

京都大学工学部 学生員 ○里内 俊介
 京都大学大学院工学研究科 正会員 山田 忠史
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 谷口 栄一

1. 研究の背景と目的

サプライチェーンは、製品の生産から消費に至るまでの、活動主体と製品のネットワーク状の連鎖である。サプライチェーンネットワーク(supply chain network: SCN)上では複数の異なる主体が、製品の生産、取引、さらには、輸配送や保管などの物流を営む。東日本大震災では、原材料（部品、資材、半製品などを含む、広義の原料と材料のこと）の調達が寸断され、被災地以外の企業の生産にも大きな影響を与えた。SCN上の被災がサプライチェーン全般に及ぼす影響を把握するためには、製品のみならず、原材料についても考慮されるべきである。

本研究では、既存の5主体のSCNE(supply chain network equilibrium)モデル¹⁾を、原材料業者の行動も考慮したモデルへと拡張し、このモデルを用いて数値計算を行い、SCN上のリンクの能力低下（被災）が、SCN全般に与える影響について考察する。

2. 原材料業者の行動を考慮した SCNE モデル

図-1のように、 n 次の原材料 z^n を生産・供給する原材料業者を m_z ($m_z = 1, \dots, M_z$)とする。簡単のために、 m_z を m_z^n と表記すれば、SCN上には、 $\sum_{z^n=1}^{Z^n} M_z^n$ 個の異なる n 次 ($n=1, \dots, N$)の原材料業者が（すなわち、 n 層の原材料業者）存在する。各階層で Z^n ($n=1, \dots, N$)種類の異なる原材料が生産・供給される。 I 個の異なる製造業者は、一次の原材料 z^1 ($z^1=1, \dots, Z^1$)を基にして、同一の製品を生産し、 J 個の異なる卸売業者に製品を販売する。卸売業者は製品を K 個の異なる小売業者に販売し、最終的に L 個の異なる消費市場で消費される。すべての原材料と製品は、 H 個の異なる物流業者によって輸送される。

原材料業者、製造業者、卸売業者、小売業者、物流業者は、各々の利潤を最大にするように、原材料や製品の生産量、取引量（あるいは、輸送量）を決定する。このとき、原材料や製品の価格も同時に、内生的に決定される。各主体の利潤は、以下のように算出される。

最上流の原材料業者：販売収入－生産費用－取引費用

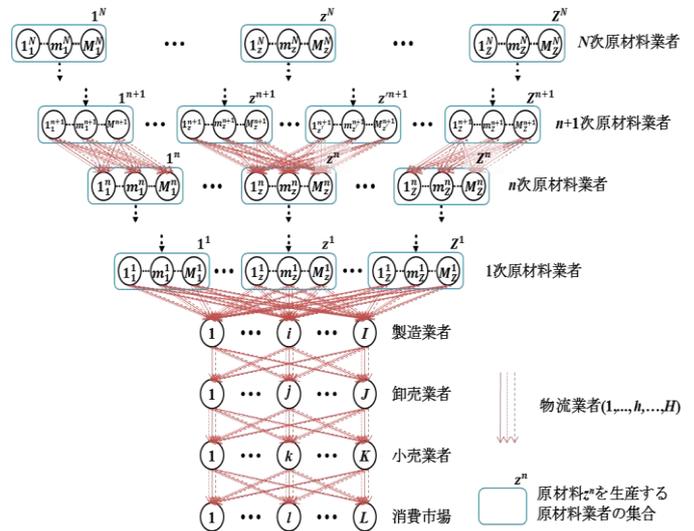


図-1 モデル化の対象とするSCN

－施設費用－運賃

原材料業者：販売収入－生産費用－取引費用－施設費用
 －運賃－保管費用－原材料購入費用

製造業者：販売収入－生産費用－取引費用－施設費用－
 運賃－保管費用－原材料購入費用

卸売業者：販売収入－保管費用－取引費用－施設費用－
 運賃－製品購入費用

小売業者：販売収入－保管費用－取引費用－施設費用－
 運賃－製品購入費用

物流業者：運賃収入－施設費用－運行費用

消費市場では、最も価格の低廉な小売業者から製品を購入し、その購入量が市場の需要と一致するという均衡条件が成り立つものとする。

外生的に与える生産関数に従って、原材料から原材料、および、原材料から製品の生産量が規定される。また、各主体の取引量が上流の主体のそれを上回らないこと、決定変数が非負であることが、制約条件となる。

均衡状態においては、各主体の最適性条件、および、消費市場の均衡条件が同時に満たされる。このときの原材料や製品の生産量、取引量（輸送量）、価格が求める解、すなわち、均衡解である。

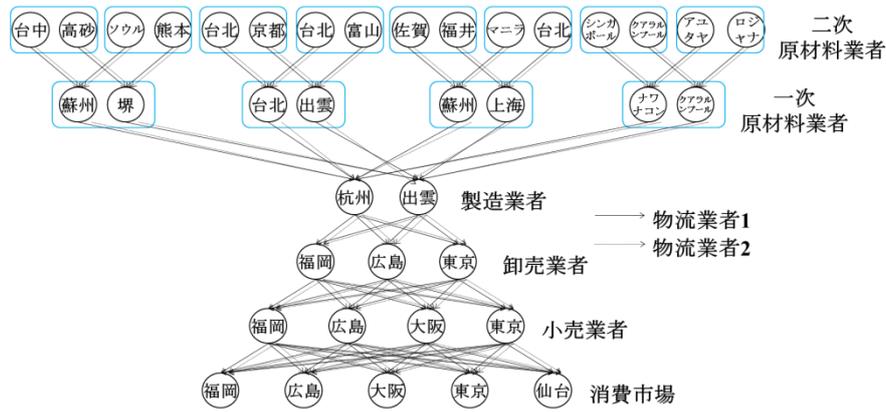


図-2 計算対象とするSCN

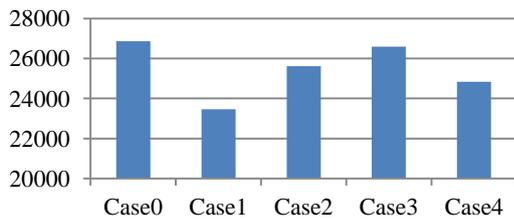


図-3 総余剰の変化 (Case0 と Case1~Case4)

3. 数値計算

図-2に示すようなSCNを対象に数値計算を行い、様々な主体間におけるリンクの被災が、原材料や製品の生産量、価格、各主体の余剰などへ及ぼす影響について考察した。なお、リンクの被災は、当該リンク上での平均輸送時間を被災がない場合の10倍にすることで表現した。

被災の生じる箇所や被災リンク数の違いによる結果の相違を調べるために、以下の5ケースの数値計算を実施した。

Case0: リンク上に被災がない場合 (以下、平常時と称する)

Case1: 東京 (卸売業者, 小売業者, 消費市場) につながる上下流のリンクがすべて被災した場合

Case2: 大阪 (小売業者, 消費市場) につながる上下流のリンクがすべて被災した場合

Case3: 仙台 (消費市場) につながる上下流のリンクがすべて被災した場合

Case4: 台中, 高砂, シンガポール, ロジャナ (最上流の原材料業者) につながるリンクがすべて被災した場合

図-3 は、リンクが被災した場合について、総余剰を平常時(Case0)と比較した結果である。ここに、総余剰は生産者余剰と消費者余剰の総和であり、生産者余剰は消費市場を除く各主体の利潤の総和である。

Case1 では Case0 と比較して、総余剰が低下している。

このとき、原材料業者や製造業者の利潤は減少し、被災リンクとつながる製造業者より下流の主体において、利潤と余剰が低下した。被災リンクにつながる卸売業者や小売業者においても、取引量が大幅に減少した。Case2 や Case3 でも、同様の傾向がみられたが、影響の程度は Case1 に比べて小さい。これらのことから、SCN 上の被災の規模、すなわち、被災リンクの数が多くなると、SCN の能力低下が大きくなることが窺える。

Case4 では、各製造業者 (杭州と出雲) と関連する 2 つの二次原材料業者が、リンク被災の影響を被ることになる。このとき、被災リンクとつながる全主体において価格が高騰し、関連する原材料業者全体の余剰や製造業者より下流における全主体の利潤や余剰が低下した。

Case3 と Case4 では、被災リンク数は同じであるが、総余剰への影響には差が見られる。Case3 では、被災リンクにつながる消費市場 (仙台) 以外の市場で余剰が増加したが、Case4 においては、全ての消費市場において余剰が減少した。市場での消費者余剰の減少量の相違が総余剰への差となって顕れたものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、原材料業者の行動を考慮した SCNE モデルを用いて、SCN 上のリンク被災の影響について基礎的な分析を行った。その結果、被災リンク数が多くなると、SCN のパフォーマンス低下が大きくなること、被災リンク数が同じであっても、箇所が異なれば、総余剰への影響が異なることなどが示唆された。

参考文献

- 1) 山田忠史, 今井康治, 谷口栄一: 物流業者の行動を考慮したサプライチェーンネットワーク均衡分析, 土木学会論文集 D, Vol.65, No.2, pp.163-174, 2009.