

9.モビリティ革命に伴う 交通活動の低炭素化効果の評価手法

朴 秀日^{1*}・加藤 博和²・森田 紘圭³

¹正会員 名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター
(〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

²正会員 名古屋大学教授 大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター (同上)

³正会員 大日本コンサルタント株式会社中部支社技術部 (〒451-0045 名古屋市西区名駅2-27-8)

* E-mail: suil@urban.env.nagoya-u.ac.jp

ICT やエネルギー技術の普及・発展を背景に 100 年に 1 度のモビリティ革命が起きつつある。しかし、モビリティ革命をもたらす技術・サービスの環境負荷に関する学術的・客観的な評価は行われていない。そこで、著者らがこれまで確立してきた LCA (Life Cycle Assessment) や WtoW (Well to Wheel) 評価の手法を援用・拡張し、次世代モビリティツールや新技術・サービスが交通システムの低炭素性に与える影響を包括的・定量的に把握し、地域特性に応じて低炭素性の条件を満たしつつ、シームレスな移動そして QOL (Quality of Life) 向上に寄与できるような交通システムを見いだす方法論の開発を進めている。本稿では、その手法のフレームワークを提示する。

Key Words : Greenhouse gas emissions, MaaS(Mobility as a Service), CASE(Connected, Autonomous/Automated, Shared, Electric), LCA(Life Cycle Assessment), Well to Wheel

1. はじめに

(1) 研究の背景

日本は2050年までに国内の温室効果ガスの排出を「実質ゼロ」とする「2050年カーボンニュートラル」方針を表明した。GHG (Greenhouse gas) 排出総量の2~3割を占める運輸部門においては、その削減のために技術・車両・運行形態の革新を図るのみならず、移動の変更を伴う交通システム全体の改善が必要不可欠である。

一方で、近年はICTやエネルギー等に関する新技術の活用に伴い「モビリティ革命」が起きつつあると言われている。CASE (Connected・Automated・Shared・Electrification) と呼ばれる自動車の根本的な変革が予想され、MaaS (Mobility as a Service) を実現するための交通モード間連携が注目を浴びている。しかし、これらモビリティ革命をもたらす新たな技術・サービスの環境負荷に関する学術的・客観的な評価や検討はほとんど行われていない。

(2) 研究の目的

著者の加藤を代表として、(独)環境再生保全機構・

環境総合推進費による研究プロジェクト「モビリティ革命が脱炭素化を実現するための条件 (1G-2001)」を2020年から2022年まで3年間実施している。その核心として、モビリティ革命が交通活動のGHG排出量に及ぼす影響を及ぼし、その進展状況を調整することでいかにGHG排出量を削減できるかの検討に適用可能な評価手法を構築する。

そのために、ライフサイクルGHG (以降、LC-GHG排出量) 評価手法¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を援用し、新たな交通サービスを担う交通具についてもLC-GHG排出量をWtoW (Well to Wheel) で評価できるようにする。また、各交通システムに様々な新技術・サービスを導入した場合の低炭素性変化を把握し、さらに需要・供給状況やインフラ整備・エネルギー技術等の要因による変化も考慮できる評価手法を開発する。

これを実際の都市に評価し検証する。結果を踏まえ、地域特性に合わせてシームレスな移動と低炭素性の向上を同時に実現することで、QOL向上にも寄与できる評価手法、すなわち「モビリティ革命が脱炭素化を実現するための条件」を明らかにする手法を確立することが本研究の目的である。

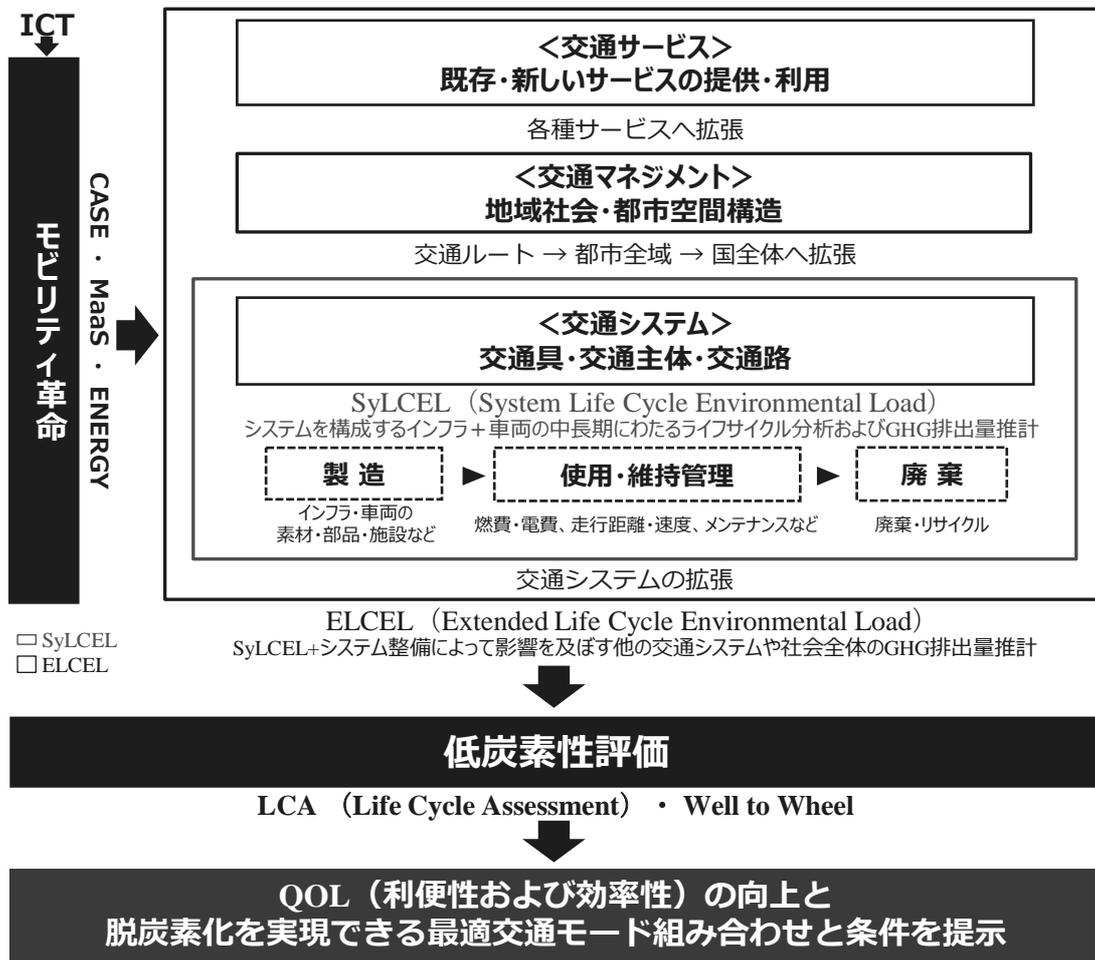


図-1 低炭索性評価のフレームワーク

2. 提案する評価手法と LCA 適用

モビリティ革命の低炭索性評価のフレームワークを図-1に示す。

近年はCASEやMaasなどのモビリティ革命をけん引する新技術・サービスに関する研究開発が盛んに行われている。しかし、これらについてはこれまで学術的な整理が行われていない。そこで、様々な文献・報道等を俯瞰し、モビリティ革命をもたらす新技術・サービスの環境負荷に関する諸要素の関係性および変動要因などを整理した。また、著者らがこれまで確立してきたLCAやWtoW評価手法を用いて、交通システムを構成するインフラ・車両の製造から使用・維持管理・廃棄までのLC-GHG排出量の推計プロセスを一体的に特定化し、GHG排出量変動要因を示すとともに、その関係性を整理した。

著者ら¹⁾は、交通システムの環境性能評価においてLCAの考え方を適用する必要性を明らかにし、その方法論を開発・評価してきている。そして、通常のLCAでは個別に評価される車両やインフラをまとめて体系的な交通システムとして扱うSyLCEL (System Life Cycle Environmental Load)²⁾による評価を行った。さらに、交通

システム利用・走行状況を反映させ、交通社会資本整備に影響を受ける他の交通手段や活動まで評価を拡張した範囲 (バウンダリー) でのライフサイクル環境負荷をELCEL (Extended Life Cycle Environmental Load)²³⁾と呼び、道路整備や新規鉄軌道整備時におけるGHG排出量変化の評価手法⁵⁾を構築してきている。これによって、都市内の各種交通手段 (自転車、電動アシスト自転車、電気自動車、タクシー、BRT、LRTなど) のLC-GHG排出量を推計・比較した研究⁶⁾や、LRT導入が環境負荷削減にとって有効かどうか、需要量等の条件に応じていずれの交通機関が環境負荷削減に資するかをSyLCELおよびELCELに着目して明らかにした研究を行ってきた。さらに、需要などによる感度の分析を通じて不確実性を考慮できる方法論を提示⁷⁾している。

以上のフレームワークは、モビリティ革命を構成する新技術・サービスの評価においても必要かつ適用可能である。そこで、これまで確立してきた既存の交通モードを対象とするLCAやWtoW評価手法等を援用・拡張し、新技術・サービスについての必要情報を収集・分析し、適用する。

一方、「モビリティ革命」により新技術・エネルギーなどの様々な要素が関与することで、地域の人口・世帯をはじめ、地形・気候や交通需要・活動などの地域的特性と交通システム（交通具・交通主体・交通路からなる）がどのように関連付けられ、将来どのように変化していくか、また、車両およびシステム整備（前後）によって都市全域・国全体および他交通機関・サービスなどにどれぐらい環境負荷に影響を与えるのかを、効果が生じる範囲まで推計を拡張（ELCEL）して評価する。

3. 低炭素性評価の概要

(1) LCAに基づくGHG排出量変動要因の整理

モビリティ革命を推進する主要因となる新技術・サービスを、モード（交通具）・サービス（交通路）・ライフスタイル（交通主体）別に抽出し表-1に示す。抽出した各項目の概要と普及・実装状況を整理し、それらの組み合わせによるGHG排出量変動の主要因を、製造から使用、廃棄までのライフサイクルに着目して把握するためにLCプロセスツリーを構築した（図-2）。これを用いると、新技術・サービスの導入によって交通起源GHG排出量（または原単位）が変動する要因について、外生要因である交通需要や燃料源、さらにこれらを規定する社会経路を含め、技術要因・地域要因・行動変容要因・外的要因などを加味した分析が可能となる。

(2) 評価に必要となるデータ収集および分析

表-1に示す14項目および次世代モビリティツールやシステムをLCプロセスツリーに適用することで、SyLC-GHG排出量を推計することができる。

評価範囲は「車両」（交通具）および「インフラ」（交通路）の製造・建設段階から、運行・運用にかかる維持・管理段階、廃棄段階までの一連の過程である。車両のLCAは「製造」「使用・維持管理」「廃棄」の各段階からなる。「製造」段階は「素材・部品・車体」の製品製造とする。「使用・維持管理」は「燃費・電費」「走行距離・速度」「メンテナンス」など、「廃棄」は「廃棄」「リサイクル」の段階とする。「インフラ」の場合は、「建設」「維持・運用」の段階とする。

これら各段階の評価に標準的に使用できるライフサイクルのGHG排出原単位の整備については、既に整備されているものを文献などから収集するとともに、ヒアリング調査などを通じて素材・部品の情報・データを収集し、LCIデータベースIDEAから製造時の原単位を整備する。走行時の原単位については、次世代モビリティツールの公表情報・データがほとんどないため、ヒアリング

表-1 モビリティ革命を構成する主要因となる代モビリティ技術・サービス

モード:M (交通具)	M1 電気自動車 水素自動車	M2 超小型 EV	M3 GSM	M4 電動バス	M5 自律走行 バス
サービス:S (交通路)	S1 カーシェア リング	S2 ライドシェア リング	S3 バイク/サイク ルシェアリング	S4 モード連携 サービス (MaaS)	S5 貨客混載 サービス
ライフ スタイル:L (交通主体)	L1 リモート ワーク	L2 フレキシブル オフィス	L3 EC・ テリバー	L4 オンライン 診療	

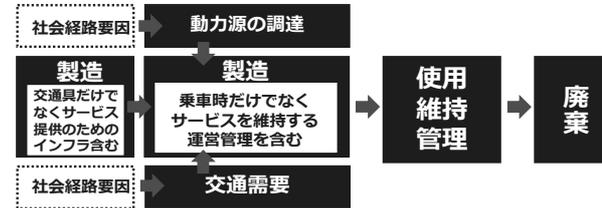


図-2 次世代モビリティ技術・サービスの LC-GHG 排出量推計の LC プロセスツリーの概略

表-2 GHG 排出量の簡易推計の考え方

a) 既存・次世代モビリティツールの導入時に考慮する事項

確実に生じる変化				
既存路線での削減		新規路線での増加		
距離×便数		実際の運行便数と燃料・電力消費量		
		台（車両）kmあたり原単位（燃費/電費）を用いる		
不確実な変化				
①転換		②転換		
自家用車	徒歩・自転車	移動者数の増加	道路渋滞の緩和	利用促進策等
転換量把握・仮設定など便数の増減				

b) 簡易評価の枠組

目的	次世代モビリティ導入が環境面で有利かどうかを判断					
評価対象・範囲	車両（既存・新）			インフラ（軌道・電停など）		
評価要素	環境負荷排出量（GHG 排出量）					
評価指標	ライフサイクル環境負荷排出量 [人 km・車 kmあたり]					
	走行	維持補修	道路	電停	軌道	車両
ライフタイム	インフラ建設期間＋共用期間 60年、車両 30年			標準原単位を用いて積み上げ計算		
使用原単位	標準原単位			その他の標準		
	インフラ	インフラ外部	維持補修	走行速度	コンクリート	車両製造
ケーススタディ	路線長[km]	定員 [人/編成]	混雑率 [%]	需要量 [人/日]	電停数	車両重量 [t/編成]
	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇

調査による実測データ入手や実車両の電費計測試験を通じてWtoW原単位を整備する。

これを用いて地域的特性に応じた利用状況・条件などにおけるGHG排出量を推計し、それらの組み合わせを比較・分析できる。例えば、乗用車依存型都市などを対象に鉄道・路線バス等の中大量公共交通へ転換させるため、端末交通機関としてシェア型のパーソナルモビリティを導入する際、利用距離別・利用人数別・乗用車種類別に転換および導入前後の低炭素性が、中大量公共交通と端末交通機関を合わせて交通システム全体で把握することができる。

(3) LCAに基づくGHG排出量の簡易推計の考え方

以上の考え方をを用いて、次世代モビリティツールやICT・エネルギー技術、およびそれらの組み合わせである交通システムの導入が低炭素化に貢献するといえるかどうかを、客観的・定量的に評価できる簡易推計の考え方を構築した(表-2)。これは、導入によって変化する要因を「確実に生じるもの」と「不確実なもの」に分け、交通システムのライフサイクルの各段階におけるGHG排出量の変化を精度別に把握できる。

これを用いると、新技術・サービスなどを導入する際、利用者数(交通需要)などの地域特性に応じて供給・需要に係る変動要因や低炭素化効果を包括的かつ精度を意識して把握できる。また、地域のプロジェクト別の低炭素性評価・比較が可能となる。

4. おわりに

コロナ禍により我々の生活パターンや仕事が大きく変化しており、終息後も交通活動の大きな変化が予想される。外出制限によってシェアサイクルやフードデリバリーサービス、出勤用オンデマンド相乗りタクシー、買い物や薬の受け取りの代行サービスなどが普及しつつある。このような状況の中で交通需要が量的に縮小し質的に変化すると予測されることから、その対応としてモビリティ革命を推進するという方向性も必要である。

以上も含め、エネルギーや社会経済トレンドの将来動向をシナリオ分析によって考慮しながら、モビリティ革命が利便性・効率性向上のみならず脱炭素を実現する交通システムを生み出すための条件を明らかにし、そのための中長期的な交通政策を提言することが必要である。

本研究で開発する手法は、国の低炭素技術の導入支援事業における評価手法への適用や、地方自治体におけるEBPM(Evidence Based Policy Making)に活用できるようにする予定である。

謝辞：本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF2020IG01)により実施した。

参考文献

- 1) 加藤博和：交通分野へのライフサイクルアセスメント適用-特集・交通と環境, IATSS Review, Vol.26, No.3. 55-62, 2001.
- 2) 加藤博和, 柴原尚希：ELCEL概念によるSocial/Dynamic LCAへの挑戦, 日本LCA学会誌, Vol.5, No.1, 12-19, 2009.
- 3) 加藤博和：交通整備による環境インパクト計測手法としてのライフ・サイクル・アセスメント, 交通工学, Vol.33, No.3, 81-86, 1998.
- 4) 中村英樹, 加藤博和, 丸田浩史, 二村達：都市間高速道路の横断面構成の相違によるGHG排出量のライフサイクル評価, 環境システム研究, Vol.26, 261-270, 1998.
- 5) 加藤博和, 大浦雅幸：新規鉄軌道整備によるGHG排出量変化のライフ サイクル評価手法の開発, 土木計画学研究・論文集, No.17, 471-479, 2000.
- 6) 森本涼子, 伊藤圭, 山本充洋, 加藤博和, 柴原尚希：都市内旅客交通手段のライフサイクルCO₂排出量比較, 土木学会論文集 D3, 土木計画学, Vol.68(5), 1_285-290, 2012.
- 7) 柴原尚希, 渡辺由紀子, 森本涼子, 加藤博和：交通システムLCAにおける評価の不確実性を考慮した情報提示の方法論, 日本LCA学会誌, Vol.5, No.2, 229-236, 2009.