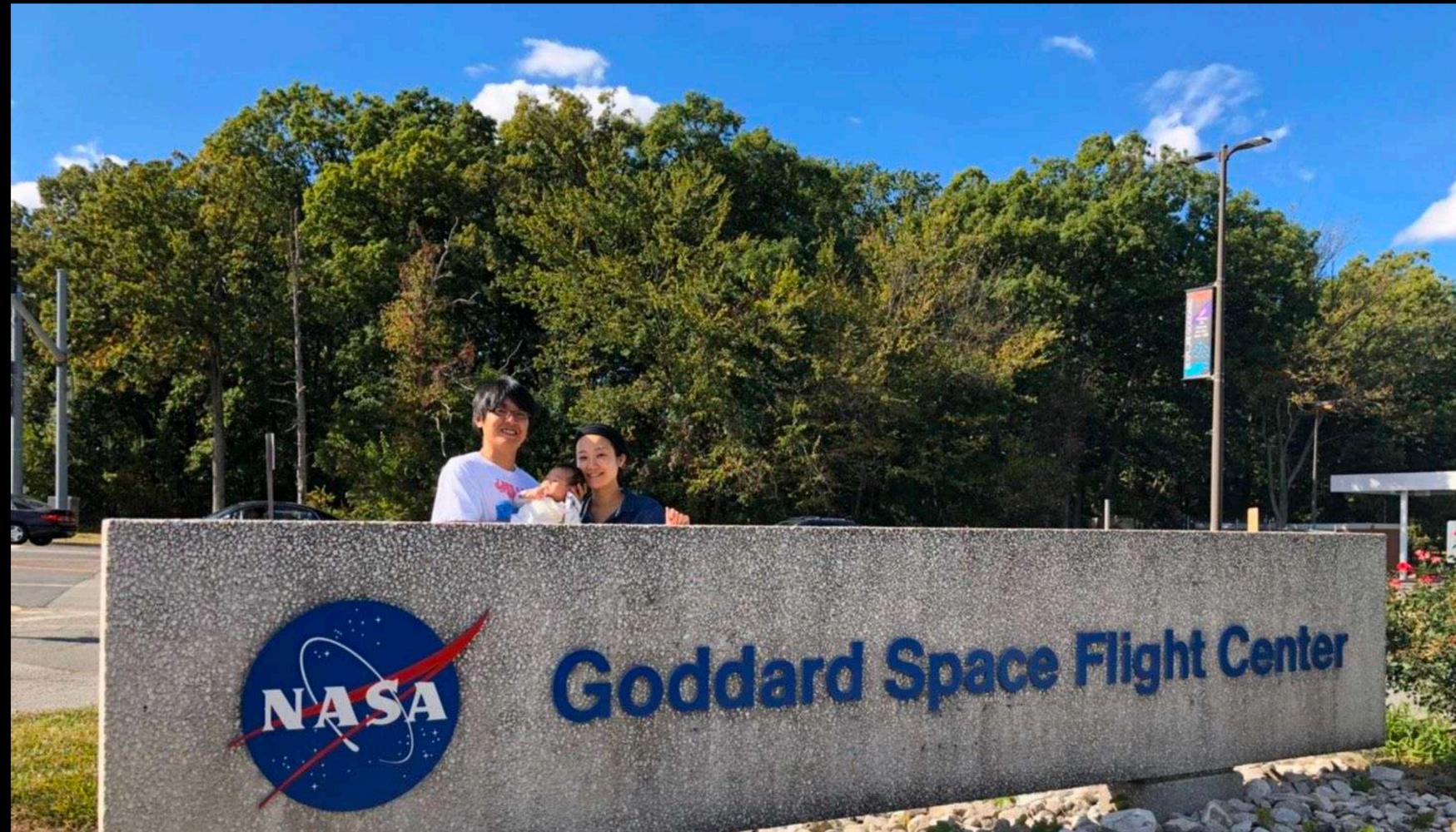


宇宙と物理学



明治大学 物理学科 専任講師
佐藤 寿紀



Q. 大学ってどんなところ？



全部を学ぶわけではなく、自分の好きな分野を選択して学ぶ

A. 「学問」(研究) をするところ = 様々な分野の最先端を学べる場所

Q. なぜ宇宙と物理に興味を持ったか？

いくつか、理由があったと思いますが

1. 宇宙は無限に広がっている？ そんな中、なぜ自分は存在しているのだろうか...？
2. ブライアン・グリーンの話: 統一理論？
3. 時間の概念: タイムスリップ出来るの？



ブライアン・グリーン博士

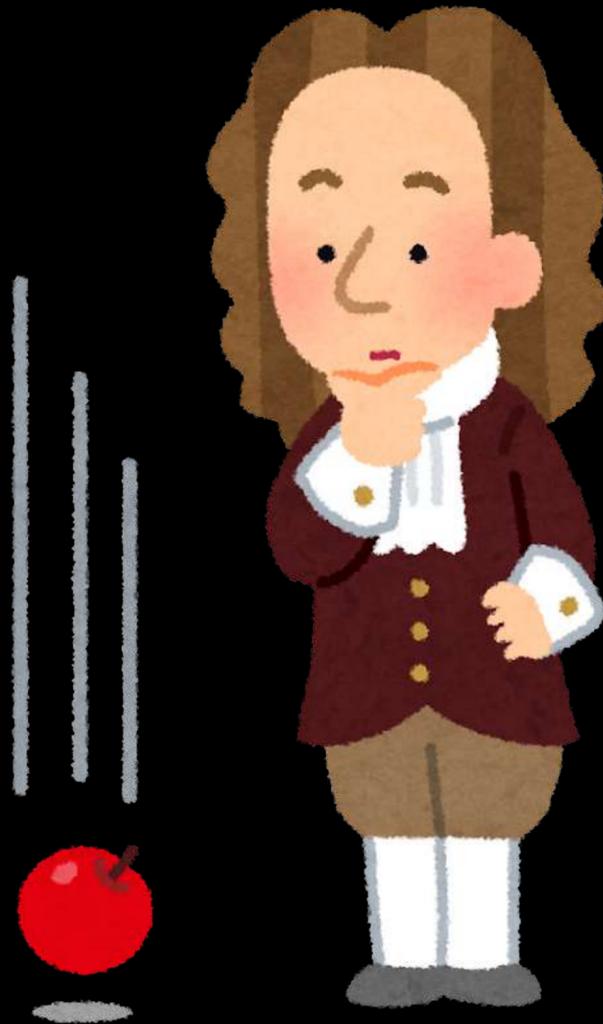


映画「Back to the Future」

いろんな事実に基づいてこれらの疑問に答えられるのが物理だった → 大学へ行きたい

高校で学ぶ物理学

自然界での物体の振る舞いを数学的に
記述できることを学ぶ



ニュートンの運動方程式

$$F = ma \quad (= -mg)$$

ちから = 質量 × 加速度

多くの場合、数式を暗記して、物体の動きを知る道具として学ぶ

大学で学ぶ物理学

高校物理って疑問に思うことありません？



- そもそも $F = ma$ ってどこから？
- そもそも重力って何？
- そもそも時間って何？
- そもそも、この世界って何？

高校物理で習う数式の背景には何があるのかを学び・研究できる

宇宙と物理学？研究？

宇宙はどうやってできた？

宇宙にはどんな法則で成り立ってる？

星ってなに？

銀河ってなに？

ブラックホールってあるの？

これらの疑問は全て物理学の研究フィールド！

現在の宇宙科学が向かう場所

- **How Does the Universe Work?**

宇宙はどのような法則に従っているか？

- **How Did We Get Here?**

我々は、どのようにして今ここにいるのか？

- **Are We Alone?**

我々人類の他に、知的生命体はいるのか？

宇宙を研究する人は、多かれ少なかれ、これらのテーマに関連する内容を真面目に考え、それでご飯を食べています。その基礎を大学で学べます。

現在の宇宙科学が向かう場所

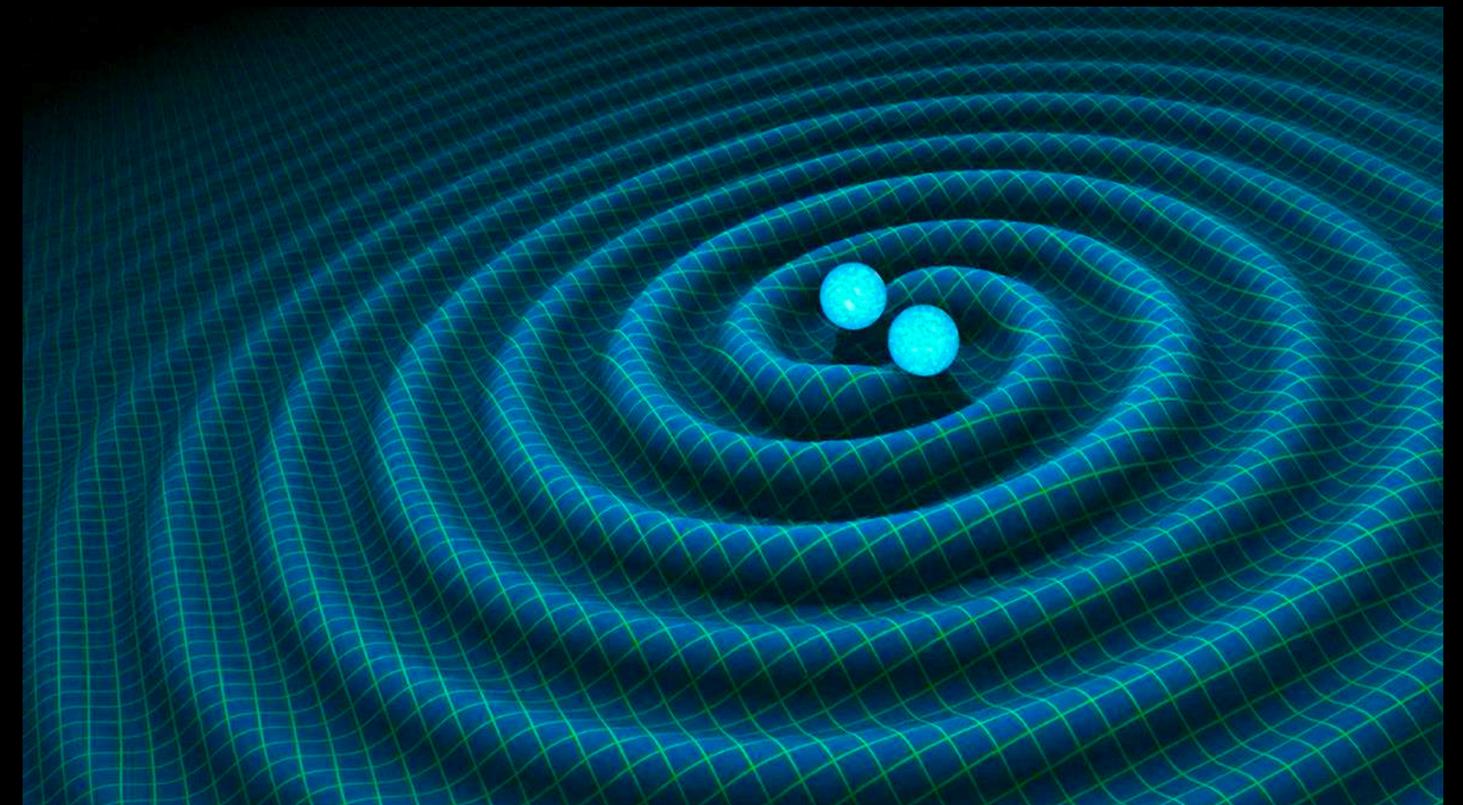
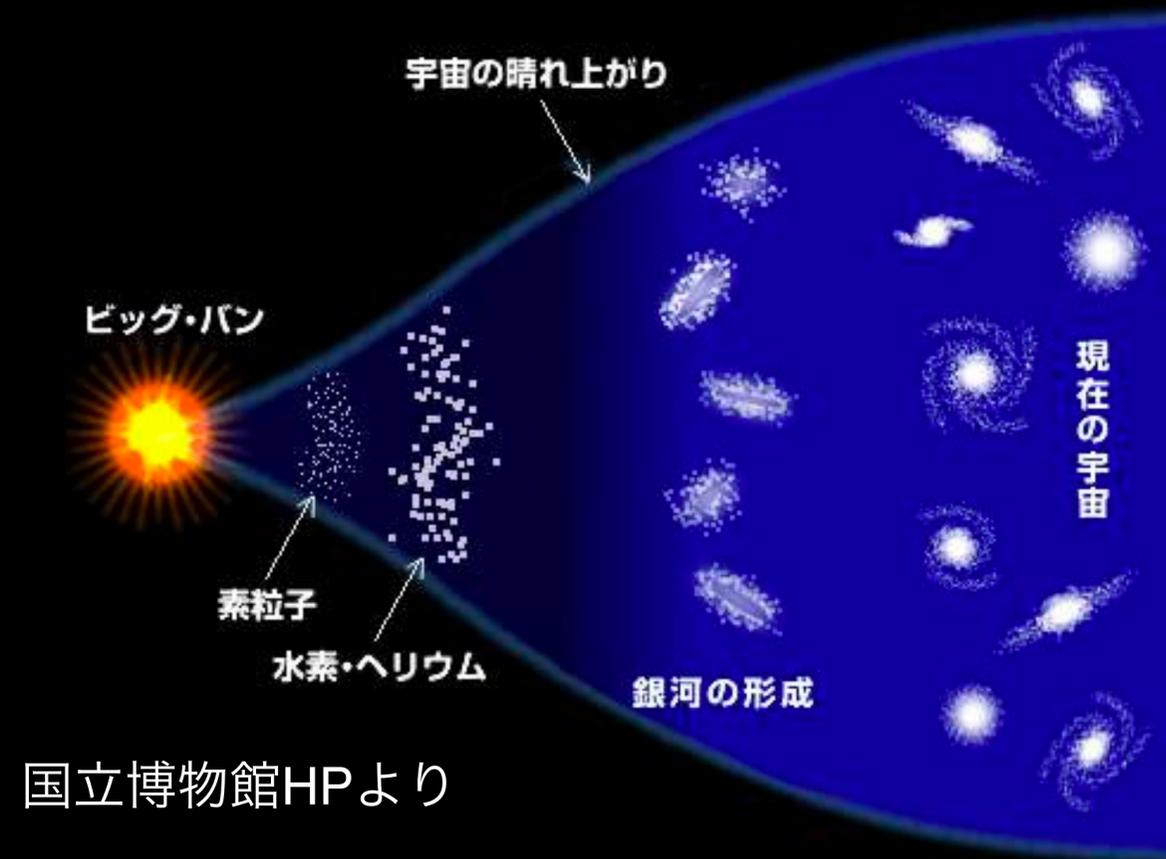
例えば...

● How Does the Universe Work?

宇宙はどのような法則に従っているか？

ビッグバン → 宇宙膨張

重力波検出



現在の宇宙科学が向かう場所

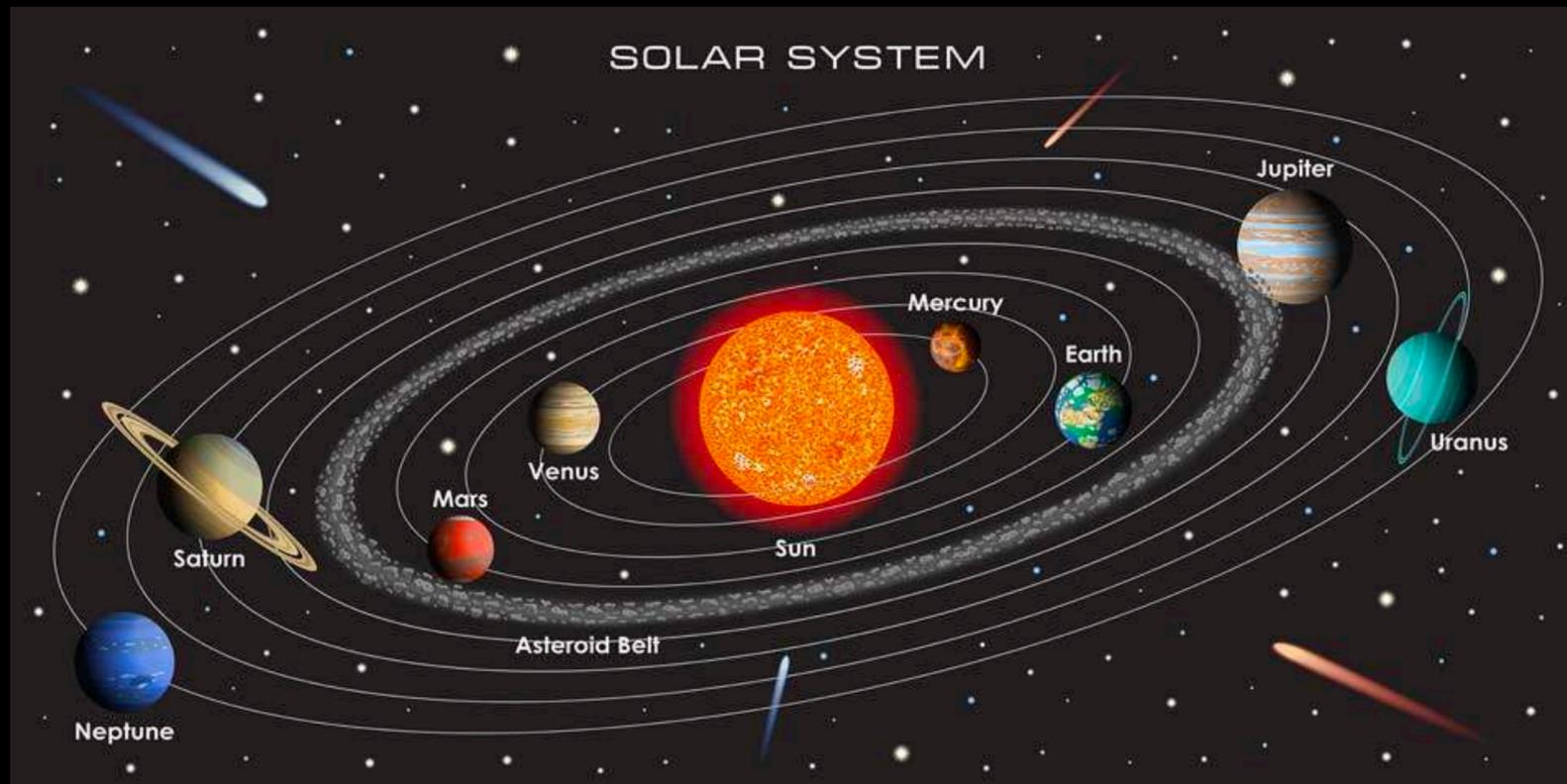
例えば...

● How Did We Get Here?

我々は、どのようにして今ここにいるのか？

太陽系や天の川銀河の形成過程

元素の起源



H																	He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	ランタノイド	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	アクチノイド	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
ランタノイド		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
アクチノイド		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

[口絵3] 元素の周期表 (a)
元素の一つひとつは原子番号と元素記号 (元素名は (b) を参照) で表される。それぞれの元素がどのような天体でつくられたかを色分けして示してある。

現在の宇宙科学が向かう場所

例えば...

● Are We Alone?

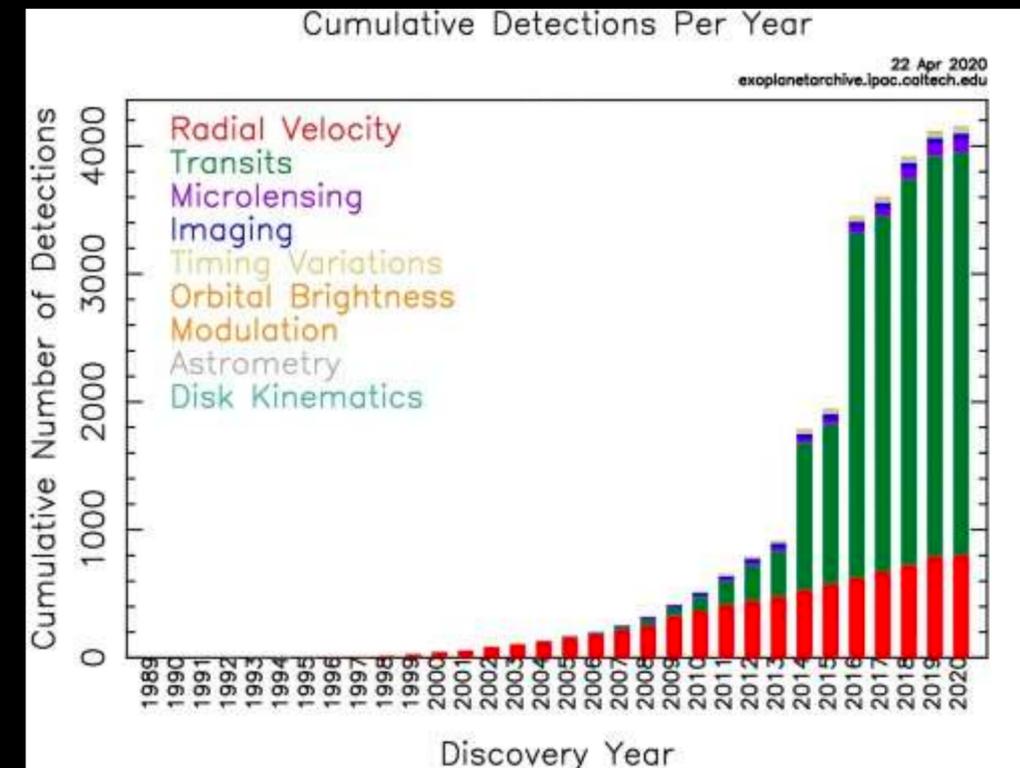
我々人類の他に、知的生命体はいるのか？

太陽系外惑星の探査 = 第二の地球はあるか？



ILLUSTRATION BY M. KORNMESSER, ESA/HUBBLE)

太陽系外惑星の想像図



From <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>

明治大学の宇宙研究

私の研究: X線望遠鏡の開発と超新星残骸の観測研究

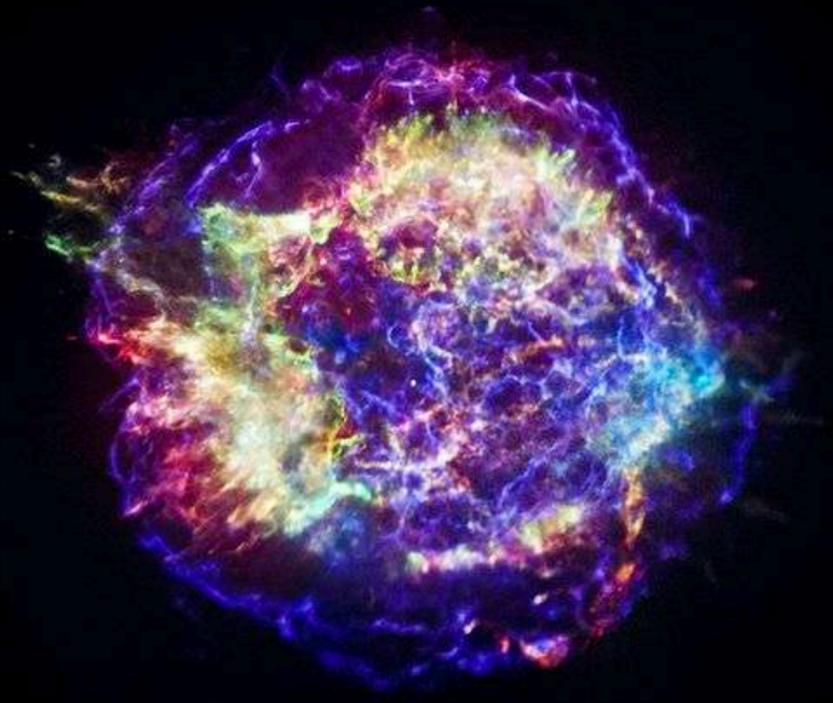
目には見えない光 = X線で宇宙を見る？



ブラックホール/中性子星/白色矮星



銀河・銀河団



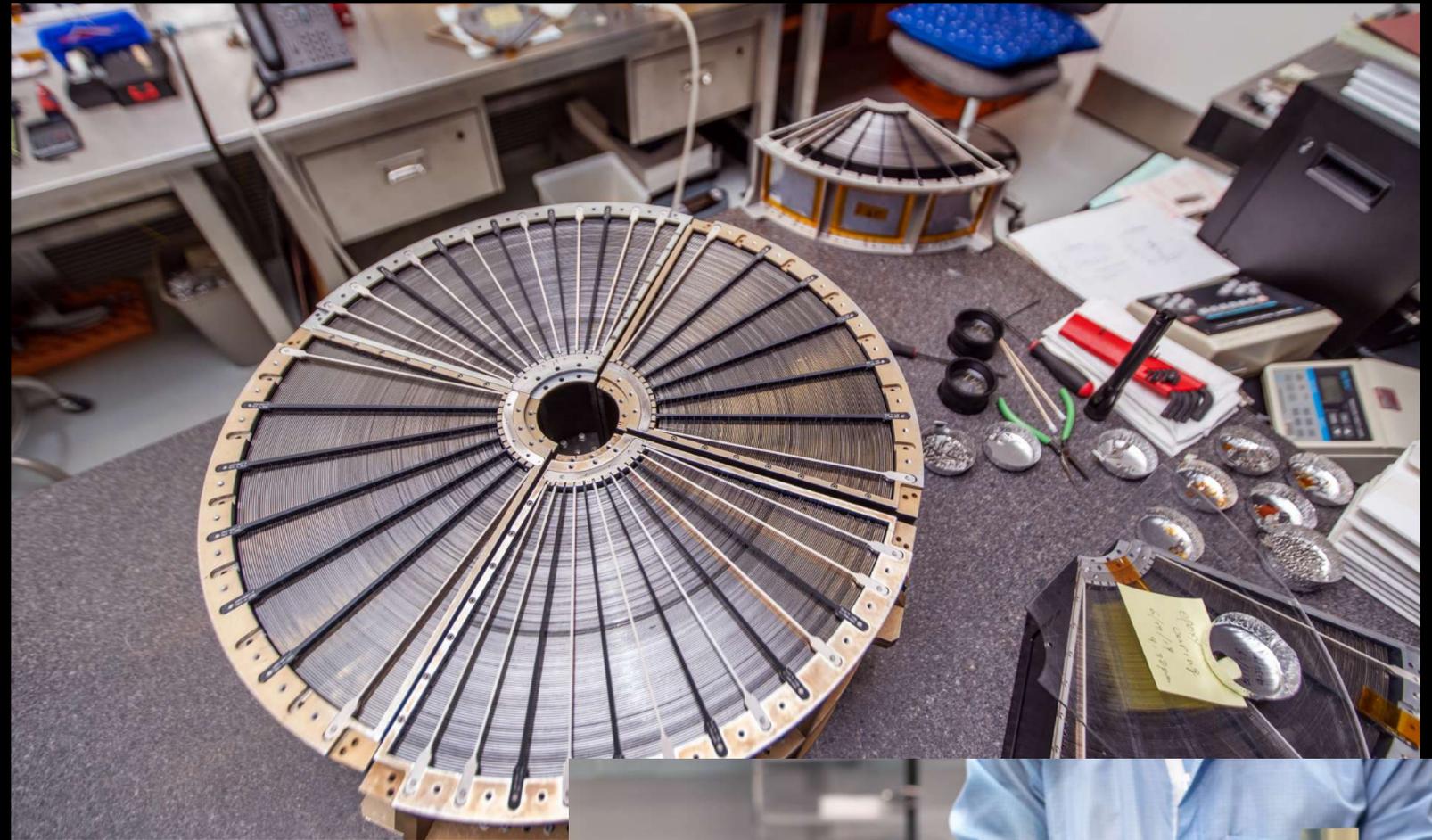
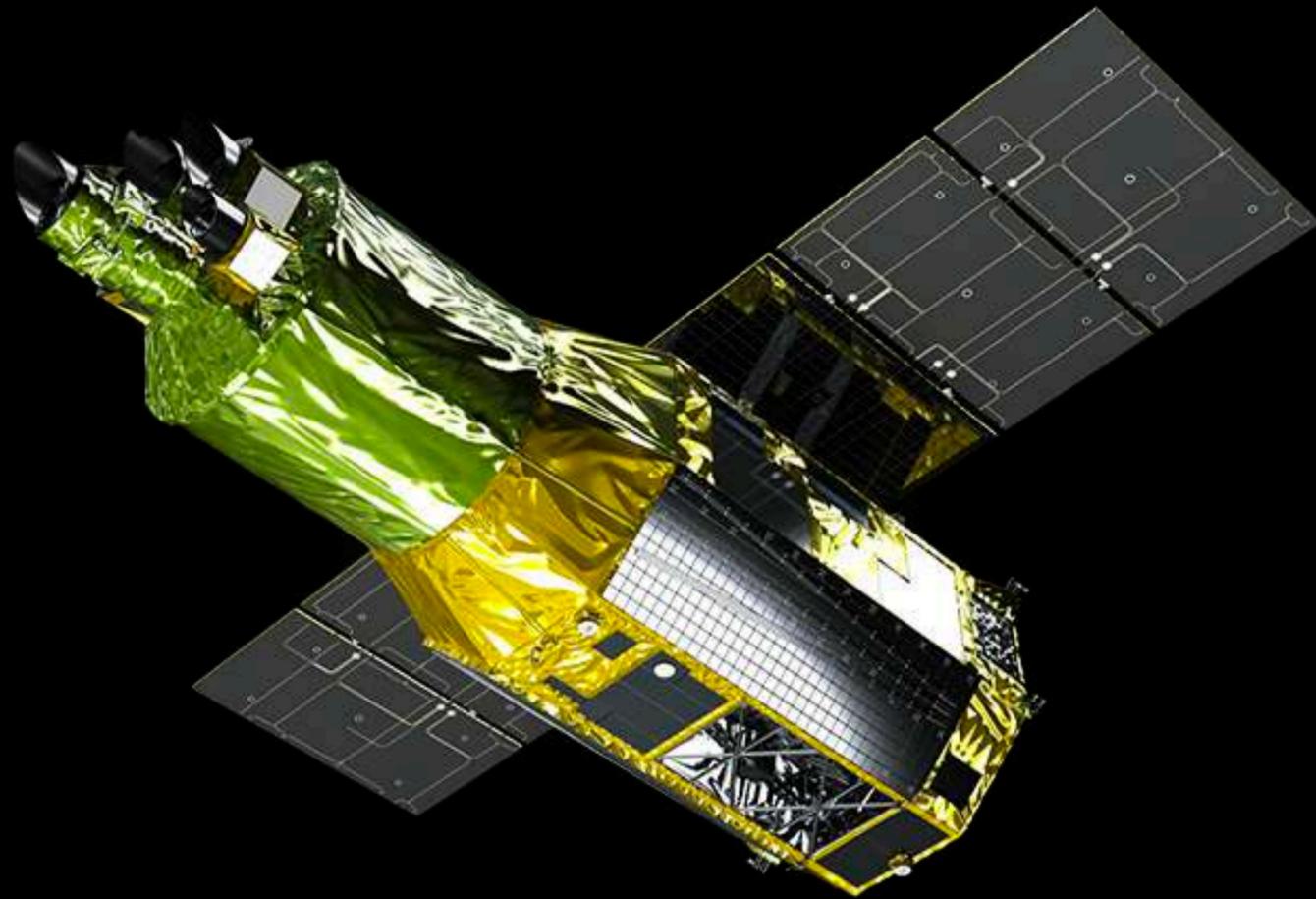
超新星残骸 (星の死骸)

宇宙にはよく分からない現象がたくさん！ → 物理を使って理解しよう

明治大学の宇宙研究

私の研究: X線望遠鏡の開発と超新星残骸の観測研究

XRISM衛星(2023年8月26日打ち上げ予定!)

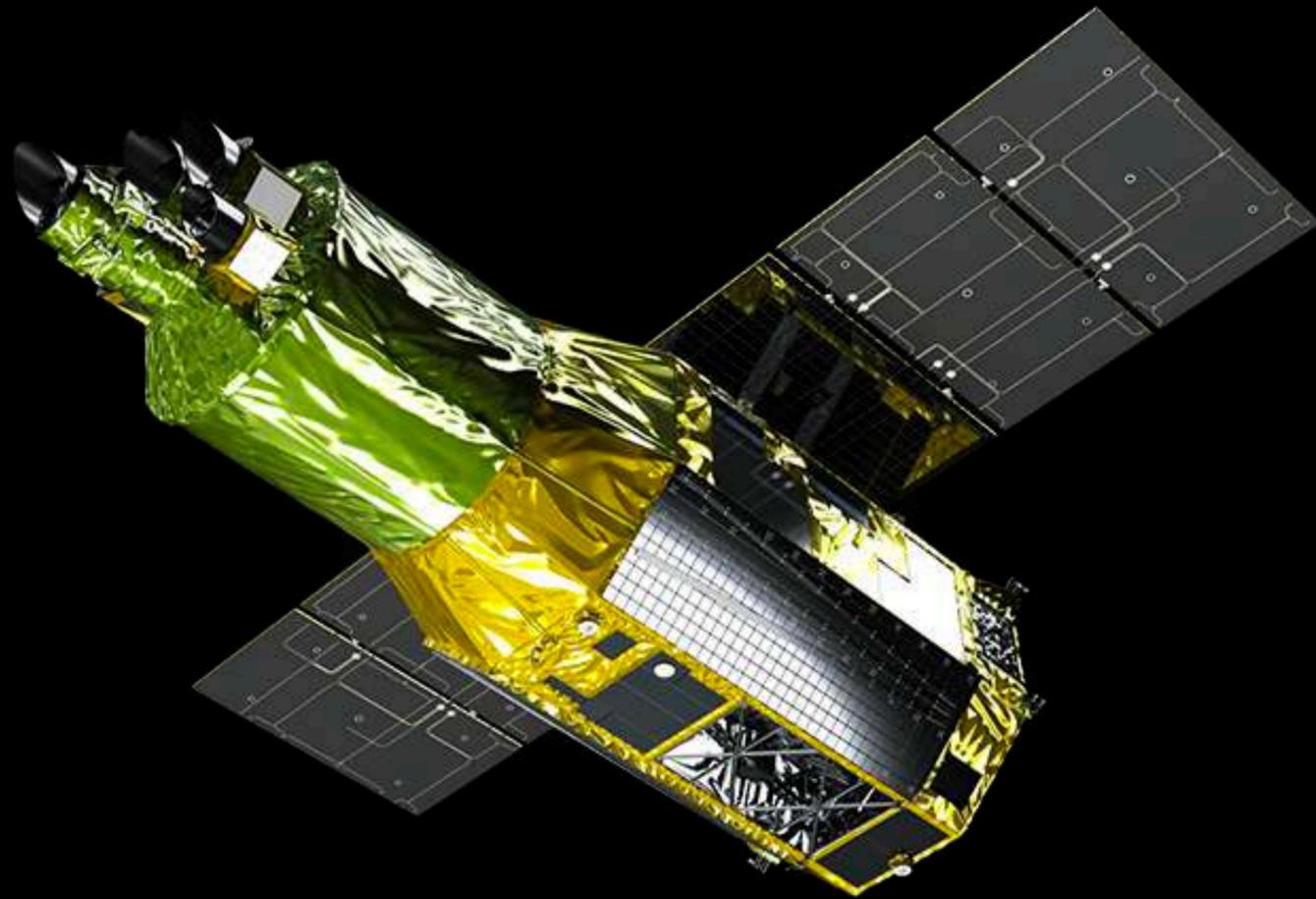


NASA での望遠鏡製作/性能評価 (ものづくり)

明治大学の宇宙研究

私の研究: X線望遠鏡の開発と超新星残骸の観測研究

XRISM衛星(2023年8月26日打ち上げ予定！)

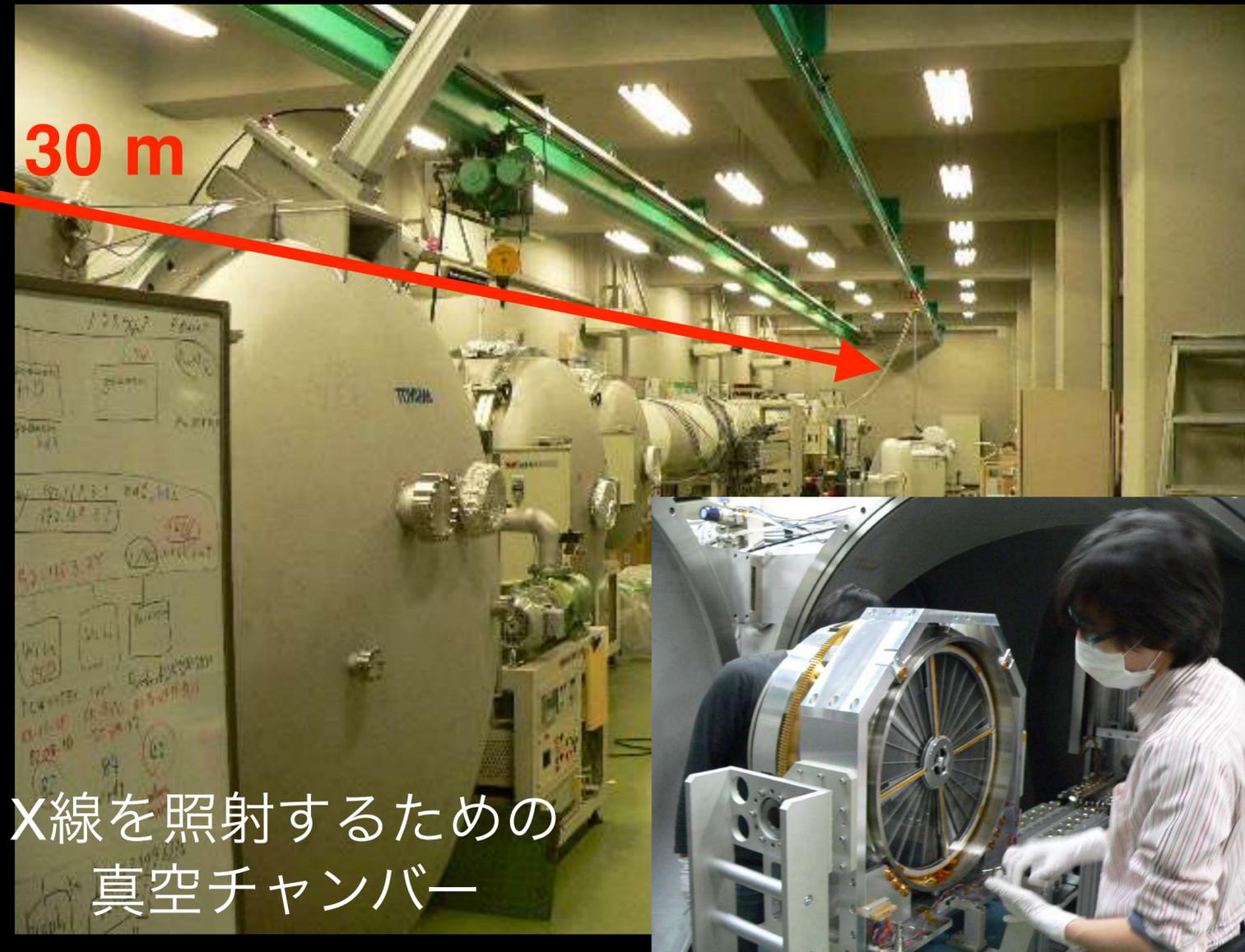


NASA での望遠鏡製作/性能評価 (ものづくり)

明治大学の宇宙研究

私の研究: X線望遠鏡の開発と超新星残骸の観測研究

30 m



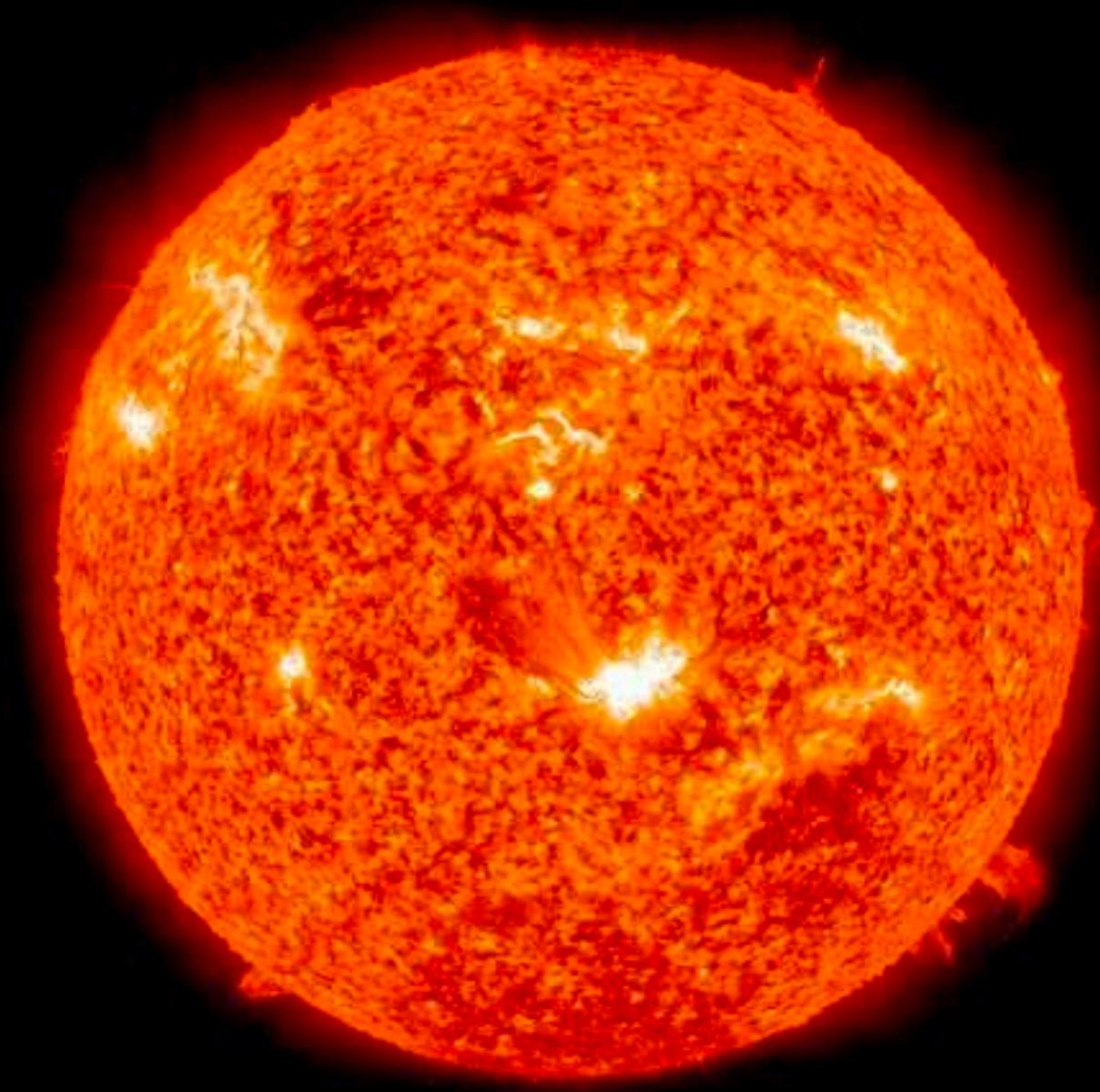
SPring-8 など放射光施設で実験



JAXA宇宙研時代の望遠鏡製作/性能評価 (ものづくり)

最後に一番身近な宇宙物理

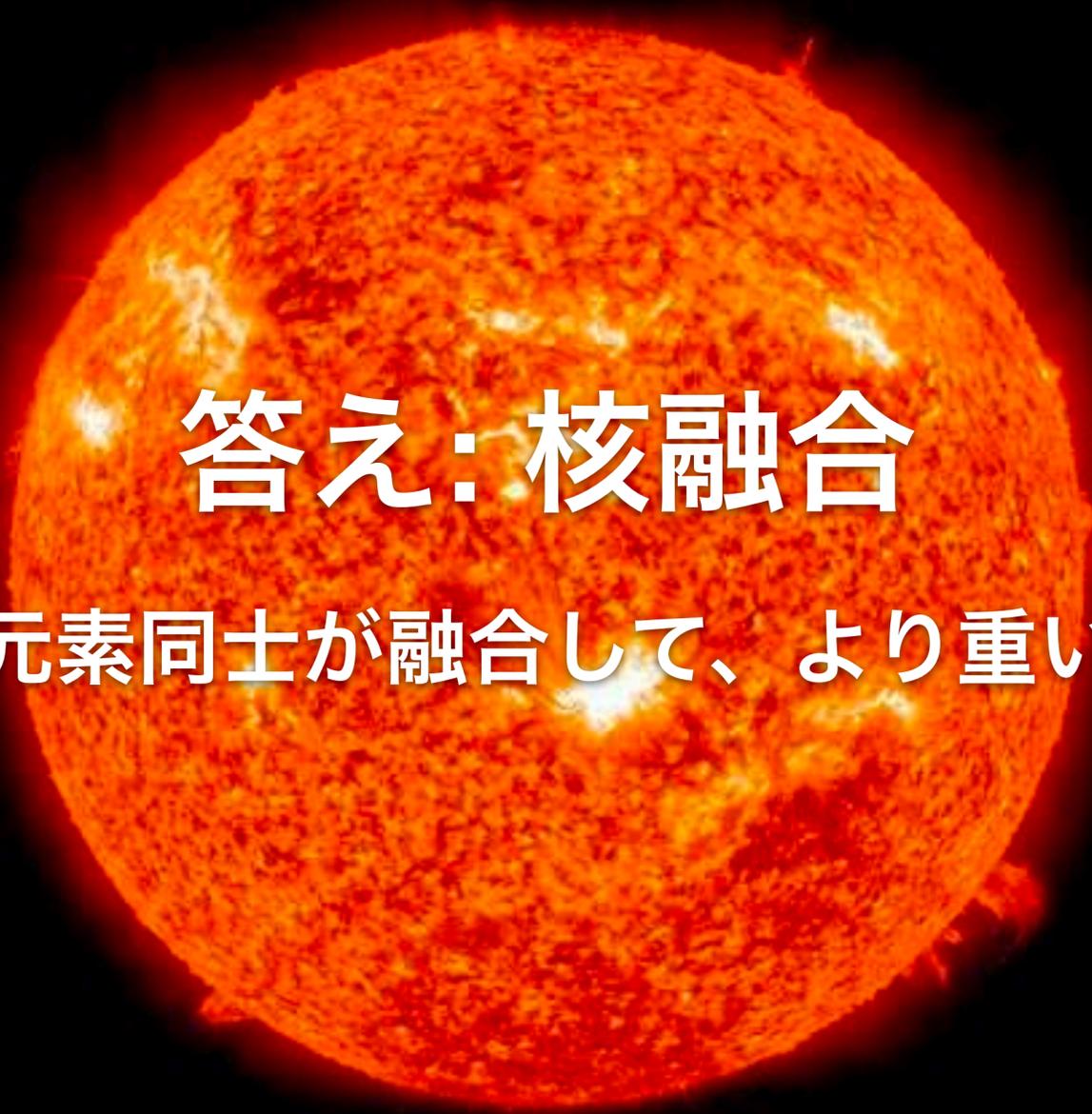
話が少し変わりますが、太陽がどうやって輝いているか知っていますか？



*知っている人もいますが、この謎の解明からたった100年ぐらいしか経っていません

最後に一番身近な宇宙物理

話が少し変わりますが、太陽がどうやって輝いているか知っていますか？



答え：核融合

→軽い元素同士が融合して、より重い元素に

*知っている人もいると思いますが、この謎の解明からたった100年ぐらいしか経っていません

最後に一番身近な宇宙物理

話が少し変わりますが、太陽がどうやって輝いているか知っていますか？

太陽の年齢 ~ **46億歳** (宇宙年齢は 138億年)

太陽の質量 ~ 2×10^{33} g (地球 ~ 6×10^{27} g)

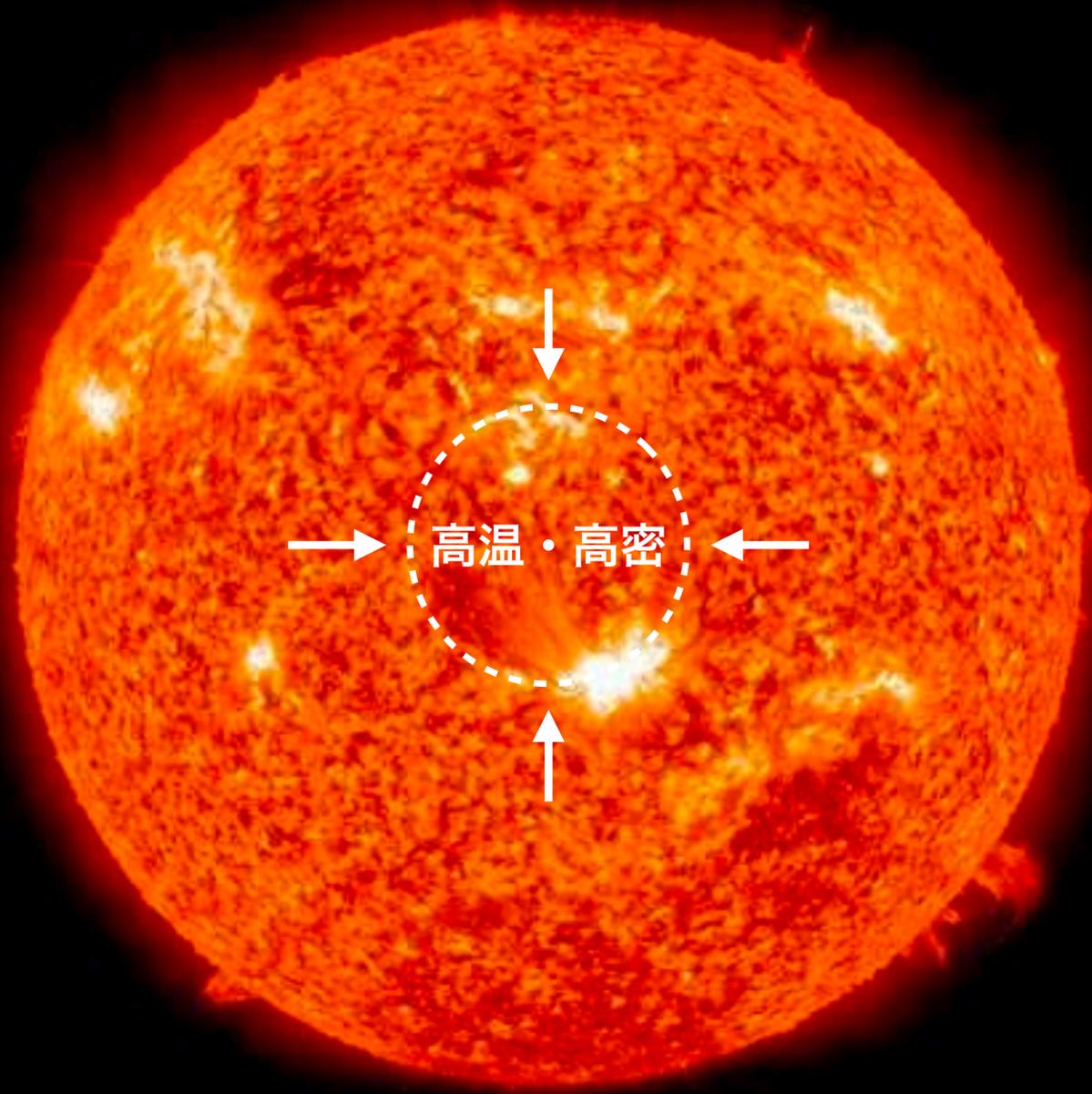
太陽の質量 / 石油燃料で仮定した燃焼率
→ **6000年** で燃え尽きる (全然足りない !!)

核融合で説明できる？

(1920年代 by エディントン)

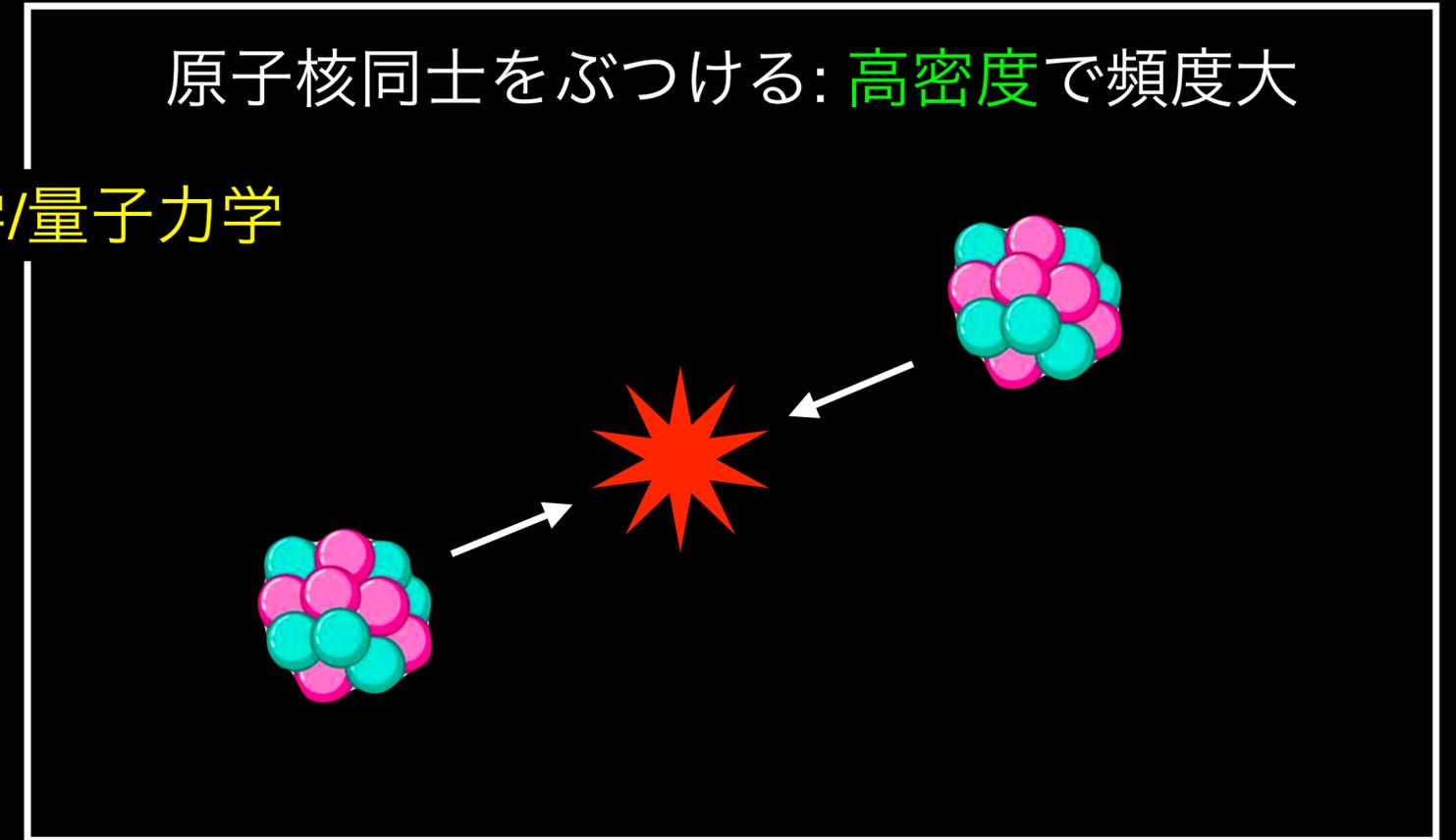
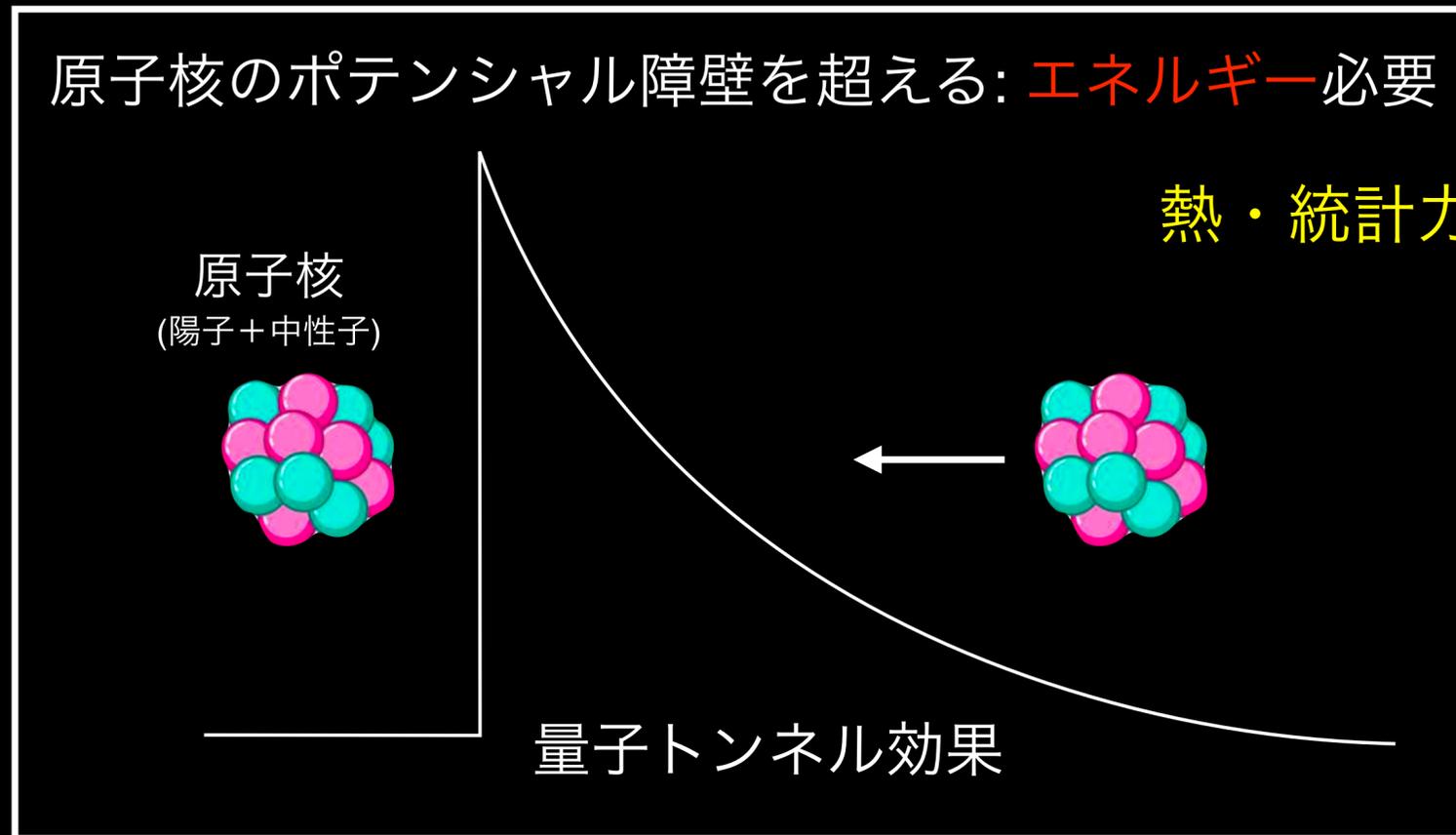
1930年代 太陽の熱源が核反応と確定

(by ハンス・ベーテ: ノーベル賞)



最後に一番身近な宇宙物理

核融合反応 → 超高温・高密度環境が必要



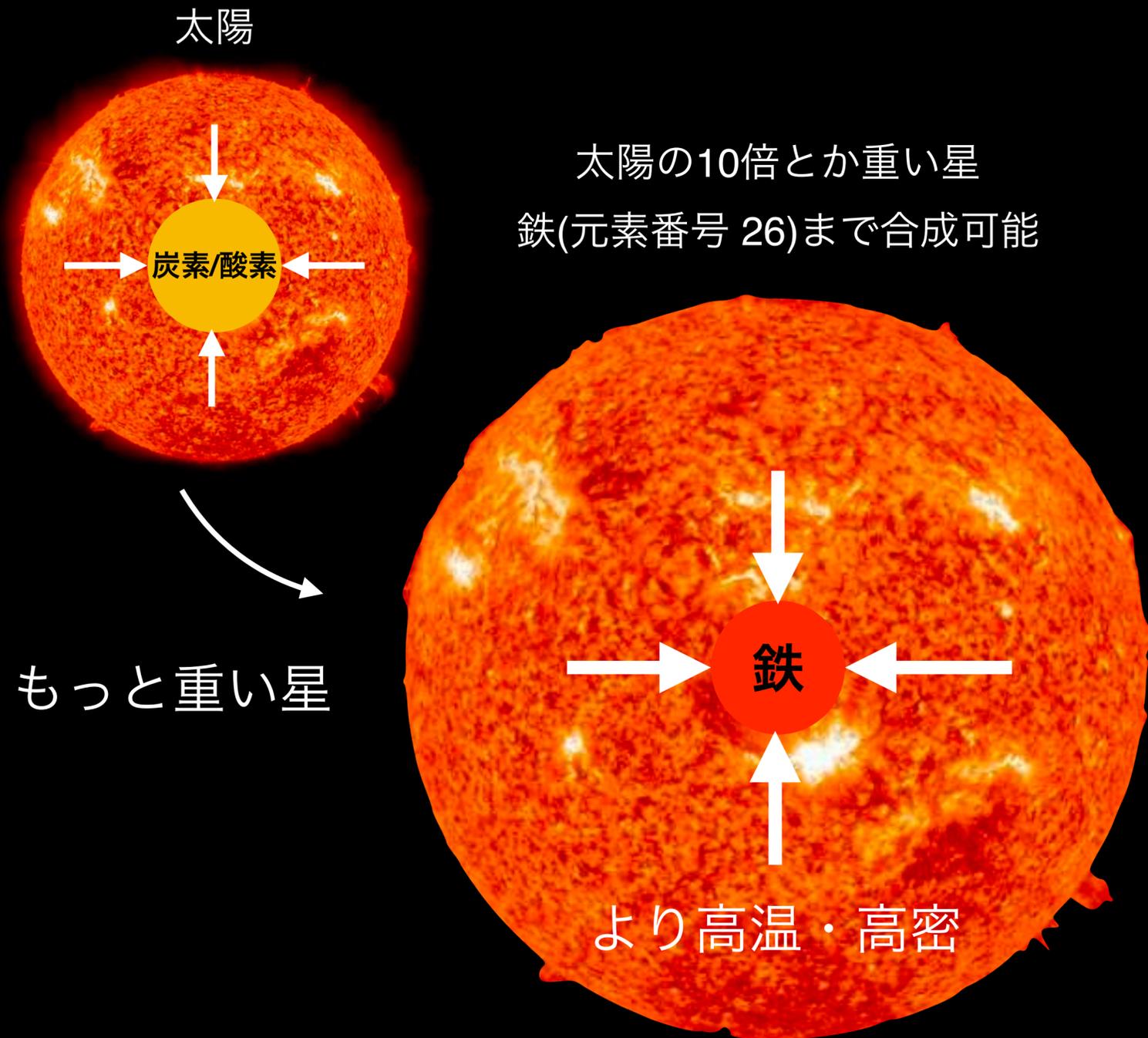
2つの元素が合体する時、質量の一部 (m) がエネルギーに変換

$E = mc^2$ → 膨大なエネルギーを引き抜ける + 新しい元素 相対論

こんな事を効率的にできるのは、星ぐらい(地球上では難しい)

最後に一番身近な宇宙物理

太陽 = 小さな星: 酸素(元素番号 8)ぐらいまでしか合成出来ない



もっと重い星 + 星の爆発が必要

いろんな星を作って、爆発させると
今の宇宙(元素組成)を説明できる?

→ 最も重要な問題の一つ

星の誕生・星の進化・星の死

これを完璧に計算するのは本当に難しい!!

限られた観測事実を元に、多くの
研究者が再現しようと試みている

大学と一緒に宇宙の研究しませんか？