

IV-22

物流システムからみた高速道路の開通効果に関する研究

北海道大学 正 員 高 橋 清

北海道大学 正 員 佐 藤 馨 一

北海道大学 正 員 五十嵐 日出夫

1. はじめに

平成2年10月に道央自動車道深川-旭川鷹栖間が開通となった。これにより北海道の2大都市である札幌市と旭川市をはじめとし、道内の高速道路体系は一層強化されることとなった。

札幌-旭川間では、高速道路の整備にともない自家用車交通の利便性が向上し、都市間高速バスの運行も一層充実された。また、鉄道においても速度向上や運行回数等を含む鉄道システムの高度化により都市間高速バスに対抗するなど、利用者は交通機関の選択においてその多様性を享受している。

一方物流に関しても、高速道路を利用した輸送ルートにより高速かつ安定輸送が可能となり、企業活動に大きな影響が生じていると考えられる。

特に近年、我が国における物流は企業経営面でも注目され、より一層のサービスの高度化、近代化が求められている。現在注目されているジャスト・イン・タイム輸送のように高度な物流システムを用いる場合、高速かつ安定輸送が可能な高速道路を整備することは必要不可欠なことである。

そこで本研究は、高速道路開通にともなう影響を物流システムの立場からとらえ、開通による効果を物流業者の道路利用意識構造を分析し、効用理論を用い評価することを目的とする。

2. 物流システムと高速道路整備

2-1 物流システムの構成要素

物流とは、有形財の供給者から需要者にいたる空間的・時間的へだたりを克服する物理的な経済活動である。具体的には、輸送・保管・荷役・包装・流通加工及び情報という諸活動の有機的なつながりをもった構成要素から成り立っている。¹⁾

その主要な空間的移動を担当する輸送では、道路、鉄道、港湾及び空港等の交通施設整備がきわめて重要である。

また、物流活動は我が国の社会・経済活動に大きく依存している。特に近年、域内配送にみられる特徴を要約すると、以下の3点にまとめることができる。即ち「時間指定輸送の増大」、「配送頻度の増大」、「配送商品の小口化の進展」である。これらは、いわゆる輸送のジャスト・イン・タイム化とよばれる高度な物流サービス・システムとの関連が強い。^{2), 3)}

特に、社会・経済活動の要請として、第一の特徴である「時間指定輸送の増大」が、域内配送はもとより、長距離の都市間輸送にも求められている。域内配送の多い東京都内の貨物輸送の場合、全体の4割が時間指定輸送である。⁴⁾

以上のように、時間指定等の時間制約のある貨物輸送を行う物流システムでは、空間的移動における時間信頼性の高さが以前にもまして要求される。

しかし、時間、空間の隔たりを克服していく中では、当然様々な不確実性・リスクが存在する。時間指定の制約がある貨物に対しては、天候、交通状況や誤配による到着時刻の分散が、商品価値や信用の下落を招く。今後の物流システムは、その不確実性、リスクに対して十分対処できる信頼性のあるシステムの構築が必要不可欠である。

2-2 物流システムと高速道路整備

空間的隔たりは輸送により克服され、輸送は時間によって評価される。つまり、物流システムを評価することは、輸送システムにおける時間信頼性を評価することに他ならない。時間信頼性は所要時間の

平均的長さを示す迅速性と、所要時間が一定であるかという確実性の両面から評価できる。⁵⁾

迅速性が低いと走行経費がかさむだけでなく、需要変動に対応するための追加配車や在庫が必要となる。また、確実性の低下は余裕時間に関連して大幅なコスト増となる。早めに到着した場合は運転者の休息時間と在庫増に、遅く到着した場合は、生産ラインの停滞、小売店での品切れ、客の逸失等のロスが生じる。

高速道路整備が物流システムに及ぼす効果は、大きくこの2点による輸送コストの削減、営業活動コストの削減として現れる。

3. 物流事業者意識調査

3-1 企業アンケート調査の概要

本研究では道内立地の企業が高速道路に関してどのような利用形態と評価を行っているかを分析するため、企業アンケート調査を行った。

調査対象は旭川市近郊と札幌市に立地しており、北海道内および北海道外に貨物を出荷している荷主企業および、運送事業者を対象とした。荷主企業の業種は製造業と卸売業とし、運送事業者の企業規模は保有台数が10台以上を対象とした。

調査方法は旭川市近郊の荷主企業および運送事業者に対しては直接配布をし郵送により回収を行った。また、札幌市に立地している荷主企業、運送事業者に対しては、郵送配布郵送回収によるアンケート方法により調査を行った。

アンケート票の回収状況は、表-1に示すとおりである。

表-1 アンケート票の回収状況(単位:票)

		回収票	有効票	有効票率
荷主企業	旭川市	51	51	100
	札幌市	36	33	91.7
運送事業者	旭川市	33	30	90.9
	札幌市	84	81	96.4

アンケート調査は以下の4点で構成されている。

1) 企業属性、2) 輸送先別の輸送ルートおよび現状の高速道路利用頻度とその理由、3) 高速道路開通による企業活動の変化、4) 高速道路利用意識構

造の把握

さらに全てのアンケート票に対し、高速道路利用に関するフリーアンサー形式の項目を設けた。

3-2 調査結果

今回の分析では、旭川市に立地する企業と札幌市に立地する企業とにゼグメントし、開通による変化と高速道路利用形態の比較を行った。

(1) 荷主企業

a) 旭川立地荷主企業

出荷先の割合は旭川市内32.2%、道内25.7%であり旭川市が道内物流の大きな核となっている。輸送時に高速道路を利用している企業割合は、30%前後であるが、その利用頻度は平均して10回中2~3回と多くはない。また、高速道路利用理由は輸送時間短縮のためであると全ての企業が回答している。

高速道路の料金に対してはフリーアンサーの回答も考慮すると、割高感を多くの企業が感じている。これは高速道路の整備における利用率の変化でも割引料金になった場合は、43.7%の企業が利用率増加であると回答していることから明かである。

b) 札幌立地荷主企業

輸送先は関西37.9%、道内25.4%、関東16.4%と道外輸送が全体の半数以上を占めており、札幌市が道外輸送の中心となっていることが明かである。

輸送時に高速道路を利用している割合は、道外輸送の場合50.0%であり、本州に上陸してからの利用率が高い。利用理由は輸送時間短縮に加え、安定で確実な輸送が可能であることを理由に上げている。

(2) 運送事業者

a) 旭川立地運送事業者

輸送量の出荷先割合は旭川が全体の60.2%であり、道外は全体の5%弱となっている。輸送先別の高速道路利用企業の割合は、道外輸送が57.1%と高くなっている。また、札幌市を含む道内輸送の場合は輸送時間の短縮と運転者の疲労低減が主な利用理由であるが、道外輸送の場合は運転者の拘束時間の減少が理由の75%を占めている。以上より、長距離輸送における高速道路の利用は、労働力不足の解消に大きな効果があると考えられる。

b) 札幌立地運送事業者

輸送量の輸送先割合は、関東地方が約30%と本

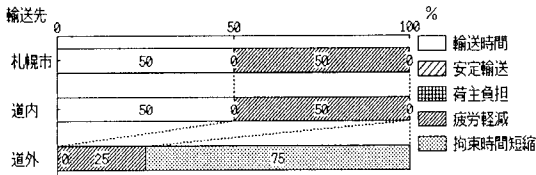


図-1 高速道路利用理由(旭川運送)

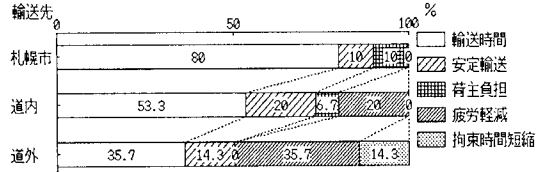


図-2 高速道路利用理由(札幌運送)

州方面が多い。高速道路利用割合はすべて40%以上であり、本州方面は65.2%と高くなっている。利用理由は近距離の場合、輸送時間短縮が大きな割合を占めているのに対し、長距離になるにしたがって運転者の疲労低減や運転手の拘束時間短縮が増加していることが明かとなった。

4. 直交多属性評価関数による物流業者の高速道路利用評価モデル

4-1 効用関数による高速道路利用評価

輸送における高速道路利用理由はアンケート結果からも明かなように、多くの要素から構成されている。しかし最終的には企業のコスト削減に帰結される。つまり企業が輸送におけるリスクをいかに捉え、対応し最大の効用を上げるかということである。

そこで本研究では、以上のような物流システムにおける企業の意思決定を効用関数理論により把握する。特に、高速道路利用による時間的信頼性の向上を総合的把握するため、多属性効用関数モデルを構築し、高速道路利用の総合評価を行う。

4-2 効用関数の理論的背景⁶⁾

(1) 単一属性効用関数同定の概要

効用とは、意志決定者が得られる結果 $X_1, X_2, \dots, X_n$ から複数の諸目的の選好の度合を、「結果 $X_1, X_2, \dots, X_n$ から意志決定者が受ける有用性」という尺度によって表わすものである。一般に効用は「人間の有する主観的な欲求や満足の度合」といえるが、限定的な意味では「結果 $X_1, X_2, \dots, X_n$ の選好評価」としての性格を有している。

特に、結果 $X_1, X_2, \dots, X_n$ およびそれにとりまなう効用 $u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_n)$ が基数的に表わされる場合、効用 $u(x_i)$ は X_i に伴う関数と見なすことができる。この関数 $u(x_i)$ を効用関数という。効用関数の関数形を決定する際、限界効用逓減やリスク評価を表わし得るように次式のような非線形の指数関数を仮定する。

$$U_i(x_i) = \left| \frac{(x - x_i)}{(x_{i \max} - x_{i \min})} \right|^{r_i} \quad (1)$$

x_i に対し増加関数ならば、 $x = x_{i \min}$

減少関数ならば、 $x = x_{i \max}$

ここで、各属性ごとに新たに複数個の評価値(例えば中位水準に対する評価値)を求めることにより、関数の同定を行うことが可能である。

ここでは各属性ごとの中位水準の評点 P_i ($i=1, 2, 3, 4$) に対して、

$$r_i = -\log P_i / \log 2 \quad (2)$$

となる。

また、式(1)において分母の項は各属性ごとに不変であり、効用関数を基準化するものであるから、式(1)は次のように書き換えられる。

$$U_i(x_i) = p_i \cdot (x - x_i)^{r_i} \quad (3)$$

(2) 多属性効用関数の構築

多属性効用関数とは前節で定義した単一の効用関数による決定問題を多数個の目的に拡大して評価するための方法論である。

単一属性効用関数相互の関係をスケール定数(尺度構成係数)を用いることにより、多属性効用関数を次式のように求めることが出来る。

$$\begin{aligned} u(x) = & \sum_{i=1}^n k_i u_i(x_i) + K \sum_{\substack{i=1 \\ j>i}}^n k_i k_j u_i(x_i) u_j(x_j) \\ & + K_2 \sum_{i=1}^n k_i k_j k_o u_i(x_i) u_j(x_j) u_o(x_o) \\ & + \dots + K_{n-1} k_1 k_2 \dots k_n u_1(x_1) u_2(x_2) \dots u_n(x_n) \\ = & \left[\prod_{i=1}^n \{ 1 + K \cdot k_i \cdot u(x_i) \} - 1 \right] / K \quad (4) \end{aligned}$$

ここで K は、 $1 + K = \prod_{i=1}^n (1 + K \cdot k_i)$

となるパラメータである。

4-3 直交多属性効用関数による評価意識

効用理論により企業的高速道路に対する評価意識を分析する際、4-2で示したように高速道路選択に影響をあたえる要因を評価する部分と、各要因の総合的な値として高速道路と一般道を評価する部分の2段階に分類して行う。

単一属性効用関数と多属性評価関数を構築する際の各要因は表-2のように、①所要時間、②料金、③遅れ時間の3要因とした。また各要因の最良水準と最悪水準は、所要時間と遅れ時間については高速道路を利用した場合を最良水準とし、料金に関しては一般道を利用した場合を最良水準とした。

表-2 要因と水準

	最良水準	最悪水準	中位水準
区 間	札幌-旭川	札幌-旭川	札幌-旭川
所要時間	80分	220分	150分
料 金	0円	4500円	2250円
遅れ時間	0分	40分	20分

単一属性効用関数では、一つの属性に対して最良水準・最悪水準を定め、その中位水準に対する評価値を意識調査により求める。

多属性効用関数では質問数が多くなる。そこで直交表へ割り付け、尺度構成係数の決定および独立性の検証を効率的に行い、直交多属性効用関数を同定する。質問は、各要因の最良・最悪水準の組み合わせに対して被験者に直接評価点数を尋ねる方式である。ただし、すべて最良水準の組み合わせを100点、すべて最悪水準の組み合わせを0点とした。

5. 物流業者からみた高速道路の開通効果

5-1 単一属性効用関数による評価

本研究より構築された単一属性効用関数より、物流業者のリスクに対する評価が明かとなった。リスクに対する対応を見ることによって、高速道路を各業者が物流システムにいかに関与しているかが明確となる。

今回は特に、高速道路を利用している企業と利用していない企業とに分類し、高速道路利用に関する

評価の違いについて分析を行った。

調査結果のデータによる算出の結果を、荷主企業と運送事業者に分類し表-3と表-4に示す。また特に、遅れ時間に関する要因についての結果を図-3から図-6に示す。

表-3 荷主業者の単一属性効用関数

	区 間	旭川荷主		札幌荷主	
		札幌-旭川		札幌-旭川	
		高速	一般	高速	一般
中評価値水準の	所要時間	52.00	51.88	55.67	58.00
	料 金	29.89	51.60	44.00	45.00
	遅れ時間	53.00	58.75	46.25	40.00
p i	所要時間	9.3E-3	9.8E-3	3.5E-3	2.1E-3
	料 金	3.2E-7	2.2E-4	1.1E-3	7.0E-4
	遅れ時間	0.034	0.059	0.016	7.6E-3
r i	所要時間	0.947	0.947	1.251	1.142
	料 金	1.776	1.000	0.811	0.863
	遅れ時間	0.916	0.767	1.113	1.322

表-4 運送事業者の単一属性効用関数

	区 間	旭川運送		札幌運送	
		札幌-旭川		札幌-旭川	
		高速	一般道	高速	一般道
中評価値水準の	所要時間	45.00	50.00	54.47	50.00
	料 金	44.50	45.50	44.48	45.55
	遅れ時間	50.00	62.00	42.33	45.36
p i	所要時間	3.4E-3	7.1E-3	3.0E-4	7.1E-3
	料 金	3.1E-5	5.4E-5	7.1E-5	9.3E-5
	遅れ時間	0.039	0.037	1.240	1.140
r i	所要時間	1.152	1.000	1.643	1.000
	料 金	1.234	1.168	1.136	1.104
	遅れ時間	0.876	0.895	1.240	1.140

以上の結果より次のような分析が可能である。

①所要時間に関しては概ねリスク回避型かもしくはリスク中立型である。特に札幌市に立地する荷主及び運送業者は高速道路利用企業も一般道利用企業も

図-3 属性別評価関数(遅れ)
旭川荷主(札幌-旭川)

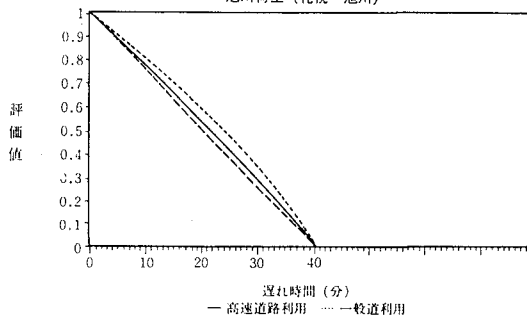


図-4 属性別評価関数(遅れ)
札幌荷主(札幌-旭川)

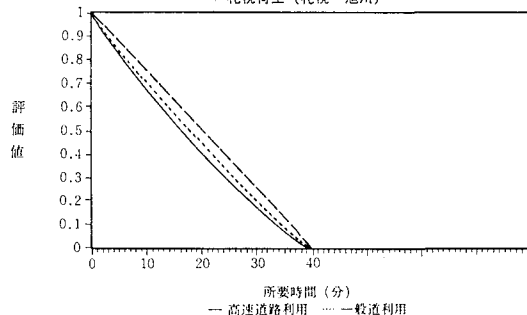


図-5 属性別評価関数(遅れ)
旭川運送(札幌-旭川)

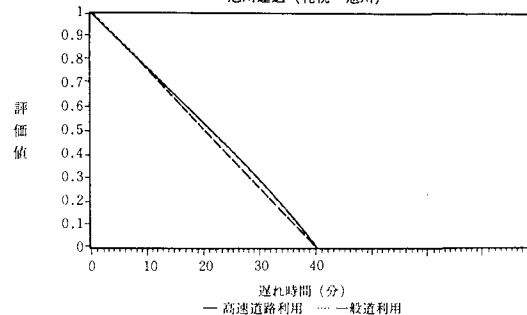
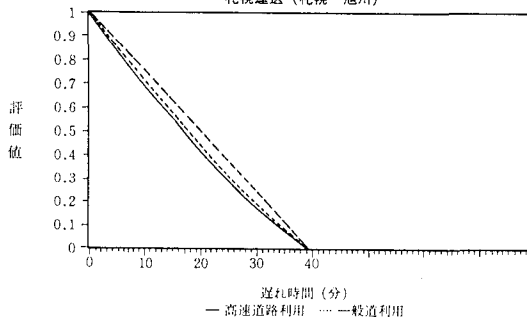


図-6 属性別評価関数(遅れ)
札幌運送(札幌-旭川)



大きくリスク回避形となっている。

しかし、旭川に立地する企業はリスク中立型もしくはリスク受容型となっている。

②料金に関してはほとんど全てリスク回避型となっている。特に旭川の企業においてはその度合が激しく、高速道路の料金に関して割高感を強く持っていると考えられる。これはフリーアンサーの回答と一致する。

さらに詳しく分析すると、高速道路利用企業は一般道利用の企業荷比較しよりリスク回避の傾向がみられる。このことより、高速道路利用企業はより敏感に料金に対し反応していることがわかる。

③遅れ時間に関しては、高速道路利用企業が一般道を利用している企業よりよりリスク回避型の傾向にある。

札幌市に立地する企業と旭川市に立地する企業と比較すると、札幌立地の企業は大きくリスク回避の傾向にあるが、旭川立地の企業は遅れ時間に対しリスク受容の傾向がみて取れる。このことより旭川立地の企業は、まだ札幌立地の企業に比較し高速道路の安定輸送の面に対する評価が低いと考えられる。

5-2 多属性効用関数による高速道路の評価

前述したように単一属性効用関数を求め、尺度構成係数とスケール定数より多属性効用関数の構築を行った。

関数の構築に際し、高速道路と一般道の利用企業をまとめ荷主企業と運送業者の分類により各区間毎の関数を構築した。以下運送業者についてその結果を表-5に示す。

これからも明らかなように旭川市に立地する運送事業者は全ての要因に関して、ほぼリスク需要型およびリスク中立型である。しかし、札幌市に立地する事業者は所要時間ではリスク中立型であるのに対し、料金、遅れ時間は大きくリスク回避型の意識が現れている。

さらに(4)式を用い各要因に対し、表-6に示した札幌-旭川間の高速道路と一般道の水準を代入することにより評価値を求める。

以上より求めた評価値は、高速道路利用がともに一般道を利用するよりも高い評価を得ている。特に札幌に立地する企業は、旭川に立地する企業よりも

表-5 運送事業者の単一属性効用関数

	区 間	旭川運送	札幌運送
		札幌-旭川	札幌-旭川
中評価水準の	所要時間	47.8	47.7
	料 金	46.7	44.6
	遅れ時間	56.7	41.6
ri	所要時間	1.088	0.896
	料 金	0.818	0.873
	遅れ時間	0.818	1.265
pi	所要時間	4.62E-3	0.012
	料 金	1.03E-3	6.47E-4
	遅れ時間	0.049	9.40E-3
ki	所要時間	0.610	0.386
	料 金	0.385	0.290
	遅れ時間	0.475	0.343
Σki		1.465	1.019
スケール定数 K		-0.7539	-0.0549

表-6 高速道路の評価値

	区 間	旭川運送	札幌運送
		札幌-旭川	札幌-旭川
高速道路利用	所要時間	80分	80分
	料 金	4500円	4500円
	遅れ時間	0分	0分
	評 価 値	0.634	0.783
一般道路利用	所要時間	220分	220分
	料 金	0円	0円
	遅れ時間	40分	40分
	評 価 値	0.372	0.290

高速道路の評価は0.78と高く、一般道利用の評価は0.29と低くなっている。これは単一属性効用関数でも明らかのように、物流システムとして輸送手段に対するリスクをきわめて厳しく捉え、対応している現れであると考えられる。それに比較し旭川の企業は、高速道路利用を費用面を重要視し過ぎ、高速で安定確実な輸送が可能であるということについての的確な評価がなされていないように思われる。

6. おわりに

空間的・時間的隔たりを克服するための物流システムは、「時間を短縮し、時間に付加価値をつける」という要請が益々厳しくなっている。この限りなき時間資源への挑戦は今後さらに加速されるであろう。一方では労働力不足や大気汚染等による環境問題の悪化、過度なジャスト・イン・タイム輸送による交通渋滞等の問題が生じている。

しかし、現在の経済活動を維持するためには、ジャスト・イン・タイム輸送を単に悪と見なすのではなく、リスクマネジメントの概念を基礎とした議論を行う必要がある。

本研究ではこの点において、物流業者が高速道路を通して物流システムのリスクをいかに認識し、対応しているかについて明かとした。さらに高速道路整備によって生じる信頼性の高い輸送システムが、物流業者に大きな影響を与えることを明かとした。

なお、本研究を進めるにあたり北海道未来総合研究所の方々にはデータ収集等において多大な御協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日通総合研究所編、最新物流ハンドブック、1991年
- 2) 高橋清、佐藤馨一、五十嵐日出夫、信頼性・リスク評価からみた青函トンネルの開業効果、土木計画学研究講演集、1990年
- 3) Kiyoshi TAKAHASHI, Keiichi SATO, Hideo IGARASHI, The Opening Effect of The Seikan Tunnel in Passenger and Freight, The 5th World conference on Transport Research, Yokohama, Japan, July, 1989年
- 4) 藤井健、ロジスティクスと道路政策、道路行政セミナー、1991年7月
- 5) 若林拓史、飯田恭敬、道路信頼性解析法の開発とライフラインネットワークへの適用性の検討、土木計画学研究講演集、1990年
- 6) 千葉博正、直交多属性評価モデルによる立地評価に関する研究、地域学研究16、1986年