

Wind Effects

Joint Usage / Research Center

Bulletin

Wind Engineering Research Center
Graduate School of Engineering
Tokyo Polytechnic University

2016
Vol. 23

INDEX

日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究	3
構造部材の強風による累積疲労損傷評価法に関する研究	3
バングラデシュにおける全球格子点データを利用した竜巻等突風予測手法構築に関する研究	4
耐風設計のための台風モンテカルロシミュレーションの適用方法に関する研究 (2)	4
Characteristics of Aerodynamic Damping ratios of Super Tall Buildings with Various Unconventional Configurations	5
太陽光発電システム風荷重評価に関する研究	5
テザー型空中浮遊式風力発電システムの開発	6
発展途上国の竜巻の発生環境、強風被害評価および被害軽減に関する研究	6
屋上目隠し壁などの建物付属物を対象とした風荷重評価に関する検討	7
立ち上がり時間の短い突風を受ける建物の構造要素に作用する非定常内力に関する研究	7
Aero-elastic behavior of high-rise buildings under downstream interference effects	8
Aerodynamic coupling of wind-excited tall buildings with structural connections	8
建造物の風災害低減に関する日米ワークショップ	9
Preliminary investigation on the influence of planning factors on the near-field PM2.5 dispersion within urban areas	9
自然通風環境における気持ちよさ評価モデルに関する研究	10
呼吸空気の温湿度が執務者の覚醒状態および作業効率に及ぼす影響に関する研究	10
都市域内の流れ場を対象とした汚染物質拡散予測に関する研究	11
実測とCFD解析によるデータセンターにおける自然冷媒システムの自然対流冷却効果の確認	11
換気塔を利用した通風性能向上に関する研究	12
亜熱帯気候におけるマンションベランダ緑化が室内温熱環境に与える影響	12
密度差のあるガスの拡散性状予測手法の検討	13
Fast prediction of indoor pollutant dispersion based on the development of low-dimensional reduced order ventilation models	13
密集市街地における街区気流構造の把握及びウインドキャッチャーによる通風改善に関する研究	14
突風、温熱環境、省エネルギーに関する国際風工学研究集会の開催	14

日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究

研究代表者：奥田 泰雄（国立研究開発法人）
 拠点担当者：松井 正宏
 キーワード：竜巻 藤田スケール

研究内容

本研究は、平成27年「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」（以下、日本版改良藤田スケール、図1）において提案されDI：Damage Indicator とDOD：Degrees of Damage およびその風速について、より安定的に調査、判定できるように、竜巻被害評価関連技術を検討し、日本版改良藤田スケールの運用に寄与することを目的とする。

日本版改良藤田スケールの特長は突風の風速をより精度良く推定することができ、同じ突風被害に対する藤田スケールと日本版藤田スケールの階級を同じにすることで、今後の日本版改良藤田スケールで推定する突風事例と過去に藤田スケールで推定した突風事例の比較が可能となる。平成29年度は、気象庁が実施した竜巻等の突風の評定数は44件で、JEF2が3件、JEF1が14件、JEF0が19件、不明8件であった。現地調査では実施した調査者から、日本版改良藤田スケールに関する要望を収集し、新たに設定する必要があるDIやDODについて検討した。なお、日本版改良藤田スケールの英訳版を作成中である。

表1に日本版改良藤田スケールの階級と風速の関係を示す。JEF区分の下側境界値と上側境界値は、次の式で表現できる。

$$V_{lower} = 25 + 14 \times [\text{JEF階級値}]$$

$$V_{upper} = 38 + 14 \times [\text{JEF階級値}]$$

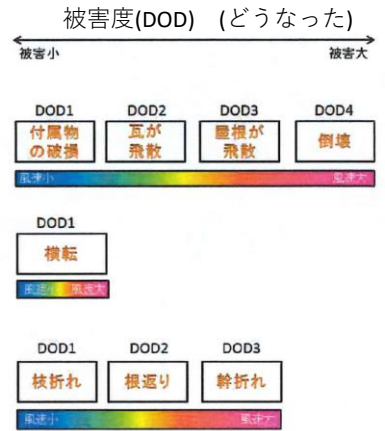


図1 被害指標(DI)・被害度(DOD)のイメージ

表1 日本版改良藤田(JEF)スケールの階級と風速の関係

階級	3秒平均風速 $V_{lower} \sim V_{upper}$	階級	3秒平均風速 $V_{lower} \sim V_{upper}$
JEF0	25~38(m/s)	JEF3	67~80(m/s)
JEF1	39~52(m/s)	JEF4	81~94(m/s)
JEF2	53~66(m/s)	JEF5	95~ (m/s)

構造部材の強風による累積疲労損傷評価法に関する研究

アルミニウム合金の応力度・ひずみ関係

アルミの応力-ひずみ曲線は、鋼材の応力-ひずみ曲線と異なり明確な降伏点(yield point)の表れないいわゆる『ランドハウス型』である。

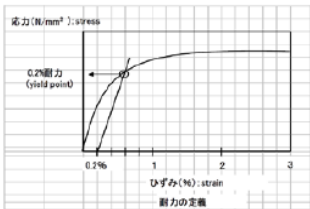


図1 アルミニウム合金の応力度・ひずみ関係

研究代表者：大熊 武司（神奈川大学） 拠点担当者：松井 正宏
 キーワード：累積疲労損傷 D値
 研究内容

風荷重が長時間作用する荷重であることを考えると、極めて稀に発生する暴風時の安全性の確保のためには、風荷重に対する最大応答値が許容値を超えていないことを確認するだけではなく、長時間の繰返しによる損傷の累積に対する安全性の検証も必要である。これまで、本研究に先立って実施された合同研究の成果等があるが、必ずしも事例が十分とは言えず、風向特性の影響、極めて稀な暴風以外の日常風の影響、構造特性の影響、等々、累積的荷重効果に対する未解明の項目は多い。

平成28年度は、公開研究会を平成29年2月23日に開催し、素材の疲労特性に関して、信州大学名誉教授 中込 忠男先生からアルミの疲労特性に関する講演をいただいた(図1)。また、様々な構造物の疲労評価事例として、道路付加物、免震構造、建築物外装材、防水システム等の事例(図2)を各分野の専門家から紹介いただき、貴重な研究情報交換の場を得た。

一例として、「観測記録に基づく超高層免震建物の風応答疲労評価手法の提案」と題する発表があった。佐藤大樹先生(東京工業大学)から、この研究では10分間毎のデータを用いた簡易(実用的)疲労損傷評価手法が提案され、弾塑性時刻歴応答解析による提案手法の検証や1イベント中の疲労評価(D値の累積)における問題点が指摘され、その解決方法が提案された。すなわち、定常とみなして10分間応答を単純加算する際の問題点の指摘と1イベントのD値算定の実用的方法の提案である。

鍾積載法による繰返し载荷実験

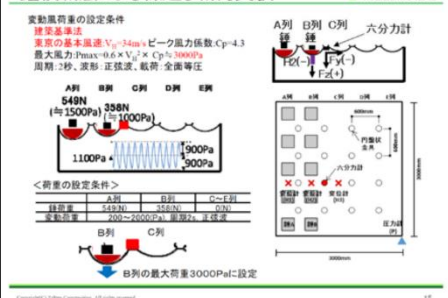


図2 鍾積載法による繰返し载荷実験

バングラデシュにおける全球格子点データを利用した竜巻突風予測手法構築に関する研究

研究代表者：山根 悠介（常葉大学） 拠点担当者：松井 正宏
 キーワード：竜巻 突風予測手法
 研究内容

本研究は、竜巻やダウンバーストといった突風を伴う激しい局地性嵐 (Severe Local Storm, 以下SLS)の世界有数の発生地域の一つであり(藤田, 1973)毎年被害が発生しているバングラディッシュを対象として、これら突風による被害の軽減に資する発生予測手法の構築とその高度化を目的とするものである。具体的には、日本の気象庁が提供している全球数値予報モデルの格子点データ(GPV)からCAPE* 等の突風の発生可能性を表す指標を計算し、それらの指数による予測の精度評価とそれに基づく予測手法の開発を行った。

図1に突風発生9時間前(2014年5月22日世界標準時9時)におけるEHI* *と前日21日の世界標準時0時を初期値として予測された24時間後のEHIの分布を示す。上図より、突風が発生したボグラ付近はEHIの値が高く、突風を伴う発達した積乱雲の発生しやすい大気状態であったことがわかる。また下図からGPV予測値から計算した24時間後のEHIもボグラ付近でより高くなっている。しかし若干の位置のずれと、実際のEHIの値よりも低い値が示されている。

このようにGSM予測値から計算されるEHIは位置的にはおおよそ正確に予測されていたが、量的にはやや過小評価となる傾向があることがわかった。

*) CAPE (Convective Available Potential Energy) : 有効対流位置エネルギー
 * *) EHI(Energy Helicity Index):突風を伴う発達した積乱雲の発生可能性を診断する指数の一つ。この指数の値が高いほど突風を伴う発達した積乱雲が発生しやすい大気状態であることが示される。

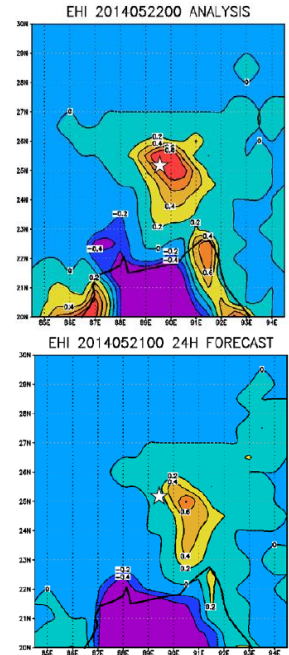


図1 ボグラ(図の☆地点)において突風が発生した時刻(2014年5月22日世界標準時9時)の9時間前におけるEHIの分布(上)と前日21日世界標準時0時を初期値とした24時間後予測のEHIの分布(下)

耐風設計のための台風モンテカルロシミュレーションの適用方法に関する研究 (その2)

研究代表者：三浦 景祐（東電設計株式会社） 拠点担当者：松井 正宏
 キーワード：耐風設計 台風モンテカルロシミュレーション
 研究内容

平成27年度の研究では、台風気圧場の再現性に関して、台風気圧場のモデル化に適した確率分布を検討し、GEV分布の適用性を示した。台風のような自然現象の観測データを用いた風速予測には不確実性が存在するため、台風気圧場のモデル化にはその影響も考慮する必要がある。本研究では、確率分布パラメータの推定方法が台風気圧場に及ぼす影響を検討するとともに台風観測記録のデータ数や確率分布パラメータの推定方法が風速評価に与える影響についても検討を行い、気象観測記録に含まれる不確実性の影響を低減した分布パラメータを推定した。

図1は中心気圧の観測データと再現期間プロットの比較を観測データ年数や観測期間を変えて示したものである。図中の点線は95%信頼区間を示す。1951年～1980年については、PWM法では観測データを良く近似出来て

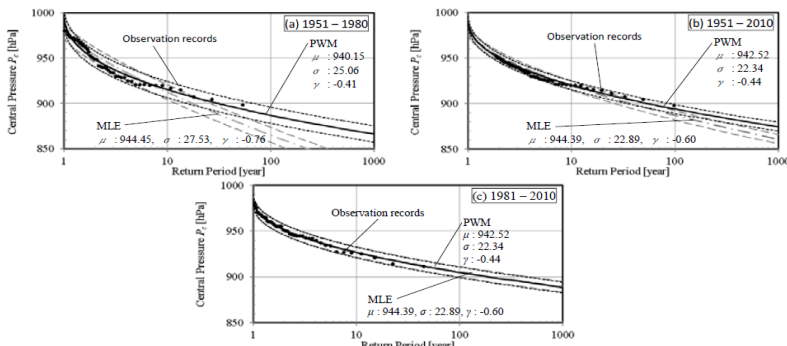


図1 中心気圧の観測データと再現期間プロットの比較 (Area 1)

いるが、MLE法では再現期間が長い部分の近似精度があまり良くない。しかしながら、1951年～2010年までの観測データを用いた場合はMLE法でも再現期間が長い部分の近似精度が向上している。一方、1981年～2010年までの観測データを用いた場合は、どちらの手法でも観測データを良く近似出来ている。これらのことから、観測データ年数や観測期間によりデータの量や質が異なるため、中心気圧の推定精度に差が生じてしまう恐れがあることが示された。

Characteristics of aerodynamic damping ratios of super tall buildings with various unconventional configurations

研究代表者 Wonsul Kim(Korea Institute of Ocean Science & Technology , Korea)
 拠点担当者 吉田 昭仁

キーワード : Wind disaster and wind resistant

研究内容

The purpose of this study is to investigate the aerodynamic damping and aeroelastic instability of super tall buildings with various unconventional configurations through an aeroelastic wind tunnel test.

Figs. 1 and 2 show the normalized mean and rms of the displacement responses of super tall buildings with various unconventional configurations at the design wind velocity which is the reduced velocity was 12.4. As shown in Figs. 1 and 2, the dashed line indicates the normalized mean and rms displacement responses for square model. From Fig. 21, Normalized mean displacements for all test models were smaller than those of the square model. Notable observation was that normalized mean displacement responses for composite model were most effective for reducing the mean wind loads. In Fig. 2, interesting observation was that both normalized along-wind and crosswind rms responses for basic and corner modifications, helical, tapered and composite models were smaller than those of the square model expect in inversely 4-tapered and bulged models. Particularly the helical and composite models showed a better aerodynamic behavior in crosswind direction.

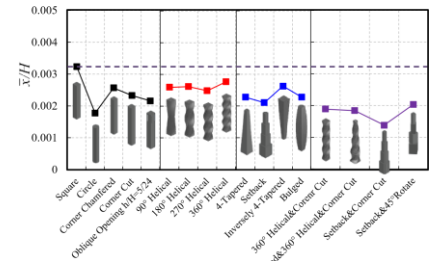


Fig. 1 Normalized mean displacements on super tall building at design wind speed

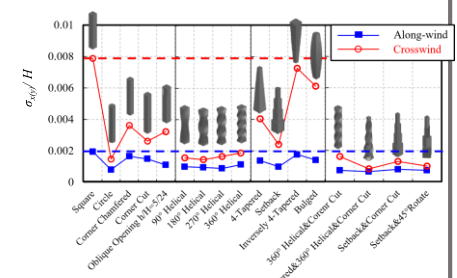


Fig. 3 Normalized rms displacements on super tall building at design wind speed

太陽光発電システム風荷重評価に関する研究

研究代表者 植松 康 (東北大学)

拠点担当者 吉田 昭仁

キーワード : 風荷重評価

内容

本研究の目的は、種々の風洞実験結果を基に実情に即した風荷重を算定するための風力係数を提案することである。

研究成果として取りまとめた「太陽光発電システム耐風設計マニュアル」の各章の概要を以下に示す。

「1章：概説」では、わが国における太PVシステムの開発と普及の経緯、PVシステムに求められる耐風性能、本マニュアルにおける対象範囲と構成について述べている。

「2章：太陽光発電システムの構造安全に関する主な関連法規」では、経済産業省が管轄する「電気事業法」およびその関連法令と「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」、国土交通省が管轄する「建築基準法」およびその関連法令を概説している。

「3章：太陽光発電システムの設置工法と構造」では、さまざまな場所に設置されているPVシステムの構造について、太陽電池アレイの設置工法ごとに設置イメージのイラストや施工例の写真などを用いて解説している。

「4章：風荷重算定の基本と留意点」では、太陽光発電設備の耐風設計を行う際の風荷重算定について述べている。また、太陽電池アレイやその架台に作用する風荷重がどのような理由で生じるのか、どのように考えて算定すべきかといった点を、用語の説明を交えて概説している。

「5章：耐風設計」では、許容応力度設計を基本としたPVシステムの基礎および架台の耐風設計について、構造計画から部材の応力度検定まで詳細に解説している。

「6章：風洞実験等による風荷重評価」では、モジュールに作用する風力評価に用いられる風洞装置や測定手法、評価手法の例を示している。

「7章：載荷試験による耐力評価」では、PVシステムの架台や基礎を対象とした載荷試験方法や、載荷試験結果からの耐力評価方法についての要点・留意点について解説している。

「8章：太陽電池アレイの風力係数に関する文献とその活用方法」では、風力係数に関する代表的な文献を紹介し、地上設置型PVアレイの設計用風力係数の提案を行っている。

「9章：今後の課題」では、PVシステムの風荷重、耐風設計、社会システムの各カテゴリーについて、今後解決すべき課題を示している。

テザー型空中浮遊式風力発電システムの開発

研究代表者 藤井 裕矩(TMIT研究開発部) 拠点担当者 松井 正宏

キーワード：風力発電システムの開発

研究内容

エアボーン風力発電技術は今後伸びていく技術であると考えられる。この風車を用いるメリットは、

- ①上空の強い風を利用することにより高効率の風力発電が可能、
- ②台風時や雷発生時に、容易に装置を避難させることができる、
- ③堅固な支持施設が不要であり風力発電のインシヤルコストが下げられる等があげられる。

上記メリットを生かす風力発電システムとして、テザー技術を活用した装置の開発に取り組むテザーによるトルク伝達実験に成功した。これにより風車と地上にある発電機の距離が一定でなくても回転トルクが伝達できるようになった。東京工芸大学においてテザー型インフレータブル軽量設計機の風洞実験に成功したフィールドテストを行い、風車を浮遊させるには連風が優位であると判断した。併せて効率的な連風のスタイルの調査を開始した。

高空風力発電会議を2016年9月と2017年3月に開催し、日本各地で行われている高空風力発電に関する研究の成果を研究員同士で共有し、現状の課題を話し合った。



図.1 実験写真

発展途上国の竜巻の発生環境、強風被害評価および被害軽減に関する研究

研究代表者 林 泰一(京都大学) 拠点担当者 松井 正宏

キーワード：強風被害評価 強風被害軽減

研究内容

発展途上国において、竜巻や雷雨などのメソ大気現象は、毎年のように発生する大洪水、また、接近上陸の際に大きな被害を発生させる熱帯性低気圧（台風、サイクロン）に比べて、これまでは軽視されてきた。しかしながら、インドの西ベンガル州やアッサム州、バングラデシュなどの北東インド地域では、毎年のように竜巻や雷雨が多数発生することが、この共同研究で被害資料を収集することでわかってきた。1996年のバングラデシュのタンガイルで発生した、死者・行方不明者が500名をこえる竜巻(小野ら、1997、林ら、1996)、2013年の死者36名を出した竜巻(村田、2014)の事例について、現地調査のフォローアップ調査を計画した。この地域の竜巻発生の気象環境について、事例解析を基礎とした統計的研究を進めて来ている。

研究成果

当初目的とした、バングラデシュでの活動は、現地の政情不安のため、実施できなかった。ミャンマーでは、昨年度、ミャンマー水文気象局に導入された気象衛星「ひまわり8号」の画像およびその応用ソフトウェアの”SATAID”を基にして、強風災害を引き起こす気象現象を確認した。さらに、京都大学防災研究所共同研究会「南アジアの自然災害と人間活動」を開催した。なお、同共同研究会は「インド北東部とバングラデシュに構築した独自の気象観測網を用いてモンスーンにより引き起こされる極端現象（洪水、旱魃、竜巻など）を解明してきた気象災害研究者の知見と、フィールドワークを通じて地域社会が抱える課題（離農、民族紛争、在地技術など）を明らかにしてきた在地調査グループの知見を融合し、地域住民にとって実践可能な災害対策のありようを探る。」ことを目的としており、気象学的な竜巻の分析や竜巻シェルターの適用性を検討する本申請とは内容が異なる。

屋上目隠し壁などの建物付属物を対象とした風荷重評価に関する検討

研究代表者：栗田 剛（東急建設株式会社） 拠点担当者：吉田 昭仁

キーワード：風荷重、目隠し壁、塔屋

研究内容

建物の屋上外周部には、景観上の阻害要因となる設備機器類の露出を防ぐ目的として、目隠し壁が設置されることが多い。しかし、屋上目隠し壁といった建築付属物に作用する風荷重は建築基準法や建築物荷重指針に明示されていない。近年の研究成果において、屋上目隠し壁、屋上広告板や縦フィンといった建物付属物のピーク風力係数が明らかにされており、設置場所によっては大きな風荷重が作用することが指摘されている。そこで、本研究では屋上目隠し壁に作用する風荷重について、目隠し壁の高さおよびセットバック距離、塔屋の有無による影響を明らかにすることを目的とする。

アスペクト比3の中層建物を対象とし、実験パラメータは、目隠し壁高さ2種類（H/9,H/15）、セットバック距離3種類（0,B/15,B/6）および塔屋配置5種類とした。

目隠し壁の高さが変化した場合の最大ピーク風力係数は、離隔がある場合に目隠し壁の高さが変化することで屋根面風上端からの剥離の影響が変化し、ピーク風力係数の分布が変化した。最小ピーク風力係数は、目隠し壁の高さが変化することで、背面からの流れによって目隠し壁裏面に作用する外圧が大きくなることがわかった。塔屋を有する場合の最大ピーク風力係数は塔屋のサイズ、位置によらず塔屋なしとほぼ同様であった。また、目隠し壁裏面からの風向に対しては、塔屋のサイズ、位置によって目隠し壁裏面の風圧が影響を受け、最小ピーク風力係数が変化することがわかった。

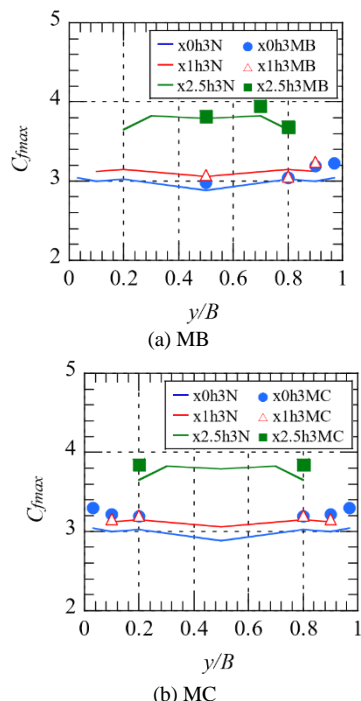


図 離隔距離と目隠し壁上段のピーク風力係数(h=H/15)

立ち上がり時間の短い突風を受ける建物の構造要素に作用する非定常内力に関する研究

研究代表者：竹内 崇（神戸大学）

拠点担当者：金 容徹

キーワード：突風、オーバーシュート現象、動的応答特性、LES

研究内容

竜巻やダウンバースト、あるいは台風や季節性強風下においては、短時間で風速が増加するいわゆる「立ち上がり時間の短い突風」が発生するが、このような立ち上がり時間の短い突風を受ける物体に作用する風力は、同じ風速値に風速がゆっくりと変化するときと異なる風力よりも大きいことが既往の研究で報告されており、この通常より大きな風力が作用する現象は「風力のオーバーシュート現象」と呼ばれている。既往の研究において、オーバーシュート現象の発生メカニズムやオーバーシュート風力の大きさの解明が行われている。しかしながら、「建物の被害の程度」に及ぼすオーバーシュート現象の影響を明らかにするためには、オーバーシュート風力により建物に生じる変位、加速度、せん断力などの荷重効果を明らかにする必要がある。そこで本研究では、短時間で風速が急増する突風を受ける建物の動的応答特性を明らかにすることを目的とした。

圧力データより層風力の時刻歴波形を作成し、風上面では正圧の、風下面では負圧のオーバーシュート現象が層風力においても起きているのが分かった。また最上層の風力は他の層風力と大きさが異なる傾向が見られた。

これらのことから、突風時の建物の応答は、建物の固有周期と、風速の立ち上がり時間との関係性により変化すると考えられる。今後、建物の応答特性に及ぼす風速の立ち上がり時間の影響を検討する必要がある。

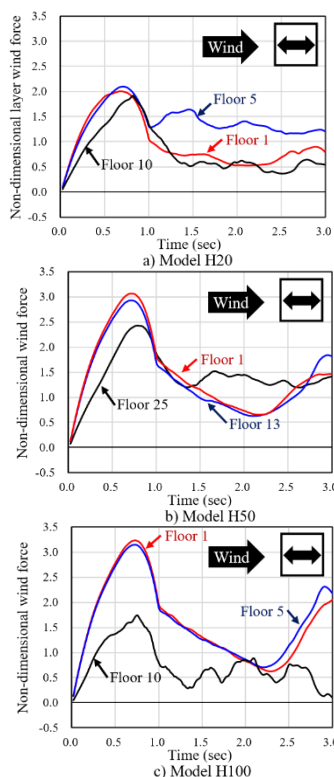


図. 風方向の層風力の時刻歴波形

Aero-elastic behavior of high-rise buildings under downstream interference effects

研究代表者：Yuan-Lung Lo (Tamkang Univ.) 拠点担当者：金 容徹
 キーワード：Aeroelastic, Aerodynamic, Vibration tests
 内容

This research investigates the effect of the single and multiple aerodynamic modification mechanisms on the dynamic behavior of the principal building when it is interfered by a very closely located building. During the study, aeroelastic vibration tests and high-frequency force balance tests are conducted to compare responses and wind forces in a well-simulated turbulent boundary layer flow.

The principal building is manufactured with three different building configurations to represent the single and multiple aerodynamic modification treatments; the neighboring building which produces interference effects is made as a square prism model. Results show that the multiple modification treatment is efficient in reducing wind forces in all interference location series. However, it is also found that in some critical conditions, such treatment is sensitive to reduced velocity and may amplify the interference effect and result in larger displacements.

Both the single and the multiple aerodynamic modifications were performed by the tapered model and the helical tapered model.

Principal model	Square (SQ)	Tapper (TA)
Height (H)	0.56	0.56
Depth (D)	0.07	0.10 (bottom) 0.04 (top)
Width (B)	0.07	0.10 (bottom) 0.04 (top)
H/B _{ave}	8	8
f _{n,x} (Hz)	6.5	6.5
f _{n,y} (Hz)	6.5	6.5
ξ _x (%)	0.8	0.7
ξ _y (%)	0.9	0.8
M* (g)	107	111
δ _x	0.25	0.23
δ _y	0.30	0.27

Aerodynamic coupling of wind-excited tall buildings with structural connections

研究代表者：Tim K.T. Tse (Hong Kong University) 拠点担当者：吉田 昭仁
 キーワード：Aerodynamic performance, Aerodynamic correlation
 内容

The primary goal of this research is to investigate the aerodynamic coupling due to structural links and its effects on the aerodynamic performance of wind-excited linked building systems (LBSs).

The intra-building aerodynamic correlation, i.e., the correlation between wind force components on a single building, is related to the combination of resultant directional wind-induced responses. The intra-building aerodynamic correlation is examined in this section. In this study, we focus on results for a critical wind direction, α = 0°. For α = 0°, the oncoming wind is normal to the face of the LBs and the two buildings are in a side-by-side symmetric arrangement. Therefore, the statistical characteristics of the aerodynamic forces on the two buildings are the same, and hence only results from one of the two building towers are discussed. The trajectories for the along-wind and cross-wind forces of all cases are shown in Figure 1. For the single building, an envelope of the trajectory is half-elliptic. Unlike the symmetric trajectory for the single building, however, those for the LB cases are negatively Representative inclined, clearly indicating a negative correlation between the along-wind and cross-wind forces. Due to the channeling effect caused by the inter-building gap, the wind that flows through the gap accelerates. As a result, the pressure on the area of the windward faces close to the gap is increased. Meanwhile, suction on the area of the two inside faces near the windward edges is also enhanced.

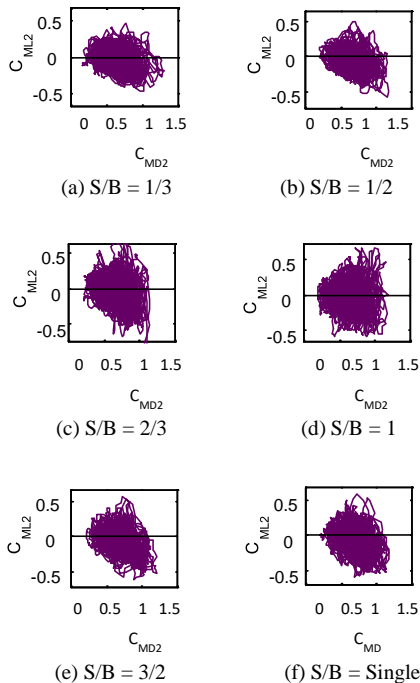


Figure 1. Trajectories for the along-wind and cross-wind base overturning moments

構造物の風災害低減に関する日米ワークショップ

研究代表者：勝地 弘(横浜国立大学)

拠点担当者：松井 正宏

キーワード：風災害 ワークショップ 日米共同研究

ワークショップでは、大きくは気象、建築、土木の各分野での強風メカニズム、風災害、風応答解析技術、制振技術などのテーマで意見を交わしてきた。過去には、日米研究者間での共同研究や土木分野でのワークショップ開催などの取組みも行われ、一定の成果を上げてきた。また、近年、竜巻等の強風災害が頻発し、風災害に関する一般市民の関心も高くなっている。さらに、超高層ビルやタワーの建設や長大橋のプロジェクトも進められている。

本事業は、UJNRの予算フレームとは切り離してワークショップを開催し、今後の風工学、風災害に関する研究の方向性に関して議論を行うことを目的とする。また、参加者についてもこれまでのシニアメンバーに加えて、若手研究者の参加を得ることで、日米の共同研究などへの発展を期待する。

アメリカ側は、Sarkar教授がNSFからFundを獲得し、18名程度の研究者が来日可能となった。2016年5月12～14日に東京大学にて、「構造物の風災害低減に関する日米ワークショップ」を開催し、日米の研究者が風工学、風災害に関して研究成果を発表し、議論することで今後の風工学の発展を目指す。日本側からは、WG-Dのメンバーに加えて、今後の風工学を担う若手の研究者にも声をかけ、15名程度の参加を募ることにした。

2016年5月12～14日に東京大学山上会館にて、アメリカから18名、日本から17名の研究者の参加を得て、ワークショップおよびスタディツアーを開催した。12、13日のワークショップでは、日米双方から風工学、風災害に関する27編の研究成果の発表があり、熱心な討議が行われた。さらに、ワークショップの最後には、4つのグループに分かれてのグループディスカッションを行い、それぞれのグループごとに今後の研究展望、共同研究の可能性などについて、報告を行った。

Preliminary investigation on the influence of planning factors on the near field PM2.5 dispersion within urban areas

研究代表者：Xiaofeng Li (Tsinghua University) 拠点担当者：張 偉榮

キーワード：STE, Bayesian inference, Wind tunnel, CFD

The release of hazardous material into the atmosphere is a major threat to public safety. The fast and accurate retrieval of source information, e.g., location and strength, is a crucial technique to allow emergency preparedness efforts to make appropriate responses and to reduce further impairment. This identification of unknown sources is a typical source term estimation (STE) problem, which addresses the retrieval of emission source information, including location and strength, based on available information.

The value of a key parameter, the turbulent Schmidt number Sc_t , has remained an arbitrary choice. Therefore, it is important to investigate the role of Sc_t in STE problems and determine its optimum value for the purpose of obtaining better estimation results. In this study, the impact of Sc_t on STE problems is examined, and Bayesian inference is used to improve estimation accuracy by treating Sc_t as an extra unknown parameter.

This study investigated the problems concerning the turbulent Schmidt number Sc_t in Bayesian source term estimation. A Bayesian inference method, combined with the CFD method, adjoint equations and MCMC, was used to retrieve the source location and strength of a wind tunnel experiment with a continuous point tracer source in an urban-like geometry. The impact of Sc_t on estimation results was analyzed.

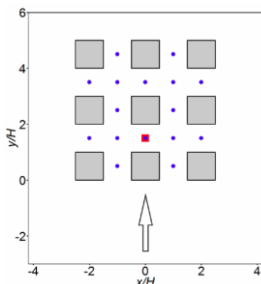


Fig. 1. Block array, source and sample point configuration.

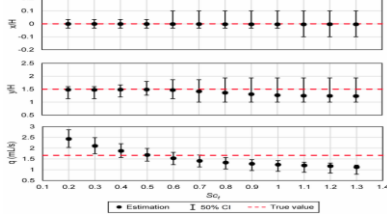


Fig. 2. Estimation results of source parameters

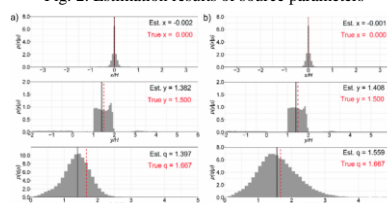


Fig. 3. Estimation results of source location

自然通風環境における気持ちよさ評価モデルに関する研究

研究代表者：森上伸也(豊田工業専門学校) 拠点担当者：水谷国男
 キーワード：矩形波変動風 主観申告 気持ちよさ 気流特性

自然通風には、心地よい周波数成分とされる「1/fゆらぎ」や「風のゆらぎ」と呼ばれる変動特性があり、自然通風環境における温熱快適性のメカニズムは、風のゆらぎや人体の温熱生理反応が複合的に影響するため未だ解明されていない。そこで、本研究では矩形波変動風環境における気持ちよさ評価を測定するために、被験者による主観申告実験より矩形波で変動する風速の周期が気持ちよさ評価に及ぼす影響を検討し、人体が心地よいとする気流の特性を明らかにする。

主観申告実験は2016年8月に東京工芸大学の通風型人工気候室にて行った。自然風の変動に焦点を当て、気温を28°Cまたは32°C、風速の変動周期を2分、10分、30分として変化させる。風速は最少風速0.1m/s(静穏)、最大風速1.0m/sとして矩形波変動させた。被験者は若年男性12名を対象にTシャツ・ハーフパンツ着用(着衣量0.4clo)、椅子座位とし、小型スライド抵抗器で作成した申告装置のレバーを操作してもらい1秒間隔で電圧を記録する。なお、気持ちよさ評価は気持ちよい側のみの4段階を目安として被験者に無段階で申告させた。

結果、気温32°C、風速変動周期30分の場合、気持ちよさ評価は10分程度持続した後、時間の経過とともに減衰する傾向を示した。また、気持ちよさ評価の60分間平均値は気温32°C、風速変動周期10分の条件で最も高い値を示した。これは気持ちよさ評価の持続時間と風速変動周期が概ね一致したことが理由であると考えられる。さらに、気持ちよさ評価の超過確率の分布は、気温と風速の変動周期の組み合わせによって気持ちよさ評価の申告状況が異なる傾向が見られた。

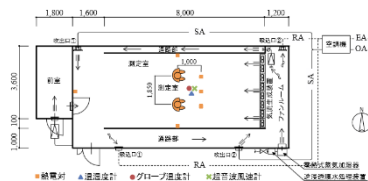


図1 通風型人工気候室

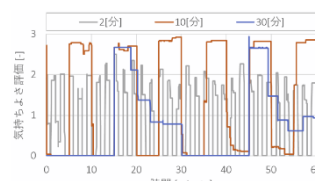


図2 気温32°Cで風速の変動周期の異なるケースにおける気持ちよさ評価の時刻歴波形

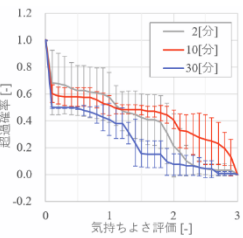


図3 気持ちよさ評価の超過確率(32°C)

呼吸空気中の湿度が執務者の覚醒状態および作業効率に及ぼす影響に関する研究

研究代表者：後藤伴延(東北大学) 拠点担当者：水谷国男
 キーワード：知的生産性 覚醒度 風速変動 室内環境

近年、知的生産性向上のニーズが高まっており、様々な研究者によって室内環境と作業効率の関係が報告されている。本研究では、覚醒と呼吸される空気中の湿度の関係性に着目し、呼吸される空気中の湿度が在室者の覚醒状態および作業効率にどのような影響を及ぼすかを明らかにすべく被験者実験により検討を行うこととした。加えて、風速変動の効果についても追加検討を行う。なお、被験者の覚醒状態および作業効率の評価は日本語版覚醒度尺度および数独の正当速度をそれぞれ用いる。

まず、呼吸空気中の湿度に関する検討を行うため、東北大学環境工学実験室内の人工気候室に呼吸域空調ユニットを自作した。室全体の空調を床全面吹き出し・天井全面吸い込み方式とし、呼吸域空調ユニットには新鮮外気を供給する。実験は呼吸域空調吹き出し、室内ともに同温度とする条件、ならびに呼吸域空調吹き出し温度と室温が異なる条件においてそれぞれ低温(23°C)、高温(28.5°C)の2パターンを想定し計4ケース実験を行った。結果、呼吸空気中の湿度による覚醒状態の改善効果は確認できなかった。その原因として、ドラフトの影響や被験者に吹き出し空気がうまく供給されていなかったことが考えられた。

次に、変動風に関する検討を行うため東京工芸大学の人工気候室にて被験者実験を行った。実験条件は室温27.5~28°Cとし、風速を0.15m/s一定とする条件、20分間に1回風速を1.0m/sに上昇させる条件、平均風速0.15m/sとして自然風を模擬した変動風とする条件の3ケースとした。被験者は学生23名、着衣量0.65clo程度とした。結果、風速を変動させた場合、男性と女性で覚醒状態への影響が異なっている様子が見られた。原因としては、男性と女性の温熱的な好みにある可能性が推察される。



図1 呼吸域空調ユニット

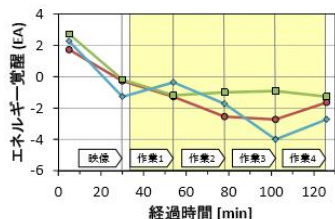


図2 男性被験者のエネルギー覚醒

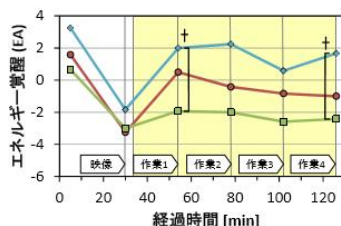


図3 女性被験者のエネルギー覚醒

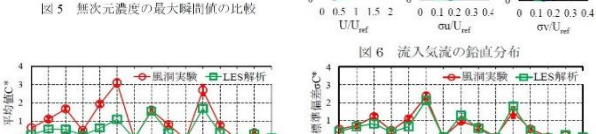
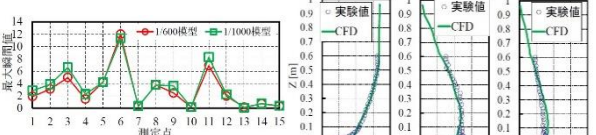
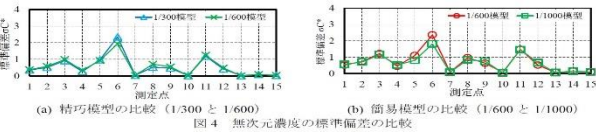
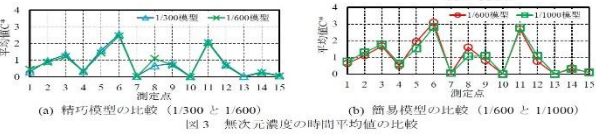
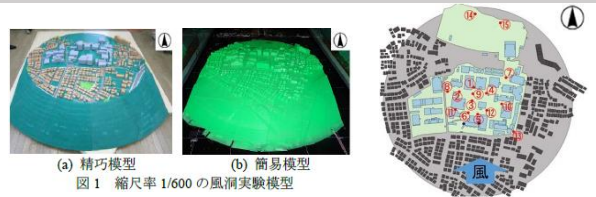
都市域内を対象とした流れ場および汚染物質拡散予測に関する研究

研究代表者：宮下 康一(風工学研究所) 拠点担当者：福留 伸高
キーワード：風洞実験 LES解析無 次元濃度

都市域において拡散物質の予測は、環境保全あるいは危険物質の拡散予測など様々な実務の場面で用いられつつある。しかしながら、拡散物質の予測は検証の方法が難しく、まだ十分な検証データが得られている状況にはなく、風洞実験や数値流体解析での応用が期待されているものの、普及していない状況が実情と考えられる。

東京工芸大学厚木キャンパスを対象に、複数の拡散場の検証を行うために風向を変化させたLES解析を行い、風洞実験との比較検証を行った。実験模型は縮尺率1/600の簡易模型である図1(b)を用いた。測定点は図2と同じで、測定高さは実高さで3mとした。なお、当該地域には地形の起伏があるため、模型風上にテーパーを設置した。

風洞実験による無次元濃度の平均値がLES解析に比べて大きくなる要因として、微小な風向角の差異がキャンパス内の濃度に大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる。実験風向が180度(南)の場合の基準点(本館屋上)におけるLES解析の平均風向は177度である。また風洞実験で小旗を用いて基準点での風向を観察したところ、平均的に190度程度(南西寄り)を示した。すなわち流入気流の風向角が180度(南)であっても、本館屋上に到達するまでの間に+10度ほど風向が変化していることになる。したがって、風洞実験では流入風がテーパーや近隣住宅の影響を受けて、キャンパス内に到達するまでの間に風向角がプラスの方向(南西寄り)にずれ、ガスがキャンパス内に入りやすくなっていると考えられる。



実測とCFD解析によるデータセンタにおける自然冷媒システムの冷却効果の確認

研究代表者：金尾 英敏(八洋エンジニアリング) 拠点担当者：張 偉榮
キーワード：自然対流 自然冷媒 小型ファン CFD解析

技術の発達により、情報量の大幅な増加が予想される中、それを支えるデータセンタの需要が急速に高まっている。データセンタでは電子データを保管する電子機器が多く設置されており、機器の発熱量は年間を通じて非常に大きい。そのため、機器の冷却に要する空調設備の消費電力は今後も増加すると考えられ、その省エネルギー化が急務となっており、注目される緊急課題である。

従来の冷却方式としては、全室の空気を循環させて放熱機器を冷却する方式は、多大な送風量が必要となり、送風機の電力消費が高い。また、その送風機には大きいスペースが必要である。さらに、外気条件にかかわらず、屋外では年間を通して冷凍機を稼働しなければならないため、システムのランニングコストが非常に大きい。そのため、ランニングコストを低減しつつ、安全性、信頼性に十分に満足させる冷却システムは課題となっている。これに対して、本研究では季節制御(フリークーリング)、自然対流、自然冷媒である二酸化炭素を特徴にして従来と比較して80%以上の低ランニングコストを実現できる新たな冷却システムを提案し、季節変動に応じて室内側の冷却効果についてCFD解析を用いて確認する。

本研究はデータセンタの空調消費エネルギー削減を目的とし、CFD解析を用いて室内温度分布、気流分布を検討し、空気の冷却効果を確認した。今後は、電子機器の稼働率によって発熱の増加・低減に応じて、ファンの出力と冷却器の冷却能力を調整して様々なパターンではラック内の熱量を速く排出し、室内に一定温度を維持できることを検討する必要がある。

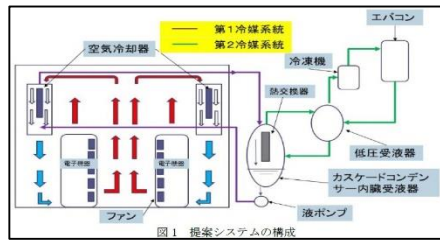
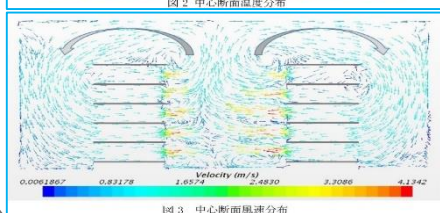
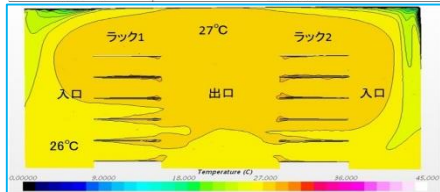


Table 1: Analysis setting conditions. Includes mesh count (1,137,275 cells), turbulence model (k-epsilon), and boundary conditions.



換気塔を利用した通風性能向上に関する研究

研究代表者：倉淵隆(東京理科大学) 拠点担当者：水谷 国男
キーワード：自然通風 換気塔 風洞実験 CFD

住宅における温熱・空気環境の改善に、冷房や機械換気によらず、気候の良い中間期などには自然通風を活用することが考えられる。しかし、都市住宅では密集度が高く、壁対面開口では十分な通風が期待できない場合が多い。このような背景から屋根面を通風経路の一つとして利用する天窗や換気塔といった通風促進開口部を用いることによる通風・換気性能向上効果があることが知られている。但し、効果的な開口部の形状や設置位置については検討の余地がある。そこで、本研究ではまず風洞実験を行い、換気塔・屋根形状による通風への影響を把握するとともに、この結果を用いて流れの数値シミュレーション解析(以降CFD解析)の実条件との整合性を確認する。その後CFDを用いて密集市街地における詳細なケース検討を行い、これらが通風性能に及ぼす影響を把握することを目的とする。

既往研究により陸屋根における屋根面を活用した自然通風は効果が確認されていたが、勾配屋根においては屋根面の開口部が必ずしも効果を示すとは限らない。屋外気流が換気塔に衝突し発生する剥離の影響で開口部付近の静圧が低下することで性能が向上する。風上に建つ周辺建物により発生する剥離の影響で屋根上の静圧が低下することで性能が向上する。以上より、開口部が屋根の最上端より上空に位置する高さの換気塔を設置する、または屋根上端付近に換気塔を設置することで、屋根面を活用した通風促進開口部の効果が顕著にみられる。

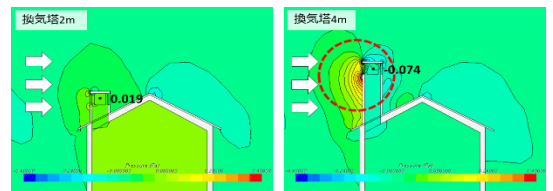


図1 切妻屋根上静圧分布

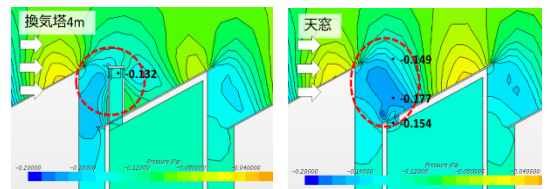


図2 片流れ屋根上静圧分布

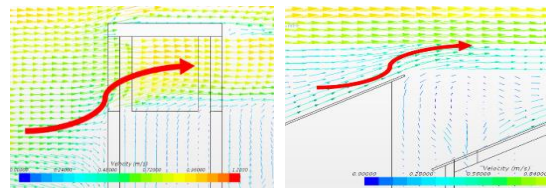


図3 切妻屋根換気塔付近 図4 片流れ屋根天窓付近
気流分布 気流分布

亜熱帯気候におけるマンションベランダ緑化が室内温熱環境に与える影響 (その2) シミュレーションによるベランダ緑化の年間熱負荷削減効果

研究代表者：蔡耀賢(台湾 成功大学) 拠点担当者：張偉榮
キーワード：亜熱帯気候 ベランダ緑化 シミュレーション

In this study, an evapotranspiration model of wild allamanda (*Urechites lutea*), a sub-tropical trailing plant, was developed by field measurement, and the effects of temperature/wind reduction were verified by experiment and simulation. The measurement of evapotranspiration was then carried out again in another season for verification. The model then applied in CFD, and a field measurement was carried out and the results of temperature and wind velocity were compared to ensure the applications of simulation. Finally, the model was used in a practical design work for studying the improvement of thermal comfort by balcony greenery.

In this study, a plant model of evapotranspiration rate was proposed via field measurement and applied for the boundary condition of CFD simulation. The results of field measurement showed that evapotranspiration was an effective factor to the temperature reduction of nature ventilation, and was influenced by meteorological factors, especially the solar radiation and vapour pressure difference. The phenomena of wind speed reduction and temperature drop when airflow passed through the vertical greenery system was simulated, and verified by a field measurement. Finally, the vertical greenery system was applied to a practical design project for studying the effect of thermal comfort improvement. As the results, the indoor temperature was reduced and the distribution of wind velocity was improved in the CFD study.

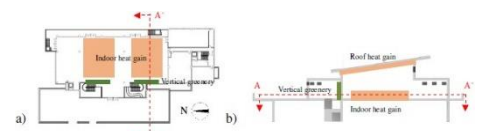


Fig1. Second floor plan and section of exhibition center

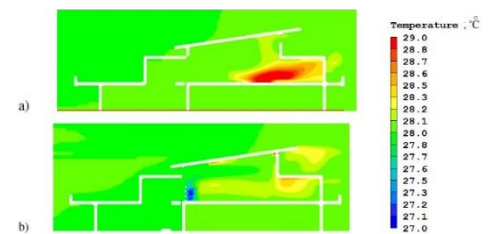


Fig2. Temperature result of simulation. a) current status, b) vertical greenery

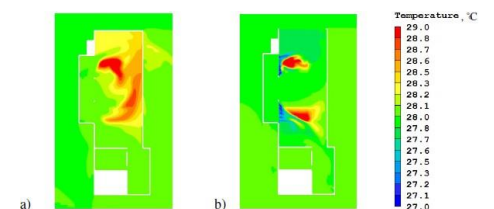


Fig3. Temperature result of simulation. a) current status, b) vertical greenery

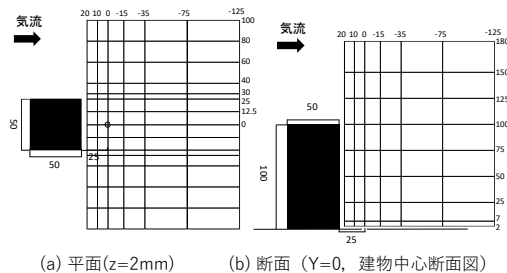
密度差のあるガス拡散性状予測手法検討

研究代表者：佐々木 澄 (清水建設株式会社)
 拠点担当者：福留 伸高
 キーワード：拡散性状 密度差 ガス濃度予測

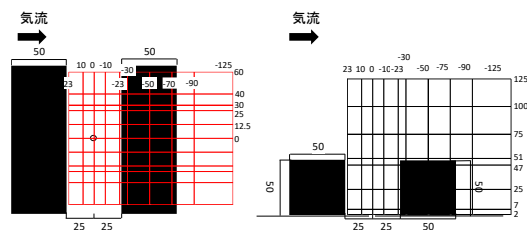
都市空間における大気汚染や臭気の問題に対して、従来のガス濃度予測では主に中立時かつ排出される汚染質は空気と同程度の密度と想定して検討されてきた。近年はBCPの観点から非常用電源を備える建物も増え、発電時に排出される高温ガスの影響範囲の検討や都市部に作られるコジェネレーションシステムからの排熱の影響など、排出されるガス自体が空気より軽い条件での予測事例も必要となる。本研究は、市街地や建物周りにおける密度差の異なるガスの拡散性状を把握し、ガスの濃度予測手法の確立に向けた検討を行うことを目的とする。

建物周りの流れ場を対象とした拡散場の性状について、排出ガスの浮力の有無による影響を比較・検討する。また、これらの結果を数値解析の検証用のデータとして整備する。風洞実験と並行して数値解析を用いた検討を実施し、それぞれの結果を比較することで数値解析の予測精度や適用限界等を検証する。

- ・単体ブロックとストリートキャニオンの2つパターンで密度差（浮力）有の場合は鉛直方向だけではなく、水平方向への広がりも見られた
- ・濃度変動の分散で浮力の影響が顕著に見られ、浮力ガスのモデル化の際には濃度変動の分散の再現が重要であることが分かった。
- ・今後は本実験を対象とした数値解析を実施するとともに、実験結果との比較などから浮力ガスのモデル化を検討していく。



(1) 単体ブロック



(2) ストリートキャニオン

Fast prediction of indoor pollutant dispersion based on the development of low-dimensional reduced-order ventilation models

研究代表者： Shi-Jie Cao(Soochow University); 拠点担当者：張 偉榮
 キーワード： PM2.5, low-dimensional reduced-type ventilation model

Aim1: To investigate the thermal performance for a new type of ground heat exchanger (GHE) with higher thermal conductivity materials of steel by using methods of full-scale experiments (pipes buried underground with a depth of 100 m) and computational fluid dynamics (CFD). Aim2: To investigate relationships between PM2.5, NO2 concentrations and relative humidity (RH) as well as their human health impacts for Subway systems in Suzhou. Aim3: Aim at the construction of low-dimensional linear reduced-order ventilation models such that transient pollutant concentration can be accurately predicted.

The mean PM2.5 concentrations at underground platforms are significantly higher than those at ground level. The human health impact is calculated to be 6300 annual DALYs due to particles exposure to the subway. It is important to take solutions for particles' reduction at subway. We investigated the thermal performance for a new type of GHE with higher thermal conductivity materials of steel by using methods of full-scale experiments and CFD.

Thermal performance was based on the temperature differences between inlet and outlet of U-tubes and the heat transfer per unit borehole depth (QL). We analyzed the entire thermal resistance of the borehole and the surrounding soil as well as the soil temperature distribution around the heat exchanger U-tubes. We found the further apart from the U-tubes, the smaller the soil temperature. Due to smaller heat resistance magnitude, the GHE performance of steel pipe was always better compared to conventional PE types, with QL increased up to 36%. It was also found QL was increasing with the increase of inlet velocities.

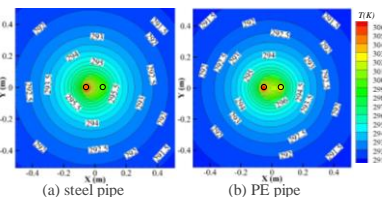


Fig. 1 The temperature field (at the depths of 50m underground) in the radial direction of the GHE

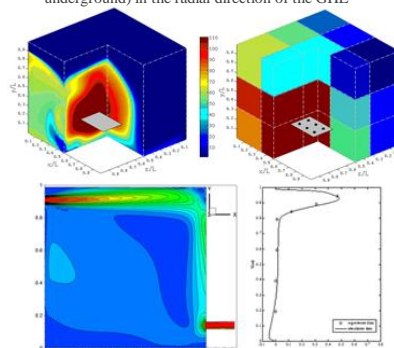


Fig. 2 Experiments validation for velocity profile

密集市街地における街区気流構造の把握及びウインドキャッチャーによる通風改善に関する研究

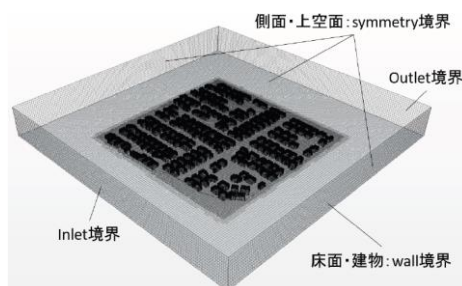
研究代表者：遠藤 智行（関東学院大学） 拠点担当者：張 偉榮

キーワード：建蔽率 GIS 風洞実験 CFD ウインドキャッチャー

内容

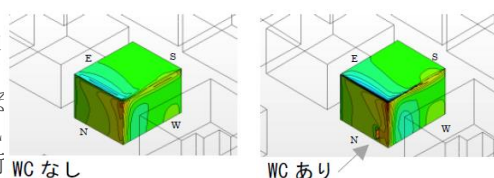
都市部の建築物の室内では周辺建物の高密度による自然風の減衰などが原因となり、通風の活用が困難な現状がある。この問題に対して前年度は、GISを用いて抽出する範囲や位置によって値が変動しにくい地域の平均的なグロス建蔽率の算出を行い、風洞実験から既往研究で多く用いられている均等整列モデルと実街区の比較を8風向における最大風圧計数差で評価した。しかし、この時に用いたグロス建蔽率の算出では、準整列街区と非整列街区の分類は主観的な見た目の印象による評価に留まっております倫理性に乏しい手法であった。また、実街区の通風性能が低下した条件に対する有効な促進デバイスの提案には至っていない。本年度は、GIS解析、風洞実験、CFD解析の三段階の研究構成をもって、前述の課題点を解決する。実験の結果から通風性能が低い街区形状、密集度、風向の条件を対象にウインドキャッチャー(WC)を設置した際の通風改善量を明確にし、その有用性の評価を主な目的とする。

結果として、以下の結論を得た。1)GISを用いて、密集度、道路角度、建物角度を要素別に分類する街区評価手法を確立した。2)一般的な3つの通風経路における最大風圧計数差を算出した結果、グロス率30%では、風向と通風経路に関わらず相対的に高い値を示したのに対し、40%以上になると、その値がほとんど半減している傾向を確認した。3)全ケースの最小風圧計数差を算出した結果、全ての値が非常に小さいことから、低密度の街区であっても、開口位置により通風が望めないことが判明した。4)通風性能が低いケースに対し、通風促進デバイスであるWCを付設した結果、風向45度以上の場合、150～190%の改善が出来、有用性が確認できた。



グロス建蔽率 30% 準整列実街区

図 8 解析用メッシュ一例



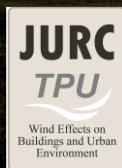
Case 3 (風向 NW a 経路)

図 10 WC 有無の比較 風圧係数分布一例

突風、温熱環境、省エネルギーに関する国際風工学研究集会の開催 International Workshop on Gusty Wind, Thermal Environment and Energy Saving



2017年3月9日～10日に東京工芸大学厚木キャンパスにおいて開催された。この研究集会は、東京工芸大学風工学研究拠点、日本風工学会（本会）の共催、空気調和・衛生工学会、土木学会、日本建築学会、日本気象学会の後援で実施された。参加者数は86名（講演者含む）で、日本、イタリア、ドイツ、ベトナム、中国、カナダ、韓国、インド、台湾、米国、と10か国からの参加があった。積極的な発表と活発な質問、熱心な議論が繰り上げられた。



Executors of the JURC

<i>Y. Tamura</i>	Professor	Program Coordinator of JURC/WERC Chongqing University, China
<i>R. Yoshie</i>	Professor	President of Tokyo Polytechnic University
<i>M. Matsui</i>	Professor	Director of the JURC/WERC, Tokyo Polytechnic University
<i>K. Mizutani</i>	Professor	Member of the JURC/WERC, Tokyo Polytechnic University
<i>A. Yoshida</i>	Professor	Member of the JURC/WERC, Tokyo Polytechnic University
<i>W. Zhang</i>	Associate Professor	Member of the JURC/WERC, Tokyo Polytechnic University
<i>Y.C. Kim</i>	Associate Professor	Member of the JURC/WERC, Tokyo Polytechnic University
<i>N. Fukudome</i>	Assistant Professor	Member of the JURC/WERC, Tokyo Polytechnic University

**Wind Engineering Research Center
Graduate School of Engineering
Tokyo Polytechnic University**

1583 Iiyama, Atsugi, Kanagawa, Japan 243-0297
TEL: 046-242-9658, FAX: 046-242-9514
URL: <http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/>