

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 13 日現在

機関番号：32508

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560711

研究課題名(和文)3DCAD対応数値シミュレーションを取り入れた建築環境設計の授業プログラムの開発

研究課題名(英文)Development of Educational Programme for Architectural Environmental Design, Using 3D-CAD Compatible Thermal Simulation

研究代表者

梅干野 晁(Hoyano, Akira)

放送大学・教養学部・教授

研究者番号：50108213

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文):本研究は、建築学科の初学者を対象に、地域の気候特性を活かす建築環境設計の基本概念を、3D-CAD対応熱環境シミュレータと電子教材を導入した設計製図の授業を通して学ぶ授業プログラムの開発を目的としている。

以下の3項を実施した。建築環境設計の考え方と熱環境の関係の理解に重点を置いた多人数用授業と、上記事項の理解と共に設計製図も行う少人数用授業の2つの授業プログラムを開発した。Webブラウザを活用した教育支援ツールと電子教材を開発した。開発した授業プログラムを教育現場で実践してその内容を精査するとともに、その妥当性も確認するとともに、問題点等を改良した。

研究成果の概要(英文):Architectural environmental design is design methods in relation to the local climate, especially in terms of energy consumption and thermal comfort. In this study, an educational programme in which basic concept of architectural environmental design was introduced, using 3D-CAD compatible thermal simulation and electronic teaching materials, has been developed and conducted for undergraduate architecture students. There are two courses depending on the proficiency in architectural design in drafting and design class: small class and mass class. In the small class, the additional software which lets students perform architectural design without conducting complex actions in pre-processor had been developed, and introduced into the actual class in final year. In the mass class, the architectural design class using numerical simulation had been conducted for three years. Through these studies, were closely examined and the adequacy of the contents in the mass class had been confirmed.

研究分野：都市・建築環境工学

キーワード：設計製図 電子教材 教育支援 授業プログラム 数値シミュレーション コミュニケーションツール

## 1. 研究開始当初の背景

近年、都市における環境問題やエネルギー消費量が問題となっており、建築を考える上で、環境工学、建築設備、建築計画、建築意匠の手法を統合して街区・建築を設計する人材が必要とされている。

一方、大学での一般的な建築教育では建築設計製図や環境工学の授業など受講カリキュラムは互いに独立している。そこで建築設計のプロセスに則りつつ、対象地を総合的に捉える建築環境設計（図1）の考え方も踏まえた新たな教育プログラムが望まれている。

建築設計の授業プログラムに関する研究として、工学的知識の理解を目的に3DCADと環境および構造の解析ソフトを活用した設計演習を行う大西・両角らによる研究<sup>1)</sup>が挙げられる。また、建築系の学生に一定の設計能力を獲得させることを目的とした授業プログラムを開発した川北らによる研究も一例に挙げられる<sup>2)</sup>。しかし対象地と周辺環境の特性を把握し、建築設計と環境工学の視点から計画を検討する建築環境設計のプロセスを踏まえた授業プログラムは存在しない。

申請者は平成19～21年度まで科研・基盤(B)において、建築設計支援を目的に開発した3DCAD対応熱環境シミュレータ（以降、熱環境シミュレータ）を用いた視覚的な教育教材を開発した。そして、平成23年度まで大学の設計製図の授業で開発した教育教材を用いた熱環境教育の授業を実践してきた。

この授業を通して、熱環境だけでなく、関連する環境全体を考える建築環境設計の考え方を学生に伝える必要性を実感した。また、多人数の学部生を相手に環境工学の原理原則を簡易かつ明快に伝えるWebブラウザを活用した教育支援ツールと、少人数の大学院生を相手に3DCADとシミュレータを用いた建築設計を行う上で、教官と学生が設計案をインタラクティブに検討可能とするタブレット型PCを活用したコミュニケーションツールを開発する着想に至った（図2）。

## 2. 研究の目的

研究代表者は、周辺環境の特性を踏まえた建築環境設計を目指し、光・熱・空気環境を予測・評価する熱環境シミュレータを用いた授業を行ってきた。その問題点を踏まえ、以下の3項を扱うこととした。

- 建築環境設計の考え方と熱環境との関係の理解に重点を置いた多人数用授業と、上記事項を理解すると共に設計課題も行う少人数用授業の2つの授業プログラムを開発する。
- 多人数用授業にWebブラウザを活用した教育支援ツールを開発・導入する。少人数用授業に複数人が設計案を検討できるタブレット型PCのコミュニケーションツールを導入する。
- 実践した授業プログラムの教育現場での有効性を検証し、必要ならば改良する。

## 3. 研究の方法

本研究の目的を遂行するにあたり、以下の3つの研究テーマの実施を計画した。

- 建築環境設計の考え方の修得を目的に、学部生を相手にデザインの違いが熱環境に与える影響を教える多人数用授業と、大学院生を相手に建築環境設計のプロセスから環境に配慮した建物を設計する少人数用授業プログラムを開発し、学部/大学院の授業で実践する。
- Webブラウザを活用した教育支援ツールを開発し、既に開発したタブレット型PCを活用したコミュニケーションツールと合わせて、多人数用・少人数用授業プログラムに導入する。
- 授業を受けた学生へ実施するアンケートと設計案の変更課程から、本授業プログラムの効果を確認すると同時に、問題点を抽出する。

上記の実施計画を踏まえた、本研究の全体の体制を図3に示す。

## 4. 研究成果

以下に、各年度の研究成果をまとめる。

### 4-1. 平成24年度

初年度である平成24年度は、筆者等がこれまでに実践した既存の授業から課題点を抽出し、設計製図のための建築環境設計の授業プログラムのアウトラインを示した。そして、建築環境設計に関連する情報を統合する

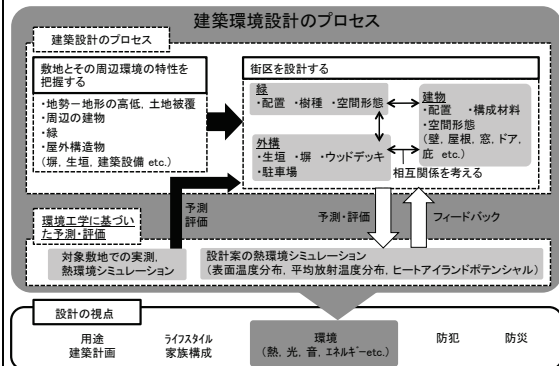


図1. 建築環境設計の考え方

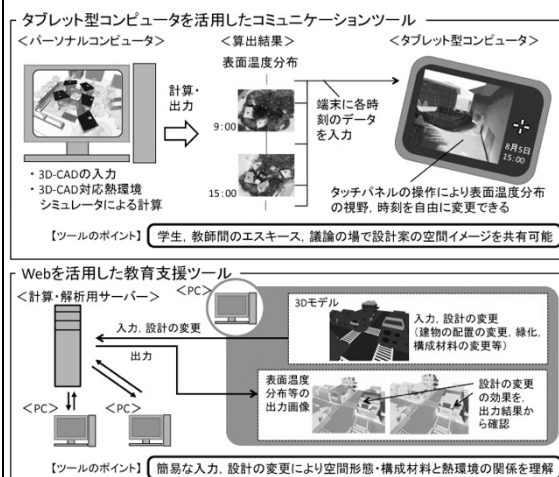


図2. 各開発ツールの概要

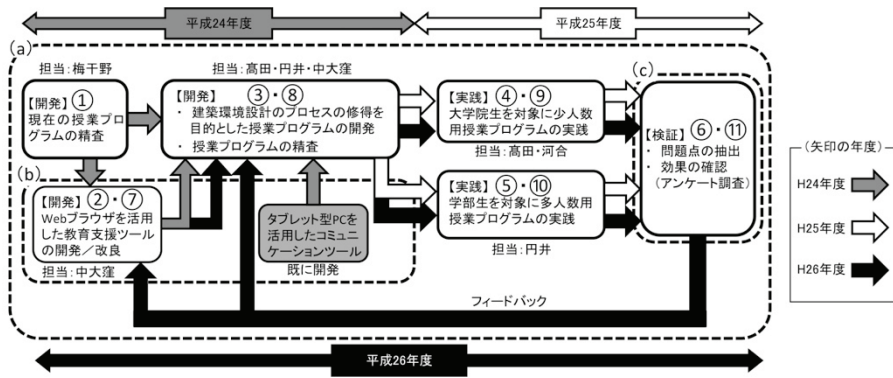


図3. 研究フローと役割分担

の気候特性と建物のデザインとの関係を初期の段階から教えることが建築環境設計の実現により効果的と判断したことから、2つからである。また少人数用に授業プログラムにおいて、タブレット型PCの使用を前提としていたが、これを中止し、通常のPCでの一括作業に変更した。これは電子教材による学習とシミュレータによる作業の円滑化する必要性が出たことと、Webブラウザ及びPDF

電子教材を試作すると共に、授業進行を補助するPCのWebブラウザを活用した教育支援ツールのプロトタイプを開発した。

まず、海外の大学の建築学科で行われている教育体制・授業内容を調査・分析した上で、本研究の授業プログラムの基本構成として、「スタジオ型の設計製図」を基本に「電子教材を使った講義」と「Webツールによる空間形態と構成材料と表面温度の関係の検討する演習」を付加した半期の半分(7コマ)の授業を提案した(図4, 図5)。

続いて、電子教材の作成を目的に、GIS・シミュレーション結果・放射カメラにより撮影された熱画像など建築環境設計に関係する異なる形態のデータを一つにとりまとめることが可能なツールを検討し、電子書籍アプリケーション上で動作する電子教材を試作した。

一方、授業実践の一環として、本年度は3D-CAD対応熱環境シミュレータ(以下、シミュレータ)を授業内での円滑な運用を目的に、学部3年生を対象に環境に配慮した建築・都市の設計提案を課題にシミュレータを用いた3種類の演習授業(「建築環境実験・演習II」(3時間×4週, 約30人×2ターム), 「環境建築」(3時間×8週, 60人), 「コアゼミ」(12時間, 11人))を金沢工業大学で行った。アンケート調査より、学生は課題や授業プログラムに対して概ね良好な感想も持ち、課題を通して刺激や意欲・意義を感じていたことを確認した。

また、授業進行を補助する教育支援ツールの開発を目的に、3D-CAD対応熱環境シミュレータの計算結果を、WebGLを用いてWebブラウザ上に可視化し、教員・学生が結果を共有するツールを開発した(図6)。本ツールは、本年度の段階では建物単体レベルなら動作する段階まで開発が進んだ。

#### 4-2. 平成25年度

昨年度の検討を踏まえ、本研究のターゲットを「大学の建築及び設計製図の授業を習いはじめる初学者(学部1~2年生)」に変更した。この理由は、本研究で設計課題として設定する戸建て住宅や集合住宅の屋外生活空間をデザインが、多くの教育機関において学部1~2年生で実施していること、及び地域

としていたが、これを中止し、通常のPCでの一括作業に変更した。これは電子教材による学習とシミュレータによる作業の円滑化する必要性が出たことと、Webブラウザ及びPDF

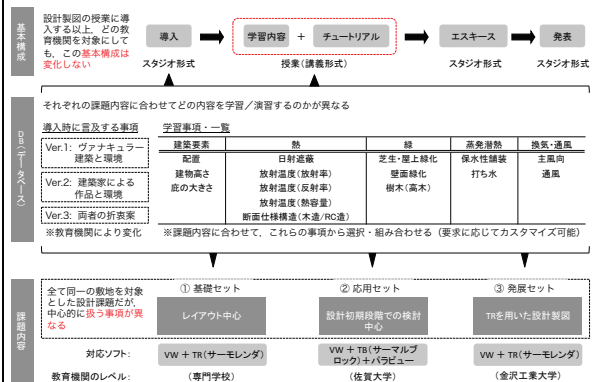


図4. 本授業プログラムの基本構成

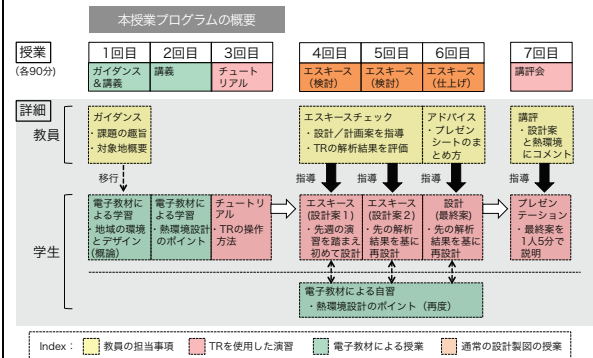


図5. 本授業プログラムの概要(7回分)

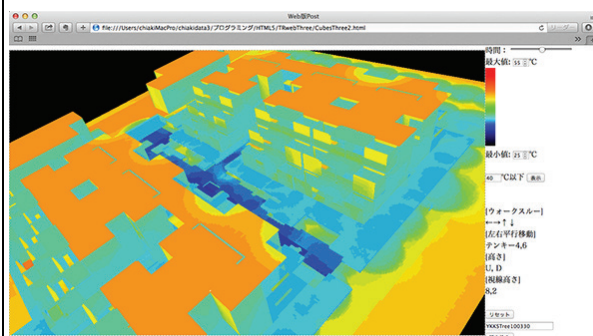


図6. Webブラウザを用いた表面温度算出結果の可視化



形式での電子教材の閲覧が可能となったためである。

これらの変更点を踏まえた上で、まず電子教材化を前提に、GIS・シミュレーション結果・放射カメラによる熱画像など建築環境設計に関係する異なる形態のデータを取りまとめた紙媒体の受講テキスト一式を作成し、2つの教育機関の授業で使用した。同時に、電子教材を用いた授業運営を行う上での教員用の副読本の作成に向けた授業プログラム運営に関する一連のノウハウも得た。

また生活空間の環境要素の定量的な把握・実感を目的に、簡易実測を導入した授業を設計製図の経験の異なる2つの教育機関で試行した(図7)。結果、学生による環境要素の実感に関しては一定の効果が確認された。しかし同時に、知識の習得方法に関しては変更・改善が必要な点が明らかとなった。

また Web ブラウザを用いた教育支援ツールの開発に関しては、構築したツールを用いて学生へ試用し、ツールの問題点の抽出を行った。その結果、大学3年生を対象とした設計課題では、対象敷地が大きく、また、複雑な形状の入力が求められるため、現行の Web ブラウザで、特に建物等の入力において計算負荷が大きいため、3D-CAD 対応型熱環境シミュレータと併用しながら、次年度の授業を行うこととした。

以上、研究ターゲットや使用するツールを変更したが、研究自体は当初の予定通り進めることができた。

4-3. 平成26年度  
最終年度である本年度は、まず本授業プログラムの構成を、それまでの試行を踏まえ再検討し、①建築環境設計の概念と設計課題

を説明する導入、②電子教材による講義、③シミュレータのチュートリアル、④デザインを検討するエスキース、⑤講評会、の5つから構成されることを改めて確認した。



図7. 環境要素の簡易実測を導入した授業風景(左: 屋外での実測, 右: 紫外放射環境の評価)

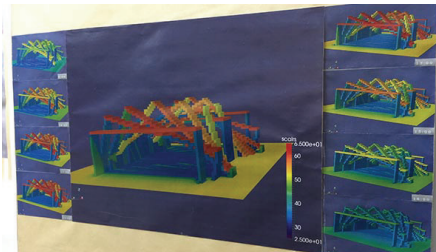


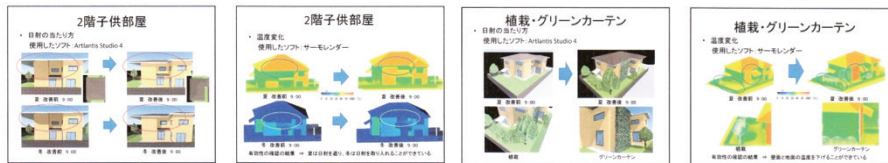
図8. 室内に入射する日射を考慮し建物形状を検討した案(左: 模型写真, 右: 3D-CAD 対応熱環境シミュレータの結果)



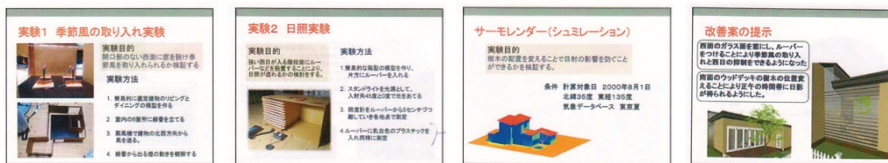
図9. 多人数授業の様子(左: 熱環境シミュレータを用いた演習, 右: 最終発表)



(a) 屋根形状や庇の改善を行った班 (CAD 図面、3D モデリングも活用)



(b) 軒や植栽に着目した班 (熱環境シミュレータで改善案の有効性を確認)



(c) 通風・日照の模型実験と熱環境シミュレータの改善提案を行った班

図10. 学生の最終発表スライドの例

続いて電子教材の開発に関しては、改良の上、研究分担者（高田）の所属する熊本大学の学部3年生を対象とした建築環境工学の演習で併用し、建築環境設計のディシプリン及び環境要素の実感について、その有効性と必要な改良点を確認した。

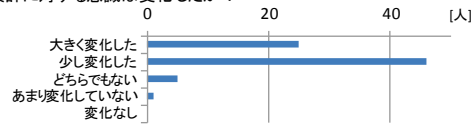
更に、少人数用授業プログラムの開発に関しては、前年度の問題点であった、大きな敷地への対応と、比較的複雑な形状の入力に対応するため、シミュレータを使用できるようプリ処理の開発を新たに行った。具体的には、シミュレータが実際の設計に対応できるように、複雑な操作を行う必要があったが、設計課題で求められるレベルで入力ができるように、形状の作成方法や、材料の入力方法、気象条件などの入力部分を単純化し、授業時間内の指導できるようにした。また、3次元のモデリングが不得手な学生に対して、単純な形状であれば、単純な操作でシミュレーションができるようなモデリング用のツールの開発を行った。その上で、研究分担者（中大窪）の所属する佐賀大学の学部3年生を対象に、小学校を設計課題とした設計製図の授業に本教育プログラムを導入した。この授業は、これまで佐賀大学で行われてきた同じ課題をもとに、詳細設計等の内容の加え、新たに本研究で開発したツールを導入し、環境工学の視点からも検討を行うように再編成し、全15コマで行う設計演習である。環境工学に関わる内容としては、本研究で構築した授業プログラムの中の座学、チュートリアルに関わる部分を3コマの授業で行い、エスキースについては、1コマを特に熱環境に特化したエスキースを行った上で、従来のエスキースと同時にを行った。結果、シミュレーションの結果を活かして、日射の当たる場所を定量的に把握し、その結果を建築形状に反映させた提案（図8）など熱環境に配慮した形態操作が行われていることが確認できた。

一方、多人数用授業プログラムの開発に関しては、引き続き金沢工業大学の学部3年生を対象に、シミュレータによる環境設計の授業を実施した（図9）。構造系志望の学生も含め、計30人が取組み、意欲的な設計も提案された（図10）。授業プログラムの内容も更に精査され、同時に授業アンケートよりその妥当性も確認された（図11）。

一方、本授業プログラムではエスキースや講評会において、学生と教員が設計案の熱環境とその時系列変化をスムーズに理解する仕掛けの設定が課題となる。最終年度ではあるが、本研究の将来的な展開・発展を見越し、建築設計製図におけるコミュニケーションツールとして、空間設計と熱環境の関係を理解できる評価シートのプロトタイプを新たに提示した（図12）。

本年度は、評価シートについて本授業プログラムのエスキース・講評会において使用する上での開発要件と機能の仕様を整理し、さらに評価シートのプロトタイプを作成した。

6) 今回のシミュレータ演習や環境設計課題を通して、熱環境あるいは環境設計に対する意識は変化したか？



その理由や状況(自由記述)

【大きく変化した】

- ・工夫ひとつでそこまで変わると思っていなかったから。
- ・材料や方向が違っただけで熱環境が大きく異なることを学んだ。
- ・日射には大きなエネルギーがあった。それをいかに軽減するか考えるのが楽しかった。
- ・空間と環境を組み合わせることを考え、意識が変化した。実測を行ない考察することで、環境に対しても少し踏み込んでみたいと思った。

【少し変化した】

- ・季節や太陽高度だけでなく、拡散光や反射光など、くわしいことまでないと、しっかりした結果が得られないので、今後のためになったと感じた。
- ・熱環境を実際に考えて住宅の設計はしたことがなかったで環境に対する意識が向上した。

図 11. 授業後に行ったアンケートの結果（抜粋）

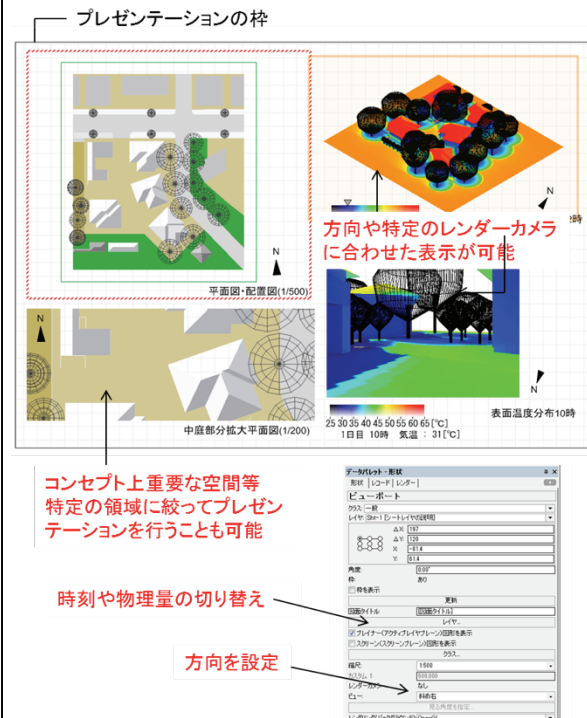


図 12. ビューポートを活用した評価シートによるプレゼンテーション

評価シートは以下の3つの機能を盛り込み、かつ3D-CAD上でのビュー統合機能も利用している。

- ① 設計対象建物・街区と周辺環境の関係の理解を促すためのあらかじめ敷地の外形、周辺建物のボリューム、評価シートが含まれているテンプレート機能。
- ② エスキース、講評会の場においてポイントとなる視点（道路からのアプローチ、バードビュー、隣接敷地からの視点）に関するGUI上での直観的な操作機能。
- ③ 3D-CADソフトウェアのビュー統合機能を利用した空間アングル、時間、表示項目のスムーズな切り替え機能

以上、本研究は建築環境設計の授業プログラムを申請時のアウトラインに沿って開発し、3年間の研究期間で十分な研究成果を得ることが出来た。



<引用文献>

- 1) 大西康伸, 両角光男: 3DCAD 及び解析ソフトを活用した包括的建築教育プログラムの開発とその評価: 日本建築学会計画系論文集第 665 号, pp.1337-1345, 2011. 7
- 2) 川北健雄ほか, 2011 年日本建築学会(教育賞)「ステップバイステップ方式を用いた初学者向け建築設計教育プログラムの実践と教科書の出版」(<http://www.aij.or.jp/jpn/design/2011/prize2011.htm>: 2015. 6 現在)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

記載事項なし

[学会発表] (計 12 件)

1. 巴井基史, 梅干野晁, 中大窪千晶: 3D-CAD 対応熱環境シミュレータを用いた建築環境設計教育に関する考察 3 年間の取り組みを通して見えてきたもの, 平成 24 年度工学・工業教育研究講演会, 2012. 8. 22, 芝浦工业大学(東京都・江東区)
2. 高田真人, 河合英徳, 梅干野晁: 建築環境設計のプロセスの習得を目的とした授業プログラムの開発, その 1 数値シミュレーションを導入した建築環境設計の授業の試行, 2011 年度日本建築学会関東支部研究報告会, 2012. 3. 15, 建築会館(東京都・港区)
3. 河合英徳, 高田真人, 梅干野晁: 建築環境設計のプロセスの習得を目的とした授業プログラムの開発, その 2 数値シミュレーションの建築環境設計のための授業への導入における課題の抽出, 2011 年度日本建築学会関東支部研究報告会, 2012. 3. 15, 建築会館(東京都・港区)
4. 巴井基史: 建築系学部 3 年生授業における「環境設計」教育の取り組み - 環境に配慮した建築・都市の設計提案課題の実践 -, 日本建築学会北陸支部研究報告会, 2013. 5. 19, 金沢工業大学(石川県・金沢市)
5. 巴井基史: 3D-CAD 対応熱環境シミュレーションを取り入れた「環境設計」授業の実践 - 建築系学部 3 年生を対象に -, 日本建築学会大会(近畿), 2014. 9. 14, 神戸大学(兵庫県・神戸市)
6. 高田真人, 谷口新, 小高典子, 梅干野晁: 建築環境設計のプロセスの習得を目的とした授業プログラムの開発 その 3 環境要素の簡易実測を導入した授業プログラムの試行, 日本建築学会九州支部研究会, 2014. 3. 2, 佐賀大学(佐賀県・佐賀市)
7. 高田真人, 谷口新, 小高典子, 梅干野晁: 温熱環境の簡易実測と演習を主体とする建築環境設計用授業プログラムの開発と試行, 日本ヒートアイランド学会・第 9 回全国大会, 2014. 7. 26, 佐賀大学(佐賀県・佐賀市)
8. 谷口新, 高田真人, 小高典子, 梅干野晁: 実測演習を導入した建築環境設計の授業プ

- ログラムの開発と試行, その 1 屋外温熱環境の簡易実測, 日本建築学会大会(近畿), 2014. 9. 14, 神戸大学(兵庫県・神戸市)
9. 高田真人, 谷口新, 小高典子, 梅干野晁: 実測演習を導入した建築環境設計の授業プログラムの開発と試行, その 2 屋外紫外放射環境の評価と改善策の提案, 日本建築学会大会(近畿), 2014. 9. 14, 神戸大学(兵庫県・神戸市)
  10. Takata Masahito, Shin Taniguchi, Noriko Kodaka, Hoyano Akira: “Development of Architectural Environmental Design Educational Program, Introducing Simple Measurements and Practical Exercises for Thermal and Ultraviolet Radiation Environments”, The 4th ACEE 2014, 2014. 10. 10, Kumamoto (Japan)
  11. 高田真人, 谷口新, 小高典子, 梅干野晁: 建築環境設計のプロセスの習得を目的とした授業プログラムの開発, その 4 環境要素の簡易実測を導入したデザインサーベいの試行, 日本建築学会九州支部研究報告会, 2015. 3. 1, 熊本県立大学(熊本県・熊本市)
  12. Takata Masahito, Shin Taniguchi, Noriko Kodaka, Hoyano Akira: “Toward the Development of Educational Program for Architectural Environmental Design - Introducing Simple Measurements and Practical Exercises for Thermal and Ultraviolet Radiation Environments Using Fish-eye Lens Photos -”, PLEA 2015, Sep. 2015. 9. 9-11, Bologna (Italy) (発表決定)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梅干野 晁 (HOYANO, Akira)  
放送大学・教養学部・教授  
研究者番号: 50108213

(2) 研究分担者

高田 真人 (TAKATA, Masahito)  
熊本大学・自然科学研究科・助教  
研究者番号: 30581376

巴井 基史 (MARUI, Motofumi)  
金沢工業大学・環境・建築学部・准教授  
研究者番号: 80508341

中大窪 千晶 (NAKAOKUBO, Kazuaki)  
佐賀大学・大学院工学系研究科・准教授  
研究者番号: 30515143

河合 永徳 (KAWAI, Hidenori)  
東京工業大学・総合理工学研究科・助教  
研究者番号: 00735376