

道路網整備によるトラック輸送便益の指標化

Measurement of Surplus in Freight Vehicles due to Road Improvement

加藤文教*, 吉田晋司**, 上田隆博**, 山根武志***

by Fuminori KATO*, Shinji YOSHIDA**, Takahiro UEDA**, Takeshi YAMANE***

1. はじめに

公共事業のアカウンタビリティが求められる中で、事業の妥当性を様々な視点から検討することが重要となっている。道路網整備においても、費用対効果分析だけでなく、わかりやすい新たな指標の構築が必要となってきた。

このような背景の中で、広島県では、物流効率化が社会基盤整備の大きな課題となっている点に着目し、「物流効率化の経済評価に基づく道路網整備検討業務」において、トラック輸送で生じる便益額を整備効果指標として適用することを試みている。

本論文では、その一部として、道路網整備による所要時間短縮と定時性向上とに着目した、以下の3つのテーマに関する指標化の方法を紹介する。

- ① 1サイクル中の立ち回り先増加による便益
- ② 物流拠点設置を支援する道路網整備便益
- ③ 時間信頼性向上による便益

なお、分析には平成6年度道路交通センサスマスターデータを使用した。道路網整備としては、平成32年までに計画されている広島県内全路線の完成形を想定した。

2. 立ち回り先増加による便益額の推計

トラックの輸配送活動は、決められたタイムスケジュールに沿って行われている。交通渋滞などによってタイムスケジュールにずれが生じることもある

キーワード：道路計画、物資流動

* 正員 工博 (株)ヒロコン第3技術本部
(〒733-0036 広島県広島市西区観音新町1丁目7-62
TEL(082)293-3241, FAX(082)293-3365)

** 広島県土木建築部道路建設課
(〒730-0011 広島県広島市中区基町10-52
TEL(082)228-2111, FAX(082)223-3523)

*** 正員 工修 (株)ヒロコン第3技術本部
(同上)

が、基本的には1サイクルに予定されている時間は1日の労働時間や営業戦略の制約の中で決められている。立ち回り先の増加は、こうした1サイクル中に見込まれる時間制約 (time budget) に着目して推計する。

(1) 立ち回り先増加とトラック減少のモデル化

1サイクルの輸配送活動にかかる時間 T_s は、次のように求められる。

$$T_s = \sum_i \sum_j (t_{ij} + s_j) + t_{n, n+1} \quad (1)$$

ここで、 t_{ij} :立ち回り先間の輸配送時間、 s_j :立ち回り先での滞在時間、 n :立ち回り数、 $t_{n, n+1}$:最後の立ち回り先からベースまで戻る時間。

1サイクルに予定されている現状の時間を T_0 とし、輸配送活動が $T_s \leq T_0$ の条件のもとで行われていると考える。道路網整備により輸配送活動時間が Δt 短縮されたと仮定すると、 $\Delta t \geq t_{ij} + s_j$ である場合にはさらに ΔP 力所の立ち回りを増やすことができる。なお ΔP は、輸配送活動時間の累積頻度分布関数 $f(t_{ij} + s_j)$ から求める。

地域内の総立ち回り数を W とし、同じように他のトラックも同様に ΔP の増加が図られたとすると、減少トラック数 V は、

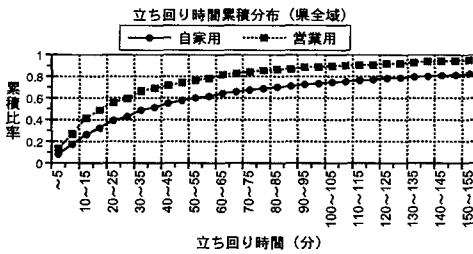
$$V = W / (n + \Delta P) \quad (2)$$

で求められる。

(2) 便益額の推計

(a) 立ち回り発生比率分布関数

広島県全域の立ち回り時間 (輸配送時間+滞在時間) の平均は、自家用貨物97.3分、営業用貨物47.0分と2倍以上の違いが生じている。その累積頻度は図-1に示すとおりで、立ち回りの発生比率は、立ち回り時間の自然対数を変数として (3) 式で求められる。この回帰式を用いて、道路網整備による短縮



図－１ 立ち回り時間の累積頻度

時間 Δt_i に対する立ち回り先増加率を推計する。

$$P = 0.201 \ln(t_{ij} + s_j) - 0.200 \quad [r = 0.994] \quad (3)$$

(b) 立ち回り先増加と便益額

県内のトラック輸送のサイクル数、総立ち回り数、サイクル当たり立ち回り数を表－１に示す。営業用が効率的に輸配送活動を行っている点が伺える。

表－１ 輸配送活動の実態

	サイクル数	総立ち回り数	サイクル当たり立ち回り数
自家用	156,721	281,503	1.796
営業用	11,248	31,151	2.769

道路整備によって生じるサイクル当たり短縮時間、立ち回り増加率、およびそれによるトラックの減少数と輸配送コスト減少額を表－２に示した。なお、輸配送コスト減少額は、車両費、人件費、燃料費等輸配送にかかる全費目を考慮して試算された数値に基づき１台当たりコスト70(万円/月)を適用した⁹⁾。これによると、広島県内で平成32年度までに計画されている道路網が整備されることにより、トラックの輸配送において年間 537億円の便益がもたらされることが推計される。

表－２ 時間短縮によるトラック減少と便益額

	サイクル当たり短縮時間(分)	立ち回り増加率	トラック減少数(台)	輸配送コスト減少額(億円/年)
自家用	4.05	0.081	6,746	537
営業用	6.96	0.346	1,248	

3. 物流拠点を支援する道路網整備便益

物流効率化を図るには、広域物流施設と都市内物流施設を、道路網と一体となって体系的に整備することが重要である。そうした道路網の整備に関して、物流拠点の効率性の視点から便益を推計するシミュ

レーション手法を検討した。

シミュレーションには、日本交通政策研究会で提案されている輸送コストモデル⁹⁾を適用した。

(1) シミュレーションモデルの概要

モデルは、ある発着地 ij 間において、「積載率が低い状態で直送した場合」と「物流施設経由で時間をロスしても積載率を向上させ輸送した場合」とで輸送コストの低い方を、ネットワーク全体で積み上げるものである。各輸送タイプのコストは次で求められる。

○直送(タイプA)

$$C_{ij} = \theta W_{ij} t_{ij} / (\alpha_{ij} \beta) \quad (4)$$

○立ち寄り(タイプB)

$$\bar{C}_{ij} = \theta W_{ij} (t_{im} / \beta + t_{mj} / \gamma) \times \delta / \alpha_{ij} \quad (5)$$

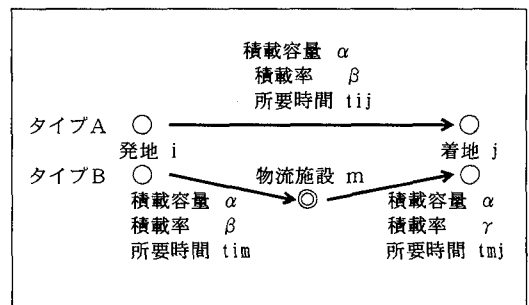
ここで、 θ : 単位時間当たり輸送コスト(一定)、 W_{ij} : 物資重量、 δ : 物流施設での荷役コスト(輸送コストに比例すると仮定)。その他は、図2に示す。

(4)式と(5)式から、対象地域内の最少輸送コスト CT は次のように求められる。

$$CT = \theta \sum_i \sum_j \frac{w_{ij}}{\alpha_{ij}} \min \left\{ \frac{t_{ij}}{\beta}, \left(\frac{t_{im}}{\beta} + \frac{t_{mj}}{\gamma} \right) \delta \right\} \quad (6)$$

また、物流施設がない場合の最少トータルコストとの比較から、物流施設の設置効果は以下で求められる。

$$E = CT / \theta \sum_i \sum_j (w_{ij} t_{ij} / \alpha_{ij} \beta) \quad (7)$$



図－２ 輸送タイプごとの諸指標

(2) 広島都市圏でのシミュレーション

第2回広島都市圏PT調査で物流拠点到位置付けられた4地区を対象として、シミュレーションを行った。

シミュレーションにおいて、各パラメータは、参考資料等に基づき、次のように設定した。

表－3 パラメータの設定値

θ ：単位時間当たり輸送コスト	91.91円/台分
β ：直送および物流施設までの積載率	0.58
γ ：物流施設を経由後の積載率	0.95
δ ：物流施設での荷役コスト	1.2

なお、検討の対象とするトラック輸送の範囲は、IC近接型の物流拠点では高規格幹線道路を活用した長距離輸送が含まれることを考慮し、広島県内全域とした。

将来道路網において、対象としている4地区に物流施設を設置した場合の効果を表－4に示した。山陽自動車道・五日市ICに近接した広島西風新都での設置効果が最大で、年間50億円の輸送コストの減少が推計される。

表－4 物流施設を設置した場合の便益

○広島西風新都に設置した場合	50
○商工センター地区に設置した場合	39
○海田地区に設置した場合	34
○可部地区に設置した場合	19

注) 県全域での輸送コスト減少額(億円/年)

ただしこの結果は、平成32年将来道路網を所与としたものであり、逆に便益額を最大とする道路網整備の検討も可能である。

その例として、物流拠点を固定し、現況道路網に新規道路を付加した場合の効果を以下のように求めてみた。これをみると、国道2号のバイパス的な機能を果たす広島南道路は、商工センターを利用するトラック輸送に、年間121億円の便益(輸送コスト減少)をもたらすことが推計される。

表－5 現況道路網での路線の整備効果

対象物流拠点	検討路線	便益額(億円/年)
尾道流通団地	中国横断自動車道尾道松江線	37
商工センター	広島南道路	121

4. 時間信頼性向上による便益

物流の効率化を推進する上で、航空、鉄道、船舶などと機能的な連携を図ることが求められている。

その連携を強化する基盤として、空港・港湾等までを結ぶ信頼性の高い道路整備が必要となっている。信頼性には、主に速達性、連結性、時間信頼性などがあるが、ここでは時間信頼性に着目し、道路網整備による便益額を推計した。

(1) 出発時刻設定の最適化モデルの概要

トラック輸送の行動が、指定された時刻に遅れないことを条件とし、交通時間変動を考慮して余裕時間を見込んで行われていると仮定する。そこでは、

①目的地で余分な時間を費やさないようにできるだけ遅く出発したい。

②遅刻をするとペナルティーが存在するので遅れることは避けたい。

という基本的な考え方が存在すると考える。

これより、出発時刻決定の最適化行動は次のように示される³⁾。

$$L = \beta (td - t_0) + \gamma \{1 - F(td | t_0)\} \rightarrow \min \quad (8)$$

ここで、 β ：時間価値(円/分)、 γ ：遅刻に対するペナルティー(円)、 td ：目的地に到着すべき時刻、 t_0 ：出発時刻、 $F(td | t_0)$ ：出発時刻が t_0 のときに時刻 td までに到着する確率。

所要時間が正規分布に従うとすると、

$$\frac{dL}{dt_0} = -\beta + \gamma \frac{1}{\sigma t} \phi\left(\frac{td - t_0 - \mu t}{\sigma t}\right) \quad (9)$$

ここで、 $\phi(\cdot)$ ：標準正規確率密度関数を示す。 $dL/dt_0 = 0$ とくと L を最小にする出発時刻 $\bar{t}_0$ は次で求められる。

$$\bar{t}_0 = td - \{\mu t + \sigma t \phi^{-1}(\sigma t \beta / \gamma)\} \quad (10)$$

ただし遅刻しないことを条件とするので、

$$\sigma t \beta / \gamma \leq \phi(0) \rightarrow \sigma t \beta / \gamma \leq 0.399 \quad (11)$$

これより、ドライバーが予定している所用時間 t_e は、次で定義される。

$$t_e = \mu t + \sigma t \phi^{-1}(\sigma t \beta / \gamma) \quad (12)$$

ここで、第1項は平均所要時間、第2項は遅刻をしないための安全余裕時間を示す。

(2) 広島空港までの予定所要時間への適用

(a) 推計の手順

広島県の各2次生活圏の中心地から広島空港までの間について、道路網整備による定時性の向上が、

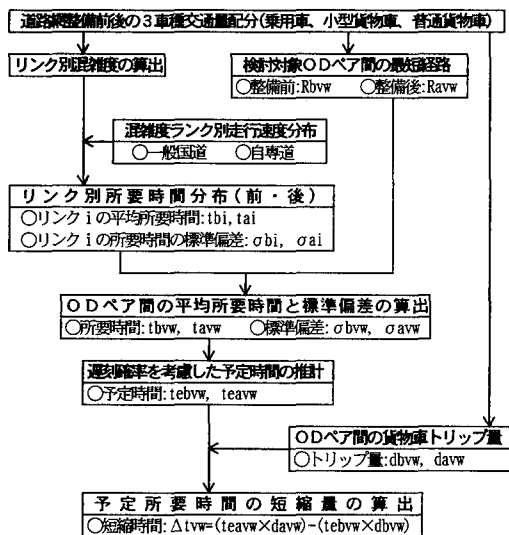
予定所要時間の短縮に及ぼす効果を推計した。

道路交通センサスデータを用いた制約から、計算は以下に示すフローで行った。各リンクの所要時間の標準偏差は、配分計算から求められないため、広島県内の平成9年度の道路交通センサスから、一般道路 809箇所、自動車専用道路 127箇所を取り出し、混雑ランク別の平均速度と標準偏差とを算出した。これから変動係数を求めておき、配分計算から得られるリンク所要時間に混雑度ランクに応じた変動係数を乗じて標準偏差とした。

ODペアの所要時間と標準偏差は、各リンクの所要時間が正規分布になると仮定し次のように求めた。

$$tvw = \sum ti \quad \sigma vw^2 = \sum \sigma i^2 \quad (13)$$

ここで、 ti 、 σi は各リンクの所要時間と標準偏差を示す。



注) ここで、b:整備前 a:整備後 vw:ODペアv-w

図-3 予定所要時間短縮の推計フロー

(b) 推計結果

時間価値のパラメータ β は、「費用分析マニュアル(案)・建設省平成10年」の車種別時間価値原単位を参考として、使用データの車種構成で加重平均し、91.91(円/分)とした。遅刻に関するペナルティー γ に関しては、(11)式より8,340円以上を設定した。

各2次生活圏中心地から広島空港までの所要時間と標準偏差に関して、道路網整備による向上を表-6に示した。呉市、三次市、庄原市などは、南北方向に高規格道路が整備されることによって、大幅な所要時間の改善が図られている。

表-6 広島空港までの所要時間の改善

2次生活圏 中心地	所要時間		標準偏差	
	整備前	整備後	整備前	整備後
広島市	49.9	42.6	14.6	9.1
呉市	76.2	40.4	27.6	8.8
竹原市	24.9	24.9	10.8	9.0
東広島市	22.2	18.7	6.5	5.1
福山市	61.1	53.5	18.0	14.9
三原市	32.3	29.1	11.6	10.0
三次市	94.4	52.3	30.5	9.2
庄原市	113.4	50.0	36.2	8.3

単位(分)

遅刻に対するペナルティー γ を5万円と50万円とした場合について、予定所要時間短縮による便益額を推計した結果を表-7に示した。便益額はODペア間のトラック交通量を乗じて求めているため、広島、東広島などでの便益額が大きくなっている。

表-7 予定所要時間短縮による便益額

2次生活圏	$\gamma = 5$ 万円	$\gamma = 50$ 万円
広島	1.50	1.92
呉	0.65	0.83
竹原	0.16	0.23
東広島	0.95	1.12
福山	0.57	0.70
三原	0.42	0.51
三次	1.01	1.28

単位(億円/年)

5. おわりに

本論文では、道路網整備によるトラック輸送便益額の実務レベルでの推計手法を紹介した。ここでは既往の推計手法を基本として、既存データをどのように工夫して用いるかに主眼を置いている。今後は実務での適用性について、他の評価指標との整合を図りながら検討を進めるものとする。

参考文献

- 1) 産業調査会、物流効率化大事典、pp.269~285、1993。
- 2) 日本交通政策研究会、都市内物流の集配の効率化に関する研究プロジェクト、1997。
- 3) 飯田・内田・泉谷：旅行時間変動による損失を考慮した適正経路分担交通量、土木計画学研究・論文集 No.8、pp.177~184、1990.11。