



# 素粒子物理学

## (高エネルギー物理学)

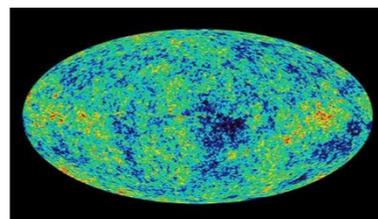
### 研究室紹介

# 研究室紹介の流れ

- 素粒子物理学とは？
  - 研究生活
  - 実験の簡単な紹介
- } 15分 このスライド

終わったら

- 興味のある実験のところに行って  
実験グループの学生からより詳しく  
研究について話を聞く 12分×2部

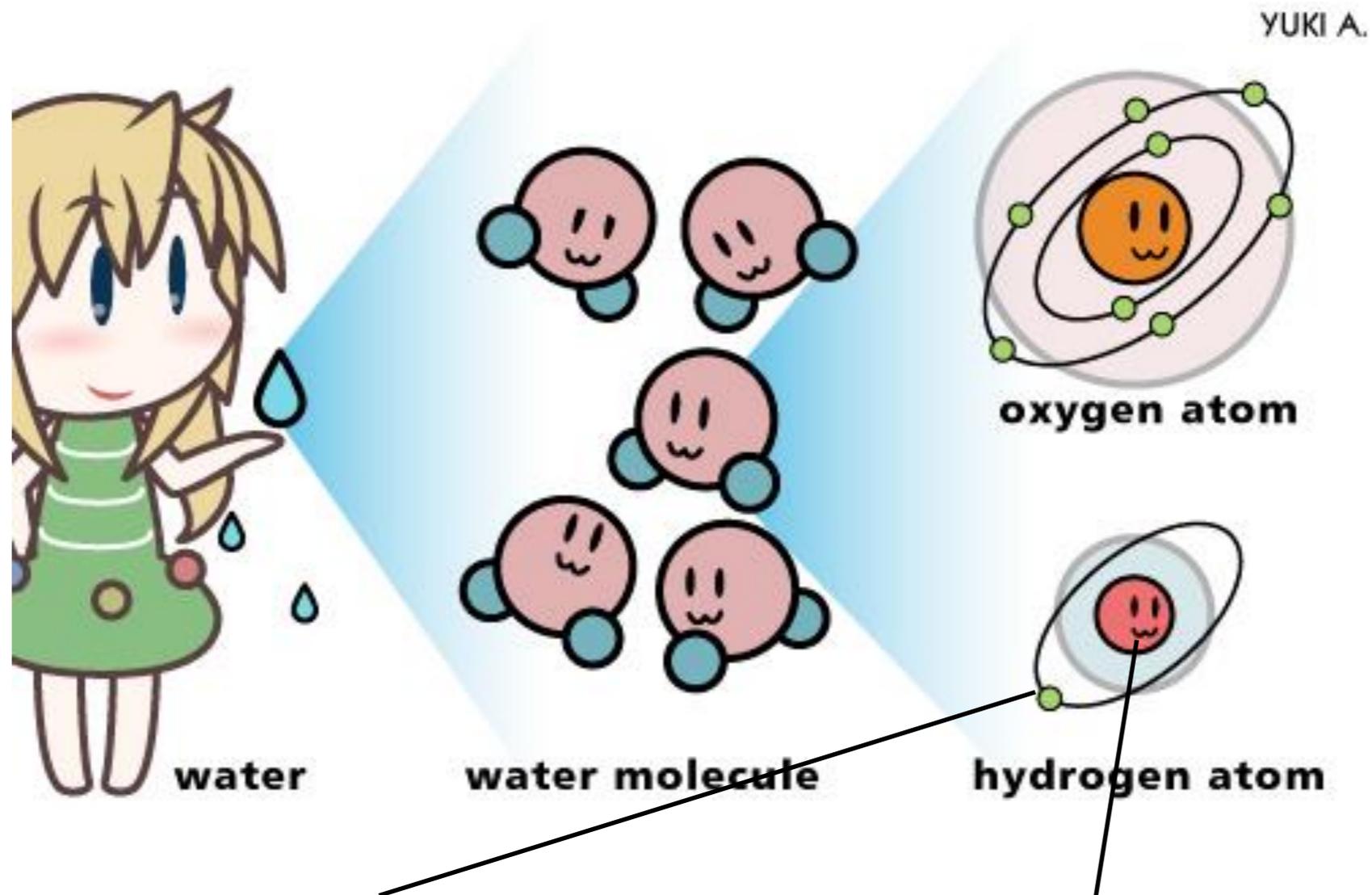


CMB



# 素粒子とは？

素粒子＝それ以上細かくできない粒子



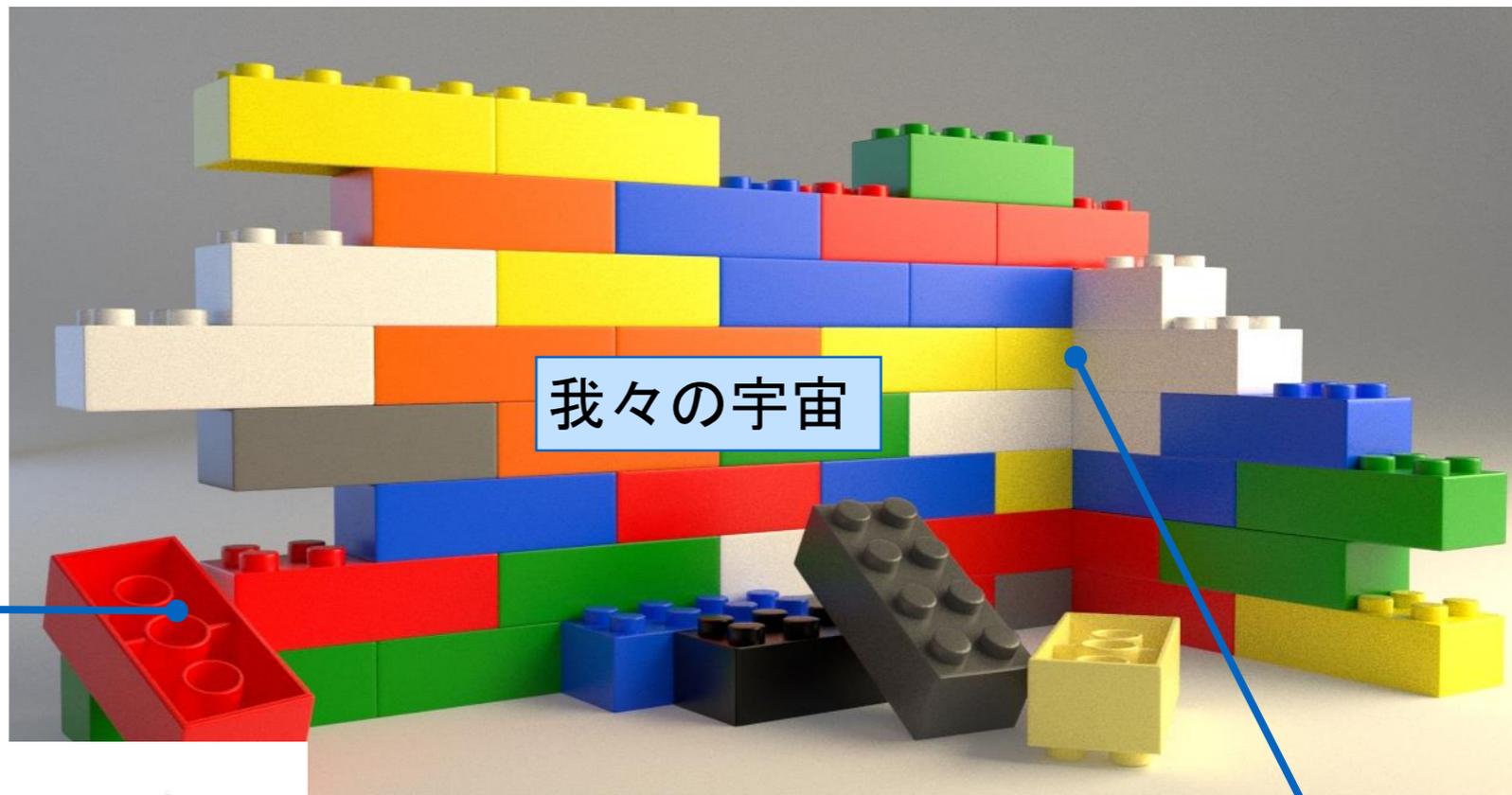
電子：それ以上細かくできない→素粒子

陽子：まだ細かくできる→素粒子じゃない

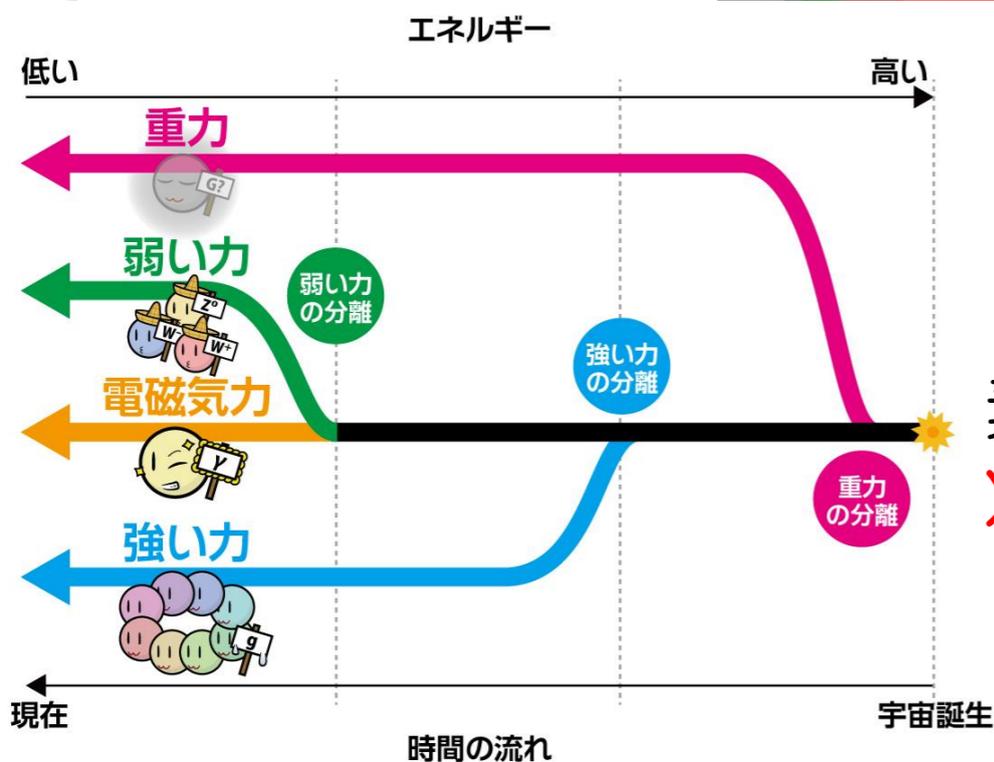
# 素粒子物理学・高エネルギー物理学とは

この世界(宇宙)は何で出来ているのか？どうやって出来たのか？

素粒子物理学は**素粒子**とその振る舞い(**法則**)を調べる学問



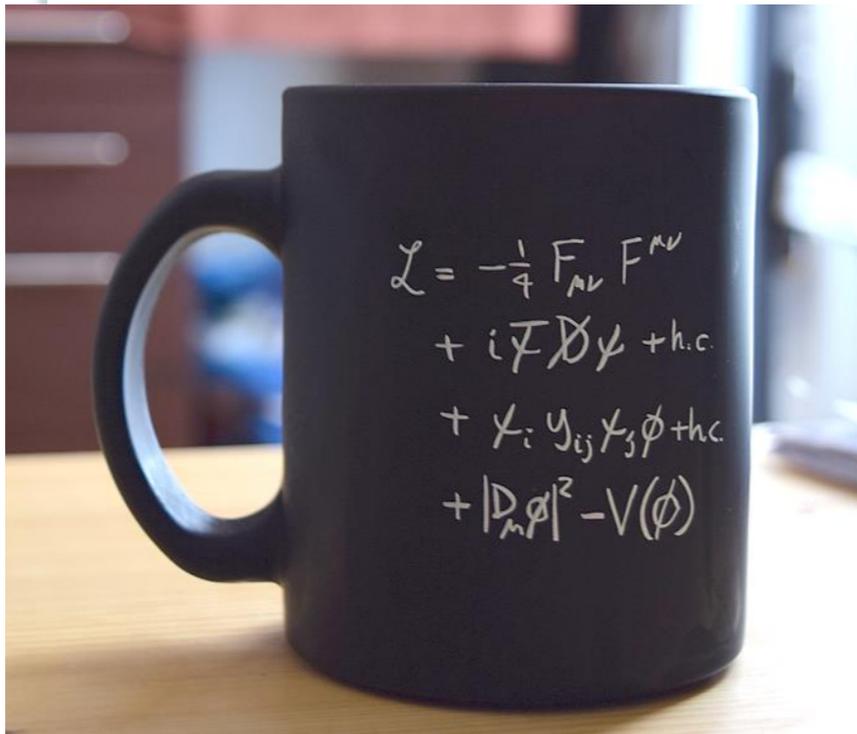
どういうルールでくっついている？  
(力の法則)



素粒子が生まれた宇宙初期の**高エネルギー状態**を研究することでもある

# 素粒子について今分かっていること

## 今まで見つかった素粒子



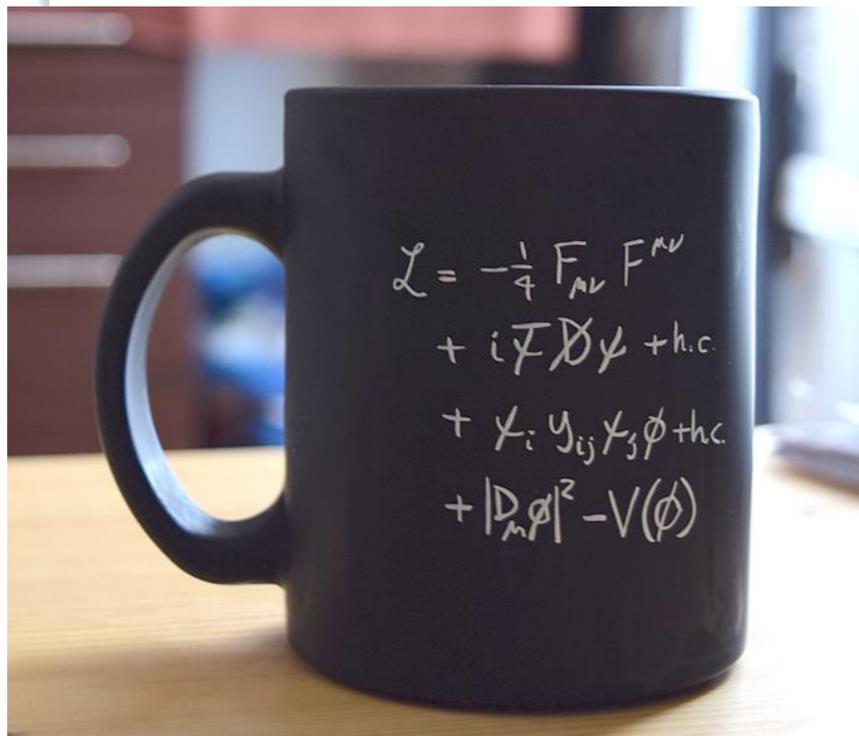
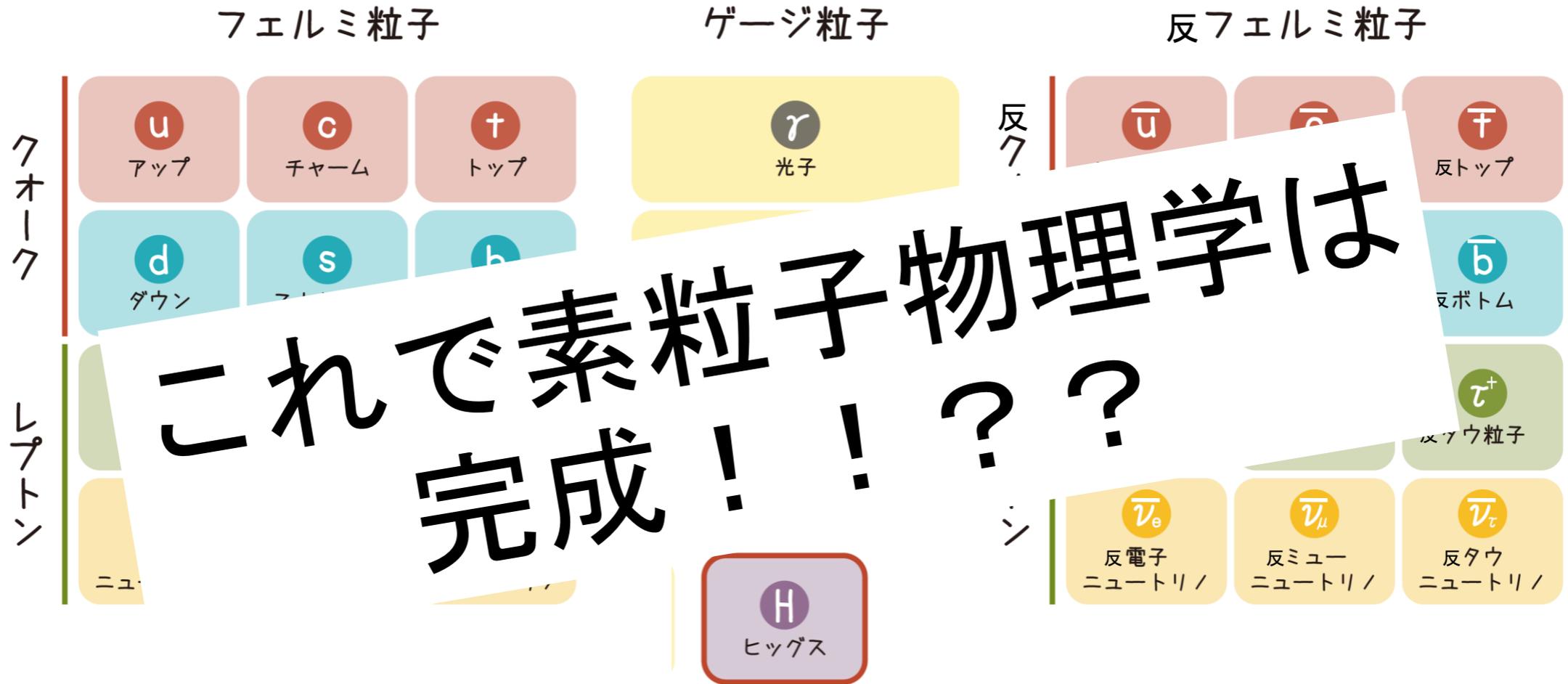
マグカップの式は素粒子標準理論と呼ばれ上の素粒子の性質を記述している。

ほぼすべての実験結果を説明できるすごい理論

2012年にヒッグス粒子が発見され無事**完成**

# 素粒子について今分かっていること

## 今まで見つかった素粒子



マグカップの式は素粒子標準理論と呼ばれ上の素粒子の性質を記述している。

**ほぼ**すべての実験結果を説明できるすごい理論

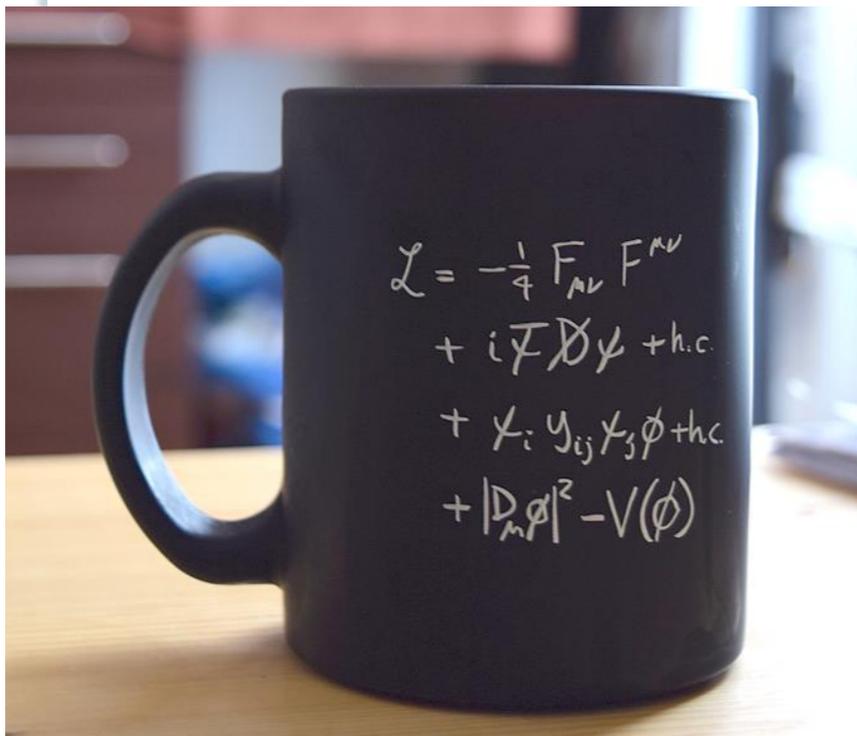
2012年にヒッグス粒子が発見され無事**完成**

# 素粒子について今分かっていること

## 今まで見つかった素粒子



もちろんそんなことはない

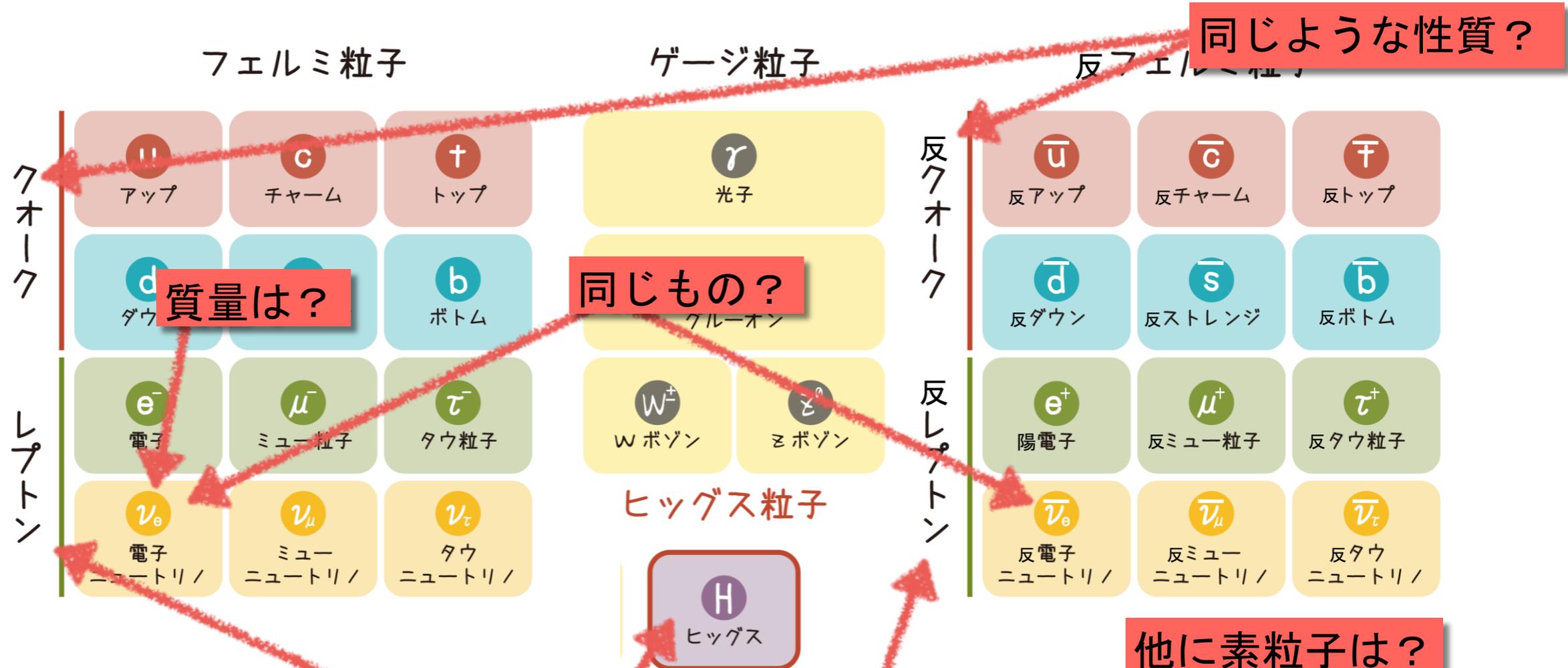


マグカップの式は素粒子標準理論と呼ばれ上の素粒子の性質を記述している。

ほぼすべての実験結果を説明できるすごい理論

2012年にヒッグス粒子が発見され無事**完成**

# まだわかっていないこと (新物理)



同じような性質?

質量は?

同じもの?

他に素粒子は?

他の力はないの?

重力は?

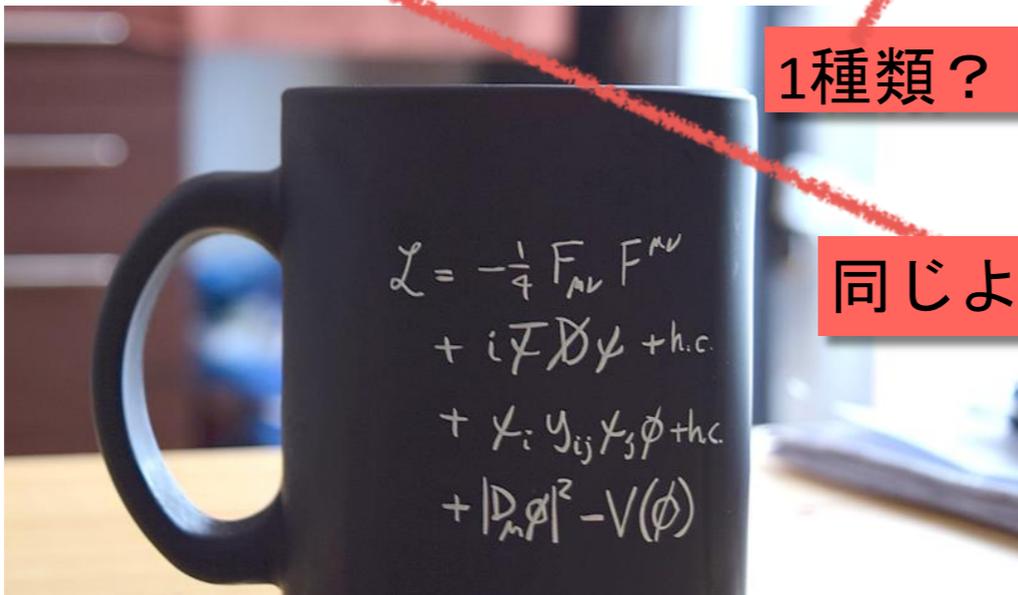
ダークマター?

反物質はなぜ少ない?

などなど.....

1種類?

同じような性質?

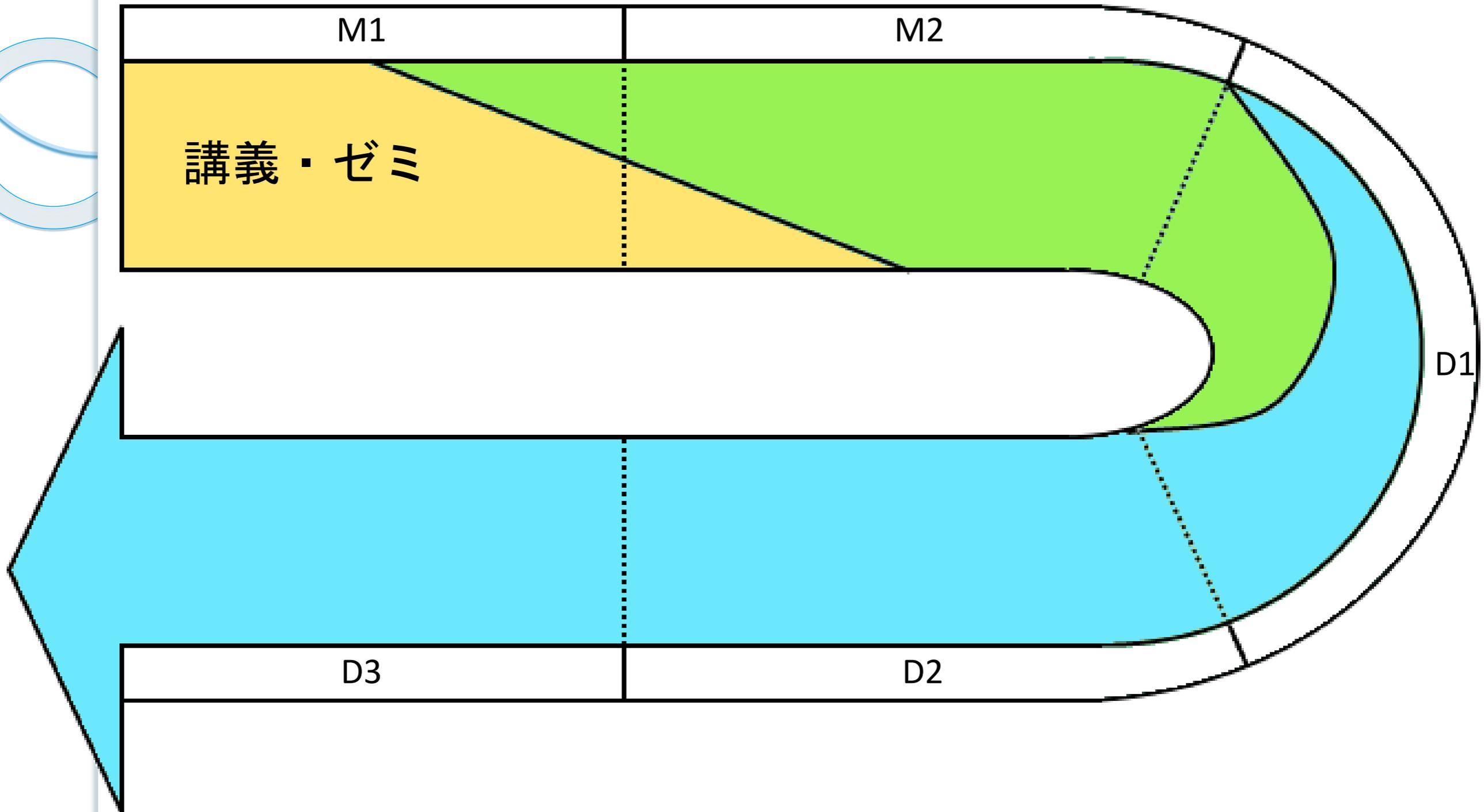


宇宙の謎について実験的アプローチを行っている

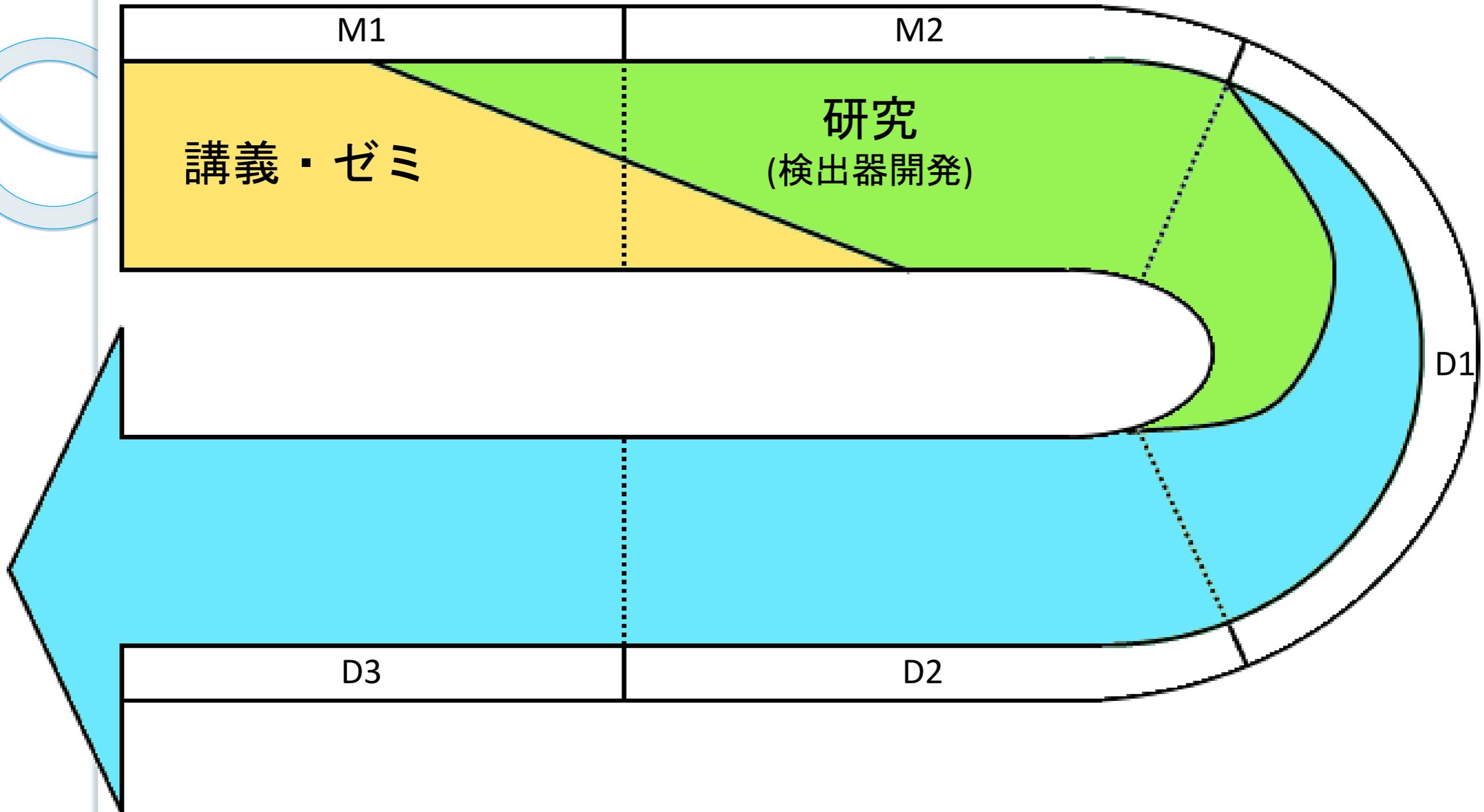


# 研究生生活など

# 研究室に入ってから

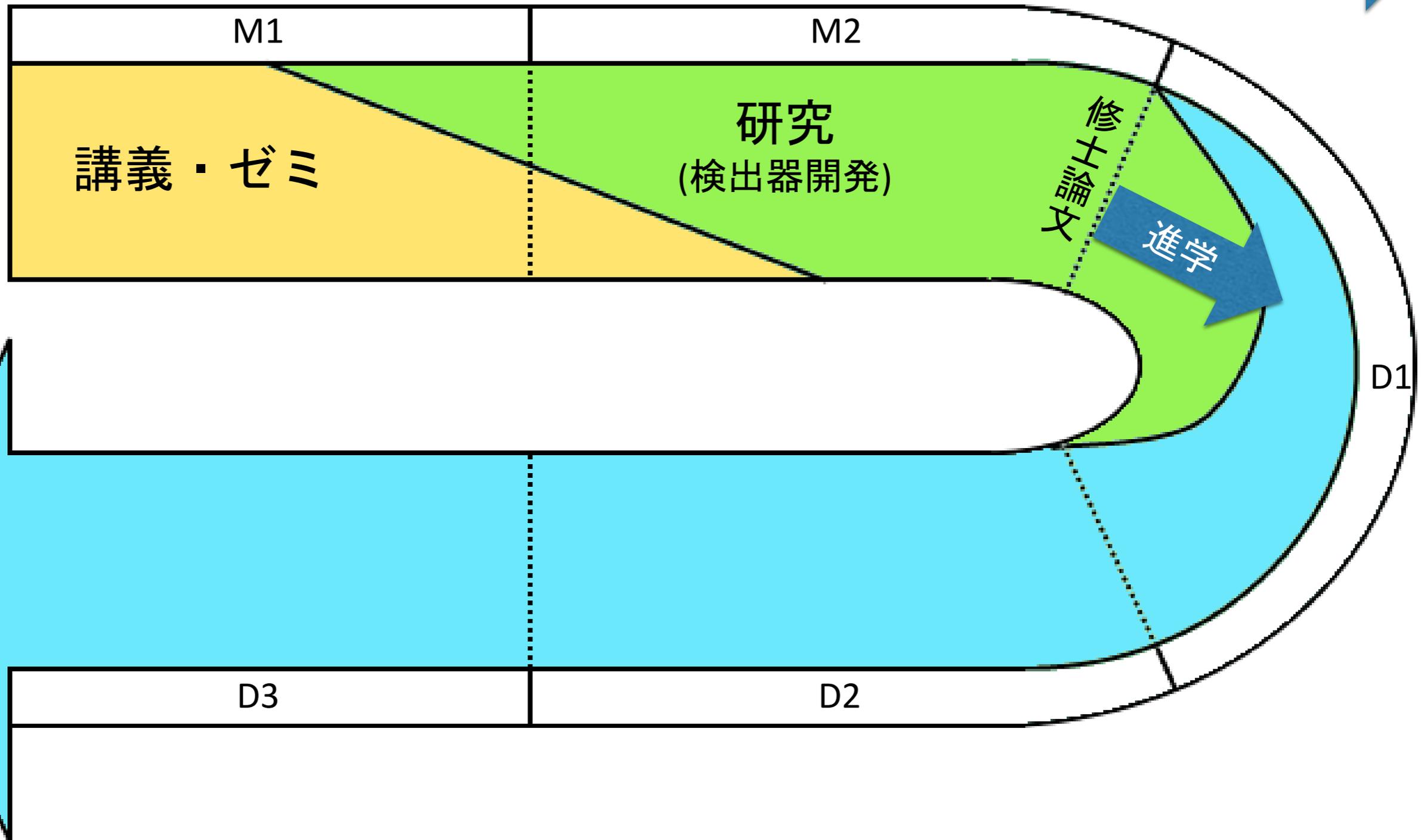


# 研究室に入ってから



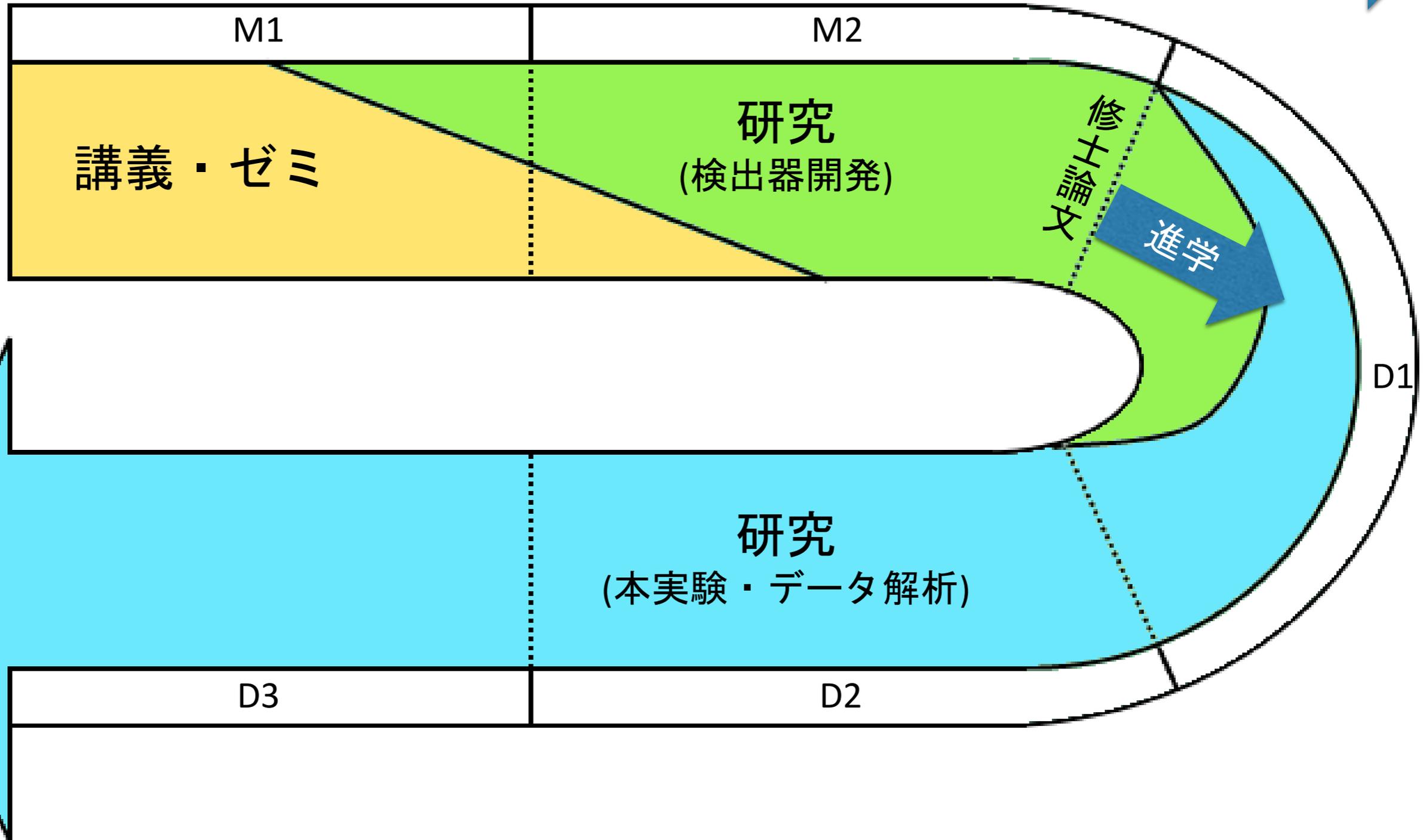
# 研究室に入ってから

就職



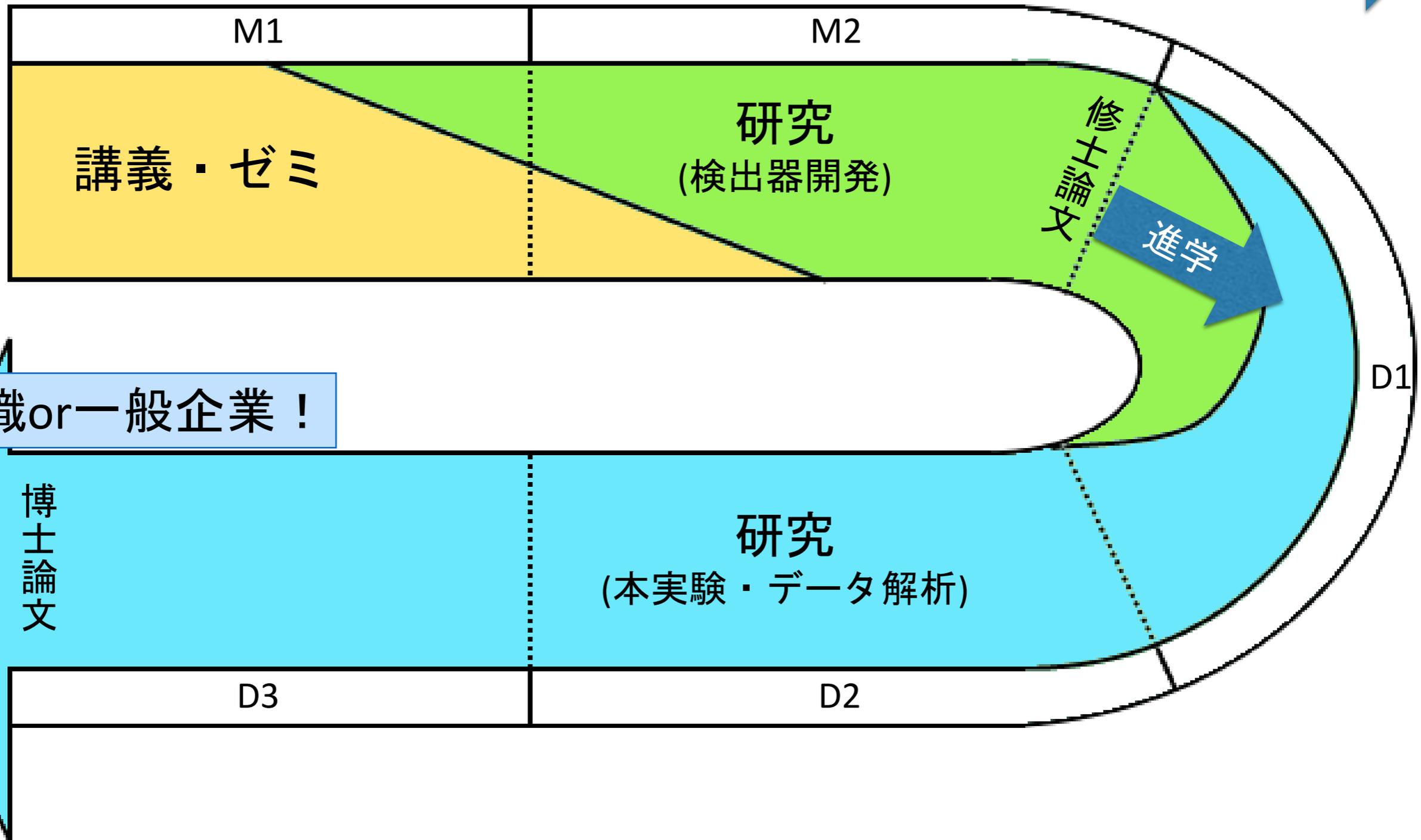
# 研究室に入ってから

就職



# 研究室に入ってから

就職



研究職or一般企業！

博士論文

研究  
(本実験・データ解析)

M1

M2

講義・ゼミ

研究  
(検出器開発)

修士論文

進学

D1

D3

D2

# 研究室に入ってから



M1

M2

講義・ゼミ

研究  
(検出器開発)

論文

進学

研究職or一般企業

博士論文

研究  
(本実験・データ解析)

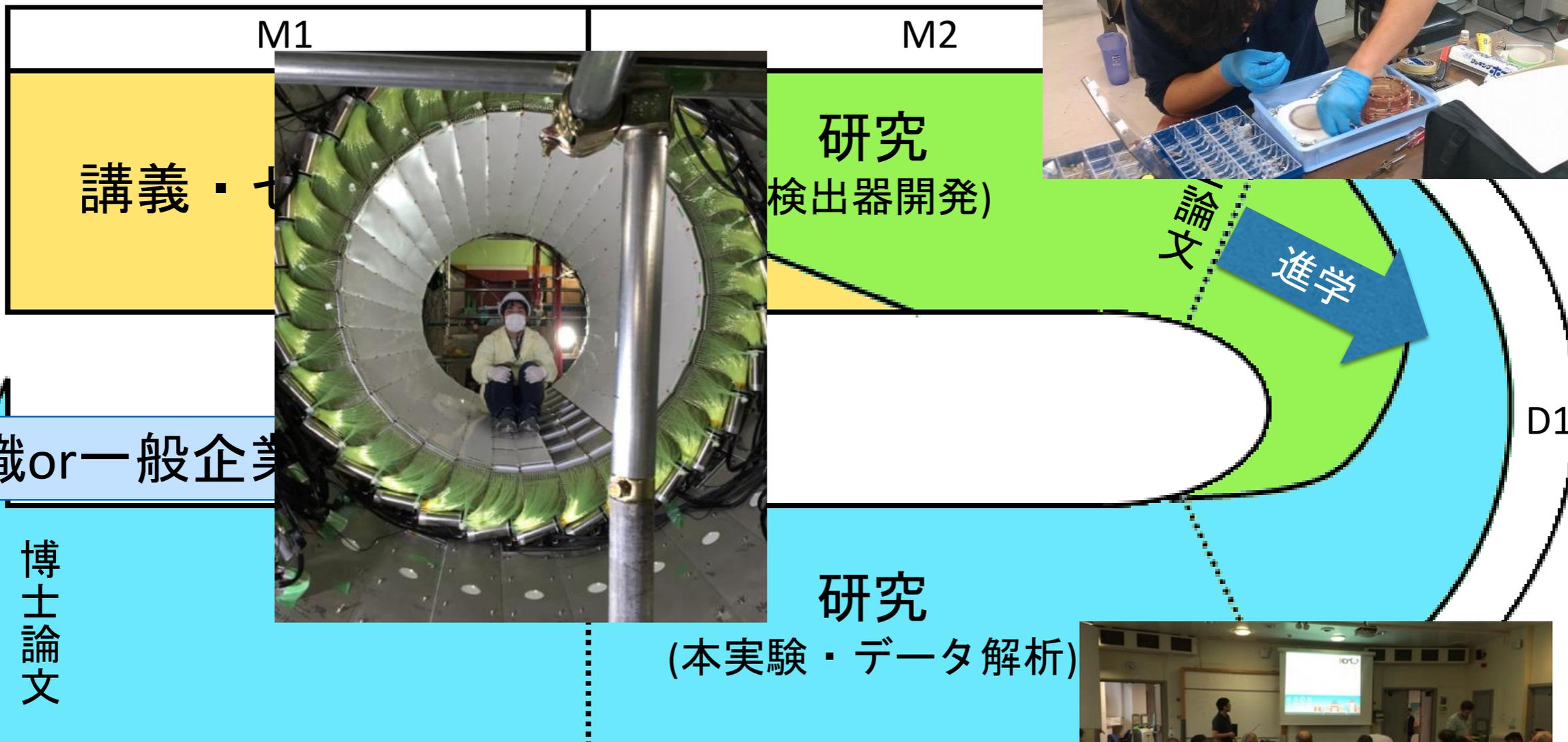
D1

D3

D2



# 研究室に入ってから



- 成果発表の機会も多数！
- 論文賞の受賞も多数！



2015年度  
測定器開発優秀論文賞  
とHUA修士論文賞のW受賞  
篠原(D3)



2017年度  
測定器開発特別賞  
吉田(D1)



2016年度  
日本物理学会若手奨励賞を受賞  
木河(当研究室助教)

# 研究室での交流



みんなでコーヒーブレイク

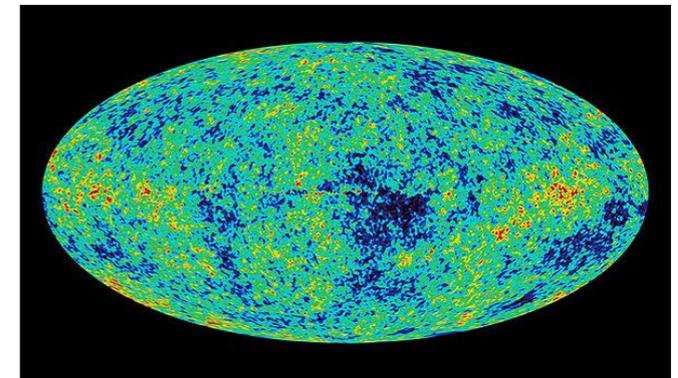
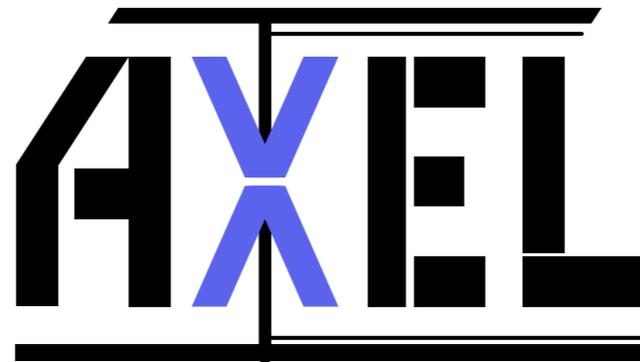
物理の議論も



夏にはBBQ！！

# 研究グループ紹介

大きく分けて5(+1)の実験グループに分かれてそれぞれ研究を行っています。



CMB観測実験



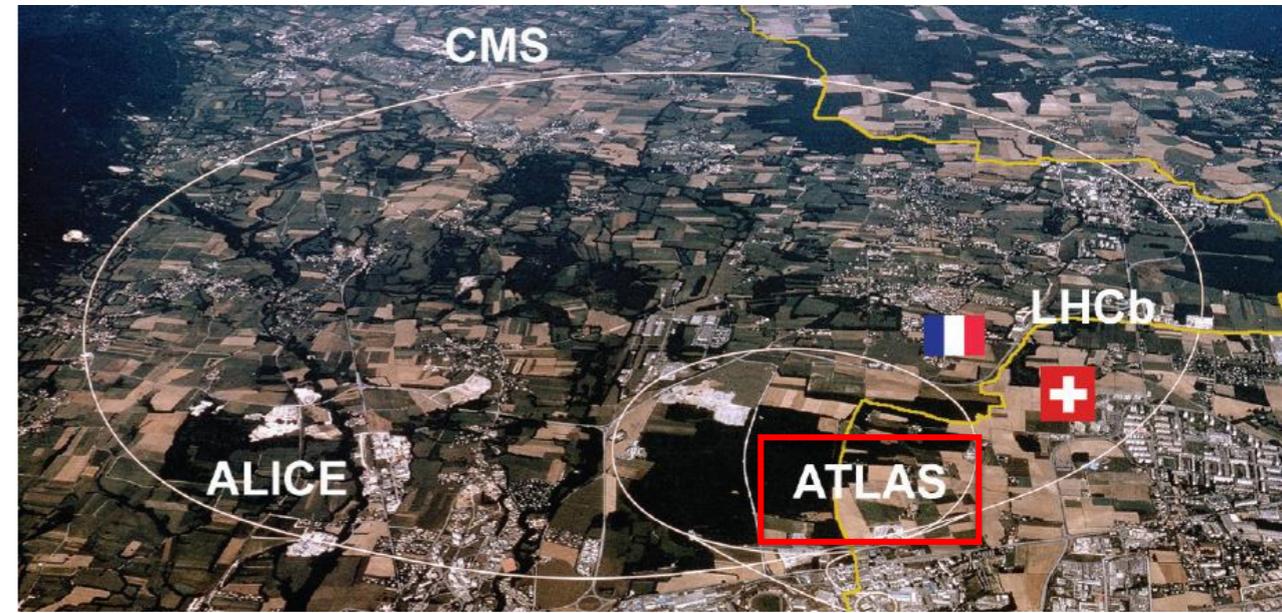


# ATLAS EXPERIMENT

# ATLAS実験とは

世界最高エネルギーの  
陽子-陽子衝突型加速器  
LHC @ CERN を用いた実験

重心系エネルギー 13 TeV で運転中



$$E = mc^2$$

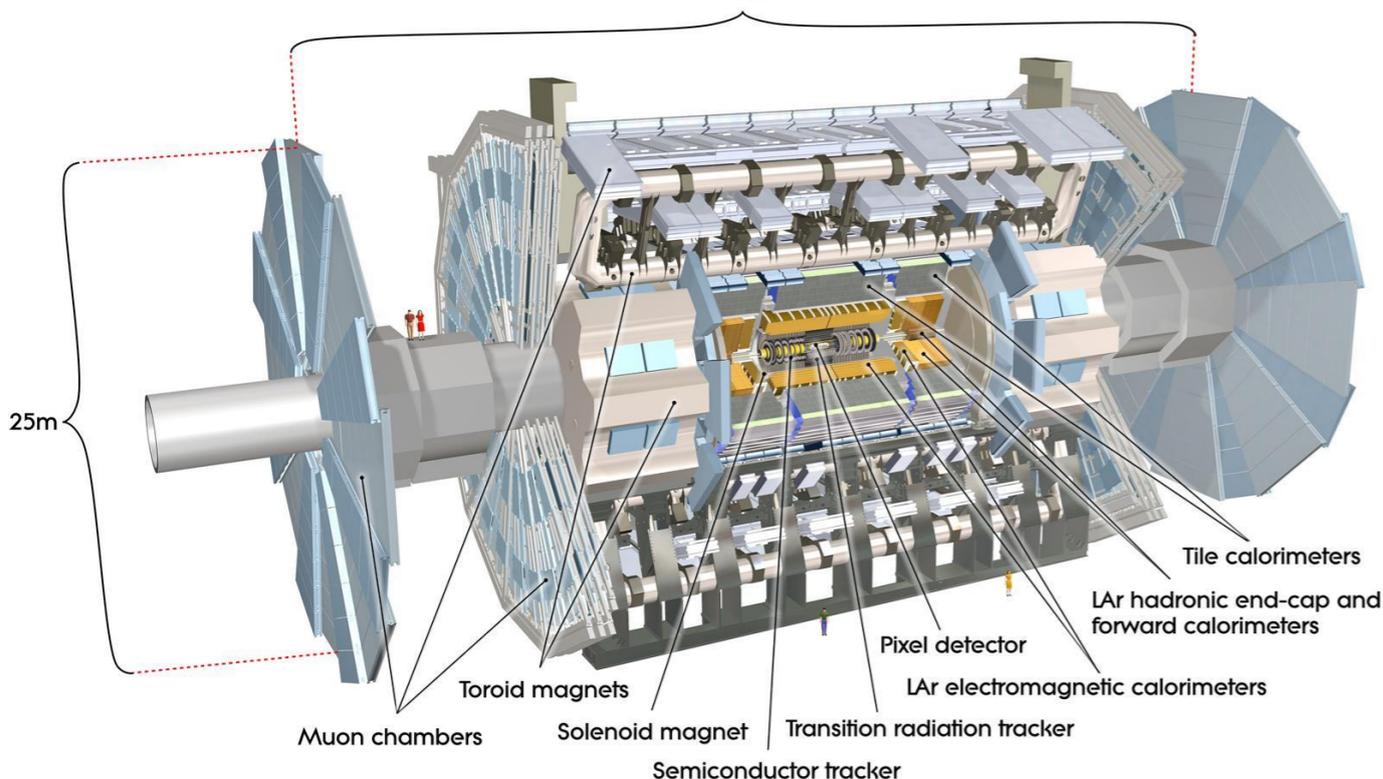


質量の大きな未知の粒子を  
直接生成/検出する

高いエネルギー      重い質量

## ATLAS 検出器

44m



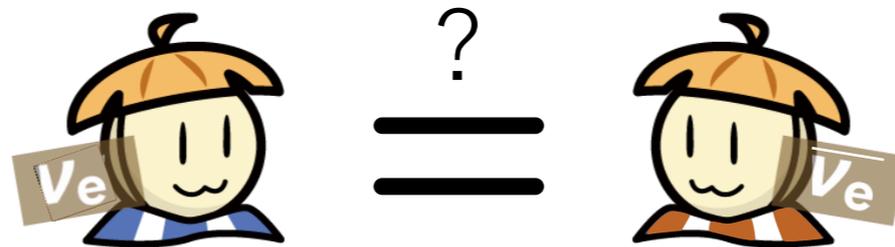
## - 測定/探索内容

- ヒッグス粒子の性質
- 標準模型の精密測定
- 超対称性粒子  
(ダークマター?)
- RS重力子
- etc. etc.



**AXEL**

# AXEL実験とは

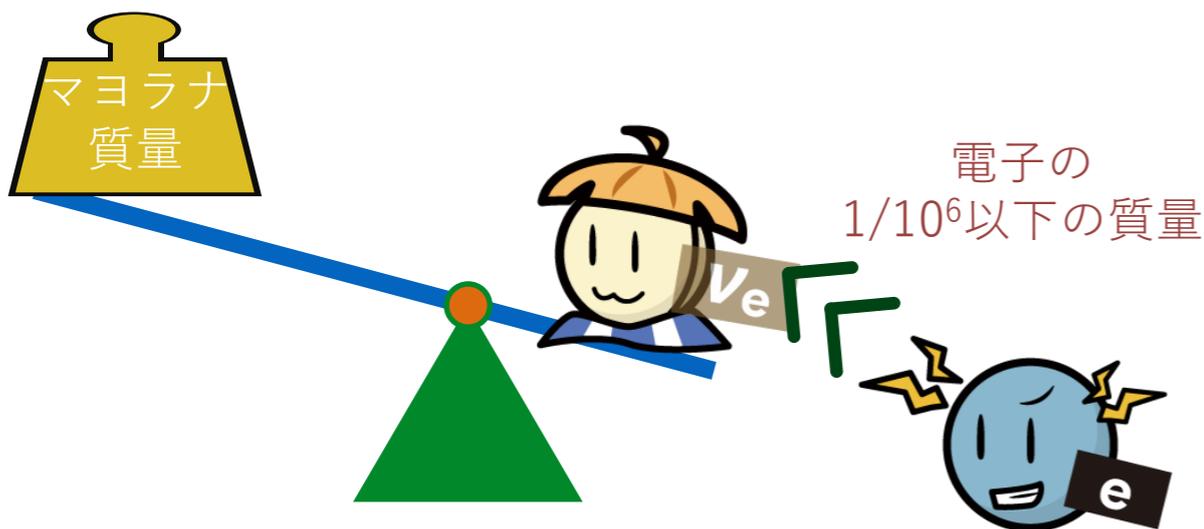


…ニュートリノと反ニュートリノが同一の粒子かどうか？を検証する実験！

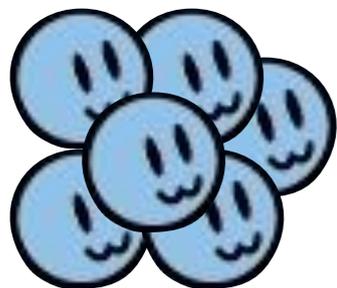
=マヨラナ粒子といいます。

## なんのため？

ニュートリノが異常に軽い理由の解明

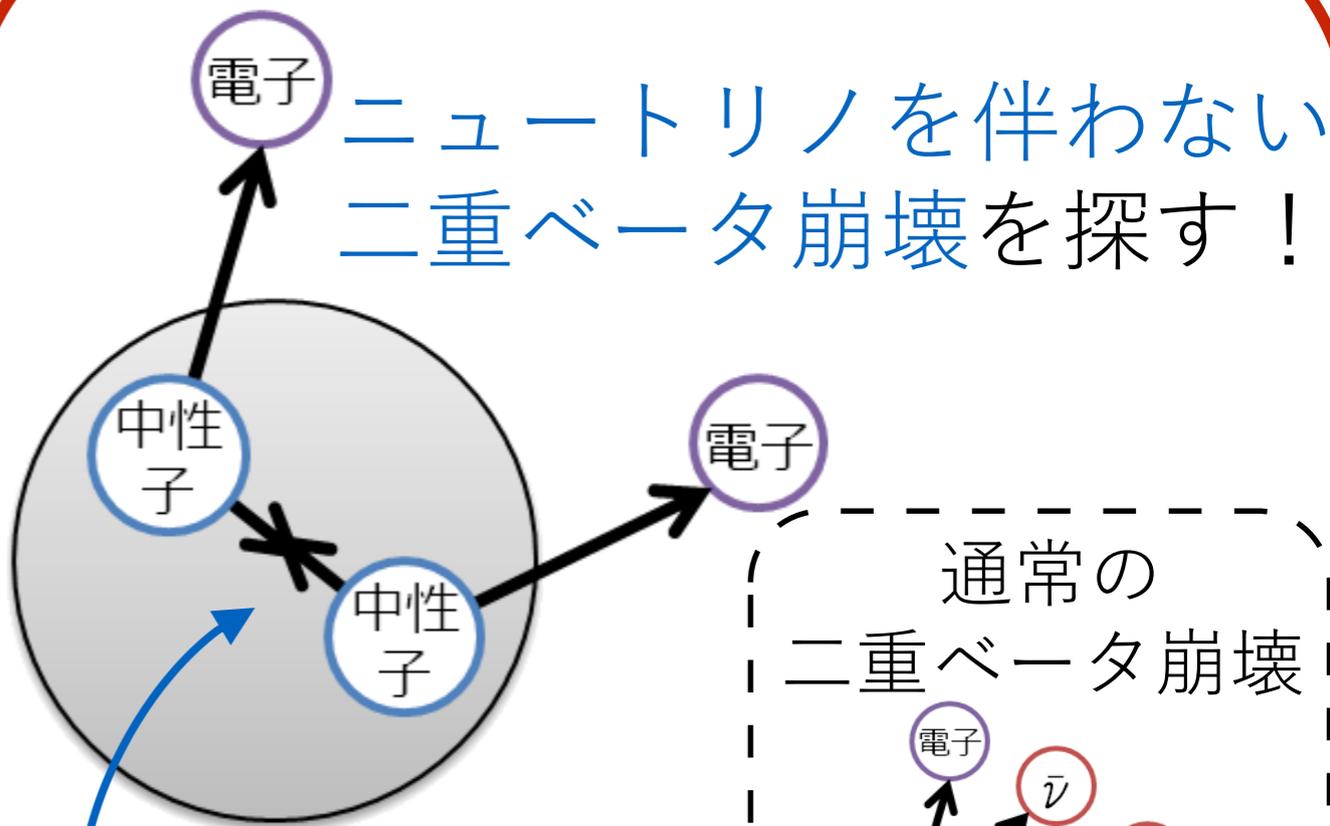


マヨラナ粒子だけが持つ特殊な質量 (マヨラナ質量) がすごく重いのが理由かも！？ (シーソー機構)



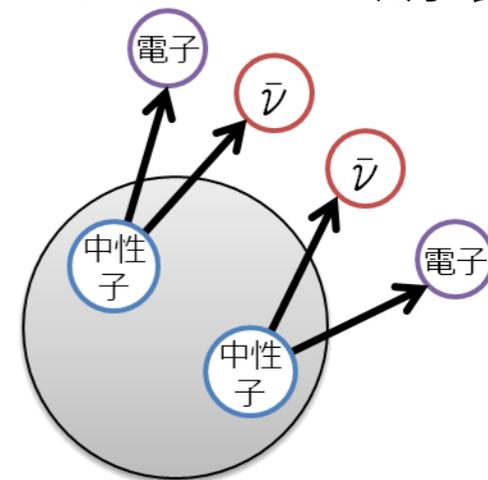
宇宙に反物質がほとんど存在しない理由もわかるかも…

## どうやって？



ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊を探す！

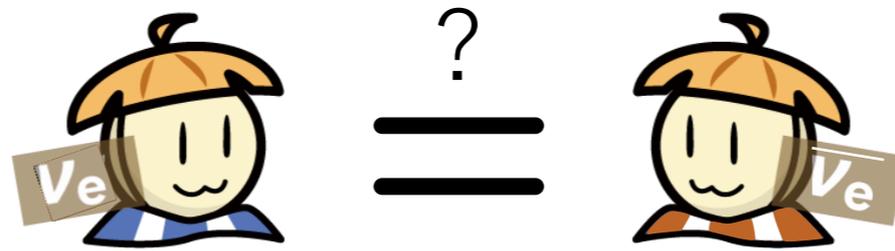
通常  
の  
二重ベータ崩壊



反ニュートリノ同士の (仮想的な) 対消滅

マヨラナでないと起きない！

# AXEL実験とは



…ニュートリノと反ニュートリノが同一の粒子かどうか？を検証する実験！

=マヨラナ粒子といいます。

## なんのため？

ニュートリノが異常に軽い理由の解明

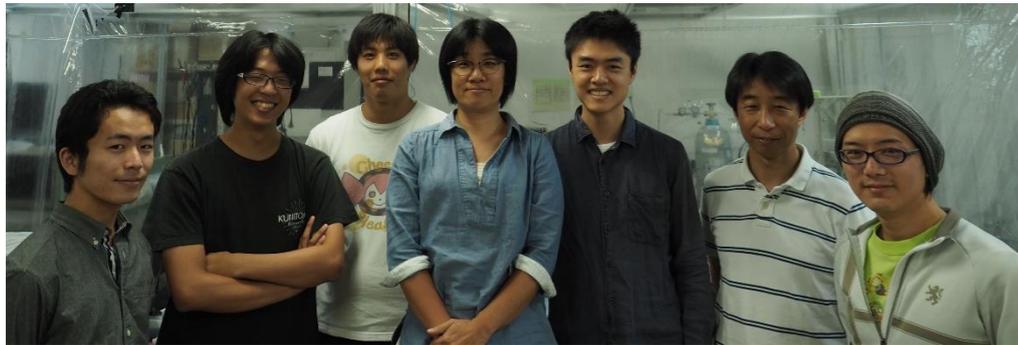


電子の

## どうやって？

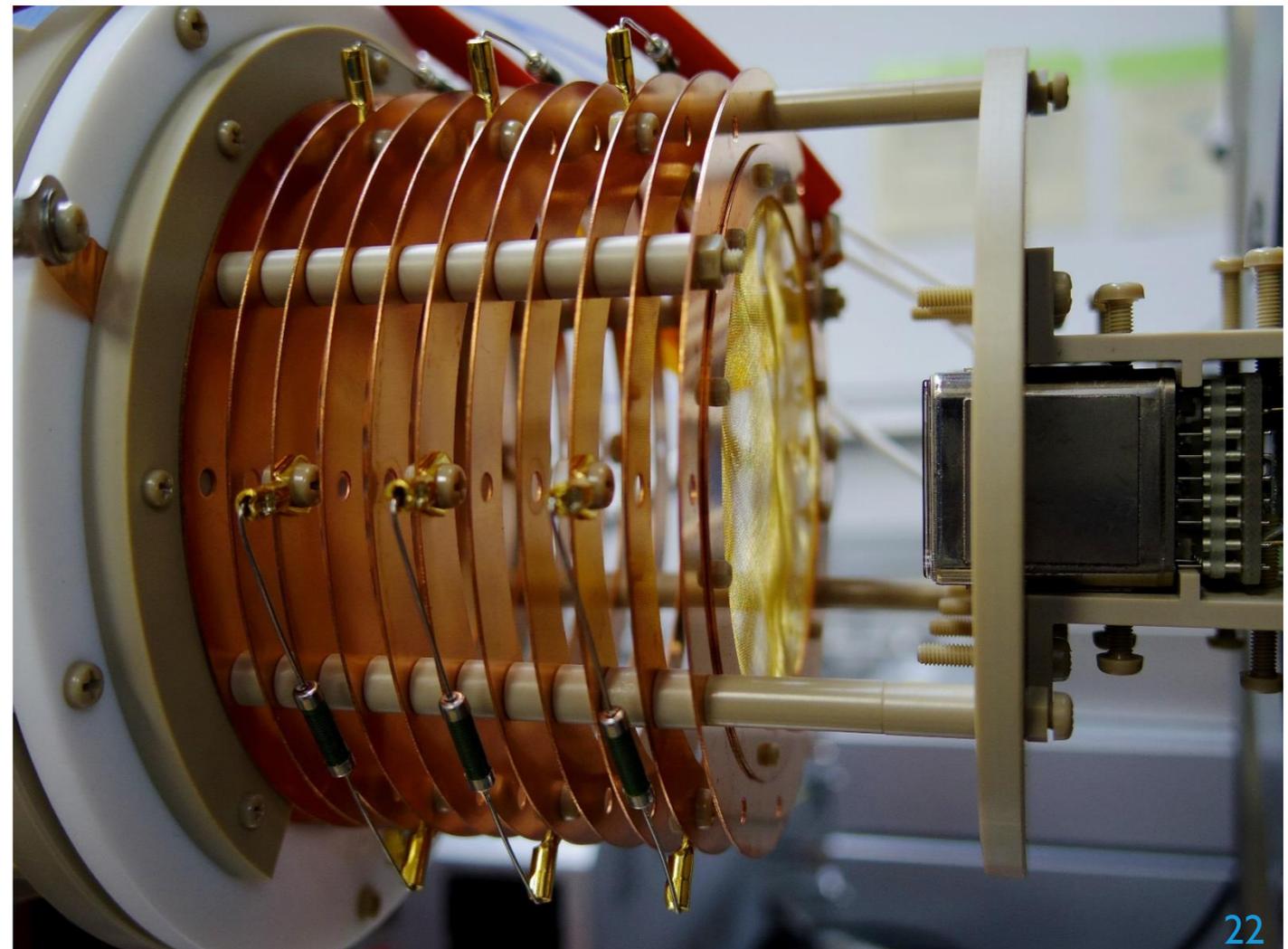


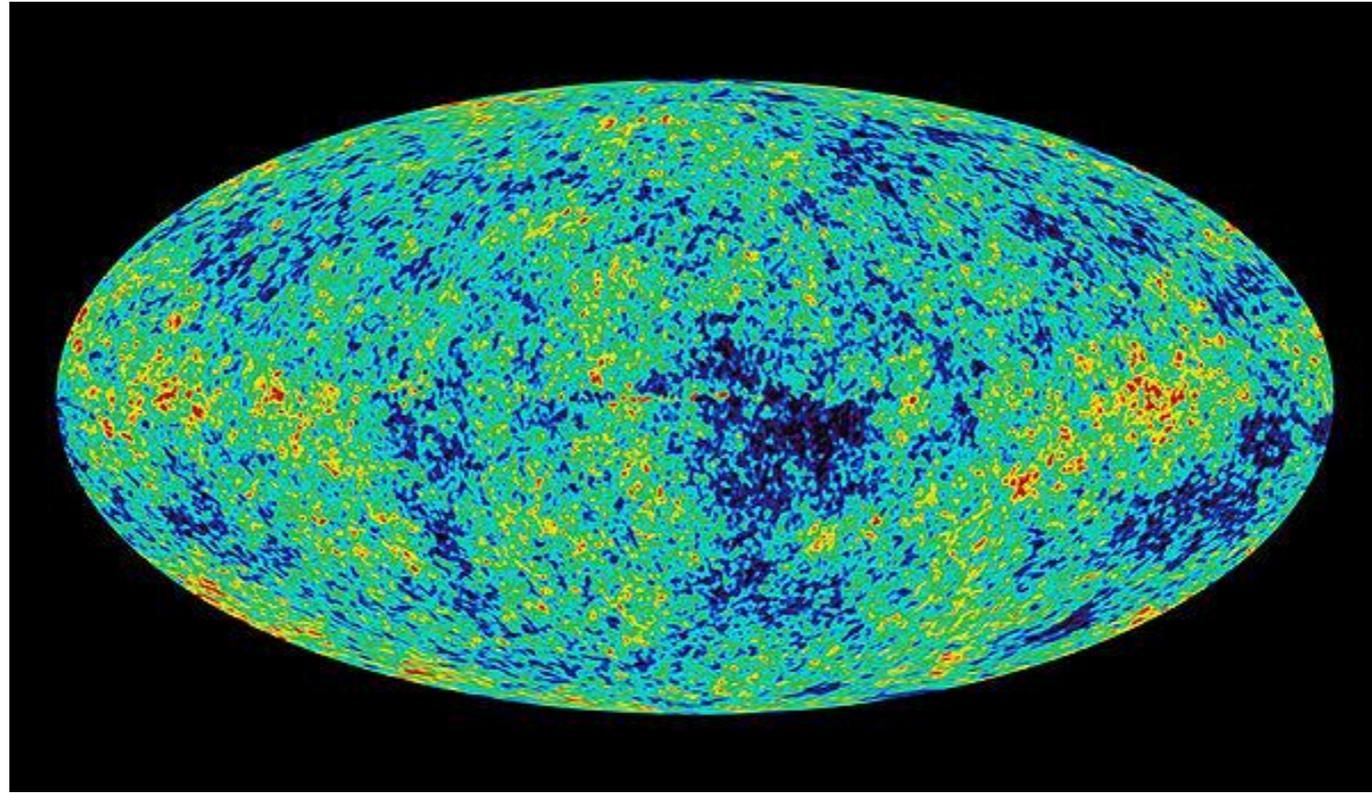
ニュートリノを伴わない  
二重ベータ崩壊を探す！



## 世界最高感度の検出器を 目指して研究中！！

このあと実験室で  
実際の検出器を見ながら  
詳しく解説します！

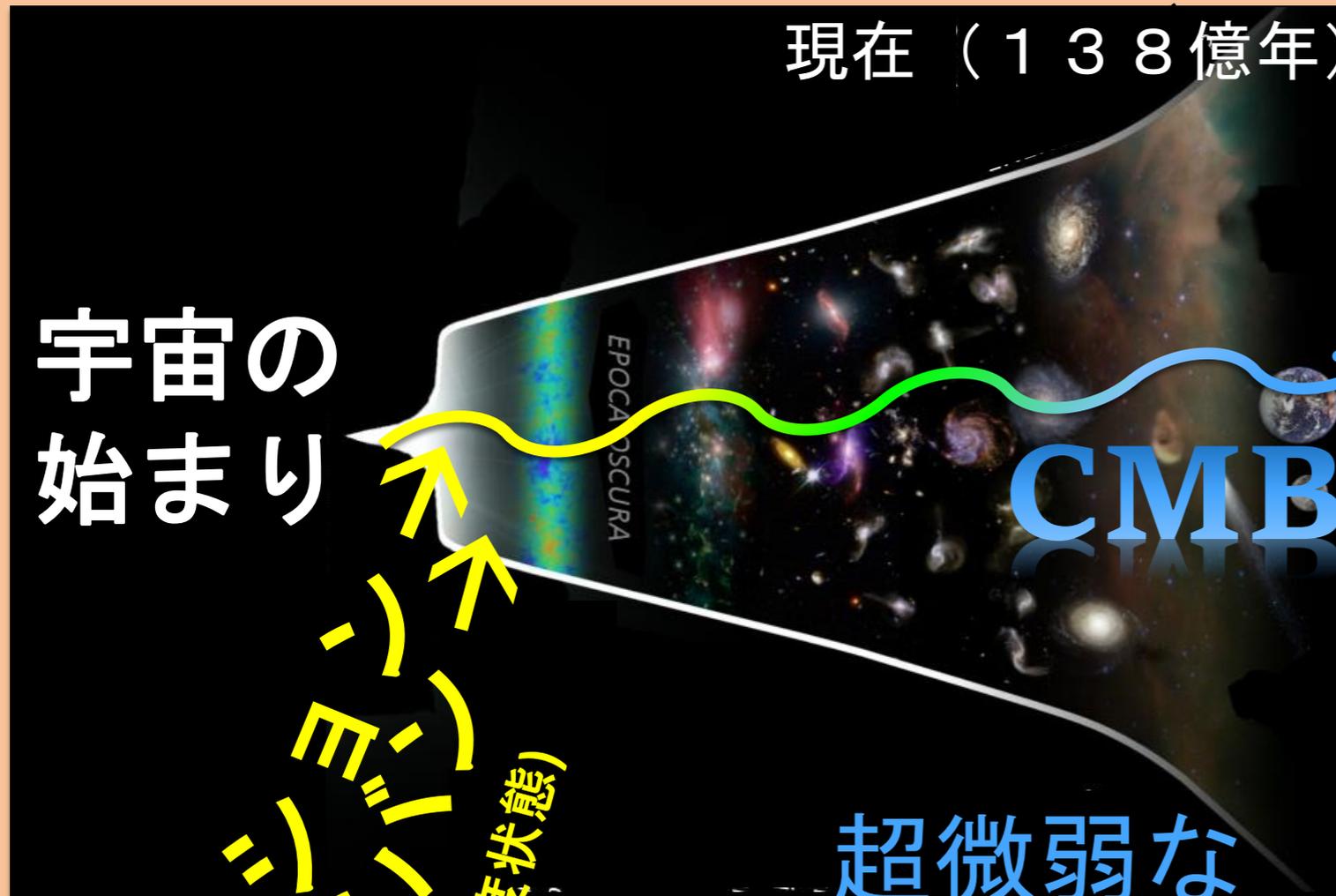




# CMB観測実験

# CMBで宇宙の始まりを探る！

宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background)



Simons Array  
望遠鏡  
@チリ,  
アカタマ砂漠



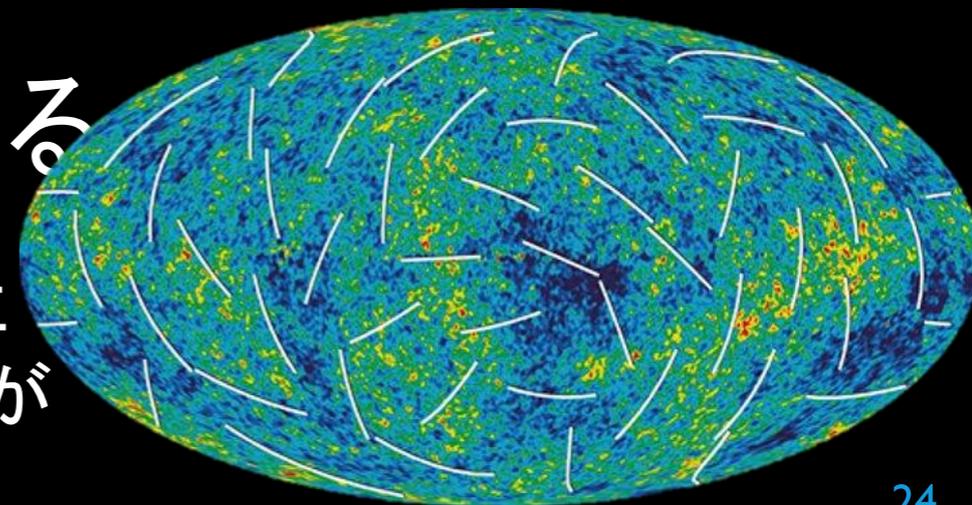
GroundBIRD  
望遠鏡  
@スペイン,  
カナリア諸島

インフレーション (超高温・高密度状態)

超微弱な  
電磁波「ミリ波」

として望遠鏡で観測する

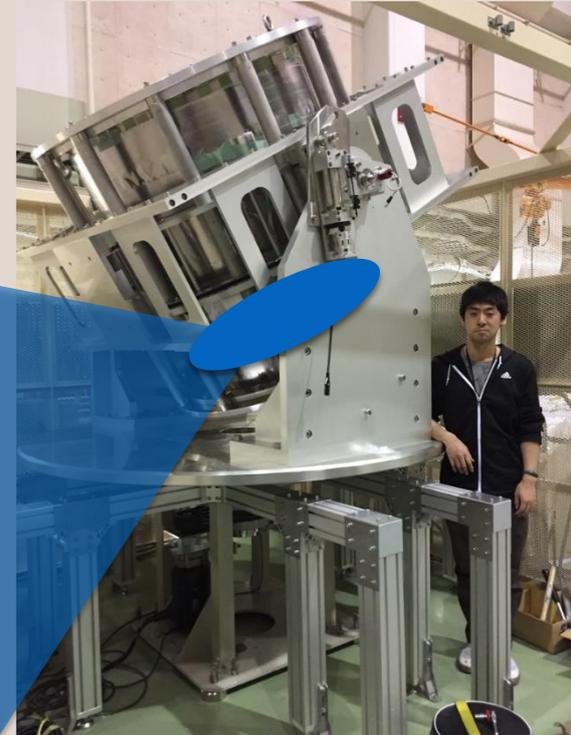
CMBの全天マップに  
宇宙の始まりの情報が  
詰まっている



# CMBで宇宙の始まりを探る！

宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background)

現在 (138億年)



宇宙の  
始まり

Simons Array  
望遠鏡  
@チリ,  
アカタマ砂漠

GroundBIRD  
望遠鏡  
@スペイン,  
カナリア諸島

GroundBIRD 用の  
超伝導検出器を  
お見せします!!

宇宙の始まりの情報が  
詰まっている



# Hyper-Kamiokande

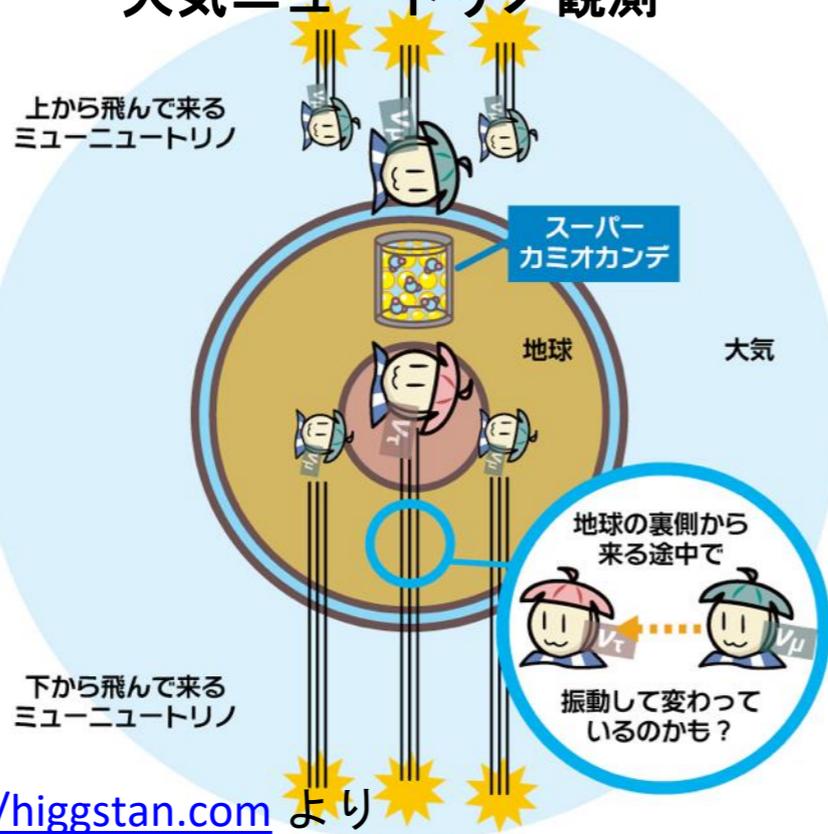
# スーパーカミオカンデ

- **5万トン**の純水と**1万本**の光検出器を備えた直径・高さ40mの超大型検出器
- ニュートリノ振動の発見でノーベル物理学賞受賞！
- さらに10倍の大きさの検出器を作るハイパーカミオカンデ計画も進行中

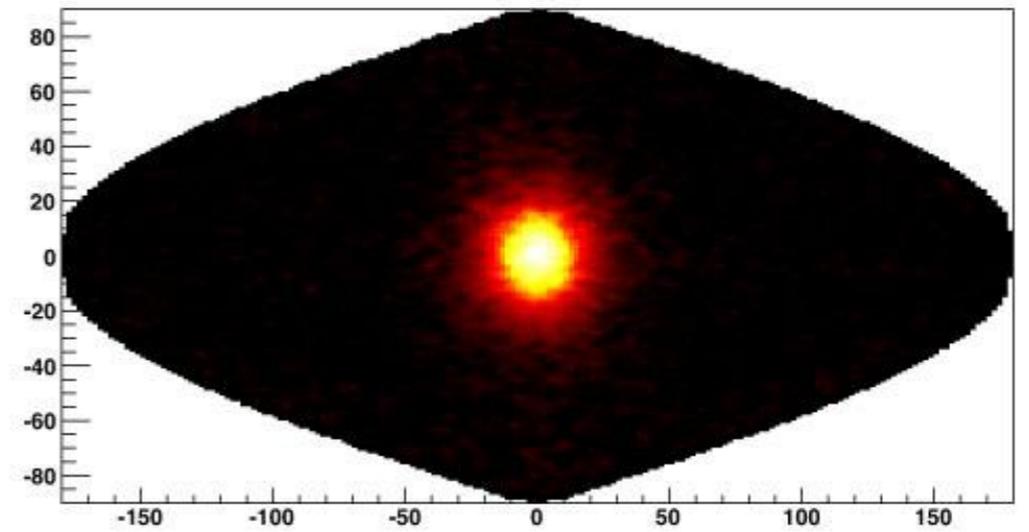
(c) 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設

# スーパーカミオカンデで観測しているもの

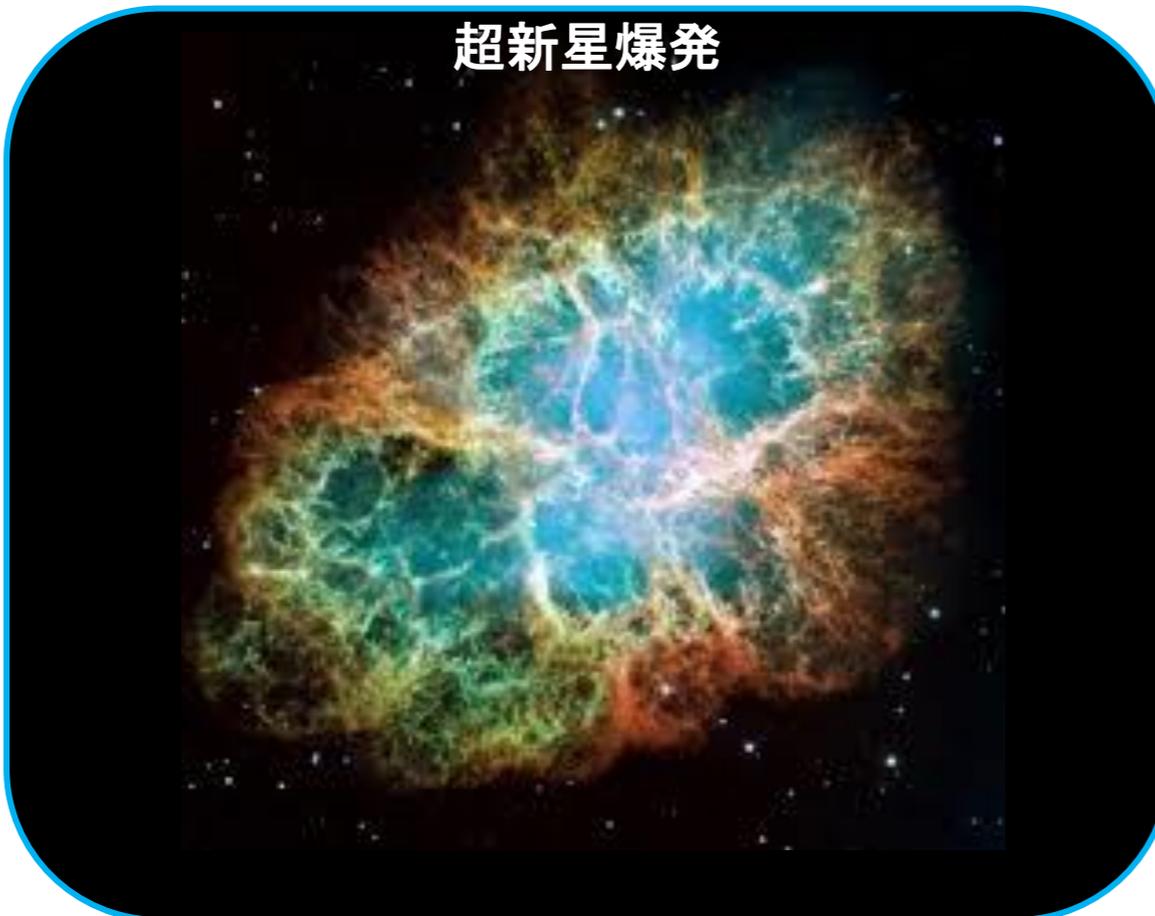
## 大気ニュートリノ観測



## 太陽ニュートリノ観測



## 超新星爆発



## 陽子崩壊

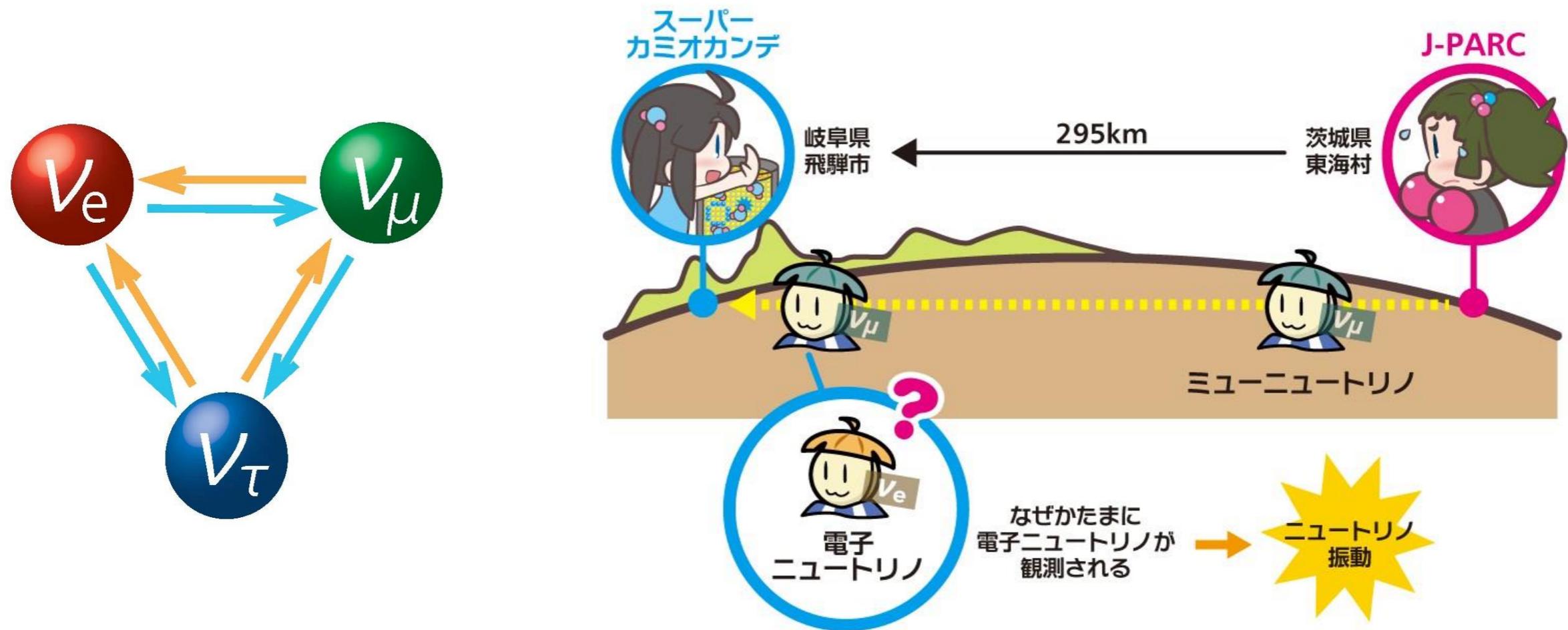


陽子崩壊が見つければ強い力も統一される！？



**TZK**

# ニュートリノ振動とT2K実験

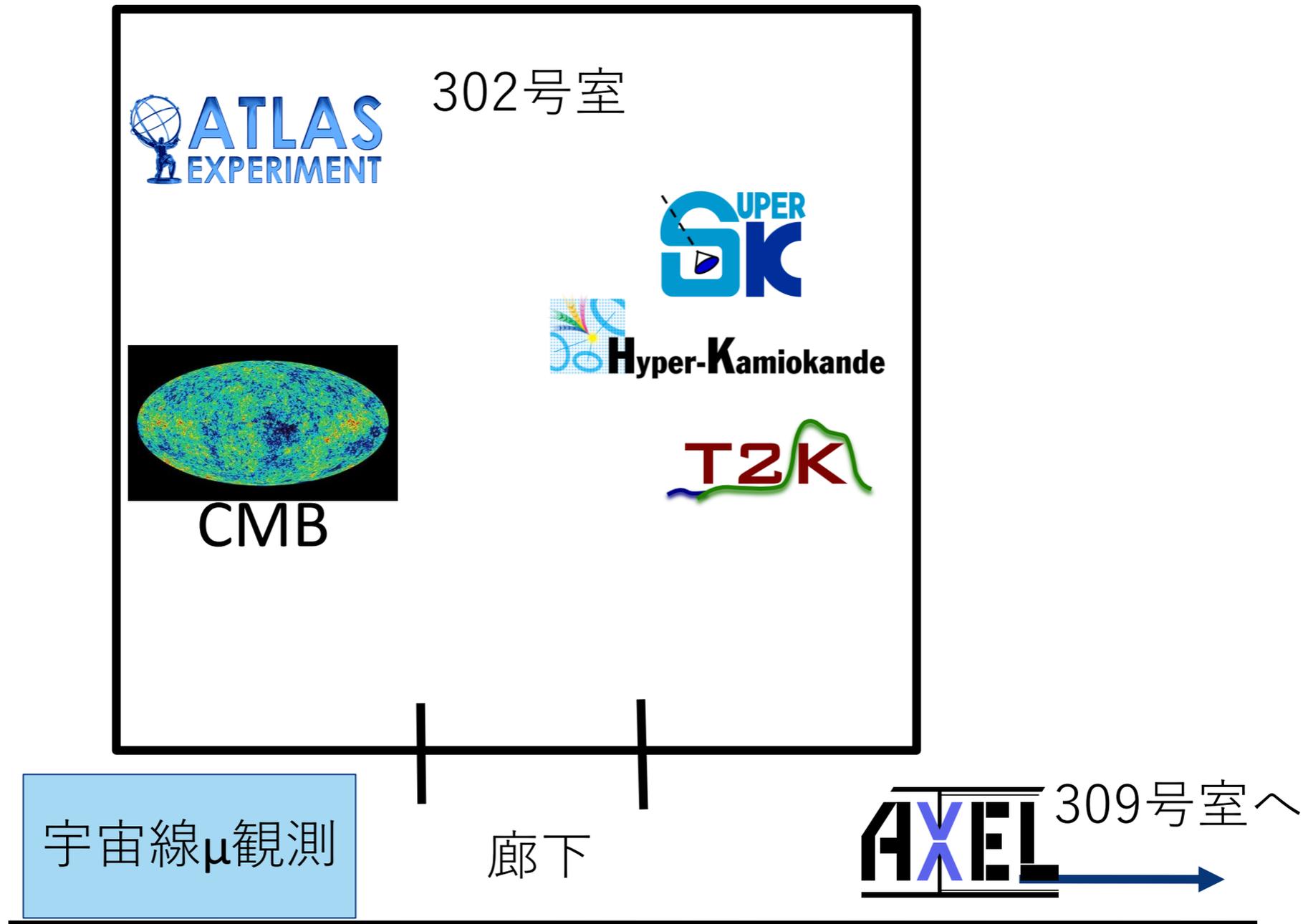


- ニュートリノが飛行中に種類 (フレーバー) を変える現象
- 現在は振動現象をプローブとしてニュートリノひいては宇宙の謎を研究！
  - CP対称性の破れ (クォークでは説明できない物質優勢宇宙の謎に迫る)
    - ニュートリノ質量差
  - ニュートリノ世代数 (ステライルニュートリノ)

# このあと

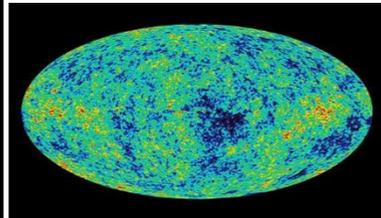
興味のあるところに行って話を聞いてください！

まえ



# このあと

興味のあるところに行



CMB

30

宇宙線 $\mu$ 観測

## 宇宙線 $\mu$ 検出器：Yasu-Tracker - 素粒子を体感しよう！ -

宇宙から降り注ぐ、  
今も私たちの体を突き抜ける  
宇宙線 $\mu$ を廊下でリアルタイムで検出中！

