

理学部研究ニュース

●物理学教室の研究・教育に関するレビュー 理学部は長年大学院重点化に向けて努力を重ねて来たが、その願いが一部かなって、去る4月から7専攻が講座化され理学系研究科に移り、来年4月から残りの専攻が同様に大学院講座に移る予定である。

こういう大きな変革の時に理学部の研究・教育の見直しをすることは極めて重要なことであると思われる。大学審議会の答申にもある通り、まず自己評価を行う必要がある。東大では今月発刊の東大白書において研究・教育に関する総合的な自己評価を公表した。

さて、理学部では、企画委員会の審議を経て教授会での議論・了承のもとで、学外者(国内・外の著名な学者)によるレビューを行うことになり、もっとも大きな物理教室から始めることになった。1993年1月11日より14日までこれを実施する。

物理教室の研究・教育の現状を、レビュー委員(外国から4人、国内6人)が実地に視察する。研究・教育の内容だけでなく、設備・人員等総合的にさまざまな角度から評価し、改善すべきことやすでに特色があり、今後さらに生かすべきところ等を報告書にまとめて頂く。物理教室としては今後この厳しい評価を受けて研究・教育のさらなる発展に向けて努力していきたい。

こういう外部の人による評価を大学で行うのは日本では初めてのため、実施前にすでに大きな反響があり、12月3日のネーチャや各新聞で報道されている。我々のレビューを皮切りにして、他の学科・学部や他大学でもレビューが行われ、より良い大学へと発展していくことを望みたい。

尚、1月14日(木)には、レビュー委員による学術講演会が理学部4号館1220号室で朝10時から夕方まで行われる予定である。(講演題目は近く掲示される。参加自由。)

鈴木増雄(物理)

●第一原理的な電子状態理論による走査トンネル顕微鏡の原理の解明 走査トンネル顕微鏡

(STM)は電子のトンネル効果を利用して、表面の原子尺度像を得ることを可能とした画期的な実験法であるがその微視的なメカニズムは明らかではなく、曲率半径が数百オングストローム以上もある探針によってなぜ原子像が得られるのかは大きな謎になっていた。また、探針の原子レベル構造がSTM像に大きな影響を及ぼすが、その詳細はよく理解されていなかった。我々は試料表面と探針の局所密度汎関数法による電子状態の計算をもとにして、これからSTM像と走査トンネル分光スペクトル(STS)を非経験的に構成する方法を開発した。これによって従来解釈出来なかったSTM像の起源を説明し、また探針の効果を明らかにすることが出来た。この計算法では、表面はもとより、探針についても現実的な原子配列構造をもとにした電子状態の非経験的数値計算を実行することにより、STM像・STSスペクトルの詳細な記述を行うことができる。例えば、(111)方位シリコン表面の $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 周期構造の銀の吸着表面で、STM像の正しい解釈からHCTハニカムチェーントライマ模型を確立した。また、頂点に唯一個の原子を残す探針ではトンネル電流がこの一個の原子に集中して原子尺度の像が可能となることを、はじめて明らかにした。トンネル電流は表面の原子構造に敏感で複数の原子から探針頂点が構成されるときには、正常な表面の像はえられない。走査トンネル顕微鏡によって、微視的な電子トンネル過程と関連する様々な興味深い現象、例えば局所的な負性微分抵抗、微視的な領域からの発光、単一電子トンネル過程、吸着分子が透明になる現象などが報告されているが、これらの現象についても理論的な解明が進んでいる。

塚田 捷(物理)

●三角関数の一般化 三角関数の一般化としては楕円関数がよく知られているが、最近、筆者は楕円関数とは別の方向の拡張を構成した。これは、三角関数の直接的な一般化であり、多重三角関数と名付けられる。現在までの主な応用は次のとおり。(1)リーマンのゼータ関数やディリクレのL関数の整数における値のうち不明であったもの ($\zeta(3)$, $\zeta(5)$ など) が多重三角関数の対数として表示される。(2)階数1のセルバーグのゼータ関数の関数等式に現れるガンマ因子を決定でき、多重ガンマ関数の有限個の積になることがわかる。これはプランシエル測度の積分が多重三角関数を用い求められることから従い、プランシエル測度の新しい加法的な公式も与えている。(3)多重三角関数の q 類似を用いてディリクレの類数公式の多重 q 類似などが得られる。

黒川信重 (数学)

●太陽自転と太陽周期の110年周期的変動の発見

太陽の自転は黒点が毎日その太陽面での位置をかえることからガリレオにより発見されている。黒点の位置の変化による太陽自転の研究は今も進展しつつある分野である。自転など、太陽の表面の速度場のベクトル場は測定するのがむずかしい。ドップラー効果で速度場を測る方法は視線方向の成分のみしか実用にはなっていない。従って、速度場のベクトル場をドップラー効果で測定するためには、人工惑星を太陽の周回軌道に3機以上打ち上げない限り可能でない。このようなこともあって、黒点のように太陽のプラズマに埋もれているものを標識としてプラズマの運動を測定する方法は、現在も重要な方法である。この方法により、太陽の自転軸が地球の軌道面に対して7度15分傾いていることもわかり、赤道が極より短い自転周期で速く回転していることもわかったのである。この微分回転とよばれている現象そのものが時間とともに変化するかどうかという問題は、永い間、太陽物理学の懸案であったが、この問いに答えることができるのは、黒点のデータによる方法のみ

である。数十年から数百年の間の記録が存在するのは、黒点のデータのみだからである。今回、かつての東京大学の東京天文台時代から始められ現在の国立天文台に蓄積されている毎日の黒点群のスケッチの1943年-1992年のデータとロンドン近郊のグリニッチ天文台、南アフリカのケープ天文台、インドのコダイカナル天文台の1874年-1976年のデータを解析して、太陽の自転が110年の周期で変動していることがわかった。これは、データの解析に、今までのように現象からの発想のみではなく、理論からの発想をとり入れたため、可能になったものである。私は太陽の自転と対流の流れによる非線形ダイナモ機構によって太陽の磁場が励起され太陽周期も駆動される理論をつくり研究しているが、この理論は太陽周期と太陽の微分回転が長期変動をし、しかも太陽周期と自転の間には時間の遅れをともなった相関が存在するべきことを予言していたのである。実際の解析に際して、この考え方が念頭にあったために、理論では当然調べるべき量である微分回転にともなう角運動量を太陽表面全体で積分した量、 M 、を定義し、黒点データからもとめた自転の結果をもとに計算した M の時間変化を図示すると、驚くような見事さで、太陽周期と自転の長期変動の時間変化を表す曲線が、理論が予言していた20年の遅れ時間をもって一致したのである。このため過去の自転の変動を太陽周期の変動から推測する道が開かれ、太陽自転と太陽周期の変動の時間スケールは110年であることもわかったのである。これは非線形ダイナモ理論で予言し、後に観測データで確認した太陽11年周期の55年周期変動の2倍の時間スケールの変動であり、非線形ダイナモ理論にとっても、あるいは、非線形振動の一般理論にとっても、重要な情報をもたらしてくれるものと期待している。なお、国立天文台の黒点群の位置の膨大なデータの新しい測定法および測定は、本学大学院の留学生であったマスプル・アイニ・カンブリ君によって創案、開発、実行されたものである。本研究は、現在、インドネシアの航空宇

宙局のメンバーになっているカンブリ君との共同研究でもある。

吉村宏和 (天文)

●**微粒子の集積過程** 太陽系の惑星は原始太陽系星雲と呼ばれるガス中のチリ (微粒子) が集積して形成されたと考えられている。しかし、微粒子の集積がどのようなメカニズムでどの程度のタイムスケールで起きたかは良くわかっていない。そこで我々の研究室では、レーザー光の散乱を利用した粒度分布測定装置を使用して、集積過程を研究している。微粒子の集合体はフラクタル的な形状になるのでその散乱光の分布は、コンピュータシミュレーションで求めている。現在は予備実験として、マグネシウムリボンを空気中で加熱してMgOの微粒子を作り、その集積成長過程をレーザー光の散乱パターンの変化からリアルタイムでモニターする実験を行っている。

この様にして実験的に求めた微粒子の集積成長速度を微粒子同士が衝突したときの付着確率をパラメーターとした成長方程式を解いた集積成長速度と比較することによって、付着確率を決定することができる。実験室での状況 (例えば粒子数密度) と、原始太陽系星雲中の状況はかなり違うけれども付着確率は、粒子数密度などに依存しないと思えばこの付着確率を使って原始太陽系での微粒子の付着成長過程が解かるはずである。

実際には、粒子のもつ電荷、粒子の鋳物組成、等々のパラメーターにより付着確率が異なることが予想され、今後はこの様なパラメーターを変えた実験を行って惑星形成の初期段階の解明に役立たいと考えている。

杉浦直治 (地球惑星物理学)

●**西部熱帯太平洋の季節変動—ミンダナオ・ドーム—** 西部熱帯太平洋は海表面温度の最も高い領域として、また複雑な表層海流系の存在する領域として知られ、エル・ニーニョ/南方振動に伴う大気海洋結合擾乱の発生に深くかかわっていると

考えられている。しかし、この海域ではこれまで定期的な観測があまり行われておらず、その季節・経年変動機構については未だに不明な点が多い。そこで、世界的にも高解像度の海洋大循環数値モデルを用いて、同海域における表層海洋、特にフィリピン東方海域に存在する冷水域 (ミンダナオ・ドーム) の季節変動機構を明らかにした。

ミンダナオ・ドームは、北半球の秋から冬にかけて発達する。これは、冬季の強い北東季節風により励起される湧昇流が下層の冷水を汲み上げ、強化された北赤道逆流がこの冷水を東方へ運ぶためである。しかし、冬季の北東貿易風は同時に、日付変更線付近に暖かい赤道ロスビー長波を励起する。これが春になると冷水域へ進入してくるため、ドームは減衰する。すなわち、ミンダナオ・ドームの季節的な盛衰は、アジア・モンスーンに代表される冬季の季節風の影響を強く受けていることが明らかとなった。このような季節変化の経年的な違いが短期気候変動と密接に関連している可能性がある。同海域の経年変動機構を解明するための解析は、現在進行中である。

升本順夫 (地球惑星物理学)

●**フラーレン超薄膜のエピタキシャル成長** サッカーボール形をした安定な炭素クラスターであるC₆₀が発見され、更にその結晶にアルカリ金属をドープすると超伝導性を示すことが報告されて以来、C₆₀を始めとする球殻構造を有する炭素クラスター、フラーレンに大きな注目が集められている。その特異な物性の解明、新物性発現の追求には、良質の単結晶薄膜の作成が望まれているが、フラーレン結晶は、10Åという大きな格子定数を有するので、格子整合条件を満たす基板結晶を得るのがむずかしく、従来の手法では良好な成長は望めなかった。しかしフラーレン結晶はファンデアワールス力で結合した結晶であるので、大きな格子不整合を有する層状物質間のエピタキシャル成長に特に有効な手法として我々が開発した、ファンデアワールス・エピタキシー法を用いれば

その実現が可能であると期待される。最近我々はこの方法を駆使して、層状物質である 2H-MoS₂ 及び GaSe の劈開面上に、C₆₀ 及び C₇₀ の良好なエピタキシャル超薄膜を成長させることに成功した。この成功により、より高温の超伝導転移温度が期待されながら、ドーピングがむずかしいアクセプタ不純物のドーピングを、不純物層とフラーレン層との交互積層成長により可能とするなどの、新しい発展が期待される。

小間 篤 (化学)

●増殖細胞は、周期的にDNA複製と細胞分裂を繰り返す 近年、細胞分裂に至るいくつかのステップ (染色体の凝集、核膜の崩壊、分裂装置の形成など) の制御に、タンパク質リン酸化酵素および脱リン酸化酵素が関与していることが明らかにされてきた。一方、DNA 複製の制御に関しても、タンパク質のリン酸化、脱リン酸化が重要な役割を演じるということを示唆するデータが提出されているが、制御機構の詳細は不明である。

アフリカツメガエル初期胚は、高い DNA 複製能を持ち、短時間のうちに多くの細胞に分裂する。また、ツメガエル卵を遠心機にかけて押しつぶすことによって得た抽出液は、もはや細胞としての形態を全く保っていないにもかかわらず、無傷の卵細胞と同じように周期的に DNA の複製を繰り返すことができる。筆者らは、DNA 複製に関わる諸因子をツメガエル卵から精製し、細胞周期に伴う活性変動について調べている。さらに、卵抽出液中に DNA 複製の開始に関わる新しい因子を見だし、現在この因子の精製を行っている。卵抽出液の系を用いて、これら諸因子の細胞周期に伴う活性制御の機構を調べることによって、DNA 複製の制御機構が解き明かされることが期待される。

室伏 擴 (生物化学)

●パラクライン型の成長因子とその受容体の多様性と多細胞動物界におけ普遍性 多細胞生物が成

立する過程 (発生、分化) や生物体の維持には多種類のホルモンや成長因子が必須である。そのうち、分泌する細胞と標的となる細胞とが近傍に存在するタイプ (パラクライン型) の一つである繊維芽細胞成長因子 (FGF) は、中胚葉と外胚葉由来の細胞に、細胞膜に存在するチロシンキナーゼ受容体 (FGF 受容体) を介して作用する。FGF と FGF 受容体には分子多様性がある、すなわち、ともに複数の類似した分子 (少なくとも 7 種の FGF と 4 種の FGF 受容体) があり、生体内で複雑にクロストークしながら機能している。このことは、哺乳類に限らず、脊椎動物全体に当てはまるらしいことが、両生類 (アフリカツメガエル) や魚類 (メダカ) の FGF 受容体の遺伝子を調べてみた結果からわかった。更に、進化的には大きく離れた節足動物であるショウジョウバエの遺伝子を解析した結果から、FGF 受容体は多細胞動物界に広く分布しており、同じような発生分化過程での機能を持つことが明らかになりつつある (しかし、ショウジョウバエの遺伝子はもう少し単純で、2 種の FGF 受容体が存在するだけである)。非常に複雑な細胞間コミュニケーションを伴って繰り返される発生分化過程が、そのキーを握る分子の動態とともに少しずつ理解されようとしている。

榎森康文, 11 月 (生物化学)

●高エネルギーリン酸結合を運ぶ分子シャペロン アブラムシ (アリマキ) の共生バクテリアは細胞内にあるとき、一種のストレス・タンパク質であるシンピオニンを選択的に合成している。シンピオニンはシャペロニンと呼ばれる分子シャペロンの一員で、共存する他のポリペプチドに正しい高次構造をとらせる機能をもっている。最近、シンピオニンは他のタンパク質の存在しない条件下で ATP からガンマ位のリン酸基を受けとり、自らをリン酸化する活性をもつことが明らかになった。また、このようにして得られたリン酸化シンピオニンを ADP と反応させると ATP の再生がみら

れた。さらに、シンビオニンをATPおよびGDPとインキュベートするとGTPが生成することもわかった。これらの実験結果は、細胞内のシンビオニンがキナーゼおよびリン酸基転移酵素として働くばかりでなく、それらの反応において自らが高エネルギーリン酸結合を運ぶ、安定な中間体として機能することを示唆している。興味深いことに、シンビオニンとアミノ酸配列で85%以上の同一性をもつにもかかわらず、大腸菌のシャペロニンであるGroELタンパク質にはこのような活性はみられない。ちなみに、リン酸化されるとシンビオニンのシャペロニン活性は数倍に上がることもわかっている。細胞内共生における分子間相互作用を解明する上でも、シャペロニン作用の分子機構をさらに理解する上でも、シンビオニンのリン酸化・脱リン酸化機構の研究はブレイクスルーとなるであろう。

森岡瑞枝, 石川 統 (動物)

●真核生物のゲノム中には数塩基の配列が直列に反復している単純反復配列が存在する 最近の研究により、これら単純反復配列の繰り返し回数に個人差が見られることが明らかにされた。また多数の対立遺伝子が存在することによって、従来の多型性蛋白はもちろん、近年非常に多く報告されてきた制限酵素切断部位の有無による多型性DNA領域に比べても非常に高いヘテロ接合度を示す。従って、これらを遺伝標識にもちいることにより詳細なヒトゲノム地図(連鎖地図)を作成することが可能なばかりでなく、個人識別や集団の類縁関係などの解析において従来の遺伝標識に比べて非常に密度の濃い情報量が得られるようになった。更に驚くべきことに、ある単純反復配列では日本人とコーカソイド集団は全く異なる対立遺伝子から構成されていた。今後、この遺伝標識は集団内ならびに集団間の構造の解明に非常に有力な手段として活躍するであろう。

黒崎久仁彦, 渡辺裕二, 太田博樹, 植田信太郎 (人類)

●顔面形状入力 本研究は、人間の顔面の3次元形状を解析することにより、人物の同定や表情の解析を行って、人間とコンピュータとの表情レベルでの直接コミュニケーションを実現するものである。このようなシステムの重要な要素技術の一つは、顔面形状の入力手段である。顔面は、眼、鼻など以外の部分は、濃淡や色彩などの特徴が少ないために、従来の手法では特徴同定が困難であった。我々は、3次元起伏形状情報の時間変化の入力を可能にしたライティングスイッチフォトメトリ法という方法を考案した。この方法は、異なる方向から複数の光源を高速に切替えながら顔面に照射し、その反射光をビデオカメラで撮影する。さらに得られた画像情報を元に、反射率関数を解き時間的補正を加え各点の法線を求め、これを積分することにより、3次元形状を復元する。この手法により、頬や額に現れるしわなどの3次元形状情報の入力が可能になり、人間の微妙な表情の認識が可能になる。この成果は、スイスのジュネーブで開かれた国際会議「Computer Animation '92」(平成4年5月20日から22日)で発表された。

國井利泰, 佐治 斉, 日置尋久, 品川嘉久, 吉田研秀, 11月 (情報科学)

●LEP実験最新の話 欧州原子核研究機構(CERN, ジュネーブ)の大型電子・陽電子衝突装置(LEP)は運転開始以来4年目になるが、ますますその性能をあげてきている。LEPには、素粒子物理国際センターが参加している国際協同実験OPALの他、計4つの実験があり、昨年までに合わせて約200万例のZ⁰粒子生成を記録したが、今年はこれに約300万例を加えた。今までに、“素粒子の世代数を3と決定”、“素粒子の標準理論の詳細検証”など多くの成果が得られているが、この膨大なデータをもとに、未発見のトップクォークの質量の算定(110~160GeV)、質量の起源に係わるヒッグス粒子の質量の下限の決定(60GeV以上)などがなされた。この他、タウ

粒子の崩壊にまつわる“謎”—標準理論から期待されるタウ粒子の質量と寿命とレプトンへの崩壊分岐比との関係式が破れている—についても、LEPでの寿命とレプトンへの分岐比の新測定と、北京のBEPCでのタウ粒子質量の高精度測定とを合わせると、この食い違いは次第に薄まってきたようである。ごく最近のLEPの話題としては、 Z^0 粒子が2つのレプトンと2つの光子に崩壊する事象の2つの光子の不変質量分布で、60GeVにピークが見られるとの報告があった。これが本

物ならば、今までの理論ではまったく説明のつかない非常に奇妙な新粒子という事になるが、まだ統計が少ない為確定的でない。来年は更にLEPの性能が上がり、統計も今までの2倍以上集められると期待されているので、この“奇妙な新粒子”が実在するか、あるいは統計のいたずらであったか判明するであろう。LEPは今から2年後には、ビームエネルギーを2倍以上に高め、W粒子対発生、新粒子探索などの研究を行う予定である。小林富雄、11月（素粒子物理国際センター）