

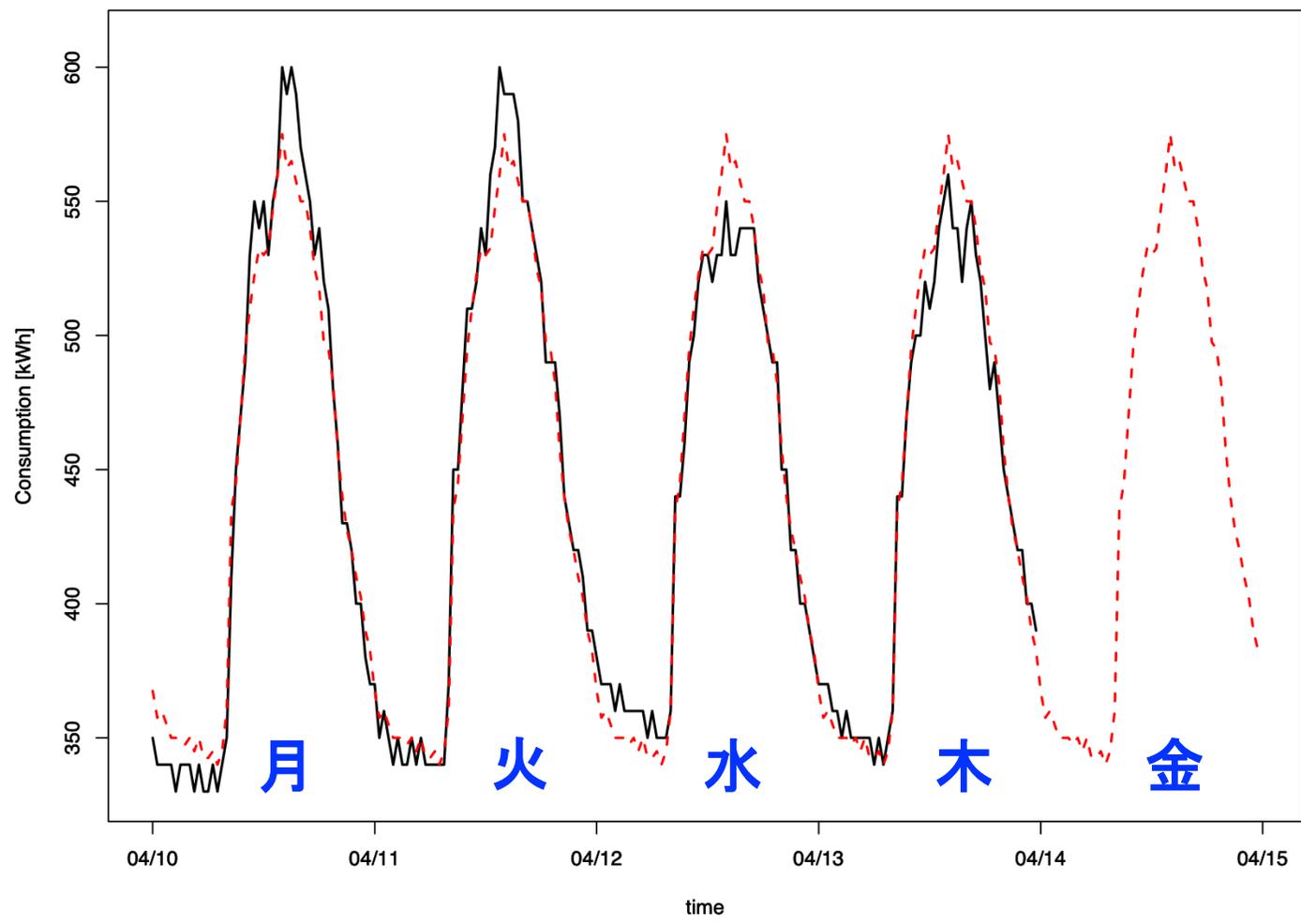
電力需要予測の統計モデル とそのソフトウェア

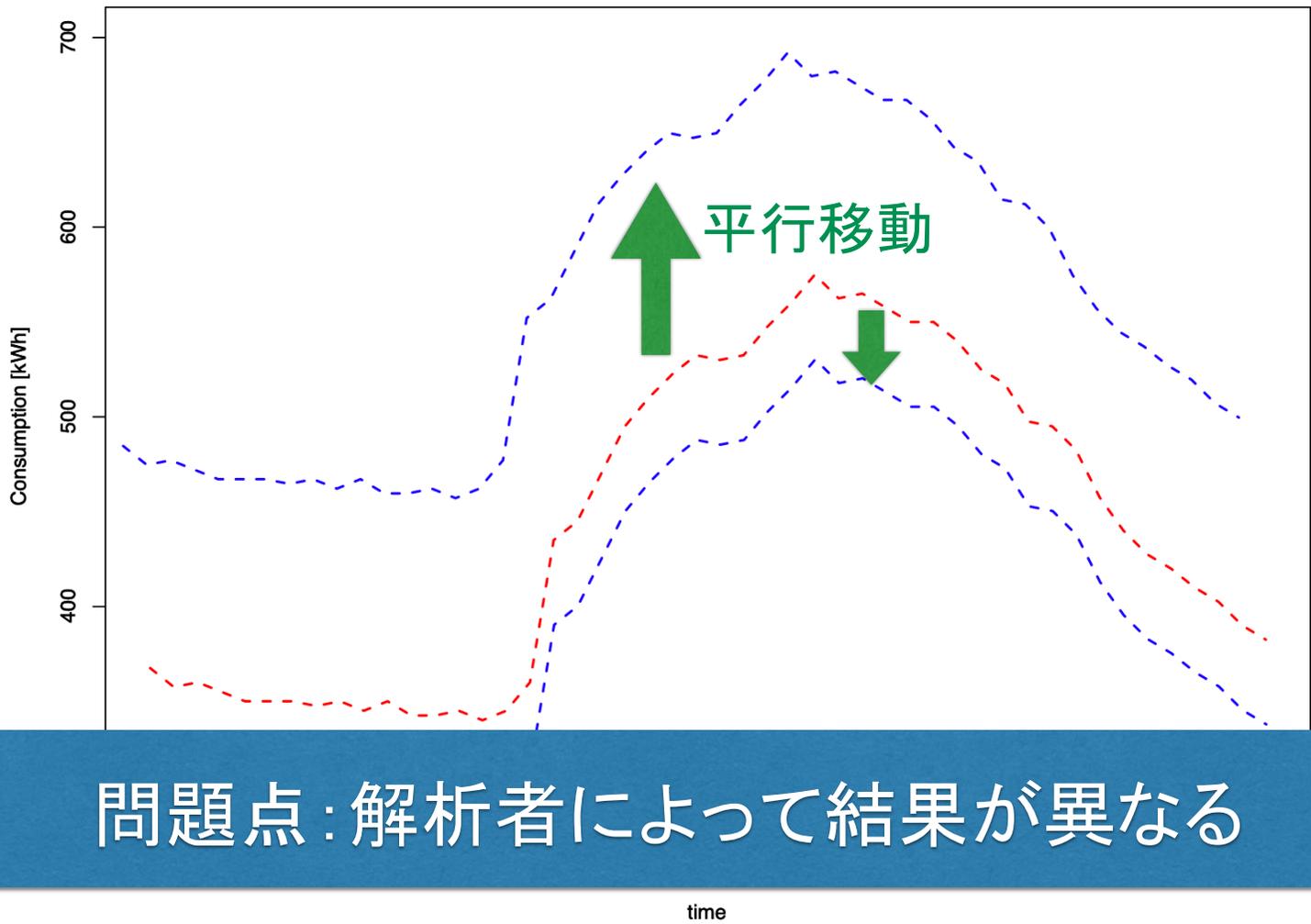
廣瀬慧

マス・フォア・インダストリ研究所

- 設定：過去の電力需要と予測する日の最高(平均)気温を用いて予測.
- どんな予測モデルが現場で求められているか
 - 一日前市場, 一時間前市場両方に使える
 - **予測精度**が(ある程度)高い
 - 計算時間があまりかからない
 - 推定されたモデルを**解釈**できる
 - **予測区間**を構築することができる

- - - - : 各時間帯の電力需要の平均値





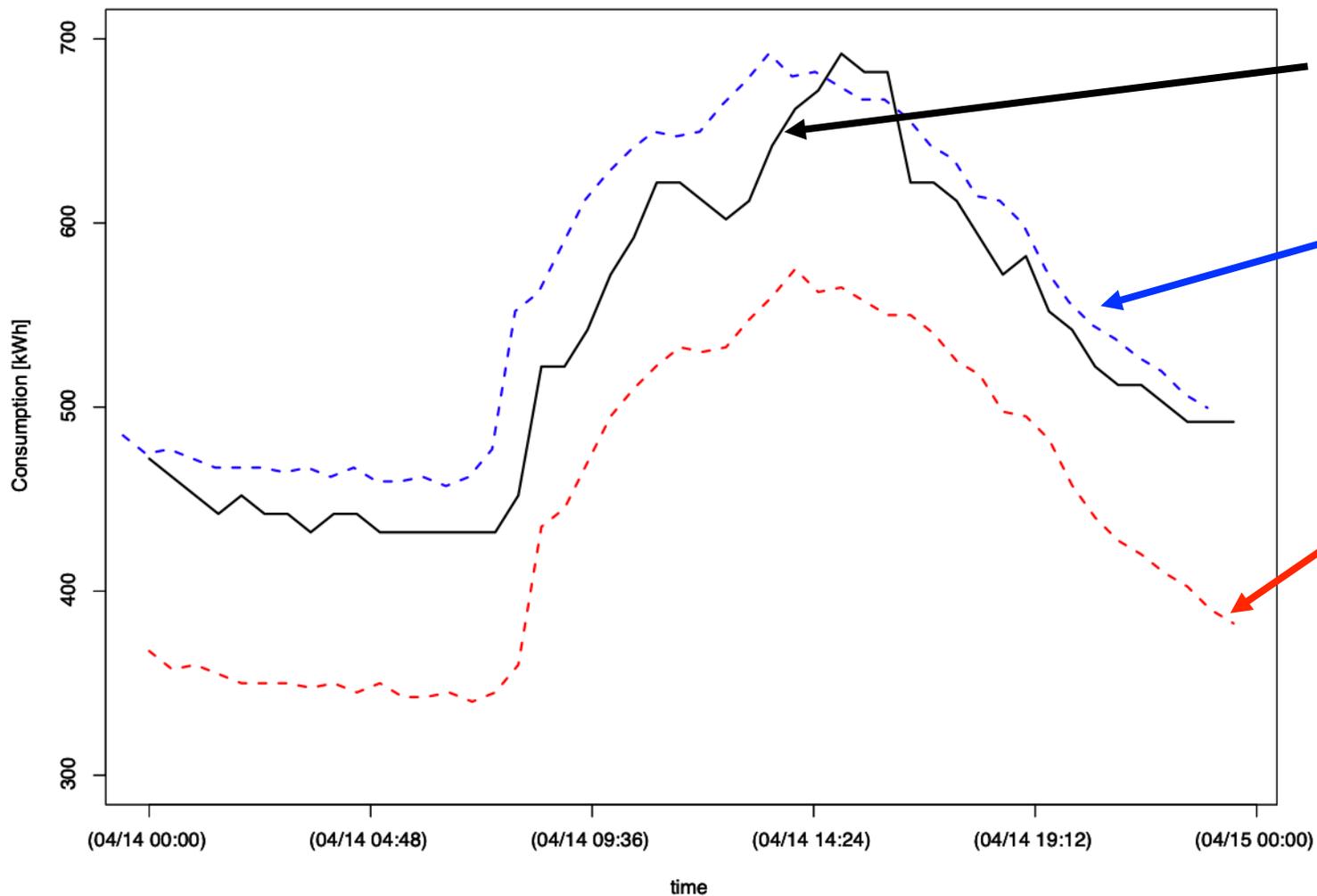
問題点：解析者によって結果が異なる

- i 日目の第 j 時間帯の電力需要 y_{ij} を予測したい.
 - 30分ごとの電力需要量を観測するとすると, j は1から48までとる.
- 下記の統計モデルを提案.

$$y_{ij} = \mu_j + b_i + \varepsilon_{ij}$$

- μ_j は過去の需要から気温の影響を取り除いたもの.
- b_i は気温の影響.
- ε_{ij} は誤差.

$$y_{ij} = \mu_j + b_i + \varepsilon_{ij}$$



y_{ij}

$\mu_j + b_i$

μ_j

- 気温と時間帯に関して非線形化

$$\begin{aligned} \triangleright y_{ij} = & \sum_{t=1}^T \alpha_{jt} y_{(i-t-L)j} - \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q \alpha_{jt} \gamma_{qm} h_q(j) g_m(\mathbf{s}_{(i-t-L)}) \\ & + \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q \gamma_{qm} h_q(j) g_m(\mathbf{s}_i) + \varepsilon_{ij} \end{aligned}$$

- パラメータを**非負値最小二乗法(NNLS)**で推定.

- 気温の影響を**解釈できる**ようになる！

- **予測区間**も構築した.

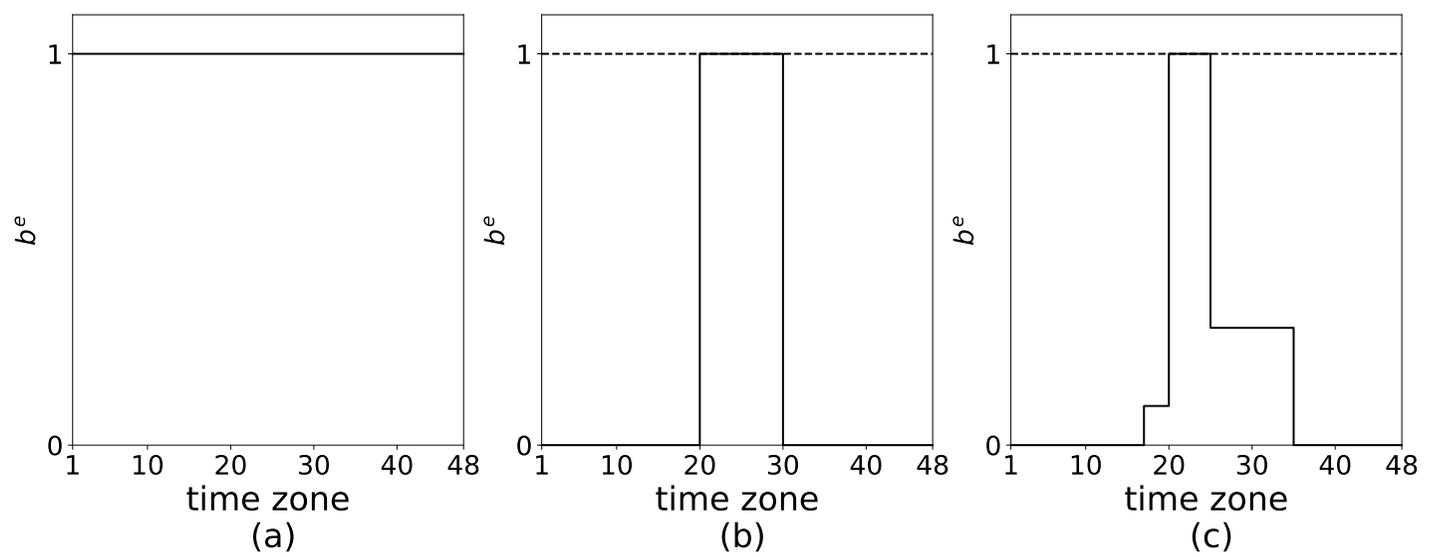
東電のデータ

	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	total
NNLS	4.1	3.7	3.3	3.9	5.7	4.8	3.4	3.3	5.5	7.9	4.6	5.0	4.6
LSE	4.1	3.6	3.3	3.9	5.7	4.9	3.4	3.3	5.5	7.9	4.6	5.0	4.6
SVM	6.1	4.1	3.5	6.1	10.9	8.3	5.5	5.1	7.5	7.5	5.7	6.6	6.4
RF	6.8	4.4	3.4	6.8	8.8	7.1	5.4	4.9	7.8	8.1	5.6	6.3	6.5
Lasso	9.0	6.0	4.4	9.0	12.1	9.7	8.9	5.4	8.1	10.3	6.9	9.2	8.2
LGBM	6.6	5.2	3.9	6.5	8.8	7.7	5.5	4.8	7.7	8.5	5.8	6.5	6.7

GEFCom2014-Eのデータ

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	total
NNLS	3.4	2.9	3.0	2.6	3.0	4.1	4.9	4.0	4.9	2.1	3.8	3.9	3.5
LSE	3.4	2.9	3.0	2.6	3.0	4.1	4.9	4.0	4.9	2.1	3.7	3.9	3.5
SVM	4.5	4.1	4.1	3.6	3.5	4.6	6.4	5.3	5.7	2.6	5.2	5.1	4.6
RF	4.5	4.1	4.2	3.7	3.5	5.0	6.2	5.3	6.3	2.5	4.9	5.0	4.6
Lasso	6.1	4.3	4.7	5.1	4.1	6.4	8.7	6.5	9.0	2.8	5.4	5.9	5.8
LGBM	4.4	4.2	4.3	3.7	3.6	5.0	6.0	5.4	6.0	2.7	5.1	5.0	4.6

- 多くのイベントは突発的である
 - COVID-19, スタジアムの照明, 工場の稼働, 実験...
 - 以下のような「ある時間で変化する」基底が必要となる.



基底を作ることが難しい場合は、 基底そのものを推定！

- Fused lassoで推定.

$$y_{ij} = \mu_{ij} + b_{ij}^w + \underline{b_{ij}^e} + \epsilon_{ij},$$

$$b_{ij}^e = \gamma_j e_i \text{ (時間帯ごとに異なるパラメータを仮定)}$$

最適化問題

$$\min_{\gamma} \|\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}\gamma\|_2^2 + \sqrt{n}\lambda_1 \|\gamma^w\|_2^2 + \sqrt{n}\lambda_2 \left(\sum_{j=2}^J |\gamma_j^e - \gamma_{j-1}^e| + |\gamma_1^e - \gamma_J^e| \right) \text{ subject to } \gamma^w \geq \mathbf{0}.$$

- γ^w と γ^e を交互推定.
- γ^e の最小化では, Generalized lassoのPath algorithm (Tibshirani and Taylor, 2011, AOS)を使う.

- イベント効果を入れた場合

	VCM-S	VCM-FL	Lasso	ARIMA	SVM	RF	XGB	LGBM	Hybrid
MAPE (%)	9.4	7.9	11.0	11.8	9.1	9.4	9.6	9.8	8.2
RMSE (kW)	40.1	36.2	46.5	52.3	42.1	41.3	42.7	41.7	37.1

- イベント効果を入れなかった場合

	VCM	Lasso	ARIMA	SVM	RF	XGB	LGBM
MAPE (%)	8.9	10.7	12.0	9.7	10.2	11.1	10.8
RMSE (kW)	45.5	50.3	54.1	48.8	48.2	52.8	50.4

- 論文:

Hirose, K., Wada, K., Hori, M., & Taniguchi, R. I. (2020). Event Effects Estimation on Electricity Demand Forecasting. *Energies*, 13(21), 5839.



- AWS + RStudio + Shiny
- <https://platform.coi.kyushu-u.ac.jp/elcf/>

電力需要予測ソフト

- 概要：JEPXのスポット市場での電力調達に使える需要予測ソフトです。
- Webアプリ：[こちら](#)からアクセスしてください。
- マニュアル：[こちら](#)からダウンロードしてください。下記のデモンストレーションもご覧ください。



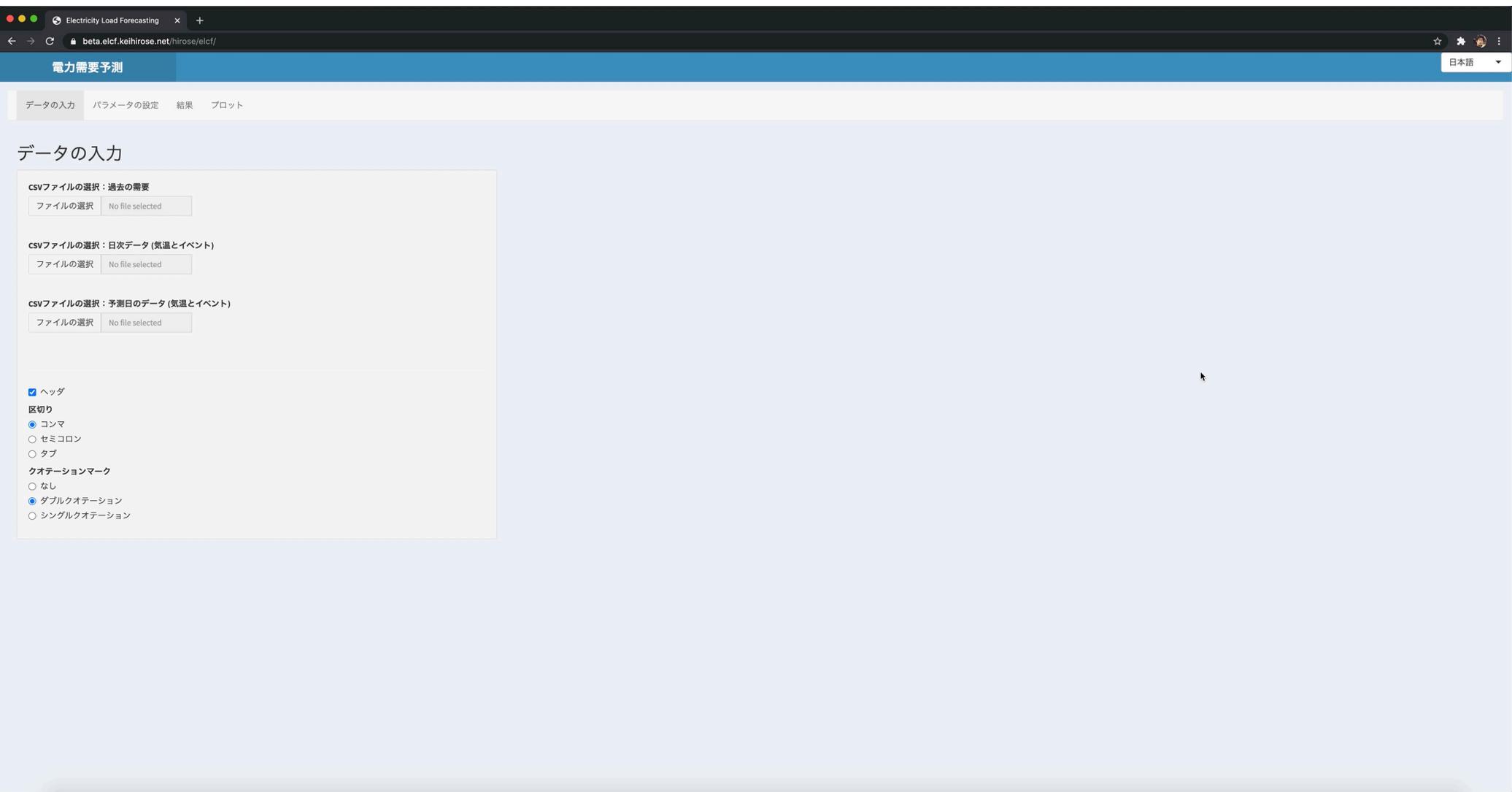
- データ (CSVファイル)
 - [過去の電力需要](#)
 - [日次データ](#)
 - [予測日のデータ](#)

*これらのファイルは、東電および気象庁からダウンロードして加工したものです。

- 関連論文：Hirose, K. Interpretable modeling for short- and medium-term electricity load forecasting. [arXiv:2006.01002](https://arxiv.org/abs/2006.01002).
- ライセンス：試験、研究等の学術目的・非営利目的であれば無償で自由に使用可能です。ただし本ソフトウェアを営利目的で使用の場合は有償とさせていただきます。詳しくは廣瀬までご相談ください。

※特許出願中：特願2019-106397, 特願2020-074743

- 免責事項：九州大学は、本サイトの掲載内容の信頼性やサイトの安全性に対して完全に保証するものではありません。九州大学は、本サイトに含まれる内容および本サイトの利用によって生じるトラブルや、その他いかなる損害についても一切の責任を負いません。



The screenshot shows a web browser window with the URL `beta.elcf.keihirose.net/hirose/elcf/`. The page title is "電力需要予測" (Electricity Load Forecasting). The interface includes a navigation bar with "データの入力" (Data Input), "パラメータの設定" (Parameter Settings), "結果" (Results), and "プロット" (Plot). The "データの入力" section is active and contains three file selection options for CSV files: "過去の需要" (Past Demand), "日次データ (気温とイベント)" (Daily Data (Temperature and Events)), and "予測日のデータ (気温とイベント)" (Forecast Day Data (Temperature and Events)). Each option has a "ファイルの選択" (Select File) button and a "No file selected" status. Below these are settings for "ヘッダ" (Header) and "区切り" (Delimiter), with "コンマ" (Comma) selected for the delimiter. There are also options for "クォテーションマーク" (Quotation Mark) with "ダブルクォテーション" (Double Quotation) selected.