報 告

東京工芸大学風工学研究拠点 2020 年度公開研究集会開催報告 Tokyo Polytechnic University Wind Engineering Research Center Open Research Meeting

水谷国男^{*1} 松井正宏^{*1} 吉田昭仁^{*1} 金 容徹^{*1} 山本佳嗣^{*2} 玄 英麗^{*3}

Kunio MIZUTANI, Masahiro MATSUI, Akihito YOSHIDA, Yong Chul KIM, Yoshihide YAMAMOTO, Yingli XUAN

1. はじめに

東京工芸大学 風工学研究センターは、2000 年に設立以来、風工学に関する教育研究活動を積極的に進め、産官学を問わず国内外の教育研究機関と共同研究を実施してきた。また、その活動は 2003 度 21 世紀 COE プログラム「都市・建築物へのウインドイフェクト」、2008 年度グローバル COE プログラム「風工学・教育研究のニューフロンティア」に連続して採択され、着実な成果として今日の教育研究に結びついている。さらに、2013 年度からは文部科学省 共同利用・共同研究拠点に「風工学共同研究拠点」として採択され、これまでの研究成果、施設導入の実績を活かした共同研究を積極的に推進している。

共同利用・共同研究の課題は、風工学研究拠点があらかじめ設定した研究テーマ（特定課題研究）と申請者が設定した風工学に関連する研究テーマ（一般課題研究および資金準備型課題共同研究）を公募し、学外の有識者および拠点内研究担当者で組織された風工学研究拠点運営委員会にて審査の上、採否を決定している。

2020 年度に採択された研究課題は、特定課題研究 13 件、一般課題研究 9 件、資金準備型共同研究 1 件の計 23 件であった。そのうち 3 件の研究課題は、コロナ禍により共同研究者が来訪して、東京工芸大学の実験施設を利用した研究を行うこと困難となったため取り下げとなったが、20 件の研究課題については研究が進められ、2020 年度末

には公開研究集会を開催して研究成果が報告された。

本報では、2020 年度の風工学研究拠点公開研究集会の概要について、紹介する

2. 強風防災・耐風構造分野

2020 年度に採択された共同利用・共同研究の研究課題の内、強風防災・耐風構造分野の共同研究課題として、今年度は、以下の 6 つの研究テーマ：「日本版改良藤田スケールにおける DI, DOD と被害風速の評価」（防衛大学 小林文明教授）、「Determination of wind loads acting on different standard building models and comparison with identical scenario obtained using results from other tornado simulators」（Sabareesh Geetha Rajasekharan, BITS-Pilani, Hyderabad Campus）、「Effects of aspect ratio on across-wind response of circular- and square-section super-tall buildings」（Chongqing University Q. S. Yang）、「種々の隅角部形状を有する角柱の変動風力係数およびパワースペクトル密度のモデル化に関する研究」

（風工学研究所 勝村 章）、「Aerodynamic characteristic of elliptical retractable dome roofs」（Seoul National University of Science and Technology S. W. Yoon）、「気象モデルや CFD モデルと実測を融合する実台風過程における都市域強風風速予測」（同済大学 曹 曙陽）が実施された。

研究課題のうち、「日本版改良藤田スケールにおける DI, DOD と被害風速の評価」に関しては、2021 年 2 月 10 日にオンラインで開催された。

* 1 東京工芸大学 教授 mizutani@arch.t-kougei.ac.jp
Professor, Tokyo Polytechnic University

* 2 東京工芸大学 准教授
Associate Professor, Tokyo Polytechnic University

* 3 東京工芸大学 助教
Assistant Professor, Tokyo Polytechnic University

以下に発表者と発表タイトルと記す。

加茂 直幸 (気象庁大気海洋部) : 2020 年の竜巻被害および評価結果について

足立 透 (気象庁気象研究所) : フェーズドアレイ気象レーダーによる市原竜巻の詳細解析

梅原 章仁 (気象庁気象研究所) : 二重偏波レーダーで捉えた竜巻飛散物の時空間分布~2019 年 10 月 12 日千葉県市原市に生じた竜巻を対象として~

山崎 智之 (東京電力パワーグリッド) : 2019 年台風 15 号に伴う強風による送電線の被害状況と鉄塔の耐力評価
曹 曙陽 (同济大学教授) : 船舶の強風被害と被害発生風速の検討

参加者は 87 名で、国内外の研究者による活発な議論が行われた。(松井)

また、「種々の隅角部形状を有する角柱の変動風力係数及びパワースペクトル密度のモデル化に関する研究」と、「Effects of aspect ratio on across-wind response of circular- and square-section super-tall buildings」及び「Aerodynamic characteristic of elliptical retractable dome roofs」の研究集会が 2021 年 3 月 10 日にオンラインで開催された。研究代表者より簡単な主旨説明の後、日本国内から 5 件、海外から 3 件、計 8 件の研究発表が行われた。

最初の 5 題の発表は、隅角部形状による構造物の空気力・風応答特性に関する研究発表であり、種々の隅角部形状を有する構造物の風洞実験結果が紹介された。矩形断面角柱を基本として、隅角部や辺長比を変化させた場合の影響やアスペクト比が異なる円断面及び矩形断面の高層建物における風直角方向の空力減衰に関する発表が行われ、現状の問題や改善点について議論が行われた。

なお、現在の荷重指針・同解説(2015)では開閉式ドームに関する設計基準がないことを勘案して、2018 年度より共同利用・共同研究の研究課題として行っている開閉式ドームの空力特性に関する研究が行われた。屋根面における変動風圧の基本的な特性をはじめ、密閉されたドームの結果や現在の荷重指針・同解説(2015)との比較により、開閉率の異なる開閉式ドームの屋根における設計用ピーク外圧係数が提案された。

以下に発表された研究を示す。

勝村 章 (風工学研究所) : 角柱変動風力パワースペクトル密度のモデル化について

吉田 昭仁 (東京工芸大学) : 隅角部形状、辺長比の異なる建築物の風力特性

大坪 和広 (風工学研究所) : 隅丸建物の空力特性モデル化に関する研究

Y.C. Kim (Tokyo Polytechnic University) : Aerodynamic behavior of wind turbines with polygonal cross-sectional tower

田中 英之 (竹中工務店) : 建物形状の違いによる風応答特性

W Shan (Beijing Jiaotong University) : Effects of aspect ratio on across-wind response of square-section super-tall buildings and identification of aerodynamic damping

JH Lee (Seoul National University of Science and Technology) : wind pressure coefficients of elliptical retractable dome roofs

DJ Cheon (Seoul National University of Science and Technology) : Wind pressure characteristics of central open dome

参加者は講演者含めて約 40 名で、それぞれの発表について活発な議論が行われた。

(吉田・金)

図1 3月10日の研究集会における発表画面例

竜巻状気流シミュレータに関する公開研究会が「Determination of wind loads acting on different standard building models and comparison with identical scenario obtained using results from other tomado simulators」と題して 2021 年 3 月 25 日に開催された。本共同研究では、竜巻による突風が作用する建築物の風荷重を評価するために、竜巻状気流シミュレータを用いて、気流の性質や風圧力の特徴を検討する手法の標準化を目指して、複数の機関で統一的条件で実験を進めている。

研究集会は後述する分野横断型研究課題、「風環境評価に広域 PIV 計測手法を適用するための基礎的検討」の研究集会 (参加者 26 名) に引き続いてオンラインで開催され、低層建築物を想定した単純形状の模型実験結果を吟味した。

(松井)

Average Cp of the surface pressures

図2 竜巻状気流シミュレータで得られた低層建物モデルに発生する平均風圧係数分布の例

3. 室内環境分野

2020 年度に採択された共同利用・共同研究の研究課題の内、室内環境分野の共同研究課題として、今年度は、以下の8つの研究テーマ：「集合住宅におけるウィンドキャッチャーの有効性及び通風性能促進効果向上に関する研究」（東京理科大学 倉淵隆教授）、「自然換気設計におけるAIの有用性に関する研究」（関東学院大学 遠藤智行教授）、「一定風と自然風の実測結果に基づく変動風が温熱快適性に与える影響に関する研究」（豊田工業高等専門学校 森上伸也准教授）、「Research on prediction method of indoor temperature distribution based on mobile sensor information」（北京工業大学 張偉榮教授）、「局所気流下の着衣人体における部位別着衣透湿抵抗の測定」（早稲田大学 田辺新一教授）と「熱帯のイスラム文化圏に適したクールビズの模索」（九州大学 萩島 理教授）、「吹き出し性状の異なる局所気流の体感効果に関する研究」（東海大学 中野淳太准教授）、「緑化ファサードの熱輸送現象の把握と自然換気性能への影響調査」（明治大学 樋山恭助准教授）が採択された。

これらの研究課題のうち、通風・室内環境に関する合同研究集会が2021年2月23日にオンラインで開催された。

北京工業大学の張研究室からは、室内気候寄与率(CRI)とモバイルセンサー情報に基づく室内温度分布の予測手法に関する研究成果などが2人の学生から発表され、豊田高専の森上准教授からは、一定風および自然風の実測結果に基づく変動風が温熱快適性に与える影響に関する実験結果が報告された。また、東京理科大学の倉淵研究室からは集合住宅の自然換気量に関する風洞実験と数値解析などに関して2人の学生による発表があり、関東学院大学の遠藤研究室からも自然換気運用を目的としたニューラルネットワークによる気象予測に関して2人の学生

による発表が行われた。そのほか、東京工芸大学の水谷研究室の学生から人工気候室内での自然風再現方法に関する研究の発表も行われた。

以下に発表者と発表タイトルと記す。

Yanan Zhao（北京工業大学）：Research on prediction method of indoor temperature distribution based on Contribution Ratio of Indoor Climate (CRI) and mobile sensor information

Weijia Zhang（北京工業大学）：Study on Comprehensive Evaluation and Strategy Optimization of Demand-Oriented Ventilation

森上 伸也（豊田工業高等専門学校）：一定風および自然風の実測結果に基づく変動風が温熱快適性に与える影響

柴田 実里（東京理科大学）：高応答性CO₂濃度測定機器を用いた換気効率測定

奥田 有彩（東京理科大学）：ウィンドキャッチャー設置による通風促進効果の検討

菊地 拓（関東学院大学）：有効な自然換気運用を目的としたニューラルネットワークによる気象予測の基礎的検討

山本 耕平（関東学院大学）：深層学習による建物壁面における風圧係数予測に関する研究 - 建物形状の二次元的変化に対する予測精度の検討 -

森口 拓生（東京工芸大学）：人工気候室内での自然風再現方法に関する実験

参加者は62名で、活発な質疑討論が行われた。（水谷）

図3 2月23日の研究集会における発表画面例

また、室内環境・サーマルマネキンに関する合同研究集会は、2021年3月2日にオンラインで行われた。

早稲田大学田辺教授からは、田辺研究室で開発されている新人体モデル JOS-3 について改良点について紹介が

あった。また、JOS-3 のソースコードやダウンロードサイトなども紹介された。気流や衣服の濡れが人体・衣服・環境間の熱移動に与える影響について発表された。

九州大学萩島教授からは、熱帯地方による暑熱化の健康リスク低減対策の難しさについて解説された。宗教上の理由により頭部にヒジャブを身に付ける女性に対して、クールビズ用の着衣によって熱的快適性を向上させ、室内冷房の設定温度を低下させる可能性について発表があった。

東海大学中野准教授からは様々な局所気流に暴露された場合の快適性に関して皮膚温変動データ分析を交えながら発表があった。

明治大学樋山准教授からは、緑化ルーバーのモデル化を実施した過程について説明があり、緑化ルーバーが水平ルーバー形状で模擬できる可能性について解説があった。また、建築分野における AI の活用の可能性について紹介があった。

以下に発表者と発表タイトルと記す。

田辺 新一、依田 悠 (早稲田大学), 新人体モデル JOS-3 と局所気流下の部位別着衣透湿抵抗,

萩島 理 (九州大学), 熱帯のイスラム文化圏に適した COOL LIFE の模索

中野 淳太 (東海大学), 吹き出し性状の異なる局所気流の体感効果に関する研究

山本 佳嗣 (東京工芸大学), 自然換気時における局所低温気流の冷却効果と気流活用空調への応用

樋山 恭助 (明治大学), 気候適応型建物外皮の性能評価とその運用における機械学習の適応

参加者は講演者も合わせて約 70 名であり、活発な意見交換が行われた。(山本)

4. 屋外環境分野

2021 年 3 月 4 日に、「都市の温熱・風環境」をテーマとする研究集会がオンラインで開催された。本セミナーは、2020 年度に採択された共同利用・共同研究課題のうち、屋外環境分野関連の研究を中心に、その進捗および成果を報告する目的で行われた。

COVID-19 のパンデミックの中、気候の変化に伴って感染症を媒介する動物の生息分布が拡大し、各種感染症のリスクが高まっていることが懸念されており、地球温暖化に対する人々の関心がさらに高まっている。地球温暖化の進行により自然災害も激甚化し、さまざまな環境問題が生じている昨今においては、環境面と人的な面での対策の検討が必要である。このような背景のもと、本セミナーでは、地球温暖化時代における都市の将来気候予測、台風時における都市の風環境予測、単体建物周辺の歩行者レベルでの強風予測、高さが不均一な建物群の抗力係数の一般化、風を伴う雨水が建物の外壁へ及ぼす影響、東南アジアと日本の体温調節機能の比較等に関する合計 7 件の研究発表が行われた。

以下に発表者と発表タイトルを記す。

Zheng Wang & Erina Chiba (東北大学), Prediction of urban climates in the 2050s and comparison of regional characteristics of urban warming in major cities in China and Japan

Akari Hashizume (名古屋大学), Prediction of thermal environments in compact city models and investigation of cost effectiveness

Yuxin Zhang (Tongji University), Application of WRF-UCM models to the simulation of urban strong wind field in a typhoon

Biao Li (Harbin Institute of Technology), Study on the parameterization and aerodynamic effects of non-uniform buildings

Wei Wang (東京工業大学), Estimation of high-percentile wind speed based on the Weibull distribution: Case study of the pedestrian-level wind environment around an isolated building

Huibo Zhang (Shanghai Jiao Tong University), Research on wind-driven rain intensity distribution at building facade

Yingli Xuan (東京工芸大学), Comparisons of the body's thermoregulation system in different climates based on subject experiments in a climate chamber

参加者は、日本、中国、韓国、アメリカ、スペイン等を含む 8 カ国から計 91 名で、盛況であった。特に、風工学における環境分野と構造分野からの参加者を得て、分野をまたぐ活発な議論と意見交換がなされた。(玄)

図4 3月2日の研究集会における発表画面例

5. 分野横断型

2020年度は分野横断型研究課題として、「風環境評価に広域 PIV 計測手法を適用するための基礎的検討」(池谷直樹 九州大学准教授)が実施され、2021年3月25日に公開研究集会が開催された。

以下に発表者と発表タイトルと記す。

池谷 直樹 (九州大学) : 風環境評価に広域 PIV 計測を適用するための基礎的検討

松井 正宏 (東京工芸大学) : 竜巻状流れ場の PIV 計測

飯田 有未 (大林組) : 4D-PTV “Shake-the-Box” を用いた竜巻気流計測

中村 健一 (西華デジタルイメージ) : ラージスケール PIV 計測手法の最新動向

菊本 英紀 (東京大学生産技術研究所) : Proper Orthogonal Decomposition を活用した建物周辺気流の風速分布推定について

平野征将 (東京工業大学), 菊本英紀 (前掲), 大風翼 (東

京工業大学) : 風洞実験での小型サーミスタ風速計を用いた歩行者空間の瞬間風速計測

環境分野と耐風構造分野の風工学研究者が PIV の適用上の諸問題について議論した。特に比較的広い範囲の気流に対する計測, 3 次元的に複雑な流れ場に対する計測等に関する問題意識が共有された。

参加者は 26 名で, PIV や PTV を用いた最新の計測手法に関して活発な議論が行われた。(松井)

今年度は、コロナ禍により実験や対面での会議が困難であったことから、研究代表者ならびに共同研究者の方々は大変苦労されたことと推察されます。こうした中でも、オンライン会議システムを活用することにより各研究課題の公開研究集会が開催され、多くの参加者を得ることができました。

本会の開催に際して、ご協力いただきました関係各位には心より感謝申し上げます。(水谷)

図4 3月4日のオンライン研究集会参加者の様子