

Wind Effects

Wind Effects on Buildings and Urban Environment

News

Vol.3 May 2004

Wind Engineering Research Center
Graduate School of Engineering
Tokyo Polytechnic University

INDEX

- 第1回 都市・建築物へのウインド・イフェクト
に関する国際シンポジウム (ISWE1) 開催 … 1
- 平成15年度の研究成果紹介 …… 3
- RTK-GPSを用いた構造物の風応答モニタリング… 5
- 義江龍一郎教授の紹介 …… 6

第1回 都市・建築物へのウインド・イフェクトに関する国際シンポジウム (ISWE1) 開催

と き : 平成16年3月8日、9日

ところ : 日本学術会議 大講堂(東京都港区六本木)

主 催 : 東京工芸大学工学研究科・風工学研究センター

後 援 : 日本学術会議、日本建築学会、空気調和・衛生工学会、日本風工学会

東京工芸大学・工学研究科・建築学専攻の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」により、第1回 国際シンポジウム (International Symposium on “Wind Effects on Buildings and Urban Environment”, ISWE1) が開催された。

第1日目の冒頭、今年度の日本国際賞を受賞された本多健一・東京工芸大学学長により、参加者への歓迎の挨拶がなされ、本学の21世紀COEプログラムの意義、大学全体の積極的な推進、支援体制等について説明があり、2日間のシンポジウムを大いに有意義なものとして欲しい旨、付言された。

続いて、21世紀COEプログラムリーダーである田村幸雄教授から、本プログラムで扱う風に関する幅広い問題と、この研究プログラムを通して世界の人々を幸福に結びつけることの必要性が熱く語られた。また、東京工芸大学21世紀COEプログラムを構成する主要な3つのプロジェクト(強風災害低減システム、通風設計法、空気汚染問題とその評価システム)の各リーダー、田村幸雄教授、大場正昭教授、小林信行教授による研究の展望、進捗状況が報告された。

本COEプログラムに対する参加者の興味は大きなものがあり、田村教授の発表に関してはGPSモニタリングに対するマルチパスの影響に対する質問、小林教授の“engineering public health”という新しい研究分野の提案に対するコメント、大場教授の自然換気に関しては、火災時の特に煙の



Prof. Honda (President of TPU)



Prof. Tamura (COE Leader)

拡散の問題への質疑など、活発な議論がなされた。

引き続き、国内外からの招待講演者による風工学の各分野における最新の知見や歴史的背景などに関する質の高い講演がなされ、熱心な質疑応答が繰り返された。

伊藤学・東京大学名誉教授 (IABSE会長)からは、長大橋に対するこれまでの日本の耐風設計法の変遷、風工学会の取り組みが紹介された。秋山宏・日本大学教授 (日本建築学会会長)は、高層建築物に対する耐震、耐風設計をエネルギー的視点から捉える考え方を紹介した。村上周三・慶応大学教授 (空気調和・衛生工学会会長)からは、風力エネルギー評価のために局地風を予測する数値流体計算手法について、豊富な計算例と数々の乱流モデルの比較、紹介がなされた。Chris Baker・英国Birmingham大学教授は、弱風から強風に至るまでの風工学に係る幅広い問題について考察し、風工学と他分野の情報交換、交流の重要性を強調した。加藤信介・東京大学教授からは、ハイブリッド換気手法の詳細な紹介があり、その有効性が示された。Robert Meroney・米国Colorado州立大学教授は、火災時の人的被害が主として煙によるものであるとして、外気との境界となるアトリウム空間の壁面形状等の問題点について、多くの事例に基づき考察した。Kenny C.S. Kwok 香港科技大学教授は、クレーン加振、人力加振、常時微動、風外乱など様々な加振条件の下での高層建築物の振動特性の実測手法とその問題点について、事例を交えながら紹介した。Bogusz Bienkiewicz 米国Colorado州立大学教授 (米国風



■シンポジウム会場

工学会会長)は、2003年5月のMissouri-Kansas tornado等を含む、各種の強風災害事例や事後の調査手法等について紹介し、問題点を議論した。神田順・東京大学教授は、特に、変動風圧の非Gauss分布性状について検討し、この確率分布を近似する手法について紹介した。

第2日目は、松本勝・京都大学教授(日本風工学会会長)による種々の二次元基本断面および橋梁橋桁断面の空力特性と空力不安定現象に関して、総括的で分かりやすい解説がなされ、多くの未解明の問題が残されていることも示された。You-Lin Xu香港理工大学教授は、実測に見られる風速の非定常性について“empirical mode decomposition”という新しい手法を使って解析した結果を示した。Giovanni Solari・イタリアGenova大学教授(国際風工学会会長)は、風応答による疲労損傷評価法について検討し、パフエティンクや渦励振による影響評価手法を示した。Ahsan Kareem米国Notre Dame大学教授は、残念ながら直前に参加できなくなったが、送付されてきた3-D Gust Loading Factor法について最新の知見を紹介する講演用資料により、田村幸雄教授による代理発表が行われた。John D. Holmes・オーストラリアJDH Consulting所長は、風災害で主要因となる強風時の飛来物に関する空力的取扱と、その軌道の評価方法に



懇親会風景

ついて述べ、火災に伴う飛来物に関する資料が消防関連で整備されていることなどがコメントされた。Chii-Ming Cheng・台湾Tamkang大学教授は、種々の平断面の高層建築物の耐風設計に利用可能な空力データベース、知識ベースについて紹介した。Alan P. Jeary・オーストラリアWestern Sydney大学教授は、構造物の風応答に対する減衰評価の重要性を強調し、そのメカニズムと振幅依存性の特徴等について述べた。Ted Stathopoulos・カナダConcordia大学教授は、低層建築物の陸屋根における煙突と屋根面の剥離領域の影響について、最近の知見を述べた。河井 宏允・京都大学防災研究所教授は、十分な設計資料が整備されていないダブルスキンファサードに作用する風圧力の特性に関する風洞実験結果について述べ、開口部位置の影響などについて紹介した。

以上、海外から11名、国内7名の講演者は、全世界より招待された風工学の第一人者であり、全て、極めて質の高い有意義な講演であった。これに国内外から多くの研究者や技術者を加えて200名の参加者を得、最先端の情報交換や質疑応答を通じて、参加者全員にとって意義深い2日間となった。

閉会に当たっては、国際風工学会 (IAWE) 会長のSolari教授よりスピーチの申し出があり、IAWEと東京工芸大COEプログラムとの協力関係を進めていきたいこと、今回のシンポジウム成功を心より祝福する旨の挨拶を頂いた。

本学のCOE事業推進者やCOE研究員にとっても、国内外の多くの優れた研究者との交流と会場内外での活発な意見交換は、大変素晴らしい経験でもあり、かつ有意義なものであった。COEプログラム事業推進にとってもよい刺激となり、今後、優れた研究教育成果として結実することが期待される。

■ISWE1講演者

本多 健一 (東京工芸大学, 学長)
 田村 幸雄 (東京工芸大学, COEプログラム拠点リーダー)
 大場 正昭 (東京工芸大学)
 小林 信行 (東京工芸大学)
 伊藤 学 (IABSE会長)
 秋山 宏 (日本大学, 日本建築学会会長)
 村上 周三 (慶応義塾大学, 空気調和・衛生工学会会長)
 Chris Baker (The University of Birmingham, U.K.)
 加藤 信介 (東京大学)
 Robert Meroney (Colorado State University, USA)
 Kenny C.S. Kwok (Hong Kong University of Science & Technology, Hong Kong)

Bogusz Bienkiewicz (Colorado State University, 米国風工学会会長, USA)
 神田 順 (東京大学)
 松本 勝 (京都大学, 日本風工学会会長)
 You-Lin Xu (The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong)
 Giovanni Solari (University of Genova, 国際風工学会会長, Italy)
 Ahsan Kareem (University of Notre Dame, USA)
 (田村幸雄教授による代理発表)
 John D. Holmes (JDH Consulting, Australia)
 Chii-Ming Cheng (Tamkang University, Taiwan)
 Alan P. Jeary (University of Western Sydney, Australia)
 Ted Stathopoulos (Concordia University, Canada)
 河井 宏允 (京都大学, 防災研究所)

平成15年度の研究成果紹介

強風分野(プロジェクト1)

本COEプログラムの強風を取り扱う耐風構造分野における研究目的は、建築物の合理的で経済的な耐風設計手法を確立し、都市や建築物の強風災害を低減させることであり、①強風発生確率予測システムの構築、②建築物に作用する風力の特性把握と応答予測手法の確立、③応答モニタリングシステムおよび強風災害低減システムの構築に取り組んでいる。

強風被害調査

強風災害発生直後に現地に調査団を派遣して、被害調査を行った。平成15年度は、台風14号(台風0314)および台風15号(台風0315)による建築物等の被害調査を行った。台風14号については、2003年9月13日～16日に沖縄県宮古島、また、2003年9月16日～19日に韓国釜山における被害調査(写真1)を、台風15号については、2003年9月26日～27日に、東京都八丈島における被害調査を行い、気象記録、各種被害の統計、建築物や土木構造物の被害状況とその特徴等を取りまとめた。



写真1 韓国での強風被害調査(コンテナクレーンの倒壊例)

台風シミュレーション

建築物の設計風速に関する研究として、台風気圧場のモデル化とこのモデルの性質を精度よく再現することのできる台風シミュレーション手法を検討した。また、この手法の開発に必要な日本各地の気象台における過去の気象記録と台風経路およびモデルパラメータの電子化を行った。この結果、風向情報を考慮した台風時の設計風速の評価が可能となる台風シミュレーションの一手法を提案できた。

健全性モニタリング手法の検討

GPSを用いた建築物の健全性モニタリング手法を確立するため、高さ108mの鉄塔の応答観測を行った。さらに、

RTK-GPSにより得られた変位、およびデータベースサーバ内に構築されている構造物FEMモデルの立体応答解析を併用して、構造物の部材応力のモニタリングの可能性について検討した。鉄塔基部に取り付けた歪ゲージにより得られた応力度と、RTK-GPSとFEMモデルのハイブリッド利用による応力度との比較などから、風応答観測に対するRTK-GPSの有効性を再確認するとともに、部材応力を通じた健全性モニタリングへの適用可能性を示した。

強風防災システムの基礎構築

都市建物群の強風防災システム構築のため、構造物の健全性をリモート監視するシステムについて検討した。また、情報公開の一つの手段として、インターネットのホームページを用いて外部に情報伝達をすることを視野に入れ、WEBサーバを構築し、RTK-GPSにより得られた変位情報を外部から閲覧およびダウンロードできるシステムを構築した。得られた情報の一部は、風工学技術情報室から一般に参照可能な情報として発信することを計画している。

竜巻の性質の基礎調査

局地的ではあるが建築物に大きな被害をもたらす竜巻を対象として、その基礎的な性状把握のための基礎的研究を開始した。竜巻状旋回流を発生させることのできる装置の試作を行い、旋回流の性質を調査した。竜巻状旋回流中で、大きな風速の発生する領域等が、レーザードップラー流速計によって計測され、検討された。

APEC諸国における対風構工法に関する調査

耐風性を考慮した構工法について、日本以外のAPEC諸国における状況を調査した。本年度は、特にベトナムにおける住宅構法に関する現地調査を実施し、ベトナムにおける在来構法の特徴を整理した。併行して、インドネシアなど他の東南アジア諸国の建設事情の概要についても、文献資料を中心に調査を行った。

屋根瓦の空気力学的特性に関する調査

住宅の耐風性を評価するうえで重要な屋根瓦に作用する変動風圧力の特性を、千葉県のコナエに建てられた実大瓦屋根模型によって実測調査した。その結果、瓦の形状や位置による屋根瓦に作用する瞬間的なピーク風圧力の違い等が明らかにされた。

適風分野 (プロジェクト2)

プロジェクト2では、持続型(サステナブル)社会に向け、省エネ的な環境調整技術として期待されている自然通風を取り扱う。「自然通風エネルギーの利用促進のための通風開口部設計法の開発」を目指して、通風開口部で生じている複雑気流の解析や、開口部の通気特性の解明を進めている。

自然換気に関する国際ワークショップの開催

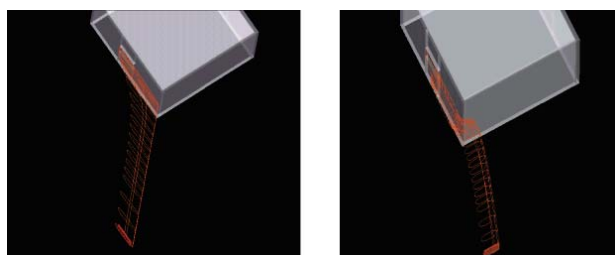
自然換気の研究動向に関するグローバルな情報交換、および若手の研究者に通風換気分野の魅力を伝えることを目的として、2003年10月31日に東京工芸大学にて「第1回 自然換気に関する国際ワークショップ」を開催した。講演者として海外から6人、日本から4名の専門家が招待された。自然換気に関する実務設計法・実験手法・数値計算法・通風モデリングについて、先進的な研究が紹介され、活発な議論が交わされた。

通風開口部の複雑気流の解析

通風開口部で形成される複雑気流の測定およびLES数値解析による通風気流構造の理論的解明を行った(図1)。流入開口部に到達する通風気流の全圧は、開口壁面で流れの剥離が生じない場合、風向角に依らず接近流の全圧が概ね保存された。風上端部で流れが剥離すると、乱流エネルギーが生産されるために、全圧損失が生じることが判った。

通風局所相似モデルの構築

流入開口部近傍では、横風方向の接線動圧と法線方向の換気駆動力の比が定まれば、局所的に流れの力学的なバランスが成立することを風洞実験で示した。次に両者の比を意味する無次元室内圧を定義し、通風気流の局所相似モデルを提案した。局所相似モデルは風向角に対応して適切な流量係数を選択できるので、流量係数を一定とした在来型オリフィスモデルに比べて、風向変動に伴い流量係数が変化する開口部の流入条件のときに、通風換気量の予測精度が格段に向上した。



(1) 風向角45°

(2) 風向角60°

図1 流入開口部周辺の流管軌跡

弱風分野 (プロジェクト3)

プロジェクト3では、人体周りの微気象問題から、シックハウス等の室内空気汚染問題あるいは建物近傍での汚染物排出問題、地域熱供給プラントから市街地に排出される汚染ガス問題など室内から都市域にわたる空気汚染問題を総合的に取り扱う。本プロジェクトでは、室内空気環境と屋外空気環境の2つのフィールドに分けて空気汚染問題に関する研究を推進している。

室内空気環境

空気汚染の対策は、汚染質の発生源コントロールと気中に放散された汚染質の移流・拡散コントロールの2方向からのアプローチが可能である。平成15年度は、汚染質の発生源コントロールに関する研究として、各種建材から放散される化学物質種を同定すると共に、放散速度を支配するパラメータである建材中の有効拡散係数のデータを化学物質別・建材別に測定し、データベース化を行った。さらに気中の化学反応による新たな化学物質生成(いわゆる化学物質の2次汚染問題)に関して、主たる反応物質であるOzoneを対象として化学反応量に関する基礎実験を行うことで、反応速度定数の測定を行った。

また、気中での移流・拡散コントロールとして、気中に放散された化学物質の移流・拡散現象を簡易にモデル化し、CFD(計算流体力学)をベースとした室内化学物質濃度分布予測手法のプロトタイプを開発した。

屋外空気環境

平成15年度は、風洞実験により、単純にモデル化した市街地空間を対象として、汚染質拡散現象の支配条件となる流れ場の3次元データの蓄積を開始している。また風洞実験での汚染質濃度場測定技術の精度向上を目指し、ラインスキャンカメラを用いた高精度な濃度変動測定システムのプロトタイプを開発し、チャンネル流およびバックステップ流等の単純流れ場においてその測定精度検証を行った。

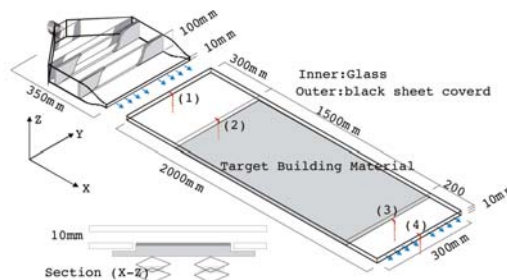


図2 ガラス製境界層型チャンバー概要と建材設置の様子(化学物質のDepositionを測定)

RTK-GPSを用いた構造物の風応答モニタリング

助手 吉田 昭仁



我々の研究グループでは、6年ほど前からRTK-GPSを用いて構造物の風応答モニタリングに関する研究を行っており、様々な学会で研究成果を発表しています。ここではこれまでの研究成果の一部と今後の研究計画および最終目標について簡単にご紹介させていただきます。

RTK-GPSとは

GPS(Global Positioning System)とは、「地球的衛星測位システム」と呼ばれており、船舶などの航行には欠かせないシステムの一つとなっています。また、カーナビゲーションシステムでは、車の位置をキャッチし、コンピュータソフト上の地図情報と連動して、行くべき道を指示してくれます。

このGPSを用いて構造物の変位応答(地震応答も含めて)を計測することを研究目的としていますが、カーナビゲーションシステムに用いているような単独測位といわれる手法を用いた際の精度は数10mとなってしまう、これでは構造物の変位応答を測定することは不可能です。そこで、本研究ではRTK-GPS(Real Time Kinematic - GPS)という手法を用いて、構造物の計測を行っています。RTK-GPSとは、正確な位置がわかっている場所にGPSアンテナを設置(基準点)することで、GPSにより得られた計測値との誤差を定量化することが可能となります。もう一つ別の計測点が近くにあれば、そこでも同じ衛星からはほぼ同一の電波を同時に受信していると考えられるので、基準点と同じ誤差が含まれていることになり

ます。そこで、基準点で得られた誤差を補正情報として、計測点のGPS計測値から差し引くと、精度を上げることができます。この誤差補正をリアルタイムに行い、計測点の位置を高精度・高サンプリングレイト(10Hz)で計測する方法がRTK-GPSと呼んでいる手法です。(図1参照)

構造物の風応答モニタリングおよび健全性モニタリング

このRTK-GPSを用いて様々な基礎研究を行った結果、固有振動数が2Hz以下、かつ、振幅が2cm以上であれば、構造物の正確な変位応答計測が可能であることが報告されています。



写真1 GPSアンテナ(計測点)

この基礎研究を基に、実際に100mの高層鉄塔において風応答計測を行いました。写真1は高層鉄塔頂部に計測点として設置されたGPSアンテナです。図2に台風時に観測されたRTK-GPSと加速度計のパワースペクトル密度を示します。なお、比較のため加速度のパワースペクトル密度には $(2\pi f)^4$ を乗じて変位のパワースペクトル密度に換算して図示しました。両者ともに0.57Hzに鉄塔の1次固有振動数に対応するピークが見られており、良い対応を示していることがわかります。また、RTK-GPSを用いて変動成分だけでなく静的成分、準静的成分の計測が可能であることが報告されました。さらに、平均風荷重分布に基づいてFEM解析した頂部変位と各部材応力度の関係を事前に求めておくことで、時々刻々得られるGPS変位とFEM解析により得られた部材応力度のハイブリッド利用による強風時などの各部材応力度をリアルタイムにモ

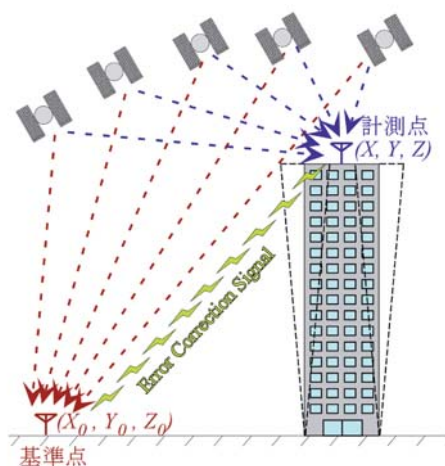


図1 RTK-GPSの概念図

モニタリングすることの可能性についても報告しています。図3に鉄塔基部の外柱材における平均応力度の風速による変化を示します。歪ゲージにより得られた平均応力度と非常に良い対応を示しており、このことからRTK-GPSを用いた構造物の健全性モニタリングが可能であることが示されました。

都市防災システムへ向けて

都市の高層建物群の屋上に、GPSアンテナを設置し、各アンテナからのGPS出力を安全な防災司令室等で一括モニタリングすることにより、図4のような、都市の建物群の健全性確認、振動制御対策、避難指令などを正確に行える未来型

都市防災システムが構築可能となると考えられます。

企業グループ、公団、あるいは都市の中央防災センター等で、主要な高層建築物群の変位応答を一括モニタリングできるシステムを構築することで、それぞれの管轄する建物群の健全性、機能性、安全性に関するパフォーマンスを集中して把握することができ、時々刻々と把握される建築物のパフォーマンス情報は、警報システム、避難誘導システム、救助システムなどとの連携を効率よく実行するために役立つものと思われれます。なお、GPS測位は3次元計測であり、鉛直変位成分Zも計測されていますので、過大な変形だけでなく倒壊の判断などにも利用が可能です。

今後の研究では、これまで単体で行っていたGPS変位計測を複数の構造物に対して風応答モニタリングを行う予定であり、また、ネットワークを用いて複数のGPS変位を一括管理することができるシステムを構築することを目標としています。

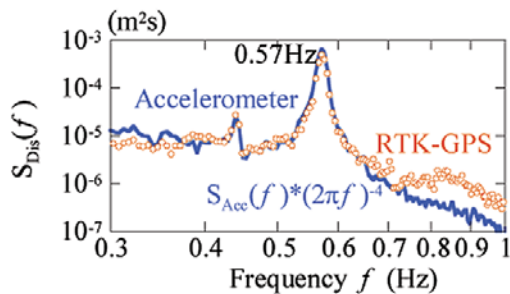


図2 変位のパワースペクトル密度

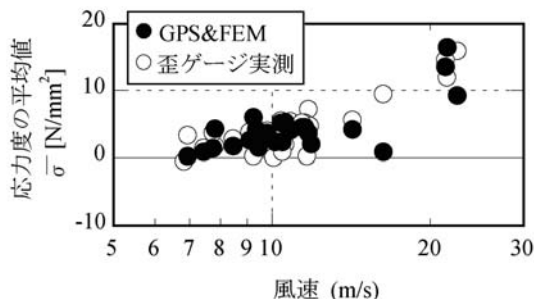


図3 鉄塔基部の平均応力度

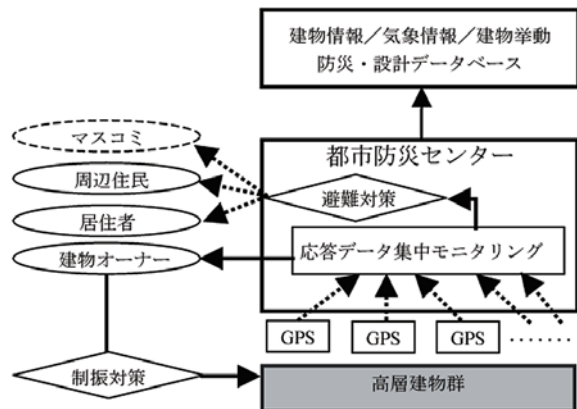


図4 未来型都市防災システムの概要

義江龍一郎教授が、新たにプロジェクトメンバーとして加わりました。

義江龍一郎 教授 (前 前田建設工業 技術研究所 副部長)

■ 専攻分野

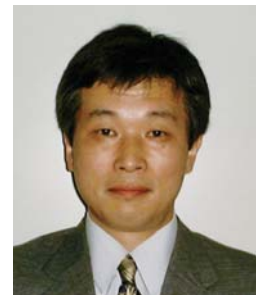
建築環境工学、風工学

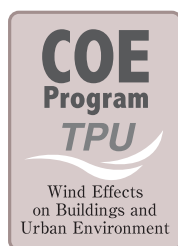
■ 現在の研究課題

1. 太陽熱、風等を利用した省エネルギーシステムの研究開発
2. 高効率空調システムの研究開発
3. 都市の汚染物拡散の予測、防除に関する研究
4. 建物室内環境、屋外環境の数値シミュレーション

■ 学会及び社会における活動等

日本建築学会 流体計算による風環境評価ガイドライン作成WG委員、日本建築学会 火災・防煙環境設計WG委員、日本風工学会 風環境評価研究会委員 など





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』メンバー
工学研究科 建築学専攻

田村 幸堆	教授 (拠点リーダー)	強風災害低減システムの構築	yukio@arch.t-kougei.ac.jp
大場 正昭	教授	通風設計法の開発	ohba@arch.t-kougei.ac.jp
義江龍一郎	教授	市街地の大気汚染防除	yoshie@arch.t-kougei.ac.jp
大野 隆司	教授	対風構工法の開発	oono@arch.t-kougei.ac.jp
大熊 武司	客員教授	耐風設計法の構築	ohkuma@arch.kanagawa-u.ac.jp
松井 正宏	助教授	強風予測手法の開発	matsui@arch.t-kougei.ac.jp
伊藤 一秀	助教授	室内空気汚染制御	ito@arch.t-kougei.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 046-242-9540 URL: <http://www.arch.t-kougei.ac.jp/COE>

ISBN 4-902713-04-7