

6. 環境にやさしい交通システムへのモーダルシフトとシミュレーションによる効果評価に向けた取組み

交通システム研究領域
名古屋大学大学院

※大野寛之、工藤 希
加藤博和、森本涼子、柴原尚希、伊藤 圭

1. はじめに

都市交通分野における省エネルギー化や CO₂ 排出量削減のためには、個別交通から公共交通へのモーダルシフトが有効である。その実現に向け各地で実施されている取組み事例を取り上げ動向を報告する。

また、モーダルシフトの効果を評価するにあたっては、公共交通の輸送効率の側面とともに、システム全体のライフサイクル CO₂ 排出量の推計手法を構築し、交通システム整備に伴う CO₂ 排出量の変化を評価することも重要な視点である。このような観点から、シミュレーションを用いた効果評価手法と LRT 導入による CO₂ 排出量削減効果のケーススタディ事例を報告する。

2. モーダルシフト実現に向けた取組み

近年の都市内公共交通のトピックとしては、富山市に於ける富山ライトレール開業と、それに続く富山地方鉄道富山市内軌道線環状部の整備が上げられる。北陸新幹線開業に合わせ、両路線は JR 富山駅高架下で接続され直通運転も実施される予定であり、富山市内の公共交通ネットワーク整備が大きく進展する。

同様の動きが福井市に於いても始まっており、平成 25 年 3 月に福井鉄道が低床 LRV を導入したのを皮切りに、福井駅前の交通結節点の整備や福井鉄道とえちぜん鉄道との路線を田原町駅で接続し、相互乗り入れを行う計画となっている。

交通安全環境研究所ではこれらの地域に於いて、低床 LRV 車両が導入されるに当たり安全性評価を実施した他、新たな信号システムの安全性評価等も実施し、新しい交通システム導入の支援を行ってきた。

路面電車を巡る最新の動きとしては、札幌市に於ける路線の環状化¹⁾が注目されている。新たな軌道を敷設するに当たり、その位置を道路の中央部ではなく歩道側に振り分けるサイドリザベーション計画が提示

されている。この方式は海外では事例が見られるものの日本では初めての試みであり、新たに設置予定の停留所に於いて歩道から乗降できる利便性が、旅客にどのような影響を与えるかが注目される。

LRT だけでなく BRT(Bus Rapid Transit)の導入計画も進められている。BRT という言葉は、東日本大震災で大きな被害を受けた路線での仮復旧の手段として広く知られるようになってきたが、本来は鉄道の代替手段ではなく、都市内公共交通のメニューの一つである。新潟市では新しい公共交通として BRT の導入を目指しており、連接バス導入とバス専用レーンの整備を計画している²⁾。

上に挙げた各地の取り組みは既に一部実現しているか、または実現に向けて計画が実行されつつあるものである。一方、実現までには時間が必要だと思われるものの、鉄軌道導入によるモーダルシフトへの大きな期待が寄せられている地域として沖縄本島が挙げられる。沖縄県内の軌道系交通システムは、沖縄都市モノレール(ゆいレール：路線長 12.9km)のみであり、車社会となっている沖縄では、新たな軌道系公共交通の導入機運が近年高まりつつある。

内閣府では平成 22 年度より「鉄軌道等導入可能性検討基礎調査」を開始し、平成 24 年度より「鉄軌道等導入課題検討基礎調査」を実施し、鉄軌道導入に向けた検討を進めている³⁾。沖縄県も平成 24 年 6 月に公表した「沖縄県総合交通体系基本計画」に於いて、本島を南北に走る「鉄軌道を含む新たな公共交通システムの導入」や那覇市と与那原町とを結ぶ「LRT・BRT 等」を掲げている。さらに沖縄県では上記基本計画に基づき、「鉄軌道を含む新たな公共交通システム導入促進検討業務」を進めている⁴⁾。

国や沖縄県の動きとは別に、沖縄県内の自治体でも独自に鉄軌道導入の可能性を検討しており、特に本島

南部の市や町および石垣市に於いては LRT 導入に向けた議論が進められている。

交通安全環境研究所では平成 22 年に那覇市と宜野湾市を会場として「第 4 回 LRT 国際ワークショップ」を開催し、海外有識者を交えて沖縄への LRT 導入の可能性について議論した他、平成 24 年には「第 2 回 LRT 普及促進懇話会」を那覇市で開催し、沖縄県内への LRT 導入に向けた動きを支援している。また、鉄軌道導入に向けた沖縄県の検討会や、沖縄本島南部自治体の勉強会等に職員が参加し、技術的助言等を行っている。

このように、都市内交通のモーダルシフトに向けた LRT や BRT 等の新たな公共交通システム導入の動きは全国に広まってきているが、都市の構造、道路の状況、あるいは人口の集積度や人口構成等の条件は地域により異なっている。また、かえって道路渋滞が増え CO₂ 排出量が増加したり、導入した新システムに乘客が乗らず、採算性が悪化したりという影響があり得る。そのため、新たな公共交通を導入するに当たっては、事前に導入効果を予測し評価する必要がある。以下、公共交通システムの導入効果評価手法の例について詳述する。

3. LCA (Life Cycle Assessment) を考慮した LRT 導入効果評価

モーダルシフト実現のための効果評価に当たっては、これまで、導入後の交通システムの効果評価について検討してきたが、システム全体のライフサイクルも考える必要がある。そこで今回は、交通システム整備に伴う CO₂ 排出量の変化を評価する観点から、交通流シミュレーションに、実際の交通システム整備計画に関するライフサイクル環境負荷の評価を加えた検討を行った。

ケーススタディとして LRT を導入した場合の効果を実施した。なお、ケーススタディにおいて LRT 整備前後の比較を実施しているが、推計における諸設定はあくまで仮想である。

3. 1. 評価範囲の設定

本ケーススタディでは、路線バスを新設の LRT に置き換える事業を対象として、ライフサイクルにわたる CO₂ 排出量を推計する。LRT・路線バスの各交通システムと自動車を評価範囲に含める。LRT はインフラ(軌道等の本体構造物、停留所等の付帯構造物)と

車両から構成されるシステムとし、従来運行している路線バスについては、インフラ(道路・停留所等)はすでに存在するものとして推計に加え、車両製造・更新および走行に伴う CO₂ を評価する。

ライフタイムは、LRT・路線バスいずれのシステムも 60 年とし、車両は LRT30 年、路線バス 10 年で更新されるものとする。また、LRT 整備や路線バス廃止によって交通流が変化する自動車(乗用車・トラック)については、走行起源環境負荷の変化を扱い、環境負荷の種類として CO₂ を取り上げる。本ケーススタディにおける評価範囲を図 1 に示す。本検討では LRT および路線バスのライフサイクル CO₂ を SyLC-CO₂(System Life Cycle CO₂)、自動車を含めた拡張ライフサイクル CO₂ を ELC-CO₂(Extended Life Cycle CO₂)と表記する。

推計フローを図 2 に示す⁵⁾。LRT・路線バスの走行起源以外の CO₂ 排出量は各構成要素(車両、インフラ)の CO₂ 排出原単位を用いて求める。また、LRT・路線バス・自動車の走行起源 CO₂ 排出量はシミュレーションにより求める。

3. 2. 車両及びインフラの推計方法

LRT・路線バスの構成要素である車両・インフラ(LRT のみ)それぞれの CO₂ 排出量は、製造(車両)、建設・維持補修(インフラ)の段階毎に表 1 に示す CO₂ 排出量原単位を用いて推計する。なお、LRT のインフラ維持補修は毎年行うとし、レール交換は 20 年に 1 度と仮定する。

3. 3. 車両走行段階の推計方法

本検討では当研究所で開発した都市交通シミュレータ⁷⁾を用いて、従来の路線バスや自動車および新設 LRT の車両走行の CO₂ 排出量を求める。本シミュレータは地図上に LRT 路線を設定して、道路交通(自動車、バス)の走行と並行して模擬走行することができ、LRT 導入による自動車交通への影響が計算可能である。LRT には車両の性能曲線、制限速度、曲線通過速度が与えられ、交通信号機に従いながら走行する際の力行電力、回生電力から消費エネルギー量が得られる。自動車に関しては、道路ネットワーク上をあらかじめ目的地を持った自動車が 1 台ずつ信号現示に従って走行する、車両間の追従挙動モデルに基づいたミクロ交通シミュレーションとなっている。

普通ガソリン自動車と大型・バスディーゼル自動車

を扱い、各車からの CO₂ 排出量は、走行モードにより瞬時燃料消費量を計算し、それに環境省が定める CO₂ 排出係数を乗じて算出する。

3. 4. ケーススタディの概要

ケーススタディの概要を表 2 及び図 3 に示す。LRT 導入により従来同じ区間を運行している路線バスは廃止され、利用者は全員 LRT に転換するものと想定し、専用軌道の敷設に伴って自動車が通行可能な車線は減少するものとする。またここでは並行道路を走る自動車交通からの転換は考慮しないものとする。

自動車走行状況は、国土交通省による平成 17 年度の一般道路交通量調査データに基づき、各交差点の直進右左折交通量を用いて再現する。

LRT 整備前後の環境負荷変化を推計するために、従来(自動車+路線バス)と LRT 整備(自動車+LRT)の 2 つのシナリオを設定する。シミュレーションによる推計は 1 時間を単位として行う。1 時間ごとの推計結果を足し合わせて 1 日の CO₂ 排出量を算出し、ライフタイム 60 年に換算する。

3. 4. 1 交通ネットワーク全体での推計結果

交通ネットワーク全体からの ELC-CO₂ 推計結果を図 4 に示す。SyLC-CO₂ は従来(路線バス)に比べ LRT 整備の方がインフラ起源の CO₂ 排出量が多いものの、走行起源 CO₂ 排出量が小さいため、微量ながら減少したが、周辺交通流の自動車走行起源 CO₂ 排出量は 528[kt-CO₂/60 年]増加しており、その分も含めた ELC-CO₂ は増加するという結果が得られた。すなわち、軌道を新設して道路容量が減少し、周辺道路が渋滞した分、路線バス利用者が LRT 利用へと転換するだけでは、交通ネットワーク全体として ELC-CO₂ が増加することになる。

3. 4. 2 自動車から LRT への需要転換量の影響に関する感度分析

以上より、LRT 整備に伴い CO₂ 排出量を削減するには、自動車から LRT への需要転換が必要であるということが分かる。そこで、需要転換が生じた場合の、自動車走行による CO₂ 排出量の変化について感度分析を行った。本検討では道路状況に着目し、渋滞のある上りと渋滞のない下りでは需要転換の感度がどのように異なるか考察した。考察する範囲は、図 3 に示す LRT と並行する 2km の区間で行った。シミュレーション設定条件を表 3 に示す。この条件で自動車のう

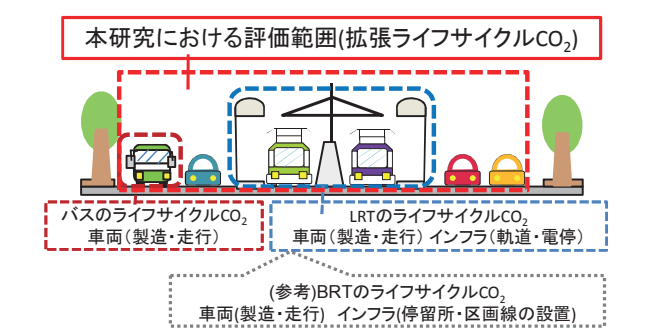


図 1 本ケーススタディにおける評価範囲の設定

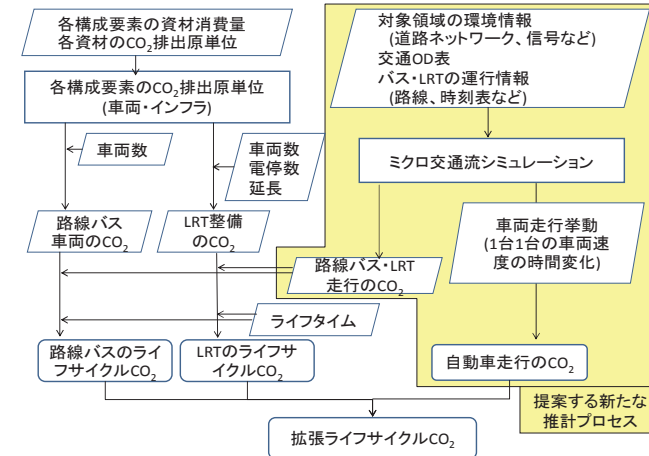


図 2 ライフサイクル CO₂ 推計フロー⑤

表 1 LRT・路線バスの CO₂ 排出原単位^⑥

システム	構成要素	段階	原単位
LRT	a)車両	製造	39.3[t-CO ₂ /編成]
		建 設	b)軌道 1,070[t-CO ₂ /km]
	インフラ	c)電停	14.4[t-CO ₂ /箇所]
		d)維持補修	4[t-CO ₂ /年]
路線バス	e)車両	製造	36.4[t-CO ₂ /台]

ち 10～50%が LRT へ転換した場合の CO₂ 排出量を推計する。

図 5 に対象区間上りの分析結果を示す。1 時間のシミュレーションにより得られた、対象区間を通過した自動車の走行により発生する CO₂ 排出量を表している。自動車需要のうち 20%が LRT に転換すると、点線で示した交通量減少分以上に CO₂ 排出量は低減していくことがわかる。この理由として、交差点で発生している渋滞が解消されて車両走行環境が改善する効果が卓越していることが考えられる。

一方、図 6 に示す同区間下りのみの分析結果では、上りに比べて CO₂ 排出量の減少の程度が小さい。これは、下りはもともと渋滞が発生しておらず、転換に

よって交通量が減少しても車両挙動が大きく変わることがないためである。

以上より、道路交通状況が需要転換量の感度分析結果にも大きく影響を及ぼすことが分かった。なお、今回は需要転換量を扱ったが、自動車交通量が従来より増加した場合等についても、感度分析によって検討することができる。

表 2 本ケーススタディで検討する路線の概要

	路線バス(従来)	LRT(計画)
車両重量[t/両(編成)]	10.7	25.0
運行本数[本/日]	450	320
表定速度[km/h]	10.2	16.8
停留所数[箇所]	50	36
路線延長[km]	14.5	14.5
輸送量[人/日]	27,000	27,000
車両数	15[台]	20[編成]
定員[人]	80	150

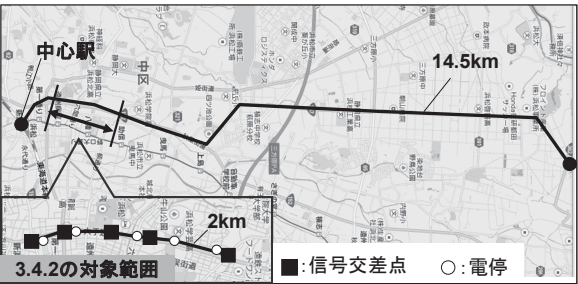


図 3 シミュレーション対象区間の概略図

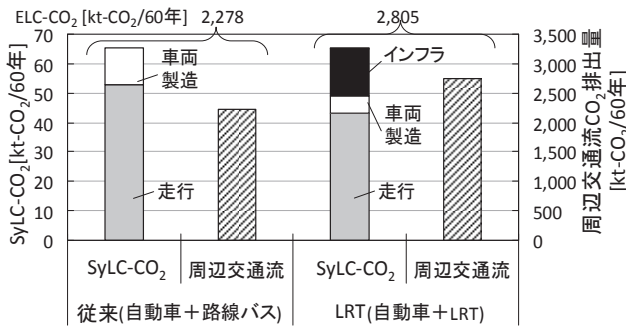


図 4 交通ネットワーク全体での CO₂ 推計結果

表 3 シミュレーション対象区間の概要

LRT 延長	2.0km
OD データ	平成 17 年道路交通センサス 主要交差点の交通量調査
交通信号	LRT に対しては PTPS を適用
計算時間	1 時間
電停数	7 箇所
シナリオ設定	従来：自動車+路線バス LRT 整備：自動車+LRT
区間内主要交差点	5 箇所

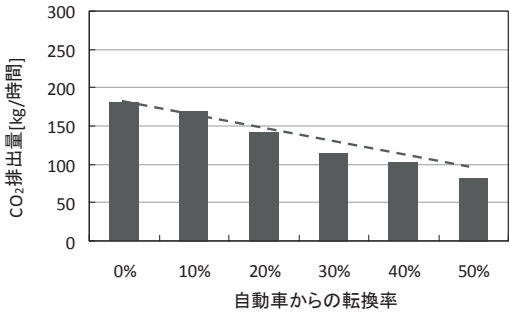


図 5 自動車からの需要転換の感度分析(上り)

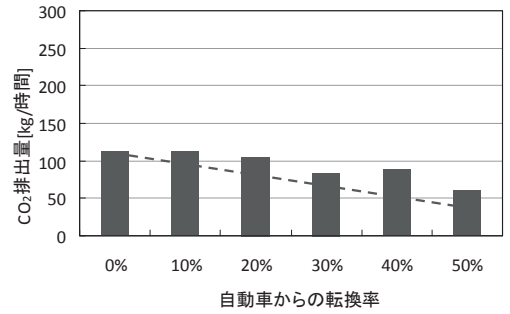


図 6 自動車からの需要転換の感度分析(下り)

4. おわりに

効果的なモーダルシフトの実現により、地域住民の満足や CO₂ 排出量削減等の結果を得るためには、都市計画から交通システムのライフサイクルまで考慮する必要がある。新しい公共交通を導入した後で、予測した効果が得られなかったという状況にならないためにも、導入効果を適切に予測・評価することは極めて重要であり、今後ともこの研究を進めていきたい。

参考文献

- 1)札幌市ホームページ
- 2)新潟市ホームページ
- 3)内閣府ホームページ
- 4)沖縄県ホームページ
- 5)森本他：マイクロ交通流シミュレーションを組み込んだ交通システム整備によるライフサイクル CO₂ 変化の推計手法，第 21 回地球環境シンポジウム講演論文集,2013.
- 6)渡辺他：LRT システム導入の環境負荷評価ー代替輸送機関との比較と環境効率の適用ー，日本 LCA 学会誌，Vol.2 No.3，pp.246-254，2006.
- 7)工藤他：軌道系交通の導入評価のための都市交通シミュレータ，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.44，CD-ROM，2011.