

重力に平衡した自由浮遊バグによる気流動の可視化
その4 簡易風洞による自由浮遊バグの流速検定

正会員○小西 崇永*1

〃 森 太郎*2

〃 絵内 正道*3

〃 羽山 広文*4

大空間 気流 可視化測定法

1. 研究目的

アトリウムや体育館といった大空間では、居住域空調や自然換気の併用など緻密な空調計画が要求される。しかし現状では、大空間で気流分布を実使用時に調査することは困難である。そこで、大空間の気流動を簡便に可視化できる手法として、図1に示すような自由浮遊バグによる気流動の可視化法を提案したい。しかし、自由浮遊バグは、大きさや重さを無視できないトレーサーなので、必ずしもバグの飛行軌跡=気流動とはならない。バグの飛行軌跡から気流動を推定するためには、気流場の状態とバグの動きの関係を知る必要がある。

本報では、大空間の気流分布を空間の実使用時にも簡便に定量的に計測可能な手法の開発を目的とし、トレーサーとして用いる自由浮遊バグを対象に、簡易風洞を用いた流速の検定を行い、バグの移流速度と気流速の関係について検討した。

2. 実験の概要

a) 風洞の概要

本実験のために簡易風洞を製作した(図2)。寸法は断面を内寸900mm×900mmとし、流れ方向に風路は9000mmを確保した。ビデオカメラによる撮影を行うた

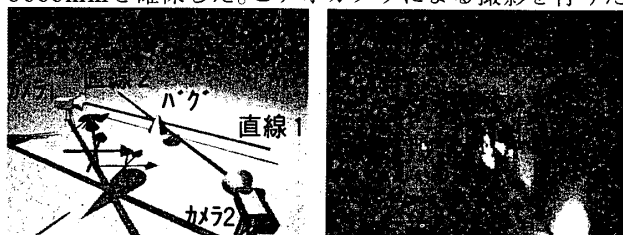


図1 可視化測定法概要

図2 風洞内部

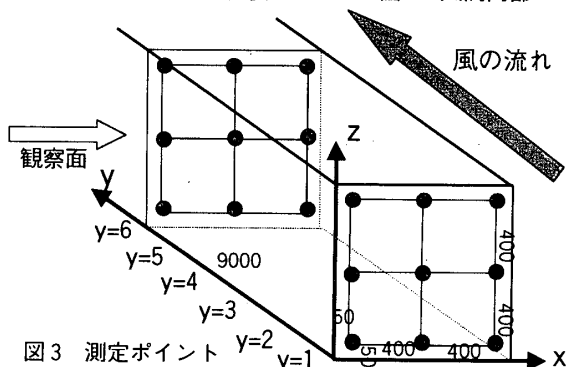


図3 測定ポイント

め風路の一壁面をアクリル板にした。送風機は内径42cmの有圧ファンを用い、出力は、単相サイリスタ式電力調節器を用いて制御した。風路の前後に整流格子を挿入し、送風機による流れの振れを最小限に抑えた。

b) 測定概要

測定に用いたバグは表1に示す5種類で、それぞれについて3段階の風速のもとで測定を行った。風洞内の風速は、超音波式三次元風速計を用いて測定した。風洞内の測定点は図3に示す通り、流れ方向に2700mm地点から900mm毎に6点、観察面、床面から50mm、450mm、850mmに測定点を設定し、合計54点で計測した。各測定点につき気流速を1秒毎30回測定した。その時間平均値をその点の気流速の代表値とした。

表1 実験の設定条件

ケース	気流速(出力)	バグ形状	1辺の長さ
CASE1	30%	四面体型	30cm
CASE2			43cm
CASE3			60cm
CASE4		立方体型	20cm
CASE5			30cm
CASE6	60%	四面体型	30cm
CASE7			43cm
CASE8			60cm
CASE9		立方体型	20cm
CASE10			30cm
CASE11	100%	四面体型	30cm
CASE12			43cm
CASE13			60cm
CASE14		立方体型	20cm
CASE15			30cm

表2 各ポイントの平均速度と乱流強度 (y方向6断面の平均値)

(x, z)		Fast 出力100%	Middle 出力60%	Slow 出力30%
(1, 1)	平均速度(m/s)	0.873	0.600	0.141
	乱流強度(%)	7.22	6.22	13.5
(1, 2)	平均速度(m/s)	0.814	0.514	0.100
	乱流強度(%)	6.12	7.46	18.3
(1, 3)	平均速度(m/s)	0.618	0.387	0.0749
	乱流強度(%)	6.69	6.07	17.2
(2, 1)	平均速度(m/s)	1.028	0.682	0.204
	乱流強度(%)	6.96	8.02	13.0
(2, 2)	平均速度(m/s)	1.102	0.686	0.140
	乱流強度(%)	3.11	4.48	12.1
(2, 3)	平均速度(m/s)	0.789	0.539	0.0677
	乱流強度(%)	8.08	7.80	18.5
(3, 1)	平均速度(m/s)	0.946	0.630	0.213
	乱流強度(%)	4.38	6.14	10.9
(3, 2)	平均速度(m/s)	0.911	0.694	0.137
	乱流強度(%)	5.59	5.69	15.4
(3, 3)	平均速度(m/s)	0.702	0.435	0.0955
	乱流強度(%)	7.66	10.3	16.5

A visualization of air current by usage of balloons for gravity-free.

Part4 An examination of balloon speed in the wind tunnel.

Konishi Takahisa et al.

3. 結果と考察

表2に風洞内の6断面平均速度と乱流強度を示す。これを基に、内部の気流の速度分布をみると、上部が遅く、乱れが大きいこと、また中心部は流れが速く、安定していることがわかる。これは、簡易風洞なので一様な流れを作ることができなかったためである。図4に気流速の計測値と全バグの速度の相関図を、表3に計測値と各バグの相関を示す。三次元風速計による測定値は、設定条件毎の全54点の平均風速を使用している。

- a) バグの型の影響: 立方体のほうがやや回帰直線の傾きが低く、風速を捉えきれていないことがわかる。
- b) バグの大きさの影響: 正四面体では、1辺43cmバグの回帰直線の傾きが最も1に近い。これは、内部の流れ場(風速計のサンプリングポイント)とバグの大きさのバランスが適当であったと考えられる。一方、正四面体30cmや立方体20cmのように小さいバグは他のバグに比べ、データがばらつく傾向がある。小さいバグの場合、風洞内に生じている気流速の分布(表2)の一部にバグが乗ってしまい、放出毎によって流路が違ったことが原因と考えられる。逆に60cmの大きなバグでは、速度むらの全体をとりすぎたため、結果としてバグ速度が遅くなってしまふと考えられる。(概念を図5に示す)。
- c) 気流の乱れの影響: バグの軌跡を可視化した図6をみると流れの上流部(図中の楕円部分)では、バグが気流速を十分捉えきれていない。y=1~6までの平均速度は、例えばFastの場合0.85~0.90m/sと、ほぼ一定である。一方、図7に例として挙げたy=1では、場所による乱流強度の差異が大きいが、下流域の(図7のy=5)比較的安定している部分になると、気流速との相関がよい。したがってバグが気流速を捉えきれていない部分は、同一断面で乱れのむらが大いところである。このことから、局所的に乱流強度大

き流れ場の測定には注意を必要とする。

4. まとめ

バグの移流速度から得られる情報がその場所の気流速とどのような関係にあるかを探るため、簡易風洞内に低速の安定した流れ場を作り、三次元風速計の測定値とバグの移流速度を比較する実験を行った。その結果、次のようなことが分かった。

- ① 風洞内の安定した流れ場では、バグの移流速度と風速計による測定値の相関は高く、バグの飛行軌跡は風洞内の気流速を比較的良く表現できている。
- ② 立方体よりも、正四面体バグのほうが、気流速との対応がよい。
- ③ バグの大きさによる対応関係への影響は、風洞内の気流速分布とバグの大きさの関係で説明できる。
- ④ 乱流強度の大きい流れ場では、バグと気流速の対応が悪くなる。

バグによる可視化法では、空調吹出し口付近の乱れた様子や、バグの大きさより細い熱対流を定量化することは難しい(③, ④)。本測定法の対象であるアトリウムなどの大空間において、空間全体にわたる卓越した気流の概略的な把握を目的とした場合の様に、バグのスケールを超える安定した流れでは、バグを浮遊させることが出来るので、この可視化測定法による気流速の定量的把握は可能と言える。

- 1) 庄司, 森, 絵内: 自由浮遊バグによる気流の可視化, 日本建築学会北海道支部研究報告集 No71, 1998. 3, pp. 293 ~ 296
- 2) 森, 絵内: 自由浮遊バグによる気流の可視化その2バグ速度と熱線微風速計流速の比較検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 1998. 9, pp. 293 ~ 296
- 3) 森, 絵内: 重力に平衡した自由浮遊バグによる気流の可視化, 日本建築学会技術報告集

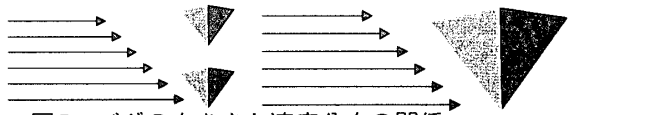


図5 バグの大きさと速度分布の関係

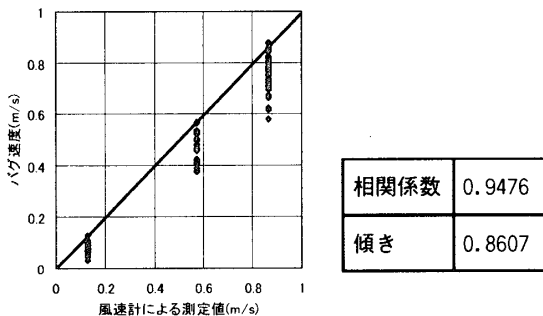


図4 気流速と全バグの移流速度の相関図
表3 各バグ毎の相関係数と回帰直線の傾き

ケース	相関係数	傾き
四面体型30cm	0.9693	0.9043
四面体型43cm	0.9655	0.9261
四面体型60cm	0.9674	0.8352
立方体型20cm	0.9314	0.7913
立方体型30cm	0.9639	0.8536

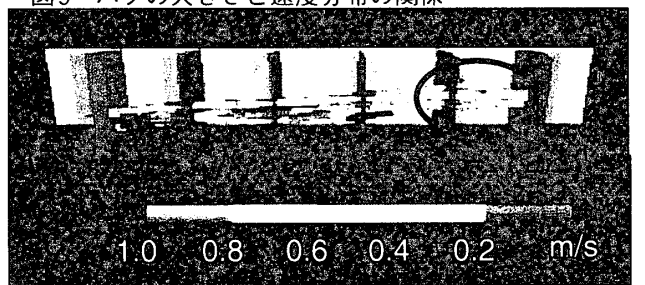


図6 飛行軌跡(正四面体43cmの例)

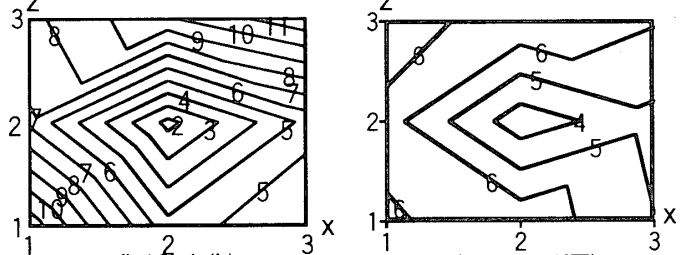


図7 乱流強度(%) (風速Fast, 左y=1, 右y=5での断面)

*1北海道大学大学院工学研究科修士課程
*2北海道大学大学院工学研究科助手・工博
*3北海道大学大学院工学研究科教授・工博
*4北海道大学大学院工学研究科助教授・工博

Graduate student, Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.
Inst., Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng.
Prof., Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng.
Assistant Prof.,Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng.