

# 銀行規模を考慮したシステミックリスクモデルの解析

寺重瑛 (指導教員：郡宏)

## 1 はじめに

### 1.1 システミック・リスクとは

2007年～2009年の金融恐慌やこれを契機とする世界不況以来、複雑化が急速に進んでいる金融市場を巨大で動的な複雑系ネットワークとして捉え、リスクを解明する研究が進んでいる。

複雑ネットワークの分野において、あるノードが故障することで枝に流れていた物量が変化し、その変化が他のノードにも連鎖的に影響を及ぼす現象をカスケード故障という。ある条件の元では、次数や枝の物量が小さなノードの故障がネットワーク全体へ影響をもたらし得る。銀行間取引のような金融ネットワークにおいて、このようにある金融機関や市場が機能不全となり、これが金融システム全体にまで波及する金融危機を起こすリスクをシステミック・リスクという [1]。

本研究では銀行間取引におけるシステミック・リスク波及のふるまいを観察することを目的とし、単純な数理モデルの構築とシミュレーションを行った。更に日本の銀行における銀行間の規模を考慮することで、より現実に近い最適ネットワーク構造の提案を目指した [2]。

## 2 モデル

### 2.1 銀行間取引のネットワーク構造

金融機関(以下銀行)間取引の特徴として、より多くの銀行と取引を行う大銀行(コア)と、その他周辺の銀行の2重構造になっている、コア内部は全員が互いにリンクする完全ネットワークとなっている、債権は相互持ち合いである

などが挙げられる(図1)[3]。

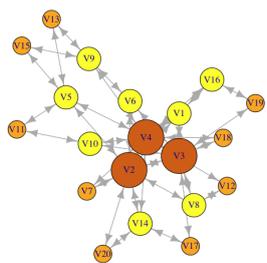


図1: 銀行規模を考慮した金融ネットワークの例  
赤:都市(大)銀行, 黄:地方(中)銀行, 橙:その他(小)銀行

このため本研究では、銀行間取引ネットワークは「無向のスケールフリー・ネットワーク」に類似できると仮定し、これをランダムに構築して初期破綻行がもたらすショックによる他への影響を計算することで、ショック波及のシミュレーションを行った。

日本国内に存在する銀行とその規模に倣い、ネットワーク中で次数のもっとも高いノード  $m_0$  行を大銀行(都銀)、最も次数の低いノードを小銀行(その他銀行)、それ以外の次数をもつノードを中銀行(地方銀行)とし、3つの規模に分類する。総資産  $a_i$ 、資産における貸出比率、自己資本比率をこの分類に従ってそれぞれ設定することで、銀行間の規模差を考慮した。

### 2.2 銀行の資産モデル

金融ネットワークの分野においては、Nierらによって金融機関のバランスシートをモデル化したものがよく用いられており、本研究でもこれを採用した(図2.) [4]。

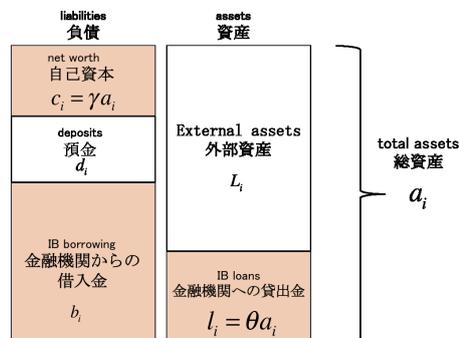


図2: 銀行のバランスシート

バランスシートのうち、各ノード  $i$  は銀行を表し、 $l_i$  が銀行への貸付金額、 $L_i$  が銀行以外への投資であり、この合計が資産となる。

$$a_i = l_i + L_i, i = 1, \dots, N \quad (1)$$

負債について、 $b_{ij}$  はを銀行からの借付、預金などを  $d_i$ 、自己資本  $c_i$  は自己資本率  $\gamma$  を用いて  $\gamma a_i$  とすると

$$a_i = b_i + d_i + \gamma a_i, i = 1, \dots, N \quad (2)$$

となる。

日本国内における実データを参考に、バランスシートにおける  $l_i, b_i$  の初期設定を以下のように行う。

【総資産  $a_i$ 】銀行間の規模を考慮し、大銀行：中銀行：小銀行のもつ総資産の比率を6:3:1とする。【銀行間貸付  $l_i$ 】  $a_i$  に対する貸付比率を  $\theta$  とし、ベンチマークに  $\theta = 0.25$  を用いる。各ノードにおける取引行数(次数)を  $k$  とすると、ある一行  $j$  あたりへの貸付  $l_{ij}$  は  $l_{ij} = \frac{\theta a_i}{k}$  と表される。ここでは貸付金をすべて次数で等分し、取引先の銀行規模などによる差異を設けていない。【銀行間借出  $b_i$ 】貸付  $l_i$  を算出した後、受け取ることになる貸付金の合計となる。  $b_i = \sum_{j=1}^N l_{j,i}$  【自己資本  $c_i$ 】銀行間規模を考慮し、ベンチマークを  $\gamma_{大銀行} = 0.13, \gamma_{中銀行} = 0.11, \gamma_{小銀行} = 0.08$  としている。

### 2.3 システミック・リスクのメカニズム

システミック・リスクのメカニズムは次のようになると仮定した。

Step1. ある銀行  $i$  の機能が停止する。

Step2. 破綻銀行  $i$  へ貸出を行っていた銀行は、その貸出金は無価値となり、この損失を自己資本で吸収する。

Step3. 自己資本  $c_i < 0$  で破綻とし、さらにその損失が債権銀行に引き継がれる。

### 3 シミュレーション結果

シミュレーションは、100の異なるスケールフリー・ネットワークをランダムに形成し、それぞれのシステム・リスクの波及結果(破綻行数)の平均をグラフにしている。パラメータ値を  $N = 50$ ,  $m_0 = 5$  とした。計算スキームは、 $d\theta = 0.01$ ,  $d\gamma = 0.01$  である。大銀行:Upper, 中銀行:Center, 小銀行:Lower

#### 3.1 ネットワークの密度による影響

まず使用するスケールフリー・ネットワークの疎密性を考慮したシミュレーションを行った。先行研究[5]に従い、 $m_0$ とネットワーク構築の際に追加される枝の本数  $m_p$  の関係が  $(m_0, m_p) = (5, 4)$  で密、 $(m_0, m_p) = (5, 2)$  で疎なネットワークとしている。一般にスケールフリー・ネットワークにおいて、ネットワークが密であると取引回数が多く、ショックがより広く分散されるため波及効果は小さくなると考えられる。また一度ショックが起きれば急激にネットワーク全体に破綻が広がる。密なネットワークは頑強性を増すと同時に脆弱でもあるため、高い自己資本率の保持が求められる。

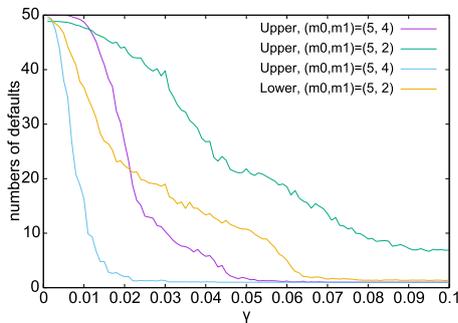


図 3: ネットワークの密度差による比較

#### 3.2 貸出比率の変化によるショック波及

次に貸出金比率はショック波及にどのように影響するか観察した。(図4) いずれも比較的安定した区間がみられ、ある閾値  $\phi_\theta$  を超えると急激に破綻行数が増す。 $\theta$  の値は資産に占めるお互いの依存度を表すため、債権持ち合いの状態では  $\theta$  が高まればショックもより波及しやすくなると考察される。

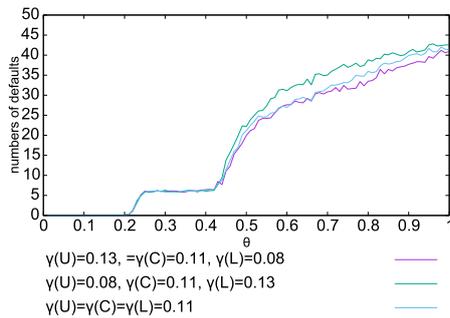


図 4: 自己資本率分布の有無による比較。初期破綻行は大銀行(U)

#### 3.3 自己資本比率 $\gamma$ と頑強性の関係

最後に、自己資本比率のショック波及に対する効果を観察した。設定においては、自己資本率を比とし、規模間で差をもたせている。グラフの横軸は、規格ノードの値を示す。

自己資本の分布比率は一定とし、異なる  $\theta$  を設定し

比較した結果を図5に示す。 $\theta = 0.50$  の場合、 $\gamma > 0.1$  までショックの波及はなくなる。(図4)からも明らかのように、 $\theta$  の値が大きいほどリスクの波及は不安定となり、より高い自己資本率の設定が必要である。 $\theta$  と  $\gamma$  の合理的な組み合わせを考慮することが効果的であると考察される。

図6では、自己資本率を分布させた。いずれの場合でも、ある閾値  $\phi_\gamma$  を超えるまでは自己資本率の引き上げがショック波及の停止に効果的であることが分かる。自己資本率は大行・小行に関わらず分布を傾斜させる、と、どちらも  $\gamma = 0.10$  で破綻行はなくなり安定する。

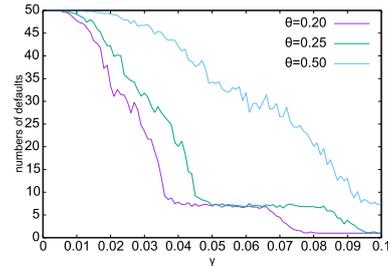


図 5: 異なる  $\theta$  による比較。初期破綻行は大銀行(U)  
 $\gamma_{大} : \gamma_{中} : \gamma_{小} = 1.62 : 1.37 : 1.00$

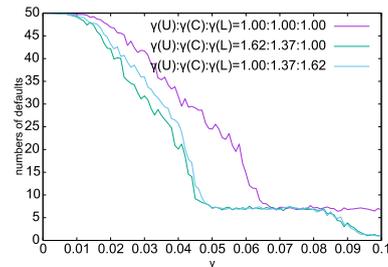


図 6: 自己資本率の分布による比較。初期破綻行は大銀行(U),  $\theta = 0.25$

### 4 まとめ

銀行間取引ネットワークを銀行間規模を考慮しながら構築し、システムリスクによる金融破綻を観察した。ネットワークは密であるほどよいが、自己資本率  $\gamma$  が小さくなるほどショックは波及しやすくなるため、初期破綻行の大小に関わらずリスクに対応するには一定以上の  $\gamma$  の保持が必須である。他行への貸出率  $\theta$  は、より低い方が頑強なネットワークになるように見えるが、実際には  $\theta$  が低すぎると金融セクター以外の外部資産  $L_i$  への依存が強くなるなど総資産や信用に影響するため、 $\gamma$  と  $\theta$  バランスの考慮が必要となる。自己資本率  $\gamma$  は、規模に関わらず分布させる(他と比べ  $\gamma$  が 0.10 以上の頑強な銀行が存在する)とリスクに強くなると見られ、ショック時には一行の自己資本率を集中的に引き上げることがショック伝播を素早く止めるのに有効であると提案する。

### 参考文献

- [1] 今野紀雄増田直紀. 複雑ネットワーク 基礎から応用まで, 2010.
- [2] 小林照義. 金融ネットワーク・モデルとネットワーク理論: 現状と課題, 2014.
- [3] 副島 豊今久保 圭. コール市場の資金取引ネットワーク, 2008.
- [4] Tanju Yorulmaz Erleend Nier, Jing Yang and Amadeo Alentorn. Network models and financial stability, 2007.
- [5] 高岡慎藤井真理子. 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, 2010.