

銀行の資本強化と連鎖倒産リスク

Capital surcharge on banks and risk of knock-on defaults

前野義晴^{1*}

Yoshiharu Maeno, Ph.D.¹

¹ 日本電気株式会社

¹ NEC Corporation

Abstract: This study presents a computer simulation model to analyze the transmission of knock-on defaults in a bank credit network. Simulations quantify the impact which the topology of the network, the net worth of banks, and the capital surcharge on big banks impose on the number of knock-on defaults of banks.

1 はじめに

2008年に発生した金融危機において、世界各国で多くの金融機関が破綻したことは記憶に新しい。破綻した金融機関の数は10におよび、Northern Rock, Bear Stearns, Lehman Brothers, Merrill Lynch, Fannie Mae, Freddie Mac, Washington Mutual, Wachovia, AIGといった大手の金融機関が含まれる。この金融危機以降、世界各国の金融監督当局は、国境や業態を越えた金融機関の相互のつながりを解明し、世界規模での危機の連鎖を抑止する方法を見つけ出すことに強い関心を抱いている [3], [2], [5], [6], [8], [12]。このような場面で、コンピュータ・シミュレーション・モデルを駆使し [7], [9], [10]、個別の金融機関を含む金融システム全体の挙動を定量的に分析する新しい方法が活用され始めている。

本研究では、金融機関として、特に銀行を採り上げ、銀行システム全体の挙動を定量的に分析する方法を述べる。銀行と銀行との間の与信・受信のネットワーク、個別の銀行のバランスシートをモデルとして簡易に表現する。金融危機において、連鎖倒産が銀行ネットワークに広範に拡がる危険性を分析する。特に、銀行ネットワークのトポロジ、銀行の自己資本比率、巨大銀行に追加的に賦課する資本サーチャージが、銀行の連鎖倒産件数に与える影響を明らかにする。

2 銀行ネットワーク

インターバンク・マーケットでの資金調達により、銀行と銀行との間に貸借の関係が発生する。多くの貸借

関係が積み重なった銀行ネットワークから個別の銀行の貸出額や借入額が決まるので、銀行ネットワークの構造に応じたバランスシートを組み上げられる [4]。バランスシートは、ある時点での銀行ネットワークの構造を反映した、銀行の財務状態のスナップショットである。図1に、銀行間の貸借関係と銀行のバランスシートのモデルを示す。

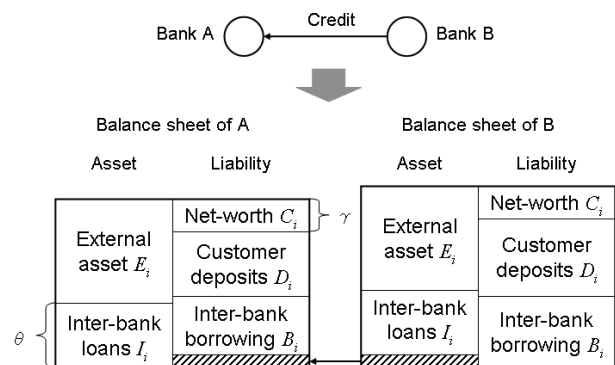


図1: 銀行間の貸借関係と銀行のバランスシート。

銀行 i の資産 A_i には、外部資産 E_i と銀行間貸出 (他の銀行の銀行間借入) I_i が含まれる。 $A_i = E_i + I_i$ が成り立つ。負債 L_i には、自己資本 C_i 、銀行間借入 (他の銀行の銀行間貸出) B_i 、預金 D_i が含まれる。 $L_i = A_i$ の関係があり、 $L_i = C_i + B_i + D_i$ が成り立つ。定数 θ は、銀行ネットワーク全体の貸出額の特徴を表すパラメータである。これは、銀行間貸出額の合計値 $I = \sum_i I_i$ が資産額の合計値 $A = \sum_i A_i$ に占める割合である。与えられた外部資産額の合計値 $E = \sum_i E_i$ に対して、式 (1) が成り立つ。

$$I = \theta A = \frac{\theta}{1 - \theta} E. \quad (1)$$

*連絡先: 日本電気株式会社, 〒 211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部, Email: y-maeno@aj.jp.nec.com. ソーシャル・デザイン・グループ, 〒 112-0011 東京都文京区千石, E-mail: maeno.yoshiharu@socialdesigngroup.com.

また、定数 γ は、すべての銀行に共通の自己資本比率を表すパラメータである．式 (2) で定義される．本研究では、巨大銀行も小規模銀行も同じ自己資本比率を持つと仮定する．規制で銀行に求められる自己資本比率の最低水準が γ だと解釈すれば、どの銀行も γ 程度の自己資本比率を確保していると想定できるだろう．

$$\gamma = \frac{C_i}{L_i}. \quad (2)$$

ノード数 N の銀行ネットワークのトポロジとパラメータ θ, γ を与えると、貸借に矛盾が起こらないよう、すべての銀行のバランスシートを組み上げられる．銀行 i から銀行 j への貸借関係があれば $l_{ij} = 1$ 、なければ $l_{ij} = 0$ とし、トポロジを行列 l で表現する．銀行 i から出るリンクの本数を g_i (銀行 i が資金を貸し出す銀行の数)、銀行 j に入るリンクの本数を c_j (銀行 j が資金を借り入れる銀行の数) とする．リンクが存在する割合の平均値を p とする．ノードについてのリンク数の平均値について、式 (3) が成り立つ．

$$p = \frac{\bar{g}_i}{N-1} = \frac{\bar{c}_i}{N-1}. \quad (3)$$

銀行 i から銀行 j への貸借額の大きさ w_{ij} は、式 (4) で与えられる．ここで、指数 ρ_g, ρ_c は、銀行間での貸借額の偏りの大きさを決めるパラメータである． ρ が大きいと、貸借が巨大銀行間に集中する傾向が強まる． $\rho = 0$ では偏りがなく、貸借が均一となる．

$$w_{ij} = \frac{l_{ij} g_i^{\rho_g} c_j^{\rho_c}}{\sum_{i,j} l_{ij} g_i^{\rho_g} c_j^{\rho_c}} \frac{\theta}{1-\theta} E. \quad (4)$$

銀行 i の銀行間貸出額と銀行間借入額は、 w_{ij} を積み重ねて式 (5) で与えられる．

$$I_i = \sum_{j \neq i} w_{ij}, \quad B_i = \sum_{j \neq i} w_{ji}. \quad (5)$$

ここで、外部資産額が銀行間借入額より小さくならない条件 ($E_i \geq B_i - I_i$) を課す． E_i は式 (6) で与えられる． I_i, B_i, E_i の値が決まり、 A_i, L_i, C_i, D_i の値すべてが決まる．

$$E_i = \max(B_i - I_i, 0) + \frac{E - \sum_i \max(B_i - I_i, 0)}{N}. \quad (6)$$

本研究では、2種類の銀行ネットワークのトポロジ l を考察する．図 2 に、 $N = 500, p = 0.005$ での偏りのない銀行ネットワークの一例を示す．トポロジは Erdős-Rényi モデルにしたがい、 $\rho_g = \rho_c = 0$ である．銀行の資産額や銀行間の貸借額にばらつきが少なく、ほぼ均一な銀行ネットワークである．図 3 に、 $N = 500, p = 0.005$ での偏りの大きな銀行ネットワークの一例を示す．トポロジは Barabási-Albert モデルにしたがい、

$\rho_g = \rho_c = 2$ である．銀行の資産額や銀行間の貸借額が著しく偏った不均一な銀行ネットワークである．これらの図で、ノードの大きさは銀行の資産額、リンクの太さは銀行間の貸借額を表す．

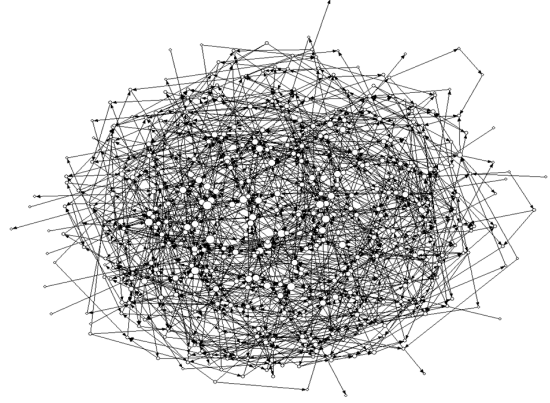


図 2: $N = 500, p = 0.005$ での偏りのない銀行ネットワークの一例．

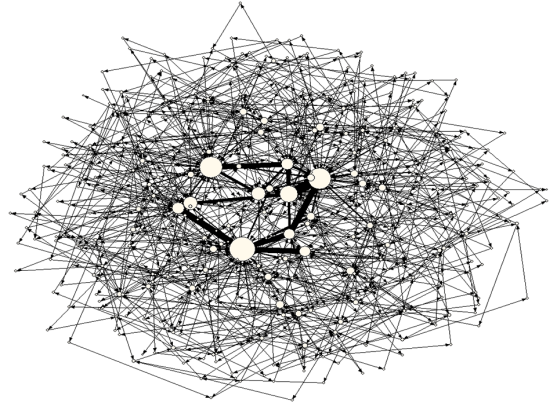


図 3: $N = 500, p = 0.005$ での偏りの大きな銀行ネットワークの一例．

アメリカの連邦準備制度が運営する即時 gros 決済資金移動システム (Fedwire) や日本銀行金融ネットワークシステム (BOJ-Net) での資金移動の調査 [11], [13] から、現実の銀行ネットワークの構造が明らかにされている．資金移動先が 1,000 行を超えるひと握りの巨大銀行と、資金移動先がわずか数行の無数の小規模銀行とが混在する．実際に資金移動の関係を持つ銀行の組の数は極めて少なく、可能なすべての銀行の組に占める割合は 0.5% にも満たない．巨大銀行と小規模銀行との間での資金移動が少なくない．資金移動先の銀行数が多い銀行では、資金移動先 1 行あたりの資金移動額がたいへん大きく、1% の銀行だけで全体の 75% もの資金を移動させる．図 3 の銀行ネットワークは、ほぼ Fedwire と同一の特性を持っている．

銀行のバランスシートが決まると、ある銀行の倒産が引き金となる連鎖倒産のシミュレーションを行える。まず、任意に選んだひとつの銀行 i に、大きさ S_i のショックを与える。自己資本でショックを吸収できれば ($C_i \geq S_i$)、銀行 i は倒産しない。できなければ、銀行 i は倒産する。さらに、銀行 i に資金を貸し出した銀行 j にショックが波及する。次に、銀行 j が受けるショックの大きさは、 $S_j = \max(S_i - C_i, B_i)/c_i$ である。自己資本でショックを吸収できれば ($C_j \geq S_j$)、銀行 j は連鎖倒産しない。できなければ、銀行 j は連鎖倒産する。さらに、他の銀行へショックが波及する。これを繰り返す、最後に連鎖倒産がどの銀行まで波及するか調べる。本研究では、100,000 通りの異なる銀行ネットワークのトポロジを生成し、連鎖倒産件数 N_d の分布を求める。それをもとに、銀行ネットワークのトポロジ、銀行の自己資本比率と連鎖倒産の件数を定量的に分析する。

3 連鎖倒産の件数

図 4~6 に、図 2 のような偏りのない銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係を示す。図には、第 99 百分位点 (99-percentile)、第 95 百分位点、第 90 百分位点、標準偏差ひとつ分のばらつき位置 ($\mu + \sigma$)、平均値 (μ) を表す曲線を示す。図 4 では $\theta = 0.1, p = 0.005$ 、図 5 では $\theta = 0.2, p = 0.005$ 、図 6 では $\theta = 0.1, p = 0.05$ である。図 6 には、自己資本比率が小さい部分の拡大図をあわせて示す。

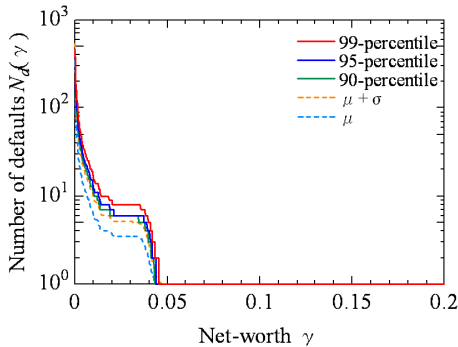


図 4: 偏りのない銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係. $\theta = 0.1, p = 0.005$.

いずれの図でも、自己資本比率が大きくなると、連鎖倒産件数は急減する。 θ が 0.1 から 0.2 に増えると、連鎖倒産件数が増えるわけではないが、連鎖倒産をなくすのに必要な自己資本比率が大きくなる。バランスシートに占める貸借額の割合が大きくなり、ショックの影響がより大きく波及しやすくなるためである。 p が 0.005 から 0.05 に増えると、連鎖倒産件数は激減する。

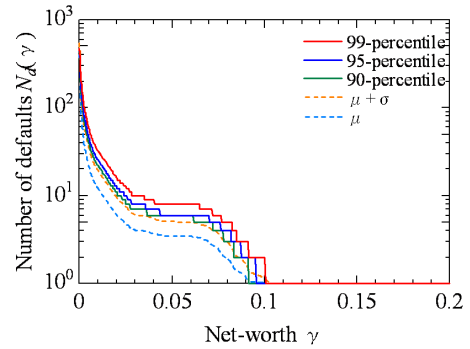


図 5: 偏りのない銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係. $\theta = 0.2, p = 0.005$.

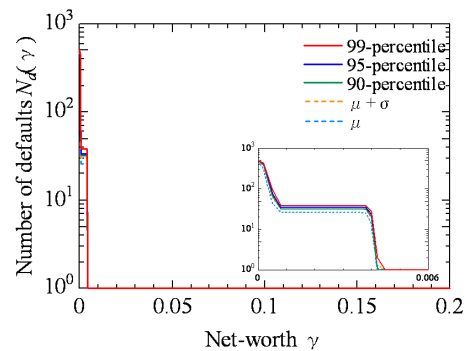


図 6: 偏りのない銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係. $\theta = 0.1, p = 0.05$.

貸借関係が疎な銀行ネットワークでは、ショックが多数の銀行に分散しにくく、連鎖倒産が発生しやすい。

図 7~9 に、図 3 のような偏りの大きな銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係を示す。図 7 では $\theta = 0.1, p = 0.005$ 、図 8 では $\theta = 0.2, p = 0.005$ 、図 9 では $\theta = 0.1, p = 0.05$ である。図 9 には、自己資本比率が小さい部分の拡大図をあわせて示す。

やはりいずれの図でも、自己資本比率が大きくなると、連鎖倒産件数は減少する。しかし、偏りのない銀行ネットワークでの減少よりもはるかに緩やかな減少になる。偏りの大きな銀行ネットワークでの連鎖倒産の抑止には、より大きな自己資本比率が必要になる。偏りのない銀行ネットワークと偏りの大きな銀行ネットワークでは、連鎖倒産件数の曲線の形が大きく異なる。また、第 99 百分位点と第 90 百分位点との間に大きな乖離がある。甚大な被害を引き起こす連鎖倒産の可能性も無視できないことが分かる。平均値だけで捉えきれない極端な事象が発生する危険性を示唆している。一方、 θ が 0.1 から 0.2 に増えると連鎖倒産をなくすのに必要な自己資本比率が大きくなる傾向、 p が 0.005 から 0.05 に増えると倒産件数が激減する傾向は、どちらの銀行ネットワークでも同じである。

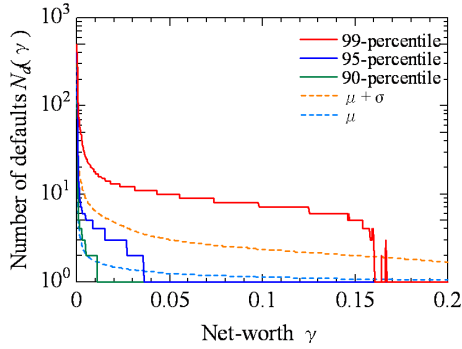


図 7: 偏りの大きな銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係. $\theta = 0.1, p = 0.005$.

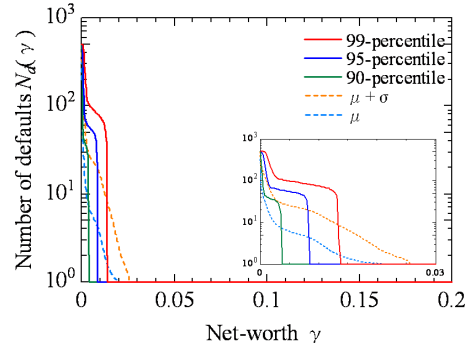


図 9: 偏りの大きな銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係. $\theta = 0.1, p = 0.05$.

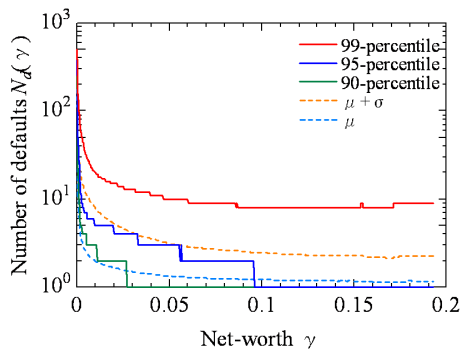


図 8: 偏りの大きな銀行ネットワークでの自己資本比率と連鎖倒産件数の関係. $\theta = 0.2, p = 0.005$.

Fedwire のような現実の銀行ネットワークは偏りの大きな特性を持つため、平均的な被害の予想をはるかに上回る被害を招く連鎖倒産が発生する可能性が有意にある。このような銀行ネットワークの挙動を十分に理解した上で、銀行経営や金融規制設計にあたる必要がある。

4 サーチャージの効果

2011年7月に、金融安定理事会 (FSB) とバーゼル銀行監督委員会 (BCBS) は、世界的に活動する巨大銀行に対する規制強化策をまとめた市中協議文書¹を公表した。巨大銀行への追加的な損失吸収力として、自己資本比率に1%から2.5%までの4段階の資本サーチャージを課すことが規制強化策の柱である。本研究では、巨大銀行に課すサーチャージが連鎖倒産の件数を抑止する効果 [1] を分析する。サーチャージ γ_s を課すことで変化するバランスシートを図 10 に示す。簡単に、サーチャージ分だけ自己資本を新規に調達し、資本を増強するとする。

¹Global systemically important banks: Assessment methodology and the additional loss absorbency requirement.

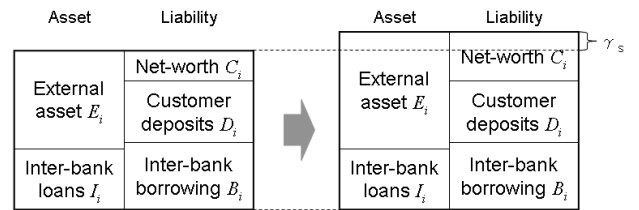


図 10: 銀行へのサーチャージ γ_s の賦課にともなう、バランスシートの変化。

図 11 は、偏りのない銀行ネットワークでのサーチャージによる連鎖倒産件数の変化を表す。パラメータは、 $\theta = 0.1, p = 0.005$ とする。 $N = 500$ 行中、資産額上位 10% の 50 行、または、資産額上位 20% の 100 行にサーチャージを課す場合に、連鎖倒産を抑止する一定の効果を得られる。自己資本比率が小さいほど、抑止の効果はより鮮明となる。

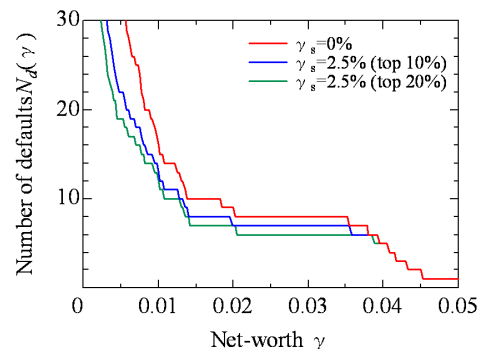


図 11: 偏りのない銀行ネットワークでのサーチャージによる連鎖倒産件数の変化. $\theta = 0.1, p = 0.005$.

図 12 は、偏りの大きな銀行ネットワークでのサーチャージによる連鎖倒産件数の変化を表す。パラメータは、 $\theta = 0.1, p = 0.005$ とする。資産額上位 20% の 100 行にサーチャージを課す場合でも、連鎖倒産を抑止

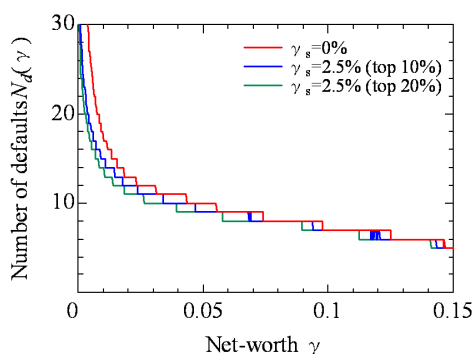


図 12: 偏りの大きな銀行ネットワークでのサーチャージによる連鎖倒産件数の変化. $\theta = 0.1$, $p = 0.005$.

する効果はあまり大きくない。自己資本比率がごく小さい場合を除くと、偏りのない銀行ネットワークで得られる鮮明な抑止の効果を得られない。Fedwire のような現実の銀行ネットワークは偏りの大きな特性を持ち、サーチャージによる連鎖倒産の抑止の効果は限定的だと考えられる。市中協議文書にまとめられた規制強化策に期待されるサーチャージの効果は、銀行ネットワーク全体の強化ではなく、巨大銀行単体の経営強化と言えよう。つまり、経営危機に陥った銀行が大きすぎて潰せない (too big to fail) という理由から公的資金の注入で救済され、納税者に大きな負担を強いるリスクをサーチャージ相応分緩和すると捉えるのが妥当だろう。

5 むすび

本研究では、金融危機において、連鎖倒産が銀行ネットワークに広範に広がる危険性を分析した。特に、銀行ネットワークのトポロジ、銀行の自己資本比率、巨大銀行に追加的に賦課する資本サーチャージが、銀行の連鎖倒産件数に与える影響を明らかにした。

世界金融危機以降、銀行ネットワークを定量的に分析するためのコンピュータ・シミュレーション・モデルの発表が相次いだ背景には、Fedwire の調査で明らかになった通り、金融危機の背後で作用したネットワーク構造の複雑性が、個別の銀行の経営指標やマクロ経済指標だけで捉えられる事象の範囲をはるかに超えていたとの反省がある。コンピュータ・シミュレーション・モデルによる分析は、銀行経営や金融規制設計にとって重要なツールとなるだろう。今後、短期・長期の回収期間の異なる貸借が逐次発生する動的な銀行ネットワークに対応したモデル、金融危機が発生した際に想定される個別の銀行の破綻回避に向けた行動を織り込んだモデルの開発も進展するだろう。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、西口健二 日本総合研究所理事、谷村英俊 新日本有限責任監査法人シニアプリンシパル、森永聡 日本電気主任研究員、藤巻遼平 日本電気主任、松島和宏 国際社会経済研究所主席研究員、天谷健一 国際社会経済研究所主任研究員から多大な支援と助言を賜りました。

参考文献

- [1] 前野義晴, G - S I B s 資本サーチャージの銀行システムに及ぼす効果は限定的 ネットワーク理論に基づく連鎖倒産リスクのシミュレーション, 週刊金融財政事情 2011 年 9 月 19 日.
- [2] 谷村英俊, リビング・ウィル (回復・破綻処理計画) について, 新日本有限責任監査法人ホームページ <http://www.shinnihon.or.jp/industries/financial-institutions/advisory/topics/basel3/pdf/2011-06-living-wills.pdf>.
- [3] N. Beale, D. G. Rand, H. Battley, K. Croxson, R. M. May, and M. A. Nowak, Individual versus systemic risk and the Regulator's Dilemma, Proc. Nat'l. Acad. Sci. U.S.A. **108** 12647 (2011).
- [4] A. G. Haldane, R. M. May, Systemic risk in banking ecosystems, Nature **469**, 351 (2011).
- [5] 日本総合研究所 (編), 金融システムの将来像 規制改革・地域戦略・アジア展開の新たな指針, 第 4 章 森永聡, 藤巻遼平, 坂本達夫, マクロリスク管理に関する実証研究 I I.
- [6] 西口健二, リスク管理を中心とした金融ビジネスの将来展望, 財務総合政策研究所 フィナンシャル・レビュー 平成 22 年第 3 号, 141 (2010).
- [7] R. M. May, N. Arinaminpathy, Systemic risk: The dynamics of model banking systems, J. R. Soc. Interface **7**, 823 (2010).
- [8] B. P. Gai, and S. Kapadia, Contagion in financial stability, Proc. R. Soc. A **466**, 2401 (2010).
- [9] 藤井真理子, 高岡慎, 金融システムの構造と伝染効果 ネットワーク・アプローチ, 財務総合政策研究所 フィナンシャル・レビュー 平成 22 年第 3 号, 98 (2010).
- [10] E. Nier, J. Yang, T. Yorulmazer, A. Alentorn, Network models and financial stability, J. Econ. Dyn. Control **31**, 2033 (2007).
- [11] K. Soramäki, M. L. Beck, J. Arnold, R. J. Glass, W. E. Beyeler, The topology of interbank payment flows, Physica A **379**, 317 (2007).
- [12] D. Delli Gatti, M. Gallegati, B. Greenwald, A. Russo, J. E. Stiglitz, Business fluctuations in a credit-network economy, Physica A **370**, 68 (2006).
- [13] 稲岡創, 二宮拓人, 谷口健, 清水季子, 高安秀樹, 金融機関の資金取引ネットワーク, 日本銀行ワーキングペーパーシリーズ 2003 年 7 月 30 日.