3101 企業経営環境の変化を考慮したサプライチェーンシミュレーション

正 梅田 茂樹 (武蔵大)

Shigeki Umeda

Musashi University

1-26 Toyotama-kami Nerima Tokyo 176-8534

Abstract: This paper proposes a novel simulation framework that integrates discrete-event modeling with system-dynamics modeling. The former has strength in system performance evaluation; meanwhile, the latter has an advantage of representing feedback mechanisms in complex systems. This paper summarizes this framework and represents application examples.

1. はじめに

サプライ・チェーン・システムは、製造物流システムを中心に、その管理業務プロセスを含めた、互いに自律したビジネスプロセスの連鎖からなる大規模システムである。近年、SCM (Supply-Chain Management) として、その設計、構築、および運営に関する支援技術が盛んに議論されている。例えば、SCC (Supply Chain Council) による支援情報システムの標準化モデル[1]や、全体最適の考え方に立った最適化の方法論[2]などがある。特に 90 年後期以降、システム設計の観点からの議論が多い(例えば[2])。

サプライ・チェーン・システムの設計は、ある意味ではそれに関連するグループ企業の業務プロセスの再構築になる場合も多く、グループ企業全体にわたる容量計画、生産計画、在庫計画などの計画業務、あるいは管理業務の形態に大きな影響を与えることになる。従って、システム設計の初期段階、すなわち設計方針や管理方針を立てる時点で、起こりうる問題や対処方針の洗い出しなども十分に検討しておく必要がある。

シミュレーション技術は、製造、物流、軍事、社会、経済など、広範な分野にわたって活用されてきた。対象システムで様々な要因が複雑に絡んでいる複雑に絡み合っている場合、いわゆる What-if シミュレーションといわれるように、システム運営上の仮説を検証するためのツールとして、活用されている[3][4]。最近、サプライチェーンの設計・計画に関しても、その適用例は数多く報告されている[5][6]。

従来の生産システム・シミュレーションでは、外的な要因を何らかの入力パラメータとして表現し、それによってシステムがどう振舞うかを予測するものである。例えばその生産容量を検証する際、稼働設備台数、稼働時間、平均需要量、さらには需要の変動係数などを入力パラメータとして設定してシミュレーションを実行する。

ところが、実際には、需要量が増加すれば、それに対応して予備の製造設備の使用や、残業や休日稼働などによる稼働時間の増加などの対処を行う。また、逆に需要量が減少した場合には、設備や製造ラインの使用休止などにより生産量の調整を行う。すなわち、このような大まかな調整の方針をあらかじめ決めておき、その時々々の現状をシステムの運営にフィードバックすることにより、日々の業務を遂行している。このようなオペレーションをシミュレーションするには、システムを取り巻く外部の経営環境のメカニズムとシステムの振舞いととの因果関係を、モデルとして組み込む必要がある。

システムダイナミクス (System Dynamics: SD) 手法は、このようなシステムの挙動の影響とそれに関連する要素との閉ループの相互因果関係をシミュレーションするのに非常に有効な手法である。SD モデルは、経済成長と人

口問題の因果関係や産業成長と地球環境との因果関係などを説明するためのモデルとして大いに活用されたこともある。

このような観点から、筆者らは従来の離散系システムモデル (Discrete-event model) によるビジネスプロセスモデルと、システムダイナミクスモデル (System-dynamics model) による社会システムモデルを併用した複合シミュレーションを開発中である。本稿では、このフレームワークの概要を述べ、現実のサプライ・チェーン・システムへの適用を試みる。

2. システムビューと要素モデル

2. 1 サプライ・チェーン・システムの要素モデル

サプライ・チェーンには様々な形態がありこれを構成する要素も様々であるが、これら要素の型はかなり限られている。これら表現するものとして、次の6つの要素メンバーモデルを用いた (Feature Element Model) [7]。

- ・ **Planner**: 需要オーダーを受け、製造、配送オーダーを発行する。
- ・ **Source**: 原材料部品を提供する。
- ・ **Plant**: 製品あるいは部品の製造/組立を行う。
- ・ **Storage**: 製品あるいは部品を貯蔵する。
- ・ **Distributor**: 製品の配送を行う。
- ・ **Deliver**: 製品あるいは部品を運搬する。
- ・ **Consumer**: 需要オーダーを発行する。

2. 2 Control View による Element の型

2. 1 で定義したチェーン上のメンバーの型として、Schedule-driven (計画主導型) と Stock-driven (在庫主導型) の二つを導入したモデルを使用した[7]。計画主導型とはチェーン内の生産計画者 (Planner) が、受けたオーダーに基づき適宜メンバーに生産指示を出す方式で、需要予測などを伴うこともある。

いわゆる VMI (Vender Managed Inventory) 方式では、下流側のサプライヤー (例えば製品工場) の部品在庫の情報を上流側のサプライヤー (例えば部品ベンダー) が常時観察し、上流側のサプライヤーが、下流が部品切れを起こさないように自主的に判断しながら、供給活動をしている。在庫主導型のサプライヤーは、その下流のサプライヤーの在庫状態を常時観察し、その基準値を維持するに足る製造活動を自主的に行う方式である。このとき、在庫基準値などを Planner が設定する場合もある。

3. SD による経営環境モデル

例えば、チェーンシステムと、これによって製品が供給される市場との関係を考える。市場の動向は、市場そのものがもつ潜在的購買力に加え、例えば、納期遵守率が高いあるいは低い、製品不良率が高いあるいは低いなどの、チ

チェーンシステムのパフォーマンスの影響を受ける (図1)。

図1 サプライチェーンのパフォーマンスと市場との関連

部品サプライヤーと製品工場がある場合、そこでの部品在庫と製品在庫の適正量を決定するメカニズムをSDでモデル表現したものが図2である。このモデルでは、製造活動の指標は生産速度に集約されているが、安全在庫の設定値、製造サイクルタイム、リードタイムなどのパフォーマンス間の因果関係が表現されている。

図2 在庫適正量の決定に関するSDモデル

4. 仮想小規模システムによる実験

3つのサプライヤーからなる直列型のチェーンを取り上げる (図3)。図1にあげたフィードバック情報として、サプライヤー側のオーダーリードタイムに対応して、市場の平均需要量が増減するものとする。すなわち顧客からのオーダーに対して、短いリードタイムで対応すればそれに準じて需要量が増える。

同時に、需要量がチェーン側の許容能力を超えるまで増加すると、リードタイムが長くなりオーダー処理に遅れが生じ始める。それに対応する形で、市場からの需要は次第に減少し始める。再び短いリードタイムで対応できる状態に復したとき、市場からの需要量は再度上昇を始める。

(図4)

図3 仮想的な小規模サプライチェーン

図5 購買リードタイムと需要量の変化

5. おわりに

小規模実験では、フィードバック・メカニズムを単純な構造にしたこと、およびそのパラメータを大きく設定したため、購買リードタイムの需要平均値に関する感度が非常に高くなった。モデルの構造とパラメータの設定に関しては改善の余地が大いにあるが、システムのパフォーマンスに市場が反応して、需要量という形でフィードバックを返すというメカニズムは再現することができた。

フィードバック・メカニズムの設計はSDモデルで行ったが、その実装は離散系モデルによるものである。より精度を高めたモデルにより、2次サプライヤーを有する大規模な実システム (図6) への適用を試みている。

図6 2次サプライヤーを有する大規模システム

6. 参考文献

- [1] SCC: Supply Chain Operation Reference Model, Version, Jun., 2003 SCOR model
- [2] D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi: Designing and Managing the Supply Chain, The McGraw-Hill Companies, Inc
- [3] J. Banks, J.S. Carson, B.L. Nelson and D.M. Nicol: Discrete-Event System Simulation, 3rd edition, (Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ), 2001
- [4] 梅田茂樹: 離散系シミュレーションの実際, インターフェイス, Vol.28. No.9, pp103-114, 2002
- [5] SCS: Proceedings of 2004 Winter Simulation Conference, 2004
- [6] S. Umeda and F. Zhang: Supply chain simulation: generic models and application examples, Production Planning & Control, Vol.17, No.2, 2006, pp.155-166
- [7] S. Umeda and T. Lee: Integrated Supply Chain Simulation System-A Design Specification for a Generic Supply Chain Simulation, NISTIR 7146, August 2004