

## 輸送エージェントの行動規範と経済厚生

豊橋技術科学大学 正会員 赤松 隆  
学生会員 半田 正樹

### 1. はじめに

都市間貨物輸送を考える場合、その輸送エージェントの行動規範の違いによって各エージェントの利益、社会的総余剰等の経済厚生が大きく変化する可能性がある。行動規範の変化に伴う経済厚生の変化を比較することは、「どのような行動規範が最も社会全体の便益を増すか」を論議する上で非常に重要である。

従来、都市間貨物輸送分析に関する研究では、貨物ネットワーク均衡モデルなどが提案されている[1][2]。しかし、その多くはエージェントの行動規範を完全競争としており、行動規範の違いに関する議論はされていない。

そこで本研究では、複数の輸送エージェントが異なった行動規範に基づいて行動する際の経済厚生の差異を簡単なモデルにより比較することを試みる。

### 2. 分析の枠組み

#### 2-1. 輸送エージェントと意志決定変数

2つの輸送会社（carrier）、および単一の荷主（shipper）の3エージェントよりなる貨物輸送システムを考える（図1）。輸送会社はそれぞれ荷主に対して商品の輸送手段を提供し、荷主は商品がある origin（O）から destination（D）へと輸送し消費者に販売する。

それぞれの主体の意志決定変数は、輸送会社については商品の単位輸送あたりの価格およびサービスレベル（ここでは輸送頻度）、荷主は商品の販売価格および各輸送会社への輸送発注量である。消費者の行動は、商品に対する需要関数として集計的に扱われる。

#### 2-2. 輸送エージェントの行動規範

輸送ネットワークは簡単のため1 OD ペア、各輸送会社につき1経路とし、以下の2種のケースについてその経済厚生の差異を調べる。

Case A：輸送会社が競争的（非協調的）

Case B：輸送会社が協調的

いずれのケースについても、輸送会社は荷主についての全ての情報を持っているとする。したがって、Case A,Bともに荷主の行動モデル

が目的関数の制約条件に含まれた、二段階最適化問題となる。

各ケースの数学的表現は、具体的には以下のように表される。

Case A：輸送会社が競争的な場合

$$\max_{x^m, p^m} \pi^m(x^m, p^m) = p^m \cdot q^m - c^m(x^m, q^m) \quad (m=1,2)$$

$$\text{s.t. } x^m \geq 0, p^m \geq 0 \quad (m=1,2)$$

$$q^m = f^m(x, p) \quad (\text{荷主の行動モデル})$$

2つの輸送会社は、それぞれ自らの利益を最大化する行動をとる。したがって、均衡状態は各輸送会社の利潤最大化条件および荷主の行動モデルからなる非線形連立方程式となる。

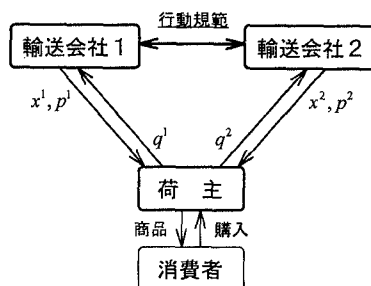
Case B：輸送会社が協調的な場合

$$\max_{x, p} \prod (\mathbf{x}, \mathbf{p}) = \sum_m \pi^m(x^m, p^m)$$

$$\text{s.t. } x^m \geq 0, p^m \geq 0 \quad (m=1,2)$$

$$q^m = f^m(x, p)$$

「輸送会社が協調的」という状態は、各輸送会社の利潤の和を輸送会社全体の目的関数とし、荷主の行動モデルを制約条件とした目的関数の最大化行動により表される。



$x^m$ ：サービスレベル（輸送頻度）

$p^m$ ：単位輸送価格

$q^m$ ：荷主の輸送発注量

図1 各エージェントの関係

ただし,

$\pi^m, \Pi$ : 輸送会社の利潤,

$x^m$ : サービスレベル(輸送頻度),

$p^m$ : 単位輸送価格,

$q^m$ : 荷主の, 輸送会社  $m$  への輸送発注量,

$c^m(x^m, q^m)$ : コスト関数.

### 2-3. 荷主の行動サブモデル

ここでは簡単のため, 荷主の商品販売が独占的な場合を考える.

荷主の行動は, 両輸送会社の単位輸送価格およびサービスレベルを所与とした, 以下のような利潤最大化問題として表現される.

$$\begin{aligned} \max_{P_s} \pi_s(P_s) &= \left\{ P_s - \min_m C(x^m, p^m) \right\} \cdot D(P_s) \\ \text{s.t. } P_s &\geq 0 \\ q^m &= \begin{cases} D(P_s) & \text{if shipper choose carrier } m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

where

$\pi_s$ : 荷主の利潤,

$P_s$ : 荷主の設定する, 商品の販売単価,

$C(x^m, p^m)$ : 輸送会社  $m$  へ発注した際の,

単位輸送コスト,

$D(P_s)$ : 商品に対する需要関数.

### 2-4. 経済厚生指標

上記2つのケースについて, さまざまな前提条件の下で解き, 経済厚生 of the difference を比較する.

比較のための指標は, 輸送会社および荷主の総利益, 純消費者余剰, 社会的総余剰 (= 総利益 + 消費者余剰), 総輸送量である.

## 3. 結果と考察

### 3-1. 数値実験による求解

2-2 および 2-3 に示した二段階最適化問題は解析的に解を求める, あるいは経済厚生指標を求めることが困難である. そこで, 数値計算により解を求め, 経済厚生指標を比較する.

より具体的には, 前提条件を変化させながらそれぞれのケースについて収束計算を行い, 得られた指標を比較する.

### 3-2. 各ケースについての実験結果

輸送会社および荷主の総利益は, さまざまな前提条件のいずれの場合においても Case Bの方が大きい, 純消費者余剰は Aの方が大きくなった. 両者の和である社会的総余剰は, Aの方が大きいという結果が得られた. また, 総輸送量も Aの方が大きくなった.

### 3-3. 輸送会社の行動規範と社会的総余剰

総利益 + 消費者余剰, すなわち社会的総余剰は, 輸送会社が競争的な場合に大きくなるという結果が得られた.

競争的な場合ではシェア確保のために輸送会社間で価格競争が起き, 価格が安くなるために荷主の輸送発注量が多くなる, いわゆる「薄利多売」的状況になっている. これに対し, 協調的な場合では供給側全体が Union として振る舞うために独占市場となり, 荷主の発注量も少なくなり, 社会的総余剰も小さくなる.

## 4. 結論

以上, 2 Carriers - 1 Shipper の場合について2つの行動規範 (Case A, B) 間の経済厚生 of the difference を比較を行った.

「供給側が協調的な場合よりも競争的な場合の方が社会的総余剰は大きくなる」と結論づけることができる. 特に, 供給側が完全競争であれば社会的総余剰は最大となることがわかった.

## 5. 今後の課題

本研究で取り扱わなかった「輸送会社と荷主が協調的」なケースについても同基準で経済厚生を評価し, Case A, B と比較をする必要がある.

また, 輸送頻度集中による外部効果を加味した場合や荷主の行動モデルに不確実性を考慮した場合の経済厚生 of the difference の比較も今後の重要な課題である.

## 参考文献

- [1] 松本昌二・渡辺 豊, 都市間貨物輸送予測に関する計量経済モデルとネットワークモデルの研究展望, 土木学会論文集, 494/IV-24, pp.117-125, 1994.
- [2] Patrick T.Harker and Terry L.Friesz, Prediction of intercity freight flows, Transpn. Res. Vol. 20B, No. 2, pp. 139-153, 1986.