

# 地域バス交通の持続性向上のための ネットワーク・メタデザインに関する基礎的研究

青木 保親<sup>1</sup>・土井 健司<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 学生員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)  
E-mail:aoki.yasuchika@civil.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 大阪大学大学院 教授 工学研究科地球総合工学専攻 (同上)  
E-mail:doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

わが国では、人口減少、高齢化の進行下において地域公共交通を維持することが困難となり、様々な課題が顕在化しつつあるにもかかわらず、地域政策・戦略レベルでの議論や市民・利用者への影響が考慮されないまま交通事業者の実施・運用レベルでの判断により廃止が進んでいる。本稿では、地域バス交通の持続性を高めるために効率性と利便性とを両立しうるネットワークを実現するため、利用者・市民を中心に据えた3層のメタデザインの枠組みを提案している。また、ICカードデータの活用により、実施・運用レベルのネットワーク再編の効果を簡便に推計する手法を提案し、岐阜市において行ったバス交通ネットワーク再編の効果を示すとともに、今後のより本格的なネットワーク再編の効果予測を試み、最終アウトカムを重視した地域公共交通をめぐる関係性構築や政策・戦略というより上位レベルのデザインの必要性を示唆している。

**Key words:** *local public transport, bus network, network hierarchy, meta design, logic model*

## 1. はじめに

わが国では、人口減少と超高齢社会の到来に対応できる持続可能な都市の構築に向けたコンパクトシティとこれを支える公共交通ネットワークを柱とする計画の実現に向けた取り組みが進んでいる。2019年12月末で、これらの計画の柱となる立地適正化計画を策定した自治体は全国で499、地域公共交通網形成計画は539と両計画の策定は進んでいるものの、施策の実施に向けた取り組みは進んでいない。このような状況を踏まえ、国は、2020年2月に全ての自治体に持続可能な公共交通を確保するための地域公共交通計画(マスタープラン)策定の努力義務を課す法改正を閣議決定した。しかし、公共交通の維持の不確実性およびコンパクトシティの実現可能性についての懸念が指摘されている<sup>1)</sup>。特に、公共交通については、モータリゼーションの進展により、自動車への過度の依存が進み、低密度な市街地の拡大や都市施設の郊外への流失により公共交通の衰退を招き、公共交通サービス水準の低下および廃止を繰り返す負のスパイラルから脱却できていない。さらに、人口減少、高齢化が著しい地方都市においては、鉄道およびバスなどの地域公共交通の維持に腐心している。これに加え、生産年齢人口の減少に伴い全産業で労働者不足が顕在化する中で、他産業に比べ雇用環境や労働条件が劣る公共交通事業においては、労働者不足が深刻化しており、もはや公共交通事業者が単独で問題を解決できなくなっている。

働者不足が深刻化しており、もはや公共交通事業者が単独で問題を解決できなくなっている。

そうした状況にもかかわらず、地方自治体が道路整備を重視する一方で公共交通に対し消極的であったことが負のスパイラルを加速させている。今後、人口減少と少子高齢化による超高齢化が確実に進行する未来では、公共交通の更なる衰退により、単に移動手段を喪失するにとどまらず、地域全体を衰退させる。しかし、公共交通の衰退が地域に及ぼす社会的影響についての議論が深まっていないことが、危機感の共有化を妨げている。

本稿では、公共交通を提供および維持する側の視点から受ける側の利用者や市民の視点を重視し、さまざまな政策および戦略の連携から運用実施施策をより良いものとするとともに、地域が公共交通を支えるために必要な資源の確保の意識を共有することにより、将来にわたり地域と共に発展しうる公共交通の実現を目指す。ただし本稿においては、再編が容易な地域バス交通(以下バス交通と表記)を対象とする。

なお、ネットワークデザインという言葉は、既に通信・輸送・交通分野において広く用いられており、主にシステムの最適化や効率化を図る数理モデリングなどの行為を指すものと認識されている<sup>2)</sup>。これに対して、本稿で用いるネットワーク・メタデザインとは、数理的なアプローチを指向するものではなく、アクティビティ、プロセスそして目的を重視し

た共創型のデザイン<sup>3)</sup>を目指すメタレベルのネットワークデザインである。メタデザインとは、G. Fischerによれば、答えが不明瞭な問題に対する学習環境として、全ての利害関係者の参画、貢献、共有、フィードバックを支援する理論的枠組みであり、全ての学習者が意義を感じる問題への co-designer となること、そして全ての声が反映される参加型の文化を支援するものと定義される<sup>4)</sup>。

## 2. バス交通の課題と研究の位置づけ

### (1) バス交通の現状と課題

バス交通は、一定の道路整備環境下において、利用者のニーズに合わせ、出発地から目的地までの様々なルートが設定され、都市または地域をカバーしている。しかし、各々の路線が相互に接続され、多様な目的地への到達を可能とする利便性の高い移動サービスを提供できていないと言いが難い。特に、地方都市においては、バス利用者の減少から採算性が悪化し、サービス水準の見直しやバス路線の改廃が進む負のスパイラルからの脱却の方向性が見いだせていない。さらに、バス運転手の確保が困難となってきたことや自治体の財政支援にも限りがあることから、バス交通の維持が困難となっている。また、自治体主導でコミュニティバスおよびダイヤモンド交通の導入は進んでいるものの、地域および都市全体の公共交通サービス水準の低下に歯止めがかかっていない。

このため、国は、自治体を中心となって、地域全体の持続的な公共交通を確保するための地域公共交通網形成計画（以下、網計画）の策定を推進している。この計画では、バス交通を中心として、鉄軌道、路線バスおよびコミュニティバスなどのラストマイル交通とのネットワークを図ることに加え、立地適正化計画との連携により、居住や都市の生活を支える機能を誘導することにより、コンパクトなまちづくりと、これを支える持続的な公共交通を確保することを目指している。

また、この網計画を実現するための地域公共交通再編実施計画（以下、再編実施計画）では、道路運送事業の許認可内容を計画に明記することにより、許認可手続きの簡素化を図っている。この再編実施計画は、公共交通事業者と行政との連携を前提として、事業の効率性の向上とあわせ、行政の補助金を明記し、運行資金の担保をすることにより、地域公共交通の再編に伴う経営リスクの回避と計画期間内の公共交通を確保することを目指している。しかし、行政と運行事業者との連携が進まないことから、計画策定事例が極めて少ない。さらに、運行サービスを提供する側（行政・運行事業者）の視点である効率性に重点が置かれ、利用者の視点からの利便性の確保が明確にされていないため、中長期で持続性を高める計画となっていない。

### (2) 既往研究と研究の位置づけ

これまでに、持続的なバス交通に関する研究として、竹内<sup>5)</sup>らはバス路線毎の潜在需要を含めた路線評価手法の提案し、行政の補助により維持すべきバス路線を明確にした。大井<sup>6)</sup>らは、地方都市におけるバス路線の利用されない場合の非利用価値を含めたバス路線毎の評価を提案し、公的補助の合意形成に向けた提案を行った。また、東本<sup>7)</sup>らはバス路線毎の経営効率性と廃止による影響を受ける人口で評価し、公的補助が必要な路線の数値的な評価を提案している。これらの研究は、バス交通が独立採算で維持していくことが困難となる中で、地域のモビリティ確保に果たす役割に注目し、自治体の積極的な補助のあり方を示している。

バス路線網の再編に関する研究では、溝上<sup>8)</sup>らは、バス路線毎の生産効率性、潜在需要の顕在化可能性の視点から路線を評価し、システマチックなバス路線の廃止・統合により、収支の改善と補助金の両方を加味したバス路線再編手法を提案している。

本稿においては、地域公共交通の問題を供給側の実施・運用レベルの問題に終始させず、地域政策・戦略レベルおよび市民・利用者を含む地域全体の関係性構築レベルに呼応させた階層的なネットワークの構築の問題と位置付ける。その上で、著者が岐阜市役所在職中に主導した岐阜市バス交通ネットワークを事例として、ネットワーク・メタデザインの枠組みとその適用例を示すものである。

本稿においては、地域公共交通の問題を供給側の実施・運用レベルの問題に終始させず、地域政策・戦略レベルおよび市民・利用者を含む地域全体の関係性構築レベルに呼応させた階層的なネットワークの構築の問題と位置付ける。その上で、著者が岐阜市役所在職中に主導した岐阜市バス交通ネットワークを事例として、ネットワーク・メタデザインの枠組みとその適用例を示すものである。

## 3. バス交通のネットワーク・メタデザイン

### (1) 効率性と利便性とを両立させるバス交通ネットワークの必要性

ネットワークは、通信・放送・輸送・交通などに関して「連絡を保ち網状になっている構成」として定義される。具体的には、ネットワークは点としてのノードと線としてのリンクから成る網状の構造であり、ノードにおいてリンク相互の連絡が保たれる。交通分野においては、こうした構造が道路ネットワークには見られるものの、地域公共交通、特にバス交通においてはリンク間の連絡を保つというノード本来の機能が発揮されていないケースが多い。事業者の観点からバス交通の持続性を高める上では、運行継続に必要な労働力および財源等のリソースの減少にも対応しうる効率性の確保が重要である。このためには、リンク毎の需要量に対応した輸送力および運行頻度の設定を可能とする柔軟なネットワーク

づくりが求められる。そのためには、ノード本来の機能を発揮する乗継拠点を設けた上で、乗継拠点間をつなぐ幹線区間を軸として、起点からの端末交通→支線→幹線→支線→終点への端末交通という階層構造を構築することが必要となる。しかしながら、乗り継ぎを前提としたシステムに対しては、乗継抵抗による利用者離れへの懸念が大きく、国内で導入された事例は極めて少ない。また、ネットワークの導入後に混乱を招いている事例も見られる。したがって、乗継抵抗の軽減に加え、乗継拠点間をつなぐ幹線区間でのサービス向上等により、全体としては移動の利便性を損なわないネットワークづくりが求められる。

(2) バス交通ネットワークの課題

バス交通は、バス停をつなぎ、起点および終点のバス停を結ぶ路線を単位として、運行ダイヤと運行に必要な運転者数とバス車両数を定めて運行している。前述のとおり、バス交通においては鉄道のように乗り継ぎを前提としたネットワークは、利用者離れの懸念から、導入事例は極めて少ない。都市部においても、起終点の異なる複数のバス路線が単に重なり合っていることが多く、機能的な階層構造を持った幹線・支線・端末またはラストマイル交通のネットワークは構築されていない。また、各々の路線は、利用が多い区間と少ない区間を持ち合わせ、利用が少ない区間の比重が高まるにつれ、当該路線の採算性は悪化する。さらに、運転手不足やバス車両数の確保および運行事業者の経営体力など制約から、需要の多い区間では、利用者に適正なサービスを提供できているとは言い難い。

こうした課題に対応し、効率性と需要に応じた利便性とを両立させうるバス交通ネットワークを構築するためには、図-1 に示すように、公共交通軸と都市の拠点を明確にした上で、利便性の高い幹線沿線および乗継拠点への都市機能や居住機能を誘導するネットワーク主導型のコンパクトシティの発想が必須と思われる。そして、利用者・市民を中心に据え、

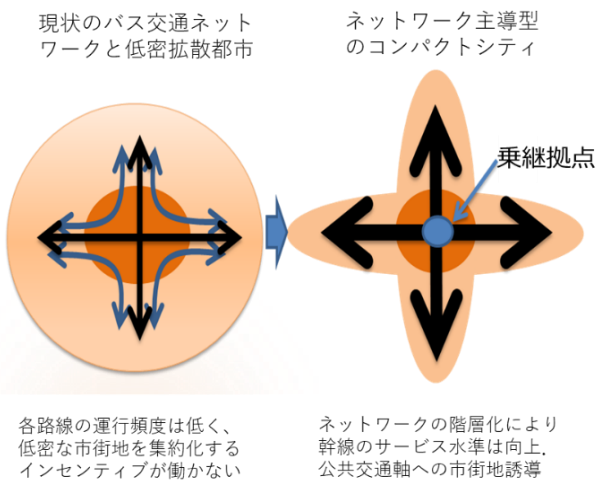


図-1 乗継拠点を有する公共交通ネットワークとコンパクトシティのイメージ図

目的と投入資源との関係を論理的に明らかにし、エビデンスに基づく分析評価を地域に還元するサイクルに沿ったプロセスおよびアクティビティを重視した共創型のデザインが求められる。

(3) バス交通を対象としたネットワーク・メタデザイン

従来から用いられてきている「デザイン」とは、あるべき姿を実現する合目的性を有し、それをメッセージとして人に印象づける行為である。ここで言う合目的性あるいは目的合理性とは、ある目的を遂行する際に効率性そのものを追求する姿勢である。他方、目的の遂行ではなく、目的そのものの意味を問う姿勢は価値合理性と呼ばれる。この対置関係を引用すれば、従来のネットワークデザインは目的合理的行為であるが、利用者・市民を中心に据え、都市政策との連携を必須とする今日のそれは、価値合理的行為の範疇に含まれる。

ユーザ中心デザインや参加型デザインの発展形である。メタデザインは、価値合理性を重視し、より広い参加を促すための技術的および社会的な条件を生み出す「デザインプロセスのデザイン( designing the design process)」と称される行為である。これらの意味において、前節の課題を抱える適用意義が高いと考えられる。バス交通ネットワークに当てはめた場合、上述の参加を促すための技術的および社会的条件として、1) 利用者・市民の需要やニーズを小まめに把握し、サービス改善に反映させるためのシステムづくり(交通 IC カードの活用や MaaS 化等)、2) 課題解決のアイデアを可視化し、そのプロトタイプを実際に目で見て学ぶ「理解→かたちにする→学習」の反復的な実験の仕組み、および 3) 最終目標に照らした社会的なインパクトの評価や機動性の高い PDARU サイクルの仕組み<sup>9)</sup>などが挙げられる。

なお、メタデザインの実践に向けて、CA. Vassão は 1) 抽象概念化、2) 図解と位相幾何学的思考、3) 手続き・手順の提示、4) 予測外の結果の利用の 4 つのツールを挙げている<sup>10)</sup>。本稿で提案するネットワーク・メタデザインは、従来のバス交通ネットワークの議論に欠けていた前二者を特に重視するものである。その上で、形態においては需要に応じた階層構造を持つ幹線・支線およびラストマイル交通からなるネットワークを念頭に置き、その実現のために、図-2 に示す 3 層の抽象概念を設定する。すなわち、1) 公共交

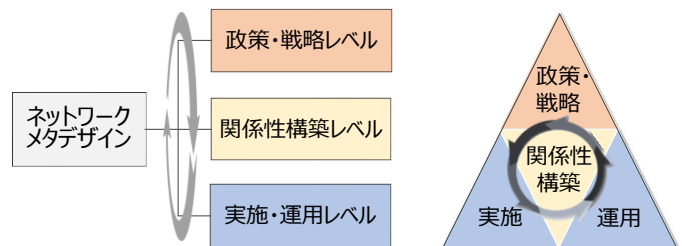


図-2 ネットワーク・メタデザインの枠組み



通に関わる政策・戦略の横断的な連携, 2)公共交通をめぐり利害関係者が各々の義務と責任を明確化, あるいは各々の役割を見直す関係性構築, および 3)実施・運用の3つである. この3つの要素を, 図-2の右図のように, 関係性構築層を中心に据え, 政策・戦略～実施・運用層のデザインを PDRAU サイクルに沿って循環させる枠組みを, 本稿ではバス交通のネットワーク・メタデザインと定義する.

#### 4. 岐阜市のネットワーク・メタデザインの試み

##### (1) 岐阜市のバス交通ネットワーク再編のプロセス

前節に示したメタデザインの枠組みに従い, 岐阜市のバス交通ネットワーク再編の取り組みは, 以下のように整理される.

##### a) 政策・戦略レベル

岐阜市では, 昭和 60 年からの人口減少と過度な自動車交通への依存とが相まって, 長年にわたり公共交通利用者が減少していた. その結果, 平成 14 年に市営バスの廃止が決定され, その後, 市営バス全路線, 名古屋鉄道(株)のバス路線および名鉄市内電車, 美濃町線, 揖斐線の 3 線, 約 36.6 km が廃止され, 市内の公共交通は民間のバス会社 1 社が担うこととなった. 市は, この公共交通の変化に危機感を持ち, 国の関与と公共交通事業者により維持されてきた公共交通に積極的に関与する方針を打ち出した. その上で, 市の重要政策の柱として公共交通政策を初めて位置付けた「岐阜市総合交通政策」を策定した.

そのもとで, 本計画では, 平成 10 年時点でのバスが利用できるバス停勢圏人口の市人口に占める割合とバスの運行頻度の維持を図るため, 乗り継ぎを伴う幹線・支線へのバスネットワーク化を実現し, 効率化を図る実施計画を策定した. その後, 公共交通政策を, 地球環境, 福祉医療, 都市計画, 道路および中心市街地活性化などの市の主要施策と連携させ, 効果的かつ実現性を高める戦略的な「岐阜市総合交通戦略」を策定した.

##### b) 関係性構築レベル

公共交通を政策として位置付けた岐阜市総合交通政策の策定にあたっては, 地域住民が中心となった市民交通会議の開催とあわせ, 策定委員会に市民からの公募委員を加えるなど, 市民の合意形成に重点を置いた.

この計画を実施に移していくためには, 事業収支が悪化し, 経営体力が不足したバス交通事業者が単独で事業を行うのは困難であった. また, 自治体も超高齢社会の到来により医療福祉費が増加し, 財政余力が低下している中で, 税による公共交通への支援を行うにあたっては, 国庫補助金の活用などにより市財政の負担軽減を図ることが求められた. こうした課題に対応するために, 国, 自治体および事業者の適切な事業連携を図るための関係性の構築が

必要となった.

乗継抵抗としては, 時間的, 身体的, 経済的な負担の増加に加え, 乗継失敗の心理的負担が考えられる. これらの負担を軽減する施策として, 岐阜市は, バスレーン(走行時間短縮), PTPS(信号停車時間の短縮), 磁気カードの IC カード化(バス停での乗降時間短縮), バスの低床化(乗降の身体的負担軽減)を推進した. さらに幹線の信頼性を高めるため BRT (Bus Rapid Transit) の推進を図っている. これら施策の推進にあたっては, 国庫補助の活用, 交通事業者の適切な費用負担のほか, 市が沿線住民の合意形成や道路管理者および交通管理者との協議などの役割を担った. このように, 市がコーディネーター役を務め, 関係機関協議や住民の合意形成の過程を踏むことにより, 市民を含む地域全体の関係性を構築した. これらの取り組みの結果, 地方都市では初めてとなる BRT の円滑な導入を実現している.

以上に加え, 高齢化に伴う交通弱者の通院・買い物などの日常生活のラストワンマイルを確保するため, コミュニティバスを導入している. このコミュニティバスは, 図-3に示すように需要の階層を明確にし, 路線バスとの競合による利用者の奪い合いを回避するとともに, 路線バスとのネットワークにより相乗的な利用促進効果を生み出している. また, このコミュニティバスシステムの特徴は, 地域住民が中心となる運営協議会が試行錯誤を重ね, 地域が地域に適したコミュニティバスをつくりあげていくことにある. その実効性を高めるため, 地域ごとの継続基準(廃止基準でもある)により, 地域住民がコミュニティバス運行の当事者となって取り組むシステムを導入し, これまでに全市の 80% を超える地域で導入が進んでいる.

さらに, この取組を通し「地域のコミュニティバスは地域が守り育てる」, 「公共交通は地域の財産」とする意識を, 市民を含むすべての関係者が共有し, 協働することにより関係性を構築する公共交通条例を制定した.

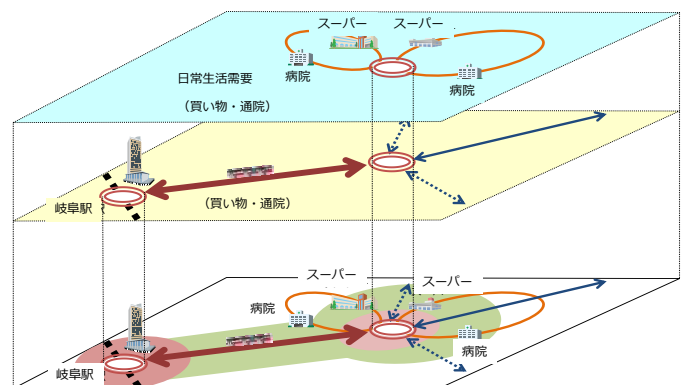


図-3 階層構造のバス交通ネットワークのイメージ図

c) 実施・運用レベル

前述した国、市、地域住民および交通事業者の関係性構築レベルデザインによる乗継抵抗軽減ツールの整備やBRT導入などを経て、路線バスのネットワークに求められる交通事業者と行政との連携の下に、網計画の策定と国内第1号となる再編実施計画の策定と、その実施を可能としている。

再編実施計画の策定にあたっては、運転手不足を補う運行の効率化と利便性の低下となる時間帯別の乗継発生量などを定量的に分析するとともに、路線単位ではなく、市域のネットワーク全体の総合的な評価が求められる。このためには、エビデンスベースの再編の実施とデータ収集とその検証を行い、その結果を地域の全ての関

係者が共有し、計画に反映させる過程を可視化させたロジックモデルを重視したPDARUサイクルの実施が求められた。最終アウトカムであるバス交通の持続性の向上のためには、図4に示すように、①計画策定時にロジックモデルを検討し、評価した計画を策定するとともに評価の範囲と評価方法を決定し、②実行(Do)時にデータの測定・収集により客観的事実に基づくエビデンスのアプローチを行い、③データに基づき課題および阻害要因を分析し、④その結果をメタデザインの見直しの意思決

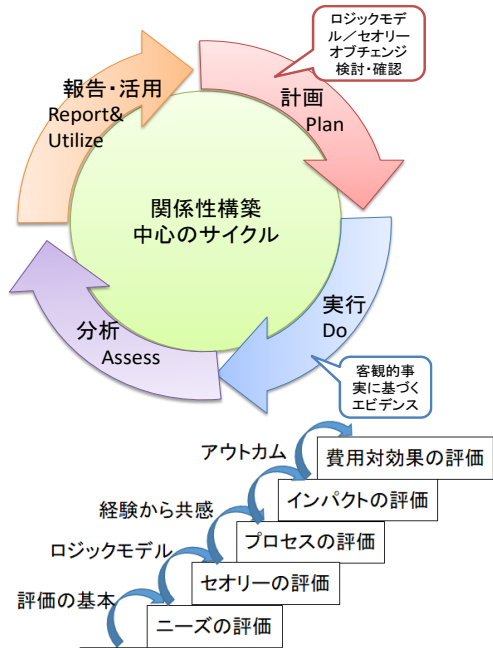


図-4 メタデザインにおけるPDARUサイクル

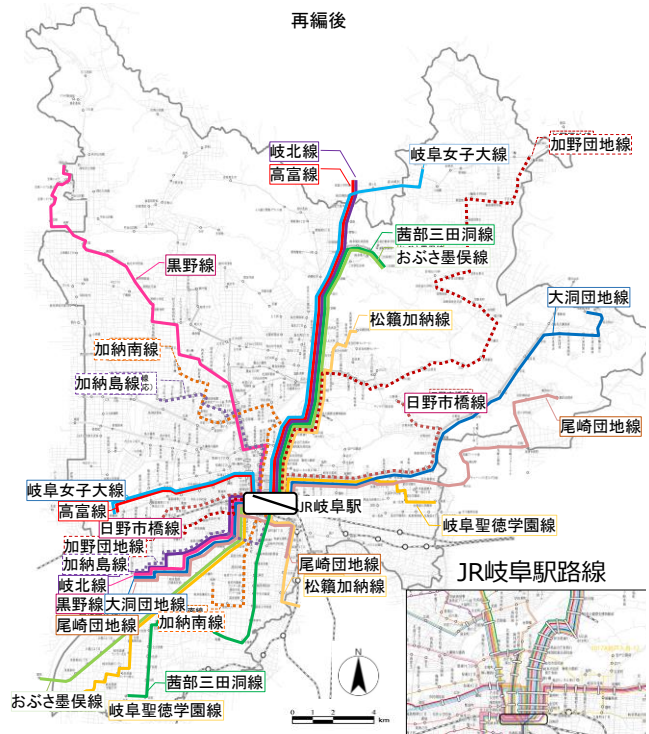


図-5 再編後でのバス路線網の変化(市全域)

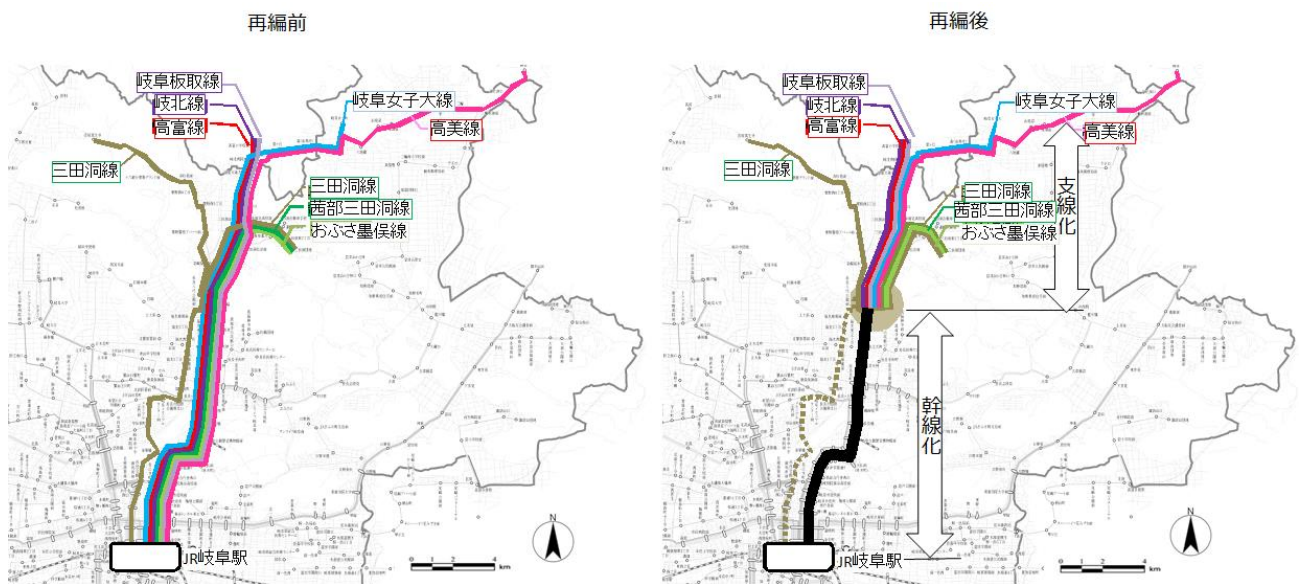


図-6 再編前後でのバス路線網の変化(都心および近郊区)



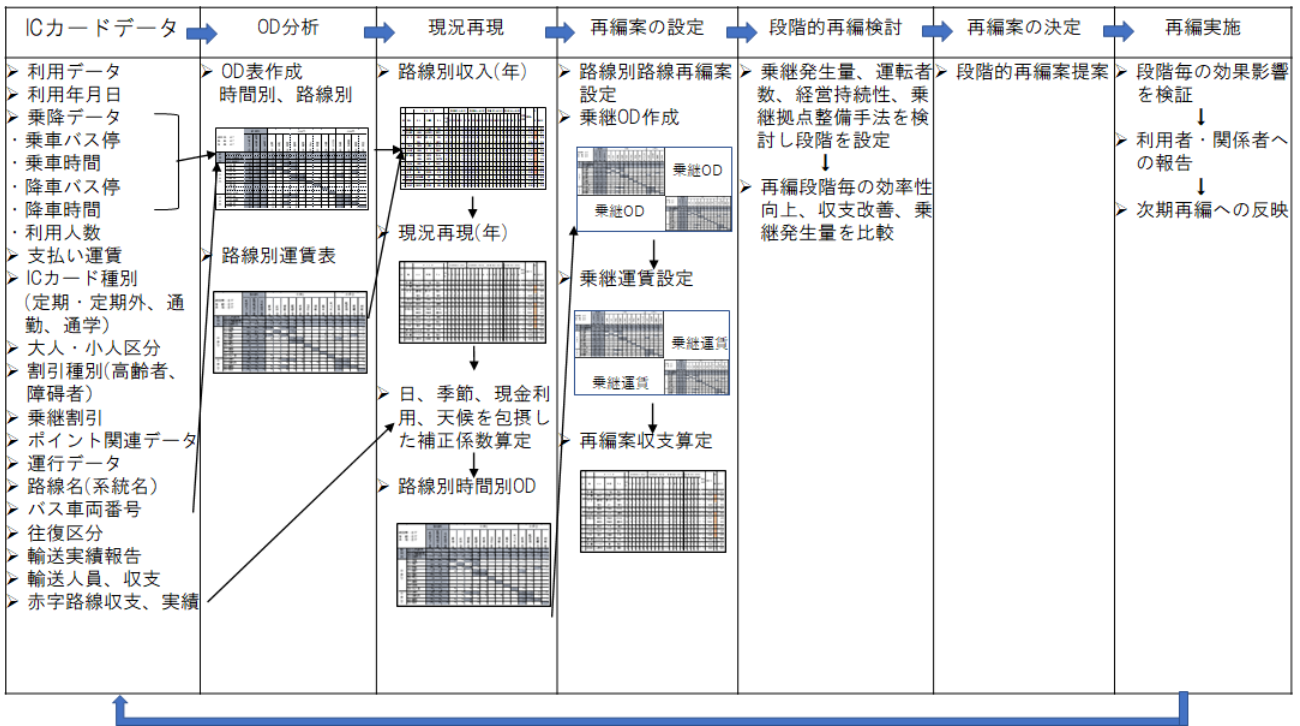


図-7 ネットワーク再編に関わる分析と意思決定の手順（付録 A 参照）

定に反映させるとともに、投入資源確保の意思決定へと繋がる報告をする PDARU (Plan Do Assess Report & Utilize) サイクルが重要となる。

ロジックモデルとは、一定の仮説の下、事業における「資源」「活動」「直接の結果」「成果」を論理的に繋ぎ合わせ、成果を上げるために必要な要素を可視化するものである。このロジックモデルを作成することにより、達成すべき成果目標からバックキャストし、成果を高めるために必要な投入資源や施策および関係者の役割分担を図ることが可能となる。

以上の取り組みを、再編前後での路線網の違いとして示したものが図-5、図-6 である。

**(2) 現在までのネットワーク再編の効果**

以上に示した再編実施計画の効果について、利用者数路線別の収支変化および市民満足度の面から評価を試みた。その結果は以下のように整理される。

- ① 利便性の観点では、JR 岐阜駅をハブとした 2 幹線と 2 支線への分割により、2 支線は幹線への乗り換え等により利用者は 7.1%減少したが、2 幹線は約 2.5%増加し、幹線・支線の合計利用者数では約 1%の増加がみられた。
- ② 運行効率においては、当該路線の実走行距離を約 50 km/日、運行経費で 9.6%削減できた。また、バスネットワーク全体では、幹線の利用者が増加するとともに、再編に伴う実走行距離の抑制による効率化と、

これらの相乗効果により黒字路線比率が 3 割から 8 割に上昇した。

- ③ 市民満足度においては、コミュニティバスを含む公共交通の満足度は 48.0%と再編前から 3.5%上昇しており、バス路線の幹線・支線への分割は、利便性の低下や満足度の低下を招いていないことが確認された。なお、①、②の評価にあたっては、再編前後の 3 ヶ月間の利用者数をバス IC カードデータに基づき集計した。岐阜市においては、全路線バス車両に IC カードシステムが導入されており、その利用率は約 77%、残りは現金利用で、利用者数は IC カードデータから得られた利用者数に現金利用者数の補正を行った。②の路線別収支については、交通事業者の路線別収支データとも照合している。③の市民の満足度調査は、全市民から無作為に抽出した 5,100 戸に郵送でアンケートを送付し、得られた有効回答 2,165 票（回収率 42.5%）の回答結果を集計した。

**(3) 今後の本格的なネットワーク再編の効果予測**

以上、ネットワーク・メタデザインの枠組みに沿って、これまでの再編のプロセスと効果を示した。結果として、利便性や市民満足度の低下を招くことなく、運行効率および収支の改善につながるネットワーク再編に着手できたことを明らかにした。今後はメタデザインの循環的な PDARU サイクルに沿って、より本格的な再編へと踏み込むことが望まれる。

表-1 今後の段階的なネットワーク再編の効果予測

再編内容	路線距離 (km)	乗車数 (乗継利用含) (人/日)		年間収入 (千円/年)	運行本数 (台/日)	営業キロ (km/日)		年間支出 (千円/年)
		全日 5-23 時台	乗継利用 数の増加			1日合計 5-23 時台	1日 台キロ	
①現況	508.1	52,160	—	3,553,023	2,411	29,999	30,840	3,785,603
①補助対象路線再編	473.0	52,828	668	3,579,067	2,441	28,380	29,234	3,588,467
②ハブの設置 (JR 岐阜駅ハブ化)	476.5	55,955	3,127	3,703,470	2,693	25,478	26,247	3,221,813
③トランジットセンター設置 (N 幹線・郊外)	431.4	59,878	3,923	3,854,634	2,702	22,994	23,688	2,907,697

そこで、これまでの再編がなされた JR 岐阜駅の北部エリアにおける再編の効果を試算した。ネットワークの再編とバスターミナルの整備を合わせた効果の試算に際しては、公共交通事業者の IC カードデータを基に、ピーク時、オフピーク時の運行本数、利用者数、乗継利用者数、支払い運賃額から路線ごとの収支の推計モデルを作成し、幹線・支線という階層構造を構築した場合の効率化の試算を行った。再編後のサービス水準は、時間需要に応じた輸送量を確保し、幹線は 5 分ヘッドダイヤを基本とするとともに、支線は 30 分ヘッドを最低限のサービス水準を設定した。また、輸送力は、大型乗合車両は定員 60 人/両、BRT については 100 人/両とした。なお、再編の段階設定は、路線のネットワークの特性、利用状況、乗継環境整備のスケジュールおよび運転手及び車両資源に応じ設定した。なお、利用者数は全国的な傾向としては近年、微増傾向にあるものの、実施・運用効果を明確にするため、増加を見込まないものとして、現況利用者が維持されるものとした。

一方で、バスネットワークの全体構造をダイナミックに変えることによって、大きな効果を得られる可能性があるものの、利用者への合意形成が不十分である場合には、利用者離れを加速させるとともに、事業経営のリスクも増大し、関係者の合意形成が困難となるなどの事例もある。岐阜市の場合、JR 岐阜駅のハブ化と郊外部の再編に伴い、約 7,700 人の乗継利用者が増加する結果となった。こうした乗継者数増加に対する合意形成の課題に対応するため、再編を以下のように多段階に分けて実施することにより、乗継増加を平準化するとともに、乗り継ぎを徐々に経験してもらうことにより、合意形成のハードルを下げる以下の提案を行った。

- ① 赤字路線の岐阜駅を中心とする再編及び他路線により代替可能な競合ルートを持つ長大路線の再編
- ② JR 岐阜駅をハブとした幹線網の構築

### ③ 乗継拠点(トランジットセンター)整備による主要幹線の幹線・支線への再編

試算結果では、このモデルからすべてのネットワークが構築された場合に、バス利用者を乗車させて走る実走行距離は一日約 31,000 km に対し約 26,000 km まで効率化できる結果が示された。また、郊外部で乗継拠点が整備された場合には、さらに 3,000 km の効率化を図ることができる結果となった。さらに、再編を段階的に実施することにより、乗継利用者増加の平準化を図れることも分かった。なお、試算は以下の図-7 の 4 列目(再編案の設定)までの手順で行った。段階設定については、乗継者数、運行頻度、必要となる関係整備のスケジュール等を勘案し、複数案の検討を行った。その内の実現性が最も高い組み合わせの試算を表-1 に示した。今後、段階的再編案を決定し、段階毎の再編の効果と影響を地域に報告し、ロジックモデルを重視して計画の見直しを行い、今回提案した試算方法を活用し、定量的な評価を繰り返し、PDARU サイクルを回していく必要がある。

### (4) 最終アウトカムを重視したネットワーク・メタデザイン

今後、より上位の関係性構築レベルおよび政策・レベルでのネットワーク・メタデザインを進めていく上では、長期的な成果目標の明確化と共有が不可欠である。そのために、レベルごとに経済的・人的資源のインプットから、事業の取組、アウトプット、中長期的な 1 次アウトカム、2 次アウトカムから最終アウトカムまでのロジックモデルを表-2 のように作成した。このロジックモデルは、ネットワークの構築を介して、すべてのレベルのデザインにより持続的な公共交通と地域を実現するためのロジックを示している。これと併せて、効果の測定および客観的事実に基づき評価し、この評価に基づく取組の見直しを繰り返すことにより、最終アウトカムの達成の可能性を高めうると考えられる。

表-2 ネットワーク・メタデザインのためのロジックモデル（レベル別）

		政策・戦略レベル	関係性構築レベル	実施・運用レベル
アウトカム	最終	公共交通および地域の持続性の向上		
	二次	公共交通を中心として関連する政策・戦略の連携	市民が当事者として責任や義務を果たし、行政、交通事業者との適切な役割分担の構築	利用者目線での利便性と効率性とを両立した、持続性の高い公共交通ネットワークの構築
	一次	多様な分野の政策および戦略の連携スキームの構築	市民・交通事業者・行政相互の役割分担	交通事業の経営効率の改善
アウトプット		再編計画策定 ・再編持続性効果 ・再編による影響分析 ・ハード整備計画 ・再編スケジュール	地域の公共交通関係者全ての合意形成 ・再編による影響の共有 ・乗継対策 ・実施スケジュール協議	再編計画の実施計画 ・運行計画（ダイヤ、運賃等） ・運転手確保
インプット (取り組み)		補助金を含む財源確保 交通 IC カードデータ分析	交通事業者・行政との連携 市民への情報開示	路線収支データ提供 IC カードデータ提供 運行実態

## 5. おわりに

鉄道や航空のネットワークにおいては、幹線・支線を乗り継ぐ利用の形態が浸透している。他方、バス交通においては、乗継抵抗が利用者離れを加速させるとの懸念から、乗り継ぎを伴う階層的なネットワークの構築には至っていない。本稿は、そうした懸念を払拭し、利用者・市民を中心に据えた幅広い共創を促すための技術的、社会的条件を生み出すネットワーク・メタデザインの試みを示したものである。

バス交通の持続性を高めるために効率性と利便性とを両立しうるネットワークを実現するため、利用者・市民を中心に据えた関係性構築レベルを中心として、政策・戦略レベル、実施・運用レベルの3層のデザインのフレームと、投入資源から最終成果までの過程をロジックモデルにより可視化し、エビデンスに基づく評価結果を地域に還元するPDARU サイクルから構成されるネットワーク・メタデザインの考え方（フレーム・モデル・サイクル）を提案した。さらに、岐阜市を対象にネットワーク・メタデザインの適用例を示した。

乗り継ぎを伴う公共交通ネットワークへの再編には、地域住民を始め、行政および交通事業者など関係者各々の利益が相反するため、政策・戦略レベルでの総論合意から実施運用レベルの各論合意へと直接的に結び付け、具体事業化していくことは困難である。

そのためには、関係性構築を中心に据えたネットワーク・メタデザインの理念をまず関係者が広く共有することが重要である。

その上で、可視化手法としてのロジックモデルおよび迅速化手法としてのPDARU サイクルを活用したネットワーク・メタデザインを実践していくことが求められる。

今後は、実施・運用レベルと一体となった関係性構築レベルおよび政策・戦略レベルのネットワーク・メタデザインの実践が急がれる。また、ネットワーク・メタデザインの方法論を他都市への適用可能性を検証する。

## 付録 A: IC カードデータによる路線の特性分析の仮定と手順

バス路線の網計画は、運行の効率と利用者の利便性が両立した効果的な計画とするためには、路線ごとの特徴を分析するための詳細なデータが必要となる。また、路線の運行に関する詳細な情報の内、交通事業者は路線全体の営業収益や赤字路線の情報は開示するようになってきているものの、黒字路線の収支を開示しないため、再編実施計画の策定を難しくしている。さらに、交通事業者も IC カードデータを活用したバス停 OD 及び路線の区間収支などの路線再編に必要な定量的評価を行っていない。IC カードは、利用者の乗降ごとに、利用年月日、利用時間、乗車・降車バス停、運賃、通学定期・定期・定期外の別、大人及び小人の別、割引額と種別、利用路線名・系統名、往復区分、バス車両番号および乗継情報がデータとして記録されている。データ数は、利用者数が多い都市部では日当たり数万以上、年間では数千万から億単位となるため、データ提供に伴う費用と時間等がハードルとなることから、データ数を節約し効率的に分析できる手法が必要となる。

なお、個人属性情報にあたる IC カードの ID 番号、年齢、住所、性別、職業の情報については個人情報保護の観点から提供されていない。

分析の手順は以下の通りである。

### ①路線別、時間別の OD 分析

IC カードデータから、乗降バス停 OD 表を路線・時間別、平日、土日祝日別に作成した。岐阜市で 160 以上の



系統があるため、路線で集約し、これを基に、運行 1 時間ごとの OD 表を作成した。

#### ②現況再現

時間別、平日、土日祝日別の OD 表を作成し、路線別の運賃表とから路線別の平日、土日祝日別の収入から年間の路線別収入を算出した。この結果と路線別の利用者数、収入、支出とをバス事業者のデータと比較し、現金利用者補正、曜日・季節・天候変動を補正する係数を算定し、利用 OD 表を補正した。

#### ③再編案の設定

OD 表からバス停間乗車人員数を算出し、乗者数の変化点、車線数、乗継拠点整備の可能性、幹線区間距離等を勘案した路線再編案を作成し、路線再編後の OD 表を作成した。次に再編路線の運賃を設定した路線再編後の運賃表を作成し、乗継運賃、初乗り運賃の設定を行い、路線再編後の路線別の収支を算定した。また、再編後の路線ごとの運行頻度を設定し、運行経費を算定した。

#### ④段階的路線再編の効果影響分析

路線再編を複数段階に分割し、段階毎の乗継利用者増加数と収支及び実走行距離を算定した。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 令和元年 国土交通白書
- 2) 片山直登：「ネットワーク設計問題」 朝倉書店 2008
- 3) Fischer, G. Scharff, E.: Meta-Design: Design for Designers. Proc. of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, 2000
- 4) 水野大二郎:学際的領域としての実践的デザインリサーチーデザインの、デザインによる、デザインを通じた研究とはー KEIO SFC JOURNAL Vol.14 No.1 pp.62-80 2014
- 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 No.425/V-14 pp.183-192 1991
- 6) 大井孝通, 高野伸栄, 加賀屋誠一:地方都市における CVM を用いた路線バスの評価に関する研究 土木計画学研究・論文集 Vol.17 pp.751-756 2000
- 7) 東本靖史, 岸邦宏, 佐藤馨一:包絡分析法を用いたバス路線の総合効率性評価に関する研究 都市計画論集 40(3) pp.379-384 2005
- 8) 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再編手法の提案 土木学会論文集 No.793/V-68 pp.27-39 2005
- 9) 平野里奈, 土井健司, 猪井博登, 青木保親, 山崎晴香:地域公共交通を対象とした社会的インパクト評価に関する研究ー地方路線バス網の再編を対象にー, 土木学会論文集 D3 Vol.75 2020 (印刷中)
- 10) Vassão, C.A.; Free Architecture: Complexity, Meta-design and Nomad Science, Doctorate thesis 2008

## BASIC STUDY ON NETWORK META-DESIGN FOR IMPROVING SUSTAINABILITY OF REGIONAL BUS TRANSPORT

Yasuchika AOKI, Kenji DOI

In Japan, it is difficult to maintain local public transport as the population declines and the population ages, and various issues are becoming apparent. The abolition has been advanced by the decision of the transport business operator at the operation level without considering the impact of traffic. In this paper, we propose a three-layer meta-design frame with a focus on users and citizens in order to realize a network that is both efficient and convenient to enhance the sustainability of local public transport.

In addition, we propose a method for easily estimating the effects of network reorganization at the implementation and operation level by utilizing IC card data. The results of this study show that the need for higher-level design, such as the relationship building and policy / strategy for local public transport, with a focus on final outcomes, was made.