

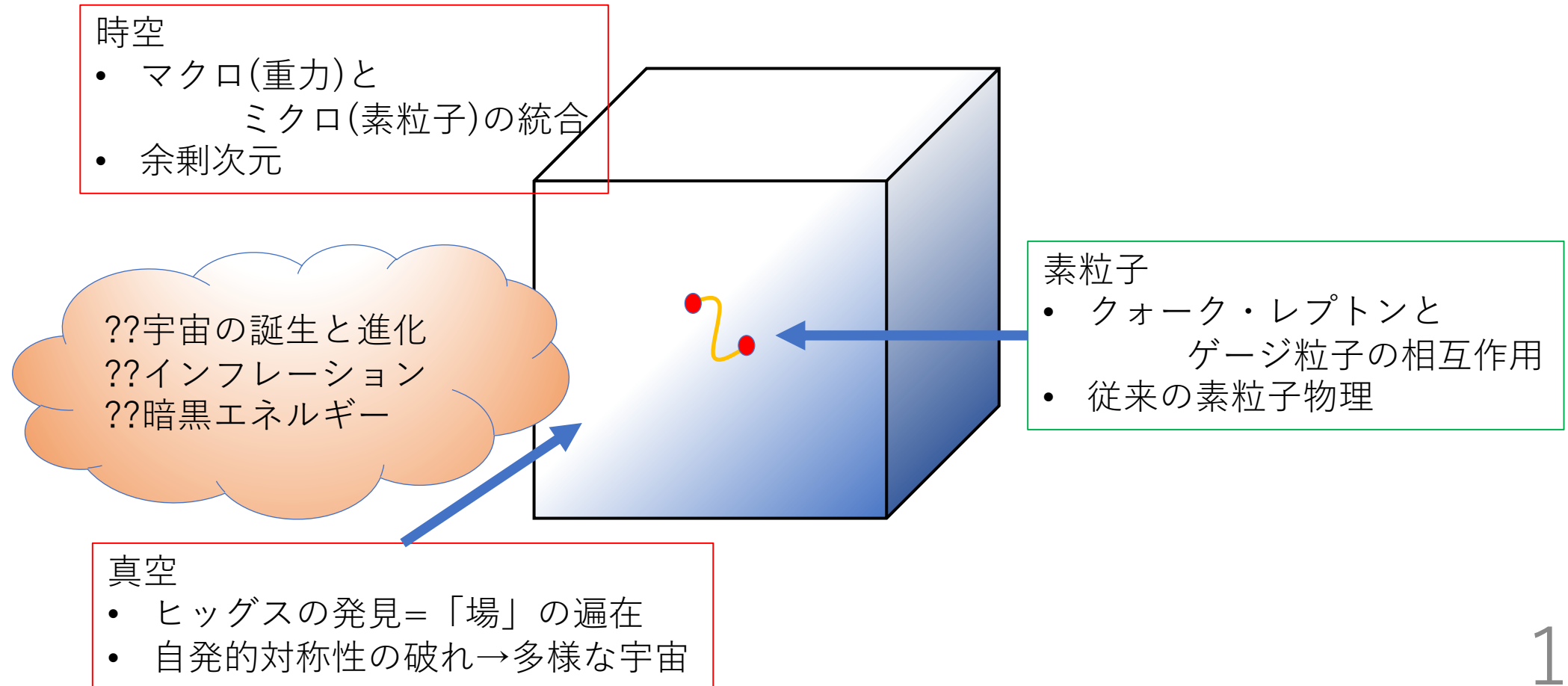


Tabletop実験全体紹介

難波俊雄（素粒子物理国際研究センター）

Tabletop 実験班のテーマ

- 大型加速器を使わない(大型加速器ではできない) **新たな素粒子実験**
- 「粒子の研究」→容れ物である「**真空・時空**の研究」



Tabletop 実験班のコンセプト

基本的に一人一テーマ

- **自分自身の**プロジェクト
自分のペースでできる!
- 企画、設計、製作、測定、解析**すべて**できる
研究者としての経験をつめる!
- 数年の短期間で**物理的成果**を上げる
論文という目に見える実績が挙げられる!
(当たればでかいが、外れても論文は書ける)



LHC実験 ⇔ Tabletop実験

掛け持ち/テーマ替えも可

例えば修士:Tabletop → 博士:LHC

実験1: 光と光をぶつける

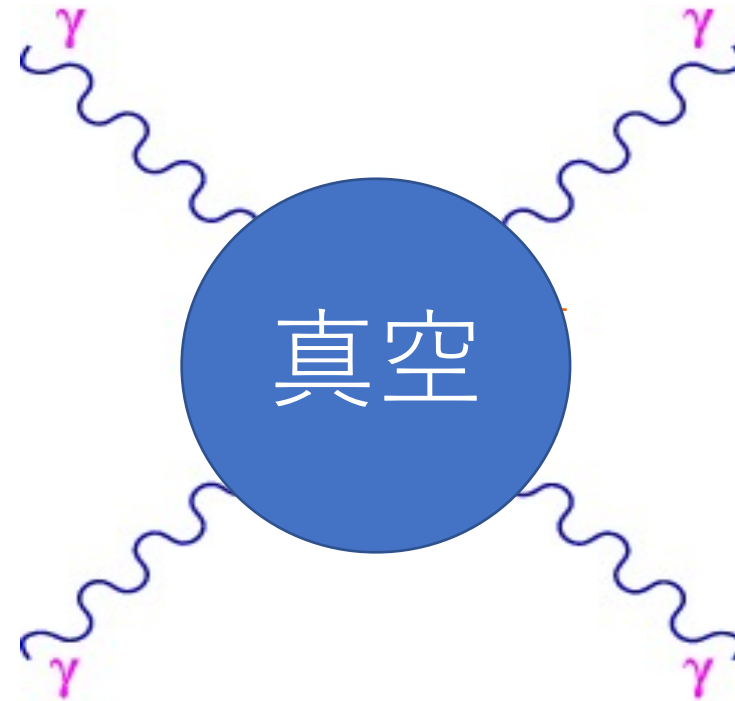
電子や陽子の代わりに光と光をぶつけて、**真空の場**を励起する

励起する候補

- ダークエネルギー?
 - Dilaton/Axion?
 - QED(仮想電子対)
 - ??(MeVの物理)
 - QCD(QGP)
 - 電弱真空(Higgs)
- ↑ $\mu\text{eV? meV??}$
keV
MeV
↓ 100GeV

光を使うメリット

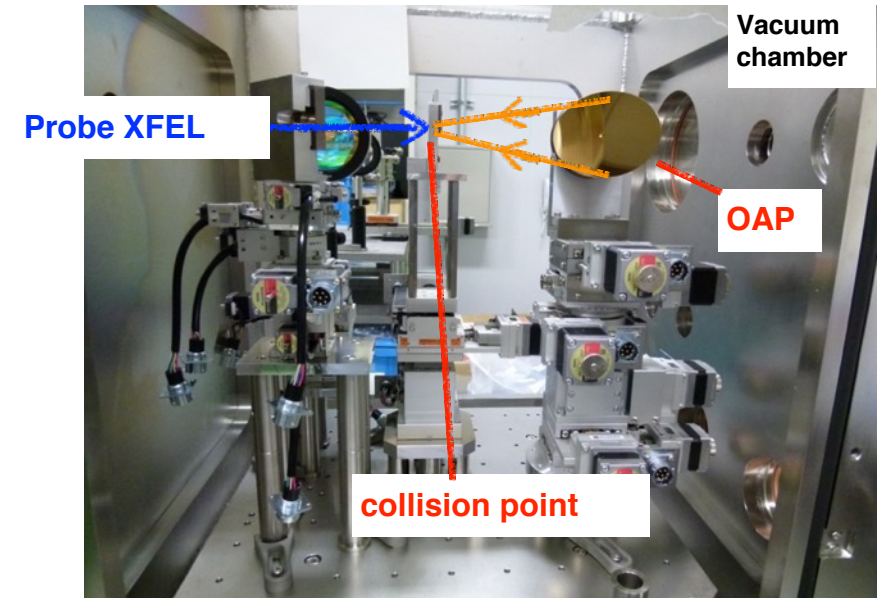
- 自分自身が反粒子 = 100%エネルギーとして利用できる
- コヒーレンシーが利用できる
- レーザーや光検出技術の飛躍的進歩



これまでもいろんな「光」をぶつけて実験

使ってきた/使う予定の光源

- X線自由電子レーザー (SACLA) 硬X線/軟X線
- SACLA同期500TWレーザー
- 高精度共振器中に数十万倍蓄えた光
- (光じゃないけど)強力なパルス磁石



X線とレーザーをぶつけるところ

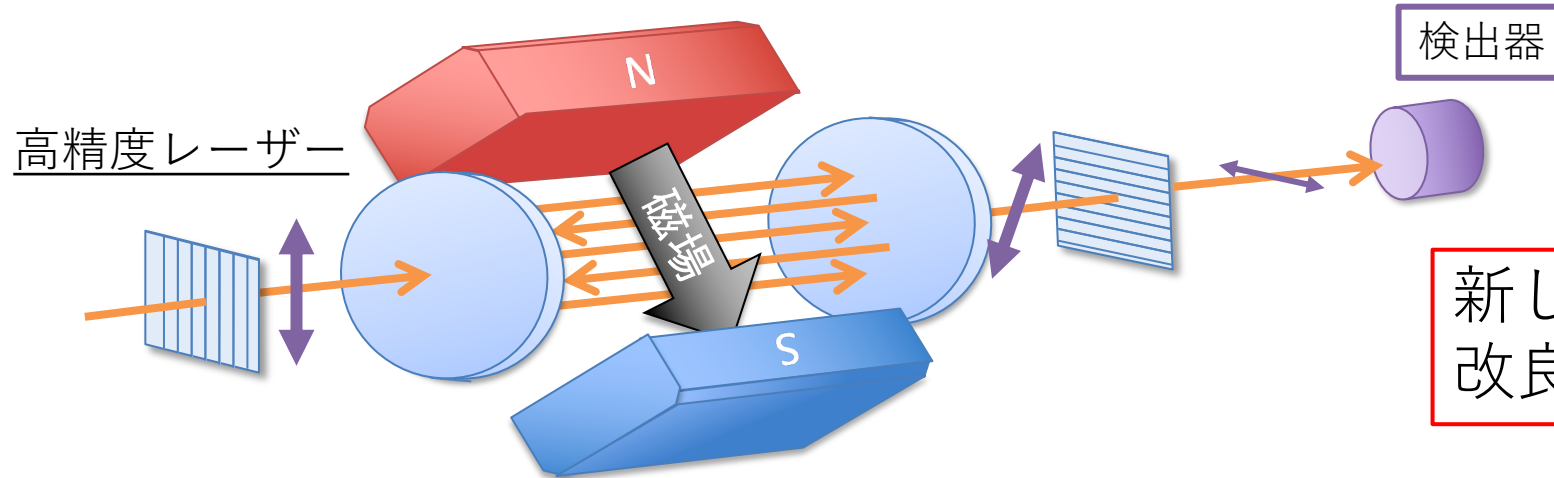
これまでもいろんな「光」をぶつけて実験

使ってきた/使う予定の光源

- X線自由電子レーザー (SACLA) 硬X線/軟X線
- SACLA同期500TWレーザー
- 高精度共振器中に数十万倍蓄えた光
- (光じゃないけど)強力なパルス磁石

パルス磁石

強磁場で真空をわずかに歪ませる



@本郷 B2F

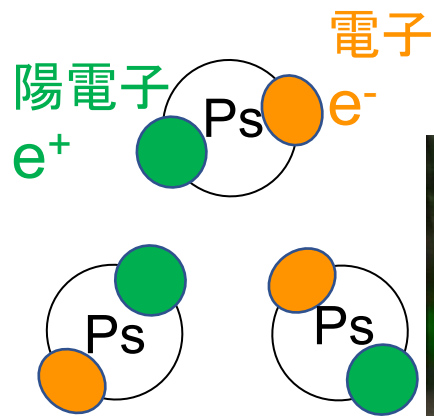
新しい光源やぶつけかたの改良で今後も感度を向上させる

実験2: ポジトロニウムのボース・アインシュタイン凝縮 (Ps-BEC)

反物質の新量子多体系である低温量子凝縮相
= **反物質レーザー**を実現

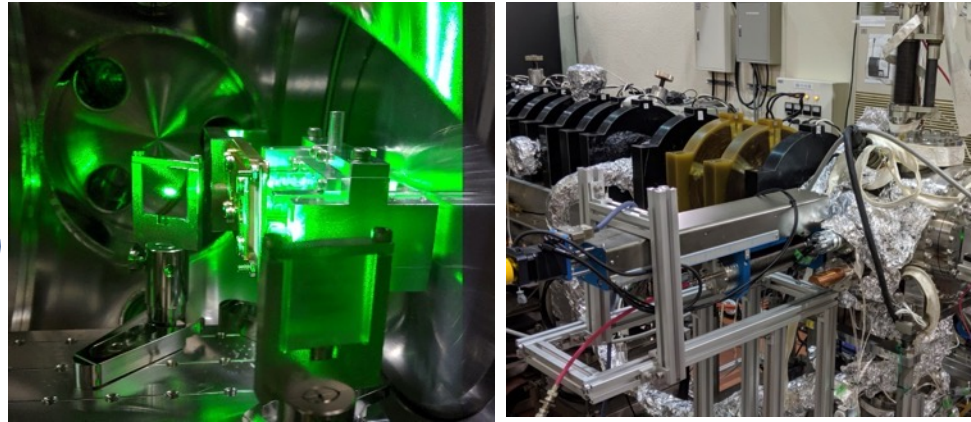
ボース・アインシュタイン凝縮 (BEC)

- 集団中のほぼすべての原子が単一の量子状態になる
- 原子は **冷たく**かつ **高密度**



反物質
ポジトロニウム(Ps)
(古典極限系:
1個1個のPsがバラ
バラの位置・運動量)

レーザー冷却 + 超高密度化



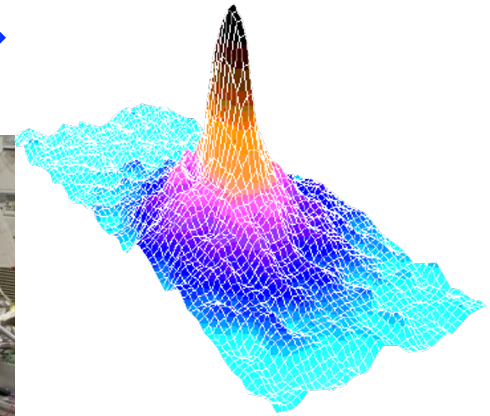
実現のための新技術を開発中

(東大・工や九州大、産総研、KEK、JAEA
と協力して約20人の共同研究)

通常の物質 :

- 超伝導
- 超流動

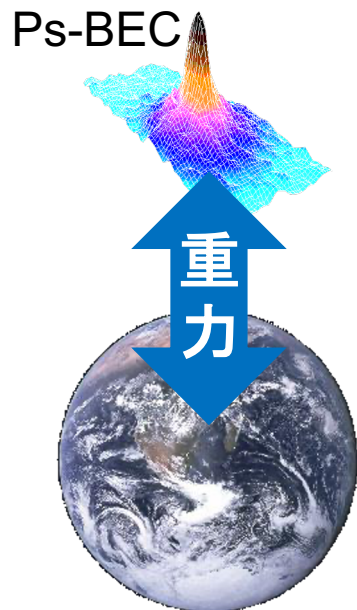
反物質は？



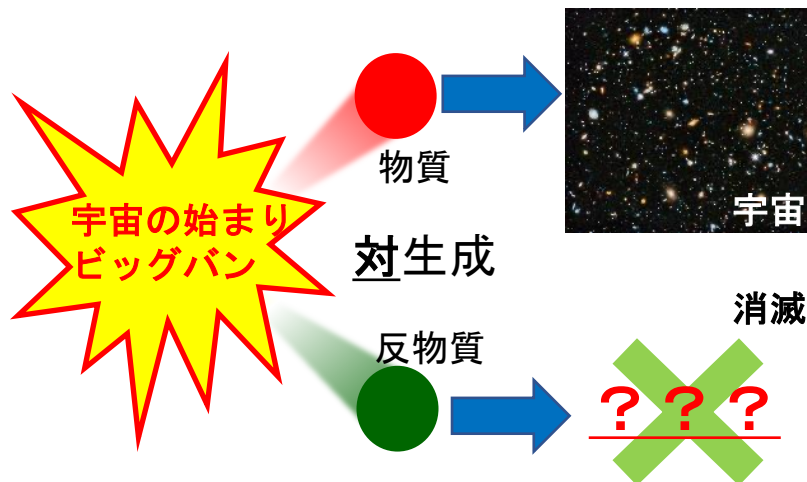
反物質
新量子多体系
Psのボース・アイン
シュタイン凝縮
(BEC)

基礎科学研究や次世代光源への応用

1. 反物質に働く重力を 原子干渉計を用いて測定

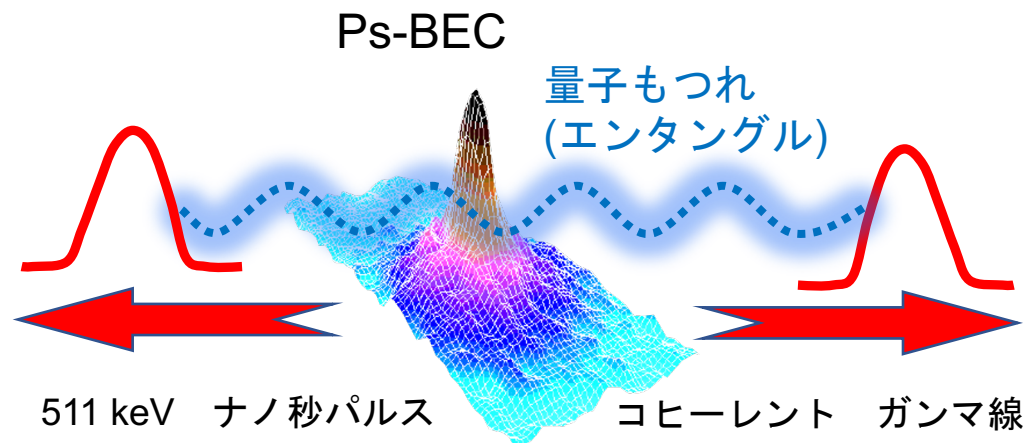


⇒ **重力** という **実験的に未探索** の切り口で物質・反物質の未知の非対称性を探り、**「なぜ、宇宙に物質のみ残ったのか」という究極の問いに答える**



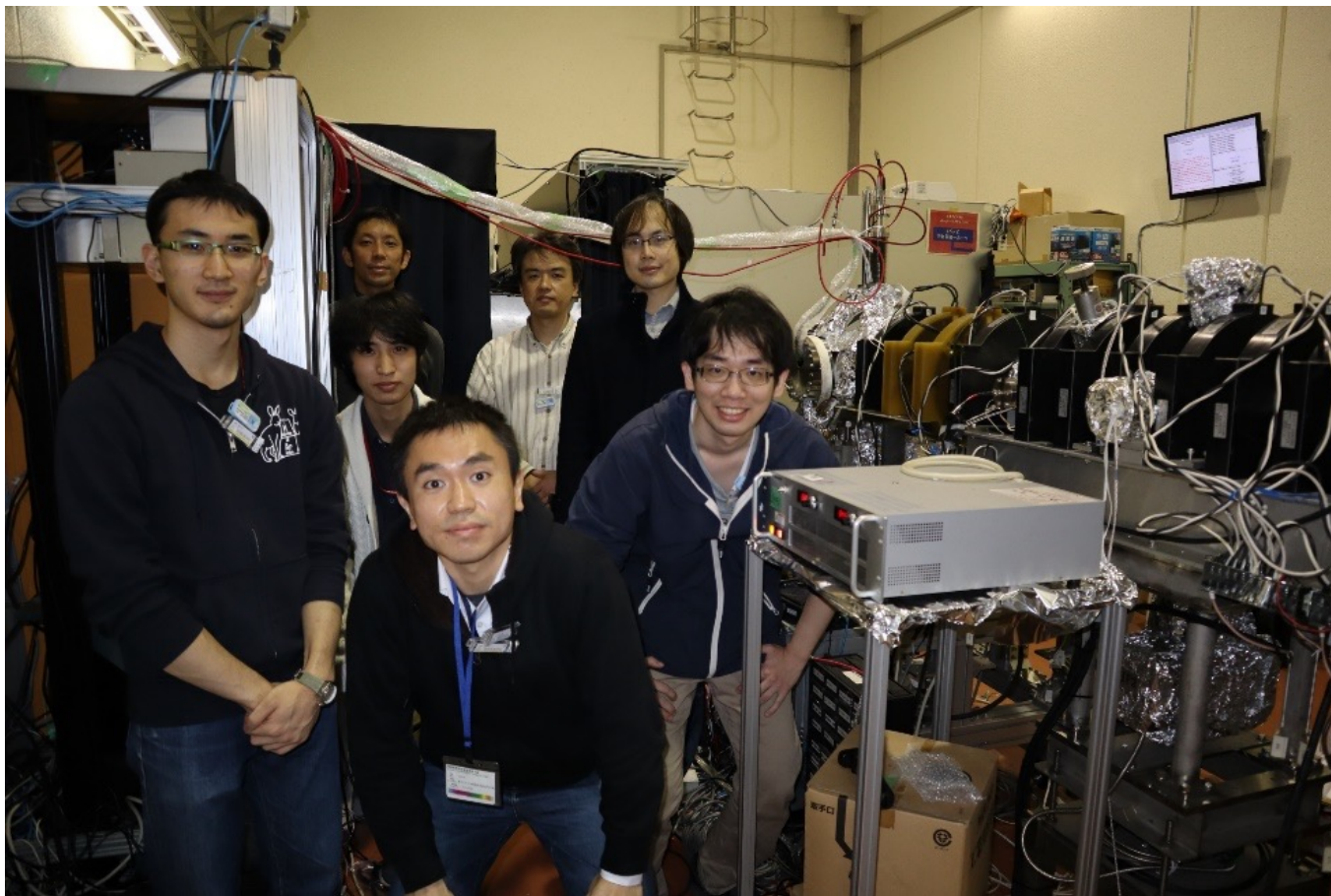
2. 511 keV ガンマ線レーザー

Ps-BEC をナノ秒以下で自己消滅させ、出てくるガンマ線を光源に用いて **ガンマ線レーザー** を実現。



⇒ ガンマ線・ガンマ線散乱実験、
新たなエネルギー領域の量子光学研究、
高分解能撮像による産業・医療応用

まさに今、KEK の陽電子ビームラインで
世界初 Ps レーザー冷却実験に挑戦中！



実験3: 量子論における弱い等価原理の検証実験へ向けて

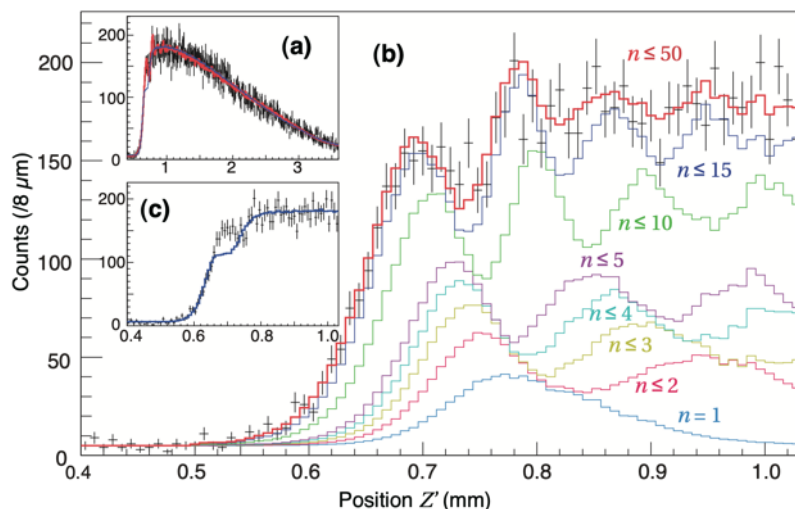
重力の不思議：重力は幾何学である。

どういう訳だか、慣性質量と重力質量は等価(弱い等価原理)

等価原理は広く実験で検証されてきている。

でも、そのほとんどが、古典物理の範囲。量子論の範疇では？

以前、超冷中性子の重力場による束縛状態(量子系)を測定した。



高さ→

この、重力と結合する量子系をプローブとして、この系の距離スケールとエネルギースケールを同時に測定できれば、慣性質量と重力質量の比を求められる。

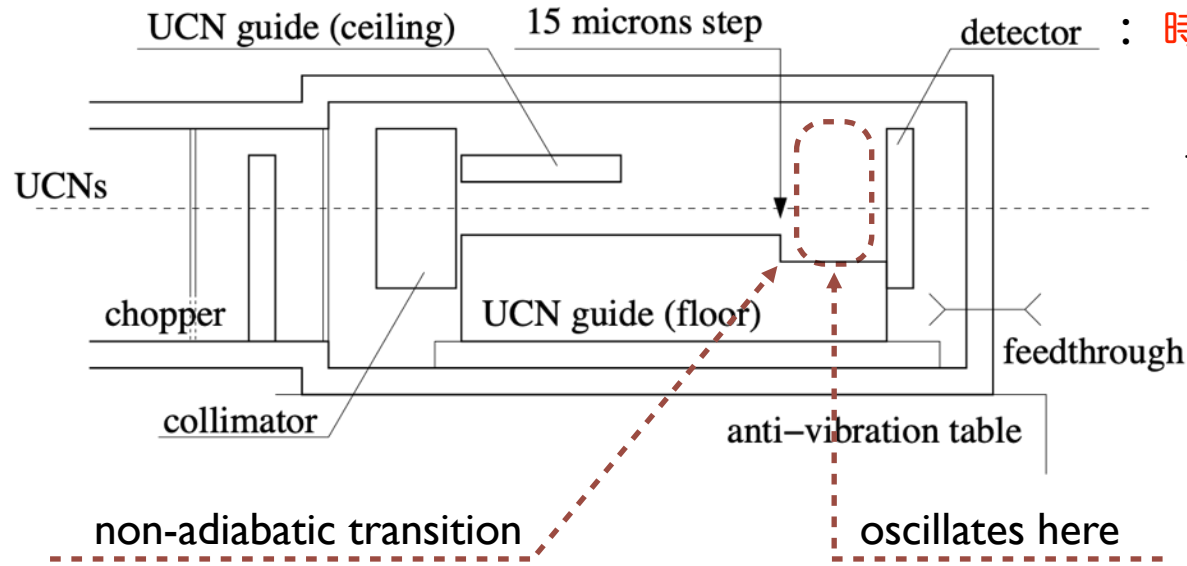
系のスケール:

$$z_0 = \left(\frac{\hbar^2}{2m_i m_g g} \right)^{1/3} \sim 6 \mu\text{m}$$

$$E_0 = \left(\frac{m_g^2 g^2 \hbar^2}{2m_i} \right)^{1/3} \sim 0.6 \text{ peV}$$

m_g : gravitational mass
 m_i : inertial mass

2つのスケールは、時間感度のある中性子検出器を開発することで求められる



- 中性子イメージングセンサー
- 長さスケールは中性子分布から直接に
 - エネルギースケールは波動関数の時間発展から間接的に

時間発展 :

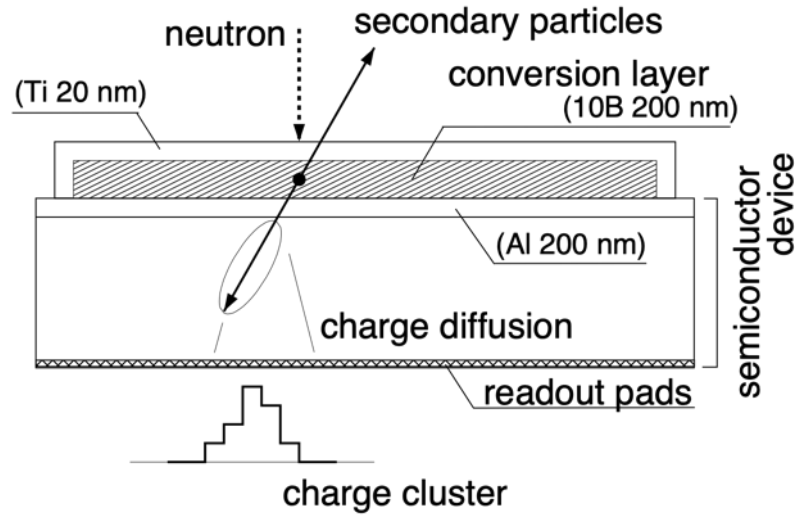
$$\psi(z, t=0) = a_1 \phi_1(z) + a_2 \phi_2(z)$$

$$|\psi(z, t)|^2 = |\psi(z, t=0)|^2 - 4a_1 a_2 \phi_1(z) \phi_2(z) \sin^2 \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{2} t$$

oscillating term

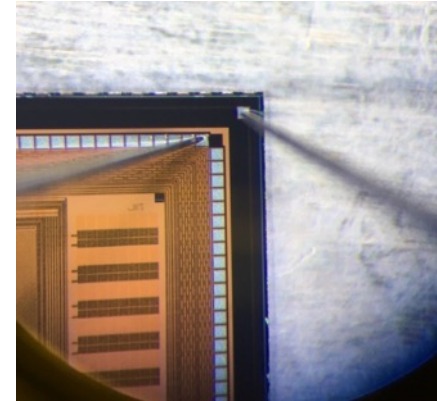
energy scale

CMOS をベースにしたセンサー開発



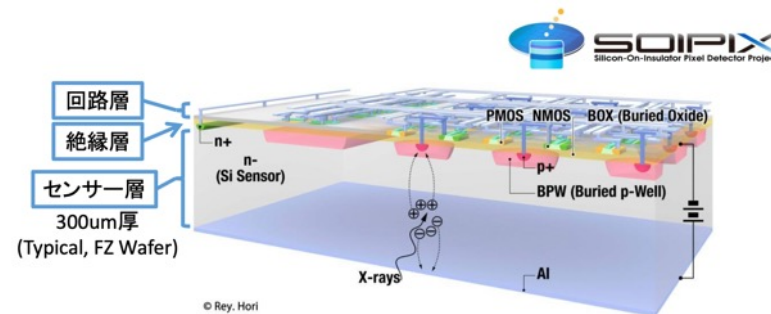
Position resolution : < 4 microns

Readout time : ~ msec

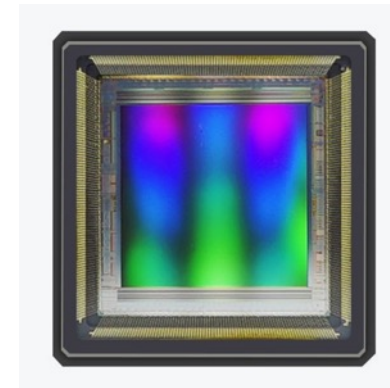


OK! :-)

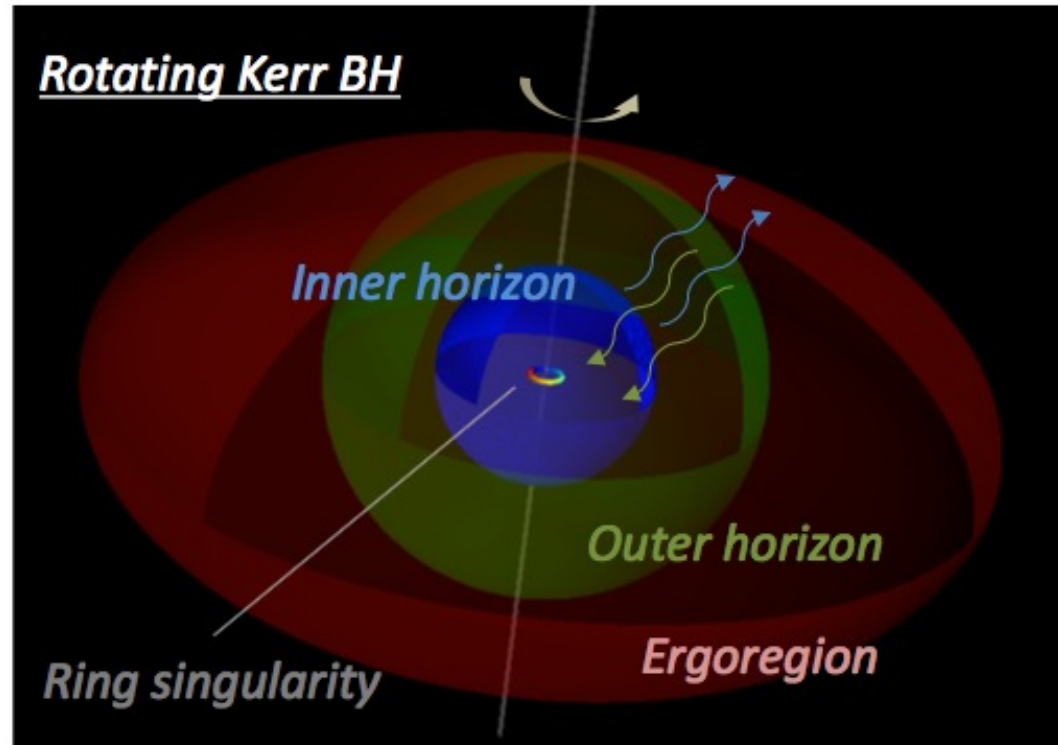
高エネルギー加速器研究機構などで開発



Gpixel Inc.



実験4: ブラックホールの量子性を実験的に調べたい



現実のブラックホールはよく知られたSchwarzschild BHではなく、回転している(Kerr)
- Double horizon構造が発生し、Hawking輻射の共鳴が起こる

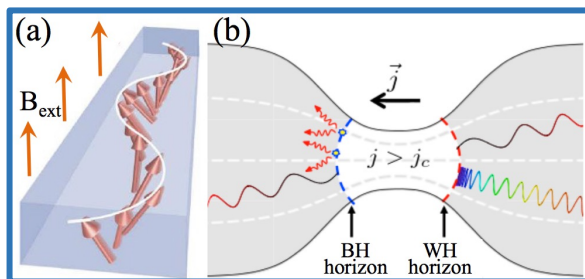
量子情報と絡んで（理論的には）非常にホットなテーマになってきた

特殊な実験系でこの幾何学構造を再現し

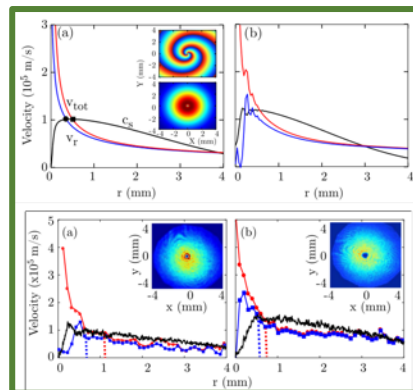
- BHの量子性を探る
- BHを利用した新たなデバイスを作る



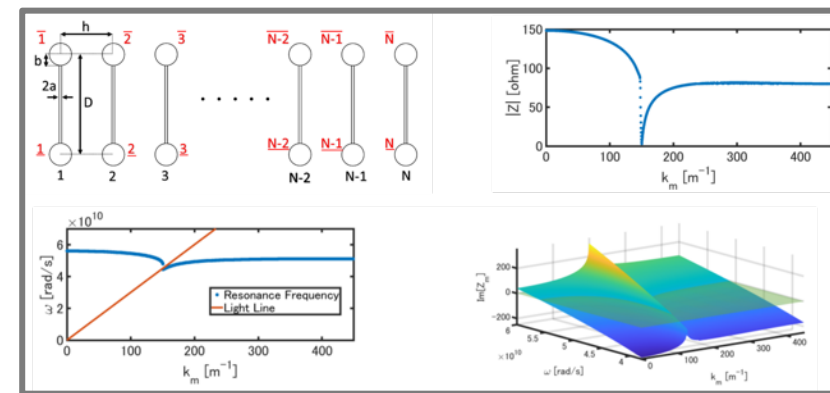
Spin wave

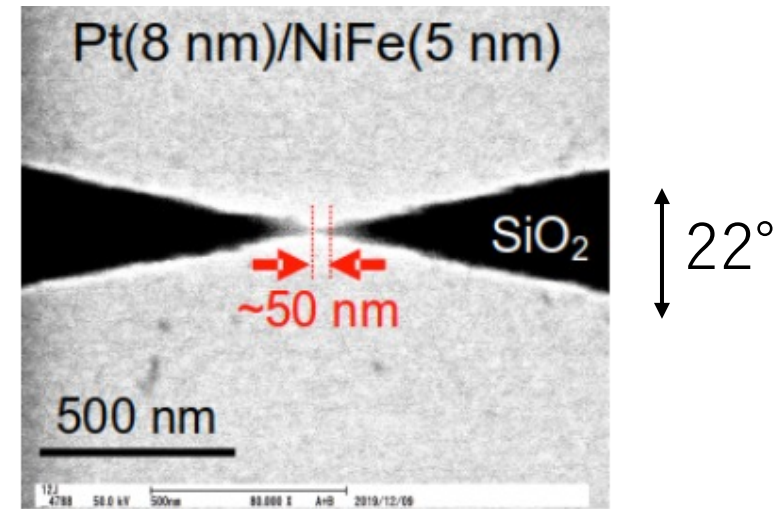
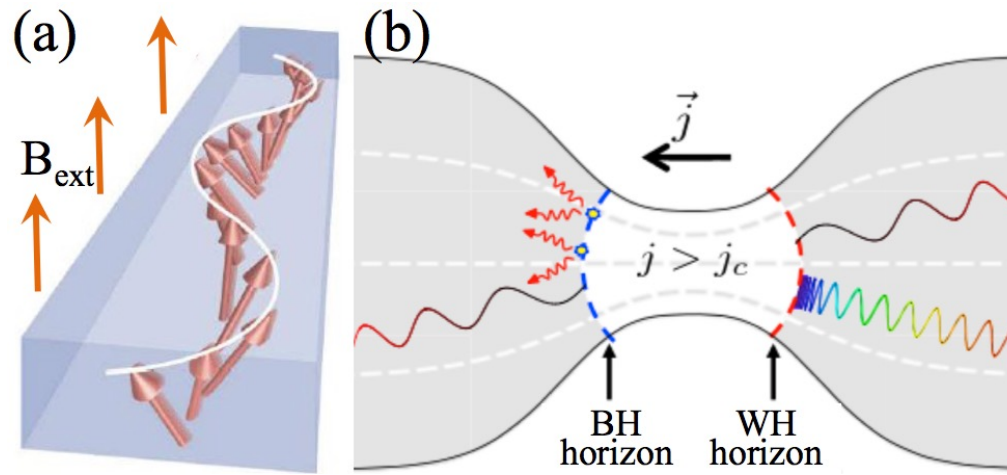


Light vortex



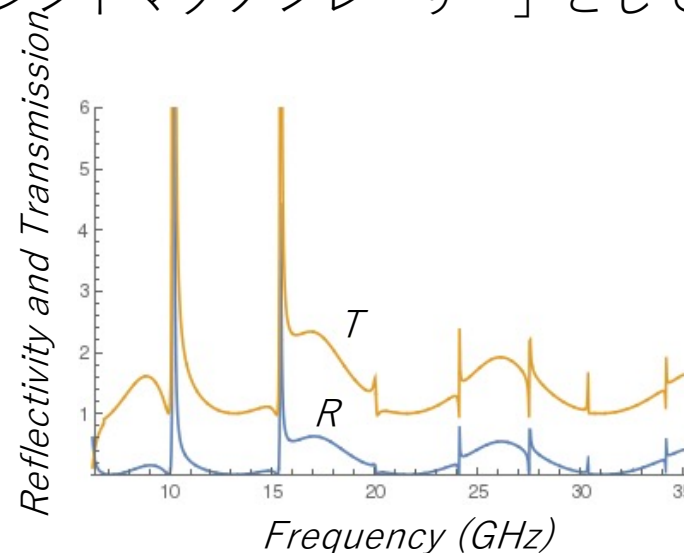
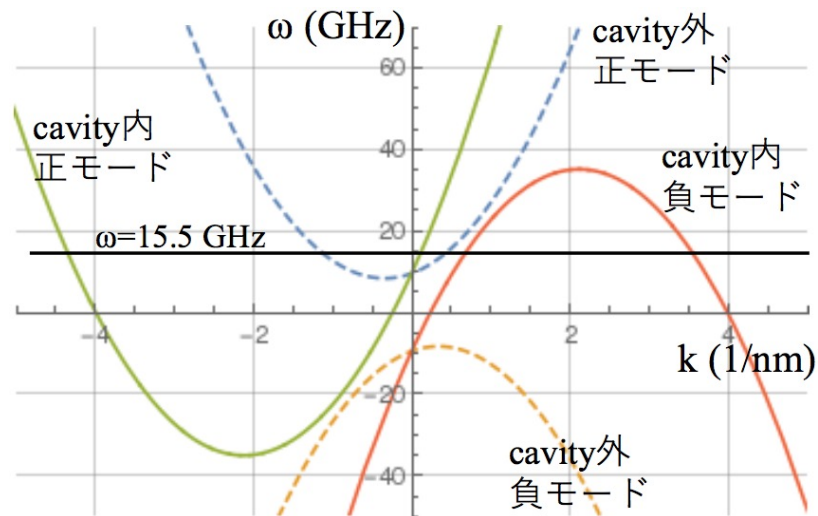
Circuit network





マグノン（スピン波）を使えば純粹に電氣的な測定でBH horizon, WH horizonを作れる
Current densityに比例した重力場（magnonにとっての）ができる

BH cavityの共鳴周波数ではスピン波の透過率、反射率がともに1を超える「異常増幅」が起こる
BH double horizonを利用した「コヒーレントマグノンレーザー」として応用される



他の実験もいろいろやっています

- やってる/やってきた実験テーマ
 - ポジトロニウム関係の実験いっぱい
(ポジトロニウムのエキスパート)
 - 暗黒物質探し
(アクシオンやパラフォトンなど)
 - 超伝導を利用した高感度検出器の開発



- もちこみのアイデアも歓迎
- 自分に合った実験を探していきましょう
- 希望する人は、**A2浅井研・素粒子センターの教員**を志望して、面接で小実験を希望して下さい