

システミック・リスク指標を用いた  
金融セクターと実体経済の関係性の分析

*An analysis of macroeconomic tail risk originating from financial vulnerabilities with GDP-at-risk approach based on Japan's data*

2022 年度研究発表会 発表資料

上原 弘人

東京都立大学 大学院経営学研究科  
ファイナンスプログラム

2023 年 3 月 11 日 (土)

1. はじめに
2. 先行研究
3. 本研究の位置づけ
4. データ
5. 単回帰による GaR 分析
6. 重回帰による GaR 分析
7. 本研究の結論と課題
8. 補論

# はじめに: 金融危機の影響

- 2007年・2008年の世界金融危機
  - 信用不安による金融機関の資金調達の困難化、金融機関の相次ぐ破綻
  - 金融システム全体の健全性が深刻な影響を受けたシステムック・リスクが顕在化した事象
- 実体経済への悪影響
  - 資金流動性や市場流動性の低下、金融機関の金融仲介機能の大幅な低下
- マクロ・プルーデンス政策の重要性が認識
  - 国際的な枠組みにおいて、様々な政策や規制が導入
  - 金融システムの安定性や脆弱性を定量的に評価する手法に関する研究の広がり

# はじめに: システミック・リスク

## ■ システミック・リスクの定義

- IMF・BIS・FSB における定義として「システミック・リスクは金融サービスの崩壊リスクで、全てあるいは一部の金融システムが損傷し、最終的に**実体経済に深刻な悪影響**を与えるもの」と紹介 (増島, 2015)
- 金融機関の破綻等の強いシステミックな事象に起因して金融システムが広範囲にわたり不安定化するという金融システムの破綻の可能性であり、**金融市場や経済全般に深刻かつ負の影響**を与えるもの (Patro, Qi and Sun, 2013)

## ■ システミック・リスク指標

- 金融システムの脆弱性の大きさを観測する手法：トリガー事象が発生した際に金融システムや**経済セクター等に生じる悪影響の程度を確率モデルを用いて計測**
- 本研究では、金融セクターにおける活動状況をトリガー事象と捉え、活動状況の変化や高まりが実体経済にどの程度影響を与えるかといった観点から、金融セクターと実体経済間の相互依存性のリスクに係るシステミック・リスク指標について考察

## ■ GaR (Growth at Risk または GDP at Risk)

- 被説明変数に GDP 成長率、説明変数に金融指標を用いて、実体経済のテールリスクを計測 (Adrian, Boyarchenko and Giannone, 2019)

## 先行研究: システミック・リスク指標: GaR

- 被説明変数を**将来の GDP 成長率**とし、**現在の金融情勢**の関数としてモデル化
- 現在の金融セクターの状態を所与とした場合の、将来の GDP 成長率に関する条件付確率分布を**分位点回帰**を用いて計測
- 様々な分位点、特に分布の裾の情報に着目し、分布全体の形状を分析

$h$  四半期先の将来時点  $t+h$  の年次 GDP 成長率  $y_{t+h}$  の分位点関数を推定する。現時点  $t$  での定数を含めた説明変数ベクトルを  $\mathbf{x}_t$  とすると、GDP 成長率の条件付き分位点は、以下のように表すことができる。

$$\hat{Q}_{y_{t+h}|\mathbf{x}_t}(\tau|\mathbf{x}_t) = \mathbf{x}_t \cdot \hat{\beta}_\tau \quad (1)$$

ここで、 $\tau \in (0, 1)$  は分位点の水準、 $\mathbf{x}_t \cdot \hat{\beta}_\tau$  は  $\mathbf{x}_t$  と  $\hat{\beta}_\tau$  の内積を表す。

$\tau$  分位点における回帰係数ベクトル  $\hat{\beta}_\tau$  は、(2) 式により、誤差項の正負により  $\tau$  で重みづけられた絶対誤差を最小化することにより求められる。

$$\hat{\beta}_\tau = \arg \min_{\beta \in \mathbb{R}^k} \sum_{t=1}^{T-h} \left\{ \tau \cdot \mathbf{1}_{\{y_{t+h} \geq \mathbf{x}_t \cdot \beta\}} |y_{t+h} - \mathbf{x}_t \cdot \beta| + (1 - \tau) \cdot \mathbf{1}_{\{y_{t+h} < \mathbf{x}_t \cdot \beta\}} |y_{t+h} - \mathbf{x}_t \cdot \beta| \right\} \quad (2)$$

ただし、 $\mathbf{1}_{\{\cdot\}}$  は  $\{\cdot\}$  内の条件が成立する場合に 1、成立しない場合には 0 となる指示関数。

$y_{t+h}$  の観測時点  $t+h$  と  $\mathbf{x}_t$  の観測時点  $t$  の差  $h$  を本研究では「ラグ」と表記し、時点の差（時間軸）の違いによる分布形状の変化を期間構造と捉え分析する。なお、本研究では、

データ処理の関係上、 $y_t$  の時点を固定し、説明変数ベクトルについて  $h$  四半期のラグをとった  $\mathbf{x}_{t-h}$  を用いる。

## 先行研究: Adrian, Boyarchenko and Giannone (2019)

- 金融情勢に関する指標として、NFCI (National Financial Conditions Index) を採用
  - NFCI: 105 の指標を加重平均し指数化したもの。金融市場、債券市場、株式市場等の金融活動に関する指標から構成され、米国の金融状況を週次で推定 (米国シカゴ連銀公表)。

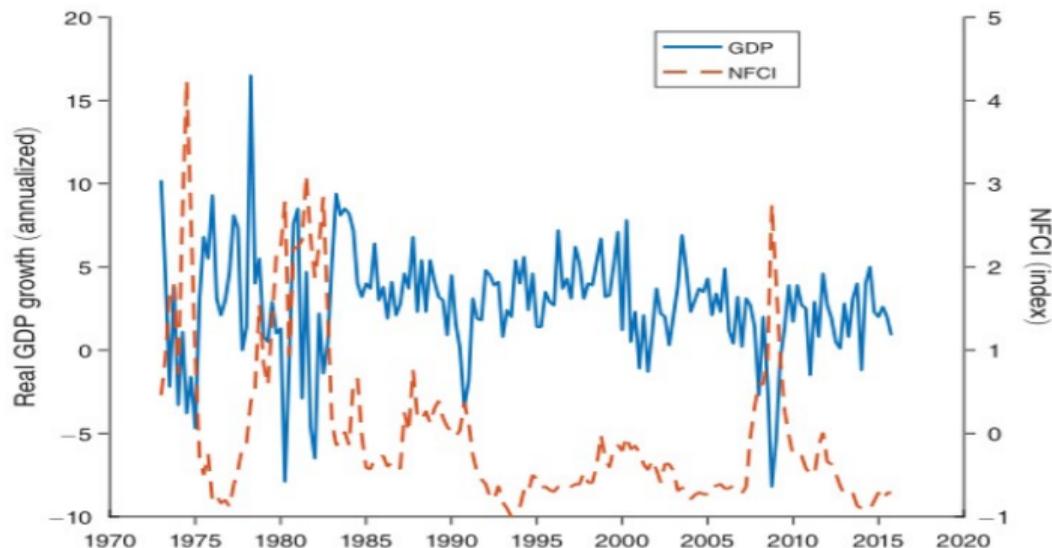


Figure: GDP と NFCI の原系列 (Adrian, Boyarchenko and Giannone, 2019, Figure 2)

## 先行研究: Adrian, Boyarchenko and Giannone (2019)

- NFCI と 1 四半期先・4 四半期先の GDP 成長率の散布図をもとに、最小二乗回帰 (OLS) と分位点回帰を実施 (5 %点・50 %点・95 %点の分位点回帰)
- GDP 成長率と NFCI のラグとして 1 四半期及び 4 四半期を設定し (1 年という短期の関係性を想定)、**将来の GDP 成長率の下位分布では NFCI と強い関連**を示す

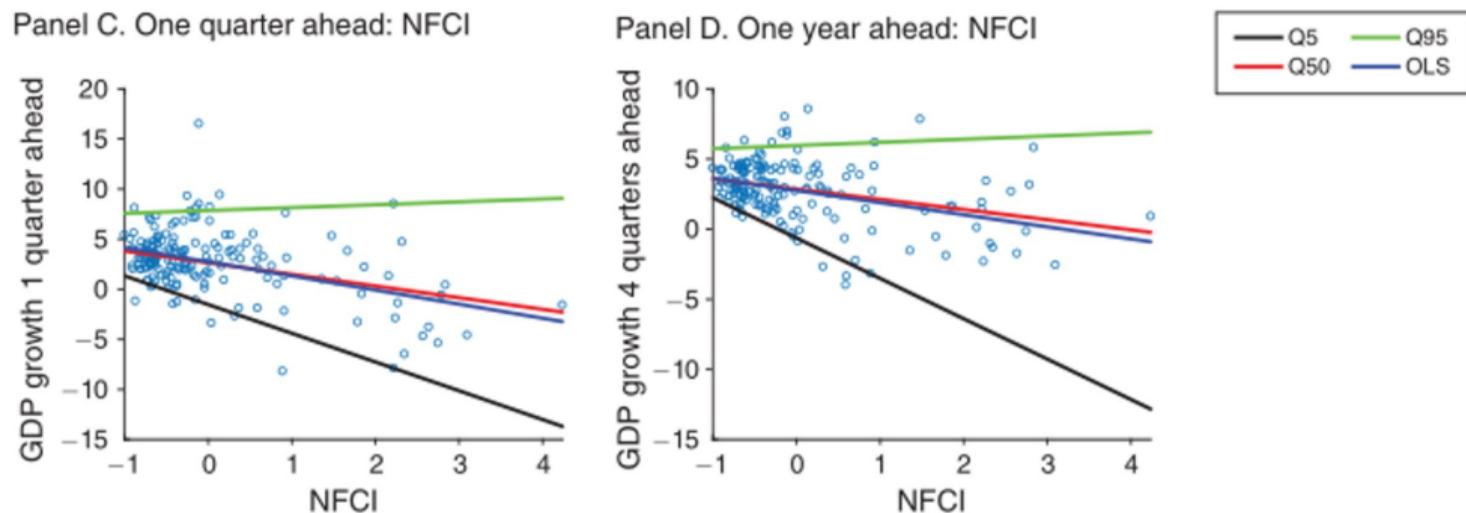


Figure: 分位点回帰 (Adrian, Boyarchenko and Giannone, 2019, Figure 3)

## 先行研究: 国際機関・各国当局

- 政策当局の研究者による GaR に関する実証研究が示されており、複数の金融指標（説明変数）の設定や期間構造の分析、マクロ・プルーデンス政策の効果を検証
  - IMF（国際通貨基金）(Adrian *et al.*, 2018)
  - BOE (Aikman *et al.*, 2019)
  - アイルランド中央銀行 (O'Brien and Wosser, 2021)
  - スペイン中銀 (Galán and Rodríguez-Moreno, 2020)
  - イタリア中銀 (Piergiorgio, Del Vecchio and Miglietta, 2019)
  - 日本銀行 (日本銀行, 2018)
- Galán (2020)
  - GaR の手法を用い、1990 年から 2016 年までの 36 カ国のデータにより、金融情勢とマクロ・プルーデンス政策が GDP 成長率に与える影響を 16 四半期ラグに渡り分析し、各変数や時間軸により影響が変化することを指摘
  - 説明変数：FCI、クレジットや住宅価格に関する指標、マクロ・プルーデンス指数 (iMaPP データベース)
  - 景気の状態によりマクロ・プルーデンス政策の効果の違いを示し、政策の実施タイミングの重要性を指摘

- 本邦のシステミック・リスクに焦点を当てた GaR の分析
  - 金融システムレポート (日本銀行, 2018) の及びその後の公表資料において、日本銀行が集計する「金融ギャップ」を説明変数として一定の分析が示されている
- 本研究では以下の点を拡張
  - 金融システムレポートで示された 14 種類の「金融活動指標」や他の先行研究で採用された金融指標を参考に、有効な複数の説明変数を用いた分析
  - 有意なラグを特定し、GaR の期間構造に関する分析

- GDP 成長率
  - 四半期の実質 GDP 成長率を採用（時系列データは内閣府の GDP 統計）
  - データ対象期間は 1980 年 6 月期から 2022 年 6 月期
- 株価変動率
  - 金融市場の過熱感を示す株価を FCI の代理変数として日経平均株価指数を採用
  - 多くの先行研究において FCI（金融市場の各種変数を用いて指数化）を金融指標として採用。
- 住宅価格インデックス変動率
  - Galán (2020) が採用した国際決済銀行（BIS）のデータベースを採用
- 不動産業向け貸出の対 GDP 比率
  - 多くの先行研究で採用されている指標であり、金融活動指標の一つとして当局のモニタリング指標
  - 日本銀行の貸出先別貸出金に関する統計データ及び内閣府の GDP 統計からデータを構築

# 単回帰による GaR 分析：株価変動率

- **13 四半期ラグ**の株価変動率による回帰分析
  - OLS 回帰では、株価変動率と GDP 成長率に明確な負の関係は見られず
  - **分位点回帰**では、分位点により傾きが異なり、**下側 5%点**において、株価変動率が GDP 成長率に対して負の関係

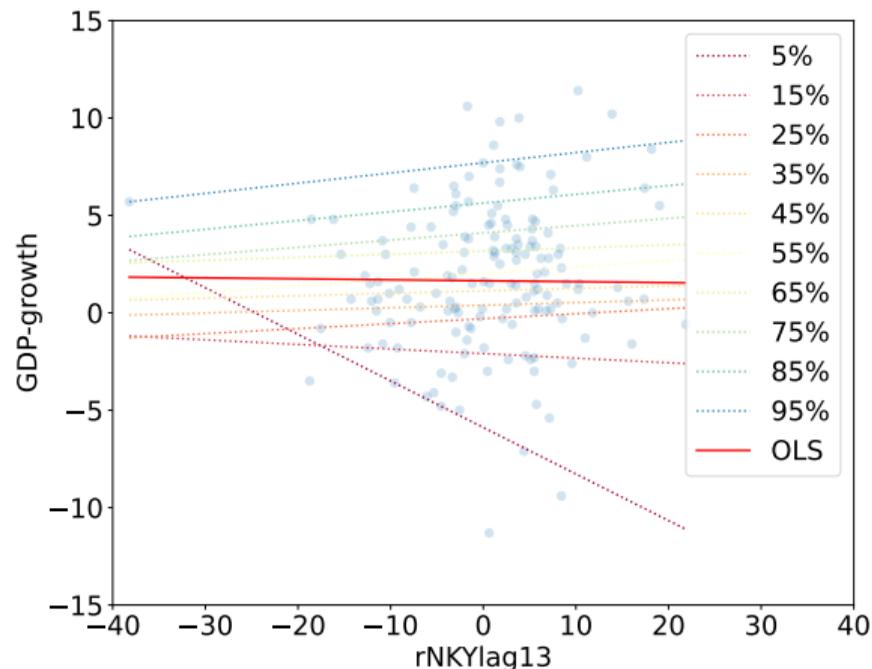


Figure: 13 四半期ラグデータによる散布図・各分位点の回帰直線

# 単回帰による GaR 分析：株価変動率

分位点を 5% 点に固定し、ラグを 1~16 四半期まで動かすと、ラグの期間が伸びると株価変動率の推定係数がプラスからマイナスに徐々に低下し、**13 四半期ラグの推計係数が最も低い。**

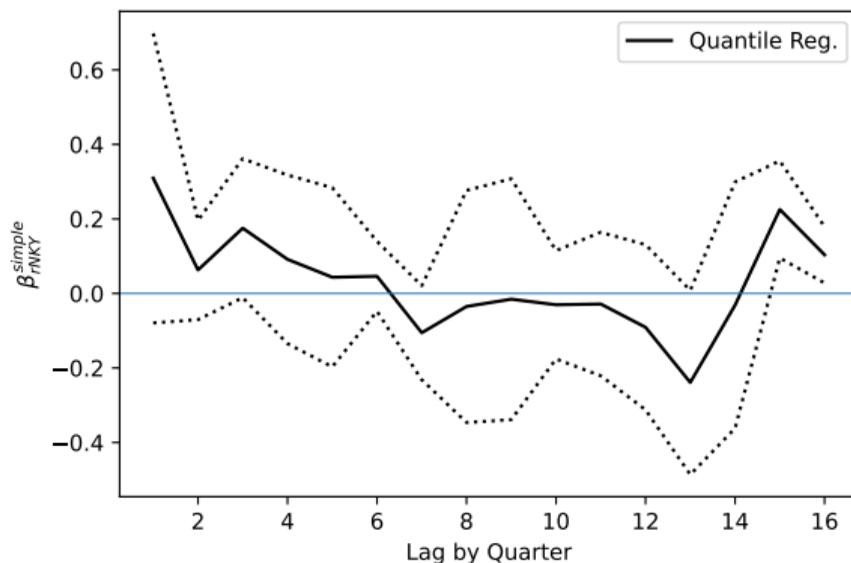


Figure: 1-16 四半期ラグまでの株価変動率の推定係数

# 単回帰による GaR 分析：株価変動率

ラグを 13 四半期に固定し、5~95%点までの分位点回帰をすると、5%点では GDP 成長率との負の関係が有意 (10%水準)。ただし、信頼区間の上限がほぼゼロで、関係性はやや弱い。

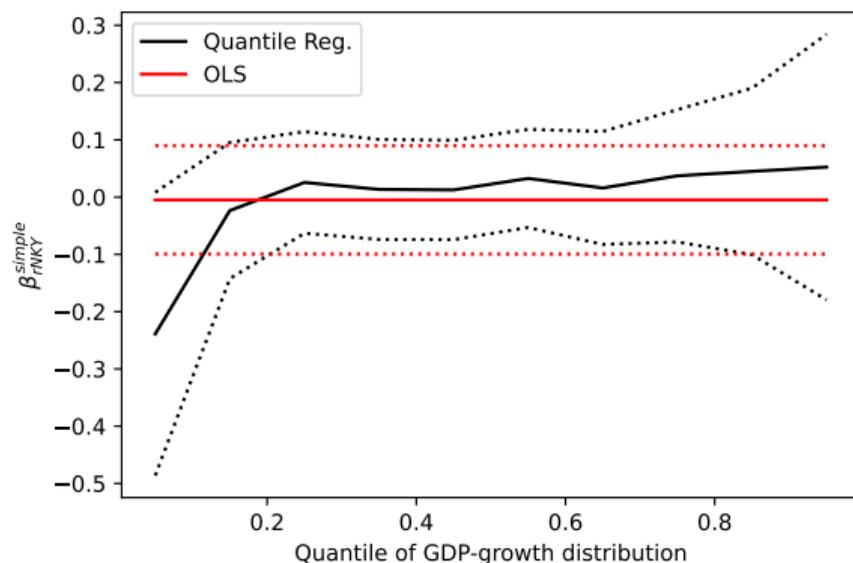


Figure: 各分位点での推定係数（左端は5%点、右端は95%点）

# 単回帰による GaR 分析：回帰結果

Table: 単回帰のラグ決定

被説明変数：GDP 成長率 5% の分位点で回帰			
	(1)	(2)	(3)
説明変数	株価変動率	住宅価格	不動産業向け貸出 対 GDP 比率
係数を最小化するラグ	13	7	10

Table: 単回帰（5%分位点回帰）の結果

被説明変数：GDP 成長率 5% の分位点で回帰				
		(1)	(2)	(3)
株価変動率	係数	-0.239		
	標準偏差	0.125		
	p 値	0.058		
住宅価格指数変化率	係数		0.009	
	標準偏差		0.204	
	p 値		0.964	
不動産業向け貸出対 GDP 比率	係数			-1.186
	標準偏差			0.276
	p 値			0.000
決定係数 (Pseudo $R^2$ )		0.031	0.001	0.057
サンプルサイズ		156	162	159

# 重回帰による GaR 分析

## ■ 単回帰からの考察

- GDP 成長率の分布の 5%点において、金融指標と GDP 成長率に負の関係がより強く生じる (GDP 成長率のダウンサイドのテールリスクの存在)
- 各金融指標のラグの期間により、負の関係性の強さは異なる (期間構造)

## ■ 重回帰による GaR の分析方法

- 重回帰モデルを用い、他の金融指標による要因をコントロール
- 説明変数: 「株価変動率」「住宅価格指数変化率」「不動産貸出対 GDP 比率」
- 期間構造を分析するため、各金融指標に最大 16 四半期のラグを設定 (ラグは 3 変数同一)

## ■ 手順

- ラグの決定: 回帰係数  $\beta$  が最小値をとるラグを特定
- 説明変数の特定: ラグを固定し、5%点の分位点回帰を実施し、有意な説明変数を特定
- 有意な説明変数について、各分位点 (5%点から 95%点) の回帰係数を比較

# 重回帰による GaR 分析：ラグの決定

## ■ 「株価変動率」のラグの決定

- 7 四半期ラグ以降マイナスに転じ、**13 四半期ラグ (3 年 3 カ月)** で最小値  $-0.375$ 、14 四半期以降は反転
- 株価が GDP 成長率の負の関係は、短期ではなく**中期**

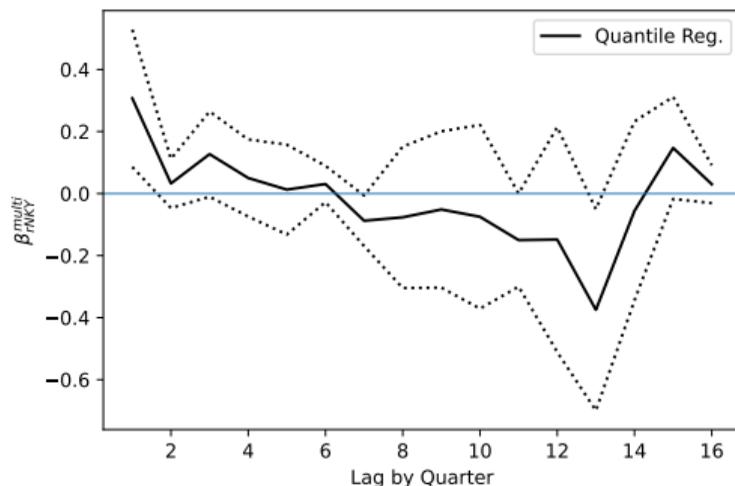


Figure: 1-16 四半期ラグまでの株価変動率の推定係数

# 重回帰による GaR 分析：ラグの決定

- 「住宅価格インデックス変動率」のラグの決定
  - 係数はゼロ付近から低下、**6 四半期ラグ**で最小値  $-0.389$ 、ただし 6 四半期の前後 (4-7 四半期・11 四半期ラグ) において、信頼区間を考慮しても係数はマイナス値をとる
  - 住宅価格が GDP 成長率の 5% 点に与える負の影響は比較的**短期から中期**
  - 単回帰の結果とは異なり、重回帰では住宅価格と GDP 成長率の負の関係性を確認

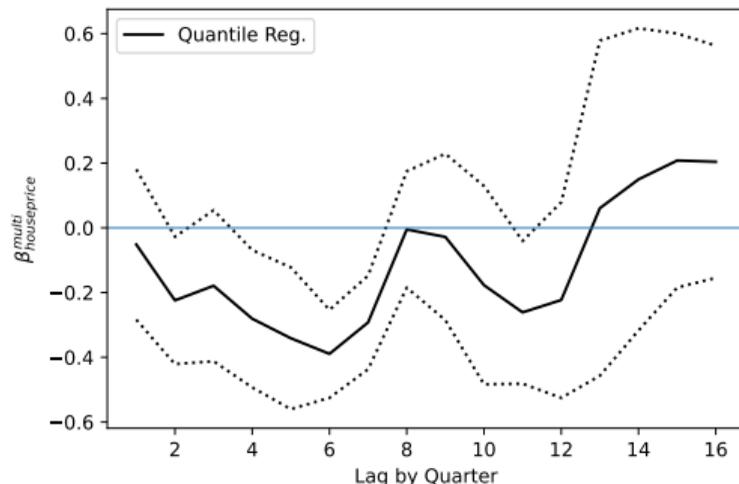


Figure: 1-16 四半期ラグまでの住宅価格の推定係数

# 重回帰による GaR 分析：ラグの決定

## ■ 不動産貸出 GDP 比率のラグの決定

- 13 四半期ラグで最小値  $-1.546$ 、ただし短期のラグからマイナス値をとりほぼ横ばいで推移
- 不動産貸出 GDP 比率と GDP 成長率の負の関係は、短期から中期

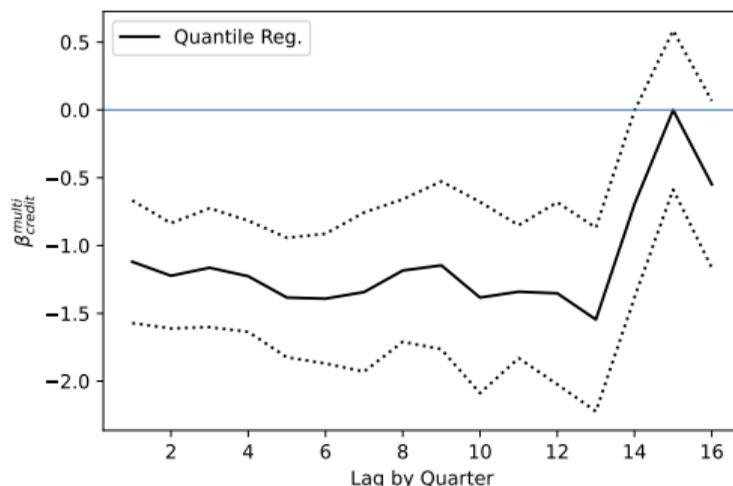


Figure: 1-16 四半期ラグまでの不動産貸出 GDP 比率の推定係数

# 重回帰による GaR 分析：ラグの決定のまとめ

株価変動率と不動産貸出 GDP 比率の係数は 13 四半期ラグを用いたときに最小値をとり、住宅価格変動率は 6 四半期ラグを用いたときに最小値をとる。

Table: 重回帰（5%分位点回帰）の結果

被説明変数：GDP 成長率	説明変数のラグ	(a)	(b)
		13	6
株価変動率	係数	-0.375	0.031
	標準偏差	0.164	0.030
	p 値	0.024	0.300
住宅価格指数変化率	係数	0.061	-0.389
	標準偏差	0.262	0.069
	p 値	0.817	0.000
不動産業向け貸出対 GDP 比率	係数	-1.546	-1.391
	標準偏差	0.343	0.242
	p 値	0.000	0.000
決定係数 (Pseudo $R^2$ )		0.096	0.127
サンプルサイズ		156	163

# 重回帰による GaR 分析：13 四半期ラグデータによる結果

株価変動率、不動産貸出 GDP 比率いずれも、GDP 成長率に対する負の影響が分布の裾（5%点）で強く表れる。

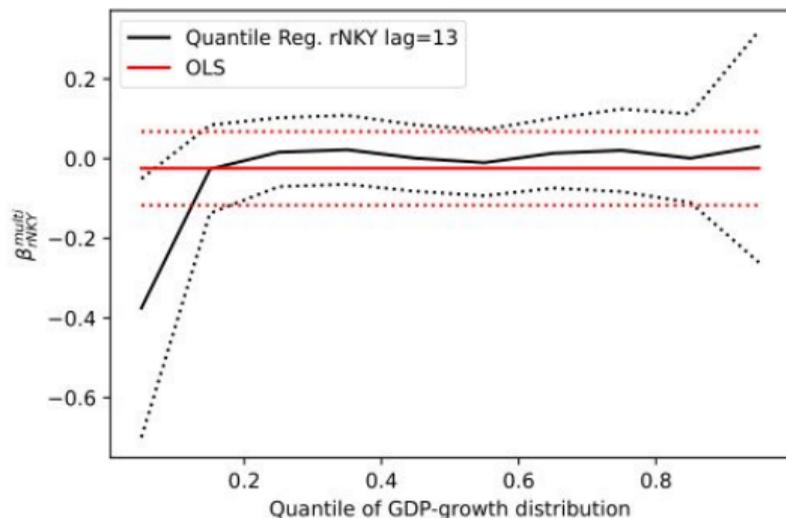


Figure: 各分位点で推定した株価変動率の係数（左端は5%点、右端は95%点）

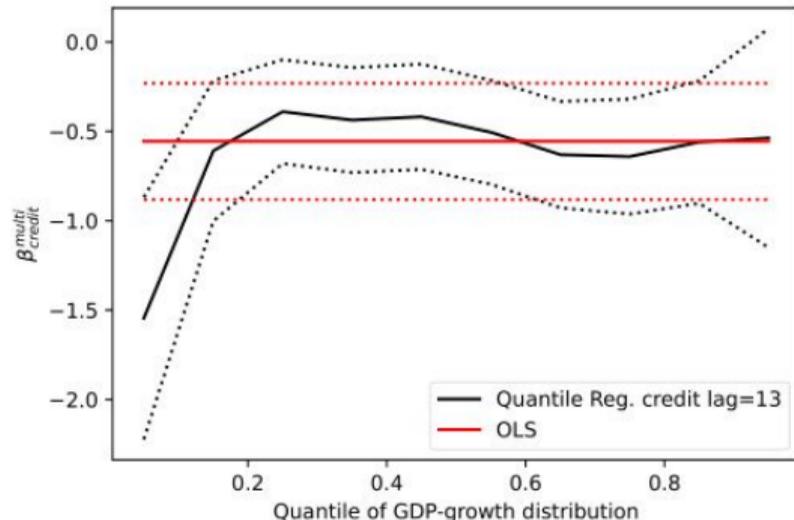


Figure: 各分位点で推定した不動産貸出 GDP 比率の係数（左端は5%点、右端は95%点）

# 重回帰による GaR 分析：6 四半期ラグデータによる結果

住宅価格、不動産貸出 GDP 比率いずれも、GDP 成長率に対する負の影響が分布の裾（5%点）で強く表れる。

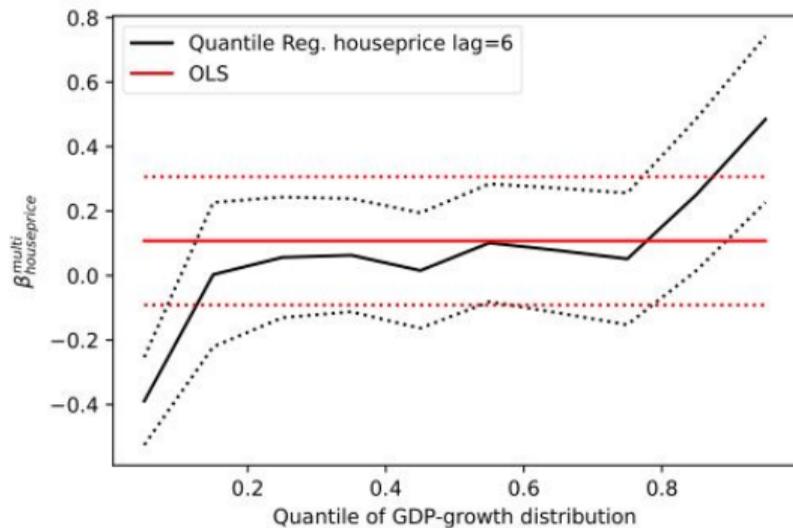


Figure: 各分位点で推定した住宅価格の係数（左端は5%点、右端は95%点）

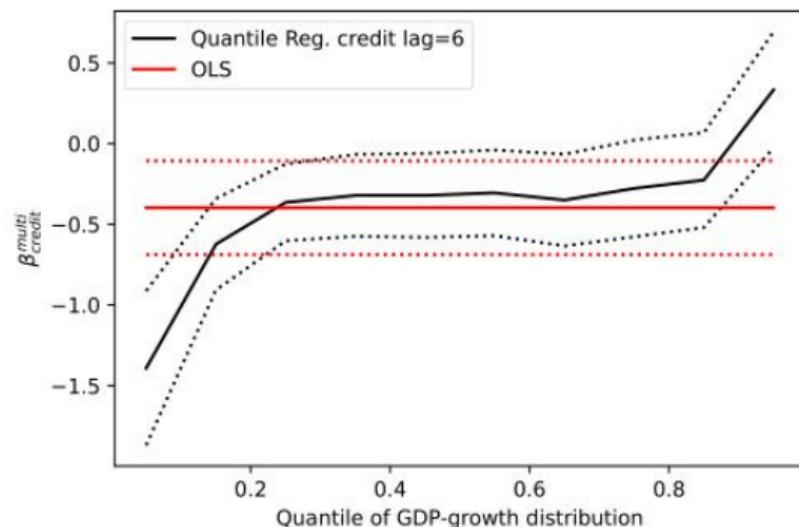


Figure: 各分位点で推定した不動産貸出 GDP 比率の係数（左端は5%点、右端は95%点）

# 本研究の結論

## GaR の非対称性（単回帰・重回帰共通）

- 金融指標と GDP 成長率の関係が**各分位点に対し非対称**であり、負の関係が5%点で強く表れる（GDP 成長率のダウンサイドの**テールリスクの存在**）

## 単回帰

- テールリスクが有意な金融指標：不動産貸出 GDP 比率 (10 四半期)、株価変動率 (13 四半期)

## 重回帰

- 3種類の金融指標は、異なるラグの期間でテールリスクが存在（カッコ内は重回帰分析に用いたデータ）
  - 株価変動率：**中期（13 四半期）**
  - 住宅価格変化率：**短期～中期（6 四半期）**
  - 不動産業貸出 GDP 比率：**短期～中期（6 四半期、13 四半期）**

# 今後の課題

## 説明変数の選択・結果の解釈

- 他の金融指標を用いた分析
- 実体経済との関係性の多面的な検討
- 期間構造の結果について、先行研究や他国との比較分析

## 説明変数のラグの最適化

- 重回帰分析において、異なるラグの説明変数を同時に用いる場合の分析

## 政策効果の分析

- 日本のマクロ・プルーデンス政策に関する利用可能なデータの調査や政策効果の分析

## 補論: 先行研究

- IMF (国際通貨基金) (Adrian *et al.*, 2018)
  - 1975 年から 2017 年までの先進国 11 カ国を対象に金融情勢と GDP 成長率の分布を実証的に分析
  - 分析期間を 12 四半期まで拡張し GaR の期間構造について考察し、緩和的な金融環境において信用拡張が生じている場合には、中期の経済成長の下方リスクをもたらすという異時点間のリスクの非対称性を指摘
  - 説明変数として金融情勢指数 (FCI)、インフレ率、信用対 GDP 成長率 (Credit-to-GDP growth)、信用拡張を示すダミー変数
- BOE (Aikman *et al.*, 2019)
  - 先進国 16 カ国を対象に分位点回帰を行い、金融情勢や資産価格の指標の影響は短期 (1 年以内) にみられ、信用残高の伸び、住宅価格の伸び、経常収支の大幅赤字はそれぞれ 3 年から 5 年という長期的な GDP 成長率の下振れリスク (テールリスク) をもたらすことを指摘
- アイルランド中央銀行 (O'Brien and Wosser, 2021)
  - 同国のアイルランドにおけるマイナスの経済成長の可能性と金融安定性の関係性を分析
  - テールリスクの要因として異なる金融指標を特定し分析。
    - 短期的なテールリスク: 一般的な金融市場環境を示す指標
    - 中期的なテールリスク: 循環的な金融脆弱性を示す信用残高に関する指標

- スペイン中銀 (Galán and Rodríguez-Moreno, 2020)
  - 1970 年から 2019 年までの欧州連合 27 カ国のデータを用い、16 四半期先の GDP 成長率について分位点回帰モデルを推定し、マクロ・プルーデンス政策の影響について分析
- イタリア中銀 (Piergiorgio, Del Vecchio and Miglietta, 2019)
  - 1970 年から 2018 年のイタリアのデータを用い同国の金融環境と経済活動の関係を GaR により分析
  - マーケット関連の変数は短い期間で強い影響が出ることを示し、クレジットに関する変数 (例えば信用対 GDP ギャップ) は 1 年以上の期間で強い影響が出ることを分析
- 日本銀行 (日本銀行, 2018)
  - 日本銀行が集計する金融ギャップ (ヒートマップを構成する 14 の金融活動指標のトレンドからの乖離率を加重平均することで一つの指標に集約したもの) の動きが、先行きの実体経済にどの程度の景気変動リスクをもたらさうかを定量的に評価
  - 先行き 3 年間の需給ギャップの変化幅 (先行き 3 年間の GDP 成長率の近似値) と金融ギャップの関係を分析し、分位点回帰により、下位 5% 点では金融ギャップのプラス幅拡大が需給ギャップに対し有意に負の影響を及ぼしていることを指摘

- Adrian, T., Boyarchenko, N., and Giannone, D. (2019) "Vulnerable Growth," *American Economic Review*, **109**(4), 1263–1289.
- Adrian, T., Grinberg, F., Liang, N., Malik, S., and Yu, J. (2018) "The Term Structure of Growth-at-Risk," IMF Working Paper WP/18/180, International Monetary Fund.
- Aikman, D., Bridges, J., Hoke, S. H., Neill, C. O., and Raja, A. (2019) "Credit, capital and crises: a GDP-at-Risk approach," Staff Working Paper 824, Bank of England.
- Galán, J. E. (2020) "The benefits are at the tail: Uncovering the impact of macroprudential policy on growth-at-risk," *Journal of Financial Stability*, 100831.
- Galán, J. E. and Rodríguez-Moreno, M. (2020) "At-risk measures and financial stability," *Revista de Estabilidad Financiera*, **1**(39), 71–96.
- O'Brien, M. and Wosser, M. (2021) "Growth at Risk & Financial Stability," Financial Stability Notes 2/FS/21, Central Bank of Ireland.
- Patro, D. K., Qi, M., and Sun, X. (2013) "A simple indicator of systemic risk," *Journal of Financial Stability*, **9**(1), 105–116.
- Piergiorgio, A., Del Vecchio, L., and Miglietta, A. (2019) "Financial Conditions and 'Growth at Risk' in Italy," Working Paper 1242, Banca D'Italia.

日本銀行 (2018) 「金融システムレポート 2018 年 10 月号」.

増島雄樹 (2015) 「システミック・リスクに関わる分析手法の動向と評価—国際的な潮流と日本への含意—」,  
Discussion Paper 2014-10, 金融庁金融研究センター.