

Wind Effects

New Frontier of Education and Research in Wind Engineering

News

Vol.27 April 2011

Wind Engineering Research Center
Graduate School of Engineering
Tokyo Polytechnic University

INDEX

- Report on "The 7th International Advance School on Wind Engineering" (IAS 7) 1
- The 2nd International Workshop on Equivalent Static Wind Loading 開催報告 3
- 外装材を対象とした耐風圧性能試験装置について 5
- Cluster analysis of vertical profiles of wind velocity and temperature obtained from WRF simulation 8
- グローバル COE オープンセミナー 12
- 客員教授による集中講義 12

Report on “The 7th International Advance School on Wind Engineering” (IAS 7)

Date : December 6-8, 2010

Venue : CSIR Science Centre, New Delhi, India

The 7th International Advance School on Wind Engineering” was held at CSIR Science Centre, New Delhi, India from 6th to 8th December 2010. It was co-hosted by Global Centre of Excellence Programme, Tokyo Polytechnic University (TPU), Japan, Central Building Research Institute (CBRI), Roorkee and Indian Society for Wind Engineering (ISWE), Roorkee. It was inaugurated by Prof. Yukio Tamura, Tokyo Polytechnic University, Japan. Prof. Prem Krishna, Vice President, INAE & Chairman RC, CBRI, Roorkee, India graced the occasion and presented his views on the state of Wind Engineering in India. Prof. S. K. Bhattacharyya, Director, Central Building Research Institute, Roorkee, India presided over the function and briefed the gathering about the research activities of CSIR-CBRI. Dr. A. K. Mittal, Course Coordinator, Scientist CBRI and Hon. Sec. ISWE presented an overview of the activities of ISWE being carried out.

The dignitaries released the lecture notes proceedings containing the lectures of all the eminent speakers.

Experts in Wind Engineering from various countries all over the world were invited to discuss the new areas of research that are being taken up in their respective countries and also to address the issues concerning the Indian designers and practice engineers.



Photo 1. Inauguration by lighting of lamp by dignitaries



Photo 2. Release of the proceedings of lecture notes



Photo 3. Dignitaries and faculty members



Photo 4. Participants of IAS7



Photo 5. Certificates distribution to the participants

The lecturers and the titles of their lectures were as follows:

Yukio Tamura (Tokyo Polytechnic University, Japan)

1. Efficient observations of random fields - Meaning of POD
2. Suppression of wind-induced responses of buildings - Damping devices
3. Damping in buildings and estimation techniques

Chii-ming Cheng (Tamkang University, Taiwan)

1. Aerodynamic databases for tall buildings
2. Aero-data based wind resistant design of tall buildings
3. e-wind: An integrated engineering solution package for wind sensitive buildings and structures

Chris Letchford (University of Tasmania, Australia)

1. Windborne debris in horizontal winds and applications to impact testing
2. Climatology of extreme wind speeds
3. Topographic effects on gust wind speed

Partha Sarkar (Iowa State University, USA)

1. Interference effect of surrounding buildings on wind loads
2. Aerodynamic loads and response of slender structures in time domain
3. Rain-wind induced and dry cable vibration of stay cables

Michael Kasperski (Ruhr University, Germany)

1. Specification of the design value of aerodynamic coefficient
2. Estimation of the design wind speed
3. Identification of effective pressure distribution

YouLin Xu (The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong)

1. Wind and structural health monitoring of long span bridges
2. Typhoon wind simulation and design wind speed

Ted Stathopoulos (Concordia University, Canada)

1. Understanding wind codes and standards: Fundamentals behind their provisions I
2. Understanding wind codes and standards: Fundamentals behind their provisions II
3. Understanding wind codes and standards: Fundamentals behind their provisions III

Prem Krishna (Indian Institute of Technology, Roorkee, India)

1. Proposed revisions in the Indian Wind Loading Code. Part I-Revisions
2. Proposed revisions in the Indian Wind Loading Code. Part II-Implications in design
3. Proposed revisions in the Indian Wind Loading Code. Part III-Research needs

A large number of delegates from Govt. and private sectors were benefited from the IAS7. About 50 participants which included Engineers/Professionals from many organizations like Consulting Engineering Services, Mahagun India Pvt. Ltd., Mehro consultants, Construction Catalysers Pvt. Ltd., NTPC, Jaypee Associates Ltd., RWDI Consulting Engineers, HUDCO and CBRI attended the programme. Faculty members from IIT Kanpur, IT-BHU Varanasi, NIT Trichy, NIT Surathkal, NIT Durgapur and research scholars also participated in this course.

This school was preceded by a 3 day workshop cum training course on "Seismic and Wind Resistant Design of Building Structures" jointly organized by CBRI, Roorkee and ISWE, Roorkee at the same venue from Dec 3 to Dec 5, 2010. This course was inaugurated by Prof. Michael Kasperski, Ruhr University, Bucham, Germany who was the Chief Guest of the Function. Prof. S. K. Bhattacharyya, Director, Central Building Research Institute, Roorkee, India was the Guest of Honor.

Eminent speakers like Prof. Prem Krishna, Prof. S.K.

Bhattacharyya, Prof. P.D. Porey, Dr. N. Lakshmanan, Dr. S. Arunachalam, Prof. P.K. Pande, Prof. D.K. Paul, Prof. Abhay Gupta, Prof. Y. Singh, Dr. Naveen Kwatra and Dr. Achal Mittal delivered lectures and shared their experiences. They discussed on the basics of Wind Engineering and the recent developments on the design concepts regarding wind and earthquake engineering.

Finally, the closing ceremony was held on 8th December, in which Prof. Yukio Tamura, Tokyo Polytechnic University, Japan, distributed the certificates to the participants. Prof. P.D. Porey, President, ISWE presided over the function and emphasized the need of similar activities in future also. Dr.

Achal Kr. Mittal, Course coordinator and scientist, CBRI conducted the event and proposed a vote of thanks to faculty, participants, sponsorers (DST, CSIR etc.), press and the organizing team. GCOE

A feedback study was carried out by the organizers at the end of the event. From this study, it was found that IAS7 was highly appreciated by the participants and expressed that there should be more of such courses dealing with the multi-hazard approach especially in earthquake and wind engineering. Also more international collaborative activities in the form of projects, visits of research scholars, workshops, seminars, conferences, etc, should be rigorously pursued.



Photo 6. Lecturers and Participants of IAS7

The 2nd International Workshop on Equivalent Static Wind Loading 開催報告

開催日：2010年11月29日(月)

会場：東京工芸大学 厚木キャンパス本館6階 大会議室

東京工芸大学(以下本学)風工学研究センター、同済大学 State Key Laboratory for Disaster Reduction Civil Engineering、および北京交通大学の共催、NFSC(中国国家自然科学基金委員会)と科学技術振興機構の後援による国際プロジェクト(NFSC-JST Cooperative Research Project)の一環として The 2nd International Workshop on Equivalent Static Wind Loading が開催された。また Joint Workshopに前後して同済大学および北京交通大学からの参加者を対象に東京工芸大学の研究施設を紹介するテ

クニカルツアーが行われた。3つの大学それぞれの風工学分野の研究グループによる最新の研究活動についてのプロジェクト進捗確認のための情報交換、および相互協力を目指した意見交換を目的として企画されたものである。本 Workshopでは東京工芸大学から5題、同済大学から5題、北京交通大学から3題、風工学研究所と神奈川大学からそれぞれ1題の合計15題、研究発表があった。またテクニカルツアーでは本学風工学研究センターが所有する4つの風洞、外装材耐風圧性能試験装置、竜巻シミュレータ、太陽光発電シ

システムなど実験施設の紹介が行われた。これらのイベントおよび昼食時、夕食時に行われたレセプションパーティにおいては積極的に意見が交換されていた。以下に Workshop における各研究発表のタイトルと発表者の一覧を示す。

- Some Progress about Field Observation and Numerical Simulation of Tropical Cyclones nearby Southeast coastlines of China, *Lin Zhao (Tongji University)*
- An application of typhoon models to setting design wind speed time histories, *Masahiro Matsui (Tokyo Polytechnic University)*
- On the design wind speed in hilly regions for wind resistant design of bridges, *Shuyang Cao (Tongji University)*
- Parameters of turbulent wind in Beijing, *Qing-shan Yang (Beijing Jiaotong University)*
- Universal Equivalent Static Wind Load for a terminal building, *Akira Katsumura (Wind Engineering Institute)*
- Universal ESWL of plane truss roofs, *Bo Chen (Beijing Jiaotong University)*
- Generalized peak factor and its application to stationary random processes in wind engineering applications, *Nadaraja Pillai (Tokyo Polytechnic University)*
- Aerodynamic characteristics of tall building models with various unconventional configurations, *Yukio Tamura (Tokyo Polytechnic University)*
- Static Wind Loading on Buildings: Comparative Study of Major Asia-Pacific Codes and Standards, *Yaojun Ge (Tongji University)*
- Interference effect on local peak pressure between two high-rise buildings with different shapes, *Wonsul Kim (Tokyo Polytechnics University)*
- Wind Force and Response Characteristics of a Slender Beam with Angle Cross-section, *Takeshi Ohkuma (Kanagawa University)*

- Energy transformation mechanism of coupled bending torsional flutter, *Zujun Liu (Tongji University)*
- Aerodynamic flutter control for typical bridge girder sections under self-excited wind loading, *Yongxin Yang (Tongji University)*
- Investigation of Fetch Effect on Wind Pressures on Low-rise Building, *YongChul Kim (Tokyo Polytechnic University)*
- Rough wall treatment by SST $k-\omega$ turbulence model, *Jian Zhang (Beijing Jiaotong University)*



写真1 ワークショップ会場風景



写真2 討論風景

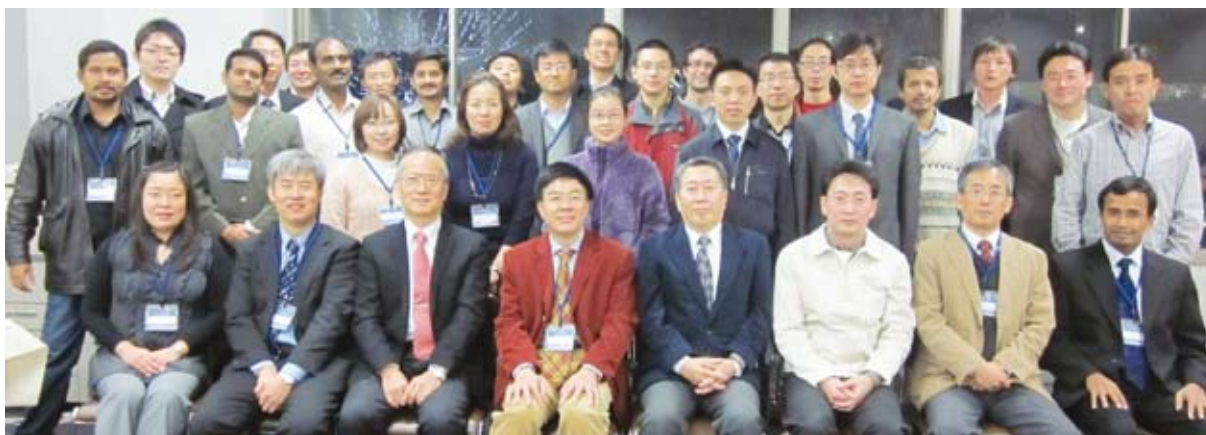


写真3 参加者の集合写真 (レセプションディナーにて)

外装材を対象とした耐風圧性能試験装置について

岡田玲, 吉田昭仁, 松井正宏, 田村幸雄 (東京工芸大学)

1. はじめに

現在までに報告されている強風被害のほとんどが中低層建築物に生じたものであり、その多くが外装材に生じたものである。これらの被害を受けて、たとえば風洞装置を用いた圧力実験などを行って、ピーク風圧係数を評価することなどで設計資料が積み重ねられ、多くの知見が設計に反映されている。その一方で外装材には多くの会社の製品が存在し、そのディテールは多種多様であり、外装材自体の性能評価を可能とする試験システムの構築も重要な位置づけになる。

本学風工学研究センターでは、昨年10月に外装材（屋根材、軒材、開口部、壁部）などを対象とした性能試験装置を設置した。この装置では、圧力箱の上面に実際の外装材を設置したうえで圧力箱内を加（減）圧することにより、外装材に負荷をかけ耐力や破壊性状などを明らかにすることを可能とするものである。

本報告では性能試験装置の概略、性能試験結果、実際の軒天井を設置して行った耐力試験の結果について報告する。

2. 試験装置概要

本試験装置の構成を図1に示す。本試験装置は圧力生成部、圧力調整部、圧力チャンバーから構成される。圧力生成部は、2台の送風機（11kW）から構成されている。

1台はチャンバーに正圧を供給し、もう1台は負圧を供給する。ここで生成された圧力は、ひとつのモーターで駆動する連動弁によって調整され、圧力チャンバーに供給される。図2に連動弁による圧力調整のメカニズムを示す。

連動弁は負圧側が閉まっているときに正圧側が開き、圧力チャンバーに正圧が供給され、逆の場合には負圧がチャンバーに供給される。また、両方の弁が45°のときには正圧側から流出する流量と負圧側に流入する流量が釣り合ってチャンバー内に圧力が供給されないことになる。図3に試験圧力生成部および圧力チャンバーの写真を示す。

圧力チャンバーの上面には3枚の着脱可能な蓋が設置されている。これにより数種類の大きさの外装材を対象に実験を行うことが可能である。チャンバーのサイズは1辺3000mmで高さが300mmである。

3. 試験装置の性能試験結果

下記の項目について性能試験を行った。

1. ノイズレベル
 2. 測定圧力の指令信号に対する応答性
 3. 連動弁角度と圧力の静的な関係
 4. 正弦波指令信号に対する圧力の応答性
 5. ランダム波指令信号に対する圧力の応答性
- 本報告では、2.～5.について示す。

図5に両送風機の回転数を最大にし、連動弁角度を最大の90°から最小の0°に急激に変化させたときのチャンバー内圧力の時刻歴変化を示す。連動弁は約0.3秒で切り替わり、それに追従するように約1秒でチャンバー内圧力がほぼ

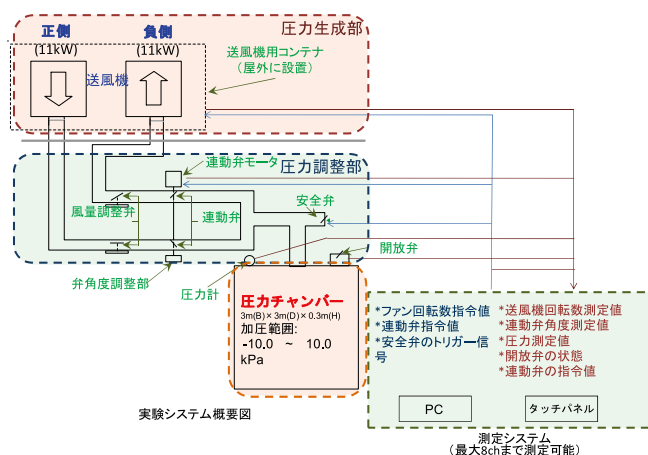


図1 試験システム概要図

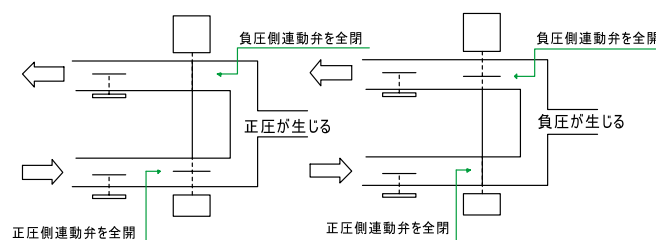


図2 連動弁による圧力調整



図3 送風機（左）と圧力チャンバー（右）

安定しているのが分かる。それよりもせまい範囲で連動弁角度を変えた時にはそれよりも短い時間で圧力が安定した。

図6に連動弁角度と圧力の静的な関係を示す。静的な関係は連動弁を $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の範囲で 5° 刻みで変えた時にそれぞれ測定した。ここではのちに示す動的な影響の評価を行うときの指標とするため、得られた関係を6次関数で近似した。図中では正側と負側の送風機の回転数[rpm]をそれぞれ(1500, 0), (1500, 1500), (0, 1600)に設定したときに得られた結果である。

連動弁角度 $20^{\circ} \sim 50^{\circ}$ の範囲ではほぼ線形関係があるものの、それ以外の角度においては非線形性が認められ、この影響の詳細な把握は今後行う予定である。

図7に連動弁の角度を正弦波状に時刻を追って変化させていったときのチャンバー内圧力の追従性について示す。なお、図中では図6に示す連動弁角度と、チャンバー内圧力の静的な関係から求めたチャンバー内圧力との対応も併せて示す。両者の比較により動的に連動弁を変化させたことによる影響を可視化することができる。今後動的シミュレーションも可能とするように、連動弁角度を入力としてチャンバー内圧力を出力とした伝達関数を求めていく予定であるが、今回はよい追従性を示した卓越周波数が 0.05Hz の場合から 0.06Hz , 0.10Hz , 0.20Hz と周波数が高くなるごとにどのような追従性を示すかについて示す。なお両側振幅は 10deg である。

これらの図ではわかりにくいので、周波数の大きい波を入力したときほど、チャンバー内圧力に動的な影響が出て遅れが出てくる。また図には示さないが、さらに周波数が大きくなると静的な関係から求めた圧力と比べて動的な圧力の変化量が鈍っていくことがわかった。

図8に連動弁の角度をランダム状に時刻を追って変化させていったときのチャンバー内圧力の追従性について示す。今回の検討では、最初にホワイトノイズ信号をオリジナルとして作成し、オリジナルの信号にバンドパスフィルターをかけることによって4種の周波数帯($0.05 \sim 0.06\text{Hz}$, $0.07\text{Hz} \sim 0.09\text{Hz}$, $0.10\text{Hz} \sim 0.19\text{Hz}$, $0.20\text{Hz} \sim 4.00\text{Hz}$)を含む入力波を作成して追従性を確認した。なお、それぞれの波においては最大振幅が 20deg になるように入力波の振幅レベルを調整した。

上記4つの周波数帯を含んだランダム波のうち、 $0.25 \sim 4.00\text{Hz}$ の波を含んだ波のときのみ動的な影響が顕著に現れ静的な関係に顕著に追従しなかったもののそれ以外はおおむね良い対応を示した。なお、 4.00Hz 以上の成分も含むオリジナルの信号で連動弁を制御した場合には、制御信号に連動弁の挙動が追従しないという結果が得られた。これらの機械的限界については正確に把握しておく必要がある。

以上述べてきたような性能試験を行った。しかしながら今回行った範囲では完全に本試験装置の特性が明らかになったとはいえず、今後より詳細な検討から最終的な性能を把握していく。

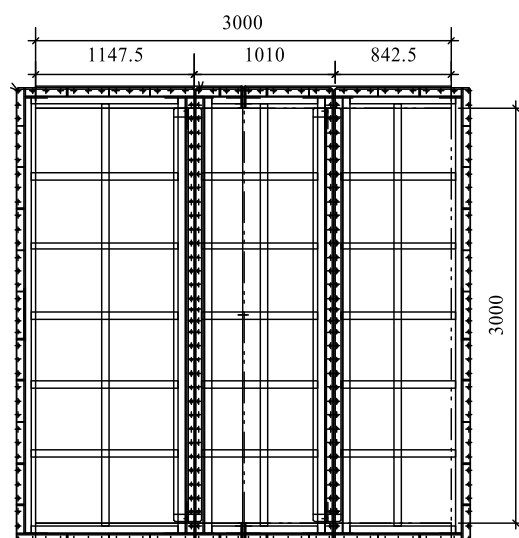


図4 圧力チャンバー平面図 (単位: mm)

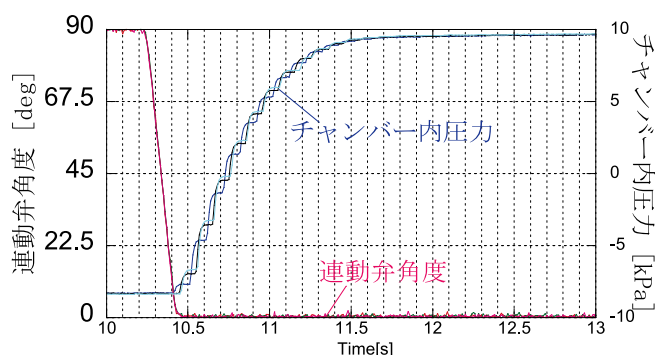


図5 チャンバー内圧力の時刻変化

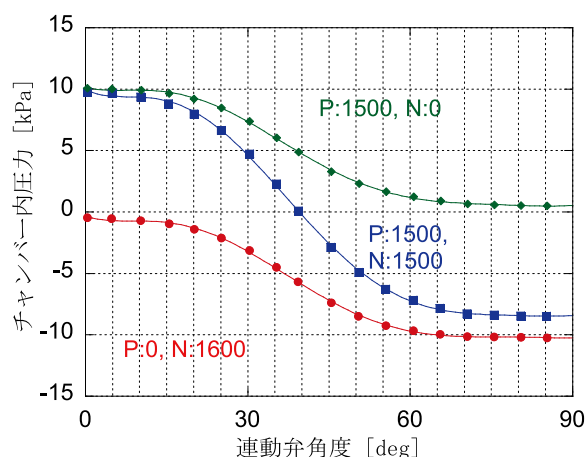


図6 連動弁角度とチャンバー内圧力の静的関係

4. 軒天井パネルの静的耐力試験結果

4.1 実験概要, 計測計画, 加圧計画

過去の被害事例などを鑑みると、軒天井の被害は、なにか他の要因で建築物の内圧が急激に変化したときなどに生じており、例えば軒天井板が割れて落下する、野縁ごと落下するなどの事例が確認されている。また特にピロティの天井パネルなどの場合は、既往の風洞実験結果によれば、局所的にきわめて高いピーク負圧 ($C_p = -11.7$) が計測されている²⁾。

今回本試験装置を用いた外装材の耐力試験のパイロットテストとして、この風洞実験結果を受けて、軒天井パネルを静的に載荷し、耐力を求めること破壊性状を得ることを目的とした試験を行った。測定項目はチャンバー内圧力および試験体中央付近における野縁と軒天井板の鉛直方向の沈下量である。また試験の様子はビデオにて撮影を行っている。試験体を試験装置に設置したときの様子を図9に示す。軒天井板は今回の試験体の場合は36か所のビスで野縁および四周の圧力チャンバーとの接続金具に留められている(その箇所は後述)。野縁は専用の金具で圧力チャンバーに固定された梁材に固定されている。

今回の静的試験では、試験体に力のかかっていない0.0kPaから、-0.2kPa刻みで30秒ずつ漸減していく加圧計画のもとに静的な関係から求まる角度に連動弁を維持して試験を行った。

実際の軒天井を用いて試験を行う場合、試験体に内在する間隙などを原因としてチャンバー内の気密性を完全に確保することはできなかったが、設定値の6割程度を維持しながら加力試験を行うことができた。図10に各ステップにおける測定時間内の圧力の平均値の変遷を示す。

低圧力時以外はほぼ線形的に圧力の低下が得られていたことがわかる。

図11に示す各ステップの圧力がかかったときの軒天井板と野縁の鉛直方向の変形を示す。低い振幅時には両者がほぼ一体的に変形が進んでいるのに対してチャンバー圧力が-0.5kPa付近から両者の間に差が生まれてきていることが分かる。さらに、チャンバー圧力が-1.7、-2.0、-2.3kPaのときに小さな破壊音が観測され、-2.5kPaのときに大きな破壊音とともに図9中に示されている1番上の野縁に沿って軒天井材が沈降し、大きなスリットが生じたため、チャンバー圧力が瞬間的に-0.3kPaにまで上昇し、それ以上の圧力保持が難しくなったため実験終了とした。本試験体は、4ユニットの天井材からなっており、それらの境界は図9に示す3本の横方向の野縁に沿っているためにこのような破壊形式になったと思われる。本試験体を支持している36本のビスのうち16本のビスに破壊が認められ、その形式はビスの引き

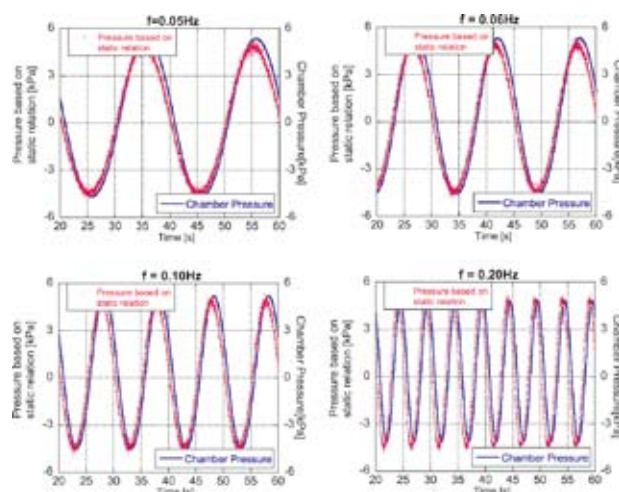


図7 正弦波入力時のチャンバー内圧力の変化

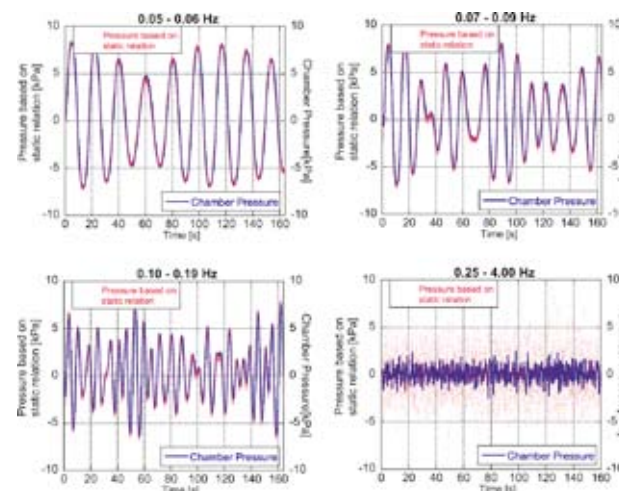


図8 ランダム波入力時のチャンバー内圧力の変化

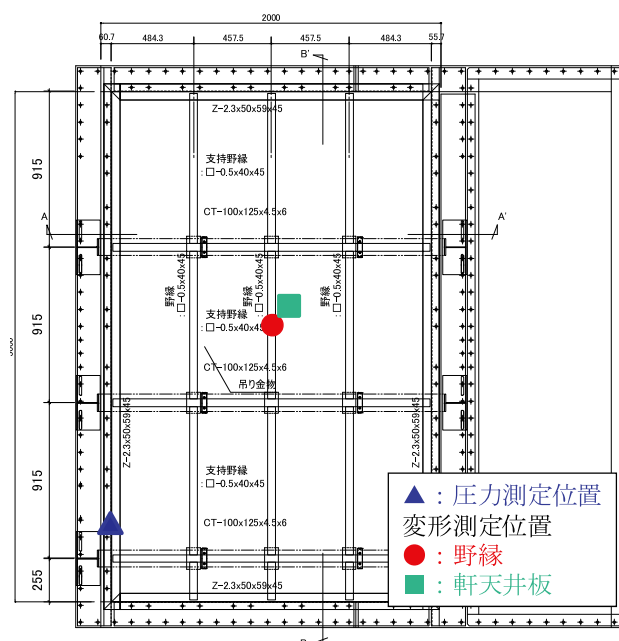


図9 軒天井試験体平面図と計測計画図

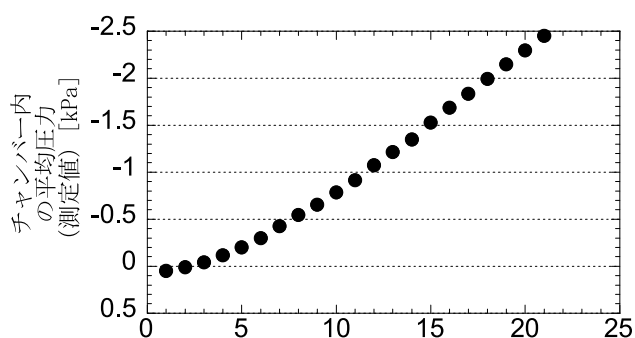


図 10 各加圧ステップにおける平均圧力

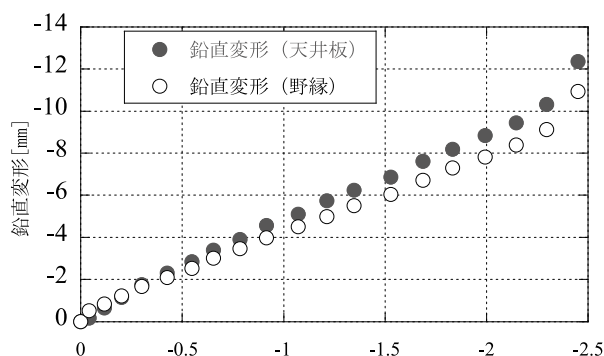


図 11 軒天井試験体平面図と計測計画図

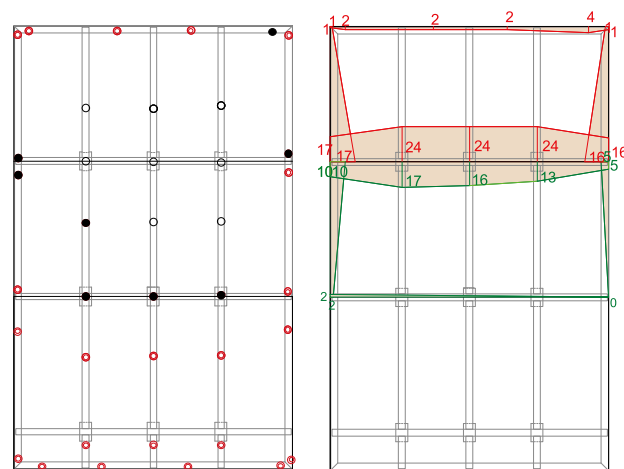
抜きにより生じたものであった。ビスは天井板下面から打たれていて、天井板と野縁の下面を貫通して両者を固定している。破壊が認められた 16 箇所のうち天井板が破損してビスが引き抜けたのが 8 箇所、残りの箇所では野縁が破損してビスが引き抜けた。

これらの破壊タイプ別の分布図を図 12a に、各ビスの位置での天井板の沈降変形量を図 12b に示す。

なお、図 12(a) 中においてそれぞれ、◎は無被害、○は野縁からビスが抜け落ちた被害、●外装材からビスが抜け落ちた被害である。

5. まとめ

本報告では東京工芸大学風工学研究センターに新規に設置された外装材の耐風圧性能試験装置(圧力チャンバー)の概略、基本特性、軒天井を対象とした性能試験結果などについてまとめて報告した。今後は、圧力チャンバーの性能についてさらに詳細な把握を進めるとともに、種々の条件下における天井材を対象とした耐力試験を行っていく予定である。



(a) ビスの最終状態分布 (b) 天井板の沈降変形量分布 (単位: mm)
図 12 破壊性状

参考文献:

- 1) 日本建築学会ほか、建築物外装材の耐風設計と耐風性能評価, 2008.11
- 2) 須那亮友, ピロティを有する柱頭免震建物の軒天井の風圧特性および応答特性に関する研究, 2009 年度東京工芸大学工学部建築学専攻修士論文

Cluster analysis of vertical profiles of wind velocity and temperature obtained from WRF simulation

Jaeyong Chung, Ryuchiro Yoshie,
Sivaraja Subramania Pillai, Masanori Mochiduki

1 INTRODUCTION

Urban heat island effects have been observed in many cities located near the Japanese coast. One strategy for mitigating heat island phenomena is to utilize sea breeze by leading cool air into urban canopies. However, the

effectiveness of this strategy depends on the characteristics of the sea breeze, particularly the vertical profiles of wind velocity and temperature. Thus, it is necessary to understand the characteristics of sea breeze. Recently, CFD simulations have been applied to real urban cities in order to examine

the effects of various countermeasures to heat island phenomena. However, such simulations require appropriate vertical profiles at the inflow boundary, which is another reason to investigate the vertical profiles of wind velocity and temperature. Furthermore, if we can obtain some representative profiles and their occurrence frequencies, it might be possible to use them for statistical long-term evaluation of the wind and thermal environment (not just one moment or one day). Although many studies have been conducted in the Tokyo area that address the characteristics of sea breeze by observations and meso-scale simulations (Yoshikado, 1994; Ooka et al, 2008), information is limited to specific days. In this study, meso-scale simulation was conducted from August 1st to August 31st of the years 2006, 2007, and 2008 in the Tokyo area in order to obtain spatial distributions of velocity and temperature data. Based

on the obtained data, the vertical patterns of velocity and temperature were classified using cluster analysis and the occurrence frequencies of the patterns were examined.

2 MODEL DESCRIPTION

In this study, the Advanced Research WRF (ARW) dynamic solver was used to obtain the spatial distribution of wind velocity and temperature. NCEP global analysis data and real-time global sea surface temperature analysis data were used for the initial conditions. The simulation was run in 3-nested domains as shown in Figure 1 and Table 1. The vertical computational domain was up to 20km high and it was divided into 55 vertical levels (28 levels from the surface to 2km high) with non-uniform distribution. Target points for the investigation are shown in Figure 1. Two points were selected for comparing the vertical patterns of wind velocity

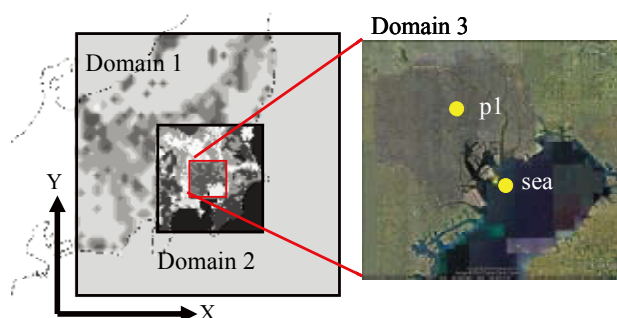


Figure 1. Computational domain and target points.

and temperature on the sea and inland. The simulation was performed from August 1st to August 31st of the years 2006, 2007, and 2008. All 10-minute data of each point were extracted from the output of WRF calculation. In this study, we focused on the Y-component (south-to-north component) of the wind velocity because wind directions around south-to-north are predominant during summer in Tokyo. The Y-component of all wind velocity data ($144 \times 93 \text{ days} = 13,392$ data at 28 vertical levels from surface to 2 km high) were used for the cluster analysis.

Table 1 Domain size and grid arrangement

Do- main	Computational area $X \times Y$ (km)	Grid number	Grid size (km)
1	450×450	50×50	9 km
2	180×180	60×60	3 km
3	60×60	60×60	1 km

3 CLUSTER ANALYSIS

Cluster analysis is a convenient method for grouping large amounts of data into categories that have similarity among them. In this study, velocity data at the sea point were analyzed by cluster analysis, but the temperature data at the sea point and both velocity and temperature data at the inland point (P1) were not examined by cluster analysis. They were treated as the reference of the velocity at the sea point.

4 RESULTS

4.1 COMPARISON OF WRF RESULTS AND OBSERVATION DATA

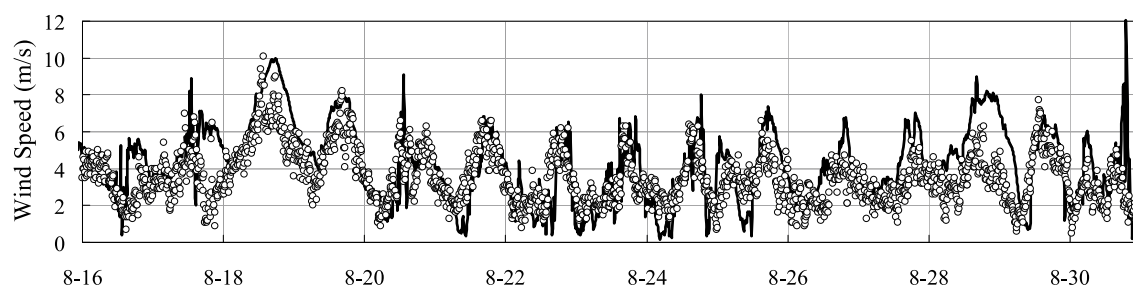


Figure 2. Comparison between wind speeds of WRF results and observation data at P1 (—:WRF, ○: Obs. da-ta)

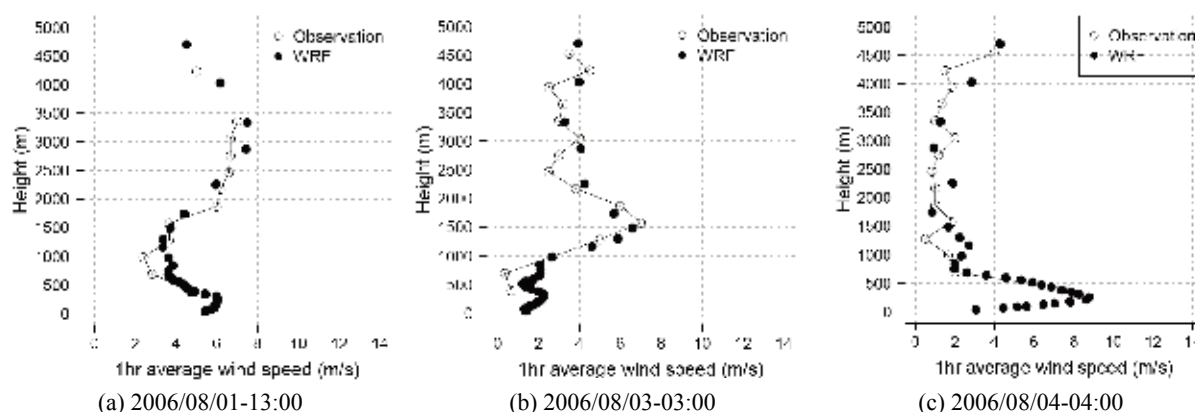


Figure 3. Comparison of WRF results with observation data for vertical wind speed profile at Katsuura

Figure 2 compares the wind speeds of the WRF results and the observation data at P1 (observation height: 96m) from August 16th to 31st of 2006. The wind speed calculated by WRF is in approximate agreement with the observation data. Figure 3 shows the vertical profiles of 1-hour averaged wind speed of WRF and observation data at Katsuura. The vertical profiles calculated by WRF agree well with those of the observation.

4.2 Vertical profile and occurrence frequency of each cluster

Eight clusters were selected for this investigation. The results of cluster analysis for August of 2006, 2007, and 2008 are shown in Figures 4-6, which show the average and standard deviation of velocities and temperatures in three representative clusters, with the diurnal occurrence distribution of each cluster (Other clusters are not shown in this abstract due to limitation of space). In these figures, positive and negative values of wind velocity indicate south-to-north and north-to-south, respectively. In Figure 4, cluster 1 illustrates a weak wind pattern at both the sea and the inland locations. The wind pattern at the sea location

represents the beginning of the sea-breeze pattern. The occurrence frequency of cluster 1 was 16.1% for all clusters, and 50% for cluster 1 occurred between sunrise (5:00AM) and noon (12:00AM). In Figure 5, the average wind velocity of cluster 2 over the sea increased up to 60m height and then decreased with height above 60m. For the inland location (P1), the average velocity increased up to 200m height. The maximum average wind velocity of cluster 2 decreased from sea to inland and the wind direction reversed over 1.4km from the surface. The difference between the temperatures of sea and inland was 3.3°C near the surface (lowest vertical height, 12.6m). This pattern frequently occurred in the afternoon on sunny or cloudy days (from the weather map of JMA) with the highest occurrence frequency (20.2%) for all clusters. Thus, the pattern of cluster 2 is considered to be a typical sea breeze circulation. In cluster 3 (Figure 6), the sea breeze layer was thicker and the velocity was higher than those of cluster 2. The temperature difference between sea and inland for cluster 3 was 5.4°C near the surface (lowest vertical height, 12.6m), which was higher than that for cluster 2. This pattern mostly occurred after cluster 2 in the

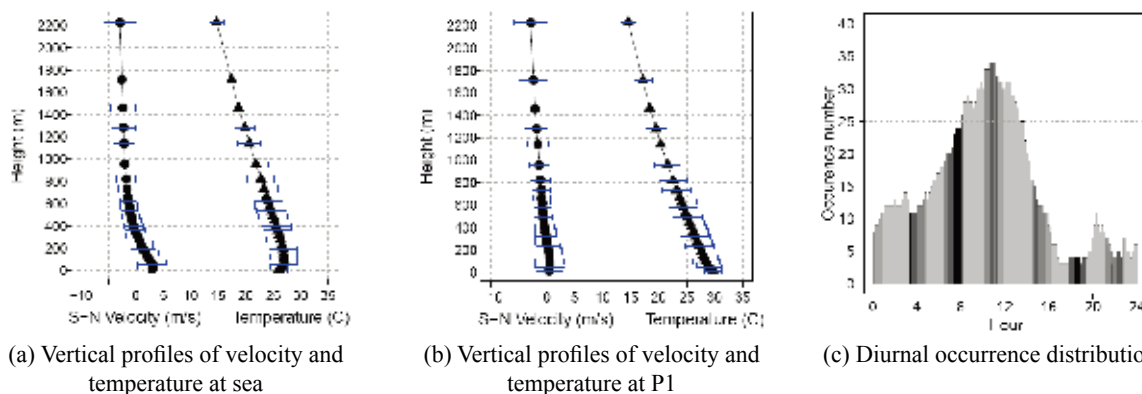


Figure 4. Average and standard deviation of velocity and temperature profiles for cluster 1 with diurnal occurrence distribution (● : Velocity, ▲ : Temperature)

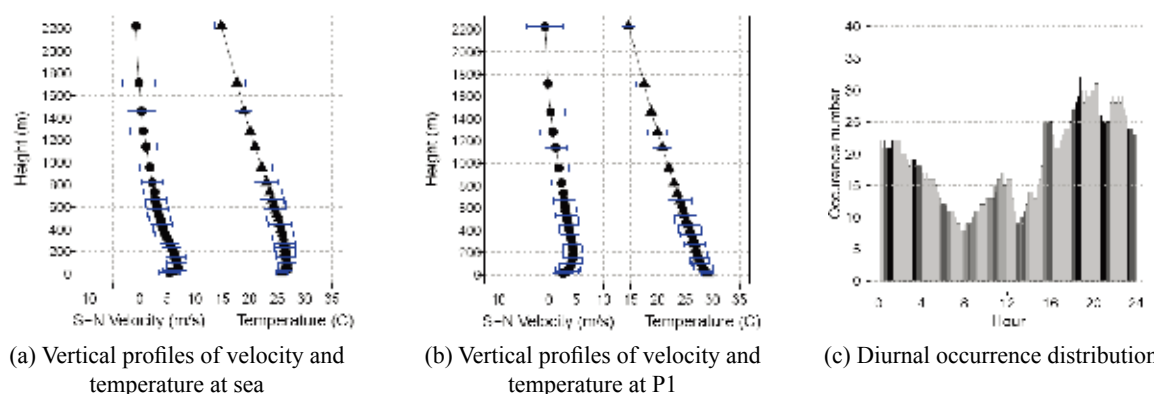


Figure 5. Average and standard deviation of velocity and temperature profiles for cluster 2 with diurnal occurrence distribution (● : Velocity, ▲ : Temperature)

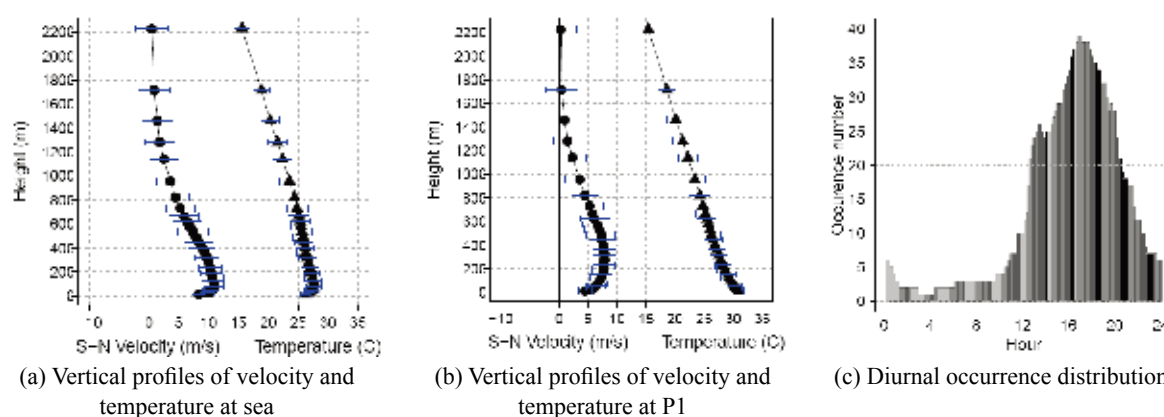


Figure 6. Average and standard deviation of velocity and temperature profiles for cluster 3 with diurnal occurrence distribution (● : Velocity, ▲ : Temperature)

afternoon on very hot sunny days (from the weather map of JMA) and it had 14.7% occurrence frequency.

5 CONCLUSIONS

WRF simulation was conducted for the area of Tokyo for the months of August in years 2006, 2007, and 2008 to obtain the spatial distribution of wind velocity and temperature data. Using the obtained data, we classified the vertical patterns of wind velocity and temperature on the sea by cluster analysis. The frequency of occurrence of each pattern was investigated and the relationship to the weather condition of each pattern was clarified. It was found that eight clusters captured the possible vertical patterns of wind speed on the sea in the area of Tokyo for summer. Three representative clusters were shown in this paper. Cluster 1 represented the beginning of the sea-breeze pattern. Clusters 2 and 3 were considered to be typical sea breeze circulation in which the wind direction was reversed over 1km, and their total occurrence frequency was about 36% in all analyzed periods. This study was a new challenge to clarify the vertical patterns of wind velocity

and temperature in Tokyo using WRF results and cluster analysis. However, further investigations are necessary for more appropriate WRF parameter settings in order to reflect the real situation of the Tokyo area and more appropriate classification methods, which will be done in our future works.

6 REFERENCES

- Kusaka, H., Kondo, H., Kikegawa, Y., Kimura, F., 2001. A simple single-layer urban canopy model for atmospheric models: comparison with multi-layer and slab models, *Boundary-Layer Meteorology* 101, 329-358.
- Ooka, R., Sato, T. and Murakami, S., 2008. Numerical simulation of sea breeze over the Kanto plane and analysis of the interruptive factors for the sea breeze based on mean kinetic energy balance. *Journal of Environmental Engineering* 632, 1201-1207.
- Yoshikado, H., 1994. Interaction of the sea-breeze with urban heat islands of different sizes and locations, *J. Meteorol Soc* 72, 139-143.

グローバルCOE オープンセミナー

本グローバル COE プログラムでは、どなたでも参加できるグローバル COE オープンセミナーを開催しています。これまでに開催された内容を以下にご紹介します。

第30回 日時：2010年8月4日(水) 14:00-15:30
場所：東京工芸大学厚木キャンパス
本館1階 012 教室

■ 講演者：
Liu Jianxin (長安大学)
■ 講演タイトル：
Research on wind
resistance stability
and countermeasures
of narrow suspension
bridge



第31回 日時：2010年8月24日(火) 13:30-15:00
場所：東京工芸大学厚木キャンパス
本館1階 012 教室

■ 講演者：
Claudio Borri
(フィレンツェ大学)
■ 講演タイトル：
Recent Developments in
Wind Engineering and
Building Aerodynamics
at CRIACIV Research
Centre in Italy



第32回 日時：2010年9月4日(土) 14:00-15:30
場所：東京工芸大学厚木キャンパス
本館1階 012 教室

■ 講演者：
Liu Jianxin (長安大学)
■ 講演タイトル：
Numerical simulation
and field measurement
of strong wind and its
function in the inland
area of China



第33回 日時：2010年9月25日(土) 14:00-16:00
場所：東京工芸大学厚木キャンパス
本館1階 012 教室

■ 講演者：
安藤慶治 (新日本製鉄)
遠藤俊志 (新日鉄エンジニアリング)
白井貴志 (新日鉄エンジニアリング)
■ 講演タイトル：
・ New Building System
Using Innovative Structural
Materials
・ Current Steel Structures
in Japan



第34回 日時：2010年12月14日(火) 16:00-17:30
場所：東京工芸大学厚木キャンパス
本館6階 大会議室

■ 講演者：
Billie F. Spencer
(University of Illinois at
Urbana-Champaign)
■ 講演タイトル：
Smart Sensing Technology:
A New Paradigm for
Structural Health
Monitoring



第35回 日時：2011年2月19日(土) 14:00-15:30
場所：東京工芸大学厚木キャンパス
本館1階 011 教室

■ 講演者：
石沢賢二 (国立極地研究
所・南極観測センター)
■ 講演タイトル：
New Technologies on
logistics operations in
the Antarctic stations



グローバル COE オープンセミナーの予定は本学ホームページ
(<http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/>) でご覧いただけます。

客員教授による集中講義

本グローバル COE プログラムでは、客員教授による集中講義を開催しています。この集中講義はどなたでも受講することが可能です。今年度開催された内容を以下にご紹介します。

日時：2011年1月18日(火)
- 20日(木)
場所：東京工芸大学厚木キャンパス APEC 強風防災
センター2F セミナー室
講師：Christopher James
Baker (University of
Birmingham)



日時：2010年1月25日(火)
- 26日(水)
場所：東京工芸大学厚木
キャンパス 本館1階
011 教室
講師：Akashi Mochida (Tohoku
University)



日時：2011年2月1日(火)
- 3日(木)
場所：東京工芸大学厚木
キャンパス 本館1階
011 教室
講師：Richard GJ Flay
(Auckland University)



日時：2011年2月8日(火)
- 10日(木)
場所：東京工芸大学厚木
キャンパス 本館1階
011 教室
講師：Matthew Santamouris
(University of Athens)



日時：2011年2月15日(火)
- 17日(木)
場所：東京工芸大学厚木
キャンパス 本館1階
011 教室
講師：Alan P. Jeary (University
of Western Sydney)

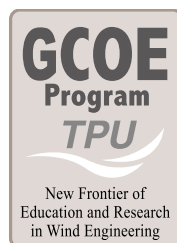


日時：2011年2月22日(火)
- 24日(木)
場所：東京工芸大学厚木
キャンパス 本館3階
033 教室
講師：Shuyang Cao
(Tongji University)



日時：2011年3月3日(木)
- 5日(土)
場所：東京工芸大学厚木
キャンパス 本館1階
011 教室
講師：Michael Schatzmann
(The University of
Hamburg)





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』メンバー
工学研究科 建築学専攻

田村 幸雄 教授(拠点リーダー)	教育研究拠点形成の統括	yukio@arch.t-kougei.ac.jp
Ahsan Kareem 教授	EVO構築に関連する技術開発	kareem@nd.edu
大場 正昭 教授	通風・換気設計法の研究開発	ohba@arch.t-kougei.ac.jp
義江龍一郎 教授	市街地の熱・空気汚染予測・制御	yoshie@arch.t-kougei.ac.jp
水谷 国男 教授	自然通風・放射涼房システムの開発	mizutani@arch.t-kougei.ac.jp
松井 正宏 教授	工学的竜巻シミュレータの開発	matsui@arch.t-kougei.ac.jp
吉田 昭仁 准教授	風応答モニタリング・ネットワークの構築	yoshida@arch.t-kougei.ac.jp
森田 芳朗 准教授	各国の対風構工法の調査研究	morita@arch.t-kougei.ac.jp
大熊 武司 客員教授	耐風設計法の構築	ohkuma@kanagawa-u.ac.jp

東京工芸大学工学研究科 風工学研究センター

〒243-0297 神奈川県厚木市飯山1583

TEL & FAX : 046-242-9658 URL : <http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/>