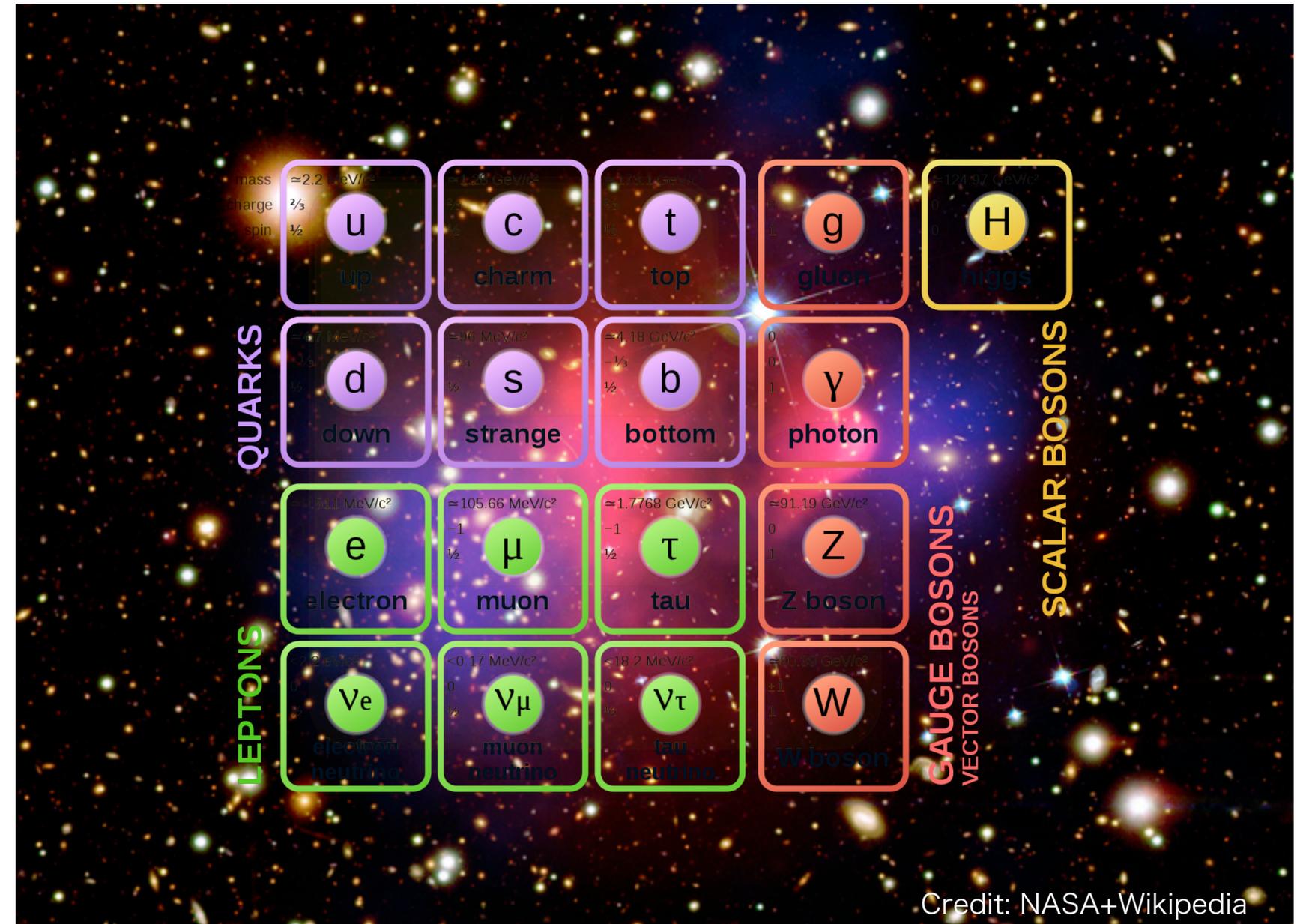


# 素粒子理論 研究室



殷文 (いんぶん, Wen Yin)

# 1.メンバー紹介



殷文：大学院生時代は超対称性現象論を研究。今は主に素粒子論と宇宙論の境界領域で研究をしている。特にダークマターが好き。



北澤敬章：大学院生時代は電弱対称性の破れの動力学を研究。その後、弦理論研究を経て、ダークマターやダークエネルギーを研究。

## 2. 研究紹介



# 素粒子理論の問い「究極の物理法則は何か？」

## 研究中念頭にある問い

究極の物理法則は  
何？

これら問いに答える  
ためにはどういうア  
プローチをしたら良  
い？

素粒子の性質の起源  
は？

力って微妙にしか統  
一しないよね？

質量って何？

相互作用って何？

対称性ってそもそも  
なんだろう？

時間と空間って何？

重力の量子理論は？

我々はどうして生ま  
れた？

宇宙はどのように始  
まった？

宇宙はどのように進  
化した？

そもそも宇宙って一  
つ？

宇宙はこれからどう  
なる？



# 既存の物理法則では確実に説明できない謎：

- 宇宙の始まりの謎 -インフレーション-
  - 未知の物質の存在 -ダークマター-
  - 未知のエネルギーの存在-ダークエネルギー-
  - 消えた反物質 -物質反物質非対称-
  - 移り変わるニュートリノ -ニュートリノ質量-
  - 重力の量子理論
- 宇宙論
- 素粒子・天文

本研究室では、これらの謎の解明を中心に様々な分野の横断から究極法則の正体を探索します。

例えば <https://www.youtube.com/@enphys7577> の一般向け動画。

# 言葉の説明

## •インフレーション

宇宙の指数的著しい膨張。ほぼ一様等方な宇宙を実現し、インフレーション期の量子論的揺らぎが銀河の種となる。

## •ダークマター

宇宙に存在する見えないさわれない物質、現在も身の回りにある。その放つ重力により、銀河などの構造ができる。

## •物質反物質非対称

反物質より物質が宇宙に多い。我々の存在がその証拠である。初期宇宙では、物質  $O(10^{10})$  個に対して 1 個だけ反物質が少ない微妙な関係が導かれる。

## •ニュートリノ質量

ニュートリノは 3 種類存在する標準模型素粒子。その伝搬において、種類間の振動が発見されたため、質量を持つ。一方、標準模型では質量を持たない。

## •ダークエネルギー

宇宙が膨張しても、薄まることのない謎のエネルギー。現在の宇宙の主要成分。

## •重力の量子理論

一般相対論と量子論を厳密な預言可能性を持つ理論として構築することがまだできていない。

# 本研究室の研究対象：素粒子，宇宙論，天文学，他

(「粒子」のみの研究ではなく)その目的の性質上、世の中の

「全て」が研究と関わるので、使えるものは全て使う！

## 既存の物理法則を超える謎

- 宇宙の始まり(インフレーション)
- 未知の物質(ダークマター)
- 未知のエネルギー(ダークエネルギー)
- 消えた反物質(物質反物質非対称)
- 移り変わるニュートリノ(ニュートリノ質量)
- 重力の量子理論

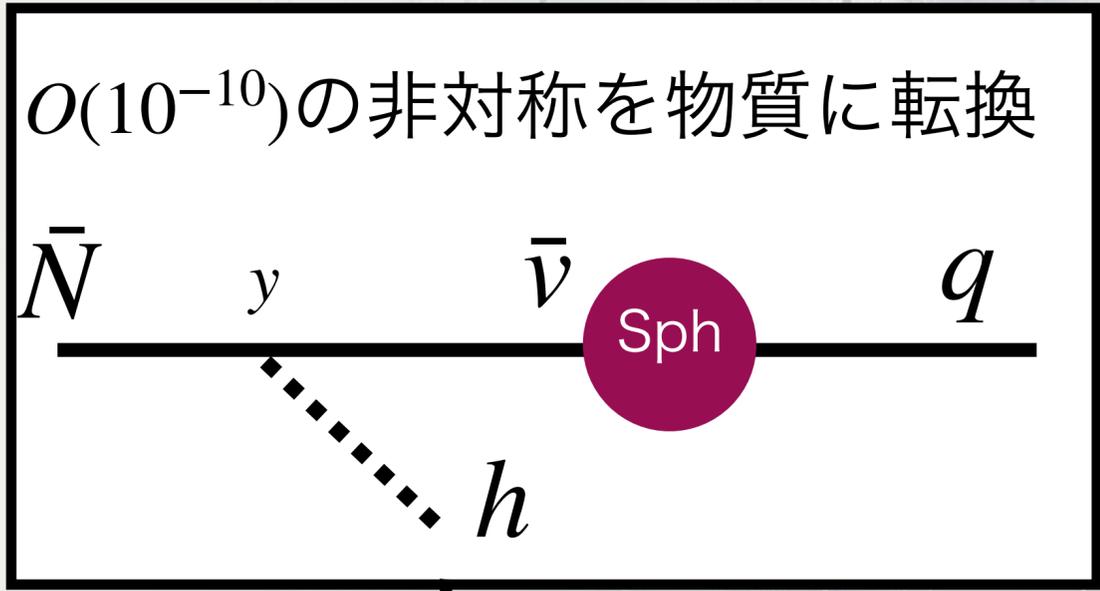
## 我々のアプローチ (特色)

- 既存法則の理論的見直し
- 宇宙発展・素粒子反応・天文現象の数値シミュレーション
- 新物理法則の仮説提案(模型構築)
- 仮説検証の方法提案
- なんなら実験も  
etc

詳細はホームページを見てね。

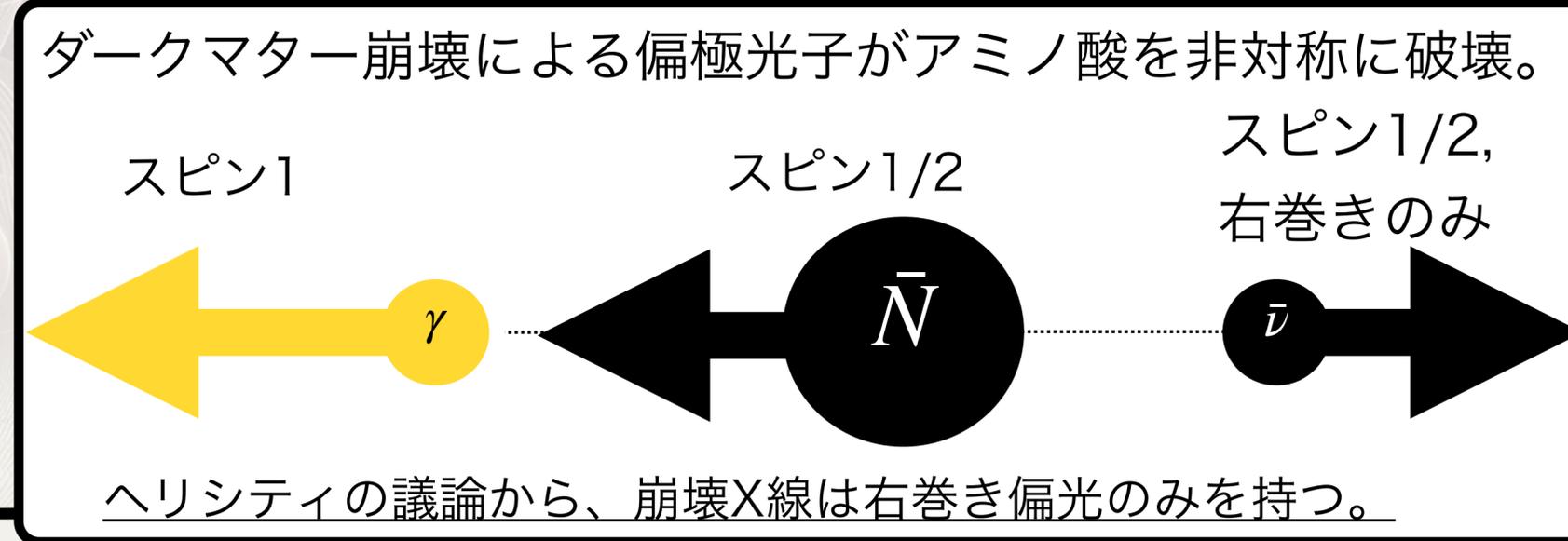
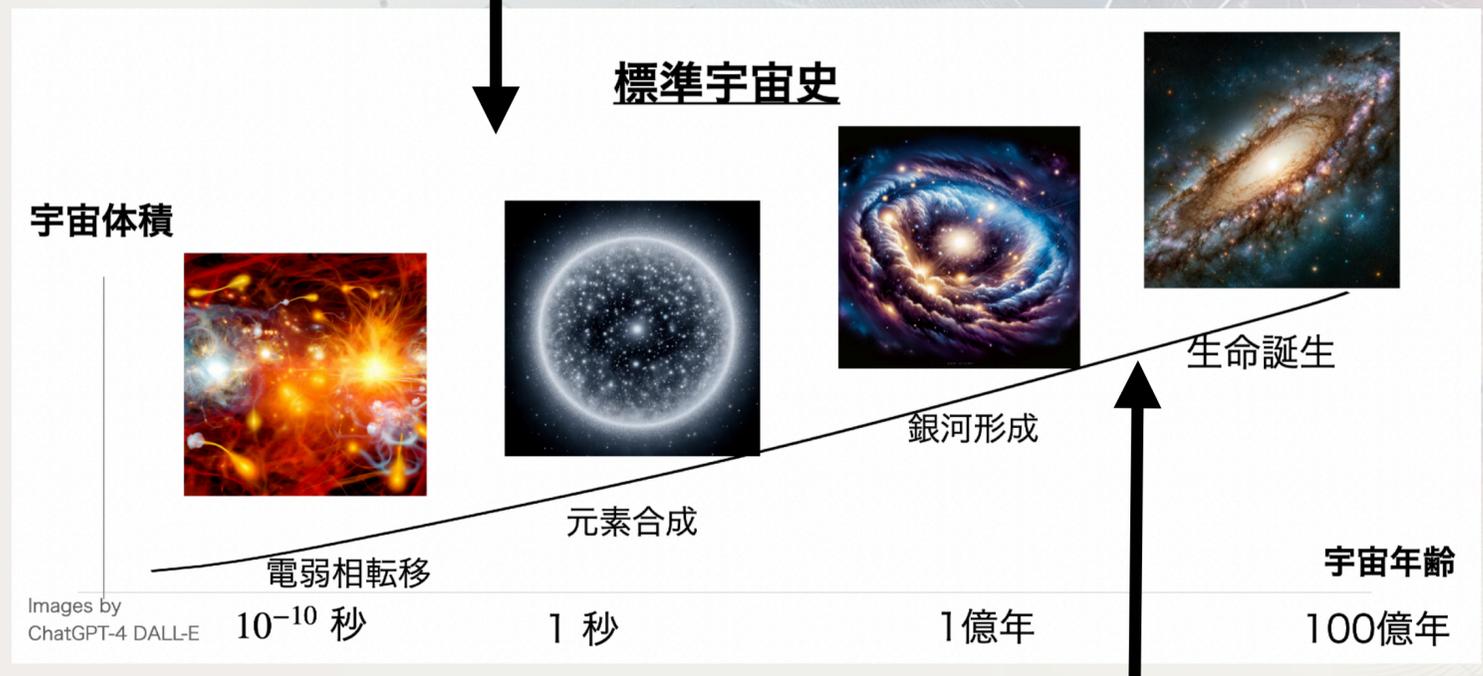
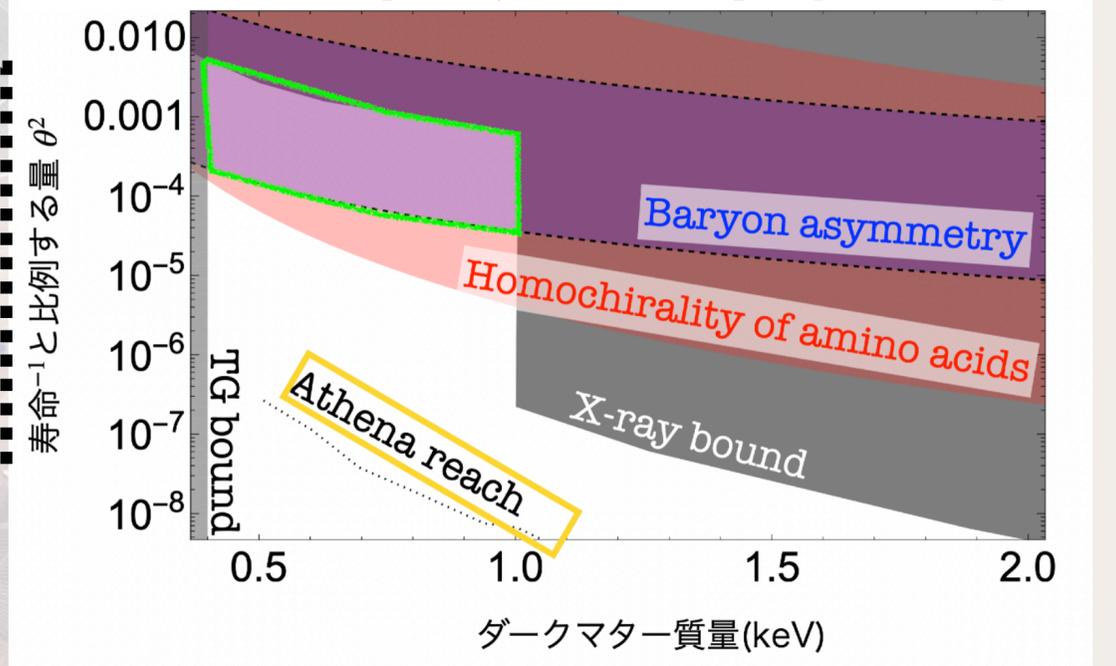
# i. 研究テーマの具体例 a (般)

例えば、ダークマターが生命の起源であるアミノ酸ホモキラリティと物質反物質非対称を同時説明するモデルの提案。



素粒子の「言語」は幅広い現象を「表現」できる。

銀河のX線観測で検証可能



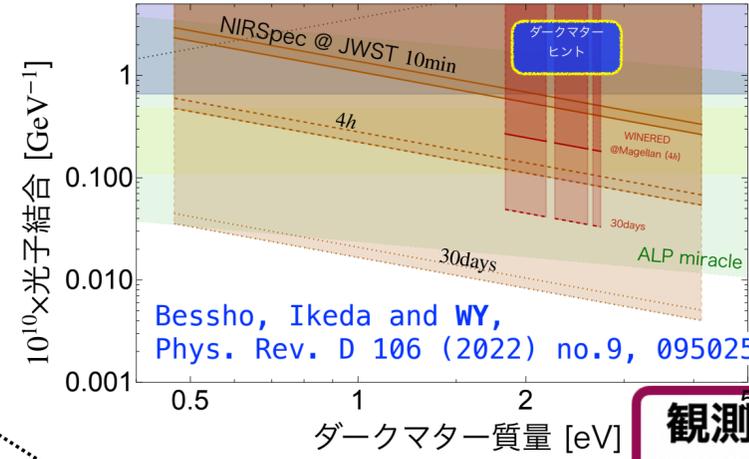
Images by ChatGPT-4 DALL-E

# 具体例b：ダークマターへのアプローチ(般)

シグナルの研究から

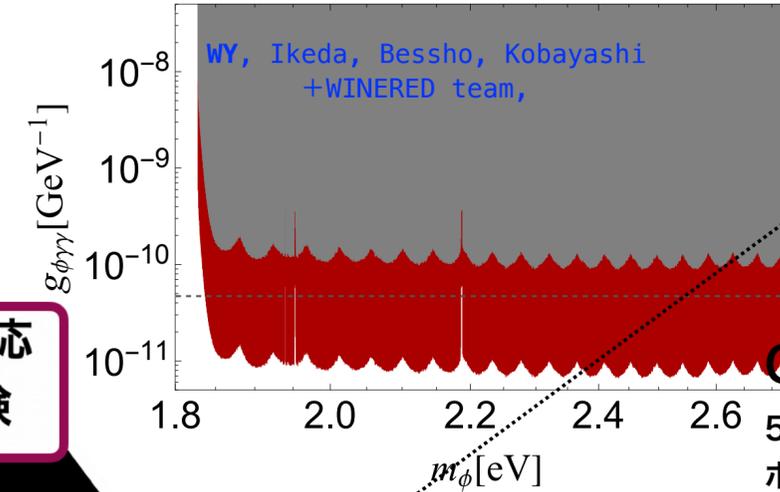
観測実験提唱:

最先端赤外線分光器は  
シグナルを極めて良い感度  
で検出可能。



ダークマター観測実験@マゼラン望遠鏡

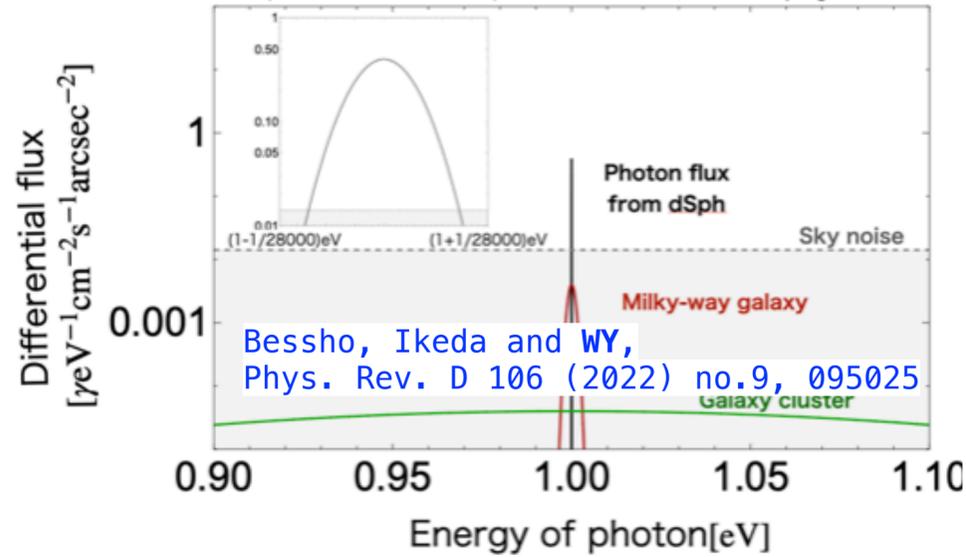
**実際の実験を行ったら感度の世界記録作った!**



検出器に適したダークマター

シグナルの詳細研究:

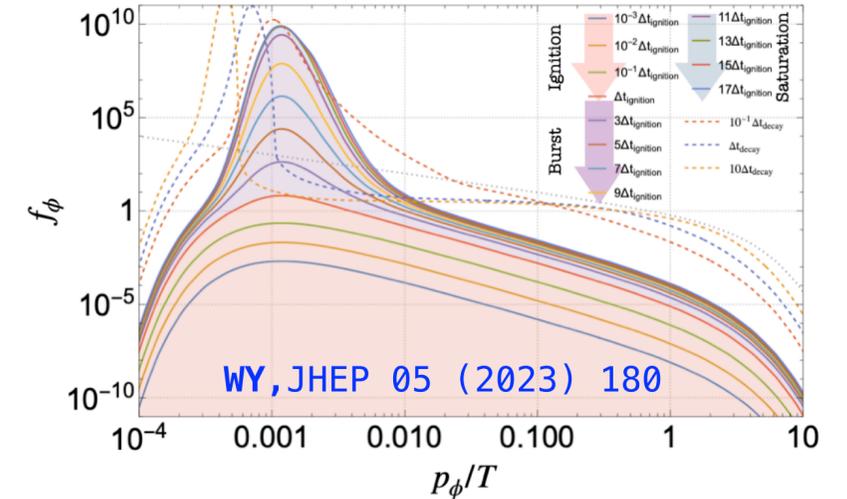
矮小楕円体銀河中のダークマターシグナルピークは  
sky backgroundを著しく卓越することを発見。



観測技術を応  
用した実験

Cold "hot DM" :

50年前のパラダイム"hot DM"は生成過程の  
ボーズ増幅効果を考慮することで、無矛盾な  
ダークマターとなることを発見。



実験の最効率化

ブレークスルー

ダークマター  
の正体

ダークマター  
シグナルの研究

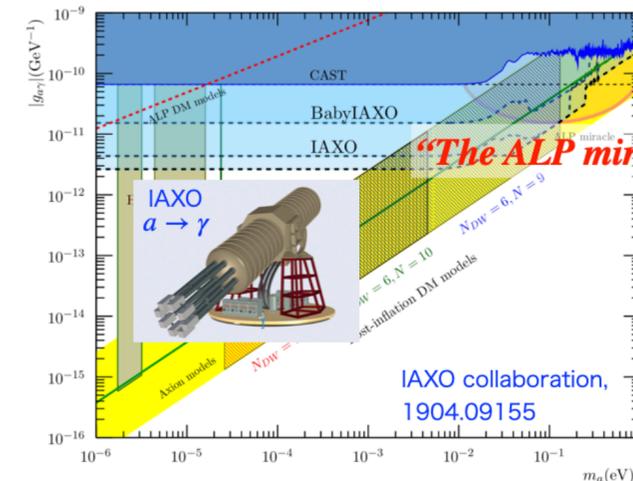
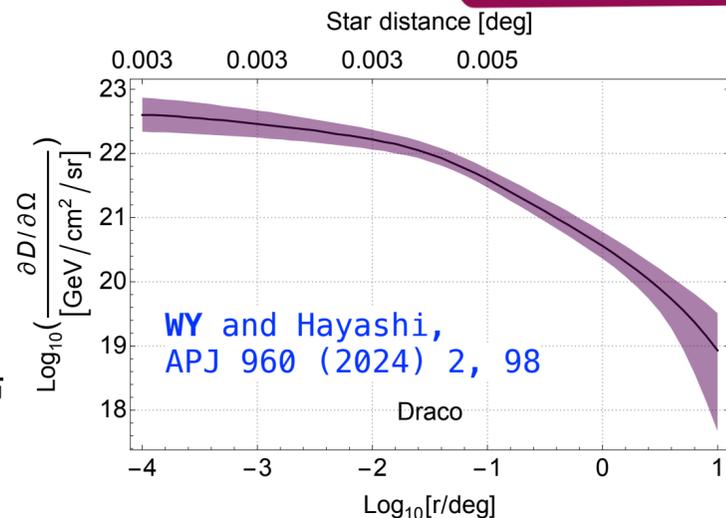
初期宇宙・  
素粒子の研究

リンク

検出器に適した

ダークマター分布の詳細研究

最先端赤外線分光器角度分解能に適した、  
35個の矮小楕円体銀河中のダークマター分布  
の数値計算を行った。



ALP miracle:

宇宙の始まりのインフレーションと  
ダークマターのアクシオンの統一が  
可能であることを素粒子論的に発見。

Daido, Takahashi, WY,  
JCAP 05 (2017) 044,  
JHEP 02 (2018) 104

# c. 他のトピック (般)

## 初期宇宙論

- ・インフレーション
- ・ダークマター
- ・物質反物質非対称性
- ・ダークエネルギー

Takahashi, [WY](#),  
JHEP 07 (2019) 095など  
Moroi, [WY](#),  
JHEP 03 (2021) 301など  
Hamada, Kitano, [WY](#),  
JHEP 10 (2018) 178;など  
[WY](#), PRD 106  
(2022) 5, 055014, など

## 実験と融合

- ・実験提唱
- ・ダークマター制限導出
- ・放射光施設での新物理  
自動生成の指摘

Kim, ..., [WY](#), PRD104  
(2021) 9, 095010 など  
Nakayama, [WY](#), PRD  
106 (2022) 10, 103505

[WY](#), Yoshida, 2408.17451

## 宇宙非線形発展

- ・トポロジカル欠陥

Gonzalez ..., [WY](#), Phys.Lett.B  
843 (2023) 137990

## 天文学と融合

- ・宇宙線と初期宇宙  
など。

Jaeckel [WY](#),  
JCAP 02 (2021) 044など

## 素粒子理論

- ・超対称性 [WY](#), Yokozaki, Phys.Lett.B  
762 (2016) 72-79など
- ・加速器 [WY](#), Yamaguchi, PRD 106 (2022) 3, 033007 など
- ・相転移 Azatov ... [WY](#), JHEP 10 (2022) 017 など
- ・ニュートリノ質量 [WY](#), Phys.Lett.B  
785 (2018) 585-590 など
- ・量子重力 [WY](#), JHEP 10 (2020) 032など
- ・大域対称性の起源 Lee, [WY](#), PRD  
99 (2019) 1, 015041など
- ・インスタントン Kitano, [WY](#), JHEP 07  
(2021) 078など
- ・場の理論とボース増幅 Moroi, [WY](#),  
JHEP 03 (2021) 296
- ・最新実験結果の示唆するモデルの提唱  
[WY](#), JHEP 06 (2021) 029など

究極法則へのアプローチは自由で広い!

## ii. 研究テーマの大枠（北澤）

現在の宇宙は加速度的に膨張している。

宇宙の膨張の仕方は宇宙が含む物質によるが、  
通常物質では必ず減速膨張になる。

（重力は引力なので）

何か膨張を加速させるエネルギーが必要  
「ダークエネルギー」

現在の宇宙の加速度的膨張は「タイプIa型超新星」という天体の距離・赤方偏移関係の観測によって発見された。

最近の宇宙膨張の歴史の解明のために多様な天体観測が行われてきており、その結果次のことが知られている。

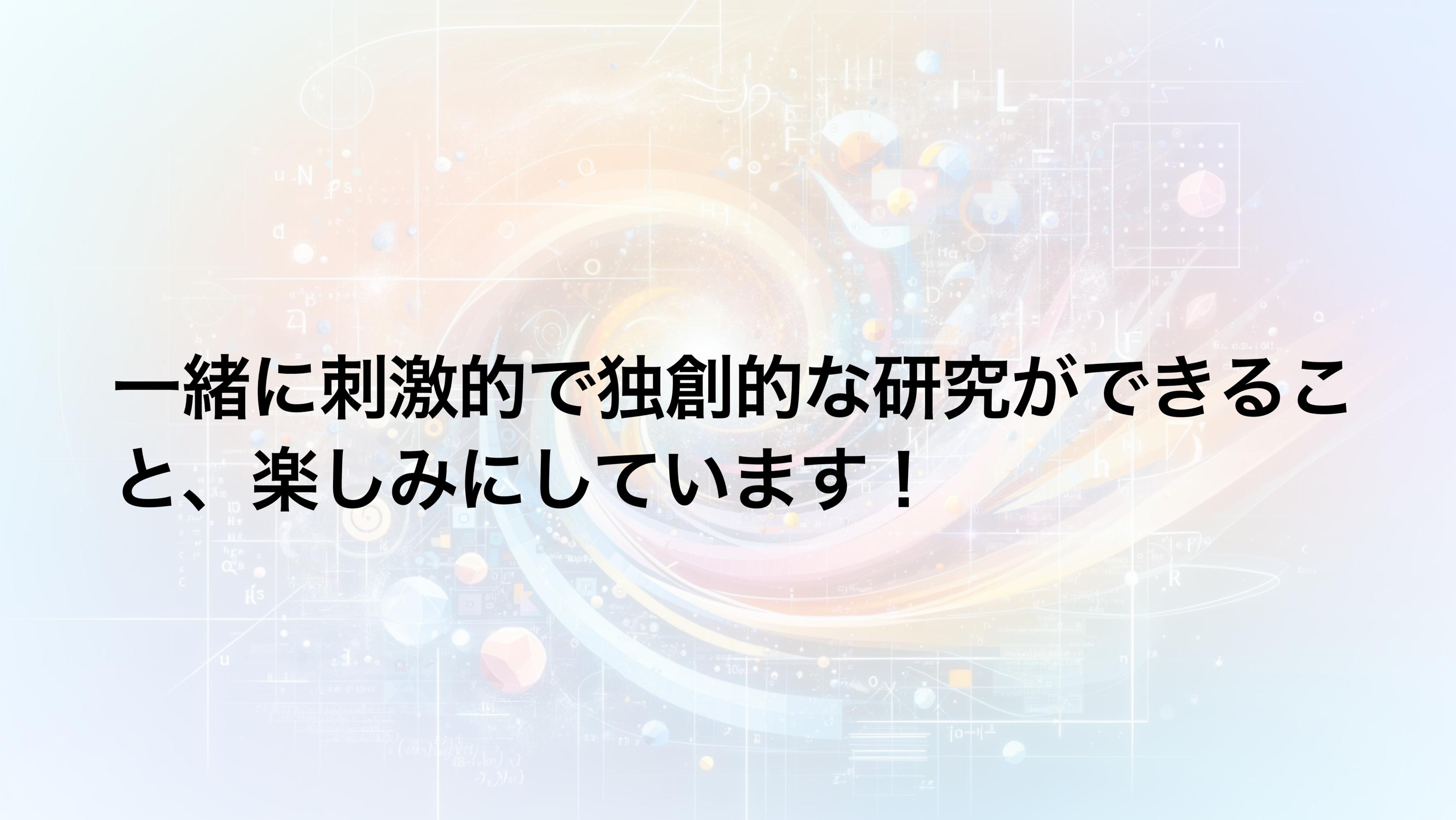
我々の知る物質とほとんど交渉のない「ダークマター」と「ダークエネルギー」によって最近の宇宙膨張は支配されている。

正体不明のダークマターとダークエネルギーは無関係か？  
そもそもそれらの正体は？

「ダークな世界」において何らかの関係があるかもしれない。

## 研究テーマ

これまでの多様な天体の精密な観測結果や、  
これから次々と行われる多様な天体の精密観測により、  
ダークマターやダークエネルギーの正体、  
さらにはその間の関係の有無を明らかにする。



**一緒に刺激的で独創的な研究ができること、楽しみにしています！**