

発展途上国における新交通システム計画による代替案の評価手法について

名古屋工業大学 正会員 ○都 君燮
 名古屋工業大学 フェロー 松井 寛
 名古屋工業大学 正会員 藤田 素弘

1. はじめに

中国のような発展途上国において、今後、構想できる新交通システムは、低コスト高パフォーマンスなクリーンエネルギーによるハイブリッド型のパトランジットが有効であり、公共交通の大量性、低廉性、省エネ性の特徴を持つ一方、自動車の持つ個別性、随時性、機動性の特徴を兼ね備えた交通システム計画が望ましいであることから、今後予想される自動車保有の抑制効果が期待できる利点がある。また、このような新交通システムは、動力源として電力やガス化燃料を想定しているから環境にもやさしいと言えよう。

そこで、本研究では、中国のような発展途上国における環境共生型の新公共交通システムを提案するにあたって、このような新公共交通システムの導入による経済性評価を行うため、エネルギー・環境を重視する立場からライフサイクルコストとライフサイクル環境負荷の評価手法と、計測される利用者便益に基づき、新公共交通システムの導入計画による代替案評価という視点からみた経済性分析(費用便益分析)を行う手法を提案することを主な目的とする。

2. 新公共交通システム導入によるライフサイクルコストおよび環境負荷

新交通システム導入においては、これらの交通手段に対する路線長、運行間隔、運行本数、利用料金などの新たなサービスレベルを示す指標に基づいた幾つかの代替案を考えなければならない。このような各代替案ごとのサービスレベルを設定するためには、新交通システムのサービスレベル設定に及ぼす直接的な項目を規定することが重要と考えられる。

また、新交通システムのサービスレベルに関する各代替案別に生じる費用と環境負荷に関する指標が明確に定義されていないことから、環境科学の分野で研究が進められている社会基盤施設に関する環境負荷をライフサイクルで評価する Infrastructure Life Cycle Assessment(以下、「ILCA」という)¹⁾ 手法を取り上げ、新

交通システムの導入によって生じる費用と環境負荷発生量を推計評価し、これらが最小となるような代替案を設定する方法が考えられる。

以上のILCA手法をもとに、コストと環境負荷をライフサイクルで評価するにあたっては、重要な評価指標である Life Cycle Cost(以下、「LCC」という)を新交通システムのサービスレベルに関する各代替案別推計手法の構築と、新交通システムのサービスレベル設定に及ぼす直接的な項目について、LCCを最小とするような代替案の設定および各代替案を選定する時のCO₂排出量を推計することができる。

新交通システムの導入における代替案別LCCの推計式は次式の通りである²⁾。

$$LCC^j = C^j + \sum_{t=t_0}^{t_0=Y} (M_t^j + R_t^j) \quad (1)$$

ここで、 LCC^j : 新交通システム導入代替案jのLCC、 C^j : 新交通システム導入代替案jの建設費用、 M_t^j 、 R_t^j : t年における新交通システム導入代替案jの維持管理及び運営費用、 Y : 共用期間、 t_0 : 共用開始年

なお、新交通システムの導入における建設・維持管理及び運行に伴う Life Cycle CO₂(以下、「LC-CO₂」という)排出量を次式で推計することができる²⁾。

$$LC-CO_2^j = \sum_{t=t_0}^{t_0} EC_t^j + \sum_{t=t_0}^{t_0=Y} (EM_t^j + ER_t^j) \quad (2)$$

ここで、 $LC-CO_2^j$: 新交通システム導入代替案jのLC-CO₂、 EC_t^j : t年における新交通システム導入代替案jの建設に伴うCO₂排出量、 EM_t^j 、 ER_t^j : t年における新交通システム導入代替案jの維持管理及び運営に伴うCO₂排出量、 t_0 : 建設開始年

以上の式(1)と(2)から、新交通システム導入にあたって、ライフサイクル全体のコスト及びLife Cycle Environmental Impact(以下、「LCEI」という)を求めるため、①新交通システムの建設段階、②維持管理・運営段階、③全面再工事あるいは運行停止による撤去段階のそれぞれの段階別に分け、コスト(C)及び環境負荷(EI)を求めることができる³⁾。

$$\begin{aligned} C &= C_C + C_M + C_R \\ EI &= EI_C + EI_M + EI_R \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 C_C 、 EI_C ：建設段階におけるコスト及び環境負荷、 C_M 、 EI_M ：維持管理・運営段階におけるコスト及び環境負荷、 C_R 、 EI_R ：全面再工事・撤去段階におけるコスト及び環境負荷

3. 新公共交通システム導入による経済性分析

以上のように、LCAは新交通システム導入といった社会基盤施設の計画においては、エネルギー・環境を重視する立場からみたプロジェクト評価を行うことも重要であるが、新交通システムの導入より得られる利用者便益からみた経済性分析(費用便益分析)を行う必要性も非常に重要と考えられる。

よって、ここで考えられる経済性分析技法には、ある程度の効率性を達成するために考慮した各々の代替案の中で、最も効率性が高い代替案を選択するために事前分析方法として使われているとともに、事業が実施された後の投入コストとその事業の効果から発生される便益を比較し、事業に対するコストの価値を評価する事後評価方法として幅広く使われている純現在価値(以下、「NPV=Net Present Value」という)を取り上げ、以下のように述べる。

NPVは、事業の経済性を判断する技法の一つで、現在価値に換算された将来の便益の合計から現在価値に換算された将来のコストの合計を引いた値となる。また、NPVは代替案選択における正確な基準を提示することができるとともに、計算が簡単であることからある事業の経済性分析を行う時、一般的に利用している方法であり、以下にNPVの基本式を示す⁴⁾。

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \\ &= (B_0 - C_0) + \frac{(B_1 - C_1)}{(1+r)^1} + \dots + \frac{(B_n - C_n)}{(1+r)^n} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 B_t ：t年度の便益、 C_t ：t年度のコスト、 r ：割引率、 n ：経過年数(分析期間)

式(4)のように、事業の年度別便益及びコストの算定ができると次式のような条件が満足される場合、事業の便益が生じることが考えられる。なお、式(4)の中で、建設段階では便益が生じないため、 C_0 を0とする。

$$C_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} > 0 \quad (5)$$

また、上式では割引係数あるいは現在価値係数と年金係数の利用が可能であり、これらの係数は、年度と割引率により表で作成できるため、便利に活用できる長所がある。現在価値係数をPWF、年金係数をAFとすると、以下の式が成立される。なお、ここでの年金係数とは事業初期年度から事業最終年度までの現在価値である。

$$PWF_{n,r} = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (6)$$

$$AF_{n,r} = \frac{1}{(1+r)} + \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1}{(1+r)^n} \quad (7)$$

上式(7)では割引係数が適用されるため、次式のように示される。

$$AF_{n,r} = PWF_{1,r} + PWF_{2,r} + \dots + PWF_{n,r} \quad (8)$$

よって、以上の式(4)～(8)をもとに、NPVは式(9)のように公式化することができる。

$$NPV_r = \sum_0^n (PWF_{n,r}) \times B_n - \sum_0^n (PWF_{n,r}) \times C_n \quad (9)$$

ここで、 NPV_r ：割引率がrの時の純現在価値、 $PWF_{n,r}$ ：割引率r期間nの時の純現在価値、 B_n ：n期間に生じる便益、 C_n ：n期間に投資されるコスト、 n ：事業の経済的寿命

以上のように、新交通システムの導入においては、ライフサイクル全体のコスト及び環境負荷量の算出が必要であるが、特に中国のような発展途上国においては、以上のような各項目別コスト及び環境負荷に関するデータベース化と、経済性分析において重要となる利子率の把握などが非常に重要になると考えられる。

なお、中国における構想できる新交通システムとして、LRTを取り上げ、年次別費用・便益(ここでは、日本におけるLRTの建設費、割引率としての利子率については5%～25%を仮定した)を仮定した、NPVを試算した結果については、発表時に紹介する。

【参考文献】

- 1) 岩淵 省、四宮明宣、中嶋芳紀、松本 亨、井村秀文：地下鉄整備のライフサイクル環境負荷に関する研究、環境システム研究、Vol.25、pp.209-216、1997。
- 2) 中村英樹、加藤博和、劉 俊晟、丸田浩史、二村 達：ライフサイクル評価に基づく高速道路単路部のサービス水準設定に関する検討、土木計画研究 論文集、No.16、pp.933-940、1999。
- 3) 伊藤義人、梅田健貴、西川和廣：少数主桁橋梁と従来型橋梁のライフサイクル環境負荷とコストに比較研究、構造工学論文集、Vol.46A、pp.1261-1272、2000。
- 4) 中西健一、丸茂 新、松沢俊雄 訳：交通の経済理論、晃洋書房、pp.152-183、1996。