

講演会報告

第12回 畦 浩二氏

センター講演会(第12回)が5月28日13:00~14:30に、日吉キャンパス来往舎シンポジウムスペースで行われた。畦 浩二氏(大阪教育大学理科教育講座教授)をお迎えし、「科学的思考力・表現力を育む理科教育の今日的課題—実験・観察を中心として—」と題して講演していただいた。

まず、文科省が定めている「科学的思考力」の説明および、教科としての理科の教育目標が、小学校、中学校、高校と段階別に紹介された。その中で、観察・実験を行う際に「目的意識を持って行う」ことが、最近になって書き加えられたとのことであった。約10年前に行われた中学2年生の理科授業の国際比較では、他国(米、オランダ、チェコ等)に比べて日本は授業時間数がかなり少ないこと、また化学や物理など特定の分野を教える比率が高いが、その他の分野(科学的知識の本質や、科学と社会の相互作用、科学と数学の関係など)を取り扱う時間数の割合が少ないこと。また、日本では観察・実験はおこなうが、その後の討論にかける時間は少なく、収集したデータを独自に考えて整理し処理する機会に乏しい、という問題点が指摘された。また、日本で観察・実験をどの程度行っているかの調査結果によると、週1~2回以上と答えている比率が小学校では約7割、中学校では約6割を占めるのに対して、高校ではせいぜい1割程度にとどまっている。

講演の途中で、聴衆に対して、科学の基礎的概念の理解度クイズの用紙が配られた。13項目(与えられた短文)の内容が正しければ○、正しくないときは×、分からないときは? を答える形式であった。

「地球の中心部は非常に高温である」から始まり、最後は「放射能に汚染された牛乳は煮沸させれば安全である」であった。講演者が壇上からおりて、参加者に1問ずつあて、答えていくという講義さながらの形で解説されていた。このクイズを使って、大阪教育大学の学生を調査したところ、専科理科学(理系)に対して非専科理科学(文系)の特徴がはっきり出たとのことである。弱い領域(物理・化学)がはっきりしており、狭い領域の理科知識でとどまっている。これは高校での学習経験が影響しているのであろう、とのことであった。文科省からの特別研究経費による「実践的理科力養成プログラムの構築」(平成19~21年度)の事業内容も紹介された。質疑応答(約15分)も含めて、講演会が終わったときには2時間がたっていた。参加者は教員および学生など約50名であった。(大場 茂)



第13回 小島 秀康氏

センター講演会(第13回)が7月5日16:30~18:00に、日吉キャンパス来往舎シンポジウムスペースで行われた。小島秀康氏(国立極地研究所教授)をお迎えし、「南極隕石が教えてくれること」と題して講演していただいた。

小島氏は南極観測隊に第20, 27, 39, 44, 51次と参加し、主に隕石探査に関わっている。日本の観測隊による隕石の発見は、1969年に10次隊が偶然9個見つけたことに始まる。このとき、それらの中に違う種類のものが混ざっていたことが、その後の探査につながっていった。なぜならば、1つの大きな隕石が砕けて飛び散ったものではなく、なんらかの理由で、隕石が集積される機構が働いていることが示唆されたからである。南極に降った隕石は雪と共に固まり氷となるが、それが長い年月をかけてゆっくりと低いところへと流れていく。そしてその途中で山地があると、氷が押し上げられ、それが日光で温められて溶け、隕石が露出するという仕組みである。実際に、隕石を収集し終わってから同じ場所に竹竿をたて、数年後にそこに行ってみると新たに隕石が見出されることが確認された。

講演の途中で、南極で収集された隕石が講演会場内で回覧された。地球に落ちてくる隕石の母天体は火星と木星の間の小惑星体であること、ならびに月や火星由来の隕石も収集されていることが紹介された。月や火星に巨大隕石が衝突してクレーターができ

る際に、削れて飛び散った岩石が高速でその重力場をぬけて宇宙空間に飛び出し、それがたまたま地球の重力場につかまると落下してくるとのことである。また、南極で見つかっている隕石の落下時期は、数千年から数万年と推定されている。アポロ計画などで、月の岩石が大量に地球に持ち帰られたが、それは月の表側だけに限られていて、南極で採取された月隕石には月の裏側起源のものが見つかった(FeやTiの含有量が極めて低いという特徴がある)という話は、非常に興味深かった。講演終了後、活発な質疑が行われた。講演会への参加者は学生、教員、および外部の方も含めて、約30名であった。(大場 茂)



Newsletter Oct. 2011 No. 05

慶應義塾大学自然科学研究教育センター

RESEARCH AND EDUCATION CENTER
FOR NATURAL SCIENCES

発行日 ● 2011年10月25日 代表者 ● 大場 茂

〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1
TEL: 045-566-1111 (直通)
E-mail: office@sci.keio.ac.jp
URL: http://www.sci.keio.ac.jp



REC for NS
research and education center for natural sciences

Newsletter

Oct. 2011

No. 05

慶應義塾大学自然科学研究教育センター

『過ぎゆく時間の流れの中で』

自然科学研究教育センター所長・文学部教授 大場 茂



「地球カレンダー」という考え方があります。これは地球(および太陽系)が誕生した時(46億年前)を1月1日の0時とし、現在を12月31日の24時として、それまでに起こったことをカレンダーにあてはめて、時間経過をわかりやすくしたものです。生命の誕生が3月初め(約35億年前)、多細胞生物の発生が10月末、生命が海から陸へ上がったのが11月末、類人猿から猿人が分岐したのが12月31日の11時頃で、現在の人類誕生(約4万年前)は23時56分です。大陸移動説というのは、皆さんご存じだと思います。大陸は分裂と合体を繰り返しています。地球カレンダーでいうと、11月に超大陸ゴンドワナが形成されてその後分裂し、12月に超大陸パンゲアが形成され、現在分裂の途中です。しかし、想像してみてください。そのような変化が起こる過程では、大地震や大津波が何回ともなく繰り返されたはずですが、この状況は今でも変わっていません。ゆったりした時間の流れの中で、この不安定な地殻が盤石の陸地のように錯覚してしまうことに、注意する必要があります。東日本大震災は想定外の規模の地震でした。また、津波によって電源喪失となり、福島原発の事故が発生してしまいました。なぜこのような事故を防げなかったのか、今後十分に検証する必要があります。発熱が続く原子炉はまだ予断を許さない状況であり、放射能漏れの問題も深刻ですが、着実に良い方向に進むことを願っています。

くしくも今年にはマリー・キュリーが「ラジウムおよびポロニウムの発見とラジウムの性質およびその化合物の研究」でノーベル化学賞を受賞して、ちょうど100年目です。マリーはピッチブレンドの中に、ウランよりも放射能が強い元素が2種類混ざっていることを見抜き、みごとにそれらを分離抽出しました。マリーは放射線の医療への応用も推進しました。当時、すでに放射線に対して恐怖の目でみられていたため、「恐れるべきものはない。あるのは理解すべきものだけだ」という言葉を残しています。これはまさに、今の日本の社会に求められていることだと思います。

自然科学研究教育センターは2009年4月に設置され、主に日吉に所属する自然科学系の教員によって構成されています。センターの目的は、自然科学の研究と教育を推進し、研究の進展と教育の質の向上に貢献することです。研究は個々の教員に共同研究者や訪問研究員も加わって、種々の形で展開されています。当センターでは年6回程度、講演会を開催し、物理、化学、生物、数学、心理学、地理学など幅広い分野の

研究者をまねき、他分野の人にもわかりやすいように話をしてもらっています。大学生および大学院生も聴講対象です。シンポジウムも年1回開催していますが、今年は3月に東日本大震災があった影響で、自然科学教育シンポジウムが中止になったため、それを延期して11月19日(土)の午後に行う予定です。

本年10月から、私(大場)が自然科学研究教育センターの所長になることになりました。青木健一郎元所長と中野泰志元副所長には、当センターの立ち上げから始まり、2年半に渡り、センターの活動を軌道にのせるべくご尽力いただきました。この場をかりて深く感謝いたします。当センターは、構成員一人一人の熱意と貢献によって成り立っています。センターの理念に賛同される方の所員としての参加を随時受け付けています(ただし、慶應義塾の教職員に限りません)。関心のある方は、事務局にお問い合わせください。

大学教育推進プログラム・イベントのお知らせ 第1回 自然科学教育シンポジウム

「科学的思考力を育む文系学生の実験の開発」 —いま学生に何が求められているのか—

2010年度に採択された本取組の理念ならびに事業内容を確認し、今後のめざす方向を明らかにする。また、文系学生に求められている科学的思考力とは何か、焦点を当て、実験を通してそれをいかに育むかについて議論する場としたい。

2011年11月19日(土) 13時00分より
日吉キャンパス 来往舎1階シンポジウムスペース

- 13:00~ 開会の挨拶 長谷山 彰(慶應義塾教育担当常任理事)
 - 13:10~ 「科学的思考力、実学と実験—取組の目的と内容—」
青木健一郎(教育推進プログラム実行委員長、経済学部教授)
 - 13:35~ 「実験テーマの開発(物理)」松浦 壮(商学部専任講師)
 - 14:00~ 「実験テーマの開発(化学)」大場 茂(文学部教授)
 - 14:20~ 「実験テーマの開発(生物)」倉石 立(文学部准教授)
 - 14:40~ 「実験とレポート作成を重視した総合教育科目としての心理学教育の試み」 中野 泰志(経済学部教授)
 - 15:10~ 「文系学生の科学的思考力増進のための心理学教育—講義・演習・実習の総合—」
辻 敬一郎氏(名古屋大学名誉教授)
 - 16:20~ パネルディスカッション
「科学的思考力を育むにはどうするか」
 - 17:10~ 閉会の挨拶 真壁 利明(慶應義塾研究担当常任理事)
- 詳しくはURL: <http://www.sci.keio.ac.jp/gp2010/>

研究紹介

数学教室

『論理的思考のもとに 問題解決をするグラフ理論』

商学部専任講師 藤沢 潤



私は「グラフ理論」について研究を行っています。「グラフ」と聞くと棒グラフや円グラフ・2次元関数のグラフといったものを思い浮かべる方が多いかと思いますが、数学的対象としての「グラフ」とは図1のような、いくつかの頂点が辺で結ばれている構造のことを指します。例えば鉄道の駅を頂点、線路を辺と考えれば鉄道の路線図はグラフになります。他にもコンピューターネットワーク、電子回路、脳の神経回路など様々なものがグラフを用いて抽象化されます。

グラフ理論は、近年の計算機科学の発展に伴って盛んに研究が行われるようになりました。それは、上記のような「グラフ」を用いて抽象化される事象・現象を、コンピューターを用いて解析するかという問題があるからです。コンピューターによる解析が難しい問題として次のような問題（巡回セールスマン問題）があります。「ある都市から出発して、指定されたn箇所の都市を回って元の都市に戻る時、どのように回れば経路が最短になるか？」例えば東京から出発して大阪・福岡・札幌を回って帰る場合、全通りの経路を計算したとしても（逆回りのルートは同じ長さの経路になるので、それを省くと） $3!/2=3$ 通りなので、簡単に最短路を求めることができます。しかしながら、回る都市の数が30都市になると、全通りの場合の数が $30!/2 > 1.3 \times 10^{32}$ 通りになります。この場合（コンピューターの性能を高く見積もって）一秒間に一兆通りの経路の計算ができるとしても、全通りを計算するのに 1.3×10^{20} 秒 > 4兆年以上かかってしまいます。コンピューターの処理速度が100倍になっても400億年という具合なので、コンピューターの性能を上げる努力ではなく「いかに工夫して計算量を少なくするか」という方向に力が向けられるのは当然と考えられます。グラフは上述のように様々な概念の抽象化に用いられるため、グラフの持つ性質・構造を知ることによっていろいろな問題が簡単に解けるようになります。そのため、グラフ理論は計算機科学の基礎理論として欠かせず、グラフ理論の重要性が高まっています。

私はグラフ理論の中で、特に「ハミルトン閉路」「1-因子」「2-因子」の存在について興味を持っていますが、ここでは特にハミルトン閉路について述べたいと思います。ハミルトン閉路とは「グラフの全ての頂点を一度だけ通って出発点に戻る回路」を指します。図1のグラフはハミルトン閉路を持ちます（図2）が、図3のグラフは持ちません。このように、一見似たように見えるグラフでも、ハミルトン閉路を持つものと持たないものが存在します。では、グラフがどのような条件を満たせばハミルトン閉路を持つと言えるのでしょうか？ この問題に関して非常に良く知られている定理として、Oreの定理（1960年）が挙げられます。

Oreの定理. 頂点数 n のグラフ G において、辺で結ばれていない任意の2頂点 u, v に対して $deg u + deg v \geq n$ ならば、 G はハミルトン閉路を持つ。

ここで $deg u$ ($deg v$) とは u (v) と辺で結ばれている頂点の個数を指し、これを u (v) の次数と言います。図1のグラフは頂点数8であり、どの頂点の次数も4なのでこの定理の仮定を満たしています（なので、ハミルトン閉路を持ちます）。一方、図3のグラフはハミルトン閉路を持たないので、この定理の仮定を満たさないような2頂点が存在するはずですが、実際、図3のグラフの頂点数も8ですが、 x と y の次数の和は6であり、これらが定理の仮定を満たしません。

私の研究の雰囲気を知ってもらうために、以降でOreの定理の証明について述べたいと思いますが、手始めに以下の補題を証明します。ここでハミルトン道とは、全ての頂点を一度だけ通る道（出発した頂点に戻らなくてよい）のことです（図4）。

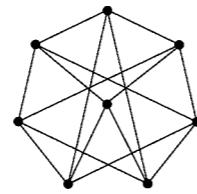


図1: グラフ

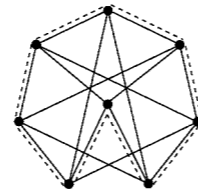


図2: ハミルトン閉路

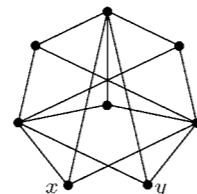


図3: ハミルトン閉路を持たないグラフ

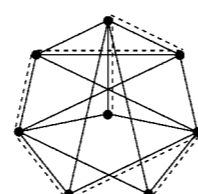


図4: ハミルトン道

補題. ハミルトン道を持つグラフ G がOreの定理の仮定を満たす時、 G はハミルトン閉路を持つ。

(証明) G のハミルトン道を P とし、 G の各頂点を P でたどる順に v_1, v_2, \dots, v_n (n は G の頂点数) とする。 v_1 と v_n が辺で結ばれているとすると、 P に辺 v_1v_n を加えたものが求めていた G のハミルトン閉路になるので、 v_1 と v_n が辺で結ばれていない場合を考える。ここで、 v_1 と辺で結ばれている頂点の集合を X とおく。また、「 v_{i-1} が v_n と結ばれている」ような頂点 v_i の集合を Y とする（図5）。いま v_1 と v_n は辺で結ばれていないので、Oreの定理の仮定からそれらの次数の和は n 以上になる。つまり、 X の個数と Y の個数の和は n 以上になる。さらに、 v_1 は X にも Y にも入らない。したがって、 v_2, v_3, \dots, v_n ($n-1$ 個の頂点) の中に X と Y が合わせて n 個以上入ることになり、鳩の巣原理より v_2, v_3, \dots, v_n のうちいずれかは X と Y の両方に入ることになる。その頂点を v_j とすると、 $v_1v_2 \dots v_{j-1}v_nv_{n-1} \dots v_jv_1$ というハミルトン閉路の存在が示される。□

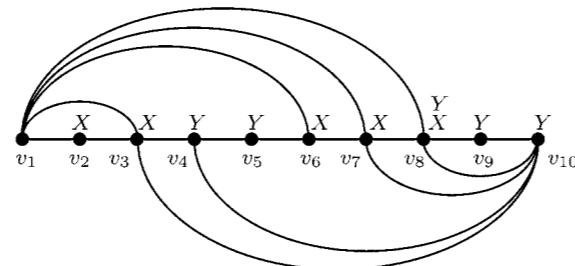


図5: 補題の証明 ($n=10$)

この補題を用いて、Oreの定理を証明します。

(Oreの定理の証明) 背理法で証明する。定理の仮定を満たすがハミルトン閉路を持たないような n 頂点のグラフが存在すると仮定し、そのようなグラフの中で辺の数が最大のものを G とする。 G のどの2頂点も辺で結ばれているとすると明らかに G はハミルトン閉路を持つので、 G は辺で結ばれていない2頂点 u, v を持つ。

いま、 G において辺 uv を追加して新しいグラフ G' を作る。 G' における各頂点の次数は G における次数と変わらないか、一つ増えているだけである。したがって、 G' はOreの定理の仮定を満たす。また G' は G よりも辺の数が多いため、(G が辺の数が最大の反例だったことから) G' はハミルトン閉路を持つ。もしそのハミルトン閉路が辺 uv を通っていなければ、その閉路は G におけるハミルトン閉路となり、 G が定理の反例であることに矛盾する。一方、 G' におけるハミルトン閉路が辺 uv を通る場合、そのハミルトン閉路から辺 uv を取り除いたものは G におけるハミルトン道になる。したがって、補題より G はハミルトン閉路を持つことになり、この場合も G が定理の反例であることに矛盾する。□

補題の証明の中に「鳩の巣原理」が出現します。鳩の巣原理とは「 n 個の巣に $n+1$ 羽の鳩が入ると、どこかの巣には必ず2羽以上の鳩が入る」という、至極当たり前の原理です。しかしながら、グラフ理論においてはこの鳩の巣原理が大きな力を発揮することが度々見受けられます。Oreの定理も、補題において鳩の巣原理を用いる所が本質的な部分ですが、ここでポイントとなるのは「 Y という集合のおき方」です。 X は v_1 と辺で結ばれている頂点の集合ですが、 Y は v_n と辺で結ばれている頂点の集合ではなく、その一つ隣の頂点の集合としています。これによって、 X または Y の頂点 (=鳩) と $\{v_2, v_3, \dots, v_n\}$ (=巣) の間の鳩の巣原理からハミルトン閉路を見つけることができます。このようなアイデアは誰かに教えてもらえば理解は難しくないので、自分で発見するのは難しいという、まさにコロンブスの卵のようなものです。私の研究においても、ああでもない、こうでもないという試行錯誤しながら上記のような良いアイデアを探し求めるということが仕事になります。

冒頭ではグラフ理論の応用について述べましたが、Oreの定理の証明からもわかる通り、グラフ理論は論理的思考のもとに問題解決をする理論的な学問であり、純粋な数学的側面からも興味深い対象として研究がされています。特に「実数全体」といった連続的なものを扱うのではなく、頂点や辺のように「1個、2個、…」と数えられる離散的な構造を扱う「離散数学」という分野に属しています。グラフ理論が体系的に研究されるようになったのは20世紀後半であり、数学の長い歴史の中では非常に新しい分野であるものの、新しいがゆえに興味深い未解決問題が多く残されているという魅力があります。また、数学の一つの醍醐味として「まったく関係がないと思われていた二つの理論が、ある問題をきっかけとして突然強い結びつきを持つ」ということが挙げられると思いますが、グラフ理論においても「代数的組み合わせ論」「位相幾何学的グラフ理論」「グラフ理論における確率論的手法」というキーワードで表わされるような、数学の他分野との融合が始まりつつあります。このような近年著しいグラフ理論の成長に、私も微力ながら関わっていければと思っています。

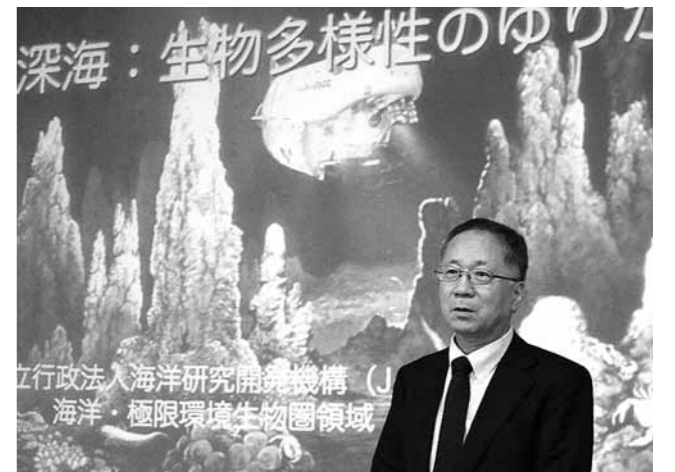
講演会報告

第11回 北里 洋氏

センター講演会（第11回）が5月11日 17:30~19:00に、日吉キャンパス来往舎シンポジウムスペースで行われた。北里洋氏（独立行政法人 海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域長）をお迎えし、「深海：生物多様性のゆりかご」と題して講演していただいた。

日本周辺の海域は、日本列島の複雑な地形、地質に加えて黒潮／親潮の海流の影響を受けることで、世界の海洋生物種の約14%を占める多様な生物が息息する場である。海洋生物は深さによって2つの生態系を持つ。浅海域では、光エネルギー（光合成）に基づいた生態系であるのに対して、水深が1,000mを超える深海においては化学合成生態系を構成し、光が届かない深海においてメタンや硫化水素から化学エネルギーを作り出すメカニズムを持つ生物群集が息息している。また、捕食者が少ない安定した環境にある深海では、40億年におよぶ地球の海の歴史の中で、ゆっくりとした進化が行われてきた。

講演者は、しんかい6500による10回以上にもおよぶご自身の深海調査成果を中心にして、深海生物の特徴を多数の深海生物群集の写真や映像を用いて、わかりやすく解説して下さった。そこには、私たちが日ごろ生物多様性の対象とすることが多い、陸上や浅海域の生物を取り巻く環境とはまったく異なる世界が展開されていた。この講演会は、私たちが直接目にすることができない深海の世界を知り、生物多様性が、広くそして深いものであることを認識できる貴重な機会であった。参加者の関心も高く、講演後には、自然科学を専攻する教員や学生のほか、文系学部の学生からも積極的な質問がなされた。参加者は、約70名であった。（松原 彰子）



シンポジウムのお知らせ

日本基礎心理学会と共催でシンポジウムを開催します。

「基礎心理学の現在と将来：脳研究・応用研究・技術研究の
前線から見てくる若手研究者のキャリアパス」

日 時：2011年12月3日（土） 15:00~17:00

会 場：日吉キャンパス来往舎 1階シンポジウムスペース

参加費：無料（学生の参加を歓迎します）

詳しくはwebsiteをご覧ください。http://www.sci.keio.ac.jp