

冷却流水面とハイブリット換気による屋内公開空地の熱・空気環境に関する研究 第4報 流水面近傍における気流性状

冷却流水面 PIV 気流速度分布
屋内公開空地

正会員 ○酒井 孝一郎*1 正会員 森 太郎*2
正会員 西澤 繁毅*3 正会員 菊田 弘輝*4
正会員 絵内 正道*5 正会員 羽山 広文*6
像をPCに送信。

1. はじめに

近年、大規模な複合ビルから小規模なオフィスビルに至るまで、主空間の前室、あるいは動線の結節点等の目的を持った吹き抜けやホールを持つ建築が増えている。本研究では、そのような空間を屋内公開空地と呼称する。ほとんどの屋内公開空地には、緑や川などの自然要素が多数設置されている。

既往の研究では、これらの屋内公開空地に多数設置されている流水面をスポット空調システムの1つとして利用し、環境維持における省エネルギー化を考えている。本研究の目的は、PIVを用いて、川などを流水面とすることによって引き起こされた流水面近傍の気流速度分布を詳しく把握することにある。

2. PIVによる気流速度分布把握

粒子画像流速測定法(PIV; Particle Imaging Velocimetry)は、流れに微小粒子を混入させ、その微小粒子の流れを可視化し、その粒子挙動を追跡することで非定常気流速分布を計測する手法の1つである。本研究に使用したPIVは以下のシステムからなっている。

- a) PC; 画像処理と気流速度分布計算を実施。
- b) シンクロナイザー(KANOMAX社、MODEL611034); カメラとレーザーにトリガーを送信し両者の同期をとる。
- c) カメラ(KANOMAX社、デジタルCCDカメラ80046); シンクロナイザーのトリガーにより粒子画像を撮影し、画

d) レーザー(LITRON社、ダブルパルスYAGレーザー、300[mJ]、4[ns]); 粒子撮影用のフラッシュ、シンクロナイザーのトリガーによりレーザーライトシートを作成。

なお、一つの気流速度分布を得るためには、2枚の画像が必要で、両者の撮影間隔は500[μs]、今回の実験では、この2枚ペアの画像を15[Hz]で100組撮影した。本研究中の気流速度分布データは、これら100組の速度分布を平均化した結果である。なお、本研究では微小粒子に油滴を用いた。

3. 実験方法

実験装置の概要と実験におけるパラメータを図-1および表-1に示す。流水面は簡易風洞内(900[mm]×1800[mm]×1200[mm])に設置し、寸法は水の流れに対して平行方向に450[mm]、垂直方向に300[mm]である。これを床面レベルから20°傾け、その斜面に水を流した。その流水面近傍にアトマイザーで微小油滴を散布し、流水面の中央部分に対して、水平方向にシンクロナイザーのトリガーによるレーザーライトシートを照射し、その垂直方向からCCDカメラにより画像を撮影する。撮影箇所は図-2のように、滝壺周辺から徐々に上流にカメラを移動させて、約260[mm]上流まで撮影した。撮影されたデジタル画像のデータを解析し、気流速のベクトルデータを流水面に対して垂直に取り出し、解析を行った。

表-1 実験パラメーター一覧表

実験番号	流量(l/min)	位置(mm)	実験番号	流量(l/min)	位置(mm)	実験番号	流量(l/min)	位置(mm)
1-1	6.5	30	2-1	9.5	30	3-1	12.2	30
1-2		70	2-2		70	3-2		70
1-3		110	2-3		80	3-3		80
1-4		120	2-4		130	3-4		110
1-5		160	2-5		160	3-5		120
1-6		210	2-6		210	3-6		130
1-7		260	2-7		260	3-7		160
					3-8	210		
					3-9	260		

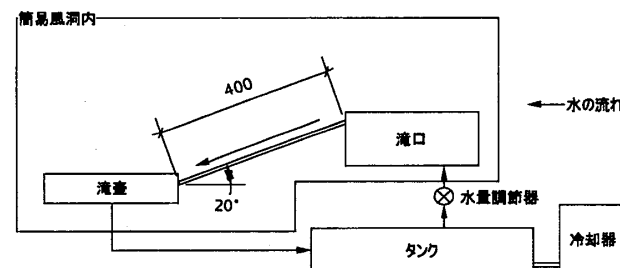


図-1 実験装置詳細

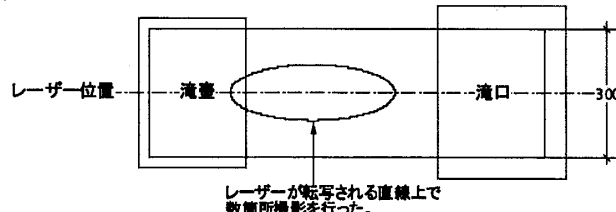


図-2 撮影箇所

A Study on the Thermal and Air Environment for Indoor Open Spaces by Hybrid Ventilation and Cool Running Water
Part 4 The Property of Air Velocity on Boundary Area between Water and Air

SAKAI Koichiro et al.

4. 結果・考察

滝壺から約+70[mm]地点における気流速度分布を図-3に示す。流量ごとに少し差があるものの、全ての流量において、同じ形状の分布をしていることから、これらの差は実験における誤差ではないかと考えられる。

流量ごとの気流速度分布を図-4～図-6に示す。全ての流量において滝壺に近づくほど気流速度が増加していることが分かる。また、それに伴って影響を受ける範囲も大きくなっている。これらのことは流れる水の流速が、等加速度運動により滝壺付近で一番速くなるためであると推測できる。従って、流水面に流れる流量が変化しても、同じ位置であれば、流水面から影響を受ける空気層の厚さはあまり変化しない。しかし、流れる水の流速が速ければ速いほど、影響を受ける空気層は厚くなり、最大気流速度も増加すると推測できる。

滝壺から約+30[mm]地点において、全ての流量の気流速度分布が小さくなっている。その要因として、ほかの位置では流水面に平行の気流速度分布が見られたが、約+30[mm]地点では滝壺に用いた蓋が流水面より高い位置にあるため、気流がその蓋にぶつかり、上方に動く気流となった結果であると推測される。

各測定個所の気流速度分布から空気の運動量を得ることができる。その運動量の差から境界面に働いているせん断力を求めた。このせん断力が空気の流れの直接的な原因である。このせん断力の大きさが分かることによって、境界面の気流速度分布をCFDを用いて計算することができるようになる。

5. 総括

本研究をまとめると以下のようなになる。

下流に行くにつれて、水流速が増加するため、影響を受ける範囲と気流速度は増加することが分かった。

流れる水と空気の境界面に働くせん断力が分かった。今後、水温と気温の差があるときにどのような違いが見られるのかを実験解析していきたい。また、CFDを用いて気流速度分布を解析していきたい。

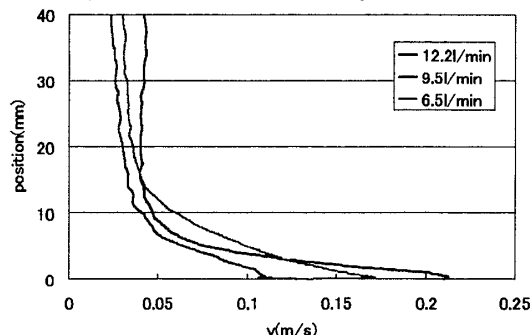


図-3 滝壺より+70 mm地点による気流速度分布

*1 北海道大学大学院工学研究科修士課程
 *2 国立釧路工業高等専門学校准教授・博士(工学)
 *3 国土技術政策総合研究所
 *4 北海道大学大学院助教・博士(工学)
 *5 北海道大学大学院教授・工学博士
 *6 北海道大学大学院准教授・博士(工学)

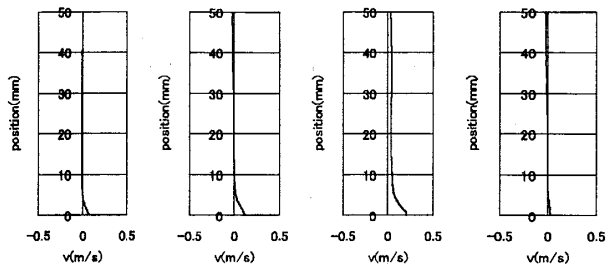


図-4 場所による気流速分布(流量12.2l/min, 左から滝壺より+260,+160,+70,+30mm)

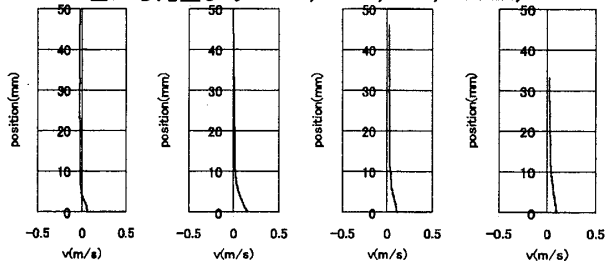


図-5 場所による気流速分布(流量9.5l/min, 左から滝壺より+260,+160,+70,+30mm)

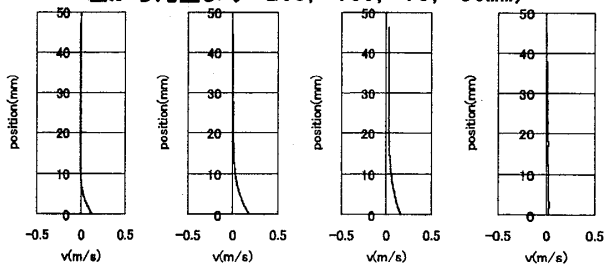


図-6 場所による気流速分布(流量6.5l/min, 左から滝壺より+260,+160,+70,+30mm)

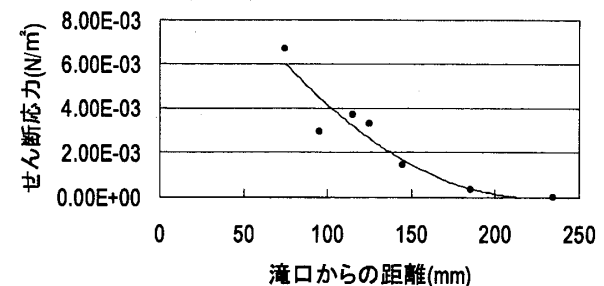


図-7 境界面に働くせん断力(流量12.2l/min)

参考文献

1) 絵内、森、川口、羽山；冷却流水面による大規模吹き抜け空間の調湿・除湿第2報、空気調和衛生工学会論文集 No. 89 (2003)、pp37-43
 2) 森、絵内、会田、斎藤、羽山；冷却流水面による大規模吹き抜け空間の調湿・除湿第3報、空気調和衛生工学会論文集 No. 95(2004)、pp25-33
 3) 森、会田、西澤、絵内、羽山、川口；冷却流水面による大規模吹き抜け空間の調湿・除湿第4報、空気調和衛生工学会論文集 No. 110(2006)、pp17-25

*1 Graduate School of Eng.,Hokkaido Univ.
 *2 Assoc.Prof.,Kushiro National College of Tech.,Dr.Eng
 *3 National Institute for Land and Infrastructure Management
 *4 Assis.Prof.,Graduate School of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng
 *5 Prof.,Graduate School of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng
 *6 Assoc.Prof.,Graduate School of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng