

鉄道新線開業に伴うバス路線計画

池野 朋彦, 柴田 徹, 坂本 織也

1. はじめに

従来、バス路線の計画にあたっては、まず対象となる地域の地図を作成し、コンパスで各バス停ごとに勢力圏を描き、地図に書かれた地理情報と町丁別の人口統計をベースに、計画立案者が経験を頼りに利用者の推定を行なっておりました。

近年国勢調査等のメッシュタイプの社会・経済統計データが整備されたこと、またパーソナル・コンピュータのグラフィックスの発達により、地図等をコンピュータ画面に再現することが容易になったことからパーソナル・コンピュータの導入による効率的な計画案の作成および、作業の軽減、計画作成時間の短縮を模索しておりました。

今般、横浜市営地下鉄3号線（新横浜～あざみ野間）の開通（平成5年3月18日）により、港北ニュータウンを中心としたエリア（図1）でのバス路線網の再編が必要となり、パーソナル・コンピュータ上で構築された鉄道総合技術研究所の「地理情報処理システム：TRAMPS」の諸機能を活かしたバス路線計画支援システムを3社で共同開発いたしました。

2. システムの概要

今回開発したバス路線計画支援システムは、「対象地域の分析→バス停・バス路線案の設定→計画路線の評価→路線案の修正→…」という一連の作業を計画立案者がマウスとキーボードだけで容易に行なうことができるシステムです。

地域分析・路線評価を行なう場合に、TRAMPSのもつ地域分析機能や表示機能などが大変有効なので、TRAMPSをベースに開発を行ないました。さらに、既存バス路線の頻度やルートの変更、新バス停留所・新規

路線の設定などの計画案の入力機能や地下鉄や競合路線などの交通ネットワークを考慮した需要予測機能を強化しました。

このシステムの概要を以下にご紹介いたします。

(1) 基礎データ

・国勢調査データ

従来500Mメッシュデータを利用していましたが、今回バス停ごとの評価を行なうためにより詳細な情報が必要となるため、200Mメッシュデータを新たに作成しました。また将来人口も各自自治体、住都公団、過去の推移などを参考にして作成しました。

・鉄道定期券利用者データ

利用者を推定するためには、各地域の人口が基礎になりますが、どの方面に通勤・通学するかも大変重要です。今回は、港北ニュータウンの地理的な状況から、都心、川崎、横浜、町田の4方面に分割して利用者の推定を行ないました。この鉄道定期券利用者データから方面別に出勤率を作成し、方面別発生量を推定しました。

・通勤・通学に関するアンケート調査データ

今回、当該地域周辺と、該当地域の宅地開発が不十分なため通勤環境が類似していると思われる地域を対象にアンケート調査を行ないました。対象となる地域の中から26地区を選び、8000名にアンケート票を配布し、そのうち約1900名からの回答を得ました。この調査結果から、今回使用した交通機関分担モデルおよび経路選択モデルを構築しました。

・交通ネットワークデータ

鉄道網、および建設予定の道路も含めた道路網データを作成しました。特に鉄道網はバス利用者に大きな影響を与えるため、既存路線をはじめ地下鉄3号線の駅位置、各駅から目的地までの乗車時分、乗換回数などを設定しました。

(2) 地域分析機能

従来より「TRAMPS」がもっている主な地域分析機能を説明します。

・データベース機能

各種の基礎統計データを画面上のメニューからマウス

いけの ともひこ 東京急行電鉄株式会社

〒150 渋谷区南平台2-17

しばた とおる ㈲鉄道総合技術研究所

さかもと おりや 東急バス株式会社

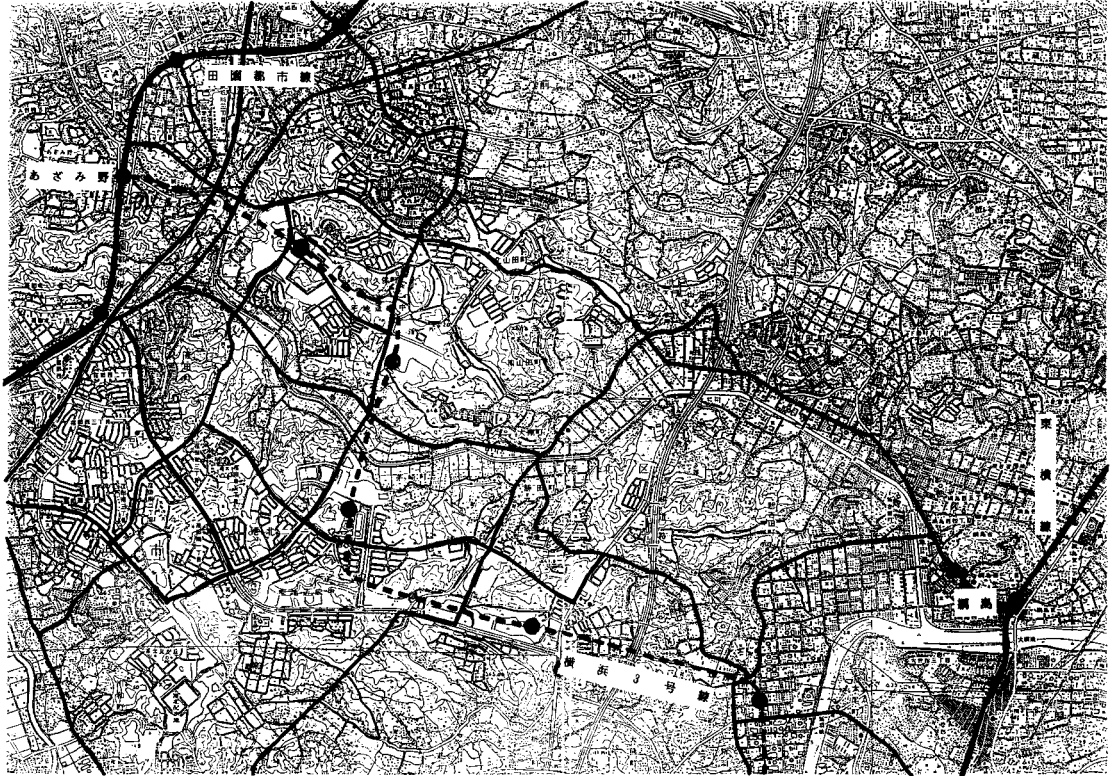


図 1 対象地域

で選択するだけで利用できます。

- ・データ演算機能

データ間の演算を算術式で指定することにより、人口増減数、方面別発生量などの新しい指標を基礎統計データを組み合わせて作成できます。

- ・データ集計機能

地図上で任意の範囲をマウスを用いて指定し、その範囲内のデータを集計できます。

- ・統計処理機能

各種の統計処理や多変量解析手法が利用できます。

- ・地図イメージ・グラフによる出力

方面別人口分布やバス停の勢力圏、路線ごとの推定断面輸送量などの分析結果を地図イメージやグラフにて確認・評価することができます。(図 2)

- ・データロケーション機能

分析結果などにおいて特定のデータの位置を地図上で確認できます。

以上各機能の詳細やその他諸機能については、参考文献を参照してください。

(3) バス路線計画支援機能

今回バス路線計画を設定・評価するために強化、開発した機能を説明します。

- ・バス停留所の設定

停留所の位置を画面地図上でマウスとキーボードを用いてビジュアルに設定できます。

- ・バス路線の設定

パソコン画面の地図に表示されたバス停を順次結んでバス路線として登録できます。設定済の路線の改廃もメニューで指定することにより容易に可能です。

- ・路線情報の登録

路線ごとに、運行頻度、平均運行速度などを設定することができます。路線の所要時間はバス停間の距離と、路線の平均走行速度により自動的に設定されます。また道路混雑等による所要時間の修正なども設定できます。

- ・バス路線別利用客の推定

以上により作成、設定された方別面発生量、交通ネットワーク情報、およびバス路線計画案にもとづいて各路線別に利用客の推定を行いません。

推定は各メッシュ別、方面別に以下の 4 段階で行なわれます。

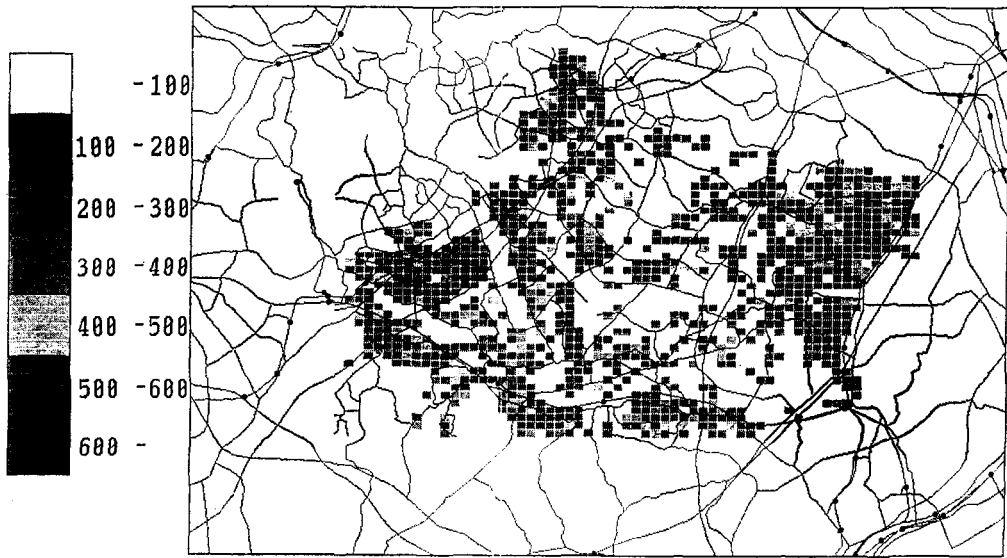


図 2 200mメッシュ人口分布図

1) 交通機関分担率の推定

徒歩、二輪車、バスなどの駅までのアクセス機関ごとの分担率を駅までの徒歩時分、駅までの二輪車の所要時分、バス停までの徒歩時分、バス待ち時分、バスの所要時分、バス停から駅までの徒歩時分などを用いてLOGITモデルにより推定します。この際に、あるバス停からある駅に向かう路線が複数存在する場合には平均待ち時分を該当する路線全体の頻度に応じて短縮する処理や、渋滞によるバスの運行速度の低下、駅付近での道路混雑によるバス利用者の途中下車等の行動も再現できるように処理を行なっています。

2) 経路選択の推定

交通機関としてバスを利用する率が計算されたので、次にどの経路を利用するかを推定します。この場合にも各経路ごとに、LOGITモデルを用いてシェアを計算します。

3) バス路線の推定

経路ごとの選択確率が定まりましたので、次にこの経路を走行している路線ごとに分担率を計算します。バスの混雑度により分担率が変化するとも思われますが、一般にはバス停に最初に到着したバスを利用していると考えられるので、各路線へは運行本数に比例して配分します。(図3)

4) 乗車人員の推定

計算された路線別選択率と方面別発生量から1メッシュからの方面別乗車人員が推定されます。以上の計算を

対象地域内の全メッシュについて4方面の乗車人員を推定することにより、全体の乗車人員が推定されます。

・推定結果の出力

推定されたバス乗車人員をTRAMPSの出力機能を用いて地図イメージ(図4)やグラフ(図5)にて表示することができます。

また推定結果の評価指標として

- ・路線別バス停別乗降人員
- ・路線別車両走行キロ
- ・路線別平均乗車キロ

などの出力もできます。

5. ケーススタディ

2.で説明したシステムの各機能を利用して、各バス路

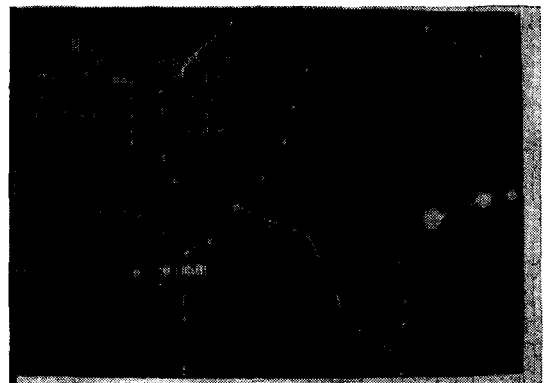


図 3 バス利用率の推定

線ごとの乗車人員を予測しました。今回のケーススタディでは、横浜市港北ニュータウン地域に居住する通勤・通学人口が朝ラッシュ帯にどの方面へ流出しているかを再現しています。朝ラッシュ時における他地域への移動人員は、地域内の移動人員や他地域からの流入人員よりも非常に多く、路線案を作成する場合においても大きなウェイトを占めるためです。前述のように対象地域の地理的な位置、交通環境などから大きく通勤・通学方向を東京、横浜、川崎、町田の4方面として計算を行ないました。

(1) 現状の再現, 推定精度の確認

まず現行の路線状況をシステム上で再現するために周辺地域も含めて約500箇所のバス停留所を登録しました。また対象路線と地域内を走る他社バス路線、および地域内路線に影響を及ぼすと考えられる周辺地域にまたがる路線など計約50路線を設定しました。また前述しました各種路線別パラメータを現行の路線と同様に設定し、これらの条件を用いて各路線別の乗車人員を予測しました。該当地域全体に対するシミュレーション結果を得るまでにシステム開発初期は約7時間ほどかかりましたが、改良の結果現在では1つの推定結果を得るまでの所要時分は約1時間に短縮することができました。この計算されたシミュレーション上の乗車人員と、東急バスにおいて定期的に行なっている路線別乗車人員調査結果とを照合し、人口分布やアンケート結果から求められた各種予測モデルの検証を行な

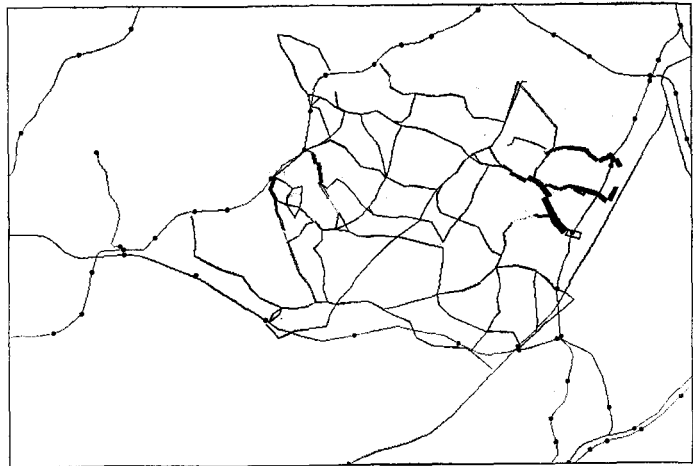


図4 断面輸送量マップ (全路線)

い、このシステムの現況再現性の高さを確認しました。

(2) 地下鉄開通による、現行路線の影響評価

(1)の段階により、今回利用するシミュレーションの妥当性が確認できましたので、さらにシステム上の路線環境(現況)に対して地下鉄新駅の開業予定位置と各方面に対する所要時分を追加設定し、再びシミュレーションを行ないました。この結果と(1)の結果を用いて代表的なバス路線の地下鉄開通前後の乗車人員の変化を表1にまとめました。流出のみの影響の比較ですが、たとえば路線bの方が、路線aよりも減少率が大きいことから、地下鉄による影響が大であることがわかります。同様にして、地下鉄の影響が大きい地域がどこなのか、どの路線が影響を受けるのかなどを客観的に数値に置き換えて認識できるようになりました。

(3) 新路線計画案の評価

(2)の結果をふまえて地下鉄開業に対応した新しい路線案を作成します。まず、現行の路線の経路や折り返しを変更したり、運行頻度などの条件を変更し、さらに、特に影響の大きい路線を廃止するなどして現行の改善策を設定し、シミュレーションを行ないました。また新しいバス停留所と路線を新路線としてシステムに登録し、シミュレーションを行ないました。このようにしていろいろなパターンのいくつかの路線案によるシミュレーションを行ない、各結果を検討することにより、

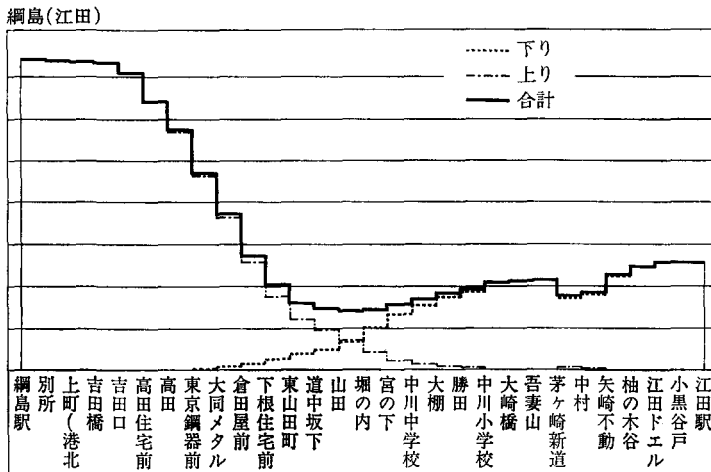


図5 断面輸送量グラフ (路線別) (縦軸は1目盛100人を表わす)

より良い路線計画案を作成することができました。

ここでは、表2の4ケースの路線案の推定結果の概要を紹介します。CASE1～4の中で、走行キロ当りの乗車人員を評価指標として比較しますとCASE4が最も有効であり、この路線案を採用し、このCASE4をベースとして、実行路線計画を作成しました。

なお、すでに平成5年3月18日より、横浜市営地下鉄3号線が開通しており、現在その影響を調査中です。新しくできた鉄道ということで通勤・通学者の機関選択・経路選択が落ちつくまでまだしばらく時間がかかりそうですが、今のところは予測値に近い減少率で推移している状態です。

4. まとめと今後の課題

従来、経験とカンで行なっていたバス路線をパソコンを利用することで、効率的な計画案を短時間に作成し、ケースごとの比較が用意にできるようになりました。

今後の課題としましては、

- ・バス停までの徒歩時分を200mメッシュの中心からの距離から計算しているため、最大で約140mの誤差が見込まれ、他の交通手段と競合する地区での予測値は、細かく検討する必要があること。
 - ・実際の地形では、たとえば、河川や自動車専用道路、鉄道線路、または大型施設などの障害があって迂回しなくてはならない場合には、バス停までの所要時分が計算よりもかなりかかる場合があり、別途対応する必要があること。
- 等の改善が挙げられます。

また、他の地域でこのシステムを利用する際には、モデルの移転性についての議論が残りますが、郊外から都心へ向かう地域でのバス路線計画には充分利用できるものと思われれます。

表1 乗車人員の変化

路線名	減少率	備 考
路線 a	△14.6%	地下鉄の影響小さい 現行の運行を確保
路線 b	△19.0%	小さい 減回して適正輸送力に
路線 c	△ 4.1%	僅少 現行の運行を確保
路線 d	△55.9%	大きい 減回および路線の短縮
路線 e	△92.2%	極大 路線を廃止

表2 路線案と推定結果

	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
計画内容				
路線 a	現行のまま	現行のまま	10%減回	現行のまま
路線 b	10%減回	10%減回	10%減回	10%減回
路線 c	現行のまま	現行のまま	現行のまま	現行のまま
路線 d	30%減回	30%減回	30%減回	20%減回
路線 e	廃止	廃止	廃止	廃止
(新設) 路線 f	新設	回数50%減	減回数50%	回数50%減
キロ当り乗車人員 (MAN/Km)	2.68	2.78	2.80	2.91

(注) 路線 f は、新しく計画した路線を指す。

また、下線の部分はCASE1から変更した内容。

参 考 文 献

- [1] 野末尚次, 柴田 徹: 地理情報システム「TRAMP S」の開発. 鉄道総研報告, 1988.2., 11—18.
- [2] 柴田 徹, 野末尚次: 地理情報システム「TRAMP S」の機能向上. 鉄道総研報告, 1991.1., 42—47.
- [3] 野末尚次: 地理情報システム. J R E A, 1990., 19222—19225.
- [4] 森地 茂, 屋井鉄雄, 田村 亮: 非集計交通手段選択モデルの地域間移転可能性. 土木学会論文集, 第359号/—3 (1985.7.), 107—115.
- [5] 原田 昇, 太田勝敏, 新谷洋二: 非集計行動モデルによる新駅利用量の予測方法とその評価. 土木学会論文集. 第347号/—1 (1987.7.), 49—58.