

階層化手法による熊本都市圏バス路線網の再編*

An Application of a Hierarchical Bus Network Design Method to Kumamoto Urban Area*

溝上章志**・平野俊彦***・竹隈史明****・橋本淳也*****

By Shoshi MIZOKAMI**・Toshihiko HIRANO***・Fumiaki TAKEKUMA****・Junya HASHIMOTO*****

1. はじめに

乗合バスは、これまでも地域の日常生活を支える公共交通サービスの役割を担ってきた。平成14年2月には、生活路線の維持方策の確立を前提に、需給調整規制が撤廃され、路線免許も従来の認可制から許可制へと変更された。運賃制度についても総括原価方式から上限価格制への措置がなされた。これらにより、路線への新規参入を容易にして事業の自由競争が促されることで、バス輸送はニーズに応じた高サービス・低料金のシステムへ改善されることが期待されている。少子・高齢社会が進展する中、乗合バスは地域住民のモビリティを確保するための移動手段としてますます重要な役割を担うことになる。にもかかわらず、バス利用者の減少に歯止めがきかず、バス事業者の経営の悪化、それによる減便や路線廃止など、サービス水準の低下と利用者の減少の悪循環が全国各地で生じている。特に、高齢化の進展が著しく、バス以外の公共交通機関が存在しない地方部において、その傾向は顕著である。

このような中、平成19年10月に「地域公共交通の活性化及び再生に関する法律」が施行された。これによって、市町村を中心とした地域の関係者が地域公共交通について総合的に検討し、活性化に向けて主体的に推進するのを、国が総合的に支援する枠組みが形成された。路線バスの維持だけでなく、コミュニティバスや乗合タクシーの導入など、地域公共交通の再生に向けた市町村独自の取り組みが期待されている。

本研究は、まず、熊本市における「熊本市地域公共交通総合連携計画」策定のために設置された「熊本市のバス交通のあり方検討協議会」で検討された階層化手法によるバス路線網再編計画の考え方と手順について紹介する。次に、再編路線網の妥当性の検証方法とその結果について述べる。さらに、バス利用需要の予測と費用便益

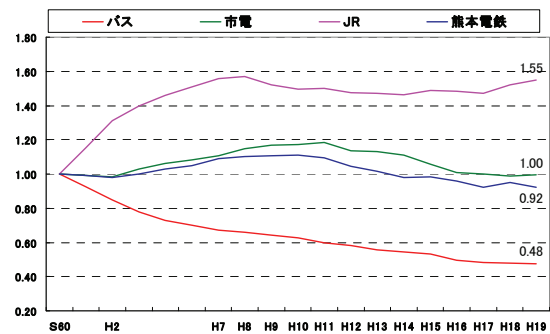


図-1 公共交通機関の利用者数の推移

分析による計画評価の結果を示す。最後に、本研究の成果と今後の検討課題について報告するものである。

階層化手法によって都市域全体の路線網再編を行った例には盛岡市のオムニバスタウン計画がある。その他にも大阪市や福山市¹⁾などに見られるが、いずれも特定の地区で実施されており、都市圏全域にわたるバス路線網全体を対象とした路線網再編計画、需要予測、便益評価を行っている例は少ない。

2. 熊本都市圏の乗合バス事業の現状

(1) 乗合バスの利用状況と事業の経営状況

熊本都市圏は、九州の中央部に位置する中核市である熊本市と周辺の3市9町1村で構成され、都市圏人口は100万人を超える。熊本都市圏のバス路線網は、熊本市営バスと民間3社（平成21年3月時点）により、都心に位置する交通センターを中心に放射状に形成されており、1日に約97,000人が利用している。しかし、図-1に示すように、利用者数は昭和60年以降、20年間で半減し、この10年でも約3割減少している。その結果、収支率は約76%となり、バス事業者の経営状況は年々、悪化している。これに伴って熊本市からバス事業者への補助金は年々増加し、H19年度時点で約2億円となっている。さらに、市交通局には一般会計からの繰出金が毎年10億円を超えており、市の財政そのものを圧迫している（図-2参照）。

また、バス事業の運行体制は、平成15年に九州で2番目の規模を持つ九州産交が産業再生機構の支援を受けたのを期に、熊本市は競合する8路線を市営から民間に

*キーワード：路線再編，地域公共交通，ゾーンバスシステム，需要予測，費用便益分析

**正員，工博，熊本大学（熊本市黒髪 2-19-1，Tel:096-342-3541，E-mail：smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp）

***学生員，熊本大学大学院自然科学研究科

****正員，修(工)，復建調査設計株式会社

*****正員，博(工)，熊本高等専門学校

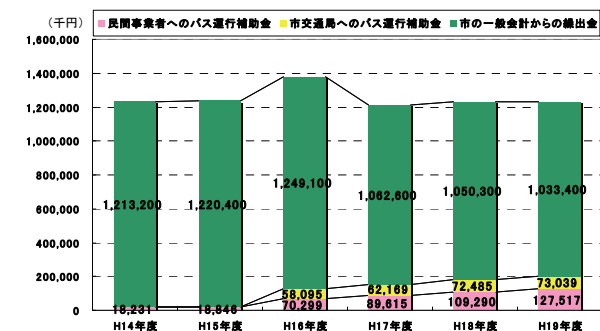


図2 バスの補助金の推移

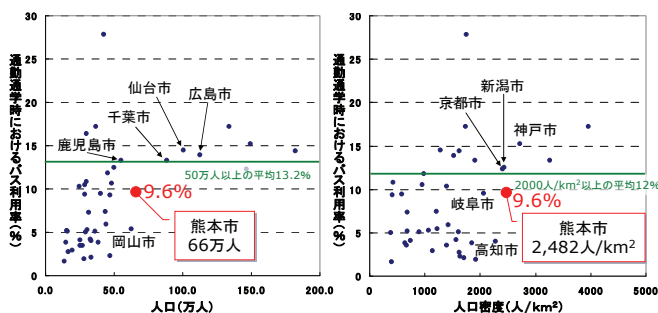


図3 通勤通学時のバスの利用状況
(左: 対人口, 右: 対人口密度)

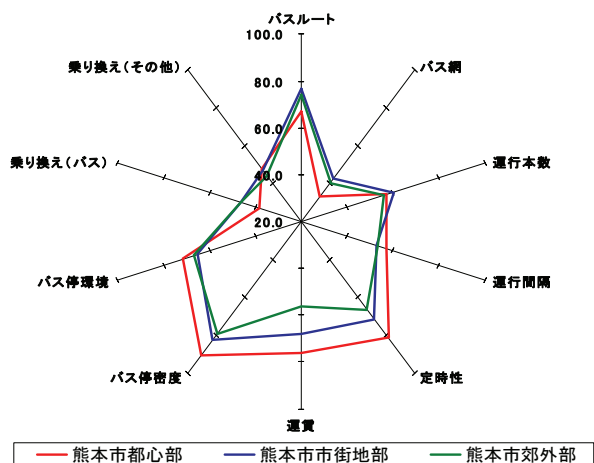


図4 バス輸送に関するサービス項目別満足度

移譲した。さらには、平成21年4月には民間3社の共同出資による「熊本市バス株式会社」を設立し、市営バスの7路線22系統の面的移譲を受けて運行を開始するとともに、同年6月には熊本市長が平成28年4月までに市営バスを廃止する方針を表明するなど、変革期を迎えている。一方で、市電や熊本電鉄などの軌道系はバスに比較するとその減少率は小さい。これは、市電では電停の改良や均一料金制の導入など、サービスの改善を適宜、図ってきたことによると考えられる。しかし、ピーク時(H9-H11)に比べると1~2割も減少している。

図-3はH12国勢調査における通勤通学時のバスの利用状況を都市間で比較したものである。熊本市ではバスの利用率が9.6%であり、人口が50万人以上の都市の平均13.2%と比べてかなり低い。また、同程度の人口密度を

表-1 協議会の開催経緯

第1回 (H20.5.21)	協議会の設立
第2回 (H20.8.29)	バス路線網再編の検討方針等
第3回 (H20.11.28)	連携計画、運行体制等
第4回 (H21.1.31)	連携計画、公共交通のあり方
第5回 (H21.5.20)	バス事業の運行体制等
第6回 (H21.8.27)	利用促進策、運行体制等
第7回 (H21.12.22)	利用促進策、運行体制等

持つ都市と比較しても低い。図-4は平成15年に実施されたバス輸送に関するサービス項目別の満足度調査の結果である。いずれの地域でもバス路線網とその他交通機関への乗換に対する評価が最も低く、続いてバス相互の乗換が低い。市郊外部では、運賃や定時性に対する評価が市街地部に比較して低くなっているのも特徴である。このように、バス路線網の充実や乗換利便性の向上、料金の低廉化などのサービス改善が望まれている。

(2) 熊本市におけるバス交通のあり方検討協議会

熊本市では、将来にわたって利便性の高いバスサービスを提供できる交通体系の確立に向けて望ましいバスサービスの水準及び市営を含めたバス事業の運行体制等のあり方の検討を行うことを目的に、平成20年5月に「熊本市におけるバス交通のあり方検討協議会（以下、協議会）」を設置した。協議会は、学識経験者をはじめ、バス事業者や公募市民等、バス事業に関するステークホルダーがメンバーとなっており、「地域公共交通の活性化及び再生に関する法律」に基づく法定協議会にも位置づけられており、平成20年3月には「熊本市地域公共交通総合連携計画」を策定した。

協議会の開催経緯は表-1に示す通りである。6回の会議の中では、バス路線網再編成とバス事業の運行体制の検討を行うだけでなく、連携計画の作成、住宅地から主要な総合病院間を結ぶ東バイパスライナーの実証運行、利用促進のためのモビリティ・マネジメントの実施など、熊本市のバスサービス向上に向けた種々の検討を行っている。

協議会は市政運営上一定の役割を担う組織化された機関として審議会等に位置づけられ、市長の諮問に応じ答申等を行う役割も担っている。第5回の協議会では、熊本市交通局の「経営健全化計画」の策定に向け、「熊本市におけるバス事業の運行体制に関する意見書」の中間答申案を作成した。この中間答申では、「市営バス事業を民間事業者に全面移譲する」とする考えが示され、一方で、バス事業は市民の生活交通を確保する重要な行政サービスの一貫と位置付けた。行政は、市民の一定のモビリティ水準の確保に責任を持つために、適切にバス運営に関与していくとも言及しており、熊本市のバス事業改善に向けた強い意識が感じられるものとなっている。

3. 階層化によるバス路線網の再編

(1) 階層化の概念

熊本都市圏のバス路線網を形成する系統の多くは、住宅地等の郊外部から都心部の交通センターまで直接乗り入れる運行形態となっている。そのため1路線長が長く、定時性の確保が困難になるなど、非効率的な運行形態となっている。また、各バス事業者が独自のテリトリー内に系統を設定しており、テリトリーを越えた系統はほとんどない。熊本市内だけでも400以上の系統がある上、ルートが重複や屈曲している系統も多く存在するために、利用者にとって非常に分かりにくい路線網となっている。その結果、都心部においては事業者間の競合区間が多数存在し、乗客の取り合いや無駄な停車時間が生じるなど、効率的運行の妨げとなるとともに、過剰なバスに起因する交通渋滞が発生するなどの問題も生じている。

そこで、バス路線網再編にあたっては、バス事業者間のテリトリーをなくし、熊本都市圏全体で利用者にとって利便性が高く、かつ効率的なバス路線網の構築が可能とされている階層化バスネットワーク（ゾーンバス）システムの概念を導入した。具体的には下記の考え方に基づき再編案の検討を行った。

- 1) 熊本都市圏都市交通マスタープランの「8軸公共交通網」の構築を意識した一体的な公共交通体系の構築
- 2) 路線配置や需要特性等を考慮して、幹線、市街地幹線、市街地環状、支線、中心部循環の5種への路線分類
- 3) 新都市マスタープランで提案されている多核連携型都市構造と整合した交通結節点（乗換拠点）の設定

階層化とは、提供するべき役割や機能が異なる路線を階層的に連結し、需要特性に応じて適切なサービス水準を設定するネットワークの構成方法である。従来の長くて複雑なルートを持つバス路線を複数の路線に分割するため、バス1台あたりの路線延長が短縮されることによって、バス事業者にとっては定時性の確保や車両の効率的運用が可能となる。一方、利用者にとっては乗り換えが発生するものの、乗換抵抗の軽減策を講じさえすれば、運行本数の増加に伴うサービス水準の向上やバス路線網が分かり易くなるなどのメリットがある。このように、路線の役割や機能に基づき路線分類を行う階層化バスネットワークは、地域特性や利用者ニーズにきめ細かく対応できるとともに、有機的かつ効率的な運行を可能とするという視点からも注目されている。例えば、浜松市や岐阜市においても、幹線や支線等に路線の機能分類を図り、それぞれに適切なサービス水準を設定することで合理的なバスネットワークの形成を目指している²⁾。今後、運行を担当する路線の分配方法や管理など、事業者間で調整すべき課題はあるものの、熊本都市圏のバス路線網に階層化の概念を導入して再編を図ることは有効

であるとともに、合理的と考えられる。

(2) 階層化バス路線網再編の手順

バス路線網再編にあたっては、同様に熊本都市圏を対象として、溝上ら³⁾によって提案されている生産効率性及び潜在需要の顕在化可能性という2つの視点からバス路線ごとに特性を評価し、それに基づいて路線ごとに対応策を検討する方法も考えられる。しかし、今回は、従来の路線権やテリトリーといったバス事業者相互の垣根をなくし、熊本都市圏として一体的、かつ利用者の利便性を考慮したバス路線網に再編することを目的として、バス事業者の中で路線や時刻表を設定している若手熟練者を集めたワークショップを複数回開催し、合議をしながら協働でバス路線網再編計画案を作成した。その際、下記を前提条件とした。

- 1) バス停は既存のものとする。
- 2) 各ターミナルの設置位置は、路線体系や利用特性から最適な位置を選定し、用地確保の可能性や整備費用は考慮しない。
- 3) 各ターミナルは将来的に整備され、移動距離・時間、さらには接続ダイヤ等の乗換抵抗は生じない。
- 4) 再編の対象とする範囲は既存事業者による路線バスでの運行を前提とし、サービスの空白地域に対しては、自治体によるコミュニティバスや乗合タクシー等の導入など、別途、地域の実情に併せて検討する。

階層化バス路線網への再編の手順は下記である。

Step1：主要ターミナルを設定し、そこを始点として「8軸公共交通網」を基本に幹線路線を設定する。

Step2：幹線上の施設集積地などに地域拠点と整合させ

表-2 ターミナルの特性

分類	機能の考え方
主要ターミナル	熊本市中心部における公共交通体系の核となり、複数の公共交通機関の結節点
サブターミナル	幹線と市街地環状等が交差する地点
ミニバスターミナル	商業施設や医療施設などの地域の拠点機能 幹線と市街地環状、支線の結節点

表-3 路線の特性

分類	路線配置	需要特性	運行頻度
幹線	広域交通体系と一体になって中心部と拠点間を結ぶ放射状の公共交通の骨格路線	多い	10～15 分間隔 ピーク時 6 本時程度 その他 4 本時程度
市街地幹線	市街地内を運行し、幹線空白地を補完する準骨格路線	比較的多い	約 20～30 分間隔
市街地環状	市街地内において拠点間を連絡する環状路線	比較的多い	約 30 分間隔
支線	結節点間を結ぶ路線 地域内の面的サービス路線	多い 比較的小さい	20～30 分間隔 30～60 分間隔
中心部循環	中心部を循環する環状路線	比較的多い	10～15 分間隔

表-4 再編バス路線網の評価の視点と指標

評価主体	評価の視点	評価指標
市民	・交通利便性の向上 ・モビリティ水準の向上 ・利用者ニーズへの対応度 ・活動機会の確保	・所要時間・料金水準 ・乗換抵抗 ・利用者余剰 ・サービス満足度
バス事業者	・車両運行効率性 ・路線重複度 ・利用客数 ・財務状況	・路線数・車両数 ・収支 ・供給者便益
行政	・社会・経済的効率性 ・提供サービスの地域間、属性間の公平性 ・適切な補助額	・社会的余剰 ・コスト ・補助金と制度

てサブターミナルを設置する.

Step3：幹線を補完するための市街地幹線や、サブターミナル間を結ぶ市街地環状を設定する。

Step4：幹線や市街地幹線上の主要バス停や終点バス停をミニバスターミナルとし、サブターミナル間やミニターミナルから地域内を運行する支線を設定する。

Step5：上記を繰り返し、サブターミナル以下のターミナルを適切に設定し直しながら路線網を修正する。

ワークショップでは、各バス事業者と熊本市がそれぞれ上記の前提条件にもとづいて作成した独自の路線再編計画案を持ち寄り、上記の手順と表-2と表-3に示すようなターミナルと路線の設定規範に基づきながらそれらを統合し、ターミナルと路線の階層区分、および階層ごとの路線に設定する運行頻度をシステムティックに決定していった。

(3) 階層化バス路線網計画の評価⁴⁾

a) 評価の視点

生活交通の持続的な確保に向けて、地域公共交通を維持していくための様々な取り組みが全国各地で行われているが、その評価には地域公共交通のステークホルダーである利用者と事業者、および行政の3者の視点からなされる必要がある。それぞれの評価の視点と評価指標を表4に簡潔にまとめた。利用者の視点としては、利便性の高いバス路線サービスを楽しむことである。事業者としては、利用者に対して適切な水準のサービスを提供する一方で、バス事業を継続していくために運行効率性や採算性といった経営面からの視点が重要である。一方、行政としては、投資に見合った効果が得られるかどうかを判断するための費用便益分析による社会・経済的な効率性や、市民のモビリティ水準や活動機会の向上とそれらの個人間・地域間の公平性の確保などが求められる。さらに、補助金総額をいかに削減するかといった財政的な視点も必要である。

ここでは、主として、利用者の乗換抵抗、バス事業者の運行効率性、および行政の社会・経済的効率性の評価を行う。これら以外に、ここで提案した再編バス路線網を実際に導入する際に、特に考慮を要すると思



図-5 熊本市バス路線網再編計画

表-5 バスサービス水準の比較

	現況	再編計画
系統数	約400	118
総路線長(km)	5,869	2,703
総走行台 km	62,865	56,952

われる市民のモビリティ水準や活動機会の公平性の評価、バス事業者への行政の合理的な補助政策とその制度設計については、現在検討中であり、別途、紹介する機会を持ちたい。

b) 再編路線網の運行効率性の評価

作成された階層化バス路線網を図-5 に示す。バス路線網再編の結果、熊本市内だけでも 400 を越える現況の系統（以後、再編路線網では系統と路線は一致）数を 118 まで集約化した。これにより、総路線長は現況の半分以上なるものの、総走行台 km は現況の 9 割程度に維持されており、バスサービス水準を維持しつつ、より効率的な運行が可能となった（表-5 参照）。また、バス路線の重複が改善されたことで、バス停別の通過路線数は現況に比べて減少し、特に幹線路線においてその傾向が顕著である。図-6 と図-7 には、再編前後のバス停別の運行本数を示す。幹線上のバス停に過剰な本数が割り当てられていたものが改善され、逆に郊外部では現況より運行本数が増加するバス停が生じるなど、サービス水準の適正化と平滑化が図られている。

次に、路線ポテンシャルを用いたバス路線網再編案の評価を行った。路線ポテンシャルとは、各路線が通過するバス停の周辺に居住、あるいは従業・就学している人口などに依存して当該バス路線が獲得可能な潜在需要を表し、路線のルートと通過バス停が設定されると GIS による人口や施設情報と新たに設定された再編路線網情報によって下記のフローに従って算出される値である。

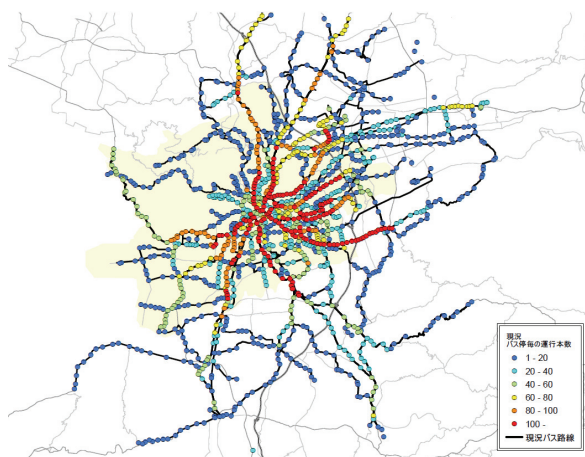


図-6 現況のバス停別運行頻度

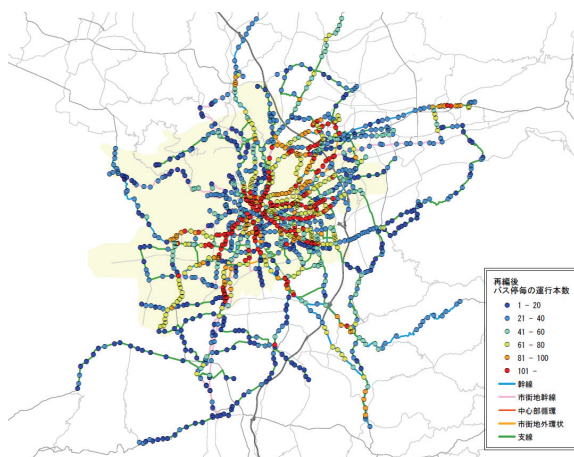


図-7 再編後のバス停別運行頻度

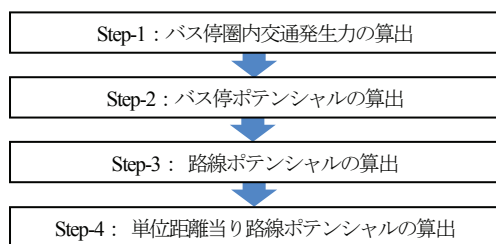


図-8 路線ポテンシャルの算出法フロー

ただし、ここで算出する路線ポテンシャルとは、路線再編前後で同様の基準に従って算出された値を比較検討することを目的としているため、竹内ら⁵⁾のように構成要因別に適切な重み付けを行って潜在需要そのものを正確に求めようとするものではない。

路線ポテンシャルの算出フローを図-8 に示し、以下に概説する。

Step-1 : バス停圏内交通発生力の算出

バス停から半径 500m 程度の内を当該バス停を利用可能なバス停勢力圏とする研究が多い。しかし、バス停密度が高い熊本都市圏、特に都心部や市街地においてはバス停間隔がそれ以下となっている。バス停勢力圏が重複するのを避けるために、ここではバス停を中心とした半径 200m の圏域をバス停勢力圏とし、その圏域内の

自宅ベースの居住人口に加えて、非自宅ベースの各産業従業者数、高校・大学の在籍者数、統計がある総合病院への年間来院者数や公共公益施設・観光地の年間利用者数・観光地訪問者数を日当たりで換算した人数を求め、これらを全て足し合わせた人数を交通発生力とする。

Step-2 : バス停ポテンシャルの算出

バス停圏内交通発生力に、交通発生強度を表す発生原単位と公共交通選択性向を表すバス利用分担率を乗じてバス停別のポテンシャルを算出する。なお、原単位と分担率には、バス停がある 1997 年第 3 回熊本都市圏 PT 調査 C ゾーンの集計値を用いている。

Step-3 : 路線ポテンシャルの算出

バス停を通過する運行頻度で重み付けした通過路線数でバス停ポテンシャル値を比例配分することによって、当該路線に対するバス停ポテンシャルを求める。さらに、路線ごとに通過するバス停のバス停ポテンシャル値を足し合わせて当該路線の路線ポテンシャルとする。

4) 単位距離当たり路線ポテンシャルの算出

路線ポテンシャルを路線長で除して、単位距離当たり路線ポテンシャルを算出する。

現況、および路線再編後の路線ポテンシャルの算出結果を図-9、図-10 に示す。現況ではバス路線網が集中

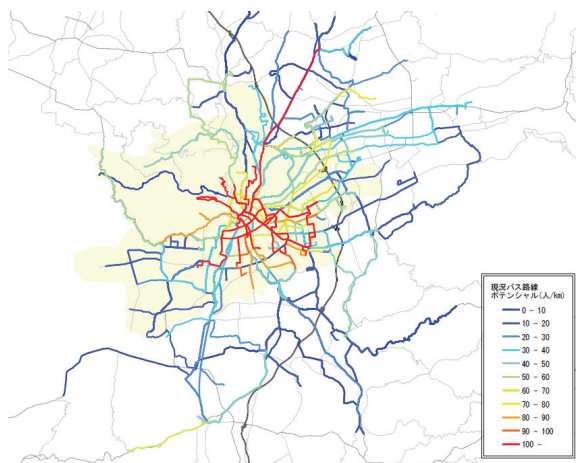


図-9 現況のバス路線ポテンシャル

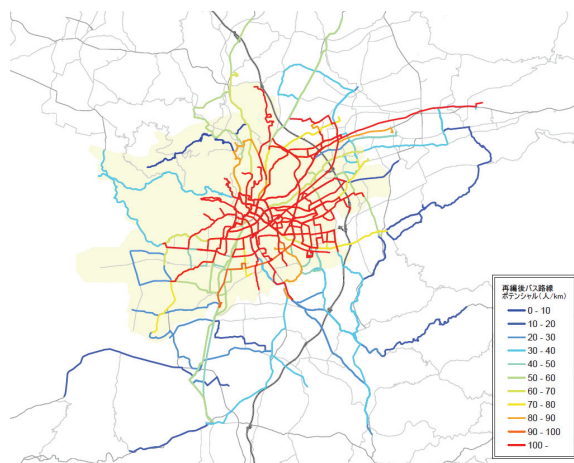


図-10 再編後のバス路線ポテンシャル

する都心部だけに路線ポテンシャルが高い路線が表れているが、再編後は高い路線ポテンシャルを持つ路線が広域まで広がっているのが分かる。これは路線の集約化と適切な運行頻度の設定による。

図-11 は単位距離あたり路線ポテンシャル値の分布を示す。現況では路線ポテンシャル 0~50 人/km の路線が多かったのに対して、再編後は全体的に分布が 0~150 人/km シフトし、高いポテンシャルを持つ路線が増加している。その結果、路線ポテンシャルの平均値は現況が 33.7 人/km であるのに対して、再編後は 100.5 人/km まで増加した。

しかし、階層化の概念を導入したことで、従来、郊外から都心まで乗換えなしでバスを利用できたトリップの中には、サブターミナルやミニターミナルなどの結節点で乗り換えが必要になるケースがある。図-12に路線網再編前後の乗換回数別ODペア数を示す。路線が設定されていないためにバスで到達不可能なODペア数が減少するため、1ODペア当たりの乗換回数の平均と分散を比較すると、現況の1.47、1.80に比べて再編後は1.41と1.10と、平均、分散とも小さくなっている。これは、乗換回数が増えるODペアよりもバスを利用して到達できるODペア数が増えたためである。しかし、乗り換えを必要としないODペア数が減少し、2回以上の乗り換えが必要となるODペア数は増加している。乗換料金の低減や乗換施設の整備など、乗換環境の向上に向けた取り組みが必要となる。以下の階層化バス路線網計画では、乗換料金を課金する案と乗換料金を課金せず距離比例制料金とする案の2案について検討する。

4. 層化バス路線網再編計画の交通需要予測

(1) 交通需要予測のフロー

バス路線網再編計画を評価するための交通需要予測のフローを図-13 に示す。対象地域は熊本市圏全域であり、ゾーンは H9 年度第 3 回熊本市圏 PT 調査の C ゾーン 177、ここで交通機関別分担と配分交通量の予測対象とするトリップは全交通目的の自動車とマストラ（バス、鉄道、市電）のみである。

まず、PT 調査の自動車とマストラの OD 交通量データを用いて推定した集計ロジット型交通機関別分担モデルにより、再編後の自動車 OD 需要とマストラ OD 需要の予測を行う。推定された各 OD 需要を道路網ネットワーク（セントロイド 213、リンク数 3,159、ノード数 2,435）と再編後のバス路線網ネットワークを含むマストラ路線網に配分する。自動車は確定的均衡配分を行い、道路区間別交通量を算出する。一方、マストラのうちバスに関しては、道路混雑による所要時間の変動を考慮するため、道路区間別交通量からバス路線網上のリンク所

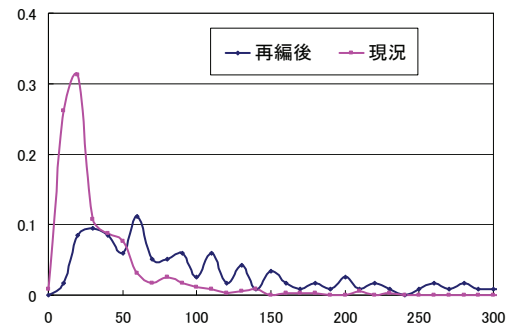


図-11 単位距離あたり路線ポテンシャル (人/km)

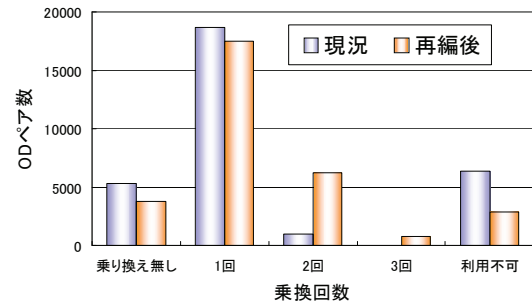


図-12 乗り換え回数別のODペア数

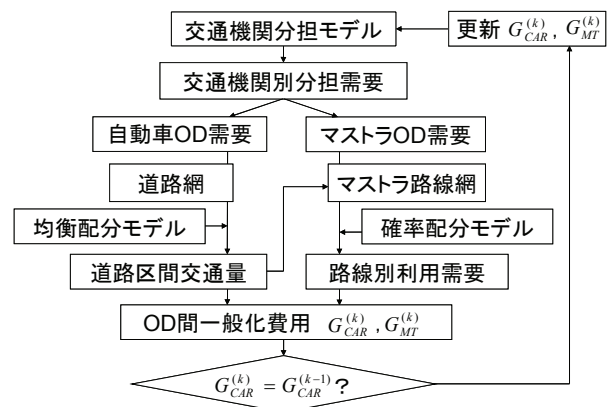


図-13 交通需要予測のフロー

表-6 交通機関分担モデルの推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
定数項 (MT 項)	-1.611	19.1
所要時間差 (MT - CAR)	-0.228	3.16
MT 費用/最短距離 (円/km)	-0.00434	3.42
CAR 費用 (円)	-0.0131	17.2
乗換回数 (回)	-0.203	6.54
着地都心部ダミー	0.414	10.5
サンプル数	2,743	
重相関係数	0.461	

注) MT はマストラ（公共交通機関）、CAR は自動車を表す

要時間を算出し、確率配分モデルより路線別の利用需要を算出する。このとき、同一 OD 間に利用可能な複数の路線が存在した場合は一般化費用の小さい順に確率的に配分する。最後に、算出した道路区間別交通量と路線別利用需要を基に交通機関別 OD 間一般化費用を算出し、

表-7 公共交通機関の分担率及び総収入の比較

評価指標	乗換料金課金	距離比例制
分担率	0.993	1.027
総収入	0.931	0.729

注) 現況を1.0とした比率を示す

これらが収束するまで繰り返し計算を行う。

(2) 交通機関分担モデルの推定結果

交通機関分担モデルの推定結果を表-6に示す。モデルの重相関係数はやや低いものの、説明変数の符号条件はすべて論理的である。所要時間差やMT費用/最短距離（ここでMTはマストラの略）の t 値がやや低いものの、統計的に有意であり、他の変数の t 値も高く、統計的有意性は高い。このことから、推定された交通機関分担モデルは、分担需要を予測するモデルとして有用と考えられる。

(3) 交通需要予測結果

需要予測の結果を表-7に示す。図-14には路線別単位距離あたり乗車人員の分布を示す。路線再編後の乗車人員分布は現況に比較して右側へシフトしており、乗車人員が増加する路線比率がかなり増え、その中でも距離比例制料金の場合が最も大きい。

図-15に乗換回数別トリップ数を示す。再編後には乗換無しで目的地まで到達できるトリップ数は15%程度少なくなるが、1回以内の乗換えで到達できるトリップ数の比率はほぼ等しい。1トリップ当たりの乗換回数の平均値と分散は、現況が(0.38, 0.61)であるのに対して、再編後は乗換料金課金の場合は(0.42, 0.40)、距離比例制の場合は(0.43, 0.39)となり、やや平均値が大きくなるものの、分散値は3割ほど小さくなる。乗換料金課金と距離比例制とは大きな差異はない。しかし、再編後は乗換回数が増えることもあり、乗換料金課金の場合はマストラの分担率が0.7%ほど減少し、総収入も約7%減少す

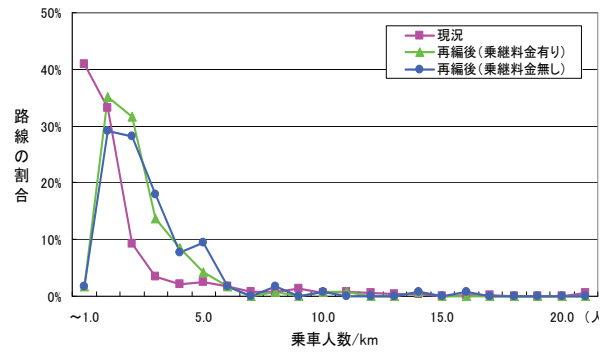


図-14 路線別単位距離あたり乗車人員の分布

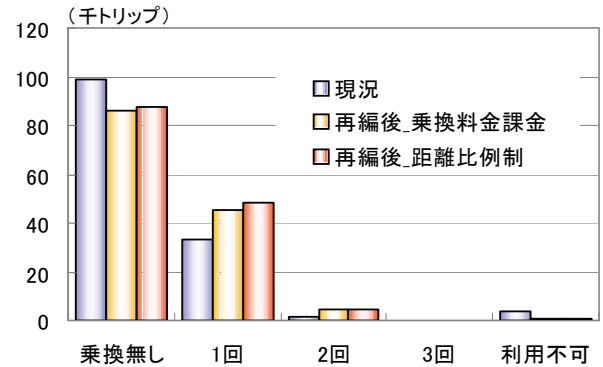


図-15 乗換回数別トリップ数

る。一方、距離比例制にすると利用需要が2.7%ほど増加するが、総収入は乗換料金を無くすことで27%程度減少する。

図-16には路線別の需要を示す。路線再編に伴い北東部や西部で輸送人員が増加するのが分かるとともに、距離比例料金制の効果として、幹線と接続する郊外部の支線で輸送人員の増加が見られる。

5. 階層化バス路線網再編計画の費用便益分析

生活交通の持続的な確保に向けて、地域公共交通を維持していくための様々な取り組みが全国各地で行われているが、地域公共交通のステークホルダーである利用



図-16 路線別の需要予測結果（輸送人員）

者と事業者、行政、それぞれの視点からの評価が必要である。利用者は利便性の高いバス路線網とサービスを楽しむことである。事業者としては、利用者に対して利便性の高いバス路線網とサービスを提供する一方、バス事業を継続していくために運行効率性や採算性といった経営面からの視点が重要である。上記の分析から、路線網と運行頻度の適切な設定がなされた結果、市民の利便性と事業者の運行効率性については、本再編路線網計画はある程度の評価が得られていると考えられる。

一方、行政としては、投資に見合った効果が得られるかどうかを判断するための費用便益分析による社会・経済的な効率性や、市民のモビリティ水準の確保とその個人間・地域間の公平性などが求められる。さらに、補助金総額を如何に削減するかといった財政的な視点も必要である。ここでは、事業の実施の有無に対する行政判断上、欠かせない評価指標の一つである費用便益分析のうち、バス路線再編計画による便益額を算出することで評価を行う。便益の算出方法は費用便益分析マニュアル⁶⁾に依拠した。

バス利用者の便益は、全公共交通利用者が負担する金銭的、時間的その他のすべての費用がバス路線網再編によって軽減される効果を消費者余剰によって計測する。先に推定した交通機関分担モデルを用いた選好接近法から得られる時間価値は17.5円/分であるが、便益を算出する際の時間価値には、費用便益分析マニュアルに基づき、バスの時間価値原単位374.27円/分・台、平均乗車人員13.82人/台より得られる1人当たりの時間価値30.0円/分を用いた。利用者便益額はこの時間価値の大きさに依存するから、本来なら時間価値に関して感度分析を行うべきであろう。しかし、ここでは乗換料金の有無による便益額の比較を主要な目的としていることから、時間価値30.0円/分に対する便益だけを算出した。

供給者便益に関しては、現況と各整備後との事業者の利益の差である。供給者便益を算出するためにはバス路線網再編後の収入額と支出額を求める必要がある。収入額は需要予測の結果から得ることができる。支出額は人件費や燃料油脂費、その他の運行費用があり、それぞれ現況データから回帰分析を行い、再編後の支出額の予測を行った。自動車利用者等の便益である環境等改善便益は、所要時間短縮、走行費用減少、大気汚染改善、CO₂削減、交通事故減少の5項目について算出している。

便益額の算出結果を表-8にまとめて示す。バス利用者の便益は、乗換料金の有無が大きく影響し、距離比例制の場合の便益が約4倍大きくなっている。供給者便益については、現況の利益が実績値から年間で-21.40億円であるのに対して、乗換料金課金だと6.01億円、距離比例制だと-10.65億円の利益、つまり10.65億円の赤字が生じる。これより、現況の利益との差で求められる供給者便

表-8 費用便益分析結果

		乗換料金課金	距離比例制
利用者便益		11.27	45.23
供給者便益		27.41 {=6.01(-21.40)}	10.75 {=-10.65(-21.40)}
環境等改善便益	所要時間短縮便益	-1.05	1.83
	走行費用減少便益	-0.30	0.48
	大気汚染の改善	-0.02	0.10
	CO ₂ 排出量の改善便益	0.00	0.01
	交通事故減少便益	-0.07	0.26
	小計	-1.44	2.69
合計		37.23	58.67

注) 時間価値：30.0円/分、単位：億円/年

益は27.41億円、10.75億円となる。環境等改善便益は、乗換料金課金の場合、自動車利用者が現況に比べて増加するため、便益がマイナスとなり、距離比例制の場合は約3億円/年の便益が見込まれる結果となった。トータルで見ると、乗換料金課金の場合に比べて距離比例制の場合の便益が大きくなっており、たとえ乗換料金がなくなることの負担分を行政がバス事業者に負担したとしても、社会・経済効率性の面からも、バス路線網再編に伴う距離比例料金制の導入は有効と考えられる。

6. おわりに

本研究では、熊本市の地域公共交通総合連携計画で示されたバス路線網再編計画を対象に需要予測を行うことで、再編計画の有効性の検証を行った。文献 1)の路線別特性評価手法では、路線再編の考え方として、路線の生産効率性と潜在需要の顕在化可能性といった2つの指標から現況分析、さらには改善対応策の考え方が示されており、従来の勘や経験的な判断による路線網の設定に対して、理論的な評価手法に基づく一定の方向性が示されている。今回の再編計画では、実務者による経験的な判断等で路線設定を行うとともに、上記の考え方に基づく現況路線網の評価・分析も行っているため、今後は、1本1本の路線に対して、両者の結果を比較検証することで本再編手法の有効性を検証する必要がある。

需要予測結果からも分かるように、乗換抵抗を軽減させるために導入する距離比例料金制の場合、バス事業者は収入減となることや、行政は10億円程度の赤字補填が必要など、路線再編計画の実現に向けた課題も明らかになった。しかし、費用便益分析の結果によってその補填に対する行政支援は合理的であることが検証された。今後は、地域公共交通総合連携計画を実現するために、提案した再編路線網を運行する運行体制や運行スキームの検討、運営組織の確立、インセンティブ補助金制度の

制度設計などを検討する必要がある、現在これらを鋭意進めているところである。

謝辞：本研究は、連携計画策定にあたってバス事業者、熊本市、その他関係者の方々とワーキングで活発な議論を通じて検討した結果をとりまとめたものである。ワーキングのメンバーにこの場をかりて、感謝の意を表したいと思う。

参考文献

- 1) 福山市：福山市生活バス交通利用促進計画，2005.
- 2) 国土交通省中部運輸局：よりよい地域公共交通ネット

- ワークを形成するための提言書，2010.
- 3) 溝上章志，柿本竜治，橋本淳也：路線別特性評価に基づくバス路線網再編手法の提案，土木学会論文集，No.793，pp.27-39，2005.
- 4) 熊本市：熊本市地域公共交通総合連携計画，2009.
- 5) 竹内伝史，山田寿史：都市バスにおける公共補助の論理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，425/IV-14，pp.183-192，1991.
- 6) 国土交通省道路局都市・整備局：費用便益マニュアル，2003.

階層化手法による熊本都市圏バス路線網の再編*

溝上章志**・平野俊彦***・竹隈史明****・橋本淳也*****

本論文は、熊本都市圏のバス路線網再編を対象に、再編の手順や需要予測等の評価結果を報告するものである。バス路線網再編にあたっては、バス事業者の効率性と利用者の利便性に配慮し、階層化システムの概念を導入するとともに、バス事業者等を含めたワークショップ形式により、都市圏の一体的なバス路線網を構築した。その結果、従来の路線網と比較して約1/4まで路線を集約できたとともに、路線ポテンシャルの増加が確認され、バス事業者の効率性と利用者の利便性といった両視点から有効性が確認された。さらには、交通需要予測を実施し、需要面や費用対効果の観点から総合的な評価を行い、バス路線網再編の妥当性が確認された。

An Application of a Hierarchical Bus Network Design Method to Kumamoto Urban Area*

By Shoshi MIZOKAMI**・Toshihiko HIRANO***・Fumiaki TAKEKUMA****・Junya HASHIMOTO*****

The aim of this paper is to show the bus network reorganization planning in Kumamoto urban area based on the hierarchical network design method. This bus network is evaluated from the viewpoints of users and bus company and city government. Results of the cost benefit analysis shows that this planning runs a large deficit. However, it is economically effective.
