

# 金融規制が金融システムの安定性や 金融機関行動に与える影響についてのシミュレーション

菊地 剛正<sup>\*1</sup>, 國上 真章<sup>\*1</sup>, 山田 隆志<sup>\*2</sup>, 高橋 大志<sup>\*3</sup>, 寺野 隆雄<sup>\*1</sup>

Takamasa Kikuchi<sup>\*1</sup>, Masaaki Kunigami<sup>\*1</sup>, Takashi Yamada<sup>\*2</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>\*3</sup>, Takao Terano<sup>\*1</sup>

**Abstract:** リーマンショックに端を発する金融危機以降、国際的に金融規制を強化する動きが活発化している。規制強化の流れは金融機関の安定性を高めたという評価がある一方、市場の流動性を低下させたという懸念や金融機関のインセンティブを歪めたとする見方もある。本稿では、こうした金融規制下での金融機関の行動が金融システムに与える影響に注目する。著者らは、金融規制及び金融機関の運用・調達行動を表現したシステムック・リスクのシミュレーションモデルを提案している。当該モデルを用い、各種規制の組み合わせから生成したケースに基づきシナリオ分析を行う。その上で、金融システムの安定性と流動性低下のトレードオフの問題にアプローチする。

**Keyword:** エージェント・シミュレーション, 金融危機, 金融規制, Asset Liability Management

## 1. はじめに

リーマンショックに端を発する金融危機以降、国際的に金融規制を強化する動きが活発化している[佐原 2015]。規制強化の流れは金融機関の安定性を高めたという評価がある一方、市場の流動性を低下させたという懸念[富安 2016]や金融機関のインセンティブを歪めたとする見方もある[宮内 2015]。本稿では、こうした金融規制下での金融機関の行動が金融システムに与える影響に注目する。具体的には、金融システムの安定性と流動性低下のトレードオフの問題にアプローチする。著者らは、金融規制及び金融機関の ALM 運営(運用・調達行動)を表現したシステムック・リスクのシミュレーションモデルを提案している[Kikuchi et al. 2015][Kikuchi et al. 2016]。本稿では当該モデルを拡張し、各種運営制約・相場観の下、バランスシート制約を想定し、当該制約を加えるケースと加えないケースについて、金融システムの安定性と市場性資産の流動性に係るシナリオ分析を行う。

## 2. 関連研究

### 2.1 金融危機の伝播・伝染

金融ネットワークと金融危機の連鎖的な伝播・伝染に注目した研究では、理論・実証分野において[Allen and Gale 2000]や[Freixas et al. 2000], [Degryse and Nguyen 2007]等が挙げられる。また、銀行ネットワークや金融ネットワークを複雑ネットワークと捉える諸研究では、[Eisenberg and Noe 2001] や[Gai and Kapadia 2007], [Nier et al. 2008], [May and Arinaminpathy 2010], [前野 et al. 2012],

更にエージェントベースモデルへ展開したものとして、[Suzuki et al. 2015]や[橋本 and 倉橋 2015]が挙げられる。これらの研究では、主に貸借関係のある銀行や一般貸出先の破綻がインターバンク(以下、「I/B」とする)ネットワークを通じて連鎖的に伝播する様子が分析されている[May and Arinaminpathy 2010][前野 et al. 2012] [Suzuki et al. 2015][橋本 and 倉橋 2015]。

### 2.2 国際的な金融規制改革

金融危機の再発防止に向け、銀行の健全性強化(バーゼルⅢ)やシステム上重要な金融機関への対応など幅広い分野で金融規制改革が進展している[佐原 2015]。これらには自己資本比率規制やレバレッジ比率規制、バンキング勘定の金利リスク規制等、金融機関のバランスシートサイズやリスク量を抑制する方向の規制も含まれている。これら金融規制改革の進展は、金融システムの安定性に寄与するとの主張がある一方、市場の流動性の低下[富安 2016]や金融機関のインセンティブの歪み[宮内 2015]を指摘する議論もある。

## 3. 定義

### 3.1 ALM 運営

ALM とは、金融機関等において、収益の極大化を目的として、金融取引に随伴する様々なリスクを適切にコントロールすることをいう[日銀 1995]。当該リスクは a)信用リスク, b)市場リスク, c)流動性リスク等に分けられるが、本稿では、a)b)が投融資行動, c)が資金繰り行動によると考える。

#### 3.1.1 投融資行動

金融機関は金融仲介機能の発現として融資・一般貸出を行っている。また、銀行や証券会社等は自己勘定取引において利益獲得目的で有価証券等の市場性資産を保有しており、これら資産がバランスシートを構成し

<sup>\*1</sup> 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻, 〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259 (メールボックス: J2-52)

<sup>\*2</sup> 山口大学国際総合科学部, 〒753-8541 山口市吉田 1677-1

<sup>\*3</sup> 慶應義塾大学大学院経営管理研究科, 〒223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1

ている。各資産は信用リスク及び市場リスク等にさらされているが、各々を一般市場リスクと個別リスクに分ける議論[Merton 1974][Basel 1996]等を参照し、提案モデルでは、投融资の対象を”市場性資産”及びそれ以外の”非市場性資産”と単純化・二分化して考えることとする。

### 3.1.2 資金繰り行動

金融機関では、日々の投融资行動や資金調達状況により、資金余剰・不足(資金ギャップ)が生じる。当該資金ギャップを調整する場として、短期金融市場(本邦では主にコール市場)がある。本源的な資金余剰主体(出し手)としては、年金や生保等、資金不足主体(取り手)としては、メガバンクや証券会社等が挙げられ、短資会社が取引を仲介している[黒田&加藤 2009]。提案モデルでは、短資会社や取引レートの参照は想定せず、出し手は取り手の信用状況や自社の取引(資金供給)可能枠のみを勘案し、約定判断を行うものとする。

### 3.2 各種運営制約

金融危機の再発防止に向け、銀行の健全性強化(バーゼルⅢ)やシステム上重要な金融機関への対応等、幅広い分野で金融規制改革が進展している[佐原 2015]。一方、企業一般には持続的成長への経営改革が求められており[伊藤 2014]、収益指標への注目が集まっている。提案モデルでは、運営制約として自己資本比率(健全性指標)、VaR(リスク指標)、ROE・予算(収益指標)を採用し、当該制約下での金融機関行動を記述する。

### 3.3 破綻メカニズム

提案モデルでは、金融機関の破綻要因を以下の三点としている: 1) 債務超過, 2) 自己資本比率の一定値以下への減少, 3) 資金繰り行動後も継続する資金調達不足。1)は、一般貸出や銀行間貸借の焦げつきが自社の資本残高で吸収出来なかった場合に対応する。当該1)の要因は May and Arinaminpathy モデル(以下、「M-A モデル」とする)[May and Arinaminpathy 2010]で取り扱われているものと同様である。2)は例えば本邦において、国際統一基準の自己資本比率が

8%以上を要請されていることに対応するものである[金融庁資料]。3)は、短期金融市場にて自社の資金不足を埋めることが出来なかった場合(資金繰りの失敗・資金繰り破綻)を想定している。破綻要因を先行研究との対比で図式化したものが Fig. 1 である。

## 4. モデル

### 4.1 概要

エージェントは金融機関であり、バランスシートと財務指標(自己資本比率等)を持つ。バランスシートの資産項目のうち、市場性資産は市場の価格変動を受けて時価変動する。ネットワークは、非市場性資産の取引ネットワーク及び金融機関間の短期運用・調達を行う I/B ネットワークを持つ。更に各金融機関は中央銀行と直接の繋がりを持っており、資金運用(中銀当座)・調達(中銀借入)が可能であるとする。その上で、各金融機関は ALM 運営、すなわち 1)投融资行動(資産項目の増減に係る意思決定)と 2)資金繰り行動(I/B ネットワークを通じたバランスシートの資金ギャップ調整に係る決定)を行うものとする。

著者らは、各金融機関のバランスシートの変化を通じた破綻連鎖の態様を分析対象とするため、M-A モデル[May and Arinaminpathy 2010]を基にした拡張モデルを提案している[Kikuchi et al. 2015][Kikuchi et al. 2016]。当該モデルは M-A モデル同様、

- 1)各金融機関は単純化したバランスシートを持ち、I/B ネットワークを通じて短期資金の貸し借りをを行っている、
- 2)任意の金融機関を破綻させ、当該金融機関と貸借関係のある金融機関の資本への影響を観察する、
- 3)当該ショックが自己資本内で吸収できない場合は破綻となり、この繰り返しで連鎖的破綻を表現する。

一方で、

- 1)保有する市場性資産の価格変動を通じた金融機関の財務・信用状況(自己資本比率)の悪化、
- 2)I/B 市場における資金繰り環境の悪化による資金繰りショートや流動性リスクの上昇、
- 3)資金繰り破綻を防ぐための中央銀行の資金供給、

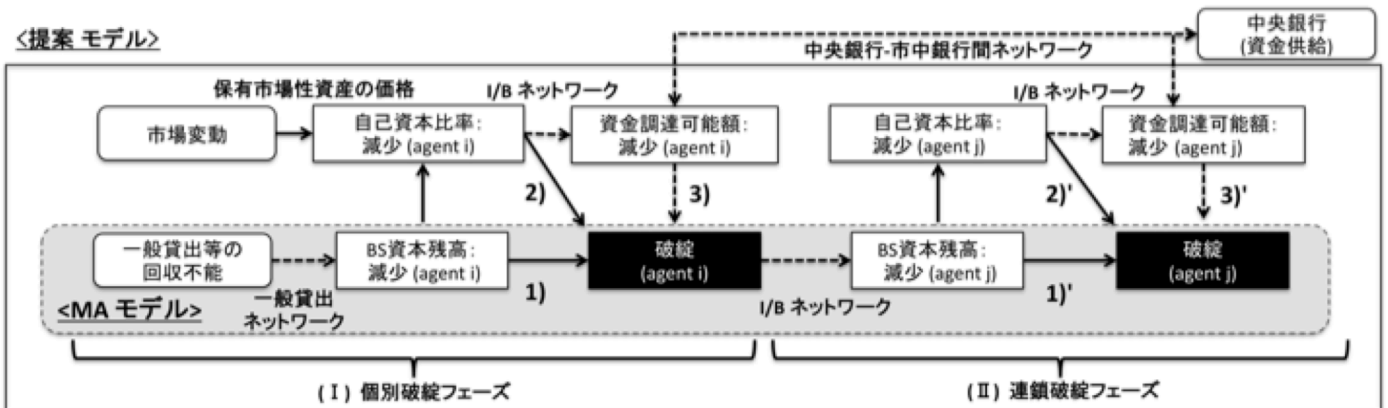


Fig. 1 提案モデルでの破綻要因: 1)資本残高の減少(M-A モデルと同様), 2)自己資本比率の減少, 3)資金繰りの失敗

を表現し、金融危機の内生的メカニズムに焦点を当てたエージェントベースモデルとなっている(Fig. 2).

なお、今回は中央銀行による資金供給等は扱わず、資金繰り行動は市中金融機関間でのみ行われる本来的なコール市場を仮定したシミュレーションを行う。また、本稿では市場性資産への投資行動及び価格変動が金融機関の財務状況及び資金繰りに与える影響に注視するため、非市場性資産の取引ネットワーク及び中央銀行とのネットワークは取り扱わない。

## 4.2 エージェント

M-A モデル同様、金融機関

$$a_i (i=1, \dots, N), A=\{a_i | i=1, \dots, N\}$$

は単純化したバランスシートを持つ(Table 1). 構成科目は、市場性資産  $MA_i^{\text{簿価}}$ , 非市場性資産  $nonMA_i$ , 負債  $D_i$ , 資本  $E_i$ , 現預金  $CA_i$ , 短期運用  $SI_i$ , 短期調達  $SF_i$  がある。また、資金ギャップを

$$Gap_i = D_i + E_i - nonMA_i - MA_i^{\text{簿価}} - CA_i$$

と定義し、出し手

$$C_{surplus} = \{a_i | Gap_i \geq 0\}$$

及び、取り手

$$C_{shortage} = \{a_i | Gap_i < 0\}$$

と分類する。なお、各金融機関の出し手、取り手のステータスは変更がないものとする。

次に、評価損益( $UP_i$ )と自己資本比率( $CAR_i$ ), インカム収益( $IP_i$ ),  $ROE_i$ を以下のように定義する:

$$UP_i = MA_i^{t \text{ 時価}} - MA_i^{\text{簿価}}$$

$$CAR_i = (E_i + UP_i) / (nonMA_i + MA_i^{\text{簿価}})$$

$$IP_i = \beta * MA_i^{\text{簿価}} + \gamma * nonMA_i$$

$$ROE_i = IP_i / E_i$$

ここで、 $\beta, \gamma$ : 市場・非市場性資産収益率であり、 $MA_i^{t \text{ 時価}} = MA_i^{\text{簿価}} / P_0 * P_t$ ,  $P_t$ : step  $t$ での市場性資産の市場価格である。

更に、金融機関は最低要求自己資本比率( $CAR\text{-demand}$ )を持つ。これは取り手が出し手に資

金供給をオーダーした場合に、出し手が取り手に要求する自己資本比率の最低水準であり、運営制約でも参照する。

Table 1 金融機関の持つバランスシート項目

借方	貸方
現預金 CA	負債 D
非市場性資産 nonMA	資本 E
市場性資産 MA <sup>簿価</sup>	短期調達 SF
短期運用 SI	

## 4.3 ネットワーク

金融機関  $a_i$ は、自己と繋がりのある金融機関

$$W_i^{\text{Interbank}} = \{a_j | m_{ij} = 1\},$$

との間で短期運用・調達を行い、資金ギャップを解消しようとする。ここで、 $M=(m_{ij})$ : I/B ネットワークの隣接行列である。

## 4.4 資金繰り行動

### 4.4.1 出し手と取り手の意思決定

出し手から取り手への本源的な資金供給は:

(Step1) 取り手  $a_j$ が出し手  $a_i$ へ  $amount_j > 0$ の資金オーダー

Order( $i, j, amount_j$ )

を生成する。なお、 $a_i$ はインターバンクネットワークに繋がる出し手全てに対し、自己の資金ギャップ分を均等に分割してオーダーを行う。

ここで、 $(a_i, a_j) \in C_{surplus} \times C_{shortage}$ ,

$\delta$ : minimum order size  $\in \mathbb{Z}$ ,  $amount_j =$

$\max(\text{ceil}(Gap_i / \#(C_{surplus} \cap W_i^{\text{Interbank}})), \delta) \in \mathbb{Z}$ である。

(Step2)  $a_j$ は  $a_i$ の財務状況及び自己の資金供給可能額をチェックし、約定・非約定の判断を行う。

・約定条件:

$$CAR_i \geq CAR\text{-demand}_j \text{ and}$$

$$amount_j \leq Gap_j - \sum amount_j^{\text{other done-orders}}$$

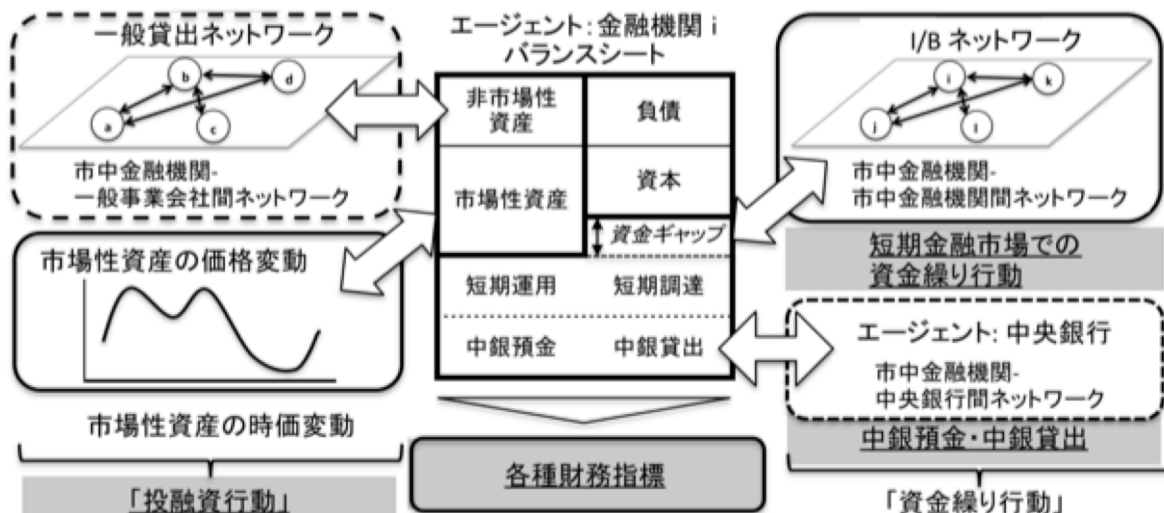


Fig. 2 概念モデル: 投融资行動や資金繰り行動など ALM 行動を陽に記述する。Fig. 1 と合わせ、市場性資産の価格変動による財務の悪化が内生的に引き起こす連動的破綻を表現。なお、本稿では一般貸出ネットワーク及び中央銀行は取り扱わない。

・非約定条件：

上記以外

ここで、 $a_j$  が既に約定した取引を *amount<sup>j</sup><sub>other done-orders</sub>* とする。現実を鑑み、オーダーの順序・先後やそれに伴う出し手の貸出可能枠の変化によっても約定・非約定が分かれる設定としている。

(Step1') 非約定の場合、 $a_i$  は 1) オーダー先を他の出し手  $a_k$  に変更すること、2) オーダーamount を減らすこと、の片方または双方を行うことができる。

Order (i, j, amount<sup>j</sup>) → Order' (i, k, amount<sup>k</sup>)

Order (i, j, amount<sup>j</sup>) → Order' (i, j, amount' <sup>j</sup>)

Order (i, j, amount<sup>j</sup>) → Order' (i, k, amount' <sup>k</sup>)

ここで、 $k \in C_{surplus} \cap W_{interbank}$ , amount' <sub>i</sub> = floor(amount<sub>i</sub> / 2) >= δ である。

(Step3)  $a_i$  が Gap<sub>i</sub> >= 0 を満たせない場合、破綻する。

#### 4.4.2 その他短期調達・運用

短期資金調達・運用では両建て取引が行われている現実を鑑み[黒田 and 加藤 2009]、出し手・取り手以外にも、取り手・取り手間や出し手・出し手間、取り手・出し手間でも短期調達・運用を行う。なお、ペアは各ステータス間でランダムに決定され、バランスシート残高の ε% を上限として取引が発生する：

Order (i, j, amount<sup>j</sup>), ε: 両建て取引比率

ここで、 $(a_i, a_j) \in A \times A - C_{surplus} \times C_{shortage}$ ,  $\sum_j amount_j^i \leq (MA_i^{簿価} + nonMA_i + CA_i) * \epsilon$  である。

### 4.5 投資行動

#### 4.5.1 概要

金融機関は、各種運営制約 (a) 自己資本比率, b) VaR, c) ROE・予算, d) 自己の相場観に従い, step 毎に市場性資産への投資意思決定を行う。本稿では, a) 及び b) を絶対的な制約とした上で, d) 相場観を勘案し, c) を満たすように市場性資産の購入, 売却, 残高維持の意思決定を行う。ここで, 当該資産残高の範囲は,

$$0 < MA_i^{簿価} \leq MA_i^{簿価} + CA_i$$

とする。なお, 非市場性資産の残高は一定とし, 融資行動は取り扱わない。

#### 4.5.2 運営制約・相場観の定式化

各種制約及び相場観は Table 2 のように定義する。ここで, VaR とは, 金融商品のポートフォリオを, 現時点からある一定の期間保有するときに, リスク・ファクターの変動により, ある一定の確率で生じ得る最大損失額のことをいう[安藤 2004]。算出方法のうち, 本稿では分散共分散法に準拠し, 10 日間保有 (n=10), 99% 信頼水準 (η=2.33) における市場性資産価格の最大損失リターンを算出し, 保有する市場性資産の簿価 (MA 簿価) に乗じることで, 最大損失額を求めている：

$$VaR_i = MA_i^{簿価} * \sqrt{n} * (r_{avg} - \eta * \sigma_m)$$

また,  $r_{avg}$  及び  $\sigma_m$  は  $P_t$  の日次リターン (サンプル期間: m 日) から算出する。ここで,

$$r_{avg}^t = \frac{1}{m} \sum P_t / P_{t-1}$$

$$\sigma_m^t = \sqrt{\frac{1}{m} \sum (P_t / P_{t-1} - r_{avg}^t)^2}$$

である。

Table 2 運営制約と相場観

項目	定式化
a) 自己資本比率制約	自己資本比率 $CAR_i >$ 最低要求自己資本比率 $CAR-demand_i$
b) VaR制約	市場性資産リスク $VaR_i <$ 資本残高 $E_i * \text{割当率 } \zeta$
c) ROE・予算制約	インカム収益 $IP_i >$ 予算目標 $y_i$
d) 相場観	$f = \text{期待リターン } r_{exp} - \text{リスク回避度 } \lambda_i + \text{市場リスク } \sigma_m$

#### 4.5.3 投資決定

上述の制約を受け, フローチャートに従って購入, 売却, 残高維持を決定する。

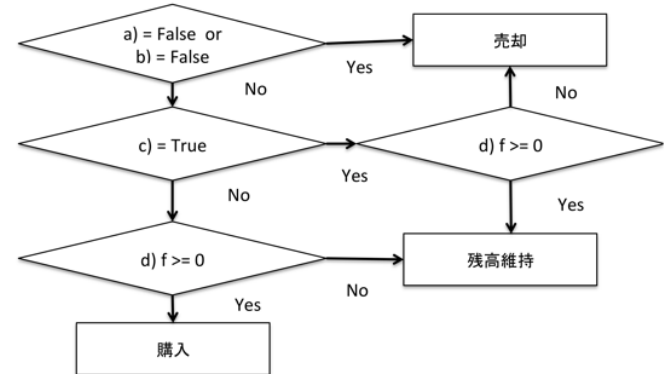


Fig. 3 投資決定に係るフローチャート

ここで, a) または b) を満たさない場合は強制売却, c) を満たし d)  $f < 0$  の場合も売却, c) を満たし d)  $f >= 0$  の場合は残高維持, c) を満たさず d)  $f < 0$  の場合も現状維持, c) を満たさず d)  $f >= 0$  の場合は購入とする。

#### 4.5.4 売買量の決定

前節にて購入又は売却が選択された場合, 以下の通り売買量を決定する。

**購入量 (buy amount):** VaR 制約の上限から算出される市場性資産残高と現状の保有市場性資産残高を比較し, 差分の θ% を購入する。

**売却量 (sell amount):** 自己資本比率制約及び VaR 制約に抵触したことによる売却の場合, 各々の制約を満たすに足る分だけ市場性資産を売却する。また, ROE・予算制約に抵触したことによる売却の場合, 当該予算を超える分につき, 市場性資産を売却する。

#### 4.6 破綻の影響

自己資本比率が閾値以下となった場合, または, 資金ギャップを埋められなかった場合, 資金繰りに失敗したとして, 当該金融機関  $a_i$  は破綻となる。

$$CAR_i < \alpha \text{ or } Gap_i < 0$$

金融機関  $a_i$  が破綻した場合、当該金融機関に対し短期運用していた金融機関  $a_j$  は当該運用分につき焦げ付きが発生したと見做し、自己の資本とキャンセルアウトするものとする。

$$E_j' = E_j - SI_j$$

このとき、

$$E_j' < 0 \text{ or } Gap_j < 0 \text{ or } CAR_j < \alpha$$

となる金融機関  $a_j$  も破綻して連鎖的に破綻する。

#### 4.7 評価

本稿では、バランスシート制約を想定し、当該制約を加えるケースと加えないケースについて、金融システムの安定性と市場性資産の流動性を評価する。具体的には、金融システムの安定性に係るマクロ指標として残存金融機関数を採用する。また、市場性資産の流動性に係るマクロ指標としては、[富安2016]を参照し、各金融機関の市場性資産の売買量を採用し、以下のように総売買量として定義する：

$$Gross\ amount_t = \sum_i |buy\ or\ sell\ amount_t^i|$$

#### 5. モデルの挙動確認

本シミュレーションでは、各種規制の組み合わせから生成したケースに基づきシナリオ分析を行う。4.5.2 節で述べた各種運営制約・相場観の下、更にバランスシート制約を想定し、市場性資産のパラメタ発生レンジを制限を加えないケース（「Case1:BS 制約なし」）と加えるケース（「Case2:BS 制約あり」）の比較を行う。各ケースにおけるシステムの安定性につき全体傾向を示した上で(5.3 節)、流動性につき個別試行及び全体試行の結果を示す(5.4 節)。

##### 5.1 市場性資産の価格時系列

シミュレーションで用いる市場性資産の市場価格時系列は、次の確率差分方程式[Luenberger 1997]に従うと仮定し以下の通り与える：

$$P_{t,j} = P_{t-1,j} + r_f P_{t-1,j} \Delta t + \sigma P_{t-1,j} \tilde{\epsilon} \sqrt{\Delta t}$$

ここで、 $t$ :time step ( $t = -m + 1, \dots, 0, 1, \dots, T$ )、 $j$ :試行回数、 $P_{t,j}$ : $j$  回目の試行の step  $t$  における市場性資産価格 ( $P_0=100$  となるよう調整)、 $r_f$ :リスクフリーレート [%]、 $\sigma$ :ボラティリティ [%]、 $\tilde{\epsilon} \sim N(0,1)$  である。今回は、1 step = 1 day = 1/250 year と考え、 $\Delta t=1/250$ 、 $T=125$ (銀行勘定の予算・決算期間である 6 ヶ月を想定)とした。また、 $r_f=2\%$ 、 $\sigma=25\%$ とし、10 万回の試行を行い、最終 step の市場性資産価格が最低の価格時系列を採用する (Fig. 4)。

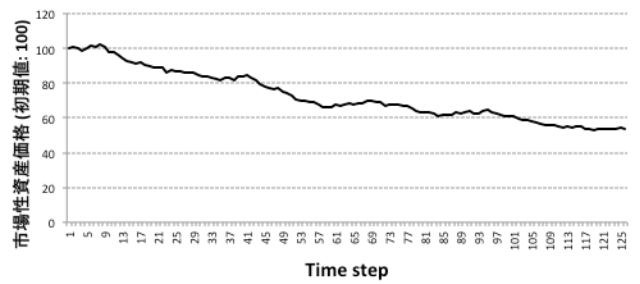


Fig. 4 本シミュレーションで採用した市場性資産の価格時系列。10 万回の試行を実施、最低価格となった価格時系列を採用した。

#### 5.2 共通設定

シミュレーションに用いるエージェントモデルのパラメタを Table 3(a) (b) に示す。市場性資産のパラメタ発生レンジは、バランスシート制約を加える場合、加えない場合に対応して 2 パターンを用意した。また、本シミュレーションでは、システム上重要かつ中核的ネットワークを構成する金融機関にフォーカスすることから、[FSB 資料]や[今久保 and 野副 2008]を参照し、金融機関数は 20 社 (#1~#20、出し手と取り手が各々 10 社)、I/B ネットワークは完全グラフとした。資金ギャップは、出し手総額が取り手総額を上回ることから、出し手につき以下の調整を行った：

$$(資金ギャップ調整) = \sum (AL_i + AS_i) * \iota / \# C^{surplus}$$

更に、表外のバランスシート項目については、所与の自己資本比率から資本を設定した。負債は資金ギャップを勘案し、貸方・借方が一致するよう逆算して求めた。その上で、短期運用・調達を設定した。ここで、 $\alpha: 0\%$ 、 $\beta: 1.2\%$ 、 $\gamma: 1.0\%$ 、 $\delta: 1$ 、 $\epsilon: 5\%$ 、 $\zeta: 50\%$ 、 $\eta: 2.33$ 、 $\theta: 10\%$ 、 $\iota: 10\%$ 、 $r_{exp}: 1.2\%$ 、 $n: 10$ 、 $m: 16$  とした。パラメタの設定根拠としては、1) モデルの挙動確認で実際に破綻を起こすようなパラメタ、2) 市場の実測値を参考として設定されたパラメタ又は定義より導かれたパラメタ、がある。1) については、本稿の目的は、BS 制約あり・なしの 2 ケースにおいて、金融システムの安定性や市場性資産の流動性の多寡を分析するものであり、実験において破綻を生じるパラメタの設定値が現実的な範囲から逸脱していないかどうかを確認した上で定めている。

Table 3 (a) シミュレーションに用いたパラメタセット

パラメタ名	値
金融機関数 N	20 (出し手:10, 取り手:10)
インターバンクネットワーク $W^{interbank}$	完全グラフ
非市場性資産 nonMA	100, 一定値(int)
市場性資産 MA	Case1: 20-60, Case2: 20-30, 一様分布(int)
現預金 CA	Case1: 10-40, Case2: 10-20, 一様分布(int)
資金ギャップ Gap	絶対値が資産の5-10%, 一様分布(int)
自己資本比率 CAR	12%-22%, 一様分布(double)
最低要求自己資本比率 CAR-demand	0%-3%, 一様分布(double)
リスク回避度 $\lambda$	0.0-1.0, 一様分布(double)
予算目標 $y$	1.5-2.0, 一様分布(double)

Table 3 (b) モデルパラメータの設定根拠

記号	内容・パラメータ名	数値	根拠等
$\alpha$	自己資本比率水準	0%	定義(マイナス水準)
$\beta$	市場性資産収益率	1.2%	市場実測(各国10年債水準*1)
$\gamma$	非市場性資産収益率	1.0%	市場実測(貸出約定平均金利*2)
$\delta$	最低オーダー量	1	予備実験
$\epsilon$	出し手-取り手の短期調達・運用量	5%	予備実験
$\zeta$	割当率	50%	予備実験
$\eta$	99%信頼水準	2.33	定義(VaR 99%信頼水準)
$\theta$	分散投資割合	10%	予備実験
$\iota$	資金ギャップ調整	10%	市場実測(取り手・出し手平残*3)

\*1) 本邦 10 年債:0.270%, 米国 10 年債:2.269%, 独国 10 年債:0.629%(2015.12 末基準), \*2) 貸出約定平均金利(国内銀行総合)新規:0.927%, ストック:1.110%(出所:「貸出約定平均金利の推移 2015 年 12 月分」,日銀), \*3) (出所:コール市場の貸し手と借り手(2008 年 7 月)平均残高[黒田&加藤 2009]から算出)

### 5.3 金融システムの安定性について

ここでは, Case1:BS 制約なし, 及び Case2:BS 制約あり, の 2 パターンにつき, Table 3 で示したパラメータを各 100 回発生させてシミュレーションを実施した. システムの安定性を表す残存金融機関数につき, 5 step 毎の箱ひげ図を表したものが Fig. 5 (a)(b) である. Case1:BS 制約なしの方が残存数のばらつきが大きく, 残存数の少ない範囲にもより多く分布していることが分かる. なお, 最終ステップでの平均残存数は, Case1:BS 制約なしの場合が 12.8 社, Case2:BS 制約ありの場合が 19.7 社となっており, BS 制約ありの方が破綻金融機関数が抑えられている. この点, BS 制約を課すことによって, 金融システムの安定性を高めうることが示された.

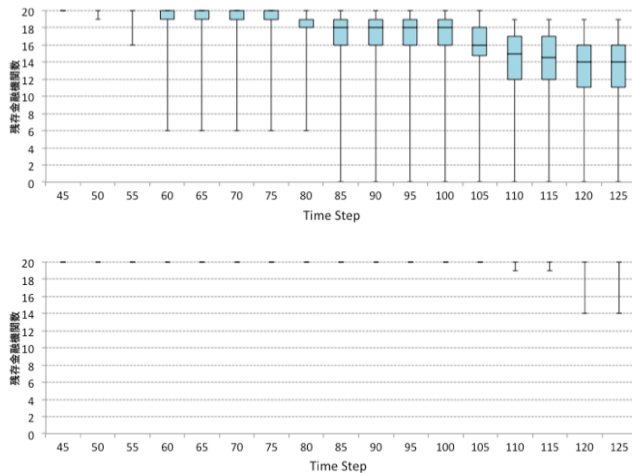


Fig. 5 残存金融機関数の箱ひげ図 (5 step 毎, 上図(a)が BS 制約なし, 下図(b)が BS 制約ありの場合). 箱ひげは最大値, 第三分位点, 中央値, 第一分位点, 最小値を示す. BS 制約なしの方が残存数のばらつきが大きく, 残存数の少ない範囲にもより多く分布していることが分かる. なお, 45 step 未達は破綻が生じていなかったため省略した.

### 5.4 流動性について

#### 5.4.1 個別試行

BS 制約なし・ありの各ケースにつき, 市場性資産の流動性に与える影響を確認する. 前節と同様,

Table 3 に従う同一の初期パラメータセットを用い, 対応する 1 サンプル試行について結果の比較を行った. Case1:BS 制約なし, 及び Case2:BS 制約あり, の 2 パターンにつき, 流動性のマクロ指標である市場性資産の総売買量 Gross amount の推移を示したのが Fig.6(a)(b)である. 各ケース共通する傾向としては, 各金融機関とも, 1)当初は ROE・予算制約から市場性資産を積み増す意思決定に傾きがちとなり,スタート時から主に購入量を増加させた, 2)その後, 相場下落及びボラティリティ増加による VaR 増大から, 一時 VaR 制約に抵触するなどして売却量が増える状況も散見された, ことが挙げられる. 一方で, 最終 step 時における総売買量の合計値は, Case1:BS 制約なしの場合が 1,326 に対し, Case2:BS 制約ありの場合が 480 となっており, 後者のケースの方が限定的となっていることが分かる.

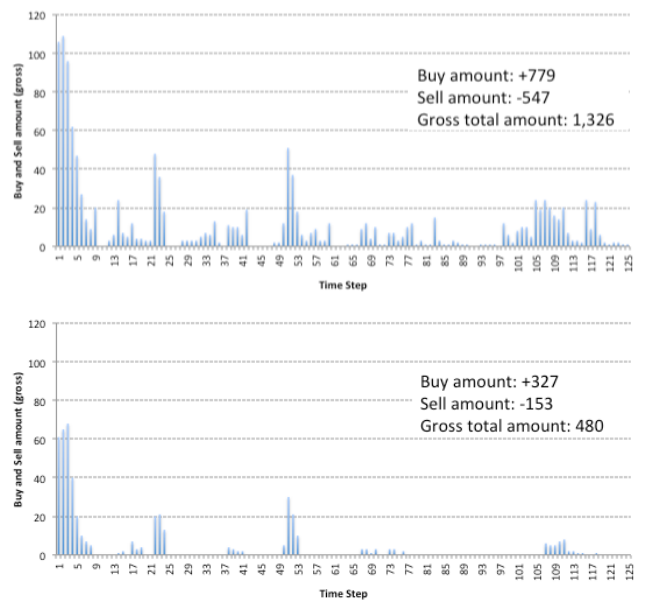


Fig.6 市場性資産の総売買量の推移(上図(a)が BS 制約なし, 下図(b)が BS 制約ありの場合). 当初は ROE・予算制約から市場性資産を積み増す意思決定に傾きがちとなり,主に購入量が増加. その後は, 相場下落及びボラティリティ増加による VaR 増大から, 一時 VaR 制約に抵触するなどして売却量が増える状況も散見. 一方, 最終 step までの総売買量の合計値は, BS 制約ありの場合が限定的となった.

#### 5.4.2 全体試行

前節の個別試行を受け, Case1:BS 制約なし, 及び Case2:BS 制約あり, の 2 パターンにつき, Table 3 で示したパラメータを各 100 回発生させてシミュレーションを実施した結果が以下の Table 4 である.

Table 4 市場性資産の総売買量の平均値と標準偏差. 前節のサンプル試行と同様, 最終 step での総売買量は, BS 制約ありの場合が BS 制約なしの場合に比べ限定的となり, 約 4 割程度に留まった.

	Case1: BS制約なし	Case2: BS制約あり
平均	1,217.5	442.1
標準偏差	202.2	49.3

最終 step での総売買量の合計値は, 前節でのサン

プル試行同様、BS制約ありの場合がBS制約なしの場合に比べ限定的となり、約4割程度に留まった。この点、BS制約を課すことにより、各金融機関の売買行動は抑制的となり、市場性資産の流動性は低下する可能性が示された。

## 5. おわりに

本研究では、著者らが提案している金融規制及び金融機関の運用・調達行動を表現したシステミック・リスクのシミュレーションモデル[Kikuchi et al. 2015][Kikuchi et al. 2016]を拡張し、金融システムの安定性及び市場性資産の流動性を表現するモデルを提案した。

その上で、各種運営制約・相場観の下、バランスシート制約を想定し、市場性資産のパラメタ発生レンジを制限を加えたケース（「Case1:BS制約あり」）と加えないケース（「Case2:BS制約なし」）についてシナリオ分析を行った。

金融システムの安定性に係る全体傾向では、Case1:BS制約ありの方が破綻金融機関数が抑えられており、バランスシート制約を課すことによって、金融システムの安定性を高めうることを示された。

一方、市場性資産の流動性に係る個別試行及び全体試行では、Case1:BS制約ありの場合が、Case2:BS制約なしの場合に比べ、総売買量に関して限定的となった。BS制約を課すことにより市場性資産の流動性は低下する可能性が示された。

以上の結果は、規制強化の流れは金融機関の安定性を高めたという評価がある一方、市場の流動性を低下させた懸念があるという先行研究[富安 2016]とも整合的であると考えられる。

## 文 献

[佐原 2015] 佐原雄次郎: 国際的な金融規制改革の動向 (9訂版), みずほ総合研究所, 2015.  
[富安 2016] 富安弘毅: 規制によるコスト増と流動性の低下について, 証券アナリストジャーナル, Vol. 54, No.2, pp.35-46, 2016.  
[宮内 2015] 宮内惇至: 金融危機とバーゼル規制の経済学リスク管理から見る金融システム, 勁草書房, 2015.  
[Kikuchi et al. 2015] Takamasa Kikuchi, Hiroshi Takahashi and Takao Terano: The Propagation of Bankruptcies of Financial Institutions — an Agent Model of Financing Behavior and Asset Price Fluctuations, The 9th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social Complex Systems, 2015.  
[Kikuchi et al. 2016] Takamasa Kikuchi, Masaaki Kunigami, Takashi Yamada, Hiroshi Takahashi and Takao Terano: Analysis of the Influences of Central Bank Financing on Operative Collapses of Financial Institutions using Agent-based Simulation, IEEE The 40th Annual International Computers, Software & Applications Conference, the 3rd International workshop on Social Services through Human and Artificial Agent Models, 2016.

[Allen and Gale 2000] Allen, F. and D. Gale: Financial Contagion, Journal of Political Economy, Vol. 108, Issue 1, pp. 1-33, 2000.  
[Freixas et al. 2000] Freixas, X., B. Parigi and J. C. Rochet: Systemic Risk, Interbank Relations, and Liquidity Provision by the Central Bank, Journal of Money, Credit, and Banking, Vol. 32, No. 3, pp. 611-638, 2000.  
[Eisenberg and Noe 2001] Eisenberg, L, Noe, H.: Systemic Risk in Financial Systems, Management Science, Vol. 47, No. 2, pp. 236-249, 2001.  
[Gai & Kapadia 2010] Gai, P and Kapadia, S.: Contagion in Financial Networks, Bank of England, Working Paper No. 383, 2010.  
[Nier et al. 2007] Nier, E., Yang, J., Yorulmazer, T., and Alentorn, A.: Network models and financial stability, Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 31, No. 6, pp. 2033-2060, 2007.  
[May and Arinaminpathy 2010] May, R., and Arinaminpathy, N.: Systemic risk: the dynamics of model banking system, J. R. soc. Interface, Vol. 7, No. 46, pp. 823-838, 2010.  
[前野 et al. 2012] 前野義晴, 森永聡, 松島宏和, 天谷健一: 銀行ネットワークの破綻リスク, 人工知能学会論文誌, Vol. 27, No. 6, pp. 338-346, 2012.  
[Suzuki et al. 2015] Yoshito Suzuki, Akira Namatame, and Yuji Aruka, "Agent-based Modeling of Economic Volatility and Risk Propagation on Evolving Networks", Proceedings of the 18th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems, Vol. 1, pp. 463-478, 2015.  
[橋本 and 倉橋 2015] 橋本守人, 倉橋節也: "資金取引ネットワークにおけるシステミックリスク指標の効果分析", 共同エージェントワークショップ&シンポジウム2015, 2015.  
[日銀 1995] 金融機関ALMの現状と課題, 日本銀行月報, 9月号, 1995.  
[Merton 1974] Merton, Robert C.: On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates, The Journal of Finance, Vol. 29, No. 2, pp. 449-470, 1974.  
[Basel 1996] Amendment to the capital accord to incorporate market risks, Basel Committee on Banking Supervision, 1996.  
[黒田 and 加藤 2009] 黒田啓征, 加藤出: 東京マネー・マーケット [第7版], 東短リサーチ株式会社(編), 有斐閣, 2009.  
[伊藤 2014] 伊藤邦雄ほか: 「持続的成長への競争力とインセンティブ〜企業と投資家の望ましい関係構築〜」プロジェクト (伊藤レポート) 最終報告書, 経済産業省, 2014.  
[金融庁資料] バーゼル3(国際合意)の概要, 金融庁.  
[http://www.fsa.go.jp/policy/basel\\_ii/basel3.pdf](http://www.fsa.go.jp/policy/basel_ii/basel3.pdf)  
[安藤 2004] 安藤美孝: ヒストリカル法によるバリュエーション・リスクの計測: 市場価格変動の非正常性への実務的対応, 金融研究, 2004.  
[Luenberger 1997] David G. Luenberger: Investment Science, Oxford University Press, New York, 1997.  
[FSB資料]  
<http://www.fsb.org/wp-content/uploads/2015-update-of-list-of-global-systemically-important-banks-G-SIBs.pdf>  
[今久保 and 野副 2008] 今久保 圭, 副島 豊, "コール市場の資金取引ネットワーク," 金融研究, 2008.