



文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第8回 岡山大学 異分野基礎科学研究所（2022.7.22）

次第の基本は下記となっております。

朱字部分にタイトルとお名前をご記入の上タイトルページにお使いください。

12:05-12:10(5分) : 研究所・センターの概要（沈 建仁）

12:10－12:25(15分) : 光合成の酸素発生の反応機構
（菅 倫寛）

12:25－12:45(20分) : 質疑応答

【お願い】

☆担当研究所・センターを「共同ホスト」として設定いたしますので、司会進行をお願いします

☆録画等される場合は「コンピュータ上に保存」をお願いします（当方では録画等していません）

☆13時になりましたら、「共同ホスト→ホスト」に設定変更の上、NPO担当者は退席いたします。

岡山大学 異分野基礎科学研究所 (2016. 4—)
Research Institute for Interdisciplinary Science (RIIS)



岡山大学 異分野基礎科学研究所

岡山大学の強みある分野、物理学と生物学をもとに2016. 4.に設立

物理学、化学、生物学、数理科学の分野で世界トップレベルの成果を輩出する

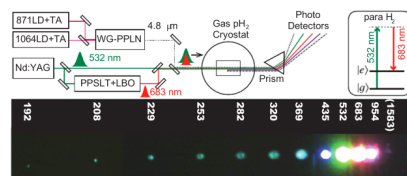


3つの研究コア、12のリサーチグループ、約50名の研究者、100名の大学院生（博士前期課程、博士後期課程）

研究コア

量子宇宙

ニュートリノ分光、先端光量子、
数理科学

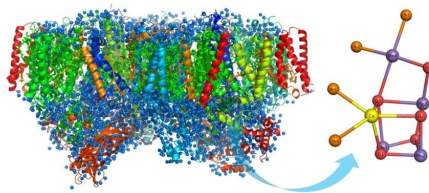


- ニュートリノ分光
- 先端光量子
- 数理科学

3研究グループ

光合成と構造生物学

天然光合成の機構解明と人
工光合成系の開発

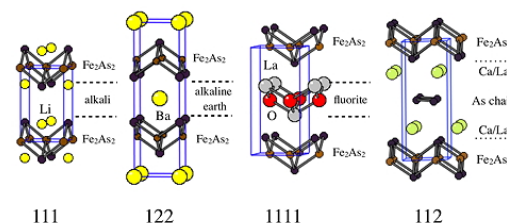


- 天然光合成の構造生物学
- 天然光合成の機能生物学
- 人工光合成
- 進化生物学

4研究グループ

超伝導・機能材料

新規超伝導材料・機能材料の開発



- 高温超伝導材料
- 超伝導物性評価
- 軽元素超伝導・エレクトロニクス
- 新機能材料合成
- エネルギー貯蔵物質

9研究グループ

量子宇宙研究コア

目標：原子とレーザーを用いて宇宙の謎に挑む

(1) 宇宙からなぜ反物質は消えたか

- ▶ 量子干渉性を利用したニュートリノ質量分光
- ▶ 標準理論を超える素粒子物理への展望を切り拓く！

(2) 暗黒エネルギー解明の手がかりを得る

- ▶ 物理定数の時間変化を超精密測定！
- ▶ トリウム (^{229}Th) の特異状態を利用 (SPRING-8)

(3) 暗黒物質の正体は何か？

- ▶ 有力候補 Axion 粒子を超高感度で探索
- ▶ 素粒子物理の懸案問題 (Strong-CP 問題) の解決も！

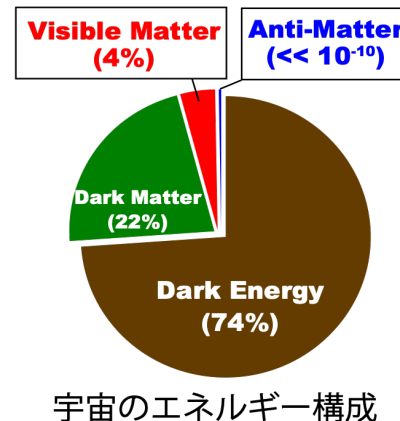
(4) 標準理論の超精密検証から切り拓く新物理探索

- ▶ レプトンだけから構成される特殊な原子の超精密レーザー分光
- ▶ J-PARC のミュオン粒子生成施設を利用した研究

(5) CP 対称性の破れを引き起こす未知の素粒子探索

- ▶ 電子 (素粒子) は点電荷か？
- ▶ 永久電気双極子モーメントの探索実験 (米 Harvard, Yale, NorthWestern 大との共同研究)

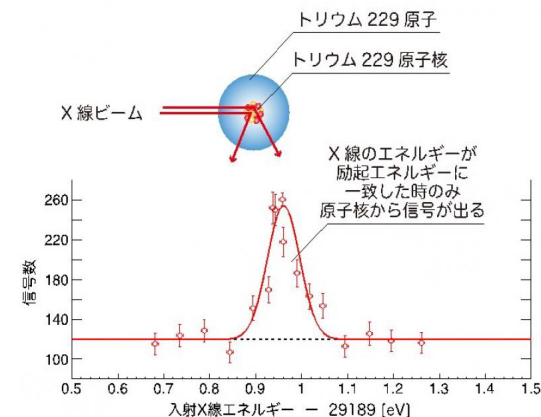
岡山発信の独創的なアイデアに基づき、実験室から巨大加速器に匹敵する成果を目指す



吉村浩司教授



笹尾登教授



自然界で最小の励起エネルギーをもつ原子核がトリウム229のアイソマー状態をSPRING-8のX線を用いて生成することに成功し、超精密原子核時計の実現に向け大きく前進した (Nature, 573, 238–242, 2019)

量子宇宙研究コア



谷口雅治教授

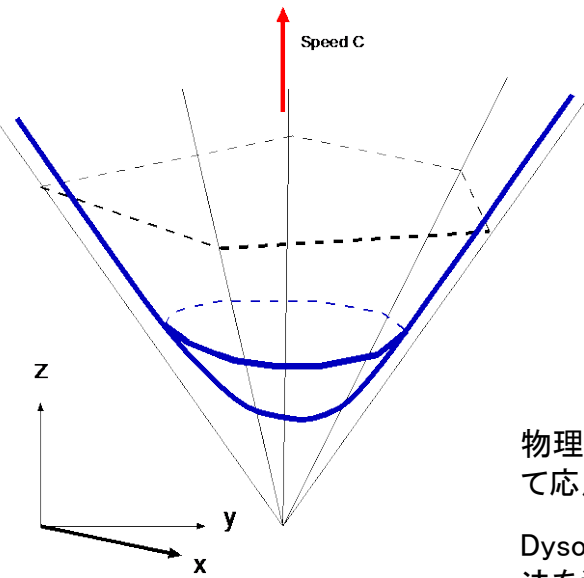
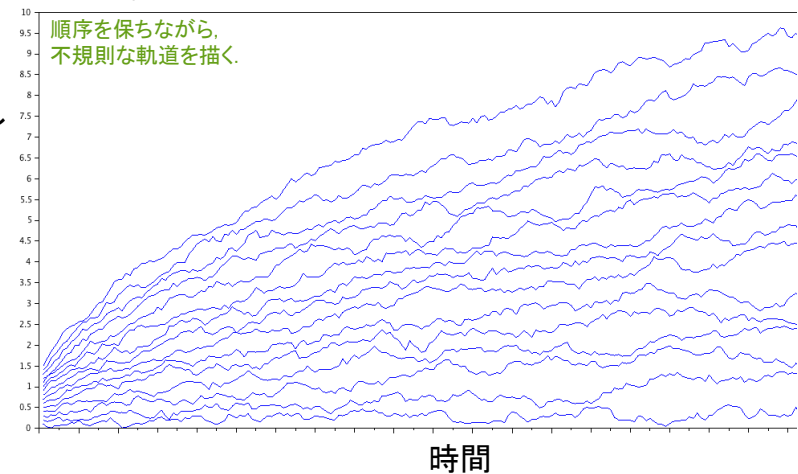
Dyson's Brownian motionの数値解析

$(B(t) = (B_1(t), \dots, B_d(t)))_{t \geq 0}$ を d 次元ブラウン運動とする.
 $(X(t) = (X_1(t), \dots, X_d(t)))_{t \geq 0}$ がパラメータ $k \geq 1/2$ のDyson's Brownian motionであるとは、確率微分方程式

$$X_i(t) = x_i + \sum_{j \neq i} \int_0^t \frac{k}{X_i(s) - X_j(s)} ds + B_i(t), i = 1, 2, \dots, d$$

の解で非衝突条件「 $X_1(t) < X_2(t) < \dots < X_d(t)$ 」を満たす.

Dyson's Brownian motionの軌道の数値例



角錐型進行波(Pyramidal Traveling Wave)の発見

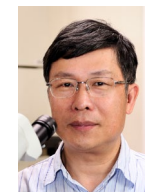
物理学などで衝突しない粒子のモデルとして応用されている.

Dyson's Brownian motionの数値解析手法を導入し、理論的な誤差評価を証明.

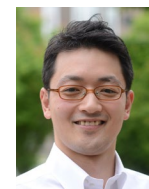
応用確率論で最も権威あるAnnals of Applied Probabilityに出版(2020)

光合成・構造生物学研究コア

天然光合成における光エネルギーの捕集・伝達機構、水分解・酸素発生反応機構、人工光合成系の開発、生物の進化について研究



沈 建仁教授

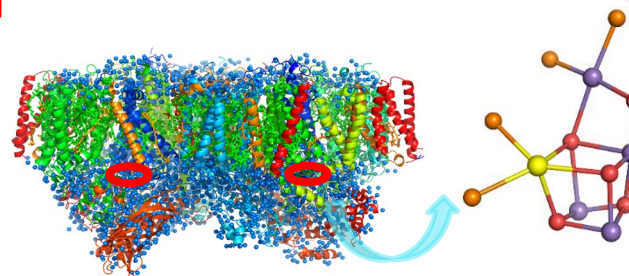


菅 倫寛教授

光化学系IIの構造と機能

光化学系II複合体の原子構造をSPRing-8のX線やSACLAのX線自由電子レーザーを用いて解析し、水分解・酸素発生反応の機構を解明する。

1. Umena et al. **Nature**, 473, 55–60 (2011). (2011年Science誌による世界十大成果の一つ)
2. Suga et al. **Nature**, 517, 99–103 (2015).
3. Suga et al. **Nature**, 543, 131–135 (2017).
4. Suga et al. **Science**, 366, 334–338 (2019)



光化学系II複合体(右)と水分解触媒(Mn₄CaO₅-cluster、左)の構造

光化学系Iの構造と機能

光化学系I複合体の原子構造をSPRing-8のX線等を利用して解析し、エネルギー捕集・伝達・電子伝達の機構を解明する。

1. Qin et al. **Science**, 348, 989–995 (2015).
2. Yu et al. **Nature**, 556, 209–213 (2018)
3. Wang et al. **Science**, 556, 209–213 (2019)
4. Chen et al. **Science**, 365, eaax4406 (2020)



高等植物由来PSI-LHCI超分子複合体の構造(右:膜の側面から見た図、左:膜の上から見た断面図)

超伝導・機能材料研究コアー 1



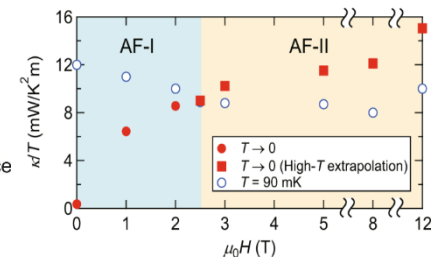
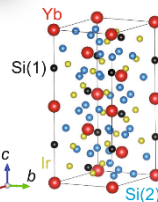
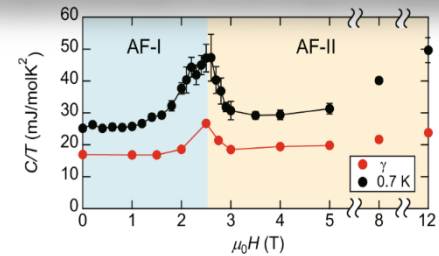
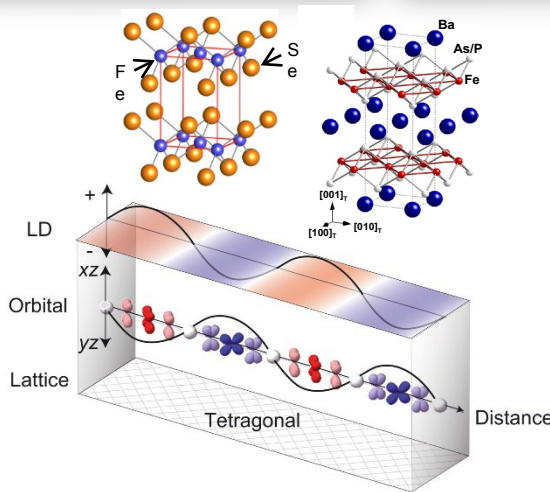
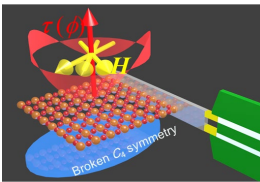
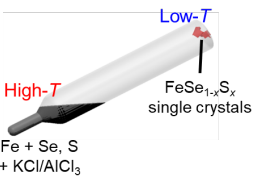
笠原 成 教授



高温超伝導体における電子液晶状態の発見

絶縁体における中性フェルミ粒子の発見

高品質単結晶の開発と
精密バルク物性測定を駆使した
高温超伝導物質の研究



High-impact journals (論文数)

Nature (2), *Science* (3), *Nat.Physics* (3),
Nat.Comm. (8), *PNAS* (5), *Sci.Adv.* (2),
Phys.Rev.Lett. (14), *Phys.Rev.X* (3)

Science **373**, 1122 (2021).

Nat. Commun. **13**, 394 (2022).

超伝導・機能材料研究コアー2

Qカーボンの再現に世界で初めて成功—Qカーボンを用いた省エネ研究の加速に貢献

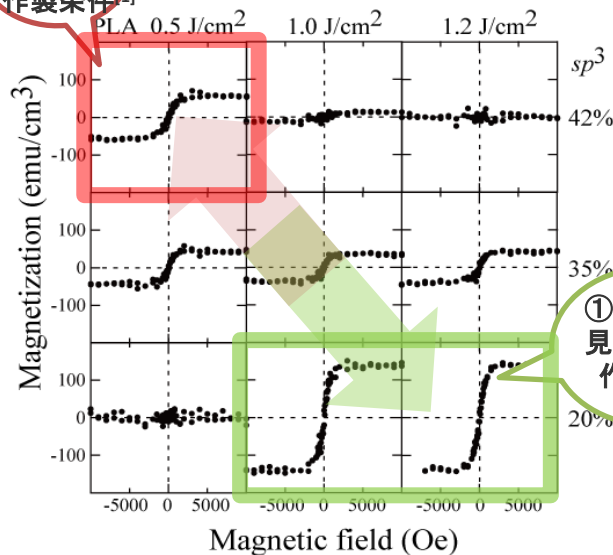
ナノ秒パルスレーザー



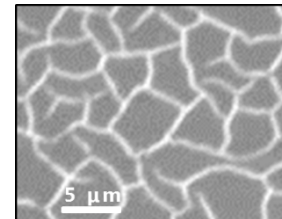
5000K近くまで
温度上昇

界面にQカーボン
生成

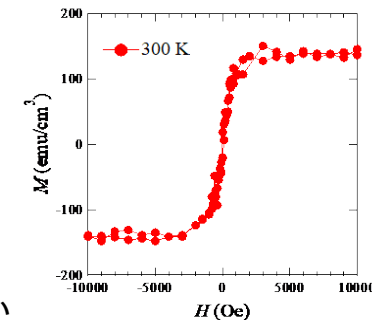
②先行研究の
作製条件^[1]



①本研究で
見つけた
作製条件



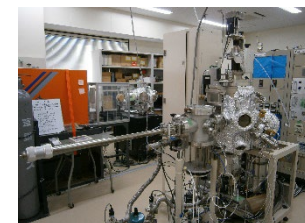
Qカーボンの表面像。
フィラメント状の明るい
部分がQカーボン



Qカーボンの室温強
磁性的振舞い

Yoshinaka *et al.*, Carbon 167, 504 (2020).

Qカーボンの作製：
炭素原料膜の熱的性質 (sp^3 分率) とパルスレー
ザー (PLA)エネルギー密度の調整が重要



Qカーボン作製装置

メディア報道
山陽新聞 2020/8/22
Web 2020/8/21 - 2022/6/7 7件



村岡祐治准教授

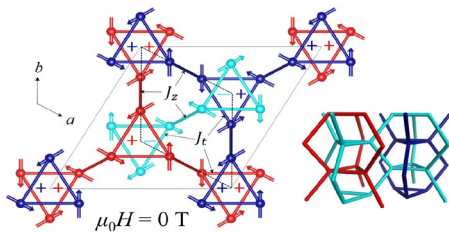
超伝導・機能材料研究コアー 3

Harald O. Jeschke 教授



磁性材料に関する国際共同研究

磁場で制御可能なトロイダル
モーメントの実現：
スピントロニクス新材料



ARTICLE



<https://doi.org/10.1038/s41467-021-25657-6>

OPEN

Field-tunable toroidal moment in a chiral-lattice magnet

Lei Ding^{1,7}, Xianghan Xu^{2,7}, Harald O. Jeschke³, Xiaojian Bai¹, Erxi Feng¹, Admasu Solomon Alemayehu², Jaewook Kim², Fei-Ting Huang², Qiang Zhang¹, Xiaxin Ding⁴, Neil Harrison⁴, Vivien Zapf⁴, Daniel Khomskii⁵, Igor I. Mazin⁶, Sang-Wook Cheong² & Huibo Cao¹

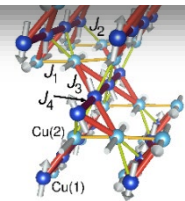
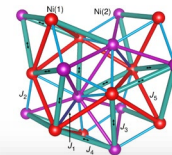


PHYSICAL REVIEW LETTERS **126**, 207201 (2021)

Magnetization Process of Atacamite: A Case of Weakly Coupled $S = 1/2$ Sawtooth Chains

L. Heinze,^{1,*} H. O. Jeschke², I. I. Mazin^{3,4}, A. Metavitsiadis⁵, M. Reehuis⁶, R. Feyerherm⁶, J.-U. Hoffmann⁶, M. Bartkowiak⁶, O. Prokhnenko⁶, A. U. B. Wolter⁷, X. Ding⁸, V. S. Zapf⁹, C. Corvalán Moya^{9,8}, F. Weickert^{8,7}, M. Jaime^{8,7}, K. C. Rule¹⁰, D. Menzel¹, R. Valentí¹¹, W. Brenig⁵ and S. Sülrow¹

銅鉱物アタカマイトの磁性



外部磁場で実現したスピン液体状態

PHYSICAL REVIEW LETTERS **127**, 157204 (2021)

Magnetic Field Induced Quantum Spin Liquid in the Two Coupled Trillium Lattices of $K_2Ni_2(SO_4)_3$

Ivica Živković^{1,*}, Virgile Favre¹, Catalina Salazar Mejia², Harald O. Jeschke³, Arnaud Magrez⁴, Bhupen Dabholkar⁵, Vincent Nocolak^{6,7}, Rafael S. Freitas⁸, Minki Jeong⁹, Nagabhushan G. Hegde¹, Luc Testa¹, Peter Babkevich¹, Yixi Su¹⁰, Pascal Manuel¹¹, Hubertus Luetkens¹², Christopher Baines¹², Peter J. Baker¹¹, Jochen Wosnitzer^{2,13}, Oksana Zaharko¹⁴, Yasir Iqbal⁵, Johannes Reuther^{6,7} and Henrik M. Rønnow¹