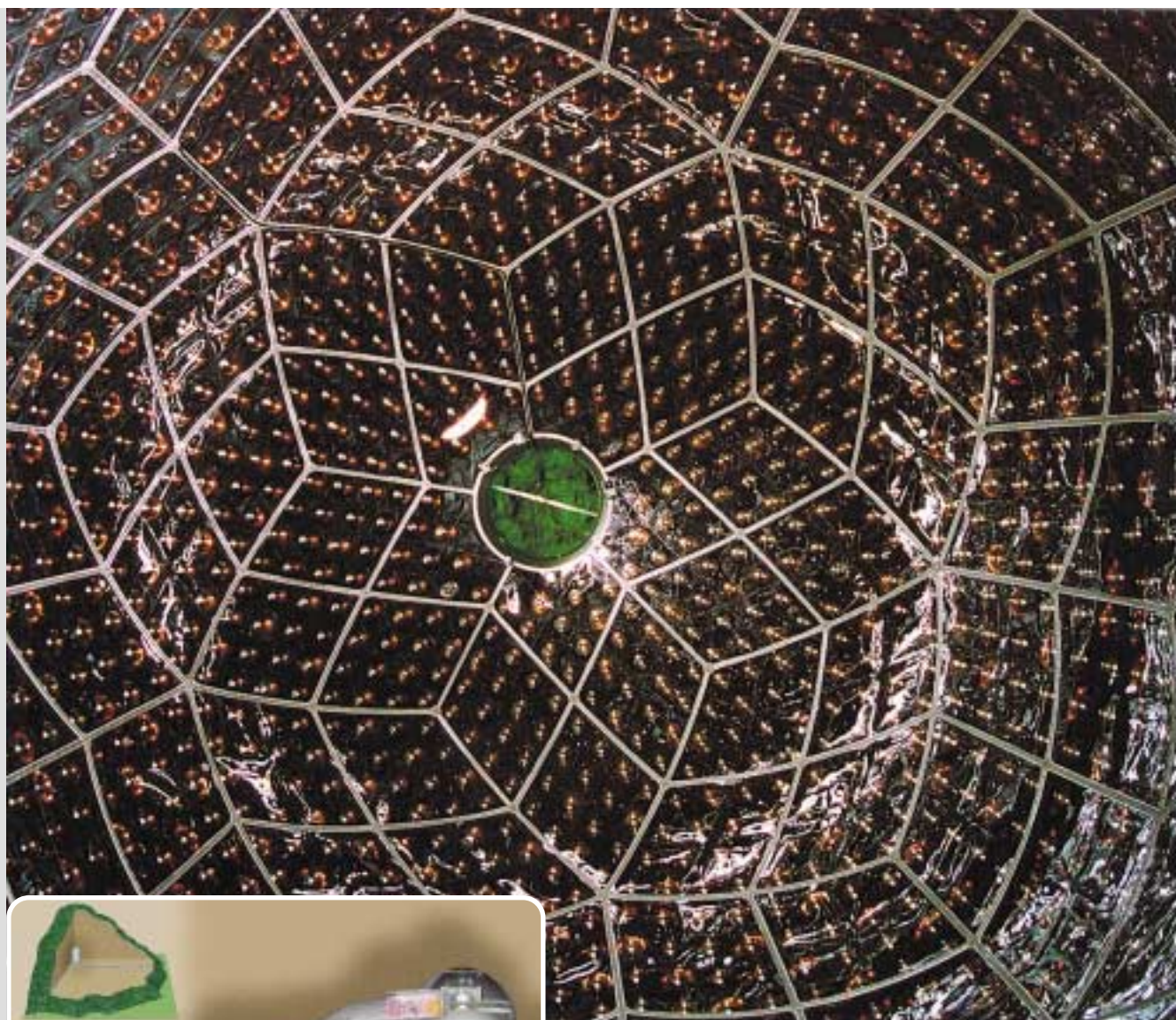


Aoba Scientia



「ツタウルシ」附属植物園提供



カムランドの心臓部であるタンクの内壁に敷き詰められた光電子増倍管

カムランド

カムランドは鉱山地下1,000mに建設されたニュートリノ観測装置です。直径18mの球内面に張り巡らせた直径50cmの光センサーで、原子炉や地球内部・太陽から到来するニュートリノが発する微弱な光を捕らえます。

2004.9

no.3

カムランドでニュートリノ振動を観測！



理学研究科附属ニュートリノ
科学研究センター
助教授 井上 邦雄

超新星ニュートリノ観測を成し遂げたカミオカンデは引退後、東北大学に移管されました。これを抜本的に作り直したものが、これから紹介するカムランドで、東北大学を中心に日米中仏の約90名が参加する国際共同研究（写真1）です。純水に代わり大発光量の超純液体シンチレータ約1000トンを使ってニュートリノ研究を行います。観測対象は、図2に示すような多岐にわたるニュートリノです。ニュートリノはほとんど相互作用せずに貫通するため、太陽や地球内部のニュートリノ発生点からの情報をもたらします。よく理解され



図2：カムランドの観測対象

た原子炉での研究から、ニュートリノの伝搬を理解し、通常観測が難しいニュートリノ発生源の研究につなげることで、素粒子研究に留まらず、宇宙・天体・地球物理といった新しい融合研究の推進を目指しています。

ニュートリノの伝搬では、ニュートリノ振動が重要と考えられています。これは、伝搬中にニュートリノの種類が変わったり戻ったり振動するように変化する現象で、この観測は、ニュートリノ質量への知見とともに、30年以上未解決だった太陽ニュートリノ量が太陽のエネルギー放射に対して少なすぎるという謎も解決します。原子炉を使ってのニュートリノ振動探索は古くから行われましたが、太陽ニュートリノ問題の解決には100km以上の距離での観測が必要であり、強力な原子炉と巨大な検出器、そして地下深くの極低放射線環境が必須でした。神岡は地理的に特別な場所にあり、130kmから

220kmの間に合計熱出力で70GWもの原子炉があります。これは世界全体の7%に相当し、神岡でのニュートリノ量の約80%を生み出しています。有効距離は180km程度になり、カミオカンデがあった地下施設の、大きさ・深さとともに、太陽ニュートリノ問題の検証にうってつけでした。多数ある原子炉からは、詳細な運転記録が得られ、図3にあるように期待されるニュートリノ反応数をつぶさに計算でき、図では、2003年の大規模な原子炉点検による出力低下も見られます。

ニュートリノ振動の観測は、遠距離での減損からも分かりますが、減って増えてという振動パターンが見えればより確実です。原子炉ニュートリノの結果は2回まとめられました。最初の論文では、99.95%の信頼度で原子炉ニュートリノ欠損の証拠を示しましたが、最新の観測結果では、ニュートリノ振動が無い場合にニュートリノ事象 365.2 ± 23.7 とバックグラウンド事象 7.5 ± 1.3 を予測するところ、258事象を観測し、信頼度を99.995%にまで引き上げました。さらに、エネルギー分布まで調べたのが図4です。ニュートリノ振動では伝搬距離とともに増減を繰り返しますが、エネルギーによって振動速度が異なるため、距離をエネルギーで割った



写真1：カムランド共同研究者（の一部）

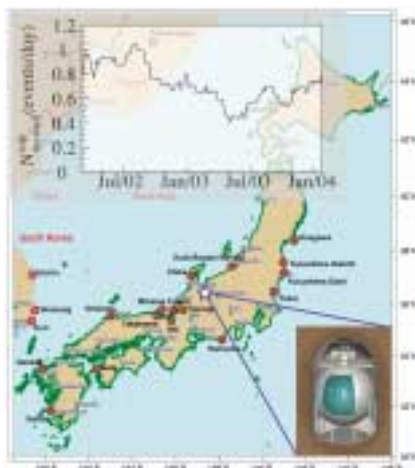


図3：原子炉の分布図と期待されるニュートリノ事象数の時間変化

ものを横軸にとるのが一般的です。ただし、カムランドではどの原子炉からのニュートリノなのかは判別できないため、距離を180kmに固定し、観測したニュートリノエネルギーの逆数を使って表示しています。ログスケールで示してある過去の実験は、最長で1kmまでと近すぎたために振動現象は観測できませんでしたが、原子炉ニュートリノの理解には大きな貢献を果たしました。もし原子炉が一基のみならば波線のような正弦波の振動パターンが期待されますが、現実には複数の原子炉が異なる距離に分布しているため、カムランドでは、緑のヒストグラムのパターンが計算されます。ニュートリノ崩壊といった異なる理論モデルでは青のヒストグラムのようなパターンが計算できます。ニュートリノ振動の方が観測結果を再現しており、カムランドでは、振動のほぼ1周期を観測できていることがわかります。このスペクトルの歪みの信頼度は99.9%で、ニュートリノ欠損の証拠とあわせて、高い信頼度でニュートリノ振動現象の観測を結論づけることができます。

図5は、観測結果が許容するニュートリノ振動のパラメータ領域を図示

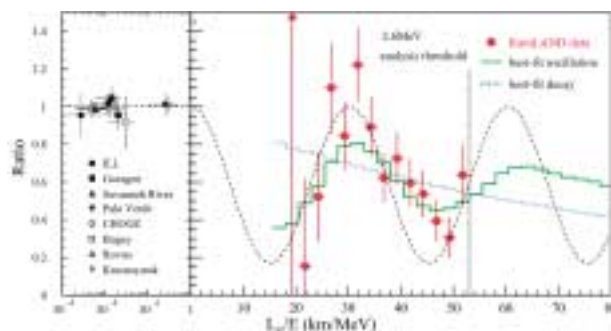


図4：原子炉ニュートリノ実験の結果

したものです。太陽は電子ニュートリノ、原子炉は反電子ニュートリノを発生し、粒子・反粒子の違いはありますが、同じパラメータを持つと考えられています。

太陽ニュートリノのみでは、この領域外にもいくつかの可能性がありましたが、それらはカムランドによって完全に否定されました。カムランドと太陽ニュートリノの観測結果をあわせて同時に解析したものが図の右パネルです。カムランドによって、ニュートリノ質量の2乗差は $\Delta m^2 = 8.2^{+0.5}_{-0.6} \times 10^{-5} \text{eV}^2$ と、これまでより格段に良い10%以下の精度で決定され、また混合角は主として太陽ニュートリノ観測によって、 $\tan^2 \theta = 0.40^{+0.09}_{-0.07}$ と決定され、電子タイプのニュートリノの伝搬はほぼ理解できました。

カムランドでは、この理解できたニュートリノを使っての、地球内部、太陽内部の研究も目指しています。

地表で測定される熱流約40TWの内20TWが地球内部の放射性物質によるもので、内16TWは、ウラン・トリウム系列が起源と考えられています。これらの熱源は、マントル対流などの地球ダイナミクスを理解する上で非常に重要な要素です。ウラン・トリウム系列が放出する反電子ニュートリノはカムランドで観測可能で、その量から生成熱量、さらにうまくいけばウラン・トリウムの分布なども算出できると期待されています。また、これまで太陽ニュートリノの精密測定は分岐比0.02%しかない高エネルギー成分でのみ行われましたが、カムランドではさらに純度を上げ、観測数値を下げることで、太陽モデルの検証に重要な分岐比15%の⁷Beニュートリノを観測することができます。これに向けての、純化装置の開発、計算機パワーの増強なども着々と同時進行中です。

<http://www.awa.tohoku.ac.jp/kamLAND/>

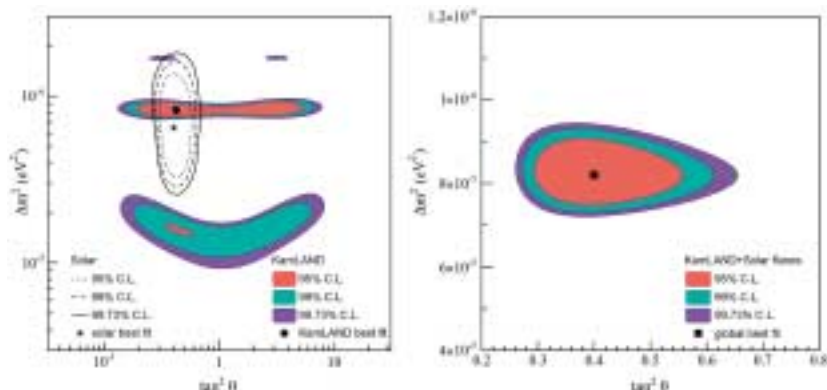


図5：ニュートリノ振動パラメータの許容範囲

法人化された大学における安全衛生管理

安全衛生管理室より



安全衛生管理室（物理A棟2階239号室）にて
吉田武義室長（左前）、寺田眞浩副室長（右前）、
高山知明室員（右後）、小川浩正産業医（左後）

「安全の確保は何にも勝る」、一般企業では常識であるこのスローガン、大学ではどうでしょうか。研究や教育に熱心なあまり、「安全」や「健康」に対する配慮が軽視されるということはないでしょうか？今年、春からの国立

大学の法人化に伴い、大学に対しても、一般企業と同様に、構成員に対する安全衛生面での十分な配慮が求められるようになりました。これは法人化により大学に対しても適用されるようになった「労働安全衛生法」に基づくもので、これまで大学においてあまり配慮されることの無かった構成員の安全と衛生に関するきちんとした対応が求められております。特に研究や教育の場において、各種の災害を防止するための事前の対策がきちんとしてられているか、構成員の健康維持、推進をどのように進めようとしているのか、さらに、適正な安全衛生教育や、作業環境測定がきちんとなされているかといったことについて、大学に対して具体的に問われるようになった訳です。

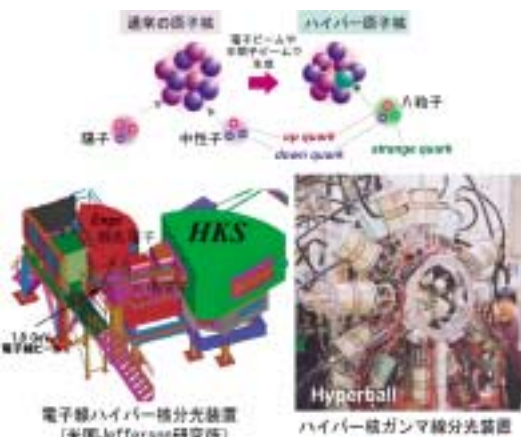
労働安全衛生法は「労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成を促進する」ことを目的として制定されております。「学生は労働者ではないから」 - といった議論を耳にされた方もいるかも知れません。しかし、教職員と同じ環境で研究や勉学に励む院生や学生の皆さんを含めないかたちでの「安全衛生管理」

は、大学では成り立ちません。大学の法人化に対応して、「キャンパスライフ支援室」や「評価分析室」、「広報室」等とともに、新たに設置された「安全衛生管理室」は、教職員をはじめ院生、学生の皆さんを含む事業場内の全ての構成員の方々の安全を確保し、健康に毎日を過ごすために必要な実務を担当する室として、理学研究科等事業場内にこの4月に開設されました。開設後、まだ間もなく、未だ整備途上ではありますが、現在「労働安全衛生法」や「放射線障害防止法」等で規定されている法令への対処等を進めております。その一環として、産業医とともに毎月、事業場内の安全衛生パトロールを実施し、安全の確保と健康の維持に問題となりそうな点をチェックし、リストアップして、それらの一つ一つについて関係者の方々に改善をお願いしております。この産業医と安全衛生管理室による安全衛生パトロール時の指摘点については巡視報告書としてまとめ、「安全衛生管理室」ホームページに開示しております。HPは理学研究科トップページ 学内専用 理学研究科等事業場安全衛生管理室 (<http://anzen.sci.tohoku.ac.jp/>) でご覧いただけますが、「安全衛生管理」に関わる各種の情報を提供していく場として、今後ともその内容を充実させていきたいと考えています。「労働安全衛生」管理というと大げさに聞こえますが、まずは日頃のちょっとした気遣いから始まるものです。「この操作をしても大丈夫か」、「先生に確認してから実験した方がいいかな」、「整理しておかないと危ないな」等々、何か心配なことが頭をよぎったとしても「まあ、いいや」とやり過ぎてはいないでしょうか？「あの時、手順を確認しておけば - 」と、ほんの少しの気配りから防げた事故が、これまでもあったのではないのでしょうか。皆様には、研究活動と同じく、想像力と創造力によって、安全で快適な研究室作りに努めて頂きたいと思っております。安全衛生管理室はそのサポートをするために開設されました。安全衛生管理に関わるお問い合わせはe-mailアドレス：anzenkanri@anzen.sci.tohoku.ac.jpに、ご遠慮なく、どうぞ。

研究室訪問

物理学専攻

原子核物理研究室・ストレンジネス核物理グループ (橋本教授、田村助教授、中村助教授、藤井助手)



教科書には、原子核は陽子と中性子から成ると書かれています。しかし、陽子、中性子の中間の粒子(重粒子)でありながら“奇妙な量子

数(ストレンジネス)”をもつラムダ粒子、シグマ粒子なども構成要素とする原子核(「ハイパー核」)が近年注目を集めています。我々の研究室は、このような新種の“奇妙な”原

子核を実験的に研究しています。ラムダ粒子やシグマ粒子は数百ピコ秒で崩壊する不安定な粒子ですが、高いエネルギーの加速器を用いると人工的に作ることができます。これを原子核に打ち込んでいろいろなハイパー核を作ると、ハイパー核のもつ特異な構造や性質を解明したり、陽子・中性子・ラムダ粒子などの間にはたらく力（拡張された核力）を研究することができます。また、ラムダ粒子などは中性子星内部の高密度物質中に安定に存在していると予想されており、ハイパー核は多彩な宇宙の物質全体の姿を知るための手がかりも与えてくれます。

ハイパー核の研究は、日本の研究者の活躍によって最近大きく発展しています。その中でも我々は、電子ビームを使ってこれまでにない高いエネルギー精度でハイパー核を「作

る」方法（電子線ハイパー核分光法）や、ガンマ線を測定してハイパー核の構造を極めて精密に「見る」方法（ハイパー核ガンマ分光法）を世界に先駆けて開発し、この分野を開拓しています。数年前に電子線ハイパー核分光実験を初めて成功させましたが、この研究をさらに展開するために高分解能ハイパー核質量分析装置HKSを建設し、これを米国Jefferson研究所の電子加速器施設に設置して来年春から実験を始めようとしています。この装置は日本で製作した総重量250トンの大型電磁石と当研究室の大学院生が中心となって開発した多数の放射線検出器からなり、現在は4-5名の大学院生とスタッフが現地に常駐して米国の共同研究者とともに実験準備に励んでいます。同時に、我々は数年前に特殊なガンマ線検出装置Hyperballを開発してハイパー

核からのガンマ線を初めて正確に捉え、ハイパー核のエネルギー準位を従来の千倍もの精度で測定できるハイパー核ガンマ分光法を確立しました。以後、つくばの高エネルギー加速器研究機構や米国ブルックヘブン研究所で実験を実施し、ハイパー核の精密構造を次々と明らかにしています。さらに、東北大原子核理学研究施設のGeVガンマ線ビームを用いて、電磁相互作用によるハイパー核生成反応のもととなるストレンジネス生成機構を解明するため、ユニークな中性K中間子の生成実験も行っています。

一つ一つの実験は規模も大きく数年がかりになることもありますが、大学院生でも実験の立案、装置の開発、データ収集、データ解析のすべてをやり遂げることができ、誰も知らなかった原子核の新しい姿を自らの手で明らかにできるという研究の醍醐味を味わっています。陽子・中性子の束縛系を重粒子束縛系へと拡張したより広く新しい原子核物理学を作っていきたいという意欲に燃えて、日夜研究を進めています。

<http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/>



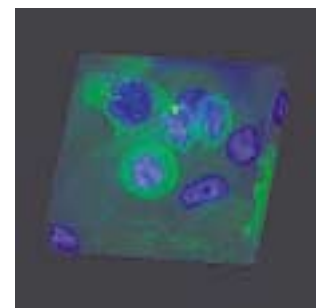
橋本治教授（最前列左から三人目）、中村哲助教授（一番右）、田村裕和助教授（右から二人目〔前方〕）、藤井優助手（右から二人目〔後方〕）

研究室訪問

生命科学研究所分子生命科学専攻 情報伝達分子解析分野（水野研究室）

私たちの体を構成している基本単位である細胞には、アクチンやチューブリンという球状タンパク質が多数重合してできた繊維状の構造物が縦横に走っており、細胞骨格とよばれています。細胞骨格は、細胞の形態を維持するうえで重要な役割を果たしていますが、「骨格」という名前から想起されるような静的なものでは

なく、重合・脱重合や高次構造の形成と破壊をたえず繰り返している非常に動的な構造物です。特に、細胞外からの刺激を受けると細胞骨格のダイナミックで協調的な再編成がおこり、その結果、細胞の形態変化や遊走運動、分裂などが誘導されます。細胞の形態や運動性の変化は細胞の基本的な活動の一つであり、発生過



分裂中のヒト子宮頸癌細胞の3次元動画の1場面（緑はYFP-actin、青はCFP-histoneで染色体を表す）

程における形態形成や器官形成、免疫担当細胞の異物への遊走、神経細胞の軸索ガイダンスなど多くの生命現象において重要な役割を果たしていることが知られています。また、

癌細胞の浸潤・転移など多くの疾患とも深く関係しています。しかしながら、細胞骨格、細胞運動を制御するシグナル伝達機構や細胞の3次元構築機構の多くは不明です。

私たちの研究室では、細胞の形態と運動性を制御する細胞内シグナル伝達機構とアクチン細胞骨格の再編成の制御機構を明らかにすることを主な研究課題として、生化学、分子生物学、細胞生物学、発生工学の手法を用いた研究を進めています。これまでに、アクチンフィラメントの切断と脱重合の促進因子であるコフィリンの活性を制御する新規なプロテインキナーゼ（LIM-kinaseとTESK）とホスファターゼ（Slingshot）

の同定に成功し、細胞骨格を制御する新しいシグナル伝達経路の存在を明らかにしてきました。コフィリンはアクチン細胞骨格の再編成制御の中心的な役割を担っており、これらの経路は、細胞外シグナルをアクチン骨格の制御につなぐ重要な経路の一つであると考えられます。私たちの研究室では、さらに新しいシグナル伝達経路の解明を目指すとともに、これらのシグナル伝達分子が神経回路形成、癌細胞の浸潤・転移、白血球の遊走、血管新生、細胞質分裂など細胞の形態形成や運動性が関わる多くの生命現象にどのように関与しているのかを明らかにしたいと考えています。

細胞骨格の制御機構を解析する場合には、アクチンやアクチン制御因子、シグナル伝達分子の細胞内局在と活性状態を生きた細胞でリアルタイムに観察することが重要です。同一細胞内でアクチンの重合と脱重合が同時に進行しており、これが時間的・空間的に協調的に制御されることによって移動、形態変化、極性決定などが行われていると考えられるからです。私たちは、蛍光タンパク質のイメージング技術を駆使して細胞骨格構成分子やシグナル伝達分子を可視化し、経時観察することによって、細胞運動、神経突起伸展、細胞質分裂などにおけるこれらの分子の動態を明らかにしてきました（図はヒトがん細胞が分裂しているときの3次元画像を示しています）。また、生細胞内での分子間の会合や活性化の動態を可視化するための新しいイメージング手法の開発も進めています。細胞の持つ巧妙なシステムを少しでも解き明かそうと、若い人たちが日夜熱心に研究に取り組んでいます。
http://www.biology.tohoku.ac.jp/lab-www/mizuno_lab/



研究室のメンバー（前列中央が水野健作教授）

Topics

技術支援室の活動

技術部では昨年11月に技術部業務運用組織を立ち上げ、理学部・理学研究科における研究・教育への技術支援の推進と円滑化を図ってきました。技術支援の相談窓口として開設した技術支援室には、いくつかの相談と依頼が寄せられており、新たな支援業務をすでに遂行しています。

ガスボンベ等の固定工事

職場の安全衛生管理が重要とな

る中で、実験に使用する高圧ガスボンベや機器、棚類の転倒防止策を施す必要があります。ボンベ立ての製作や固定工事を技術部で引き受けています。（図1）

安全衛生管理室のホームページ制作とサーバ構築

理学研究科等事業所安全衛生管理室からの依頼により、安全衛生管理室のホームページ制作と、ホームページ運用のためのサーバの



図1：独自に製作したボンベ立てを固定しているところ。

構築を行いました。（図2）

特殊な生理活性物質解明のための植物の育成

化学専攻からの依頼で、実験園でのマメ科植物の栽培を手掛けました。生育した植物の葉は、マメ科植物の就眠運動を引き起こす生理活性物質の試料を得るのに用いられます。薬学研究科の技術職員の支援も得て行われています。



図2：安全衛生管理室ホームページ。職場の安全衛生管理の需要に伴いアクセスも多いと期待される。ホームページ上で安全衛生関連の委員会が開催できるしくみになっている。http://anzen.sci.tohoku.ac.jp/

その他にも、シラバスのホームページファイル化、理学研究科ホームページのウェブカメラの設置、理学研究科サーバのアップグレード、ネットワーク配線の点検、測定機器の電気回路に関するアドバイス、自然史標本館展示ケース照明の修理、大型のクジラ化石の運搬作業、市民から鑑定依頼された岩石の切断・

研磨といった、いままでにない形の多様な業務を実施しています。技術部が持つ技術的資産が広く認知され、有効に使われるよう、これからも努力していきたいと思えます。

技術支援室：物理 C棟104号室
内線6729

E-mail：
gijyutu-info@tech.sci.tohoku.ac.jp/

URL：
http://www.tech.sci.tohoku.ac.jp/

Topics

出前授業(2004年度前期分)

恒例の物理学専攻が日本物理学会東北支部に協力して行う出前授業については、

<http://www.phys.tohoku.ac.jp/jps> をご覧ください。以下は、化学専攻、数学専攻が行った出前授業です。

宇都宮女子高等学校「分子の形と性質」寺前紀夫教授(化学専攻)

2004.5.20

岩手県立水沢高等学校「サイエンスを楽しもう」大野公一教授(化学専攻) 2004.6.19

秋田県立秋田高等学校「方程式を『解く』とはどういうことだろう 解の公式をめぐって」高木泉教授(数学専攻) 2004.7.16



Topics オープンキャンパス

今年で9回目となるオープンキャンパスが7月29日(木)と30日(金)の二日間にわたって開かれました。あいにく初日は雨でしたが、それで



研究資料室：古代エジプトの象形文字で書かれた計算問題集

も、昨年並みに二日間の合計で2,307名が理学部・理学研究科キャンパスを訪問しました。

数学科では、体験授業「曲面上の数学」(剣持勝衛教授、29日)、「ランダム・ウォーク 酔っ払いの運動に法則はあるか?」(竹田雅好教授、30日) 学生と教員との懇談会、数学クイズなどの催しがありました。29日には333名、30日には392名の参加者を得て、学部学生、大学院生、教員と対話する高校生の姿があちこちで見られました。



「数学クイズ：うーん」



「数学クイズ：正解は...」

受賞

工藤一貴 (物理学専攻・助手)

第20回井上研究奨励賞「低次元量子スピン系銅酸化物における相転移と熱伝導の研究」2004.2.4

福山秀敏 (物理学専攻・教授)

第9回物理学会論文賞“Antiferromagnetic Phases of One-Dimensional Quarter-Filled Organic Conductors”, J. Phys. Soc. Japan Vol. 66, 1997 pp.1249-1252に対して、2004.3

宮澤仁 (地学専攻・助手)

日本地理学会奨励賞「関東地方における介護保険サービスの地域的偏在と事業者参入の関係」2004.3.27

塚本勝男 (地学専攻・助教授)

Outstanding Poster Award (International Symposium on Physical Sciences in Space and Spacebound 2004): "In-Situ Observation of Monomolecular Growth Steps and Defect Generation in Protein Crystals by Advanced

Optical Interferometry" 2004.3.27

中川格 (ケンタッキー大学・ポスドクトラルフェロー)

第10回原子核談話会新人賞「磁気散乱による ^3He の研究」(本研究科提出の学位論文を出版したものに對し) 2004.3.28

相馬清吾 (物理学専攻・学振特別研究員)

平成16年度笹川研究助成賞「極低温・超高分解能角度分解光電子分光による新規ホウ素化合物の微細電子構造の研究」2004.4.1

津田健治 (物理学専攻・助教授)

日本顕微鏡学会第49回学会賞(瀬藤賞)顕微法基礎部門「収束電子回折法による精密結晶構造・電子密度解析法の開発と応用」2004.6.9

濱 広幸 (附属原子核理学研究施設・教授)

自由電子レーザー国際会議FEL(Free Electron Laser)賞「電子蓄積リングを用いた自由電子レーザーの発振の研究以来、この分野に多大な実験的、理論的解析の寄与をなしたことに對して」2004.9.3

研究成果



加藤秀生 (生物・教授)

ウニ幼生からセロトニン受容体遺伝子(5-HT₁pr)を世界で始めて分離

前田靖男 (生物・教授)

ミトコンドリア局在型分子シャペロン TRAP-1が細胞

内局在を変えることにより細胞分化を誘導することを発見

吉良満夫 (化学専攻・教授)

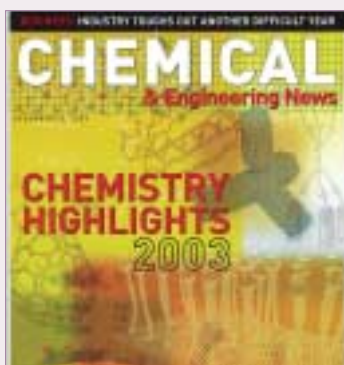
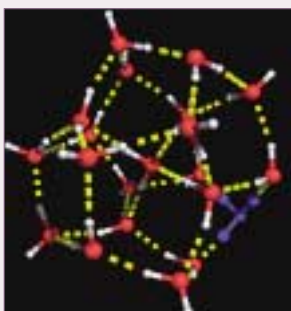
トリシラアレンの合成がChemical and Engineering NewsのChemistry Highlights 2003に選ばれる

寺前紀夫 (化学専攻・教授)

自己組織化を利用したシリカナノチューブの開発と分離膜としての応用(Nature Materials 4月号、Material Today、読売新聞、日経産業新聞)

三上直彦 (化学専攻・教授)

水クラスターにおける水素結合ネットワーク構造の解明(Science 304, 1134-1137 (2004))



行事予定

10月

6~8

3rd International Workshop on ZnO and related Materials、瀬川勇三郎(物理学専攻)、仙台戦災復興記念館

11月

11~12

2nd International Workshop on WATER DYNAMICS、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」、仙台国際センター

22

The 4th International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides and the 3rd Asia-Pacific Workshop on "Strongly Correlated Electron Systems"、前川禎道(物理学専攻)、仙台市情報・産業プラザ多目的ホール(アエルビル5F) 平成16年度理学部技術研究会、理学部技術部(下旬)

2005年

2月

17~18

6th NorthEastern Symposium on Mathematical Analysis、小川卓克、柳田英二(数学専攻)、数理学記念館

980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3

東北大学大学院理学研究科

理学部広報編集委員会

TEL:022-217-6347 FAX:022-217-6363

URL: <http://www.sci.tohoku.ac.jp/>