



室内の混雑度と空調環境監視 IoTシステムの開発 ～ COCOVision ～



山形県立産業技術短期大学校庄内校 情報通信システム科

発表者：岩間 一真，斎藤 奏也，小林 恭平，富樫 洸太
指導教員：萬年 亨，芝田 浩，志田 長



説明内容

1. 背景
2. 課題と解決目標
3. システム概要
4. システム構成
5. アピールポイント
6. デモンストレーション
7. まとめ



1. 背景

- 新型コロナウイルスが生活に影響をもたらしている。
- 新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、対策が必要である。
- 対策として現在有効とされていることに、密な状況を作らないことや換気等が挙げられる。



1. 背景

感染予防と温度・湿度の関係

- 温度・湿度が高いほど早く不活性化する傾向にある
- 空気が乾燥しているとウイルスが空気中を漂う時間が長くなる
- 湿度を保つことで喉の粘膜が潤い免疫力が上昇する

引用元：日本防菌防黴学会 緊急特集版 新型コロナウイルス感染症（COVID-19）～防菌防黴の観点から

2. 新型コロナウイルスの基礎知識，集団予防および生存性・不活化

<https://www.saaaj.jp/covid/pdf/covid02.pdf>

Take action and join me in the fight against respiratory infections! Relative humidity of 40-60% in buildings will reduce respiratory infections and save lives.

<https://40to60rh.com/>



2. 課題と解決目標

2.1 課題

- 密な状況の回避や定期的な換気、室内の温湿度の管理を、常に意識して生活することは難しい。
- 換気するタイミングが分かりづらい。



2. 課題と解決目標

2.2 解決目標

- 室内環境のデータを計測し、換気や空調が必要な際に室内にいる利用者に対して行動を促す。
- カメラで人間の検出を行い人数を把握し、密な状況を検知、警告する。
- 各データを記録し、室内モニターとWebページで確認できるようにする。

3. システム概要

Webページ

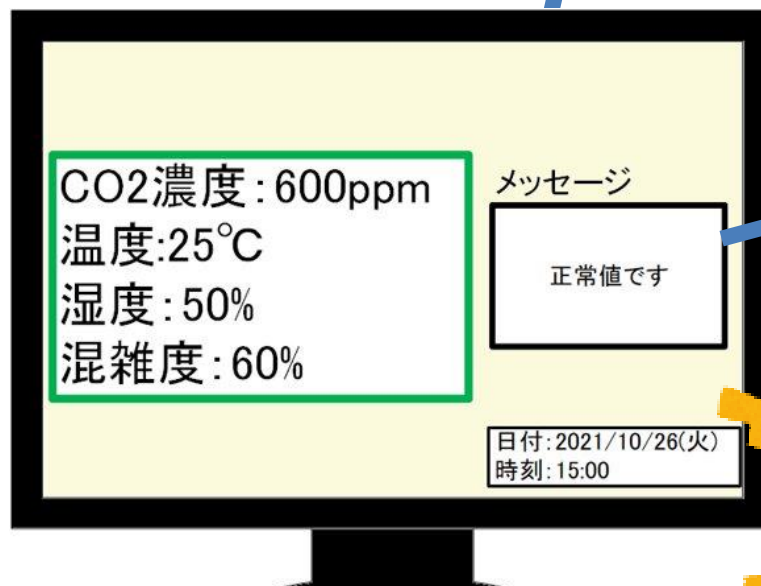
過去・現在データ

室内モニターとWeb
ページで確認

センサーで環境計測
カメラで人の検出



室内端末



室内モニター

換気タイミング・警告



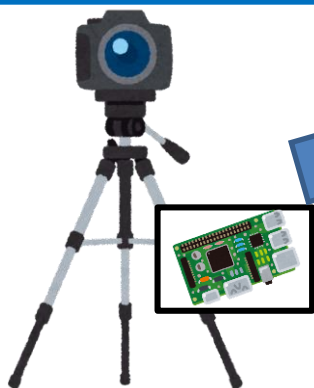
3. システム概要

Webページ

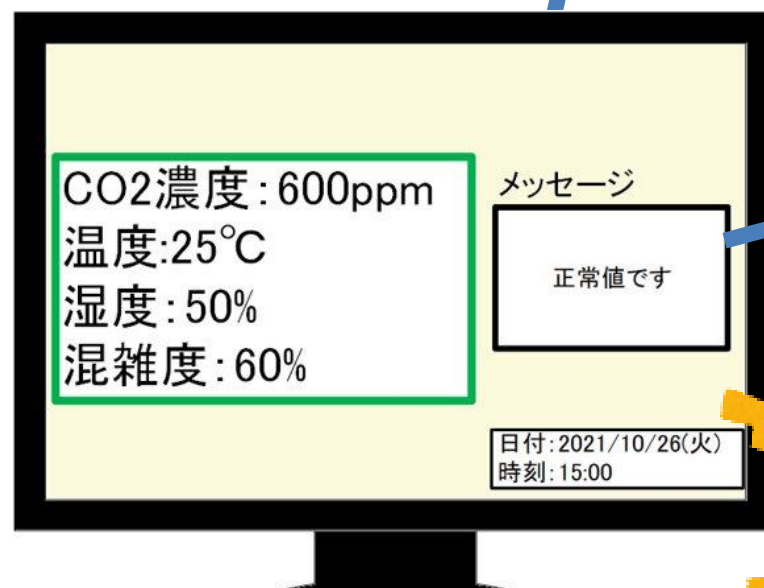
過去・現在データ

室内モニターとWeb
ページで確認

センサーで環境計測
カメラで人の検出



室内端末



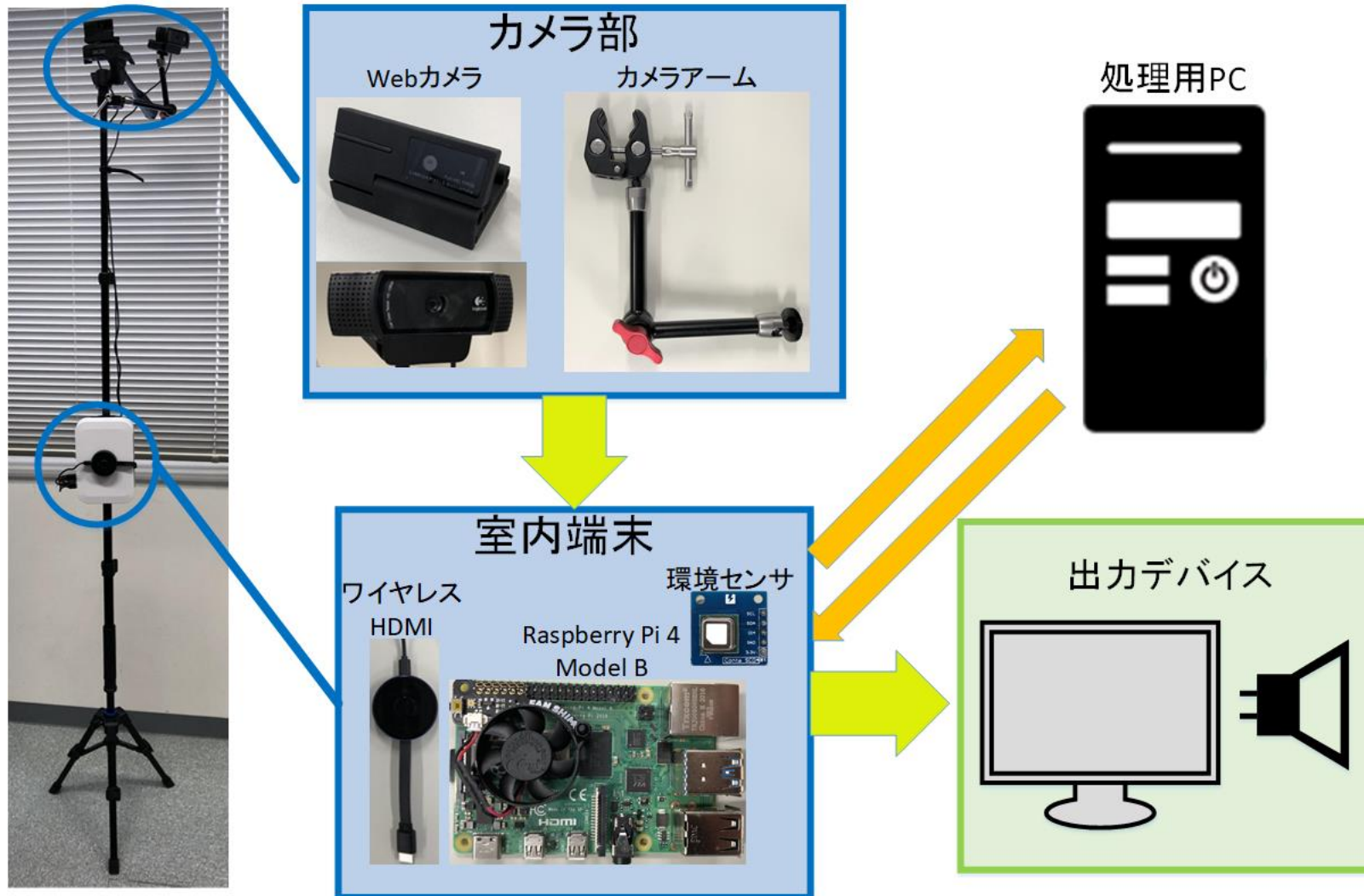
室内モニター

換気タイミング・警告



3. システム概要

3.1 ハードウェア構成

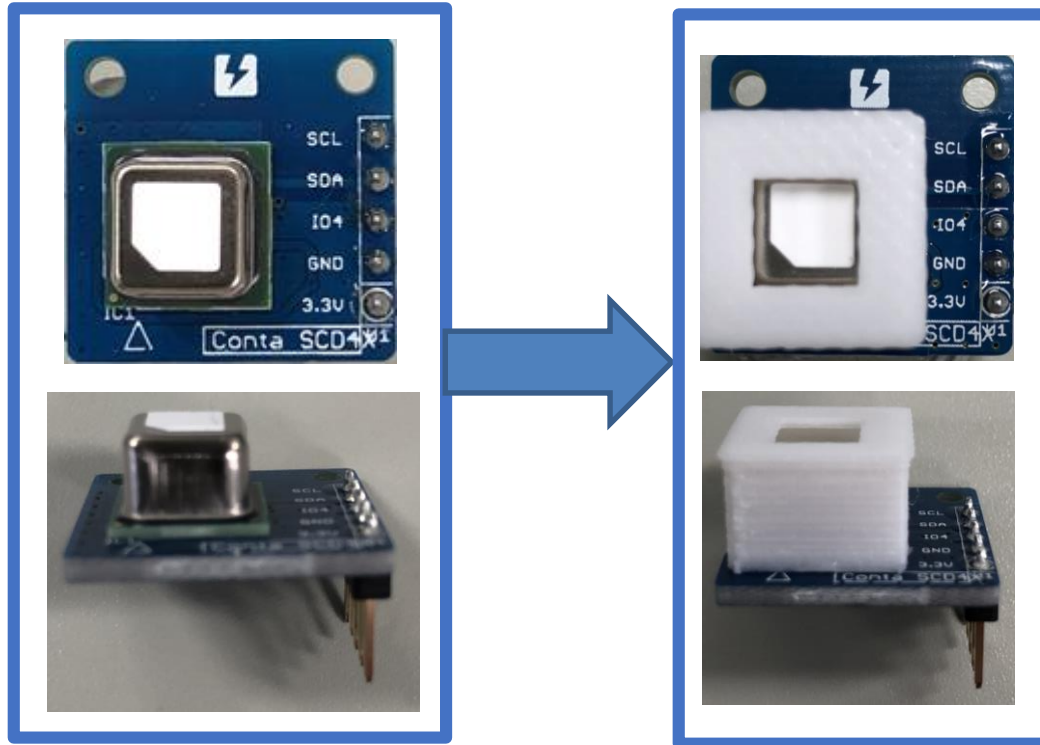


3. システム概要

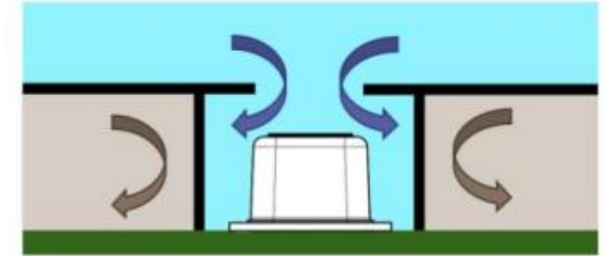
3.2 CO₂濃度、温度、湿度

使用センサー・・・scd40

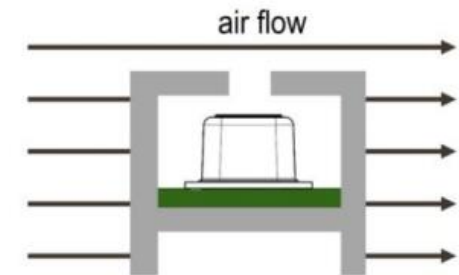
光音響測定原理



センサーの周りに
仕切られた空間



直接エアフローを
あてない



安定して値を取得するために囲いを付ける

引用元: [Design-in Guide SCD4x \(https://sensirion.com/\)](https://sensirion.com/)

3. システム概要

3.3 混雑度

OpenPose

機械学習による人の姿勢推定ライブラリ

⇒ 人の検出とカウントに使用

カメラ映像



解析



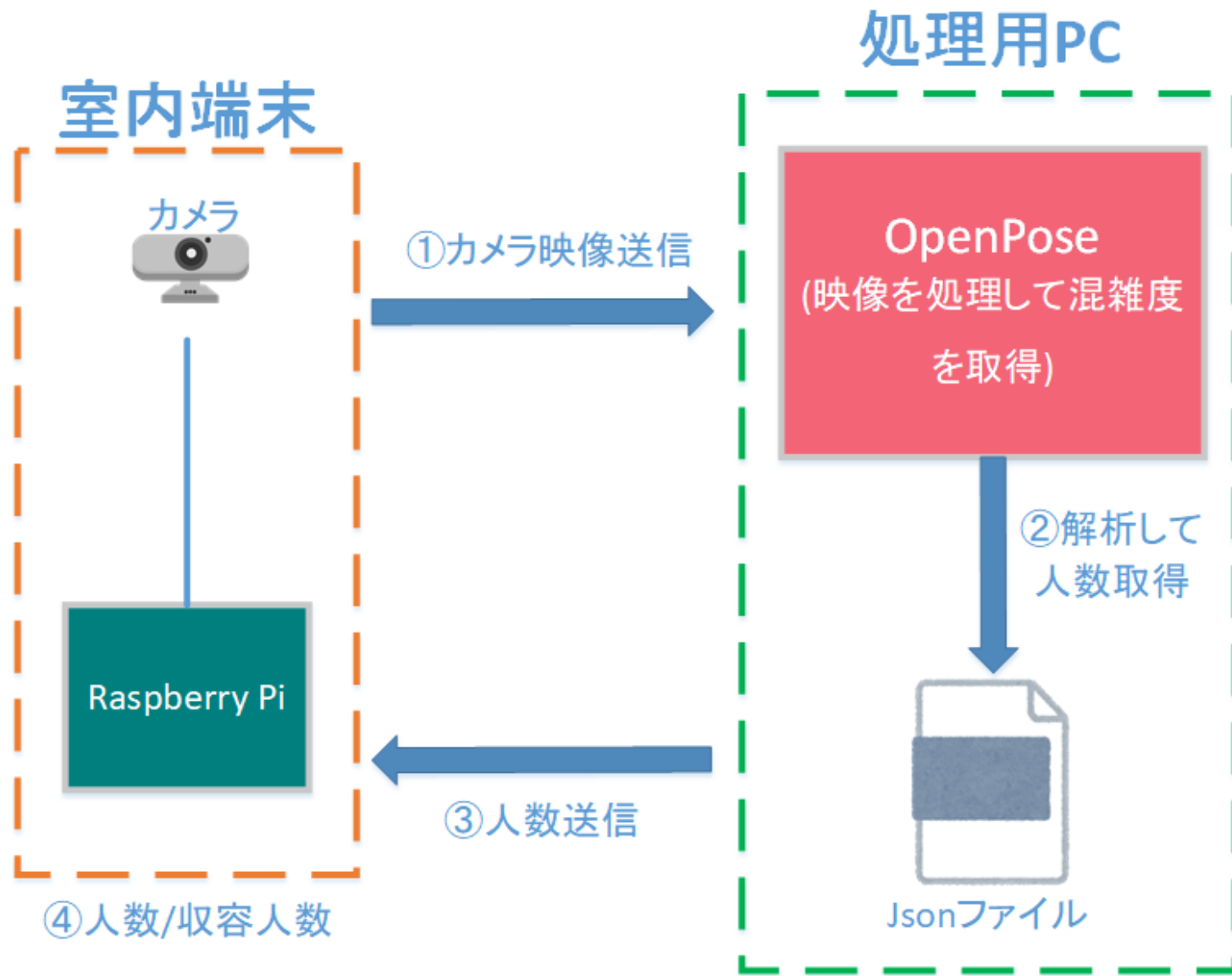
テキストファイル (json形式)
(人の関節の座標等のデータ)



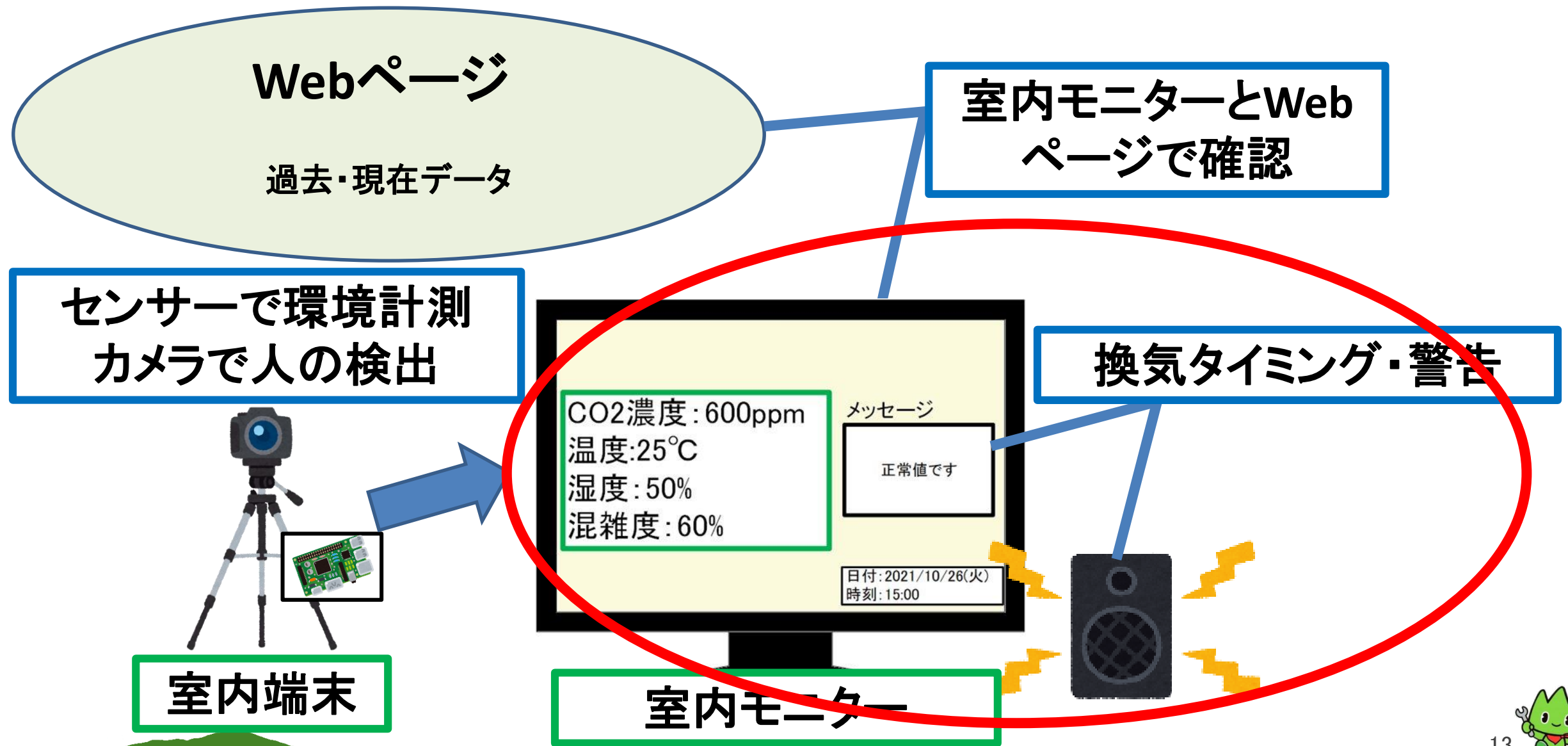
OpenPoseでの検出の様子

3. システム概要

3.3 混雑度

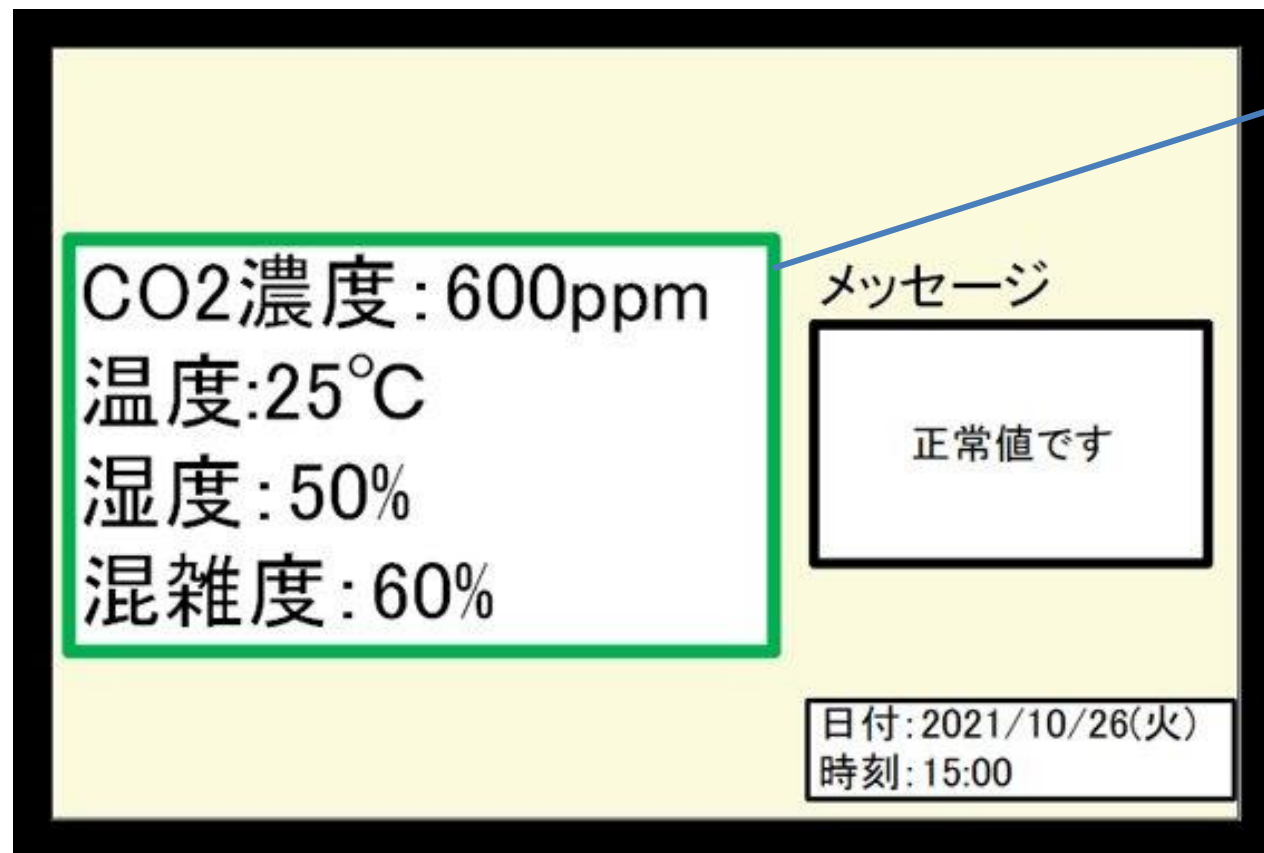


3. システム概要



3. システム概要

3.4 室内モニターについて



- ・ 環境データを表示
- ・ CO₂濃度によって枠線の色が変わる

CO ₂ 濃度(ppm)	色
1000未満	緑
1000～1499	黄
1500～1999	赤
2000以上	紫



3. システム概要

3.4 室内モニターについて

計測データの値によって変わる



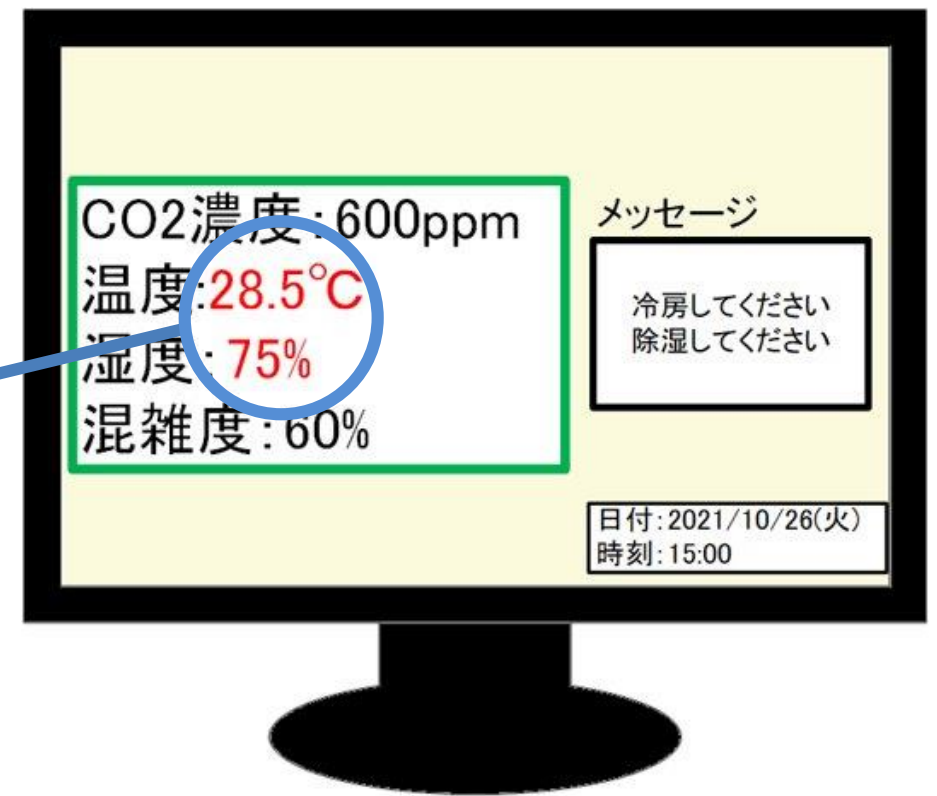
計測値	閾値	メッセージ
CO ₂ 濃度	1000～1999ppm	換気してください
	2000ppm～	今すぐ換気してください
温度	18度未満	暖房してください
	28度超過	冷房してください
湿度	40%未満	加湿してください
	70%超過	除湿してください
混雑度	100%超過	収容人数を超過しています



3. システム概要

3.4 室内モニターについて

閾値を超えた場合に文字色が変わり合わせて対応した音声による警告



項目	下限 (下回った時に青色の表記と警告)	上限 (上回った時に赤色の表記と警告)
CO ₂ 濃度	無し	1000ppm
温度	18℃	28℃
湿度	40%	70%
混雑度	無し	100%

3. システム概要

3.4 室内モニターについて

- (5) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律（ビル管理法）の空気環境の基準における居室における温度の下限値は 17℃となっているが、WHO(2018)等を踏まえ、18℃に改正すべきとの指摘がある（東ら(2018)）。

ビル管理法における空気環境の基準（抜粋）

二酸化炭素の含有率	100 万分の 1000 以下（=1000 ppm 以下）
温度	(1) 17℃以上 28℃以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
相対湿度	40%以上 70%以下

引用元：厚生労働省 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について

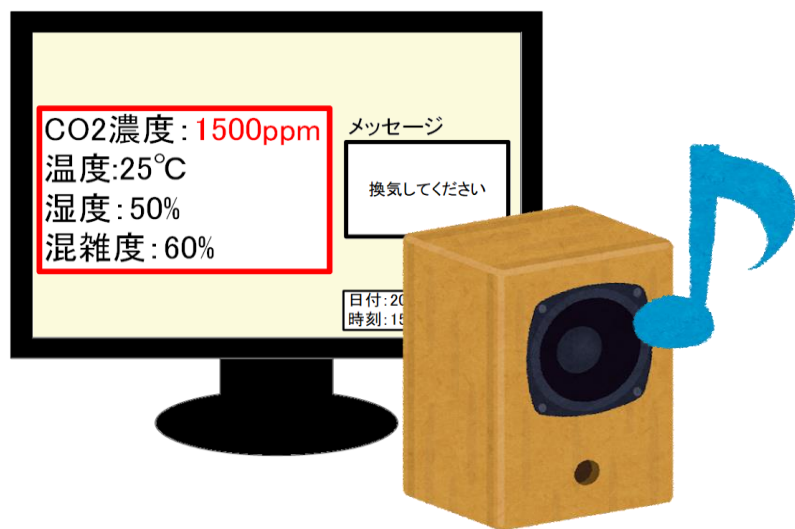
<https://www.mhlw.go.jp/content/000698866.pdf>



3. システム概要

3.5 音声について

15分ごとに判定を行い、環境値が基準値から離れている場合、警告音声を出す



読み上げソフト
VOICEVOX

警告する項目に応じて声の種類を変える

警告音声の順番
警告音声を出す前のアラーム音

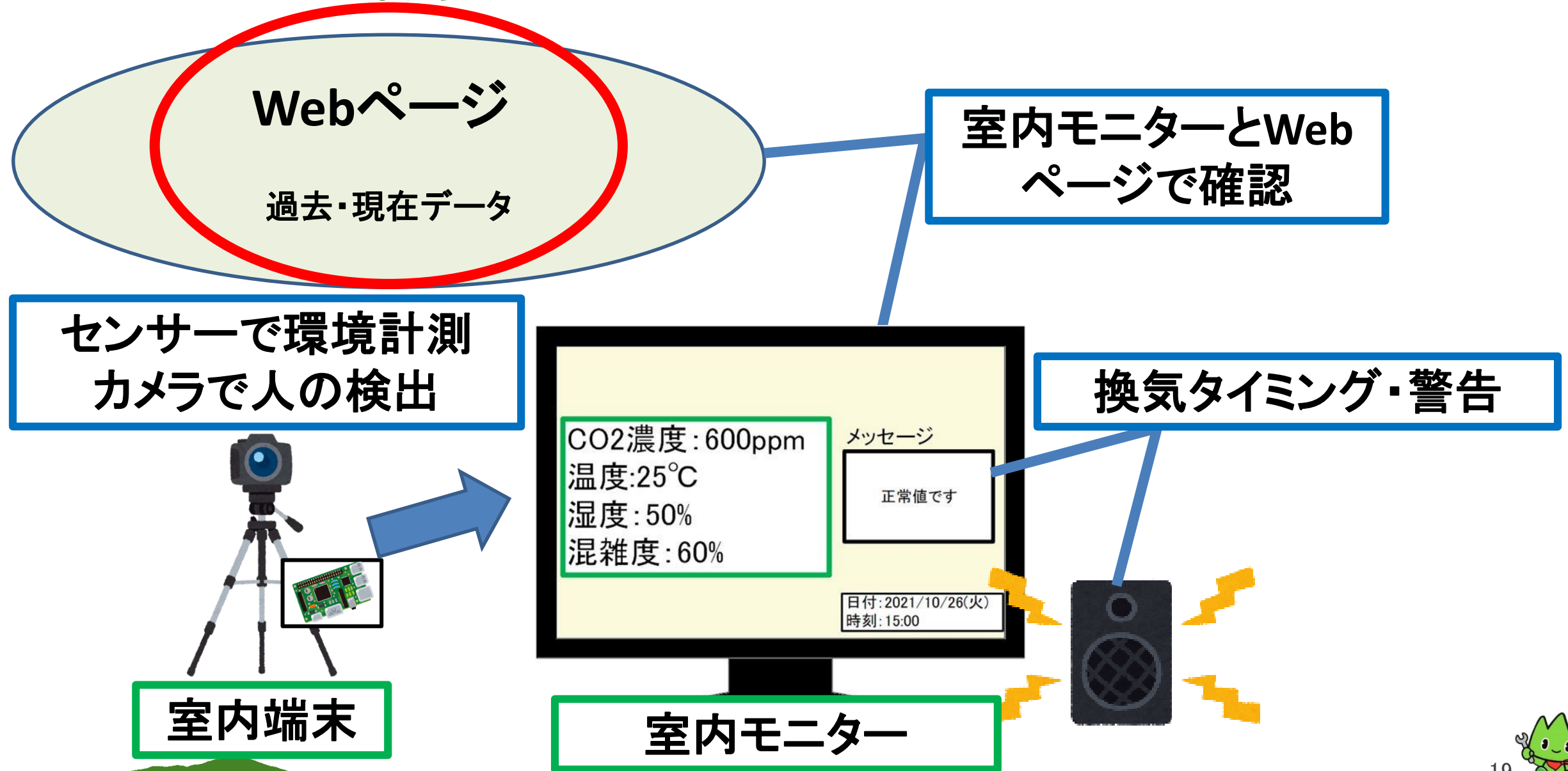


警告音声
CO₂濃度、気温、湿度、収容人数

<VOICEVOX使用音声>
雨晴はう、四国めたん
ずんだもん、春日部つむぎ



3. システム概要



3. システム概要

3.6 Webページ

現在の部屋環境



3. システム概要

3.6 Webページ

過去データの参照・ダウンロード

docomo 9:13 172.30.8.28 78%

データ保存履歴

期間選択

2022/01/17 00:00

2022/01/25 09:13

表示項目

☒ CO2濃度 ☒ 温度 ☒ 湿度 ☒ 混雑度

表示項目

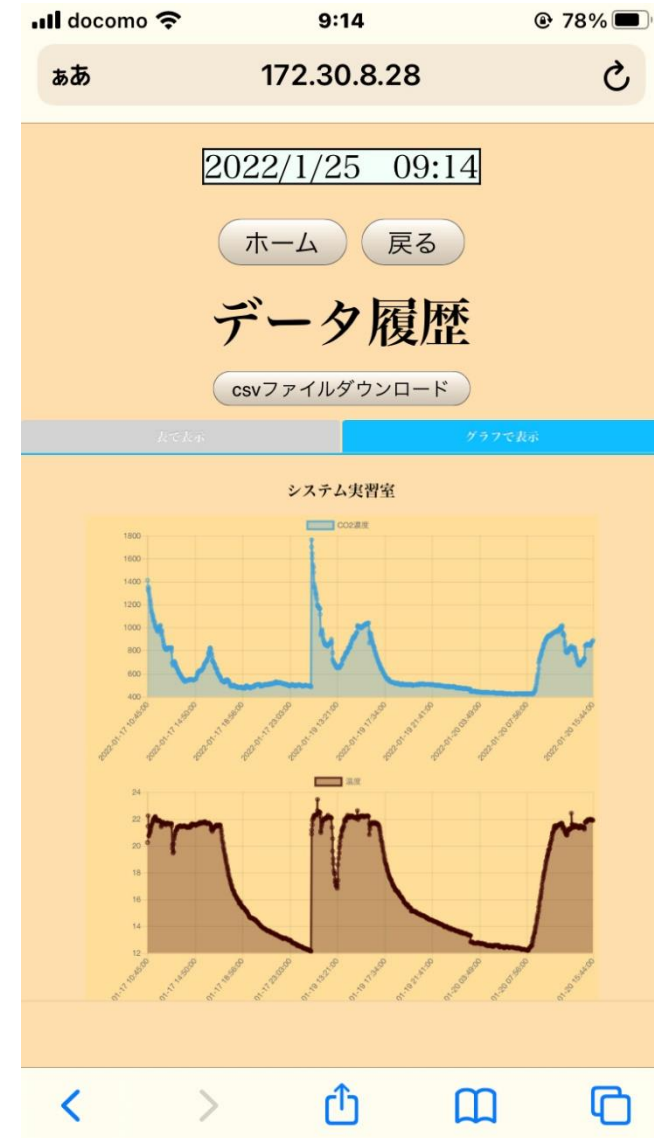
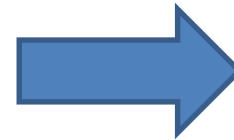
☒ CO2濃度 ☒ 温度 ☐ 湿度 ☒ 混雑度

表示する部屋

☒ システム実習室
☒ ソフトウェア実習室
☐ ハードウェア実習室

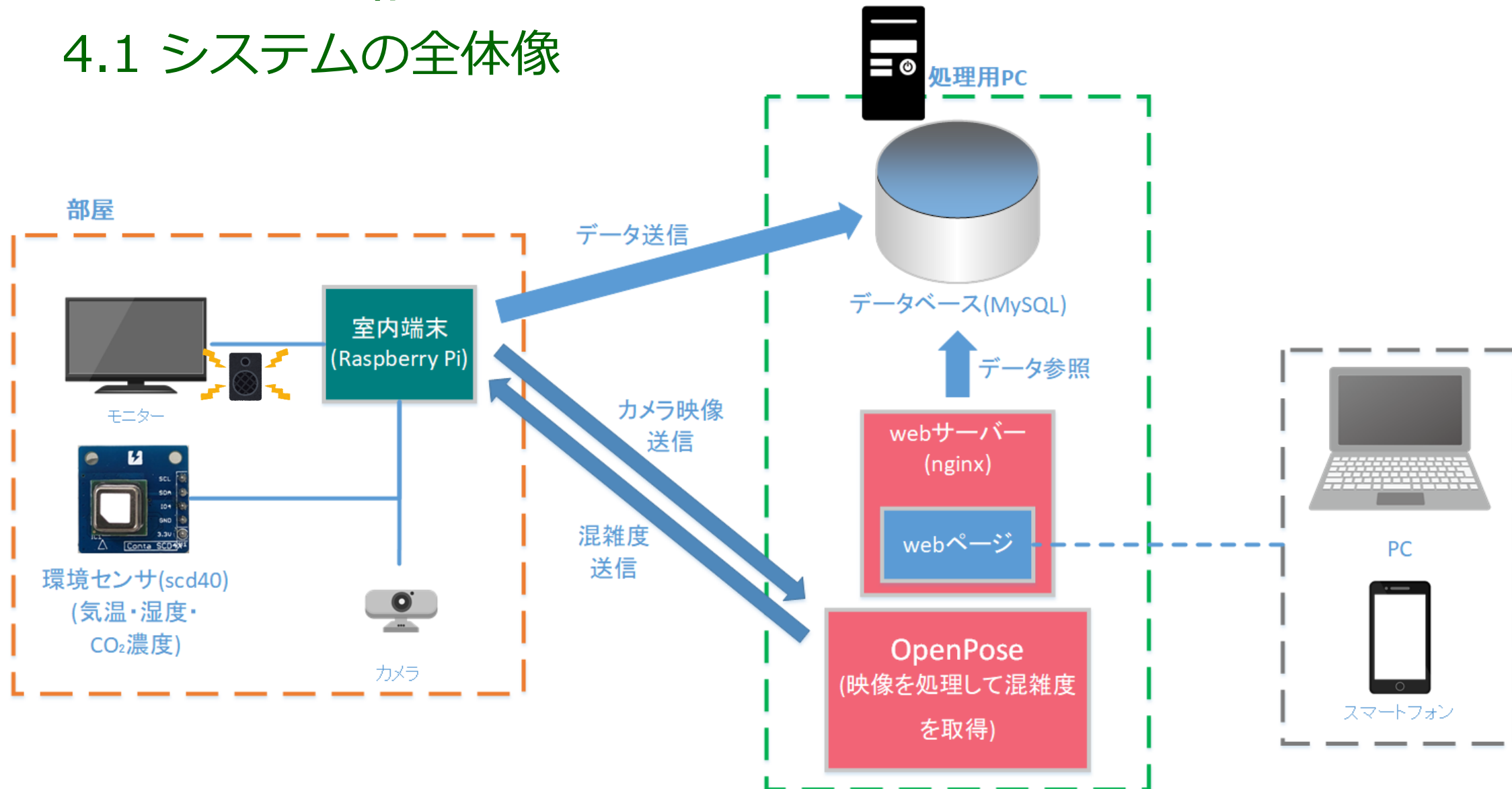
表示 csv出力

戻る



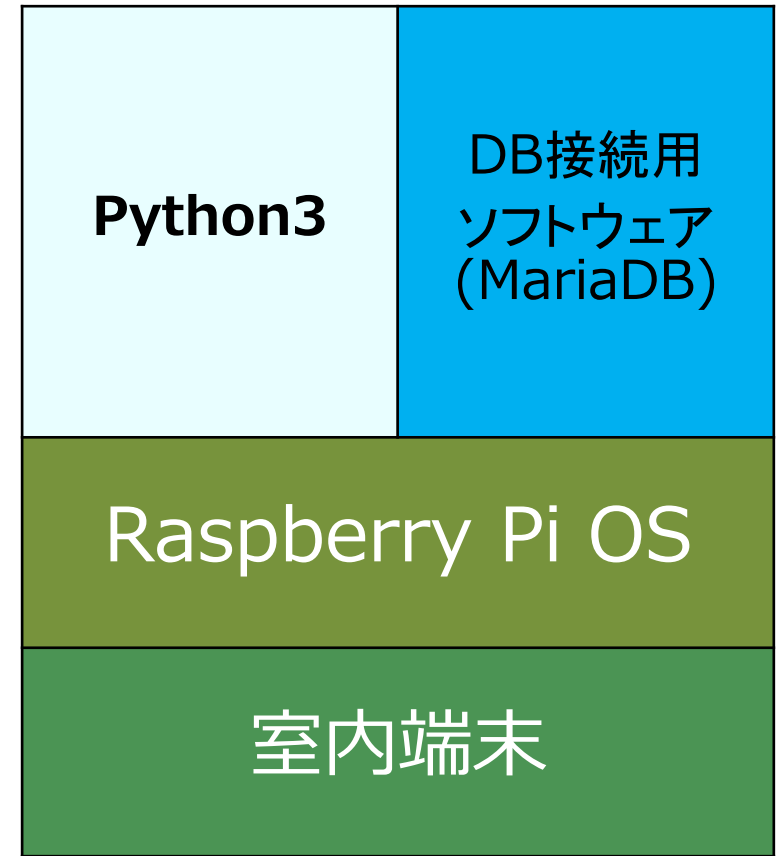
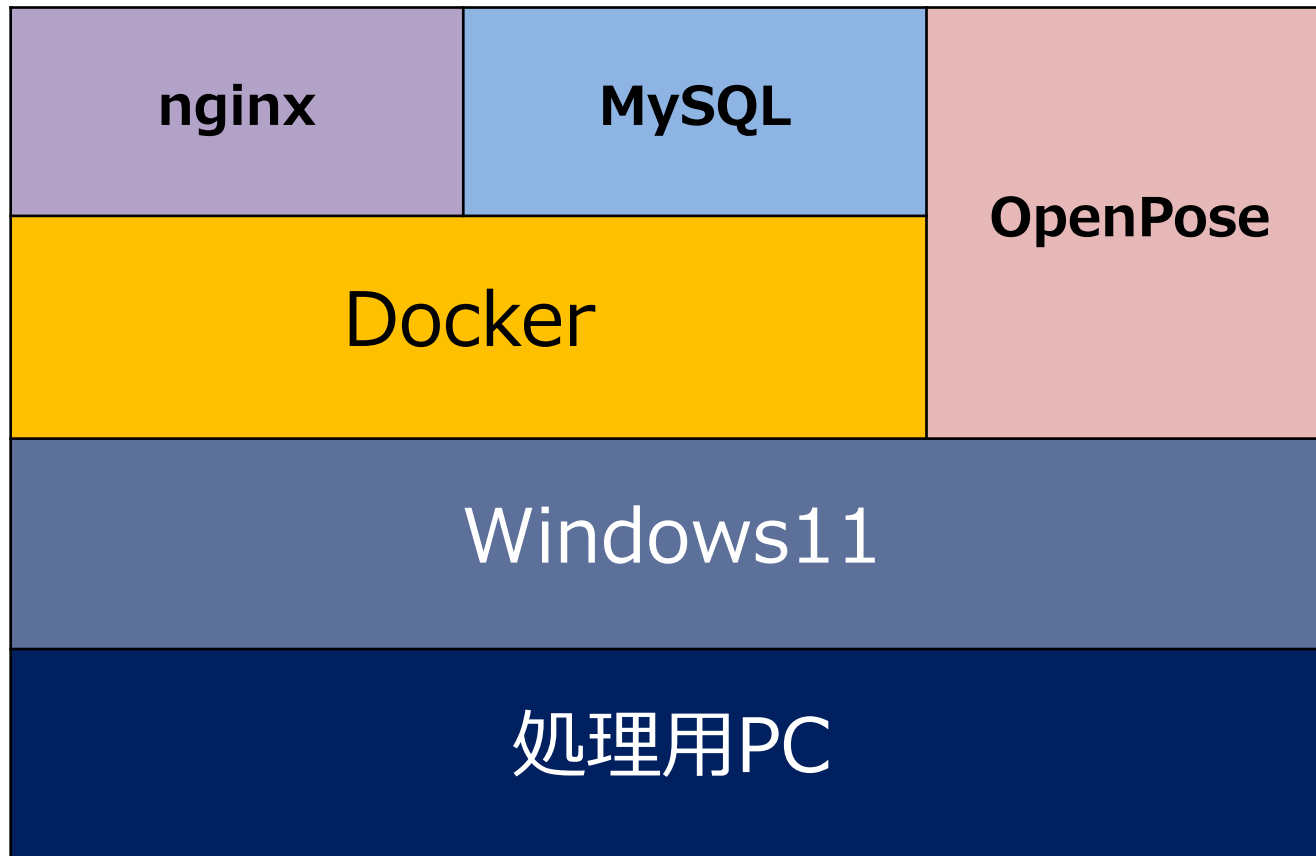
4. システム構成

4.1 システムの全体像



4. システム構成

4.2 ソフトウェア構成



4. システム構成

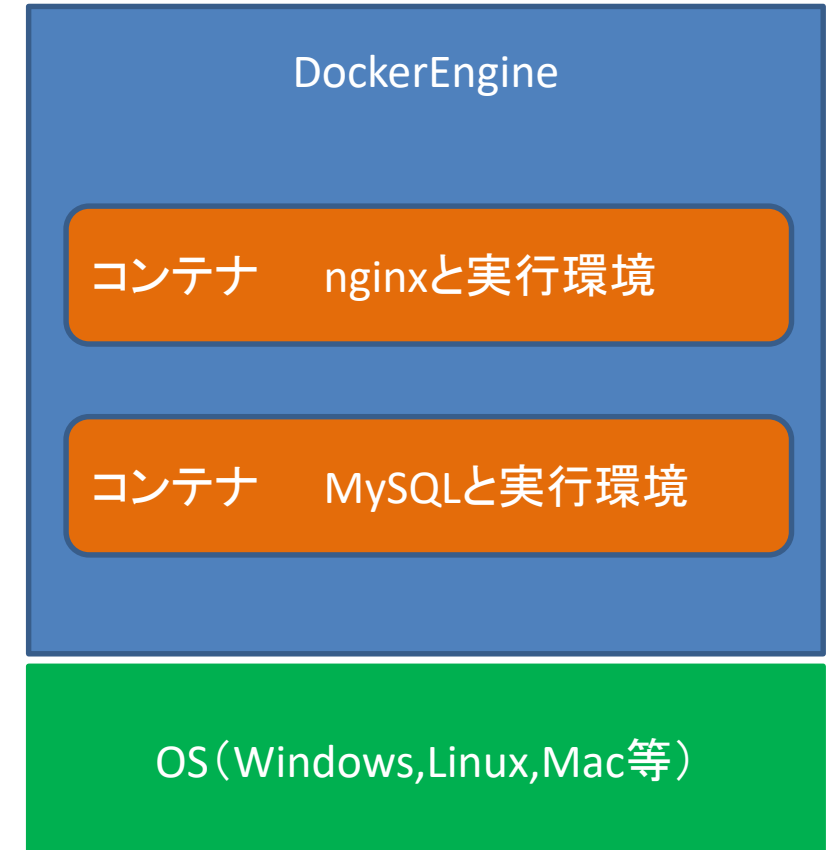
4.3 Dockerとは

コンテナ型の仮想プラットフォーム

使用したいアプリケーションと
その実行環境をまとめて管理



使用するアプリケーションに必要な
実行環境のみを管理するため軽量で高速
簡単に環境構築・実行することができる



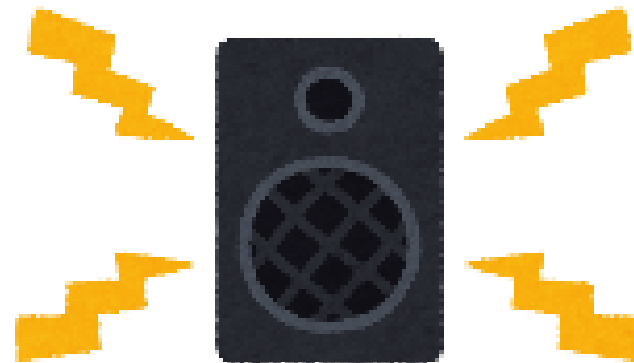
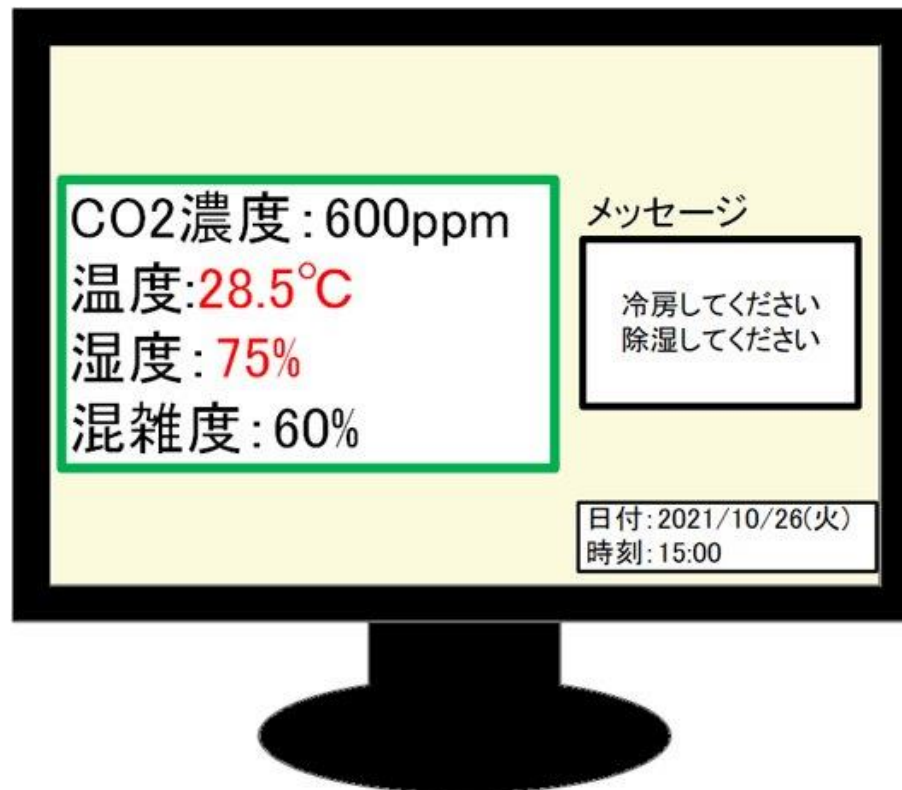
4. システム構成

4.5 コンピュータスペック

	OS	CPU	メモリ	GPU
処理用PC	Windows11	Intel core i5-9600k	64GB	RTX 2070 8GB
Raspberry Pi 4 Model B+	Raspberry Pi OS	Cortex-A72	4GB	VideoCore VI

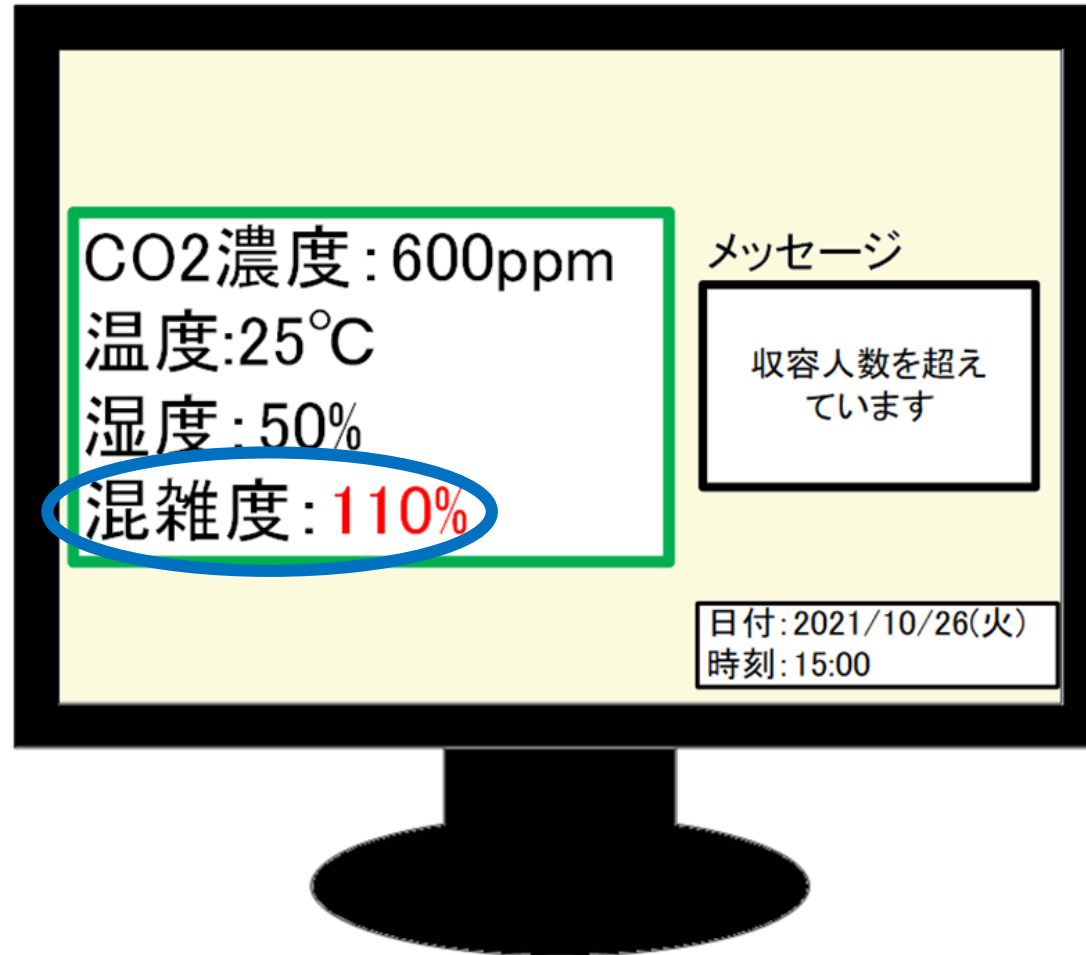
5. アピールポイント

- CO₂濃度の見える化による適切な換気タイミングの把握
- 適切な温度・湿度を保つことによる感染リスクの軽減



5. アピールポイント

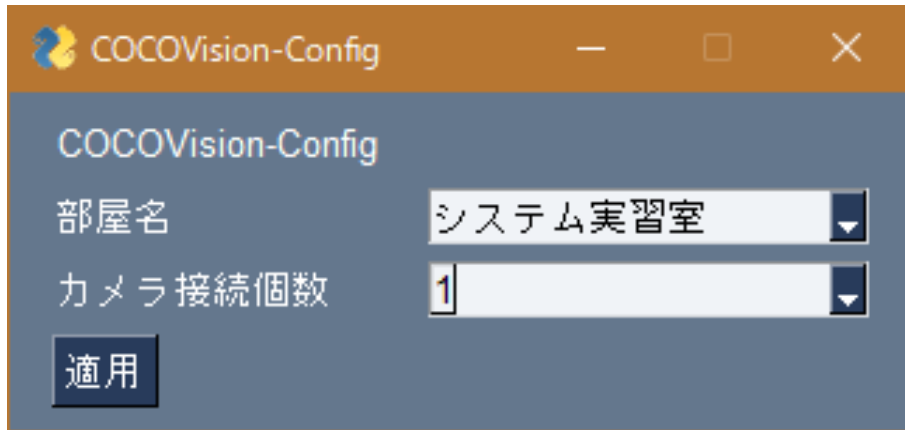
- OpenPoseによる混雑度の把握



5. アピールポイント

- 管理する部屋を容易に増やすことができる

専用のGUI画面から設定を行うことができ、
簡単に測定する部屋を追加することができる

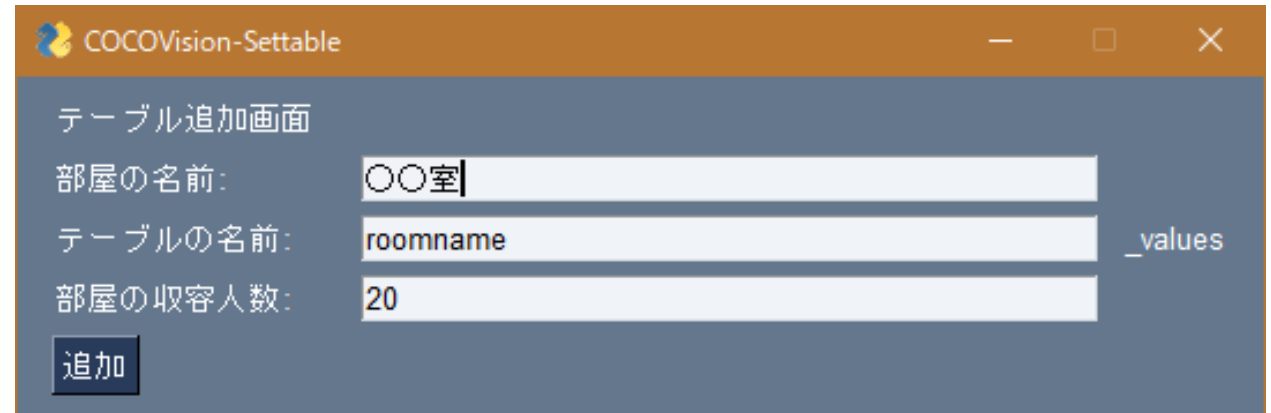


COCOVision-Config

部屋名 システム実習室

カメラ接続回数 1

適用



COCOVision-Settable

テーブル追加画面

部屋の名前: ○○室

テーブルの名前: roomname

部屋の収容人数: 20

追加

_values

5. アピールポイント

- 過去データを保存しているため別分野へのデータ活用が可能

データ保存履歴

期間選択

2022/02/01 00:00

.

.

.

2022/02/28 00:00

表示項目

☒ CO2濃度 ☒ 温度 ☒ 湿度 ☒ 混雑度

表示する部屋

☒ システム実習室 ☒ ソフトウェア実習室 ☒ ハードウェア実習室

表示

csv出力

システム実習室					
記録時間	CO2濃度	温度	湿度	混雑度	
2022/2/21 10:03	1605ppm	18.985°C	33.92%	null%	
2022/2/21 10:12	1634ppm	20.641°C	31.56%	null%	
2022/2/21 10:14	1640.21ppm	20.441°C	32.09%	null%	
2022/2/21 10:17	1660.38ppm	20.358°C	32.31%	null%	
2022/2/21 10:19	1676.04ppm	20.614°C	31.87%	null%	
2022/2/21 10:21	1686.41ppm	20.791°C	31.79%	null%	
2022/2/21 10:24	1701ppm	21.488°C	30.92%	null%	
2022/2/21 10:26	1732.38ppm	21.21°C	31.61%	null%	
2022/2/21 10:28	1745.95ppm	21.201°C	32.08%	null%	
2022/2/21 10:31	1732ppm	21.917°C	30.97%	null%	
2022/2/21 10:41	1781ppm	22.251°C	30.42%	null%	
2022/2/21 10:52	1557ppm	22.286°C	28.95%	null%	
2022/2/21 15:27	1116.7ppm	23.438°C	25.22%	null%	
2022/2/21 15:29	962.423ppm	23.183°C	24.85%	null%	
2022/2/21 15:31	949.462ppm	23.319°C	24.29%	null%	
2022/2/21 15:33	942.8ppm	23.341°C	24.25%	null%	
2022/2/21 15:35	941.654ppm	23.062°C	24.45%	null%	
2022/2/21 15:37	929.2ppm	23.227°C	23.95%	null%	



6. デモンストレーション

Webページ

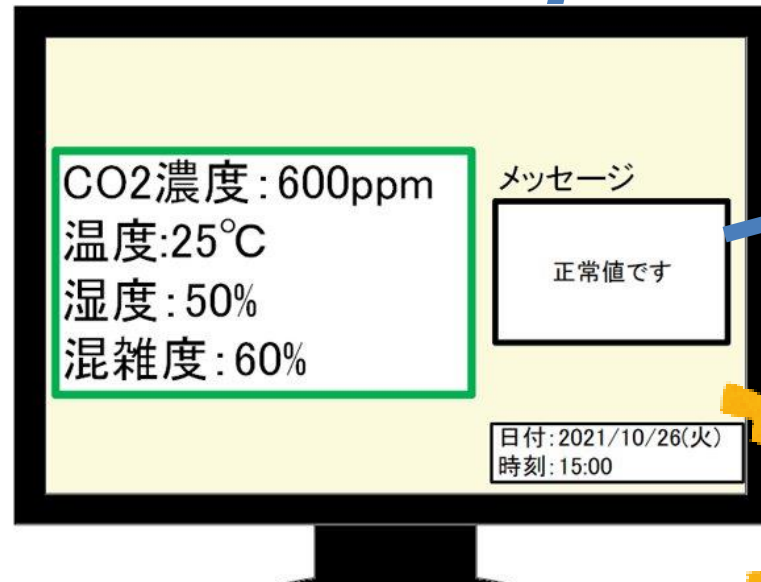
過去・現在データ

室内モニターとWeb
ページで確認

センサーで環境計測
カメラで人の検出

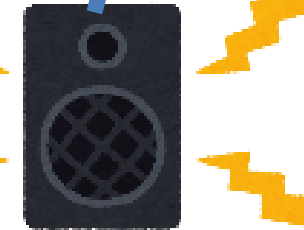


室内端末



室内モニター

換気タイミング・警告



7. まとめ

7.1 成果

1. 室内環境データを計測し、換気や空調管理が必要な際に室内にいる利用者に対して行動を促すことができた
2. カメラで人間の検出と人数を把握し、密な状況を検知、警告することができた
3. 各データを記録し、Webページと室内モニターで確認できるようにした

7. まとめ

7.2 今後の課題

1. 複数台のカメラの解析を行うことが出来なかった
カメラ映像の画質低下が見られた
解決案：ハードウェアの改善
処理用PC：メモリ容量の多いGPUを利用する
室内端末：Raspberry Piとは別にIPカメラを用意する
2. 物の裏などに隠れている人などは検出できない
解決案：複数の角度からカメラで映す
ただし、人のカウント方法を工夫する必要がある

7. まとめ

7.2 今後の課題

3. 混雑度に対する警告を増やす

追加案：人の位置関係を推定し、人が近すぎる場合の警告など

4. プログラムを終了・設定を変更する場合、キーボードでの操作が必要

解決案：終了・設定変更ボタンの追加

5. OpenPoseをDocker上で実行することで、システム構築の利便性向上

解決案：ドライバのバージョンを合わせて環境の再構築

光学式CO₂センサーの測定方法

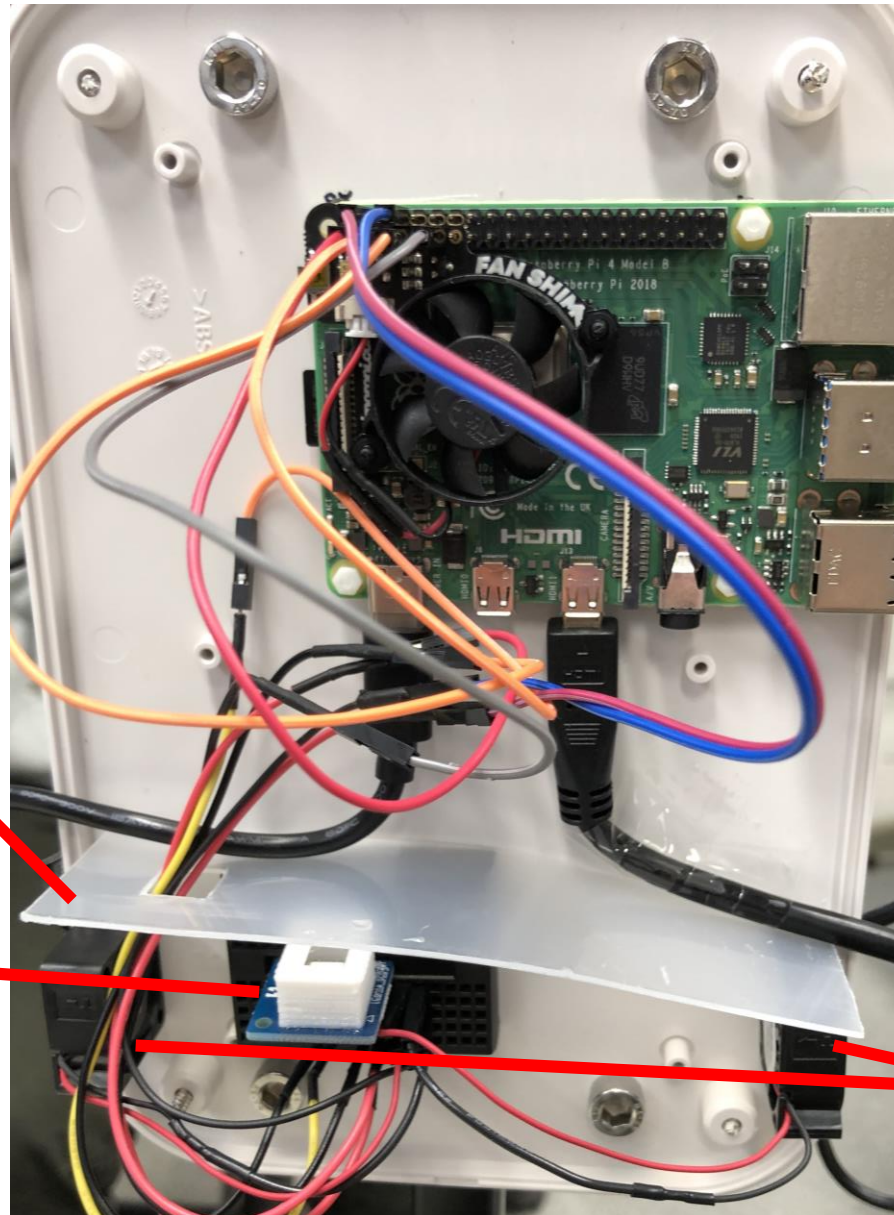
■ 非分散赤外線方式 NDIR (Non Dispersive Infra Red)

- ガス分子別に特定の波長光を吸収する特性を用いて赤外光の吸収率を測定し濃度を検知

■ 光音響方式(Photo-acoustic)

- ガス分子別に特定の波長光を吸収する特性を用いて赤外光で分子を暖め、膨張した際の振動波を測定し濃度を検知

ケースの中身



しきり (ラズパイと
ワイヤレスHDMIの熱
から隔離するため)

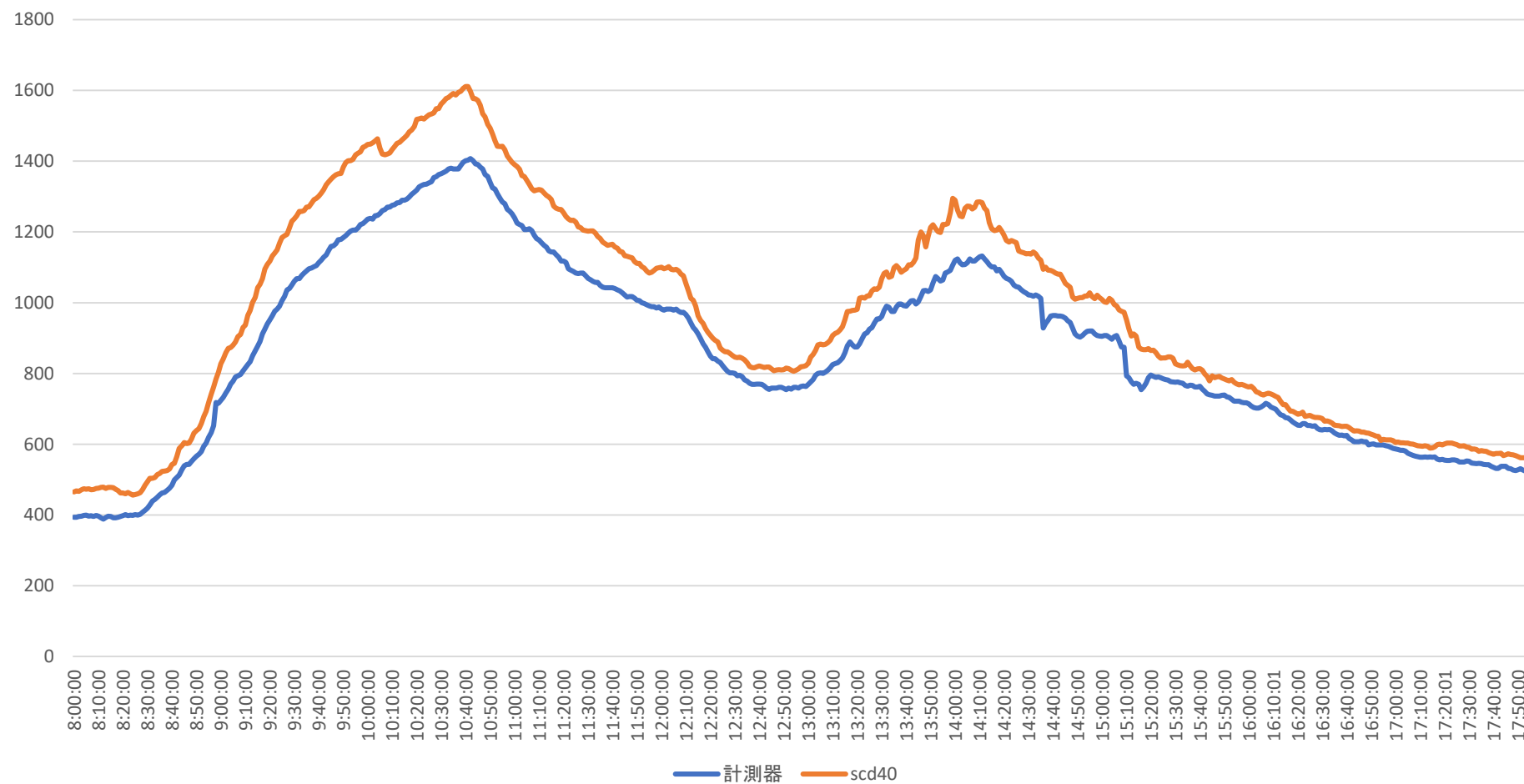
環境センサ(scd40)

Raspberry Pi 4
Model B

ファン(ケースの外の
空気を測定するため)



比較



基準値	
scd40	

↑
登校完了

↑
換気

↑ ↑
昼休み

↑
換気

↑
下校

誤差
最大:200ppm程度