

既存道路ネットワークにおける 物流機能の便益評価に関する研究

伊藤 高¹・平田 輝満²

¹正会員 国土交通省中国地方整備局道路部長・茨城大学大学院博士後期課程
(〒733-0001 広島県広島市西区大芝 3-1-7-202)

E-mail: itoh-t2cv@mlit.go.jp

²正会員 茨城大学理工学研究科准教授 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)

E-mail: terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp

地方部の道路については、厳しい財政状況の中、一律の水準以上の維持管理は厳しく、優先順位付けと
そのための適切な評価指標が必要である。特に、地方部の既存道路の維持管理の評価においては、時間短
縮効果を中心とする費用便益分析マニュアルの三便益では測れない要素も多い。本研究では、三便益以外
の多様な指標から便益を考察し、物流上重要な路線の評価について自動車交通需要や時間短縮によらない
便益として、物流の路線ごとの物流の物資輸送総額を道路交通センサス等を用いて算出するモデルを考案
し、茨城県北地域の道路ネットワークに適用し、便益計測の妥当性の確認を行った。

Key Words: existing local road network, logistics, evaluation of maintenance benefits

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

少子高齢化、生産年齢の減少、コロナ対策の増大等により我が国の財政事情はより厳しくなることは必須であり、特に地方部の地方公共団体の財政事情はかなり厳しくなることが予想される。一方、インフラの老朽化に伴い、既存道路の維持管理、修繕事業の必要性は高まり、それらの事業費も増大することが予想され、限られた予算の中で道路ごとの適切な管理水準をどう維持するかが課題となってくる。

高速道路や直轄国道は、全国的な幹線ネットワークとしてすべての路線について一定の管理水準以上を維持することが必要であり、国等が責任をもって必要な予算を確保することが期待される。しかしながら、財政状況が脆弱な地方公共団体が管理する全ての道路について一定水準以上の管理を将来的に維持することは不可能である。そのため、路線の特性による維持管理レベルの取捨選択、優先順位付けの適切な評価が必要不可欠となり、適切な評価を行うために客観的な評価指標の確立が重要になってくる。

現行の道路事業において、新たな整備の判断の際には、厳格な費用対便益分析を評価指標としているが、すでに

整備された道路ネットワークについて客観的な費用対便益分析は行われていない。更に新規の道路事業の評価に用いられている費用対便益分析の手法にも課題は多い。現在、新規事業の評価にあたっては、「道路整備評価マニュアル」に沿って、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の交通需要に基づくいわゆる三便益を算出している。三便益については、いくつかの問題点がこれまでも各方面から挙げられている。まず、便益計算が、道路整備による経路変更のみを考慮しており、自動車交通需要のみに着目した需要固定型交通量配分に基づく点であり、交通手段や目的地の変更、更には誘発交通の発生、周辺地域開発、有料道路事業など新たな事業の創出などを十分考慮していない。その結果、道路事業による自動車交通需要、経済活動の増大が見込まれず、地域特有の産業活動や生活上代替性のない不可欠な利用特性などを反映した評価がなされない。特に、交通量の少ない地方部において十分な便益を見込めない評価になりがちである。また、既存の道路は、日常利用している地域の産業活動や生活上欠かせない基本的なインフラとして機能しているが、将来の価値でなく既に享受されている価値として評価されるとは言いがたい。地方部の既存インフラについて三便益以外の便益評価の確立が望ま

れている。

今回研究の対象とする茨城県北部（図-1）は、一般車両の交通量は大きくなく通常の交通需要に基づく便益は評価が低くなりがちであるが、沿岸部に重要港湾である茨城港、内陸部に工場など国内有数の生産拠点があり、人口は少ないものの産業活動の活発なポテンシャルの高い地域である。この地域の道路ネットワークは量的に限られ、茨城港と内陸部の工場を結ぶ唯一の物流ネットワークとして物流面の価値は高いと同時に、生活上、防災上も代替路線のない不可欠なネットワークとなっている。

茨城県の財政状況は厳しく、特に昨今のコロナ対策費の増大に伴い新規道路投資の凍結や厳格な優先付けによる維持管理費用の削減を進めている。県北地域の市町村においても、更に厳しい財政状況や技術的課題を有し、維持管理、修繕事業への投資が控えられている。

以上の認識の下、本研究では、道路の便益を多角的に評価する手段の一つとして、これまでの自動車交通需要にもとづく便益とは異なる新たなアプローチとして、既存道路ネットワークが果たす地域への貢献度や基本的インフラとしての観点から多様な指標を考察する。その中で多様な便益の定量化に向けて、地域への影響の大きい物流面に着目し、物流機能そのものを貨幣価値化して評価するモデルを考案する。このモデルを茨城県北部地域に適用し、交通需要や時間短縮効果によらない便益を算出し、その地域特性との比較を通じて、モデルの妥当性を検証する。

この評価手法の確立により、これまでの時間短縮効果とは異なる道路ネットワークの便益評価を可能とし、地方部の既存インフラの適切な維持管理の優先順位、廃止路線の選別、適切な投資額の判断となる評価基準の確立につなげていくことを目的とする。

(2) 既往研究と本研究の位置付け

既往研究において、三便益以外の便益を評価としたものとして、まず道路の防災機能の便益評価が挙げられる。

国土交通省が示す道路の防災機能の評価手法¹⁾においては、三便益以外の防災機能の評価として、主要都市・拠点間の災害時の孤立や迂回度合いによる耐災害性、多重性を評価し、ネットワーク全体として災害時の到達時間の短縮もしくは孤立解消度合いを評価している。ただし、評価が三便益同様、自動車交通需要によるものであり、また評価結果は貨幣単位ではなくランク付けとなっている。

原田ら²⁾は、道路の防災機能の便益評価として、災害時の迂回損失や機会損失など道路利用者の経済損失や地域住民の孤立に対する平常時の心理不安の軽減に着目し、利用者均衡配分や居住者への Web アンケートなどを用いて防災機能の便益を貨幣単位で評価した。



図-1 茨城県北部地域（対象地域）

物流面での便益評価に関する研究としては、岩館ら⁴⁾が食料供給機能に着目し、食料 OD を用いて道路ネットワーク上に食料を配分することにより、重量、金額、熱量、供給可能人数で食料供給を評価した。

貨物全体の評価としては、国土技術政策総合研究所⁵⁾で、物流センサスの流動データをもとに全国を対象とした荷物の年間ベースの貨物車 OD を作成し、主要道路ネットワーク上でオールオアナッシングの一括配分を行い、各路線を通過する物流を品目別の重量、台数、価格で示している。この研究では、物流センサスの荷物 OD を出発点としたアプローチで物流機能の評価を行っている。

今回の研究は、道路交通センサスの貨物車 OD を用い、交通需要からアプローチして物流評価を行う。また、一般道を中心とした物流面での価値を示すことを主眼としており、一般道への配分が適切に行われるよう、通常の交通量推計と同じ道路交通センサスに基づく全車種の五分割配分を行い、より実態に合った交通特性を再現した。今回の研究のように道路交通センサスからアプローチして物流そのものの質、量から物流機能の便益の算出方法をモデル化するのは初めての試みである。

2. 三便益以外の便益検討

ここでは、当該地域である茨城県北部のような地方都市における三便益以外の便益について検討する。まず、代替性の低さから生じる地域への貢献度として交通機能、経済、環境、社会面での評価や、基本的なインフラである道路の役割として、産業、救急搬送や避難などの

防災，地域計画との整合，誘導などの面から指標を考察する．これらの指標の算出にあたっては，当該エリアを対象とした交通量推計や最短経路探索を実施した上で，評価対象区間を仮想的に不通区間として設定し，その路線が通行できない場合の影響・変化として，以下の視点をから評価される．

交通機能：交通量推計結果（リンク別走行速度）を活用し，地域全体の総所要時間等の変化を把握．

経済面：主要拠点（行政施設，高速道路 IC，工業団地，港湾）へのアクセシビリティの変化を分析，可視化．

環境面：各路線（区間）の平均旅行速度に対して，CO₂排出原単位（出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所）を加味して，CO₂排出量を算出．

社会面：災害リスク（津波浸水，法面崩落，異常気象時通行規制区間等）の情報を踏まえて評価対象区間を設定．公平性の視点から，道路の維持管理の評価が可能となるように，地域の人口配置や，評価対象区間が不通となったときに外部とのアクセスが不可能となるエリアの存在を加味した評価を実施．

防災面：二次・三次医療施設との位置関係を踏まえて，緊急搬送に係る路線の重要性を整理．各路線の災害リスクを踏まえて，路線の代替性を整理．

地域との整合：評価対象区間の貢献度・役割を評価する際，当該区間沿線の土地利用，居住人口を考慮した評価を実施．

ここでは，経済面の評価例として，茨城県北部地域における既存ネットワーク（図-2 に示す国道 118 号，349 号）の一部が切断されたときに，市町村役場へのアクセスがどう変化するかを考察した．

国道 118 号の一部区間が切断されると，沿線の常陸大宮市，大子町において，役場への所要時間が増加し，特に，国道 118 号、国道 349 号の切断される区間によっては，常陸大宮市の複数のエリアで市役所への到達が不可



図-2 対象ネットワーク

能となる（図-3）．

これらの評価は，時間短縮に起因するものの，地方の基本インフラとしての道路の価値を表していると考えられる．今後，三便益の時間短縮効果との比較検証が必要である．

本研究では，先に示した評価以外の手法として，地域の産業面からの物流そのものの貨幣価値化を考える．

物流の資産価値が道路整備による移動時間の変化に影響を受けるものとしては，食料品などを中心とした貨物の時間経過による劣化，時間とともに商品の流行が大きく変わる商品の価値の低下，手に入れるタイムラグを気にする消費者の購買意欲の低下，資産の貨幣化の遅れによる価値の低下などが考えられる．今回の研究では，物流の現在の資産価値の算出までとし，今後，算出された資産価値と移動時間の変化による影響も考察することが期待される．

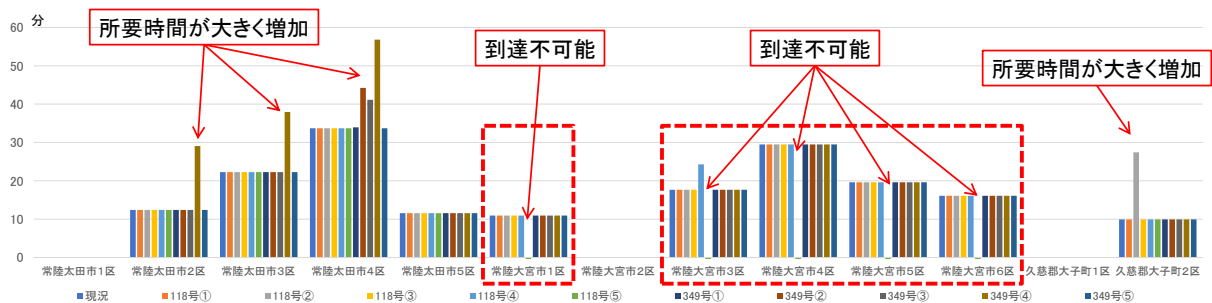


図-3 評価事例：市区町村役場へのアクセシビリティの変化（最短経路の所要時間の変化）

3. 物流機能の便益評価のモデル化と適用結果

産業面の評価として、物流の貨物の資産価値からの評価を試みる。

(1) 物資輸送総額算出モデルの概要

リンク別の貨物車の物資輸送総額は、図-4 の算出フローによって算出される。

まず、現況の道路ネットワークに全国道路・街路交通情勢調査（以下、道路交通センサス）の現況 OD 表を用いて交通量配分し、リンクごとの貨物車のリンク交通量とその OD 内訳を算出する ($T_{i,od}$)。

次に、OD 別の貨物車のリンク交通量 ($T_{i,od}$) に、道路交通センサス自動車起終点調査から得られる OD 別の車種業態構成比（小型車か普通車の別、自家用車か営業用車の別）($A_{j,od}$) を掛け合わせ、さらに、OD 別かつ車種業態別の積載品目構成比（農林水産品、鉱産品、金属・機械、化学工業品、軽工業品、雑工業品、空車）($B_{k,j,od}$) を掛け合わせるにより、車種業態別かつ積載品目別の貨物車の OD 別リンク交通量を算出し、それらをすべての OD を積算し、リンクごとの車種業態別かつ積載品目別の貨物車リンク交通量を算出する。

この貨物車リンク交通量に、車種業態別かつ積載品目別の平均積載トン数（交通量 1 台当たりの積載トン数（図-5））($C_{j,k}$) を掛け合わせ、車種業態別、積載品目別かつリンク別の貨物車輸送トン数を算出する。最後に、車種業態別、積載品目別かつリンク別の貨物車輸送トン数に、積載品目別の円トンコンバータ(図-5) (D_k) を乗じて、車種業態別、積載品目別かつリンク別の物資輸送総額を算出する。ここで、円トンコンバータとは、貨物 1 トン当たりの金額価値を表す原単位であり、交通量 1 台当たりの積載貨物の価値は図-5(右)の通りとなる。

リンク別の貨物車の物資輸送総額算出モデル式を以下に示す。

$$Y_i = \sum_k D_k \left[\sum_j C_{j,k} \left(\sum_{o,d} B_{k,j,o,d} \cdot A_{j,o,d} \cdot T_{i,o,d} \right) \right] \quad (1)$$

Y_i : リンク i の貨物車の物資輸送総額

$T_{i,o,d}$: 発地 o , 着地 d 間の貨物車交通のリンク i における交通量（配分交通量）

$A_{j,od}$: 発地 o , 着地 d 間の貨物車交通に占める車種業態 j の構成比（現況）

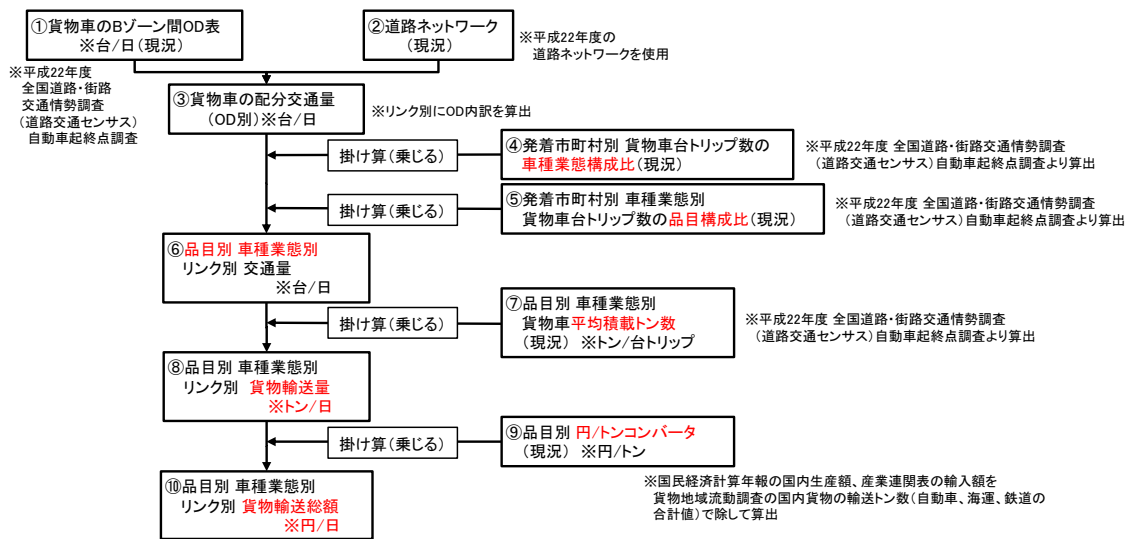


図-4 リンク別貨物輸送額の算出フロー

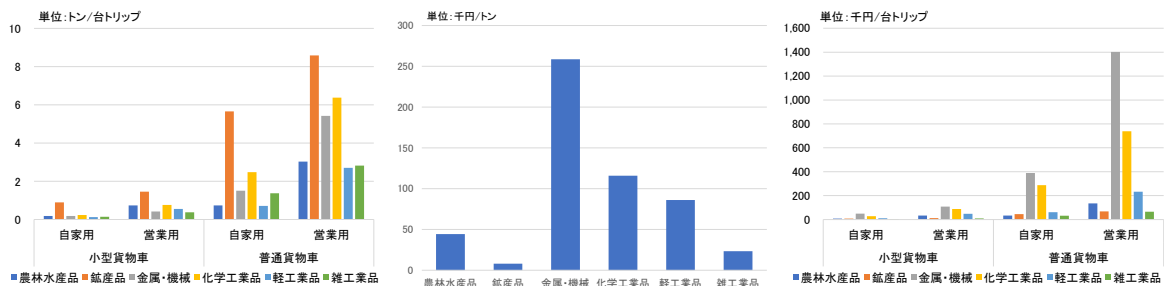


図-5 品目別・車種業態別平均積載トン数（左）、円トンコンバータ（中央）、交通量 1 台当たり積載貨物の価値（右）



図-6 リンク別物資輸送総額（全品目）



図-7 リンク別物資輸送総額（金属機械）

$B_{k,j,o,d}$: 発地 o , 着地 d 間の車種業態 j の貨物車交通の積載品目 k の構成比（現況）

$C_{j,k}$: 車種業態 j , 積載品目 k の貨物車の平均積載トン数（現況）

D_k : 品目 k の円トンコンバータ

さらに、リンク別の貨物車の物資輸送総額を積み上げ路線全体の輸送総額を算出する。

なお、茨城県北部地域での検証に用いたデータは、貨物車 OD、車種業態構成比、積載品目構成比、貨物平均積載トン数については平成 22 年度全国道路・街路交通情勢調査（H22 道路交通センサス）、配分ネットワークは平成 22 年度ベースの現況ネットワークを用いた。

円トンコンバータは、国民経済計算年報、産業連関表から得られる品目別の国内生産額、輸入額の合計値を、貨物地域流動調査から得られる品目別の国内貨物の輸送トン数（貨物車、内航船舶、鉄道の合計値）で除して算出した。

一般的に品目別トリップ単位の貨物価値流動量は、積載トン数では、コンクリートなどの鉱産品が大きくなり、1 トンあたりの価値については、金属・機械、化学工業品が高くなる。

(2) 本研究におけるモデルの適用

算出モデルは、茨城県北部（大子町、常陸大宮市、常陸太田市、日立市）の実際のネットワーク（国道 118 号、349 号、239 号、123 号、461 号、県道 29 号、33 号、36 号、

60 号、22 号）にセンサスデータを用いて適用し、その計算方法の妥当性を検証する。

茨城県北部は、既存の道路ネットワークの代替性が低く、重要物流道路が一般国道数本に限られる。それらの道路の交通量はそれほど大きくはないが、ネットワーク周辺には、沿岸部に重要港湾である茨城港、内陸部に工場など国内有数の生産拠点があり、それらを結ぶ重要物流ネットワークとして物流面の価値が高いと推測される。これらの道路ネットワークは、原材料が海外からの輸入入り口である茨城港湾に到着し、内陸部の工場に輸送され、製品化されたあと港湾や高速道路経由で消費地に運ばれるまさに物流を支えるネットワークであり、自動車交通需要によらない便益でも適切に評価されるべき路線である。

(3) モデル式の適用結果と考察

物資輸送総額算出モデル式を使い、茨城県北地域で実際に物資輸送総額を算出し検証した。

まず、リンクごとの物資輸送総額のモデル式を用い計算した結果のうち、全品目と金属機械製品、化学工業品の結果を示す。全品目(図-6)、金属機械製品(図-7)では、常磐道、国道 9 号のほかに、重要物流道路である国道 118、349、123、293 号上に輸送総額が大きいリンクが存在する。

化学工業品（図-8）では国道 349 号の常陸太田市街地区間の輸送総額が大きい。

それぞれの国道周辺の事業所で扱う品目の特性が現



図-8 リンク別物資輸送総額（化学工業品）

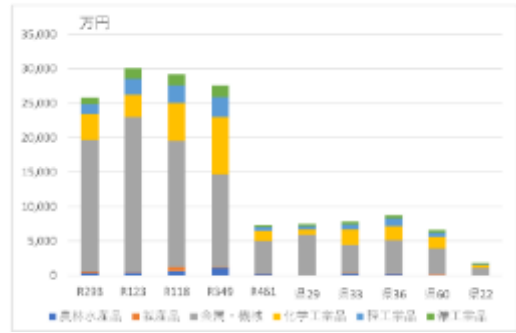


図-9 物資輸送総額の路線別比較

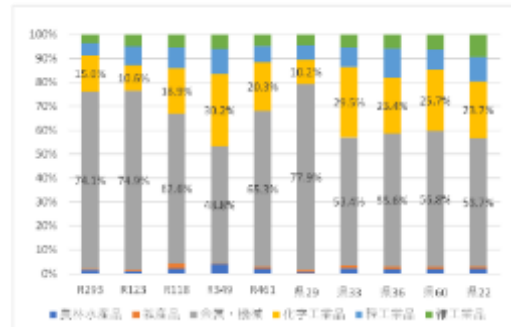


図-10 物資輸送総額の品目構成比

われている結果と推察される。

次に路線全体について、路線別の物資輸送総額（図-9）と、一台あたりに換算したもの（図-10）を算出する。路線全体の物資輸送総額はリンクごとの物資輸送総額を貨物車の交通量で加重平均した。

物資輸送総額については、国道 123, 118, 349, 293 号の順に高く、一台あたりの物資輸送総額にすると、国道 123 と県道 60, 22, 29 号が高い。物資輸送総額の品目別構成比をみると、国道 123, 293, 県道 29 号は金属・機械製品の割合が高く、国道 349 号と県道 33 号は化学工業品の割合が高い（図-9～図-11）。

国道 123 号は、一台あたりの貨物輸送が高く、品目としては、金属・機械製品の割合が高い。国道 123 号沿線には水戸北部中核工業団地があり、また、栃木県に入ると日産、ホンダといった自動車工場があることから、自動車に関連する付加価値の高い品目などが運ばれている特性が表れていると推測される。県道 60, 22, 29 号については、全体交通量が少ないため、太平洋側と内陸を東西に行き来する交通の推計上の配分の影響が出ているものと思われる。今後、今回のような交通量配分によるルート選択と実際の貨物車のルート選択との比較、整合が必要である。また、国道 349 号および県道 33 号は平行して南北に走る路線であるが、通過する常陸太田市に化学工業系の工場がいくつかあり、その物流特性が表れていると思われる。

次に各路線の物資輸送総額と三便益の代表的な便益である走行時間短縮便益を比較する（図-12）。走行時間

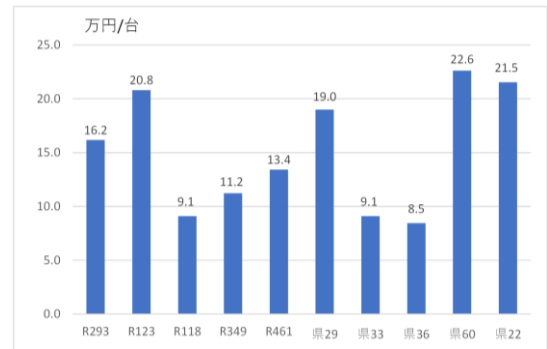


図-11 貨物車 1 台当り物資輸送総額

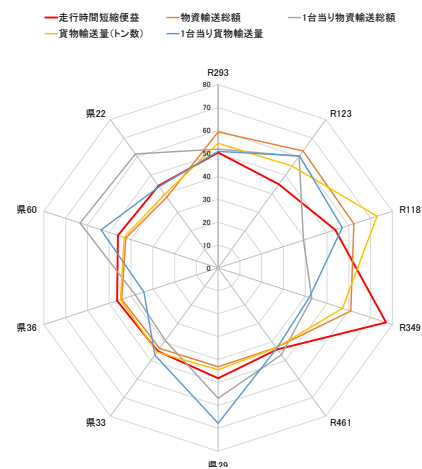


図-12 物資輸送総額と走行時間短縮便益の比較

短縮便益については、リンクごとに **With or Without** の走行時間短縮便益を算出し路線全体で積み上げを行った。国道 123, 国道 118, 国道 293 号は国道 349 号と比較し物資輸送総額が走行時間短縮便益より相対的に大きくなっている。通常のコスト対効果 (B/C) が高く整備の必要性が高いとされる国道 349 号と比較して、全体交通量は少ないが周辺地域唯一の幹線道路として物流ネットワーク上欠かせない 3 路線の特性が現われている。

今回のモデル式を用いて試算した物資輸送総額の計算結果は、茨城県北地域の主要な道路の特性を一定程度表現しているものと思われる。

4. 今後の課題と発展性

今回試算した物資輸送総額の結果は、茨城県北周辺の工業の配置から推測される実態に合致した特性が現われており、モデル式の妥当性を訴えるものとなっている。更なる検証には、どの工場から、どのような貨物が輸送されているかなど物流業者が保有するデータを用いた分析が有効であると思われる。さらに、品目を詳細に区分し、より正確な物流価値を算出することで、付加価値の高い自動車や精密機械などの工場を沿線にもつ道路の物流機能の価値が正当に評価されることが期待される。

今回算出した物資輸送総額による便益評価は、今後の物流道路ネットワーク整備を推進する上で物流面を重視した一つの判断基準となり、交通需要だけでは表せない必要性の高い物流ネットワークの計画策定にもつながる。これは、都会部と比較して一般車両の流入が少なく三便益が出にくかった地方部の道路について、地域の経済活動になくはならない重要な道路としての便益の正当な評価にもつながることが期待される。今回の物資輸送総額による便益と走行時間短縮便益との比較でも、路線のもつ役割の違いにより三便益に係る便益より物流面での便益をより有する路線の存在がみられる結果となった。今後、算出された物資輸送総額と移動時間との関係を考察できれば、道路事業と物流の資産価値との関係性がより明確になることが期待される。

地方部の既存の道路ストックの費用対便益分析の評価指標の確立のためには三便益以外の便益の貨幣価値化が必要であり、今回の物資輸送総額のモデル化が本研究でも考察した多様な指標の便益の貨幣価値化につながることを期待される。更に、費用面でも既存ストックの将来の維持管理・修繕費を算出しそれらの便益と比較することで、インフラの老朽化に伴い維持管理・修繕費が増大する中、適切な維持管理の優先順位、廃止路線の選別、適切な投資額を判断する上での評価基準の確立につながることを期待される。

REFERENCES

- 1) 国土交通省道路局 道路の防災機能の評価手法 (暫定案) 2011 [MLIT Road Bureau: *Evaluation method of disaster prevention capability of road network (tentative plan)*, 2011.]
- 2) 国土交通省道路局 ネットワーク全体の防災機能向上に関する計測マニュアル (暫定案) [MLIT Road Bureau: *Enhancement of the entire network for disaster prevention measurement manual(tentative plan)*, 2013.]
- 3) 原田剛志, 小野剛史 倉内文孝 高木朗義 道路ネットワーク防災機能の便益評価に関する研究 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 2017 [Harada, T., Ono, T., Kurauchi, F. and Takagi, A.: *Benefit Evaluation of Disaster Reduction Capability of Road Network*, Proceedings of JSCE D3 (Infrastructure Planning and Management), 1973.]
- 4) 岩館慶多, 岸邦宏, 中辻隆 食料供給機能に着目した北海道の道路ネットワークの評価に関する研究 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 2015 [Iwadate, K., Kishi, K., Nakatsuji, T.: *Evaluation of network in Hokkaido focused on food supply*, Proceedings of JSCE D3 (Infrastructure Planning and Management), 2015.]
- 5) 国土技術政策総合研究所 マルチモーダル交通体系の構築に関する研究 4.3 道路上の貨物流動の評価に関する検討 国土技術政策総合研究プロジェクト研究報告第 19 号 2008 [NILIM: *Research on Building a Multi-Modal Transport system 4.3 Research on Evaluation of Freight Flow on Roads*, Project research Report of NILIM 19, 2008.]

RESEARCH ON THE BENEFIT EVALUATION OF LOGISTICS FUNCTIONS IN EXISTING ROAD NETWORKS

Takashi ITOH and Terumitsu HIRATA

In rural roads, maintenance above a uniform level is strict in a difficult financial situation, and prioritization and appropriate evaluation indicators for that purpose are necessary. In particular, in the evaluation of maintenance of existing roads in rural areas, there are many factors that cannot be measured by the three benefits of the cost-benefit analysis manual. In this study, we propose various benefits and a model for calculating the total amount of goods transported using the road traffic census for the evaluation of important logistics routes. This model was applied to the road network in the northern part of Ibaraki prefecture, and the validity of the benefit measurement was confirmed.