

東北大学 理学部物語

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

理学部をもっと知るためには
理学部・理学研究科ホームページ
<http://www.sci.tohoku.ac.jp>

授業を体験し、雰囲気を知るためには
オープンキャンパス(7月末)

理学部の情報をさらに広く、深く **東北大学理学部**

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3(学部教務係) TEL 022-795-6350
[E-mail] sci-kyom@bureau.tohoku.ac.jp

2008年6月 新訂:東北大学大学院理学研究科・理学部広報 企画・編集:㈱カルダイ社
●さらに詳しい「理学部案内」が必要な方は、理学部学部教務係にお問い合わせください。



TOHOKU
UNIVERSITY

宇宙と惑星の創成から生物の多様性まで
未来にわたる自然の「理」を
ミクロとマクロから。

写真は、2008年4月、月探査衛星「かぐや(SELENE)」(東北大学では地球物理学専攻・小野高幸教授が「月レーダサウンダー」ミッションのリーダーとして参加)がハイビジョンカメラで撮影した“満地球の出” ©JAXA / NHK

199 197 196 195 194 193 192 191 190 189 188 187 186 185 184 183 182 181 180 179 178 177 176 175 174 173 172 171 170 169 168 167 166 165 164 163 162 161 160 159 158 157 156 155 154 153 152 151 150 149 148 147 146 145 144 143 142 141 140 139 138 137 136 135 134 133 132 131 130 129 128 127 126 125 124 123 122 121 120 119 118 117 116 115 114 113 112 111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

大きさまたは地球からの距離(m)

宇宙背景放射

10²⁶ 最も遠い天体(距離)
10²⁴
10²¹ アンドロメダ(距離)
天の川銀河(直径)

原始銀河
1光年
10¹⁵
1天文単位
10¹²

最初の星
直径
10⁶

ビッグバン
10⁻³⁰ 10⁻²⁰ 10⁻¹⁰ 1 10¹⁰ 10¹⁵
(秒)

重水素原子
10⁻⁹ (1nm)
10⁻¹⁰ (1Å)

ヘリウム核
10⁻¹⁵

核子
1GeV

色力学
クォーク
グルーオン
10²GeV

電弱統一
W[±], Z⁰
10¹⁶GeV

ニュートリノの質量起源?
10¹⁹GeV

大統一スケール
10¹⁶GeV

プランクスケール
10¹⁹GeV

宇宙と惑星の創成から 生物の多様性まで 未来にわたる自然の「理」を ミクロとマクロから。

気の遠くなるような時を経て
時空の一角に水惑星が生まれ
絶妙のバランスで
生物多様性が形成されてきました。

いま、ヒトゲノムが解読され
極微と極大を結ぶ統一理論が模索されるなど
自然の「理(ことわり)」の解明は
止まることなく進んでいます。
そして、その先には一層深い謎が—。
それを解くのは、あなたかもしれません。

自然界にひそむ原理や法則性を解明し
真理を探究する喜び。
それが理学です。

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra																	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

原始太陽系の形成

太陽地球
月(直径)

地殻の形成・海の形成

プレートテクトニクスの開始

地球の磁場形成

酸素急増

オゾン層の発達

大陸移動(パンゲア分裂)

森林の形成

日本列島の誕生

文明の発生

地球生命の誕生

DNA
RNA

光合成生物の急増

真核生物の誕生

多細胞生物の誕生

生物の爆発的進化

史上最大の大量絶滅

人類の誕生



宇宙の大規模構造

かに星雲・かにバルサー
オリオン星雲(距離)

シリウス(距離)

「理学」に興味を持たれた皆さんに

この「理学部物語」は、「理学って何だろう?」「東北大学の理学部って、どんな特徴があり、どんな教育や研究が行われているのだろうか?」という基本的な疑問に対する入り口として作られました。入学をお考えの皆さんは、「東北大学理学部案内」もぜひ合わせてご覧ください。

この本では、理学部でいきいきと活躍している学生や教員がたくさん紹介されています。彼ら/彼女らの言葉の端々に、理学というものの物見方やとらえ方を読み取れるはずです。そして、語り合う表情の中には、「研究第一主義」を掲げている東北大学の真摯な姿を垣間見ることができるよう。巻頭には、この世界の歴史を理学の立場から俯瞰したイメージ図を示しました。また、各領域のトピックス年表は、理学の100年間の大きな歩みをまとめた学問の中でも、特に基礎科学である「理学」は、じっくりと腰を据えて、考えることの王道を進んでいくべきものです。考えることが何より大好きな皆さんにとって、きっとたぐさんの不思議と、それを解き明かす喜びが、そこに見つかるはずです。その一端をくみ取っていただくこと、それがこの冊子のねらいです。

「理学」へのイントロダクション



理学部での教育プログラム紹介



この本の構成	
巻頭インタビュー	4
学科・コースの対話および年表	
数学科の対話	8
・現代数学のトピックス	11
物理学科の対話	14
・現代物理学のトピックス	17
宇宙地球物理学科・天文学コースの対話	20
宇宙地球物理学科・地球物理学コースの対話	23
・現代宇宙地球物理学のトピックス	25
化学科の対話	28
・現代化学のトピックス	31
地圏環境科学科の対話	34
地球惑星物質科学科の対話	38
・現代地球科学のトピックス	41
生物学科の対話	44
・現代生物学のトピックス	47

理学部のさまざまな姿 To the World, To the Next

学部・大学院	6
理学部の歩み	7
先人たちの歩み	13
学際拠点	19
研究施設	27
国際交流	33
国際共同研究	37
学習環境	43
キャンパス	49

”スロー・サイエンス“という考え —考えることの真ん中に「理学」を—

東北大学理事・附属図書館長 野家啓一（東北大学理学部卒業）

私が「理学」を目指した理由。不思議大好き!!

昔、あるデパートの「不思議大好き」というキャッチコピーが有名になったことがあります。また、アリストテレスは『形而上学』（岩波文庫）の巻頭で「へすべての人は、生まれつき、知ることを欲する。その証拠としては感覚知覚「感覚」への愛好があげられる。」と語っています。赤ん坊の振舞いを見ても、人間は生まれながらに好奇心をもっている動物なので、科学を好きになるかどうか、そのきっかけをどう育てていくかが重要なのではないのでしょうか。

私の場合、数学のパズルを解いたり、科学マジックの装置を組み立てたりする理科少年でしたが、理学部的なものへの関心が強まってきたのは、父の書棚にあった遠山啓さん（注1）の『数学入門』や『無限と連続』（いずれも岩波新書）をのぞいたり、中学時代の友人からジョージ・ガモフ（注2）の『1、2、3、無限大』や『不思議の国のトムキンス』（いずれも晶文社）を借りて読んだのがきっかけでした。とくにガモフの本は、彼自身が挿し絵を描いている青少年向けの科学啓蒙書で、全10巻ほどの全集を大学入学前までに読んでいました。ちょうどその頃、朝永振一郎さんがノーベル物理学賞を受賞し、『鏡の中の世界』（みすず書房）を読んだ影響もあって、理学部への進路が固まりました。時間や空間の問題など、宇宙の謎はすべて物理学で解けるのではないかと考えたのです。

そして東北大学理学部で、どんなことを学んだか

当時、東北大学には教養部という課程があり、本多修郎先生の講義を通じて自然哲学と出会いました。また、理学部には「科学概論」という講義があり、これは東北大学の理学部創設当時からのもので、担当者は田辺元、高橋里美、三宅剛一と哲学者が続いていました。三宅先生の「学の形成と自然的世界」などは今も読まれている名著です。私の在学中は和泉良久先生が担当され、「無限論」を講じておられました。

私の学生時代は大学闘争の渦中にありましたが、「問い直される科学の意味」などの論文を発表していた広重徹さん（注3）の影響を受けました。自然哲学や科学史・科学哲学を自分なりに学ぼうと、「時間とは何か」のような問題は哲学の領域に属することを知り、物理学から科学史に移った広重さんのように、卒業後は科学哲学への道を選びました。

現在の物理学は、その中に時間論、空間論を包み込むものになっていますから、今なら哲学へ転向する必要もなかったかもしれません。しかし当時としては、物理学から哲学へという選択が自分にとっては自然なものでした。私が出た頃の理学部の先輩には、科学史の分野で活躍している佐々木力さん（注4）や昨年から仙台文学館長を務めている歌人の小池光さん（注5）などいます。「考える」学問である理学には、そのような幅広い進路選択がありうるのかもしれない。

最近の東北大学理学部の取り組みや研究成果では、ここに注目

学部・学科の詳しい状況まではわかりませんが、古巣の理学部の動向は気になります。

野家啓一（東北大学理学部卒業）

1949年、仙台市生まれ。1971年東北大学理学部物理学科卒業、東京大学大学院科学史・科学基礎論博士課程中退。宇宙の謎を物理学で解けるのではないかと興味で理学部へ入学したが、教養部時代に学んだヘーゲルの自然哲学などから、卒業後は科学哲学、言語哲学の分野へ。現在、文学研究科で哲学を専攻。『科学の哲学』（2004年 日本放送出版協会）、『増補 科学の解釈学』（2007年 ちくま書房）、『哲学塾 歴史を哲学する』（2007年 岩波書店）などの著書、ヒトの科学6『ヒトと人のあいだ』（2007年 岩波書店）などの編著書がある。人文社会科学と自然科学を結びつける視点からの発言、提言も多い。



（注1）遠山啓さん（1909-79）。1938年、東北帝国大学数学科卒業。『遠山啓著作集』ほか多数。

（注2）ジョージ・ガモフ（1904-68）。『ガモフ全集』全13巻・別巻3巻は、1951に白揚社から発行された。その第1巻が『不思議の国のトムキンス』。第6巻が『1、2、3…無限大』であった。写真は新版。



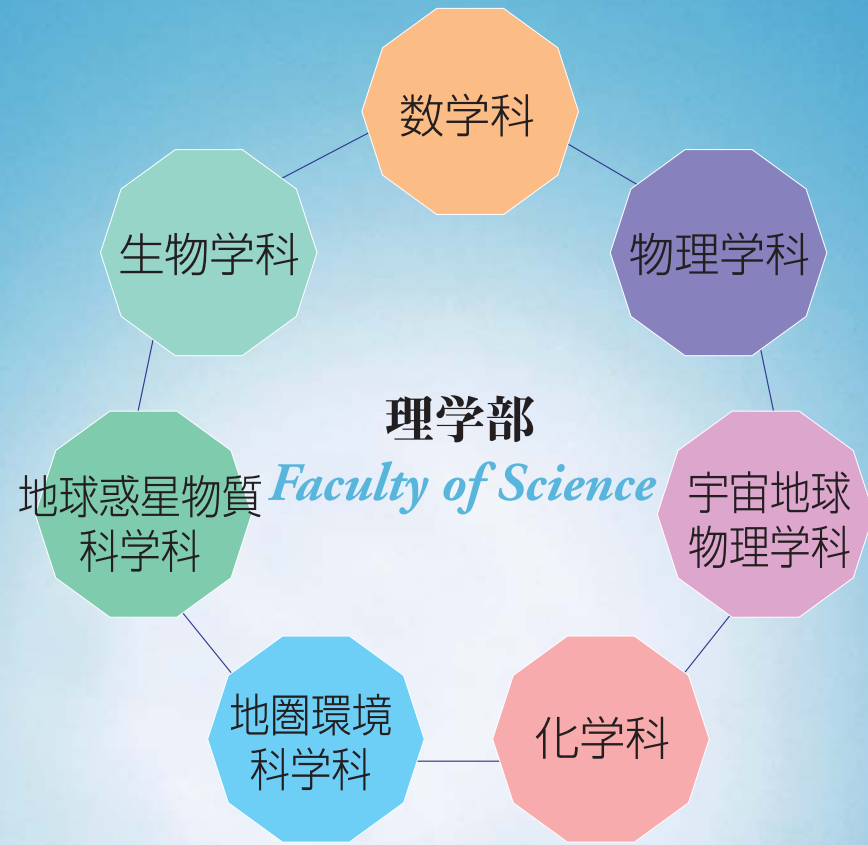
（注3）広重徹さん（1928-75）。現代物理学史研究、明治以後の日本の自然科学の社会的研究などで知られる。『科学と歴史』（1965年 みすず書房）、『物理学史』（1968年 培風館）などの著作がある。

東北大学理学部は、

7学科で、幅広い科学の基礎研究へ。

To the World, To the Next

東北大学理学部は、「世界を一步リードする研究大学」を目指し、7つの学科で、じっくりと理学の教育と研究に取り組んでいます。
 また、大学院重点化構想によって、6つの大学院専攻を設け、世界的なレベルの研究を展開しており、大学院の学生も第一線で活躍しています。
 「広く」「深く」「さらなる高みに」。学べば学ぶほど、人はそのような動機に駆られるものでしょう。理学部から理学研究科、生命科学研究科への進学が平均8割にも達しているのは、そのことを物語っています。



学部	博士課程 (前期2年)	博士課程 (後期3年)
数学系	数学科	数学専攻
物理系	物理学科	物理学専攻
	宇宙地球物理学科	天文学専攻
		地球物理学専攻
化学系	化学科	化学専攻
地球科学系	地球環境科学科	地学専攻
	地球惑星物質科学科	地学専攻
生物系	生物学科	生命科学研究科

科学は、どのように社会との接点を持つことが求められているか

いま「テクノ・サイエンス」という言葉が使われているように、科学と技術は区別できないほど融合し、巨額の予算と人員を要するプロジェクト型の共同研究が主流となり、その成果が社会を動かして生命や環境にも大きな影響を与えるものになっています。また、社会にすぐに役立つような発明・発見がマスコミにも注目されます。

しかし同時に、実験室の成果が社会的な検証なしですぐに市場に出ていくような傾向も強まり、地球温暖化、遺伝子治療など社会的なリスクを伴うような問題も生まれています。人間が適応するには少しスピードが速すぎる気がします。人間の生き方に関しては、近年「スロー・ライフ」ということがいわれ、時間に追われた生活から一歩退いて、自然と共生しながら自分の人生を考え直す時間を持つ生活スタイルが大事にされるようになっていきます。同じような意味合いで、スロー・サイエンスといった、見た目には地味だけれども、長期間にわたってみれば人類の未来の進路を決める新たな価値を生み出すような学問にも光が当てられ、大切にされなければならないと思います。

自然科学は17世紀に科学的方法を確立して以来、さらに深いディテールへ進み、原子・分子や素粒子を対象とする「ミクロスコピック(microscopic)」や「ナノスコピック(nanoscopic)」の領域へ、また銀河・宇宙を対象とする「マクロスコピック(macroscopic)」の領域へと発展してきました。一方、人文社会科学は、その中間にある人間的スケールの「メソスコピック(meso-scope)」な領域を対象にしています。

理学は、もともと自然哲学から出発した学問であり、この両者を包括し、展望することのできるポジションにあるのではないかと、あるべきなのではないかと思えます。すぐに役に立つファスト・サイエンスではないけれども、社会や自然とうまく共存・共生し、人類の将来、地球の未来を長期的展望に立って考える基礎的研究を理学部や文学部の学問は追求していかねばならないのではないかと、私は考えています。

最近では、鈴木厚人名誉教授、井上邦雄教授(物理学科)と続いて、KamLANDのニュートリノ研究(本誌14P掲載)、大谷栄治教授(地球惑星物質科学)の高圧化学を駆使した地球内部構造の研究(本誌38P掲載)、田中一之教授(数学科)のゲーデルの研究(注5)などは、特に興味を引かれている動きです。

また、研究とは離れますが、理学部の先生方が中心になって進められている「サイエンスカフェ」(注7)や、小谷元子教授(数学科)が代表者の一人になっている「サイエンス・エンジン」(注8)の活動など、科学知識の普及、女性科学者の育成といった取り組みにも注目しています。

「スロー・サイエンス」という考え方

2300年ほど前、アリストテレスは「ニコマコス倫理学」の冒頭で「いかなる技術、いかなる研究も、同じくまた、いかなる実践や選択も、ことごとく何らかの善を希求している」と考えられる。あるいは「いかなる知識も選択も、ことごとく何らかの善を欲し求めている」と語っています。学問研究というものは、究極的には「善、つまり人間のよりよい生き方を目指すものではないでしょうか。促成栽培で人目を引く結果を出そうとするのではなく、もう少し腰をすえて、じっくりと人類の行く末を見極めるような学問が、今、求められているのではないかと思います。

またアリストテレスは「形而上学」の初めのほうで、「認識(すなわち諸学)は暇のある生活(スコレー)を送り始めた人々の地方において最初に見出された」とも語っています。たとえば数学的な技術はエジプトに起こりましたが、それは閑暇に恵まれた祭司階級がそれを担ったことによりです。スコレーは後に「スクール(学校)」の語源ともなり、そこから中世になると「スコラ哲学」という呼称も生まれました。つまり、学問研究にも学校教育にも「暇」とも見えるような余裕の時間が必要なのではないか、とも私は思っています。

私は、そのような学問のあり方を「スロー・サイエンス」と呼んでいます。



(注4) 佐々木力著としては、「科学論入門」(1996年岩波書店)、「ゲタルの数学思想」(2003年東京大学出版会)、「数学史入門」(微分積分学の成立)(2005年ちくま書房)などがある。

(注5) 小池光さんには、「時のめぐりに」(2004年本阿弥書店)、「現代歌まぐし」(1997年 五柳書院)などの歌集や歌書がある。

(注6) 田中一之著として「ゲーデルと20世紀の論理学」(東京大学出版会)が2007年7月までに4巻が発行されており、そのほかに「数学の基礎をめぐる論争」(1993年 シュプリンガー・フェアラーク東京)などもある。

(注7) 東北大学サイエンスカフェ。サイエンスと市民が気軽に話し合い、サイエンスの楽しさと社会貢献の姿を知ってもらおうと始まりました。ぜひたいメディアアートを会場に月1回のペースで開催。

(注8) サイエンス・エンジン。理系のロールモデルとして女子大学院生が採用され、小・中・高校に Outreach セミナーなどを開いて科学の魅力を伝えている。

決して亡びない。数学の発見は、その人とともに、

雪江明彦教授 (代数学) と
加藤成美さん (大学院生) ・
大場彦浄さん (大学院生) ・田嶋和明さん (大学院生) の

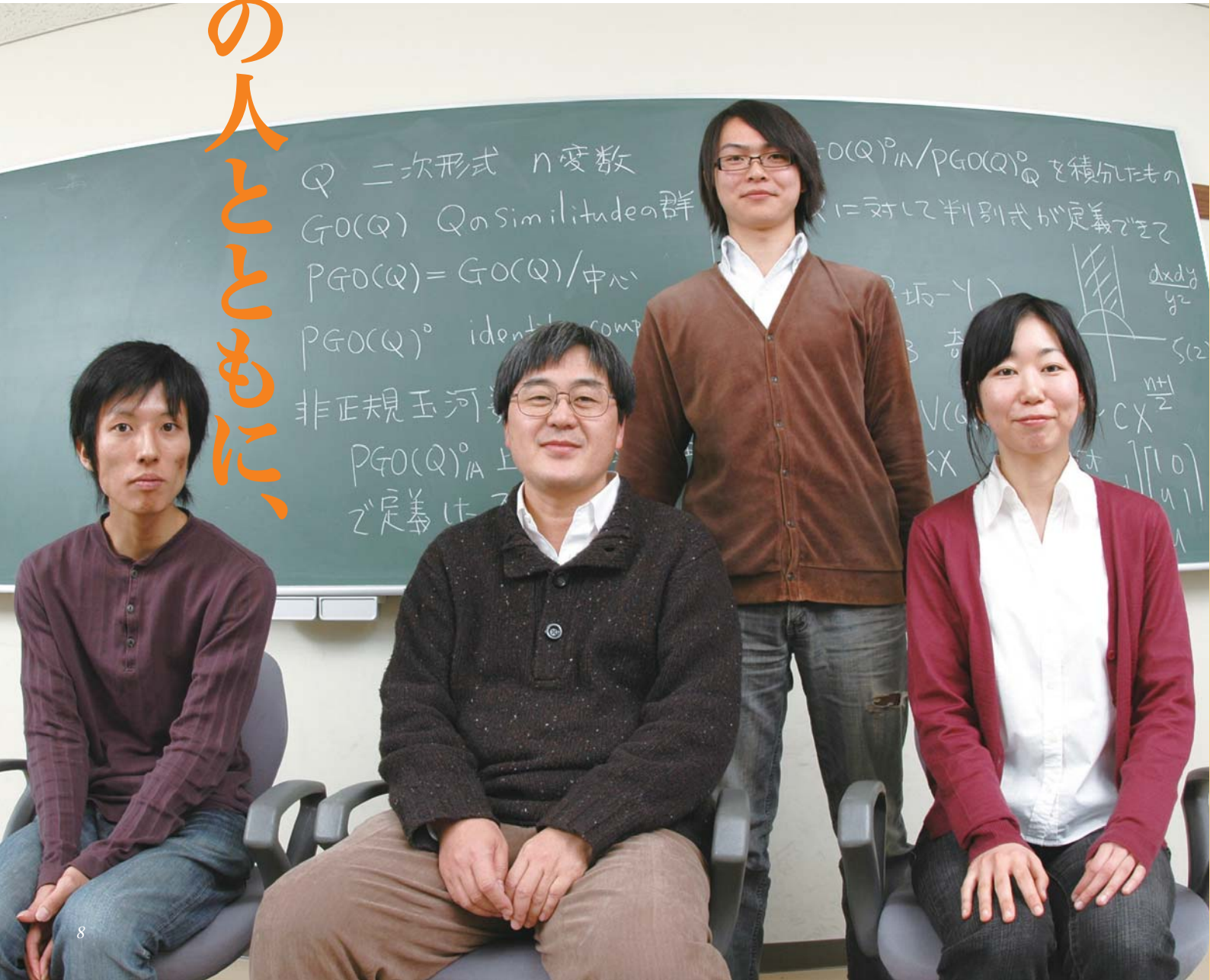
対話

2000年5月、アメリカのクレイ数学研究所は新しいミレニアムを期して、1900年にヒルベルトによって提唱された23の問題を引き継いで20世紀に解けなかった7つの問題を懸賞をかけ、全世界の数学者に挑戦を呼びかけた(Millennium Prize Problems)。7つの問題とは、①P=NP?問題、②ホッジンズ予想、③ポアンカレ予想、④リーマン予想、⑤ヤン・ミルズ予想、⑥ナヴィエ・ストークス方程式、⑦パーチ・スウィナートン・ダイヤー予想、です。

2002年、東北大学数学科・数学専攻の小蘭英雄教授の研究が、この中の⑥ナヴィエ・ストークス方程式の解明に寄与するものとして、ドイツの権威ある「シーボルト賞」を受賞しました。また、2002年にペレルマン(ロシア)が発表したポアンカレ予想に関する論文は2006年に「解決」と証明されるに至り、ペレルマンにはフィールズ賞が贈られました(辞退)。アメリカの科学誌「サイエンス」は、2006年の科学的成果の第1位にあげました。

そのほかの問題については、ここでは、21世紀に持ち越された数学の未解決問題がこんなにもたくさんあるという程度に理解しておいてください。数学の領域は未解明の問題に満ちあふれていて、それらの頂を目指す挑戦者の登場を待っています。また、それらの問題を超えるような、全く新しい問題(予想)や概念を創造する道も無限に広がっています。

東北大学理学部数学科では、1911年の学科創設以来、「代数学」「幾何学」「解析学」という数学の3つの柱に「多様体論」「応用数理」の分野が加わり、世界中の数学者たちと競いあって頂を極める研究が進められています。2005年5月には、数学科・数学専攻の小谷元子教授の微分幾何学及び大域解析学の研究が「猿橋賞」を受賞しました。そのような東北大学の数学の一端を代数学の分野から紹介しましょう。



To the World, To the Next

大学創立100周年—
この大きな蓄積を生かして次の100年へ。

1
理学部の歩み

1907年 (明治40)、東北帝国大学理科大学(理学部の前身)が、東京(1886年)、京都(1897年)に次ぐ3番目の帝国大学として創立されました。1911年(明治44)に数学・物理学・化学・地質学の4学科が設置され、1919年(大正8)に理学部となり、1949年(昭和24)の新制大学制度によって東北大学理学部となって今日の7学科編成に至っています。

この間、「研究第一」の理念は、理科大学をして“日本のゲッティング”と評される研究環境につくりあげ、「門戸開放」の理念は、1916年(大正5)の日本の大学最初の女性学士卒業へと実現され、「実学尊重」の理念は、さまざまな研究成果の企業への移転などとなって結実しました。



1916年(大正5)、数学科の卒業生。1913年に他の大学に先駆けて、日本で初めて入学した女性学士の一人、牧田らくさんの顔が見える。



2007年 (平成19)、東北大学は創立100周年を迎えました。これを機に、新たに東北大学基金の創設、東北大学100周年記念館の整備、東北大学100年史の刊行などを実施しました。また、8月には、記念式典・祝賀会、東北大学100周年記念まつりなど、学生、教職員、同窓生、地域の方々と共に創立100周年を祝うイベントを開催しました。

理学研究科でも、3つの21世紀COEプログラムの成果をベースにした「青葉山サイエンス・サマースクール」や「日本における近代物理学のあけぼのと展開—素粒子・原子核研究における東北大学の貢献—」などの記念行事を開催しました。



青葉山サイエンス・サマースクール「化学の世界」。

人間の「知」は、先人の偉大な蓄積の上に築かれていくものでしょう。この『理学部物語』では、東北大学理学部がこの100年を通じてどのような歩みをたどり、成果をあげてきたか、その全体像を俯瞰しました。大学創立100周年を迎えたいま、新たな100年の歴史を刻むのは、あなたです。

- 1907 東北帝国大学創立 (1911 東北帝国大学理科大学開設公示)
- 1911 数学科・物理学科・科学科・地質学科設置
- 1916 日本の大学最初の女性学士3名卒業 (数学科1名、化学科2名)
- 1917 応用化学講座設置 (1919 工学部設立に伴い所属替)
- 1919 理科大学は理学部となる
- 1922 生物学科設置 アインシュタイン来校  1922年(大正11)、アインシュタインが来校した。
- 1924 地質学科が地質古生物学・岩石鉱床学の2学科に分離
- 1934 天文学講座開講
- 1937 ポーア来校  1937年(昭和12)、ポーアが来校した。
- 1945 地球物理学科設置
- 1946 地理学科設置
- 1949 新制大学制度によって東北大学理学部となる
- 1953 大学院理学研究科設置(数学・物理学・化学・地学・生物学・地球物理学の6専攻) この間、いくつかの学科・専攻・各種施設が設置される)
- 1969 片平地区から青葉山地区への移転整備開始
- 1979 北青葉山キャンパス完成
- 1995 組織改革により、学科は数学科・物理学科・宇宙地球物理学科・化学科・地圏環境科学科・地球物質科学科・生物学科の7学科体制、大学院は数学専攻・物理学専攻・天文学専攻・地球物理学専攻・化学専攻・地学専攻・生物学専攻の7専攻体制となる(大学院重点化)
- 2001 理学研究科生物学専攻を生命科学研究科へ移行
- 2002~2003 3つのプログラムが「21世紀COEプログラム」に採択
- 2004 国立大学法人東北大学となる
- 2007 化学系と生物系のプログラムが「グローバルCOE」に採択 東北大学創立100周年

OB・OG MESSAGE ① 数学科

アクチュアリーを知っていますか？

日本生命保険相互会社
法人商品開発室長
手島 恒明さん



アクチュアリーとは、保険や年金の数理業務分野で活躍している専門職のことです。保険や年金は長期にわたって将来の給付を約束する制度で、確率・統計理論に基づいて成り立っています。アクチュアリーは、死亡率、事故発生率といったリスクを定量化し、適正な保険料を算出すると共に、毎年の決算において保険会社の健全な経営が行われていることをチェックするという重要な役割を果たしています。アクチュアリーは、日本アクチュアリー会の資格試験に合格することが必要で、多くは数学を専攻した人々です。現在1000人をこえるアクチュアリーが、保険会社、信託銀行などで、保険商品設計、決算などの業務に携わっています。最近では資産運用の分野においても、ポートフォリオ運用、リスク管理といった領域にアクチュアリーの活躍の場が広がってきています。

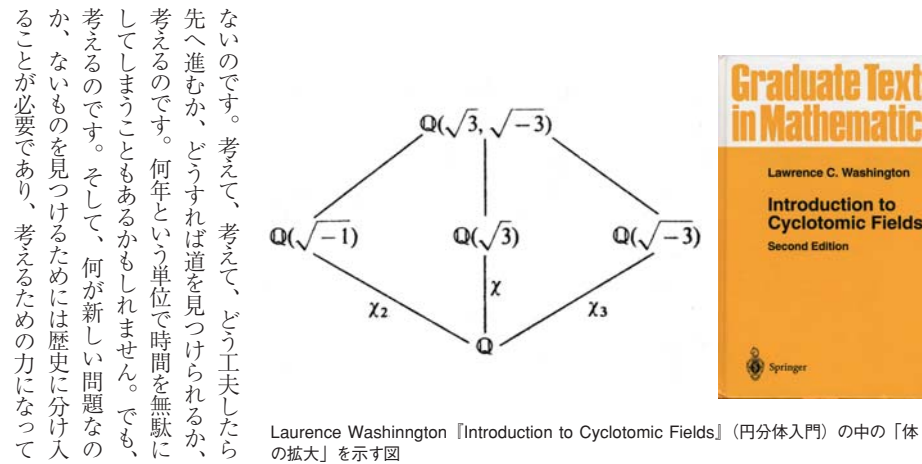
またアクチュアリーは国際的な専門職でもあり、海外では、弁護士や公認会計士と並ぶほど人気のある職業と言われています。各国のアクチュアリー会から組織される国際アクチュアリー会でも、活発な研究、実務基準の策定が行われており、日本からも多くのアクチュアリーが参画しています。

東北大学では他大学に先駆けて保険数学を専門科目として取り入れ、これまでに数多くのアクチュアリーを輩出してきました。

皆さんもアクチュアリーを目指してみませんか。

この先に何があるかは、わからない。登っていく道も、方法も、自分で見つける。「ある世界」の探求が数学者の役目だと思います。

いかなかった数学の問題がそうです（1976年に解決）。
雪江 みんなの話にはいろいろな数学者の名前や問題が出ましたが、これはけっこう重要なことなんです。たとえば整数論を発展させてきた歴史上の人をたどってみると、「数論の父」ともいわれるフェルマーに始まって、ガウス、アーベル、ディリクレ、クンマー、ガロア、リーマン、デーデキント、ポアンカレ、ヒルベルト、高木貞治、ジークル、ヴェイユ、ワイルスなどがあげられるでしょう。数学の世界では、これらの人々はその業績と共に名前を忘れられることは決してありません。実験系の理論は誰でも再現できることに価値がありますが、数学の世界は、その論理に価値があることなので、別の理論や別の証明が現われても、確立された理論に価値がなくなることはないのです。
加藤 わからないことがあったとき、何十年、場合によっては百年以上前の本を今でも参考にできるのが数学の良さであり、すごいと感じます。高木貞治先生の『初等整数論講義』など内容は現在でも通用するものばかりですね。
雪江 高校までの数学は解答があって出題されている問題でした。しかし、大学以後の数学は、答えがわかっていないことを考えたり、問題そのものを見つたりする世界なのです。では、どのように到達するか。自分で考えるしか



くれるのも歴史なんです。大場 『博士の愛した数式』(小川洋子)や、ジョン・ナッシュの生涯を描いた映画『ビューティフル・マインド』などの世界ですね。ナッシュは数学から経済学へと進んでノーベル経済賞を受賞した人ですが、たしかに一つの美しい世界が確立されていますよ。
加藤 私は特に理解が遅いので、考え、悩んでいる時間が長いのですが、だからこそわかったときのうれしさは格別です。他の学科とはまた違う、わからないという時間の重さ、うれしさを数学で得られるのではないのでしょうか。
雪江 サイテーション、「引用頻度」という言葉があります。論文が発表されて1、2年の間にどのくらい他の研究者の論文などに引用されたか、その回数の多い論文に価値があるという考え方ですが、数学には当てはまらないでしょう。数学の論文が引用されるようになるのは、じっくりと読み込み、論理や計算を辿って、数年以上経たなければなりません。時には、10年以上前の論文が引用されることもあります。数学の世界では、時間は緩やかに流れているのです。
田嶋 一つのことにはいろいろな見方ができるという苦しさとおもしろさも、数学の世界ですね。そういう長い歴史と、多様な可能性の中で考えることができる幸せをかみしめたいですね。

エウレカ!! わからない時間とわかった喜び。



田嶋和明さん
山形県立山形中央高校出身。東京理科大学理工学部卒。高校2年生の時に「解決!フェルマーの最終定理」を読み数学への興味が強まった。その後、「フェルマーの最終定理」を読み、数学は大変歴史の長い学問であるという感想を持ち、数学への道を選択した。

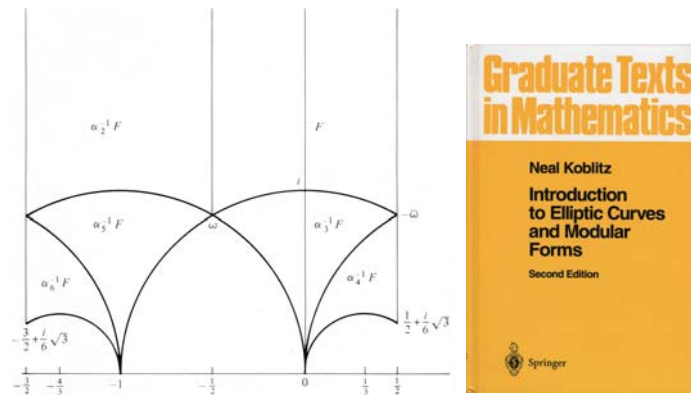


雪江明彦教授
山梨県甲府高校出身。東京大学理学部卒、ハーバード大学大学院数学科修了。Ph.D.。中学生の頃に、図書館で5次方程式が代数的に解けないことのアーベルの証明を調べて全然わからなかったことが数学へのきっかけだったという。概均質ベクトル空間のゼータ関数、二次形式の玉河数の密度など代数群の整数論の研究を進めており、2008年には200年前のガウス予想に関する研究成果として「On the Density of unnormalized Tamagawa-numbers of Orthogonal Groups I・II」の論文を発表。『Shintani Zeta Functions』(1993年ケンブリッジ大学出版会)、『線形代数概説』(2006年 培風館)などの著作がある。



柳田英二教授が解析学賞
花村昌樹教授が代数学賞
塩谷隆教授が幾何学賞
そんな東北大学の数学のフィールドへ

雪江 東北大学の数学研究分野における最近の動きから、話しを始めてみましょう。前のページで2005年に小谷元子教授の微分幾何学及び大域解析学の研究(「離散幾何解析学による結晶格子の研究」)が猿橋賞を受賞したことが述べられていますが、少し前の2002年度には、解析学の柳田英二教授が「非線形拡散方程式に関する研究」で、そして2006年度には、代数学の花村昌樹教授が「アレクサンドロフ空間に関する一連の研究業績」で、加藤 代数学、幾何学、解析学という東北大学の3つの大きな分野で、それぞれ名誉ある賞をいただいたのです。
雪江 特に代数幾何学では、幾何学的技法で実現されるさまざまな数学の対象(コホモロジー)を統一的に考察できないかと考えられています。花村教授は、この対象を捉える方法論を「モチーフ」という概念によって研究しているのですが、代数幾何学やその周辺分野、特に整数論に大きな貢献をしたと認められたわけです。
田嶋 では、「代数学」とは何か。数学辞典などには、古代ギリシアやアラビアで数の代わりに文字を記号として用いて数の性質や関係を研究する学問として始まり、ガロアの理論や群論の研究などを経て、現在では「群」「環」「体」などが持つ代数的構造を研究する学問となつた、というように説明されています。
大場 東北大学数学科のカリキュラムでは、代数学の名がついた科目としては代数学序論A「線形代数演習」、代数学序論B「高等線形代数」、代数学概論A「群論」、代数学概論B「環とイデアル」、代数学概論C「体論」などを学ぶことになっています。雪江先生の『線

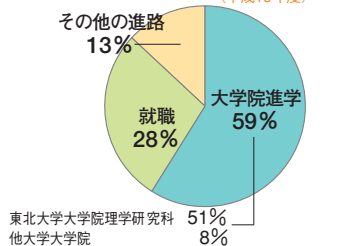


形代数概説」など、東北大の教員が書いた教科書も多数あります。
田嶋 そんな体系の中で、ぼくは整数論に取り組みうと思ひ、岩澤理論の勉強をしているところです。岩澤理論は、整数論をしている人にとっては有名な理論で、日本人の数学者で関係した仕事をされた方が大勢います。先へ進むために、いまは、Laurence Washingtonという数学者の『Introduction to Cyclotomic Fields』(円分体入門)という本を読んでいるところです。
大場 ぼくは、「合同数問題」に興味を持っています。「合同数」とは3辺の長さが有理数である直角三角形の面積となる自然数のことをいいます。例えば、6は斜辺が5で他の2辺が3と4である直角三角形の面積となっているので合同数です。ではどんなとき自然数は合同数となるのかを考えるわけです。そのためには楕円曲線や、保型形式などの勉強が必要なので、いまは Neal Koblitz 『Introduction to Elliptic Curves and Modular Forms』(楕円曲線と保型形式)などを読んでいるところです。
田嶋 実は、ぼくは中学時代には、数学があまり得意ではなかったんです。数学への興味が強くなったのは、友達から勧められてフェルマーの定理についての『解決!フェルマーの最終定理』(加藤和也)を読んでからのことでした。ちょうど数学の問題を、「なぜ、そのように考えて解くのか?」と考えていた時期だったので、それまでの解き方を覚える数学とは違った、新鮮な印象を受けたのです。
大場 ぼくの場合は、高校の教科書に出ていたユークリッド原論の話がきっかけでした。日本語訳を少し読んでみたら、紀元前からこんな内容の数学が研究されていたのかと感動しました。また、誕生日に買ってもらったエルデンユという数学者の伝記で、数学に生命をかける学者がいることを知ったことも驚きました。
加藤 私は、中学生のときに出合った角の三等分と、地図の四色塗り分けの問題が、ずっと頭のなかにあって、それが数学専攻に進んだのち代数学を好きになるきっかけになりました。最近知ったことですが、地図の塗り分けは、「四色問題」といわれて150年以上も解決されて

どこに問題があるのか
緩やかな時間の流れの中で
数学の偉人たちと共に考える

加藤 私は、まだ何をやりたいかがつかめなくて、いま、雪江先生と今年博士課程を修了した先輩がまとめた二次形式という分野の論文を読み始めたところです。内容は何か特殊な量を考えてたとき、それをもっと知られている数値で近似するといったことをまとめたものではないかなと思いがちです。何かとても複雑で分かりにくいものを、比較的計算しやすい、分かりやすいものに置き換えることのおもしろさを感じて読み進めています。
雪江 代数学という言葉そのものが高校の教科書には出てこないようなので、そのくらいの説明でいいのじゃないかな。大学で、授業を受けていくうちにわかってくるでしょう。

数学科の主な進路 (平成19年度)



大場彦彦さん
岩手県立千厩高校出身。山形大学理学部卒。高校の教科書の中の「ユークリッド原論」についてふれている箇所から興味を持ち、翻訳本へ。紀元前から研究されていた歴史に驚き、大学で専門的に勉強したいと志望。考えることが楽しく、理解できるとうれしい数学にひたっている。



加藤成美さん
福島県立原町高校出身。東北大学理学部卒。中学生の頃、「角の三等分問題」「地図の4色塗り分け問題」を知り、ずっと頭に残っていた。地図の塗り分け問題は最近になって、ようやく証明を理解し、考える数学というものがわかりかけてきたと言う。

1910年~

1910-13年

●ラッセルとホワイトヘッド、『**数学原理**』(3巻)を刊行

1910年

●ブラウエルによる、**不動点定理の最初の証明**

論文「多様体の写像に関して」において、トポロジーの基礎の多くを築いた。

1918年

●**ネーターの定理**
相対性理論についてクライン、ヒルベルトと議論する中で、変分問題における対称性と保存則の一般関係を発見。彼女はまた、抽象代数および代数幾何学の発展に貢献した。

●**ラマヌジャン予想**

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$

1900年~

1900年代初め

●**ポアンカレ、三体問題の研究とトポロジーの創始**

1900年

●**ヒルベルトの23の問題**
ヒルベルトはパリの国際数学者会議において、集合論、基礎論、幾何学、リー群、物理学、数論、関数、代数、不連続群、解析、複素解析幾何など 20 世紀の数学が挑戦すべき 23 の問題を提示した。そのうちの 2、8、12、16、23 問題が未解決であり、8、23 問題は現在もさかんに研究されている。

1902年

●**ラッセルの逆理**
自分自身を含まない集合の全体をMとする ($M = \{x \mid x \notin x\}$) とき、M自身がMに含まれるかどうかを問うと、 $M \in M$ かつ $M \notin M$ という矛盾が生ずると指摘。公理的集合論の発展をうながした。

●**ルベーグの積分論**

20 世紀の解析学の一つの柱組を与えた。

ヒルベルトの 23 の問題

- 1 連続体の濃度に関するカントルの問題
- 2 (実)数論の公理系の無矛盾性
- 3 底面積と高さの等しい二つの四面体の等積性
- 4 二点間の最短線としての直線の問題
- 5 群を定義する関数に微分可能性の仮定をしない場合のリーの連続変換群の概念
- 6 物理学の公理系の数学的取扱い
- 7 定まった数が無理数であること超越数であること
- 8 素数についての諸問題
- 9 任意の代数体における一般相互法則の証明
- 10 ディオファントス方程式が解けるかどうかの決定法
- 11 任意の代数体を係数とする 2 次形式論
- 12 クロネッカーのアーベル体に関する定理の任意の代数体への拡張
- 13 一般 7 次方程式を 2 変数関数のみで解くことの不可能性
- 14 ある種の完全関数系の有限生成性の証明
- 15 シュレーベルの数えあげ幾何学の厳密な基礎付け
- 16 (実)代数曲線および代数曲面の位相の問題
- 17 定符号形式の平方式による表示
- 18 合同な多面体による空間の組立て
- 19 正則変分問題の解は必ず解析関数か
- 20 一般境界値問題
- 21 与えられたモノドロミー群を持つ線型微分方程式系の存在証明
- 22 解析的関数の保型関数による一意化
- 23 変分法の方法の発展

1920年~

1920年代

●**ヒルベルトの数学基礎論研究**
あらゆる数学を形式化し、記号の世界で問題を解決するアプローチを提唱した。

●**高木貞治の類体論**

1923年

●**ウィナーのブラウン運動**
空間の中でブラウン運動をする粒子のほとんどすべての軌跡は、連続ではあるがいたるところ微分不可能であることを示した。時間とともに変化する偶然現象を解析する確率過程論である。

$$D=RT/6\pi kPN$$

1928年

●**フォン・ノイマンのミニマックス定理**
2 人ゼロ和ゲームにおける最適混合戦略の存在を示した、ゲーム理論の中心的成果。

1940年~

1940年代

●**角谷静夫の不動点定理**
●**吉田耕作等による作用素の半群の理論の建設**

1950年~

1950年

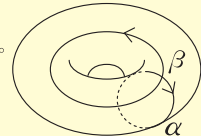
●**シュワルツ『超関数の理論』発表**
関数および測度の概念の一般化としての超関数を導入し、微積分やフーリエ変換などの解析学の諸演算を、超関数に対しても体系的に定義した。

1950年初め

●**小平邦彦の調積分論**
この理論の延長上で、消滅定理や埋め込み定理を確立し、超越的代数幾何学の基本的方法を与えた。

●**岩澤健吉の理論**

20 世紀後半の整数論を主導した。



1955年

●**谷山豊の問題**
「有理楕円曲線は全て保型関数で与えられるか。」後にフェルマー予想の解決で決定的役割を果たす。楕円曲線に関する理論は超弦理論などでも基本的である。

●**伊藤清の確率微分方程式の理論確立**
確率論の発展に決定的影響を与えた。数理ファイナンスなど応用の影響も大きく、2006 年に第 1 回ガウス賞を受賞した。

1956年

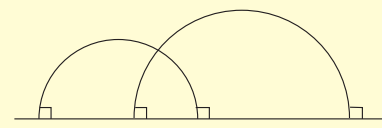
●**ミルナーの定理**
7 次元球面 S^7 上には、複数の異なる C^∞ 微分構造が存在する。

1957年

●**グロタンディック、東北数学雑誌に「ホモロジー代数のいくつかの点について」発表**

1958年

●**佐藤幹夫の超関数**
解析関数の境界値として超関数を定義。1978年、岡本清郷、大島利雄らによって非コンパクト半単純対称リーマン空間におけるポアソン変換の理論にも適用された。



1930年~

1930年代初め

●**ゲーデルの完全性定理と不完全性定理**
論理的に正しい命題は演繹的に証明できる。しかし自然数論の無矛盾性はその内部では証明できない。

●**モース理論の開拓**

1933年

●**コルモゴロフの確率論の公理化**

1934年

●**ルレイによるナビエ-ストークス方程式の弱解の存在証明**
ここで提起された弱解の正則性の問題は 21 世紀に持ち越されている。

●**ブルバキ、活動開始**

1935年

●**チューリングの計算論**
チューリング・マシンの概念は、コンピュータの数学的基礎となった。

1936年

●**岡潔、多変数解析関数論の基本問題を解決**

1938年

●**淡中忠郎の双対定理**

1960年~

1960年代初め

●**佐々木重夫による接触多様体の理論**
●**グロタンディック代数幾何学の基礎づけ**

1964年

●**広中平祐の定理**
標数 0 の代数多様体の特異点が解消できることを証明した。

1966年

●**ブラウアーとファウラーの定理**
有限単純群は、位数 2 の元の中心化群を決めると有限個しか存在しない。分類に大きな手がかりを与えた。

●**カールソン、 L^2 関数のフーリエ級数の概収束性を証明**

1969年

●**ケルヴェアの定理、カービーとシーベマンの定理**
組み合わせ多様体は微分構造をもつとは限らない。位相多様体は一意的に単体分割可能である。

1960年代終わり

●**富田・竹崎理論**
作用素環の理論に大きく貢献した。
●**ラングランズ予想**
 $GL(n, \mathbb{Q}_p)$, $GL(n, \mathbb{R})$, $GL(n, \mathbb{A}_{\mathbb{Q}})$ のユニタリ表現論は共通である。

$$f\left(\frac{az+b}{cz+d}\right) = (cz+d)^k f(z)$$

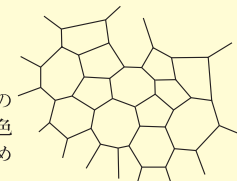
1970年~

1970年~

●**ドゥリーニュ、ヴェイユ予想を解決**
●**赤池情報量規準の提唱**

1976年

●**アップルとハーケンによる四色問題の解決**
「平面上の地図を、となりあう領域の色が異なるよう塗り分けするには、四色で十分である。」コンピュータがはじめて数学的検証に用いられた。



1970年代以降

●**散乱理論、保型関数論、函空間論などの分野でリーマン予想と同値な命題、それを導く命題が発見された**
●**青本和彦の多変数超幾何関数論**

1980年~

1980年代

●**ウェーブレットの理論建設**
情報のデジタル化の基礎の一つとなった。

1981年

●**有限単純群の分類が完成**
任意の有限単純群は、素数位数の巡回群、 n 交代群 ($n \geq 5$)、 J 型の有限群、26 個の散在有限単純群の内一つと同型である。

1982年

●**4次元ユークリッド空間 \mathbb{R}^4 は複数の微分構造を持つことが発見された**

1990年~

1990年

●**京都で国際数学会議**
●**森重文フィールズ賞受賞**
代数多様体の分類理論。小平邦彦 (1954 年)、広中平祐 (1970 年) に続いて日本人では 3 人目。

1992年~

●**非線型偏微分方程式とフーリエ解析**
従来の非線型偏微分方程式論とは異なる解析方法が、ブルガリア、ソ連により導入された。古典解析の問題と非線型問題の可解性の問題との密接な関係を明らかにし、解析学に新しい視点を加えた。

1994年

●**フェルマー予想の解決**
ワイルスは、楕円曲線に対するゼータ関数の性質を用いて n を 3 以上の整数とすると、 $x^n + y^n = z^n$ をみたす正の整数 x, y, z は存在しないというフェルマー予想 (フェルマーの最終定理) を解決した。

●**ナッシュにノーベル経済学賞**
非零和ゲーム (非協力ゲーム) の場合にミニマックス定理を拡張した業績により、ノーベル賞史上初の純粋数学者の受賞となった。

1995年

●**ポーチャーズによる保型関数論**
ムーンシャイン現象と代数曲面論のつながりを開拓。

1998年

●**ケプラー予想の解決**
予想から 400 年近い歳月を経てヘルズが証明を与えた。

2000年~

2000年

●**7つのミレニアム・プロブレム**
(→8 ページ参照)
●**確率レヴナー方程式の理論の構築**

2002~2006年

●**ポアンカレ予想の解決**
ペレルマンがインターネット上で公表した論文は数年かけて検証された。この業績によりペレルマンはフィールズ賞 (2006 年) を受賞するが辞退。

1990年

1983年

●**ファルティングスの 3 つの証明**
テート予想、ジャファレビッチ予想、モーデル予想を肯定的に解決した。

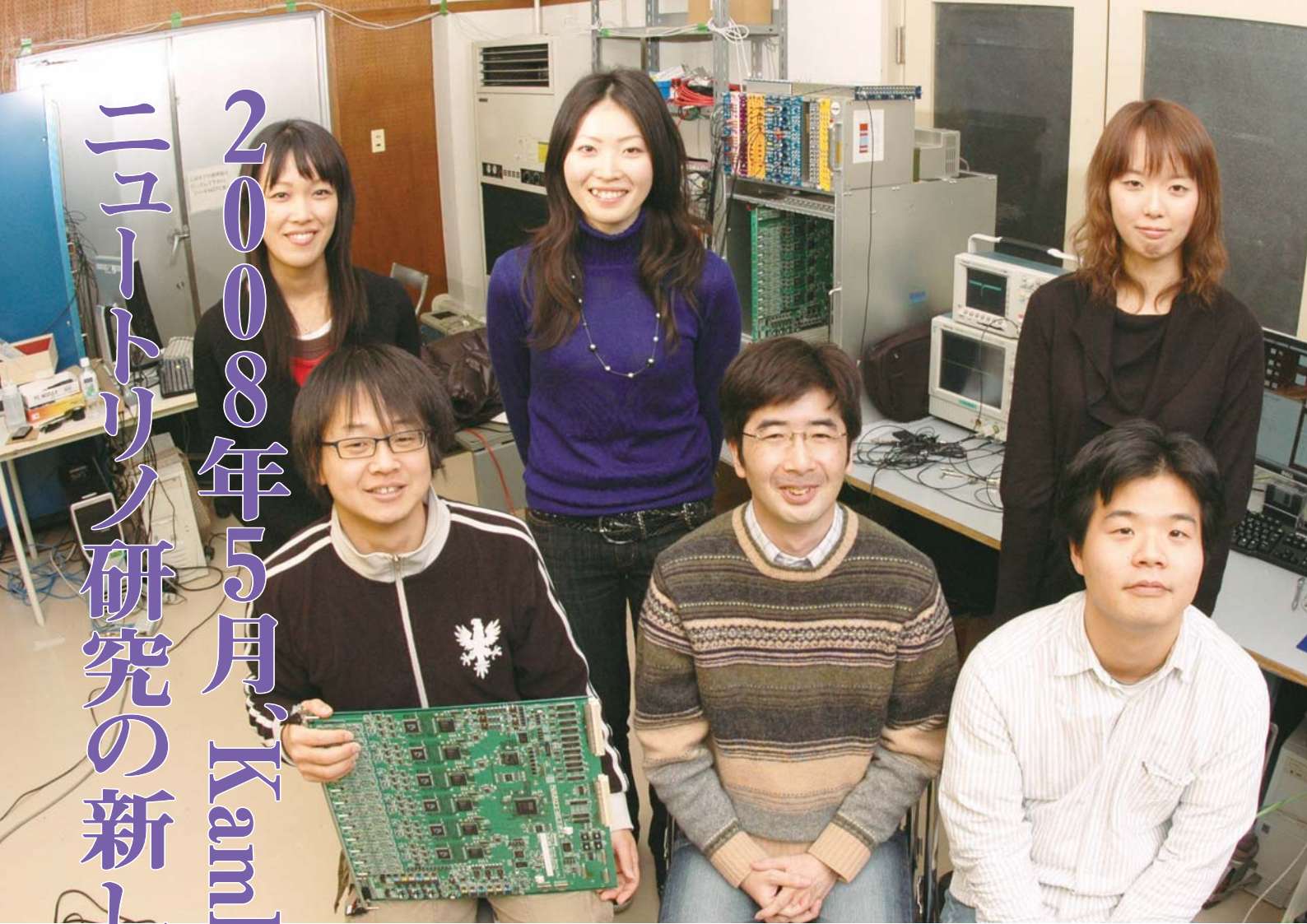
1985年

●**神保道夫とドリンフェルト、量子群を独立に発見**

1989年

●**ミラー対称性の発見**
キャンデラス、リンカー、シムリックが 3 次元カラビ・ヤウ多様体を大量に構成して発見。

2008年5月、KamLANDから、また ニュートリノ研究の新しい成果が発表された。



井上邦雄教授 (ニュートリノ科学) と、市村晃一さん (大学院生) ・ 今野百合さん (大学院生) ・渡辺寛子さん (大学院生) ・ 竹本康浩さん (大学院生) ・ 仲村末生さん (大学院生) の **対話**



冒頭の特別企画展は、このような歴史の中で、東北大学では石原純による重力の相対論、彦坂忠義によるイオンセンサに先立つ原子核の殻模型の提唱、木村一治の電子ライナックの開発など、世界的な研究成果が積み重ねられていたことを示しました。そして、岐阜県神岡の地下深くでは、東北大学理学部が2002年1月に完成させた実験装置KamLAND (カムランド) において、究極粒子の一つであるニュートリノを使って力の大統一理論の確立や地球内部の解明を目指す研究が進んでいます。2008年5月には、その最新の研究成果が『フィジカル・レビュー』誌に発表されました。

2007年秋、東北大学創立100周年を記念したさまざまな事業の中で、理学研究科附属ニュートリノ科学研究センター他主催の特別企画展「日本における近代物理学のあけぼの」と展開「素粒子・原子核研究における東北大学の貢献」が開かれ、注目を集めました。

20世紀の物理学は、一方で、ラザフォードの原子核の発見、ボーアの原子模型、チャドウィックによる中性子の発見などを経て、より基本的な粒子の発見へと進み、究極粒子(クォークやニュートリノ)の解明が課題となりました(微視的物理学)。

他方、アインシュタインの光子説、ド・ブロイの電子波動説によって、すべての物質粒子が波動と粒子の二重性を持つとの理論へ発展。さらに、中性子の発見は、それらの核子を原子核の中に結合させているのはどのような力なのかという問題を生み、ハイゼンベルクとパウリによる場の量子論、湯川秀樹による中間子論などを経て、自然界を支配する重力以外の電磁気力、強い力(強い相互作用)、弱い力(弱い相互作用)の実証と、力の統一(大統一理論)へと進んできました。そして大統一理論の研究は、力を生み出した宇宙の起源(ビッグバン)の解明へと向かっています(巨視的物理学)。

To the World, To the Next

理学部の研究は、国内外で高い評価を受けています。

先人たちの歩み

2

2007年度、中西香爾名誉教授(化学)が文化勲章、平朝彦博士(地質学)が日本学士院賞を受賞しました。日本学士院賞は、2006年度の鈴木厚人名誉教授(当時、ニュートリノ科学研究センター長)に続く、2年連続の受賞です。

その他にも、その優れた業績が社会的にも認められ、理学部の関係者は数多くの勲章や賞を受けています(下表)。さらに、学会での受賞や新聞などでの報道も多数におよび、このページで全てを紹介することはとてもできません。これら多くの受賞者を誇る東北大学理学部は、国内外の学会に大きな足跡を残しており、ジャーナリズムからも注目されてきました。

■理学部関係文化勲章受章者・文化功労者

文化勲章	文化功労者
1949年	1951年 真島利行 漆等の天然物有機化学の研究
1949年	1951年 岡田武松 気象学の先駆的研究と気象予報体制の整備
1949年	1951年 田辺元 絶対弁証法による田辺哲学体系を確立
1953年	1952年 矢部長克 糸魚川・静岡地質構造線提唱等の地質学・古生物学研究
1954年	1954年 荻原雄祐 天体力学の研究および天文台の整備充実
1958年	1958年 野副鐵男 ヒノキチオールおよび関連有機化合物の研究
1965年	1965年 赤堀四郎 アミノ酸等に関する生物有機化学研究
—	1965年 真嶋正市 計測工学、特に高速衝撃破壊に関する研究
1975年	1975年 広中平祐 代数幾何学の研究、特に代数多様体の特異点解消
—	1978年 武井武 酸化金属磁性材料に関する研究、特にOP磁石の発明
2007年	1999年 中西香爾 機能性天然有機化合物の構造および生体内機能発現に関する研究

■理学部関係日本学士院賞受賞者

1914年	日下部四郎太 岩石の力学的研究
1917年	真島利行 漆の主成分に関する研究
○ 1919年	石原純 対性原理、万有引力論及び量子論の研究
1921年	松本彦七郎 蛇尾綱(クモヒトデ)の研究
1925年	畑井新喜司 白鼠に関する研究
○ 1928年	掛谷宗一 連立積分方程式及びこれに関連せる函数論的研究
□ 1933年	野村博 生茸の辛味成分の研究
1934年	田所芳秋 耐火物に関する研究
1935年	海野三郎 鉄炭素系合金の比熱及び其の諸相の変化に伴う熱量に関する研究
□ 1936年	星野敏雄 インドールの誘導体の合成的研究
1941年	尾形輝太郎 感光色素合成に関する研究
1944年	小竹無二雄 毒物の化学的研究
1947年	真嶋正市 高速衝撃破壊とこれに関連せる二三の現象
1952年	鮫島實三郎 膠質学に関する研究
1953年	野副鐵男 ヒノキチオールおよびその関連化合物に関する研究
1955年	赤堀四郎 蛋白質を構成するアミノ酸の結合状態に関する研究
1968年	加藤愛雄 地磁気の変化磁場の測定とその微細変動の原因に関する研究
1970年	山本義一 大気放射の研究
1970年	広中平祐 代数的多様体の研究
1975年	久保田尚志 植物の苦味物質に関する研究
1977年	赤祖父俊一 磁気圏擾乱の研究
* 1982年	角谷静夫 函数解析の研究
* 1990年	中西香爾 機能性天然有機化合物の構造および生体内機能発現に関する研究
* 1994年	櫻井英樹 有機ケイ素化学に関する研究(共同研究)
◎ 2002年	栗原康 生態系解析手法の研究とその環境保全への応用
2006年	鈴木厚人 反ニュートリノ科学の研究
2007年	平朝彦 プレート沈み込み帯の付加作用による日本列島形成過程の研究

○は恩賜賞 *は恩賜賞、学士院賞 ◎は日本学士院エジンバラ公賞 □は日本学士院大阪毎日新聞・東京日日新聞寄附東宮御成婚記念賞



2008年1月、中西香爾名誉教授の文化勲章受章を記念してシンポジウムを開催しました。中西名誉教授(左)は、真島利行博士以来の東北大学有機化学の名前を世界に高めた一人であり、コロンビア大学名誉教授としてアメリカを舞台に活躍しています。



グローバルCOEプログラム「分子系高次構造体化学国際教育拠点」シンポジウム「自然からの贈り物 天然有機化合物に学ぶ」



提供/海洋研究機構(JAMSTEC) 撮影/藤牧徹也

卒業生である平朝彦博士(本誌36P参照)の研究成果は、『地球の内部で何が起きているのか?』(光文社新書)などの著作から知ることができます。



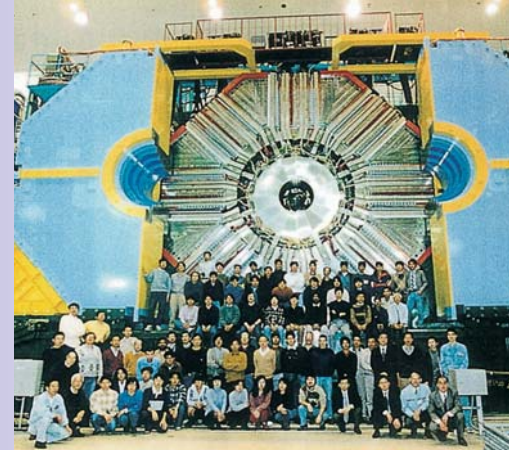
大学院修了生である鈴木厚人名誉教授は、ニュートリノ観測施設KamLANDの創設を主導し、世界中の素粒子研究者に知られています。

東北大学理学部 物理学科が選んだ 現代物理学のトピックス

緑は素粒子・原子核理論、青は素粒子・原子核実験、紫は物性理論、赤は物性実験を示す
下段のタテ組みの年表は、技術開発のトピックスを示す



放射光施設：SPring8
高エネルギー電子線の発生する放射光（X線）を用いて、広く生物、物性分野の研究を行っている。



BファクトリーでのBELLE実験
宇宙誕生直後に存在した反粒子はなぜ消滅したのか？
高エネルギー電子陽電子衝突により、その謎を解明する。

- 2極管
フレミング
- 3極管
オーム、デフォレスト
- ガイガー計算機
ガイガー
- X線回折
ラウエ
- X線結晶解析
ブラッグ父子
- 質量分析器
アストン
- 百インチラ望遠鏡
ウィルソン
- マグネトロン
ハル
- 電子顕微鏡
ルスカ
- 電子加速器
ローレンス
- 電子回折
ワットソン、トムソン
- 位相差顕微鏡
ゼルニケ
- 電波望遠鏡
ワットソン
- レーダー
ワットソン
- 原子炉連鎖反応
フェルミ
- 電子計算機ENIAC
エッカート、バロセック
- 核磁気共鳴
パウルス
- シンクロサイクロトロン
ベックスマイン
- 水素泡箱
グレイザー
- 原子時計
ライオンズ
- ホログラム
ガボール
- トランジスタ
シャツクレー、バーディン
- 希釈冷凍機
メイマン
- レーザー
メイマン
- メスバウアー効果
メイマン
- トンネルダイオード
江崎玲於奈
- メーザー
バソフ
- 走査トンネル顕微鏡
ロビーニヒ
- スペースシャトル
バンデルメール
- 陽子反陽子衝突型加速器
バンデルメール
- フラワーレン
クストリール、カール
- ハッブル望遠鏡
ロビーニヒ

地球が温暖化したら日本の気候はどうなるか？

ポスト「すばる」では、何が見られるだろう？

山田亨教授(天文学)と、東谷千比呂さん(研究員)・
中村有希さん(大学院生)・北村美佐絵さん(大学院生)・森本奈々さん(大学院生)の
岩崎俊樹教授(地球物理学)と、沢田雅洋さん(研究員)・
小玉知央さん(大学院生)・吉田龍平さん(大学院生)・陳桂興さん(大学院生)・
境剛志さん(大学院生)・角田拓海さん(4年生)の

対話

宇宙地球物理学とは、宇宙と地球の誕生と成長に関する現象を明らかにする学問であり、おおまかには、直接探査できる太陽系までの研究が「地球物理学」の分野、その外が「天文学」の分野と分類できるでしょう。

東北大学の宇宙地球物理学科は、「天文学コース」と「地球物理学コース」とに分かれています（大学院は「天文学専攻」と「地球物理学専攻」）。

そして、主として研究対象や研究方法の違いにより、天文学コースは「理論天文学」と「観測天文学」に、地球物理学コースは「固体地球系（地震、地殻）」「液体地球系（海洋、気象・大気圏）」「太陽惑星空間系（超高度大気、電離圏・磁気圏、惑星・惑星空間）」に細分されています。

20世紀、観測・探査技術の発展とともに、宇宙と地球に向けた人類の視線は、さらに遠くへ、さらに深くへと向かってきました。1936年、レーマンによって地球の内核が発見されて地球の大局的な構造はほぼ確定され、1946年、ガモフのビッグバン宇宙論によって宇宙は膨張していると考えられるようになりました。1990年に打ち上げられたハッブル望遠鏡は、140億光年もの向こうの銀河まで撮影して観測できるまでになっています。

また、1991年にスタートした日本の「すばる望遠鏡」建設プロジェクトは、1999年に標高4200mのハワイ島マウナケア山頂でファーストライト。主鏡の有効直径8.2mの光学・赤外線望遠鏡は、ハッブル宇宙望遠鏡をしのぐ集光力と解像度ともいわれ、注目されています。

しかし遠くへ、深くへと進めば進むほど、新しい「わからないこと」が生まれ、「知りたいこと」「見たいこと」は拡大していきます。

天文学の研究者たちの意識は、宇宙誕生の謎に迫

るために、すでにハッブル、すばるの次の望遠鏡の開発へと向かっています。また、身近なことでは、地震も、地球温暖化現象も、全容が解明されたわけではありません。たとえば地球温暖化現象では、理学部長・理学研究科長である花輪公雄教授も参加しているIPCCが2007年に第4次報告を出し、人間活動による地球温暖化をほぼ断定。IPCCはノーベ

ル平和賞を受賞しましたが、これは問題提起と受けとめるべきであり、すぐに政策に結び付けられるような研究段階ではないという認識が大勢だと言えるでしょう。

とどまるどころを知らずに進む世界の宇宙地球物理学研究の一端を、東北大学宇宙地球物理学科の研究から覗いてみましょう。



To the World, To the Next

未知の世界を開拓するために COEプログラムと高等研究機構。

3
学際拠点

日本学術振興会は、現代科学が直面する重要な研究課題について、世界的な教育研究拠点形成を図る目的で、COE (Center Of Excellence)プログラムを選定し重点的に支援してきました。現在、第1期 (21世紀COEプログラム) が終了し、第2期 (グローバルCOEプログラム) に入ろうとしています。

東北大学理学部では、すでに、2つのグローバルCOEプログラムが新たな活動を開始しています。また、2つの21世紀COEプログラムが高い評価を得て終了し、第2期に向けて準備しています。

■分子系高次構造体化学国際教育研究拠点

(拠点リーダー：化学専攻 山口雅彦教授/2007年から)

理学研究科化学専攻、工学研究科応用化学専攻・バイオ工学専攻・化学工学専攻、薬学研究科創薬化学専攻、農学研究科、生命科学研究所、環境科学研究科を中心に拠点を形成。



化学の学問的特性に原子・分子レベルの技術革新をもとにして、高度にシステム化するボトムアップする方法論があります。本プログラムでは物質による高機能発現を具現化する目的で、10nm-0.1mmサイズの物質を空間的に制御して配置するとともにその構造体が経時的に変化するプロセスを制御する分子系高次構造体化学の教育研究を行います。

あわせて、幅広い物質の高度な研究開発を先端的に担うことのできる博士人材を育成します。

■先端地球科学技術による地球の未来像創出

(拠点リーダー：地学専攻 大谷崇治教授/2003年から2007年)

地学、地球物理学、環境科学の3専攻、地球物理学系3研究センター、流体科学研究所と東北アジア研究センターが中心と



なり、理学と工学が連携した拠点を形成。

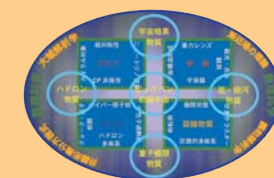
地球中心部からジオスペースにいたる広大な空間において、数億年からナノ秒程度までの幅広い時間スケールで起こる地球惑星システムの変動を、激変と緩和・修復過程と捉えて解明してきました。

本プログラムの大学院教育では、地球惑星科学と工学系との連携を活かし、1) 自然観察能力・技術開発力に優れ、2) 広い視野、分析力と総合力をもち、3) 獨創性・国際性に豊む、多くの若手リーダーを育成してきました。

■物質階層融合科学の構築

(拠点リーダー：物理学専攻 橋本治教授/2003年から2007年)

理学研究科物理学専攻、天文学専攻、数学専攻、ニュートリノ科学研究センター、原子核理学研究施設、極低温科学センター、サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、金属材料研究所を中心に拠点を形成。



宇宙創生進化の過程で形成された素粒子、核子、原子核、固体・液体(凝縮物質)、星・銀河を「物質階層」としてとらえ、各階層固有の研究を進展させつつ、階層間の融合によって形成される遷移融合形態であるクォーク物質、弱・強相関物質、星間・銀河物質、宇宙暗黒物質(ダークマター)等の新研究分野を開拓することを目的としていました。

同時に、融合科学確立に不可欠な広い視野を涵養するために、大学院レベルで、物理-天文-数学にまたがる物理数理科学融合教育を実施しました。

■脳神経科学を社会に環流する教育研究拠点

(拠点リーダー：医学系研究科 大隈典子教授/2007年から)

生命科学研究科は、医学系研究科などと共同で、グローバル・ブレイン・サイエンス (GBS) 拠点を形成。



遺伝子から個体の行動までを扱う「ゲノム行動神経科学」、認知機能を脳と身体との相互作用によって理解する「身体性認知脳科学」、人間を取り巻く環境や人間同士の関連性までを包括する「社会脳科学」という新規の脳神経科学分野を推し進める研究を展開し、若手人材を育成します。

■原子分子材料科学高等研究機構

(機構長：化学専攻 山本嘉則教授/2007年から)

世界トップレベル国際研究拠点形成促進プログラム (World Premier International Research Center Initiative: WPIプログラム) に提案した「国際高等原子分子材料研究拠点構想」が世界トップレベル拠点(5箇所)のうちの一つとして採択され、2007年10月に「原子分子材料科学高等研究機構」が発足しました。理学部からは機構長の山本嘉則教授、高橋隆教授、谷垣勝己教授が参加しています。

OB・OG MESSAGE ③ 宇宙地球物理学科

銀河の風に吹かれて — 禅寺で見た夢 —

国立天文台・総合大学院大学教授
有本 信雄さん



小さいころから天文学者になりたかった。禅寺の留守番をしながら受験勉強をし、弁当を食べながら野尻抱影を読み、天文学者になることを夢見ていた。

私の研究のテーマは銀河の化学進化である。銀河ではガスから星が生まれ、進化し、その質量に応じた最後を遂げる。ガスと星のリサイクルは繰り返され、ガスは次第に減少し、重元素の量は増加する。これが銀河の化学進化である。一方、銀河では質量の小さな星も数多く誕生し、重い星と混在する。このような星の集合体としての銀河の特性を調べる研究を星の種族合成論という。私の天文学への貢献は星の種族合成論に銀河の化学進化を繰り返したことにある。銀河風によるガスの放出などを考慮して、銀河進化のモデルを構築し、銀河を構成

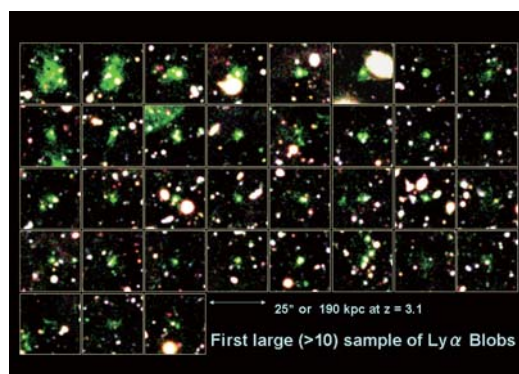
する星の種類や銀河の光度・色、スペクトル、星やガスの化学組成などの観測量の進化を追跡した。このモデルは有本・吉井の種族合成モデルとして広く知られ、銀河進化の研究に広く使われた。とくに、楕円銀河の色一等級関係の起源が星の平均の重元素量の違いにあることを示した研究が評価されている。この手法は多くの人によって改良・精密化され、観測天文学の発展とともに遠方の銀河の形成・進化の解明に必須となっている。

種族合成や化学進化の基礎になるのは星の進化の知識であるが、私は東北大学でこの星の進化を学んだのであった。また、大学の伝統である「研究第一主義」、これが知らず知らずのうちに私の身体の隅々にも浸み込んでいる。これからも天文学者として残りの人生を過ごしたいと願っている。禅寺の狭い部屋を今も思い出す。

観測によって 120億、130億光年の 遠くの星を探る。

悪くて、残念ながら観測は来シーズンに持ち越してですが、太陽系以外の惑星の存在を屋上の小さな望遠鏡でも実際に測定することができるとはたいへん面白いと思いましたが、いまは、今後、すばるを利用して系外惑星の研究をすすめる計画を煮詰めています。またすばるに行つたことがないので、ぜひ利用を認められるような計画にしたいと思っています。

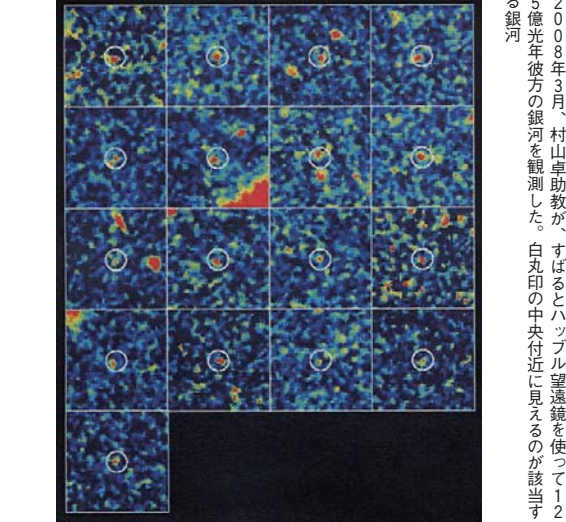
山田 私は、国立天文台時代の2003年に、宇宙論グループの二間瀬敏史教授との共著で『こんなに面白い大宇宙のカラクリ』という文庫本を著わしました(講談社α文庫)。私たちは、は、はじめに「すばる」の見た世界へようこそVで、



すばるで観測した120億光年彼方の星の輝線。少し明るく見える

この本で語られる多くの内容は、天文学者がすばるなどの望遠鏡を使って、遠くの宇宙で、過去に起こったできごとを、「実際にこの目で……」見たものにほかなりません。われわれ人類は、135億年の宇宙の歴史のなかでどのような場所に立っているのか。宇宙の歴史の全体

像が、おぼろげながらも、ようやくそのペールを脱ぎつつあるのです。と記しました。それから5年。すばるは、ハッブルは、たくさんの新しい発見を、そして新しい理論をもたらししてきました。そんな歴史も踏まえて、私たちは、いま、国立天文台や全国の研究者との協力ですすめられる、すばるを利用し太陽系外惑星の直接検出を目指す新しいプロジェクト「SEEDS」にも取り組んでいます。



2008年3月、村山卓助教が、すばるとハッブル望遠鏡を使って125億光年彼方の銀河を観測した。白丸印の中央付近に見えるのが該当する銀河

「第二の地球を探して、人類の種を宇宙に広げよう」という意味で命名されたのですが、北村さんも参加する予定です。

東谷 たとえば、中村さんが見ている輝線は、波長が長くなれば可視光線望遠鏡では見られず、赤外線で見なければならなりません。市川教授のグループがつくったMOCSなどが必要になるわけです。私たちの観測は、どれだけ広く、長く、遠くまでゆけるかという世界的な競争ですが、いま、東北大学は世界最先端を走っていると自慢できるでしょう。

しかし、今後も次々と宇宙を観測する新しい大望遠鏡計画が実現されてゆきます。たとえば日米欧の国際協力で建設中で、2012年には本格的に稼働を始める「アルマ電波望遠鏡」があります。これは、すばるでは見えなかったガスや「塵」などからの電波を観測します。また、本当の意味での「ポストすばる」、といえる可視・赤外線の大地上望遠鏡としては、直径30m、すばるの4倍という30m望遠鏡計画「Thirty Meter Telescope (TMT)」の建設開始が迫ってきています。カリフォルニア、カナダの天文学者に加えて、東北大学を含む日本の天文学者もこの計画を推進する議論に参加しています。私たちも、そのような望遠鏡で何を見るかを考え、そのための装置についても考え始めよう」と話し合っています。



中村有希さん
愛知県名古屋大学教育学部附属高校卒。奈良女子大学理学部卒。ニュートリノ科学研究センター・林野友紀准教授の下で原子核理論を学びながら、120億光年前の宇宙を調べて銀河の分布などを見つけてようとしている。



森本奈々さん
高知県立土佐高校出身。東北大学理学部卒。120億光年とか130億光年も離れた、遠い銀河で生じている超新星爆発を探そうとしている。学部学生時代に、すでに2回も「すばる」での観測も経験している。

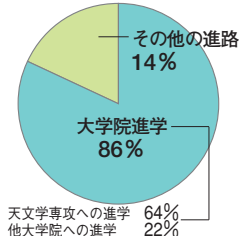


北村美佐絵さん
福井県金沢大学教育学部附属高校出身。東北大学理学部卒。物理学科棟屋上の望遠鏡に親しみ、天文学へ。惑星が星の前を横切る時に起こる減光現象から、太陽系外の星の惑星を見つけてようとしている。



ハワイマウナケアの すばる望遠鏡まで 使いこなす。

■天文学コースの主な進路 (平成19年度)



天文学専攻への進学 64%
他大学院への進学 22%

「数値予報」のモデル開発をリード(先導)してきた岩崎教授。



岩崎俊樹教授
宮城県仙台一高出身。東北大学理学部卒、理学研究科修了。気象庁勤務を経て東北大学へ。気象庁勤務時代には数値シミュレーション(=数値予報)開発の中心となり、『数値予報』(1993年 共立出版)、『数値地球科学』(1997年 岩波書店「岩波講座地球惑星科学7」共著)などの著作を発表している。

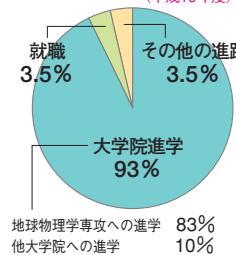


沢田雅洋さん
宮城県仙台一高出身。東北大学理学部卒、理学研究科修了。研究員として研究室全員の学習・研究をサポートしながら、台風はなぜ台風になるのかなど、台風の発生・発達メカニズムを説明しようとしている。



小玉知央さん
秋田県立秋田高校出身。東北大学理学部卒。地球温暖化によって高気圧・低気圧の活動はどう変わるのか、なぜ変わるのかを研究している。大気大循環の解析手法の開発にも携わっている。

■地球物理学コースの主な進路(平成19年度)



宮城県の天気予報について 独自の数値予報システムまでつくりあげた岩崎研究室

沢田 地球物理学専攻で学ぶ地球物理学とは、地球から太陽系惑星までを対象とし、その誕生、進化、変動について、「どんなことが起こっているのか」という現象と「なぜそうなのかな」というメカニズムとを、観測、理論、シミュレーションによって解明する学問だと定義できるでしょう。

小玉 そして、どんな研究体系になっているかといえば、表1のように「固体地球系」「流体地球系」「太陽惑星空間系」に三分化。私たちが所属している「流体地球物理学講座」は気象と大気を研究対象としており、「地球環境物理学講座」「大気海洋変動観測研究センター」と共に「流体地球系」の中に位置づけられているというわけです。

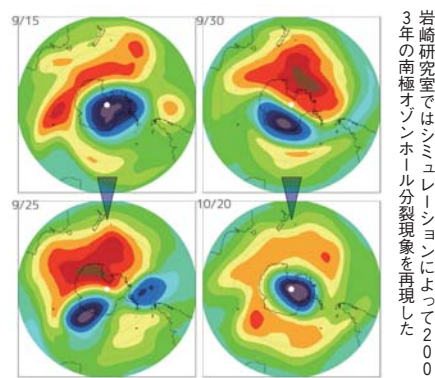
吉田 流体地球物理学講座の指導陣は、岩崎先生と山崎剛准教授、余偉明准教授の体制ですが、岩崎先生が主として(メソスケール現象や)大気大循環および物質循環を数値シミュレーションによって、山崎准教授が主として大気と地表面間の水・エネルギー交換過程をモデルと観測の両面から、余偉明准教授が主として大気の大気数値モデルを開発し、都市気候や局地循環を解明しようとしているという構成ですね。その全体像は、表2のようにまと

太陽惑星空間系	流体地球系	固体地球系
<ul style="list-style-type: none"> ●太陽惑星空間物理学講座 (宇宙地球電磁気学分野) ●惑星大気物理学分野 (惑星電流物理学分野) ●惑星電流物理学分野 (惑星分光物理学分野) 	<ul style="list-style-type: none"> ●地球環境物理学講座 (海洋物理学分野) ●大気海洋変動観測研究センター (物質循環分野) ●(気候物理学分野) ●(衛星海洋学分野) 	<ul style="list-style-type: none"> ●固体地球物理学講座 (地震学分野) ●地震・噴火予知研究観測センター (地球物理学分野) ●(海底物理学分野)

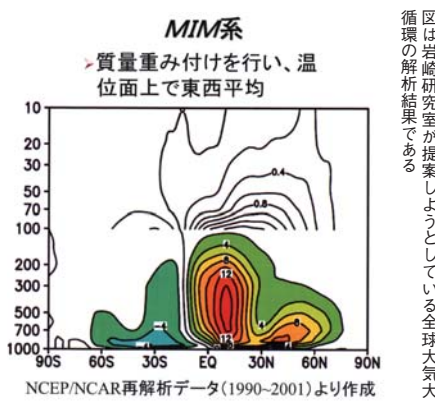
表1:「地球物理学」専攻の研究体系

大気学分野では	気象学分野では
<ul style="list-style-type: none"> 1. オゾン3次元分布の解明 2. モンスーンの形成機構の解明 3. 地球温暖化時の低気圧活動度について 4. 温位面上での東西平均値に基づく大気大循環のエネルギー変換の診断 5. 台風の雲像シミュレーション 6. ヤマセの下層雲形成に関する研究 7. ダウンスケール予報システムの開発 8. 空港気象の実況監視予報システムの開発 9. 都市気候の数値モデルの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 地表面と大気間の水・エネルギー交換過程の理解とそのモデル化 2. 地表面状態の変化が気候に及ぼす影響 3. 積雪の変成過程 4. 局地循環、複雑地形における水の流出過程 5. 乱流構造と乱流輸送の基礎的研究

表2:「気象学・大気学」分野の研究概要



岩崎研究室ではシミュレーションによって2000-3年の南極オゾンホール分裂現象を再現した



図は岩崎研究室が提案しようとしている全球大気大循環の解析結果である



仙台空港周辺のデュアルライダー観測に向かうプロジェクトメンバー

研究室の概要を知る手がかりとなる岩崎教授著『数値予報』

岩崎 そうですね。私は、「数値予報」という本の「はじめに」で、「経験法則を使わず、物理学の法則に基づいて天気を予測したい」というのは気象学者の長年の夢でした」と書きました。

この夢を実現するための手法の一つが、コンピュータに自然界の法則を覚え込ませ、実際の気象と同じように変化するモデル大気を作り出し、そのふるまいを観察して天気予報をおこなう、数値シミュレーションによる天気予報、略して数値予報です。このシミュレーションによるモデルづくりを研究の大きな柱にする研究室だ、と紹介してよいでしょう。

沢田 その成果は、高解像度JMA-NHMを用いた宮城県の局地気象予報に関する講座独自の数値予報システム「ダウン・スケール・シミュレーション・システム」(DS3)に結実。2006年6月から講座の専用モニターに限り、毎日、前1時間の降水量、地上気温、湿度、風、雲量などの要素

角田 このような体系の中で、ぼくは、都市のビル風のようなリージョンナルな問題をテーマにできないかなと思っています。2~3年次にかけての学生実験で風の観測をしたのですが、海と陸の気温の差の変化によって風の強さが

について独自の天気予報を見られるようになっていくんですよね。

数値シミュレーションから「なぜ」へ

角田 このような体系の中で、ぼくは、都市のビル風のようなリージョンナルな問題をテーマにできないかなと思っています。2~3年次にかけての学生実験で風の観測をしたのですが、海と陸の気温の差の変化によって風の強さが

陳 ぼくの場合は、中国の切実な水害問題が研究の動機です。アジアモンスーンの降雨圏の中でも中国南部の広州は特に降水分布や日変化が複雑であるため、水害の影響が大きいところです。どうすれば予報の精度を上げ、防災に結びつけることができるか。アジアモンスーンの研究者もいる東北大学で、降水現象のシミュレーション研究から、その道を探っているところですね。

岩崎 私が気象庁へ進んだのも、陳さんと同じような理由でした。「役に立つサイエンス」を目指して科学行政の道へ。社会と科学の関係を考えながら、気象予測モデルの改良に取組みました。その経験から言えることは、究極において役立つためには、基礎的な研究が不可欠なんだということです。

吉田 ぼくは、山崎准教授の下で気象学だけでなく、他分野との連携を意識した研究を目指しています。2007年10月まで「北方林地帯における水循環特性と植物生態生理のパラメータ化」プロジェクトに参加していました。日本からシベリアの森林を対象に、水循環特性を解明しようというものです。課題を引き出せたので、森林の専門家とも連携して研究を深めたいと思っています。

境 吉田さんたちの研究は刺激的ですよ。ね。欲する「をモットー」にしている。ぼくとしては、テーマや研究方法の違い領域にも手を出してみたいですね。小玉 ぼくの場合は、数値シミュレーションを通じて「なぜ」を追究する方向へと向かいつつあります。たとえば気候の将来予測に関しては、地球が温暖化しているという証拠は出そろいつつあります。温暖化する理由もよく分かっています。しかし、「私たちが暮らす中緯度では将来雨が増えるのか

減るのか、またその原因は何なのか」などといった一歩先の問題についてはまだまだ未解明です。その「なぜ」を究めたいと思っているのです。「なぜ」に答えることができれば、数値予報の信頼性も高まるでしょう。

沢田 ぼくは、台風を研究テーマにしています。数値実験を行い、台風の発生や進路などをシミュレーションする方法を駆使し、最近、「氷相過程が台風の発達に及ぼす影響」の論文をまとめました。台風の主なエネルギー源は

凝結熱なのですが、氷相過程も台風構造や発達過程に影響を及ぼすことを検証したものです。これからは、台風はなぜ台風になるのか、なぜ発生数が年々変動するのかなといった「なぜ」にも迫っていきたいと思っています。

小玉 先生、研究室の取り組みとしては、DS3のほかに、NICTのドップラーライダーを使って実施した仙台空港周辺の風観測(デュアルライダー観測)も重要なのではないのでしょうか。
岩崎 そうですね。2006年8月と2007年6月に、情報通信研究機構(NICT)をはじめ、電子航法研究所、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、仙台航空操縦所などと協力して実施したもので、2009年度まで続くプロジェクトなので、境くんの取り組みでいるデータも用いて、航空機に安全情報を出せるシステム構築へと結びついていけばすばらしいですね。

視点は、仙台へも アジア大陸やシベリアへも。



吉田龍平さん
青森県立青森高校出身。弘前大学では観測を中心に地表面の現象について学んだが、数値モデルを構築して大気現象を解明していくという方法に引かれて岩崎研究室へ。



陳桂興さん
中国中山大卒。生まれ故郷の広州市は、大量に雨が降り、洪水などの被害が多い地域である。雨の災害を防ぐ対策を考えるため、アジアモンスーンによる降雨システムの解明を目指している。



境剛志さん
神奈川県桐光学園出身。東北大学理学部卒。オープンキャンパスで長時間にわたって岩崎先生に質問し、大気現象の研究を志して理学部へ。気象予報の精度を高めるための計算技術の研究を進めている。



角田拓海さん
神奈川県サレジオ学院出身。高校時代に先生から数式を使って物理現象を解き明かすという物理学のおもしろさを教えられ、理学部へ。2年次後半からの1年半の専門教育の中で気象学への進路を見つけた。

OB・OG MESSAGE ④ 宇宙地球物理学科

人生にはいろいろな生き方がある
毎日新聞科学環境部・記者
田中泰義さん



自然の謎に迫りたくて、また、ノーベル賞学者を夢見て入学したが、無理と思知らされた。ずっと賢い奴がいた。オリエンテーリング部に入り夢中になったが、トップ選手にならず。卒業後、違う自分を探そうと、理系と無縁の世界に飛び込んだ。新聞社だ。

今まで、主に温暖化や再生医学などの分野で国内外の専門家を取材した。学生時代の私は、国内の学会発表さえ恥ずかしかった。昔の私を知るのが、海外で取材していると聞けば驚くだろう。

転機は、温暖化をめぐる国際交渉の取材だ。英語が必要だった。取材で出会った赤祖父俊一アラスカ大名誉教授に誘われ、1年留学した。海外取材で私の出番が増えた。

この機会を提供してくれたのは、私の研究対象のオーロラだった。赤祖父先生はオーロラ研究の権威で理学部OB。私を応援してくれた。記者になれたのもオーロラ効果。なぜなら、入社最終面接の質問は「オーロラ発生機構の説明」のみ。研究の道を捨てたのに研究で助けられた。だから、学者への取材はとても大切にしている。

自信喪失の学生だったが、学問、スポーツ、旅などに精を出して良かった。理由は、科学技術や政治などの話題で、相手と共通点を見つけ、打ち解けられることがあるからだ。これは本音を聞き出す取材で役立つ。

学者の世界を取材し十数年。理学部には世界に誇る先生がいると実感できた。研究の仕方や人生観をもっと学んでおけばよかったと反省している。

後輩に助言できるほど経験を積んでいないが、「愚直に頑張ってみよう」と伝えたい。先のことは分からないが、頑張っていれば、周りの先生や先輩が支えてくれるはずだ。

現代宇宙地球物理学のトピックス

青は天文、緑は地球物理学を示す

1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000

1902年 成層圏の発見 (ティスラン・ド・ポール)
電離層の発見 (マルコニー)

地球をとりまく超高層大気圏の解明★成層圏の発見以後、地球をとりまく大気圏の構造解明が進み、1930年には酸素分子が成層圏で紫外線により酸素原子に分かれ、それが酸素分子と結合し、オゾン層が形成されることが解明された。また、電離層の発見に続いて、1927年には地球磁場が太陽からの荷電粒子流によって閉じ込められるという地球磁気圏の概念が提案され、1946年頃には地球内部から電流が生じて磁場が現われるとの説が有力となった。

1905年 セファイドの周期-光度関係 (リービット)

1913年 恒星のスペクトルと絶対光度の関係 (HR図) (ヘルツシュプルングとラッセル)

1913年 オーロラの科学的研究始める (ビルケランド)

1915年 大陸移動説 (ウエゲナー)

「プレート・テクトニクス」説の始まり★ウエゲナーは、地質や古生物、気候などの研究から、3億年前、南北アメリカ大陸、アフリカ大陸、ユーラシア大陸、南極大陸などすべてが一つの超大陸「パンゲア」をつくっていたが、その後分裂して移動したとの説を提案した。これは、その後「プレート・テクトニクス」へと発展し、20世紀の潮流となっていった。

1916年 一般相対性理論 (アインシュタイン)

1925年 白色矮星の発見 (エディントンとアダムス)

1927年 銀河系の回転発見 (オールトとリンドブラッド)

1927年 地球磁気圏の概念 (チャップマン)

1929年 銀河の速度 - 距離関係 (ハッブルの法則) の発見 (ハッブル)

膨張宇宙の発見からビッグバン説へ★ハッブルは、観測に基づいてアンドロメダ星雲までの距離を測り、銀河系外星雲の存在を初めて明らかにし、銀河系も島宇宙の一つであることを示した。また、島宇宙の視線速度の分析からすべての島宇宙が地球から遠ざかっており、宇宙は膨張をつづけていると提唱した。膨張宇宙の発見は、後に、ルメールやガモフらのビッグバン説へとつながっていった。

1929年 地球磁場逆転の発見 (松山基範)

1930年 オゾン層生成理論 (チャップマン)

1932年 宇宙電波の発見 (ジャンスキー)

1936年 内核の発見 (レーマン)

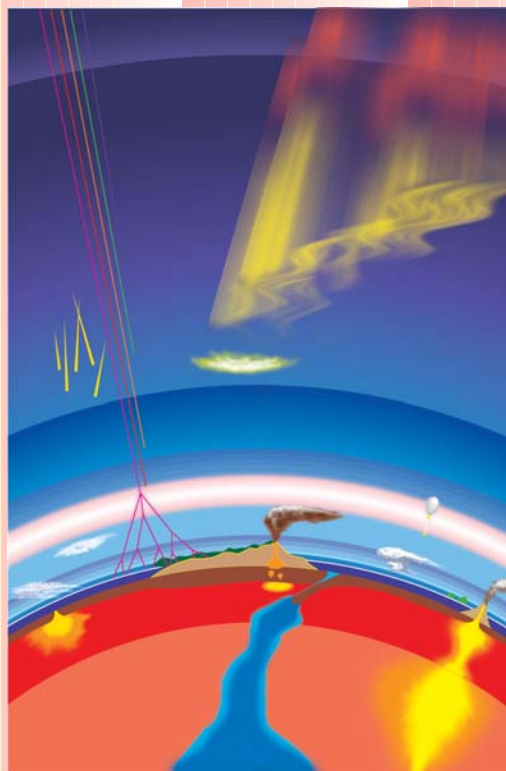
1937~39年
原子核反応による恒星エネルギー源の説明 (ワイゼッカーとベータ)

1940年
固体地球内部構造の解明
地震波走時表 (ジェフリース・ブレン)

1944~51年
星間中性水素の発見
(ファン・デ・フルスト、ユーイン、バーセル)

1946年頃
ビッグバン宇宙論の提唱
(ガモフ)

1949年
大気の数値シミュレーションの成功
(チャーニー、ノイマン、フェルトフト)



地球と高層大気圏の構造

1957年 IGY(国際地球観測年)、ハワイでCO₂観測開始 (キーリング)

1957年 人類初の人工衛星スプートニク1号

人工衛星による観測の始まり、そして探査の時代へ★スプートニク1号は近地点約230km、遠地点約950kmの軌道に打ち上げられ、その後、2号、3号と続き、磁場、流星塵、電離圏イオンなどの観測を行った。1969年にはアポロ11号が月面着陸を実現し、人工衛星による宇宙研究は観測から探査へと進んだ。

1960年 太陽の5分振動 (ライトンほか)

1960年代 プレートテクトニクスの提唱

1961~63年 恒星状電波源の発見 (サンデー、マッシュューズ、シュミット)

1962年 X線星の発見 (ジャッコニほか)

1963年 カオス理論と予測可能性論の提出 (ローレンツ)

1965年 3K宇宙背景放射の発見 (ペンジアスとウィルソン)

1966年 地震モーメントの提唱 (安芸敬一)

1967年 パルサーの発見 (ヒューイッシュ)

1972~77年 パイオニア10,11号、ボイジャー1,2号の外惑星探査機打ち上げ

1978~86年 宇宙の大規模構造の発見 (ゲラーとハクラ)

1979年 重力波放出による連星パルサーの軌道周期減少検出

1980年代 宇宙測地技術 (GPS, VLBI) の発展

1982~1985年 南極オゾンホール発見 (忠鉢繁とファーマン)

1987年 超新星1987Aからのニュートリノ検出

1990年 ハッブル望遠鏡打ち上げ

宇宙年齢の決定★ハッブル望遠鏡の打ち上げは、フリードマン、ケニカト(いずれもアメリカ)、モールド(オーストラリア)を中心とする27人の天文学者からなる国際共同研究で進められた。そのプロジェクトの最優先計画の一つに、「ハッブル定数」の誤差を小さくし、宇宙の年齢を求めることが組み込まれていた。その後の観測から、現在のところ、ハッブル定数は71、宇宙年齢は137億年という値が導き出されている。

1992年 宇宙背景放射揺らぎの検出 (COBE衛星)

1994年 シューメーカー・レヴィ9彗星が木星に衝突

1997年 観測史上最大のエルニーニョ発生

1998年 国際宇宙ステーション建設始まる

1999年 国立天文台すばる望遠鏡ファーストライト

2003年 宇宙背景放射揺らぎの高分解能観測 (WMAP衛星)

2007年 IPCC(気候変動に関する政府間パネル) 第4次報告 人間活動による地球温暖化をほぼ断定 同年ノーベル平和賞

2007年 IPY(国際極年)

2007~08年 IPY(国際極年)



スプートニク2号▲



▲すばる望遠鏡

寺前紀夫教授 (分析化学) と

清野文博さん (大学院生)・渡辺淳さん (大学院生)・

佐藤雄介さん (大学院生)・馬場紀幸さん (学部生) の

対話

東北大学の化学研究から 田中耕一さんに続くのは誰だろう？

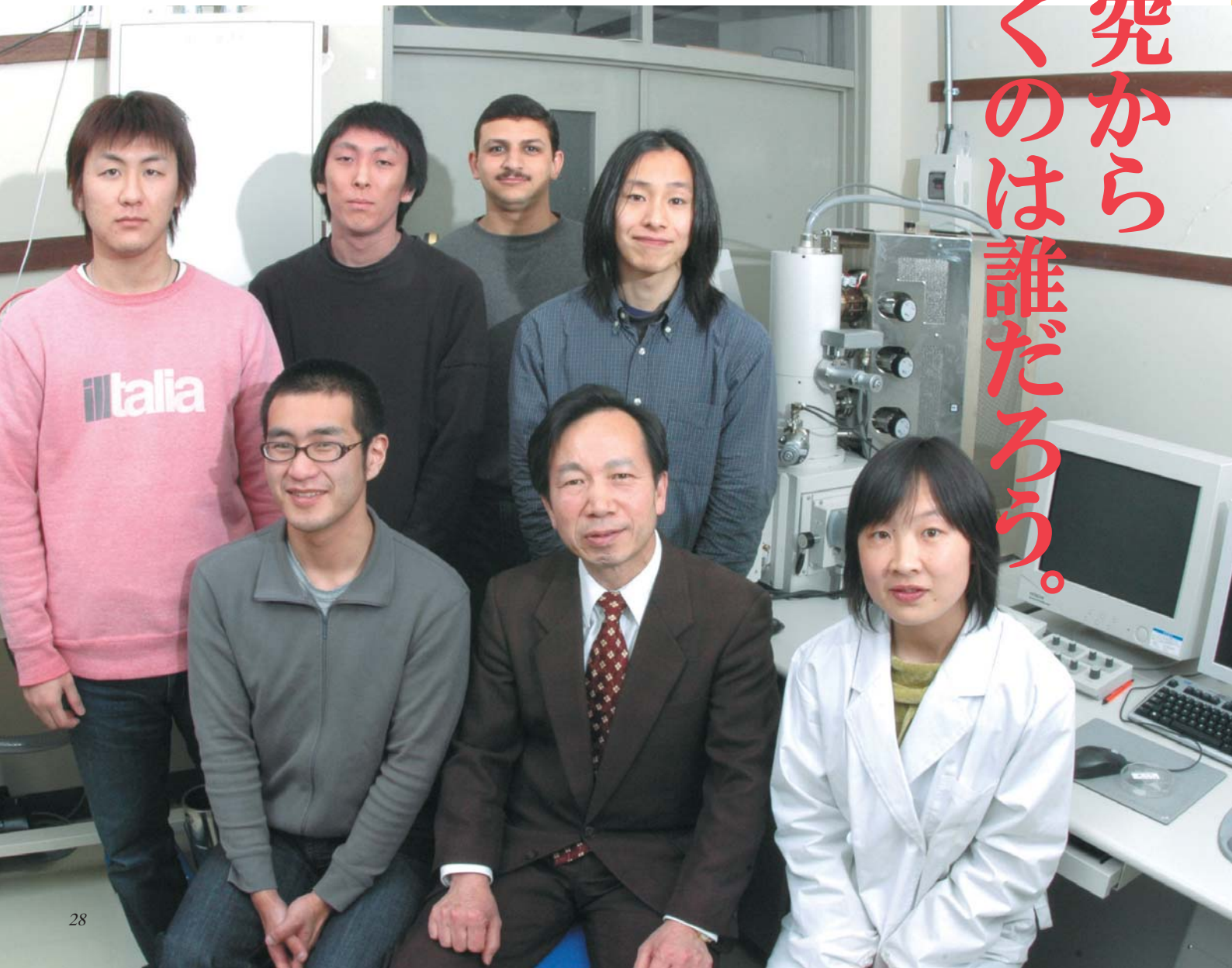
物質の性質と物質間の相互作用を研究する化学は、19世紀後半になると分光器を使った実験によって原子に関する重要な発見が相次ぎ、大きな変化が起ころうとしていました。

1901年、制定されたばかりのノーベル賞の最初の化学賞がファントホッフによる化学反応とエネルギーを結びつける研究であり、物理学賞がレントゲンのX線発見であったことは、その後の化学の歩みを象徴するものでした。新しい分析手法の開発によって、新しい機能を持つ物質の発見が飛躍的に加速して化学の道が確かなものとなり、「化学は「有機化学」「無機化学」「物理化学」「分析化学」などの分野が根幹となって発展してきました。

そして2002年、東北大学工学部電気工学科卒業の田中耕一さんの「ソフトレーザー脱離イオン化法」の開発がノーベル化学賞を受賞したことは、化学が、工学や生物学、医学、薬学などの幅広い分野に足をかけて真理を追求するものであることをクローズアップしました。このような化学の発展の歴史の中で、東北大学理学部化学科は1911年に開講し、真島利行教授や小林松助教授のもとに本格的な化学研究が始まりました。

真島教授は、後年、理学部理学研究所の主任研究員としても活躍し、理研の特許第1号となった「インドールの製造法」を開発しました。真島教授の研究室は「晩中灯りがともっていたといわれ、その門下生が全国の主要大学に広がって日本の有機化学研究の基礎を確立し、東北大学は「有機化学の大本山」と呼ばれました。

また、小林教授は、1915〜18年の間、アメリカのMIT、ハーバード大学、ニール大学に留学し、ハーバード大学では銀の原子量を決定する業績を挙げて、1918年に分析化学講座(当時は化学第四講座)を開講しました。これが日本の分析化学研究の始まりといわれており、現在の分析化学研究室へとつながっているのです。



To the World, To the Next

理学部附属施設も、東北大学附属施設も、
学外の一流研究施設も使うことができます。



東北大学理学部・理学研究科では、理学部附属施設および東北大学の附属施設はもちろん、
国立の研究施設とも協力して世界的な研究を進めることができます。

■理学部附属研究施設

- 原子核理学研究施設
- ニュートリノ科学研究センター
- 惑星プラズマ・大気研究センター
- 巨大分子解析研究センター
- 大気海洋変動観測研究センター
- 地震・噴火予知研究観測センター
- 開発地理学研究所
- 自然史標本館



原子核理学研究施設には、最先端の原子核研究が行われている電子線加速器が設置されています。(MAP①)



自然史標本館には世界中から収集した鉱物、岩石、化石、地図など約70万点が収蔵され、うち約2万点が公開展示されています。(MAP①)



惑星プラズマ・大気研究センターでは福島県飯館村に惑星圏飯館観測所を開設し、2001年10月にパラボラアンテナ型惑星シンクロトン電波望遠鏡を完成(幅33m・高さ31m)。6億km離れた木星からの電波観測を行っています。(MAP②)



2002年1月に運転が開始したニュートリノ科学研究センターの1000トン液体シンチレータ実験装置KamLANDは、数々のニュートリノ検出結果を出しています。(MAP③)



■東北大学の研究所・施設

- 浅虫海洋生物研究センター
- 植物園
- 植物園八甲田山分園
- サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター
- サイバーサイエンスセンター
- 極低温科学センター
- 金属材料研究所
- 電気通信研究所
- 多元物質科学研究所



青森県の浅虫にある海洋生物研究センターは海洋生物研究の拠点となっています。(MAP④)



モミの原生林を残す青葉山の植物園は、国の天然記念物に指定され、一般公開施設もあります。(MAP①)



青森県八甲田山にある植物園は植物研究の拠点となっています。(MAP⑤)

■学外の主な研究機関

- 日本原子力研究開発機構
- 高エネルギー加速器研究機構
- 国立極地研究所
- 理化学研究所
- 宇宙航空研究開発機構
- 国立天文台
- 東京大学数物連携宇宙研究機構
- 産業技術総合研究所



ハワイ島マウナケア山頂に建設された国立天文台のすばる望遠鏡は、理学部・理学研究科の研究者もさまざまな利用を試み、世界の注目を集めています。

高エネルギー加速器研究機構 (MAP⑥) ではハイパー原子核の精密測定を行ってきました。写真は、実験に使用するハイパーボールとよばれるガンマ線検出器の前に集まった東北大学を中心とする実験メンバーです。さらに2009年に稼働する最新鋭加速器施設J-PARC (MAP⑦) において、東北大学を中心としたハイパー原子核研究プロジェクトが始まろうとしています。



誰も見つけていないものを見つけないものを見つけてほしい。新しい着想に基づく研究の中に、偶然も必然も生まれるだろう。

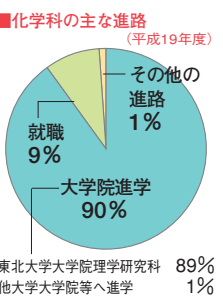
分析化学には「科学捜査(鑑識)」の力もある

佐藤 分析化学は、環境問題との関連で注目された分野じゃないかという感じがしています。水の汚染や大気汚染という問題が起って、汚染の程度やその原因は何かを分析することが必要になって発達してきたといったイメージです。寺前 環境問題は最近の重要な課題だけに、分析化学は、錬金術の時代から実際の現場での分析に役立つ手法を開発しながら、新しい物質の合成、創造にチャレンジしてきたのです。数多くの歴史的な蓄積をもとにして、生産現場での分析や臨床分析、鑑識などの法医学分析、そして環境分析など幅広い分野で分析化学が力を発揮しています。たとえば、最近では、和歌山県のヒ素カレー事件で、被告の家にあったプラスチックの器の微量量の亜ヒ酸の試料を高エネルギー蛍光X線スペクトルで分析し、試料中に含まれていた極微量のスズ、アンチモン、ビスマスなどの元素分析からカレー中のヒ素と同じものであると特定しました。これが決め手となって逮捕にまで至っています。

渡辺 高校までの知識では、元素がどのくらいあるかを分析するのが分析化学という理解でした。しかし、いまではDNAやたんぱく質まで測れるようになった。それが、絶えず新しい分析手法や機器の開発にチャレンジしてきた分析化学の成果だということですね。



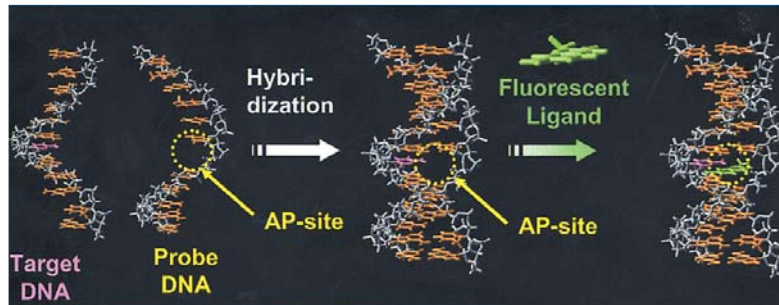
寺前 紀夫 教授
宮崎県宮崎大宮高校出身。1993年以後、東北大学理学部・理学研究科教授。表面や界面の反応場に着目し、ハード面ではレーザー光の非線形効果を利用した界面吸着分子の分光装置の開発、ソフト面では油水界面を利用した分子認識、DNAの二重鎖内の小空間を用いた分析(SNPsの分析)、ナノサイズのチャンネルや超微粒子を用いた分析法の開発などに取組んでいる。



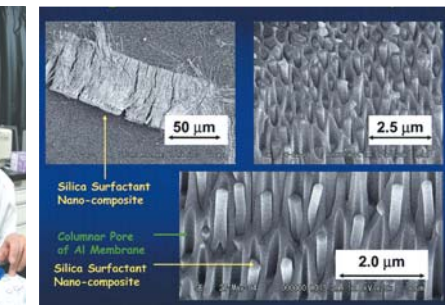
寺前 そう、世の中は絶えず進歩しています。その進歩に対応して、新しい方法論の開発が必要になってきます。清野 田中耕一さんの「ソフトレザ―脱離イオン化法」の開発がノーベル化学賞を受賞したのも、水に溶けやすく、熱に対する安定性も悪く、分子量が何万、何十万といったたんぱく質を測定するための画期的な方法を見つけたという理由でした。

DNAの塩基配列の違いを分析するために二重鎖内に小空間をつくる方法を開発した

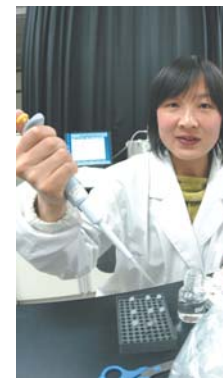
馬場 そのような分析化学の領域で、寺前研究室では、いま、どんな研究を進めていると説明すればよいでしょうか。清野 大きくは有機化学の分野に足をかけた「バイオ分析科学」と、無機化学の分野に足をかけた「ナノ分析科学」の2つの方向です。バイオ分析の分野では、ほくや佐藤くん、そして馬場くんも参加している遺伝子分析用の分子認識試薬の開発、ナノ科学の分野では、渡辺くんたちが参加しているナノサイズのチャンネルを用いた分析法の開発などです。寺前 DNAの塩基配列は、一人一人わずかず異なることがわかっていきます。たとえば12番目の染色体には酒酔い



▲脱塩基部位を持つDNAを用いた遺伝子分析法の概略



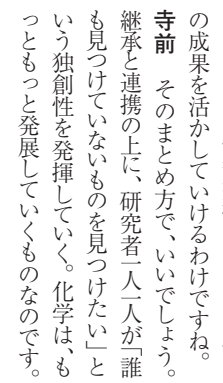
▲ナノチューブの分離膜開発を示す図
寺前研究室では大勢の海外からの研究者や留学生も研究に取り組んでいる。(博士研究員・趙春霞さん)



えて実験結果を比較検討するという方向で研究を進めたいと思っています。先輩が出した成果をうまく受け継ぎながら、また試行錯誤も交えて独自に研究を進めています。

寺前 遺伝子分析で使われているDNAチップでは1cm×1cmのチップの中に何万个のDNAが埋め込まれています。ナノチューブに埋め込んだら、平面のチップが三次元の立体的チップとなるかもしれません。「ナノバイオ分析科学」という世界が開ける期待を抱かせる研究だと言えるでしょう。

清野 ところで、渡辺くんが取り組んでいる分野は工学や物理学との境界領域にあるのですね。



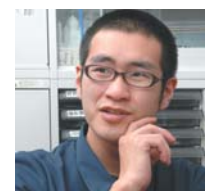
う。⑥増幅してみても溶液の中で分析できる温度に耐えられるかどうか調べてみよう。⑦同時に、1つだけに結びつくもの、4つに結びつくものなどのメカニズムを調べてみよう、という流れに描けるのではないかと思います。

渡辺 その中で、一人一人がテーマを持ってどこかの部分を担当しながら、その研究結果をすり合わせれば研究室全体で大きな成果が生まれていくという構造ですね。

馬場 誰が、どこに足を置いているかというパースペクティブは、全員がわかっているから、情報交換をしながら個々の成果を活かしていきけるわけですね。

寺前 そのまとめ方で、いいでしょう。継承と連携の上に、研究者「一人一人が」も見つけていないものを見つけた」という独創性を発揮していく。化学は、もともとと発展していくものなのです。

田中耕一さんは、チャンスがあることを示してくれた。



清野 丈博 さん
青森県青森高校出身。東北大学理学部～理学研究科化学専攻。修士論文は「AP site並びにGap site形成と水素結合性リガンドを用いるSNPs蛍光検出法の開発」。寺前研究室でSNPs検出の研究に取り組んでいる。



渡辺 淳 さん
新潟県三条高校出身。東北大学理学部～理学研究科化学専攻。寺前研究室で、世界初のナノサイズの分子膜開発に参加した。



佐藤 雄介 さん
徳島県徳島文理高校出身。東北大学理学部～理学研究科化学専攻。寺前研究室で、SNPs検出機構解明の研究に取り組んでいる。



馬場 紀幸 さん
埼玉県浦和高校出身。化学は奥が深そうだと感じて化学科を選択。現在、4年。寺前研究室で、SNPs検出のための新しい試薬の合成に取り組んでいる。

OB・OG MESSAGE ⑤ 化学科

若者を育てる 東北大学理学部

大阪大学大学院工学研究科 応用物理学教室
増原 宏 教授



私が東北大学に入ったのはもう40年以上前のことで、1、2年は川内で授業を受けました。下宿生活を楽しむなかで、「はてさて何を生業に、生きがいには何か」と悩む日々でしたが、片平丁の理学部化学教室が毎晩深夜まで電気がついているのを見て、「こんなにも打ち込むものが研究にはある、やってみよう」と思いました。卒論は希望して物理化学の小泉正夫教授(故人、日本の光化学の創始者)の研究室に入りました。先生は自ら一生懸命勉強する人で、簡単な用事をするにも廊下を走っていかれました。「研究はシャツ振り乱して人を走らせるものだ」と、感動しました。私は研究に魅入られました。

私は物理化学を学び、レーザーを駆使した光化学の研究をしてきました。光は科学技術に革新をもたらすぞといわれています。このレーザーを使って新しい仕事をしてきたので、理学部から出発して、基礎工学部、繊維学部、工学研究科、生命機能研究科に研究の場を持つことができました。理学部から、物理化学から立ち上げたので、新しい境界領域の研究と技術開発に力が発揮できたと思っています。

東北大学は特徴ある先生がたくさんおられて、「おくで」の若者まで一流に育てようとしてくれる有難い大学です。青葉山や片平の研究室には将来の仕事の種あり、研究の感動があります。これからの諸君の人生を仙台でスタートするのはすばらしい考えです。

■主な就職先(平成14～18年度) 日立東北ソフトウェア㈱ 第一製薬㈱ N T Tエーエスエー㈱ 海上自衛隊 ㈱ステップ、監視庁 青森県庁 秋田県庁、愛知県職員、㈱メディアネットワーク、あすなろ学院 N T T東日本 東北大学工学部技術部 ヤマト運輸、日本生命 日本分光㈱ 大日本イソキ工業㈱ 三菱UFJ信託銀行 ㈱ケーブルテレビ山形 など

東北大学理学部化学科が選んだ 現代化学のトピックス

1900年～

1901年

ファントホッフ、浸透圧の発見と化学熱力学の研究で第1回ノーベル化学賞
物理学賞はレントゲンのX線発見

ノーベル賞が始まり、学際的な研究が始まった◆1901年に物理、化学、医学・生理学のノーベル賞表彰が始まり、科学分野の研究に大きな刺激を与えていく。第1回ノーベル化学賞を受賞したファントホッフの研究は、学際的な「物理化学」の道を開いたものとした。

$$(d \ln K) / dT = \Delta H / RT^2$$

1902年

ラザフォードとソディ、放射性元素崩壊説の確立 (1908年ラザフォード、1921年ソディにノーベル化学賞)

元素の人工合成への道◆ラザフォードは、1898年にキュリー夫妻が発見した放射性元素ラジウムの他の元素への変化を放射性元素崩壊説として確立。1919年には窒素を酸素に変換する実験に成功し、原子核反応の発見によって、古代、中世に錬金術師たちが夢想した元素の人工合成を実現した。

1904年

希ガスの発見と周期表における位置づけでラムゼーにノーベル化学賞

1920年～

1926年

サムナー、ウレアーゼを結晶として取り出し、酵素がタンパク質であることを発見 (1946年ノーベル化学賞)

代謝についての解明が進んだ◆生物は細胞内で行われる呼吸や光合成などのエネルギー代謝によって生きるエネルギーを得ている。細胞内では「解糖系」「クエン酸回路」「電子伝達」という三つの段階で、さまざまな酵素が触媒として働き、さまざまな化学反応が起こり、取り出したエネルギーはATPという化合物として貯えられる。20世紀に入って、解糖系ではブフナー、ハーデンとコリ夫妻、マイアーホーフなど、クエン酸回路ではクレブズなどの貢献により、このような仕組みの解明が進み、20世紀半ばまでには細胞内のさまざまな構造体(オルガネラ)がほぼ明らかに。サムナーも、その一人だった。

1928年

ディールスとアルダー、有機合成の新しい方法を開発しジエンを合成 (1950年ノーベル化学賞)

1940年～

1940年

シーボルクとマクミラン、超ウラン元素を発見 (1951年ノーベル化学賞)

1941年

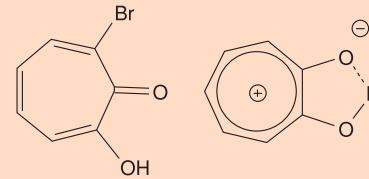
ホジキン、X線回折法によりペニシリンとビタミンの立体構造を解明(1964年ノーベル化学賞)
アイリング、絶対反応論による化学反応の理論的取扱い

1950年～

1950年

リップスコム、ボランの構造を決定 (1976年ノーベル化学賞)
野副鐵男、芳香族七員環化合物の化学のさきがけとなるトロポロン合成に成功 (1958年文化勲章)

“有機化学の総本山” 東北大学理学部化学科の一例◆野副鐵男は1945年から66年まで東北大学理学部化学科の教授を務め、その間に日本の有機化学の発展に大きな役割を果たした。東北大学理学部化学科は、真島利行のもと「日本中のカメノコ好きは全部仙台に集まった」といわれ有機化学の総本山となったが(日経ビジネス「「科学者の楽園」をつくった男」より)、野副もその一人だった。有機化合物は、脂肪酸(鎖式)化合物、炭素環式化合物、複素環式化合物に分けられ、炭素環式化合物はさらに脂環式化合物と芳香族化合物に二分されるが、野副はトロポロンの合成によりこの芳香族化合物の解明に道をつけた。化学科の教授としては真島利行に次ぐ文化勲章受章者となり、仙台市名誉市民の一人となっている。



1946年

カルヴィン、光合成の暗反応とよばれるカルヴィン回路を発見 (1961年ノーベル化学賞)
バーセルとブロッホ、核磁気共鳴(NMR)スペクトルの観測に成功

1953年

ワトソンとクリック、DNAの二重らせん構造を解明

1955年

サンガー、インシュリンの全化学構造を解明(1958年ノーベル化学賞)

1960年～

1961年

ミッチェル、化学浸透圧説を提唱(1978年ノーベル化学賞)

1963年

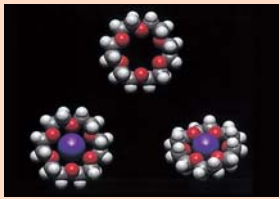
チーグラーとナッタ、配位重合によりノーベル化学賞

1966年

マリケン、分子軌道法による化学結合理論の展開でノーベル化学賞

1967年

ビーダーセン、クラウンエーテル化合物を発見 (1987年クラム、レーンとともにノーベル化学賞)

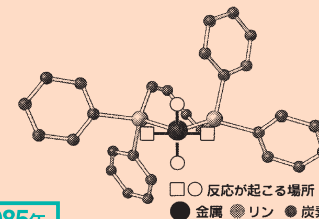


1980年～

1980年

野依良治、不斉合成反応の触媒を開発(2001年シャープレス、ノルズとともにノーベル化学賞)

鏡像異性体の合成に成功◆分子は、ものの形と同じように、左右対象のものと、左右の区別があるものに二分される。この左右の区別のある分子は「鏡像異性体」または「光学異性体」と呼ばれ、鏡に映った像の関係にあつて、原子構成は全く同じで、物理的・化学的性質もほとんど同じだが、決して重なり合わず、生物への影響などが異なるパートナーをもつ。その鏡像異性体の左右の一方を選択的に合成することは不可能とされてきたが、野依良治は触媒BINAPを開発し、左右型のつくり分けに成功した。



1985年

クロト、カールスモーリー、炭素フラーレン(C₆₀)を発見(1996年ノーベル化学賞)

1987年

ベドノルツとミュラー、酸化物高温超電導体を発見(1987年ノーベル物理学賞)

1990年～

1991年

飯島澄男、カーボンナノチューブを発見



1995年

ローランド、オゾンの形成と分解に関する大気化学の研究でモリーナ、クルツェンとともにノーベル化学賞

1998年

コーンとポープル、量子化学の計算科学的方法の開発でノーベル化学賞

1999年

ズベール、フェムト秒分光による化学反応遷移状態の研究でノーベル化学賞

1900～

1910～

1920～

1930～

1940～

1950～

1960～

1970～

1980～

1990～

2000～

1910年～

1912年

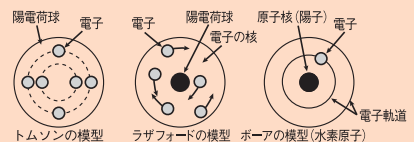
ラウエ、X線回折による結晶構造解析を提唱
デバイ、分子の永久磁気モーメントを発見 (1936年ノーベル化学賞)

回折、解析技術が大きく発展した◆ラウエのX線回折発見により、分子の中の原子どうしの結合のしかたを解明することができるようになり、ボーリングの共鳴構造理論、マリケンの分子軌道の考え、福井謙一のフロンティア理論、白川英樹の超電導性ポリマーの発見、また生体分子の構造の解明ではワトソンとクリックのDNA二重らせん構造の発見などへとつながっていく。

1913年

ボーア、水素の原子模型提唱

古典的原子構造理論の完成◆ケルビン(1902年)、トムソンと長岡半太郎(1903年)、ラザフォード(1911年)らの原子模型を経て、ボーアの原子模型によって古典的な原子構造理論が完成した。現在では、その後の中性子の発見など量子力学の発展が反映されたものとなっている。



1914年

モーゼリー、元素の特性X線の発見と原子番号の導入

1919年

ルイスとラングミュア、原子価論の展開

1930年～

1933年

ポーリング、ベンゼンの分子構造を解明し、化学結合を体系化 (1954年ノーベル化学賞)

1937年

セグレとペリエ、人工元素(テクネチウム)の合成にはじめて成功

1938年

ハーンとシュトラスマン、原子核分裂を発見 (1944年ハーンにノーベル化学賞)

1950年

ポーターとトリッシュ、光パルスにより反応中間体のスペクトル測定に成功(1967年にアイゲンとともにノーベル化学賞)

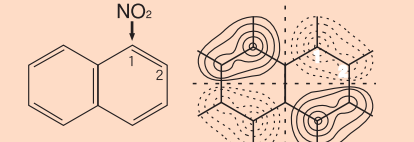
1951年

ポーソンとブロッホ、有機金属錯体のさきがけとなるフェロセンの合成

1952年

福井謙一、フロンティア軌道理論により、化学反応過程を分子軌道を使って説明 (1981年ホフマンとともにノーベル化学賞)

化学反応過程に関する新しい理論◆それまで、化学反応は分子内の電子の移動によって起こるものだと考えから、電子の移動に注目し、分子が持っている電荷の分布によって化学反応の起こる場所や、起こりやすさなどを論じようとしてきた。しかし、ナフタレンなどのように電荷基準では説明しにくいものもあることから、福井謙一は、電子を軌道に分け、分子内の一番エネルギーの高い軌道の電子の広がりに注目し、化学反応はなぜ起こるかを説明する新しい視点を開いた。

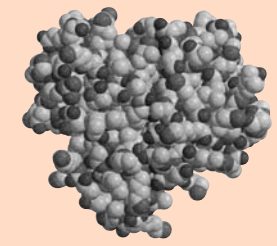


1956年

シュワルツ、精密重合法のさきがけとなるリビング重合を確立

1958年

ベルツとケンドルー、タンパク質の立体構造解明のさきがけとなるミオグロビン結晶の構造を解明 (1962年ノーベル化学賞)



1970年～

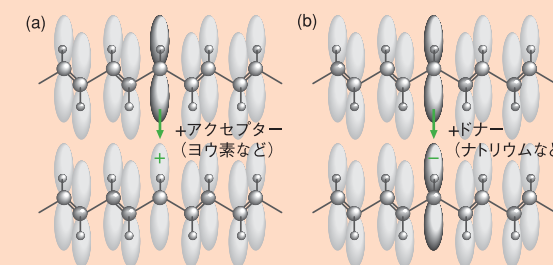
1973年

ウッドワードとエッシュェンモザー、ビタミンB₁₂の全合成に成功

1977年

白川英樹、導電性ポリマーとドーピングに関する論文を発表 (2000年マクダーミッド、ヒーガーとともにノーベル化学賞)

電気を通すプラスチックの発見◆プラスチックは絶縁体だが、電気を通す可能性は早くから指摘されていた。白川英樹は、ポリアセチレンの合成実験の中で、触媒を濃くすると薄膜が発生し、薄膜状態にすればさまざまな方法で試験できることを見つけた(1974年)。そして、ポリアセチレンに微量の物質を加える「ドーピング」実験を行い、パイ電子が分子全体に広がり、金属の自由電子のようにふるまうため電気を通す性質を持つことを発見した。



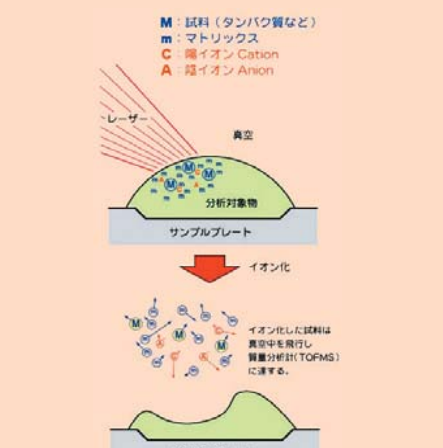
※岩波書店『化学に魅せられて』より

2000年～

2002年

田中耕一、マトリックス支援レーザー脱離イオン化法でビュトリッヒ、フェンとともにノーベル化学賞

蛋白質の質量分析に成功◆これまでの質量分析法では分子量が何万、何十万という蛋白質を測定することができなかった。田中耕一は、レーザー光を吸収しやすい化合物(マトリックス)の中に微量の試料を加えておくことで試料の気化が効率よく起こることを発見し、蛋白質の分析に成功。高分子化合物の短時間かつ極微量の試料量での質量分析を可能にし、ゲノム解析など生命科学に大きな波及効果を与えた。



地球科学のニュー・フロンティア、国際深海掘削計画で地球環境変動を探る。



海保邦夫教授・井龍康文教授・境田清隆教授・松本秀明教授・鈴木紀毅助教・山田 努助教と武田浩太郎さん(研究生)・大金 薫さん(研究生)・カマル・パシヤさん・遠藤 尚さんの

対話

人類を含む生物は岩圏・水圏・気圏の交叉する所(これが地圏)で発生し、進化してきました。生物圏を含んだ地圏では、各圏が複雑に相互作用しあい、バラエティーに富んだドラマが繰り広げられています。このバラエティーの豊かさこそが地球の特徴です。地圏環境科学の目的は、それを生み出す地球のメカニズムを解き明かすことなのです。46億年にも及ぶ地球の歴史の中にあつては、現在はそのスナップショットの一つにすぎません。地球環境を深く理解したい、そのためには、地圏の進化過程を知ろう。これが、地圏環境科学が重視する第一の視点です。さらに、今や「人類圏」が地圏システムの新たな構成要素になっていきます。地圏を人類の活動とのかかわりにおいて理解しよう。これが地圏環境科学の第二の視点です。

地圏環境科学科は、地学と地理学の分野が統合し、より縫い目なく地球を覆いつくそうとして作った新しい教育・研究の組織です。そこでは、プレートテクトニクス、活断層・地震と地殻物質、隕石の衝突による生物の大量絶滅と地球の復元能力、サンゴ礁から環境変動を高精度でモニターすること、海洋環境の変動と微生物相との関係、バイカル湖の堆積物から過去3千万年間の陸域環境の変動を読み取ること、遺伝子分析と化石を組み合わせた生物進化、大小さまざまな空間スケールの地形形成、気候変動、および人間の居住空間としての地域システムなどを教育・研究しています。

ここでは、21世紀の地球科学の巨大プロジェクトである「IODP(統合国際深海掘削計画)」と東南アジアの環境変動の研究に参加している研究者達の対話を通して、研究の一端を紹介しましょう。

To the World, To the Next

海外留学、数多くの外国人留学生、海外機関との共同研究…世界を舞台に次代をリードする研究者を目指して。

5
国際交流

■海外留学・研修・インターンシップ

世界に広がるネットワーク

東北大学は世界25ヵ国120以上の教育機関等と学術交流協定を結んでいます。交換留学制度を利用して毎年数十名の学生がこれらの協定校に派遣されています。理学研究科・理学部では学生が海外での学会や共同研究に参加する機会が多くありますが、さらに今後は短期海外研修やインターンシップ、カリフォルニア大学とシドニー大学への短期留学など様々なプログラムを展開していきます。



■理学研究科の国際プログラム

2つの修士号を同時取得！国際舞台への道を拓く共同教育(ダブルディグリー)プログラム

理学研究科・工学研究科で2006年度からはじまった『共同教育(ダブルディグリー)プログラム』。提携の世界トップレベルの高等教育機関*で1~2年間受講・研究するなどの修了要件を満たした学生は、東北大学の理学修士号と提携校の修士レベルの学位の2つを同時に取得することができます。このプログラムに参加するには、学部低学年からの準備が必要です。詳しくは

→http://www.insc.tohoku.ac.jp/doble_degree_j/index.html

*2007年度現在の提携先はフランス国立中央理工科学校(Ecoles Centrales)グループ、フランス国立応用科学院リヨン校(INSA-Lyon)、そして中国の清華大学です。

留学生と一緒に英語の授業が受けられる先端理学国際コース(IGPAS)

外国人留学生のための特別プログラム『先端理学国際コース(IGPAS)』の授業はすべて英語で行われています。この授業は一般大学院生にも開放しており、異文化交流と英語力向上の機会を提供しています。

■英語教育

急速に国際化が進む現代社会を、そして国際的に展開される自然科学の分野で生き抜くために、英語は不可欠。近年東北大学は学生の英語力向上に力を注いでおり、理学研究科でも英語プレゼンテーションや英語論文などの特別講座の開講、TOEFL-ITP(団体向けテスト)の無料開催、語学教材の貸し出しなど、理系学生のニーズに合わせた独自の英語対策を実施しています。

東北大学理学部・理学研究科に設置されている国際交流推進室では、理系学生向けの海外留学情報や国際交流イベントのお知らせ等を随時配信するほか、留学相談も受け付けています。

→国際交流推進室(DIRECT)

→<http://sciserv.sci.tohoku.ac.jp/direct/index-j.html>



ODDPからIODDPへ。 海底堆積物に 地球環境史を求めて。

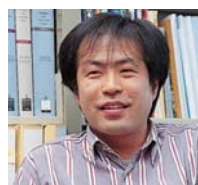
**地球深部探査船「ちきゅう」の建造
日本がリードする
21世紀の海洋科学**



海保邦夫教授
東京都・青山高校出身。東北大学理学部卒業。生物事変解説をテーマに、海の生物と環境の変動を研究。



鈴木紀毅さん
東京都・城北高校出身。東北大学理学部卒業。顕生代球状放射状散虫の分類進化を基に生物進化を研究。



山田 努さん
東京都・都立武蔵高校出身。東北大学理学部卒業。ODPにも参加し、同位体地質学、炭酸塩地球化学を研究。



武田浩太郎さん
兵庫県・宝塚高校出身。底生有孔虫群集と環境変動を研究。ODPにも参加。平成16年度博士号取得。



大金 薫さん
栃木県・大田原女子高校出身。円盤状放射状散虫の骨格構造と系統進化を研究。平成16年度青葉理学振興会黒田チカ賞受賞。

大金 井龍先生、2007年9月に、いよいよ最新鋭の地球内部探査船「ちきゅう」を用いた南海トラフ地震発生帯掘削が始まりましたね。

井龍 この船は2003年に始まった国際的な統合国際深海掘削計画（IODP）で使われているものなのだ。これまで活躍していた海洋掘削船ジョイデスレゾリューション号は全長143mだけ、「ちきゅう」の全長は210mで、掘削に使う船上のデリックの高さは112mにもなっているんだ。これで水深2500m（将来水深4000m）の海底を7000mも掘り進め、しかも船内には最新式の各種分析・解析機器を備えた最新鋭海底掘削船なのだ。これまで人類の手が届かなかった海底深部の試料も取れるようになるよ。

海保 1968年にDSDP（深海掘削計画）が始まり、それがODP（国際深海掘削計画）に引き継がれ、これまでのプレートテクトニクスの証明、超高度解像度の気候変動記録の解析、地下生物圏の発見、海洋循環など、次々と輝かしい成果を挙げた。我々の教室からも多数の教官や院生が参加して活躍してきたんだよ。IODPというのは、ODPをさらに発展させようとする21世紀の国際的なビッグプロジェクトなんだ。

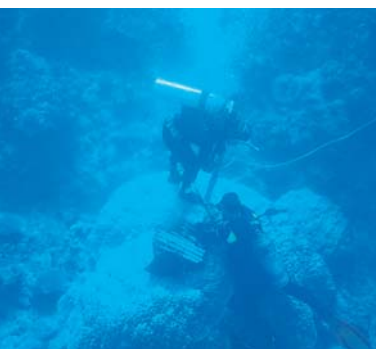
井龍 2001年にはジョイデスレゾリューション号には、山田君が乗ったよな。



JOIDES RESOLUTIONでの作業風景



海保先生がPT境界に座っている



サンゴの採取風景（サイパンでの水中掘削）



サンゴ骨格の炭素・酸素同位体化を測定



砂州（地球温暖化が進行して、海面が上昇したら、どうなるのだろうか？）

山田 減入るところか、とつても快適だったよ。船上にはジムも映画館もあるし、食事もとびつきり豪華だ。何よりも、毎日がエキサイティングな発見の連続だったからね。

鈴木 ほくが乗った2000年のニュージーランド沖航海は、海が荒れて結構つらかったよ。でもね、南極からオーストラリアが分裂して南極周極流ができて急激に寒冷化し、南極に氷床ができたのが3300万年前だという画期的なことが分かったんだよ。つい最近乗ったのは武田君だよな。

武田 ほくは海保先生のもとで石灰質の殻を持った底生有孔虫を研究していた、2001年のシャッキーライズの航海に参加しました。掘削中は3000mの深海からボーリング試料が24時間休みなく上がってきます。これを皆で片っ端からいろんな分析をします。僕の役目は有孔虫化石で即座に試料の年代を決め、掘削作業にフィードバックすることでした。僕の研究の目的は恐竜のいた白亜紀の水深や海水温度の変

大金 2ヶ月間も船に閉じ込められていて、気が滅入るようなことはなかったんですか？

が、「過去は現在の鍵」とはいえ、なぜそこまで「過去」にこだわるんですか？

井龍 例えば、「地球温暖化」の原因は化石燃料の大量消費だと言われているよね。これはこれで正しいのだけれど、高校でも習っているように、人類が大量消費をする数十年前から氷河期と間氷期が周期的に繰り返してきて、現在の地球は間氷期のピーク付近にいます。このことは1958年のエミリアーニによる酸素同位体の変動やその後の南極ボストークコアの解析からも確証済みのことなんだ。だから、「現在」の研究だけでは地球の真の姿が浮かび上がってこないこともたくさんある。これが我々が「過去」にこだわる理由なんだよ。しかも、こういった研究は我々にできないからなんです。大金 つまり、この対談の冒頭にあったように、地球はさまざまな時間スケ

ールで変化していて、「現在は進化する地球のスナップショット」であって、こういう進化的な視点から地球を研究しようというわけですね。

山田 今ほくが研究している方法だと、観測記録のない過去と現在とを年単位で連続的に繋ぐこともできるよ。着目したのは造礁性サンゴの骨格にある年輪で、こいつがカレンダーの役割を果たしている。骨格は炭酸カルシウムで出来ているので、その中の酸素や炭素の同位体組成を質量分析計で測る。このデータから海水温、日射量、生物生産量などが分かっちゃうんだ。年輪ごとに分析すれば年変化が分かりませんが、年輪をさらに薄く削って分析するので、季節変化さえ分かれます。目下、現在から過去に遡っているんですが、最近グアム島のサンゴからは、エルニーニョの時期に塩分が低下

していることが分かったし、数万〜数十万年前までの環境を連続的に明らかにしようという計画しています。

井龍 山田君の分析精度の良さには定評があって、海外の研究者からも共同研究の申し入れがあるけど、ここまでこぎつけるにはずいぶん苦労したよね。山田 そうですね。質量分析計が導入されたのは僕が大学院生のときですが、ガラス管で作る真空の試料精製ラインの設計はほとんど独学だったので悪戦苦闘しました。初めは分析精度がなかなか上がらず、ガラス管を切ったり繋いだりの試行錯誤の連続でした。でも、この苦労は今では財産になっています。ところで、うちの教室では現在の海洋表面のプラントクトンの挙動から、エルニーニョにアタックしているグループもいますよな。

海保 尾田教授たちですね。彼らは太

化を底生有孔虫を使って分析することですが、世界各地からの研究者と一緒になって、誰も知らない地球の歴史を解き明かしていくわけで、こんなフロンティア的な研究ができるなんて、幸運な経験でした。

大金 すごいナァ。みなさんODPを中心にしていろんなことに挑戦しているのですね！ところで恐竜の話がまだですが、海保先生は生物の大量絶滅という問題で世界的に有名ですよな。

海保 ほくは大量絶滅をライフワークにしているんです。これまで進化だけが注目されてきたけど、実は最大のもので生物の8割以上が絶滅するという大絶滅が過去6億年間に5回も起こっていて、そのひとつが恐竜の絶滅事件なんです。

井龍 絶滅の原因については革命的な進展がありましたよな。

海保 そうです。1980年にアルパレス親子が大量絶滅の起きた時代の地層にイリジウムが異常に濃集していることを発見した。これで隕石の衝突が

原因だとしたんだ。僕は世界各地の海底や陸上の地層から試料を採取し、化石やバイオマーカーという有機物分子の破片をガスクロマトグラフィーなどで分析し、絶滅事件があった時の海水の溶解酸素量や温度、生態系の変化、山火事の有無などをつきとめ、さらに地球の環境復元能力を明らかにしようとしているんです。

現在では進化する地球のスナップショット
過去は現在と未来を解く鍵

大金 ところで、海洋底の試料採取にここまで力を注ぐのは、深海底の堆積物が2億年前以降の地球環境の変化を切れ目無く記録しているテープレコーダみたいなものだからですよな。

鈴木 それにね、「水惑星」の地球では地球環境に果たす海洋の役割は絶大で、海洋底の記録はグローバルな環境変動を直接反映しているからだ。

大金 もうひとつ素朴な疑問なんです。研究しています。そこでは、アグロフォオレストリーといって、多様な農作物を栽培することによって気候変動のリスクに対応しています。パシヤさん、バン格拉デシユのような低地の広がる国での気候変動の影響は深刻でしょうね。

パシヤ その通りです。地球温暖化によって海面が3m上昇すれば、国土の3分の1が水没してしまいますからね。松本 我々の研究では、9000〜7000年前の縄文時代早期には、年間最大17mmという速度で海面が上昇しています。これは最近1000年間で年平均9mmの上昇速度より速いんですよ。

地球が歩んできた道、 地球が歩んでいく道、 私達はそれが知りたい。

OB・OG MESSAGE 6 地球環境科学科

地球深部探査船「ちきゅう」で地球解明を。

独立行政法人海洋研究開発機構理事
地球深部探査センター長
平朝彦さん



地球深部探査船「ちきゅう」の進水と平さん

2007年9月に最新鋭の地球深部探査船「ちきゅう」(55,000t)が南海トラフ地震発生掘削を開始しました(写真参照)。

「ちきゅう」は、地球の構造とダイナミクス、そして地球環境や生物の変遷進化を調べるための国際共同研究計画に用いられます。この研究では、米国や欧州もまた掘削装置を投入する予定ですが、我が国の研究者が計画の推進に大きな役割を果たしているの言うまでもありません。

私は化石少年で、また高校時代にはヨット部に属し、海が大好きでした。東北大学の理学部地質学古生物学教室(現、地球環境科学科)では、自然は教科書に頼るのではなく、自分自身の力で理解するものだということを学びました。大学院はテキサス大学で過ごし、そこでは科学的に考え問題を解いていく方法を学びました。少年時代の夢がなくなって、海洋地質学の研究に没頭しています。とくにプレートとプレートが衝突する場所では、日本列島のような陸地、そして大陸が作られるということを明らかにしてきました。

自然の中から問題を見つけ、その本質を把握し、それを検証して行くことが地球科学の醍醐味です。地球深部探査船「ちきゅう」を用いた地球と生命の歴史への新たな挑戦に、ぜひ皆様も参加してください。



境田清隆教授
東京都・都立西高校出身。東北大学理学部卒業。ヒートアイランド、ヤマセ、熱帯モンスーンなどを研究。



松本秀明教授
宮城県・仙台第一高校出身。東北大学理学部卒業。完新世地表面環境の変化を研究テーマとしている。(現在、東北学院大学・地域構想学科)

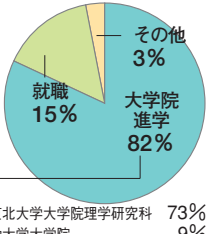


カマル・バシヤさん
バン格拉デシユ出身。地球温暖化による海面上昇から母国の国土を守るための研究に取り組んでいる。



遠藤 尚さん
山形県・山形東高校出身。持続的生物資源管理システムに関する地域生態学的研究に取り組んでいる。

地球環境科学科の主な進路 (平成19年度)



未知なる地球・惑星像の解明へ。 フィールドワークと実験から明らかになる地球と惑星の 起源・進化のダイナミクス。

大谷栄治教授(地球惑星物性学)と
 キャリン・ファンペーテヘムさん(研究員)・
 コンスタンチン・リタソフさん(研究員)・
 朝原友紀さん(研究員)・平尾直久さん(研究員)の

対話

20世紀の地球・惑星科学は、46億年前にガス星雲である原始太陽系から地球などの惑星が急速に形成され、40億年前には地球表面が徐々に冷えてプレートテクトニクスが始まり、有機物から最初の生命へと進化したことなどを明らかにしてきました。しかし、原始太陽系からの惑星の誕生、地球の形成や初期進化、生命の誕生と地球・生命の相互作用、地球中心核の構造と物性などは未知な部分が多く、21世紀においても現代科学のフロンティアと言えます。

東北大学理学部・地球惑星物質科学科では、地球・宇宙環境で形成された多様な物質の分布、構造、組織、物性、成因を総合的に研究することによって、物質や地球・惑星の起源、そこに生まれた生命との相互作用など、地球と惑星の進化の本質に迫ろうとしています。2003～2007年度には東北大学21世紀COEプログラム「先端地球科学技術による地球の未来像創出」の拠点として、海外機関との交流を深めて国際色豊かな研究・教育を行いました。

本学科の研究内容は、第一は鉱物や岩石、あるいは隕石などの研究から、その生成過程を明らかにする分野(鉱物学、岩石学・固体地球化学、資源環境地球化学)です。この分野は原始太陽系での微粒子の形成から、初期地球における無機物・有機物から生命への進化も研究対象にしています。第二は地殻やマントルの進化、火山の構造や噴火現象のメカニズム、マグマの発生や性質などを研究する分野(火山科学、島弧マグマ学)です。この分野では人類史と火山噴火の関連にも焦点を当て、人文科学との接点も模索しています。第三は高圧下で物質合成や物性測定を行う研究、また計算機シミュレーションにより地球深部の物質の性質を解明する分野(地球惑星物性学)です。そして第四は隕石や地球以外の惑星の形成と進化を研究する分野(比較固体惑星学)です。

このように本学科は、地表から地球中心部へ、地球と他惑星との比較へと地球を総合的に理解する立体的な分野構成になっています。またこの学科では、宇宙空間を模倣した微小重力下での実験を行ったり、宇宙ステーションを利用した研究も始まっています。最近の研究動向から、2007年度から学科名を「地球惑星物質科学科」と改めました。

次に紹介する大谷研究室では、各種の高圧高温発生装置を駆使して、マンタル・核物質の形成過程解明を目指していますが、国境を越えた共同研究も垣間見ることができそうです。

To the World, To the Next

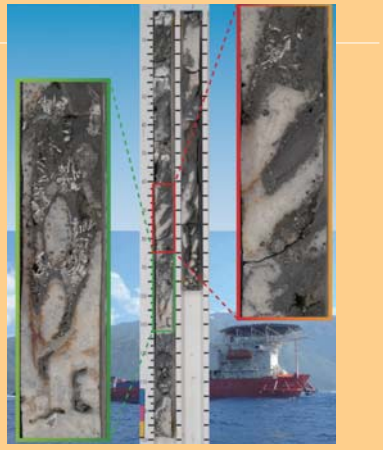


様々な分野で国際的なプロジェクトを進めています。

IODP (統合国際深海掘削計画) で地球の歴史をひもとく

地球の7割をしめる海洋底には、1億5000万年間の堆積物が眠っています。ここから地球の記憶を呼びさまそうと、日・米・欧共同による国際プロジェクト、IODP (アイ・オー・ディー・ピー Integrated Ocean Drilling Program) が2003年から始まりました。この計画は、海洋底掘削船を3艘用意して、海底下数千メートルまで深海掘削して堆積物や岩石を回収する研究航海です。微化石の群集解析や地球化学分析を行って、過去の地球温暖化や人類誕生以後の環境激変現象などを明らかにしようというものです。

東北大学は世界の12創立機関メンバーの1つとして、機関代表の尾田教授が2002年の計画立ち上げの段階から積極的にかかわり、2004年には北極海や北大西洋の研究航海に鈴木紀毅助教や大学院生が参加し、新事実を明らかにしています。2005年秋には、本教室の若手研究者と共に井龍康文准教授(現名古屋大学教授)が共同主席研究者としてタヒチの研究航海を指揮しました。2007年秋には、日本が誇る世界最高性能の掘削船「ちきゅう」が活躍しはじめ、今後、新たな地球の姿がわかるでしょう。



タヒチ島のサンゴ礁掘削で採取されたコア試料。枝状サンゴの間にさぼてんぐさ(石灰質骨格をつくる緑藻)の破片がみられる。サンゴとさぼてんぐさの周囲は微生物岩(灰色の部分)である。

日米科学共同研究でハイパー核の精密分光を研究

ハイパー原子核は、陽子、中性子のほかに"奇妙さ量子数"をもつラムダ粒子を構成要素として含んだ原子核です。物理学専攻の橋本治教授、田村裕和教授のグループは、この奇妙な原子核の構造をγ線や電子を使って高い精度で調べる新しい実験方法を世界に先駆けて開拓しました。特に最近では、300トンの大型検出装置を東北大学が建設して米国バージニア州のジェファーソン国立研究所に設置し、国際共同研究を進めています。得られたデータに基づき陽子や中性子の間に働く力をクォークに基づいて解明する必要性を提起するなど、物質の本質的理解をもたらす研究として期待されています。



ドーピングサイトの直接観測

江蘇大学化学学院院長の謝教授が文部省派遣研究員として東北大学の錯体化学研究室(山下正廣教授)に滞在して共同研究を続けています。主な研究テーマは走査型トンネル顕微鏡(STM)を用いて、強相関電子系Ni(III)ナノワイヤー錯体へCo(III)イオンをドーピングしたもののドーピングサイトを直接観測し、電子状態を解明することです。



無事着陸したフォトンM3衛星

無重力を利用して結晶成長のメカニズムを調べ、未知の環境での結晶の予測をする研究が進んでいます。本格的に始動する国際宇宙ステーション計画とともに、簡便な宇宙実験も行われています。地学専攻の塚本勝男教授らは2007年9月にESAと協力してロシアのソユーズにのせたフォトンM3科学衛星を打ち上げました。衛星は12日間地球を回ったのちカザフスタンに無事着陸し、世界で初めて無重力での結晶成長速度の測定に成功しました。



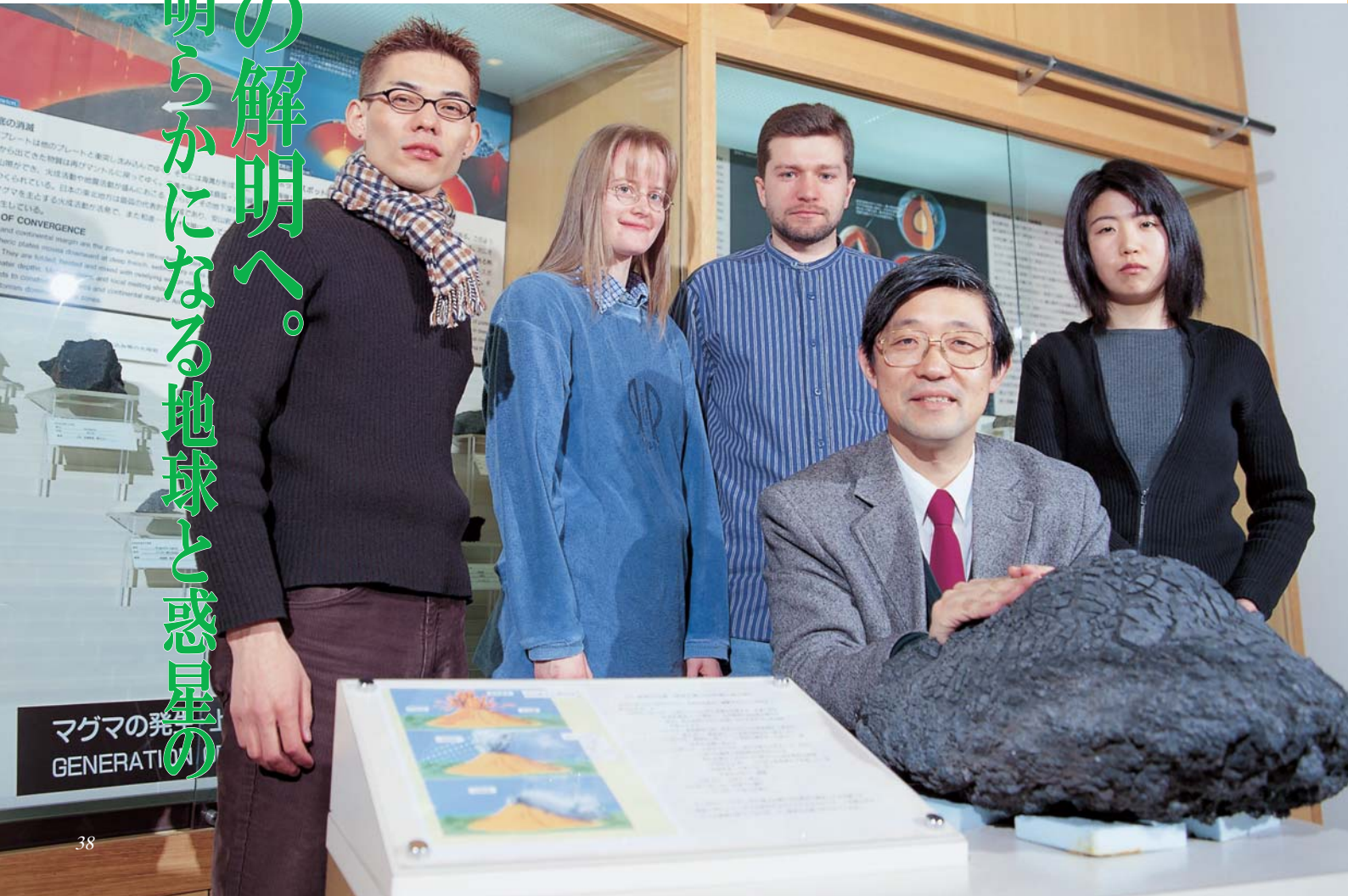
カザフスタンで回収された衛星



スプライト・地球ガンマ線観測衛星を国際理工連携で実現

地球物理学専攻・高橋幸弘講師のグループは、工学研究科や、台湾国立成功大学、スタンフォード大学、フランスの宇宙機関などと連携して、雷放電に起因する高高度発光現象(スプライト)や地球ガンマ線の衛星プロジェクトによる研究を進めています。

2004年に打ち上げられた台湾の衛星に加え、数年以内の実現を目指す東北大学主体の超小型衛星や、フランスの小型衛星などに搭載する観測器の開発を行っています。



現代地球科学のトピックス



海洋研究開発機構が開発した地球深部探査船「ちきゅう」号 (海洋研究開発機構提供)





(前列左から中静教授、酒井聡樹准教授、彦坂幸毅准教授、太田宏助教)

中静透教授 (植物生態学) と、オノ・ムラーさん (研究員) ・
 板垣智之さん (研究員) ・ 小黒芳生さん (大学院生) ・
 春増翔太さん (大学院生) ・ 石田敏さん (4年生) ・
 青木信策さん (4年生) の

対話

植物は、なぜ、いろいろ生き方をしているのか？

1922年、当時、米国・ワイラデルフィアのウィスター研究所教授であった動物生理学の畑井新喜司博士(青森県むつ市大湊出身)が主任教授となり、国際的な視野に立つと同時に機能を重視した東北大学理学部生物学科が誕生しました。ウィーン大学から植物生理学の権威ハンス・モリッツシュ教授を招き、1923年に授業がスタート。その後、臨海実験所、八甲田山植物実験所、青葉山の植物園などの附属施設を整え、学科構成を充実させて現在に至っています。

この間、1924年にシユベーマンらがオーガナイザーを発見したことによって、動物の発生学は細胞系譜の研究へと発展していききました。一方、植物の分野では、1928年にウエントがオーキシンを単離し、植物の成長現象を植物ホルモン作用として解析する研究領域が大きく展開しました。ついで、1937年にクレプスがクエン酸回路を発見し、代謝生化学が確立しました。

そして1953年のワトソン&クリックによるDNA二重らせん構造の解明によって分子レベルでの生命現象の解明は大転換へ。20世紀末には、シロイヌナズナやヒトゲノムをはじめ、40種の生物の全ゲノムが解読されるに至りました。

しかし、細部への研究が深まって行けば行くほど、複雑な細部を持った生物同士が互いに密接に関係しあってバランスよく保たれている、この生物界の不思議さも深まっています。「水惑星・地球」ともに誕生し、大絶滅を経て現在のような生態系がつけられてきた生物多様性の成り立ちと維持機構の解明は、依然として大きな課題です。

東北大学の理学部生物学科と、理学研究科から独立した生命科学研究科は、生物学全領域を学ぶことのできる数少ない場所です。個体レベルの生態学や進化学を扱う「生態システム生命科学専攻」、細胞レベルで研究する「生命機能科学専攻」、遺伝子レベルで研究する「分子生命科学専攻」から成っており、生物界の成り立ちや相互の関係に迫ることも、さらにミクロへ深く進むこともできます。

生態システム生命科学において植物生態の多様性の実情と、その因果を追求する中静透研究室の対話から、その一端をのぞいてください。

To the World, To the Next

学習を支える環境も整っています。

学習環境

長い歴史を積み重ねた専門分野に分け入り、世界に通用する力を身につけていくためには、高い基礎学力が絶対に欠かせません。東北大学では、学習をサポートするためのさまざまな施設や特色のある教育プログラムを整え、世界中の文献や資料などにも簡単にアクセスすることができます。



土井晩翠宛のアインシュタインの手紙 (附属図書館所蔵)

■ 人類数千年の知的財産を伝える図書館

川内の東北大学図書館には、理学関連でいえば、ユークリッド幾何学原本、関孝和をはじめとする和算に関する蔵書、本草学など幅広い分野の古書を網羅した狩野文庫等、貴重な資料が所蔵されています。理学以外では、夏目漱石に関する最もまとまった資料といわれる漱石文庫など、個人に関する蔵書も充実しています。



川内キャンパスの図書館には膨大な知的財産が揃っています。



ユークリッド幾何学原本

■ 理学部キャンパスには北青葉山分館、数学資料室

理学部キャンパスでは、北青葉山分館には理学と薬学の一般図書や雑誌が揃っており、雑誌は和文150、外国語雑誌420種にものぼっています。また、数学棟には数学資料室があり、東北大学数学科から発行されて数学界第一級の学術誌として評価されてきた『TOHOKU MATHEMATICAL JOURNAL (東北数学雑誌)』全巻をはじめ、貴重な数学図書、数学雑誌が揃っています。



北青葉山分館には世界中の雑誌が揃っています。



『TOHOKU MATHEMATICAL JOURNAL (東北数学雑誌)』は1911年創刊という歴史を誇っています。

■ ITインフラも万全

学習・研究に関するITインフラも整備されています。入学すると、川内北キャンパスのマルチメディア棟で情報教育科目を受講し、コンピュータを自由に利用し、コンピュータを使った論文作成、画像処理、インターネットの利用などの情報リテラシーを身につけます。図書館や電子ジャーナル、データベースなどにアクセスして、自由に利用できるシステムも確立されています。



認証システムにより学生全員に利用番号とパスワードが発行され、どこからでも電子ジャーナルなどのwebサイトにアクセスできるようになっています。

■ 「全学教育」と「自然科学総合実験」で幅広い教養と経験

東北大学では、基礎学力を確かなものとするために、1・2年次に「全学教育」を整えています。全学教育では、「人間論」「社会論」「自然論」の科目群からなる基幹科目類、「人文科学」「社会科学」「自然科学」「総合科学」などからなる展開科目類、「外国語」「情報科目」「保健体育」などからなる共通科目類等、分野を超えた幅広い基礎知識を習得します。たとえば自然科学総合実験では、地球・環境、物質、エネルギー、科学と文化、生命の5分野で12の多様なテーマの実験を体験し、理学の専門へと踏み込んでいく準備をします。



「エネルギー」分野の光のスペクトルと太陽電池



「科学と文化」分野の弦の振動と音楽実験



「地球・環境」分野の重力加速度の測定



「生命」分野のDNAによる生物の識別実験

植物の生態を究める 進化生態学講座 機能生態分野。

生態研究を領域とし
フィールドワークも行う
数少ない学部・大学院の一つ



中静 透教授
新潟県立長岡高校出身。千葉大学卒。森林総合研究所主任研究官、国際農林水産業研究センター主任研究官、総合地球環境学研究所教授を経て、東北大学へ。温帯落葉広葉樹林の動態と更新、熱帯林の動態、林冠生物学などを研究テーマとし、「生物多様性とその保全」(1998年 岩波書店 共著)、「森のスケッチ」(2004年 東海大学出版会)などの著作がある。

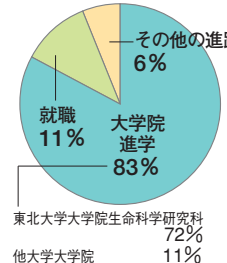


板垣 智之さん
宮城県仙台一高出身。東北大学理学部卒、理学研究科修了。進化に興味があり、講義の中できた「花の繁殖の仕組みは一つ(つ違う)」ということのおもしろさに引かれて、酒井准教授の下へ。



オノ・ムラーさん
オランダ出身。常緑樹は、冬、どのように光合成を行っているのかを解明するため、常緑樹の多い日本へ。常緑樹の分布の変化から地球温暖化の進展などもわかるのではないかと考えている。

■生物学科の主な進路 (平成19年度)



中静教授が参加している熱帯林の林冠クレーンプロジェクト。林冠を研究する意義は、『科学』2001年9月号に教授が発表した「総論：なぜ、いま林冠か」や「サラワク熱帯雨林のクレーンプロジェクト」などの論文にまとめられている。

板垣 ぼくたちが所属しているのは、生命科学研究所の、「生態システム生命科学専攻」の「進化生態学講座」の「機能生態分野」ということになります。生命現象を分子、細胞、生態レベルで研究する3つの専攻の中で、生態を研究対象にする専攻に属するわけですね。進化生態学講座には、このほかに、進化や系統を研究する「生物多様性進化分野」と、広範囲な生態圏を研究する「マクロ生態学分野」があります。

小黒 この研究室は中静先生と、酒井聡樹准教授、彦坂幸毅准教授、太田宏助教の体制になっていますが、4人も専門が違ってきます。中静先生は熱帯林から日本の林まで森林の動きや歴史の解明、酒井准教授は数式を使って植物の繁殖戦略などを解明する理論生態学、彦坂准教授は光合成や成長など植物が環境に反応して物質をつくるメカニズムの解明という「植物生態」を対象にした研究構成になっています。太田助教は森林に生活する動物の生態学を対象にしています。

中静 生物学、生命科学は、最近では遺伝子レベルの研究が主流になっていて、生態レベルでの研究は東北大学、東京大学、京都大学など限られた大学になっていきます。その意味で、私たちは貴重な領域の研究をしているということになるでしょうね。

現在、私はマレーシアの熱帯林で高さ80mものクレーンを建設して林冠で起こる開花・成長・結実などの現象を観察、研究する、国際的な「林冠クレーン」プロジェクトに参加しています。熱帯の森林では、ある年にだけ一斉に花を咲かせる傾向があります。それはなぜ、どのようなメカニズムで起こっているのか。植物にどんなメリット、デメリットがあるのか。そんなテーマをもって調査を進めています。この研究室では、フィールドワークから理論まで多彩な方法によって学び、研究することができるようです。

青木 ぼくは彦坂先生の指導で、オオナモミとシロザを使って光合成の季節変化を調べています。発芽し、成長し、種子をつけるというこれら一年草の一生の中で、光合成も変化していくのですが、その変化はどういう理由で起こっているのか。主に光合成の能力と関係の深い、葉の窒素量に着目して、その変化を見ています。環境の変化にあわせて、植物は葉の窒素の使い方を調整していることがわかりました。植物は、当然のことですが、自分に損になるようには変化しないですね。

石田 ぼくは、過去の土地利用が現在の植生にどのように影響を与えているのかを数値化しようとしています。福島・茨城県境にある100年前くらいに人間の人が入っていた土地で、100年前にはどんな植物相だったかを地形図から調べ、人間が攪乱した土地で植物がどのくらい生き残っているかを

- 生命科学研究科の研究体系
- 分子レベルの研究
 - <分子生命科学専攻>
 - 生命有機情報科学講座
 - 遺伝子システム学講座
 - 生体機能分子科学講座
 - <生命機能科学専攻>
 - 細胞機能構築統御学講座
 - 脳機能解析構築学講座
 - 細胞シグナル機構学講座
 - 分化制御学講座
 - 協力教員講座
 - <生態システム生命科学専攻>
 - 環境遺伝生態学講座
 - 進化生態学講座 (生物多様性進化分野) (機能生態分野) (マクロ生態学分野)
 - 植物構造機能進化学講座
 - 地域生態学講座
 - ゲノム生態学講座
 - 細胞レベルの研究
 - 生態レベルの研究

青木 ぼくは彦坂先生の指導で、オオナモミとシロザを使って光合成の季節変化を調べています。発芽し、成長し、種子をつけるというこれら一年草の一生の中で、光合成も変化していくのですが、その変化はどういう理由で起こっているのか。主に光合成の能力と関係の深い、葉の窒素量に着目して、その変化を見ています。環境の変化にあわせて、植物は葉の窒素の使い方を調整していることがわかりました。植物は、当然のことですが、自分に損になるようには変化しないですね。

石田 ぼくは、過去の土地利用が現在の植生にどのように影響を与えているのかを数値化しようとしています。福島・茨城県境にある100年前くらいに人間の人が入っていた土地で、100年前にはどんな植物相だったかを地形図から調べ、人間が攪乱した土地で植物がどのくらい生き残っているかを

オノ 東北大学の植物生態学研究室は、人間社会に影響を与えることを表す言葉として「生態系サービス」という考え方があります。人間社会は、生態系の多様性から大きな恵みを受けているという考え方で、人間の手で生物多様性を変えられ、森林が小さくなったとき、たとえば種子をつくる植物と種子を食べる動物の関係も違ってきます。それをどのようにとらえ、一人一人の研究の中に生かしていくか。生態学は、社会学、経済学、農学などと連携し、大きな視点で研究することが大事だとも私たちは教えられています。

外国でも有名です。ユトレヒト大学と学部間交流をしていて、ぼくはそれを利用して、常緑樹の生態を研究するためにやってきました。オランダには常緑樹は6種類しかないのですが、日本にはもっとたくさん種類があります。それはなぜなのか、最近の温暖化によって常緑樹の分布が変化しているかといったことを、常緑樹の光合成のメカニズムに注目して調べています。常緑樹は冬でも光合成ができるように葉の組織を変え、低温に強くなるようにたんぱく質を増やしていくというメカニズムがわかってきました。

中静 どんな常緑樹がどれだけ北まで進んで行けるのかという点は、地球温暖化の影響を知る上で重要です。板垣 ぼくは、学部の実習で八甲田山の実験所に行き、植物が「雄性先熟」「雌性先熟」「雌雄同熟」「自家不和合」

など、さまざまな繁殖方法を採用しているという説明を聞いたのが印象に残りました。いまでは、オオヤマオダマキを使って、ひとつの株のそれぞれの花にできる種子の父親、母親を調べ、それぞれの花が、どのような繁殖の方法を選んでいるのかという理由と仕組みを研究しようとしています。種子親の判別をするためにはDNAを切り出すことが必要になります。今後は、この植物専用で親子判別ができる遺伝的マーカーをつくりたいと思っています。

中静 「森のスケッチ」の中で私は、樹木はその長い生涯でたくさんの種子を何度もつける。原生林にはそんな樹木の子供がたくさんあって世代交代を支えている、と頭では考えてしまっ。しかし、実際に原生林に行ってみると、大木の子供たちがそんなに多いわけはない。あのたくさんの種子はどうな



総合研究棟・合同研究棟の中の実験室、研究室で

フィールドワークも 実験室での観察も 数式を使っての解析も。

OB・OG MESSAGE 8 生物学科

日中の架け橋を目指して。

瀋陽薬科大学 中日医薬学研究所長
池島 喬さん



私は博士課程を修了後、横浜市大・医、ハーバード大、タフツ大、萬有製薬を経て、1996年に吉林省長春市の長春中医学院に免疫薬理学の教師として赴任した。そこは大学の学部ではなく、附属病院の研究機関であった。中薬の伝統的な薬理学的研究、生化学、分子免疫学を結合させて、現代的な免疫薬理学の研究教育を目指した。双方の努力の結果、中医学院という名称にも関わらず、西洋医学薬学の院生が研究に参加した事が、中国のこれからの大学病院附属病院に於ける研究教育のモデルとなり、多くの中国国内の参観者を迎えた。また日本の医学薬学の先生方が訪問し、講演して下さいました。院生や臨床の医師達に大変刺激になった。

ところが中国の経済的事情と商業活動に対し強い関心を示す国民性から、主任が外部の資本と組んで、製薬会社を設立し、出て行く事になった。勿論、助教や技術員として院生も全委員会員になってしまった。私は、中国の若い医学薬学研究者を育て、機会があれば彼等を日本に送り、また日本の先生方や院生達に来て頂いて、研究教育の面で交流する事により、日中の友好の促進を目指して来た。それでこの本来の目的に沿い、附属病院に残る事にし、中国の国立機関では初めての日中医学薬学共同研究教育機関である「中日医学研究所」を設立した。その努力が認められ、初代所長には私が就任した。設立目的は日本からの先進技術を導入して、中医薬学の現代化を図り、中国の医学薬学者の育成を図る事である。開所以来、中医学院の院生の他に吉林大学、白求恩医科大学等から基礎及び臨床の院生を受け入れ、医学と薬学、臨床と基礎、西洋医学と中医学のバランスを取り、発展させて行く努力をした。2002年2月からは、瀋陽市の瀋陽薬科大学に研究所を移転し「中日医学薬学研究所」を設立し、私が博士課程指導教官兼所長として就任した。



小黒 芳生さん
宮城県仙台二高出身。東北大学理学部卒。酒井准教授の下で、数式を使って生態を解明する理論生態学の立場から、花の咲き方などを研究している。



春増 翔太さん
桐朋高校出身。東北大学農学部卒。中静教授の下で森林の動態、植物の歴史などを研究対象としているが、現在は、防御物質と生態の関係を分析中。



石田 敏さん
愛媛県立松山東高校出身。理論生態学の立場から、福島・茨城県境の場所で、過去の土地利用が現在の植生にどう影響しているのかを調査している。



青木 信策さん
東京都立学園出身。彦坂准教授の下で、葉の光合成の変化を1年間かけて観察し、葉の状態がどう変化するかなどを追跡している。



「森のスケッチ」には中静教授の生物多様性についての考え方が、わかりやすくまとめられている

現代生物学のトピックス

1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000

1900年 **メンデルの法則の再発見**
コレンス、ドブリース、チエルマク

1905年 **遺伝子連鎖の発見**
ベーツソン

1905年 **酵素反応速度論の解析**
ミハエリス、メンテン

1910年 **遺伝の染色体説の確立**
モーガン

1921年 **インシュリンの発見**
バンティング、ベスト

1924年 **オーガナイザーの発見**
シュペーマン、マンゴルト

1927年 **人為突然変異誘発**
マラー

1928年 **オーキシンの発見**
ウェント

1937年 **クエン酸回路の発見**
クレブス

1937年 **刷り込みの発見**
ローレンツ

1938年 **シベレリンの結晶化**
藪田貞治郎

1942年 **進化の総合学説の成立**
ハクスリ



ジェームズ・ワトソン(右)とフランシス・クリック

1953年 **DNAの二重らせんモデル提唱**
ワトソン、クリック

1953年 **植物群落の生産構造理論**
門司正三、佐伯敏郎

1955年 **インシュリンのアミノ酸配列決定**
サンガー

1957年 **光合成二酸化炭素固定経路の確立**
カルヴィン

1958年 **cAMPの発見**
サザランド

1958年 **単細胞から植物個体の再生**
スチュワード

1958年 **タンパク質の立体構造解析**
ペルーツ、ケンドルー

1961年 **DNAの遺伝情報解読、トリプレットコドン**
ニーレンバーグ、マッシー

1963年 **アロステリック効果の提唱**
ジャコブ、モノ

1964年 **利他的社会行動の進化モデル提唱**
ハミルトン

1967年 **ミツバチのダンスの解明**
フリッシュ

1968年 **分子進化の中立説提唱**
木村資生

1973年 **進化的安定戦略理論**
メイナード・スミス、プライス

1975年 **DNA塩基配列決定法開発**
マクサム、ギルバート

1976年 **がん遺伝子の発見**
ビショップ、ヴァーマス

1978年 **ファージDNAの全塩基配列決定**
サンガー

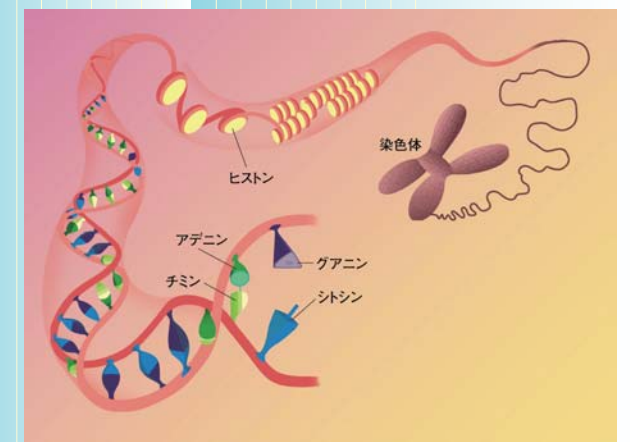
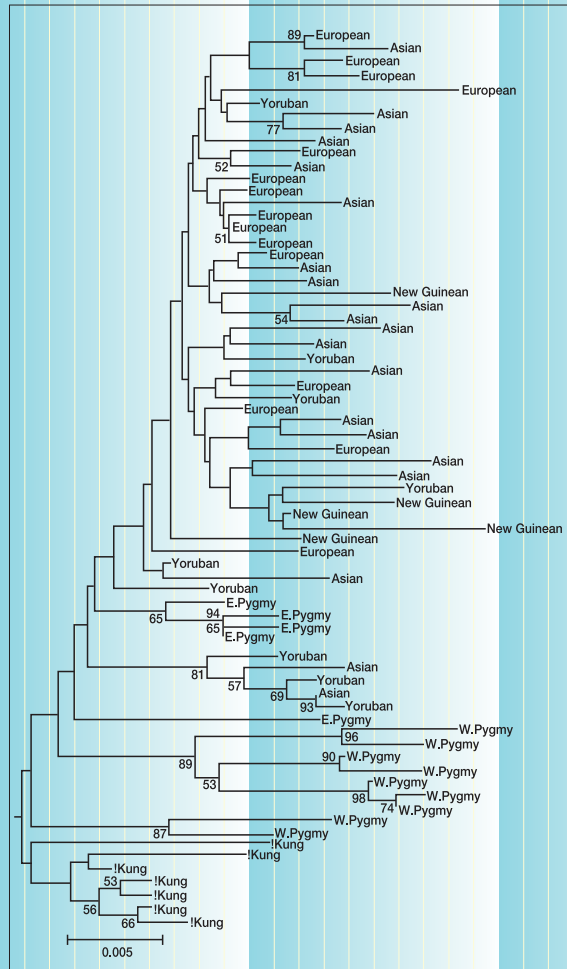
1987年 **利根川進博士ノーベル医学賞受賞**

1991年 **花器官形成のABCモデル**
マイエロヴィッツ

2000年 **シロイヌナズナゲノム解読完了**

2001年 **ヒトゲノムの構造決定**

ヒト・ミトコンドリアDNAの塩基配列による70人種の系統樹



染色体とDNA

快適なキャンパス環境。

理学部のキャンパスでは、2003年に完成した理学総合研究棟、2005年に新装オープンした厚生会館（食堂や売店）、2008年度に完成予定の松林散策路（公園）など、最先端の教育や研究が快適な環境でおこなえるよう、キャンパスの整備と拡充を行っています。

理学部にはキャンパスライフ支援室(OASIS)があり、さまざまな悩みごとや不安についての相談に対応したり、交流行事や就職相談会などを開いています。また、学生や教職員の親睦を目的として、スポーツ大会やコンサートなどの行事も開かれています。



自由に使える学習室や談話室



キャンパスライフ支援室



厚生会館の生協理薬店

厚生会館のレストラン AOSIS



厚生会館の広い食堂



研究棟の屋上から仙台市街一望

政令指定都市仙台。天然記念物の自然林が茂る青葉山。

8
整備の進む
キャンパス

発展する仙台と、青葉山キャンパス。

仙台は、1600年関ヶ原の戦いの後、伊達政宗がこの地に城と城下を建設したのが始まりと言われていいます。現在の仙台の中心部は、政宗が縄張りをした城下町をほぼ引き継いでおり、政宗の城は、青葉山丘陵の東側、城下を見下ろす高台に築かれました。城へと繋がる広大な丘陵は、藩の厳重な監視下に置かれ、400年以上にわたって手つかずの自然林が残されたのです。東北大学附属植物園は、百万都市の中心街に隣接しているにもかかわらず、そのようにして、奇跡的に残された森を引き継いだものです。

その緑豊かな青葉山の、仙台を一望する位置に、理学部のキャンパスは広がっています。

平成19年に創立100周年を迎えた東北大学は、国際競争力を持った世界最高水準の総合大学として一層の飛躍と発展を遂げていくためのプロジェクトとして、「東北大学新キャンパス構想」をいま実現化しつつあります。仙台市の片平地区や雨宮地区などに分散した施設を、この青葉山に広がる81ヘクタールもの広大な敷地に再整備する計画で、5000人以上の学生や研究者がそこに集うこととなります。

さらに、青葉山新キャンパスや川内のキャンパス内を通り、市の中心部を經由して仙台駅で地下鉄南北線やJR線と交差する、仙台市地下鉄東西線の工事もすでに始まっています。

このように、最新の設備を備えた新しいキャンパスや、整備された交通網が利用できる日もすぐそこまで来ています。



理学総合研究棟と理学部自然史標本館

奨学金制度や、表彰制度も整っています。

学生の皆さんへの経済的な支援のため、東北大学の奨学金制度のほか、理学部独自に青葉理学振興会奨学金を設けています。

また、青葉理学振興会賞(全科)、黒田チカ賞(全科)、川井数理科学振興財団川井賞(数学科)、萩野博・和子奨励賞(化学科)など、優秀な学生を表彰する制度も整っています。



研究棟のリニューアルも進んでいます。



講演会形式の特別講義や学生実験など授業も多彩です。



杜の都、学都仙台で、研究第一の時間を。

仙台は、東京、京都と並ぶ帝国大学や旧制二高が置かれたことから、「学都」としても知られ、学生が学生らしくあることが尊重されてきました。

そのような街で、あなたは理学部の4年間、さらに大学院の2~5年間を、快適な生活を楽しみながら、研究第一の時間を過ごすことができるでしょう。



管理棟の中庭、厚生会館前の公園などのくつろぎのスペースもあれば、コンサートなどに利用されるパブリックスペースもあります。



毎年7月末のオープンキャンパスには全国の高校生が集まります。



理学総合研究棟 2F ロビー



- ① 総合研究棟・合同研究棟
- ② 自然史標本館
- ③ 地学棟
- ④ 管理棟
- ⑤ 生物棟
- ⑥ 化学棟
- ⑦ 物理A棟
- ⑧ 物理B棟
- ⑨ 物理C棟
- ⑩ 大講義棟
- ⑪ 数学棟
- ⑫ 北青葉山厚生会館(食堂・売店)
- ⑬ 附属図書館北青葉山分館
- ⑭ ニュートリノ科学研究センター
- ⑮ 惑星フラスマ・大気研究センター
大気海洋変動観測研究センター
巨大分子解析研究センター
- ⑯ 巨大分子解析研究センター



仙台七夕まつり



定禅寺通りのけやき並木



仙台市内アーケード街