

# 金融機関の ALM 運営を考慮した破綻伝播のエージェントモデル

菊地 剛正<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>, Takashi Yamada<sup>\*2</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>\*3</sup>, Takao Terano<sup>\*1</sup>

**Abstract:** リーマンショック以降の金融危機に関する理論・実証研究では、各種金融規制とそれらに基づく金融機関行動に注目が集まっている。なかでも自己資本制約や市場リスク制約下においては、金融機関の投融资行動を通じてレバレッジが増幅される可能性が指摘されている。本研究では、著者らが提案している資産価格変動と資金繰り行動を考慮した金融機関の破綻伝播モデルを拡張し、金融機関の調達行動のみならず、各種規制下での金融機関の投資・運用行動を陽に表現できるモデルを提案する。

**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

金融危機に対する教訓から、金融機関及び金融システムの安定に資するため、様々な研究が行われている。リーマンショック後の理論・実証研究では、1)金融機関の信用力悪化による流動性リスクの顕在化[Brunnermeier 2009], 2)金融機関のレバレッジ増幅[Krishnamurthy 2010]等、金融危機の内生的メカニズム[Adrian & Shin 2010]にフォーカスを当てたものがある。そこでは投融资行動や資金繰り行動等、金融機関行動が重要な側面として採り上げられている[大橋&服部 2012]。他方、金融機関の破綻伝播に係るシミュレーション研究は多数存在するが、これまで当該論点が陽に取り扱われてきたとは言い難い[Nier et al. 2008] [May & Arinaminpathy 2010] [前野 et al. 2012] [Suzuki et al. 2015] [橋本&倉橋 2015]。

著者らは先行研究にて、上述の 1)流動性リスクにフォーカスし、エージェントモデルにより金融機関の主體的な資金繰り行動を記述し、併せて近年注目されている中央銀行の資金供給の問題(LLR 機能)にもアプローチした[Kikuchi et al. 2015]。本研究では更に 2)金融機関のレバレッジ増幅の問題を扱う。具体的には、各種金融規制下での機関投資家、特にバンキング勘定を想定した投資行動をモデル化する。先行研究と併せて、市場環境に適応的な金融機関の ALM 運営を表現し、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モデルを提案する。

## 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危機の伝播・伝染に注目した

研究では、理論・実証分野においては[Allen&Gale 2000]や[Freixas et al. 2000], [Degryse & Nguyen 2007]等が挙げられる。また、コンピュータシミュレーションを用いたものとして、[Eisenberg & Noe 2001] や[Gai & Kapadia 2007], [Nier et al. 2008], [May & 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&倉橋 2015]等が挙げられる。

### 2.2 金融危機の理論・実証研究

リーマンショック後の金融危機に係る理論・実証研究では、ROE 重視の風潮や VaR によるリスク管理が金融機関の投融资行動を規定し、バランスシートの変動幅を拡大させ、連鎖倒産の可能性を高めているとしている[Krishnamurthy 2010]。これらは一般貸出先の倒産による個別的なショックだけでなく、保有する市場性資産の市場価格変動を通じたマクロ的ショックが金融機関の連鎖倒産に与える影響の重要性を訴えるものであると考える。

また、リーマンショック時には、市場環境の悪化を通じ、市場性資産を保有する個別金融機関の信用力が悪化し資金調達が困難な状況となり、多くの金融機関で流動性リスクが顕在化した[Brunnermeier 2009]。当該論点は金融機関の資金繰り行動に係るものであると言えよう。

## 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)が投融资行動, c)が資金繰り行動によると考える。

#### 3.1.1 投融资行動

金融機関は金融仲介機能の発現として融資・一般貸

<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

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、投融資の対象を”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、日々の投融資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

#### 3.3.1 破綻要因

本モデルでは、金融機関の破綻要因を以下の3つとしている：1)自己資本比率の一定値以下への減少、2)資金繰りの失敗、3)債務超過。1)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[FSA webpage]。2)は資金繰り破綻に対応するものであり、短期金融市場にて自社の資金ギャップを埋めることが出来なかった場合を想定している。3)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3)の要因は May & Arinaminpathy モデル(以下、「MAモデル」とする)[May & Arinaminpathy 2010]で取り扱われているものと同様である。

#### 3.3.2 先行研究との対比

破綻要因を先行研究との対比で図式化したのが Fig.1 である。

### 3.4 概念モデル

以下に概念モデルを示す(Fig.2)。エージェントは金融機関であり、属性として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

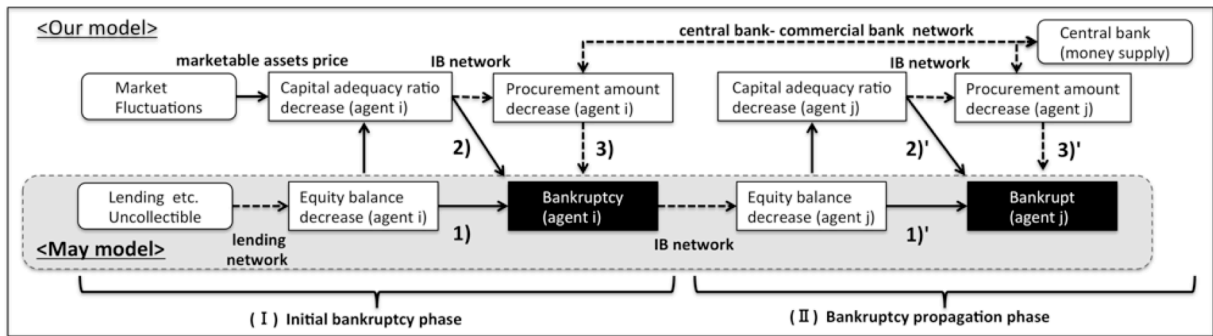


Fig.1 提案モデルでの破綻要因：1)資本残高の減少(MAモデルと同様)、2)自己資本比率の減少、3)資金繰りの失敗

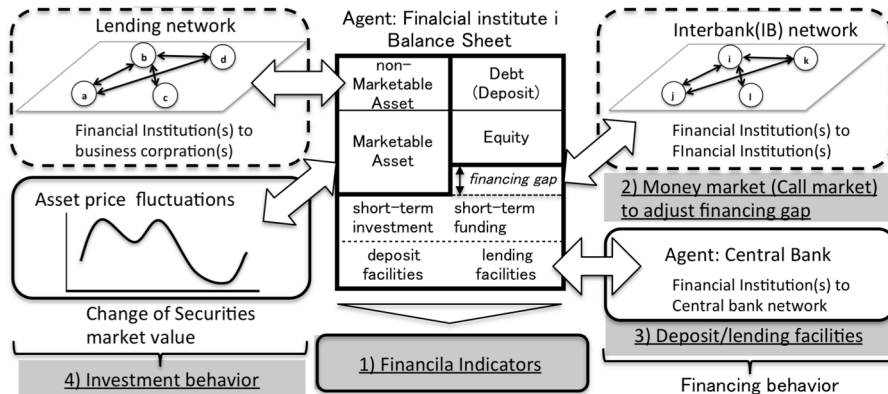


Fig.2 概念モデル：下線の1)-3)は先行研究[Kikuchi et al. 2015]における拡張ポイント。本稿では4)につき拡張を行う。

の取引ネットワーク及び金融機関間の短期運用・調達を行うインターバンク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) 投融資行動（資産項目の増減に係る意思決定）と 2) 資金繰り行動（インターバンク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。

#### 4. モデルの概要

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、MA モデル[May & Arinaminpathy 2010]を基にした拡張モデルを提案している[Kikuchi et al 2015]。当該モデルは MA 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、インターバンク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、この繰り返して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) インターバンク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、等を表現し、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。

##### 4.1 エージェント

###### 4.1.1 金融機関

MA モデル同様、金融機関  $a_i (i=1, \dots, N)$  は単純化したバランスシートを持つ(Table 1)。また、資金ギャップを以下のように定義し、正のものを出し手  $C_{surplus}$ 、負のものを取り手  $C_{shortage}$  に分類する。

$$Gap_i = D_i + E_i + LF_i - nonMA_i - MA_i^{簿価} - DF_i$$

また、自己資本比率( $CAR_i$ )とインカム収益( $IP_i$ )、 $ROE_i$ を以下のように定義する：

$$CAR_i = (E_i + (MA_i^{t時価} - MA_i^{簿価})) / (nonMA_i + MA_i^{簿価})$$

$$\text{破綻条件} : CAR_i < \alpha$$

(ここで、 $MA_i^{t時価} = MA_i^{簿価} / P_0 * P_t$ ,  $P_t$ : step  $t$  での市場価格)

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

$$ROE_i = IP_i / E_i, \beta, \gamma : \text{市場/非市場性資産収益率}$$

更に、金融機関は最低要求自己資本比率 ( $CAR\text{-demand}_i$ ) 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
非市場性資産 nonMA	負債 D
市場性資産 MA <sup>簿価</sup>	資本 E
中銀預金 DF	中銀借入 LF
短期運用 SI	短期調達 SF

##### 4.1.2 中央銀行

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。

#### 4.2 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  $W_i^{Interbank}$  とのインターバンク間で短期運用・調達を行い、資金ギャップを解消する。

なお、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。

#### 4.3 資金繰り行動

##### 4.3.1 出し手と取り手の意思決定

出し手から取り手への資金供給は以下の通り：  
(Step1) 取り手  $a_i$  が出し手  $a_j$  へ行う  $amount_{ij} > 0$  の資金オーダー  $Order(i, j, amount_{ij})$  を生成する。

ここで、 $a_i \in C_{shortage}$ ,  $a_j \in C_{surplus}$ ,  $\delta$ : minimum order size  $\in Z$ ,  $amount_{ij} = \max(\text{ceil}(Gap_i / \#(C_{surplus} \cap W_i^{Interbank})), \delta) \in Z$  とする。

(Step2)  $a_j$  が  $a_i$  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： $CAR_i \geq CAR\text{-demand}_j \wedge amount_{ij} \leq Gap_j - \sum amount_{other\ done\ orders}$

非約定条件：上記以外

(Step1') 非約定の場合、 $a_i$  はオーダー先や amount を変更し得る。

ここで、 $Order(i, j, amount_{ij}) \rightarrow Order'(i, k, amount'_{ik})$ ,  $k \in C_{surplus} \cap W_i^{Interbank}$

(Step3)  $a_i$  が  $Gap_i$  を埋められない場合、破綻となる。

##### 4.3.2 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&加藤 2009]、出し手・取り手以外の次のような短期取引も勘案することとする：

$Order(i, j, amount_{ij})$ ,  $\epsilon$ : 両建て取引比率

ここで、 $(a_i, a_j) \in (C_{shortage}, C_{shortage})$  or  $(C_{surplus}, C_{surplus})$  or  $(C_{surplus}, C_{shortage})$ ,  $\sum_j |amount_{ij}| \leq (MA_i^{簿価} + nonMA_i) * \epsilon\%$ 。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。

#### 4.4 投融資行動

##### 4.4.1 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) や d) 自己の相場観に従い、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、 $0 \leq MA_i^{\text{簿価}} \leq MA_i^{\text{簿価}} + DF_i$  とする。なお、非市場性資産の残高を一定とし、融資行動は取り扱わない。

#### 4.4.2 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、 $VaR_i = MA_i^{\text{簿価}} * \text{sqrt}(n \text{ day}) * (r_{\text{avg}} - \eta * \sigma_m)$ 、また、 $r_{\text{avg}}$  及び  $\sigma_m$  は  $P_t$  の日次リターン(m day)から算出する。

Table 2 運営制約と相場観の定式化

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 $CAR\text{-demand}$
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	$f = \text{期待リターン } r_{\text{exp}} - \text{リスク回避度 } \lambda_i + \text{市場リスク } \sigma_m$

#### 4.4.3 投資決定

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

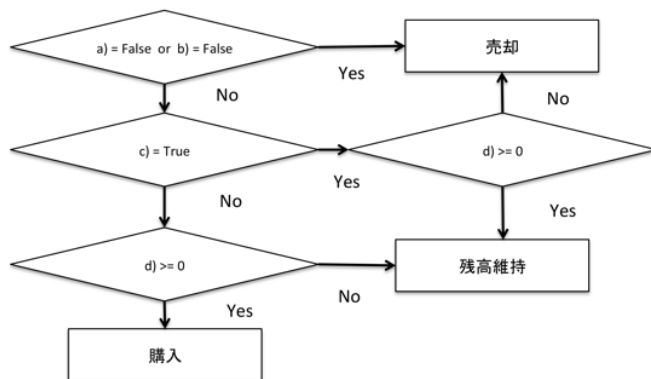


Fig.3 投資決定に係るフローチャート

ここで、a)またはb)を満たさない場合は強制的に売却、c)を満たし  $d) < 0$  の場合も売却、c)を満たし  $d) \geq 0$  の場合は残高維持、c)を満たさず  $d) < 0$  の場合も現状維持、c)を満たさず  $d) \geq 0$  の場合は購入、とする。

#### 4.4.4 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:** 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  $\theta\%$  を購入する。ここで、 $\theta$ : 時間分散係数。

**売却量:** 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。

#### 4.5 破綻の伝播

任意の金融機関  $a_i$  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。

$$E_j' = E_j - S I_j \quad (\text{ここで、破綻条件: } E_j' < 0)$$

### 5. モデルの挙動確認

ここではまず、少数金融機関によるシミュレーションを通じ、本提案モデルが、各種制約下での投資行動を実現出来ていることを確認する。全体の破綻状況を確認した上で(5.2)、破綻金融機関及び非破綻金融機関の投資行動のログ分析を行う(5.3)。その後、投資行動を行わなかった場合(ROE制約がなかった場合)の仮想シミュレーションを行い、各種運営制約の組み合わせについて検討を行う(5.4)。

#### 5.1 共通設定

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ように作成し、外部的に与えた:

(step1) リーマンショック前後の1年間のTOPIX及びS&P500の日次収益率及び同標準偏差(ヒストリカル)を算出、それぞれの平均を取る。

(step2) 正規分布を仮定、価格パスを100個生成<sup>1</sup>。

(step3) それらのうち、最低価格を取るものを採用。

次に、当該シミュレーションに用いるパラメータを Table 3 に示す。金融機関数は10社(#1~#10、出し手と取り手が各々5社)、インターバンクネットワークは完全グラフとした。また、中銀借入は中銀預金と同値とし、他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、 $\alpha: 0\%$ 、 $\beta: 1.2\%$ 、 $\gamma: 1.0\%$ 、 $\delta: 1$ 、 $\varepsilon: 10\%$ 、 $\zeta: 50\%$ 、 $\eta: 2.33$ 、 $\theta: 10\%$ 、 $r_{\text{exp}}: 1.2\%$ 、 $n: 10$ 、 $m: 16$  とした。

Table 3 シミュレーションに用いるパラメータセット

パラメータ名	値
金融機関数 N	10 (出し手: 5, 取り手: 5)
インターバンクネットワーク $W^{\text{interbank}}$	完全グラフ
非市場性資産 nonMA	100, 一定値(int)
市場性資産 MA	20-50, ランダム一様分布(int)
中銀預金 DF	10-25, ランダム一様分布(int)
資金ギャップ Gap	絶対値が資産の5-10%, ランダム一様分布(int)
自己資本比率 CAR	12%-22%, ランダム一様分布(double)
最低要求自己資本比率 CAR-demand	0%-4%, ランダム一様分布(double)
リスク回避度 $\lambda$	0.0-1.0, ランダム一様分布(double)
予算目標 $y$	2.0, 一定値(double)

#### 5.2 全体の破綻状況

ここでは、小規模のシミュレーションにより、全体的な破綻がどのように生じるかを見る。サンプル試行の結果は以下の通りである(Fig.4):

<sup>1</sup> 本シミュレーションでは、簡単のため、Microsoft社 Excel の NORMINV 関数を用いて生成した。

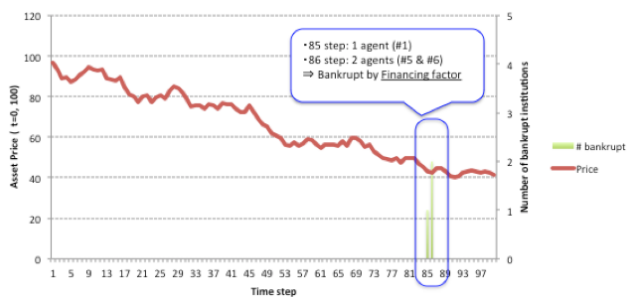


Fig.4 与えた市場性資産の価格時系列と破綻金融機関数:本サンプル試行では85step目で1社, 86step目で2社の破綻が確認された。

本サンプル試行では, 85step目と86step目にそれぞれ1社, 2社の破綻が確認された。このうち, 破綻した金融機関#5と破綻しなかった金融機関#7に注目し, 次のセクションでログ分析を進める。

### 5.3 投資行動のログ分析

#### 5.3.1 金融機関#5の投資行動と財務状況

破綻した金融機関#5の市場性資産の残高と自己資本比率の推移を示したのがFig.5である。

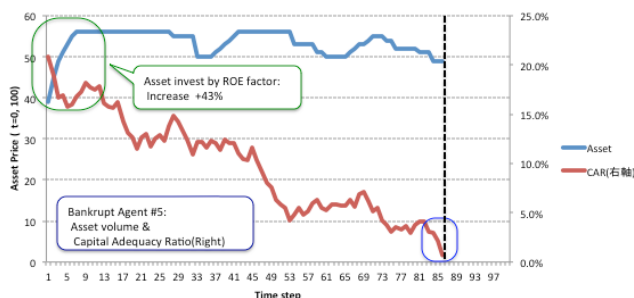


Fig.5 破綻金融機関#5の市場性資産の残高と自己資本比率(CAR, 右軸)の推移. 当初市場性資産を積み増し, その後も高い水準を維持している。一方, 自己資本比率は相場下落を受けて漸減, 0%に近接し, 86step目で資金ギャップを埋めることができず, 破綻となった。

金融機関#5はリスク回避度が0.23と相対的に低く, ROE・予算制約からも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40%以上残高を増加させた。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制約に抵触し, 残高を減少させることもあったが, その後も高い水準を維持した。その結果, 市場価格変動への感応度が高まり, 市場価格下落に伴い自己資本比率は漸減した。当該金融機関は取り手であり, 86step目で資金ギャップを埋めることに失敗し, 破綻となった。

#### 5.3.2 金融機関#7の投資行動と財務状況

破綻しなかった金融機関#7の市場性資産の残高と自己資本比率の推移を示したのがFig.6である。

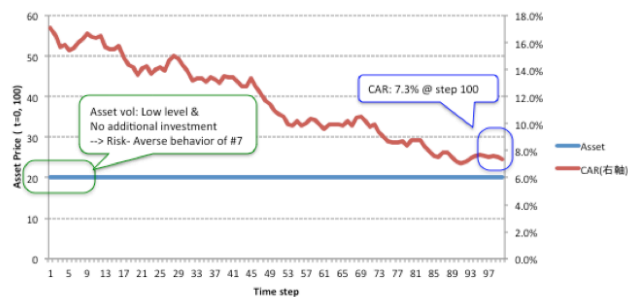


Fig.6 非破綻金融機関#7の市場性資産の残高と自己資本比率(CAR, 右軸)の推移. 市場性資産への追加投資は行わず, 相場下落を受けても自己資本比率の減少は限定的となり, 最終的に残存した。

金融機関#5はリスク回避度が0.89と相対的に高く, ROE・予算制約を満たしていなかったが, 相場観的に市場性資産を積み増す意思決定がなされなかった。当初の市場性資産の残高水準も相対的に低く, 市場価格の下落に対しても自己資本比率を維持する結果となった(最終的に7.3%)。

### 5.4 仮想シミュレーション

5.3.1節のケースにて, ROE・予算制約がなく, 市場性資産への追加投資を行わなかった場合の仮想シミュレーションを行った。制約あり及びなしの場合の自己資本比率の推移を示したのがFig.7である。

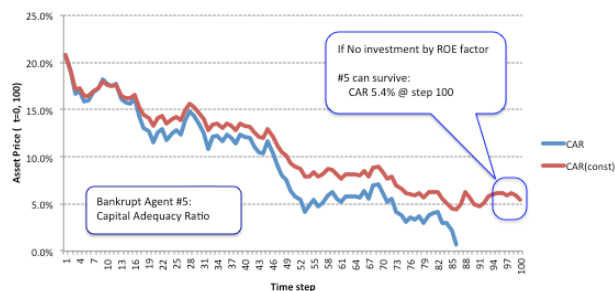


Fig.7 破綻金融機関#5につき, 市場性資産への追加投資を行わなかった場合の自己資本比率の推移. 相場下落を受けても自己資本比率の減少は限定的となり, 最終的に破綻せず残存する可能性が示された。

制約なしの場合, 当初の市場性資産の残高を維持することで, 市場変動に対する感応度は高まらず, 相場下落を受けても自己資本比率の減少は限定的となった(最終的に5.4%)。

### 5. おわりに

本研究では, サンプルケースにて, 各種金融規制下(自己資本制約, VaR制約, ROE・予算制約)にて各金融機関が投資意思決定を行い, バランスシートを増減させる様子や破綻に与える影響を確認した。当該結果から, 破綻金融機関及び非破綻金融機関を抽出し, それぞれのログ分析を行った。また, 破綻金融機関につき, ROE・予算制約が緩和された場合の仮想シミュレーションを行い, 破綻への影響を観察した。

モデルの挙動確認からは, ROE・予算制約により市場性資産の残高を拡大する方向で意思決定を行う

金融機関もあり、当該金融機関は市場変動に対する感応度が高まることで、破綻に至るケースが散見された。これはバランスシートの増幅が破綻の可能性を高めるといった先行研究[Krishnamurthy 2010]とも整合的であると考えられる。また、追加シミュレーションでは、上述の破綻ケースにつき、ROE・予算制約がなかった場合の仮想シミュレーションを実施した。この場合、市場変動に対する感応度が抑えられることで破綻が回避された。本シミュレーションで用いたような資産価格下落局面では、各種制約につき当初期待された有用性は必ずしも発揮されず、制約の組み合わせによっては、むしろ破綻可能性を高める可能性が示された。

## 文 献

[Eisenberg & Noe 2001] Eisenberg, L, Noe, .H.: “Systemic risk in financial systems”, *Management Science* 47(2), 2001.

[Gai & Kapadia 2007] Gai,P and Kapadia,S.: ”Contagion in Financial Networks”, Bank of England, 2007.

[Nier et al. 2008] Nier, E., Yang, J., Yorulmazer, T., and Alentorn, : “A Network models and financial stability”, *J. Econ. Dyn. Control* 31, 2007.

[May & Arinaminpathy 2010] May, R., and Arinaminpathy, N: “Systemic risk : the dynamics of model banking system”, *J. R. soc. Interface*, 7,(46), 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*27巻6号, 2012.

[橋本&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ムリスク指標の効果分析”, *JAWS2015 予稿集*, 2015.

[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.

[Degryse & Nguyen 2007] Degryse, H. and G. Nguyen, “Interbank Exposure: An Empirical Examination of Contageio Risk in the Belgian Banking System”, *International Journal of Central Banking*, Vol.3, No.2, pp. 123-171, 2007.

[Allen & Gale 2000] Allen,F. and D, Gale,“Financial Contagion”, *Journal of Political Economy*, no. 108, pp.1-33, 2000.

[Adrian & Shin 2010] Adrian, Tobias, and Hyun Song Shin, “Liquidity and Leverage”, *Journal of Financial Intermediation*, 19, 2010.

[Brunnermeier 2009] Brunnermeier, Markus. K., and Lasse H. Pedersen, “Market Liquidity and Funding Liquidity”, *Review of Financial Studies* 22, 2009.

[Suzuki et al. 2015] Yoshito Suzuki, Akira Namatame, and Yuji Aruka, “Agent-based Modeling of Economic Volatility and Risk Propagation on Evolving Networks”, *CEF* 2015, 2015.

[Krishnamurthy 2011] Krishnamurthy, Arvind, “Amplification Mechanisms in Liquidity Crises”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2, 2010.

[黒田&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.

[FSA webpage] FSA 「バーゼル 3 国際合意の概要」

[http://www.fsa.go.jp/policy/basel\\_ii/basel3.pdf](http://www.fsa.go.jp/policy/basel_ii/basel3.pdf)

[Basel 1996] Amendment to the capital accord to incorporate market risks, Basel committee, 1996.

[Merton 1974] Merton, Robert C., “On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates,” *The Journal of Finance*, 1974.

[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.

[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)”, 経済産業省, 2014.

[日銀 1995] “金融機関ALMの現状と課題”, 日本銀行月報, 1995.

[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”, *AESCS2015 proceedings*, 2015.

[大橋&服部 2012] 大橋和彦, 服部正純: ”金融危機、金融市場、金融仲介機能に関する研究の潮流 -危機がもたらした視点・力点の変化の整理-”, *Bank of Japan Discussion Paper* No. 2012-J-8, 2012.