

2022 年 3 月 8 日

実施報告書（抜粋版）

ホルトプラン合同会社

1. 実証実験課題名
風向検出センサによる、空間の流れ把握の実測試験
2. 実証実験実施期間
2022 年 1 月 19 日～2022 年 2 月 28 日
3. 実証実験実施場所
ATC ITM 棟 6F TEQS 内廊下、Port、セントラルアトリウム
4. 実証実験実施内容
ここ 2 年間、社会に重大な影響を与えている新型コロナウイルス感染症（COVID-19）。日本では飛沫感染が重要視されているが、空気感染（エアロゾル感染）することが明らかとなっており、厚生労働省からも 2021 年 4 月 7 日付で通達が発出されている。一方で、飲食店やライブハウスなどでは、ウイルス対策の換気装置や殺菌装置を導入したもの、設置位置や空調・換気の運用が適切か、十分なエビデンスを得られないままで居る。 一方で、脱炭素社会実現に向けた改革は、待ったなしの状態に来ており、対策を進める必要がある。建物の消費エネルギーの約 3 割は空調機器、いわゆる HVAC（heating, ventilating, air conditioning）によるものとされ、これらのエネルギー消費コストを下げる手法として、気流の最適化や PMV 値による制御が研究されている。 しかし、部屋などの空間の空気が、どのように流れているかを可視化するには、1）煙や浮遊体を使う方法、2）レーザー方式の流体計測センサを使う方法、3）CFD（computational fluid dynamics）によるシミュレーションを用いて行う方法、4）スケールモデルを作り風洞で試験する方法などがある。これら方法には、対象の空間の状況が反映しにくい、多様な条件に合わせた分析には時間がかかる、数値化に手間を要する、解析コストが高額になるなど、気軽に実施するにはハードルが高い。これ以外の方法でも、風速センサを多点で置く方法もあり得るが、風向が得られる品が存在せず、センサ自体も安価ではなかった。 なお、スパコン富岳でシミュレーションとして公表されている空気流れの解析は、CFD によるものである。高解像度の 3D シミュレーションを行うには、スーパーコンピュータ（HPC: High Performance Computer）が必要になる。 我々は、安価な 3D 風向センサと、従来の 1/10 のコストおよび大きさを実現した PMV センサを開発している。これらを使い、多点で空間の環境分布を計測し、感染症対策および脱炭素社会対策に寄与する。 建物内の気流計測を、当社の 3D 風向センサおよび、多点計測システム(SG-Vine、SUWA)を用いて計測する。これにより、脱炭素社会に対応するための、空調機運転最適化に向けた空間気流把握技術の検証を目的に行った。 実施手段は第 1 手段と、第 2 手段の 2 方法を検討していた。

第1手法： メッシュ状に固定配置したセンサの値を収取し、後日解析する。

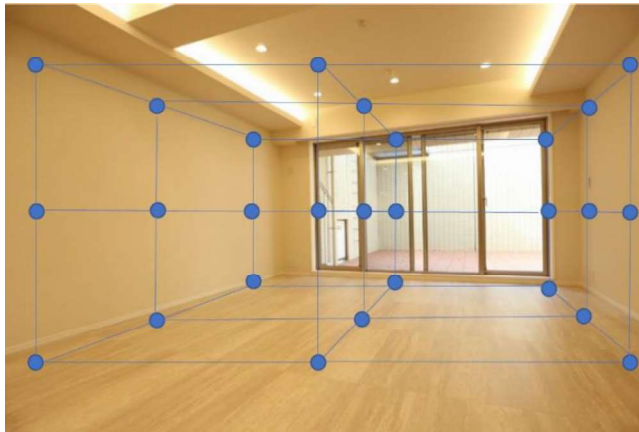


図1：第1手法 青丸のポイントにセンサが置かれるイメージ

第2手法： 支柱にセンサを置き、移動→計測→移動 を繰り返し、空間の環境分布を計測する。

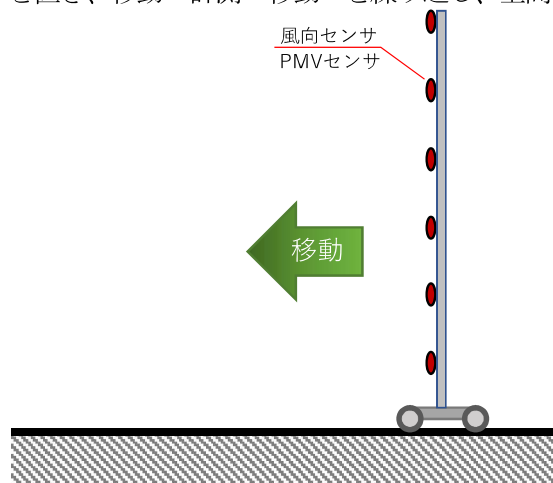


図2：移動式多点計測装置

当初はメッシュ状に固定したセンサ群で計測を予定していたが(第1手法)、機動性が悪く、準備・撤収に手間を要すという問題があった。このため、まずは台車に高さ別のセンサを配置し移動しながら計測を行う、移動式多点計測装置を作成して用いた(第2手法)。

5. 実証実験検証結果

センサは、床面から0.5m、1m、2m、3m、4mの高さに設置した。
計測は、2022年1月19日の、ATCの2Fセントラルアトリウムで、夜の18時から20時の間に行った。
セントラルアトリウムは、2F～12Fまでの吹き抜け構造となっている。

測定したポイントは、図3のとおり。

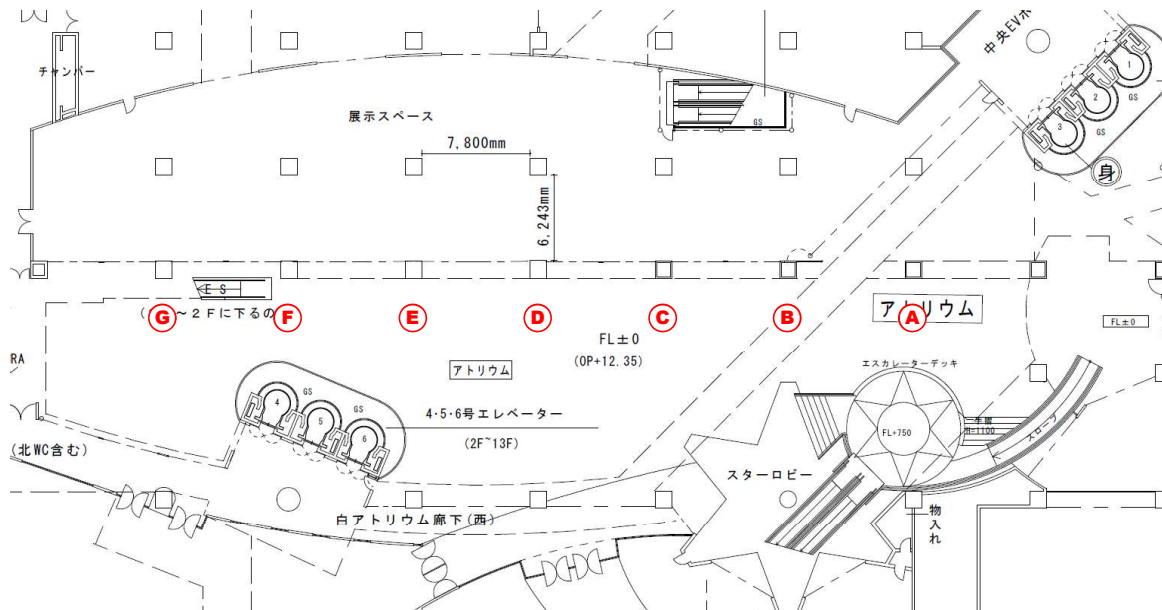


図3: 測定ポイントAからGの順に計測

1ポイントあたりの計測所用時間は、4分～5分間とした。

風向(方位)と廊下の方向関係は図4、および風向(俯角)と天地の関係は、図5のようになる。

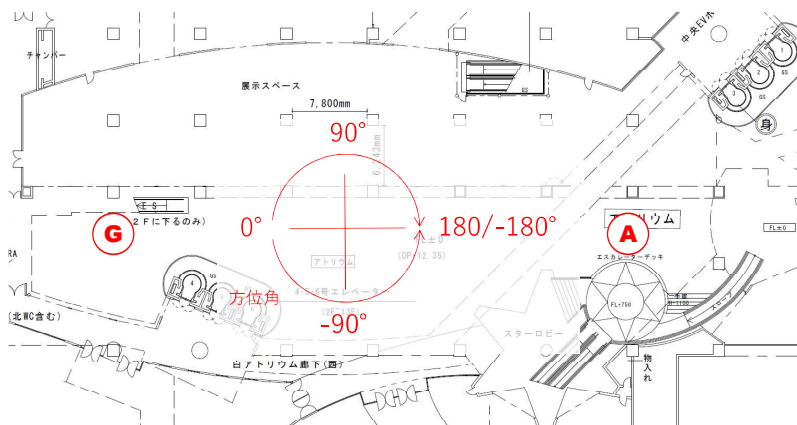


図4: 風向(方位)の関係図。

左から風が吹くと0°、右から風が吹くと180°/-180°付近の値を示す。

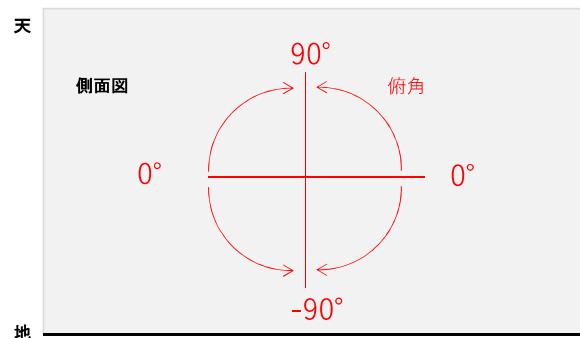


図 5： 方位(俯角)の関係図。
上から風が吹くと＋、下から風が吹くと－の値を示す。

計測結果は、表 1 および表 2 のとおり。

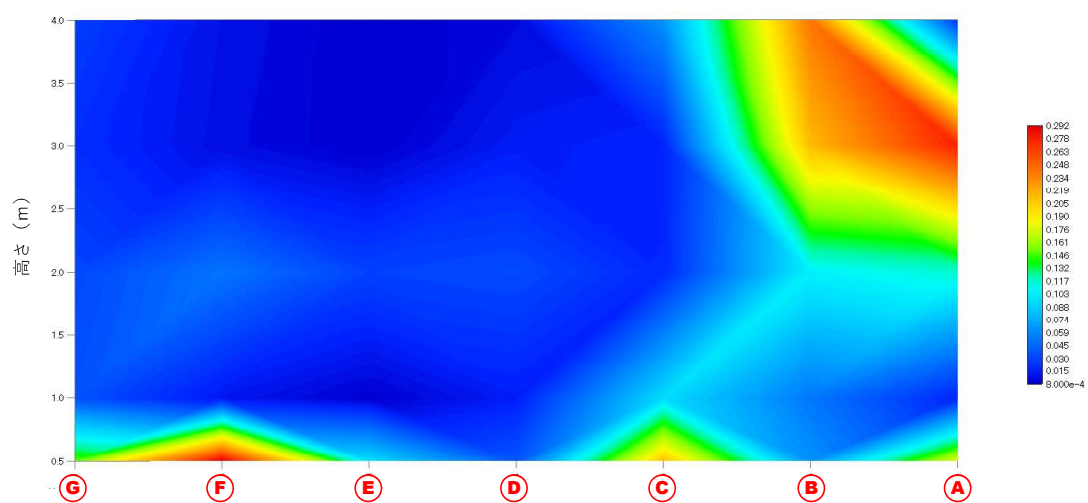
表 1： 風向および風速の計測結果

	ポイントG			ポイントF			ポイントE			ポイントD			ポイントC			ポイントB			ポイントA		
項目	風速	方位	俯角	風速	方位	俯角	風速	方位	俯角	風速	方位	俯角	風速	方位	俯角	風速	方位	俯角	風速	方位	俯角
単位	m/s.	°	°	m/s.	°	°	m/s.	°	°	m/s.	°	°	m/s.	°	°	m/s.	°	°	m/s.	°	°
4m	0.028	-95.5	20.5	0.009	63.9	11.4	0.001	149.8	15.6	0.006	-70.8	3.7	0.063	-0.2	12.2	0.241	72.8	20.2	0.025	-76.8	8.8
3m	0.021	-4.5	47.9	0.008	107.2	1.6	0.001	-176.1	-24.4	0.014	115.5	-0.6	0.017	-38.6	3.9	0.212	-19.3	8.3	0.276	-66.4	-0.6
2m	0.032	163.9	16.9	0.051	165.3	9.0	0.030	170.1	11.8	0.034	166.8	15.3	0.019	104.6	-2.8	0.105	-53.5	21.6	0.116	-90.6	-5.3
1m	0.036	-84.9	11.3	0.012	58.9	41.4	0.002	-173.7	21.9	0.015	141.4	16.9	0.095	145.4	12.1	0.053	18.6	32.2	0.018	159.0	17.0
0.5m	0.150	-37.2	-9.7	0.292	-40.1	-4.8	0.097	17.0	-15.6	0.038	-24.3	-4.0	0.209	169.5	7.7	0.063	62.7	-4.7	0.177	-165.1	1.3

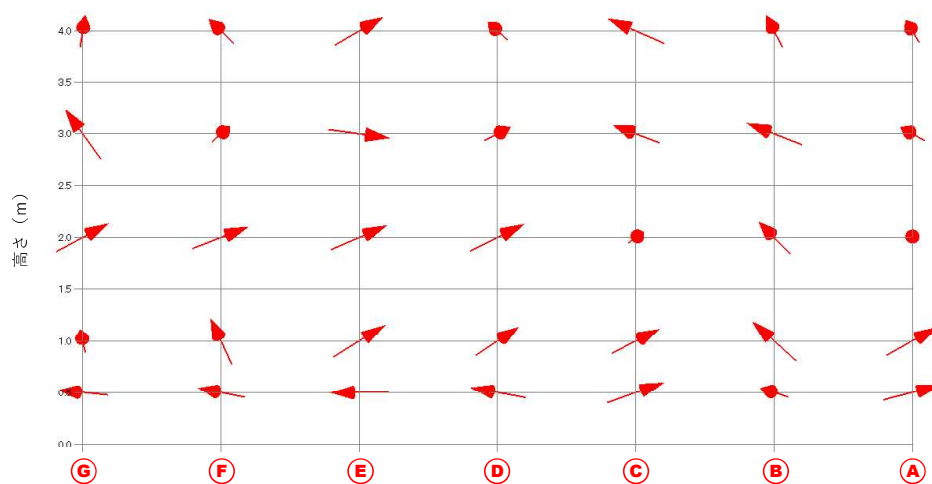
表 2： 温湿度・PMV の計測結果

	ポイントG			ポイントF			ポイントE			ポイントD			ポイントC			ポイントB			ポイントA		
項目	気温	湿度	PMV	気温	湿度	PMV	気温	湿度	PMV	気温	湿度	PMV	気温	湿度	PMV	気温	湿度	PMV	気温	湿度	PMV
単位	°C	%RH		°C	%RH		°C	%RH		°C	%RH		°C	%RH		°C	%RH		°C	%RH	
4m	16.35	32.14	-1.97	16.45	31.16	-1.88	16.97	30.23	-1.81	16.61	31.35	-1.84	17.48	29.50	-1.56	18.33	28.25	-1.77	18.61	28.10	-1.35
3m	16.14	32.04	-2.02	16.48	31.15	-1.82	16.42	31.51	-1.94	16.71	30.95	-1.69	17.04	30.45	-1.69	17.82	28.93	-1.96	17.30	29.93	-2.06
2m	15.74	32.74	-2.09	16.03	32.08	-1.96	16.21	31.85	-1.92	16.20	31.98	-1.80	16.64	31.32	-1.78	16.99	30.20	-1.84	16.73	31.33	-1.84
1m	14.61	35.18	-2.21	15.28	33.83	-2.09	16.04	32.37	-1.98	16.18	32.24	-1.97	16.51	31.55	-1.88	16.29	32.07	-1.89	16.64	31.38	-1.76
0.5m	13.93	36.19	-2.62	13.76	36.49	-2.68	14.67	34.80	-2.11	15.29	33.86	-2.07	16.40	31.56	-2.10	16.01	32.59	-1.95	16.49	31.33	-1.94

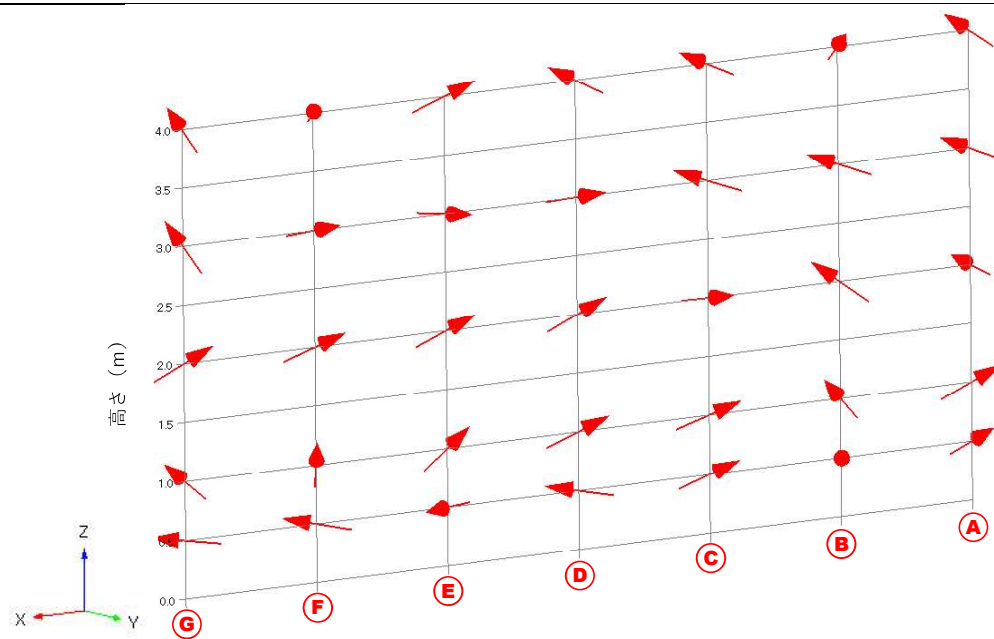
風速の分布(コンター図)をグラフ 1 に、3D 風向の分布(ベクトル図)をグラフ 2、グラフ 3 に示す。



グラフ 1 : 風速分布(m/s,)



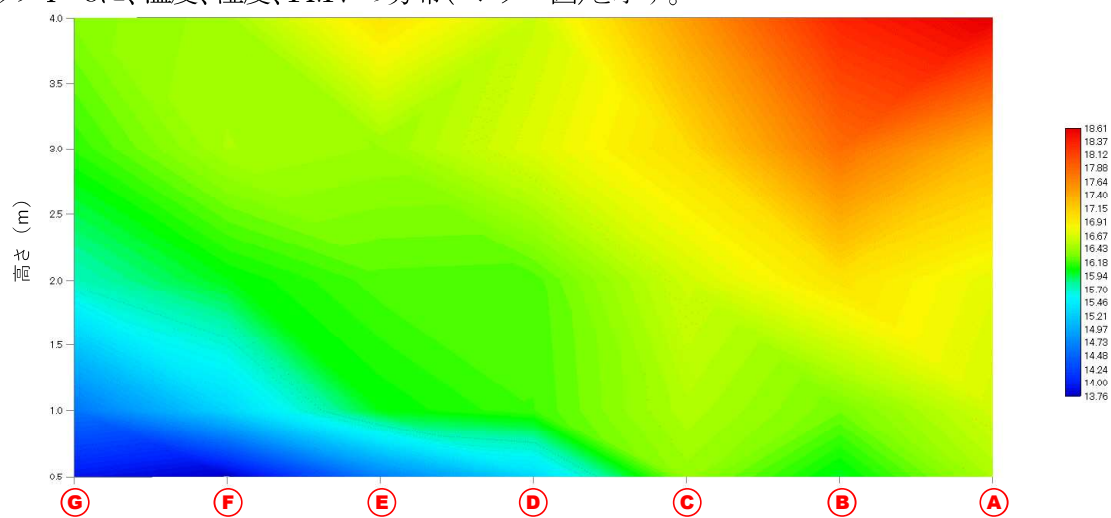
グラフ 2 : 風向分布
矢印は、風上側を示す



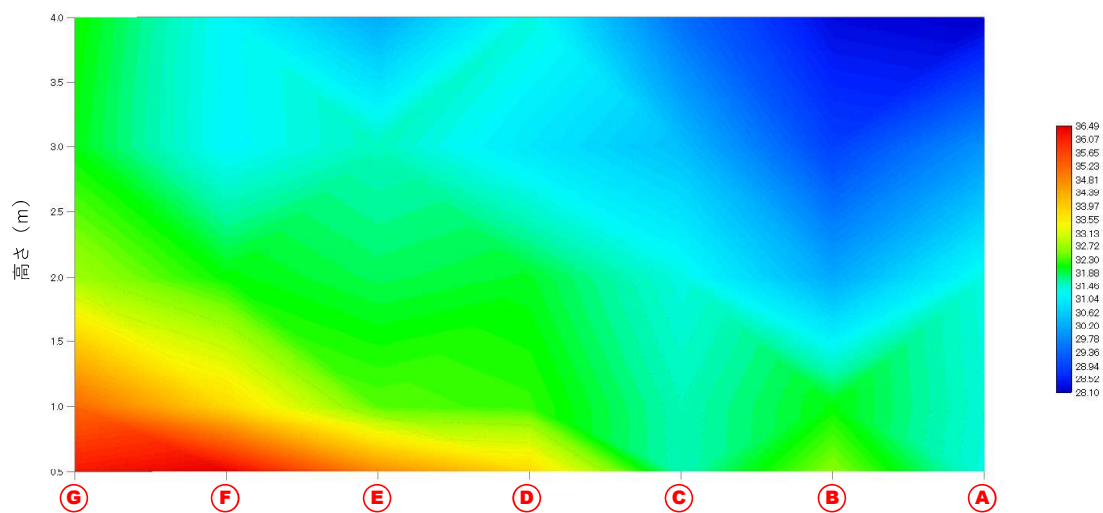
グラフ3: 風向分布(斜め上方視野)
矢印は、風上側を示す

ほぼ、水平流であるが、G(北側壁面)に近づくにしたがって、上方からの風が現れる。
また、G(北側壁面)に近づくにしたがって、地面近くの風速値が大きくなる。
A 地点、B 地点の高い位置の風速値が高いのは、ダクトがあるため

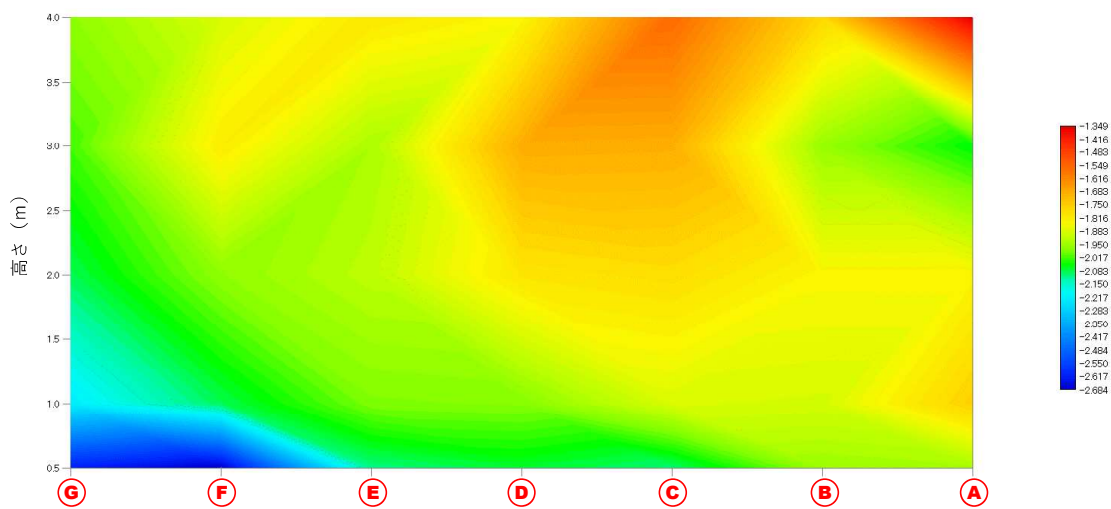
グラフ4～6に、温度、湿度、PMV の分布(コンター図)を示す。



グラフ4 温度分布(°C)



グラフ 5 湿度分布(%RH)



グラフ 6: PMV 分布

Gの北側壁面に近づくにしたがって、温熱環境は悪くなり、寒さが強い環境になる。特に床面近くは非常に寒い環境となっている。

気温と、人間が感じる温冷感(PMV)とは、異なることが、このグラフからも判る。

気温と湿度の分布は、数値の高低の反転はあるものの、似た分布を示しており、風速の影響により冷温感に影響が出ているものと推察される。

本試験によって、風向風速も含めた、空間の環境分布可視化が実現できることが証明できた。今回は、1軸の移動で計測したため、2次元分布となった。しかし、計測装置を2次元移動で計測を行えば、3次元分布の計測が可能になる。

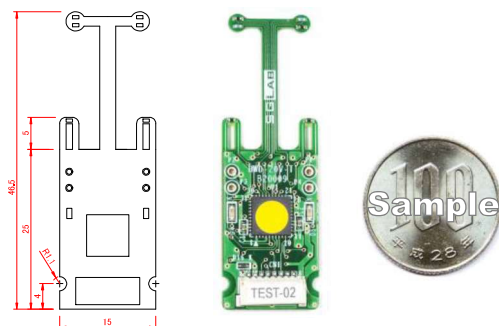
移動式多点計測装置は、大阪市立大学特命教授 中尾正喜教授から助言を頂いて製作した。

参考資料:

(1) 使用機材やシステム概要等の説明

●使用センサ(3D 風向センサ: HWD-20V-ONE-T)

微風3D風向・風速センサー 垂直設置型 HWD-20V-ONE-T



世界最小クラスの3D風向センサー

- 小型・軽量・低コスト・高耐久性
- 3次元風向と風速値を同時検出
- 方位・俯角出力と、XYZ軸ベクトル値の出力
- シリアル通信出力
- 風向は1m/s.以下の風速域で利用可能
- 風速は、0.00-10.00m/s.の範囲
- 垂直設置対応化し、さらに小型化

特許6413179, PAT.P

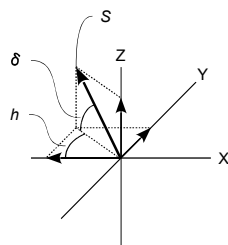
気流可視化デバイス

世界最小※の、3D 風向・風速センサ

※弊社調べ

測定原理から特許取得

ZEB研究でも利用



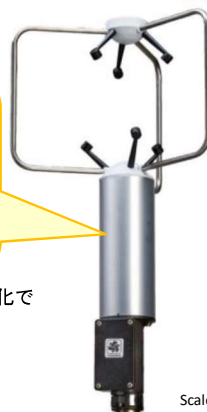
気流可視化デバイス

他社従来品

570(H) mm × Φ320mm
1.7kg

●49万円～

研究機関での気流可視化で
使われる品



HortPlanのセンサ

Size: 15(W) X 10 (D) X 46.5(H)mm
About 10g

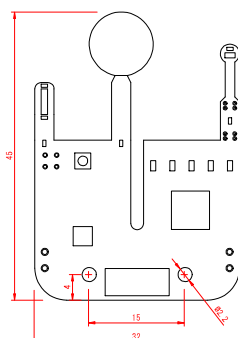
サイズ: **1/20**

コスト: **1/15~1/150**

Scale 50mm 100mm 200mm

- 使用センサ (PMV センサ: PMV-20-ONE)

快適性 (PMV) センサーモジュール PMV-20-ONE



小型のPMV/WBGTセンサモジュール

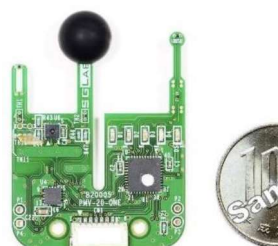
- 小型・軽量
- 温湿度センサー・風速センサー・輻射熱センサー搭載
- 絶対湿度、露点温度、湿球温度を算出
- 検出部は10mm黒球を使用、容積は15cm球の1%
- 風速は、0.0～20.0 m/s.の測定範囲
- 150mm黒球換算値を出力
- シリアル通信出力
- 快適性指標 (PMV) と、暑さ指数 (WBGT) を算出

※JIS B7922 クラス1.5相当の計測能力を持ちますが、黒球サイズが規格外となります。

快適性の可視化

世界最小※の、快適性センサ

※弊社調べ



快適性で空調 **15%～40%** の省エネ化

快適性の可視化

他社従来品
130(W) X 410(H) mm
600g以上
約**65万円**

研究・仮設で
使われる品



HortPlanのセンサ

32(W) X 10 (D) X 45(H)mm
20g

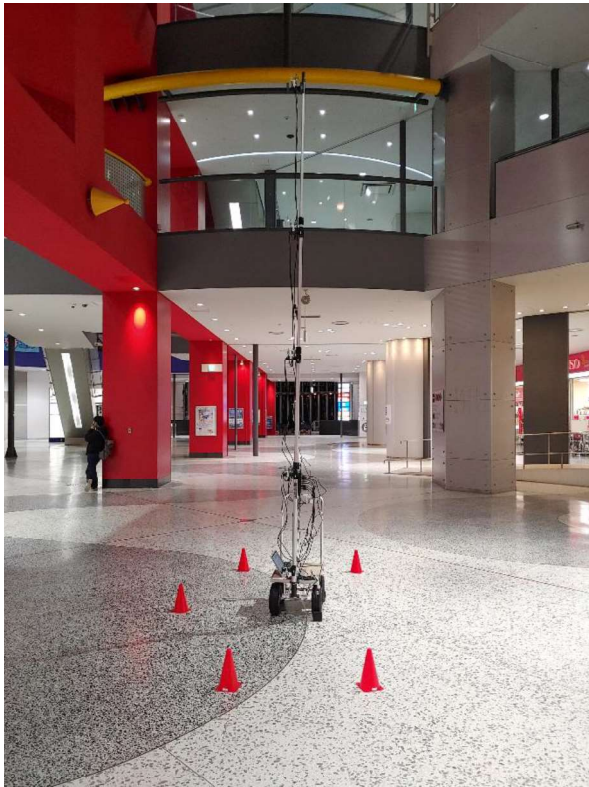
サイズ: **1/10**

コスト: **1/17～1/100**

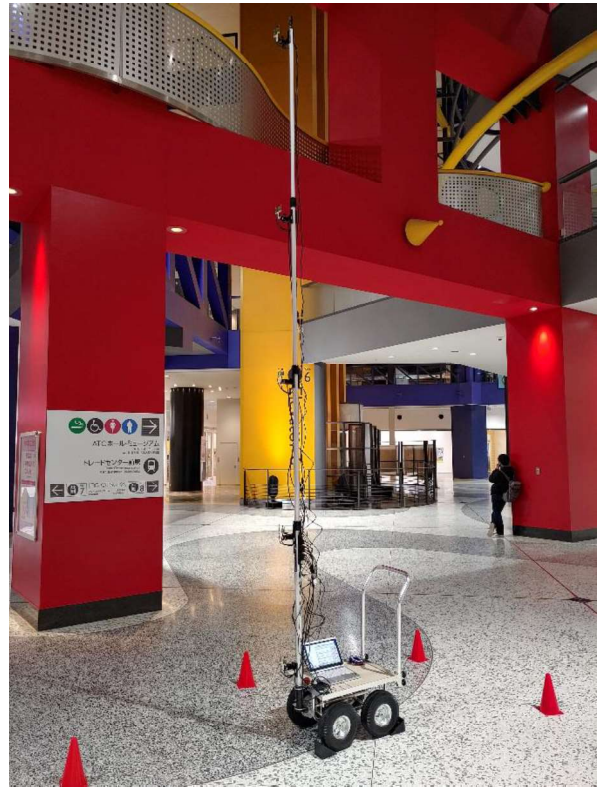
Scale 50mm 100mm 200mm



(2) 実施中の写真 等



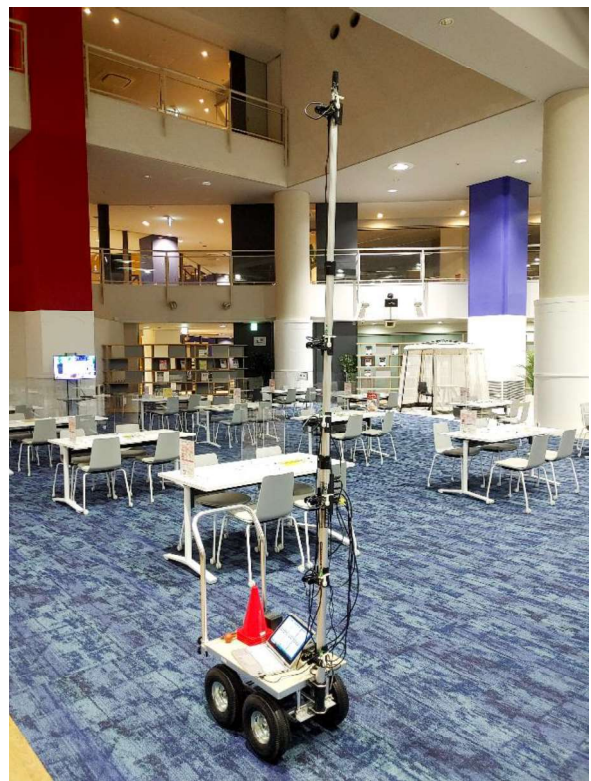
計測中の様子



計測中の様子



Port 前でのプレ試験



Port でのプレ試験



TEQS 廊下でのプレ試験