

GIS を用いた端末交通手段選択行動の 分析簡便化に関する研究

小山 茂
中山 晴幸
谷口 滋一
加納 英明

1. はじめに

都市計画や交通計画などの計画系には、地図情報からのデータを分析に用いることが多く、その分析結果も視覚的に提示することにより、説明力を高めることが多い。しかしながら従来の紙の地図を用いた2次元の手作業による分析環境では、膨大なデータ量を扱うため作業量が多くなっていた。また、コンピュータを利用する際にもデータ入力などの手間に非常に多くの時間と労力がとられていた。さらにコンピュータ利用にもハード面の性能問題やソフトの利用に限界があり、多くの制約があった。近年では、コンピュータの性能向上とともに地理情報システム（Geographical Information System、以下GIS）などのグラフィックを扱うソフトウェアの性能も向上したため、一般的に利用されるパーソナル・コンピュータで膨大なデータ量を処理することも可能になった。

GISを用いる利点としては、①多量のデータを扱うことのできるデータベース機能、②従来、平面的に取り扱われていたデータを立体的に取り扱うことができる情報解析機能、③分析やシミュレーションなどの結果を視覚的に表示することのできるプレゼンテーション機能がある。

本研究では、GISを用いることにより、調査データの整理・分析にどのような効率化を図ることができるかを実際に検討し、その問題点と評価を行う。そのために通勤者の鉄道利用実態調査のデータを用い

てそれらの経路選択行動を分析することにより、調査・分析に GIS を用いたシステム構築を行う際の利点および問題点を明らかにする。

2. 本研究の概要

本章では、GIS の概要、分析に用いるアンケート調査の概要、研究の構成を述べる。

2.1 GIS の概要

GIS は、地図データ上に関連する情報を入力して管理することにより、さまざまな分析・情報出力に対応することができるシステムである。

例えば、ある家について、その家には何人住んでいるか、何階建てか、世帯主の職業は何か、などの情報は、従来では「紙地図」と何らかの「台帳」という形で物理的に分散して保管されていたが、GIS ではこれらの情報を地図データと空間データという形で結び付け、コンピュータで一元管理できる。さらに、一元管理されたデータを基に、ある駅の利用者数はどのくらいか、どの範囲に住む人たちがバスを利用するか、といったさまざまな分析を容易に行うことができる。

GIS を簡単にいうと、従来の「図面・紙地図+台帳」に換わるものといえるが、それよりもむしろ「図面・紙地図+台帳+手作業」に換わるものというほうが正確である¹⁾。従来の分析と GIS を用いた分析の比較²⁾を表2-1に示す。

表2-1 従来の分析と GIS を用いた分析の比較²⁾

	従来の方式	GIS を用いた場合
管理	図面用紙の劣化	半永久的にデータの制度を持続 さまざまな情報をコンパクトに収納
情報の関連付けと解析	膨大な情報を取り扱うため多大な労力が必要	各種情報の統合的処理が容易 情報検索が瞬時に視覚的に可能
スペース	広いスペース	パソコン一台分のスペース

本研究では、GIS ソフトウェアとして、株式会社インフォマティクスの「Spatial Information System」(以下、SIS とする) を用いる。SIS には多くの機能があるが、それらをデータベース機能、情報解析機能、プレゼンテーション機能の3つに大別することができる³⁾。それぞれの機能の特長を以下に述べる。

①データベース機能

データベース機能とは、位置情報に基づく多くのデータを地図と結びつけて管理する機能である。

従来は、地図上の地物と、それに関連する情報とは物理的にわけて保管されることが多かった。GIS は、この機能によりさまざまな情報を一括管理し、データの呼び出しや検索が容易にできる。さらに、データの修正・更新についても容易に対応することができ、従来問題となっていたデータ作業の効率化・情報の維持管理という課題を解決できる。

②情報解析機能

情報解析機能とは、管理しているデータを用いたさまざまな解析を行える機能である。この機能により、データを用いた計算や図形を用いたさまざまな検索・解析ができる。

SIS では、地図を構成する図形を「アイテム」と呼ぶ。「点」で情報を管理するポイント・「面」で情報を管理するエリア・「線」で情報を管理するラインなどはすべて「アイテム」である。情報解析機能では、必要に応じてこれらのアイテムを新規に作成をすることもできる。ボロノイ分割^{注1)}、ルート検索^{注2)}、バッファ解析^{注3)}などの解析手法も多く用意されており、目的にあった解析作業を容易に行うことが可能となる。

注1) ボロノイ分割 (図2-1)

複数の点が描かれたある平面を、どの点に最も近いかによって、範

囲分割してできる図を、ボロノイ図という。また、その分割のことをボロノイ分割という。例えば、図2-1の①のエリア内ならどこからでも、最も近い点は同エリア内にある点ということになる。

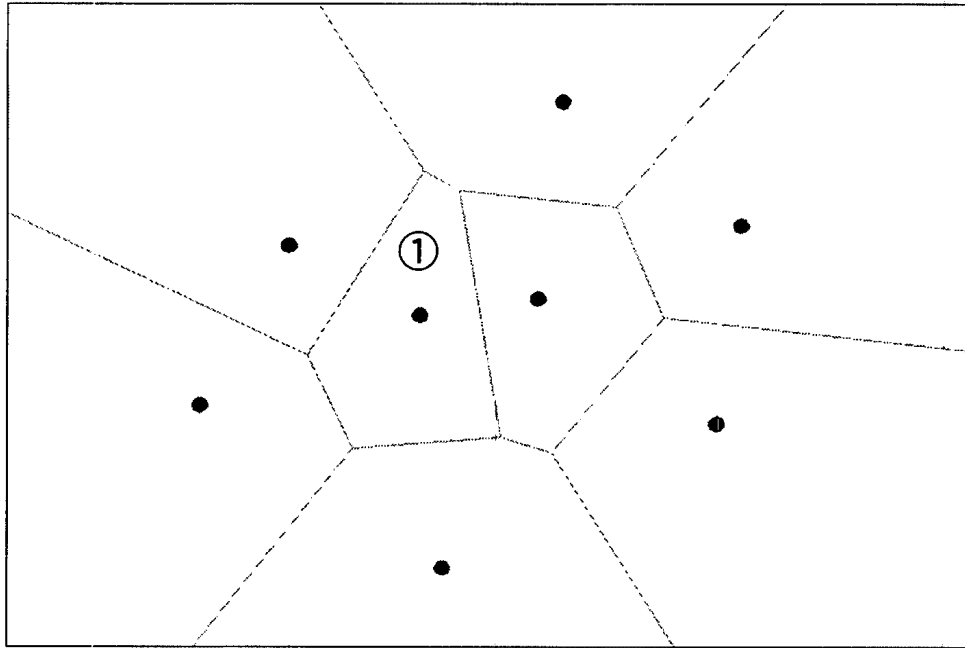


図2-1 ボロノイ分析

注2) バッファ解析 (図2-2)

ある点・線・領域から一定の距離内の領域を「バッファ」といい、それを用いて解析を行う機能である。バッファは、作成対象の線（または点）と、作成範囲を決めると簡単に作成することができる。例えば、「ある区間で道路工事をすると、周辺住民に騒音の影響が出る。その影響範囲を示す領域」というバッファを作成し、そのバッファを用いて「影響範囲に含まれる民家は何軒あるか」というような解析を行える。

注3) ルート検索 (図2-3)

道路やパイプラインなど、ネットワーク構造の空間データに対する解析機能である。例えば2点間の距離を求める時に、座標を基にした単純な直線距離ではなく、道路のネットワーク構造を考慮した最短経路を用いることができる。

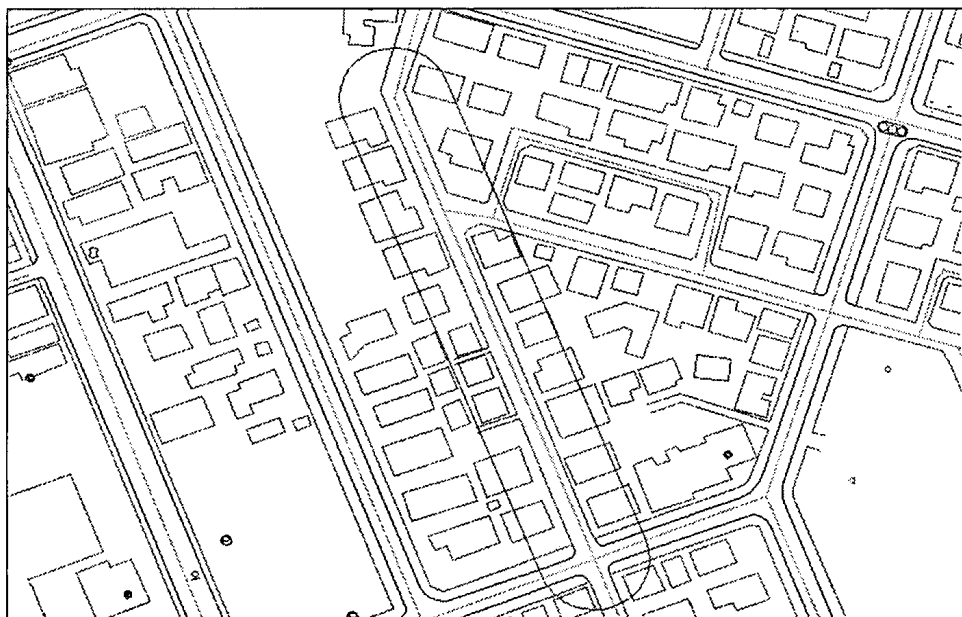


図2-2 バッファ分析

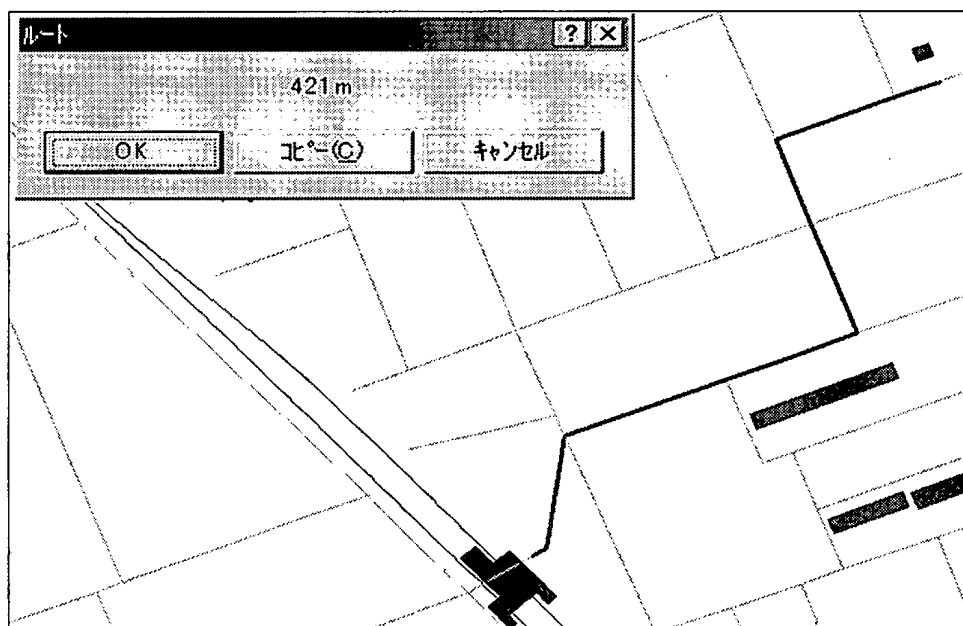


図2-3 ルート検索

③プレゼンテーション機能

プレゼンテーション機能とは、一元管理された情報や、解析を行った結果を、単なる文字や数字の羅列としてではなく、地図上に視覚的に表現する機能である。

この機能により、地図とあわせて画面にグラフ表示する・家などの

地図上のアイテムに色を塗って表示するなどの解析結果の表示ができる。このような視覚的表現を効果的に用いることにより、情報を受け取る側に、短時間でより多くの情報を効果的に提供し、有用な判断材料とすることができる。

2.2 カスタマイズについて

SISには、「ポイントアイテムを作成する」「2点間の最短距離を求める」「アイテムにデータを追加する」といった多くの機能は基本機能として用意されている。しかし、これらの機能はそれぞれ独立しており、実際には個々の機能を組み合わせて操作することになり、かえって作業が煩雑になる場合がある。

例えば「20個のポイントアイテムからある駅までの最短距離をそれぞれ求め、その結果をポイントのデータとして保存する」といった場合である。この場合、「ポイントアイテムから駅までのルート検索」「その結果をポイントアイテムのデータに追加」の2つの作業を20回繰り返さなければならず、効率的であるとは言い難い。

そのため、SISでは、自分でプログラムを作成することにより、SISの基本機能を組み合わせ、作業の効率化を図ることができる。これを「カスタマイズ」という。SISのカスタマイズは、Microsoft Visual Basic 6.0（以下VB）を用いる。VBで作成したプログラムを「コマンド」という。VB上でコマンドを実行することにより、SISの複数の機能を関連付けし、データの入出力を自動化できる。このコマンドは、「SISの新しい機能」と考えることができる。上記では、ルート検索とデータの追加を組み合わせ、さらにそれを繰り返す、という一つのコマンドを作成することにより、マウス操作のみで分析を実行することができる。本研究で作成したコマンドの詳細については3章以降で述べる。

2.3 アンケート調査について⁴⁾

本研究では、鉄道利用者の経路選択行動を分析する。アンケート調

査対象地域は、

- 1 利用客の多い駅がある
- 2 駅周辺に住宅地が広がっている
- 3 駅間の距離が短い

などの経路選択行動を分析する上で重要な条件のそろった千葉県船橋市内にある新京成電鉄株式会社（以下新京成）の三咲・滝不動・高根公団・高根木戸・北習志野・習志野・薬園台・前原の8駅とした。

調査対象地域を図2-4に示す。調査対象地域とした千葉県船橋市の新京成電鉄の北習志野駅周辺は、都心から直線距離で約25kmのところに位置している。しかしながら、都心への直通路線がなく、都心へ向かう利用者は、新京成から一度乗換えて、JR総武線または京成電鉄株式会社の京成本線を利用している。特に、北習志野駅は、平成8年4月開通の東葉高速鉄道に伴ない、新京成線との乗換え駅としての需要が増加した。東葉高速鉄道は、西船橋～東葉勝田台駅間の16.1kmを結ぶ鉄道新線である。西船橋駅で、営団地下鉄東西線と直通運転を行い、また、西船橋駅でJR総武線・武蔵野線・京葉線との乗換えができる。また、船橋市内には、西船橋・東海神・飯山満・北習志野・船橋日大前の5駅が新設され、北習志野駅で新京成線との乗換えができる。

新京成は、松戸市・鎌ヶ谷市・船橋市・習志野市の4市を通る路線である。駅数は、松戸（起点）～京成津田沼（終点）駅間の24駅あり、調査駅は、京成津田沼駅よりに位置している。調査駅を図2-5に示す。アンケート調査は、鉄道新線として東葉高速鉄道が開通した平成8年4月の前後に計3回行った。その際のアンケート調査対象者数の変遷を表2-2に示す。また、第1回のアンケート項目を表2-3に示す。本研究では、第3回のアンケート回答者のデータを用いる。ただし、本研究では、分析システムの構築を目的としているため、経路選択が複雑になる東葉高速開通後の分析は対象としていない。

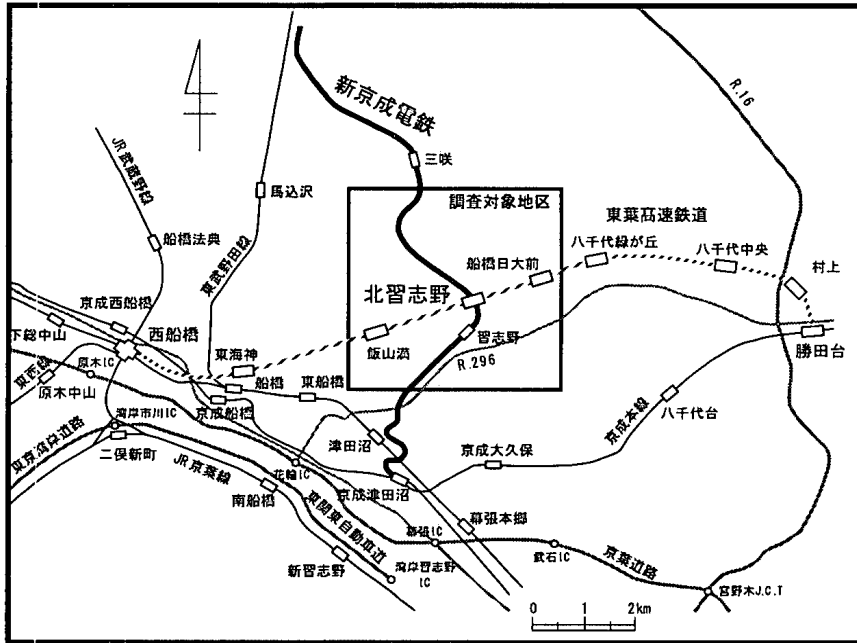


図2-4 調査対象地域

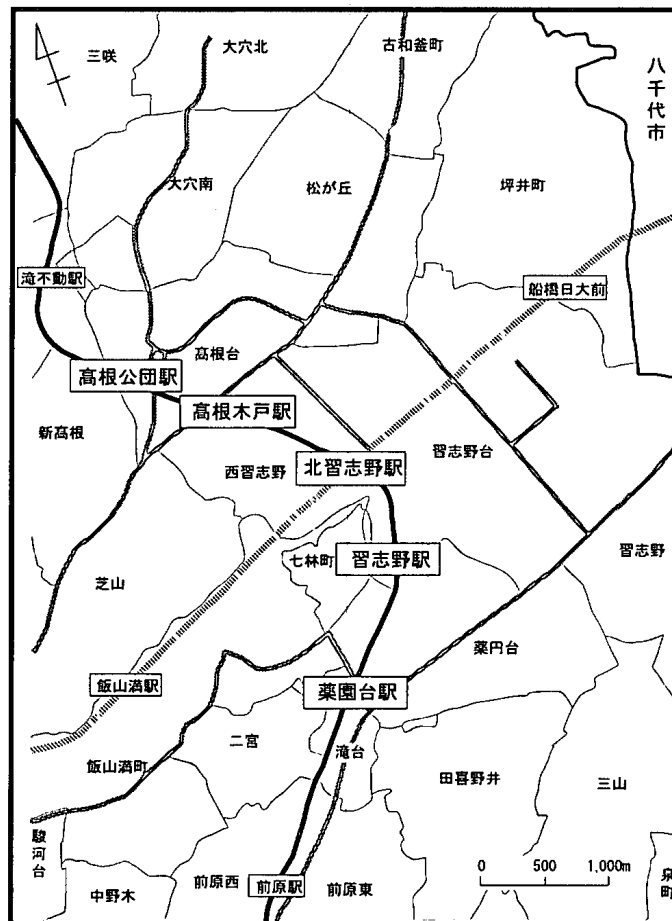


図2-5 調査駅

表2-2 アンケート調査対象者数の変遷

駅名	調査日	対象者	配布枚数 [配布率]	回答数 [回答率]	有効回答数 [有効回答率]
第1回	平成7年 12月	26031 (降客数)	9208 [35.4]	1774 [19.3]	1683 [94.9]
第2回	平成8年 6月	1465 (訪問)	1438 [98.2]	911 [63.4]	885 [61.5]
第3回	平成10年 6月	885 (訪問)	548 [61.9]	337 [61.5]	308 [56.2]

表2-3 アンケート項目 (第1回)

個人属性に関する質問	交通属性に関する質問
性別	アクセス交通手段の所要時間
年齢	駅を利用する曜日
職業	駅を利用する理由
運転免許の有無	駅までの交通手段
利用可能な車両の有無	自宅を出発する時間
通勤通学費の負担状況	東葉高速鉄道開通後の利用交通手段の変化
氏名	主要目的地
住所	主要目的地までの所要時間

2.4 研究の構成

本研究は、アンケートデータの表示や詳細な分析の基礎データとなる数値の計算および表示を行う基本表示システムの部分とアンケートデータの分析を行うプログラムを基本表示システムとリンクさせる部分に分けられる。

GISでは、データの種類別にレイヤーという機能を用いて管理することができる。レイヤーとは、透明なガラス板のようなものと考えることができ、それぞれのレイヤー上に建物・道路・鉄道などのデータを入力することができる。このようにレイヤーごとにデータを分けることによって、必要に応じてレイヤーの表示／非表示を切り替えることにより、用途に応じて選択した複数のデータを重ね合わせて一括表示することが可能となる。レイヤーの概念図を図2-6示す。

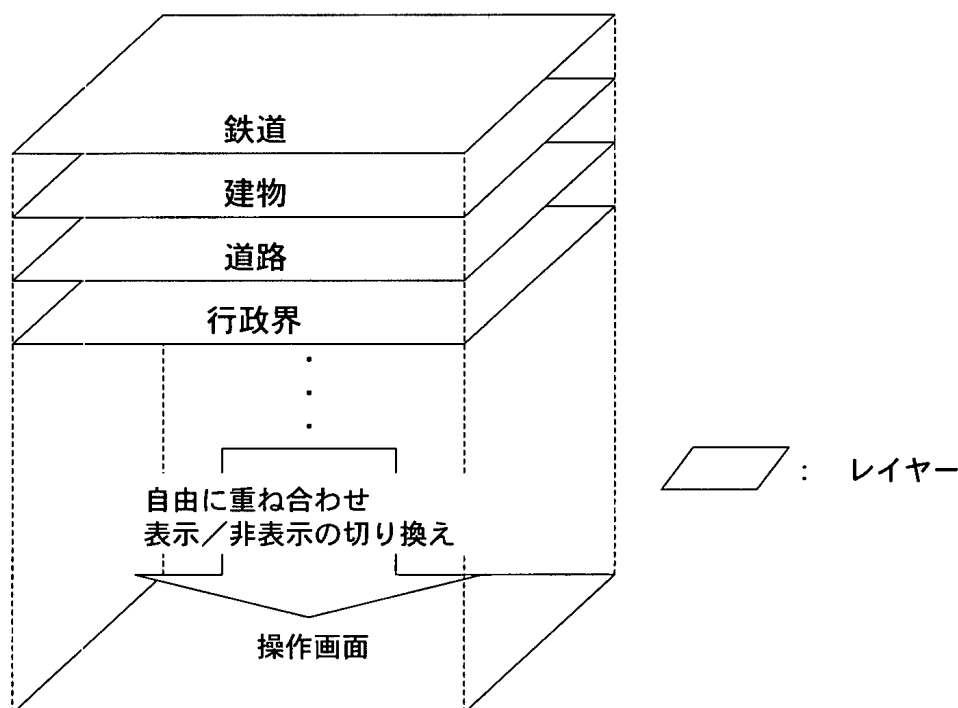


図2-6 レイヤーの概念図

本研究では、地図データとして、株式会社ゼンリンの「Zmap-TOWN II」と国土地理院発行の「数値地図2500」を用いた。

「Zmap-TOWN II」を基礎となる地図データとして、家屋などの建物情報、鉄道の路線などの情報をレイヤーとして追加した。また、「数値地図2500」からは、実際の道路網を考慮して整理された道路中心線のデータをレイヤーとして追加した。さらに、地図データにはないバス路線のデータをレイヤーとして作成した。

これらを基に、基本表示システムは、VBとSISを用いて、分析で用いる基礎データの作成および分析結果表示を行うためのシステムを作成した。ここで、分析結果を計算・表示するシステムを先に作成するために簡易的に既存のモデル式を用いた。

つぎに、アンケート回答者の住所から地図上で家屋のアイテムを抽出し、1つのレイヤーに整理した。そこにアンケート回答者の個人属性データを入力した。このデータを基に分析プログラムを作成し、基本表示システムとリンクすることにより、各種の計算を行い、その分析結果は基本表示システムで表示した。こうすることにより、分析プ

プログラムを変更することで、様々な分析手法に対応できるようになる。

本研究の使用ソフトおよびソフト間のデータ入出力の関連図を図2-7に示す。図のように、アンケート結果の集計・表示は、SISおよびVBを用いた基本システムで行い、詳しい分析はVBで作成した分析プログラムを用い、それらの間のデータ入出力はExcelを介して行うというシステムである。基本表示システムについては3章で説明する。また、アンケート調査を用いた分析の効率化を含めたシステムについては4章で説明する。

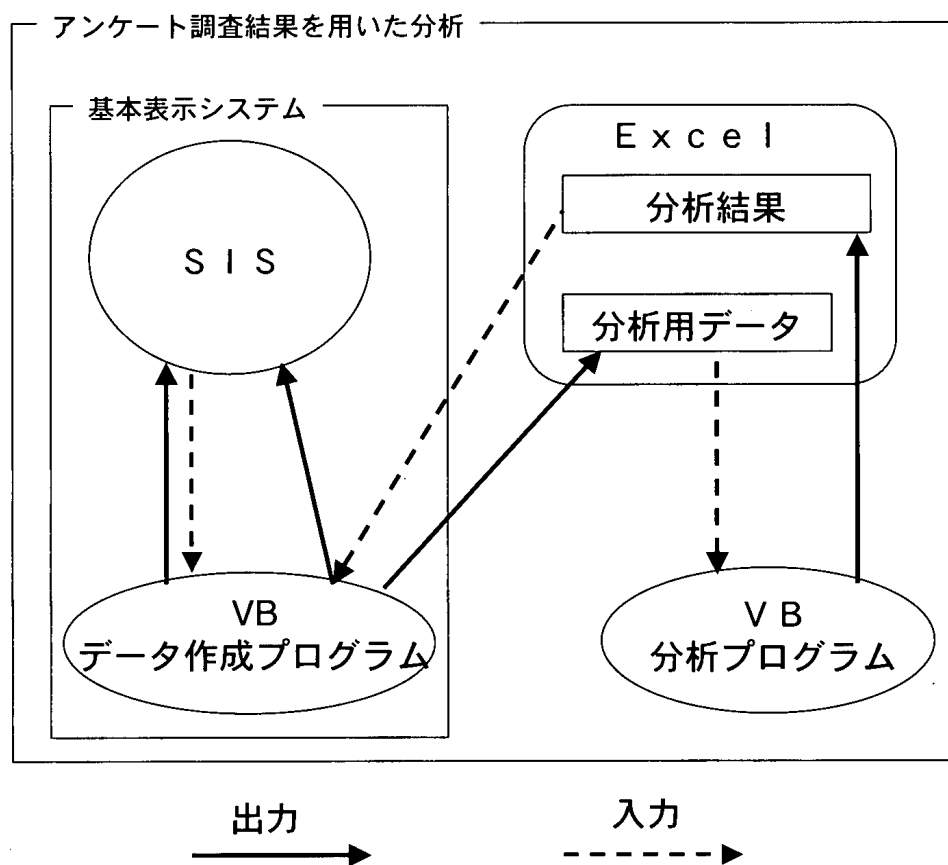


図2-7 使用ソフトおよびソフト間のデータ入出力の関連図

3. 基本表示システム

従来、交通手段選択を地図上で表記するには、対象地域をいくつかのゾーンに分割して、そのゾーンの交通手段分担率を表示する方法が用いられてきた。本研究では、分析対象が端末交通手段という比較的狭い範囲を対象としていることもあり、ゾーン分割をできるだけ細かくし、なおかつ計算の簡略化を考えて、格子状のゾーン分割とした。またアンケート回答数・回答者の所在地の分布状況から対象地域を200m×200mの格子状のゾーンに分割した。そして、各ゾーンの交通手段分担率を計算するには、各ゾーンの中心点をそのゾーンの代表点（座標）として、各種の計算（距離・交通手段別所要時間・分担率など）を行い、その結果をゾーンごとに色分けし、表示するものとした。

各ゾーンの代表点から各駅までの距離は、道路ネットワークデータ・バス路線データを用いることにより、SISの特徴である最短経路検索を利用することにより求められる。また求めた距離から各交通手段ごとの所要時間を求め、その所要時間をモデル式に適用することにより、分担率計算を行う。

本章では、SISをVBでカスタマイズすることにより、これらのデータの集計・分析用データの作成、分析結果の表示という一連の作業をシステム化することにより、作業の効率化を図ることを目的としている。本章で作成するシステムは、実際に様々な分析を行う分析プログラムとは違って、基本的なデータの集計・表示を行うことが主となるため、「基本表示システム」と呼ぶことにする。また、基本表示システムにおいてVBで作成したプログラムは4章で作成する「分析プログラム」と区別するため、「データ作成プログラム」と呼ぶことにする。

3.1 基本表示システムの構成

基本表示システムの機能を図3-1に示す。GISのデータベース機能を利用することにより、「道路ネットワーク」・「鉄道路線」・「バス路線」・「調査結果」・「メッシュ」をレイヤーとして管理する。基本表示システムのレイヤー構成を図3-2に示す。基本表示システムでは、まだアンケート調査結果を用いないため、調査結果レイヤーは作成していない。以下に、調査結果を除くレイヤーの作成過程を示す。

まず、基礎となる地図データは、アンケート回答者の所在地をポイントアイテムとして登録する必要があったため、すでに建物がポイントアイテムとして作成されている「Zmap-TOWN II」を用いた。この地図の上に、対象地域の交通環境を再現するために鉄道路線データ・バス路線データ・道路ネットワークデータの3つのレイヤーを作成した。

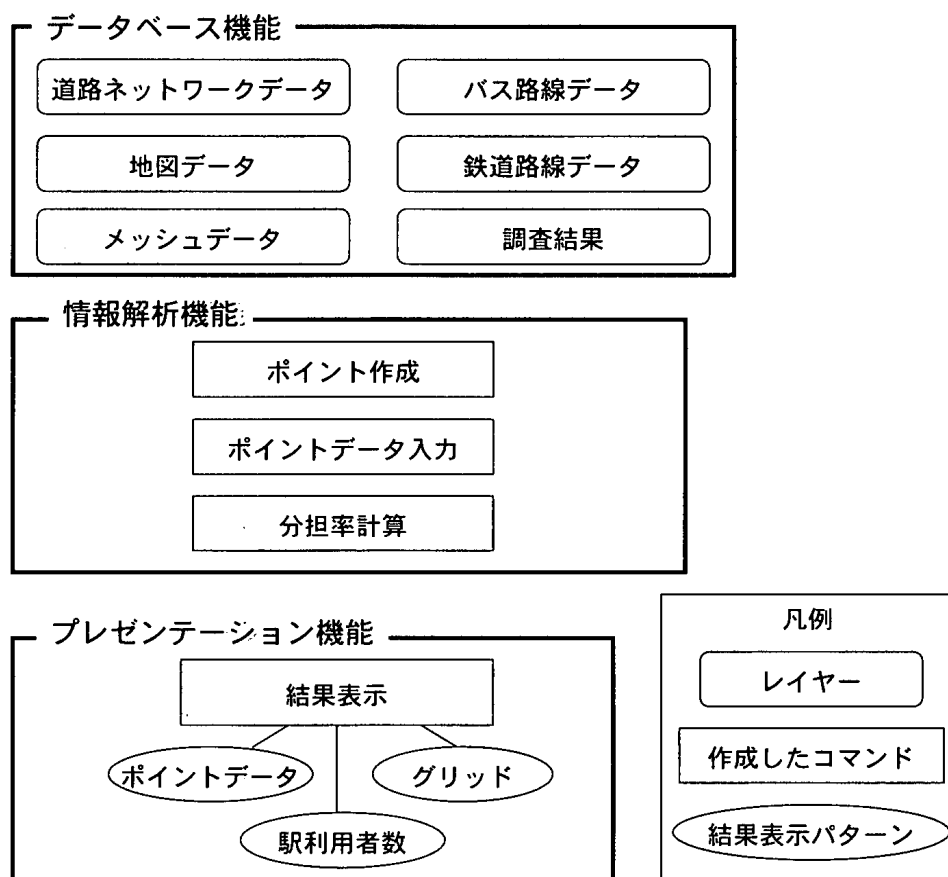


図3-1 基本表示システムの機能分類

道路線データは、「Zmap-TOWN II」より線路・駅のアイテムを選択し、それらを新しいレイヤー上に複製した。また駅のアイテムには、駅名の情報が含まれていなかったため、その駅名を属性として入力した。

バス路線データは、既存の電子地図で整理されていなかったため、バス路線図⁵⁾を基にラインアイテム（路線用）とエリアアイテム（バス停用）を組み合わせ、手作業で作成した。バス停には、それぞれのバス停から目的駅までの所要時間のデータを属性として入力した。

道路ネットワークデータは「数値地図2500」から道路中心線のデータを新しいレイヤー上に複製した。

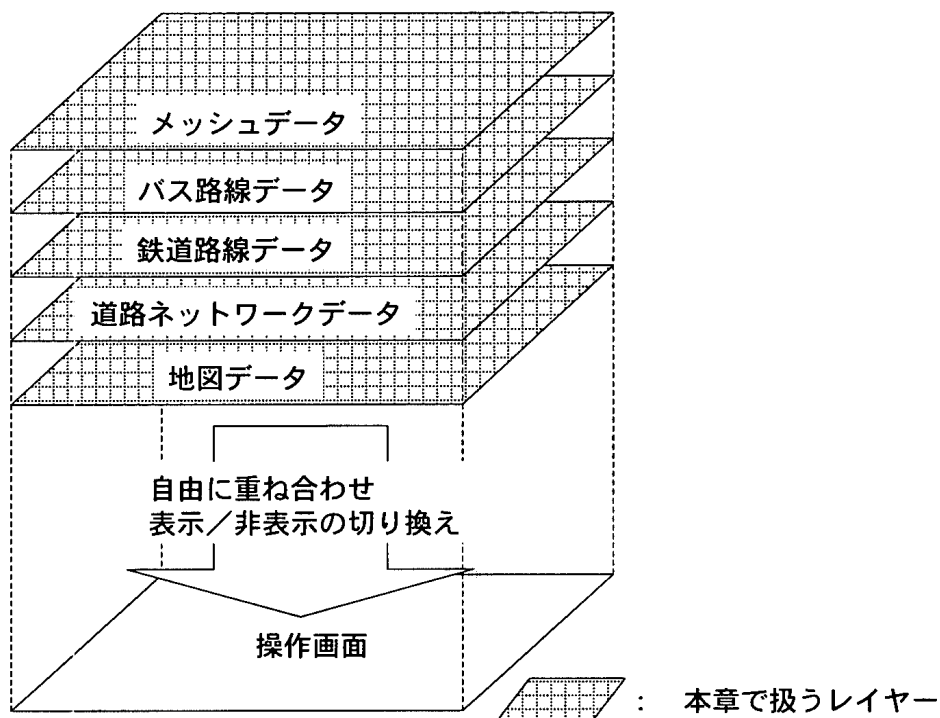


図3-2 基本表示システムのレイヤー構成

また、分析結果を表示・管理するレイヤーとして「メッシュデータ」レイヤーを作成した。

つぎに GIS の情報解析機能を利用することにより、従来の紙地図を利用した分析では作業量的に難しかったデータの出入力および分析を簡略化することができる。特に、交通手段選択においては、各個人の交通手段別ルート検索を行うことにより、実態に即した利用経路が予測でき、分析精度が向上すると考えられる。また、自由に VB を用いてカスタマイズできるということは、SIS の大きな利点である。

本研究では、VB を用いたカスタマイズによって、「ポイント作成」・「ポイントデータ入力」・「分担率計算」を行えるようにした。

つぎに GIS のプレゼンテーション機能を利用することにより、データを数字の羅列ではなく、グリッドなど、図として地図上に表示できるようになった。本研究では、「結果表示」というコマンドで、ポイントデータ・グリッド・駅利用者という 3 種類の表示を行えるようにした。

本研究で作成した 4 つのコマンドを、「データ作成プログラム」とする。各コマンドの詳細については、次節以降で示す。

SIS とデータ作成プログラム間のデータの入出力および処理作業の流れを図3-3 に示す。操作は、SIS とデータ作成プログラム間で逐次制御を交代させながら処理作業を行う仕組みとなっている。

SIS を起動し、データ作成プログラムを実行すると、作成したコマンドが SIS で使用できるようになる。画面上をマウスで右クリックすると、メニュー画面が現れ作成したコマンドをクリックすることにより、プログラムが実行される。コマンドの表示画面とその拡大画面を図3-4 に示す。図中の太枠部分が作成したコマンドであり、その下に表示されている従来の SIS コマンドと同様に利用することができる。

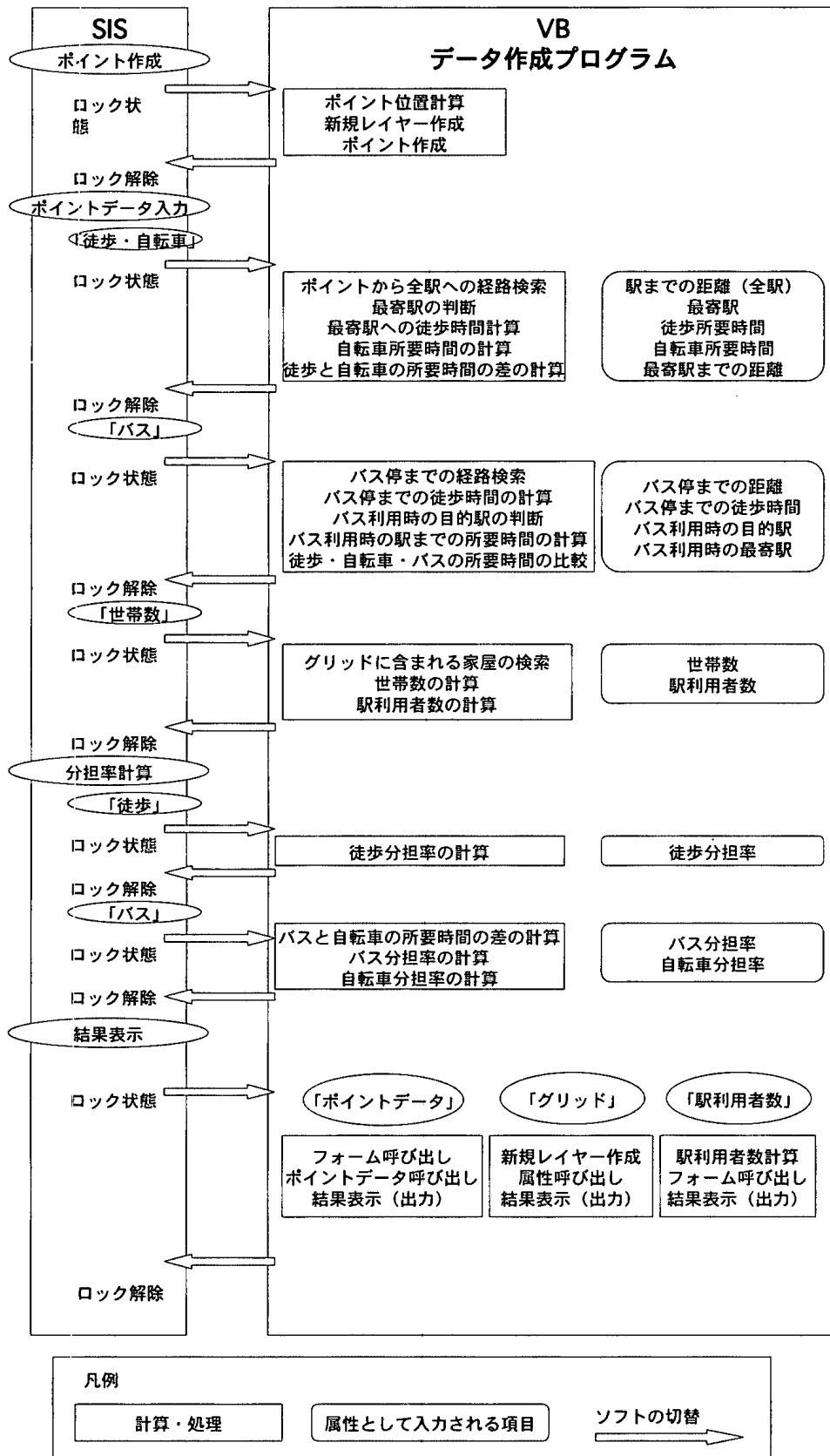


図3-3 プログラムの流れ

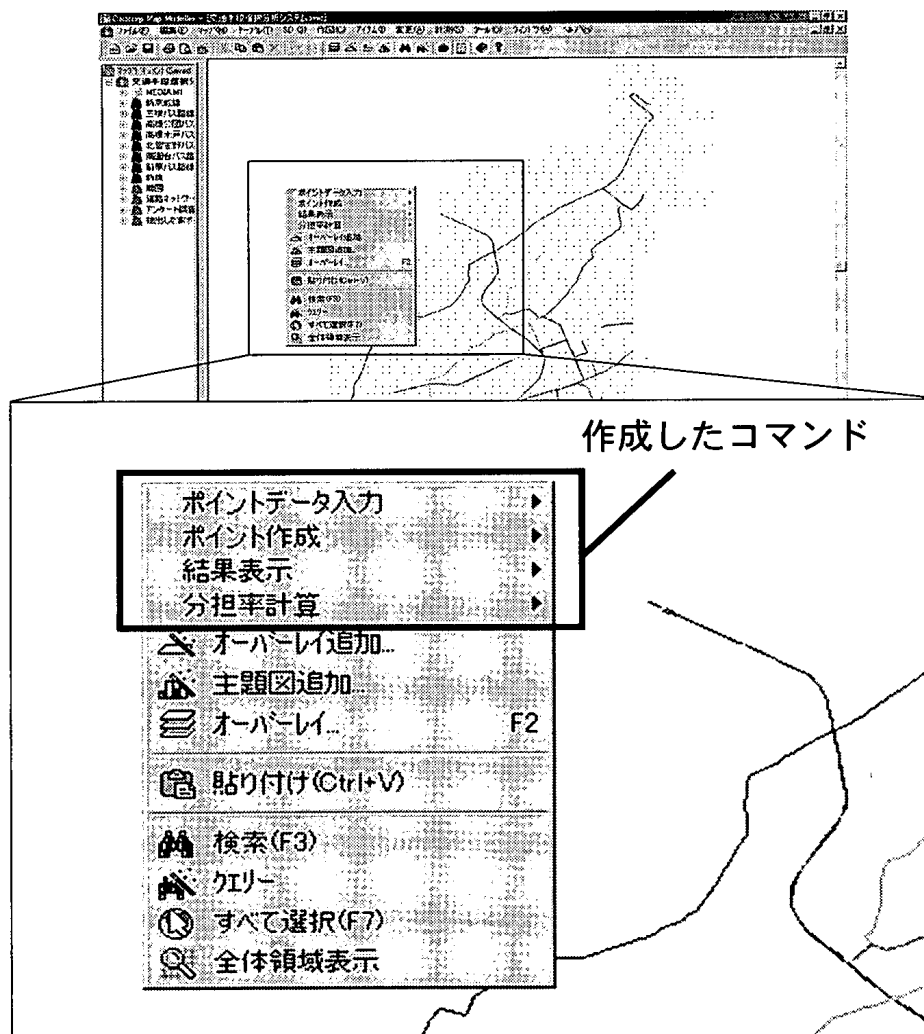


図3-4 コマンドの表示画面

3.2 ポイントデータの作成

本節では、データ作成プログラムにおける「ポイント作成」・「ポイントデータ入力」コマンドについて、それぞれコンピュータ内で行われる処理の詳細を説明する。

3.2.1 ポイント作成

「ポイント作成」コマンドを実行すると、「メッシュデータ」レイヤー上に、200m×200mの格子状のゾーンを作成し、各ゾーンの中心点となる位置にポイントアイテムを作成する。各ゾーンに関するデータは、すべて一括して中心点のポイントアイテムで管理すること

とする。

3.2.2 ポイントデータ入力

「ポイントデータ入力」コマンドを実行すると、「ポイント作成」コマンドで作成されたポイントアイテムに、駅までの距離・徒歩所要時間・自転車所要時間・バス利用時の所要時間・最寄駅名などのデータが入力される。

このコマンドは、他のコマンドに比べて、入力データが多くなるため、1つのコマンドにすると処理量が多くなる。そのため、入力するデータの関連性を考慮し、「ポイントデータ入力」コマンドから選択するサブコマンドとして、「徒歩・自転車」・「バス」・「世帯数」の3つのコマンドを作成した。以下にそれぞれのコマンドの詳細を示す。

①徒歩・自転車

「徒歩・自転車」コマンドを実行すると、道路ネットワークデータと鉄道路線データを利用し、各ポイントアイテムと対象地域内の各駅までの最短ルート検索を行い、それぞれの距離を算出する。求めた各駅までの距離の最も短い駅を最寄駅とする。最寄駅までの距離を基に徒歩所要時間、自転車所要時間を算出する。その際、徒歩の速度を5 km/h、自転車利用時の速度を10km/hとして算出⁴⁾した。

ただし、自転車所要時間については、駐輪場と駅までの移動時間等を考慮し一律に2分を加えている。

ポイントデータには、各駅（8駅）までの最短距離、最寄駅名、最寄駅までの徒歩および自転車所要時間が入力される。

②バス

「バス」コマンドを実行すると、ポイントアイテムから各バス停までの距離を最短ルート検索により求め、各バス停までの徒歩所要時間を算出する。そして、バス停のポイントアイテムに入力されている各駅までのバス所要時間と加えることにより、バス利用時の所要時間を算出する。ポイントデータには、バス利用時の所要時間、徒歩・自転車所要時間と比較した場合の最短所要時間およびその場合の目的駅が

入力される。

バス所要時間の計算には、
(バス利用時の所要時間) = (バス停までの徒歩所要時間) + (バス乗車時間) + (ロスタイム)
を用いた。

ただし、バス乗車時間については新京成バスの平日昼間の運行状態を基にした。また、交通混雑などによるバスの遅れやバス停での待ち時間を考慮し、ロスタイムは一律に3分⁴⁾とした。

③世帯数

「世帯数」コマンドを実行すると、はじめに各ゾーンに含まれる家屋を検索する。その検索結果から世帯数を求め、ポイントデータに入力する。ここで、アパートやマンションは地図データ上から判別できるため、それらの世帯数は登録されている数とした。さらに、求めた世帯数に、船橋市における一世帯あたりの平均世帯人員（船橋市統計（平成7年）によると、人口540,817人、世帯数203,510世帯で、「平均世帯人員」は、2.66人となる。）を乗ずることにより、各ゾーン内の人口を予測している。

また、「15歳以上流出人口」が、207,785人なので、「全人口」に対する「15歳以上流出人口」の割合は0.388となる。よって、一世帯あたり15歳以上流出人口は、(平均世帯人員) × (全人口に対する15歳以上流出人口比) = 2.66 × 0.388 = 1.022 (人/世帯) となる。したがって、ゾーン内の流出人口は (ゾーン内の世帯数) × 1.022 で求められる。本研究で作成する基本表示システムでは、「流出人口のすべてがどこかの駅を利用する」と仮定し、推計したものを「駅利用者数」として表示する。

これらの求めたデータもポイントデータに入力される。入力されたポイントデータは、画面左側のフレームに表示する。ポイントデータを表示した画面とその一部を拡大した画面を図3-5に示す。

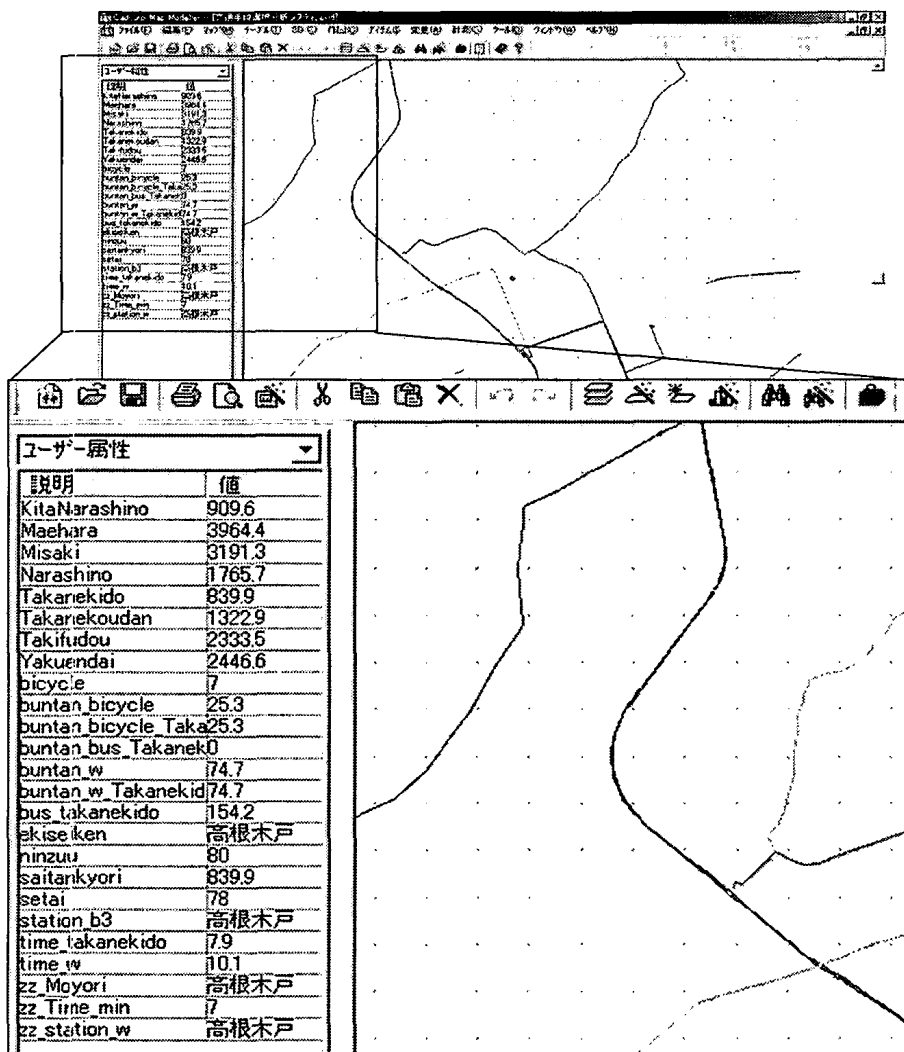


図3-5 ポイントデータの表示

3.3 分担率計算

ここまでに計算され、ポイントデータに入力された基礎データを用いて、ゾーンごとの端末交通手段分担率を計算する。本研究では、結果表示までのプロセスの簡略化を目指しており、分析手法・モデル式の予測精度に関しては特に議論しない。そのため、既存のモデル式⁴⁾を用いて分析結果を計算した。本章で用いる式を表3-1に示す。このモデル式は、徒歩・バス・自転車の所要時間をもとに各交通手段の分担率を求めるものである。

「分担率計算」コマンドを実行すると、ポイントアイテムごとに入

力されている徒歩所要時間・自転車所要時間・バス所要時間のデータを呼び出し、それらをモデル式に入力することによって、ポイントアイテムごとの交通手段別分担率が計算される。

またモデル式を変更する場合にも、簡単なプログラムの変更により、すぐに計算を行うことができる。

表3-1 分担率予測モデル式

交通手段	分担率予測モデル式
徒歩	$Y_1 = 98.524 + 2.610 \cdot X_1 - 0.589 \cdot X_1^2 + 0.014 X_1^3$ ($1.972 < X_1 < 26.075$)
バス	$Y_2 = (100 - Y_1) \cdot 6.275 \cdot X_2 / 100$ ($0 < X_2 < 14.782$)
自転車	$Y_3 = 100 - Y_1 - Y_2$
X_1 : 徒歩所要時間 X_2 : バスと自転車の所要時間差 Y_1 : 徒歩分担率 Y_2 : バス分担率 Y_3 : 自転車分担率	

3.4 結果表示

分析結果を SIS 上で表示するために、「結果表示」コマンドを作成した。「結果表示」コマンドを実行すると、ポイントデータ・グリッド・駅利用者という 3 種類の表示を各駅ごとに行える。「結果表示」コマンドを実行した時の画面を図3-6に示す。この図のように「結果表示」コマンドからはポイントデータ・グリッド・駅利用者という 3 種類の表示を選択できる。以下にそれぞれの表示の詳細を示す。

①グリッド表示

グリッドとは、任意の地域を等間隔の格子に分割し、その格子に地理情報をもたせた「セル」で構成されたデータである。各セルの色の濃淡で表示対象となっている情報の大小を示す。

グリッドで表示したい結果を選択し、コマンドを実行すると、新たにレイヤーが作成され、そのレイヤーにグリッドが作成される。分析結果を、単なる数字ではなく、視覚的に表現できる。例として北習志野駅徒歩分担率の結果を図3-7に示す。

②利用者数表示

ポイントデータの中から、各手段別分担率と駅利用者数を呼び出

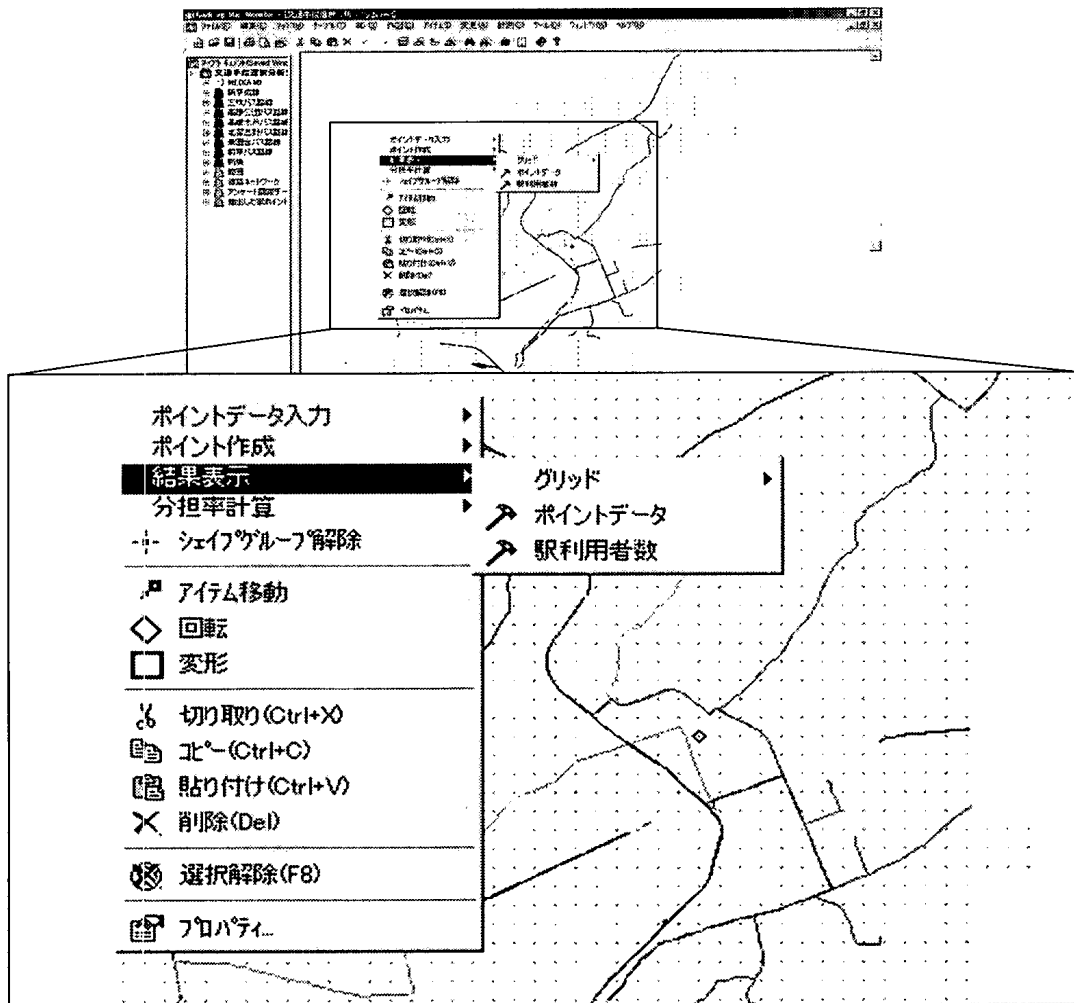


図3-6 「結果表示」コマンド

し、各手段別分担率×駅利用者数を計算し、駅別・手段別の利用者数を集計する。その集計結果をフォームを用いて表示する。フォームとは、VBで作成することのできる「枠」のことで、数字や文字を自由に配置することができ、必要な情報だけを整理して表示することができる。駅利用者数表示を図3-8に示す。

③ポイントデータ表示

SISに整理されるポイントデータは、データ名として日本語が使えないこと、また、図3-5のように表示される順番はアルファベット順に並ぶことから、ポイントデータの中でも関連の強いデータをまとめて表示するといったことは難しい。そこで、このコマンドでは、ある

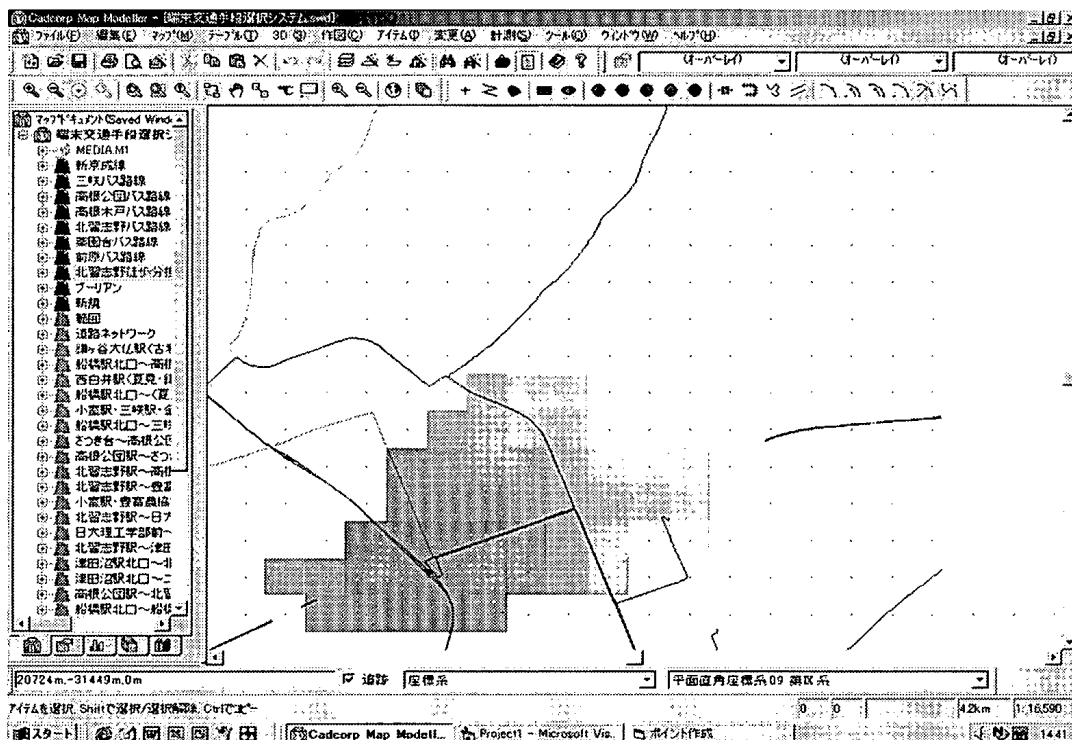


図3-7 グリッドを用いた結果表示画面

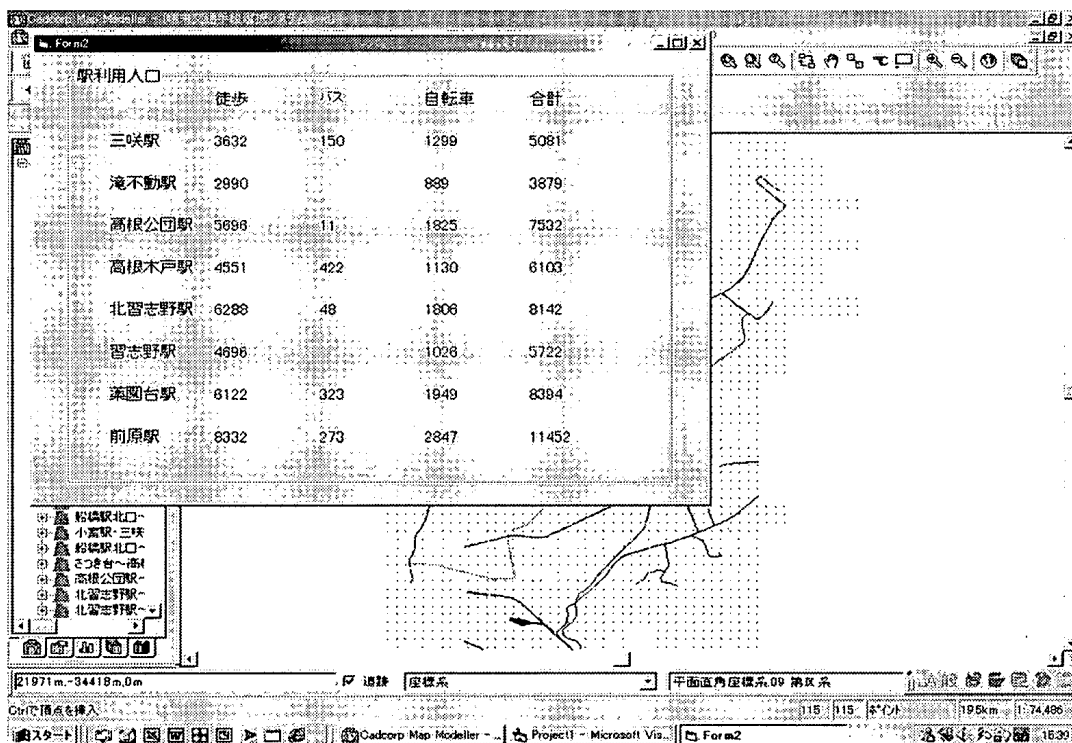


図3-8 駅利用者数表示

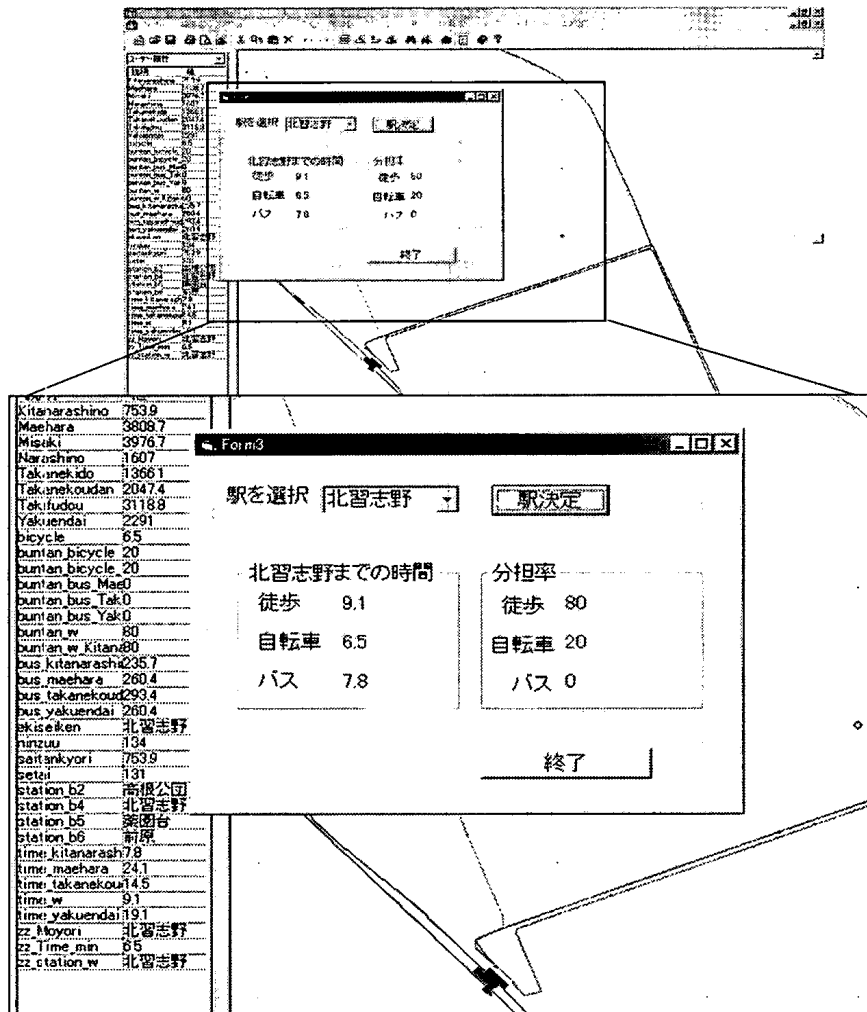


図3-9 ポイントデータ表示

ポイントを選択してコマンドを実行すると、選択したポイントに入力されている各交通手段の所要時間と分担率が日本語で表示されるようにした。ポイントデータ表示を図3-9に示す。

3.5 考察

GISを用いて、端末交通手段選択モデル式を用いた計算・結果表示のための基礎データの作成から分析・分析後の結果を表示する作業を一連の流れで行えるシステムを構築した。本システムの構築により、分析作業としては簡単なマウス操作のみになり、計算も自動化され、効率化することができた。

分析作業において、従来の作業と比較してGISを用いる利点として挙げられることを以下に述べる。

- 分析作業の過程での計算結果をひとつの場所（SIS上）に保存できるようになった。必要なデータの呼び出しも容易に行えるようになった。
- 従来の紙地図を用いた分析方法では難しかった実際の道路網を考慮したルート検索が可能になり、詳細な分析が行えるようになった。
- カスタマイズによって追加したコマンドを用いて、計算過程において新しいレイヤーを自動的に作成する、データの比較・判断を行う、という作業が自動化された。
- グリッドやVBで作成したフォームを用いて、分析結果の視覚的な表現が可能となった。

今後の課題として、出力するデータの変更および結果表示に利用するモデル式を変更する場合に、プログラムを修正しなければならない点は、改良する必要がある。

4. アンケート調査結果を用いた分析の効率化

本章では、端末交通手段選択モデル式を作成するにあたり、分析作業の効率化についての問題点を明確にすることを目的とする。本研究における分析作業とは、アンケート調査結果の入力、アンケート調査結果を用いた端末交通手段選択モデル式の作成、作成したモデル式を用いた分担率の計算、結果表示という一連の流れをいう。アンケート調査結果の入力・結果表示については3章で作成したシステムを利用する。モデル式の作成には、交通手段選択の分析手法として利用される非集計分析を用いた分析プログラムを使用する。基本表示システムと分析プログラムの間でのデータの受け渡しについては、VBで操作ができる、データの整理・保存をしやすいという理由から、表計算ソフトとして広く利用されているエクセルを使用する。分析に使用するファイルと分析作業の関係を図4-1に示す。図4-1内の丸数字はアン

ケート調査結果を用いた分析手順の順番である。各手順の内容を以下に示す。

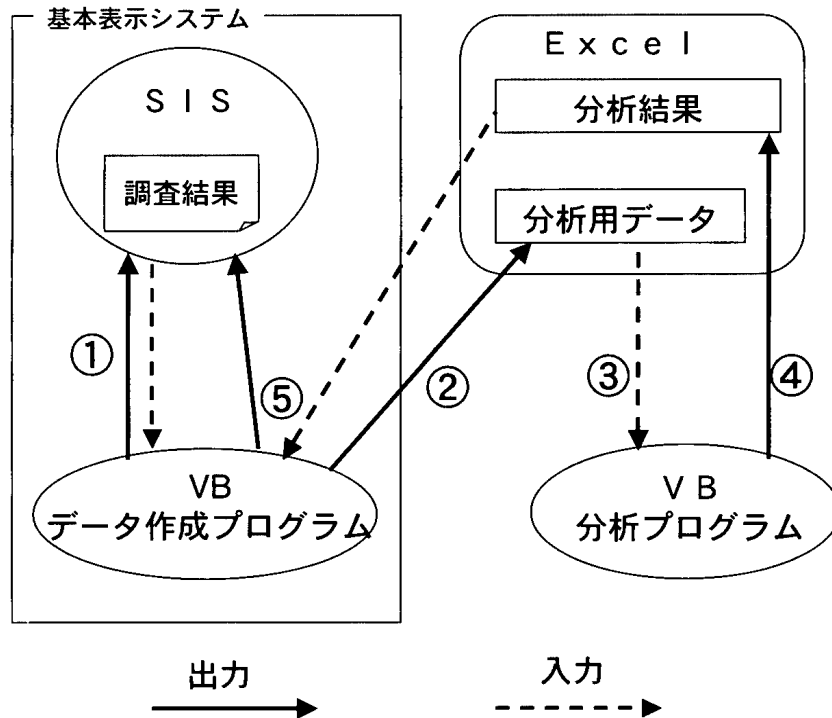


図4-1 使用するファイルと分析作業の関係

- ①アンケート調査結果の入力
SIS にアンケート回答者各個人の調査結果を入力する。
- ②分析用データの作成
分析に用いるデータをエクセルファイルに出力する。
- ③分析プログラムの実行
分析プログラムを実行して分析を行い、新モデル式を作成する。
- ④分析結果の出力
新モデル式の分析結果をエクセルファイルに出力する。
- ⑤新モデル式による分析結果の表示
3章で作成した基本表示システムを用いて新モデル式による分担率の計算を行い、その結果を表示する。
各手順の詳細については以下に述べる。
また、本章のレイヤー構成を図4-2 に示す。ここで、「メッシュデー

タ」レイヤーはグリッドによる結果表示の際に用いる。

4.1 アンケート調査結果の入力

アンケート調査結果は、基本表示システム内で管理する（図4-1の①）。そのため本来ならアンケート結果はすでに基本表示システム内に「調査結果」レイヤーとして入力された状態であり、本来そのための説明は前章で行うべきである。しかしながら、便宜上、分析プログラムとの関連性を考え、本節で入力手順を説明する。

まず、アンケート回答者の住所から図上の座標を求める。地図上で求めた座標には各回答者の家屋があり、それらを抽出して「調査結果」レイヤーにまとめて整理する。つぎに各家屋の中心の座標にポイントアイテムを作成し、そのポイントアイテムにアンケート回答者の属性（利用駅・利用手段など）を入力する。

その後、基本表示システムの「ポイントデータ入力」コマンドを実行すると、アンケート回答者の交通手段別の所要時間が計算され、新たにデータとして追加される（3.3参照）。

アンケート回答者の分布を図4-3に示す。この画面は、アンケート回答者の家屋と鉄道路線との位置関係を示すために、「調査結果」レイヤーと「鉄道路線データ」レイヤーを重ね合わせて表示させたものである。

4.2 分析用データの作成

分析プログラムを実行させるために、分析に用いるデータを整理し、エクセルファイルに出力する（図4-1の②）。

本研究では、分析に非集計分析を用いた。非集計分析は、既にVBを用いて分析プログラムとして作成されているものとする。また、分析用データの作成は、分析プログラムにあわせた形式で、データ出力を行わなければならない。そこで、全アンケート調査結果のうち、分析に必要なサンプルを抽出するため、アンケート回答者の利用駅別にポイントがもつデータを出力するようにした。以下にその詳細を示

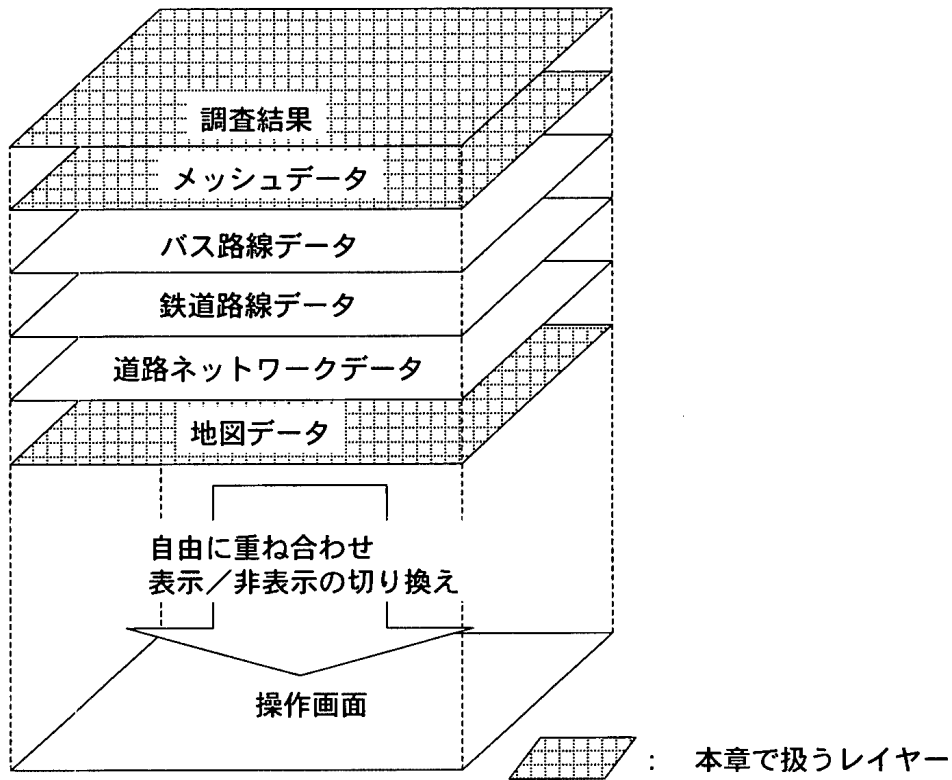


図4-2 本章のレイヤーの構成

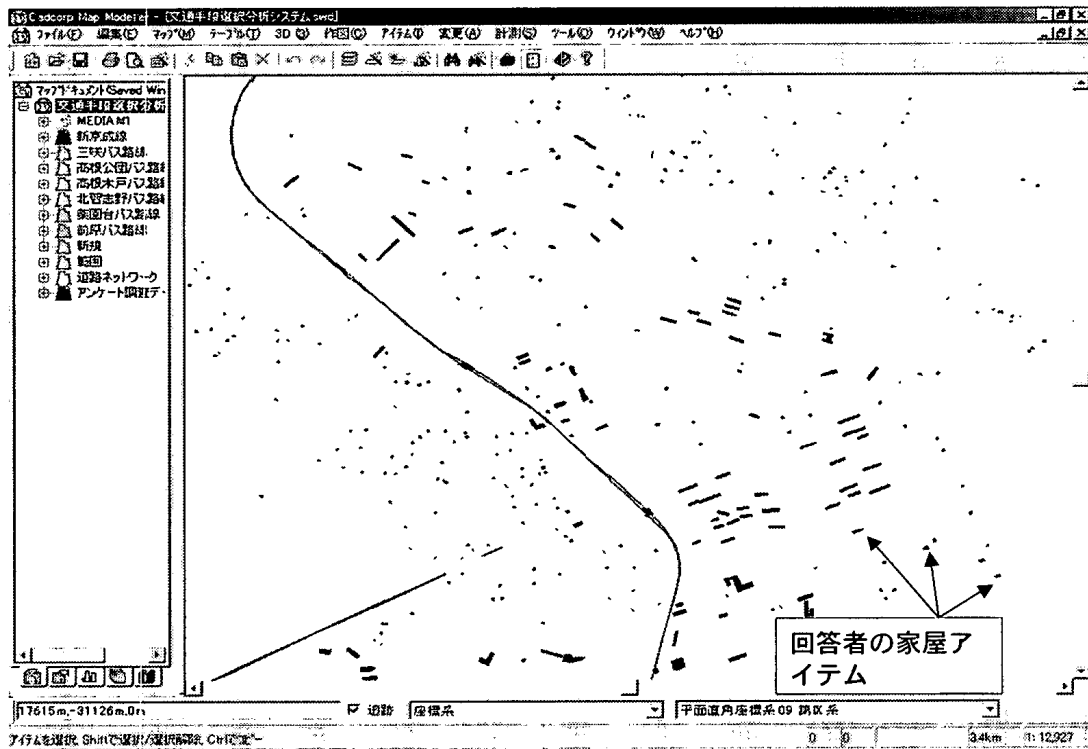


図4-3 アンケート回答者の分布

す。

4.2.1 分析の条件

交通手段選択モデルは、選択肢を徒歩・自転車・バスの3肢選択とした。

そのため、分析に用いるサンプルは、バスの利用が可能で、アンケート回答者が多かった北習志野駅利用者（171サンプル）とした。また、利用交通手段について徒歩・自転車・バス以外（自動車・バイクなど）と回答したサンプルは除いてある。

4.2.2 分析用データ

データ作成プログラムに「データ出力」のコマンド（図4-4）を追加する。このコマンドは、駅別に選択できるようになっており、アンケート回答者の利用駅別にポイントがもつデータを出力できる。

北習志野駅の分析用データ出力結果を図4-5に示す。

B2・C2のセルにはそれぞれ、選択肢数・サンプル数が出力される。4行目以降には、A・B列に各サンプルナンバーと選択肢数、C列に交通手段の選択状況（選択していれば1）、D列以降は所要時間・駅までの距離などの説明変数となるためのデータ項目が3行ごとにサンプル数分繰り返し出力される。

また、出力結果は自動的に保存される。分析プログラムとのデータの受け渡しを考慮して、保存ファイル名は「book 1」に、保存場所は分析プログラムと同じフォルダになるようにした。

4.3 分析プログラムの実行

分析プログラムは、非集計分析を行うものとして作成した（図4-1の③）。分析プログラムの実行画面を図4-6に示す。

分析プログラムを実行するとまず分析用データのエクセルファイルから「説明変数の取得」ボタンを押すことにより、説明変数の項目名を読み込む。そして、説明変数の選択枠内に説明変数が表示され、

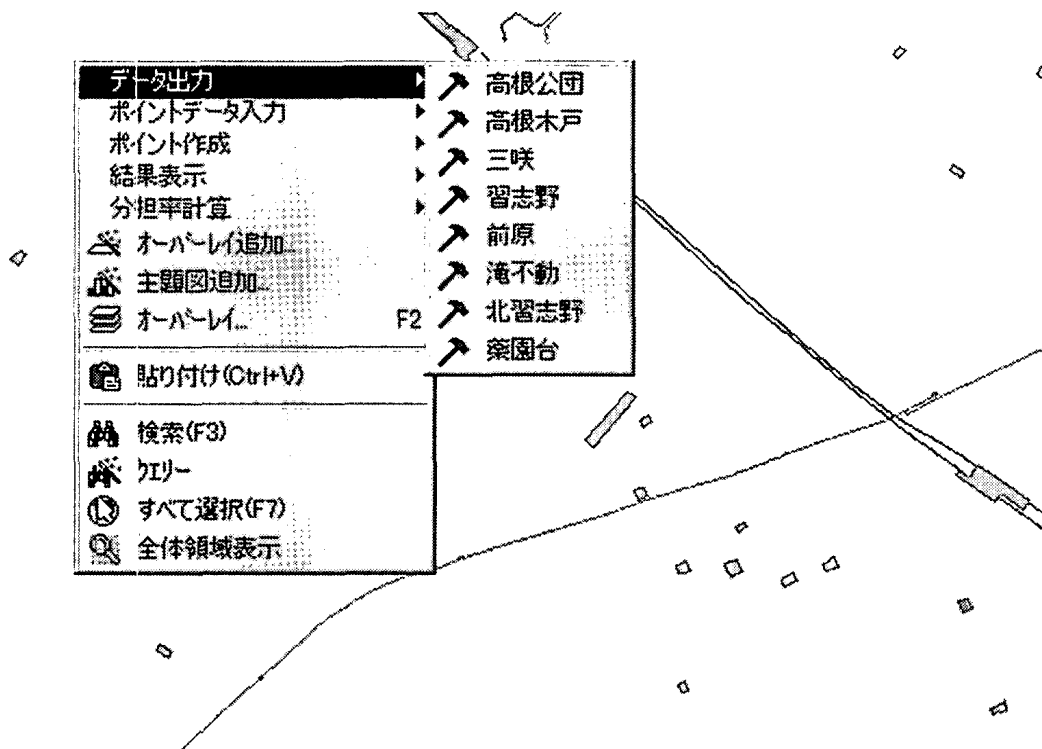


図4-4 「データ出力」実行画面

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2		選択結果	サンプル数							
3			171							
4	サンプルナンバー	選択結果	所要時間	駅までの距離	徒歩時間	乗車時間	バス停までの距離	徒歩時間の割合	ロスタイム	
5	6.01	3	0	21.6	1851.5	21.6	0	450.5	100	
6			0	12.8	1851.5	0	12.8	450.5	0	
7	6.02	3	0	18.5	1537	18.5	0	195.4	100	
8			0	11.2	1537	0	11.2	195.4	0	
9			1	12.3	1537	2.345738295	0	195.4	19.07104305	
10	6.03	3	1	14.6	1215.8	14.6	0	419.1	100	
11			0	9.3	1215.8	0	9.3	419.1	0	
12			0	11	1215.8	5.031212485	0	419.1	45.73829532	
13	6.04	3	0	22.1	1843	22.1	0	723.2	100	
14			0	13.1	1843	0	13.1	723.2	0	
15			1	16.7	1843	8.681872749	0	723.2	51.98720197	
16	6.05	3	0	21.1	1757.3	21.1	0	637.4	100	
17			1	12.5	1757.3	0	12.5	637.4	0	
18			0	15.7	1757.3	7.851880744	0	637.4	48.73796652	
19	6.07	3	0	27	2252.5	27	0	1455.8	100	
20			1	15.5	2252.5	0	15.5	1455.8	0	
21			0	23.5	2252.5	17.47659084	0	1455.8	74.36847079	
22	6.08	3	0	25.4	2118.2	25.4	0	1321.5	100	
23			1	14.7	2118.2	0	14.7	1321.5	0	
24			0	21.9	2118.2	15.88434574	0	1321.5	72.43893488	
25	6.09	3	0	23.5	1958.1	23.5	0	1159.4	100	
26			1	13.7	1958.1	0	13.7	1159.4	0	
27			0	19.9	1958.1	13.91836735	0	1159.4	69.94154446	
28	6.10	3	0	23.5	1956	23.5	0	1159.3	100	
29			1	13.7	1956	0	13.7	1159.3	0	
30			0	19.9	1956	13.91716687	0	1159.3	69.83551189	
31	6.11	3	0	22.8	1886.6	22.8	0	1069.9	100	
32			1	13.3	1886.6	0	13.3	1069.9	0	
33			0	19.1	1886.6	13.08403381	0	1069.9	68.50279379	
34	6.12	3	0	22.6	1881.8	22.6	0	1065.1	100	
35			1	13.3	1881.8	0	13.3	1065.1	0	

図4-5 分析用データ出力結果

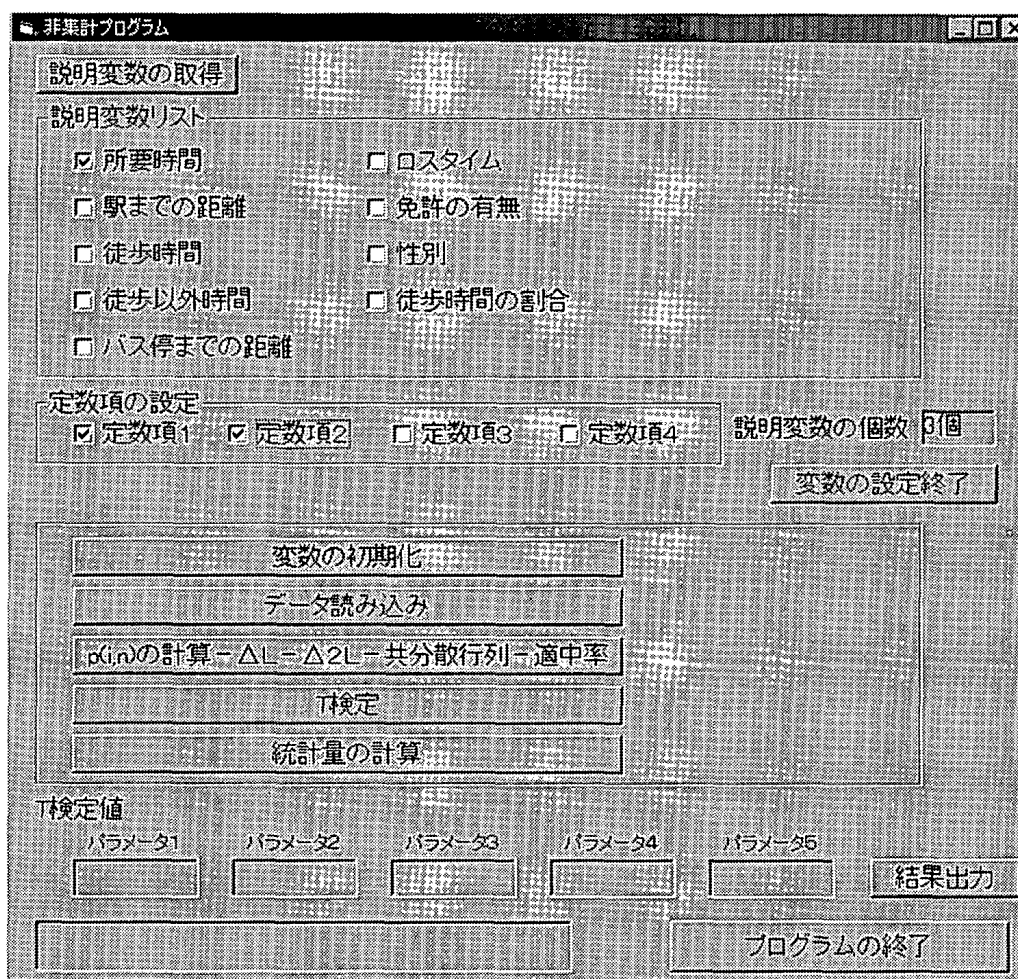


図4-6 分析プログラム実行画面

チェックボタンにチェックすることで説明変数を選択することができる。そして、説明変数の数はチェックにあわせて、カウントされるようになっている。また、定数項の有無も同様に選択することで設定できる。その後、ボタンを順にクリックすることで分析が行われる。以下に、非集計分析を行う際の簡単な説明をする。

- ①パラメータ推定に関する計算を行う。パラメータ推定は、条件に適合するまで繰り返すが、条件にあてはまらない時は画面にエラーメッセージが表示される。
- ②推定された結果についてT検定を行う。
- ③統計量を計算する。

このようにして、分析プログラムを利用して非集計分析を行った結

果、説明変数は所要時間、定数項 1（徒歩利用時に 1 とする）、定数項 2（バス利用時に 1 とする）とした場合に、モデル式を作成することができた。

4.4 分析結果の出力

分析プログラムを用いた分析結果をエクセルファイルに出力する（図4-1の④）。出力項目は、各パラメータ値・T検定値・サンプル数・尤度関数・尤度関数の最大値・尤度比・適中率・適合度とする。分析プログラムの結果出力ボタンをクリックすることにより、分析結果がエクセルファイルに出力される。分析結果出力画面を図4-7に示す。

ここでもファイルを保存する際、ファイル名・ファイルを保存する場所について、基本表示システムのデータ作成プログラムと同じフォルダに、またプログラムで指定したファイル名と同じ名前で保存する必要がある。

4.5 新モデル式による分析結果の表示

新たに作成したモデル式を用いた結果を、グリッドを用いて地図上に視覚的に表現する（図4-1の⑤）。グリッドを用いて表示するために、基本表示システムで作成した「メッシュデータ」レイヤーを使用する。作業手順は、3.3の分担率計算以降と同じになる。

既存のモデル式で計算した結果を表示した画面と、分析プログラムで作成したモデル式を用いて計算した結果を図4-8、4-9に示す。ゾーンのグリッドの色が濃いほうが、分担率の高いものである。今回は、例として北習志野駅徒歩分担率を表示した。これら2つの図を比較すると、新しく作成した非集計分析を用いたモデル式の結果のほうが、ゾーンのグリッドの色の濃淡が顕著になり、また色のバラツキ具合も実際の交通環境に即したものになっている。

NO.	パラメータ	T換定	サンプル数
1	-0.655527055	-7.983628879	171
2	3.817312785	7.701757076	
3	1.230704405	3.818239383	
	元戻閉数	元戻閉数MAX	仮税の決定
	-188.9613137	-102.0829484	173.7387345
	適中率	元戻比	適合度
	0.852713178	0.45871508	0.45486185

図4-7 分析結果出力画面

4.6 考察

本章では、分析プログラムを作成し、分析に必要な計算をすべてコンピュータ内でできるようにした。そして、新たなモデル式を作成することにより、システム構築を行ううえでの課題を明確にした。また分析プログラムを用いることで、分析に関する多くの計算・結果の表示が容易にできるようになった。

今回はモデル作成における作業の効率化ということを第一のテーマとして設定しており、作成したモデル式自体の評価は行っていない。しかしながら非集計分析プログラム作成にVBを用いることでSISとリンクした分析が行えるようになった。さらに非集計以外の分析のプログラムについてもVBで作成すると、分析・結果表示手順において同様の効率化が望める。

アンケート調査結果の入力について、本研究ではアンケート回答の住所をもとに一軒一軒家屋アイテムを探したため、そこで多くの時間

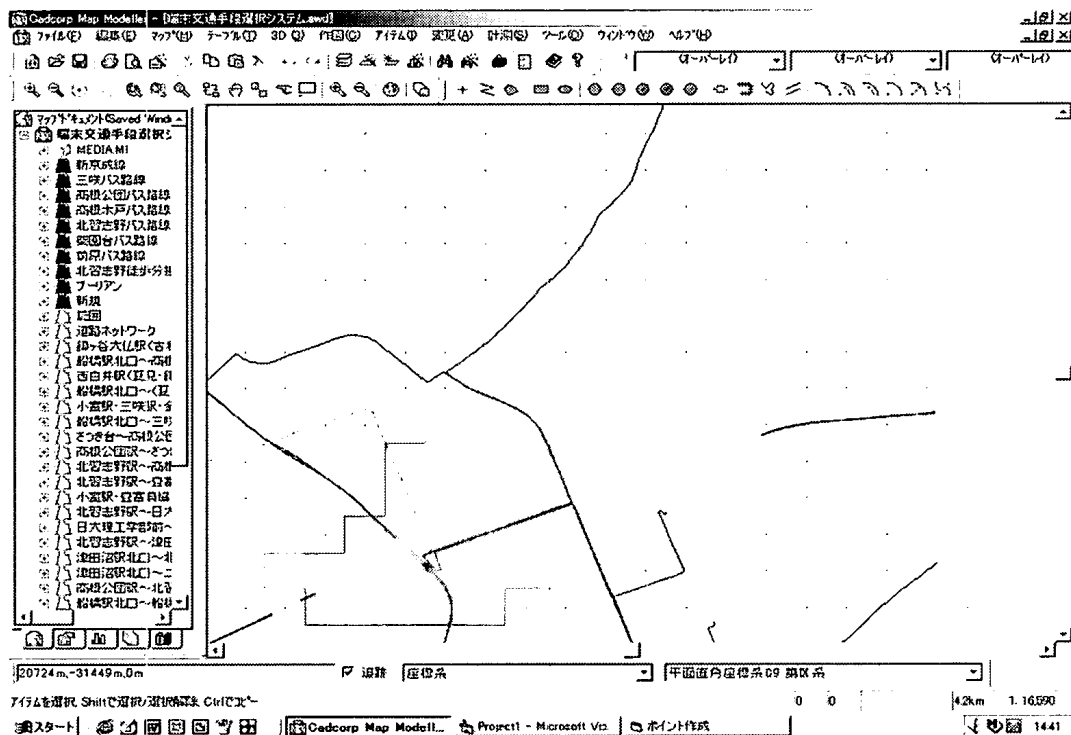


図4-8 北習志野徒歩分担率（既存式による計算結果）

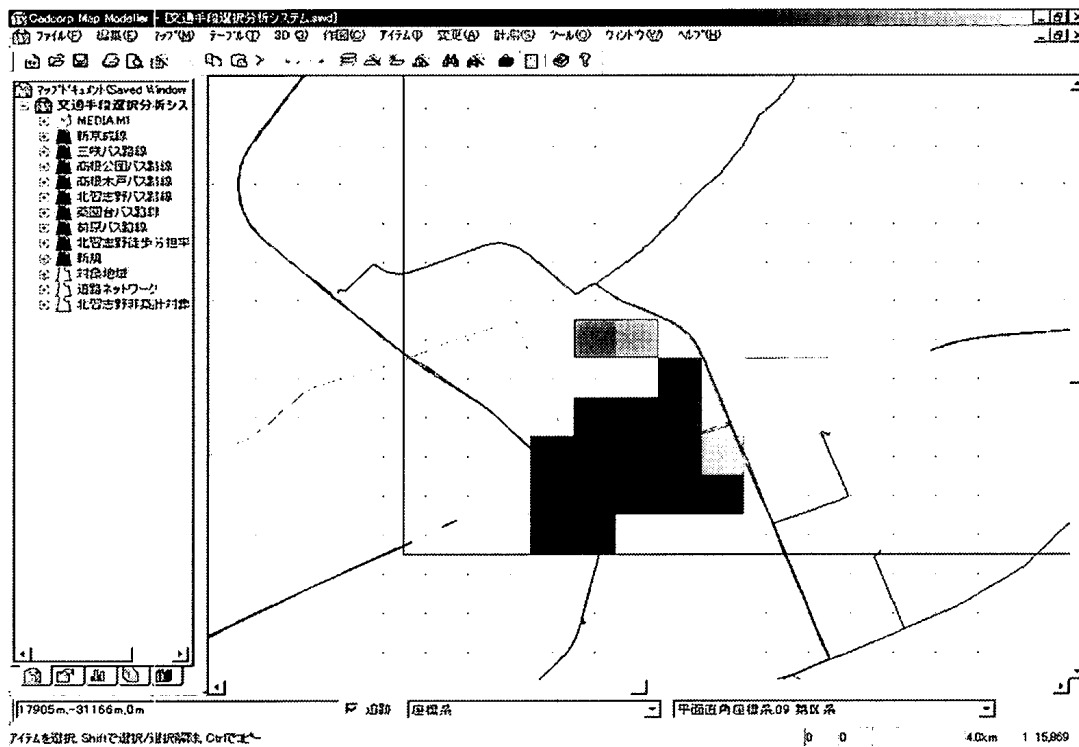


図4-9 北習志野徒歩分担率（新モデル式による計算結果）

を割かなければならなかった。この点は、今後プログラムの改良により改善できると考えられる。そのため、アンケート調査方法を考慮したデータ入力の効率化について検討する必要がある。

5. おわりに

本研究では、交通手段選択に関し、アンケート調査結果の整理・分析の作業をGISで行えるシステムを構築した。また、構築したシステムを用いて船橋市内の新京成線沿線を対象にシミュレーションを行った。

まず、既存のモデル式を用いるために、データの作成、モデル式を用いた計算、結果の表示までの手順を省力化するシステムを作成した。その結果、必要な計算・判断・結果の表示における処理などは自動化できた。また、GISの特長である3つの機能を生かし、より詳細な分析・よりわかりやすい結果の表示を行うことが可能となった。

次に、アンケート調査データを用いた非集計モデルを構築するプログラムを作成し、分析に関する計算を自動で行えるようにした。さらに、基本表示システムを用いて、モデル式を変更した際の結果の表示手順について説明した。

以上、計算の自動化に伴い、計算・処理段階でのミスもなくなり、作業の簡便化が図れた。

今後は、アンケート調査結果の入力、モデル式変更によるプログラムの変更についても作業の簡便化ならびに効率化を探る必要がある。

参考文献

- 1) 株式会社インフォマティクス：SIS5.2ユーザーズマニュアル
- 2) 大分情報サービス産業協会：GIS の基礎および適用分野の研究、2001年〈<http://www.oec-net.or.jp/~oisa/13ronbun/gis/H13GISPaper.pdf>〉
- 3) 加納英明・野地裕一：GIS を用いた端末交通手段選択システムの構築に関する研究、平成13年度日本大学理工学部卒業研究論文、2002年3月
- 4) 谷口滋一：駅端末交通における手段別推計方法に関する基礎的研究、平成7年度日本大学大学院理工学研究科修士論文、1995年3月
- 5) 千葉県バス協会：千葉県バス路線案内図、平成10年
- 6) 船橋市総務部情報政策課：平成12年度船橋市統計書、平成13年