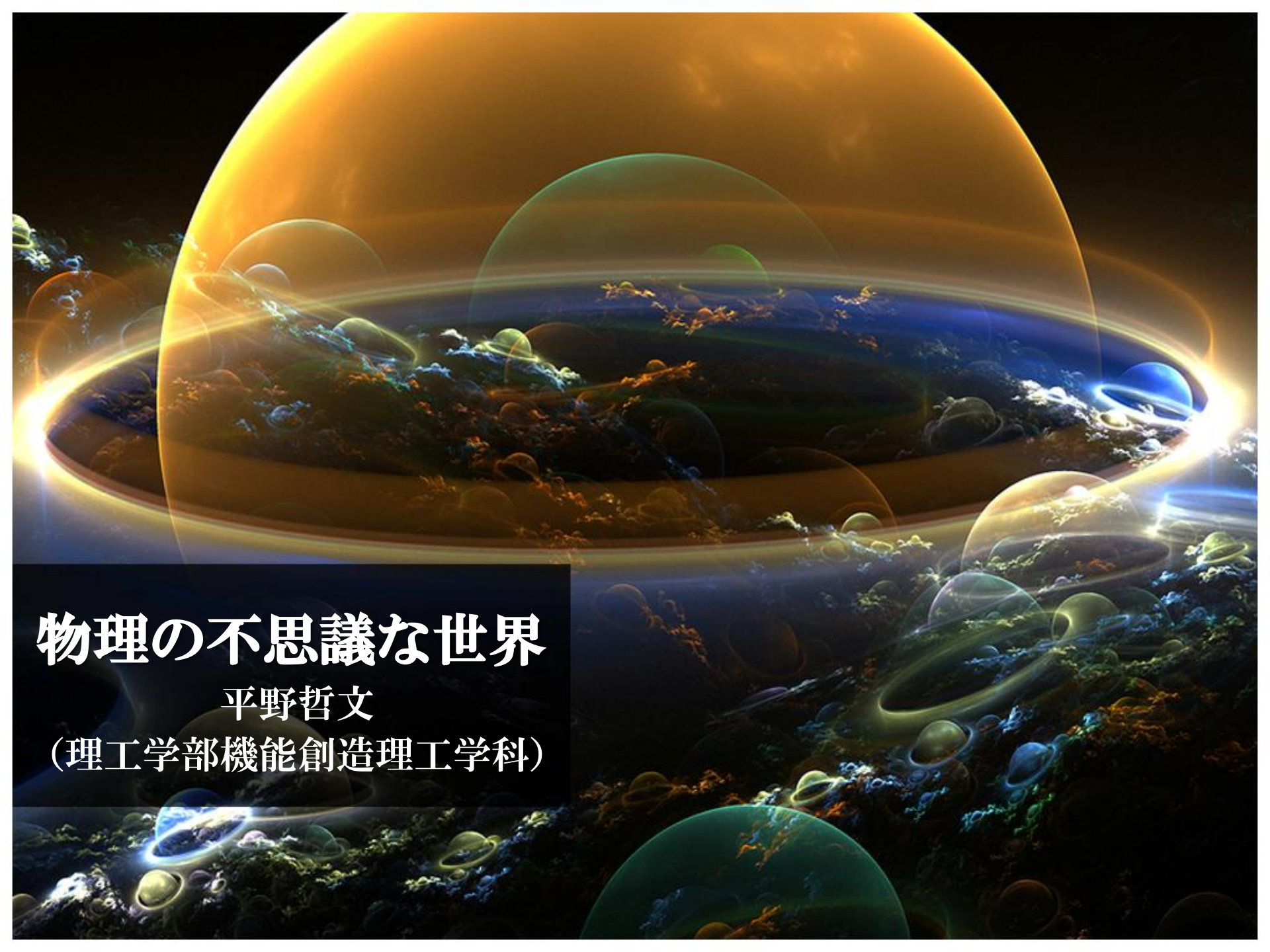




物理の不思議な世界

平野哲文

(理工学部機能創造理工学科)

自己紹介

- 名前：^{ひらの てつふみ}平野哲文
- 所属：上智大学理工学部
機能創造理工学科
准教授
- 専門分野：理論物理学、特に
素粒子物理学と原子核物理学
の中間領域、「クォーク・グ
ルーオン・プラズマの物理」

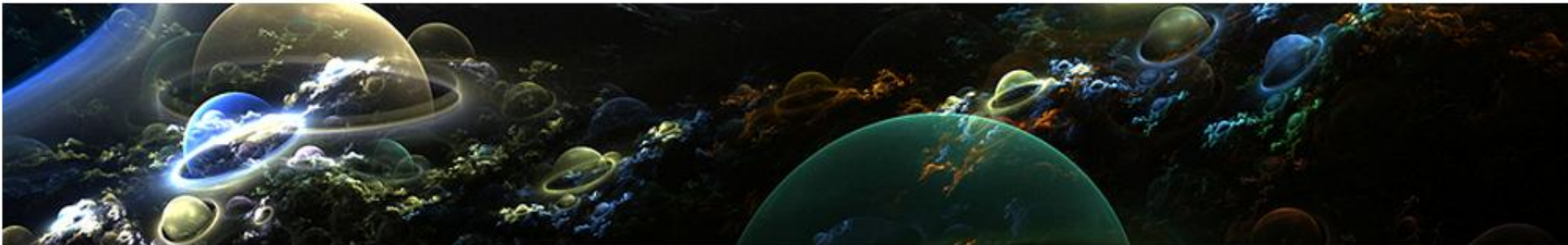




理工学部 機能創造理工学科

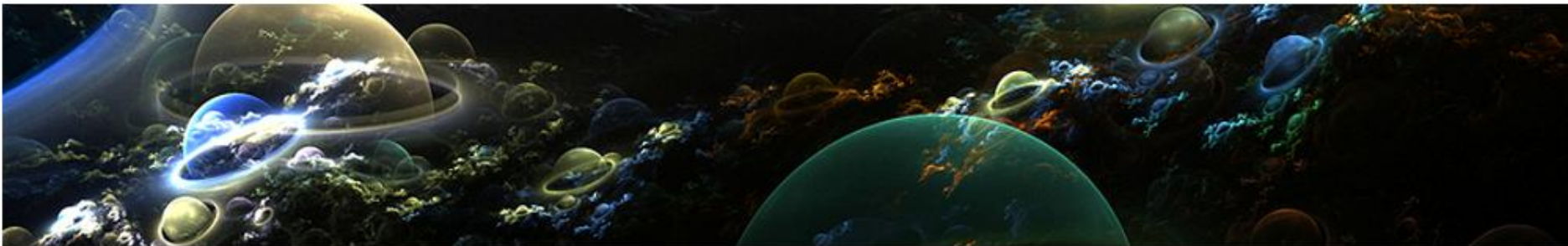
- ラボツアー、教員相談コーナー
 - 1号館1階102室
 - 10:00-16:00 随時受付
 - バナナで釘が打てる温度下での不思議な現象
 - 風洞を用いたいろいろな乱れた流れの速度や乱れの計測
 - 光通信用デバイス作製装置、測定装置の見学
 - 超短パルスレーザーを使った非線形光学現象のデモ
 - 電気の形を変えて、効率よくモノを動かす方法





今日のお題

1. 物理学とはなんだろうか？
2. 我々は何からできているか？
3. 宇宙の始まりに迫る実験
4. ミクロな世界の不思議



朝永振一郎のことば

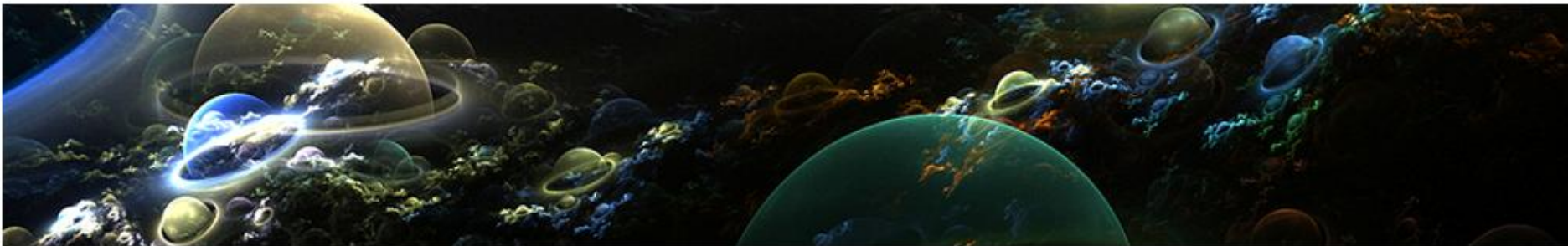
われわれをとりかこむ自然
界に生起するもろもろの現象
—ただし主として無生物にか
んするもの—の奥に存在す
る法則を、観察事実に拠りど
ころを求めつつ追求すること



ノーベル物理学賞受賞
1965年

「物理学とは何だろうか」より



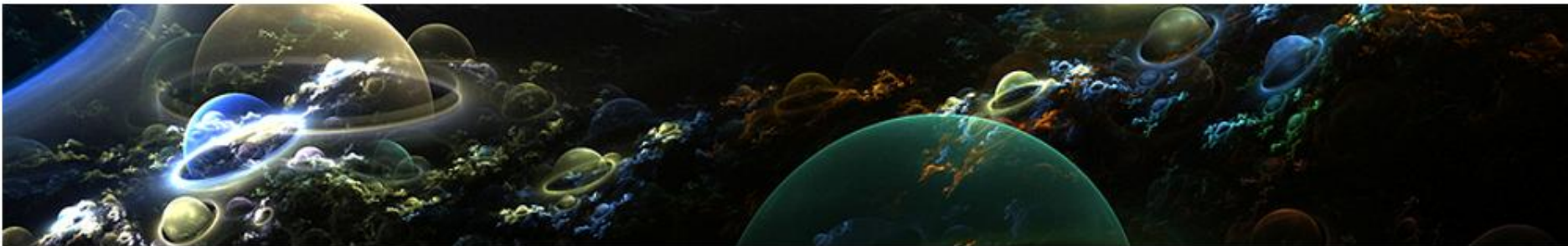


人類永遠の問いかけ

我々は何から
できているか？
宇宙に始まりや終わり
はあるのか？

哲学的な問いに物理で答える





物理の扱うサイズ

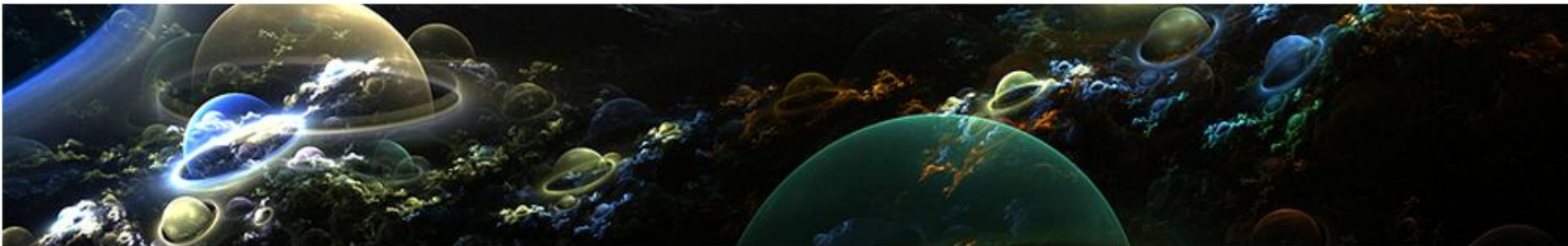
$$10^{-18} \sim 10^{24} m$$

電子の上限半径

宇宙の大規模構造

※実験的に確認はされていないが、理論上は $10^{-35}m$ (プランク長)という大きさの物理を議論している研究者もいる。





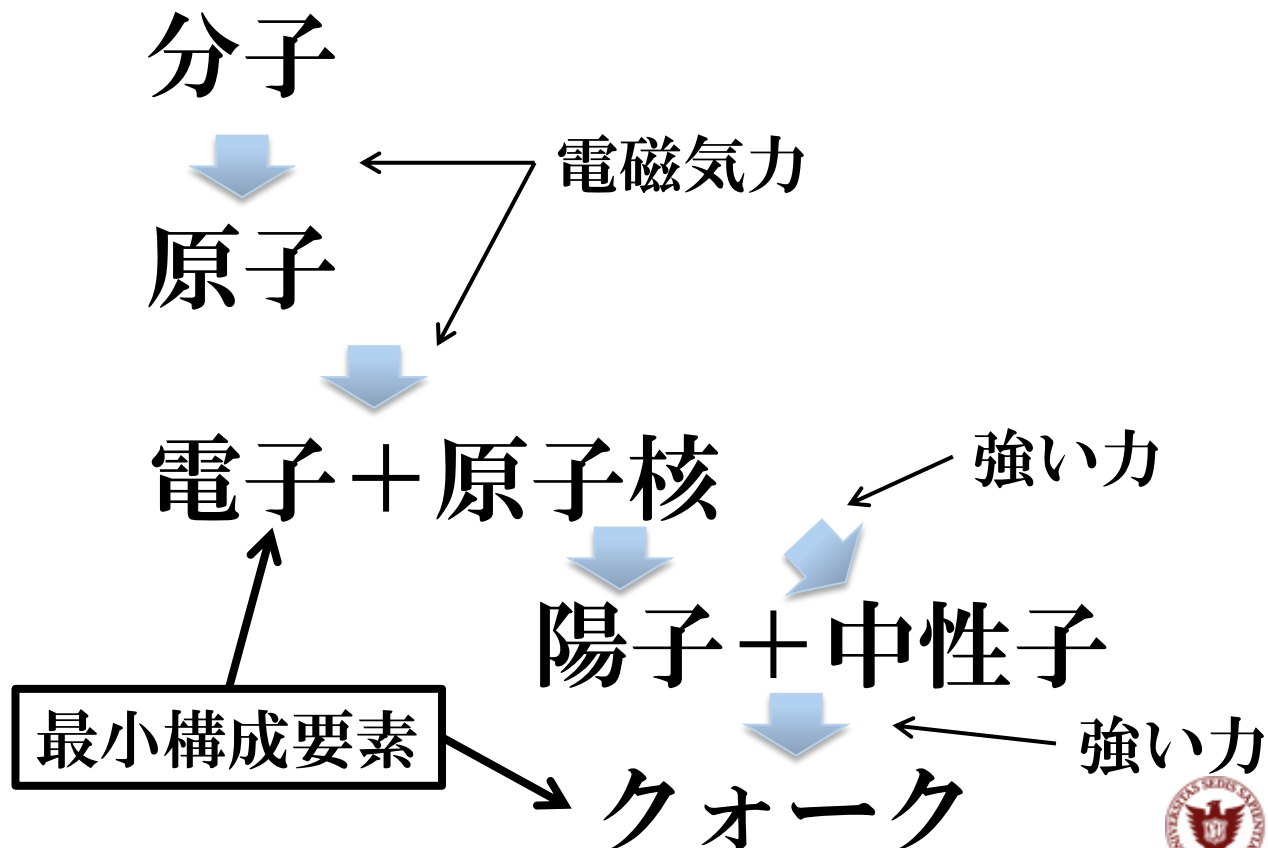
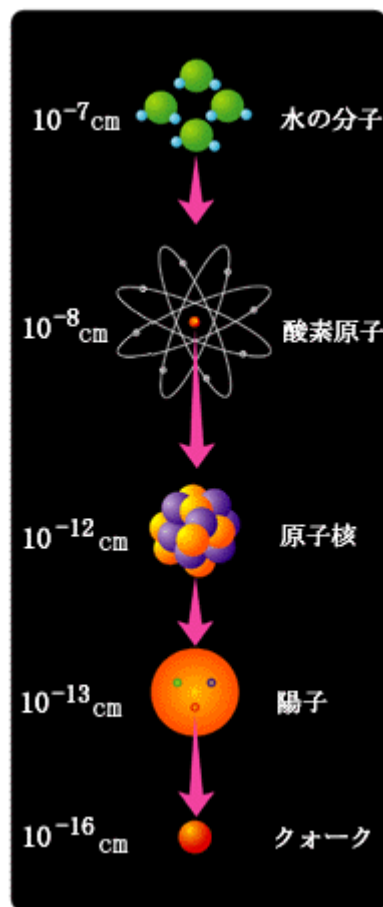
我々は何からできているか？

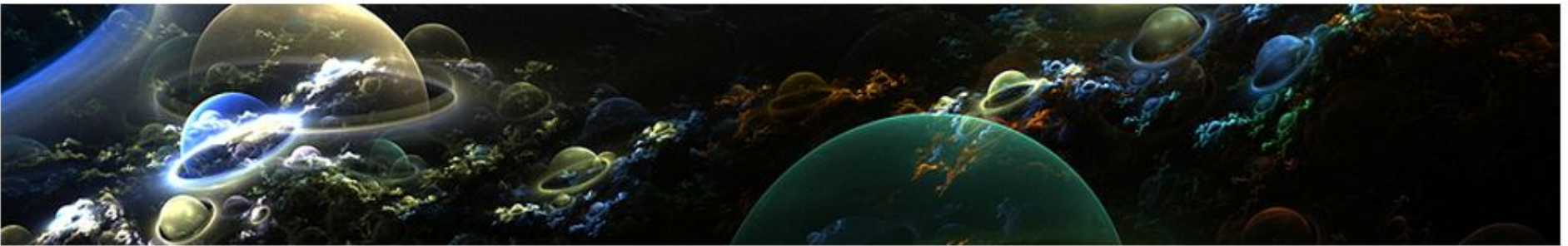


四元説 (紀元前)



物質の階層性の現代的理解





湯川中間子

陽子や中性子を結び
つける力（核力）

力の到達距離 $\sim (\text{質量})^{-1}$

電子の 2 0 0 倍の
質量を持つ新粒子の予言

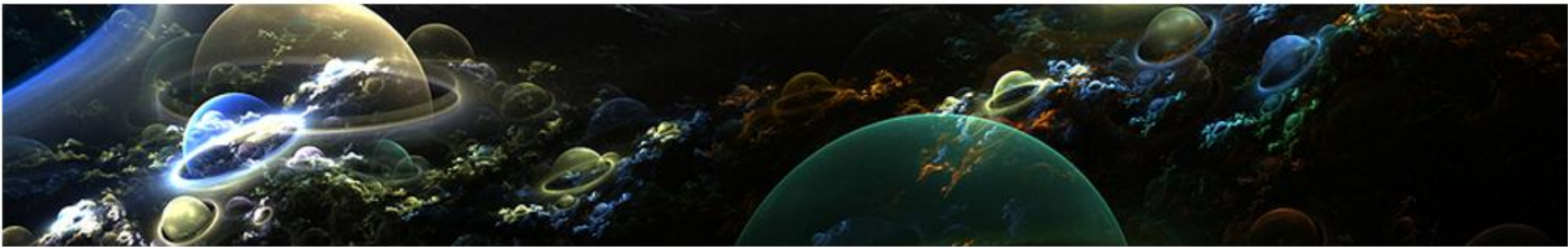
現代的な素粒子物理学の幕開け



湯川秀樹
ノーベル物理学賞受賞
1949年
※戦後復興の精神的支え

Nobelprize.orgより



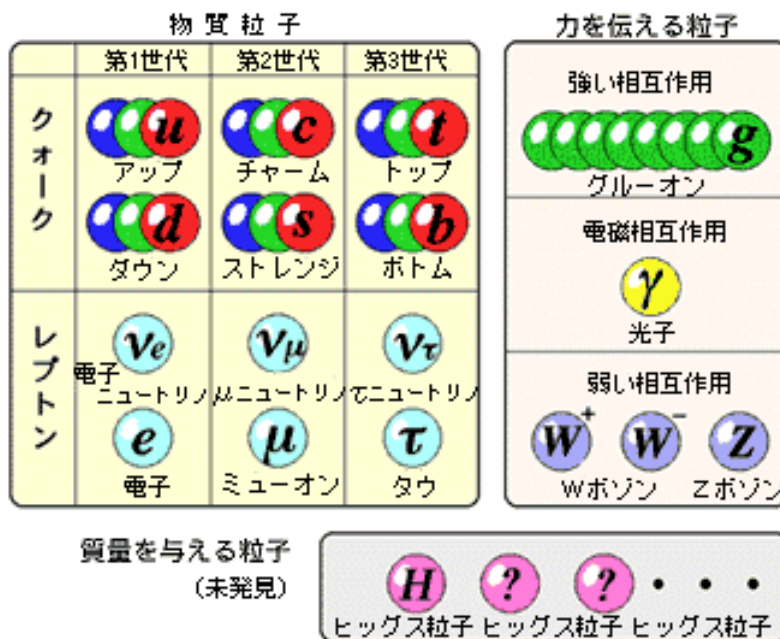


我々は何からできているか？



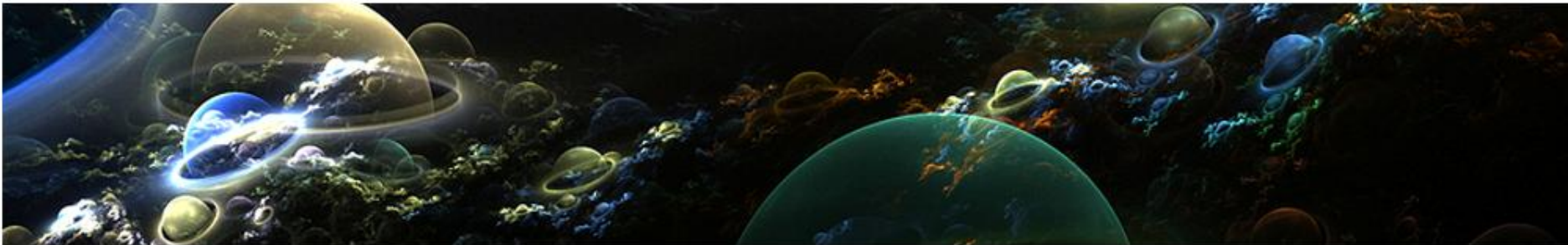
小林誠 益川敏英

3世代6種のクォーク
の存在を予言
ノーベル物理学賞受賞
2008年



南部陽一郎

素粒子物理学における
自発的対称性の破れの提唱
ノーベル物理学賞受賞
2008年



質量とは？

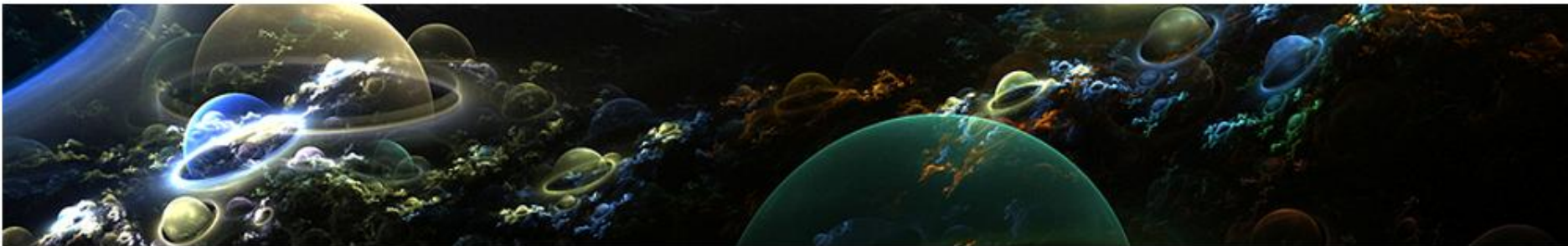
ニュートンの運動方程式

$$ma = f$$

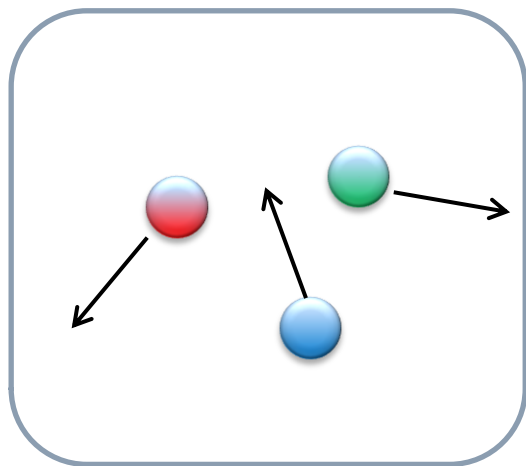
同じ大きさの力 → 質量↑ 加速度↓
質量 = 動かしにくさ (慣性)

そもそも質量の起源とは？

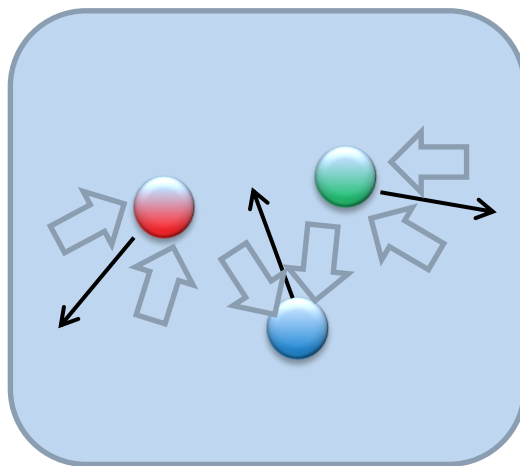




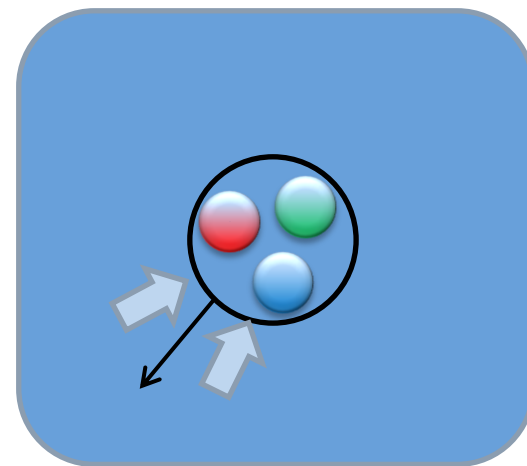
質量の起源？



対称性のある真空



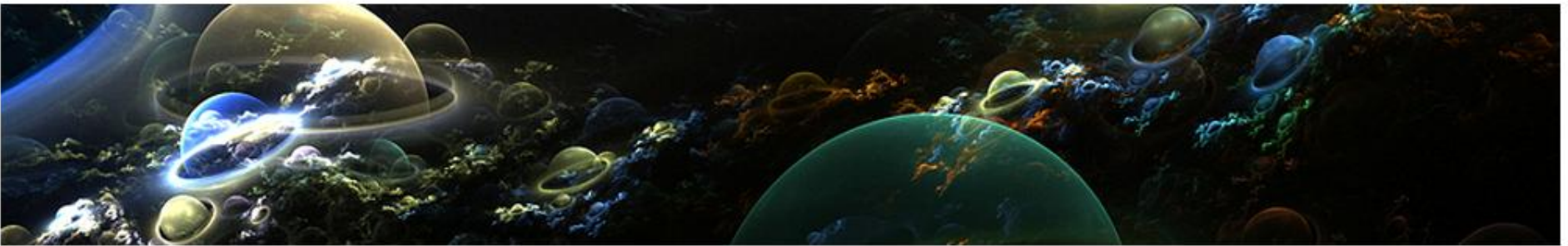
ヒッグス場で満ちた
真空 → クォークが
質量を獲得



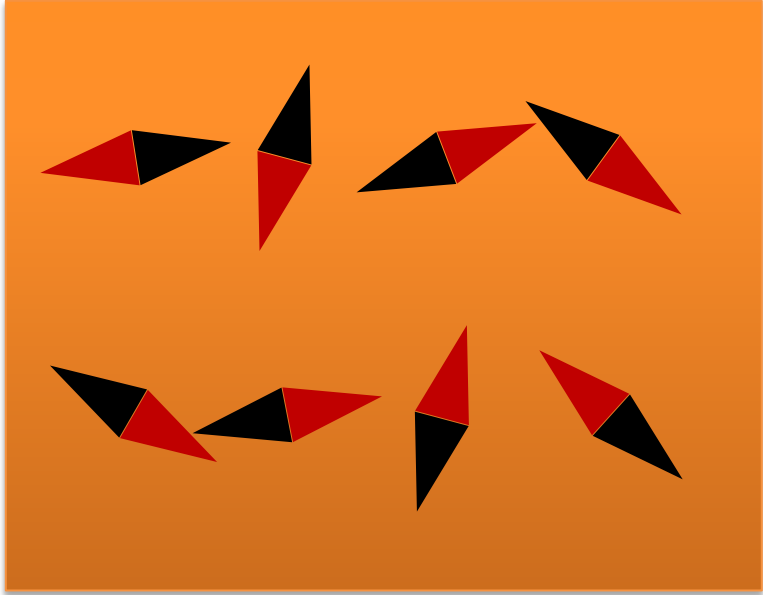
カイラル対称性
の破れた状態
現実の真空

真空はからっぽではない！ (南部理論)

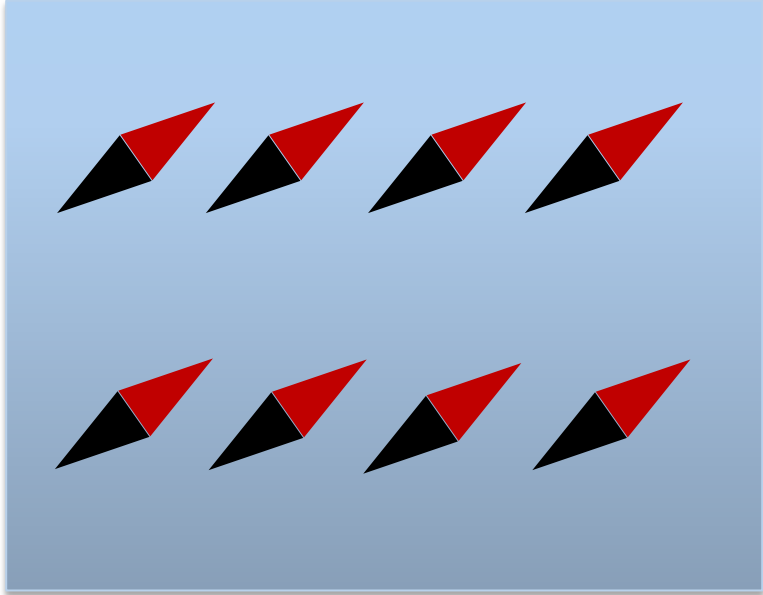




磁石（強磁性体）を用いた例え



高温状態
(対称性が高い)



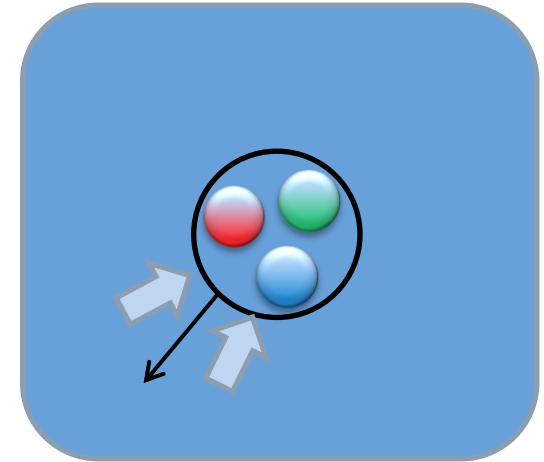
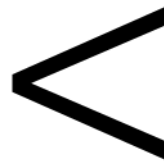
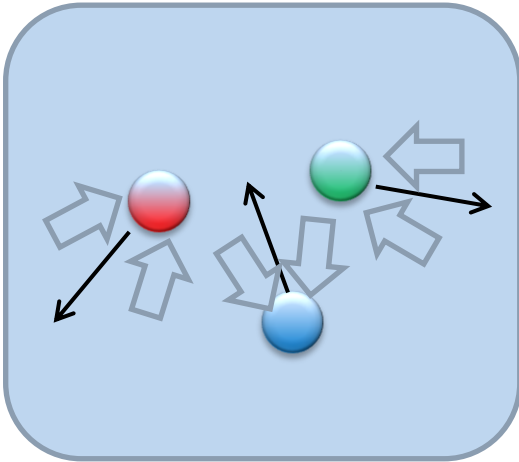
低温状態
(対称性の破れ)



質量の謎？

uクォーク : 3 メガ電子ボルト
dクォーク : 6 メガ電子ボルト

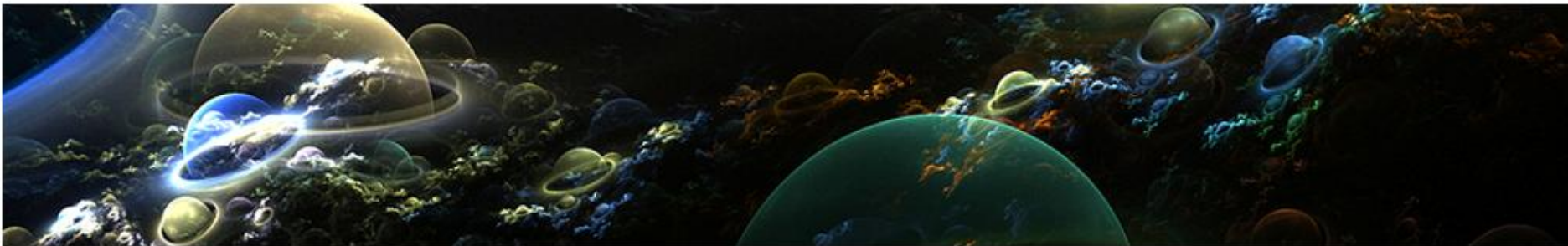
陽子(uud) :
9 3 8 メガ電子ボルト



陽子質量の約 9 8 % は構成しているクォーク
以外からできている。→ 質量の謎！？

※ 1 メガ電子ボルト $\doteq 1.8 \times 10^{-30} \text{Kg}$





ここまでのまとめ

「我々は何からできているか？」

基本構成要素：

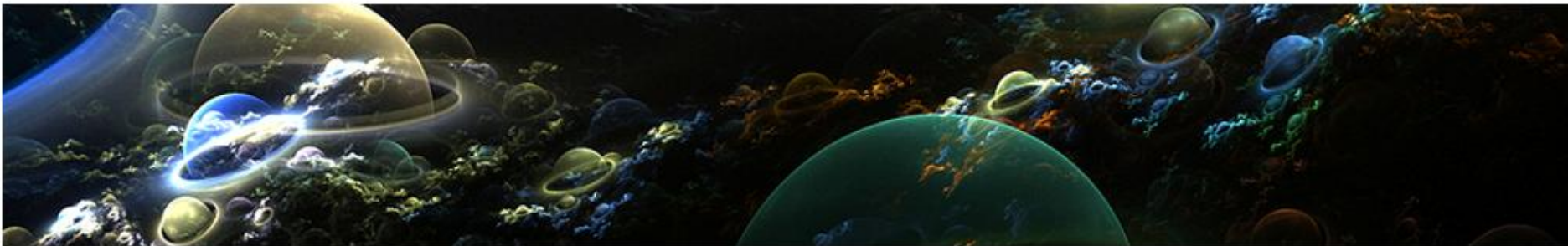
クォークとレプトン（電子の仲間）

それでもまだ謎はいっぱい

質量とは何か？

真空さえも物理の研究対象





余談

南部理論はあまりに時代の先を
行き過ぎてノーベル賞が遅れた！？

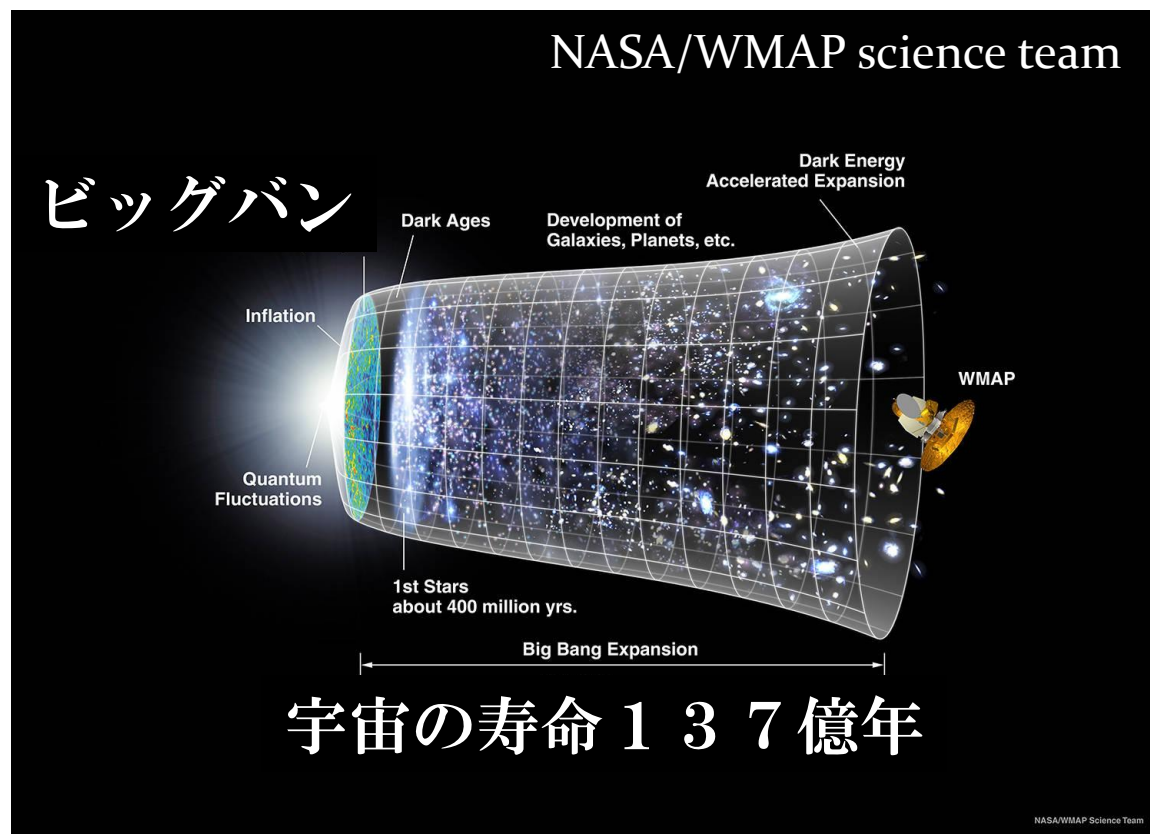
アインシュタイン

(時間と空間の統一的理解)

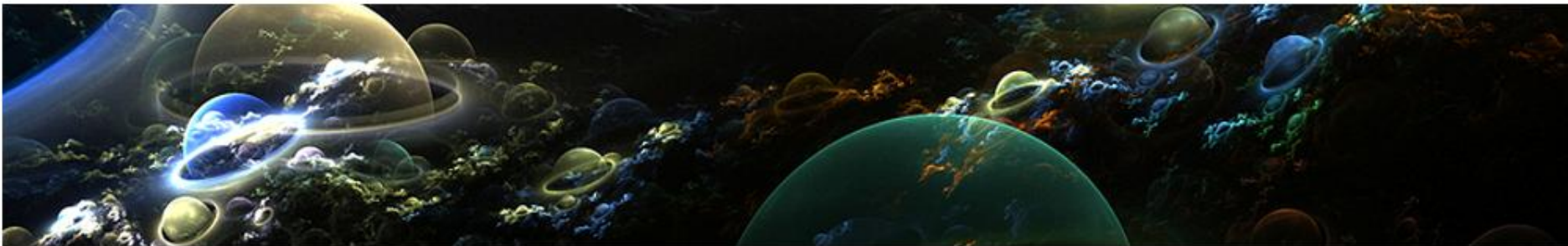
以来の大きなパラダイム転換とも言える



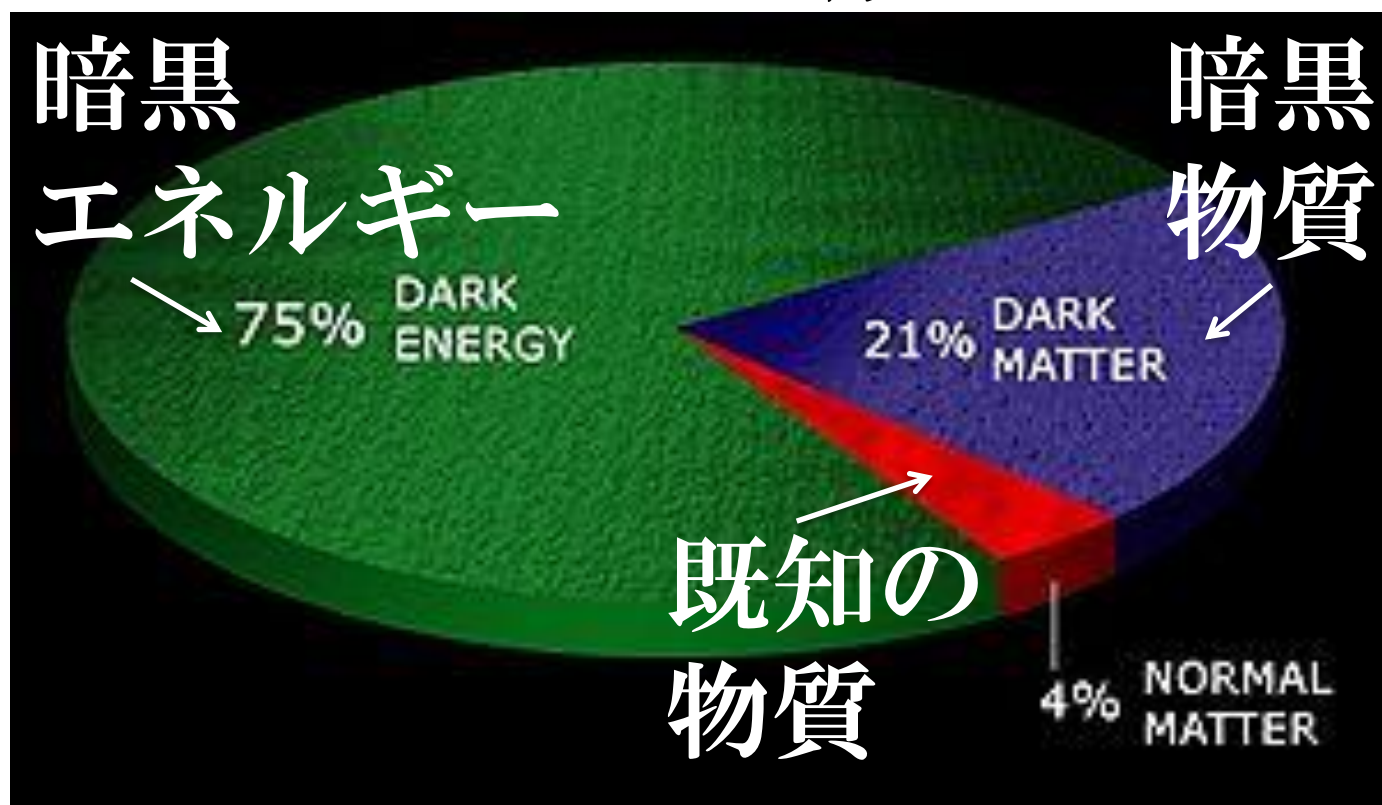
現代物理学における宇宙の歴史



人類英知の結集した成果



宇宙の構成比



謎が謎を呼ぶ → 宇宙の運命を支配



宇宙の始まりに迫る実験！

Large Hadron Collider



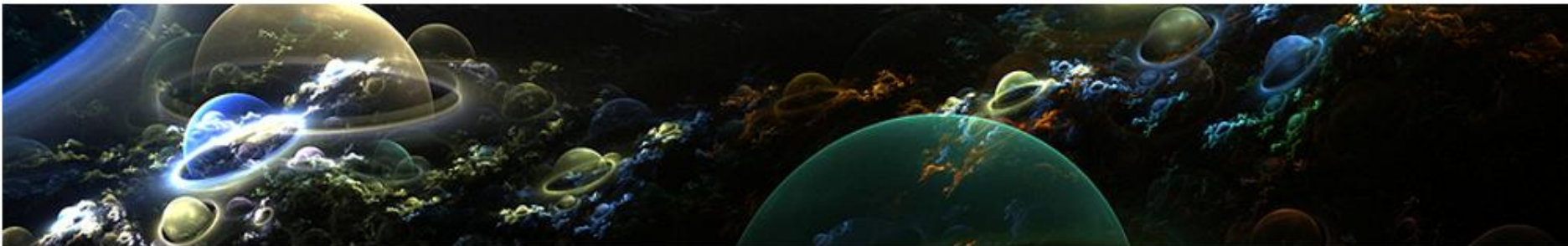
CERN
大型ハドロン衝突型加速器
通称LHC
2008年9月10日稼働
全周約27Km



Google 検索

I'm Feeling Lucky



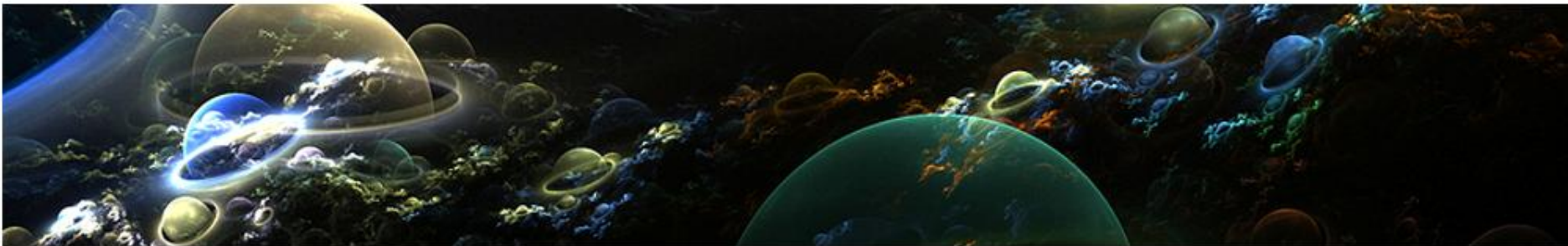


LHCのミッション

- 質量とは何か？
- 宇宙の96%は何からできているか？
- 何故、反物質は無いのか？
- 宇宙の始まりにあった物質は何か？
- 余剰次元はあるのか？

これらの問いに答えるべく建設
された史上最大の実験装置





S F に人気の反物質

著作権上の問題によりスライドを一部改変してあります。

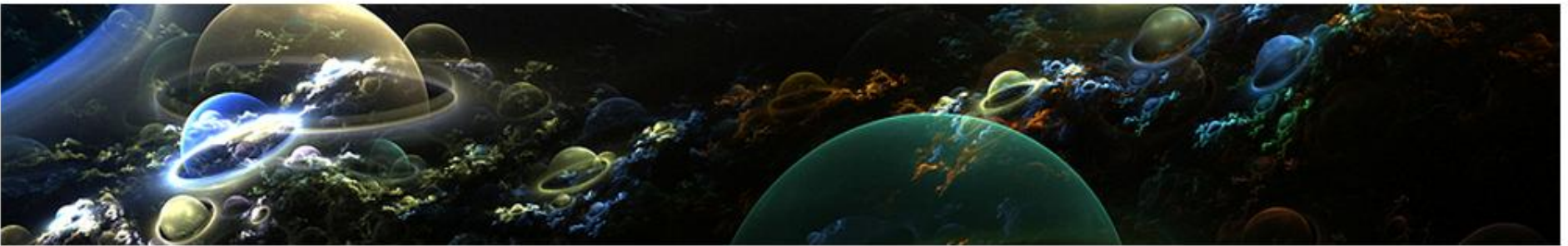
物質＋反物質
⇒ 巨大エネルギー

アインシュタインの式

$$E = mc^2$$

c : 光速度





アインシュタインの式

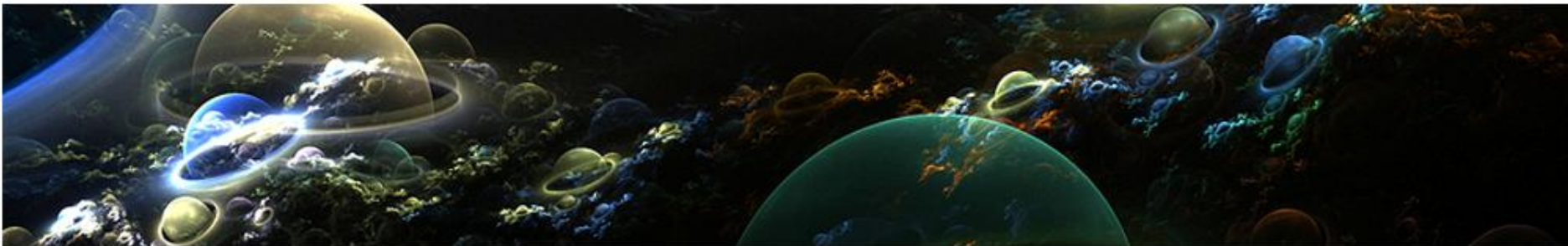
$$E = mc^2 \text{ は本来 } E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\begin{aligned} E &= mc^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \\ &\doteq mc^2 \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) \\ &= mc^2 + \frac{1}{2}mv^2 \end{aligned}$$

公式

x が1に比べて
非常に小さいとき

$$(1 + x)^\alpha \doteq (1 + \alpha x)$$

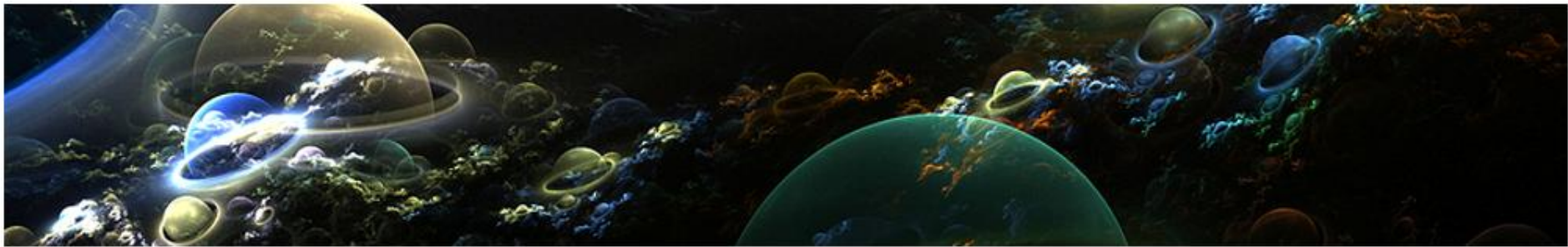


LHCのミッション

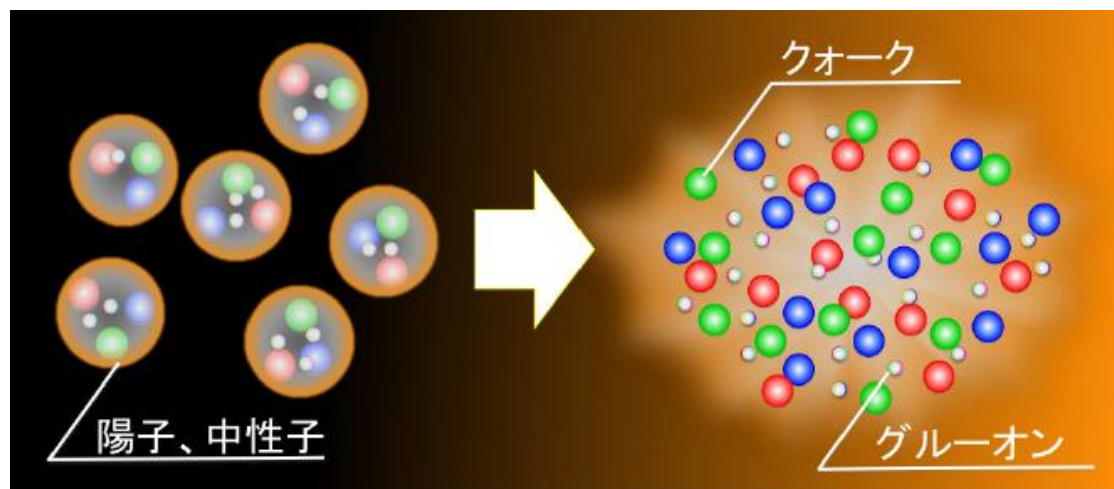
- 質量とは何か？
- 宇宙の96%は何からできているか？
- 何故、反物質は無いのか？
- 宇宙の始まりにあった物質は何か？
- 余剰次元はあるのか？

これらの問いに答えるべく建設
された史上最大の実験装置





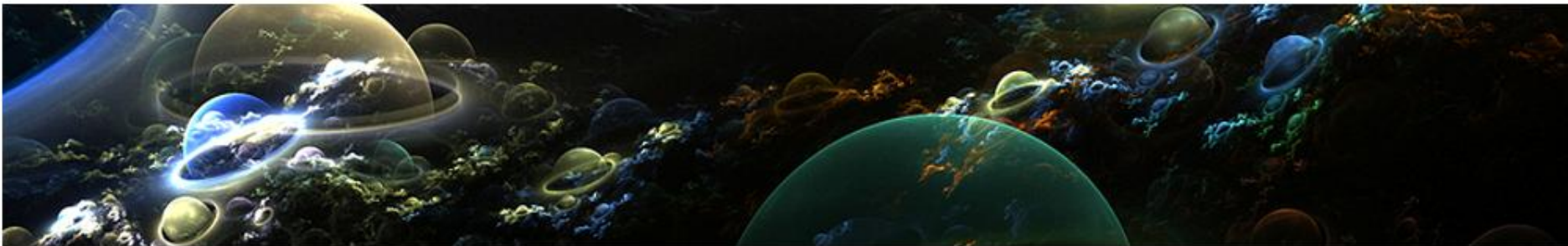
クォーク・グルーオン・プラズマ



著作権上の問題によりスライドを一部改変してあります。

バラバラの
クォークと
グルーオン





超高エネルギー原子核衝突実験

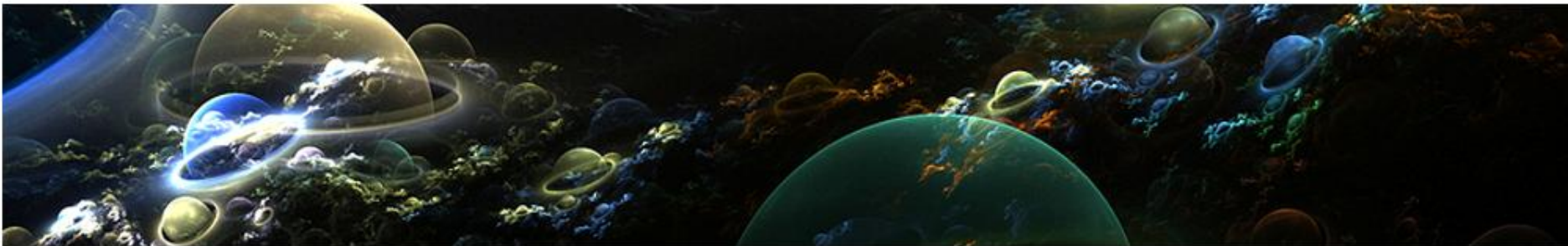
http://youtu.be/p8_2TczsxjM

光速の99.9999%まで
加速された金の原子核同士の衝突



で見れます！





ここまでのまとめ2

- (それほど多く) 存在すると思われてなかったもの：暗黒物質、暗黒エネルギー
- 存在するはず(?)なのに存在していないもの：反物質
- 現代物理学の興味の根幹に関わる大型実験LHCが稼働中 → 近々、大きな進展が見込まれるエキサイティングな時代

ヒッグス粒子発見か？

Collider sees tantalizing | x

www.nature.com/news/2011/110722/full/news.2011.435.html

naturenews Login

nature news home news archive specials opinion features news blog nature journal

comments on this story

Stories by subject

- Physics

Stories by keywords

- Higgs
- ATLAS
- CMS
- LHC
- High Energy Physics

This article elsewhere

- Blogs linking to this article
- Add to Connotea
- Add to Diigo
- Add to Facebook
- Add to Newsvine
- Add to Del.icio.us
- Add to Twitter

Published online 22 July 2011 | Nature | doi:10.1038/news.2011.435

News

Collider sees tantalizing hint of Higgs

Excess events suggest LHC is homing in on elusive particle.

Geoff Brumfiel

For now, physicists are only willing to call them 'excess events', but fresh data from two experiments at the Large Hadron Collider (LHC) are hinting at something unusual — and it could be the most sought-after particle in all of physics.

Both ATLAS and the Compact Muon Solenoid (CMS) experiments are seeing an unusual surplus of events in a rough mass range of 130–150 gigaelectronvolts (energy and mass are used interchangeably in particle physics). The data are far from conclusive, but physicists believe this could be the first indication of the Higgs particle, believed to be responsible for the masses of other particles. The results were presented this afternoon at the [Europhysics Conference on High Energy Physics](#) in Grenoble, France.

Physicists familiar with the experiments urge caution. The new data



Researchers at the Large Hadron Collider say they could confirm the existence of the Higgs boson within a matter of months.

Claudia Marcelloni/CERN

most recent **commented**

- Bomb-blast brain injuries explained
22 July 2011
- Collider sees tantalizing hint of Higgs
22 July 2011
- Alzheimer's disease genes aid the search for preventive drugs
22 July 2011
- Exercise to the people
22 July 2011
- Regulations proposed for animal-human chimaeras
21 July 2011

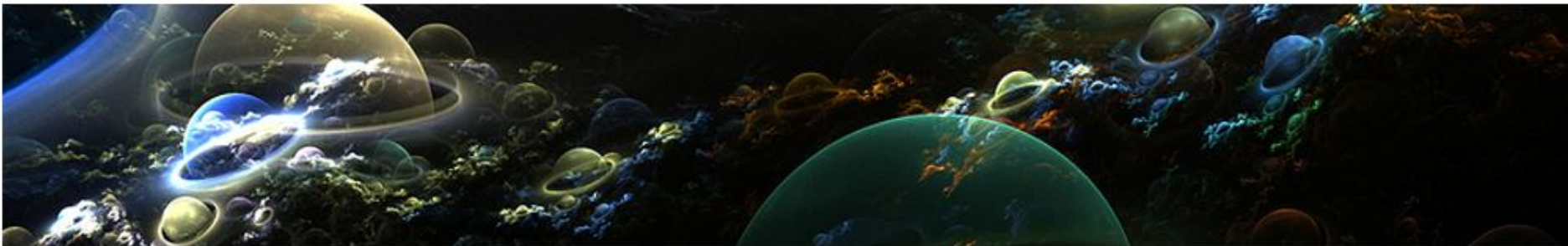
Related stories

- The collider that cried 'Higgs'
10 May 2011
- Beautiful theory collides with smashing particle data
28 February 2011
- High-energy physics: Down the petabyte highway
19 January 2011
- LHC plans extra year for Higgs hunt
10 December 2010

Naturejobs

Researcher at the Department of Plant





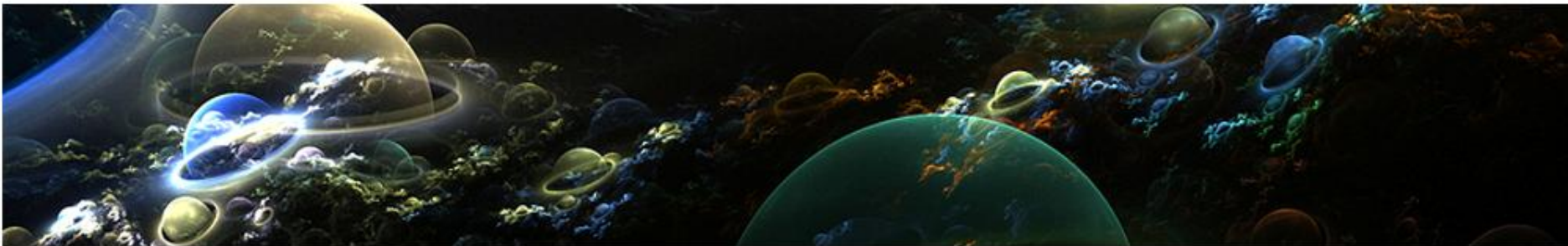
ミクロな世界の不思議

ミクロな世界を支配する法則（力学）

量子力学

物質は「粒子」でもあり「波」でもある





波動粒子の二重性

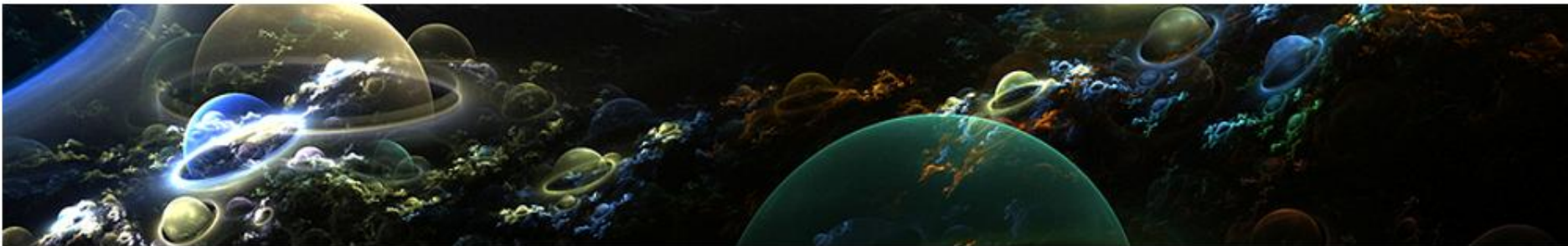
ド・ブロイの関係式

$$\text{粒子性} \left[\begin{array}{ccc} \text{運動量} & p = \hbar k & \text{波数} \\ \text{エネルギー} & E = \hbar \omega & \text{振動数} \end{array} \right] \text{波動性}$$

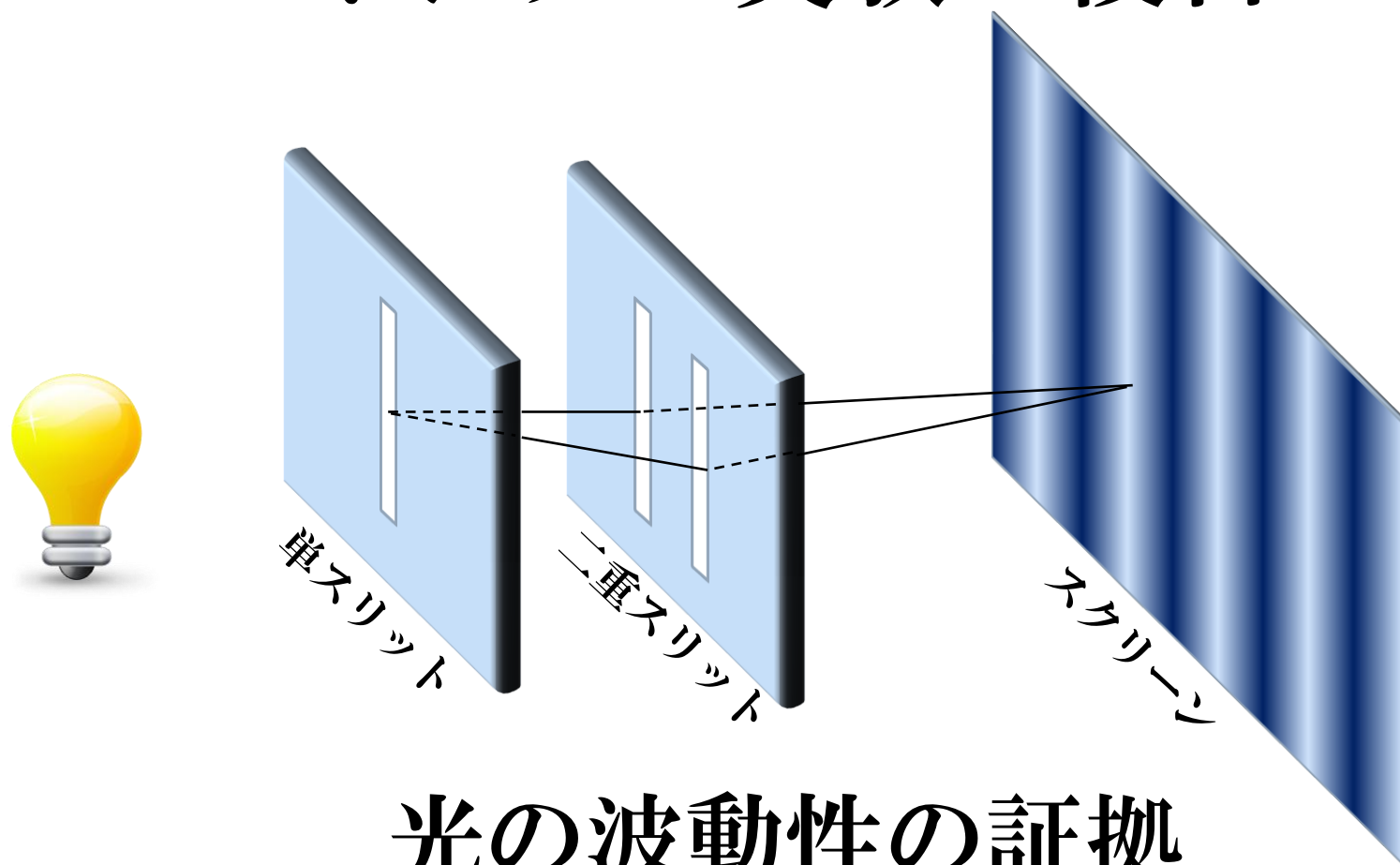
$$\hbar = \frac{h}{2\pi} : \text{プランク定数}$$

プランク定数が波動と粒子を結びつけている





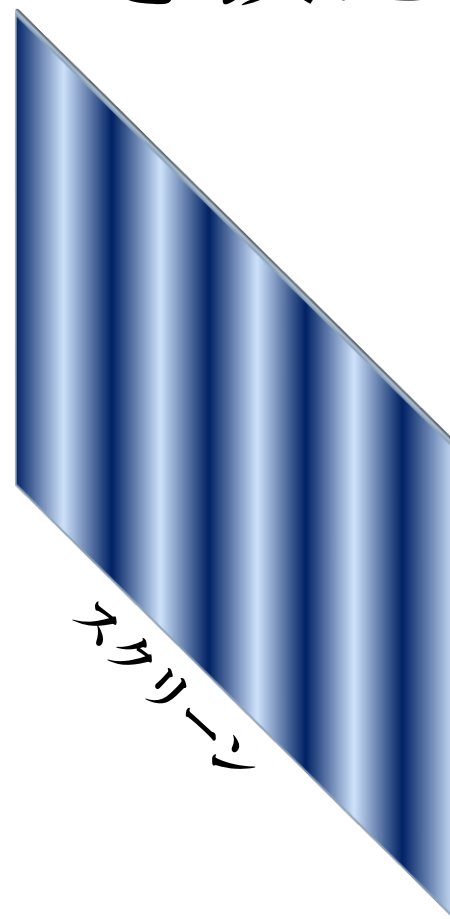
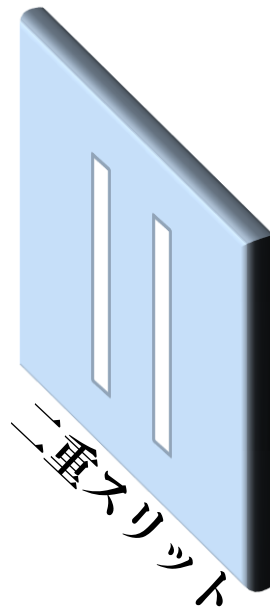
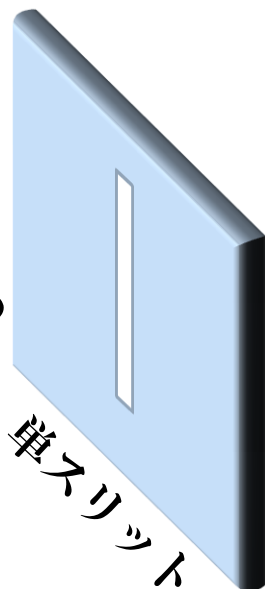
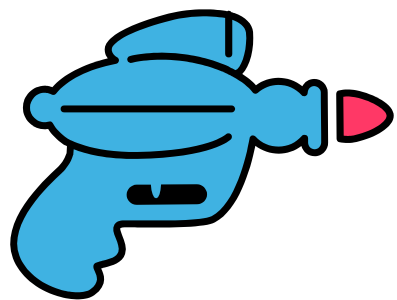
ヤングの実験の復習



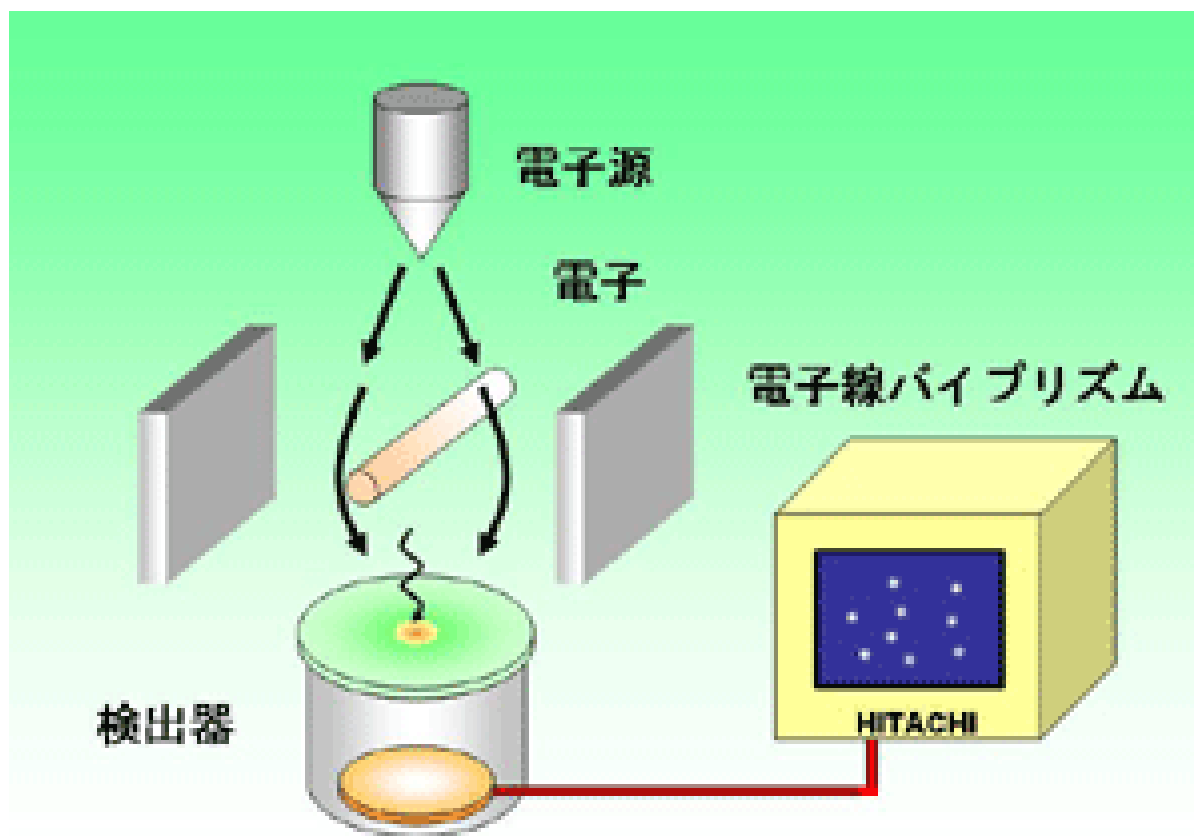
光の波動性の証拠

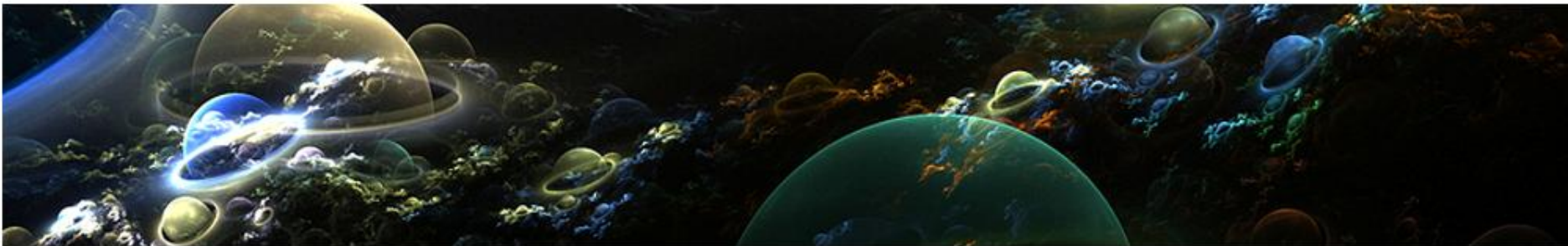


光源を電子銃で置き換え



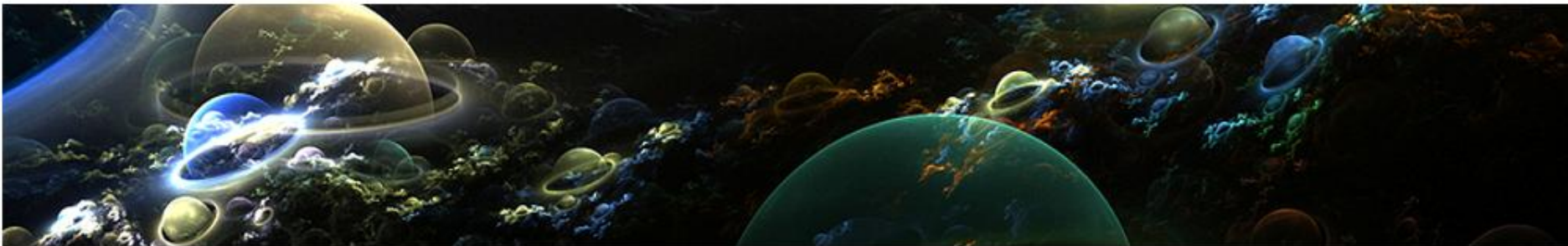
実際の装置の概略図



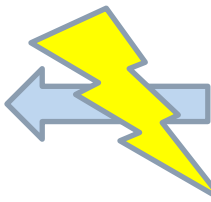


実験結果

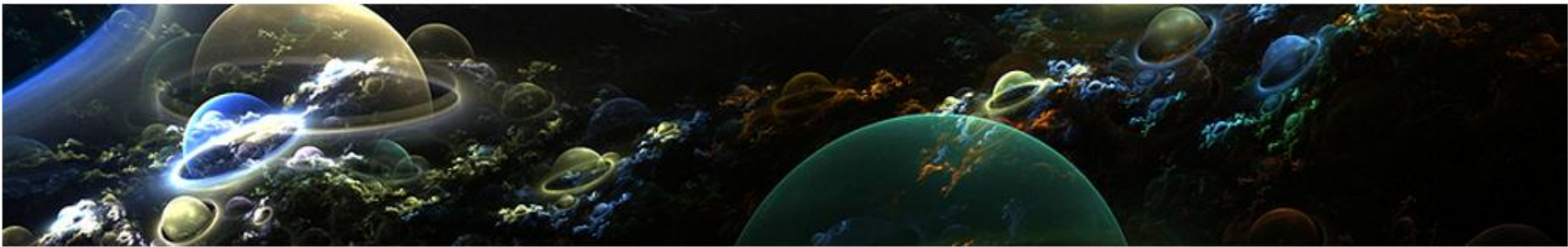
<http://www.hitachi.co.jp/rd/research/em/doubleslit.html>



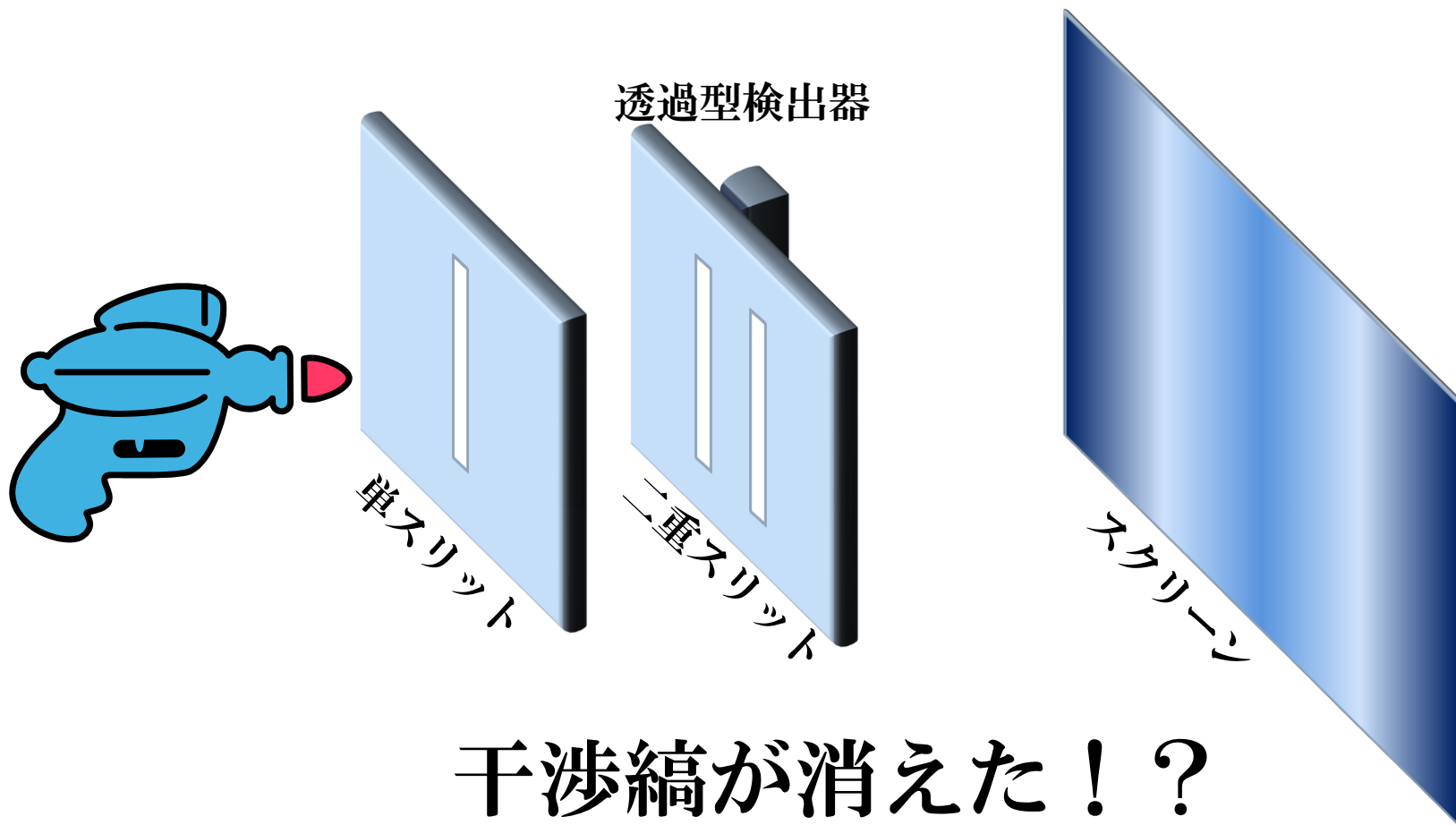
事実は (S F) 小説よりも奇なり
電子銃から放出される電子の密度
→ 十分低い

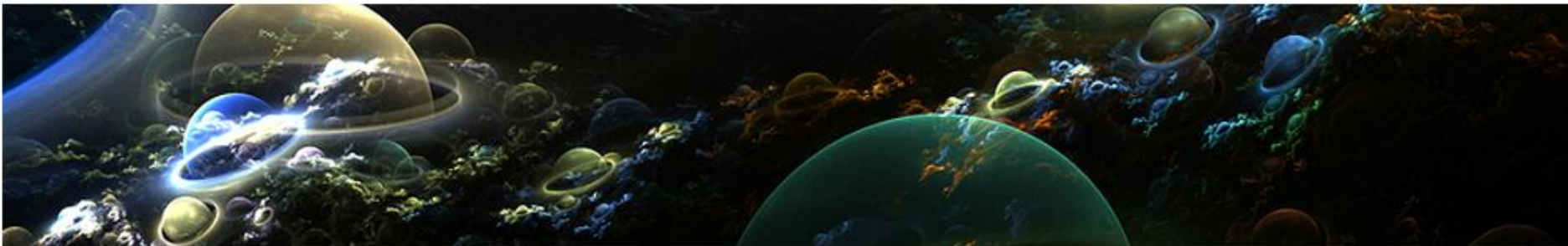
干渉縞  多数の電子の相互作用

一個の電子が同時に二つの
スリットを波として通過！？



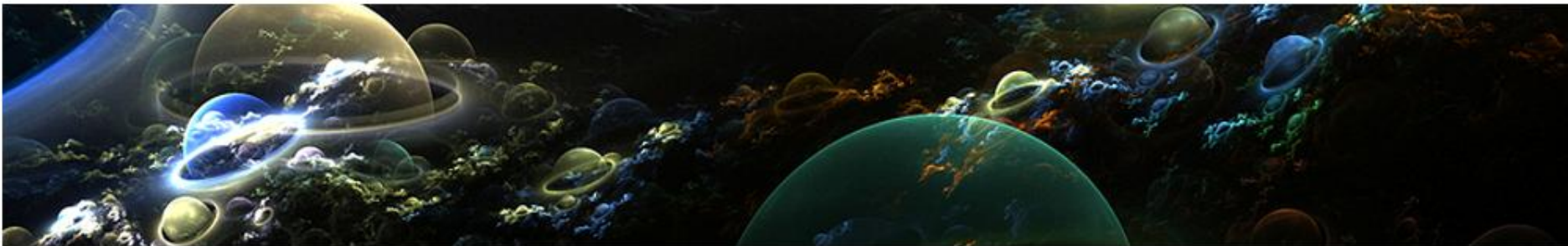
どちらのスリットを通ったのか？





まとめ

- 物理学は宇宙の始まりにも迫ることのできる学問
- 物理学は不思議な世界を教えてください。
- 物理学は謎を解き、新たな謎を呼ぶ。



御清聴ありがとうございました。

みなさんの中から物理を志す学生が
多く出てくることを期待します。

平野哲文

