

交通計画支援システム(GIS)を用いた 計画手法について

平成13年2月23日 運輸政策研究機構 大会議室

1. 講師	金山洋一 日本鉄道建設公団計画部調査課総括補佐 佐藤政季 日本鉄道建設公団東京支社計画部調査課補佐
2. コメンテーター	清水英範 東京大学大学院工学系研究科教授 太田雅文 東京急行電鉄(株)交通事業部管理部企画課長

講演の概要

1 システム開発の背景と目的

1.1 鉄道サービス環境の現状

近年、鉄道サービスに対する利用者ニーズとして、混雑緩和、速達性の向上、運賃の低廉化、運行頻度の向上、乗り継ぎ利便性の向上、他モード、都市との連携等が指摘されている。しかしながら、これらの改善策において鉄道事業者と利用者の利害は必ずしも一致しておらず、さらに、自治体間でも受益と負担の乖離が生じてきている。ま



講師：金山洋一

た、近年の経済、人口情勢、市街化の進展などから、新たな鉄道整備は困難となっている。都市内鉄道ネットワークは概成し、新線建設は既存の路線へ放射的に負の影響をもたらすことも指摘されおり、事業者自身の投資に対するモチベーションは期待しにくい状況となっている。その結果、社会的に公的資金が導入されるのであろうが、その場合においても、事業者による詳細な計画案検討が重要とされることはいうまでもない。

また、サービス改善についてはハード面のみならず、ソフト面での施策も検討することが必要である。その際、他モードとの連携、及び都市側との連携を十分に考慮しなくてはならない。

例えば、人の移動を解析するためには、バス、自動車、自転車、徒歩など複数モードの連続性を考慮することが必要であるが、その解析上においても、シームレス化をはかることは重要である。当然、運行頻度、運賃、駐車場、

駐輪場、道路など各モードの特性についても考慮する必要がある。当然のことながら、このようなハード、ソフトの両施策を連携させた交通計画の評価、分析の必要性が高まっている。

一方、政策上のニーズとしては、投資効率の向上があげられる。これは自治体であれば公的資金の社会経済効果を高めることであり、企業であれば、収益向上、投資効果の向上を意味する。すなわち、より低コストを達成するための合理的な計画策定を支援することである。さらには、企業内における意志決定プロセスの透明性、およびアカウントビリティへの対応も課題としてあげられる。役所であれば、国民、住民、議会、企業であれば、株主、投資家、顧客への説明責任はますます重要性を増している。

交通計画の策定は、1) 現況分析、2) 計画案の作成、3) 将来予測、4) 計画案評価といった流れで行われ、4) の評価を2) の計画案にフィードバックすること



講師：佐藤政季



コメンテーター：清水英範



コメンテーター：太田雅文

により、より合理的な計画が作成される。従来、予測、評価に関する理論構築は精力的に行われてきているが、このフィードバックループの作業は相当の労力を伴う。例えば、3)の需要予測一つをとっても、かなりの労力を要する。多くの代替案の検討、および詳細な解析といった要請に答えるため、従来は人力、勘と経験などで対応してきたが、GISはそれらの作業効率を飛躍的に高める可能性のある技術として登場した。

2 システムの目的と概要

本システムでは、このGISを用い、利用者側の行動予測、利便性の把握、事業者側の投資効果、経営の影響、社会に対する広範な影響といった高度な分析が必要とされる代替案の検討を容易に行い、より合理的で良質な計画の策定を可能とすることを目的としている。

特に国、自治体、交通事業者それぞれの計画作成、政策作成の支援ツールとして位置づけており、これによる代替案検討の容易化、データ分析表示のビジュアル化、空間分析の容易化、データベースの整備、蓄積、共有を目的としている。

本システムでは、社会データ、交通データの加工・表示機能、鉄道ネットワークの分析機能、駅周辺100mグリッドでの社会経済データの分析機能を核とし、そこに、路線選定システム、需要予測システム、財務分析システム、費用便益分析システムといったサブシステムを結合し、全体としてGISを構築している。

以降では本システムによる分析例を紹介する。

3 システムの内容

本システムではゾーン、ネットワーク、ポイントに関するデータベースを構築している。それらは地理情報によって互いに関連づけられており、1)データベ

ースの演算、2)数値データの地図上への表示、3)地理データに基づく演算、等のGISの機能により各データベースを連携し、多様な分析を可能としている。ここでゾーンデータとしては国勢調査、住民台帳、事業所統計等に基づく夜間人口、就業・従学人口等、ネットワークデータは時刻表に基づく駅間、乗り換え、アクセス時間距離、および都市交通年報、大都市交通センサスによる鉄道輸送量、ピーク率、輸送力、並びに道路ネットワーク等、また、ポイントデータは駅別乗降客総覧による駅別乗降客数等である。

以降では、システムの適用対象として、1)鉄道新線計画、2)駅周辺アクセス交通の検討、3)輸送需要の分析、4)ラッシュ時間帯の混雑率・輸送量推移の把握を取り上げ、それぞれについて分析例を示す。

3.1 鉄道新線計画への適用

ここでは例として横浜市西部の鉄道未整備地区を対象として新線建設の効果について分析を行う。まず、システムの地図上に計画線を描画すると、路線計画サブシステムによって路線の縦断図を作成することができる。これにより、当該路線の必要構造物、列車運行速度等を把握することが可能となる。次に、経路選択サブシステムにより旅客の当該路線の選択確率を求めることが可能である。本システムでは最短経路のみならず、複数経路を検索し、所要時間、頻度、運賃等から各経路の選択確率の算定を行う。

次に需要予測サブシステムでは、この選択確率と地域人口、現況における輸送動態に基づき各経路の輸送需要が予測される。この予測需要と現況の需要とを比較することにより、新線建設による経路ごとの混雑率の変化を分析、表示することが可能である。例えば、新線と接続する路線の混雑が高まり、

対抗路線の混雑は軽減される状況等が分析される。同時に混雑率そのものを計画の有無で比較し混雑緩和効果を図示することも可能である。

また費用便益サブシステムにおいては、時間短縮などに基づくゾーン別1人あたりの便益額、需要増等による供給者便益、および自動車からの転換による環境改善便益等の推定が可能であり、また先の縦断図に基づく等に基づく総費用の推計値と併せて費用便益分析が行われる。ここでの需要予測および総費用の推計結果を財務分析サブシステムに入力することにより、交通事業者の経年での収支計算が可能となっている。現状では需要予測等のサブシステムはハードへの負荷が大きいためリアルタイムでの分析は困難であるが、将来的には新線ルート選定の意志決定の場においてリアルタイムで計画を支援するツールとして利用することも可能であると考えられる。

3.2 駅周辺アクセス交通の検討

路線、道路が輻輳している首都圏において、最良の鉄道計画を策定するためには、当然のことながら、駅へのアクセス交通について検討を行うことが必要不可欠である。本システムでは、このアクセス交通を扱うために、まず100mグリッドでの人口データを整備している。その際、首都圏における各グリッドがユニークに識別されるようナンバリングがなされている。このグリッドに対して、国勢調査によるゾーンレベルでの人口データは土地利用データに基づき案分される。これより、現実的な人口配置が求められる。次に、各グリッドから駅までのアクセスは実際の道路ネットワークデータに基づき評価される。これらにより人口分布の変化、道路、バス等端末交通の改善などといった都市側の変化を反映した鉄道計画の評価が可能となる。例えば各グリッドが

ら駅までの時間等高線等のアクセス評価が、実際の道路、バスなどの状況を反映した形でより現実的に行われる。また、この分析を複数の駅で行うことで、あるグリッドから各駅までのアクセス時間と手段が計測され、各駅から目的地までの交通抵抗と併せて目的地別の鉄道駅の選択確率が求められる。なお、各駅までの端末交通手段についてもその選択確率が推定される。このシステムを横浜市大倉山駅周辺から横浜へ行く場合と東京へ行く場合について適用すると、目的地により各駅の選択確率が異なり、東横線の大倉山駅では東京駅が目的地の場合、横浜駅が目的地の場合より先選択される確率が低くなる状況が推定される。

次に、駅周辺の道路整備、バス路線新設のアクセシビリティ改善に及ぼす影響について分析を行っている。例えば河川の付近に新駅を設置する場合、道路ネットワークが河川に分断されており、駅設置の効果は河川の対岸には波及しない状況が分析される。そこでは、対岸へのバス路線を新設した場合の効果について分析しており、当該地域における駅までのアクセス改善効果が示さ

れている。これにより、駅の配置、路線の設定、および周辺道路ネットワークの設定といった、鉄道と都市との連携によるアクセス改善効果の分析を行うことが可能となる。

3.3 輸送需要の分析

需要予測システムでは、ゾーンレベルの人口フレームと新設路線の交通抵抗に基づき、各路線の需要変化を予測する事ができる。このシステムでは新線の駅間通過人員、各ゾーンの新線利用者数はもちろんのこと、新線整備による周辺路線の輸送量の増減、新線利用者のゾーン別発生量、および結節駅での乗り換え旅客のゾーン別発生量等についても予測することが可能である。ここでは新線の建設によるこれらの影響についてデモを行い、新線に結節する路線での需要増加、対抗路線での需要減少、および乗換駅での出発地別旅客数の予測等について結果を示している。

3.4 ラッシュ時間帯の混雑率・輸送量推移の把握

本システムでは、時間帯別、路線・区間別の輸送量を予測することが可能であり、これを時系列で連続的に表示

することで、鉄道ネットワークにおける混雑状況の時間変化を把握することが可能である。デモでは首都圏鉄道ネットワークにおける午前7時から11時までの15分間隔での混雑区間の変化および区間別の輸送量の推移を示している。将来的には、このシステムにより、急行、特急導入の検討、あるいは、輸送力増強区間の検討等の分析を行うと考えられる。

4 GRAPEの成果と将来展望

本システムの成果は、実用に耐える鉄道計画の評価分析パッケージを構築したことであり、既に運政審18号、および国費調査などにおいて活用されている。今後の課題としては、操作性の向上、分析機能の向上、データの共有化、サブシステムの統合と高速化等があげられる。また、将来の展開の可能性として、18号答申のフォローアップ、大阪圏運政審での利用、交通事業者による活用、都市計画、道路計画における活用、交通政策評価、公共交通に関わる整備水準および利便性の評価等への応用があげられる。



コメント概要(清水英範氏)

きわめて大規模でかつ有用なGISであり、我が国では初の実務に利用可能なシステムである。さらに世界的に見てもこれほど実用的なGISは数少ない。ここでは、本システムにおいて今後のGISの構築上参考となる部分についてコメントを行う。

1. GISと公共座標系

GISが他のデータベースと異なる最大の特徴は様々なデータを空間的な位置と関連づけて管理していることである。その際、空間的な位置の定義が非常に重要である。従来、広域のゾーンレベルでのGISではあまり考えられてこなかったが、異なる情報をオーバーレイして管理する場合、この定義が正確に行われないと様々な困難に直面することになる。したがって、緯度経度や直行座標系等の公共が整備してきたものに整合させて構築することが重要である。このような定義に基づくことにより、先行的に整備、構築されているデータの利用、あるいはGPSの利用が可能となる。

GRAPEの地理空間は厳密に公共座標系に対応づけられている。ここでは標準3次メッシュをベースとして100mグリッドを設定しているため、国土地理院などが整備している数値地図を直接利用することが可能となっている。また標高データについても容易にオーバーレイすることができ、このため新線ルートの縦断面を算定することが可能となっている。またGPSのついたカメラ、マイクなどにより画像、騒音等を空間データと関連づけ、GIS上で管理することも可能である。さらに、民間のデータを利用する際も同様に容易にオーバーレイし分析することが可能となっている。

2. GISによる空間解析

GISは複数の情報を統合し分析することにより、要求される情報を表示、分析することを支援するシステムである。

その分析機能は大きく、オーバーレイ機能、勢力圏機能、ネットワーク解析機能の3つに分けられる。本システムでもこれらの機能はフルに利用されている。ここでは特に空間データの集計配分問題と勢力圏問題についてGRAPEの優れている点についてコメントする。まず集計配分問題とは、異なる地理的単位間でのデータの変換に際する問題である。従来の計量地理の分野では、データの連続性という基準に基づく数理的的手法による変換が行われてきたが、本システムでは土地利用などの複数のデータをオーバーレイすることにより、より現実に即したデータの変換を行っている。具体的には、町丁目レベルの人口データを100mメッシュのデータに配分する際に土地利用データを用いており、市街地にのみ人口が分布する状態を推定している。次に勢力圏問題については、従来、ポロノイ分割等の空間解析手法が主に用いられてきた。一方、本システムでは、地形、道路状況、バスネットワークを厳密に考慮した勢力圏分析を行っており、こちらについてもより現実に即した解析が行われている。また、駅までのアクセス抵抗などの詳細な分析から、目的地による駅選択の違いを表現できる。さらにこれらの選択行動は確率表現されており、駅勢力圏は、従来のように空間を確定的に分断するものではなく、選択確率で重み付けされた駅を選択しうる領域として扱われている。つまり圏域は固定的に決定されるものではなく、各グリッドにおける目的地に応じた選択確率により表現されたものとなっている。

3. 計算機による計画策定支援の意義

一般的にGISを含めた計算機による計画策定支援の目的は、作業の効率化、合理化に加え、曖昧さや恣意性を計画プロセスから排除し、プロセス自体を透明性の高いものに改善していくことといえる。

計画プロセスの基本的な流れは、現状把握、問題認識、計画案設定、影響分析、評価であり、この評価が計画案の再検討にフィードバックされるループとなっている。このループ繰り返すことにより計画案の比較優位性を向上させ、最適案に近いものとなる。これを支援するものがGIS等の計画策定支援システムであり、交通需要分析、費用便益分析、財務分析はそのパーツとなる。現状では需要分析サブシステムとGISはリアルタイムにリンクしていないが、今後これらの分析サブシステムの統合、および操作性の向上がなされれば、即時に多くの代替案を評価することが可能となり、理想的な計画支援システムになるものと考えられる。

コメント概要(太田雅文氏)

近年、規制緩和の流れを受けて、鉄道事業者については株主、客に対する事業の意義、施策の意義について説明責任が求められてきている。その際、これらの意義について客観的かつわかりやすく表現することが必要である。これが鉄道計画におけるGISの必要性の根元である。

鉄道事業においては、経営者(株主)、利用者、地元の3者間のニーズが必ずしも整合しない。すなわち利用者のニーズであるサービス水準を改善することが経営の改善に必ずしも寄与しない状況が数多く存在する。また、特急の導入など利用者の利便にはなるが、地元について不利益を生じさせる施策もある。これら鉄道施策に対する3者の相互理解を促すためにもGISのようなシステムの応用が期待されている。

その際、基礎資料としては当然、将来の交通需要を把握することが必要であり、加えて、利用者の質あるいは属性、および意識、満足度、さらには沿線環境への影響などを捉えることが必要

である。これらの基礎資料を活用することにより、多種多様な分析をGISは行うことができる。

システムの活用しうる場としては、社内検討チームの打ち合わせ、役員会議、複数事業者間の協議、政策検討委員会、株主総会、投資家説明会、モニター会議の説明資料、地元説明会、都市計画素案、環境アセスメント、運賃改定の公聴会など、様々な場面が考えられる。このような場において、調査結果報告、代替案評価などをビジュアルに表現することに加え、会議などにおけるリアルタイムシミュレーションを行うことに本システムの意義がある。計画案の策定には、評価のフィードバック、すなわちPDCA(Plan, Do, Check, Action)サイクルを確立することが必要であるが、その作業の支援に大変有効であると考えられる。

近年、鉄道ネットワークが概成しつつあり、ネットワーク機能の向上がもたらす利用者便益と事業者便益の帰属先が異なる、すなわち、受益と負担が必ずしも整合しない場面が現れている。例えば、鉄道ネットワーク整備には競合タイプと補完タイプが存在する。競合タイプの整備では新設線と既存路線とが競合し、既存事業者に不利益となる一方、利用者は混雑が緩和され便益を受ける。補完タイプは、例えば既設線の先に新線を作ると、新設線の先に居住する利用者の便益は増加し、また既設線事業者には増収をもたらすものの、既設線の利用者にとっては混雑が激化し不利益を被る。現実のネットワーク整備では競合と補完の両方の性格を持ち、受益と負担の不整合の問題は一層複雑となる。事業者間におけるこの問題は地域独立性、自己完結性の高い日本の都市鉄道固有の特色であると考えられるが、協議を複雑にし、調整は難航する。そのような場面において、客観的なデータあるいは分析結果を見せるこ

とにより議論が起こり、問題の解決に寄与しうるものと考えられる。例えば、整備による輸送人員変化の原因の特定や、居住地別の変化の構成、あるいは受益者の特定、便益の帰着先などの様々な情報をわかりやすく提供することができ、合理的な調整、判断が行われるようになると考えられる。

また、地元について見ると、鉄道ネットワーク機能の向上という広域ニーズの追求は、必ずしも沿線地域のローカルなニーズと適合しない。例えば、急行の導入によるネットワーク機能の向上は、通過駅の利便性低下や騒音増大などの不利益をもたらす。沿線環境を保全するとともに、駅を中心とした持続可能な都市構造の誘導するための議論が必要となっている。本システムでは広域的な便益とローカルな不利益を同様な尺度で表現可能である。例えば運行計画を変えたときの駅勢圏の変化を把握することが可能であり、運行計画と駅の特徴との相互作用をクリアに表現できる。また駅の特徴の差別化により施設計画的には駅前広場、駐輪場、あるいは昇降機の設置駅の検討、サービス水準の優先順位付けの議論が可能となる。また、駅構内の店舗として、託児所、喫茶店、コンビニ等のマーケット分析も可能となる。沿線環境の保全という観点から言うと、騒音の範囲なども容易に把握することができるであろう。

今後の課題としては、事業者側からは予測シミュレーションをリアルタイムで処理できることが望まれる。停車パターンを変更した場合、どう需要が変化し、どのような駅のあり方が良いのかその場で分析可能ならば実務上非常に有効である。さらには道路交通、公共交通の総合的な対応、例えば交差点部の処理の問題などへの対応が考えられる。

質疑応答(コメント)

- Q 鉄道、バス路線における運行の頻度、急行の有無、終電、終バスの時刻等はどのように考慮されているか。
- A 頻度については需要予測モデルに織り込まれている。急行、各駅停車の区別は別経路への配分として扱っている。なお需要予測モデルは運政審で用いられたものを用いている。
- Q 工事のために路線、道路等のリンクが寸断されることも表現可能か。
- A 可能である。路線のみならず、道路、バスすべてリンクの追加削除は可能である。
- Q 鉄道ネットワークの再編成は周辺住民に様々な影響を及ぼす。現実にGRAPEのようなツールを用いた分析を通じて社会的な被害が最小となるような計画案が選択されているのか。
- A 東京急行の場合、社会的便益の評価値を用いて代替案の選択を行っている。目黒線の場合、便益の分散を最小化する案として多摩川で急行を止める運行形態をとっている。ただし、これまではトータルとしての便益評価のみを行っている。GISを使うと、便益の空間配分が求められるので、今後の計画案評価ツールとして利用価値が高いのではないかと思う。
- C 非常に詳細で膨大なデータを用いているが、データが細くなればそれに見合ったモデリングが必要となる。そのようなモデル開発については大学研究者が取り組む必要がある。また利用者としては鉄道事業者のみならず、例えば不動産の鑑定評価やビジネスマーケティングとの連動についても考慮することが必要である。これだけの大規模システムで交通解析ができるならば、都市開発者による利用も考慮することが必要であろう。
- C 時間帯によるダイヤの最適化など

フト施策の分析が可能であろう。

- A データを詳細にすると精度の荒さが目立つようになるが検証しながら進めており、またモデリングなどの理論的な面についてもフォローしたいと考えている。一方、詳細なデータを扱うことで、駅と駅、駅とバス、駐輪場といった問題についても考慮することができる。乗り換えリンクも設定されているので、乗り換え通路等の問題も対応できる。
- A 本システムの開発のきっかけは鉄道の市場分析が遅れていることであった。市場分析には新線建設、運行改善、乗り継ぎタイミングなど様々なオプションがあり、ユーザーの満足度、事業者の収益改善などの分析を目的としている。
- Q システムの検証のために、過去の実際にできた路線について予測をし、実績と比較することによる検証は可能か。
- A 東葉高速鉄道について実績と推定結果の比較を行っている。ある程度再現性があることを確認はしている。ただし、他の路線へのモデルの移転

性については確認する必要がある。

- Q システム構築にかかった費用はどれほどか。また道路ネットワークについてはどのようなデータを使ったか。道路ネットワークの変更、データの変更については簡単にできるか。また、大阪への転用は可能か。
- A 本システムで構築したデータベースは東京圏だけである。ただし、システムは転用可能なので、データを整備すれば他の地域で利用可能である。開発費についてはそれほど多くかかってはいない。道路データは民間のネットワークデータを使っている。ただし、右折禁止などの詳細な情報は入っていない。
- C 利用者、地元住民の理解を得るという観点からは、3次元表示があると魅力的である。地下鉄、道路の立体交差などでは直感的な理解を得るという意味で有用であると思う。
- A 3次元での表示は行えない。3次元CADなどを利用すれば今後は可能だと思われる。
- C 既存のデータ精度からいうと、分析可能な適用対象は新線建設などの大

きな事業の分析だと思う。データの精度上、100mグリッドでの分析は難しいのではないか。

- A 現時点では細かい分析には使えない。標高データについても50m毎であり詳細なデータは入っていないので、自転車などの利用可能性の分析などには使えない。また鉄道、道路、建物の立体的な利用のなされ方までシステムに組み込むのは不可能と考えられる。
- Q 交通はパーソントリップデータを使っていると思うが、東京圏以外では乗車駅降車駅が決まればほしいルートが決まる。東京の場合、ルートが多数存在するが、この現況再現性はどの程度か？
- A 需要予測モデルは既存のものを使っているが、必ずしも再現性は良くない。モデルの改良が必要である。
- Q ポートランドメトロのGISはまちづくりの計画に使われているが、それと比較した特徴は何か。
- A 需要予測、費用便益分析、財務分析などが可能であり、交通事業者の路線計画、運用計画策定に用いられる。

(とりまとめ：運輸政策研究所 紀伊雅敦)