の GIS と大きく異なる点として、レイヤの概念があげられる。一般的に使われている地図データの形式であるシェープファイルでは、一つのファイルは同一形状のオブジェクトから構成されており、複数のシェープファイルの重ね合わせで地域を表現する。ここでは、レイヤは地図ファイルによって規定されている。

一方 MANDARA では、一つの地図ファイルに異なる形状のオブジェクトを含めることができ、レイヤの設定は属性データ側で行われる。このレイヤ概念の違いは、地図を管理する立場からソフトが作られているか、それとも地図の利用者の立場からソフトが作られているかの違いに起因していると考えられる。デジタル化された地図の管理者は、要素ごとのレイヤを重ねて一般図を作成する。一方、手作業による統計地図などの主題図の作成は、様々な情報が盛り込まれた一般図から、境界線や必要な情報を抽出して、その後表現したい情報を追加するという手順で行われることが多い。すなわち、一般図を利用して二次的な地図を作成する。MANDARA では、このプロセスに従って主題図が作成されており、そのため一つの地図ファイル中に異

なる形状のオブジェクトを含めることができ、かつ地図ファイルの中から任意のオブジェクトを抽出してレイヤを構成し、表示するようになっている。

開発当初の最も大きな問題は、地図データの作成方法であった。地理学の研究者にとっては、各種数値地図が存在する現在でも独自の地図データを作成する必要性は高いが、当時は数値地図もあまり広まっていなかったため、地図データを自由に作成できることが必須とされた。最初に作られた地図データは、日本の都道府県の境界線が入ったものであり、これは現在でも「japan.mpf」として利用されている。この地図データの作成は、大きな日本地図を方眼紙に書き写し、そこから約3,800ポイントもの座標を読み取って入力するという、たいへん手間のかかるものであった。都道府県と海岸線・県境との位相的な関係についても、テキストファイル上で記述したものを読み込んでおり、一般のユーザーが地図データを独自に作成することは実際上困難であった。

こうした状況は、開発開始から1年以上続いたが、94年頃にはラスター・ベクター変換により地図データを作成する機能を追加した。すなわち、イメージスキャナで白地図画像を読み取り、細線化・特徴点抽出などの画像処理を施してベクトルデータ化する機能である。同時に、「マップエディタ」機能が追加され、地図データを画面上で編集できるようになった。オブジェクトの位相構造化に際しては、代表点を囲むように自動的に境界線を設定する機能を追加した。こうした地図データ作成機能が追加されたことで、誰でも比較的簡単に地図データを作成できるソフトとなった。

しかしながら、当時のプリンタ、イメージスキャナなどの周辺機器を操作する際には、現在のようにドライバソフトが提供されていなかったため、個々の機器に特有のプログラムを作る必要があった。そのためイメージスキャナはNECのPC-IN502にしか対応していなかった。ソフトの配布方法も、フロッピーディスクを郵送する方法であったため、マニュアルのコピーやフロッピーディスクの複製など、たいへん手間のかかるものであった。この点の解決には、Windows およびインターネットの普及を待たねばならなかった。

3. Windows 版の作成とインターネットでの配布

1995年にWindows95が発売されると、DOSからWindowsへの急激な変化が起こった。プログラマにとっても、DOSからWindowsへの移行が急務であった。当時は修士課程在学中で時間的余裕もかなりあったが、移行にはかなりの労力を費やした。まず、Windowsの開発言語であるVisual Basic 3.0と、それまでのN88-Basicとは、文法が類似しているだけで、ほとんど全てのコードは書き直さなければならなかった。Visual Basicでは構造化が採用されており、この点ではプログラムの保守管理が容易になったが、GUIによるイベントドリブン形式の記述は、慣れるま

で多少の時間がかかった。

特に大きく変化したのがグラフィックスであり、DOS版のアセンブリ言語による描画プログラムは全く使用できなくなった。そのかわりとなるVisual Basicのグラフィックメソッドも、機能が少ない上に速度が非常に遅かった。そのため、Windows API(Application Programming Interface)のGDI関数を使って描画する必要があったが、インターネットが普及していない当時は、APIに関する情報を入手するのも手間がかかった。

しかしWindowsに対応させたことにより、プリンタ出力のために機器ごとに特別なプログラムを組む必要がなくなった。また、イメージスキャナに関しても、Windowsの付属ソフトに操作を任せ、画像ファイルに対して処理を行うことでプログラミングの負担が軽減された。さらに、OSがマルチタスク化したため、表計算ソフトとMANDARAとのやりとりが容易になり、CSVのテキストファイルだけでなく、コピー&ペーストで属性データを読み込めるようになった。

Windows版への移行にあたって、削除された機能も存在する。それらは、ボロノイ分割、地域傾向面分析など、筆者が普段使用していなかった機能、回帰分析、重回帰分析、ローレンツ曲線や散布図の作成など、表計算ソフトで代替できる機能、メッシュデータの表示、ボーリング柱状図を整理して表示する機能など、ベクター型のGISには馴染みにくい機能などである。

しかしWindows版を作成した段階でも、ソフトの配布方法は郵送によっており、MANDARAの普及は主に研究室内部にとどまっていた。こうした状況が変化したのは、インターネット、特にブロードバンドの普及である。2000

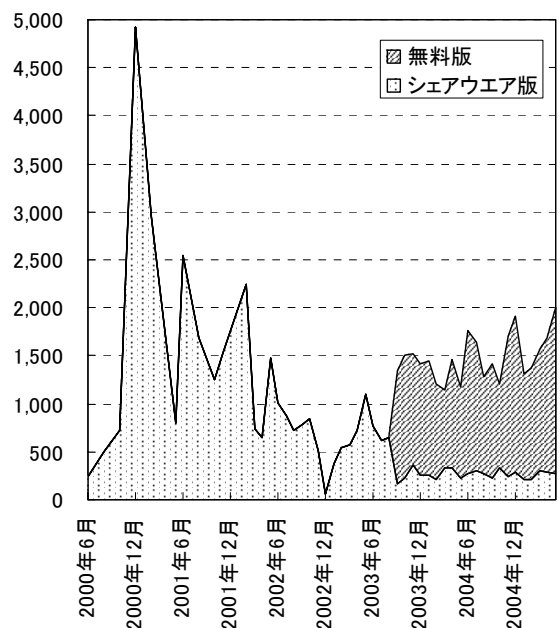


図1 2000年以降のMANDARAの月間ダウンロード数の推移

年には MANDARA 専用のホームページを開設するとともに、オンラインソフトのライブラリとして当時既に著名となっていた VECTOR に登録した。これによって MANDARA は誰でも容易に利用できるようになった。特に 2001 年 1 月に「VECTOR ソフトニュース」で MANDARA が取り上げられて以降ダウンロードが急増し（図 1）、インターネットによる情報提供の重要性を実感した。

こうしてユーザーが増加していく中で、メールやホームページ上の掲示板で情報のやりとりが増加した。エラーの指摘に対しては、可能な限り素早く対応し、また、機能追加の要望のうち、実装可能なものについては実装していった。このように、ユーザーとの対話を通して迅速にバージョンアップしていくことは、市販アプリケーションではできないことであろう。

4. 教育・研究への応用

4.1. 教育分野での活用と属性データ編集機能

筆者は埼玉大学の教育学部に就職したため、地理教育での GIS の利用というテーマに関心を持つようになった（谷，2000，2001，2004a；福田・谷，2003）。2001 年には、名古屋大学教育学部附属中学校で、MANDARA を用いた授業が行われた（谷ほか，2001，2002；佐藤ほか，2003）。その過程で、表計算ソフトを利用できない中学生でも属性データが入力できるように、表計算ソフト風の入力フォーマットを作成し、これを属性データ編集機能と呼ぶことにした。この機能はフレキシブル・グリッドコントロールという OLE コントロールを利用して作成したものであるが、コントロール自体には文字を入力したりする機能は含まれていないため、作成にはかなりの労力を費やした。また、属性データ編集機能によってデータを変更すると、すでに設定された階級区分などに影響を与えるため、そのための処理をコーディングする必要があり、これはかなりの量になった。現在でも、一部のプログラム中の設定を変更する場合には、属性データ編集機能の部分のコードを変更する必要があり、プログラム保守上、最も手間のかかる部分の一つとなっている。

MANDARA の研究・教育利用は、主に大学の地理教育で行われているようだが、他にも疾病学、環境学、都市計画、経営学、歴史学など、地図を利用する様々な領域に及んでいる。例えば、方言を地図化してその分布を考察する社会言語学において、MANDARA を使った地図化の技法が紹介されている（富山大学人文学部 GIS 研究会編，2003；中井編，2005）。

教育利用についても、大学での利用だけでなく小・中・高等学校での利用例が見られ、国土交通省が現在実施している「GIS 定着化事業」の中の「みんなで調べて発表して交流する教育用 WebGIS」プロジェクトの一部でも利用されている（谷，2005）。初等・中等教育における GIS 活用は、現在のところ生徒自身による利用に注目が集まっているが、教員や生徒の負担を考えると、今後は資料提示用とし

ての GIS の活用が盛んになってくると考えている。

4.2. 時空間システムへ

地図データを扱う中で、地図データの時間次元の問題が発生するようになってきた。MANDARA には、日本全国の市区町村の境界線が入った地図ファイルが付属していたが、市町村の合併により、頻繁に境界線が変化するようになってきた。当初は、地図データを毎年更新して配布していたが、過去の統計データを地図化する場合や、予想される膨大な合併に対処するためには、地図データ中に時間データを組み込むという方法が最も合理的であると考えられるようになった。さらに、当時筆者は、戦後の東京の通勤圏の拡大過程を時系列的に示す研究に取りかかっていたが、統計データは国勢調査のものが容易に入手できるにもかかわらず、地図データについては入手できなかったことも、独自にプログラムを作成するのを感じた理由の一つである。

当時すでに DiMSIS（畑山ほか，1999）や STIMS（林ほか，2001）など、GIS で時間データを処理するためのシステムが考案されていたが、一般には利用されていなかった。両システムは、位相構造暗示型のデータ構造を持つものだったが、筆者が当該データ構造について検討したところ、中抜けや飛び地のオブジェクト、線形状オブジェクトに対して特別な処理が必要になると考え、従来の位相構造明示型の構造を保ったまま、時間情報を追加する方法を考案した（谷，2002，2004b）。

データ構造を決定してからプログラムのコーディングの作業に入ったが、それまでの地図データの構造から大きく変化したため、コーディング前の事前の検討が重要となった。主な変更部分は、地図の描画部分と、地図データの編集部分であった。コーディング作業が完了してから、日本の市区町村別の時系列地図データの作成に取りかかり、1955 年以降の任意の時点の市区町村別地図を表示できるようになった。

現在のところ、数値地図や国土数値情報などの一般に利用されている地図データは、ある一時点のものであり、時間情報は含まれていない。今後は時間情報を含んだ地図データが一般に広まることを期待したい。

4.3. テキストの発行と無料版の公開

MANDARA をインターネットで公開して以降、ユーザーも増えていき、操作方法を解説したテキストがあるとよいとの声が聞かれるようになった。しかし、MANDARA は頻繁にバージョンアップして機能や画面構成が変わってしまうため、しっかりしたテキストは作れないと考え、ヘルプとヘルプの内容を一つのファイルにまとめたマニュアル以上のものを作ろうという意欲は湧かなかった。そうした中で、2003 年に立正大学の後藤真太郎先生から声をかけられ、MANDARA のテキストを発行することになった（後藤ほか，2004）。しっかりしたテキストを発行すると

なれば、機能や画面構成を簡単に変更することはできないので、バージョンアップする MANDARA と、バージョンアップしない無料版 MANDARA とを分けることにした。MANDARA は、DOS 時代から郵送料とマニュアルコピー代を実費負担していただいております、それがネット公開後も続いていたが、学校・大学・研究所等のアカデミック関係者には無償でパスワードを送付していた。しかしアカデミック利用者が増加するにつれ、メールの返信をするのがかなりの負担となってきた。そうした中で、バージョンアップしない無料版を出すことは、負担の軽減にもなるものであった。当初筆者は、MANDARA のテキストに対してどの程度の需要があるか疑問であったが、発売から1年半のうちに4刷まで増刷された。ワープロや表計算ソフトと異なり、MANDARA のような GIS では、操作方法に慣れるまで若干の時間が必要であり、そうした中で操作方法をビジュアルに解説したテキストは必要なものだと改めて認識した。

5. ソフト開発の面白さ

筆者の MANDARA のように、個人がソフト開発を行うのは、既に述べたように「多くのユーザーに使ってもらうのが嬉しい」、「ツールとして自身の研究に役立つ」という理由だけでない。純粋にソフト開発自身を楽しめないと、10年以上にわたって開発を続けることはできないだろう。ソフト開発の面白さとは、創造する面白さに他ならない。自分の欲しい機能を、自分でアルゴリズムを考えて実装するという仕事は、研究の空白を探し、仮説を設定してデータを収集し、検証するという研究者の仕事と類似している。個別の機能のアルゴリズムは、論文一本に相当し、全体としてのソフトウェアは、論文を集大成した学術書に相当するともいえる（図2）。

自分の欲しい機能を実装するためには、そのための手段である開発言語に関する知識が必要である。しかし MANDARA の開発言語である Visual Basic だけでは Windows の持つ機能を全てカバーできないので、Windows API と呼ばれるライブラリの知識が必須である。これらの知識を身につけることは、研究に当てはめれば、特化係数や回帰分析といった分析手法を身につけることに相当し、

知識量が多いほど多様な表現方法が可能になる。

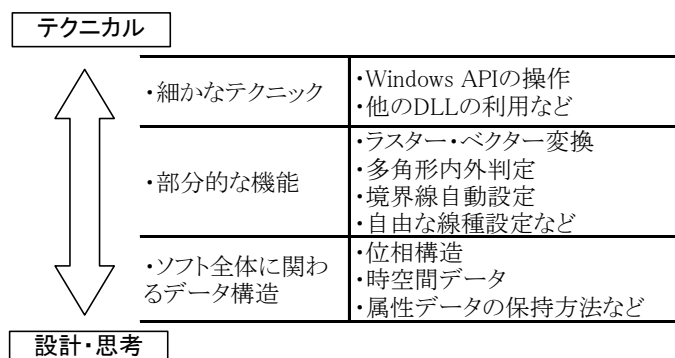
次にソフトの一部を構成する機能について、その処理手続きを考えることも開発の楽しみの一つである。「複数のポイントで構成されるラインから、指定した間隔でポイントを間引きする」、「数値を持つ点データから等値線を描く」、「ある点を取り囲むようにラインを選択する」、「ラスター・ベクター変換」といった手続きの実装が、これに該当する。この機能レベルは、知識の習得よりも、自分自身の創造性を発揮できる面白いレベルであり、研究に当てはめれば、一つの論文作成に相当する。ただし機能レベルでも、国土数値情報や数値地図 2500 の読み取り機能などは、既存の仕様に合わせるだけなので、ソフト開発としては面白くない部分である。

最近では、バージョン 7.00 において様々な線種を表示する手続きを実装した。Windows API では、基本的に6種類の線種しか用意されておらず、さらに出力デバイスによっては破線を描画する際に線幅が変わらないなど問題があった。そのため、多様な線種を表現するためには、幅の異なる実線を組み合わせる必要がある。二重線や私鉄線・JR 線のような特殊な線種を、ユーザーが自由に作成できれば、ソフトの表現力が広がり、さらには自身の研究にも役立つのである。この処理手続きの考案・実装には数ヶ月かかったが、満足できる状態に上げることができた。

最後に、ソフト全体に関わるデータ構造の検討という作業があり、これは最も重要な点である。たとえば当初は属性データをレイヤ、オブジェクト、データ項目からなる3次元配列として保持していた。この方法は、目的のデータの位置をすぐに特定できるので便利であったが、配列の大きさを自由に変更できない、レイヤによってデータ項目やオブジェクトの数が異なるので無駄にメモリを消費する、という問題があった。そこで、バージョン 5.10 において、属性データに関連するデータは1次元配列で保持することにし、レイヤのデータ配列中に当該レイヤのデータ項目の配列のポインタを保持し、データ項目のデータ配列中に属性データの配列のポインタを保持することにした。これによって、メモリを効率よく利用し、レイヤやオブジェクト、データ項目の数を自由に変更できるようになった。

地図データに関しても、前述したように途中から時間情

図2 ソフト開発の面白さ



報が追加された。時間情報が追加される以前は、オブジェクトに関するデータ、オブジェクトが使用するラインに関するデータ、ラインに関するデータ、ラインの使用点に関するデータ、のそれぞれが次元配列で管理され、ポイントで相互に関連づけられていた。時間情報を管理するために、これらの配列に加えて、オブジェクト名の変化に関するデータ、オブジェクトの代表点に関するデータ、オブジェクトの継承に関するデータ、ラインの線種の変化に関するデータ、の4つの次元配列が追加された。ただし、データモデルが確定しても、それをソフトに実装するにはさまざまな困難が伴う。しかしMANDARAは、開発当初から一つの地図ファイルを元に複数のレイヤを構成することができる構造だったため、レイヤごとに時間を設定することによって、指定された時間のオブジェクトを抽出することができた。さらにオブジェクトの継承関係データを使って、複数の異なる時間のレイヤ間で集計する機能も作成することができた。

このような作成途中でのデータ構造の大幅な変更は、アイデアを考えている段階では楽しいが、実際にコーディング作業に入ると大量のコードの変更に追われることになる。この作業は、SEとプログラマの違いを実感する作業である。しかしつらいコーディング作業も、手続きが確定し、実装するための技術的問題が無ければ、日本語の文章を書くのと同様に記述できる。コーディングが終わり、バグを取ってプログラムが走ったときの気分は最高である。もっとも多くの場合、その後気づかなかった新たなバグが現れるのだが。

6. おわりに

ソフト開発はきわめて創造的な仕事である。さらに自分自身が必要な機能を使いやすいように実装することは、職人的な楽しみがある。ソフトウェアの専門家は、現場のニーズを適切に把握する必要があるが、作成者自身がユーザーであればニーズの把握は問題とならない。また、研究プロジェクトに基づいてソフト開発を行うと、プロジェクト終了後にメンテナンスが行われなくなるといった問題も考えられるが、個人が趣味で開発している場合は、関心がある限り開発が継続される。

しかし筆者のようなアマチュアが片手間にプログラミングを行うことによる問題もある。最も大きな問題は、新しい開発環境への対応である。特にMANDARAの開発ツールであるVisual Basic6.0は既にバージョンアップが行われておらず、Visual Basic.netへの移行が迫られている。既にDOSからWindowsへという大きな変化を経験したが、当時は大学院生で対応する余裕があった。しかし現在は新たな学習に取り組む時間が乏しい上に、MANDARAのソースコードは巨大になっており、対応は容易でない。Windows XPが一般に使われている間は問題ないが、今後のOSの動向によっては、MANDARAが使えなくなることも十分考えられる。

従来、使いやすいソフトを開発したとしても、それ自体は研究業績とは見なされない傾向があった。しかしながら、2004年度には地理情報システム学会で学会賞としてソフトウェア部門が創設され、ソフト開発自体も評価されるようになりつつある。ワープロやテキストエディタ、表計算ソフトのように、既に定型化されて工夫の余地の少ないソフトは異なり、GISは多様な用途・データ構造を持っており、工夫の余地は十分に存在する。また、以前と比べてソフト開発自体は敷居が低く、容易になっているので、学部生・院生のような若手から、新しいアイデアに基づくGISが出てくることを期待したい。

参考文献

- 後藤真太郎・谷 謙二・酒井聡一・加藤一郎 (2004) : 『MANDARA と EXCEL による市民のための GIS 講座—パソコンで地図をつくろう—』古今書院。
- 佐藤俊樹・谷 謙二・大西宏治・奥貫圭一・岡本耕平 (2003) : 中学校における GIS を利用した教育実践. 地理情報システム学会講演論文集, 12, 229-232.
- 谷 謙二 (1994) : 主題図作成・分析支援ソフト「MANDARA」. 地理, 39-10, 128-129.
- 谷 謙二 (2000) : 学校教育用 GIS に求められる条件とその開発. 埼玉大学教育学部地理学研究報告, 20, 20-26.
- 谷 謙二 (2001) : MANDARA で描く主題図. 地理, 46-8, 11-16.
- 谷 謙二・佐藤俊樹・岡本耕平・奥貫圭一・大西宏治 (2001) : 中学校地理教育用 GIS の開発と教育実践の試み. 地理情報システム学会講演論文集, 10, 235-239.
- 谷 謙二 (2002) : 時空間管理機能をもつ地理教育用 GIS の開発とその応用. 地理情報システム学会講演論文集, 11, 215-220.
- 谷 謙二・佐藤俊樹・大西宏治・岡本耕平・奥貫圭一 (2002) : 中学校における地理教育用 GIS の開発と教育実践. GIS-理論と応用, 10(2), 69-77.
- 谷 謙二 (2004a) : 地理情報システム (GIS) の教育現場への導入—現状と課題—. 埼玉社会科教育研究, 10, 1-7.
- 谷 謙二 (2004b) : 時空間情報システムと統計データ処理—地理情報分析支援システム「MANDARA」を利用して—. 統計, 55-8, 15-19.
- 谷 謙二 (2005) : 教育現場における GIS 活用の現状と課題. 学校の経営 (群馬県総合教育センター), 37, 89-95.
- 富山大学人文学部 GIS 研究会編 (2003) : 『人文科学と GIS』富山大学人文学部.
- 中井精一編 (2005) : 『社会言語学の調査と研究の技法—フィールドワークとデータ整理の基本—』おうふう.
- 畑山満則・松野文俊・角本 繁・亀田弘行 (1999) : 時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS—理論と応用, 7, 25-33.

林 悌二郎・根岸幸生・大沢 裕 (2001) : 時空間情報システム STIMS における属性情報の管理と検索, 地理情報システム学会講演論文集, 10, 1-4.

福田徳宜・谷 謙二 (2003) : 高校地理教育における GIS 利用の可能性. 埼玉地理, 27, 17-25.