

平成 21 年 6 月 2 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18340088

研究課題名(和文) 2層系量子ホール効果における新奇な状態の解明

研究課題名(英文) Study of Novel State for Bilayer Quantum Hall Effect

研究代表者 澤田安樹 (SAWADA ANJU)

京都大学 低温物質科学研究センター 教授

研究者番号 90115577

## 研究成果の概要：

2層系 = 1量子ホール状態は、2次元空間の特殊性から単独電子がボーズ凝縮した状態と考えることができる。従って超伝導におけるジョセフソン効果に類似する現象が期待でき、その現象を捉えることは量子ホール状態がボーズ凝縮状態であることを検証することになる。我々は2層系 = 1量子ホール状態における新しい状態の面内磁場に対する伝導特性の異方性測定を行い、擬スピン・ソリトン格子相であることを明らかにし、量子ホール状態がボーズ凝縮状態であることを検証した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2007年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物性

キーワード：メソスコピック系・局在

## 1. 研究開始当初の背景

2層系 = 1量子ホール状態に面内磁場を加えることによって、面間の位相差を変える実験を行い、整合相と呼ばれる状態と非整合相と呼ばれる状態の間に、磁気抵抗の増加する新しい状態があることを見いだした。

## 2. 研究の目的

本研究では、2層系 = 1量子ホール状態で

発見した擬スピン・ソリトン格子相と考えられる新しい状態について、その本質を明確にする。

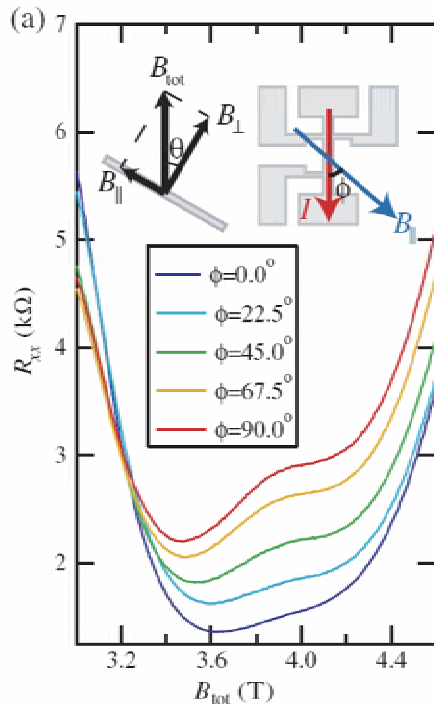
## 3. 研究の方法

面内磁場に対する伝導特性の異方性、磁化測定、マイクロ波実験、光散乱実験などを行い、新しい状態の本質を明らかにする。

## 4. 研究成果

2層系 = 1量子ホール状態における新し

い状態の面内磁場に対する伝導特性の異方性測定を行い，図に示すように，明らかな異方性を示す結果を得て，新しい状態が擬スピン・ソリトン格子相であることを明らかにした。



#### 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 21 件)

1. Pseudospin Soliton in the  $\nu = 1$  Bilayer Quantum Hall Effect, A. Fukuda, D. Terasawa, M. Morino, K. Iwata, S. Kozumi, N. Kumada, Y. Hirayama, Z.F. Ezawa and A. Sawada, Phys. Rev. Lett. 100, 016801, 1-4 (2008) 査読有.
2. 2層系  $\nu = 1$  量子ホール効果におけるソリトン格子相, 福田昭・澤田安樹, 固体物理 43, 361-369 (2008) 査読無.
3. Modulation of bilayer quantum Hall states by tilted field induced subband Landau level coupling, N. Kumada, K. Iwata, K. Tagashira, Y. Shimoda, K. Muraki, Y. Hirayama, and A. Sawada, Phys. Rev. B 77, 155324, 1-7 (2008) 査読有.
4. Activation Study of the  $\nu = 1/3$  Bilayer Quantum Hall State, A. Fukuda, K. Iwata, T. Sekikawa, T. Arai, N. Kumada, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa, and A. Sawada, Physica E 40, 1261-1263 (2008) 査読有.
5. Anisotropic Magnetotransport by the Pseudospin Soliton in the  $\nu = 1$  Bilayer Quantum Hall System, A. Fukuda, M. Morino, K. Iwata, D. Terasawa, S. Kozumi, N. Kumada, Y. Hirayama, Z.F. Ezawa, A. Sawada, Physica E 40, 1255-1257 (2008) 査読有.
6. Effects of In-Plane Magnetic Field Direction on the Nuclear Spin Relaxation in the  $\nu = 2/3$  Quantum Hall State, K. Iwata, M. Morino, A. Fukuda, A. Sawada, M. Suzuki, Z. F. Ezawa, N. Kumada, Y. Hirayama, Physica E 40, 1175-1177 (2008) 査読有.
7. Phase Diagram of the  $\nu = 2$  Bilayer Quantum Hall State, A. Fukuda, S. Kozumi, D. Terasawa, Y. Shimoda, N. Kumada, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa and A. Sawada, proceedings of MS+S2006、印刷中 査読有.
8. Activation Study of the Pseudospin Soliton in the  $\nu = 1$  Bilayer Quantum Hall Effect, A. Fukuda, D. Terasawa, M. Morino, K. Iwata, S. Kozumi, T. Sekikawa, Y. Ogasawara, T. Arai, N. Kumada, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa and A. Sawada, J. Phys.: Conference Series、印刷中 査読有.
9. Magnetotransport Study in the Layer Imbalanced  $\nu = 1$  Bilayer Quantum Hall State, Y. Ogasawara, A. Fukuda, K. Iwata, T. Sekikawa, T. Arai, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa and A. Sawada, J. Phys.: Conference Series、印刷中 査読有.
10. Interlayer Phase Coherence and Dissipative Soliton-Lattice Regime in Bilayer Quantum Hall Systems, Z.F. Ezawa, K. Ishiia and G. Tsitsishvili, Physica E40, 1557-1559 (2008) 査読有.
11. Anomalous Diagonal Resistivity and Soliton Lattice in Bilayer Quantum Hall Systems, Z.F. Ezawa, K. Ishiia and G. Tsitsishvili", Physica B 403, 1517-1519 (2008) 査読有.
12. Magnetotransport Study of the Canted Antiferromagnetic Phase in Bilayer  $\nu = 2$  Quantum Hall State, A. Fukuda, A.

Sawada, S. Kozumi, D. Terasawa, Y. Shimoda, Z. F. Ezawa, N. Kumada and Y. Hirayama, Phys. Rev. B73, 165304, 1-4 (2006) 査読有.

13. Effects of In-plane Magnetic Fields on the Canted Antiferromagnetic Phase in the Bilayer  $\nu=2$  Quantum Hall State, A. Fukuda, S. Kozumi, D. Terasawa, N. Kumada, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa and A. Sawada, AIP Conference Proceedings 893, 639-640 (2007) 査読有.

14. Anisotropy of Current-pumped Nuclear Spin Polarization in the  $\nu=2/3$  Quantum Hall State, K. Iwata, M. Morino, A. Fukuda, A. Sawada, M. Suzuki, Z. F. Ezawa, N. Kumada and Y. Hirayama, AIP Conference Proceedings 893, 643-644 (2007) 査読有.

15. Anomalous Quantum-Hall Resistance in Bilayer Counterflow Transport, Z. F. Ezawa, S. Suzuki and G. Tsitsishvili, Physica Status Solidi (c) 4, 485-488 (2007) 査読有.

16. Quantum Transport Study of a Canted Antiferromagnetic Phase in  $\nu=2$  Bilayer Quantum Hall State, A. Fukuda, S. Kozumi, D. Terasawa, Y. Shimoda, N. Kumada, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa and A. Sawada, Physica E34, 77-80 (2006) 査読有.

17. Stability of Soliton Lattice Phase in the  $\nu=1$  Bilayer Quantum Hall State under Tilted Magnetic Fields, D. Terasawa, A. Fukuda, S. Kozumi, A. Sawada, Z. F. Ezawa, N. Kumada, and Y. Hirayama, Physica E34, 81-84 (2006) 査読有.

18. Anisotropic magnetotransport near the  $\nu=2/3$  quantum Hall state, M. Morino, K. Iwata, M. Suzuki, A. Fukuda, A. Sawada, Z. F. Ezawa, N. Kumada and Y. Hirayama, Physica E34, 152-155 (2006) 査読有.

19. Magnetoresistance Peak in the  $\nu=2$  Bilayer Quantum Hall State under Tilted Magnetic Field, A. Fukuda, S. Kozumi, D. Terasawa, N. Kumada, Y. Hirayama, Z. F. Ezawa and A. Sawada, AIP Conference Proceedings 850, 1337-1338 (2006) 査読有.

20. Anisotropic Behavior of Hysteretic Transport Phenomena in the  $\nu=2/3$  Quantum Hall State in the Tilted Magnetic

Field, K. Iwata, M. Morino, M. Suzuki, A. Fukuda, A. Sawada, Z. F. Ezawa, N. Kumada and Y. Hirayama, AIP Conference Proceedings 850, 1339-1340 (2006) 査読有.

21. Anisotropic Magnetotransport near the Bilayer  $\nu=2/3$  Quantum Hall State, M. Morino, K. Iwata, M. Suzuki, A. Fukuda, A. Sawada, Z. F. Ezawa, N. Kumada and Y. Hirayama, AIP Conference Proceedings 850, 1335-1336 (2006) 査読有.

〔学会発表〕(計 9 件)

1. 小笠原良晃, 福田昭, 津田是文, 岩田一樹, 新井敏一, 関川貴史, 熊田倫雄, 平山祥郎, 江澤潤一, 澤田安樹, 2 層系量子ホール状態における磁気抵抗のマイクロ波応答, 日本物理学会, 2008.9.20, 岩手大学.

2. 小笠原良晃, 福田昭, 岩田一樹, 関川貴史, 新井敏一, 江澤潤一, 熊田倫雄, 平山祥郎, 澤田安樹, 電子密度差のある 2 層系  $\nu=1$  量子ホール状態における 2 層独立化と磁気抵抗異常, 日本物理学会, 2008.3.23, 近畿大学.

3. 岩田一樹, 森野正行, 福田昭, 江澤潤一, 熊田倫雄, 平山祥郎, 澤田安樹,  $\nu=2/3$  状態のスピン相転移点における核スピン緩和時間の面磁場方向依存性, 日本物理学会, 2007.9.21, 北海道大学

4. 福田昭, 岩田一樹, 関川貴史, 小笠原良晃, 新井敏一, 熊田倫雄, 平山祥郎, 江澤潤一, 澤田安樹, 2 層系  $\nu=1$  量子ホール状態における磁気抵抗異常, 2007.9.21, 北海道大学.

5. 関川貴史, 福田昭, 岩田一樹, 新井敏一, 熊田倫雄, 平山祥郎, 江澤潤一, 澤田安樹, 2 層系  $\nu=1/3$  量子ホール状態における層間電子密度差に応じた活性化エネルギーの連続変化, 関川貴史, 日本物理学会, 2007.9.21 北海道大学.

6. 福田昭, 岩田一樹, 関川貴史, 西中川良平, 新井敏一, 澤田安樹, 江澤潤一, 熊田倫雄, 平山祥郎, 2 層系  $\nu=1/3$  量子ホール状態における活性化エネルギーの電子密度差依存性, 日本物理学会, 2007.3.18 鹿児島大学.

7. 岩田一樹, 福田昭, 西中川良平, 関川貴史, 澤田安樹, 新井敏一, 江澤潤一, 熊田倫雄, 平山祥郎, 強面内磁場下での 2 層系  $\nu=3$

量子ホール状態におけるヒステリシス現象，  
日本物理学会，2007.3.18 鹿児島大学

8. 福田昭，岩田一樹，関川貴史，西中川良平，新井敏一，澤田安樹，江澤潤一，熊田倫雄，平山祥郎，2層系  $\nu=1/3$  量子ホール状態，日本物理学会，2006.9.25 千葉大学.

9. 岩田一樹，森野正行，福田昭，澤田安樹，江澤潤一，鈴木三千郎，熊田倫雄，平山祥郎， $\mu=2/3$  量子ホール状態におけるドメイン構造の面内磁場依存性，日本物理学会，2006.9.25 千葉大学.

〔図書〕(計 1 件)

1. Quantum Hall Effects: Field Theoretical Approach and Related Topics, Revised 2nd Edition, Z.F. Ezawa, World Scientific, 740pages.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

澤田安樹 (SAWADA ANJU)  
京都大学 低温物質科学研究センター 教授  
研究者番号 90115577

### (2)研究分担者

新井敏一 (ARAI TOSHIKAZU)  
京都大学 低温物質科学研究センター 助教  
研究者番号 80333318

福田昭 (FUKUDA AKIRA)  
兵庫医科大学 医学部 准教授  
研究者番号 70360633

江澤潤一 (EZAWA JYUNNITI)  
東北大学 理学研究科 教授  
研究者番号 90133925

### (3)連携研究者

なし