

研究課題	建築空間認識のための ICT を活用した教材研究
副題	～計画、構造設計、施工の建築 3 科目を通して～
キーワード	空間 イメージ 可視化・視覚化 座学
学校/団体名	静岡県立浜松工業高等学校
所在地	〒433-8567 静岡県浜松市北区初生町 1150 番地
ホームページ	<a href="https://www.hamako-ths.ed.jp/">https://www.hamako-ths.ed.jp/</a>

## 1. 研究の背景

生活の器としての建築は、そこに主役として存在する人間が 3 次元の空間と関わることで成り立つ。その空間は常に 3 次元の広がりを持っており、建築を学ぶ人間はこれを意識し、2 次元の平面である紙の上に 3 次元の空間を表現する技法を求められる。単に建築に興味があるだけでは 2 次元の図像から 3 次元の空間を創り出すことは容易ではない。その空間をイメージでき、また表現できることが望まれる。しかし近年建築科に入学してくる生徒の多くを観察していると、建築に興味関心はあるものの 3 次元のイメージ感覚が乏しいと感じることが多い。平面図や立面図に加えて、プリントや黒板に描かれた一視点の静止画像を板書したり軸測投影法であるアイソメトリックやアクソノメトリックを描いたりして理解の一助としているが、それでも十分な理解の程度に至らないことがある。有名建築家が設計した建築物を平面図、立面図、断面図で理解するときに 2 次元の情報から 3 次元をイメージできることが重要であるように、空間把握は建築を学ぶ上で必要不可欠な要素であり、その理解能力なくして自由設計はできない。このような状況から空間把握に対する調査・研究を行うこととした。

## 2. 研究の目的

本研究は、建築を志して入学してきた生徒の空間認識の程度を把握し、空間理解を向上させるための教材開発を目的としている。新学習指導要領では「何ができるようになるか」が明確化される。建築を学ぶ生徒にとって空間理解は必須項目である。3 次元の空間イメージは単に「図学」だけに留まらない。建物を構成する部材がどのように組み合わせられているのかを学習する「構造」や建物がどのような仕組み手順で出来上がっていくかを学ぶ「施工」にも影響する。実習では模型や実寸の機材を使って指導するが、その時は意識しなくとも目に見えている状況を理解することで、積極的に関わった生徒の方が、記憶が良いだけでなく応用も効くことはわかっている。そこで実習ではなく座学において、効果的に空間をイメージする方法を考える必要があった。黒板に板書し、プリントを配布しても生徒は常に 2 次元のものとしてしか扱わないし扱えない。そこで 2 次元資料だけでなく PC で CAD を利用し、画像を見せる等 ICT を活用することで空間認識の理解度を考察し、それを高めるような教材を開発する。

## 3. 研究の経過

これまで座学では、基本的には 2 次元資料がほとんどで、そこに補助的に軸測投影法による作図で空間理解を深めてきた。本研究では学年別の座学、計画（対象学年 1 年）、構造設計：本

研究では力の流れを可視化することも空間理解ととらえる（同2年）、施工：本研究では躯体に限らず空間を構成する部位が出来上がる過程を空間理解ととらえる（同3年）の3教科を事例に、ICT活用前の状況（板書や写真）と利用後の状況（計画ではCAD、構造設計では力学ソフト、施工では動画）を比較し、定期的なヒヤリングや記入調査を行った。過去の座学におけるICT利用の状況や空間認識に関する状況を把握するために、建築科の卒業生6学年（計245人）を対象としたアンケート調査も行った（182人回答：回答率74%）。事前調査としては、進級、卒業前に各学年に対し、座学における空間認識把握をヒヤリングした。以上をまとめたものが表1で、ここには関連する実習系の発表も含めている。

表1－研究の経過

①時期	②取り組み内容	③評価のための記録
2月	事前調査	生徒へのヒヤリング
通年	計画・構造設計の学習計画に従い、毎時の学習内容に関する生徒の「空間認識」に対する実態把握	毎時、振り返りシートに記入
8月	中学生1日体験：3年生課題研究発表	参加者からのコメント
10月	計画：空間認識に役立つものは何か（作文）	提出レポート
12月	構造設計：既存建築物における構造的特徴（作文）	提出レポート
12月	建築科卒業生245人への「空間認識」に関するアンケート調査（令和4年12月実施：回答率74%）	回答数182
12月	SSH(スーパーサイエンスハイスクール)成果発表会	参加者からのコメント
1月	建築科課題研究発表会	1・2年生のコメント
1月	施工：部分詳細作図（試験対策）	試験
2月	計画：空間を認識したとを感じる時はいつか（作文）	提出レポート

(1)計画：「第2章－住宅の計画」のプランニングでは平面図・立面図・断面図から高さ方向を想定して、空間を考えさせる。また、各室の連続性や室内外の連続性等にも着目する。その際、有名建築家設計の住宅を通して空間構成の違いを考える一助とする。

(2)構造設計：「第1章－構造物に働く力」では、荷重の種類が固定、積載、積雪、風圧力、地震力等と理解されていても、実際に建物にどのように影響を与えているのかはわからない。風圧力や地震力等の高額なソフトではなく、基本的な外力（固定荷重や積載荷重）に注目する。建物が地上に立っている姿を見た生徒にはどのような力関係があるかは理解しがたい状況であるが、ソフト導入により容易に見えない力を意識し、力学的な判断力や直感力を養成させる。

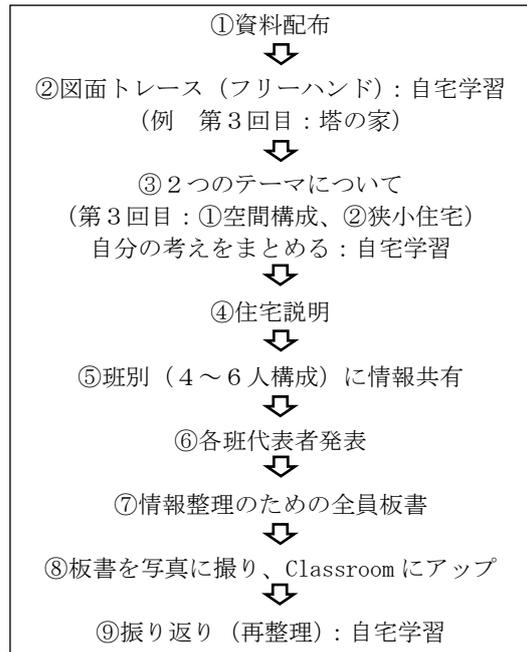
「第2章－静定構造物の部材に生じる力」では、梁、ラーメン、トラスにおいて、それらの外力が各部材に与えられたときにどのように変形するかを視覚的にとらえられるようにする。

(3)施工：「第6章－鋼構造の工事」の各種工事では、実際の流れは概略理解できてもこまごまとした流れは写真だけではイメージしにくい内容である。施工の専門用語さえも十分に理解できるわけではない。そうした工程や用語の理解も視覚的資料で補えるものの、そこに新たに動画を持ち込むことにより、より一層理解を助けるものとする。

#### 4. 代表的な実践

(1)計画：この授業では有名建築家が設計した住宅を素材として、表2の作業工程で進めた(図1)。①住宅概要、平面図、立面図、断面図(図面は全て縮尺 1/200 で統一)、作家の他の作品・書籍に加え、数枚の写真を B5 サイズ1枚の資料として配布する。②生徒は A4 サイズのノートの左側に配布資料を貼り、自宅で右側に図面をフリーハンドでトレースし、③2つのテーマに従って自分の考えをまとめる。④授業では ICT 機器を使用し、住宅図面や写真を見せながら設計者の意図、考え方、その当時の社会状況等を説明する。説明後、生徒は一度考えを整理すると、⑤班別(9班構成)になって、自分の考えを班員に説明し情報共有を行う。⑥代表者を決めて、テーマ別に4班又は5班が約1分程度で班内の内容として発表する。この時、発表者と自分がまとめたものを比較することに注意を向ける。⑦情報整理として全員がテーマ毎に板書する。発表者のプレゼンから抜け落ちた部分も含め、班員協力のもとで整理していく。⑧教科委員が板書後の黒板を写真に撮り、Google Classroom 内に設けた「建築計画」に写真をアップし、⑨生徒は再度それを参考にノートにまとめる。

表2 一連の作業工程



⑦情報整理として全員がテーマ毎に板書する。発表者のプレゼンから抜け落ちた部分も含め、班員協力のもとで整理していく。⑧教科委員が板書後の黒板を写真に撮り、Google Classroom 内に設けた「建築計画」に写真をアップし、⑨生徒は再度それを参考にノートにまとめる。



図1 一作業工程 左：端末利用による再整理、中：各班代表者発表、 右：情報整理のための全員板書

(2)構造設計：物体の状態に変化を起こさせる働きを力という。この定義は明確でも、力は見えないのでベクトル量で可視化して考える。しかしこれは二次元の世界であるため一部の生徒はまだこの時点でも戸惑う。そこで教材としてある一定の長さの角材を用いて、その中央に重りを載せると、その角材の中央がたわむのを観察することにより「力」を認識できる。これまで構造ソフトを利用した授業はなかったため、ソフト導入によって「力」を視覚化することにより、建物が構造的に建つ意味を理解することが容易になるものと考えた(図2)。座学の授業は、とにかく理論だけが先行し、構造設計ができることが優先されがちである。しかし構造設計では計算できただけでなく、建築物がどのような力の流れを持って安定した姿でいられるかを感覚的に理解することも必要であり、このソフトは効果があった。しかし、単純梁からラーメン構造へと構造モデル

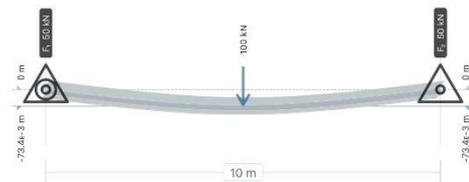


図2 荷重の有無：力のかかり方

が進むと、このソフトによる指導では限界があることも明らかとなった。

(3) 施工：枠組足場のように標準化された部材であれば、組立・解体が容易であるように、足場の組立もイメージしやすい。ところが各種工事の部材接合は、教科書では理解しやすいように多くの写真・図版を用いて説明しているが、静止画像であるために作業手順があいまいになる。この点動画はいいツールとなる。建築施工に対する作業手順を資料提示や板書だけでなく、最終的に項目のまとめとして一連の工程を動画で流すことにより一気に理解を深められる（図3）。建設途中の現場見学は部材の納まりを視覚的に整理する際に大変効果的である。



図3－鉄骨建て方：一連の工程を動画として流す

## 5. 研究の成果

3科目について整理すると以下のようになる。

(1) 計画：取り扱う住宅の説明後にトレースをさせ、テーマに従って考えをまとめさせたが、そうすると空間理解が偏ることが判明した。そこで順序を変えた。考える手順を示した上で、まず自分がその図面からどのように空間をとらえているかを考えさせ記述させた。空間認識のとらえ方は人によって様々で異なる。自分の考えを班の中で示すことによって他者の考え方と同じであったり異なっていたりすることが明らかになる。つまり気づきを得ることが多くなった。空間認識の弱い生徒が実はその住宅が持つ特性を違った表現で言い表すこともあった。CADソフトを利用した高さ方向の変化による空間変化の認識（図4）は、以前は単に高さが変わっただけという見方しかしなかったが、いろいろな図面をトレースし、空間の捉え方を情報



図4－住宅内部

共有していくと、そこに生徒自身はその空間にいるような意識を持たせることができた。面白い空間を作り出し、言葉で表現し、設計競技等で入賞したものもいた（表3）。当然のことながら、イメージした空間の創出・表現方法は偶然の出来事かもしれないが、空間を意識させることで、早期に空間認識力を育み、レベル向上を図れるというのが実感である。

(2) 構造設計：構造物に働く様々な力を、教材を利用して感覚的にとらえさせたが、可視化するまでには至らなかった。実際に手で触って感じられる教材は限られ、力のつり合いのように、遊具シーソーや綱引きをはじめとした生活環境の中で実体験しているものであれば具体例を示すことで容易に理解はできても「構造物」に対しては限度がある。構造ソフトに代わる教具・教材を利用した動画作成が今後必要になってくる。ただ、生徒の中には「計算の面白さだけで

はなく、建築物がどのような力の流れを持って安定した姿でいられるかを考えることが楽しい」という意見を振り返りシートに記入するものもおり、少数ではあるが一定の成果はあった。

(3)施工：教科書に掲載されている施工手順の写真に加えて、動画を見せることで全体の流れを把握させることができた。特に接合部の詳細は、平面上では理解しても3次元の部材がどのように組み合わさるかは容易には理解できない。平面図や側面図等から部材を組み立てることになるが、動画はそこを効率よく示してくれる。インターネット上で配信されている動画データの蓄積はまだ充分ではないが、施工業者の支援で各種工事のデータを一部利用させていただくことで、これまで認識できなかった施工手順や部材の取り合いを理解させることはできた。

一方、卒業生へのアンケート調査では以下の点が明らかになった。高校卒業後から現在までの間に建築系の仕事に従事している85%の回答者は、空間認識能力が向上していると回答した。残り15%は向上していないと回答した。多くが建築系の仕事に従事していないため、空間を意識する機会が少ないからと判断したようである。しかし、「高校在学時の授業において、空間を理解するために役に立ったもの、有効であったと考えるものは何か」という問いに対して、建築系以外の職種で働く生徒でも、「計画」で実際の空間を画像で見たこと、トレースしてクラスの仲間と情報を共有したこと、「構造設計」で模型を使って力の流れを示されたこと、「施工」で作業工程を板書すると共に動画を併用したこと等を挙げている。どれもが空間の視覚化と関わる内容であり、生徒は漠然とでも空間をイメージできたのだろう。

上記の結果により、ICT機器を利用すれば、より早い段階で空間を認識できることは明らかであり、建築教育に効果的であり、有効であることを示すものと考えられる。従ってこれまでの科目ごとの取り組みをベースに整理すれば、座学による空間認識の理解を向上させるための教材は、完璧とは言わないまでも完成する。

表3 建築科生徒の入賞設計競技等（建築研究部員を除く延べ24人）

主催者・テーマ	賞	学年
公益社団法人インテリア産業協会「住まいのインテリアコーディネーションコンテスト」『わくわくするようなリビング空間』	優秀賞	3
星槎道都大学『農業をはじめのひとたちの家を設計してください』	佳作	3
	奨励賞	3
国土交通省／建設産業人材確保・育成推進協議会『高校生の作文コンクール』	国土交通大臣賞	1
	優秀賞	3
日本工業大学『その土地に開いて/閉じる ワンルーム』	審査員賞	3
岐阜女子大学「リフォーム・デザイン案コンテスト」	奨励賞	1
愛知産業大学 B部門 「建築家作品の鉛筆描きによるトレース」	佳作：2点	2
	奨励賞：4点	2
静岡県建築士事務所協会『〇〇のための家』	優秀賞	3
静岡県建設業協会「私の街をこうしたい」	努力賞：4点	1
東日本建築教育研究会「全国高校生製図コンクール」	入賞	1
	奨励賞	1
学校法人河合塾学園 トライデント デザイン専門学校 デザインコンテスト(インテリア部門)	校長賞	2
	審査員賞	2
	トライデント賞2点	2

尚、建築研究部は延べ37人が入賞している。(データは2月16日現在)

## 6. 今後の課題・展望

今年度入学した1年生は12月中旬より一人一台端末を使用している。今後はICT機器の利用により、より効果的に空間を認識できる指導が期待できる。教材を開発するという視点に立つと、動画は重要である。構造設計では、簡易的教具を利用して説明すると力の作用が目の前の作業を通して視覚的に意識できるために理解が早いことは分かっている。力の可視化、その流れをイメージ化することが一部の生徒には有効であったことは確かであり、そのことを踏まえつつ今後は動画を作成し、それを教材とすることが必要である。施工も同様で、ICTを活用することで空間認識まで到達することが明らかとなった。しかし工事の工程や部材の取り合いをはっきりと示した画像がない場合がある。ここでも教材の開発は必須である。

しかし、2極化する懸念もある。端末を利用して深い学びに向かう生徒がいる反面、本来の目的から逸脱する生徒が出てくるかもしれない。教員には常に明確な目的と使用方法の提示が必要になる。そして最も考慮しなければならないのは、図学的素養や空間認識力が乏しい生徒であっても、CADソフトを導入することにより平面図や立面図を入力すると3次元の空間が出来上がることである。空間や形を意識しなくてもそこに空間が出来上がる。計画で作業手順を変えたことにより効果があったように、空間をイメージする力を育てるものとしてのCADを考えなければならない。イメージさせることを停止させない工夫が求められる。

## 7. おわりに

本研究では座学3科目を通して研究を進めたが、空間認識・理解は座学だけにとどまらない。実習や製図からも得られる。すべてが連動している。時には国語や数学等の普通教科が関係することもある。日常生活している住宅の各室であったり、通学途中の場所であったり、意識をすればどこでも空間と関わる。学習活動の中で意識させることの必要性も大いに感じた。

生徒は、設計競技や作文コンクール等でイメージを絵にしたり言葉にしたりして、建築を表現している。その多くは表3のように表彰された。ICTを活用した指導はまだ十分とは言えないが、空間というものを無意識のうちに認識する訓練を施せば、視覚的、聴覚的に空間を認知できることは確かであり、ツールとしてのICT機器が有効であることは実証された。今後も生徒の空間理解を支援できるような改善（指導方法、操作方法等）を図りたい。

最後にこの貴重な研究機会を作るきっかけをいただいたパナソニック教育財団、学校訪問に際してご対応いただいた岡山県立岡山工業高等学校建築科の藤原輝之、新田一真両先生、そしてご支援いただいた施工業者の方々に心より感謝申し上げたい。

## 8. 参考文献

- ① 比護智洋 (2012) 「空間認識力を育む教材に関する研究」新潟大学教育学部数学教室『数学教育研究』第47巻第1号146-165
- ② 松本年史, 戸田泰男 (2018) 「大学教育におけるICT技術活用の可能性と提案: 建築・デザイン分野を中心に」共立女子大学・共立女子短期大学総合文化研究所紀要24巻
- ③ 実践研究助成データベース <https://www.pef.or.jp/db/> (2023年2月26日最終参照)