

2023年度
教育と研究に関する年次報告書

神戸大学
大学院理学研究科
物理学専攻

2024年7月

目次

1. 教室の構成と活動	3
1.1. 研究室人員表.....	3
1.2. 人事異動.....	3
1.3. 役務分担.....	4
1.4. 教室の行事	5
1.5. 社会活動.....	6
1.6. 海外渡航.....	7
1.7. 科学研究費等.....	9
1.8. 海外からの訪問者	11
1.9. 国際共同研究.....	12
1.10. 国際的学会の開催.....	13
1.11. 研究環境の整備(50 万円以上の設備備品).....	13
1.12. 研究支援体制(秘書の雇用).....	13
1.13. 国際学会・国内学会などへの参加.....	14
1.13a. 著書・論文・解説報告	15
1.14. 受賞など	16
1.15. 特許	16
2. 教育活動	17
2.1. 開講科目担当一覧(学部).....	17
2.2. 開講科目担当一覧(大学院).....	18
2.3. 全学共通科目担当一覧	19
2.4. 博士論文	20
2.5. 修士論文	20
2.6. 4 年生特別研究.....	21
2.7. 物理談話会	22
2.8. 素粒子理論セミナー	22
2.9. 宇宙論セミナー	22
2.10. 粒子物理学セミナー.....	23
2.11. 物性セミナー.....	23
2.12. 他大学への出講など兼業先一覧	23
2.13. TA の採用活用状況	23
2.14. RA の採用活用状況.....	23
2.15. ディプロマ・ポリシー達成度アンケート	23
2.16. 授業評価.....	26
2.17. 個別教育活動の記録	27
3. 研究活動	47
3.1. 素粒子理論	47
3.2. 宇宙論	50
3.3. 物性理論	54
3.4. 量子物性論	55
3.5. 粒子物理学	56
3.6. 極限物性物理学.....	74
3.7. 低温物性物理学.....	80
3.8. 電子物性物理学.....	83

1. 教室の構成と活動

1.1. 研究室人員表

教育研究分野	教授	准教授	講師	助教	研究員	PD, 外国人滞在 者(予算の出所, 期間)
素粒子理論		園田 英徳			坂本 眞人	理学研究科研究員 (R5.4.1~R6.3.31)
宇宙論	早田 次郎				Lau Pak Hang Chen Weig-Ming 大宮 英俊 上田 和茂	科研費 (R3.8.1~R5.6.30) 学振特別研究員 (R3.10.1~R5.9.30) 学振特別研究員 学振特別研究員 (R5.4.1~R5.11.30)
量子物性論	播磨 尚朝					
物性理論		久保木 一浩 西野 友年				
粒子物理	藏重 久弥 竹内 康雄 山崎 祐司	身内 賢太郎 越智 敦彦	前田 順平 鈴木 州 (R5.11.1~)	内山 雄祐 (~R5.10.31)	東野 聡	科研費 (R5.4.1~R6.3.31)
極限物性	太田 仁(分) 川村 光 (客員 分)	大道 英二 大久保 晋 (分)			肘井 敬吾 櫻井 誠	分子フォト研究協 力員 分子フォト研究協 力員
低温物性	藤 秀樹	小手川 恒				
電子物性	菅原 仁	松岡 英一				

1.2. 人事異動

事項	氏名	年月日	教育研究分野	備考
定年退職	園田 英徳	2024/03/31	素粒子理論	
転出	Lau Pak Hang	2023/06/30	宇宙論	大阪大学 PD へ
転出	Chen Weig-Ming	2023/09/30	宇宙論	国立中山大学 PD へ
転出	上田 和茂	2023/11/30	宇宙論	東京大学 特任助教へ
転出	大宮 英俊	2023/03/31	宇宙論	京都大学 特定助教へ
定年退職	播磨 尚朝	2024/03/31	量子物性	日本物理学会へ
着任	内山 雄祐	2023/04/01	粒子物理	東京大学・素粒子物理国際研 究センターから
退職	内山 雄祐	2023/09/30	粒子物理	高エネルギー加速器研究機 構・素粒子原子核研究所へ

昇任	鈴木 州	2023/11/11	粒子物理	
定年退職	太田 仁	2024/03/31	極限物性	

1.3. 役務分担

学内役務	氏名
評議会	竹内
ハラスメント防止委員会	竹内
大学教育推進機構 グローバルサイエンスキャンパス委員会	前田
研究シーズ取りまとめワーキンググループ	竹内
大学教育推進機構 全学評価・FD 委員会	竹内
大学教育推進機構 大学教育推進委員会	竹内
中和・曝気槽管理運営ワーキンググループ	小手川(B 棟)
分子フォトサイエンス研究センター運営委員会	藤
創立 120 周年記念募金事業実行委員会	菅原
分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究公募専門委員会	大久保
保育施設運営委員会	藏重
安全保障輸出管理室員	藏重
六甲台地区放射線障害防止委員	山崎

学内役務（研究環分・研究基盤センター分）	氏名
研究基盤センター長	藤（研究基盤センター）
研究基盤センター 極低温部門長	太田
研究設備マネジメント委員会	藤（研究基盤センター）
研究基盤域連絡会議委員	藤（研究基盤センター）
研究基盤センター運営委員	藤（研究基盤センター）
研究基盤センター設備サポート推進室長	藤（研究基盤センター）

研究科内役務	氏名
副研究科長(評議員)	竹内
専攻長	早田
副専攻長	山崎
教務委員会	(正)大久保 (副)身内
広報委員会	大道
ネットワーク運営委員会	竹内
自己評価委員会	山崎
入学試験委員会	(正)久保木 (副)松岡
就職委員会	西野
学舎整備委員会	山崎
外部資金アドバイザーボード	身内
安全衛生会議	小手川
「安全の手引」編集委員会	松岡
金工室運用会議	大久保
衛生管理者・六甲台地区安全衛生委員	鈴木

専攻内役務	氏名
予算委員	竹内
オープンラボ委員	(正)西野 (副)前田
平成 30 年度生担任	(主)藤 (副)大久保

平成 31・令和 1 年度生担任	(主)菅原 (副)大道
令和 2 年度生担任	(主)竹内 (副)越智
令和 3 年度生担任	(主)早田 (副)西野
令和 4 年度生担任	(主)山崎 (副)前田
令和 5 年度生担任	(主)藤 (副)小手川

物理学教育部会内役務	氏名
幹事	菅原
実験実施委員会委員長	越智
講義実施委員会	大道
学生用図書選書委員	西野

1.4. 教室の行事

日時	行事
2023 年	
04/03(月)	学部男子健康診断
04/04(火)	入学式 (10:00-12:00)
04/05(水)	3 年次編入ガイダンス (9:00-13:00)
04/06(木)	博士前期・後期課程ガイダンス (9:00-15:00) 午前学部女子健康診断 新入生歓迎会 (15:30-) @ Z201/202
04/07(金)	学部生ガイダンス (9:00-15:00) 教職 (編入: 13:00-14:00, 1 年生 16:00-17:00)
04/10(月)	前期授業開始
04/21(金)	教授会, 定例専攻会議
04/22(土)	第 1 回オープンラボ
05/26(金)	教授会, 定例専攻会議、歓迎会
06/02(金)	第 1 回談話会 陳詩遠 (東京大学)
06/03(土)	ソフトボール大会
06/16(金)	教授会, 定例専攻会議
06/17(土)	第 2 回オープンラボ 対面
06/23(金)	臨時専攻会議
06/28(水)	第 2 回談話会 手塚真樹 (京都大学)
07/01(土),02(日)	三年次編入試験
07/21(金)	教授会, 定例専攻会議
07/26(水)	第 3 回談話会 藤原正澄 (岡山大学)
08/08(火)	オープンキャンパス
08/22(火), 23(水)	博士前期課程試験, 臨時専攻会議
08/24(木)	博士前期課程試験予備日
08/25(金)	博士後期課程試験
09/01(金)	教授会
10/17(火)	第 4 回談話会 樽家篤史 (京都大学)
10/20(金)	教授会, 定例専攻会議
10/28(土)	ホームカミングデー
11/01(水)	第 5 回談話会 谷口七重 (高エネルギー加速器研究機構)
11/17(金)	教授会, 定例専攻会議
12/01(金)	博士後期課程試験 (第 II 期) 13:20- @Y101
12/08(金)	第 6 回談話会 佐々真一 (京都大学)
12/19(火)	第 7 回談話会 岩崎昌子 (大阪公立大)
12/02(金)	教授会, 定例専攻会議
12/26(火)	第 8 回談話会 石田憲二 (京都大)

2024 年 01/13(土), 14(日) 01/19(金) 02/08(木) 02/09(金) 02/13(火)-15(木) 02/15(木) 02/16(金) 02/19(月) 02/20(火)-22(木) 03/08(金) 03/15(金) 03/19(金)	大学入試共通テスト 教授会, 定例専攻会議 午後 M1 研究経過発表 Z201/202 卒業研究発表 Z201/202 修士論文発表会 Z103 定例専攻会議 教授会 博士後期課程研究経過発表 10:40-, 13:20- オープンラボ (高度教養セミナー理学部物理学入門) 研究室志望届締切 3 月定例専攻会議 10:00- 教授会
---	--

1.5. 社会活動

名前	学会委員等
坂本 真人	基礎物理学研究所研究会「場の理論と弦理論 2023」世話人
早田 次郎	西宮市湯川記念事業運営委員
西野 友年	日本物理学会 Jr セッション 審査委員 物理オリンピック日本委員会委員 神戸大学附属中等学校 SS 推進アドバイザー 神戸大学生生活協同組合理事長 Tensor Network State – Algorithms and Application (TNSAA) Advisory Committee
久保木 一浩	日本物理学会 Jr セッション 審査委員
播磨 尚朝	日本物理学会刊行委員会委員 日本物理学会 Jr セッション 審査委員 凝縮系科学賞選考委員 SCES2023 国際諮問委員
竹内 康雄	宇宙線研究所共同利用研究運営委員会
山崎 祐司	Physics in Collision International Symposium International Advisory Committee DIS2018 International Advisory Committee 日本物理学会理事 日本学術会議連携会員 (2023.10.~)
身内 賢太郎	宇宙線研究者会議将来計画委員 宇宙線研究者会議実行委員 高エネルギー物理学研究者科会議将来計画委員 CYGNUS 2023 International Advisory Committee
越智 敦彦	RD51 Collaboration Management Board (2023.1.1~) MEG II Collaboration Meeting organizing committee chair Aging 2023 Program Committee
鈴木 州	Vietnam School on Neutrinos (VSoN) organizer
前田 順平	第 6 回粒子物理コンピューティングサマースクール講師 ATLAS TDAQ Week 2023, Local Organizing Committee コライダーエレクトロニクスフォーラム戦略検討委員, 世話人 第 30 回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム プログラム委員 JSPS 拠点形成事業 "AI-Smart": ML on FPGA school 世話人

太田 仁	International EPR Society (IES) Associate Editor Asia-Pacific Asia-Pacific EPR/ESR Society (APES) Advisory Council Advisory Board of Applied Magnetic Resonance Spin2023 Local Organizing Committee 電子スピンスサイエンス学会(SEST)事務局 日本赤外線学会監事 日本赤外線学会新編編集委員会委員 湯川記念財団望月基金運営委員会委員長 湯川記念財団理事
大久保 晋	日本赤外線学会理事 (2021 年 6 月～) 日本赤外線学会総務委員会幹事 電子スピンスサイエンス学会(SEST) 2023 年年会大会委員長 分子フォトサイエンス研究センターの共同利用研究公募委員会委員長 日本物理学会 Jr セッション 審査委員
大道 英二	日本赤外線学会表彰委員会幹事

1.6. 海外渡航

期間	氏名	渡航国	訪問先	目的	費用
2023/04/01-04/18	身内 賢太郎	イタリア	ラクイラ LNGS	XENON 実験研究のため (シフト業務)	名古屋大学 (久野純治 拠点形成費)
2022/04/09-20	前田 順平	スイス	CERN	ATLAS 実験	科研費 (基盤 B 分担)
2023/05/28-08/10	内山 雄祐	スイス	PSI	MEG II 実験 2023 年ラン立ち上げおよびシフトコーディネーションのため	科研費 (基盤 S)
2023/06/19-06/25	越智 敦彦	スイス	CERN	RD51 collaboration meeting 参加のため	科研費 (基盤 B)
2023/07/02-07/07	小手川 恒	韓国	インチョン	国際会議「SCES2023」に出席するため	科研費 (学術変革)
2023/07/02-07/08	播磨 尚朝	韓国	Songdo ConvebsiA (会議場)	SCES2023 に出席して研究発表と討論を行う。	科研費 (基盤 C 分担)
2023/07/16-07/29	鈴木 州	ベトナム	The Internationa l Center for Interdiscipli nary Science and Education (ICISE)	Vietnam School on Neutrino (VSoN) Harware Camp に運営、および、講師として参加するため	他機関負担
2023/07/29-08/17	竹内 康雄	イタリア	LNGS (Gran Sasso)	XENONnT 実験のシフト業務	他大学負担
2023/08/18- 2023/08/27	太田 仁	オーストラ リア	Brisbane Convention and Exhibition Centre	ISMAR2023 で口頭発表および 情報収拾	奨学寄附金

2023/09/06- 2023/10/02	園田 英徳	トルコ ドイツ	Mimar Sinan Fine Arts University (イスタンブール) Uni Mainz (マインツ)	Mimar Sinan Fine Arts University Kayhan Ulker 教授と研究打合わせ及 び Uni Mainz にて Carlo Pagani 研究 員と研究打合わせ	渡航費は素粒 子校費及び先 方負担、 宿泊費・日当 は先方負担及 び私費
2023/09/21-10/14	播磨 尚朝	スイス (経由)、 フランス	Évian-les- Bains, Grenoble	International conference on complex orders in condensed matter と H-Physics workshop に出席して招待講演を行う。 CEA-Grenoble と CNRS-Grenoble で研究打 ち合わせを行う。	一般財源 (インセンテ イブ) 他機関負担
2023/09/25-10/09	越智 敦彦	スイス トルコ	PSI NURDAM	MEG II 実験 及び SENSTech 国際会議参加 (招待講 演) のため	科研費 (基盤 S)、及び相手 方負担
2023/09/26-10/01	身内 賢太郎	フランス	パリ第6大 学 LPNHE	XENON 実験コラボレーションミーテ ィングでの共同研究のため	東京大学宇宙 線研究 (森山 茂栄 科研費)
2023/10/08-10/05	藤 秀樹	フランス	グルノーブ ル	ワークショップ H-Physics での成果発 表と情報収集	科研費
2023/10/08-10/15	小手川 恒	フランス	グルノーブ ル	国際会議「Topology, spin-orbit interactions and superconductivity in strongly correlated quantum materials under extreme conditions」 に出席するため	科研費 (学術変革)
2023/10/17-23	越智 敦彦	スイス	PSI	MEG II 実験のため	科研費 (基盤 S)
2023/11/04-13	越智 敦彦	スイス	CERN	AGING 2023 国際会議参加のため	科研費 (基盤 S)
2023/11/25-28	山崎 祐司	アメリカ	ハワイ島	APS DNP 年会での講演のため	理化学研究所 負担
2023/11/29- 2023/12/02	早田 次郎	韓国	釜山 Grand Josun Hotel (開催地)	国際会議 String theory、 gravity and cosmology (SGC2023)での 招待講演	科研費 (基盤 B)
2023/12/02-12/11	越智 敦彦	スイス	CERN	RD51 collaboration meeting 参加のた め	科研費 (基盤 B)
2023/12/10-12/16	身内 賢太郎	オーストラ リア	シドニー大 学	国際会議 CYGNUS2023 での研究成果 発表	科研費 新学術 (身内賢太郎)
2024/03/03-03/10	鈴木 州	ベトナム	The Internationa l Center for Interdiscipli nary Science and Education (ICISE)	Vietnam School on Neutrino (VSoN) Harware Camp に運営、および、講 師として参加するため	他機関負担
2024/03/04- 2024/03/17	前田 順平	スイス	CERN	ATLAS 実験 2024 年運転の準備作業 と TDAQ Week への参加	科研費(基盤 B) 活性化支援経

					費 (国際共同研究 強化事業 A 型)
2024/03/09-03/14	身内 賢太郎	イタリア	グランサッソ 国立研究所	XENON 実験コラボレーションミーティング での共同研究のため	科研費 新学術 (分担金)

1.7. 科学研究費等

1.7.1. 科研費(代表者分)

教育研究分野	種目	研究課題名(課題番号)	研究代表者	直接経費総額(円)	直接経費配分(円)	間接経費配分(円)
素粒子理論	基盤研究(C)	余剰次元の真空構造とクォーク・レプトンの世代構造	坂本 真人	1,000,000	1,000,000	300,000
宇宙論	基盤研究(B)	「高周波重力波物理学の開拓 2 (22H01220)	早田 次郎	4,400,000	4,400,000	1,320,000
物性理論	基盤研究(C)	非一様系のエンタングルメント構造解析 (17K05578)	西野 友年	900,000	900,000	270,000
粒子物理	新学術領域研究(領域提案型)	方向に感度をもった暗黒物質直接探索 (19H05806)	身内 賢太郎	28,500,000	15,100,000	4,530,000
	基盤研究(A)	位置有感型ガス検出器によるミグダル効果の初観測 (21H04471)	身内 賢太郎	4,000,000	2,600,000	780,000
	学術変革領域研究(A) 公募研究	素粒子実験におけるヘテロジニアス環境を用いた深層学習トリガーの確立 (23H04511)	前田 順平	1,000,000	1,000,000	300,000
	若手研究	方向に感度のある暗黒物質探索におけるガス TPC の超微細読み出し (21K13943)	東野 聡	700,000	700,000	210,000
	新学術領域研究(領域提案型)	ガス TPC の超微細読み出しが切り拓く低質量暗黒物質探索(22H04574)	東野 聡	2,500,000	2,500,000	750,000
	基盤研究(B)	ダイヤモンド薄膜を用いた次世代高輝度粒子線実験のためのガス放射線検出器開発 (21H01111)	越智 敦彦	2,800,000	2,800,000	416,640
極限物性	挑 戦 的 研 究 (萌芽)	ナノダイヤモンドを用いた超高感度超高压高周波数電子スピン共鳴測定法の開発 (22K18691)	太田 仁	1,560,000	1,200,000	360,000
	基盤研究 (B)	テラヘルツ波を用いた整数スピン反応中間体の時間分解電子スピン共鳴分光 (21H01040)	大道 英二	3,640,000	2,800,000	840,000
低温物性	基盤研究(C)	ゼロ磁場の強磁性量子臨界点の実現に対する微視的・系統的的研究 (21K03446)	小手川 恒	1,300,000	1,300,000	300,000
	基盤研究(C)	密角度分解 NMR による単結晶 UNi4B の磁気構造解明と電流誘起磁化の微視的検証 (23K03302)	藤 秀樹	1,400,000	1,400,000	420,000
電子物性	基盤研究(C)	フラストレーションを有する f 電子系における非従来型異常ホール効果の系統的検証 (20K03861)	松岡 英一	1,100,000	1,100,000	330,000
	基盤研究(C)	10GPa 級超高压下での量子振動効果によるフェルミ面の研究 (21K03470)	菅原 仁	600,000	600,000	180,000

1.7.2. 科研費(分担者分)

教育研究分野	種目	研究課題名(課題番号)	研究代表者 (所属機関)	研究分担者	直接経費配 分(円)	間接経費配 分(円)
素粒子理論	基盤研究(C)	巡回ライブニッツ則を使った格子 超対称性の構築とテンソルネット ワーク計算(21K03537)	宗 博人 (愛媛大学)	坂本 真人	250,000	75,000
宇宙論	基盤研究(B)	「弱い重力予想」に基づく素粒子 論・宇宙論：量子重力理論への現象 論的アプローチ (20H01902)	野海 俊文 (東京大学)	早田 次郎	200,000	60,000
量子物性論	基盤研究(C)	量子振動による遍歴する $j=3/2$ フ ェルミオンの検出 (21K03448)	野原 実 (広島大学)	播磨 尚朝	200,000	60,000
粒子物理	新学術領域 研究(総括 班)	地下から解き明かす宇宙の歴史と 物質の進化 (19H05802)	井上 邦雄 (東北大学)	身内 賢太郎	300,000	90,000
	基盤研究(A)	水チェレンコフ中性子検出器によ る XENONnT 実験での暗黒物質 直接探索の高感度化 (19H00675)	MARTENS, Kai (東京大学)	身内 賢太郎	650,000	195,000
	挑戦的研究 (開拓)	新型ピクセル型シリコン検出器に よる極低バックグラウンド環境で の太陽アクシオン探索(21K18151)	藤井 俊博	身内 賢太郎	300,000	90,000
	基盤研究(B)	ニュートリノ振動実験の精密化を 実現する前置水チェレンコフ検出 器の開発	久世 正弘 (東京工業大 学)	鈴木 州	450,000	135,000
	基盤研究(A)	放射線シミュレータの新展開 (21H04881)	佐々木 節 (高エネ研)	藏重 久弥	200,000	60,000
	新学術領域 研究(研究 提案型)	超新星背景ニュートリノの高感度 観測でせまる宇宙星形成の歴史 (19H05807)	関谷 洋之 (東京大学)	竹内 康雄	6,200,000	1,860,000
	基盤研究(S)	世界最高感度のミュー粒子稀崩壊 探索で迫る素粒子の大統一 (21H04991)	大谷 航 (東京大学)	越智 敦彦	14,200,000	2,112,960
	基盤研究(B)	飛跡検出とトリガーの先鋭化によ る高エネルギー階層開拓の革新 (22H01227)	生出 秀行 (高エネ研)	前田 順平	2,600,000	780,000
	基盤研究(C)	新規な加速機構を通じた軽い暗黒 物質検出における環境要因の評価 と検証 (21K03562)	長尾 桂子 (岡山理科大 学)	東野 聡	150,000	45,000
	基盤研究(A)	高分解能大型液体キセノン測定器 によるレプトン普遍性の破れの精 密検証 (20H00154 22 年度繰越)	森 俊則 (東京大学)	内山 雄祐	700,000	0
	基盤研究(A)	高分解能大型液体キセノン測定器 によるレプトン普遍性の破れの精 密検証 (20H00154)	森 俊則 (東京大学)	内山 雄祐	500,000	150,000
極限物性	挑戦的研究 (萌芽)	新しい金属酵素研究へのテラヘル ツ電子スピン共鳴法の応用 (21K18937)	堀谷 正樹 (佐賀大学)	大久保 晋	300,000	90,000
	基盤研究(B)	EPR・X線による深海および南極 海微生物由来酵素の高活性・高安 定性機構の解明 (23H02143)	堀谷 正樹 (佐賀大学)	大久保 晋	300,000	90,000
低温物性	学術変革 A	アシンメトリ量子物質の開拓	吉田 紘行	小手川 恒	6,400,000	1,920,000
電子物性	基盤研究(C)	量子振動による遍歴する $j=3/2$ フ ェルミオンの検出	野原 実 (広島大学)	菅原 仁	250,000	75,000

	基盤研究(C)	ゼロ磁場の強磁性量子臨界点の実現に対する微視的・系統的検証	小手川 恒 (神戸大学)	松岡 英一	100,000	0
--	---------	-------------------------------	-----------------	-------	---------	---

1.7.3. そのほかの助成

教育研究分野	種目	研究課題名	研究代表者 (所属機関)	直接経費総額(円)	間接経費配分(円)
物性理論	奨学寄付金 計算科学振興財団	テンソルネットワークスキームに基づく異分野融合型計算科学研究	西野 友年	1,000,000	0
極限物性	カシオ科学振興財団	示差熱検出型テラヘルツバイオセンシング技術の開発	大道 英二	3,000,000	0
低温物性	公益財団法人村田学術財団・研究助成	ノンコリニア反強磁性体における非対称なドメイン反転ヒステリシスの機構解明と制御	小手川 恒	3,360,000	0
電子物性	池谷科学技術振興財団 2023 年度研究助成金	ハロゲンを含む三元希土類化合物における新奇物性の探索	松岡 英一	1,200,000	0

1.7.4. その他の研究助成(院生, PD)

教育研究分野	種目	研究題目	特別研究員 (受け入れ研究者)	直接経費(円)
素粒子理論	特別研究員奨励費(DC2)	アノマリーで探る一様磁場中の T^2/Z_N オービフォールドモデルの世代数構造	竹内 万記 (園田 英徳)	700,000
宇宙論	特別研究員奨励費	回転するブラックホールと重力波によるストリングアクシオン探索に向けた理論研究	大宮 英俊 (早田 次郎)	800,000
	特別研究員奨励費(DC1)	宇宙精密観測に基づく軽量スカラー・ベクトル暗黒物質モデルの検証	野村 皇太 (早田 次郎)	1,000,000
	特別研究員奨励費(DC1)	場の量子論の基本原理解に基づくインフレーションモデルの選別	西井 莞治 (早田 次郎)	800,000
	特別研究員奨励費(DC2)	暗黒物質としての原始ブラックホール及び電弱バリオン数生成の重力波による同時検証	宮地 大河 (早田 次郎)	1,000,000
	次世代研究者挑戦的研究プログラム	量子重力の視点を取り入れた暗黒物質モデルの制限に関する研究	佐藤 爽太 (早田 次郎)	600,000
電子物性	次世代研究者挑戦的研究プログラム(SPRING)	新しい断熱消磁冷凍機の開発と超高压下での量子振動効果測定	薦田 拓也	400,000

1.8. 海外からの訪問者

教育研究分野	氏名	国籍, 所属	期間	目的	費用
素粒子理論	Carlo Pagani	イタリア, Uni Mainz	2024/1/27-2/27	素粒子理論セミナー 研究打ち合わせ	相手方負担
物性理論	Andrej Gendiar	スロバキア科学アカデミー	11/16-11/29	研究打ち合わせ	相手方負担
	Roman Kremer	スロバキア科学アカデミー	11/16-11/29	研究打ち合わせ	相手方負担
	Jozef Genzor	国立台湾大学	11/20-11/22	研究打ち合わせ	相手方負担
粒子物理	Akira Konaka	カナダ・TRIUMF	2023/10/18~20	プレミアム プログラム レクチャー	理学研究科

1.9. 国際共同研究

教育研究分野	名前	相手機関または研究者	内容
素粒子理論	園田 英徳	トルコ, Mimar Sinan Fine Arts University	Algebraic renormalization の厳密くりこみ群への応用
	園田 英徳	ドイツ, Uni Mainz	Background gauge field の厳密くりこみ群への応用
宇宙論	早田 次郎 宮地 大河	徳田順生 (IBS)	Stochastic tunneling in de Sitter spacetime
	Lau Pak Hang	APCTP	Emergent of time from quantum entanglement
	Chen Wei-Ming	National Taiwan University, Queen Mary University of London	Application of on-shell scattering amplitudes to gravitational waves
物性理論	西野 友年	スロバキア, Slovak Academy of Sciences	フラクタル上での相転移解析
量子物性論	播磨 尚朝	フランス, LNCMI-CNRS Grenoble	重い電子系のフェルミ面の研究
	播磨 尚朝	フランス, CEA-Grenoble	ウラン強磁性超伝導体の電子状態の研究
	播磨 尚朝	アメリカ, UC-San Diego	充填スクッテルド化合物の電子状態
粒子物理	藏重 久弥 山崎 祐司 前田 順平	CERN, etc.	ATLAS collaboration (LHC・ATLAS 実験)
	藏重 久弥	CERN, SLAC, INFN etc.	Geant4 collaboration (放射線検出器シミュレーション)
	藏重 久弥	スタンフォード大学 ICME, CENBG	MPEXS, MPEXS-DNA (GPGPU による次世代放射線シミュレータの開発)
	藏重 久弥	ジェファーソン研究所	Geant4 Application for Medical Physics (Geant4 の医学応用)
	身内 賢太郎	シェフィールド大学他	CYGNUS(方向に感度を持った暗黒物質探索)
	身内 賢太郎	コロンビア大学他	XENON (液体キセノンによる暗黒物質探索)
	越智 敦彦	CERN	RD51/DRD1 collaboration (マイクロパターンガス検出器の開発)
	越智 敦彦	INFN, 中国科学技術大学	DLC based electrodes for future resistive MPGDs (Common Project of RD51)
	越智 敦彦	PSI, INFN, 他	MEG II collaboration (ミューオン稀崩壊実験)
極限物性	太田 仁	フランス, 国立パルス強磁場研究所	強磁場物性研究
	太田 仁	ドイツ, ローゼンドルフ研究センター ドレスデン強磁場研究所	強磁場 ESR による量子スピン系の研究
	太田 仁	ポーランド, アダム・ミツキエヴィチ大学	フラストレーション系磁性体の研究
	太田 仁	ロシア, General Physics Institute	強磁場 ESR による量子スピン系の研究
	太田 仁	ドイツ, ライプニッツ固体物理材料研究所	強磁場電子スピン共鳴(ESR)を用いた磁性体の共同研究および双方の人的交流の推進
低温物性	小手川 恒	アメリカ Oak Ridge National Laboratory	ノンコリニア磁性体 NbMnP の磁気構造に関する研究

1.10. 国際的学術集会の開催

教育研究分野	主催者リスト	集会名	開催場所	時期	参加者数	参加国数	外国人数	主な予算出所	金額（円）
素粒子理論	坂本 真人	場の理論と弦理論 2023	京都大学基礎物理学研究所	2023 年 8 月	260	4	5	基礎物理学研究所	4,00,000 (現地参加及びオンライン開催)
粒子物理	前田 順平	ATLAS TDAQ Week	京都大学	2023 年 9 月	84	11	49	拠点形成事業（九大）・科研費（神戸・名古屋）	2,800,000

1.11. 研究環境の整備(50 万円以上の設備備品)

教育研究分野	項目	金額（円）
粒子物理	高圧電源モジュール 伊国 CAEN 製 N1471A	914,320
	【ガス検出器読み出し IC】 CDC Diff × 30 ハヤシレピック	990,000
	高圧電源_2ch×±6kV standard precision ハヤシレピック	742,500
低温物性	粉末 X 線回折装置・Rikaku MiniFlex 600-C	4,998,400

1.12. 研究支援体制(秘書の雇用)

物理学専攻事務	事務補佐員 1 名 (30 時間/週で 12 か月)
素粒子理論	事務補佐員 1 名 (12 時間/週で 5 ヶ月)
宇宙論	事務補佐員 1 名 (8 時間/週で 6 か月)
物性理論	事務補佐員 1 名 (12 時間/週で 5 ヶ月)
量子物性論	なし
粒子物理	事務補佐員 1 名 (20 時間/週で 6 か月)
	事務補佐員 1 名 (18 時間/週で 7 ヶ月)
極限物性	事務補佐員 1 名 (12 時間/週で 12 ヶ月)
低温物性	なし
電子物性	なし

1.13. 国際集会・国内集会などへの参加

	登壇講演										受賞	
	国際		国内		学生		PD		その他	総数	総数	専攻内共同受賞
	招待	一般	招待	一般	国際	国内	国際	国内				
素粒子	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	0
宇宙論	2	0	1	0	22	28	2	7	0	52	2	2
物性理論	1	1	2	1	0	0	0	0	0	5	0	0
量子物性論	4	1	2	1	0	0	0	0	0	8	0	0
粒子物理	2	13	2	37	10	24	3	5	0	55	0	0
極限物性	2	3	1	10	1	22	0	0	0	37	3	0
低温物性	2	0	5	4	0	10	0	0	1	22	1	1
電子物性	0	0	1	1	0	6	0	0	0	8	0	0
総計	13	18	14	54	36	97	5	12	1	187	6	3

1.13a. 著書・論文・解説報告

	著書数				査読論文				査読なし論文	解説報告	
	総数 (日本語)	専攻内共同研究	総数 (外国語)	専攻内共同研究	(内数は筆頭・責任著者) 総数 (日本語)	専攻内共同研究	(内数は筆頭・責任著者) 総数 (外国語)	専攻内共同研究	総数	総数	専攻内共同研究
素粒子	0	0	0	0	0(0) (*)	0	4(0) (*)	0	0	0	0
宇宙論	0	0	0	0	0(0)	0	9(4)	3	0	0	0
物性理論	1	0	0	0	0(0)	0	2(2)	0	0	0	0
量子物性論	0	0	0	0	0(0)	0	7(2)	0	0	1	0
粒子物理	0	0	1	0	0(0)	0	171(0)	0	0	0	0
極限物性	0	0	0	0	0(0)	0	8(3)	1	0	0	0
低温物性	0	0	0	0	0(0)	0	2(2)	3	0	0	0
電子物性	0	0	0	0	0(0)	0	6(3)	4	0	0	0
総計	1	0	1	0	0(0) (*)	0	209(16) (*)	11	0	1	0

注意事項 ○専攻内共同研究とは、添付リストに他の教育研究分野の教員名が記載されている論文・講演・受賞数のこと

○登壇講演数は、教員が登壇した数、学生、PD が登壇した数であり、添付リストの総数ではない

○筆頭・責任著者は、多数の著者が共著する研究分野で公表していないものについては数えなかった。

(*)は教育研究分野間共同研究における重複分を差し引いたもの

1.14. 受賞など

教育研究分野	賞	受賞題目	受賞者	身分
宇宙論	The 32nd Workshop on General Relativity and Gravitation in JapanOUTSTANDING PRESENTATION AWARD GOLD PRIZE	"Extremality of de-Sitter Black Holes in Nonlinear Electrodynamics" (Poster)	吉村 果保	院生
	KEK 研究会「熱場の量子論とその応用」学生プレゼンテーション	「確率的手法を用いたドジッター時空中の真空崩壊率」	宮地 大河	院生
物性理論	Outstanding Referee	Physical Review Journals Outstanding Referees Program	西野 友年	准教授
粒子物理	ATLAS TDAQ Week 2023 Poster Award	Evaluation of Possibilities of Heterogeneous computing using Machine Learning	村田 優衣	大学院生
	第 12 回サイエンスフロンティア研究発表会 優秀ポスター賞	素粒子実験にける機械学習を用いた高速飛跡再構成	村田 優衣	大学院生
	NIM A best reviewers 2023		身内 賢太郎	准教授
極限物性	第 62 回電子スピンスイエンス学会年会 優秀発表賞	連続波長可変テラヘルツ光源を用いた電子スピン共鳴分光法の開発	小路 悠斗	院生
	第 12 回日本赤外線学会 優秀発表賞	フォトミキシング光源を用いた広帯域・高分解能テラヘルツ帯ガス分光法の開発	小路 悠斗	院生
	テラヘルツ科学の最先端 X 優秀学生発表賞	高速高分解能周波数掃引型テラヘルツ分光法の開発とガス分光応用	小路 悠斗	院生
低温物性 電子物性	日本物理学会第 27 回論文賞	Superconductivity of 2.2 K under Pressure in Helimagnet CrAs	小手川 恒 藤 秀樹 菅原 仁	准教授 教授 教授

1.15. 特許

教育研究分野	出願者	出願内容	出願番号	備考

2. 教育活動

2.1. 開講科目担当一覧(学部)

(※は 2015 年度以前の入学生向けの科目名)

授業科目名	単位数	年次	クォーター	履修者数	合格者数	担当教員
高度教養セミナー 理学部 (物理)	1	4	1Q2Q	43	43	各教員
物理数学Ⅲ	2	3	1Q	46	42	西野 友年
解析力学Ⅱ ※	2	2	1Q2Q	3	1	越智 敦彦
量子力学Ⅰ	2	3	1Q	49	47	西野 友年
古典力学	2	1	1Q2Q	72	69	松岡 英一
古典力学Ⅰ	1	1	1Q	6	5	松岡 英一
物理学情報処理	4	2	1Q2Q	43	34	山崎 祐司
物理学情報処理演習 ※	2	4	1Q2Q	2	1	山崎 祐司
初年次セミナー	1	1	1Q	39	37	藤 秀樹
統計物理学Ⅰ	2	3	1Q	46	30	播磨 尚朝
物理学実験Ⅲ	1.5	3	1Q	43	41	松岡 英一、菅原 仁、藏重 久弥、 大道 英二、鈴木 州、大久保 晋、 身内 賢太朗
電磁気学Ⅰ	2	2	1Q	45	40	藤 秀樹
現代物理学	1	1	1Q2Q	37	29	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
現代物理学Ⅰ	1	1	1Q	10	7	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
物理実験学	2	2	1Q2Q	61	44	鈴木 州、大道 英二
宇宙物理学	2	3	1Q2Q	60	30	早田 次郎
特別研究A (実験系)	12	4	通年	27	27	各教員
特別研究A (実験系) ※	10	4	通年	2	2	各教員
特別研究B (理論系)	6	4	通年	12	12	各教員
化学科物理学概論	2	1	1Q	9	9	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
生物学科物理学概論	2	1	1Q	14	12	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
解析力学	2	2	1Q2Q	54	45	越智 敦彦
物理数学Ⅳ	2	3	2Q	46	43	西野 友年
Introduction to Physics	1	2	2Q	47	37	久保木 一浩、山崎 祐司
惑星学科物理学概論	2	1	2Q	34	31	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
量子力学Ⅱ	2	3	2Q	54	53	西野 友年
古典力学Ⅱ	1	1	2Q	9	2	松岡 英一
統計物理学Ⅱ	2	3	2Q	45	30	播磨 尚朝
物理学実験Ⅳ	1.5	3	2Q	43	41	松岡 英一、菅原 仁、藏重 久弥、 大道 英二、鈴木 州、大久保 晋、 身内 賢太朗
電磁気学Ⅱ	2	2	2Q	47	39	藤 秀樹
現代物理学Ⅱ	1	1	2Q	11	7	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
先端物理学 量子物性論特論 A	1	4	前期	11	5	播磨 尚朝
先端物理学 物性理論特論 A	1	4	前期	12	9	手塚 真樹
先端物理学 低温物性学特論	1	4	後期	8	6	石田 憲二
先端物理学 極限物性学特論 A	1	4	前期	7	3	藤原 正澄
高度教養セミナー	1	3	3Q4Q	43	39	各教員

理学部物理学入門						
物理学実験Ⅰ	1.5	2	3Q	43	43	大久保 晋、前田 順平、 小手川 恒、山崎 祐司
物理数学Ⅰ	2	2	3Q	51	39	藏重 久弥
物性物理学Ⅰ	2	3	3Q	31	29	菅原 仁
古典電磁気学Ⅰ	1	1	3Q	18	11	前田 順平
古典電磁気学	1	1	3Q	73	66	前田 順平
統計物理学Ⅲ	2	3	3Q	39	31	播磨 尚朝
電磁気学Ⅲ	2	2	3Q	59	48	身内 賢太郎
特殊相対性理論	2	2	3Q4Q	41	23	園田 英徳
物理学実験Ⅴ	1.5	3	3Q	34	34	竹内 康雄、大道 英二、松岡 英一、 鈴木 州、身内 賢太郎、大久保 晋、 山崎 祐司
剛体の力学	2	1	3Q4Q	48	24	藏重 久弥
量子力学Ⅲ	2	3	3Q	59	40	久保木 一浩
熱統計物理学	2	2	3Q4Q	54	30	太田 仁
素粒子物理学	2	3	3Q4Q	44	33	藏重 久弥
先端物理学 宇宙論特論 B	1	4	後期	5	3	早田 次郎
先端物理学 素粒子理論特論 A	1	4	後期	3	2	園田 英徳
先端物理学 素粒子実験学特論 A	1	4	後期	9	7	前田 順平
先端物理学 素粒子実験学特論 B	1	4	後期	8	7	越智 敦彦
物理学実験Ⅱ	1.5	2	4Q	43	43	大久保 晋、前田 順平、小手川 恒、 山崎 祐司
物理数学Ⅱ	2	2	4Q	50	39	藏重 久弥
物性物理学Ⅱ	2	3	4Q	31	23	松岡 英一
古典電磁気学Ⅱ	1	1	4Q	19	11	前田 順平
電磁気学Ⅳ	2	2	4Q	60	48	身内 賢太郎
統計物理学Ⅳ	2	3	4Q	41	32	播磨 尚朝
物理学実験Ⅵ	1.5	3	4Q	33	33	竹内 康雄、大道 英二、松岡 英一、 鈴木 州、身内 賢太郎、大久保 晋、 山崎 祐司
量子力学Ⅳ	2	3	4Q	52	38	久保木 一浩

2.2. 開講科目担当一覧(大学院)

博士前期課程

授業科目名	単位数	学期	履修者数	合格者数	担当教員
素粒子理論Ⅰ	2	前期	4	3	園田 英徳
物性論Ⅰ	4	前期	13	13	太田 仁、藤 秀樹、菅原 仁、
高エネルギー物理学Ⅰ	4	前期	9	9	竹内 康雄
低温物性学	2	前期	7	5	小手川 恒、藤 秀樹
量子物性Ⅰ	2	前期	6	6	久保木 一浩
理論物理学Ⅰ	4	前期	3	3	早田 次郎
科学英語 1	1	前期	18	17	竹内 康雄
科学英語 2	1	前期	18	17	竹内 康雄
特別講義 物性理論特論 A	1	前期	7	6	手塚 真樹
特別講義 低温物性学特論	1	前期	10	8	小手川 恒
特別講義 宇宙論特論 B	1	後期	5	5	早田 次郎

論文講究Ⅰ	4	通年	22	20	各教員
特定研究Ⅰ	4	通年	22	20	各教員
論文講究Ⅱ	4	通年	27	25	各教員
特定研究Ⅱ	4	通年	27	25	各教員
先端融合科学特論A（物理学）	1	通年	22	18	各教員
電子物性学	2	後期	5	5	松岡 英一、菅原 仁
極限物性学	2	後期	9	8	大道 英二、太田 仁、大久保 晋
量子物性Ⅱ	2	後期	4	4	播磨 尚朝
素粒子理論Ⅲ	1	3Q	3	3	園田 英徳
素粒子実験学Ⅰ	1	後期	10	8	越智 敦彦
素粒子実験学Ⅳ	1	後期	9	8	鈴木 州
特別講義 素粒子理論特論A	1	後期	1	1	園田 英徳
特別講義 素粒子実験学特論A	1	後期	10	10	前田 順平
特別講義 素粒子実験学特論B	1	後期	10	9	越智 敦彦
特別講義 極限物性学特論A	1	前期	12	10	大久保 晋
特別講義 量子物性特論A	1	前期	3	3	播磨 尚朝
宇宙論Ⅱ	2	4Q	5	5	早田 次郎
特別講義 Neutrino Oscillations	1	後期	5	5	竹内 康雄

博士後期課程

授業科目名	単位数	学期	履修者数	合格者数	担当教員
高エネルギー物理学Ⅱa	1	前期	1	1	山崎 祐司
高エネルギー物理学Ⅱb	1	前期	1	1	山崎 祐司
特別講義 量子物性特論A	1	前期	2	1	播磨 尚朝
特別講義 極限物性学特論A	1	前期	1	1	大久保 晋
特別講義 物性理論特論A	1	前期	1	1	西野 友年
特別講義 素粒子実験学特論A	1	後期	1	1	前田 順平
特別講義 素粒子実験学特論B	1	後期	1	1	越智 敦彦
特別講義 低温物性学特論	1	後期	1	1	小手川 恒
物性論Ⅱa	1	後期	2	2	大道 英二
物性論Ⅱb	1	後期	2	2	大道 英二
特別講義 宇宙論特論B	1	後期	2	2	早田 次郎
特別講義 Neutrino Oscillations	1	後期	1	1	竹内 康雄

2.3. 全学共通科目担当一覧

授業科目	単位	クォーター	履修者数	合格者数	担当教員
身近な物理法則	1	1Q	79	43	太田 仁
力学基礎1	1	1Q	116	62	園田 英徳
力学基礎1	1	1Q	71	42	久保木 一浩
力学基礎1	1	1Q	98	89	大道 英二
力学基礎1	1	1Q	67	60	播磨 尚朝
物理学実験基礎	1	1Q	10	10	越智 敦彦
物理学実験基礎	1	1Q	30	29	小手川 恒
物理学実験	2	前期	92	86	越智 敦彦
物理学実験	2	前期	22	22	小手川 恒
身近な物理法則	1	2Q	24	17	太田 仁
力学基礎2	1	2Q	98	94	園田 英徳
力学基礎2	1	2Q	58	47	久保木 一浩

力学基礎 2	1	2Q	97	87	大道 英二
力学基礎 2	1	2Q	66	63	播磨 尚朝
現代物理学が描く世界	1	3Q	124	106	身内 賢太郎
身近な物理法則	1	3Q	94	77	小手川 恒
連続体力学基礎	1	3Q	59	43	藤 秀樹
連続体力学基礎	1	3Q	67	56	園田 英徳
物理学実験	2	後期	43	29	鈴木 州
物理学実験	2	後期	86	83	前田 順平
現代物理学が描く世界	1	4Q	53	41	身内 賢太郎
身近な物理法則	1	4Q	40	23	小手川 恒
熱力学基礎	1	4Q	35	23	園田 英徳

2.4. 博士論文

学位取得 年月日	氏名	指導教員	論文題名	主査	副査
2024 年 3 月 26 日	野村 皇太	早田 次郎	Black Hole Photon Ring Dimming by Axion-Photon Conversion (アクシオン・光子転換によるブラックホール光子球の減光)	早田 次郎	藏重 久弥
					身内 賢太郎
2024 年 3 月 26 日	陳 崇斌	早田 次郎	Gauge fields production during inflation (インフレーション期におけるゲージ場生成)	早田 次郎	竹内 康雄
					前田 順平
2024 年 3 月 26 日	竹内 万記	園田 英徳	Index theorem on T^2/Z_N orbifolds with magnetic flux (一様磁場のかかった T^2/Z_N オービフォールドモデルにおける指数定理)	園田 英徳	早田 次郎
					山崎 祐司

2.5. 修士論文

氏名	指導教員	題名	主査
YUN SEUNGHWAN	西野 友年	テンソルネットワーク形式を用いた手書き数字の分類	西野 友年
安部 知洋	早田 次郎	ゲージ理論における't Hooft アノマリーとその応用	早田 次郎
越智 遥菜	藤 秀樹	単結晶 UNi4B の 11B-NMR を用いた磁気秩序状態の研究	藤 秀樹
岡村 友樹	早田 次郎	ブラックホール時空中を運動する Cosmic String ループからの重力波	早田 次郎
釜本 一平	園田 英徳	量子重力の非摂動的くりこみ可能性	園田 英徳
吉村 果保	早田 次郎	非線形電磁気学におけるブラックホール熱力学	早田 次郎
高木 優祐	竹内 康雄	ハイパーカミオカンデ実験に向けた常温活性炭の空气中ラドン除去能力の測定	竹内 康雄
笹木 敦志	藤 秀樹	NdCo2Zn20 系化合物の NMR による磁気相関に関する研究	藤 秀樹
三嶋 竜太	菅原 仁	LuPtBi の dHvA 効果測定	菅原 仁
山下 智愛	山崎 祐司	LHC-ATLAS 実験 Run-3 における新ミューオントリガーアルゴリズムの動作検証と改良	山崎 祐司
室岡 啓太	藤 秀樹	非フェルミ液体的振る舞いを示す Y0.95R0.05Co2Zn20(R=Pr,Nd)の NMR,NQR による研究	藤 秀樹
重山 紗葉	大道 英二	非線形光学結晶を用いたディスク型 whispering gallery mode 共振器測定系の構築	大道 英二

小泉 一樹	大道 英二	鉄-アミロイドβ複合体における結合状態の分光的研究	大道 英二
沼 昂輝	播磨 尚朝	CeRh ₂ As ₂ における反強制的電気四極子秩序状態の電子構造計算	播磨 尚朝
新井 祐樹	小手川 恒	ノンコリニア磁性体 NbMnP の試料純良化を通じた異常ホール効果の研究	小手川 恒
森 拓海	播磨 尚朝	三方晶系フェルミ面の解析手法の開発と IrGe ₄ 系への適用	播磨 尚朝
瀬川 和磨	大久保 晋	テラヘルツ光強磁場 ESR による CsFeCl ₃ の電子状態の研究	大久保 晋
大藤 瑞乃	身内 賢太郎	NEWAGE における大型ガス検出器のためのモジュール型検出器開発	身内 賢太郎
滝井 悠平	早田 次郎	ブラックホールの蒸発現象と対称性	早田 次郎
滝川 稜人	大道 英二	電磁波解析によるテラヘルツ波増強アンテナの形状最適化	大道 英二
辰巳 和大	早田 次郎	摂動的ユニタリ性と相対エントロピーを用いたインフレーション模型に対する制限	早田 次郎
中村 彰良	小手川 恒	TaMnP の単結晶試料作製と異常ホール効果の観測	小手川 恒
田路 航也	前田 順平	LHC-ATLAS 実験における速度の遅い粒子用トリガー改良に向けた LAr カロリメータの検証	前田 順平

2.6. 4年生特別研究

氏名	指導教員	題名
横江 大樹	藏重 久弥 越智 敦彦	タンデム加速器を用いた原子核散乱実験の理論
谷口 紘大	藏重 久弥 越智 敦彦	タンデム加速器を用いた原子核散乱実験のセットアップ
佐倉 慶汰	藏重 久弥 越智 敦彦	タンデム加速器を用いた原子核散乱実験の測定装置
森田 彩の介	藏重 久弥 越智 敦彦	タンデム加速器を用いた原子核散乱実験におけるラザフォード散乱の解析
山口 凜太郎	藏重 久弥 越智 敦彦	タンデム加速器を用いた原子核散乱実験における原子核反応の解析
山本 明	早田 次郎	量子テレポーテーションのブラックホール情報パラドックスへの応用
吉城 諒平	早田 次郎	古典ブラックホールと D-ブレーンブラックホールの対応
泉 啓太	早田 次郎	ダークマター検出機としての白色矮星
千葉 航	早田 次郎	de-Sitter 時空上の粒子生成と S-Matrix
西田 優杜	園田 英徳	π^0 中間子の崩壊とアノマリー
益田 竜馬	園田 英徳	標準模型における Custodial 対称性の破れ
笹田 真宏	山崎 祐司 前田 順平	電子核子散乱観測実験の構想と鉛ガラスカロリメータの校正
佐野 友麻	山崎 祐司 前田 順平	電子核子散乱観測実験のための電子ビーム軌道の測定
浅見 優輝	山崎 祐司 前田 順平	電子核子散乱の理論と散乱観測実験の解析手法
中村 唯真	山崎 祐司 前田 順平	電子核子散乱観測実験の解析結果
曾根 貴将	身内 賢太郎	ガス検出器を用いた KK-axion 探索の原理と BG 測定
河口 仁志	身内 賢太郎	ガス検出器を用いた KK-axion 探索のための基礎測定
和田 伸一郎	身内 賢太郎	ガス検出器を用いた KK-axion 探索実験
鈴木 啓司	身内 賢太郎	ガス検出器を用いた KK-axion 探索の解析結果
山口 紘佳	小手川 恒	YMn ₁₂ の単結晶作製と圧力効果
小田 岬	小手川 恒	キラル磁性体 Nd ₅ Si ₄ の単結晶作製と非相反電気伝導の検証
南 晶子	藤 秀樹	重い電子超伝導体 UBe ₁₃ の NMR による研究
武内 雄太	小手川 恒	反強磁性的物質 Ce ₂ AuGe ₆ における異常ホール効果の検証
田中 智遍	松岡 英一	局所空間反転対称性の欠如した CeRh ₂ Ga ₂ の試料作製と物性評価
石田 哲朗	西野 友年	エンタングルメントエントロピーを用いた多次元時系列データの解析
坪井 亮太	西野 友年	AE と MPS を組み合わせた画像分類

大島 巧	西野 友年	階層性を持つイジングモデルの相関関数の計算
西川 慶	西野 友年	超立方体上のエネルギー変形
松村 高弥	大久保 晋	パルス強磁場 ESR 装置の立ち上げ
平田 涼	大久保 晋	強磁場 ESR 測定のためのテラヘルツ光源の立ち上げ
西田 光希	太田 仁	熱検出型高圧下 ESR 測定手法の開発と応用
清水 渉夢	太田 仁	ナノダイヤモンド量子センサを用いた高圧下 ESR 測定手法の開発
島田 昇龍	大道 英二	超広帯域周波数ドメインテラヘルツ分光装置の作製
中山 真生人	大道 英二	ガンマ線照射を用いたアミロイドβと鉄イオンの結合状態の研究
中上 翔太郎	久保木 一浩	1,2 次元系での長距離秩序の不存在
花里 尚悟	久保木 一浩	Berry による幾何学的位相
立岡 愛唯	藤 秀樹	Mg/MgO/MgB ₂ ナノ複合化合物の NMR
橋 哉汰	松岡 英一	六方晶化合物 CePdMg の試料作製とその物性測定
向井 詩織	松岡 英一	六方晶化合物 CePdZn の磁性及び伝導
永野 裕大	菅原 仁	トポロジカル半金属 LuPtBi の磁気抵抗とホール効果測定
木村 隼人	菅原 仁	高い熱電変換効率を示す Yb ₃ Si ₅ の単結晶育成と物性測定

2.7. 物理談話会

	日時	講師(所属)	題目
1	2023/06/02	陳詩遠 (東京大学 素粒子物理国際研究センター)	超伝導量子ビットを使ったダークマター探索
2	2023/06/28	手塚 真樹 (京都大学大学院理学研究科)	Sachdev-Ye-Kitaev 型模型における多体波動関数の振舞と量子誤り訂正
3	2023/07/26	藤原 正澄 (岡山大学学術研究院環境生命自然科学域)	ナノダイヤモンド量子センサーを用いた温度計測とその応用
4	2022/10/17	樽家 篤史 (京都大学基礎物理学研究所)	To be or not to be: ダークマターハロー内部構造に見られる (非) 普遍性
5	2022/11/01	谷口 七重 (高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所)	Belle II 実験の紹介と検出器の建設から運転まで
6	2022/12/08	佐々 真一 (京都大学大学院理学研究科)	非平衡 — 学問分野の発展と熱力学の拡張 —
7	2022/12/19	岩崎 昌子 (大阪公立大学大学院理学研究科)	大型加速器を用いた素粒子実験への機械学習適用
8	2022/12/26	石田 憲二 (京都大学大学院理学研究科)	ウラン化合物 UTe ₂ の超伝導状態

2.8. 素粒子理論セミナー

	日時	講師 (所属)	題目
1	2023/07/13	佐藤 亮介 (大阪大学)	Axion Fragmentation
2	2023/12/18	Pavan Dharanipragada (Institute of Mathematical Sciences, インド)	Constructing a local AdS holographic dual from the Exact RG of a CFT
3	2024/02/20	Carlo Pagani (Uni Mainz, ドイツ)	A look at the operator product expansion in critical dynamics

2.9. 宇宙論セミナー

<https://www.research.kobe-u.ac.jp/fsci-pacos/seminar2023.html>

	日時	講師 (所属)	題目
1	2023/04/12	上田 和茂 (神戸大)	Inflation theory and quantum theory of primordial gravitational waves connected by cosmic magnetic fields

2	2023/04/19	大宮 英俊 (神戸大)	Self-interacting field around black holes
3	2023/04/26	早田 次郎 (神戸大)	Quantum sensing and fundamental physics
4	2023/05/10	向田 享平 (KEK)	Lepton Number Violation and Baryogenesis
5	2023/05/17	Pak Hang Chris Lau (神戸大)	Review of second law of thermal dynamics
6	2023/05/24	神野 隆介 (RESCEU)	First-order phase transitions and gravitational wave production in the early Universe
7	2023/05/31	大下 翔誉 (YITP)	Universal Nature of a Black Hole Ringing
8	2023/06/14	Chong-Bin Chen (神戸大)	Foundation of CMB Physics
9	2023/06/21	野村 皇太 (神戸大)	Observing axions through photon ring dimming of black holes
10	2023/06/28	修士1年学生 (神戸大)	Rehearsal of summer school
11	2023/07/05	斎藤 貴之 (神戸大)	Numerical simulations of galaxy formation and evolution
12	2023/07/12	西澤 篤志 (名古屋大)	Quantumness of gravity in harmonically trapped particles
13	2023/10/11	土肥 明 (理研)	Massive star formation in the early universe and initial mass function of metal-poor stars
14	2023/10/25	郭 優佳 (名古屋大)	Quantumness of gravity in harmonically trapped particles
15	2023/11/01	細川 隆史 (京都大)	Massive star formation in the early universe and initial mass function of metal-poor stars
16	2023/11/15	宮地 大河 (神戸大)	Stochastic tunneling in de Sitter spacetime
17	2024/01/15	岡村 友樹 (神戸大)	Mock master thesis defense
18	2024/01/15	横倉 諒 (慶応大)	Non-invertible symmetries in axion electrodynamics

2.10. 粒子物理学セミナー

今年度はなし

2.11. 物性セミナー

今年度はなし

2.12. 他大学への出講など兼業先一覧

氏名	身分	出講先
早田 次郎	非常勤講師	早稲田大学理工学術院
竹内 康雄	客員上級科学研究員	東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構

2.13. TAの採用活用状況

TA人数	のべ時間
39	1091 時間

2.14. RAの採用活用状況

RA人数	のべ時間
2	548 時間

2.15. ディプロマ・ポリシー達成度アンケート

学部卒業生、大学院博士課程前期課程、および後期課程修了生に対して行ったディプロマ・ポリシー (DP) 達成度アンケートの内容と結果を報告する。 (【 】内は大学院博士課程前期および後期課程修了生への設問)

設問 1) あなたは、理学部物理学科【理学研究科物理学専攻】のディプロマ・ポリシー (DP) を知っていますか。次の中から1つ選択してください。

選択肢： 1.よく知っていた /2. ある程度知っていた / 3.どちらともいえない /
4.あまり知らなかった / 5.全く知らなかった

設問 2) 理学部物理学科【理学研究科物理学専攻】のDPに基づいてお尋ねします。あなたは、物理学科【博士課程前期および後期課程】において次の能力等がどの程度身についたと思いますか。次の中から1つ選択してください。

選択肢： 1.大いに身についた / 2.どちらかといえば身についた / 3.どちらともいえない /
4.どちらかといえば身につかなかった / 5.全く身につかなかった

学部：

- A) 物理学の基礎を理解し応用する能力
- B) 物質の構造および機能を理解する能力
- C) 現代物理学を理解する能力
- D) 物理学の実験手法を応用する能力
- E) 自ら課題を設定し、課題を創造的に解決する能力

学部(9月卒業生)：

- A) 様々な場面において、状況を適切に把握し主体的に判断する力
- B) 専門性や価値観を異にする人々と協働して課題解決にあたるチームワーク力
- C) 他の学問分野の基本的なものの考え方を学び、自らの専門分野との違いを理解する力
- D) 能動的に学び、新たな発想を生み出す力
- E) 複数の言語で異なる文化の人々と意思を通じ合うことができる力
- F) 文化、思想、価値観の多様性を受容し、地球的課題を理解する力
- G) 科学全般を俯瞰する能力
- H) 物理学の基礎を理解し応用する能力
- I) 物質の構造および機能を理解する能力
- J) 現代物理学を理解する能力
- K) 物理学の実験手法を応用する能力
- L) 自ら課題を設定し、課題を創造的に解決する能力

大学院博士課程前期課程：

- A) 研究成果発信のための英語能力
- B) 学際的視野に基づいた創造的な研究能力
- C) 物質の構造及び機能を根本原理から理解する能力
- D) 物理学の各研究分野に関連した基礎能力、及びそれを研究に応用する能力
- E) 現代物理学の広範な研究分野を俯瞰する能力
- F) 物理学を深く探究するための基礎となる能力

大学院博士課程後期課程：

- A) 研究成果発信のための英語能力
- B) 学際的視野に基づいた創造的な研究能力
- C) 物質の構造及び機能を根本原理から理解する能力
- D) 物理学の各研究分野に関連した高度な能力、及びそれを研究に応用する能力
- E) 現代物理学の広範な研究分野を俯瞰し、新たな研究課題の着想に活かす能力
- F) 物理学の研究を自立して行うための能力

設問 3) 物理学専攻【博士課程前期課程】では、DPで定める知識や能力などを身につけさせるため、以下のようなカリキュラムを編成しています。これらの授業科目があなたの知識の習得に関してどの程度役にたったと思いますか。次の中から1つ選択してください。

(ア) 科学英語科目(研究成果発信のための英語能力の向上)

- (イ) 特別講義科目（現代化学の広範な研究分野を俯瞰する能力の向上）
 (ウ) 論文講究及び特定研究科目（物理学を深く探究するための基礎能力の向上）
 (エ) コア授業科目という教育システム（専攻内の分野の枠を超えた専門的知識の習得）
 (オ) 先端融合科学特論Ⅰという教育システム（幅広い自然科学の知識の習得）

選択肢： 1.大いに身についた / 2.役に立った / 3.ある程度役に立った / 4.役に立たなかった /
 5.わからない / 6.未履修

物理学科 R3 年度 学部卒業生 アンケート結果

	1)	2A)	2B)	2C)	2D)	2E)
1.	3	9	8	5	10	9
2.	3	20	16	25	19	19
3.	10	13	15	14	10	12
4.	12	4	7	2	5	6
5.	21	3	3	3	5	3

物理学科 R3 年度 学部9月卒業生 アンケート結果

	1)	2A)	2B)	2C)	2D)	2E)	2F)	2G)	2H)	2I)	2J)	2K)	2L)
1.	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2.	0	1	0	2	1	0	0	0	1	1	2	1	2
3.	0	1	0	0	1	1	1	2	0	1	0	1	0
4.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

物理学専攻 R3 年度 大学院博士課程前期課程修了生 アンケート結果

	1)	2A)	2B)	2C)	2D)	2E)	2F)
1.	0	4	5	4	5	2	8
2.	5	8	11	18	14	16	14
3.	6	7	7	1	3	5	1
4.	8	3	0	0	2	0	0
5.	5	2	1	1	0	1	1

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
1.	3	5	13	4	5
2.	5	10	8	5	8
3.	6	5	2	5	5
4.	1	1	0	1	0
5.	5	3	1	7	2
6.	4	0	0	2	4

物理学専攻 R3 年度 大学院博士課程後期課程修了生 アンケート結果

	1)	2A)	2B)	2C)	2D)	2E)	2F)
1.	0	0	1	1	1	1	2
2.	0	2	2	2	2	2	1
3.	0	1	0	0	0	0	0
4.	2	0	0	0	0	0	0
5.	1	0	0	0	0	0	0

2.16. 授業評価

物理学科・物理学専攻では、理学研究科・理学部による学生授業振り返りアンケートを行っている。全学的に統一されたウェブ上でのアンケートと並行して、部局独自のアンケートをウェブ上で実施している。アンケートの集計結果は担当教員に開示されていて、授業改善に役立てられている。

なお、学科会議での議論を受けて、物理学科では 2004 年度から学科長、教務委員、自己評価委員を中心に学生による授業振り返りアンケート結果を利用し、問題のある授業がないかチェックするとともに授業改善をすすめていくシステムを構築している。また、授業振り返りアンケートの内容の見直しも随時すすめていく。

2.17. 個別教育活動の記録

2023 年度 教育活動の記録 物理学専攻・准教授 園田 英徳

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 力学基礎 1	Q1	1 コマ×7.5 回
	(2) 力学基礎 2	Q2	1 コマ×7.5 回
	(3) 連続体力学基礎	Q3	1 コマ×7.5 回
	(4) 熱力学基礎	Q4	1 コマ×7.5 回
(学部)	(5) 特殊相対性理論	後期	1 コマ×15 回
(博士前期)	(6) 素粒子理論 I	前期	1 コマ×15 回
	(7) 素粒子理論 III	Q3	1 コマ×7.5 回
	(8) 論文講究 I、II		
	(9) 特定研究 I、II		
授業内容と自己評価			
(1,2) 医学部医学科の 1 年生を対象に力学の基礎について講義した。成績優秀な人ばかりなので、少しレベルの高い Feynman 物理を教科書にした。力学基礎 2 では特殊相対性理論について 3 度講義した。 (3) 工学部建築学科の 1 年生を対象に音波および弾性体の基礎について講義した。 (4) 最初の 2 回は Q3 でカバーできなかった流体力学について講義した。そのあと統計力学と熱力学の基礎について講義した。 (5) 前半は Einstein の原論文に沿って特殊相対性理論の導出を講義し、後半は現代的に記法を使って、前半の内容をさらに発展させた。最後は背景輻射を運動系で見ると温度が方向に依存することを説明した。 (6) 場の理論が非相対論的量子力学とスムーズにつながるよう工夫した。ラグランジアンからどのように Feynman 則を導くかがわかることを最終目的として、授業を組み立てた。 (7) 更に進んだ場の理論の話題(くりこみ, くりこみ群, 有効ポテンシャル)について講義した。 (8,9) 博士後期課程の学生は、事実上の指導教員である坂本研究員に指導を委ねた。博士前期課程の学生は、ひとりずつ毎週一度午後にゼミを行い、修士論文の準備をした。また、回数は少なかったが、外部から招いた専門家の話を聞かせることによって新しい話題についても知識が得られるようにした。			
その他の特記事項			
特になし			

担当授業科目等			
(学部)	(1) 宇宙物理学	前期	1 コマ×15 回
(博士前期)	(2) 理論物理学 I	前期	2 コマ×15 回
	(3) 宇宙論 I	4Q	2 コマ×7.5 回
	(4) 論文講究 I, II		
(博士後期)	(5) 特定研究 I,II		
	(6) 特定研究		
授業内容と自己評価			
(1) 宇宙物理学は、宇宙の起源と進化を記述する学問である。様々な分野の物理学の知識を必要とするため、宇宙論を学ぶことは物理学の復習としても有用である。ニュートン力学から出発して宇宙の時間発展をどのように記述することができるのかを説明し、宇宙の膨張法則を導くことを試みた。それを基に宇宙の熱史について解説を試みた。かなり高度な内容であるため、演習問題を多く解かせる事で着実な理解を目指した。 (2) 有限温度の場の量子論について、英語の教科書を輪講した。学部で学習した量子力学と統計力学を組み合わせることで、量子色力学の理解に必要な知識が習得できるようになった。場の量子化の考え方がよく分かる題材であり、物性、素粒子、宇宙を学ぶための基礎知識を学ぶことができたと思う。 (3) 大学院の前期課程の授業である。宇宙の暗黒物質の候補であるアクシオンについて基礎から丁寧に解説した。素粒子物理学のなかでアクシオンがなぜ必要となるのかを説明し、宇宙論的な応用へと移行するというスタイルをとった。アクシオンと光子の基本的な相互作用がどのような物理過程を生み出すのかを講義した。その結果を用いて、アクシオン暗黒物質を検証するための実験を紹介した。パルサーを用いたアクシオンや重力波の検出方法を説明した。ブラックホール時空上でのアクシオンの摂動理論を解説した。アクシオンとは何かを理解することができたはずである。 (4) 論文講究では、それぞれの院生に興味のあるテーマに関する論文等に関して調べた上で発表させ、本質的に重要と思われる部分に関する議論を通して、テーマに関する深い理解につながる様に指導した。 (5) 特定研究では、論文につながるテーマを与え、定期的に議論によって指導した。 (6) 博士前期課程 3 名、博士課程後期課程 3 名の院生の研究指導を、共同研究を通して行った。うち、4 人については論文を書かせた。			
その他の特記事項			
指導していた 2 名の学生が博士学位論文を授与された。			

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 力学基礎 1	1Q	1 コマ×7.5 回
	(2) 力学基礎 2	2Q	1 コマ×7.5 回
(学部)	(3) 量子力学 III	3Q	2 コマ×7.5 回
	(4) 量子力学 IV	4Q	2 コマ×7.5 回
(博士前期)	(5) Introduction to Physics	2Q	1 コマ×4 回 (分担)
	(6) 特別研究		
	(7) 量子物性 I	前期	1 コマ×15 回
	(8) 論文考究 I, II		
	(9) 特定研究 I, II		
授業内容と自己評価			
(1),(2)力学基礎 1 および力学基礎 2 は共通専門基礎科目である。受講者（医学部保健学科）には高校で物理、数学 III を履修していない学生が多いことを踏まえ、基礎的な部分に十分時間をかけてつまずく学生が出ないように配慮した。具体的には、物理学の基本的考え方、微積分など数学の基礎知識およびその物理への応用についてくわしく解説した。また、授業内容の理解が深まるよう毎回かんたんな宿題を出したが提出率は高く教育効果があったと思われる。 (3),(4) 学部での物理教育の中でも中心的な科目である量子力学を担当した。量子論の基本的な概念と考え方を理解させようと、講義と直接関連した問題演習を行うことにより、実際に問題が解ける応用力を身につけさせるように努めた。具体的には荷電粒子と電磁場の相互作用、演算子の行列表示、スピン、同種粒子系、角運動量の合成、摂動法、変分法、原子分子、ポテンシャル散乱、Dirac 方程式を講じ、例題を豊富に取り扱った。これによって受講生に量子力学への興味を持たせることができたと考える。量子力学 IV では授業振り返りアンケートの総合判断で回答者全員が最上位の評価であった。 (5) 高度教養科目である Introduction to Physics では量子論、物性物理に関する話題を英語で解説した。物理を専門としない他学部生も聴講していることを考慮して基本事項からスタートし、最近の研究成果が物理学の基本法則からどう理解されるかを講じた。 (7) 量子物性 I は超伝導と磁性と言う広い分野について基本事項を解説する講義である。超伝導に関しては実験事実の紹介と、それらを説明する BCS 理論、Ginzburg-Landau 理論の基礎を講じた。磁性に関しては Dirac 方程式から出発したスピン軌道相互作用、Zeeman 効果の解説のあと、磁性体における交換相互作用、量子スピン系の理論的取り扱い（平均場近似、スピン波理論）を講じ、さらに低次元磁性体に関する話題（Mermin-Wagner の定理、Berezinskii-Kosterlitz-Thouless 転移）を紹介した。やや専門性が高い科目であり、したがって受講者も専門の近い大学院生が集まるため、そのような学生の興味を惹きうるような講義を行うように努めたが、結果はおおむね好評だったと考える。 (6),(8),(9) 4 年生のセミナーは 3 名の教員、大学院前期・後期のセミナーは 2 名の教員による分担である。			
その他の特記事項			

担当授業科目等				
(学部)	(1) 物理数学 III	1Q	2 コマ	× 7.5 回
	(2) 物理数学 IV	2Q	2 コマ	× 7.5 回
	(3) 量子力学 I	1Q	3 コマ	× 7.5 回
	(4) 量子力学 II	2Q	3 コマ	× 7.5 回
	(5) 特別研究			
(博士前期)	(6) 論文考究 I, II			
	(7) 特定研究 I, II			
授業内容と自己評価				
(1)(2) フーリエ変換、ラプラス変換、級数などを用いた微分方程式の解法を概説した。原理の理解に重点を置きつつ、球面調和関数の導入にあたっては水素分子の原子（分子）軌道との関わりを、エルミート多項式の導入にあたっては調和振動子の量子力学的な取り扱いとの関わりを紹介し、物理現象の解明に使う数学の道具として数学的な知識を学ぶ意義を語った。また、最近に進展した応用数学の分野からテンソルネットワークに関するものをピックアップして、簡単な導入と直感的な応用例を中心に、応用数理上の長所が理解できるよう概説した。 (3)(4) 量子力学の初頭的な知識がしっかりと身に付くよう、最初からブラケットを用いた表現形式を一貫して用い、まずはヒルベルト空間の扱いに慣れることから始めた。次に、ハミルトニアンによる時間発展方程式を導入し、実空間で表現した場合にシュレディンガー方程式が導かれることを注意深く説明した。定常状態についてエネルギー固有値と固有状態（固有波動関数）の関係を示し、束縛状態が満たす条件などを議論した。井戸型ポテンシャルの下での固有波動関数とそのパリティ、調和振子の生成・消滅演算子を用いた表現形式の説明など、基礎的な応用についても議論に飛びがないよう丁寧に導出を行なった。水素原子については量子数と角運動量の関係などを、球面調和関数を用いた微分方程式の解法より導出し、物性・素粒子のどちらにも重要である原子の世界への橋渡しを行なった。また、スピン角運動量という妙なものが存在し得ることを代数的に導き、角運動量の合成について概説した。 (5)(6)(7) 4年生のセミナーは 3 名の教員、大学院前期・後期のセミナーは 2 名の教員による分担である。私は特に、量子情報と統計力学、そしてデータサイエンスの関係等について、最近の進展を平易解説し、最先端の研究を行う素養を身につけることを目的として集団または個別の指導を行った。特に、情報理論とエントロピー、カオス、画像処理とディープニューラルネットワークによる機械学習等について、指導の時間を割いた。また、必要に応じて数値計算を用い、データ解析を行わせた。卒業研究発表の指導においては、最先端の研究テーマとしてフラクタル形状を持つ格子上的イジングモデルについて、テンソルネットワーク形式を用いた期待値の計算などを進めた。				
その他の特記事項				
対面講義は同時に遠隔配信した				

担当授業科目等				
(全学共通)	(1) 力学基礎 1	1Q	1 コマ	× 7.5 回
	(2) 力学基礎 2	2Q	1 コマ	× 7.5 回
(学部)	(3) 統計物理学 I	1Q	2 コマ	× 7.5 回
	(4) 統計物理学 II	2Q	2 コマ	× 7.5 回
	(5) 統計物理学 III	3Q	2 コマ	× 7.5 回
	(6) 統計物理学 IV	4Q	2 コマ	× 7.5 回
(博士前期)	(7) 量子物性特論 I	前期 (集中)	2 コマ	× 7.5 回 (集中)
	(8) 量子物性 II	後期	1 コマ	× 15 回
	(9) 論文講究 I			
	(10) 特定研究 I			
(博士後期)				
授業内容と自己評価				
(1)(2)工学部 1 年生向けの共通教育の力学の講義である。講義開始日に学生から購入した演習書の使い方について質問があったが、演習書の購入は指示していない。のちに教科書販売の際の手違いだということがわかり、希望する学生は演習書を返却できることとした。成績評価では期末試験問題を例示して、解答について補足の説明などを行った。 (3)(4)(5)(6) 物理学科 3 年生配当で週に 2 コマの講義からなっている。従来の演習付きの科目と単位数は同じであり、1 クォータ (1Q) で 5~6 回、演習問題を出してレポートの提出を求めている。レポートは TA の点検ののち、すべて返却している。通年で担当しており一貫した講義が可能である。1Q は統計力学の基礎、2Q はカノニカル分布の応用、3Q は量子統計力学のフェルミ分布とボース統計、4Q はイジングモデルを中心として相互作用のある系を扱うが、相互に学習する事項を参照しながら授業を進めることが可能になった。学生は常に統計物理学の全体の構成を意識しながら学ぶことが出来たと思う。今年度の 3 回生は感染症拡大後に入学した学年であり、毎日登校する習慣がついていないと思われることもあり、毎回出席を取った。これにより、レポートの提出状況も出席状況も良好であった。授業評価アンケートは、回答者数が少なくあまり参考にならないかもしれないが、概ね良好であった。 (7)例年は外部から講師を招き集中講義を行ってもらっていたが、今年度は自分で「固体の電子状態と群論」に関する講義を行った。学部生を含めて数名が受講した。この題材でまとめた講義をするのは初めてであったので講義の準備に時間を要したが、今後本を執筆する問題点が明らかになるなど、自分自身のためにも有益であった。 (8)量子物性 II は強相関電子系の固体電子論を理解する上での基礎事項の講義を行なっている。実験系の学生が電子構造計算の論文を読んで理解出来るようになることを目標にしている。図面が多いことからスライド主体の講義であるが、スライドのコピーは学生に配布して、それに記入しながら受講をさせている。一般の書籍には書かれていない事項の内容の講義である。実験系の学生が熱心に受講した。最近話題の非共型空間群の特別講義も行った。講義への参加度と課題提出で成績評価を行った。 (9)(10) 博士前期課程 2 名の研究指導を行なった。1 名は三方晶の IrGe₄ 系のフェルミ面を解析するプログラムの開発とその適用で、1 名は LDA+U 法を用いて反強的多極四秩序状態の電子構造とフェルミ面を求めた。前者の研究を行った学生は民間に就職した。後者の研究を行った学生は博士後期課程への進学を希望しており、今後の研究に繋がる研究題目を選んだが、岡山大学の博士課程後期課程に進学した。				
その他の特記事項				

担当授業科目等				
(学部)	(1) 剛体の力学	3Q,4Q	1 コマ	× 15 回
	(2) 物理数学 I、II	3Q,4Q	2 コマ	× 15 回
	(3) 物理学実験 III, IV	1Q,2Q	3 コマ	× 15 回(分担)
	(4) 素粒子物理学	3Q,4Q	1 コマ	× 15 回
	(5) 特別研究			
(博士前期)	(6) 論文講究 I、II			
(博士後期)	(7) 特定研究 I、II			
授業内容と自己評価				
(1) 物理学科 1 年生の対面授業として開講。講義前に、質問受付・レポート問題開設の時間 (30 分) を設けた。 (2) 物理学科 2 年生の対面授業として開講。各週の講義中での演習を行い、質問を受付けた。 (3) 物理学科 3 年生向けの授業で、宇宙線ミュー粒子実験を担当した。講義資料は BEEF で配布した。 (4) 物理学科 3 年生の対面授業として開講。随時、質問を受付けた。 (5)(6)(7) 卒研究生 (13 名)、M1 (8 名)、M2 (6 名) の研究指導・論文講究を、研究室のスタッフ全員と協力して学生の研究指導にあたった。				
その他の特記事項				

担当授業科目等					
(学部)	(1) 現代物理学 I,II	1Q,2Q	1 コマ	×	5 回(分担)
	(2) 物理学実験 V, VI	3Q,4Q	3 コマ	×	15 回(分担)
	(3) 特別研究				
(博士前期)	(4) 高エネルギー物理学 I	前期	2 コマ	×	15 回
	(5) 論文講究 I、II				
	(6) 特定研究 I、II				
授業内容と自己評価					
(1) 学部 1 年生向けに、物理学科で行われている素粒子・宇宙実験分野の研究の概要を概説する授業であった。今年度から対面で授業を行ったが一部オンデマンド型の授業を取り入れた。講義資料を BEEF で配布し、履修者の予習・復習に配慮した。毎回の課題提出の際に学生からのフィードバックを集め、それを授業内容の改善に用いた。課題の提出には BEEF を活用した。 (2) 物理学科 3 年生向けの対面型授業で、宇宙線ミュオン粒子実験を担当した。講義資料は BEEF で配布した。レポートの提出には BEEF を活用した。 (3), (5), (6) 卒研究生、M1、M2 の研究指導・論文講究を行った。研究室のスタッフ全員と協力して学生の教育にあたった。全体での研究打ち合わせや論文講究は ZOOM を用いたリアルタイム型の会議で行い、個別研究打ち合わせや大学の実験室での実験操作が必要な研究に関しては対面式で指導をした。 (4) 物理学専攻の大学院 1 年生向けに、素粒子標準模型に関して、テキストに沿って講義を行った。対面授業を行った。毎回課題を課し、予習・復習時間の実質化に配慮した。課題の提出には BEEF を活用した。講義中に学生に対する質問を行い、また、学生に練習問題の解答例を説明させるなどを行い、双方向性に配慮した。					
その他の特記事項					

担当授業科目等				
(学部)	(1) 物理学情報処理	1Q, 2Q	各 2 コマ×7.5 回	
	(2) 初年次セミナー	1Q	7.5 コマ (主担当)	
	(3) 物理学実験Ⅲ・Ⅳ	3Q, 4Q	各 3 コマ×7.5 回 (分担)	
	(4) 物理学実験Ⅰ・Ⅱ	3Q, 4Q	各 3 コマ×7.5 回 (分担)	
	(5) 特別研究			
(博士前期)	(7) 論文講究Ⅰ、Ⅱ			
	(8) 特定研究Ⅰ、Ⅱ			
(博士後期)	(9) 高エネルギー物理学Ⅱa,Ⅱb	前期	15 コマ	
授業内容と自己評価				
(1) 物理学情報処理演習から情報処理となり、単位数が倍増するに伴い、2021 年度に授業内容を増やした。従来の Excel による物理および事務計算 (計 3 回) は残しつつ、プログラミング言語は Python とし、言語仕様 (制御構造、関数、クラス) をきちんと学ぶ内容としている。数値計算の部分も残した。BEEF 小テストで理解も深めるべく試みた。データサイエンス関連の講義 Python を学んでいる人との内容は重複が少ないつもりであったが、何とかないと考える学生が多いのか出席率が悪く、かつ課題の提出がおそろそかで単位を取れない学生も多かった。大きな単位 (2) 初年次セミナー1 コマを担当した。 (3) 担当の実験科目は計算機実験であった。高エネルギーの粒子を物質中に入射するシミュレーションを行って、粒子と物質との反応を体感する課題であった。対面で演習を行うことができ、学修効果が従来通りあったと思われる。 (4) 担当の実験科目はロボティクスであった。課題解決型の実験で、受動的でない学修の機会を提供している。実地の実験を行えた。TA と協力して指導を行った。レポート指導にも注力した。 (5) 4 年生の論文紹介の発表では、積極的に質疑応答が起こるようにした。また、実験研究では宇宙線からのミューオンと原子核との反応 (非弾性散乱の効果) をとらえる試みを、前田講師主導で行った。KEK ビームラインでの実験で、教育効果は高かったと考える。 (6) 粒子物理学講座の教員の一人として大学院生の論文講究を担当・指導した。 (7) M1 学生 1 名の研究指導、及び後期から 10 月入学の 1 名の指導を行った。1 名はアトラス実験の新ミューオン検出器 NSW を用いたミューオントリガー動作検証、前年度に続き 2 ミューオントリガーの動作検証を行った。また 10 月入学の 1 名はアップグレード後のレベル0ミューオントリガーのファームウェアのシミュレーション開発に向けて、シミュレーションソフトウェアの現状理解を行った。この指導は前田講師と共同で行った。 (8) 高エネルギー物理学における統計解析手法について、今年度は内山特命助教と協力して、荷電レプトン数非保存探索実験 MEG でのデータ解析手法を題材に講義を行った。				
その他の特記事項				

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 現代物理学の描く世界	3Q,4Q	各 1 コマ×7.5 回
(学部)	(2) 物理学実験 III・IV	1Q,2Q	各 3 コマ×7.5 回
	(3) 物理学実験 V・VI	3Q,4Q	各 3 コマ×7.5 回
	(4) 電磁気学 III・IV	3Q,4Q	各 2 コマ×7.5 回
	(5) 特別研究 A (実験系)		
(博士前期)	(6) 論文講究 I、II		
(博士後期)	(7) 特定研究 I、II		
授業内容と自己評価			
(1) 現代物理学の描く世界では、他学部の学生を対象とした教養原論の講義を行った。現代物理の中心である相対論と量子論について、その成立の歴史的背景を皮切りに、可能な限り数式を使わない形で文系学生にも理解できるように説明し、ほんの百数十年の間に確立されてきた現代物理学が、現在の我々の生活でどのように使われているか、さらに最先端の素粒子実験や宇宙論に関して講義内容を展開した。内容を深く考察させるために、各回の講義で小レポートと期末レポートで課題を与え提出させる指導を行った。 (2) 物理学実験 III・IV では、「計算機実験」を担当した。Python を用いて、MLS 系列と呼ばれる乱数生成のアルゴリズムを実装し、モンテカルロシミュレーションを行った。このテーマは他のテーマより学生数が多いことから、TA を効率的に活用してプログラミング指導など、きめ細かに指導を行った。 (3) 物理学実験 V・VI では、「パルス技術」を担当した。このテーマは測定項目が多いことから、TA を効率的に活用して装置の扱い方や正確なデータの取り方など、きめ細かに指導を行った。 (4) 物理学科 2 年を対象に、波動物理とマクスウェル方程式を出発点とした準定常電流や電磁波を扱い、物質との相互作用、及び反射や屈折など光学の基礎までを講義内容とした。本講義は従来からのカリキュラムを変更し、ここ数年物理学科での教育の中で手薄だった波動物理を入れ、電磁力学分野を吸収する形で電磁気学にまとめた形で行っている。 (5) 卒研究生 (13 名) の研究指導・論文講究を、研究室のスタッフ全員と協力して行った。特に後期の実験では、三次元ガス飛跡検出器を用いた KK アクシオン探索の研究を指導した。測定装置の組み上げ、データ収集系の構築など、実験を 1 から立ち上げる楽しさ、さらには、問題への対処法などを自ら考える姿勢を直接伝えた。 (6) 粒子物理学大講座の教員の一人として大学院生の論文講究を担当・指導した。 (7) 博士課程前期課程の大学院生 3 名の指導を行い、うち 1 名の修士論文の指導・主査を行った。			
その他の特記事項			

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 物理学実験基礎／物理学実験	1Q,2Q	各 2 コマ×7.5 回
(学部)	(2) 解析力学／解析力学Ⅱ	前期 Q	1 コマ×15 回
	(3) 特別研究 A(実験系)		
(博士前期)	(4) 素粒子実験学Ⅰ		1 コマ×7.5 回
	(5) 論文講究Ⅰ・Ⅱ		
	(6) 特定研究Ⅰ・Ⅱ		
(博士後期)	(7) 特定研究		
授業内容と自己評価			
(1) 全学 1～2 年生対象の基礎的な物理学実験。実験に入る前の初回の基礎的な測定技術の講義および演習、1 テーマの本実験を担当した。基礎的な測定技術の講義および演習では、ノギスの使用方法など、実践的な講義を行った。テーマ実験では、物理実験で記録を取るものの大切さや、実験の手際よい進め方など、物理実験以外の科学分野に普遍的な知識、技術を直接伝えた。 (2) 1Q では一般座標と一般速度で記述するラグランジェ形式、2Q では一般座標と一般運動量で記述するハミルトン形式の解析力学について授業を行った。 (3) 卒研究生 (11 名) の研究指導・論文講究を、粒子物理学研究室のスタッフ全員と協力して行った。特に後期の実験では、4 名の 4 回生に対して、ラザフォード散乱の実験を通して卒業研究の指導を行った。このテーマでは外部の加速器施設を用いて、実験の理論的計算、装置や試料の準備、測定、データ解析などを一通り経験させられたことで、教育的効果は大きいものと考えている。最終的には、役割を分担する形で卒業論文をまとめさせた。 (4) 大学院博士前期課程学生の中で、主に素粒子実験を行う学生を対象として、必要な実験技術についての講義を行った。 (5)(6) 博士課程前期課程の大学院生 1 名の指導を行い、修士論文の指導・主査を行った。論文講究については粒子物理学研究室の教員と共同で行った。 (7) 博士後期課程の大学院生 1 名の指導を行った。			
その他の特記事項			
上記担当授業とは別に、M1 向けに検出器に関するゼミを前期に開催し、指導を行った。			

担当授業科目等				
(全学共通)	(1) 物理学実験	後期	2 コマ	×15 回
	(2) データサイエンス入門	2Q	1 コマ	(分担)
(学部)	(3) 古典電磁気学 I、II	3Q, 4Q	各 1 コマ	×7.5 回
	(4) 物理学実験 I、II	3Q, 4Q	各 3 コマ	×7.5 回
	(5) 特別研究			
(博士前期)	(6) 論文講究 I、II			
	(7) 特定研究 I、II			
授業内容と自己評価				
(1) 主に工学部 1 年生が受講対象の基礎的な物理学実験である。実験に入る前の初回の基礎的な測定技術の講義および演習、その後 5 テーマの本実験を行う。「電気抵抗の温度変化」を担当した。講義中ではどのような分野で使われているかなども概説し、興味を持ってもらうことに努めた。 (2) 数理・データサイエンスセンターが開講している全学部学部生対象の講義「データサイエンス入門」の 1 コマを担当した。「素粒子物理学とデータサイエンス」という題目で、LHC 実験を具体例として、素粒子実験でデータの取得方法、分散コンピューティングによるビッグデータの取り扱い方、また統計処理や機械学習の応用などに対して概説した。 (3) 物理学科・惑星学科の 1 年生向けに電磁気学の講義を行った。電場・磁場の導入から Maxwell 方程式の解釈までを概観する内容である。時間の都合上、演習問題は講義終盤に出し、その日中に提出を求める形とした。講義終了後も学生同士での議論も含めてフォローアップする時間を取るようにした。毎年、積分やベクトル演算等の数学の基本知識に乏しい学生が散見されるため、数学的なフォローアップができる教科書を今年度から採用した。また学部 2 年時以降の物理学科の講義にどうつながっていくかの解説も講義中に適宜行うよう意識した。 (4) 物理学科 2 年対象の実験であり、宇宙線を担当した。今年度は全てを説明するわけではなく、実際の手順自体は教科書を読み込ませて各々でやらせるように工夫した。今年度は得られた実験結果に対して考察のレベルが高い読み応えのあるレポートがあった。 (5) 卒研究生 (11 名) の研究指導・論文講究を粒子物理研究室のスタッフ全員と協力して行った。主に前期は基本的な実験技術を指導し、後期は論文講究に加え、山崎教授と協力して KEK に整備したテストビームの環境を用いた電子散乱事象の観測実験を 4 名の卒業研究として指導した。実験を 1 から整備し、限られた期間で必要な作業を行う方法など、様々な経験を積ませることが出来たと思われる。 (6) 粒子物理学大講座の教員の一人として大学院生の論文講究を担当・指導した。 (7) ATLAS 実験を研究テーマとする博士課程前期課程の大学院生 7 名の指導を藏重教授、山崎教授と共に行い、うち 1 名の修士論文の指導・主査を担当した。				
その他の特記事項				
指導学生の 1 名が国際会議と神戸大学サイエンスフロンティア研究科で優秀発表賞を受賞した。また素粒子実験を研究対象とする他大学の大学院生や研究者向けに、コンピューティングや機械学習の講義を行った。				

担当授業科目等				
(全学共通)	(1) 物理学実験 基礎実験	後期	2 コマ	× 15 回
(学部)	(2) 物理学実験 III, IV	1Q, 2Q	各 3 コマ	× 8 回
	(3) 物理学実験 V, VI	3Q, 4Q	各 3 コマ	× 8 回
	(4) 物理実験学	前期	1 コマ	× 8 回
	(5) 初年次セミナー	1Q	0.5 コマ	× 1 回
(博士前期)	(6) 特別研究			
	(7) 論文講究 I、II			
	(8) 特定研究 I、II			
	(9) 素粒子物理学 II		1 コマ	× 7.5
授業内容と自己評価				
(1) 誤差論、ローレンツ力と金属線の共鳴振動、電気抵抗の温度変化、水素原子のスペクトル、X 線、基礎電気測定といったテーマについて、2022 年度からは全面対面に戻して授業を行った。これにより、オンライン、ハイブリッド方式時に比べて教育効果は上がったと思う。 (2) 実験テーマが 8 つあるうちの γ 線源を用いた実験を担当している。2020 年度にオンライン授業用に用意した教材を有効利用することができた。 (3) 授業内容は(2)と同じである。 (4) 前期に開講される週 1 コマの授業のうちの前半 8 回を担当した。素粒子の実験的研究において必要な確率・統計、電気回路、粒子検出などの基本的知識について毎週課題を与えながら授業を行った。日常における具体例をあげるたり、物理学実験の授業で実際に行われている実験を紹介するなどして理解を深めてもらえたと思う。 (5) ニュートリノの実験的研究について対面授業で行った。あらかじめ質問を用意することで、どこに注目して授業を聞いてもらえば良いかをわかってもらえたと思う。 (6) Introduction to Elementary Particle Physics(A. Bettini 著)を教材とした 4 年生対象のゼミで、複数教員で担当した。英語の教科書を用いることで科学英語に慣れるとともに、素粒子物理についての基本知識を身につけてもらえたと思う。 (7) 研究室のスタッフ全員と協力して M1、M2 の論文講究を行った。 (8) ニュートリノ実験に関連した研究をテーマとする博士課程前期課程の大学院生 1 名の指導を行った。				
その他の特記事項				

担当授業科目等			
(博士前期)	(1) 論文講究 I、II (2) 特定研究 I、II		
(博士後期)	(3) 高エネルギー物理学 IIa, IIb	前期	15 コマ
授業内容と自己評価			
(1) 論文講究については粒子物理学研究室の教員と共同で行った。 (2) 博士課程前期課程の大学院生 1 名の越智准教授による指導の補佐を行った。 (3) 高エネルギー物理学における統計解析手法について、山崎教授の表記の授業について、荷電レプトン数非保存探索実験 MEG でのデータ解析手法についての補佐を行った。			
その他の特記事項			

担当授業科目等				
(全学共通)	(1) 身近な物理法則 1,2	1Q,2Q	1 コマ	× 15 回
(学部)	(2) 熱統計物理学	3Q,4Q	1 コマ	× 15 回
	(3) 特別研究			
(博士前期)	(4) 物性論 I	1Q,2Q	2 コマ	× 4 回 (分担)
	(5) 論文講究 I、II			
	(6) 特定研究 I、II			
(博士前・後期)				
授業内容と自己評価				
(1) 2020 年度から再度担当の全学の教養原論で、2023 年度履修者は 1Q で 79 名、2Q で 24 名。原則対面授業となり、毎週課した小レポートなどと、対面定期試験の採点で成績評価した。1Q 抽選で希望授業でなかった履修者 20 名ほどが、最初から出席しないといった課題が残った。 (2) 物理学科 2 年生を対象とするこの授業を 3 年前から担当している。コロナ対応ながら、原則対面授業で行い、レポートプラス 2 回の対面試験で成績評価した。先行する木曜日 3 限物理学科授業とのからみからか、引き続き出席が芳しくなく、依然として課題が残っていると考えている。 (3)(5)(6) 定年の年なので、卒研究生 (2 名)、M2 (1 名) の研究指導を指導教員として行った。結果的に、M2 は就職のため中退した。さらに、研究室の大道准教授、大久保助教、櫻井助教 (研究基盤センター) と協力して、研究室全学生の研究指導にあたった。特に、研究は 2 年前より学生が研究室で研究するようになり、おおむね目標とする成果は達成されつつある。論文講究は大道准教授、大久保助教、櫻井助教 (研究基盤センター) と協力して実施し、昨年度より原則対面参加に移行し、学生が多角的な考え方や知識を得る上でそれなりに効果があったと考える。卒研究生の輪講は、原則対面とし、毎週英語の教科書の 3 ページずつの課題問題を準備して学生に課し、それを提出させ、コメントをつけ返送するという、2 年前からのきめの細かい対応を太田が行なった結果、卒研究生の輪講により得た知識のレベルはコロナ前より、高くなったと自己評価している。 (4) 物性物理学講座学生のミニマムコース授業で、3 名の教員で分担している。学部の物性論の復習から少しアドバンスな内容まで、バンド理論の入門や格子比熱等について対面授業で行なった。成績は、レポートと、今年度は対面定期試験で評価した。その結果、物性の基礎を知るといふ成果はあがったと自己評価している。				
その他の特記事項 該当なし				

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 力学基礎 I	第 1Q	1 コマ×7.5 回
	(2) 力学基礎 II	第 2Q	1 コマ×7.5 回
(学部)	(3) 実験物理学	第 2Q	1 コマ×7.5 回
	(4) 物理学実験 III	第 1Q	3 コマ×7.5 回
	(5) 物理学実験 IV	第 2Q	3 コマ×7.5 回
	(6) 物理学実験 V	第 3Q	3 コマ×7.5 回
	(7) 物理学実験 VI	第 4Q	3 コマ×7.5 回
(博士前期)	(8) 極限物性学	後期	1 コマ×7 回 (分担)
	(9) 論文講究 I、II		
	(10) 特定研究 I、II		
(博士後期)	(11) 物性論 IIa		
	(12) 物性論 IIb		
授業内容と自己評価			
(1, 2)力学の初歩について指定教科書をもとに対面で講義を行った。試験の結果も良好であり、また、授業評価はおおむね好評であったことから、内容、進度については適当だったと考えている。 (3)物理学実験に必要となる実験基礎知識の習得を目的として、独自の資料をもとに講義を行った。専門の授業についても対面での授業形式に戻った。授業毎に課題を出し、レポート点の合計で評価を行った。授業の出席率があまり高くないせいか、受講者の約 1/3 が不合格となった。授業出席率を上げるための工夫を検討する必要がある。 (4, 5, 6, 7)高温超伝導の実験を試料作製から測定まで全て学生自身が行う形式で進めた。少人数の学生実験であるため、単なる実験技術のみならず研究、実験に対する考え方、進め方などについてもエピソードを交えながら解説した。学生自身に工夫させる余地を残し、単なるルーチンワークにならないような工夫を行っている。 (8)MEMS を用いた最新の物理計測について、既知の実験結果と絡めながら解説を行った。講義はパワーポイントで行い、写真、図面による視覚的な理解が得られるように努めた。 (9, 10)修士学生 (M2: 3 名、M1: 2 名)、学部学生 (2 名) の研究指導を行った。最初に研究の目標を決め、実際の実施方法についてはできるだけ自分で考えながら進めるように指導した。 (11,12)博士学生 (他教育研究分野) 2 名に対し、MEMS を用いた最新の計測技術についてパワーポイント形式で講義を行った。毎回の講義ではレポート課題を課し、自身の研究課題との関連性に留意できるよう努めた。			
その他の特記事項			
特になし			

担当授業科目等				
(学部)	(1) 物理学実験 III	1Q	3 コマ x	7.5 回
	(2) 物理学実験 IV	2Q	3 コマ x	7.5 回
	(3) 物理学実験 V	3Q	3 コマ x	7.5 回
	(4) 物理学実験 VI	4Q	3 コマ x	7.5 回
	(5) 物理学実験 I	3Q	3 コマ x	7.5 回
	(6) 物理学実験 II	4Q	3 コマ x	7.5 回
(博士前期)	(7) 極限物性学	後期	1 コマ x	8 回 (分担)
	(8) 論文講究 I、II			
	(9) 特定研究 I、II			
授業内容と自己評価				
(1)(2)(3)(4)の物理学実験は、学科 3 年生を対象として専門性の高い実験の実習を行なっている。回折現象の実験を担当して、独自のテキストを用意し、説明と実験を行っている。学生実験として、結果が明瞭なものと、現実の実験の様に結論するには議論が必要な部分を持つ課題を課し、現実問題適応力を養った。2023 年度は新型コロナウィルスも第 5 類感染症扱いになったので完全対面形式で実験の実習を行なった。実験装置の基本的な操作のみならず、精度良く計測するための細かな配慮なども指導できた。 (5)(6)の物理学実験は、学科 2 年生を対象とした基礎的な実験の実習を行なっている。真空実験を担当し、独自のテキストとビジュアル的な理解を助けるスライドによる説明を行なっている。目で見ることができないミクロな分子運動と目の前の装置で起る現象を繋げられるよう努力している。また、初学者である学生のためできるだけ実際に手を動かし身に付けてもらうため、ボルト、ナットやスパナの使い方等に至るまで TA とともに細かな指導を行なった。適切なトルクで締め付けができない生徒が多いので、今年度からはトルクレンチを導入し、締め付けに必要な十分なトルクを感じ取れるように工夫した。これらの学生からのフィードバックが良好なことから、この些細と思える部分の指導が重要であることがわかった。 (7)大学院 1 年生の授業として太田、大道と分担している専門性の極めて高い内容の講義である。複数の教員による授業のため先端研究まで講義をするのは時間的にかなり厳しく、今後内容を絞ることや宿題を課すなどして受講学生の学力レベルに合わせて学習効果の高い内容にしている。 (8)(9)卒研 (2 名)、M1 (2 名)、M2(1 名)の研究指導を行った。各学生の特質の差に応じた個別指導を進めている。特に、M1 は学会等で発表する機会を持てるよう時間をかけて準備した。そのおかげか、1 名は複数の学会で発表することができた。しかし、もう一方の 1 名は十分な意欲を引出せず十分に研究を進めることができなかった。M2 に関しては、意欲的に取り組めるようコミュニケーションを増やして対応した結果、学会、研究会等で 5 回の発表の機会を持つことができ、最終的に優れた修士論文に仕上がったと考えている。このように概ね目標を達成したが、年々自学の習慣が失われており、個別指導の比率をあげることが必要となっている。しかし行き過ぎた個別指導は独立した学習の妨げになりやすく、その方法論をよく検討する必要がある。論文講究は太田教授と協力し実施し、英文による専門書を読む力を養えた。				
その他の特記事項				
卒研、修士の研究で必要な、寒剤利用、機械工作のための安全教育や研究リテラシー教育を実施するとともに、寒剤、機械、電子工作への習熟度を高めるよう努力した。これまでの生活で工具に触れることがないことや工作を体験したことがない学生が増えているので、このような地道な活動が学生の経験となると確信している				

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 連続体力学基礎	3Q	1 コマ×7.5 回
(学部)	(2) 電磁気学 I(旧 電磁気学 I)	1Q	1 コマ×15 回
	(3) 電磁気学 II(旧 電磁気学 I)	2Q	1 コマ×15 回
	(4) 特別研究		
(博士前期)	(5) 物性論 I	前期	1 コマ×7 回 (分担)
	(6) 低温物性学 I	前期	1 コマ × 7.5 回 (分担)
	(7) 論文講究 I、II、		
	(8) 特定研究 I、II		
(博士後期)	なし		
授業内容と自己評価			
(1) 連続体力学基礎は海洋政策学部の学生約 50 名程度が受講している。講義資料は BEEF にて配付し、また、BEEF 小テストを行うなどして、学生の理解を助けるように心がけた。授業の理解度に関する評価は良好であった。 (2) (3) 電磁気学 I・電磁気学 II は 2 年生担当の科目である。講義中に例題問題を数多く取り入れ、一部手を動かして解いてもらうことで理解が深まるようにした。また、授業中に問題を解いてもらう時間を設け、学生に解答例を発表してもらうように心がけ、毎回 3 名程度の解説希望者がでた。学生に解答の解説をしてもらうことで、本人および受講者の理解も深まったと考えられる。 (5) 物性論 I は、太田教授・菅原教授・藤が分担する大学院生 1 年次生のコア科目である。藤は磁性の基礎について講義をするとともに、学会でも使える最低限の知識を修得できるように配慮した講義を行った。また、理解を深めるために学生に BEEF を通して講義資料を配付した。 (6) 低温物性学は、小手川准教授と分担担当した。後半を担当し、核磁気共鳴から見た低温物性について講義した。複数回レポートを課すことで理解を促した。講義内容は基本的に物理学会などで取り扱う先端的な内容も含めるようにして、基礎から先端までの接続を意識した講義を行った。 (4), (7), (8) 研究室学生の教育については、小手川准教授と協力して、卒研生(2 名), M1(1 名), M2(3 名) の 6 名の研究指導を行い、修士以上の学生は全員物理学会で口頭もしくはポスター講演を行った。論文講究は小手川准教授と協力して実施しており、学生にとっては多角的な知識が得られる等の教育効果が上がっている。			
その他の特記事項			

担当授業科目等			
(全学共通)	(1) 物理学実験基礎	1Q	2 コマ×7.5 回
	(2) 物理学実験	1Q,2Q	2 コマ×15 回
	(3) 身近な物理法則	3Q	1 コマ×7.5 回
	(4) 身近な物理法則	4Q	1 コマ×7.5 回
(学部)	(5) 物理学実験 I	3Q	3 コマ×7.5 回
	(6) 物理学実験 II	4Q	3 コマ×7.5 回
	(7) 特別研究 A		
(博士前期)	(8) 低温物性学	前期	1 コマ×7.5 回 (分担)
	(9) 論文講究 I、II		
	(10) 特定研究 I、II		
授業内容と自己評価			
(1,2) 全学共通の物理学実験基礎・物理学実験を行った。本年度より感染症対策を大幅に取り除いた。テーマ実験では X 線・低温の電気抵抗測定を担当し、X 線の透過についての実験、また金属・半導体・超伝導体の電気抵抗測定を指導した。感染症対策が取り除かれ、学習効果は高かったと思われる。 (3,4) 工学部、及び海事科学部の学生に対して、高校の物理の発展から数式を用いて理解が可能となる身近な現象について解説した。例えば、コマの歳差運動、強制振動とエネルギー吸収の関係、電子レンジの発熱の原理、コマと磁場中のスピンの関連、核磁気共鳴への応用などを扱った。授業に対する評価はおおむね良好であった。 (5,6) 物理学実験では増幅回路の実験を担当した。実験を通してオペアンプを用いた基礎的な増幅回路の仕組みと動作原理を解説した。対数グラフを手書きで書くことにより理解度の確認を行った。実験終了後に結果についての簡単な考察や議論を行い、学生の理解の向上に努めた。 (8) 低温物性学では超伝導の基礎理論であるギンツブルグ・ランダウ理論を解説し、またこの数年の重要な進展や最近の実験結果についても解説した。また、結晶点群により超伝導対称性が制限されることなどを扱った。 (7,9,10) M2 (2 名)、卒研生 (3 名) の研究指導を藤秀樹教授と協力して行った。卒研生に対しては洋書の輪講を週一度行うなどして研究の理解度の向上に努めた。また、修士の学生には論文考究で最先端の論文を紹介させたり、研究成果を物理学会等で発表する機会を与えることによって知識の向上に効果があったと思われる。			
その他の特記事項			

担当授業科目等				
(学部)	(1) 初年次セミナー	1Q	1 コマ	× 0.5 回 (分担)
	(2) 現代物理学 I	1Q	1 コマ	× 3 回 (分担)
	(3) 現代物理学 II	2Q	1 コマ	× 2 回 (分担)
	(4) 現代物理学	前期	1 コマ	× 5 回 (分担)
	(5) 化学科物理学概論	前期	1 コマ	× 5 回 (分担)
	(6) 生物学科物理学概論	前期	1 コマ	× 5 回 (分担)
	(7) 惑星学科物理学概論	前期	1 コマ	× 5 回 (分担)
	※(4)～(7)は(2), (3)と同時開講			
	(8) 物理学実験 III	1Q	2 コマ	× 7.5 回
	(9) 物理学実験 IV	2Q	2 コマ	× 7.5 回
	(10) 物性物理学 I	3Q	2 コマ	× 7.5 回
(博士前期)	(11) 特別研究 A			
	(12) 物性論 I	前期	2 コマ	× 4 回 (分担)
	(13) 電子物性学	後期	1 コマ	× 8 回 (分担)
	(14) 論文講究 I、II			
	(15) 特定研究 I、II			
授業内容と自己評価				
(1)は新入生向けの導入授業で、研究室で行っている研究内容について講義した。講義中の質疑応答や、講義後に提出された小レポートの質問に対して回答した。 (2)～(7)も新入生向けの導入授業で、物理学科で行われている最先端の研究について講義した。成績は毎回課す小レポートで評価した。 (8)(9)に関しては、パルス技術をテーマとした物理学実験であるが、成績はレポートで評価した。 (10)は物性物理学の基礎的な講義であるが、初学者にもわかりやすいように、できるだけ丁寧に講義資料を準備した。成績は講義後に課す小レポートで評価した。 (12)は物性実験系の大学院生向けの授業であるが、実際の研究で必要となる実用的な内容を中心に講義した。成績は講義後に課す小レポートと期末試験で評価した。 (13)はより専門的な物性実験系の大学院生向け授業であるが、受講生の中には分野外の学生も含まれていたため、実験的なテクニックに関することよりも、研究分野でのトピックスやその理論的な背景について詳しく講義した。成績は授業への取り組み状況や課題及びレポートを総合して評価した。 (11)(14)(15)に関しては D1(2 名)、M2(1 名)、M1(2 名)、卒研生(5 名)の研究指導を松岡英一准教授と協力して行った。論文講究も松岡英一准教授と協力して実施し、学生が多角的な考え方や知識を得る上で効果があった。				
その他の特記事項				

担当授業科目等					
(学部)	(1) 古典力学	前期	1 コマ	×	16 回 (ハイブリッド授業)
	(2) 物理学実験 III	1Q	2 コマ	×	7.5 回 (対面授業)
	(3) 物理学実験 IV	2Q	2 コマ	×	7.5 回 (対面授業)
	(4) 物理学実験 IV	3Q	2 コマ	×	7.5 回 (対面授業)
	(5) 物理学実験 VI	4Q	2 コマ	×	7.5 回 (対面授業)
	(6) 物性物理学 II	4Q	2 コマ	×	7.5 回 (対面授業)
	(7) 特別研究 A				
(博士前期)	(8) 電子物性学	後期	1 コマ	×	7 回 (分担) (対面授業)
	(9) 論文講究 I、II				
	(10) 特定研究 I、II				
授業内容と自己評価					
(1) 理学部物理学科と理学部惑星学科の一年生を対象とした科目である。昨年度に引き続き、ハイブリッド授業（対面授業の様子を Zoom で同時配信）を行った。大学に入学して初めての専門科目であることを考慮し、公式を覚えて問題を解くという受験を想定した「物理」の学習から脱却し、基本法則と微分積分を用いて自然現象を説明するという「物理学」の学習へと思考に切り替えることを学生に意識させるように講義を行った。授業アンケートでは、回答した全員が「有益であった」または「どちらかと言えば有益であった」を選択しており、意図した教育効果が得られたと考えている。 (2)～(5) 理学部物理学科の三年生を対象とした科目である。水銀ランプ、水素ランプ、タングステンランプの光スペクトルを分光器を用いて測定し、光の波長と色の関係の考察、リュードベリ定数の導出、光の吸収と反射、吸収係数の導出などを行った。実験を行う際の一般的な注意点に加えて、レポートの書き方についても指導を行い、卒業研究や大学院での研究を行う際に、適切に実験結果を第三者に伝える術を身に付けさせることを心掛けた。 (6) 理学部物理学科の三、四年生を対象とした科目である。菅原教授担当の物性物理学 I に引き続いて、固体物性論の基礎を講義する科目であり、バンド理論、磁性、光物性、超伝導の基礎的な内容について講義した。小項目ごとにレポートを提出させて、受講生の理解の向上に努めた。 (8) 物性実験系の大学院生向けの講義である。菅原仁教授と分担で、強相関電子系で見られる磁性の基本概念と、それらを実験的に研究するための手法について講義した。 (7)(9)(10) D1 (2 名)、M2 (1 名)、M1 (2 名)、卒研生 (5 名) の研究指導を菅原教授と協力して行った。論文講究も菅原教授と協力して実施し、研究を行う上での基礎知識や、周辺分野の知識を修得させた。(7)の一環である英語文献の輪講と、(7)と(10)の一環である研究室の報告会は、Zoom を用いたオンライン形式で行われた。					
その他の特記事項					

3. 研究活動

3.1. 素粒子理論

3.1.1 グラディエントフロー厳密くりこみ群を使ったカイラルアノマリーの研究

メンバー：園田英徳

参考文献: [1], 講演: なし

グラディエントフロー厳密くりこみ群をつかって、ベクトル型ゲージ不変性を保つカットオフをフェルミオンの理論に導入し、カイラルアノマリーを複合オペレーターとして定式化した。量子化したのはフェルミ場のみで、ゲージ場は外場として扱った。

3.1.2 超対称格子理論の研究

メンバー：坂本真人、宗博人（愛媛大学）、加藤光裕（東京大学）、加堂大輔（同志社大学）

参考文献：なし 講演：なし

超対称性理論の非摂動論的效果を調べるために、超対称性を格子上に乗せることが試みられた。ところが、格子超対称性理論は 25 年以上にわたって多くの研究者らによって研究されてきたにもかかわらず、未だに満足な形で定式化には誰も成功していない。我々はライブニッツ則に代わる格子上の巡回ライブニッツ則を提唱し、新しい超対称構造をもつ超対称量子力学格子模型を構築することに成功した。この巡回ライブニッツ則を Parisi-Sourlas 模型に適用し、格子上の段階で、この模型が場の量子論の結果と一致することを示すことに成功した。続いて、Parisi-Wu 確率過程量子化法を超対称性をもつ形式に書き換え、この理論に対する格子化を行っているところである。

3.1.3 磁束をもつオービフォールド模型の研究

メンバー：坂本真人、竹内万記、今井広紀(大阪公立大)、小林達夫(北大)、大塚啓(北大)、内田光(北大)、龍田佳幸 (Ruder Boskovic Institute)

参考文献：[2,3] 講演：[A,B,C,D,E,F,G,H,I,J]

一様磁場をもつ T^2/Z_N オービフォールドを余剰次元として考察した。この余剰次元模型には物質場にゼロモードが現れ、それがフェルミオンの世代数を与えることがわかった。ゼロモードの数はクォーク・レプトンの世代数と直接関係する重要な量である。我々は、これまで得られてきた演算子形式と波動関数の知識を用いてゼロモードの数を指数定理として導くことに成功した。オービフォールドは特異点をもつため、Atiyah-Singer の指数定理が適用できない。しかし、我々は、渦度を用いることで、オービフォールドのように特異点をもつ場合に指数定理を拡張することができた。また、特異点を除去してなめらかな多様体に置きかえる手法(blowup)を用いて、Atiyah-Singer 指数定理を適用することにも成功し、渦度を用いた結果と一致することを見出した。

3.1.4 有限温度の場の理論における非解析項の研究

メンバー：坂本真人、竹永和典（熊本保健科学大学）、

参考文献：[4] 講演：なし

宇宙論的観測で物質に比べて反物質がほとんどないことが知られている。なぜ、物質と反物質の量に大きな非対称があるのかは、宇宙論の謎の 1 つである。これを解決する機構として、1 次相転移が宇宙の発展において重要な役割をもつことが提唱されている。スカラー場の理論において、有限温度効果によって 1 次相転移が起こりうるということが知られている。このとき、1 次相転移起こるためには、非解析項が重要となる。そこで我々は、1 ループの範囲内で、有限温度効果を厳密に調べ、非解析項は質量の 3 次の項のみであることを明らかにした。

<参考文献>(査読あり：)

[1] Yuki Miyakawa(Kyushu U.), Hidenori Sonoda (Kobe U.), Hiroshi Suzuki (Kyushu U.),
“Chiral anomaly as a composite operator in the gradient flow exact renormalization group formalism”
PTEP 2023(2023)6, 063B03, PTEP2024(2024)3,039201(erratum)
e-Print: 2304.14753 [hep-th]

[2] Tatsuo Kobayashi(Hokkaido U.), Hajime Otsuka(Hokkaido U.), Makoto Sakamoto(Kobe U.), Maki Takeuchi(Kobe U.), Yoshiyuki Tatsuta(Pisa, Scuola Normale Superiore) et al.,
“Index theorem on magnetized blow-up manifold of $T^2/\mathbb{Z}N$ ”,
Published in: Phys.Rev.D 107 (2023) 7, 075032,
e-Print: 2211.04595 [hep-th]

[3] Hiroki Imai(Kobe U.), Makoto Sakamoto(Kobe U.), Maki Takeuchi(Kobe U.), Yoshiyuki Tatsuta(Pisa, Scuola Normale Superiore),
“Index and winding numbers on $T^2/\mathbb{Z}N$ orbifolds with magnetic flux”,
Published in: Nucl.Phys.B 990 (2023) 116189,
e-Print: 2211.15541 [hep-th]

[4] Makoto Sakamoto, Kazunori Takenaga,
“Mode Recombination Formula and Nonanalytic Term in Effective Potential at Finite Temperature on Compactified Space”,
Physical Review D に掲載決定
e-Print: 2403.10775 [hep-th]

<講演>

[A] 発表者：竹内万記
発表タイトル：Blow-up of magnetized and index theorem
学会/研究会/セミナー名：String phenomenology 2023
発表場所：Daejeon, Korea
発表年月日：Jul, 2023
招待講演の有無：無
国際講演の有無：有

[B] 発表者：竹内万記
発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型
学会/研究会/セミナー名：山口大学 セミナー
発表場所：山口
発表年月日：2023 年 10 月
招待講演の有無：有
国際講演の有無：無

[C] 発表者：竹内万記
発表タイトル：The mystery of the Standard Model and the Extra-Dimensional Model
学会/研究会/セミナー名：Leuven 大学 Theoretical Physics group セミナー
発表場所：Leuven, Belgium
発表年月日：2023 年 9 月
招待講演の有無：有
国際講演の有無：有

[D] 発表者：竹内万記
発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型
学会/研究会/セミナー名：名古屋大学素粒子論セミナー
発表場所：愛知
発表年月日：2023 年 6 月
招待講演の有無：有

国際講演の有無：無

[E] 発表者：竹内万記

発表タイトル：The mystery of the Standard Model and the Extra-Dimensional Model

学会/研究会/セミナー名：KEK 理論物理セミナー

発表場所：茨城

発表年月日：2023 年 6 月

招待講演の有無：有

国際講演の有無：有

[F] 発表者：竹内万記

発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型

学会/研究会/セミナー名：信州大学素粒子論セミナー

発表場所：長野

発表年月日：2023 年 6 月

招待講演の有無：有

国際講演の有無：無

[G] 発表者：竹内万記

発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型

学会/研究会/セミナー名：奈良女子大学素粒子論セミナー

発表場所：奈良

発表年月日：2023 年 5 月

招待講演の有無：有

国際講演の有無：無

[H] 発表者：竹内万記

発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型

学会/研究会/セミナー名：大阪大学素粒子論セミナー

発表場所：大阪

発表年月日：2023 年 5 月

招待講演の有無：有

国際講演の有無：無

[I] 発表者：竹内万記

発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型

学会/研究会/セミナー名：九州大学素粒子論セミナー

発表場所：福岡

発表年月日：2023 年 5 月

招待講演の有無：有

国際講演の有無：無

[J] 発表者：竹内万記

発表タイトル：標準模型の謎と余剰次元模型

学会/研究会/セミナー名：佐賀大学素粒子論セミナー

発表場所：佐賀

発表年月日：2023 年 5 月

招待講演の有無：有

国際講演の有無：無

3.2. 宇宙論

宇宙論研究室では、大きく分けて素粒子理論、宇宙論、重力理論の研究を行なっている。

3.2.1 素粒子理論

メンバー：早田、佐藤、吉村、宮地

参考文献： [2], [3], [6],

高エネルギーを支配する究極理論は未だ謎のままである。しかし、そこではユニタリティーなどの基本的な法則は成立すべきである。これを指導原理として様々な現象論的帰結を導くことができる。Positivity bound から dark gauge boson に対して非常に興味深い制限を得ることができた[2]。このような指導原理の中で弱い重力予想というものが存在するが、その予想の正しさを非線形量子電磁気理論にまで拡張することに成功した [3]。場の量子論におけるトンネル効果の記述は完全に理解されたわけではない。宇宙論との関連からドジッター時空上の場の相転移現象は重要な研究テーマとなっている。歴史的には、確率的な場の方程式に帰着させてインフレーション中の場のダイナミクスを追う方法が盛んに研究されてきた。この方法をトンネル現象に応用し、ホーキング・モスインスタントンの新たな解釈を与えることに成功し、コールマン・デリーチャインスタントンにまで適用した [6]。

3.2.2 宇宙論

メンバー：早田、大宮、野村、向野

参考文献： [1], [4], [5], [8], [9]

宇宙論的な相転移の産物としてドメインウォールと呼ばれる位相欠陥が存在する可能性が高い。そのような位相欠陥は Chern-Simons 項を通して重力波と相互作用する。その相互作用を解析し、波長によっては円偏極した重力波が生成されることを明らかにした[1]。これは、暗黒物質の探索方法として、あるいは位相欠陥の存在検証の方法として重要な成果である。近年、暗黒物質の候補として軽いベクトル場の可能性が多く興味を集めている。そのようなベクトル場がパルサータイミングによる重力波観測にどのような影響を与えるかを調べ、ベクトルダークマターが Hellings-Diwns 曲線にどのような変更を加えるかを明らかにした[4]。現在のところ、インフレーションのシナリオは存在するが、具体的な素粒子モデルとして決定的なものはない。モデル構築の観点から、初期宇宙のインフレーションモデルの普遍的な構造を明らかにすることは重要である。重いスカラー場が存在する場合に、どのような特徴的な現象が生じるかを明らかにした[5]。また、ベクトル場が存在する場合のインフレーションの理論構造を明らかにする研究を行なっている[8]。スローロールインフレーションを引き起こすためには平坦なポテンシャルが必要と思われる。しかし、散逸による摩擦によってインフレーションを実現する warm inflaton やゲージ場のジャイロ効果でスローロールインフレーションを実現する chromo-natural inflaton が存在する。興味深いことにこれら 2 つのインフレーションモデルは全く同じ作用から説明されている。そこで、これらの異なる 2 つの機構がどのようなパラメータ領域で現れるのかを明らかにすることは重要な意味を持つ。2 つのインフレーションの成立条件を明らかにし、warm-chromo-natural inflaton という全く新しいインフレーションシナリオが存在することを明らかにした[9]。

3.2.3 重力理論

メンバー：早田

参考文献： [7]

2015 年の LIGO による重力波の発見は物理学に大きな変革を与えた。今後は観測できる波長域を広げていくことが重要となる。特に、高周波重力波の検出原理を明らかにすることは重要である。リュードベルグ原子を用いた高周波重力波探索方法を提唱した [7]。

<参考文献>

[1] Sugumi Kanno, Jiro Soda, Akira Taniguchi, "Circularly polarized gravitational waves in Chern-Simons gravity originated from an axion domain wall", Phys.Rev.D 108 (2023) 8, 083525

[2] Katsuki Aoki, Toshifumi Noumi, Ryo Saito, Sota Sato, Satoshi Shirai, Junsei Tokuda, Masahito

- Yamazaki, "Gravitational Positivity for Phenomenologists: Dark Gauge Boson in the Swampland", e-Print: 2305.10058 [hep-ph]
- [3] Yoshihiko Abe, Toshifumi Noumi, Kaho Yoshimura, "Black Hole Extremality in Nonlinear Electrodynamics: A Lesson for Weak Gravity and Festina Lente Bounds", *JHEP* 09 (2023) 024
- [4] Hidetoshi Omiya, Kimihiro Nomura, Jiro Soda, "Hellings-Downs curve deformed by ultralight vector dark matter", *Phys.Rev.D* 108 (2023) 10, 104006
- [5] Chong-Bin Chen, Ziwei Wang, Siyi Zhou, "On the importance of heavy fields in pseudo-scalar inflation", *JCAP* 02 (2024) 007, *JCAP* 02 (2024) 007
- [6] Taiga Miyachi, Jiro Soda, Junsei Tokuda, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime", e-Print: 2309.07440 [hep-th]
- [7] Sugumi Kanno, Jiro Soda, Akira Taniguchi, "Search for high-frequency gravitational waves with Rydberg atoms", e-Print: 2311.03890 [gr-qc]
- [8] Chong-Bin Che, "Inflation with vector fields revisited: heavy entropy perturbations and primordial black holes", e-Print: 2312.06105 [astro-ph.CO]
- [9] Ann Mukuno, Jiro Soda, "Chromo-natural warm inflation", e-Print: 2402.08849 [hep-th]

<講演>

[国内]

- [1] 上田和茂, 「原始宇宙磁場の下での原始重力波の振幅と量子性」, 大阪公立大学 宇宙物理研究室セミナー, 大阪公立大学, 2023 年 6 月 9 日
- [2] 向野杏, 「原始宇宙磁場存在下に生成される原始重力波スペクトル」, 2023 年度 第 53 回 天文・天体物理若手夏の学校, 東京大学, 2023 年 8 月 3 日
- [3] 吉村果保, "Black Holes Extremality in Nonlinear Electrodynamics", 場の理論と弦理論 2023, 京都大学基礎物理学研究所 (オンライン) (ポスター) 2023 年 8 月 4 日
- [4] 佐藤爽太, "Gravitational Positivity Bounds on U(1) Gauge Bosons", 場の理論と弦理論 2023, 京都大学基礎物理学研究所, 2023 年 8 月 7 日
- [5] 滝井悠平, 「Symmetry-resolved entropy in AdS3/(B)CFT2」, 原子核三者若手 夏の学校 2023, 2023 年 8 月 18 日
- [6] 辰巳和大, 「エントロピーを使った有効理論への制限」, 原子核三者若手 夏の学校 2023, 2023 年 8 月 18 日
- [7] 宮地大河, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime", 原子核三者若手 夏の学校 2023 年, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2023 年 8 月 21 日
- [8] 宮地大河, 「確率的手法を用いたドジッター時空中の真空崩壊率」, KEK 研究会 「熱場の量子論とその応用」, 高エネルギー加速器研究機構, 2023 年 8 月 28 日
- [9] 佐藤爽太, "Gravitational Positivity Bounds on U(1) Gauge Bosons", 素粒子物理学の進展, 京大基研, 2023 年 8 月 31 日
- [10] 青木勝輝, 野海敏文, 齊藤遼, 佐藤爽太, 白井智, 徳田順生, 山崎雅人, 「正值性条件を用いた U (1) ゲージボゾンへの制限」, 日本物理学会第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 17 日
- [11] 宮地大河, 「Keldysh 形式を用いたドジッター時空中のトンネリング」, 日本物理学会 第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 17 日
- [12] 滝井悠平, Pak Hang Chris Lau, 野海俊文, 玉岡幸太郎, 「ページ曲線と対称性」, 日本物理学会第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 17 日
- [13] 阿部慶彦, 野海俊文, 吉村果保, 日本物理学会第 78 回年次大会, 「非線形電磁気学における de-Sitter 時空中の極限ブラックホール」, 東北大学 2023 年 9 月 17 日
- [14] 野村皇太, 伊藤飛鳥, 早田次郎, 「ベクトル暗黒物質の銀河コア構造と重力波」, 日本物理学会第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 18 日
- [15] 大宮英俊, 高橋卓弥, 田中貴浩, 吉野裕貴, 「ブラックホール超放射による自己相互作用するアクシオンの観測シグナル」, 日本物理学会第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 18 日
- [16] 向野杏, 菅野優美, 早田次郎, 上田和茂, 「原始宇宙磁場存在下に生成される原始重力波スペクトル」, 日本物理学会第 78 回年次大会, 東北大学, 2023 年 9 月 19 日

- [17]菅野優美, 向野杏, 早田次郎, 上田和茂, 「原始宇宙磁場の下における原始重力波の量子性について」, 日本物理学会第 78 回年次大会 宇宙線・宇宙物理領域, 東北大学, 2023 年 9 月 19 日
- [18]早田次郎, "重力理論・宇宙論の展望 (招待)" Cosmology and Gravity at Kobe 2023, 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 30 日
- [19]大宮英俊, 「超軽量ベクトルダークマターが作るパルサータイミングアレイの角度相関」, Cosmology&Gravity at Kobe2023, 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 29 日
- [20]上田和茂, 「背景宇宙磁場の下での重力波の量子性について」, Cosmology and Gravity at Kobe 2023, 神戸大学 統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 29 日
- [21]野村皇太, 「光子アクシオン転換によるブラックホール光子球の減光」, Cosmology and Gravity at Kobe 2023, 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 29 日
- [22]陳 崇斌 "On the importance of heavy fields in pseudo-scalar inflation", Cosmology and Gravity at Kobe 2023, 神戸大学 統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 29 日
- [23]宮地大河, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime", Cosmology and Gravity at Kobe2023, 神戸大学 統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 29 日
- [24]向野杏, 「原始宇宙磁場存在下に生成される原始重力波スペクトル」, Cosmology and Gravity at Kobe 2023, 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール, 2023 年 9 月 29 日
- [25]宮地大河, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime" (招待), 大阪大学素粒子論セミナー, 大阪大学, 2023 年 10 月 31 日
- [26]大宮英俊, 「ブラックホールと重力波で探るアクシオン」, 第 22 回 DECIGO ワークショップ, 名古屋大学, 2023 年 10 月 15 日
- [27]野村皇太, 「パルサータイミングアレイへの超軽量ダークマターの影響について」, 第 12 回観測的宇宙論ワークショップ, 佐賀大学, 2023 年 12 月 11 日
- [28]大宮英俊, 「Hellings-Downs curve deformed by ultralight vector dark matter」, 第 36 回 理論懇シンポジウム, 弘前大学, 2023 年 12 月 25 日
- [29]野村皇太, 「アクシオン・光子転換によるブラックホール光子球の減光」, 第 36 回理論懇シンポジウム, 弘前大学, 2023 年 12 月 26 日
- [30]早田次郎, 「素粒子・宇宙・重力と量子センシング」第一回研究会「原子干渉計と重力波観測」, 「原子干渉計と素粒子・宇宙・重力 (招待)」, 九州大学, 2024 年 1 月 22 日
- [31]宮地大河, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime" (招待), 理化学研究所 数理創造プログラム 理論物理学セミナー, 理化学研究所 和光キャンパス, 2024 年 2 月 28 日
- [34]宮地大河, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime" (招待), 原子核と他分野研究の交差点 (Meeting for Intersections of Nuclear and Other Researches), 大阪大学 核物理研究センター, 2024 年 3 月 8 日
- [35]Pak Hang Chris Lau, 西井莞治, 野海俊文, 「Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics」, 日本物理学会春季大会, オンライン開催, 2024 年 3 月
- [36]大宮英俊, 「原子干渉計による重力波検出の原理」, 素粒子・宇宙・重力と量子センシング, 九州大学, 2024 年 1 月 22 日

[国際]

- [1]J.Soda, "Copernicus Webinar Can we detect gravitons or HFGWs? (招待)", Copernicus Webinar and Colloquium Series, CERN, Switzerland, (on-line), 2023 年 7 月 4 日
- [2]Chong-Bin Che, "Generating electromagnetic fields during inflation", 2023 CQU&HKUST summer school on cosmology, Aug 2023
- [3]K.Nomura, "Gravitational waves from ultralight vector dark matter cores", Second Mini-workshop on the Early Universe, Suwa city cultural center, Jul 4, 2023
- [4]Sota Sato, "Gravitational Positivity Bounds on Dark Gauge Boson", String Phenomenology 2023, IBS, July.4, 2023
- [5]Sota Sato, "Gravitational Positivity Bounds on Dark Gauge Boson", Gravity2023, 京大基研, July.18, 2023
- [6]吉村果保, "de Sitter Black Holes in Nonlinear Electrodynamics and the Festina Lente Bound",

Gravity 2023: Dawn of field theoretic approach, 京都大学基礎物理学研究所 2024 年 7 月 18 日

[7]H. Omiya, "Hellings-Downs curve deformed by ultralight vector dark matter", Gravitational Wave Probes of Physics Beyond Standard Model", Media Center, Osaka Metropolitan University, Nov 9, 2023

[8]K.Nomura, "Observing axions through photon ring dimming of black holes", 26th International Conference on Particle Physics and Cosmology(COSMO'23) ", de Física Teórica" , Sep 11-15, 2023 Instituto

[9]T. Miyachi, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime", Puzzles in the Quantum Gravity Landscape : viewpoints from different approaches, (poster), Perimeter Institute, Oct. 23-24, 2023

[10] 吉村果保, The 32nd Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG), "Extremality of de-Sitter Black Holes in Nonlinear Electrodynamics", 名古屋大学 (ポスター) 2023 年 11 月 29 日

[11]K.Nomura, "Hellings-Downs curve deformed by ultralight dark matter", The 32nd Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG32), Nagoya Univ. Nov 30, 2023

[12]T. Miyachi, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime", The 32nd Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG32), Nagoya University, Nov. 30 , 2023

[13]A.Mukuno, "The power spectrum of primordial gravitational waves induced by primordial (dark) magnetic fields", The 32nd Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan, Nagoya University, Nov. 30, 2023

[14]J.Soda, "Search for high frequency gravitational waves (招待)" , String theory, gravity and cosmology SGC2023 釜山 (韓国) Dec 1, 2023

[15]K.Nomura, "Hellings-Downs curve deformed by ultralight dark matter", One-day Workshop of "Searching for New Particles using Gravitational Waves", Nagoya Univ. Dec 2, 2023

[16]K.Nomura, "Hellings-Downs curve deformed by ultralight dark matter", One-day Workshop of "Searching for New Particles using Gravitational Waves", Nagoya Univ., Dec 2, 2023

[17]Sota Sato, "Gravitational Positivity Bounds on Dark Gauge Boson", Chongqing Workshop on Cosmology and Fundamental Physics 2023, Chongqing U, Dec.18,2023

[18]Pak Hang Chris Lau, Kanji Nishii, Toshifumi Noumi, "Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics", Kanto-NTU High Energy Physics Workshop, Saitama University, Jan, 2024

[19]T. Miyachi, "Stochastic tunneling in de Sitter spacetime", Gravity and Cosmology 2024, Kyoto University, Jan. 29 ,2024

[20]Kanji Nishii, "Black holes and thermodynamics" , Seminars under the theme From Fundamental Physics to the Universe Manipal Centre for Natural Sciences, Manipal, India, Feb,2024

[21]H. Omiya, "Relativistic evolution of the self-interacting axion condensate", Gravity&Cosmology 2024, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Feb 2, 2024

[22]Kanji Nishii "Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics" Seminar in The Harish-Chandra Research Institute, India, Mar,2024

[23]Kaho Yoshimura, "Black Hole evaporation and the Weak Gravity Conjecture", Manipal Centre of Natural Science, India, Mar,2024

[24]Kaho Yoshimura, "An approach to quantum gravity with black hole thermodynamics", Harish Chandra research Institute , India, Mar,2024

[25]Sota Sato, "Dark Matter and Quantum Gravity", From Fundamental Physics to the Universe I, MAHE, India,Mar,2024

[26]Sota Sato, "Gravitational Positivity Bounds on Dark Gauge Bosons", HRI Seminar, India,Mar.8,2024

3.3. 物性理論

本年度の物性理論グループには、久保木・西野の教員2名と学部生・大学院生が在籍する。

3.3.1 強相関電子系における電荷秩序と相分離に関する研究

メンバー：久保木一浩

論文[1], 講演 [1]

銅酸化物高温超伝導体などの強相関電子系では電荷密度のゆらぎが大きく電荷秩序や相分離の不安定性が起こりやすい。銅酸化物高温超伝導体を記述する t - J モデルを平均場近似で取り扱うことにより相分離の起きる条件とその理由を明らかにした（文献[1]）。Jiang らにより銅酸化物高温超伝導体の実効的モデルとして提唱された電子密度依存ホッピング項を持つモデルに対しても同様の計算を行い、 t - J モデルに比べて相分離が起きにくいことを示した。また t - J モデルから微視的に電荷秩序と磁気秩序に対する Ginzburg-Landau 方程式を導出し、二つの秩序の関連と共存可能性について考察を行っている。

3.3.2 密度行列繰り込み群からテンソルネットワークへの変遷

メンバー：F. Verstraete, T. Nishino, U. Schollwoeck, M.C. Banuuls, G.K. Chan, M.E. Stoudenmire

論文 [2]

密度行列繰り込み群を発端としてこの30年間で急速に発展したテンソルネットワーク形式について、マイルストーンとなる概念それぞれについて、この分野の専門家が簡潔に取りまとめたレビュー文献である。

3.3.3 テンソルネットワークの入門書

メンバー：西野友年

論文 [3],

テンソルネットワークについての平易かつ詳細な入門書を和書として刊行した。洋書の文献は多数あるけれども、応用数理や工学系までの学部学生を含む幅広い読者を想定して、国内でのテンソルネットワーク専門家が育つことを願いつつ執筆した。重刷が続き、よく売れているようである。

3.3.4 テンソルネットワーク形式を用いた統計物理形の解析

メンバー：西野友年, 大島巧

講演 [3,4,5]

統計物理形の熱力学解析にテンソルネットワークが長らく使われて来た。その経緯について機会がある度に講演を行なっている。本年は新たに、階層的なフラクタル構造を持つ格子上での熱力学的な性質について新たに解析を進め、これまでに報告のない表面相転移現象の存在を確認した。

<参考文献>

[1] Kazuhiro Kuboki, “Phase Separation Induced by Density-Dependent Hopping Terms”, J. Phys. Soc. Jpn. 93, 035001 (2024).

[2] F. Verstraete, T. Nishino, U. Schollwoeck, M.C. Banuuls, G.K. Chan, M.E. Stoudenmire, "Density matrix renormalization group, 30 years on", Nature Reviews Physics 5, 273 (2023).

[3] 西野友年, “テンソルネットワーク入門”, (講談社サイエンティフィク 2023) ISBN:9784065316535.

<講演>

[1] 久保木一浩, “電子密度に依存するホッピング項の相分離に与える効果”, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月 東北大学)

[2] Tomotoshi Nishino, “How to study Statistical Lattice Models by Adaptive Tensor Network Frameworks?”, ExU-YITP School/Workshop on Quantum Information, Quantum Matter, and Quantum Gravity (2023年9月, 基礎物理学研究所).

[3] 西野友年, “波動関数をテンソルネットワークで表してみなさい”, Tensor Networks 2023. (2023年11月, 筑波大学計算科学研究センター).

[4] 西野友年, “IRFスタイルのテンソルネットワーク”, TNスキームに基づく異分野融合型計算科学ワークショップ (2024年3月, 大阪大学中之島センター).

- [5] Tomotoshi Nishino, "Correlation Function of the Ising Model on the stacked pentagon lattice", SQAI-NCTS Workshop on Tensor Network and Quantum Embedding (2024年3月, 東京大学本郷キャンパス).

3.4. 量子物性論

本年度の量子物性論グループには、教員の播磨と学生2名（大学院生2名）が在籍する。本グループでは、密度汎関数理論に基づいた数値的電子状態計算の手法を用いて、主に強相関f電子系の電子状態を明らかにする研究を行なっている。フェルミ面や電場勾配などの実験と定量的に比較できる基底状態の物理量の研究を通じて、広く使われている局所密度近似の限界とその改良法の提案を行ない、具体的方法としてLDA+U法を発展させている。また、計算方法には汎用性があるために、NbやIrを含むd電子系についても同様の手法で研究を展開している。さらに、豊富な空間群の知見を基に、多極子秩序と構造相転移の関係についても理論的考察を進めている。近年特に力を入れているのは、電子状態と物性との関係におけるパリティ混成効果の研究であり、これを通じて物性に現われるスピン軌道結合とスピン軌道相互作用に関する重要な知見を得ている。小さなグループではあるが、新学術領域研究「J-Physics:多極子伝導系の物理」の領域代表を務めるなどした経験もあり、物性物理学において国際的にも中心的な役割を担い、学内外の実験研究室と学外の理論家と幅広く共同研究を行なっている。

3.4.1 強相関電子系を中心とした系の電子状態とフェルミ面の研究

メンバー：播磨尚朝、学生2名、神戸大電子物性研究室、学外多数

参考文献[1, 2, 4, 7, 8]、講演[10, 12, 13, 14, 17]

希土類化合物を中心とした強相関電子系やd電子系化合物の電子構造やフェルミ面を明らかにした。今年度のフェルミ面の研究は、f電子系は1-2-20系[8]、d電子系はNbGe₂[7]を共同研究の成果として発表した[2, 5]。CeRh₂As₂の反強四極子秩序状態を提案[10]し、LDA+U法を用いてフェルミ面を求めた。直接にフェルミ面の研究ではないが、構造相転移[1]や超伝導[2]やホール効果[4]に関する研究の論文も出版した。さらに点群S₄に属するCr₃Pや点群Tに属するPdGaや三方晶に属するIrGe₄系という特別な対称性を持つ化合物のフェルミ面を明らかにして、これらは共同研究者が口頭で発表し、論文は出版準備中である。神戸大の電子物性研究室とは、LuPtBiのフェルミ面の研究で共同研究を行っている。これまでの研究をまとめた講演も行なった[13, 14, 17]。

3.4.2 物性物理学におけるパリティ混成効果に関する研究

メンバー：播磨尚朝、学外多数

参考文献[3, 5]、講演[16]

物性物理学に遍在しているパリティ混成効果について、学会誌に解説を執筆[3]し、関連した研究について、JPSJ News Commentsに依頼原稿を執筆した[5]。

3.4.3 電場勾配の微視的起源に関する研究

メンバー：播磨尚朝、神戸大低温物性研究室、学外多数

電子状態と電場勾配の計算を行い、実験的に得られたNQR周波数などと比較した。継続的な研究を行っており、La₃TiSb₅のSb-NQRとCa₅Ir₃O₁₂のIrメスバウアーの実験との比較により、これらの物質の構造相転移を明らかにすることができた。論文は投稿準備中である。

3.4.4 電子空間群についての研究

メンバー：播磨尚朝、学外多数

参考文献[6]、講演[9, 11, 15]

群論的考察から、原子空間群よりも対称性の低い電子空間群が存在することを示し、原子空間群に関する実験では観測不可能な「真の隠れた秩序」について提案を行い、精力的に講演を行っている[6, 9, 11, 15]。

<参考文献>

- [1] "Pressure-induced Structural Phase Transition and New Superconducting Phase in UTe₂", F. Honda, S. Kobayashi, N. Kawamura, S.I. Kawaguchi, T. Koizumi, Y.J. Sato, Y. Homma, N.

- Ishimatsu, J. Gouchi, Y. Uwatoko, H. Harima, J. Flouquet, D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn. 92 (2023) 044702/1-10.
- [2] "Superconductivity in Noncentrosymmetric LaNiZn Single Crystal", A. Maurya, H. Harima, F. Honda, Y. Shimizu, Y.J. Sato, A. Nakamura, D. Li, Y. Homma, D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn. 92 (2023) 043703/1-4.
- [3] 「結晶内電子状態のスピン自由度による縮退と分裂(Keyword: スピン軌道結合)」播磨尚朝、日本物理学会誌 Vol. 78, No. 5, (2023) 254-255.
- [4] "Hall effect of RCo₂ (R= Er and Lu) compounds", K. Tanabe, S. Hatoyama, H. Wada, A.V. Andreev, K. Yamauchi, T. Oguchi, H. Harima, Journal of Alloys and Compounds 960 (2023) 170743/1-9.
- [5] "New Stage Provided by *PT*-Symmetry for Kondo Physics", H. Harima, JPSJ News Comments 20 (2023) 05/1-2.
- [6] "Hidden-orders of uranium compounds", H. Harima, SciPost Phys. Proc. 11 (2023) 006/1-8.
- [7] "Fermi surface topology and electronic transport properties of chiral crystal NbGe₂ with strong electron-phonon interaction", Y.J. Sato, A. Nakamura, R. Nishinakayama, R. Okazaki, H. Harima, D. Aoki, Phys. Rev. B 108 (2023) 235115/1-9.
- [8] "Large Cyclotron Effective Masses in Antiferromagnet SmTi₂Al₂₀ Compared with Conventional Masses in Ferromagnet SmNi₂Cd₂₀ and Antiferromagnet SmPd₂Cd₂₀", Md Asif Afzal, Y. Onuki, D. Aoki, H. Harima, R. Higashinaka, Y. Aoki, T.D. Matsuda, J. Phys. Soc. Jpn. 93 (2024) 054710/1-11.

<講演>

- [9] H. Harima: "Possible hidden ordered states in f-electron system" , The 10th International Workshop on the Dual Nature of f-electrons、2023年6月28日(水) : アクリア姫路、姫路(兵庫)
- [10] H. Harima: "Fermi Surfaces of CeRh₂As₂ and LaRh₂As₂"、SCES2023、Songdo ConvensiA、2023年7月6日(木) : 仁川(韓国)
- [11] 播磨尚朝: 「隠れた秩序と非共型空間群」、アシンメトリ量子 トピカルミーティング in 札幌、2023年8月31日(木) : 北海道大学理学研究院大講義室、札幌(北海道)
- [12] H. Harima: "Fermi surface of strongly correlated electron system with non-centrosymmetric atoms" , Joint IRN Aperiodic, Hypermaterials, Hyper ordered structure、2023年9月26日(火) : VVF. Evian-les-Bains (France)
- [13] H. Harima: "Along with Fermi Surfaces related to the symmetry of crystal" , H-Physics workshop in Grenoble、2023年10月10日(火) : Basilique du Sacre-Coeur, Grenoble (France)
- [14] H. Harima: "Concluding Remarks" , H-Physics workshop in Grenoble, Basilique du Sacre-Coeur、2023年10月12日(木) : Grenoble (France)
- [15] 播磨尚朝: 「結晶の対称性と電子状態-スピン軌道結合と隠れた秩序」Kyutech物性グループセミナー、九州工業大学戸畑キャンパス・総合研究1号棟2F S-2A、2023年11月14日(火) : 北九州(福岡)
- [16] 播磨尚朝: 「スピン軌道結合とパリティ混合分裂」、第23回琉球物性研究会、琉球大学理系複合等102教室、2023年11月25日(土) : (沖縄)
- [17] 播磨尚朝: 「固体電子論と過ごした35年の教員生活」、神戸大学理学部学舎Z201/Z202、2024年3月6日(水) : 神戸(兵庫)

3.5. 粒子物理学

3.5.1 ATLAS 実験

メンバー: 藏重, 山崎, 越智, 前田, 田路, 山下, 森本, 西, 樋口, 水引, 村田, 張
査読論文: [1]-[156], 国際講演[172]-[179], 国内講演: [191]-[199]

加速器による暗黒物質探索実験として、欧州原子核研究機構(CERN)の世界最高エネルギーのハドロン衝突型加速器 LHC における陽子・陽子衝突実験アトラスによる研究を進めている。2023年度は LHC 実験が第1期の加速器・実験アップグレード後の運転(第3期運転)を引き続き行った。本プロジェクトで

は(1)第1期アップグレード後の実験運転・装置維持、データの理解(2)2028年完了目標の第2期アップグレード(高輝度 LHC アップグレード)プロジェクトの推進(2)2018年度までに取得した総計 150fb⁻¹ の 13TeV 衝突を用いたデータ解析を行っている。また、第2期アップグレード、及びその後のトリガーの高度化と関連して、(3)中央飛跡検出器を含めたトリガーアルゴリズムの、GPU/FPGA を利用したヘテロジニアスコンピューティングによる高度化を行っている。本プロジェクトは CERN 研究所、INFN ボローニャ (イタリア)、ローマ大学、ローマ第2大学などと共同で行っている。2023年度の研究概要は以下の通りである。

(1) については、前田は引き続き第3期ミューオントリガーの安定的な運転を行った。また詳細な動作検証を行った。山下は第1期アップグレードで実装された近接する2ミューオントリガーのうち、高段ソフトウェアトリガーが動作していることを前田・山崎とともに確かめた。田路は前田の指導の下、リキッドアルゴンカロリメータで重い荷電新粒子が光速を持つ粒子よりタイミング遅く観測されることを利用したトリガーの開発を前田と行い、他の検出器と組み合わせることでその検出が可能であることを発見した。樋口はドリフトチューブによるミューオン飛跡のパターン認識を、機械学習を用いて高速化・高度化する研究を行っている。

(2) については、イスラエル・ヴァイツマン研究所が中心となって、第2期アップグレード向けに制作している内層ミューオントリガー用 TGC 検出器の CERN 研究所でのビームテストでの読み出しエレクトロニクス整備を名古屋大とともにに行い、検出器の動作確認に貢献した。水引は第2期アップグレードのミューオン運動量判定回路(セクターロジック)のファームウェア検証を FPGA 内蔵アクセラレーターで動作させて検証する仕組みを前田と作成し、一部の論理検証を行った。張は10月より上記のファームウェアのソフトウェアによるシミュレーションのメモリ使用量の削減の研究を前田と始めた。山崎はミューオン検出器のアップグレードプロジェクト推進のためのスケジュール管理などを行っている。

(3) 前田は、ヘテロジニアスコンピューティング推進の作業グループをアトラス日本グループ内で立ち上げ、具体的に計算機資源を削減する研究のコーディネーターを務めている。村田はこのグループの活動として、第2期アップグレード以降に懸念される計算機リソース不足の解決策として、飛跡検出アルゴリズムを GPU で高速化する場合のパフォーマンス測定を行い、プロセッサへの入出力の高速化が計算そのものと同等に重要であることを示した。

(4) ATLAS 実験に関連して、LHC 加速器の第2期アップグレードに用いる最終収束系超伝導電磁石の動作試験、超伝導が局所的に破れてそれが広がる現象(クエンチ)からの磁石の保護(クエンチ保護)の研究を、西が KEK 低温センターと協力して行っている。また、将来のコライダー実験(電子・陽子散乱)に関する検出器研究を山崎が行っている。

3.5.2 暗黒物質の直接探索実験

暗黒物質の直接探索実験として、(1) XENON 実験、(2) XMASS 実験、(3) NEWAGE 実験を推進する。まずは、有効質量の大きな XENON 実験・XMASS 実験で暗黒物質の直接検出を行い、将来的に方向に感度のある NEWAGE 実験でより確実な証拠・正体解明を目指す。2019年度より新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」が発足、身内が領域事務及び計画研究 B02 の研究代表者として研究を推進している。

査読論文: [157]-[163], 国際講演[180]-[183], 国内講演: [200]-[217]

(1) XENON 実験

メンバー: 身内、竹内、濱田

イタリアグランサッソ研究所で行われている2相型液体キセノン検出器を用いた暗黒物質直接探索実験「XENON 実験」に参加している。XENON 実験は、米国コロンビア大学、ドイツマックスプランク研究所、イタリアボローニャ大学、ドイツマインツ大学など世界から20機関以上が参加する国際共同研究である。XENONnT として2020年に大型検出器を建設、調整を開始、中性子反同時計測装置(nVeto)の製作、調整へ貢献している。2022年度には、XENONnT

の初期データによる暗黒物質探索に関する論文等を出版した[161]。

(2) XMASS 実験

メンバー: 竹内, 身内

XMASS 実験は岐阜県飛騨市の東京大学宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験サイトにおいて、液体キセノンシンチレータ検出器による観測を 2013 年から 2019 年 2 月まで行った。2023 年度には全データ解析の論文が出版され[157]、研究活動を終了した。

(3) NEWAGE 実験

メンバー: 身内、東野、大藤、生井

NEWAGE 実験は、方向に感度を持った観測装置によって、暗黒物質検出を決定的なものとし、さらにその性質解明へとつなげることを目指す。現在、神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験室で、小型の装置を用いた予備実験を進め、方向に感度を持つ暗黒物質検出器としては世界最高感度を示している。2023 年度には、高感度化した神岡地下での測定論文を出版した[160]。

3.5.3 ニュートリノ実験

ニュートリノ実験では、世界最大の地下で行う水チェレンコフ装置実験 Super-Kamiokande (SK)、加速器ニュートリノ振動実験 T2K に参画し研究活動を行っている。併せて、現在建設中で 2027 年に観測開始予定の、次世代超大型水チェレンコフ装置実験 Hyper-Kamiokande (HK)に向けた建設・開発研究も行う。本年度の主な研究概要は以下の通りである。

査読論文: [164]-[166], 国際講演[184], 国内講演:[218]

(1) スーパーカミオカンデ実験・ハイパーカミオカンデ実験

メンバー: 竹内, 鈴木(州), 高木, 鐘

竹内は、前年度に引き続き SK での低エネルギー解析グループの共同責任者として太陽ニュートリノ研究や超新星ニュートリノ研究の取りまとめを行った。2023 年 6 月に、電子加速器(LINAC)を用いた SK-VII 検出器のエネルギー較正を行った。竹内は、LINAC 較正の全体的なアレンジを行った。HK に関して、竹内は前年度に引き続き宇宙物理研究グループの共同責任者、及び Speakers Board の委員も務めている。

(2) 東海-神岡間長基線ニュートリノ振動実験(T2K)

メンバー: 竹内, 鈴木, 鐘, 青木 (発達科学部)

2021 年度に引き続き、加速器の増強、ビームラインの改良、前置検出器のアップグレードなどを行っている。物理解析においては、アメリカで行われている長基線ニュートリノ振動実験である NO ν A との共同解析 (Joint Analysis) が進んでいる。HK 長基線実験計画における中間距離水チェレンコフ検出器 (Intermediate Water Cherenkov Detector, IWCD)については、検出器較正のシミュレーションを始めている。

3.5.4 MPGD の開発研究

メンバー: 越智、内山、高橋、鈴木(大)

次世代の粒子線イメージング検出器として、マイクロパターンガス検出器(MPGD)の開発を行っている。今年度は、(1) diamond-like-carbon (DLC) 薄膜を用いた MPGD 開発、(2)MEG II 実験に向けた DLC 薄膜を用いた低物質粒子線検出器開発 を行った。

査読論文: [167]-[171], 国際講演[185]-[190], 国内講演: [219]-[227]

(1) DLC 薄膜を用いた高抵抗陰極型 μ -PIC の開発では、新たな製造方法を使用して検出器を試作し、動作特性試験を行った。これまで、陽極形成路を化学的加工によって形成していたが、今年度はドリル加工による形成を試みた。新製法によって試作した検出器では電極構造が様に形成にできており、動作特性試験の結果からも十分な性能が確認できた。以上より、新製法は従来の製造方法と比べて優れていることが分かった。

(2) MEG II 実験に向けた DLC 薄膜を用いた低物質質量粒子線検出器の開発では、昨年度に引き続き神戸大学が担当している前方 Radiative Decay Counter の実機に向けた検出器試作を進めている。特に今年度においては、昨年度より課題となっていた検出器の素材入手の問題が解決し、新素材を用いた電極の試作と動作特性試験を行った。新素材を用いて試作した電極は要請を十分に満たしうることが試験によって確認できた。以降は、実機に向けた検出器の設計と試作及び動作試験を進めている。

3.5.5 Geant4 による医学・生物学への応用研究

メンバー：藏重

LHC 実験のために 1998 年に開発された放射線シミュレーター Geant4 は、素粒子・原子核・宇宙線実験だけでなく、粒子線治療の治療計画の検証や細胞レベルの放射線現象の研究などにも使用されている。

3.5.6 その他

一般向けの広報活動を積極的に行っている ([228-232])。

<参考文献>

[査読論文]

- [1] "Measurement of the total cross section and ρ -parameter from elastic scattering in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 441
- [2] "Measurement of the total and differential Higgs boson production cross-sections at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector by combining the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ and $H \rightarrow \gamma\gamma$ decay channels.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2023) 028
- [3] "Measurement of muon pairs produced via $\gamma\gamma$ scattering in nonultraperipheral Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **C107** (2023) 054908
- [4] "Production of $Y(nS)$ mesons in Pb+Pb and pp collisions at 5.02 TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **C107** (2023) 054912
- [5] "Measurements of the suppression and correlations of dijets in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **C107** (2023) 054907
- [6] "Correlations between flow and transverse momentum in Xe+Xe and Pb+Pb collisions at the LHC with the ATLAS detector: A probe of the heavy-ion initial state and nuclear deformation.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **C107** (2023) 054910
- [7] "Measurement of the nuclear modification factor of b -jets in 5.02 TeV Pb+Pb collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 438
- [8] "Differential $t\bar{t}$ cross-section measurements using boosted top quarks in the all-hadronic final state with 139 fb⁻¹ of ATLAS data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **04** (2023) 080
- [9] "Search for flavour-changing neutral-current couplings between the top quark and the photon with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B842** (2023) 137379
- [10] "Measurement of electroweak $Z(\nu\nu)\gamma jj$ production and limits on anomalous quartic gauge couplings in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 082

- [11] "Measurement of the polarisation of W bosons produced in top-quark decays using dilepton events at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B843** (2023) 137829
- [12] "Constraints on the Higgs boson self-coupling from single- and double-Higgs production with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B843** (2023) 137745
- [13] "Constraints on spin-0 dark matter mediators and invisible Higgs decays using ATLAS 13 TeV pp collision data with two top quarks and missing transverse momentum in the final state.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 503
- [14] "Observation of gauge boson joint-polarisation states in $W^\pm Z$ production from pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B843** (2023) 137895
- [15] "Combination of searches for invisible decays of the Higgs boson using 139 fb^{-1} of proton-proton collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV collected with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B842** (2023) 137963
- [16] "Observation of four-top-quark production in the multilepton final state with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 496
- [17] "Search for Higgs boson pair production in association with a vector boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 519
- [18] "Measurements of observables sensitive to colour reconnection in $t\bar{t}$ events with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 518
- [19] "Searches for new phenomena in events with two leptons, jets, and missing transverse momentum in 139 fb^{-1} of $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 515
- [20] "Measurement of the Higgs boson mass in the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ decay channel using 139 fb^{-1} of $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions recorded by the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B842** (2023) 137880
- [21] "Search for excited τ -leptons and leptoquarks in the final state with τ -leptons and jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 199
- [22] "Measurement of the charge asymmetry in top-quark pair production in association with a photon with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B843** (2023) 137848
- [23] "Measurement of $Z\gamma\gamma$ production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 539
- [24] "Search for pair-production of vector-like quarks in pp collision events at $\sqrt{s} = 13$ TeV with at least one leptonically decaying Z boson and a third-generation quark with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B843** (2023) 138019
- [25] "Search for pair-produced scalar and vector leptoquarks decaying into third-generation quarks

- and first- or second-generation leptons in pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 188
- [26] "A search for new resonances in multiple final states with a high transverse momentum Z boson in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 036
- [27] "Search for direct pair production of sleptons and charginos decaying to two leptons and neutralinos with mass splittings near the W -boson mass in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 031
- [28] "Measurement of single top-quark production in the s -channel in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 191
- [29] "Measurement of the top-quark mass using a leptonic invariant mass in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 019
- [30] "Search for flavour-changing neutral current interactions of the top quark and the Higgs boson in events with a pair of τ -leptons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 155
- [31] "Exclusive dielectron production in ultraperipheral Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 182
- [32] "Measurement of the $t\bar{t}$ production cross-section in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 138
- [33] "Search for heavy resonances decaying into a Z or W boson and a Higgs boson in final states with leptons and b -jets in 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 016
- [34] "Search for light long-lived neutral particles that decay to collimated pairs of leptons or light hadrons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 153
- [35] "Search for heavy, long-lived, charged particles with large ionisation energy loss in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS experiment and the full Run 2 dataset.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 158
- [36] "Cross-section measurements for the production of a Z boson in association with high-transverse-momentum jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 080
- [37] "Search for long-lived, massive particles in events with displaced vertices and multiple jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2023) 200
- [38] "Measurement of the CP properties of Higgs boson interactions with τ -leptons with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 563
- [39] "Search for supersymmetry in final states with missing transverse momentum and three or more b -jets in 139 fb^{-1} of proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 561
- [40] "Search for resonant and non-resonant Higgs boson pair production in the $b\bar{b}\tau^+\tau^-$ -decay channel

using 13 TeV pp collision data from the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 040

- [41] "Charged-hadron production in pp , p +Pb, Pb+Pb, and Xe+Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5$ TeV with the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 074
- [42] "Search for dark matter produced in association with a single top quark and an energetic W boson in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 603
- [43] "Search for doubly charged Higgs boson production in multi-lepton final states using 139 fb⁻¹ of proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 605
- [44] "Search for new phenomena in final states with photons, jets and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 021
- [45] "Search for a new Z' gauge boson in 4μ events with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 090
- [46] "Measurement of exclusive pion pair production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 627
- [47] "Search in diphoton and dielectron final states for displaced production of Higgs or Z bosons with the ATLAS detector in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 012012
- [48] "Search for leptonic charge asymmetry in ttW production in final states with three leptons at $\sqrt{s} = 13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 033
- [49] "Search for resonant WZ production in the fully leptonic final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 663
- [50] "Determination of the strong coupling constant from transverse energy-energy correlations in multijet events at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 085
- [51] "Search for dark photons from Higgs boson decays via ZH production with a photon plus missing transverse momentum signature from pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 133
- [52] "Measurement of cross sections for production of a Z boson in association with a flavor-inclusive or doubly b -tagged large-radius jet in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 012022
- [53] "A search for heavy Higgs bosons decaying into vector bosons in same-sign two-lepton final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 200
- [54] "ATLAS flavour-tagging algorithms for the LHC Run 2 pp collision dataset.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 681
- [55] "Combination of inclusive top-quark pair production cross-section measurements using ATLAS

- and CMS data at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 213
- [56] "Studies of the muon momentum calibration and performance of the ATLAS detector with pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 686
- [57] "Measurements of $Z\gamma$ +jets differential cross sections in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 072
- [58] "Search for an axion-like particle with forward proton scattering in association with photon pairs at ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 234
- [59] "Search for Heavy Neutral Leptons in Decays of W Bosons Using a Dilepton Displaced Vertex in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp Collisions with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 061803
- [60] "Measurement of the properties of Higgs boson production at $\sqrt{s} = 13$ TeV in the $H \rightarrow \gamma\gamma$ channel using 139 fb $^{-1}$ of pp collision data with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 088
- [61] "Measurements of Higgs boson production by gluon-gluon fusion and vector-boson fusion using $H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$ decays in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 032005
- [62] "Test of CP Invariance in Higgs Boson Vector-Boson-Fusion Production Using the $H \rightarrow \gamma\gamma$ Channel with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 061802
- [63] "Search for $ttH/A \rightarrow t\bar{t}t\bar{t}$ production in the multilepton final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 203
- [64] "Search for boosted diphoton resonances in the 10 to 70 GeV mass range using 138 fb $^{-1}$ of 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 155
- [65] "Search for dark matter produced in association with a dark Higgs boson decaying into W^+W^- in the one-lepton final state at $\sqrt{s} = 13$ TeV using 139 fb $^{-1}$ of pp collisions recorded with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 116
- [66] "Search for new phenomena in multi-body invariant masses in events with at least one isolated lepton and two jets using $\sqrt{s} = 13$ TeV proton-proton collision data collected by the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 202
- [67] "Search for a new scalar resonance in flavour-changing neutral-current top-quark decays $t \rightarrow qX$ ($q = u, c$), with $X \rightarrow b\bar{b}$, in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 199
- [68] "Model-independent search for the presence of new physics in events including $H \rightarrow \gamma\gamma$ with $\sqrt{s} = 13$ TeV pp data recorded by the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 176
- [69] "Inclusive-photon production and its dependence on photon isolation in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using 139 fb $^{-1}$ of ATLAS data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 086
- [70] "Searches for lepton-flavour-violating decays of the Higgs boson into $e\tau$ and $\mu\tau$ in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 166

- [71] "Inclusive and differential cross-sections for dilepton tt production measured in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 141
- [72] "Search for high-mass $W\gamma$ and $Z\gamma$ resonances using hadronic W/Z boson decays from 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 125
- [73] "Measurements of W^+W^- production in decay topologies inspired by searches for electroweak supersymmetry.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 718
- [74] "Search for pair-produced vector-like top and bottom partners in events with large missing transverse momentum in pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 719
- [75] "Calibration of the light-flavour jet mistagging efficiency of the b -tagging algorithms with Z +jets events using 139 fb^{-1} of ATLAS proton-proton collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 728
- [76] "Measurements of the suppression and correlations of dijets in Xe+Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.44$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **C108** (2023) 024906
- [77] "Search for third-generation vector-like leptons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2023) 118
- [78] "Strong Constraints on Jet Quenching in Centrality-Dependent p +Pb Collisions at 5.02 TeV from ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 072301
- [79] "Measurement of the production of a W boson in association with a charmed hadron in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 032012
- [80] "Evidence for the charge asymmetry in $pp \rightarrow tt$ production at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **08** (2023) 077
- [81] "Search for displaced photons produced in exotic decays of the Higgs boson using 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 032016
- [82] "Measurement of the inclusive tt production cross section in the lepton+jets channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector using support vector machines.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 032014
- [83] "Search for the charged-lepton-flavor-violating decay $Z \rightarrow e\mu$ in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 032015
- [84] "Search for flavor-changing neutral-current couplings between the top quark and the Z boson with proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 032019
- [85] "New techniques for jet calibration with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 761
- [86] "Searches for exclusive Higgs and Z boson decays into a vector quarkonium state and a photon using 139 fb^{-1} of ATLAS $\sqrt{s} = 13$ TeV proton-proton collision data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 781

- [87] "Search for nonresonant pair production of Higgs bosons in the $bbbb$ final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 052003
- [88] "Measurements of differential cross sections of Higgs boson production through gluon fusion in the $H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$ final state at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 774
- [89] "Search for a light charged Higgs boson in $t \rightarrow H^\pm b$ decays, with $H^\pm \rightarrow cb$, in the lepton+jets final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **09** (2023) 004
- [90] "Search for single production of vector-like T quarks decaying into Ht or Zt in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **08** (2023) 153
- [91] "Comparison of inclusive and photon-tagged jet suppression in 5.02 TeV Pb+Pb collisions with ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B846** (2023) 138154
- [92] "Search for pairs of muons with small displacements in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B846** (2023) 138172
- [93] "Search for Majorana neutrinos in same-sign WW scattering events from pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 824
- [94] "Anomaly detection search for new resonances decaying into a Higgs boson and a generic new particle X in hadronic final states using $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 052009
- [95] "Search for dark matter produced in association with a Higgs boson decaying to tau leptons at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **09** (2023) 189
- [96] "Integrated and differential fiducial cross-section measurements for the vector boson fusion production of the Higgs boson in the $H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$ decay channel at 13 TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 072003
- [97] "Search for leptoquarks decaying into the $b\tau$ final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2023) 001
- [98] "Measurements of multijet event isotropies using optimal transport with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2023) 060
- [99] "Search for a new heavy scalar particle decaying into a Higgs boson and a new scalar singlet in final states with one or two light leptons and a pair of τ -leptons with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2023) 009
- [100] "Measurement of the Sensitivity of Two-Particle Correlations in pp Collisions to the Presence of Hard Scatterings.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 162301
- [101] "Evidence of off-shell Higgs boson production from ZZ leptonic decay channels and constraints on its total width with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B846** (2023) 138223
- [102] "Observation of an Excess of Dicharmonium Events in the Four-Muon Final State with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 151902

- [103] "Search for lepton-flavour violation in high-mass dilepton final states using 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2023) 082
- [104] "Observation of the $\gamma\gamma\rightarrow\tau\tau$ Process in Pb+Pb Collisions and Constraints on the τ -Lepton Anomalous Magnetic Moment with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 151802
- [105] "Measurement of the cross-sections of the electroweak and total production of a $Z\gamma$ pair in association with two jets in pp collisions at $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B846** (2023) 138223
- [106] "Measurement of Suppression of Large-Radius Jets and Its Dependence on Substructure in Pb+Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02 \text{ TeV}$ with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 172301
- [107] "Observation of Single-Top-Quark Production in Association with a Photon Using the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 181901
- [108] "Luminosity determination in pp collisions at $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ using the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 982
- [109] "Search for exclusive Higgs and Z boson decays to $\omega\gamma$ and Higgs boson decays to $K^*\gamma$ with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B847** (2023) 138292
- [110] "Search for periodic signals in the dielectron and diphoton invariant mass spectra using 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2023) 079
- [111] "Measurement of the $B_s^0 \rightarrow \mu\mu$ effective lifetime with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **09** (2023) 199
- [112] "Search for heavy long-lived multi-charged particles in the full LHC Run 2 pp collision data at $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ using the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B847** (2023) 138316
- [113] "Measurement of the Higgs boson mass with $H\rightarrow\gamma\gamma$ decays in 140 fb^{-1} of $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B847** (2023) 138315
- [114] "Search for pair production of third-generation leptoquarks decaying into a bottom quark and a τ -lepton with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 1075
- [115] "Search for non-resonant production of semi-visible jets using Run 2 data in ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B848** (2023) 138324
- [116] "Performance of the reconstruction of large impact parameter tracks in the inner detector of ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 1081
- [117] "Search for a new pseudoscalar decaying into a pair of muons in events with a top-quark pair at $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 092007
- [118] "Fast b -tagging at the high-level trigger of the ATLAS experiment in LHC Run 3.", The

ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **18** (2023) P11006

- [119] "Tools for estimating fake/non-prompt lepton backgrounds with the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **18** (2023) T11004
- [120] "Search for direct production of winos and higgsinos in events with two same-charge leptons or three leptons in pp collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2023) 150
- [121] "Search for Dark Photons in Rare Z Boson Decays with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 251801
- [122] "Pursuit of paired dijet resonances in the Run 2 dataset with ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D108** (2023) 112005
- [123] "Search for single vector-like B quark production and decay via $B \rightarrow bH(bb)$ in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2023) 168
- [124] "Search for magnetic monopoles and stable particles with high electric charges in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2023) 112
- [125] "Measurement of the $t\bar{t}$ cross section and its ratio to the Z production cross section using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B848** (2023) 138376
- [126] "Search for the $Z\gamma$ decay mode of new high-mass resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B848** (2023) 138394
- [127] "Search for heavy Majorana or Dirac neutrinos and right-handed W gauge bosons in final states with charged leptons and jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C83** (2023) 1164
- [128] "Observation of $W\gamma\gamma$ triboson production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B848** (2023) 138400
- [129] "Combined Measurement of the Higgs Boson Mass from the $H \rightarrow \gamma\gamma$ and $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ Decay Channels with the ATLAS Detector Using $\sqrt{s} = 7, 8$, and 13 TeV pp Collision Data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 251802
- [130] "Search for vector-boson resonances decaying into a top quark and a bottom quark using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2023) 073
- [131] "Search for heavy Higgs bosons with flavour-violating couplings in multi-lepton plus b -jets final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2023) 081
- [132] "Search for flavour-changing neutral tqH interactions with $H \rightarrow \gamma\gamma$ in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2023) 195
- [133] "Observation of $WZ\gamma$ Production in pp Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 021802

- [134] "Differential cross-section measurements of the production of four charged leptons in association with two jets using the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **01** (2024) 004
- [135] "Evidence for the Higgs Boson Decay to a Z Boson and a Photon at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 021803
- [136] "Studies of new Higgs boson interactions through nonresonant HH production in the final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **01** (2024) 066
- [137] "Measurement of the $H\rightarrow\gamma\gamma$ and $H\rightarrow ZZ^*\rightarrow 4\ell$ cross-sections in pp collisions at $\sqrt{s}=13.6$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C84** (2024) 78
- [138] "Performance and calibration of quark/gluon-jet taggers using 140 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Chinese Phys. **C48** (2024) 023001
- [139] "Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using LHC Run 2 data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **19** (2024) P0200966
- [140] "Search for top-philic heavy resonances in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C84** (2024) 157
- [141] "Search for non-resonant Higgs boson pair production in the $2b+2\ell+E_T^{\text{miss}}$ final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2024) 037
- [142] "Probing the CP nature of the top-Higgs Yukawa coupling in ttH and tH events with $H\rightarrow b\bar{b}$ decays using the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B848** (2023) 138400
- [143] "Search for pair production of squarks or gluinos decaying via sleptons or weak bosons in final states with two same-sign or three leptons with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2024) 107
- [144] "Search for New Phenomena in Two-Body Invariant Mass Distributions Using Unsupervised Machine Learning for Anomaly Detection at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 081801
- [145] "Search for quantum black hole production in lepton+jet final states using proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D109** (2024) 032010
- [146] "Measurement of the production cross-section of J/ψ and $\psi(2S)$ mesons in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C84** (2024) 169
- [147] "Evidence of pair production of longitudinally polarised vector bosons and study of CP properties in $ZZ\rightarrow 4\ell$ events with the ATLAS detector at $\sqrt{s}=13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2023) 107
- [148] "Search for direct production of electroweakinos in final states with one lepton, jets and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The

ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2023) 167

- [149] "Study of $Z \rightarrow \ell\ell\gamma$ decays at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C84** (2024) 195
- [150] "Search for resonant production of dark quarks in the dijet final state with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2024) 128
- [151] "Search for the decay of the Higgs boson to a Z boson and a light pseudoscalar particle decaying to two photons.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B848** (2024) 138536
- [152] "Measurement of the Centrality Dependence of the Dijet Yield in p+Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 102301
- [153] "Search for a CP-odd Higgs boson decaying into a heavy CP-even Higgs boson and a Z boson in the $\ell\ell tt$ and $\nu b\bar{b}$ final states using 140 fb^{-1} of data collected with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2024) 197
- [154] "A precise measurement of the Z -boson double-differential transverse momentum and rapidity distributions in the full phase space of the decay leptons with the ATLAS experiment at $\sqrt{s} = 8$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. J. **C84** (2024) 315
- [155] "Study of High-Transverse-Momentum Higgs Boson Production in Association with a Vector Boson in the $qqbb$ Final State with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 131802
- [156] "Search for new phenomena with top-quark pairs and large missing transverse momentum using 140 fb^{-1} of pp collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **03** (2024) 139
- [157] "Direct dark matter searches with the full data set of XMASS-I", K. Abe et al. (XMASS Collaboration) Phys. Rev. D **108**, 083022
- [158] "The triggerless data acquisition system of the XENONnT experiment", The XENON collaboration 2023 J. Inst. **18** P07054
- [159] "Measurement of radon emanation and impurity adsorption from argon gas using ultralow radioactive zeolite", Hiroshi Ogawa, Kenta Iyoki, Minoru Matsukura, Toru Wakihara, Ko Abe, Kentaro Miuchi, Saori Umehara 2024 J. Inst. **19** P02004
- [160] "Direction-sensitive dark matter search with three-dimensional vector-type tracking in NEWAGE", Takuya Shimada, Tomonori Ikeda, Satoshi Higashino, Kiseki Nakamura, Ryota Yakabe, Takashi Hashimoto, Hirohisa Ishiura, Takuma Nakamura, Miki Nakazawa, Ryo Kubota, Ayaka Nakayama, Hiroshi Ito, Koichi Ichimura, Ko Abe, Kazuyoshi Kobayashi, Toru Tanimori, Hidetoshi Kubo, Atsushi Takada, Hiroyuki Sekiya, Atsushi Takeda, Kentaro Miuchi PTEP (2023) ptad120
- [161] "First Dark Matter Search with Nuclear Recoils from the XENONnT Experiment", XENON collaboration Phys. Rev. Lett. **131**, 041003, arXiv:2303.14729
- [162] "Directional direct detection of light dark matter up-scattered by cosmic-rays from direction of the Galactic center", Keiko I. Nagao, Satoshi Higashino, Tatsuhiko Naka, Kentaro Miuchi

JCAP07(2023)061,

- [163] “Search for Cosmic-Ray Boosted Sub-GeV Dark Matter Using Recoil Protons at Super-Kamiokande”, The Super-Kamiokande Collaboration, Phys. Rev. Lett. 130, 031802 (2023)
- [164] “Measurement of the cosmogenic neutron yield in Super-Kamiokande with gadolinium loaded water”, M. Shinoki et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 107, 092009 (2023)
- [165] “Search for astrophysical electron antineutrinos in Super-Kamiokande with 0.01wt% gadolinium-loaded water”, M. Harada et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), The Astrophysical Journal Letters, 951:L27 (2023)
- [166] “Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos in the SK-Gd experiment”, S. Sakai et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 109, L011101 (2023)
- [167] “Development of ultra-low mass and high-rate capable RPC based on Diamond-Like Carbon electrodes for MEG II experiment”, Kensuke Yamamoto, Sei Ban, Kei Ieki, Atsuhiko Ochi, Rina Onda, Wataru Ootani, Atsushi Oya, Masato Takahashi, NIM A 1054 (2023), 168450.
- [168] “Operation and performance of the MEG II detector” MEG II Collaboration; K. Afanaciev et al., Eur. Phys. J. C (2024) 84:190.
- [169] “A search for $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ with the first dataset of the MEG II experiment”, MEG II Collaboration; K. Afanaciev et al., Eur. Phys. J. C (2024) 84:216.
- [170] “Operation and performance of the MEG II detector”, MEG II Collaboration; K. Afanaciev et al., Eur. Phys. J. C (2024) 84: 190
- [171] “Performances of a new generation tracking detector: the MEG II cylindrical drift chamber”, A. M. Baldini et al., Eur. Phys. J. C (2024) 84: 473

< 国際研究会講演 >

- [172] “Proton structure of hadrons through DIS and physics at the EIC” Yuji Yamazaki, CNS summer school, Tokyo University (5 Aug 2023) and RIKEN Wako campus (9 Aug 2023)
- [173] “Level-1 Muon Endcap Status”, Junpei Maeda, ATLAS TDAQ Week 2023, Kyoto University, 18-22 September 2023
- [174] “Feasibility study for the new slow-particle trigger using digital readout signals of the LAr calorimeter”, Koya Toji, ATLAS TDAQ Week 2023, Kyoto University, 18-22 September 2023
- [175] “Performance of the new trigger for close-by di-muons in the LHC-ATLAS Run-3”, Tomoe Yamashita, ATLAS TDAQ Week 2023, Kyoto University, 18-22 September 2023
- [176] “Performance Evaluation of Cosmic Muon Detection in EIL4 triplet”, Haruki Morimoto, ATLAS TDAQ Week 2023, Kyoto University, 18-22 September 2023
- [177] “Development of the verification machinery for the firmware logic with the FPGA accelerator”, Ryugo Mizuhiki, Kyoto University, 18-22 September 2023
- [178] “Evaluation of Possibilities of Heterogeneous computing using Machine Learning”, Yui Murata, Kyoto University, 18-22 September 2023
- [179] “EIC/ePIC ZDC development with NP-HEP cooperation in Japan”, Yuji Yamazaki, American

Physical Society Division of Nuclear Physics and Japan Physics Society Fall meeting, Hilton Waikoloa Village, Hawaii Island, USA, 26 Nov – 1 Dec 2023

- [180] "Direction sensitive dark matter search with gaussian TPCs" Satoshi Higashino, UGAP2024, Tohoku University, Sendai, Miyagi, 4th-6th, March, 2024
- [181] "NEWAGE / CYGNUS-KM" Kentaro Miuchi, CYGNUS 2023, 11th - 15th December 2023, Slade Lecture Theatre, School of Physics, University of Sydney, NSW, Australia
- [182] "NEWAGE: direction-sensitive direct dark matter search" Satoshi Higashino, TAUP2023, University of Vienna, Austria, 28 August - 1 September, 2023
- [183] "NEWAGE: direction-sensitive direct dark matter search", Satoshi Higashino, ICRC2023, Nagoya University, Japan, 26 July - 3 August, 2023
- [184] "Radon assay and reduction in underground experiments", Yasuo Takeuchi, UGAP2024, Tohoku University, 4-6 March, 2024, 招待講演
- [185] "Micro Pixel Chamber and MPGDs, Developments and their applications", Atsuhiko Ochi, 1st International Conference on Sensor, Detector, Materials Science and Technologies, Bolu Abant izzet Baysal University, Turkiye, 5 – 7 October, 2023, 招待講演
- [186] "Radiation Hardness Studies of RPC Based on Diamond-Like Carbon Electrodes for MEG II Experiment", Masato Takahashi, 3rd International Conference on Detector Stability and Aging Phenomena in Gaseous Detectors, CERN, Switzerland, 6 – 10 November, 2023
- [187] "New Proposals for Large Track Detectors for FASER II Experiments", Atsuhiko Ochi, RD51 Collaboration Meeting, CERN, Switzerland, 4 – 8 December, 2023
- [188] "Status of DLC-RPC Development for MEG II Experiment", Masato Takahashi, RD51 Collaboration Meeting, CERN, Switzerland, 4 – 8 December, 2023
- [189] "Improvement of the electrode structure for upstream RDC", Hiromu Suzuki, Global Development of Researches in Lepton Flavor Physics with Muons, the University of Tokyo, Japan, 25 – 27 March, 2023
- [190] "Study plan on upstream RDC with muon beam", Masato Takahashi, Global Development of Researches in Lepton Flavor Physics with Muons, the University of Tokyo, Japan, 25 – 27 March, 2023

<国内研究集会講演>

- [191] 「機械学習と新たな計算機資源によるトリガーシステムの可能性」前田順平 学術変革(A)「学習物理」第二回A02班研究会, 2023年8月10日, 東京大学
- [192] 「LHC-ATLAS実験Run-3における近接2ミューオントリガーの動作検証」山下智愛 JPS 2023 年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月19日, 東北大学
- [193] 「素粒子実験におけるヘテロジニアス環境を用いた深層学習トリガー」前田順平 学術変革(A)「学習物理」領域研究会, 2023年9月27日, 東京大学
- [194] 「素粒子実験における機械学習を用いた高速飛跡再構成」村田優衣 第12回神戸大学サイエンスフロンティア研究会, 2023年10月28日, 神戸大学
- [195] 「素粒子実験のためのFPGAロジック検証システムの開発」水引龍吾 第12回神戸大学サイエンスフロンティア研究会, 2023年10月28日, 神戸大学

- [196] 「LHC-ATLAS実験オンライントラッキング改良のためのヘテロジニアス・コンピューティングの研究」村田優衣 第30回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2024年2月19日, 志賀レークホテル
- [197] 「FPGAアクセラレータを用いた新しいファームウェア論理回路検証手法の開発」水引龍吾 第30回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2024年2月20日, 志賀レークホテル
- [198] 「FPGAアクセラレータを用いた新しいファームウェア論理回路検証手法の開発」水引龍吾 JPS 2024年3月 2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月18日, オンライン
- [199] 「LHC-ATLAS 実験 オンライントラッキング改良のためのヘテロジニアスコンピューティングの研究」村田優衣 JPS 2024年3月 2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月21日, オンライン
- [200] 「ピクセルガスTPCを用いた低質量暗黒物質探索への挑戦」東野聡 新学術「地下宇宙」若手研究会 2024年3月 2024年3月7日-8日
- [201] 「地下実験のための低BG検出器性能評価」生井凌太 新学術「地下宇宙」若手研究会 2024年3月 2024年3月7日-8日
- [202] 「ガス飛跡検出器による方向に感度を持つ暗黒物質探索実験」東野聡 令和5年度宇宙線研究所共同利用研究成果発表研究会（東京大学柏キャンパス図書館メディアホール） 2024年2月21日-22日
- [203] 「方向感度を持つ暗黒物質探索のための低BG検出器性能評価」生井凌太 第30回ICEPPシンポジウム 2024年2月 2024年2月18-21日
- [204] 「低質量暗黒物質探索に向けたピクセルガスTPC開発」東野聡 MPGD&Active媒質TPC2023研究会 2023年11月 2023年11月17日-18日
- [205] 「NEWAGE実験のための大型ガスTPCに向けたモジュール型検出器の開発と性能評価」大藤瑞乃 MPGD&Active媒質TPC2023研究会 2023年11月 2023年11月17日-18日
- [206] 「方向感度を持つ暗黒物質探索のための低BG検出器性能評価」生井凌太 MPGD&Active媒質TPC2023研究会 2023年11月 2023年11月17日-18日
- [207] 「NEWAGE実験79:大型ガスチェンバーのためのモジュール型検出器開発」大藤瑞乃 JPS 2024年3月 2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月20日, オンライン
- [208] 「NEWAGE実験78:低BG検出器を用いた方向感度を持つ暗黒物質探索地下実験」東野聡 JPS 2024年3月 2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月20日, オンライン
- [209] 「NEWAGE実験77:地下実験のための低BG検出器性能評価」生井凌太 JPS 2024年3月、2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月20日, オンライン
- [210] 「低質量暗黒物質探索に向けたピクセルガスTPC開発」東野聡 JPS 2024年3月、2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月18日, オンライン
- [211] 「NEWAGE実験75:大型ガスTPCを用いた方向感度を持つ暗黒物質探索地下実験」、東野聡 JPS 2023年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月16日, 東北大学
- [212] 「NEWAGE実験74:大型ガスTPCにおけるモジュール型検出器の地上実験」大藤瑞乃 JPS 2023年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月16日, 東北大学
- [213] 「NEWAGE実験74:方向感度を持つ暗黒物質探索のための低BG検出器性能評価」生井凌太 JPS 2023年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月16日, 東北大学
- [214] 「暗黒物質直接探索の現状と将来」(招待講演)、身内賢太朗、2024年日本物理学会春季大会 2024年3月21日
- [215] 「ガスアルゴンTPCによる原子核反跳に伴ったミグダル効果観測実験」、身内賢太朗、2024年日

本物理学会春季大会 2023年3月20日(20aV1-4), オンライン

- [216] 「暗黒物質直接探索実験の現状」(招待講演)、身内賢太郎、Nov 12-15, 2023 Aso Workshop on Particle Physics and Cosmology 2023
- [217] 「暗黒物質直接探索の現状」(招待講演)、身内賢太郎、 Aug 28, 2023 基研研究会 素粒子物理学の進展2023 (PPP2023)
- [218] 「常温活性炭を用いた空气中Rn除去性能の検証」高木優祐 JPS 2023年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月18日, 東北大学
- [219] 「Offline system for the MEG II experiment」内山雄祐, 計算機ワークショップ2023 for Experimental and Theoretical Physics, 2023年4月27日, 東京大学
- [220] 「MEG II実験DLC-RPCの放射線耐性と動作安定性の研究」高橋真斗 JPS 2023年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月17日, 東北大学
- [221] 「MEG II実験DLC-RPCの放射線耐性と動作安定性の研究」鈴木大夢 JPS 2023年9月、2023年日本物理学会年次大会(秋), 2023年9月17日, 東北大学
- [222] 「大強度X線を使用したMEG II実験DLC-RPCの劣化試験」高橋真斗 第20回MPGD&第7回アクティブ媒質TPC合同研究会, 2023年11月18日, 東北大学
- [223] 「MPGD開発についての海外の状況—DRD1発足に向けて」越智敦彦 第20回MPGD&第7回アクティブ媒質TPC合同研究会, 2023年11月18日, 東北大学
- [224] 「MEG II実験背景事象抑制に向けたDLC-RPCの開発—電極構造の改良と性能評価—」鈴木大夢 JPS 2024年3月 2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月21日, オンライン
- [225] 「MEG II実験背景事象抑制に向けたDLC-RPCの開発—新型モジュールの設計と製作—」高橋真斗 JPS 2024年3月 2024年日本物理学会春季大会, 2024年3月21日, オンライン
- [226] 「MEG II実験DLC-RPCの加速劣化試験」高橋真斗 神戸大学研究基盤センター若手フロンティア研究会2023, 2023年12月26日, 神戸大学
- [227] 「MEG II実験における輻射崩壊同定のためのDLC-RPCの電極構造の開発」鈴木大夢 第30回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2024年2月19日, 志賀レークホテル

<アウトリーチ>

- [228] 前田順平, 第6回粒子物理コンピューティングサマースクール (PPCC-SS-2023)「多変量解析TMVA」「ソフトウェア開発・GitLab」「計算機実習」, 高エネルギー加速器研究機構, 2023年7月31日~8月4日
- [229] 山崎祐司 出前講義「世界最大の加速器と超高感度地下実験で探る素粒子と宇宙の謎」, 2022年10月25日, 三重県立四日市高校
- [230] 竹内康雄, 「地底から探る素粒子と宇宙の謎」, 神戸海星女子学院 模擬授業, 2023年11月16日
- [231] 前田順平 日本学術振興会研究拠点形成事業「AI-Smart」: ML on FPGA school 講義「機械学習のFPGA実装」, 2024年3月1日
- [232] 身内賢太郎 Yumenavi ミニ講義「宇宙を満たす謎の物質ダークマター その正体を暴く!」, 2024年3月

<著書>

- [233] Y. Yamazaki (共著), "The Future of the Large Hadron Collider, A Super-Accelerator with Multiple Possible Lives", Edited by O. Bruening, M. Klein, L. Rossi and P. Spagnolo, 2023, World Copyright © 2024, Graduate School of Science, Kobe University, All rights reserved 73

3.6. 極限物性物理学

極限物性物理学教育研究分野では、強磁場・極低温・高圧下のテラヘルツ電子スピン共鳴 (ESR) の装置開発とその物性への応用を推進している。強磁場テラヘルツ ESR 装置開発では、55T パルス強磁場と、後進行波管(BWO)をはじめとした高周波光源を用いて、強磁場でかつ、広帯域電磁波による ESR 測定を可能にしている。さらに 15T 超伝導磁石や 10T スプリット超伝導磁石を用いてマイクロ機械デバイスによるテラヘルツ超精密 ESR 測定装置の開発を進めている。また、従来の光検出とは異なる熱検出 ESR 測定の開発に成功し、今後広範囲な物質の測定が可能になると期待されている。さらには、高圧下テラヘルツ ESR 測定法の開発を世界に先駆けて成功させ、より高い圧力へと発展させている。これらの強磁場・極低温・高圧下のテラヘルツ ESR 装置を用いて、磁場・温度・圧力に加えて精密角度依存性測定など多様な実験手法を用いて、量子スピン系やスピンプラストレーション系などの低次元磁性体などのいわゆる"磁性体"をはじめとして、生態機能を発現させる金属タンパク質の機能中心金属の電子状態の研究を進めている。2023 年度も引き続き、3D プリンターを用いたパルス強磁場 ESR 装置の開発や多重極限テラヘルツ ESR の開発を推進した。研究基盤センターの櫻井と協力して高圧領域の測定開発を、さらに、大道は福井大学遠赤外領域開発研究センターと協力してメンブレン力検出型 ESR の高出力光源のジャイロトロンへの応用も推進した。また、研究基盤センターの原も極限物性の研究活動に引き続き参画している。太田、大道、大久保と櫻井は多重極限強磁場 ESR および強磁場下マイクロ計測等の開発を進め、阪大、東北大、福井大との共同研究を通じて強磁場コミュニティ内で強磁場施設としての役割を引き続き担っている。そして、2013 年から始めた西日本における強磁場研究拠点強化に向けた、分子フォトサイエンス研究センター、大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター、大阪府立大学研究推進機構強磁場環境利用研究センターと福井大学遠赤外領域開発研究センターとの間の相互学術交流協定-KOFUC(Kobe Osaka Fukui University Network)ネットワークを継続し、強磁場実験入門セミナーや研究会の開催など学術交流をすすめている。太田、大久保、大道は平成 29 年度から行われている分子フォトサイエンス研究センターの共同利用研究のホストとして、広く国内外、学内の 13 の研究グループと共同研究を行っている。太田は International EPR Society (IES) Associate Editor Asia-Pacific、Asia-Pacific EPR/ESR Society (Advisory Council Member), Advisory Board of Applied Magnetic Resonance、Spin2023 Local Organizing Committee および電子スピンサイエンス学会 (SEST, 事務局) などの活動を通じて、引き続き国内外の電子スピン共鳴に関連する学会で中心的な役割を果たしている。さらに、テラヘルツから赤外線領域の研究発展を指導する日本赤外線学会の会長、日本赤外線学会新編編集委員会委員長を太田が、総務幹事と理事を大久保が、表彰委員幹事を大道がつとめている。また、太田は湯川記念財団理事、湯川記念財団望月基金運営委員会委員長などをつとめた。大久保は第 62 回電子スピンサイエンス学会年会大会委員長、分子フォトサイエンス研究センターの共同利用研究公募委員会委員長をつとめている。さらに日本物理学会 Jr セッション審査委員として太田と大久保がつとめている。最後に 2023 年度の受賞に関して、学生では博士 2 年の小路がテラヘルツ科学の最先端 X で優秀学生発表賞、第 62 回電子スピンサイエンス学会年会で優秀発表賞、第 32 回日本赤外線学会研究発表で優秀発表賞を受賞した。また、滝川が神戸大学理学研究科物理学専攻の修士論文優秀発表賞を受賞した。平田は神戸大学理学部物理学科の成績優秀賞を受賞した。

3.6.1 量子スピン系の強磁場 ESR による研究

メンバー：太田、大久保、川村、光元、櫻井（研究基盤セ）、原（研究基盤セ）、松本（静岡大）、栗田（東工大）、田中（東工大）、稲垣（岡山理大）、小山（鹿児島大）、菊池（福井大）、山本（東工大）、東（東工大）

参考文献：[1] - [4] 講演：[9]-[22]

量子スピン系は強い量子性のため低温においても長距離秩序化が妨げられ、特異な基底状態や新奇な量子相が現れる。我々は、強磁場を用いることで飽和磁場に至る全磁場相やテラヘルツに至るまでの広帯域の励起エネルギーを用いた強磁場テラヘルツ ESR 測定によって、高いエネルギー分解能で基底状態からの磁気励起の観測を行なっている。

近年注目されているスピントクスチャーの skyrmion やマルチフェロックを生み出す交差相関の源となっている Dzyaloshinski-Moriya (DM) 相互作用を考案した Dzyaloshinski 氏が 2021 年に亡くなったのを受けて、日本物理学会の英文誌の J. Phys. Soc. Jpn. で物理学における DM 相互作用の特集が組まれた。太田は量子スピン系における DM 相互作用に関する記事を執筆した。数多くの量子スピン系やスピンプラストレーション系において、DM 相互作用は磁気異方性を担う重要な相互作用として、これまでの数多くの研究で現れる DM 相互作用について報告した[1][10]。

鉄イオンは軌道の寄与が大きく働き、磁性だけでなく化学、生体物質として大変興味深い機能性を有する。Fe²⁺が強磁性的な一次元鎖を形成し、その一次元鎖が反強磁性的な相互作用を持つスピン系物質 CsFeCl₃ の磁性は低温低磁場では擬スピン $S=1/2$ でよく記述できるが、強磁場で現れるメタ磁性転移 H_{c2}=32T は単純なスピンでは記述できず、軌道の寄与を考慮しなければならない。瀬川は、CsFeCl₃ の強磁場 ESR 測定により、転移磁場 H_{c2} 前後の ESR モードを同定し、伊達モデルとの比較検討を行った。さらに、シングルスایت、2 スピン強磁性モデル、3 スピン反強磁性モデルの各準位の磁場依存性の厳密対角化の計算を行い、いずれの場合も $J=2$ の準位は H_{c2} では最低エネルギーにはならないことを示した。このことにより、CsFeCl₃ はより複雑なモデルを考案する必要があることが明らかになった[2][13-18]。

低次元スピン系である CuHpCl は低温において量子スピン液体状態をとる。この系の強磁場 ESR によるスピン液体状態に関して、稲垣らと研究を進めている[3]。

高压合成で合成されるマルチフェロック物質 BiFe_{1-x}Co_xO₃ の多周波数 ESR による研究を東工大の東、山本らと行っている[11]。

テラヘルツ光パルス強磁場装置の高感度化にむけて装置開発を引き続き行っている。3D プリンターを用いた高速開発の手法[4][12]や光学素子のための反射膜の研究[20]を行っている。

スピンプラストレーションに関連して近年、プラストレーションが導くトポロジカル安定な構造体であるスピントクスチャがナノスケールサイズで現れることに注目されている。このプラストレーション起源のトポロジカル励起には Z₂ 渦やスカーミオン、3 次元的なテクスチャとしてヘッジホッグなど様々提案され、検証されつつある。川村は、トポロジカル励起として現れるスピントクスチャが DM 相互作用由来でないものについて精力的に研究を進めている。RKKY 相互作用を持つ三角格子反強磁性体に対して、スカーミオン格子結晶が現れることや磁気相図と多重 Q 秩序を見出した[21,22]。

太田は、スピン系における Dzyaloshinski-Moriya 相互作用に関して、KAZAN science week 2023, Online (Kazan, Russia) (2023.9.25-30) で招待講演として発表 [9]、さらに第 19 回量子スピン系研究会・福井大学遠赤外領域開発研究センター (2024.2.21-22) で発表している[10]。

3.6.2 ジャイロトロンとナノアンテナ用いたテラヘルツ領域における新しい ESR 測定法 (大道先生)

メンバー：太田、大久保、大道、石川 (福井大)、光藤 (福井大)、藤井 (福井大)

参考文献：[5] 講演：[23]-[37]

福井大学に設置されている高出力テラヘルツ光源であるジャイロトロンを用いた力検出型 ESR 測定法の開発を行った。測定は福井大学の石川助教、藤井准教授、光藤教授と共同で行った。昨年度、室温下において 108-216 GHz の周波数範囲で ESR 信号の検出に成功したので、本年度は 2 次高調波を用いてより高周波数領域における ESR 信号検出を目指した。検出感度を向上するため、本年度は円形導波管を用いた測定プローブからコルゲート導波管を用いた測定プローブに変更した。その結果、初めて 2 次高調波発振モードを用いた ESR 信号検出に成功した。具体的には、294, 300, 333, 364, 394 GHz において信号検出に成功し、測定可能周波数範囲は約 2 倍広がった。この測定ではヘリウムガスフロークライオスタットを用いて約 11 K でおこなった。今後は、2 次高調波発振モードを用いた ESR 信号検出を室温付近でも可能にし、金属タンパク質溶液試料への応用に向けた装置開発を継続していく必要がある。

また、局所的な電磁波強度を増強することで ESR 測定の検出感度を改善する方法としてテラヘルツ帯で動作するナノアンテナに着目した。具体的にはディアボロ型アンテナと呼ばれる平面金属構造のアンテナを用いることで約 100 倍程度の振動磁場成分の増強が可能になる。今年度は CST Studio suite を用いてディアボロ型アンテナ形状の最適化並びに作製技術の開発を行った。従来のディアボロ型アンテナは動作域が狭いという欠点があったが、2 つのディアボロ型アンテナを重ねた構造を考案することで動作周波数域を 2 倍以上拡張することに成功した。また、実際にディアボロ型アンテナを作製するため、シリコン窒化膜メンブレンを活用したステンシルマスク作製技術を開発した。電子線描画装置を用いて任意形状のステンシルマスク作製が可能になったことから、今後は測定毎に最適化されたディアボロ型アンテナの作

製が可能になる。今後は、実際に作製したアンテナが電磁波解析で期待される振る舞いを示すかどうかにか
実験的に検証していく必要がある。

また、大道は第 62 回電子スピンスイエンズ学会年会 (SEST2023) のシンポジウムにおいて招待講演を行
った。また、D2 学生の小路悠斗氏は International Society of Magnetic Resonance (ISMAR2023, Brisbane)
と 48th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz2023,
Montreal) において口頭発表を行った。また、電子スピンスイエンズ学会年会優秀発表賞、第 12 回日本
赤外線学会優秀発表賞、テラヘルツ科学の最先端 X 優秀学生発表賞を受賞した。

3.6.3 高圧下 THz ESR 測定装置の開発とその応用 (櫻井先生)

メンバー：太田、大道、大久保、鍋田、濱田、櫻井 (研究基盤セ)、原 (研究基盤セ)、嵯峨 (研究基盤セ)、
上床 (物性研)、萩原 (阪大)、鳴海 (阪大)、岡村 (徳島大)、神戸 (岡山大)、藤原 (岡山大)、石川 (福
井大)、D. Kamenskyi (Augsburg 大)

参考文献：[6] 講演：[38]-[46]

高圧下 THz ESR は、高圧、強磁場、極低温という多重極限環境下において発現する新奇量子現象の探
索、解明に非常に有用である。海外を含む複数の研究者との共同研究を中心に進めている。岡山大学の神
戸准教授とはアルカリ超酸化磁性体 CsO_2 の高圧下 THz ESR 測定を行った。磁化測定により示唆され
ていた加圧に伴う反強磁性体への相転移が明瞭に観測され、圧力下での反強磁性共鳴モードの観測に成功
した。大阪大学の萩原教授とは 2 本足梯子物質である銅錯体 DLCB の高圧 THz ESR 測定を開始した。本
物質は量子臨界点近傍にあり、加圧により大きな磁性の変化が期待されるが、現状では顕著な圧力効果は
見出せていない。圧力印加により 3 次元ディラック半金属になることが期待されている黒リンの高圧サイ
クロトロン共鳴測定を徳島大学の岡村教授と行った。その結果、常圧では $0.22 m_0$ であった有効質量が、
1 GPa までの圧力印加で約 $0.09 m_0$ にまで減少することがわかった。更に臨界圧力とされる 1.2 GPa 以上
では、量子振動を思わせる振動モードが観測された。ドイツ Augsburg 大学の Kamenskyi 博士とは、 Er^{3+}
化合物 $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$ の圧力効果の研究を開始した。本物質は強い磁歪を示すため、顕著な圧力効果が期待
される。圧力下での磁化測定から、加圧に伴って磁化が増大することがわかった。

更に、現在の我々の高圧下 ESR 装置では到達できない、より高い圧力下での ESR 測定を可能とするた
め、岡山大学の藤原研究教授と共同で、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いた窒素空孔 (NV) 中心
の光検出磁気共鳴 (ODMR) を利用した新しい高圧下 ESR 測定装置の開発を開始した。その第一段階と
して、DAC 中にある NV 中心の ODMR 信号の観測に成功した。

パルス強磁場下で高圧下 ESR 測定が出来れば、飛躍的に磁場領域を拡張することが出来る。大阪大学
鳴海准教授とはパルス強磁場下での高圧下 ESR 装置を開発している。最大の課題は、磁石のボアが小さ
いため圧力セル内の試料空間が小さくなり、電磁波の透過度が減少することである。内部部品を検討し、
電磁波透過度の高いサファイアを一部用いることで、感度が向上する可能性を見出した。

福井大石川助教とは、高強度 THz 光源であるジャイロトロンを用い、高圧下 ESR 測定の感度の向上を
試みている。圧力セル内にある DPPH の信号の観測に室温下において成功した。また 0.172 THz での duty
比依存性においては、4 % 以上で信号強度に飽和傾向が観測された。

上記共同研究に加え、新しい高圧下 ESR 測定手法の開発も進めている。高圧下熱検出 ESR の開発では、
その測定原理が交流比熱測定とほぼ同じであることを利用し、ESR 試料の近傍に超伝導体 Pb を配置し、
交流比熱測定によりその超伝導転移の検出を試みた。その結果、転移温度を検出することに成功した。こ
の転移温度の観測は圧力較正に利用可能である。

3.6.4 SQUID 磁気測定装置を用いた共同研究

メンバー：太田、大久保、菅原 (物理)、松岡 (物理)、宇田 (山形大)、小池 (山形大)、稲葉 (山形大)、
加藤 (山形大)、板倉 (九州大)、土浦 (東北大)

参考文献：[7]-[8]

学術創成研究費で平成 21 年に導入された SQUID 磁気測定装置はこれまで学内の理学研究科物理・化
学専攻の研究者に幅広く共同研究として利用してもらっていたが、今年度より研究基盤センターへ移管し
た。この装置は 2017 年から行っている分子フォトサイエンス研究センターの共同利用・共同研究プログ
ラムの実験装置の枠組みから外れることとなり、学内利用者は研究基盤センターの装置として利用でき
ることとした。これまでの共同研究によって、物理学専攻の松岡・菅原グループによる成果が論文として出

版された（詳細は当該教育研究部門の項目を参照）[8]。一方、学外と行っている共同研究の一環で SQUID 磁気測定装置による研究は引き続き行っており、山形大学の小池邦博と協力して強磁性体薄膜 Nd-Fe-B/Mo/FeCo の磁気異方性向上のための研究を進めている[7]。

3.6.5 その他（大久保先生記入済み）

メンバー：太田、大久保

講演：[47], [48]

太田と大久保は国内の ESR コミュニティー、強磁場コミュニティの活動の一環として、研究・教育レベル向上のための初学者向けのセミナーを行なっている。太田は電子スピンスイエンズ学会が主催する第 18 回 ESR 入門セミナー・大学セミナーハウス（八王子）（2023.5.19-21）の講師として固体 ESR 測定についてのセミナーを行っている[47]。大久保は西日本パルス強磁場研究拠点 KOFUC ネットワークが主催する第九回強磁場実験入門セミナー・大阪公立大学中百舌鳥キャンパス（ハイブリッド）（2023.5.12）の講師として強磁場発生法に関するセミナーを行っている[48]。

<参考文献>

- [1] H. Ohta, “Experimental Studies of Dzyaloshinskii–Moriya Interaction in Quantum Spin Systems: High-frequency High-field Electron Spin Resonance (ESR) Measurements”, J. Phys. Soc Jpn. 92, 081003/1-19, (2023)
- [2] S. Okubo, K. Segawa, K. Naka, T. Suzuki, S. Hara, T. Sakurai, H. Ohta, M. Matsumoto, N. Kurita and H. Tanaka, “High Frequency ESR Measurements of S=1 Spin Gap System CsFeCl₃”, P JPS Conf. Proc. 38, 011137/1-5, (2023)
- [3] Y. Inagaki, T. Sakurai, M. Yoshida, S. Okubo, H. Kikuchi, K. Koyama and H. Ohta, “High-field ESR Spectroscopy of a Quantum Spin Liquid System CuHpCl”, JPS Conf. Proc., 38, 011141, (2023)
- [4] K. Segawa, S. Hara, T. Sakurai, S. Okubo, H. Ohta, M. Matsumoto, N. Kurita, and H. Tanaka, “Development of Terahertz ESR System using 3D Printers”, J. Jpn. Soc. Infrared Science & Technology, 33 No.1, 71-78, (2023)
- [5] Y. Ishikawa, H. Takahashi, A. Okutani, K. Hayashi, T. Sano, K. Hirozawa, T. Ito, S. Masuda, E. Ohmichi, H. Ohta, Y. Tatematsu, T. Asano, H. Kikuchi, Y. Fujii, and S. Mitsudo, “S Multifrequency electron spin resonance using a high-power light source compact gyrotron and force-detection system”, J. Phys.: Conf. Proceedings, 38, 11192, (2023)
- [6] T. Sakurai, R. Takehara, N. Nagasawa, H. Takahashi, M. Saga, K. Takahashi, S. Okubo and H. Ohta, “Pressure Effect of Spin Gap Substance Cu₂(C₅H₁₂N₂)₂Cl₄”, JPS Conf. Proc, 38, 011145, (2023)
- [7] R. Uda, K. Koike, N. Inaba, H. Kato, M. Itakura, S. Okubo, H. Ohta and H. Tsuchiura, “Maximum energy product of exchange-coupled Sm(FeCo)₁₂/α-Fe nanocomposite particle”, AIP Advances, 13, 025311, (2023)
- [8] E. Matsuoka, H. Sugawara, T. Sakurai, and H. Ohta, “Low-Temperature Magnetic and Transport Properties of a New Orthorhombic Compound CePt₃Sn₂”, JPS Conf. Proc., 38, 011086, (2023)

<講演>

- [9] H. Ohta
“THz ESR applications to the study of Dzyaloshinsky-Moriya interaction in quantum spin systems”
KAZAN Science week 2023, On-line (Kazan, Russia) (2023.9.25-30) (Invited/Plenary)
- [10] 太田仁
“DM 相互作用と量子スピン系の ESR”
第 19 回量子スピン系研究会・福井大学遠赤外領域開発研究センター（2024.2.21-22）（口頭）
- [11] 大久保晋、森満新、櫻井敬博、原茂生、太田仁、山本孟、東正樹
“マルチフェロイック物質 BiFe_{1-x}Co_xO₃ の多周波 ESR 測定”
第 62 回電子スピンスイエンズ学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館（2023.11.2-4）（口頭）
- [12] 大久保晋、瀬川和磨、石井俊介、大島健太郎、原茂生、櫻井敬博、太田仁、糸井健人、菜嶋茂喜、松本正茂、栗田伸之、田中数秀

“ラピッドプロトタイピングによるテラヘルツ ESR 装置の開発”

第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (口頭)

- [13] 大久保晋、瀬川和磨、原茂生、櫻井敬博、太田仁、松本正茂、栗田伸之、田中秀数
“CsFeCl₃ の強磁場 ESR 測定”

第 19 回量子スピン系研究会・福井大学遠赤外領域開発研究センター (2024.2.21-22) (口頭)

- [14] S. Okubo

“High Field Electron Spin Resonance (ESR) Studies of Quantum Spin Systems”

First Symposium of “Asian Research Network for Terahertz Molecular Science”, Kobe University, Kobe (2024.3.14-16) (Invited)

- [15] 瀬川和磨、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、松本正茂、栗田伸之、田中秀数
“CsFeCl₃ の強磁場 ESR 測定 II”

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)・東北大学 (2023.9.16-19) (口頭)

- [16] 瀬川和磨、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、松本正茂、栗田伸之、田中秀数
“CsFeCl₃ の強磁場 ESR 測定 II”

第十回西日本強磁場科学研究会 (第一回東西日本強磁場科学研究会)・東北大学金属材料研究所 (2023.9.19) (口頭)

- [17] 瀬川和磨、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、松本正茂、栗田伸之、田中秀数
“CsFeCl₃ の多周波強磁場 ESR 測定”

第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (口頭)

- [18] 瀬川和磨、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、松本正茂、栗田伸之、田中秀数
“CsFeCl₃ のテラヘルツ光強磁場 ESR 測定”

第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (口頭)

- [19] 石井俊介、瀬川和磨、糸井健人、菜嶋茂喜、大久保晋、太田仁
“3D プリンターで作る光学素子に向けた反射膜の研究”

第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (ポスター)

- [20] 石井俊介、瀬川和磨、糸井健人、菜嶋茂喜、大久保晋、太田仁
“3D プリンターで作る光学素子に向けた反射膜の研究”

若手フロンティア研究会 2023・神戸大学 百年記念館 (2023.12.6) (ポスター)

- [21] 川村光

“1 軸磁気異方性を有する 3 角格子ハイゼンベルグ磁性体の温度 - 磁場相図と多重 Q 秩序”

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)・東北大学 (2023.9.16-19) (口頭)

- [22] H. Kawamura

“Nature of frustration-induced symmetric skyrmion lattice - Effects of three-dimensionality, magnetic anisotropy and long-range RKKY interaction”

Highly Frustrated Magnetism (HFM) 2024, IIT Madras, Chennai, India (2024.1.8-13) (Oral)

- [23] H. Ohta, H. Takahashi and E. Ohmichi

“Developments of highly-sensitive mechanically detected THz ESR”

The 9th International Conference on Nitroxide Radicals (SPIN-2023), Keio University Hiyoshi-campus, Tokyo (2023.9.24-28) (Oral)

- [24] 大道英二

“ジャイロトロンを用いた力検出型 THz ESR の開発と応用”

第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (口頭)

- [25] Yuto Shoji, Eiji Ohmichi, Hideyuki Takahashi, and Hitoshi Ohta

“Rapid-Scan High-Resolution Frequency-Domain THz Spectroscopy with Dynamical Phase Control”

48th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz2023), Montreal Canada (2023.9.17-22) (Oral)

- [26] Y. Shoji, E. Ohmichi, H. Takahashi, and H. Ohta
 “Broad electron spin resonance spectroscopy using terahertz photomixers”
 International Society of Magnetic Resonance ISMAR2023, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, Australia (2023.8.20-25) (Oral)
- [27] 小路悠斗、大道英二、高橋英幸、太田仁
 “連続波長可変テラヘルツ光源を用いた電子スピン共鳴分光法の開発”
 第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (口頭)
- [28] 小泉一樹、大道英二、太田仁
 “アミロイド β -金属イオン間相互作用の ESR 分光”
 第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (ポスター)
- [29] 滝川稜人、伊郷祐馬、大道英二、太田仁
 “テラヘルツ領域における振動磁場増強ディラック型ナノアンテナの設計”
 第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (ポスター)
- [30] 伊郷祐馬、滝川稜人、大道英二、太田仁
 “テラヘルツ帯 ESR 測定用ディラック型アンテナの作製”
 第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (ポスター)
- [31] 小島大輝、大道英二、太田仁
 “溶液試料における熱的検出テラヘルツ ESR 分光法の開発”
 第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (ポスター)
- [32] 伊郷祐馬、滝川稜人、大道英二、太田仁
 “テラヘルツ帯ディラック型アンテナの作製とシミュレーション”
 第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (ポスター)
- [33] 小路悠斗、大道英二、高橋英幸、太田仁
 “フォトミキシング光源を用いた広帯域・高分解能テラヘルツ帯ガス分光法の開発”
 第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (ポスター)
- [34] 小島大輝、大道英二、太田仁
 “抵抗温度センサーを用いた溶液試料における熱的検出 ESR 分光法の開発”
 第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (ポスター)
- [35] 小路悠斗、大道英二、高橋英幸、太田仁
 “高速高分解能周波数掃引型テラヘルツ分光法の開発とガス分光応用”
 テラヘルツ科学の最先端 X・東北電気通信研究所ナノ・スピン総合研究棟 (2023.12.20-21) (口頭)
- [36] 伊郷祐馬、滝川稜人、大道英二、太田仁
 “テラヘルツ帯 ESR 測定用ディラック型アンテナの特性評価と作製”
 若手フロンティア研究会 2023・神戸大学 百年記念館 (2023.12.6) (ポスター)
- [37] 小島大輝、大道英二、太田仁
 “溶液試料における熱的検出 ESR 分光法の開発”
 若手フロンティア研究会 2023・神戸大学 百年記念館 (2023.12.6) (ポスター)
- [38] H. Ohta, S. Okubo, E. Ohmichi, T. Sakurai, H. Takahashi, S. Hara
 “Recent Developments and Applications of Multi-extreme THz ESR”
 International Society of Magnetic Resonance ISMAR2023, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, Australia (2023.8.20-25) (Oral)
- [39] 太田仁、櫻井敬博、大道英二、大久保晋
 “多重極限強磁場 THz ESR の開発と展望”

第 17 回強磁場フォーラム総会・東北大学金属材料研究所 (2023.12.7-8) (口頭)

[40] 太田仁

“多重極限 THz ESR の開発とその展望”

研究会「スピンを視て操る (ESR 研究最前線)」・分子科学研究所 明大寺キャンパス (2023.12.9-10) (口頭)

[41] 櫻井敬博、高橋英幸、大道英二、大久保晋、太田仁、上床美也

“圧力下 THz ESR の開発と応用”

第 62 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2023・神戸大学 百年記念館 (2023.11.2-4) (口頭)

[42] 鍋田百花、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、岡村英一

“黒リンの圧力下サイクロトロン共鳴による研究”

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)・東北大学 (2023.9.16-19) (ポスター)

[43] 鍋田百花、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、岡村英一

“黒リンの圧力下サイクロトロン共鳴による研究”

第十回西日本強磁場科学研究会 (第一回東西日本強磁場科学研究会)・東北大学金属材料研究所 (2023.9.19) (ポスター)

[44] 鍋田百花、櫻井敬博、松岡英一、菅原仁、大久保晋、太田仁、岡村英一

“黒リンの圧力下サイクロトロン共鳴による研究”

第 32 回 (2023 年度) 日本赤外線学会研究発表会・関西大学梅田キャンパス ミライズ (2023.11.9-10) (ポスター)

[45] 鍋田百花、櫻井敬博、松岡英一、菅原仁、大久保晋、太田仁、岡村英一

“黒リンの圧力下 THz サイクロトロン共鳴測定”

若手フロンティア研究会 2023・神戸大学 百年記念館 (2023.12.6) (ポスター)

[46] 濱田優翔、櫻井敬博、嵯峨慎、大久保晋、太田仁

“量子磁性体の圧力下 THz ESR による研究”

若手フロンティア研究会 2023・神戸大学 百年記念館 (2023.12.6) (ポスター)

[47] 太田仁

“超入門”

第 18 回 ESR 入門セミナー・大学セミナーハウス (八王子) (2023.5.19-21) (招待/社会的貢献)

[48] 大久保晋

“強磁場発生の歴史”

第九回強磁場実験入門セミナー・大阪公立大学中百舌鳥キャンパス (ハイブリッド) (2023.5.12) (口頭)

3.7. 低温物性物理学

本教育研究分野では希土類元素・アクチノイドや遷移金属を主たる構成要素として含む化合物が、電子間の強いクーロン相互作用に基づいて示す多様でエキゾチックな物性 (磁気秩序, 重い電子状態, 超伝導, 非フェルミ液体, 多極子秩序, など) の発現機構を微視的な立場から明らかにする目的で、NMR (核磁気共鳴) や NQR (核四重極共鳴) を中心とし、高圧マクロ測定なども含め、実験的手法により研究している。小手川は最近遷移金属化合物の新規化合物の合成や物性評価に力を入れており、反強磁性で生じるゼロ磁場異常ホール効果について、大きな成果を出している

研究環境としては超高压 (4.5 GPa)・強磁場 (17 テスラ定常磁場)・極低温 (100 mK) を作り出す装置を有しマクロ測定・NMR 測定ができる。小手川を中心に電子物性物理学研究室と協力し遷移金属化合物の新規試料の作成も試みている。

[研究] 藤は、本年は磁氣的 2 チャンネル近藤効果を示すと考えられている $\text{NdCo}_2\text{Zn}_{20}$ 及び関連物質の NMR 実験と電流誘起磁化を示す UNi_4B の低温での磁気秩序状態の NMR 信号探索を中心に研究を行った。

小手川は非共伴空間群に属する物質を中心に新たなd電子系単結晶試料を作製と圧力誘起新奇相の探索を行った。とくにNbMnPでは反強磁性体においてゼロ磁場異常ホール効果を発見するなど新たな分野の開拓を行っている。

[専攻内共同研究] 電子物性研究室の協力を得て作製された試料の圧力下バルク測定、NMR測定を行っている。また、SQUID磁束計による測定では極限物性研究室との共同研究や、バンド計算では量子物性論研究室と共同研究が進んでいる。

[国際共同研究] 最近小手川が精力的に研究をしているMn化合物ではOak Ridge National Laboratoryとの共同研究などがある。

研究グループの主たる研究テーマとしては以下に挙げるとおりである。

3.7.1 重い電子化合物の強相関電子物性

Ce系(4f¹), Pr系(4f²), U系(5f²)化合物が示す多様な強相関電子物性(磁気秩序, 重いフェルミ液体, 重い電子超伝導, 非フェルミ液体, 価数揺動, 多極子秩序, など)の発現を制御している因子をNMRおよびNQRを用いて微視的に研究している。

1. RT₂Al₂₀系(R=Pr)およびNdCo₂Zn₂₀の多極子自由度に関する研究 講演:[8,13,14]

メンバー: 室岡 (M2) 笹木 (M2), 小手川、藤、鬼丸(広島大)、久保 (岡山理科大)、東中(首都大)

NdCo₂Al₂₀ および(Y_{0.9}Nd_{0.1})Co₂Al₂₀ (Y_{0.9}Pr_{0.1})Co₂Al₂₀ 多結晶および単結晶試料のCo-NMR/NQR実験をおこなった。Ndの磁気双極子の揺らぎは核磁気共鳴で直接検出できる。Nd希薄系Y_{0.95}Nd_{0.05}Co₂Zn₂₀においては、NMR核スピン格子緩和率1/T₁の温度依存性から低温・低磁場での磁気相関の発達を検出した。高磁場にすると発散が抑えられNdのスピン揺らぎが抑制されていることがわかる。一方、Y_{0.95}Pr_{0.05}Co₂Zn₂₀のはCo-NQR・NMRスペクトルおよび緩和率測定をおこなった。Zero磁場NQRの実験から低温で緩和率の発散を確認した。磁場によって磁気揺らぎの特性温度が上がるとともに緩和率が抑制されることがわかった。これらの振る舞いは2チャンネル近藤効果による緩和率モデルで説明可能であるが、さらなる検証を計画している。

2. トロイダル磁気秩序を示すUNi₄Bの単結晶資料の作製と核磁気共鳴実験 講演[5,11,12,14]

メンバー: 越智 (M2), 阿部 (M1), 岸本、小手川、藤、青木(東北大学金属材料研究所)、他多数

UNi₄Bはトロイダル型磁気秩序を示すことが明らかとなっている。この物質に電流を印加すると磁氣的異常が生じることが理論的に予測されている。最近この物質の磁気構造について、渦状磁気トロイダル秩序か、トライフォース型反強磁性・反強四極子ハイブリット秩序の可能性が指摘されているが、秩序の詳細は明らかとなっていない。秩序状態では極めて緩和時間が長い、低温磁気秩序状態でのNMRスペクトルの観測に成功した。特に、6テスラで、6MHzまで広がったNMR信号の検出に成功した。磁気構造を仮定したモデル計算からトライフォース秩序の可能性が高いがさらなる検証が必要である

3. UBe₁₃のNMRによる研究 講演[6,14,20]

メンバー: 南 (B4), 松本、藤、小手川、松野、芳賀 (JAEA)、山本 (JAEA)、大貫 (大阪大理)、

UBe₁₃の高磁場のNMRスペクトルについて、結晶対称性を考慮して電場勾配、古典双極子磁場、トランスファー磁場を考慮したシミュレーションを行いナイトシフトに関する定量的議論をおこないスピン磁化率の絶対値評価に対する指針を得た。ナイトシフトの超伝導状態での温度依存性から等方的超伝導ギャップを持つA1u状態の可能性が高いことがわかった。

4. 新奇の量子臨界点の研究 講演[17]

メンバー: 山口 (B4)、中西 (M1)、小手川、藤、松岡、菅原、太田、播磨

YMn₁₂の単結晶作製に成功し、圧力下で反強磁性秩序が消失する量子相転移を発見した。直方晶物質であるCeSb₂は圧力下で超伝導を示すことが報告されている物質であるが、核四重極共鳴法による電子状態の調査を行った。電場勾配の対称性から正方対称性に近い電子状態が実現していることが分かった。

3.7.2 P 電子系に関する研究

5. Mg/MgO/MgB₂ ナノ複合化合物のNMR

メンバー：立岡(B4)、小手川、藤、内野（化学専攻）

Mg/MgO/MgB₂ナノ複合化合物は、絶縁体であるMgOが75.8%、MgB₂が23.7%、金属Mgが0.5%の割合で作製されている。この物質は、資料中でMgB₂の割合が23.7%しかないにもかかわらず、超伝導特有のゼロ抵抗を示すのみならず、100%を超える超伝導反磁性が観測されている。このような複合化合物の場合、電気抵抗はフィラメント的なMgB₂の接合でゼロ抵抗を観測できることがあるが、超伝導反磁性の体積分率が100%を超えることは以上であり興味を持たれている。NMRスペクトルの測定からは、超伝導転移後には低温になるとともにセンターピークの幅が広がっているということ、サテライトピークが超伝導転移後低温になるほどより低周波側に大きくシフトしていることが分かった。T₁の測定で得たデータからは、超伝導転移後も1/T₁が温度に比例した振る舞いが見られ、通常の超伝導状態とは異なる振る舞いが見られた。

3.7.3 対称性に起因する応答現象に関わる研究

6. NbMnP、Ce₂CuGe₆の異常ホール効果に関する研究 講演[1,2,3,7,9,16,17,19]、論文[1]、

メンバー：新井 (M2)、田中 (M1)、中村 (M2)、小手川、藤、菅原、他多数
ノンコリニア磁性体NbMnPに対してその反強磁性的な磁気構造から予測される異常ホール効果の観測を行った。反居磁性構造は微弱な自発磁化を通して外部磁場によって反転し、ホール電圧の反転を引き起こすことを明らかにした。また、Nd₅Si₄の単結晶作製を行い、非相反電気伝導の観測を試みた。

<参考文献>

○は専攻内共同研究

[論文発表] すべて査読つき（論文題目、著者、掲載誌、巻、ページ、年 で記載） 分類は学術論文、言語は英語

- [1] ○Large anomalous Hall effect and unusual domain switching in an orthorhombic antiferromagnetic material NbMnP, Hisashi Kotegawa, Yoshiki Kuwata, Vu Thi Ngoc Huyen, Yuki Arai, Hideki Tou, Masaaki Matsuda, Keiki Takeda, Hitoshi Sugawara and Michi-To Suzuki, npj Quantum Materials 8, 56 (2023)
- [2] Ferroic quadrupolar ordering in CeCoSi revealed using ⁵⁹Co NMR measurements, Masahiro Manago, Ayano Ishigaki, Hideki Tou, Hisatomo Harima, Hiroshi Tanida, and Hisashi Kotegawa Phys. Rev. B 108, 085118 (2023).
- [3] ○Superconducting and Fermi Surface Properties of a Valence Fluctuation Compound CeIr₂, Kazuyuki Omasa, Takuya Komoda, Yusuke Nakamura, Eiichi Matsuoka, Hisashi Kotegawa, Hideki Tou, Takahiro Sakurai, Hitoshi Ohta, Ai Nakamura, Yoshiya Homma, Dai Aoki, Daisuke Satoh, Mitsuhiro Yoshida, Sanu Mishra, Ilya Sheikin, Hisatomo Harima, and Hitoshi Sugawara, J. Phys. Soc. Jpn. 93, 034704 (2024) 6pages

[国内学会講演]

- [1] ○田中裕斗, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, “Ce₂TGe₆ (T=Cu, Pd)における反強磁性構造由来の異常ホール効果の検証(18pH2-14)”, 日本物理学会2024年春季大会(オンライン) 3月18日~21日
- [2] ○新井祐樹, 小手川恒, Vu Thi Ngoc Huyen, 藤秀樹, 武田圭生, 菅原仁, “NbMnPにおける反強磁性由来の異常ホール効果が示す非対称なヒステリシスについての研究(19pH2-1)”, 日本物理学会2024年春季大会(オンライン) 3月18日~21日
- [3] ○小手川恒, 中村彰良, 新井祐樹, 藤秀樹, 菅原仁, 武田圭生, “TaMnPにおける反強磁性的磁気転移と異常ホール効果(19pH2-2)”, 日本物理学会2024年春季大会(オンライン) 3月18日~21日
- [4] ○中西青空, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, 播磨尚朝, “圧力誘起超伝導体CeSb₂の核磁気共鳴法による研究(20pPSH-37)”, 日本物理学会2024年春季大会(オンライン) 3月18日~21日
- [5] ○阿部修也, 越智遥菜, 竹内涼介, 岸本恭来, 小手川恒, 播磨尚朝, 藤秀樹, 本多史憲, 本間佳哉, 仲村愛, 清水悠晴, 李徳新, 青木大, “UNi₄Bの磁気秩序状態における角度分解NMRの研究III(20pPSH-44)”, 日本物理学会2024年春季大会(オンライン) 3月18日~21日

- [6] ○藤秀樹, 松木麟太郎, 南晶子, 森田恭平, 松野治貴, 小手川恒, 播磨尚朝, 山本悦嗣, 芳賀芳範, 大貫惇睦, “重い電子超伝導体 UBe13 の角度分解NMRII: 超伝導状態のスペクトル解析(16aA200-8)”, 日本物理学会 第78回年次大会(東北大学) 9/16~9/19
- [7] ○新井祐樹, 小手川恒, Vu Thi Ngoc Huyen, 藤秀樹, 武田圭生, 菅原仁, 鈴木通人, “ノンコリニア磁性体 NbMnP の異常ホール効果に対する試料依存性(16pA404-9)”, 日本物理学会 第78回年次大会(東北大学) 9/16~9/19
- [8] 室岡啓太, 本庄洋章, 本田航大, 永井大介, 小手川恒, 藤秀樹, 久保徹郎, 山根悠, 山本理香子, 鬼丸孝博, “非フェルミ流体的振る舞いを示す $\text{Y0.95Pr0.05Co2Zn20}$ および $\text{Y0.95Nd0.05Co2Zn20}$ のNMRによる研究II(18aA205-10)”, 日本物理学会 第78回年次大会(東北大学) 9/16~9/19
- [9] ○田中裕斗, 小手川恒, 菅原仁, 藤秀樹, “Ce系化合物における反強磁性構造由来の異常ホール効果の検証(18pPSA-22)”, 日本物理学会 第78回年次大会(東北大学) 9/16~9/19
- [10] ○前谷風弥, 薦田拓也, 松岡英一, 小手川恒, 藤秀樹, Dilip Kumar Bhoi, 余珊, 上床美也, 菅原仁, “近藤半金属 CeRu2Al10 の高圧下電子輸送特性(18pPSA-35)”, 日本物理学会 第78回年次大会(東北大学) 9/16~9/19
- [11] ○越智遥菜, 阿部修也, 竹内涼介, 岸本恭来, 小手川恒, 播磨尚朝, 藤秀樹, 本多史憲, 本間佳哉, 仲村愛, 清水悠晴, 李徳新, 青木大, “ UNi4B の磁気秩序状態における角度分解NMRの研究II(18pPSA-77)”, 日本物理学会 第78回年次大会(東北大学) 9/16~9/19

[国内ワークショップ講演]

- [12] 藤 秀樹, “ UNi4B の磁気秩序状態についての精密角度分解NMR (Angle-resolved NMR on magnetic ordered state in UNi4B)” 東北大学金属材料研究所 大洗・アルファ合同研究会, 2023年9月27日-29日 於 東北大学東京分室
- [13] 藤 秀樹, “Y 希釈系 $\text{RCO}_2\text{Zn}_{20}$ ($\text{R}=\text{Pr}, \text{Nd}$)の2 チャンネル近藤効果に関するNMR”, 金研ワークショップ: 強磁場 NMR による物性研究, 日程 2023年 12/11(月) 13:00頃 ~ 12/12(火) 場所 東北大学金属材料研究所
- [14] 藤 秀樹, “局所空間反転対称性が破れた強相関電子系化合物における精密角度分解NMR”, 学術変革領域研究「アシンメトリ量子」キックオフミーティング, 岡山大学, 2023年6月10日-11日
- [15] 小手川 恒, “ NbMnP におけるパリティ混合磁気秩序とゼロ磁場異常ホール効果”, 学術変革領域研究「アシンメトリ量子」キックオフミーティング, 岡山大学, 2023年6月10日-11日
- [16] 新井 祐樹, “ノンコリニア磁性体 NbMnP のゼロ磁場異常ホール効果”, 学術変革領域研究「アシンメトリ量子」キックオフミーティング, 岡山大学, 2023年6月10日-11日
- [17] 小手川 恒, “Mn系化合物におけるアシンメトリ量子物質の開発”, トピカルミーティング「アシンメトリ量子物質の合成戦略」, 名古屋工業大学, 2023年7月30日
- [18] 小手川 恒, “ NbMnP における反強磁性構造に由来する異常ホール効果”, トピカルミーティング「アシンメトリ量子物質の開発~現状と展望~」, 九州工業大学, 2024年1月5日-6日
- [19] 新井 祐樹, “ノンコリニア磁性体 NbMnP の異常ホール効果に対するサンプル依存性”, トピカルミーティング「アシンメトリ量子物質の開発~現状と展望~」, 九州工業大学, 2024年1月5日-6日

[国際会議講演]

- [20] Hideki Tou, “Itinerant-localized duality and triplet superconductivity in UBe13 by angle-resolved NMR”, H-Physics Workshop: Topology, spin-orbit interactions and superconductivity in strongly correlated quantum materials under extreme conditions, 10 October - 12 October 2023, Grenoble France
- [21] Hisashi Kotegawa, “Large anomalous Hall effect at zero magnetic field in an antiferromagnetic material NbMnP ”, H-Physics Workshop: Topology, spin-orbit interactions and superconductivity in strongly correlated quantum materials under extreme conditions, 10 October - 12 October 2023, Grenoble France

3.8. 電子物性物理学

本教育研究分野では、希土類や遷移金属元素を含む強相関化合物の新奇な超伝導や磁性現象の実験的研究
Copyright © 2024, Graduate School of Science, Kobe University, All rights reserved 83

究を行っている。実験手段としては、テトラーク炉による引き上げ法や高温電気炉によるフラックス法等の様々な方法で純良単結晶を作製し、電気抵抗、磁化、比熱等の基礎物性測定やドハース・ファンアルフェン(dHvA)効果や中性子散乱等の特徴ある測定手段を用いて研究を行っている。本年度は、5名の大学院生、および5名の学部生を教育しながら研究を行った。主な研究成果は以下の通りである。

3.8.1 超伝導物質を熱スイッチに用いた新しい断熱消磁冷凍機の試作

メンバー： 薦田(D1)、松岡、菅原等

論文[1,3]、講演[7]

異常磁性や非従来型超伝導などの強相関電子系の研究には極低温での測定が必要である。本研究では、超伝導体を熱スイッチに用いた新しいタイプの断熱消磁冷凍機の試作を行なった。その結果、最適な第二種超伝導体を用いることにより、簡便に75 mK程度の最低温度を得ることに成功し、CeIr₂などの超伝導体の研究に利用した。また、この冷凍機を用い、極低温・高圧下で測定が可能な高圧セルの開発を行った。

3.8.2 ハーフホイスラー型化合物 RPtBi (R=Y, La, Lu) の純良単結晶育成と電子状態の研究

メンバー： 三嶋(M2)、永野(B4)、松岡、播磨、菅原、野原(広島大)、青木(東北大)等

講演[9,15]

ハーフホイスラー型化合物RPtBi(R=Y, La, Lu)は、強いスピン軌道結合に起因した $j=3/2$ フェルミオンが電気伝導を担っていると考えられており、その特異な電子状態に起因した新しい超伝導機構が提案されている。本研究では、LuPtBiのdHvA効果測定に世界で初めて成功し、サイクロトロン有効質量が自由電子の1/20と非常に小さいことを明らかにした。また、バンド計算との比較から、観測されたdHvA振動は小さな電子フェルミ面に由来することが明らかとなった。

3.8.3 超高圧下量子振動効果による強相関電子系の電子状態の研究

メンバー： 前谷(M1)、薦田(D1)、松岡、小手川、藤、菅原、松林(電通大)、上床(東大物性研)等

講演[12]

比較的簡便なピストンシリンダー型圧力セルで到達可能な圧力は約3GPaである。この圧力を超える超高圧下では実験が困難となるため、量子振動効果測定はほとんど行われていない。本研究では約4GPaに量子臨界点を持つ反強磁性近藤半金属CeRu₂Al₁₀の電子状態を調べるため、インデンター型セル(最高圧4GPa)、対向型アンビルセル、およびキュービックアンビル(最高圧約8GPa)を用いた超高圧下で電気抵抗測定を行った。その結果、量子臨界点近傍の4.2~5.2GPaの圧力領域では、50mK以上で超伝導を示さないことが明らかとなった。また、16Tまでの範囲では明確なシュブニコフ・ドハース(SdH)効果は観測されず、より高磁場での測定が必要であることがわかった。

3.8.4 価数揺動物性Yb₃Si₅の電子状態の研究

メンバー： 木村(B4)、松岡、菅原等

価数揺動物質Yb₃Si₅は低温で高い変換効率を示す熱電物質として注目されている。本研究ではdHvA効果などの量子振動測定からフェルミ面などの電子状態を明らかにすることを目的とし、Inフラックス法による単結晶育成を行った。その結果、残留抵抗比が100を超える純良単結晶の育成に成功した。はじめにdHvA効果測定を温度0.5K以上、磁場9T以下の範囲で行ったがdHvA信号は観測されなかった。比熱測定を行ったところ、電子比熱係数が166mJ/(mol・K²)と大きいことが明らかとなり、有効質量は自由電子の100倍程度重いことが示唆された。

3.8.5 フラストレーションを有する希土類化合物の物性研究

メンバー： 松岡、大西(D1)、橋(B4)、向井(B4) 菅原、櫻井(極限物性)、太田(極限物性)

講演[13, 14, 20]

希土類化合物の物性を支配する要因として従来から注目されて来たのが、近藤効果とRKKY相互作用の競合である。ここに磁氣的フラストレーションが加わった場合に現れる新奇物性の探索を目的として、ZrNiAl型の六方晶化合物系であるRTX(R: 遷移金属, T: 遷移金属など, X: PbやMgなど)に注目した物性研究を行った。以下に得られた結果を列挙する。

(1) RMgIn

これまでにCeMgInとPrMgInの多結晶試料作製と物性解明を行ってきた。今年度は、NdMgInとGdMgInの多結晶試料作製と物性解明を行った。その結果、NdMgInがネール温度 $T_{N1}=11.7$ Kと $T_{N2}=8.3$ Kで逐次反強磁性転移を示すことが分かった。また、 $T < T_{N2}$ での反強磁性相は5 T程度の磁場を印可すると消失するが、 $T_{N2} < T < T_{N1}$ の反強磁性相は9 T以上の磁場を印可しても消失しないことも分かった。一方、GdMgInは $T_N=17.5$ Kで反強磁性的な相転移を示すことが分かったが、 T_N 以下で0.02 μ_B /Gd程度の弱い自発磁化が見られることから、反転対称性が欠如しているという結晶構造に起因した傾角反強磁性構造を持っている可能性が示唆された。さらに、NdMgInとGdMgInに共通する現象として、電気抵抗率が極小を示すことを見出した。希土類化合物が抵抗極小を示す主な原因として知られている近藤効果は、NdMgInとGdMgInでは弱いため、磁氣的なフラストレーションによって抵抗極小が出現した可能性が高いと考えた。実際、フラストレーションを考慮した理論モデルによって、極小温度以下での電気抵抗率の

温度依存性が再現されることが明らかとなった。そして、昨年度までの研究から見出していたCeMgInの抵抗極小についても再検討した結果、近藤効果を考慮した理論モデルよりも、フラストレーションを考慮した理論モデルの方が極小温度以下の抵抗率の温度依存性をよく再現することが分かった。今後は、R = SmやEuなどの、他の希土類を含むRMgInの物性解明も行う予定である。

(2) CePdMg

この化合物は2.1 Kで相転移を示すことが報告されていたが、それがどのような磁気転移によるものであるのかが分かっていなかったため、多結晶試料の作製と物性測定を行った。その結果、この相転移が強磁性的な物であることが分かった。反転対称性が欠如したCe化合物における強磁性は、量子臨界現象の観点から興味深いため、今後は単結晶試料を用いたより詳細な物性測定を行う予定である。

(3) CePdZn

この化学組成を持つ化合物として、直方晶とZrNiAl型の六方晶の二種類が存在することが知られていたが、六方晶の化合物については2 K以下での基礎物性が未解明であったため、試料作製条件を最適化することで六方晶化合物の多結晶試料作製を行い、2 K以下での物性測定を行った。その結果、1.3 Kで何らかの反強磁性転移を思われる相転移を示すことが分かった。

3.8.6 ハロゲンを含む三元希土類化合物の試料作製と物性評価

メンバー：松岡、赤木 (M1)、菅原、櫻井 (極限物性)、太田 (極限物性)

講演[21]

f電子系の分野において、ハロゲンを含む化合物の物性研究例は極めて少ない。その理由として、試料作製が困難なことに加えて、二元的希土類ハロゲン化合物の多くが絶縁体であり、伝導電子との強相関効果に由来した物性の研究対象としてみなされて来なかったことなどが挙げられる。しかし、三元の希土類ハロゲン化合物の場合、金属伝導を示す物が少なからず報告されていることに加えて、反転対称性の欠如というf電子系分野で近年注目されている結晶構造を持つ物が多数存在することなどを考慮すると、三元希土類ハロゲン化合物の中には、注目すべき物性を示すものが眠っている可能性がある。そこで今年度は、反転対称性が欠如した構造を持つ三元希土類ハロゲン化合物として、 R_3SiX_3 (R: 希土類, X = Br, I) に注目して、多結晶試料作製と物性評価を行った。その結果、 Ce_3SiBr_3 と、 Ce_3SiI_3 の多結晶試料の作製に成功した。原料となる二元的希土類ハロゲン化合物、及び得られた Ce_3SiX_3 は、空気にさらすと短時間で水分を吸収して分解してしまうため、アルゴンガスや窒素ガスを満たしたグローブボックスやグローブバッグ内で試料を作製する手法を確立した。そして、これらの多結晶試料をヘリウムガスを満たした石英管に封入することで磁化測定を行い、さらに窒素雰囲気内で測定装置に設置することで比熱測定を行った結果、 Ce_3SiBr_3 が1.7 Kで反強磁性転移と思われる相転移を示すことを明らかにした。今後、他の結晶構造を持つ希土類ハロゲン化合物の物性研究も推進する予定である。

3.8.7 新奇物性を示す新しい希土類化合物の探索

メンバー：松岡、田中 (B4)、菅原、櫻井 (極限物性)、太田 (極限物性)

f電子と伝導電子との強相関効果に由来する新奇物性の開拓を目的として、新しい希土類化合物の物質探索を行った。その結果、 $Ce_3Ag_4Mg_{12}$ という六方晶の新物質を見出し、多結晶試料の作製と各種の物性測定を行った結果、3.4 Kで反強磁性転移を示すことを見出した。さらに、結晶全体としては反転対称性を持つものの、Ceサイトの局所的な反転対称性が破れた $CeRh_2Ga_2$ という化合物について、2 K以下での基礎物性が不明であったため、多結晶試料の作製と各種の物性測定を行った結果、1 Kで反強磁性転移と思われる相転移を示すことを明らかにした。

<論文>

- [1] ○K. Omasa, T. Komoda, Y. Nakamura, E. Matsuoka, H. Kotegawa, H. Tou, T. Sakurai, H. Ohta, A. Nakamura, Y. Homma, D. Aoki, D. Satoh, M. Yoshida, S. Mishra, I. Sheikin, H. Harima, and H. Sugawara, Superconducting and Fermi Surface Properties of a Valence Fluctuation Compound $CeIr_2$, J. Phys. Soc. Jpn. **93**(3), 034704/1-6, 2024-3, DOI: <https://doi.org/10.7566/JPSJ.93.034704>
- [2] ○H. Kotegawa, Y. Kuwata, V. T. N. Huyen, Y. Arai, H. Tou, M. Matsuda, K. Takeda, H. Sugawara, and M.-T. Suzuki, Large anomalous Hall effect and unusual domain switching in an orthorhombic antiferromagnetic material NbMnP, npj Quantum Mater. **8**, 56/1-7 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41535-023-00587-2>
- [3] T. Komoda, Y. Nakamura, E. Matsuoka, and H. Sugawara, Development of a New Type Adiabatic Demagnetization Refrigerator Using a Superconducting Heat Switch, T. Komoda *et al.*, J. Phys.: Conf. Proc. **38**, 011195/1-7 (2023). <https://doi.org/10.7566/JPSCP.38.011195>
- [4] ○E. Matsuoka, H. Sugawara, T. Sakurai, and H. Ohta, Low-Temperature Magnetic and Transport Properties of a New Orthorhombic Compound $CePt_3Sn_2$, J. Phys.: Conf. Proc. **38**, 011086/1-5 (2023). <https://doi.org/10.7566/JPSCP.38.011086>

- [5] T. Terashima, H. T. Hirose, N. Kikugawa, S. Uji, D. Graf, and H. Sugawara, *CeFe₂Al₁₀: A correlated metal with a Fermi surface exhibiting nonmetallic conduction*, *Phys. Rev. B*, **107**, 155118/1-10 (2023), 2023-4, DOI: 10.1103/PhysRevB.107.155118
- [6] ○Y. Nagase, M. Manago, J. Hayashi, K. Takeda, H. Tou, E. Matsuoka, H. Sugawara, H. Harima, and H. Kotegawa, *Observation of multigap and coherence peak in the noncentrosymmetric superconductor CaPtAs: ⁷⁵As nuclear quadrupole resonance measurements*, *Phys. Rev. B*, **107**, 104512/1-5 (2023), 2023-3, DOI: 10.1103/PhysRevB.107.104512.

<講演>

- [7] ○薦田拓也, 中村優介, 松岡英一, 菅原仁「超伝導物質を熱スイッチに用いた断熱消磁冷凍機の試作II」18aPS-3, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [8] ○新井祐樹, 小手川恒, Vu Thi Ngoc Huyen, 藤秀樹, 武田圭生, 菅原仁, 鈴木通人「ノンコリニア磁性体 NbMnP の異常ホール効果に対する試料依存性」16pA404-9, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, 口頭)
- [9] ○三嶋竜太, 松岡英一, 青木大, 播磨尚朝, 菅原仁「LuPtBi の dHvA 効果測定」18pPSA-1, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [10] 榎本彬人, 野末悟郎, 尾瀬朱音, 堤美和, 鳥井優杜, 藤原秀紀, 木須孝幸, 濱本諭, 大浦正樹, 菅原仁, 関山明「立方晶 NdTi₂Al₂₀ の内殻・価電子帯光電子分光」18pPSA-14, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [11] ○田中裕斗, 小手川恒, 菅原仁, 藤秀樹「Ce 系化合物における反強磁性構造由来の異常ホール効果の検証」18pPSA-22, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [12] ○前谷風弥, 薦田拓也, 松岡英一, 小手川恒, 藤秀樹, Dilip Kumar Bhoi, 沈晓玲, 上床美也, 菅原仁「近藤半金属 CeRu₂Al₁₀ の高圧下電子輸送特性」18pPSA-35, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [13] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「幾何学的フラストレーションを有する六方晶化合物 NdMgIn の低温物性」18pPSA-49, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [14] ○林英利, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「ZrNiAl 型六方晶化合物 RPdPb(R = 軽希土類)の磁性と伝導」18pPSA-50, 日本物理学会 第78回年次大会 (2023年9月16-19日, 東北大学, ポスター)
- [8] 菅原仁「高圧下量子振動測定による多極子伝導系の電子状態の研究」, 東北大学金属材料研究所大洗・アルファ合同研究会 (2023年9月28日, 東京, 招待)
- [9] ○田中裕斗, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁「Ce₂TGe₆(T=Cu, Pd)における反強磁性構造由来の異常ホール効果の検証」18pH2-14, 日本物理学会 2024年春季大会 (2024年3月18-21日, オンライン, 口頭)
- [10] ○新井祐樹, 小手川恒, Vu Thi Ngoc Huyen, 藤秀樹, 武田圭生, 菅原仁「NbMnP における反強磁性由来の異常ホール効果が示す非対称なヒステリシスについての研究」19pH2-1, 日本物理学会 2024年春季大会 (2024年3月18-21日, オンライン, 口頭)
- [11] ○小手川恒, 中村彰良, 新井祐樹, 藤秀樹, 菅原仁, 武田圭生「TaMnP における反強磁性的磁気転移と異常ホール効果」19pH2-2, 日本物理学会 2024年春季大会 (2024年3月18-21日, オンライン, 口頭)
- [12] ○中西青空, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, 播磨尚朝「圧力誘起超伝導体 CeSb₂ の核磁気共鳴法による研究」20pPSH-37, 日本物理学会 2024年春季大会 (2024年3月18-21日, オンライン, ポスター)
- [13] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「六方晶フラストレーション化合物 REMgIn (RE = 希土類) の低温物性 III」20pPSH-38, 日本物理学会 2024年春季大会 (2024年3月18-21日, オンライン, ポスター)
- [14] ○赤木草太, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「空間反転対称性の無い立方晶化合物 Ce₃SiBr₃ の低温物性」20pPSH-51, 日本物理学会 2024年春季大会 (2024年3月18-21日, オンライン, ポスター)