

エンドサイトーシス初期過程における小胞運動の解析

秋山 信治、宮田英威

東北大・院理・物理

真核細胞は細胞外部の物質を小胞内に取り込んで細胞内部へ移送するエンドサイトーシスという機構を持つ。この小胞の輸送過程では、アクチンフィラメントと微小管といった細胞骨格に依存した 2 つの輸送システムが必要と考えられている。しかし、両輸送システム間の関係についてはよく分かっていない。そこで本研究では薬剤によって細胞骨格を破壊し、再び回復させるといった処理をした時の小胞運動の性質の変化を解析し、両輸送システム間の関係について検討した。

小胞を可視化する為に、CHO-K1 細胞に水溶性の蛍光色素 Lucifer Yellow (LY)を含む培地を 3 分間取り込ませ、洗浄後の適当な経過時間において落射蛍光顕微鏡法で 1 分間観察を行なった。その結果、洗浄後 4 分の観察において、薬剤未処理の細胞における小胞運動の速さの平均 ($\langle v_{max} \rangle$) は $0.74 \mu\text{m/s}$ であり、速さの最大値が $1.0 \mu\text{m/s}$ 以上の小胞の割合 ($R_{>1.0}$) は 24 %であった。これに対し、アクチンフィラメントの脱重合化剤である cytochalasin B (cyto-B)を処理した細胞では、 $\langle v_{max} \rangle$ は $0.26 \mu\text{m/s}$ に、 $R_{>1.0}$ は 1.8 %に減少した。しかし cyto-B を除去することで、これらの値は直ちに薬剤未処理の場合と同程度にまで回復した。一方、cyto-B と微小管の脱重合化剤である nocodazole を共に処理した細胞では、 $\langle v_{max} \rangle$ は $0.11 \mu\text{m/s}$ となり、 $R_{>1.0}$ は 0 %であった。さらにこの状態から cyto-B のみを除去したところ、 $\langle v_{max} \rangle$ は $0.16 \mu\text{m/s}$ に増加したが、 $R_{>1.0}$ は 0 %のままであった。このことから小胞はアクチンフィラメントのみでは比較的ゆっくりとした運動をし、微小管に依存して $1.0 \mu\text{m/s}$ 以上の速さの運動をすると考えられる。さらに、微小管は破壊せず、アクチンフィラメントを破壊することによって $R_{>1.0}$ が減少したことから、エンドサイトーシスの初期過程において、アクチンフィラメントが微小管に依存した小胞輸送を促進することが示唆された。

K a m L A N D実験におけるニュートリノ振動の研究

池田 晴雄

東北大学大学院理学研究科 物理学専攻

K a m L A N D実験とは、1000トンもの液体シンチレーターを用いて平均180km離れたところに存在する原子炉で発生している反電子型ニュートリノを観測する実験であり、現在も岐阜県飛騨市で観測が行われている。ニュートリノ反応は遅延同時計測法をもちいて探索される。この方法はバックグラウンドが非常に少ないため高品質なデータをえることができる。今回515日分のデータを解析したところ258個のニュートリノ反応を観測したが、これは予測されたニュートリノイベント数365.2個よりも少ないものであり、ニュートリノが減少したという統計的な信頼度は99.998%であった。また世界ではじめて原子炉反ニュートリノのエネルギースペクトルにゆがみが観測され、これの統計的な信頼度は99.6%であった。これはニュートリノ振動現象によって説明することができ、ニュートリノ振動の解としては $\tan^2 \theta = 0.46$, $m^2 = 7.9 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$ が得られた。これは太陽ニュートリノ欠損問題の解のひとつLMA-I だけが解として許されることを示した。

Ce_xLa_{1-x}B₆ の dHvA 効果

遠藤元気, 中村慎太郎, 山本悠史, 木村憲彰, 青木晴善

東北大学, 極低温科学センター

國井暁

東北大学大学院, 理学研究科, 物理学専攻

我々は Ce_xLa_{1-x}B₆ において dHvA 効果の測定を行ない、伝導電子状態の濃度および磁場依存性を調べた。混晶であるにもかかわらず、10m₀ の重い電子からの dHvA 振動の観測に成功した。有効質量は濃度増大とともにほぼ線形に増大し、また全ての濃度において有効質量は磁場減少とともに有限磁場で発散するような急激な増大を示す。磁場に対する有効質量の相対変化を比べると、その振る舞いは全ての濃度でほぼ一致している。したがって、Ce_xLa_{1-x}B₆ の有効質量の磁場依存性は Ce 濃度でスケールすることを示している。一方、平均自由行程は、CeB₆ では観測した磁場領域において一定であるのに対して、 $x < 0.5$ の濃度では磁場減少とともに顕著な減少を示す。これは、不純物以外による散乱が低磁場で増大していることを示しており、 $x < 0.5$ の低磁場領域で見出されている非フェルミ液体状態の形成に関係している可能性がある。

自己相似構造を持つ媒質中を伝播する電磁波

遠藤理平 新関駒二郎

東北大学大学院理学研究科物理学専攻 物性理論研究室

準結晶の発見以来、非周期的かつ決定論的な構造の研究が盛んに行なわれてきた。このような構造は周期系ともランダム系とも異なる第3のグループに分類される。準結晶は、準周期性と自己相似性（入れ子構造）を合わせ持っている。自己相似性を持つ構造の一番単純なグループは、生成規則（inflation rule）によって生成される1次元非周期格子（以下、決定論的非周期格子と呼ぶ）である。決定論的非周期格子はいくつかの異なった性質を持つ2つのグループ、1）Fibonacci格子を含む準周期系と、2）それ以外、に大きく分けることができる。

決定論的非周期格子の1電子状態の研究には trace map と呼ばれるくりこみ群的手法が有効である。準周期系の場合には、関連する写像が保存系となるが、それ以外では非保存系となる。保存系の1電子状態は固有状態は高々有限個の例外を除いて、広がった状態と局在状態の間で波動関数はべきで減衰する臨界状態（critical state）となる。一方、これまでの我々の研究によって非保存系のあるクラスの場合に亜臨界状態（marginal critical state）と呼んでいる臨界状態よりも局在性の強い、波動関数が stretched exponential で減衰する状態が確認されている。

本研究では、決定論的非周期的な層状物質中を伝播する電磁波がどのような影響を受けるかについて、これまでの1電子状態を解析した手法を用いて伝播の様子を解明するのが目的である。長さ L の層状物質中を透過する電磁波の透過時間 (T') は、周期系のそれ (T) を用いて、 $T' = L^\nu T$ とあらわされる。つまり長さ L のべき乗でスケールしていることを示している。

一方、亜臨界状態は物理量が stretched exponential でスケールするため、この状態をチャンネルとした場合に電磁波の速度が極端に低下することが予想できることは非常に興味深い。

kHz stimulated Brillouin spectroscopy in PbMoO_4
S. Ohno, T. Sonehara, Y. Konno, A. Koreeda, and S. Saikan
Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

Through measurements of the temperature dependence of Brillouin line width, we have studied the attenuating process of acoustic phonon in crystals at low temperatures. Although, in general, the mean free path of phonon lengthens with decreasing temperature, it is limited by the size of samples. Therefore Brillouin line width does not narrow below a certain width restricted by the sample size. However, if the sample is prepared to have parallel surfaces oriented to phonon focusing direction, the effective mean free path lengthens due to the multiple reflection of phonon. This multiple reflection makes Brillouin spectrum split into several components. These components have the width corresponding to the intrinsic Brillouin line width of the crystalline sample.

Following the above recipe to measure the intrinsic Brillouin line width, we perform the experiment of Brillouin scattering in PbMoO_4 crystal. The group velocity $\mathbf{v}_g(\theta, \phi)$ of L-mode phonon in PbMoO_4 can be calculated with its elastic constants. As a measure of phonon focusing, we adopt a divergence of the group velocity, $\text{div } \mathbf{v}_g(\theta, \phi)$. From the calculation of the divergence for L-mode phonon of PbMoO_4 , we found that the direction $(\cos 29^\circ, \sin 29^\circ, 0)$ is one of phonon focusing directions. In the sample which has parallel surfaces oriented to this direction, we measure the stimulated Brillouin spectrum. The temperature dependence of this spectrum will be reported.

Effect of Intermediate Organic Semiconducting Layers on FET Characteristics in the Vicinity of Electrodes

H. Ohashi¹, R. Kumashiro¹, N. Hiroshiba¹ and K. Tanigaki^{1,2}

¹Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

²CREST, JST

Organic thin films are expected to be used in electronic and optoelectronic devices like solar cells and light emitting diodes etc. Organic field effect transistors (OFETs) are one of the promising organic electronic devices with low cost processing and structural flexibility. We have

investigated the device characteristics of pentacene FETs with an intermediate organic layer between source/drain Au electrodes and pentacene thin films (Fig.1). Such intermediate layers play a role as an electron injection layer. In this study, various organic materials with different HOMO and LUMO levels from pentacene have been employed. A comparison will be made between the conventional and the multilayer FETs studied in the present work.

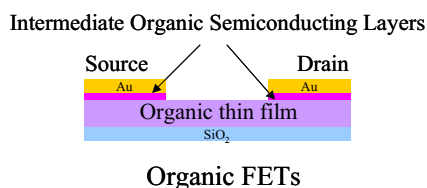


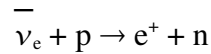
Fig.1. Structure of organic FET

Measurement of Proton Quenching Factor

Kentaro Owada

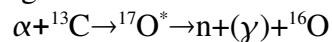
Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

KamLAND is trying to observe neutrinos from the center of the earth(Geo-neutrino). It is necessary to remove background noises to find Geo-neutrino signals. In KamLAND, neutrinos are observed by the inverse β -decay reaction,



We use the delayed-coincidence method to select real neutrino events. The first signal is the e^+e^- reaction and the second signal is the neutron-captured event.

One of the background noise is the signal from the reaction



In this reaction, the first signal is γ -ray and the second signal is neutron-proton scattering.

We cannot distinguish real neutrino events from this background events. I am measuring the neutron-proton reaction in the liquid scintillator of KamLAND to remove this background events.

I use neutrons from ${}^{252}\text{Cf}$, and measure the real energy of neutrons by Time Of Flight method. At the same time, I also measure the visible energy of neutrons using the same liquid scintillator of KamLAND. I compare the real energy with the visible energy of neutrons to study the background events .

希土類硼炭化物における多極子秩序と幾何学的フラストレーションによる物性変化の探索

奥山大輔¹, 松村武¹, 中尾裕則¹, 岩佐和晃¹, 村上洋一¹,
東方綾¹, 小野寺秀也¹, 若林裕助², 澤博²
東北大学大学院理学研究科¹, 物質構造科学研究所²

我々は希土類硼炭化物と呼ばれる物質群の内、希土類ジボロカーバイド (RB_2C_2)、希土類テトラボライド (RB_4)、希土類ジボロモノカーバイド (RB_2C) に着目した研究を行っている。これらの物質の共通点は、低温で四極子秩序と呼ばれる一種の軌道秩序を起こす可能性があることである。この軌道秩序は、物性の大きな変化を伴うこともあるので、強相関電子系と呼ばれる物質群におけるトピックスの1つとなっている。各物質に軌道秩序を示す可能性があると考えるのは、セリウムヘキサボライド (CeB_6)、ディスプロシウムジボロカーバイド (DyB_2C_2) といった希土類硼炭化物において反強的な四極子秩序 (軌道秩序) が発見されたことが根底にある。特に、 DyB_2C_2 では、反強的な四極子秩序と反強磁性の状態が、強いスピン軌道相互作用を通して競合し、奇妙な反強磁性構造をとることが明らかにされている。この四極子秩序を示す RB_2C_2 に加え、 RB_6 と RB_2C_2 の類似物質で希土類の配置が Shastry-Sutherland 格子と呼ばれる正方格子と三角格子を組み合わせた構造をしている RB_4 , RB_2C で四極子秩序を探索する。 RB_4 , RB_2C には、三角格子による幾何学的フラストレーションが存在しているので、反強的な相互作用が働いた場合には、フラストレーションが働く可能性がある。よって、反強的な四極子秩序がこれら Shastry-Sutherland 格子を持つ物質で存在した場合、四極子 (軌道) フラストレーションといった新しい物質の性質を発見できると考えられる。

前年度は、磁場中低温で四極子秩序を起こす TbB_2C_2 にて共鳴 X 線散乱を使い四極子秩序をほぼ直接的に観測した研究と、同じく四極子秩序を起こす DyB_4 にて X 線による研究を行った。ポスター会場では、これらの実験結果とこれからの展望を発表する予定である。

Hydrogen-Bond Nature in Isolated Hydrogen-Bonded Material h-MeHPLN and h-BrHPLN Studied by Neutron and X-ray Diffraction

Ryoji Kiyonagi, Akiko Kojima¹, Hiroyuki Kimura, Masashi Watanabe, Yukio Noda,
Tomoyuki Mochida² and Tadashi Sugawara³
Tohoku University, Chiba University¹, Toho University², The University of Tokyo³

MeHPLN and BrHPLN are hydrogen-bonded dielectric materials. Though their crystal structures are essentially the same, their phase transition schemes are significantly different. MeHPLN undergoes a phase transition around 41 K. On the other hand, h-BrHPLN does not show any phase transitions, while the hydrogen atom in the hydrogen-bond of BrHPLN is replaced with a deuterium atom (d-BrHPLN), successive phase transitions occur. In this study, neutron and X-ray diffraction experiments were performed on h-MeHPLN and h-BrHPLN to elucidate the origin of the difference about the phase transition from the structural aspect.

From the experimentally obtained electron and nuclear distributions, a local disordered electronic dipole moment was found in the hydrogen bond region at room temperature in both h-MeHPLN and h-BrHPLN. The phase transition of h-MeHPLN was found to occur with the ordering of the moment. Meanwhile, the moment in h-BrHPLN remains disordered until very low temperature, indicating that the hydrogen atom in the hydrogen-bond region in h-BrHPLN is in a tunneling state.

重水素終端 Si 表面のフォノン

加藤大樹, 山田太郎^A, 粕谷厚生^B, 須藤彰三

東北大院理, 理研^A, 学際セ^B

表面は、原子と固体を結ぶ重要な分岐点として位置づけられる。その表面を自由に修飾することは、固体原子と表面原子との相互作用、表面へのナノ構造の形成と幅広い物性への展開が期待される。そのような研究の中で、我々は、KF と重水混合溶液を用いて Si(111) 表面第 1 層を重水素で終端した Si 表面 - D:Si(111)-(1×1) - の作成に、初めて成功した。本発表では、その表面の振動状態を明らかにするために、高分解能電子エネルギー損失分光(HREELS)を用いて行ったフォノン分散(バンド)の測定結果を報告する。本系の表面振動状態は Gräsčius らによる理論計算[1]が行われ、フォノンバンドが求められている。

試料は上記化学処理により作成に成功した良質の D:Si(111)(1×1)表面を用いた。測定では、入射電子線のエネルギーを変えることで、散乱断面積に変化を与えて多くの振動モードを求めた。また、電子線の観測角度を変えて、これら振動の波数ベクトルを変えることで分散曲線を決定した。その結果、理論曲線との系統的なずれを見出し D:Si(111)-(1×1)の表面振動の振る舞いを明らかにした。さらに、この結果は、従来の H: Si(111)-(1×1)表面フォノンの解釈に新しい視点を導入した。

[1] V. Gräsčius *et al.*, Surf. Sci. 368 (1996) 179.

金属中核反応における非線形遮蔽効果

加藤 靖雄、滝川 昇

東北大学大学院理学研究科物理学専攻

入射エネルギー数 keV 程度の非常に低いエネルギー領域での原子核反応においては、核の周りの環境が核反応率を有意に変化させることが予想される。実際、固体金属中での dd 反応においては、大きいときには 50 倍もの反応率の増加が実験的に報告されている。この現象は、定性的には金属中の伝導電子による重陽子のクーロンポテンシャルの遮蔽による結果として理解できそうであるが、適当なモデルを用いた理論計算を行うと、観測されている核反応率の増加は理論的な予測を大きくこえたものであることがわかる。

標準的に、重陽子への電子の応答は線形近似の範囲内で議論されている。ここでは、Kohn-Sham 方程式を用い電子の重陽子への応答を非線形的に扱った際の結果と、線形応答理論での結果とを比較し、この問題における非線形遮蔽効果の重要性をみる。

Study of mesonic decay of ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ and ${}^{12}_{\Lambda}\text{C}$

Satoru Kameoka, Osamu Hashimoto, Yusuke Miura,
Satoshi N. Nakamura, Yuichi Okayasu, Hirokazu Tamura,
Kyo Tsukada, Takaomi Watanabe

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

The nucleus binding a Λ hyperon is called Λ hypernucleus. A Λ particle decays via $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ or $\Lambda \rightarrow n\pi^0$ in free space. Hypernuclear decay via these processes, called mesonic decay, undergoes Pauli suppression since the momentum of the emerging nucleon ($\sim 100 \text{ MeV}/c$) tends to be lower than the Fermi momentum. The mesonic decay rate is thus sensitive to the extent of the overlap between the wave functions of the Λ and the core nucleus and hence the shape of the potential felt by the Λ particle in the nuclei. The study on ΛN interaction has been based on measured Λ binding energies of hypernuclei so far. The binding energy reflects the mean strength of the Λ -nucleus potential, but the radial dependence of the potential is hardly known due to sparse data of Λ -nucleus scattering. If the mesonic decay widths of the hypernuclei are precisely measured, it is expected to offer new information as to the Λ -nucleus potential including its radial dependence, and hence underlying ΛN interaction.

We produced ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ and ${}^{12}_{\Lambda}\text{C}$ and measured their mesonic decay widths using the pion beam provided by KEK Proton Synchrotron. Our work achieved greatly improved accuracies over previously published measurements and enabled detailed evaluation of theoretical calculations. The results of ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ were in good agreement with Kumagai-Fuse *et al.*'s calculation using the Isle α - Λ potential, and is interpreted as the first experimental evidence for the presence of a central repulsion in the α - Λ potential.

CeB₆における磁気秩序相の理論解析

河野 洋志、倉本 義夫

東北大学理学研究科物理学専攻

CeB₆ の軌道秩序が、X 線散乱強度に与える影響について研究を行った。本研究では Kusunose ら [1] によって提案された擬双極子相互作用を取り入れたモデルを構築し、平均場理論により解析を行った。このモデルによって軌道秩序相、磁気秩序相、双方が得られた。無磁場の磁気構造に関しては Ginzburg-Landau (GL) 理論によって提案されたものを再現した。放射光 X 線散乱実験で提案されていた奇妙な散乱強度の振る舞い [2] も、軌道秩序の秩序変数の擬連続対称性を考慮する事で説明できた。加えて、この理論を裏付けるための有限磁場下の散乱強度の提案も行った[3]。発表では、以上の結果に加え、CeB₆ において観測されている複数の磁気相(III 相, III'相) について議論を行う予定である。

参考文献

- [1] H. Kusunose and Y. Kuramoto: J. Phys. Soc. Jpn. **70** (2001) 1751.
- [2] Y. Tanaka *et al.* : Physica B **345** (2004) 78.
- [3] H. N. Kono, K. Kubo and Y. Kuramoto: J. Phys. Soc. Jpn. **73** (2004) 2948.

Excitation Energy Dependence of Dynamics in Carotenoids Probed by Femtosecond Spectroscopy

Daisuke Kosumi^a, Makito Komukai^a, Kazuhiro Yanagi^b, Tomohiro Nishio^b,
Hideki Hashimoto^{b,c}, and Masayuki Yoshizawa^a

^aDepartment of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

^bDepartment of Physics, Graduate School of Science, Osaka City University

^cPRESTO/JST

Carotenoids possessing linear polyene backbone have some unique optical properties, *e.g.* ultrafast relaxation dynamics in excited states and large nonlinear optical susceptibility, due to one dimensional π electron system. In light-harvesting antenna system, carotenoids initially absorb sunlight energy and transfer it rapidly and efficiency to other antenna pigments (Bacteriochlorophyll). The property of the excited states of the antenna pigments is important to understand the efficient energy transfer mechanism in the light-harvesting system. The lowest optically allowed singlet excited state in carotenoids is the $1^1B_u^+$ state, but there are other two dark states below the $1^1B_u^+$ state, the $1^1B_u^-$ and $2^1A_g^-$ states. Therefore, the relaxation kinetics of carotenoids has been intensively investigated. In this study, the kinetics of the excited states of carotenoids has been measured by femtosecond absorption and fluorescence spectroscopy using tunable excitation pulses. The relaxation kinetics clearly depends on the excitation photon energy. Excess vibrational energy induced by the photoexcitation remains longer than several picoseconds in the excited states and slows down the relaxation kinetics.

^{210}Pb Removal from Liquid Scintillator by Adsorption Method

Y. Koseki, Y. Kishimoto, J. Shirai, K. Inoue

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

The KamLAND experiment aims at the real time detection of ^7Be solar neutrino which is important to examine the standard solar model, because its flux domains 7% of total solar neutrino flux, and is theoretically estimated with small uncertainty ($\pm 10\%$). Since the detection method of ^7Be neutrino is single event detection (electron scattering), we must remove radioactive impurities (mainly, ^{210}Pb) in the liquid scintillator (LS) in our detector from the current concentration of 10^{-20} g/g to 5×10^{-25} g/g.

Other collaborators found that the best way to remove radioactive impurities in LS is distillation method. The repetition of distillation can remove ^{210}Pb to the factor of 10^{-5} , so the distillation method will be the main component of our purification system.

On the other hand, we found that some part (approximately ~90%) of ^{210}Pb in LS can be removed by adsorption onto silicagel, and the adsorptive equilibrium time is shorter than 1 minute. The adsorption method will be an auxiliary method in our purification system.

In our practical purification system, the adsorption process will perform in a column which is packed with silicagel (Adsorption tower). Now, we research how much does we need silicagel in the adsorption tower, and how much does radioactive impurities in silicagel itself (mainly, ^{40}K) elute into LS from silicagel.

Dielectric Anomaly and Crystal Structure of λ -(BETS)₂FeCl₄

Satoshi Komiyama, Masashi Watanabe, Yukio Noda
Naoki Toyota^A, Eiichi Negishi^A

Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University
Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University^A

The organic conductor, λ -(BETS)₂FeCl₄ attracts much interests for its unique π - d interaction between conducting π electrons of BETS molecules and localized $3d$ electrons of Fe³⁺ ions. A phase transition relating π - d interaction form paramagnetic metal to antiferromagnetic insulator occurs at 8.3 K. A large dielectric constant was observed above 8.3 K even though it is metallic phase. We found clear evidence that the metal-insulator transition at 8.3 K is first ordered using synchrotron X-ray diffraction. At the temperature region between 70 K and 8.3 K, where a novel dielectric anomaly was reported, we observed splitting of Bragg reflections, which indicate heterogeneous structure. Dielectric micro domains might be the origin of huge dielectric constant of this temperature region. To clarify the nature of these dielectric domains, the knowledge of accurate crystal structure below 8.3 K is necessary, and now we are under this work.

現実的バンド構造と混成を考慮した希土類ホウ化物の電子秩序

櫻井玄弥, 倉本義夫

東北大学大学院理学研究科 物理学専攻

局在電子が軌道自由度を持つ物質の中で CeB_6 はとりわけ長い研究の歴史を持つ物質である。立方晶物質である CeB_6 は $T_Q=3.2\text{K}$ で波数 $(1/2, 1/2, 1/2)$ の Γ_{5g} 型四極子による秩序を起し、 $T_N=2.3\text{K}$ で波数 $(1/4, \pm 1/4, 1/2)$ の磁気秩序を示す。ここで波数の単位は逆格子単位である。

理論的には、この秩序を説明する多極子間有効相互作用が現象論的に導入されてきた。一方、微視的な立場から多極子間有効相互作用を導出し、四極子秩序やより高階の多極子による秩序を議論した研究は少ない。本研究で対象とする Ce 化合物において、多極子間有効相互作用は主として Ce イオンの $4f$ 電子と周りの原子の p 電子との混成によって決まる。そこで本研究では LaB_6 に対する現実的なバンド構造を強束縛近似し、 CeB_6 に対する多極子間有効相互作用を導出する。得られた多極子間有効相互作用について、Fermi 準位、Fermi 準位からはなれたバンド、そして $4f$ 電子と B 原子 $2p$ 軌道間の混成を表す Slater - Koster パラメータの比 $(pf\pi)/(pf\sigma)$ による依存性を議論する。その結果、 $(pf\pi)/(pf\sigma) \gtrsim 0.4$ で波数 $(1/2, 1/2, 1/2)$ の Γ_{5g} 型四極子間の相互作用が最も強くなり四極子秩序を安定化することがわかった。

Hartree-Fock-Bogoliubov studies of bilayer $\nu=2$ quantum Hall systems

Yuichi Shimoda, Tatsuya Nakajima and Anju Sawada

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

We construct a Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) Hamiltonian and study excitation spectra and ground-state properties in bilayer quantum Hall (QH) systems at total Landau level filling $\nu=2$. It is found that the HFB approximation can systematically give $SU(2)$ symmetrical excitation spectra and these spectra well agree with those from exact diagonalization calculations in large tunneling-energy region. In this region, a pseudospin-squeezed ground state is favored and its properties are quite well described. In this presentation, we will discuss an improvement of this theory in order to apply for small tunneling-energy region.

準 2 次元有機超伝導体 λ -(BEDT-TSF) $_2$ GaCl $_4$ の異常金属状態

鈴木貴博、根岸栄一、外尾崎寛、松井広志、豊田直樹

東北大学大学院理学研究科物理学専攻

準 2 次元有機超伝導体 λ -(BEDT-TSF) $_2$ GaCl $_4$ ($T_c = 4.8$ K)において、空洞共振器摂動法に基づき、 0.5 K $< T < 150$ K の温度範囲で 45 GHz マイクロ波伝導率測定を行った。 T_c 以下の超伝導状態において、ロンドン侵入長は $T/T_c < 0.5$ の十分低温ではほとんど温度に依存せず、超伝導の対称性は s 波であることが示唆される。一方、 T_c 以上の金属状態において、(a)直流伝導率 σ_{dc} と複素伝導率の実部 σ_1 との間の分散、及び(b)複素伝導率の虚部 σ_2 の有限な値を観測した。これらは共に、通常の金属状態の電磁波応答を記述するドゥルーデモデルでは説明のつかない、極めて顕著な異常である。 σ_1 の減少は、マイクロ波損失に寄与する準粒子数密度の減少を示すことから、フェルミレベル近傍における擬ギャップの存在が示唆される。ここで、 σ_2 の異常な増大が、金属状態から超伝導状態への転移に際して連続的であることから、この擬ギャップ状態は、局所的な電子対の形成に起因した、超伝導状態への前駆現象であると考えられる。このような、低温相の金属相への前駆現象的な出現は、 π - d 系磁性導体 λ -(BEDT-TSF) $_2$ FeCl $_4$ の異常金属状態においても見出されており、基底状態の違いが、 λ -(BEDT-TSF) $_2$ GaCl $_4$ と λ -(BEDT-TSF) $_2$ FeCl $_4$ の金属状態における異常の違いを導くと考えられる。

Temperature dependence of Brillouin frequency shift in crystals and glasses
Toshiaki Sonehara, Seigo Ohno, Yusaku Konno, and Seishiro Saikan
Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

We have measured stimulated Brillouin gain spectra in TeO_2 , PbMoO_4 , and d-LAP single crystals over the temperature range 300 to 7K. The temperature dependences of both spectral linewidth and frequency shift are very fruitful to understand behaviors of sound waves or acoustic phonons in crystals. However the measurements of Brillouin shift have not been performed so far for crystals. The observed Brillouin shift generally increases with decreasing temperature. The slope is almost linear at room temperature and it approaches zero at low temperatures. We experimentally confirmed that the change of Brillouin shift with temperature in crystals can be adequately explained in terms of Varshni function which describes the temperature dependence of the second-order elastic constants. Furthermore we extend the stimulated Brillouin spectroscopy to amorphous solids in order to investigate Two Level Systems (TLS) in amorphous solids. By using an optical fiber as an amorphous material, we have succeeded to measure the temperature dependences of frequency shift and linewidth in SiO_2 glass. The observed Brillouin shift has been found to exhibit peculiar temperature dependence as is expected from the interaction between TLS and acoustic phonons.

Surface diffuseness anomaly in heavy-ion potentials

for large angle quasi-elastic scattering

T. Takehi, K. Hagino, N. Takigawa

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

原子核散乱において、原子核-原子核間の核力として Woods-Saxon 型のポテンシャルを用いることが多い。そして、クーロン障壁近傍の核融合反応では、Woods-Saxon ポテンシャルの diffuseness parameter は、高エネルギーの弾性散乱に比べて大きな値を持つことが知られている。ここでは、低エネルギーでの後方擬弾性散乱を、diffuseness の大きな Woods-Saxon ポテンシャル(1)、diffuseness の小さな Woods-Saxon ポテンシャル(2)、double-folding ポテンシャルを用いて解析した。その結果、(1) による計算は実測値を再現したが、(2) と double-folding ポテンシャルは実測値を再現できず、低エネルギーでの後方擬弾性散乱においても diffuseness の大きなポテンシャルが求められることがわかった。

核理研 STB リングのクロマティシティ補正のための小型ハイブリッド 6 極磁石の開発

田中拓海、宮本 篤、日出富士雄、神藤勝啓、松本教之^A、鈴木紀善^B、浜 広幸
東北大核理研、(株)トーキンマシナリー^A、NECトーキン(株)^B

円形加速器においてビームを構成する多数の荷電粒子のエネルギー分散によるベータatronチューンの分散を抑制させて、予期しないベータatron振動の共鳴によるビーム損失を防ぐことは重要である。そのためにはビーム光学パラメータの1つクロマティシティを変化させられることが必要となる。東北大核理研の電子シンクロトロン STB リングには空間的余裕が無く、クロマティシティ補正用の 6 極電磁石を設置することが難しい。そこで小型でありながらも強力な 6 極磁石として、永久磁石を用いた Compact Hybrid Sextupole (CHS) magnet の考案、設計を行い、実際にプロトタイプを製作した。CHS はビーム軸上付近で近似的に 6 極磁場を生成できるように設計したので、6 極磁場成分以外の多極磁場成分も発生する。中でも、2 極磁場成分はビームの軌道に影響を与えるので、その大きさを出来る限り小さく出来るようにリターンヨークにバックレグコイルを巻いて補正できるようにした。6 極成分も変化させることが出来るように 4 つの磁極に補正コイルを巻いた。磁場測定結果では 2 極磁場成分が設計値と大きく異なっていたが、バックレグコイルを励磁することで補正することができた。6 極磁場に関しては設計値と実測値は誤差範囲の中でほぼ一致した。以上のことから、CHS は 6 極磁石として使用することが出来る可能性があることが分かった。

Photoproduction of neutral kaons on a deuteron target in the threshold region
Kyo Tsukada, Osamu Hashimoto
Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

Strangeness production by the electromagnetic interaction plays an important role for hadron physics, and intensive data are being accumulated at electron accelerator facilities such as JLAB, SAPHIR, SPring-8 etc. Theoretically, there are various isobar models using an effective Lagrangian. These models require several parameters determined from experimental data. Experimentally, high quality data are available only for K^+ photoproduction until now. Therefore, theoretical models have been constructed based only on K^+ production data. However, these models predict K^0 photoproduction process very differently model by model, and need further experimental information. Particularly, $\gamma + n \rightarrow p + K^0$ process is expected to provide unique information on kaon photoproduction.

We constructed a Neutral Kaon Spectrometer (NKS) at the GeV tagged photon beam facility of LNS-Tohoku with an intention to investigate strangeness photon production process through K^0 measurement. NKS allowed us to measure K^0 s via $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ decay channel. Following the measurement of quasi-free K^0 on a carbon target, we extended the experiment to a liquid deuterium target. The measurement had been carried out from September 2003 to June 2004. The differential cross section of K^0 photoproduction was estimated and compared with calculations of two latest models.

Measurements of eta mesons in the $D(\pi, \pi)$ reaction for $0.6 < E < 1.15$ GeV

東北大学核理研 中林匡、深沢宏司、橋本亮、石川貴嗣、笠木治朗太、木下忠、
宮原房史、縄健一、岡村憲有、齊藤雄高、佐藤勝則、千石光洋、
清水肇、鈴木耕拓、鈴木伸哉、山崎寛仁、米村博樹
東北大理 前田一茂、神田浩樹
山形大理 岩田高広、加藤宏、川村知行、田島靖久、瀧田さゆり、道上琢磨、
佐々木隆浩、吉田浩司
高工ネ研 高橋俊行

我々のグループでは、核子共鳴の一つである $S_{11}(1535)$ の原子核媒質中での性質を系統的に調べる為に、 πN 中間子光生成反応測定の実験研究を行っている。中間子光生成を利用するのは、我々が使うエネルギー領域 $0.6-1.15$ GeV に於いては、 $S_{11}(1535)$ が他の共鳴状態と比較して中間子との結合が非常に強いためである。

2004年10月~12月にかけて、中性子励起からの $S_{11}(1535)$ の共鳴パラメータを求める為に、重水素標的による (π, π) 反応の測定を行った。中間子の同定は、崩壊からの 2π イベントを不変質量解析することにより行った。

今回のセッションでは、我々が2003年度から2004年度にかけて、東北大学原子核理学研究施設に建設した新しいビームライン、入射線エネルギー標識化システム、及び実験データの解析について報告する予定である。

混合原子価 Ti 酸化物薄膜の作成と電子物性

西村 潤^{A,B}, 大久保敦史^A, 大友 明^A, 村上洋一^B, 川崎雅司^{A,C,D}
東北大理^B, 東北大金研^A, CERC^C, COMET^D

遷移金属酸化物では、混合原子価状態にある電子同士が電氣的・磁氣的に強く影響を及ぼしあって多彩な物性を示す。バンド絶縁体であるペロブスカイト酸化物 SrTiO_3 は、 Sr^{2+} を La^{3+} で置換することで、 $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$ ($d^0 \sim d^1$) の混合原子価状態を制御できる。 Ti^{3+} の増加に伴って、バンド絶縁体、n 型半導体、超伝導体、フェルミ液体金属、Mott 絶縁体へと連続的に転移することが知られている。本研究では、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ とバンド絶縁体である LaAlO_3 との混晶薄膜を作製し、その電子物性について Ti の混合原子価状態と Al の不純物効果の観点から議論を行う。

混晶薄膜 $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Al}_y\text{O}_3$ (Sr に対する La の組成比を x , Ti に対する Al の組成比を y とおいた) の電子物性を三つの領域に分けてそれぞれ考察した。[1] Al の置換量が少ない領域 ($y < 0.4$) では、Al の置換量によらず La の置換量を反映して Ti^{3+} が増加した混合原子価状態を取る n 型半導体となった。[2] Al の置換量が多い領域 ($y > 0.4$) では、Ti に対して Al がランダムな障壁となるために変長ホッピング伝導を示した。[3] 反強磁性金属、Mott 絶縁体である $(\text{La}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ ($x > 0.5$) に Al を少量置換した領域 ($x > 0.5, y < 0.25$) では非磁性不純物により反強磁性が抑制されて電気抵抗が減少する効果が見られた。

本研究は Ti 酸化物に限らず遷移金属酸化物の電気伝導機構に新たな知見を与えられらる。

電子線を用いた ハイパー核分光実験の為の K^+ 中間子トリガーシステムの構築

野村洋、橋本治、中村哲、加藤文章、野中健一

東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻

ハイパー核とは陽子・中性子(核子)からなる通常の原子核中に s-quark を含む「ハイペロン」という不純物が含まれた系の事をいう。ハイパー核は原子核深部の探求やハイペロンを含んだバリオン間相互作用の研究にとって非常に有用な情報を与える。我々はハイパー核生成の新しい手法として $(e, e'K^+)$ 反応に注目している。この反応は、高品質の 1 次ビームを用いることが出来るので数百 keV (FWHM) という高いエネルギー分解能が達成できる等、といった利点がある反面、中間子ビームを用いた反応に比べると生成断面積が非常に小さい等実験的に困難な点も多々ある。断面積が小さい点は、厚い標的・高強度の電子線を用いる事でカバーできるが、ハドロン側の singles rate も極めて高くなる。従って「 $(e, e'K^+)$ 反応による ハイパー核分光」という手法を確立するためには、高い粒子識別能力を持ち、さらに K^+ の accidental kill を最小限に抑える事が不可欠である。

我々はこの実験のために FPGA を搭載した次世代の汎用トリガーモジュール (TUL) を開発し、高効率の K^+ トリガーシステムを構築した。

準結晶上の frustrate した Ising spin 系

藤田 早苗、新関駒二郎

東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻

1984年に金属合金として発見された準結晶は、その構造が規則的（＝決定論的）でありながら非周期的であり、結晶とランダム系（アモルファスなど）に継ぐ第3の物質とも言われている。希土類イオンを10%程度含む準結晶が多数存在するが、これらの準結晶中では極低温まで局在スピンの存在する。これらの局在スピン間には幾何学的フラストレーションがあることが考えられている。実際、その為か、実験的には準結晶で見出されている磁性は、スピングラス的な振る舞いである。

また、近年磁性薄膜上がメモリーなどの応用もあって、その磁気秩序に関心が持たれている。

そこで我々は、次近接相互作用を反強磁性にすることで幾何学的フラストレーションを導入した、HBSタイリング（2次元準結晶）上のIsing modelの磁性の様子を、古典モンテカルロシミュレーションやエントロピックサンプリング等の計算によって、明らかにしようと試みた。その結果、低温でエントロピーが残ったまま凍結する振る舞いが見られることが分かった。

反対称化分子動力学を用いた原子核の液相気相相転移の研究

東北大学 大学院 理学研究科

古田 琢哉 小野 章

相転移という現象は様々な分野にわたって見られる極めて興味深い現象である。原子核物理においても、核子当り数 MeV から十数 MeV のエネルギー領域に液相気相相転移（一次相転移）が存在すると考えられている。この相転移は有限系の相転移という観点からも興味を持たれている。有限系においては相転移の効果が均されてしまうと単純には思われるかもしれないが、実はミクロカノニカルアンサンブル（エネルギー E で指定されるアンサンブル）を取り扱うことで、極めて特異的な現象が有限系の相転移において見られるのである。その現象とはカロリー曲線のバックベンディング、言い換えると負の比熱である。つまり、ミクロカノニカルアンサンブルを作り、カロリー曲線を描くことで有限系でも相転移が存在するかどうかははっきり判断することができるのである。そこで、理想的な熱平衡状態での核物質における液相気相相転移の存在について確認するため、本研究では次のような計算を行った。まず、核子の自由度に基づいた微視的な動的模型である反対称化分子動力学を用いて、仮想的な容器内に閉じ込められた多核子系の時間発展を長時間計算することでミクロカノニカルアンサンブルを作った。このアンサンブルから温度、圧力などを抜き出すことによって、カロリー曲線を描いた。この結果、圧力一定のカロリー曲線において、バックベンディングが確認できた。このことは、理想的熱平衡状況下で核物質に液相気相相転移が存在することを確かめたことに相当する。

電子線を用いた高分解能 ハイパー核分光実験
松村彰彦、橋本治、中村哲、他 E01-011 collaborators
東北大学大学院理学研究科物理学専攻

奇妙さ量子数を持つ 粒子はパウリの排他律を受けないため、原子核深部に深く束縛されることが可能である。 粒子をもつ原子核を ハイパー核といい、その 粒子をプローブとして原子核の構造や N 相互作用の研究が KEK や BNL でなされてきた。現在我々は、従来のメソンビームを用いた (K^- , π^-)、(π^+ , K^+) 反応と異なる、($e, e'K^+$) 反応を用いた ハイパー核分光実験の準備を行っている。この実験は 2005 年度より米国ジェファーソン研究所 (JLab) において行われる予定であり、ハイパー核生成反応分光実験としては世界最高となる 400 keV (FWHM) のエネルギー分解能を目標としている。

電子線を用いた ハイパー核分光は、良質の 1 次ビームを用いることによって高い分解能が得られるが、断面積が小さく、電子線を用いることによって多量のバックグラウンドが発生する。そこで大立体角を持つ高分解能 K 中間子スペクトロメータ (HKS) を導入し、また、バックグラウンド電子を避けるため、散乱電子スペクトロメータを傾ける、「Tilt 法」という実験手法を採用し、従来の実験に比べ 50 倍のハイパー核生成率と 10 倍の信号雑音比で実験を行うことにした。

現在は JLab で 2005 年 6 月から開始される本実験に向けて、各検出器や DAQ の最終調整を行っている。また、宇宙線やシミュレーションで得られたデータを用いて、データ解析プログラムの開発を進めている。

原子核中での核子共鳴 $S_{11}(1535)$ の研究

東北大核理研 宮原房史、深澤宏司、橋本亮、石川貴嗣、笠木治郎太、木下忠、中林匡、縄健一、岡村憲有、齊藤雄高、清水肇、鈴木耕拓、鈴木伸哉、山崎寛仁、米村博樹

東北大理 神田浩樹、前田和茂

山形大理 岩田高広、加藤宏、川村知行、田島靖久、瀧田さゆり、道上琢磨、佐々木隆浩、吉田浩司

高エネ研 高橋俊行

カイラル対称性が成り立つ世界では、互いに逆のパリティをもつ2つの粒子が存在し、2つの粒子の質量は縮退していると考えられている。これらをカイラル対と呼ぶ。現実にはカイラル対称性は自発的に破れており、2つの粒子の質量縮退は解けている。しかし高温、高密度状態のみならず原子核中の有限温度、有限密度の世界でも部分的にカイラル対称性が回復していると考えられている。核子共鳴 $S_{11}(1535)$ は負のパリティを持つ粒子で核子に最も近い質量をもつため、核子に対するカイラル対の候補とされている。

我々は原子核中での核子共鳴 $S_{11}(1535)$ の質量変化を検証するために KEK 田無、及び東北大学原子核理学研究施設（核理研）において原子核標的での (γ, η) 反応を測定してきた。昨年度、核理研では新ビームラインの建設とこれに伴う光子標識化装置 STB-Tagger II の開発を行った。またより効率的に η 中間子を検出するために多重 CsI 結晶シンチレータ SCISSORS II の開発も行った。2004年10月から素過程の基礎データをとるために 0.6 ~ 1.15 GeV の標識化光子を用いた水素、重水素標的の (γ, η) 反応実験を行った。

これまでの実験の解析結果と今後の測定器の改良について報告する。

2 バンド超伝導体 MgB₂ における磁場中熱力学量の異方性

麦倉雅敏、楠瀬博明、倉本義夫

東北大学大学院理学研究科物理学専攻

磁場中での比熱や上部臨界磁場の異常なふるまいは MgB₂ が 2 バンド超伝導体であることを明らかにしてきた。特に上部臨界磁場の異方性に見られる強い温度変化は MgB₂ が擬 2 次元的な バンドと 3 次元的な バンドで異なる超伝導ギャップを形成するためであると考えられている。しかしながら磁場中における MgB₂ の理論の多くは上部臨界磁場近傍の狭い領域に限られていた。そこで本研究では準古典理論の解析的近似解の方法を用いて温度・磁場全領域で熱力学量を議論した。熱力学量の特性は次元性の異なるフェルミ面を持つ有効 2 バンド模型によってコンシステントに説明されることが分かった。

高分子鎖のトポロジカルな絡み合いによる力学特性

森井洋平 川勝年洋

東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 物性理論研究室

高分子濃厚系の秩序構造の理論予測には自己無撞着場理論が有効である。従来の自己無撞着場理論は絡み合い効果を見逃した高分子鎖をもとに作られた理論であるため、高分子鎖のトポロジカルな絡み合いによる力学特性を表現することが困難であった。

本研究では、高分子鎖の絡み合いの効果を定量的に取り入れるために、Gaussian linking numberと呼ばれるトポロジー不変量を導入することによって、従来の自己無撞着場理論の拡張をおこなった。この不変量は2体のリング間の絡まり数に対応しており、トポロジーを保った高分子系では、常に保存される量である。このトポロジー不変量を計算するための道具として、高分子のミクロな接ベクトル場(ボンドベクトルの分布)を本研究で新たに導入し、高分子の配位の統計重率に対応する経路積分の従う自己無撞着方程式を導出した。

最初に、準備研究として、トポロジー保存の拘束条件をはずした環状高分子系のシミュレーションを行い、その力学特性を調べた。その際、線状および環状高分子濃厚系にずれ変形を加えたときの力学応答の比較により、接ベクトル場を導入した環状高分子系の本定式化が正しい結果を導くことを確認した。次に、トポロジー保存の拘束条件を課したシミュレーションを行い、その力学特性を調べることで、絡み合いの効果が高分子系に及ぼす影響を調べた。

Anisotropic magnetotransport near the $\nu=1$ quantum Hall state

Masayuki Morino, Kazuki Iwata, Michiro Suzuki, Zyun F. Ezawa,
A. Fukuda*, A. Sawada*, T. Saku[†], N. Kumada[‡], Y. Hirayama[‡]

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

*Research Center for Low Temperature and Materials Science

[†]NTT-AT

[‡]NTT Basic Research Laboratories, NTT Corporation

We have measured an anisotropic magneto-transport that depends on direction of an in-plane magnetic field in bilayer quantum Hall states. We revealed that the longitudinal resistance near the bilayer $\nu=1$ quantum Hall state exceedingly varies when we change a relative angle between the probe current and the in-plane field. It is a phenomenon peculiar to the bilayer $\nu=1$ quantum Hall state, because this phenomenon does not appear in a monolayer system. We will show the data and the possible mechanism of this appearance at present.

高赤方偏移宇宙 ($z = 3.1$) 輝線銀河大規模構造の発見と諸性質

山内 良亮¹, 林野 友紀¹, 松田 有一^{1,2}, 山田 亨², 梅村 雅之³

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 国立天文台, ³ 筑波大学計算科学研究センター

我々はすばる望遠鏡主焦点カメラを用い, SSA22 と呼ばれる天域 (赤経: $22^h 17^m$, 赤緯: $+00^\circ 17'$) で, $z = 3.1$ (約 115 億年前に相当) の $\text{Ly}\alpha$ を狙った狭帯域フィルタ (中心波長: 4977 \AA , バンド幅: 77 \AA) 深撮像サーベイを行ない, 幅 20 Mpc, 長さ 100 Mpc 以上 (WMAP cosmology による共動座標距離, $1 \text{ Mpc} = 326 \text{ 万光年}$) におよぶ $\text{Ly}\alpha$ 輝線銀河 ($\text{Ly}\alpha$ emitter; LAE) 大規模構造を発見した。この大構造は多数の $\text{Ly}\alpha$ 吸収線天体や $\text{Ly}\alpha$ 輝線で広がった天体を抱え, 活発な銀河形成が進行中の「巨大銀河形成領域」であることが期待される。これまでに我々が検出した LAE は 600 個を超え, $z > 3$ という高赤方偏移の観測的研究では世界的にも例のない大統計のサンプルになっている。本講演ではこれら大統計の LAE 2 次元分布の性質について, 角度 2 体相関解析等によって議論する。角度 2 体相関は銀河クラスタリング特性等を表す指標としてよく用いられる解析である。我々はこの LAE 大規模構造の中でも, 特に LAE 高密度領域に注目し, 宇宙構造形成の標準モデルとして現在有力と考えられている「冷たいダークマター (Cold Dark Matter; CDM) による構造形成論」で一般に予言されている小スケールのクラスタリングを定量的に確認するため, 高密度領域内部において角度 2 体相関を求めた。すると相関はほぼゼロ (ランダム) ないし short-range ($\sim 0.5'$) で anti-correlation を示すという興味深い結果を得た。これは CDM 構造形成論で予言されるような小スケールでの強い正相関とは明らかに矛盾する結果で, 初期宇宙における銀河形成が単純なバイアスの描像では理解できない可能性を示唆している。更に CDM 標準シナリオに基づく構造形成シミュレーションによる疑似カタログ (銀河およびダークマターハロー) に対し同様の解析を行ない, 我々が発見した高赤方偏移大規模構造の特質について議論する。

Title of the Presentation of The 21st Century COE Program of Tohoku University
Tadashi Nagamine, Akira Yamaguchi and Yosuke Yusa
Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

In the Standard Model (SM), lepton-number-violating (LNV) and lepton-flavor-violating (LFV) decays of charged leptons are forbidden or highly suppressed. However, many extensions of the SM expect the LNV/LFV decays with the branching fractions of observable scale. Some of those models predict LFV decays of charged tau leptons enhanced to a level accessible with present B-factories. Therefore, we can search for evidence of new physics beyond the SM through the LNV/LFV decay search. In this presentation, We report on a search for twenty LNV/LFV tau- decay modes into final states which contain three charged leptons such as $(e^- e^+ e^-)$, $(e^- \mu^+ \mu^-)$, $(e^+ \mu^- \mu^-)$, $(\mu^- e^+ e^-)$, $(\mu^+ e^- e^-)$ and $(\mu^- \mu^+ \mu^-)$, and one charged lepton and two charged pseud-scalar mesons such as $(e^- \pi^+ \pi^-)$, $(e^+ \pi^- \pi^-)$, $(\mu^- \pi^+ \pi^-)$, $(\mu^+ \pi^- \pi^-)$, $(e^- \pi^+ K^-)$, $(e^- \pi^- K^+)$, $(e^+ \pi^- K^-)$, $(e^- K^+ K^-)$, $(e^+ K^- K^-)$, $(\mu^- \pi^+ K^-)$, $(\mu^- \pi^- K^+)$, $(\mu^+ \pi^- K^-)$, $(\mu^- K^+ K^-)$ and $(\mu^+ K^- K^-)$. Charge conjugate decay modes are also implied in this search. This new search is based on a data sample of 158 /fb corresponding to 144 million tau-pairs collected with the Belle detector at the KEKB asymmetric energy e^+e^- collider operating at a center-of-mass energy of 10.6 GeV. The number of observed events is compatible with that expected from the background for all decay modes. New upper limits are established for all decay modes at 90% confidence level in the range $1.9\text{-}16.6 \times 10^{-7}$. These limits are approximately of order one magnitude more restrictive than the that obtained in CLEO experiment and comparable to the recent result from BABAR experiment. From this result, we set limit for some of new physics parameters.

Raising sfermion masses by adding extra matter fields

Motoi Endo, Masahiro Yamaguchi, Akira Yotsuyanagi

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

The renormalization group flow of soft supersymmetry breaking masses is sensitive to the field contents of the theory one considers. We point out that the addition of extra vector-like matter fields to the minimal supersymmetric standard model raises the masses of squarks and sleptons relative to those of gauginos. We discuss its phenomenological implications. Besides an obvious effect to the superparticle mass spectrum, we find that radiative corrections from heavier stop loops increase the lightest CP-even Higgs boson mass. We also discuss impact on models with no-scale boundary conditions. It turns out that, unlike the minimal case, staus can become heavier than a B-ino like neutralino, which is cosmologically favored.

Study of the dynamics of heavy ion fusion reactions at low energies
for the synthesis of superheavy elements

Kouhei Washiyama, Noboru Takigawa, Sakir Ayik¹

Department of Physics, Tohoku University, Sendai 980-8578, Japan

¹*Physics Department, Tennessee Technological University, Cookeville, TN 38505, USA*

After a brief introduction of superheavy elements, I present a novel quantum diffusion theory which takes the finite curvature of the potential barrier into account in order to describe a diffusion process at low temperatures. We apply our theory to the diffusion process to cross the conditional saddle after transmission of the Coulomb barrier in the synthesis of superheavy elements. It is found that the quantum effects enhance the probability to transmit the conditional saddle at low temperatures, which are relevant to the synthesis of superheavy elements, compared with that calculated by assuming classical fluctuation-dissipation theorem. Memory effects play especially an important role in this respect.

Quasi-free K^0 photoproduction on ^{12}C in the threshold region

Takaomi Watanabe, Osamu Hashimoto

Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University

Kaon photo-production processes are of interest in view that it provides the basic information on strangeness production by the electromagnetic interaction. It is also important to analyze the hypernuclear production process by the $(e,e'K^+)$ reaction. So far, most of kaon photo-production experiments have been carried out for charged kaons because of the difficulty of the neutral kaon detection.

There are large variety of phenomenological models mostly based on charged kaon production data. However, these models predict the K^0 production process quite differently, even though the K^+ production process is well accounted for. The neutral kaon channel supposed to provide key information in the investigation photo-strangeness production processes since no charge is involved in the channel.

Quasi-free K^0 photoproduction at threshold region was investigated with Neutral Kaon Spectrometer (NKS) in the $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ decay mode. Photon beams of 0.8-1.1 GeV were generated at the internal tagged photon facility of the 1.2 GeV Strecher Booster Ring of Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University. Cross sections and angular distributions are to be compared with theoretical predictions to deduce information on strangeness photoproduction in the threshold region.

高分散偏光分光観測に基づく低質量前主系列星の星周構造の調査

秋田谷 洋(東北大学大学院理学研究科天文学教室)、

池田 優二(ジェネシア)、川端 弘治(広島大)、松田 健太郎、関 宗藏(東北大)、

平田 龍幸(京都大)、岡崎 彰(群馬大)、本間 賢一

低質量前主系列星(主系列星に到る以前の誕生過程にある天体のうち、太陽の2倍程度より低質量の一群)では、分子雲のガスや塵が、エンベロープ、星周円盤といった特徴的な構造を経て、中心星へ集積している。そのうち、中心星から数天文単位以内のごく近傍の狭い領域は、円盤と光球を結ぶ磁場に沿った激しい物質降着が生じる一方、ジェットや星風といった物質放出現象の起点ともなると考えられており、星形成の過程を理解する上で重要である。

我々は、低質量前主系列星の物質分布や運動の指標となる、水素やナトリウム、酸素などの可視波長域のスペクトル線について、典型的な運動速度を分解できる高い波長分解能(約50 km/s)にて分光し、強度と直線偏光分布を測定した。スペクトル線内の直線偏光分布の測定は、撮像観測で分解することが困難な空間的に狭い領域における物質分布や運動を知るための強力な手法である。前例の少ない新しい手法でもあるため、観測装置の開発・製作も独自に行った。そして、この種の天体としては初めて、複数のスペクトル線内の偏光分布とその時間変動を検出し、星のごく近傍の星周領域における物質の分布や運動を知るための、重要な手がかりを得た。

銀河団プラズマの非平衡・非熱的過程の研究

岡部 信広 (東北大学 天文学専攻 21COE RA),

服部 誠 (東北大学 天文学専攻 助教授)

梅津敬一 (ASIAA)

本 COE の RA 採択期間に銀河団の理論的・観測的研究を行った。一つは温度勾配をもつプラズマ中で磁場が自発的に形成され、その値が銀河団磁場をよく再現できるという理論的発見である。温度勾配を持つプラズマでは熱流が流れるため、速度分布関数が非平衡の形になる。このとき、ワイベル不安定性とよばれるプラズマのマイクロ不安定性によって磁場が自発的に生成するのである。プラズマの粒子シミュレーションを使って、生成される磁場のサチュレーションメカニズムを同定した。同メカニズムを銀河団プラズマに応用すると、銀河団磁場の値を様々な状況下でよく再現するのである。

すばる望遠鏡を用いて、コールドフロントと呼ばれる銀河団プラズマの接触不連続面をもつ低温高密度のガスハローをもつ銀河団 A2142 の暗黒物質分布の直接測定を行った。コールドフロントは 2000 年にアメリカのチャンドラ衛星によって発見された新しい銀河団の構造であり、力学的に非平衡にあると考えられている。しかしながら、その形成過程はいまだ不明である。我々は弱い重力レンズ効果を用いて同銀河団の暗黒物質分布を測定した。その結果、暗黒物質とガスハローの分布は一致していないという衝撃的な結果をもたらした。また、これによってコールドフロントの形成過程を指摘することができた。

大規模データベースを使用した銀河の棒状構造の観測的研究

神川 えりか、野口 正史

東北大学大学院 理学研究科 天文学専攻

宇宙に存在する物質の階層構造において、銀河はその内部構造まで詳細に観測することが可能な最高位の構造である。そのため銀河形成史の解明は物質の階層構造を知る上で必要不可欠である。しかし全銀河の半数以上を占める渦巻銀河では形成メカニズムが未だ明らかにされていない。それは渦巻銀河が、中心の膨らんだ部分(バルジ)とそれを取り囲む円盤状成分(ディスク)、それらを貫く棒状構造(バー)などから成る複雑かつ複合的な系であるためである。それぞれの構造がどのように形成され銀河の現在の姿を形作っているのかは、理論的にいくつかシナリオが提示されているが確定には至っていない。このうちバーは非軸対称な構造であるためにディスク上の星間物質を中心に集める働きをされると考えられており、バルジの形成要因とも言われる非常に重要な構造である。したがってバーの特性や形成過程を知ることは銀河全体の形成メカニズムの解明につながる重大な課題である。そこで我々はバーを詳細に調査するために統計的かつ定量的な観測的研究を行っている。データには全天の約4分の1をサーベイする大プロジェクトである Sloan Digital Sky Survey を採用した。このうち解析可能な近傍銀河は約1400個であり、従来の研究におけるサンプル数の10倍以上での統計調査が可能となった。これらのサンプルを用いた具体的な解析内容は以下の通りである。

1. サンプルの銀河画像をプログラムで解析しバーを自動的に検出する。その結果得られるバーの測光学的性質(強度、大きさ、明るさ、色)を統計的に調査する。なかでも色は年齢を表す指標として重要なパラメータである。それは、星が進化と共に色を変えることから、星の集団であるバーの色はその年齢を反映すると考えられるためである。バーの年齢から、バーが宇宙初期に誕生したのか、あるいは最近の星形成活動によって形成されたのかを議論する。

2. バーの測光学的性質とバーを含む銀河(母銀河)の測光学的性質(大きさ、明るさ、色、中心集中度)との相関をとり、バーの形成に必要な母銀河の条件を調査する。特に銀河の構成成分(バルジ、ディスク、バー)の色から年齢を求めて比較し、構成成分がどのような順序で形成されたのかを議論する。

以上から、バーが銀河形成過程のどの段階でいかなるメカニズムによって形成されたのかを考察する。本発表では現在までの研究成果を報告する。

散開星団領域における星間物質の研究

菊地 厚人、関 宗蔵（東北大理）、松村 雅文（香川大学）

恒星間空間には水素を主成分とした星間物質が存在し、比較的密度の高い領域（星間雲）は、恒星や惑星系の形成進化と深く関わっている。星間雲には質量的にはガスの1%程度ながら、輻射場・磁場との相互作用がガスに比して桁違いに強い塵粒子（星間塵）も含まれており、実際の星間雲の化学進化や力学的振る舞いに大きな影響を与えている。

本研究課題は、この塵粒子に起因する星間偏光の高精度測定を通して、星形成過程を理解しようとするものである。

研究対象としてはカシオペア座に位置する散開星団 Stock2 を選び、この方向の41星を、我々のグループが開発した低分散偏光分光測光装置（HBS）を用いて、約4000~9000の波長域を分解能80~150、偏光度測定誤差0.1%以下で観測を行い、偏光度および偏光位置角の波長依存性を詳細に調べるとともに、この領域に位置する分子雲、及びIRAS 10000 μ 輻射との相関を調査した。

主な結果は次の通り。

- 1) 星団に属する恒星が示す偏光位置角は波長によらず $\pm 3^\circ$ の範囲内で一定の値をとり、偏光度が最大になる波長 λ_{\max} は0.5~0.6 μm である。
- 2) 偏光度と星間減光量から導出した偏光効率の値は、この星団内で変化している。
- 3) 星団内もしくはその近傍にまだCO分子雲および低温の塵粒子雲が付随していることを示した。

今後は、これらの結果の定量的・物理的考察を行い、星団の形成時期、星団内の磁場構造と強度、塵粒子のサイズ分布に関する知見を得る方針である。

高分散分光偏光観測で探る晩期型超巨星の星周構造

松田 健太郎, 関 宗蔵, 秋田谷 洋, 長 俊成

東北大学大学院理学研究科 天文学教室

池田 優二

株式会社 ジェネシア

川端 弘治

広島大学 宇宙科学センター

星周領域における物質の分布は、質量放出過程の影響を受け、質量放出過程の特性は恒星の脈動や内部活動と密接にかかわっていると考えられ、星周物質の分布を調べることは恒星の物理を考える上で重要な問題の一つとされている。そして、他の観測手法では空間的に分解することができない遠方の天体において、放出された星周物質の特性を調べるにあたって、偏光観測は有力な手段となり得る。

我々は、独自に開発した観測装置を用いて、高い波長分解能（約 50km/s）で質量放出の大きい晩期型巨星・超巨星の分光偏光観測を行い、星周に存在する中性金属から放出されるスペクトル輝線内の偏光分布を測定している。その中で、星周に反射星雲を持ち、特に星周物質が豊富にあると見られる超巨星おおいぬ座 VY 星に着目し、測定されたスペクトル線の偏光分布と、そこから推測される星周構造について述べる。

AGB 星及びその星周における偏光特性の周期変動

長俊成、関宗蔵、松田健太郎、山之内啓 (東北大・理・天文)、
川端弘治 (広島大)、磯貝瑞希 (東大理天文センター・木曾)

太陽質量の 1~8 倍程度の質量を有する恒星は、中心核での水素燃焼段階を終えると、HR 図上で主系列を離れ漸近巨星分岐 (AGB) 領域に移動し、まもなく惑星上星雲へと進化する。恒星は通常十分に球対称な構造をしていると考えられるが、惑星状星雲段階では、その中心星は別として、星雲物質の分布が非球対称であることが多い。その特徴的な非対称性の主因が、恒星大気自身の内的な原因 (例えば脈動) によるものか、あるいは質量放出過程と星周物質との相互作用によるものか、また進化のどの段階を根源とするか、などは重要な未解決問題である。この状況を切り開く鍵は、非対称性形成の初期段階にある天体の観測にある。AGB 星の非対称性調査には撮像観測が直接的であるが、非常に近傍にある α Cet を除けば、可視による直接撮像観測での空間的分解は困難である。

我々は、このような AGB 星について、岡山天体物理観測所 91cm 及び 188cm 望遠鏡に低分散偏光分光測光装置 (HBS) を取り付けて偏光分光観測を行ってきた。偏光特性を解析することにより、光球及び星周における、光源に対する散乱体の空間分布、物理特性の非対称性について観測的な調査を行っている。

その結果、とりわけ測定精度と時系列観測回数の点で有効な議論が可能な R Tri について、興味深い偏光特性の時間的変化を検出した。即ち、2002 年 1 月から 2003 年 10 月の 6 期の観測結果から、光度変化 (脈動) の全周期をカバーし切れていないが、光度変化の位相と R Tri の偏光度の間に強い相関を見出した。一方、偏光方位角に永年的な変化がみられ、毎年 22° 程度の割合で Stokes q-u 平面を回転する様子を捉えた。

講演では、R Tri について、上記 6 期の観測結果とその解釈について報告する。

恒星外層及び星周領域での偏光現象に関する輻射輸達の数値シミュレーション

野田 さえ子¹⁾, 秋田谷 洋¹⁾, 松田 健太郎¹⁾, 関 宗蔵¹⁾, 池田 優二²⁾

¹⁾東北大学大学院理学研究科天文学専攻 ²⁾株式会社ジェネシア

近年、量子効率の高い検出器と集光力の大きな望遠鏡の実現により、太陽以外の天体に対する高分散分光偏光観測が可能となった。特に連星や恒星進化の初期及び晩期段階の外層大気、そして星周物質の観測研究においても、偏光観測は有力な手法となりつつある。

我々東北大・偏光観測グループは、echelle型分光器と新規規格偏光光学素子を用いた偏光分光観測装置 LIPS を開発し、2002年までに波長分解能 7000、偏光度測定精度 $P < 0.1\%$ という世界最高性能を達成した。以後ハワイ大学 88 インチ望遠鏡に本装置を搭載し、恒星進化の段階で特徴的な幾つかの天体について、偏光分光観測を精力的に実施してきている。

一方、これらの観測結果に基づきより詳細な解析を行うには、幾つかの仮定の下に与えられる Stokes vector を含む輻射輸達の方程式を解く必要がある。しかし偏光過程を記述し観測量に換算する方程式系は非常に複雑で、実際のケースに応用するのは容易ではない。

以上の点を踏まえて、より充実した理論面での考察を実現するために、いくつかの典型的なモデルに対する散乱過程に伴う偏光現象をモンテカルロシミュレーション法によって解くことを試みている。これにより、H γ 線をはじめいくつかの特徴的なスペクトル線に対する偏光プロファイルを計算し、中心星と星周物質モデルの物理的・幾何学的な各種パラメータがどのように(偏光特性などの)観測量に影響するのかを調べ、観測で得られた結果との定量的な比較と考察が可能となるものと考えている。

現在は、数値シミュレーションに用いるプログラム及びそのプログラム検証に必要な解析解のモデルを開発中である。ポスターではコード開発に用いたモデルの特徴及び解析解モデルの特徴を示し、簡単なモデルの場合についての検証結果を報告する。

Interior regularity criterion via pressure on weak solutions
to the Navier-Stokes equations

Tomoyuki Suzuki

Mathematical Institute, Tohoku University

Let us consider the Navier-Stokes equations, which describe the motion of the incompressible viscous fluid. Our main result is that velocity field is locally smooth provided that the associated pressure locally belongs to the scaling invariant class. It is not easy to obtain the local information of velocity because pressure is determined by the global information of the velocity. To get around such difficulty, we make use of the "suitable weak solution". The "suitable weak solution" differs in that it is required to satisfy the "localized energy inequality". This makes it possible to analyze velocity locally and obtain better information around the singularities.

Remarks on Gagliardo-Nirenberg type inequality

和田出 秀光

東北大学大学院理学研究科数学専攻

一般に, Sobolev 空間に関する種々の不等式は, Sobolev の不等式と呼ばれる. Sobolev の埋蔵定理はその一種であり, Sobolev 空間と Lebesgue 空間の包含関係を表したものである. また, Gagliardo-Nirenberg の補間不等式も同種の不等式であり, Sobolev の不等式の仲間である. 1995 年, 小澤 徹氏は, Sobolev 空間の中でも, 特殊な性質を持つ関数空間 (臨界 Sobolev 空間) に対応する Gagliardo-Nirenberg 型補間不等式をある意味で sharp な定数と共に導いた. 小澤氏の証明法は, Riesz 核に対する特異積分作用素の作用素ノルムを Marcinkiew icz の補間定理を用いて精密に計算するというものである. 今回, 我々は, 少し一般化した形でこの補間不等式を導出する. 証明法も小澤氏のそれとは異なり, フーリエ変換を用いた直接的なものである. 更に, Sobolev 空間を含むように一般化した空間として Besov 空間や Triebel-Lizorkin 空間と呼ばれる超関数から成る関数空間が知られているが, これらの空間に対応する Gagliardo-Nirenberg 型補間不等式も紹介したい.

特異性をもつ非線型拡散方程式の解の消滅現象と解の導関数の爆発

星野 真樹

東北大学大学院理学研究科数学専攻 (高木 泉 研究室)

熱方程式に、未知関数がある有限の値に近づくと発散するような項を加えた場合、解の最大存在時間が有限になることがある。これを解の消滅現象 (quenching) とよぶ。解が消滅するときには、方程式のもつ特異性から、解の時間に関する偏導関数も発散すること (つまり爆発すること) が予想されている。実際、非線形項の形を制限すれば、初期値が自明、つまり恒等的に0である場合に、この予想は正しいことがわかっている。本ポスターでは、適当な微分不等式を満たすような自明でない初期値に対しても、この予想が正しいことを証明する。

証明は Friedman と McLeod の方法による。すなわち、解の時間に関する導関数と解を非線形項に代入したものをを用いてある補助関数を定義し、これが放物型微分不等式を満たすことを示して、最大値原理を適用する。この結果は、解の消滅現象が解の時間についての導関数の爆発と同値であることを示唆している。

フロベニウス射を用いての 代数多様体及びその特異点についての考察

平野 直人

東北大学大学院理学研究科数学専攻

代数多様体とは、簡単に言うと、連立多項式系の共通零点の集合のことである。従って、通常の多様体とは異なり、基礎体として様々な体を取ることが出来る。我々は、代数多様体 X として基礎体 k の標数が $p > 0$ のものを扱っている。正標数の代数多様体に特有の写像として、フロベニウス射 $F : X \rightarrow X$ というものを定義することが出来る。フロベニウス射とは、底空間においての恒等写像 $X \rightarrow X$ と構造層の p 乗準同型 $F^\sharp : \mathcal{O}_X \rightarrow F_*\mathcal{O}_X$ により定まるが、これにより代数多様体を特徴付けたり特異点の悪さ具合を調べたりすることが出来るのである。

フロベニウス射によって特徴付けられる多様体の既存のクラスとして、“F-split 多様体” や、それよりも強い“globally F-regular 多様体” といったものがある。今、私は“ \mathcal{O}_X 加群 $F_*\mathcal{O}_X$ が階数 1 の再帰的層の直和に分解する” という性質を持った多様体についてその特徴づけを行っている。

Samuel 関数や、重複度という概念は、(任意標数の) 特異点に対する基本的な関数であり、基本的な不変量である。それらの類似版として、Paul Monsky が 1983 年の論文 “The Hilbert-Kunz function” において、フロベニウス射を用いて“Hilbert-Kunz 関数” という関数と“Hilbert-Kunz 重複度” という不変量とを定義した。Hilbert-Kunz 重複度は、通常のリプシッツ重複度よりも繊細に特異点の情報を反映する。私は、個々の特異点のクラスにおいて、Hilbert-Kunz 関数、Hilbert-Kunz 重複度についてのより精密な評価を試みている。また、標数 0 の特異点における Hilbert-Kunz 重複度の定義 (フロベニウス射を使わない形での定義) をどのように行うか、という問題にも興味を持っている。

虚二次体の円分 \mathbb{Z}_p 拡大の λ -不変量, ν -不変量の計算法について

森田 哲

東北大学大学院理学研究科数学専攻

私は今年度、岩澤理論について研究してきた。今特に注目しているのが、素数 p に対する虚二次体 k の円分 \mathbb{Z}_p 拡大の λ -不変量、 ν -不変量の計算法についてである。 k 上 p^n 次の拡大体 k_n のイデアル類群の p -sykwo 群を A_n 、その位数を $|A_n| = p^{e_n}$ とする Gold の結果で $e_n - e_{n-1}$ を計算する方法があり、その計算における計算時間は p が少なければ n に依らないのである。なぜならその計算に出てくる値で mod (Δ は k の判別式) で考えても良いものがあるため、 n が大きくても計算の結果はさほど大きくはならないからである。つまり e_n を求める時間は n に比例するものである。この計算法に興味を持ったので、これについて、またこれの応用といえる k の Stickelberger 元の n に比例する計算法についてを、一つのテーマとして研究している。なお後者は、まだ未解決の問題とされている。

高階対数関数と混合 Tate モチーフ

加藤 裕基

東北大学大学院理学研究科数学専攻

$p \geq 1$ について定義される高階対数関数 $L_{\mathbb{Z}_p}(z) = \sum_{n=1}^{\infty} z^n/n^p$ は対数関数の定義を拡張した関数である。混合 Tate モチーフの圏の中に高階対数と呼ばれる先程の高階対数関数対象に対応する対象がある。混合 Tate モチーフの圏の中での高階対数対象の性質について研究している。混合 Tate モチーフの圏とは Beilinson によって存在が予想されている圏である。まだ定義はされていないが、どのような性質であるべきは議論されている。今回の発表ではテンソル積の定義されている特別な圏と考えても差し支えはない。本研究ではその圏から淡中理論により得られる混合 Tate リー代数の性質を議論することから出発する。混合 Tate リー代数の双対空間の構成の候補が Bloch により与えられている。そして混合 Tate リー代数の商リー代数として表示される高階対数のなすリー代数が考えられる。今、考えているのは高階対数と混合 Tate リー代数がある予想のもとにコホモロジー同型であるということである。最後に次数が 4 のときについて説明する。

波動-シュレディンガー方程式系の大域解について
赤堀公史
東北大学大学院理学研究科数学専攻

考える方程式は次である.

$$\begin{cases} i\partial_t\psi^\uparrow + (\Delta + \varepsilon_F)\psi^\uparrow = \phi\psi^\uparrow, & x \in \mathbb{R}^3, t > 0, \\ i\partial_t\psi^\downarrow + (\Delta + \varepsilon_F)\psi^\downarrow = \phi\psi^\downarrow, & x \in \mathbb{R}^3, t > 0, \\ \partial_t^2\phi - \Delta\phi = -\psi^\uparrow\overline{\psi^\uparrow} - \psi^\downarrow\overline{\psi^\downarrow}, & x \in \mathbb{R}^3, t > 0. \end{cases}$$

この方程式は, 電子とフォノンが相互作用する物理モデルである. ここでは, この方程式の古典場に対する初期値問題の大域解の存在を考える. よって, $\psi^\uparrow, \psi^\downarrow$ は複素数値, ϕ は実数値関数である. エネルギー保存や粒子数保存を考えると, 初期値のクラスはこれらが意味を持つ空間で考えるのが自然である. しかし, 相互作用を理解する一つのアプローチとして, 高周波を多く含む場合が重要だと考え, 高周波を多く含む初期値に対して大域解が存在するかを考察した. 具体的には, L^2 -型のソボレフ空間 $H^s(\mathbb{R}^3)$ ($s \in \mathbb{R}$) から初期値を取り, どの程度低い s に対して大域解が存在するかを考察した. この結果, 負の s に対しても大域解が存在することが分かった. 最後に, この研究に関して多くの助言や励ましをいただいた堤誉志雄教授に感謝を述べたい.

CAT (0) 空間の境界について

山形 紗恵子

東北大学大学院理学研究科数学専攻

ある群が 2 つの G romov の双曲空間に作用するとき, それら 2 つの空間の境界は, 同相になること (境界の一意性) が知られている. また, 負曲率空間に作用する群 G と, 整数全体からなる群 Z の直積からなる群 $G \times Z$ は, ある CAT (0) 空間に作用することが知られているが, $G \times Z$ がそれとは異なる CAT (0) 空間に作用したときも, それら 2 つの空間の境界は同相になることが Bowers-Ruane によって証明されている. ところが, CAT (0) 空間では, 境界の一意性が成り立たない例があることが Croke-Kleiner によって証明されている. その証明では, ある群がある 2 つの CAT (0) 空間に作用し, それら 2 つの空間の境界が, 同相にはならない例を実際に構成しているのである. 一方, ある性質を満たす CAT (0) 空間は, 境界の一意性があることが Hruska によって示されている. その性質とは, Isolated Flats Property と, Relative Fellow Traveller Property と呼ばれるものであり, これら 2 つの性質を満たす 2 つの CAT (0) 空間に, ある群が作用しているとき, それら 2 つの空間の境界は同相になっているのである. 今回は, この Hruska の結果を中心に解説したいと考えている.

On an exact WKB approach to adiabatic transition problems for 2 levels

Mathematical Institute of Tohoku University

Takuya Watanabe

supervisor : Setsuro Fujiié

The adiabatic limit $\hbar \rightarrow 0$ of the Schrödinger equation

$$i\hbar \frac{d}{dt} \psi(t) = \mathcal{H}(t, \varepsilon) \psi(t) = \begin{pmatrix} V(t) & \varepsilon \\ \varepsilon & -V(t) \end{pmatrix} \psi(t)$$

with a real symmetric 2×2 matrix \mathcal{H} containing a small parameter ε is studied.

At the time when the two eigenvalues $\pm V(t)$ of the non-perturbed Hamiltonian $\mathcal{H}(t, 0)$ cross, i.e. $V(t)$ vanishes, but two eigenvalues $\pm \sqrt{V(t)^2 + \varepsilon^2}$ of the perturbed Hamiltonian $\mathcal{H}(t, \varepsilon)$ avoid crossing. By a quantum effect, nevertheless, a transition of eigenstates happens. The purpose of this work is to calculate this transition probabilities and the scattering matrix.

In the particular case when $V(t)$ is linear, the equation is equivalent to the Weber equation and they can be calculated explicitly. We consider here the case when $V(t)$ vanishes at a point tangentially. The tool is a recently developed exact WKB method.

Stability of Higgs bundles on arbitrary Hermitian manifolds

Kazutoshi Inoue

Department of Mathematics, Graduate School of Science,
Tohoku University

コンパクトな Kähler 多様体上の Higgs 束には小林 Hitchin 対応があることが知られている。小林 Hitchin 対応とは、代数幾何学的に定義される Higgs 束の安定性と、微分幾何学的に定義される Einstein-Hermitian 計量の存在が等価であることである。

我々は、Kähler 条件を許容しない一般の Hermitian 多様体上の Higgs 束においても同様の結果が成立することを期待している。これまでに Einstein-Hermitian 計量が存在するときに一意性が成り立つこと、および Higgs 束が安定な部分 Higgs 束の直交直和に正則に分解することを確認した。

しかしながら、Higgs 束の安定性を仮定して Einstein-Hermitian 計量の存在を示すことは難しい。時刻 0 で Hermitian 計量を適当に与え、計量に関する 2 階非線形放物型偏微分方程式を考える。そして方程式に沿って計量を変形し、時刻無限大で解が Einstein-Hermitian 計量に収束することを示す。その際、実関数をうまく取ることがポイントになる。しかし、多様体に Kähler 条件がないため部分積分がうまくいかず、したがって汎関数が well-defined にならない点が問題である。そこで、Kähler 多様体の場合に使われている汎関数にいくつか項を付け加えることでこの問題を解決しようと試みている。

Gierer-Meinhardt 系のアトラクタ

鈴木 香奈子

東北大学大学院理学研究科数学専攻

生物の形態形成のモデルとして A. Gierer と H. Meinhardt (1972) によって提唱された反応拡散方程式系について、解の大域的存在、有界性、爆発などに関する結果を報告する。これは W. -M. Ni 教授と高木泉教授との共同研究に基づくものである。

この反応拡散方程式系は、活性因子 抑制因子系と呼ばれている。活性因子 (activator) は細胞や組織の変化を促す化学物質で、自己触媒作用によりどんどん自己増殖をし、かつ抑制因子 (inhibitor) の生産も活性化させる。抑制因子は際限のない活性因子の増殖を阻害し、系を安定化させる働きをする。得られた結果を以下に要約する。

活性因子が自己増殖する強さと、それが抑制因子の生産を促す強さを比較すると、その大小によって解の最大存在時間に関して大きな違いがある。また、活性因子の満たす方程式に現れる “生産項” が恒等的に 0 である場合とそうでない場合では、解の大域的挙動に関して、やはり大きな違いがあることが分かる。これらの相違点を、充分時間が経過した後解が存在する領域 (attractor) に着目して、体系的に分類することができる。

Quantum Painlevé systems of type $A_l^{(1)}$

Hajime Nagoya

Department of Mathematics, Graduate School of
Science, Tohoku University

The Painlevé equations have Hamiltonian structures and the affine Weyl group symmetries. Is there a quantization of Painlevé equations with affine Weyl group symmetries? What we mean by the quantization is the canonical quantization, that is, a Poisson bracket will be replaced with a commutator. We have succeeded in introducing quantum Painlevé systems of type $A_l^{(1)}$. These systems, for $l = 1$ and $l \geq 2$, are considered as quantizations of the second Painlevé equation and the differential systems with the affine Weyl group symmetries of type $A_l^{(1)}$ proposed by M. Noumi and Y. Yamada, respectively. We also explain that these quantizations have the affine Weyl group symmetries of type $A_l^{(1)}$ as well as the Lax representations. The quantized systems of type $A_1^{(1)}$ and type $A_l^{(1)}$ ($l = 2n$) can be obtained as the continuous limits of the discrete systems constructed from the affine Weyl group symmetries of type $A_2^{(1)}$ and $A_{l+1}^{(1)}$, respectively.

囲む面積が一定な平面弾性閉曲線の運動

岡部 真也

東北大学大学院理学研究科数学専攻 (高木 泉 研究室)

平面内の弾性体でできた閉曲線を考える。この閉曲線が囲む領域の内側とその外側がそれぞれ非圧縮性粘性流体で満たされているとする。閉曲線は、弾性体でできているため、それ自身の曲げエネルギーを解放するように変形していくと考えられる。一方、非圧縮性の仮定により、閉曲線が囲む面積は一定である。このとき、次のような問題について考察する：「囲む面積が一定であるという束縛条件下においても、閉曲線は曲げエネルギーを減らすように変形していくことができるか？ さらに、もしそのような変形が可能であるならば、最終的にどのような形となるか？」

このような閉曲線の運動は、非伸縮かつ囲む面積が一定であるという二つの束縛条件をみたす閉曲線の曲げエネルギーに対する勾配流方程式で記述される。なお、曲げエネルギーは曲率の平方積分により与えられる。本稿では、(i) この勾配流方程式がすべての時刻に対して滑らかな解をもち、さらに、(ii) その解は、時間が無限に経ったとき、ある定常解にすべての階数の導関数とともに一様収束することを示す。この結果により、上記の問題に対して、そのような変形は可能であり、最終的に閉曲線は曲げエネルギーの (束縛条件下での) 停留点に収束していくということが分かる。

Navier-Stokes 方程式における Koch-Tataru 解の正則化評価及び解析性について
三浦 英之
東北大学大学院理学研究科数学専攻

1960 年代 Fujita-Kato は所謂半群の方法により、全空間における Navier-Stokes 方程式の滑らかな初期データ（速度場）に対して時間局所的な解の存在を証明している。以降、この手法は解の存在をしめす有力な手法として改良が加えられてきているが、2001 年に Koch と Tataru は、今まで扱うことのできなかつた特異性も持つような初期データに対して局所解を構成することに成功した。初期データの例としては -1 のオーダーの特異性を持つ”小さい”関数や、無限遠で増大する一部の関数が挙げられる。今回我々は、Koch-Tataru によって構成された解の微分を含めた時間漸近挙動を考察し、それが線形化方程式である熱方程式と同様の減衰をすることを証明した。応用として解は、各時刻において空間変数について解析的になることを証明することができる。それによれば上に挙げた特異な初期データであっても時間が経過すると解は解析的になることがわかる。

この研究は理学研究科数学専攻小園英雄教授の指導の下で、発表者と澤田宙広氏（早稲田大学）との共同研究で得られたものである。

三次元形状記憶合金方程式に対する時間大域解の存在と一意性について

吉川 周二

東北大学大学院理学研究科数学専攻

形状記憶合金は医療機器やメガネなど多くの用途で用いられる素材である。この合金は、形状記憶効果と呼ばれる「変形させても熱を加えることで元の形に戻る」性質をもつ。形状記憶効果は温度によって合金の金属格子を変える相転移現象によって生じることが知られている。相転移現象は物理変数が不連続に変化する現象であり、数学的には現在も盛んに研究されている。ここでは Falk-Konopka によって提唱された、三次元の形状記憶合金の相転移現象を記述する方程式系について取り扱う。2002年に Pawlow-Zochowski によって、いくつかの物理的には不自然な仮定の下で系の時間大域解の存在と一意性が示された。本研究では、より自然な仮定の下で時間大域解の一意存在の結果を得ることが出来た。証明の鍵となる評価は、調和解析とも密接な関わりをもつ最大正則性評価である。この研究は堤誉志雄先生(京都大学大学院理学研究科)の指導の下で得られた。

バクテリアコロニーに見られるパターン形成のモデル方程式系の大域解

キン プュー プュー トゥー

東北大学 大学院理学研究科 数学専攻

ある種のバクテリアを寒天培地の上で培養すると円形のコロニーパターンがよく見られる。一般に、バクテリアのコロニーパターンは種によって色や形が異なり、微生物の分類に利用されてきた。そのためコロニーの色や形は古くから詳しく調べられている。

本研究では、三村昌泰らが提唱したバクテリアのコロニーパターンが形成されるメカニズムを記述するモデル方程式系を考察する。これは、バクテリアの個体群密度 $u(x, t)$ 、栄養の分布 $n(x, t)$ とバクテリアが分泌する誘引化学物質の濃度 $c(x, t)$ の三つの未知関数に対する非線形放物型偏微分方程式系である。バクテリアは拡散運動をしながら、化学物質の濃度勾配の大きい方に向かって動く。この走化性による運動を記述する項は c の二階導関数を因子に含む非線形性を持ち、数学的取り扱いを難しくしている。

このポスターでは、空間次元が 1 の場合に、解が有限時間で爆発することなく、すべての時刻に対し存在することを証明する。

Extinction of branching symmetric α -stable processes

Yuichi Shiozawa (Mathematical Institute), Supervisor Masayoshi Takeda

Let \mathbf{M}^α , $0 < \alpha \leq 2$, be a symmetric α -stable process on \mathbb{R}^d and \mathbf{M}^D the absorbing α -stable process on an open set $D \subset \mathbb{R}^d$. Denote by $\overline{\mathbf{M}}^D = (\mathbf{P}_x)$ the branching symmetric α -stable process with motion component \mathbf{M}^D , branching mechanism $\{p_n(x)\}_{n \geq 0}$, $\sum_{n=0}^{\infty} p_n(x) \equiv 1$ and branching rate μ , a suitable positive Radon measure. Set $Q(x) = \sum_{n=1}^{\infty} np_n(x)$ and suppose $\sup_{x \in D} Q(x) < \infty$. Define

$$\lambda(\mu; D) = \inf \left\{ \mathcal{E}^\alpha(f, f) + \int_D f^2 d\mu \mid f \in C_0^\infty(D), \int_D f^2 Q d\mu = 1 \right\},$$

where $(\mathcal{E}^\alpha, \mathcal{F}^\alpha)$ is the Dirichlet form of \mathbf{M}^α . Then $\lambda(\mu; D)$ is the principal eigenvalue for the time changed process of the $\exp(-A_{t \wedge \tau_D}^{\mu-})$ -subprocess of \mathbf{M}^D by $A_{t \wedge \tau_D}^{\mu+}$. Here τ_D is the exit time from D and A^μ is the positive continuous additive functional in the Revuz correspondence to μ . Let Z_t the number of particles of $\overline{\mathbf{M}}^D$ at time t and $e_0 = \inf\{t > 0 \mid Z_t = 0\}$. We call it the *extinction time* for $\overline{\mathbf{M}}^D$. Put $u_e(x) = \mathbf{P}_x(e_0 < \infty)$. We then have

Theorem 1. *Suppose $P_x(\tau_D < \infty) = 1$. Then $u_e \equiv 1$ if and only if $\lambda(\mu; D) \geq 1$.*

Differentiability of spectral functions for symmetric α -stable process

東北大学大学院理学研究科 D3 土田兼治

\mathbb{R}^d 上のオーダーが α ($0 < \alpha \leq 2$) の対称安定過程に対するスペクトル関数の微分可能性について研究をした．スペクトル関数 $C(\lambda)$ は

$$C(\lambda) = -\inf \left\{ \mathcal{E}^{(\alpha)}(u, u) + \lambda \int_{\mathbb{R}^d} u^2 d\mu : u \in \mathcal{D}(\mathcal{E}^{(\alpha)}), \int_{\mathbb{R}^d} u^2 dx = 1 \right\}$$

で定義される．ここで, $(\mathcal{E}^{(\alpha)}, \mathcal{D}(\mathcal{E}^{(\alpha)}))$ は対称安定過程に対する Dirichlet 形式であり, μ は以下の性質を持つ符号付き測度である．

$$\lim_{a \rightarrow 0} \sup_{x \in \mathbb{R}^d} \int_{|x-y| \leq a} \frac{1}{|x-y|^{d-\alpha}} |\mu|(dy) = 0$$

かつ

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \sup_{x \in \mathbb{R}^d} \int_{|y| > R} \frac{1}{|x-y|^{d-\alpha}} |\mu|(dy) = 0.$$

このとき, 以下の結果を得た．

定理

$C(\lambda)$ は, $\alpha < d \leq 2\alpha$ のとき微分可能であり, $d > 2\alpha$ のとき微分不可能である．

ソボレフ接続の幾何

山縣 弘幹

東北大学大学院理学研究科数学専攻

私の研究対象であるヤン・ミルズ接続は、数学と物理の両方に関係しています。必ずしもなめらかでない接続に対しても、なめらかなときと同様に幾何学の概念を見つけることができるかという疑問が研究の動機です。ヤン・ミルズ方程式の解であるヤン・ミルズ接続をソボレフ空間という解析学の概念を用いて調べます。一般に、底空間である多様体の次元を上げた際に接続の可積分性を低いままにすると、ソボレフの埋め込み定理から接続のなめらかさを期待できません。そのため、解析的に扱いにくくなります。一方で、物理学でも知られるヤン・ミルズ汎関数から、2乗可積分性という弱い可積分性が自然な要請です。

これまでの研究で、極限ホロノミーの存在や特別なゲージの存在が分かり、高次元多様体上の接続の可積分性が低い場合でも、幾何学の対象になることが分かりました。

現在、これらの概念と判明した性質を使って、特異点をもったヤン・ミルズ接続に対して、その特異性の実際の影響具合を Uhlenbeck の研究を土台にして調べています。

スロープ 4 の超楕円曲線について
石田弘隆
東北大学大学院理学研究科数学専攻

$f: S \rightarrow C$ を Riemann 面 C 上の種数 g の代数曲線の変形とする (f を C 上の種数 g の曲線束という). 曲線束 f から定義される整数 χ_f, K_f^2 と g (自然数) の 3 つの組を座標空間に置くと、このような点の存在する領域を求める問題がある. $K_f^2 = 4\chi_f$ かつ f が超楕円曲線束のとき、存在領域は分かっていたので、以下のことを示した.

定理 1 $f: S \rightarrow C$ を $K_f^2 = 4\chi_f$ となる種数 g の (相対的極小) 超楕円曲線束とする. このとき、不等式

$$\chi_f \geq \chi(g) = \begin{cases} g/2 - 1 & (g \text{ が偶数のとき}), \\ g - 3 & (g \text{ が } 4 \text{ 以上の奇数のとき}). \end{cases}$$

が成り立つ. しかも、任意の 4 以上の整数 g に対して、 $\lambda(f) = 4, \chi_f = \chi(g)$ となる種数 g の相対的極小超楕円曲線束 f は存在する.

実際に曲線束の構成を行うことで、定理は最も良い χ_f の評価を与えていることを表している.

Jordan の曲線定理と Schönflies の定理の逆数学

坂本 伸幸

東北大学大学院理学研究科数学専攻

逆数学プログラムとは、2 階算術という枠組みの中で個々の数学の定理の証明に必要な内包公理は何かを調べようという計画で、近年 Friedman, Simpson, 田中らによって活発に研究されているものである。この研究プログラムの成果として、多くの数学の定理が体系 RCA_0 で証明できるか、 RCA_0 上 WKL_0 , ACA_0 , ATR_0 , $\Pi_1^1-CA_0$ (証明能力が弱い順) のいずれかと同値になることが示されてきた。

発表者は、 RCA_0 上 Jordan の曲線定理も Schönflies の定理も WKL_0 と同値になることを示した。 WKL_0 は、 RCA_0 に「任意の無限 0-1 木は無限道を持つ」ことを主張する弱 König の補題を付け加えて得られる体系で、最大値の原理、Heine/Borel の被覆定理、Brouwer の不動点定理など多くの解析学の定理がこの体系で証明できることが知られている。

通常 Jordan の曲線定理の証明では、いわば「最左最大値の原理」といえる、 WKL_0 では証明できない定理を(暗黙のうちに)使っている。よって、通常証明を形式化するだけでは WKL_0 で Jordan の曲線定理を証明できない。発表者は、田中、山崎が開発した WKL_0 で超準解析を展開する技法を改良し、Kanovei, Reeken の超準的証明を形式化することによって WKL_0 で Jordan の曲線定理が証明できることを示した。

Middle Convolution の方法による Galois 群の実現について
椎名 建仁
東北大学大学院 理学研究科 数学専攻

Middle convolution とは, 与えられた n 次行列の組から, より大きい m 次行列の組を構成する手段であり, 本来は $\mathbb{C}(t)$ 係数の n 階線型微分方程式のモノドロミーの研究から考えられたものである. これを Galois の逆問題の研究に援用しようとしたのが H. Völklein や M. Dettweiler らであり, 特に後者は, 以前筆者が $\mathbb{Q}(t)$ 上での正則な実現可能性を証明した群 $\mathrm{PSL}_2(\mathbb{F}_{p^2})$ (ただし p は $p \not\equiv \pm 1 \pmod{24}$ なる素数) の場合にこの方法を適用して, より次数の高い $\mathrm{PSp}_{2n}(\mathbb{F}_{p^2})$ の場合に拡張できることを示したのである. 具体的には, $\mathrm{GL}_2(\mathbb{F}_{p^2})$ 内の二面体群 D_8 および D_{12} の r 個の元の組に middle convolution を適用して, $\mathrm{Sp}_{2(r-4)}(\mathbb{F}_{p^2})$ の元の組を得るというものであり, その過程で組み紐群の作用や “field of moduli” が保存されることが証明の鍵であった.

そこで筆者はこの探索をこれ以外の $\mathrm{GL}_2(\mathbb{F}_{p^2})$ の部分群, 例えば位数 48, 144 および 192 のある種の可解群へ広げようと考えた. しかしながら, それにはより精細な考察が必要で, 二面体群の場合をそのまま応用することはできない. 例えば位数 192 の群 G_{192} の field of moduli を決定するには中心拡大 $G_{192}/Z_8 \simeq S_4$ に関する埋め込み問題を解かなければならず, これはまだ答えを得ていない. その一方で, これらの可解群から middle convolution および中心による商をとって得られる群 $\mathrm{PSL}_{2n}(\mathbb{F}_{p^2})$ については, この方法による \mathbb{Q} 上での実現可能性を示唆する幾つかの具体例が存在する. 本発表では, 位数 2 の外部自己同型との関連に着目しながら, これまでに分かったこと, および今後の課題について述べる.