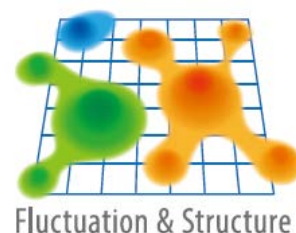


ゆらぎと構造の協奏

～非平衡系における普遍法則の確立～

News Letter Vol.2

2014.4.2 発行



第1回領域研究会が開催されました！

ニュースレター編集委員 北畑裕之

2013年12月25日～27日にKKRホテル熱海において、第1回領域研究会が開催されました。年末の開催にもかかわらず、73名もの参加者があり、活発な議論が交わされました。野地博行教授による招待講演「回転分子モーターF₁-ATPaseの化学-力学共役」が行われた他、各班の研究代表者、研究分担者により20分程度の口頭発表が30件行われました。それらの講演では、各自の研究成果や今後の研究の方針について熱く語られました。また、2日間にわたってポスター発表もあり、そこでも個別に議論が行われました。内容は、理論から実験まで幅広く、分野も物理だけにとどまらず、化学、生物、工学など多岐にわたる発表がありましたが、互いにこれからうまく相互作用して発展していけるのではないかと感じました。特筆すべきは、学生が26名参加しており、積極的にポスター発表を行ったり、講演に対して質問をしたりしていた点です。今後とも学生はじめ若手の研究者が本領域を盛り上げていくことができると感じました。



図1: 野地教授による特別講演。



図2: 第1回領域研究会の集合写真。KKRホテル熱海玄関前にて。

プログラム

- ・「非平衡ゆらぎが生み出す構造と運動の普遍性—界面ゆらぎ・乱流・アクティブマターの関係—」佐野雅己（東京大学）
- ・「Kardar-Parizi-Zhang 系におけるゆらぎと構造の普遍性」笹本 智弘（千葉大学）
- ・「ゆらぐ界面成長にひそむ非平衡普遍法則」竹内 一将（東京大学）
- ・「時空間秩序の生成とその生命現象への展開：高分子・細胞・組織の階層間ダイナミクス」吉川 研一（同志社大学）
- ・特別講演「回転分子モーターF1-ATPaseの化学—力学共役」野地 博行（東京大学）
- ・「自律運動する非平衡液滴」市川 正敏（京都大学）
- ・「Murine leukemia retroviral integration and structure fluctuation of target DNA」鶴山 竜昭（京都大学）
- ・「非平衡ゆらぎの理論は役に立つのか？」佐々 真一（京都大学）
- ・「非平衡定常系での仕事の関係式と線形応答の破れ」中川 尚子（茨城大学）
- ・「メソスコピック系におけるスピン流とそのゆらぎ」小林 研介（大阪大学）
- ・「時間反転対称性のない熱電現象のエナジェティクス」齊藤 圭司（慶應義塾大学）
- ・「情報処理の熱力学」沙川 貴大（東京大学）
- ・「定常せん断流下におけるネマチック液晶の配向ゆらぎ」折原 宏（北海道大学）
- ・「液晶電気対流のレオロジー」長屋 智之（大分大学）
- ・「アクチンの集団挙動とアメーバ運動」中垣 俊之（北海道大学電子科学研究所）
- ・「拘束や温度勾配がある系の multiplicative なブラウン運動」宮崎 州正（名古屋大学）
- ・「有限温度ジャミング系の異常な熱揺らぎと有効温度」吉野 元（大阪大学）
- ・「多成分ボース・アインシュタイン凝縮体の非平衡ダイナミクス」平野 琢也（学習院大学）
- ・「ボース・アインシュタイン凝縮体における構造形成」斎藤 弘樹（電気通信大学）
- ・「大腸菌のミクロな振舞いとマクロな秩序形成」櫻井 建成（千葉大学）
- ・「パターン形成と結合した液滴の自発運動」北畑 裕之（千葉大学）
- ・「アメーバ状の興奮的な膜変形とそのゆらぎ」澤井 哲（東京大学）
- ・「細胞運動のマルチ-コンパスモデル」石原 秀至（東京大学）
- ・「化学刺激が誘起するベシクルのダイナミクス」今井 正幸（東北大学）
- ・「ベシクルの自己生産ダイナミクスに対する内封 DNA の効果」菅原 正（神奈川大学）
- ・「界面活性剤水溶液中におけるリン脂質凝集体の駆動現象」豊田 太郎（東京大学）
- ・「多成分生体膜に関するいくつかの話題」好村 滋行（首都大学東京）
- ・「化学反応による界面活性剤集合体の形態変化」野口 博司（東京大学）
- ・「剪断流下の界面活性剤系の構造形成の粗視化分子シミュレーション」芝 隼人（東京大学）
- ・「外場で駆動された粒子系のダイナミクス」木村 康之（九州大学）
- ・「生き物の非平衡揺らぎ・混みあい効果と力学特性」水野 大介（九州大学）

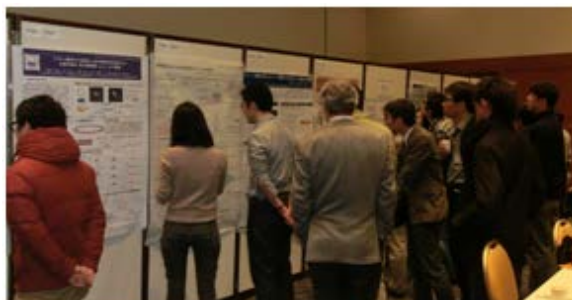


図 3: ポスターセッションでの議論。

第1回公開シンポジウム「非平衡物理学の挑戦 ―物理から生命への架け橋―」

ニュースレター編集委員 竹内一将

非平衡物理学という旗印のもと、私たち新学術領域が目指すものは何なのでしょう？——個々の研究成果の専門的意義に関しては様々な研究会等で議論されているところですが、私たちの掲げる学問分野が本当に魅力あるものならば、それは非専門家の方々や高校生・大学生にも訴えかける力をもつはずで。若い世代を主な対象に非平衡物理学の魅力を伝え、分野の将来に渡る発展に貢献するとともに、一般の方々の関心を把握してアウトリーチに役立てる。そうした「公開シンポジウム」の最初の試みが2月15日に東京大学にて催されました。テーマは「非平衡物理学の挑戦」、そして「物理から生命への架け橋」。関東地方を襲った記録的な大雪の翌日で、雪と雪解け水が街中を覆う悪条件でしたが、会場となった小柴ホールには102名もの方が集まり、非平衡物理学への関心の高さを実感する一日となりました。

シンポジウムでは、佐々教授、中垣教授、今井教授、そして佐野領域代表がそれぞれ熱弁をふるわれました（プログラムは下記）。佐々教授は「ゆらぎ」をキーワードに、ミクロとマクロを結ぶアインシュタインのブラウン運動理論の美しさを見事に力説され、そこからF₁分子モーターに対する最近の理論的取り組みについて紹介されました。高校生・大学生を対象に徹底的に練られた語り口に、多くの聴衆が魅了されたようでした。中垣教授は真性粘菌という生き物の不思議さから入り、単純な生物でも条件次第で「迷路を解く」、つまり栄養源を結ぶ最短パスを見つけ出すような、ある意味で知的な行動が現れること、そしてそれが簡単な数理模型で理解できることを話されました。今井教授はプロトセル研究、つまり、ベシクルなどの物質要素を組み合わせることでミニマルな細胞を作る一連の試みについて紹介されました。成長、複製、走化性などの「生き物らしい」振る舞いが単純な物質の組み合わせで実現するさまは多くの聴衆の関心を惹いたようで、講演後は、「遺伝情報を組み込めるか？」など様々な質問が飛び交いました。最後の佐野教授の講演では、先三つの講演が非平衡をキーワードにいかに結びつくか、非平衡物理学の様々な話題とも絡めながら、その大局的な視点が示されました。分野全体の考え方が示されたことで非平衡物理学のイメージがつかめた来場者も多かったようです。シンポジウム全体を通し、質疑応答が非常に活発で、今後も若い世代が分野で主要な役割を果たしていく様を思い描いたのは私だけではないことと思います。当日実施したアンケート調査からは、講演テーマや非平衡物理学への関心の高さ、そして分野に対する大きな期待が垣間見えますので、次ページの集計結果抜粋をぜひご覧下さい。

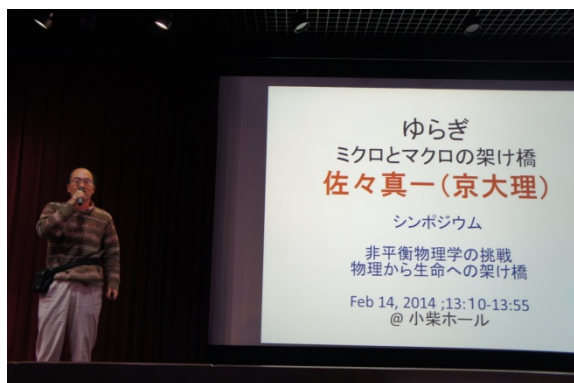


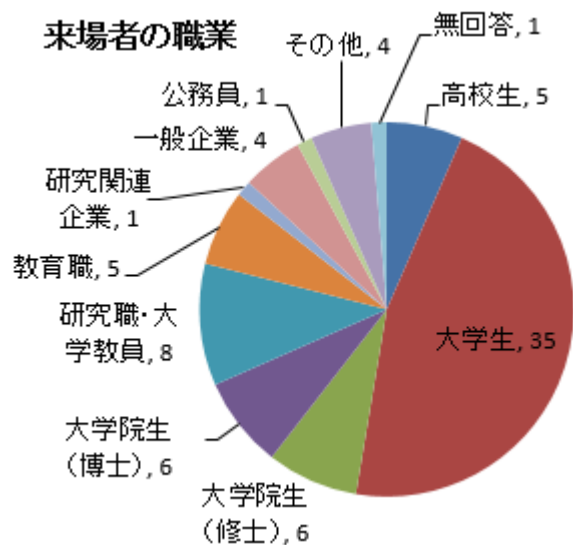
図1：公開シンポジウム当日の様子。左は佐々教授の講演冒頭、右は中垣教授講演後の質疑応答の様様。

プログラム (2014年2月15日 13:00-16:30、東京大学本郷キャンパス、小柴ホールにて)

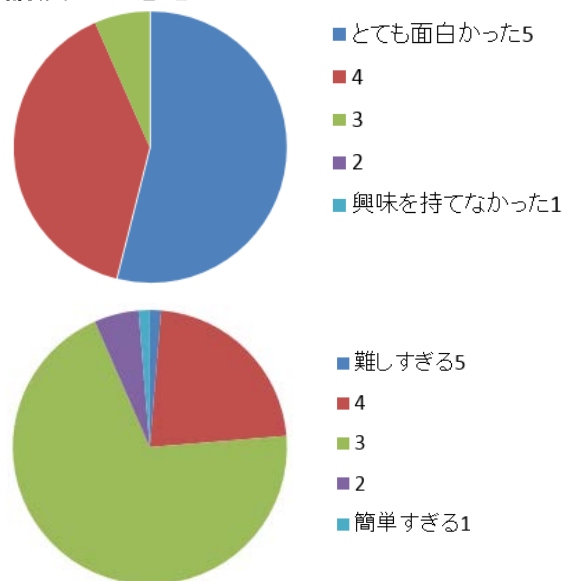
- ・「ゆらぎ ～ミクロとマクロの架け橋～」 佐々真一 (京都大学)
- ・「粘菌の知性 ～細胞の賢さを探る～」 中垣俊之 (北海道大学)
- ・「物質から生命へ ～最も単純な細胞をつくる～」 今井正幸 (東北大学)
- ・「動的で非平衡な世界」 佐野雅己 (東京大学)

アンケート集計結果 (抜粋)

回答数：76



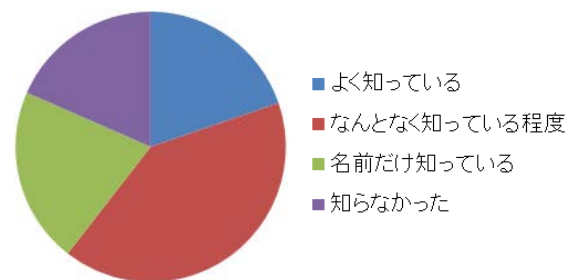
講演への感想



感想 (抜粋)

- 現在の物理と生物の間のつながりについての考え方に触れることができ良かったと思います。刺激になりました。(高校生)
- 最後のまとめでつながったという感じがすごくあって感動した。このような分野を研究したい。(高校生)
- 学術的研究の可能性にわくわくしました。天候のせいで来られなかった知人が多く残念です。(大学生)
- 「動く」というふるまいが割と無機質なもので構成できることは感動した。(大学生)
- 生命現象を物理面からの切口で見たご講演を聴けて、とても勉強になった。と同時に、化学面(反応や触媒物質と物理的力での関わり)や進化速度などについての先生方の観点も聴ければ、より「生命とは何か」にせまった面白い考察が生まれるかも…と思いました。(その他職業)

「非平衡物理学」という分野の認知度



今後の公開シンポジウムで聞いてみたいテーマ (抜粋)

- “ゆらぎ”と地学の関連性、地質構造など。(大学生)
- 量子と非平衡の絡み。(大学生)
- 発生や機能の獲得と自己組織との間の関係性などに興味があります。シンポジウムの内容にからませるには難しいと思うので、それらに絡んだ領域の話を入れていただけると幸いです。今回の内容、非常に良かったです。(大学生)
- 実験機械の進歩が新たに生んだ学術領域、計測、可視技術によって見えなかったものが見えるようになったことで生じた課題など。(大学生)
- 生命と知性についてより深くお聞きしたいです。(大学院生)
- 今回は物理から生命への架け橋としての非平衡物理でしたが、宇宙量子等から身近な現象(星の活動)についても適用した講演を聞いてみたいです。(その他職業)
- 1つの膜分子又は1つのアミノ酸分子の生成から、最初の単細胞生物が誕生するまでのプロセスを考察する話も聞いてみたいと思いました。(その他職業)
- 今回は生命の個体の話題が中心だったようですが、生命の集合体、群れの話も聞いてみたい。(その他職業)

国際シンポジウム“Spatiotemporal pattern formation in biological and active matters”

ニュースレター編集委員 北畑裕之

2014年3月2日にお茶の水大学において、国際シンポジウム“Spatiotemporal pattern formation in biological and active matters”がお茶の水女子大学・シミュレーション科学教育研究センターとの共催で開催されました。ドイツからの参加者による3件を含め、計12件の口頭講演が行われ、主に生命現象やアクティブマターにおける時空間パターン形成に関する最近の成果が発表されました。また、ポスターセッションも行われ、22件のポスター発表でも個別に議論が交わされました。学生18名を含め、61名の参加者があり、非常に活発な雰囲気の会議だという印象を受けました。生命系やアクティブマターは本新学術領域の中でも主要なテーマの一つであります。本研究会では、生物、理論物理、実験物理などさまざまなバックグラウンドを持つ研究者がそれぞれの立場から研究を進めているのが印象的でした。ただバラバラに行われているのではなく、それぞれが互いを意識しながら研究が進められているように感じました。本新学術領域研究でさらにそのようなつながりが深いものになることが期待されます。

プログラム

- "Collective motion and pattern formation of gliding and swimming bacteria" Markus Baer
- "Collective dynamics of active particles: From microscopies to coarse-grained theories" Robert Grossmann
- "Pattern formation in a suspension of squirmers" Takuji Ishikawa
- "Spontaneous pattern transition in bioconvection of *Chlamydomonas reinhardtii*" Azusa Kage
- "Forces and shapes in radish sprouts during phototropism" Hirofumi Wada
- "Meiotic cytoplasmic streaming: a self-organized flow in the *C. elegans* embryo" Akatsuki Kimura
- "Swimming droplets driven by surface wave" Hiroyuki Ebata
- "Morphodynamics of a migrating cell" Shuji Ishihara
- "A poroelastic model for mechanochemical waves and pattern formation in *Physarum polycephalum*" Sergio Alonso
- "Dynamics of a growing elastic string" So Kitsunozaki
- "Elliptic particle motion driven by surface tension gradient" Hiroyuki Kitahata
- "Mechanism of Jetlag approached with a multi-oscillator model for the circadian master clock" Hiroshi Kori

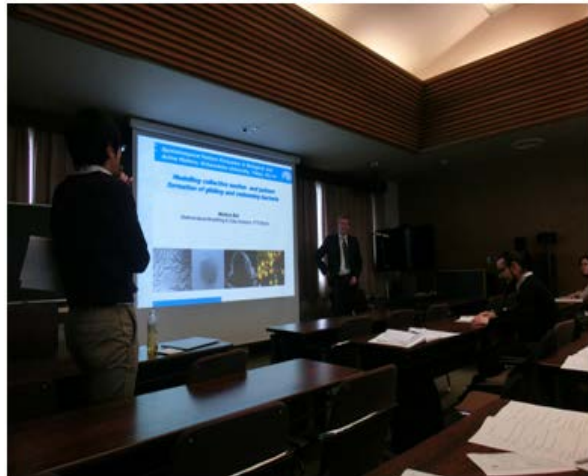


図1: Physikalisches Institut der Universität BonnのBaer教授による講演。



図2: ポスターセッションの様子。

Workshop on Non-Equilibrium Complex Fluids の報告

A02 班 折原 宏

2014年3月6日に首都大学東京においてA02班とA03班の合同班会議として、Workshop on Non-equilibrium Complex Fluids が開催された。このワークショップに引き続き7、8日には、Workshop on Non-equilibrium Surfactant Solution が同大学で行われた。後者が界面活性剤のラメラ相の非平衡現象に焦点を絞ったのに対し、本研究会ではソフトマターから量子流体にまで至る非平衡物質を広く対象とした。講演に先立ち、好村滋行氏からこのような趣を異にする2つの研究会開催の経緯、趣旨説明が行われた。午前中に2つの講演が行われた。まず、木村康之氏が膜系へのマイクロロロジーの応用から液晶電気対流中での非平衡ブラウン運動の研究までを多くの実験結果を示すとともに理論的考察を交えて講演した。続いて私(折原宏)は線形応答測定の結果からせん断流下のソフトマターにおいては非平衡定常状態の特徴として非保存力が重要な役割を果たすことを示した。午後最初の講演はエジンバラ大学の Oliver Henrich 氏による格子ボルツマン法を用いたソフトマターのマルチスケールシミュレーションの話であった。ラメラ相と液晶のブルー相のせん断流誘起構造形成とともに目新しいレオロジー的性質が紹介された。実験屋としてはこのような実験に先行して予言された結果が実際に実験で観測されるのかに関心がある。続く野口博司氏は流動場中の赤血球および化学反応があるときの界面活性剤の話で、実験で観察された面白い形態変化が見事に再現されていた。最後のセッションでは摩擦と量子流体というそれまでとはやや異なる話題が提供された。山口哲生氏は高分子ゲルの摩擦において、規則的スリップからカオスへの遷移、スリップイベントの地震学におけるグーテンベルグ・リヒター則との類似性等を紹介し、時空構造の不均一性が不可欠な役割を演じていることを示した。斎藤弘樹氏は量子流体において古典流体で起こる不安定性に対応するいくつかのシミュレーション動画を示し、それらの類似性と相違性を議論したが、これらが実験で観察されれば、さらに興味深い。参加者は多くはなかったが、以上のいずれの講演においても活発な議論が交わされ、予定終了時刻を大幅にオーバーした。一日だけのワークショップであったが、非平衡複雑流体研究のスペクトルの広がりや改めると同時に、どのテーマも非平衡物理学の題材としてさらに掘り下げるに値するものであると感じた。今後の新学術領域研究の広がりや深化を予感させるワークショップであった。なお、Henrich 氏と山口氏が領域外からの招待講演者であり、後半のワークショップの海外招待講演者である Ulf Olsson 氏と C.-Y. David Lu 氏も討論に加わった。



図 1: Henrich 氏の講演はスコットランド紹介から始まった。

プログラム

- “Microrheology of equilibrium and non-equilibrium complex fluids” Yasuyuki Kimura (Kyushu Univ.)
- “Influence of shear flow on linear response in soft matter” Hiroshi Orihara (Hokkaido Univ.)
- “Mesoscopic Lattice Boltzmann Simulations of Soft Multiscale Materials” Oliver Henrich (Univ. of Edinburgh)
- “Coarse-grained simulations of surfactants” Hiroshi Noguchi (Univ. of Tokyo)
- “Spatio-temporal heterogeneity in sliding friction of soft and hard matter” Tetsuo Yamaguchi (Kyushu Univ.)
- “Hydrodynamic instabilities in Bose-Einstein condensates” Hiroki Saito (Univ. of Electro-Communications)

Workshop on Non-Equilibrium Surfactant Solution 報告

A03 班 好村滋行

「こんな研究会には初めて参加しました。」ワークショップの最後に、Lund 大学の Ulf Olsson 氏から頂いたお言葉です。

界面活性剤の水溶液は、適当な組成と温度において、界面活性剤分子の二重膜が一次的に積層した「ラメラ相」と呼ばれる状態をとります。今からおよそ 20 年前に、フランスの Didier Roux らのグループが、ラメラ状態の界面活性剤水溶液にずり流動を加えると、二重膜が同心球状に積み重なった「オニオン（玉ねぎ）構造」が形成されることを実験的に発見しました。その後、この現象はソフトマターにおける典型的な非平衡構造相転移として、世界の幾つかのグループで、実験と理論の両面から研究されてきましたが、調べれば調べるほど謎が深まるというミステリアスな歴史を辿ってきました。本ワークショップは、この長年の「オニオン問題」に決着をつけようという意図で企画されました。実際のところ、オニオン構造のみに焦点を当てた研究会としては、世界で最初の試みでした。



このような経緯のため、講演者の人数を 6 名に限定し、一人当たり一時間半を使って二日間徹底的に議論するというプログラムを組みました。講演中の質問や議論は制約を設けずに完全に自由にしたため、全体で二時間を超える講演もいくつかありました。また、昼食や夕食も参加者全員でとるなど、文字通り、朝から晩まで絶え間なくオニオンに関する議論が行われました。それが冒頭の Olsson 氏のコメントにつながります。以下に講演者とタイトルを列挙しておきます。

- Ulf Olsson (Lund University)
“Shear induced multi-lamellar vesicles in a non-ionic lamellar phase”
- Hayato Shiba (University of Tokyo)
“Coarse-grained molecular simulation of multi-lamellar membranes under shear flow”
- Tadashi Kato (Tokyo Metropolitan University)
“Re-entrant lamellar/onion transition with varying temperature under shear flow”
- C.-Y. David Lu (National Taiwan University)
“The dynamic relaxations and the size selection of the multi-lamellar vesicles”
- Shuji Fujii (Nagaoka University of Technology)
“Shear-induced onion structure as a non-equilibrium defect?”
- Koichiro Sadakane (Ritsumeikan University)
“Gel-like behaviors in a mixture of water / organic solvent / salt induced by shear flow”

このワークショップを通じて明らかになってきたことが主に二つあります。一つはオニオン形成の機構が実験やシミュレーションで、かなり正確に把握できるようになってきたことです。どうやらラメラとオニオンの間に「リーク（長ねぎ）構造」が定常状態として存在するようです。もう一つは、界面活性剤系や液晶における転位や転傾などの欠陥構造が、レオロジーや不安定性などのダイナミクスにおいて、本質的な役割を果たしているということです。特に後者に関しては、オニオンの問題を超えて「構造レオロジー」という新しい概念が生まれており、非平衡状態のソフトマターを扱う上で今後、ますます重要になると思われます。

ワークショップの冒頭では、「これはオニオンに関する最初で最後の研究会かもしれない」という軽い冗談もありましたが、また数年後には二回目が必要と感じた参加者も多かったようです。オニオンは古くて新しい問題であることを改めて実感した二日間でした。

好村滋行（首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授）

若手研究会「ゆらぎの定理:現在と未来」が開催されました！

A01 班 中山洋平 (佐野研)

2014年3月14日、「ゆらぎの定理」の拡張可能性・応用およびその限界をテーマとする若手研究会「ゆらぎの定理:現在と未来」が開催されました。3月4日に佐野雅己領域代表が講師を務めて行った「ゆらぎの定理:過去」と題したチュートリアルに引き続き、今回の若手研究会も60名を越える参加者があり、盛況のうちに終了しました。「ゆらぎの定理」を専門としない分野からの参加者も多く、「ゆらぎの定理」の現状と今後について関心が集まっていることが感じられました。

全9件の講演では、 δ 関数や0になる領域を含むような特異的な確率分布の場合へのゆらぎの定理の拡張を行った「Lebesgue分解に基づく非平衡等式」(村下 湧音)、粗視化モデルにおけるゆらぎの定理の限界を定常状態熱力学により克服する可能性を議論した「ゆらぎの定理で捉えられないエントロピー生成とそれでも不変に保たれる構造」(中山 洋平)、ゆらぎの定理にもとづいて情報の流れを含むような部分系の熱力学的構造を導いた「Markov jumpにおけるエントロピー生成のadditiveな分解」(白石 直人)・「部分系に対して熱力学第二法則をどのように一般化するか」(伊藤 創祐)、ゆらぎの定理がもつ対称性を一般化するときに見れる大偏差関数の実験的・数値的測定方法を提案した「時系列統計の大偏差関数」(根本 孝裕)、熱的ではないゆらぎに駆動される系の運動方程式を導いてそこでのゆらぎの定理を議論した「非熱的非ガウス揺らぎに駆動されるエネルギー輸送」(金澤 輝代士)、これまでハミルトン系や確率過程が主だったゆらぎの定理の対象を量子系に拡張した「メモリーについての量子Jarzynski等式」(森國 洋平)・「フィードバック制御下での量子ゆらぎの定理」(布能 謙)、ゆらぎの定理を用いた生体分子モーターのエネルギー測定実験の理論的側面について議論した「生体分子モーターのための微小系熱力学」(川口 喬吾)、と研究会のテーマ通りゆらぎの定理の拡張・応用・限界それぞれの面について多彩な発表がなされました。

また、この研究会は若手の名を冠している通り発表者は修士1年から博士2年の学生であり、ゆら



講演の様子1:「部分系に対して熱力学第二法則をどのように一般化するか」(伊藤 創祐)



講演の様子2:「非熱的非ガウス揺らぎに駆動されるエネルギー輸送」(金澤 輝代士)

ぎの定理に関係する分野で多数の若手研究者が活躍していることを印象づけるものでもありました。発表後の質疑応答のみならず、休憩時間にも会場のあちこちで熱心なディスカッションが行われており、これから非平衡系の性質を探求していく上でゆらぎの定理のアイデアが様々な分野に波及していく可能性を期待させる研究会となりました。

今後の予定

◎新学術領域「ゆらぎと構造の協奏」主催

○公募班キックオフ研究会
2014年4月26日(土) ~ 27日(日)
京都大学理学部セミナーハウス

○第1回若手勉強会
2014年8月6日(水) ~ 8日(金)
慶應大学日吉キャンパス

○第2回領域研究会
2014年8月29日(金) ~ 31日(日)
北海道大学工学部オープンホール

◎新学術領域「ゆらぎと構造の協奏」共催

○Open Questions on the Origin of Life (OQOL2014)
2014年7月12日(土) ~ 13日(日)
国際高等研究所

○Interface fluctuations and KPZ universality class
- unifying mathematical, theoretical, and experimental approaches
2014年8月20日(水) ~ 23日(土)
京都大学基礎物理学研究所パナソニックホール

編集委員よりお願い

本ニュースレターでは、新学術領域研究「ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立」による研究成果をできるだけ早く発信していきたいと考えております。自薦、他薦問わず重要な研究成果、あるいは関係する研究会報告などありましたら、編集委員までお寄せください。

ニュースレター編集委員 竹内一将（東京大学）kazumasa@daisy.phys.s.u-tokyo.ac.jp
 北畑裕之（千葉大学）kitahata@physics.s.chiba-u.ac.jp