

理学部研究ニュース

●周波数領域の干渉を用いたフェムト秒位相分光
——クラマース・クローニツヒ変換の見掛け上の
破綻 周波数領域に2つのピークがあると時間領域
にビートが起こると同様に、時間領域に2つ
のピーク（検索光と参照光）があればそれをフー
リエ変換（分光）すると周波数領域に干渉縞が現
れる。このことを利用して単一ショットで位相変
化スペクトル（DPS）の測定が可能な新しいフェ
ムト秒位相分光法を考案した。この方法により位
相変化スペクトルと透過率変化スペクトル
（DTS）の同時測定を初めて行い、吸収のある
試料について検索光の誘起位相変調によるスペク
トルシフトを実証、またDPSで初めてコヒーレ
ント過渡振動を観測した。実際の線形損失のない
非線形光学媒質について位相分光を行い、符号の
反転したクラマース・クローニツヒ（K-K）変
換に従う信号と、定性的にもK-K変換が成り
立たない非線形分散関係に従う信号を初めて観測
した。これらの結果から時間分解分光でK-K
変換を適用できる条件を理論的に求め、更に実験
的に確かめることができた。また、白色光パルス
を用いて、この方法を行い可視光の全範囲で
DPSを測定し、チャープしたパルスではスペク
トルに構造がなくても、誘起位相変調により
DTSにシフトが現れることがわかった。また、
この性質を利用して、白色光のチャープ特性やパ
ルス波形の情報を簡単に得る方法を示した。

この研究は理化学研究所フロンティア分子素子
研究チームに小林が関与している際に行われた。
小林孝嘉、徳永英司、寺嶋 亨（物理）

●位相的場の理論 位相的場の理論は3~4年前
から研究が始められた新しいタイプの場の量子論
で、理論の定義される時空や、場が値をとる多様
体の幾何学的性質を記述するモデルである。当初
数学的な傾向の強い理論と思われたが、2年程前
に2次元重力理論の厳密解が位相的場の理論の一

種となっている事が見いだされて以来、超弦理論
や量子重力理論の研究に有力な指針を与えるモデ
ルとして大きな注目を集めている。

江口は梁（筑波大）と協力して複素超対称性を
持つ共形場の理論を調べ、これらのモデルが量子
数の適当な読みかえの下で位相的場の理論になる
事を示した。これらの位相的場の理論は2次元重
力理論に現れる物質場を記述し、トポロジカルな
物質場と呼ばれる。

この結果、共形場の理論と位相的場の理論の基
本的関係が明らかとなり、位相的場の理論の理解
に大きな進展が生じた。

江口 徹（物理）

●磁力線再結合の3次元厳密解 地球磁気圏のサ
ブストームや太陽フレアは、天体プラズマ中に蓄
積された磁場エネルギーが爆発的に解放され、プ
ラズマの加熱・加速や高エネルギー粒子の生成に
至る現象であると理解されている。このような現
象では、プラズマ・磁力線間の凍結が破れ、磁力
線が切断されて別の磁力線とつながかわる過程が
本質的であり、磁力線再結合過程と呼ばれている。
反平行磁場構造（=2次元的構造）を持つプラズ
マ内の定常的磁力線再結合過程の問題は
Parker-Sweet-Petschek-Sonnerup-Priest
-Forbes達によって解かれた。しかし、プラズ
マが3次元的に振れた磁力線構造（反平行磁場成
分+垂直磁場成分）を持つ場合の磁力線再結合過
程については議論が決着していない。これは問題
が非線型であるため、2次元解に垂直磁場成分を
重ね合わせただけでは3次元解を得ることができ
ないためである。

最近、Lau and Finn, Priest and Forbes 達は
近似解に基づく議論により、3次元解は2次元解
と全く異なり磁力線の separatrix 近傍の速度構
造に特異性（プラズマ速度→無限大）が現れると
いう「革命的」な見解を発表した。しかるに我々

は、速度に特異性の無い3次元磁力線再結合の特解(厳密解)を見だし、「革命」的な解は少なくとも一般的ではないことを示した。ただし、問題の一般解は得られておらず、最終的な決着の為にはまだしばらく議論を続けなければならないだろう。

寺沢敏夫(地球惑星物理学教室)

●すべりに依存する摩擦法則と破壊核の形成過程

地震は地球内部で発生する巨視的せん断破壊であるが、その破壊過程を支配しているものは、断層面の摩擦法則に他ならない。断層面に働く摩擦応力は、すべりの進行と共に、最初はピーク値まで急激に増大し、その後は一定レベルまで徐々に減少する。このような摩擦応力のすべり依存性が、フラクタル的な性質を持つ凸凹なすべり面の間の微視的な相互作用(凸凹の変形と摩耗)を考慮することで、合理的に説明できることを示した。断層面の性質(粗さや硬さ)は場所によって大きく異なる。断層面の性質が異なれば、その反映である摩擦法則も当然異なる。この場合、断層面上の各点での破壊は、その点での摩擦法則に従って進行しなければならない。こうした考え方にに基づき、場所によって異なる摩擦法則と弾性体の運動方程式をカップルさせた非線形系を解くことにより、外部応力の増大と共に地震発生域で進行する破壊核の形成から動的破壊の開始・伝播に至る過程の詳細を明らかにした。以上の研究内容は、一昨年の秋に東京で開催された震源の物理に関する国際シンポジウムで発表され、近く *Tectonophysics* 誌の特集号(Vol. 211, 1992)に掲載される予定である。

松浦充宏(地球惑星物理学)

●高周期元素を含む高配位化合物の合成 周期律表で第三周期以降の元素の化合物は、第二周期のそれとはしばしば著しく異なる化学的挙動を示すが、その一つに高周期元素が多く結合手をもつ化合物(高配位化合物)を作り易いことが挙げら

れる。我々は、フッ素原子を含む配位子が高配位化合物を安定化することを活用し、オレフィン合成法として極めて重要な Wittig 反応の中間体である酸素とリンを含む四員環構造の五配位リン化合物と初めて合成・単離することに成功し、X線結晶解析により構造を明らかにした(Kawashima, Kato, Okazaki, *J. Am. Chem. Soc.*, 1992, 114, 4009)。これにより Wittig 反応の全容を初めて明らかにすることができた。また、ケイ素を用いたオレフィン合成法として Wittig 反応と並んで重要な Peterson 反応の中間体についても同様な手法で初めてその単離、X線構造解析に成功し、反応機構を明らかにした(Kawashima, Iwama, Okazaki, *J. Am. Chem. Soc.*, 1992, 114, 7598)。

この手法は、他の元素をもつ高配位四員環化合物の合成にも有効と考えられ、現在その研究を進めている。

岡崎廉治(化学)

●パイナップル由来のプロテアーゼインヒビター

パイナップルには、プロメラインと呼ばれるタンパク質分解酵素が含まれており、その活性部位からシステインプロテアーゼに分類される。プロメラインには消炎作用があることも知られており、風邪薬にも加えられている。一方パイナップルには、プロメラインと同時にその作用を阻害するインヒビターも含まれている。このインヒビターは興味深いことに、プロメラインだけでなく、セリンプロテアーゼであるトリプシンも弱いながら阻害する。7種類のイソタイプのうちのインヒビター6のアミノ酸配列を調べたところ、重鎖(41残基)と軽鎖(11残基)の2本鎖からなり、5本のジスルフィド接合が分子内に存在することが分かった。分子量あたりのジスルフィド結合の数は、タンパク質のなかでも最大で、このインヒビターは極めて特異な立体構造を取っていると考えられる。そこで二次元NMRスペクトルの解析を行った。その結果、インヒビター6は、大部分が β シート

構造をとっており、 α ヘリックスが僅かに含まれることが明らかになった。二次構造を一次構造上ジスルフィド結合の位置がインヒビター6と似ている膵臓トリプシンインヒビターと比較したところ、かなり異なっていた。3次元構造の決定が待たれる。

田之倉優, 7月 (生物化学)

●ペプチド作動性ニューロンの神経修飾作用 脊椎動物脳内には生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)を産生するニューロンが存在しているが、我々は、それらが生殖腺刺激ホルモン放出促進に働く視索前野一下垂体GnRH系と、神経修飾作用を持つと考えられる終神経GnRH系の2つに構造的にも機能的にも分化していることを、熱帯魚の一種ドワーフグーラミーを用いて示した(岡ら, J.Comp. Neurol., 1990, 1991)。また、この動物が、in vitro 脳標本を利用してGnRH産生ニューロンを研究するのに大変適している事を利用して、現在、ペプチド作動性ニューロンの神経生理学的(イオンチャンネルの性質など)、生化学的(細胞内情報伝達系の経路)、形態学的性質を調べるとともに、神経ペプチドによる神経修飾作用のメカニズムについても分子レベルから個体レベルまで、多角的な手法を用いて解析することを目的として研究している。現在までに、終神経GnRHニューロンが個体の生理的な状態を反映して自発活動の頻度やパターンを変更し、それを極めて豊富に分枝した軸索を通じて同時に多数の脳部位に伝えている、と考えられる結果を得ており(岡, Neurosci. Lett., 1992)、我々は、これらの特徴が神経修飾作用を持つニューロンの一般的な特徴と見なし得ると考えている。

岡 良隆 (動物)

●極域低温環境への藻類の分布拡大のしくみ 地球環境で低温は生物の分布を制限する重要決定要因の一つである。そこで、恒常的に低温な極域に生活する藻類(アイスアルジー)を対象に研究し、

温度制限の克服機構を北海道のサロマ湖とカナダのResolute Bayで海水下に育成した試料を用いた野外実験、及びそこから単離した培養株を用いた室内実験で解析した。その結果、アイスアルジーでは -2°C の氷温で生存に不可欠な純光合成速度がプラスになり、その温度依存特性から温度制限の克服には光合成の炭酸固定反応がポイントであることが明らかになった。さらに、一連の炭酸固定反応の鍵酵素であるRubiscoの活性が -2°C でも認められ、氷温での光合成の維持に貢献していることが判明した。研究は文部省国際学術研究(共同研究)「北極海ポリニア域における生物生産過程の研究」(研究代表者:国立極地研究所所長, 星合孝男)の一環で行った。

鈴木祥弘, 高橋正征 (植物)

●生物の身体にトマソンはあるか 路上観察学会は、建物の建築後に手が加わったためにその存在理由が分からなくなってしまった構造物に対してトマソン(かつてそういう名の役にたたない助っ人が巨人軍にいた)という名を与えたが、そのような形態を身体の一部に備えた生物があるだろうか。形態を行動や生理にまで広げたらどうだろうか。生物にトマソンがあるとしたら、それは何かの痕跡か、自然選択に中立の形質か、または限られた機会にしか意味をもたないため機能が把握できていない形質のいずれかだろう。化石を素材にした研究では、形態のもつ情報が何よりも重要だが、すべての形態でその機能が理解されているわけではない。機能が分らないと、その形態の重要性が分からず、従ってその形態に変異があっても分類学上意味のあるものなのか否かの判断ができない。形態の働きを知るには、その部分が実際に使われているところを観察するのが一番だ。しかし、身体の部分によっては、一生の間のごく限られた機会にしか使われないというものもあるだろう。そこで長時間に亘ったビデオ観察がとても有効になる場合がある。化石に多産する1ミリ以下の介形虫(甲殻類)の性行動をビデオ観察

したところ、ある種では雄が雌をくるくる回転させて求愛することが分かった。そしてその際右の第5肢が使われることが観察でき、この種で長年謎だった付属肢の左右の非対称性が説明できた。こうして約80年の歴史をもつ介形虫のトマソンが一つ消えていった。

阿部勝巳（地質）

●**高温高压下におけるオリビン中の元素の拡散速度の決定** オリビンは深さ400 km程度までの地球深部を構成する主要なケイ酸塩鉱物である。高温高压下におけるオリビン中の元素の拡散速度の決定は現在までFeとMgの相互拡散に関して3GPa（深さ100 km）の圧力までしか行われていなかった。今回、地球深部においてオリビンが安定に存在しうる圧力範囲をほぼカバーする11GPaまでの圧力下においてFe-Mg相互拡散係数を精度よく決定することに成功した。実験は東大地震研のマルチアンビル型高温高压発生装置を用いて試料の加圧を行い、回収試料をX線マイクロアナライザーで分析し、拡散プロファイルを求めた。今回の実験からオリビン中において高い応力と水素が存在する場合、従来考えられていたよりもはるかに容易に元素の拡散が起こることが明らかになった。この結果は地球上部マントルにおいてオリビンの変形や相転移が極めて容易に起こりうることを示したものであり、極めて重要である。

森 寛志（鉱物）

●**モンテ沙漠の沙漠化プロセスの共同研究** 南米チリの太平洋岸には世界で最も乾燥した沙漠の一つであるアタカマ沙漠がある。気候区分図では、アンデス山脈の稜線部はツンドラ（高山）気候とされているが、アタカマ沙漠に始まる沙漠地帯はアンデス山脈を南東に横切って連続して伸び、大西洋に臨んでいる。アンデス山脈の東麓では、沙漠地帯はモンテ沙漠と呼ばれ、融雪水を利用した大規模灌漑によるオアシス農業が行われている。

世界の乾燥地の農業地帯の例に違わず、ヨーロッパ人の入植以来、森林伐採・開墾により、「沙漠化」が進行し、農牧業上の大きな問題となっている。モンテ沙漠のオアシス都市・メンドウサのアルゼンチン乾燥地域研究所では、国連の援助などをも受けて沙漠化防止・改善対策の研究を進めているが、日本との共同研究をも望んでいる。同研究所との共同研究として、昨年11月に計画の打ち合わせと土地・植生に関する予備調査を行った。

メンドウサ周辺は年降水量200 mmほどの夏雨地域で、アンデス山脈を流れ下った河川による扇状地群が発達する。農牧業の行われているこれらの扇状地面は、砂丘の卓越した小起伏の部分と泥質で平坦な部分とに分類される。また、砂丘地内では、地形の微起伏に応じて、特に草本群落の棲み分けが顕著に見られる。地形と植物の生育環境の対応は明確に存在し、詳細な地形分類図の作成は、沙漠化防止・改善対策の基礎情報である土地条件の把握にとって有効であるとの見通しが得られた。今後土地（表層地質・地形）・植生に関する継続的な共同研究を行うことになった。

大森博雄（地理）

●**NUS-Tokyo U. のセミナーについて** 5月27-29日の期間、日本学術振興会東南アジア諸国学術交流事業・拠点大学方式学術交流セミナーの一貫として、東京大学とシンガポール国立大学の並列処理セミナーが当キャンパスの工学部11号館と山上会館において開催された。委員長は、当学科の米澤明憲教授と、シンガポール大の計算機科学科の学科長のYuen Chung Kwong教授である。参加者は、日本側が当学科の教官・元教官7名を含む16名以上、シンガポール側が10名であり、総数で18件の並列処理に関する発表が行われた。発表内容は、数値処理や並列アルゴリズム、並列言語の理論、デザインや実践、並列アーキテクチャの設計や評価と多岐に渡り、活発な討議が行われた。また、特別参加者として、計算機科学では最高の榮譽であるACMチューリング章

受賞者であり、CSP やトランスペュータなどの並列計算の分野で多大な功績をあげた英国の Oxford 大学の C.A.R. Hoare 教授が講演を行った。

松岡 聡 (情報)

●ウミユリの再生能力 生きて化石として知られるウミユリ (有柄ウミユリ) は、棘皮動物の中の唯一の有柄類であり、古生代の初めから 5 億年以上の間、その基本的な体制を変更することなく生き続け、棘皮動物の系統発生を知る上で「かなめ」に位置する動物である。その形態は植物のユリに似た花冠部 (冠部と呼ばれる) と、茎部 (=柄部) からなる。冠部には、消化器官、運動器官、感覚器官、生殖器官が集中し、従って、ウミユリの生存に不可欠な殆ど全ての器官が冠部にあるが、茎部は、それらの器官の全て、又は、大部分を欠いている。化石記録は、古生代ウミユリが、冠部の 1 部分を喪失した後、それを再生した痕跡を示しているが、その実験的証明に成功した例はなかった。我々は、実験的に冠部の 1 部のみならず、冠部の全てを除去したウミユリの 1 種 (トリノアシ) が、茎部のみとなって 2 年以上を飼育水槽中で生き続け、その間に、茎部の先端から冠部の全てを再生しうることを発見した。この研究によって、我々は、現生種を用いた実験発生学と、化石記録に基づく古生物学の間の境界領域に、新しい研究分野を切り拓いた。この研究は、Nature (Amemiya & Oji, 357 : 546-547, 1992) に発表された。

雨宮昭南, 7 月 (臨海実験所)

●裸子植物の系統 裸子植物はシダ植物と被子植物の間の中間的な進化段階の重要な群である。現存種はマツ類 (針葉樹類), イチョウ, ソテツ類, グネツム類 (マオウ類) の 4 群に分けられる。4 群間の系統については定説がなく、マツ類とソテツ類は複起源の独立群とする説も有力であった。rbcL 遺伝子の大部分の塩基配列およびアミノ酸

配列の比較から、4 群は共通起源の単系統群であり、また、被子植物と裸子植物が分化したのは早くとも古生代石炭紀であることが示された。この結果は現在の常識的な見解と大きく異なる興味深いものである。なぜなら、被子植物の適応放散が始まったのは中生代白亜紀であると信じられているからである。さらに、裸子植物の 1 群のグネツム類も単系統群であることがわかった。この類の 3 属が形態的に著しく多様化していることを考えると、裸子植物の形態進化を研究するよい土台がつけられたことになる。

長谷部光泰 (植物園)

●時間変化をする太陽ダストリング 1966 年の日食時における赤外観測から、太陽の周り (太陽中心からの距離が 4 太陽半径付近) の黄道面上の微粒子 (ダスト) からなるリングが発見された。黄道光のもとになる惑星間塵は太陽輻射によって運動量を失い (ポインティング・ロバートソン効果), 螺旋軌道を描きながら太陽に落ち込むが、太陽にある程度近づくと昇華が起こり、最終的には太陽の輻射圧により吹き飛ばされてしまう。この吹き飛ばされる直前に一時的に引力と輻射圧による力とが釣り合う状態が実現し、塵粒子の軌道は数百周回にわたって安定となる。このようにダストが一時的に溜ったものがリングとして見えると説明されてきた。しかし、リングを構成する粒子の組成、大きさ、空間分布等、まだ判っていないことが多い。我々は国立天文台と共同で、1991 年 7 月 11 日メキシコでの皆既日食において可視域 4 バンド (波長) でダストによる散乱光の偏光観測を試みた。観測は明るい部分を隠す (コロナグラフタイプ) 望遠鏡を用い、地球大気の散乱光を極力避けるためポポカテペトル山山頂付近、標高 5250 m の地点から行った。その結果、1983 年のインドネシアでの日食で波長約 800nm に最大 17% 観測された偏光が、今回は観測されなかった。実は過去においてリングが観測されないという報告があったが、今まであまり取り上げられな

かった。今回の我々の観測は、太陽ダストリングが時間的に変化することをはっきり示したと言える。これは従来考えられていたモデルでは説明できない現象で、太陽系内の微粒子の運動について再考を求めることとなった。観測データはまだ少ないが、このリングは太陽活動の弱い時に観測さ

れ、活発な時に観測されないという傾向があるように見える。現在我々は、粒子の運動にローレンツ力を考慮することにより、このリングの振舞が説明できるのではないかと考えている。
田辺俊彦（天文学教育研究センター）

