

人との関係性に注目した 空気環境可視化デバイスの開発

FIT2017

2017/09/13

東京工業高等専門学校
電気電子工学専攻 山田恭平
電子工学科 水戸慎一郎



教室のCO2濃度

1 / 15

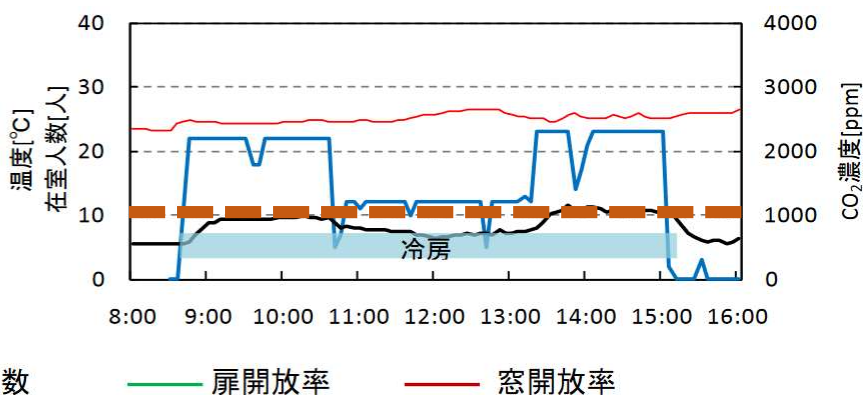
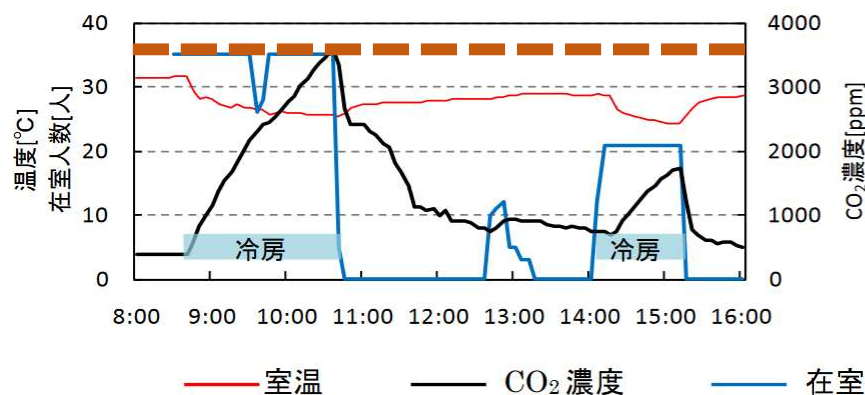
学校への冷暖房の普及が進む（東京都 小中学校99.9% 高校100%[1]）

CO₂濃度上昇

2500 ppmで集中力低下[3]

換気なし 3500 ppm

換気扇使用 1000 ppm



高校教室内空気環境の実測結果[2]

換気を促進する必要性

[1] 文部科学省, 公立学校施設の空調（冷房）設備設置状況の結果について（2017）

[2] 日本建築学会 環境工学委員会 空気環境運営委員会 換気・通風小委員会, 学校における温熱・空気環境に関する現状の問題点と対策－子供たちが健康で快適に学習できる環境づくりのために－（2015）

[3] Usha Satish et al., Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance, Environmental Health Perspectives, Vol. 120, No. 12 (2012).

既存のCO2計測手段の課題

2 / 15

ガス検知管



200円/回
定期検査用
時系列データ取得不能

計測器



≧1万円
教室全体からは見えない
データを送信できない

IoTセンサ Netatmo



≧ 2万円
遠隔管理が可能
本体に表示されない

インターフェイスが適さない
コストが高い

学生の
注意を引く



キャラクター型
デバイスで可視化

安価に
CO2計測



廉価なセンサを
機械学習で補正

クラウド
で管理



Wi-Fiで
データ送信

これらを満たすデバイスを開発

換気の促進: 効果的に訴えかけるには

4 / 15

先行研究[1]

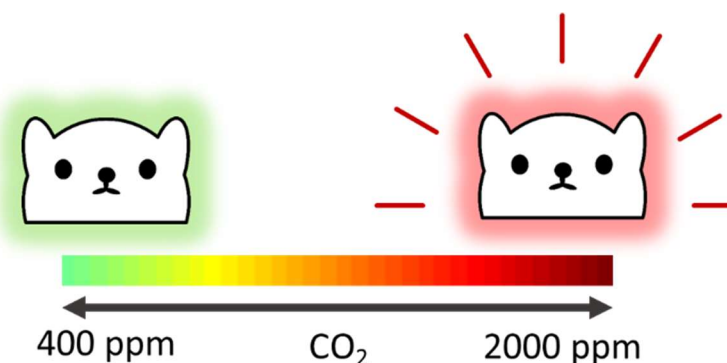
発光色でロボットの感情表現
赤:怒り **緑:落ち着き**



先行研究[2]

人間の手助けを引き出し
目的を達成するロボット

キャラクター性を持った
可視化デバイス



デバイスを試作し，実証実験

[1] 勅使宏武, 寺田和憲, 伊藤昭, ロボットの目の発光パターンによる感情表出は人の社会的意思決定に影響を与える, HAIシンポジウム2013, pp.147-150

[2] 吉田善紀, 吉池佑太, 岡田美智男, SociableTrashBox: 子どもたちと一緒にゴミを拾い集めるロボット, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.11, No.1, pp.27-36 (2009).



要求を満たすデバイスを開発

デバイス本体についてのアンケート

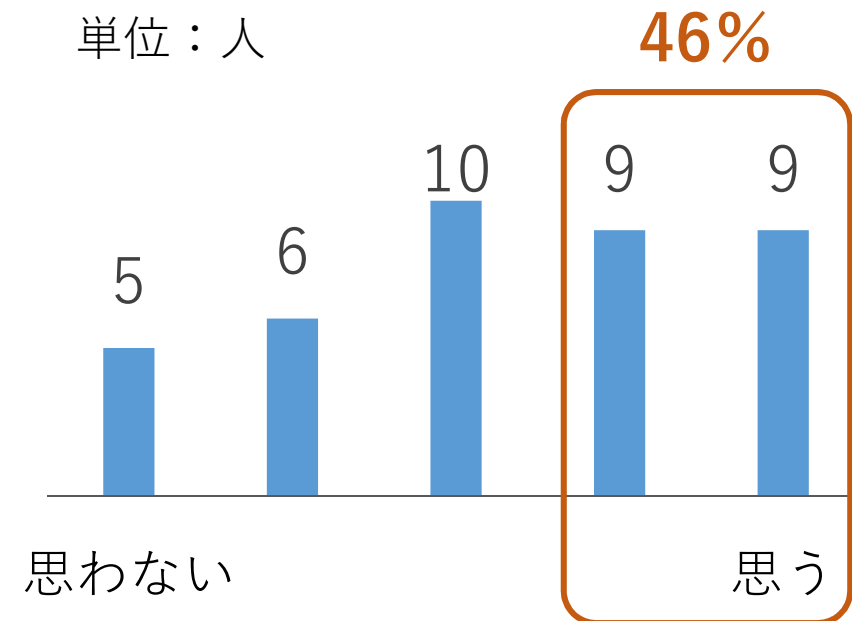
6 / 15

東京高専内の教室に1週間設置



このデバイスがあると
換気がしやすくなると思いますか

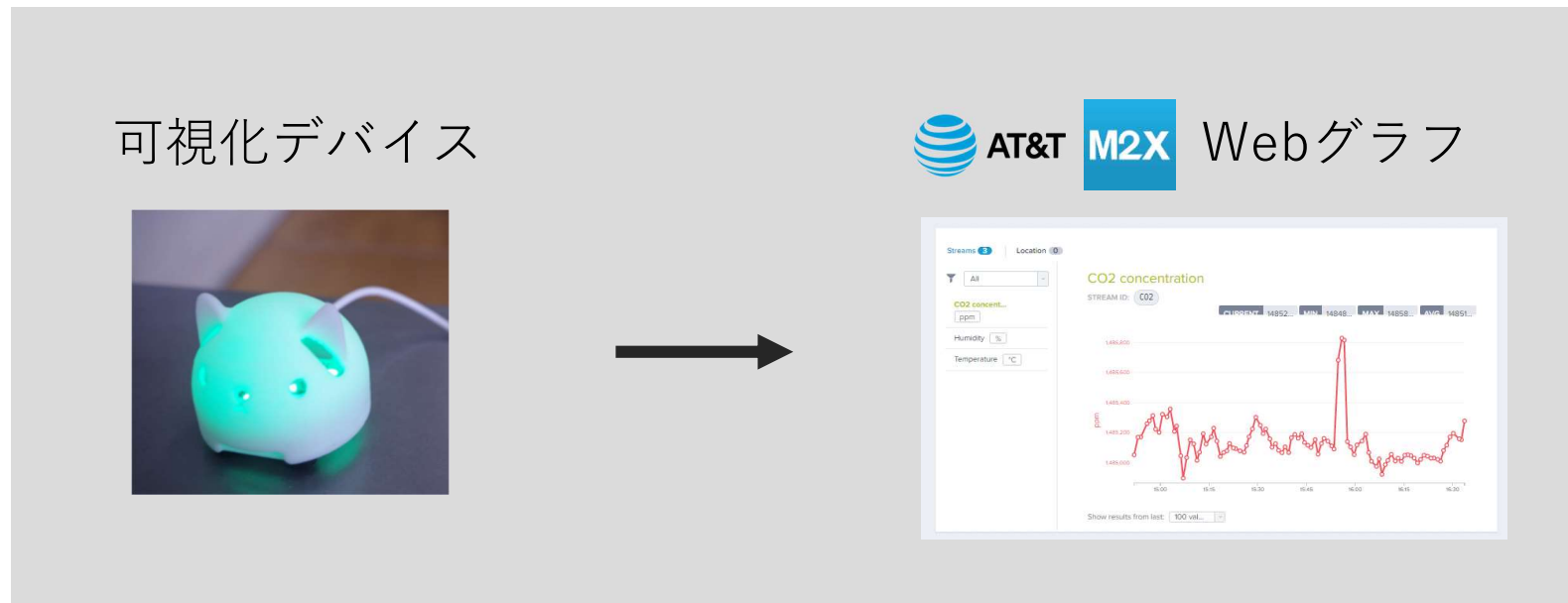
単位：人



換気がしやすくなると評価された

Webによる可視化の利用頻度

7 / 15



席から光がよく見えた
43.6%

>

Webのグラフをよく見る
3%

*本体の可視化だけでは不十分: 33%

デバイス本体での可視化が周知性に優れる

学生の
注意を引く



安価に
CO2計測

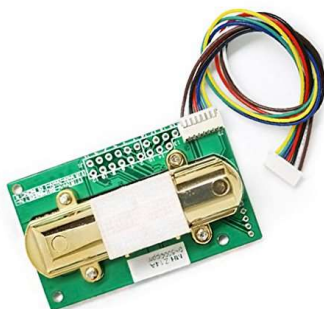


クラウド
で管理



安価なセンサ
＋
ニューラルネットワークで補正

多くの計測器が数万円以上する原因はセンサ
→すべての教室への設置は難しい



一般的に用いられる
非分散型赤外線吸収法センサ 5000円
(NDIR: Non Dispersive InfraRed)



本デバイスで採用

空気質センサ MQ135 150円
二酸化炭素, アルコール, アンモニア
温度, 湿度の変化にも一緒に反応

デバイスを試作し，精度を検証

実環境でのデータ取得実験

10 / 15



東京高専内の教室に2週間設置



WiFi送信で
センサデータ保存

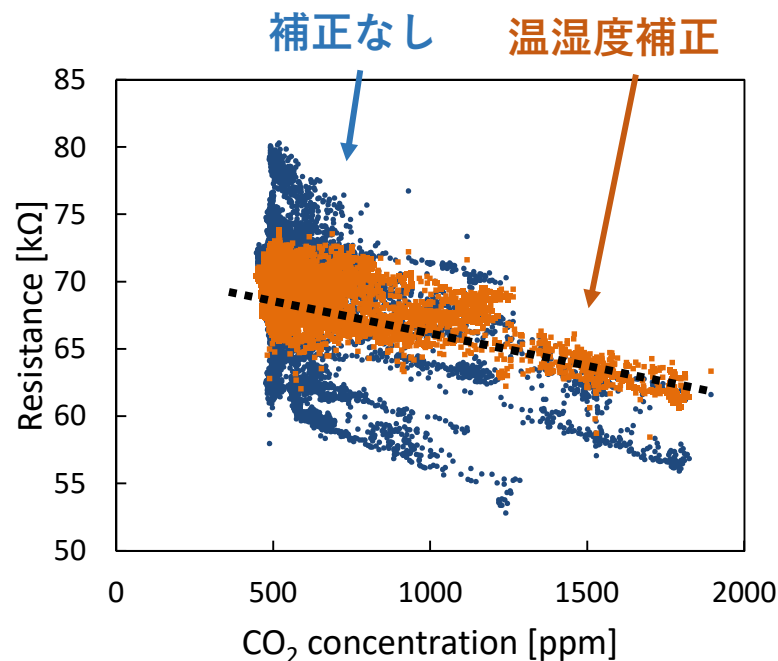


NDIR式CO2データロガー
MCH-383SD と比較

1分おき，2週間分のデータを取得

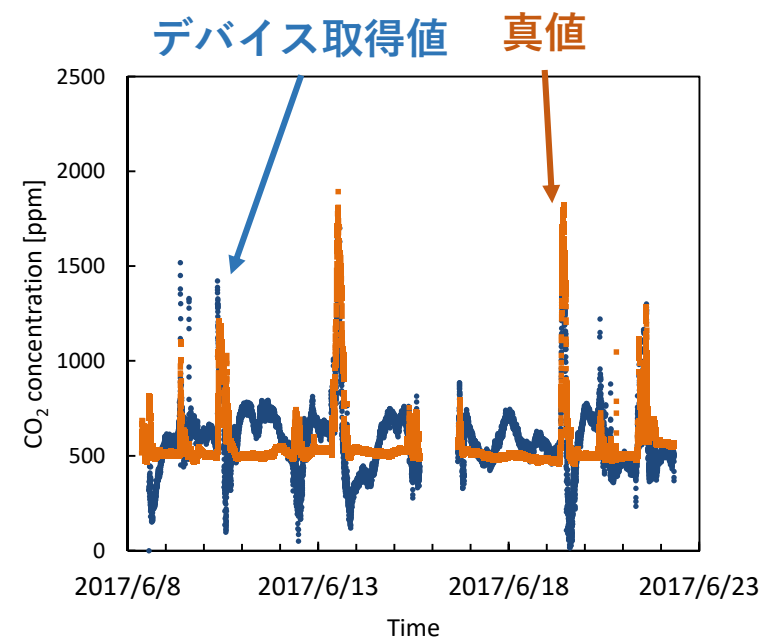
デバイス計測データの線形補正

11 / 15



MQ135抵抗値と
実際のCO₂濃度との相関

温湿度センサが有効に動作



MQ135抵抗値から近似したCO₂濃度と
実測値の比較

ドリフトが発生

ありえない数値 (<400ppm)を示す

精度が不十分→

機械学習での補正を検討

機械学習によるCO₂濃度推定

12 / 15



正確なCO₂
SDカードに保存

1分毎
2週間分
学習データ



空気質センサ・温度・湿度
Google Driveに保存



Pythonの機械学習ライブラリScikit-learn
機械学習モデルの検討・作成

作成した学習済みモデルをC++で記述
Arduino Libraryに移植

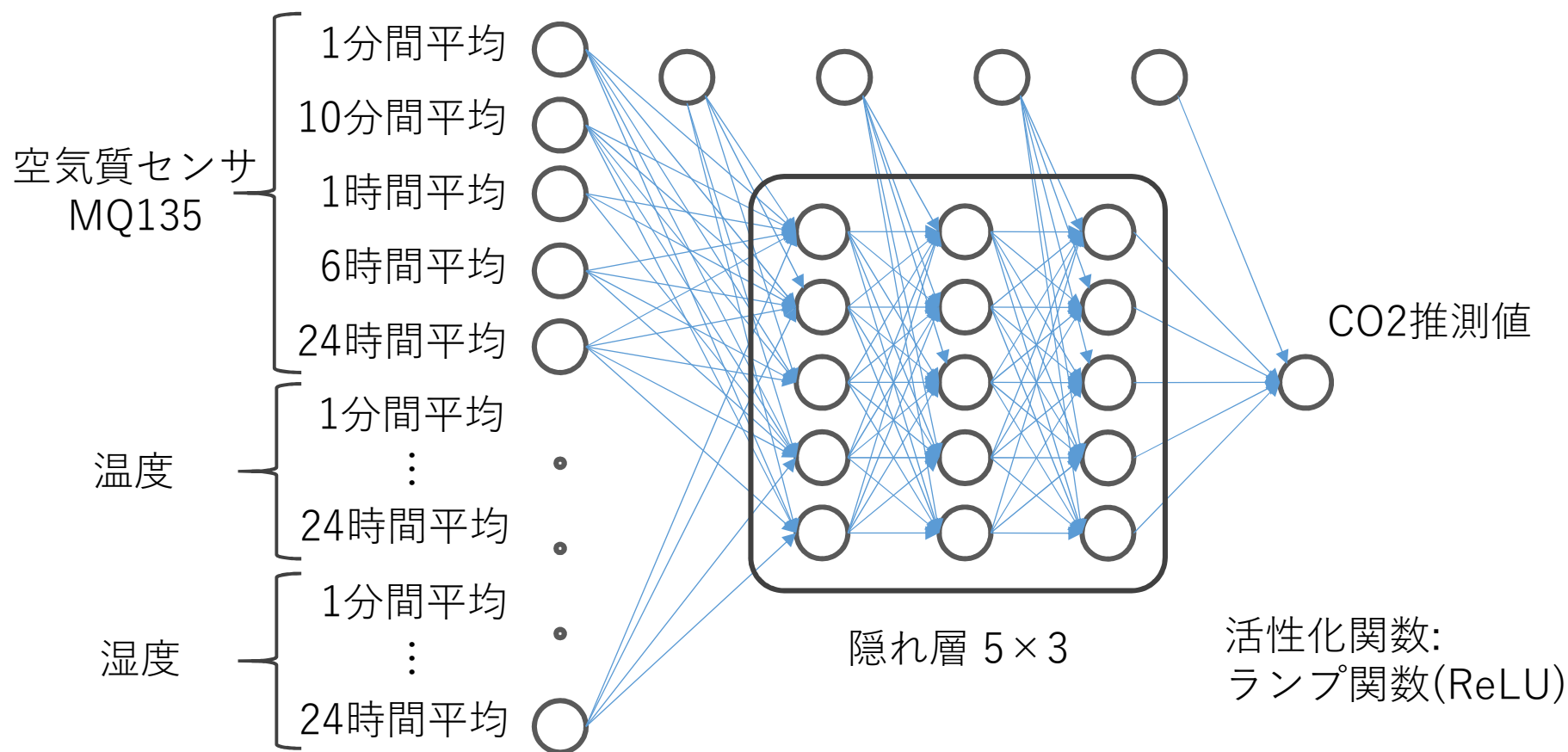


Arduino IDEでデバイスのプログラム作成

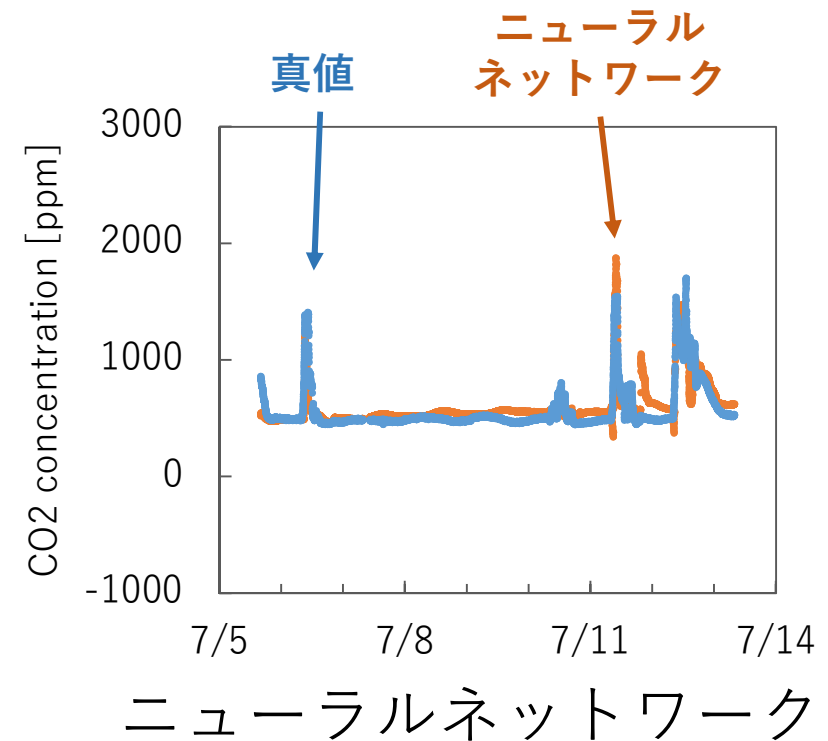
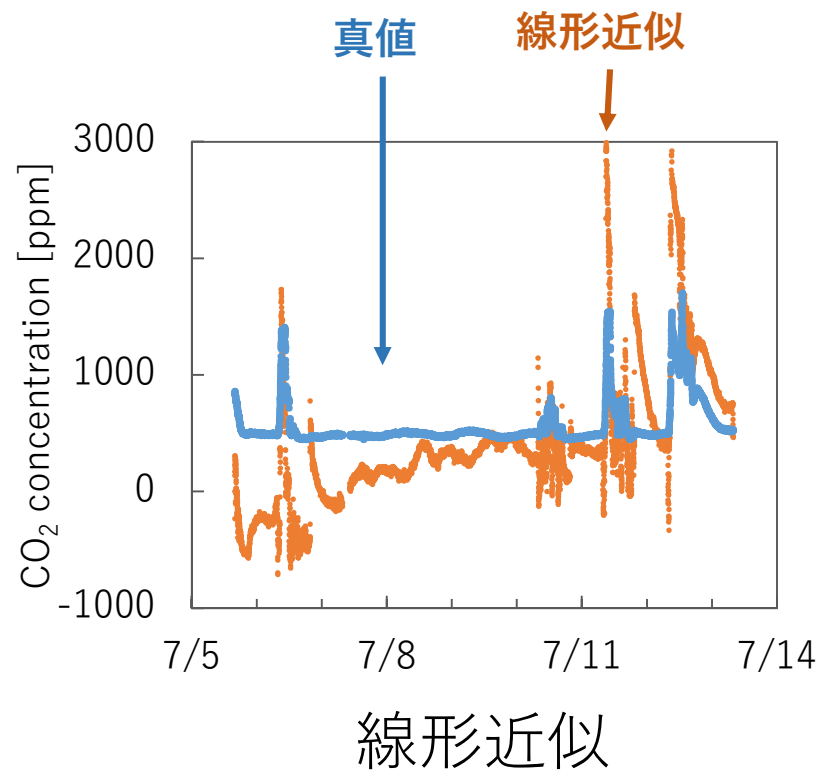
時間遅れニューラルネットワーク

13 / 15

過去の時系列センサデータを入力 → 現在のCO2推測



ニューラルネットワークによる補正結果 14 / 15



異常値が出力されなくなった

まとめ

安価に
CO2計測



学生の
注意を引く



クラウド
で管理



効果的に換気を促す
デバイスを開発

今後の予定

複数台製作し、複数の教室に設置

実際に換気行動を促す様子の観察を目指す