

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月23日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540391

研究課題名（和文） 液晶散逸構造における時空カオス制御

研究課題名（英文） Controlling for Spatiotemporal Chaos in Dissipative Structures in Liquid Crystals

研究代表者

日高 芳樹（HIDAKA YOSHIKI）

九州大学・工学研究院・助教

研究者番号：70274511

研究成果の概要（和文）：

液晶電気対流における時空カオスに外力を加えることによって秩序化する時空カオス制御について、その手法とメカニズムに関する研究を行った。欠陥格子の時空間欠性の時空カオス制御は、時間的な同期が空間的な相互作用を介して空間的秩序構造を再形成することによって実現されていることがわかった。対流と液晶配向の南部-ゴールドストーン・モードの相互作用によって生じるソフトモード乱流は、液晶配向の揺らぎを抑える磁場によって制御できることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

Technique and mechanism of controlling for spatiotemporal chaos in electroconvection of nematic liquid crystals were studied. In the controlling for spatiotemporal intermittency in the defect lattice, spatial ordered structure is reformed by spatial interaction of temporal synchronization. The soft-mode turbulence which occurs by the interaction between convection and a Nambu-Goldstone mode in orientation of the liquid crystal can be controlled by a magnetic field which suppresses fluctuations of the orientation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 数理物理・物性基礎

キーワード：非平衡・非線形物理学，散逸構造，時空カオス，カオス制御，液晶

1. 研究開始当初の背景

流体層を下から暖めた系において周期的に配列した対流ロールが発生する熱対流は、常時エネルギーが注入されている非平衡開放系に現れる散逸構造の典型例として、カオスやパターン形成の研究で重要な役割を果たしてきた。一方、対流現象は液晶に電場を加えた系でも発生し、電気対流と呼ばれている。液

晶電気対流は大自由度系が作り易いという利点をもつため、「時空カオス」の研究を行うのに適している。時空カオスは、時間的のみならず空間的にも不規則性を示す現象である。ただし、系全体にわたるコヒーレンスは失われているが、エネルギー注入のスケール（対流ロールのサイズに相当）よりも長い相関長はなお保たれていることが特徴である。

少数自由度系のカオスに関する研究の分野に、できるだけ小さな摂動によって系の状態をカオスから秩序状態へと近づける「カオス制御」がある。その手法は、系の時間遅れ信号を利用するフィードバック制御と、周期外力を付加的またはパラメトリックに与える共鳴制御に大別される。これまでの研究から、カオス制御を効果的に行うための時間遅れの間隔や与える周期外力の振動数に関する知見が得られている。近年、カオス制御を時空カオスへ拡張する試みが始まっており、時空カオスを示す系に周期外力を加えた理論モデルなどが提案されている。時空カオス制御の研究から得られた成果は、流体系や化学反応拡散系など空間自由度をもつ非線形系への応用が期待され、多くの理論的、実験的研究が必要とされているにも関わらず、特に実験研究はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

液晶電気対流に見られる時空カオスの代表例として以下のものが上げられる。

○ 時空間欠性

○ ソフトモード乱流

時空間欠性は、秩序パターンの一部が乱流化した時空カオスで、液晶電気対流以外の多くの実験系、理論モデルで発見されてきた時空カオスの典型例の一つであり、非線形力学・統計力学の観点から活発に研究がなされてきた。液晶電気対流では「欠陥格子」「グリッドパターン」と呼ばれる2種類の格子状秩序パターンで時空間欠性が観測されている。

ソフトモード乱流は液晶配向の連続回転対称性の自発的破れに伴う「南部-ゴールドストーン・モード」と対流の相互作用によって生じる時空カオスで、近年最も注目されている。

本研究の目的は、これらの時空カオスを制御パラメータすなわち系への注入エネルギーの大きさを保ったまま秩序化する「時空カオス制御」の手法を確立することである。

すでに、欠陥格子の時空間欠性に対して、印加電圧の振幅を数%変調させるパラメトリック摂動により乱流領域の面積が減少する現象を見出している。これは時空間欠性に対する時空カオス制御を実験的に実現した初めての例である。時空間欠性に対するパラメトリック摂動による時空カオス制御の機構解明を中心とし、ソフトモード乱流の時空カオス制御も行う。

3. 研究の方法

液晶電気対流は、液晶の光学的性質により、対流構造を顕微鏡下で容易に可視化できる。本研究ではそのメリットを生かして、対流構造を画像データとしてコンピュータに取り込み、その対流パターンの画像解析によって必

要な情報を取り出す手法を用いた。

欠陥格子とグリッドパターンの示す時空間欠性に対しては、空間を小領域に区切り、その空間スペクトルを用いて秩序領域か乱流領域かを判断する「局所スペクトル法」によって、対流パターンを2値化した。そこから、乱流領域の面積比が振幅変調電場の印加によってどのように変化するか、乱流領域のドメインはどのような形状変化を示すか、などの情報を得た。また、時空間欠性の基礎的性質を調べるために、混入した微粒子の運動を観測するラグランジュ的手法も用いた。

ソフトモード乱流に対しても同様に画像データを取得し、画像解析を行った。ソフトモード乱流は、局所的な対流ロール構造は保たれているが、その向きが時間空間的にゆったりと変化する時空カオスである。そこで、対流ロールの向きがそろう程度を定量化した「パターン秩序度」を定義した。磁場の印加によって対流パターンが秩序化されるので、パターン秩序度の磁場強度に対する依存性を求めた。磁場は所属研究室現有の電磁石を用いたが、当初は直流磁場のみ印加できたが、バイポーラ電源の導入によって、時間変化する磁場の印加を可能にした。

4. 研究成果

(1) 時空間欠性の制御

欠陥格子では静止状態と対流ロールのリミットサイクルの間を時空間欠的に遷移することがわかっている。格子パターンの一部が乱流化した時空間欠性の状態になっても、残った格子領域ではリミットサイクルが見られる。また時間スペクトルを測定することによって、このリミットサイクルの振動数が乱流領域では顕著に現れていないことがわかった。

静止状態の欠陥格子に振幅変調電場を印加すると、ロールのリミットサイクルが誘起されることがわかった。また振動状態の格子では、振幅変調電場への位相の引き込みが見られた。このことから、秩序領域のロールは振幅変調電場に同期していることがわかる。

振幅変調電場の周波数を変えながら秩序化された領域の面積を測定することによって、このリミットサイクルの振動数と変調周波数が一致するとき最も効果的に制御されることがわかった。このことから、秩序領域のロールの振幅変調電場への同期によって時空カオス制御が行われていることがわかる。

また、制御過程の乱流・秩序ドメインを詳細に観察すると、乱流領域内で核発生的に秩序領域が発生することはなく、境界部分の乱流状態が格子に変化することによって制御が進んでいることがわかった。このことから、制御の過程において、両領域の境界付近の格子が乱流領域を秩序化させていることがわか

る。

一般にカオスは、リミットサイクルが不安定化して発生し、カオス状態でもそのリミットサイクルの振動数が比較的強い成分として残っている。共鳴カオス制御では、そのリミットサイクルの振動数と等しい周波数の外力を印加することによってリミットサイクルを再安定化させることによって行われる。一方、欠陥格子の時空間欠性では、乱流領域にリミットサイクルの振動数が見られなかったことから、疑似的少数自由度系であった格子の個々のユニットがカオスを示すことによって乱流化するのではなく、格子自体が融解して実効的自由度が高くなることによって乱流が発生すると考えられる。

以上のことから、欠陥格子の時空間欠性の時空カオス制御は、時間的な同期が空間的な相互作用を介して空間的秩序構造を再形成することによって実現されていることがわかった。そのような空間的な相互作用は、液晶配向が本来もつ長距離相関、すなわち分子配向による弾性によって実現されると考えられる。変調がない状態では、秩序領域の対流も分子配向も空間的にインコヒーレントに振動している。変調によって対流振幅が振動すると、対流との相互作用によって分子配向のコヒーレントな振動も生じる。この秩序領域のコヒーレントな振動は、弾性的相互作用を通じて境界付近の乱流状態の分子配向と強く相互作用し、乱流状態をコヒーレントな周期振動状態に変える。このような過程によって秩序構造が再生され、時空間欠性の制御が行われていると考えられる。

欠陥格子の形成には液晶の分子配向が大きく寄与していることがわかっていて。一方、制御パラメータの高い領域で現れるグリッドパターンは、流れの非線形効果によってロールから格子への流れ構造の遷移によって生じる。グリッドパターンもリミットサイクルを示すが、振幅変調電場による時空カオス制御はできなかった。欠陥格子では可能であった手法がグリッドパターンには使えなかったことから、欠陥格子の時空カオス制御において分子配向による長距離相関が重要な役割を果たしていることがわかる。

(2) ソフトモード乱流の磁場による制御

液晶は正の磁化率異方性をもつため、分子配向は磁場に対して平行になろうとする。このため、分子配向の自由回転である南部-ゴールドストーン・モードが抑えられる。ソフトモード乱流は、対流と南部-ゴールドストーン・モードの相互作用によって生じるので、磁場によってソフトモード乱流が秩序化すると考えられる。

2次元XYモデルの磁化を参照することによって、ソフトモード乱流の秩序化を定量的に表す「パターン秩序度」を定義した。パター

ン秩序度は、あるしきい値以上の磁場で増加し、その後は磁場強度の2乗に比例して増加することがわかった。その比例関係からパターン感受率を定義し、制御パラメータの依存性を調べた。その結果は、キュリー・ワイス則と類似の関係を示した。

次に、ステップ状に磁場を除去することによって、パターン秩序度が有限の値をもつ状態から、パターン秩序度ゼロのソフトモード乱流へ向かって緩和していく過程を観測した。その結果、パターン秩序度は2段階の緩和を示すことがわかった。第1段階では、ジグザグ不安定モードの発生によってパターン秩序度は急激に減衰した。また第2段階では、南部ゴールドストーン・モードの効果によってゆっくりと緩和した。逆にステップ状に磁場を印加する場合は、ソフトモード乱流に特有の液晶配向の線状欠陥「ブラックライン」の存在が大きく関与しており、パターン秩序度は複雑なふるまいを示すことがわかった。

(3) 研究成果の位置づけと今後の展望

欠陥格子の時空間欠性の時空カオス制御で見られた、時間的な同期が空間的な相互作用を介して空間的秩序構造を再形成する現象は、カオス制御のみならず、パターン形成の問題としても興味深い。欠陥格子は対流ロール中の欠陥が周期的に配列したパターンだが、このような欠陥の周期構造は平衡系でも見られる。しかし欠陥格子のような非平衡開放系ではリミットサイクルを伴う点が大きく異なる。このリミットサイクルが、パターン形成においても重要な役割を果たしていることを示唆している。

時空間欠性もソフトモード乱流の状態も、液晶配向の長距離相関が壊されている。しかしそのような本来長距離相関をもつ場を利用することが、時空カオス制御を実現させるポイントであることがわかった。

これまでの時空カオスの研究は、現象を詳細に観測することによって特徴を抽出するという方法で行われてきた。しかし本研究の磁場制御は、見方を変えると、ソフトモード乱流を揺らぎと見なし、その外場応答によって時空カオスの性質を明らかにしていることになる。これは、時空カオスの研究において新たな局面を切り開く手法となることが期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

1. F. NUGROHO, T. NARUMI, Y. HIDAKA, J. YOSHITANI, M. SUZUKI, S. KAI, Glassy Dynamics in relaxation of Soft-Mode Turbulence, Physical Review E, 査読有, Vol. 85, 2012, pp. 030701-1-5

- DOI: 10.1103/PhysRevE.85.030701
2. F. NUGROHO, Y. HIDAKA, T. UEKI, S. KAI, Transient Mode Selections in Soft-Mode Turbulence by Controlling the Nambu-Goldstone Mode, Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, Vol. 81, 2012, pp. 024004-1-5
DOI: 10.1143/JPSJ.81.024004
 3. 日高芳樹, 細川雄作, 鈴木将, 甲斐昌一, 時空カオスの2重構造と揺らぎ定理, 物性研究, 査読無, Vol. 96, 2011, pp. 175-176
 4. 鳴海孝之, 日高芳樹, 鈴木将, 甲斐昌一, 動的不均一場中の粒子についての分子動力学シミュレーション, 物性研究, 査読無, Vol. 96, 2011, pp. 167-168
 5. 植木達博, F. NUGROHO, R. ANUGRAHA, 日高芳樹, 甲斐昌一, ソフトモード乱流の外場応答, 物性研究, 査読無, Vol. 96, 2011, pp. 81-82
 6. 吉谷淳一, 日高芳樹, 長屋智之, 鳴海孝之, 鈴木将, 甲斐昌一, ソフトモード乱流の時空揺動の記憶関数, 物性研究, 査読無, Vol. 96, 2011, pp. 79-80
 7. 橋口愛, 日高芳樹, 鳴海孝之, 甲斐昌一, 非熱的 Brown 運動による時空間欠性の統計的性質, 物性研究, 査読無, Vol. 96, 2011, pp. 75-76
 8. F. NUGROHO, T. UEKI, R. ANUGRAHA, Y. HIDAKA, S. KAI, Quantitative definition of patterns in soft-mode turbulence suppressing the Nambu-Goldstone mode, Physical Review E, 査読有, Vol. 84, 2011, pp. 011709-1-5
DOI: 10.1103/PhysRevE.84.011709
 9. R. ANUGRAHA, F. NUGROHO, T. UEKI, Y. HIDAKA, S. KAI, M. I. TRIBELSKY, Link of microscopic and macroscopic fields in nematodynamics, Physical Review E, 査読有, Vol. 83, 2011, pp. 022701-1-4
DOI: 10.1103/PhysRevE.83.022701
 10. F. NUGROHO, T. UEKI, R. ANUGRAHA, Y. HIDAKA, S. KAI, New Measure of Chaos of Convective Pattern in Soft - Mode Turbulence, AIP Conference Proceedings, 査読有, Vol. 1325, 2010 pp. 293-296
DOI: 10.1063/1.3537932
 11. F. NUGROHO, T. UEKI, R. ANUGRAHA, Y. HIDAKA, S. KAI, Magnetic Field Dependence of Spatiotemporal Chaos in a Homeotropic Nematic System, Journal of the Physical Society of Japan LETTERS, 査読有, Vol. 79, 2010 pp. 123001-1-4
DOI: 10.1143/JPSJ.79.123001
 12. Y. HIDAKA, Y. HOSOKAWA, N. OIKAWA, K. TAMURA, R. ANUGRAHA, S. KAI, Magnetic Field Dependence of Spatiotemporal CA Nonequilibrium Temperature and Fluctuation Theorem for Soft-Mode Turbulence, Physica D, 査読有, Vol. 239, 2010 pp. 735-738
DOI: 10.1016/j.physd.2009.07.003
 13. Y. HIDAKA, S. KAI, Nambu-Goldstone Mode and Spatiotemporal Chaos, Forma, 査読有, Vol. 24, 2010 pp. 123-5
<http://www.scipress.org/journals/forma/pdf/2403/24030123.pdf>
 14. R. ANUGRAHA, Y. HIDAKA, T. UEKI, S. KAI, Symmetry-Dependent Defect Structures in Soft-Mode Turbulence, Physical Review E, 査読有, Vol. 80, 2009 pp. 066304-1-19
DOI: 10.1103/PhysRevE.80.066304
- [学会発表] (計 38 件)
1. F. NUGROHO, 鳴海孝之, 日高芳樹, 吉谷淳一, 鈴木将, 甲斐昌一, ソフトモード乱流分岐点近傍の時間相関関数で見られる圧縮指数緩和, 日本物理学会 第 67 回年次大会, 2012/ 3/27, 関西学院大学西宮上が原キャンパス
 2. T. NARUMI, F. NUGROHO, J. YOSHITANI, Y. HIDAKA, M. SUZUKI, S. KAI, Nonlinear Relaxation in Soft-Mode Turbulence, International Conference Phase Transition Dynamics in Soft Matter: Bridging Microscale and Mesoscale, 2012/ 2/20, 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館
 3. 日高芳樹, 液晶散逸構造の時空カオス制御, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 (SSI2011), 2011/11/23, 国立オリンピック記念青少年総合センター
 4. F. NUGROHO, T. UEKI, Y. HIDAKA, S. KAI, Relaxation dynamics in of Spatiotemporal Chaos in the Nematic Liquid Crystal, 64th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, 2011/11/20, Baltimore Convention Center, Maryland, USA
 5. 日高芳樹, 南部-ゴールドストーン・モードの関与した時空カオス-ソフトモード乱流, 九州大学応用力学研究所 平成 23 年度共同利用研究集会「乱流現象及び非平衡系の多様性と普遍性」, 2011/11/12, 九州大学応用力学研究所
 6. F. NUGROHO, T. UEKI, Y. HIDAKA, S. KAI, Relaxation dynamics in soft-mode Turbulence Controlling the Nambu-Goldstone mode, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011/ 9/22, 富山大学五福キャンパス
 7. 鳴海孝之, 鈴木将, 日高芳樹, 甲斐昌一, 弱結合一次元クーロンブロッケイド系における閾値分布についての理論的研究, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011/ 9/22, 富山大学五福キャンパス
 8. 吉谷淳一, 日高芳樹, 長屋智之, 鳴海孝之, 鈴木将, F. NUGROHO, 甲斐昌一, Langevin 形式を用いたソフトモード乱流の時空揺動の

- 表現, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011/9/21, 富山大学五福キャンパス
9. F. NUGROHO, T. UEKI, Y. HIDAKA, S. KAI, Transient dynamics in soft-mode Turbulence Controlling the Nambu-Goldstone mode, Collective dynamics and pattern formation in active matter systems, 2011/9/21, Max Planck Institute, Germany
 10. 日高芳樹, 時空カオスによる非熱的 Brown 運動, 福井大学工学部知能システム工学科 第 33 回知能システム談話会, 2011/5/19, 福井大学工学部
 11. 日高芳樹, ソフトモード乱流の秩序と欠陥, かたちシュレ 2011@山中温泉, 2011/2/20, 山中温泉 河鹿荘ロイヤルホテル
 12. 日高芳樹, ソフトモード乱流における非熱的 Brown 運動と揺らぎ定理, 信州大学理学部物理学科物性物理学講座物性理論研究室・物性コロキウム, 2010/12/15, 信州大学理学部物理学科物性物理学講座物性理論研究室
 13. 日高芳樹, 液晶における散逸構造と時空カオス, 信州大学理学部・数理科学談話会公開講演, 2010/12/14, 信州大学理学部
 14. 日高芳樹, 細川雄作, 鈴木将, 甲斐昌一, 時空カオスの 2 重構造と揺らぎ定理, 基研研究会 2010 非平衡系の物理 -非平衡ゆらぎと集団挙動, 2010/11/19, 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館
 15. 鳴海孝之, 日高芳樹, 鈴木将, 甲斐昌一, 動的不均一場中の粒子についての分子動力学シミュレーション, 基研研究会 2010 非平衡系の物理 -非平衡ゆらぎと集団挙動, 2010/11/19, 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館
 16. 植木達博, F. NUGROHO, R. ANUGRAHA, 日高芳樹, 甲斐昌一, ソフトモード乱流の外場応答, 基研研究会 2010 非平衡系の物理 -非平衡ゆらぎと集団挙動, 2010/11/19, 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館
 17. 橋口愛, 日高芳樹, 鳴海孝之, 甲斐昌一, 非熱的 Brown 運動による時空間欠性の統計的性質, 基研研究会 2010 非平衡系の物理 -非平衡ゆらぎと集団挙動, 2010/11/19, 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館
 18. 吉谷淳一, 日高芳樹, 長屋智之, 鳴海孝之, 甲斐昌一, ソフトモード乱流の時間相関関数と記憶関数, 基研研究会 2010 非平衡系の物理 -非平衡ゆらぎと集団挙動, 2010/11/19, 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館
 19. F. NUGROHO, T. UEKI, R. ANUGRAHA, Y. HIDAKA, S. KAI, New Measure of Chaos of Convective Pattern in Soft-Mode Turbulence, The 4th Asian Physics Symposium, 2010/10/12, バンドン工科大学, インドネシア
 20. 橋口愛, 日高芳樹, 甲斐昌一, 時空間欠性における非熱的ブラウン運動, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010/9/24, 大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス
 21. 鳴海孝之, 日高芳樹, 及川典子, 鈴木将, 甲斐昌一, 時空間相関を有するノイズを含む Langevin 型拡散方程式の数値計算, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010/9/24, 大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス
 22. F. NUGROHO, T. UEKI, R. ANUGRAHA, Y. HIDAKA, S. KAI, Magnetic Field Response in Soft-Mode Turbulence in Electroconvection in Homeotropic Nematics, 日本液晶学会 液晶討論会, 2010/9/6, 九州大学 病院キャンパス, 百年講堂
 23. R. ANUGRAHA, T. UEKI, F. NUGROHO, M. I. TRIBELSKY, Y. HIDAKA, S. KAI, New Extended Dynamical Defect in Electroconvection of Homeotropic Nematics, International Liquid Crystal Conference 2010, 2010/7/12, ヤギェウォ大学 ポーランド
 24. 鳴海孝之, 日高芳樹, 甲斐昌一, 多重ポテンシャルにおける確率共鳴, リズム現象の研究会 V, 2010/5/28, お茶の水女子大学
 25. 日高芳樹, Rinto Anugraha, 植木達博, 甲斐昌一, 液晶散逸構造における秩序-無秩序転移と線状欠陥, 日本液晶学会 液晶討論会, 2009/9/14, 東京農工大学小金井キャンパス
 26. 細川雄作, 日高芳樹, 鈴木将, 甲斐昌一, ソフトモード乱流における揺らぎ定理とその限界, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009/9/25, 熊本大学黒髪キャンパス
 27. 日高芳樹, 細川雄作, 鈴木将, 甲斐昌一, ソフトモード乱流における揺らぎ定理, ワークショップ「創発現象の世界」, 2009/10/17, 九州大学西新プラザ大講義室
 28. R. ANUGRAHA, T. UEKI, Y. HIDAKA, M. I. TRIBELSKY, S. KAI, A New Type of Defect in Soft-Mode Turbulence, 乱流現象及び非平衡系の多様性と普遍性, 2009/11/12, 九州大学筑紫キャンパス
 29. 日高芳樹, 甲斐昌一, 南部-Goldstone モードと時空カオス, 第 68 回 形の科学シンポジウム「かたちが生み出す機能, 機能を発揮するかたち」, 2009/11/23, 獨協医科大学 臨床医学棟 10 階ホール
 30. 橋口愛, 細川雄作, 日高芳樹, 甲斐昌一, 液晶電気対流系における非平衡ブラウン運動, 第 115 回日本物理学会九州支部例会, 機能を発揮するかたち」, 2009/12/5, 宮崎大学木花キャンパス
 31. 植木達博, R. ANUGRAHA, 日高芳樹, 甲斐昌一, ソフトモード乱流における新しいタイプの欠陥, 第 115 回日本物理学会九州支部例会, 機能を発揮するかたち」, 2009/12/5, 宮崎大学木花キャンパス
 32. R. ANUGRAHA, K. TAMURA, Y. HIDAKA,

- N. OIKAWA, S. KAI, Hidden Order in a Spatiotemporal Chaotic System, International Workshop on Exploring Complex Dynamics in High-Dimensional Chaotic Systems: From Weather Forecasting to Oceanic Flows, 2010/1/25-26, Max Planck Institute for Physics of Complex System, Dresden, German
33. R. ANUGRAHA, T. UEKI, Y. HIDAKA, M. I. TRIBELSKY, S. KAI, A New Topological Defect in Soft-Mode, International Workshop on Exploring Complex Dynamics in High-Dimensional Chaotic Systems: From Weather Forecasting to Oceanic Flows, 2010/1/25-26, Max Planck Institute for Physics of Complex System, Dresden, German
34. 日高芳樹, 細川雄作, 鈴木将, 及川典子, 甲斐昌一, 相関をもつ雑音の統計力学的性質と機能, 新学術領域研究「分子ナノシステムの創発化学」 第一回全体会議, 2010/2/6, キャンパスプラザ京都、京都市
35. R. ANUGRAHA, T. UEKI, Y. HIDAKA, M. I. TRIBELSKY, S. KAI, A Line Defect Structure in Soft-Mode Turbulence, American Physical Society March Meeting 2010, 2010/3/16, Portland, Oregon, USA
36. R. ANUGRAHA, K. TAMURA, Y. HIDAKA, N. OIKAWA, S. KAI, Order Parameters and Response to External Fields in a Spatiotemporal Chaotic System, American Physical Society March Meeting 2010, 2010/3/16, Portland, Oregon, USA
37. 植木達博, R. ANUGRAHA, 日高芳樹, F. NUGUROHO, 甲斐昌一, ソフトモード乱流におけるパターン秩序度の磁場応答, 日本物理学会 第 65 回年次大会, 2010/3/23, 岡山大学津島キャンパス
38. 日高芳樹, 吉谷淳一, 長屋智之, R. ANUGRAHA, 甲斐昌一, ソフトモード乱流の時間相関, 日本物理学会 第 65 回年次大会, 2010/3/23, 岡山大学津島キャンパス

[図書] (計 2 件)

1. 日高芳樹, 甲斐昌一, 松川宏, 培風館液晶のパターンダイナミクス/滑りと摩擦の科学 (非線形科学シリーズ 4), 2009, pp.3-92
2. 日高芳樹, NTS, 自己組織化ハンドブック, 2009, pp. 231-235

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日高 芳樹 (HIDAKA YOSHIKI)

九州大学・工学研究院・助教
研究者番号：70274511

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者
()

研究者番号：