

インターバンクネットワークによる資産損失の伝播

The contagion of loss on assets by Inter-bank transactional network.

橋本守人^{1*} 倉橋節也¹
Morito Hashimoto¹ Setsuya Kurahashi¹

¹ 筑波大学

¹ University of Tsukuba

Abstract: Systemic risk that propagates through financial systems causes insolvency or failure of particular financial institutions such as Bankruptcy of Lehman Brothers or European debt crisis. Although many researchers have challenged to find the propagation mechanism of the crisis in the inter-bank network, it is not clear completely yet. This research proposes new agent-based modeling method of systemic risk. This model uses simple balance sheet and some regulations. This model considers liquidity effects on Inter-bank network, but independents of network topology. Using this model, this research validates the effect of systemic risk in German banks. The purpose of this research is to find a suggestion to help systemic risk reduce by reviewing and simulating several cases of defaults in financial institutions.

1 はじめに

2016年6月発行の国際通貨基金（IMF）の金融システムレポートでは、EUにおけるドイツ銀行のシステムリスクの危険性が発表された。レポートの中では、世界的システムリスクを抱える28の銀行のリスク度合いが実名入りでしめされたため、大いに議論を呼んだが、本リスクの算定にはシステムリスクのシミュレーションが使われている [1] [2]。EUを中心とするシステムリスクの研究は、近年数が増えてきており、数理モデル、実データを使った実証研究、さらには、本研究のようなエージェントベースドモデルを使ったもの等、研究テーマとして充実してきている。一方、金融機関の状況を鑑みると、パーゼル III への規制対応の方向性が見えてきたところで、新たな TLAC（Total Loss Absorbing Capacity）の枠組みが検討され、さらなる規制対応が求められることになる。また、金融機関を取り巻く環境は、IT技術の進化による決済の24時間対応、仮想通貨（ビットコイン）、フィンテック（FinTech）による新しいビジネス等、新たな変化が起こっている。システムリスクが高まれば、それに備えて金融機関への規制の強化、預金保険の責任準備金の積み上げ、金融機関統合の推進等、進める必要がある。本研究では、バランスシートによるシンプルなエージェントベースドモデルを提案し、未だ十分解明されていないシステム

リスクの影響を検証する。

2 提案方法

本章では、本研究で提案するバランスシートによるシンプルなエージェントベースモデルを説明する。

2.1 バランスシートのモデル化

本研究では、Eisenberg-noe [6] によるバランスシートモデルを拡張し、エージェントベースモデルに適用している。バランスシートを（図. 1）で示し、そこで表している勘定は以下の通りである。

| → (in) liabilities | (out) assets → |
|--------------------|-------------------|
| capital | lending |
| deposits | illiquidity asset |
| retained profit | liquidity |
| IB borrowing | IB loans |

図 1: バランスシート。

*連絡先：筑波大学経営システム科学企業科学専攻システムズマネジメントコース

〒112-0012 東京都文京区大塚 3-29-1

E-mail: hasimoto@gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp

- liabilities : 負債
 - capital : 自己資本
 - deposits : 預金
 - retained profit : 内部留保利益
 - IB borrowing : 銀行間借入
- assets : 資産
 - lending : 融資 (住宅ローン, 個人・企業ローン等)
 - illiquidity asset : 非流動性資産 (社債等)
 - liquidity : 流動性資産 (現金等)
 - IB loans : 銀行間融資

バランスシートモデルなので, 以下の (1) 式のようにバランスする.

$$capital + deposits + retainedprofit + IBborrowing = lending + illiquidityasset + liquidity + IBloans \quad (1)$$

2.2 預金支払準備率と自己資本比率の考慮

本研究では, バランスシートにおいて (Reserve Ratio) と自己資本比率 (Capital Adequacy Ratio) を考慮する. まず, 預金支払準備率は, 中央銀行において流動性資産を預金に対して保有する比率であり, 発展途上国に対して高い比率が求められる. その比率を表す式を, (2) 式に表す.

$$ReserveRatio = \frac{liquidity}{deposits} \quad (2)$$

次に, 自己資本比率は金融機関のシステミックなリスクに対する影響度に応じて設定される比率であるが, その比率を表す式を, (3)

$$CapitalAdequacyRatio = \frac{capital + retainedprofit}{RiskWeightedAssets} \quad (3)$$

Risk Weighted Assets は, 以下の (表. 1) から算出する.

表 1: Risk Weighted Assets の重みづけ.

| | |
|--|------|
| <i>liquidity</i> (流動性資産) | 0% |
| <i>lending : Mortgage</i> (融資 : 住宅ローン) | 50% |
| <i>lending : Loans</i> (融資 : 個人・企業ローン) | 100% |
| <i>IBloans</i> (銀行間融資) | 20% |

2.3 エージェントベースモデルによる実装

本研究では, エージェントベースによるモデル化を行った. モデルは, 時系列に, 月毎にバランスシートを更新する. 毎月, IB loans の 1/10 が満期を迎え, 自己資本比率 (CAR) の規定値 (可変, 例えば 10%) を維持できていれば再融資, できなければ融資を行わず自己資本 (capital) および内部留保利益 (retained profit) を減少させ自己資本比率を維持しようとするが, このとき自己資本 (capital) もしくは内部留保利益 (retained profit) が減少し, 自己資本がマイナスになった場合はデフォルトとする. また, 銀行間借入 (IB borrowing) と, 銀行間融資 (IB lending) は, 月よりも短い間隔で資金取引を行うため, 変動しないこととする.

ここで, ある月にひとつの金融機関において住宅ローン等の融資が回収できなくなり, 金融機関の破綻が発生したとする. このとき, この破綻銀行に融資している銀行の銀行間融資 (IB loans) が 100% 消滅するが, 銀行間融資 (IB loans) の金額は銀行毎の差異はないとする. この損失を自己資本 (capital) および内部留保利益 (retained profit) で吸収し, 自己資本が維持できれば存続するが, マイナスになった場合はデフォルトする. ここで, 存続した場合でも, 次月以降自己資本比率の規定値を満たすことが必要になる. 以下の検証では自己資本比率 (CAR) は, 5% 以上あることが求められるとした.

3 モデルの検証

本章では, 本研究で構築したモデルを先行研究の結果で検証を行う.

3.1 Chen, Liu, Yao のモデル

Chen, Liu, Yao [3] のモデルでは, ドイツの銀行の 2011 EBA stress report を元に検証を行っているが, 銀行間信用と共通資産保有に起因する破綻の連鎖について数理モデルを作成し, シミュレーションを行っている. この研究のバランスシートの勘定としては, 総資産 (Total Asset), 自己資本 (Capital), ドイツ内の銀行間エクスポージャ (Domestic Interbank EAD) を用いている. 本研究では, それ以外の勘定について, 預金支払準備率と自己資本比率を考慮して, 以下の (表. 2), (表. 3), (表. 4) のように作成した. なお, 斜字体はドイツの銀行の 2011 EBA stress report の値を表し, (表. 2) の E/A は exposure at default/Assets, CAR は Capital Adequacy Ratio, RR は Reserve Ratio を表す.

また, 銀行間ネットワークは銀行数 11 ノードの完全ネットワーク (図. 2) を採用している.

表 2: ドイツの 2011 EBA stress report をベースにしたバランスシートデータ (1:比率).

| <i>BankCode</i> | <i>BankName</i> | <i>E/A</i> | <i>CAR</i> | <i>RR</i> |
|-----------------|------------------------------|------------|------------|-----------|
| DE017 | DEUTSCHEBANKAG | 2.47% | 7.97% | 15.90% |
| DE018 | COMMERZBANKAG | 6.47% | 17.33% | 15.61% |
| DE019 | LANDESBANKB – W | 24.36% | 13.14% | 12.75% |
| DE020 | DZBANKAGDT.Z – G | 30.94% | 11.28% | 11.67% |
| DE021 | BAYERISCHELANDESBANK | 21.03% | 18.18% | 13.40% |
| DE022 | NORDDEUTSCHELANDESBANK – GZ | 24.03% | 8.69% | 12.68% |
| DE023 | HYPOREALESTATEHOLDINGAG | 2.42% | 8.44% | 15.92% |
| DE024 | WESTLBAGDUSSELDORF | 12.53% | 11.01% | 14.50% |
| DE025 | HSHNORDBANKAGHAMBURG | 3.08% | 14.69% | 16.03% |
| DE027 | LANDESBANKBERLINAG | 20.70% | 19.28% | 13.49% |
| DE028 | DEKABANKDEUTSCHEGIROZENTRALE | 23.74% | 12.89% | 12.84% |

表 3: ドイツの 2011 EBA stress report をベースにしたバランスシートデータ (2:負債).

| <i>BankCode</i> | <i>capital</i> | <i>deposits</i> | <i>retained profit</i> | <i>IB borrowing</i> | <i>total liabilities</i> |
|-----------------|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| DE017 | 30361 | 1870558.8 | 0 | 4710.2 | 1905630 |
| DE018 | 26728 | 739485.9 | 0 | 4987.1 | 771201 |
| DE019 | 9838 | 355454.9 | 0 | 9120.1 | 374413 |
| DE020 | 7299 | 306269.1 | 0 | 10009.9 | 323578 |
| DE021 | 11501 | 298199.5 | 0 | 6653.5 | 316354 |
| DE022 | 3974 | 219119.9 | 0 | 5492.1 | 228586 |
| DE023 | 5539 | 321784.4 | 0 | 795.6 | 328119 |
| DE024 | 4218 | 184904.3 | 0 | 2400.7 | 191523 |
| DE025 | 4434 | 146031.5 | 0 | 464.5 | 150930 |
| DE027 | 5162 | 125928.3 | 0 | 2770.7 | 133861 |
| DE028 | 3359 | 123851.3 | 0 | 3093.7 | 130304 |

表 4: ドイツの 2011 EBA stress report をベースにしたバランスシートデータ (3:資産).

| <i>BankCode</i> | <i>lending</i> | <i>liquidity</i> | <i>illiquidity asset</i> | <i>IBloans</i> | <i>totalassets</i> |
|-----------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| DE017 | 371705.6 | 297364.5 | 1189457.9 | 47102 | 1905630 |
| DE018 | 144266.0 | 115412.8 | 461651.2 | 49871 | 771201 |
| DE019 | 56642.4 | 45313.9 | 181255.7 | 91201 | 374413 |
| DE020 | 44695.8 | 35756.6 | 143026.6 | 100099 | 323578 |
| DE021 | 49963.8 | 39971.0 | 159884.2 | 66535 | 316354 |
| DE022 | 34733.0 | 27786.4 | 111145.6 | 54921 | 228586 |
| DE023 | 64032.6 | 51226.1 | 204904.3 | 7956 | 328119 |
| DE024 | 33503.2 | 26802.6 | 107210.2 | 24007 | 191523 |
| DE025 | 29257.0 | 23405.6 | 93622.4 | 4645 | 150930 |
| DE027 | 21230.8 | 16984.6 | 67938.6 | 27707 | 133861 |
| DE028 | 19873.4 | 15898.7 | 63594.9 | 30937 | 130304 |

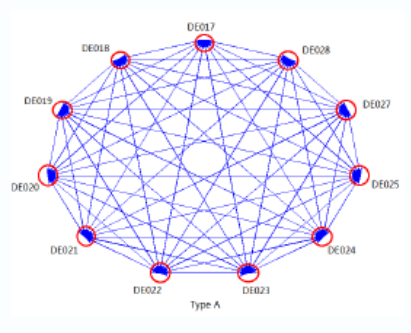


図 2: 完全ネットワーク.

表 5: 先行研究と本研究の検証結果の比較.

| デフォルト順 | 先行研究での破綻銀行 | 先行研究での破綻数 | 本研究での破綻銀行 | 本研究での破綻数 |
|--------|--------------|-----------|---------------------|----------|
| 0 | DE017 | 1 | DE017 | 1 |
| 1 | DE022, DE023 | 3 | DE020, DE022 | 3 |
| 2 | DE020, DE024 | 5 | DE019, DE021 | 5 |
| 3 | DE019, DE028 | 7 | DE024, DE027, DE028 | 8 |

3.2 シミュレーション結果の比較

先行研究である Chen, Liu, Yao [3] のモデルと本研究の結果の比較は以下の (表. 5) の通りである.

先行研究と本研究の結果では, 金融機関の破綻の順序, 破綻の数に差異が見られた. これは, 本研究が E/A (exposure at default/Assets) を重視したモデルになっているのに対して, 先行研究では銀行間の信用に起因するリスクを発端とする金融機関の破綻をモデルとしているためだと考える.(表. 5) で, 本研究の結果では DE019 が先行研究より早く破綻し, また, 本研究では先行研究では破綻していない DE027 が破綻しているが, これらはどちらも E/A が 20%以上と高いことが要因であると思われる. 一方, 自己資本比率 (CAR) をみると, どちらも自己資本比率が少ない銀行が破綻している傾向が見受けられるが, DE023 については, 自己資本比率が 8.44%と 10%を下回っているにもかかわらず, 本研究では破綻していない. これは, E/A が 2.42%と極端に少ないことが要因と思われる.

4 むすび

本研究では, 銀行間取引についてバランスシートによるシンプルなエージェントベースモデルを提案し, 自己資本比率と預金支払準備率による平衡制約を用いて, 破綻の連鎖を説明した. 本研究では, ベースとなる制約のみ実装しているが, 本フレームワークを使うことで, 流動性カバレッジ比率制約 (Liquidity Coverage Ratio), ファイアセールスによる非流動性資産の毀損等, モデル

に組み込むことができる. しかしながら, 数理モデルでのシミュレーションにおいて, モデルの複雑化によって特性が薄れてしまうリスクもあり, モデルの構築には考慮が必要だと思われる.

参考文献

- [1] Diebold Francis X., Yilmaz Kamil. On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. Journal of Econometrics. 2014, vol. 182, no. 1. p. 119-134.
- [2] Espinosa-Vega Marco A., Sole Juan A., Cross-border financial surveillance: a network perspective. IMF Working Papers. 2010, p. 1-27.
- [3] Chen Nan, Liu Xin, Yao David D., An Optimization View of Financial Systemic Risk Modeling: Network Effect and Market Liquidity Effect, Operations research. 2016,
- [4] Acharya Viral, Engle Robert, Richardson Matthew., Capital shortfall: A new approach to ranking and regulating systemic risks. vol. 102, no. 3, pp. 59-64. The American Economic Review.(2012)
- [5] Benoit Sylvain, Colliard Jean-Edouard, Hurlin Christophe, Perignon Christophe., Where the

Risks Lie: A Survey on Systemic Risk., HEC Paris Research Paper. (2015)

- [6] Eisenberg Larry, Noe Thomas H, Systemic Risk in Financial Systems., vol. 47, no. 2, pp.236–249.,Management Science.(2001)
- [7] Gai Prasanna, Kapadia Sujit. Contagion in financial networks., vol. 50. no. 2, pp. 124.,Bank of England Quarterly Bulletin.(2010)
- [8] May Robert M., Arinaminpathy Nimalan., Systemic risk: the dynamics of model banking systems. vol. 7, no. 46, pp. 823–838.,Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society.(2010)
- [9] Nier Erlend, Yang Jing, Yorulmazer Tanju, Alentorn Amadeo., Network models and financial stability. vol. 31, no. 6, pp. 2033–2060.,Journal of Economic Dynamics and Control.(2007)
- [10] Kei Imakubo, Yutaka Soejima. Funds trading network of the call market., vol. 27, no. -, pp. 47–99.,Studies of Finance.(2008)
- [11] Norio Konno, Naoki Masuda. Complex network. Kindai Kagaku-sya(2010)
- [12] Cifuentes Rodrigo, Ferrucci Gianluigi, Shin Hyun Song. Liquidity risk and contagion., vol. 3, no. 2–3, p. 556-566., Journal of the European Economic Association. (2005)
- [13] Dias Andre, Campos Pedro, Garrido Paulo., An Agent Based Propagation Model of Bank Failures., , p. 119-130., Springer International Publishing, (2015)
- [14] Hyun Song Shin., Risk and liquidity., Oxford university Press Inc.,
- [15] Montagna Mattia, Lux Thomas. Hubs and resilience: towards more realistic models of the interbank markets. Banking Integration and Financial Crisis: Some Recent Developments. (2015),