



日本銀行ワーキングペーパーシリーズ

中央清算機関の財務資源の 定量的な評価方法について

寺門聡*

satoshi.terakado@jp.kpmg.com

No.15-J-1
2015年3月

日本銀行
〒103-8660 日本郵便（株）日本橋郵便局私書箱 30号

* 決済機構局（現・有限責任 あずさ監査法人）

日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、日本銀行員および外部研究者の研究成果をとりまとめたもので、内外の研究機関、研究者等の有識者から幅広くコメントを頂戴することを意図しています。ただし、論文の中で示された内容や意見は、日本銀行の公式見解を示すものではありません。

なお、ワーキングペーパーシリーズに対するご意見・ご質問や、掲載ファイルに関するお問い合わせは、執筆者までお寄せ下さい。

商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行情報サービス局 (post.prd8@boj.or.jp) までご相談下さい。転載・複製を行う場合は、出所を明記して下さい。

中央清算機関の財務資源の定量的な評価方法について¹

寺門 聡[†]

【要旨】

中央清算機関（CCP）とは、清算に参加する金融機関同士の金融取引によって発生する債権債務を引き受け、これを履行する重要な金融市場インフラである。このため、2012年4月に公表された新しい国際基準「金融市場インフラのための原則」では、CCPが清算参加者の破綻に伴って発生する損失を補填するため、CCPの財務資源が一定の要件を満たすことを求めている。もっとも、その設計方針は定量分析に委ねられており、一部の国では現在、こうした分析を進めるための枠組みを整備する動きがみられている。

こうした状況を踏まえ、本稿では、モンテカルロ・シミュレーションの手法を使いながら、CCPの財務資源を定量的に評価する方法の構築を試みた。CCPによって財務資源の設計内容は多岐に亘るが、本稿では、清算参加者の破綻発生後、破綻していない参加者から財務資源を追加的に徴求する手段と位置付けられる「再建ツール」に焦点を当てて分析を行った。具体的には、2014年10月に公表された「金融市場インフラの再建」で示されている「包括性」と「測定可能性」という基準を用いて、再建ツールの評価を行った。

シミュレーションの結果、CCPが清算参加者に対して抱えるエクスポージャーの分散・集中度合いに応じて、CCPが備えるべき財務資源の設計内容も異なることが確認された。これは、財務資源の設計にあたっては、清算対象である市場の構造や、清算参加者のリスク特性等の把握が重要であることを示唆している。

¹ 本稿の作成においては、日本銀行のスタッフから有益なコメントを頂戴した。記して感謝の意を表したい。本稿の内容や意見は、筆者個人に属するものであり、日本銀行の公式見解を示すものではない。また、あり得べき誤りは筆者個人に属する。

[†] 日本銀行決済機構局

（現・有限責任 あずさ監査法人 Email : satoshi.terakado@jp.kpmg.com）

目 次

1. はじめに	3
2. CCP における損失補填制度.....	5
3. CCP の再建ツール.....	7
(1) 再建ツールの詳細.....	8
(2) 再建ツールの設計方針.....	9
(3) 再建ツールの評価基準.....	12
4. 財務資源設計のためのシミュレーション分析	13
(1) シミュレーション分析の枠組み.....	13
(2) モデルの設定	16
(3) CCP のポートフォリオ.....	21
(4) シミュレーション手順.....	24
5. シミュレーション結果とインプリケーション	25
(1) モデルの概要と評価指標	25
(2) シミュレーション結果.....	27
(3) 分析結果から導かれるインプリケーション：まとめ	30
6. おわりに	35
(1) モデルと分析結果のまとめ.....	35
(2) モデルの課題と発展の方向性.....	36
補論 1. CCP の信用リスク管理.....	38
補論 2. シミュレーションに係るモデルについて	44
参考文献.....	48

1. はじめに

中央清算機関（central counterparty、以下 CCP）とは、清算に参加する金融機関（以下、参加者）同士の金融取引によって発生する債権債務を引き受け、これを履行する重要な金融市場インフラである。CCP は、金融取引の相手方が破綻することによって損失を被るリスク（カウンターパーティ・リスク）を削減する上で重要な役割を果たしている。すなわち、CCP が金融取引に介在することによって、金融機関同士のカウンターパーティ・リスクを、CCP に対するカウンターパーティ・リスクに置き換えることができるため、金融機関のリスク管理向上に資すると考えられている。

CCP の役割が注目されるようになった背景には、2007 年以降の世界的な金融危機において、店頭デリバティブ取引における取引相手方の破綻が市場全体に波及するリスクが広く認識されるようになったことが挙げられる。この結果、主要国では CCP の利用義務付け（清算集中）を通じて、カウンターパーティ・リスクを削減することが金融市場の安定化に資するとの見方が共有されるようになった。これを受け、2009 年 9 月に開催された G20 ピッツバーグ・サミットの首脳声明では、標準化されたすべての店頭デリバティブ契約が CCP を通じて決済されるべきであると明記された。

この間、主要国では、カウンターパーティ・リスクを引き受ける CCP についても、リスク管理の適正化が求められるようになってきている。すなわち、CCP では参加者が破綻した場合、この参加者のポジションを再構築すると共に、他の参加者との債務の履行を保証する役割を担うが、その過程で発生する損失については、損失補填制度、ないし損失分担ルールに基づいて、関係者間でどのように補填・分担するかを予め決めておくことが望ましい。

こうした中、BIS 支払・決済システム委員会 (CPSS)¹と証券監督者国際機構 (IOSCO) では 2012 年 4 月、新しい国際基準「金融市場インフラのための原則」(Principles for financial market infrastructures<以下、FMI 原則>)を策定・公表し、金融市場インフラのリスク管理を多岐に亘って強化するよう求めた。このうち、CCP については、参加者が破綻した場合に CCP が被る損失を補填するための「財務資源」が一定の要件を満たすことと定められている。具体的には、①極端であるが現実に起こり得る市場環境において、最大のエクスポージャーをもたらす可能性がある参加者が破綻した場合、その損失をカバーするための財務資源を整備すること²や、②それ以外の様々なストレス・シナリオの下で発生し得る損失についても、これを十分にカバーするような財務資源を整備することが求められている。この中には、参加者から事前に徴求する当初証拠金 (IM) のほか、ある参加者の破綻に伴う損失を事前に預託した基金によって補填するデフォルト・ファンド (DF) などが含まれており、これらは

¹ 2014 年 9 月 1 日より、BIS 決済・市場インフラ委員会 (CPMI) に名称を変更。

² より複雑なリスク特性を伴う CCP、またはシステム的に重要な CCP は、極端であるが現実に起こり得る市場環境において、最大のエクスポージャーをもたらす可能性がある 2 先の参加者が破綻した場合の損失をカバーするための財務資源の整備が求められている。

「事前拋出型」の財務資源と呼ばれる³。さらに、FMI 原則では、損失が事前拋出型の財務資源を超過した場合に備えて「事後拋出型」の財務資源を設け、実行可能な再建計画を適切に策定することが求められている。これを受け、2014年10月に公表された「金融市場インフラの再建」(Recovery of financial market infrastructures)では、破綻していない参加者(生存参加者)の間で、CCPの損失を一定のルールに基づいて配分し追加拋出を求めるキャッシュ・コールや、変動証拠金の一部を損失補填に充てるヘアカットといった事後拋出型の財務資源を具現化する手法として、各種の再建ツールが提示されている。

以上のように、2007年以降の世界的な金融危機の経験を踏まえ、各国では、CCPにおける清算集中を進めると共に、CCPの損失補填制度を充実化させ、金融市場インフラのリスク管理を強化する方向で具体的な検討が進められている。もっとも、これらの制度を整備する過程では、清算対象となる市場の構造、金融商品や参加者の特性を考慮に入れながら、定量的な根拠に基づいて制度設計を進めることが望ましい。例えば、FMI原則で示されている最大のエクスポージャーをもたらす可能性のある参加者の破綻をカバーするという条件を満たす再建ツールであっても、市場参加者の集中度合いといった市場構造の違いによって、「金融市場インフラの再建」で示されている再建ツールが備えるべき複数の特性を一様に満たすとは限らない。

このような問題意識を踏まえ、本稿では、シミュレーション分析の手法を使って、CCPの財務資源を定量的に評価する枠組みを提示する。特に、再建ツールに焦点を当て、FMI原則で求められている財務資源の所要水準に対して、「金融市場インフラの再建」で示されている再建ツールが備えるべき複数の特性について定量的な評価を行う。具体的には、CCPの参加者に対するエクスポージャーの分布——これを、CCPの「ポートフォリオ」と呼ぶ——に着目し、この分布の形状を変化させることによって、CCPの損失や財務資源の費用量がどのように変化するかを計測する。その上で、「金融市場インフラの再建」で示されている「包括性」「測定可能性」という基準に照らし、再建ツールの評価を試みる。本稿では、清算対象となる金融商品のリスク特性や、参加者の特性に応じて、財務資源の費消順位や組み合わせを自在に変えられる汎用性の高い枠組みを提示し、望ましい財務資源モデルがCCPを取り巻く環境に応じて異なり得ることを明らかにする。

先行研究と比較すると、本稿の分析は、事前・事後拋出型を含めた様々な財務資源を扱いながら、CCPのリスク特性の違いに応じた財務資源モデルの導出を試みた点に特徴がある。例えば、Nahai-Williamson, et al. (2013)は、様々な市場環境の下での損失をカバーするために必要な財務資源の水準を算出し、その内訳である当初証拠金とデフォルト・ファンドの最適な拋出割合を測定している。しかし、分析対象は、事前拋出型の財務資源に限定されている。また、Elliott (2013)は、簡単な数値例を用

³ 本稿では、参加者の破綻発生時点以前を「事前」、破綻発生時点以後を「事後」と定義している。

いながら、主要国の CCP が採用する再建ツールを紹介しているが、再建ツールの設計という面では定性的な基準を提案するに止まる。さらに、Cumming and Noss (2013)は、デフォルト・ファンドの想定破綻先数の合理的な設定に主眼を置いているため、CCP のポートフォリオは単一化されている。このように、先行研究における CCP の財務資源モデルは、市場構造や参加者のリスク特性等を考慮に入れた具体的なモデルを設計する上では一定の限界がある。これに対して、本稿では、より汎用性の高い分析の枠組みを提示することを目的としている。

本稿の構成は、以下の通りである。まず、第 2 節では、CCP の損失補填制度に関連する基本的な知識の整理を行う。次に、第 3 節では、CCP の損失補填制度の中で本稿の分析が焦点を当てる再建ツールについて整理する。さらに、第 4 節では、CCP の財務資源を定量的に評価するためのシミュレーション分析の枠組みを説明した上で、第 5 節で分析結果とインプリケーションについて述べる。最後に、第 6 節では、本稿の分析結果を取りまとめ、残された課題について触れる。

2. CCP における損失補填制度

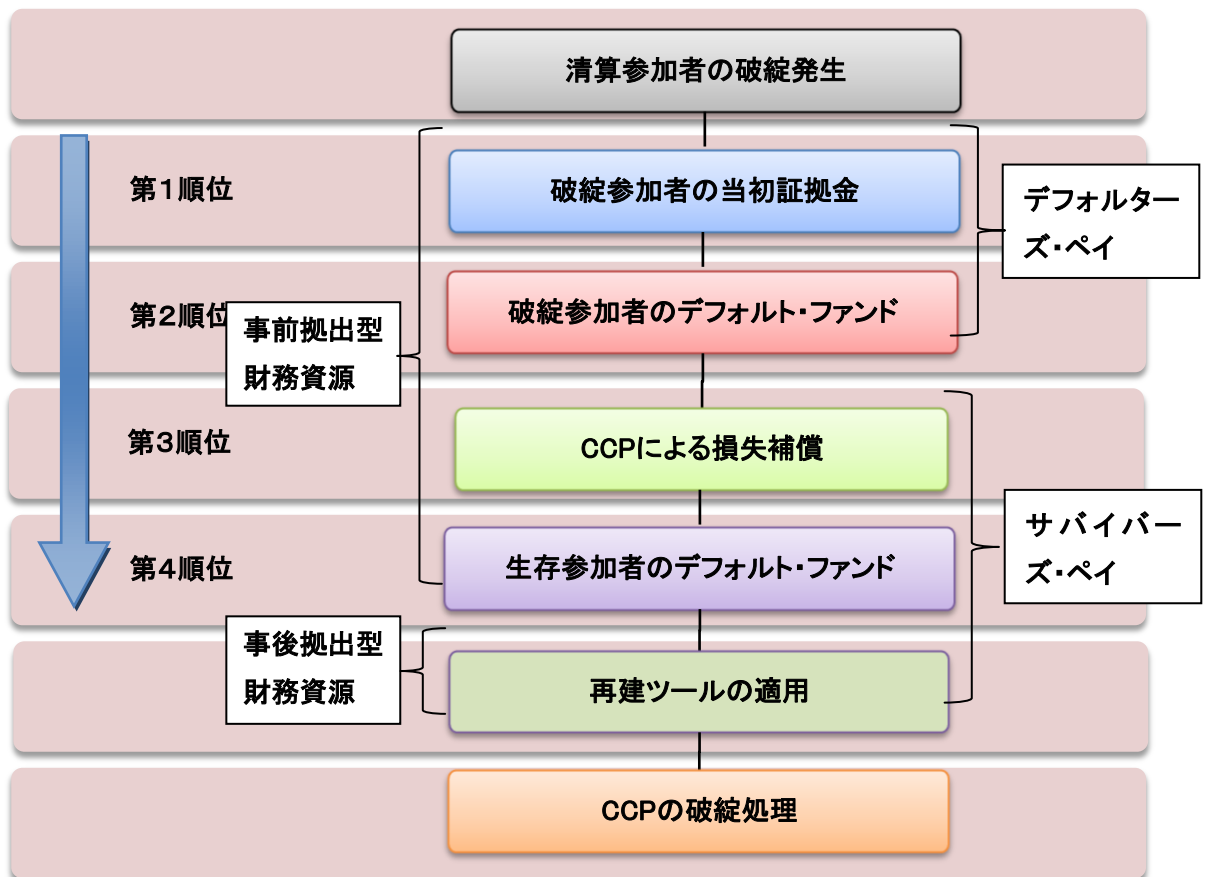
本節では、事前拋出型と事後拋出型の財務資源の違いを意識しながら、損失補填制度の概要を説明する。

まず、事前拋出型の財務資源については、CCP の業務方法書等において、損失補填に当たっての優先順位が予め定められており、当財務資源を「ウォーターフォール (waterfall)」と呼ぶ。また、主要国の CCP では、損失が事前拋出型の財務資源を超過する事態を想定し、財務資源を追加的に生存参加者に対して徴求できるような体制を構築していることが多い。この追加的な財務資源は、事後拋出型の財務資源と呼ばれ、国際基準においては再建ツールの一部と位置付けられている (CCP の損失補填制度の具体例は、図 1 参照)^{4 5}。

⁴ 再建ツールの中には、事前拋出型の財務資源である当初証拠金を費消する性質の財務資源も想定されている。なお、当初証拠金は CCP によって分別管理されることが多く、「当初証拠金の費消」は法的に許容される地域に限り採用されうることから、本稿では分析対象としていない。

⁵ 実際は CCP によって様々なルールが設けられているので、この例の通りとは限らないが、「破綻参加者の当初証拠金」は、原則として第 1 順位に設定される。第 2 順位から第 4 順位については、FMI 原則においては、当初証拠金以外の追加的な財務資源と位置付けられており、個々の CCP により様々な設計方法が採用されうる。例えば、CCP によっては、第 2 順位から第 4 順位の間事後拋出型の財務資源 (再建ツール) を設定しているところもある。本稿では、事後拋出型の財務資源を事前拋出型の財務資源 (ウォーターフォール) よりも下位に位置付けることとする。

【図 1】 CCP の損失補填制度の例



事前拠出型、事後拠出型の財務資源の内訳をやや詳しくみると、まず、CCP の損失は、破綻参加者が事前に拠出していた当初証拠金（第 1 順位）やデフォルト・ファンド（第 2 順位）によって補填される。これらは、破綻参加者のみが損失の補填に関わるため、「デフォルターズ・ペイ」と呼ばれる⁶。デフォルターズ・ペイによって損失を完全にカバーできれば、CCP や生存参加者（サバイバーズ）には損失が発生しないことになる。

次に、デフォルターズ・ペイで損失を補填しきれない場合には、CCP 自身が損失補償を行う（第 3 順位）。この補償手段としては、CCP の資本金、準備金、剰余金等が充当される。さらに、こうした手段でも損失を補填しきれない場合には、生存参加者が拠出していたデフォルト・ファンドを用いて補償を行う（第 4 順位）。この財務資源は、生存参加者が損失の補填に関わることから、「サバイバーズ・ペイ」と呼ばれる。

破綻参加者の当初証拠金から生存参加者のデフォルト・ファンドまでが事前拠出型の財務資源であり、損失がこれを超過する場合には、事後拠出型の財務資源（再建ツ

⁶ 脚注 4 にも記載の通り、当初証拠金は CCP によって分別管理され、生存参加者の当初証拠金は損失補填に利用されないのが通例である。

ール) により補填を行う⁷。再建ツールも生存参加者が損失の補填に関わるため、サバイバーズ・ペイと位置付けられる。最後に、再建ツールでも、損失を補填しきれない場合には、破綻処理当局による CCP の破綻処理手続（レゾリューション）に移行する⁸。

3. CCP の再建ツール

本節では、次節以降のシミュレーション分析において重要な役割を果たす再建ツールについて詳しく説明する。再建ツールは、「金融市場インフラの再建」において、6 種類に分類されており、その分類毎に具体例が示されている（表 1）。以下では、再建ツールの中で本稿の分析に関連する財務資源に焦点を絞り、その内容を解説する。

【表 1】再建ツールの分類表

	再建ツールの分類	具体的な再建ツールの例示
1	参加者破綻に伴う未カバーの損失を配分するためのツール	キャッシュ・コール VM へアカット 当初証拠金の費消
2	未カバーの資金流動性不足に対処するためのツール	第三者からの追加的流動性供給 生存参加者からの追加的流動性供給
3	費消した財務資源を回復するためのツール	キャッシュ・コール 資本注入
4	CCP がポジションを再度バランスするためのツール	ポジションの強制割当 テアアップ (ポジションの完全早期解約あるいは部分的早期解約)
5	参加者破綻を原因としない損失 ⁹ を配分するためのツール	増資 保険契約あるいは補償契約
6	構造的な弱点に対処するためのツール	例示なし

⁷ 再建ツールの分類の中でも、事後拠出型の財務資源に該当するのは、「参加者破綻に伴う未カバーの損失を配分するためのツール」である。

⁸ CCP の代表的な財務資源の特徴等については、補論 1 を参照。

⁹ 一般的なビジネス・リスク、コストディ・リスク、投資リスク等による損失である。

(1) 再建ツールの詳細

イ. 参加者破綻に伴う未カバーの損失を配分するための再建ツール

(イ) キャッシュ・コール (cash calls, CC)

キャッシュ・コールは、CCP が定めるルールに基づいて、生存参加者から追加的に資金を拠出させるという再建ツールである。

一般的な慣行として、上場デリバティブや現物商品（上場株、国債等）の清算を取り扱う CCP では、キャッシュ・コールの上限（キャップ）を定めず、無制限に生存参加者から徴求するケースが多い。一方、CDS や金利スワップといった店頭デリバティブの清算を取り扱う CCP では、各参加者のリスク量に比例するように、デフォルト・ファンドの 100%あるいは 200%という形でキャップを設定しているケースが多い。後者では、キャッシュ・コールのみでは損失をカバーしきれず CCP の破綻リスクが残るため、VM へアカットと呼ばれる財務資源を備えていることが多い。

(ロ) VM へアカット (variation margin haircutting, VMH)

VM へアカットは、参加者のポジションに応じた損失配分を行うための再建ツールである。具体的には、参加者の破綻後、変動証拠金 (VM) の負け方となっている参加者から CCP に支払われた変動証拠金の全部または一部を、勝ち方となっている参加者に支払わずに CCP の手元に蓄積し、損失補填に充当するという手法である¹⁰。Elliott (2013)によれば、VM へアカットを用いると、損失をカバーできるケースがほとんどであるが、オークション等で決定されるポジションの価値が、変動証拠金の算定過程において計算された価値に比べて極端に悪化した場合、損失を完全にはカバーし切れないこともある¹¹。また、各参加者の負担額は、損失負担の対象となる参加者の範囲や、参加者破綻以降の清算対象商品の市場価格変動に依存する点には留意が必要である。その他の留意点としては、複数の CCP とのポジションをどう調整するかという問題もある。例えば、ある CCP とのポジションでは勝ち方になっていても、別の CCP とのポジションを含めた、この参加者のポートフォリオ全体でみると、必ずしも勝ちポジションになっていない場合、一部の CCP とのポジションに基づいて、参加者の負担能力を判断することが適切ではない可能性もある。

¹⁰ 実務上は、CCP と生存参加者間の変動証拠金の受け払い取引は通常通り実行し、再構築が完了して最終的な損失が確定した時点での変動証拠金の受け払い累積実績額に基づいて、各参加者の VM へアカットの所要額を計算し徴求する CCP もある（この場合、実質的にキャッシュ・コールと変わらない）。また、CCP によっては、破綻参加者のエクスポージャーに係る変動証拠金の負け分相当額を生存参加者全体の負担のキャップとして設定したり、デフォルト・ファンドの 100%を各生存参加者の負担のキャップとして設定したりすることもある。

¹¹ Elliott (2013)の Annex 2 の設例を参照。

ロ. テアアップ (tear-up) 系統の再建ツール

CCP は、オークション等によりポジションを再構築する際、CCP 自身が被る損失が利用可能な財務資源総額を超過するような場合には、オークション等を成立させることができない。この場合、CCP は生存参加者から債務を引き受けているポジションの全部または一部を早期解約 (テアアップ) することが考えられる¹²。すべてのポジションを早期解約する方法は、「完全早期解約 (complete tear-up)」と呼ばれ、一部のポジションを早期解約する方法は、「部分的早期解約 (partial tear-up)」と呼ばれる。ここで言う「一部のポジション」とは、破綻参加者のカウンターパーティのポジションのうち、破綻参加者との取引に相当するポジションを指す。テアアップが適用される場合、基本的に生存参加者は CCP に対して保有しているポジションの時価評価相当額を受け払いして、取引を強制終了することになる¹³。

テアアップでは、多くのポジションを早期解約すると金融市場に混乱を招く恐れがあることから、慣行として CCP にとっての最終手段として採用される傾向がある¹⁴。本稿の分析においても、テアアップは CCP にとっての最終手段と位置付け、オークション等によって発生する CCP の損失が財務資源総額を超過する場合にのみ、テアアップを適用する¹⁵。

(2) 再建ツールの設計方針

次に、CCP が再建ツールを設計する際の方針について考察する。まず、主要国の CCP が再建ツールをどのように設置しているかを確認すると、表 2 のようにまとめられる¹⁶。ポイントは、CCP が参加者に無限責任を課すように再建ツールを設計していることである。参加者に無限責任を課す方法には、キャップを付さない無制限のキャッシュ・コールを設置する方法と VM ヘアカットとテアアップを併設する方法の 2 通りがあり、EuroCCP を除くすべての CCP は何れかの方法を適用している。このような特徴を踏まえて、CCP が採用する再建ツールの設計方針を大きく分類すると、図 2 のようになる。

¹² 「ポジションの強制割当」は、ポジションを解消するのではなく、(破綻参加者のポジションに相当する) 新たなポジションを発生させるという点ではテアアップと異なるが、経済的な効果としてはテアアップと同等のツールと考えられる。

¹³ 変動証拠金の授受が行われている場合には、テアアップ時点の値洗いと直前に行われた変動証拠金計算における値洗いとの差額を解約清算金として受け払いすることになる。

¹⁴ キャッシュ・コール等のツールとテアアップの適用に係る順序は、参加者の合意や当局の承認の下で、CCP が決定するものであり、最終手段としてのみ採用されなければならないわけでは必ずしもない。

¹⁵ 後述のシミュレーション分析は、財務資源がオークション等による損失をどの程度カバーすることができるかを測定するものであり、テアアップが適用された後の事象は分析の対象としていない。

¹⁶ ここで採り上げる再建ツールは、再建ツールの詳細で紹介したキャッシュ・コール、VM ヘアカット、テアアップに限定する。

【表 2】各国の再建ツール設計内容（2014 年 10 月現在）

清算機関	清算対象商品	商品区分	DF の想定 破綻先数	キャッシ ュ・コール	VM ヘアカ ット	テア アップ
CME Clearing	CDS、 金利スワップ	店頭デリバテ ィブ	最大 2 先	上限あり		採用
CME Europe①	金利スワップ	店頭デリバテ ィブ	最大 2 先	上限あり	採用	採用
JSCC①	CDS、 金利スワップ	店頭デリバテ ィブ	最大 2 先	DF の 100%を上限	採用	採用
LCH. Clearnet①	FX、 金利スワップ	店頭デリバテ ィブ	最大 2 先	DF の 100%を上限	採用	採用
LCH.SA	CDS	店頭デリバテ ィブ	最大 2 先	DF の 100%を上限	採用	採用
CME Europe②	商品デリバテ ィブ	上場デリバテ ィブ	最大 1 先	DF の 275%を上限	採用	採用
JSCC②	上場デリバテ ィブ	上場デリバテ ィブ	最大 1 先	無制限		
JSCC③	現物株	上場現物	DF 未設定	無制限		
NSCC	現物株	上場現物	DF 未設定	無制限		
LCH. Clearnet②	現物株	上場現物	最大 2 先	DF の 100%を上限		採用
EuroCCP	現物株	上場現物	定額	上限あり		
FICC	米国債	店頭現物	DF 未設定	無制限		
JSCC④	国債店頭取引	店頭現物	最大 2 先	DF の 100%を上限	採用	採用
LCH. Clearnet③	レポ取引	店頭現物	最大 2 先	DF の 100%を上限		採用

【図 2】 再建ツールの設計例

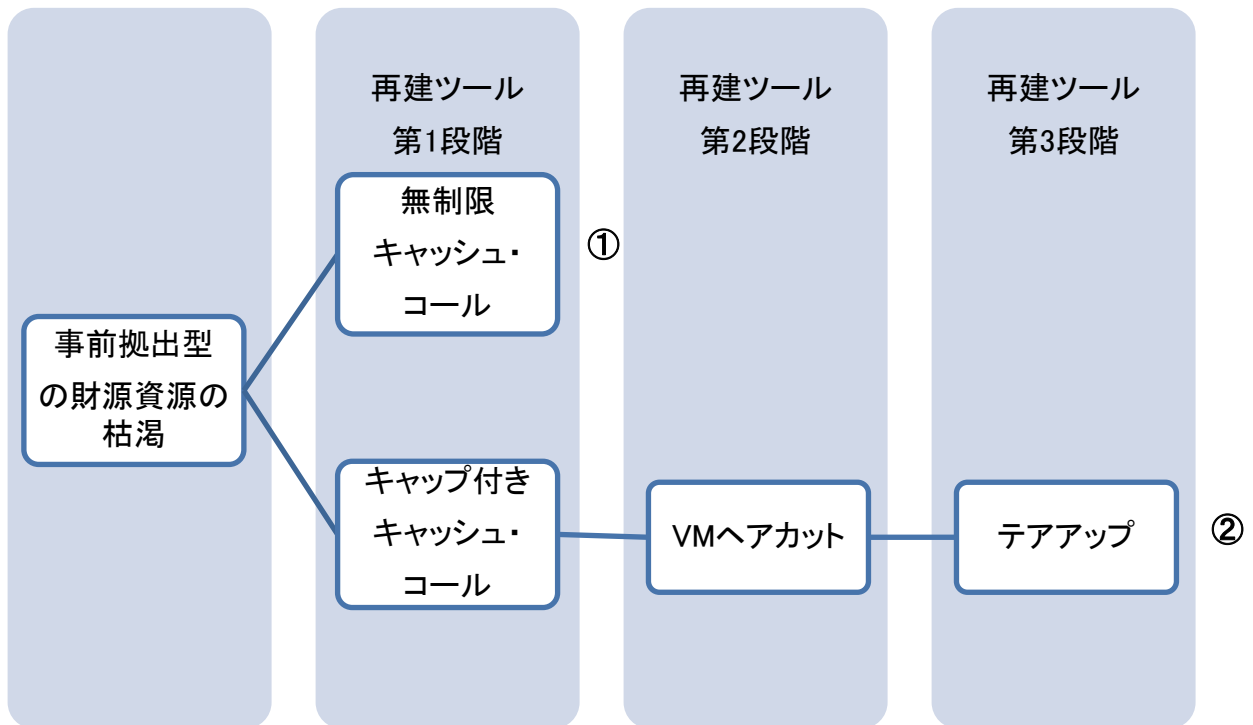


図 2①は、損失が事前拋出型の財務資源を超過した場合、生存参加者から無制限に資金拋出を求める方法である。非常にシンプルな設定であり、CCP は財務資源が枯渇する状況に陥らないため、テアアップの必要はない。その一方で、生存参加者はどの程度資金を拋出しなければならないのか予測するのが困難となる。

図 2②は、キャッシュ・コールに上限を設けており、これだけを見ると、生存参加者が有限責任しか負わない仕組みである。しかし、VM へアカットとテアアップが設定されているため、生存参加者にも追加的な資金拋出が求められ、最終的には、CCP の破綻が回避される。そこで、キャッシュ・コールと VM へアカットによって、どの程度損失を補填することができるか、すなわちテアアップの発動の可能性をどこまで抑えることができるかが鍵となる。一方で、損失がキャッシュ・コールで補填可能な程度であれば、生存参加者は自身の損失負担の程度を予測することが容易になるが、キャッシュ・コールを超える損失が発生した場合には、損失負担の程度を予測することが困難となる。

こうした再建ツールの大枠に基づいて、具体的な設計内容をみると、取り扱う清算対象商品の区分（上場取引ないし店頭取引、現物商品ないしデリバティブ商品）に応じて、以下のような傾向をみることができる。第一に、上場商品（現物、デリバティブ）を取り扱う CCP では、無制限キャッシュ・コール（図 2①）の設計方法が採用されている。特に、現物取引を扱う CCP では、テアアップを適用すると、未決済状態の証券を差し戻さなければならず、かつ元本ベースでの受け払いが大量に発生する

といった実務上の困難に直面する。このため、物理的な決済負担や資金流動性の面での問題を回避するため、無制限キャッシュ・コールが採用される傾向がある。第二に、店頭デリバティブを取り扱う CCP では、VM ヘアカットとテアアップを組み合わせる設計方法（図 2②）が採用されている。店頭デリバティブを扱う CCP では、(i)テアアップを適用しても想定元本ベースではなく、差金ベースでの受け払いしか発生しないこと、(ii)変動証拠金の授受が日次で行われていること、(iii)参加者は店頭デリバティブの取引に習熟しており、取引の再構築が比較的スムーズに行われること等を背景に、VM ヘアカットとテアアップを設定する方法が採用される傾向がある。

さらに、再建ツールの設計にあたっては、こうした清算対象商品の違いに加え、CCP が清算対象とする市場構造の違いも重要なポイントである。ここで言う「市場構造」とは、各参加者の清算対象商品に係るエクスポージャー、すなわち CCP のポートフォリオの特徴を指す。例えば、店頭デリバティブを取り扱う CCP では、VM ヘアカットとテアアップの組み合わせ（図 2②）が採用される傾向にあるが、この設計方法が有効に機能するのは、参加者の一部に、CCP のエクスポージャーが集中しているケースである。もし、CCP が各参加者に対して、ほぼ均一のエクスポージャーを保有しているような状況で、VM ヘアカットとテアアップの組み合わせを採用すると、財務資源が枯渇するリスクが高くなることが想定される。この場合、無制限キャッシュ・コール（図 2①）を選択していた方が望ましいと言えるかもしれない。この事例から、同じ店頭デリバティブを取り扱う CCP であっても、CCP が抱えるポートフォリオの状況によって、適した再建ツールが異なる可能性が示唆される。

以上、各国の CCP が実際に採用する再建ツールを見ながら、再建ツールの設計方針に関する特徴を大づかみに取りまとめた。それでは、これらのツールは、どのような基準に照らして評価すれば良いのだろうか。次節では、このような問題意識のもと、定量的に評価することが可能な基準を設定し、シミュレーション分析を行うことによって、CCP が抱える市場構造の違いに応じた再建ツールの設計方針の策定を試みる。

（3）再建ツールの評価基準

「金融市場インフラの再建」報告書では、再建ツールが備えるべき 5 つの特性が列挙されている（表 3）。この報告書によると、個々の再建ツールがこれらの特性をすべて兼ね備えることは難しく、複数の再建ツールを組み合わせることによって、全体としてこれらの特性が満たされていけば良いものとされている。本稿の目的である定量的な財務資源設計の観点からは、これらの特性のうち「包括性」と「透明性、測定可能性、管理可能性、制御可能性」（特に、測定可能性）に着目しながら、次節以降の分析を進める。

【表 3】 再建ツールが備えるべき特性

	再建ツールが備えるべき特性	備考
1	包括性 (Comprehensive)	一連の再建ツールにより、未カバーの損失の配分やポジションの再バランス化に対して包括的に対応できるようにすること 幅広いシナリオに適用するための柔軟性を有し、FMI の現行のリスク管理方法を考慮したものであること
2	実効性 (Effective)	高い信頼度をもって、再建ツールの効力が発揮される必要 そのために、確実性、適時性、法的基盤等を考慮する必要
3	透明性、測定可能性、管理可能性、制御可能性 (Transparent, measurable, manageable and controllable)	損失配分を課される主体が、再建ツールの適用によって自身が被る損失を、測定・管理・制御できることが望ましい
4	適切なインセンティブの付与 (Create appropriate incentives)	参加者が、自身が FMI にもたらすリスク量をコントロールするインセンティブ 参加者が FMI のリスクテイクやリスク管理活動をモニタリングするインセンティブ 生存参加者が、破綻参加者の管理プロセスにおいて FMI をアシストするインセンティブ
5	負のインパクトの極小化 (Minimise negative impact)	参加者、注文執行、金融安定性、金融システムに対する負のインパクトが小さくなるような再建ツールが望ましい 負のインパクトを生じさせる再建ツールを用いる場合には、FMI、FMI の所有者、参加者の間で交渉することが重要

4. 財務資源設計のためのシミュレーション分析

(1) シミュレーション分析の枠組み

本節では、CCP が財務資源を定量的に評価するためのシミュレーション分析の準備を行う。シミュレーションを行うには、大きく 2 種類のモデルが必要となる。1 つは CCP が被る損失の値を発生させるためのモデルであり、もう 1 つは CCP が備える

財務資源に関するモデルである。

イ. 財務資源分析における着眼点

本稿では、以下の3つの着眼点に沿って分析を行う。

第一に、信用リスクと市場リスクを統合的に取り扱うことである。当初証拠金は、一般に各参加者の破綻発生を前提として市場リスクを測定することによって算定される。同様に、デフォルト・ファン드는、商品の価格変動に係るシナリオと参加者破綻のシナリオを組み合わせることで測定される。この参加者の破綻発生と市場リスクの2種類のシナリオは独立して作成されることが多い。こうした中、参加者破綻のシナリオについては、最大の信用エクスポージャーを生じさせる1先（あるいは2先）とされることが多いが、その定量的な根拠は必ずしも明確ではない¹⁷。このため、想定破綻先数の設定の合理性や妥当性を定量的に分析するためには、信用リスクと市場リスクを統合的に測定する手法を採用することが望ましい。本稿のシミュレーション分析では、参加者の破綻イベントに係るシミュレーションと価格変動に係るシミュレーションを同時に行うことによって、信用リスクと市場リスクの統合を試みることにした¹⁸。

第二に、CCPのポートフォリオの分散・集中の程度を考慮した分析を行うことである。ここで言う「ポートフォリオの分散」とは、参加者に対するCCPのエクスポージャーがほぼ均一な状況を指し、「ポートフォリオの集中」とは、一部の参加者にエクスポージャーが偏っている状況を指す。こうした分散・集中の程度は、CCPが抱えるリスク量に大きな影響を及ぼす。本稿では、参加者のエクスポージャーが均一なケースや、集中するケースを幾つか想定しながら、シミュレーション分析を行う。

第三に、CCPが抱える様々なリスクを網羅的に把握し、所要財務資源の測定に反映させることである。例えば、誤方向リスク、価格変動のファット・テイル性、参加者間のデフォルト相関、オプション性商品に係る非線形リスク等、清算対象商品や参加者のリスク特性に応じて様々なストレス状況を想定する必要がある。ただし、本稿では、これらのストレス状況を想定したシミュレーション分析を行うのではなく、価格変動分布のテイル部分のみを取り出した条件付き分布からサンプリングを行うことによって、ストレス状況に該当するサンプルを多く取得する方法を試みる。

¹⁷ FMI原則においては、「極端であるが現実に起こり得る市場環境において最大の総信用エクスポージャーをもたらす可能性がある参加者とその関係法人の破綻を含み、かつこれに限定されない広範な潜在的ストレス・シナリオを十分にカバーするだけの追加的な財務資源を保持すべきである。」と規定されており、より複雑なリスク特性を伴う清算業務に従事しているCCP、または複数の法域においてシステム的に重要なCCPについては、破綻先数が2先と規定されている。

¹⁸ 本分析の枠組みを応用し、参加者間の破綻確率の相関関係や、参加者の破綻確率と価格変動の間に存在する相関関係を適切に測定し、シミュレーションに取り込めば、より精緻な分析を行うことができる。これらは、今後の課題と位置付けられる。

ロ. 再建ツールの選択基準

次に、再建ツールの選択基準としては、「金融市場インフラの再建」における再建ツールが備えるべき特性（表 3）を念頭に、①「包括性」を表すものとして、CCP の破綻確率（財務資源の枯渇リスク）を、②「測定可能性」を表すものとして、CCP 財務資源の費消水準の確率変動（ボラティリティ）を用いる。

すなわち、再建ツールの包括性は、財務資源によって損失をカバーすることができる比率（カバレッジ比率）をみることによって、CCP の破綻確率がどの程度縮小するかを評価することができる。また、再建ツールの測定可能性は、その費消水準のボラティリティ（標準偏差）を測定することによって、参加者が財務資源をどれだけ徴求されるかを予測する際の目安とすることができる¹⁹。後述するように、破綻確率の抑制効果と、費消水準の変動確率の抑制効果との間には、トレードオフ関係がある。直感的に言うと、CCP の破綻確率を低下させるためには、より包括的な再建ツールを構築する必要があるが、再建ツールが包括的になればなるほど、CCP の破綻に伴って費消される財務資源の水準がより大きく変動する余地が増えるため、その変動確率が上昇することになる。CCP では、こうしたトレードオフ関係を念頭に置いて、自らのポートフォリオの特性（分散・集中の度合い）を考慮に入れながら、最適な財務資源を設計することとなる。

ハ. 各種財務資源の詳細な設計

以上を踏まえ、CCP 財務資源の具体的な設計にあたってのポイントを挙げると、以下の 4 点にまとめられる（図 3 参照）。

- ① 当初証拠金モデルの設定内容。
- ② デフォルト・ファンド計算時における想定破綻先数の設定内容。
- ③ キャッシュ・コールの上限（キャップ）の設定内容。
- ④ 財務資源全体でどの程度まで損失のカバーが可能か（CCP の破綻、あるいはテアアップの発動を防げるか）。

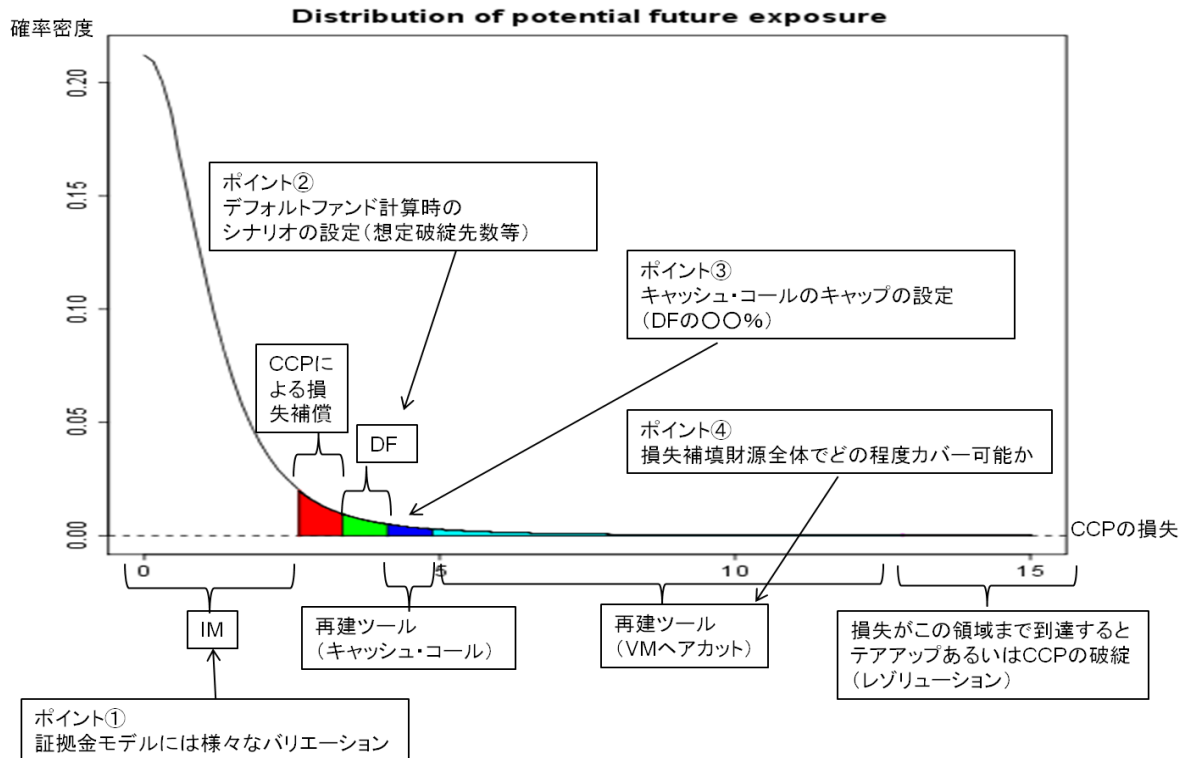
このうち、①の当初証拠金は、事前拠出型の財務資源の中で最初に損失補填に充当され、信頼水準 99%で損失をカバーすることが求められる重要な財務資源と位置付けられており、その論点は多岐に亘る²⁰。本稿では、包括的な財務資源の設計方

¹⁹ CCP が被る損失、キャッシュ・コールや VM ヘアカットといった再建ツールの費消水準のばらつきは、シミュレーションによって得られる分布の形状を観察したり、ボラティリティ等のリスク尺度による指標を測定したりすることにより把握できる。

²⁰ 当初証拠金モデルの設定に係る論点は、①価格変動分布の設定、②分布の設定に用いる過去データの参照期間、③再構築に要する期間、④商品間（あるいは銘柄間）の相関の扱い（ポートフォリオ・ベースでの証拠金の計算方法）など多岐にわたる。これらの設定内容の妥当性を検証するためには、バックテストによる証拠金の十分性検証や感応度分析によるモデルリスクの洗い出

法を提示することを目的としているため、これらの論点には深く立ち入らず、想定破綻先数の設定内容（②）から損失カバー率（④）までを分析対象とする。

【図 3】 CCP の財務資源による損失カバーのイメージ（図 2②の例）



二. シミュレーション分析における制約・限界

シミュレーション結果を提示する前に、本稿の分析における制約と限界について指摘しておきたい。本稿における分析の枠組みには、CCP が抱える様々なストレス状況を網羅的に把握し、それを所要財務資源の測定に十分に反映し切れていないという限界がある。このため、現実の CCP に比べてシンプルな設定となっている。もとより、CCP が備えるべき財務資源の所要額を定量的に把握するためには、これらのリスクを包括的に反映するようなシミュレーションを行うことが望ましいが、再建ツール同士の比較に重点を置き、議論の流れを明瞭化させるという本稿の趣旨に照らし、モデルはできるだけ簡潔な設定とした²¹。

(2) モデルの設定

本節では、シミュレーション分析に用いるモデルの内容を説明する。まず、分析対象とする CCP は、日経平均先物のみを清算対象としているものとする（清算対象商

しが重要となる。

²¹ ストレス・シナリオの精緻化は、今後の課題と位置付けられる。

品は1種類)。モデルは2部によって構成され、①CCPの損失額を測定するモデル、②CCPの財務資源を表すモデルに大別される(モデルの詳細は、補論2を参照)。

イ. CCPの損失額を測定するモデル

CCPの損失額(L)とは、CCPが破綻参加者のポジションを再構築することによりCCPが被る損失の水準であり、デフォルト・エクスポージャー(V)とオークション等に係る価格変動($\Delta P1$)の積により計算される。ここで言う「デフォルト・エクスポージャー(V)」とは、参加者の破綻時点において、CCPが破綻参加者に対して保有していたポジションのエクスポージャーを表す確率変数である。また、「オークション等に係る価格変動($\Delta P1$)」とは、オークション等を通じてポジションにつけられる価格が、参加者の破綻発生時点における価格からどの程度乖離するかを表す確率変数である。

表4(1)は、デフォルト・エクスポージャー(V)を測定するために必要となるパラメータである。CCPの各参加者(i)に対して、清算対象商品に係るエクスポージャー(X_i)と破綻確率(PD_i)が与えられ、破綻確率に基づいて各参加者が破綻するかどうかをシミュレーションにより決定する。デフォルト・エクスポージャーは、破綻参加者のエクスポージャーを集計することにより測定される。

【表 4(1)】 デフォルト・エクスポージャー (V) に係るモデル設定

パラメータ	パラメータの内容
参加者 (i)	CCP への参加者は、全部で 100 先と仮定する。 CCP に対するロング・ポジションとショート・ポジションをネットティングした後のポジションが、ロング・ポジションとなっている参加者を 50 先、ショート・ポジションとなっている参加者を 50 先とする ²² 。
各参加者の破綻確率 (PD _i)	1 回のシミュレーションにおいて、各参加者が破綻するか否かを決定するためのパラメータ。 本モデルでは、PD _i は参加者 i に関わらず一定値 (PD) とし、PD は 1.0% と仮定する。また、デフォルトの発生は参加者間で独立と仮定する。
参加者 (i) のエクスポージャー (X _i)	エクスポージャーは、清算対象商品に係る価格変動 1 単位に対する、ポジションの価値の変動量を表す ²³ 。 各参加者の清算対象商品のポジションについて、ロング・ポジションのエクスポージャーは負値、ショート・ポジションのエクスポージャーは正値とする。また、ロング・ポジションの参加者のエクスポージャー総額を -100、ショート・ポジションの参加者のエクスポージャー総額を 100 とし、参加者全体の合計額が 0 となるようにする。 各参加者の X は上記制約のもとで様々な水準に設定可能であるが、本分析では、5 種類のパターンを採用する (詳細は後述)。

清算対象商品の価格変動 (ΔP) は、前述のオークション等に係る価格変動 ($\Delta P1$) と後述する VM へアカットの計算に用いるための変動証拠金の測定に係る価格変動 ($\Delta P2$) の 2 種類に分けられる。このうち、 $\Delta P2$ は、オークション等の直前に行われるポジションの値洗いが、参加者の破綻発生時点における値洗いからどの程度変動するかを表す確率変数である。

表 4(2)は、 $\Delta P1$ と $\Delta P2$ を測定する際に用いるパラメータを掲載したものである。本稿の分析では、 $\Delta P1$ と $\Delta P2$ について、ともに表 4(2)に掲載した平均、標準偏差をパラメータとする正規分布を仮定し、サンプリングにより価格変動結果を得る。また、後述の財務資源所要額 (当初証拠金およびデフォルト・ファンド) の測定に用いる価格変動分布についても、表 4(2)の設定に基づいた正規分布を用いる。

キャップなしの VM へアカットが利用可能な下で財務資源を超過する損失が発生するのは、オークションによるポジションの落札価格が変動証拠金の測定に係る市場

²² 前述のとおり、清算対象資産の種類を 1 種類としているため、ある参加者がロング・ポジションとショート・ポジションを両建てで保有していても、エクスポージャーを測定する際には単純にネットティング後のポジションを用いることが可能。

²³ 株式で言えば株式の時価、金利商品で言えば金利の変動に係る感応度 (bpv あるいは PV01) ということになる。本稿ではエクスポージャーを「元本×価格変動」とシンプルな設定としているが、一般的にはエクスポージャーは将来の原資産価格変動を考慮して再評価する必要がある。

価格より大幅に不利な価格となる場合である²⁴。このような状況を想定した分析を行うために、 $\Delta P1$ については、価格変動分布のテイル部分のみを取り出した条件付き分布からサンプリングを行うこととした。

なお、価格変動 (ΔP) が正值の場合は価格の上昇を表し、逆に ΔP が負値の場合は価格の下落を表すものとする。これを参加者のエクスポージャーにおけるロング・ポジション、ショート・ポジションの符号と合わせて考慮すると、ロングとショートいずれのポジションの参加者が破綻した場合も、CCP が損失を被るときは V と ΔP を乗じた結果が正值になる。

【表 4(2)】 価格変動 (ΔP) に係るモデル設定

パラメータ	パラメータの内容
分布の種類	正規分布 ²⁵
再構築に要する期間	1 日
分布の平均値	再構築に要する期間である 1 日分の日経平均株価変動率の平均値 (期待値) は 0 と仮定する。
分布のボラティリティ	再構築に要する期間である 1 日分の日経平均株価変動率のヒストリカル・データ ²⁶ から計算した標準偏差を用いる (約 1.45%)。

ロ. CCP の財務資源を表すモデル設定

CCP の損失補填制度は、表 5 のように設定した。各財務資源の所要額の具体的な算出方法は以下のとおり。

²⁴ オークションでは、破綻参加者のポジションをまとめて引き受けるコストを反映して市場価格よりも不利な価格となることが予想される。また、市場価格変動はミッド (ビッドとオファーの仲値) をベースとしているのに対して、オークション等の価格はビッドオファー・スプレッドを反映するため、追加的な損失が発生しうる。

²⁵ 他の理論分布を利用することも可能である。また、デフォルト・エクスポージャー (V) に比べて価格変動 (ΔP) の分布に関する実証研究は、多く蓄積されており、参考情報も多いことから、CCP は清算対象商品に応じた価格変動分布をモデリングすることも可能である。

²⁶ ヒストリカル・データは、1984 年 1 月 4 日から 2013 年 12 月 30 日までの 30 年間の日経平均株価の日次価格変動率を測定したものをを用いる。

【表 5】 CCP の財務資源に係るモデル設定

	財務資源	計算方法
事前 抛出 型財 務資 源	当初証拠金 (IM)	参加者毎に以下の式に基づいて算出。 ● 価格変動分布 ²⁷ の 99%VaR ²⁸ × エクスポージャー (X _i)
	CCP による 損失補償	本モデルでは 0 と仮定。
	デフォルト・ ファンド (DF)	各参加者が破綻した時のストレス損失額を全参加者に対して以下の式に基づいて計算する。算出した各参加者のストレス損失額のうち、最大のものを DF 総額とする。 ● 価格変動分布の 99.9%VaR ²⁹ × エクスポージャー (X _i) - IM
事後 抛出 型財 務資 源	キャッシュ・ コール (CC)	① 無制限に生存参加者から徴求。 ② デフォルト・ファンドの定数倍を上限 (キャップ) として、生存参加者全員から徴求。
	VM へアカッ ト (VMH)	参加者破綻発生時点から再構築が完了する直前までの変動証拠金受け払い額の累計額が勝ち方となっている参加者から、以下の式で算出される額を徴求 ³⁰ 。 ● 日々の市場価格変動 (ΔP ₂) × VM 勝ち方参加者のエクスポージャー (X _i)

事後抛出型の財務資源である再建ツールは、第 3 節で例示した 2 通りの設計方針——すなわち、無制限キャッシュ・コールのケースと、キャップ付きキャッシュ・コールに VM へアカットとテアアップを組み合わせるケース——を採用する。また、デフォルト・ファンド所要額の計算における想定破綻先数は 1 先とし、キャッシュ・コールに徴求上限額 (キャップ) を付す場合はデフォルト・ファンドの 100%とする。

²⁷ 損失額を測定するモデルで述べたように、価格変動分布には正規分布を採用し、再構築に要する期間は 1 日と想定。デフォルト・ファンドや VM へアカットの計算に用いる価格変動分布も同様の設定。

²⁸ FMI 原則等の国際基準において、最低限確保が求められている水準である。

²⁹ CCP により様々なシナリオが設定される (観測可能な過去最大の価格変動実績等)。

³⁰ 本モデルでは、VM へアカットにキャップは設定しないこととする。実際の CCP においては、破綻参加者に係る VM の負け分累計額、CCP が定める所与の一定額、あるいは DF の定数倍といった上限を設定しているところもある。

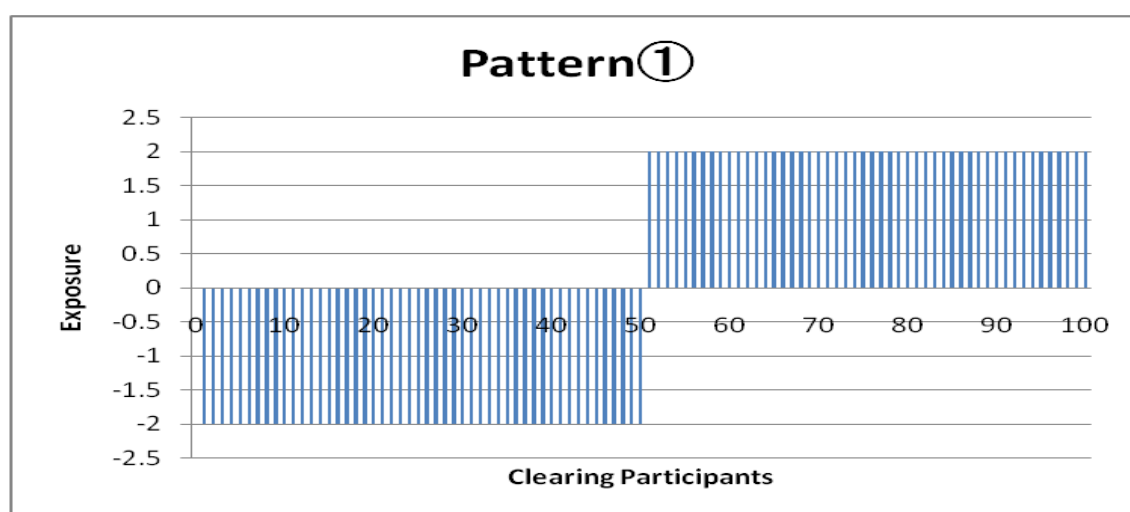
(3) CCP のポートフォリオ

本稿の分析では、CCP のポートフォリオのバリエーション——すなわち、各参加者のエクスポージャー X_i の具体的な設定内容——として、以下に示す5種類のパターンを仮定した。パターン1からパターン5に進むにつれて、一部の参加者に対するエクスポージャーの集中度が高くなるような設計となっている。以下のシミュレーション結果からも明らかなように、CCPの財務資源の設計方針は、こうしたCCPのポートフォリオの分散・集中の度合いから大きな影響を受ける。なお、本稿で扱うポートフォリオのパターンは比較的単純なものではあるが、決して非現実的なものではない。これらは、実際のポートフォリオに近似するパターンを想定しており、財務資源設計内容の合理性を考える上で、こうした仮想データからも、十分な政策的インプリケーションを導くことができると考えられる。

パターン1：全参加者が均一なエクスポージャーを有するケース

パターン1は、CCPに対してロング・ポジションをとる参加者が全員-2のエクスポージャーを有し、CCPに対してショート・ポジションをとる参加者が全員+2のエクスポージャーを有するケースである。

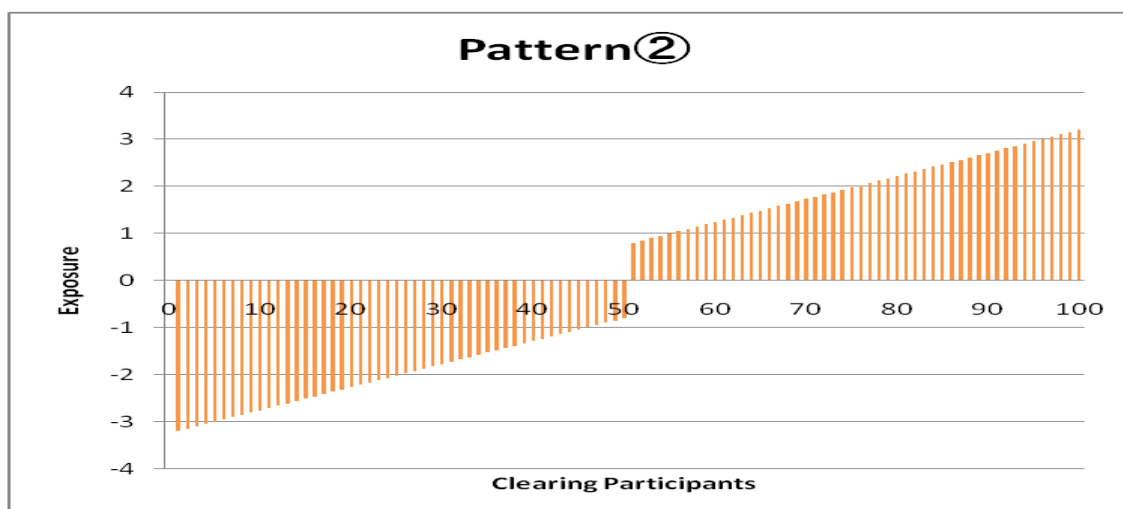
【図4(1)】全参加者が均一なエクスポージャーを有するパターン



パターン 2：一次関数的に参加者のエクスポージャーが増加するケース

パターン 2 は、CCP に対してロング・ポジションをとる参加者が最大で -0.8 、最小で -3.2 のエクスポージャーを保有し、その間の参加者のエクスポージャーが一次関数的に増加するように設定したケースである。ショート・ポジションのエクスポージャーについては、ロング・ポジションの符号を正にすることで得られる。

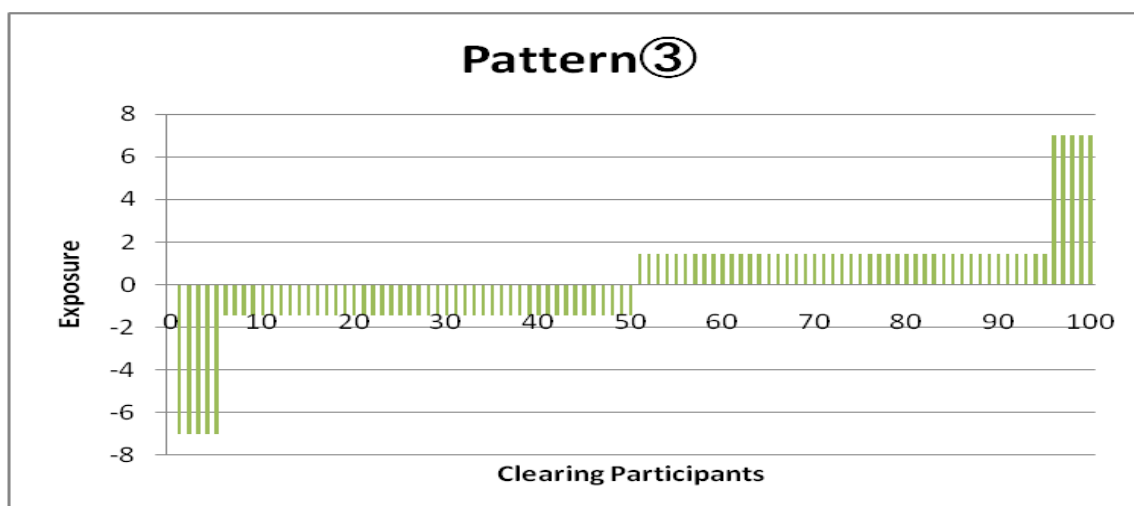
【図 4(2)】一次関数的に参加者のエクスポージャーが増加するパターン



パターン 3：上位 10%の参加者にエクスポージャーが集中しているケース

パターン 3 は、参加者 100 先のうち 10%に相当する 10 先の参加者にエクスポージャーを集中させたケースである。10%相当の 10 先と残り 90%の 90 先はそれぞれ均一なエクスポージャーを保有するものとする。上位 10 先の保有するエクスポージャーの絶対値は 7、残り 90 先の参加者が保有するエクスポージャーの絶対値は約 1.4 である。

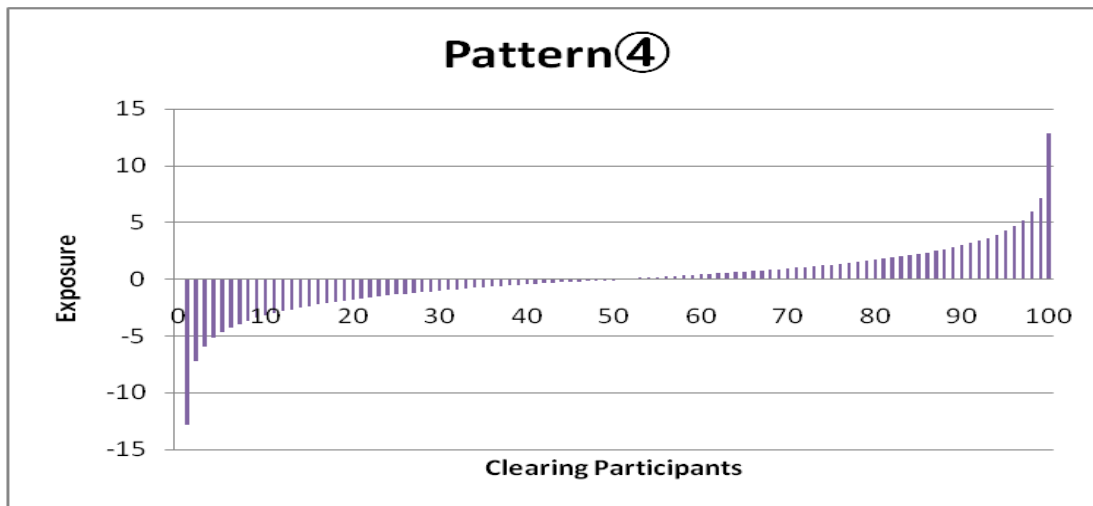
【図 4(3)】上位 10%の参加者にエクスポージャーが集中しているパターン



パターン4：参加者のエクスポージャーが指数関数的に増加するケース

パターン4は、全参加者のエクスポージャーをプロットしたとき、その形状が指数関数に近似するように、一部の参加者にエクスポージャーを集中させているケースである。エクスポージャーの絶対値の最大値は約13、最小値は約0.05となっている。

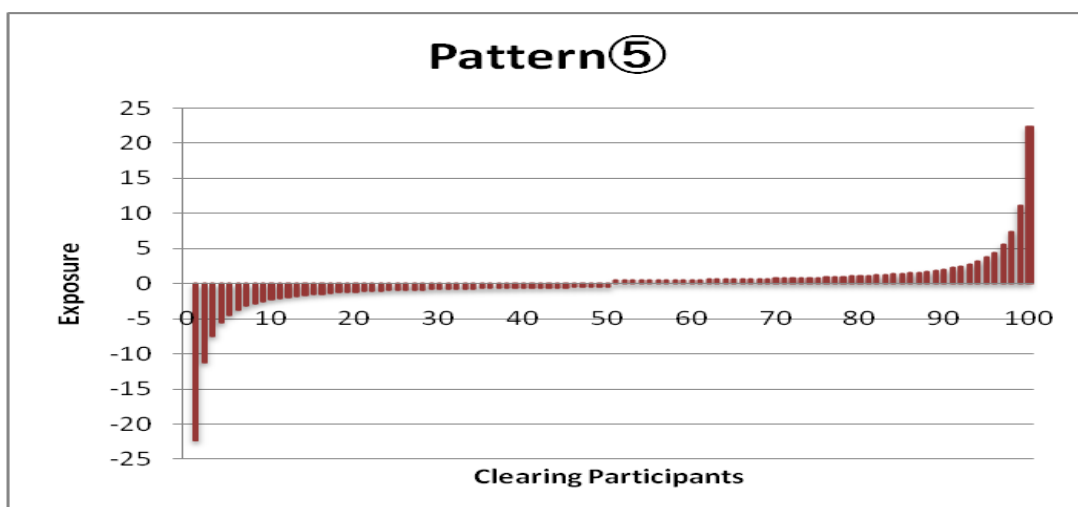
【図4(4)】指数関数的に増加するパターン



パターン5：参加者のエクスポージャーがべき乗関数的に増加するケース

パターン5は、全参加者のエクスポージャーをプロットしたときにその形状がべき乗関数に近似するように、一部の参加者にエクスポージャーを集中させているケースである。パターン3やパターン4に比べてエクスポージャーの集中度をより際立たせている。エクスポージャーの絶対値の最大値は約22、最小値は約0.5である。

【図4(5)】べき乗関数的に増加するパターン



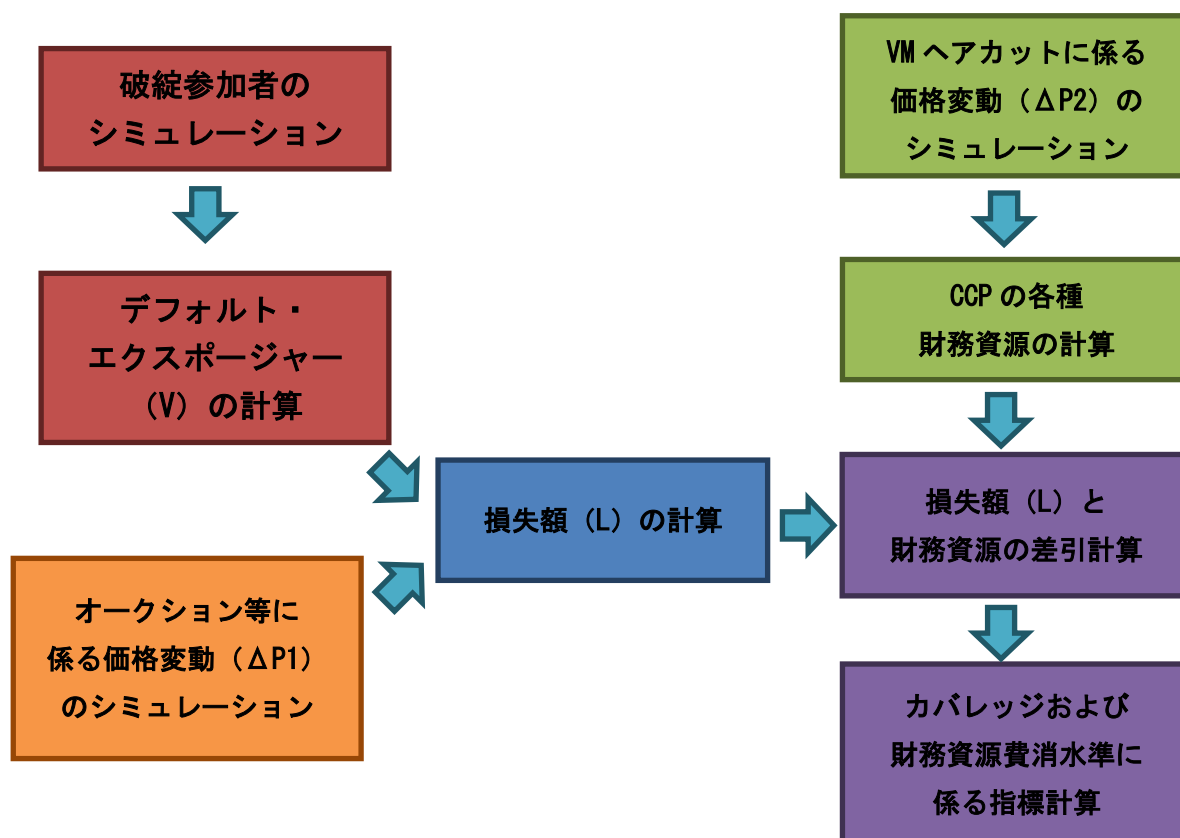
なお、以下では、これら 5 種類のパターンについて、必要に応じて、パターン 1 とパターン 2 の CCP を「分散型 CCP」、パターン 3、4、5 の CCP を「集中型 CCP」と、大きく 2 つのカテゴリーにまとめて呼称する。

(4) シミュレーション手順

ここまでのモデル設定の下、モンテカルロ・シミュレーションの手法を使って、財務資源分析を行う。具体的な手順を説明すると、以下のとおり（図 5 参照）。

- [1] 各参加者について破綻するか否かを確率的に決定し、破綻した参加者に係るエクスポージャーを集計することによって、デフォルト・エクスポージャー (V) を測定する (V のシミュレーション)。
- [2] 損失のベースとなるオークション等に係る価格変動 ($\Delta P1$) と、VM へアカットのベースとなる価格変動 ($\Delta P2$) をサンプリングにより取得する (ΔP のシミュレーション)。
- [3] V と $\Delta P1$ の積で CCP の損失 (L) を求める。
- [4] 損失に対して、破綻参加者の当初証拠金、デフォルト・ファンド、キャッシュ・コール、VM へアカット等を順番に補填していくことで、各財務資源の包括性と測定可能性に係る評価指標を測定する。
- [5] [1]～[4]の作業を 10 万回繰り返す。

【図 5】 シミュレーションの流れ



5. シミュレーション結果とインプリケーション

本節では、前節のモデル設計内容に基づいて実施したシミュレーション結果およびその結果から得られるインプリケーションについて述べる³¹。

(1) モデルの概要と評価指標

イ. 分析の概要

表 6 はシミュレーションの内容とその目的を大きく分類したものであり、次節では、この順番に沿って具体的な分析結果を示す。

³¹ 本稿のシミュレーション・モデルは、再建ツールの設計方法の比較を行うことに焦点を当てているため、CCP が所要財務資源測定時に想定する様々なストレス状況は捨象している。そのため、当シミュレーションから導出される財務資源の水準は、CCP が本来備えるべき所要財務資源よりも、やや過小評価されて算出されていることに留意する必要がある。

【表 6】シミュレーション内容のサマリー

	シミュレーション・モデル	分析目的
結果①	事前拋出型の財務資源のみ	CCP のポートフォリオ構成の分散・集中の程度による結果の比較分析
結果②	キャップ付きキャッシュ・コールの後に VM へアカットを備えるケース	包括性と測定可能性について、無制限のキャッシュ・コールと対比させながら分析

ロ. 分析に用いる指標の定義

(イ) 財務資源による損失カバレッジに係る指標の定義

シミュレーションによって発生した損失額 (L) を各種財務資源によってカバーできるかを検討するため、シミュレーション結果は、DFs カバレッジ、CC カバレッジ、VMH カバレッジという 3 つの指標に基づいて検証する (各指標の定義は、表 7 参照)。いずれの指標も、デフォルトズ・ペイを超過する損失の発生件数に対し、デフォルトズ・ペイ以外の財務資源でカバーできた件数の割合を算出したものである。

【表 7】カバレッジに係る指標の定義

指標名	指標の意味
DFs カバレッジ	デフォルトズ・ペイ (破綻参加者の当初証拠金および破綻参加者のデフォルト・ファンド) を超過する損失の発生件数に対する、当該超過損失を生存参加者のデフォルト・ファンドによりカバーできた件数の比率 (%)。
CC カバレッジ	デフォルトズ・ペイを超過する損失の発生件数に対する、当該超過損失を生存参加者のデフォルト・ファンドおよびキャッシュ・コールによりカバーできた件数の比率 (%)。
VMH カバレッジ	デフォルトズ・ペイを超過する損失の発生件数に対する、当該超過損失を生存参加者のデフォルト・ファンド、キャッシュ・コールおよび VM へアカットによりカバーできた件数の比率 (%)。

(ロ) 財務資源費消水準の確率変動に係る指標の定義

次に、CCP が被る損失を補填するために費消された財務資源の水準について、その確率変動を測定する。指標としては、費消水準の標準偏差を用いる。具体的には、1 回のシミュレーションを行うことにより得られる 10 万件の試行結果のうち、計算対象とする財務資源が費消されたものを抽出して、当該財務資源の費消水準の標準偏差を計算する。

(2) シミュレーション結果

イ. 事前拠出型の財務資源のみ設定するケース

最初に、事前拠出型の財務資源のみを設置する場合——すなわち、再建ツールを設置しない場合——のシミュレーション結果を提示する。このケースでは、損失を破綻参加者の当初証拠金とデフォルト・ファンド総額によってカバーしきれなかった場合、CCP は破綻することになる。表 8 では、価格変動分布全体からサンプリングを行ったケースと、当該分布のテイル部分からサンプリングを行ったケースから得られる DFs カバレッジ比率と損失の標準偏差をまとめている。

【表 8】シミュレーション結果：その 1

CCP ポート フォリオ	DF 総額 ³²	分布全体		テイル部分	
		DFs カバレッジ	損失の 標準偏差	DFs カバレッジ	損失の 標準偏差
パターン 1	0.02	84.7%	0.027	0.0%	0.053
パターン 2	0.04	91.9%	0.030	55.4%	0.065
パターン 3	0.08	98.0%	0.039	86.9%	0.105
パターン 4	0.14	99.6%	0.045	96.4%	0.132
パターン 5	0.25	99.7%	0.061	97.3%	0.195

(価格変動分布全体のシミュレーション結果)

まず、価格変動分布全体を用いる場合の DFs カバレッジをみると、CCP のポートフォリオが分散する（パターン 1 に近い）ほど、複数の参加者の同時破綻や価格変動リスクによる損失をデフォルト・ファンドによりカバーできる可能性が低下し、CCP の破綻リスクが相対的に高くなる傾向がみられる。逆に、CCP のポートフォリオが集中する（パターン 5 に近い）ほど、エクスポージャーが相対的に小さい参加者の同時破綻や価格変動リスクをカバーできる可能性が上昇し、CCP の破綻リスクが低下する傾向がみられる。また、損失の標準偏差をみると、CCP のポートフォリオの集中度が低い（パターン 1 に近い）ほど、損失総額の確率変動が低下し、ポートフォリオの集中度が高い（パターン 5 に近い）ほど、損失総額の確率変動が大きくなっている。

もっとも、価格変動分布全体を用いる場合、デフォルト・ファンドを超過するサンプル数が非常に少なく、特にパターン 5 では、このような事例が 2 件しか観測されなかった。これは、損失が事前拠出型の財務資源を超過するような状況が、滅多

³² CCP に拠出されたデフォルト・ファンドの全参加者分の総額。表 9 も同様。

に発生しないということを意味している。しかし、こうした事象が全く発生しないとは言えない以上、CCPは万一の場合に備えて、追加的な財務資源を何らかの形で確保しておく必要がある。再建ツールは、この「何らかの形」を具現化する手法と位置付けることができる。

損失が事前拋出型の財務資源を超過するような事象が滅多に発生しないという問題への対処方法としては、相当なストレス状況を想定してシミュレーションを行うことも考えられるが、本稿では、分布やパラメータについてストレス状況を想定するのではなく、価格変動分布のテイル部分のみを取り出した条件付き分布からサンプリングを行うことによって、デフォルト・ファンドを超過するサンプルを多く取得することを試みる。このため、以下の分析では、価格変動分布のテイル部分に限定したシミュレーション結果のみ取り扱うこととする。

(価格変動分布のテイル部分を用いるシミュレーション結果)

価格変動分布のテイル部分を用いる場合の結果をみると、テイルの閾値を99.9%に設定していることから、DFsカバレッジの結果は分布全体の場合に比べて、全体的に悪化する傾向があり、その悪化幅は、ポートフォリオの分散・集中の程度によって大きく異なる。CCPのポートフォリオが分散する(パターン1に近い)ほど、カバレッジが著しく低下する一方、ポートフォリオが集中する(パターン5に近い)ほど、カバレッジが改善する。また、損失の標準偏差をみると、パターン1、2では、価格変動分布全体を用いた場合と比べて、標準偏差の水準が約2倍になっているのに対し、パターン3、4および5では約3倍に拡大している。このように、テイル・イベントに限定した分析を行うと、CCPが抱える状況に応じて、財務資源が不足するリスクが高まるのか、損失の規模が拡大するリスクが高まるのかが明らかとなり、財務資源の設定方針を定め易くなる。

ここまでの分析から得られるインプリケーションは、次の2点である。第一に、CCPのポートフォリオが分散していると、事前拋出型の財務資源が枯渇するリスクは相対的に高いが、生存参加者が負担する損失の確率変動は相対的に小さいことである。これを再建ツールの特性に照らして言うと、包括性(未カバーの損失等について包括的に対応できるか)が低い一方で、測定可能性(参加者が被る損失を測定できるか)が高いことを示唆している。第二に、CCPのポートフォリオが集中していると、事前拋出型の財務資源が枯渇するリスクは相対的に低いが、生存参加者が負担する損失の確率変動は相対的に大きいことである。これを再建ツールの特性に照らすと、包括性が高い一方で、測定可能性が低いことを示唆している。こうした傾向は、損失が事前拋出型の財務資源を超過するようなストレス・イベントがより多く発生するような状況では、より明確になることも明らかとなった。

ロ. 再建ツールの設計バリエーション

前節におけるシミュレーション結果を叩き台として、本節では、再建ツールの設計方針について分析する³³。具体的には、無制限キャッシュ・コールを設置するケース³⁴とデフォルト・ファンドの 100%のキャップを付したキャッシュ・コールおよび VM へアカットを設置するケースを分析する。分析結果は、表 9 にまとめられている。

【表 9】シミュレーション結果：その 2

CCP ポートフォ リオ	DF 総額	DFs カバレ ッジ	無制限 CC		CC キャップ 100% ³⁵ &VM へアカット			
			CC カ バレ ッジ	CC の 標準 偏差	CC カバ レッジ	VMH カ バレッジ	CC の 標準偏差	VMH の 標準偏差
パターン 1	0.02	0.0%	100%	0.019	72.8%	99.71%	0.008	0.020
パターン 2	0.04	55.4%	100%	0.022	91.5%	99.90%	0.012	0.023
パターン 3	0.08	86.9%	100%	0.036	98.3%	99.98%	0.024	0.037
パターン 4	0.14	96.4%	100%	0.056	99.7%	99.99%	0.042	0.060
パターン 5	0.25	97.3%	100%	0.094	99.7%	99.99%	0.069	0.095

まず、無制限キャッシュ・コールを単体で設定するケースをみよう。このケースは非常にシンプルであり、テアアップ等の他の再建ツールを併用する必要がなく、定義により、損失が「包括的」に 100%カバーされる。一方、参加者にとってキャッシュ・コールの徴求額の振れ幅は、他の設計方法におけるキャッシュ・コールの徴求額の振れ幅に比べて大きくなる可能性があり、この結果、「測定可能性」が低下する。

³³ CCP のポートフォリオが分散するほど、デフォルト・ファンドの想定破綻先数を増加させる効果が大きいことから、再建ツールの設計とは別に、想定破綻先を増加させることを優先的に検討することも考えられる。また、CCP のポートフォリオが集中するほど、デフォルト・ファンドの破綻先数を増加させたときの参加者が負担するコスト（デフォルト・ファンド事前差入に伴う機会費用、破綻発生時のデフォルト・ファンドの費消量）は大きくなるが、そのコストに対するカバレッジの改善効果が低いいため、再建ツールによる補強を試みた方が効率的となる可能性がある。

³⁴ 無制限キャッシュ・コールの分析結果は、再建ツールを設置しないケースと基本的に同じである。これは、無制限キャッシュ・コールを用いるとは、再建ツールを設置しないケースにおいて事前拠出型の財務資源を超過した損失をキャッシュ・コールによって完全にカバーすることに他ならないからである。すなわち、キャッシュ・コールによるカバレッジは必ず 100%となり、キャッシュ・コールの費消水準の確率変動は、再建ツールを設置しないケースにおける超過損失の確率変動と一致することになる。

³⁵ 「CC キャップ 100%」の表記は、キャッシュ・コールに係る上限（キャップ）の水準であり、キャッシュ・コールのデフォルト・ファンドに対する比率（%）で表示している。

続いて、キャッシュ・コールにキャップを付したケースのシミュレーション結果をみる。キャップを付すことにより、再建ツールに求められる「包括性」は犠牲になるが、費消水準が有界になることにより、その振れ幅が限定され「測定可能性」が向上する³⁶。

最後に、キャッシュ・コールのほかにVMヘアカット³⁷を設置したケースのシミュレーション結果をみる。VMヘアカットを備えることにより、キャップ付きキャッシュ・コールで犠牲になった「包括性」を補完することができる。このため、「測定可能性」の高いキャップ付きキャッシュ・コールで損失をできるだけ補填し、残存する損失があれば、損失補填力の高いVMヘアカットでカバーするというスキームを構築することができる³⁸。VMヘアカットの徴求対象外となる参加者にとっては、キャップ付きキャッシュ・コールまでで損失負担額が確定する³⁹。また、CCPのポートフォリオの分散・集中の観点からみると、CCPのポートフォリオが分散するほど、VMヘアカットを併設する効果が大きく、逆に、ポートフォリオが集中するほど、その効果が小さいことがわかる。

(3) 分析結果から導かれるインプリケーション：まとめ

以上の分析結果から導かれるインプリケーションを図6に基づいて整理すると、以下のようなになる⁴⁰。この図は、縦軸に「財務資源によるカバレッジ」を、横軸に「損失補填に費消される再建ツールの確率変動」を取り、5種類のCCPのポートフォリオをグラフ上にマッピングしたものである。この図は表8の再建ツールを設定しないケースのシミュレーション結果をビジュアル化したものであるが、やや詳しく説明すると、包括性の面では、CCPのポートフォリオの分散が上昇するほど、事前拠出型

³⁶ キャップの水準をデフォルト・ファンドの100%から300%まで上昇させた場合、300%のときの結果は概ね無制限キャッシュ・コールの結果と同等になる。これは、キャップ300%のキャッシュ・コールでもカバーしきれないような極端な損失が発生する蓋然性は非常に低いことから、本モデルの前提条件の下では両者が無差別に近い状況であることを意味する。また、CCPのポートフォリオの分散・集中の観点からみると、分散しているほどキャップの水準を引き上げる効果が大きく、逆に集中しているほどキャップを引き上げる効果は小さい。

³⁷ VMヘアカットは、理論的にはキャップを設けない限り、包括的なツールと考えられているが、現実的にはオークションによる落札価格と市場価格との間に乖離が発生する可能性があることから、完全な包括性は有さない。それでも、VMヘアカット単体であってもパターン1から5のいずれにおいても、99%超のカバレッジが達成される試算であり、損失補填力の高いツールであると考えられる。VMヘアカットとキャッシュ・コールの大きな相違点は、VMヘアカットの徴求対象となる参加者は生存参加者全体の約半数である点、徴求対象の参加者に該当するかどうかは清算対象商品の市場価格変動に依存して決まる点である。

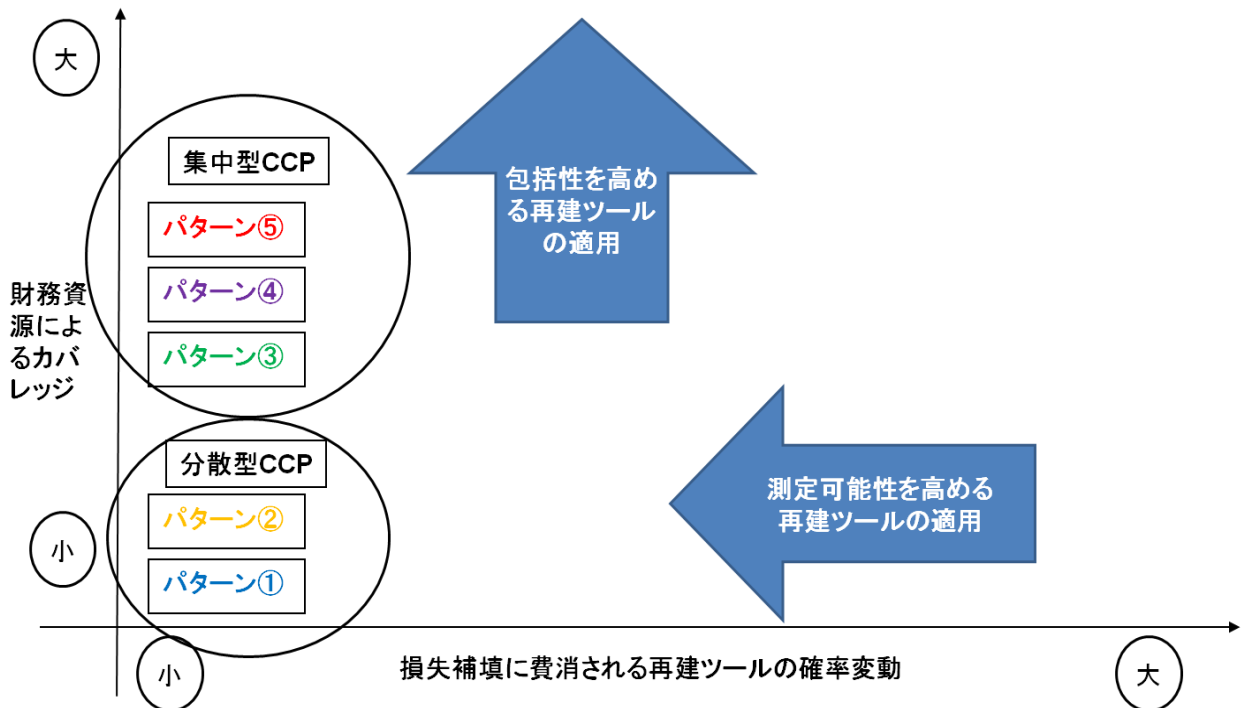
³⁸ ただし、VMヘアカットでも損失をカバーしきれない可能性が残存するため、そうした可能性に対応するためには、テアアップも最終手段として設置しておく必要がある。

³⁹ 参加者間で損失負担割合に大きな差異が生じる可能性がある。このような参加者間の損失負担の公平性については、「金融市場インフラの再建」報告書では特段求められていない。

⁴⁰ 本稿では、価格変動分布について正規分布を採用した場合の分析結果とインプリケーションを紹介しているが、よりファット・テイルな分布（自由度3のt分布）や経験分布を用いた分析結果からも同様のインプリケーションが得られる。

の財務資源によるカバレッジが低下するという特徴を表現している。一方、測定可能性の面では、再建ツールの確率変動がすべてのパターンについて0である。

【図6】 CCPのポートフォリオのマップ（再建ツール未設定のケース）



財務資源によるカバレッジは大きいほど望ましく、確率変動は小さいほうが望ましいことから、CCPはグラフの左上方にマッピングされるように再建ツールの設計方針を策定することが求められる。すなわち、カバレッジを大きくするためには、無制限キャッシュ・コールに代表される「包括性を高める再建ツール」を採用し、確率変動を小さくするには、キャップ付きキャッシュ・コールに代表される「測定可能性を高める再建ツール」を採用することが望ましいということになる。

もっとも、両者の間には、トレードオフ関係がある点に留意する必要がある。上記の例を用いると、無制限キャッシュ・コールを採用すれば、包括性を高めることができる一方、測定可能性が低下するという作用をもたらす。逆に、キャップ付きキャッシュ・コールを採用すると、測定可能性を高めることができる一方、包括性の面で限界が生じる。こうしたことから、再建ツールの設計にあたっては、CCPのポートフォリオの立ち位置に応じて、より効果的な再建ツールを導入するということになる。この点について、若干敷衍すると、以下のようになる。

イ. CCPのポートフォリオの分散・集中の程度に応じた財務資源設計

ポートフォリオが分散している場合、参加者の破綻に伴うデフォルト・ファンドの徴求額が平準化されているため、財務資源の費消水準の確率変動は相対的に小さ

い（測定可能性が高い）一方、CCPの破綻リスクは相対的に高くなる（包括性が低い）。この場合、デフォルト・ファンドがカバーする破綻先数を保守的に設定したり、包括性の高い再建ツールを選択する必要がある。

CCPのポートフォリオ構成が集中している場合、想定損失額が最大となる参加者のエクスポージャーを用いて計算されるデフォルト・ファンドの徴求水準が高くなることから、CCPの破綻リスクは相対的に低くなる（包括性が高い）一方、財務資源の費消水準の確率変動が相対的に大きくなる（測定可能性が低い）。この場合、デフォルト・ファンドの所要額を計算する際の想定破綻先数を増加させていくと、CCP破綻リスクの抑制効果に比して、事前拋出型の財務資源が過大となる可能性がある。すなわち、CCPのポートフォリオが分散型になっている場合と比べて、デフォルト・ファンドを強化するメリットが小さい可能性がある⁴¹。このため、再建ツールは、参加者の測定可能性を高めるようなものを優先的に設置することが求められる。

ロ. 代表的な再建ツールの設計例に対する分析

以上のようなトレードオフ関係や、CCPのポートフォリオの特性を念頭に置いて、幾つかの代表的な再建ツールの設計例——具体的には、①キャップを付さない無制限のキャッシュ・コールを設置するケースと、②キャップ付きキャッシュ・コールの後にVMヘアカットを設置するケース——をみると、以下ようになる。

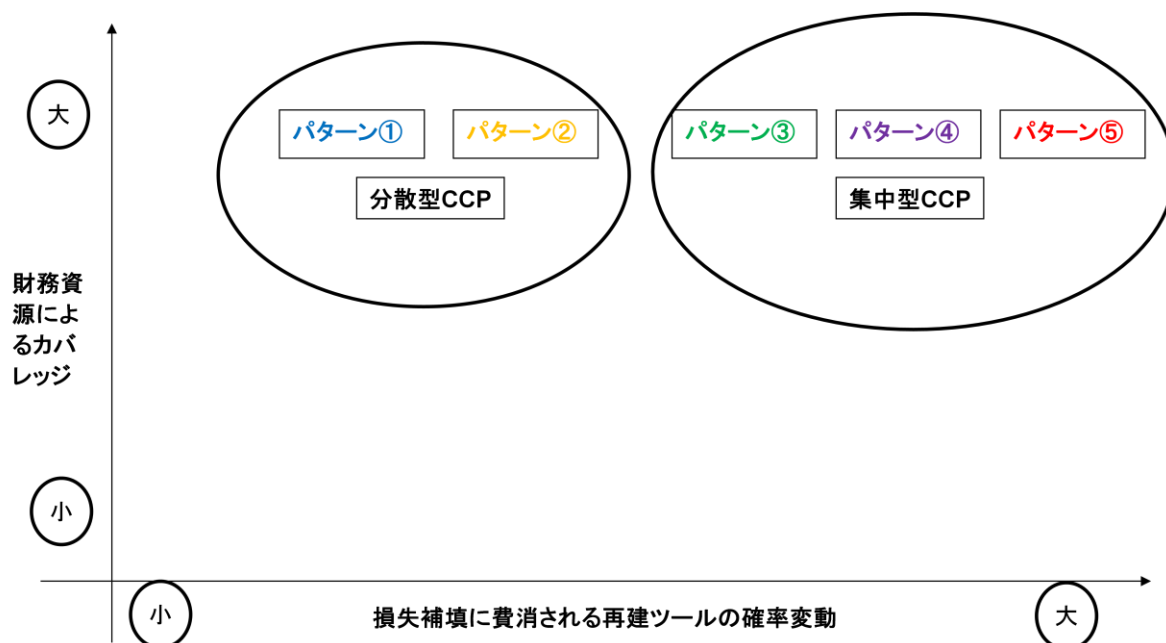
（イ）キャップを付さない無制限のキャッシュ・コールを設置するケース

このケースでは、損失が100%カバーされるため、テアアップ等の他の再建ツールを併用する必要がない（包括性が高い）。一方、参加者にとってキャッシュ・コールの徴求額の確率変動が他の設計方法に比べて大きくなる（測定可能性が低い）。図7は無制限のキャッシュ・コールを設置したときのCCPのポートフォリオをグラフ上にマッピングしたものである。この図は表9のシミュレーション結果をビジュアル化したものであるが、やや詳しく説明すると、包括性の面では、損失が100%カバーされるため、すべてのパターンにおいて財務資源によるカバレッジが100%の水準で横並びになる。一方、測定可能性の面では、CCPのポートフォリオの分散が上昇するほど、損失補填のために費消される再建ツールの確率変動が低下するという特徴を捉えている。図6と比べて、分散型CCPのポートフォリオにおける財務資源によるカバレッジが向上し、グラフの上でも望ましい方向（グラフの左上方）に移動していることがわかる。その一方で、集中型CCPのポートフォリオでは、財務資源によるカバレッジに大差がない割に、費消される再建ツールの確率変動が大きく悪化していることがわかる。このため、集中型CCPのポートフォリオのパターンでは、無制限のキャッシュ・コールを設置するような再建ツール

⁴¹ デフォルト・ファンドの破綻先数は1先程度に設定しておき、適宜、再建ツールで残存リスクを補完するという設計が合理的となる可能性もある。

の設計は、あまり望ましくない可能性が示唆される。

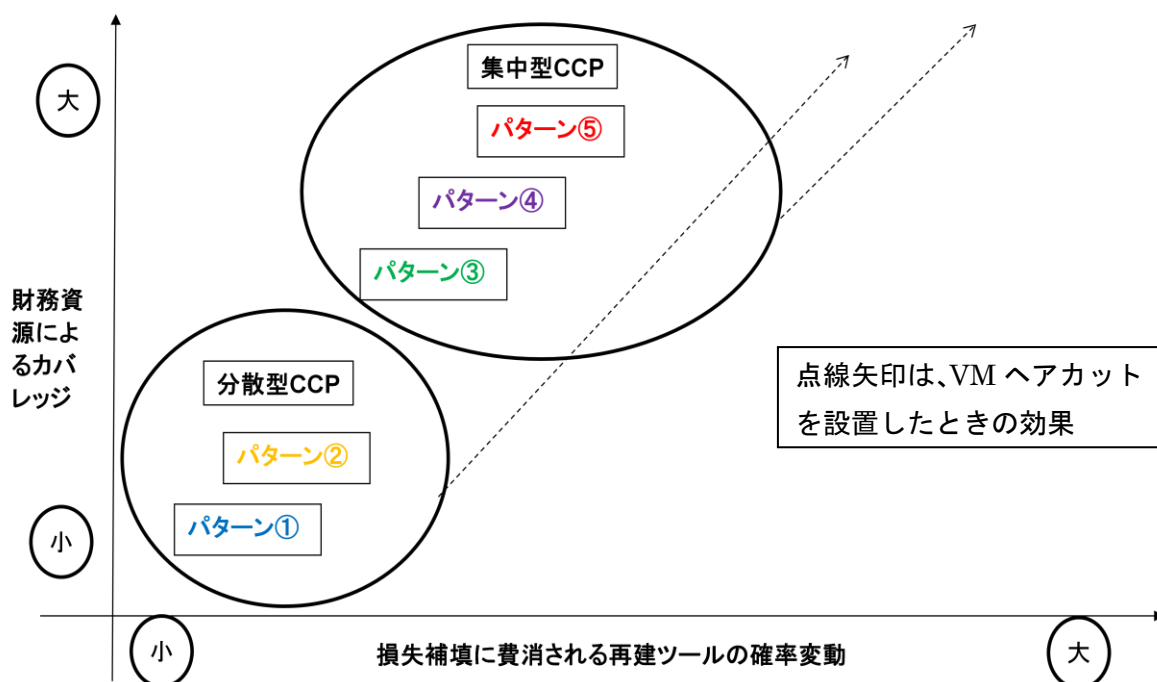
【図 7】 無制限キャッシュ・コールを採用するケース



(ロ) キャップ付きキャッシュ・コールの後に VM へアカットを設置するケース

次に、キャップ付きのキャッシュ・コールの後に VM へアカットを設置するケースをみる。まず、VM へアカットに先立って費消されるキャッシュ・コールについて分析すると、キャップが付されていることから、キャッシュ・コールの徴求額の確率変動は抑えられる（測定可能性が高い）が、キャップを付すことによって損失を補填しきれない（包括性が低い）可能性がある。特に、分散型 CCP のパターンにおいては、デフォルト・ファンドによるカバレッジがそもそも低い水準であるところ、そのデフォルト・ファンドの水準をキャッシュ・コールのキャップとして設定していることから、集中型 CCP のパターンと比べて、財務資源によるカバレッジが大きく低下する可能性がある。図 8 は、キャップ付きのキャッシュ・コールを設置したときの CCP のポートフォリオを、表 9 のシミュレーション結果に基づいて、グラフ上にマッピングしたものである。このうち、集中型 CCP をみると、費消される再建ツールの確率変動が無制限キャッシュ・コールのケース（図 7）に比べて、より望ましい方向位置にシフト（図上では左にシフト）していることがわかる。また、分散型 CCP についても、キャッシュ・コールにキャップを設けることによって、測定可能性は上昇するが、包括性が低下するというトレード・オフ関係がより顕著にみられる。

【図 8】 キャップ付きキャッシュ・コールと VM ヘアカットを採用するケース



ここで VM ヘアカットの特徴を整理すると、VM ヘアカットは損失補填能力が高く⁴²、CCP の破綻確率を抑制する効果を持つ（包括性が高い）。一方で、VM ヘアカットの費消水準は参加者破綻発生時から再構築完了直前までの清算対象商品の市場価格変動に依存することから、徴求水準および参加者自身が徴求対象となるかどうか等⁴³、事前に予測することは困難である（測定可能性が低い）⁴⁴。

以上を踏まえると、キャップ付きキャッシュ・コールと VM ヘアカットを、この順番で組み合わせることによって、双方の欠点を補うような再建ツールを構築することができる可能性が考えられる。すなわち、VM ヘアカットがキャッシュ・コールの後に発動され得ることにより、図 8 の点線矢印で示すように、キャップ付きキャッシュ・コールを設置した状態から財務資源によるカバレッジの大きい方向、かつ費消される再建ツールの確率変動の大きい方向へ CCP の位置がシフトすることになる。このうち、分散型 CCP にとっては、無制限キャッシュ・コールを設定したケースとほぼ同等の結果を得ることができ、VM ヘアカットとの組み合わせを考慮すれば、無制限キャッシュ・コールを採用するケースよりも望ましい状態に近付いている可能性もある。また、集中型 CCP にとっては、キャップ付きキャッシュ・コールによって、損失を完全に補填できる可能性が高く、ほとんどのカバレッジを

⁴² 再建ツールとして VM ヘアカットのみを設定してシミュレーションを行うと、カバレッジと費消される再建ツールの確率変動について無制限キャッシュ・コールとほぼ同等の結果が得られた。

⁴³ 徴求対象となる参加者数は、破綻参加者が変動証拠金の負け方であった場合には全生存参加者の半数となり、破綻参加者が変動証拠金の勝ち方であった場合には負け方であった場合よりも 1 先少なくなる。

⁴⁴ 変動証拠金の性質については、補論 1 (2) イ (イ) を参照。

達成することが可能であり、VM へアカットを発動する可能性が極端に低いとの前提に立つと、実質的に測定可能性の高い財務資源を備えているとみなすことができる。すなわち、分散型 CCP にとっては、無制限キャッシュ・コールの代替的手段、集中型 CCP にとっては、無制限キャッシュ・コールを採用するケースよりも、合理的な再建ツールと位置づけることもできる⁴⁵。

6. おわりに

(1) モデルと分析結果のまとめ

本稿では、再建ツールに焦点を当てて、CCP の財務資源を定量的に評価する分析方法を提示した。具体的には、「金融市場インフラの再建」報告書において再建ツールが備えるべき特性として挙げられている「包括性」と「測定可能性」に基づき、これらの特性を表す指標を使って、再建ツールの評価を試みた。その際、CCP のポートフォリオの特性（参加者の CCP に対するエクスポージャーにみられる特徴）や、CCP の再建ツールの設計内容にバリエーションを設けてシミュレーションを行い、これらの指標にどのような影響が及ぶかを分析した。

シミュレーション分析からは、FMI 原則に基づいた再建ツールの設計内容が、「金融市場インフラの再建」で示されている特性を必ずしも一様に満たすとは限らない例として、CCP を取り巻く市場構造——CCP のポートフォリオの分散・集中度合い——があることが確認された。すなわち、ポートフォリオが分散している場合、参加者の破綻に伴うデフォルト・ファンドの徴求額が平準化されているため、財務資源の費消水準の確率変動は相対的に小さい（測定可能性が高い）一方、CCP の破綻リスクは相対的に高くなる（包括性が低い）。この場合、デフォルト・ファンドがカバーする破綻先数を保守的に設定したり、包括性の高い再建ツールを選択する必要がある。その一方で、ポートフォリオが集中している場合、破綻する参加者のエクスポージャーに応じて、デフォルト・ファンドの徴求額も大きく変わり得るため、財務資源の費消水準の確率変動は相対的に大きくなる（測定可能性が低い）一方、CCP の破綻リスクは相対的に低くなる（包括性が高い）。このような状況下では、参加者にとっての測定可能性を高めるような再建ツールを優先的に設置することが求められる。CCP にとっては、自らのポートフォリオの分散・集中度合いや、その変動傾向を十分に把握しながら、「金融市場インフラの再建」で示されている特性に関する比較分析を行い、その結果に応じて、財務資源の構成を柔軟に見直していくことが望ましいというインプリケーションを導くことができる。

⁴⁵ ただし、この設計方法だけでは参加者に配分可能な損失負担額への損失配分可能額が有限となるため、無制限のキャッシュ・コールと同様に CCP の破綻を完全に防ぐためにはテアアップを併設する必要がある。また、変動証拠金を徴求していない CCP は、そもそも VM へアカットを設定することができない。

また、CCP の再建ツールを巡っては、参加者から無制限にキャッシュ・コールを徴求するケースと、キャップ付きキャッシュ・コールに VM ヘアカットやテアアップを併設するケースとの比較分析を行った。前者は、主に上場商品を取り扱う CCP で採用されており、テアアップを用いることなく参加者に無限責任を課すことができ、包括性が高く測定可能性が低い。後者は、主に店頭デリバティブ商品を取り扱う CCP で採用されており、参加者に無限責任を課すにはテアアップを併設する必要があるものの、キャップ付きキャッシュ・コールの測定可能性の高さと VM ヘアカットの包括性の高さという 2 種類の再建ツールの利点が組み合わされた設計となっていることが明らかとなった。

(2) モデルの課題と発展の方向性

本稿では、汎用的なモデルの構築や分析方法を提唱するため、モデルの設定を単純化している部分がある。そのため、本稿のシミュレーション結果とそのインプリケーションは、このシンプルなモデル設定の下で得られたものであることに留意する必要がある。また、本稿のモデル設定では、CCP が備えるべき所要財務資源の十分性を評価することはできない。今後、CCP が保有するデータをもとに、本稿の分析をより現実的な枠組みに進化させていくためには、より精緻なモデルを設計して分析を行う必要がある。その方向性としては、次の 3 点が挙げられる。

第一に、信用リスクと市場リスクの個別モデルの精緻化を図ることである。具体的には、参加者の破綻確率の見積もりを精緻化することや、オークションにおける価格変動モデルを精緻化することが挙げられる。参加者については、参加者毎の信用力を格付情報等に基づいて測定し、破綻確率を参加者毎に精緻に見積もったり、参加者間のデフォルト相関を考慮することが考えられる。また、清算対象商品については、その種類を増やして商品間の価格変動の相関を考慮したり、商品の市場流動性を考慮した価格変動を見積もったり、オプション商品が有する非線形リスク等商品に応じたリスクを考慮することが考えられる。

第二に、信用リスクと市場リスクの統合モデルの精緻化を図ることである。CCP のリスク管理の現状として、参加者の破綻リスクと清算対象商品の価格変動リスクは各々単独で測定される傾向がある。また、本稿のシミュレーション分析においても、両リスクは独立であるものと仮定した。しかしながら、金融危機のようなストレス状況下においては、これら 2 つのリスクの強い相互作用により重要な損失が発生する可能性がある。そのため、例えば、ストレス状況下における参加者の破綻確率の変動と清算対象商品の価格変動の相関関係を精緻にモデル化するといった対応が考えられる。

第三に、個々の参加者の損失負担を参加者間で比較することである。例えば、VM ヘアカットを備えた CCP については、各参加者の損失負担割合を考慮した場合、参加者間の公平性に欠ける可能性がある。また、分析方法の拡張として、各参加者の損

失負担水準を計測し、参加者間の損失負担の散らばりを分析し、その損失負担度合いに応じて参加者の連鎖破綻を発生させることも考えられる。いずれの点も、今後の重要な検討課題であると考えられる。

以 上

補論 1. CCP の信用リスク管理

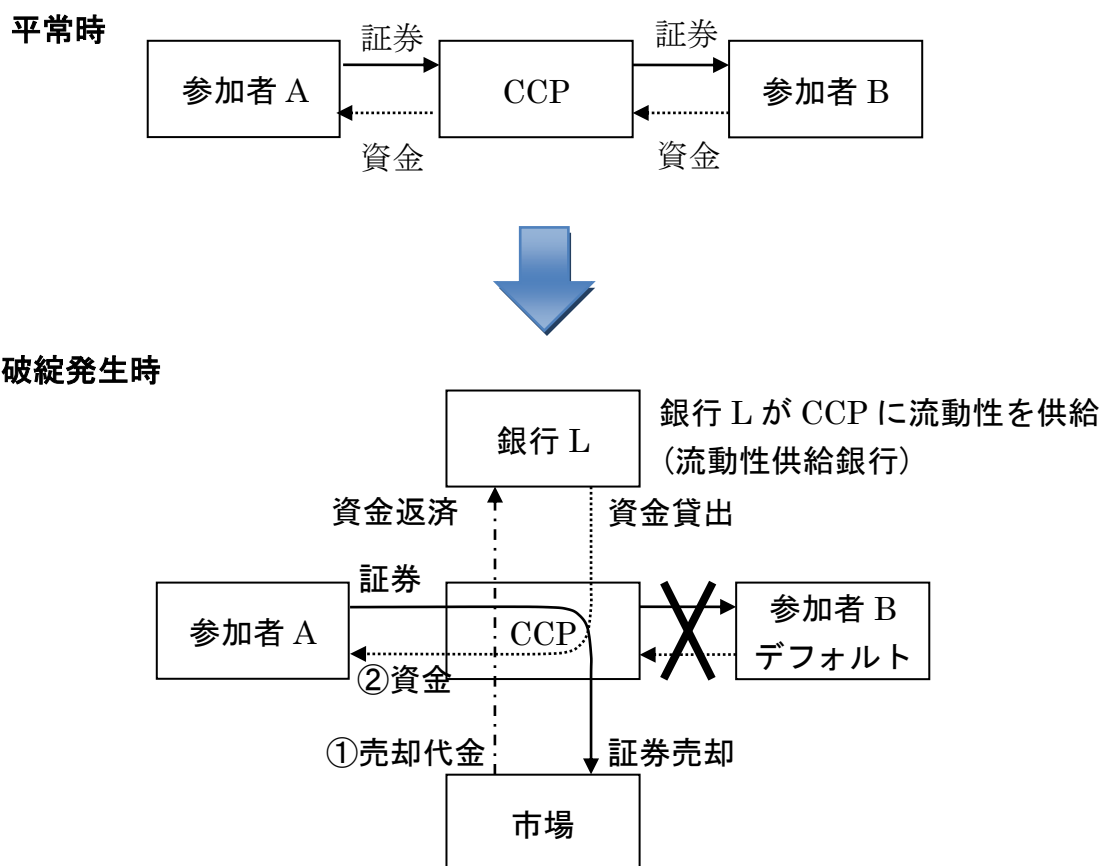
(1) 参加者破綻に伴う CCP の損失

本節では、参加者が破綻した場合に CCP が破綻参加者との間のポジションを再構築するスキームとその際に CCP が被る損失の発生メカニズムについて説明する。具体例として、現物商品を扱う CCP と店頭デリバティブ商品を扱う CCP を採りあげる。

イ. 現物取引のケース (図 A-1)

まず、参加者 A から参加者 B へ証券を売却する取引を CCP が債務引受している状況を想定する。ここで参加者 B が破綻したとすると、CCP は参加者 A に支払うべき証券の売却対価を参加者 B から受け取ることができなくなる。そこで、CCP はこの対価を流動性供給銀行 L から調達して参加者 A に支払うとともに、参加者 A から受け取った証券を市場で売却することによって得られる代金を銀行 L への返済に充てる。このとき、①市場での証券売却価額が、②約定時に決定していた参加者 A に対する証券の譲渡対価を下回るとき ($① < ②$ のとき)、②と①の差額が CCP の損失となる。CCP はこの損失を、財務資源を用いてカバーすることになる。逆に、参加者 A が破綻した場合、CCP は参加者 A から受け取るはずであった証券を代わりに市場で購入して参加者 B に譲渡することになる。このとき、③市場での証券購入価格が、④約定時に決定していた参加者 A からの購入価格を上回るとき ($③ > ④$ のとき)、③と④の差額が CCP の損失となる。

【図 A-1】 CCP の損失発生メカニズム（現物取引のケース）



ロ. 店頭デリバティブのケース（図 A-2）

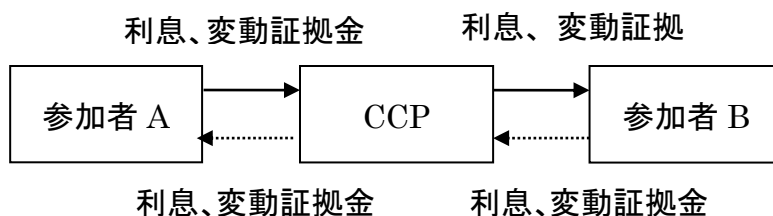
次に、参加者 A と参加者 B との間の店頭デリバティブ取引を CCP が債務引受している状況を想定する。ここで、参加者 A はデリバティブ資産、参加者 B はデリバティブ負債を保有しているとする。参加者 B が破綻したとすると、CCP は参加者 B との間に存在したデリバティブ取引と全く同一の取引（デリバティブ負債）を引き受ける参加者をオークション⁴⁶により決定し、落札した参加者 C に対して CCP は落札対価を支払う。このとき、①オークションによる落札価格の支払額が、②再構築したポジションの時価評価額（参加者 A と CCP との間のデリバティブの時価と等価）を上回るとき（①>②のとき）、①と②の差額が CCP の損失となる。この損失を、財務資源でカバーすることになる。逆に、参加者 A が破綻した場合、CCP は参加者 A との間に存在したデリバティブ資産を引き受ける参加者をオークションにより決定し、落札した参加者 C から落札対価を受け取るようになる。このとき、③オークションによる落札価格の受け取り額が、④再構築したポジションの

⁴⁶ 破綻参加者のポジション処理方法には、オークションの他、市場を通じた取引や清算参加者へのポジション割り当て等が想定されるが、オークションが採用されるケースが多い。

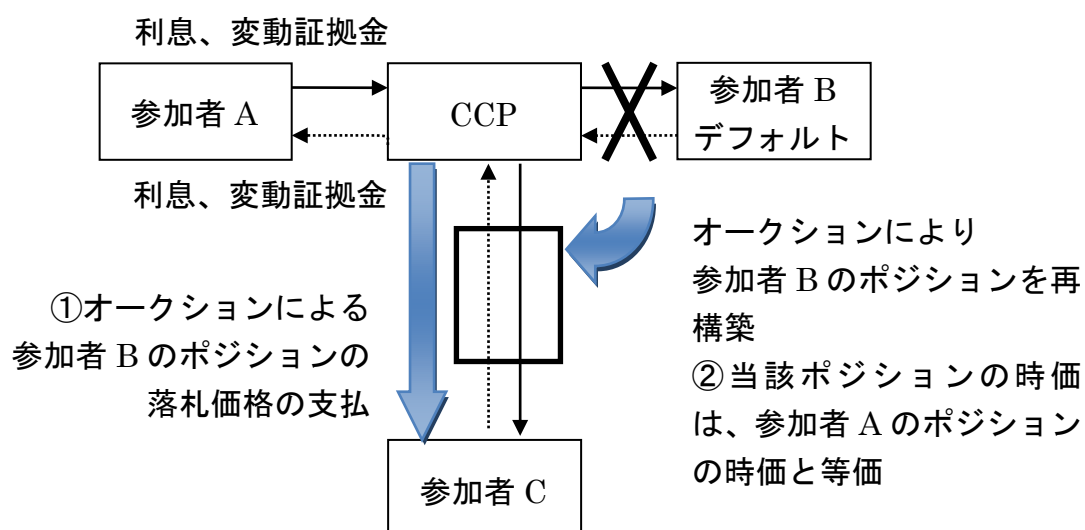
時価評価額（参加者 B と CCP との間のデリバティブの時価と等価）を下回るとき（③<④のとき）、③と④の差額が CCP の損失となる。

【図 A-2】 CCP の損失発生メカニズム（店頭デリバティブのケース）

平常時



破綻発生時



(2) CCP の財務資源

本節では、CCP の代表的な財務資源のうち事前拠出型のものについて、その内容や特徴を紹介する（表 A-1）。なお、再建ツールについては、本文の第 3 節を参照。

【表 A-1】 CCP の財務資源の分類例

	財務資源	FMI 原則 の分類	拠出 時点	共有型 or 非共有型	FMI 原則にて、各財務資源によりカバー すべきとされるエクスポージャーやリ スクの種類
1	変動証拠金	証拠金	事前	非共有型	カレント・エクスポージャー
2	当初証拠金	証拠金	事前	非共有型	ポテンシャル・フューチャー・エクスポ ージャー
3	CCP による 損失補償	追加的財務 資源	事前	共有型	ポテンシャル・フューチャー・エクスポ ージャーのテイル・リスク
4	デフォルト ・ファンド	追加的財務 資源	事前	共有型 あるいは 非共有型 47	ポテンシャル・フューチャー・エクスポ ージャーのテイル・リスク
5	再建ツール	追加的財務 資源	事後	共有型	ポテンシャル・フューチャー・エクスポ ージャーのテイル・リスク

イ. 証拠金 (margin)

証拠金は、FMI 原則において CCP が信用エクスポージャーを管理するための重要な財務資源と位置付けられている。証拠金は、一般的に変動証拠金と当初証拠金の 2 種類に区別される。

(イ) 変動証拠金 (variation margin, VM)

変動証拠金は、実際の市場価格変動から生じるカレント・エクスポージャー⁴⁸をカバーするために CCP と参加者との間で授受される。具体的には、各参加者とのポジションを現在の市場価格で値洗いし、直前の値洗いとの差額を授受する⁴⁹。変動証拠金の授受は資金が用いられることが多い。

⁴⁷ 実際には共有型の財務資源として採用している CCP がほとんどである。

⁴⁸ カレント・エクスポージャーは、CCP が各参加者に対して保有している清算対象ポジションに係る現在時点におけるエクスポージャー (価値) である。

⁴⁹ 金利スワップ等のデリバティブ取引を例にとると、当日の市場価格を用いて時価評価額の計算を日次で行い、前営業日の時価評価額からの変動額を授受する。変動額が負の主体から変動額が正の主体に対して支払いが発生する。CCP における取引は CCP と参加者全体でみると閉じているため、CCP の変動証拠金残高は 0 となる。一方、各参加者の CCP に対する変動証拠金残高 (資産あるいは負債) は、参加者が CCP に対して保有するデリバティブのエクスポージャーの残高 (負債あるいは資産) と理論的に一致する。

（ロ）当初証拠金（initial margin, IM）

当初証拠金は、ポテンシャル・フューチャー・エクスポージャー⁵⁰をカバーするための主要な財務資源である。FMI 原則では、具体的には、推計されたポテンシャル・フューチャー・エクスポージャーの分布の片側信頼水準 99%をカバーする水準——すなわち 99%の VaR（バリュー・アット・リスク）相当の水準——を最低限確保することが求められている。当初証拠金は参加者ごとに分別管理されることが多く、参加者が破綻した場合にはその破綻参加者が拠出していた当初証拠金のみが費消され、残りの生存参加者が拠出している当初証拠金は法的に許容されない限り費消されないことになる。

参加者の破綻時以降、ポジションの価値が当初証拠金の計算時点での想定を超えて大きく変動する場合には、CCP はいわゆるテイル・リスクに晒される。その場合、CCP の損失が破綻参加者の拠出していた当初証拠金を上回ることがある。テイル・リスクをすべてカバーするよう当初証拠金を設計することは困難ではあるが、CCP にとって、テイル・リスクにも対応できるように、当初証拠金より下位に位置する事前拠出型の財務資源や再建ツールを設計することが必要となる。

ロ. CCP による損失補償

CCP による損失補償とは、CCP の内部留保等を損失補填に充当する方法である。具体的には、CCP の資本金や利益剰余金を費消したり、CCP の親会社としての取引所が損失を補償するケースもある。この財務資源は、CCP（の所有者）自身も損失補填の負担を負うことによって、CCP（の所有者）が適切なリスク管理体制を構築するというインセンティブをもたらす面がある。

ハ. デフォルト・ファンド（default fund, DF）

デフォルト・ファンドは、CCP の損失のうち破綻参加者の当初証拠金によって補填しきれなかった部分をカバーするために、全ての参加者によって事前に預託される財務資源である。その所要額の計算方法は CCP によって区々であるが、一般には、損失の測定に直接関わる要素（商品の価格変動や破綻する参加者の想定）について、複数のストレス・シナリオを設定し、これらのシナリオのもとで CCP が被る損失が最大となるケースを採用することが多い⁵¹。そのもとで、デフォルト・ファンドの総額は、各参加者が CCP に持ち込んだリスク量（当初証拠金所要額等）に応じて各参加者に配分されることが多い。また、その費消方法についても、CCP

⁵⁰ 参加者破綻発生時（厳密に言えば、最後に証拠金を計算・授受した時点）から破綻参加者のポジションを再構築するまでの期間において、生じ得るポジションの価値の変化。

⁵¹ 価格変動については、例えば過去に実際に発生した最大の価格変動などが用いられる。破綻する参加者の想定については、例えばデリバティブ商品を清算する CCP について見ると、上場デリバティブの CCP は最大 1 先破綻を想定し、店頭デリバティブの CCP は最大 2 先破綻を想定する等、清算対象商品に応じて想定破綻先数が設定される傾向がある。

の独自ルールが設定され得るが、①破綻参加者分に限らず生存参加者分も費消される共有型形式であること、②参加者間の費消順位は破綻参加者の拠出分が優先的に費消されることが多い⁵²。

⁵² 生存参加者についてはオークションへの参加に消極的であった参加者から優先的に費消するというペナルティーを設けるなど、参加者破綻時のリスク管理の実効性を高めるためのインセンティブ付与に利用されることもある。

補論 2. シミュレーションに係るモデルについて

1. CCP の損失額を測定するモデル

参加者の破綻により CCP が被ることになる損失額を測定するモデルを構築する。CCP で清算される資産の種類は日経平均先物 1 種類に限定している。

(1) 損失額 (L) のモデル

参加者の破綻により CCP が被る損失額は、参加者の破綻が発生してから当該破綻参加者のポジションの再構築が完了するまでの間における、当該ポジションの価値の変動額と同値である。よって、損失額 (L) は下式のように、破綻した参加者の CCP に対するエクスポージャー (V) に参加者破綻時から再構築完了時までのエクスポージャー1 単位当たりの価格変動 (ΔP) を乗じることで計算される。エクスポージャーは、例えば現物株式であれば株式の時価であり、国債や金利スワップ等の金利関連商品であれば金利感応度 (PV01) となる。価格変動は、現物株式であれば株価の変動率となり、金利関連商品であれば金利の変動幅となる。デフォルト・エクスポージャー (V) は後で示すように、参加者の破綻事象の発生が確率的であることから確率変数である。 ΔP も、参加者破綻時から再構築完了時までの価格変動を完全に予測することは困難であることから確率変数である。すなわち、損失額 (L) は 2 種類の確率変数の積ということになる。

【L のモデルの基本式】

$$L = V \times \Delta P \quad (1)$$

L : 損失額

V : 破綻参加者のエクスポージャー総額 (確率変数)

ΔP : エクスポージャー1 単位当たりの価格変動 (確率変数)

厳密には、L は CCP にとって損失となる場合に限定されず、利益となる場合やそもそも参加者の破綻が発生しない場合も含んでいる。本稿で、L をシミュレーションにより発生させ、財務資源によるカバレッジを測定する際には、CCP にとって損失とならなかった事象は除外して測定している。すなわち、損失の発生という条件付きの分布を用いることになる。なお、本稿では、L の値の符号が正の場合を損失、負の場合を利益と定義する。

(2) デフォルト・エクスポージャー (V) のモデル

デフォルト・エクスポージャー (V) は、破綻した参加者の CCP に対するポジションのエクスポージャーと定義される。V を測定するにあたって、各参加者に対して破綻が発生したら 1、破綻しなかったら 0 を割り当てるという指示関数 (Indicator

function) を設定する。指示関数の値は、参加者ごとに設定した破綻確率に応じて二項モデルによって与えられるものとする。こうして得られた指示関数の値にエクスポージャーを乗じた結果を参加者ごとに測定し、全参加者分の結果を合計すると V を得ることができる。

【V のモデルの基本式】

$$V = \sum_{i=1}^N (X_i \times D_i) \quad (2)$$

$$D_i = \begin{cases} 1, & (\text{probability } PD_i) \\ 0, & (\text{probability } 1 - PD_i) \end{cases}$$

i: 参加者を表すインデックス

X_i: 参加者 i に係るエクスポージャー金額

D_i: 参加者 i に係る指示関数 (デフォルト時 1、非デフォルト時 0)

PD_i: 参加者 i の一定期間における破綻確率

N: 参加者数

なお、各参加者のデフォルトの発生は本稿では無相関と仮定している。また、X_i は次の制約を満たすように定める。

$$\sum_{i=1}^N X_i = 0 \quad (3)$$

V のモデルにおいてシミュレーション上、必要となるパラメータの設定内容は、表 4(1)に示すとおりである。

(3) 価格変動 (ΔP) のモデル

参加者の破綻が発生すると、破綻参加者が保有していた清算対象ポジションをオークションや反対売買等を行うことによってポジションを再構築する必要が生じる。ここでは、参加者の破綻が発生してから当該破綻参加者のポジションの再構築が完了するまでの間の当該ポジションに含まれる商品の価格変動をモデル化する。モデル化する価格変動は、ポジションの再構築に関連する価格変動 (オークション等に係る価格変動) と再構築期間中に受け払いされた変動証拠金 (VM) の純額を測定するための価格変動 (VM へアカットの計算のための価格変動) の 2 種類である。いずれの価格変動に対しても、正規分布を仮定する (正規分布のパラメータは本文第 4 節の表 4(2)に従う)。

イ. オークション等に係る価格変動

オークション等に係る価格とは、店頭デリバティブ商品に関して言えば、破綻参加者のポジションを他の生存参加者が引き受けるに際して、参加者間のオークションにより決定される破綻参加者ポジションの価値のことである。上場商品の場合には、反対売買を行った際に成立した価格ということになる。CCP はポジションを引き受けた参加者に対して、オークション価格に基づいて算定される価値を当該参加者に対して支払う（あるいは、受け取る）。オークション等に係る価格変動については、価格変動分布として想定した正規分布のテイル部分を取り出した条件付き分布からサンプリングを行っている。テイル部分の閾値は、片側 99.9%点としている。閾値 99.9% は、デフォルト・ファンド所要額計算における信頼水準を参照することとした。これにより、デフォルト・ファンド所要額の測定時の想定損失を超える損失を発生させている。

ロ. VM ヘアカット計算のための価格変動

VM ヘアカットは、参加者破綻時から再構築完了時までの間に、CCP と生存参加者との間で受け払いされた変動証拠金 (VM) の金額について、再構築完了時点において累積ベースで勝ち方となっている参加者から当該勝ち分の変動証拠金相当額を限度に財務資源として徴収するものである。そのため、VM ヘアカットの所要額は、再構築に要する期間における清算対象商品の価格変動に依存する。

なお、オークション等が不成立になり、CCP がテアアップを利用することになった場合には、生存参加者のポジションの清算は基本的にテアアップ時点の市場価格に基づいて行われる。本文の 3 (1) ロで述べたように、生存参加者はテアアップ時の市場価格に基づいた解約清算金の受け払いを実施することになるが、破綻参加者から CCP への解約清算金の支払いは履行されない一方、CCP は生存参加者に対して破綻参加者のポジションに係る解約清算金の支払いを行う必要が生じ、この支払いのために生じる損失⁵³は CCP の財務資源によってカバーされることになる。ここで、VM ヘアカットは参加者破綻発生時点からテアアップが行われた時点まで市場価格の変動に基づいて計算されることになるため、テアアップを行うことにより CCP が被る損失は VM ヘアカットが設置されている場合には完全にカバーされることになる⁵⁴。

2. CCP の財務資源を表すモデル

CCP の財務資源を表すモデルは、本文第 4 節の表 5 の内容に従うものとする。また、財務資源の費消順序は、本文第 2 節の図 1 の損失補填制度の例に従うものとする。本稿の分析では一貫して、清算対象商品の 1 日分の価格変動は正規分布に従い、破綻参加者のポジションの再構築に要する期間は 1 日と仮定している。デフォルト・ファ

⁵³ オークション等によって被るはずであった損失を回避することによって、新たに発生した損失といえる。

⁵⁴ VM ヘアカット自体にキャップが付されている場合には、キャップの設定内容によっては必ずしも完全に損失がカバーされるとは限らない。

ンドの測定において CCP が想定する破綻先数は、CCP が被る損失が最大となる 1 先を採用している。CCP による損失補償については、モデルの簡素化のため 0 と仮定している。キャッシュ・コールの上限（キャップ）は、実際に主要な CCP が採用している方法に倣って、デフォルト・ファンドの定数倍という形式にした。VM ヘアカットに関連する価格変動についても、再構築に実際に要した日数を 1 日と仮定し、正規分布からサンプリングを行っている（正規分布のパラメータは、損失額（L）のモデルと同様、本文第 4 節の表 4(2)に従う）。

参考文献

小田信之 (2001)、「金融リスクの計量分析」

菊池健太郎 (2007)、「与信ポートフォリオ VaR の解析的な評価法：条件付鞍点法による近似計算の理論と数値検証」、『金融研究』第 26 巻別冊第 2 号、日本銀行金融研究所、137～186 項

木島正明編著 (1998)、「金融リスクの計量化 (上)：金融リスクの計量化」

富安弘毅 (2014)、「カウンターパーティーリスクマネジメント (第 2 版) ——金融危機で激変したデリバティブ取引環境への対応」

日本銀行決済機構局 (2011)、「決済システムレポート 2010–2011」

日本銀行決済機構局 (2013)、「決済システムレポート 2012–2013」

Bank for International Settlements (2012), “Principles for financial market infrastructures.”

Bank for International Settlements (2014), “Recovery of financial market infrastructures.”

Biais, B., Heider, F., and Hoerova, M. (2012), “Clearing, Counterparty Risk and Aggregate Risk,” *European Central Bank Working Paper Series No. 48*.

Chande, N., Labelle, N., and Tuer, T. (2010), “Central Counterparties and Systemic Risk,” *Bank of Canada Financial System Review December 2010*.

Cumming, F. and Noss, J. (2013), “Assessing the adequacy of CCPs’ default resources,” *Bank of England Financial Stability Paper No. 26*.

Elliott, D. (2013), “Central counterparty loss-allocation rules,” *Bank of England Financial Stability Paper No. 20*.

Gibson, M. (2013), “Recovery and Resolution of Central Counterparties,” *Reserve Bank of Australia Bulletin December Quarter 2013*.

International Swaps and Derivatives Association (2013), “CCP Loss Allocation at the End of the Waterfall.”

Jackson, J. P., and Manning, M. J. (2007), “Comparing the pre-settlement risk implications of alternative clearing arrangements,” *Bank of England Working Paper No.321*.

McNeil, A. J., Frey, R., and Embrechts, P. (2005), “*Quantitative Risk*

Management : Concepts, Techniques and Tools,” Princeton University Press.

Nahai-Williamson, P., Ota, T., Vital, M., and Wetherilt, A. (2013), “Central counterparties and their financial resources – a numerical approach,” *Bank of England Financial Stability Paper No. 19*.