

JR吉備線におけるLRT導入に対するライフサイクル・アセスメント — 都市内交通シミュレーションモデルを用いて — Life Cycle Assessment of the LRT Introduction to the JR Kibi Line - Using the Urban Traffic Simulation Model -*

松中亮治**・谷口守***・若林玄****

By Ryoji MATSUNAKA**・Mamoru TANIGUCHI***・Haruka WAKABAYASHI****

1. はじめに

モータリゼーションの進展により、都市部においては交通渋滞が多発し、これによる経済的損失と環境被害は、現代の都市が抱える数多くの問題の中でも、とりわけ重大なものとなっている。このような都市交通問題への対策として、近年注目を集めているのが、LRT(Light Rail Transit)である。しかし、LRTが環境にやさしいとされるのは、自動車と比較した場合、輸送量あたりの走行時のCO₂排出量が小さいためである。そのため、厳密に両者を比較するには、軌道の敷設や車両の製造などのLRTの整備や維持管理に伴って生じるCO₂排出量を考慮する必要がある。したがって、ライフサイクルにわたる評価では必ずしもLRT整備によりCO₂排出量が削減されるとの結果になるとは限らない。そのため本研究では、LRT整備のライフサイクルにわたるCO₂排出量削減効果について評価することを目的とする。

本研究に関連する既存研究としては、交通シミュレーションを構築した上で、これを用いてLRT整備の評価を行った山口¹⁾の研究がある。この研究は京都市を対象とした自動車交通流と公共交通機関を考慮したシミュレーションモデルを用いているが、対象地域が市域に限られているため、市外部との流出入交通を捉えられていない。また、既存の公共交通機関が充実している大都市における評価に留まっており、自動車利用が主流である地方都市の評価はなされていない。

そこで本研究では、岡山県南域を対象としてパーソントリップ調査のデータを用い、時々刻々と変化する自動車や公共交通の状況を逐次再現可能な都市内交通シミュレーションモデルを構築し、LRTを整備した場合の交通状況を再現し、LRT整備のライフサイクルにわたるCO₂排出量削減効果について評価する。

2. 都市内交通シミュレーションモデルの概要

(1) モデルの特徴

本研究で構築する都市内交通シミュレーションモデルは、都市内の自動車交通流シミュレーションに公共交通の経路と運行頻度を組み込み、自動車及び公共交通利用者の経路選択行動を逐次的に再現するものであり、LRT整備において車線減少により発生する道路混雑だけでなく、道路混雑によるドライバーの経路変更に伴う他の道路区間への影響、また道路混雑による交通手段の変更による公共交通機関への影響も考慮し、LRT整備のCO₂排出量を総合的に評価できる点に特徴がある。

(2) モデルの概要

本研究では第3回岡山県南パーソントリップ調査(1994年実施、以下PT調査)データを用いて、調査対象エリア全域にあたる岡山県南域を対象とした都市内交通シミュレーションモデルを構築した。以下にその概要を述べる。

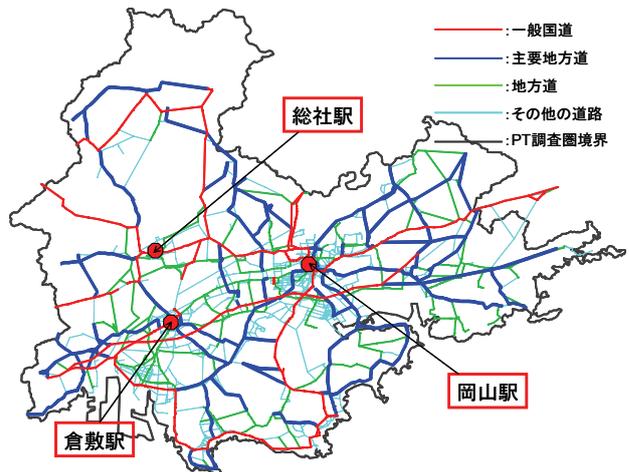


図-1 本研究で用いる道路ネットワーク

まず、PT調査圏内の道路データと運行ダイヤに基づいたバスや鉄道の公共交通機関データを用いて、駅やバス停としての機能も有した交差点として、2,658個のノードを設定し、これらのノード間を結ぶ国道、地方道、市町村道として、7,343本のリンクによって構成される道路

*キーワード：公共交通計画、交通計画評価、LRT

**正員、博(工)、岡山大学大学院環境学研究科
(〒700-8530 岡山市津島中3-1-1 TEL・FAX086-251-8921)

***正員、工博、岡山大学大学院環境学研究科

****学生員、岡山大学大学院環境学研究科

ネットワークを作成した。本研究で用いる道路ネットワークを図-1に示す。

なお、道路ネットワークの作成においては、シミュレーションに要する時間を短縮させるために、交通量が全リンクの平均値の1割未満かつバスの走行経路でないリンクを削除するものとし、これに伴うインプットデータの更新などの一連の処理を自動的に行うシステムを構築した。

表-1 インプットデータの概要

対象エリア			
総面積	1,757km ²	人口	131万人
道路ネットワーク			
ノード数	2,658個	リンク数	7,343本
		リンク総延長	3,884km
路線バス			
系統数	522系統	運行便数	4,180便
鉄道・路面電車			
系統数	72系統	運行便数	1,208便

そして、表-1に示すこれらのデータをインプットデータとし、各個人は後述する交通機関選択モデルを用いて算出した分担率に応じて交通機関を選択することとし、それぞれ車両ユニットと乗客ユニットとして表現する。

車両ユニットは現在走行しているリンクの他に、速度、走行位置といった情報を持っており、時刻の経過に応じ、車両ユニットの走行速度は1分、走行位置は3秒ごとに更新される。

また、道路ネットワーク上の各車両ユニットは、道路混雑状況に応じて動的に走行経路を選択し目的地まで走行するものと仮定し、5分ごとに更新される最短所要時間経路を選択するように次に走行するリンクを決定している。一方、バスは、最短所要時間経路ではなく、系統ごとに与えられた経路データに従って走行し、バスの走行速度は、バスプローブデータを用いた一般車両走行速度の推計方法に関する研究²⁾によって推計された一般車両旅行速度推計式を利用して自動車の走行速度から算出している。以下に算出式を示す。

$$V_B = (V_C / e^{1.484})^{1/0.644} \quad \text{式 (1)}$$

ただし、

V_C : 自動車の速度

V_B : バスの速度

また、バスはネットワーク上の所定のノードをバス停として乗客の乗降を行う。このとき、バスの停車時間を乗降人数に応じて変化させることとし、乗車に要する時間と降車に要する時間³⁾のうち、大きいものをバスの

停車時間とする。

これに対し、鉄道・路面電車は、道路ネットワークのリンクを通らず、ノード間を移動し、決められた時間にノードに出現する鉄道ユニットとして表現する。ノードにおいて乗客の乗降を行うことや、乗客の人数をデータとして持っていることは、バスユニットと同様である。

一方、公共交通利用者は乗客ユニットとして表現し、運賃と所要時間を考慮した一般化費用が最小となる経路を選択し目的地へ向かうこととした。なお、一般化費用の算出に際しては、乗り換えについても考慮している。さらに、乗客ユニットが乗り換え時に駅やバス停で次に乗車する便を待つ場合、到着した便が次に乗車する予定の便ではなくても、その到着した便を利用した方が、次に乗車する予定の便を利用するよりも一般化費用が小さくなる場合には、利用する便を変更し、一般化費用が小さくなる便を選択することとしている。

本研究で構築したシミュレーションモデルは、以上のような一連の処理を、膨大なデータを対象として、行っている。

(5) モデルの現況再現性

ここでは、PT調査の補正のために実施されたスクリーンライン交通量調査⁴⁾の結果を用いて、本シミュレーションモデルによる自動車交通量の現況再現性を検証した。その結果、相関係数は0.92となり、高い現況再現性を有するモデルであることを確認した。

(6) 交通機関選択モデルの構築

LRT整備等の交通施策の実施により公共交通のサービスレベルが変化することや都市構造が異なることによって、交通機関分担率も変化することを考慮するため、交通施策の環境影響評価を行う際には交通機関選択モデルが必要となる。そこで本研究ではPT調査データと以下に示す自動車および公共交通の間接効用関数を用いて交通機関選択モデル(二項ロジットモデル)を構築した。間接効用関数で用いているゾーン間一般化費用は、シミュレーションにより算出されるゾーン間所要時間・費用ならびに勤労統計調査⁵⁾より得られた時間価値35円/分を用いて求めた。表-2に交通機関選択モデルの推定結果を示す。

• 自動車の間接効用関数 式 (2)

$$V_c = a_1 \times (\text{ゾーン間一般化費用}) + a_2 \times (\text{年齢; 65歳以上を1, 65歳未満を0}) + a_3 \times (\text{免許の有無; 有を1, 無を0}) + a_4 \times (\text{自家用車の有無; 有を1, 無を0}) + a_5$$

• 公共交通の間接効用関数 式 (3)

$$V_p = a_1 \times (\text{ゾーン間一般化費用})$$

ただし、

V_c : 自動車の効用

V_p : 公共交通の効用

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 : パラメータ

表-2 交通機関選択モデルの推定結果

	パラメータ	t 値	
一般化費用	a_1	-3.993×10 ⁻⁴	-53.143
年齢	a_2	0.286	6.900
免許の有無	a_3	2.404	98.104
自動車保有の有無	a_4	1.498	37.561
定数項	a_5	-1.396	-34.151

$$R^2 = 0.242 \quad \text{Hit-Ratio} = 91.23\%$$

3. JR 吉備線への LRT 導入における CO₂ 排出量のライフサイクル評価方法

(1) JR 吉備線への LRT 導入における設定条件

本研究では岡山市と総社市を結ぶ約 20km の鉄道である JR 吉備線における LRT 導入を評価対象とする。JR 路線である吉備線を対象とすることで既存の軌道を利用できる利点がある。LRT の導入により吉備線におけるサービスレベルは以下のように変化することとした。

a) 吉備線における新駅設置

現行の 10 駅から新たに 8 駅新設し 18 駅とする。

b) 駅間所要時間

停車駅の増加に伴い、所要時間は最大 5 分増加とする。

c) 運行頻度

現行の 2、3 本時に対し、ラッシュ時等の時間帯を考慮した上で大幅な増便を行う。

d) 既存路面電車との乗り入れ

岡山市の中心部で運行されている路面電車と相互乗り入れを行うこととする。そのために岡山駅の周辺の道路において軌道を約 1km 新設することとし、これによりその道路は片側 0.5 車線の減少が生じることとする。

e) 運賃

路面電車との相互乗り入れにより、吉備線と路面電車区間をまたいで利用する場合の初乗り運賃の徴収を廃止する。

(2) LRT 整備と運行・維持管理にかかる CO₂ 排出量

LRT 整備の初期建設における CO₂ 排出量は、国立環境研究所による CO₂ 排出量原単位(排出強度)1,051kgC/百万円と岡山市まちづくり交通計画調査報告書⁶⁾による新規軌道建設費 1,228 百万円/km および本研究で設定した新設軌道路線長 1.0km をもとに推計した結果、約 1,315t-C となった。また、LRT の運行および維持管理において発生する 1 年あたりの CO₂ 排出量を、文献⁷⁾に

よる車両の生産や修理、軌道・施設の補修における CO₂ 排出強度、亀谷ら⁸⁾の研究による LRT の運行にかかる CO₂ 排出強度、文献⁶⁾による必要車両数および車両価格、運輸経済統計要覧⁹⁾と産業連関表¹⁰⁾による 1 両あたりの修理費、車両の耐用年数、軌道延長 1km あたりの軌道・施設の維持費用をもとに推計した結果、新規に吉備線に導入する車両を 1 両編成とした場合は約 469t-C/年、2 両編成とした場合は約 741t-C/年となった。

4. JR 吉備線への LRT 導入のライフサイクル評価結果

(1) LRT 整備の有無における都市内交通の変化

本研究で構築した都市内交通シミュレーションモデルを用いて、現況の岡山県南域の交通状況 (Without ケース) を再現するとともに、前述した設定条件に基づいた JR 吉備線への LRT 導入施策が実施された場合の岡山県南域の交通状況 (With ケース) を再現し、この双方を比較することにより、LRT 導入施策の効果を検証する。なお、各実行回における結果の差異が収束するように Without ケースと With ケースは共に 5 回のシミュレーションを実行し、3~5 回の結果を平均した値により評価した。

その結果、With ケースにおいては、自動車数が減少する一方、公共交通機関利用者数が増加することが確認され、LRT 導入により公共交通機関の利便性が高まることで自動車利用から公共交通機関利用へと転換が行われるとの結果となった。

また、自動車数の減少や交通状況の改善により、CO₂ 排出量は With ケースにおける値が Without ケースと比較し、約 261t-C/年小さくなるとの結果となった。

LRT 整備の有無による CO₂ 排出量の増減をリンクごとに下の図に示す。都心部を中心に岡山県南域の各所で CO₂ 排出量が削減される結果となった。

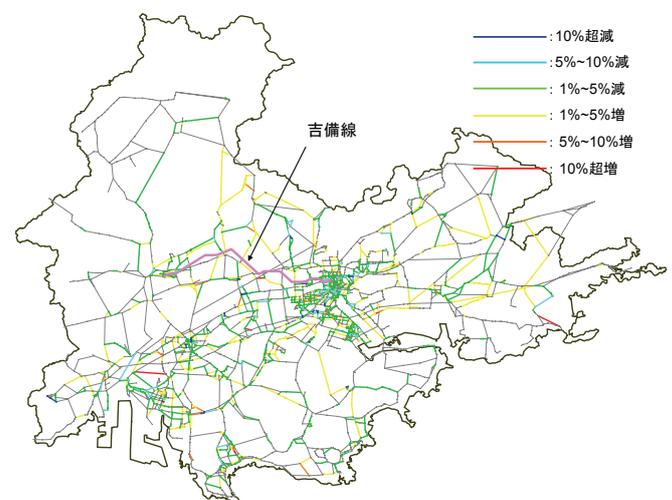


図-2 各リンクにおける CO₂ 排出量の増減

(2) LRT導入のライフサイクル評価結果

LRT導入を実施する際には、前述した設定条件に基づいて新規に軌道を敷設することや、増加した運行本数などに伴い新たな環境負荷が生じる。この環境負荷をCO₂排出量として捉えることで、LRT導入により減少した自動車交通に起因するCO₂排出量と比較し、岡山県南域における都市内交通におけるCO₂排出量収支とする。その結果を下の図に示す。

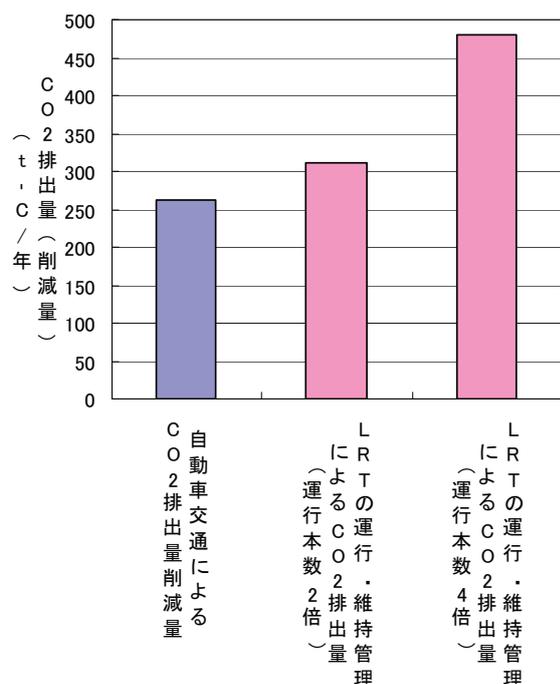


図-3 LRT導入によるCO₂排出量収支

本研究におけるLRT整備施策の設定条件下においては、自動車交通によるCO₂排出量は減少したが、LRTの整備・運行等により生じるCO₂排出量を相殺するまでには至らないという結果となった。

5. 結論

本研究では、広大な都市圏全域にわたる交通施策のCO₂排出量に基づいた環境影響評価を実施するにあたり、まず広範な道路ネットワークにおける大量の交通流によって時々刻々と変化する都市内交通状況を詳細に再現できる都市内交通シミュレーションモデルを構築した。そして、交通施策として既存のJR路線におけるLRT導入を取り上げ、LRT整備の初期建設時や運行・維持管理から発生するCO₂をも考慮したライフサイクルにわたる環境影響評価を行った。

本研究で設定した整備案に対する評価においては、LRT整備により都市内の自動車交通状況が改善され、自

動車から排出されるCO₂の対象エリア内における総量は小さくなることが明らかとなった。しかし、新たなLRT車両の運行・維持管理などにおいて発生するCO₂を考慮した、ライフサイクルにわたる評価では、LRT導入により減少する自動車からのCO₂排出量よりも、LRTの維持管理などにより排出されるCO₂の量が大きくなる結果となった。

このような結果となった要因として、以下のものが挙げられる。

まず、本研究で構築した交通機関選択モデルでは、LRT整備の有無による変化として、所要時間と費用のみを対象としている。そのため、LRTの特性であるバリアフリーへの対応などのような要因は反映されていない。これにより、実際よりもLRT利用者の数が小さくなったと考えられる。

また、今回の評価においては単年次での評価結果がその後も一定のまま推移すると仮定しているが、LRT導入後において、人々の交通機関選択意識が変化することは想定しておらず、高齢化率の上昇や都市構造の変化など交通機関分担率に大きな影響を与える要因を排除している。

今後の課題として、以上で挙げた本研究においては考慮されていない要因に対応することにより、より再現性の高いシミュレーションモデルを構築し、評価を行うことが求められる。

参考文献

- 1) 山口耕平・青山吉隆・中川大・松中亮治・西尾健司：ライフサイクル環境負荷を考慮したLRT整備の評価に関する研究，土木計画学研究論文集，Vol.18 No.4，pp.603-610，2001
- 2) 松中亮治・谷口守・端戸裕樹：バスプローブデータを用いた一般車両走行速度の推計方法に関する研究，土木計画学研究論文集，No.23，no.4，pp.871-877，2006
- 3) 中川大・伊藤雅・小出泰弘：公共交通と自動車交通を統合した都市交通シミュレーションシステムの構築，土木情報システム論文集，Vol.7，pp.97-104，1998
- 4) 岡山県南広域都市圏総合都市交通計画協議会：第3回岡山県南広域都市圏総合都市交通体系調査報告書，1995
- 5) 岡山県，毎月勤労統計調査年報，日本語，http://www.pref.okayama.jp/kikaku/toukei/maikin_nen/index.html，2004
- 6) 岡山市：まちづくり交通計画調査報告書，1999
- 7) 近藤美則・森口祐一：産業連関表による二酸化炭素排出原単位，環境庁国立環境研究所地球環境研究センター，1997
- 8) 亀谷哲郎・加藤博和：岐阜市における路面電車の有無がCO₂排出量に及ぼす影響の推計，土木学会中部支部研究発表会，2004
- 9) 岡山市：運輸経済統計要覧，1995
- 10) 総務庁：平成7年産業連関表，1995