交通社会資本整備のLCA結果に入力データの不確実性が及ぼす影響の分析

Analysis of the Influence on LCA Results for Transport Infrastructure Development of Uncertainty with Input Data

○森本涼子*[1)]、加藤博和[1)]、柴原尚希[1)]
Ryoko MORIMOTO, Hirokazu KATO, Naoki SHIBAHARA
1)名古屋大学
*rmori@urban.env.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

交通社会資本整備のLCAを実施する際、その入力データとして、不確実性の大きい値を使用せざるを得ないことが多い。例えば鉄道・道路整備の評価においては、その需要量や、競合する他の交通機関の需要量変化の値が入力値として必要になる。事業計画段階で、これらをモデルによって推計・予測し与えるとすると、社会資本のライフタイムは長く、また影響範囲が大きいため、精度の高い値を得ることは難しい。しかし、それら入力値の不確実性の取り扱い方法は具体的に検討されてこなかった。

そこで、著者らは既報[1)]で、社会資本LCAにおける各入力データの不確実性が結果の解釈に及ぼす影響の取り扱いに関する枠組を提示した。本稿ではその枠組を基に、LCA結果の解釈に及ぼす影響を、具体的な交通社会資本整備事例への適用を通じて分析する。その上で、推計結果の信頼性が低い場合の対処方法についても検討する。

2. 不確実性分析の方法

2.1 入力データとその不確実性

社会資本整備のLCAにおいて、各ライフステージにおける入力データが有する不確実性は**表1**のように整理される。本稿では、結果の不確実性に入力データが与える影響の大きさから、表中でハッチのかかった運用段階の要因について既報[1)]での感度分析の結果を用いて検討する。主要な入力データである1)交通量と2)乗用車燃料消費量に着目し、それらがある確率分布に従うと仮定して推計を行い、推計結果が持つばらつきや、「整備によって環境負荷が削減されるかどうか」の結果が、代表値を用いた推計と逆転する確率を示す。

2.2 適用事例の概要

著者らが過去に評価を実施したLRT導入事例[1)]をケーススタディとして論じる。既存バス路線の廃止とLRTの新規運行によって、乗用車利用者や廃止されたバス利用者のLRT利用への転換が起こり、各交通機関の分担交通量が変化することを想定する(**表2**)。評価対象範囲は、LRTシステム(インフラ建設と車両走行)および並行道路の乗用車交通に加えて、その道路の代替路の乗用車交通とする。評価する環境負荷はCO_2のみとする。ライフタイムを60年としてライフサイクルCO_2(LC-CO_2)を推計したLCI結果を**図1**に示す。乗用車からのCO_2排出量変化が大きな割合を占めていることがわかる。

表1　社会資本LCAの入力データとその不確実性要因

ライフサイクルステージ	入力データ	不確実性要因
資材製造・建設(インフラ、車両)	資材消費量	計画との違い
運用(鉄道の運行・自動車の走行など)	**交通量**	**需要予測モデルの精度**
	燃料消費量	**推計モデルの精度、**各個体差によるばらつき
廃棄	廃棄量	再利用量等が未知
全体	環境負荷原単位	データ品質・代表性、将来の変化が未知

表2　ケーススタディにおける諸仮定

LRT(バス)概要	路線長：5[km] 電停(停留所)数：上下計38[箇所] 往復需要量：7,000[人/日] 本数：LRT：278[本/日] バス：305[本/日]
並行道路	整備前後交通量：20,000→16,000[台/日] ※減少分はLRTと代替道路に転換
代替道路	整備前後交通量：20,000→22,000[台/日] ※増加分は並行道路から転換

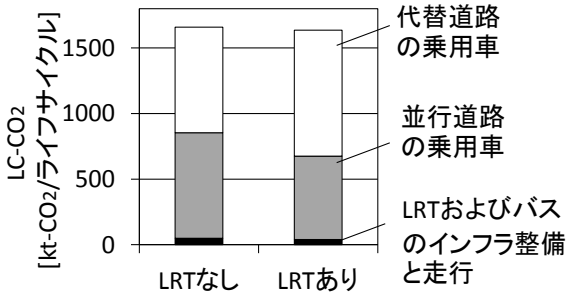

図1　LRT整備のLCI結果例

2.3 不確実性の設定

2.3.1 交通量

LRTの需要量および各道路の交通量変化量について誤差が生じる可能性があり、その確率は上限+10%、下限-10%の幅での一様分布に従うと仮定する。これは、道路交通需要予測の前提となる「全車走行台キロ」について、

過去30年間に実施された将来推計値と実績値との乖離が、約10%であるという調査結果[2]から設定した。

2.3.2 乗用車燃料消費率

道路を走行する乗用車の燃料消費率について、モデルの精度に起因する不確実性として、±10%の誤差が生じる可能性があり、その確率は上限+10%、下限-10%の一様分布に従うと仮定する。

3. 結果

モンテカルロ法により、入力データが推計結果に与える影響を分析した。試行回数を 10,000 回とした。推計結果は、LRT 整備を行った場合と行わなかった場合の LC-CO_2 の差(ΔE)で表示する。ΔE の符号が正のとき、整備による LC-CO_2 が削減を意味する。

3.1 ΔE の確率分布と結果が逆転する確率

得られた ΔE の確率分布を**図 2** に示す。平均値での推計では$\Delta E = 25$[kt-CO_2/ライフタイム]>0で整備によって環境負荷が削減される結果が得られるが、ばらつきを考慮した場合、$\Delta E < 0$ となる確率が 16.8%生じる。したがって、事業を行うべきか否かの意思決定に用いる場合は、「整備によって環境負荷が増大する可能性が 16.8%ある」旨を明らかにし、これを許容できるかどうかを議論することが必要となる。

3.2 データの不確実性と結果の信頼性の関係

1)交通量と 2)乗用車燃料消費量の不確実性と結果の信頼性の関係を**図 3** に示す。1)、2)両方の標準偏差を同時に半減させれば結果が逆転する確率は 3%になり、信頼性を向上させることができる。乗用車からの環境負荷は 1)と 2)の積であるため、両方の精度を向上させることで大きく改善できる。また、求められる有意水準が「結果が逆転する確率が 20%まで許容される」である場合、交通量予測の誤差を±30%のばらつきに抑えなければならないことも、図から明らかである。

3.3 不確実性から見た評価対象範囲の見直し

評価範囲を広くとれば、より複雑なモデルが必要となり、データの不確実性も大きくなる。その結果、解釈が逆転する可能性が大きくなると、「結果はどちらともいえない」ことになり、意思決定に利用できなくなってしまう。一方、3.2 節の分析を受けて、モデルの精度を上げようとしても、技術や時間の制約からそれが困難で、結果の信頼性向上が見込めない場合がある。そこで、意思決定に利用する情報として、評価範囲を見直して推計した結果を、限定的な情報である旨の注釈をつけた上で、参考情報として提示することが考えられる。

本事例で、LRT 軌道と並行道路のみを評価対象範囲とし、ネットワークを構築する代替道路を対象外とした場合は、結果が逆転する確率は 1%未満で、$\Delta E = 170$[kt-CO_2/ライフタイム]>0(CO_2 削減)の結果が得られる。結果が逆転する確率が小さいのは、不確実な入力データが減った上、平均値の ΔE が大きいことが要因である。

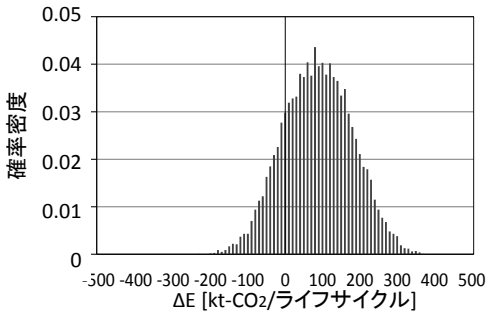

図２ ΔE(整備ありーなし)の確率分布

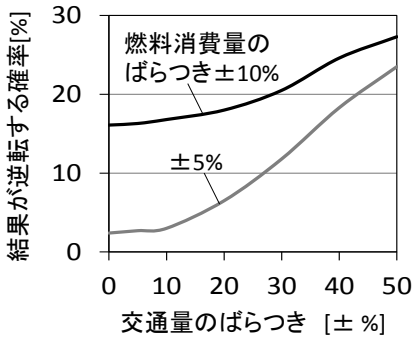

図３ 交通量の不確実性と結果の信頼性の関係

3.4 異なる分布形を仮定した場合

誤差の分布として一様分布を仮定したが、実際にはモデルでの予測と実績値との乖離の確率分布を得ることは難しいため、別の分布形を与えて結果への影響を検討する。±5%を標準偏差とした正規分布を仮定した場合、結果が逆転する確率は 7.3%となった。

4. まとめ

社会資本整備の LCA において、入力データの不確実性が結果の解釈に及ぼす影響を分析した。交通量・乗用車の燃料消費率・環境負荷原単位にそれぞれ確率分布を仮定して分析を行い、平均値による推計結果が「整備によって環境負荷は削減される」であっても、結果のばらつきにより、16.8%の確率で逆の結果(環境負荷が増大する)となる可能性があることを示した。今後はその他の不確実な入力データについても分析を行う。また、分布形の選択についてもより詳細に検討する。

引用文献

1) 森本涼子 他：日本 LCA 学会誌, 7(4), (2011), pp.329-338
2) 国土交通省：交通需要推計検討資料, (2002), pp.3-4