

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25330044

研究課題名(和文) 金融危機発生メカニズムと世界経済の構造変化に関する統計的モデリング

研究課題名(英文) Statistical modeling on mechanism elucidation of financial crises and fluctuation structures of the world economy

研究代表者

田野倉 葉子 (Tanokura, Yoko)

明治大学・先端数理科学研究科・特任准教授

研究者番号：60425832

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：観測値の欠落や裾が重い分布をもつ金融市場の動向を把握するため分布フリーインデックス構築法を開発した。商品性から信用リスクの尺度とみなされるCDSに同構築法を適用して金融危機の波及効果を検証した。さらに、GDP成長率にも適用し、地域別GDP成長率および世界経済成長率のトレンドを検出した。地域別ソブリンCDS分布フリーインデックスと併せて動向を検証した結果、世界的経済危機においてソブリンリスクのピークアウトが経済成長のボトムアウトを先行したことや一連の金融危機を境に世界経済の構造が大きく変化したことがわかった。多様な金融市場や経済指標に分布フリーインデックス構築法を適用し、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：We developed a practical method for constructing a distribution-free index of prices of a financial asset with skewed and heavy-tailed distributions. By applying the method to the CDSs which are regarded as a measure of credit risk, the spillover effects of financial crises are examined. Moreover, by applying the method to the real GDP growths of countries, we detected the trends of regional economies and the global trend of the world economy. Analyzing both regional sovereign CDS distribution-free indices and regional GDP growth distribution-free indices, regional sovereign risks led regional economies during the global economic crisis. We confirmed the effectiveness of the distribution-free index by applying various financial markets and economic indicators.

研究分野：統計科学

キーワード：金融危機 時系列解析 信用リスク 分布フリーインデックス 時変分散 パワー寄与率 経済リスク
金融リスク

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術の発展によりさまざまな情報が瞬時に世界を駆け巡り、経済活動のグローバル化が進展した結果、一国の経済的な問題が世界各国の金融市場や経済の動向を大きく左右するようになった。実際、2007年夏のサブプライム住宅ローン問題の顕在化に始まった金融危機は、リーマンの経営破綻が契機となって世界的経済危機に転化した。さらに、2009年秋にはギリシャの財政難の発覚がきっかけとなった欧州債務危機は数年にわたって長期化した。この一連の金融危機を境に、世界経済は従来にないスピードで構造変化が起きており、不確実性は増大している。新たな金融危機を回避するためには、金融システム全体の十分なリスク監視の強化が必要とされる。そのためには、さまざまな目的で観測・加工されたり不揃いであったりする金融・経済データを統合し、情報を集約する統計的方法が必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究は、さまざまな目的で観測・加工されたデータの混在や不揃いな情報を適切に整備・補間する統計的手法を開発し、世界各国のマクロ経済指標および各金融市場価格の動向の統計的モデリングにより危機発生のメカニズムを解明し、世界経済の構造変化を把握して今後の危機発生を敏速に検出し、リスク監視に有益な情報の抽出を目指す。

3. 研究の方法

(1) データベースの構築とデータの統合：先進国、新興国など世界各国の経済指標およびさまざまな金融市場価格の時系列データをできるだけ多く収集する。さまざまな目的で観測・加工された各国の経済指標や金融市場価格など、多くの変数の定義および加工方法から変数の特徴を時系列で把握する。特に、四半期データと月次データなど頻度の異なる変数を統合する統計的手法を開発する。

(2) 情報の集約と分析：データはさまざまな目的で観測・加工されるため、経済指標の公表時期や未成熟な金融市場価格など、データの混在や不揃いなデータを適切に整備・補間し、情報を集約する統計的手法を開発する。各国の経済状況を考慮しながら、過去の金融危機から最近の欧州債務危機に至るまでの各国の経済環境の変化と金融危機の波及の関係を分析し、その特性を把握する。金融危機に関して、経済学を中心とした理論的研究や実証研究などの先行研究を調査し、金融危機の発生メカニズムと金融市場、経済指標の変化などを確認する。時空間モデル、状態空間モデルやベイズモデル、多変量解析といった統計的解析を行い、時系列間の因果関係や世界経済の構造変化を検出し、今後の金融危機の発生の早期検出を目指す。

4. 研究成果

リーマンショック以降、企業や国の信用リスクがしばしば言及されるようになったことから、金融危機の尺度として信用リスクを取引する新興の金融デリバティブ Credit Default Swap (CDS)に注目した。信用事由による社債や国債等の損失回避のため買い手が定期的に一定のプレミアム(CDS スプレッド：価格)を売り手に支払い、信用事由が起きた場合債務の元本相当分を売り手から受け取る契約である。株式や社債、国債と異なり、企業や国の信用リスクのみを直接取引することから、その価格動向が企業業績や景気の先行きに影響を及ぼすようになり、特に、ソブリンCDSは国の政府債務に対するソブリンリスクの代替指標としてみなされ、その動向が注目されるようになった。

一般に、金融市場全体の価格動向を把握するには、代替尺度としてインデックスを算出する。TOPIXのような株式市場の価格指数は定義に基づいて時々刻々算出され、公表される。一方、CDSのような急成長の新興金融商品の場合、常に取引があるとは限らず情報が十分でないばかりか価格分布に偏りがあるため、市場全体の動向を表現する適切な指標を作成することは容易ではない。例えば、図1に示す日本企業を参照するCDSの価格分布は裾が非常に長く、価格データ数も日によって増減する。

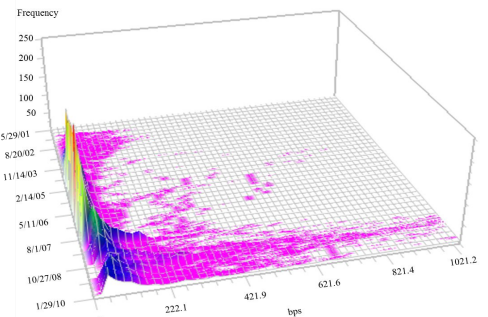


図1 日本の企業CDSの価格分布の時系列(出典：Tanokura and Kitagawa 2015)

しかしながら、世界経済に影響を及ぼす金融市場の動向は無視できない。そこで、本研究では、情報が不十分で価格分布が偏った金融市場の動向を適切に表現する分布フリーインデックスの構築法を開発した(Tanokura, et al. 2013, Tanokura and Kitagawa 2015)。

裾が重く偏った分布を直接同定することは容易ではないが、変数の値によりいろいろな変換を表現できるBox-Cox変換(Box-Cox 1964)を用いて正規分布に近い分布に価格を変換し(Kitagawa 2010)、変換した価格の平均値時系列 $y_{\lambda}(n)$ に、時変分散モデル(Kitagawa 2010)を導入した新しいトレンドモデル

$$\Delta^k t_{\lambda}(n) = v_{\lambda}(n), \quad v_{\lambda}(n) \sim N(0, \tau_{\lambda}^2)$$

$$y_{\lambda}(n) = t_{\lambda}(n) + w_{\lambda}(n), \quad w_{\lambda}(n) \sim N(0, \sigma_{\lambda}^2(n)/j(n))$$

をあげてみた。ここで、トレンド $t_{\lambda}(n)$ まわりの観測ノイズ $w_{\lambda}(n)$ は、時間とともに変化

し、かつ価格データ数 $j(n)$ に依存する分散をもつ正規分布に従うと仮定した。トレンドの推定は、状態空間表現を用いてカルマンフィルタを適用した。また、価格データの欠落には平滑化アルゴリズムで補完した (Kitagawa and Gerch 1996)。トレンドモデルの AIC (Akaike 1973) を元の価格に変換した AIC' (Kitagawa 2010) により最適なを選択し、これに基づき確定した最適なトレンド $t_j(n)$ を逆 Box-Cox 変換して分布フリーインデックスを定義した。

適用 1. 格付別 CDS 分布フリーインデックス

図 1 に示したように、裾が右に重く歪んだ価格分布をもち、価格データが所々欠落している日本の企業 CDS 市場には、分布フリーインデックス構築法の適用が効果的である。

格付が同じ企業の CDS 価格は連動する傾向がみられることから、CDS 価格は参照企業が属する格付の価格分布に従うと仮定する。さらに、市場の慣習に従い、各企業の格付を主要な格付会社による格付に基づいて 4 つの格付 [AAA+AA], [A], [BBB], [Lower than BBB] に統一し、格付ごとに企業 CDS の分布フリーインデックスを作成した。最適な Box-Cox 変換の変数は -0.5 (価格の平方根の逆数をとる変換) であった。

格付が低くなるにつれ CDS 分布フリーインデックスの価格 (スプレッド) が高く推移したことから適切な指標であることを確認し、日本企業の格付別信用リスクの代替指標とみなす。図 2 に示すように、4 つの格付別 CDS 分布フリーインデックスを各格付に含まれる銘柄数で加重して日本企業 CDS インデックスを構築した。その推移と 4 つの格付の内訳から各格付の信用リスクの時間的変化がわかる。

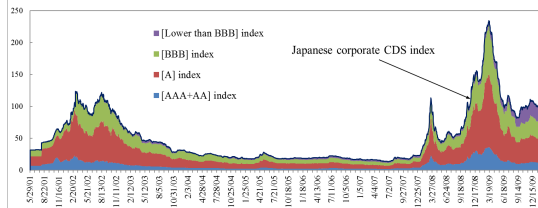
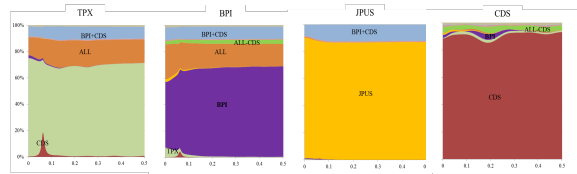
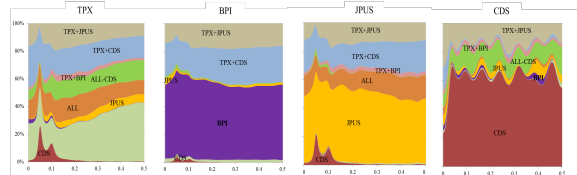


図 2 格付別 CDS 分布フリーインデックスと日本企業 CDS インデックス (出典: Tanokura and Kitagawa 2015)

次に、日本市場に対する米国サブプライム問題の影響を分析した。日本企業 CDS インデックス、野村 BPI インデックス (債券), TOPIX (株式), JPUS (ドル円レート) の各短期的変動に多変量 AR モデルをあてはめ、パワー寄与率分析を行った。図 3 に示すように、米国サブプライム問題が明るみになって以降、日本の金融市場は互いに敏感に影響を及ぼし合うようになったが、特に日本企業 CDS インデックス (茶色) は他市場の変動の影響を大きく反映し、日本企業の信用リスクの代替指標として有効であると確認できた。



サブプライム以前



サブプライム以後

図 3 パワー寄与率 (%) の変化 (出典: Tanokura and Kitagawa 2015)

適用 2. 地域別 GDP 成長率分布フリーインデックス

経済活動のグローバル化が進展した結果、各国経済は国境を越えた経済リスクにさらされるようになった。実際、2008 年秋のリーマンショックは金融危機を世界的経済危機に転化し、新興国のみならず先進国経済に大きな打撃を与えた。したがって、世界経済のグローバルなトレンドを把握することは非常に重要になっている。経済成長は金融政策策定や投資戦略の決定に重要な要因であるが、実際は現在の経済状況を把握することさえ容易ではない。なぜならば、経済指標の公表には通常時間的ラグがつきものであるからである。したがって、急速に構造変化が起きようになった現在の世界経済を把握するには、入手可能な情報をフル活用する必要がある。こういう場合は統計的手法を利用することが効果的である。

図 4 は、63 개국実質 GDP 成長率 (QoQ) の分布を時系列で並べたものである。2009 年第 1 四半期の鋭いねじれは世界的経済危機の影響の大きさを物語っている。データ数が時間とともに徐々に増加したのは分析期間の最初に公表データが無い国がいくつか存在したからだが、分析期間の最後 2012 年第 2 四半期では 30 개국しか公表されていなかった。こういう場合、分布フリーインデックス構築法の適用が好ましい。

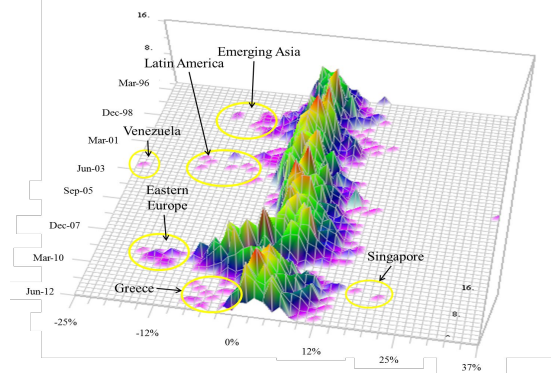


図 4 63 개국の実質 GDP 成長率 (QoQ) の分布の時系列 (出典: Tanokura and Kitagawa 2015) ここで 63 개국を 8 地域と米国に分類し、

各地域の実質 GDP 成長率の分布を比較すると、図 4 の全体の分布と類似の推移が確認されたことから、各地域と 63 か国全体に対して GDP 成長率分布フリーインデックスを作成した。最適な Box-Cox 変換の変数は 0.5 (価格の平方根をとる変換) であった。

図 5 で地域別 GDP 成長率分布フリーインデックスの推移を比較した。4 つの先進国地域、63 か国全体 (All index)、米国を比較した上段では、1998 年の先進アジア太平洋地域 (橙実線) の大幅な下落はアジア通貨危機の香港の影響を示す。2000 年以降、ほとんどの先進国地域は All index (黒破線) より下回っていた。特に、直近の南欧地域 (青実線) の最大下落はギリシャ危機の長期化を示唆する。このように、All index は世界経済のグローバルなトレンドとみなすことができる。一方、上段と対照的に、下段における 4 つの新興国地域の上下変動のうねりは目を引く。新興国地域と All index との位置関係は 2003 年ごろに逆転し、以来 All index を上回っていた。ただし、世界的経済危機が影響した 2008~2009 年の東欧地域 (黄実線) のみ下回った。世界経済のグローバルトレンド (All index) を挟んだ先進国地域 GDP 成長率分布フリーインデックスと新興国 GDP 成長率分布フリーインデックスの明白な二極化は興味深い。2008~2009 年の世界的経済危機の影響下では一旦崩れたが、近年二極化が回復している。

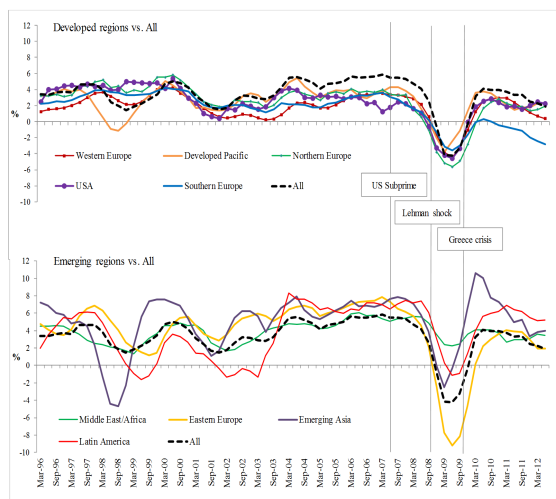


図 5 GDP 成長率分布フリーインデックス比較 (上段: 先進国地域, All, 米国, 下段: 先新興国地域, All) (出典: Tanokura and Kitagawa 2015)

最後に、同じ分析期間における各地域の経済とソブリンリスクの関係性を考察した。ソブリン CDS の価格データは企業 CDS と同様、欠落があり、分布は右裾が重い偏った形をしていることから、分布フリーインデックス構築法を適用し、8 地域のソブリン CDS 分布フリーインデックスを作成した (最適は -0.5)。

図 6 は、ギリシャを含む南欧地域 (左) と独仏を含む西欧地域 (右) の GDP 成長率分布

フリーインデックス (赤線) とソブリン CDS 分布フリーインデックス (青線) を比較したものである。両地域ともサブプライム問題が顕在化した 2007 年以前は両者に目立った関係は観察されなかったが、その後 2009 年半ばまで GDP 成長率分布フリーインデックスの降下とともにソブリン CDS 分布フリーインデックスは上昇し、ピークを打った 1 四半期が 2 四半期後に GDP 成長率分布フリーインデックスがボトムアウトしたことがわかる。2009 年後半以降はギリシャ危機の影響で南欧地域のソブリンリスクは急上昇し、その影響も反映して西欧地域のソブリンリスクも徐々に高まった。GDP 成長率分布フリーインデックスについては、世界的経済危機から両地域とも V 字回復したが、その後下落に転じた。

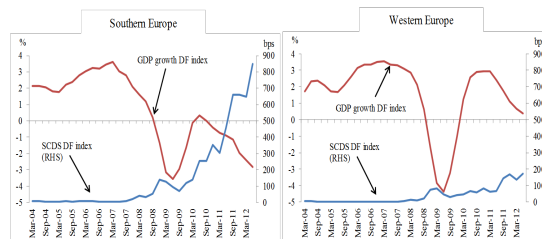


図 6 GDP 成長率分布フリーインデックスとソブリン CDS 分布フリーインデックス (左: 南欧地域, 右: 西欧地域)

以上のように、分布フリーインデックス構築法をさまざまなデータに適用することにより、情報を適切に集約した代替指標を作成できることがわかった。これらの成果をまとめて英文著書を発表した (Tanokura and Kitagawa 2015)。なお、地域別ソブリンリスク分布フリーインデックスはウェブで公開し、最新データを定期的に更新してモデルの有効性の検証を続けている。

四半期データと月次データなど頻度の異なる変数を統合する統計的手法の開発については問題点が明らかになり、多様なリスク要因の波及が世界中に急速に拡大する傾向が高まったことからさらに大規模な情報の集約が必要となったこと等、今後の課題も明確になった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 20 件)

中野 雅史, 佐藤 整尚, 高橋 明彦, 高橋 聡一郎 (2017), 粒子フィルタを用いた最適ポートフォリオの構築, 経済学論集, 第 81 巻, 第 2 号, 東京大学大学院経済学研究科, (査読無)。

Kariya, T., Tanokura, Y., Takada, H. and Yamamura, Y. (2016), Measuring Credit Risk of Individual Corporate Bonds in US Energy Sector, Asia-Pacific Financial Markets, Vol. 23, Issue 3, pp 229-262, (査

読有), DOI:10.1007/s10690-016-9217-7.

Takeda, H., Tamura, Y. and Sato, S. (2016), Using the ensemble Kalman filter for electricity load forecasting and analysis, *Energy*, Vol.104, pp 184-198, (査読有), DOI:10.1016/j.energy.2016.03.070.

Fukui, T., Sato, S. and Takahashi, A. (2016), Estimating Style Weights of Mutual Funds by Monte Carlo Filter with Generalized Simulated Annealing, CARF working paper CARF-F-383, (査読無).

北川 源四郎 (2016), ビッグデータ時代の統計解析技術, 実験医学増刊, Vol.34, No.5, pp 100-104, (査読有).

Fujii, M., Sato, S. and Takahashi, A. (2015), An FBSDE Approach to American Option Pricing with an Interacting Particle Method, *Asia-Pacific Financial Markets*, Volume 22, Issue 3, (査読有).

Kunitomo, N., Misaki, H. and Sato, S. (2015), The SIML Estimation of Integrated Covariance and Hedging Coefficient Under Round-off Errors, *Micro-market Price Adjustments and Random Sampling*, *Asia-Pacific Financial Markets*, Volume 22, Issue 3, pp 333-368, (査読有), DOI: 10.1007/s10690-015-9205-3.

Peng, H., Kitagawa, G., Tamura, Y., Xi, Y., Qin, Y., and Chen, X. (2015), A modeling approach to financial time series based on market microstructure model with jumps, *Applied Soft Computing*, 29, pp 40-51, (査読有).

Xi, Y., Peng, H., Kitagawa, G., and Chen, X. (2015), The auxiliary iterated extended Kalman particle filter, *Optimization and Engineering*, 16(2), pp 387-407, (査読有).

Kitagawa, G. (2014), Computational aspects of sequential Monte Carlo filter and smoother, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 66(3), 443-471, (査読有).

Kawai, T. and Tsuda, H. (2014), Statistical Analysis of the Influence of Capital Structure on Stock Price, *Proceedings of 2014 IEEE 7th International Workshop on Computational Intelligence and Applications*, pp 165-169, (査読有).

Tanokura, Y., Tsuda, H., Sato, S. and Kitagawa, G. (2013), Index Development for a Market with Heavy-tailed Distributions, *The proceedings of the 59th International Statistical Institute World Statistics Congress*, pp 3469-3474, (査読有).

Kunitomo, N. and Sato, S. (2013), Separating Information Maximum

Likelihood Estimation of the Integrated Volatility and Covariance with Micro-Market Noise, *North American Journal of Economics and Finance*, (査読有), DOI:10.1016/j.najef.2013.02.006.

Kyo, K., Noda, H., & Kitagawa, G. (2013), Bayesian analysis of unemployment dynamics in Japan, *Asian Journal of Management Science and Applications*, Vol.1 Issue 1, pp 4-25, (査読有).

北川 源四郎 (2013), 最先端研究 粒子フィルタとデータ同化, シミュレーション, Vol.32, Issue 3, pp 208-214, (査読有).

北川 源四郎 (2013), 季節調整法から状態空間モデリングへ (特集 時系列解析と季節調整の新しい流れ), *統計*, 64(6), pp 2-7, (査読無).

姜 興起, 野田 英雄, 北川 源四郎 (2013), 日本の労働市場の動的構造と失業要因のベイズ統計分析 (特集 時系列解析と季節調整の新しい流れ), *統計*, 64(6), pp 8-14, (査読無).

田野倉 葉子, 津田 博史, 佐藤 整尚, 北川 源四郎 (2013), 時系列解析による金融危機の波及の検出 (特集 時系列解析と季節調整の新しい流れ), *統計*, 統計, 64(6), pp 15-20, (査読無).

Tsuda, H. and Ando, M. (2013), Credit Risk Evaluation of Investment Corporation Bonds, *Proceedings of 2013 IEEE 6th International Workshop on Computational Intelligence and Applications*, pp 179-184, (査読有).

渡邊 中穂美, 津田 博史 (2013), 地方債価格モデルによる地方自治体の信用リスク評価について, *2013 IEEE SMC Hiroshima Chapter 若手研究会報告論文集*, pp 41-44, (査読無).

[学会発表](計 21件)

田野倉 葉子, 北川 源四郎, 金融市場におけるトレンド転換メカニズムの検証, 2016年度統計関連学会連合大会, 金沢大学角間キャンパス, 2016年9月7日, 398.

田野倉 葉子, 津田 博史, 佐藤 整尚, 北川 源四郎, ソブリンCDSのスプレッドカーブと分布フリーインデックスの分析, 2015年度統計関連学会連合大会, 岡山大学津島キャンパス, 2015年9月8日, 230.

田野倉 葉子, 刈屋 武昭, 山村 能郎, 王 竹, 高田 英行, 社債価格に基づく米国エネルギー産業の信用リスク分析, JAFEE (日本金融・証券計量・工学学会) 冬季大会, 東京, 慶応義塾大学, 2014年1月10日, 76-81.

田野倉 葉子, 刈屋 武昭, 山村 能郎, 王 竹, 高田 英行, Market Ratings of CBs via credit risk price spreads in US,

International Conference on Finance and Financial Econometrics & Engineering, 明治大学, 2014年3月25日.

田野倉 葉子, 津田 博史, 佐藤 整尚, 北川 源四郎, ソブリン CDS の変動構造と金融・経済指標の分析, 2014年度統計関連学会連合大会, 東京大学本郷キャンパス, 2014年9月14日, 141.

田野倉 葉子, 刈屋 武昭, 山村 能郎, 王 竹, 高田 英行, 社債価格からみた米国エネルギー業界の信用リスク計測, 2014年度統計関連学会連合大会, 東京大学本郷キャンパス, 2014年9月15日, 275.

刈屋 武昭, 高田 英行, 田野倉 葉子, 山村 能郎, 王 竹, Market-Rating Migration and Transition Analysis, 2014年度統計関連学会連合大会, 東京大学本郷キャンパス, 2014年9月15日, 278.

河合 竜也, 津田 博史, 企業の資本構成が株価に与える影響の統計的分析, 国内会議, 広島, 2014年7月19日.

河合 竜也, 津田 博史, 企業の資本構成が株式リターンに与える影響, 国内会議, 東京, 2014年8月1日.

河合 竜也, 津田 博史, 最適資本構成と株価に関する統計的分析, 2014年度統計関連学会連合大会, 東京大学本郷キャンパス, 2014年9月15日.

津田 博史, サイバーフィジカル融合社会における Web データの金融分野への応用可能性, 特別講演, 国内会議, 東京, 2014年8月1日.

津田 博史, ビッグデータの金融分野への応用可能性, 共同研究集会, 招待講演, 東京, 2014年9月12日.

津田 博史, 地方自治体の財政破綻リスク分析, 共同研究集会, 招待講演, 東京, 2014年12月20日.

Kawai, T. and Tsuda, H., Statistical Analysis of the Influence of Capital Structure on Stock Price, 2014 IEEE 7th International Workshop on Computational Intelligence and Applications, Hiroshima, November 8, 2014.

Tanokura, Y., Tsuda, H., Sato, S. and Kitagawa, G. (2013), Index Development for a Market with Heavy-tailed Distributions, The 59th International Statistical Institute World Statistics Congress, Hong Kong, August 25-30.

松本 純一, 田野倉 葉子, ウェーブレット解析を利用した景気循環の抽出, 2013年度統計関連学会連合大会, 大阪大学豊中キャンパス, 2013年9月10日, 215.

田野倉 葉子, 津田 博史, 佐藤 整尚, 北川 源四郎, ソブリンリスクと世界経済の動向の分析, 2013年度統計関連学会連合大会, 大阪大学豊中キャンパス, 2013年9月10日, 217.

Tanokura, Y., Sovereign Credit Risk

Analysis through Statistical Modeling, International Conference on Mathematical Modeling and Applications, 招待講演, Meiji University, Tokyo, November 28, 2013.

Tsuda, H. and Ando, M., Credit Risk Evaluation of Investment Corporation Bonds, 2013 IEEE 6th International Workshop on Computational Intelligence and Applications, Hiroshima, July 13, 2013.

渡邊 中穂美, 津田 博史, 地方債価格モデルによる地方自治体の信用リスク評価について, 2013 IEEE SMC Hiroshima Chapter 若手研究会, 広島, 2013年7月13日.

② 津田 博史, 地方自治体の信用リスク評価, 統計数理研究所主催第2回金融シンポジウム「ファイナンスリスクのモデリングと制御」, 招待講演, 東京, 2013年11月6日.

[図書](計 2件)

津田 博史, 吉野 貴晶, 株式の計量分析入門 パリユエーションとファクターモデル, FinTech ライブラリー 朝倉書店, 2016年, 176 ページ.

Tanokura, Y. and Kitagawa, G., Indexation and Causation of Financial Markets -Nonstationary Time Series Analysis Method-, Springer Series in Statistics, Springer Tokyo, 2015, 103 pages.

[その他]

ホームページ等

Statistical Financial Risk Monitor
<http://home.mims.meiji.ac.jp/~tanokura/statfirmHomeJ.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田野倉 葉子 (TANOKURA, Yoko)
明治大学・大学院先端数理科学研究科・特任准教授
研究者番号: 60425832

(2) 研究分担者

佐藤 整尚 (SATO, Seisho)
東京大学・大学院経済学研究科(経済学部)・准教授
研究者番号: 60280525

(3) 連携研究者

北川 源四郎 (KITAGAWA, Genshiro)
情報・システム研究機構・機構長
研究者番号: 20000218
津田 博史 (TSUDA, Hiroshi)
同志社大学・理工学部・教授
研究者番号: 90450163