

## 医薬品のネットショッピングがサプライチェーンネットワークに及ぼす影響

## The Influence of Internet Shopping of Drugs on the Supply Chain Networks

指導教授 川崎 智也 轟 朝幸 0081 多ヶ谷 有人

## 1. はじめに

近年、利便性や多品種を好む消費市場の増加に伴い、2000年代後半からネットショッピングの市場規模は拡大している。中でも医薬品のネットショッピングの成長は著しく、ネットショッピング比率が2008年から2011年まで毎年、前年比で約130%上昇し、今後も市場拡大が期待される。また2013年1月に、ネットでの販売が禁止されていた第1・2類医薬品が販売解禁となり、全ての商品が購入可能となった。その結果、消費市場のネットショッピング利用増加が想定される。しかし、それに伴い、商品の販売に関わるサプライチェーンネットワーク(以下、SCN)全体(製造業者、卸売業者、小売業者、物流業者、消費市場)や各主体の総物資流動量や総余剰、市場価格などに影響を及ぼすことが見込まれる。

本研究では、Nagurneyら<sup>1)</sup>と山田ら<sup>2)</sup>のサプライチェーンネットワーク均衡(以下、SCNE)モデルより医薬品ネットショッピング型SCNEモデル(以下ネットショッピングモデル)を構築する。ネットショッピングモデルと山田らの商物一体型5主体SCNEモデルの数値計算から得られる結果の比較を行い、医薬品のネット販売解禁がSCNの総物資流動量、総余剰、市場価格に及ぼす影響を明らかにする。

## 2. 既存研究

SCN上の物資流動量、取引価格、活動主体の行動などを記述するための手法として、Nagurneyらが構築したSCNEモデルがある。山田らは、NagurneyらのSCNEモデルを改良し、物流業者の行動を考慮した商物一体型5主体SCNEモデルを構築した。これらをもとに商物分離型5主体SCNEモデル、商物一体型4主体SCNEモデルを構築し、流通形態の相違が、物資流動量やSCNの効率性の変化に及ぼす影響を明らかにした結果を表-1に示す。

表-1 SCNEモデルの比較分析

		総物資流動量	総余剰	市場価格
①	商物一体型5主体モデル	10%増加	12%増加	低下
	商物分離型5主体モデル			
②	商物分離型5主体モデル	3%減少	5%減少	低下
	商物一体型4主体モデル			

## 3. SCNEモデルの定式化

今回は、寡占的な流通段階であるSCNを想定する。SCN上にて $m$ 個の製造業者、 $n$ 個の卸売業者、 $o$ 個の小売業者、 $r$ 個の消費市場、 $h$ 社の物流業者が存在すると仮定する。なお、各主体の名前はNagurneyらに従った。各主体の行動の利潤最大化を目的関数として定式化し、制約条件も設定する。その際に、SCN上流側の主体が各主体間の運賃と取引価格を負担し、その費用を下流側の販売価格に反映させるように定式化する。今回はネットショッピングを想定しているため、商品が卸売業者から消費市場に届くように設定し、輸送段階を一段階減少させるように山田らのモデルから卸売業者の行動を主に改良した。卸売業者の利潤最大化を式(1)、制約条件を式(2)、最適性条件を式(3)に示す。

$$\text{Max}_{q_j} \quad \rho_j^{2*} \sum_{k=l=1}^o \sum_{i=1}^m q_{hijkl} - c_j(Q^4) - g_j(Q^4) - \sum_{k=1}^o c_{jk}(Q^4) - \sum_{i=1}^m \rho_{ij}^* \sum_{h=1}^o q_{hij} \quad (1)$$

$$\sum_{h=1}^o \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^r q_{hijkl} \leq \sum_{n=1}^u \sum_{i=1}^m q_{hij} \quad (2)$$

$$q_{hij} \geq 0 \quad \forall h, i \quad q_{hijkl} \geq 0 \quad \forall h, k, l$$

$$\sum_{h=1}^o \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r \left[ \frac{\partial c_j(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} + \frac{\partial g_j(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} + \rho_{ij}^{1*} - \gamma_j^* \right] \times [q_{hij} - q_{hij}^*] + \sum_{h=1}^o \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^r \left[ -\rho_j^{2*} + \frac{\partial c_{jk}(Q^{4*})}{\partial q_{hij}} + \rho_{hjl}^8 + \gamma_j^* \right] \times [q_{hijkl} - q_{hijkl}^*] + \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{h=1}^o \left( \sum_{i=1}^m q_{hij}^* - \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^r q_{hijkl}^* \right) \right] \times [\gamma_i - \gamma_i^*] \geq 0$$

$$\forall (Q^1, Q^2, \gamma) \in R_+^{um+unor+n} \quad (3)$$

- $\rho_j^2$  : 卸売業者  $j$  から小売業者  $k$  の販売価格  
 $q_j$  :  $q_{hijkl}$  を要素とする  $unr$  次元ベクトル  
 $c_j(Q^4)$  : 卸売業者  $j$  の保管費用  
 $q_{hijkl}$  :  $jl$  間の取引量の内、小売業者  $k$  が取引する  $jl$  間の物流業者  $h$  の輸送量  
 $g_j(Q^4)$  : 卸売業者  $j$  の施設費用  
 $c_{ij}(Q^4)$  : 製造業者  $i$  と製造業者  $j$  の取引価格  
 $q_{hij}$  :  $ij$  間での物流業者  $h$  の輸送量

本研究では各主体定式化を行い、消費市場は需要関数が連続と決め、均衡条件が成立すると仮定する。

各主体の最適性条件と消費市場の均衡条件が同時に満たされるものが、ネットワーク全体の均衡条件である。これらの変分不等式を式(4)に表す。

$$\begin{aligned} & \sum_{h=1}^u \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^n \left[ \frac{\partial f_i(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} + \frac{\partial g_i(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} + \frac{\partial c_{ij}(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} + \frac{\partial g_j(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} \right. \\ & \left. + \frac{\partial c_j(Q^{1*})}{\partial q_{hij}} - \gamma_j^* + \frac{\partial g_h(Q^{1*}, Q^{4*})}{\partial q_{hij}} + \frac{\partial w_h(Q^{1*}, Q^{4*})}{\partial q_{hij}} \right] \\ & \times [q_{hij} - q_{hij}^*] + \sum_{h=1}^u \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^n \left[ \frac{\partial g_k(Q^{4*})}{\partial q_{hijkl}} + \frac{\partial c_{jk}(Q^{4*})}{\partial q_{hijkl}} + \right. \\ & \left. \frac{\partial c_{kl}(Q^{4*})}{\partial q_{hijkl}} + \frac{\partial g_h(Q^{1*}, Q^{4*})}{\partial q_{hijkl}} + \frac{\partial w_h(Q^{1*}, Q^{4*})}{\partial q_{hijkl}} + \gamma_j^* - \rho_l^{4*} \right] \\ & \times [q_{hijkl} - q_{hijkl}^*] + \sum_{j=1}^m \left[ \sum_{i=1}^u \left( \sum_{h=1}^u q_{hij}^* - \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^n q_{hijkl}^* \right) \right] \times [\gamma_j - \gamma_j^*] \\ & + \sum_{l=1}^n \left[ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^u \sum_{h=1}^u q_{hijkl}^* - d_l(\rho^{4*}) \right] \times [\rho_l^4 - \rho_l^{4*}] \geq 0 \\ & \forall (Q^1, Q^4, \gamma, \rho^4) \in R_+^{um+n+nr} \end{aligned} \quad (4)$$

解を求める方法として、Meng ら<sup>3)</sup>の推奨している準ニュートン法を用いる。

#### 4. 数値計算

山田らの商物一体型5主体 SCNE モデルは図-1 (パターン1)、ネットショッピングモデルは図-2 (パターン2) のSCNを想定して数値計算を行う。

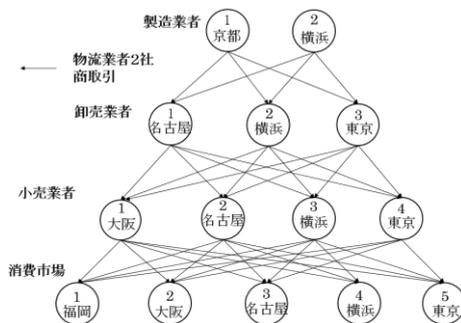


図-1 山田らのSCN (パターン1)

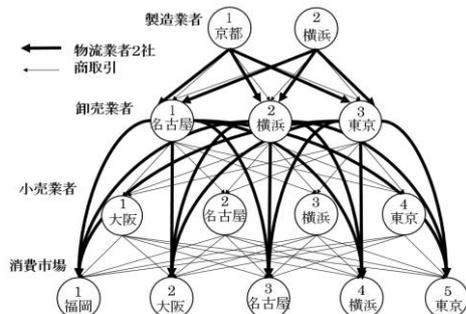


図-2 ネットショッピングのSCN (パターン2)

関数形、パラメータ値は山田らのものとJILS「物流コスト調査報告書(2009年度)」を参考にし、生

産費用関数、保管費用関数、施設費用関数、輸送時間関数、消費市場の需要関数を設定した。なお、本研究ではパターン1とパターン2の比較に着目しているため、全項目を無次元量として数値計算を行った。その結果、総物資流動量、総余剰、市場価格はパターン1が(328.8, 150627, 282.3)、パターン2が(329.8, 148140, 248.0)となった。パターン1の総物資流動量、総余剰、市場価格を100%としてパターン2との比較を行ったものを図-3に示す。

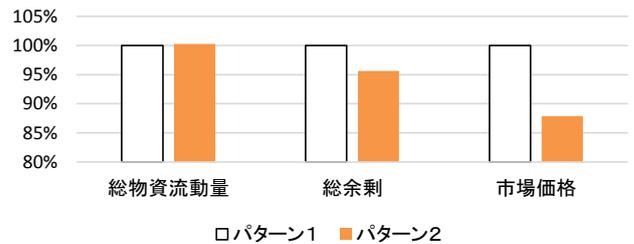


図-3 総物資流動量、総余剰、市場価格の比較

比較の結果、パターン2の方が、総物資流動量は0.3%増加、総余剰は4.5%減少、市場価格は12%低下という結果になった。ネットショッピングにより、小売業者の商品の保管が無くなり、輸送回数が3回から2回になるので、それらの費用が市場価格に転嫁せず価格が低下した。市場価格が低下したことで、消費市場がパターン1の時より商品を購入するようになり、総物資流動量が増加した。しかし、市場価格が低下したので、総物資流動量が増加しても総余剰は減少することが考えられる。

#### 5. おわりに

今後の課題として、小売業者以外の主体が輸送費用を負担するなど、流通段階の異なるSCNを想定してモデル構築し、数値計算による比較分析をする必要がある。

#### 参考文献

- 1) Anna Nagurney, June Dong, Ding Zhang : A supply chain network equilibrium model, Transportation Research, Part E, 38, pp.281-303, 2002.
- 2) 山田忠史, 中村昂雅, 谷口栄一 : 商物分離型サプライチェーンネットワーク均衡モデルー異なるネットワーク形態の比較分析ー, 土木学会論文集, D3, Vol. 67, No. 5, pp.801-811, 2011.
- 3) Qiang Meng, Yi Kai Huang, Ruey Long Cheu : A note on supply chain network equilibrium models, Transportation Research, Part E, 43, pp.60-71, 2007.