

Wind Effects *Wind Effects on Buildings and Urban Environment* News

Vol.11 May 2006

Wind Engineering Research Center
Graduate School of Engineering
Tokyo Polytechnic University

INDEX

平成 17 年度の研究成果紹介	1
IEA ECBCS Annex44 “ Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings ” 3rd Expert Meeting 参加報告	6
田村幸雄教授 日本風工学会会長に選出される	6
COE オープンセミナー	6
お知らせ	7

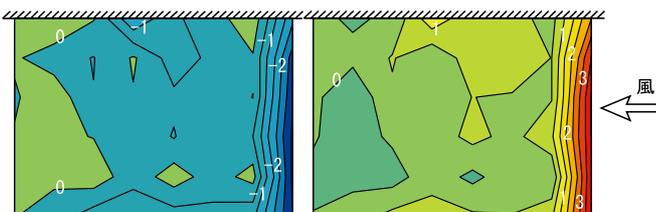
平成 17 年度の研究成果紹介

強風分野（プロジェクト 1）

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することである。平成 17 年度は以下の研究が実施された。

ユニバーサルな等価静的風荷重分布

構造物の全ての部材の最大応力(荷重効果)を時刻歴応答解析によって解析し、これを同時に満足させるユニバーサルな等価静的風荷重を提案し、種々のケースに対して、これを試算してきた。等価静的風荷重分布のデータベースを構築し、これに基づく耐風設計手法を開発することが目的である。設計では、他の荷重との組み合わせもあって、各部材の最大および最小の荷重効果を考慮する必要がある。風荷重、荷重効果ともに平均値成分を差し引き、変動分だけとする。それぞれの部材の最大(正のピーク)および最小(負のピーク)の荷重効果を考えるので、 N 個の部材があると 2^N 乗の荷重効果分布が想定できる。その中から、全ての部材が必ず正および負の両方を採るような2つの組合せを選ぶ必要があり、最も簡単なのは、各部材の最大応力が全て正になる場合と全て負になる場合の2つである。しかし、これらに対する等価静的風荷重分布は、一般に極めて不自然な風荷重分布となる。平均荷重効果分布と同じ正負の組合せを考えても、必ずしも旨くない。ここでは、より自然な分布のユニバーサルな等価静的風荷重の算定手法を開発した。トラス構造の片持ち屋根を考える。部材数は 343 であり、風向は図 1 のように屋根の桁行方向に平行に吹く場合を想定する。時刻歴応答解析により求めたすべての部材の変動軸力に対して POD 解析を試み、その1次規準モードと最大荷重効果分布の符号を一致させることで図 1 のような、自然で滑らかな分布を持つユニバーサルな等価静的風荷重を算定できた。(田村幸雄, 勝村章)



(a) 上向き風荷重

(b) 下向き風荷重

図 1 片持ちトラス屋根全部材の最大, 最小軸力を再現するユニバーサルな等価静的風荷重分布(風力係数)

強風災害調査

2005 年の台風の発生数は 23 個(平成 26.7 個)とやや少なく、上陸数は台風 7 号, 11 号, 14 号の 3 個(平成 2.6 個)と平成並みであった。接近数 12 個(平成 10.8 個)も平成並みである。ちなみに 2004 年の発生数は 10 個である。

台風 11 号は 8 月 25 日に東海から関東地方に被害を及ぼした。この台風による神奈川県箱根町における中学校体育館屋根の被害調査を実施した。この調査では、前年(2004 年)の台風被害調査で判明した大規模金属屋根の日射による熱伸縮での疲労損傷による緊結不足の問題が改めて浮き彫りにされ、災害時の緊急避難場所となるべき学校体育館などの緊急点検の必要性が認識された。

台風 14 号は、9 月 6 日に九州に上陸し大きな被害をもたらした。その後、日本海を通過し、翌 7 日に北海道に再上陸した。この台風による被害は保険金支払金額で 658 億円(見込み含む、損害保険協会による)である。この台風に伴い宮崎市等 2 箇所で竜巻が発生したため、災害調査を実施した。竜巻は台風に伴ってしばしば発生することが報告されているが、この宮崎で発生した竜巻による被害は飛散物による被害などが顕著であった。

強風の主要因は季節風, 台風, 竜巻, ダウンバーストなどであるが、冬季に日本海側で発達した低気圧に伴って突風が発生することはこれまであまり認識されてこなかった。2005 年末に北日本で発生した秋田県大潟村, 琴丘町での突風被害, 山形県酒田市付近での列車脱線転覆事故を伴う突風被害, 秋田県峰浜村での突風被害が発生し、特に酒田市付近での列車事故を伴った突風は死者 5 名も的人的被害をもたらした。これらの突風被害の調査を積極的に実施した結果、この種の小規模気象擾乱による突風被害の実情が明らかにされ、ドップラレーダ等による観測体制の整備と、それら観測資料に基づくナウキャスト技術の確立の必要性が明らかにされた。(これらは、日本風工学会からの提言としてまとめられ、国土交通大臣など関係方面へ提出された。)

米国でもハリケーンが猛威を振るった。Hurricane Katrina による被害の調査を実施し、高層ホテル等の外装材被害の状況を明らかにした。

(田村幸雄, 松井正宏, 曹曙陽, 吉田昭仁)



図2 箱根湯本中学校体育館の被害状況



住宅屋根の棟瓦の飛散被害



国道防雪柵の飛散被害
図3 山形県酒田市付近の被害

設計風速

アジア・パシフィック地区での耐風設計を検討する上で台風は重要な要素である。台風等による気圧場モデルの検討や、設計風速の整合性を図るための研究では、北西太平洋に発生した台風の経路、中心気圧などの記録が整備される

とともに、ベトナムにおける強風観測記録が整備された。

また、日本周辺の国、地域で規定されている設計風速を、再現期間、標準粗度などの条件を統一して比較することは、それぞれの規基準の整合性を検討する上で重要であると考え、ロシア、韓国、中華人民共和国、台湾について耐風基準を収集し、再現期間100年、粗度区分II、地上10mの10分間平均風速の比較を行った。(田村幸雄, 松井正宏)

屋根瓦の耐風性、耐風構法

自然風中での瓦屋根の風圧測定を実施した建物を対象として、縮尺1/20の模型を用いた風洞実験を行い、屋根面に生じる瞬間負圧とその作用範囲について検討した。その結果、大きな負側風力が局部的に生じる範囲は狭いことを明らかにした。これより、強風時の引き上げ力に対しては、隣接する瓦の重なりによって生じる拘束効果が期待できる。

続いて、隣接瓦の拘束効果を確認するための静的引き上げ試験を、F型瓦を対象として留め付けの有る場合と無い場合の条件について行った。これより、留め付けの有る場合の拘束力は、瓦の重量と留め付け強度によって推定できること、留め付けの無い場合の拘束力は隣接瓦の重量のみのため留め付けの有る場合より小さいことを明らかにした。

日本の島嶼、東アジア地域の各国での建築物の構工法について調査が行われ、耐風性の観点から特徴的なディテールが明らかにされた。(大熊武司, 大野隆司)

強風時の超高層建築物の使用性

高層建物の風揺れに対する振動知覚の研究では、目視による振動知覚の検討を開始した。平成17年度はその基礎的な調査として、住居や事務室などでの目視対象物の目視時間、対象物と被験者との距離などに関する実態が明らかにされた。今後、この調査結果を元に、物体の振動を視覚的に知覚する確率等の評価を実施する計画である。

(田村幸雄, 松井正宏, 川名清三)

構造物のモニタリングによる防災システムおよびシステム同定

GPSを利用した構造物の風応答モニタリングシステムの研究では、計測精度を向上させるために、新たに Epoch-by-epoch アルゴリズム (EEA-GPS) を用いた。その計測精度の検証として、これまでの用いていた RTK-GPS と同時に、様々な条件下での計測結果の比較を行い、図に示したように計測精度が大きく改善されたことを確認した。また、防災システムの構築を行うことを目的として、超高鉄塔で計測された風向、風速、加速度記録をほぼリアルタイムでWEBにアップロードし、公開することができるシステムを構築した。このWEBシステムを拡張することで、強風防災シ

システムの基礎が構築できるものと考えられる。

また、これまでに超高鉄塔で計測された強風時の加速度記録を用いて、動特性の同定を行った。RD法およびFDD法を用いることにより、動特性の振幅依存性を明らかにするとともに、風速の増減による空力減衰の特性についても明らかにした(図4,図5参照) (田村幸雄,吉田昭仁)

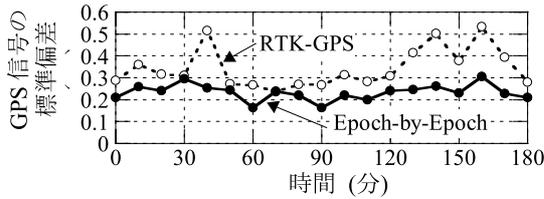


図4 GPSによる応答変位の精度

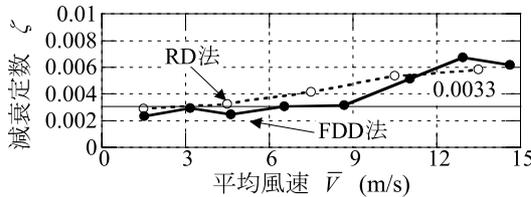


図5 風速による風直交方向の減衰定数の変化

風圧・風力データベースの構築, 大空間構造物の耐風性

低層建築物を中心に風洞実験データを整備し、データベースとしてインターネットを介してアクセスできるシステムを構築した。風圧実験データは順次追加されシステムの充実を図っている。また、球面シェル大空間構造に関する風圧実験, 風応答解析を実施した。応答解析結果より, 卓越する構造物のモードと風圧の固有直交展開(POD)モードとの相関性を検討した。(田村幸雄, Young Quan, Zhihong Zhang)

数値流体解析

大気乱流の時空間特性を持つ変動流入風を生成すると同時に, その中に置かれる構造物の風荷重を予測する数値解析ツールを開発している。Channel流れ, Cavity流れ, 円柱まわりの流れに対して数値実験を行い, 実験結果と比較することにより Solver の確認を行った。(田村幸雄, 曹曙陽)

非定常乱流場の風洞実験

特異風に置かれている構造物基本断面の風圧・風力特性を調べている。最も単純な風速変動 Step 状に急加速する気流(加速度: 30m/s²)を風洞内で模擬した。また, Gust front における平均速度の鉛直分布と似た平均速度の鉛直プロファイルで, 風速が急に变化する気流の模擬を試みた。(田村幸雄, 曹曙陽)

適風分野(プロジェクト2)

適風換気分野を取り扱うプロジェクト2では, 「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」等に取り組んでいる。平成17年度に得られた研究成果の一部を以下に紹介する。

流出開口部における通風局所相似モデルの検証

通風量を算出する際に流量係数を一定としてきた従来法に対して, 壁面接線方向動圧と換気駆動力の比から流量係数を導く「通風局所相似モデル」を提案し, これまで主に流入開口部について検討を行ってその有効性を示してきた。平成17年度では, 流出開口部についてモデルの適用性について風洞実験によって検証した。その結果, 流入開口部と同様に, 流出開口部においても通風局所相似モデルが適用可能であることを明らかにした。(大場正昭, 後藤伴延)

通風局所相似モデルの換気回路網計算への適用

通風局所相似モデルの適用性が, 流入開口部, 流出開口部それぞれについて確認されたことから, 換気回路網計算において流入開口および流出開口に通風局所相似モデルを適用し, 単純な2室モデルを対象として通風量の予測精度について検証を行った。その結果, 流量係数を一定とした従来法に比べ, 通風量の予測精度には明らかな改善がみられた(図6)。(大場正昭 後藤伴延)

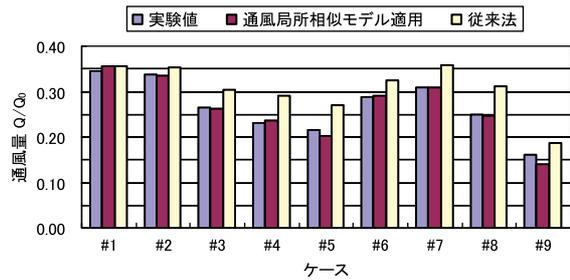


図6 通風量の実験値と予測値の比較

RANS系乱流モデルによる通風気流の解析

通風開口部周辺の複雑気流の解析にはLESが有効であるが, LES解析は過大な計算負荷を生じるため, RANS系乱流モデルの適用可能性について検討した。その結果, SST k- ω モデルを利用した場合, 建物端部で乱流エネルギーが過大評価されるものの, 建物周辺気流および室内通風気流を概ね再現することが出来た。また, 開口位置を様々な変化させて通風気流を解析し, 通風局所相似モデルによる通風量予測との比較を行った。(大場正昭, Cheng-Hu HU)

自然風の気流性状が温熱快適性に及ぼす影響の検討

自然風環境と空調その他の環境では気流性状が大きく異なる。この気流性状の違いが温熱快適性にどのような影響を及ぼすか検討するため、通風時、空調時および扇風機使用時の各気流下において安静座位の被験者に温熱快適性の変化を申告してもらったとともに、被験者の皮膚表面温度、サーマルマネキン皮膚表面からの部位別熱損失量、超音波風速計などを用いた環境計測を行った。

(大場正昭, 飯野由香利)



図7 温熱環境評価の実測風景

自然換気に関する国際ワークショップの開催

平成 15 年 10 月に開催された「第 1 回自然換気に関する国際ワークショップ」に引き続き、自然換気・通風分野において情報を共有し、研究・実務の一層の展開を図ることを目的として、平成 17 年 12 月 1 日・2 日に「第 2 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 7 人、日本から 11 人の専門家が参加した他、一般からは延べ 196 名の参加があり、自然換気に関する設計法、居住者との関わり、自然換気コストなどについての活発な議論が行われた。



図8 国際ワークショップ開催風景

中・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、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。以下に平成 17 年度に実施した研究成果の一部を示す。

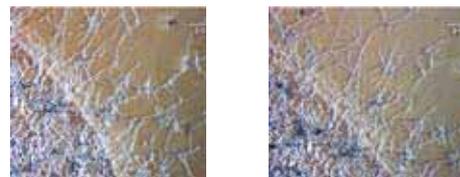
室内空気環境分野

(環境化学分野) 室内環境中に存在する Ozone と、Terpene 類の中で Limonene に着目し、気中での両者の化学反応現象、ならびに Ozone, Limonene の壁面沈着現象に関して、2 次元居室モデルを用いて濃度分布測定を行うと共に、模型実験を対象として、壁面沈着モデルならびに二分子反応モデルを適用した数値解析を行うことで、その予測精度の検証を行った。また、模型排気口位置での粒子濃度測定を実施し、Ozone- Limonene 反応の初期には 10 nm から 100 nm の範囲の微粒子が大量に生成され、時間経過と共に粒子数が減少し、粒径が大きくなる現象を確認した。

(環境微生物学分野) 室内に存在する *Alternaria alternata* (NBRC 31805) *Eurotium herbariorum* (NBRC 33235) ならびに *Aspergillus penicillioides* (NBRC 33024), *Penicillium citrinum* (NBRC7784), *Aspergillus niger* (NBRC31628) の 5 種類の真菌 (カビ) に着目し、各真菌から放散される MVOC 成分の測定を行うと共に、MVOC 放散量の温湿度依存性に関する検討を継続して行った。更に真菌類の成長・増殖問題に着目し、2 種類の真菌を対象として、懸濁液中の養分量を変化させた場合のガラスプレート上での成長速度 (菌糸の増殖速度) の測定を行い、真菌成長モデル作成の基礎データを蓄積した。



(1) 24h (1 日目) (2) 48h (2 日目) (3) 120h (5 日目)



(4) 144h (6 日目) (5) 168h (7 日目)

図9 PDA 濃度 4[%] 時の *Penicillium citrinum* を対象とした菌糸増殖の様子

(環境物理分野)人体周辺微気象の詳細解析ならびに呼吸域空気質の詳細解析を行うことを目的として、3種類の人体スケールと2種類の姿勢を有する実人体を詳細に再現した Virtual Manikin を作成し、CFD への簡易な適用を目指したグリッドデータベースを作成した。VM データはホームページよりダウンロード可能である(図10)。

(伊藤一秀)



図10 Virtual Manikin のダウンロードサイト
[<http://www.arch.t-kougei.ac.jp/ito/>]

目として加えた。その第1段階として、高層建物群が高度に密集した Mong Kok の街並みをモデル化し(図14)、街路上の風通しと汚染質拡散に関する風洞実験を実施した。わが国と比べはるかに建物密集度が高い香港では、わが国の街区と比べはるかに風通しが悪いことや、その平均風速比は、既往の研究と同様グロス建蔽率で整理できることが明らかとなった(図15)。

(義江龍一郎 田中英之)



図11 熱線流速計の非等温較正装置

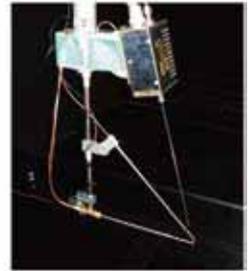


図12 風速・濃度・温度の同時測定システム

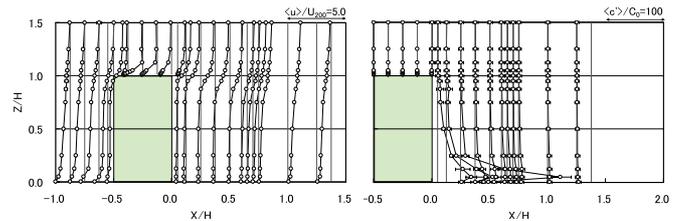


図13 測定例

屋外空気環境分野

屋外空気環境分野では、都市域での汚染質拡散予測数値モデルの開発と検証用風洞実験を実施している。平成17年度には、熱線流速計の非等温較正装置と、風速・濃度・温度の同時測定システムを開発し(図11,12)、これを利用して大気安定度を変化させた精密な濃度拡散風洞実験を実施している。この実験によりCFDの検証に必要な平均流速・温度・濃度、各種変動強度、レイノルズストレス・ヒートフラックス、濃度フラックス等のデータを収集している(図13)。本実験では不確かさ解析を取り入れ、CFD検証用データとしての信頼性を高めている。本実験結果との比較により、RANSモデルによる定常解析では、建物後流弱風域での濃度を非常に過大評価してしまうが、RANSでも非定常解析で周期的な渦を再現することができれば、予測精度が大幅に向上することが明らかとなった。ただし、RANSでは周期的な渦を再現できない場合が多いため、LESやDESによるCFD解析に研究の比重を移した。平成17年度には、並列LESプログラムを開発し、上記実験を対象として数値計算を実施中である。

また平成17年度より、香港都市通風換気アセスメントシステム構築のための風洞実験やCFD解析を新たな研究項



図14 香港，旺角市街地モデル化範囲

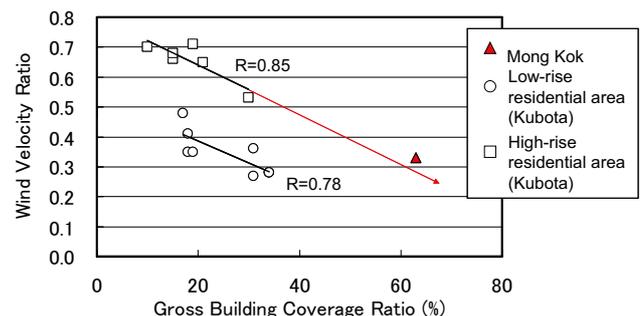


図15 建蔽率と風速比の関係

IEA ECBCS Annex44 “ Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings ” 3rd Expert Meeting 参加報告

IEA(International Energy Agency) ECBCS(Energy Conservation through Building Community Systems) Annex 44「 Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings 」の 3rd Expert Meeting が 3月 29日～ 31日にイタリアのトリノで開催された。Annex44 は環境適応型建築要素とエネルギーシステムを統合してひとつのシステムとして建築の設計に取り込み、最適な環境性能(省エネルギー、低資源消費、低環境負荷、快適な室内環境)を実現することを目的としている。(その詳細については Wind Effect News Vol.5 や、<http://www.ecbcs.org/annexes/annex44.htm> を参照されたい。)

今回の会議には、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、イギリス、フランス、ドイツ、オーストリア、オランダ、イタリア、ポルトガル、カナダ、アメリカ、香港、日本の研究者が参加

した。日本は、昨年から Annex44 国内委員会が IBEC 内に組織されており、そのメンバー 7 名が参加した。1 日目には 1st Annex Forum が開催され、参加各国の研究者から、Annex44 の活動として実施している研究内容についての発表が行われた。2 日目～ 3 日目には今後作成する報告書の内容やその役割分担等についての議論が行われた。次回は 2006 年 9 月 11 日～ 13 日にオーストリアのグラーツで開催される。

(義江龍一郎)



田村幸雄教授 日本風工学会会長に選出される



2006 年 5 月、日本風工学会総会は 3 月に行われた評議員による選挙の結果を踏まえて、21 世紀 COE プログラム拠点リーダーである田村幸雄教授を第 16 期会長に選出した。任期は 2006 年 6 月か

ら 2 年間。なお、田村教授は 2004 年 6 月から現在まで会長を務めており今回は 2 期目。これまで、強風災害に関連して国土交通大臣等に同学会を通じて風災害の防止・抑制を提言する等の社会的貢献策を推し進めてきた。

(松井正宏)

COE オープンセミナー

本 COE プログラムでは、どなたでも参加できる 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 44 回 2006 年 3 月 25 日 (土) 13:00-17:30 東京工芸大学厚木キャンパス APEC 強風防災センター 2 階セミナー室
(平成 17 年度第 17 回)

講演者

林立也 (日建設計
環境計画室)
講演タイトル
自然環境適応型建築
の設計



講演者

Zhang Lingmi (Nanjin
University of Aeronautics
and Astronautics, China ・教
授)
講演タイトル
From Vibration Engineering to
Wind Engineering: Some Direct
& Inverse Problems in Wind
Effect to Buildings



講演者

Duan Zhongdong
(Harbin Institute of
Technology, China ・教
授)
講演タイトル
Typhoon risk analysis
by random simulations



お知らせ

CWE2006 The 4th International Symposium on Computational Wind Engineering

開催日：2006年7月16日-19日

会場：パシフィコ横浜

主催：日本風工学会 (JAWE)・東京工芸大学 COE プログラム

後援：International Association for Wind Engineering (IAWE)

詳細は下記アドレスの Web ページをご覧ください。

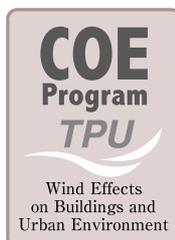
<http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/cwe2006/index.html>

【主要日程】

4-page Extended Abstracts due	March 31, 2006
Early Registration	May 31, 2006
Symposium	July 16-19, 2006
Notification of Selected Papers	September 30, 2006
Full-papers due (selected papers)	December 31, 2006

参加申し込み・問い合わせ先

東京工芸大学 CWE2006 事務局
〒243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583
Email : cwe2006@arch.t-kougei.ac.jp
Tel/Fax : 046-242-9656



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>