

異種交通モード間でのゾーン運賃導入の効果に関する研究

高井 裕貴¹・青木 保親²・葉 健人³・土井 健司⁴・杉山 郁夫⁵

¹学生会員 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: takai.hiroki@civil.eng.osaka-u.ac.jp

²学生会員 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.yasucika@civil.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 大阪大学大学院助教 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: yoh.kento@civil.eng.osaka-u.ac.jp

⁴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 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail: doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

⁵フェロー会員 大阪大学大学院客員教授 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: sugigua@outlook.jp

わが国では、様々な種類の交通サービスを需要に応じて一つの移動サービスに統合するMaaSの実現が求められている。その実現に向けては、異なる交通モードが連携したサービスおよび料金体系の統合が課題となっている。本研究では、異種交通モード間のサービスおよび料金体系の統合施策であるゾーン運賃の導入による利用者数および事業者の経営に及ぼす影響を把握するために、先進的な鉄道とバスの乗継割引制度を導入している高松市を事例として、需要予測モデルによりその効果と影響を定量的に分析した。さらに、ゾーン運賃と立地適正化計画など都市計画施策との連携による相乗効果および道路施策であるロードプライシングとの連携による効果を分析することにより、ゾーン運賃の有効性を示唆した。

Key Words : Zone based fares, MaaS, intermodal transport, public transportation,

1. はじめに

(1) 研究の背景

近年、地方都市部では、モータリゼーション化の進展や少子高齢化による交通サービスの縮小および撤退、それに伴う交通空白地域の拡大が課題となっている。このような課題への対策の一つとして、2010年代後半より、世界では新たなモビリティサービスであるMaaS(Mobility as a Service)が注目されている。MaaSとは、移動ニーズに対して最適な移動手段をシームレスに提供する等、移動を単なる手段ではなく、利用者にとっての一元的なサービスとして捉える概念のことである。

MaaSはサービス統合の程度に応じ4段階に分けられている¹⁾。レベル1は情報、レベル2は予約・決済、レベル3はサービス提供、レベル4は政策の統合である。

わが国では、レベル1, 2の実施や実証実験は進んでいるものの、レベル3の導入への動きは地域や事業者ごとに異なり、本格的な実施には至っていない。一部の交通事業者では、自治体と連携するなどしてバスと鉄道などの異種交通モード間の乗継運賃割引を導入しているが、現時点では、交通事業者で運賃設定の基準が異なっており、レベル3の実現には至るのはまだ困難な状況といえる。レベル3の実現、すなわち複数の交通事業者間を含む、異なる交通モードでのサービス提供の統合のためには、個々の事業者を超えた料金体系の共通的な仕組みの導入が必要である。

本研究では、異種交通モード間で共通な運賃制度の中でも、ゾーン運賃に着目する。ゾーン運賃とは、対象地域内をいくつかのゾーンに区分し、出発地から目的地までに通過するゾーンの境界数で運賃を決定する方式²⁾で

ある。異種交通モードを包括するゾーン運賃では、交通手段の乗継ごとに初乗り運賃が不要であり、経路によらず運賃が同じため、利用者は状況に応じた多様な経路・交通モード選択が可能である。わが国では、異種交通モード間でのゾーン運賃の導入事例はないが、海外の幾つかの都市では既に導入されている。しかし、これらの事例では、ほとんどの都市の運賃収益がコストを下回り、その運賃政策単独では事業者の利潤に負の影響を及ぼしている。一方で、ロンドンでは、ゾーン運賃とともに、道路渋滞の緩和と公共交通の利用促進と脱炭素化を目的として、都心部へ流入する自動車への課税(ロードプライシング)を実施し、運賃収益がコストを上回っている。わが国でのゾーン運賃導入に向けては、利用者の行動や事業者の収益への影響が明確でなく、収入配分の仕組みが整っていない点が課題である。

(2) 研究の目的と手法

本研究は、わが国における MaaS レベル 3 における異種交通モード間の一元的な料金体系の実現のための基礎的な検討として、ゾーン運賃の導入効果を定量的に把握することを目的とする。また、ゾーン運賃とロードプライシングとの複合的な導入効果を定量的に把握することを目的とする。

本研究の分析では、先進的な鉄道とバスの乗継割引制度を導入している高松市を事例とした。まず、交通 OD データから需要予測モデルを同定する。次に、交通需要一定の制約のもと、複数モード間でのゾーン運賃導入のシナリオを作成し、その LOS を需要予測モデルに導入することで、公共交通選択割合、便益の変化からゾーン運賃導入のシナリオを評価する。さらに、GIS (地理情報システム) を用いたゾーン運賃導入効果の地域分布の可視化により、地域ごとの特性を把握する。最後に、ゾーン運賃とロードプライシングの複合的な導入効果についても検証を行う。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

運賃制度に関する既往研究として、北野²⁾の東京圏を対象に運賃制度の改善案を検討した研究がある。東京圏では鉄道を乗り継ぐ際に事業者別に計算した運賃を合算した併算運賃が割高となる点を問題提起し、運賃制度に関する国内外の事例整理を行った。さらに、併算運賃の問題点を解消する運賃制度を提案し、効果を評価している。本研究は、地方都市を対象に、鉄道だけでなくバスとのモード間の乗り継ぎを検証している。青木ら³⁾は、運賃制度をめぐる原価主義の考え方を整理し、MaaS レベル 3 の実現のためには、法的な運賃配分が必要であることを問題提起した。さらに、地域、事業者間、行政の

関係性の構築が求められることを述べた。

シミュレーションモデルを用いて運賃制度や交通施策を評価した既往研究はいくつか見られる。河上ら⁴⁾は、鉄道、バスの料金システムおよび輸送計画が利用者行動に与える影響を分析した。ゾーン料金制の導入により、社会的便益が大きくなることから、交通政策としてインパクトが大きいことを明らかにした。松中ら⁵⁾は、LRT の導入を契機として、ゾーン制を用いた共通運賃制度を取り上げて分析した。その結果、共通運賃制度も想定した既存公共交通網の再編をすることで、より大きな社会的便益が得られることを明らかにした。

有吉ら⁶⁾は、高松市における乗継運賃割引がもたらす需要創出への効果を IC カードデータを用いて定量的に把握した。さらに、乗継運賃割引制度の導入前後で乗継件数が顕著に増加した駅に着目し、その要因を分析した。

本研究は、これらの成果を踏まえ、異種交通モード間のゾーン運賃の利用者および事業者への効果を明らかにし、わが国の MaaS レベル 3 の実現に向けた分析的知見を提供するものである。

3. 分析手法

(1) 分析フレーム

本研究では、手段選択型の需要予測モデルを用いる。行動実態を表す RP データ、意識選好を表す SP データの両者を用いた RP/SP モデルに、交通サービス水準 (Level of Service : 以下 LOS と略す) のデータを投入して、パラメータを同定する。このパラメータと対象地域のネットワーク再編後の LOS データをモデルに投入して、現況を再現した手段別選択割合、運賃収入を算出する。さらに、ゾーン運賃導入シナリオ、ゾーン運賃とロードプライシング複合導入シナリオの手段別選択割合、運賃収入を算出した後に、便益、収入配分を算出する。

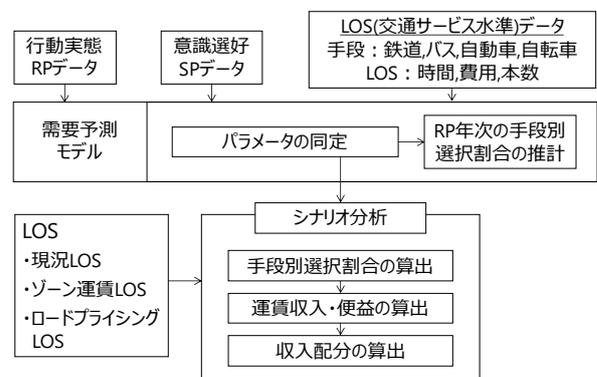


図-1 分析フレームワーク

(2) 対象都市

本研究において需要予測を実施する研究対象都市として、香川県高松市を選定した。高松市の人口は、2021年2月現在426,854人である。今後、人口減少・高齢化の進展が予想される中、都市機能を集積し、市街地拡大を抑制するコンパクトで持続可能な集約型の多核連携型コンパクト・エコシティを目指すべき都市構造として挙げている。その取組の柱として、既存の交通基盤を有効に活用し、いつまでも、人と環境にやさしく、快適で利用しやすい公共交通体系の構築を掲げている。

高松市では四国旅客鉄道（以下、JR 四国と呼ぶ）と民間の鉄道会社である高松琴平電気鉄道（以下、ことでんと呼ぶ）が運行されている。人口集中地区と高松市の鉄道路線を表した図を示す(図-2)。ことでんは、琴平線、長尾線、志度線の3路線から成っており、高松市中心部と比較的人口密度が低い郊外とを結んでいる。また、JR 四国は、高松駅と宇和島駅を結ぶ予讃線と高松駅と徳島駅を結ぶ高德線からなる。

高松市とことでんでは、高松市公共交通利用促進条例の一環として、平成26年に鉄道-バス間の乗継運賃割引制度を導入した⁹⁾。この取り組みは、わが国で遅れているインターモーダルな運賃・サービスの統合であり、既存のストックである交通 IC カードを活用したレベル2・レベル3のMaaSに対応する施策と言える。

また、ことでんバスは、輸送効率の向上のために、郊外と鉄道駅とを結ぶバス路線を再編するフィーダー化に取り組んでいる。加えて、ことでんは2020年11月に、琴平線に新駅（伏石駅）を設置し¹⁰⁾、太田～仏生山駅間にも新駅を開業する予定である。これらの新駅の整備構想は、再編したバス路線と鉄道との乗継拠点を作り、利用者の公共交通の利便性を高めることを目的としている。

高松市のまちづくりと交通計画を組み合わせた取り組みは、MaaS レベル4である政策統合のモデルケースに当たる。また、事業者を跨いだ運賃の柔軟化に既に取り

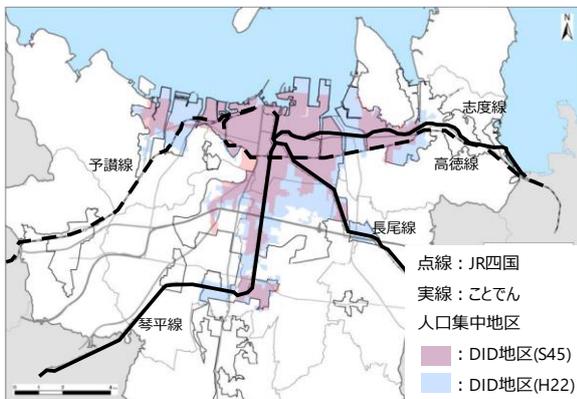


図-2 高松市の鉄道路線図

(出典：高松市立地適正化計画⁷⁾，筆者により一部加筆)

組まれており、ゾーン運賃導入の障壁である事業者間の関係性構築ができていない。本研究では、鉄道事業者とことでんバスの三事業者の間で新たな運賃体制を導入するものとして分析する。

(3) データ

本研究の需要予測に用いられたデータについて説明する。RP データは、2021年時点で入手可能な最新のデータである平成24年度の高松広域都市圏パーソントリップ調査¹¹⁾で集計されたものを用いた。ODはPT調査で用いられた基本ゾーン全61の区分（以下、PTゾーンと呼ぶ）をもとに設定されている。ただし、トリップの片側を高松市外にもつトリップは、他の交通量に比べて小さいことや、高松市内のみでゾーン運賃を導入するシナリオであることから無視する。出発地から目的地までの移動は、PTゾーン内での重心点（ゾーンセントロイド）を求め、ゾーンセントロイドを結ぶゾーン間移動、およびゾーン内からゾーンセントロイドまでの端末交通手段による移動として表現する。ゾーン間移動のLOSについては、鉄道、バスに対して時間、費用、運行本数、自動車に対しては時間、費用、自転車に対しては時間を用いて表す。端末交通手段によるゾーン内の移動については、徒歩、自転車に対しては時間、自動車に対しては時間、費用、バスに対しては時間、費用、本数を用いて表す。LOS データは、パラメータの同定には2012年時点のデータを、現況再現やゾーン運賃シナリオでは、2020年時点のデータを用いる。

(4) 想定する施策内容

本研究では、S1~S7の合計7つのシナリオごとに運賃を設定した(表-1)。ゾーン運賃は運行経路やモードによらず、出発地と目的地のODがゾーン内の移動ではベース運賃を支払い、ゾーン境界を跨ぐごとに追加運賃が加算されるものとする。また、ゾーンの区分数は3区分に分割する。区分は高松駅からの距離をもとにしたゾーン（以下、距離帯ゾーン）と、立地適正化計画の都市機能誘導区域をもとにしたゾーン（以下、立適対応ゾーン）の2つを設定根拠とした(図-3、図-4)。距離帯ゾーン、立適対応ゾーンともに、濃い青からゾーン1、ゾーン2、最も薄い青をゾーン3とする。距離帯ゾーンはロンドンの事例（1ゾーンあたり4.8km）に倣い、ゾーン1を高松

表-1 設定した運賃表（円）

シナリオ	ベース運賃	追加運賃	S4	200	+200
S1	150	+150	S5	200	+250
S2	150	+200	S6	250	+200
S3	200	+150	S7	250	+250

駅から半径 5km 圏内，ゾーン 2 を半径 10km 圏内，ゾーン 3 を半径 10km 圏外にゾーンセントロイドが位置するゾーンを設定した．立地対応ゾーンは，立地適正化計画⁹⁾で定められる都市機能誘導区域を参考に設定する．都市機能誘導区域をゾーン 1，都市計画区域をゾーン 2，都市計画区域外をゾーン 3 とした．なお，立地適正化計画とは，都市機能や居住の誘導を図り集約するコンパクト化と公共交通のネットワーク化を図るコンパクト+ネットワークを実現するための計画である．また，都市機能誘導区域は，医療・福祉・商業等の都市機能を都市の中心拠点や生活拠点に誘導し集約することにより，これらの各種サービスの効率的な提供を図る区域と定められている．したがって，この地域で公共交通の運賃面での利便性向上を図ることで，都市施設へのアクセスを向上し，居住誘導を図るものとする．

4. 分析結果

(1) 交通需要予測モデル

本研究のモデル構造は，自動車，自転車，バス，鉄道および鉄道末端交通による 2 層のツリー構造のネステッドロジットモデル(Nested Logit Model)による，交通手段分担モデル(RP モデル)を用いて表現する．このモデルは，下位のサービス水準を上位のサービス水準の選択要因として用いることで，代表交通手段と末端交通手段の LOS

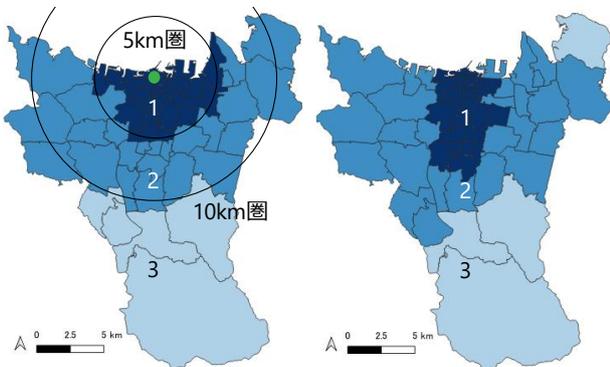


図-3 距離帯ゾーン

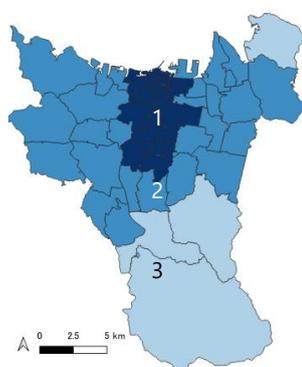


図-4 立地適正化計画対応ゾーン(立地対応ゾーン)

変化が相互に与える影響を反映することができる．また，行動実態を表す RP モデルのみでは，乗換利用の行動を表現しきれないため，意識選好を表す SP モデルを活用した RP/SP モデルを用いる．さらに，目的別（通勤，通学，帰宅，業務，私用）で利用者の行動に違いがあることから，目的別にパラメータを同定された．手段別効用関数は V_k 次式(1)を用いて表される．ただし，代表交通手段 k （鉄道，自動車，自転車，バス）の定数項 b_k ，時間 t_k ，費用 c_k ，本数 h_k ，スケールパラメータ μ ，時間パラメータ θ_t ，費用パラメータ θ_c ，本数パラメータ θ_h とする．ただし，端末交通手段の効用関数もアクセス，イグレスの交通手段の定数項を用いて同様に表される．

$$V_k = \mu(b_k + \theta_t \frac{t_k}{60} + \theta_c \frac{c_k}{1000} + \theta_h \frac{h_k}{100}) \quad (1)$$

最尤法を用いて同定された効用関数中のパラメータは，全ての目的でスケールパラメータが正で，時間，費用が負であるため，符号条件を満たす(表-2)．したがって，同定されたパラメータを用いてシナリオ分析を行う．

(2) ゾーン運賃導入シナリオの分析結果

a) 交通手段選択割合の分析

全トリップに対する手段別選択割合を算出した(表-3)．ただし，モデル上で，ゾーン運賃導入前後で総トリップ数を固定するため，選択割合の増減は利用者数の増減と同等である．また，鉄道，バス，自動車，自転車は全ト

表-2 パラメータ推定結果

パラメータ	通勤	通学	帰宅	業務	私用
スケールパラメータ	0.86 (6.77)	0.07 (1.72)	0.83 (4.54)	0.33 (2.48)	0.04 (4.34)
代表時間	-3.00 (-6.32)	-7.06 (-1.81)	-1.26 (-3.82)	-3.77 (-2.52)	-6.56 (-5.00)
端末時間	-3.08 (-7.16)	-3.20 (-4.93)	-2.24 (-5.68)	-7.84 (-2.90)	-4.11 (-7.73)
費用	-2.26 (-5.89)	-14.19 (-1.81)	-1.52 (-4.07)	-6.61 (-2.51)	-12.02 (-5.17)
サンプル数	14,060	1,300	23,549	3,525	18,014
尤度比	0.660	0.321	0.663	0.674	0.745

()内は t 値

表-3 算出した手段別選択割合 (%) (距離帯ゾーン)

シナリオ		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
ベース運賃 (円)	現況再現	150	150	200	200	200	250	250
追加運賃 (円)		+150	+200	+150	+200	+250	+200	+250
鉄道	4.04	4.37	4.25	4.12	4.01	3.91	3.78	3.69
バス	1.93	2.57	2.52	2.44	2.39	2.34	2.27	2.22
自動車	72.52	71.82	71.95	72.10	72.21	72.32	72.46	72.57
自転車	21.49	21.24	21.28	21.34	21.39	21.43	21.49	21.53
公共交通全体	5.97	6.94	6.77	6.56	6.4	6.25	6.05	5.91
端末バス	9.75	13.21	13.23	13.47	13.50	13.55	13.78	13.83

リップ数を 100%，端末バスは，全鉄道利用者数を 100% とした。表で示す距離帯ゾーン，立適対応ゾーンともに，S7 から S1 にかけて運賃が安くなるほど鉄道，バスおよび公共交通の選択割合は大きくなる。また，現況再現値と比較すると全シナリオで，公共交通全体の選択割合が大きくなり，ゾーン運賃導入による公共交通の利用促進が期待できる。特に，バスおよび端末バスの選択割合は，全シナリオで現況再現値よりも大きくなる。一方で，鉄道の選択割合は距離帯ゾーンの場合 S4 から S7 のシナリオで現況再現値よりも小さくなり，運賃設定によっては利用促進効果が見込めないことが明らかとなった。

b) 運賃収入の分析

運賃収入は各交通手段における各 OD の利用者数と各 OD の運賃の積の総和から算出した(表-4)。距離帯ゾーンでは，鉄道，バスともに，S4 より高い運賃水準で現況再現値より運賃収入が大きくなる。そして，距離帯ゾーン，立適対応ゾーンともに運賃水準が高いほど運賃収入が多くなることが明らかとなった。

また，公共交通の選択割合と運賃収入の関係性は，運賃収入が高いほど公共交通の選択割合は小さくなり，運賃収入は大きくなる。このことから，公共交通の選択割合と運賃収入にはトレードオフの関係があることが示唆される。つまり，運賃の低下に伴い公共交通の利用者数増加するが，利用者数の増加に伴う運賃収入の増加は期待できないことが考えられる。

c) 便益の分析

利用者便益と事業者収入差の和から，社会的便益を算出した(表-5)。利用者便益は，ゾーン運賃導入シナリオの各 OD の利用者数とその OD の一般化費用の積の総和から現況再現シナリオの同様の値を減じた値で表現した。他方，事業者収入差は，ゾーン運賃導入有無での運賃収入の総額の差から算出した。いずれの運賃シナリオにおいても社会的便益が正の値となり，運賃シナリオによらずゾーン運賃導入が効果的であることが明らかとなった。また，ベース運賃が同額の場合，追加運賃が低いほど社会的便益が大きくなる。利用者便益や事業者収入差は，運賃シナリオ次第では負となる場合もあり，計 14 シナリオで両方とも正の値を取るの，3 シナリオに限られたが，運賃設定次第では，既存の運賃体系と比較して利用者と事業者の双方にメリットを生じさせる。S5 は比較したシナリオのうち，唯一距離帯ゾーンと立適対応ゾーンのそれぞれの利用者便益と事業者収入差がすべて正の値となった。以降では S5 に着目し詳細分析を行う。

d) ゾーン運賃導入後の収入配分の分析

複数の交通事業者に跨がるゾーン運賃を導入する場合，運賃収入の事業者間での収入配分が必要となる。本研究対象都市の高松市では，私鉄（ことでん），JR 四国，バス（ことでんバス）の 3 つの事業者が存在するため，三者間での収入配分が必要である。距離帯ゾーンと立適対応ゾーンの S5 では，バスは収支が正であったため，本研究では鉄道事業者のみを対象とした運賃配分方法について分析した。運賃収入の事業者への配分は現況の運

表-4 算出した運賃収入（万円/日）（距離帯ゾーン）

シナリオ		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
ベース運賃（円）	現況再現	150	150	200	200	200	250	250
追加運賃（円）		+150	+200	+150	+200	+250	+200	+250
鉄道		110.3	91.9	106.6	111.3	115.3	123.2	126.5
バス		63.3	53.1	62.2	65.0	67.4	72.7	74.7
公共交通全体		173.7	145.0	168.8	176.3	182.7	195.9	201.2

表-5 算出した便益の内訳（万円/日）

シナリオ		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
ベース運賃（円）		150	150	200	200	200	250	250
追加運賃（円）		+150	+200	+150	+200	+250	+200	+250
距離帯	利用者便益	45.05	36.54	25.53	17.58	10.17	-0.15	-7.07
	事業者収入差	-28.63	-19.80	-4.89	2.67	9.05	22.20	27.55
	社会的便益	16.43	16.74	20.64	20.24	19.22	22.05	20.49
立適対応	利用者便益	49.60	42.44	29.81	23.13	16.91	5.06	-0.74
	事業者収入差	-34.34	-26.99	-9.92	-3.65	1.63	16.71	21.12
	社会的便益	15.27	15.44	19.89	19.48	18.54	21.77	20.38

賃比と、輸送人キロの比の二つの方法で実施した。現況再現のシナリオと、S5 の距離帯ゾーンと立適対応ゾーンの事業者への運賃収入配分を示す(表-6)。

現況の運賃比では、距離帯ゾーン、立適対応ゾーンともに、私鉄の運賃収入が大きくなり、JR は運賃収入が小さくなっている。一方、輸送人キロ比では、私鉄と JR 両方で概ね運賃収入が大きくなるのが明らかとなった。

両者を比較すると、輸送人キロ比では、現況の再現値と近く、大幅に減少しないため、両事業者の運賃収入は概ね現状を維持できると考えられる。

(3) ゾーン運賃導入効果の地域分布

a) 鉄道利用者数の変化率の地域分布

距離帯ゾーンの S5 において、ゾーン運賃導入の有無における鉄道利用者数変化率を GIS を用いて地域ごとに可視化した(図-6)。S5 では、鉄道利用者数はゾーン運賃導入前と比べて小さくなることから、鉄道利用者数が小さくなる地域が多い結果となった。その一方で、鉄道利用者数が増加する地域もいくつか見受けられる。特にゾーン2に属しており、鉄道事業者間の乗継運賃負担が軽くなる地域で増加傾向がある。

表-6 運賃収入配分 (万円/日)

運賃収入		現況再現	距離帯	立適対応
現況の 運賃比	私鉄	90.8	100.6	94.6
	JR	19.6	14.7	15.0
	鉄道合計	110.4	115.3	109.5
輸送人 キロ比	私鉄	90.8	91.8	88.2
	JR	19.6	23.5	21.3
	鉄道合計	110.4	115.3	109.5

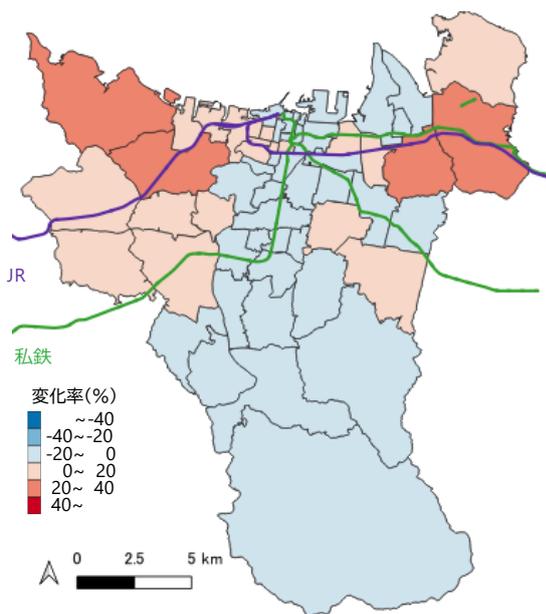


図-5 鉄道利用割合の地域分布

b) 乗継利用の変化率の地域分布

距離帯ゾーンの S5 において、代表交通手段が鉄道の OD のうち、出発地から最寄り駅までバスを利用する(アクセス)割合を乗継率とし、ゾーン運賃導入の有無における変化率を GIS を用いて地域ごとに可視化した(図-7)。ほとんどの地域で乗継率が大きくなるが、鉄道からバスへと乗り継ぐことで、追加運賃がかかるゾーン3の地域の一部地域では、乗継利用率が小さくなる。

乗継利用率の増加が顕著に見られる地域は、鉄道、バスの分析結果と同様ゾーン2の地域が多いが、鉄道、バスの乗継利用は中でも、ことでん琴平線沿線かつ駅から 1km~3km 程度の地域が多く含まれている。このことは、ゾーン運賃の導入によって、鉄道とバスの乗継にかかる運賃負担が減少することで、徒歩での鉄道駅へのアクセスが困難な地域では端末交通手段のバス利用が増加することを示している。以上のことから、ゾーン運賃の導入により、徒歩での鉄道駅へのアクセスが困難な地域における鉄道・バスの乗継促進効果が明らかとなった。

(4) ゾーン設定根拠の違いによる導入効果の地域分布

立適対応ゾーンと距離帯ゾーンの S5 の鉄道選択割合の差異(立適対応ゾーン選択割合 - 距離帯ゾーン選択割合)を地域ごとに GIS を用いて可視化した(図-8)。この結果から、立適対応ゾーンでは、距離帯ゾーンに比べて市の中心部や、鉄道駅周辺での鉄道利用者数が相対的に大きくなるのが読み取れる。ことでん琴平線沿線でゾーン設定方法によって位置するゾーンが変化する地域は、高松市立地適正化計画で南北軸として位置付けられ、新駅設置とバス路線の再編が実施されている。また、この

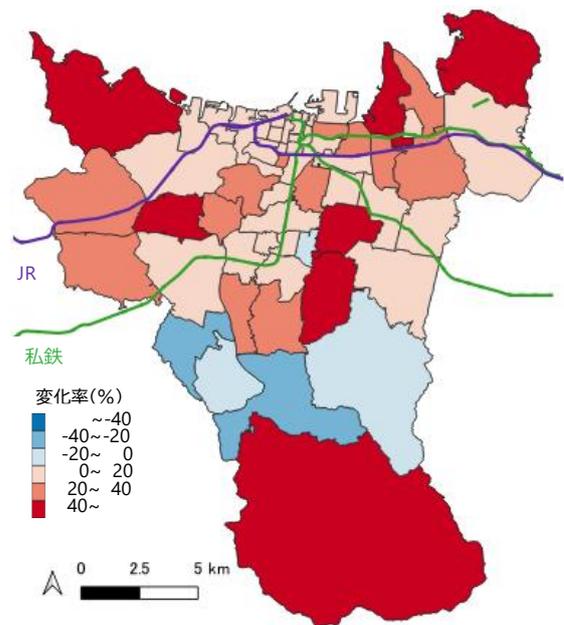


図-6 乗継利用率の地域分布

地域だけでなく、ゾーン1に属する市の中心部でも鉄道利用者数が大きくなっている。このことから、距離帯ゾーンと比べて、立適対応ゾーンのシナリオを採用する場合は、立地適正化計画で南北軸に位置する地域の鉄道利用者数の増加に伴って、中心部の鉄道利用者数が増加することが示唆される。したがって、立適対応ゾーンを設定すれば、都市機能誘導区域や、新駅の設置やバス路線のフィーダー化が取り込まれる地域において、ゾーン運賃の導入効果がより大きいと考えられる。都市政策、ゾーン運賃政策の両面の相乗効果を発揮できるゾーン設定を行い公共交通の利便性が他の地域より高くなることで、今後、都市機能や居住誘導が進むことが期待され、交通政策と都市政策との相乗効果が発現すると考えられる。

(5) ロードプライシング導入時のシナリオ分析

道路渋滞の解消、公共交通の利用促進、脱炭素化等を目的として、ゾーン運賃と複合的にロードプライシングの導入効果を分析した。ロードプライシングでは、ゾーン1に流入する自動車ODに対して課税するものとした。課税額は、200円、300円、400円、さらにロンドンの事例¹²⁾にならって2200円とする。

ロードプライシング導入時の距離帯ゾーンS5における手段別選択割合を算出した(表-8)。いずれの課税金額の場合でも、課税しない場合に比べ、鉄道、バスの選択割合が大きくなっている。自動車の選択割合は小さくなるものの、400円の課税でも自動車分担率が約2%減少の70.45%であり、ロンドンの18%減¹¹⁾の事例と比較すると、減少率は大きくない。これは、自動車による移動量は郊外-都心間よりも公共交通のネットワーク密度の低い郊

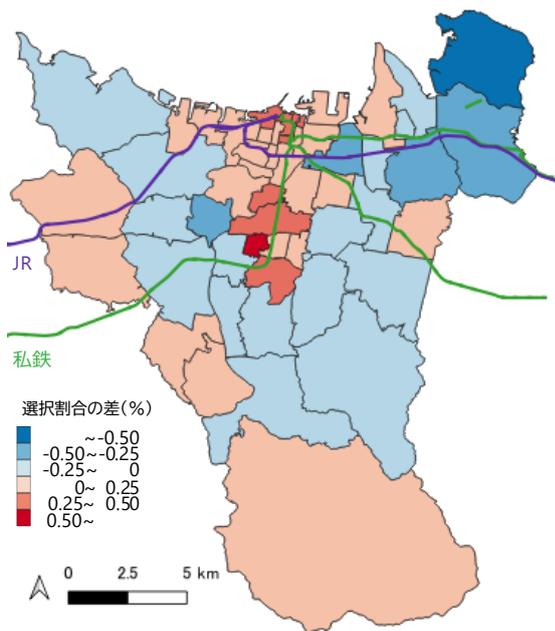


図-7 ゾーン設定根拠の違いによる鉄道選択割合の地域分布

外郊外間に多いという現状を反映したものである。今回のケースでは、ゾーン1を通過しない郊外-郊外間の移動はロードプライシングの対象外である。

ロードプライシング導入時の公共交通の運賃収入とロンドン事例ロードプライシング導入時の課税分収入に0.58(ロンドン事例の利益/料金収入¹²⁾)を乗じたものから課税分利益を算出した。その結果、課税分利益が運賃収入並みに多いことが明らかとなった(表-9)。ロードプライシング課税分利益がゾーン運賃導入時の減収分を補い得ることが示された。

以上のことより、ゾーン運賃とロードプライシングのゾーン設定を連動させることにより、公共交通の持続性を高めることができ、ゾーン運賃導入の減収分を補填し得ると考えられる。

5. おわりに

本研究は、異なる交通手段の料金体系の統合として、異種交通モード間へのゾーン運賃制度の導入による利用者数および事業者の経営に及ぼす影響を把握するために、先進的な鉄道とバスの乗継割引制度を導入している高松市を事例として、需要予測モデルによりその効果と影響を定量的に分析した。以下に本研究の成果を示す。

社会的便益が全ての運賃シナリオで大きくなり、利用者 と事業者の双方にメリットを生じさせる運賃設定が存在することから、ゾーン運賃導入の有効性を示した。また、新駅設置等の施策を考慮したゾーン設定を行うことで、交通政策と都市政策の相乗効果が現れることを示唆した。そして、鉄道沿線の運賃が割高な地域で鉄道利用者数が大きくなり、鉄道非沿線地域では鉄道バスの乗継利用が促進されることを示した。最後に、マルチモーダル政策の観点から、公共交通のゾーン運賃と自動車交通へのプライシングの相乗効果を示すことで、ゾーン運賃導入の有効性を示した。この複合政策は地方都市におい

表-8 ロードプライシング導入時の手段別選択割合 (%)

課税額(円)	無	200	300	400	2200
鉄道	3.91	4.07	4.16	4.25	5.36
バス	2.34	2.39	2.42	2.45	2.88
自動車	72.32	71.47	71.02	70.55	63.81
自転車	21.43	22.06	22.40	22.75	27.96

表-9 ロードプライシング導入時の収益 (万円/日)

課税額(円)	無	200	300	400	2200
運賃収入 (公共交通)	182.7	192.2	197.1	202.4	270.0
ロードプライシング利益		137.8	199.1	254.9	569.6

て、カーボンニュートラルへの積極的貢献という観点からも意義があると考えられる。

今後の課題は、ウィズコロナ、アフターコロナにおける利用者行動の変化や、事業者収入減を考慮に入れた分析と公共交通の利用促進策の検討が必要がある。また、本研究データとして、PT調査に基づくデータを使用したが、実事業への詳細な影響分析を行うために、交通系ICカードデータによるシミュレーション分析が必要となる。

謝辞：本研究で使用したLOSデータは、高松市、(株)パシフィックコンサルタンツに提供いただいた。また、シミュレーション分析については、(株)パシフィックコンサルタンツの時田知典様、野竹壮一郎様にご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 露木伸宏：MaaS（モビリティ・アズ・ア・サービスビリティ）について、国土交通政策研究所 Vol.69, 2018 年, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), https://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/2018/69_1.pdf
- 2) 北野喜正：都市鉄道における運賃システムの改善に関する研究—通算運賃の検討—, 運輸政策研究 Vol.20, pp6-19, 2018
- 3) 青木保親：地域公共交通の持続性向上に適した運賃制度の検討, 第 62 回土木計画学研究発表会・講演集
- 4) 河上省吾, 高田篤：都市圏における公共輸送機関の料金システムおよび輸送計画の評価に関する研究, 土木学会論文集 No.431, pp 77~86, 1991
- 5) 松中 亮治, 大庭 哲治, 中川 大, 小林 和志：都市内交通シミュレーションによる既存交通の再編を考慮した交通施策の評価 都市計画論文集 Vol.49, No.2, pp168-175, 2014
- 6) 有吉勇人, 青木保親, 土井健司, 葉健人, 伊賀大介, 宮武伸宇, 谷口紗代：MaaS を見据えた異種交通モード間の乗継運賃割引制度の導入効果に関する研究, 第 62 回土木計画学研究発表会・講演集
- 7) 高松市：立地適正化計画, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotonikumi/machidukuri/toshi/tekiseika/index.html>
- 8) 高松市：公共交通機関相互（電車⇔バス）乗り継ぎ割引拡大, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/kourashi/koutsu/kokyokotsukikan/noritsugi.html>
- 9) ことでんグループ：伏石駅の第一期開業及びダイヤ改正について, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), http://www.kotoden.co.jp/publichtml/kotoden/new/2020/fuseishistation_open_1st/index.html
- 10) 高松市：高松広域都市圏パーソントリップ（概要）, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), https://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotonikumi/johokokai/fuzoku/fuzoku/ichiran/toshiseibi/suisinkyoh25.files/21151_L16_siryou3.pdf
- 11) Transport for London：Congestion Charge payments, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge/paying-the-congestion-charge>
- 12) 東京都議会民主党：京都都議会海外視察調査団報告, P77-84, (最終閲覧日 2021 年 3 月 7 日), https://www.gikai.metro.tokyo.jp/images/pdf/oversea/2101_7.pdf

(? 受付)

THE EFFECT OF INTRODUCING ZONE BASED FARE IN INTERMODAL TRANSPORT

Hiroki TAKAI, Yasuchika AOKI, Kento YOH, Kenji DOI, and Ikuo SUGIYAMA

In order to achieve Mobility as a service (MaaS), which integrates various types of transportation services into a single transportation service according to demand, the integration of services and fare systems in which intermodal transport cooperate is an issue. In this study, in order to understand the effects of the introduction of zone based fares, which is a measure to integrate services and fare systems between intermodal transport, on the number of users and the management of operators, we quantitatively analyzed the effects and impacts of the introduction of the advanced rail and bus transfer discount system in Takamatsu City as a case study using a demand forecasting model. In order to understand the effects of the system on the management of railways and bus companies, the effects and impacts of the system were quantitatively analyzed using a demand forecast model. As a result, we found that the number of public transportation users decreased with the increase of fare level, and the operator income increased with the increase of fare level. We calculated the social benefits, and we found them positive for all fare scenarios, indicating the effectiveness of introducing zone based fares. We also visualized the impact of the introduction of zone based fares on the region in GIS to understand the spatial change. Furthermore, this paper showed the combined effect of the zone based fare for public transportation and pricing for automobile transportation.