

低温送風による床吹出空調に関する研究

(その1) 低温送風型と従来型の吹出口の室内温熱環境の比較検証

STUDY OF UNDER FLOOR AIR-CONDITIONING WITH LOW-TEMPERATURE AIR SUPPLY

Part1 Verification of indoor thermal environment using a low-temperature air supply type compared with a conventional blower type

伊藤 優*¹, 竹中 優揮*², 村江 行忠*¹

Yu ITO, Yuki TAKENAKA and Yukitada MURAE

The vent temperature for underfloor air-conditioning is generally set higher than that for a ceiling vent when cooling. However, there is also a need for blowing low temperature air to reduce the transport power needed to convey the air and improve the efficiency of latent load processing. In this study, comparative experiments were conducted contrasting the low-temperature air supply type and the conventional type of ambient air vent. The low-temperature air supply vent used in the experiment is shaped to maintain the arrival height of circulated air and eliminates cold air accumulation on the floor. The amount of air supply was set to 100m³/h per vent. In addition, the air supply temperature settings were set at 13°C, 15°C and 18°C. The following results were obtained.

1. Comparing the airflow distribution directly above the vent, the low-temperature air supply type had a higher airflow velocity than the conventional type, mainly at the lower heights. Therefore, it was confirmed that low temperature air was conveyed to an elevated location by the low-temperature air supply type vent.
2. When a low-temperature air supply type vent is used, the temperature near the floor at ambient area was not lower than that of the conventional type vent during low-temperature airflow, and an improved thermal environment could be achieved.

Keywords : Task and ambient air conditioning, Under floor air conditioning, Low temperature air supply, Vent, Vertical temperature distribution
タスク&アンビエント空調, 床吹出空調, 低温送風, 吹出口, 上下温度分布

1. はじめに

オフィス環境においては、快適性と省エネルギーの両立を図るべくタスク&アンビエント空調が注目されている。本研究では、在席者に近い位置から吹出す床吹出空調の温熱環境を検証している。床吹出空調は、冷房時において天井吹出に比べて、吹出温度を高め設定することが推奨されているが¹⁾、搬送動力の削減や潜熱負荷処理の効率化のため、低温吹出対応のニーズもある。今回、低温送風に対応した仕様と従来型のアンビエント吹出口の温熱環境の比較実験を行ったので結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 タスク&アンビエント空調

(1) 実験室

図1に測定概要図を示す。実験は戸田建設株式会社技術研究所(茨城県つくば市)内の、オフィスを想定した室内環境比較実験室において実施した²⁾。床面積は57.3m²で8人の執務者がいる状況を想定し、座席を設置した。

実験室は中央の間仕切り壁で2つに分けられ、2室にそれぞれの空調機械室を有する。空調機械室から所定の吹出風量・給気温度の空気を床下チャンバーに送り込み、吹出口を介して室内へ吹出す。吸込口は天井面の照明器具のスリットである。

(2) 吹出口

表1に実験に使用した吹出口を示す。アンビエント用の低温送風型の吹出口は、少風量時でも吹出空気の高さ方向の到達距離を維持



図1 測定概要図

表1 吹出口

種類	タスク	アンビエント 低温送風型	アンビエント 従来型
品名	SKF-130 (空研工業(株))	SKF-220LTD (空研工業(株))	SKF-220SL (空研工業(株))
写真			

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 修士(工学)

*2 戸田建設株式会社技術開発センター

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

Research and Development Center, TODA CORPORATION.

する形状であり、床面の冷気だまりを解消するものである。各座席後ろにタスク吹出口³⁾(t1~t8)を、室内4か所(a1~a4)にアンビエント吹出口を配置した。吹出風量については、本実験はアンビエント吹出風量条件合わせるため、アンビエント吹出口1箇所当たりの風量を100m³/hに調整した。なお、タスク吹出口の風量は1箇所当たり30m³/hを想定した。

OAフロアは高さ200mmで、パネルは大きさ500mm×500mmのスチール製で、床仕上げはタイルカーペットである。コンセントなどの取出口に部分にタスク用吹出口を設置した。

2.2 実験ケース

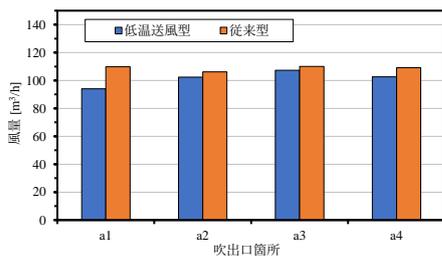
実験ケースは吹出温度設定が13°C、15°C、18°Cの3ケースとした。各ケースに対してアンビエント吹出口を低温送風型と従来型とした2種類を比較した。

2.3 測定項目

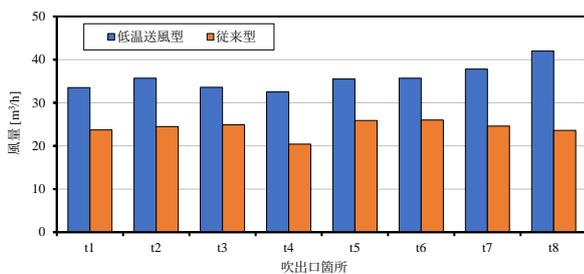
表2に測定項目を示す。アンビエント域A1・A2・A3・A4・A7とタスク域T2・T3において高さ方向6点(FL+100mm, 600mm, 1,100mm, 1,700mm, 2,200mm, 2,700mm)の温度を測定した。ただし、アンビエントA4は梁下にあるためFL+2,700mmの測定点は無い。また、室内のA1・A4・A5・A6・A7・T1・T2・T3・T4の高さFL+1,100mmおよび

びアンビエント吹出口a1・a3とタスク吹出口t3・t5において、温度を測定した。測定開始後の温度が定常状態のときには、吹出口直上の上下方向15点において、温度と風速を測定した。

本実験は冬期から春期にかけて実施したため、実験開始前に電気ヒーターで加熱して夏期の熱負荷を模擬した。さらに人体分(60[W/人]×8[人]=480[W](電気毛布使用))の内部発熱を加え、室内を28°Cに達してから床吹出空調による冷房を開始した。

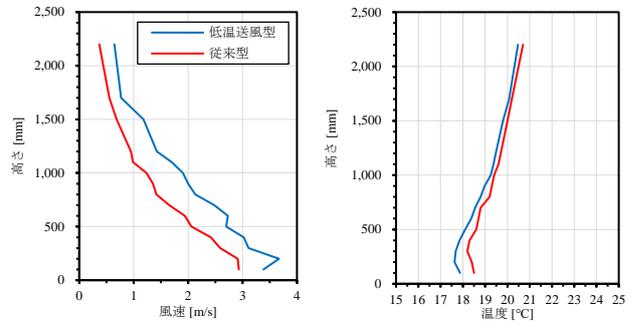


(1) アンビエント吹出口



(2) タスク吹出口

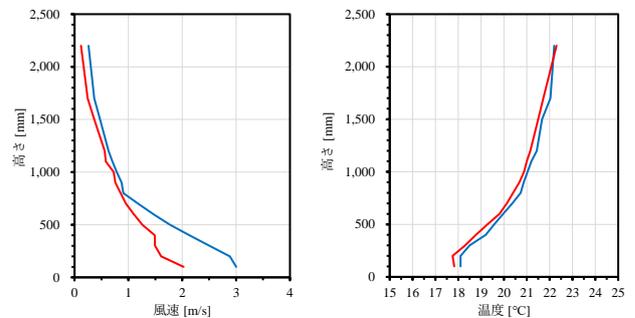
図2 各吹出口の吹出風量



①風速分布

②温度

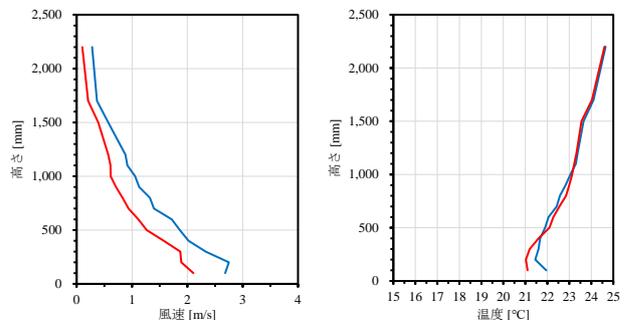
(1) 吹出13°C設定



①風速分布

②温度

(2) 吹出15°C設定



①風速分布

②温度

(3) 吹出18°C設定

図3 吹出口直上平均鉛直分布

表2 測定項目

測定項目	測定箇所数	測定器・センサ
上下温度	上下方向6点(FL+100, 600, 1100, 1700, 2200, 2700mm) ×7箇所(A1, A2, A3, A4, A7, T2, T3)	T型熱電対
温度	室内FL+1100mm ×9(A1, A4, A5, A6, A7, T1, T2, T3, T4), 吹出口×4(a1, a3, t3, t5)	小型温湿度記録計 (T&D TR-72Ui, TR-74Ui)
吹出風量	吹出口×12(a1~a4, t1~t8)	風量計(SFW-125, コーナー札幌)
吹出風速	上下方向×15 (FL+100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1500, 1700,	風速計無指向性プローブ(6543-01, カノマックス)
吹出温度	2200mm)	T型熱電対

3. 実験結果

3.1 吹出風量の比較

図 2 に、吹出 15℃設定における各吹出口の吹出風量を示す。10%程度ばらつきはあるが、タスク吹出口 1 箇所あたりの吹出風量は従来型で平均 22m³/h でアンビエントの 1/4 以下、低温送風型は平均 35m³/h でアンビエントの 1/3 であった。本来タスク吹出口は従来型アンビエント吹出口との組合せで風量設計されており、低温送風型との組合せを想定していないためである。タスク風量条件を合わせた場合、低温送風型のアンビエント吹出風量は従来型に比べて少量で済むことになる。

3.2 吹出口直上の分布

図 3 に吹出口直上における風速と温度の平均鉛直分布の比較を示す。平均鉛直分布は、アンビエント吹出口 4 か所(a1~a4)における測定値を高さごとに平均したものである。風速分布は低い位置で低温送風型の方が従来型より大きく、低温空気を高い位置まで送る特徴を確認できた。

3.3 室温変化状況

図 4 に、室内 FL+1, 100mm および吹出口の温度の時間変化を示す。設定吹出温度ごとに低温送風型と従来型の室温は同等であり、定常

状態における設定吹出温度 13℃・15℃・18℃に対し、それぞれ 21℃, 23℃, 25℃程度であった。一部の測定点で誤差が生じたり、吹出温度の変動の違いがあったりするものの、低温送風型と従来型では室温分布は大きく変わらなかった。

低温で吹出して長時間経過すると、全体的に室温が下がりがすぎることがわかった。実際の運用時には、室内温度に合わせた吹出温度の制御が必要となる。

3.4 上下温度分布

アンビエント域 A1, A2, A4, タスク域 T3 における、基準化上下温度分布を図 5 に示す。ここで、基準化温度 θ' とは、①式の通りその点の温度 θ と吹出温度 θ_0 の差を、参照点(室中央 (A4)FL+1100mm)の温度 θ_{ref} と吹出温度 θ_0 の差で除して定義した。

$$\theta' = (\theta - \theta_0) / (\theta_{ref} - \theta_0) \quad \dots\dots ①$$

図 5 に示す値は、定常状態の 10 分平均温度である。

温熱的快適性において ISO-7730 では頭部と足元の温度差は 3 度以下となることを推奨している。頭部の高さ FL+1,100mm の温度を 26℃とした場合、FL+100mm の基準温度の推奨値は、各吹出温度に対してそれぞれ 13℃では 0.769, 15℃では 0.727, 18℃では 0.625 以上であれば良い。図 5 中には破線でこれらの値を示す。

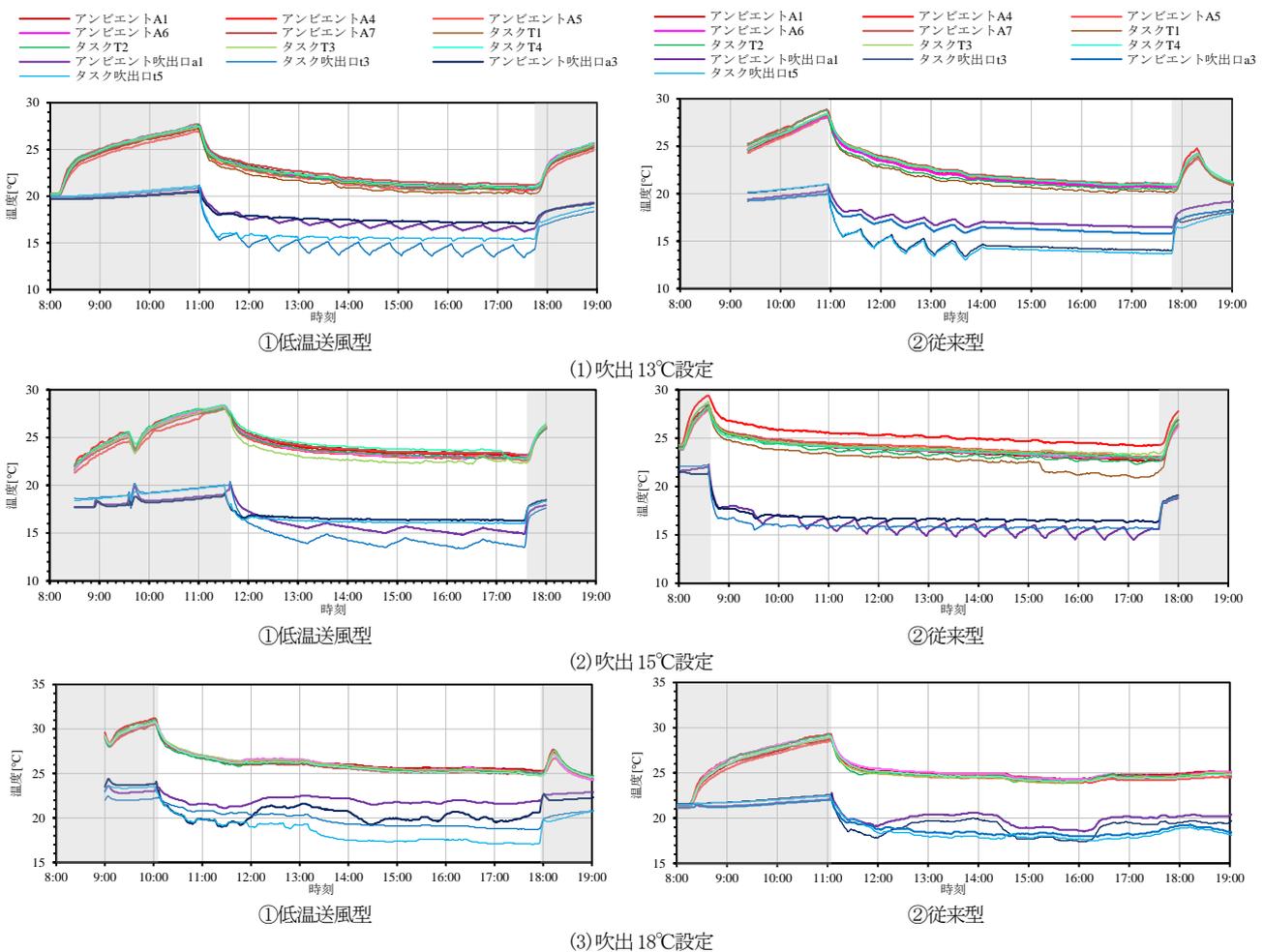


図 4 室温および吹出口温度の時間変化

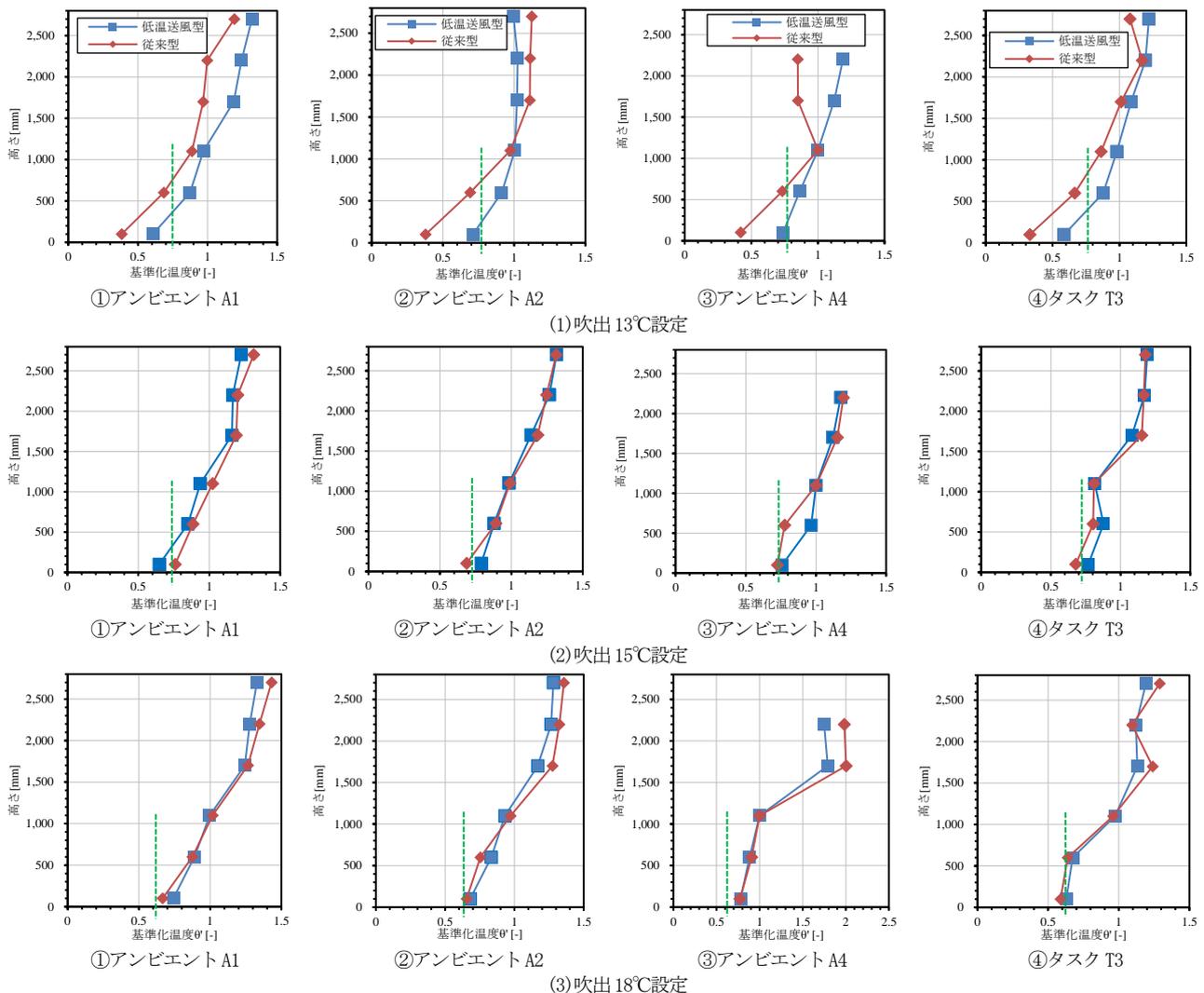


図5 基準化上下温度分布

吹出 13°C設定の場合、いずれの測定点・吹出口の型でも FL+100mm ではISO 推奨値を下回った。しかし、床から FL+1,100mm までの高さでは低温送風型の方の温度勾配が小さい。従来型は巡回性が強く吹出空気を拡散させ、低温送風型は巡回を弱くすることで到達高さを確保して上下温度差の解消を図っており、その傾向が見られた。

吹出 15°C設定の場合では、低温送風型では FL+100mm でいずれの測定点においても ISO 推奨値を上回った。また、A2, A3, T3 では、足元 FL+100mm もしくは腰の高さ FL+600mm の低い位置において、低温送風型の温度が高く、温熱環境的な優位性が示された。A1 はアンビエント吹出の影響が小さい範囲であるため、低温送風型と従来型の温度勾配は変わらず、温度の大小関係は他の測定点と逆転した。

一方、吹出 18°C設定の場合はいずれの測定点でもほぼ同等の基準化温度鉛直分布であった。低温送風型吹出口の効果があるのは 18°C より低温で吹出した場合と言える。

4. おわりに

低温の床吹出冷房時において、低温送風型のアンビエント吹出口を用いることで、従来型吹出口に比べ足元付近の温度が低くならず良好な温熱環境を形成できることが示唆された。

今後は、低温送風型吹出口を採用した場合、吹出風量をどの程度低減できるかの検討や、給気温度制御による室内温度変化の検討、実際の夏期冷房時における測定および被験者実験による快適性評価を実施する予定である。

謝辞

本研究にあたり空調技研工業(株)中島洋一氏、空研工業(株)宮崎清二氏にご助言、ご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (社)建築設備総合協会編, 平山昌宏: 床吹出し空調 Q&A 104 の質問, 履行図書, 2006.12
- 伊藤他: オフィスを対象とした室内環境に関する研究(第 1 報) 実験室の概要と吹出口周囲の気流性状に関する基礎的検討, 空気調和・衛生工学会学術講演梗概集(札幌), 2012.9
- 伊藤, 村江他: 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, 戸田建設技術研究報告第 39 号, 2013.10