太陽光発電協会
京都大学
共催シンポジウム

2022年3月10日(木)

電力市場価格は何故高騰するのか？
～原因と対策を探る～

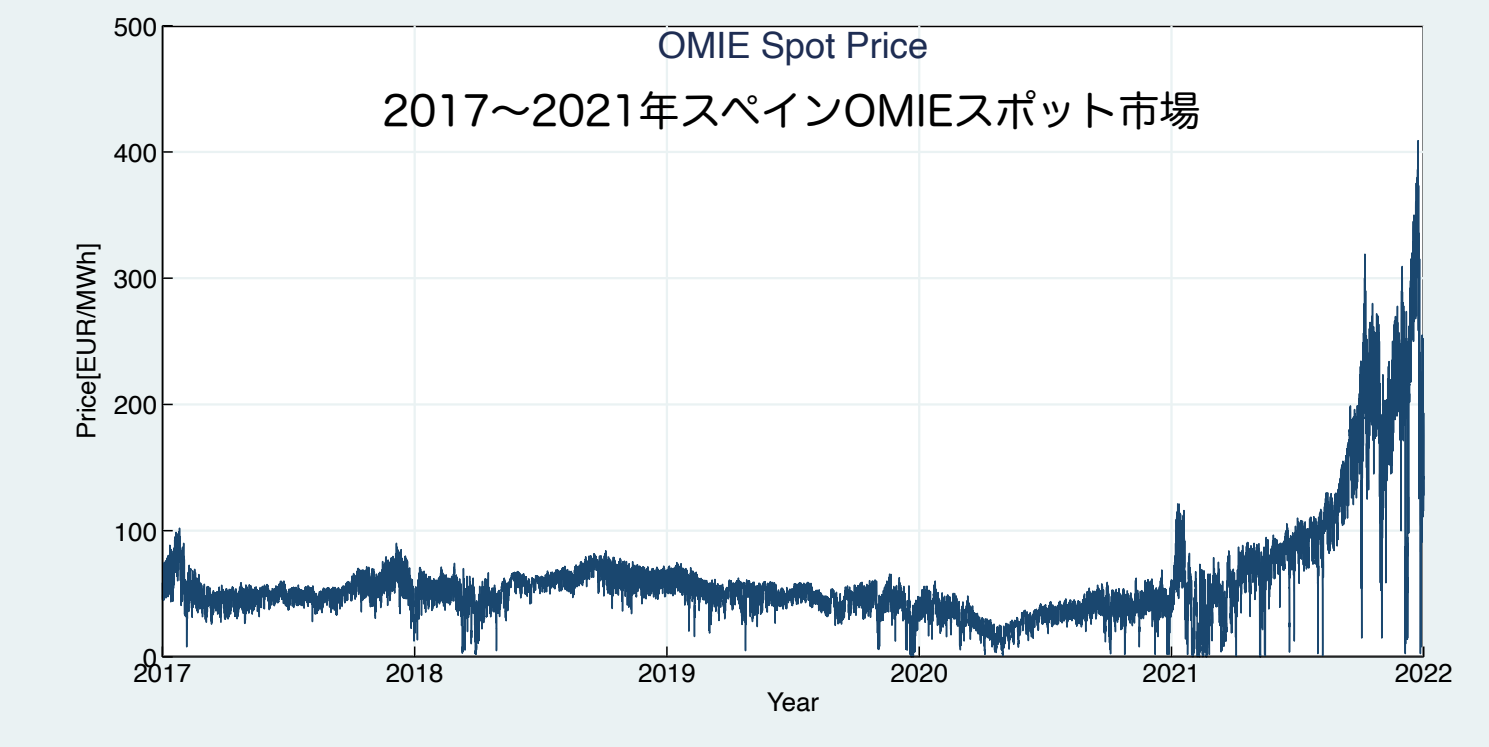
京都大学大学院 経済学研究科
再生可能エネルギー経済学講座特任教授
安田 陽

目　次

- 1. 研究の目的と背景
  - 2021年秋季の欧州電力市場価格高騰
  - メディアによる言説
- 2. 予備的分析（各パラメータの相関）
- 3. 計量経済分析
- 4. まとめ

背景と目的

- 2021年秋季に欧州全体で電力市場価格が高騰
- 一部のメディアで「風が弱かったから」との論調が相次ぐ
- 価格高騰の要因を回帰分析により推定する



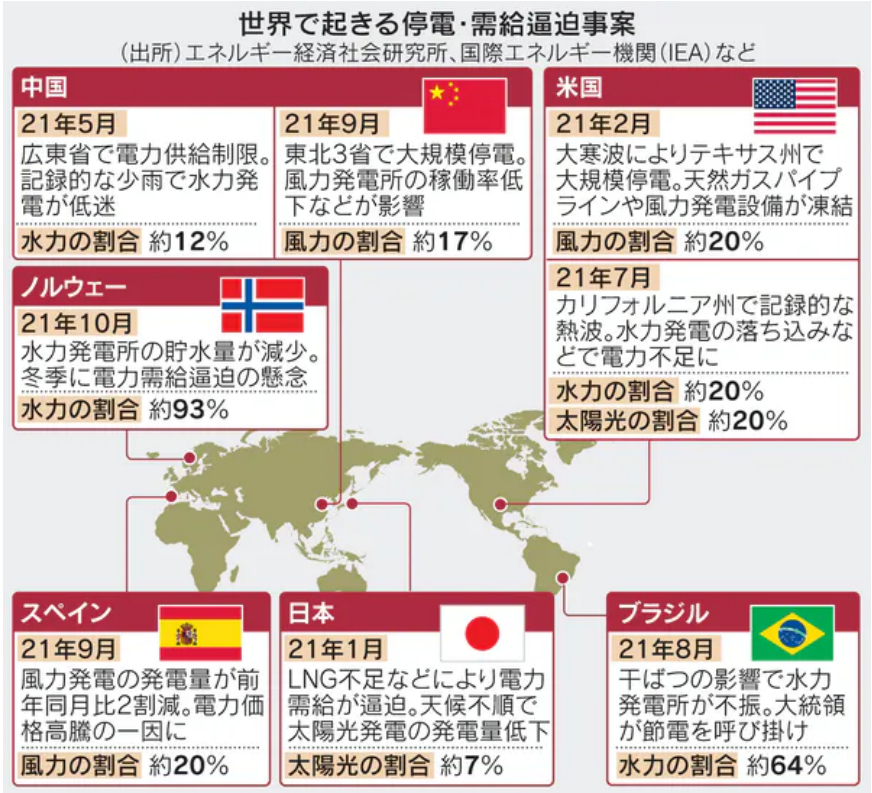
本講演とこの後の講演の関連

	モデル	対象国
安田	拡張回帰モデル (ERM)	スペイン (デンマーク)
杜	閾値自己回帰(TAR) モデル	英国 ドイツ
張	パネルデータ 分析	日本

メディアによる言説

- 「脱炭素先進国」のスペインがエネルギー危機に見舞われている。同国の風力発電の発電量が前年同月に比べ2割減るなど欧州の風が弱まったことが天然ガス価格高騰の発端の一つにもなった。
  - (出典) 日本経済新聞: 風吹かぬスペインの教訓 再生エネ拡大、日本にも難題, 2021年10月17日

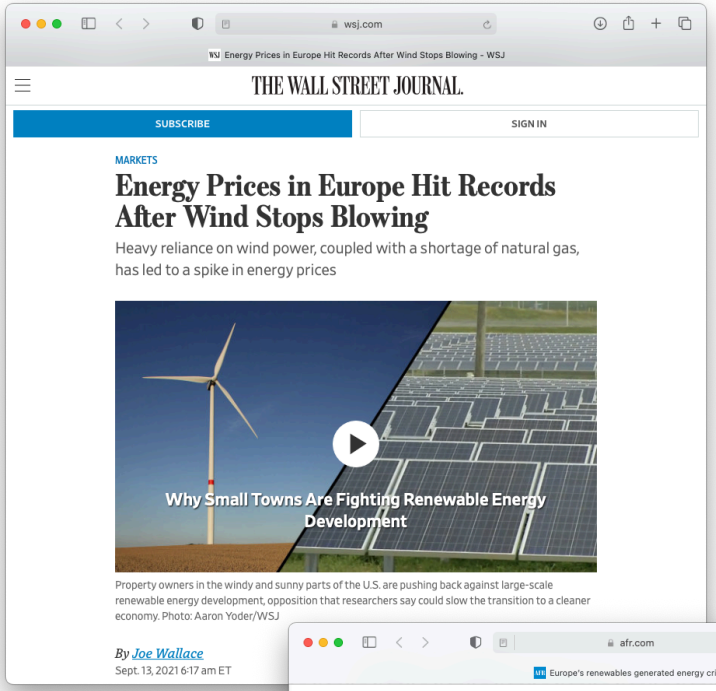
- 風力が電源構成の約2割を占めるスペインでは9月の風力発電量が前年同月比20%減。風力の発電量減少分を天然ガスで補おうとしたことで電力の価格が高騰した。
  - (出典) 日本経済新聞: 再エネ発電、天候不順が打撃 脱炭素の足かせに, 2022年1月9日



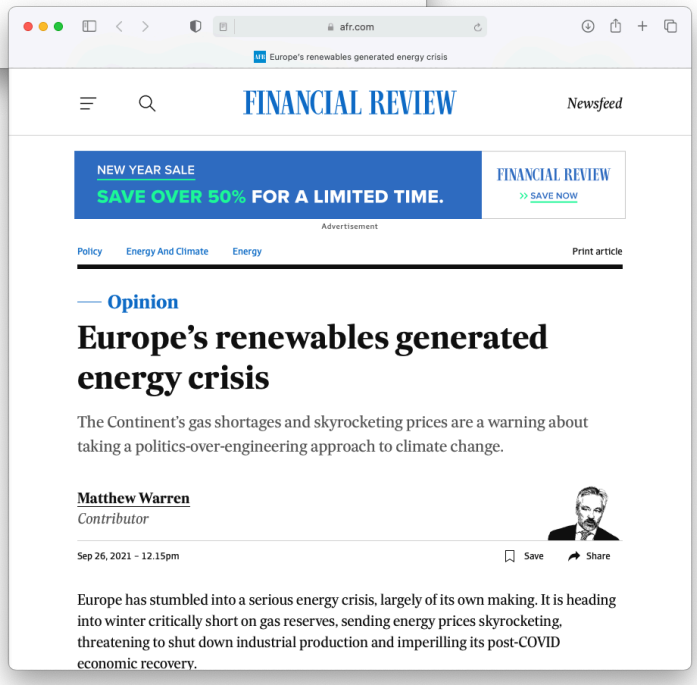
(出典) 日本経済新聞: 再エネ発電、天候不順が打撃　脱炭素の足かせに, 2022年1月9日

メディアによる言説

- **“Energy Prices in Europe Hit Records After Wind Stops Blowing”**
  - (source) Joe Wallace: Energy Prices in Europe Hit Records After Wind Stops Blowing, The Wall Street Journal, Sep 13, 2021



- **“Europe’s renewables generated energy crisis”**
  - (source) Matthew Warren: Europe’s renewables generated energy crisis, Financial Review, Sept 26, 2021



目　次

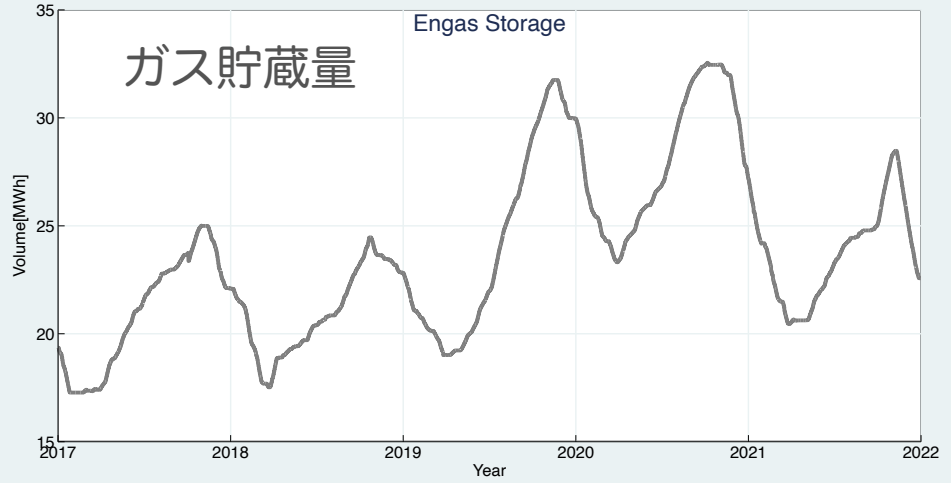
- 1. 研究の目的と背景
- 2. 予備的分析
  - 時系列データ
  - 各パラメータの相関（単回帰分析）
  - 「風が弱かったから」は本当か？
- 3. 計量経済分析
- 4. まとめ（現段階の課題と今後の方針）

時系列データ
(スペイン2017～2021年)

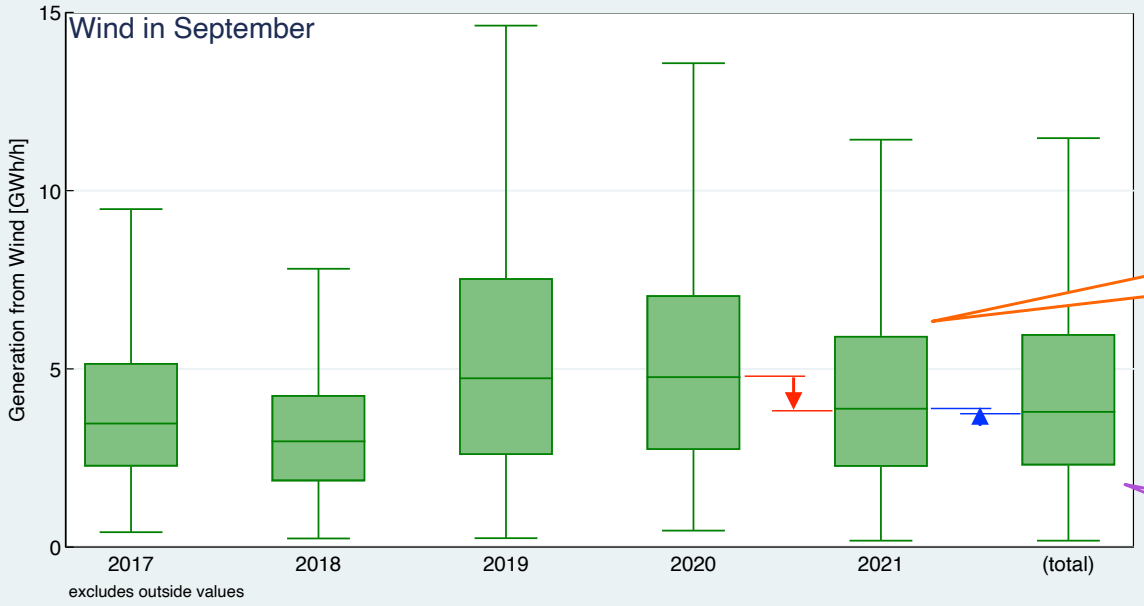


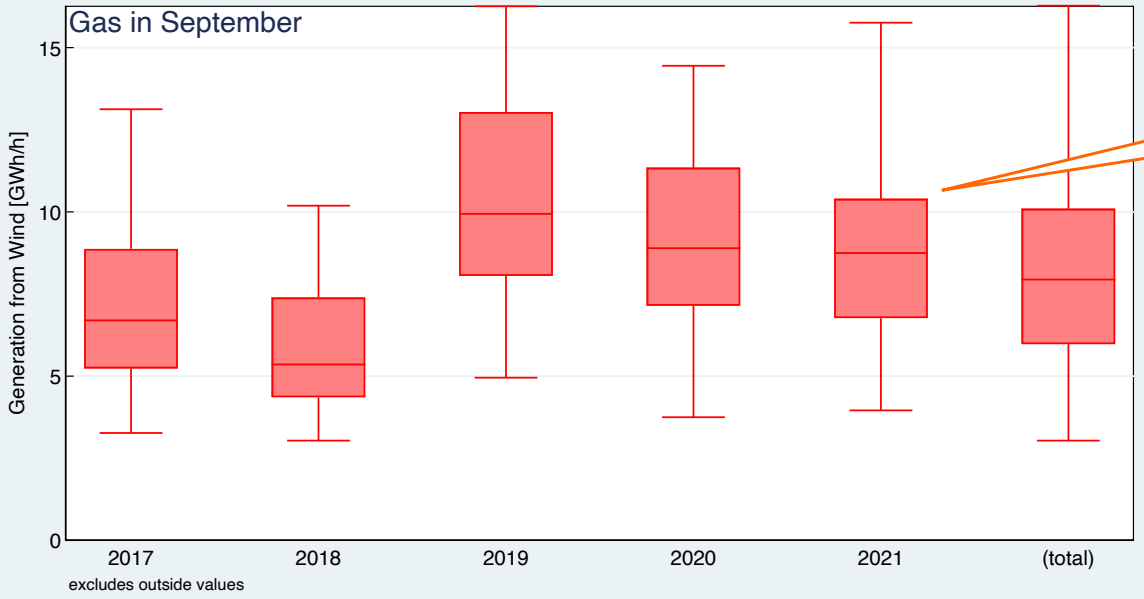






風力およびガス火力出力の9月分経年比較





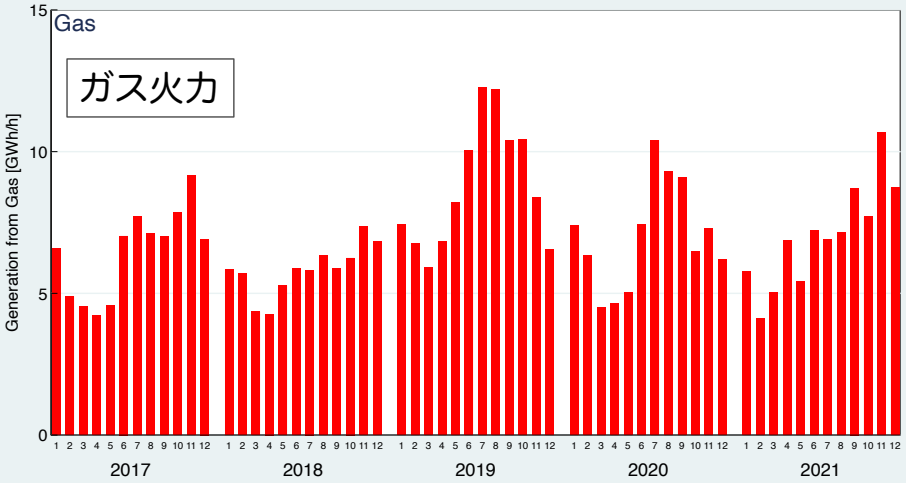
確かに2021年9月は前年比21.3%減

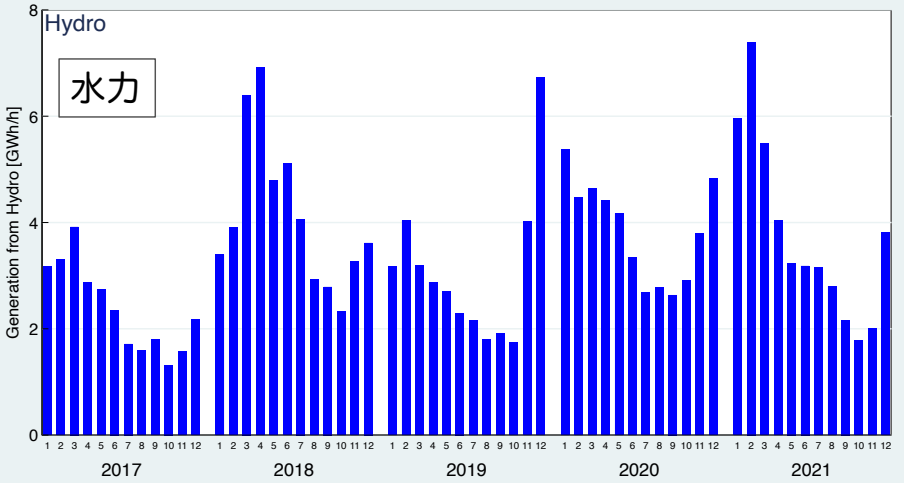
…しかし、過去5年平均比は3.6%増

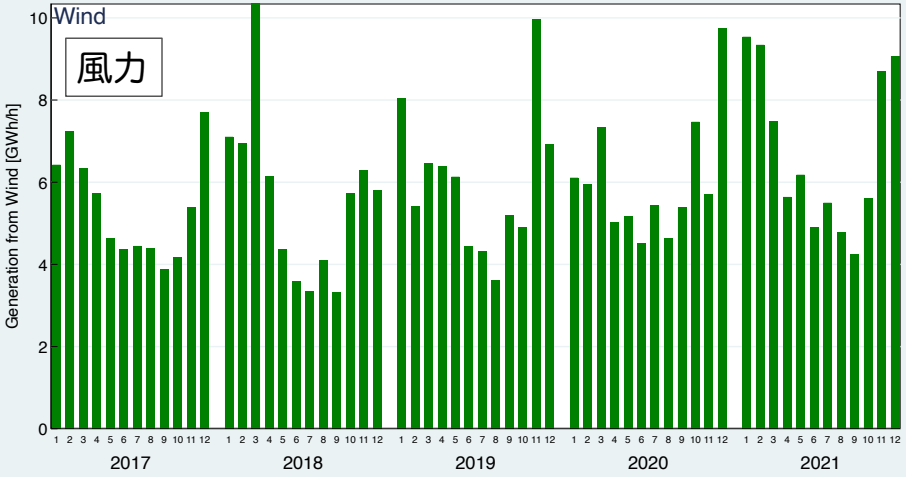
実はガスも前年比減

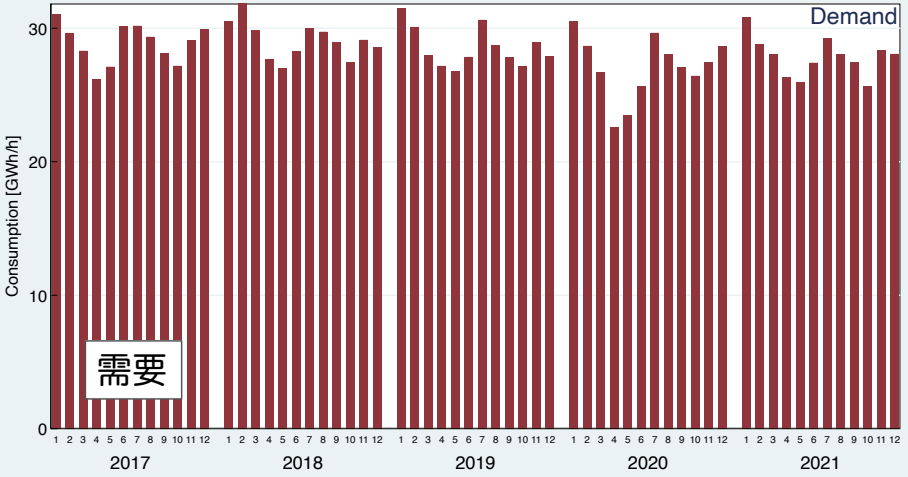
「風力の発電量減少分を天然ガスで補おうとしたことで…」というストーリーはどこに？

各種電源出力の経年比較 (各月平均)

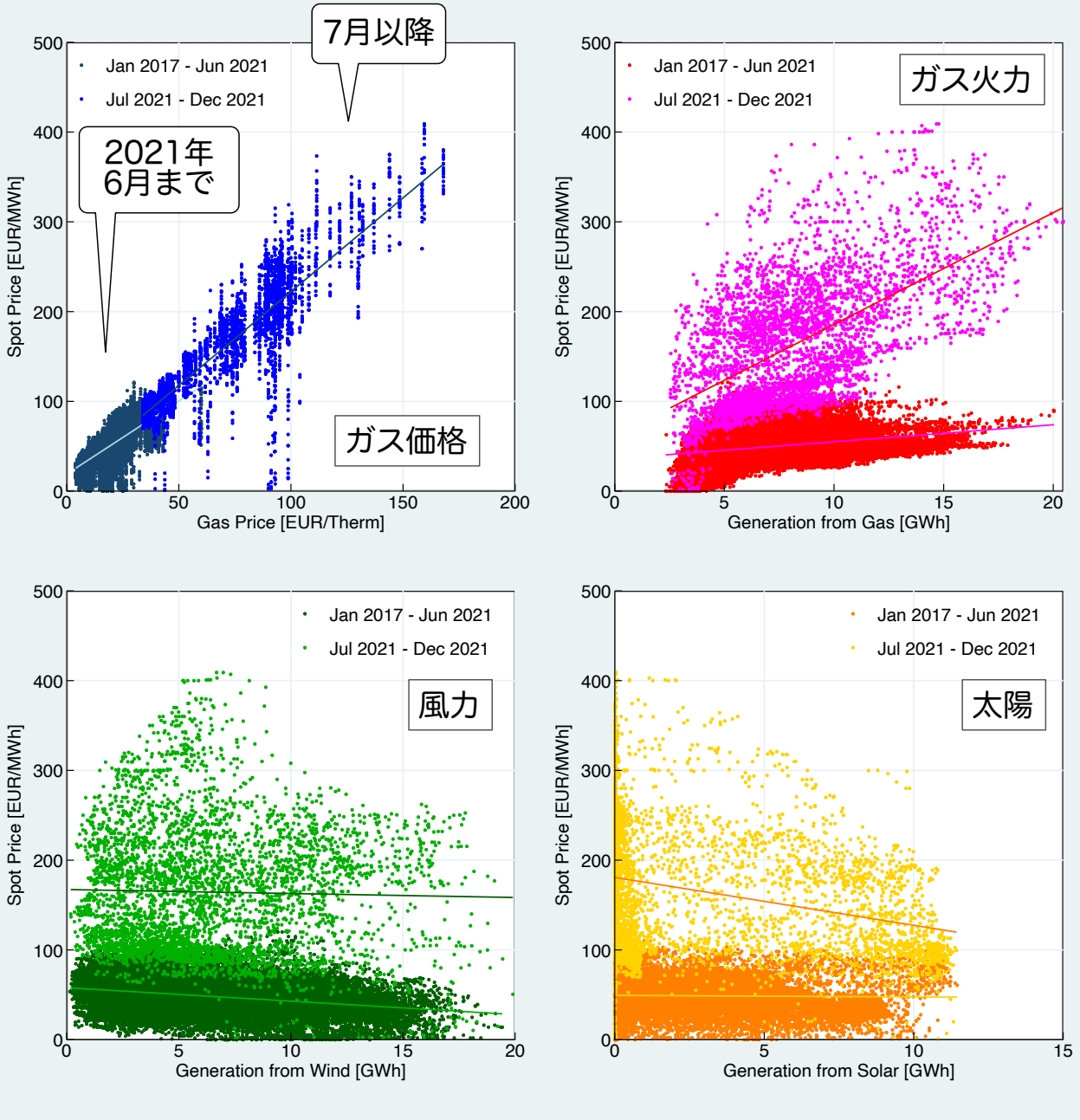




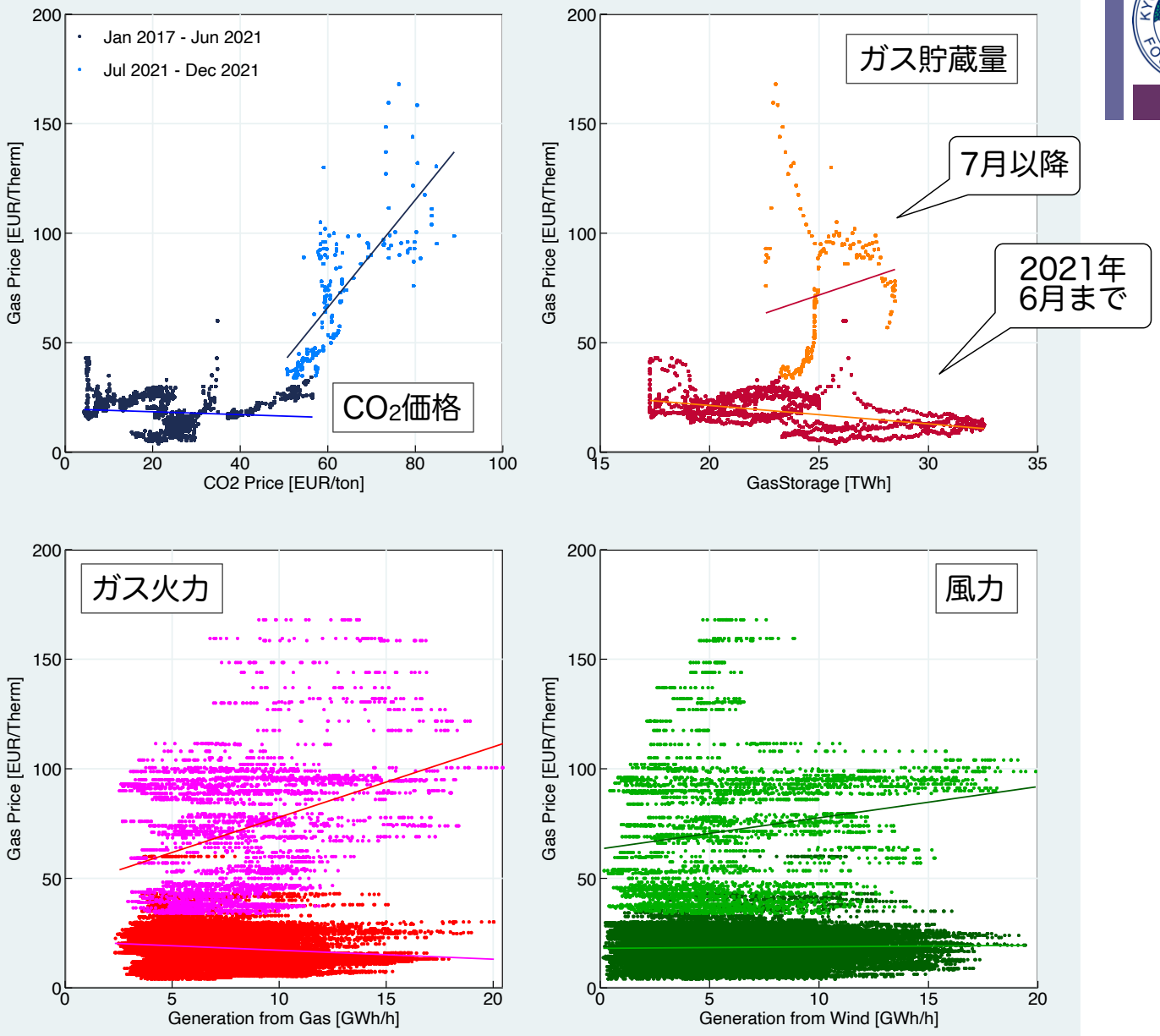




スポット価格との相関分析(単回帰分析)



ガス市場価格との相関分析(単回帰分析)



予備的分析による仮説

- 電力スポット市場高騰の主要因
  - ガス市場価格に強い相関
  - 風力との相関は弱い
- 「風が弱かったから価格高騰」は本当か？
  - 9月前年比であれば水力もガスも低い。
  - 9月前年比による比較は合理性がない？

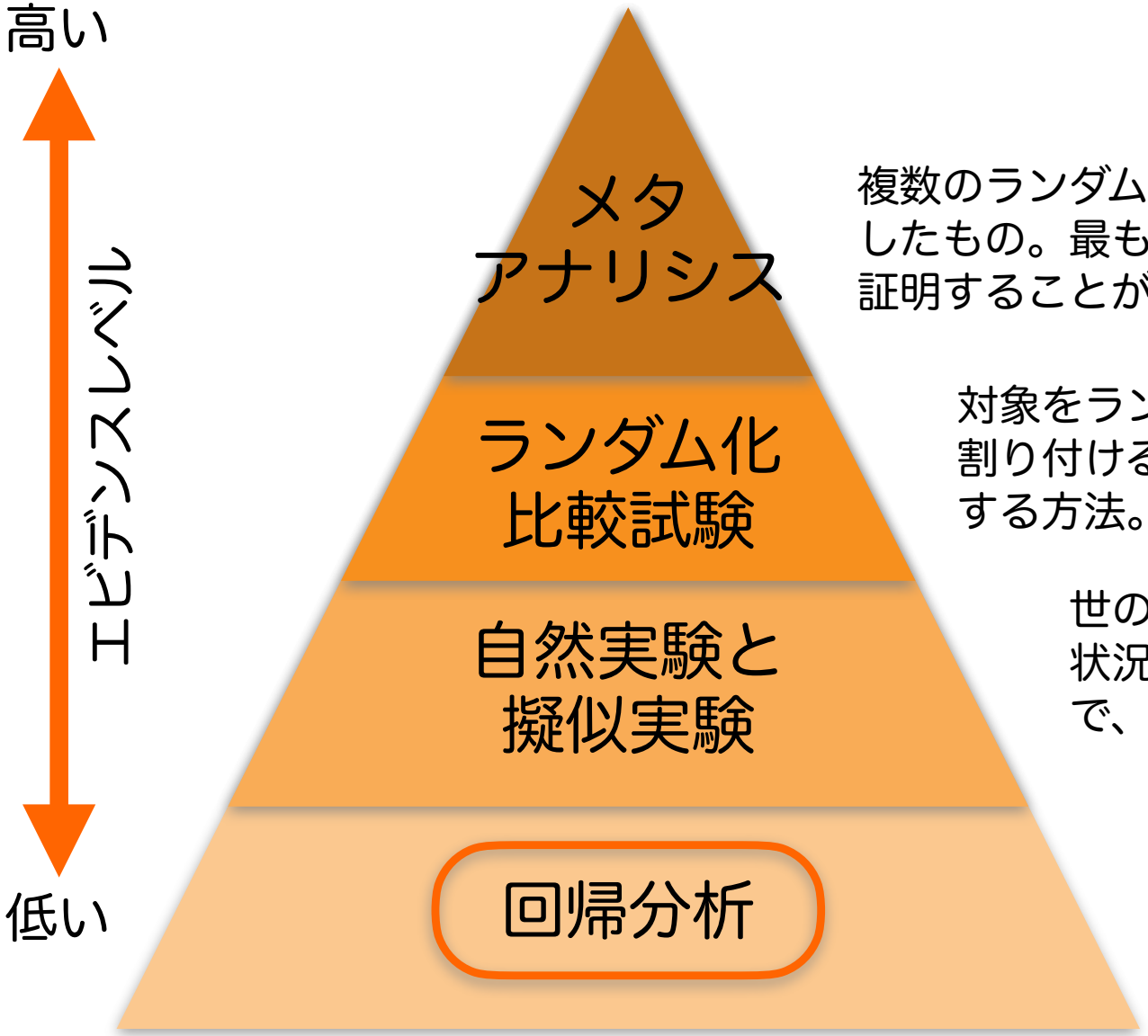


- 重回帰分析で検証

目　次

- 1. 研究の目的と背景
- 2. 予備的分析
- 3. 計量経済分析
  - 回帰分析（交絡性の検討）
  - Stata拡張回帰モデル(ERM)モデルによる分析
  - 反実仮想による影響度の評価
- 4. まとめ

エビデンスのレベルと階層



複数のランダム化比較試験を統合したもの。最も確実に因果関係を証明することができる。

対象をランダムに介入群と対照群に割り付けることで、因果関係を評価する方法。因果推論の理想形。

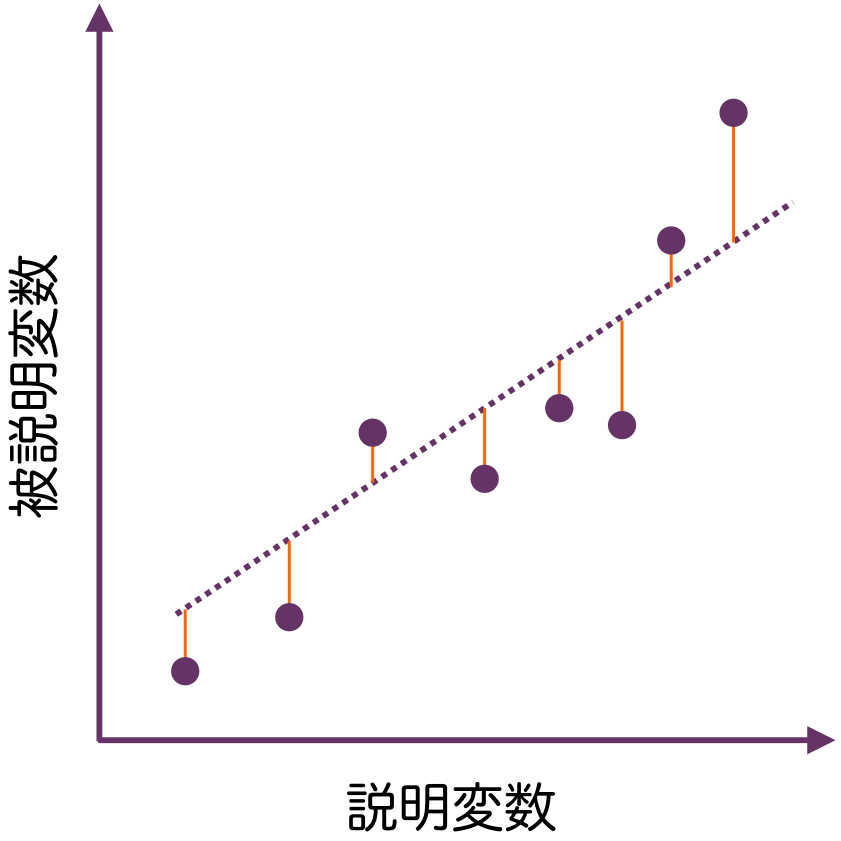
世の中にある「実験室のような状況」をうまく利用することで、因果関係を評価する方法。

すでに手元にあるデータがあるときによく用いられる方法・交絡因子のデータが手元にあれば、その影響を取り除くことができる。

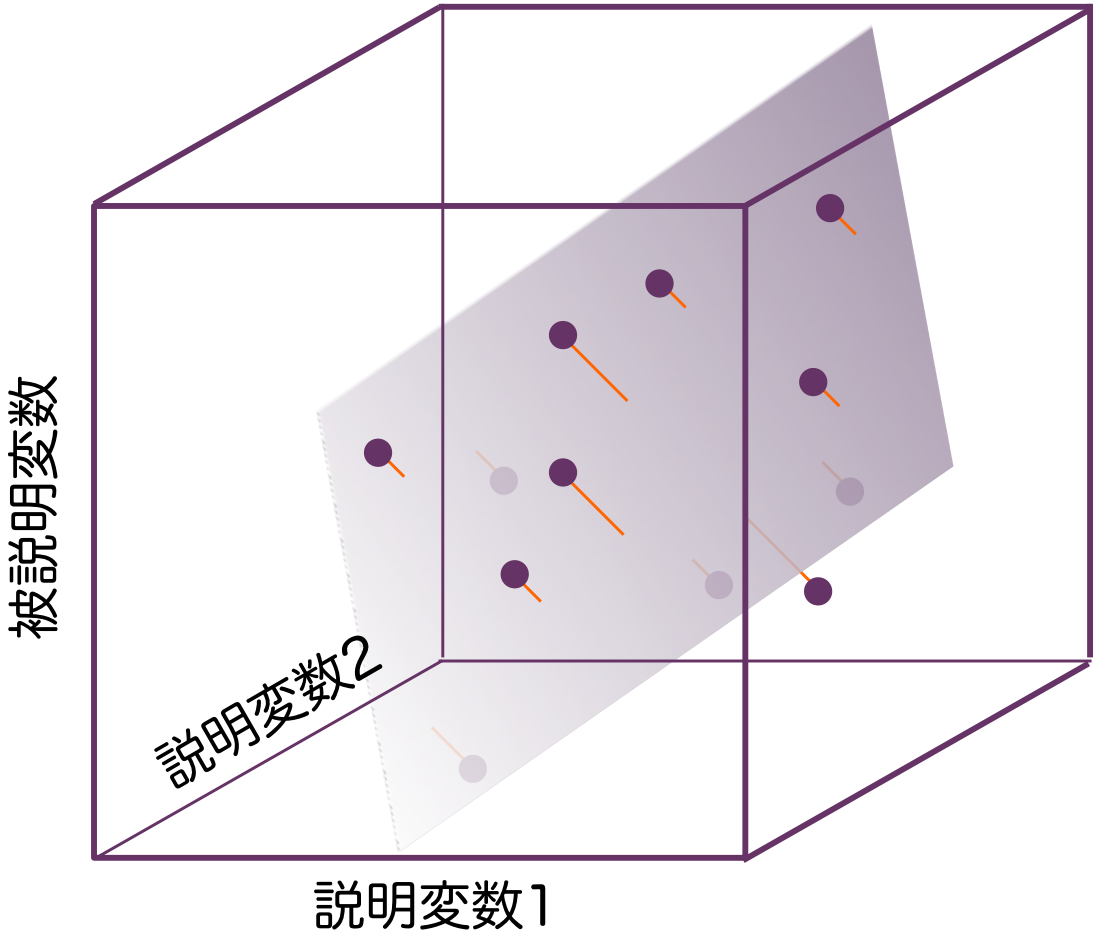
(参考) 中室牧子, 津川友介: 原因と結果の経済学, ダイヤモンド社 (2017)

最小二乗法(OLS)による回帰分析

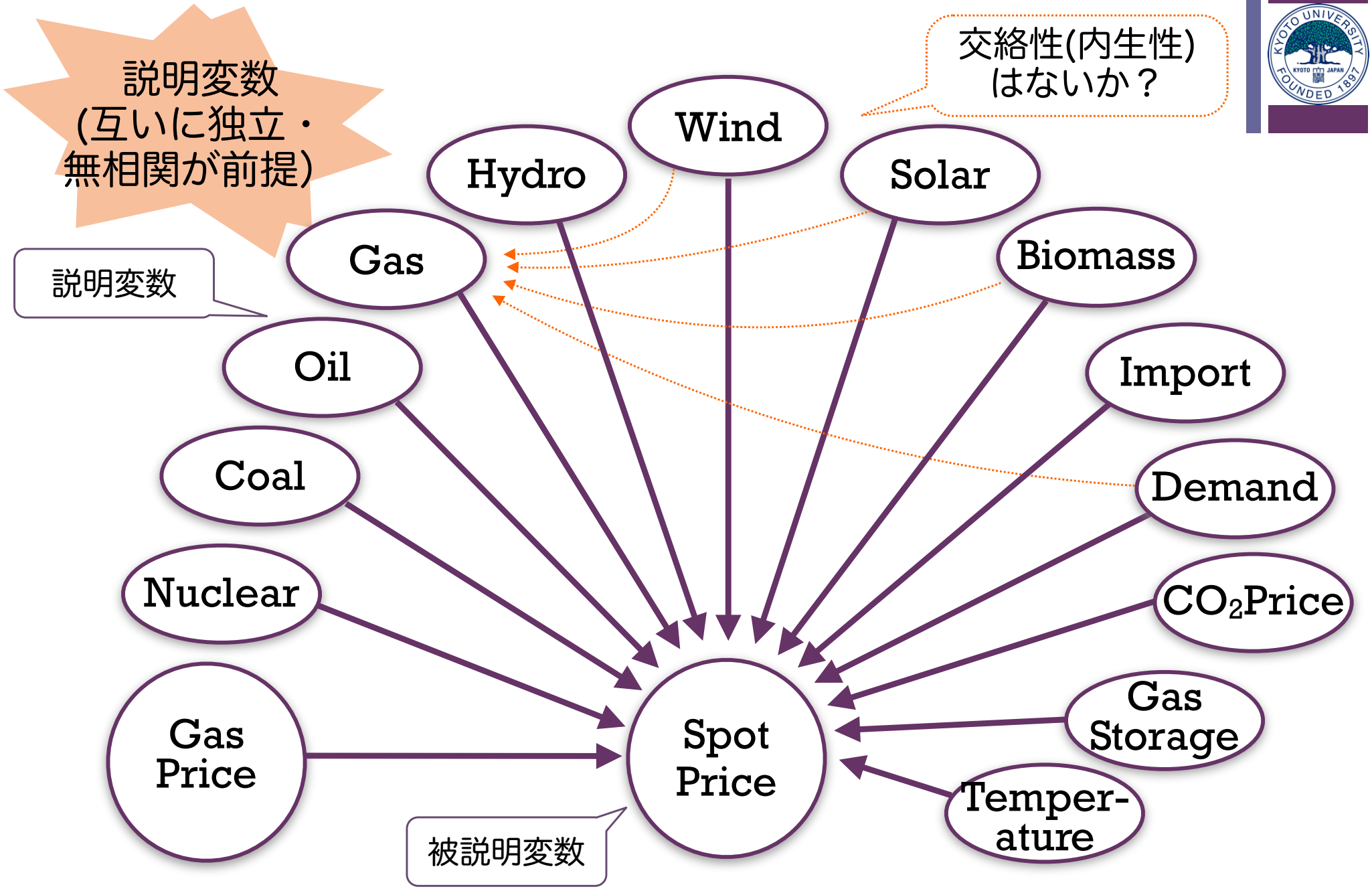
説明変数1つ → 2次元



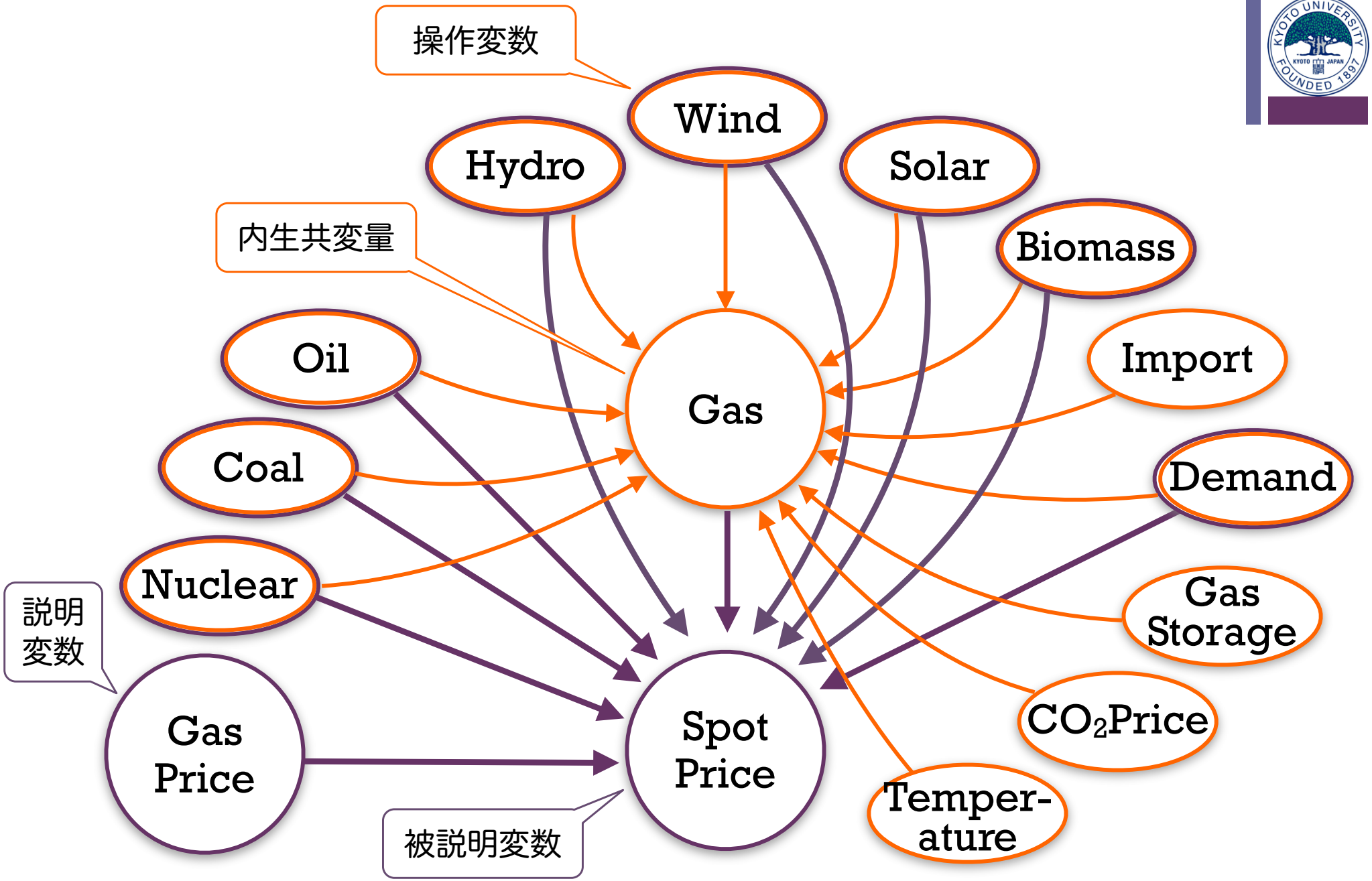
説明変数 n 個 → n+1次元



重回帰分析モデル① (交絡性無視)



重回帰分析モデル② (交絡性考慮)



モデル推定式②

注：従来の2段階最小二乗法(2SLS)では操作変数は説明変数に使えない。

操作変数法の一種。操作変数を用いて因果関係をある程度示すことが可能。

- Stata拡張回帰モデル(ERM)

$$SpotPrice_t = \gamma_1 GasPrice_t + \gamma_2 Nuclear_t + \gamma_3 Coal_t + \gamma_4 Oil_t + \gamma_5 Hydro_t + \gamma_6 Wind_t + \gamma_7 Solar_t + \gamma_8 Biomass_t + \gamma_9 Demand_t + \gamma_{10} Gas^*_t + \varepsilon_1$$

被説明変数

説明変数

here,

$$Gas^*_t = \beta_1 Nuclear_t + \beta_2 Coal_t + \gamma_3 Oil_t + \gamma_4 Hydro_t + \beta_5 Wind_t + \beta_6 Solar_t + \beta_7 Biomass_t + \beta_8 Import_t + \beta_9 Demand_t + \beta_{10} CO_2Price_t + \beta_{11} GasStorage_t + \varepsilon_2$$

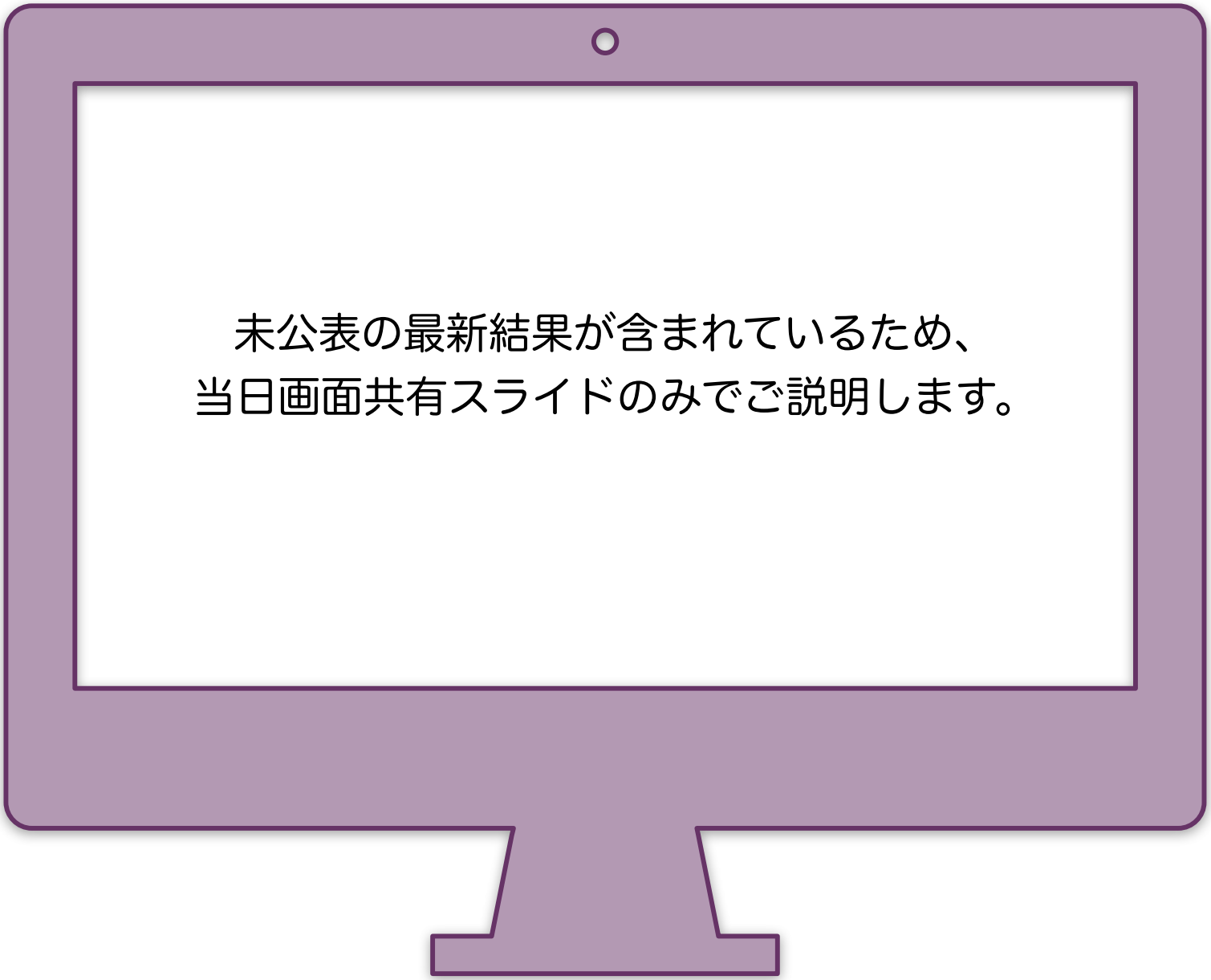
操作変数

内生共変量

モデル推定式の変数 (モデル②)

	変数	名称	単位	データ解像度	データソース
被説明変数	*SpotPrice*	電力市場スポット価格	[EUR/MWh]	時間毎	OMIE
説明変数 (操作変数にも使用)	*GasPrice*	ガス市場スポット価格	[EUR/Therm]	日毎を時間毎に割り当て	MIBGAS
	Nuclear	原子力発電出力	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
	Coal	石炭火力発電出力	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
	Oil	石油火力発電出力	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
	Hydro	水力発電出力	[MWh/h]	時間毎 (貯水池+流込式)	ENTSO-E
	Wind	風力発電出力	[MWh/h]	時間毎 (陸上のみ)	ENTSO-E
	Solar	太陽発電出力	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
	Biomass	バイオマス発電出力	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
	Demand	需要	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
内生共変量	*Gas*	ガス火力発電出力	[MWh/h]	時間毎	ENTSO-E
操作変数	*Import*	輸出入電力量	[MWh/h]	時間毎(輸入が正, 輸出が負)	ENTSO-E
	CO2Price	CO2市場価格	[EUR/ton]	日毎を時間毎に割り当て	ICAP
	GasStorage	ガス貯蔵量	[TWh]	日毎を時間毎に割り当て	GIE
	TempMadrid	マドリッド気温	[°C]	時間毎	visual crossing

STATA分析結果



目　次

- 1. 研究の目的と背景
- 2. 予備的分析
- 3. 計量経済分析
- 4. まとめ

結論

- 2021年スペインにおける電力市場価格高騰の要因を探るために計量経済分析を実施。
- 操作変数法の一種である拡張回帰モデル(ERM)を用いた交絡性を考慮した回帰分析



- 電力市場価格の高騰はガス市場価格高騰が主原因。
- 風力発電出力の電力・ガス市場価格に与える影響は限定的で、ガス価格に比較して極めて小さい。
  - ⇒「風力の発電量減少分を天然ガスで補おうとしたことで電力の価格が高騰した」「欧州の風が弱まったことが天然ガス価格高騰の発端の一つにもなった」という言説に科学的根拠を見出すことはできない。
- 有効な対策:
  - 短期: 省エネルギー(断熱等), デマンドレスポンス, 熱貯蔵
  - 中長期: 風力・太陽光増強, ガス依存度低減

メディアによる冷静な見解

- There are two ways to explain what's going on: a nuanced view that grapples with the complex factors at play, and a narrative view that finds a convenient way to simplify the situation. …
- 【安田仮訳】この状況を説明するには2つの見方がある。複雑な要因を考慮した機微に富む見方と、状況を単純化するための都合の良い方法を見つけるナラティブ(物語的)な見方である。
  - (source) Akshat Rathi: Making Sense of the Narratives Around Europe's Energy Crunch, BNN Bloomberg, Sep 28, 2021 https://www.bnnbloomberg.ca/making-sense-of-the-narratives-around-europe-s-energy-crunch-1.1658404

メディアによる冷静な見解

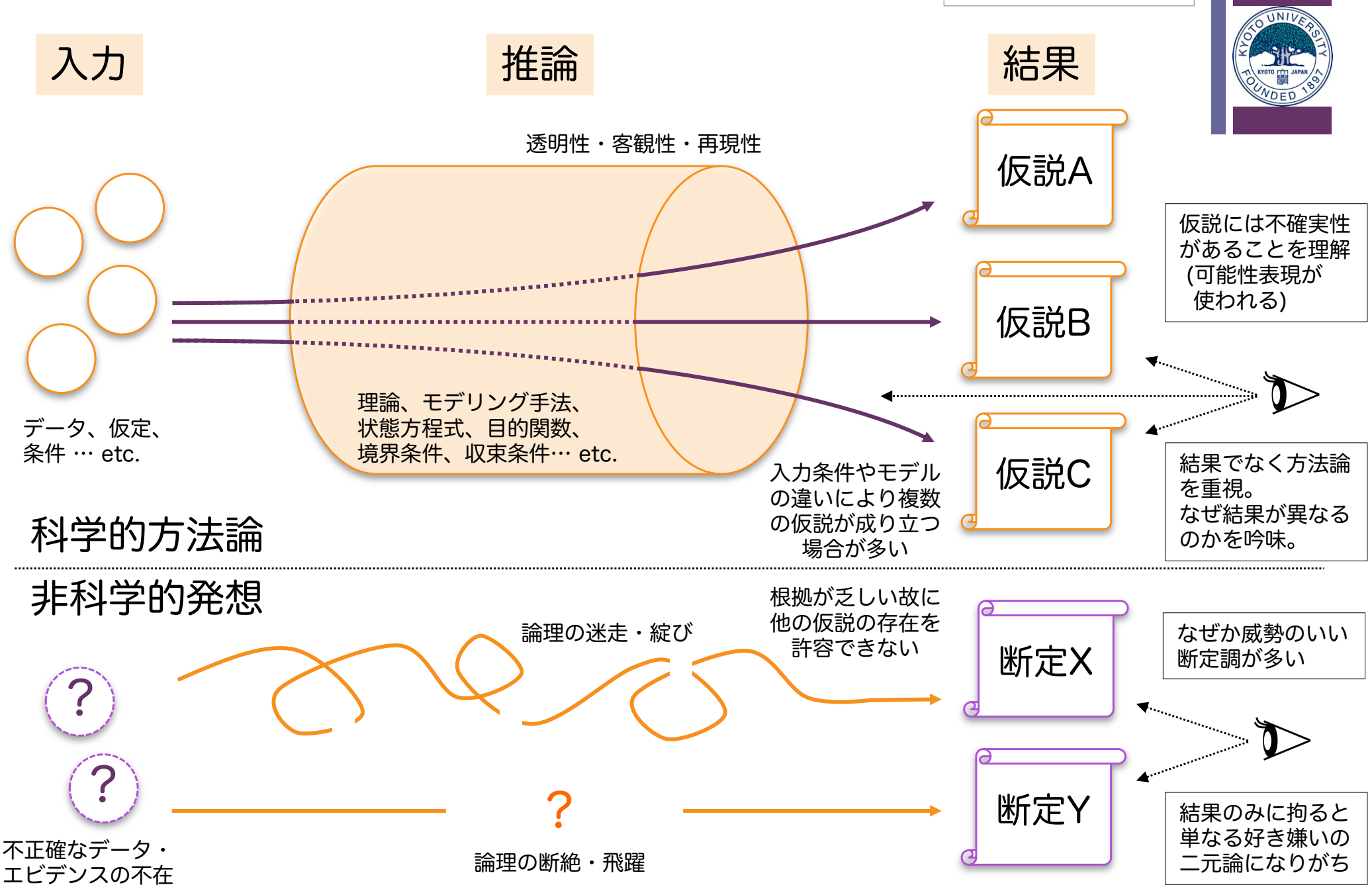
- Public opinion is often influenced by simplified narratives that may not always. reflect the facts. And crises present a ripe opportunity for opinion makers who know that fear sells. That's why some U.K. newspapers have run front-page articles about a "Winter of Woe" or how energy bills are headed for a "Catastrophic Price Rise."
- 【安田仮訳】世論は、事実を反映していないかもしれない単純なナラティブ(物語)にしばしば影響される。そして危機は、恐怖が売れることを知っているオピニオンメーカーにとって、絶好の機会となる。故に英国の新聞の中には、「災いの冬」や「破局的な価格高騰」などの記事が一面トップを飾る。
  - (source) Akshat Rathi: Making Sense of the Narratives Around Europe's Energy Crunch, BNN Bloomberg, Sep 28, 2021 https://www.bnnbloomberg.ca/making-sense-of-the-narratives-around-europe-s-energy-crunch-1.1658404

計量経済分析から得られる教訓

- 定量分析は時間がかかる。
- ある事象が発生した直後の少ない情報の段階で「～のせいだ！」という勇ましい断定調は、科学的根拠がないことが多い。
- 経験や直感に基づく判断は、しばしば先入観や偏見が混入する。
- ナラティブ(もっともらしい物語)には要注意。
- 科学に関する議論は、自身に都合のよい結果論ではなく、科学的方法論を重視すること。

科学的推論とその検証

安田陽 (京都大学)
CC-BY 4.0
2020年4月22日



本講演とこの後の講演の関連

再掲

	モデル	対象国
安田	拡張回帰モデル (ERM)	スペイン (デンマーク)
杜	閾値自己回帰(TAR) モデル	英国 ドイツ
張	パネルデータ 分析	日本

太陽光発電協会
京都大学
共催シンポジウム

電力市場価格は
何故高騰するのか？
～原因と対策を探る～

ご清聴有り難うございました。

yasuda@mem.iee.or.jp