



# 間接オークションの経済効果： 日本のエビデンス

---

杉本康太  
横浜国立大学 国際社会科学研究院  
(Sugimoto-kota-rb@ynu.ac.jp)

# モチベーション

- 日本は震災後、様々な電力システム改革を実施してきた。
- 改革の因果効果を事後的に検証した研究は少ない。
- 改革は成功だったのか？

# イントロダクション

- 分析対象は、2018年10月1日から導入された、**間接オークション**

## 連系線利用ルールの機能

- 日本全体での**最小費用**で電力供給
- エリア間の**需要と供給の一致**を空間的に支える
- 発電・小売での**公平な競争の実現**

# 先着優先ルール

連系線の空き容量 (= 運用容量 - マージン)

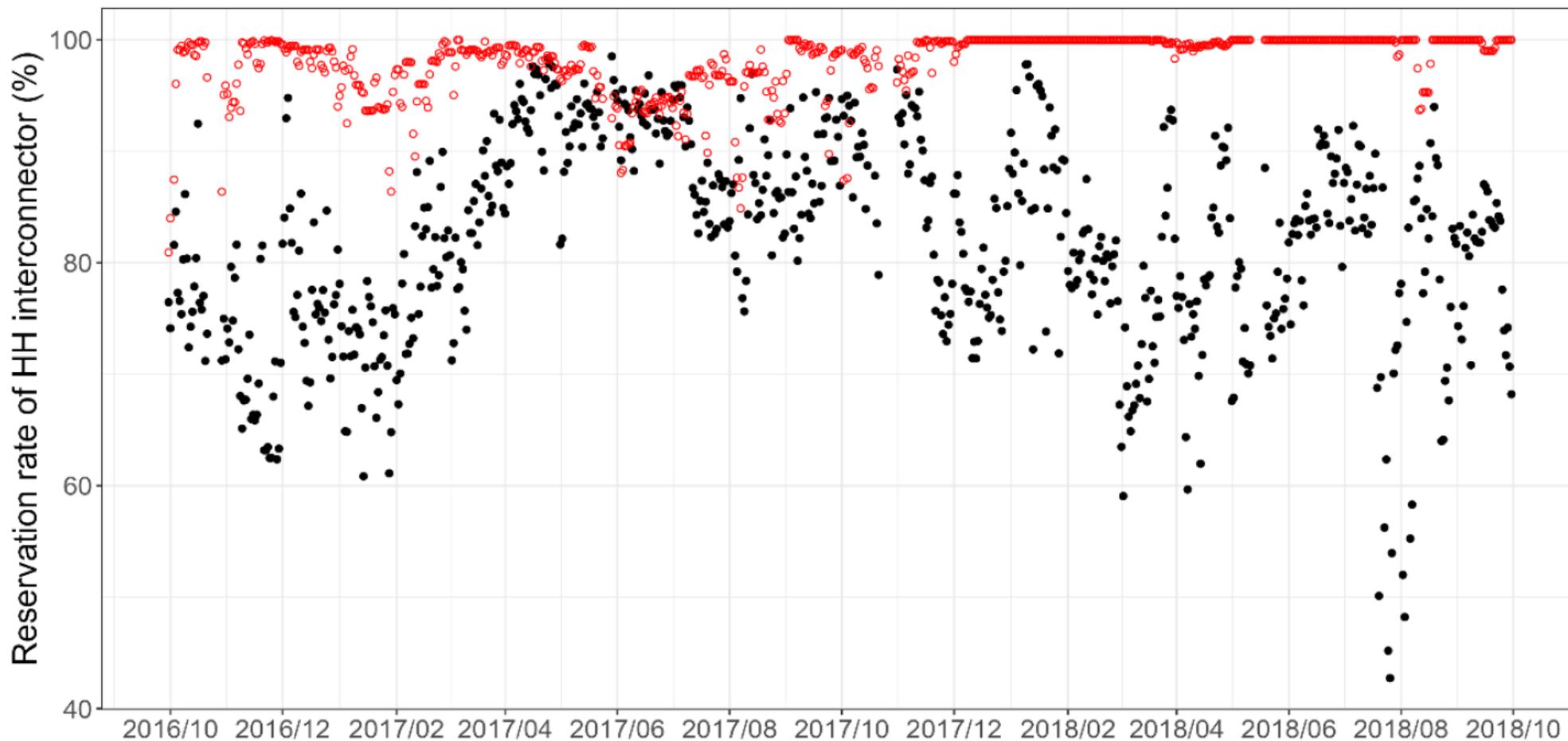
先着順で  
予約された容量  
(計画潮流)

前日市場 + 時間前市場で  
配分可能な空き容量

# 先着優先ルールの下では...

## 北本連系線の予約率

○は実需給 7 日前、●は実需給 2 日前の時点での予約率。

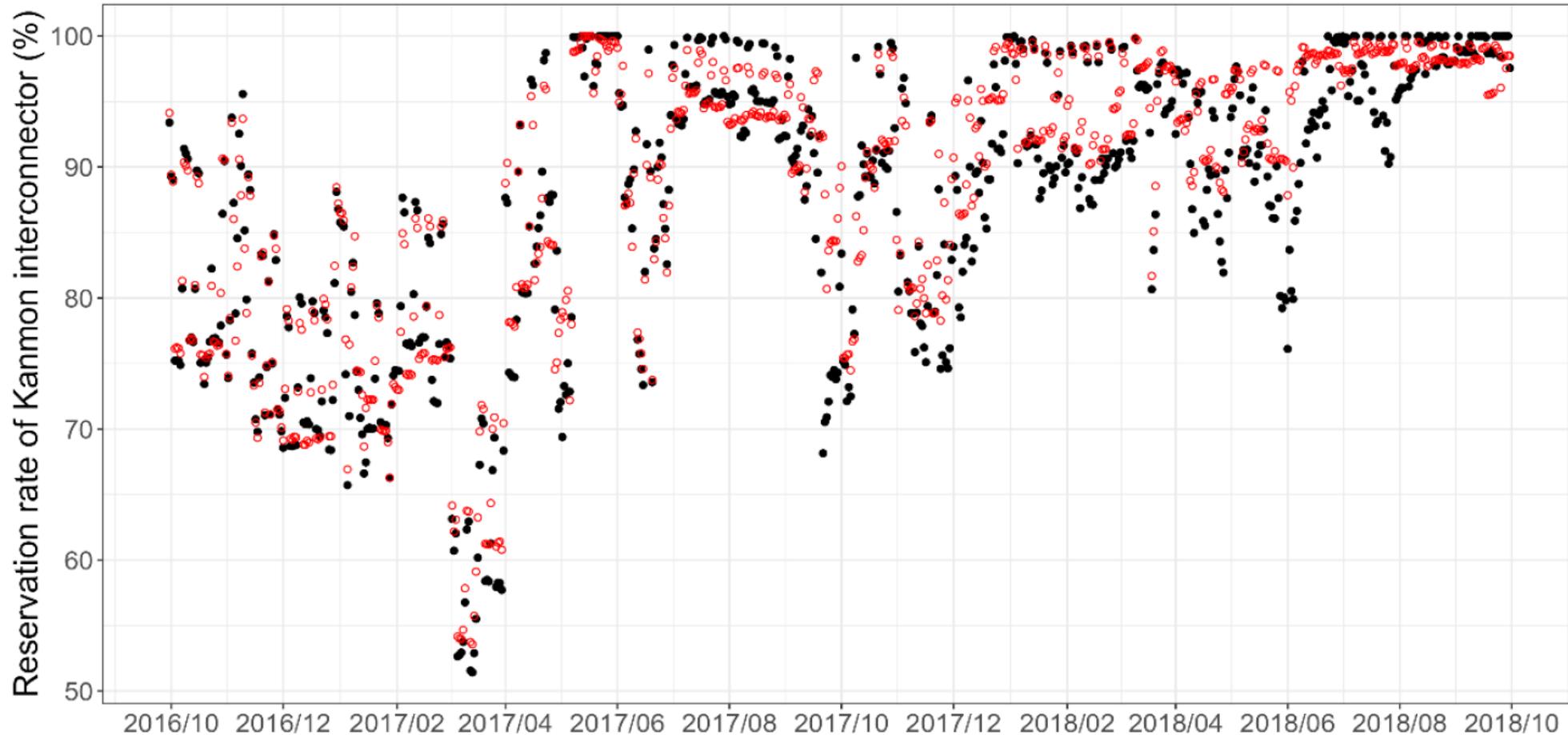


空き容量の大半が前日市場のゲートクローズ（前日午前10時）**以前**に予約されていた。

# 先着優先ルールの下では...

## 関門連系線の予約率

○は実需給7日前、●は実需給2日前の時点での予約率。



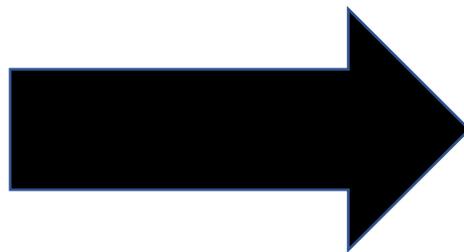
空き容量の大半が前日市場のゲートクローズ（前日午前10時）**以前**に予約されていた。

# 先着優先ルールで何が起きていたのか

前日 10時以前



前日市場で市場分断発生



前日 10時～前日 17時



# 間接オークションの経済効果

## 先着優先ルール (FCFS)

## 間接オークション(IA)

連系線の空き容量



2018/10/01~



連系線の空き容量



間接オークションの本質は、空容量を**事前に**付与せず、  
エネルギー市場で**同時に**（間接的に）配分すること

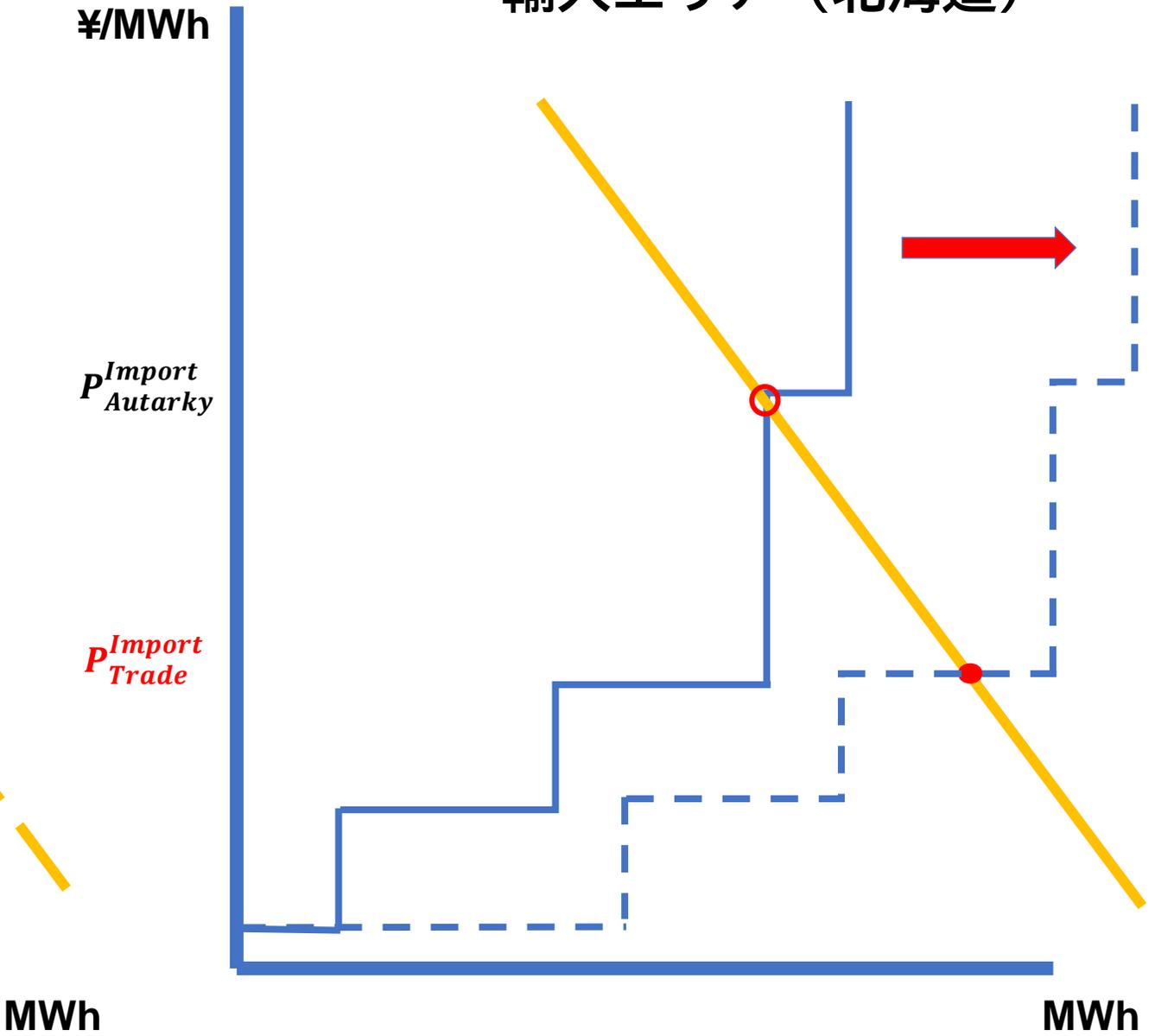
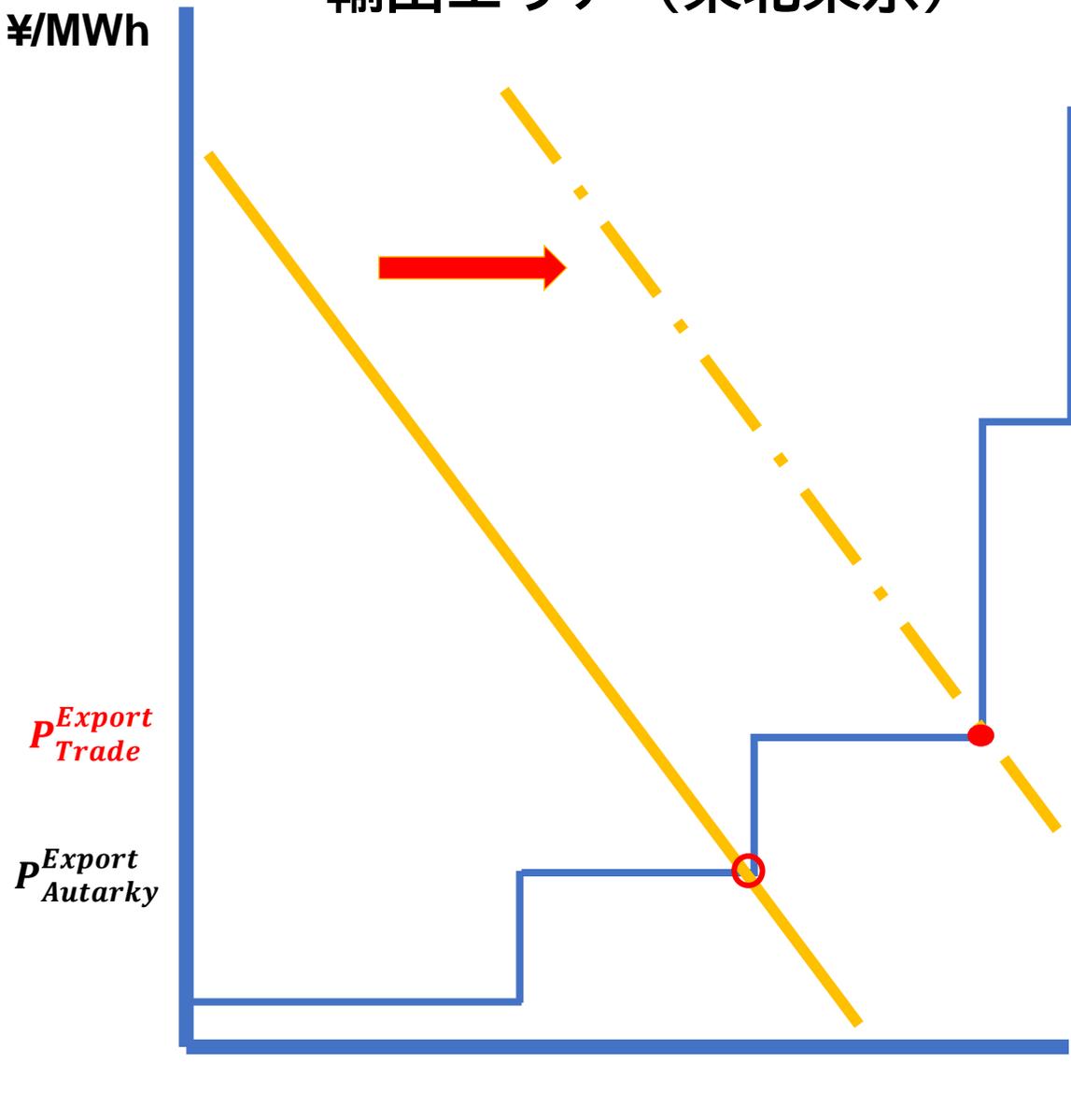
# 貿易効果

- 間接オークションによる、
- 前日市場でのエリアを越えた電気の取引量の増加は、
- 輸入エリアと輸出エリア間の**前日市場の価格の差を減少させる。**
  
- なぜなら、
- 輸出エリアの限界費用の低い発電機が追加的にエネルギーを生産し、連系線を通じて輸入エリアに送電し、
- 輸入エリアの限界費用の高い発電機が、発電電力量を減らすため。

# 貿易効果

輸出エリア (東北東京)

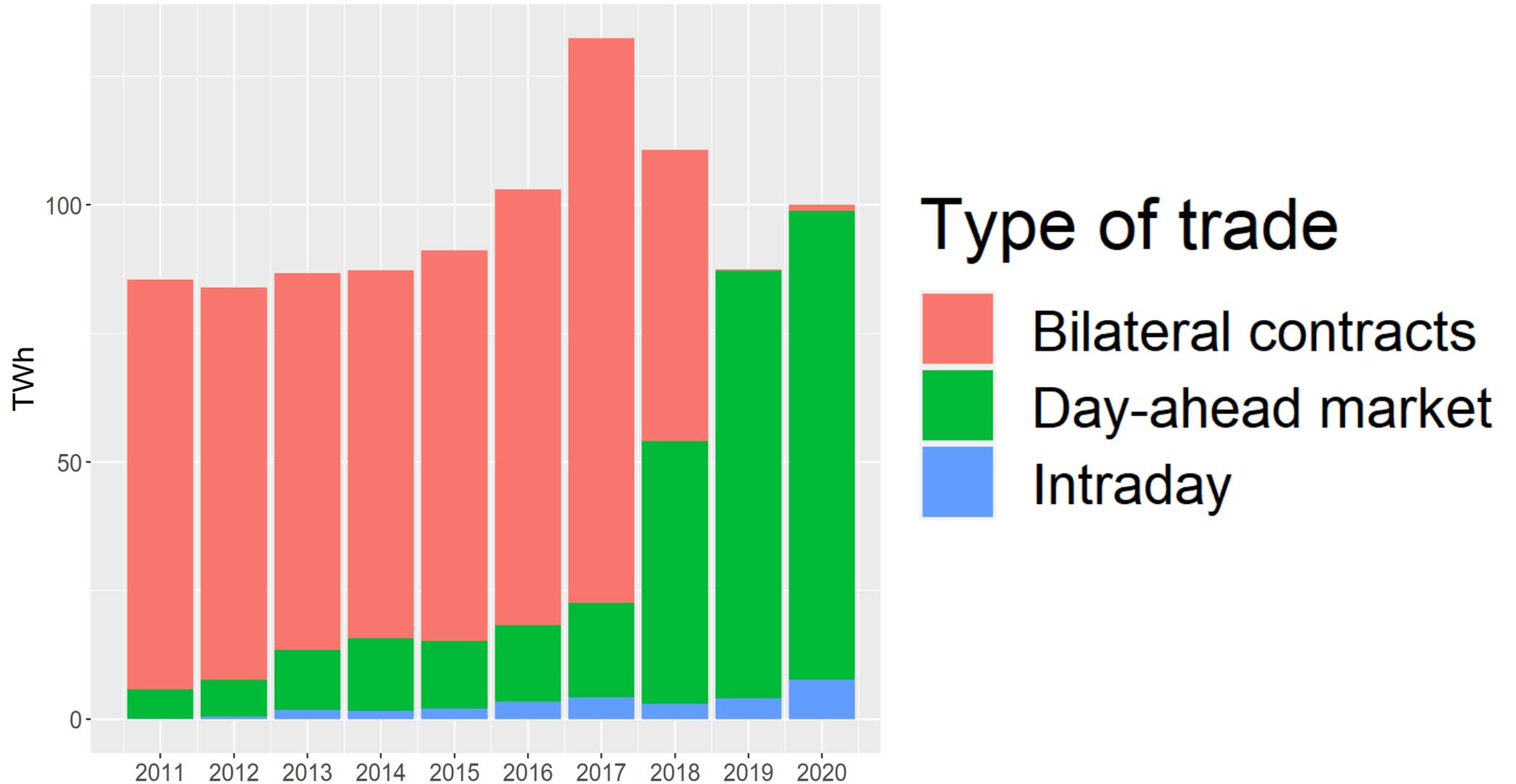
輸入エリア (北海道)



# ボリューム効果

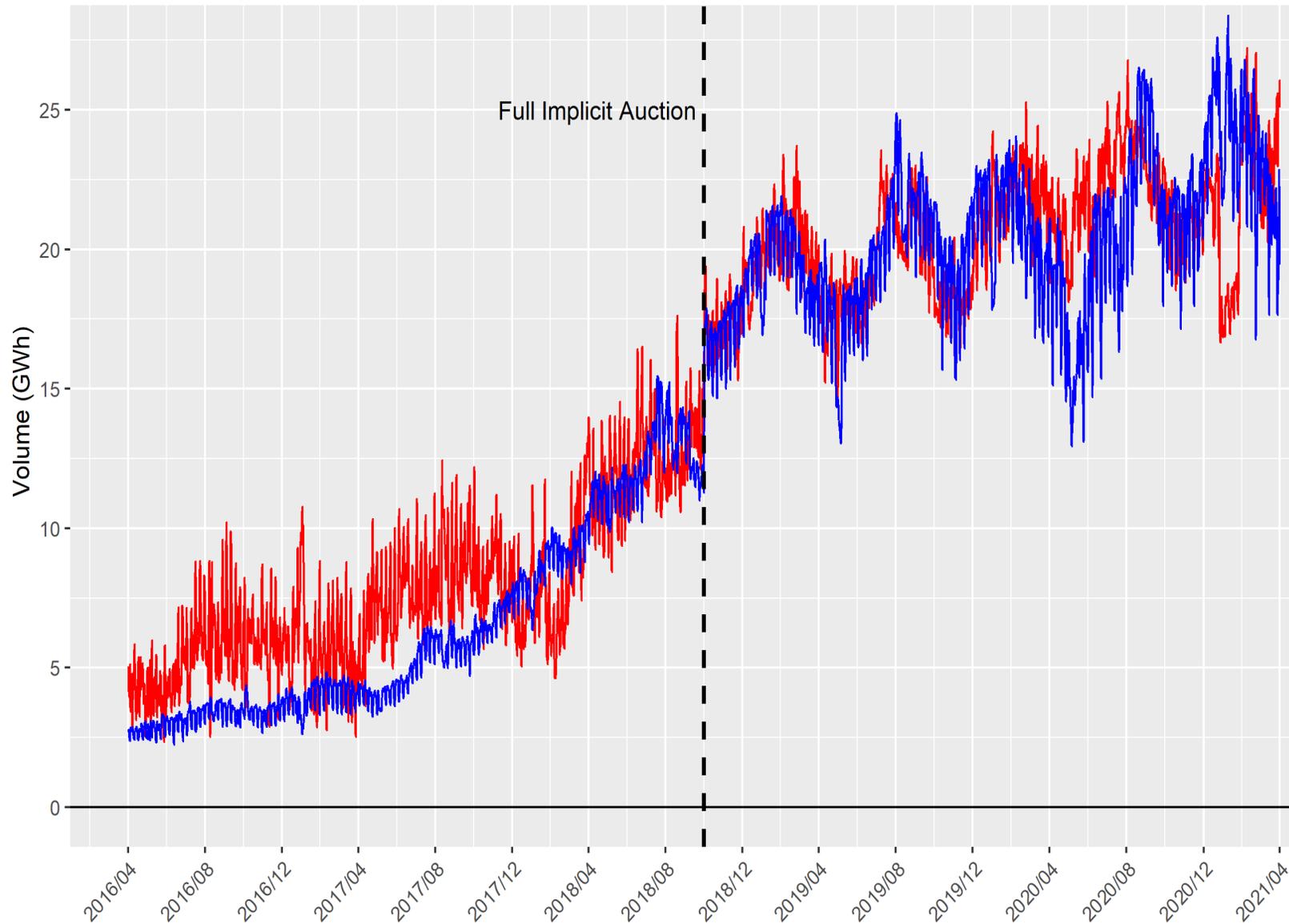
- 間接オークションは、連系線の事前予約を禁じることで、前日市場での入札量を増加させる。
- 結果、輸入エリアと輸出エリア間の前日市場の価格の差を増加させる。

# 連系線を流れる電気の量（取引の種類別）



2017年度までは、年間70～100TWh程度が**相対契約**で連系線をまたいで取引されていた。これは年間電力消費量の7～10%に相当する。

# 前日市場の**売り**・**買い**入札量



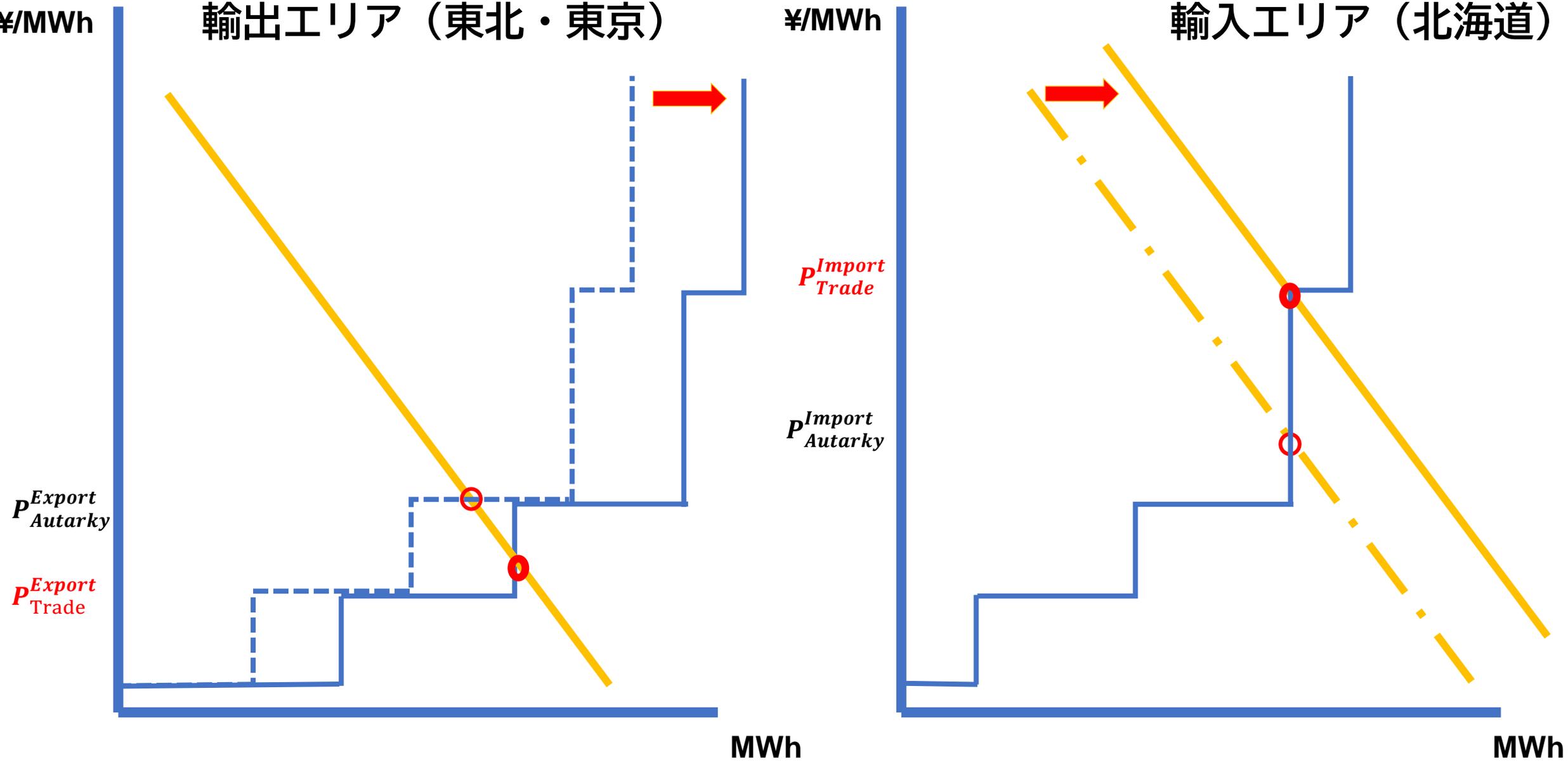
赤線は**売り**入札量、青線は**買い**入札量の日次移動平均値。

# ボリューム効果

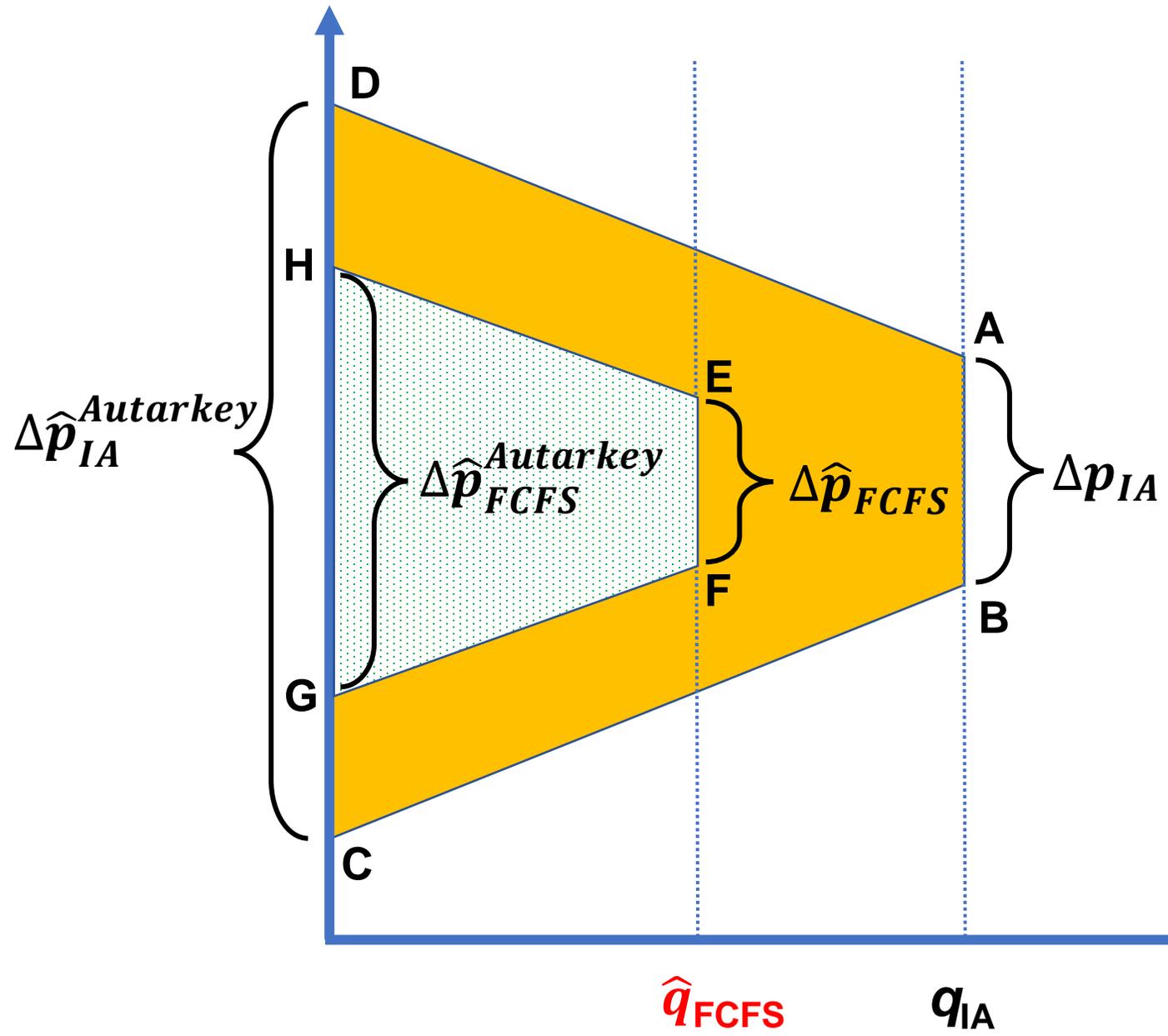
(⇒が北本の予約量)

輸出エリア (東北・東京)

輸入エリア (北海道)



前日市場の価格の差



間接オークションの経済効果

= 台形ABCD - 台形EFGH

$$= \frac{1}{2} (\Delta p_{IA} + \Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}) q_{IA}$$

$$- \frac{1}{2} (\Delta p_{FCFS} + \Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}) \hat{q}_{FCFS}$$

赤字部分は反実仮想予測が必要

ボリューム効果は、

$\Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}$  と  $\Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}$  の差

前日市場での貿易量

# 2018年10月以降の仮想的な貿易量 $\hat{q}_{FCFS}$ を推定

$$\hat{q}_{FCFS} = \text{運用容量} - \text{マージン} - \text{予約量} \text{ if } \Delta\hat{p}_{DAM} \neq 0$$

空き容量



前日市場で”市場分断”が発生するとき ( $\Delta\hat{p}_{DAM} \neq 0$ )、  
連系線の空き容量を全て使って貿易を行う

# 仮想的な連系線の予約量の推定

- ・ 2018年10月以前のデータを、訓練データとテストデータに8:2の比で分割し、
- ・ 訓練データを用いて、2018年10月以前の連系線の予約量を推定:

$$q_{reserve,t}^{pre} = \alpha_0 + \beta_1 GAIC + Time FE_t + e_t$$

GAIC = 運用容量 - マージン

- ・ 推定したモデルに、テストデータを代入して予測誤差 (MSE) を計算

	(1)	(2)	(3)	(4)
Model	OLS	LASSO	RF	DNN
北本	509.80	512.48	450.57	668.65
関門	147977.1	147337.4	130437.5	229355.3

- ・ RFを用いて、2018年10月以降の仮想的な**予約量**を予測

# 仮想的な連系線の予約量

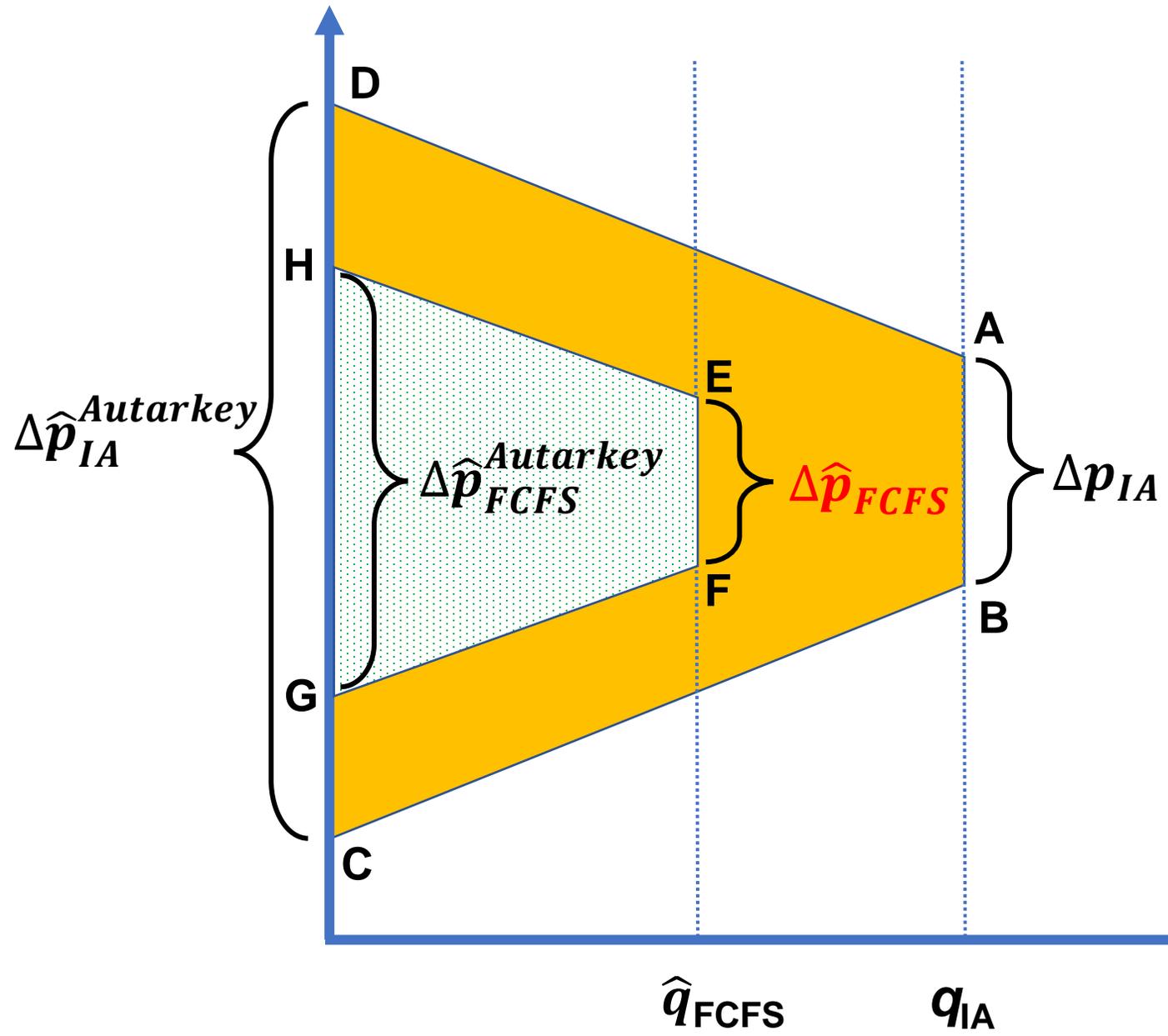
## 北本



## 関門



# 前日市場の価格の差



## 経済効果

= 台形ABCD - 台形EFGH

$$= \frac{1}{2} (\Delta p_{IA} + \Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}) q_{IA}$$

$$- \frac{1}{2} (\Delta p_{FCFS} + \Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}) \hat{q}_{FCFS}$$

赤字部分は反実仮想予測が必要

ボリューム効果は、

$\Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}$  と  $\Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}$  の差

前日市場での貿易量

# 先着優先ルールが継続していた場合の仮想的な値差 $\Delta p_{FCFS}$ を予測

- ・ 訓練データを用いて、2018年10月以前の値差を推定:

$$\Delta p_{DA,t} = \alpha_0 + \beta_1 NAIC_t + \beta_2 Supply_t + \beta_3 Demand_t + FE_t + \varepsilon_t$$

NAICは、連系線の貿易可能空き容量（運用容量－マージン－予約量）

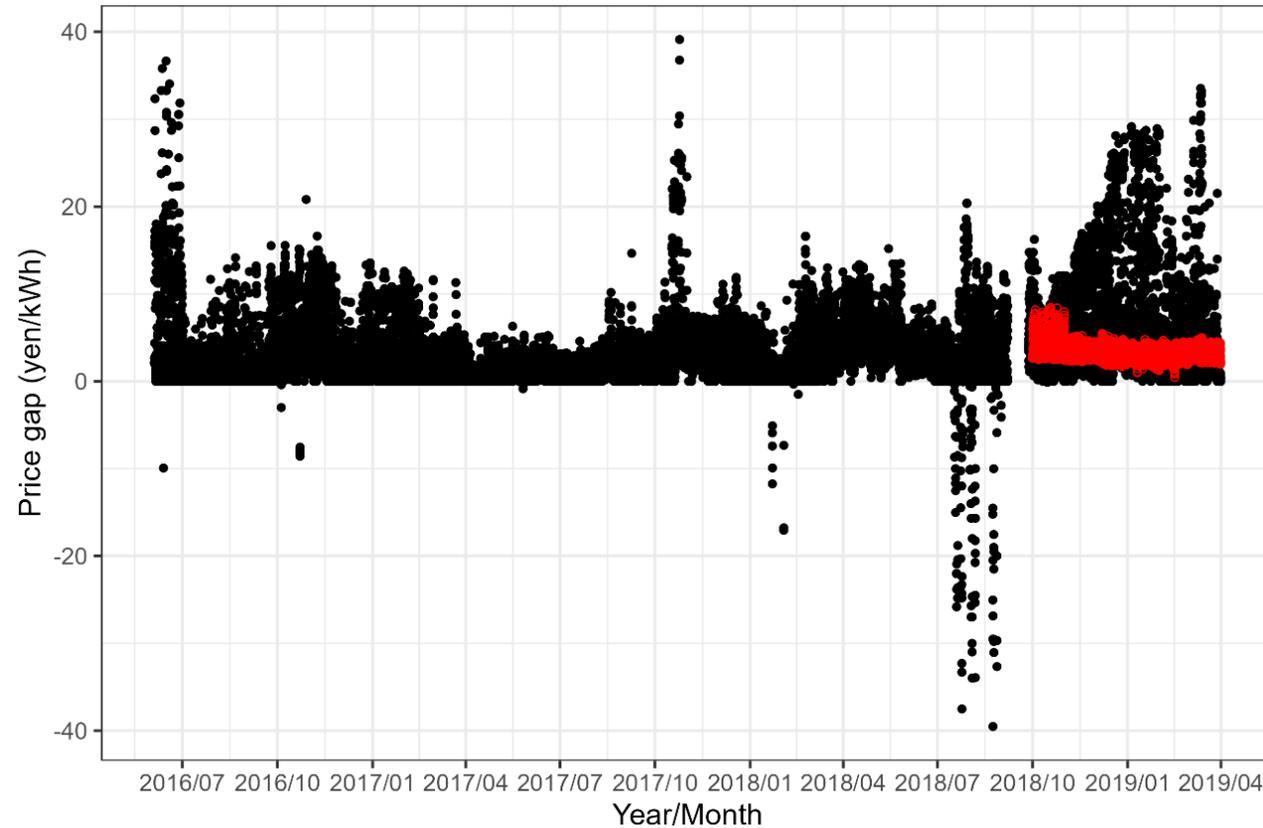
Table X. Test MSE of day-ahead market price gaps

	(1)	(2)	(3)	(4)
Model	OLS	LASSO	RF	DNN
$\Delta p_{DA,t}$ between Hokkaido and East	21.29	21.50	19.55	20.70
$\Delta p_{DA,t}$ between West and Kyusyu	5.28	5.34	5.29	5.41

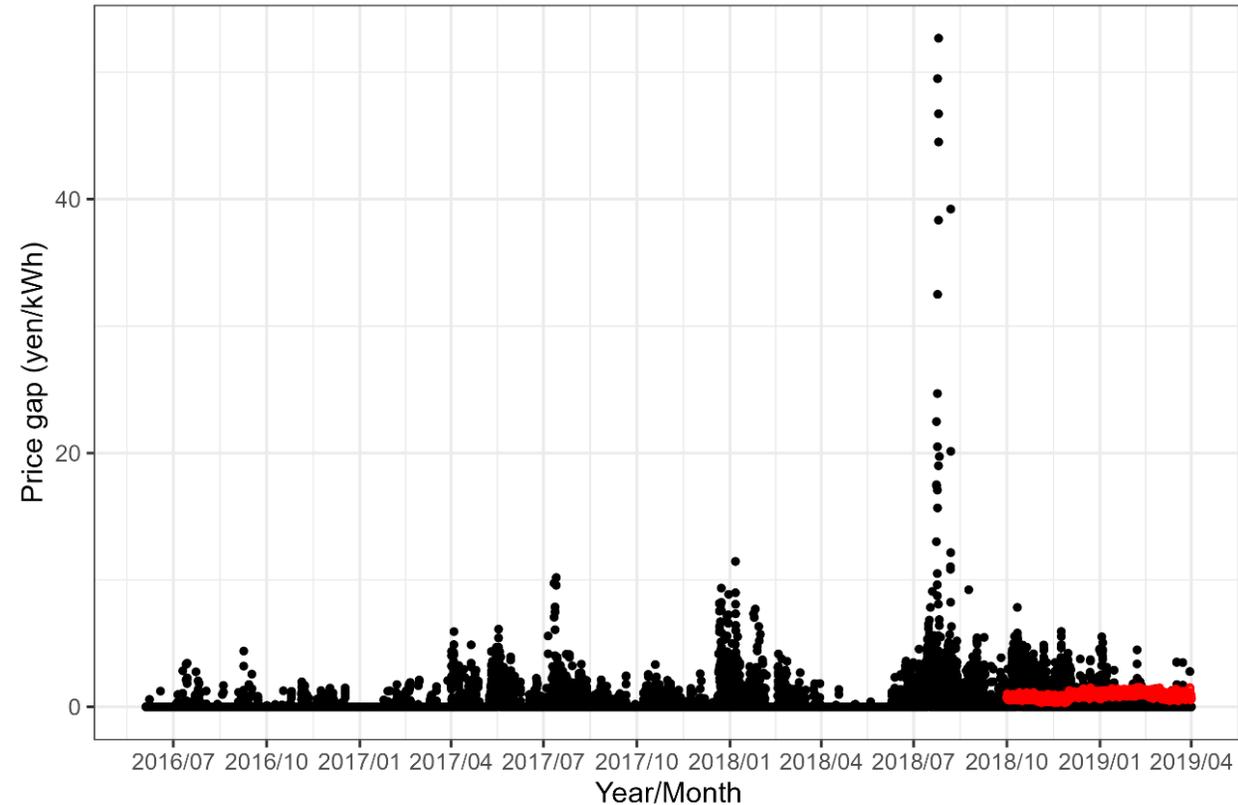
- ・ 北本はRF、関門はOLSを用いて、2018年10月以降の仮想的な値差を予測

# 仮想的な前日市場価格の差

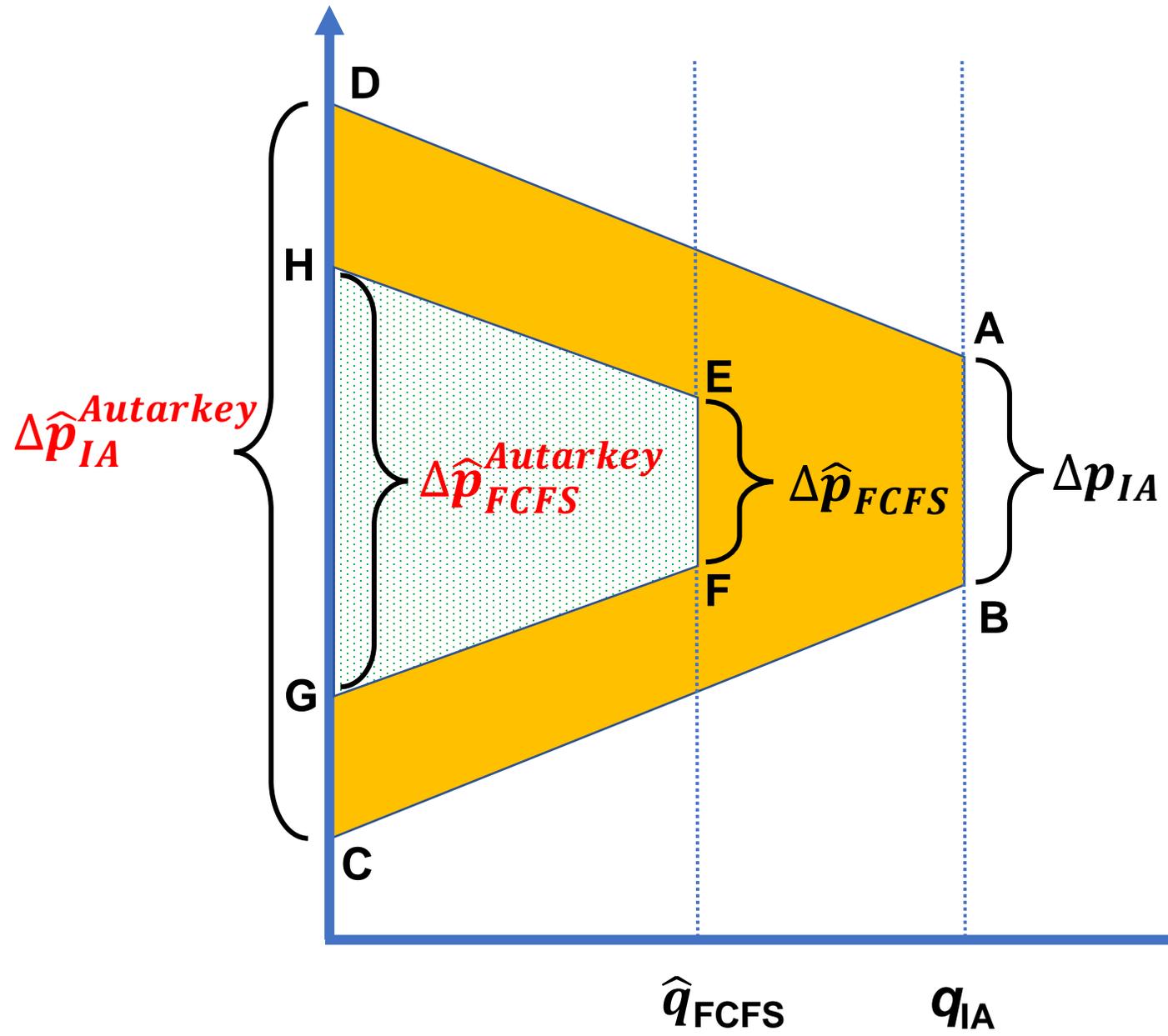
Panel A. Between Hokkaido and East



Panel B. Between West and Kyusyu



# 前日市場の価格の差



## 経済効果

= 台形ABCD - 台形EFGH

$$= \frac{1}{2} (\Delta p_{IA} + \Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}) q_{IA}$$

$$- \frac{1}{2} (\Delta p_{FCFS} + \Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}) \hat{q}_{FCFS}$$

赤字部分は反実仮想予測が必要

ボリューム効果は、

$\Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}$  と  $\Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}$  の差

前日市場での貿易量

# 自給自足の仮想的な市場価格の差

$\Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}$  と  $\Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}$  を求める。

$$\bullet \Delta p_{DA,t}^{autarky} = \begin{cases} \Delta p_{DA,t} - \widehat{\beta}_1 NAIC_t & \text{under 間接オークション} \\ \Delta \hat{p}_{DA,t} - \underbrace{\widehat{\beta}_1 \widehat{NAIC}_t}_{\text{貿易効果の値差低下効果の寄与分}} & \text{under 先着優先ルール} \end{cases}$$

貿易効果の値差低下効果の寄与分

- $\beta_1$  は貿易効果の係数
- NAICは、連系線の貿易可能空き容量  
(運用容量－マージン－予約量)

# 北本の貿易効果の推定

- $\Delta p_{DA,t} = \alpha_0 + \beta_1 NAIC_t + \beta_2 Volume_t + \beta_3 Supply_t + \beta_4 Demand_t + FE_t + \varepsilon_t$
- $\beta_1$ は貿易効果、 $\beta_2$ はボリューム効果を示す。

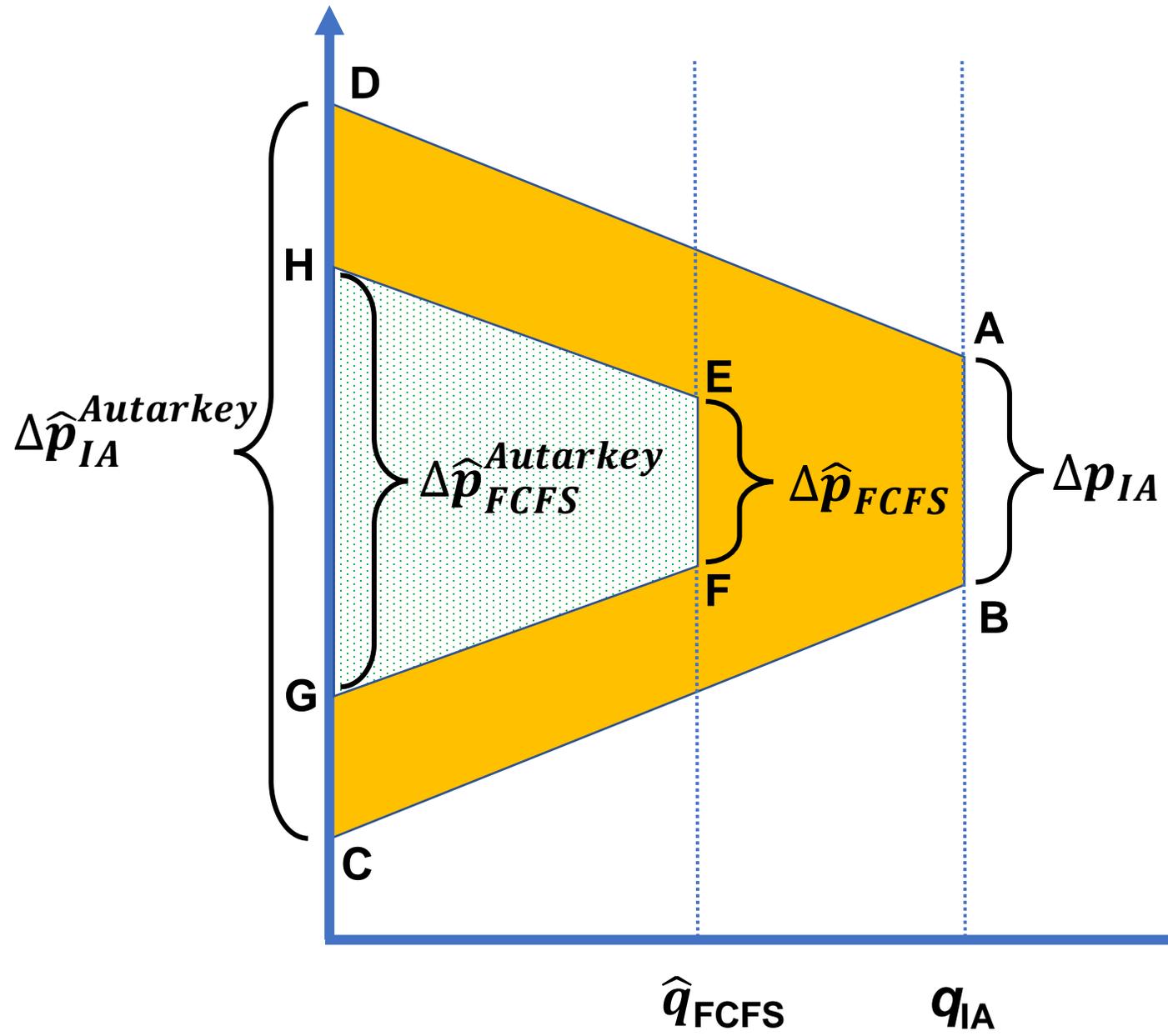
Variable	1	2	3	4
NAIC	-0.014**	-0.024***	-0.015**	-0.026***
	[0.006]	[0.007]	[0.007]	[0.007]
Volume	0.042***	0.080**	0.042***	0.070**
	[0.013]	[0.030]	[0.013]	[0.027]
Control	Yes	Yes	Yes	Yes
Month × Year FE	No	Yes	No	Yes
Hour × Month FE	No	No	Yes	Yes
Adj-R-squared	0.285	0.355	0.312	0.38

# 関門の貿易効果の推定

- $\Delta p_{DA,t} = \alpha_0 + \beta_1 NAIC_t + \beta_2 Volume_t + \beta_3 Supply_t + \beta_4 Demand_t + FE_t + \varepsilon_t$
- $\beta_1$ は貿易効果、 $\beta_2$ はボリューム効果を示す。

Variable	1	2	3	4
NAIC	-0.0004***	-0.0004***	-0.0004***	-0.0004***
	[0.0001]	[0.0001]	[0.0001]	[0.0001]
Volume	0.0006***	-0.0012**	0.0006***	-0.0012**
	[0.0002]	[0.0005]	[0.0002]	[0.0005]
Control	Yes	Yes	Yes	Yes
Month × Year FE	No	Yes	No	Yes
Hour × Month FE	No	No	Yes	Yes
Adj-R-squared	0.1344	0.1636	0.1417	0.1712

# 前日市場の価格の差



## 経済効果

= 台形ABCD - 台形EFGH

$$= \frac{1}{2} (\Delta p_{IA} + \Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}) q_{IA}$$

$$- \frac{1}{2} (\Delta p_{FCFS} + \Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}) \hat{q}_{FCFS}$$

赤字部分は反実仮想予測が必要

ボリューム効果は、

$\Delta \hat{p}_{IA}^{Autarky}$  と  $\Delta \hat{p}_{FCFS}^{Autarky}$  の差

前日市場での貿易量

	北本	関門
<b>前日市場の価格差 (yen/kWh)</b>		
自給自足時(counterfactual)		
<b>先着優先ルール</b>	3.93	0.96
<b>間接オークション</b>	9.52	1.39
<b>先着優先ルール</b>		
<b>Pre 2018/10 (actual)</b>	3.11	0.63
<b>Post 2018/10 (counterfactual)</b>	3.19	0.86
<b>間接オークション</b>		
<b>Post 2018/10 (actual)</b>	6.08	0.43
<b>Difference between implicit auction and FCFS</b>	$\Delta 2.89$	$\Delta -0.43$

<b>前日市場での貿易量(MWh)</b>		
<b>先着優先ルール</b>		
<b>Pre 2018/10 (actual)</b>	38.26	31.00
<b>Post 2018/10 (counterfactual)</b>	23.83	436.51
<b>間接オークション</b>		
<b>Post 2018/10 (actual)</b>	123.55	1967.56
<b>Difference between implicit auction and FCFS</b>	$\Delta 99.72$	$\Delta 1531.05$

<b>経済効果 : Gain from trade (billion yen/ 6 months)</b>		
<b>Difference between implicit auction and FCFS</b>	<b>4.07</b>	<b>6.36</b>

# 結論

- 先着優先ルールは、連系線の空おさえを通じて、市場支配力の行使の手段となっていた可能性がある。
- 間接オークションは、前日市場でのエリア間の貿易量と入札量を増加させ、経済効果は、北本で40 億円、関門で 63 億円。年間換算では約 206 億円。
- 間接オークションの経済効果は高い。

# 注意：対抗仮説の存在

- 既存事業者が前日の10時までに予約をキャンセルしなかったのは、市場支配力の行使ではなく、
- ①輸入エリアでの発電計画または需要計画の不足インバランス発生への備えだったかもしれない。
- 輸入エリアの供給力を低く、または、需要を高く見積もっていた場合、あり得る。
- ②輸出エリアの発電機が実需給直前で計画外停止したのかもしれない。
- 注：計画値同時同量制度は、エリアごと・発電計画ごと・需要計画ごとに達成が必要。
- どの事業者がどれだけの量の物理的送電権を独占していたか、前日市場でのエリアごとの入札データは公開されていない。