

大空間の暖房時の空気分布の実測

小林 信行^{*1} 鯉 渕 健 造^{*2} 武 藤 清^{*3}

Field measurements of space air distribution in large spaces under heating conditions

Nobuyuki KOBAYASHI, Kenzo KOIBUCHI and Kiyoshi MUTOH

Summary

Large vertical temperature gradients are generally liable to occur in the large, high ceiling spaces which are heated with warm air diffusion only. Two types of air diffuser systems have been designed to prevent these temperature gradients. One of the systems is a combination of the floor pannel heater and the outlets mounted in the sidewall that discharge warm air horizontally. The other system is a combination of the horizontal jets as mentioned above, and the outlets mounted in the floor that discharge air vertically. We have carried out the field measurements of the temperature and the velocity distributions in the space which are formed by each of these heating systems and have confirmed that both systems are effective to eliminate the vertical temperature gradient in the occupied zone as compared with the system that only discharges air horizontally. The heating system with the outlets mounted in the floor, in particular, is very useful for heating the occupied zone.

1. はじめに

一般に、天井が高い、大きな空間の暖房においては上下温度差が大きく成り易いので、これを防ぐための種々の工夫が成されてきた^{1),2)}。

ここで調査の対象にした美術館の屋内広場および集会ホールに関しても、それぞれの空間の天井が高いため垂直温度分布が大きくなり、居住域での暖房効果の低下が心配された。そのため、屋内広場については、ペリメータのスロット型吹出し

口からの吹出し空気を広場の床下を通過させることにより床暖房と同じような効果を期待した暖房方式、また、集会ホールについては、両側の壁面からの吹出し空気の他に客席の床下からも温風を吹出す暖房方式³⁾が採用された。

今回、この美術館が竣工したので、1)それぞれの空間に対して採用された暖房方式で形成される空気分布がどのようなものであるか、また、暖房された空間としての温度環境は適切であるかどうか、2)上で述べたような、垂直温度分布が大きくなるための付加的な方式の効果について、実測調査を行った。その結果について報告する。

^{*1} 建築学科、助教授

^{*2} 建築学科、助手

^{*3} (株) 岡田新一設計事務所、取締役
昭和 63 年 10 月 24 日受理

2. 実測概要

1) 実測期間

昭和 62 年 12 月 10 日～昭和 62 年 12 月 19 日

2) 実測時の暖房条件

屋内広場および集会ホールのそれぞれに対して、通常の暖房を行った場合と床暖房(屋内広場)および床吹出し(集会ホール)を加えた場合の 2 方式の暖房を行った。それらの暖房運転時間、測定時間帯は次の通りである。また、室内温度がほぼ定常になったときの吹出条件を図 1、図 2、図 3、図 4 に示す。

屋内広場 暖房方式①： 床暖房なし

暖房時間：12/14 8:00～12/14 21:00

測定時間：12/14 10:00～12/15 7:30

屋内広場 暖房方式②： 床暖房あり

暖房時間：12/15 8:00～12/15 21:00

測定時間：12/15 8:00～12/16 4:00

集会ホール 暖房方式①： 床吹出しなし

暖房時間：12/17 8:00～12/17 21:00

測定時間：12/16 18:00～12/18 7:30

集会ホール 暖房方式②： 床吹出しあり

暖房時間：12/18 8:00～12/18 21:00

測定時間：12/18 8:00～12/19 8:30

3) 測定項目

それぞれの暖房方式に対して、各空間内で温度(居住域温度、居住域グローブ温度、垂直温度分布、床表面温度、床下チャンバー内温度)、風速(吹出風速、吸込み風速、居住域風速)および粉塵濃度を測定した。

4) 測定点

空間内の温度、風速の測定点を図 1、図 2 中に示す。また、写真 1、写真 2 に測定状況を示す。

3. 暖房方式の比較

1) 屋内広場

図 5 に床暖房あり、なしの垂直温度分布の比較

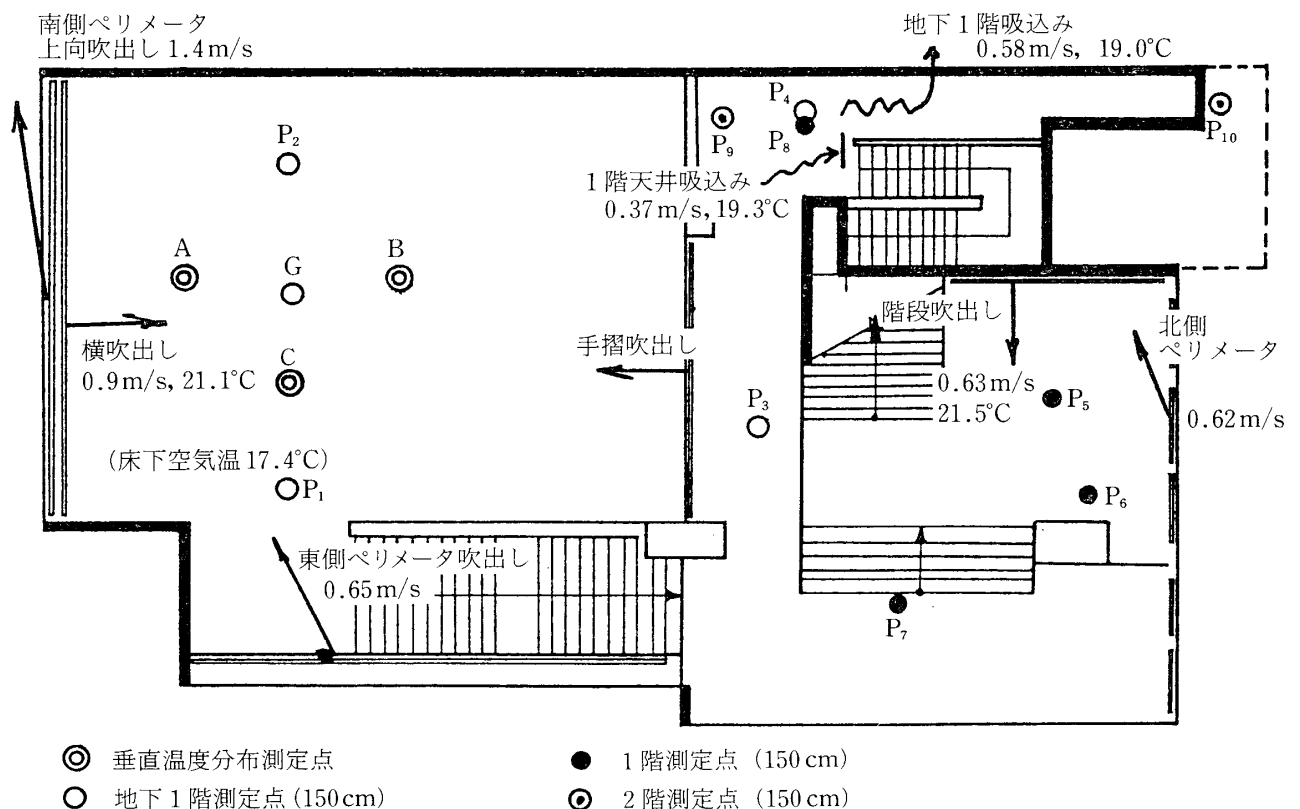


図 1 定常時の吹出条件と温度、風速測定点 (屋内広場, 床暖房なし)

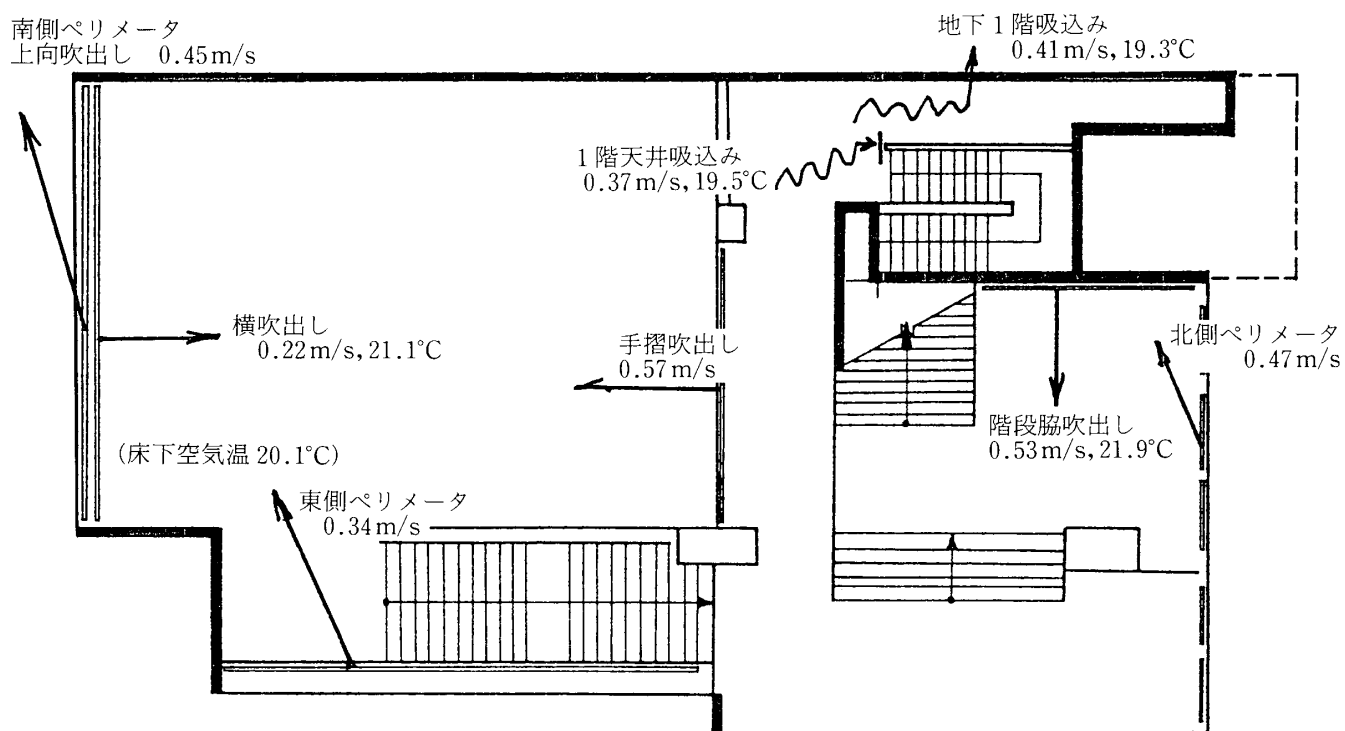


図2 定常時の吹出条件 (屋内広場、床暖房あり)

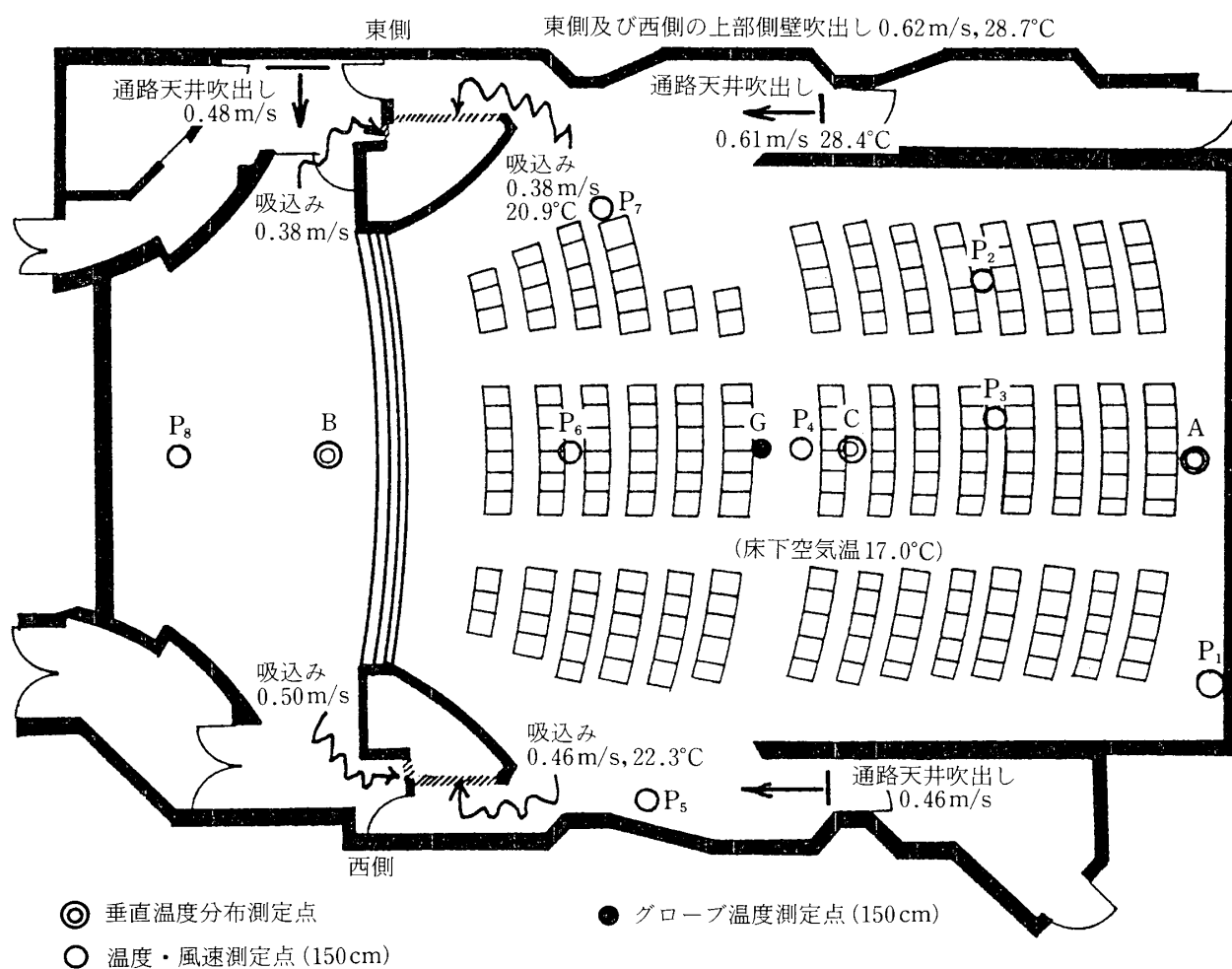


図3 定常時の吹出条件と温度、風速測定点 (集会ホール、床吹出しなし)

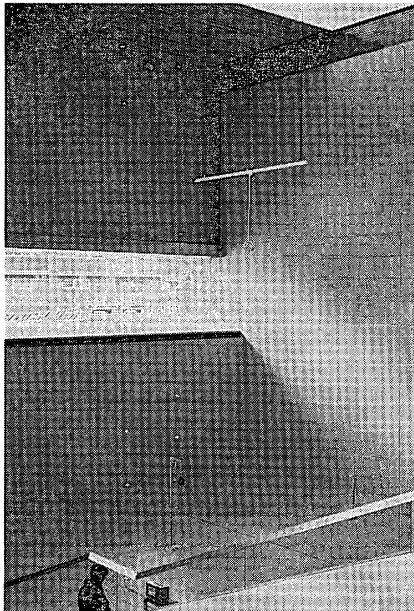
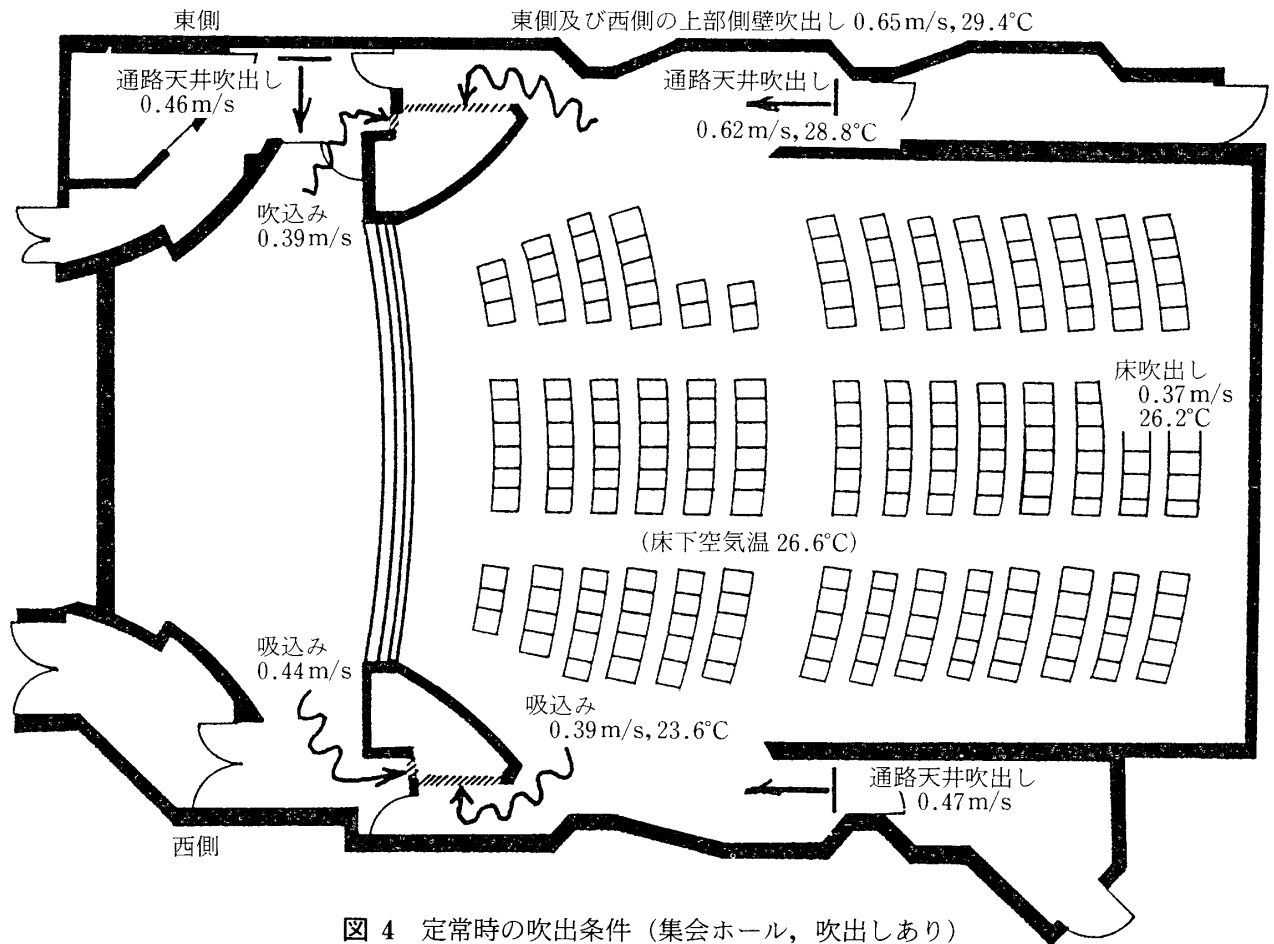


写真 1 屋内広場測定状況

を示す。図 6 に居住域各点の温度を示す。また、図 7 に居住域の風速を示す。

垂直温度分布の測定点、A、B、C 点においては、床暖房あり、なしとも垂直温度は少なく、床から

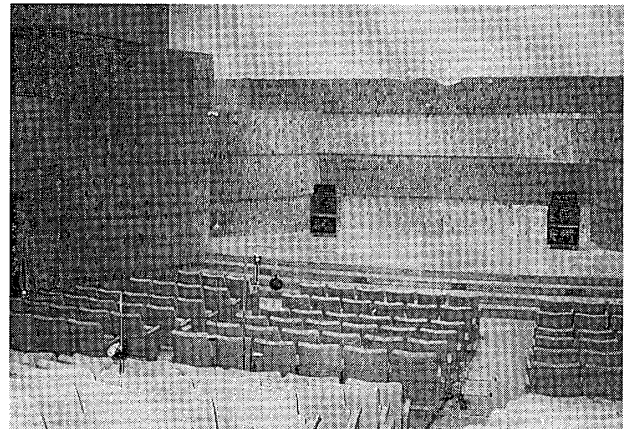


写真 2 集会ホール測定状況

約 12 m までの範囲での温度差は 1°C 以内にあり、良好な分布状態である。床暖房ありの場合のほうが全体的に温度が 0.5°C ほど高くなっている。これは実測時の外気温度が、床暖房ありでは 10.6°C 、床暖房なしでは 8.4°C であり、暖房負荷が異なっているためと考えられる。また、C 点において床暖房あり、なしの床表面温度の差が見られ、両者で 1.4°C の違いが生じている。これは床下空

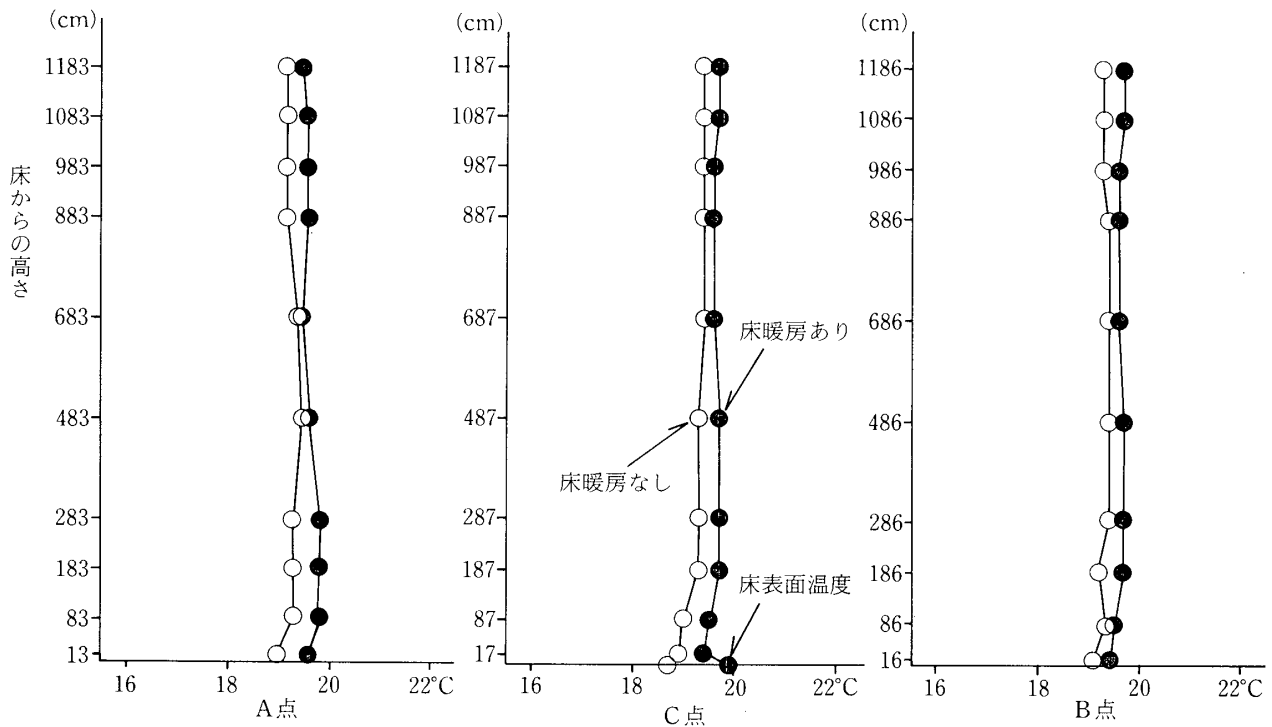


図5 屋内広場の垂直温度分布（床暖房あり，なしの比較）

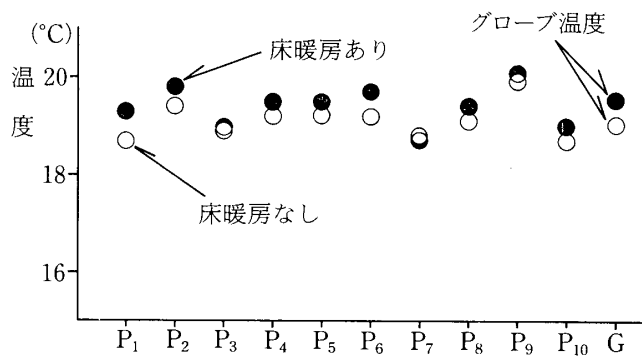


図6 屋内広場の居住域温度床上 150 cm (床暖房あり，なしの比較)

間に温風を通過させる床暖房の効果と考える。

図6の各点の温度でも，床暖房あり，なしの差は小さく， 1°C 以内の差となっている。また，平面的な分布も少なく， 1.5°C 以内の範囲にあり，良好な温度状態である。

図7の風速についても，床暖房あり，なしの差は小さい。空間上部の P_9 点で小さく， 0.15 m/s ，また， P_1 点では逆に大きく 0.44 m/s 程度になっているが，屋内広場の居住域の風速はこの範囲にあり，在室者に不快を引き起こすようなドラフトの心配は殆んどないと考えられる。

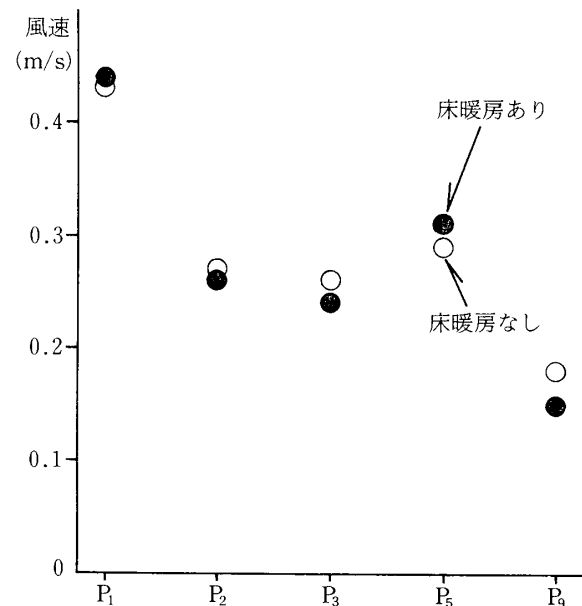


図7 屋内広場の居住域風速床上 150 cm (床暖房あり，なしの比較)

2) 集会ホール

図8に床吹き出しあり，なしの垂直温度分布の比較を示す。図9に居住域各点の温度を示す。また，図10に居住域の風速を示す。

図8では，全体として床吹き出しなしに比べ床吹き出しありの場合に室温が高くなる傾向が見られ

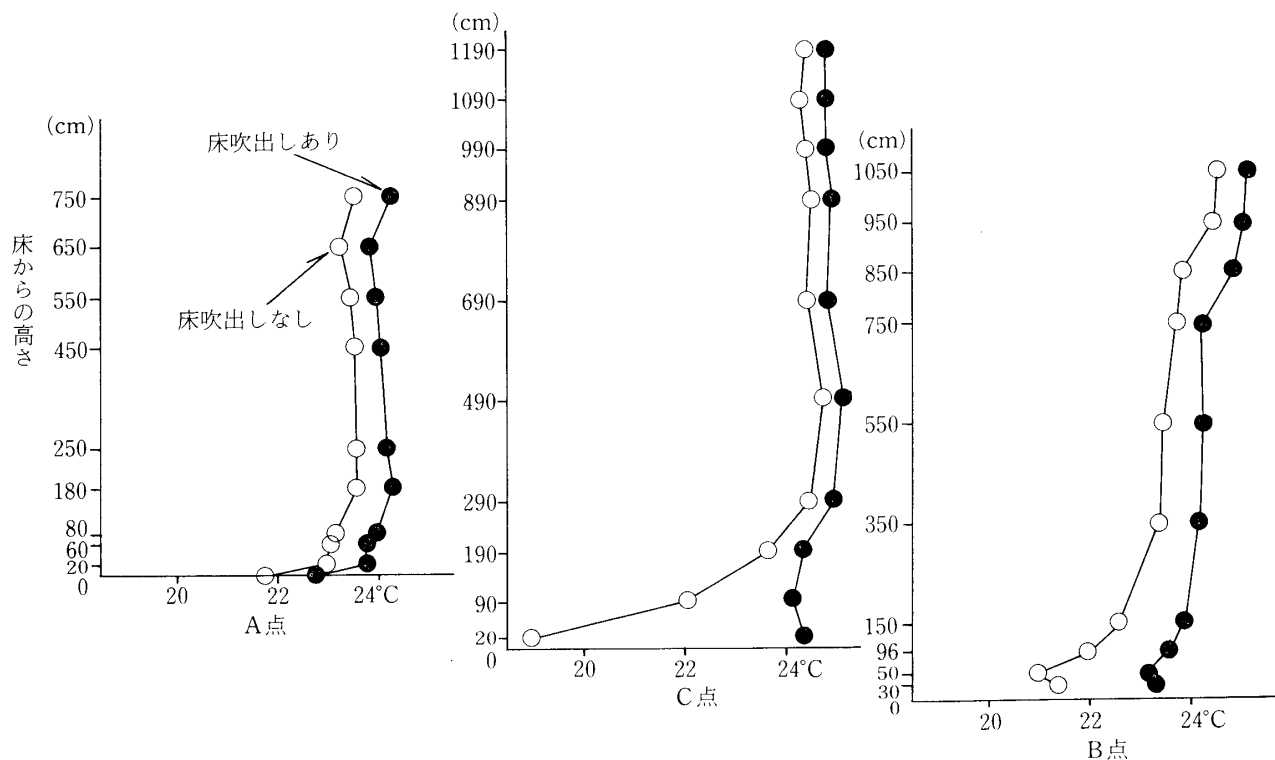


図 8 集会ホールの垂直温度分布 (床吹き出しあり, なしの比較)

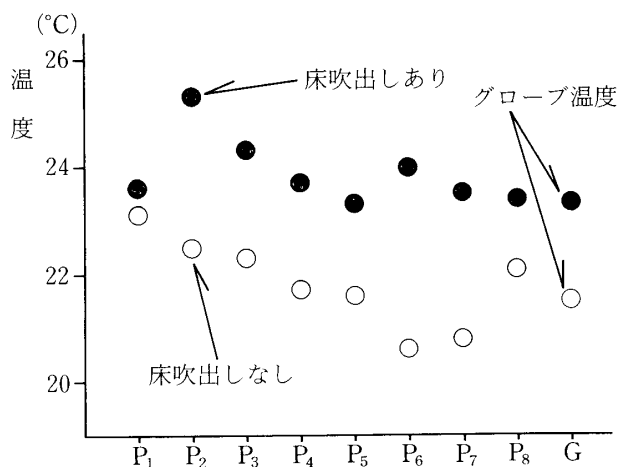


図 9 集会ホールの居住域温度床上 150 cm (床吹き出しあり, なしの比較)

る。また、測定点 A 点は、ホールの最後部にあり床からの吹出口がない領域であり、B 点もステージ上で床吹出口のない領域であるが、A, B, C の各点において床吹き出しありの場合のほうが垂直温度分布は小さくなると見なしてよい。

特に、床吹出口のある領域の中央部 C 点では床吹き出しありとなし垂直分布の差は顕著に現れている。また、B 点においても、温度分布は床吹き出しありのほうが小さくなっている。

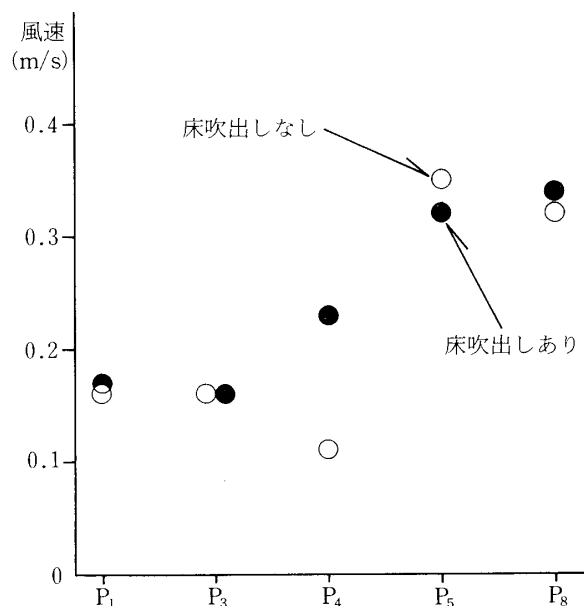


図 10 集会ホールの居住域風速床上 150 cm (床吹き出しあり, なしの比較)

暖房方式の違いによる垂直温度分布の差異は、屋内広場の場合よりも顕著であり、床吹き出しの効果は大変大きい。

図 9 の各点の温度では、平面的な温度の分布は床吹き出しありで 2.0°C 以内、床吹き出しなしで 2.5°C

以内の範囲にある。P₁、P₈点で床吹出しあり、なしの差がやや小さくなっている。これは、これらの点が床吹出口のない領域（客席以外）にあるため、床吹出しありの場合でもその影響が顕著には現れにくいためと考えられる。

図10の風速については、ステージ上のP₈、客席出口近くの通路上のP₅で、0.35 m/s程度とやや大きくなっているが、この場合でも、問題はない。

3) グローブ温度について

屋内広場および集会ホールの各々の暖房条件①、②の測定の際に、居住域（床上150 cm）においてグローブ温度を同時に測定した。定常状態におけるグローブ温度およびこれに最も近い測定点（屋内広場の場合、C点床上167 cm、集会ホールの場合、P₄点床上150 cm）の空気温度を比べると、次のようになっていた。

屋内広場	床暖房なし	床暖房あり
空気温度	19.3°C	19.7°C
グローブ温度	19.0°C	19.5°C
集会ホール	床吹出しなし	床吹出しあり
空気温度	21.7°C	23.7°C
グローブ温度	21.5°C	23.3°C

各測定点でのグローブ温度は、空気温度に比べ0.2～0.4°C低い。壁面からの熱放射の影響は殆ど無く、人体が感じる温度は空気温度の影響だけと考えてよい。

4) 室内粉塵濃度について

室内粉塵濃度の測定は、屋内広場についてのみ実施した。屋内広場中央において散乱光型デジタル粉塵計（柴田科学器械工業 P-5 H 2 型）を用いて、暖房時間中連続測定した。本器は、粒径0.3 μm以上の粉塵を検知するものである。また、パルス出力により記録可能である。但し、0.2 mg/m³以下の濃度を測定するとパルス出力に脈動が起こる。

屋内広場の粉塵濃度は、0.2 mg/m³以下（出力に

脈動が起こり、正確な測定が困難）であり、測定中の時間変化もなかった。パルス幅の平均を読み取ると、0.1 mg/m³であり、ビル管理法の基準を下回っている。粉塵濃度は小さいと見なしてよい。この結果は、床暖房なし、床暖房ありの両方式で同じであった。

4. まとめ

美術館の屋内広場および集会ホールの暖房時の空気分布の状況を実測した結果を纏めると以下のようになる。

1) 屋内広場について

1. 屋内広場の居住域（床上1.5 m）の暖房時の温度は18.7°C～20.1°Cの範囲にあり、また、風速は0.44 m/s～0.15 m/sの範囲にあり、暖房した居住域の温度、風速として何ら問題はない。

2. 垂直温度分布についても床上12 mまでの高さで1°C以内の差に納まっており、極めて良好である。

3. 無次元温度によって空間内の分布形成の特徴を検討すると、玄関に近い屋内広場の入口近くの点（P₇）と北側トップライトの近くの点（P₁₀）で温度が低くなる傾向がみられた。

4. 暖房方式の違いによる温度分布の差は小さかった。ただし、広場中央部（C点近く）の床表面温度は、床暖房ありの方が高くなっており、床暖房の効果が明瞭に現れていた。

5. 室内粉塵量はほとんど無い。

2) 集会ホール

1. ホールの居住域（床上1.5 m）の暖房時の温度は20.6°C～25.3°Cの範囲にあり、やや高過ぎる傾向であった。暖房負荷に応じた運転の設定温度を決める必要がある。風速は0.11 m/s～0.35 m/sの範囲にあり、問題はない。

2. 垂直温度分布については床上12 mまでの高さで床吹出しなしの場合6°Cの差があり、望ましい傾向ではない。床吹出しありの場合には最大温度差は2°Cである。

3. 暖房方式の違いによる温度分布の差としては、床吹出しありのほうが垂直温度が小さくなっていた。特に、床吹出口のある領域の中央部C点

では床吹出しありとなしの垂直温度の差が顕著に現れており、床吹出しの効果は大変大きい。長時間着席している集会ホールの用途に対しては有効な方法である。

謝辞 本実測の機会を提供いただき、また、測定の便宜を計って頂いた岡山県立美術館事務局の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) ASHRAE Handbook, Fundamentals, chp.32, 1985.
- 2) 小林, 安田, 伊藤, 宮川: 室内空気分布に関する模型実験と実測(その2), 空気調和衛生工学, 48-3, 1974.
- 3) 武藤, 勝田, 市川, 杉山: 大空間の冷風吹出実験(椅子から吹出す方式について), 日本建築学会, 関東支部学術研究発表梗概集, 1970.