

2024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

2025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.....	3
1.4. 教室の行事.....	5
1.5. 社会活動.....	6
1.6. 海外渡航.....	6
1.7. 科学研究費等.....	8
1.7.1. 科研費(代表者分).....	8
1.7.2. 科研費(分担者分).....	9
1.7.3. そのほかの助成.....	10
1.7.4. その他の研究助成(院生, PD).....	10
1.8. 海外からの訪問者.....	11
1.9. 国際共同研究.....	11
1.10. 国際的学術集会の開催.....	12
1.11. 研究環境の整備(50万円以上の設備備品).....	12
1.12. 研究支援体制(秘書の雇用).....	12
1.13. 国際集会・国内集会などへの参加.....	13
1.13a. 著書・論文・解説報告.....	14
1.14. 受賞など.....	15
1.15. 特許.....	15
2. 教育活動	16
2.1. 開講科目担当一覧(学部).....	16
2.2. 開講科目担当一覧(大学院).....	17
2.3. 全学共通科目担当一覧.....	18
2.4. 博士論文.....	19
2.5. 修士論文.....	19
2.6. 4年生特別研究.....	20
2.7. 物理談話会.....	21
2.8. 素粒子宇宙理論セミナー.....	21
2.9. 粒子物理学セミナー.....	22
2.10. 物性セミナー.....	22
2.11. 他大学への出講など兼業先一覧.....	22
2.12. TAの採用活用状況.....	22
2.13. RAの採用活用状況.....	22
2.14. ディプロマ・ポリシー達成度アンケート.....	22
2.15. 授業評価.....	25
2.16. 個別教育活動の記録.....	26
3. 研究活動	44
3.1. 素粒子宇宙理論.....	44
3.2. 物性理論.....	48
3.3. 量子物性論.....	49
3.4. 粒子物理学.....	51
3.5. 極限物性物理学.....	66
3.6. 低温物性物理学.....	75
3.7. 電子物性物理学.....	78

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)
素粒子宇宙理論	早田 次郎	神野 隆介 (R6.4.1~)		伊藤 飛鳥 (R6.4.1~)	坂本 真人	理学研究科研究員 (R6.4.1~R7.3.31)
量子物性論	伏屋 雄紀 (R6.10.1~)			山田 暉馨 (R6.10.1~)		
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 賢太朗 前田 順平 (R6.8.1~) 越智 敦彦 (~R6.4.30)	前田 順平 (~R6.7.31) 鈴木 州		東野 聡 小川 洋	科研費 (R6.4.1~R7.3.31) 理学研究科研究 協力員 (R7.2.1~R7.3.31)
極限物性	川村 光 (客員 分) 菊池 彦光 (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 (R6.10.1~)				久保 徹郎	理学研究科研究員 (R7.1.16~R7.3.31)
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
着任	神野 隆介	2024/04/01	素粒子宇宙理論	東京大学から
着任	伊藤 飛鳥	2024/04/01	素粒子宇宙理論	高エネルギー加速器研究機構から
退職	越智 敦彦	2024/04/30	粒子物理	逝去
昇任	前田 順平	2024/08/01	粒子物理	
着任	伏屋 雄紀	2024/10/01	量子物性論	電気通信大学から
着任	山田 暉馨	2024/10/01	量子物性論	電気通信大学から
昇任	小手川 恒	2024/10/01	低温物性	

1.3. 役務分担

学内役務	氏名
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
中和・曝気槽管理運営ワーキンググループ	小手川(B棟)
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
分子フォトサイエンス研究センター運営委員会	藤
インクルーシブキャンパス&ヘルスケアセンター保健管理部門運営会議委員	菅原

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
情報セキュリティ委員	菅原
情報基盤センター運営委員	山崎
入学試験実施委員	藤
学生委員協議会（副）	前田
保険管理センター運営委員	菅原

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 極低温部門長	藤
研究基盤センター運営委員	藏重

研究科内役務	氏名
専攻長	早田
副専攻長	山崎
教務委員会	(正)身内 (副)鈴木
広報委員会	大道
ネットワーク運営委員会	西野
自己評価委員会	山崎
入学試験委員会委員長	藤
入学試験委員会	(正)松岡 (副)神野
就職委員会	久保木
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
テニユアトラック委員会	竹内

専攻内役務	氏名
予算委員	竹内
オープンラボ委員	(正)前田 (副)伊藤
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)鈴木
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
令和 6 年度生担任	(主)菅原 (副)大道

物理学教育部会内役務	氏名
幹事	山崎（前期）、伏屋（後期）
実験実施委員会委員長	竹内
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
2024 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)
04/08(月)	前期授業開始
04/19(金)	教授会、定例専攻会議、歓迎会
04/20(土)	3 年次編入試験説明会
05/11(土)	ソフトボール大会
05/20(月)	第 1 回談話会 前田順平 (神戸大)
05/24(金)	教授会、定例専攻会議
06/01(土)	大学院入試説明会
06/14(金)	第 2 回談話会 岸本祐二 (KEK)
06/21(金)	教授会、定例専攻会議
07/06(土),07(日)	3 年次編入試験
07/19(金)	教授会、定例専攻会議
07/23(火)	第 3 回談話会 小濱芳允 (東大)
07/27(土)	サイエンスセミナー
08/01(木)	第 4 回談話会 鬼丸孝博 (広大)
08/06(火)	オープンキャンパス
08/20(火), 21(水)	博士前期課程試験、臨時専攻会議
08/22(木)	博士前期課程試験予備日
08/23(金)	博士後期課程試験
08/23(金)	9 月卒業 修論発表会
08/30(金)	教育部会総会 15:00 -- online
09/03(金)	臨時専攻会議
09/06(金)	教授会
10/18(金)	教授会、定例専攻会議
10/26(土)	ホームカミングデー
11/08(金)	第 5 回談話会 玉岡幸太郎 (日大)
11/15(金)	臨時専攻会議
11/22(金)	教授会、定例専攻会議
11/29(金)	博士後期課程試験 (第 II 期) 13:20- @Z401
12/05(金)	第 6 回談話会 市川温子 (東北大)
12/13(金)	臨時専攻会議
12/20(金)	教授会、定例専攻会議
2025 年	
01/18, 19(土,日)	大学入試共通テスト
01/24(金)	教授会、定例専攻会議
02/06(木)	卒業研究発表 Z201/202
02/07(金)	午後 M1 研究経過発表 Z201/202
02/10(月),02/12(水)02/13(木)	修士論文発表会 Z103
02/13(水)	定例専攻会議
02/14(金)	教授会
02/17(月)	博士後期課程研究経過発表

02/18(火), 19(水), 20(木)	オープンラボ (高度教養セミナー理学部物理学入門)
03/03(金)	研究室志望届締切
03/14(金)	3月定例専攻会議 10:00-
03/19(金)	教授会

1.5. 社会活動

名前	学会委員等
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
伏屋 雄紀	日本物理学会 Jrセッション 審査委員 Journal of the Physical Society of Japan Associate Editor Materials Science Platform-Kansai 運営委員
山崎 祐司	Physics in Collision International Symposium International Advisory Committee DIS2018 International Advisory Committee J-Parc 大強度陽子加速器における原子核素粒子共同利用実験 審査委員会 (PAC) リニアコライダー計画推進委員会 日本学術会議連携会員
身内 賢太郎	宇宙線研究者会議将来計画委員・委員長 宇宙線研究者会議実行委員 数学・理科甲子園 2024 審査員
越智 敦彦	RD51 Collaboration Management Board (2023.1.1~)
鈴木 州	Vietnam School on Neutrinos (VSoN) organizer
前田 順平	第7回粒子物理コンピューティングサマースクール講師 ILC-Japan 測定器ワーキンググループメンバー 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
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 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 福井大学遠赤外線領域開発研究センター外部評価委員
大道 英二	日本赤外線学会表彰委員会幹事 福井大学遠赤外線領域開発研究センター共同研究委員
藤 秀樹	日本物理学会 JPSJ 編集委員 第19回女子中高生のための関西科学塾 講師
小手川 恒	日本物理学会 JPSJ 編集委員

1.6. 海外渡航

期間	氏名	渡航国	訪問先	目的	費用
2024/06/07-06/14	神野 隆介	スペイン	Instituto de Fisica Teorica、 (Madrid、 Spain)	国際会議 SUSY2024	科研費 (研スタ・基金)

2024/06/15-06/22	神野 隆介	ポルトガル	Universidade do Porto、 (Porto、Portug)	11th LISA CosWG Workshop	科研費 (研スタ・基金)
2024/06/22-07/09	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)
2024/06/29-07/06	藤 秀樹	イタリア	ボローニャ	国際会議「International Conference on Magnetism」での成果発表と情報収集	科研費
2024/06/29-07/06	小手川 恒	イタリア	ボローニャ	国際会議「International Conference on Magnetism」での成果発表と情報収集に出席するため	科研費 (学術変革 A)
2024/07/15-07/26	鈴木 州	ベトナム	The International Center for Interdisciplinary Science and Education (ICISE)	Vietnam School on Neutrino (VSoN) に運営、および、講師として参加するため	他機関負担
2024/08/04-08/09	小手川 恒	中国	Liyang (溧陽市)	国際会議「Conference of Condensed Matter Physics 2024」に出席するため	科研費 (学術変革 A)
2024/08/11-08/19	小手川 恒	米国	オークリッジ	中性子散乱実験に参加するため	他機関+科研費 (学術変革 A)
2024/09/14-09/22	伊藤 飛鳥	イタリア	Castello Pasquini in Castiglione	国際会議 DICE2024 研究成果発表	科研費 (若手・基金)
2024/09/15-09/24	山崎 祐司	ポーランド、ドイツ	AGH 大学、 DESY 研究所	AGH 大学(LHeC/FCC-eh beam dynamics and machine-detector interface workshop)での講演、 DESY 研究所での LHeC 衝突点デザイン打ち合わせ	科研費 (基盤 C)
2024/10/11-10/20	小手川 恒	フランス	トゥールーズ	国際会議「SUPERMAX」に出席するため	科研費 (学術変革 A)
2024/11/13-11/17	山崎 祐司	スイス	CERN 研究所	LHeC 加速器計画に関するワークショップおよび白書の執筆打合せ	科研費 (基盤 C)
2024/11/16-11/29	伊藤 飛鳥	ブラジル	リオデジャネイロ州立大学	リオデジャネイロ大学でラモス教授と共同研究について議論する	科研費 (若手・基金)
2024/12/04-12/09	伊藤 飛鳥	メキシコ	Iberostar Waves Quetzal	国際会議 COTB 研究成果発表	科研費 (若手・基金)
2024/12/07-12/12	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)
2024/12/27-01/07	神野 隆介	インド	International Center for Theoretical Sciences	研究会 Hearing beyond the standard model with cosmic sources of Gravitational Waves 招待講演	科研費 (研スタ・基金)
2025/03/02-03/08	鈴木 州	ベトナム	The International Center for Interdisciplinary	Vietnam School on Neutrino (VSoN) Hardware Camp に運営、および、講師として参加するため	他機関負担

			y Science and Education (ICISE)		
2025/03/27-03/31	神野 隆介	パキスタン	Islamabad 大学	共同研究者 Adeela Afzal 氏 (https://inspirehep.net/authors/2032798) と共同研究を遂行し、また日本学術振興会外国人特別研究員への応募に関する詳細を議論する。	科研費 (基盤 C・基金)

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)
素粒子宇宙理論	基盤研究(B)	高周波重力波物理学の開拓 (22H01220)	早田 次郎	3,900,000	3,900,000	1,170,000
	萌芽的研究(萌芽)	リュードベリ原子による高周波重力波検出理論の研究 (23K22491)	早田 次郎	1,600,000	1,600,000	480,000
	研究活動スタート支援(基金)	宇宙論的重力波による高エネルギー素粒子物理検証の研究 (23K19048)	神野 隆介	1,100,000	1,100,000	330,000
	基盤研究(C)	初期宇宙におけるダイナミカルな不均質形成とその重力波による検証(24K07013)	神野 隆介	900,000	900,000	270,000
	若手研究	磁場下での重力波スピンメモリー効果についての研究 (22K14034)	伊藤 飛鳥	1,200,000	1,200,000	360,000
	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 (23K03416)	坂本 真人	900,000	900,000	270,000
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
量子物性論	基盤研究(A)	p 電子系の特異な g 因子を活かした高度スピン変換機能の開拓 (23H00268)	伏屋 雄紀	8,600,000	6,200,000	2,580,000
	挑戦的研究(開拓)	ナノチューリング理論に基づく新物質構造の創生と物質機能の開拓 (22K18318)	伏屋 雄紀	6,800,000	6,200,000	2,040,000
粒子物理	挑戦的研究(開拓)	フッ素を含む大質量暗黒物質直接探索実験への挑戦(24K21202)	身内 賢太郎	14,800,000	14,500,000	4,350,000
	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	7,300,000	5,900,000	1,770,000
	国際共同研究加速基金(海外連携研究)	国際協力研究で挑む宇宙暗黒物質の正体解明(24KK0067)	身内 賢太郎	2,300,000	1,100,000	330,000
	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	900,000	900,000	270,000
	基盤研究(C)	近接ミューオン対に崩壊する新粒子探索のためのトリガーシステム革新	前田 順平	3,500,000	1,600,000	480,000
	基盤研究(C)	電子・ハドロン衝突の前方中性子：安価で放射線損傷に強い検出器で探る素核の新物理	山崎 祐司	3,500,000	2,400,000	720,000

	学術変革領域研究(A) 計画研究	極低放射能技術の展開 (24H02243)	竹内 康雄	20,500,000	6,150,000	26,650,000
	挑戦的研究 (萌芽)	銀ゼオライトによるラドン除去技術を地下実験へ応用する可能性の検証(24K21549)	竹内 康雄	3,238,275	750,000	3,988,275
極限物性	基盤研究(B)	Z2 渦のダイナミクスと新規輸送現象 (24K00572)	川村 光	5,850,000	4,500,000	1,350,000
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	1,000,000	900,000	300,000
	基盤研究(C)	精密角度分解 NMR による単結晶 UNi ₄ B 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)	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)
素粒子宇宙理論	萌芽的研究 (萌芽)	実時間形式による相転移の解析方法の確立(23K17687)	鎌田 耕平 (東京大学)	神野 隆介	1,600,000	480,000
量子物性論	学術変革領域研究(A) 計画班	1000T バンド電子の探求と理解 (23H04862)	徳永 将史 (東京大学)	伏屋 雄紀	6,200,000	1,860,000
	学術変革領域研究(A) 総括班	1000 テスラ科学の推進 (23H04859)	松田 康弘 (東京大学)	伏屋 雄紀	100,000	30,000
粒子物理	学術変革領域研究(A)	高精度飛跡検出技術を用いた方向感度を持つ暗黒物質探索実験(24H02241)	中 竜大 (東邦大学)	身内 賢太郎	13,000,000	3,900,000
	基盤研究(A)	世界をリードする XENONnT 実験でのダークマターの同定(23H00104)	MARTENS, Kai (東京大学)	身内 賢太郎	1,560,000	468,000
	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 (大阪公立大学)	身内 賢太郎	300,000	90,000
	基盤研究(B)	薄膜電極を用いた液体キセノン検出器の新たな可能性の開拓(24K00659)	風間 慎吾 (名古屋大学)	身内 賢太郎	300,000	90,000
	JAXA RFP 研究	月・火星探査に向けた位置有感組織等価比例計数箱 (PS-TEPC) の多チャンネル読み出し ASIC を利用した小型・軽量・低消費電力化の研究 (JAXA RFP11)	岸本 祐二 (高エネルギー加速器研究機構)	身内 賢太郎	200,000	20,000
	基盤研究(A)	高解像度前置検出器とハイパーカミオカンデで実現するニュートリノ物理の新展開	石塚 正基 (東京理科大学)	鈴木 州	650,000	195,000
	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
	学術変革領域研究(A) 総括班	極稀事象で探る宇宙物質の起源と進化：新たな宇宙物質観創生のフロンティア(24H02236)	岸本 康宏 (東北大学)	竹内 康雄	650,000	195,000

	基盤研究(S)	世界最高感度のミュオン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)	山崎 祐司	4,500,000	1,350,000
	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	400,000	120,000
	基盤研究(B)	高圧キセノンガス検出器によるミグダル効果の実験的検証 (24K00652)	中村 輝石 (東北大学)	東野 聡	500,000	150,000
	基盤研究(C)	非弾性散乱で探る銀河中心方向から到来する軽い暗黒物質の検証 (24K07061)	長尾 桂子 (岡山理科大学)	東野 聡	200,000	60,000
極限物性	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
	基盤研究(B)	Z2渦のダイナミクスと新規輸送現象 (24K00572)	川村 光	大久保 晋	250,000	75,000
	基盤研究(C)	DACを用いた高圧力下熱検出ESRによる積層型二次元強磁性体の室温安定化の起源解明	櫻井 敬博	大久保 晋	500,000	150,000
低温物性	基盤研究(B)	磁氣的2チャンネル近藤効果による非フェルミ液体的挙動とその微視的状態の解明(24K00574)	鬼丸 孝博 (広島大学)	藤 秀樹	400,000	120,000
	学術変革 A	アシンメトリ量子物質の開拓 (23H04871)	吉田 紘行 (北海道大学)	小手川 恒	1,800,000	540,000

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	517,000	0
低温物性	池谷科学技術振興財団 研究助成金	反強磁性構造で生じる新奇な交換パイアス効果の機構解明と制御	小手川 恒	2,000,000	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)
素粒子宇宙理論	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(SPRING)	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)	200,000
低温物性	次世代研究者挑戦的研究プログラム(SPRING)	反強磁性構造をもつノンコリニア磁性体における対称性の破れが生み出す特異な応答の解明	新井 祐樹	700,000
電子物性	次世代研究者挑戦的研究プログラム	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 (菅原 仁)	900,000
	次世代研究者挑戦的研究プログラム	擬カゴメ格子を有する希土類化合物が示す新奇な量子状態の研究	大西 昂 (松岡 英一)	900,000

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
素粒子宇宙理論	Dibya Chakraborty	インド Indian Inst. Tech.	2024/10/28-10/30	素粒子宇宙理論セミナー 研究打合せ	基盤 B
	Sagarika Tripathy	インド Indian Inst. Astrophys.	2024/10/28-11/1	素粒子宇宙理論セミナー 研究打合せ	基盤 B
物性理論	Andrej Gendiar	スロバキア科学アカデミー	2024/11/22-11/30, 2025/3/14-3/28	研究打ち合わせ	相手方負担
	Roman Krmar	スロバキア科学アカデミー	2024/11/22-11/30, 2025/3/14-3/28	研究打ち合わせ	相手方負担
	Matej Mosko	スロバキア科学アカデミー	2024/11/22-11/30	研究打ち合わせ	相手方負担
	Maria Polackova	グラスゴー大学	2025/3/14-3/28	研究打ち合わせ	相手方負担

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
素粒子宇宙理論	早田 次郎	徳田 順生 (IBS)	Stochastic tunneling in de Sitter spacetime
	神野 隆介	Chiara Caprini, Marek Lewicki, Eric Madge, Marco Merchand, Germano Nardini, Mauro Pieroni, Alberto Roper Pol, Ville Vaskonen	Gravitational waves from first-order phase transitions in LISA: reconstruction pipeline and physics interpretation
	神野 隆介	梶潤哉	Gravitational effects on fluid dynamics in cosmological first-order phase transitions
	神野 隆介	Chiara Caprini, Ryusuke Jinno, Thomas Konstandin, Alberto Roper Pol, Henrique Rubira	Gravitational waves from first-order phase transitions: from weak to strong
	神野 隆介	Gabriele Franciolini, Yann Gouttenoire, Ryusuke Jinno	Curvature Perturbations from First-Order Phase Transitions: Implications to Black Holes and Gravitational Waves
	伊藤 飛鳥	Valerie Domcke, Joachim Kopp (CERN) Francesco Muia (DAMTP)	High-frequency gravitational waves
	伊藤 飛鳥	Rudnei O. Ramos (Rio de Janeiro)	Warm inflation
	西井 莞治 Lau Pak Hang	Great Bay University	Gravitational EFT for dissipative open systems
物性理論	西野 友年	スロバキア、Slovak Academy of Sciences	フラクタル格子等での相転移解析
量子物性論	伏屋 雄紀	フランス、ESPCI Paris - PSL	強磁場におけるビスマス物性の研究
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 山崎 祐司	PSI, INFN, 他	MEG II collaboration (ミュオン稀崩壊実験)
極限物性	大久保 晋	フランス、国立パルス強磁場研究所	強磁場物性研究
	大久保 晋	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
	大久保 晋	ポーランド、アダム・ミツキェヴィチ大学	フラストレーション系磁性体の研究
	大久保 晋	ロシア、General Physics Institute	強磁場 ESR による量子スピン系の研究
	大久保 晋	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	CeZn の圧力下の磁気構造の解明

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)
極限物性	大久保 晋 大道 英二 櫻井 敬博 (研究基盤セ)	国際ワークショップ "Modern developments and applications of ESR, THz and high magnetic fields"	神戸大学	2024年 9月	51	7	14	分子フォト 外国人招聘	250,000

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)
極限物性	超純水製造装置 Milli-Q SQ 240、メルク社	546,700
低温物性	1200°C ² 炉 横型管状炉・OSK 97TG 12THd/40	965,800

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 ヶ月)
素粒子宇宙論	事務補佐員 1 名 (8 時間/週で 12 ヶ月)
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 (18 時間/週で 12 ヶ月)
極限物性	事務補佐員 1 名 (10 時間/週で 4 ヶ月)
	事務補佐員 1 名 (12 時間/週で 6 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				
素粒子宇宙理論	3	4	3	15	7	17	0	0	0	0	0	0
物性理論	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0
量子物性論	0	0	1	6	0	7	0	0	0	14	5	0
粒子物理	0	1	2	6	5	37	3	6	0	60	0	0
極限物性	3	6	3	15	3	33	0	0	0	63	1	0
低温物性	2	2	1	7	1	18	0	0	0	31	2	2
電子物性	0	0	0	4	0	12	0	0	0	12	0	0
総計	8	13	10	57	16	124	3	6	0	184	8	2

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
素粒子宇宙理論	0	0	0	0	0	0	14 (7)	3	0	0	0
物性理論	0	0	0	0	0 (0)	0	2 (0)	1	0	0	0
量子物性論	1	0	0	0	0 (0)	0	2 (0)	0	0	0	0
粒子物理	1	0	0	0	0 (0)	0	147 (2)	0	0	0	0
極限物性	1	0	0	0	0 (0)	0	7 (4)	0	0	0	0
低温物性	0	0	0	0	0 (0)	0	3 (3)	3	0	2	0
電子物性	0	0	0	0	0 (0)	0	4 (0)	3	0	0	0
総計	3	0	0	0	0 (0) (*)	0	179 (16) (*)	10	0	2	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
素粒子 宇宙理論	ポスター賞	「TeVガンマ線バーストにおける円偏光を用いた アクシオンの検証可能性について」	千葉 航	M1
量子物性論	JPSJ Papers of Editors' Choice	Insulating Behavior in the Quantum Limit State of Bi _{1-x} Sb _x (x~0.04) in the Vicinity of Semimetal-Semiconductor Transition	伏屋 雄紀 山田 暉馨	教授 特命助教
	ポスター賞(Silver prize)	High-field transport in three-dimensional Rashba electron systems	山田 暉馨	特命助教
	最優秀若手奨励賞	Quantum magneto-transport theory and field-induced crossover in Hall conductivity	山田 暉馨	特命助教
	ポスター賞(Silver prize)	Pseudo-anomalous Hall effect in multi-valley systems	山田 暉馨	特命助教
	若手優秀発表賞	高磁場下ラッシュバ電子系における自由電子の顕在 化とホール伝導度の符号反転	山田 暉馨	特命助教
粒子物理	ブレイクスルー賞 基礎 物理学部門	detailed measurements of Higgs boson properties confirming the symmetry-breaking mechanism of mass generation, the discovery of new strongly interacting particles, the study of rare processes and matter-antimatter asymmetry, and the exploration of nature at the shortest distances and most extreme conditions at CERN's Large Hadron Collider	ATLAS Collaboration	
極限物性	第63回電子スピンサイ エンス学会年会 優秀ポ スター賞	S=1/2 量子磁性体磁性体 C ₉ H ₁₈ N ₂ CuBr ₄ の高周波 数 ESR による研究	濱田 優翔	院生
低温物性	ポスター賞 H-Physics II「対称性と 物理現象ーその発現と 制御」	ノンコリニア磁性体 NbMnP における異常ホール 効果の純良度依存性	新井 祐樹	D1
低温物性 電子物性	JPSJ Editors' Choice	Intrinsic Anomalous Hall Effect Arising from Antiferromagnetism as Revealed by High-Quality NbMnP	新井 祐樹 藤 秀樹 菅原 仁 小手川 恒	D1 教授 教授 准教授

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	41	40	各教員
物理数学Ⅲ	2	3	1Q	43	43	西野 友年
解析力学	2	2	1Q2Q	46	40	藏重 久弥
量子力学Ⅰ	2	3	1Q	49	48	神野 隆介
古典力学	2	1	1Q2Q	78	68	松岡 英一
物理学情報処理	4	2	1Q2Q	41	36	山崎 祐司
物理学情報処理演習 ※	2	4	1Q2Q	1	0	山崎 祐司
初年次セミナー	1	1	1Q	38	37	菅原 仁
統計物理学Ⅰ	2	3	1Q	63	62	西野 友年
物理学実験Ⅲ	1.5	3	1Q	47	47	松岡 英一、菅原 仁、藏重 久弥、 大道 英二、鈴木 州、大久保 晋、 身内 賢太郎
電磁気学Ⅰ	2	2	1Q	4	2	藤 秀樹
現代物理学	1	1	前期	83	77	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
現代物理学Ⅰ	1	1	1Q	3	1	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
物理実験学	2	2	1Q2Q	50	42	鈴木 州、大道 英二
特別研究A(実験系)	12	4	通年	27	24	各教員
特別研究A(実験系) ※	10	4	通年	1	1	各教員
特別研究B(理論系)	6	4	通年	10	10	各教員
生物学科物理学概論	2	1	前期	5	3	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
解析力学	2	2	1Q2Q	46	40	藏重 久弥
物理数学Ⅳ	2	3	2Q	43	43	西野 友年
Introduction to Physics	1	2	2Q	33	28	久保木 一浩、山崎 祐司
惑星学科物理学概論	2	1	前期	5	3	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
量子力学Ⅱ	2	3	2Q	47	44	神野 隆介
古典力学Ⅱ	1	1	2Q	4	3	松岡 英一
統計物理学Ⅱ	2	3	2Q	63	62	西野 友年
物理学実験Ⅳ	1.5	3	2Q	47	46	松岡 英一、菅原 仁、藏重 久弥、 大道 英二、鈴木 州、大久保 晋、 身内 賢太郎
電磁気学Ⅱ	2	2	2Q	6	2	藤 秀樹
電磁気学Ⅰ	2	2	前期	37	31	藤 秀樹
現代物理学Ⅱ	1	1	2Q	3	1	西野 友年、竹内 康雄、菅原 仁
先端物理学 物性理論特論B	1	4	前期	4	2	西野 友年
先端物理学 極限物性学特論B	1	4	前期	7	6	小濱 芳允
先端物理学 電子物性特論	1	4	前期	15	13	菅原 仁
特別講義 Foundations of quantum information science and quantum devices	1	4	前期	9	7	大久保 晋
高度教養セミナー 理学部物理学入門	1	3	3Q4Q	48	46	各教員

物理学実験 I	1.5	2	3Q	1	0	大久保 晋、前田 順平、 小手川 恒、山崎 祐司
物理数学 I	2	2	3Q	8	4	藏重 久弥
物性物理学 I	2	3	3Q	46	43	菅原 仁
古典電磁気学 I	1	1	3Q	18	4	前田 順平
古典電磁気学	1	1	3Q4Q	73	51	前田 順平
統計物理学Ⅲ	2	3	3Q	61	59	西野 友年
電磁気学Ⅲ	2	2	3Q	10	3	身内 賢太郎
特殊相対性理論	2	2	3Q4Q	71	48	神野 隆介
物理学実験 V	1.5	3	3Q	35	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	52	40	藏重 久弥
量子力学Ⅲ	2	3	3Q	56	26	久保木 一浩
熱統計物理学	2	2	3Q4Q	53	42	大久保 晋
素粒子物理学	2	3	3Q4Q	40	34	藏重 久弥
先端物理学 宇宙論特論 A	1	4	後期	6	6	早田 次郎
先端物理学 物性理論特論 B	1	4	後期	4	2	西野 友年
先端物理学 素粒子実験学特論 C	1	4	後期	1	0	山崎 祐司
物理学実験 II	1.5	2	4Q	1	0	大久保 晋、前田 順平、小手川 恒、山 崎 祐司
物理学実験 1	3	2	3Q4Q	36	35	大久保 晋、前田 順平、小手川 恒、山 崎 祐司
物理数学 II	2	2	4Q	7	4	藏重 久弥
物理数学 1	4	2	3Q4Q	36	34	藏重 久弥
物性物理学 II	2	3	4Q	48	38	松岡 英一
古典電磁気学 II	1	1	4Q	18	4	前田 順平
電磁気学 IV	2	2	4Q	9	3	身内 賢太郎
電磁気学 2	4	2	3Q4Q	37	34	身内 賢太郎
統計物理学 IV	2	3	4Q	63	59	西野 友年
物理学実験 VI	1.5	3	4Q	35	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
量子力学 IV	2	3	4Q	55	25	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	3	3	神野 隆介
物性論 I	4	前期	10	10	藤 秀樹、菅原 仁、
高エネルギー物理学 I	4	前期	11	11	竹内 康雄
低温物性学	2	前期	2	2	小手川 恒、藤 秀樹
量子物性 I	2	前期	4	4	久保木 一浩
理論物理学 I	4	前期	5	5	早田 次郎
科学英語 1	1	前期	8	8	藤 秀樹
科学英語 2	1	前期	8	8	藤 秀樹
特別講義 物性理論特論 B	1	後期	6	6	西野 友年
特別講義 宇宙論特論 A	1	後期	6	5	早田 次郎
論文講究 I	4	通年	23	23	各教員

特定研究 I	4	通年	23	23	各教員
論文講究 II	4	通年	19	19	各教員
特定研究 II	4	通年	19	19	各教員
先端融合科学特論 A (物理学)	1	通年	25	25	各教員
電子物性学	2	後期	2	2	松岡 英一、菅原 仁
極限物性学	2	後期	7	7	大道 英二、大久保 晋
量子物性 II	2	後期	3	2	伏屋 雄紀
素粒子理論 II	1	3Q	4	4	伊藤 飛鳥
素粒子実験学 III	1	後期	10	8	山崎 祐司
素粒子実験学 IV	1	後期	10	10	身内 賢太朗
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 C	1	後期	18	18	山崎 祐司
特別講義 素粒子実験学特論 D	1	後期	18	18	身内 賢太朗
特別講義 極限物性額特論 B	1	前期	11	10	大久保 晋
特別講義 電子物性学特論	1	前期	7	4	菅原 仁
宇宙論 I	2	4Q	4	3	早田 次郎
特別講義 Foundations of quantum information science and quantum devices	1	2Q	14	12	大久保 晋
素粒子理論 I	2	前期	3	3	神野 隆介

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 IIIa	1	前期	1	0	藏重 久弥
高エネルギー物理学 IIIb	1	前期	1	1	藏重 久弥
特別講義 電子物性学特論	1	前期	3	3	菅原 仁
特別講義 極限物性学特論 B	1	前期	1	1	大久保 晋
特別講義 素粒子実験学特論 C	1	後期	1	0	山崎 祐司
特別講義 素粒子実験学特論 D	1	後期	1	1	身内 賢太朗
物性論 IIIa	1	後期	3	3	菅原 仁
物性論 IIIb	1	後期	3	3	菅原 仁
高エネルギー物理学 IIIa	1	前期	1	0	藏重 久弥
高エネルギー物理学 IIIb	1	前期	1	1	藏重 久弥
特別講義 電子物性学特論	1	前期	3	3	菅原 仁
特別講義 極限物性学特論 B	1	前期	1	1	大久保 晋

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
現代物理学が描く世界	1	1Q	137	109	大久保 晋
量子力学基礎	1	1Q	81	68	伊藤 飛鳥
力学基礎 1	1	1Q	99	90	久保木 一浩
力学基礎 1	1	1Q	98	87	大道 英二
物理学実験基礎	1	1Q	7	7	竹内 康雄
物理学実験基礎	1	1Q	26	25	小手川 恒
物理学実験	2	前期	78	77	竹内 康雄
物理学実験	2	前期	25	24	小手川 恒
力学基礎 2	1	2Q	76	66	久保木 一浩
力学基礎 2	1	2Q	97	86	大道 英二

力学基礎 2	1	2Q	108	95	山崎 祐司
相対論基礎	1	2Q	65	45	伊藤 飛鳥
現代物理学が描く世界	1	2Q	195	174	大久保 晋
身近な物理法則	1	3Q	76	70	小手川 恒
現代物理学が描く世界	1	3Q	200	188	菅原 仁
電磁気学基礎 1	1	3Q	116	107	伏屋 雄紀
連続体力学基礎	1	3Q	44	33	藤 秀樹
物理学実験	2	後期	44	33	鈴木 州
物理学実験	2	後期	88	87	前田 順平
現代物理学が描く世界	1	4Q	128	111	菅原 仁
身近な物理法則	1	4Q	28	18	小手川 恒
現代物理学が描く世界	1	1Q	137	109	大久保 晋
量子力学基礎	1	1Q	81	68	伊藤 飛鳥

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
2025 年 3 月 25 日	佐藤 爽太	早田 次郎	Unitarity of S-matrix and its application to dark matter models (S行列のユニタリー性と暗黒物質模型への応用)	早田 次郎	藏重 久弥
					神野 隆介
2025 年 3 月 25 日	小路 悠斗	大道 英二	Frequency-domain terahertz spectroscopy using broadband frequency-tunable photomixers (広帯域周波数可変フォトミキサーを用いた周波数ドメインテラヘルツ分光法の開発)	大道 英二	藤 秀樹
					山崎 祐司
2025 年 3 月 25 日	西井 莞治	早田 次郎	Non-equilibrium Effective Field Theory for Gravity (重力に対する非平衡有効場理論)	早田 次郎	山崎 祐司
					神野 隆介
2025 年 3 月 25 日	宮地 大河	早田 次郎	Tunneling in de Sitter spacetime as a stochastic process (確率過程としてみたド・ジッター時空中のトンネリング)	早田 次郎	藤 秀樹
					神野 隆介

2.5. 修士論文

氏名	指導教員	題名	主査
鐘 海文	鈴木 州	ハイパーカミオカンデ長基線ニュートリノ実験における中間距離水チエレンコフ検出器の較正に関する研究	鈴木 州
相子 悠人	早田 次郎	因果ダイヤモンドのゆらぎ	早田 次郎
赤木 草太	松岡 英一	ハロゲンを含む三元希土類化合物の新物質探索と物性評価	松岡 英一
畠 光流	西野 友年	画像分類における最適な木構造テンソルネットワークの探索	西野 友年
阿部 修也	藤 秀樹	単結晶 UNi ₄ B の 11B-NMR を用いた高磁場相の磁気秩序状態の研究	藤 秀樹
伊郷 祐馬	大道 英二	テラヘルツ ESR 測定の高感度化に向けたディアポロ型アンテナの開発	大道 英二
石井 俊介	大久保 晋	不純物(Pb,Co)導入 Fe ペロブスカイトの強磁場 ESR 測定	大久保 晋

小島 大輝	大道 英二	溶液試料における熱的検出テラヘルツ ESR 分光法の開発	大道 英二
鈴木 大夢	山崎 祐司	MEG II 実験輻射崩壊検出器の電極開発と動作試験 Development and performance of the electrode of the Radiative Decay Counter in the MEG II experiment	山崎 祐司
武内 克倫	西野 友年	相互情報量を用いたボルツマンマシンによる学習の効率化	西野 友年
田中 裕斗	小手川 恒	反強磁性由来の異常ホール効果を示す f 電子系化合物の発見とその機構の研究	小手川 恒
中西 青空	小手川 恒	圧力誘起超伝導体 CeSb ₂ の Sb-NQR による研究	小手川 恒
鍋田 百花	大久保 晋	黒リンの圧力下サイクロトロン共鳴による研究	大久保 晋
生井 凌太	身内 賢太郎	ニュートリノバックグラウンドに対する大型ガス検出器を用いた方向に感度を持つ暗黒物質探索の有効性評価	身内 賢太郎
西 将汰	山崎 祐司	LHC 加速器高輝度化のための超伝導磁石クエンチ保護システムの性能評価	山崎 祐司
濱田 優翔	大久保 晋	量子臨界点近傍にあるスピン梯子物質の ESR による研究	大久保 晋
樋口 流雲	山崎 祐司	LHC-ATLAS 実験におけるミュオンスペクトロメータによる飛跡高速再構成の機械学習による改良	山崎 祐司
前谷 風弥	菅原 仁	近藤半金属 CeRu ₂ Al ₁₀ の高圧下電子輸送効果測定	菅原 仁
水引 龍吾	前田 順平	高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた初段エンドキャップミュオントリガーのファームウェア開発と検証	前田 順平
村田 優衣	前田 順平	高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた新しい後段ミュオントリガー手法の開発	前田 順平

2.6. 4年生特別研究

氏名	指導教員	題名
猪上 竣	山崎 祐司 前田 順平	電子テストビームラインにおけるビーム形状測定実験
河野 朱慧	山崎 祐司 前田 順平	電子テストビームラインにおけるビーム形状測定に向けたビームの性質
柳 凜	山崎 祐司 前田 順平	電子テストビームラインにおけるビーム形状測定器の検出効率
西田 汐里	山崎 祐司 前田 順平	電子テストビームラインのビーム形状測定
神吉 陽介	山崎 祐司 前田 順平	電子テストビームラインを用いた電磁シャワーの形状測定
山内 康輝	身内 賢太郎	ガス TPC とタンデム加速器を用いた陽子のエネルギー損失測定の原理
野村 脩貴	身内 賢太郎	ガス TPC とタンデム加速器を用いた陽子のエネルギー損失測定のための実験装置
門田 佳吾	身内 賢太郎	ガス TPC とタンデム加速器を用いた陽子エネルギー損失測定のための飛跡検出
遠山 和佳子	身内 賢太郎	ガス TPC とタンデム加速器を用いた陽子のエネルギー損失測定の結果
村田 洋彬	伊藤 飛鳥	重力波の重力レンズ効果について
松尾 姫歌	伊藤 飛鳥	活動銀河核の磁場による重力波電磁波転換現象に関する研究
伊端 駿	伊藤 飛鳥	一般相対性理論の幾何学的解釈について
青山 真也	竹内 康雄 鈴木 州	ラドン検出器の測定原理と製作
番原 大登	竹内 康雄 鈴木 州	ラドン検出器の較正試験
稲葉 有哉	竹内 康雄 鈴木 州	ラドン検出器を用いたバックグラウンド測定と放射能測定 1
西上 真央	竹内 康雄 鈴木 州	ラドン検出器を用いた放射能測定 2
小林 健斗	早田 次郎	アクシオン暗黒物質中のアクシオン・光子変換
三浦 央暉	神野 隆介	場の理論における positivity bound の手法と axion inflation 理論の理論的健全性について
真武 正伍	神野 隆介	場の量子論のトンネル効果における正定値作用定式化
細見 悠馬	大久保 晋	メタホウ酸銅 CuB ₂ O ₄ の磁気異方性の研究

宮澤 毅弘	大久保 晋	機械学習を用いたヘリウム回収監視システム開発
服部 嶺於	大久保 晋	ダイヤモンド NV センターを用いた光検出磁気共鳴装置の開発
福田 尚摩	大道 英二	テラヘルツ領域における Fabry-Perot 共振器の開発
工藤 洋規	大道 英二	誘電体を用いたテラヘルツ波増強アンテナの電磁波解析
井上 真輝	菅原 仁	Ce ₂ CuGe ₆ のホール効果測定
上根 秀也	菅原 仁	Yb ₃ Si ₅ の元素置換における物性変化
黒崎 颯太	松岡 英一	立方晶化合物 Ce ₂ Pd ₂₁ Si ₆ の試料作製及び物性評価
西村 颯大	伏屋 雄紀	ドルーデ理論に基づく Bi の電流磁気効果
城 拓巳	西野 友年	ボルツマンマシンを用いた二次元イジングモデルの学習
久米 巧真	西野 友年	畳み込みニューラルネットワークを用いた画像認識
橋本 竜志	西野 友年	テンソル補完による画像復元
阪口 祥大	藤 秀樹	四極子近藤効果候補物質 Y _{1-x} Pr _x Co ₂ Zn ₂₀ の NMR による実験的検証
明石 侑大	藤 秀樹	反強磁性体 UNi ₄ B の常磁性状態 ¹¹ B-NMR による研究
大西 駿介	小手川 恒	Lu-Mn ₂ 元系物質の試料作製
角川 裕哉	小手川 恒	MnSe ₂ の試料作製と物性評価
松田 駿汰	小手川 恒	Ce ₂ PtGe ₆ の単結晶作製と異常ホール効果の観測
高木 悠人	藤 秀樹	MgB ₂ 含有比を変えたナノ複合化合物 Mg/MgO/MgB ₂ の ¹¹ B-NMR による研究
寺田 尚矢	藤 秀樹	交替磁性体 CaFe ₄ Al ₈ の試料作製と物性評価

2.7. 物理談話会

	日時	講師(所属)	題目
1	2024/05/20	前田 順平 (神戸大学理学研究科)	先端情報基盤技術を活用したデータ解析技術から拓くエネルギーフロンティア実験
2	2024/06/14	岸本 祐二 (高エネルギー加速器研究機構)	放射線検出器の宇宙開発への応用
3	2024/07/23	小濱 芳允 (東大物性研究所)	「装置開発」について考える：技術開発とその応用
4	2024/08/01	鬼丸 孝博 (広島大学先進理工系科学研究科)	4f 配位の Yb 磁性半導体における磁気フラストレーション効果
5	2024/11/08	玉岡 幸太郎 (日本大学文理学部)	ブラックホールと量子情報
6	2024/11/19	竹森 那由多 (大阪大学理学研究科)	第三の固体状態：準結晶の超伝導
7	2024/12/05	市川 温子 (東北大学理学研究科)	ニュートリノの質量をめぐる現状と AXEL 実験の開発の話
8	2024/12/12	吉田 光宏 (高エネルギー加速器研究機構)	“ノーベル賞を獲った男”に倣ってノーベル賞を獲るための次世代加速器を目指すべし

2.8. 素粒子宇宙理論セミナー

<https://www.research.kobe-u.ac.jp/fsci-pacos/seminar2024.html>

	日時	講師(所属)	題目
1	2024/04/10	伊藤 飛鳥 (神戸大学)	高周波重力波の観測に向けて
2	2024/04/17	神野 隆介 (神戸大学)	高エネルギー初期宇宙における一次相転移と重力波生成
3	2024/04/24	坂本 真人 (神戸大学)	標準模型の謎
4	2024/05/08	早田 次郎 (神戸大学)	原始重力波の量子性検証に向けて
5	2024/05/15	大宮 英俊 (京都大学)	ブラックホール周囲のアクシオン雲による重力波放射
6	2024/05/22	山内 大介 (岡山理科大学)	位置天文を用いた背景重力波の検証
7	2024/05/29	岡林 一賢 (YITP)	リサーチジェンス理論で見る量子宇宙論
8	2023/06/05	山本 明 (神戸大学)	Bose-Einstein 凝縮を用いた原始重力波検出
9	2024/06/26	鎌田 歩樹 (University of Warsaw)	Decay of scalar condensation: three approaches

10	2024/07/03	千葉 航 (神戸大学)	TeV ガンマ線バーストによる円偏光を用いたアクシオンの検証可能性について
11	2024/07/10	泉 啓太 (神戸大学)	中性子星クラスターの熱的性質
12	2024/07/17	山田 雅俊 (吉林大学)	汎関数くりこみ群の基礎と応用
13	2024/10/30	Dibya Chakraborty Indian Inst. Tech.	Inflationary Models in String Theory
14	2024/10/30	Sagarika Tripathy Indian Inst. Astrophys.	Unraveling the origins of magnetic fields in the early universe
15	2024/11/13	神田 行宏 (名古屋大学)	余剰次元モデルにおける宇宙ひもの相互作用
16	2024/11/27	宮地 大河 (神戸大学)	完全 WKB 解析を用いたブラックホール準固有振動の解析
17	2024/12/18	相子 悠人 (神戸大学)	covariant phase space formalism による causal diamond の解析
18	2025/01/08	千草 颯 (MIT)	ダイヤモンド中の NV 中心を用いた軽い暗黒物質探索: 電子スピン、核スピン、共磁気測定
19	2025/01/15	郭 優佳 (名古屋大学)	Gravitational entanglement witness through Einstein ring image
20	2025/01/22	川平 将志 (京都大学)	IR divergences and factorization algebras
21	2025/01/29	B4 (神戸大学)	卒研発表練習

2.9. 粒子物理学セミナー

今年度はなし

2.10. 物性セミナー

今年度はなし

2.11. 他大学への出講など兼業先一覧

氏名	身分	出講先
藏重 久弥	非常勤講師	国立大学法人大阪大学
山崎 祐司	講師	大阪府立天王寺高等学院
山崎 祐司	大学模擬授業講師	三重県立四日市高等学校
身内 賢太郎	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
伊藤 飛鳥	大学模擬授業講師	兵庫県立長田高等学校
伊藤 飛鳥	連携研究員	高エネルギー加速器研究機構量子場計測システム国際拠点

2.12. TA の採用活用状況

TA 人数	のべ時間
31	907 時間

2.13. RA の採用活用状況

RA 人数	のべ時間
2	600 時間

2.14. 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

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

大学院博士課程前期課程（9月修了生）：

- 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) 研究成果発信のための英語能力
- H) 学際的視野に基づいた創造的な研究能力
- D) 物質の構造及び機能を根本原理から理解する能力
- J) 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
- K) 現代物理学の広範な研究分野を俯瞰する能力
- L) 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

たっと思いませんか。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 R6 年度 学部卒業生 アンケート結果

	1)	2A)	2B)	2C)	2D)	2E)
1.	5	14	8	9	8	10
2.	15	20	23	24	25	23
3.	7	10	12	11	9	11
4.	10	1	2	1	3	0
5.	9	1	1	1	1	2

物理学専攻 R6 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.	2	3	6	7	7	5	8
2.	4	7	7	6	7	8	4
3.	3	5	3	3	3	3	4
4.	4	2	0	0	0	1	1
5.	4	0	1	1	0	0	0

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

物理学専攻 R6 年度 大学院博士課程前期課程 9 月修了生 アンケート結果

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

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
1.	0	1	0	1	0
2.	1	0	1	0	1
3.	0	0	0	0	0
4.	0	0	0	0	0
5.	0	0	0	0	0
6.	0	0	0	0	0

物理学専攻 R6 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	2	2	1	1
2.	0	4	2	2	1	2	2
3.	1	0	1	0	1	1	1
4.	1	0	0	0	0	0	0
5.	2	0	0	0	0	0	0

2.15. 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。

2.16. 個別教育活動の記録

2024年度 教育活動の記録 物理学専攻・教授 早田 次郎

担当授業科目等			
(学部)	(1) 一般相対性理論	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		
	(5) 特定研究 I,II		
(博士後期)	(6) 特定研究		
授業内容と自己評価			
<p>(1) 一般相対性理論は、重力を幾何学的に記述する学問である。特殊相対性理論や数学の知識を必要とするため、一般相対性理論を学ぶことは物理学や数学の復習としても有用である。ニュートン重力から出発して重力をどのように幾何学的に記述することができるのかを説明し、様々な重力現象を説明することを試みた。それを基に重力波や宇宙論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。</p> <p>(2) 量子情報理論について、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、量子情報理論の理解に必要な知識が習得できるようになった。量子論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。</p> <p>(3) 大学院の前期課程の授業である。宇宙論的摂動理論について基礎から丁寧に解説した。宇宙論の初歩から解説し、宇宙論的な構造形成理論へと移行するというスタイルをとった。摂動量のゲージ変換とは何か、ゲージ不変量とは何かを講義した。その結果を用いて、摂動的なアインシュタイン方程式を導出した。揺らぎの起源を明らかにし、アインシュタイン方程式を解くことで銀河の分布や宇宙背景放射にどのような予言がなされるのかを解説した。宇宙の構造形成理論の全容を理解することができたはずである。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(6) 博士前期課程2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、1人については論文を書かせた。</p>			
その他の特記事項			
<p>指導していた3名の学生が博士学位論文を授与された。</p>			

担当授業科目等			
(学部)	(1) 量子力学 I	前期	1 コマ×15 回
	(2) 量子力学 I 演習	前期	1 コマ×15 回
	(3) 特殊相対論	後期	1 コマ×15 回
	(4) 特別研究		
(博士前期)	(5) 素粒子理論 I	前期	1 コマ×15 回
	(6) 特定研究 I,II		
	(7) 論文講究 I,II		
授業内容と自己評価			
<p>(1) 量子力学は現代の物理の根幹をなす学問である。本講義では、まず前期量子論の観測事実からシュレディンガー方程式を導入し、変数分離を用いることで様々なポテンシャルを持つ系に対し微分方程式としての解析を行った。次に演算子形式を導入することで量子力学が見通しよく定式化できることを解説した。その後、演算子形式を用いて調和振動子の解析・水素原子の解析を行い、角運動量代数の導入を行った。最後に発展的話題として Aharonov-Bohm 効果および Bell の不等式を解説した。上記内容をまとめたマテリアルを補助教材として作成し公開した。</p> <p>(2) 量子力学の講義で解説した内容を身につけるには、演習で自ら手を動かすことが不可欠である。本演習では、毎回の講義の内容に合わせた演習を用意し、コマの前半で学生自身に解いてもらった。後半では学生に発表させることで、プレゼンテーション能力の向上も試みた。演習問題は全て模範解答付きで作成し、解答は演習後に公開することで復習を容易にした。</p> <p>(3) 特殊相対論は現代の物理の根幹をなす学問である。本講義では、まず特殊相対性原理と光速度不変の原理という相対性理論の指導原理から入り、慣性観測者および時空図等の基礎的事項を解説した。次に、間隔の不変性から時間の遅れ及びローレンツ収縮等の興味深い現象が予言されることを説明した。講義の後半ではベクトル解析およびテンソル解析を取り扱い、ベクトルと一形式等の数学的基礎の習得を試みた。最後に相対論的完全流体を導入し、一般相対論の必要性へと繋げることで、一般相対論への滑らかな接続になるような講義を行った。</p> <p>(4) 特別研究では、学部生 2 人の卒業研究を担当した。各学生に宇宙論および素粒子理論に関連する個別テーマを与え、最終的にはいずれも卒業論文としてまとめさせた。</p> <p>(5) 素粒子理論 I では、場の理論の標準的教科書である Peskin&Schroeder の輪講を行った。Klein-Gordon 方程式の量子化、Dirac 方程式の量子化を通じて、ボソンとフェルミオン系の場の量子化に伴う基礎的な事項の習得を行ったのち、Feynman 図を導入して散乱過程を具体的に計算する準備が完了した。</p> <p>(6) 特定研究 I,II では、学生の興味に応じた論文を読解・発表させることで、読解力および発表力の育成を行った。</p> <p>(7) 論文講究 I,II では、論文につながるテーマを学生の興味に応じて与え、学生自身が独自結果を生み出せるよう、定期的な議論によって指導した。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等			
(学部)	(1) 量子力学基礎	1Q	1 コマ×8 回
	(2) 相対論基礎	2Q	1 コマ×8 回
	(3) 現代物理学 I,II	前期	1 コマ×5 回
	(4) 特別研究		
(博士前期)	(5) 素粒子理論 II	3Q	1 コマ×8 回
	(6) 論文講究 I, II		
	(7) 特定研究 I,II		
授業内容と自己評価			
<p>(1) 量子力学基礎 量子力学の基礎概念を導入し、波動関数、シュレディンガー方程式、量子力学的な演算子の意味などを段階的に講義した。抽象的になりがちな内容については具体例を交えながら理解を促し、測定の確率的解釈やエネルギー固有状態の物理的意味などについて議論を深めた。量子力学を初めて学ぶ学生でも体系的に理解できるよう配慮した。</p> <p>(2) 相対論基礎 特殊相対性理論を中心に、ローレンツ変換、時空の幾何構造、四元ベクトルの概念を導入し、現代物理学の基盤としての理解を目指した。運動量保存則やエネルギーの相対論的解釈を例題を通して習得させた。宇宙論への応用を適宜取り入れながら、学生の物理的直観を培うことを重視した。</p> <p>(3) 現代物理学 I, II 現代物理学 I,II では量子力学と相対論の基礎的な内容を整理し、それらを踏まえてブラックホール、重力波、宇宙論といった現代物理の主要テーマについて解説を行った。特に、一般相対論の基本概念からブラックホール時空の構造、重力波の性質、宇宙の大規模構造やその進化といったトピックを取り上げ、最新の観測や理論との関連にも触れた。基礎から応用への一貫した流れを意識し、物理学の全体像を俯瞰できるよう構成した。</p> <p>(4) 特別研究 学部 4 年生 3 人の卒業研究を指導した。個別の研究テーマを与え、定期的な指導を通して研究の進め方を習得させた。理論的枠組みの構築、数値計算や解析的手法の使い方を指導し、最終的には卒業論文としてまとめる力を養わせた。研究に必要な基礎知識の確認と、独自性ある問題設定を促すことで、大学院進学後にも活きる研究的思考を身につけさせることを目指した。また指導学生 1 人の卒業研究内容が論文として発表された。</p> <p>(5) 素粒子理論 II 素粒子物理学の理論的枠組みを理解するために必要な群論の基礎から始めて、SU(2)や SU(3)といった標準模型に登場する対称性の具体的な扱い方を学んだ。リー群とリー代数の基本概念、表現論の初歩を導入し、ゲージ理論との関連を明確にした上で、標準模型における粒子の分類や相互作用の記述方法に発展させた。数理論構築と物理現象とのつながりを意識させることで、理論構築の背後にある物理的直観を培った。</p> <p>(6) 論文講究 I, II 学生の興味あるテーマに関連した論文を発表する形式とし、ゼミ形式での議論を通して文献読解力とプレゼンテーション能力の育成を図った。重要な数式やグラフの意味を丁寧に解説させ、表面的な理解にとどまらない本質的な議論が行えるよう指導した。</p> <p>(7) 特定研究 I, II 学生の研究テーマに沿った具体的な問題設定と解法に取り組みせ、定期的な面談を通して研究の方向性や論理構成に対する助言を行った。初期のアイデア段階から論文投稿に向けた完成までのプロセスを意識できるよう配慮した。</p>			
その他の特記事項			

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
	(5) Introduction to Physics	2Q	1 コマ×4 回 (分担)
(博士前期)	(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づ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うえて、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。

(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に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 年生のセミナーと大学院のセミナーは 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) 統計力学 I	1Q	3 コマ	×	7.5 回
	(4) 統計力学 II	2Q	3 コマ	×	7.5 回
	(5) 統計力学 III	3Q	3 コマ	×	7.5 回
	(6) 統計力学 IV	4Q	3 コマ	×	7.5 回
	(7) 特別研究				
(博士前期)	(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) 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。Lie 代数についても、入門的な解説を行った。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) 統計力学の初頭的な知識がしっかりと身に付くよう、最初からアンサンブルを用いた表現形式を一貫して用い、まずはミクロカノニカルアンサンブルの扱いに慣れることから始めた。次に、カノニカルアンサンブルによる熱平衡状態の扱いを導入し、分配関数から熱力学関数が導かれることを注意深く説明した。続いてグランドカノニカルアンサンブルおよび TP アンサンブルの扱いへと進み、解放系の熱力学や粒子数が保存しない物理系の取り扱いについて考察した。

(5)(6) 量子統計力学においては、まずは多粒子系の量子力学系について、フェルミ系とボーズ系の区別があることを概説し、大分配関数を用いた熱力学の記述を導入した。そして、低温においてフェルミ縮退とボーズ凝縮が起きることを示した。続いて強結合模型の代表例としてイジング模型を導入し、秩序・無秩序転移について平均場近似を用いて概説した。現代的な応用として、AI 一般に広く用いられているニューラルネットワークやボルツマンマシンについて、その導入を行った。

(7)(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。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、最近の進展を平易に解説し、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画像認識や画像修復について、テンソルネットワーク形式を用いた数値解析などを進めた。

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) 電磁気学基礎 1	3Q	1 コマ × 7.5 回
	(2) 電磁気学基礎 2	4Q	1 コマ × 7.5 回
(博士前期)	(3) 量子物性 II	後期	1 コマ × 15 回
	(4) 論文講究 II		
	(5) 特定研究 II		

授業内容と自己評価

(1)(2) 本授業では、自然現象の基盤となる電磁気学の基本概念を理解することを目指し、静電場、導体・誘電体、電流に関する法則を取り上げた。クーロンの法則やガウスの法則などを数学的に記述・理解するために、ベクトル解析や積分法の技法も適宜導入し、物理と数学の連携に重点を置いた。電場や電位、導体内部の電荷分布、誘電体の分極など、目に見えない量を数式で扱うことの意味を丁寧に解説し、直観と定量的理解の両立を図った。講義はスライドを中心に対面で実施し、課題などを課して定着を促した。履修者の理解度に応じて説明を柔軟に調整し、必要に応じて個別の質問対応も行った。全体として、基礎事項の定着と数式処理への慣れを重視した構成とし、概ね目標に沿った授業運営ができたと評価している。

(3) 本授業では、物性物理における場の量子論の基本的枠組みとその応用としての輸送現象の理論を扱った。古典的なドルーデ理論や半古典的ボルツマン理論から出発し、グリーン関数法や線形応答理論を導入して、久保公式に基づく量子論的な電気伝導度の理解へと展開した。松原振動数の和や解析接続の方法にも触れ、具体的な計算を通して理論の実践力を養うことを重視した。強磁場下の量子輸送やスピン輸送といった先端研究の話題も取り上げ、理論と実験の関連を意識した講義とした。特に分野外の学生にも配慮し、抽象的な理論内容も具体例と結びつけて平易に解説した。課題レポートを通じて自発的な学びを促し、概ね到達目標に沿った学修成果が得られたと評価している。

(4)(5) 研究室教育として、「論文講究」および「特定研究」を特命助教と連携して実施した。博士後期課程 1 名、修士課程 2 名、学部 4 年 1 名の計 4 名に対し、個別の研究指導を行った。D2 の学生は磁気熱電効果の理論に取り組み、強磁場下の熱電応答の理論構築を進めた。M2 の学生 2 名はそれぞれ、超量子極限における量子輸送現象、および Bi(111)薄膜の格子緩和がトポロジカル状態に与える影響をテーマとし、第一原理計算やグリーン関数法を駆使して解析を行った。B4 の学生は、ドルーデ理論を基盤とした Bi の電流磁気効果の解析を通じて、輸送理論の基礎を習得した。論文講究では、輸送現象・トポロジカル物性に関する最近の文献を精読・発表することで、専門的知見の涵養を図った。修士以上の学生については、物理学会等での発表を予定しており、研究者としての訓練を着実に積ませている。

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 1	3Q,4Q	2 コマ × 15 回
	(3) 解析力学	1Q,2Q	1 コマ × 15 回
	(4) 物理学実験 III, IV	1Q,2Q	3 コマ × 15 回(分担)
	(5) 素粒子物理学	3Q,4Q	1 コマ × 15 回
	(6) 特別研究		
(博士前期)	(7) 論文講究 I、II		
(博士後期)	(8) 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 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。
- (4) 物理学科 3 年生向けの授業で、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。
- (5) 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。
- (6)(7)(8) 卒研究生 (13 名)、M1 (11 名)、M2 (8 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

(全学共通)	(1) 物理学実験	前期	2 コマ × 15 回(分担)
(学部)	(2) 現代物理学 I,II	1Q,2Q	1 コマ × 5 回(分担)
	(3) 物理学実験 V, VI	3Q,4Q	3 コマ × 15 回(分担)
	(4) 特別研究		
(博士前期)	(5) 高エネルギー物理学 I	前期	2 コマ × 15 回
	(6) 論文講究 I、II		
	(7) 特定研究 I、II		

授業内容と自己評価

- (1) 物理学の各分野（力学、電磁気学、光学、原子物理学、実験技術）に関する基礎的実験を行う。主に国際人間科学部と理学部の 2 年生向けの授業であり、「B. 電気抵抗の温度変化」のテーマを担当した。これまで多くの講義資料が引き継がれていたが、履修生がスムーズに学習できるように内容を整理した。また、(実験実施委員長として) 学習指導日について、具体的な指導の内容や対象者を **BEEF+** で明記するようになった。
- (2) 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。担当授業の多くは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。
- (3) 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。
- (4), (6), (7) 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。
- (5) 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	1 コマ
	(3) 力学基礎 1,2 (全学)	1Q, 2Q	各 1 コマ×7.5 回
	(4) 物理学実験Ⅲ・Ⅳ	3Q, 4Q	各 3 コマ×7.5 回 (分担)
	(5) 物理学実験Ⅰ・Ⅱ	3Q, 4Q	各 3 コマ×7.5 回 (分担)
	(6) 特別研究		
(博士前期)	(7) 素粒子物理学Ⅲ		
	(8) 論文講究Ⅰ,Ⅱ		
	(9) 特定研究Ⅰ,Ⅱ		
(博士後期)			

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。今年度の工夫としてより文法を学べる構成とした。
- (2) 初年次セミナー1 コマを担当した。
- (3) 全学教育の力学基礎 1, 2 を担当した。対象は応用化学科で、全員が高校で物理学を学んでいることから、比較的高度な内容とした。学修の修得状況は良好であった。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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 KEK ビームラインでのビーム形状測定を、前田准教授主導で行った。教育効果は高かったと考える。
- (7) 衝突型加速器実験の物理過程の基礎、実験技術の基礎について集中講義形式で行った。
- (8) 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。
- (9) M2 学生 2 名および後期から 10 月入学の 1 名、M1 学生 2 名の指導を行った。M2 のうち 1 名はアトラス実験 MDT 飛跡の機械学習による検出、もう 1 名は KEK における超伝導磁石の常伝導転移保護装置の安定性研究、10 月入学の学生はアトラスミューオン初段トリガーのシミュレーション開発を行った。また M1 の 1 名は飛跡検出器による最も高い横運動量を持つ散乱位置の選択アルゴリズム開発、もう 1 名は飛跡フィットアルゴリズムの GPU による高速化を行っている。この指導は前田准教授、KEK 超伝導低温工学センター中本教授、KEK 素核研清水助教と共同で行った。

その他の特記事項

担当授業科目等

(全学共通)

(学部)	(1) 物理学実験 III・IV	1Q,2Q	各 3 コマ×7.5 回
	(2) 物理学実験 V・VI	3Q,4Q	各 3 コマ×7.5 回
	(3) 電磁気学 III・IV	3Q,4Q	各 2 コマ×7.5 回

(4) 特別研究 A (実験系)

(博士前期) (5) 論文講究 I、II

(6) 特定研究 I、II

(7) 素粒子実験学 IV 後期 各 1 コマ×7.5 回

(博士後期)

授業内容と自己評価

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 卒研生 (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陽子の飛跡検出の研究を指導した。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。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 暗黒物質直接探索実験を題材として、大学初頭の物理、宇宙物理、素粒子物理などの講義を行った。

その他の特記事項

担当授業科目等

(全学共通)	(1) 物理学実験	後期	2コマ ×15回
(学部)	(2) 古典電磁気学 I、II	3Q, 4Q	各 1 コマ×7.5 回
	(3) 物理学実験 I、II	3Q, 4Q	各 3 コマ×7.5 回
	(4) 特別研究		
(博士前期)	(5) 論文講究 I、II		
	(6) 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) 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、翌日朝まで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。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。

(3) 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。

(4) 卒研究生(13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、KEKに整備した電子テストビームラインのビーム形状の測定実験を5名の卒業研究として山崎教授と共に指導した。実験を一から整備し、限られた期間に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。

(5) 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。

(6) 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10名の指導を藏重教授、山崎教授と共に、うち2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名が修士論文審査会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		

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、誤差論と水素原子のスペクトルを担当した。
- (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。
- (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) Concepts of Elementary Particle Physics(Michael E. Peskin 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後期課程の大学院生 1 名と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

(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		

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。

(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: 2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。

その他の特記事項

特になし

担当授業科目等

(全学共通)	(1) 現代物理学が描く世界	1Q	1コマ	×	7.5回
	(2) 現代物理学が描く世界	2Q	1コマ	×	7.5回
(学部)	(3) 物理学実験 III	1Q	3コマ	×	7.5回
	(4) 物理学実験 IV	2Q	3コマ	×	7.5回
	(5) 物理学実験 V	3Q	3コマ	×	7.5回
	(6) 物理学実験 VI	4Q	3コマ	×	7.5回
	(7) 熱統計物理学	3Q, 4Q	1コマ	×	15回
(博士前期)	(8) 物性論 I	1Q, 2Q	2コマ	×	4回 (分担)
	(9) 極限物性学	後期	1コマ	×	8回 (分担)
	(10) 論文講究 I、II				
	(11) 特定研究 I、II				

授業内容と自己評価

(1)(2) 2024年度から新たに全学の総合教養科目として受け持つことになった講義である。現代物理学である量子論、相対論によってもたらされた現代物理学を俯瞰し、現在進められている先端研究の一端を紹介している。履修者は1Qで137名、2Qで181名おり、1Qは対面形式、2Qはオンデマンド形式で実施した。毎週、小テスト、小レポートを課し、これに加えて期末レポートで成績を評価した。小レポート、期末レポートから概ね目標とした学習は達成している実感がある。

(3)(4)(5)(6)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実験を行っている。反転学習を導入し、受講者がテキストの内容を理解し、実施する実験に関するプレゼンを行い質疑に応えることで実験内容の理解度を高めて実験を行うこととしている。本実験では学生実験として、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。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。

(7)物理学科2年生を対象とする講義である。熱統計物理学の講義の多くは統計や微分積分に依存した上から与える形式が多いが、ミクロな描像なしに物理学者が熱力学を構築した興奮を伝えるべく講義を構築している。2回のレポートと期末試験により成績を評価した。この講義を取り組んで1年目なので履修者の理解度と進め方で十分バランスを取れていない部分があるなど工夫の余地が残っているのは課題である。

(8)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。学部の物性論の復讐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を行った。成績は、レポートと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が上がっていると評価している。

(9)大学院1年生の授業として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。

(10)(11)卒研(4名)、M1(4名)、M2(3名)の研究指導を指導教員として行った。各学生の特質の差に応じた個別指導を進めている。圧力下測定に関しては研究室の櫻井助教(研究基盤センター)と協力して、先端計測を行い研究指導にあたった。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。2名は複数の学会で発表することができた。M2に関しては、積極的な研究指導により全員学会、研究会等で4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できた。卒研生の輪講は、毎週英語の教科書を3ページづつ課題問題を準備して学生に課し、提出させて添削することにより、昨今流行の翻訳ソフトによる理解度の低下を防ぐことに成功し、輪講により知識レベルを向上させることに成功していると考えている。

その他の特記事項

卒研、修士の研究に必要な、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 1 (旧 電磁気学 I, II)	1Q2Q	2 コマ×15 回
	(3) 物理学実験 II	3Q4Q	3 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) 電磁気学 1(旧電磁気学 I・II)は 2 年生配当の科目である。本年度より Semester 開講となり、連続した内容で講義をすることができた。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 4 名程度の発表希望者がでた。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。
- (3) 物理学実験 1 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、独自のテキストとスライドによる真空の物理的説明および真空を作り出す技術について説明を行なっている。ミクロな分子運動について実験装置内で生じる現象を繋げられるよう解説を丁寧にした。また、実験系においては基本的な実験であるため、できるだけ実際に手を動かし身に付けてもらうよう、ボルト、ナットやスパナの使い方等を TA とともに丁寧に指導した。
- (5) 物性論 I は、大久保准教授・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、小手川教授と協力して、卒研生(3 名), M1(1 名), M2(1 名)の 5 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

第 19 回女子中高生のための関西科学塾講師および、模擬授業講師(3 回)を務めた

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。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。

(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、指標表を用いた既約表現の説明などを扱った。

(7,9,10) M2 (2 名)、卒研究生 (3 名) の研究指導を藤秀樹教授と協力して行った。卒研究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) 現代物理学が描く世界	3Q, 4Q	1コマ × 7.5回 × 2
	(2) 初年次セミナー	1Q	1コマ × 7.5回
	(3) 現代物理学 I, II	1Q, 2Q	1コマ × 5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(3)と同時開講		
	(8) 物理学実験 III, IV	1Q, 2Q	2コマ × 7.5回 × 2
	(9) 物性物理学 I	3Q	2コマ × 7.5回
(10) 特別研究 A		2コマ × 7.5回	
(博士前期)	(11) 物性論 I	前期	2コマ × 4回 (分担)
	(12) 電子物性学	後期	1コマ × 8回 (分担)
	(13) 物性論 IIIa, IIIb	後期	1コマ × 7.5回 × 2
	(14) 論文講究 I, II		1コマ × 7.5回
	(15) 特定研究 I, II		

授業内容と自己評価

(1)は総合教養科目で、主に相対論や量子論などの現代物理学の導入的な内容についてオンデマンドで講義した。成績は小レポートと小テストで評価した。

(2)は新入生向けの導入授業で、大学とはどんなところか、大学生活でのルールやマナーなどについて説明し、研究室で行っている研究内容をについて講義した。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。

(3)~(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物性研究の導入的な内容について講義した。成績は毎回課す小レポートで評価した。

(8)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。成績はレポートで評価した。

(9)は物性物理学の基礎的な講義である。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。

(11)は物性実験系の大学院生(博士課程前期課程)向けの授業である。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。

(12)はより専門的な物性実験系の大学院生(博士課程前期課程)向け授業である。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講義した。成績は授業への取り組み状況や課題レポートを総合して評価した。

(13)は大学院生(博士課程後期課程)向けの授業である。単結晶育成と量子振動効果に関する専門的な内容について講義した。授業への取り組み状況や課題レポートを総合して評価した。

(10)(14)(15)に関しては D2 (2名)、M2 (2名)、M1 (1名)、卒研究生 (3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、大学受験を想定した「物理」の考え方から脱却し、基本法則と微分積分を用いて自然現象を理解するという「物理学」の考え方へ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、実験結果を第三者に適切に伝える文章の作成技術を習得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) D2 (2名)、M2 (2名)、M1 (1名)、卒研究生 (3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. 素粒子宇宙理論

2024 年度より素粒子理論と宇宙論が合流し、素粒子宇宙理論教育研究分野を形成することとなった。素粒子宇宙理論では、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。

3.1.1 素粒子理論

メンバー：神野、西井、千葉

参考文献： [2],[3],[5],[8],[9]

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。素粒子標準模型を超える物理の一部には、高エネルギープラズマ中で一次相転移を起こすモデルがあることが知られている。一次相転移は真空泡の核生成・拡大・衝突を経て完了し、その過程において重力波生成を引き起こす。2030 年代の打ち上げが確定している重力波観測衛星 LISA による、一次相転移由来の重力波の観測を通じた素粒子モデルの弁別能力に関し報告が行われた[2][3]。特に観測的に最も重要な転移は高強度一次相転移であるが、その際の重力の効果が見積もられた[8]。確率微分方程式が厳密に解けるモデルを、量子力学における厳密可解系からのマッピングにより包括的に議論する研究を行なった[5]。重力が重要となる場合に、開放散逸系の有効理論を構築した[9]。

3.1.2 宇宙論

メンバー：早田、神野、野村、向野

参考文献： [4], [10],[14]

宇宙には暗黒物質と呼ばれる未知の物質が存在することは、もはや疑いようが無い。暗黒光子はその一つの候補である。暗黒光子が存在した場合、暗黒磁場が存在する可能性が高い。このとき、暗黒光子と重力波との間に転換現象が生じ、重力波の偏極に影響を与える。この影響を定量化するための定式化を行った[4]。宇宙に何故物質が存在するのかを明らかにするためには、初期宇宙におけるバリオン生成あるいはレプトン生成の機構を明らかにすることが重要となる。これまであまり考慮されてこなかった宇宙の非一様性が、レプトン生成に与える影響を明らかにした[10]。宇宙初期において、インフレーションを実現するためには平坦なポテンシャルが必要とされている。しかし、それが唯一の方法では無い。散逸による摩擦が引き起こす warm inflaton やゲージ場のジャイロ効果による chromo-natural inflaton も存在する。我々はこれら 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ことに着目した。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[14]。

3.1.3 重力理論

メンバー：早田、伊藤、宮地

参考文献： [6],[7],[12],[13],[15]

重力波の発見は物理学に大きな変革を与え、現在はマルチメッセンジャー天文学時代となっている。これからは観測できる波長域を広げていくことで多波長観測天文学を切り開いていく必要がある。特に、kHz を超えた高周波重力波の検出原理を明らかにすることは必須である。我々はリュードベルグ原子における電磁誘起透明化現象を用いた高周波重力波探索方法を提唱した [6]。また One-electron cyclotron を用いた高周波重力波探索方法を提唱した[15]。場の量子論におけるトンネル効果を理解するために、ドジッター時空上の場の相転移現象の研究を行った。歴史的には、確率的な場の方程式を用いてインフレーション中の場のダイナミクスが研究されてきた。我々は確率微分方程式に対応する経路積分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た [7]。重力波観測において準正規振動数を観測することは重要である。厳密 WKB 法という新しい方法を用いた準正規振動数の計算方法を明らかにした[12]。高周波重力波の物理を包括的にレビューした[13]。

3.1.4 超対称格子理論の研究

メンバー：坂本真人、宗博人（明治大学）、加藤光裕（東京大学）、加堂大輔（明治大学）

参考文献：[11]

Parisi-Wu 確率量子化法は、第4の量子化法とよばれ、ランジュバン方程式を用いて場の量子論を定式化するものである。この方法では、5番目の“時間” τ を導入して、 τ に関するランジュバン方程式をたて、そこに white noise とよばれるランダムな力をもちこむことによって、量子論的不確定性を実現している。この形式の利点は、すべて古典的な方程式を用いている点で、数値計算との相性がよいと考えられる。そこで我々は、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、数値計算が行えるように、格子化を行なった。このとき、再重み付けを行うことで、数値計算の収束が非常に良くなることを発見した。この結果は、論文[1]として発表された。

3.1.5 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（山口大学）、今井広紀(大阪公立大)、

参考文献：なし

一様磁場をもつ2次元トーラス上のスカラー場の理論を考察した。スカラー場のポテンシャルとして、ヒッグスタイプのポテンシャルを考え、スカラー場の真空期待値の振る舞いについて解析を行なった。この模型の特徴は、トーラスの面積を変えて行った時、臨界面積 L^* が存在することである。トーラスの面積が臨界面積 L^* よりも小さい時は、スカラー場の真空期待値は0で、トーラスの面積が臨界面積を超えると0でない真空期待値を持ち始めることがわかった。そして面白いことに、真空期待値がゼロでない値を持った時、その真空期待値は定数ではなく、トーラスの座標依存性をもつことが明らかになった。また、この時の真空配位は、トーラスにかかっている磁束の量子化数に比例した渦を生じることがわかった。そのとき、渦の間の距離をなるべく大きくするように、渦間には斥力が働いていると思われる。この結果については、近いうちに論文として発表予定である。

3.1.6 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：[1]

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。この結果をより一般の余剰次元模型に拡張し、どのような時に質量の奇数ベキの非解析項が現れるかを論文[2]で明らかにした。

<参考文献>

[1] Makoto Sakamoto and Kazunori Takenaga, "Mode recombination formula and nonanalytic term in an effective potential at finite temperature on a compactified space", Phys. Rev. D 109, 105012 – Published 9 May 2024, DOI: 10.1103/PhysRevD.109.105012, arXiv:2403.10775 [hep-th]

[2] Chiara Caprini, Ryusuke Jinno, Marek Lewicki, et al., "Gravitational waves from first-order phase transitions in LISA: reconstruction pipeline and physics interpretation", JCAP 10 (2024) 020, arXiv:2403.03723 [astro-ph.CO]

[3] Chiara Caprini, Ryusuke Jinno, Thomas Konstandin, et al., "Gravitational waves from first-order phase transitions: from weak to strong", arXiv:2409.03651 [gr-qc] 5 Sep 2024

[4] Kimihiro Nomura, Jiro Soda, Kazushige Ueda, Ziwei Wang, "Imprints of Dark Photons on Gravitational Wave Polarizations", arXiv:2409.10471 [gr-qc] 16 Sep 2024

[5] Masazumi Honda, Ryusuke Jinno, Koki Tokeshi, "Exactly solvable stochastic spectator", arXiv:2409.16272 [gr-qc] 24 Sep 2024

[6] Sugumi Kanno, Jiro Soda, Akira Taniguchi, "Search for high-frequency gravitational waves with Rydberg atoms", Eur. Phys. J. C 85, no.1, 31, arXiv:2311.03890 [gr-qc] (Oct 2024)

[7] Taiga Miyachi, Jiro Soda, Junsei Tokuda, "Stochastic Tunneling in de Sitter Spacetime", Universe 10, no.7, 292, arXiv:2309.07440 [gr-qc] (Aug 2024)

- [8] Ryusuke Jinno, Jun'ya Kume, "Gravitational effects on fluid dynamics in cosmological first-order phase transitions", JCAP 02 (2025) 057, arXiv:2408.10770 [gr-qc]
- [9] Pak Hang Chris Lau, Kanji Nishii, Toshifumi Noumi, "Gravitational EFT for dissipative open systems", JHEP 02 (2025), 115, DOI: 10.1007/JHEP02(2025)115, arXiv:2412.21136 [hep-th] 30 Dec 2024
- [10] Kenta Hotokezaka, Ryusuke Jinno, Rin Takada, "Leptogenesis in the presence of density perturbations", arXiv:2501.10148 [hep-ph] 17 Jan 2025
- [11] Daisuke Kadoh, Mitsuhiro Kato, Makoto Sakamoto, Hiroto So, "Stochastic quantization with discrete fictitious time", Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2025, Issue 4, April 2025, 043B01, DOI: 10.1093/ptep/ptaf038, arXiv:2501.14260 [hep-th] 24 Jan 2025
- [12] Taiga Miyachi, Ryo Namba, Hidetoshi Omiya, Naritaka Oshita, "Path to an exact WKB analysis of black hole quasinormal modes", arXiv:2503.17245 [hep-th] 21 Mar 2025
- [13] Nancy Aggarwal, Odylio D. Aguiar, Asuka Ito et al., "Challenges and Opportunities of Gravitational Wave Searches above 10 kHz", arXiv:2501.11723 [gr-qc] 20 Apr 2025
- [14] A. Mukuno and Jiro Soda, "Chromonatural warm inflation", Phys. Rev. D 109, no.12, 123504, arXiv:2402.08849 [gr-qc] (Feb 2024)
- [15] Asuka Ito, Ryuichiro Kitano, "Macroscopic Quantum Response to Gravitational Waves," JCAP 04 (2024) 068, arXiv:2309.02992 [gr-qc].

<講演>

[国内]

- [1] 神野隆介, 「理論トーク: 宇宙の観点から」, 研究会「素核研の発展-現行計画から将来計画へ」, エネルギー加速器機構, 2024年4月25日
- [2] 神野隆介, 「Neutrino zeromodes on electroweak strings in light of topological insulators」, ワークショップ「新ヒッグス研究会」, 大阪大学, 2024年5月24日
- [3] 宮地大河, 難波亮, 大宮英俊, 大下誉翔, 「完全 WKB 解析を用いたブラックホール準固有振動の解析」, 原子核三者若手 夏の学校, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 2024年8月23日
- [4] 山本明, "Bose-Einstein 凝縮を用いた原始重力波検出", 原子核三者若手夏の学校, 国立オリンピック記念青少年総合センター (東京都), 2024年8月23日
- [5] Pak Hang Chris Lau, 西井莞治, 野海俊文, 「Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics」, 弦理論と場の理論 2024, 京都大学基礎物理学研究所, 2024年8月28日
- [6] 宮地大河, 難波亮, 大宮英俊, 大下誉翔, 「完全 WKB 解析を用いたブラックホール準固有振動の解析」, 基研研究会「熱場の量子論とその応用」, 京都大学基礎物理学研究所, 2024年9月11日
- [7] 神野隆介, 「Tunneling potential actions from canonical transformations」, 日本物理学会第79回年次大会, 北海道大学, 2024年9月17日
- [8] 山本明, 「Bose-Einstein 凝縮を用いた原始重力波検出」, 日本物理学会, 北海道大学, 2024年9月17日
- [9] 宮地大河, 難波亮, 大宮英俊, 大下誉翔, 「完全 WKB 解析を用いたブラックホール準固有振動の解析」, 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学, 2024年9月18日
- [10] Pak Hang Chris Lau, 西井莞治, 野海俊文, 「見かけの地平面のエントロピーと熱力学第二法則」, 日本物理学会秋季大会, 北海道大学, 2024年9月28日
- [11] 神野隆介, "First-order phase transitions and gravitational wave production in the early Universe" (招待講演), iTHEMS Cosmology Forum, 理化学研究所, 2024年9月27日 [12] 神野隆介, 「LISA prospects for detecting gravitational waves from first-order phase transitions」, 研究会「素粒子・宇宙・重力と量子センシング」, 山口大学, 2024年10月10日
- [13] 伊藤飛鳥, 「軽い暗黒物質と高周波重力波の探索」(招待講演), 研究会「素粒子・宇宙・重力と量子センシング」, 山口大学, 2024年10月10日
- [14] 千葉航, 「TeV ガンマ線バーストにおける円偏光を用いたアクシオンの検証可能性について」(ポスター発表), 第13回サイエンスフロンティア研究発表会, 神戸大学, 2024年10月
- [15] 神野隆介, 「Defect-driven first-order phase transitions and gravitational wave production」, 研

研究会「39th New Higgs Working Group」, 大阪大学, 2024年10月12日

[16] 伊藤飛鳥, 「量子センシングで観る物理 (DM・重力波)」(招待講演), Flavor Physics Workshop 2024 (FPWS2024), 名古屋大学, 2024年12月3日

[17] 宮地大河, 難波亮, 大宮英俊, 大下誉翔, 「完全 WKB 解析を用いたブラックホール準固有振動の解析」, 研究会「複素化による量子系に関する研究の発展」, 佐賀大学, 2024年12月24日

[18] 神野隆介, 「A positive-definite formulation of tunneling」, 研究会「40th New Higgs Working Group」, 大阪大学, 2025年1月25日

[19] 千葉航, 神野隆介, 野村皇太, 「ランダム磁場中を伝播する重力子-光子系の偏光状態の解析について」, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025年3月

[20] 神野隆介, 「宇宙論的一次相転移に対する curvature perturbation からの制限」, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025年3月19日

[21] 早田次郎, 「巨視的量子系と重力の相互作用」(招待講演), 研究会「一般相対論と宇宙論」, 弘前大学, 2025年3月22日

[22] 伊藤飛鳥, 「Quantum entanglement of ions for light dark matter detection」, 研究会「Frontiers in Gravity and Fundamental Physics (YU Workshop 2025)」(招待講演), 山形大学, 2025年3月20日

[23] 宮地大河, 難波亮, 大宮英俊, 大下誉翔, 「完全 WKB 解析を用いたブラックホール準固有振動の解析」, 原子核と他分野研究の交差点, 理化学研究所 和光キャンパス, 2025年3月11日

[24] 佐藤爽太, 「暗黒物質と量子重力」, 異分野共創研究発表会, 神戸大学, 2025年3月12日

[25] 真武正伍, 「量子トンネル効果の正定値作用定式化」, 日本物理学会 2025年春季大会, 2025年3月20日

[26] 伊藤飛鳥, 「望遠鏡を用いた高周波重力波探索」, 日本物理学会 2025年春季大会, 2025年3月21日

[27] 村田洋彬, 伊藤飛鳥, 「重力波の重力レンズ効果における因果性について」, 日本物理学会 2025年春季大会, 2025年3月21日

[28] 松尾姫歌, 伊藤飛鳥, 「活動銀河核の磁場による重力波電磁波転換現象に関する研究」, 日本物理学会 2025年春季大会, 2025年3月21日

[29] 泉啓太, 「中性子星クラストの熱的性質」, 天文天体夏の学校 2024, 賢島宝生苑 (三重県), 2024年7月23日-26日

[30] 千葉航, 「TeV ガンマ線バーストにおける円偏光を用いたアクシオンの検証可能性について」(ポスター発表), 第54回天文・天体物理 若手夏の学校, 賢島宝生苑 (三重県), 2024年7月23日-26日

[31] 千葉航, 「TeV ガンマ線バーストにおける円偏光を用いたアクシオンの検証可能性について」, 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学, 2024年9月

[国際]

[1] Joro Soda, "Towards graviton detection"(招待講演), CosmoGravitas 2024, Nakhon Sawan (タイ) (オンライン), 10 Jan 2024

[2] Ryusuke Jinno, "Borel resummation of secular divergences in stochastic inflation", SUSY24, Institute de Fisica Teorica, Madrid, Spain, 13 Jun 2024

[3] Asuka Ito, "Macroscopic quantum response to gravitational waves", DICE2024, Castello Pasquini in Castiglione, Italy, 25 Sep 2024

[4] Pak Hang Chris Lau, Kanji Nishii, Toshifumi Noumi, "Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics", The 6th 'Extreme Universe' School, Japan, 30 Sep 2024

[5] Taiga Miyachi, Ryo Namba, Hidetoshi Omiya, Naritaka Oshita, "Analysis of black hole quasinormal modes by Exact WKB analysis", COSMO'24, Kyoto University, 20 Oct 2024

[6] Pak Hang Chris Lau, Kanji Nishii, Toshifumi Noumi, "Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics", COSMO'24, Japan, 21 Oct 2024

[7] Ryusuke Jinno, "Defect-driven first-order phase transitions and gravitational wave production", JGRG33, Kindai University, 06 Dec 2024

[8] Taiga Miyachi, Ryo Namba, Hidetoshi Omiya, Naritaka Oshita, "Analysis of black hole

quasinormal modes by Exact WKB analysis", JGRG33, Kindai University, 15 Dec 2024

[9] Asuka Ito, "Iberostar Waves Quetzal", Iberostar Waves Quetzal, Mex, 20 Dec 2024

[10] Ryusuke Jinno, "Gravitational waves from first-order phase transitions: model distinction from sound-wave and free-streaming" (招待講演), Hearing beyond the standard model, ICTS, Bengaluru, India, 31 Dec 2024

[11] Taiga Miyachi, Ryo Namba, Hidetoshi Omiya, Naritaka Oshita, "Analysis of black hole quasinormal modes by Exact WKB analysis", Gravity 2025: New Horizon of Black hole Physics, Kyoto University, 15 Jan 2025

[12] Pak Hang Chris Lau, Kanji Nishii, Toshifumi Noumi, "Generalized second law in effective field theory of hydrodynamics", Gravity 2025: New Horizon of Black Hole Physics, Japan, 16 Jan 2025

[13] Kanji Nishii, "Gravitational EFT for dissipative open systems", Copernicus Webinar Series, Webinar, 01 Feb 2025

[14] Ryusuke Jinno, "What is interesting in early-universe phase transition research in 2025?" (招待講演), Early Universe from Home 2025, online, 26 Feb 2025

3.2. 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。

3.2.1 超伝導相における相分離不安定性と電荷秩序に関する研究

メンバー：久保木一浩

講演 [1]

これまでに、銅酸化物高温超伝導体を記述する t - J モデルでは強い電子相関のため電子のホッピングが電子密度に依存し、それが相分離現象を引き起こす一つの原因となることを平均場近似で明らかにしているが、この問題をさらに Ginzburg-Landau 理論を用いて解析した。 t - J モデルから微視的に導出された GL 方程式に遮蔽されたクーロン相互作用を加えた場合、相分離が抑制されて電荷秩序波状態が出現する場合があることを見出した。同様の解析を1次元トポロジカル超伝導体のモデルである Kitaev モデルに対しても行い、引力相互作用が強い場合に相分離相が超伝導相より優勢になる場合があることを見出した。

3.2.2 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

論文 [1], 講演 [2]

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。

3.2.3 双極格子上でのイジング模型の相関関数

メンバー：西野友年, 奥西巧一(新潟大学)

論文 [2],

双極格子上ではスケール不変性が成立しないことから、臨界状態を経ない2次相転移がバルクで生じる。一方で、系の境界では相関関数が常に power law decay を示し、臨界状態であるとも解釈できる。後者について、decay power がバルクの状態変化に伴って不連続に変化することを、テンソルネットワーク形式を用いた数値計算により確認した。

3.2.4 IRF 形式によるテンソルネットワークの構築

メンバー：西野友年

講演 [3]

イジング模型などを含む、格子上の IRF 模型は、それ自身がテンソルネットワークであることを形式的に示した。この描像に基づけば、イジング模型がテンソルネットワークの発端であるとも解釈できることになる。IRF 形式のニューラルネットワークなども構築可能であることを考察した。

3.2.5 Hyper Cube 上での Energy Scale Deformation

メンバー：西野友年, 西川慶

講演 [4]

格子上的量子系が摂動を受けても状態変化を示さない場合がある。この一例として、超立方体上で定義された自由フェルミ系の half filling での基底状態を挙げ、一軸的な hopping amplitude の変化が起きる摂動の下では上た変化が起きないことを、構築的に示した。

<参考文献>

[1] T. Oshima, T. Nishino, "Ferromagnetic Ising Model on the Hierarchical Pentagon Lattice", J. Phys. Soc. Jpn. **93**, 094001 (2024).

[2] K. Okunishi, T. Nishino, "Holographic Analysis of Boundary Correlation Function for the Hyperbolic Lattice Ising Model", Prog. Theor. Exp. Phys. 2024-9, 093A02 (2024).

<講演>

[1] 久保木一浩, "t-J モデルの電子密度依存ホッピング項による電荷秩序", 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月 北海道大学)

[2] 西野友年, 大島巧, "階層を持つ五角格子上の強磁性イジング模型", 日本物理学会第79回年次大会 (2024年9月, 北海道大学).

[3] 西野友年, "IRF形式のテンソルネットワーク", Tensor Networks 2024. (2024年11月, 金沢・しいのき会館).

[4] 西野友年, "Energy Scale Deformation applied to the Fermionic Hyper Cube System", 計算科学の新展開:TNスキームと量子・古典融合 (2025年3月, 大阪・梅田).

3.3. 量子物性論

本年度の量子物性論グループには、教員の伏屋、山田と学生4名 (D2:1名、M2:2名、B4:1名) が在籍する。本研究グループでは、量子力学と統計力学を基盤に、物質の構造と電子状態、そしてそこから生み出される多彩な物性を理論的に解明することを目指している。特に、極限環境 (超強磁場、超低温) における量子論の理論構築、原子スケールでの構造変化が電子状態に及ぼす影響、非平衡系における自己組織化パターンの解析など、多様な切り口から物質科学の本質にせまっている。電子のスピンと軌道自由度が協奏する現象や、表面構造によって物質の本性が覆い隠される新奇な機構、周期性にとらわれないナノスケール構造因子の抽出といった成果を通じて、量子デバイス、スピントロニクス、トポロジカル物質科学分野に貢献する理論を展開している。場の量子論から第一原理計算、分子動力学法に至るまで、マルチスケールな手法を駆使した先端的研究を推進している。さらに、国内外の実験グループとの密接な協働により、理論と実験の枠にとらわれない総合的アプローチによって物質科学への貢献に尽力している。

3.3.1 強磁場領域における物性理論の構築

メンバー：伏屋雄紀、山田暉馨、学生3名、学外多数

参考文献[2, 3]、講演[4-10,12-16]

本研究では、極めて強い磁場下における量子輸送現象の理論構築を目指し、特にランダウ量子化されたラシュバ電子系や、サイクロトロンエネルギーが運動エネルギーを大きく上回る超量子極限領域に着目した研究を行った。久保公式とT行列近似を用いることで、磁場依存性を正確に捉えた磁気伝導度テンソルを導出し、従来の定緩和時間近似が通用しない極限領域においても量子-古典対応を確立した。また、スピン由来のホール伝導の符号反転や、擬異常ホール効果といった新たな現象も理論的に示された。これらの成果は、1000テスラ級の超強磁場実験との連携を視野に、強磁場科学の新たな地平を切り拓くものである。

3.3.2 ナノ構造とトポロジカル物性の理論

メンバー：伏屋雄紀、学生2名

講演[11,17]

トポロジカル物質科学において注目されているビスマス (Bi) は、20年近くにわたりそのトポロジーの解釈をめぐって論争が続いていた。我々はこの問題に対し、Bi(111)表面に自然に生じる格子緩和に注目した理論研究を展開し、微小な構造変化が表面のトポロジーを局所的に反転させることで、本来現れるはずの表面状態が抑制される現象を発見した。この「トポロジカル・ブロッキング」は、バルクとは異なる性質

を持つ“仮面”が表面に形成されることに由来し、従来のバルク-エッジ対応の限界を示すものである。本研究は、物質の真のトポロジーを見極める上で、表面構造の微細な変化がいかにかに決定的であるかを示し、今後のトポロジカル物質科学に新たな視座を与える。

3.3.3 物質科学とチューリング理論の邂逅

メンバー：伏屋雄紀、学生1名、勝野弘康（金沢大）、井澤公一（大阪大）、徳永将史（東京大）
本研究では、チューリング・パターンに基づく新規物質構造の創生を目指し、理論・計算・実験を融合させた多角的なアプローチを展開した。特に、フーリエ変換による逆空間解析を通じて、従来の周期構造に基づく結晶学では説明困難な、非周期的かつ秩序ある構造因子像の抽出に成功した。これは、ナノスケールにおけるパターン形成の新たな記述法として注目される成果である。加えて、Bi単原子層の分子動力学シミュレーションを実施し、基板格子対称性の変化に伴う構造転移やヤーン・テラー型不安定性の発現を確認した。さらに、Bi(111)とBi(110)薄膜の間の競合を記述する現象論的モデルを構築し、スピントロニクス応用への基礎的知見も得られた。実験グループとの連携により、チューリング型のパターン形成にも成功し、理論予測と実験結果の整合性が確認されつつある。

<参考文献>

- [1] 伏屋雄紀, 「量子力学入門」 (裳華房, 2024)
- [2] S. Hosoi, F. Tachibana, M. Sakaguchi, K. Ishida, M. Shimosawa, K. Izawa, Y. Fuseya, Y. Kinoshita, M. Tokunaga, “Effects of strain-tunable valleys on charge transport in bismuth”, *Phys. Rev. Research* 6, 033096 (2024)
- [3] Y. Yamaguchi, T. Fujita, Y. Kinoshita, A. Yamada, A. Miyake, R. Hiraoka, T. D. Matsuda, R. Ninohira, R. Kurihara, H. Yaguchi, Y. Fuseya, M. Tokunaga, “Insulating Behavior in the Quantum Limit State of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($x \sim 0.04$) in the Vicinity of Semimetal-Semiconductor Transition”, *J. Phys. Soc. Jpn.* 94, 043701 (2025)

<講演>

- [4] A. Yamada, Y. Fuseya, “Quantum magneto-transport theory and field-induced crossover in Hall conductivity”, 第18回物性科学領域横断研究会, 神戸大学, 2024年11月26日
- [5] 伏屋雄紀, 「強磁場中の量子輸送現象の理論」1000テスラ科学, 第4回領域会議, 伊豆山研修センター, 2024年12月6日
- [6] A. Yamada, Y. Fuseya, “Pseudo-anomalous Hall effect in multi-valley systems”, 1000テスラ科学, 第4回領域会議, 伊豆山研修センター, 2024年12月6日
- [7] 多湖崇人, 山田暉馨, 伏屋雄紀, “Magnetoresistance in the extreme quantum limit based on the Kubo formula and T-matrix approximation”, 1000テスラ科学, 第4回領域会議, 伊豆山研修センター, 2024年12月6日
- [8] 伏屋雄紀: 「カピッツァの磁気抵抗のその後」パルスマグネット100周年, 物性研短期研究会, 東京大学物性研究所, 2024年12月16日
- [9] 山田暉馨, 伏屋雄紀, 「高磁場下ラッシュバ電子系における自由電子の顕在化とホール伝導度の符号反転」パルスマグネット100周年, 物性研短期研究会, 東京大学物性研究所, 2024年12月16日
- [10] 多湖崇人, 山田暉馨, 伏屋雄紀, 「超量子極限における磁気抵抗の理論」, 若手フロンティア研究会 2024, 神戸大学, 2024年12月24日
- [11] 鯉江和希, 伏屋雄紀, 「Bi(111)表面の格子緩和によるトポロジカルブロッキング」, 若手フロンティア研究会2024, 神戸大学, 2024年12月24日
- [12] 山田暉馨, 「強磁場中の輸送とスピン軌道相互作用」, 第1回瀬戸内物性研究会, 神戸大学, 2025年3月5日
- [13] 多湖崇人「超量子極限における磁気輸送特性」, 第1回瀬戸内物性研究会, 神戸大学, 2025年3月5日
- [14] 廣野太郎「磁気光学カー効果の量子論」, 第1回瀬戸内物性研究会, 神戸大学, 2025年3月5日
- [15] 山田暉馨, 伏屋雄紀「複数フェルミ面に起因する“擬”異常ホール効果」, 日本物理学会春季大会, オンライン, 2025年3月19日
- [16] 多湖崇人, 山田暉馨, 伏屋雄紀, 「超量子極限における磁気抵抗と量子-古典対応」, 日本物理学会春季大会, オンライン, 2025年3月19日
- [17] 鯉江和希, 矢口理香子, 伏屋雄紀, 「格子緩和によるトポロジカル・ブロッキング効果: Bi(111)の表面状態の抑制」, 日本物理学会春季大会, オンライン, 2025年3月19日

3.4. 粒子物理学

3.4.1 ATLAS 実験

メンバー: 蔵重, 山崎, 越智, 前田, 森本, 西, 樋口, 水引, 村田, 張, 山口, 佐野, 浅見, 佐倉, 笹田, 田中

査読論文: [1]-[125], 国際講演[148]-[151], 国内講演: [157]-[174]

加速器による新粒子探索および標準模型の精密検証として, 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。主な研究内容は (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)である。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高度化を行っている。2024 年度は, 研究の重心を第 2 期アップグレード関連の(2), (3)に移した。また, 全体を通じて, 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トリガー高度化に力を入れている。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 期ミュオントリガーの安定的な運転, 動作検証を行った。佐倉はタイラカロリメーターのプラスチックシンチレーター信号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, 検出効率を大幅に高めることを確認した。樋口はドリフトチューブによるミュオン飛跡のパターン認識精度を機械学習で高められることを, 現在の run のシミュレーションデータを用いて示した。どちらの研究も, 第 2 期アップグレードでの応用を視野に入れたものである。

(2) については, まず第 2 期アップグレードトリガーの運動量計算を行うセクターロジックボードで, 計算を担う FPGA で走らせるファームウェアの開発を行っている。張はこ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行っている。水引は, ヘテロジニアスコンピューティングプロセッサを用いて, このファームウェアを高速に検証するシステムを組み上げた。田中は 1 ミュオンが 2 つの検出器で検出されたとき, 同じミュオンであるとして除去する手法を開発した。山口はファームウェア中の運動量計算の最終段の参照表の作成アルゴリズムの改良により, 分解能の向上を目指している。また, 後段ミュオントリガーの第 2 期アップグレード後の改良も行っている。村田は, 後段ソフトウェアトリガーでのミュオン選択に, 中央飛跡検出器とミュオン検出器の両方を用いて精度を高めつつ高速化する機械学習アルゴリズムを開発した。佐野は, 2 つのミュオンが近接したときに効率の低下を最小限にするトリガーの性能が第 2 期アップグレード後どう変化するかを調査している。

また, 前田はこれらミュオントリガーの研究成果を, 現在日本グループが手掛けていない MDT 初段トリガーへ応用する検討を行っている。山崎はミュオン検出器の第 2 期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) について, 笹田が衝突で最も横運動量の和の大きい衝突の衝突点をオンラインで高速に同定するアルゴリズムをヘテロジニアスコンピューティングでの利用を見すえて機械学習で開発している。浅見は KEK 清水氏と協力し, 中央飛跡検出器の GPU による並列化により高速化が可能であることを示した。

(4) これらに関連して, 西は KEK 超伝導低温工学センターと協力し, LHC 第 2 期最終収束系の超伝導磁石の常伝導転移 (クエンチ) 保護システムが安定して運用できていることを示した。加えて, 2025 年 3 月 26 日にアトラス実験日本グループ全体の会議を神戸大学で行った。また, LHC 物理に関連して, 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。

3.4.2 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: [126]-[134], 国際講演[152]-[154], 国内講演: [175]-[195]

(1) XENON 実験

メンバー: 身内、竹内、

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。2024 年度には、XENONnT のデータによる太陽ニュートリノ現象観測の兆候 [130]、その領域での暗黒物質探索に関する論文等を出版した [128]

(2) NEWAGE 実験

メンバー: 身内、東野、生井、鈴木

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。2024 年度には、次期装置に搭載予定の検出器開発に関する論文を出版した [129]。

3.4.3 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 に参加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: [135]-[147], 国内講演:[196]-[202]

(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)、鐘、曾根、和田

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。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、和田、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、IWCD を固定するための水圧ジャッキの性能検査やミュー粒子パイルアップ事象選別のためのシミュレーションを行っている。

(3) 銀ゼオライトを用いた極低放射能空気純化装置の開発研究

メンバー: 竹内、小川、曾根

学術変革(A)「地下稀事象」の計画研究 D01 において、銀イオン交換されたゼオライトを用いて、地下実験のためのラドン除去空気製造装置の小型化に取り組む研究である。特に当面の目標としてハイパーカミオカンデ用の空気純化装置の開発に取り組んでいる。2024 年 5 月に、東ソー社のゼオライトをベースに

シナネンゼオミック社により銀の添加を行ったペレット型試作品を3種類製作し、それらについて、空気中ラドンの吸着性能の測定と評価を行い、先行研究より優れたラドン吸着性を有する試作品(8Ag-FER-B)を見出し、PTEP誌などで報告を行った。本研究はこれまで神戸大と日大で分担して進めてきたが、本年度から日大の小川氏が本学理学研究科研究協力員として加わり、今後は日大にある小川氏の実験装置を本学等へ移設し、効率的に研究を進めることとした。2024年度は装置移設の準備を行った。

3.4.4 MPGDの開発研究

メンバー: 越智、山崎、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MEG II実験に向けたダイヤモンドライクカーボン(DLC)薄膜を用いた低物質量子線検出器開発を行った。

国際講演[155]-[156], 国内講演: [203]-[206]

MEG II実験に向けたDLC薄膜を用いた低物質量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。ポリイミドフィルムにDLCの高抵抗膜を生成し、ガス検出器の雪崩増幅周辺で一時的に電圧降下を起こして放電を抑えるRPC検出器を低物質で形成する。

昨年度入手が問題であった検出器における絶縁素材の入手が解決し、より詳細な試験を行ったところ、高レートでの運転で放電によりカーボンが生成し導通して運転が困難になることがわかった。これを受けて、低レート、あるいは低印加電圧では運転できること、また電荷を集めるための電極ストリップのカバー幅が広い必要があることなど、運転できるための条件出しを行った。以降は、ガスギャップ厚を広げて多くのイオン化電子を生成し印加電圧を下げることにより、高レートでの運転が可能かを探る。

また、この新素材がポリイミドフィルムと収縮率が異なり、フィルムを平面に保つのに高い張力が必要であることがわかった。今後は、絶縁スペーサーの形成にフィルムと同等の収縮率を持つ別素材を試す。

3.4.5 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。

3.4.6 その他

一般向けの広報活動を積極的に行っている ([209]-[212])。

<参考文献>

[査読論文]

- [1] "Software Performance of the ATLAS Track Reconstruction for LHC Run 3.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Computing and Software for Big Science **8** (2024) 9
- [2] "Measurement and interpretation of same-sign W boson pair production in association with two jets in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **04** (2024) 026
- [3] "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
- [4] "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
- [5] "Improving topological cluster reconstruction using calorimeter cell timing in ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 455
- [6] "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 **05** (2024) 131
- [7] "A search for R-parity-violating supersymmetry in final states containing many jets in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 003
- [8] "Combination of searches for heavy spin-1 resonances using 139 fb⁻¹ of proton-proton collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **04** (2024) 118
- [9] "Azimuthal Angle Correlations of Muons Produced via Heavy-Flavor Decays in 5.02 TeV Pb+Pb and pp Collisions with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 202301
- [10] "Measurement of the Z boson invisible width at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B854** (2024) 138705
- [11] "ATLAS Run 2 searches for electroweak production of supersymmetric particles interpreted within the pMSSM.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 106
- [12] "Performance of the ATLAS forward proton Time-of-Flight detector in Run 2.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **19** (2024) P05054
- [13] "Test of CP-invariance of the Higgs boson in vector-boson fusion production and in its decay into four leptons.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 105
- [14] "The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider: A Description of the Detector Configuration for Run 3.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **19** (2024) P05063
- [15] "Electron and photon efficiencies in LHC Run 2 with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 162
- [16] "Search for pair-production of vector-like quarks in lepton+jets final states containing at least one b-tagged jet using the Run 2 data from the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B854** (2024) 138743
- [17] "Search for electroweak production of supersymmetric particles in final states with two τ -leptons in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 150
- [18] "Measurement of vector boson production cross sections and their ratios using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B854** (2024) 138725
- [19] "Measurement of vector boson production cross sections and their ratios using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B854** (2024) 138726
- [20] "Combination of searches for pair-produced leptoquarks at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B854** (2024) 138736
- [21] "Search for Nearly Mass-Degenerate Higgsinos Using Low-Momentum Mildly Displaced Tracks in pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 221801

- [22] "Search for new particles in final states with a boosted top quark and missing transverse momentum in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 263
- [23] "Measurement of t -channel production of single top quarks and antiquarks in pp collisions at 13 TeV using the full ATLAS Run 2 data sample.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **05** (2024) 305
- [24] "Search for singly produced vectorlike top partners in multilepton final states with 139 fb^{-1} of pp collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D109** (2024) 112012
- [25] "Measurement of ZZ production cross-sections in the four-lepton final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13.6$ TeV with the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B855** (2024) 138764
- [26] "Combination of Searches for Resonant Higgs Boson Pair Production Using pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 231801
- [27] "Search for pair production of higgsinos in events with two Higgs bosons and missing transverse momentum in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions at the ATLAS experiment.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D109** (2024) 112011
- [28] "Search for high-mass resonances in final states with a τ -lepton and missing transverse momentum with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D109** (2024) 112008
- [29] "Searches for exclusive Higgs boson decays into $D^*\gamma$ and Z boson decays into $D^0\gamma$ and $Ks^0\gamma$ in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B855** (2024) 138764
- [30] "Beam-induced backgrounds measured in the ATLAS detector during local gas injection into the LHC beam vacuum.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **19** (2024) P06014
- [31] "Measurement of jet substructure in boosted tt events with the ATLAS detector using 140 fb^{-1} of 13 TeV pp collisions.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D109** (2024) 112016
- [32] "The ATLAS trigger system for LHC Run 3 and trigger performance in 2022.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **19** (2024) P06029
- [33] "Combination of Measurements of the Top Quark Mass from Data Collected by the ATLAS and CMS Experiments at $\sqrt{s}=7$ and 8 TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 261902
- [34] "Measurement of the $VH, H \rightarrow \tau\tau$ process with the ATLAS detector at 13 TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B855** (2024) 138817
- [35] "Measurements of electroweak $W^\pm Z$ boson pair production in association with two jets in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **06** (2024) 192
- [36] "Search for light long-lived neutral particles from Higgs boson decays via vector-boson-fusion production from pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration;

G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 719

- [37] "Statistical Combination of ATLAS Run 2 Searches for Charginos and Neutralinos at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **133** (2024) 031802
- [38] "Inclusive and differential cross-section measurements of ttZ production in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector, including EFT and spin-correlation interpretations.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2024) 163
- [39] "Search for short- and long-lived axion-like particles in $H \rightarrow aa \rightarrow 4\pi$ decays with the ATLAS experiment at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 742
- [40] "Search for charged-lepton-flavor violating $\mu\tau qt$ interactions in top-quark production and decay in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 012014
- [41] "Search for heavy Majorana neutrinos in $e^\pm e^\pm$ and $e^\pm \mu^\pm$ final states via WW scattering in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B856** (2024) 138865
- [42] "Search for flavour-changing neutral-current couplings between the top quark and the Higgs boson in multi-lepton final states in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 757
- [43] "A search for top-squark pair production, in final states containing a top quark, a charm quark and missing transverse momentum, using the 139 fb^{-1} of pp collision data collected by the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2024) 250
- [44] "Observation of electroweak production of W^+W^- in association with jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **07** (2024) 254
- [45] "Search for low-mass resonances decaying into two jets and produced in association with a photon or a jet at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 032002
- [46] "Search for pair-produced higgsinos decaying via Higgs or Z bosons to final states containing a pair of photons and a pair of b -jets with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B856** (2024) 138938
- [47] "Search for the nonresonant production of Higgs boson pairs via gluon fusion and vector-boson fusion in the $bbr^+\tau^-$ final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 032002
- [48] "Search for leptoquark pair production decaying into $t e^- t e^+$ or $t\mu^- t\mu^+$ in multi-lepton final states in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 818
- [49] "Search for heavy neutral Higgs bosons decaying into a top quark pair in 140 fb^{-1} of proton-proton collision data at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **08** (2024) 013
- [50] "Calibration of a soft secondary vertex tagger using proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 032015

- [51] "Combination of searches for Higgs boson decays into a photon and a massless dark photon using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *JHEP* **08** (2024) 153
- [52] "Search for non-resonant Higgs boson pair production in final states with leptons, taus, and photons in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *JHEP* **08** (2024) 164
- [53] "Accuracy versus precision in boosted top tagging with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *JINST* **19** (2024) P08018
- [54] "Measurement of differential cross-sections in $t\bar{t}$ and $t\bar{t}+\text{jets}$ production in the lepton+jets final state in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV using 140 fb^{-1} of ATLAS data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *JHEP* **08** (2024) 182
- [55] "Differential cross-sections for events with missing transverse momentum and jets measured with the ATLAS detector in 13 TeV proton-proton collisions.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *JHEP* **08** (2024) 223
- [56] "Simultaneous energy and mass calibration of large-radius jets with the ATLAS detector using a deep neural network.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Mach. Learn.: Sci. Technol.* **5** (2024) 035051
- [57] "Studies of the Energy Dependence of Diboson Polarization Fractions and the Radiation-Amplitude-Zero Effect in WZ Production with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Phys. Rev. Lett.* **133** (2024) 101802
- [58] "Search for dark mesons decaying to top and bottom quarks in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *JHEP* **09** (2024) 005
- [59] "Combination of Searches for Higgs Boson Pair Production in pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Phys. Rev. Lett.* **133** (2024) 101801
- [60] "Observation of quantum entanglement with top quarks at the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Nature* **633** (2024) 542–547
- [61] "Search for pair production of boosted Higgs bosons via vector-boson fusion in the $bbbb$ final state using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Phys. Lett.* **B858** (2024) 139007
- [62] "Search for pair-produced vectorlike quarks coupling to light quarks in the lepton plus jets final state using 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Phys. Rev.* **D110** (2024) 052009
- [63] "Precise test of lepton flavour universality in W -boson decays into muons and electrons in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Eur. Phys.* **C84** (2024) 993
- [64] "Measurements of the production cross-section for a Z boson in association with b - or c -jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., *Eur. Phys.* **C84** (2024) 984
- [65] "Search for decays of the Higgs boson into a pair of pseudoscalar particles decaying into $b\bar{b}\tau^+\tau^-$ using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al.

- al., Phys. Rev. **D110** (2024) 052013
- [66] "Study of High-Transverse-Momentum Higgs Boson Production in Association with a Vector Boson in the $q\bar{q}bb$ Final State with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **132** (2024) 131802
- [67] "Determination of the Relative Sign of the Higgs Boson Couplings to W and Z Bosons Using WH Production via Vector-Boson Fusion with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **133** (2024) 141801
- [68] "Sensor response and radiation damage effects for 3D pixels in the ATLAS IBL Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **19** (2024) P10008
- [69] "Search for the Exclusive W Boson Hadronic Decays $W^\pm \rightarrow \pi^\pm \gamma$, $W^\pm \rightarrow K^\pm \gamma$ and $W^\pm \rightarrow \rho^\pm \gamma$ with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **133** (2024) 161804
- [70] "Search for a new Z' gauge boson via the $pp \rightarrow W^\pm(*) \rightarrow Z' \mu^\pm \nu \rightarrow \mu^\pm \mu^\mp \mu^\pm \nu$ process in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 072008
- [71] "Fiducial and differential cross-section measurements of electroweak $W \gamma jj$ production in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 1064
- [72] "Search for Light Long-Lived Particles in pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV Using Displaced Vertices in the ATLAS Inner Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **133** (2024) 161803
- [73] "Search for a resonance decaying into a scalar particle and a Higgs boson in final states with leptons and two photons in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2024) 104
- [74] "Measurement of single top-quark production in association with a W boson in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 0720010
- [75] "Combination and summary of ATLAS dark matter searches interpreted in a 2HDM with a pseudo-scalar mediator using 139 fb^{-1} of $\sqrt{s}=13$ TeV pp collision data.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Science Bulletin **69** (2024) 3005
- [76] "Search for heavy resonances in final states with four leptons and missing transverse momentum or jets in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2024) 130
- [77] "Constraints on simplified dark matter models involving an s-channel mediator with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 1102
- [78] "Measurements of jet cross-section ratios in 13 TeV proton-proton collisions with ATLAS.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 0720019
- [79] "Measurements of Lund subjet multiplicities in 13 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B859** (2024) 139090
- [80] "Measurements of inclusive and differential cross-sections of $t\bar{t}$ production in pp collisions at \sqrt{s}

- =13 TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **10** (2024) 191
- [81] "Precise measurements of W and Z -boson transverse momentum spectra with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s}=5.02$ TeV and 13 TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 1126
- [82] "Search for R -parity violating supersymmetric decays of the top squark to a b -jet and a lepton in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 092004
- [83] "Characterising the Higgs boson with ATLAS data from the LHC Run-2.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rep. **11** (2024) 001
- [84] "Search for a resonance decaying into a scalar particle and a Higgs boson in the final state with two bottom quarks and two photons in proton–proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2024) 047
- [85] "Search for neutral long-lived particles that decay into displaced jets in the ATLAS calorimeter in association with leptons or jets using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2024) 036
- [86] "Interpretations of the ATLAS measurements of Higgs boson production and decay rates and differential cross-sections in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2024) 097
- [87] "Observation of tt production in the lepton+jets and dilepton channels in p+Pb collisions at $\sqrt{s}=8.16$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2024) 101
- [88] "Jet radius dependence of dijet momentum balance and suppression in Pb+Pb collisions at 5.02 TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **C110** (2024) 054912
- [89] "Search for new particles in events with a hadronically decaying W or Z boson and large missing transverse momentum at $\sqrt{s}=13$ TeV using the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **11** (2024) 126
- [90] "Search for heavy right-handed Majorana neutrinos in the decay of top quarks produced in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D110** (2024) 112004
- [91] "Combination of searches for singly and doubly charged Higgs bosons produced via vector-boson fusion in proton–proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B860** (2024) 139137
- [92] "Measurement of top-quark pair production in association with charm quarks in proton–proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B860** (2024) 139177
- [93] "Using pile-up collisions as an abundant source of low-energy hadronic physics processes in ATLAS and an extraction of the jet energy resolution.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2024) 032
- [94] "Disentangling Sources of Momentum Fluctuations in Xe+Xe and Pb+Pb Collisions with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **133** (2024) 252301

- [95] "Measurement of the W -boson mass and width with the ATLAS detector using proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 1309
- [96] "Underlying-event studies with strange hadrons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 1335
- [97] "Simultaneous Unbinned Differential Cross-Section Measurement of Twenty-Four Z +jets Kinematic Observables with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **133** (2024) 261803
- [98] "Search for supersymmetry using vector boson fusion signatures 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** (2024) 116
- [99] "Operation and performance of the ATLAS tile calorimeter in LHC Run 2.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C84** (2024) 1313
- [100] "Search for diphoton resonances in the 66 to 110 GeV mass range using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **01** (2025) 053
- [101] "Search for a light CP-odd Higgs boson decaying into a pair of τ -leptons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **12** (2024) 126
- [102] "Measurement of $t\bar{t}$ production in association with additional b -jets in the $e\mu$ final state in proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **01** (2025) 068
- [103] "Total Cost of Ownership and Evaluation of Google Cloud Resources for the ATLAS Experiment at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Comput. Softw. Big Sci. **9** (2025) 2
- [104] "Constraint on the total width of the Higgs boson from Higgs boson and four-top-quark measurements in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Lett. **B861** (2025) 139277
- [105] "Search for boosted low-mass resonances decaying into hadrons produced in association with a photon in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **01** (2025) 099
- [106] "Combination of searches for singly produced vectorlike top quarks in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D111** (2025) 012012
- [107] "Search for a light charged Higgs boson in $t \rightarrow H^\pm b$ decays, with $H^\pm \rightarrow cs$, in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C85** (2025) 153
- [108] "Search for triple Higgs boson production in the $6b$ final state using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D111** (2025) 032006
- [109] "Search for the associated production of charm quarks and a Higgs boson decaying into a photon pair with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2025) 045
- [110] "Search for Magnetic Monopole Pair Production in Ultraperipheral Pb+Pb Collisions at $\sqrt{s}_{NN}=5.36$ TeV with the ATLAS Detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys.

- [111] "Search for same-charge top-quark pair production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2025) 084
- [112] "Search for single-production of vector-like quarks decaying into Wb in the fully hadronic final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2025) 075
- [113] "Expected tracking performance of the ATLAS Inner Tracker at the High-Luminosity LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **20** (2025) P02018
- [114] "Measurement of the associated production of a top-antitop-quark pair and a Higgs boson decaying into a bb pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C85** (2025) 210
- [115] "Search for a heavy charged Higgs boson decaying into a W boson and a Higgs boson in final states with leptons and b -jets in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2025) 143
- [116] "Differential cross-section measurements of Higgs boson production in the $H \rightarrow \tau^+ \tau^-$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **03** (2025) 010
- [117] "Configuration, Performance, and Commissioning of the ATLAS b -jet Triggers for the 2022 and 2023 LHC data-taking periods.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JINST **20** (2025) P03002
- [118] "Software and computing for Run 3 of the ATLAS experiment at the LHC.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C85** (2025) 234
- [119] "Measurement of photonuclear jet production in ultraperipheral Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. **D111** (2025) 052006
- [120] "Search for light neutral particles decaying promptly into collimated pairs of electrons or muons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Eur. Phys. **C85** (2025) 335
- [121] "Search for Dark Matter Produced in Association with a Dark Higgs Boson in the bb Final State Using pp Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS Detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rev. Lett. **134** (2025) 121801
- [122] "Search for Higgs boson decays into a pair of pseudoscalar particles in the $\gamma\gamma \tau$ had τ had final state using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **03** (2025) 190
- [123] "ATLAS searches for additional scalars and exotic Higgs boson decays with the LHC Run 2 dataset.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., Phys. Rept. **1116** (2025) 184
- [124] "Search for supersymmetry in final states with missing transverse momentum and charm-tagged jets using 139 fb^{-1} of proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector.", The ATLAS Collaboration; G.Aad et al., JHEP **02** (2025) 193
- [125] "Reliability tests of the SFP+ transceivers and the TGC readout board for the ATLAS experiment at HL-LHC", D. Hashimoto, Y. Horii, M. Ishino, S. Kondo, H. Kurashige, J. Maeda, R.

- Maeno, A. Makita, H. Morimoto, R. Nagasaka, Y. Narukawa, Y. Ohsumi, Y. Okumura, M. Tomoto and A. Wada, *JINST* **20** (2025) C02001
- [126] "The neutron veto of the XENONnT experiment: Results with demineralized water", XENON Collaboration, *EPJC* in press, arXiv:2412.05264
- [127] "XENONnT analysis: Signal reconstruction, calibration, and event selection", XENON Collaboration *Phys. Rev. D* **111**, 062006, arXiv:2409.08778
- [128] "First Search for Light Dark Matter in the Neutrino Fog with XENONnT", XENON Collaboration *Phys. Rev. Lett.* **134**, 111802 (2025), arXiv:2409.17868
- [129] "Development of a low-background micro-pixel chamber for directional dark matter searches", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* Volume 1072, March 2025, 170145
Ryota Namai, Satoshi Higashino, Hirohisa Ishiura, Tomonori Ikeda, Mizuno Ofuji, Ayaka Nakayama, Ryo Kubota, Kiseki D. Nakamura, Hiroshi Ito, Koichi Ichimura, Ko Abe, Kazuyoshi Kobayashi, Atsushi Takada, Kentaro Miuchi
- [130] "First Indication of Solar B-8 Neutrinos via Coherent Elastic Neutrino-Nucleus Scattering with XENONnT", *Phys. Rev. Lett.* **133**, 191002 (2024), arXiv:2408.02877
- [131] "The XENONnT dark matter experiment", *Eur. Phys. J. C* **84**, 784 (2024), arXiv:2402.10446
- [132] "Design and performance of the field cage for the XENONnT experiment", *Eur. Phys. J. C* **84** (2024) 138
- [133] "Detector signal characterization with a Bayesian network in XENONnT", *Phys. Rev. D* **108**, 012016, arXiv:2304.05428
- [134] "High-energy extension of the gamma-ray band observable with an electron-tracking Compton camera", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* Volume 1063, June 2024, 169242
- [135] "Atmospheric neutrino oscillation analysis with neutron tagging and an expanded fiducial volume in Super-Kamiokande I–V", T. Wester et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), *Phys. Rev. D* **109**, 072014 (2024)
- [136] "Solar neutrino measurements using the full data period of Super-Kamiokande-IV", (The Super-Kamiokande Collaboration), *Phys. Rev. D* **109**, 092001 (2024)
- [137] "Second gadolinium loading to Super-Kamiokande", The Super-Kamiokande Collaboration, *Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res. A* **1065** (2024) 169480
- [138] "Search for Periodic Time Variations of the Solar ^8B Neutrino Flux between 1996 and 2018 in Super-Kamiokande", The Super-Kamiokande Collaboration, *Phys. Rev. Lett.* **132**, 241803 (2024)
- [139] "Performance of SK-Gd's Upgraded Real-time Supernova Monitoring System", Y. Kashiwagi et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), *The Astrophysical Journal* **970**, 93 (2024)
- [140] "New methods and simulations for cosmogenic induced spallation removal in Super-Kamiokande-IV", S. Locke et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), *Phys. Rev. D* **110**, 032003 (2024)
- [141] "Development of a Data Overflow Protection System for Super-Kamiokande to Maximize Data from Nearby Supernovae", M. Mori et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), *Prog. Theor. Exp. Phys.* **2024**, 103H01 (2024)
- [142] "Combined Pre-supernova Alert System with KamLAND and Super-Kamiokande", The KamLAND Collaboration and The Super-Kamiokande Collaboration, *The Astrophysical Journal* **973**, 140 (2024)

- [143] “Measurements of the charge ratio and polarization of cosmic-ray muons with the Super-Kamiokande detector”, H. Kitagawa et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 110, 082008 (2024)
- [144] “Search for proton decay via $p \rightarrow e^+\eta$ and $p \rightarrow \mu^+\eta$ with a 0.37 Mton-year exposure of Super-Kamiokande”, N. Taniuchi et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 110, 112011 (2024)
- [145] “Study of Radon Removal Performance of Silver-Ion Exchanged Zeolite from Air for Underground Experiments”, T. Sone, Y. Takeuchi et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2025, 013H01 (2025)
- [146] “Removal of Radioactive Noble Gas Radon from Air by Ag-Zeolite”, H. Ogawa, Y. Takeuchi et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2025, 023H04 (2025)
- [147] “First Joint Oscillation Analysis of Super-Kamiokande Atmospheric and T2K Accelerator Neutrino Data”, K. Abe et al. (T2K and Super-Kamiokande Collaboration), Phys.Rev.Lett. 134 (2025)

<国際研究集会講演>

- [148] “Forward Neutron Production and Zero-Degree Calorimeter at the LHeC”, Yuji Yamazaki, LHeC/FCC-eh beam dynamics and machine-detector interface workshop, Krakow, Poland, 20 September 2024
- [149] “Development of the firmware logic validation system using the FPGA accelerator”, Ryugo Mizuhiki, Topical Workshop on Electronics for Particle Physics 2024 (TWEPP2024), Poster presentation, Glasgow, UK, 3 October 2024
- [150] “EF muon activity in Japan”, Yui Murata, AI-Smart JSPS Core-to-Core Program workshop 2024, Oral presentation, CERN, 8 November 2024
- [151] “Fast vertex reconstruction using deep learning in collider experiments”, Masahiro Sasada, Future of Artificial Intelligence for Science in Japan (FAIRS Japan 2024), Poster presentation, Nagoya, Japan, 3-4 December 2024
- [152] "CYGNUS/NEWAGE" (invited), Satoshi Higashino, The 4th DMNet international symposium, IBS, Korea, 7th, September, 2024
- [153] "Status of NEWAGE: direction-sensitive dark matter search with low background micro-pattern gaseous TPC", Satoshi Higashino, IDM2024, L'Aquila, Italy, 11th, July, 2024
- [154] "Development of micro-pattern gaseous TPC for direction-sensitive dark matter search", Satoshi Higashino, AFAD2024, National Synchrotron Radiation Research Center (NSRRC), Hsinchu, Taiwan, 19th, April, 2024
- [155] "Development of a novel type of Resistive Plate Chamber for the MEG II experiment" (poster), Masato Takahashi, Asia Europe Pacific School of High Energy Physics 2024 (AEPSHEP2024), Nakhon Pathom, Thailand, 16 June 2024
- [156] “Development of the high-rate capable DLC-RPC based on the current evaluation pattern”, Masato Takahashi, The 8th International Conference on Micro-Pattern Gaseous Detectors, Hefei, China, 15 October 2024

<国内研究集会講演>

- [157] 「HERAでのPDF測定」, 山崎祐司, 研究会「EICで展開する新たな原子核・素粒子物理」, 2024年5

月28日

- [158] 「並列回路で組まれた非線形抵抗器『バリスタ』による加速器用超伝導磁石保護システムの研究」(ポスター発表), 西将汰, 第21回日本加速器学会年会, 2024年8月2日, 山形テルサ
- [159] 「高輝度LHC-ATLAS 実験後段トリガーにおける内部飛跡検出器を用いた機械学習によるミュオン判別手法の研究」村田優衣, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月16日, 北海道大学
- [160] 「LHC-ATLAS実験におけるカロリメータを用いた速度の遅い粒子用トリガーの研究」佐倉慶汰, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月16日, 北海道大学
- [161] 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた初段ミュオントリガーにおける内層ミュオン検出器統合ファームウェアの検証」水引龍吾, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月17日, 北海道大学
- [162] 「LHC-ATLAS実験後段トリガーにおけるドリフトチューブによるミュオン飛跡再構成の機械学習による改良」樋口流雲, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月19日, 北海道大学
- [163] 「Establishment of deep learning triggers on heterogeneous computers for particle physics experiments」前田順平, 学術変革(A)「学習物理」領域研究会, 2024年9月25日
- [164] 「Establishment of deep learning triggers with heterogeneous environments in particle experiments」村田優衣, 学術変革(A)「学習物理」領域研究会ポスターセッション, 2024年9月27日
- [165] 「非線形抵抗器『バリスタ』を組み込んだクエンチ保護回路の安定性評価法」, 西将汰, 2024年度秋季低温工学・超電導学会, 2024年11月25日, いわて県民情報交流センター
- [166] 「Toward the Next-Generation Trigger exploiting Machine Learning techniques in the collider experiment」前田順平, 学習物理A02セミナーシリーズ「素粒子・宇宙分野における深層学習の応用」(招待講演), 2025年1月14日
- [167] 「高輝度LHC-ATLAS実験に向けたGPUを用いた飛跡再構成の性能評価」浅見優輝, 第31回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2025年2月18日, 志賀レークホテル
- [168] 「LHC-ATLAS実験における速度の遅い、安定した粒子用トリガーの開発」佐倉慶汰, 第31回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2025年2月18日, 志賀レークホテル
- [169] 「高輝度LHC-ATLAS実験に向けた深層学習による陽子対衝突点高速再構成」笹田真宏, 第31回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2025年2月18日, 志賀レークホテル
- [170] 「高輝度LHC-ATLAS実験における近接ミュオン対を捉えるトリガーの検討」佐野友麻, 第31回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2025年2月18日, 志賀レークホテル
- [171] 「高輝度LHC-ATLAS初段ミュオントリガーにおける重複候補の除去手法の開発」田中亮祐, 第31回東京大学素粒子物理国際研究センターシンポジウム, 2025年2月18日, 志賀レークホテル
- [172] 「高輝度LHC-ATLAS実験に向けたGPUを用いた飛跡再構成の性能評価」浅見優輝, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月19日, オンライン
- [173] 「高輝度 LHC-ATLAS 実験のトリガーシステムに向けた深層学習による陽子対衝突点の高速再構成」笹田真宏, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月20日, オンライン
- [174] 「高輝度 LHC-ATLAS 実験初段エンドキャップミュオントリガーにおける重複ミュオン候補の除去手法の開発」田中亮祐, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月20日, オンライン
- [175] 「NEWAGE実験80: 低BG検出器を用いた地下実験の現状」東野聡, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月16日, 北海道大学
- [176] 「NEWAGE実験81: 大型ガスチェンバーのためのモジュール型飛跡検出器性能評価」生井凌太, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月16日, 北海道大学

- [177] 「ミグダル効果観測に向けたArガスTPCの改良と性能評価」鈴木啓司, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月16日, 北海道大学
- [178] 「低圧陰イオンガスTPCを用いた3次元飛跡再構成」東野聡, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月18日, オンライン
- [179] 「NEWAGE実験82: 方向感度を持つ暗黒物質探索地下実験での低BG化」東野聡, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月19日, オンライン
- [180] 「NEWAGE実験83: 大型ガスTPCのためのモジュール型検出器における飛跡再構成」生井凌太, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月19日, オンライン
- [181] 「液体CF₄を用いた暗黒物質直接探索実験のための検出器の開発」谷口紘大, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月19日, オンライン
- [182] 「ArガスTPCを用いたミグダル効果観測のための565keV中性子ビーム実験」鈴木啓司, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月19日, オンライン
- [183] 「陰イオンガスTPCを用いた暗黒物質探索によるニュートリノフォグ開拓」東野聡, 第1回学術変革「地下稀事象」若手研究会2025年3月6日 富山大学
- [184] 「NEWAGEにおける方向に感度を持つ暗黒物質探索に向けたモジュール型検出器開発」生井凌太, 第1回学術変革「地下稀事象」若手研究会2025年3月6日 富山大学
- [185] 「液体CF₄を用いた暗黒物質直接探索実験のための検出器の開発」谷口紘大, 第1回学術変革「地下稀事象」若手研究会2025年3月6日 富山大学
- [186] 「Migdal効果観測に向けた565keV中性子ビーム試験」鈴木啓司, 第1回学術変革「地下稀事象」若手研究会2025年3月6日 富山大学
- [187] 「NEWAGEでの低BG化の研究」身内賢太郎第10回「極低放射能技術」研究会 2025年3月8日 富山大学
- [188] 「NEWAGE/CYGNUS」東野聡 2024年度第一回CRCタウンミーティング 2025年3月10日-11日 東京大学柏キャンパス
- [189] 「Migdal効果観測に向けた565keV中性子ビーム試験の解析結果」鈴木啓司 第31回ICEPPシンポジウム 2025年2月 2025年2月19日、志賀レークホテル
- [190] 「ガスTPCの大型化に向けたモジュール型飛跡検出器の性能評価」生井凌太 MPGD&Active媒質TPC2024研究会 2024年12月 2024年12月23日、大阪大学 RCNP
- [191] 「Migdal効果観測のための中性子ビーム試験に向けたArガスTPCの性能評価」鈴木啓司 MPGD&Active媒質TPC2024研究会 2024年12月 2024年12月24日、大阪大学 RCNP
- [192] 「方向に感度を持った暗黒物質直接探索に向けた低バックグラウンド検出器の性能評価」生井凌太 第9回 宇宙素粒子若手の会 秋の研究会 2024年11月 2024年11月9日、東京大学宇宙線研神岡宇宙素粒子研究施設
- [193] 「Migdal効果観測に向けたArガスTPCの改良と性能評価」鈴木啓司 第9回 宇宙素粒子若手の会 秋の研究会 2024年11月 2024年11月9日、東京大学宇宙線研神岡宇宙素粒子研究施設
- [194] 「液体CF₄を用いた暗黒物質直接探索のための検出器の性能評価」谷口 紘大 第9回 宇宙素粒子若手の会 秋の研究会 2024年11月 2024年11月9日、東京大学宇宙線研神岡宇宙素粒子研究施設
- [195] 「CRDM search for NEWAGE」東野聡 Workshop on Inelastic Nuclear Scattering for Dark Matter Detection (倉敷 国際交流学術センター) 2024年6月27日
- [196] 「01: 極低放射能技術の展開」竹内康雄, 学変(A)「地下稀事象」領域研究会, 2024年7月5-6日, 大阪

大学, 招待講演

- [197] 「銀ゼオライトを用いた空気中ラドン除去性能の研究」 曾根貴将, 学変(A)「地下稀事象」領域研究会, 2024年7月5-6日, 大阪大学, ポスター
- [198] 「銀ゼオライトを用いた空気中ラドン除去性能の研究」 曾根貴将, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月17日, 北海道大学
- [199] 「ゼオライトを用いた空気中ラドン除去による, ニュートリノ天文学への貢献2」 竹内康雄, 着-ゼオライト合同研究発表会, 2024年12月4日, タワーホール船堀
- [200] 「銀ゼオライトを用いた空気中ラドン除去性能の研究」 曾根貴将, 第1回 学術変革「地下稀事象」若手研究会, 2025年3月6-7日, 富山大学
- [201] 「D01概要」 竹内康雄, 第10回「極低放射能技術」研究会, 2025年3月7-8日, 富山大学, 招待講演
- [202] 「銀ゼオライトを用いた空気中ラドン除去性能の研究」 曾根貴将, 第10回「極低放射能技術」研究会, 2025年3月7-8日, 富山大学, ポスター
- [203] 「MEG II実験に向けた高レート耐性DLC-RPCの導電体近傍における放電の研究」 高橋真斗, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月18日, 北海道大学
- [204] 「MEG II実験背景事象抑制のためのDLC-RPCの長期安定性の評価」 鈴木大夢, 日本物理学会第79回年次大会, 2024年9月18日, 北海道大学
- [205] 「MEG II実験に向けたDLC-RPCのレート耐性向上のための電極構造の最適化」 高橋真斗, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月18日, オンライン
- [206] 「MEG II実験に向けたDLC-RPCの長期動作における放電への対策」 鈴木大夢, 日本物理学会2025年春季大会, 2025年3月18日, オンライン
- [207] 「ARTBL電磁石コントロールシステムの紹介 (と電子散乱の観測)」 前田順平, 測定器開発テストビームライン研究会, 2024年4月4日

<著書>

- [208] 前田順平 (共著), ATLAS 実験「時空・真空」の解明・初期宇宙の進化への実験的アプローチ - 稀事象を捉えるリアルタイム処理—ATLAS 実験のトリガー・データ取得システム—, 情報処理 66 (3), e13-e18, 2025-02-15, 情報処理学会, 2025年3月.

<アウトリーチ>

- [209] 山崎祐司 出前講義「天高アカデメイア：世界最大の加速器で探る素粒子と宇宙：ヒッグス粒子の発見でわかったこと, 深まった謎」 2024年5月23日, 大阪府立天王寺高校
- [210] 藏重久弥, Geant4 初心者講習会 2024「放射線シミュレーションの概要」, 名古屋大学, 2024年6月26日~6月28日
- [211] 前田順平, 第7回粒子物理コンピューティングサマースクール (PPCC-SS-2024)「多変量解析 TMVA」「計算機実習」, 高エネルギー加速器研究機構, 2024年7月29日~8月2日
- [212] 山崎祐司 出前講義「世界最大の加速器で探る素粒子と宇宙の謎—質量はどう生まれたか」, 2024年10月23日, 三重県立四日市高校

3.5. 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。2024 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。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。大久保は、その一環として第 2 回東西日本強磁場科学研究会を北海道大学で開催した。大久保と大道は国際ワークショップ"Modern developments and applications of ESR, THz and high magnetic fields"を神戸大学の瀧川記念学術交流会館で開催した。海外からの出席者 15 名を含む(内オンライン 8 名) 60 名の出席者の学術的交流を成功させた。大久保は第 20 回を迎える量子スピン系研究会を秋田県で開催し、物性物理学の磁性コミュニティに貢献している。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 14 の研究グループと共同研究を行っている。大久保は地域中核・特徴ある研究大学強化推進事業(J-PEAKS)に加わり広島大学との連携強化をはかっている。社会活動として、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総務委員長と理事を大久保が、表彰委員幹事を大道がつとめている。さらに福井大学遠赤外領域開発研究センターの外部評価委員をつとめるなど赤外線領域の研究の知見を生かした活動を行っている。また、大久保は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をつとめている。最後に 2024 年度を受賞に関して、学生では修士 2 年の濱田が第 63 回電子スピンサイエンス学会年会で優秀発表賞を受賞した。

3.5.1 量子スピン系、スピンプラストレーション系の強磁場 ESR による研究

メンバー：太田、大久保、川村、菊池、櫻井(研究基盤セ)、原(研究基盤セ)、青山(阪大)、松本(静岡大)、栗田(東工大)、田中(東工大)、山本(東工大)、東(東工大)、赤木(東北大金研)、野尻(東北大金研)、萩原(阪大)、鳴海(阪大)、吉田(北大)、菜嶋(大阪公立大)

参考文献：[1]-[3] 講演：[8]-[42]

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。

これら多重極限テラヘルツ光 ESR 装置の開発とその応用に関してレビュー論文[1]やその進展について講演を行った[8-10, 18, 19, 21]。

スピンプラストレーションに関連して近年、フ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の skyrmion が結晶化することに注目が集まっている。川村は、フ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、その起源の一つである Z_2 渦に関する研究を精力的に進めている[11, 22-24]。大久保、菊池はその検出手法や新物質の提案をおこなっている[15, 26]。容易軸型異方性を持つフラストレートした三角格子上のハイゼンベルグ反強磁性体が形成する skyrmion 結晶についての温度磁場相図を報告した[2]。さらに、幾何学的なスピンプラス

トレーションの起源である三角の構造を持つ反強磁性体の新物質探索を行っている[25, 27]。

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。 Fe^{2+} 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 CsFeCl_3 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 $H_2=32\text{T}$ 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。引き続きこの系について研究を推し進めている[12, 16, 17, 20]。

高圧合成で合成されるペロブスカイト化合物 $\text{Bi}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{CoO}_3$ 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[28, 31, 35, 38]。

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[33, 36, 37, 40, 42]や光学素子のための反射膜の研究[34]を行っている。

近年、多極子研究の一環として磁気トロイダルモーメントに興味を持たれている。モデル物質はまだ少なく、特に $S=1/2$ の三角キューポラ型構造を持つものは現時点で $\text{SrCu}(\text{OH})_3\text{Cl}$ しか知られていない。 $S=1/2$ 三角キューポラ型反強磁性体の基礎的な磁性を調べる目的で、多周波数 ESR を行っている[32, 39, 41]。

マルチフェロックスは磁場中で新奇な状態が発現することや電気あるいは磁気によって物性制御が可能になることで応用への期待からこの 20 年来、研究が進められている。p-d 混成機構により磁化と分極が同時に現れる Co オケルマナイト $\text{Sr}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ に関して、初めてテラヘルツ光領域で巨大な方向二色性が現れることを見出した。この成果は KOFUC ネットワークにより東北大、神戸大、阪大の協力により達成できた。この成果を *Science Advances* 誌に発表した[3]。また、赤外領域で巨大な方向二色性を示すメタホウ酸銅 CuB_2O_4 の異方性を調べる目的で ESR 測定も行っている[29, 30]。

社会貢献の一環として、大久保は KOFUC ネットワークの強磁場実験入門セミナーで安全講習を行っている[14]。また、Kapitsa がパルス磁場を考案して 100 周年を記念する東大物性研研究会で太田はヒストリカルな講演を行った[13]。

3.5.2 ジャイロトロンとナノアンテナを用いたテラヘルツ領域における新しい ESR 測定法

メンバー：大久保、大道、石川（福井大）、光藤（福井大）、藤井（福井大）

参考文献：[4]-[5] 講演：[43]-[49]

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、ジャイロトロン of 2 次高調波発振を用いて、400 GHz までの周波数領域において多周波数力検出型 ESR 測定に成功した。この成果は、微量な測定試料の高感度・高精度電子状態解析に向けた重要な研究成果である。

今年度より、ジャイロトロンを用いた力検出型電子-核二重共鳴 (ENDOR) の開発に着手した。ENDOR 法を用いる溶液試料などでも選択的に超微細構造定数を決定することが可能になる。そのため ESR 測定と組み合わせることにより、金属タンパク質などのより詳細な電子状態解析が可能になる。今年度は、従来の測定系にラジオ波 (RF) を導入する方法としてミアンダーラインに着目して装置開発を進めた。プリントドエレクトロニクス技術を応用することにより薄膜状の電気配線による省スペースの RF 信号系を構築することが可能になる。今年度は実際にミアンダーラインの試作を行い、所望するサイズの素子を作製することに成功した。今後は力検出型 ESR 測定系に組み込み、実際に ENDOR 信号の取得が可能かどうかをテストすることを計画している。

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。今年度はピエゾ抵抗型ナノメンブレンの上に直接アンテナを描画することで、実際の力検出型 ESR 測定と組み合わせるための装置開発を行った。描画方法としてはステンシルマスクを用いた方法とメンブレン上にアンテナを直接描画するという 2 種類の方法を検討した。実際に、両方の作製法を実施し、いずれの方法でもメンブレン上にアンテナ素子を作製できることが分かった。そのため、今後は実際に測定試料をナノアンテナ上に配置して力検出型 ESR 測定を行い、その有用性を検証することを計画している。また、Mie 共鳴アンテナとよばれる誘電体アンテナについても CST Microwave Studio を用いた電磁波シミュレーションを行い、実際に数十倍程度の振動磁場増強効果があることを確かめた。今後は実際の誘電体を用いて Mie 共鳴アンテナの作製を行うとともに力検出型 ESR 装置への実装を行うことを計画している。

3.5.3 高圧下 THz ESR 測定装置の開発とその応用

メンバー：太田、大道、大久保、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）、藤原（岡山大）、S. A. Zvyagin（Dresden 強磁場施設）

参考文献：[6] 講演：[50]-[70]

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。Shastry-Sutherland モデル物質である $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ は高圧力下で 4 スピンの *plaquette singlet* 相への圧力誘起量子相転移を示すと期待されている。これらについて高圧力下 THz ESR 測定を行い *plaquette singlet* への転移を高精度に求めることに成功している。これらの成果を太田はドイツで招待講演発表している[50, 51]。さらに $S=1/2$ 三角格子反強磁性体 CsCuCl_3 が有効スピンモデルとして圧力下ではスピンの大きさが実効的に変化することを理論家の山本とともに発表している。これらの成果について国内外で発表を行った[52-54, 56]。櫻井は圧力下 ESR 測定手法のさらなる深化を進めており、より高い圧力を印加できテラヘルツ光領域でも検出が可能な手法として、従来の半導体素子を使った光検出法だけでなく熱検出型 ESR やダイヤモンド NV センターを用いた光検出磁気共鳴 ESR 法の開発を行っている。これらの進捗を国際会議で報告をした[55]。

大阪大学の萩原教授と 2 本足梯子物質である銅錯体 DLCB ($\text{C}_9\text{H}_{18}\text{N}_2\text{CuBr}_4$) の高圧 THz ESR 測定を行っている。量子臨界点近傍にある DLCB は圧力印加で反強磁性相への転移の変化が観測された。また T_N 以上でも ESR の共鳴に大きなダイナミクスが存在することが明らかになった[57, 59, 62, 68]。

ドイツ Dresden 強磁場施設の Zvyagin 博士と協力して、大きな D 項を持つ反強磁性体 DTN の圧力効果の研究を行っている。圧力によって量子臨界点をチューニングすることができることを見出した[6]。

リン単体には複数の異なる構造が存在することが昔から知られている。そのうち黒リンは圧力印加により 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ている。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、その振動の起源を調べるため、本学の伏屋氏に理論的なコメントもらい研究を進めている[58, 60, 61, 66]。

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 測定装置の開発を行っている。DAC 中に RF 磁場を印加するコイルの形状やその磁場の誘導体の設計などを行っている[63, 65, 69]。

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することで圧力印加中にオンタイムで圧力を決定できる高圧下熱検出 ESR 測定法の開発を行っている[64, 67, 70]。

3.5.4 その他

メンバー：太田、大久保、櫻井（研究基盤セ）、高橋一志（神大化学）

参考文献：[7]

大久保と櫻井は本学化学研究科の高橋一志博士の合成したスピנקロスオーバー錯体の Fe イオンの電子状態の研究を行っている。ESR から Fe の状態を明らかにしている[7]。

<参考文献>

- [1] H. Ohta, S. Okubo, E. Ohmichi, H. Takahashi, T. Sakurai, “What is Multi-extreme THz ESR? Developments and its Applications”, *Appl. Mag. Res.* **56**, 33-55, (2024)
- [2] H. Kawamura, “Skyrmion crystal formation and temperature–magnetic-field phase diagram of the frustrated triangular lattice Heisenberg magnet with easy-axis magnetic anisotropy”, *Phys. Rev. B*, **110**, 014424, (2024)
- [3] M. Akaki, M. Matsumoto, Y. Narumi, S. Okubo, H. Ohta, M. Hagiwara, “Terahertz broadband one-way transparency with spontaneous magnon decay”, *Sci. Adv.* vol.11, No.9, (2025)
- [4] E. Ohmichi, R. Takigawa, Y. Igo, and H. Ohta, “Modified diabolo antennas for broadband

- enhancement of sub-terahertz oscillating magnetic fields”, *Optics Express*, 32(13), 22331, (2024)
- [5] Y. Shoji, E. Ohmichi, H. Takahashi, and H. Ohta, “Rapid-scan broadband frequency-domain terahertz spectroscopy via dynamic optical phase lock”, *Appl. Phys. Lett.*, 125, 031102/1-5, (2024)
- [6] K.Y. Povarov, D.E. Graf, A. Hauspurg, S. Zherlitsyn, J. Wosnitza, T. Sakurai, H. Ohta, S. Kimura, H. Nojiri, V.O. Garlea, A. Zheludev, A. Paduan-Filho, M. Nicklas, S.A. Zvyagin, “Pressure-tuned quantum criticality in the large-D antiferromagnet DTN”, *Nature Commun.*, 15, 2295, (2024)
- [7] M. Hirota, S. Murata, T. Sakurai, H. Ohta, K. Takahashi, “The Relationship Between Spin Crossover (SCO) Behaviors, Cation and Ligand Motions, and Intermolecular Interactions in a Series of Anionic SCO Fe(III) Complexes with Halogen-Substituted Azobisphenolate Ligands”, *Molecules*, 29, 5473, (2024)

<講演>

- [8] 太田仁
“多重極限強磁場 THz ESR の開発とその応用”
第 31 回みちのく磁性談話会・東北大学金属材料研究所 (2024.6.22) (招待)
- [9] H. Ohta
“Developments and Application of Multi-Extreme THz ESR”
Asia-Pacific EPR/ESR Symposium 2024 (APES2024)・University of Science and Technology of China (Zhejiang University) (2024.10.19-23) (Invited)
- [10] 太田仁
“高感度メンブレン THz ESR の生命研究への応用”
スピンをプローブとした生命研究：異分野融合を目指して・分子科学研究所 (2025.2.27-28) (招待)
- [11] 川村光
“フラストレーション、揺らぎ、ランダムネスが創る新規磁気秩序”
フラストレーション、揺らぎ、ランダムネスが織り成すスピン物性の最前線・大阪大学 南部陽一郎ホール (2024.7.20) (招待)
- [12] 大久保晋
“CsFeCl₃ の強磁場磁気相”
第 20 回量子スピン系研究会・あきた芸術村 (2024.12.13-14) (口頭)
- [13] 太田仁
“本河光博先生 追悼講演”
強磁場科学研究会 (第 19 回強磁場フォーラム総会)「パルスマグネット 100 周年」・東京大学物性研究所 (2024.12.16-18) (口頭)
- [14] 大久保晋
“強磁場発生の歴史”
第十回強磁場実験入門セミナー・福井大学文京キャンパス (2024.5.10) (口頭)
- [15] 大久保晋
“反転対称な正方格子ファンデルフェールス反強磁性体の低エネルギー渦励起の解明”
「Z2 渦のダイナミクスと新規輸送現象」研究会・神戸大学 瀧川記念学術交流会館 (2024.6.3-4) (口頭)
- [16] S. Okubo
“Terahertz ESR Measurements of CsFeCl₃ with an anomalous high field phase”
The 9th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRS2024) and Symposium on Frontier of Terahertz Science XI (S-FITS2024)・Fukui University (2024.10.16-18) (ポスター)
- [17] 大久保晋、平田涼、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 の多周波数強磁場 ESR 測定 II”
第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (口頭)
- [18] 太田仁
“CsFeCl₃ の物語”
第 20 回量子スピン系研究会・あきた芸術村 (2024.12.13-14) (口頭)

- [19] 大久保晋
 “神戸大学における強磁場多重極限 THz ESR の進展”
 強磁場科学研究会（第 19 回強磁場フォーラム総会）「パルスマグネット 100 周年」・東京大学物性研究所（2024.12.16-18）（口頭）
- [20] 大久保晋
 “CsFeCl₃ のテラヘルツ光強磁場 ESR 測定”
 広帯域電磁波・量子ビームによる凝縮系構造磁性体の研究会・神戸大学 自然科学 4 号館 311 室（2025.1.10）（口頭）
- [21] 大久保晋
 “テラヘルツ磁気分光法の多重極限化”
 日本赤外線学会 第 100 回定例研究会（第 22 回赤外放射応用関連学会等年会）・機械振興会館（2025.1.31）（口頭）
- [22] 川村光
 “Z₂ 渦のダイナミクスと新規輸送現象”
 「Z₂ 渦のダイナミクスと新規輸送現象」研究会・神戸大学 瀧川記念学術交流会館（2024.6.3-4）（口頭）
- [23] K. Aoyama and H. Kawamura
 “Chirality selection and spin-wave propagation in breathing-kagome antiferromagnets”
 New Frontiers in Advanced Magnetism 2024, 北海道大学 大学院理学院（2024.8.5-9）（口頭）
- [24] K. Aoyama and H. Kawamura
 “Chiral symmetry breaking and spin-wave propagation in breathing-Kagome antiferromagnets at zero field”
 Workshop on Innovative Nanoscale Devices and Systems (WINDS) 2024・Hawaii, USA（2024.12.1-6）（口頭）
- [25] 菊池彦光
 “新しい三角格子磁性体探索”
 「Z₂ 渦のダイナミクスと新規輸送現象」研究会・神戸大学 瀧川記念学術交流会館（2024.6.3-4）（口頭）
- [26] 菊池彦光
 “新奇量子スピン系物質探索の現状報告”
 広帯域電磁波・量子ビームによる凝縮系構造磁性体の研究会・神戸大学 自然科学 4 号館 311 室（2025.1.10）（口頭）
- [27] 菊池彦光
 “フラストレート反強磁性体 MCu₃(OH)₆Cl₂(M=Ni,Co)の磁気秩序の磁気共鳴による研究”
 日本物理学会 2025 年春季大会・オンライン（2025.3.19）（口頭）
- [28] 石井俊介、大久保晋、原茂生、櫻井敬博、太田仁、酒井雄樹、東正樹
 “ペロブスカイト酸化物 Bi_{0.5}Pb_{0.5}CoO₃ の ESR 測定”
 日本物理学会第 79 回年次大会（2024 年）・北海道大学 札幌キャンパス（2024.9.16-19）（ポスター）
- [29] 松村高弥、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、齋藤充、豊田新悟、有馬孝尚
 “メタホウ酸銅 CuB₂O₄ の ESR 測定”
 日本物理学会第 79 回年次大会（2024 年）・北海道大学 札幌キャンパス（2024.9.16-19）（ポスター）
- [30] 松村高弥、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、齋藤充、豊田新悟、有馬孝尚
 “メタホウ酸銅 CuB₂O₄ の ESR 測定”
 第 2 回東西日本強磁場科学研究会（第 11 回西日本強磁場科学研究会）・北海道大学 大学院理学院（2024.9.19）（口頭）
- [31] 石井俊介、大久保晋、原茂生、櫻井敬博、太田仁、酒井雄樹、東正樹
 “ペロブスカイト酸化物 Bi_{0.5}Pb_{0.5}CoO₃ の ESR 測定”
 第 2 回東西日本強磁場科学研究会（第 11 回西日本強磁場科学研究会）・北海道大学 大学院理学院（2024.9.19）（口頭）
- [32] 松村高弥、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、今布咲子、吉田絳行

- “三角キューポラ型反強磁性体 $\text{SrCu}(\text{OH})_3\text{Cl}$ のテラヘルツ ESR 測定”
第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
(ポスター)
- [33] 平田涼、瀬川和磨、大久保晋、太田仁、栗田伸之、田中秀数
“3D プリンターを用いたテラヘルツ ESR 装置および光学素子の開発”
第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
(ポスター)
- [34] 石井俊介、平田涼、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 2”
第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
(ポスター)
- [35] S. Ishii
“THz ESR measurements of the perovskite oxide $\text{Bi}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{CoO}_3$ ”
The 9th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRS2024) and Symposium on Frontier of Terahertz Science XI (S-FITS2024)・Fukui University (2024.10.16-18) (ポスター)
- [36] R. Hirata
“Development of terahertz ESR system and optical devices using a 3D printer”
The 9th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRS2024) and Symposium on Frontier of Terahertz Science XI (S-FITS2024)・Fukui University (2024.10.16-18) (ポスター)
- [37] 平田涼、瀬川和磨、大久保晋、太田仁、栗田伸之、田中秀数
“3D プリンターを用いたテラヘルツ ESR 装置および光学素子の開発”
第 63 回電子スピンスイエンズ学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポスター)
- [38] 石井俊介、森光新、大久保晋、原茂生、櫻井敬博、太田仁、山本孟、東正樹
“Co ドープ BiFeO_3 のテラヘルツ ESR 測定”
第 63 回電子スピンスイエンズ学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポスター)
- [39] 松村高弥、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、今布咲子、吉田絢行
“三角キューポラ型反強磁性体 $\text{SrCu}(\text{OH})_3\text{Cl}$ の ESR 測定”
第 63 回電子スピンスイエンズ学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポスター)
- [40] 平田涼
“3D プリンターを用いたパルス磁場 THz ESR 装置の開発”
強磁場科学研究会 (第 19 回強磁場フォーラム総会)「パルスマグネット 100 周年」・東京大学物性研究所 (2024.12.16-18) (ポスター)
- [41] 松村高弥、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、今布咲子、吉田絢行
“三角キューポラ型磁性体の電子状態の実験的研究”
若手フロンティア研究会 2024・神戸大学 百年記念館 (2024.12.24) (ポスター)
- [42] 平田涼、瀬川和磨、大久保晋、太田仁、栗田伸之、田中秀数
“光造形 3D プリンターを用いた極低温・高真空環境下の磁気共鳴装置の開発”
若手フロンティア研究会 2024・神戸大学 百年記念館 (2024.12.24) (ポスター)
- [43] 小路悠斗、大道英二、高橋英幸、太田仁
“フィードバック制御を用いた高速・高分解能周波数掃引型テラヘルツ分光法の開発”
第 85 回応用物理学会秋季学術講演会・朱鷺メッセ (2024.9.16-20) (口頭)
- [44] 伊郷祐馬、滝川稜人、大道英二、太田仁
“広帯域テラヘルツ振動磁場増強アンテナの特性評価”
第 85 回応用物理学会秋季学術講演会・朱鷺メッセ (2024.9.16-20) (ポスター)
- [45] Y. Igo
“Electromagnetic field analysis of nested U-shaped antennas for enhancing broadband terahertz oscillating magnetic fields”

The 9th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRS2024) and Symposium on Frontier of Terahertz Science XI (S-FTS2024) • Fukui University (2024.10.16-18) (ポスター)

- [46] 伊郷祐馬、滝川稜人、大道英二、太田仁
“テラヘルツ帯 ESR 分光用ディアボロ型アンテナの設計”
第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024 • 福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (口頭)
- [47] 中山真生人、小泉一樹、大道英二、太田仁、藤乗幸子
“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”
第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024 • 福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポスター)
- [48] 小島大輝、大道英二、太田仁
“熱検出テラヘルツ ESR 分光法のタンパク質溶液試料への応用”
第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024 • 福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポスター)
- [49] 中山真生人、小泉一樹、大道英二、藤乗幸子
“アルツハイマー病の謎を追うーアミロイド β と鉄の結合状態解析ー”
若手フロンティア研究会 2024 • 神戸大学 百年記念館 (2024.12.24) (ポスター)
- [50] H. Ohta
“Application of Multi-Extreme THz ESR to Understand the Pressure-Induced Phase Transition in the Shastry-Sutherland Model Substance $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ ”
IFW Dresden Scientific talks, IFW Dresden, Germany (2024.11.8) (Invited)
- [51] H. Ohta
“Multi-Extreme THz ESR Study of the Pressure-Induced Phase Transition in the Shastry-Sutherland Model Substance $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ ”
TRR 360 Seminar, Universitat Augsburg, Germany (2024.11.12) (Invited)
- [52] H. Ohta
“High Field THz ESR study of triangular lattice antiferromagnet CsCuCl_3 in the highly quantum regime under high pressure”
International Conference on Magnetism (ICM2024), Palazzo della Cultura e dei Congressi, Bologna, Italy (2024.6.30-7.5) (Poster)
- [53] H. Ohta
“Multi-Extreme THz ESR: New Developments under High-Pressure Condition”
63rd Rocky Mountain Conference on Magnetic Resonance, Copper Conference Center, Colorado, USA (2024.8.4-8) (Poster)
- [54] 太田仁
“多重極限 THz 電子スピン共鳴の最前線”
日本物理学会第 79 回年次大会 (2024 年) • 北海道大学 札幌キャンパス (2024.9.16-19) (口頭/チュートリアル講演)
- [55] T. Sakurai
“Development and Application of High Pressure THz Electron Spin Resonance Measurement Technique”
The 9th International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRS2024) and Symposium on Frontier of Terahertz Science XI (S-FTS2024) • Fukui University (2024.10.16-18) (ポスター)
- [56] 櫻井敬博
“ CsCuCl_3 の圧力下 ESR 測定”
広帯域電磁波・量子ビームによる凝縮系構造磁性体の研究会 • 神戸大学 自然科学 4 号館 311 室 (2025.1.10) (口頭)
- [57] 濱田優翔、櫻井敬博、嵯峨慎、原茂生、大久保晋、太田仁、萩原政幸
“ $S=1/2$ 量子磁性体 $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{N}_2\text{CuBr}_4$ の ESR による研究”
日本物理学会第 79 回年次大会 (2024 年) • 北海道大学 札幌キャンパス (2024.9.16-19) (ポスター)

- [58] 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 THz サイクロトロン共鳴による研究”
 日本物理学会第 79 回年次大会 (2024 年)・北海道大学 札幌キャンパス (2024.9.16-19) (ポスター)
- [59] 濱田優翔、櫻井敬博、嵯峨慎、原茂生、大久保晋、太田仁、萩原政幸
 “ $S=1/2$ 量子磁性体 $C_9H_{18}N_2CuBr_4$ の ESR による研究”
 第 2 回東西日本強磁場科学研究会 (第 11 回西日本強磁場科学研究会)・北海道大学 大学院理学院
 (2024.9.19) (口頭)
- [60] 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 THz サイクロトロン共鳴による研究”
 第 2 回東西日本強磁場科学研究会 (第 11 回西日本強磁場科学研究会)・北海道大学 大学院理学院
 (2024.9.19) (口頭)
- [61] 鍋田百花、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、岡村英一
 “THz 領域における圧力下サイクロトロン共鳴による黒リンの研究”
 第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
 (ポスター)
- [62] 濱田優翔、櫻井敬博、嵯峨慎、原茂生、大久保晋、太田仁、萩原政幸
 “ $S=1/2$ 量子磁性体 $C_9H_{18}N_2CuBr_4$ のサブミリ派 ESR”
 第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
 (ポスター)
- [63] 清水涉夢、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、藤原正澄
 “ダイヤモンド NV 中心を用いた超高压下での高周波数電子スピン共鳴のための技術開発”
 第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
 (ポスター)
- [64] 西田光希、櫻井敬博、大道英二、大久保晋、太田仁
 “THz 領域における高圧力熱検出 ESR 測定技術の開発と応用”
 第 33 回 (2024 年度) 日本赤外線学会研究発表会・大阪工業大学 大宮キャンパス (2024.10.10-11)
 (ポスター)
- [65] 清水涉夢、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、藤原正澄
 “ダイヤモンド NV 中心を用いた超高压下での高感度 ESR 測定のための技術開発”
 第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポ
 スター)
- [66] 鍋田百花、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、岡村英一
 “圧力下サイクロトロン共鳴による黒リンの研究”
 第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポ
 スター)
- [67] 西田光希、櫻井敬博、大道英二、大久保晋、太田仁
 “高圧下熱検出 ESR 測定技術の開発と応用”
 第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポ
 スター)
- [68] 濱田優翔、櫻井敬博、嵯峨慎、原茂生、大久保晋、太田仁、萩原政幸
 “ $S=1/2$ 量子磁性体磁性体 $C_9H_{18}N_2CuBr_4$ の高周波数 ESR による研究”
 第 63 回電子スピンサイエンス学会年会 SEST2024・福井大学 文京キャンパス (2024.11.2-4) (ポ
 スター)
- [69] 清水涉夢、櫻井敬博、大久保晋、太田仁、藤原正澄
 “ダイヤモンド格子欠陥を用いた高圧力下磁気共鳴測定のための技術開発”
 若手フロンティア研究会 2024・神戸大学 百年記念館 (2024.12.24) (ポスター)
- [70] 西田光希、櫻井敬博、大道英二、大久保晋、太田仁
 “高圧下熱検出 ESR 測定手法の開発”
 若手フロンティア研究会 2024・神戸大学 百年記念館 (2024.12.24) (ポスター)

3.6. 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）の発現機構の解明と新奇量子機能物性の開拓を試料作製、物性評価、微視測定により行っている。新規試料の開発、試料評価は小手川が中心となって行っている。また、特異な物性解明はNMR（核磁気共鳴）やNQR（核四重極共鳴）により藤が中心となって行っている。

研究環境としては超高压(4.5GPa)・強磁場(17テスラ定常磁場)・極低温(100mK)を作り出す装置を有しマクロ測定・NMR測定ができる。また、昨年度導入された粉末X線装置により試料評価が効率的にできるようになった。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。小手川は本年度、教授に昇任し、研究・教育体制のさらなる充実が期待される。

[研究] 藤は、本年は重い電子超伝導体 UBe_{13} 、磁氣的 2 チャンネル近藤効果を示すと考えられている $NdCo_2Zn_{20}$ 及び関連物質の NMR 実験、低温でトロイダル反強磁性秩序を示すと考えられている UNi_4B の NMR 信号探索を中心に研究を行った。

小手川は反強磁性体 $NbMnP$ 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。

[国際共同研究] $CeZn$ の圧力下の磁気構造解析に対して 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。

3.6.1 重い電子化合物の強相関電子物性

Ce 系($4f^1$)、Pr 系($4f^2$)、U 系($5f^2$) 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. UBe_{13} のNMRによる研究 講演[7,15,21,25,29]

メンバー：南 (M1)、松木、藤、小手川、松野、芳賀 (JAEA)、山本 (JAEA)、大貫 (大阪大理)、 UBe_{13} の高磁場スペクトルの磁場角度依存性から、常伝導状態での磁気励起を明らかにし、一部の重い電子状態が壊れる遍歴局在クロスオーバーが起きている可能性を示してきた。低温の超伝導状態のNMRから等方的超伝導ギャップを持つ A_{1u} 状態の可能性が高いことがわかった。

2. $(Y_{1-x}Pr_x)Co_2Zn_{20}$ の2チャンネル近藤効果に関するNMRによる研究

メンバー：阪口 (B4)、久保、室岡、笹木、小手川、藤、鬼丸(広島大)

2チャンネル近藤効果を示すと考えられている $Y_{0.95}Pr_{0.05}Co_2Zn_{20}$ の 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、磁場中でもこの振る舞いを確認した。磁場中では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。これらの振る舞いは単サイトの2チャンネル近藤効果で説明可能である。

3. $NdCo_2Zn_{18}Ga_2$ の反強磁性秩序に関するNQRによる研究 講演：[9]

メンバー：久保、室岡、笹木、小手川、藤、鬼丸(広島大)

$NdCo_2Al_{20}$ では磁気にチャンネル効果が期待されているが、NMR 信号が観測されない。そこで $T_N = 1.5$ K で反強磁性を示す $NdCo_2Zn_{18}Ga_2$ の Co -NMR をおこなった。緩和率の振る舞いから Nd イオンは高温では交換結合した局在 f 電子として振る舞うことが明らかとなった。 T_N 以下で磁気励起にギャップが存在することを明らかにした。一方、NQR測定からスペクトルが T_N 以下で変化をしめさないことから、 Ga サイトでは内部磁場がキャンセルされた反強磁性秩序であることを明らかにした。

4. 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[8,13,18,30]、国際会議講演[1]

メンバー：阿部 (M2), 越智、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と考えられていたが、理論的には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状態も可能であることが指摘されている。秩序状態でのNMRスペクトルの観測には成功したが、スペクトル形状について、説明ができなかった。本年度は、双極子磁場を用いた解析によりスペクトル形状をトライフォース秩序で概ね再現できることをあきらかにした。一方長部再結合定数が決定されておらず、現在、この測定を行っている。また、高磁場相でのNMRも行った。

4. 新奇の超伝導相の研究 講演[6,12,19,31]、国際会議講演[5]

メンバー：中西 (M2)、小手川、藤、松岡、菅原、太田、播磨

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。磁場中で超伝導転移温度がわずかに上昇することからスピン三重項超伝導の可能性が指摘されている。核四重極共鳴法による電子状態の調査を行った結果、圧力下での結晶構造の候補を限定することに成功した。

3.6.2 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：高木、立岡、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%の割合の化合物で超伝導を示すMgB₂の割合が23.7%しかないにもかかわらず、ゼロ抵抗を示し、100%を超える超伝導反磁性が観測されている。この起源について、ジョセフソン結合による超伝導の可能性が指摘されている。本年度は絶縁体であるMgOが53.4%、MgB₂が46.3%、金属Mgが0%の超伝導を示すMgB₂の含有量が多い試料についてのNMRを行った。23.7%の試料に対して有意な変化が見られることが期待されたが、含有量によるスペクトルの差は見られなかった。このことは、通常の超伝導反磁性の機構では説明ができない。

3.6.3 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[5,10,11,16,17,20,22,24,26,27,28]、論文[1,2,3]、国際会議講演[2,3,4]

メンバー：新井 (D1)、田中 (M2)、小手川、藤、菅原、他多数

ノンコリニア磁性体NbMnPの純良試料の作製に成功し、異常ホール伝導度の散乱依存性を調べることによって、異常ホール効果が内因性機構で生じていることを明らかにした。また、Ce₂CuGe₆において反強磁性由来の異常ホール効果をf電子系において初めて観測した。

<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] Hisashi Kotegawa, Akira Nakamura, Vu Thi Ngoc Huyen, Yuki Arai, Hideki Tou, Hitoshi Sugawara, Junichi Hayashi, Keiki Takeda, Chihiro Tabata, Koji Kaneko, Katsuaki Kodama, Michi-To Suzuki, "Large spontaneous Hall effect with flexible domain control in the antiferromagnetic material TaMnP", *Physical Review B* **110**, 214417 (2004) (DOI10.1103/PhysRevB.110.214417)
- [2] Hisashi Kotegawa, Hiroto Tanaka, Yuta Takeuchi, Hideki Tou, Hitoshi Sugawara, Junichi Hayashi, Keiki Takeda, "Large Anomalous Hall Conductivity Derived from an f-Electron Collinear Antiferromagnetic Structure", *Physical Review Letters* **133**, 106301 (2024). (DOI10.1103/PhysRevLett.133.106301)
- [3] Yuki Arai, Junichi Hayashi, Keiki Takeda, Hideki Tou, Hitoshi Sugawara, Hisashi Kotegawa, "Intrinsic Anomalous Hall Effect Arising from Antiferromagnetism as Revealed by High-Quality NbMnP", *Journal of the Physical Society of Japan* **93**, 063702 (2024). (DOI10.7566/JPSJ.93.063702)
- [4] Kazuyuki Omasa, Takuya Komoda, Yusuke Nakamura, Eiichi Matsuoka, Hisashi Kotegawa, Hideki Tou, Takahiro Sakurai, Hitoshi Ohta, Ai Nakamura, Yoshiya Homma, Dai Aoki, Daisuke

Sato, Mitsuhiro Yoshida, Sanu Mishra, Ilya Sheikin, Hisatomo Harima, Hitoshi Sugawara, "Superconducting and Fermi Surface Properties of a Valence Fluctuation Compound CeIr₂", *Journal of the Physical Society of Japan* **93**, 034704 (2024). (DOI10.7566/JPSJ.93.034704)

[国内学会講演]

- [5] 新井祐樹, 中村彰, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, “反強磁性由来の異常ホール効果を示すNbMnPにおけるAs置換の影響 (20pH1-4)”, 日本物理学会 2025年春季大会 2025年3月18日 (火) ~21日 (金) オンライン開催 (Zoomミーティング)
- [6] 小手川恒, 中西青空, 藤秀樹, 菅原仁, 播磨尚朝, “圧力誘起超伝導体CeSb₂のSb-NQRによる常伝導状態の研究 (20pH2-6)”, 日本物理学会 2025年春季大会 2025年3月18日 (火) ~21日 (金) オンライン開催 (Zoomミーティング)
- [7] 南晶子, 松木麟太郎, 森田恭平, 松野治貴, 小手川恒, 播磨尚朝, 山本悦嗣A, 芳賀芳範, 大貫惇睦, 藤秀樹“⁹Be-NMRを用いたUBe₁₃の超伝導ギャップ対称性に関する研究 (20pPSH-3)”, 日本物理学会 2025年春季大会 2025年3月18日 (火) ~21日 (金) オンライン開催 (Zoomミーティング)
- [8] 藤秀樹, 阿部修也, 越智遥菜, 竹内涼介, 岸本恭来, 小手川恒, 播磨尚朝, 本多史憲, 本間佳哉, 仲村愛, 清水悠晴, 李徳新, 青木大, “UNi₄Bの反強磁性磁気秩序状態に関する¹¹B-NMRによる研究 (20pPSH-36)”, 日本物理学会 2025年春季大会 2025年3月18日 (火) ~21日 (金) オンライン開催 (Zoomミーティング)
- [9] 藤秀樹, 笹木敦志, 小手川恒, 山本理香子, 鬼丸孝博, “NdCo₂Zn₂₀およびNdC₂Zn₁₈Ga₂のNMRによる研究(17pE306-12)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日
- [10] 田中裕斗, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, “反強磁性的化合物Ce₂CuGe₆で生じる異常ホール効果の圧力依存性(18aE301-11)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日
- [11] 新井祐樹, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, 高橋英史, 石渡晋太郎, “ノンコリニア磁性体NbMnPにおける反強磁性由来の異常ホール効果と異常ネルンスト効果の測定(18aPS-84)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日
- [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の圧力下NQRによる微視的測定(18pPSA-3)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日
- [13] 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の反強磁性磁気構造に関するNMRによる研究(18pPSA-42)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日
- [14] 薦田拓也, 前谷風弥, 松岡英一, 小手川恒, 藤秀樹, 松林和幸A, D.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II (18pPSA-64)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日
- [15] 南晶子, 松木麟太郎, 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, 藤秀樹, “重い電子超伝導体UBe₁₃の超伝導状態におけるNMRの研究(19aE307-2)”, 日本物理学会第79回年次大会 北海道大学 2024年9月16日~19日

[国内ワークショップ講演]

- [16] 小手川 恒, “Anomalous Hall effect arising from f-electron antiferromagnetism (f電子反強磁性によって生じる異常ホール効果)”, 東北大学金属材料研究所 大洗・アルファ合同研究会[Invited] 2024年 9月 25-27日 東北大学金属材料研究所講堂
- [17] 新井祐樹, “ノンコリニア磁性体NbMnPにおける異常ホール効果の純良度依存性”, H-Physics II 「対称性と物理現象-その発現と制御」(6/14-15) 神戸大学百年記念館
- [18] 阿部修也, “反強磁性体UNi₄BのNMRによる磁気揺らぎの研究” H-Physics II 「対称性と物理現象-その発現と制御」(6/14-15) 神戸大学百年記念館
- [19] 中西青空, “圧力誘起超伝導体CeSb₂のNQRによる微視的測定” H-Physics II 「対称性と物理現象-その発現と制御」(6/14-15) 神戸大学百年記念館
- [20] 田中裕斗, “Ce₂TGe₆(T=Cu, Pd)における反強磁性構造由来の異常ホール効果” H-Physics II 「対称性と物理現象-その発現と制御」(6/14-15) 神戸大学百年記念館
- [21] 南 晶子, “重い電子超伝導体UBe₁₃のNMR” H-Physics II 「対称性と物理現象-その発現と制御」(6/14-15) 神戸大学百年記念館

- [22] 新井 祐樹、“ノンコリニア磁性体NbMnPにおける異常ホール効果の純良度依存性” 学術変革領域研究 (A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度 領域全体会議・公募研究キックオフ会議 2024年5/29(水) – 31(金) 東広島芸術文化ホール
- [23] 小手川 恒、“磁気トロイダル双極子物質YMn₁₂の単結晶作製と圧力効果” 学術変革領域研究(A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度 領域全体会議・公募研究キックオフ会議 2024年5/29(水) – 31(金) 東広島芸術文化ホール
- [24] 田中 裕斗、“Ce₂TGe₆ (T = Cu, Pd)における反強磁性構造由来の異常ホール効果” 学術変革領域研究(A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度 領域全体会議・公募研究キックオフ会議 2024年5/29(水) – 31(金) 東広島芸術文化ホール
- [25] 南 晶子、“重い電子超伝導体UBe₁₃の常伝導・超伝導状態のNMR” 学術変革領域研究(A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度 領域全体会議・公募研究キックオフ会議 2024年5/29(水) – 31(金) 東広島芸術文化ホール
- [26] 新井祐樹、「ノンコリニア磁性体 NbMnP における異常ホール効果の純良度依存性」、トピカルミーティング 「擬カゴメ構造を有する物質のアシンメトリ量子物性」@富山 [Invited] 2024年8/29(木) – 30(金) ポリフォートとやま
- [27] 小手川 恒、「異常ホール効果を示す偶パリティ多極子物質の開拓」トピカルミーティング 「アシンメトリ量子物質における交差相関の開拓」 2024年12/6(金) – 12/7(土) 神戸大学
- [28] 新井 祐樹、「ノンコリニア磁性体NbMnPにおける反強磁性構造由来の異常Nernst効果の測定」トピカルミーティング 「アシンメトリ量子物質における交差相関の開拓」 2024年12/6(金) – 12/7(土) 神戸大学
- [29] 南 晶子、「UBe₁₃のNMRによる超伝導状態の研究」 第三回核磁気共鳴法を用いた物性研究討論会 2025年3/27(木) – 3/28(金) 島根大学
- [30] 藤 秀樹、「ウラン化合物の核磁気共鳴」 第三回核磁気共鳴法を用いた物性研究討論会 2025年3/27(木) – 3/28(金) 島根大学
- [31] 小手川 恒、「圧力誘起超伝導体CeSb₂のNQR測定など」 第三回核磁気共鳴法を用いた物性研究討論会 2025年3/27(木) – 3/28(金) 島根大学

[国際会議講演]

- [1] Hideki Tou, Haruna Ochi, Shyuya Abe, Ryosuke Takeuchi, Yasuki Kishimoto, Hisashi Kotegawa, Hisatomo Harima, F. Honda, Yoshiya Homma, Ai Nakamura, Yusei Shimizu, D. Li, Dai Aoki, “A Study of Angle-Resolved ¹¹B-NMR in the Magnetic Ordering State of UNi₄B” International Conference on Magnetism 2024, Bologna, Italy, June 30 – July 5, 2024.
- [2] Hisashi Kotegawa, Yuki Arai, Akira Nakamura, Vu Thi Ngoc Huyen, Hideki Tou, Keiki Takeda, Hitoshi Sugawara, Michi-To Suzuki, “Large anomalous Hall effect in antiferromagnetic materials NaMnP and TaMnP”, International Conference on Magnetism 2024, Bologna, Italy, June 30 – July 5, 2024.
- [3] Yuki Arai, Hisashi Kotegawa, Hideki Tou, Keiki Takeda, Hitoshi Sugawara, “Intrinsic anomalous Hall effect arising from an antiferromagnetic structure in high-quality NbMnP”, International Conference on Magnetism 2024, Bologna, Italy, June 30 – July 5, 2024.
- [4] H. Kotegawa, “Large intrinsic anomalous Hall effect in antiferromagnetic material NbMnP”, Conference of Condensed Matter Physics 2024, Liyang, China, August 5 – August 9, 2024.
- [5] H. Kotegawa, “Nuclear quadrupole resonance study of pressure-induced superconductor CeSb₂”, SUPERMAX, Toulouse, France, October 14 – October 18, 2024.

3.7. 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を行っている。実験手段としては、テトラアーク炉による引き上げ法や高温電気炉によるブリッジマン法、及び低融点金属を用いた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3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。

3.7.1 超高压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(M2)、薦田(D2)、松岡、小手川、藤、菅原、松林(電通大)、上床(東大物性研)等
講演[21]

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压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、インデーター型セル(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)を用いた超高压下でホール効果と磁気抵抗の測定を行った。その結果、3.7GPa以上で急激に反強磁性転移が消失することや量子臨界点近傍では有効質量が増大することを示唆する結果が得られた。

3.7.2 価数揺動物性Yb₃Si₅の電子状態の研究

メンバー：木村(M1)、松岡、播磨、菅原、青木(東北大金研)等
講演[10,14]

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200を超える純良単結晶の育成に成功し、初めてdHvA効果測定に成功した。

3.7.3 直方晶化合物Ce₂CuGe₆の電子状態の研究

メンバー：薦田(D2)、井上(B4)、松岡、小手川、藤、菅原、青木(東北大金研)等
論文[2], 講演[8,17]

直方晶化合物Ce₂CuGe₆はネール温度が約15Kの反強磁性体であり、加圧により約7 GPaで反強磁性転移が消失し重い電子状態が出現することが示唆されている。また、4f電子に由来する反強磁性体で初めてゼロ磁場での異常ホール効果が観測されたことから注目されている。本研究ではこの物質の電子状態を調べるため、純良単結晶を育成し常圧におけるホール効果と磁気抵抗測定を行なった。その結果、結晶構造を反映し、いずれの物理量も大きな異方性を示すことがわかった。

3.7.4 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(D2)、菅原、櫻井(極限物性)、太田(極限物性)
講演[7, 11, 12, 20, 23, 24]

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第一の目的として、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。さらに、ZrNiAl型結晶構造には空間反転対称性が欠如しているため、「強磁性量子臨界点の出現に及ぼす空間反転対称性の欠如の影響」という近年注目されている問題を、RTXを対象とした物性研究によって追究することを第二の目的とした。以下に得られた結果を列挙する。

(1) RMgIn

これまでにCeMgIn, PrMgIn, NdMgIn, GdMgInの多結晶試料作製と物性解明を行ってきた。本年度は、これらの化合物に共通する性質である電気抵抗の低温での増大現象に関して理論モデルを用いた定量的な解析を行った。その結果、磁気フラストレーションの存在によってRKKY相互作用による伝導電子の散乱が増強され、それによって電気抵抗増大が生じることが明らかとなった。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

前年度の多結晶試料を用いた研究により、CePdMgが2.3 Kで強磁性転移を示すことが明らかになっていた。本年度はブリッジマン法による単結晶試料の作製に成功し、それを用いた磁気異方性の評価を行った。その結果、磁化容易軸がa軸であり、磁化困難軸であるc軸に磁場を印可した場合よりも磁化率の値が二桁程度も大きいことが分かった。次年度はCePdMgの単結晶試料を用いて圧力下での電気抵抗率測定を行い、強磁性量子臨界点の探索を行う。さらに、多結晶試料を用いた研究から強磁性転移を示すことが報告されている同型化合物CePtMgについても単結晶試料作製を行い、圧力効果測定による強磁性量子臨界点の探索も行う。

3.7.5 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(M2)、菅原、小手川(低温物性)、藤(低温物性)
講演[13, 22]

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、二元の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。このような背景の下、昨年度は三元希土類ハロゲン化合物の試料作製方法と物性測定方法を確立した。本年度はそれを踏まえて、 R_3SiX_3 (R : 希土類、 $X = Br, I$) の詳細な物性評価を行った。そして、立方晶化合物である Ce_3SiBr_3 の詳細な磁場-温度相図を作成した結果、1.3 Kと1.8 Kで反強磁性転移を示すこと、及びわずかな磁場を印可することで反強磁性相が強磁性相に遷移することが明らかとなった。 Ce_3SiBr_3 の結晶構造には空間反転対称性が欠如しているため、この化合物は**3.8.4**で述べた強磁性量子臨界点の観点からも興味深い。次年度は、 Ce_3SiBr_3 の圧力下での電気抵抗測定にも挑戦し、強磁性量子臨界点の探索を行う予定である。

3.7.6 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、黒崎 (B4)、菅原

講演[9]

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。本年度は、 $Ce_2Pd_{21}Si_6$ という立方晶の新物質に注目し、多結晶試料の作製と各種の物性測定を行った結果、Ceイオンの価数が3価、すなわち磁性を担う4f電子の局在性が強いにもかかわらず、0.1 Kまで磁気転移を示さないことが分かった。次年度はCeサイトを他の希土類Rに置き換えた $R_2Pd_{21}Si_6$ の試料作製と物性測定を行い、結晶構造の対称性が高い化合物において生じることが期待される多極子秩序の探索を行う予定である。

<論文>

- [1] ○H. Kotegawa, Y. Nakamura, V. T. N. Huyen, Y. Arai, H. Tou, H. Sugawara, J. Hayashi, K. Takeda, C. Tabata, K. Kaneko, K. Kodama, and M.-T. Suzuki, Large anomalous Hall effect flexible domain control in the antiferromagnetic material TaMnP, *Phys. Rev. B* **110**, 214417/1-8 (2024), DOI: 10.1103/PhysRevB.110.214417
- [2] ○H. Kotegawa, H. Tanaka, Y. Takeuchi, H. Tou, H. Sugawara, J. Hayashi, and K. Takeda, Large anomalous Hall conductivity derived from an *f*electron collinear antiferromagnetic structure, *Phys. Rev. Lett.* **133**, 106301/1-5 (2024), DOI: 10.1103/PhysRevLett.133.106301
- [3] F. Li, A. Mulders, W. D. Hutchison, M. Garganourakis, Y. Tanaka, A. Chainani, K. Nishimura, and H. Sugawara, Investigation of the Order Parameter of Pr in Filled Skutterudite $PrRu_4P_{12}$ by Resonant Soft X-ray Diffraction, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **93**(9), 094703/1-7 (2024), 2024-8, DOI: <https://doi.org/10.7566/JPSJ.93.094703>
- [4] ○Y. Arai, J. Hayashi, K. Takeda, H. Tou, H. Sugawara, and H. Kotegawa, Intrinsic Anomalous Hall Effect Arising from Antiferromagnetism as Revealed by High-Quality NbMnP, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **93**(6), 063702/1-5 (2024), 2024-5, DOI: <https://doi.org/10.7566/JPSJ.93.0063702>

<講演>

- [5] ○新井祐樹, 中村彰, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁「反強磁性由来の異常ホール効果を示す NbMnP における As 置換の影響」20pH1-4981, 日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年 3 月 18-21 日, オンライン, 口頭)
- [6] ○小手川恒, 中西青空, 藤秀樹, 菅原仁, 播磨尚朝「圧力誘起超伝導体 $CeSb_2$ の Sb-NQR による常伝導状態の研究」20pH2-61364, 日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年 3 月 18-21 日, オンライン, 口頭)
- [7] 大西昂, 松岡英一, 菅原仁「反転対称性の破れた擬カゴメネットワーク化合物 $CeMgPd$ の強磁性的相転移」20pPSH-23607, 日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年 3 月 18-21 日, オンライン, ポスター)
- [8] 薦田拓也, 井上真輝, 松岡英一, 菅原仁「直方晶化合物 Ce_2CuGe_6 の電子輸送特性」20pPSH-241782, 日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年 3 月 18-21 日, オンライン, ポスター)
- [9] 松岡英一, 黒崎颯太, 菅原仁「新しい立方晶化合物 $R_2Pd_{21}Si_6$ ($R =$ 希土類) の磁性と伝導」20pPSH-251529, 日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年 3 月 18-21 日, オンライン, ポスター)
- [10] ○木村隼人, 松岡英一, 青木大, 播磨尚朝, 菅原仁「 Yb_3Si_5 の比熱および dHvA 効果測定」20pPSH-271608, 日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年 3 月 18-21 日, オンライン, ポスター)
- [11] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「擬カゴメネットワーク化合物 $RMgIn$ ($R =$ 希土類) のフラストレート磁性」ISSP Workshop 2024 カゴメフラストレート磁性研究の進展 (2025 年 3 月 10-11 日, 東京大学物性研究所, ポスター)

- [12] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「擬カゴメネットワークを有する希土類化合物 RMgX ($\text{R} = \text{希土類}$, $\text{X} = \text{d- or p-}$ ブロック元素) の磁性と伝導」学術変革領域研究 (A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」トピカルミーティング「アシンメトリ量子物質における交差相関の開拓」(2024年12月6-7日, 神戸大学, ポスター)
- [13] ○赤木草太, 菅原仁, 小手川恒, 藤秀樹, 松岡英一「三元希土類ハロゲン化合物の試料作製と物性評価」学術変革領域研究 (A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」トピカルミーティング「アシンメトリ量子物質における交差相関の開拓」(2024年12月6-7日, 神戸大学, ポスター)
- [14] 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 (2024年9月25-27日, 東北大学金研, ポスター)
- [15] 松林陸, 尾方司貴, 井原大志, 松平広康, 北川俊作, 石田憲二, 菅原仁「 $^{31}\text{P-NMR}$, $^{139}\text{La-NMR}$ を用いた s 波超伝導体 $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ のスピン磁化率の磁場依存性」17aE305-81857, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, 口頭)
- [16] 阪口真衣, 榎本彬人, 藤原秀紀, 野末悟郎, 鳥井優杜, 木須孝幸, 濱本諭, 大浦正樹, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 山崎篤志, 東谷篤志, 今田真, 菅原仁, 関山明「立方晶 $\text{NdTi}_2\text{Al}_{20}$ の軟・硬 X 線光電子分光」17pE306-8585, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, 口頭)
- [17] ○田中裕斗, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁「反強磁性的化合物 Ce_2CuGe_6 で生じる異常ホール効果の圧力依存性」18aE301-112207, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, 口頭)
- [18] ○新井祐樹, 小手川恒, 藤秀樹, 菅原仁, 高橋英史, 石渡晋太郎「ノンコリニア磁性体 NbMnP における反強磁性由来の異常ホール効果と異常ネルンスト効果の測定」18aPS-842228, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, ポスター)
- [19] ○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 CeSb_2 の圧力下 NQR による微視的測定」18pPSA-32242, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, ポスター)
- [20] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬, 太田仁「六方晶フラストレーション化合物 REMgIn ($\text{RE} = \text{希土類}$) の低温物性 IV」18pPSA-111137, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, ポスター)
- [21] ○薦田拓也, 前谷風弥, 松岡英一, 小手川恒, 藤秀樹, 松林和幸, D.Bhoi, 沈晓玲, 上床美也, 菅原仁「近藤半金属 $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10}$ の高圧下電子輸送特性 II」18pPSA-642681, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, ポスター)
- [22] ○赤木草太, 菅原仁, 小手川恒, 藤秀樹, 松岡英一「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」18pPSB-963199, 日本物理学会 第79回年次大会 (2024年9月16-19日, 北海道大学, ポスター)
- [23] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「擬カゴメ格子を有する希土類化合物 RMgIn ($\text{R} = \text{希土類}$) の磁性と伝導」学術変革領域研究 (A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」トピカルミーティング「擬カゴメ構造を有する物質のアシンメトリ量子物性」(2024年8月29-30日, ボルファート富山, 口頭)
- [24] ○大西昂, 松岡英一, 菅原仁, 櫻井敬博, 太田仁「擬カゴメ格子を有する希土類化合物 RMgIn ($\text{R} = \text{希土類}$) の低温物性」学術変革領域研究 (A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度領域全体会議・公募研究キックオフ会議 (2024年5月29-31日, 東広島芸術文化ホール, ポスター)
- [25] 薦田拓也, 菅原仁, 松岡英一「熱スイッチに超伝導物質を用いた新しい断熱消磁冷凍機の試作」学術変革領域研究 (A)「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度領域全体会議・公募研究キックオフ会議 (2024年5月29-31日, 東広島芸術文化ホール, ポスター)