

平成 29 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：分野横断

研究期間：平成 29 年度

課題番号：173008

研究課題名（和文）：風工学分野における PIV 技術活用に関する検討

研究課題名（英文）：Investigation on utilization of PIV in wind engineering field

研究代表者：佐々木 澄

交付決定額（当該年度）： 300,000 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

粒子画像流速測定法 PIV (Particle Image Velocimetry) は、流れ場を面的に非接触で計測できる方法で、近年では多くの機関で導入されている。特に、可視化情報学会では定期的に講習会を開くなどし、感圧塗料を利用した（かなりの高風速であるが）壁面風圧の計測や感温塗料を利用した測定例など、流れ場の計測以外の場でも活用した事例などが紹介されている。

建築の分野でも発表事例が見られ、構造の分野では風洞実験における壁面風圧の測定結果との比較や LES の流入変動風作成への利用、基本形状周りの流れ場のような風洞実験で活用したものが多く見られる。環境工学、特に換気分野では、厨房廻りの流れ場、オフィス空間を対象とした流れ場のように、広領域の測定等も実施されており、2010 年度の建築学会大会における OS で「可視化画像処理による空気環境測定法」が取り上げられるなど、応用研究事例も見られている。

このような検討事例は散見されるが、それぞれ風速レベルが異なる等、対象がバラバラであるとともに、粒子の散布方法や測定周期や画像解析法によって測定精度が変わる可能性も考えられる。構造や環境工学等、それぞれの分野で取り組んでいる研究者が集まり、PIV の基礎的な知識、ノウハウを共有するとともに、風工学で扱うより複雑な実市街地や建物周りの流れの問題などに適用する際の課題、適用方法などを検討することは非常に有用なことであると考えられる。

以上のような背景から、本研究課題では、

- 1) 計測条件（粒子の散布状況、カメラの性能、レーザーの違い、画像解析法等）の違いによる実験結果を比較し、それぞれの影響等について整理
- 2) 風工学分野における PIV 実験時の考えられる問題点や課題を整理
- 3) 風環境評価等の風工学の実務問題への適用に向けた課題を抽出することを目的とする。

2. 研究の方法

これまで様々な対象で PIV 実験を実施してきた研究者が集まり、以下の内容を実施した。

- 1) 各参加者がこれまで取り組んできた PIV による計測事例に基づき、考慮した点や課題等について議論
- 2) 既往の実験例や「PIV ハンドブック」に記載されている理想的な条件と、本研究課題で対象と考える建物周りの複雑流れ場での計測条件の相違点などについて議論
- 3) 考えらえる課題の検討や基本的な情報を得るために基礎的な実験を実施

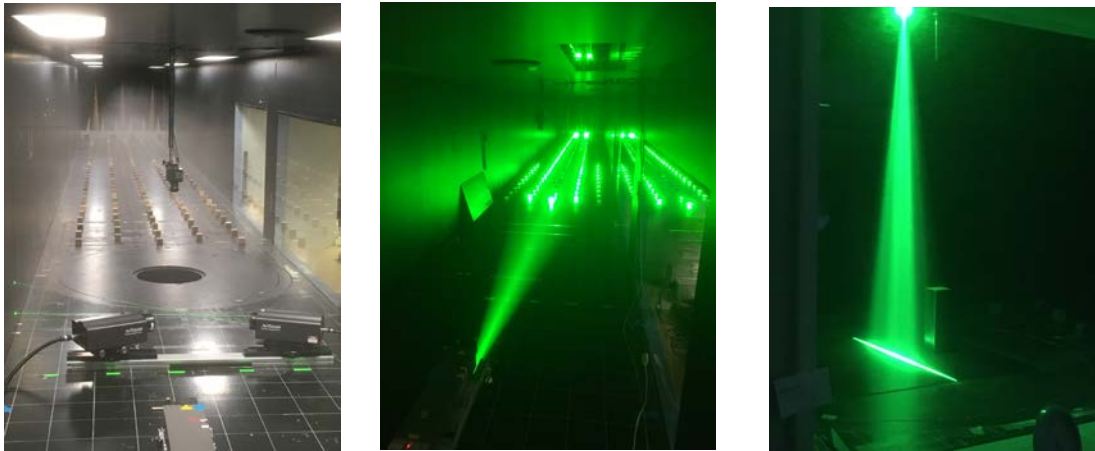
3. 研究成果

議論を進める上で、風工学、特に風環境評価などの建物の周り（建築分野）における PIV の問題点として、

- ・ PIV 実験のガイドブックである「PIV ハンドブック」に記載されている理想的な条件が、風洞スケールの制約等により再現できない
- ・ 対象の形状の制約で、レーザー光を対象面に挿入できない。すなわち、市街地のよう

な複雑な形状近傍でレーザーも入れにくく、カメラも狙いにくいような箇所をいかにして測定できるか

等が挙げられた。これらの問題点の一部を検討するため、東京工芸大学の境界層風洞実験室において西華デジタルイメージ株式会社と共同で基礎的な PIV 実験を実施した（次節のうちのホームページ等の 1. 時系列 2D-PIV & ステレオ PIV）。計測の風景を図 1 に示す。



(1) 粒子の粒径計測

(2) 水平断面計測

(3) 鉛直断面計測（ステレオ PIV）

図 1 PIV 計測の風景

これらの実験結果は研究分担者間で共有され、計測条件（画角、計測間隔等）の違いによる結果の影響等を検討するとともに、既往の熱線風速計での計測結果との比較等も今後行う予定である。

研究集会で研究分担者から発表された内容の概要を以下にまとめる。研究集会の講演内容、講演者は以下の通りである。

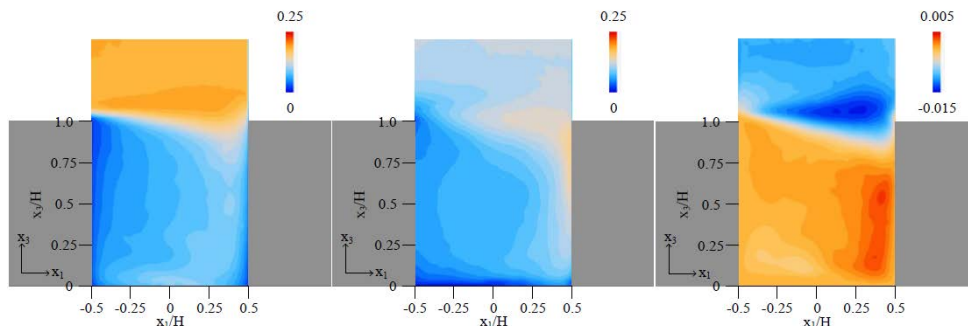
趣旨説明

佐々木澄（清水建設）

【関連研究報告】

- PIV を用いた都市キャニオンにおける気流構造に関する検討 中島慶悟（東京大学）
- 建物群キャノピー流れに PIV を適用するためのレーザーシート光学系の構築 池谷直樹（九州大学）
- 遠心力を伴う流れ場の PIV 計測 松井正宏（東京工芸大学）

中島氏からは、高密度市街地を模擬した都市街区モデルに形成される流れ場を対象として PIV 測定を行い、その結果から都市キャニオンにおける流れ場の基礎的な性状（図 2）、乱れの生産構造、レイノルズストレスのモデル化の妥当性について考察した結果の報告があった。池谷先生からは、PIV のこれまでの発展の流れと今後の可能性についての考えが紹介され、複雑形状に対する最適光学系の構築の必要性の観点から実施した建物群キャノピー内建物の内部流れのための光学系（図 3）を構築した事例について発表があった。松井先生からは、竜巻性状の流れ場（図 4）を対象とした PIV の事例の紹介があり、粒子の動きに着目した考察結果についての報告があった。



(1) x_1 方向風速変動 rms 値

(2) x_3 方向風速変動 rms 値

(3) レイノルズストレス $\langle u_1' u_3' \rangle$

図 2 都市キャニオンにおける乱流統計量の空間分布（中島氏の発表資料より引用）



図3 室内気流の水平分布計測のための光学系
(池谷先生の発表資料より引用)



図4 竜巻性状のPIV計測
(松井先生の発表資料より引用)

基礎的な流れ場の計測から新たなシステムの構築例の発表に対して、計測手法や画像解析法といった基本的な情報からさらなる応用可能性も含めた様々な質疑が交わされた。

研究分担者間の議論で挙げられた課題とともに、研究集会においても基本的な実験条件の設定方法を含めた様々な意見が出された。今後は整理した疑問点や課題の解決法を検討し、風工学分野でのPIV実験実施の際の注意点やPIVハンドブックの理想的な条件とは異なる条件設定（限界とされる設定を外れる条件等）について、今年度実施した基礎実験データの整理方法の検討を含め、検討を進める予定である。

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等]

1. 時系列 2D-PIV & ステレオ PIV : <https://www.seika-di.com/media/2018/03/27/46>
(2018年4月)

5. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 澄 (清水建設 (株))

(2) 研究分担者

1. 松井 正宏 (東京工芸大学)
2. 池谷 直樹 (九州大学)
3. 菊本 英紀 (東京大学)
4. 山田 慎一 (大阪ガス株式会社)
5. 菊池 浩利 (清水建設 (株))

6. 要約(Abstract)

研究課題名 風工学分野における PIV 技術活用に関する検討
研究代表者名 (所属) 佐々木 澄 (清水建設株式会社)
要約(700 文字以内)・図

粒子画像流速測定法 PIV (Particle Image Velocimetry) は様々な分野で活用されてきているが、対象がバラバラであるとともに、粒子の散布方法や測定周期や画像解析法によって測定精度が変わる可能性も考えられる。特に複雑な流れ場が形成される建物周りでは、より精度の高い計測を行うためには基礎的な条件設定から画像分析法まで検討する必要があると考えられる。本研究課題では、PIV 実験を実施してきた研究者が集まり、各参加者がこれまで取り組んできた PIV による計測事例に基づき、考慮した点や課題等について意見交換し、既往の実験例や「PIV ハンドブック」に記載されている理想的な条件と、本研究課題で対象と考える建物周りの複雑流れ場での計測条件の相違点などについて議論することで風工学分野での PIV 活用を図るものである。また、考えらえる課題の検討や基本的な情報を得るために基礎的な実験を実施し、適応限界や問題点について整理した。

議論を通じ、PIV 実験のガイドブックである「PIV ハンドブック」に記載されている理想的な条件が、風洞スケールの制約等により再現できないことや、市街地のような複雑な形状近傍ではレーザーも入れにくく、カメラも狙いにくいような箇所が発生する、といった課題が挙げられた。

課題解決のための基礎実験の実施や、研究集会での議論を通じて更なる課題等も挙げられ、今後は整理した疑問点や課題の解決法を検討し、風工学分野での PIV 実験実施の際の注意点や PIV ハンドブックの理想的な条件とは異なる条件設定 (限界とされる設定を外れる条件等) について検討を進める予定である。



図 基礎実験風景

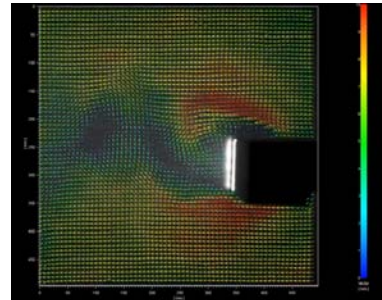


図 画像解析事例