

# 階層化手法による熊本都市圏バス路線網の再編\*

## Reorganization of Bus Network by Hierarchizing Method on Kumamoto Urban Area\*

竹隈史明\*\*・溝上章志\*\*\*・橋本淳也\*\*\*\*

By Fumiaki TAKEKUMA\*\*・Shoshi MIZOKAMI\*\*\*・Junya HASHIMOTO\*\*\*\*

### 1. はじめに

熊本都市圏は、九州の中央部近く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100万人を超えている。熊本都市圏のバス路線網は、熊本市営バスと民間3社（H20.3時点）で構成され、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、バスの利用者数は約20年間で半減し、この10年においても約3割減少しており、その結果バス事業者の経営状況は年々悪化し、収支率は約76%、さらには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。

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、熊本市の対応として、競合する8路線を市営から民間に移譲した。さらには、平成21年4月には民間3社の共同出資による「熊本都市バス株式会社」を設立し、市営バスの7路線22系統の面的移譲を受け運行を開始するとともに、同年6月には熊本市長が市営バスの廃止の方針を表明するなど、変革期を迎えている。

このような中、熊本市における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について、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検討する、「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）」が設置された。協議会は、学識経験者をはじめ、バス事業者や公募市民等、バス事業を取り巻くステークホルダーがメンバーとなり、「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位置づけ、平成20年3月には「熊本市地域公共交通総合連携計画（以下、連携計画）」を策定した。

本研究は、連携計画で示されたバス路線再編計画を対象に、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。

\*キーワード：路線再編，地域公共交通，ゾーンバスシステム

\*\*正員，修(工)，復建調査設計株式会社

(福岡市博多区博多駅前2-17-19 安田第5ビル)

TEL：092-471-8324，E-mail：takekuma@fukken.co.jp

\*\*\*正員，工博，熊本大学大学院自然科学研究科

\*\*\*\*正員，博(工)，八代工業高等専門学校

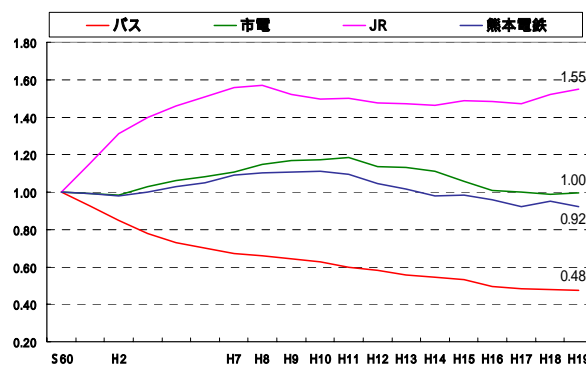


図 - 1 公共交通機関の利用者数の推移

### 2. 階層化の概念

熊本都市圏のバス路線網を形成する多くの系統は、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おり、1系統当たりの路線延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、各バス事業者が固有のテリトリー内に独自に系統を設定しており、熊本市内だけでも400以上の系統がある上、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な運行の妨げとなるとともに、バスに起因する交通渋滞の発生といった問題も生じている。

こうした状況を踏まえ、連携計画におけるバス路線網再編にあたっては、バス事業者間の垣根をなくし、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を目指すことを前提に、階層化（ゾーンバス）システムの概念を導入した。

具体には、下記の考え方にに基づき検討を行った。

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

上記のうち、鉄軌道系以外の軸に対するバスの幹線機能の強化

路線配置や需要特性等を踏まえた、幹線、市街地幹線、市街地環状、支線、中心部循環の5つの路線分類

都市構造と整合した交通結節点（乗換拠点）の設定

### 3. 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、溝上ら<sup>1)</sup>によって提案されている路線別特性評価手法の考え方にに基づき、1つ1つの路線に対して対応策を検討するのが客観的、かつ合理的と考える。しかし、従来の路線権といったバス事業者間の垣根をなくし、熊本都市圏として一体的、かつ利用者の利便性を第一としたバス路線網を構築することを念頭に、今回はバス事業者の熟練者を集めたワークショップを複数回開催することで、バス路線網再編計画を作成した。

階層化バス路線網再編の手順は下記のとおりである。

- Step1: 『8軸公共交通網』の概念を基本に、幹線路線を設定
- Step2: 幹線路線上の施設集積地等に都市構造（地域拠点）と整合したターミナルを設置
- Step3: 幹線路線を補完するための市街地幹線や、中心市街地を通過しない環状路線である市街地環状の設定
- Step4: ターミナル間を結ぶ路線や地域内を運行する支線の設定

ワークショップでは、各バス事業者及び熊本市がそれぞれ独自の路線再編計画を持ち寄り、それらをたたき台に活発な議論が行われた。

### 4. 階層化バス路線網再編計画の評価

バス路線網再編の結果、熊本市内だけでも 400 以上存在した系統を約 120 系統まで路線の集約等を行うことができた。また、バス系統の重複がなくなることで、バス停別の通過系統数は現況に比べて減少し、幹線路線においてはその傾向が顕著である。しかし、バス停別の運行本数を比較すると、大きな違いは生じておらず、むしろ 1 系統あたりの路線延長が短くなり、郊外部では現況より運行本数が増加するなど、バスのサービス水準向上が見られる。さらには、単位距離あたりの路線ポテンシャル<sup>1)</sup>は、現況で平均 33.7 人/km であったものが

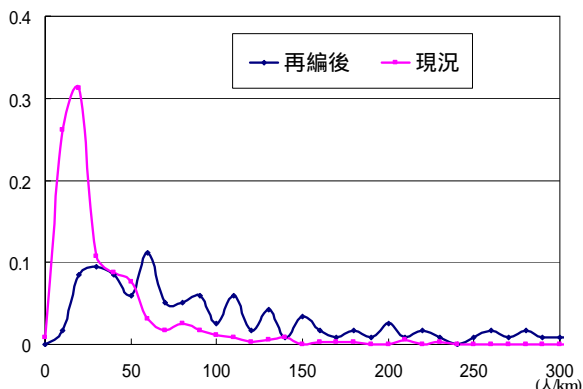


図 - 2 単位距離あたり路線ポテンシャルの変化

再編後は 100.5 人/km に増加し、特に現況で路線ポテンシャル 0~50 人/km に路線が多く集中していたのに対して、再編後は 0~150 人/km に改善され（図 - 2）、バス路線網再編計画の有効性が伺える。地域別に見ると、現況ではバス路線網が集中する都心部においてのみ路線ポテンシャルが高くなっているが、再編後は全域において路線ポテンシャルが高くなっているのが伺える（図 - 3, 図 - 4）。

しかし、ゾーンバスシステムを導入したことで、従来、郊外から都心まで乗換なしで移動できたものが、途中の結節点で乗り換える必要が生じるなど、全ODペアに対する乗換回数の割合は増加しており、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。なお、乗換回数は増加するもののバスで行くことができないODペアは減少するため、路線再編計画の有効性は伺える。

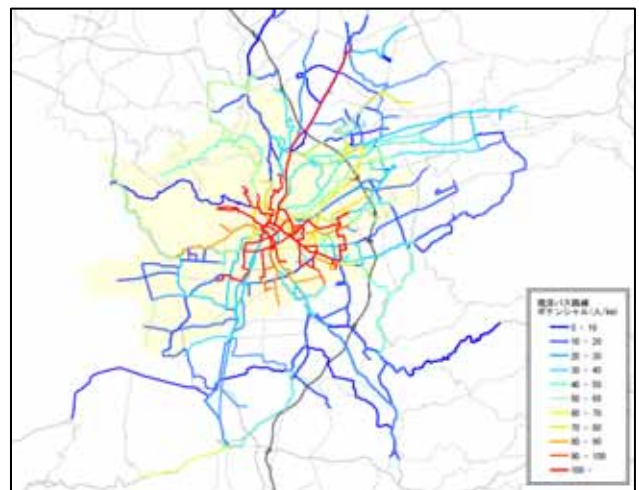


図 - 3 現況のバス路線ポテンシャル

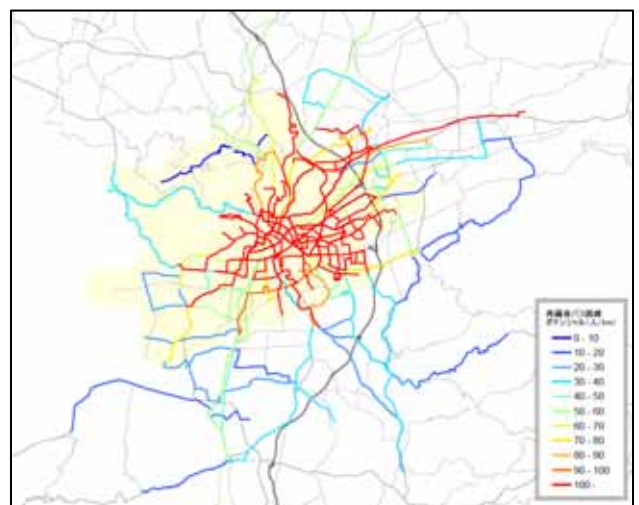


図 - 4 再編後のバス路線ポテンシャル

## 5. 階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

バス路線再編計画を評価するにあたっての交通需要予測のフローを図-5に示す。

対象地域は熊本都市圏（熊本市と周辺の13市町村）であり、ゾーンはH9年度第3回熊本都市圏PT調査のCゾーン177、配分するのは自動車とマストラ（バス、鉄道、市電）である。

まず、ゾーン間の自動車及びマストラの各サービス水準（所要時間、費用等）と利用実績（分担率）を基に交通機関分担モデルを作成する。現況の自動車OD需要はH9年度第3回熊本都市圏PT調査結果に対して自動車需要の伸び率を考慮して作成し、マストラOD需要は熊本都市圏で導入されている磁気カード（TO熊カード）のH20.6を基に作成した。作成した交通機関分担モデルを基に、再編後の自動車OD需要とマストラOD需要の予測を行い、各OD需要を道路網ネットワーク、もしくはマストラ路線網ネットワークに配分を行う。自動車OD需要は、熊本都市圏の道路網を対象に自動車配分モデル（均衡配分）を用いて配分し、道路区間別交通量を算出する。マストラに関しては、道路の混雑等を加味するため、自動車配分モデルより得られる道路区間別交通量からマストラ路線網の所要時間を算出し、配分モデルより系統別の利用需要を算出する。最後に、算出した道路区間別交通量と系統別利用需要を基に交通機関別OD間一般化費用を算出し、収束条件を満足するまで繰り返し計算を行う。

なお、交通需要予測は、国際協力事業団（JICA）が交通需要の予測と計画に関する効果的な技術移転を実現するために開発した交通需要推計汎用プログラムJICA STRADAを用いて行った。

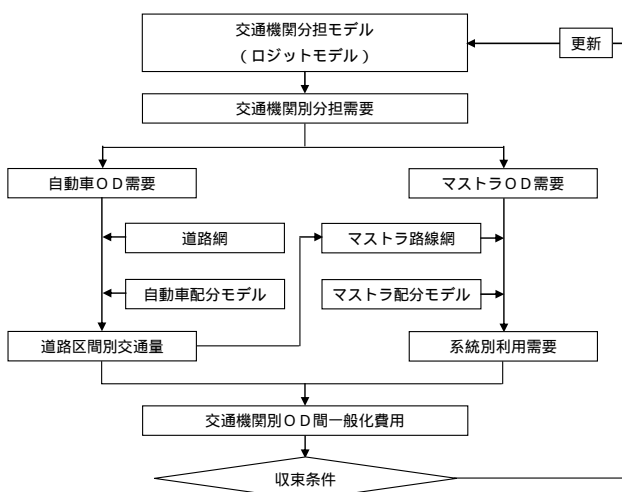


図-5 交通需要予測のフロー

### (2) バス停間ODデータの作成

本研究における需要予測の特徴の1つとして、磁気カード（TO熊カード）データに基づき、乗換行動などバス利用者の真の行動データに基づきOD需要を作成した点が挙げられる。従来の需要予測では、PT調査等から得られる結果を基にゾーン単位で作成されたOD需要が主に用いられてきたが、ゾーン単位ではバス停間などの詳細な交通行動を表現できないとともに、1本1本の路線設計を行う上で十分とは言い難い。さらには、一旦ゾーン単位で集計されたものを細分化することは、サンプル数などのデータ精度から信頼性が問題となる。

磁気カードからバス停間ODを作成するのに必要なデータ及び作成の流れを下記に示す。

必要なデータは、バス停に関するもので、バス事業者が独自に持っているバス停名称とコード番号のデータに加え、全事業者共通のオリジナルバス停データ、さらには、系統に関するもので、バス事業者の系統通過順データである。利用者に関するものとして、磁気カードに記録されている乗降データに加え、バス事業者の運行記録である運行データが必要となり、それらを変換・加工することでバス停間ODを作成した。

Step1: 複数のカードを同一個人が使用している場合を考慮し、乗降データのカード番号を基に個人識別番号を割り振る

Step2: 割り振った個人識別番号を基に、それぞれ時間順に並び替える

Step3: 乗車時にカードを通さなかった人など、乗車未記入レコードを処理するため、車番・系統・整理番号などの運行データを基に乗車バス停を推定

Step4: 乗降データに記録されているバス事業者独自のバス停データを、オリジナルの共通バス停データを基に統一停留所番号に変換

Step5: 運賃精算上は同一でも、交通行動上は別行動とするため、各個人の一連の移動の中で不連続になるデータを抽出してデータを区切る

上記の流れでバス停間ODを作成したが、コード番号（系統・停留所）が社内で不統一、各事業者が設定している番号に規則性がない、さらには各事業者が所有している停留所コードの不一致や運賃パックと車両との対応が不一致など、分析上の問題点も明らかになった。

### (3) 交通機関分担モデルの推定結果

交通機関分担モデルは2項ロジットを採用しており、推定結果を表-1に示す。説明変数は、所要時間差(MT-CAR)、MT費用/最短距離(円/km)、CAR費用(円)、乗換回数(回)、さらには着都心部ダミーであり、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



表 - 1 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
常数項 (MT 項)	-1.611	19.1
所要時間差 (MT CAR)	-0.227	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
着都心部ダミー	0.414	10.5

表 - 2 MT 分担率及び総収入の比較 (現況 1.0)

評価指標	乗換料金有	距離比例制(乗換料金無)
MT 分担率	0.990	1.027
MT 総収入	0.932	0.802

離の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。

#### (4) 交通需要予測結果

バス路線網再編計画の評価は、現況に対して再編後の乗換料金の有無を比較することで行った。交通機関分担モデル、さらには交通需要予測結果から得られるマストラ分担率(%)とマストラ総収入(千円/日)の比較結果を表-2に、さらには路線別単位距離あたり乗車人員の分布を図-6に示す。表-2より、バス路線再編により目的地までの乗換回数の増加、さらには乗換料金による費用負担の増加に伴い、マストラの分担率は現況と比較して1%減少し、総収入も約7%減少する。しかし、距離比例制(乗換料金無)にすることで分担率は約3%増加する。単位距離あたりの乗車人員は、バス路線網の再編により増加し、乗換料金を無くすことでさらに増加することが伺え、効率的な運行が可能となっている。なお、マストラの総収入は乗換料金を無くすことで2割程度減少するため、路線再編や料金施策以外にも、乗換環

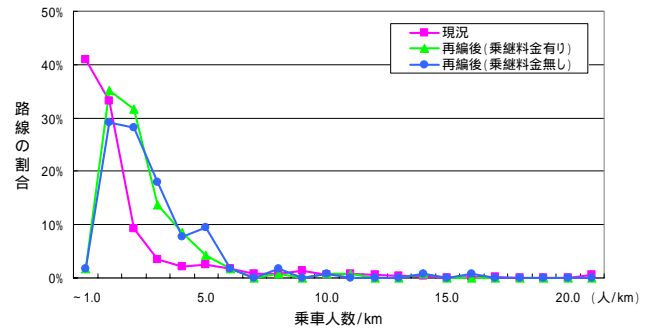


図 - 6 路線別単位距離あたりの乗車人員の分布

境の整備やモビリティマネジメントの実施など、さらなる利用促進策が必要とともに、運行経費の削減に向けた取り組みが路線バスを維持していくためにも必要となってくる。

さらに、図-7より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、乗換料金を無くすことで、幹線と接続する郊外部の支線などで輸送人員の増加が伺える。

#### 6. 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市民・事業者・行政のそれぞれの立場・視点からの評価が重要となってくる。

市民としては、利便性の高いバス路線網とサービスを楽しむことであり、その評価指標としては路線のわかりやすさや目的地への行きやすさ等が考えられる。これらは、実証実験等を通じた評価や段階的に進められるバス路線再編に対する評価を通じて、随時見直し等を行い理想的なバス路線網の構築が望まれる。なお、市民は地域公共交通を維持し、自らの生活交通を確保するため

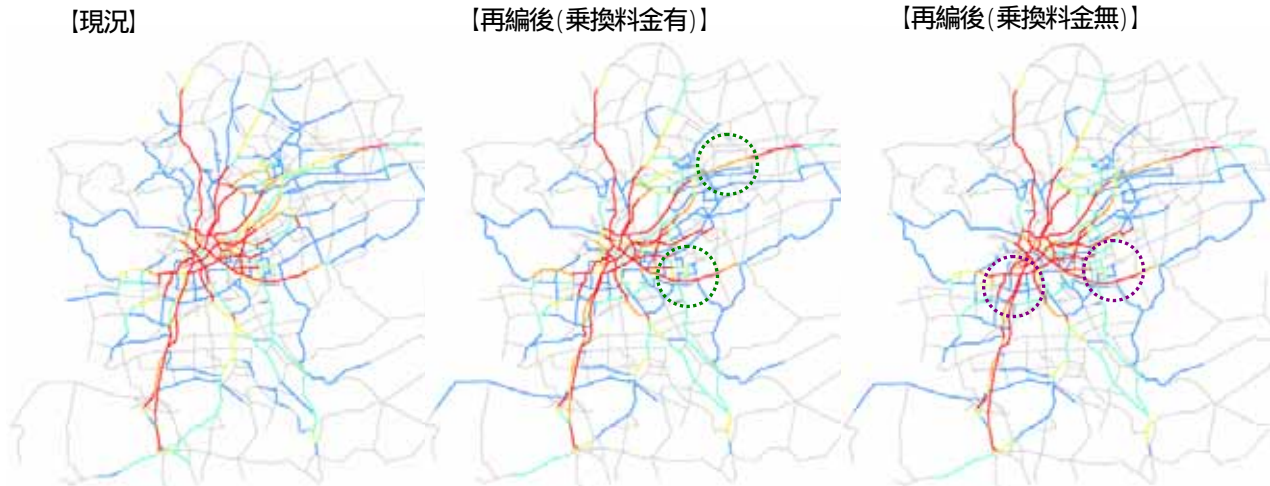


図 - 7 路線別の需要予測結果 (輸送人員)

にも、積極的な利用を図る意識の改革も求められている。

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も、運行効率性や採算性といった経営面からの視点が重要となってくる。サービス等の評価にあたっては、市民の評価同様、実証実験やバス路線再編を進める中でPDCAサイクルを構築し、利用者ニーズに合致したサービスを模索するとともに、運行効率性や採算性の評価も可能である。しかし、運行効率性や採算性に関しては、事前の需要予測や経営シミュレーション等を通じた検討も必要と考える。

最後に、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、市民の生活交通を確保する観点からの公平性などが求められる。特に、費用便益分析は、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ため、今回のバス路線再編計画に対する便益を算出することで、事業評価を行った。

バス路線網再編がもたらす便益は、バス利用者のみならず、バス事業者、さらには自動車利用者など様々な主体に及ぼすと考えられる。そのため、便益算出は、バスで早くかつ安く目的地に行くことが可能となることによるバス利用者便益と、バス利用者が増加することで収入が増加することによる供給者便益、さらには自動車利用者が減少することにより道路上の環境等が改善される便益の3つの視点から行った。

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。一方、供給者便益に関しては、収入は乗換料金の有無による影響で乗換料金有の場合が高くなる。しかし、自動車利用者等の便益である環境等改善便益は、乗換料金有の場合、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2億円/年の便益が見込まれる結果となった。トータルで見ると、乗換料金有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、たとえ乗換料金が無くなることの負担分

表 - 3 費用便益分析結果

		乗換料金有	距離比例制
利用者便益		10.28	41.41
供給者便益(収支)		76.86 - 費用	59.95 - 費用
環境等改善便益	所要時間短縮便益	- 0.97	0.04
	走行費用減少便益	- 0.50	0.81
	大気汚染の改善便益	- 0.48	0.43
	CO2 排出量の改善便益	- 0.03	0.03
	交通事故減少便益	- 0.54	0.54
小計		- 2.53	1.85
合計		84.61 - 費用	103.21 - 費用

注) 時間価値: 40.10 円/分・台、単位: 億円/年

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制の導入は有効と考えられる。

## 7. 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、評価手法の有効性を検証する必要がある。

また、需要予測結果からも分かるように、需要増に向けて乗換料金を無くすことがバス事業者の収入減につながるなど、路線再編計画の実現に向けた課題も明らかになる一方、その補填分に対する行政支援の判断に対して費用便益分析を用いることで可能となった。今後は、事業者コストの算出や路線再編に伴う全体の費用を踏まえた総合的かつ長期的な視点からの評価が必要であり、その際には、熊本市全体におけるバス事業の運行体制やそのスキーム等の検討が、バス路線網再編の実現に向けて必要と考える。

## 補注

\*1 路線ポテンシャルとは需要に対する各路線の素質のようなもので、各バス停の沿線に居住、あるいは従業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す。ここでいう潜在需要とは、当該バス路線の沿道から発生する可能性のあるトリップ数の最大値ではなく、路線の設定ルートやその延長、路線上のバス停の位置とその数などの物理的・地理的要因などが決められれば、当該路線の沿線から獲得可能な標準的バス利用需要である。

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) 溝上, 柿本, 橋本: 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/ - 68, pp.27-39, 2005.7.
- 2) 熊本市地域公共交通総合連携計画, 2009.3