

長距離輸送帰り荷確保の効果

-高速道路を利用した場合の CO₂削減と限界利益向上について-

日大生産工（院） ○岩下 哲士

日大生産工 若林 敬造

1. はじめに

我が国のトラック輸送では、輸送利益の拡大と環境負荷低減の両面から、積載効率の低下が深刻な問題となっている。その一つの解決策として、インターネット上に公開された様々な求車求荷情報を利用した帰り荷確保が注目されている。しかし、トラック運送業者者にとって、それらを利用した帰り荷確保の意思決定を行うための基準が明確化されていないのが現状である。このような背景から筆者はこれまで、発荷地→着荷地→帰り荷確保地→発荷地と3地点を巡るトラック輸送のモデルを基に、積載効率向上および限界利益向上に基づく意思決定基準の明確化を検討してきた¹⁾。本稿ではこのモデルをより一般化し、帰り荷着荷地、ICを追加した6地点を巡るトラック輸送のモデルで意思決定基準の明確化を行い、数値実験から実際の限界利益、CO₂排出量に与える効果を検討する。

2. 帰り荷確保の意思決定基準

2.1 帰り荷確保のモデル

意思決定基準を明確化するため、発荷地→厚木 IC→小牧 IC→着荷地→帰り荷確保地→小牧 IC→厚木 IC→帰り荷着荷地→発荷地と6地点を巡るトラック輸送の単純なモデルを図1のように考える。

なお、モデルの前提として、以下(1)式から(7)式までの条件が成立しているものとする。

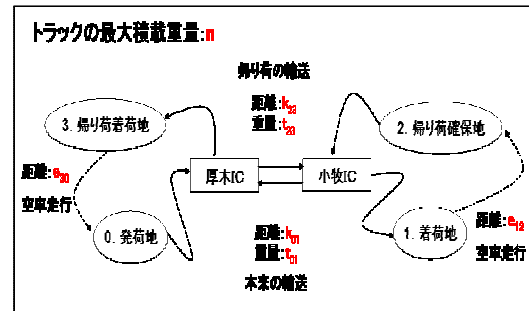


図1. 帰り荷確保のモデル

$$n > 0 \quad \text{-----} (1)$$

$$0 < t_{01} \leq n \quad \text{-----} (2)$$

$$0 < t_{23} \leq n \quad \text{-----} (3)$$

$$k_{01} > 0 \quad \text{-----} (4)$$

$$k_{23} > 0 \quad \text{-----} (5)$$

$$e_{12} \geq 0 \quad \text{-----} (6)$$

$$e_{30} \geq 0 \quad \text{-----} (7)$$

2.2 限界利益基準

運送事業者の限界利益を計算するために、ここでは、輸送行為における売上高が実際に荷物を載せて走行した分の実車距離に比例して得られると仮定し、また、輸送行為における変動費が実際に荷物を載せたかどうかは問わずに走行した走行距離に比例して発生すると仮定する。

実車距離当たりの売上高を S 、走行距離当たりの変動費を C とすると、発荷地から着荷地までの本来の輸送を終えたトラック

が帰り荷を確保せず、そのまま同じルート
を空車のまま引き返して発荷地に戻った場
合、限界利益は、図 1 より、次の(8)式の
ように表現できる。

$$k_{01}S - 2k_{01}C \quad \text{-----} (8)$$

一方、帰り荷を確保した場合の限界利益
は、次の(9)式のように表現できる。

$$(k_{01} + k_{23})S - (k_{01} + k_{23} + TED)C \quad \text{---} (9)$$

$$TED = e_{12} + e_{30}$$

(8)式および(9)式より、帰り荷を確保
した場合に限界利益が向上する条件は、次
の(10)式のようになる。

$$k_{01}S - 2k_{01}C <$$

$$(k_{01} + k_{23})S - (k_{01} + k_{23} + TED)C \quad \text{---} (10)$$

(10)式は、展開、移項、整理すること
により次の(11)式に変形できる。

$$TED < \left(\frac{S}{C} - 1 \right) k_{23} + k_{01} \quad \text{---} (11)$$

(11)式の両辺を k_{01} で割り、整理すると帰
り荷を確保した場合に限界利益が向上する
条件は、次の(12)式のように示される。

$$EDR < \left(\frac{S}{C} - 1 \right) BDR + 1 \quad \text{---} (12)$$

$$EDR = \frac{TED}{k_{01}} \quad BDR = \frac{k_{23}}{k_{01}}$$

限界利益基準を用いた意思決定では、
(22)式が成立する場合にのみ、帰り荷確保
を行うものとする。

3. 数値実験

2つの意思決定基準が、CO₂排出量削
減および限界利益向上におよぼす効果を検
討するため、一様乱数に基づくモンテカル
ロ法による数値実験を行った。

3.1 基礎データ

自動車運送事業経営指標 2006 年版 ²⁾に
は、我が国の典型的な 333 運送事業者の
2004 年度における輸送活動の実績データが
公表されている。この資料からは表 1 に示

す基礎データが得られる。

表 1. トラック運送事業者実績データ

走行距離合計 (1000 km)	3,460,071
実車距離合計 (1000 km)	2,840,575
1トラックの実働1日当たり の 平均走行距離 (km)	154
運送事業収入合計 (1000 円)	1,675,280,537
変動費合計 (1000 円)	396,057,701

表 1 の変動費合計は燃料費、車両修繕費、
道路使用料、フェリー使用料、変動人件費
を含んだ値である。このうち変動人件費に
ついては、運送人件費合計に、全日本トラ
ック協会が発表した 2004 年度男性トラッ
ク運転者の変動給の割合 49.5% ³⁾を掛けて
計上している。

表 1 からは実車距離当たりの売上高 S が
589.77 円/km、走行距離当たりの変動費 C
が 279.55 円/km と計算される。これらの値
を数値実験で用いることにした。

3.2 実験手順

数値実験は次の手順に従って実施した。

(手順 1) Microsoft Excel 2003 の一様乱数発
生機能を用いて、ランダムに表 2 に
示す 5 種類のデータを発生させ、1
回の輸送データとする。

(手順 2) 手順 1 の方法で発生したデータを
200 回分集め、200 回の輸送活動で 1
サンプルを構成し、これを繰り返
して合計 3 サンプルを生成する。

表 2 発生データ

項目	範囲
本来の輸送距離	314.26 km ~ 377.61 km
空車走行距離合計	0 km ~ 126.7 km
帰り荷輸送距離	314.26 km ~ 377.61 km
本来の積載重量	1 kg ~ 10 t
帰り荷積載重量	1 kg ~ 10 t

(手順 3) 生成された 3 サンプルに対応させ、
表 3 に示す 4 種類の輸送方法で輸送した場

合を想定し、各サンプル毎に 200 件の輸送トンキロ当たりの CO₂ 排出量と限界利益を計算する。

表 3 4 つの輸送方法

輸送方法 1	常に帰り荷を確保せず、本来の輸送のみを行い、同じルートを空車走行して帰る。
輸送方法 2	全ての場合において、帰り荷を確保した輸送を行う。
輸送方法 3	限界利益基準に合致する時のみ帰り荷を確保した輸送を行う。
輸送方法 4	積載効率基準に合致する時のみ帰り荷を確保した輸送を行う。

計算にあたって、輸送に使用するトラックは、最大積載重量 2t のもの、4t のもの、10t のものの中から、運送事業者が最も効率的なトラックを選択できるものと仮定する。トラックの燃費は表 4 に示す数値を利用し、CO₂ 排出係数については 2.62 Kg-CO₂/リットルを利用する。これらの値は日本ロジスティクスシステム協会公表のガイドライン⁴⁾に従ったものである。

表 4 トラックの燃費（軽油）

最大積載量	燃費
2t	8.0 km/リットル
4t	5.5 km/リットル
10t	3.5 km/リットル

3.3 実験結果と考察

(1) CO₂ 排出量

各平均値の 95%信頼区間をグラフ化したものを図 2 に示す。

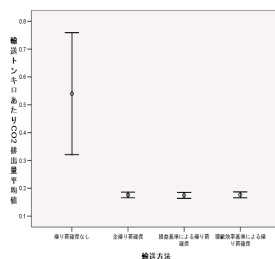


図 2 輸送トンキロ当たり CO₂ 排出量平均値の 95%信頼区間

さらに、各輸送方法間の平均値の差を統計的に検定するために、統計分析ソフト SPSS11.5J を用いて多重比較を行った。こ

の結果を表 6 に示す。

表 6 輸送トンキロ当たり CO₂ 排出量の多重比較

① 輸送方法	② 輸送方法	平均値の差 (I-J)
1	2	.363836**
	3	.365323**
	4	.363350**
2	1	-.363836**
	3	0.0014868
	4	-0.0004859
3	1	-.365323**
	2	-0.0014868
	4	-0.0019728
4	1	-.363350**
	2	0.0004859
	3	0.0019728

図 2 からは、帰り荷確保をまったく行わない輸送（輸送方法 1）は、他の輸送に比べ、輸送トンキロ当たり CO₂ 排出量の分散がかなり大きくなっていることがわかる。このことは、運送事業者が 2 つの意思決定基準による帰り荷確保を行うことで、より安定した CO₂ 排出量が得られることを示唆している。

また、帰り荷確保をまったく行わない輸送（輸送方法 1）に比べ、輸送方法 2,3,4 には有意に CO₂ 排出量を減少させることがわかる。

輸送方法 2,3,4 の CO₂ 排出量に有意差が無いことがわかる。

(2) 限界利益

また、各平均値の 95%信頼区間をグラフ化したものを図 3 に示す。

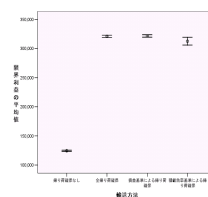


図 3 限界利益平均値の 95%信頼区間

さらに、各輸送方法間の平均値の差を統計的に検定するために、統計分析ソフト SPSS11.5J を用いて多重比較を行った。この結果を表 7 に示す。

表 7 限界利益の多重比較

(I) 輸送方法	(J) 輸送方法	平均値の差 (I-J)
1	2	-196446.89071**
	3	-197093.97085**
	4	-188142.69863**
2	1	196446.89071**
	3	-647.080143
	4	8304.192077
3	1	197093.97085**
	2	647.080143
	4	8951.27222
4	1	188142.69863**
	2	-8304.192077
	3	-8951.27222

図 3 と表 7 より、2つの基準に従って帰り荷確保を行った輸送（輸送方法 2 と輸送方法 3 と輸送方法 4）は、いずれも帰り荷確保をまったく行わない輸送（輸送方法 1）との比較において、有意差が認められ、限界利益を増加させている。

また、輸送方法 2,3,4 の限界利益に有意差が無いことがわかる。

4 まとめ

本稿では、帰り荷確保の意思決定基準を明確化するために、帰り荷確保を伴うトラック輸送の簡単なモデルを提示し、帰り荷確保時に積載効率および限界利益が向上するような意思決定基準を検討した。さらに一様乱数に基づくモンテカルロ法による数値実験を通して、これらの基準に従った帰り荷確保の効果を検討した。

我が国のトラック運送事業者の実績データに基づく数値実験の結果からは以下の点を明らかにすることができた。

- (1) トラック運送事業者は、積載効率基準および限界利益基準に従った帰り荷確保を行うことで、より安定した CO₂ 排出量を得ることができる。
- (2) 積載効率基準に従う帰り荷確保は CO₂ 排出量削減に効果的である。
- (3) 積載効率基準および限界利益基準に従った帰り荷確保はいずれも限界利益を向上させる。

- (4) 積載効率基準および限界利益基準に従った帰り荷確保では、限界利益に関して統計的有意差が認められない。

これらのことから積載効率基準が、CO₂ 排出量削減を目指すトラック運送事業者が帰り荷確保を行う場合に従う基準として、最も望ましいものと考えられる。

<謝辞>

本研究にあたって文部科学省科学研究費補助金（研究課題名：Web を利用した TMS システム構造に関する研究）の一部を使用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 藤田祐，若林敬造，唐澤豊，渡邊昭廣：“トラック輸送の帰り荷確保における積載効率と限界利益の向上”，日本ロジスティクスシステム学会誌，Vol. 7，No. 2，pp. 41-50 (2007)
- 2) (財) 日本自動車会議所：“自動車運送事業経営指標 2006 年版”，(財) 日本自動車会議所，東京，163p (2006)
- 3) “平成 18 年版トラック運送事業の賃金実態”，(社) 全日本トラック協会。
<http://www.jta.or.jp/chosa/chingin18/>, (参照 2007-09-13)。
- 4) (社) 日本ロジスティクスシステム協会ロジスティクス環境会議環境パフォーマンス評価手法検討委員会：“二酸化炭素排出量算定ガイド (Ver. 2) (データ収集方法事例集) 【輸配送／トラック輸送版】”，55p (2006)
http://www.logistics.or.jp/green/report/07_report.html#perform2006