

エージェント・シミュレーションによる銀行間ネットワーク安定化策の分析

An analysis of policies for the stabilization of interbank network using agent-based simulation

米納 弘渡*1 曾根 泰平*2 和泉 潔*1
Hiroto Yonenoh Taihei Sone Kiyoshi Izumi

*1 東京大学大学院工学系研究科
School of Engineering, The University of Tokyo

*2 東京大学工学部システム創成学科
Department of Systems Innovation, Faculty of Engineering, The University of Tokyo

We aimed to analyze the policies for the stabilization of an interbank network by financial supervisory authorities (the government and/or the central bank). For this aim, we conducted an agent-based simulation while changing (A) rescue object banks (big banks/both small and big banks), (B) the implementation timing of the policies (before/after a bank starts to become insolvent independently), and (C) the degree of the rescue (the capital adequacy ratio of a rescued bank at the time the rescue is completed). Our results imply useful findings for financial supervisory authorities who implement the policies for the stabilization of an interbank network.

1. はじめに

リーマン・ショックに代表されるような大規模な金融危機では、一銀行の破綻がその銀行の債権を保有する他の複数の銀行の連鎖破綻を引き起こす原因になりうる。このように、個別の金融機関の支払不能等や、特定の市場または決済システム等の機能不全が、他の金融機関、他の市場、または金融システム全体に波及するリスクをシステムック・リスクと呼ぶ。こうしたシステムック・リスクの問題を解決するには、政府や中央銀行といった金融監督当局がどのような金融政策を取るかが重要だと考えられる。

システムック・リスクとシステムック・リスクに対する金融政策に関する研究としては、[Hayashi 12]があるが、[Hayashi 12]は現在の世界各国における金融システムの規制・監督体制を調査したのみで、シミュレーションなどのモデルを用いた分析は行っていない。

一方、システムック・リスクの問題をエージェント・シミュレーションを用いて分析した研究としては、[Imakubo 08], [Maeno 13]があるが、これらの研究のモデルでは金融監督当局は銀行に資金(流動性)供給を行っておらず、「金融監督当局の行う政策が銀行の連鎖破綻にどのような影響を与えているか」はわからない。

そこで本研究では、銀行間の貸借関係を銀行間ネットワークとしてモデル化し、「銀行の連鎖破綻への金融監督当局の政策が金融システム全体での銀行の総破綻数にどのような影響を与えるか」をエージェント・シミュレーションで分析する。

2. モデル

図1は本研究のモデルの概要図である。本モデルのエージェントは以下の2種類である：1. 銀行；2. 金融監督当局。

各銀行はそれぞれ、図2で示されるバランスシートを持ち、投融資行動と資金繰り行動の2つの行動を毎期取る。ここで投融資行動とは、各銀行が市場で外部資産を購入したり、売却

連絡先: 米納 弘渡, 東京大学大学院工学系研究科, 東京都文京区本郷 7-3-1 〒 113-8656, 03-5841-1867, hyoneno@socsim.org

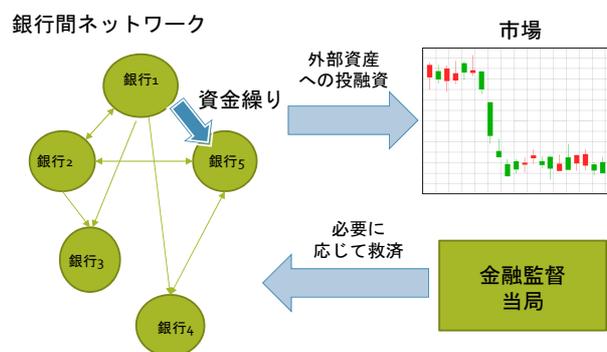


図 1: 本モデルの概要

したりすることである。各銀行の投融資行動により、各銀行の投融資ポートフォリオは勿論外部資産の市場価格も変動する。また、資金繰り行動とは、資金不足に陥っている銀行が銀行間ネットワークを介して資金に余剰のある銀行に資金の融通を図る行動のことである。各銀行の資金繰り行動により、銀行間ネットワークは逐次変化していく。



図 2: 銀行のバランスシート

一方、金融監督当局は常時には何も行動しない。しかし、本研究のシミュレーションでは、一定期間(10step)経つと、外生

的な形で、任意の大銀行が一行が破綻するようになっている。また、外部資産の市場価格の下落や取引先銀行の破綻のショックを受けて、破綻する銀行が出てくる。そして、そうした一銀行の破綻は更なる銀行の連鎖破綻を引き起こす。そこで、金融監督当局は、与えられた救済ルールに従って銀行の救済に乗り出す。これが本シミュレーションでの金融監督当局の役割である。

本研究のシミュレーション全体の流れは、図3の通りである。



図3: 本シミュレーション全体の流れ

以降では、図3の流れの各プロセスをより詳細に見ていく。

2.1 初期設定

まず、すべての銀行の外部資産の合計値 E をランダムで与える。銀行間ネットワーク全体の銀行間貸出比率 γ_{whole} からすべての銀行の銀行間貸出の合計値 L が求まる。銀行間ネットワークは10行の大銀行と90行の小銀行の計100行の銀行から成る。大銀行のリンク(貸借関係)は30個から40個、小銀行のリンクは1個から10個である。各銀行のバランスシートの内訳を、図2に示す。銀行間ネットワークの構造を行列 T で表し、銀行 n から銀行 n' への貸借関係があるとき T の第 n 行第 n' 列を1とする。貸借関係がなければ0とする。次に、[Maeno 13]の手法に従い、銀行 n から銀行 n' への銀行間貸出額の大きさ $\omega_{nn'}$ を式(1)で定める。

$$\omega_{nn'} = \frac{T_{nn'} \times (k_n^{out} \times k_{n'}^{out})^r}{\sum_{n=1}^N \sum_{n' \neq n} T_{nn'} \times (k_n^{out} \times k_{n'}^{out})^r} \times L \quad (1)$$

ここで、 N は銀行の総数、 k_n^{out} は銀行 n の貸出先総数である。

次に、バランスシートを決定する。ただし、現金の初期値 $Gap_n = 0$ とする。[Maeno 13]に従い、式(2)、(3)、(4)および各銀行 n にランダムに割り当てられた自己資本比率 CAR_n とバランスシートの性質から、バランスシートの全項目を求める。

$$l_n = \sum_{n' \neq n} \omega_{nn'} \quad (2)$$

$$b_n = \sum_{n' \neq n} \omega_{n'n} \quad (3)$$

$$e_n = \max(b_n - l_n, 0) + \{E - \sum_{n'=1}^N \max(b_{n'} - l_{n'}, 0)\} \times \frac{l_n}{\sum_{n'=1}^N l_{n'}} \quad (4)$$

2.2 銀行の投融资行動

各銀行の投融资の意思決定は、[Kikuchi 15], [Kikuchi 16]の手法に従い、自己資本比率制約(5)、VaR制約(6)、ROE・予算制約(7)、相場観(8)の4式を用いて、図4の流れで行われる。

$$CAR_n > CAR - demand_n \quad (5)$$

$$VaR_n < c_n \times \zeta \quad (6)$$

$$IP_n > y_n \quad (7)$$

$$f_n = r_{exp} - \lambda_n - \sigma_p \quad (8)$$

ここで、 $CAR - demand_n$, VaR_n , IP_n , y_n , f_n , λ_n はそれぞれ銀行 n の裁定要求自己資本比率、外部資産リスク、インカム収益、予算目標、相場観であり、 ζ , r_{exp} , σ_p はそれぞれ、割当率、市場期待リターン、市場リスクである。

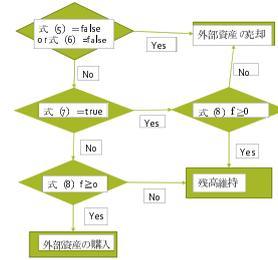


図4: 銀行の投融资意思決定の流れ

2.3 銀行の資金繰行動

[Kikuchi 15], [Kikuchi 16]の手法に従い、資金不足の銀行は資金余剰の銀行に対して資金繰を図る。このときのオーダー先は銀行間ネットワーク全体からランダムに決める。注文が約定しない場合は、注文先を変えたり注文量を半分にしたりする。

2.4 銀行の破綻

[Kikuchi 15], [Kikuchi 16]の手法に従い、個別破綻と連鎖破綻を定義した。個別破綻の条件は、自己資本比率 CAR_n が負、もしくは、現金 Gap_n が負となることである。連鎖破綻の条件は、個別破綻の条件に自己資本 c_n が負という条件が加わる。

2.5 金融監督当局による銀行救済

金融監督当局は、一定のルールに従って救済に入る。ルールの分類としては、(A) 救済対象と (B) 救済タイミング、(C) 保持自己資本比率を考慮した。救済対象としては、大銀行のみと大銀行と小銀行の2通り。救済タイミングとしては、個別破綻以前と個別破綻以後の2通りである。また、金融監督当局が銀行を救済する際に基準とする自己資本比率を保持自己資本比率と呼ぶこととし、金融監督当局は救済対象の銀行の自己資本比率が保持自己資本比率に達するまで当該銀行を救済し続けることとした。

3. 結果

シミュレーションの結果を図5に示す。

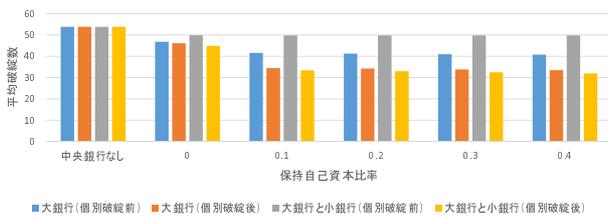


図5: 救済ルールごとの保持自己資本比率による平均破綻数の推移

シミュレーションの結果をそれぞれ(A) 救済対象(大銀行のみ/小銀行と大銀行両方), (B) 救済タイミング(個別破綻前/後), (C) 保持自己資本比率(救済なし, 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4)に注目して分析^{*1}すると, 以下の3つのことが分かった。

A. 救済対象

- A1. 個別破綻以前の救済においては大銀行のみを救済する方が効果的である。
- A2. 個別破綻以後の救済においては大銀行と小銀行の両方を救済する方が効果的である。

B. 救済タイミング

- B1. 大銀行のみの救済においては救済タイミングにかかわらず救済効果に差は見られなかった。
- B2. 大銀行と小銀行の救済においては個別破綻以後に救済した方が効果的である。

C. 保持自己資本比率

- C1. 大銀行のみを救済する場合には救済タイミングにかかわらず自己資本比率は0.2近辺がよい。
- C2. 個別破綻以前に大銀行と小銀行を救済する場合には保持自己資本比率は救済効果に何ら影響を与えない。
- C3. 個別破綻以後に大銀行と小銀行を救済する場合には保持自己資本比率はなるべく高く設定した方がよい。

4. 考察

本章では, 前章で得られた結果のうち, 興味深いものを取り上げ, それらについて考察する。

興味深い結果としてはまずC1.が挙げられる。C1は, 大銀行のみを救済する場合には救済タイミングにかかわらず保持自己資本比率は0.2近辺がよいということを示している。現実の銀行救済においては銀行救済に使える現金の供給量は限られている。そのため, 救済対象を大銀行のみに限定するケースは多いと思われる。C1は, そうしたケースにおいて, 大銀行それぞれに一定以上の流動性を供給する必要がない可能性を示しており, 限られた救済資金を有効活用する上で有益な情報を示唆する結果となりうる。

また, Cのシミュレーションの結果をより詳細に見ると, 大銀行の破綻の影響で破綻する頻度は, 小銀行の方が大銀行より

多かった。この結果は, 破綻を免れるために小銀行は大銀行より高い自己資本比率を要するということを意味していると思われる。一方, 余裕のある大銀行には, 他の銀行の破綻による金融ショックを緩和する働きをしているケースが見られた。この結果は, 先行研究の[Imakubo 08], [Hashimoto 14]での結果と一致しており, これは本シミュレーションの妥当性を示す結果だと言える。

その他の興味深い結果としては, A2.が挙げられる。A2.は, 個別破綻以後の救済においては小銀行を救済すると, 逆に全体の破綻数が増加してしまうケースがあることを示している。現実の金融市場においては, 何らかの金融危機が起きた後で金融監督当局が銀行救済に乗り出すケースは少なくないと思われる。なぜなら, どこかの金融機関が破綻するまでは金融危機の存在に我々は気づけないからである。この結果は, そうした個別破綻以降に銀行救済を行う際には, 全ての銀行を救済すると逆に状況が悪化する可能性を示唆している。

尚, これらの知見はシミュレーション結果の考察から導出したものであるが, この結果に関する考察については推測に基づく部分もある。よって, その正当性と妥当性について検証することが今後の課題である。

参考文献

- [Hashimoto 14] Hashimoto, M. and Kurahashi, S.: 銀行間取引の構造を考慮したシステミックリスクの研究, 社会システム部会研究会, Vol. 7, pp. 107–112 (2014)
- [Hayashi 12] Hayashi, H.: 世界同時金融危機後の金融健全化政策に関する考察:銀行破綻処理と預金保険制度を中心に, 東洋大学大学院紀要, Vol. 49, pp. 345–371 (2012)
- [Imakubo 08] Imakubo, K. and Hukushima, Y.: コール市場の資金取引ネットワーク, 金融研究, Vol. 27, No. 2, pp. 47–100 (2008)
- [Kikuchi 15] Kikuchi, T., Takahashi, H., and Terano, T.: エージェントシミュレーションを用いた金融規制と金融機関の投資行動が破綻伝播に与える影響の分析, 経営情報学会 全国研究発表大会要旨集 2015 年秋季全国研究発表大会, pp. 251–254 (2015)
- [Kikuchi 16] Kikuchi, T., Kunigami, M., Yamada, T., Takahashi, H., and Terano, T.: エージェントシミュレーションを用いた金融規制が金融機関の連動的な破綻に与える影響の分析, 人工知能学会論文誌, Vol. 31, No. 6, pp. AG-G.1 (2016)
- [Maeno 13] Maeno, Y.: 金融システムを安定化する最適な投資ポートフォリオと銀行間ネットワーク, SIG-FIN, Vol. 10, No. 8 (2013)

*1 尚, 結果比較には, t 検定を用いた