

風の効果について実験するための送風機の特性

山崎和彦 *・前田亜紀子 **・大久保千穂 *

* 生活環境学科 生理人類学研究室 ** 群馬大学教育学部

Properties of Blower for the Experiments of Wind Effects

Kazuhiko YAMASAKI*, Akiko MAEDA** and Chiho OKUBO*

* *Department of Human Environmental Sciences, Jissen Women's University*

** *Faculty of Education Gunma University*

Key words : wind (風), blower (送風機), drag (抗力), drag coefficient (抗力係数)

1. 緒言

筆者らの研究グループは、降雨装置を自作し(山崎ら, 2010)、雨の体温調節におよぼす影響(前田ら, 2006)や衣服の濡れ(橘田ら, 2011)について研究している。これまで実験室実験を主体としたが、今後は野外での観察に取り組む予定である。その場合、自然の風雨を模す方法、各要素の数値化、および風雨条件の設定法について把握しておく必要がある。そこで、市販の送風機は、このような実験に利用可能であるのか検討することとした。

2. 方法全般

送風機の仕様等は次の通りである。サンキテクノ製、LR-523、5枚翼(直径500mm)、三相200V、3.7kW、吐出風速25m/s、風量280m³/分。

用いた風速計は3種(超音波型: KAIJO製 A-390, 風杯型: custom製 CW-70, プロベラ型: Mistral製 Skywatch-Xplorer2)であった。これらの測定値はよく類似しており、本報告では風杯型風速計による値を用いた。

今回、表1に示す3種の実験を行った。

表1 実験区分

- | |
|---|
| 実験1. 送風機からの距離と風速分布の関係を捉え、さらに風速分布の均一化について検討する。 |
| 実験2. 抗力および抗力係数の評価法について検討する。 |
| 実験3. 野外で風雨の負荷を与え得るか検討する。 |

3. 実験1(風速分布および均一化の検討)

実践女子大学本館3階東翼側における廊下(幅と高さ: 1,950×2,550mm)の端において、中央通路側に風が吹くよう、送風機を設置した。送風機は自作の台車に乗せ、回転軸高は900mmであった。

図1に距離(送風機の排出口端を基準とする)と風速の関係を示す。なお本図における測定箇所は、送風機回転軸の延長上である。送風機からの距離に応じて風速は直線的に低下し、距離1、5、10mでの風速は、各々25.3、15.5、6.5m/sであった。

風速分布については、a) 枠なし、b) 枠のみ、c) 枠と羽板の3種条件を設定した。枠は厚さ12mmの合板を用いて製作した。図2は、c) について風の出口側からみた画像である。なおb) においては、木枠の型くずれを防止するため、風の出口部分において6枚の板(幅100mm)を組み合わせて取り付けられた。

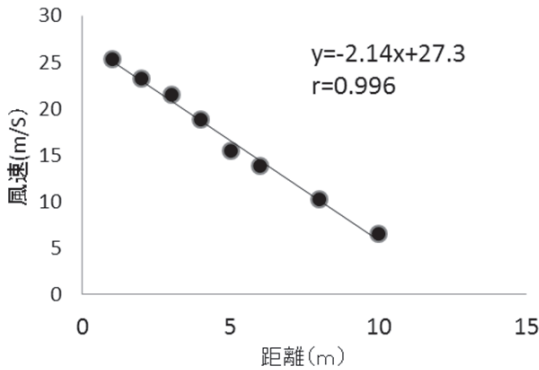


図1 送風機からの距離と風速の関係

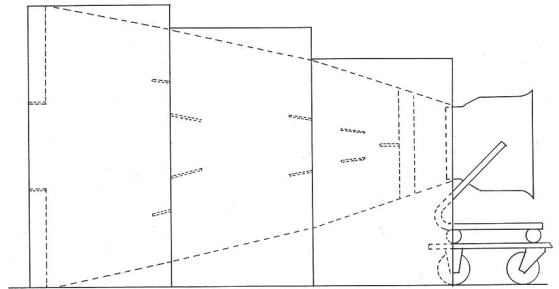


図3 枠と羽板の配置



図2 条件c)における外観

表2 風速の分布 (単位: m/s, 距離5m)

条件	垂直方向(cm)	水平方向(cm)				
		30	15	0	15	30
枠なし	180	2.1	2.0	3.3	2.0	2.1
	150	5.0	5.7	7.0	5.7	5.0
	120	8.2	9.9	11.0	9.9	8.2
	90	11.5	12.3	12.0	12.3	11.5
	60	7.1	10.3	12.1	10.3	7.1
	30	9.0	8.1	9.1	8.1	9.0
枠のみ	180	3.0	4.4	4.5	4.4	3.0
	150	4.5	6.7	5.3	6.7	4.5
	120	9.0	8.3	8.2	8.3	9.0
	90	6.7	8.8	9.5	8.8	6.7
	60	8.0	7.3	8.4	7.3	8.0
	30	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
枠と羽板	180	5.0	7.0	6.6	7.0	5.0
	150	5.6	5.7	6.8	5.7	5.6
	120	5.5	5.9	6.5	5.9	5.5
	90	5.7	6.1	5.8	6.1	5.7
	60	5.4	5.5	5.1	5.5	5.4
	30	5.9	6.7	5.6	6.7	5.9

注) 二重線の枠内について検討した。

め、厳密には「枠のみ」ではない。

図3は、c)における羽板の様子が分かるように描いた側面図である。なお枠の内幅は700mm、全高は1,800mmである。

表2に距離5m地点での風速分布を示す。人体は主に二重線の枠内において風圧を受けるとみなし、この範囲の平均とsdについて比較したものが図4である。枠および羽板を設けることにより平均風速は低下し、かつ均一化することが分かる。

4. 実験2 (抗力および抗力係数の評価)

風による抗力 (D, drag) は次式により表すことができる。

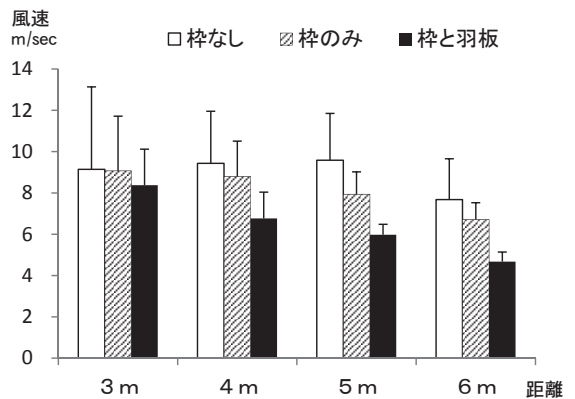


図4 風速および風速分布に及ぼす枠と羽板の効果

$D = 0.5 \times \text{空気密度} \times Cd \times \text{投影面積} \times \text{風速の二乗}$
 Cd は抗力係数 (drag coefficient) であり、人体では 1.0 前後である。Cd が分かっているとき、空気密度は気圧と気温から、投影面積は撮影した画像から求めておけば、各種風速における抗力を算出することができる。

今回、3 種の方法について比較した (表 3)。図 5 ~ 7 に各々の外観を示す。これらに共通する原理は、被験者を台上に立たせて風を与え、台に作用する水平成分の力を抗力とみなすというものである。

主な器材は、ロードセル (共和電業製 LUR-A-1KNSA1)、ペンレコーダ (日電三栄製 RT3200)、動歪計 (共和電業製 DPM-601A) である。投影面積は、撮影した画像を印刷し、プランメータ (タマヤ計測システム製 10S) により求めた。

表 3 風の抗力を求める方法

- ① リンク式 (平行四辺形によるリンク構造)
- ② 車輪式 (車輪直径 75mm × 4個をとりつけた台)
- ③ 懸垂式 (ロープで吊した 2本の棒に板を乗せる)



図 5 リンク式の外観

3 種方法にはそれぞれ長所と短所がある。①は応答が鋭敏であるが、立ち位置が高くなるため被験者は不安を覚える。②は操作が簡便であるが、抗力の分解能は他より劣る。③は最も鋭敏であるが、装置が大がかりとなる。

表 4 に「棒なし」での懸垂式による測定結果の一部を示す。距離 4 m と 5 m における抗力係数には一部に違いが認められる。ともあれ、風の抗力の評価は可能といえる。

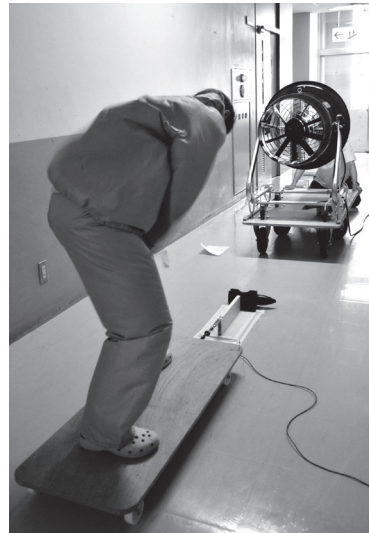
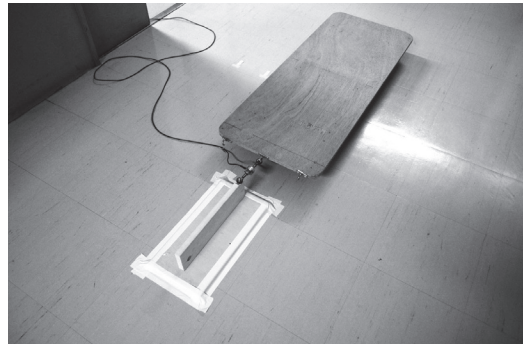


図 6 車輪式の外観 (上) とこれによる抗力の測定風景 (下)

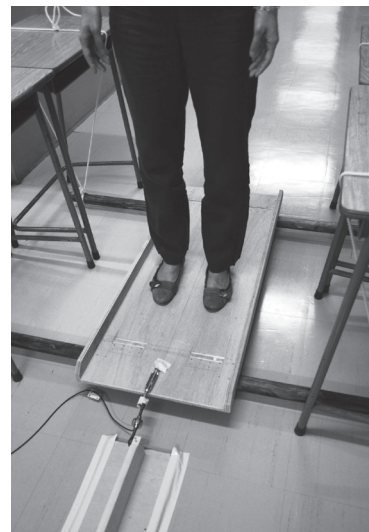


図 7 懸垂式の外観

表4 各種条件において得た抗力と抗力係数 (Cd)

被験者	条件	距離4m		距離5m	
		抗力	Cd	抗力	Cd
Y	正面	34.3	1.39	20.6	1.05
	横向き	15.7	1.07	11.8	1.02
	横向&靴	21.6	1.47	16.7	1.44
M	正面	32.3	1.44	23.5	1.32
	横向き	11.8	0.84	9.8	0.89
	正面&靴	36.3	1.61	24.5	1.38

注) 抗力の単位はN (ニュートン)

5. 実験3 (野外で風雨を発生させる)

屋外において、送風機を水平および斜め上に向けて設置し、園芸用散水具 (アイリスオーヤマ製 HRF-20 AGRM) によりシャワーモードで放水した (図8)。

送風機の向きにより、いわゆる横殴りの雨や自然の降雨によく似た状況が設定できることを確認した。

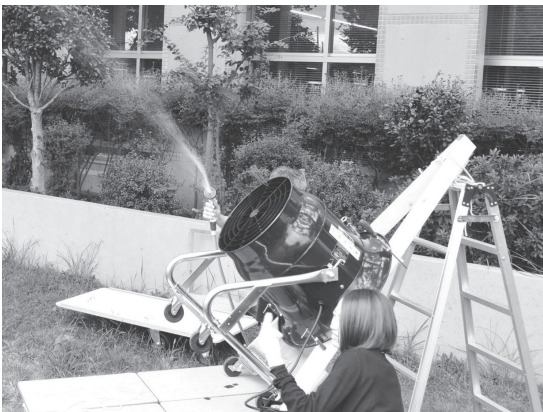
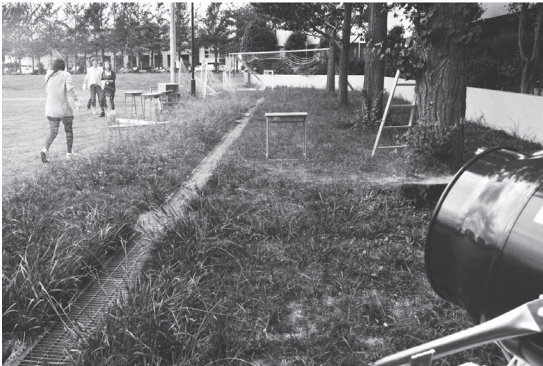


図8 送風機を水平 (上) および斜め上 (下) に向けて散水を行っている様子

6. まとめ

風の人体への効果について捉えようとするとき、通常、大型の風洞装置が用いられる。しかしこの設備を本学は所有せず、また広い場所を必要としかつ高額であるため設置は容易ではない。一方、送風装置は極めて安価であるから、これを用いた場合、どのような実験が可能であるのか確認するため本実験を行った。

風速の均一化および整流化は可能であると判断されるが、これにより平均風速が低下する。従って強風下での実験を行うことはできない。しかしながら、気流がもたらす温熱効果に関わる実験、および抗力係数の算出に関わる実験は可能であることを確認することができた。

送風装置と散水具を組み合わせることにより自然の雨に似た状況が再現できる。これは通常の風洞にはない利点である。

なお「風の息」と称される、風速が急に变化する現象を再現したく、今後、これに取り組んで行きたい。

謝辞

本実験に御協力いただいた、大熊沙織、倉田怜実、小島佳織、佐藤綾香の諸嬢に感謝します。なお本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究C (24500920) による。

引用文献

- 橘田萌, 高橋明子, 前田亜紀子, 山崎和彦 (2011), 模擬された雨により衣服が濡れて行く過程, 実践女子大学紀要第48号, 131-134
- 前田亜紀子, 山崎和彦, 栃原裕 (2006), 濡れた衣服の体温調節反応への影響, 日本生気象学会雑誌, 43 (2), 103-112
- 山崎和彦, 橘田萌, 前田亜紀子 (2010), 降雨を模擬するための装置, 実践女子大学生生活科学部紀要, (47), 107-110