

## 財務諸表解析により推定したパラメータを用いた 定量的な企業エージェントモデル

池田裕一<sup>†</sup>, 川本茂<sup>†</sup>, 青山秀明<sup>††</sup>, 家富洋<sup>†</sup>,  
海蔵寺大成<sup>††</sup>, 藤原義久<sup>††</sup>, 相馬亘<sup>††</sup>

<sup>†</sup> (株)日立製作所 日立研究所, <sup>††</sup> 京都大学, <sup>†</sup> 新潟大学, <sup>††</sup> 国際基督教大学,

<sup>††</sup> (株)国際電気通信基礎技術研究所, \* 現在, (株)日立総合計画研究所

### 1. はじめに

近年, 経営意思決定の支援のための, 経営リスク管理のニーズが顕在化している. このニーズに応えるには, 取引を企業間相互作用として取り扱い, 相互作用する複数企業の挙動をモデル化し, 経営環境の変化を計量化することが必要である. 従来の経済物理の研究は, その多くが金融市場に関するものであり, 企業活動の既存モデルは企業間取引を考慮しない定性モデルである<sup>1)-3)</sup>. そこで, 本論文では, 相互作用する企業エージェントにより経済ネットワークを構成して, 各々の企業エージェントが自社利益を最大化するよう, 合理的に生産設備投資の意思決定を行う経済物理モデルを検討する. 定量的なモデルを実現するには, データを用いてパラメータを推定できる事が必要である. しかし, パラメータ推定に使えるのは過去 10 年程度の年次時系列データであり, 時系列データの数の少なさを補うために財務データと取引データの両方に着目する. 実際の取引ネットワークにおいて企業業績のシミュレーションを行い, シミュレーション結果と実績値との比較によりモデル検証を行う.

### 2. エージェントモデル

仕入元から販売先への企業間取引により, 材料から部品, 更に最終製品へと付加価値をつけていくような物流のある, 取引する  $N$  社からなる企業ネットワークを考える. 便宜的に, 材料を取り扱う企業を物流の上流側, 最終製品を取り扱う企業を物流の下流側とする. 売上  $R(t)$  の成長率  $X(t+1) = R(t+1)/R(t)$  が売上規模に依存しない場合, 売上成長率の  $N$  体基本方程式

$$X_i(t+1) = R_i^{(G)}(t+1)/R_i^{(G)}(t) + \sigma_i \sum_{j \neq i} f_{ij} + \sigma_i \varepsilon_i \quad (1)$$

$$f_{ij}(t) = -k_{ij} (X_j(t) - \bar{X}_j) / \sigma_j \quad (2)$$

を得る<sup>4)-7)</sup>. ここで,  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $\varepsilon$ ,  $f_{ij}(t)$  は, それぞれ平均成長率, 売上成長率の標準偏差, 標準正規乱数, 取引に起因する相互作用である. 式(1)の右辺第1項は, 各々の企業エージェントが, その利得を最大化するために生産設備に関わる有形固定資産  $K$  の増減の意思決定を行うためのものである. 売上  $R_i^{(G)}(t)$  とコスト  $C_i^{(G)}(t)$  は, それぞれ

$$R_i^{(G)}(t) = f[F_i^{(G)}(t) + C_i^{(G)}(t)], \quad (3)$$

$$C_i^{(G)}(t) = g_i F_i^{(G)}(t) \quad (4)$$

のように売上総利益  $F_i^{(G)}(t)$  を用いて算出する. ここで, 関数  $f[\cdot]$  は, 超過供給時の利益低下をモデル化した, 上限値  $S_i(t)$  以上で一定値をとる関数である.  $S_i(t)$  は, 物流の下流側から業績が決まるとして,

$$S_i(t) = h_i \sum_{j \in \text{販売先}} R_j^{(G)}(t) \quad (5)$$

により算出する. また,  $F_i^{(G)}(t)$  は,  $K$  で構成するゲームの木において逆向き推論法で求めた, 各々の企業エージェントの利得  $NPV_i$  を最大化するナッシュ均衡解  $K_i^{(G)}(t)$  を用いて

$$F_i^{(G)}(t) = A_i K_i^{(G)}(t)^{\alpha_i} \quad (6)$$

により算出する.

### 3. シミュレーション結果

企業間取引は、その結合次数やクラスター係数がスケールフリーな確率分布で特徴付けられる複雑系ネットワークである<sup>9)10)</sup>。2004年度「日経主要取引データ」を解析して、ある素材メーカーを中心とする取引ネットワークを明らかにした。この取引ネットワークの主要部分を図1に示す。図1の主要取引ネットワークにおいて、本モデルを用いて、2000年度から2004年度の期間について、図1の企業[1]～[3]の業績を所与として行った、企業[4][5]の企業業績のシミュレーション結果を、図2に示す。取引関係のある企業エージェント間相互作用のみを考慮して、企業の年次売上の実績データを標準偏差の範囲で定量的に再現することができた。

### 4. まとめ

相互作用する企業エージェントにより経済ネットワークを構成して、各々の企業エージェントが自社利益を最大化するよう、合理的に生産設備投資の意思決定を行う経済物理モデルを検討した。財務データ解析から企業エージェント間相互作用のパラメータを推定し、取引データ解析から得た実際の取引ネットワークにおいて、企業業績をシミュレーションした。取引関係のある企業エージェント間相互作用のみを考慮して、企業の年次売上の実績データを標準偏差の範囲で定量的に再現することができた。今後、更に改良を重ねて、経営リスク管理の実務に適用できる経済物理モデルに発展させる計画である。

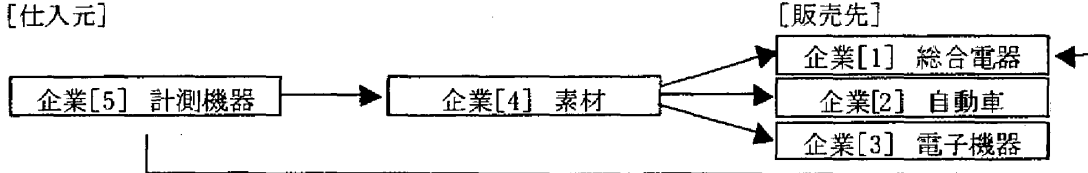


図1 主要取引ネットワーク

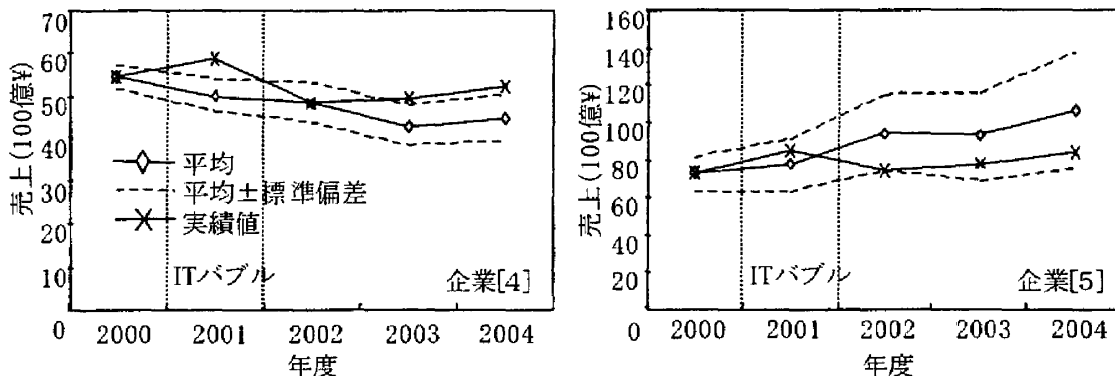


図2 取引ペアの相互作用パラメータ('95～'04)を用いたシミュレーション結果

### 参考文献

- 1) M. Gallegati, G. Giulioni, and N. Kichiji, Complex dynamics and financial fragility in an agent-based model, *Adv. in Complex Systems*, Vol. 6, p. 267 (2003).
- 2) Y. Fujiwara, Zipf law in firms bankruptcy, *Physica A*, Vol. 337, p. 219 (2004).
- 3) H. Iyetomi, H. Aoyama, Y. Fujiwara, Y. Ikeda, T. Kaizoji, W. Souma, Construction of a microscopic agent-based model for firms dynamics, in *Modeling Cooperative Behavior in the Social Sciences* (AIP, New York), p. 167 (2005).
- 4) W. Souma et al., Wealth Distribution in Scale-Free Networks, Meeting the Challenge of Social Problems via Agent-Based Simulation, T. Terano et al. (Eds.), Springer-Verlag, Tokyo, p.37 (2003).
- 5) Y. Ikeda et al., Forecast of Business Performance using an Agent-based Model and Its Application to a Decision Tree Monte Carlo Business Valuation, *Physica A* 344 p.87 (2004).
- 6) Y. Ikeda et al., Firm Dynamics Simulation using Game-theoretic Stochastic Agents. *The Complex Networks of Economic Interaction; Essays in Agent-based Economics and Econophysics*, Springer Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (2006).
- 7) Y. Ikeda et al., A Game-theoretic Stochastic Agents Model for Enterprise Risk Management. *Practical Fruits of Econophysics. The Nikkei Econophysics III*, Springer (2005).
- 8) R. Albert and A-L. Barabasi, Statistical mechanics of complex network, *Rev. Mod. Phys.* Vol. 74, p.47 (2002).
- 9) D.J. Watts, *Small Worlds*, Princeton University Press, Princeton (1999).
- 10) D.J. Watts, *Six Degrees*. W.W. Norton & Company, New York (2003).