

科学研究費研究成果報告書

気象データの多様なモデル化とその効果検証に関する総合的研究

(課題番号 12450236)

平成12～14年度 科学研究費補助金 (基盤研究(B)(1))



平成15年5月

研究代表者 吉田 治典  
(京都大学・工学研究科・教授)

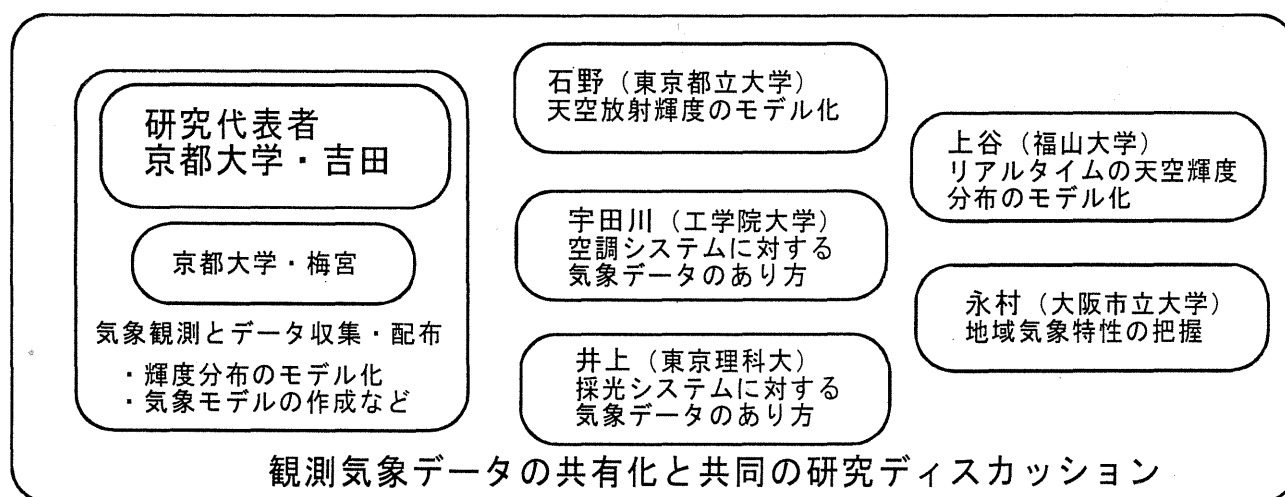
## はじめに

地球環境に対する負荷低減のために、a) 地域の気候特性を考慮して建築や都市の計画・設計を行うこと、b) 自然エネルギーを利用して化石エネルギーからの脱却を図ること、c) 将来の気象の推移を予測し最適な建築・設備システムを設計・運用すること、などは重要であり、これらの達成にはシミュレーションが一つの重要なツールとなる。シミュレーションのコンポーネントは、気象データ、建築、設備システムの3つに分けられるが、本研究では、近年、自然との共生という文脈で課題となっている気象データの整備方法、ならびに、研究が手薄な設備システムの運転時の特性把握に関して追求した。

まず、気象データに関しては、既往のものより情報量が多い気象データや、単なるデータ列とは異なるモデル化した気象データの整備を目指す研究を展開した。近年、我が国でも AMeDAS の観測記録を利用し気候の地域差をより細かく考慮するためのデータ整備が進められ、米国と英国では、共同して、サンプル時間が1分という、細かな時間的変動を検討するためのデータ整備が最近始動し始めている。また、気温などの既往の要素以外に、放射や日射の天空輝度分布情報など、新たな要素の追加も課題となってきている。一方、設備システムでは、1時間よりも短いサンプル時間でシミュレートすることが、運転時の省エネルギーを正確に知る上で不可欠となることもあると指摘されつつある。当然、これは気象データの精緻化とも大いに関係する。このような背景を基に、本研究では次のようなテーマに分けて総合的な研究を実施した。

- 1章 空調システムと気象データ
- 2章 昼光・日射の気象データ
- 3章 昼光照明と気象データ

各章で実施した研究内容は、各章のはじめにまとめた。各研究者の研究担当は下記の通りである。



なお、本研究では京都大学にて天空の短波長・長波長輝度の分布の長期観測を実施しデータを共有した。これは、京都大学が、過去約10年前、国際昼光測定年（IDMY）のプロジェクトに研究クラスの測定機関として参画し、以後、日射を中心に、気温、湿度、放射、風向、風速など、ベーシックな要素の観測

を梅宮（当時京都大学）が中心になって継続してきた。本システムには放射輝度の分布や降雨の観測データがなかったため、より精度の高い気象モデルの検討のため、全天輝度分布計、感雨計、雨量計を新たに設置した。本研究で新たに観測したデータは共同研究用に配布した。

## 研究組織

### 研究者と研究テーマの主たる分担

研究代表者： 吉田 治典（京都大学・工学研究科・教授）

研究総括および放射分布の時系列モデル化

研究分担者： 上谷 芳昭（京都大学・工学研究科・助教授）

リモートセンシングを用いた天空輝度分布のリアルタイム推定

研究分担者： 石野 久彌（東京都立大学・工学部・教授）

天空放射輝度分布のモデル化

研究分担者： 宇田川 光弘（工学院大学・工学部・教授）

空調システムへの気象データの影響検証

研究分担者： 井上 隆（東京理科大学・理工学部・助教授）

採光設計における気象データの影響検証

研究分担者： 永村 一雄（大阪市立大学・生活科学研究科・教授）

気象データの要素別特性把握

研究分担者： 梅宮 典子（大阪市立大学・建築学科・助教授）

輝度分布のモデル化

## 研究経費

平成12年度 7,800 千円

平成13年度 4,100 千円

平成14年度 2,900 千円

合計 14,800 千円

## 研究発表

京都大学 吉田治典 担当

[1-1] 吉田治典, 河野哲也: 吸放湿材と空調熱負荷からみた省エネルギー

[1-2] 河野哲也, 吉田治典, 野田康隆: 熱負荷予測を用いた夜間換気制御法の検証

[1-3] Yoshida, H. and Kono, T.: Analysis of Natural Ventilation Effect for an Office Building Considering Moisture Absorption by Materials, *Advances in Building Technology*, Vol. 2, pp. 1199-1206, 2002.

[1-5] Yoshida, H. and Yamaguti, H.: Optimal Operation of a HVAC System with a Thermal Storage Water Tank

[1-6] 井口悠哉, 吉田治典, 松岡一平, 濱田和康: 熱源と搬送システムを持つ空調システムの総合最適運転法に関する研究

[1-7] Yoshida, H., Iguchi, Y., Matsuoka, I. and Wang, F.: Total Optimal Operation for HVAC System with Heat Source and Distribution System, *Advances in Building Technology*, Vol. 2, pp.1297~1304, 2002.

[1-8] 松岡一平, 吉田治典, 宮田征門: モデルベースによる空調システムの性能検証自動化手法の研究

[1-9] 松岡一平, 吉田治典, 廣岡正, 中原信生: 空気調和設備の当初性能検証 (コミッショニング) の実践研究 (第七報) 検証データとシミュレーションに基づく FDD の試み

[1-10] 吉田治典, 井口訳: ヨーロッパにおけるコミッショニング方法, 2000.6. (C. J. Parsloe: *European Commissioning Procedures*, Technical Note 1/90, BSRIA).

[1-19] 田中裕造, 吉田治典, 上谷芳昭, 青竹紀子, 高橋和也: 京都市における境界層の熱輸送量実測とシミュレーションによるその予測

[1-22] 田中大稔, 吉田治典: 経済利得の不確実性を考慮した空調システムの選択法に関する研究

京都大学 上谷芳昭 担当

[2-6] Yoshiaki UETANI: Simulation of Daylight Performance of Buildings by the Daylight Source

Model Based on Geostational Meteorological Satellite Images, Proceedings of Sixth International IBPSA Conference - Building Simulation '99, pp.547-553, 1999/9

[2-7] Yoshiaki UETANI: A Fundamental Study on Estimation of Global and Direct Solar Radiation by the Geostational Meteorological Satellite Images, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transaction of AIJ), No.550, pp.7-13, 2001/12

[2-8] Y. Uetani: Daylight Source Model Based on Geostational Meteorological Satellite Images, International Symposium on Advanced Daylighting and Artificial Lighting System in Architecture, Seoul Korea, pp.1-16, 2002.11.

[2-9] 安藤仁, 吉田治典, 上谷芳昭, 新谷裕加: 昼光照度の時系列解析による天空輝度分布の分類と推定に関する研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集(環境系), 第42号, pp.13-16, 2002.6.

[3-7] Yoshiaki UETANI: VIDEO-COLORIMETRY - Measurement of CIE 1931 XYZ by Digital Camera -, Proceedings of AIC 1999 Midterm meeting in Warsaw, pp.374-384, 1999/6

[3-8] 上谷芳昭: ビデオ測色法とその応用, 照明学会誌, 85巻7号, p.469; pp.479-483, 2001

#### 東京都立大学 石野 担当

[1-14] Ishino, H.: A Proposal for an Estimation Method of Thermal Load and Space Radiant Environment for HVAC System Design Developed by Applying DOE Technique, Proceedings of Seventh International IBPSA Conference (Building Simulation), pp.1001-1008, 2001.8.

[1-15] Ishino, H., Ogawa, T., Kohri, K., Nagai, T.: Research on the Characteristics of Design Weather Data Derived from 15 Years of Thermal Load Simulations, Tyndall/CIB International Conference on Climate Change and the Built Environment UMIST, Manchester, 2002.4.

[1-16] Kohri, K., Ishino, H.: Effects of Extreme Weather Conditions on Space Thermal Comfort and Energy Consumption, Tyndall/CIB International Conference on Climate Change and the Built Environment UMIST, Manchester, 2002.4.

[2-4] 中山哲士, 石野久彌: 天空放射輝度分布を考慮した直達・拡散日射の推定法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第557号, pp.33-39, 2002.7

[2-5] 中山哲士, 石野久彌: 太陽近傍放射照度の予測モデルに関する研究, 空気調和・衛

生工学会学術講演会講演論文集, pp. 301-304, 2002.9

[3-4] Hiroshi Hashimoto, Hisaya Ishino, Kimiko Kori: Measurement of the Indoors Luminous Environment in an Office Building Utilizing a Lightshelf, Tyndall/CIB International Conference on Climate Change and the Built Environment, 2002

[3-5] 一ノ瀬雅之, 石野久彌, 永田明寛: 建築・都市空間における分光放射環境評価に関する研究, IBPSA-Japan 講演論文集, pp. 1-6, 2002

[3-6] 一ノ瀬雅之, 石野久彌, 永田明寛: 建材の光学物性における分光および指向特性に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 305-308, 2002

#### 工学院大学 宇田川 担当

[1-4] Udagawa, M. and Roh, H.: Maximizing the Ventilation Rate for Cooling Energy Reduction, Advances in Building Technology, Vol.2, pp. 1367-1374, 2002.

[1-11] 盧炫佑, 宇田川光弘: 躯体蓄熱空調システム性能のシミュレーションによる検討, 日本建築学会計画系論文集, 544号, pp.31-38, 2001.

[1-12] 宇田川光弘, 野部達夫, 大橋一正, 高信碩文: 居住環境制御システム比較実験装置の開発と基本性能予測, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(福岡), pp.1429-1432, 2002.9.

[1-13] 佐藤誠, 宇田川光弘: 住宅の熱負荷シミュレーションにおける計算時間間隔の影響, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(富山), pp.889-892, 1999.9.

[1-18] 盧炫佑, 宇田川光弘: 東京とヨーロッパ5都市における空調機負荷特性の比較, 日本建築学会計画系論文集, 第551号, pp.45-52, 2002.1.

[1-20] 樋口佳樹, 宇田川光弘, 佐藤誠, 木村建一: 建築屋外における日射と長波長放射の計算モデル 周囲環境を考慮した住宅の熱負荷シミュレーションに関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, No.544, pp. 9~15, 2001.6

#### 東京理科大 井上 担当

[3-1] 大堀兼嗣, 井上隆, 山川和美, 松本泰輔: 窓システム及び昼光照明制御の組み合わせ制御に関する実証的研究(その5) 窓システム及び自律応答型調光ガラスの検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 209-212, 2000

[3-2] Takasi INOUE: Energy Saving Effect of Combination Control of Solar-shading and Daylighting for Office Buildings, International Building Physics 2000, pp.323-330, 2000

[3-3] 井上隆：建築におけるソーラーコントロール窓，太陽エネルギー，Vol. 27, No. 5, pp. 28-33, 2001

大阪市立大学 永村 担当

[1-17] 永村一雄，阪井美樹，永村悦子：気温の欠測補充方法について

大阪市立大学 梅宮典子 担当

[1-21] 梅宮典子，吉田治典，小林恒夫：冷房利用時間長さの要因に関する研究 京都における大学生の冷房利用行動について，日本建築学会計画系論文集，543号，pp.101-108, 2001.5.

[2-1] 梅宮典子：天候指標による天空分類の分類数について，日本建築学会近畿支部研究報告集，第42号・環境系，pp. 53-56, 2002.

[2-2] N.Umemiya : Classification of the IDMP Data of Kyoto into Kittler-Perez Model of Sky Luminance Distribution, Proceedings of the Third European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, pp.673-678, 2002.

[2-3] 加納隆雄，梅宮典子，西岡利晃，大倉良司： IDMP 京都データへの CIE 品質管理 TEST の適用，日本建築学会東海支部研究報告集，第41号，pp. 545-548, 2003. 2月

## 目次

### 1章 空調システムと気象データ

- [1-1] 吸放湿材と空調熱負荷からみた省エネルギー..... 1-1
- [1-2] 熱負荷予測を用いた夜間換気制御法の検証..... 1-7
- [1-3] Analysis of Natural Ventilation Effect for an Office Building  
Considering Moisture Absorption by Materials..... 1-12
- [1-4] Maximizing the Ventilation Rate for Cooling Energy Reduction..... 1-20
- [1-5] Optimal Operation of a HVAC System with a Thermal Storage Water Tank..... 1-28
- [1-6] 熱源と搬送システムを持つ空調システムの総合最適運転法に関する研究..... 1-36
- [1-7] Total Optimal Operation for HVAC System with Heat Source and  
Distribution System..... 1-45
- [1-8] モデルベースによる空調システムの性能検証自動化手法の研究..... 1-53
- [1-9] 空気調和設備の当初性能検証(コミッショニング)の実践研究..... 1-59
- [1-10] ヨーロッパにおけるコミッショニング方法  
(European Commissioning Procedures)..... 1-63
- [1-11] 躯体蓄熱空調システム性能のシミュレーションによる検討..... 1-73
- [1-12] 居住環境制御システム比較実験装置の開発と基本性能予測..... 1-81
- [1-13] 住宅の熱負荷シミュレーションにおける計算時間間隔の影響..... 1-85
- [1-14] A Proposal for an Estimation Method of Thermal Load and Space Radiant  
Environment for HVAC System Design Developed by Applying DOE Technique..... 1-89
- [1-15] Research on the Characteristics of Design Weather Data Derived  
from 15 Years of Thermal Load Simulations..... 1-97
- [1-16] Effects of Extreme Weather Conditions  
on Space Thermal Comfort and Energy Consumption..... 1-106
- [1-17] 気温の欠測補充方法について..... 1-114
- [1-18] 東京とヨーロッパ 5 都市における空調機負荷特性の比較..... 1-119
- [1-19] 京都市における境界層の熱輸送量実測とシミュレーションによるその予測..... 1-127
- [1-20] 建築屋外における日射と長波長放射の計算モデル..... 1-133
- [1-21] 冷房利用時間長さの要因に関する研究..... 1-140
- [1-22] 経済利得の不確実性を考慮した空調システムの選択法に関する研究..... 1-148

### 2章 昼光・日射の気象データ

- [2-1] 天候指標による天空分類の分類数について..... 2-1
- [2-2] Classification of the IDMP Data of Kyoto into Kittler-Perez Model  
of Sky Luminance Distribution..... 2-5
- [2-3] IDMP 京都データへの CIE 品質管理 TEST の適用..... 2-11
- [2-4] 天空放射輝度分布を考慮した直達・拡散日射の推定法に関する研究..... 2-15



[2-5] 太陽近傍放射照度の予測モデルに関する研究.....	2-22
[2-6] Simulation of Daylight Performance of Buildings by the Daylight Source Model Based on Geostational Meteorological Satellite Images.....	2-26
[2-7] A Fundamental Study on Estimation of Global and Direct Solar Radiation by the Geostational Meteorological Satellite Images.....	2-33
[2-8] Daylight Source Model Based on Geostational Meteorological Satellite Images.....	2-40
[2-9] 昼光照度の時系列解析による天空輝度分布の分類と推定に関する研究.....	2-56

### 3章 昼光照明と気象データ

[3-1] 窓システム及び昼光照明制御の組み合わせ制御に関する実証的研究.....	3-1
[3-2] Energy Saving Effect of Combination Control of Solar-shading and Daylighting for Office Buildings.....	3-5
[3-3] 建築におけるソーラーコントロール窓.....	3-13
[3-4] Measurement of the Indoors Luminous Environment in an Office Building Utilizing a Lightshelf.....	3-19
[3-5] 建築・都市空間における分光放射環境評価に関する研究.....	3-28
[3-6] 建材の光学物性における分光および指向特性に関する研究.....	3-34
[3-7] VIDEO-COLORIMETRY.....	3-38
[3-8] ビデオ測色法とその応用.....	3-49

## 1章 空調システムと気象データ

本章では、空調システム、室内環境、都市環境と気象データの関わりについて研究をとりまとめた。以下に各研究の簡単な位置づけを行い全体のスコープを概括する。

気象データは熱負荷に影響する。京大・吉田はそれを室への蓄放湿の観点から捉えて、吸放湿材のある室の熱負荷がどのような影響を受けるかをシミュレーションで検討した(研究報告 1-1)。そしてそのシミュレーションソフトを用いて夜間換気を用いた省エネルギーの検討を行い、その結果を踏まえて、実際の建物で実験を行いその効果を実証した(研究報告 1-2, 1-3)。

外気温が高い夏季に換気をすることは外気熱負荷のために通常は換気を最小限に押さえられる、しかし、我が国の夏季の気候は必ずしも常に外気の気温が高くはなく、換気をすることが熱負荷の大幅な増加につながるものでもない。そこで、工学院・宇田川は、その程度に関して気象データを基に検討し換気量の適切なあり方を検討した(研究報告 1-4)。

空調システムは気象の変化の影響を受けて時々刻々状態が変化する。京大・吉田はシステムの最適な運転を、気象データの予測に基づき実施する方法や、気象変化を基にしてシミュレーションを行い、最適な運転を実システムに指示する方策を研究した(研究報告 1-5, 1-6, 1-7)。

建物が竣工した時点で、設計通りの性能が発揮できるかどうかを確かめる、いわゆるコミッショニングというプロセスが近年注目されている。しかし、建物の竣工時期は過酷な盛夏や厳冬期と一致しないため、特に空調システム性能のコミッショニングは最大能力で確認することが不可能である。従って、中間負荷しか生じていない時期にコミッショニングを行う何らかの方法が必要である。つまり、気象条件が設計で用いたものでない時期のコミッショニングの手法を確立する研究が必要である。京大・吉田は、これに対処するため、モデルを用いたコミッショニング手法を研究した(研究報告 1-8, 1-9, 1-10)。

気象の変化は建築そのものの特性にも影響を与える。工学院・宇田川は気象の変化と躯体蓄熱の関係における検討、環境実験室で建築への気象の影響を測定しその予測可能性を検討する研究、住宅の熱負荷計算における計算時間間隔の検討を行った(研究報告 1-11, 1-12, 1-13)。都立大・石野は簡易熱負荷計算に対する気象データの関わりや、設計で採用されるピーク負荷が生ずる気象である過酷な気象条件が熱負荷や室内環境に与える影響について研究した(研究報告 1-14)。

建物自身やその空調システムへ影響を与える気象データを気象データそのものに注目する研究にも取り組んだ。都立大・石野は15年間の熱負荷計算を基にして設計用の新たな気象データを提案する研究を行った(研究報告 1-15, 1-16)。大阪市立大学・永村は気象データの欠損を補完する手法について研究した(研究報告 1-17)。工学院・宇田川は東京とヨーロッパの5都市の空調負荷特性を気候の差という視点で研究した(研究報告 1-18)。

外界環境あるいは都市環境としての気象も重要なテーマである。京大・吉田は都市環境の実測を行い、熱流や気温をCFDシミュレーションと比較する研究を行った(研究報告 1-19)。工学院・宇田川は住宅の外界気象を予測する研究を展開した(研究報告 1-20)。大阪市立大学・梅宮は外界気象と室内環境の関わりを冷房利用行為を通して認識し被験者実

測を用いた研究を行った（研究報告 1-21）。

気象データを基にして建物は設計される。従って、気象データは建物や空調システムの選択に大きく関係する。京大・吉田は、これを対投資効果への決定問題として捉え、かつ未来の気象も建物の利用方法も未知であるという確率的認識に立ち、確率的に最適な空調システムの選択方法の研究を行った（研究報告 1-22）。

以上

## 関連論文リスト

### 京都大学大学 吉田治典 担当

- [1-1] 吉田治典, 河野哲也 : 吸放湿材と空調熱負荷からみた省エネルギー
- [1-2] 河野哲也, 吉田治典, 野田康隆 : 熱負荷予測を用いた夜間換気制御法の検証
- [1-3] Yoshida, H. and Kono, T.: Analysis of Natural Ventilation Effect for an Office Building Considering Moisture Absorption by Materials, *Advances in Building Technology*, Vol. 2, pp. 1199-1206, 2002.
- [1-5] Yoshida, H. and Yamaguti, H.: Optimal Operation of a HVAC System with a Thermal Storage Water Tank
- [1-6] 井口悠哉, 吉田治典, 松岡一平, 濱田和康 : 熱源と搬送システムを持つ空調システムの総合最適運転法に関する研究
- [1-7] Yoshida, H., Iguchi, Y., Matsuoka, I. and Wang, F. : Total Optimal Operation for HVAC System with Heat Source and Distribution System, *Advances in Building Technology*, Vol. 2, pp.1297~1304, 2002.
- [1-8] 松岡一平, 吉田治典, 宮田征門 : モデルベースによる空調システムの性能検証自動化手法の研究
- [1-9] 松岡一平, 吉田治典, 廣岡正, 中原信生 : 空気調和設備の当初性能検証 (コミッショニング) の実践研究 (第七報) 検証データとシミュレーションに基づく FDD の試み
- [1-10] 吉田治典, 井口訳 : ヨーロッパにおけるコミッショニング方法, 2000.6. (C. J. Parsloe: *European Commissioning Procedures*, Technical Note 1/90, BSRIA).
- [1-19] 田中裕造, 吉田治典, 上谷芳昭, 青竹紀子, 高橋和也 : 京都市における境界層の熱輸送量実測とシミュレーションによるその予測
- [1-22] 田中大稔, 吉田治典 : 経済利得の不確実性を考慮した空調システムの選択法に関する研究

東京都立大学 石野 担当

- [1-14] Ishino, H.: A Proposal for an Estimation Method of Thermal Load and Space Radiant Environment for HVAC System Design Developed by Applying DOE Technique, Proceedings of Seventh International IBPSA Conference (Building Simulation), pp.1001-1008, 2001.8.
- [1-15] Ishino, H., Ogawa, T., Kohri, K., Nagai, T.: Research on the Characteristics of Design Weather Data Derived from 15 Years of Thermal Load Simulations, Tyndall/CIB International Conference on Climate Change and the Built Environment UMIST, Manchester, 2002.4.
- [1-16] Kohri, K., Ishino, H.: Effects of Extreme Weather Conditions on Space Thermal Comfort and Energy Consumption, Tyndall/CIB International Conference on Climate Change and the Built Environment UMIST, Manchester, 2002.4.

工学院大学 宇田川 担当

- [1-4] Udagawa, M. and Roh, H.: Maximizing the Ventilation Rate for Cooling Energy Reduction, Advances in Building Technology, Vol.2, pp. 1367-1374, 2002.
- [1-11] 盧炫佑, 宇田川光弘: 躯体蓄熱空調システム性能のシミュレーションによる検討, 日本建築学会計画系論文集, 544号, pp.31-38, 2001.
- [1-12] 宇田川光弘, 野部達夫, 大橋一正, 高信碩文: 居住環境制御システム比較実験装置の開発と基本性能予測, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(福岡), pp.1429-1432, 2002.9.
- [1-13] 佐藤誠, 宇田川光弘: 住宅の熱負荷シミュレーションにおける計算時間間隔の影響, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(富山), pp.889-892, 1999.9.
- [1-18] 盧炫佑, 宇田川光弘: 東京とヨーロッパ5都市における空調機負荷特性の比較, 日本建築学会計画系論文集, 第551号, pp.45-52, 2002.1.
- [1-20] 樋口佳樹, 宇田川光弘, 佐藤誠, 木村建一: 建築屋外における日射と長波長放射の計算モデル 周囲環境を考慮した住宅の熱負荷シミュレーションに関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, No.544, pp.9~15, 2001.6

大阪市立大学 永村 担当

[1-17] 永村一雄, 阪井美樹, 永村悦子: 気温の欠測補充方法について

大阪市立大学 梅宮 担当

[1-21] 梅宮典子, 吉田治典, 小林恒夫: 冷房利用時間長さの要因に関する研究 京都における大学生の冷房利用行動について, 日本建築学会計画系論文集, 543号, pp.101-108, 2001.5.