

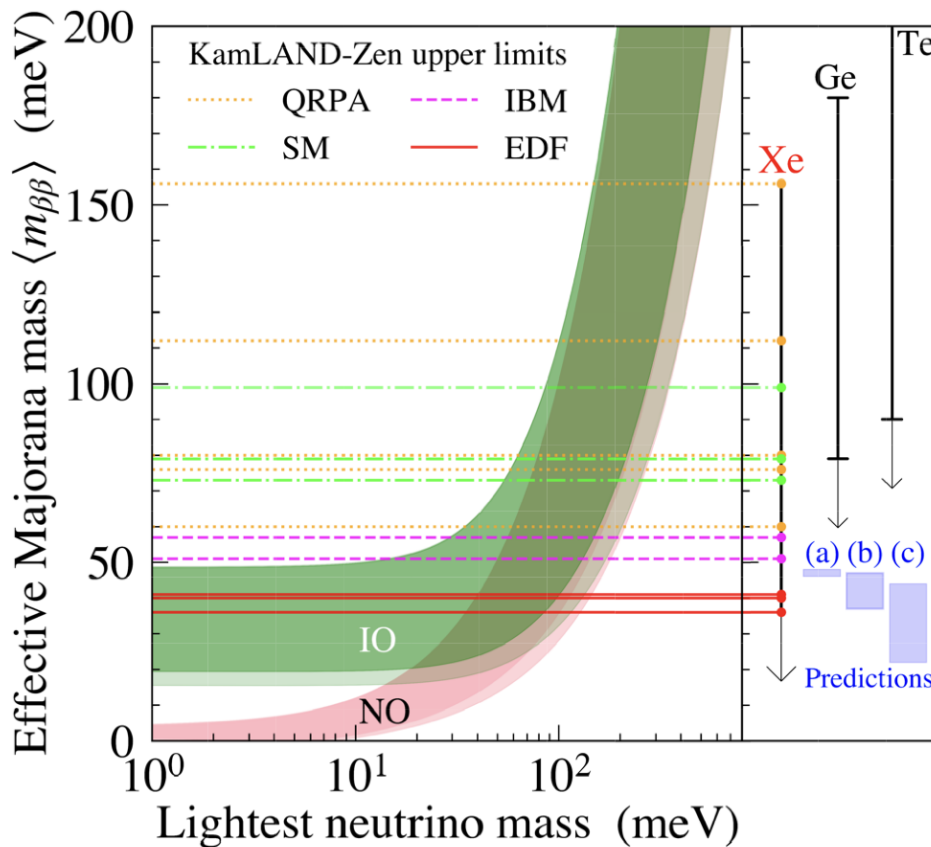
## 【令和4年度実績】

### 1. 極稀現象研究の推進

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓  
実績報告

地下での宇宙素粒子研究が極低放射能技術を発展させることで、自然界に存在する極稀現象を浮き彫りにし、宇宙・素粒子・原子核の最重要課題を研究する極稀現象研究フロンティアを形成してきた。その中核となるニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索は、「宇宙になぜ物質が存在するのか？」など根源的な謎を究明する鍵と考えられている。カムランド禅実験は、巨大・極低放射能のニュートリノ観測装置カムランドに二重ベータ崩壊核を大量に導入することで、世界をリードする探索を行ってきた。Physical Review Letters 130, 051801 (2023) では、二重ベータ崩壊核を倍増するとともに極低放射能化を進めたことで探索感度を大幅に高め、世界に先駆けてニュートリノ質量の逆階層領域に到達するとともに、複数の理論予測にもかかり始め、いつ大発見があってもおかしくない新たな節目に到達した。この論文は、Editors' suggestion および Featured in Physics (VIEWPOINT) に選ばれている。この結果に関連する博士論文は令和3年度の総長賞、GPPU 優秀学生賞(実験)を受賞し、修士論文は物理学専攻賞を受賞しており、優秀な人材育成にも貢献している。



[カムランド禅最新結果.png](#)

## 2. 素粒子研究と地球科学研究の融合

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓

### 実績報告

カムランドは不可能と言われていた地球内部の放射性物質が放出するニュートリノ(地球ニュートリノ)の観測に世界で初めて成功し、ニュートリノ地球科学を創出した。地球ニュートリノは原子炉由来のニュートリノと同種であるが、観測期間の増加によって、地球内部の放射性熱生成が地表での熱放出の半分程度しかないことを検証することに成功していた。

さらに、東日本大震災後は国内原子炉の多くが停止したことで地球ニュートリノ観測の質が高まり、Geophysical Research Letters 49,16 (2022), e2022GL099566 (及び川田博士論文)では、地球モデルの選別が始まり、高めの地熱量を予測するモデルを含めた複数のモデルを排除することに成功した。これにより、地球内部のダイナミクスやそれに関係する地球内部組成に対して新たな知見を与えており、地球内部を大局的に観測する新たなツールとしての質的な変革をもたらした。この論文は、AGU Research Spotlight に選ばれている。素粒子研究と地球科学研究の融合であるニュートリノ地球科学は、東北大学発であるとともに、東北大学が世界をリードし続けている。

これに関連して、渡辺寛子助教が文部科学大臣表彰「若手科学者賞」を受賞し、東北大学ディスティングイッシュドリサーチャーの称号を付与された。

[地球ニュートリノ最新結果.pdf](#)

[地球ニュートリノ最新結果.pdf](#)

---

## 3. ニュートリノ天文学の推進

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓

### 実績報告

ニュートリノ天文学は光学的観測・重力波観測と合わせてマルチメッセンジャー天文学の一角をなす。天体ニュートリノのエネルギー範囲は広く、光学観測での多波長観測同様に数 GeV 以上の高エネルギー、数十 MeV 以上の中間エネルギー、数 MeV 程度の低エネルギーでそれぞれ観測手法が異なる。高エネルギーは南極の氷を立法キロメートルオーダーで使う IceCube、中間エネルギーは 5 万トンの水を使うスーパーカミオカンデ、低エネルギーでは最も光収量の多い液体シンチレータを 1000 トン使ったカムランドが担っている。

超新星爆発由来のニュートリノ観測は 1987A の事例があるのみであるが、カムランドでの長時間観測で超新星爆発由来のニュートリノが観測できなかったことから、40~80kpc までの範囲内での超新星爆発頻度について厳しい制限を与えた。さらに銀河系での星形成率に対しても初めてニュートリノ観測による制限を与えることに成功した。(ApJ 934:85, 2022 July 20) また、これに関連して、永塚穂里氏が物理学専攻賞(修士)を受賞した。

さらに、太陽ニュートリノ観測においても、高度な宇宙線による原子核破碎の弁別手法、放射性不純物 Tl208 に対する日オーダーの veto 手法を開発することで、世界初の 2MeV 閾値での観測に成功した。(蜂谷博士論文)

その他、IceCube ニュートリノ信号との相関解析(Astroparticle Physics 143 (2022) 102758)など幅広い低エネルギーニュートリノ天文学を展開した。

---

## 4. ニュートリノ研究の多様化

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓

### 実績報告

中性子の検出効率の高いカムランドは、中性カレントニュートリノ反応で荷電レプトンを生じない場合でも、脱励起ガンマ線や中性子の測定でニュートリノ反応を捉えることができる。この特徴を活かすことで、ニュートリノ反応のユニークな研究が実施できる。ニュートリノ反応においては核子の形状因子の理解が重要であるが、海クォークとして寄与するストレンジクォークの軸性電荷は、未決定の軸性質質量依存性が大きく、反応断面積の不確定性を縮小する妨げとなっていた。カムランドではニュートリノ反応で発生する中性子多重度に着目することで、軸性電荷依存性を抑えたストレンジネス軸性電荷測定が可能であることを見出した。実際にこの手法を大気ニュートリノに適用することで、ストレンジネス軸性電荷の測定に成功した。これは中性子検出効率が高いカムランドならではのユニークな研究である。この解析を行なった安部博士論文は物理学専攻賞を受賞した。

極低放射能環境を有するカムランド検出器は暗黒物質探索にも応用できる。暗黒物質理論の中には最も軽い中性の暗黒物質に対して荷電励起状態を预言するものがある。カムランドに導入しているキセノンは荷電粒子に対して強い結合エネルギーを有するため、中性の暗黒物質粒子を荷電励起状態に遷移させて捉えることができ、さらに余剰エネルギーをガンマ線として放出することにより、その捕獲を捉えることができる。余剰エネルギーの観測は放射性不純物が妨げとなるが、極低放射能を実現しているカムランドは高い感度をもつ。この手法を適用することで、励起エネルギー1.0-17.8MeVを持つ暗黒物質に対して世界でも最も厳しい制限を与えることに成功した。(畑博士論文)

カムランドはその汎用性から多様な研究対象を有しており、本年度はこれまでにあげたように4名の博士を輩出した。

---

## 5. 地域活動への貢献

「社会との共創」

No.06 (2)-4 「社会とともにある大学」としての社会連携の強化, No.07 (2)-5 戦略的ファンドレイジングの展開と支援者とのネットワーク強化

### 実績報告

岐阜県飛騨市と当センターとの間で令和3年3月に交わした、学術研究、人材の育成及び地域社会の発展に寄与することを目的とした協定書に基づいて、ふるさと納税の一部を東北大学での宇宙素粒子研究の発展のために寄付する項目を「飛騨市ふるさと応援メニュー」の中に位置付けて頂いている。この枠組みで令和4年度は731万5千円の寄付を頂くことになった。地方自治体からの基礎研究を目的とした寄付金はほとんど例のないものであり、地方創生に強く貢献していることの証左である。

これを一例として、ニュートリノ科学研究センターと飛騨市は、相互に緊密な連携協力を行っており、市民大学の講座を担当するほか、ひだ宇宙科学館カミオカラボなどの種々の地方活性化の企画に関わっており、自治体の特色を生かした町おこしに貢献している。

---

## 6. リモート参加への対応

「教員の研究時間確保」

No.21 (2)-2 多様な研究力を引き出す研究支援機能の充実・強化, No.46 (1)-2 全学 DX によるデジタル・キャンパスの推進

### 実績報告

コロナ禍ではリモート会議を行ない、各自個人の端末から参加していたが、現在は対面を中心とした運用に戻している。しかし、会議室の過密化を避け、移動の制限を緩和するためリモートの接続も引き続き可能にし、ハイブリッドでの運用としている。会議室での議論をリモート参加者も聞けるように無指向性マイクを配置し、会議室専用の端末・プロジェクターを整備することで、双方向で効率的な議論ができている。

また、コロナ禍での移動制限に対応するため、神岡地下施設の監視・制御をリモートからも実行できるように準備し、現地には最低限の人員を配置する体制としていた。米国を中心とした海外からの接続では、米国の昼間・日本の夜間を担当してもらうことで、時差を利用した無理のない監視体制を構築している。電源再投入など装置を直接触る必要がある際には、現地滞在者が対応する必要があるが、リモート制御のロボット・その動作を確認するためのウェブカメラなどを配置し、その負荷の軽減に努めている。また、監視での異常判定の大部分も自動化し通報システムを構築することで、監視頻度を大幅に低減し、研究時間の確保につながっている。