

2022年度 統計データ分析コンペティション  
審査員奨励賞 [大学生・一般の部]

日本の電力需要量の影響調査

北村 宙士、杉澤 直斗  
(名古屋大学大学院創薬科学研究科)

# 日本の電力需要量の影響調査

北村 宙士<sup>\*1</sup>・杉澤 直斗<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>: 名古屋大学 大学院 創薬科学研究科

## 1. 研究のテーマと目的

電力不足問題は日本のみならず世界が抱える重要課題である。実際、電気は人の生活とは切り離せないものになってきており、現在ではエネルギー消費量の内の4分の1以上を占めている[1]。昨今の新型コロナウイルス感染症の流行により、一時的に電力需要量は低下したものの、現在は以前の水準まで戻りつつある(図1)[2]。

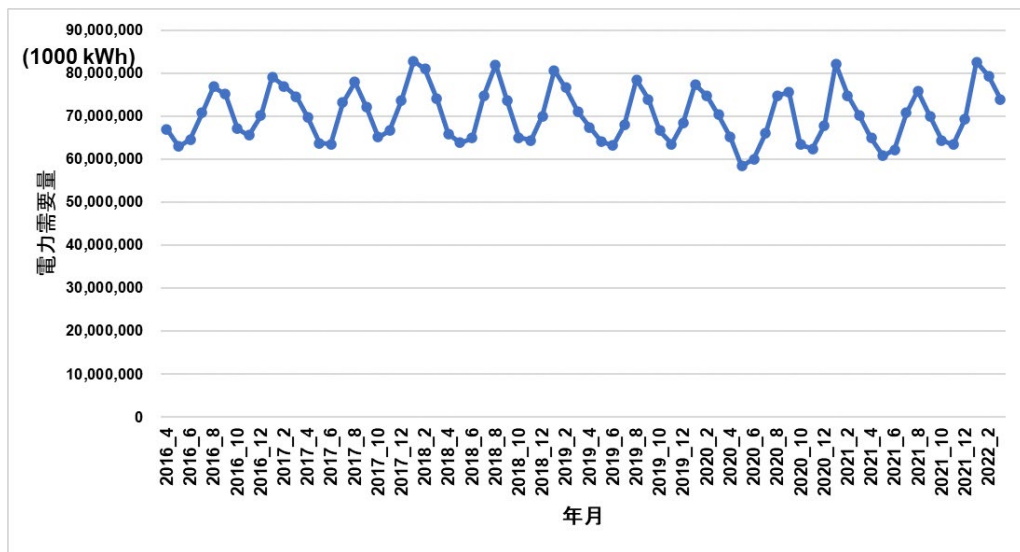


図1. 日本の電力需要量

筆者の身の回りで電力を消費しているものとして挙げられるのはエアコンである。特に夏季は家庭における家電製品の電力消費量の約3分の1を占めることが知られている[3]。さらに今年も、経済産業省から初めて電力逼迫注意報が発令された[4]。気象庁によると、例年よりも早く梅雨が明けたことが明らかになっており[5]、気温が急激に上昇し、エアコン稼働率が上昇したことが原因であると考えられる。この推察に基づくと、より暑いまたは寒い地域ではエアコンを頻繁に使用することで電力消費量が増大すると考えられる(図2)。すなわち、天候、特に各地域の気温が電力需要量に対して影響を及ぼしていると考えられる。また、現在深刻化する電力不足を解決するにあたって、電力を必要としない地域に対して過剰に電力を供給し続けるのは電力の損失となってしまうため、適切に電力を供給することが重要であると考えた。

そこで本論文では、電力不足という問題を解決するにあたり、電気需要量が実際にどんな要素に依存しているのかを統計的に解析することで、電力不足となりうる要素をもつ地域を明らかにすることとした。

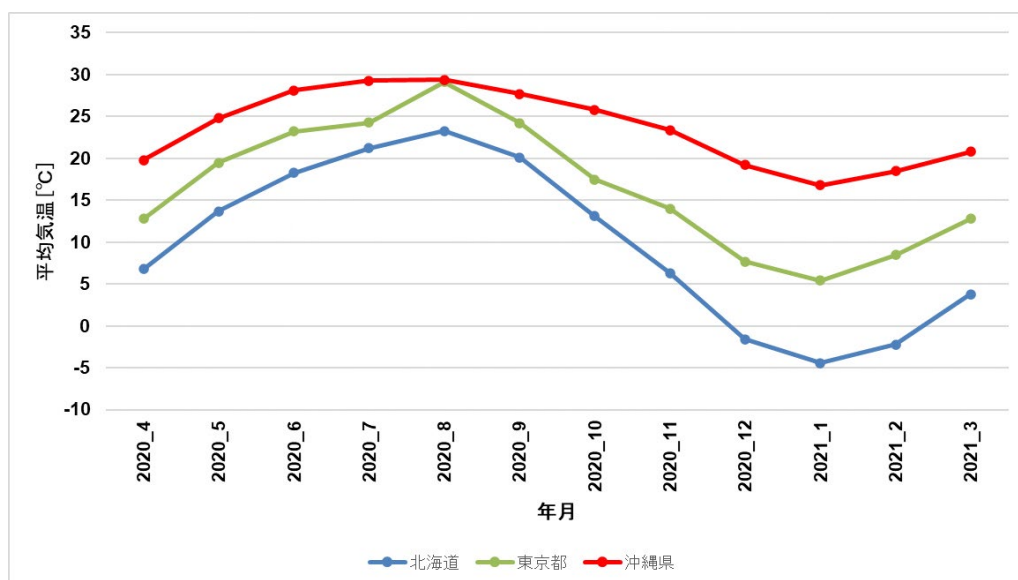


図2. 代表的な都道府県の平均気温の年間推移

## 2. 研究の方法と手順

本研究は、得られた統計モデルにおいて各説明変数がいかに寄与しているかを確認することを目的としているため、比較的単純な線形回帰を用いる。ただし、通常の線形回帰では過学習してしまう可能性があるため、正則化項により過学習を抑制できる LASSO 回帰を用いることとした。

LASSO 回帰の損失関数は以下のようにあらわされる。

$$E = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \sum_{k=1}^K |\beta_k|$$

$y_i$ 、 $\hat{y}_i$ はそれぞれ実測値、予測値、 $N$ はデータ数、 $\lambda$ はハイパーパラメータ、 $\beta_k$ は偏回帰係数、 $K$ は説明変数の数を表わしている。この式における第二項が正則化項であり、LASSO 回帰では偏回帰係数の絶対値の和を取っている。これにより、特定の変数の寄与が大きくなりすぎないように最適化できる。

最適化に際して、データ群を複数に分け、1つをテスト用、それ以外をモデル作成用に用いるクロスバリデーションにより作成したモデルの正確さを評価している。今回は、正則化項の係数であるハイパーパラメータ  $\lambda$  を、クロスバリデーション ( $cv=5$ ) で評価を行いつつ、 $10^{-3}$ ~ $10$  の範囲で最適化した。

また最終的に得られたモデルに関して決定係数を求めた。

## 3. データセットの加工

表1. 使用したデータ (総人口～一般病院数)

| 都道府県 | 総人口     | 年平均気温 | 降水日数 (年間) | 大学数 | 一般病院数 |
|------|---------|-------|-----------|-----|-------|
| 北海道  | 5224614 | 9.8   | 131       | 37  | 484   |
| 青森県  | 1237984 | 11.4  | 140       | 10  | 77    |
| 岩手県  | 1210534 | 11.3  | 107       | 6   | 76    |
| 宮城県  | 2301996 | 13.6  | 97        | 14  | 112   |
| 秋田県  | 959502  | 12.9  | 151       | 7   | 52    |
| 山形県  | 1068027 | 12.8  | 131       | 6   | 54    |

|      |          |      |     |     |     |
|------|----------|------|-----|-----|-----|
| 福島県  | 1833152  | 14.0 | 109 | 8   | 103 |
| 茨城県  | 2867009  | 14.9 | 102 | 10  | 153 |
| 栃木県  | 1933146  | 14.9 | 120 | 9   | 88  |
| 群馬県  | 1939110  | 15.7 | 103 | 14  | 117 |
| 埼玉県  | 7344765  | 16.1 | 98  | 28  | 295 |
| 千葉県  | 6284480  | 16.8 | 117 | 27  | 255 |
| 東京都  | 14047594 | 16.5 | 111 | 140 | 589 |
| 神奈川県 | 9237337  | 16.9 | 111 | 30  | 289 |
| 新潟県  | 2201272  | 14.6 | 153 | 20  | 108 |
| 富山県  | 1034814  | 15.2 | 166 | 5   | 87  |
| 石川県  | 1132526  | 15.8 | 158 | 13  | 81  |
| 福井県  | 766863   | 15.6 | 172 | 6   | 57  |
| 山梨県  | 809974   | 15.9 | 95  | 7   | 52  |
| 長野県  | 2048011  | 12.9 | 111 | 10  | 112 |
| 岐阜県  | 1978742  | 17.0 | 108 | 13  | 86  |
| 静岡県  | 3633202  | 17.8 | 118 | 12  | 144 |
| 愛知県  | 7542415  | 17.0 | 109 | 50  | 286 |
| 三重県  | 1770254  | 16.9 | 109 | 7   | 81  |
| 滋賀県  | 1413610  | 15.8 | 125 | 8   | 50  |
| 京都府  | 2578087  | 16.9 | 111 | 34  | 154 |
| 大阪府  | 8837685  | 17.6 | 92  | 55  | 475 |
| 兵庫県  | 5465002  | 17.7 | 91  | 37  | 316 |
| 奈良県  | 1324473  | 16.3 | 111 | 11  | 75  |
| 和歌山県 | 922584   | 17.4 | 88  | 4   | 75  |
| 鳥取県  | 553407   | 16.0 | 151 | 3   | 39  |
| 島根県  | 671126   | 15.9 | 150 | 2   | 40  |
| 岡山県  | 1888432  | 16.5 | 78  | 17  | 145 |
| 広島県  | 2799702  | 17.2 | 80  | 20  | 207 |
| 山口県  | 1342059  | 16.3 | 100 | 10  | 117 |
| 徳島県  | 719559   | 17.4 | 95  | 4   | 92  |
| 香川県  | 950244   | 17.3 | 92  | 4   | 77  |
| 愛媛県  | 1334841  | 17.4 | 101 | 5   | 122 |
| 高知県  | 691527   | 17.8 | 117 | 4   | 113 |
| 福岡県  | 5135214  | 17.9 | 110 | 34  | 398 |
| 佐賀県  | 811442   | 17.7 | 106 | 2   | 87  |
| 長崎県  | 1312317  | 17.9 | 113 | 8   | 121 |
| 熊本県  | 1738301  | 17.7 | 113 | 9   | 173 |
| 大分県  | 1123852  | 17.4 | 107 | 5   | 130 |
| 宮崎県  | 1069576  | 18.4 | 129 | 7   | 120 |
| 鹿児島県 | 1588256  | 19.4 | 125 | 6   | 204 |
| 沖縄県  | 1467480  | 23.9 | 135 | 8   | 78  |

表2. 使用したデータ（1人1日当たりの排出量～三次産業就業率）

| 都道府県 | 1人1日当たりの排出量 | 消費支出<br>(二人以上の世帯) | 一次産業就業率  | 二次産業就業率  | 三次産業就業率  |
|------|-------------|-------------------|----------|----------|----------|
| 北海道  | 960         | 294682            | 2.99157  | 7.425372 | 33.27683 |
| 青森県  | 1003        | 243609            | 5.412105 | 9.54245  | 32.66932 |
| 岩手県  | 927         | 295396            | 4.785161 | 12.16149 | 32.15895 |
| 宮城県  | 977         | 276204            | 1.913557 | 10.2786  | 33.54532 |
| 秋田県  | 994         | 261579            | 4.181544 | 11.42145 | 31.94793 |
| 山形県  | 922         | 306269            | 4.367586 | 14.23663 | 31.08105 |
| 福島県  | 1035        | 275991            | 2.927471 | 13.68152 | 29.51065 |
| 茨城県  | 985         | 286734            | 2.41649  | 13.25911 | 30.41787 |
| 栃木県  | 917         | 297811            | 2.495673 | 14.58788 | 29.54221 |
| 群馬県  | 989         | 267624            | 2.190902 | 14.84841 | 30.59899 |
| 埼玉県  | 861         | 337281            | 0.68653  | 10.2421  | 33.64396 |
| 千葉県  | 905         | 306737            | 1.105453 | 8.39032  | 34.47703 |
| 東京都  | 871         | 332517            | 0.156582 | 6.216232 | 34.4089  |
| 神奈川県 | 848         | 307594            | 0.345305 | 8.780712 | 34.37682 |
| 新潟県  | 1034        | 294196            | 2.531218 | 13.72784 | 31.99668 |
| 富山県  | 1046        | 307640            | 1.491186 | 16.63062 | 31.85867 |
| 石川県  | 933         | 355065            | 1.308138 | 13.55483 | 33.59411 |
| 福井県  | 964         | 286636            | 1.648274 | 15.95644 | 32.89662 |
| 山梨県  | 986         | 298705            | 3.258376 | 13.54624 | 31.55212 |
| 長野県  | 816         | 315017            | 4.219264 | 14.20017 | 30.9325  |
| 岐阜県  | 894         | 287263            | 1.386992 | 15.67137 | 31.02173 |
| 静岡県  | 885         | 280604            | 1.734943 | 16.07042 | 31.40569 |
| 愛知県  | 915         | 287547            | 0.914853 | 15.05947 | 30.46219 |
| 三重県  | 947         | 311319            | 1.494418 | 14.68518 | 29.93644 |
| 滋賀県  | 837         | 303491            | 1.129802 | 15.02458 | 29.48762 |
| 京都府  | 836         | 257780            | 0.826931 | 9.135107 | 30.67398 |
| 大阪府  | 953         | 270408            | 0.201489 | 8.895644 | 30.3071  |
| 兵庫県  | 926         | 271236            | 0.796615 | 10.49749 | 30.71049 |
| 奈良県  | 905         | 314939            | 1.025993 | 9.264968 | 31.6427  |
| 和歌山県 | 952         | 242191            | 3.769088 | 9.973618 | 31.17169 |
| 鳥取県  | 1031        | 280966            | 3.742815 | 10.25954 | 33.24985 |
| 島根県  | 955         | 276112            | 3.194631 | 11.33811 | 33.69367 |
| 岡山県  | 1003        | 306454            | 1.890404 | 12.02871 | 30.59988 |
| 広島県  | 899         | 308614            | 1.270921 | 11.89927 | 32.48235 |
| 山口県  | 991         | 306301            | 1.882555 | 11.90648 | 31.57656 |
| 徳島県  | 964         | 278855            | 3.397637 | 10.35773 | 30.6157  |
| 香川県  | 868         | 308268            | 2.18807  | 11.36024 | 31.70459 |
| 愛媛県  | 901         | 253697            | 3.061488 | 10.50522 | 30.3341  |

|      |     |        |          |          |          |
|------|-----|--------|----------|----------|----------|
| 高知県  | 971 | 302399 | 4.556872 | 7.346929 | 31.34512 |
| 福岡県  | 945 | 299637 | 1.063033 | 8.491681 | 32.87104 |
| 佐賀県  | 900 | 295205 | 3.649922 | 11.57298 | 32.99768 |
| 長崎県  | 969 | 271229 | 3.109157 | 8.866989 | 33.99003 |
| 熊本県  | 896 | 289882 | 4.128629 | 9.777651 | 32.26432 |
| 大分県  | 962 | 249209 | 2.839965 | 10.47611 | 32.1069  |
| 宮崎県  | 982 | 263264 | 4.597616 | 9.494136 | 31.61963 |
| 鹿児島県 | 920 | 285921 | 3.869905 | 8.738705 | 33.05815 |
| 沖縄県  | 889 | 210593 | 1.585507 | 5.407433 | 30.76199 |

表 3. 各変数の平均値、標準偏差

| 変数名         | 単位       | 平均値        | 標準偏差        |
|-------------|----------|------------|-------------|
| 総人口         | 人        | 2683960    | 2796582     |
| 年平均気温       | ℃        | 16.17234   | 2.313824    |
| 降水日数（年間）    | 日        | 115.8936   | 22.10669    |
| 大学数         | 校        | 16.7234    | 22.28345    |
| 一般病院数       | 施設       | 154.1702   | 125.1912    |
| 1人1日当たりの排出量 | g/人日     | 937.6383   | 56.21559    |
| 消費支出        | 円        | 288524.9   | 26259.78    |
| 一次産業率       | %        | 2.420056   | 1.383309    |
| 二次産業率       | %        | 11.42115   | 2.783154    |
| 三次産業率       | %        | 31.84208   | 1.381676    |
| 電力需要量       | 1000 kWh | 17,788,000 | 15718927.86 |

目的変数として、電力需要量を用い、説明変数として、各都道府県の「総人口、年平均気温、降水日数（年間）、大学数、一般病院数、一人一日あたりの排出量、消費支出、第一次産業就業率、第二次産業就業率、第三次産業就業率」を用いることとした（表 1、2）。各種産業の就業率は、SSDSE データセットの SSDSE-A-2022 から取得し、各都道府県を単位として算出した。その他のデータに関しては SSDSE-B-2022 より取得した。各データに関しては、標準化を行い用いた。また、標準化に際して、標準偏差が 0 に近接することで変数がオーバーフローしてしまう事態は見られなかった。電力需要量のデータは経済産業省資源エネルギー庁のデータベースから取得して用いた[3]。こちらに関しても標準化を行った。各データの平均値、標準偏差は表 3 に示した。

#### 4. データ分析の結果

統計解析の結果を以下に示した。図 3 の縦軸は予測された値であり、横軸は実際の値である。また表 4 に各変数の係数、予測値の誤差が特に大きかった都道府県を表 5 に示した。

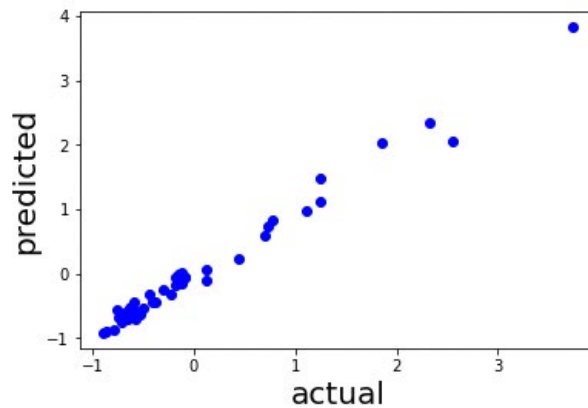


図 3. 線形回帰モデルによる解析結果

表 4. 各変数の回帰係数

| 変数名         | 回帰係数        |
|-------------|-------------|
| 総人口         | 0.95997411  |
| 年平均気温       | 0.02936589  |
| 降水日数 (年間)   | -0.0040326  |
| 大学数         | 0.02181548  |
| 一般病院数       | 0.08353328  |
| 1人1日当たりの排出量 | 0.02854899  |
| 消費支出        | -0.02018849 |
| 一次産業就業率     | 0           |
| 二次産業就業率     | 0.15711092  |
| 三次産業就業率     | -0.07143044 |

表 5. 誤差の大きい都道府県

| 都道府県 | 予測値         | 実測値        | 誤差         |
|------|-------------|------------|------------|
| 愛知県  | 50,614,849  | 58,425,030 | -7,810,181 |
| 埼玉県  | 41,162,703  | 37,501,427 | 3,661,276  |
| 三重県  | 16334349.63 | 19,804,489 | -3,470,139 |
| 茨城県  | 21675551.21 | 24,818,069 | -3,142,518 |

※単位は[kWh]

## 5. 結果の解釈

### ・モデルの解釈

解析モデルの決定係数( $r^2$ )は 0.985 であった。また、ハイパーパラメータ  $\lambda$  は 0.005 であった。このことから、モデルにはある程度の妥当性があると考えられる。

### ・説明変数の解釈

#### □「総人口」

各変数の係数を確認すると、「総人口」が明らかに正に大きい。これは電力需要量が総人口によく比例するという明確なデータである。例えば、図3の右上の点は東京都にあたる。電力需要量が圧倒的に多く、また総人口の同様に多い。続いて、愛知県、大阪府、神奈川県・・・と人口の多い府県が図左下へと連なっていることから、電力需要量と総人口には大きな相関があるといえる。

#### □「産業就業率」

続いて寄与の大きい変数は「第二次産業就業率」である。第二次産業は主に工業で構成されており、電力消費の激しい産業であるから、正の係数をもつことは疑う余地がない。その一方で、「第一次産業就業率、第三次産業就業率」は負またはゼロの係数をもっている。これらの産業も電力消費があると考えられるものの、今回選択した変数の性質上、人口当たりの産業就業率として算出しているため、「第二次産業就業率」ではない数値、すなわち『「総人口」—「二次産業就業率」』という変数としての影響が見られたのではないかと考察している。

#### □「天気（気温、降水日数）」

冒頭でも言及した天候の影響に関しては、あまり大きくないと示唆された。特に年平均気温については、ほとんど電力需要量に影響を及ぼしていないと読み取ることができる。このことから、電力需要量は地域の気候よりもむしろ人口に依存している、すなわち人ひとりあたりの電力使用量は地域に寄らない可能性があることが示唆された。一方で、これは仮説にすぎないが、年単位での平均気温を用いたことで、本来特徴的な値を示すはずであった変数が平均化されてしまったことも考えられる。この検証に関しては月次データを用いることで達成できると考えられるが、データの増大による計算時間の増加が懸念される。

#### □その他の変数

その他変数として比較的大きいのは「一般病院数」である。これは、「総人口」と相関がある変数であるため、その影響が見られていると考えられる。

以上に挙げられていない変数に関しては、ほとんど電力需要量に影響を及ぼしていないものと考察した。

### ・予測値の解釈

続いて表5の予測値、実測値、誤差に着目すると、愛知県、三重県、茨城県において負の方向への非常に大きな誤差が見られた。愛知県では予測値に対して実測値が大きく下回っており、予測よりも多くの電力を必要としていると考えられる。割合にして約10%の誤差になっている。日本において愛知県が突出しているものとして、自動車産業を挙げることができる。三重県では四日市市、茨城県では鹿嶋市において工業が盛んである。しかし、工業に関する変数は「第二次産業就業率」によりモデルに組み込まれているはずである。現状、それ以外の電力需要量に影響を与えうる変数の特定には至っていないため、今後の課題として、上記の3県に突出する変数の特定が求められている。

一方で、埼玉県では正の方向への誤差が見られた。これは、予測よりも電力を必要としていないことを示している。埼玉県の隣には日本一の電力需要量を誇る東京都があるため、埼玉県で発電された電力が東京都への送られることで、実際の電力量需要量が予測の電力需要量よりも小さくなったものと考察した。その他の大都市周辺の都道府県を見ても、神奈川県（東京都）や岐阜県（愛知県）、滋賀県（大阪府、京都府）において同様の傾向が見られる。そのため、今回作成したモデルを改善する手段として、都道府県間の電力移動量のデータを変数に加えることが挙げられる。

## 6. まとめ

当初の想定では、天候による電力需要量への影響が大きいと考えていたが、今回の解析の結果、総人口の方が影響が大きいということが示唆された。これは、気候の違う地域であっても、人ひとりあたりの電力需要量はあまり変化がないことを示唆している。すなわち、電力不足となりうる地域は人口の多い地域であるということが示唆された。

ほとんどのデータに関して予測値と実測値の整合性が見られたが、特定の都道府県に関しては、誤差が目立った。今後の課題としてモデルの予測精度を向上させる変数の探索が求められている。



## 参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/results.html](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html)
- [2] 経済産業省資源エネルギー庁「電力調査統計（年次データ）」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric\\_power/ep002/](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/)
- [3] 経済産業省資源エネルギー庁「省エネルギー政策について」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/)
- [4] 経済産業省「電力逼迫注意報」<https://www.meti.go.jp/press/2022/06/20220630010/20220630010.html>
- [5] 国土交通省気象庁「梅雨入りと梅雨明け」[https://www.data.jma.go.jp/cpd/baiu/sokuhou\\_baiu.html](https://www.data.jma.go.jp/cpd/baiu/sokuhou_baiu.html)