

システミックリスクを回避するための、カウンターパーティ・リスク (CVA, DVA) を考慮した CDS 価格制御試論

— シミュレーションへむけて —

下川 拓平^a・荒田 映子^a

要 旨

CDS の評価において観測可能な市場現象をそのインプットとすべしとする認識論に依拠した、CDS のスプレッド (論文中においては S) が、該当する時点における参照組織の生存率に (数学的な定式化を review した上で) 本質的に依存する事を見る。この参照組織の認識とスプレッド調整がカウンターパーティ自体にむいた時点で、実はこれが CDS における CVA である、という視座を提示した後 (この部分は本格的に展開する事を次稿にゆだねる事になる) この生存率の、具体的な定式化を、累積デフォルト率を所与として導出する。また、将来的に実装する、仮想系の概要を明確にする。

JEL Classification Codes : G12–G13

キーワード : CDS, カウンターパーティ・リスク, IFRS, ネットワーク・ドミノ効果, CVA, DVA, デフォルト確率, 信用リスク度

1. 前提

CDS は、金融におけるデフォルトのリスクそのものを売買するための枠組であり、新興市場における債務証書 (bonds)、不動産担保証券 (Mortgage-backed securities, MBS)、社債 (corporate bonds)、地方債 (local government bond) において利用される。主として金融機関間の取引であり、取引所の概念は存在しない。

CDS の評価において、信用リスクをどう測定するか、はきわめて重要な論点である。当事者がそれらをどう測定するかは、もちろんであるが、財務報告においては、この測定値に基づく情報が開示され、情報利用者の意思決定に利用されるため、CDS 取引のみならず、金融市場全体においても重要な問題となる。会計規制においては、歴史的に金融危機を契機として強化が計られてきたがリーマンショックに端を発した金融危機後も、同様であった。直近の金融危機に際しては、国際会計基準委員会 (International Accounting Standards Board: IASB) は、International Financial Reporting Standards No.13 International Accounting Standards Board (2011) (以下 IFRS13 とのみ記す) を公表し、「時価」が観測できない株式の「公正価値」評価について定めている。時価を観測できない金融商品の公正価値の見積もりにあたっては、見積もる際のインプット要素が観測不能で

あるとき、その要素の見積もりに対する感応度やインプット要素間の関連性についての記述的説明が求められている。CDS についても、直接的には観測できないカウンターパーティーの信用リスクが CDS の評価にどのような影響を及ぼすかは CDS の信用リスクをインプットとする金融商品の公正価値評価においてはきわめて重要な問題である。もしカウンターパーティーリスクが、IFRS13 が要求する「観測可能なインプットの利用の最大化と、観測不可能なインプット利用の最小化」を図るべく、可能な限り マーケットオブザバブル な現象に依拠して説明されることができれば、金融市場の安定化にも寄与することになるだろう。

本論は、まずプライシングの基本的手法を再認し、この原初的な前提にたつ場合、「プライシング」がいわばシステム内の規範に依存する事をまず確認する。

その規範上のファクターを、規範設定主体が可能なかぎり調整できる、という強い前提にたつとして、プライシングそのものではなく、規範設定主体が可制御なパラメータを参入 entity に強制した場合、後述するネットワーク・ドミノ効果 (大規模な市場の失敗を誘発する) を防止するための、試論である。

とりわけ、IFRS13 は、

^a 武蔵大学経済学部 〒176-8534 東京都練馬区豊玉上 1-26-1

* 本研究は全国銀行学術研究振興財団からの助成をうけた。ここに感謝の意を表明する。

カウンターパーティーの信用リスクの変化

や、

測定主体自体の信用が依存する所

をも、公正価値の測定にて勘案すべしと勧告する。いわば、市場における「観測」とは何か、という根本的「未定義」性を、さしあたりコンベンショナルな立脚点で克服した上で、これらが、CDS の価格の算出に、如何なる形で計上されるべきか、むしろ各 entity の作業は、この小論の範囲とするものではなく、規範化し市場の失敗を回避する可能性に言及する。

2. CDS pricing : レビュー

2.1. 理論

CDS の価値は、プロテクションの購入側から（主として）評価される。これは、先の章で前提としたように、市場から直接的に観察できるファクターを利用し評価されるのが、その妥当性の条件である。

「CDS の価値」は Hirska (2000) (381 頁)、かつ離散モデルを利用し考察する。具体的には CDS の価値は

$$\text{イベント時回収率の期待現在価値} - \text{固定プレミアムの期待現在価値} \quad (1)$$

と規定され、ここで、

- $D(t)$: t 期における割引率,
- $q_r(t)$: t 期までの参照組織生存確率,
- S : 各期プレミアム,
- Δ_i : 支払い期間

とし、更に

$$A = \text{固定プレミアムの期待現在価値 (expected PV of fixed leg)},$$

$$B = \text{参照組織が期間中生存している, との仮定で, 行う支払いの現在価値の総和},$$

$$C = \text{期間中に参照組織にイベントが発生した場合の, 支払い額の現在価値の総和},$$

$$D = \text{イベント時の回収率の期待現在価値 (expected PV of contingent leg)}.$$

とにおいて、

$$A = B + C$$

$$= \sum_{i=0}^{n-1} D(t_i) q_r(t_i) S \Delta_i$$

$$+ \sum_{i=0}^{n-1} D(t_i) [q_r(t_{i-1}) - q_r(t_i)] \cdot S \Delta_i / 2 \quad (2)$$

であり

$$D = (1 - R_r) \sum_{i=0}^{n-1} D(t_i) (q_r(t_{i-1}) - q_r(t_i)) \quad (3)$$

(R_r : 参照組織についての回収率, まずは一定と仮定)

CDS の開始時は、(2) = (3) という前提をおく（つまり、開始時の CDS の価値はゼロ）ので、結果 (1) からプレミアム (S) が定まる：

$$S = \frac{(1 - R_r) \sum_{i=0}^{n-1} D(t_i) (q_r(t_{i-1}) - q_r(t_i))}{\sum_{i=0}^{n-1} D(t_i) q_r(t_i) \Delta_i + \sum_{i=0}^{n-1} D(t_i) [q_r(t_{i-1}) - q_r(t_i)] \cdot \Delta_i / 2} \quad (4)$$

繰り返しになるが、コンベンショナルな前提にたてば、このように、プレミアム (S) は、本質的に回収率 (R_r)、参照組織の生存確率 ($q_r(t)$)、割引率 ($D(t)$) に依存している。

ある投資主体がある参照組織のイベント発生確率を評価し CDS 契約を意思決定する際、この S のみを見るとするならば（つまり市場が参照組織についての「正しい評価」をしている、とすれば）、カウンターパーティーの選択は一様である。しかし通常そうではなく、この S は、カウンターパーティーリスクによる補正 (CVA/DVA/FVA) EYGM Limited (2014) 評価をする必要がある¹。

たとえば CVA (Credit Value Adjustment) は、やはり離散時間を前提として、

$$CVA_c = (1 - R_c) \sum_{i=0}^{n-1} \mathbf{E}(t) (q_c(t_{i-1}) - q_c(t_i)) \quad (5)$$

（ここで、 $\mathbf{E}(t)$ は、時点 t での期待エクスポージャ、つまりカウンターパーティーにイベントが発生した時点の損失の時価）という定式化がなされる（離散時間を前提）。これを上記の S の補正に利用する。この補正の正確な定式化を利用した論議が本研究の本質の一つなのであるが、まず以下の点、ここで指摘しておく。

もし、CDS における参照組織が、このカウンターパーティー自体であった場合のスプレッドのプライシングは、如何様になるのか。つまり、(2) と (3) の更なる一般化

1 斯波恒正 (2011) によれば「数式上 CVA は『CDS におけるデフォルト時補填支払 (default leg)』の現在価値とそっくり」という指摘があるが、ある意味当然とも考えられる。

(それがカウンターパーティそのものに対しても自然に定義できる) こと、の試論および考究は、CDS における CVA, DVA を統一的に論じる上で、重要な視点となり得る。

さらに S の更に数学的に厳密なモデルについても、次稿の課題である。一点、すくなくとも次は留意すべき件として本稿に述べておく。

つまり、entity x の生存確率: $q_x(t)$ は、その分布をベイジアン的に推定する場合、たとえばマクロな指標をその事前確率の母数の「要因」として考えるのが自然で、なおかつマクロ指標とはすなわち各 entity の生存/消滅/イベント発生、という現象の統合であって、サイクリックに依存しあう。更に、CDS 市場とは(一見)関係のない他の市場が、何らかの形で「明示的でないかわり」をもつ可能性もある。このあたりのメカニズムを、本研究にて実装を企図する仮想 CDS 市場に、可能なかぎり、最終的に「組み込む」事が要求されるだろう。

いずれにせよ、いま、この生存確率 $q(t)$ が CDS の「価値」に直接関与するとせば、IFRS の勧告にしたがい CDS の公正価値が評価されるべきとした場合、 $q(t)$ についての厳密な表現論を成立させておくべきであるのは明白と思われる。

生存確率が妥当に設定された CDS 取引を成立させるための、ガイドライン/制度は、一つの方向として考えられる、という事である。もしこのガイドラインがうまく機能すれば、後述する「感染リスク」BRUNNERMEIER, Markus and others (2013) による危機(市場の不安定化/機能不全)の発生を抑制できる可能性を期待できる。

CDS の評価におけるこの生存確率 $q(t)$ を規定するガイドライン(制度)の設計方法を考慮することが、本論の目的であるが、それを多主体系仮想実験という視座から模索する。

3. 感染リスク (contagion risks)

金融商品としての CDS は、特徴として二面性を有している。まず、これは無論リスクヘッジのための device として設計されていて、信用リスクを管理するのに有用である。同時に、金融不安を助長する、かつシステミック・リスク(派生リスク)を発生させるという現実がある。この派生リスクを、ここでは 感染リスク (contagion risks) と呼ぶこととする。この感染リスクが、市場の失敗をまねく、として、その回避あるいは閾値を純粋にパラメータからわり出す。

BRUNNERMEIER, Markus and others (2013) によれ

ば、CDS に関連した伝染チャンネルは少なくとも四つに分類される。

第一に、感染が「直接」発生するケース。これは、プロテクションバイヤーのカウンターパーティリスクに由来するもので、参照組織、または大規模プロテクションセラー、いずれかのデフォルトによりひきおこされる。一旦クレジットイベントが発生すると、巨大な支払が発生し、その波紋のスケールは、夫々の回収率にリンクしていて、予想が困難な事が多い。

また、CDS 契約のネットワークが集中している状況で、主要ディーラーの問題状況がドミノ効果を誘発し、デフォルトの感染を発生させる。たとえば、ある entity のデフォルトは、その直接のカウンターパーティの損失のみならず、参照組織としてのこの entity についての CDS プロテクションセラーにあまねく損失を発生させる。

参照組織とプロテクションセラー双方のデフォルトという場合においては、カウンターパーティー・リスクのエクスポージャーは、巨大になる可能性がある (Markose and A.R. Shaghghi (2012))。

第二に、感染は、価格効果による間接的な波及効果を介して発生するケース。このような場合、CDS の価格は、通常、jump-to-default² となる。CDS のスプレッドについてのこれら潜在する大きな動きは、多くの単一契約 CDS の相対的な非流動性によって悪化する場合がある。

これらのリスクに対し、CDS 契約の当事者(カウンターパーティ)である金融機関は通常、担保を差し入れるが、スプレッドのぶれが大きければ、巨大なマージンコールを引きおこす。これによりカウンターパーティは更に窮地におちいり、差し入れられた担保が不足しプロテクションバイヤーをカウンターパーティのデフォルトから救済することが出来なくなる。

第三のチャンネルは、危機下にある機関が、流動性を得るために資産売却を余儀なくされ、さらに資産価格を押下げてしまったときに、資産市場における流動性リスクと激効果によって発生する。これらの価格の動きは、相関資産の価格に転嫁され、巨大なポートフォリオ損失を生成する。これによりより高い担保要件をひきおこし、あるいは追加的マージンコールを発生させる。

第四のチャンネルは、情報スピルオーバーによるものである。CDS スプレッドという情報は、信用市場で重要な役割を果たす。CDS スプレッドは、その参照組織の信用力の市場コンセンサスを反映していると市場参加

2 クレジットイベント時の、債券 (CDS) エクスポージャーの価値の急激な下落。

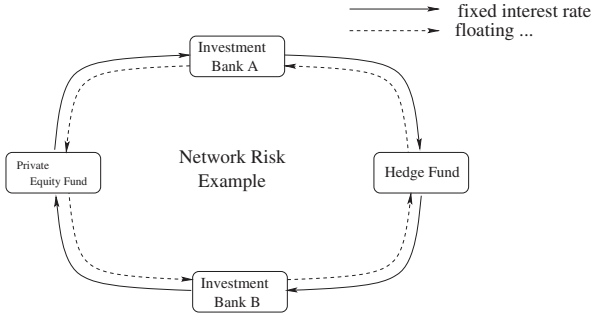


図1 ネットワークリスク発生:例 (BRUNNERMEIER, Markus and others (2013) をもとに下川による)

固定利率と変動利率のスワップ契約は、たとえば CDS の購入に該当。上の例では、投資銀行 A は、ヘッジファンドが投資銀行 B から別途プロテクションを購入して「実質上」契約履行を放棄している事を知らない。以下同様で、カウンターパーティリスクを知らないままの契約のサイクリックな構造が出現している。

者やアナリストは考える。直接 CDS スプレッドから導出された、(含意される) デフォルト確率は、クレジット・デリバティブの価格設定に使用される。

たとえば、ユーロ圏の危機の文脈では、CDS スプレッドは、銀行系参照組織の予想される潜在的デフォルトへの指標として利用された。これは、彼等のソブリン債の価格へインパクトをあたえ、ひいては彼等とソブリンリスク間の負のフィードバックループに拍車をかけてしまった。

また、BRUNNERMEIER, Markus and others (2013) は「ネットワークリスク」発生のレビューおよび考察をおこなっている。この中で、CDS 市場のネットワーク構造の中心部分を構成する、“super spreaders” の概念と、その同定のためのフレームワークを提示している。きわめて本質的と考えられるが、本稿では立入らず、次稿にゆずる。

上記の4つの「感染」をひきおこすモデルを、本研究ではシステムとして実装する段階を目標とするわけである。もし仮想市場において、上記のパターンに合致する「失敗」が観察できれば、制御可能な「要因」を同定し、制度にもり込むような提言が可能となる。

4. 市場の表現論：実験のための entity とシステム領域の定式化

4.1. 基本構成

BRUNNERMEIER, Markus and others (2013) にて言及されている、

ネットワーク構造の出現 ⇒ リスクの拡大

という、「感染リスク」による市場の失敗（前節）を発生させるための仮想システムの、セットアップを提示する。これは、最初は単純な前提から定式化をおこなう。

市場は複数の entity と、システム領域のクラスから構成される。entity の集合 \mathcal{E} と、「システム領域」変数 \mathcal{X} をまず所与とし

$$\mathcal{E} = \{E_1, \dots, E_i, \dots, E_n\}, \quad \mathcal{X} = (X_1, \dots, X_j, \dots, X_K) \quad (6)$$

で表示する。また市場の時間は離散的であり、 t_j ($j = 1, 2, 3, \dots$) で表示する。

4.2. クラス仕様

まず entity E_i について、概要は以下のとおりとする。

- クラスとして定義する。つまり、内部変数と、その内部変数を各期ごとに設定するメソッドを有する。 n 個の entity を 0 期初期化でオブジェクト化する。(その具体的な一つを E_i と表示する、という事。) 初期化の意味は、さまざまな「ネットワーク構造」を仮定し、その「状態」を起点とする、の謂である。
- E_i は、ある t_j において行動すなわち「投資」、「CDS 契約 (プロテクション購入、ないしプロテクション販売)」をおこなう事ができる。これは、内部変数に依存した閾値 (これは、いわばその entity の主観) をもうけ、その閾値にしたがって確率的に「行動」トリガを発生させる。投資および契約は、参照組織とカウンターパーティである金融機関の「評価」(これはパブリックに参照できるメソッドとして実装しておく)、この二つの出力をパラメータとして、やはり確率的に着火する。投資は無論プロフィットを生成するが損失も累積させる。
- entity オブジェクトは、内部変数および「市場の状態」に依存した「評価」を public 変数として有する。つまり他の entity からそれが参照できる。その参照結果にしたがい、「投資」と「CDS 契約」が発生する。
- 「投資」が発生したら、投資組織は投資の対象を参照組織となす。
- あるインターバルにおいて、やはり確率的に破綻 / デフォルトが発生する。この確率が、本稿にて論じる $q_i(t)$ である。これも外部参照が不可能なメソッドとして実装する。(この確率を定式化する事が、本稿の目的の一つである。ネットワークが構成された後、この確率が感染リスクにより激変するようなシナリオを構成する。)

同時に、システム領域 X_j について、(これは、たとえば各種経済指標や、個別の entity の負債比率、などをあたえる)

- クラスとして定義する。内部変数は、すべて、あるいは一部の E_i の (参照可能な) 内部変数をコンストラクタ呼出の段階にて参照し設定される。
- システム領域 X_j は、その該当する時点での指標値を取り出すメソッド (各 entity オブジェクトが参照できる) を有する。
- 各 entity の、「公表された状態」をあたえる、外部参照可能なメソッドを有するクラスも、含む、とする。

5. デフォルト確率の表現

5.1. 信用リスク度

本論の前提として、まず：デフォルトは、以下にのべる生存確率 $q_i(t)$ により発生する。各 entity の内部変数 (留保利益、その他) により、確率的に発生させるのであるが、これは、統計的に妥当性を有するモデルを利用する森平爽一郎 (2010)。具体的には、破綻/デフォルトは、一般的に entity i のリスクファクターを

$$\mathcal{X}_i = \{X_k\}_{k \in K_i} \text{ ただし } K_i \subseteq \{1, \dots, K\} \quad (7)$$

(すべて実数をドメインとする) として、これに依拠して一般化された「信用リスク度」をまず定義する。則ち：リスクファクターの線形結合が入力である関数

$$Z_i = \beta_{0,i} + \sum_{k \in K_i} \beta_{k,i} X_k \quad (8)$$

として、これを森平爽一郎 (2010) にならって信用リスク度とよぶ。無論これは、先に抽象的に定式化した「システム領域」のサブセット (entity i に依存) をつくり、指標値をあたえるメソッドを呼び出す、という事である。また、非線形確率モデルを採用する。デフォルト確率の累積確率密度関数 $F(Z_i)$ は、いくつかの要素を考慮し、所謂ロジットモデルを利用する。entity i のデフォルト確率を PD_i として、

$$PD_i = F(Z_i) = \frac{e^{Z_i}}{1 + e^{Z_i}} \quad (9)$$

である³。

5.2. 離散時間システムとしてのデフォルト確率

t 期におけるデフォルトの確率 $PD_i(t)$ を考える。ま

ず、引数 t を PD_i (リスクファクターを引数とした i のデフォルト確率) に導入し定義しなおす。まず、時点 T_i を、「その時点で i がデフォルト側に転落する」として、事象 $t > T_i$, $t \leq T_i$ 等を考える。確率は：たとえば

$$P(T_i \geq t) =_{def} \boxed{\begin{array}{l} \text{「}i\text{ が、時点 }t\text{ かそれ以降に} \\ \text{デフォルト側に算入される} \\ \text{確率} \text{」} \end{array}}$$

となる。この記法を利用し、

$$\begin{aligned} PD_i(t) &=_{def} P(T_i = t | T_i \geq t) \\ &= \frac{P(T_i = t \cap T_i \geq t)}{P(T_i \geq t)} \\ &= \frac{P(T_i = t)}{P(T_i \geq t)} \end{aligned} \quad (10)$$

ここで $q_i(t)$ (entity i が t 期まで生存している確率) をもちいて、上式は

$$PD_i(t) = \frac{q_i(t-1) - q_i(t)}{q_i(t-1)} \quad (11)$$

となる。これを利用し、

$$\begin{aligned} q_i(t) &= q_i(t-1) - (q_i(t-1) - q_i(t)) \\ &= q_i(t-1) - PD_i(t)q_i(t-1) \\ &= q_i(t-1)(1 - PD_i(t)) \end{aligned} \quad (12)$$

が容易に得られる。これは t について一般的だから結果として

$$q_i(t) = \prod_{k=0}^{t-1} (1 - PD_i(k)) \quad (13)$$

の成立を見る。一方、我々はすでに (9) を得ており、これより、あらためて

$$PD_i(t) = F(Z_i(t)) = \frac{e^{Z_i(t)}}{1 + e^{Z_i(t)}} \quad (14)$$

と書きなおし、ここに

$$Z_i(t) = \beta_{0,i} + \sum_{k \in K_i} \beta_{k,i} X_k(t) \quad (15)$$

として、 i の、時点 t における信用リスク度とよぶ事にしよう。このなかに現れる $X_k(t)$ (時点 t におけるリスクファクター) について、

$$X_k(t) = X_k(\mathbf{q}(t-1), \mathbf{x}) \quad (16)$$

ただし、 \mathbf{x} は、ある引数ベクトル、 $\mathbf{q}(t)$ は、

3 ちなみに (9) は容易に

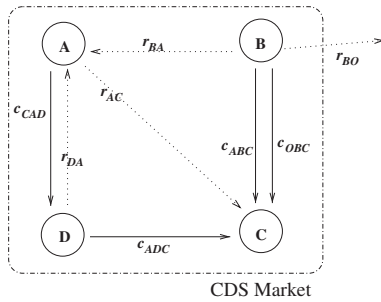
$$\log PD_i / (1 - PD_i) = Z_i$$

と変形できて、意味が明らかである。つまり「信用リスク度」を、破綻する/しない、の確率の比の対数、としているわけである。

$$\mathbf{q}(t) =_{def} [q_1(t), \dots, q_n(t)] \quad (17)$$

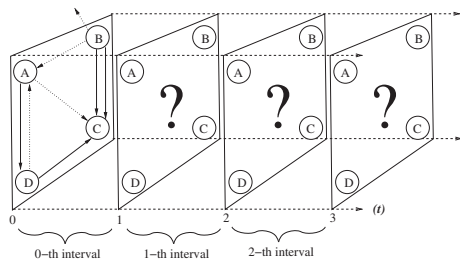
である。これは一見強い仮定であるが、「ある時点での各機関の信用リスク度の各ファクターが、直前のインターバルにおける entity の実情から一定の割合で導かれる」のであり、自然な仮定である。つまり、あるリスクファクター X_k の t 期における値は、直前の $t-1$ 期における各 entity の生存確率に「も」依存している、という、離散的なフィードバック構造を導入しておく。

5.3. 図式



ある観測時点での、CDS 市場の状態：例

(図の説明：実線は CDS 契約 (矢印のむいた方がプロテクションセラー)、破線は矢印のむいた方が、参照組織。たとえば、矢印のラベル c_{ABC} は、やはり破線のラベル $(r_{BA}$, つまり A が B にとっての参照組織) にもとづいて、B による A に関しての、C からの CDS 購入を表示している。なお、O とは外部、つまり CDS の市場には参与していない、外部の entity である。)

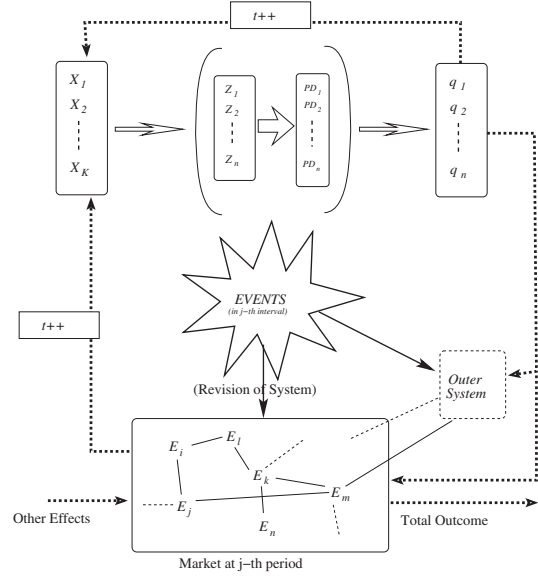


CDS 市場システムの状態遷移：例

(図の説明：時軸 (t) 方向に、市場 (の状態) が遷移してゆく。状態が観察できるのは時点 (自然数) 上であり、インターバルにおいて「事象」(デフォルト、契約等) は発生する。)

6. システム概要

不完全ながら、「デフォルト確率」を基軸として、構成すべき仮想的系は、模式的には以下のごとくである。



離散時間、仮想 CDS 市場システムの初歩的定式化。破線矢は、引数の提供を表示し、実線矢はシステムの変更を表示する。

7. Todo および展望

- IFRS13 に「観測可能」な意味で依拠した、システム領域の具体的構成 (特に、割引率のような、あきらかに経済指標で変動する「サブシステム」の構成) がほぼ白紙である事、
- 制度的に制限可能である、システム領域のオブジェクトは何であるか (本研究の主要目的) も、未だ系の細部の同定が不完全で白紙である事、
- 「外部」参照組織の制御の具体的方法、
- 4つの感染チャンネルが発生する、その発生の明示的定義が未だ手付かずである事、
- CDS における CVA, DVA を統一的に論じるための、視座の獲得、
- OTC 契約における、「制度的拘束」がどのように可能か、未だ考究なし。

とはいえ、信用リスク度に基づいた破綻確率の (コンベンショナルな) 明確化と、それがシステムの不安定/失敗を発生させるという観点からの、仮想系を構成するための一通りのシステムの概要記述を獲得した。これにより、(かなり巨大になるであろう) 仮想実験のプロトタイプ、および感染リスク発生への調整の指標は、いちおう確保したと思われる。

再度確認しておく事として、本試論は感染リスク/ネットワークリスクとよばれる、CDS 市場の脅威についての制約的制御の可能性を、シミュレーションという視座から「構成的」に確認するという目的がある。その

場合, どうしても実証研究による結果がパラメータとして必要となる局面を予定せねばならないが, それらパラメータが提供できるような同時平行的研究の必要性も認識している.

参考文献

BRUNNERMEIER, Markus and others (2013) Assessing Contagion risks in the CDS market.
https://www.banque-france.fr/fileadmin/user_upload/banque_de_france/publications/Revue_de_la_stabilite_financiere/2013/rsf-avril-2013/13-BRUNNERMEIER_Markus.pdf

EYGM Limited (2014) Credit valuation adjustments for derivative contracts.
[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-credit-valuation-adjustments-for-derivative-contracts/$FILE/EY-Applying-FV-April-2014.pdf)

[credit-valuation-adjustments-for-derivative-contracts/\\$FILE/EY-Applying-FV-April-2014.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-credit-valuation-adjustments-for-derivative-contracts/$FILE/EY-Applying-FV-April-2014.pdf)

Hirsa A (2000) An Introduction to the Mathematics of Financial Derivatives. Academic Press

International Accounting Standards Board (2011) International Financial Report Standards No.13, Fair value measurement.

Markose SG S, ARShaghghi (2012) Too interconnected to fail financial network of us cds market: topological fragility and systemic risk. Journal of Economic Behavior & Organization Vol. 83, No. 3

斯波恒正 (2011) 解題 (特集信用リスク管理の新たな視点: cva). 証券アナリストジャーナル 4

森平爽一郎 (2010) 信用リスクモデリング—測定と管理—. 朝倉書店, 東京

