

大学における建築設計教育への環境シミュレーションの導入

その1 昼光シミュレーション

小畑 拓未

Introduction of Environmental Simulation into Architectural Design Education in University Part 1 Daylight Simulation

Takumi KOBATAKE

Abstracts

Exercises using environmental simulations were conducted in three architecture classes at Department of Design and Science for Human Life, Faculty of Wellness Studies, Kwassui Women's University. Questionnaire surveys confirmed the effectiveness of the program in deepening knowledge and interest in architectural environmental engineering. Since much experience is required to effectively use environmental simulations, we intend to continue to conduct exercises using environmental simulations in the future. On the other hand, since our department is not a department of architecture, I have a limited number of classes in the field of the architectural environmental engineering, and my challenge is how to create opportunities for practice.

キーワード：建築設計教育、昼光シミュレーション、環境設計、アンケート調査

Keywords : Architectural design education, Daylight simulation, Environmental design, Questionnaire survey

1.はじめに

令和3年10月22日、地球温暖化対策計画¹⁾が閣議決定された。この計画には、2030年度において温室効果ガス46%削減(2013年度比)を目指すこと、更には50%削減に向けて挑戦を続けることが記載されている。筆者は建築環境工学を専門としているが、建築物は建設から運用を経て解体に至るまでに、多量の温室効果ガスを排出する。特に、空調や照明等の使用による建物の運用段階での温室効果ガス排出は全体の多くを占める。このことから、建築設計者には、省エネルギーな運用が可能な建築物を設計することが求められる。

この一方で、省エネを優先させることで人間の快適性や知的生産性、健康を損なってはならず、これらを省エネと両立させる必要がある。建物内の温熱環境や光環境、音環境等が人間の知的生産性や学習効率に影響を与えることは、多くの研究で明らかになっている^{2), 3), 4), 5)}。また、健康との関連も非常に強く、例えば冬季の住宅内温熱環境と死亡リスクには相関がある^{6), 7)}。

以上のように、地球環境や人間の快適性、知的生産性、更には健康に配慮した建築物を設計することが、これからの時代、更に重要となってくるが、全国各地で同じようなデザインを採用すれば効果が発揮されるという訳ではなく、その土地の気候風土に応じた設計を行う必要がある。そこで、環境シミュレーションを活用した建築設計が有効となる。例えば、どの部分に窓を設ければ自然換気を促進できるか、日射を取り入れることができ冬季の暖房エネルギーを低減できるかといったことをコンピューター上で複数回試行し、最適解を設計に反映するといったことが可能となる。このような建築設計への環境シミュレーションの活用は、既に組織設計事務所等で一般的に行われており、今後ますます普及していくと同時に、そのような技術を有する人材がより一層求められるよう

になると考えられる。そのため、大学教育においても環境シミュレーションを積極的に導入し、それを用いた建築設計提案を行うことのできる人材育成が重要となる。

以上のような背景から、筆者は2022年度担当授業のうち3つの授業（内2つはゼミナール）で、環境シミュレーションを用いた演習を実施した。また、一部の授業では学生へのアンケート調査も実施したので、本稿ではそのうち昼光シミュレーションに関わる内容について報告する。

2. 導入したシミュレーションの種類と授業

環境シミュレーションといっても種類は様々であるが、視覚的に計算結果が確認可能な昼光シミュレーション、CFD解析（建物内外に吹く風などの流体解析）、日射シミュレーションを活水女子大学健康生活学部生活デザイン学科における2022年度開講の3つ授業において導入した（表1参照）。学科専門セミナーIおよびIIは、研究室単位で行うゼミナールである。また、各シミュレーションのイメージを図1、2に示す。学科専門セミナーIIで実施したCFD解析および日射シミュレーションの内容については、本稿執筆時において学生の演習課題提出前のため、後日課題点等を十分に整理したうえで報告することとし、本稿では学科特別講義および学科専門セミナーIで実施した昼光シミュレーションの演習内容およびその効果について報告する。

表1 対象授業と使用したシミュレーションの種類

	履修者数	学期	実施したシミュレーションの種類	使用ソフト
学科特別講義	1年生15名、3年生9名	前期	昼光シミュレーション	Relux
学科専門セミナーI	3年生5名	前期	昼光シミュレーション	Relux
学科専門セミナーII	3年生5名	後期	CFD解析（風）	Flow Designer2022
			日射シミュレーション	Flow Designer2022

赤枠内が本稿報告部分

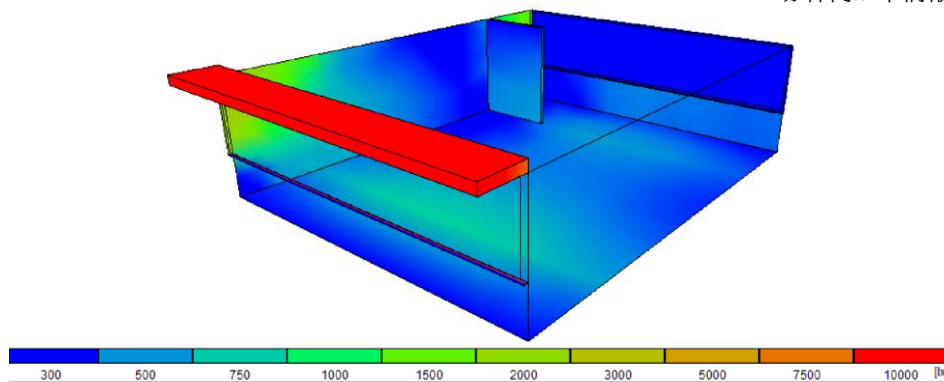


図1 Reluxによる昼光シミュレーションのイメージ（照度分布）

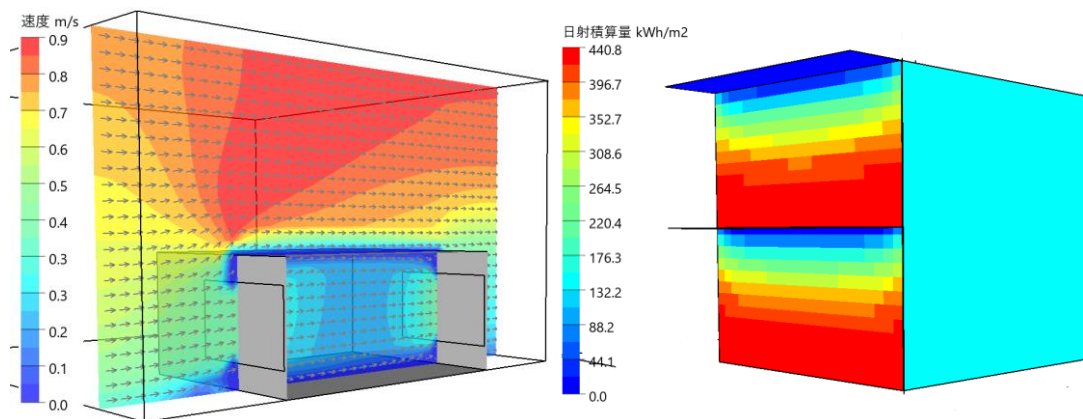


図2 Flow Designerによるシミュレーションのイメージ（左：風解析、右：日射量解析）

3. 昼光シミュレーションの演習実施と効果

1) 学科特別講義

(1) 授業の概要

表2に授業の概要を示す。学科特別講義の授業は90分×15回であるが、昼光シミュレーションの演習を実施したのは第6～10回の計5回である。第6、7回で後述のオリジナル資料に基づき基本操作のレクチャーを行い、第8～10回で演習課題に取り組んでもらった。演習課題の概要は表3に示した通りであり、どの室を対象にどのような検討を行うかはすべて自由とした。検討日時は、秋分の日の中で3つの時刻を定めることとした。実際には夏至や冬至の評価も必要であるが、本授業の履修者の多くは1年生であり、まずは環境シミュレーションに興味を持ってもらうことが重要と考え負担を軽減した。

表2 授業の概要 (学科特別講義)

講義名	学科特別講義	
実施時期	2022年度前期	
授業時間	1回90分×15回	
担当教員	筆者1名	
プログラム	1～5回	環境・健康配慮デザインの事例等に関する座学
	6回	昼光シミュレーションの操作方法レクチャー①
	7回	昼光シミュレーションの操作方法レクチャー②
	8回	昼光シミュレーションによる検討実施①(演習課題の実施)
	9回	昼光シミュレーションによる検討実施②(演習課題の実施)
	10回	昼光シミュレーションによる検討実施③(演習課題の実施)
	演習課題提出 (第10回授業から3日後)	
	11～15回	SDGsに関する演習

表3 演習課題の概要 (学科特別講義)

対象とする建物・室	自由	
敷地の場所	自由	
検討内容	自由	
検討日時	秋分の日の中で3つの時刻を設定する (ただしこれは最低限であり、夏至や冬至を追加検討することを推奨)	
昼光照度	直射日光	大気外日光法線照度の平均値より算出
	天空光	CIE [※] 標準晴天空
提出物	検討結果をPowerPointによるスライド資料にまとめ提出	

※国際照明委員会 (Commission internationale de l'éclairage)

(2) オリジナル資料

使用ソフトの操作方法をまとめたオリジナル資料を作成し、第6回の授業の冒頭で配布した。作成した資料の大まかな構成は表4に示したとおりである。この資料を使用して、第6回および第7回の授業で操作方法をレクチャーした。作成した資料は、単に操作方法をレクチャーするだけの内容ではなく、窓面積や庇の有無、内装の反射率が異なる4つのモデルを入力し、それらが光環境に与える影響を学びながら、操作方法も習得可能な内容とした。資料内の4つのモデルケースにおける計算条件は表5を参照されたい。CASE1のモデルは、室の一部では暗く一部では直達光が照

射し眩しいといった状況となるよう意図的に作成したものであり、この CASE1 を通して、室や窓の入力、計算実行方法等を習得し、結果の分析方法、更には適切な光環境とはどのようなものかを理解してもらった。CASE1 の問題点を解消するための案が CASE2、3、4 であり、両面採光や庇、内装反射率の変更が光環境に及ぼす効果をこの 3 ケースの入力を通して学んでもらった。以上の 4 ケースの一連の入力と計算を通して、結果を分析し、問題点を洗い出し、解決策の提案を行うという一連の流れのイメージを掴んでもらった。

表4 配布したオリジナル資料の構成とねらい

資料の内容		ねらい
前半 (基本操作の習得)	ソフトのインストール方法	—
	昼光シミュレーションでできること	・ シミュレーションの活用意義を理解する
	照度とは？	・ 光環境に関わる基本知識の習得
	自然採光を行う際の「良い光環境」とは？	
	均斉度とは？	
	ソフトの起動方法	・ ソフトの基本的操作方法の習得
基本条件の入力		
各種コマンドおよびマウス基本操作の説明		
後半 (モデルケースに基づく実践)	CASE1【南面に窓】 (入力→計算実行→分析)	・ 室、窓の入力方法、計算実行方法等を学ぶ ・ シミュレーション結果の分析方法を学ぶ
	CASE2【CASE1+北面に窓を追加】 (入力→計算実行→分析)	・ 二面採光の有効性を学ぶ
	CASE3【CASE2+南面に庇を追加】 (入力→計算実行→分析)	・ 庇の効果を理解する ・ 庇などの日射遮へい物の入力方法を学ぶ
	CASE4【CASE3ベースで内装反射率を向上】 (入力→計算実行→分析)	・ 内装反射率の変更によって室内照度が変化することを理解する ・ 反射率の設定方法を知る

表5 オリジナル資料における4つのモデルケースの計算条件

検討日時	9月23日 12:00	
敷地条件	東経	129.87
	北緯	32.73
昼光照度	直射日光	大気外日光法線照度の平均値より算出
	天空光	CIE [※] 標準晴天空
解析空間	8.0m(x)×10.0m(y)×2.7m(z)	
評価面高さ	床上+650mm	
評価面範囲	壁面から0.5mセットバックした範囲	

※国際照明委員会 (Commission internationale de l'éclairage)

(3) 演習課題における学生の検討内容

前述の通り、演習課題における検討内容はすべて学生が自由に設定することとした。表6は学生の検討内容とその割合を示したもので、庇の有無によって室内照度分布がどのように変化するかを検討した学生が最も多かった。次いで、窓面積や窓の設置面の異なるケースで検討を行った例が多かった。更に、内装反射率をパラメータとした事例がそれに次いだが、これらが全体の80%以上を

占めた。これらは配布資料内のモデルケースでも扱った内容であり、一般的な光環境の調整技術であるため、これらをシミュレーションによって検討することは建築初学者にとって非常に有意義なことである。その一方で、学生の自由な発想を引き出す必要性が感じられたため、光環境を向上させる技術、デザインを一般的なものから特徴的なものまで幅広く紹介してから、演習課題に取り組んでもらうべきだったと考えている。少数派の検討事例としては、樹木や家具の有無、天井高さの違い、間仕切り戸の開閉具合が室内照度分布に与える影響を確認したものが存在した。

表6 演習課題における学生の検討内容

	数	割合
庇の有無	12	32%
窓面積の違い	8	21%
窓の設置面の違い(窓面積は固定)	6	16%
内装反射率の違い	5	13%
樹木の有無	3	8%
室内家具の有無	2	5%
天井高さの違い	1	3%
間仕切り戸の開閉具合	1	3%

※これらを組み合わせて検討を行った学生も多くいるため、この表の合計数と履修者数は一致しない

(4) 各授業終了後の学生の理解度

第6～10回までの各授業終了後に理解度を問う簡易なアンケートを実施した。選択肢は、「1.よくわかった、2.まあまあわかった、3.どちらでもない、4.あまりわからなかった、5.全くわからなかった」の5つである。その結果を図3に示す。初回から60%以上の学生が、よくわかった、あるいは、まあまあわかったと回答しており、第7回ではその割合が約80%となった。オリジナル資料を配布したことによる効果が表れたと考えている。第6、7回では、オリジナル資料に沿って全体で共通の演習を実施したが、第8回からは各自でテーマを定めシミュレーションを実施する段階に移行したため、一旦は理解が不十分な学生が増加した。実際に、操作方法は分かったが演習課題で何をテーマに設定したら良いのかわからないといった声が多く聞かれた。第9回では学生の理解度が二極化する傾向も確認されたが、授業内で適宜アドバイスを行い、結果として第10回終了後には80%以上の学生が、よくわかった、あるいは、まあまあわかったと回答し、あまりわからなかった、全くわからなかったと回答した学生は0となった。各大学の学生の学力により大きく異なる部分ではあるが、概ね90分×5回分の時間を確保すれば、全学生が一定の理解を有するという結果が得られた。

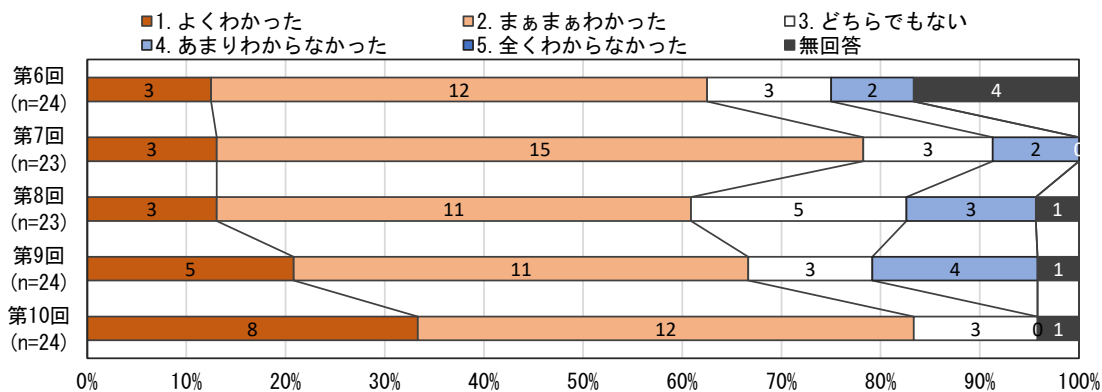


図3 各授業終了後の理解度アンケート結果

(5) 全演習終了後のアンケート調査

昼光シミュレーションに関する演習をすべて終え、演習課題の提出を終えた第11回授業の冒頭に、最終のアンケート調査を実施した。アンケートの質問内容は表7に示した通りであり、Q1は興味・関心、Q2は知識・理解を確認するものである。Q3、Q4は環境シミュレーションの今後の活用希望およびその理由について質問したものである。Q5は自由記述の感想記入欄とした。

表7 最終アンケートの質問内容

Q1 光環境に関する興味・関心は深まりましたか？ 該当するもの1つに○
1. 非常に深まった 2. まあまあ深まった 3. どちらでもない 4. あまり深まっていない 5. 全く深まっていない
Q2 光環境に関する知識・理解は深まりましたか？ 該当するもの1つに○
1. 非常に深まった 2. まあまあ深まった 3. どちらでもない 4. あまり深まっていない 5. 全く深まっていない
Q3 今後の建築設計において光をはじめとした環境シミュレーションを活用してみたいですか？ 該当するもの1つに○
1. ぜひ活用してみたい 2. まあまあ活用してみたい 3. どちらでもない 4. あまり活用したくない 5. 全く活用したくない
Q4 Q3において「4.あまり活用したくない」、「5.全く活用したくない」と答えた方は、その理由をお教えください。
Q5 光シミュレーションの演習の感想をご自由にお書きください。

図4にQ1、Q2の結果、図5にQ3の結果を示す。また、理解度と興味・関心の関係、理解度と活用希望度の関係を図6、図7に示す。興味・関心、知識・理解ともに、非常に深まった、あるいは、まあまあ深まったと回答した学生が90%以上であり、本授業のプログラムの有効性が確認される結果となった。一方、Q3に関しては、どちらでもないと回答した人数が他の質問に比して多く、今後の活用希望度についてはバラつきが見られる結果となった。本学科は建築学科ではなく全員が建築系志望の学生ではないので、そのことが影響したと考えられる。しかしながら、ぜひ活用してみたい、まあまあ活用してみたいと回答した学生が全体の80%弱を占めるため前向きな結果と捉えることができるだろう。また、理解度と興味・関心、理解度と活用希望度の間に、相関関係は認められなかった。

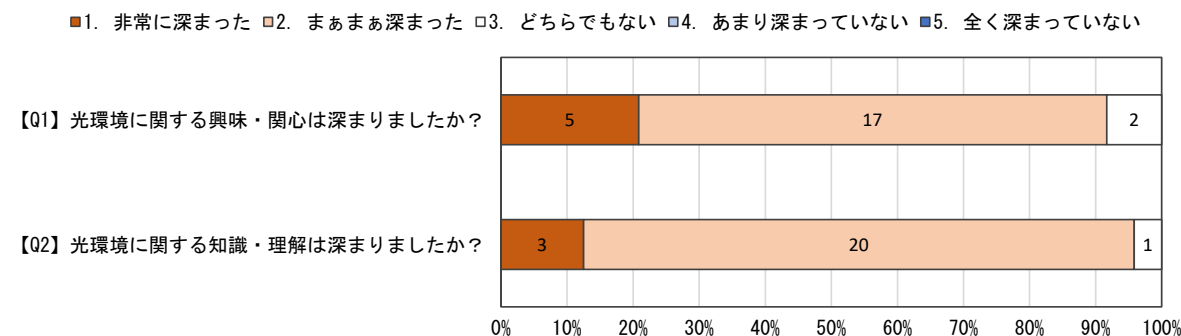


図4 全演習終了後の興味・関心および知識・理解に関するアンケート結果

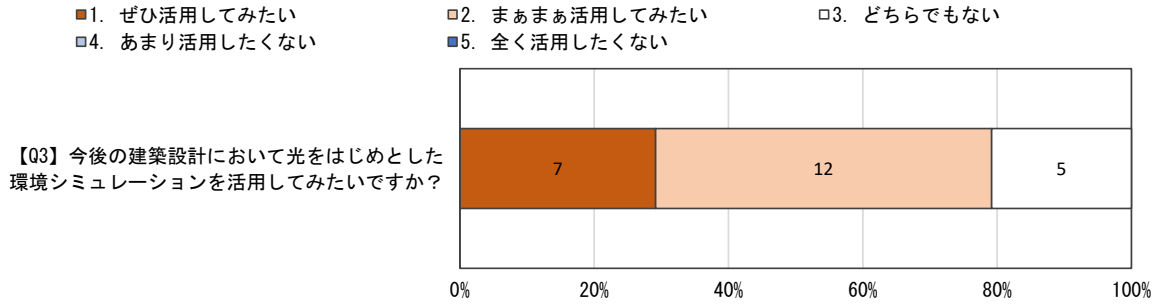


図5 全演習終了後の今後のシミュレーション活用に関するアンケート結果

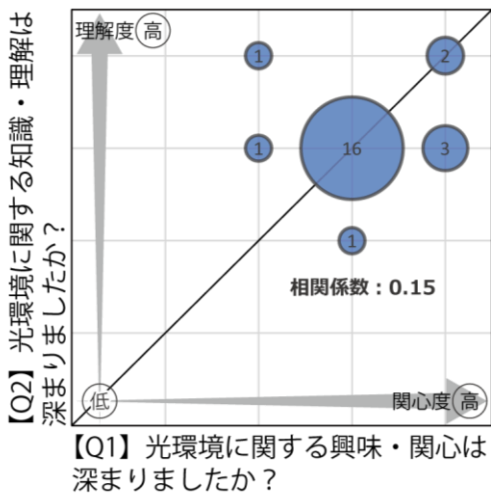


図6 学生の理解度と興味・関心の関係

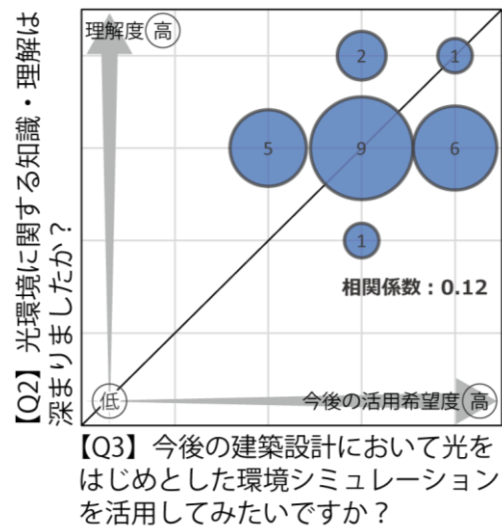


図7 学生の理解度と活用希望度の関係

表8にQ5のアンケート結果（自由記述の感想記入欄）を示す。最初は難しいと感じていたが演習の回数を重ねるにつれて理解できるようになったこと、今後もシミュレーションを活用していきたいと考えていること等、これまでのアンケート調査の分析結果を裏付ける記述が確認された。一方、計算がエラーになる、アプリがすぐ落ちるといった記述も確認されたため、エラーの内容、原因を確認し、今後の授業にフィードバックする必要がある。

表8 Q5のアンケート結果（自由記述の感想記入欄）

ソフトを使って特定の時間や日付の照度が分かるのはすごいと思いました。
アプリがすぐ落ちてしまうのが少し残念だったけど、是非光シミュレーションを活用したいです！
光シミュレーションを使用することで簡単に光環境を目視確認できるようになるので便利だなと思いました。
光シミュレーションという内容を学んだのは初めてでした。どの位置に庇をつけるか、窓をつけるか、壁をつけるか等なんとなくで考えていました。ですが、実際につける場所などによって数値が変わり、それが目に見えるのでより最適な場所に窓などを設置することができると感じました。
ソフトを使い始めたときは、操作が難しく理解しづらかったのですが、何度か使い方を学び、操作していくうちに光シミュレーションがおもしろいものだと思えてきました。たくさんの検証をすることができ、今後機会があれば活用していきたいです。今回の授業の中だけでは学べなかった操作も色々あると思うので、自分が作成した図面や模型をそのまま再現し、光シミュレーションを行いたいと思います。
光シミュレーションで視覚的に光環境を見るのは楽しかったし、興味深かったが、シミュレーションをするために部屋を作ることが難しかった。壁をキューブで作ったり、キューブに窓や扉をつけられなかったり、少し不便な点が多くて、やりたいことが100%できなかったなと思いました。
元々PCに慣れていなかったのが、難しかったし、苦手意識が強かったけど、最終的に完成させることができ良かったです。また、今まで建物の光について考えたことがなかったので考えるきっかけになったし、庇の有無や壁の色で照度が変化することを知れたので、これからの課題に役立てたいです。
光シミュレーションの演習は楽しかったです。光の入り方を考えて設計することの大事さと難しさを知り、光の入れ方も考えつつ建物の設計もしてみたいと思いました。その上、映えるデザインを設計できるようになりたいと思いました。
今まで設計課題や演習などで光環境に着目したことがなかったので、今回の機械で光シミュレーションや光環境について知識を深めることができ良かったです。
光シミュレーションを実施する際のソフトを初めて利用したので、最初は設定や操作の仕方が全然できなくてどうしたら良いかわかりませんでした。窓を入れたら、それだけでは照度が低い、窓を増やすと直達光が入ってくる、そこから庇や樹木を入れて照度を調整するという作業の繰り返しで、とても難しかったです。窓をどこに設置するのか、庇をどのように設けるのかが光シミュレーションを行う上で大切だということを理解した。最初はソフト自体の使い方がよく分からなかったけど、分からないことは友達と協力して進めることが出来た。
今住んでいる家がどこに光が当たってるかがわかって面白かったです。シミュレーションを使って色々べんりだなと思いました。
最初は全く扱うことができなかったけれど、何回もしていくうちに段々使い方がわかってきて、どこに窓をつけて庇をつければ照度が下がるかなどを考えながらシミュレーションしていくのがとても面白かったです。私は将来、インテリアデザイナーになりたいので、壁の色でどのように変化がでるのか等をもっと知りたいと思いました。
最初は操作に慣れず難しかったし計算されてきた結果もよくわかっていなかったけれど、回数を重ねていくうちにだんだん分かるようになっておもしろいと感じました。インテリアや照明に興味があるので、使いこなして役立てていきたいです。
パワーポイントで光シミュレーションのプレゼンテーションを作成するのが難しかった。でも環境シミュレーションを活用してみたい。
使い方が難しすぎます。光シミュレーションを使って自分の部屋をししたら、良いかんじでよかったです。
はじめて使用したのでうまくいかない部分が多かったけど、操作に慣れればとても有効に活用できるものだと思います。
今回、光シミュレーションをして、数値として光の量をしることができ、とても楽しかったです。私は自分の部屋でシミュレーションをしたのですが、庇をつけたり壁の反射率を変えたりするだけで、明るさ、部屋に入ってくる光の量が変わって、とてもおもしろかったし、興味がわきました。これからもいろいろなケースで活用したいと思いました。
最初は光のシミュレーションについて全く知らなくて分からないことばかりだったけど、演習を通して少し理解できたので良かったです。自分で設定して計算して、まとめる作業が大変で難しかったです。
最初はやり方も分からなくて、表示されたものがどういうものなのかも分からなかったのですが、質問して理解し、自分でシミュレーションできたので良かったです。庇、窓をつけるだけでなく壁の色を変えるというシミュレーションをみて、そのアイデアがとても良いと思いました。
初めは光と建築の関係について考えたことがなかったため、理解することが難しかったが、シミュレーションソフトを活用しながら学ぶことにより、楽しみながら演習できた。エラーになるところを改善出来たらもっとスムーズに演習できると思った。
最初はやっぱり難しかったけど、使うにつれて、窓をつけたり、庇をつけたりすることによって、光の当たり方に違いが出てくるのが面白いと感じました。
窓を設置する場所や数の違いだけで光環境が大きく変化することに驚いた。庇を設けることで直達光の侵入を防ぐことができたので、庇の大切さがよくわかった。しかし、良い結果を出すことはできなかったため、Reluxを上手く使用することは難しいと感じた。初めは、全然分からなかったが、何回も使用していくうちに少しだがわかるようになって嬉しかった。
Reluxのアプリはかなり扱いづらかったけど、何度も繰り返していくうちにうまく使えるようになったから、今後役立つ時がきてほしいなと思いました。シンプルなシミュレーションだと思っていたのに、家具や木やプールなど面白いものも多くて、よりリアルにパソコン上で再現できるから良いアプリだなと感じました。
初めは使い方がわからず、難しいなと思っていましたが、慣れてくると楽しくすることができたので良かったです。小さなところを変えるだけでも照度に変化していくのが面白かったです。

※原文ママ

(6) 全演習終了後の理解度と各回授業終了後の理解度の関係

図8に、全演習終了後（第11回授業の冒頭）の理解度と第6～10回授業終了後の理解度の関係を示す。全演習終了後の理解度との相関は、第10回を除けば第6回が最も強く、初回授業で苦手意識を持たせないことの重要性がうかがえる。全体を通じて、図中の斜線の左側に分布が多いが、これは各回授業終了直後よりも最終的な理解度が上昇したことを示す。第10回に関しては、斜線右側に分布が多く、第10回授業終了後から演習課題提出（第10回授業終了から3日後）までに疑問が生じた学生が複数存在したと考えられる。

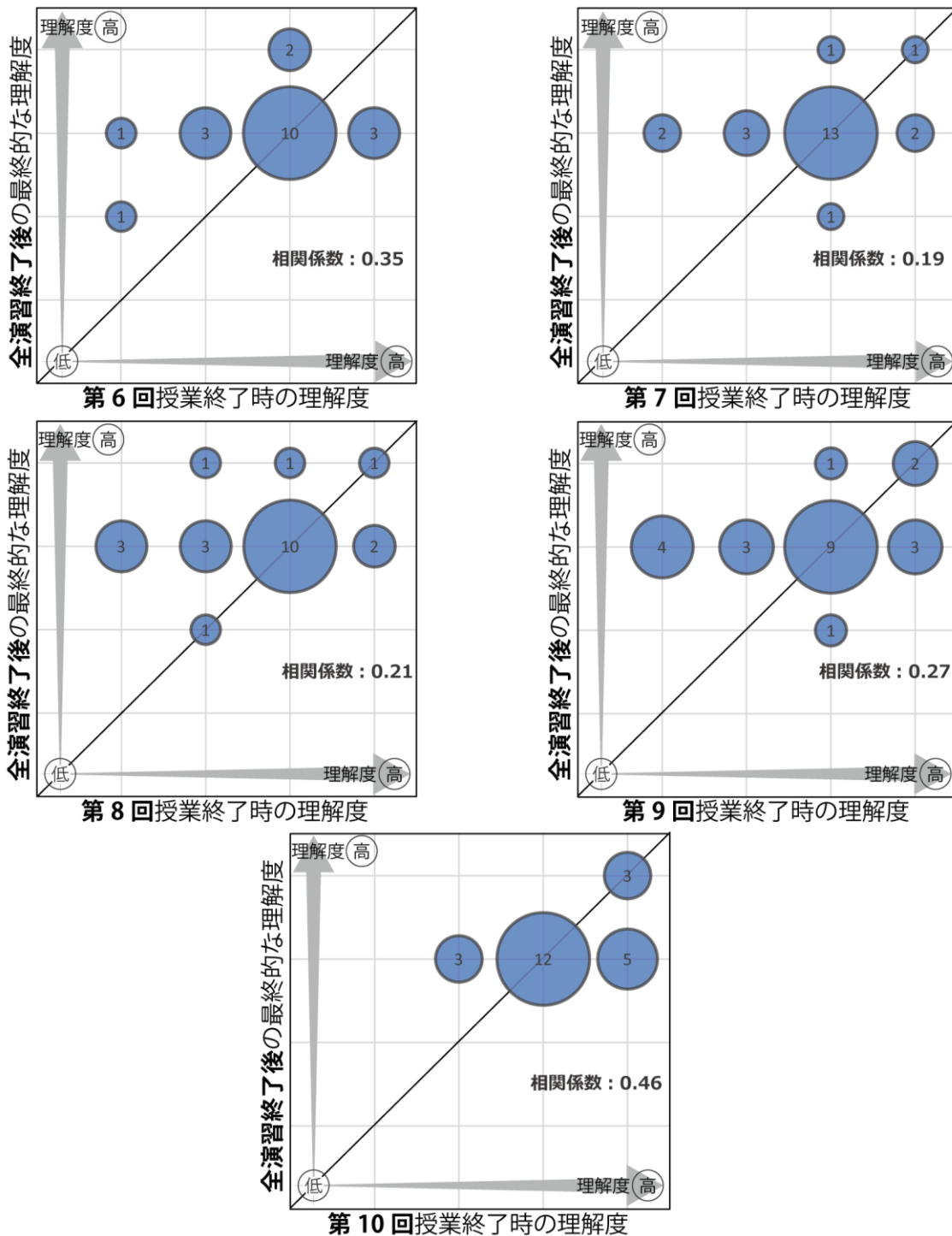


図8 全演習終了後の理解度と各回授業終了後の理解度の関係

2) 学科専門セミナーI

(1) 授業の概要

表9に学科専門セミナーIにおける授業の概要、表10に演習課題の概要を示す。第9、10回で、学科特別講義においても使用したオリジナル資料に基づき、操作方法のレクチャー等を行った。その後、第11～15回で演習課題に取り組んでもらった。演習課題に関しては、学生自身が過去の授業で設計したカフェ併用住宅を対象に昼光シミュレーションを実施した。検討内容は2通りであり、1つは光環境上の問題点を洗い出した後、改修設計提案を行い、再度昼光シミュレーションでその効果を確認するといった内容である。もう1つは、現状設計案で既に取り入れられている光環境の調整技術の効果をシミュレーションによって確認し、更なる改修設計を提案、その効果をシミュレーションで確認するといったものである。学科特別講義とは異なり、夏至、秋分、冬至の3日間×3時刻を検討日時とした。

表9 授業の概要 (学科専門セミナーI)

講義名	学科専門セミナー I	
実施時期	2022年度前期	
授業時間	1回90分×15回	
担当教員	筆者1名	
プログラム	1～8回	環境デザインの事例等に関する座学、見学、調査
	9回	昼光シミュレーションの操作方法レクチャー①
	10回	昼光シミュレーションの操作方法レクチャー②
	11回	昼光シミュレーションによる検討実施①(演習課題の実施)
	12回	昼光シミュレーションによる検討実施②(演習課題の実施)
	13回	昼光シミュレーションによる検討実施③(演習課題の実施)
	14回	昼光シミュレーションによる検討実施④(演習課題の実施)
	15回	昼光シミュレーションによる検討実施⑤(演習課題の実施)

表10 演習課題の概要 (学科専門セミナーI)

対象とする建物・室	過去の設計製図の授業で学生自身が設計したカフェ併用住宅の一室	
敷地の場所	長崎市東山手町(設計製図の課題の対象敷地)	
検討内容	検討内容は以下の2通りとした。 ① 現状の設計案でシミュレーションを実施し、光環境上の問題点を洗い出す。その後、その問題点を解消するための改修設計提案を行い、その効果をシミュレーションによって確認する。 ② 現状設計案で光環境の調整技術が既に取り入れられている場合は、その効果をシミュレーションによって確認し、更なる改修設計提案を行う。そして、再度シミュレーションを実施し改修設計提案の効果を確認する。	
検討日時	夏至、秋分、冬至のそれぞれで3つの時刻を設定する(3日間×3時刻)	
昼光照度	直射日光	大気外日光法線照度の平均値より算出
	天空光	CIE [※] 標準晴天空
提出物	検討結果をPowerPointによるスライド資料にまとめ提出	

※国際照明委員会 (Commission internationale de l'éclairage)

(2) 学生の演習成果

学生一名の演習成果を一部抜粋、修正して、紹介する。

図9に演習課題における対象建物の1階平面図と机上面照度の評価エリアを示す。2階建ての建物であるが、1、2階とも北側がカフェ、南側が住宅となっている。シミュレーションにおいては、1階カフェ部分を対象に机上面照度を算出している。光環境の調整を意図したものか不明であるが、上階がカンチレバーとなっており、1階外壁面に対して2階のボリュームが東西に張り出している。また、東西ともに、カフェ部分と住宅部分の間に袖壁が設けられている。

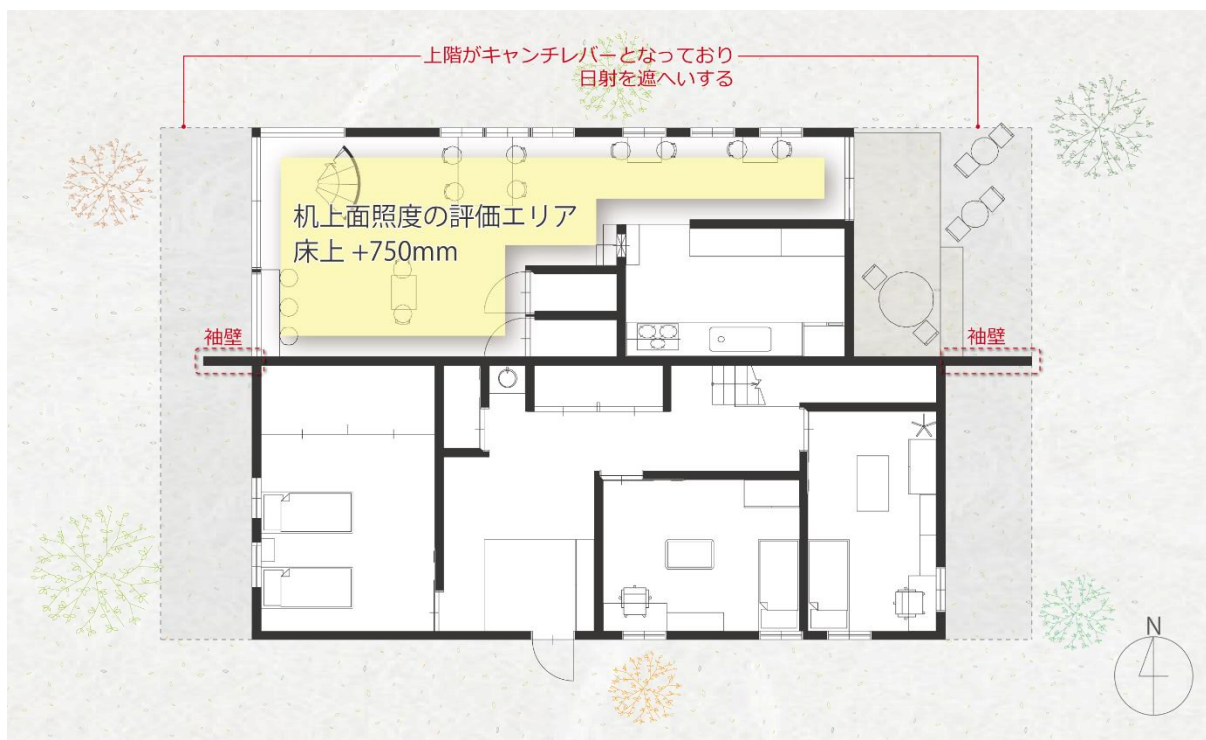


図9 学生の演習成果の例：1階平面図と机上面照度の評価エリア

表11、図10、図11に学生が実施したシミュレーションの結果を示す。上階カンチレバーおよび袖壁の効果を確認すべく、それらの有無によってシミュレーションを行っている(CASE1~3)。上階カンチレバーは年間を通じて、袖壁は冬季の太陽高度が低い時間帯において、直達光遮へい効果が確認された。また、更なる改修設計提案として、内装の反射率を高め照度上昇を狙ったものがCASE4であるが、その効果は小さかった。内装の反射率を上昇させても最低照度は200lxを下回り、特に室の中央部分において照度が不足することが確認された。図12は、その結果をうけての人工照明のゾーニング提案であり、人工照明を3つのエリアに分割し、①、③のエリアに関しては自然採光のみで必要照度が満たされる時間帯に消灯可能とし、省エネを促進するといった提案である。具体的かつ有効的な提案であり、昼光シミュレーションを使用しなければこのような提案は出てこなかったと考えられることから、環境シミュレーションを活用した教育の成果と捉えることができるだろう。

表 11 学生の演習成果の例：シミュレーション結果のまとめ

	CASE 1	CASE 2	CASE 3 (現状の設計案)	CASE 4			
	上階カンチレバー：なし 袖壁：なし	上階カンチレバー：あり 袖壁：なし	上階カンチレバー：あり 袖壁：あり	上階カンチレバー：あり 袖壁：あり + 内装反射率の変更			
夏 至 (6/21)	9:00	平均照度：2,115 lx 最大照度：39,207 lx 最小照度：154 lx 均斉度：0.004	平均照度：795 lx 最大照度：2,984 lx 最小照度：116 lx 均斉度：0.039	平均照度：768 lx 最大照度：2,948 lx 最小照度：114 lx 均斉度：0.039	平均照度：777 lx 最大照度：2,954 lx 最小照度：114 lx 均斉度：0.039		
	12:00	平均照度：1,608 lx 最大照度：5,780 lx 最小照度：226 lx 均斉度：0.039	平均照度：1,140 lx 最大照度：4,383 lx 最小照度：166 lx 均斉度：0.038	平均照度：1,054 lx 最大照度：4,213 lx 最小照度：161 lx 均斉度：0.038	平均照度：1,074 lx 最大照度：4,223 lx 最小照度：166 lx 均斉度：0.039		
	15:00	平均照度：7,215 lx 最大照度：47,959 lx 最小照度：235 lx 均斉度：0.005	平均照度：1,170 lx 最大照度：4,250 lx 最小照度：166 lx 均斉度：0.039	平均照度：1,101 lx 最大照度：4,160 lx 最小照度：162 lx 均斉度：0.039	平均照度：1,117 lx 最大照度：4,170 lx 最小照度：162 lx 均斉度：0.039		
	秋 分 (9/23)	9:00	平均照度：1,548 lx 最大照度：31,322 lx 最小照度：129 lx 均斉度：0.004	平均照度：1,134 lx 最大照度：29,337 lx 最小照度：102 lx 均斉度：0.003	平均照度：1,058 lx 最大照度：29,271 lx 最小照度：97 lx 均斉度：0.003	平均照度：1,070 lx 最大照度：29,273 lx 最小照度：97 lx 均斉度：0.003	
		12:00	平均照度：1,182 lx 最大照度：4,063 lx 最小照度：167 lx 均斉度：0.041	平均照度：816 lx 最大照度：2,870 lx 最小照度：118 lx 均斉度：0.041	平均照度：731 lx 最大照度：2,676 lx 最小照度：113 lx 均斉度：0.042	平均照度：744 lx 最大照度：2,683 lx 最小照度：113 lx 均斉度：0.042	
		15:00	平均照度：7,306 lx 最大照度：37,602 lx 最小照度：218 lx 均斉度：0.006	平均照度：1,049 lx 最大照度：4,119 lx 最小照度：141 lx 均斉度：0.034	平均照度：963 lx 最大照度：4,062 lx 最小照度：137 lx 均斉度：0.034	平均照度：976 lx 最大照度：4,070 lx 最小照度：137 lx 均斉度：0.034	
		冬 至 (12/22)	9:00	平均照度：726 lx 最大照度：14,497 lx 最小照度：89 lx 均斉度：0.006	平均照度：574 lx 最大照度：13,616 lx 最小照度：75 lx 均斉度：0.006	平均照度：545 lx 最大照度：13,527 lx 最小照度：73 lx 均斉度：0.005	平均照度：551 lx 最大照度：13,528 lx 最小照度：73 lx 均斉度：0.005
			12:00	平均照度：917 lx 最大照度：3,305 lx 最小照度：134 lx 均斉度：0.041	平均照度：632 lx 最大照度：2,288 lx 最小照度：101 lx 均斉度：0.044	平均照度：575 lx 最大照度：2,138 lx 最小照度：98 lx 均斉度：0.046	平均照度：584 lx 最大照度：2,143 lx 最小照度：98 lx 均斉度：0.046
			15:00	平均照度：3,514 lx 最大照度：21,698 lx 最小照度：153 lx 均斉度：0.007	平均照度：2,237 lx 最大照度：19,005 lx 最小照度：100 lx 均斉度：0.005	平均照度：1,246 lx 最大照度：18,833 lx 最小照度：95 lx 均斉度：0.005	平均照度：1,253 lx 最大照度：18,838 lx 最小照度：95 lx 均斉度：0.005



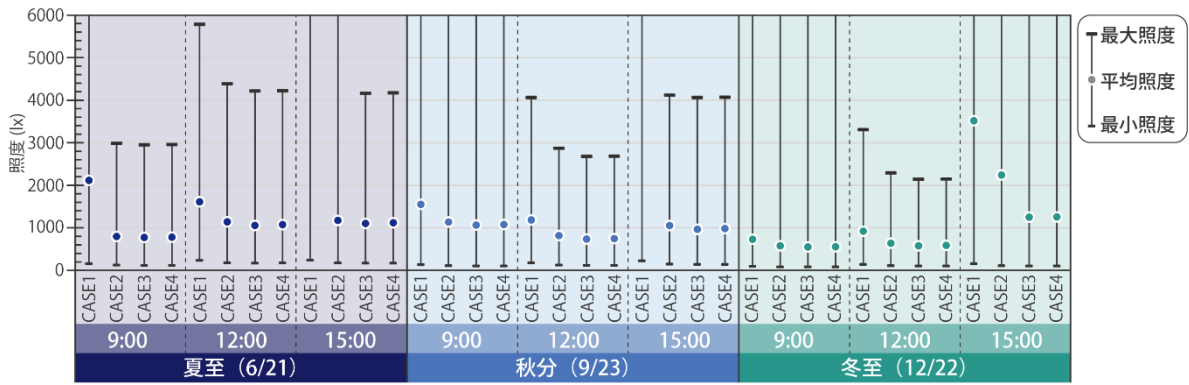


図10 学生の演習成果の例：机上面照度のシミュレーション結果

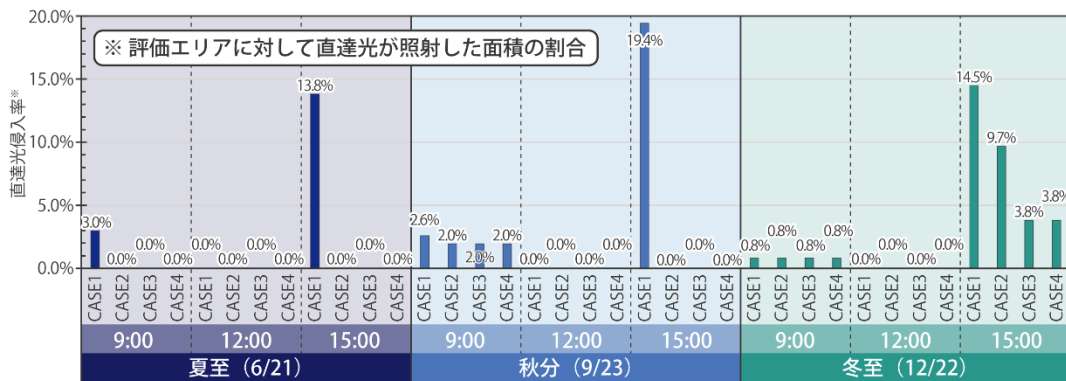


図11 学生の演習成果の例：直達光侵入率のシミュレーション結果

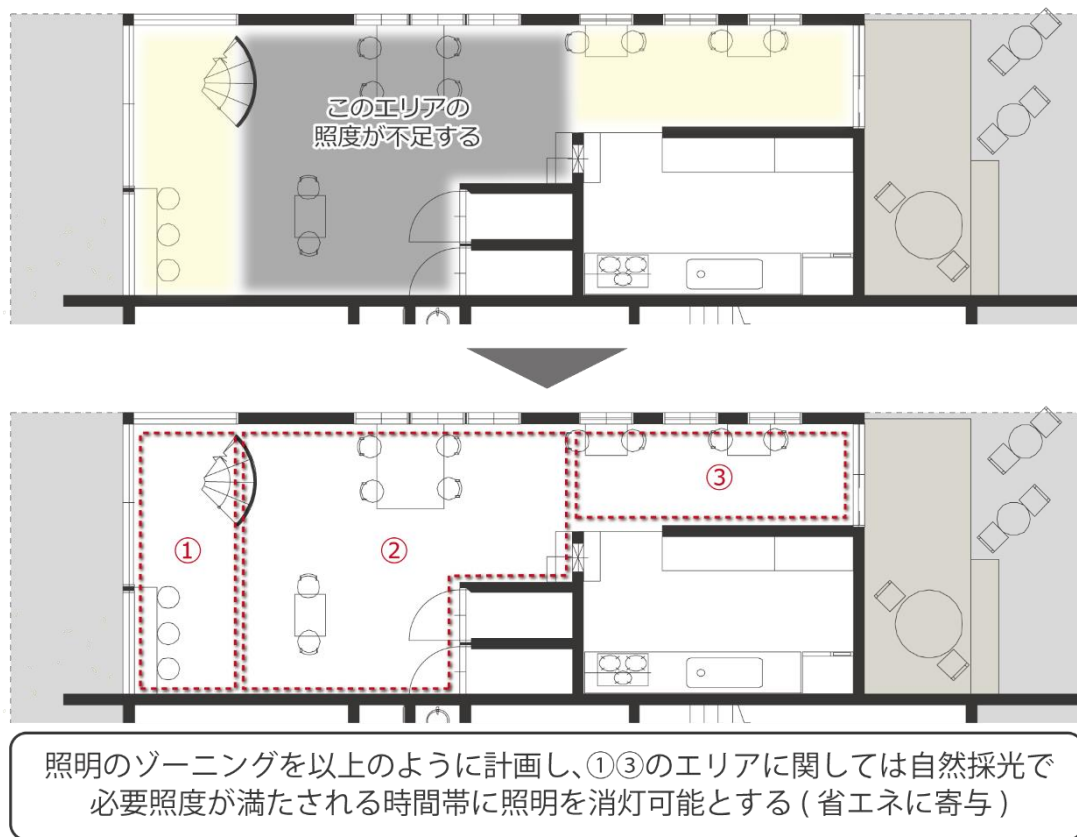


図12 学生の演習成果の例：人工照明のゾーニングの提案

4.おわりに

活水女子大学健康生活学部生活デザイン学科における2022年度開講の3つの授業において、昼光シミュレーション、CFD解析、日射シミュレーションの演習を実施し、本稿ではその内、昼光シミュレーションに関わる内容を報告した。授業プログラムおよび配布資料は、オリジナルで開発、作成し、アンケート調査によってその有効性が確認された。その一方で、学科特別講義の演習課題における学生の検討内容は、庇や窓、内装反射率に着眼したものが全体の80%以上を占め偏りがあったので、光環境を向上させる技術、デザインを一般的なものから特徴的なものまで幅広く紹介し、学生の自由な発想を促す必要性が感じられた。また、学科特別講義の履修者は24名であったが、演習時間の中でソフトの使用方法などに関する質問が多くあがり、教員1名では対応しきれない時間帯も発生したため、今後の同様の機会においては学生アシスタントを配置することが望ましいと考えられる。学科専門セミナーIIにおいては、少人数教育であることに加え、演習時間を多く確保したことから、学生から具体的かつ有効的な提案がなされ、環境シミュレーションを活用した教育の有効性がうかがえた。環境シミュレーションをより有効に活用できるようになるためには、多くの経験が必要となるので、今後も環境シミュレーションを使った演習を続けていく所存である。一方、本学生活デザイン学科は建築学科ではないので、建築環境分野の授業数に限りがあり、今後は如何に演習の機会を創出するかが課題である。

謝辞

本稿に関わる授業を受講された活水女子大学健康生活学部生活デザイン学科の学生の皆さまに感謝いたします。また、本学科3年生の松方瑠加氏に許可をいただき、学生の演習課題の例として成果品を掲載しました（学年は2023年2月時点）。ここに記して感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 地球温暖化対策計画、令和3年10月22日、閣議決定、
<https://www.env.go.jp/content/900440195.pdf>（2023年1月31日閲覧）
- 2) 羽田正沖、西原直枝、中村駿介、内田智志、田辺新一：夏季室温緩和設定オフィスにおける温熱環境実測および執務者アンケート調査による知的生産性に関する評価、日本建築学会環境系論文集、第74巻、第637号、pp.389-396、2009年3月
- 3) 羽田正沖、西原直枝、田辺新一：温熱環境と換気量が知的生産性に与える影響に関する被験者実験、日本建築学会環境系論文集、第74巻、第638号、pp.507-515、2009年4月
- 4) 佐藤啓明、伊香賀俊治、落合香央里、張本和芳、市原真希、多和田友美、半谷英里子：午前中の昼光照明が知的生産性に与える影響の被験者実験、2009年度日本建築学会関東支部研究報告集、pp.9-12、2010年3月
- 5) 羽田正沖、西原直枝、田辺新一：道路交通騒音が知的生産性に与える影響に関する被験者実験、日本建築学会環境系論文集、第73巻、第625号、pp.355-362、2008年3月
- 6) 長谷川兼一、吉野博、後藤伴延：脳卒中死亡に関連する住環境要因に関する調査研究—山形県郡部の住宅における冬季の温熱環境の実態と高齢者の家庭内血圧—、日本建築学会環境系論文集、第86巻、第785号、pp.692-700、2021年7月
- 7) 西川竜二：秋田県内の市町村単位でみたヒートショック関連死因の死亡率と住宅熱環境に関する統計分析、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp.981-982、2015年9月
- 8) 山下大樹、川久保俊、出口清孝、和久井景太：数値流体解析の体験による建築初学者の環境設計に対する理解の向上度合いの調査、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、pp.213-214、2019年9月

- 9) 和久井景太、川久保俊、出口清孝、荒田史朗、CFD解析の体験が建築初学者の熱流体力学に対する理解度に及ぼす影響の把握、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp.2543-2544、2020年9月
- 10) 森谷靖彦、田中稲子：BIM およびシミュレーションツールを利用した建築設計教育への環境設計手法導入の効果検証、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、pp.3-4、2021年9月
- 11) 中大窪千晶：建築環境シミュレーションを用いた設計製図演習（〈連載〉建築をひろげる教育のいま 02）、建築雑誌、第1733号、pp.28-29、2020年2月
- 12) 谷口景一郎：建築設計×環境シミュレーション:新しい職能への挑戦（〈連載〉建築をひろげる教育のいま 03）、建築雑誌、第1734号、pp.42-43、2020年3月
- 13) 末光弘和：環境をテーマにした建築研究教育センター BeCAT（〈連載〉建築をひろげる教育のいま 23）、建築雑誌、第1756号、pp.42-43、2021年12月
- 14) 円井基史、加藤未佳：大学院建築計画統合特論科目における「計画と環境のコラボレーション」教育の実践、日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）、pp.61-64、2017年8月
- 15) 森谷靖彦、木村謙：BIM を用いたバイオクライマティックデザイン教育の実践 - 建築設計製図教育における環境シミュレーション手法の導入 -、第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.366-369、2019年12月