

FROI12

ニューラルネットワークを用いた J-PARC 使用電力量に気象が与える影響の調査

○ 野村 昌弘, 田村 文彦, 島田 太平, 山本 昌亘
(日本原子力研究開発機構)

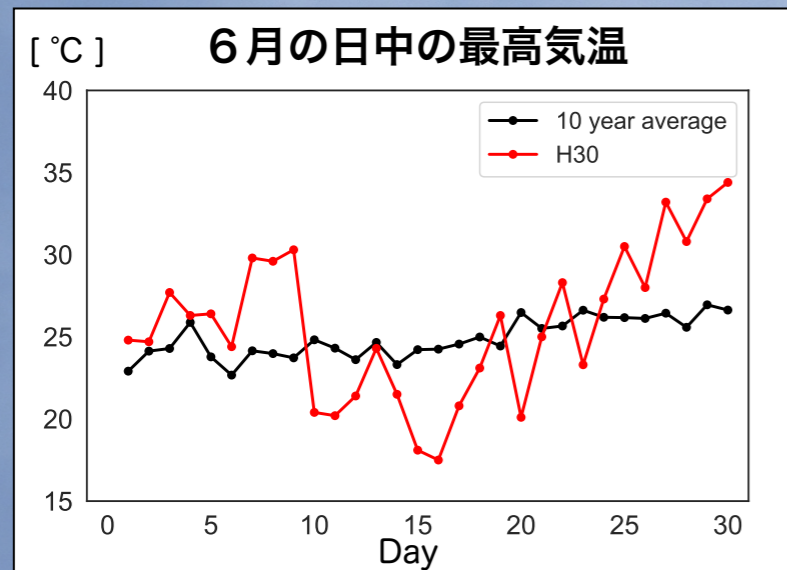
古澤 将司, 杉山 泰之, 原 圭吾, 長谷川 豪志, 大森 千広, 吉井 正人
(高エネルギー加速器研究機構)

第16回日本加速器学会年会

動機と発表内容

Neural Networkを試してみたかった

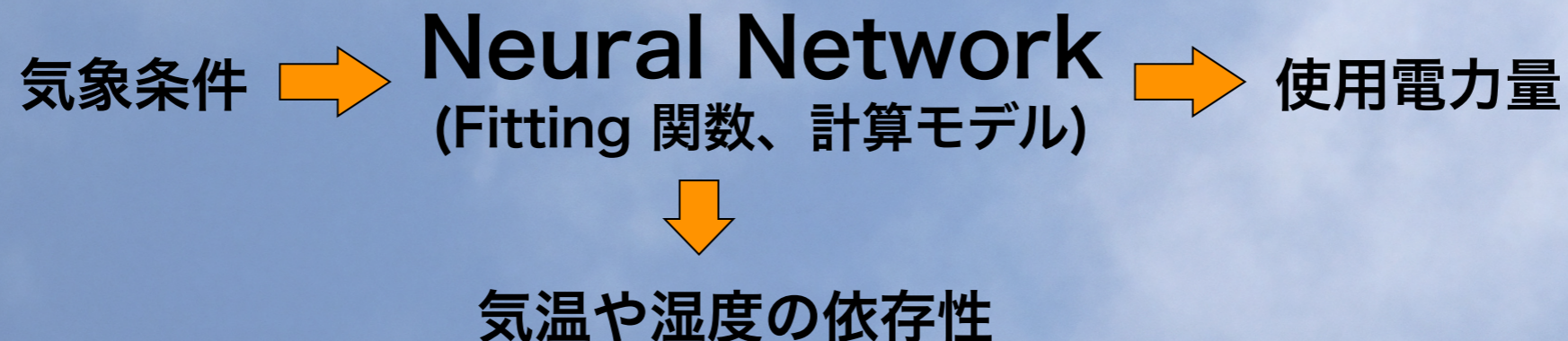
昨年度の気温上昇に伴う使用電力増



契約電力の観点から節電要請。

気象情報から使用電力量の増加を予測したい。

できれば、気温や湿度の依存性も知りたい。



入力データと教師データ

入力データ

- 水戸の気温と相対湿度

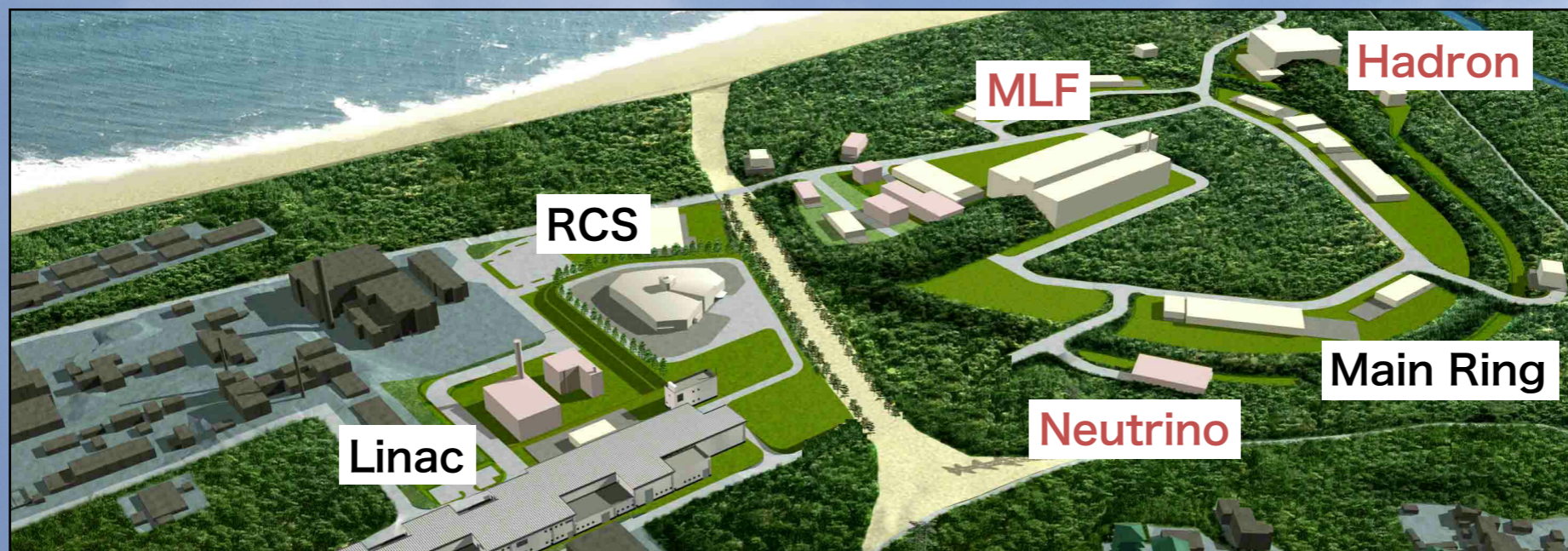
節電対策上簡単に知ることのできる気象情報から、使用電力量を予測し周知することが重要。但し、東海村の気象との違いはある種の誤差として存在。

- MLFへのBeam Power

使用電力量の大部分を決定する加速器の運転状況。

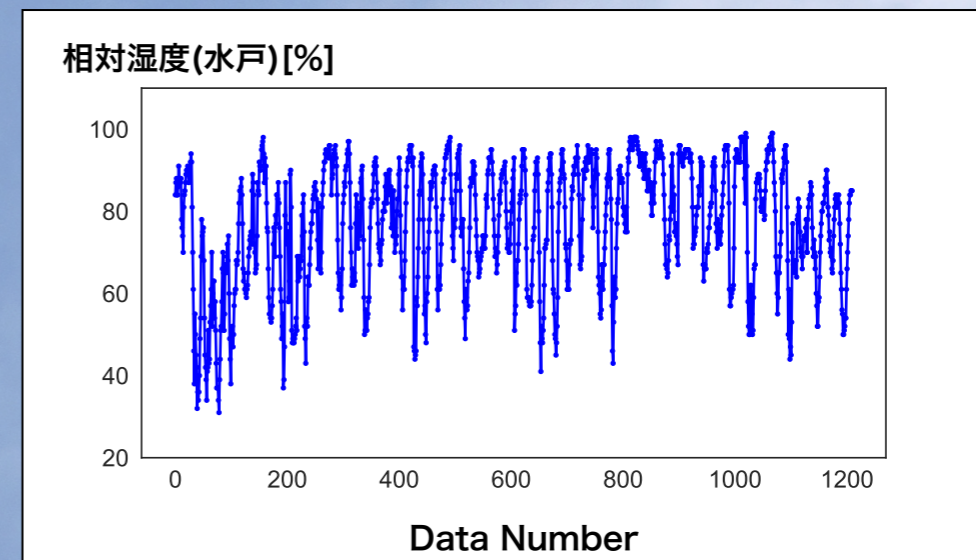
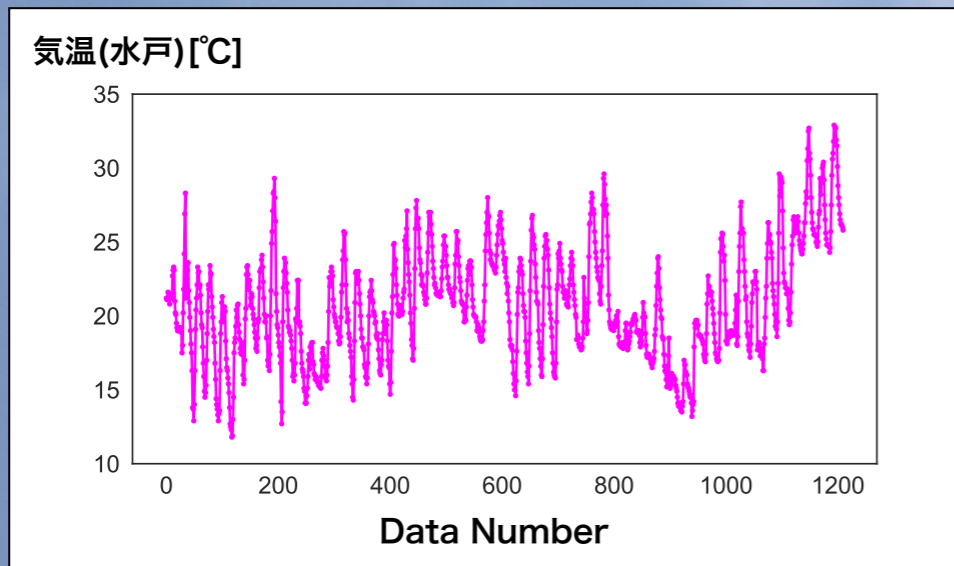
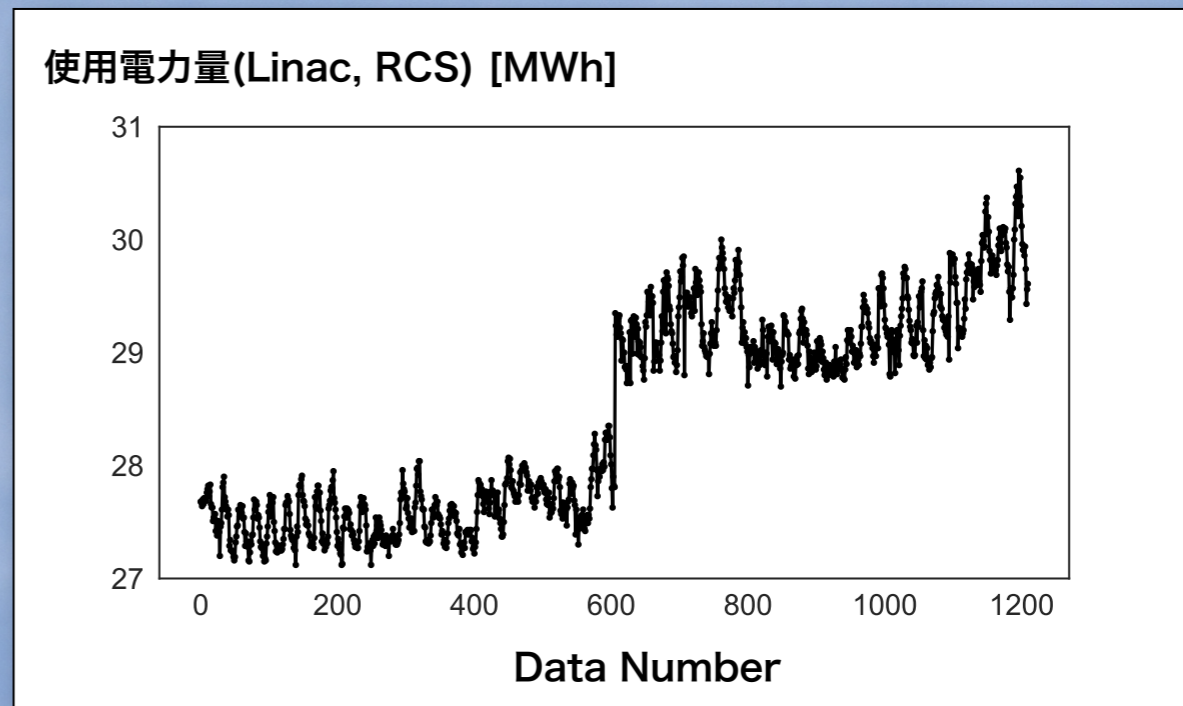
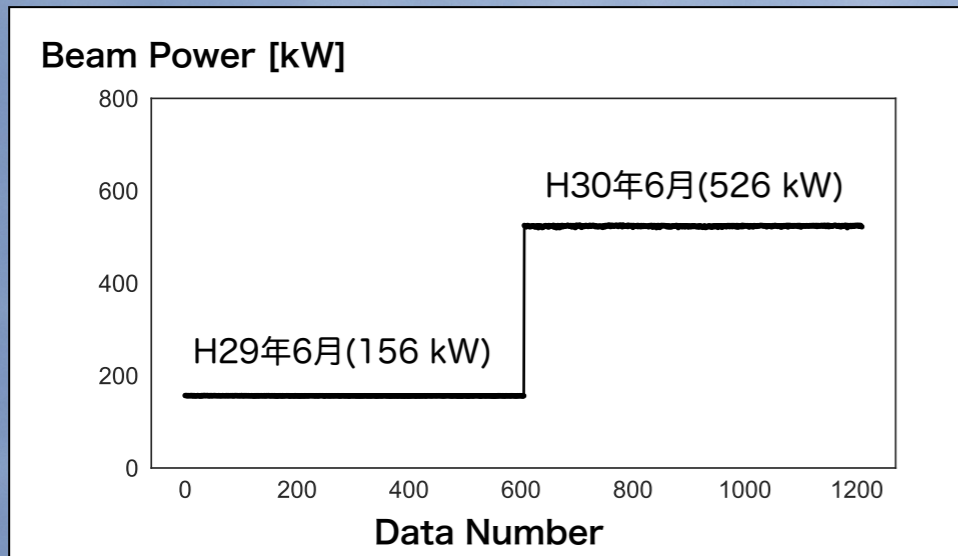
教師データ

- Linac + RCSの使用電力量

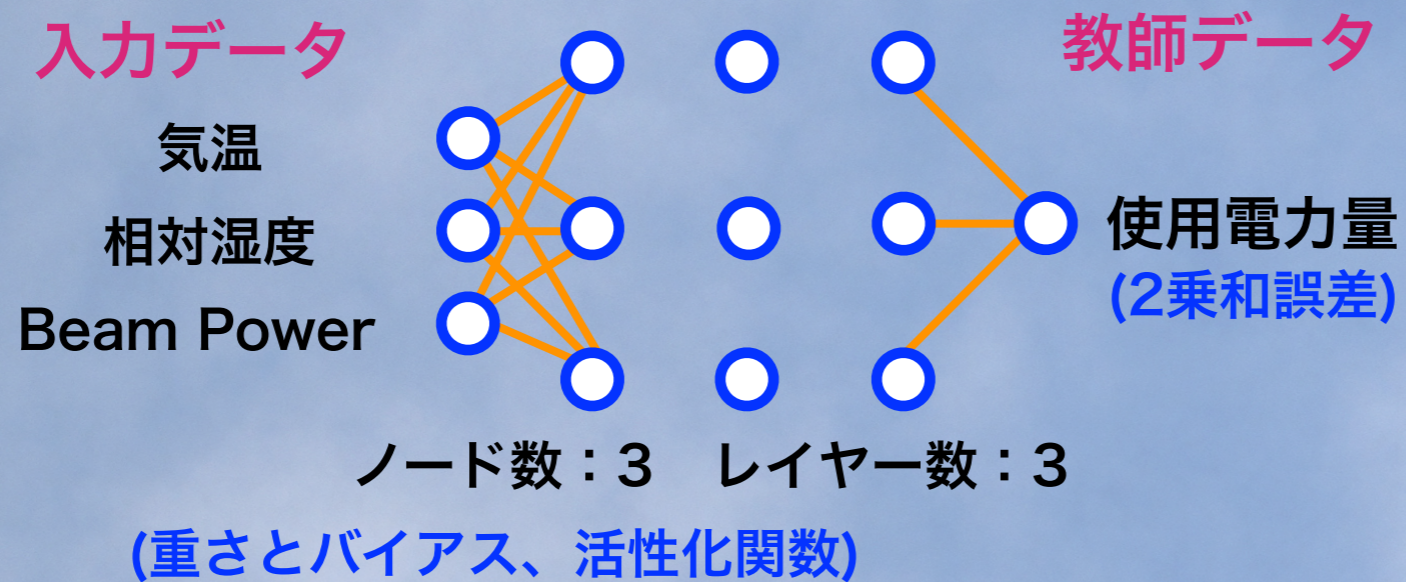


実際に用いたデータ： H29年とH30年の6月の1時間毎のデータ

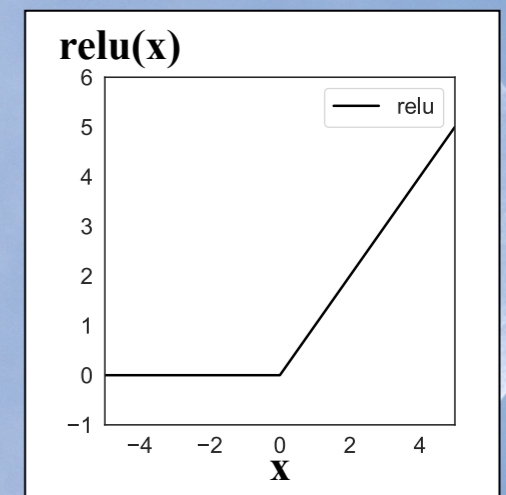
MLFへの共用運転時のビームパワー
(maintenance, machine study等は除く)



Neural Network



Rectified Linear Unit (relu)



訓練データ：80% (パラメータの最適化に使用するデータ)

テストデータ：20% (検証用データ)

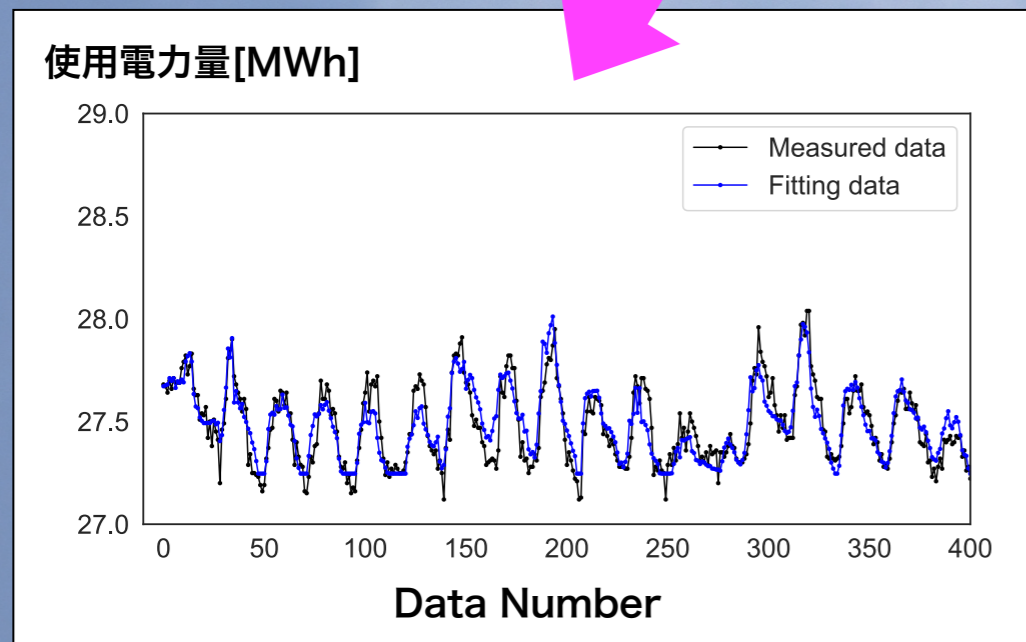
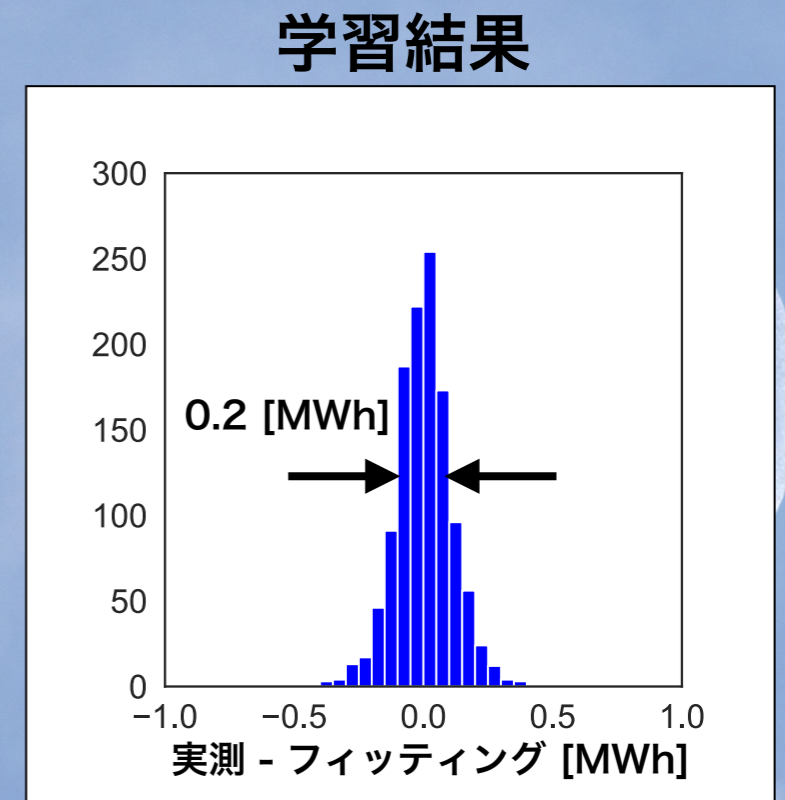
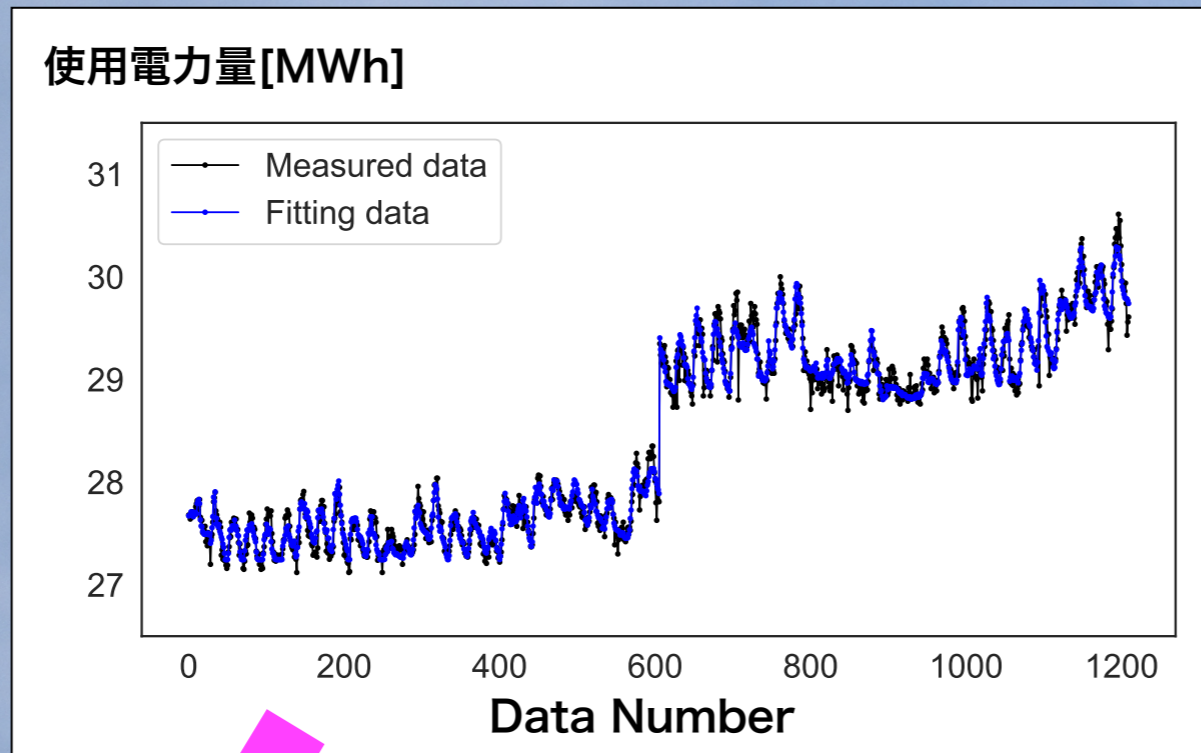
学習の際は、最大値で規格化

Neural Networkによる学習結果：ノード数、Over fitting

→ 気温、相対湿度依存性

→ 令和元年を予測し検証

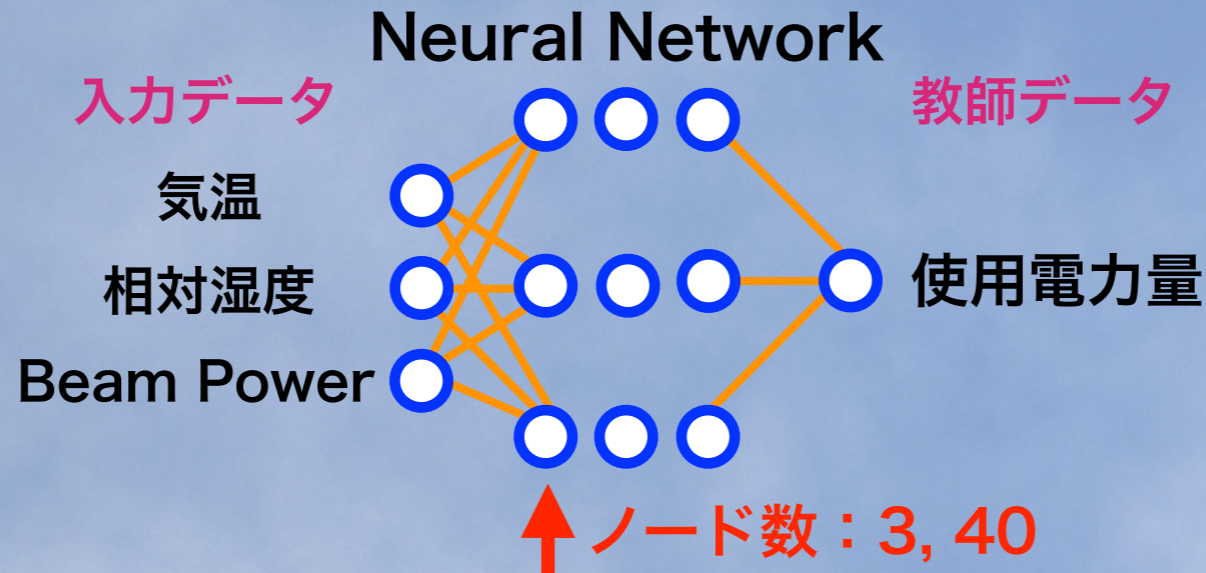
Neural Networkによる学習結果



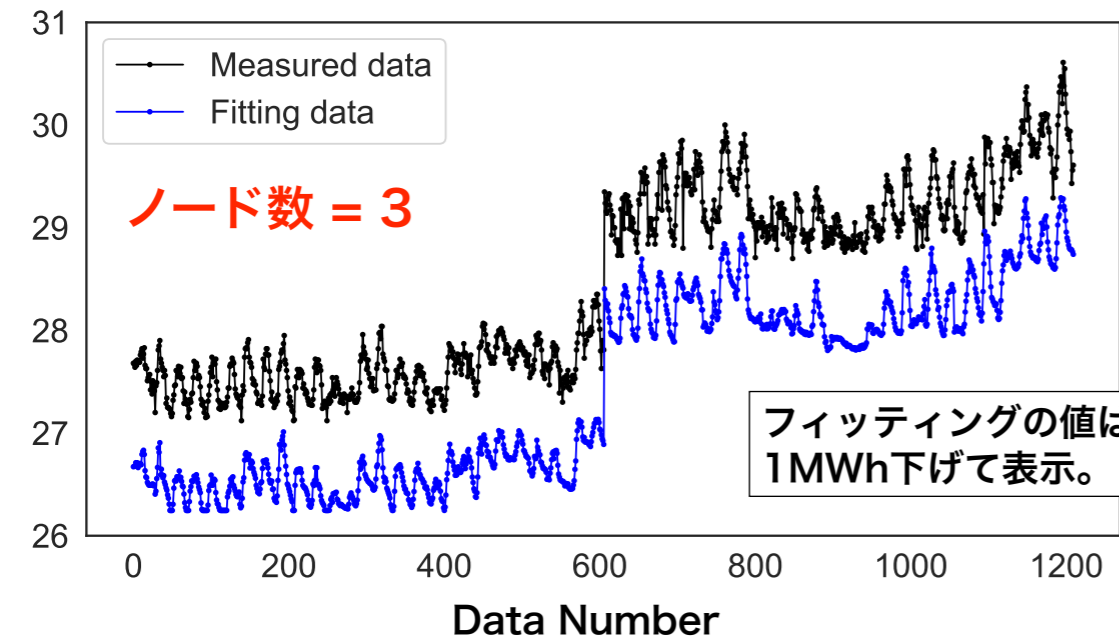
Neural Networkによる学習結果、
Fitting結果は実測値を再現している。

この学習済みNeural Networkから
気象の影響や使用電力予測ができるはず！

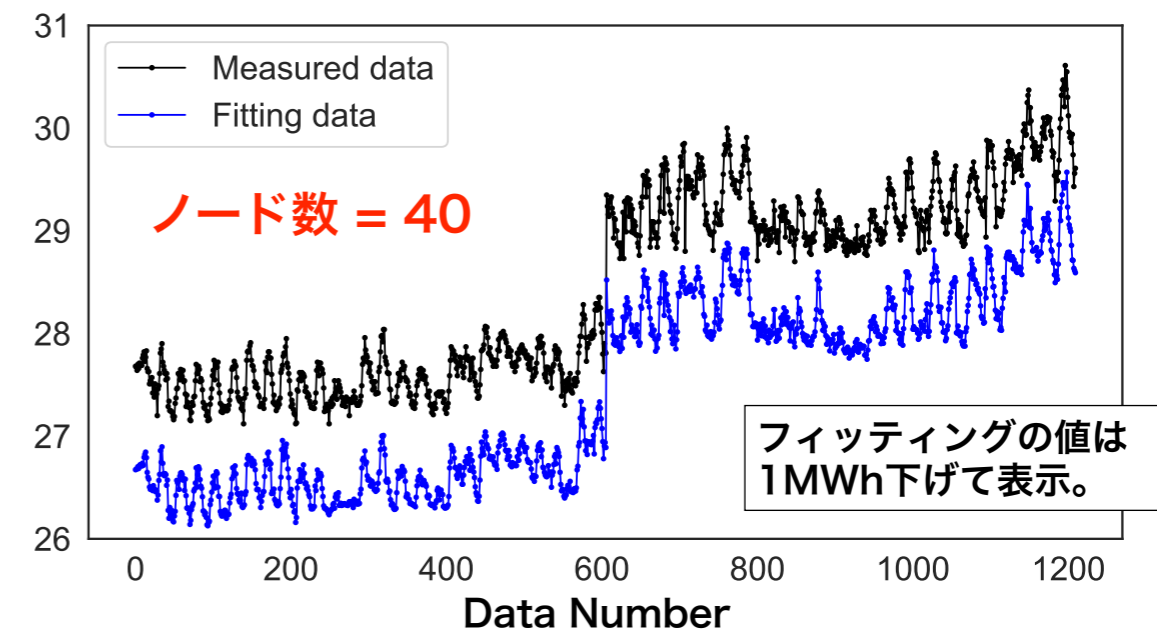
Neural Networkの設定：ノード数



使用電力量 [MWh]



使用電力量 [MWh]



ノード数の多い40の方が、
より細かなとことまで再現している。

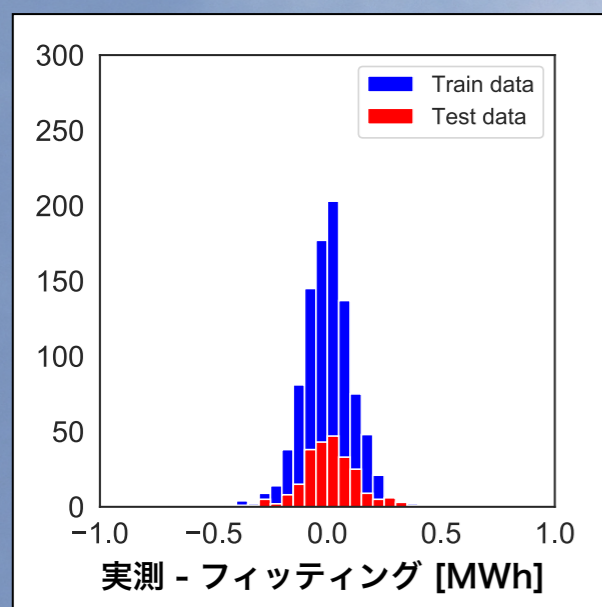
訓練データとテストデータ

それぞれの実測値と予測値との誤差分布を比べてみると

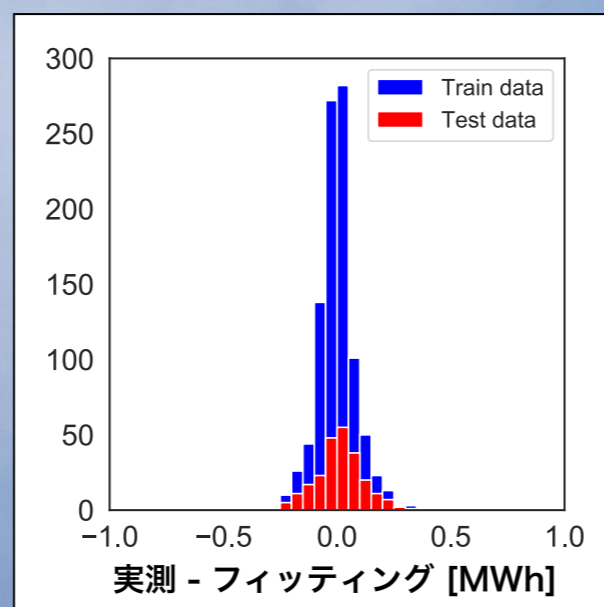
訓練データ：80% (パラメータの最適化に使用するデータ)

テストデータ：20% (検証用データ)

ノード数 = 3



ノード数 = 40



パラメータを増やしたことにより、
訓練データの精度は上がっている。

増やしたパラメータでフィッティングしても
テストデータの精度は同様には上がっていない。

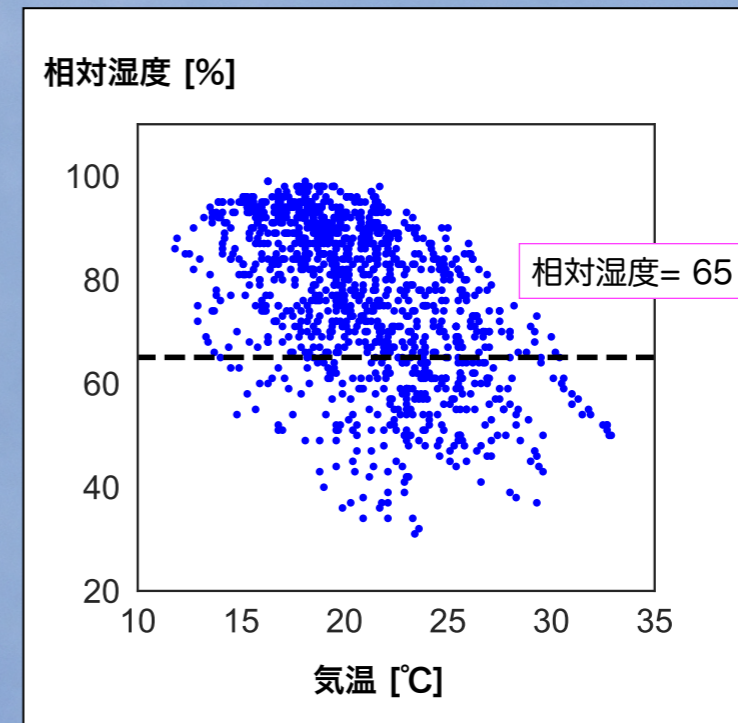
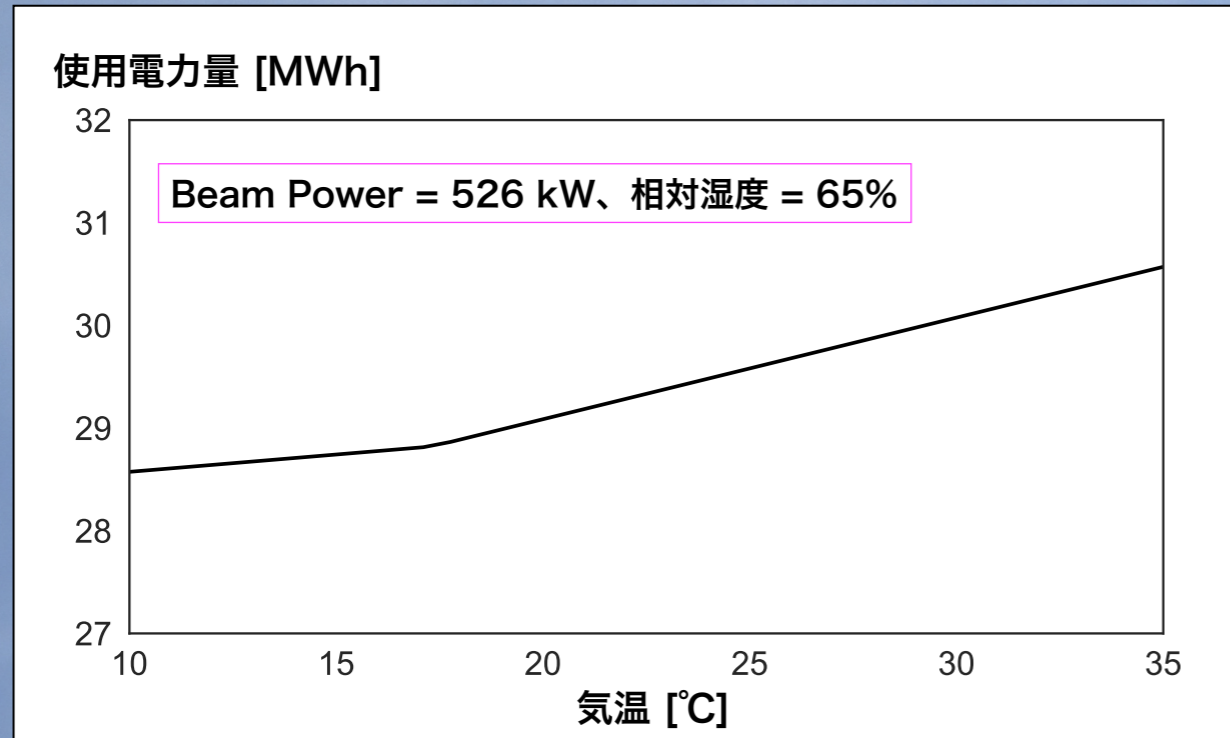
データ全体を正しく表す
ネットワークとはなっていない。

Over fitting !

再現性を高める為に、むやみにノード数を高めてもダメ

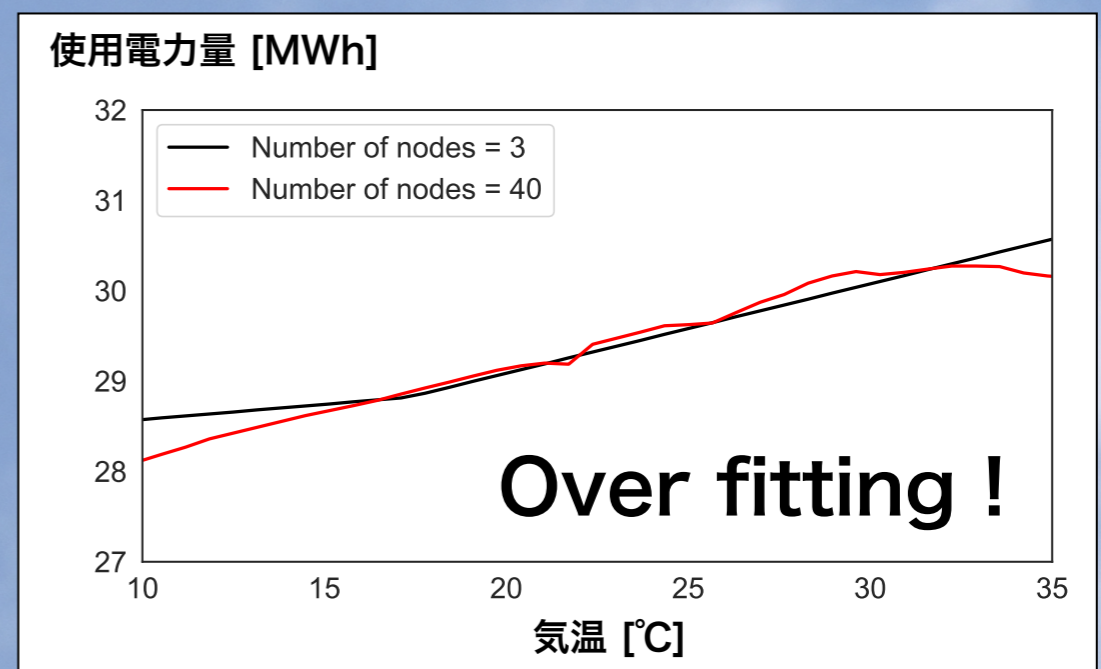
ノード数が3の方が適切と考えられる。

学習済みN. Networkから、**気温依存性**

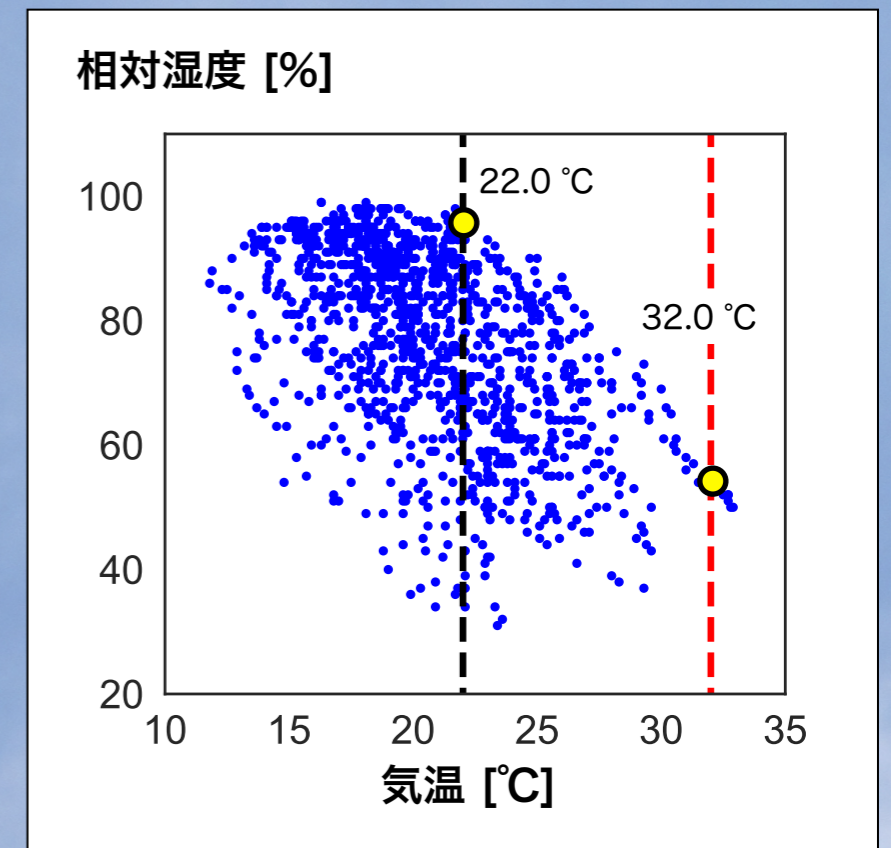
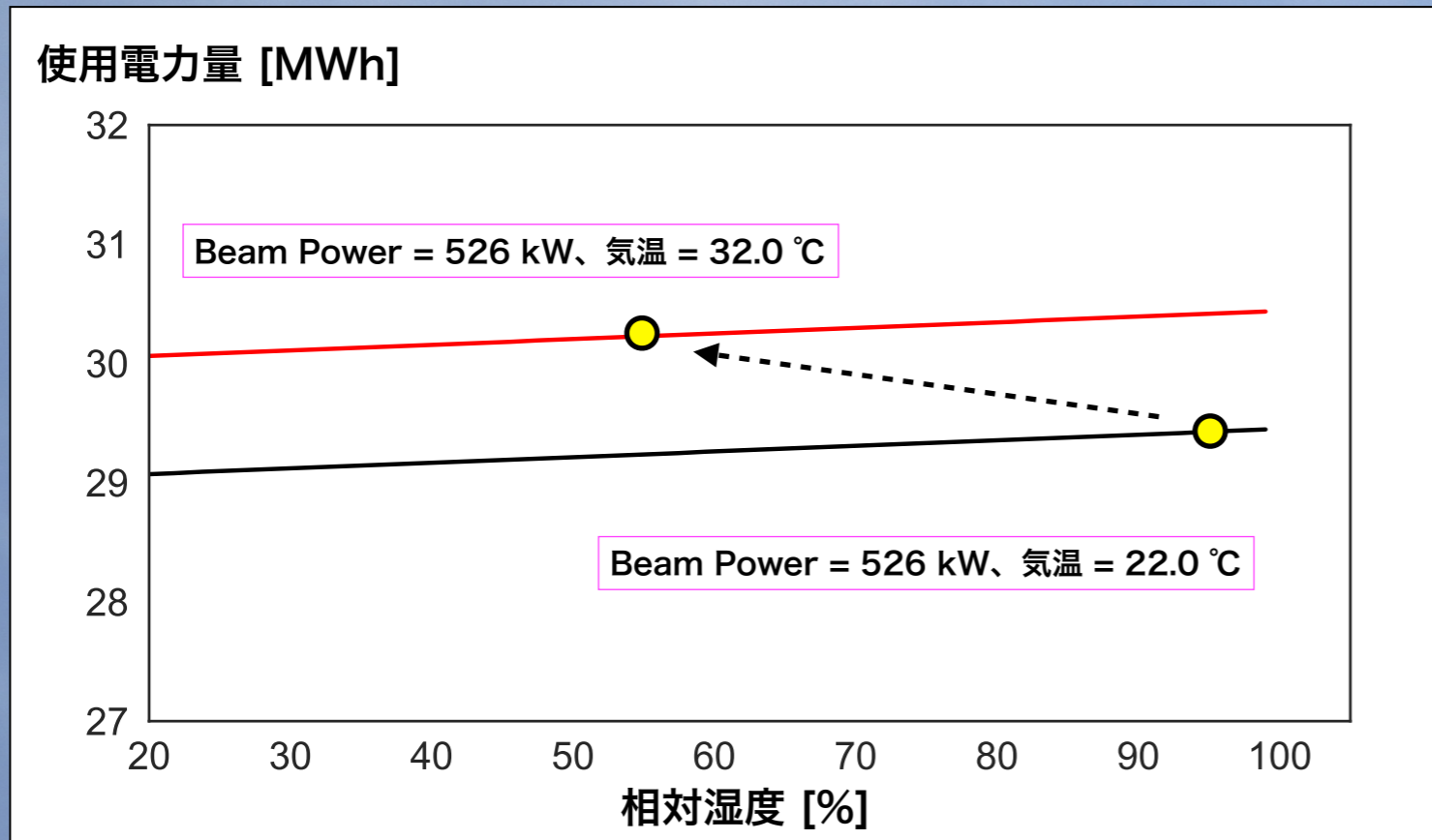


気温の上昇に伴い、
使用電力量が増える

実際の気温依存性以上に
細かくフィッティングされている



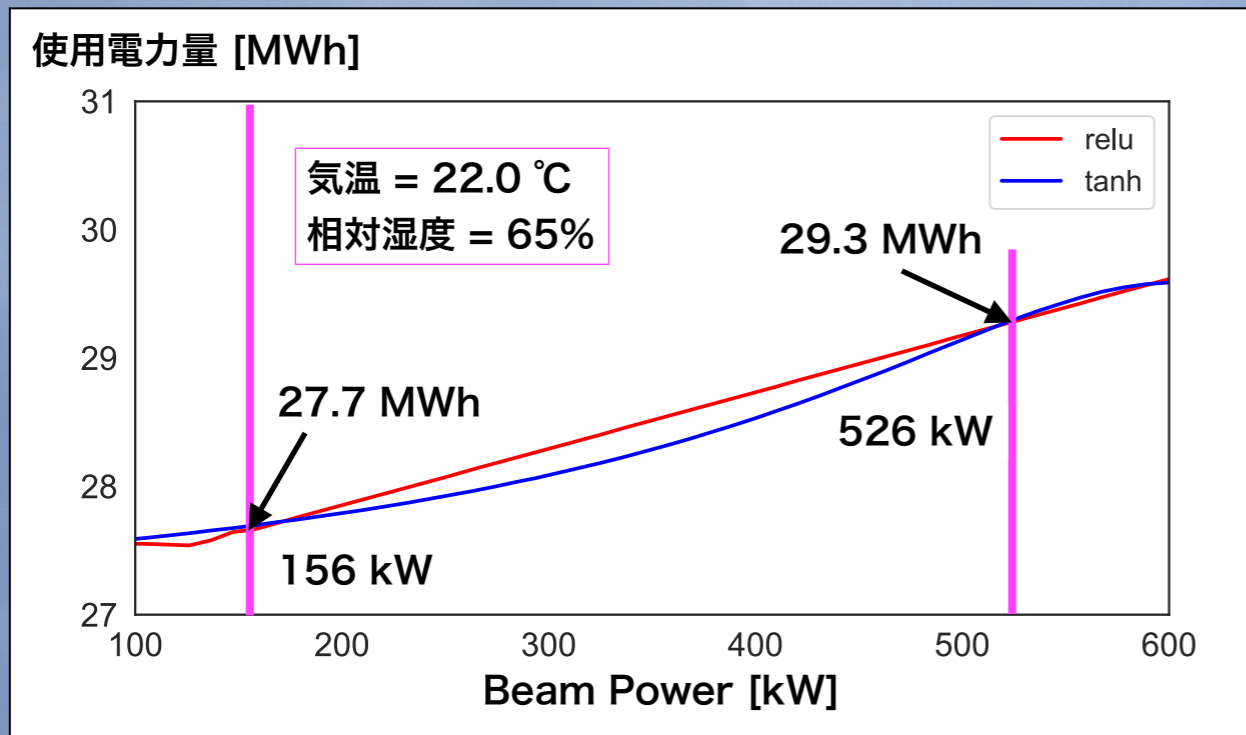
学習済みN. Networkから、**相対湿度依存性**



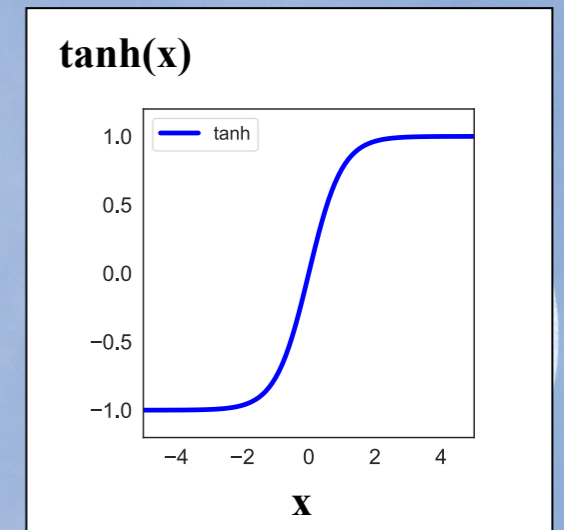
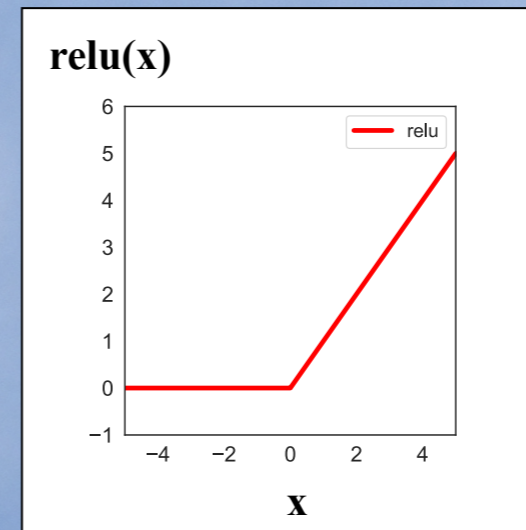
使用電力量は相対湿度にはほとんど依存しない
気温だけで予測可能

朝の気温が22°C、午後の最高気温が32°Cまで上がる場合には、
使用電力は1MW多くなる

学習済みN. Networkから、Beam Power



活性化関数



どちらの活性化関数を用いても、

温度と相対湿度を再現しつつビームパワーの2点を通る様にフィッティングされている

気象条件に依存しない使用電力

Beam Powerを100 kW高めると約0.4 MW使用電力が増加

RCSの加速空洞のビーム負荷による電力増加

令和元年6月の使用電力量を予測

H29, H30 6月のデータを学習した

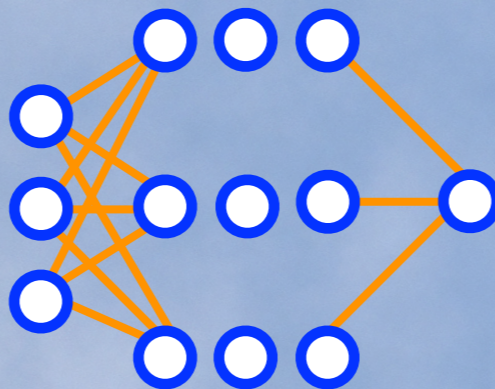
Neural Network

令和元年6月のデータ

気温

相対湿度

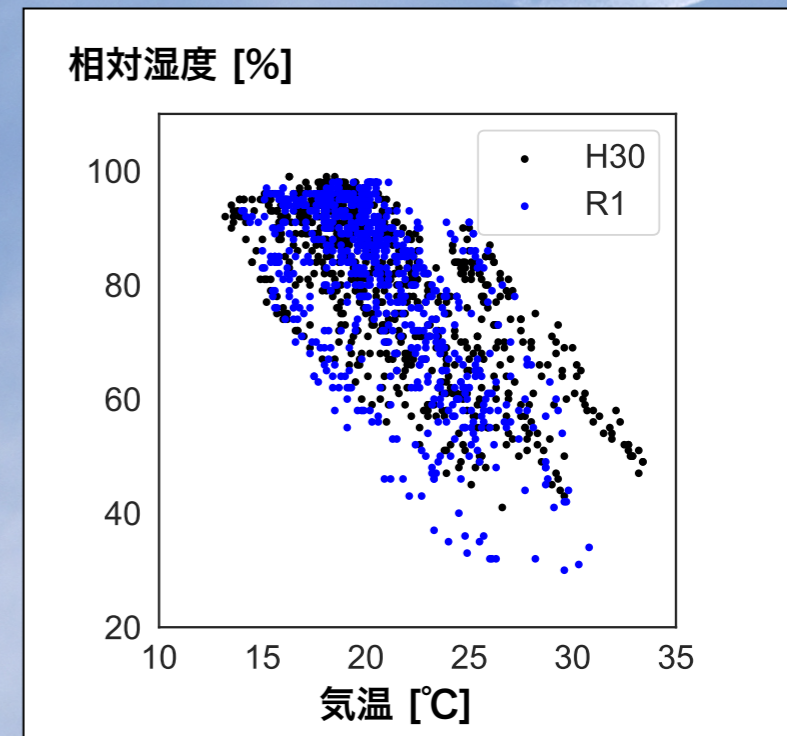
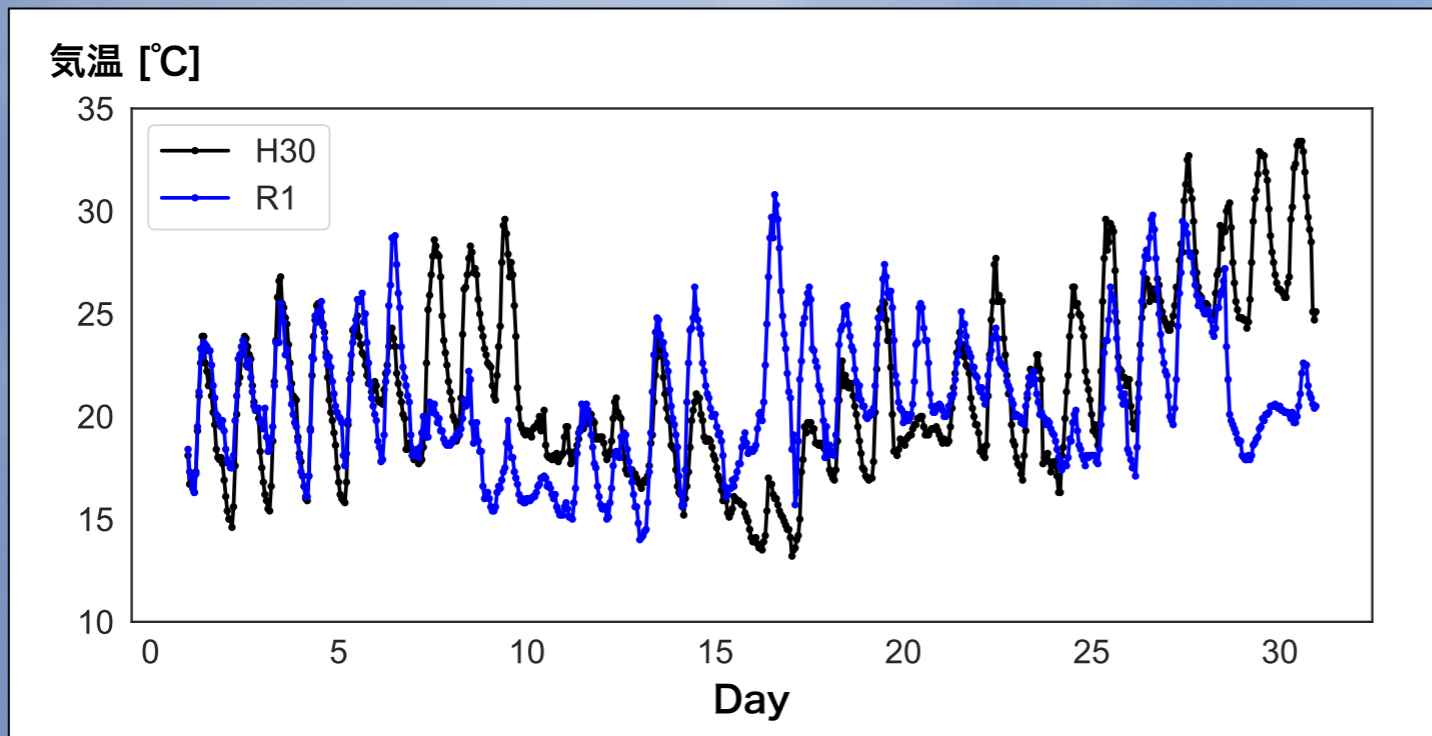
Beam Power
(526 → 538 kW)



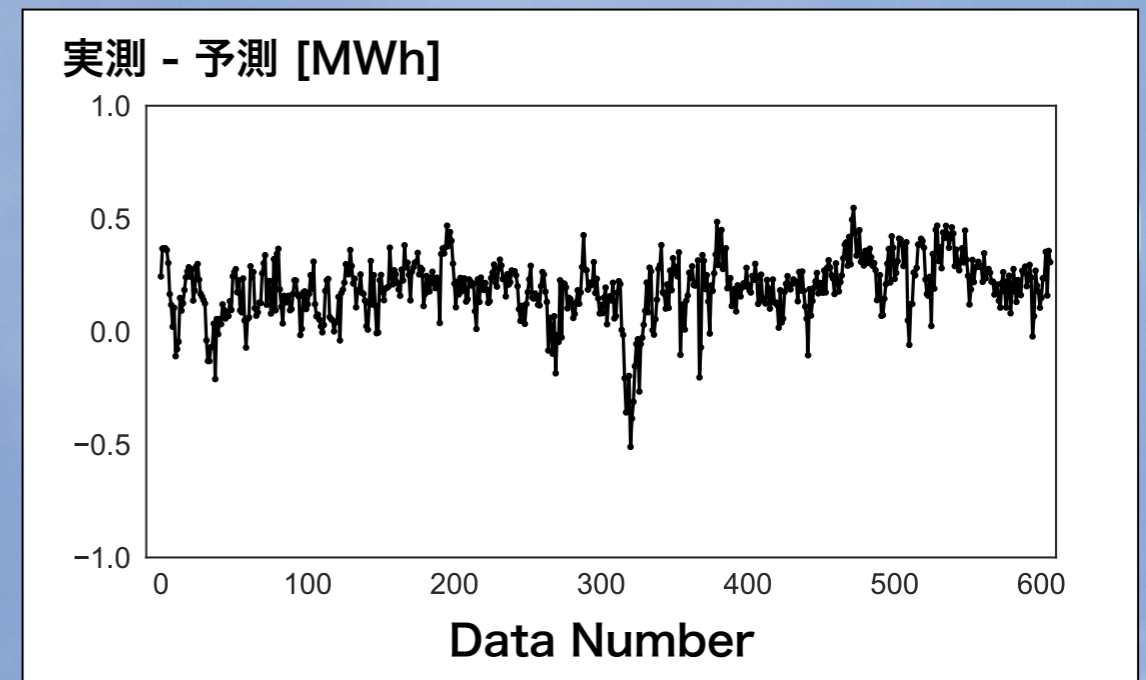
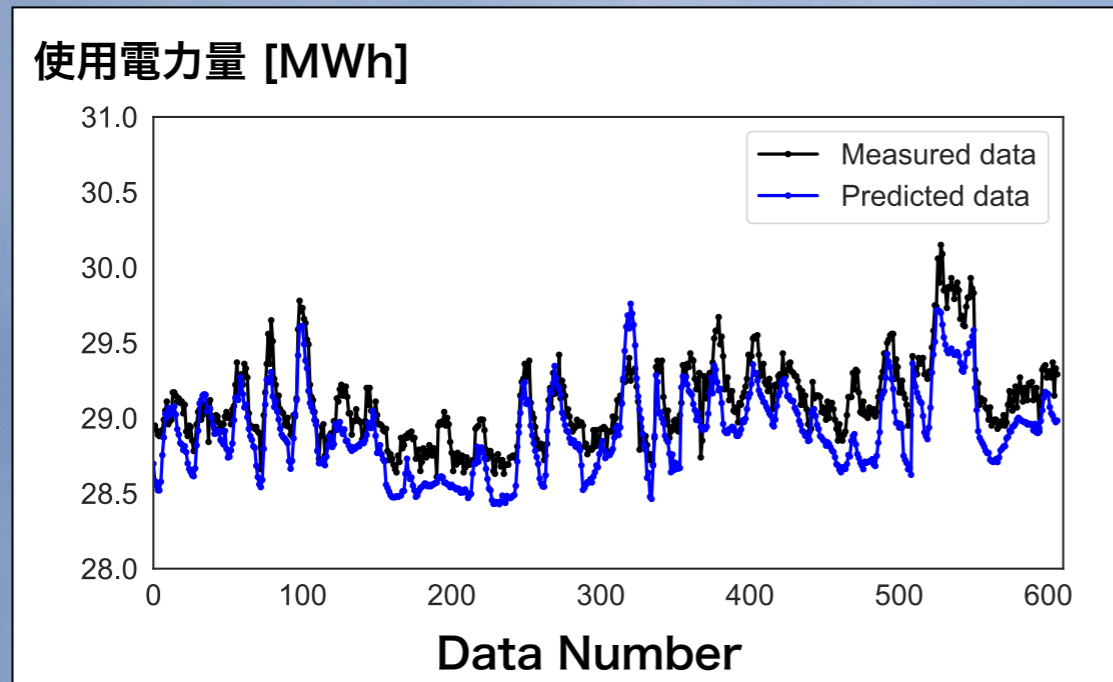
令和元年6月のデータ

使用電力量

平成30年6月と令和元年6月の気温



使用電力量の予測と実測値



実測値が約0.2MWh(約0.7%) 全体的に大きい

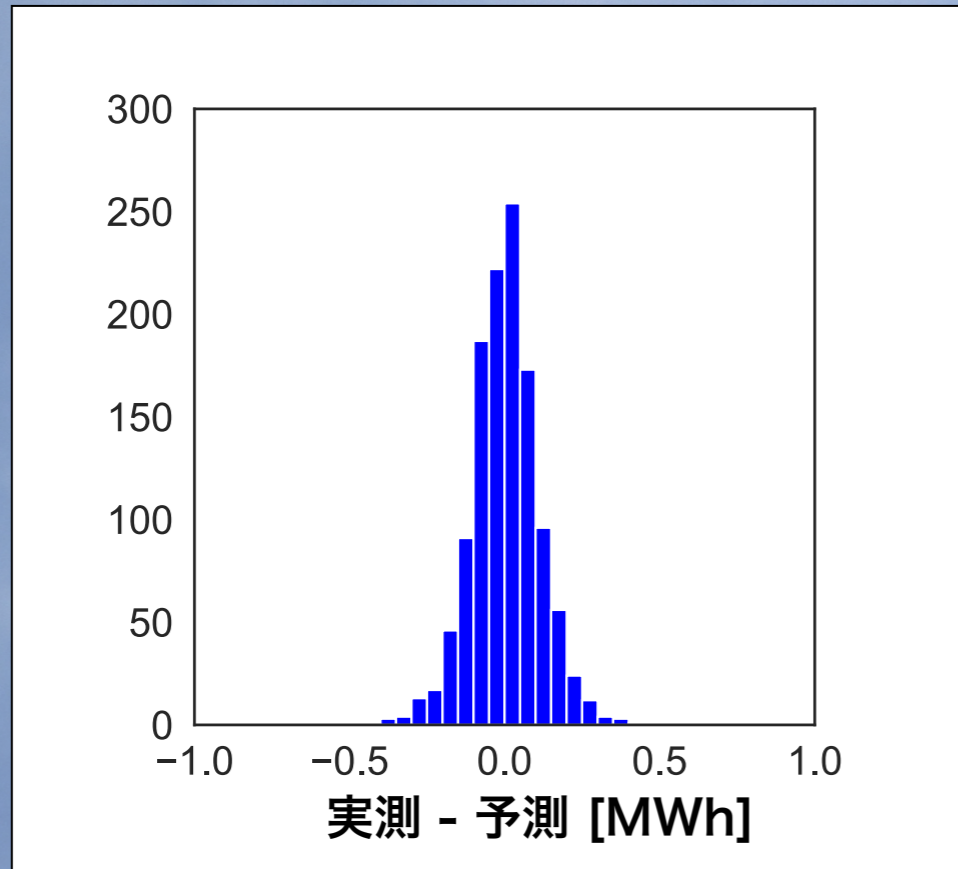
理由としては、

ビームパワーの測定精度やビームパワー2点のみによるフィッティングの誤差
MLF以外のMain Ringへのビーム供給の影響、、、

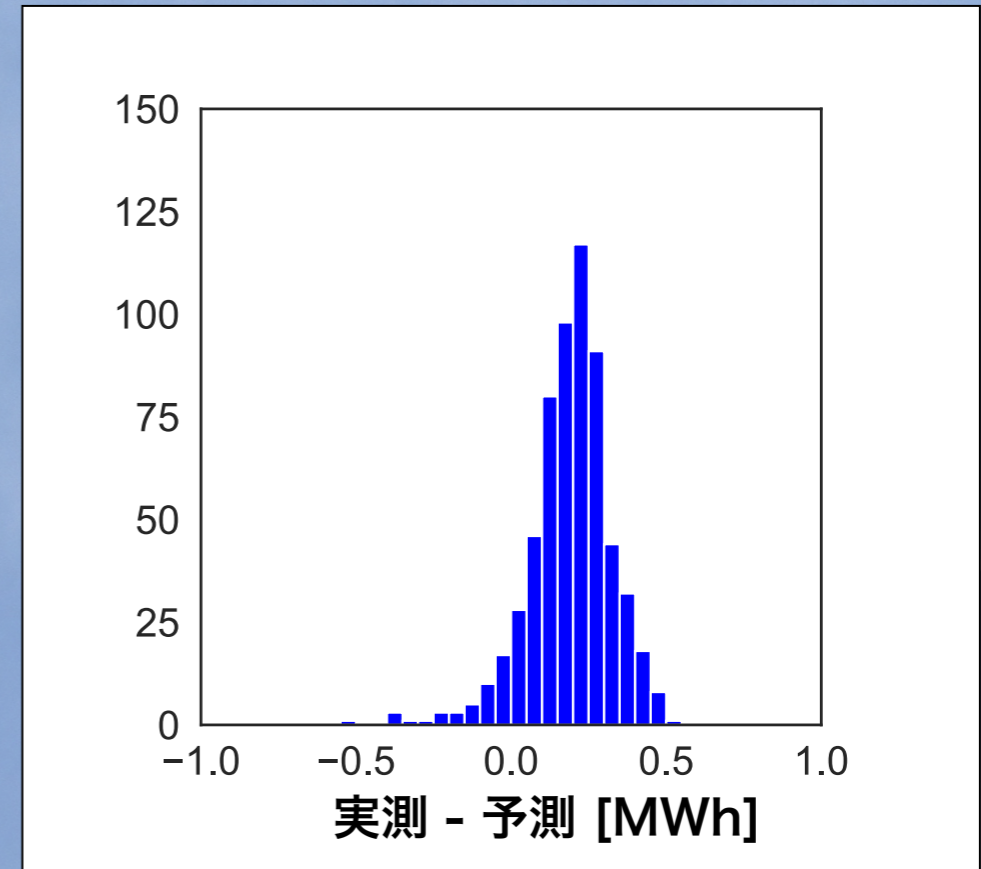
その差が全体に均一の場合には、気温上昇から使用電力量の増加は予測できる。

予測と実測値の差

平成29年、平成30年6月



令和元年6月



予測と実測値の差の分布から、

令和元年の場合も、同等の精度で予測可能と考えられる。

まとめ

Neural Networkを用いて、
気象条件がJ-PARC 使用電力量に与える影響の調査

Neural Networkによる学習結果：使用電力量の実測値を再現。

ノード数：Over fitting

学習済みNeural Network：使用電力量の気温、相対湿度依存性

相対湿度依存性はほとんど無い。

気温が10°C高くなると使用電力は1MW増える。

令和元年6月に適用し使用電力量を予測

ほぼ同等の精度で予測可能であり、有効性を確認。