

特集

大学での学びの内容を知る①（理工学系）

大学での学びが高校までの学びと大きく異なる点の1つは、大学では学生1人ひとりがそれぞれの専門分野に分かれて学習していくという点であろう。一部の大学では、大学に入学した後で専門分野を選ぶことができる制度になっている場合もあるが、多くの場合は大学に入学する段階で自分の進むべき専門分野を選ぶ必要がある。

大学で学ぶ専門分野（学部・学科）を決める際には、実際に大学で行われている教育・研究の内容について、あらかじめ十分に調べておく必要がある。実際に大学で授業を受けている先輩に話を聞いたり、進路の先生に相談したりするのも1つの方法である。また、大学が実施する進学相談会やオープンキャンパスに参加して、大学での学問についてじっくりと話を聞いたり、わからないことを質問するなどして、十分に情報を集めることも非常に大切なことである。模擬授業を行うなど、実際に学びに触れられる大学もあるので、そのような機会を活用するのもよいだろう。くれぐれも、学部・学科の名称やイメージだけで専門分野を決めてしまい、後悔することのないようにしよう。

今回から5回にわたって、大学での学びについて紹介する。今回は「理工学系」の学部について、学問の最先端を行く大学の先生方のインタビューを交えながら紹介していくので、ぜひ参考にしてほしい。

1 理工学系の学びの実例（1）～東北大～

東北大には、理系の学部として医学部、歯学部、薬学部、理学部、工学部、農学部が設置されている。このうち、医学部、歯学部、薬学部および農学部の紹介は、次回の特集で採り上げる予定の「農学・生命科学」分野の紹介にゆずり、ここでは、理学部と工学部について紹介する。

理学部と工学部の違いを敢えて挙げるとすると、工学部での学問が「モノづくり」や「自然現象を人類の生活の役に立てること」に主眼を置いているのに対して、理学部では、「自然現象の本質」や「自然の理（ことわり）」を追究することを主な目的としている点が挙げられるだろう。また、理学部では主にサイエンティスト（科学者）を養成するのにに対し、工学部ではエンジニア（技術者）を養成するという点に違いがある。もっとも、近年その境界は徐々にあいまいになってきている。

東北大の理学部には、数学科、物理学科、宇宙地球物理学科、化学科、地圏環境科学科、地球惑星物質科学科、生物学科の7学科があり、広範な自然科学の分野をカバーしている。理学部では、自然現象の本質を追究することに主眼をおいているため、基本的に「基礎研究」が中心となり、今すぐ何かの役に立つような研究をしているわけではない。しかし、これらの研究から新しい自然科学の原理原則が発見され、現在の私たちの常識が覆されることがあるかもしれない。理学部では、原子分子レベルの世界から宇宙スケールの世界まで扱っており、学科によって取り扱う対象は異なるが、自然科学の原理原則を解き明かそうとしているという点では、各学科で共通のものを目指しているといえるだろう。

一方、工学部の研究対象は非常に多岐にわたっている。東北大の工学部には、機械知能・航空工学科、情報知能システム総合学科、化学・バイオ工学科、材料科学総合学科、建築・社会環境工学科の5学科があり、全部で25のコースに分かれている（表1参照）。コースが細分化されているため、専門的で高度な内容の教育・研究がなされているのが特徴である。工学部での研究は、自然科学を応用的に利用して実際に私たちの役に立つ技術を開発するところに主眼が置かれている。その技術の内容はそれぞれの分野によって異なるが、新しい技術を開発してその技術を実用化させようと日々努力している点は共通しているといえるだろう。

表1 東北大工学部の組織構成

学科	コース
機械知能・航空工学科	機械システムデザインコース
	ナノメカニクスコース
	航空宇宙コース
	量子サイエンスコース
	バイオロボットシステムコース
情報知能システム総合学科	エネルギーインテリジェンスコース
	コミュニケーションネットワークコース
	情報ナノエレクトロニクスコース
	応用物理学コース
	コンピュータサイエンスコース
	知能コンピューティングコース
	メディカルバイオエレクトロニクスコース
化学・バイオ工学科	応用化学コース
	化学工学コース
	バイオ工学コース
材料科学総合学科	金属フロンティア工学コース
	知能デバイス材料学コース
	材料システム工学コース
	材料環境学コース
	社会基盤デザインコース
建築・社会環境工学科	水環境デザインコース
	都市システム計画コース
	都市・建築デザインコース
	都市・建築学コース
	都市・建築学コース

※東北大のホームページを基に作成

〈東北大 大学院工学研究科 都市・建築学専攻デザイン系 五十嵐太郎教授インタビュー〉

◆建築は歴史から学ぶ◆

「建築史は建築学科の中でも最も人文に近い」と東北大工学部建築・社会環境工学科の五十嵐太郎教授は言う。五十嵐教授の専門は、建築史をベースとした建築理論およびデザイン学だ。建築史について五十嵐教授はこう説明する。

「人文系でも建築史研究はありますが、文献研究が中心になります。工学部の建築史研究は建造物そのものと格闘し読み解くのです。工学部では構造や力学など純粋に工学的な勉強もしますから、そういった知識をベースに建造物と文化社会との関係を読み解いていくことができるのです」

また、五十嵐教授は、「IT技術は日進月歩で、少し前の技術はすぐに見向きもされなくなり忘れ去られていくように、ほとんどの技術は一番新しいものが一番良いとされています。ところが、建築に限っては、常に新しい技術が一番だとは限りません。そこに建築史の面白さと特徴があります」と建築史の存在意義を説く。

例えば、約1000年もの昔の中世ヨーロッパの建築様式であるゴシック様式のカテドラル（大聖堂）は今も人々を惹きつけているが、現代にまったく同じものを建てることは不可能だという。

「ゴシック様式のカテドラルには高さ150mを超えるものもあります。けれども、現代の建築技術を使えば、これよりも高い建造物はいくらかでも造ることができるでしょう。しかし、カテドラルに匹敵するような空間の特性を持った建物を建てることはできないと思います。当時と今とは技術体系が異なるからです。当時はレンガや石を積み上げる技術体系ですが、近代建築はコンクリートとガラスの技術体系だからです。お金を湯水のように使い、時間を無制限にすれば（自分が生きているあいだに完成しない）、「再現」不可能ではないと思いますが、実際、あまりに非効率的でお金がかかるので、今は誰もやろうと考えません。なの



五十嵐太郎教授



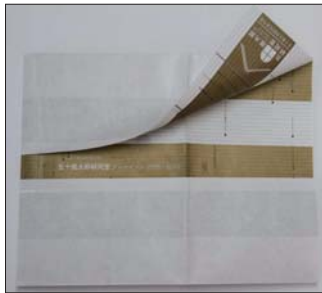


写真1 五十嵐研究室が作成した「五十嵐太郎研究室アーカイブス2005-2012」。表紙が盛り込まれた年表となっているユニークなデザイン



写真2 五十嵐教授が監修する企画展「戦後日本住宅伝説―消失する家、内省する家―」に出席する模型を作製する五十嵐研究室のメンバー



写真3 東北大学建築・社会環境工学科デザイン系/東北大学大学院都市・建築学専攻デザイン系の活動を紹介するタブloid誌「トナリ720」。2007年から発行を開始

で、現在の技術体系ではほとんど不可能なのです。また、芸術性に優れたステンドグラスや彫刻も現代では再現できません。さらに経済環境、人材育成のシステムなど、当時の時代背景があったからこそ、あの建築を可能にしたのです。ですから、建築の場合、新しい技術が優れているとは限らないわけです」

また、ゴシック様式のカテドラルが建設された当時、ヨーロッパではキリスト教が非常に強い影響力を持っていたことも、石を使った最高の表現を可能にした理由の1つだ。建築物は、その時代の政治、経済、文化と密接な関係がある。例えば、ナチスドイツは、ヒトラーの古典主義に則り、明確な意思をもってベルリンをローマのような街にしようとした。19世紀フランス万博は、植民地から得た富によって、都市整備とセットで行われた。今、私たちはパリの美しい景観を楽しむことができるが、その背後にはフランスの政治・経済・文化の歴史がある。「だからこそ、建築は歴史から学ぶことが多いのです」と五十嵐教授は言う。

◆震災と建築を問う活動◆

東日本大震災は東北地方に甚大な被害をもたらした。岩手、宮城、福島三県の沿岸部では津波により壊滅的被害を被った。被災地によっては、すべての建造物が破壊され、今なおその傷跡は生々しい。五十嵐教授は、被災地を歩き「はたして工学で町は救えたのか?」「復興はいかにあるべきか?」と問い続け、建築と社会との関係から考察する文化的アプローチによる建築・都市論『被災地を歩きながら考えたこと』(みすず書房刊)を2011年11月に刊行した。東北大学の学生たちは震災と向き合わざるを得ない。五十嵐教授の研究室の学生たちも、被災地で活動している。

五十嵐研究室のメンバーは、福島県南相馬市の仮設住宅の敷地内の集会所に、高さ6mの「復活の塔」を制作した。五十嵐教授は、この塔について「仮設住宅は、同じ形の住宅が並んでおり、最低限役立つものしかありません。それが1区画約50戸、全体でおおよそ20区画約1000戸が建ち並んでいます。しかし、塔は何の役にも立たないけれども仮設住宅の敷地内の多くの人々はその塔を見ることができる。あるいは他の区画からも望むことができるかもしれません。多くの場所から見られる塔の存在は、何がしかの心のよりどころになる、特異点となっています」

この塔は、住み慣れた土地を離れて生活をする被災者の人々が復活を委ねるシンボルとなっている。

五十嵐研究室の活動は多彩で活発だ。ゼミや学生の設計、論文作成のほか、建築に関わるリサーチや展覧会のプロジェクト、「五十嵐研出版部」としてのメディア活動、コンペへの参加などだ。リサーチではYKK APと窓の研究、ダイワハウスと家型研究などに取り組んでいる。また、メディア活動では、年間数冊の出版を手がけている。

◆「最も人間に近い工学」を学ぶ◆

五十嵐太郎教授は建築学科を「最も人間に近い工学」だという。「日本の大学では、建築学科は一般的に工学部に属しています。地震に強い構造、素材を研究する材料学、建設の方法を開発する構法、省エネに貢献する熱環境など工学的分野から、公共建造物の目的に沿った人の動きを考慮する計画学、芸術的な感性を求められるデザイン、建築の歴史など人文に近い分野まで扱うのは建築学科だけです。欧米では、建築学は建築学部として独立しており、デザインを学ぶ学生は最初からデザインだけを学びますし、工学系の構造などを学ぶ人も同様です。建築学は英語でarchitectureですが、【archi】は統合を意味し、【ecture】は技術を意味します。つまり、建築学はさまざまな技術が統合された学問というわけです。また、それが日本の大学の建築学科の特徴でもありますね」

五十嵐教授は、建築学科を目指す受験生にこうアドバイスをする。「理系志望だけれども、人文系に関心のある人に向いていると思います。建築学は人、生活、社会と関わりの深い学問ですから、きっと面白いと思ってもらえるでしょう。また、建築学を学ぶと、街を歩くことが非常に楽しくなります。それまで単に風景の一部に過ぎなかった建造物を見ながら、「なぜ、ここにあるのか」「なぜ、こんな形なのか」と考えながら、歩くことができるようになりますから。また、設計をすれば、必ず後世まで残ります。それも魅力ですね」

五十嵐教授は、建築を学ぶ建築学生向けに『ようこそ建築学科へ 建築的・学生生活のスズメ』(学芸出版社刊)を監修している。本書は建築学科生だけではなく、建築学科に興味を持つ受験生にも参考になるはずだ。建築学科を理解するための一助となるだろう。

2 理工学系の学びの実例(2) ~東京工業大~

東京工業大学の学部は、理学部、工学部、生命理工学部の3学部で構成されている。東京工業大が他の大学と大きく異なる点は、入学時には1類から7類までの「類」に所属して基礎的な科目を学び、そのうえで2年次から自分の専門分野(学科)を選んで学習するというものである。受験生の段階では、大学での専門的な学びについて十分に理解することは難しいため、大学入学後の1年間、実際に大学での学びを体験してから、進むべき専門分野を決めることができる仕組みになっている。

1類は「理学部」に相当し、数学科、物理学科などに進むことができる。2類から6類は「工学部」にあたり、2類は主に材料系、3類は化学系、4類は機械系、5類は電気電子系、6類は建築・土木系に進むことができる(一部例外がある)。7類は「生命理工学部」に相当し、生命科学科、生命工学科に進むことができる。

図1 東京工業大の類・学部・学科編制

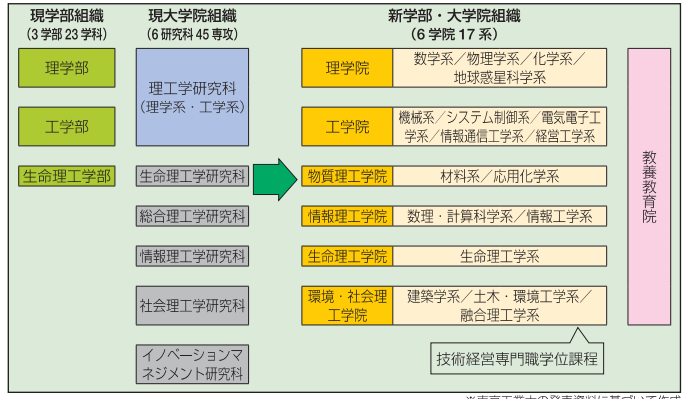
類(1年次)	1類	2類	3類	4類	5類	6類	7類
学部(2年次以降)	理学部	工学部					生命理工学部
学科	数学	金属工学	化学工学	機械科学	電気電子工学	土木・環境工学	生命科学
	物理学	有機材料工学	高分子工学	数値解析工学	情報工学	建築学	生命工学
	地球惑星科学	無機材料工学		機械宇宙学			
	化学			国際開発工学			
	情報科学			制御システム工学			
		経営システム工学		社会工学(工学部)			

※東京工業大のホームページに基づいて作成

また、大学院は理学部と工学部に対応する「理工学研究科」、生命理工学部に対応する「生命理工学研究科」のほか、独立した研究科として「総合理工学研究科」、「情報理工学研究科」、「社会理工学研究科」、「イノベーションマネジメント研究科」があり、学生は自分の興味関心に合わせて(大学院入試を受けたうえで)希望の研究科に進学することが可能である。

なお、東京工業大では、2016年度より新しい制度が導入され、学部と大学院を統合した「学院」が設置されることが発表された。これは、現学部組織(3学部23学科)と現大学院組織(6研究科45専攻)を再編して新学部・大学院組織(6学院17系)にするものである。組織の変更のほかにも、学士課程と修士課程、修士課程と博士課程の教育カリキュラムの一貫化、留学やインターンシップをしやすいするためのクォーター制の導入、英語による講義の充実など、さまざまな改革を行うとしている。もっとも、2016年度までは学部の新入生募集(入学試験)については従来通り1類から7類までの類別募集で変更はない(ただし、7類で前期日程と後期日程の募集人員の変更はある)とされている。

図2 東京工業大の2016年度からの組織改編計画



※東京工業大の発表資料に基づいて作成

※構想中のもので、変更となる場合がある。学院等の名称は検討中

◆金融変動を物理学の方程式で記述する◆

ブラウン運動——高校の物理や化学で熱やコロイドについて学習するときに登場する。19世紀前半、水中を漂う花粉から飛び出した微粒子（コロイド）が極めて細かく激しく不規則に運動する様子を発見したイギリスの植物学者、ロバート・ブラウンから名付けられた。20世紀初頭、物理学者アルベルト・アインシュタインは、コロイド粒子は水分子と衝突して運動エネルギーを得て揺れ動き、そのエネルギーが今度はコロイド粒子から周囲の分子に拡散していく、という直観に基づいてこの運動を定式化した。このアインシュタインの論文によって、原子や分子の存在が世界で初めて明らかになった。



高安美佐子准教授

ところが、これは物質科学の問題だけではない。「金融市場の価格変動もブラウン運動と同じ方程式に従っている」と、東京工業大大学院総合理工学研究科の高安美佐子准教授は指摘しているのだ。為替相場、株価の変動といった人間の経済活動を物質科学で語ることは、いったいどういうことだろう。

「金融変動はランダムウォークという理論に基づいて研究されています。これは価格が上がったり下がったりするのは確率2分の1でランダムに起こる、という理論です。ところが、最近ビッグデータを分析することができるようになると、このランダムウォークから外れる時があることがわかってきました」

外れるとは、ランダムウォークでは見られないほどの予想外の大きな変動、つまり暴騰や暴落といった不安定な状態になったり、逆に価格がまったく動かなくなる安定な状態になったりすることだ。そこで高安准教授は、こうした金融市場の動向をリアルタイムに監視して統計物理学的に分析するソフト「PUCK（パック）」を開発した。

言うまでもなく、価格変動の根本的な要因は人間の意思による行動だ。それは理論的にも明らかにされている。市場に参加している人間、プレイヤーが「価格が上がったから、次は下がるだろう」と売り、「下がったから、次は上がるだろう」と買う、という戦略「逆張り」の下で行動すれば価格は安定する。一方、「上がったから、もっと上がるだろう」と買いに走り、「下がったから、もっと下がるだろう」と売りに走る、というような戦略「順張り」だと価格は不安定になる。PUCKは後者のような順張りが増えると警報を出すという仕組みで、不安定になる状態をデータからいち早く検出するのだ。



写真 4 最先端の統計物理学で経済・社会現象の解明に挑む学生たち

さらに高安准教授は、アインシュタインの論文を受けて物理学者ポール・ランジュバンが導入したコロイド粒子の確率微分方程式「ランジュバン方程式」に着目した。

「水中でコロイド粒子がある方向に動くとき、コロイド粒子のすぐ近くの水分子は進行方向より脇に押し除けられて密度が小さくなり、進行方向の少し遠いところでは水分子が押されて集まり、密度が高くなり、粒子の動きを止めようとする抵抗力になります。これを表すのがランジュバン方程式です。

一方、金融市場を見ると、プレイヤーたちが思いのままに買注文や売注文を入れたりキャンセルしたりしていますが、1億円単位の売注文1つずつを分子のようにみたと、価格の座標軸の上で分子が現れたり消えたりする現象のようにも見ることができます。その様子を丁寧に観察すると、水分子とコロイド粒子と同じように、例えば価格が上昇する方向の少し先で密度が高くなっていたのです。そこから、金融市場もランジュバン方程式に従っていることがデータから裏付けられたのです」

この発見は長年の謎「なぜ、金融変動はランダムウォークに似ているのか」「ランダムウォークの駆動力は何なのか」を物理学の視点から解き明かしたことになる。金融市場の極めて詳細な振る舞いを直接観察できるようになったおかげなのだ。

それだけではない。水分子は現代の技術をもって小さすぎて見るることができない。ところが、金融市場の場合には注文1つひとつの動きが全てデータとして

入手できるので、現実の水とコロイド粒子よりも詳細な観測ができるようになり、物質科学よりも先に進んだ研究もできるのだ。

◆人間のあらゆる活動が自然科学にあてはまる◆

高安准教授の手元には、金融市場の他にも面白いデータがある。それは日本企業約100万社の取引関係のデータだ。

「日本の企業は取引をしたいと思っている企業を見る際、その企業はどこかの企業と取引をしているのかを非常に気にします。そのため、信用リスク調査には必ず取引先のデータが入っています。ところが、その取引先との間でどれだけのお金の流れがあるのかは、銀行しか知りません。そこで、それを推定するアルゴリズムを作成しました」

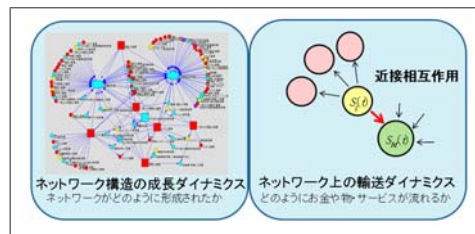


図 4 巨大企業システムの解析（堅牢な企業構造構築・ストレステスト・シミュレーション）

高安准教授は企業信用調査会社の帝国データバンクから提供されたデータを基に、企業の年間売上や取引関係とそのネットワーク構造の情報から、取引のある企業間のお金の流れの量を推定するアルゴリズムを

完成させた。これは同社との共同研究であるが、すでに同社のビジネスにも使われている。

だが、この企業ネットワークは、さらに深い意味を持っているらしい。「企業ネットワークの形状は、生命科学で注目されているタンパク質の相互作用を表すネットワークと似た特性を持つのです。一見、何の関係もない生命現象と経済現象に共通するような普遍的な何かがあるのではないかと期待しています。企業ネットワークでのお金に相当するものは何なのか、相互作用の強さはどう表されるのか、といった問題をネットワークの数理科学という広い視野からアプローチできるのです」

さらに興味深いことに、ここに誰も知っていた物理の法則が隠されていた。「それは万有引力の法則です。星と星の間に働く重力は2つの星の質量の積に比例します。それと同じように、企業間の取引額は両社の企業の年間売上額の関数の積でおおよそ近似されるのです。企業取引はそれぞれ複雑な判断に基づいて人間が決めているのですが、全体を見渡すと、実は非常に単純なのかもしれません。例えば、大きなものと小さなものどちらかを選ぶとき、大きさに比例して選ばれる確率が高くなるというような人間の単純な意思決定の法則があれば、このような取引先を選ぶ心理的関数が説明できるかもしれないからです」

この研究のもう1つ重要なことは、シミュレータとして活用できるという実用的な点だと、高安准教授は主張する。

「例えば、地震や津波などの震災で被害を受けた場合、どれだけ企業に、また日本経済にダメージがあるか、ストレステストができるのです。あるいは、国がある産業への財政支援をやめたら、その影響はどう出るか。また、地方の産業を立て直すために、どんなリンクを張って資金を調達すれば、その地域にお金が循環するか、といったシミュレーションもできます」

このように、あらゆる人間の経済・社会活動が自然科学の研究の枠組みに乗るようになってきた。

「まだまだ解明できないことがたくさんあります。金融とブラウン運動の解明にも20年かかりました。だから長期的なビジョンを持って研究することがとても大事です。それで学問が深まっていくのです」

高安准教授は物理が得意というよりは、好きだから続けられたと話す。「根本原理を理解したいという思いで、物理学の研究をしてきました。1つ興味を持って新たな発見をしたら、そこが終わりではなく、また新たな始まりです。発見の周辺には新たな謎が生じて、また発見をする。その連鎖が研究の面白さです」

高安研究室には物理学だけでなく、情報や経済学などさまざまな学歴の学生が集まっている。その学生たちはみな高い志を持って、自己実現のために研究に励んでいると言う。

「大学に入ることをゴールにしていませんか。大学入学は単なる通過点の1つです。大学院に進学すれば、またそこが出発点になり、自分の人生の夢を追求することができるのです」

たとえ失敗しても諦めない。自分は何をやりたいのかということをしかりと見据えていれば、チャンスは何度でもやってくる、と高安准教授はアドバイスしている。