

臭気の拡散防止を目的とした便所の換気設計に関する研究 (その2) 角柱模擬人体を用いた自然対流場のCFD解析

○田仲 亮介 (大阪大学)

山中 俊夫 (大阪大学)

甲谷 寿史 (大阪大学)

山本 晃裕 (大阪大学)

1.はじめに 便所において臭気の拡散を防止し、効率良く換気するためには、発生した臭気を人体ブルームに乗せることが有効であるため、ブルームを乱さないように、壁で囲まれた個室(以下「ブース」)の扉下部のアンダーカット(以下「下部開口」)から給気し、ブース上部から排気する方式が一般的に採用される。

本研究は、臭気の拡散を防止し、効率良く排気する便所の換気システム設計法の確立を最終目的とし、既報^{1)~3)}において、自然対流場での単一ブース内の人体ブルーム及び汚染質拡散性状の把握を実験により行った。しかし便所全体については、ブースの個数や配置などが多種多様であるため、その都度実験を行っていたのでは、膨大な時間・労力の無駄となる。そのため便所全体の検討にはCFD (Computational Fluid Dynamics) による気流解析が有効であると考えられる。しかしCFD解析を用いる場合、人体や便器等の複雑な形状を再現することは作業量と計算時間の増大を招き実務的でない。

そこで本報では、洋式便所を対象として、CFD解析に組み込みやすい角柱で模擬した人体と便器を用いた解析結果を、実人体、マネキン及び角柱模擬人体での温度、風速、濃度分布の実験結果と比較し、角柱模擬人体のCFD解析への適用の妥当性について検討を行った。

2.実験及び解析概要 実験では実人体及び発熱体を巻き付け着衣させたマネキン、布を貼付した角柱模擬人体を用いた。マネキン及び角柱模擬人体の発熱量は一般事務作業時の代謝量⁴⁾ (75W/m²) に相当する100Wとした。便所ブースの概略は図1に示す通りで、寸法は標準的な公衆便所の寸法を参考にした。このブースを十分な気積を有する実験室内に設置し、マネキンの肛門部よりトレーサースガスとして濃度5% (N₂希釈) のSF₆を1.0Nl/min (0℃, 1atm 基準) でパッシブに発生させた。測定点は、温度、風速、濃度とも図2に示す水平面上の45点で、温度については水平面5面 (図1中の水平面1~5)、風速、濃度について水平面2面 (図1中の水平面1、5) で、その他に、実験室内温度4点 (高さ0mm、1,000mm、

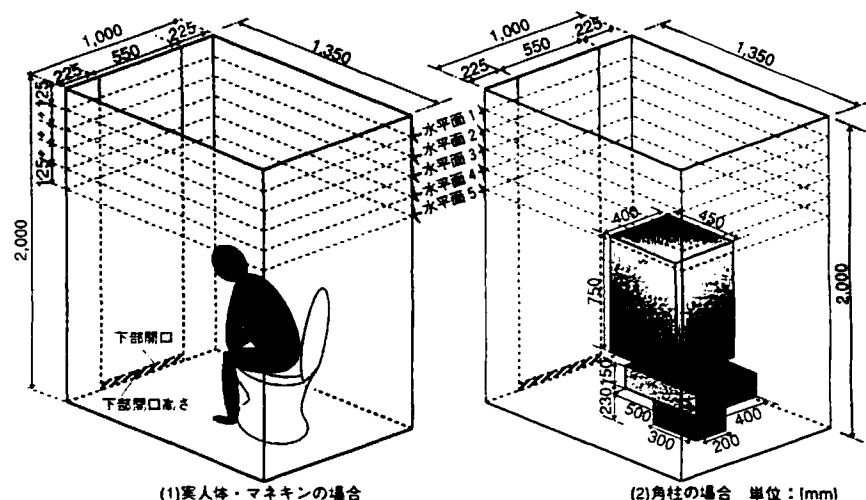


図1 ブース概略及び測定断面

表1 実験条件

ブース条件	壁なし	下部開口高さ5cm
測定対象	温度	温度、風速、濃度
発熱体（発熱量）	実人体、マネキン（100[W]）、角柱模擬人体（100[W]）	

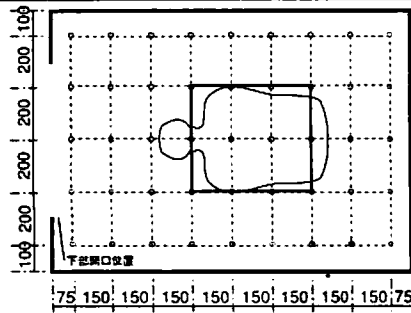


図2 測定点

2,000mm、3,000mm）、開口部風速5点、開口部濃度1点、鼻周辺部濃度1点で測定を行った。実験条件を表1に示す。なお温度測定

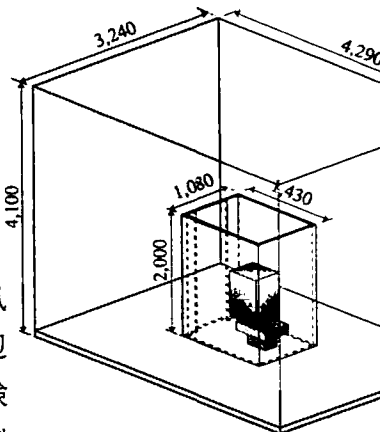


図3 解析領域の概略

定にはT型熱電対を、風速測定には超音波風速計（WA-390型：海上電機）、SF₆濃度測定にはリアルタイムガスモニタ（1311型：Brüel&Kjær）を用いた。

解析については、図3に示す解析領域に角柱模擬人体での実験装置を再現し、STREAM for Windows Ver.4（ソフトウェアクレイドル）を使用し、表2に示す解析条件で解析を行った。なお長辺方向の鉛直面のメッシュ図を図4に示す。

表2 解析条件

乱流モデル	標準k-ε
解法	非定常解析（SMAC法）
境界条件	自由流入出
壁面応力条件	フリースリップ
熱移動条件	断熱
放射計算	なし
解析計算サイクル	10000
物質拡散係数	2.29E-05
メッシュ数	29×35×30

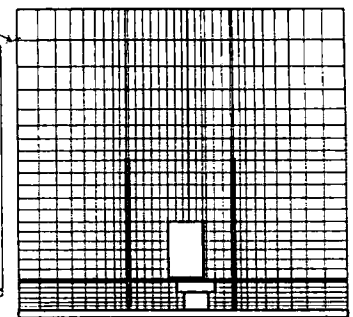


図4 長辺方向の鉛直面メッシュ図

3.実験及び解析の結果と考察

3.1 温度分布 壁なしと下部開口高さ5cm（以下「下部開口5cm」）の水平面1（以下「上面」）と5（以下「下面」）の温度分布を図5に示す。それぞれ、実験室内温度4点の平均値との差で表現している。壁なし、下部開口5cmのいずれの条件においても上面よりも下面の方が高温の部分が見られる。これは、下面の方が人体に近く、かつブルームが拡散されていないためであると考えられる。壁なしでは、実人体と角柱模擬人体を比べると、実人体の方がブースの長辺方向に広くブルームが広がっているのがわかる。この違いは実人体とマネキンを比べても見られる。この原因としては、形状の簡略化ではなく、ブースの壁がないために実験室の気流の影響を大きく受けたことが挙げられる。下部開口5cmでは、壁なしに比べて全体的に高温となっている。これは壁を設置することでブース内の温度と実験室の温度に差が生じたためであると考えられる。各水平面での温度の最大値は実人体の壁なしは上面が1.1℃、下面が1.9℃、下部開口5cmは上面が1.6℃、下面が2.3℃、マネキンの壁なしは上面が1.4℃、下面が2.2℃、下部開口5cmは上面が1.8℃、下面が2.8℃、角柱の壁なしは上面が1.0℃、下面が2.5℃、下部開口5cmは上面が1.6℃、下面が2.8℃で、実人体では全体的に温度が低くなっているが、これは実人体とマネキン及び角柱の発熱量の違いに原因があると考えられ、形状の簡略化には問題がないと考える。また、下部開口5cmでは、角柱の実験結果とCFDの解析結果がよく似た性状を示し、これより、CFDへの適用が可能であると考えられる。

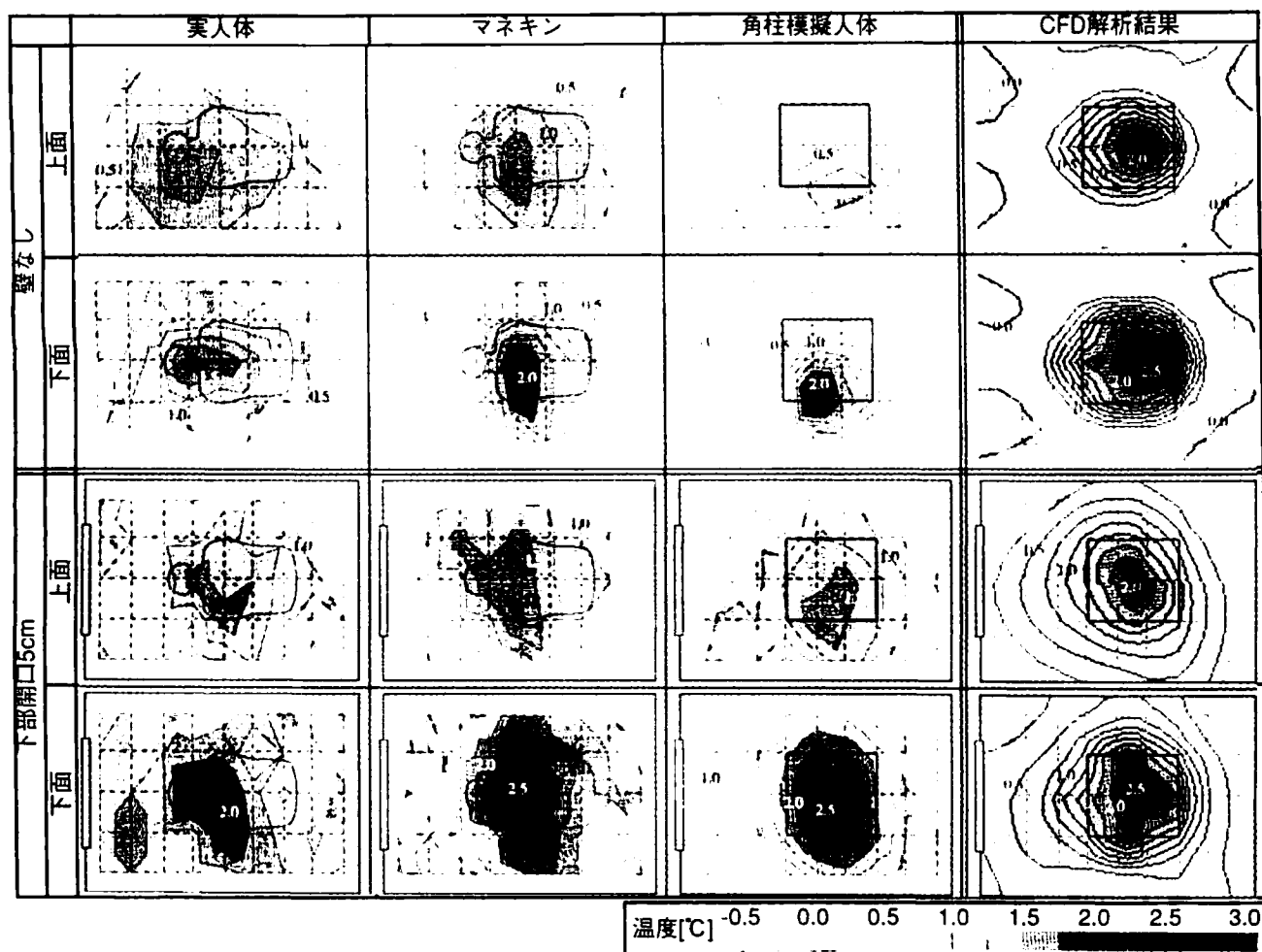


図5 温度分布の実験結果及び解析結果

3.2 風速分布 下部開口高さ5cmのブース内の水平面1と5の風速の鉛直成分の分布図を図6に示す。実人体と角柱模擬人体の実験結果を比較すると、角柱模擬人体では角柱の側面に沿ってまっすぐ上方への流れが見られる。一方実人体やマネキンでは、前傾姿勢であるため、人体よりもやや前方に鉛直成分の正の値の大きな部分が分布している傾向が見られる。また、いずれの条件においても、ブース壁近傍においてブース上面から下方向への流れが見られる。各水平面での風速の鉛直成分の最大値は実人体は上面が13cm/s、下面が14cm/s、マネキンは上面が15cm/s、下面が13cm/s、角柱は上面が13cm/s、下面が19cm/sで、角柱の下面で大きな風速を示している。これは、角柱ではその上端面でも断面積が変わらずに大きいため、角柱に近い下面に影響をもたらしたものと考えられるが、上面にはこの影響は現れないことに鑑みる、ブース全体の換気設計を対象とする場合形状を簡略化することに問題はないと考えられる。また、角柱の実験結果とCFDの解析結果は傾向は同様であり、CFDへの適用が可能であると考えられる。

3.3 SF₆濃度分布 下部開口高さ5cmのブース内の水平面1と5の濃度分布図を図7に示す。いずれの条件においても、人体の上部に高濃度の部分が見られる。各水平面での濃度の最大値は実人体は上面が46ppm、下面が40ppm、マネキンは上面が26ppm、下

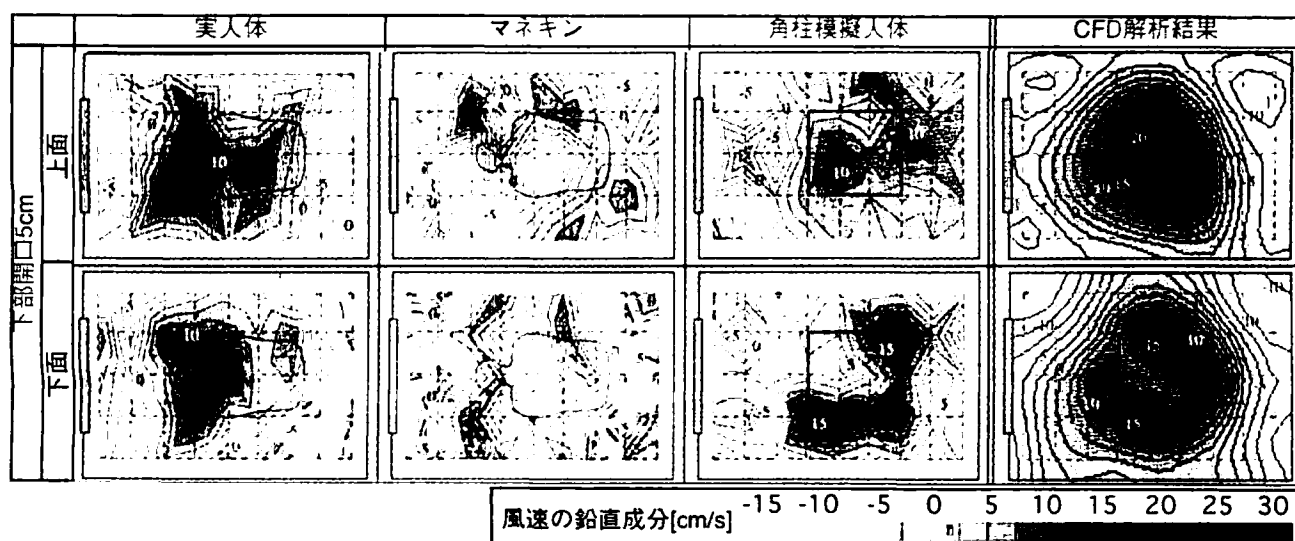


図6 風速の鉛直成分の実験結果及び解析結果

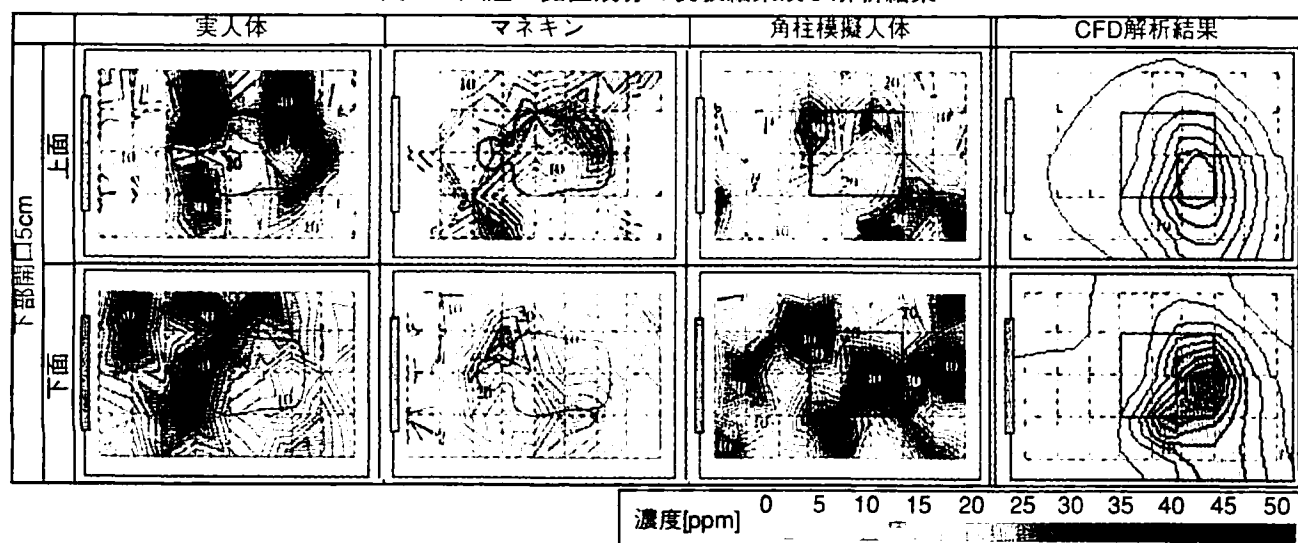


図7 濃度分布の実験結果及び解析結果

面が27ppm、角柱は上面が36ppm、下面が53ppmで、あまり一致しないが、この原因は形状の簡略化ではなく濃度分布の不安定さにあると考えられる。CFD解析においても人体上部に高濃度部分が見られ、形状の簡略化の影響は見られない。

4. おわりに 洋式便所において実人体とマネキン、角柱の実験結果を及びCFD解析の結果を比較し、人体形状の簡略化が可能であるという考察を得た。今後は和式便所や、複数ブースでの適用の妥当性を検討し、ブース全体のCFD解析を行う予定である。

参考文献)

- 1) 田仲, 山中, 甲谷, 浜口: 臭気の拡散防止を目的とした便所の換気設計に関する研究-和式便所における人体ブルームと汚染室拡散性状, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp.153-156, 2000.3
- 2) 田仲, 山中, 甲谷: 臭気源物質の拡散防止を目的とする便所の換気設計に関する研究-自然対流場での人体ブルーム及び臭気源物質の拡散性状(和式便所の場合), 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第40号・環境系, pp.217-220, 2000.6
- 3) 田仲, 山中, 甲谷: 臭気源物質の拡散防止を目的とする便所の換気設計に関する研究(その2) 自然対流場での人体ブルーム及び臭気源物質の拡散性状(洋式便所の場合), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) D-2, pp.611-612, 2000.9
- 4) D. A. McINTYRE: Indoor Climate, APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD, 1980