

シンポジウム報告

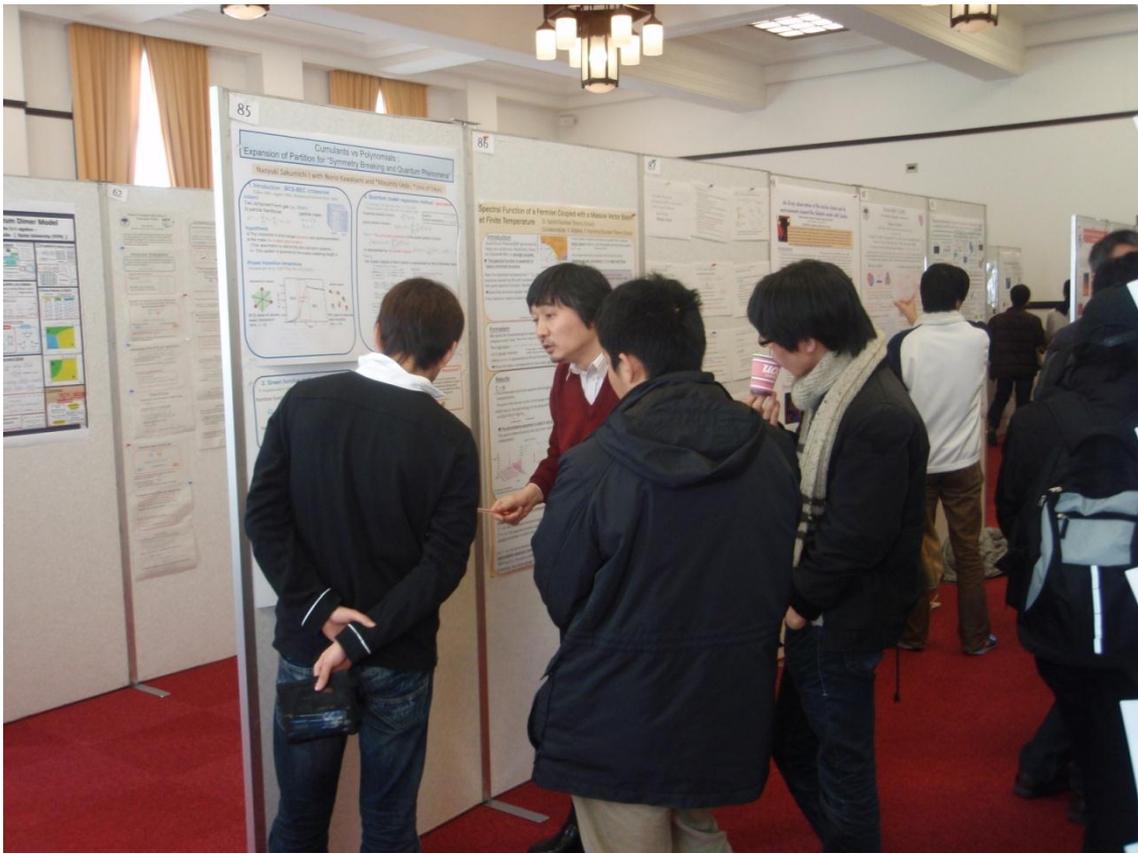
GCOE 第 2 回シンポジウム「対称性の破れと量子現象」

Symmetry Breaking and Quantum Phenomena

GCOE 第 2 回シンポジウムが 2 月 15 日から 17 日の 3 日間、京都大学百周年時計台記念館にて開催され、200 名を超える参加登録者と国内外からの招待講演者により盛況を博しました。

今年度は招待講演者としてそれぞれ高エネルギー物理学、宇宙物理学、物性物理学の著名な研究者である三田一郎さん、David Wands さん、Andrew J. Schofield さんを迎えるとともに、本学で理学博士号を取得後科学翻訳家として活躍されている青木薫さん、大学院で素粒子実験に携わられた後現在は東京大学で科学コミュニケーションの専門家として活躍している横山広美さんを迎え、研究活動のみならず科学と社会の関わり方など、多彩な方面からの講演が行われました。16 日の懇親会では、参加者間で分野を超えた交流がなされていました。また連日行われたポスターセッションでは、学生やポスドク研究員などにより 100 を超える発表が掲示され、活発な議論がなされました。

以下は、プログラムに沿った、講演の簡単な報告です（敬称略）。各報告はシンポジウムに参加したポスドク研究員の方々にご協力頂きました。括弧内は各報告者のお名前です。（報告統括：中村 真）



ポスターセッションの様子

15日 国際セッション

シンポジウム初日は海外からの講演者を含む国際セッションであり、全ての講演は英語で行われました。川合光 GCOE リーダーによるオープニング挨拶の後、高エネルギー物理学、量子臨界現象に関する招待講演が行われ、午後の後半はポスター発表やポスドク研究員による研究報告がなされました。

午前：高エネルギー物理学セッション

特別招待講演

三田一郎 「The road to detecting large CP violation in B decays」

To describe our world correctly, the equation governing the quantum mechanics requires a complex number. The 'complex conjugate' of a particle corresponds to an antiparticle. The problem, why we see (almost) only the

particles in the Universe, is related to CP violation. Because of its complex nature, the amount of violation is parameterized by a phase, and the Standard Model has the room for CP violation, as the analysis of Kobayashi and Maskawa has suggested. We have precisely measured the CP violation in K meson via interference experiments, and now the challenge is for B meson sector, consisting of the second heaviest quark b. However, one immediately meets a difficulty because B decays around the lifetime of B, around picoseconds, is too short to observe. Oddone has suggested that if we collide the B-meson beams asymmetric in energy, we can see B meson of longer lifetime. KEKB was successful experiment to discover the large CP violation of B decay to ψ and K_s mesons. It proves the validity of KM theory but quantitatively not sufficient to explain the baryon asymmetry of the Universe. (Kang Sin Choi)



講演をする三田さん

中家 剛 「The First Neutrinos in the T2K neutrino oscillation experiment」

中家氏には、2009 年から稼働を始めた長基線ニュートリノ振動実験 T2K (Tokai to(2) Kamioka) の現状と今後についての講演を行って頂きました。ニュートリノ振動現象とは、飛行中のニュートリノの種類が飛行距離と共に周期的に変化する現象の事で、1950年代に理論的に予言され90年代になって実験的に確認されました。講演ではまず、これまでの太陽、大気ニュートリノ観測と長基線、原子炉ニュートリノ振動実験によって分かったことがレビューされました。その後 T2K 実験の測定器や加速器について分かりやすい説明があり、T2K ではこれまでよりも高精度でニュートリノの質量と混合を決定出来る事が説明されました。最後には、電子ニュートリノへの振動やレプトンによる CP 対称性の破れといった新発見の可能性についても述べられました。(下村 崇)



講演をする中家さん

David Wands 「Cosmological Structure from Quantum Fluctuations」

Edwin Hubble's remarkable discovery that our universe is expanding and that distant galaxies move away from us at a speed proportional to their distance allow us to build 3-dimensional maps of galaxies in our universe.

For instance, the Sloan Digital Sky Survey has mapped one million nearby galaxies. One can look even further back in time by using the cosmic microwave radiation that permeates outer space. This radiation has a black body spectrum of temperature approximately 2.7K everywhere. However, there are small fluctuations of one part in 100,000 which have been first measured in 1994 by the Cosmic Background Explorer satellite and more recently to a much better accuracy by the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe satellite. It is believed that these tiny primordial fluctuations were the seeds for the large scale structure of the galaxy distribution that we observe in the present universe. Prof. Wands explained that the primordial fluctuations originated from quantum fluctuations during a period of inflation driven by a self-interacting scalar field in the very early universe. Inflation may also have produced a background of stochastic gravitational waves. The recently launched Planck satellite, with its improved sensitivity, might observe these gravitational waves as well as non-linear effects in the primordial fluctuations. Prof. Wands concluded that we live in a golden era for cosmological discovery! (Frederico Arroja)



質疑に答える Wands さん

午後：量子臨界現象セッション

特別招待講演

Andrew J. Schofield 「Quantum Criticality and the Quest for New States of Matter」

Drawing parallels with the search for emergence at ever higher energy scales, Andrew Schofield from Birmingham spoke to us about studies of quantum criticality and its universality at low energies. Phase transitions exhibit universal behaviour, with the microscopic details merely selecting which of several types of behaviour the system will exhibit. Bridging the microscopics to the universal macroscopic behaviour can be a particular challenge near quantum phase transitions.

Ordinary phase transitions are driven by thermal fluctuations and involve a change between an ordered state and a less-ordered state. At zero temperature, where thermal fluctuations cannot exist, a fundamentally new type of transition, exhibiting new types of universality, is found -- quantum criticality. The usual macroscopic approach, an order parameter describing the ordering that occurs, cannot fully describe the system, in part because entropy considerations require that one form of order be supplanted by another.

Dr. Schofield proceeded to discuss some of the curious phases that have been observed near quantum phase transitions, including a number of "dark phases" which have some form of order that nobody has been able to identify. Showing concepts sloshing back and forth between the condensed matter and high energy physics communities, he offered some speculation on where we might look for explanations of the mysteries of quantum criticality. (Darren Peets)



質疑に答える Schofield さん

田中耕一郎 「Terahertz Optical Spectroscopy - electron-hole plasma in solids and non-linear phenomena」

本講演では、テラヘルツ分光とその特徴を生かした最近の研究を紹介する講演が行われた。テラヘルツとはサブミリ波長をもつ周波数帯を指し、技術的要因によりこれまで未開拓の周波数領域であった。テラヘルツ波は生体の大部分を占める水分子の運動や、電子 - ホールペアのモット転移といった、幅広い領域の研究に応用可能であり、これまで明らかにされていなかった新たな物理が現れることを期待させる印象を受けた。また、テラヘルツ波をもちいたイメージング技術についての紹介もなされ、デバイス開発を含め今後の更なる発展が期待される内容であった。(中井祐介)



講演する田中さん

前野悦輝 「Symmetry Breaking and Topological Quantum Phenomena in Superconductors」

超伝導における対称性の自発的破れとトポロジカル量子現象に関する講演が行われた。講演者は、最初に南部 (Nambu) 氏の提唱された素粒子領域の対称性破れと比較した上で、転移温度 T_c に発生する超伝導の様々な対称性破れ現象、即ち異方的超伝導を総説された。詳細な展開には、クーロン相互作用 (反発エネルギー) による p 波、d 波など非 s 波ペアの発生、並進対称性の破れによる FFLO 状態、空間反転対称性の破れから現れる NCS (非中心対称) 超伝導、及びスピン回転対称性破れと時間反転対称性破れなど多角度から豊富な物理現象を次々と紹介された。特にスピン対称性の破れに伴うスピン 3 重項ペア形成と奇パリティ超伝導波動関数に関して、自らの研究結果としての Sr_2RuO_4 超伝導材料の高質単結晶成長方法及び Pb との接合による干渉実験の結果を詳しく説明された。最後は超伝導のトポロジカル量子現象として、 $^3\text{He-A}$ 超流動状態と Sr_2RuO_4 超伝導状態中の Half-quantum-vortex (HQV) 現象について述べられた。(鄭 仰東)



講演する前野さん

午後後半：ポスドクセッション

日高 義将 「Cold and dense QCD matter」

Antonino Flachi 「Black Holes in the LHC era」

森田 英俊 「Universality of low-dimensional macroscopic motions within high-dimensional conservative chaos --Hamiltonian systems and two-dimensional turbulence」

中里 健一郎 「Nuclear shapes at subnuclear densities: analogy with polymer system」

Markus Kriener 「Superconducting Diamond - About superconductivity in doped wide-gap semiconductors」

大谷 一人 「High energetic ion beam generation with intense ultrashort laser irradiation」

ポスドクセッションでは、GCOE 参加研究室に所属する各分野のポスドク 6 名が、最近の研究成果に関する講演を行った。日高氏はクォーク・グルーオン

の高密度の系において生じるカラー超伝導やクォーク物質などの、興味深い相構造について発表した。Flachi氏は、我々が通常認知していない第5の方向が存在した場合における、LHC加速器実験によるブラックホール生成の可能性について発表した。森田氏は大自由度Hamilton系に現れる巨視的低次元集団運動と、2次元乱流の巨視的な非定常流について述べ、それらの普遍性について議論した。中里氏は高密度状態における原子核の変形を、高分子のブロック共重合体における形状変化の物理を応用して予測・説明する試みについて発表した。Kriener氏は、ドーピングされた広いギャップを持つ超伝導体に関する最近の実験的研究に関する報告をした。大谷氏はレーザーを用いて高エネルギーイオンビームを生成する実験技術に関する最近の研究成果を発表した。(中村 真)



大谷さんの講演

2月16日

午前前半セッション：クォーク多体系の新しい存在形態の探求

福嶋健二 「Symmetry breaking in hot and dense QCD」

強い相互作用を記述する量子色力学(QCD)の有限温度、有限密度での相構造の解明はハドロン物理の大きな課題の一つである。この相構造の解明の鍵となるのが QCD の持つさまざまな対称性である。格子 QCD の解析によるとゼロ密度有限温度では、イラル相転移と非閉じ込め相転移の温度はほぼ同じである事が示されている。この相転温度は有限密度では分離しその間に新しい相が実現する可能性も指摘されている。QCD の相構造を実験的に解明するための実験がアメリカブルックヘブン国立研究所の相対論的重イオン加速器(RHIC)で行われておりこれからさまざまな場所で行われる。また、QCD の持つ離散的な対称性である P 及び CP 対称性はトポロジカルな効果よって破れていても良い（観測ではその破れは極めて小さく、強い CP 問題と呼ばれる）が、RHIC では、原子核の衝突によって強い磁場が発生する場合があります、その磁場によってこのようなトポロジカルな効果（カイラル磁気効果）が観測される可能性がある。この効果についての実験解析が RHIC で進行中である。（日高義将）

四日市悟 「核物質中の中間子質量測定とカイラル対称性」

媒質中でカイラル対称性がどのように回復するかどうか明らかにすることはハドロンの質量生成のメカニズムを解明する上で重要な課題である。本講演の内容は、ベクトル中間子のスペクトル変化の測定による核物質中のカイラル対称性の回復の実験的解明である。高エネルギー加速器研究機構でのレプトン対の測定結果は ρ 中間子に統計的に真空の分布では説明できない優位な差がある事を示した。また、 ϕ 中間子の実験でも同様な結果が得られている。この差がカイラル対称性の回復に伴うベクトル中間子の質量が変化によるものなのか、それとも核子との散乱によるスペクトルの幅の広がりによるものなのかを特定するにはさらなる実験および理論的解析が必要である。これから行われる J-PARC の実験では、スペクトルの運動量依存性や原子核のサイズ依存性を調べる事でより精細なカイラル対称性の回復のシグナルを観測する事ができるであろう。（日高義将）



四日市さんの講演



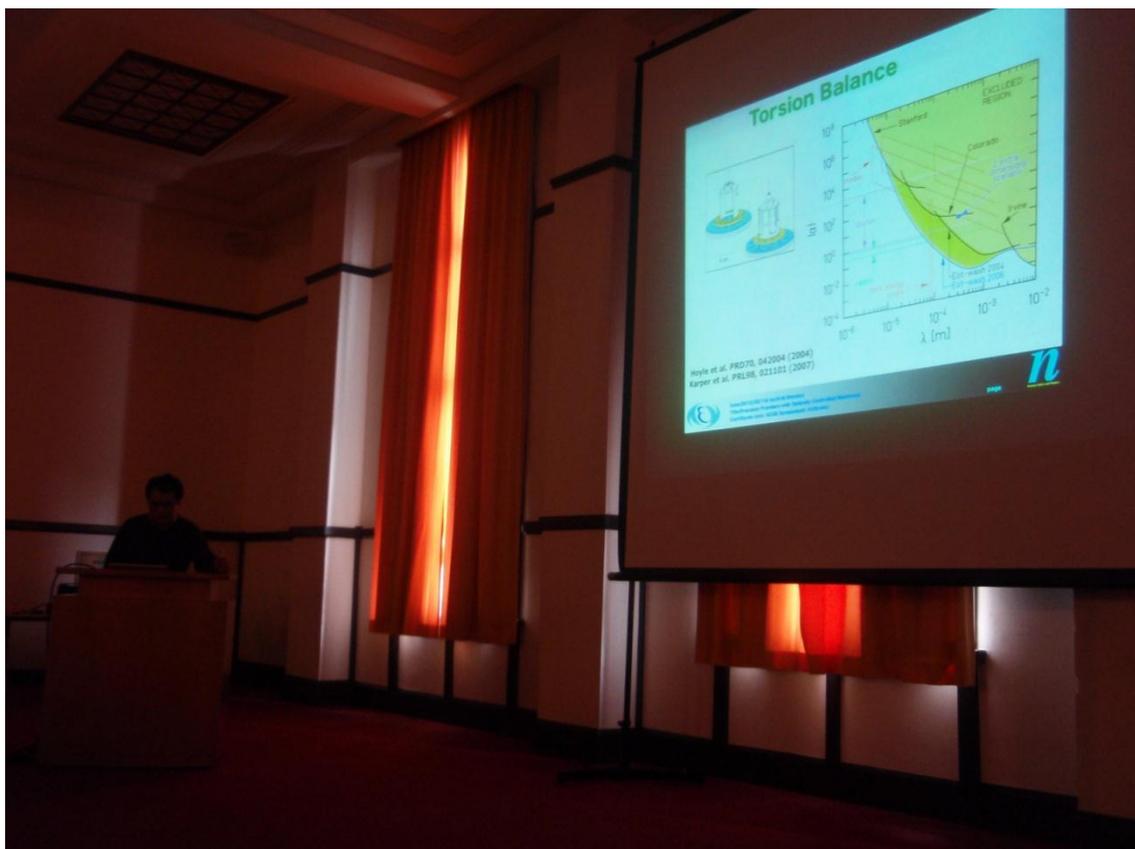
コーヒープレークの様子

午前後半セッション：原子を用いた量子情報、基礎物理の探求（光・原子実験と素粒子対称性理論との融合）

清水裕彦 「中性子光学が拓く科学」

KEKの清水裕彦氏は「中性子光学が拓く科学」と題した講演を行った。相互作用の弱い中性子は物質を調べる上で重要な役割を担う。中性子源から効率よく中性子を引き出し、整形する技術を中性子光学と呼ぶ。中性子光学の発展と加速器の利用により、測定の精度は着実に向上しているという。基礎物理に対しては、中性子を利用して、「永久電気双極子モーメント (Electric Dipole Moment) ;

EDM) が存在すること」、また、「EDM の値が標準理論で予言される値より大きいこと」を実験で実証する試みが続けられている。清水氏は J-PARC で利用できる中性子源の特徴（ピーク強度が高い）を活かした EDM の測定方法の提案について詳しく解説した。X 線が広く利用されているように小規模の中性子源を（学部単位で）導入し研究を進めれば、基礎科学および物質科学により多くの貢献できることが強調された。（並木 亮）



清水さんの講演

午後前半：特別講演

青木薫 「科学翻訳家のしごと」

翻訳とは、他言語で表現されているものを日本語で表現しなおして日本人に伝える仕事、広く捉えると何か異なる分野・世界に存在する知を別の世界へと伝える仕事である。翻訳の難しさとして言語のもつ文化的背景の違いがあるが、科学翻訳ではある程度共通の背景があるので比較的易しい。科学者には科学的手法で得られた知識を社会へ伝達することが求められているが、この場合にも

双方の持つ背景・常識の違いは障害のひとつとなる。社会から科学を誤解されないために、科学の世界における背景や常識、たとえば「科学的手法によって得られる知には誤差がある」というようなことを示しておくことが重要だということを述べられた。これは、我々研究者が社会へ情報発信していくにあたって常に心にとめておくべき事であろうと思う。(戸田 亮)



盛況を博する青木さんの講演

横山広美 「理系研究者と社会のコミュニケーション」

横山氏は「素粒子実験から科学コミュニケーションの世界へ」と題して、ご自身の幼少の頃から現在に至るまでのいきさつや、現在の専門である科学コミュニケーション・広報活動に関する話を、楽しいエピソードを交えて紹介された。特に一般の人々への科学広報の難しさの例としてツバルの例を紹介され、「ツバルは温暖化によってではなく、沼地に家を建てたことが原因で沈下している。しかし、それが温暖化の象徴のように用いられてしまっている。科学広報はそのような所に持って行かないことが大切。」と語られたのが印象深かった。

またご自身の姿勢として「スキーのように前のめり」と語られた横山氏の積極的な姿勢を見習いたいと感じた。(中村 真)



講演をする横山さん

午後後半：教育関連セッション 「キャリアパスについての討論会」

本セッションではキャリアサポートセンター長、鱸淳一氏の、京大におけるキャリアサポートに関する説明の後、アカデミックポスト以外の就職を決めた4人の卒業生の自己紹介と進路のアドバイス、パネルディスカッションが行われました。鱸氏は博士課程、PD に関する就職は非常に厳しい現実があると報告してくださいました。博士課程修了者は年々増えていますが、アカデミックポストが増加傾向にない上に、加えて産業界も乗り気ではないとのこと。ですがキャリアサポートセンターではカウンセリング、企業の情報収集、新規開拓、マッチングセミナー、研修、シンポジウム等、積極的に動いていると報告してくださいました。続いて行われた卒業生の発表では、海外で就職、外資系、ベンチャー等の年齢にこだわらず能力重視の職場に目を向けてはどうか、また産総研では毎年10名程度の募集がある等の具体的な提案と、高校で教鞭をふる

っている傍ら、研究も続けていること等の参考になる話が発表されました。(株木 重人)



パネリストの皆さん

2月17日

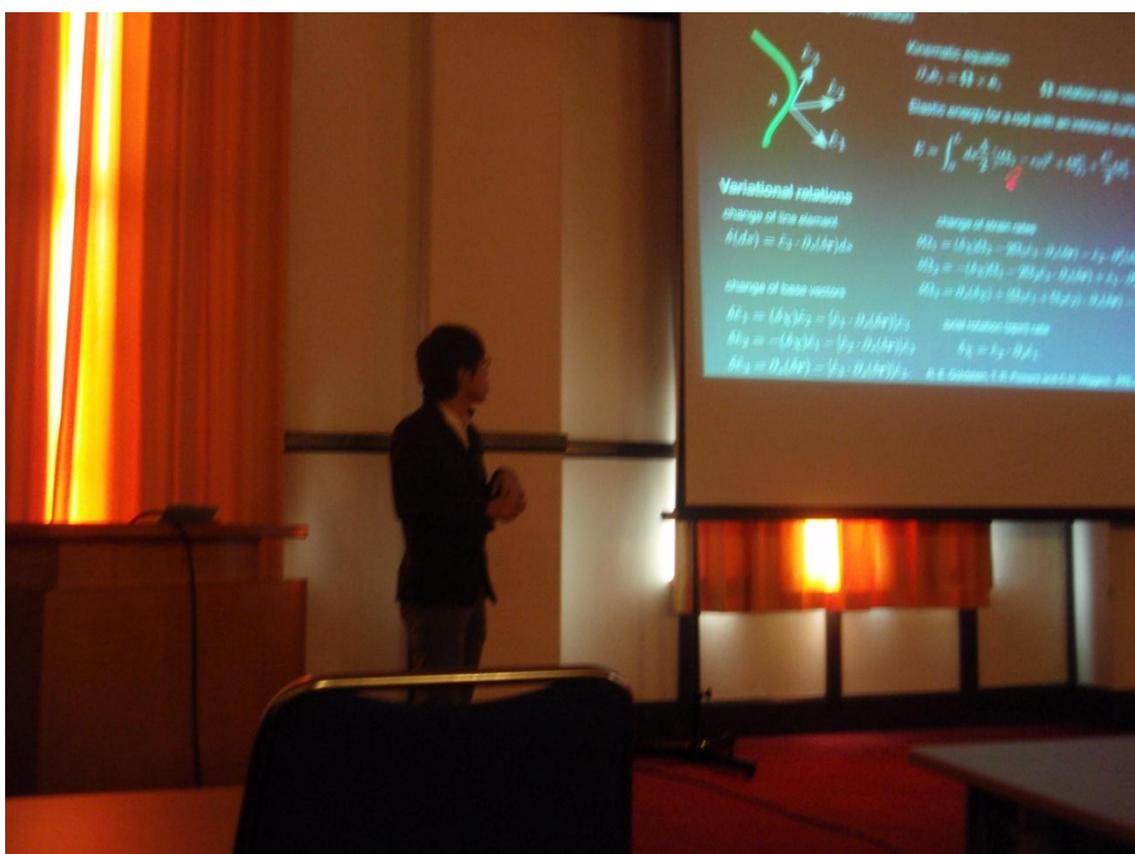
午前前半セッション：非平衡開放系のダイナミクス（宇宙プラズマ現象から生命現象までを網羅する）

和田 浩史 「Spontaneous and Active Symmetry Breaking in Living Systems」
山本 潤 「やわらかな物質のナノ構造と揺らぎ」

和田氏は、生物に見られる対称性の破れに関する二つの研究を紹介した。第一に、植物の蔓の巻きかたが、自発的な対称性の破れとして、第二に、バクテリアのベン毛が能動的(active)な対称性の破れとして、それぞれ説明できることを示した。

山本氏は、液晶の基本的な性質を導入したのち、液晶分子がカイラリティをもつときに現れる新しい相について説明し、そこへの相転移について議論した。さらに分子マニピュレーションやナノミセルといった工学的応用についても言及した。

両講演とも、研究対象として必ずしも馴染みがない聴衆も多かったようであるが、対称性の破れや超伝導とのアナロジーという、物理学に共通・普遍的な説明がされていたため、その観点からの質疑応答が行われていた。(森田 英俊)



講演する和田さん

午前後半セッション：新量子凝縮相の物理・量子線ビームによるイメージング科学の開拓（素粒子実験技術で物質・生命現象を捉える）

遠山貴巳 「高温超伝導の舞台：銅酸化物系と鉄砒素系」

米澤進吾 「Superconductivity and magnetic fields - competition and interplay」

高須洋介 「Sub-Radiant 状態分子の観測」

遠山氏の講演では銅酸化物超伝導体と最近新たに発見された鉄系超伝導体と

いう二つの物質を取り上げ、それらの相違点、類似点という観点に立った紹介がなされた。二つの系に共通する超伝導と磁性の競合という現象は、さらに高エネルギー物理との類似性もあり、その点に関して議論がなされた。米澤氏は超伝導が磁場といかに折り合いを付けるかについて、軌道の効果、スピンの効果に分類し基礎的な導入から最新の実験結果まで幅広く紹介した。この講演後にも化学ポテンシャルがちがう二つのフェルミ粒子間の超伝導という点に関して固体物理の垣根を越えた議論がなされた。高須氏は 2 原子分子のレーザー冷却について紹介した。これまでの単原子を冷却する場合と違い多くの技術的挑戦が要求されるが、十分な数の分子が得られた暁には多くの物理を解明する舞台となることが期待される。(井原 慶彦)



講演する米澤さん

午後前半セッション：極限天体・最遠方天体の探査研究と新しい宇宙像の構築

長田哲也 「近赤外線偏光観測で探る銀河系中心部と巨大ブラックホール Sgr A*」

鶴 剛 「X線衛星で探る銀河系中心部」

長田氏の講演では、銀河系の中心にある超巨大ブラックホール Sgr A*と、中心領域における磁場構造についての観測結果の紹介があった。Sgr A*の明るさと偏光の時間変動は、ブラックホールを周回するホットスポットによる、という指摘がなされた。また磁場構造は、銀河面から離れるにつれトロイダルからポロイダルに変化している、という結果を示された。

鶴氏は、すざく衛星の観測で明らかになってきた Sgr A*の過去の活動について講演された。輝線強度や吸収の強さ、光度の時間変動などから、分子雲と相関のある中性鉄輝線(6.4keV)で見えているものは X 線反射星雲であることが明確になった。Sgr A*が照射源であるならば、X 線反射星雲の 3 次元構造を観測から決めたことによって、過去 800 年にわたる Sgr A*の明るさの変動が理解できるようになった。(西山 正吾)



講演する長田さん

午後後半セッション：BIEP での派遣・招聘された学生や PD による体験談

Jose Fonseca 「Exchange experiences abroad 」

村瀬 孔大 「海外での研究生活の面白さと BIEP による海外派遣で得たもの」

双方向滞在型国際交流プログラム (BIEP) の活動が 2 件紹介された。Portsmouth 大学の Fonseca さんが 3 ヶ月間京都に滞在し DBI インフレーションモデルに関する研究を行い、また京都大学の村瀬さんが米国ラスベガスとペンシルベニアにそれぞれ 1 ヶ月滞在してガンマ線バーストとマグネターに関する研究を行った。BIEP は大学院生が海外研究所の空気を経験し、語学のみならず研究の視野を広げるよい機会である。また、訪問先で新たな研究テーマや共同研究のきっかけなど、二次的な成果の可能性が紹介された。(大谷 一人)

総括・ポスター賞発表 佐々木節

シンポジウムの締めくくりとして佐々木節さんより総括があり、最後にポスター賞受賞者の発表がありました。受賞された学生・ポスドク研究員にはポスター賞として南部陽一郎先生のサイン入り著書が贈呈されました。受賞者の方々と発表題目は以下の通りです。

安東 正樹 「Short-range gravity experiment」

畔柳 竜生 「Large N reduced models from modern viewpoints」

秦 重史 「Synchronization of Uncoupled Oscillators by Common Gamma Impulses, From Phase Locking to Noise-induced Synchronization」

日高 義将 「Novel diagrammatic method for computing transport coefficients」

池田 昌浩 「Structural Analysis of Turbulence-like flow in Counter Optimal Velocity Model」

大川 博督 「High-velocity collision of two black holes」

佐藤 大輔 「Spectral function of a fermion coupled with a massive vector boson at finite temperature」

柴田 康介 「Toward addressing and imaging of neutral atoms with wavelength resolution」

Kiki Vierdayanti 「X-ray spectral variability in the ultraluminous X-ray source Holmberg IX X-1」



名前を呼ばれ参集するポスター賞受賞者の方々

原稿としては以上ですが、以下に、状況に応じて使用可能と思われる写真を添付いたします。いずれもポスターセッションの様子を撮影したものです。





