

GISを用いたバス路線網計画支援システムの構築

—潜在需要の把握による路線評価について—

Development of Supporting System for Bus Network Planning Applying GIS

- Bus Route Assessment based on Potential Demand -

杉尾恵太* 磯部友彦** 竹内伝史***

Keita SUGIO* Tomohiko ISOBE** Denshi TAKEUCHI***

1. 研究の目的

近年の規制緩和の風潮の中で、乗合バス事業もその影響を受け、乗合バスの需給調整規制の廃止が平成14年2月からいよいよ実施される。これにより事業者間の自由競争を促進し、高サービス・低料金のバスシステムへ転換することが期待される。しかしその一方で、参入・撤退の自由化は、採算路線への事業者の集中と、不採算路線(特に生活路線)からの撤退を進行させる可能性がある。

自治体は、これによる市民のモビリティの喪失を抑えるため、域内の路線網が現状においてどの程度整備されているのか、モビリティ確保に重要な路線はどこか等の情報を把握する事が必要となる。それとともに、路線網の構成が変化した場合でも、同様の情報を即座に得ることのできる方法を持つことが必要である。そのためには、人口変動などの地域情報や、バス路線の情報を指標化して把握し、それらの情報を地図上に表示することができ、かつ、数値と地図情報を一元的に管理できるシステムが要求される。しかし現段階では、鉄道等の幹線交通を扱うシステム¹⁾はあるものの、バス等の地域交通を扱うものは未だ構築されていない。このようなシステムを構築することは、現況路線の情報を整理できるのみではなく、路線廃止の際の代替バス運行やコミュニティバスの新設など、路線敷設の計画を行う際にも有用であり、今後このようなニーズは高まってくると考えられる。

そこで本研究では、数値情報と地図情報を一括して管理できる地理情報システム(GIS)を利用して、昨今整理が進みつつある電子地図情報や、人口等の諸データを統合し、バス路線および路線網の評価指標を算出して、公共輸送網計画を支援するシステム(以後、支援システム)の構築を検討する。

2. 支援システムの基本構想

Key Word 公共交通計画 計画情報 GIS

* 学生員 修士(工学) 中部大学大学院工学研究科博士課程
(〒487-8501 春日井市松本町 1200)

Tel 0568-51-1111 Fax 0568-51-1495)

** 正員 工学博士 中部大学工学部助教授

(〒487-8501 春日井市松本町 1200)

Tel 0568-51-1111 Fax 0568-51-1495)

*** 正員 工学博士 岐阜大学地域科学部教授

(〒501-1112 岐阜市柳戸 1-1)

Tel 058-293-3308 Fax 058-293-3308)

(1) 代替案提示型の計画手法

公共輸送網の計画、とくに路線の再編、新設などの具体的な計画を進める場合、最適化手法を用いて決定する場合もある^{2) 3)}が、これは目的関数の設定が専門的な知識と経験があっても非常に困難であり、また得られた最適解が他の観点では最適になるとは限らない。

それに対して「代替案の作成」→「路線の分析(評価指標算定, 需要予測など)」→「評価」の手順を繰り返しながら代替案を修正していく計画手法では、様々な観点から路線を分析することで、検討に取り入れた全ての観点を考慮した路線が形成されると考えられる。そのため本システムは専門的な知識や経験が無くとも、これらの手順を出来るだけ簡便に行えるよう支援するものを旨とする。これによってこれまで指標算出にかかる多大な労力と時間のために実現できなかった複数の代替案を提示し、比較、検討をして計画を定めていく手法が実現可能となる。

(2) 支援システムの全体構成

支援システムの構成は図1に示す3つのサブシステムから構成される。まず、①地域データ構築、②バス関連データ入力については路線評価指標の計測に必要なデータの入力、構築を支援するものである。①では地域データについて国勢調査の統計データやパーソントリップ(P-T)データなどの入手可能な既存情報を基に、人口データの構築、地域間OD、地域の交通特性の計測を行い、GIS上のデータとして構築する。②については紙面のバス路線図などから、できるだけ簡便にGIS上でデータを構築するための入力支援システムである。これらにより整理された地域データとバス関連データを用いて、評価指標の算出を行うサブシステムが③であり、バス停とバス路線ごとの評価指標を算出する。

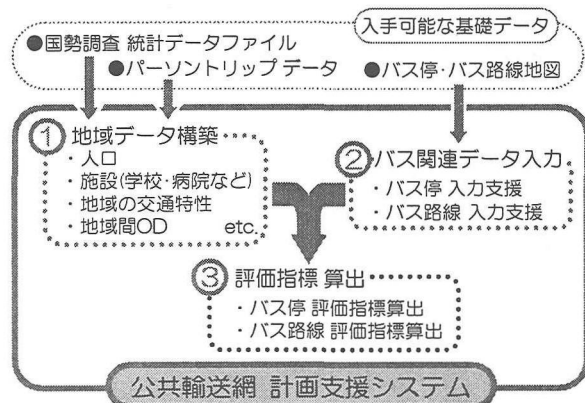


図1 公共輸送網 支援システムの全体構成

ここで、バス路線評価の際には「収益性と効率性を重視して路線経営を成り立たせる」と言う企業経営を重視する性格(以後、企業性)と、「収益とは無関係に社会的公共性を重視する」と言う公共事業としての性格(以後、公共性)の2つを評価することが必要である。なぜなら、バス事業は企業性のみを追求すれば、不採算路線の縮小・廃止が進むことになり、市民が生活するためのモビリティを喪失することになる。反対に公共性のみを重視すれば、ほんのわずかな乗客、地域住民のモビリティを確保するために多大な赤字を発生させることになるためである。そこで本システムで計測する評価指標については、この2つの性格を評価できるように、路線ポテンシャル指標と限定依存人口指標を計測する。前者は「バス路線の沿線地域がどの程度の需要を発生する可能性を持つか」を表す、竹内・山田⁴⁾によって提唱された指標である。後者は「公共輸送サービスを利用するためにそのバス路線に依存しなければならない人口」を示す指標であり、竹内⁵⁾によって基礎理論が公表された。これらの指標は路線の地理上の位置が定まれば、沿線の人口や土地利用状況等から即座に計測できる指標であり、路線配置を検討する上で有用である。ただし、これらの研究段階においては、路線ポテンシャル指標、限定依存人口指標ともに計測結果は数値しか表示できず、地図化することに関しては多大な労力がかかっていた。それに対して、本研究で構築する支援システムは、この指標をGIS上で計測することで、入力したバス停、路線の評価指標を即座に視覚的に表現することができる。このように路線評価指標を判りやすく提示することは、前節で記した複数代替案を提示する路線網計画を実行するためには重要である。

3. 評価指標の計測理論について

(1) 路線ポテンシャル指標の計測理論

路線ポテンシャル指標は①バス停勢力圏人口、②バス停ポテンシャル、③系統ポテンシャル、④路線ポテンシャルを順に計測することで算出される。その計測手順ごとにその理論を述べる。ここで路線ポテンシャル指標の計測の際の「系統」および「路線」について、系統とは運行区間を示すものであり、路線とは1つの核となる系統を中心に、枝分かれ系統や短縮系統を集約したものである。

①バス停勢力圏人口の計測

バス停勢力圏の設定は、バス停から半径 R_b の円を基本として、隣接するバス停間については、その境界線を運行頻度によって設定し、区分したものである(図2参照)。ここで、鉄道駅の勢力圏については、駅からほど近い円形(半径 R_s)を完全駅勢力圏、それより広い円形領域(半径 R_s')を部分駅勢力圏と設定する。バス停勢力圏が完全駅勢力圏と重なる場合は、バス停勢力圏から重複領域を除き、部分駅勢力圏と重複する場合には、重複部分の人口データに補正がかけられる。これらにより得られたバ

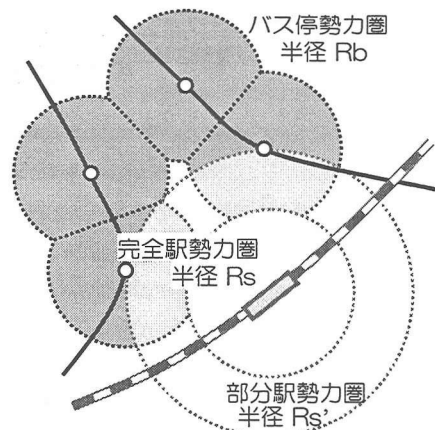


図2 バス停勢力圏の概念図

ス停勢力圏の圏域に含まれる、潜在的な交通需要量に関するデータ(竹内⁴⁾)のポテンシャル理論では居住人口、第3次産業従業者数、学校の生徒数、病院の病床数、鉄道駅からのバス乗継ぎ人数)をそれぞれ集計する。これらの指標について、居住人口以外の指標を居住人口1人当りに換算するための重み係数を乗じて、1つに集約したものが修正勢力圏人口である。

$$\begin{aligned} \text{修正勢力圏人口} &= W_1(\text{居住人口}) + W_2(\text{業務人口}) \\ &+ W_3(\text{生徒数}) + W_4(\text{病床数}) + W_5(\text{接続駅人員}) \quad (1) \end{aligned}$$

ここに、 W_1, W_2, W_3, W_4, W_5 :各勢力圏人口の重み係数

②バス停ポテンシャルの計測

バス停ポテンシャルは、バス停周辺から発生する可能性のある公共輸送利用の発生量を示すもので、集計したバス停勢力圏人口に、そのバス停が属するゾーンの交通発生強度と公共輸送分担率を乗じることで求められる。ここで、交通発生強度とはゾーンの生成原単位に類するものであるが、生成原単位は例えば職業階層ごとに異なるものであるし、ゾーンによって人口構成は異なる。そのため、ゾーン毎に職業階層別の生成原単位と人口構成比を集計し、両者の積和を持って交通発生強度とした。

③系統ポテンシャルの計測

系統ポテンシャルは、系統が経由するバス停のポテンシャル値の総和に、その沿線から発生する全発生交通量に対する、その系統のみで完結できるOD交通量の比(系統係数)を乗じて算出する。

④路線ポテンシャルの計測

路線に含まれる各系統のポテンシャル値をその系統の運行頻度で重み付き平均した値(PLa)を式(3)算出し、その一方で各系統の延長を路線について式(4)のように運行頻度で重み付き平均した値(LLa)で除して、単位距離あたりのポテンシャル値を計測したものが、路線ポテンシャルであり、式(2)で求められる。

$$PR = \frac{PLa}{LLa} \quad (2)$$

$$PLa = \frac{\sum (FLi \times PLi)}{\sum FLi} \quad (3)$$

$$LLa = \frac{\sum (FLi \times LLi)}{\sum FLi} \quad (4)$$

ここに、PR:路線ポテンシャル
FLi:系統iの運行頻度
PLi:系統iの系統ポテンシャル
LLi:系統iの系統長

(2) 限定依存人口指標の算出

限定依存人口は路線が廃止された場合に、公共交通サービスが受けられなくなる人数を示す指標である。そのため、ある路線が廃止された場合に発生する勢力圏外人口の増加分を計測することで求めることが出来る。

具体的には、まず対象地域全域について、全路線が存在する状態での勢力圏外人口を算出する。ここで勢力圏は、バス停、鉄道駅について設定し、それぞれ半径 R_b 、 R_s の円内の区域とする。図3の路線図を例とすれば、図中(1)の状態が全ての路線が存在する場合の勢力圏外であり、網掛け部がこの地域での勢力圏外の圏域となる。P1は勢力圏外の人口数を示すものとする。ここで、同図中(2)のように、限定依存人口を求めたい路線(ここでは図中の路線A)を削除した状態での勢力圏外人口 P2を算出する。ここで、両者の勢力圏外人口の差($P2-P1$)をとることで、路線Aを削除した状態での勢力圏外人口の増加数が求まる。これが路線Aの路線別限定依存人口となる。

以上が、限定依存人口の基本的な算出理論であるが、路線を削除したからと言ってそれが経由する全てのバス停が無くなるわけではなく、他路線が経由していればバス停は継続して残る。そのため、対象路線が単独で経由しているバス停(固有バス停)のみを廃止した場合の、勢力圏外人口の変化量を計測することになる。

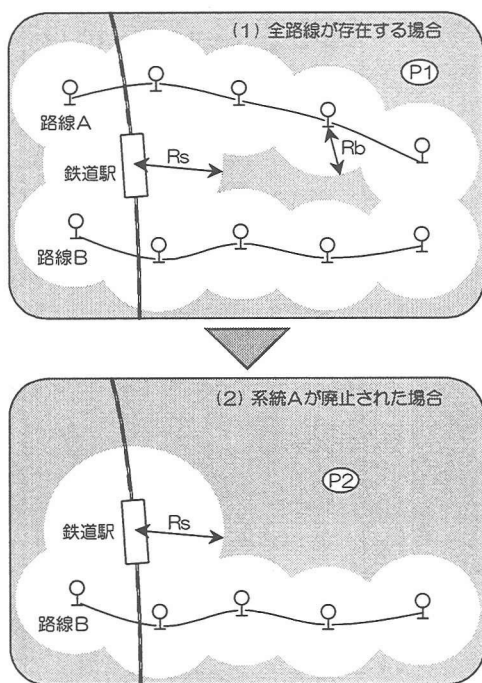


図3 限定依存人口の計測理論

4. 路線評価指標の算出における地域の基礎データ

(1) 支援システムにおける地域データ概略

支援システムは路線ポテンシャル指標の計測を目的の一つとするが、そのためには、人口、業務関連、学校・病院・鉄道駅などのデータや、地域の交通特性を整理する

必要がある。本研究では支援システム構築の基本システムとして、Windows上で稼働するGISであるSIS Ver.5.0 (Informatixs 社)を使用し、これに合わせたデータ整理を行った。各データの整理の内容と出所は次節より詳説する。またこれらの情報を整理するための地図情報には、国土地理院の「数値地図2500(空間データ基盤)」を用い、座標系は平面直角座標系 第Ⅶ系と設定した。

ここで、支援システムの構築に際しての分析シミュレーションは平成12年1月現在の名古屋市を事例とした。名古屋市の路線網は市営バスが市域のほぼ全域をカバーしており、221系統156路線(深夜バスなど除く)で構成されている。ただしこのシステムは、今回の事例と同等のデータを収集すれば、どのような地域でも評価指標の計測が可能であり、そのデータも出来るだけ頒布されており入手しやすいデータを用いているため、他地域への適用も容易であることを明記しておく。

(2) 地域データの具体的な整備方法

① 居住人口データ

居住人口のデータとしては、(財)統計情報研究開発センターより提供されている「平成7年国勢調査の小地域統計 基本単位区別集計」※を使用した。具体的にはテキスト形式で提供されているこれらのデータから、基本単位区の中心座標を読み取り、GIS上に点図形として作成し、人口データを属性値として付与する。ここで、このデータより集計した名古屋市内の人口のポイント数は37,739ポイント、人口総数は2,152,202人である。

※基本単位区とは、原則として街区もしくはそれに準じた区画を単位として設定されたもので、平均20~30世帯を含む区域となっている。国勢調査の調査区設定の単位であり、集計上の最小単位である。

② 業務関連データの整備

業務関連データの整備については竹内⁴⁾のポテンシャル理論に基づき、第3次産業従業者数を用いて分析を行う。その基本となるデータとして(財)統計情報研究開発センターより提供されている「平成7年国勢調査町丁・字等別小地域集計データ」を用いることとした。ただし、このデータは町丁字単位で整理されており、基本単位区のようなきめ細かなデータではない。本研究で計測する評価指標は基本的にバス停勢力圏内の情報の集計が基礎であり、一般的なバス停勢力圏の半径は300~500m程度であることを考えれば、町丁字単位では精度面で問題がある。

そこで、数値地図2500に街区の面図形が整理されていることを利用し、町丁字のデータを街区の単位に細かく配分する手法を考案し、データ整備を行った。町丁字境域データと、最終的にGISに描かれる街区中心点の点図形の関係を示したものが図4である。

図中の太点線が町丁字境域の面図形であり、これに町丁字別従業者数が対応している。この面内に含まれる街区に対して、街区面積によって従業者数を比例配分し、街区の中心においた点図形の属性値に付加することで、

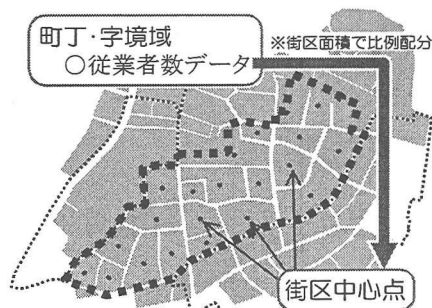


図4 町丁字から街区への従業者数の配分概念図

業務関連データを作成する。ただし、町丁字境域内に街区が存在しない場合には、その町丁字の中心点に点図形を配置し、従業者数を付加した。

作成した業務関連のポイント数は42,882ポイント、業務人口(第3次産業)総数は784,093人であった。

③施設データの整備

学校・病院・鉄道駅などの施設データについても居住人口データ等と同様にポイントデータとして整理する。これらの施設の座標は、基本的に数値地図の各施設の中心点に設置した。ここに付与する属性値として、学校・病院については在学生徒数、病床数を付与する。それぞれ「全国学校総覧」および、「2000年版中部病院名簿」よりデータを収集した。整理した学校・病院ポイント数は学校109ポイント、病院147ポイントである。

また、鉄道駅については、鉄道駅からのバス乗継ぎ人数(以後、乗継ぎ人員)を付与する。これは「平成11年版都市交通年報」より得た各駅の降車人員に、「第3回中京都市圏PT調査(1991年)」から計測した、駅ごとのバス乗継ぎの比率を乗じて算出する。

④地域の公共輸送利用特性の算出と整備

地域の交通発生強度や公共輸送選択性向については、PT調査の中ゾーン(名古屋市内は1区1ゾーン)ごとに求めた。これらの指標はPTデータより算出でき、前者は職業区分別の人口構成比と発生原単位から、後者はバス分担率から得られる。算出の結果については、交通発生強度は2.42~2.54(トリップ/人)、公共輸送選択性向は0.12~0.41となった。これらの指標の数値は、システム上では各区を示す面図形を作成し、その属性値として付加した。また、ゾーン間ODについてはテキスト形式のデータとして整理しておく。

(3)バス関連データ入力支援システム

①バス停データ入力システム

バス停データの入力システムは、数値地図の道路中心線上にバス停をポイントデータとして配置し、属性値としてバス停名称およびバス停番号を付加するものである。現段階での支援システムでは、バス停を道路中心線上に配置する意義はないが、今後、バス停間の最短経路を探索すること等の可能性を考慮し、この方式を採用した。また、作成されたバス停データには、計測されたバス停勢力圏人口などが属性値として付加される。入力を行っ

たバス停数は1207停留所である。

②バス路線データ入力システム

バス路線の入力システムについては、対象の系統が経由するバス停をつなぐことで線図形を作成し、これに属性値として系統係数と名称を付加するものである。ここで系統係数は、その系統が経由するゾーンの発生交通量の総和に対する、その系統でまかなうことの出来るゾーン間のOD交通量の比率により求められる。この係数はGIS上で系統を入力した際に計算され、属性値として付加される。またこのOD交通量については、PT調査での中ゾーン間の全手段OD表を用いた。全221系統における系統係数は0.50~0.77に分布している。

5. 路線ポテンシャル指標の計測

(1)バス停ポテンシャル計測システム

GIS上に構築された地域およびバス関連のデータを基に、バス停・路線評価指標算出サブシステムを用いることで、路線ポテンシャル指標の計測ができる。本システムの実行画面を図5(次頁)に示す。図中の「メインフォーム」のウィンドウによって、計測のための設定(勢力圏の半径など)を行い、計算を開始する事になる。

このフォームにおいて、バス停や鉄道駅(完全、部分)勢力圏の大きさや、修正勢力圏人口の算出に用いる重み係数などの各種パラメーターの設定を行う。ここに入力されたパラメーターを基に、バス停勢力圏人口、バス停ポテンシャルが算出される。

GISによる各バス停の勢力圏領域の設定方法を示せば図6のようになる。まず市域内の全バス停に対して、他バス停との境界を定めるためボロノイ分割⁶⁾を行い、バス停ごとのボロノイ領域を求める。これと、各バス停を中心に発生させた半径 R_b (=500m)の円領域を合成し、バス停勢力圏を形成する。ここで3章で述べた計測理論においては、この境界線はボロノイ分割ではなくバス停の運行頻度を基に設定される。しかし、既存路線の評価の際には実際の運行頻度を用いることができるが、路線の再編成や新設する際に、その運行頻度を専門的な知識や経験無しで適切に設定することは難しい。なぜなら運行

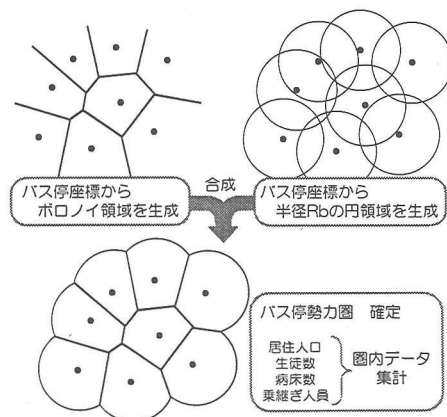


図6 バス停勢力圏の設定

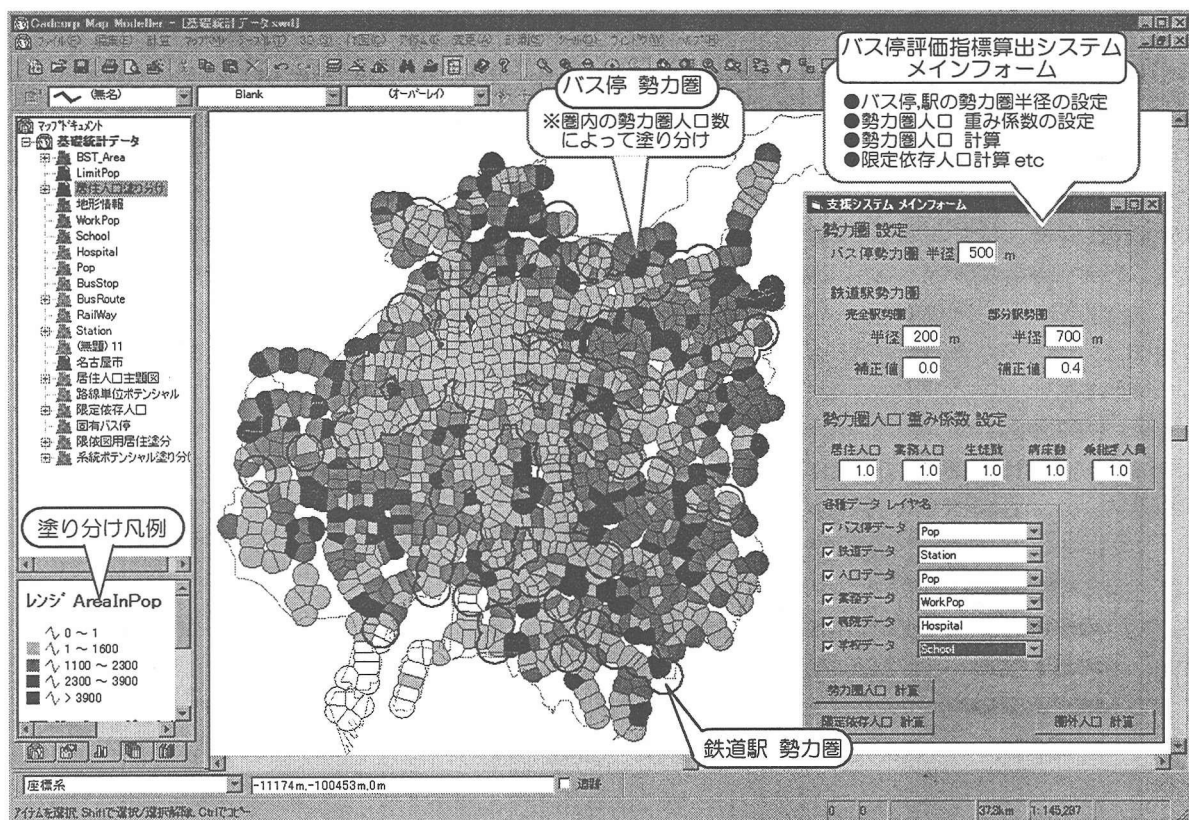


図5 評価指標算出システムの実行画面

頻度は、当初に設定した頻度で乗客を賄いきれない場合など、乗客数と運行頻度のバランスが取れていない状況では乗客数に合わせて調整が行われる。そのため、適切な設定をするにはこのフィードバックを検討せねばならない。本システムは、既存路線の評価とともに、路線再編や新規路線設置の計画にも適用できるようにするため、このようなサービス水準の設定をせずとも必要な情報が計測できるように、システムの開発を行っている。ただし、運行頻度の情報を、例えば10本刻み程度の大まかな設定にすることで、フィードバックによる運行頻度調整の影響を受けないデータ整理が可能であるとも考えられるため、このようなデータからバス停勢力圏を調整する手法を検討することは可能であると思われる。

また、鉄道駅については完全駅勢力圏は半径 R_s (=200 m)の円領域を発生させ、これに重なるバス停勢力圏から重複領域を取り除く。また、部分駅勢力圏については、重複部分の人口ポイントの数値(人口数など)に一定の補正係数(=0.4)を乗じる。ここで駅勢力圏の半径および補正係数についての設定は、過去において同一対象地域で路線ポテンシャル理論を適用した際に得られた数値⁴⁾を採用した。具体的にはバス停ごとの乗車人員を、各種バス停勢力圏人口指標と鉄道駅勢力圏の補正係数から求めるモデルを構築することから得られた値である。以上により形成された圏域に含まれる、居住人口、業務人口や施設(学校・病院・鉄道駅)を表すポイントの属性値(居住人口、業務人口、生徒数、病床数、乗継ぎ人員)を集計し、設定した重み係数(今回の検討では全て1.0)を乗じて集約する

ことで修正勢力圏人口を算出する。また、同時にバス停が所属するゾーンから交通発生強度、公共輸送選択性向を読み取り、これらによって補正することで、バス停ポテンシャルを計測する。計測の結果については図5のように、各バス停の勢力圏が、勢力圏人口の量によって塗り分けられて地図上に出力される。

(2) 系統・路線ポテンシャルの計測システム

路線評価指標算出サブシステムは、その系統が経由するバス停の修正勢力圏人口を集計し、系統入力の際に計測された系統係数を乗じて、系統ポテンシャルの算定を行う。この際に、個別の勢力圏指標についても同様に集計を行う。得られた系統ポテンシャルや個別の勢力圏指標については、その量に応じて色の塗り分けにより表示することが可能である。

路線ポテンシャルについて、竹内⁴⁾のポテンシャル理論では運行頻度を用いた重み付け平均を行うが、先にも述べたように、本システムでは運行頻度の設定を行わない。そのため、路線へのまとめあげには、所属する各系統の単位距離当たり系統ポテンシャルを足し合わせ、系統数で除することで便宜上の路線ポテンシャルを算出した。

(3) 路線ポテンシャルと実需との関係

路線ポテンシャル指標は「事業経営の努力によって喚起できる最大限の需要量」とも言えるため、実際の需要と計測された路線ポテンシャルとの関係を確認することで、潜在需要が発揮されやすい路線の傾向を探ることが出来

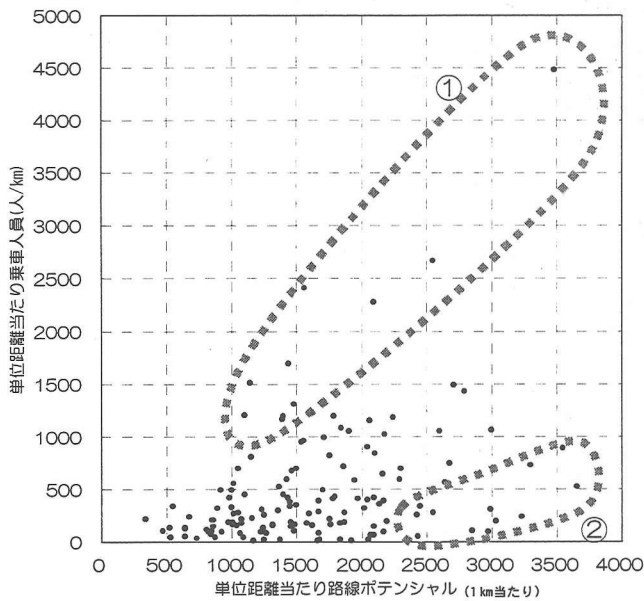


図7 路線ポテンシャルと乗車人員との散布図



図8 路線ポテンシャルと乗車人員の関係が特殊な路線

る。ここで、名古屋市交通局より入手できた実需データは、路線単位の1日あたり乗車人員(平成10年度)であり、路線ポテンシャル指標の計測を行った路線網は平成12年度の路線であるため、平成10年度での路線網と完全には一致しない。そのため、実需との比較・検討に用いる路線数は、本研究で整理した156路線の中で、平成10年度の乗車人員データとの対応がとれた141路線とした。

路線単位でのポテンシャル値と、実際の乗車人員との関係を図示したものが図7である。ポテンシャル値と乗車人員の間の相関係数は $r=0.37$ であり、説明力はそれほど高いとは言えない。しかし、路線ポテンシャル指標は元々、乗車人員を明確に規定するものではない。潜在需要が高い地域でも、顕在化するための企業努力をしなければ、それが実際の需要としては顕在化しないことは

往々にして考えられるためである。その観点からすれば図中の点線囲み内(①)の10路線については、他の路線群に比べて沿線から発生しうる需要を十分に顕在化できている路線ということが出来る。それに対して点線囲み(②)のグループは路線ポテンシャルが高いにもかかわらず、乗車人員として反映できていないグループである。これらの路線群について、地理的配置状況を示したものが図8である。

ポテンシャル値に比べて乗車人員の多い路線(図中太実線)について地理的な配置を見れば、基幹バスを除いて郊外部の路線がほとんどである。この地域は住宅地が密集しているところが多く、居住人口が非常に多い。また、鉄道駅に接続する路線がほとんどであり、いわゆるフィーダー路線としての役割の強い路線群といえる。このような路線群は沿線からの潜在的な需要が発揮されやすい(利用されやすい)路線と言える。

それに対して高いポテンシャル値を持つわりに乗車人員が少ない路線群(図中点線)は、名古屋駅を起点にしている路線が大部分を占めている。それ以外の路線も、鉄道駅から多くの乗継ぎ人数を得ており、その影響で、ポテンシャル値がかなり高めている。このことは、都心域でのフィーダー路線は、ポテンシャル値が高くとも、実際の乗客として発揮することが難しい路線であることを表すのではないかと考えられる。しかし今回の計測手法では、例えば名古屋駅に接続したバス停を経由する路線は全て、名古屋駅からのバス乗り換え人数がポテンシャル値として集計されることになる。しかし、一つのバス停を複数の路線が共有する場合、実際には路線同士で乗り換え人数を取り合いする事になるため、各々の路線のポテンシャル値に、全て同じ乗り換え人数を足し合わせるのではなく、路線の経由するゾーンの特長やサービス水準などによって重み付けを行い、乗り換え人数を割り振る機構を取り入れる必要がある。

6. 限定依存人口の計測

(1) 限定依存人口の計測システム

限定依存人口指標は、前述のように計測対象路線を排除した場合の勢力圏外人口の増加量で求めるのが基本的な考え方である。しかしこの方法を用いて、全221系統それぞれの圏外人口を計測することは多大な時間を要する。そこで、バス路線が廃止された場合に公共輸送が使えなくなる領域(以後、限定依存圏域)を抽出し、そこに含まれる居住人口データを集計することで集計する。この領域設定の手順を図9に示す。

これは太実線で示された路線の限定依存人口を計測する例であるが、○印で示したバス停がこの路線の固有バス停であり、これの勢力圏域が限定依存圏域の基本となる(図中①)。ただし、近くにバス停がある場合にはそのバス停の勢力圏によって補完される場合がある。そこで

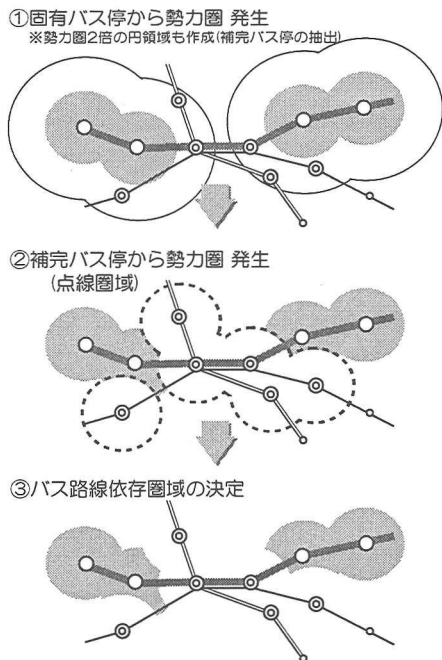


図9 限定依存圏域の設定

対象路線の固有バス停から勢力圏面積の2倍の円を発生させ、その円内に含まれるバス停(以後、補完バス停)を抽出する。図中では◎印で示したバス停がそれに当たる。補完バス停から勢力圏を発生し(図中②)、固有バス停勢力圏から補完バス停勢力圏を排除すれば(図中③)、限定依存圏域だけが残る。この圏域内に含まれる居住人口データを集計することで、限定依存人口は計測できる。これにより集計された人口数は勢力圏外の増加量を推計したのと同じものであり、限定依存人口の定義に反するものではない。

ここで、本システムによる実行画面については図5に示した評価指標算出システムと同様であり、ここに示されるメインフォームから、限定依存人口指標も計測することができる。

(2) 限定依存人口の計測結果

系統ごとに計測した限定依存人口についてヒストグラムを作成した(図10)。この図よりほとんどの系統(168本)が限定依存人口を持たないことが分かる。名古屋市営

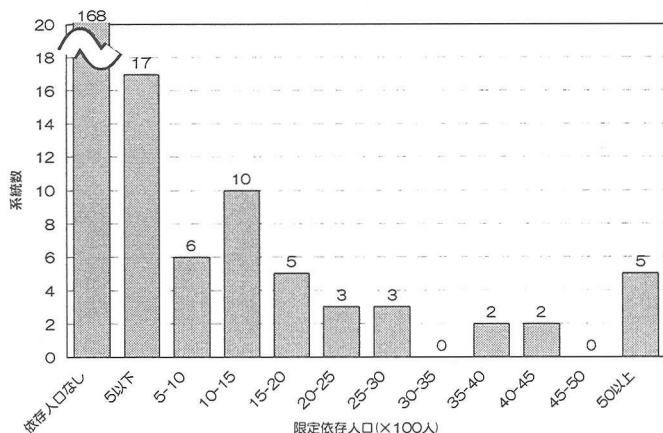


図10 限定依存人口 ヒストグラム

バスのように非常に密な路線網を整備されているところでは、路線が無くなったとしても周囲のバス停、路線を利用することができるため、このような結果になる。また、名古屋市営バスは一つの路線が複数の系統によって成り立っているものが多く、そもそも固有バス停が存在しにくい路線網であり、そのため限定依存人口が発生しにくい路線網が構築されていると考えられる。

しかし、53 系統については限定依存人口が発生しており、3,000 人以上と極めて多い系統も存在している。これらの路線について営業係数を調べたところ、平成 11 年度の営業係数の平均 226 を超えている系統が 4 本あり、その内の 2 つの系統においては、営業係数が極めて高い(352 と 443)。実際の系統の中に、限定依存人口が高く、かつ経営状況が極めて悪い路線が存在することが確認できた。このような路線は公的補助の検討路線となる可能性が高いが、限定依存人口が高いことは裏を返せばその地域を独占的にサービス供給をしているとも言える。そのため、路線ポテンシャル指標との兼ね合いの中で、健全な経営は可能かどうかについて検討する必要がある。

7. ポテンシャル指標と限定依存人口を用いた路線評価

(1) 路線評価の基礎概念

ここまでのシステム開発によって、系統ごとにポテンシャル指標と限定依存人口を計測することができる。これらの指標を用いた路線評価方法は、著者らが考案した事業環境の分類概念⁷⁾を基本としている。その概念をまとめれば「路線毎の企業性・公共性を、沿線地域からの潜在的な可能性を表す素質面と事業経営の成果を示す顕在面とに分けて把握して分類する」と言うものである。この分類概念を図示すれば図11の様になる。ここで企業性とは「路線運営した際に経営が成り立つかどうか」を示す性質である。この性質についての素質は、路線の沿線からどの程度の需要が発生する可能性があるかで表すことができると考え、路線ポテンシャル指標により代替す

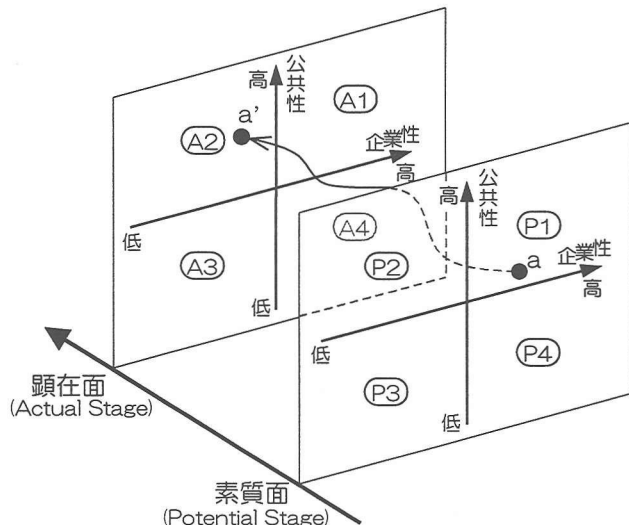


図11 路線評価のための概念図

る。顕在面での企業性は実際にどれだけの需要が発生しているかや、収益が発生しているか、によって代替できると考えられる。また公共性は「収益とは無関係に運行するだけの社会的公共性を有するか」を示すが、ここでは、市民が生活するために必要なモビリティを確保するために必要な路線であるかに的を絞って検討する。そのためこの素質面については、利用できる範囲にバス路線がないことは、その地域のモビリティが著しく低くなるものと考え、限定依存人口指標によって代替する。この指標が高い路線は、路線が無くなった場合に公共輸送を利用できなくなる人数を示すものであり、路線が存在することでその人々のモビリティを維持していることとなる。

この図は、企業性と公共性により構成される座標面を、素質と顕在の観点それぞれに設定し、それらを路線の顕在化の流れに沿って並列したものである。両面の企業性・公共性の座標系における象限はP1～P4、A1～A4と表記する。この概念図から「路線がどのような素質を持ち、どのように顕在化するか」が評価できる。この概念を用いることで、既存路線を分類し、その改善策を検討することができる。これについては杉尾ら⁷⁾を参照されたい。また、新規路線を計画する際には、その時点では運行の結果を予測することが難しく、顕在面の情報を得られない。しかし、素質面の企業性、公共性を示す路線ポテンシャル指標、限定依存人口指標を計測することだけでも、その路線がどのような性質を持つ路線であるかを事前に知ることができる。この検討によって、運行前から企業性、公共性が共に低い路線は他の代替路線案を検討する必要があると判断できる。また、企業性は低くとも公共性が極めて高い場合には、行政が主体となっても運行する(コミュニティバス化など)と言うように、路線に適した運行主体を検討することもできる。

(2) 実データを用いた現行路線の評価

この路線評価法を用いた評価について、路線ポテンシャル指標と限定依存人口指標をそれぞれ、素質面における企業性、公共性と対応させた場合の、実データを用いた現行路線の評価を行った。

図12は図11の概念図での素質面について、企業性、公共性の軸にそれぞれ、単位距離当たりの系統ポテンシャルと限定依存人口を対応させ、その数値を用いて作成した素質面での分類図である。ここで、企業性および公共性の高低を区分する境界値を設定する必要がある。まず、企業性の設定について厳密に計測するならば、路線経営を成立させるために必要なポテンシャル値を計測しなければならず、杉尾ら⁷⁾では収益とポ

テンシャル値の関係から、経営を成立させるために必要なポテンシャル値の臨界点(臨界ポテンシャル値)を計測する方法を検討している。しかし素質面のみで検討する場合には、その方法を用いることができない。そのため、ポテンシャル値が極めて大きい路線については少なくとも臨界ポテンシャル値を超えているものと捉え、系統ポテンシャルのヒストグラムからその分布状況を検討した。その結果、ポテンシャル値は2,400(単位距離当たり)を境に極めて大きいところとそれ以外に分割される傾向が見られたため、この値を持って企業性の高低を分ける境界値とした。また、公共性を示す限定依存人口については、仮に路線が廃止になってもモビリティ確保の観点からは問題がないと言うことを考慮し、限定依存人口が存在しない(0人)かどうかで区分した。

この図から、企業性、公共性ともに高い路線群P1は3系統しかないことが分かる。これらの路線は、高い企業性の素質を十分な企業努力によって顕在化することで、独立採算のもと、公共性を自らの収益によって確保すること(路線を維持し続けること)が望まれる。P4の26系統についても企業性の素質が高いため、企業努力による需要の顕在化が重要である。この2つの路線群は基本的には企業努力によって独立して路線運営が可能であると考えられるため、路線の計画案策定の際にはできるだけこの路線群(特にP1)に属するように路線設定をすることが望ましい。

それに対して企業性、公共性がともに低い路線群P3の142系統については、実際の経営状況が極端に悪い場合は、廃止を含めた路線の再編成を検討する必要がある。ただしこの路線群に属する系統のポテンシャル値は400～2,400の間に散在している。ある程度の潜在需要を持っている路線についてはわずかな公的資金の導入により経営が可能となる路線もあり得るだろう。これらについては、実際の経営状況を勘案しながら検討を進める必要がある。ここで、路線の計画策定の段階において、提

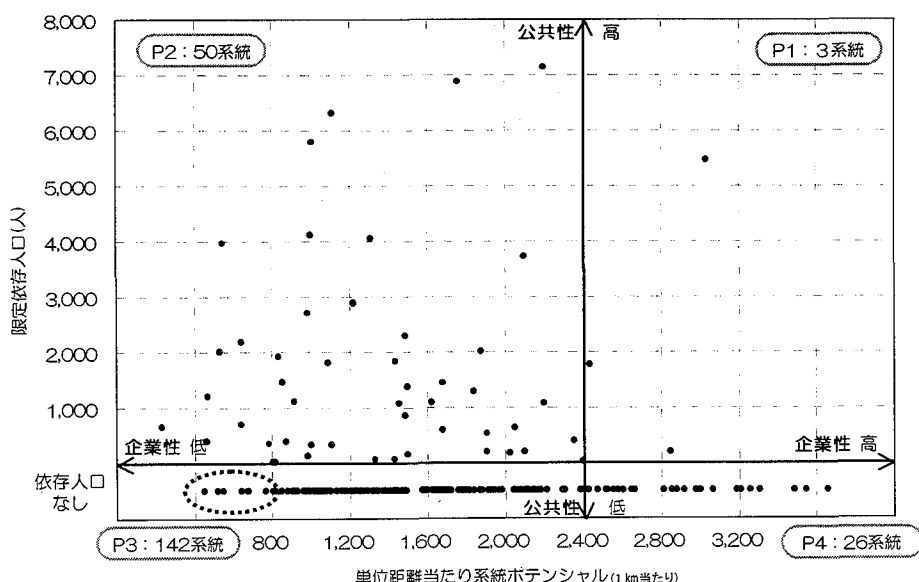


図12 実データを用いた素質面での路線評価

示した路線案がP3の路線群に属する場合には、可能な限り企業性が高まるように再計画をすることが望ましい。

最後に公共性のみが高い路線群P2の50系統については、企業性が低いため独自で路線を継続していくことは困難であろう。しかし、廃止されればモビリティが失われる住民が発生してしまうことから、公的資金の導入による路線維持の必要性が最も高い路線群と言える。ただし、安易な公的資金の導入は企業努力の喪失を招く可能性を孕むため、ポテンシャル指標と乗車人員の関係等を吟味しつつ、適当な補助額を設定することも必要である。

このように支援システムから計測可能な路線評価指標を統合して検討することで、各路線の素質の特徴を把握することができる。ここで、企業性、公共性の共に低いP3の中で、特に潜在需要の低い路線群(系統ポテンシャル値 800 未満、図12囲み内)について、GIS上で表示した画面が図13である。GISを用いることで、この様に問題路線や検討対象路線を視覚的に表現することが出来る。ここで、これらの路線は基本的には営業係数が悪く、営業係数 197~209 の路線が4本、営業係数 293~339 の路線が3本となっており、実際の経営状況も良くない路線である(残りの2路線は営業係数 113 と 121)。この図を見ると、名古屋市の南部地域を経由する路線が多いことが分かる。これらの路線が経由する地域は、居住人口、業務人口(第3次従業者数)が共に少なく、これが系統ポテンシャルの低さに繋がっている。また「曽根11」についてはほぼ全ての路線区間において鉄道(名鉄瀬戸線)と併走する路線である。鉄道路線の影響によって系統ポテンシャルが低くなっている例と言える。これらの路線は仮に廃止されたとしても、沿線からの交通需要は他路線により代替することが可能であるため、素質面から判断すれば、廃止を含めた再編成を検討するべき路線であると言える。

8.まとめ

本研究で開発を目指した公共輸送網の計画支援システムは、専門的な知識や経験が乏しい自治体の計画担当者や住民でも、積極的に公共輸送網の計画に携わることが出来るように支援するためのツールである。そのため、運行本数などのサービス水準のように、経験が無くても適切な設定の難しい指標を極力用いることなく、路線を地図上設定するだけで、バス停や路線の評価指標が計測され、なおかつそれが視覚的に表現されるようなツールとすべく開発を行ってきた。名古屋市営バスを事例に、

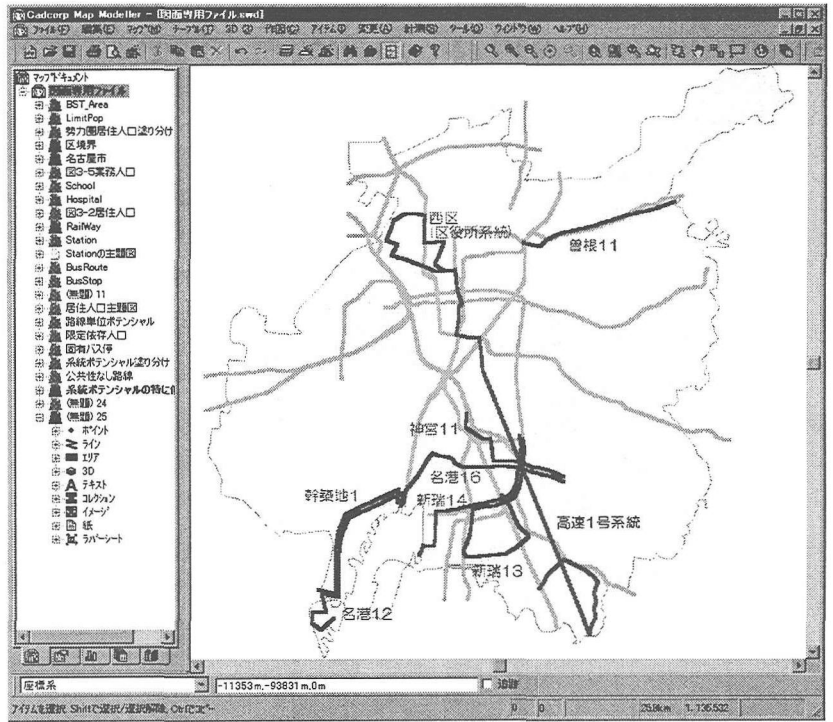


図13 問題路線抽出の画面

路線ポテンシャルや限定依存人口といった評価指標を計測したことによって、既存のバス路線を評価する事ができた。その中でも、著者らが研究を続けている、企業性・公共性と素質面・顕在面を用いた分類概念をシステムに導入したことで、素質面だけの検討であってもある一定の路線評価が可能となることを示した。さらに、この中から路線廃止を含めた再編計画を検討するべき路線の抽出をする事もできた。ただし、これらの路線をどのように再編することが最も適当なのかについては今後とも検討して行かねばならない問題である。

なお、本研究の遂行と支援システムの開発に当たり、(財)名古屋都市センターからの研究助成を受けている。ここに感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 内山久雄, 日比野直彦: アクセス交通を考慮した首都圏鉄道計画へのGISの適用, 運輸政策研究, Vol. 2, No. 4, pp. 12-20, 2000
- 2) 枝村俊郎, 森津秀夫, 松田宏, 土井元治: 最適バス路線網構成システム, 土木学会論文報告集, No. 300, pp. 95-107, 1980
- 3) 溝上章志: 需要変動を考慮したバス輸送計画策定法に関する基礎的研究, 博士学位論文, 1985
- 4) 例えば竹内伝史, 山田寿史: 都市バスにおける公共補助の理論とその判定指標としての路線ポテンシャル, 土木学会論文集, 第 425 号/IV-14, pp. 183-192, 1991
- 5) 例えば竹内伝史, 山田寿史: バス路線の限定依存人口の分析, 土木学会第 41 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp. 245-246, 1986
- 6) 谷村秀彦, 梶秀樹, 池田三郎, 腰塚武志: 都市計画数理, 朝倉書店, pp. 22-31, 1986
- 7) 杉尾恵太, 磯部友彦, 竹内伝史: 企業性と公共性を考慮したバス路線別経営改善方針の検討 - 素質面と顕在面のギャップを鍵概念として -, 土木計画学研究・論文集, No. 16, pp. 785-792, 1999

本研究での支援システムは、人口データなどの地域データをもとに、「バス路線の入力」、「路線評価指標の算定」をGISを用いて行うものであり、現況路線の評価はもちろん、代替路線を複数提示し、比較検討していく計画手法を支援するものである。その評価指標には、沿線からの潜在的集客能力を示す路線ポテンシャル指標とモビリティ確保の観点からの路線の重要性を示す限定依存人口指標を導入している。本論文は構築した支援システムの具体的なデータの取り扱い方や基礎理論、計測した指標の使用方法などを紹介するものである。このシステムの有用性については、名古屋市を事例とした検討の中で見出すことが出来た。

Development of Supporting System for Bus Network Planning Applying GIS

- Bus Route Assessment based on Potential Demand

Keita SUGIO* Tomohiko ISOBE** Denshi TAKEUCHI***

In this paper, we develop the supporting tool for public transportation system by applying GIS. The technique of the public transportation planning that it is chosen from many alternative plans becomes possible by this tool. Route-Potential and Marginal-Population-Depended were used for the index that a route was evaluated. Each Route in Nagoya City Bus was evaluated by using this tool. In conclusion, the extraction of the route to be subsidized from the public assistance became possible by using this system.
