

引用ネットワーク分析とテキストマイニングによる LCA 研究の包括的レビュー

広島大学大学院 学生会員 ○一樂 勇登
 東京工業大学大学院 正会員 野口 寛貴
 広島大学大学院 正会員 布施 正暁

1. 研究背景と目的

近年、多種多様な環境問題が注目を集めている中、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) に関する研究が急増している。LCA は対象となる「システム」、「製品」、「サービス」、「技術」のライフサイクルにおける環境負荷または環境影響を定量的に評価する手法である。また、持続可能な社会を実現する上で必要不可欠な LCA は ISO14000 によって国際標準化され、世界各国の多くの環境報告書等に使用されている。

このような背景から現在では、膨大な数の LCA 論文と LCA を使用する研究分野が存在している。一方で、LCA 研究の全体像や課題の把握は膨大な数の論文が存在することから困難になりつつある。Guinee ら¹⁾は主要な LCA 論文を対象として LCA 研究の全体像の把握に試みた。しかし、主要な論文のみをレビュー対象としているため、レビューの網羅性には欠ける。以上から、すべての LCA 論文を従来のレビュー方法ではなく効率的にレビューすることが必要である。さらには、具体的にどのような研究分野や実施対象において LCA による評価が活発に行われているのかということも不明である。

そこで本研究では、活発に LCA が実施されている研究分野や対象を特定し、効率的に LCA 研究の全体像を把握することに試みる。その後、得られた結果をもとに、今後取り組むべき課題を明らかにする。

2. 分析手法

本研究での LCA 研究の分析手法のフローを図1に示す。はじめに、本研究で対象とする 1990 年から 2022 年に出版された全ての査読付き LCA 論文 37727 本を収集する。次に、収集した論文からその論文のタイトル、著者、出版年などのデータを抽出し、それらを統合したデータベースを構築する。その後、構築したデータベースをもとに引用ネットワークを視覚化及び分析するための

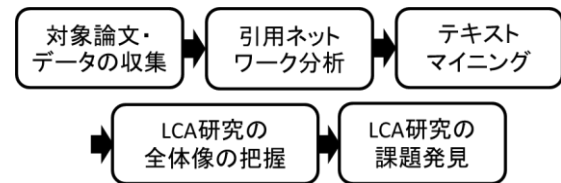


図1 本研究での分析フロー

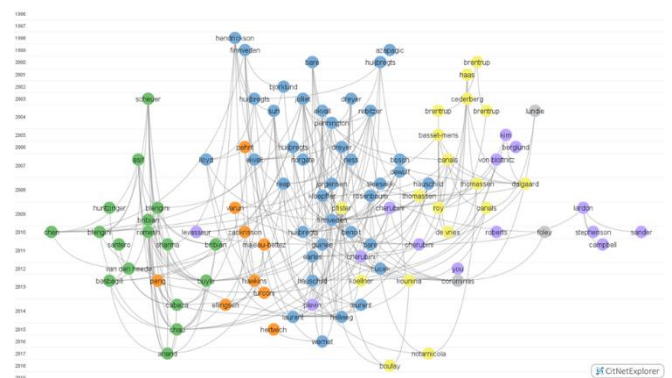


図2 LCA 研究の引用ネットワーク

ソフトウェアツールである「CitNetExplorer」²⁾を使用して引用ネットワーク分析を行う。引用ネットワーク分析を行うことにより、論文間の引用関係に基づいた引用ネットワークを構築するとともに対象論文をいくつかのクラスターに分割することができる。最後に、テキスト型データの計量的な内容分析またはテキストマイニングのためのソフトウェアツールである「KH Coder」³⁾を用いてクラスターごとにテキストマイニングを行う。テキストマイニングにより、文書内で出現回数の多い語句を抽出語リストとして集計することや特定の年代における特徴的な語句を視覚的に捉えることができる。これらの情報をもとにクラスターごとの特徴を捉え、分析結果を統合することにより LCA 研究の全体像を把握する。また、分析結果から LCA 研究上の今後の課題を発見する。

3. 分析結果

LCA 研究の引用ネットワークを図2に示す。

キーワード Life Cycle Assessment, レビュー, 引用ネットワーク分析, テキストマイニング

連絡先 〒739-8527 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 社会基盤環境工学プログラム
 事務室 TEL 082-424-750

引用ネットワーク分析の結果、対象論文の内、29530本の論文により引用ネットワークが形成された。また、対象論文は青、緑、紫、オレンジ、黄の5つのクラスターに分類された。また、垂直方向は時間、水平方向は被引用数による関連性で分類されており、水平方向で近いクラスター同士は引用ネットワークにおいて関係が強いと解釈することができる。各クラスターの位置関係から、青クラスターとオレンジクラスター、紫クラスターと黄クラスターがそれぞれ水平方向で近い位置に存在していることが読み取れる。また、各クラスターの引用関係の数から、青クラスターはすべてのクラスターとの関係が比較的強く、緑クラスターは他のクラスターとの引用関係が相対的に見て少ないことが明らかとなった。クラスター形成の性質上、同じクラスター内での引用関係が最も強いことは明確であるが、緑クラスターにおいては他のクラスターとの引用関係が他のクラスターと比較して弱い結果となった。分野が大きく異なるクラスター間での引用関係が少ないのであれば問題はないが、他の研究とも関係が必要な研究ではクラスター間のつながりを強化することは研究の発展上重要であると考えられる。

次に、クラスターごとにテキストマイニングを行う。テキストマイニングにより論文が属する研究分野を集計した結果、各クラスターの名称をそれぞれ、青を製品、緑を建設、紫をバイオマス、オレンジを新技術、黄を食品と変更した。また、LCA実施対象例を表1に示す。年代を4つに分割し、各年代における特徴的な語句を分析することからLCA実施対象をまとめた。

分析結果のまとめを表2に示す。引用ネットワーク分析の結果、建設クラスターにおける引用関係が他のクラスターと比較して相対的に弱いことが明らかとなった。また、テキストマイニングの結果、LCA実施対象として「製品」を対象とした研究だけでなく、「システム」や「技術」を対象とした研究がいくつか見受けられた。このことから、LCA実施対象が多様化していることが考えられる。一方、すべてのクラスターで「サービス」を対象とした研究が相対的に見てあまり行われていないことが分かった。そのため、今後は「サービス」を対象としたLCA研究も積極的に進めていく必要があると考える。

4. 結論

本研究では、引用ネットワーク分析とテキストマイニングにより膨大な数のLCA論文を効率的にレビュー

表1 LCA実施対象の例

| 年代 クラスター | -2013 | 2014-2016 | 2017-2019 | 2020-2022 |
|-------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 製品 | パルプ 再生紙 鉄製造 | 重金属製造 発電 繊維強化プラスチック | 人エナノ材料 木パレット 廃棄物再利用 | 廃プラスチック 強化高分子複合材料 廃車 |
| 建設 | アパート グリーンルーフ ヒートポンプ | 製鋼スラグ 道路舗装 セラミックタイル | フライアッシュ リサイクル骨材 リフォーム | セメント製造 アスファルト 解体廃棄物 |
| バイオマス | バイオエタノール製造 コエンターナル エネルギー作物 | 木製品 木質ペレット 麦藁 | コンストーバー 熱電併給プラント バイオガス製造 | 廃水処理 廃材 バイオ炭 |
| 新技術 | 風力タービン 乗用車 光通信モジュール | シェールガス 太陽熱加温器 道路輸送 | 船舶 ペロブスカイト太陽電池 地下石炭ガス化 | リチウムイオンバッテリー 電気自動車 水素製造 |
| 食品 | 牛乳 甜菜 ジャガイモ | ワイン シーフード 牛肉 | フルーツ 天然ゴム 羊 | 大豆 豚肉 魚 |

表2 分析結果まとめ

| | 製品 | 建設 | バイオマス | 新技術 | 食品 |
|---------------|------|----|-------|-------|-------|
| 他のクラスターとの引用関係 | すべて | △ | 食品 | バイオマス | バイオマス |
| LCA実施対象 | システム | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| | 製品 | ○ | △ | ◎ | ◎ |
| | サービス | × | × | × | × |
| | 技術 | ○ | △ | ○ | ◎ |

することに試みた。初めに、引用ネットワーク分析を使用して引用関係に基づいた対象論文のクラスターリングを行った。その後、クラスターごとにテキストマイニングを行い、論文内での出現語句を分析することからLCA研究の全体像の把握に試みている。

一方、本研究では対象論文を効率的にレビューする上で各種データの情報のみをもとにLCA研究をレビューしているため、考察の信頼性に欠けるという課題が残る。そのため、今後は対象となる論文を目的に合わせて絞り込み、従来のレビュー方法も併せて考察を行うことでレビューの信頼性を保つ必要がある。

参考文献

- 1) Guinee, JB., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P. et al.: Life Cycle Assessment: Past, Present, and Futures, Environmental Science & Technology, 45(1), pp.90-96, 2011
- 2) Van Eck, N.J., Waltman, L.: CitNetExplorer: A new software tool for analyzing and visualizing citation networks, Journal of Informetrics, 8(4), pp.802-823, 2014
- 3) 樋口耕一：テキスト型データの計量的分析—2つのアプローチの峻別と統合—『理論と方法』, 数理社会学会, 19(1), pp.101-115, 2014