

2.1 気流分布の測定

建築環境工学が取り扱う空気の流れは、建物内（室内）の空気の流れと建物外（建物近傍）の空気の流れとに大別される。流れの状況はそれぞれ特徴があるので、その状況に適した性能を持った測定器を使用することが重要である。

2.1.1 室内気流分布の測定

1 演習の目的

換気を行っている室内の流れの状況を風速測定を行うことにより把握する。

2 基礎事項

2.1 室内気流の特徴

室内における流れには、室内への侵入空気のようにその流れの速度が比較的大きく、風向が明確な部分と、速度が小さく、風向変化が激しい部分の2つの流れが存在している。空調を行っている室内では、速度が大きく風向が明確な流れの領域を噴流域とよんでいる。また、人が存在する領域（居住域）では、気流速度があまり大きくならないように（一般に居住域では0.5m/s以上の風速にならないように）設計するので、たいていの場合、速度が小さく風向変化の激しい流れの領域となる。このような特徴を持つ室内の流れを全体としてとらえるためには、それぞれの領域に適した測定器・測定方法を適用しなければならない。

3 測定の準備

3.1 風速計の較正

風速測定に使用する測器自体の特性（各測器の器差など）を前もって調べておかなければ正しい測定値を得ることはできない。風速計の較正は、風洞中あるいは円管内などの流れ中のある位置の風速をピトー管を用いて測

定し、次に較正しようとする風速計で同一位置（同一位置では風速は同じである）の風速を測定する。両者の測定値を比較して、使用風速計の補正などを行う。ここでは、ピトー管による風速測定値が正しい風速（基準値）と考えているが、基準値は必ずしもピトー管によるものでなくてもよく、たとえばピトー管によって較正済みの別の風速計を用いてもよい。また、一般に風速計の出力は電圧で指示されるものが多いので、使用風速計の出力電圧値が風速とどのように対応するかを調べるのも同様の方法で行う。風速を変化させて上記の測定を繰り返し、較正曲線（キャリブレーションカーブ）を描いておくのが普通である。図2.1.1にサーミスタ風速計の較正曲線の例を示す。

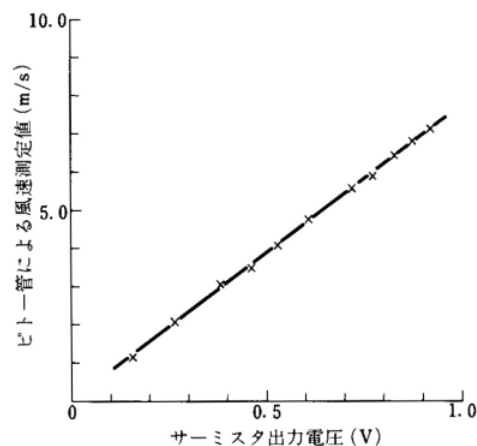


図2.1.1 サーミスタ風速計の較正曲線の例

3.2 測定点の選定

噴流域の状況を測定する場合には、吹出し口中心軸と垂直な断面内の速度分布を測定する。吹出し口からの距離 X として3～5か所（吹出し口の有効直径の整数倍の距離）の位置

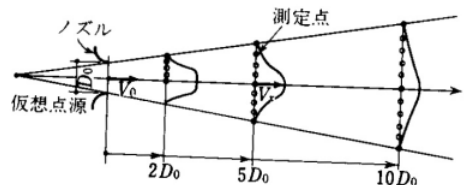


図2.1.2 噴流域の測定点（ノズルの場合）
紙面に垂直な方向にも測定点を選定する。

を選び、たとえば図2.1.2に示すように、その断面内の鉛直方向および水平方向に10数点の測定点を選定しておく。

室内の居住域の状況を測定する場合には、床からの高さ1.0～1.5mの水平面内に測定点を選定する。この際、室の平面図上に等速度線を描くことを前提とし、適切な点数を選んでおく。

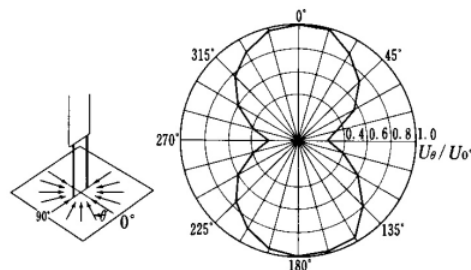


図2.1.3 熱線風速計の指向性(測定例)

性の測定例を示す。

測定に際しては、風速も絶えず変化するの
が普通であるので、一点の測定には数分間の
観測時間が必要である。観測時間中の指針の
ふれを目視し、その平均値を読みとる。記録
計を接続する場合（記録計を用いた方が望ま
しい）には数分間の記録を書かせ、これを平
均するのがよい。また、いずれの風速計（特
に熱線風速計は）も衝撃に極めて弱いの
で、破損しないよう十分な注意が必要である。

主な風速計の特徴を表2.1.1に示す。

4 測 器

室内気流に関連してよく用いられる風速計
は、ピトー管・簡易型熱線風速計・熱線風速
計・サーミスタ風速計・カタ計などである。

ピトー管は流れの圧力を利用してその速度
を求めるものであるが、その他の風速計は風
による冷却力を利用して速度を求めるもので
ある(カタ計については1.3「室内気候の測定」
を参照)。

風速計は、一般に指向性（流れに対する風
速計受感部の向きにより感度が異なる）を
持っているため、流れに対する風速計の向き
に注意しなければならない。室内居住域のよ
うに風向変化が激しい領域では、指向性の少
ない風速計を用いることが望ましい。指向性
の大きな風速計を用いてこの領域の測定を行
う場合には、前もって吹流し(細い糸でよい)
などにより、数分間測定点の風向を観察し、
平均的な風向を調べ、その向きに風速計の最
も感度の良い面を向ける。あるいは測定点で
風速計受感部を回転させ、風速が最も大きく
出力される向きに受感部を設置するなどの工
夫が必要である。図2.1.3に熱線風速計の指向

5 演習の進め方

測定対象とする室の状況、すなわち、換気
(空調)を行っている室かどうかによって、測
定の進め方は異なるが、ここでは強制換気
を行っている室を対象とするものとして記す。
これとは状況の異なる室を測定対象とする場
合には適宜、以下の各段階を省略して演習を
進める。

1) 第1回演習

- ①使用風速計の較正
- ②吹出し風量の測定

表2.1.1 主な風速計の特徴

名 称	構 成	対 象	測定範囲 (m/s)	応答 性	方向 性	所要最少 測定時間	自動連 続測定	遠隔 測定	空間分 布測定	可搬 性	操作	消耗品	備 考
カタ計	本体・スタン ド・加熱器・ 秒時計	室内気流	0.1~2	遅	弱	1~2min	否	否	可	適	A	なし	平均気流、JIS B 7351、 カタ係数の較正に注意 (0.2万円)
熱線(体)風 速計	本体・検出部	室内気流・外 気・ダクト・ 吹出し口	0.2~40	中	強	0.5~ 10min	可	可	可	遠	A	電池	主として平均気流を対 象 JIS M 7606(約20万 円)
熱線風速計	本体・検出 部・線形化部	各種気流の平 均値および変動	0.1~40	速	強		可	可	可	可能	C	電源・熱 線・記録紙	変動性測定に適す(約 80万円)
ピラム形測 風器	本体	外気・ダク ト・吹出し口	1~15	遅	強	1~2min	否	否	可	適	A	なし	主として平均風速 JIS M 7604(2~3万円)
ピトー管	本体・圧力計	ダクト・吹出 し口	3以上	中	強	1~2min	可	可	可	適	B		主として平均風速(約 1万円)

操作 A：容易，B：多少の習練を要，C：習練を要，価格は1978年現在

出典：建築設計資料集成，I・環境

③噴流の速度分布の測定

2) 第 2 回演習

①室内居住域の水平気流分布の測定

6 レポートのまとめ方

6.1 較正曲線

使用風速計の較正を行った際の測定結果を表 2.1.2 のような一覧表として作成し、較正曲線は横軸に出力電圧（または使用風速計による指示風速）を、縦軸にピトー管による風速値（基準値）をとって作図する（図 2.1.1 参照）。

表 2.1.2 風速計の較正結果

No.	Δh (mmAq) (マノメータ読み)	基準風速 (m/s)	使用風速計出力電圧 (mV)
1			
2			
3			
⋮			
⋮			
⋮			

6.2 吹出し風量

測定条件としての吹出し風量を JIS B 8330（送風機の試験及び検査方法）に従って測定し、その結果を表 2.1.3 のように一覧表としてまとめる（7.3 参照）。

表 2.1.3 吹出し風量の測定結果

断面積 A (m ²) =		Δh (mmAq) (マノメータ読み)	風速 V_i (m/s)
水平	$i=1$		
	2		
	⋮		
	10		
垂直	$i=1$		
	2		
	⋮		
	10		

$$\sum_{i=1}^{10} V_i =$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^{10} V_i}{10}$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = VA$$

6.3 噴流の速度分布

測定した噴流の速度分布を図 2.1.4 のように吹出し速度で規準化して図示する。また、使用した吹出し口の等温自由噴流の理論値（7.4 参照）と測定値とを比較する。

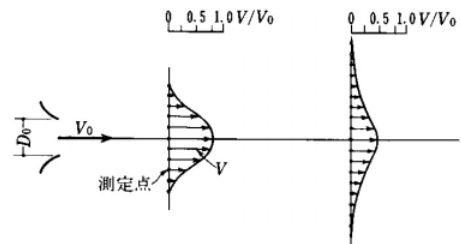


図 2.1.4 速度分布の測定例

6.4 居住域の水平気流分布

居住域での速度測定結果を平面図上に図 2.1.5 のように図示し、気流速度として適切でない 0.5m/s 以上、0.1m/s 以下の領域を等速度線を描いて明らかにする。全体としての良否の程度、改善の方法などについて考察する。

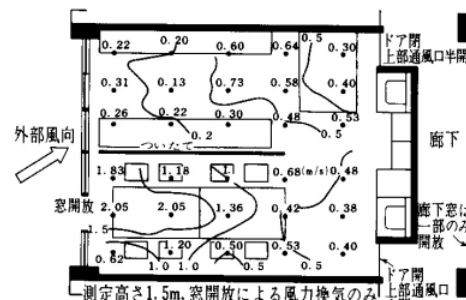


図 2.1.5 気流分布の測定例

7 関連事項・参考資料

7.1 風速計の較正装置

風速計の較正には、図 2.1.6 に示すような較正用風洞を用いると便利である。風洞断面の大きさを数種類用意し、各断面の中心風速の比が各断面積の逆数の比と等しくなるように作成したものである。このような装置では、任意の断面の中心風速から他の断面の中心風速を求めることができる。したがって、図 2.1.6 においては、断面 120φ でピトー管を用い

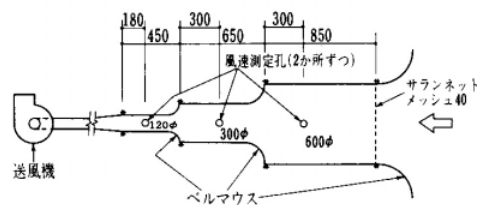


図 2.1.6 較正用風洞

て風速を測定し、断面300φ、断面600φに使用風速計を挿入して順次風速を測定すれば、各断面での風速の基準値は断面120φの測定値より計算できるので手間が省けること、また、ピトー管による3.0m/s以下の風速測定では、圧力の読取り誤差が大きくなりやすいので、断面600φの風速(微風速)を断面120φの風速から求めて微風速の較正を行うことができることなど便利な点が多い。

このような装置を用いなくとも、ピトー管により風速が正確に測定できる状況(流線が平行に近い円管内などの流れ)をつくり、ピトー管で風速を測定し、その後同一位置において使用風速計で風速を測定し、それらの対応をとらえ、これを風速を変えて繰り返せば較正曲線を求めることができる。

7.2 ピトー管による流速測定

ピトー管は図2.1.7に示すような形状であり、ピトー静圧管と全圧管とを組み合わせたものである。円管内のように、流線が平行に近い流れに対しては精度良く流速を測定できる。流れの全圧を P_t 、静圧を P_s とすれば、ベルヌーイの定理より、動圧 P_d (mmAq)

$$P_d = P_t - P_s \quad (2.1.1)$$

である。また、流れの持っている速度圧(動圧)は速度 V (m/s)により、 $P_d = (\gamma/2g) V^2$ で表されるので、

$$V = \sqrt{(2g/\gamma) P_d} \quad (2.1.2)$$

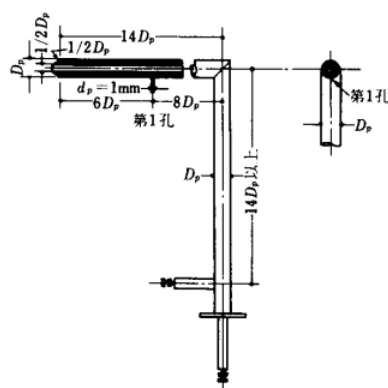


図2.1.7 ピトー管(JIS)

$$g : 9.8(\text{m/s}^2), \gamma : 1.2(\text{kg/m}^3)$$

により流速 V を求めることができる。したがって、全圧管からの圧力と静圧管からの圧力の差、すなわち動圧をマノメータで検出し、(2.1.2)式より V を求める。マノメータとしてはU字管、差圧を拡大して読み取る工夫がされているゲッチング型・ベッツ型などがよく用いられている。

7.3 吹出し風量の測定

風量測定の方法としては、オリフィスなどの抵抗をダクト直管部に挿入し、その前後の圧力差を検出して求めるのが一般的であるが、ここでは JIS B 8330に規定されている風速を測定して風量を求める方法を用いる。

ダクト断面を幾つかの部分に分割し、その部分を代表するような点で風速を測定し、風量を次式で算出する。

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i A_i \quad (2.1.3)$$

Q : 風量 (m^3/s), V_i : A_i 部分を代表する測定点の風速 (m/s), A_i : 分割した部分の断面積 (m^2)

風速計としてはピトー管を用いるのが一般的であり、測定に際してはダクト断面内の風速分布が定常で滑らかになっている位置(たとえば十分長い直管部)で行うことが大切である。図2.1.8に円形・く形ダクト断面の分割例を示す。なお、ダクト直管部分が得られな

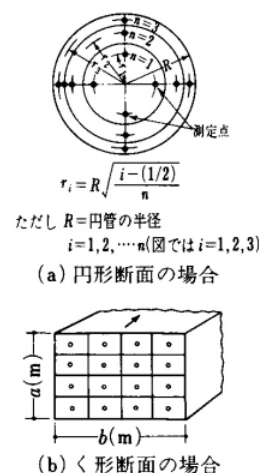


図2.1.8 ダクト断面の測定点の選定

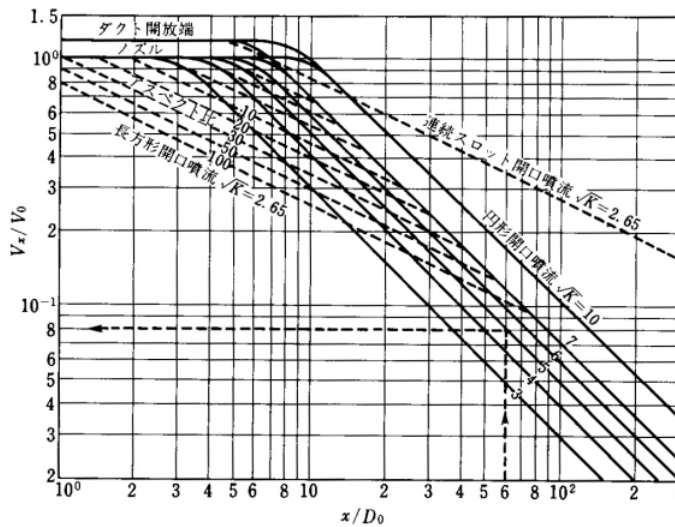


図2.1.9 等温噴流の中心軸速度
出典：建築設計資料集成, 1・環境

表2.1.4 各種吹き出し口の吹き出し口定数 (K, K' の値)

吹き出し口種類	K	K'	
円形・正方形開口(ノズルなど)	5.0	5.7	
スロット形吹き出し口(アスペクト比40以下)		4.9	
多孔板 { 開口比 3～5%		3.0	
{ 開口比10～20%		4.0	
円形スロット(軸流・ふく流)		3.9	
ペーン(羽根格子)付吹き出し口(アスペクト比3)			
ペーン開角 { 0°	5.1		
{ 45°	2.6		
{ 60°	1.5		
{ 90°	1.1		
一般市販品 { 壁上部グリル { 曲りなし	5.0	5.7	
	{ 広角度曲り	3.7	4.2
	壁上部線上吹き出し口 { コア高さ100mm以下	3.9	4.4
		{ コア高さ100mm以上	4.4
	床吹き出し口 { 広がりがなし	4.1	4.7
		{ 広拡大	1.4
天井ふく流吹き出し口(360°水平吹き出し)	1.0	1.1	
天井線上吹き出し口(1方向水平吹き出し)	4.8	5.5	

出典：建築設計資料集成, 1・環境

いようなときには、補助ダクトを用いる方法が便利である。

7.4 等温自由噴流

各種吹き出し口からの給気による噴流は、周囲の空気を誘引して混合しながら広がり、しだいに速度が減少する。無限に広い空間に対して吹き出された噴流を自由噴流とよび、周囲の境界により噴流が影響を受ける場合には制限噴流という。吹き出し口の大きさが室断面に比べて十分小さい場合(近くに壁面はない)には自由噴流として扱うことができ、この噴流の特質は明らかにされている。等温吹き出し、

すなわち吹き出し空気温と室温に差がない場合の自由噴流中心軸速度を図2.1.9に、各種吹き出し口の吹き出し口定数 K を表2.1.4に示す。

図2.1.9は各種吹き出し口について次式を図で示したものである。

$$\frac{V_x}{V_0} = K \frac{1}{X/D_0} = K' \frac{1}{X/\sqrt{A_0}} \quad (2.1.4)$$

X: 吹き出し口からの距離(m), V₀: 吹き出し速度(m/s), V_x: Xにおける中心軸速度(m/s), D₀: 吹き出し口の有効直径(m), A₀: 吹き出し口の有効面積(m²)

K および K' は比例定数で吹き出し口定数とよばれ、各種吹き出し口により表2.1.4のように異なるものである。K と K' には K' = 1.13K の関係がある。円形開口の場合の D₀ は実際の直径を D, 縮流係数を c とすると、D₀ = cD より求める。c は吹き出し口種類によって決まる値である。円形以外の開口では

$$D_0 = 1.13\sqrt{cA} \text{ より}$$

D₀ を求める。A は吹き出し口の実面積である。

例として、直径0.1mのノズルより V₀ = 5.0m/s で吹き出された噴流の吹き出し口より 6m の位置での中心軸速度 V_x を求める場合を示す。ノズルは c = 1.0 であるから D₀ = 0.1, X/D₀ = 60, K = 5.0 を用いて、図2.1.9より V_x/V₀ = 0.08 となる。したがって、V_x = 0.08 × V₀ = 0.4m/s となる。