交通社会資本整備の LCA における不確実性管理からみた評価範囲設定手法

Method for Setting System Boundary with Management of Uncertainty on Life Cycle Assessment for Transport Infrastructure Development

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

1.　はじめに

社会資本は、構想段階から詳細設計、建設、そして供用と進むにつれ、変更を加えることが困難となるため、環境負荷を少なくするためには、事業計画の早期段階で環境負荷排出量の評価を実施し、その結果を用いて小さい代替案を選択していく必要がある。

しかし、評価が早期になればなるほど、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予測値や推計値が入力値として必要になる。これらの予測値について高い精度(信頼性)を得ることは難しい。社会資本の事前評価においては、構造設計や防災、補修計画などに伴う不確実性の重要性が認識され、確率的な取扱いがなされているにもかかわらず、交通社会資本 LCA においては不確実性の取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、製品 LCA の不確実性分析の手法を社会資本 LCA に適用する方法論を提示した。

ただし、不確実性が大きい場合、結果の信頼性を確保するために、どうやって、またどの程度不確実性を低減させればよいかを明らかにしておかなければならない。LCA の不確実性分析の既往研究[2)]において、そのような不確実性の管理の方法は十分に検討がなされていない。

そこで本稿では、交通システム整備の LCA を対象に、意思決定に用いることを意識した不確実性管理の方法を構築する。不確実性を低減させる観点からの評価範囲設定について事例を用いて検証し、代替案間の優劣判定における判断精度を確保するには、どのような評価範囲設定が望ましいかを明らかにする。

2.　不確実性管理の枠組

提案する不確実性管理の枠組を**図 1** に示す。推計値による評価では「整備による環境負荷削減」という目的が達成できるという判定結果が出たとしても、推計値の不確実性が大きいと、その判定結果が覆る可能性がある。その場合の対応に必要な情報を示している。対応策としては、入力データの精度向上や、不確実性の小さい追加削減施策の実施が考えられるが、それらが不可能もしくは不十分な場合、システム境界の設定を見直さないと信頼性の高い判定ができないことになる。

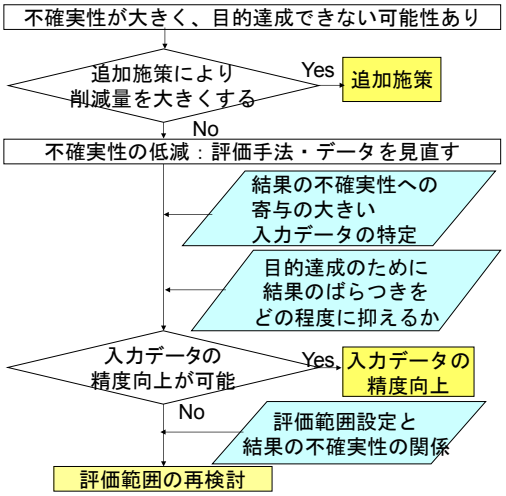

図 1　不確実性管理のフロー

表 1　踏切遮断状況・自動車走行状況の設定

	除却前		除却後
	ピーク時	通常時	-
1 時間当たり平均遮断時間[分]	42	24	0
1 回あたり平均遮断時間[分]	3	2	0
昼間交通量[台]	7,000		9,000
平均行列長[m]	290	140	0
平均停止時間[分]	4.7	1.0	0
代替道路の昼間交通量[台]	10,000		8,000
誘発交通[台]	0		1,000
誘発交通のトリップ長[km]	0		5
誘発交通の平均旅行速度[km/h]	0		30

ピーク時：7~9 時、通常時：9~19 時

3.　不確実性分析の方法

3.1　適用事例の概要

著者らが過去に評価を実施した踏切除却事業[3)]をケーススタディとして論じる。評価対象範囲は、踏切除却に伴う鉄道高架橋(駅 1 箇所を含む)の建設と、供用後走行状況が変化する自動車とする必要がある。しかしここでは、評価対象範囲の設定と判定結果の不確実性との関係を検証するため、評価対象範囲の大きさを 3 段階に設定し、判定結果の不確実性を計算して比較する。自動車走行状況の設定を**表 1** に、評価範囲設定を**図 2** に示す。評価する環境負荷は CO_2 のみ、ライフタイムを 60 年とする。

踏切 1 つあたりのライフサイクル CO_2(LC-CO_2)推計結

果を図３ に示す。自動車走行起源が全体の大きな割合を占めている。よって本稿では、自動車に関する入力データについて不確実性分析を行う。

一方、評価対象範囲によって削減量推計結果が異なっており、LC-CO_2 に占める削減量の割合は、範囲が大きくなるにつれて小さくなる傾向にあることが示された。

3.2 判定の不確実性の計算

道路の交通量と自動車の旅行速度について先行研究 [1] で得た確率分布を与える。交通量には、過去の予測値と実測値のデータを収集し、その比の値の不確実性が対数正規分布に従うと仮定してあてはめたものを、予測値に乗じて用いる。旅行速度については、測定誤差が生じると考え、同じ条件で複数回交通流シミュレーションを行うことで得られた正規分布を用いる。誘発交通のトリップ長にも正規分布を設定する。

4. 結果

モンテカルロ法により、交通量・旅行速度の入力データの不確実性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、踏切除却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 の削減を意味する。

4.1 ΔE の確率分布と判定の信頼性

得られた ΔE の確率分布を図４ に示す。ここでは事業によって CO_2 を削減できる(ΔE<0)かどうかを判定することが重要であると考え、その判定の信頼性を表す指標として削減可能確率を用いる。ΔE のばらつきは、顕著な差ではないものの、評価範囲(小)から(大)にかけて大きくなっている。これは評価範囲が広いほうがより多くの不確実要因を含むためである。その結果、評価範囲(大)では削減可能確率が 74%と高くないため、次節で不確実性低減の可能性を検証する。

4.2 データ精度を向上させた場合の削減可能確率

予測精度を向上させ、自動車に関する入力データに与えた確率分布の標準偏差を 30%低減させた場合について、再度分析を実施した。その結果、システム境界(大)の削減可能確率は、74%から 80%に上昇した。これによって、代表値を用いた意思決定の信頼性を向上させることができると分かる。

4.3 不確実性管理からみた評価範囲設定

データ精度を向上させても、要求される削減可能確率が保証できない場合、不確実な結果であることを承知の上で意思決定に用いるか、評価対象範囲を再検討することで不確実性を低減させるかのいずれかで対応することができる。図４ から、削減可能確率 95%を確保したい場合、評価範囲(中)の結果を意思決定に用いるのが妥当である。ただし、その際には、重要な負荷発生要因である誘発交通が推計に含まれていない旨を、意思決定者が理解できるよう注釈を付けることが重要である。

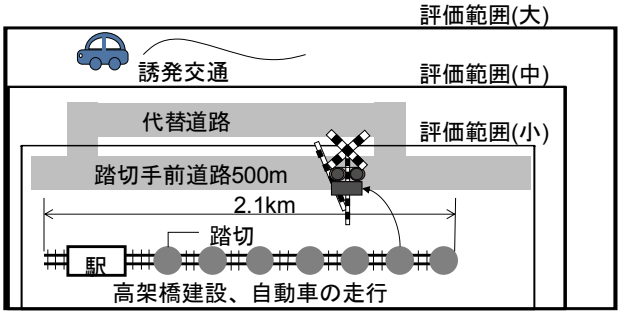

図２　評価範囲設定

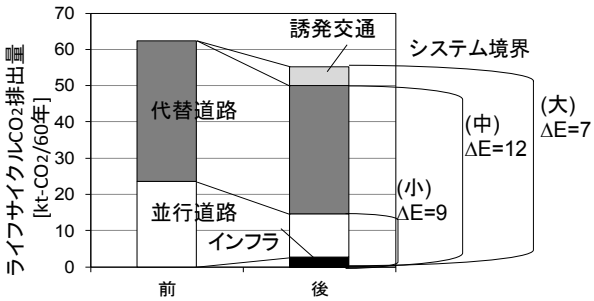

図３　LCI 結果と各評価範囲の削減量 ΔE

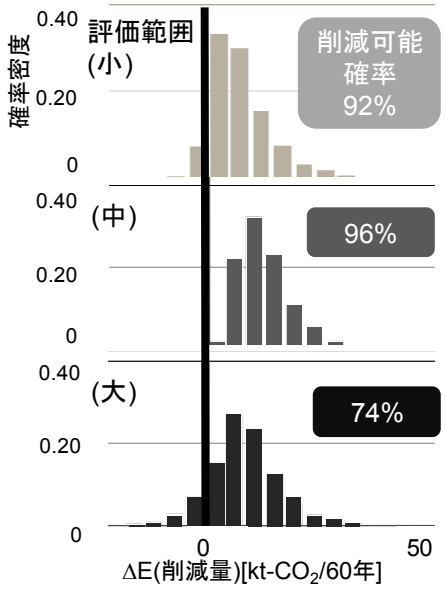

図４　削減量 ΔE の確率分布と削減可能確率

5. まとめ

社会資本整備の LCA において、不確実性管理の方法を構築し、その観点からの評価対象範囲設定の方法を提案した。これにより、予測値や推計値を多く含む事前の LCA 評価において、不確実性が大きいために意思決定に用いるのが難しいという問題に対処しうる。

引用文献

1) 森本涼子　他：日本 LCA 学会誌, 7(4), (2011), pp.329-338
2) Huijbregts *et al.* : Int. J. LCA, 6(3), (2001), pp.127-132
3) 森本涼子　他：地球環境研究論文集, (2009), 17, pp.193-201