

高速道路ネットワークの段階的整備プロセスの事後評価*

Evaluation of state-wised construction processes of the expressway network in Japan*

柚木 俊郎**・青山 吉隆***・中川 大****・松中 亮治*****・野村 友哉*****

By Toshiro YUNOKI・Yoshitaka AOYAMA・Dai NAKAGAWA・Ryoji MATSUNAKA・Tomoya NOMURA

1. はじめに

我が国の高速道路網は 2000 年 4 月時点で約 6600km が供用されており、我が国の社会基盤を支える重要な社会資本である。そのため、その整備効果を定量的に把握するために事後評価¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を行った事例がいくつかあるが、これらの研究では整備プロセスの違いによって評価が異なるということが考慮されておらず、我が国の高速道路ネットワークの段階的整備プロセスが社会的な費用便益の観点から最適なプロセスであるかどうかは明らかにされていない。道路ネットワークは複数のプロジェクトから構成されているが、社会的観点から公共プロジェクトの妥当性・効率性を評価する際に用いられる費用便益分析のように、プロジェクトを実施する各段階における評価のみによってプロジェクトを採択していく整備プロセスは、プロジェクトが実施される時期や、プロジェクトが後続のネットワーク形成に与える影響、すなわちネットワークの外部性を考慮すると、ネットワーク整備全体からみた場合に最適であるとは限らない⁵⁾⁶⁾。複数のプロジェクトから構成されるネットワークを段階的に整備する際に、最適な整備プロセスを得るためには、各段階において最適なプロジェクトを採択するのではなく、ネットワーク整備全体を最適化するプロジェクトを採択していくことが必要である。そこで本研究では、これまでに整備された高速道路を対象として、実際の整備順序による整備プロセスと、遺伝的アルゴリズムを適用し構築したシミュレーションモデルを用いて

探索するネットワーク整備全体を最適化した整備プロセスや各々のプロジェクト実施段階の費用便益分析の結果によって実施するプロジェクトを逐次採択していく整備プロセスと比較することにより、我が国の高速道路ネットワークの段階的整備プロセスがどの程度効率的であったかという視点から事後評価を行うことを目的とする。

2. プロジェクト採択基準

本研究では、実際の整備順序による整備プロセス（実際順）と比較するために、以下に示す 3 種類のプロジェクト採択基準に従う段階的整備プロセスを探索した。

（1）費用便益比基準

ネットワークの段階的整備プロセスのそれぞれの段階において、費用便益比（B/C）が最大となるプロセスを採択する基準。ただし、費用便益比が 1.0 以上となることをプロジェクトの実施条件とし、未実施の全プロジェクトの費用便益比が 1.0 未満となった段階で整備を完了する。

（2）総純便益基準

プロジェクトの実施時期やネットワークの外部性を考慮した上で、ネットワーク整備全体を社会的観点から最適化するために、式（1）に示す全プロジェクト完了時の総純便益（TENPV：Total Economic Net Present Value of Benefits minus Costs）が最大となるように、実施するプロジェクトを採択する基準。遺伝的アルゴリズムを応用し準最適解を探索する。ただし、この基準においても費用便益比が 1.0 以上となることをプロジェクトの実施条件とする。

*keywords：道路整備、交通計画評価、段階的整備プロセス

** 学生員 京都大学大学院工学研究科

*** フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科

**** 正会員 工博 京都大学大学院工学研究科

***** 正会員 工修 京都大学大学院工学研究科

***** 正会員 工修 東日本旅客鉄道（株）

（〒606-8501 京都府京都市吉田本町、TEL075-753-5759）

TENPV

$$= \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^{\kappa_{k(i)}}} \left(\sum_{t=0}^{d_{k(i)}+T-1} \frac{(UB_{t,k(i)} + SB_{t,k(i)}) - (C_{t,k(i)} + \Delta RC_{t,k(i)})}{(1+r)^t} \right) \quad \text{式(1)}$$

t : 年次 (建設開始年次を 0 とする)

$k(i)$: i 段階目を実施されるプロジェクト

n : 実施されるプロジェクトの総数

$\kappa_{k(i)}$: プロジェクト $k(i)$ の建設開始年次 (2000 年を 0 とする)

$UB_{t,k(i)}$: プロジェクト $k(i)$ によって発生する t 年次の利用者便益

$SB_{t,k(i)}$: プロジェクト $k(i)$ によって発生する t 年次の供給者便益

$C_{t,k(i)}$: プロジェクト $k(i)$ によって発生する t 年次の建設費

$\Delta RC_{t,k(i)}$: プロジェクト $k(i)$ によって発生する t 年次の管理費増加額

T : 評価対象期間 (50 年間)

$d_{k(i)}$: プロジェクト $k(i)$ の工期

r : 社会的割引率

(3) 全プロジェクト実施

プロジェクトの実施条件を設けず、ネットワークの段階的整備プロセスのそれぞれの段階において、費用便益比 (B/C) が最大となるプロセスを採択し、最終的に全てのプロジェクトを実施する基準。

3. 前提条件

(1) 対象ネットワーク

本研究では、沖縄を除く 46 都道府県を対象として、図 1 に示すように、2000 年 4 月時点において供用されている高速自動車国道と、本州四国連絡橋公団によって整備された道路を合わせた約 6,800km を 61 個のプロジェクトに集約し、分析対象とした。

(2) プロジェクトの工期の算出

工期はプロジェクトの実施に要する建設費によって決定するとし、各年次において使用できる建設費予算に制約を設け、算定することとした。工期の算定にあたっては、複数のプロジェクトが並行して実施されることはなく、一つのプロジェクトが完了し

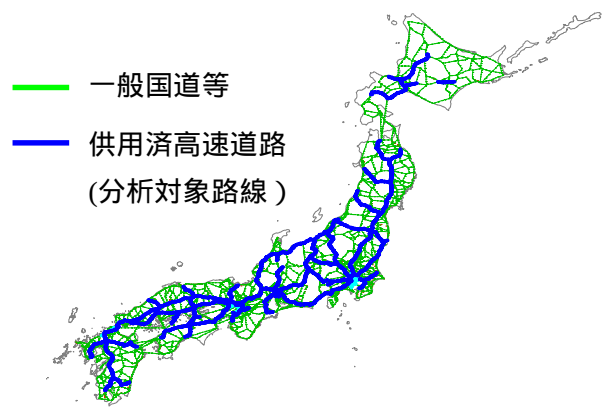


図 1 分析対象とするネットワーク

た後、次のプロジェクトが実施されると仮定した。その上で、各年次の予算制約の中でプロジェクトを実施し、余剰金があれば、それを次のプロジェクトの実施費用に充当できるとし、不足する場合には、翌年も引き続きプロジェクトが実施されるものとした。なお、各年次に使用できる予算の上限値には、実際に高速道路の建設に投下された額を 2000 年の価格にデフレートした値を用いている。

(3) ゾーン間一般化費用の計測

本研究では、ゾーン間 OD 交通量を推定し、その OD 交通量を分割配分法を用いて各リンクに配分することによって得られるリンク交通量 $LinkQ_i$ から、リンク一般化費用を算出し、Dijkstra 法により、ゾーン間一般化費用を計測する。

リンク所要時間、リンク走行速度は Q-V 式より求めた。時間価値については 90 円 / 分とした。リンクの通行料金については乗用車類・普通貨物車の通行料金を基に算出した。

(4) OD 交通量の推定

OD 交通量の推定には、需要関数を用いることとし、都市圏内々交通に係る OD と、それ以外の OD の 2 種類について、道路交通センサス自動車起終点調査による、1985 年、1990 年、1994 年の OD 交通量⁹⁾、人口データ¹⁰⁾、ゾーン間一般化費用を用いて重力モデルを用いて推定した。ただし、推定した需要関数で求めた交通量から算出される料金収入と実際の料金収入の値を比較すると、特に 1980 年代以前の値が大きく乖離していたため、年次毎に需要関数に調整係数を乗じることで交通量を調整し、料金収入の整

合を図った。なお、各年次の人口については、1960年から2000年までの国勢調査による5年おきの都道府県別人口¹⁰⁾を線形補間した値を用いた。

(5) 便益・費用の算出

本研究では、プロジェクト実施によって発生する利用者便益、および、供給者便益を計測する。ただし、利用者便益については、一般化費用の減少によるもののみとし、消費者度余測度を用いて算出した。供給者便益については、整備前後において、有料道路事業者全体に発生する料金収入の増分とした。なお、評価対象期間は50年とし、便益額は、社会的割引率（4%¹¹⁾）を用いて、2000年の値に換算した。

また、費用便益比を求める際の費用としては、建設費およびプロジェクト実施による高規格幹線道路網全体の管理費の増加額を計測した。費用についても同様に2000年に換算した。ただし、管理費については、次式により求めることとした。

$$RC_t = 0.1849 \times L_t + 0.1257 \times Rv_t + 3.295 \quad \text{式(2)}$$

RC_t : 年次 t の管理費（高規格幹線道路網）

L_t : 年次 t の高規格幹線道路供用総延長

Rv_t : 年次 t の料金収入（高規格幹線道路網）

3 . 探索結果の考察

(1) 各基準によるネットワークの段階的整備プロセスの評価

各プロジェクト採択基準による結果を表 1 に示す。また、B/Cの推移を図2に、形成されたネットワークを図3に示す。

表 1 段階的整備プロセス探索結果

	実施 プロジェクト数	供用延長 (km)	総純便益 (億円)	建設終了 年次
実際順	61	6,791.3	733,665	1999 年
費用便益比基準	42	4,441.0	895,617	1991 年
総純便益基準	44	4,689.7	1, 102,676	1991 年
全プロジェクト実施	61	6,791.3	882,135	1999 年

TENPV については表 1 より、費用便益比基準では約 89.6 兆円、総純便益基準では約 110.3 兆円となり、約 21 兆円の差が生じることが分かる。ネットワークの段階的整備プロセスについては、費用便益比基準では、整備開始から1973年までは東京、大阪、

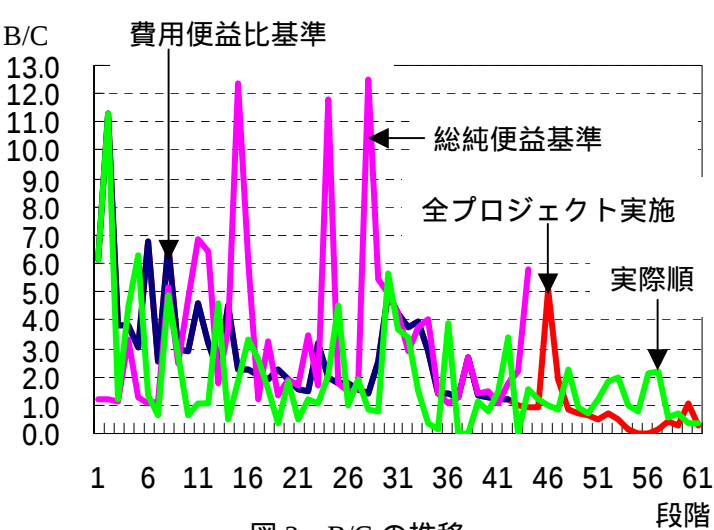


図 2 B/C の推移



図 3 形成されたネットワーク

名古屋などの大都市付近を中心に整備され、その後、放射状にプロジェクトが実施されていき、1983 年までには、東北から九州南部までを結ぶ一本の大きな高速道路の軸が形成される。そして、1984 年以降は磐越自動車道、北陸自動車道など、軸から枝分かれしてネットワークが形成されていく。これに対して、総純便益基準では、1974 年ごろまでは大都市周辺の路線が整備されているが、1974 年以降、高速道路は各地方で分散的に整備され、1983 年以降は、分散して整備された高速道路を連結するようなプロジェクト、例えば 1983 年、1985 年に名神高速道路が整備される。これらのプロジェクトは、図 2 に示すように他の段階に実施されるプロジェクトよりも B/C が高くなっており、高速道路が連結されることで大幅に便益が発生していることが分かる。また、総純便益基準では 1985 年までに東北から九州南部を結ぶ高速道路の軸が完成し、その後は地方

部の路線が整備されている。図3より、総純便益基準によって完成したネットワークと費用便益比基準によるネットワークを比較すると、総純便益基準では、費用便益比基準で整備される、関越自動車道（長岡-前橋）を整備せずに中央自動車道（甲府南-岡谷）、上信越・長野自動車道（岡谷-上越 JCT）を整備することにより、中央自動車道（甲府南-小牧 JCT）が整備可能となっている。これより、結果として総純便益基準によって整備されるプロジェクトが費用便益比基準より2つ多くなり、供用延長でも約249km長くなるという結果となった。

（2）実際のネットワークの段階的整備プロセスの事後評価

実際のネットワークの段階的整備プロセスは、費用便益比基準のネットワークの段階的整備プロセスと同様に、大都市から放射状に路線が整備されていくプロセスとなっており、1983年には東北から九州南部までを結ぶ高速道路の軸を完成させ、その後は地方部の路線を整備している。表1より実際順ではTENPVが約73.4兆円となり、費用便益比基準より約16兆円、総純便益基準より約37兆円少ない値となった。また、図2より、実際順では23個のプロジェクトがB/Cが1.0未満で実施されているが、B/Cが高い順に全てのプロジェクトを実施する場合では16個になっている。このことから、実際順のネットワークの段階的整備プロセスのTENPVが、費用便益比基準や総純便益基準に比べて大きく下回った理由としては、B/Cが1.0以下のプロジェクトを多く実施してきたことよりも、適切な段階で適切なプロジェクトを実施しておらず、プロジェクトの実施順序が適切ではなかったからであると言える。

4. おわりに

本研究では、2000年4月時点において供用済みの高速自動車国道を対象として、費用便益比基準、総純便益基準、全プロジェクト実施という3つのプロジェクト採択基準に従うネットワークの段階的整備プロセスを探索し、実際のネットワークの段階的整備プロセスとの比較を行った。その結果、総純便益基準によるネットワークの段階的整備プロセス

は、費用便益比基準によるネットワークの段階的整備プロセスよりもTENPVが2割ほど大きくなり、実施されるプロジェクト数も多くなった。また、本研究で構築したネットワークの下で求めた、各基準によるネットワークの段階的整備プロセスを比較することにより、実際の高速自動車国道の整備プロセスは、総純便益を最大化するという観点からは必ずしも最適なプロセスではなかったという結果を得た。

【参考文献】

- 1) 山内弘隆、上田孝行、川合毅治：一般均衡モデルによる高速道路の費用便益分析、高速道路と自動車 第42巻 第5号、pp.22-30、1999.5
- 2) 長澤光太郎、小川俊幸、由利昌平：高速道路の整備効果 ―高速道路のない日本に関する仮想的検討―、高速道路と自動車 第37巻 第10号、pp.20-28、1994.10
- 3) Tadashi ITOH, Yoshitaka AOYAMA, Dai NAKAGAWA, Ryoji MATSUNAKA: AN EVALUATION OF JAPAN'S FINANCIAL SYSTEMS FOR ROAD CONSTRUCTION – CONSIDERING THEIR CONTRIBUTION TO ECONOMIC GROWTH, *Journal of the Asia Society for Transportation Studies*, Vol.3, No.4 pp.291-306、1999.9.
- 4) 森杉壽芳、大島伸弘：幹線交通網形成の簡便な事後評価モデルの提案、土木計画学研究・講演集 No.7、pp.125-132、1985.1.
- 5) Ryoji MATSUNAKA, Yoshitaka AOYAMA and Dai NAKAGAWA[2001], "An optimization of the construction / improvement process of the urban road network using a Genetic Algorithm", *7th international conference on computers in Urban Planning and Urban Management*.
- 6) 赤堀圭佑、青山吉隆、中川大、松中亮治：最適な交通ネットワーク段階的整備プロセスに関する研究、土木計画学研究・講演集23(1) pp.499-502、2000.11.
- 7) 青山吉隆、松中亮治、野村友哉：大規模交通ネットワークの段階的整備プロセスの最適化手法とその応用、運輸政策研究、No.017、pp.2-13、2002.7.
- 8) 青山吉隆、松中亮治：全国高速道路網の整備順序と最適ネットワーク ―ネットワーク・シミュレーションによる評価―、ITPS Report20021、運輸政策研究機構、2002.5.
- 9) 建設省道路局（編）：道路交通センサス、1985、1990、1994.
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所（編）：都道府県別将来推計人口、厚生統計協会、1997.10.
- 11) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針（案）、財団法人日本総合研究所、1998.