

# 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—

松本 年史 戸田 泰男

## 1) はじめに

現代の日本社会における少子高齢化やグローバル化といった社会変化は、これからの大学に大きな変革を求めている。一方で日本の大学への進学率は50%を超え、大学教育の段階が「マス段階」から「ユニバーサル段階」へと移行した結果、これまでの限られた人のための教育から、広く国民全体をターゲットにした教育に代わることが求められ、大学教育の在り方を抜本的に見直す時期に来ているということが出来る。こうした社会状況の中で、インターネットを中心とした情報通信技術の発達や、スマートフォンやコンピュータ、タブレットなどの情報機器の急速な普及は、インターネットを核としたIT、ICT、IOTといったデジタル情報技術を発展させ、教育分野においてもこれらの先進技術を積極的に活用した教育システムの構築と導入が早急に検討していかなければならない課題となっている。文部科学省も「教育の情報化ビジョン」の中で、情報通信技術を最大限活用した21世紀にふさわしい学びと学校のありかたを提言している。

共立女子大学でも社会変化に呼応した入試改革、教育改革をこれまでも実施してきたが、入学してくる学生の大学に対する意識が大きく変化している状況の中で、さらなる教育改革が必要になっていると考える。最近の学生のノートパソコンやスマートフォン、タブレットといった情報通信端末の所有は飛躍的に伸びており、日常的にこれらの機器を大学内で使用している状況を目にするが、大学教育の中ではそれらの機器を積極的に活用し、学習効果の向上に向けて活用している取り組みはまだほとんど行われていないのが現状ではないだろうか。このような状況の中で、本学でもユニバーサル段階に入った大学教育の在り方を再検証し、より教育効果を高めていく方法を考えていくうえで、デジタル情報技術と情報機器端末を取り入れた「ICT 技術」の大学教育への導入と活用が重要であると考ええる。

他の学科とは異なり、建築・デザイン分野の教育では表現手段として画像や映像を使用することが不可欠であり、その制作と情報の共有、伝達をどのように行うかが教育的課題である。ノートパソコンやスマートフォンといった情報機器端末とインターネットなどの情報伝達手段の発達は、この分野でも新しい可能性を生み出しつつあり、ICT 技術の導入によるデジタル処理技術の活用により、新しいデザイン教育の可能性を広げていくことが期待される。

本研究は、建築・デザイン分野を中心に、これからの大学教育における ICT 技術の活用の可能

性について研究し、これからの授業に反映させる可能性を提案する。

## 2) 大学を取り巻く社会状況の変化と教育の課題

大学などの高等教育機関の果たす役割について文部科学省の中央教育審議会報告<sup>(※21)</sup>では、

- ①社会の各分野で活躍できる優れた人材の養成・確保
- ②未来を拓く新しい知の創造
- ③文化創造への積極的貢献など社会の発展を支えていく中心的な役割を果たすこと

を挙げている。

また学部段階等においては、

- ①主体的に変化に対応し、
- ②自ら将来の課題を探索し、
- ③その課題に対して幅広い視野から柔軟かつ総合的な判断を下すことのできる力である「課題探索能力」を育成し、
- ④専門的素養のある人材として活躍できる基礎的能力等を培うこと

が求められるとしている。

一方でこれらの教育目標を達成していくためには、大学を取り巻く環境の変化を適切に把握し、今後の対策を立てていく必要がある。「我が国の高等教育の将来像（審議の概要）/ 文部科学省」<sup>(※22)</sup>の中で「高等教育を取り巻く環境の変化と今後の見通し」として、

- ①18歳人口の動向等
- ②社会人、外国人留学生、パートタイム学生等の増大
- ③情報通信技術の発達
- ④高等教育の国際化の進展

を挙げている。この内容は、①②が少子化問題、③がICT関連問題、④がグローバル化の問題と考えることが出来る。これらの大学が置かれた環境変化について、教育の対応と変革を考えていくことが求められている。

### 2.1) 少子高齢化と教育の課題

大学が直面している状況変化のひとつとして少子高齢化問題を挙げることが出来る。日本の人口は近年まではほぼ一貫して増加し続けてきたが、人口置換水準を維持するための必要合計特殊出生率(2.08)を昭和50年に割り込んで以来、人口減少が続いている。

特に少子化進行の影響については、大学を受験する18歳人口は、平成21～32年頃まではほぼ横ばいで推移しているが、平成33年以降は減少することが予測されている。(表2.1) 一方平成21年には、大学・短大の収容力(入学者数を全志願者数で除したもの)は100%に達し、大学進学希望者はどこかの大学・短大に必ず入学可能な状況となった。平成10年の文部科学省の中央教育審議会報告<sup>(※23)</sup>では、様々な要因(核家族化や都市化、情報化など)が絡み合っているとしながらも、少

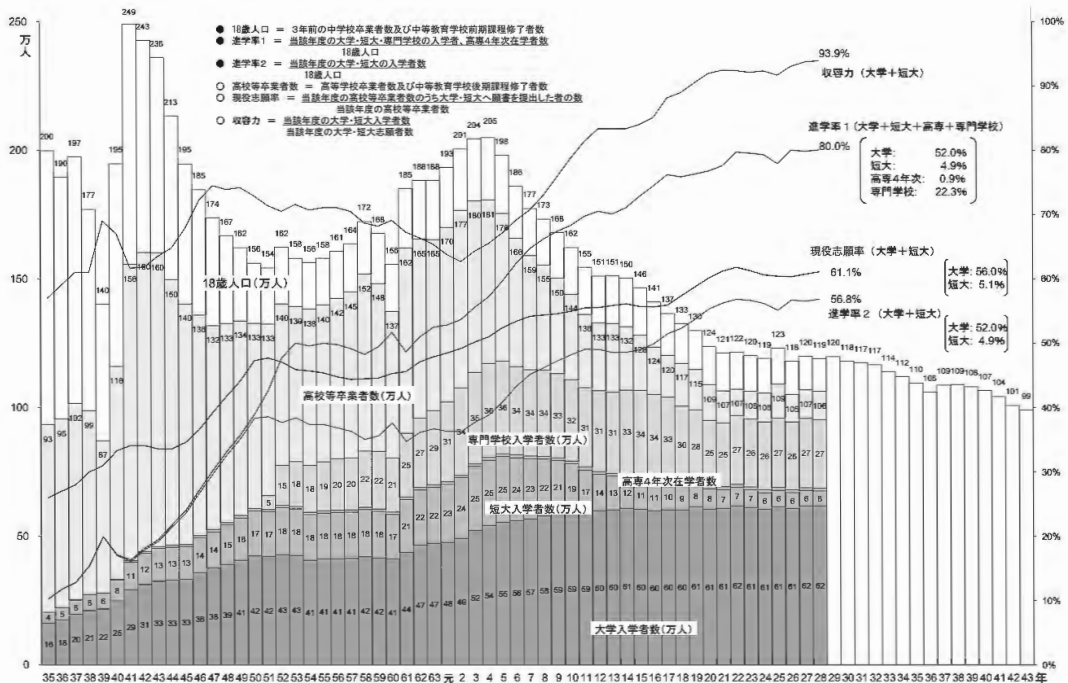
子化が教育に及ぼす影響として

- ①子どもの切磋琢磨の機会の減少,
- ②親の過保護・過干渉,
- ③子育ての経験や知識の伝承の困難,
- ④学校行事や部活動の困難,
- ⑤良い意味での競争心が希薄になる,

の5項目を上げている。

また、同報告では「大学教育は個に応じた教育を行う環境を整え、これからの時代に求められる能力（外国語運用能力、コンピュータ・リテラシー、ディベート能力など）を育成するきめ細かな教育を行うとともに、入学対象者を新卒者に限定せず社会人や高齢者等を対象とした教育機会を一層広げていくことが重要である」としている。

大学と短大を合わせた進学率の状況は、平成16年には50%を超え、平成28年には56.8%に増加している。大学への進学率と大学の問題について、米国の社会学者マーチン・トロウは、著書「高学歴社会の大学：エリートからマスへ」<sup>(※24)</sup>の中で、「高等教育は該当年齢人口の在学率が15%までのエリート段階、15～50%のマス段階、50%以上のユニバーサル段階というように推移し、それぞ



れは教育課程、目的観、選抜原理、運営形態などの様々な面で質的に異なる。」と述べ、大学教育の段階を分類している。この考えに従えば、現代の日本の大学は、進学率から判断するとユニバーサル教育段階にあると考えられる。

この高等教育の3つの段階についての概要が、書籍<sup>(\*)24)</sup>の訳者のあとがきに簡潔にまとめられている。(表2.1) この表によれば、高等教育への機会は、エリート教育段階では「少数者の特権」であったが、マス教育段階では「相対的多数者の権利」となり、ユニバーサル教育段階では

表2.1 高等教育制度の段階と概要

高等教育制度の段階	エリート型	マス型	ユニバーサル型
全体規模(該当年齢人口に占める大学在学率)	15%まで	15%以上～50%まで	50%以上
該当する社会(例)	イギリス・多くの西欧諸国	日本・カナダ・スウェーデン等	アメリカ合衆国(日本)
高等教育の機会	少数者の特権	相対的多数者の権利	万人の義務
大学進学要件	制約的(家柄や才能)	準制約的(一定の制度化された資格)	開放的(個人の選択意思)
高等教育の目的観	人間形成・社会化	知識・技能の伝達	新しい広い経験の提供
高等教育の主要機能	エリート・支配階級の精神や性格の形成	専門分化したエリートの養成＋社会の指導者層の育成	産業社会に適応しうる国民の育成
教育課程(カリキュラム)	高度に構造化(剛構造的)	構造化＋弾力化(柔構造的)	非構造的(段階的学習方法の崩壊)
主要な教育方法・手段	個人指導・師弟関係重視のチューター制・ゼミナール制	非個別的な多人数講義・補助的ゼミ、パート・タイム型・サンドイッチ型コース	通信・TV・コンピュータ・通信機器等の活用
学生の進学・就学パターン	中等教育終了後ストレートに大学進学、中断なく学習して学位取得、ドロップアウト率低い	中等教育後のノンストレート進学や一時的就学停止(ストップアウト)、ドロップアウトの増加	入学時期のおくれやストップアウト、成人・勤労学生の進学、職業経験者の歳入額が激増
高等教育機関の特色	同質性(共通の高い基準をもった大学と専門分化した専門学校)	多様性(多様なレベルの水準をもつ高等教育機関、総合制教育機関の増加)	極度の多様性(共通の一定水準の喪失、スタンダードそのものの考え方が疑問視される)
高等教育機関の規模	学生数2,000～3,000人(共通の学問共同体の成立)	学生・教職員総数30,000～40,000人(共通の学問共同体であるよりは頭脳都市)	学生数は無制限(共通の学問共同体意識の消滅)
社会と大学との境界	明確な区分 閉じられた大学	相対的に希薄化 開かれた大学	境界区分の消滅 大学と社会との一体化
最終的な権力の所在と意志決定の主体	小規模のエリート集団	エリート集団＋利益団体＋政治集団	一般公衆
学生の選抜原理	中等教育での成績または試験による選抜(能力主義)	能力主義＋個人の教育機会の均等化原理	万人のための教育保障＋集団としての達成水準の均等化
大学の管理者	アマチュアの大学人の兼任	専任化した大学人＋巨大な官僚スタッフ	管理専門職
大学の内部運営形態	長老教授による寡頭支配	長老教授＋若手教員や学生参加による“民主的”支配	学内コンセンサスの崩壊？ 学外者による支配？

[Book Report] 高学歴社会の大学—エリートからマスへ  
(<http://d.hatenane.jp/ced/20061229/1167407440>) より

「万人の義務」となる。また、同著の中でユニバーサル段階の大学では下記の3つの現象が起きうると指摘している。

- ①教授陣や学生達たちの内部コンセンサスが成立していない。
- ②自分の意志で通学する学生の比率が低くなる。
- ③正規の大学教育プログラムの拘束への学生の不満が増大する。

このような状況を内在する可能性のあるユニバーサル段階の大学教育は、万人に開かれた、誰もがいつでも自らの選択により学ぶことのできる「ユニバーサル・アクセス」への対応が求められる。この「ユニバーサル・アクセス」を実現するためには、量とともに質的側面でも多様な学習者（年齢、性別、学習目的、学習意欲、基礎学力などが異なる学習者）に対して適切な学習機会を提供することが必要であり、そのためには大学の学習環境をこれまでとは違ったかたちで整備していく必要がある。また教育の目的も、マス段階に求められる「知識・技能の伝達」から、ユニバーサル段階では「新しい広い経験の提供」が求められ、多様化した社会ニーズに適応しうる国民全体の育成が主要内容となる。ユニバーサル教育段階に求められる教育の在り方は、まさに家政学部に求められる生活者としての教育につながるものではないだろうか。

これからの日本社会では、個人個人が自らのライフスタイルに合った豊かで潤いのある人生を目指す多様な生涯学習の需要が増大することが予想され、大学の「ユニバーサル・アクセス」が実現することで新卒者のみでなく、一般社会人が大学で学ぶ機会が増大していくものと考えられる。このような大学の教育の質的变化にたいして、マス教育段階とは異なる情報伝達機器の活用が必要となってくる。

また、少子化への対策として、「一人一人の個性、能力・適性、興味・関心に応じた教育の必要性」を挙げ、「子どもに手が掛からなくなった成人が再就職しようとする場合に役立つような多様なレベル、内容の学習機会の拡充や情報提供のほか、大学等の公開講座における衛星通信やインターネットの活用など新しい情報通信技術を用いた学習機会の提供や放送大学・専修学校における再就職を支援するための学習機会の提供など、出産や子どもに手が掛からなくなった女性の就職等を容易にするためのキャリア開発等を支援していくことが必要である。」としている。この文部科学省の報告は、少子高齢化という社会の変化が教育にもたらす影響と課題について触れられているが、少子高齢化と並行して起こっている進学率の上昇に伴う教育のユニバーサル化にたいしての対策については触れられていない。今後、この問題について考える場合、同時に起こっている様々な変化を総合的に分析し、対策を考えていくことが必要であると考ええる。

## 2.2) グローバル化と教育の課題

他方、大学教育の課題を考えると、社会のグローバル化の動きにも目を向ける必要がある。

グローバル化について、文部科学省の懇談会報告書<sup>(\*)25)</sup>の中では「情報通信技術の進展、交通手段の発達による移動の容易化、市場の国際的な開放等により、人、物材、情報の国際的移動が活



性化して、様々な分野で「国境」の意義があいまいになるとともに、各国が相互に依存し、他国や国際社会の動向を無視できなくなっている現象。」と説明し、グローバル化に対応していく過程を「国際化」と表現している。

グローバル化は、1989年のベルリンの壁崩壊と1990年の社会主義圏の崩壊により加速されたとされている。グローバル化により、市場主義経済と自由主義経済の動きが加速し、この流れは大学の教育内容と組織形態にも影響を及ぼしてきていると考えられる。グローバル化した社会では、自分を取り巻く環境の分析と理解とその環境に対しての必要な対応、対応を説明・理解してもらうコミュニケーション能力が求められる。大学には、これらの能力を伸ばす教育が求められ、基礎知識と基礎技術の習得と活用能力、それらを生かした課題解決への応用力が求められる。また基礎知識・技術の陳腐化を防ぎ新たな可能性を開拓する生涯学習、異文化交流を含めたコミュニケーション能力をたかめる教育が必要である。

グローバル人材育成戦略（2012）<sup>（\*26）</sup>では、グローバルな人材に求められる資質・能力として、

- ①語学力・コミュニケーション能力、
- ②主体性・積極性、チャレンジ精神、協調性、責任感・使命感、

表2.2 THE 世界大学ランキング日本語版の評価指標

分野(Pillar)	項目(Metrics)	%	
教育リソース Resources	学生一人当りの資金	10	38
	学生一人当りの教員数	8	
	教員一人当りの論文数・被引用回数	7	
	大学合格者の学力	6	
	教員一人当りの競争的資金獲得数	7	
教育満足度 Engagement	高校教員の評判調査: グローバル人材育成の重視	13	26
	高校教員の評判調査: 入学後の能力伸長	13	
教育成果 Outcomes	企業人事の評判調査	7	20
	研究者の評判調査	13	
国際性 Environment	外国人学生比率	8	16
	外国人数員比率	8	

<http://between.shinken-ad.co.jp/univ/2017/03/THE-japan.html> より

### ③異文化に対する理解と日本人としてのアイデンティティ

を挙げている。また、平成12年6月の大学審議会では「グローバル化時代において高等教育が目指すべき改革の方向」として、次の5つの視点に立った改革の重要性を指摘している。

- ①グローバル化時代を担う人材の質の向上に向けた教育の充実
- ②科学技術の革新と社会、経済の変化に対応した高度で多様な教育研究の展開
- ③情報通信技術の活用
- ④学生、教員等の国際的流動性の向上
- ⑤最先端の教育研究の推進に向けた高等教育機関の組織運営体制の改善と財政基盤の確保

一方でグローバル化の流れは、学生の国際化を促し、短期留学や交換留学、単位互換を促進させるが、このためには学生の資質・能力と教育の評価の国際的共通化が求められてくる。

大学の国際化について、平成17（2005）年にユネスコと OECD が策定した「国境を越えて提供される高等教育の質保証に関するガイドライン」では、政府や大学に対して提言を行い、登録・認可制度や教育の質保証を確立するために地域ネットワークと国際的ネットワークの維持・強化を行い、インターネットで世界中の学生が大学の教育内容等をチェックできる体制づくりが必要であると提言している。THE（Times Higher Education）では、世界の大学ランキングの評価指標を教育リソース、教育満足度、教育成果、国際性の4つの分野について評価項目ごとの評価割合を示し（表2.2）、世界の150大学を評価しその結果を公表している。

しかし、これらの評価項目の内容は大学の教育内容の定量的・外的評価を重要視しているように思える。グローバル化の流れの中で、具体的に大学が取り組んでいる改革とユニバーサルアクセスの実現度や、大学内部で行われている学生の資質・能力をのばす教育の取り組みとその成果に対する評価にはなっていない。

文部科学省はグローバル化の進展に対して「ICTを活用した教育の推進に関する懇談会」<sup>（\*31）</sup>の

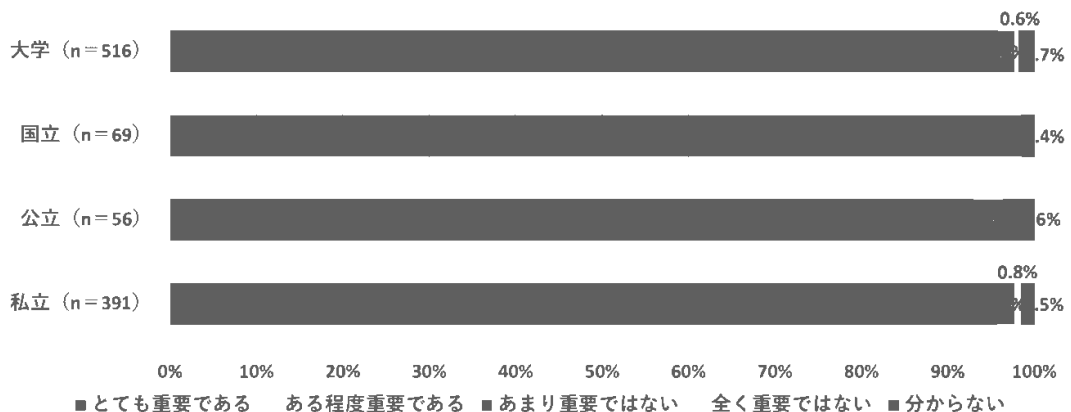


図2.2 ICT 利活用教育の重要性の認識（大学設置者別）

中間報告の中で「我が国が今後も国際的に存在感を発揮し続けるためには、国際的に活躍できるよう、実社会を生き抜く力として ICT を活用して課題を解決する能力を有する人材を育成することが必要であり、我が国の ICT を活用した教育の現状に対して強い危機意識を持たなければならない。」として、大学教育における ICT 活用の重要性を指摘している。全国796の大学に対する大学 ICT 推進協議会（AXIES）の調査<sup>(※32)</sup>では、516校から回答が寄せられ、ICT 利活用教育について9割以上の大学が重要であると回答している。（図2.2）

### 2.3) 社会変化に呼応した大学教育の課題

少子高齢化やグローバル化といった社会状況の変化により、大学の教育の在り方は多様化、複雑化し、大学教育の方法を適切な形に構築することが課題となる。また、大学への進学率の上昇によって日本の大学がユニバーサル段階に入ったことで、入学してくる学生の年齢、入学目的、学力などが多様化していることも今後の大学教育の在り方を構築する上で課題となる。今後、大学のユニバーサル・アクセス（いつでも自らの選択により適切に学べる機会が整備された状態）を実現するには、大学教育を受ける機会にたいして実質的選択を保障し、高等学校からの進学という形態だけでなく、社会人の受入れを一層重視することが必要である。さらに、高等教育のグローバル化に伴い、海外からの留学生の受入れも重要な課題となる。このような大学が置かれた状況の変化のなかで、大学が改革を行っていくためには、次の3つのポリシーを策定し、明確にした上で運用するこ

表2.3 3つのポリシーと基本的な考え方

3つのポリシー	基本的な考え方
ディプロマ・ポリシー	各大学、学部・学科等の教育理念に基づき、どのような力を身に付けた者に卒業を認定し、学位を授与するのかを定める基本的な方針であり、学生の学修成果の目標ともなるもの。
カリキュラム・ポリシー	ディプロマ・ポリシーの達成のために、どのような教育課程を編成し、どのような教育内容・方法を実施し、学修成果をどのように評価するのかを定める基本的な方針。
アドミッション・ポリシー	各大学、学部・学科等の教育理念、ディプロマ・ポリシー、カリキュラム・ポリシーに基づく教育内容等を踏まえ、どのように入学者を受け入れるかを定める基本的な方針であり、受け入れる学生に求める学習成果（「学力の3要素」※についてどのような成果を求めるか）を示すもの。

「学力の3要素」：① 知識・技能、② 思考力・判断力・表現力等の能力、③ 主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度

引用)「卒業認定・学位授与の方針」(ディプロマ・ポリシー)、「教育課程編成・実施の方針」(カリキュラム・ポリシー)及び「入学者受入れの方針」(アドミッション・ポリシー)の策定及び運用に関するガイドライン(平成28年3月31日 中央教育審議会大学分科会大学教育部会)より



とが重要である。

- ①「卒業認定・学位授与の方針」(ディプロマ・ポリシー),
- ②「教育課程編成・実施の方針」(カリキュラム・ポリシー),
- ③「入学者受入れの方針」(アドミッション・ポリシー)

一方で策定された3つのポリシーの運用について、入学希望者や学生、社会に対してインターネット等を介した情報公開が求められることから、この分野においても ICT 技術の活用は必要不可欠であると考ええる。

各ポリシーの基本的な考え方は表2.3にまとめる。

これら3つのポリシーを育成するためには、教員が一方的に知識を教授する「受動的授業形態」ではなく、学生自らが主体性をもって学ぶ「能動的授業形態」に変えていくことが必要である。教師が何を教えるかではなく、学生に何が出来ようになるかを「アクティブラーニング」の視点を取り入れながら改革していく必要があり、ICT 技術を活用して、PDCA サイクル(6.2 補足説明参照)の導入や学習成果の見える化を行うことが求められている。

### 3) ICT の概要と大学教育

#### 3.1) ICT の概要

ICT は、「Information & Communication Technology」の頭文字をとったもので「情報通信技術」と訳される。この言葉は、以前から使われてきた情報技術を意味する IT (Information Technology) と同じ意味で使われることもあるが、「IT」がコンピュータを使用した情報の処理を行う技術であり、仕事のデジタル化や OA 化を促進するための技術をさすのに対して、「ICT」は、「IT」に「Communication」という単語が付け加えられたことによって、情報の伝達を行うための技術(方法)が付け加えられ、情報伝達の方法もこれまでの一方方向伝達ではなく、双方向伝達を可能にする技術であることが重要である。

現在この ICT の形成は、IT 時代に主役であったパーソナルコンピュータに、インターネットで結ばれたスマートフォンやタブレットが加わり、扱う情報もデジタルコンテンツを中心としたデジタル情報である。扱う情報をデジタル化するメリットとしては、情報の更新や複製が容易でありコストの低減につながることや、情報のウェブ化やクラウド化が可能になる点などがあげられる。一方で必要な情報をいつでもどこでも入手することが可能になった結果、情報の保存や保有の意味が薄れ、アクセス可能な情報が増加したことで使う側には情報の選別が求められ、情報の保有満足感から逆に必要な情報へのアクセスを減少させる危険性を持っていると考えられる。

#### 3.2) インターネットの普及と ICT

ICT 技術は、デジタル化された情報とその伝達技術の進歩と普及が必要な条件となるが、その条件には1990年代のパーソナルコンピュータとインターネットの普及による情報伝達技術の進歩

表 3.1 インターネット利用者数及び人口普及率の推移

年度	利用者数 (万人)	普及率 (%)				パソコン 普及率
		世帯	個人	企業	事業所	
平成 9 年 1997	1,155	6.4	9.2	68.2	12.3	22.1
平成10年 1998	1,694	11.0	13.4	63.8	19.2	25.2
平成11年 1999	2,706	19.1	21.4	78.3	31.8	29.5
平成12年 2000	4,708	34.0	37.1	89.3	44.8	38.6
平成13年 2001	5,593	60.5	46.3	94.5	68.0	50.1
平成14年 2002	6,942	81.4	57.8	96.3	79.1	57.2
平成15年 2003	7,730	88.1	64.3	97.9	82.6	63.3
平成16年 2004	7,948	86.8	66.0	98.7	81.8	65.7
平成17年 2005	8,529	87.0	70.8	97.6	85.7	64.6
平成18年 2006	8,754	79.3	72.6	98.8	85.6	68.3
平成19年 2007	8,811	91.3	73.0	99.3	—	71.0
平成20年 2008	9,091	91.1	75.3	99.3	—	73.1
平成21年 2009	9,408	92.7	78.0	99.9	—	73.2
平成22年 2010	9,462	93.8	78.2	99.7	—	74.6
平成23年 2011	9,610	86.0	79.1	99.3	—	76.0
平成24年 2012	9,652	86.2	79.5	99.9	—	77.3
平成25年 2013	10,044	84.9	82.8	99.9	—	78.0
平成26年 2014	10,018	85.6	82.8	99.6	—	78.7
平成27年 2015	10,046	87.8	83.0	100.0	—	78.0
平成28年 2016	10,084	85.6	83.5	99.6	—	79.1

(出典) 総務省「通信利用動向調査」(<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>)

①個人の平成 9～12 年までの数値は「通信白書（現情報通信白書）」から抜粋。

②個人は、過去 1 年間にインターネットを利用したことがある者が対象。インターネット接続機器については、パソコン、携帯電話・PHS、携帯情報端末、ゲーム機等あらゆるものを含み（当該機器を所有しているか否かは問わない。）、利用目的等についても、個人的な利用、仕事上の利用、学校での利用等あらゆるものを含む。

③世帯の平成17年までは、家族の誰かが過去一年間にインターネットを利用したかどうか（利用機器、場所、目的を問わない）についての設問に対して「利用した」旨回答した世帯の割合。平成18年は、平成17年までと同様の設問がないため、『「自宅」で「パソコン」を使ってインターネットを利用したことがある人が少なくとも一人いる世帯にお尋ねします。』又は『インターネットを利用したことがある人が少なくとも 1 人はいる世帯にお尋ねします。』と設問文において回答者を限定した設問に回答した世帯の割合。質問方法等が異なっているため、平成17年までの数値と平成18年の数値の比較には注意を要する。平成19年以降は、平成17年までと同様の設問によるもの。

④企業の平成 9 年は、従業員300人以上の企業の数値（300人未満の企業は調査対象外のため）。

⑤事業所（従業員 5 人以上）、企業（従業員100人以上）は平成19年以降調査していない。

が大きく関係している。

情報伝達技術として不可欠な技術はインターネットであるが、その歴史は、1960年に始まると考えられる。この年に発表された論文「Man-Computer Symbiosis」の中で J.C.R. リクラダーは、「広帯域の通信線で互いに接続された、そのような（コンピュータの）ネットワークは、こんなに図書館のような機能（を提供する）と共に情報格納・検索などの記号的機能を進化させると期待

表3.2 世代別インターネット利用の目的・用途（成人）

（単位：％）

目的・用途	年齢	20～29	30～39	40～49	50～59	60以上
	人数	3,687	4,550	5,000	5,073	5,989
電子メールの送受信（メールマガジンは除く）		75.7	79.9	80.1	75.7	66.2
メールマガジンの受信（無料のもの）		41.2	46.1	44.9	36.8	21.9
ホームページ・ブログの閲覧，書き込み		44.4	47.8	46.1	43.0	34.9
企業・政府等のホームページ・ブログの閲覧，書き込み		28.7	33.8	35.8	35.7	29.9
個人ホームページ・ブログの閲覧，書き込み		30.6	31.9	28.1	20.0	12.0
自分のホームページ・ブログの開設・更新		11.2	9.1	7.0	4.7	2.3
ソーシャルメディアの利用		71.4	62.6	51.2	36.5	18.4
電子掲示板（BBS）・チャットの利用		9.4	6.9	5.3	3.0	1.2
無料通話アプリやボイスチャットの利用		47.2	39.4	29.1	18.9	6.8
動画投稿・共有サイトの利用		66.0	63.3	56.9	40.7	22.1
“ラジオ，テレビ番組，映画などのオンデマンド配信サービスの利用”		19.9	22.5	20.0	18.6	14.7
ウェブアルバムの利用		9.9	8.6	6.9	4.4	2.7
オンラインゲームの利用		39.4	30.0	20.8	9.8	4.2
クイズ・懸賞応募，アンケート回答		15.2	21.2	21.8	18.5	10.1
地図・交通情報の提供サービス（無料のもの）		58.5	60.2	61.7	60.0	51.5
天気予報の利用（無料のもの）		53.2	65.3	64.1	61.0	50.3
ニュースサイトの利用		43.1	55.0	53.6	50.4	35.9
辞書・事典サイトの利用		27.5	26.0	29.2	29.3	23.7
“電子ファイルの交換・ダウンロード（P2P，FTP など）”		8.4	8.0	7.6	6.6	3.7
商品・サービスの購入・取引（計）		68.6	71.0	65.9	58.9	44.6
“商品・サービスの購入・取引（金融取引及びデジタルコンテンツ購入を含む）”		64.7	67.6	62.3	55.9	42.9
“金融取引（インターネットによる銀行・証券・保険取引など）”		6.9	14.4	15.0	13.3	12.0
“商品・サービスの購入・取引（デジタルコンテンツ購入を含み金融取引を除く）”		63.6	66.3	60.4	54.5	39.8
デジタルコンテンツ（音楽・音声、映像、ゲームソフト等）の購入・取引		44.6	37.9	32.1	27.6	19.9
“商品・サービスの購入・取引（金融取引及びデジタルコンテンツ購入を除く）”		55.4	61.2	56.9	51.2	38.4
インターネットオークション		13.8	16.4	16.2	11.2	5.7
“電子政府・電子自治体の利用（電子申請，電子申告，電子届出）”		2.3	4.7	3.5	6.5	6.1
その他		2.4	2.0	2.3	2.5	3.3

（出典）総務省「平成26年通信利用動向調査」  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>”

される。」と述べてネットワークの概念を発表した。一方、情報伝達機器としてのコンピュータは当初、高速に計算を処理する目的で開発されたが、1960年代後半から、大型コンピュータ同士をパケット交換網で接続しデータ交換を行うネットワーク技術が開発され、情報処理目的の用途が拡大していった。

インターネットは、当初アメリカの大学間をつなぐネットワークとして学術目的で利用され始めたが、1989年にインターネットとパソコンを利用したメールのやり取りが可能となったことで商用利用が拡大した。当初アメリカではインターネットは、私的目的や商業目的での利用が禁じられていたが、1990年代になると加入制限が撤廃され、インターネットは急激に利用拡大していった。

日本では、1984年に東京の3大学を実験的にUUCPで結んだ「JUNET」が始まり、1990年代に入ってインターネットサービスプロバイダ（ISP）がサービスを開始した。

インターネットは「ネットワークのネットワーク」とも呼ばれ、それまでのコンピュータネットワークがサーバーを中心とした集中管理であったのに対して、世界のコンピュータネットワークを相互に結び付けた分散管理ネットワークであり、分散処理ネットワークであることで、コンピュータやネットワークの接続が拡大しても、他のコンピュータやネットワークには影響を与えないことから、だれもが簡単にインターネットに接続可能となり、接続出来れば世界中のコンピュータと情報交換が可能になる。

日本でのインターネットの利用は、1997年には企業への普及率がほぼ70%に達していたのに対して、個人世帯と個人の普及率は10%以下の状態であった。しかし2000年に入ってから、パソコンの普及や使用環境の改善も手伝って急激に普及が進み、2005年には世帯で87%、個人で70%を超える普及を達成した。（表3.1）

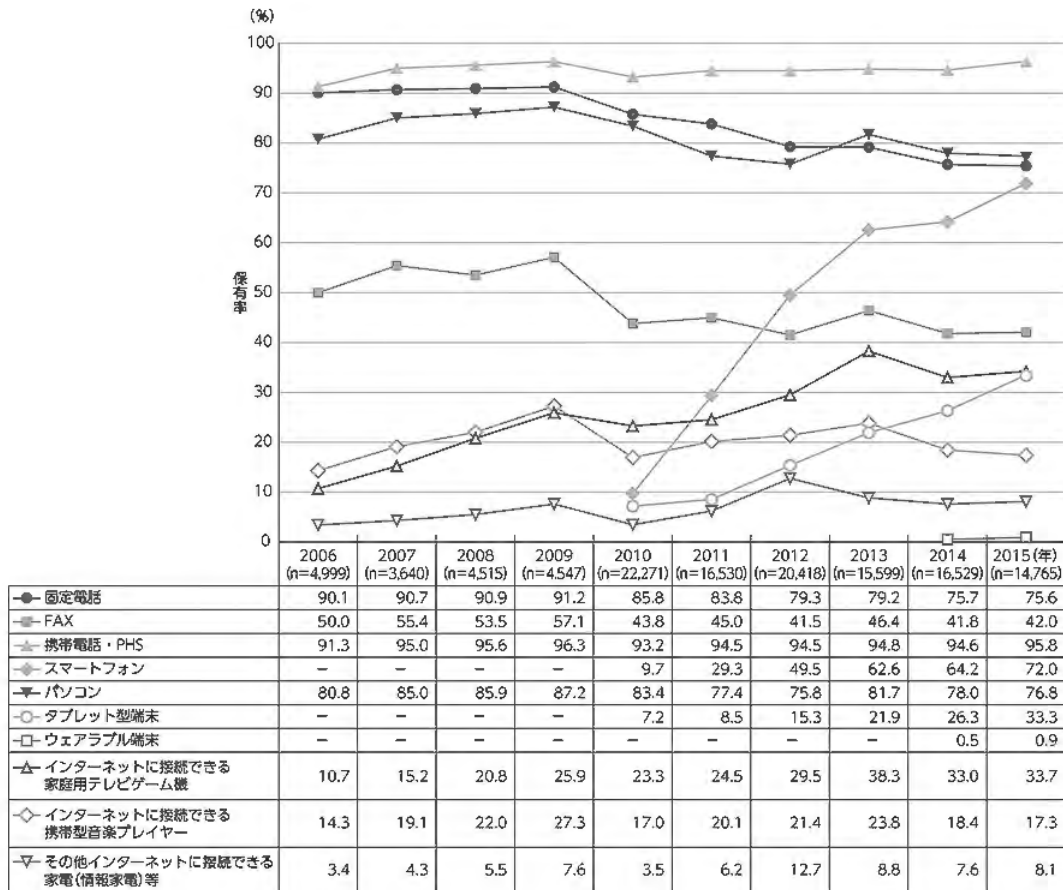
また、パソコンの普及率は2005年に65%であったものが、2010年には75%に達し、iPhone、iPad、Androidなどのスマートフォンやタブレットなどの携帯情報端末も発売され、ICTを大学教育の導入する環境が整ったと考えることが出来る。

総務省「通信利用動向調査」（表3.2）では、20代のインターネット利用目的の上位は、電子メールの送受信（78.6%）、ソーシャルネットワーキングサービス（SNS）の利用（72.1%）、動画投稿・共有サイトの利用（67.5%）の3項目で、情報伝達目的が主要な目的であることがわかる。これらの内容は個人間のコミュニケーションと情報の送受信が主要な目的であり、インターネットの使用目的とICTの目的は合致する内容であることがわかる。

### 3.3) 情報端末の普及とICT

平成28年度版情報通信白書／総務省によると、2015年の時点で携帯電話・PHSなどの音声情報端末の世帯普及率は95.8%で2007年からほぼ横ばい状態にある。一方インターネットに関係の深い

図3.1 情報通信端末の世帯保有率の推移



平成18年 度情報通信白書図表5-2-1-1より(出典)総務省「通信利用動向調査」

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>

情報端末であるパソコンは2009年以降わずかに減少気味なのに対して、2010年以降スマートフォンやタブレットは急激に保有率が増加しているのがわかる。スマートフォンに関しては、2015年には世帯保有率が72%に達しその後も増加する傾向にある。

このインターネットとスマートフォンやタブレットなどの普及により、情報伝達のための端末が固定電話からインターネットに接続できるスマートフォンに代わり、情報端末は音声通話以外の情報取得の用途へと利用を拡大させている。この利用形態の変化に対して、氾濫する情報から必要な情報を選択し整理・活用できる能力を高めることが教育面でも求められている。この能力を高めるためには、教育の内容を単なる知識の伝達から知識の選別と応用へと変えていく必要がある。また、大学への入学志願者数が過半数を超えた結果、日本の大学がユニバーサル段階に入ったことにより、入学してくる学生も多様化する中で、教育の双方向、少人数制といった授業形態の変化や、学生自身の学習スタイルの個人学習からグループ学習への移行が求められている。



## 3.4) 共立女子大学建築・デザイン学科学生の情報端末利用状況

本研究に関連した補足調査として、2017年10月に建築・デザイン学科の学生を中心に、情報端末機種別利用調査と情報端末利用目的調査、学内インターネット環境調査を行った。調査は授業担当の先生にも協力をお願いし、1年次の学生が履修対象者である建築・インテリア演習Ⅰの2クラス（1学年と記載）、2年次の学生が履修対象者である構造力学Ⅰ（2学年と記載）、3年次の学生が履修対象者である構造計画・構造設計の授業（3学年と記載）で行った。

表3.3 建築・デザイン学科学生の情報端末機種別利用調査 (台)

所有端末 \ 調査授業	1 学年	2 学年	3 学年	合計
a) ノートパソコン				
① Windows 系	34	41	18	93
② Mac 系	10	11	14	35
③その他	4	2	0	6
合計	48	54	32	134
b) タブレット				
① Ipad	17	8	7	32
② android	7	5	3	15
③その他	2	0	0	2
合計	26	13	10	49
c) スマートフォン				
① iphone	57	47	24	128
② android	9	11	2	22
③その他				
合計	66	58	26	150

調査授業：①1学年（建築・インテリア演習Ⅰ2）、②2学年（構造力学Ⅰ）、③3学年（構造計画・構造設計）

表3.4 建築・デザイン学科情報端末利用目的 (台)

学年 (授業)	1 学年						2 学年						3 学年						合計
利用情報端末の種類	Win	Mac	And	iPh	iPa	他	Win	Mac	And	iPh	iPa	他	Win	Mac	And	iPh	iPa	他	
①電話			5	49					10	39		1			1	24		1	130
②授業の記録	2		2	29			5		5	28		3	2			15		1	92
③資料集め	16	8	2	29	1	7	20	3	3	22		10	9	9		10		1	150
④レポートの作成	29	9		2		11	18	5	1	7		12	12	9		4			119
⑤写真撮影		1	5	51			2		9	41		1			1	25			136
⑥音楽や映像の視聴	6	1	1	44	2	1	5		7	39		3	4	1		21	1		136
⑦ゲーム	1		2	34			1		4	27		2	1	1	1	13			87
⑧その他	1		2	7					2	9		1	1	1		6			30
合計	55	19	19	245	3	19	51	8	41	212	0	33	29	21	3	118	1	3	880

調査授業：①1学年（建築・インテリア演習Ⅰ2）、②2学年（構造力学Ⅰ）、③3学年（構造計画・構造設計）

利用情報端末は Windows PC (Win), iOS PC (Mac), Android スマートフォン (And), iPhone (iPh), iPad (iPa) を表す。

表3.5 建築・デザイン学科の学内インターネット状況調査 (人)

学年	1学年		2 学年		3 学年	
	Yes	No	Yes	No	Yes	No
a) 大学でインターネットを使用しているか						
	30	26	26	27	17	10
b) 大学でのインターネット環境について						
① つながりにくい	40	15	48	9	20	5
② 遅い	33	15	43	10	20	5
③ セキュリティーがきびしい	14	26	25	24	12	10

調査授業：①1 学年（建築・インテリア演習Ⅰ2）、②2 学年（構造力学Ⅰ）、③3 学年（構造計画・構造設計）

情報端末機種別利用調査の結果（表3.3）は、ノートパソコンについては Windows 系のパソコンの利用が半数以上を占め、建築・デザイン系で人気の高い Mac 系をしのぐ結果となった。この結果は、学生が使用するノートパソコンが家族共有のものを使っている結果ではないかと考えられる。タブレット端末では iPad の利用が3分の2以上と多く、スマートフォンでは iPhone の利用が圧倒的に多い結果となった。この傾向は当面変わらないと考えられることから、今後教育に ICT 技術を導入していく場合は、学生の所有する機器を中心に計画を立てることが重要である。

建築・デザイン学科学生を対象とした情報端末の利用目的調査の結果（表3.4）から、情報端末全体の使用目的は、資料集め、写真撮影、音楽や映像の視聴、電話、レポート作成の順であるが、ノートパソコン（Win + Mac）に限れば、レポート作成や資料集め目的が多く、スマートフォン（And + iPh）とタブレット（iPa + 他）では、写真撮影や音楽や映像の視聴が多い結果となった。また、授業の記録や資料集めにもスマートフォンやタブレット端末を多くの学生が使用している結果となった。

大学でのインターネットの使用については、使っている学生（Yes）と使っていない学生（No）がほぼ同数で、大学の WiFi によるインターネット環境が十分に活用されていない結果となった。この理由として、8 割の学生が大学の WiFi がつながりにくいと答えており、その速度も遅いと回答する学生がほぼ同数いることから、今後積極的に ICT を大学教育に展開していくためには、WiFi 環境の改善を行っていく必要があると考えられる。

#### 4) 大学教育分野における ICT の活用の重要性

前章で取り上げたように、少子高齢化やグローバル化などの大学を取り巻く社会的環境の変化や、インターネットやスマートフォンなどの情報伝達技術や情報端末の進歩は、これまでの大学教育の在り方の抜本的な見直しと、新しい時代に対応できる教育システムの改革を求めている。また、学生が習得すべき教育内容も多様化、複雑化しており、その量も増加していることから、従来型の「系統的学習（systematic Learning）」ではない授業形態への改革が必要である。このような

状況の中での大学教育の改革は、デジタル技術の活用が不可欠であり、ICT 技術を積極的に導入することを検討する必要がある。また ICT 技術導入の検討に当たってはこれからの大学教育の改革の前提条件を整理しておくことが重要である。

少子化によって今後減少し続ける新卒入学希望者の問題に対して、学生数と教育の質を確保するためには、新たな入学者（社会人、高齢者、リピーター、留学生など）の開拓とそれに伴う大学の対応、大学教育プログラムの柔軟化、資格教育・専門職教育プログラムの充実などの対策を講じていく必要がある。新たな入学者は、社会における自らのスキルアップあるいは新たな文化・芸術への興味、生涯学習の場としての大学の活用を目的として入学を希望するケースが想定され、働きながら或いは余暇の時間を使って学べる環境と、自宅や職場などの大学以外の場所で教育が受けられる柔軟な教育システムの構築が求められる。

グローバル化の進行によって大学は、大学の国際的共通評価に基づく情報公開と、大学の持つ知識・情報データのオープン化、学生と教員の国際化への対応が求められる。海外からの留学生にとって大学で受けられる教育内容を事前に知ることは重要であり、大学は国際的共通評価に則った情報公開が必要である。また同時に大学が蓄積してきた情報や知識データの公開は別の意味での大学の評価につながり、特に大学に所属する図書館や博物館の収蔵データのオープン化は ICT 環境として重要である。学生に対しては短期留学、交換留学、単位互換などの制度を充実させ、海外の大学との間で積極的な交流を拡大していくことが求められる。

少子化やグローバル化への対策は、同時に進行している進学率の上昇にたいする対策を合わせて講じていかなければならない。この3つの状況に対して、大学が講じなければならない対策の一つが、大学への「ユニバーサル・アクセス」の実現ではないだろうか。

「ユニバーサル・アクセス」という言葉は、「国籍、年齢、性別、障害などあらゆる要因にかかわらず、誰でも同じようにインターネットが利用でき、情報を得られる状態のこと。アクセシビリティともいう。」<sup>(※41)</sup>と解説されている。高等教育への「ユニバーサル・アクセス」の実現について、中教審の報告<sup>(※44)</sup>では、「高等教育は万人に開かれたものとなり、誰もがいつでも自らの選択により学ぶことのできる高等教育の整備＝「ユニバーサル・アクセス」が実現しつつあるとすることができる。」とし、「量だけでなく質的側面においても、多様な学習者の需要に対して高等教育全体で適切に学習機会を提供していくことが必要である。」と指摘している。

これらの課題への対応として、ICT 技術を活用した教育システムの構築が求められてくる。

#### 4.1) 大学における ICT 活用の効果

ICT の特徴として

- ①情報伝達の時間的・空間的制約がなくなること

- ②テキストデータに加え、音声・画像などのマルチメディアデータが扱えること
- ③通信者同士が双方向で通信可能であること
- ④様々な大量の情報の発信、更新と収集、共有、編集、分析、表示が可能なこと
- ⑤情報のカスタマイズが容易であること
- ⑥情報の複製コストがほぼゼロであること

等を挙げることが出来る。

また、デジタル情報をクラウドなどの共有データベースで管理することで、

- ①知識や情報のオープン化
- ②知識や情報の所有の意義の低下
- ③学習プログラムの反復提供
- ④習熟度による最適プログラムの提供

等のことが可能となる。

一方で大量のデジタル情報がウェブ上に存在することで、必要な情報を選別し活用することが難しくなるとともに、非デジタル情報やコンテンツ、対面教育の重要性が増すことになる。

#### 4.2) ICT と大学教育

インターネット時代の大学教育の役割として、「情報リテラシー」という言葉が取り上げられることがある。この言葉は「情報」の「読み書き能力」、コンピュータなどの情報端末を利用して必要な情報を操作・取得する知識と能力を意味する。

インターネットや情報端末など ICT 技術の発展により、これまで教育の中心であった知識や体験などの情報の伝達と取得は容易になり、かつ知識伝達の低コスト化によって、大学教育を取り巻く環境が、事実を積み重ねながら知識を体系づけるボトムアップ的な教育方法から、目的に応じて必要な知識・技術を取捨選択しつつ知識を体系づけるトップダウン的なアプローチの方法へと変化している。この教育方法の一つとして PBL (6.2 補足説明参照) がある。

PBL は、Problem-Based Learning (課題解決型学習) と Project-Based Learning (問題解決型学習) の 2 つの学習方法の意味でつかわれている。日本私立大学協会のサイト<sup>(※45)</sup>では、Problem-Based Learning は、特定分野の必要知識を文脈的に獲得する学習方法で、指導には個別指導(チュー-トリアル)が導入される、また、Project-Based Learning は、目的・計画・実行・判断の 4 つの段階を通して設定した目的を解決する学習法であるとされている。また、前者は有意義的な知識や情報の獲得に主眼があるのに対して、後者は学習への動機づけに重点に置くと言われている。また、教育目標に対して教師が作成したカリキュラムに沿って学習する従来型の受動的学習方法ではなく、これら 2 つの学習法に共通した学生自らが問題を発見し解決していく過程を重視する能動的学習方法と説明されることも多い。この学習方法は文部科学省が大学教育改革の一つとして推奨する「アクティブラーニング」の一環として位置付けられている。各自は調査・分析した

情報を討論し、問題解決を行う。この作業道程を行うためには必要な情報がオープンな形で提供される必要がある。

一方で PBL のマイナス面としては、

- ①チューターなどのマンパワーが必要
- ②学習グループに学習や効果の均質性が保ちにくい
- ③学習者の価値観や背景のグループへの影響が不透明

などが指摘されている。<sup>(＊46)</sup>

#### 4.3) e ラーニング

大学における教育は、学生の理解度に応じて授業内容を変えていくことが必要であるが、従来からの授業形態では、個々の学生の理解度にあわせて柔軟な対応を行うことに限界があった。この授業形態の柔軟性を高める方法として、コンピュータを使用した学習システム CAI (Computer Aided Instruction) が1950年代から米国で研究され1970年代から80年代に普及した。その後1990年代になって CD-ROM や DVD などのマルチメディア教材による動画や音声などを活用した CBT (Computer Based Training) へと発展していった。このシステムは一方通行の教育システム的な側面が強く、教育側は受講者の管理が難しく、受講者も受講のモチベーションを維持することが難しいといった改善すべき課題を持っていた。1995年以降パーソナルコンピュータの普及とインターネット接続環境が整ってきたことによって、ホームページを利用して行う教育システム WBT (web-based training) が開発された。WBT は、それまでの教育システムで一般的であった教育を受ける時間的場所的制限をなくし、教育の双方向性を可能にした。

e ラーニング (e-Learning, イーラーニング) の「e」は「electronic (電子の)」の略で、広義には電子機器を用いた教育方法すべてをさすが、狭義にはインターネット (Web) を利用した教育システムを指し、2000年以降に使われるようになった。e ラーニングは、CBT などに比べて教材の配布コストが削減できることや教材情報の更新が容易であるなどのメリットがあるが、受講ユーザーの管理や受講方法 (順序) の案内を丁寧に行う必要がある。これらの問題を解決するために考案されたのが LMS (Learning Management System : 学習管理システム) である。LMS は多人数の受講者を対象とした教育に効果を発揮し、学習者と教材の管理、学習者の進捗状況の管理の2つをリアルタイムに行うことが可能である。学習者と教材の管理は、受講する学生の登録や削除、教材の登録や更新・削除、教材の受講順序の設定、試験などが対象となる。学習者の進捗状況の管理は、学生の学習状況や成績の管理や進捗状況の連絡などが対象となる。e ラーニングの受講者 (学生)、指導者 (教師)、管理者に対して、LMS の導入は大きなメリットと利便性を生み出す。また、教育の指導者と受講者が同一場所に集まって対面形式で行ってきた従来の「系統的学習法」に対して、時間や場所の制約を受けない新たな教育環境を提供することが可能となる。

e-ラーニング導入のメリットとして



- ①時間と場所の制約がない
- ②受講者の都合，理解度に合わせた学習が可能
- ③教育の効果が講師の質に影響されない
- ④緊急性の高い周知事項を，すばやく徹底できる
- ⑤受講者の理解度や進捗の管理が容易
- ⑥受講者の1人ひとりに合った教育が可能

また，デメリットとして

- ①受講者の学習モチベーションの維持が難しい
- ②実技や修正を伴う教育に適していない
- ③ネットワーク環境や OA 機器がないと不可能
- ④適切な教材がないと効果が薄い

が指摘されている。<sup>(＊47)</sup>

## 5) 建築・デザイン学科における ICT 活用

### 5.1) 建築・デザイン学科における ICT 技術の重要性

デザインの作業は，様々な設計条件をパラメーターとした情報処理的内容を持つと考えることが出来る。これまでのデザインの手法では，この情報処理の段階で，知識，才能，感性といった個人的能力が重要視され，また，これらの能力に大きく依存してきた。今後も建築・デザイン分野の教育で，これらの能力を高めていくことは重要であるが，一方でこの分野を取り巻く社会環境は変化しており，社会的要求も多様化・高度化している中で，従来のデザイン手法だけでは対応出来ない状況が生まれている。このような状況の中で，情報処理を得意とするコンピュータなどの情報処理端末の発達とデジタル処理技術やインターネットなどの情報伝達技術の普及により，建築・デザイン分野に新たなデジタルデザインとデジタル表現技術の可能性が拡大している。建築・デザイン分野に関係するデジタル処理技術として次の技術を挙げることが出来る。

- ①デジタル設計技術（CAD，BIM など）
- ②デジタル表現技術（VR，AR など）
- ③デジタル解析・実験技術（VE など）

デジタル設計技術は，CAD（Computer Aided Design）がその代表技術であるが，JIS では「製品の形状，その他の属性データからなるモデルを，コンピュータの内部に作成し解析・処理することによって進める設計」と説明されている。CAD は，設計する対象やその内容により，コンピュータ支援設計と製図 CADD（Computer Aided Design and Drafting），コンピュータ支援工業デザイン CAID（Computer Aided Industrial Design），コンピュータ支援建築設計 CAAD（Computer Aided Architectural Design）などに分類される。建築・デザイン分野で使用される CADD と CAAD は，作図空間の違いにより 2 次元 CAD と 3 次元 CAD に分類される。また，取

り扱うジオメトリー要素はその次元により、点、線、面、立体に分類され、低い次元の要素（点や線）から高い次元の要素（面や立体）へとモデルを作っていく「ボトムアップ手法」と、高い次元の要素から低い次元の要素にモデルを作っていく「トップダウン手法」がある。一般的に建築分野で使用される CAD は、前者の「ボトムアップ手法」によるものが多いが、「サーフェース・モデラー」や「ソリッド・モデラー」と呼ばれる CAD システムは、後者の「トップダウン手法」による 3 次元 CAD に属する。また、3 次元 CAD のもう一つの動きとして、建築を構成する主要な 3 つの専門分野の設計、「意匠設計」、「構造設計」、「設備設計」の設計データを共有化し、建築の設計から積算・施工までの一連作業の過程を総合的に管理する BIM（Building Information Modeling）概念にもとづく設計支援システムが登場している。

国土交通省は建設業の生産性向上を目的として ICT の活用を目指して、平成24年度から CIM（Construction Information Modeling Management）をスタートさせ、平成28年度から i-Construction として発展を計画している。この取り組みの中で建物のライフサイクルの調査・計画・設計・施工・維持管理の各段階で情報共有と 3 次元モデルの連携を行い、建築生産システム業務の効率化と高度化を目指している。このような動きに対して対応できる人材を育成するためには、建築・デザイン教育プログラムへの ICT 技術の活用が課題となる。

デジタル表現技術は、コンピュータなどのデジタル端末内部にデジタル空間を構築し対象物を表現する技術であり、仮想（バーチャル）的に現実を表現する技術 VR（Virtual Reality）と、拡張した現実を表現する AR（Augmented Reality：）が代表的な技術である。

VR 技術の「仮想（バーチャル）」という言葉は、現実には存在しない事物を意味するが、この言葉にはより深い意味が含まれている。この VR 技術により、建築やデザインされたものの非現実空間での体験や検証が可能になる。

AR 技術は、現実世界で人が感知できる情報に「何か別の情報」を付加して現実を「拡張」する表現技術やその手法を意味する。AR プロモーション（ナショナルジオグラフィック社）は、ショッピングセンターなどの公共の都市空間の現実世界に、大自然やロストワールドの世界映像を重合させるダイナミックな手法で、世界中で開催され話題を集めた。個人的なコンテンツでは見ている星空に星座を表示する星座表といったアプリも AR 技術を応用したものである。AR 技術を使った取り組みは、ファッションや家具、インテリアといった生活分野のみでなく、娯楽施設やテーマパークなどのアミューズメント分野、農業や鉱工業分野、商業・サービス分野へと広がりを見せている。

デジタル解析技術は、建築・デザイン分野ではモデル化した評価対象物に対して、様々な数値データを用いて数値解析や数値実験（シミュレーション）を行い、評価対象物の様々な性能評価を行う技術である。この技術を活用した新しいデザイン手法として「バーチャルエンジニアリング（VE）」が注目されている。

「バーチャルエンジニアリング (VE)」という言葉は、ハワード C. クラップが、「ビジュアルエンジニアリング環境での21世紀型製品開発の設計方法」<sup>(\*)41)</sup>につけた名称である。彼は今日の製造業の置かれた厳しい社会状況に対処するため、商品開発の短縮化と市場投入の迅速化を達成する方法として、これまでの専門化・分業化による設計開発方法ではなく、全体を把握したインテリジェントなデザイナーが的確な結果判断をその場で下し、その判断をデザイン修正に即時に反映できるビジュアルで且つエンジニアリングと融合したデザイン環境の必要性を主張した。この開発環境においては、経費と時間のかかる従来のモデル実験による検証を極力取りやめ、熟練が必要な専門的解析方法を改善し、製造のための生産設備設計などを統合化・自動化したバーチャルな設計室・実験室・生産ラインのなかでデザインを進めることを提案した。VE 環境では、これまでの設計方法では想定できなかった空間・環境・材料・形状・生産システムなどを想定したデザインも可能である。また、自然界には存在しない新しい機能材料と製品アイデアを組み合わせたデザインも可能であり、まさに新しいニーズ指向型のデザインシステムを指向していると言えることが出来る。

コンピュータの進歩は、実験の方法についても新しい数値実験（シミュレーション）手法の可能性を拡大した。「シミュレーション (simulation)」という言葉は、1940年代末フォン・ノイマン、ウラム、フェルミが核遮蔽問題を解くときにモンテカルロ法を用いて解いた手法をこう呼んだのが初めだと言われている<sup>(\*)42)</sup>。この言葉は、ラテン語の「まね、ふり」を意味する「simulo」からきていると言われおり、辞書<sup>(\*)43)</sup>では、「シミュレーション (simulation) 物理的・生態的・社会的等のシステムの挙動を、これとほぼ同じ法則に支配される他のシステムまたはコンピュータの挙動によって、模擬すること。」と表記されている。また、「試しにやってみる本番に対する試行」、「現実のエッセンスを抽出したもの」、「真似しようとする現実に対して単純化」、「計算機の中だけで行われ、人間の行動とは別のもの」といった説明もあるが、その根拠は「社会（対象）の複雑な振舞い（現象）が比較的単純な行動の組み合わせによって創発される」との考えに基づいているということが出来る。

J.H. マイゼ、J.G. コックスの「シミュレーションの基礎」<sup>(\*)42)</sup>では、「システムのモデルの上での実験を行うプロセス」とシミュレーションを定義し、モデル上での実験について「①システムそのもので直接実験を行うか、②システムに関連する問題の解を直接解析的に求めることをするかわりに行うもの」であるとしている。ここでのモデルとは現実のシステムの表現を意味し、実験とはシステムまたはそのモデルの機能と成果を一定の条件のもとで観察するプロセスと説明している。

通常解析と実験は基本的には現実空間のモデルに対して行われるが、VE 環境では現実とは異なる空間軸、時間軸を導入したデザインも可能となる。ここで、重要な意味を持ってくるのがデジタル空間上で行われるシミュレーション技術である。現在でも、建築の構造解析の分野では、時刻暦応答・非線形解析など解析に時間軸を導入した解析は行われているが、VE 環境において期待される効果として、

- ①建設時の各ステージにおける構造物にかかる応力変化の解析、

- ②構造物の経年変化の解析,
- ③災害時・災害後の構造解析,
- ④構造物の解体シミュレーション,
- ⑤解体された部材の再利用を想定した評価と補強シミュレーション

などが考えられ、地震時の揺れや部材の変形・崩壊過程などを、時間軸を伸ばして表示することで、現実には把握できなかった様々な現象を確認することも可能である。

また VE 環境では、理論空間上での構造デザインの可能性を検証することが可能となる。理論空間上での構造デザインは、

- ①位相空間での形状変化と解析,
- ②多次元空間での構造モデルの設定,
- ③フラクタル理論を用いた構造形態生成システム (L システムなど) による形態生成,
- ④最小エネルギー・最小曲面理論を応用した形状解析

などにより、これまで形状定義すら難しかった新しい構造形態の可能性の検証が期待される。

特に数学処理ソフトや分子モデル解析ソフトなどの特殊分野のソフトとの連携によって、特殊な条件に対応したデザインも可能となることが期待される。

最適設計ルーチンを組み込んだ F.E.M. 解析により、設定した複数のパラメーターを変化させて最適な解を求めていくことで理想部材形状の開発が可能となる。現在このパラメーターの変化は異なるトポロジー空間には適用できないが、これが可能となればより柔軟な最適化が期待できる。建築の構造デザイン分野では、梁や板の特定応力下での最適形状の解析や理想形状の解析により、建物の軽量化のシミュレーションにも威力を発揮することが期待できる。

機構解析と連動した構造解析を行うことで、形態変化と加速度変化を伴う形態及び構造の解析が可能となる。機構解析はまた展開構造物や可動建築の開発、安定な形状を釣合い系の中で求める形状解析に応用することが可能である。建築の構造物は、基本的に運動状態の変化を起こさないのが前提であるが、今後は動く建築物も予想され、これまで難しかった動く構造システムの開発も可能となる。

地形条件や気象条件などの構造物の置かれた環境条件を、建物に直接関係する境界条件で設定するのではなく、周辺のより広範囲な環境条件を解析に取り込むことで、新しい環境条件を付加した最適構造形態のデザインが期待される。これらの新パラメーターを取り入れた構造デザインには、形状解析プログラム、機構解析プログラム、F.E.M 解析プログラム、流体解析プログラム、場の解析プログラムなどを統合・結合したビジュアルエンジニアリング環境が必要となるであろう。また、特殊な環境における構造物のデザインスタディーに対しては、VE の環境が強力なツールとなることが予想される。

このように、従来の構造デザインの方法と VE の考えを取り入れた新しい構造デザインの可能性は、今後ますますその必要性が増すことが予想される。

建築・デザイン分野でも、VE 設計環境の整備によって、学生は自分がデザインしたものの性能

を視覚的に確認しながら設計を進めることが可能になり、これまで別々の分野として学んできた知識がデザイン行為に統合された形でつながってくることは、デザイン教育にとって有益であると考ええる。これらの内容を実現するためにも、ICT 技術の活用が必要となってくる。

## 5.2) 建築計画系授業への ICT 技術の活用の可能性

建築やデザインは、生活の主役である人間と、それらを取り巻く 3 次元の空間との間に介在し、常にその営みを支え育んでいる。しかし、それらの多くは 3 次元の広がりを持った立体であり空間であることから、それらを創り出すために 3D のモデルや 2D のスケッチを利用してエスキースを行っている。このような創作活動の中でもとりわけ、3 次元の立体や空間を 2 次元の平面である紙の上に表現する技法は建築家やデザイナーにとって、形を創り出すための必須の技法であった。また、建築家やデザイナーが 3 次元で形づくり、それを 2 次元の図面に表現した図像を、制作現場では、技術者が 2 次元の図像から 3 次元の空間や立体を造り出すために、必要なデータを読み解き、形をイメージできることが必須の技術であった。

このように永く建築・デザインの分野において、3 次元の形を 2 次元の表現方法で、紙と鉛筆を使用して形を創り出し、その 2 次元の図像を伝達手段である図面に表現して現場に伝えていた。しかし、社会の仕組みが常に合理的進歩を続けて来た結果、教育システムの進歩が社会の進歩に遅れを取ってしまい、社会が必要とする人材と、各大学が送り出している卒業生との間には齟齬が生じている現状がある。

### a) 建築・デザイン分野の図形科学としての『図学』教育

建築・デザイン分野において形を伝える媒体である図面にすることは避けて通ることはできないことから、工学部・美術学部において、その図法を修得する科目として『図学』が位置づけられている。18世紀にフランス人 Gaspard Monge (1746-1818) によって創始され、その内容は「図法幾何学」と「製図実習」とからなり、機械製図、建築製図等の実用製図を行うにあたって必須の科目となっている。内容は以下のように、大きく「平面図学」と「立体図学」に分かれる。

#### ①平面図学

- ・直線と円周の等分
- ・円弧・円周の直延
- ・多角形
- ・円錐曲線（楕円・双曲線・放物線）
- ・その他の曲線（渦巻き線・サイクロイド・トロコイド・インボリュート）

#### ②立体図学

- ・点および直線の投象
- ・平面の投象（平面の交線・ラバット・直線との交点など）
- ・立体の投象（錐形・柱形・多面体・線織面・複曲面など）



- ・立体の展開および切断
- ・相貫体
- ・陰影
- ・AXONOMETRIC Projection（軸測投影）
- ・PERSPECTIVE Projection（透視投影）

中でも主要なところは「立体図学」で、3次元の空間や立体を表現・解析するために実務上必要な技術であり、設計者やデザイナーや技術者となるために、必要な空間的・立体的観念を養う必要があり『図学』が必修科目となっていた。

しかし、コンピュータの劇的な出現で、「ものづくり」の現場は大きく変貌してしまった。「平面図学」はドローイング・アプリの利用で、だれにでも簡単に2D図形を作図することができるようになり、特殊な製図用具による作図も不必要となってしまった。一方、「立体図学」もCAD（Computer-Aided Design）システムを利用することで、相貫している立体の表現も簡単にできるようになった。このことから、図学的素養が無くても空間や立体の形が簡単に表現できるため『図学』を軽んじる傾向が出てきてしまい、正しく形を考えることができなくなっている現状が業界で問題となっている。

なぜこのような問題が起ってしまったのか、その原因を突き詰めて行くと、頭の中で空間や立体の構成をイメージする前に、瞬時にディスプレイに表示されることが、空間や立体の画像を頭の中でイメージすることを停止させてしまって、空間的・立体的概念形成の未成熟を生じさせていることがわかってきた。

「立体図学」では、3次元の空間におかれた、点・直線・平面・立体の位置づけ、それらの相互関係を考え、複数の視点でそれらを認識し、試作を繰り返しながら形を創り出し、それを2次元の図面に表現することを学ぶことができる。この一連の作業行程において流れている時間のなかで、頭の中にあるn次元のイメージを2次元の紙に鉛筆で描き、それを自らの目で確認し、頭の中のn次元のイメージと照合しながら、さらに、手を加え、それを目で確認し、さらに……、このように止めどなく繰り返される行程が「グラフィック・シンキング」と呼ばれるものであり、手と目と頭が同じ時間を共有し、思考回路を働かせていること（図式思考）が、空間的・立体的概念の形成において、最も重要であると考えられる。

現在、学生の学力低下が問題になっているが、建築・デザインの分野では取り分け空間や形をイメージする能力が必要であることから、従来の2次元の図面の中に複数の視点で投影した図面を不規則に並べたような図面から、空間や立体がどのような状況になっているのかをイメージする努力を強要しても、いままでの中高の教育で、明解な解答を求められることしかしてこなかった学生には、「イメージ」などとは荒唐無稽な要求であることから、思考が停止し頭の中に形など浮かんでこないのが現状である。したがって、イメージする力を育てる一助としてCADで構築した空間や立体、それらの移動・回転による軌跡などを立体的に視覚化し、それらの関係を目で見て理解し、

空間や立体のイメージを思い浮かべる、きっかけづくりの手助けとすることで、空間及び立体把握の向上を図ることができる。

#### b) 建築・デザイン分野における、CAD システムの導入から VR・MR・AR・AV・SR の時代へ

機械・建築の分野で CAD システムの出現は、それまでの「ものづくりのあり方」や「ものづくりのながれ」を大きく変えるものであった。CAD とは文字通り、人の手によって行われていた設計作業をコンピュータによって支援し効率を高めるという目的を掲げて進行していったものであったが、その後、CAM も登場し、CAD で作成された形のデータを入力データとして、加工用のプログラム作成などを含む生産全般をコンピュータ上で行うことになり、生産効率が格段に向上した。その結果、とりわけ生産・製造に関わる工学部において CAD/CAM の教育が行われるようになり、その後、設計・デザインの分野においてもコンピュータを利用した CAD 教育が必須のものとなってきた。

当初はハーバードの学生がスケッチパッドシステムとして考え出したもので、紙と鉛筆をモニターとトラックボールに置き換え、スケッチを描くようにモニターを見ながらトラックボールを操作し、目で確認しながら考え描き続けていたのであろう。当初、コンピュータの演算速度も遅く、記憶容量も小さく、コンピュータが設計の支援をする能力はそれほどのものでもなく、人間の考えるスピードが、入力して演算して表示するまでのスピードよりも速かったので、生産効率は低いが、人が考えるために使う道具としてはそれなりによい効果を生み出していたものであったであろう。しかし、コンピュータの技術進歩は凄まじいもので、2次元表示の作画に留まらず、3次元表示、テクスチャマッピング、レイトレーシングなど、さらにはそれらの画像・動画作成まで短時間で描画できるようになった。そのため、データ入力すれば瞬時にその結果がモニター上にリアルに表示されることから、目で見て確認して考え、更に手を加えるという、図像で考えるエスキースのサイクルが、紙と鉛筆の時代のようにうまくシンクロしなくなってしまった。手を加えながら考える、その前にモニターがリアルな画像を結果として表示するため、頭の中のイメージより先に画像が見えてしまうため、頭の中のイメージよりモニターの画像が優先し、脳が説得されてしまう事態が生じてしまっている。いわゆるグラフィック・シンキングをする道具として使いこなせていないのではないかと疑問が残る。

さらに、コンピュータを活用した空間認識システムは進化し、仮想現実 (Virtual Reality) を利用した、一般のビデオゲーム機器として Oculus Rift, HTC Vive, Play Station VR などが販売され、VR (Virtual Reality) の時代になってきた。それは現実の世界ではなくコンピュータが創り出した仮想空間を、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着することで疑似体験できるものである。さらに、「現実 (Reality)」と「仮想現実 (Virtual Reality)」を合成する技術が進み、現在と過去の時空を超えて合成する技術も進化しつつある。それらをまとめると以下ようになる。

##### ① VR (Virtual Reality) 「仮想現実」

- ・ 100% 仮想で現実とは 0 %

- ・ 仮想空間を100%創り出す
- ・ コンピュータによって作り出された世界を現実として知覚させる技術
- ② MR (Mixed Reality) 「複合現実」
  - ・ 仮想と現実の混在
- ③ AR (Augmented Reality) 「拡張現実」
  - ・ 仮想空間と現実空間を組み合わせる技術
  - ・ 現実世界に追加情報を拡張
  - ・ 現実空間をベースにコンピュータで作られた映像や画像を重ね合わせる技術
  - ・ 2016年に大流行した「ポケモン GO」
  - ・ 家具メーカ IKEA のスマホとカタログを使って部屋に家具を置くシミュレーション
- ④ AV (Augmented Virtuality) 「拡張仮想」
  - ・ 仮想世界に現実世界を複合
  - ・ 仮想空間をベースに現実世界を複合させる技術
  - ・ 仮想空間を作り出した上に、現実世界の情報も感知
- ⑤ SR (Substitutional Reality) 「代替現実」
  - ・ 過去の現実世界と現在の現実世界を組み合わせる技術
  - ・ 現在見ている世界に過去の現実世界を重ねる
  - ・ 現在試験的に心理学・認知システムの実験手法として利用

一方、VR を急激に普及させた要因として、カメラ技術とパノラマスティッチソフトの技術の進化も忘れてはならない。

「仮想現実」の世界を創り出すためには、全天球360°の世界をつくり出すことが必要であるが、CAD ソフトでモデリングして、その世界に視点を置いて真の「仮想現実」を体験する方法と、超広角レンズで全天空360°を分割して撮影した映像をパノラマスティッチソフトで貼り合わせて、ヘッドギアやゴーグルの形状で、その中に左右の眼で両眼視できるように、2つの独立した画像が映し出されるモニターが取り付けられていて、ジャイロ機能も併せ持っているものを頭に装着することで、頭の向きに合わせてモニターの画像がシンクロし、他に存在している現実の空間や過去に存在した空間を「仮想現実」として体験することができるものがある。特に近年、GoPro Fusion・RICOH THETA・Nikon Key Mission 360など、360°全天空カメラ・自動スティッチソフトの開発で後者の VR が一気に普及することになった。

### c) 建築・デザイン分野の教育効果の向上に向けた ICT 技術の活用

前述した状況から、この分野において、ICT 技術を活用するにあたって重要なことは、空間や立体の初期教育の段階で空間的・立体的概念を自身の頭の中で形成することを前提にし、従来の教育方法にくわえて理解を促進することができる活用法の提案と、具体的な設計・デザイン段階の教

育で、いままで利用していなかった技術を導入することで、目的とする教育効果が向上するものを提案する。

### ①図学教育への ICT 技術の活用

立体図学の中で要求されるのは、3D の概念であり常に多視点から空間や立体を見つめることである。しかし、従来の教育方法は複面投象に偏重しすぎて、平面図・立面図を用いた副投象を駆使し、直線の実長、多角形の端形図・実形を求めるものであった。そこで、それを理解しやすくするために、単面投象の AXONOMETRIC Projection で作図した立体的な説明図を添えることで、立体的な空間認識を深めることはできたが、その理解度の向上にも昨今、個人差が目立つようになり限界があった。そこで、CAD ソフトの「VectorWorks」を利用し、3D で制作した立体や空間を、AXONOMETRIC Projection で表示し、フライオーバーツールを利用して、対象となる状況を鳥がその周りを自由に飛びながら、どこからでも見るようにすることにより、いままでプリントやホワイトボードに描かれた一視点の静止画像に加え、リアルタイムで空間を自由に回転させながら視覚的に空間認識ができる動的画像操作により、3D の空間や立体をイメージするのに苦慮していた学生の理解度がめざましく変化した。

以下に単面投象の中の投象法である AXONOMETRIC Projection で著者考案の AXONOMETRIC Projection Method C を例に説明する。図5.1がデカルト座標系 (Cartesian coordinate system) を、原点  $O$  を三角錐の頂点になるように、水平面に伏せてできる三角錐 (Cartesian Pyramid と名付ける) を AXONOMETRIC Projection で描いた、従来の授業で使用し

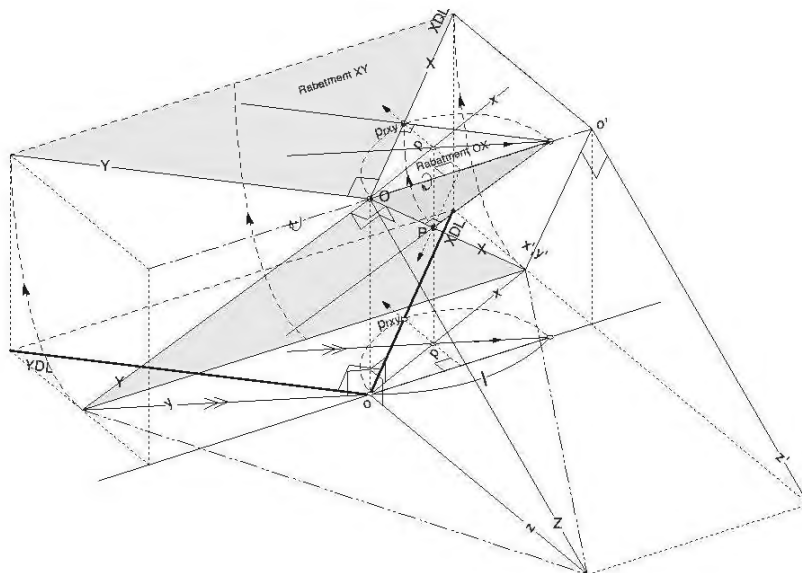


図5.1

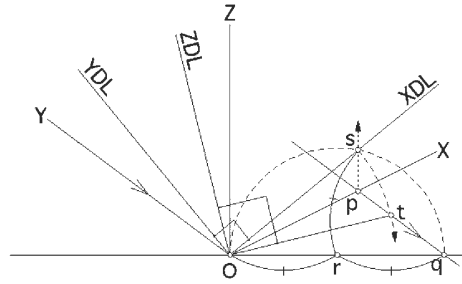


図5.2

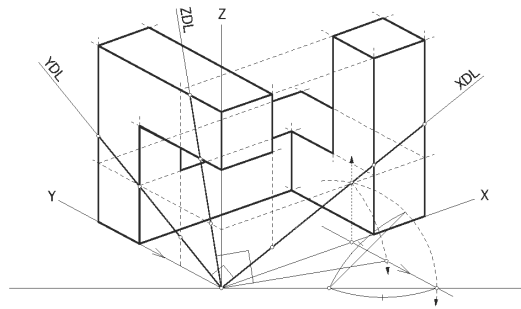


図5.3

ているプリント。三角錐の網掛けしてある側面を、原点Oを支点として、水平面に平行になるように上方にラバット（Rabat）し、その側面の実形図を平面図に求める状態を示したもので、図の右側にある直角三角形が、三角錐の右側面図である。

次に、図5.1の空間を真上から見た平面図が図5.2で、具体的な立体の AXONOMETRIC Projection はこの平面図上で作図し、図5.3のような図が完成する。

このような空間のなかで、三角錐の一側面である多角形の錐面が水平面と平行になるように回転し、平行になったのを、回転軸に対して垂直に右側から確認して、その実形図が平面図に投影されることから、そこに実長があらわれることを説明し、XDL 上に実長をとることができ、回転軸に垂直に見ている平面図ではその回転を、X 軸上に垂直に下ろすことによって、ラバットした図形を元の一側面である錐面に戻すことになり、結果として実長に縮み率をかけたことになることなど、一連のことを理解させることに永年苦勞していた。今年度、試験的に CAD で作成した3D の空間を VectorWorks のフライオーバーツールを利用し説明をした結果、85% の学生が3D 画像利用の説明の方が理解できたとアンケートで解答している。

図5.4、図5.5が3D で作成した空間を2つの視点で静止させた画像である。

このようなデータを学生が必要に応じて、サーバーから各自のタブレットにダウンロードし3Dviewer のソフトを利用することで空間や立体を自由な視点で見ることができ、空間の構成や立





図5.4



図5.5

体の構成が理解できるようになれば、建築・デザインの初期教育の段階で空間的・立体的概念を自身の中で構築することの一助になることは確信を持っていることである。

#### ②設計・デザイン教育への ICT 技術の活用

VR の技術を建築・デザインの教育で、多くの学生に等しく教育効果を高める活用法として、「建築史」や「近代デザイン史」で登場する、建築や家具・調度などを、サーバーにアーカイブ化して、PC のモニターやタブレット型モニターで疑似体験できるようにする。その画像が360°全天空カメラで撮影されたものであれば、マウスやトラックボールの操作で左右上下360°視点を回転できることで自由な視点が得られ現物を手に取るように見ることができる。

図5.6は沖縄伊是名島の国指定重要文化財『銘苅家住宅』を RICOH THETA で撮影したもので、3D Viewer ソフトで視点を自由にかえて360°見渡すことができる。また、ヘッドギア型の HMD (Head Mounted Display) であれば、ジャイロ機能を活かし、頭の向きを変えることで、目に見える画像がシンクロし、その空間に臨場しているような感覚になり、従来の写真や動画とは



図5.6



図5.7 VR 3D お絵かきソフト『Tilt Brush』

違った疑似体験となる。(図5.6の画像は二次元の平面に展開したもの)

また、アプリケーションで他の画像にリンクを張ることで、隣接する空間に移動することなどができることから、一つの空間を見渡すだけでなく、隣の部屋に画面を切替え、データさえあれば建物の中を自由に移動し、それぞれの空間を見渡すことが出来る。実務の現場では、不動産業界向け「VR コンテンツサービス」というシステムがあり、不動産業界が物件の紹介を現場まで連れていくことなく、お店の窓口に居ながらにして数多くのものを疑似体験してもらうことができることから、急激に普及してきた。今は無き歴史上の名建築も、CAD で作成することでそれらの空間を疑似体験することができるようになる。

さらに、CAD でモニター上に仮想空間を作成すれば、その空間をウォークスルーツールを利用することで、自由に移動して、空間の連続性を体験できる。

かつてゲーテは「建築は凍れる音楽である」という言葉を残した。つまり、音楽は楽譜を絵のように見ても何の感動も生まれないが、時間の流れをそこに置くことにより、メロディーやリズムが生まれ人のところに感動を呼び起こすのである。音楽のように、建築も静止した写真をただ見ただけでなく、その空間を時間の流れに沿って体験することで、こころ揺さぶられる思いになるのである。

過去の著名な建築も現在の著名な建築も、CAD で作成し、仕上げ・照明などレンダリングをかけファイル化しサーバーにアーカイブ化しておけば、学生がダウンロードしウォークスルーするこ



図5.8 IKEA の VR システム

とで、その空間のシークエンスを体感できるものとなる。さらに、映画の世界で実用化されている技術をコンパクト化し、HMD に装備することで人間の五感に刺激をあたえ、その体験もより現実に近いものになるであろう。

次に設計・デザインの授業では、CAD のモデラー機能や、図5.7の VR 3D お絵かきソフト『Tilt Brush』を HMD に装備し利用することで、目の前の何もない擬似的空間に床や壁や天井を描き、家具調度を描き加えることにより、疑似生活空間を造り出すことができる。今までの紙と鉛筆によるイメージスケッチや、スケール感の無い模型の習作ではなく、より臨場感のあるものとなり、学習意欲が湧くものとなる。

また、MR の技術を利用することで、現在ある空間や立体に手を加えることができる。図5.8のスウェーデンの家具メーカー IKEA では、現状の部屋の画像をリアルタイムで映し出したモニターに、自社のカタログから自由に選んでその画像に張り込み、そのインテリアにマッチしているかどうかを、画面上で確認できるシステムを採用している。このようなシステムを拡張していけば、現状の空間の家具のレイアウトや内装や外装までを含め、リノベーションの設計などに臨場感をもって活用できることから、学習意欲の向上に繋がる。

次に、MR の技術で現状の空間をモニターに映し出し、その画像にメモを書く要領でタグやデータを書き込むことができる機能を活かすと、敷地分析を学生がグループでするときに、それぞれの学生が現場を見ることで気が付いたことをモニターの画像に貼り付け、そのデータを全員で共有し、後で分析することができる。一人ではできなかったデータ収集力と分析力の実感を持つことで、グループの重要性和自身の足りない部分がどこなのかに気が付き、今後の活動に大きく変化をもたらすことが期待できる。

また、建築史や作品研究で建築を見るときに、これらの MR の技術を利用すると、どこが重要なポイントなのかを HMD に表示し、そのタグをクリックするとその内容説明が示されるようにす

ることで、現場で学ぶことができ、逆に、建築を一覧して、どこが重要なポイントであったのか、画面上にチェックを入れて置くことで、一覧後、幾つのポイントが建築様式などで重要なものであったのか、テストなどにも活用できる。「ポケモン Go」のような要領で教育効果の向上が期待できる。

また、人間の視覚だけでなく、五感を含む他の感覚を刺激することで、VRの世界を広げることができる。材料の質感や重さ感をグローブやコントローラを利用することで実現することが可能となっている。例えば、極小のウェアラブルデバイスで、ユーザーの筋肉に微量の電気ショックを送ることで、バーチャル空間における触感の再現を誘発したり、八つの電極パッチを通して指や手などに電気を送り、その電気ショックに筋肉が反応することで、本当のものに触れているかのような感覚を再現させたり、電極パッチをつけると重量を感じられるようになることから、VR空間の壁やドアに触れ、ものをつかんで持ち上げることが可能になってきている。

VRの技術は日々進化し、その技術を教育に活かしていくことを考えることは重要なことであるが、一方、ICTが置き去りにしてきたものが何であるのかを考え、それを補う教育も怠ってはならない。

### 5.3) 建築構造系授業への ICT 技術の活用の可能性

建築の構造の役割は、建物に求められる機能を満足する空間を、建物に作用する様々な荷重を支持・伝達しながら安全に保持することである。そのためには、構造物の外的条件である荷重条件（自重や仕上げ荷重、積載荷重、地震荷重、風荷重など）を適切に設定し、その荷重を支持する支点条件（基礎条件）と力のつり合いが成り立つように計画しなければならない。また同時に、荷重が建物の内部を流れて基礎で支持される過程で構造部材（柱、梁、壁、床など）がその力を安全に伝達できるように、また有害な変形が起らないように計画しなければならない。建築・デザインを行っていくうえで、以上の構造的知識と内容の理解は必要条件の一つであり、特に建築コースの学生には、構造に関連する授業は必須科目となっている。構造に関連する科目には、「構造計画」、「構造設計」、「構造力学」、「建築材料」の授業がある。ICT技術の発達に伴い、これらの構造関連科目にも新たな教育方法が期待される。

#### a) 構造力学の授業について

構造力学の授業は、建築の構造的安全性を評価するために行う構造計算の力学的基礎知識を学ぶことを目的とする。また、構造力学で理解した力の流れを構造デザインに応用することで、合理的な建築の設計をおこなうことが可能となる。構造力学の授業は、構造力学Ⅰと構造力学Ⅱの2コマで構成され、シラバスに沿って、パワーポイントを使用した系統的授業を行っている。また、学生が授業内容に対しての理解度を自分の中で確認する意味で、演習問題を解かせてどこが理解できていないかを確認させているが、学生一人一人の理解度を把握し、個人個人に合った適切な指導を行っていくのは、従来型の授業形態では難しいのが現状である。シラバスには授業内容と到達目標、

予習内容、復習内容について記述しているが、ほとんどの学生は十分な予習・復習を行っていないと考えられる。来年度以降、現在授業で説明しているパワーポイントの内容をeラーニング教材として公開し、授業の予習・復習に活用してもらうことで、対面授業では予習してきた内容について



図5.9 片持ち梁に集中荷重が作用したモデルの解析結果

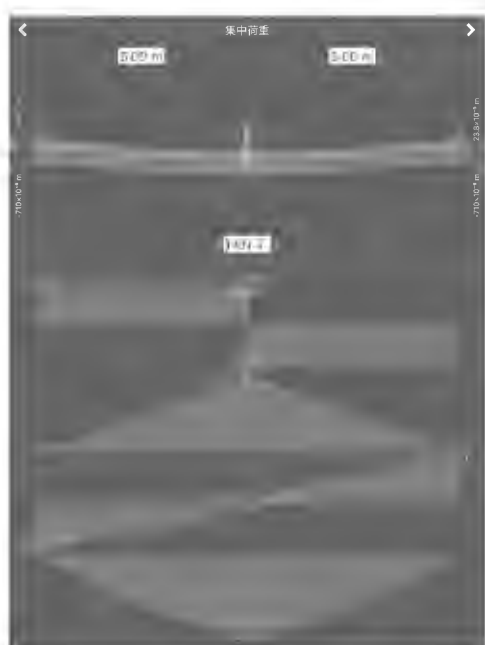


図5.10 単純梁に集中荷重（左）と分布荷重（右）が作用したモデルの解析結



の質問に答えていくとともに、演習の時間を増やして学習効果を上げる取り組みを検討していきたいと考えている。

建築・デザイン学科の学生を対象に行った情報端末の利用調査（表3.3）では、8割以上の学生がスマートフォンとして iPhone を使用している。構造力学の演習問題の復習用として、スマートフォンの構造計算アプリ（iOS,Android 共通に使える「たわみ」）を使うことで、自分の解いた問題の解答についての確認が可能になる。このアプリは、スパンや支点条件（ピン支点、固定支点）、荷重条件（集中荷重、分布荷重）を入力することで、応力（軸力、せん断応力、曲げ応力）とたわみを計算することが出来、自分で様々なモデルの作成も可能である。（図5.9、図5.10）

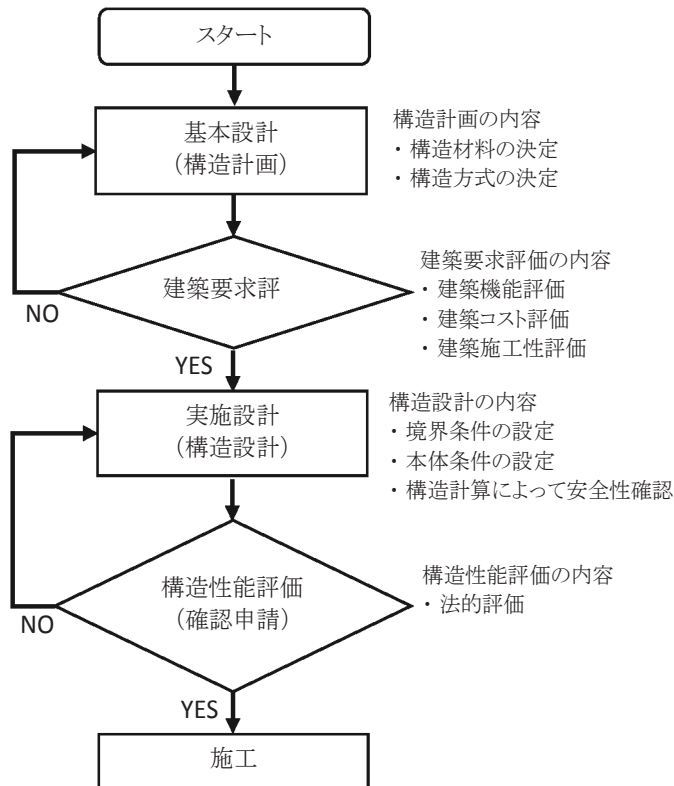


図5.11 構造デザインの流れと内容

構造デザインの授業は、「構造計画」と「構造設計」の2つの授業で構成されている。この2つの授業は実際の構造デザインの流れ（図5.11）に沿った授業内容でおこなわれる。「構造計画」の授業では、建築物に要求される用途や機能、敷地条件などに適合する構造を様々な可能性を比較しながら検討し、どのような構造材料を用いて、どのような構造方式で構造を計画することが適当かを決定する。「構造設計」の授業では、構造計画で決定した構造についてその力学的安全性を評価し、実際の施工が可能な設計図書（構造図）を作成する。この構造設計に必要な設計条件は、構造



図 5.12 「Bridge constructor」による橋の構造計画

張弦梁構造（上）とトラス構造（下）

物本体を定義する「構造物の本体条件」と、構造物が置かれた力学的環境条件である「構造物の境界条件」である。「構造物の本体条件」には、使用する構造材料の種類や使われる構造部材の断面形状、架構方式などの項目がある。「構造物の境界条件」には、構造物に作用する荷重条件（固定荷重、積載荷重、地震荷重、風荷重など）と建物を支える支点条件（基礎）などの項目がある。

構造デザイン（構造計画・構造設計）の分野でも ICT の活用により新しい可能性を切り拓くことが期待される。構造設計の授業では、主要な構造部材である「柱部材」、「梁部材」の設計を行い、角材や紙で実際に模型を製作し、実験で計画通りの性能が得られるかを確かめる授業を行っている。この授業で、「橋の設計」を行うにあたって、スマートフォンのアプリである「Bridge constructor」（図5.12）を使った授業を行っている。このアプリは、幾つかの橋を架ける場所が設定され、木材、鉄筋コンクリート、鉄骨、ワイヤーなどの構造材料を選択して、いかに安いコストで安全な（トラック2台が渡れる）橋を計画するかが評価ポイントになる。同じ場所でも、異なる材料と異なる構造方式で橋を計画することが可能であり、学生たちは自分が計画した橋の構造的な評価をすぐに確認することが可能である。

今後、構造デザインの授業に ICT を活用することで、構造の知識を計算ではなく直感的に学習する可能性が広がることが期待される。

## 6. 参考資料

### 6.1) ICT に関連した情報処理技術の歴史

1960年／「Man-Computer Symbiosis」発表 /J・C・R・リックライダー

1977年／世界初のパーソナルコンピュータ（完成品）Apple II 発表

1978年／Apple II 用フロッピーディスクドライブ（diskII）発売

1980年／Seagate Technology が PC 用5MB ハードディスクを開発

1981年／IBM PC 発売 OS に「MSDOS」採用,

Xerox Star ワークステーション発表, GUI, ネットワーク接続を導入

1984年／Apple Macintosh128K 発売, GUI とマウスを実用化

日本におけるインターネットの始まり / 東京大学, 東京工業大学, 慶応義塾大学を実験的に UUCP で結んだ “JUNET” 誕生

1989年／英国の科学者 Tim Berners-Lee が World Wide Web を開発

1991年／Apple, Macintosh PowerBook 100発売

1992年／PC-9801発売, 日本初のインターネットサービスプロバイダ（ISP）がサービス開始, NTTdocomo 誕生

1993年／Windows 3.1発表, 世界初の, 画像とテキストを同一ブラウザ内で表示できる「NCSA Mosaic」がリリース, 日本初の無線 LAN システム「WaveLAN シリーズ」登場

1994年／日本で初めてのダイヤルアップ IP 接続サービスが開始

1996年／日本で初めてのポータルサイト Yahoo! JAPAN」がサービスを開始

1997年／最大128kbps の常時接続サービス「OCN エコノミー」提供を開始

1998年／Windows 98リリースにより PC でインターネット利用可能に, Google 設立

1999年／ADSL が登場

2000年／「Google」が日本語検索サービスを開始, 「Amazon.co.jp」がサービスを開始  
IT 基本法成立

2001年／電気通信事業者が ADSL 事業を開始, 「Wikipedia」日本語版が登場

2003年／家庭向けの光回線が登場

2004年／日本における SNS の誕生, Facebook 設立

2005年／動画共有サイト「YouTube」がサービスを開始

2007年／インターネットを使った動画生中継サービスが開始

2008年／「iPhone」発売, 「Facebook」, 「Twitter」がサービスを開始

2009年／Google の OS 「Android」を搭載した機種が登場, Windows 7リリース

2010年／「iPad」が発売

2011年／「Google+」がサービスを開始

2012年／「LINE」がサービスを開始

2013年／「Facebook」の日本における利用者数が2100万人を突破

2014年／「LINE」の日本における利用者数が5000万人を突破

2015年／「Apple Watch」を発売

## 6.2) 補足説明

### a) PBL 情報化社会の新たな学習法—上—PBL とは何か<sup>(※45)</sup>

Problem-Based Learning では、特定の分野において必要とされる知識や情報を一定の文脈に即して有意義的に獲得させることを意図している。そのために、慎重に計算されたテーマが設定される。テーマの解決の途上で学習者には次々に関連する知識や情報が立ち現れ、それらを一定の関連性の中でよりスムーズに理解できる。また、個別指導を意味する「チュートリアル」が導入され、指導者は知識獲得のプロセスを丹念にサポートする。これらの意味において、Problem-Based Learning は「課題解決学習」と呼ぶのがふさわしく、「大量の知識を効果的に獲得する」という要請に応え得る方法と言ってよい。

一方、Project-Based Learning にも諸説があるが、その起源はキルパトリック（William Heard Kilpatrick）による「プロジェクト・メソッド」に求めることができる。これは、「目的・計画・実行・判断」の四つのフェーズを丹念にたどることによって、自らの目的を達成するための「目的的活動」を促す学習法として注目された。その後、特に情報環境の飛躍的な進展に伴い、形式的には多様性が認められるようになっていく。それらの多様性を含みながら、総称としての「プロジェクト・アプローチ」は欧米ではかなり一般的な学習法として定着している。

Project-Based Learning にもやはり多様な方法論と主張があるが、共通しているのは「学習者が問題を発見し、解決の見通しをつけて実行し、何らの形で結論を得る」ための学習法であるという点である。したがって、その中心的な特徴は、学習への動機づけに最大限の配慮を行うとともに、問題解決の一連のプロセスを自律的に遂行する点にある。その意味で、「問題解決学習」と呼ぶことができる。

このように、Project-Based Learning と Problem-Based Learning には、それぞれの特徴や目的にかなりの違いがある。特に、前者は学習への動機づけに重点を置くのに対して、後者は有意義的な知識や情報の獲得に主眼がある。しかし、情報化社会において求められる新たな学習法という点で、どちらも注目すべき価値は十分ある。

### b) PDCA サイクル

「PDCA サイクル」とは、仕事を円滑に進める手法の一つで、Plan（計画）、Do（実行）、Check（評価）、Act（改善）の頭文字をとったもので、この4つの内容を順に繰り返すことで業務を改善していくことが出来る。PDCA サイクルが円滑に回るにはまず計画をしっかり立てることが重要

で、「6 W 2 H」を織り込む必要がある。「6 W 2 H」は、Why（なぜ）、What（何を）、Where（どこで）、Who（誰に）、Who（誰が）、When（いつ）、How to（どうやって）、How Much（いくらで）の頭文字をとったものである。

#### 参考・引用文献

- \*21) 中央教育審議会／文部科学省
- \*22) 我が国高等教育の中長期的展望－ユニバーサル・アクセス時代の高等教育の将来像－  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/04091601/004.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/04091601/004.htm)
- \*23) 少子化と教育について／文部科学省中央教育審議会報告  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/old\\_chukyo/old\\_chukyo\\_index/toushin/1309769.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_chukyo_index/toushin/1309769.htm))
- \*24) 高学歴社会の大学－エリートからマスへ（UP 選書）／作者：マーチン・トロウ、天野郁夫、喜多村和之／出版社／メーカー：東京大学出版社
- \*25) グローバル化と教育に関して議論していただきたい論点例／文部科学省  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/kokusai/004/gijiroku/attach/1247196.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kokusai/004/gijiroku/attach/1247196.htm))
- \*26) グローバル人材育成推進会議（2012）「グローバル人材の育成及び活用について」『グローバル人材育成戦略審議まとめ』（<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/global>）
- \*31) 「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会」報告書（中間まとめ）平成26年8月29日 ICT を活用した教育の推進に関する懇談会  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/26/08/\\_icsFiles/afieldfile/2014/09/01/1351684\\_01\\_1.pdf#search=%27%E3%82%B0%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%90%E3%83%AB%E5%8C%96%E3%81%A8%EF%BC%A9%EF%BC%A3%EF%BC%B4%E6%95%99%E8%82%B2%27](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/08/_icsFiles/afieldfile/2014/09/01/1351684_01_1.pdf#search=%27%E3%82%B0%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%90%E3%83%AB%E5%8C%96%E3%81%A8%EF%BC%A9%EF%BC%A3%EF%BC%B4%E6%95%99%E8%82%B2%27))
- \*32) 大学 ICT 推進協議会（AXIES）ICT 利活用調査部会／文部科学省（2011）『教育の情報化ビジョン．～21世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～』  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/23/04/\\_icsFiles/afieldfile/2011/04/28/1305484\\_01\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/_icsFiles/afieldfile/2011/04/28/1305484_01_1.pdf))
- \*41) ASCII.jp デジタル用語辞典  
(<https://kotobank.jp/word/%E3%83%A6%E3%83%8B%E3%83%90%E3%83%BC%E3%82%B5%E3%83%AB%E3%82%A2%E3%82%AF%E3%82%BB%E3%82%B9-9531>)
- \*42) シミュレーションの基礎／J.H. マイズ, J.G. コックス共著：小笠原暁 [ほか] 共訳（培風館）1969.11
- \*43) 広辞苑／新村出編第5版 CD-ROM 版（岩波書店）1998.11
- \*44) 21世紀日本の高等教育の将来構想（グランドデザイン）中央教育審議会大学分科会  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/04081801/007.htm#1](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/04081801/007.htm#1))
- \*45) PBL 情報化社会の新たな学習法―上―（PBL とは何か―ミネソタ州ニューカントリースクールに学ぶ）／日本私立大学協会
- \*46) 問題にもとづく学習（PBL, Problem Based Learning）  
(<http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/user/rosaldo/061127pbl.html>)
- \*47) e ラーニングの6つの活用メリットと4つのデメリット／IT トレンド  
([https://it-trend.jp/e\\_learning/article/merit](https://it-trend.jp/e_learning/article/merit))