

タスク域空調を目的とした床吹出口の開発と気流性状の測定

その 2 旋回強度と圧力損失に着目した改良

DEVELOPMENT OF FLOOR MOUNTED AIR DIFFUSER FOR TASK SPACE AIR-CONDITIONING AND MEASUREMENT OF AIRFLOW CHARACTERISTIC

Part 2 Improvement for Stronger Swirling Flow and Lower Pressure Loss

村江行忠*¹, 伊藤優*², 鈴木孝彦*², 岡本隆司*³, 三浦寿幸*⁴
Yukitada MURAE, Yu ITO, Takahiko SUZUKI, Takashi OKAMOTO and Toshiyuki MIURA

This paper is the outline of experiment on improved floor mounted air diffuser for task space air-conditioning. The experiment was conducted for floor mounted air diffuser improved for stronger swirling flow, and improved in order to make Lower Pressure Loss.

The results are following that,

- 1) Near the air diffuser, the flow of central axis direction is dominant.
- 2) Degree of attenuation changes with strength of swirling flow.
- 3) Strong swirling flow is more effective in draught prevention.
- 4) It's more effective of energy saving for non-swirl vane.

Keywords : Office, Indoor environment control, Task-ambient, Floor mounted air diffuser, Airflow characteristic
オフィス, 環境制御, タスク・アンビエント, 床吹出口, 気流特性

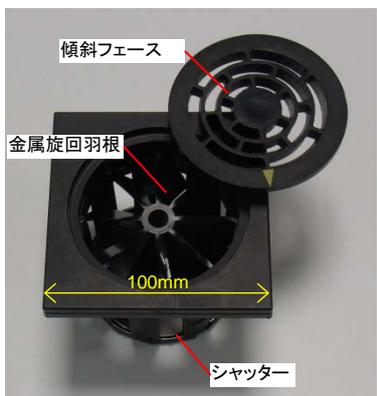
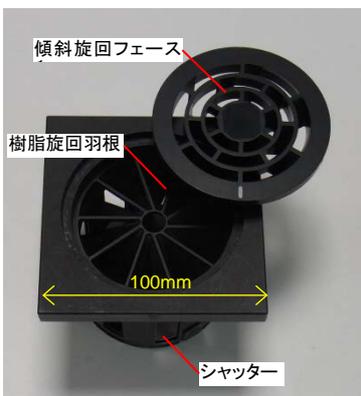
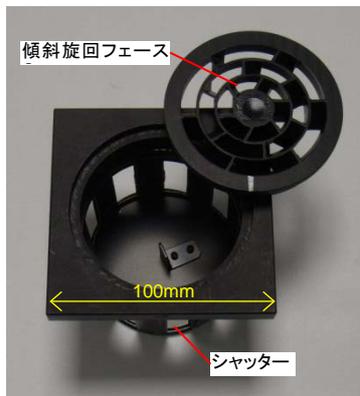
1. はじめに

近年、ネットゼロエネルギービル（ZEB）の実現に向けた取り組み、CO₂ 排出量の削減、節電対策など省エネルギー対策への要求が急速に高まりつつある。その中でオフィス環境においては、省エネルギーなどを目的としてタスク域とアンビエント域を分けて環境を制御する手法（タスク・アンビエントシステム）が注目されている。タスク・アンビエントシステムについては照明分野においては古くから取り組みがなされてきているが、上記のような省エネ

ギー化への要求の高まりとともに、空調分野においても、アンビエント（全体）空調とタスク空調とを別々に行う手法が注目されてきている。

上記背景のもと、既報^{1, 2, 3)}ではタスク空調用の床吹出口に関して、旋回する吹出気流（以下、旋回流）によるドラフト感軽減の可能性を示した。本報では、旋回強度と圧力損失に着目して、さらに改良を重ねて試作したタスク空調用床吹出口の気流特性についての実験概要を報告する。

表 - 1 吹出口の概要

吹出口 1（初期型）	吹出口 2（強旋回型）	吹出口 3（低圧損型）
		
開口面積：0.0025m ²	開口面積：0.0025m ²	開口面積：0.0033m ²
圧力損失：29Pa（40CMH） （フェースのみ：26Pa）	圧力損失：62Pa（40CMH） （フェースのみ：46Pa）	圧力損失：26Pa（40CMH）

*1 戸田建設開発センター 工学修士

*2 戸田建設開発センター 修士（工学）

*3 戸田建設設備設計部

*4 筑波技術大学 博士（工学）

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Equipment Design Department, TODA CORPORATION.

Tsukuba University of Technology, Dr.Eng.

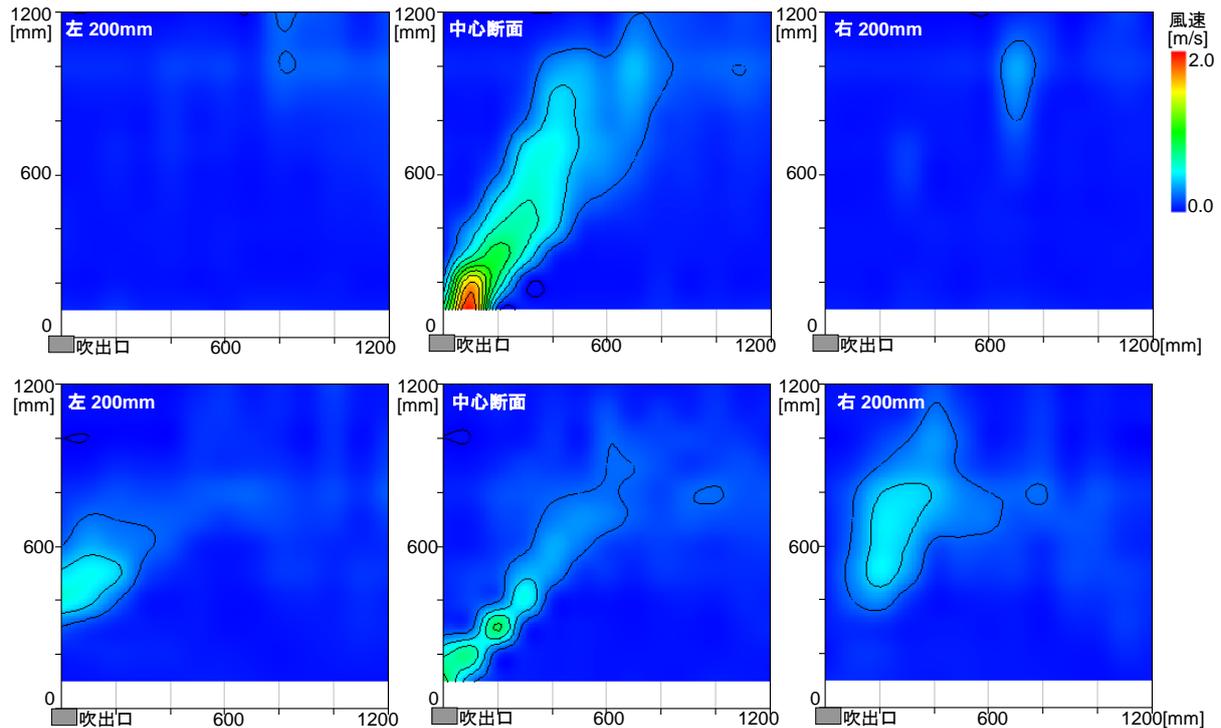


図 - 1 速度プロフィル (上：吹出口 1，下：吹出口 2)

2. 吹出口の概要と基本特性

2.1 吹出口の特徴

吹出口の概要を表 - 1 に示す. 既報 (前掲) では, 旋回流を作り出す金属製の旋回羽根と, 流れに方向性を与える傾斜フェースを組み合わせた初期型床吹出口 (以下, 吹出口 1) について報告した. しかしながら, 金属板の打抜きによる旋回羽根の羽根面積が小さいこと, 旋回羽根の後に通過する傾斜フェースにより旋回が弱くなっていることが考えられた. そこで旋回羽根を樹脂成形として羽根面積を大きくするとともに, フェース自体にも旋回に沿った傾斜 (傾斜旋回フェース 1) とする改良を行い, 強旋回型吹出口 (以下, 吹出口 2) とした. さらに, 吹出口 2 では圧力損失が大きいことから, 旋回羽根を用いずに傾斜旋回流を発生することを目的に開口面積を大きくするよう改良を加えたフェース (傾斜旋回フェース 2) を用いた低圧損型の吹出口 (以下, 吹出口 3) を試作した.

2.2 吹出口の基本特性

吹出口の基本特性として, 吹出口 1 と 2 について 100mm メッシュで測定した吹出気流の速度プロフィルを図-1 に示す. 測定条件は何れも風量が $40\text{m}^3/\text{h}$, 吹出温度差 (Δt) は 6°C である.

初期型の吹出口 1 では吹出し直後の風速が速く到達距離が長い, 強旋回型の吹出口 2 は吹出し直後の風速が遅く到達距離が短い. さらに吹出口 2 では左右への拡散も確認できており, ドラフト感が軽減できることが期待できる. また, 吹出角度も異なっていた.

表 - 2 実験条件

項目	条件等
実験室	設定室温: 28°C (暖房)
吹出気流	吹出温度: 18°C (冷房), 吹出風量: $40\text{m}^3/\text{h}$
風速測定	無指向熱線式風速計×2 (KANOMAX 6541-01)
風量測定	風量測定器 (コーナー札幌)

表 - 3 実験ケース

ケース	吹出口	フェース	旋回羽根
CASE-1	吹出口 1	傾斜フェース	金属
CASE-2		傾斜フェース	なし
CASE-3	吹出口 2	傾斜旋回フェース 1	樹脂
CASE-4		傾斜旋回フェース 1	なし
CASE-5	吹出口 3	傾斜旋回フェース 2	なし

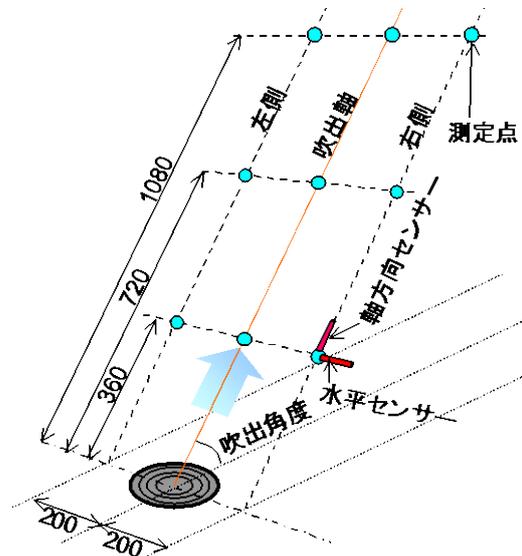


図 - 2 測定状況

3. 気流特性に関する実験

3.1 実験概要

実験条件、実験ケースを表 - 2, 3 に、測定状況を図 - 2, 写真 - 1 に示す。吹出気流の測定に関してはこれまでの実験により、条件によって吹出角度が変わるため、固定したメッシュ状の測定点では、必ずしも吹出気流を代表する点での評価が出来ないことと、無指向性の風速センサーであってもセンサーに平行する流れに対する感度が劣るため、複雑な旋回流の特徴を十分に評価出来ないことが考えられた。そこで本実験においては、条件ごとに可視化により吹出軸を目視で求めて水系にてマーキング（写真 - 2）し、その吹出軸上の距離 360, 720, 1080mm とそれぞれの左右 200mm の 9 点を測定点とした。風速センサーについては水平方向の他に、上記の吹出軸に平行する方向にも設置し、2 台同時に 1 秒間隔で 60 秒間測定した。

なお、吹出温度差はドラフトへのリスクを考慮し、最大温度差を想定した 10℃とした。

実験ケースとしては、表 - 3 に示す通り、吹出口 1, 吹出口 2 については、それぞれのフェースだけの条件を加えた 5 ケースについて比較した。

3.2 実験結果

写真 - 2 に気流可視化による吹出軸マーキング状況、図 - 3 に毎秒の測定値における水平センサーと軸方向センサーとの比較、図 - 4 に吹出口からの距離^{註1}と速度比^{註2}の関係、図 - 5 ~ 8 に距離ごとの平均風速（水平・軸方向）、乱流強度⁴⁾註³、半澤らによる予測不快者率⁵⁾註⁴を示す。

水平センサーと軸方向センサーについては、CASE-1 を除くと風速が速い場合、すなわち吹出口に近い場合に、水平センサーのほうがやや風速が速くなっていた。これは吹出口直近の中心では軸方向の流れが支配的であるためと思われた。その他については、基本的には両者に相関性が見られ、また、図 - 5 と図 - 6 が同様の傾向であることから、水平センサーだけでも十分評価可能であると判断し、以下は水平センサーによる結果を用いて考察する。

吹出口からの距離と速度比との関係（図 - 4）を見ると強旋回型の吹出口 2（CASE-3, 4）とその他のケースで異なる減衰傾向を示した。平均風速（図 - 5, 6）を見ると CASE-3, 4, 5 の距離 360mm の中心での風速が小さいかわりに、左右の風速が CASE-1, 2 に比べて大きいことから、旋回流により拡散しているものと考えられた。

乱流強度（図 - 7）はいずれのケースも吹出軸に比べて左右のほうが大きく、吹出し気流外周部では気流が乱れた状態であることを示している。また、CASE-3, 4, 5 では左右が非対称になっていた。予測不快者率（図 - 8）は、平均風速と同様の傾向であった。本報では示していないが、温度分布については各ケースで大きな差が無いため、予測不快者率に対しては風速が支配的となる。したがって、旋

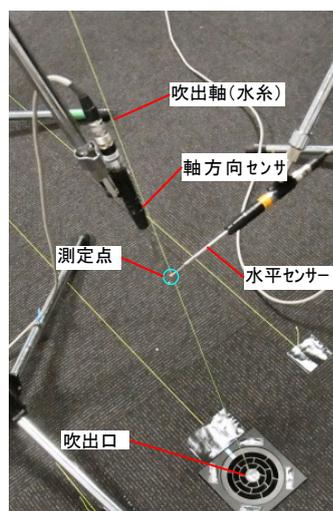


写真 - 1 測定状況

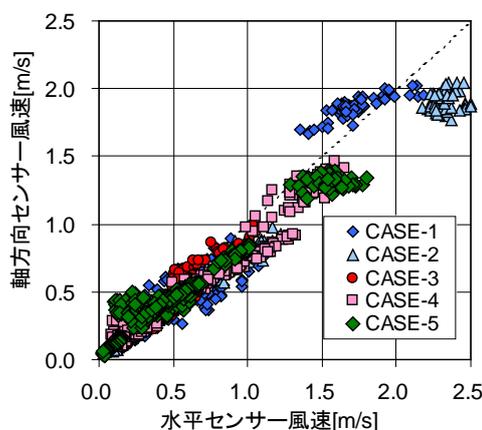


図 - 3 風速センサー方向の比較

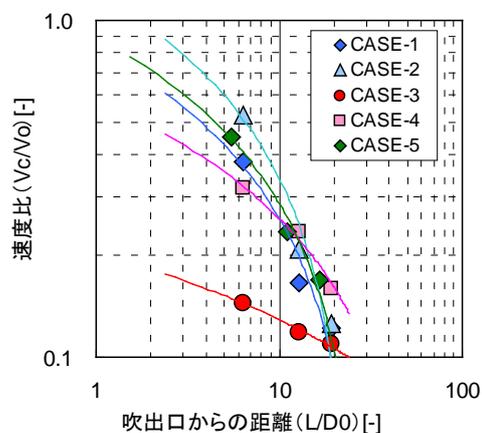


図 - 4 吹出口からの距離と速度比の関係

回流による風速の減衰と拡散による効果が期待できる。

最も旋回が強いと思われる CASE-3 では距離に関わらず 20%以下と低い不快者率であった。一方、旋回要素の無い、CASE-2 の吹出軸上の気流については、他と比べて吹出口の直近（距離 360mm）の風速が速く、乱流強度も小さかった。また、40%を超える不快者率となっていた。何れの吹出口も風向や風量を変えてドラフトを回避できる機構を有しているが、上記のことより、旋回流がドラフトの軽減に有効であることが示唆された。

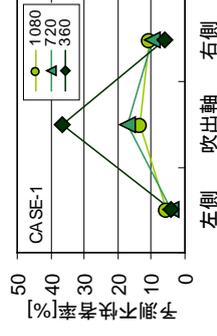
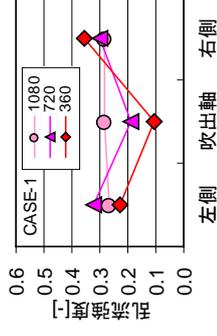
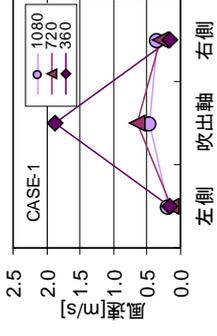
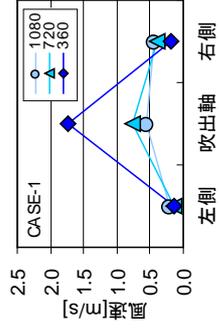
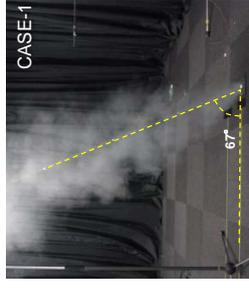
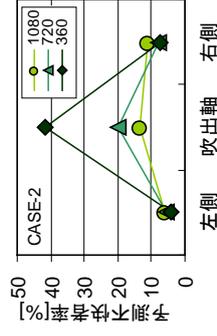
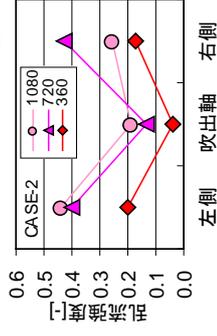
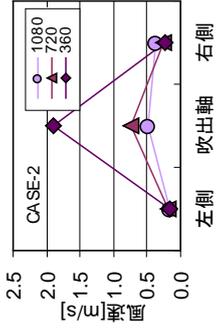
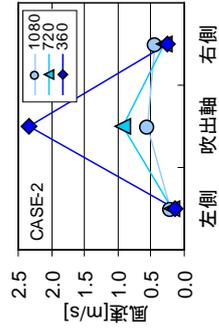
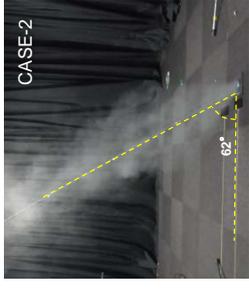
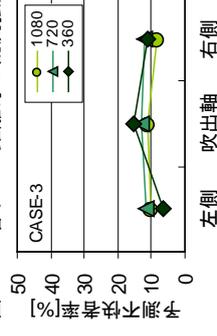
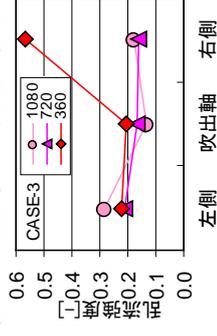
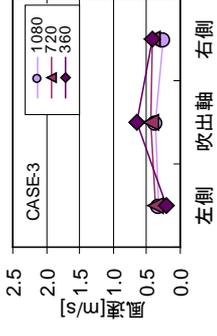
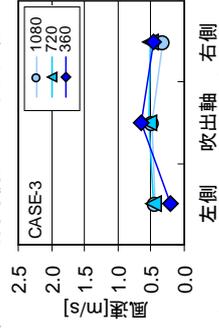
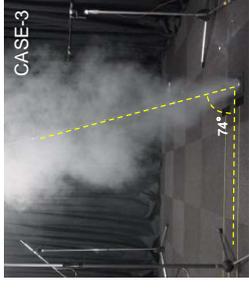
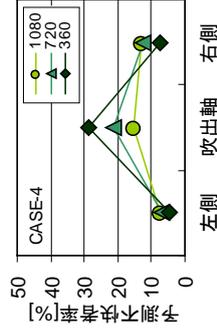
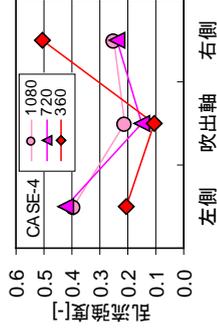
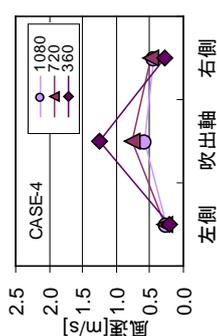
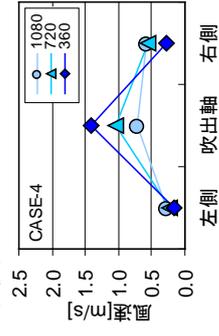
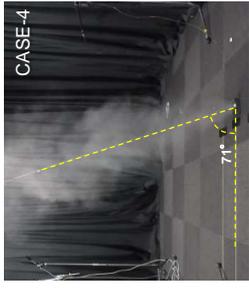
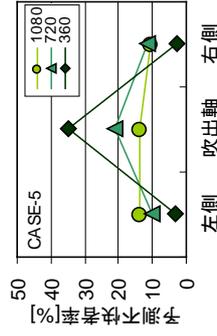
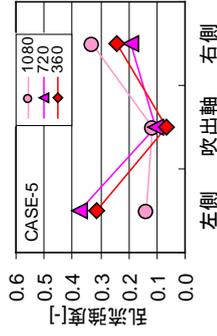
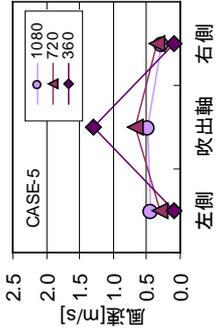
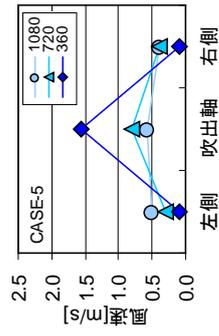
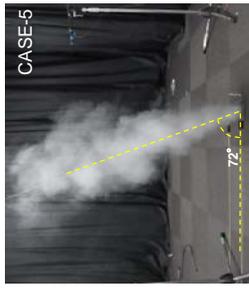


写真 - 2 気流可視化による吹出軸マーキング状況

図 - 5 各ケース距離毎の平均風速（水平センサー）

図 - 6 各ケース距離毎の平均風速（軸方向センサー）

図 - 7 各ケース距離毎の乱流強度

図 - 8 各ケース距離毎の予測不快者率

低圧損型の吹出口 3 (CASE-5) は, CASE-1 と CASE-4 の中間的な特性を持っていると言える. フェースのみで旋回流を発生しているが, ドラフト感の軽減という観点では強旋回型の吹出口 2 (CASE-3) には劣っている. しかしながら, 圧力損失が小さいことは, 搬送動力の低減につながり, 省エネルギーの観点から非常に有効である. また, アンビエント空調を一般的な床吹出口で行う場合には, それらとのバランスを考えると親和性が高いものと考えられた.

4. おわりに

タスク用床吹出口の気流特性に関する実験を行い以下の知見を得た.

- 1) 吹出口直近では軸方向の流れが支配的である.
- 2) 旋回の強さによって減衰傾向が異なる.
- 3) 旋回が強い流れのほうがドラフト軽減に有効である.
- 4) フェースのみで旋回流を発生させるほうが, 省エネルギーの観点などから有効である.

今後はさらに詳細な分析とともに被験者実験などを行い, その有効性を確認したい.

謝辞

本研究にあたり, 吹出口試作, 基本特性測定等において, 空調技研工業 (株) 中島氏, 空研工業 (株) 大成氏に協力頂いた. ここに記して謝意を表す.

脚註

- 註1) 吹出口からの距離 (距離比) [-]
吹出口からの距離 (L) / 相当直径 (D_0)
- 註2) 速度比 [-]
測定点の風速 (V_c) / 理論吹出風速 (V_0)
- 註3) 乱流強度 [-]⁴⁾
風速変動の標準偏差 (SD) / 平均風速 (V)
- 註4) 予測不快者率 [%]⁵⁾

$$PD = 3.143 \cdot (34 - T_a) \cdot (V - 0.05)^{0.6223} + 0.3696 \cdot V \cdot T_u \cdot (V - 0.05)^{0.6223}$$

$$T_a: \text{空気温} [^\circ\text{C}] \quad (\text{適用範囲}; 20 \leq T_a \leq 26^\circ\text{C})$$

$$V: \text{平均風速} [\text{m/s}] \quad (\text{適用範囲}; 0.05 \leq V \leq 0.40 \text{m/s})$$

$$T_u: \text{乱流強度} [\%] \quad (\text{適用範囲}; 0 \leq T_u \leq 70\%)$$

参考文献

- 1) 伊藤 他 タスク域空調を目的とした床吹出口の開発と気流性状の測定 旋回流型床吹出口の概要および PIV を用いた可視化による旋回効果測定, 戸田建設技術研究報告, 第 38 号, pp.3-1-3-7, 2014
- 2) 村江 他 オフィス空間を対象とした室内環境に関する研究 (第 3 報) タスク域空調を目的とした床吹出口に関する実験, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.65-68, 2013
- 3) 伊藤 他 オフィス空間を対象とした室内環境に関する研究 (第 4 報) PIV による床吹出口の気流特性の測定, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.89-92, 2013
- 4) 半澤 室内温熱環境におけるドラフト評価指標, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 D, pp.723-724, 1988
- 5) 半澤 室内気流の乱流強度とドラフト, 空気調和・衛生工学会学術論文集, pp.529-532, 1987