

建築情報教育における環境建築設計授業の実践
～ 工学部工学科建築コース「建築情報処理Ⅱ」での取り組み ～

森谷 靖彦^{*1} 管野 茉佑^{*2} 鍛 佳代子 ^{*3}

The ideal way of environmental architectural design in architectural design education
- Efforts in the "Architectural Information Processing" of the Faculty of Engineering –

Moriya Yasuhiko^{*1} Kanno Mayu^{*2} Kitai Kayoko^{*3}

Generally, in the curriculum of a university that studies architecture, architectural environment education and architectural design education are separate courses, and their cooperation is weak. Therefore, as an architectural informatics curriculum that connects these, we planned a lesson program that adopted a bioclimatic design method using BIM and simulation tools, implemented this in "Architectural Information Processing II", and verified its effect.

1. はじめに

建築設計の実務では、近年 BIM (Building Information Modeling) の活用が進み、企画設計段階から実施設計、維持管理段階に至るまで、BIM を利用したさまざまな試みがなされている¹⁾。こうした中、国土交通省は 2019 年度に「建築 BIM 推進会議」を立ち上げ、国内での BIM 利用促進と標準化策定を進めており、この会議では、環境建築分野への BIM 活用も検討が進んでいる。

一方、大学等における建築設計教育へ目を向けると、BIM やシミュレーション、環境工学が一体となった総合的な建築設計教育の展開はあまりなされておらず、ここに建築設計実務との乖離がある。

そこで、BIM およびシミュレーションツールを利用して、環境建築に関する授業プログラムを計画した。この授業プログラムを3年次の「建築情報処理Ⅱ」において、2016年から2021年まで5年間（新型コロナウイルス感染症の影響により対面授業の実施が困難となった2020年を除く）実施し、その効果検証として2016年、2019年および2021年に学生アンケートを実施した。このアンケートは、2021年度の卒業論文「建築情報処理Ⅱの授業でのアンケートをもとにした環境建築設計教育の在り方に関する研究（菅野茉佑，工学部建築学科）」をもとに分析をした^{注1)}。

2. 授業プログラムの計画と背景

一般的に大学の建築系の教育課程では、建築環境教育と建築設計教育は別課程となっており、その連携は希薄であることが、建築学会の行ったアンケート調査において報告されている²⁾。特に、BIMを用いた建築情報学の授業では、多くの大学で同様の事象が報告されている。それ故に、学生が建築環境科目で学んだ知識を独自に建築設計課題の

解決要素として落とし込むことは、学習体系的にも困難であると考えられてきた。

そこで、建築環境教育と建築設計教育をつなぐ授業プログラムを計画し、そのツールとして BIM およびシミュレーションツールを利用し、授業コンテンツとしてバイオクライマティックデザイン手法³⁾を採用した。そして、この授業プログラムを建築学科の選択科目「建築情報処理Ⅱ」にて実施し、効果検証を行った。

この「建築情報処理」という授業は、2 年次前期に CAD および BIM の基礎を学習する「建築情報処理Ⅰ・同演習（併せて3 単位）」と3 年次前期に建築に関する実務的な情報処理技術を学ぶ「建築情報処理Ⅱ（2 単位）」の2 部構成となっている^{注2)}。東京工芸大学のカリキュラムでは、建築環境を学ぶ「建築環境学」は1 年次後期から2 年次後期までの必修科目となっており、建築設計を学ぶ「建築設計製図」では、3 年次前期までは主に建物単体の設計を学び、3 年次後期から地域や都市などの街区設計要素が課題に組み込まれる^{注3)}。このことから、3 年次前期に実施する「建築情報処理Ⅱ」で建築環境学と建築設計の橋渡しを行うことは、建築設計実務に即した内容であると考え、建築設計教育への環境設計手法の導入を目的とした授業プログラムの実施を行った（図1）。

	1年次		2年次		3年次		4年次	
科目名	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
建築環境学		熱環境	音・光・色	空気環境				
建築情報処理 I 3単位(演習を含む)			CAD BIM					
建築情報処理 II 2単位					バイオクライマ ティックデザイン			
建築設計製図		作図	住宅	幼稚園	展示施設		地域と都市	卒業 設計

図1 東京工芸大学における建築環境学と設計課題の関係模式図

*1 東京工芸大学 工学部 工学科 非常勤講師 *2 東京工芸大学 工学部 建築学科 2021 年度卒業生

*3 東京工芸大学 工学部 工学科 建築コース講師
2022年3月24日 受理

3. 授業プログラムの概要とねらい

建築の実務においては、企業規模や専門分野（意匠・構造・設備など）ごとの利用状況にもよるが、BIMを設計ツールとして利用するだけでなく、コミュニケーションツールとして活用する場面が増えてきた。これは、CADとは異なるBIMの特徴の一つであるInformationモデルを活用した取り組み事例として近年注目されるようになったものである^{注4)}。

BIMのInformation活用とは、建物モデルへ付加した部材や材料の使用や性能情報、コスト情報、製造や施工に係る時間や空間情報等を上手く活用し、これらを設計情報として積極的に用いることである。しかし、大学教育においては、環境工学や建築法規、建築構法などを個別の授業として履修することはできるが、それらを総合的にまとめた授業である建築設計製図では、主に建築計画を主眼とした指導がなされており、実務で普及が進むBIMの活用を見据えた授業の取り組みは少ない（前出の建築学会アンケート結果²⁾より）。

国土交通省による建築BIM推進会議の設置や建設DX（デジタルトランスフォーメーション）の推進など、建設分野における今後の情報化の発展を見据えると、建物の材料や周辺環境のパラメータを持ち、Informationを活用するような新たな授業形態が必要であると筆者らは考える。そこで、本授業プログラムのねらいとして、表1に示す次の6項目を主眼においた授業プログラムを計画した。

表1 本授業プログラムの実施において重視した6項目

① BIMの世界の一端を体験する
② BIMをコミュニケーションツールとして活用する
③ 建築環境学に焦点をあてた設計とする
④ コンピュータシミュレーションにより、予測・評価を行う
⑤ ヒートアイランドポテンシャルにて定量的に評価する
⑥ 今まで学んできたCADやBIM、環境工学の知識を設計に生かす

① BIMの世界観の一端を体験する

BIMは、建築物に関するあらゆる情報をコンピュータ上の3次元建物モデルに集約し、これを建物データベースとして設計から施工、維持管理に至るプロジェクト全体で活用しようとするもの⁴⁾と定義される。BIMの世界観の一端を学生に体験させるため、設計案を2次元図面ではなくBIMの3次元モデルとして作成することを課題条件として設定した。BIMを利用することで、建物の空間情報に加えて部材の性能情報などの属性情報を設定する必要が生じ、これによって温熱環境シミュレーションなど様々な設計シミュレーションを行うことが可能となることを理解させる。また、ヒートマップなどビジュアルなアウトプットは、学生にとってもわかりやすく、設計課題の解決手段として有用である。（図2）。

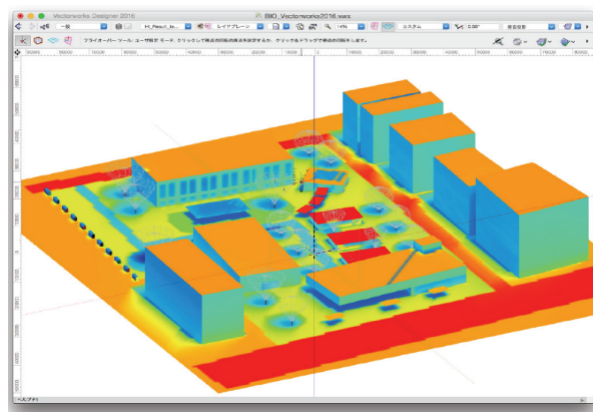


図2 THERMORenderにて計算した表面温度画像のアウトプット画面

② BIMをコミュニケーションツールとして活用する

BIMを活用した設計手法が、コミュニケーションツールとして有効であることを体験する。チーム作業やエスキースにおいて、言語情報よりも直感的に理解できることを体験し、プレゼンテーション能力の向上も狙う。また、BIMの3次元ビューイング機能を使いさまざまな角度から自らの設計案を観察することで、2次元の図面だけでは困難であるヒューマンスケールな視点でシミュレーション結果を分析することが可能となり、多くの発見や気づきが得られることを体験的に学習させる。

③ 建築環境学に焦点をあてた設計とする

本授業では、建物の配置計画を中心に行うこととし、限られた授業時間の中で、効率よくシミュレーションを実施できるように工夫をした。具体的には、建物の室内造作などの詳細なモデリング作業を課題に含めず、建築設計製図の授業として重要である設計行為に十分な時間を確保することができるよう、あらかじめ3次元の建物モデルを数種類用意しておき（図3）、これらを用いて魅力的なアウトドアリビング空間を設計するなど、設計行為に集中できるよう教材を工夫した。

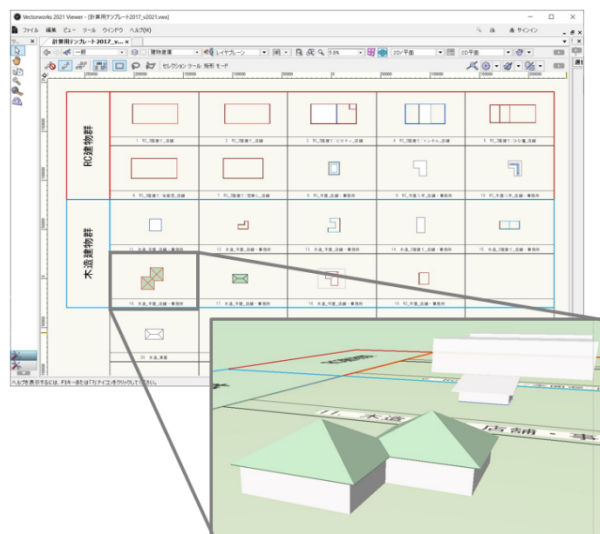


図3 本授業用に作成し配布した配置用建物モデルテンプレート

④ コンピュータシミュレーションにより、予測・評価を行う

コンピュータシミュレーションを用いて、すぐしやすく快適な場所（クールスポット）の予測・評価を数値的な根拠を持って行うことを課題条件として加えた。本授業プログラムで用いるシミュレーションツールでは、計算結果として建物や地表面の表面温度が表示されるが、これとは別に、平均放射温度<MRT>分布など複数の指標を用いて定量的な議論を行うことで、エスキース時に多面的な設計の議論が加速することを狙った。

⑤ ヒートアイランドポテンシャル^{注5)}にて定量的に評価する

④におけるコンピュータシミュレーションには、本授業プログラムで採用した温熱環境シミュレーション以外にも数多くの手法やツールが存在する。しかし、本授業プログラムでは、計画した計画地は、周囲に及ぼす環境負荷を小さくし、ヒートアイランドポテンシャル<HIP>の日変化にて定量的に評価する。計画した建物、敷地、街が周辺大気へどの程度熱的負荷を与えているか、またその負荷を小さくするためにはどのようにするのが良いか、設計において行った環境対策がどの程度負荷の低減に寄与しているかを定量指標にて確認することで、説明根拠を有する建築設計を行うことを体得させ、建築設計における環境工学の関与を理解させる。

⑥ 今まで学んできた CAD や BIM、環境工学の知識を設計に生かす

⑤により建物の評価手法を<HIP>に絞り込むことで、本授業プログラムにて予測・評価できる範囲は限られるが、1年次後期から2年次後期までに建築環境学で学習してきた（図1）、「音・光・色」や「空気環境」といった知識や技術を駆使し、本授業プログラムのシミュレーションにて評価できない範囲についても発表時やコミュニケーション時に積極的に活用することを説明し、授業時間だけの作業にとどまらず、他の授業や設計課題に関連付けて考えるよう促す。

4. 授業プログラムの構成と教材

本授業プログラムで用いるツールは、Vectorworks®とTHERMORender という市販ツールであり、大学のコンピュータ演習室にて容易に実施できることを想定した。各回の授業の内容は表2の通りであり、現行シラバスとの整合をはかった。設計課題は、教材として事前に配布する「計画敷地テンプレート BIM モデル」（図4）に設定されているものを用いることを想定したが、教員と学生間にて自由に決めることも可能であり、もし学生がシミュレーション操作に習熟していれば、他の設計製図課題などから自由に選定し、あるいは、図3で準備した建物テンプレート以外の自由な建物形状を作成して授業に取り組むことも可能

である。また、授業に用いる教材は表3の通り5種類の教材として事前に教員が作成した。

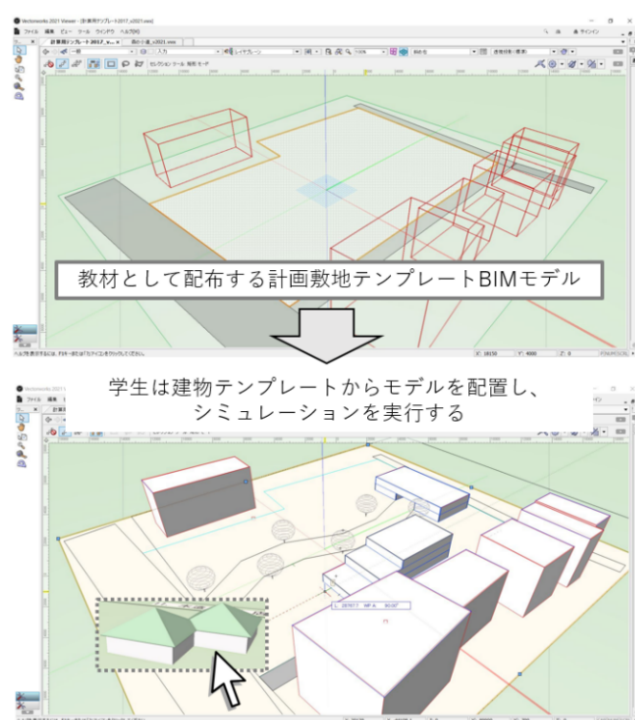


図4 敷地テンプレート BIM モデルと建物モデルの配置イメージ

表2 各回の授業概要

回数	授業のねらい	授業にて指導する項目
1回	環境負荷の小さい快適な街づくりを考える	①バイオクライマティックデザインと課題の説明 ②デザインの前に知っておくと良いことの説明
2回	設計を行う	①魅力的で活気に満ちた建築外部空間（オープンカフェ、店舗建物間の歩行・滞留空間など）を提案する ②そこにクールスポットをつくる ③クールスポットの予測・評価
3回	計算モデルの作成と熱収支シミュレーション結果を出力して読む	①3D-CADの設定をする ②熱収支シミュレーションの入力データを完成する ③熱収支シミュレーション結果を出力する ④取り込んだパッシブクーリング手法とからめて出力結果を読む
4回	エスキース I	①設計主旨 建築外部空間のイメージをまとめる ②クールスポットの予測・評価 ③1. デザインの見直し 2. MRT 3. HIP の日変化の確認
5回	エスキース II	①デザインの見直しをとりまとめる ②3D-CAD の作成、熱収支シミュレーション結果の再出力 ③クールスポットの確認
6回	プレゼンボード作成	①設計のコンセプト ②商業地の設計・計画 ③クールスポットの評価 ④建築外部空間と快適性
7回	発表・講評	①各班の発表(5～10分/班) ②ディスカッション(班を2組に分けて、各グループ A1 サイズ 2枚程度) ③総合討論および、講評は記録をとる

表 3. 授業プログラム用に作成した教材

	教材の名称	内容
A	デザインガイドブック	本授業を行うための教科書
B	知ってほしいこと	本授業を行うにあたり知っておくべき知識をまとめた資料（pdf 等の電子媒体）
C	モデリング設定ガイド	BIM やシミュレーションツールの簡単な設定や Q&A
D	BIM モデルテンプレート（敷地、建物データ）	シミュレーション用の建物や材料設定がなされた BIM モデルデータテンプレート
E	バイオクライマティクデザイン課題説明書	本授業プログラムの課題内容を示す資料 計画敷地の状況や、課題の趣旨説明、求めるアウトプットなどが書かれた資料で、学生になじみのある他の設計製図授業の課題説明書に倣った形式とした

教材 A：デザインガイドブック

デザインガイドブックは、本授業を行うための教科書の役割を担うよう作成し、「Bioclimatic Design 熱的に快適で環境負荷の小さい魅力的な街づくり-商業空間をモデルケースとして-」という冊子にまとめた^{注6)}。

本ガイドブックには、学生自身が気づきやヒントを自由に記入できるよう、余白やメモ欄を大きく取っており、授業後はそれぞれ学生達が作り上げた唯一の資料となるよう工夫した。表 4 は、デザインガイドブックの目次である。「3.各回の授業概要」では、設計を行う際に考慮することや授業時に何をすべきかなどの概要を記載した。また「4.各回の作業」では、シミュレーションにて入出力するデータや出力結果の見方など具体的な作業を記載した。

表 4 デザインガイドブック目次

	ページ
1. 建築設計製図「Bioclimatic Design」のねらい	1
・授業の進め方	2
・注意事項	3
2. 授業概要(1～7 回)	4
3. 各回の授業概要	
1 回 環境負荷の小さい快適な街づくりを考える	5
2 回 設計を行う（計算モデルの作成）	6
3 回 熱収支シミュレーション結果を出力して読む	7
4 回 エスキースⅠ	8
5 回 エスキースⅡ	9
6 回 発表会準備・パネルを作成	10
7 回 発表会・講評会	11
4. 各回の作業	
1 回 環境負荷の小さい快適な街づくりを考える	13
2 回 設計を行う（計算モデルの作成）	19
3 回 熱収支シミュレーション結果を出力して読む	22
4 回 エスキースⅠ	26
5 回 エスキースⅡ	28
6 回 発表会準備・パネルを作成	29
7 回 発表会・講評会	30

教材 B：知っておいてほしいこと

本授業に臨む学生が各自予習復習可能なように、バイオクライマティクデザインに関する必要知識を「知ってほしいこと」として用意した。本授業を受講する学生は、既に建築環境学を履修していることを前提（図 1）とするが、この教材 B に記載した内容は、バイオクライ

マティクデザインと関係が深く、空間や材料に関して、熱収支シミュレーションの重要な入力パラメータとなることは何か、またそれらが表面温度とどのような関係があるのかを良く理解してもらうためにまとめたものである。例えば、教材 A「デザインガイドブック」に、日射反射率の記述があった場合、そのリンク先として、教材 B「知ってほしいこと」のページ番号が記載されており、深く掘り下げた学習を可能としている。表 5 は教材 B の目次である。

表 5 教材 B「知ってほしいこと」目次

内容	ページ
1. 授業のねらい	
・授業の前と後で自分で勉強してほしいこと	
・教員へのコメント	
2. 大項目と小項目の対応表	
3. 項目の関連表	
4. 各項目の内容	
1. Bio-D1:バイオクライマティクデザイン	1
2. Bio-D2:バイオクライマティクデザイン	8
3. Bio-D3:バイオクライマティクデザイン	12
4. Bio-T1:具体的手法・基本事項	16
5. Bio-T2:具体的手法・基本事項	21
6. Bio-T3:具体的手法・基本事項	24
7. Bio-T4:具体的手法・基本事項	28
8. Cool-S1：クールスポット	36
9. Cool-S2：クールスポット	37
10. Cool-S3：クールスポット	45
11. Cool-S4：クールスポット	46
12. Green-1:緑化	51
13. Green-2:緑化	57
14. 環境評価-1：環境評価	58
15. 環境評価-2：環境評価	61
16. MRT：環境評価	63
17. T-Sym-1:熱収支シミュレーション	68
18. T-Sym-2:熱収支シミュレーション	
19. T-Sym-3:熱収支シミュレーション	75
20. 資料集成 1	77
21. 資料集成 2	79
5. 引用文献	

教材 C：モデリング設定ガイド

本教材には、シミュレーションを行う際の各種ツールの設定方法や操作手順を記載した。通常、シミュレーション作業を行う際は、ソフトウェアの専用マニュアル等を熟読する必要があるが、本授業プログラムでは、教材 D「BIM モデルテンプレート」を用意していることから、必要最小限の手順のみを記載している。また、計算時の不具合についても、代表的なものを記載し、回避方法やその考え方を記載しているが、本授業プログラムを複数回実施することにより、順次アップデートし内容を充実させていくことを想定している。

教材 D：BIM モデルテンプレート

今回使用した BIM およびシミュレーションツールでは、自由な形状の建物を作成し、シミュレーションを行うことも可能だが、本授業では、建物形状や用途を深く探求することは目的でない。また、デザインへのこだわりは、時間を忘れ没頭してしまいがちであるが、限られた授業時間を考慮すると、何らか事前の建物モデルを用

意しておく必要があると考えた。そこで、このテンプレートでは、RC 建物 10 棟、木造建物 9 棟、その他東屋等の建物モデルを計算用の BIM モデルテンプレートとして用意した (図 3)。これらの建物群から適当な建物を選択し、別レイヤに用意した敷地 BIM モデルデータ上に配置し (図 4)、教材 A および教材 C に記載された計算手順を踏むことで、一通りのシミュレーションが実行可能のように工夫している。

教材 E: バイオクライマティックデザイン課題説明書

本授業プログラムの課題趣旨を学生に説明するための説明書で、この課題が「客観的な指標を基に、環境配慮型建築物の計画と、商業施設としての合理性や妥当性を議論しながら設計を進める」主旨であることを説明した資料である (図 5)。



図 5 課題説明書 (上: 画面表示説明用 下: 配布用ペーパー)

この課題説明書で、本課題が「バイオクライマティックデザイン」を用いた設計課題であることを理解させ、同時に教材 B「知ってほしいこと」を使い、バイオクライマティックデザインについて自ら調べることを促す。また、本課題説明書で敷地周辺街区の広域図を示すことで、建築物は周辺街区を含めた環境を考慮して設計を進めることを説明し、敷地単独でのデザインに陥りがちな他の設計製図課題とは視座を変えた、地域の微気候を考慮することを説明し、バイオクライマティックデザインへの興味を誘うように誘導する。さらに、HIP (ヒートアイランドポテンシャル) や MRT (平均放射温度) の出力グラフ図やヒートマップ出力図を事前に見せることで、自分たちがどこに焦点を置いた設計をすべきかを明確にさせ、BIM やシミュレーションツールへの興味を引

き出すことを狙った。

5. 授業プログラムの実施

授業は表 2 のとおり全 7 回で完結するよう計画した。第 1 回～3 回は、バイオクライマティックデザイン手法の理解と併せシミュレーションツールの操作習得に充て、第 4 回～6 回のエスキース段階では、4～8 名程度の班に分かれグループ討議をしながら設計作業を進めた。そして、第 7 回の発表・講評でその成果をアウトプットするというスキームで、本授業プログラムを実施した。エスキース段階では、計画地と周辺敷地をプリントアウトした紙 (エスキースシート) に、手描きでスケッチをしながらアイディア出しを行うことを勧め、この授業が単なる PC 演習ではなく、設計教育として成立するよう工夫を行った。各班は、作成したエスキースシートを元に、シミュレーションデータを作成し、熱負荷計算を行い、シミュレーション結果から環境的に改善を要する箇所を読み解き、設計変更 (材料の変更や、建物の配置変更、緑化の再検討) を行う。また、プレゼンテーション資料には、表面温度画像、HIP グラフ、MRT 画像等の出力データを使った結果分析を必ず記述し、数値的な根拠を持った明確な説明ができるよう指導を行った。東京工芸大学は、PC 演習室にて一人 1 台のパソコンが割り当てられる環境を持つため、発表・講評では潤沢にあるモニターを利用して、ポスターセッションならぬモニターセッションを行った (図 6)。

モニターセッションは、学生同士が互いに作品に対して投票を行い、最も良い設計および提案を行った班を互選で決定する。その際、各班はモニターに発表スライドを表示しておき、学生が他班の設計内容が表示されたモニターに、付箋を貼る投票方法をとった。この方法を行うことにより、教員の視点で行う講評と、学生たちの目線で評価した作品との差異が縮まり、教員にとっても学生にとっても、公平かつ納得感の得られる評価を行うことができた⁵⁾。



図 6 発表およびモニターセッションの様子

6. 授業後アンケートによる効果検証

本授業終了後、履修学生に対しアンケートを実施した。アンケートは、本授業プログラムを開始した 2016 年と 3 年後の 2019 年、および 2021 年の計 3 回実施している。

アンケート項目は、本授業プログラムの理解度を問う設問とし、Q1～Q3 は 5 段階評価 (1.理解できない～5.理解できた) とし、Q4 は自由記述とした (表 6)。アンケートの質問事項は、3 回とも同じである。このうち、Q4 の自由記述部分については、学生の自由記述をデータ化し、テキス

トマイニング手法を用いて分析した。この分析には、KH Coder^{注7)}というフリーソフトウェアを利用した。KH Coderによるテキストマイニング手法では、テキストデータに数値化作業を加えることで、文字を定量的に分析することが可能となる。例えば、授業アンケートに含まれる「BIM」や「バイオフィリックデザイン」といった特定のキーワードを抽出し、このキーワードをKH Coderで出力される共起ネットワーク作成機能を用いて、そのキーワードが文章全体の中でどれくらい中心的位置を示すかということと比較するという方法で、今回のアンケート結果を分析した。なお、アンケートは学生による回答であることから、この分析には教員目線のバイアスがかからないよう、学生による集計および分析を実施した^{注1)、6)}。

表6 学生アンケートの項目

Q1	建築設計・計画と環境工学は密接に関わっていることが理解できたか
Q2	クールスポットの設計やヒートアイランド現象緩和に関する設計手法が理解できたか
Q3	表面温度を低減することは、建物や街区の快適性を向上させるために重要であることが理解できたか
Q4	本授業を受けた感想を自由に記入してください

6.1 授業プログラムの理解度 (Q1～Q3)

アンケート結果のうち、Q1～Q3の授業プログラムの理解度に関する結果は、実施した3回で大きな変化は見られなかった。2016年を例としてみると、Q1は、2年次までに学習してきた建築環境学の知識を活かして建築設計ができたかを問うものであるが、評価4および5と回答した学生が70%となり、本授業プログラムの狙いが有効に機能したことが確認できた。Q2およびQ3は、バイオフィリックデザインの理解度を確認する設問であるが、Q2で70%、Q3で74%の学生が評価4および5と回答しており、この授業プログラムが学生にとって理解しやすいものであったことが確認できる(図7)。

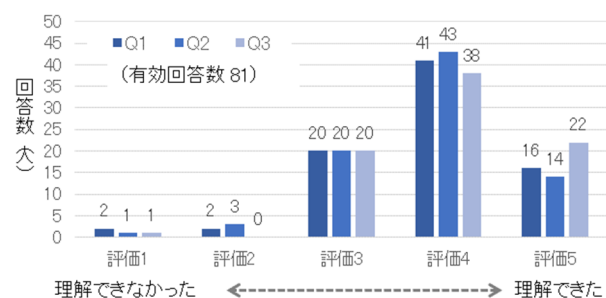


図7 授業評価アンケート Q1～Q3の集計結果 (2016年)

6.2 自由記述のテキストマイニング分析 (Q4)

Q1～Q3までの設問とは異なり、Q4の自由記述欄は、学生が自身の言葉で本授業プログラムに対する意見や感想を自由に記述してもらう項目である。Q4は数値集計による分析ができないため、一つひとつの意見に目を

通す必要がある。自由記述欄にはさまざまな意見が寄せられたが、定量的な分析のため、まずは記述内容を大まかに分類することから始めた。具体的には、記載された文章から単語としてキーワードを抜き取り、それを3つのカテゴリーに分けた(表7)。

表7 学生アンケート記述内容のキーワード抽出とカテゴリー分け

①	授業内容	計画・授業・設計・環境・シミュレーション・ヒートアイランド現象・素材・温度・サーモレンダー・将来・クールスポット・ベクターワークス・BIM・快適・バイオフィリックデザイン
②	授業の進め方	チーム・プレゼン・授業方針
③	機器類	ソフト・パソコン

次に、これをKH Coderによるテキストマイニング手法を用いて分析した。分析は共起ネットワークを用いて、出現パターンの似通った語を線で結び、その共起関係を線で結んだ図として作成した(図8)。

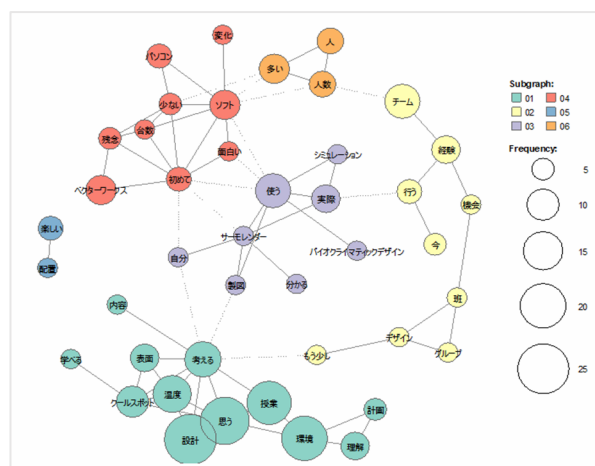


図8 Q4のアンケート結果から作成した共起ネットワーク図 (2016年)

この共起ネットワーク図を見ると、線で結ばれた語からは学生が記述したであろう文章を推察することができる。例えば、「設計」「温度」「表面」「クールスポット」の4つの語からは、「表面温度に注意しながら設計するとクールスポットを設けることができる」というような文章が完成する。実際に学生が記載した文章にも同じような内容が書かれていたので、共起ネットワーク図にて線で結ばれた語は関連する語であることが確認できる。この方法を用いて2016年の学生の意見を推察すると、「ソフト」「パソコン」「台数」「少ない」「残念」という語が繋がっていることから、2016年はシミュレーションツールが利用できるPC環境が整っていなかったことが読み取れる。同様に、「人数」「多い」「チーム」などの語からは、1チームの人数が多く、シミュレーションツールを利用する際に上手く分担できずにソフトに触れることができなかった学生が一定数いたと想像できる。しかし、チームを組み、設計を行うことは本授業が初めてだったため、良い経験になったと捉える学生も見受け

られ、本授業プログラムの実施には、チーム編成やその人数に工夫をすべき点が抽出された。

次に 2019 年の結果を同様に分析する（図 9）。

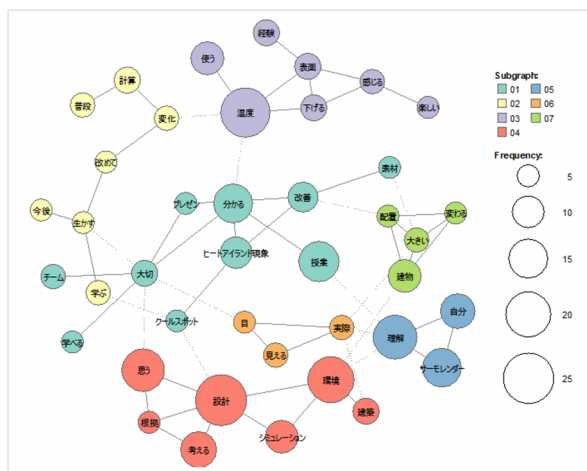


図9 Q4のアンケート結果から作成した共起ネットワーク図(2019年)

2019 年は前回の結果と異なり、「設計」「環境」「シミュレーション」といった、本授業プログラムの実施目的として結びついてほしい語が多く出現しており、それらが線で繋がっているという結果となった。環境問題について事前に学習し、それらを考慮しながらシミュレーションを行うことで、より具体的な環境建築設計をイメージし易くなったことが推察される。その一方で、2016 年に頻出していた「残念」や「少ない」などのネガティブと捉えられるような語が見られない。これは、2016 年からの 3 年間で授業の改善が行われた結果と考えられる。

また、2019 年は、2016 年に比べて学生の理解度も向上し授業も円滑に実行でき、学生は本授業プログラムを通して“設計”と“環境”を結びつけて考えられるようになったことがこの結果から読み取れる。学生がBIMやシミュレーションツール使って、実際には目に見えない温度などの環境変化を可視化して体験をすることが、本授業プログラム実施上のキーポイントになるのだという結果が得られた。さらに、直近となる 2021 年の結果からは、3 つの発見が得られた（図 10）。

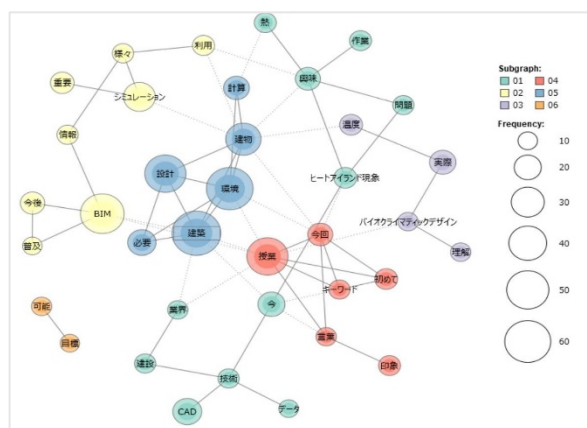


図 10 Q4 のアンケート結果から作成した共起ネットワーク図(2021 年)

っていることから、実際に演習課題としてバイオクライマティックデザイン体験的に学ぶことで、建物やその周辺環境について学ぶための授業だと学生が認識し、座学での講義と比較して理解が深まっているのだということが読み取れる。次に、「建物」というキーワードを介して「環境」と「シミュレーション」が繋がっていることから、建物を設計するうえで、環境シミュレーションが重要な要素の一つであり、今後はこうした環境建築設計が必要になってくると、学生がこれまでよりも強く考えるようになったということが読み取れる。しかし、「設計」「環境」と「バイオクライマティックデザイン」の語がキーワードとして挙がってはいるが、それらの繋がりが見られなかった。これは、「設計」と「デザイン」が同義語として捉えられていない可能性が推察でき、今後の授業プログラム改良の参考になる結果を得られた。

7. まとめ

本研究は、環境建築設計分野における大学教育の在り方について、バイオクライマティックデザインという一つの授業プログラムを通して行ったものである。教員目線による授業コンテンツの作成およびその実施と、実施後の授業評価を学生目線で定量的に分析⁷⁾することで、立場の異なる視点から建築環境教育に関する問題点を抽出し、その解決策の提案を教員と学生が共同して行ったものである。

これまで建築環境教育と建築設計教育を体系的につなぐ授業の実績は少なく、少数の実験的な取組みが公表される⁸⁾にとどまっていた。今回その解決を図るため、実務での普及が進む **BIM** およびシミュレーションツールに着目し、バイオクライマティックデザイン手法を採用した教材を整備し、授業プログラムとして実施した。

授業後に実施したアンケートの結果からは、本授業プログラムが環境建築設計という分野の理解については有効に機能することが確認された。また、学生目線におけるアンケートの分析結果からは、建築環境設計が学生の知識あるいは記憶として定着するためには、BIM やシミュレーションツールによる環境要素の可視化技術が有効であり、目に見える「建物」と目に見えない「温度」などの設計要素を関連付けて理解させることが効果的であることも分かった。学生が自ら建築環境設計に興味を持って学習を進めていくためには、こうした先進的なツールの利用に加えて、授業時における教員と学生との対話、すなわち十分なエスキース時間の確保も必要となるであろう。

今回の分析結果を踏まえ、授業プログラムのさらなる工夫とともに学生との対話を深め、本授業プログラムで実施したバイオクライマティックデザインなどの環境建築設計の知識が、GX（グリーン・デジタルトランスフォーメーション）と呼ばれる環境共生時代を生きるための知識として定着し、建築業界で実務者として活躍が期待される学生たちの糧となることを期待し、引き続き本研究を行っていききたい。

注釈

注 1) 「6. 授業後アンケートによる効果検証」は、管野 茉佑の卒業論文「建築情報処理Ⅱの授業でのアンケートをもとにした環境建築設計教育の在り方に関する研究」(2022.03)⁷⁾の結果をもとに分析している。

注 2) 工学部再編前の 2018 年までの入学者は、建築情報処理Ⅰ・同演習を 1 年次後期に履修するカリキュラムとなっていた。

注 3) 工学部再編前の 2018 年までの入学者は、1 年次前期より建築設計製図の「作図」が始まり、3 年次前期に「地域や都市」などを履修するカリキュラムとなっていた。

注 4) 国土交通省が主催する建築 BIM 推進会議（委員長：松村秀一 東京大学特任教授）において、BIM を活用した建築生産・維持管理プロセス円滑化モデル事業（通称「BIM モデル事業」）が実施された。この事業の令和 2 年度成果報告会（令和 3 年 4 月 27 日開催）における採択 8 事業者および連携 14 事業者のプレゼンテーションにて、BIM がコミュニケーションツールとして有用である旨の報告が複数なされている。

国土交通省建築 BIM 推進会議 Web サイト

(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/kenchikuBIMsuishinkaigi.html>)

令和 2 年度モデル事業・連携事業検証結果報告書(令和 3 年 3 月 23 日公開)

https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_fr_000119.html

注 5) ヒートアイラントポテンシャル (HIP) は、梅干野らが提案した指標であり⁷⁾、街区または敷地内の全ての面から大気側に対してどの程度顕熱負荷を与えうるかを、数値解析より求められた表面温度から直接求めることができる。また、学生など専門家以外の人々にもわかりやすいように温度の次元で示したものである。HIP は、敷地や街区が周囲に及ぼす環境影響を表す指標として提案されたもので、建物や地面など全ての表面から発生する顕熱の敷地または街区面積に対する割合として、下式により定義される。

$$HIP [^{\circ}\text{C}] = \frac{\int_{\text{all_surfaces}} (T_s - T_a) dS}{A}$$

T_s : 表面温度 [$^{\circ}\text{C}$] T_a : 外気温 [$^{\circ}\text{C}$]

dS : 微小表面積 [m^2] A : 敷地または街区面積 [m^2]

注 6) 本授業で用いたガイドブック「Bioclimatic Design 熱的に快適で環境負荷の小さい魅力的な街づくり-商業空間をモデルケースとして-」は、エーアンドエー株式会社にて制作された学習用テキストである。編著：梅干野 晃，高田 真人，竹口 太郎，中大窪 千晶，円井 基史，森谷 靖彦

注 7) KH Coder は、計量テキスト分析もしくはテキストマイニングのためのフリーソフトウェアである。KH Coder の著作権は樋口耕一氏が保持している。今回利用した KH

Coder の入手元は (<https://kncoder.net/>) である。

KH Coder を利用した分析では、テキストデータ内で、ある語と他の語が一緒に出現することを共起といい、共起する語を線で結んだものを共起ネットワークと呼ぶ。

KH Coder の共起ネットワーク作成機能では、出現パターンの似通った語、すなわち共起の程度が強いキーワードを線で結んだ共起ネットワークを描くことができる。このとき、共起ネットワークは、中心性に基づいたキーワードの出現頻度や、あるキーワードと別のキーワードとの結びつきの程度に応じて、円の大きさや色、あるいは円を結ぶ線の太さによって その関係性が表される。ただし、この共起ネットワークでは、線で結ばれているかどうかは重要であり、キーワードどうしが単に近くに付置されているだけで、それが線で結ばれていなければ、そのキーワード間に共起関係はない点に注意が必要であるとされる。(KH Coder ユーザーマニュアルおよび同ツールの Web サイトから要約した)

参考文献

- 1) 国土交通省，“建築分野における BIM の活用・普及状況の実態調査 確定値”（令和 3 年 1 月国土交通省調べ）（<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001395118.pdf>），2022.3.20
- 2) 第 44 回情報システム利用技術シンポジウム「建築 DX に向けた教育」資料“2021 年度建築情報教育の実態調査アンケート報告書”，日本建築学会情報システム技術委員会建築情報教育小委員会(主査:下川雄一(金沢工業大学)，委員:森谷靖彦(東京工芸大学)ほか)，日本建築学会，pp.20-46，2021.12
- 3) 第 49 回熱シンポジウム「人の環境行動をひきだすバイオクライマティックデザイン」，日本建築学会環境工学委員会熱環境運営委員会，2019.10
- 4) BIM 教育研究会編著“建築・BIM の教科書”，日刊建設通信新聞社刊，pp.011-016，2020.8.5
- 5) 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.366-369，2019.12
- 6) 管野 茉佑，“建築情報処理Ⅱの授業でのアンケートをもとにした環境建築設計教育の在り方に関する研究”，東京工芸大学卒業論文，2022.03
- 7) 梅干野晃，浅輪貴史，中大窪千晶，“3D-CAD と屋外熱環境シミュレーションを一体化した環境設計ツール”，日本建築学会技術報告集，Vol.10, No.20, pp.195-198，2004.12
- 8) 中大窪千晶，梅干野晃，円井基史:，“熱環境設計教育の基本的な考え方と授業プログラムの提案 -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 その 1-”，平成 22 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集，pp.366-367，2010.8