

自動車 LCA のメタ分析

広島大学 学生会員 ○小田 拓歩
 広島大学 正会員 布施 正暁
 広島大学 学生会員 野口 寛貴

1. 研究背景と目的

世界的なモータリゼーションの進展とその環境問題の深刻化に伴い、自動車のライフサイクルを通じて発生する地球温暖化を中心とした多種多様な環境影響を評価するライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) が注目を集め、多くの研究が行われている。

自動車 LCA に関わるレビュー論文として、Peters らは、電気自動車に使われるリチウムイオン電池に関する研究 79 本を対象に、製造時温室効果ガス排出量推計結果のメタ分析を行っている¹⁾。しかし、本レビュー論文の対象はリチウムイオン電池の製造段階と LCA のシステム境界の一部に留まっている。Hawkins らは内燃エンジン自動車、ハイブリッド自動車、電気自動車を対象とした 55 本の LCA 研究を対象に、ライフサイクル温室効果ガス排出量推計結果のメタ分析を実施している²⁾。本論文は対象とする車種とシステム境界の網羅性は高いが、メタ分析の評価項目は環境負荷推計結果比較に留まっている。そのような中で、Mair-Bauernfeind らは、自動車の軽量化に関わる 115 本の LCA 研究を対象に、研究の目的、軽量化材料の種類、環境影響領域などを評価項目に挙げて、各評価項目間の関係性を統合的に評価している³⁾。本論文のメタ分析内容(評価項目)の網羅性は高い一方で、軽量化という特定の目的や車種に限定したレビューに留まっている。以上より、既往研究において自動車 LCA 研究のレビューは不十分な状況であり、自動車 LCA 研究の全体傾向と問題点の把握は重要な課題である。

本研究は、既往の自動車 LCA レビュー研究の限界を克服するため、広範囲な研究目的と車種を対象とした自動車 LCA 研究に対して、網羅性の高い評価項目を有するメタ分析を試みることを目的とする。

2. 方法

Fig.1 に本研究の自動車 LCA のメタ分析フローを示す。

キーワード 自動車, Life Cycle Assessment, メタ分析, レビュー, 引用ネットワーク分析

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院先進理工系科学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL 082-424-750

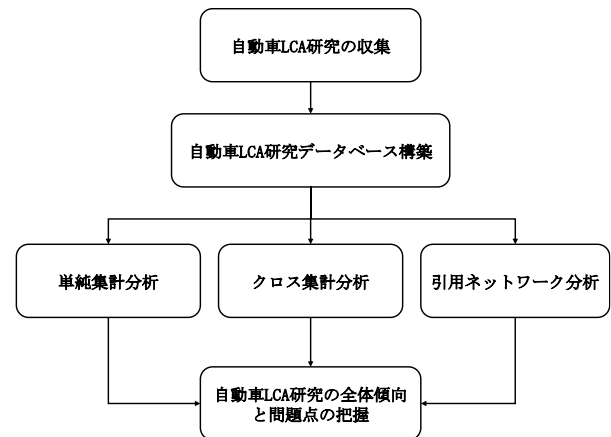


Fig.1 自動車 LCA のメタ分析フロー

Web of Science から自動車 LCA に関する既往研究を 311 本の SCI 論文を収集し、対象情報(車種・国等)、雑誌情報(出版年等)、目的、システム境界、機能単位、インベントリ分析、環境影響、不確実性分析、引用文献の評価項目についてデータベースを構築する。データベースを用いて、評価項目の傾向把握を行う単純集計分析、評価項目間の関係性を把握するクロス集計分析、個別の研究間の引用関係を把握する引用ネットワーク分析を行う。以上より、自動車 LCA 研究の全体傾向と問題点を把握する。

3. 結果

自動車 LCA のメタ分析結果を示す。Fig.2 は、単純集計分析として自動車 LCA 研究の目的別経年傾向を示す。1996 年に最初の論文が発表されてから、2011 年を境に研究数は増加し、2019 年では 50 本の論文が発表されている。目的に着目すると、車種評価、燃料評価、材料評価、将来予測の構成比は 44%、18%、12%、7%となり、内燃エンジン自動車と電気自動車との比較といった車種評価が自動車 LCA 研究の主要な目的であることがわかる。

Fig.3 はクロス集計分析として自動車 LCA 研究が考慮するライフステージと評価特徴を示す。評価特徴は、グローバル性、将来予測、技術・社会普及である。

Fig.3 より, 311 本の既往研究中, 211 本が生産段階, 295 本が使用段階を, 161 本が廃棄段階を, 217 本がエネルギー製造段階を, 55 本がメンテナンス段階を, 19 本がインフラ段階を考慮している. システム境界において, 廃棄段階, メンテナンス段階, インフラ段階を考慮している研究が少ない現状が明らかになった. ライフステージと評価特徴の関係性を見ると, 使用段階で技術・社会普及を考慮する研究が 311 本中 76 本, エネルギー製造段階において将来予測を考慮する研究が 311 本中 64 本, 確認された. また, このような研究の目的の約 6 割が車種評価に偏っている傾向も明らかになった. 以上より, 特定の目的において特定のライフステージで特定の評価特徴が考慮される傾向を把握した. 一方, グローバル経済下で重要なグローバル性はすべてのライフステージで十分に考慮されていない問題点が明らかになった.

Fig.4 は自動車 LCA 研究の引用ネットワーク分析結果を示す. 引用ネットワークから, 自動車 LCA 研究は 4 つのクラスターに分類され, 図中の紫色クラスターは燃料電池車, 青色クラスターは車種, 緑色クラスターは軽量化, オレンジ色クラスターは燃料に関連する研究と解釈される. 燃料クラスターは他クラスターに対して独立であり, 出版年に応じて引用関係が強まる傾向と車種クラスターが燃料電池車クラスターと軽量化クラスターを仲介し, 自身クラスター内の引用関係を自己強化している傾向が見られた. 以上より, 燃料関係の LCA 研究の知見が十分に活かされていない問題点が明らかになった.

4. 結論

本研究は, 311 本の自動車 LCA 研究を対象にメタ分析を行い, 自動車 LCA 研究の全体傾向と問題点を把握した.

単純集計分析結果より, 自動車 LCA 研究は車種評価を中心に年々増加している傾向を把握した. また, クロス集計分析結果より, システム境界の網羅性の限界として, 廃棄段階, メンテナンス段階, インフラ段階を考慮していない自動車 LCA 研究が多い現状を明らかにした. また, 評価特徴としてグローバル性が十分に考慮されていない問題点も明らかになった. 引用ネットワーク分析結果より, 燃料に関する自動車 LCA 研究の知見の活用が進んでいない問題点を把握した.

本研究で把握した自動車 LCA 研究の問題点の克服が, 今後の自動車 LCA 研究の方向性といえる. 特にグローバル性を考慮した LCA 手法開発が今後の課題である.

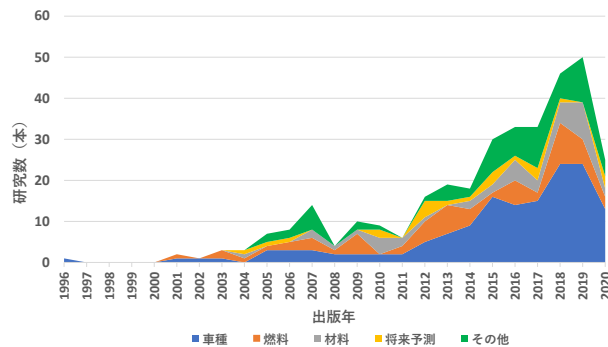


Fig. 2 自動車 LCA の目的別の経年傾向

	生産 (211)	使用 (295)	廃棄 (161)	エネルギー (217)	インフラ (19)	メンテナンス (55)
グローバル性	7	2	0	14	0	0
将来予測	14	53 (車種47%)	7	64 (車種55%)	1	1
技術・社会普及	23 (車種52%)	76 (車種58%)	12	15	0	1
	0-10本	11-20本	21-30本	31本以上		

Fig. 3 考慮されたライフステージと評価特徴

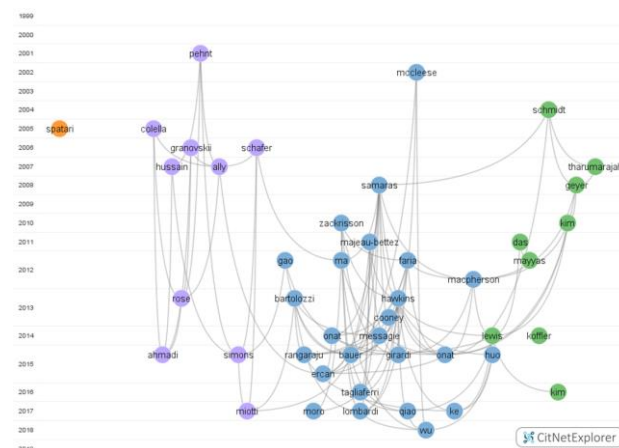


Fig. 4 自動車 LCA の引用ネットワーク分析結果

参考文献

- 1) Peters, J.F., Baumann, M., Zimmermann, B., Braun, J. and Weil, M.: The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.67, pp.491-506, 2017.
- 2) Hawkins, T.R., Gausen, O.M. and Stromman, A.H.: Environmental impacts of hybrid and electric vehicles—a review, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.17, pp.997-1014, 2012.
- 3) Mair-Bauernfeind, C., Zimek, M., Lettner, M., Hesser, F., Baumgartner, R. et al.: Comparing the incomparable? A review of methodical aspects in the sustainability assessment of wood in vehicles, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.25, pp.2217-2240, 2020.