

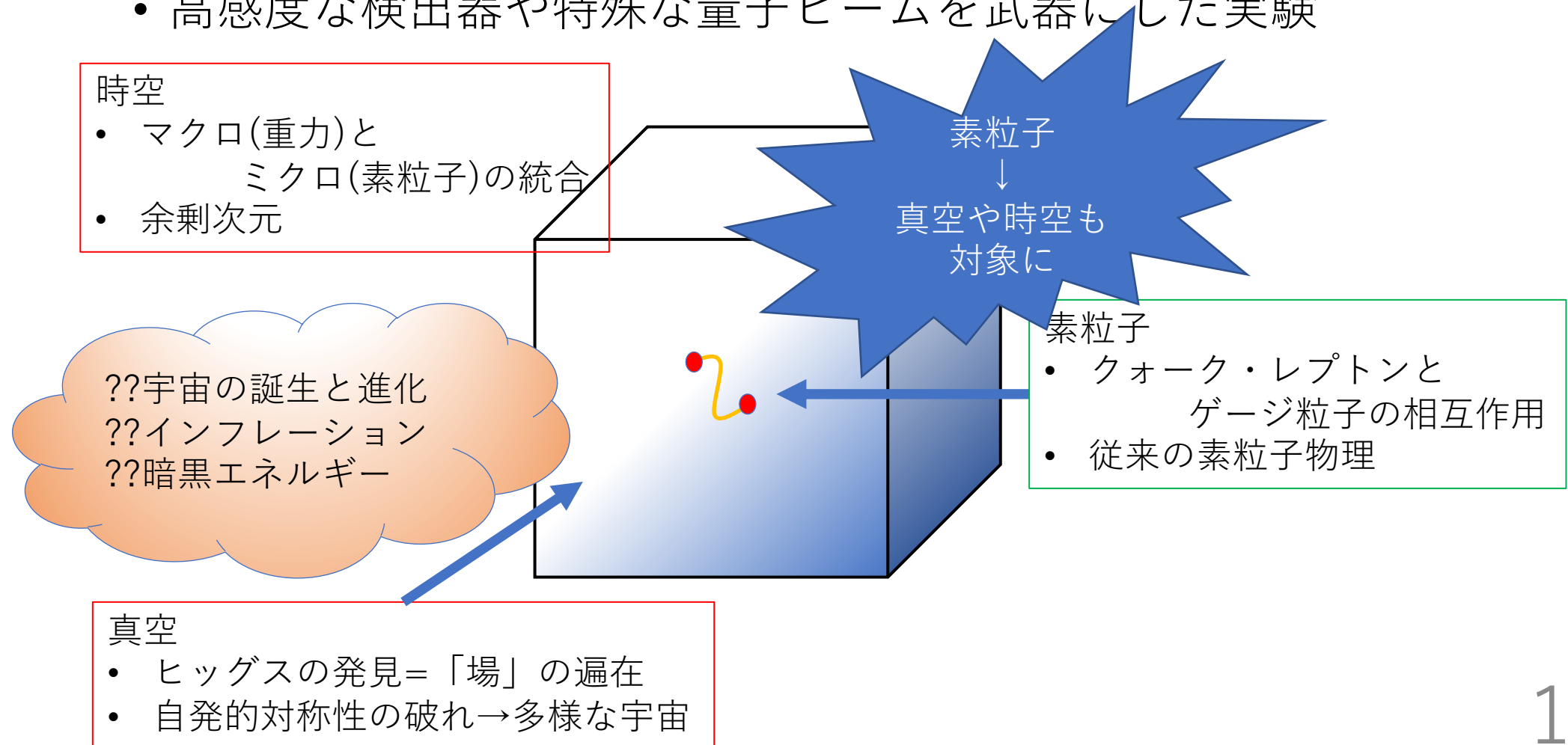
Tabletop実験紹介



難波俊雄（素粒子物理国際研究センター）

Tabletop 実験＝ 大型加速器を使わない(比較的)小規模実験

- 大型加速器(エネルギーフロンティア実験)の苦手な実験 (相補的)
- 高感度な検出器や特殊な量子ビームを武器にした実験

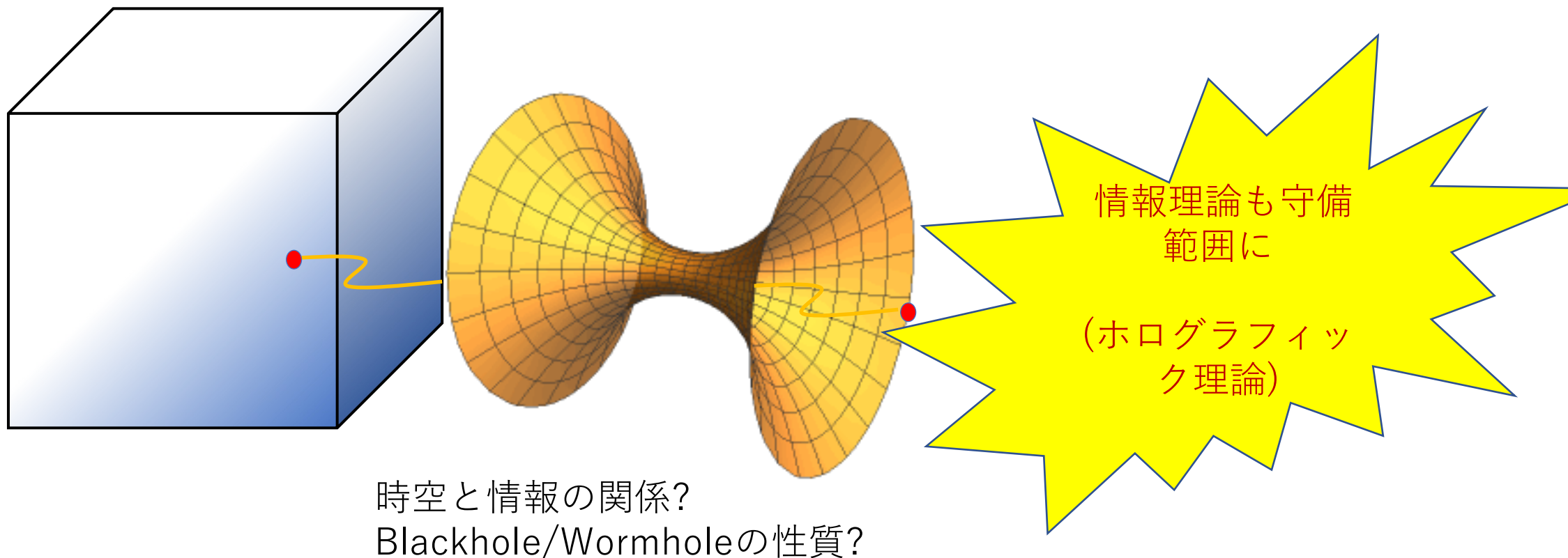


Tabletop 実験＝

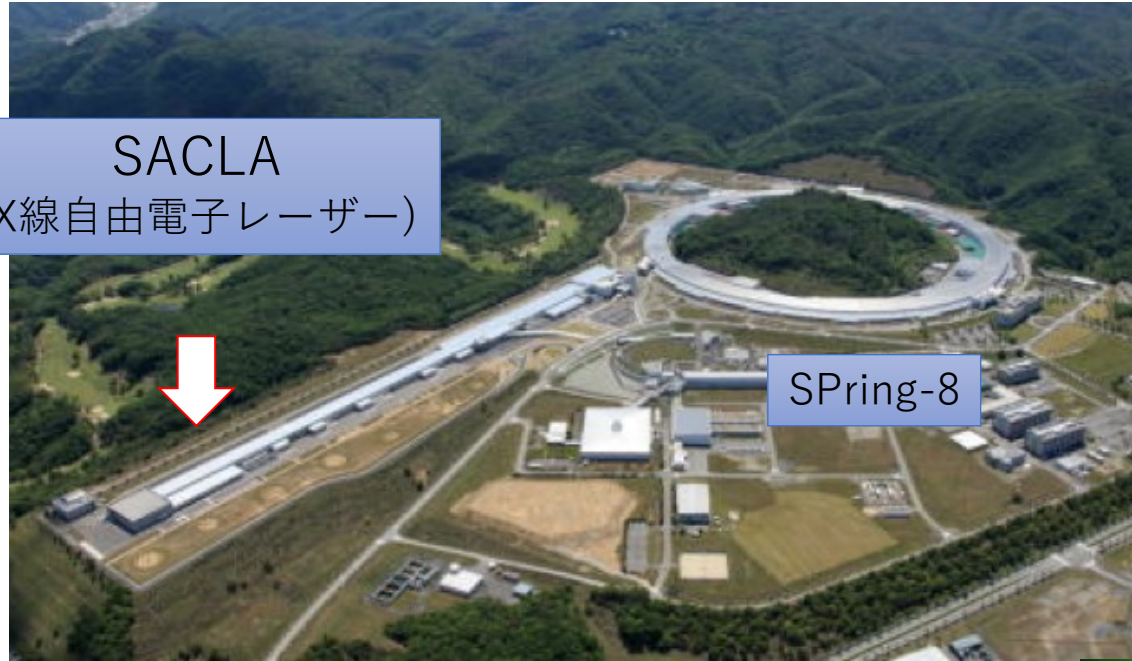
大型加速器を使わない(比較的)小規模実験

- 量子コンピューターの急速な発展

→量子状態、量子もつれ(エンタングルメント)の
取り扱い技術の高度化



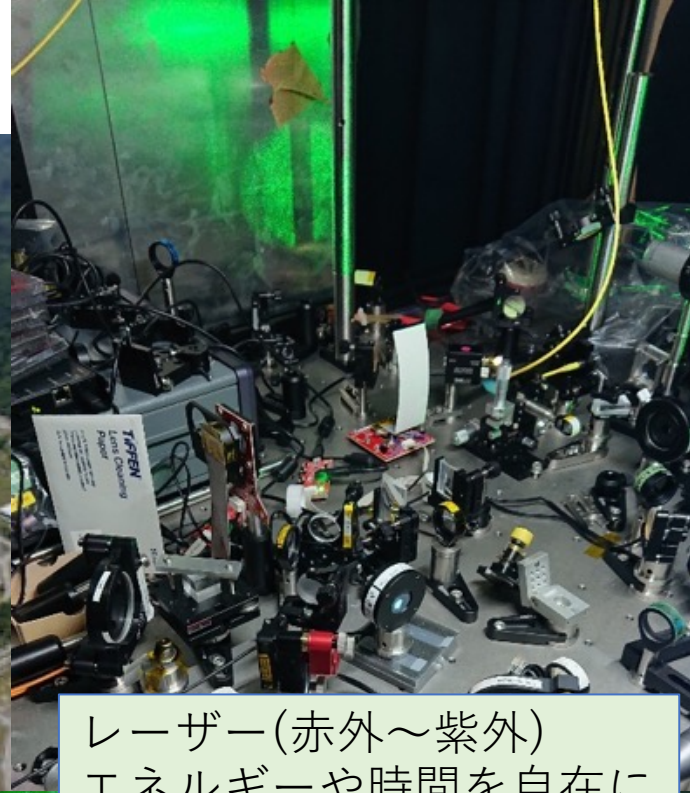
Tabletop実験で使う武器(1) いろんな光



SACLA
(X線自由電子レーザー)

SPring-8

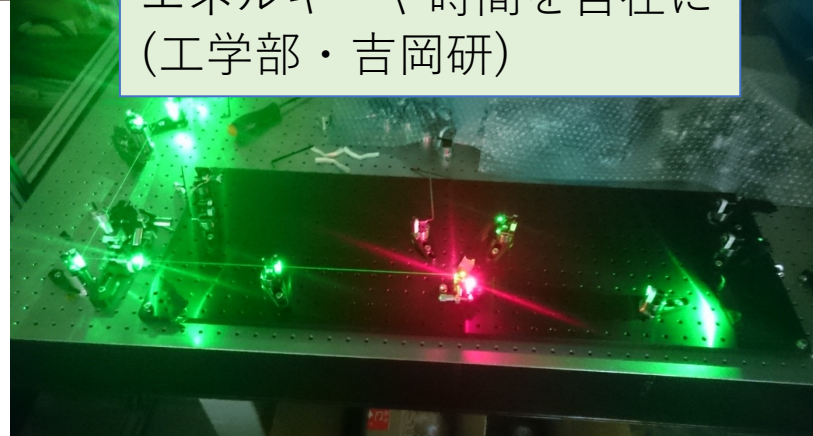
強力なX線やX線自由電子レーザー



レーザー(赤外～紫外)
エネルギーや時間を自在に
(工学部・吉岡研)



強力なミリ波
(ジャイロトロン)



Tabletop実験で使う武器(2) 粒子ビーム

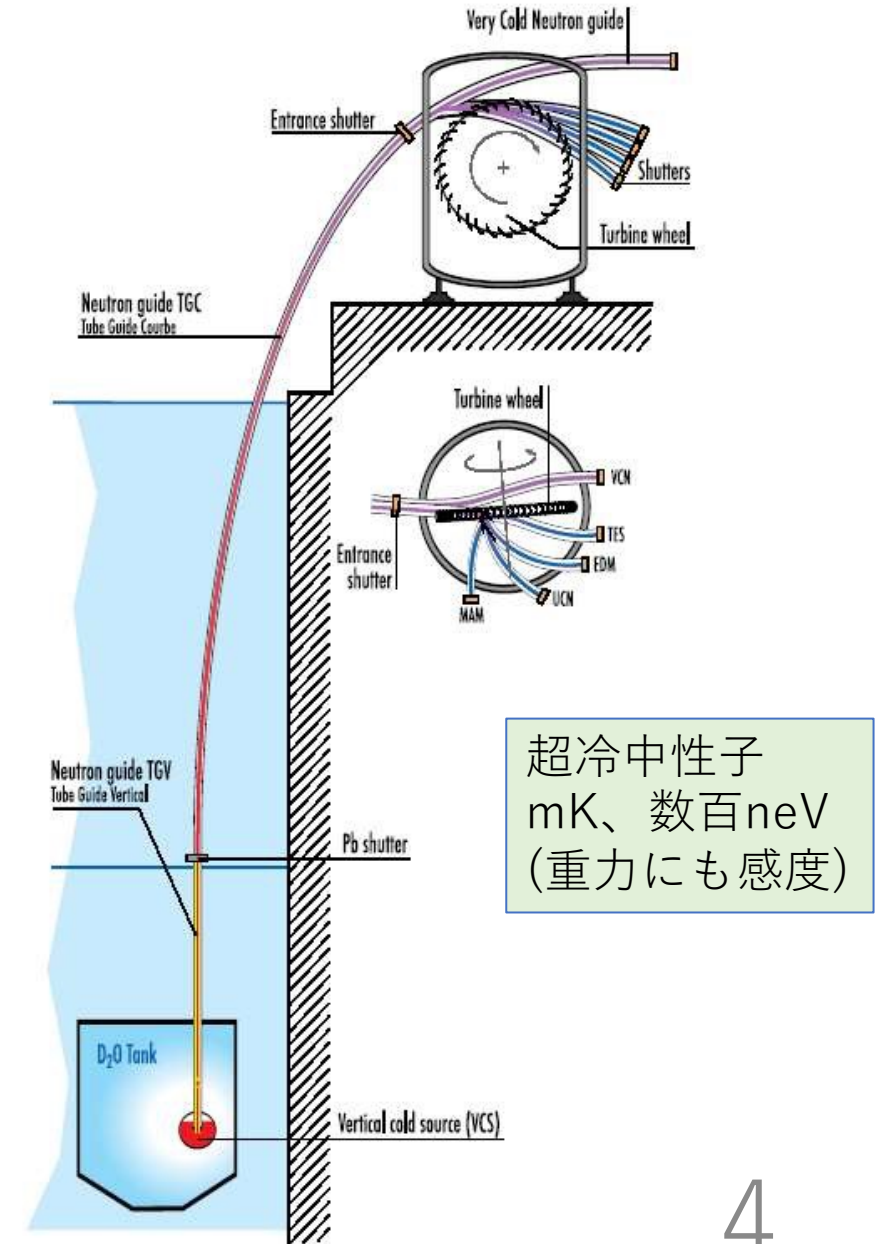
低速陽電子ビーム
= ポジトロニウム生成源

Positron microscope

Vertical PALS

CDB system

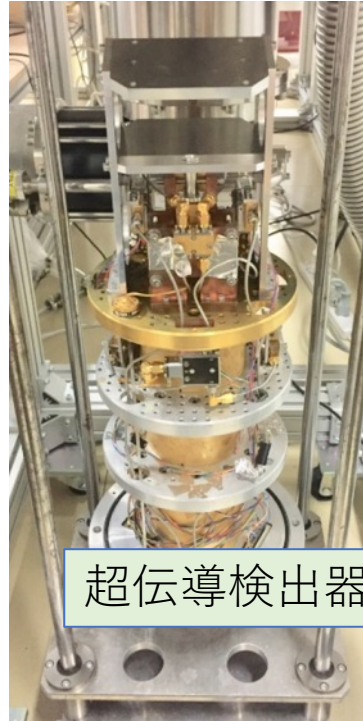
Buffer-gas trap



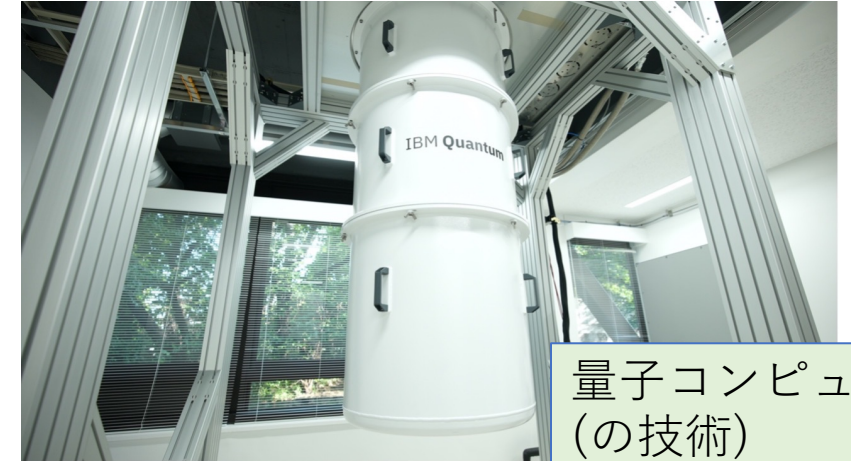
Tabletop実験で使う武器(2) 高感度検出器



一般的な粒子検出器
半導体検出器
シンチレーター



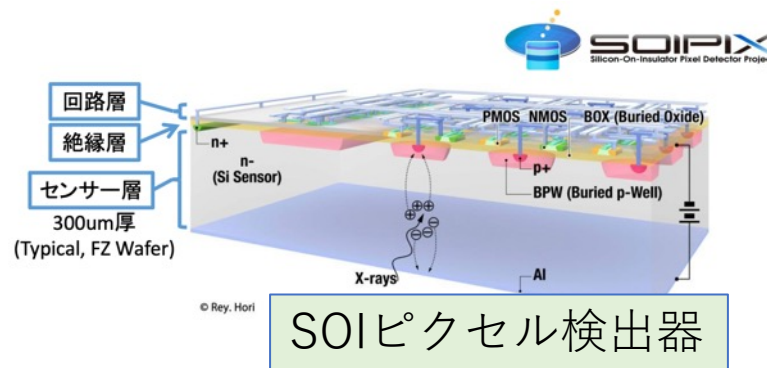
超伝導検出器



量子コンピュータ
(の技術)



電波天文台



SOIピクセル検出器

Tabletop 実験のメリット

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)



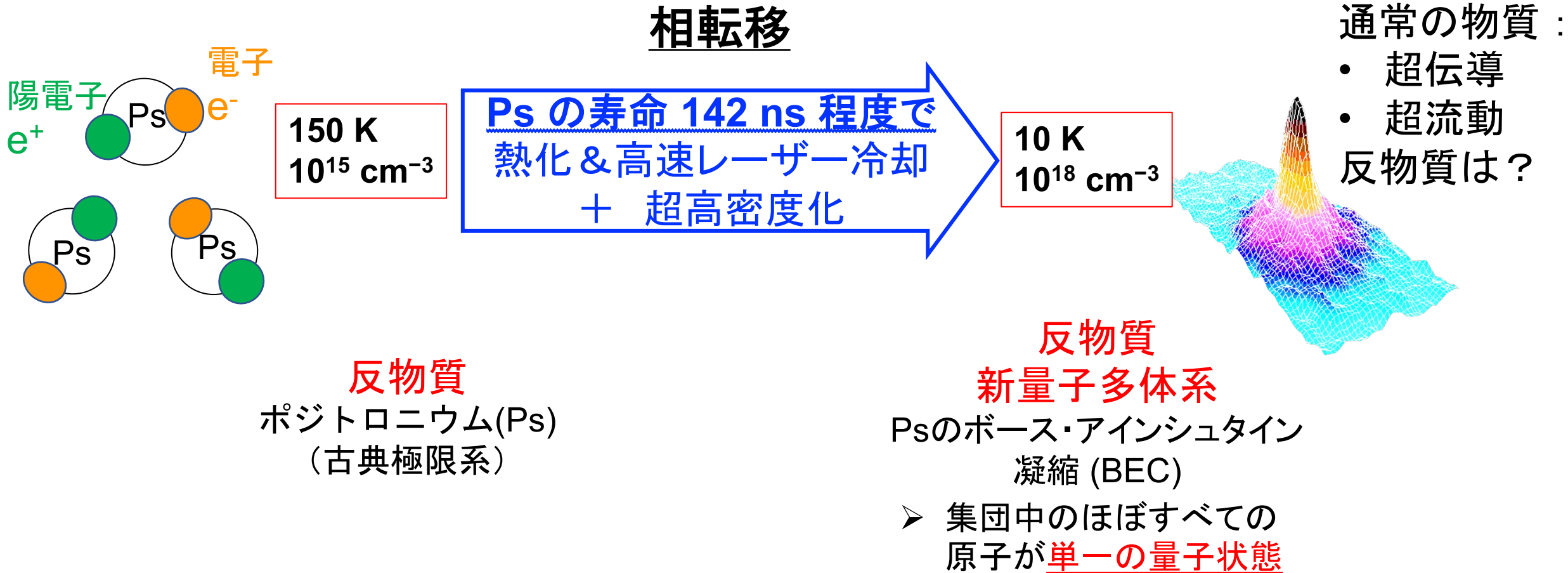
大型加速器実験⇔Tabletop実験

掛け持ち/テーマ替えも可

例えば修士:Tabletop→博士:LHC

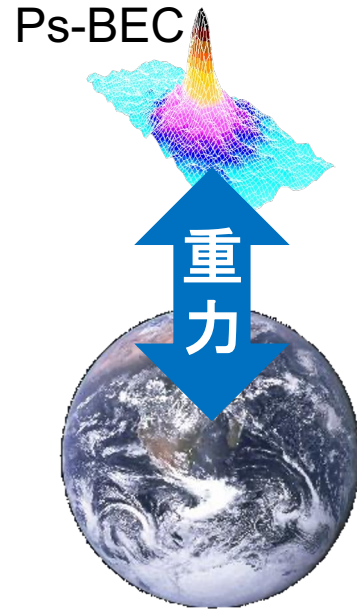
実験の例: ポジトロニウムのボース・アインシュタイン凝縮 (Ps-BEC)

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

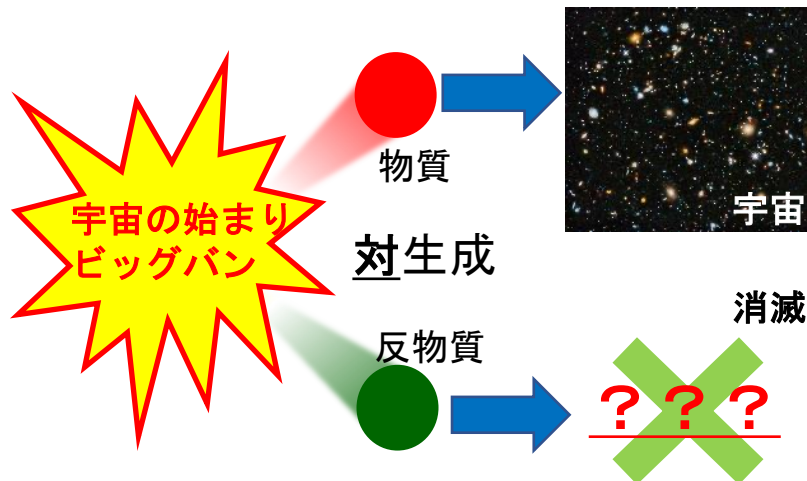


基礎科学研究や次世代光源への応用

1. 反物質に働く重力を 原子干渉計を用いて測定

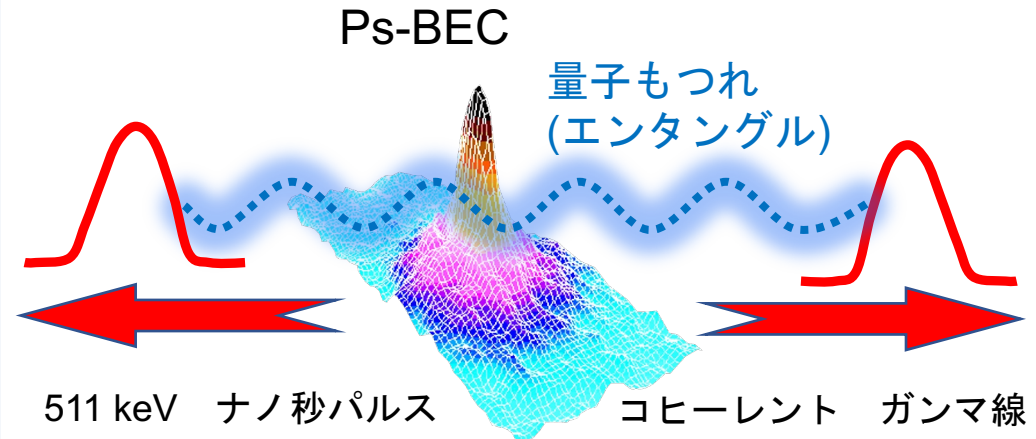


⇒ 重力 という 実験的に未探索 の切り口で物質・反物質の未知の非対称性を探り、
「なぜ、宇宙に物質のみ残ったのか」という究極の問い に答える



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。



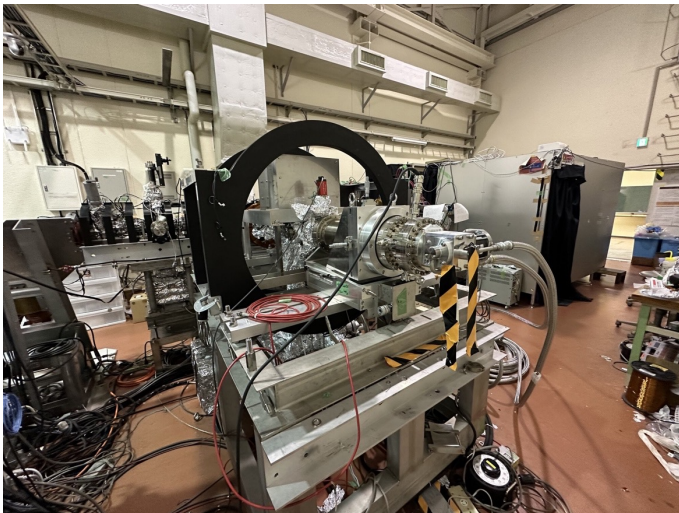
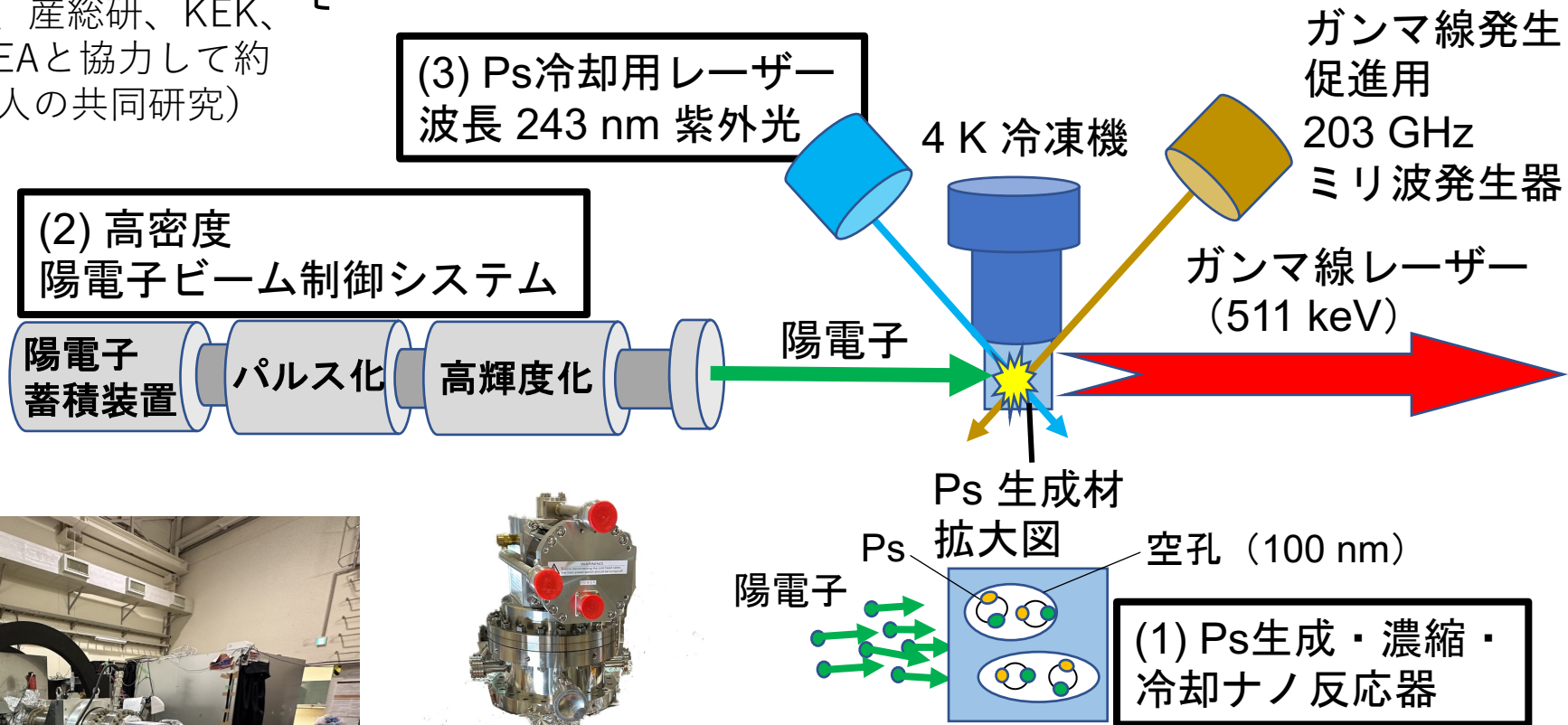
⇒ ガンマ線・ガンマ線散乱実験、
新たなエネルギー領域の量子光学研究、
高分解能撮像による産業・医療応用

Ps-BEC・ガンマ線レーザー実現スキーム

新技術 3 つを 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)

- (1) Ps生成・濃縮・冷却ナノ反応器に
- (2) 高密度陽電子ビームを打ち込んで高密度 Ps を生成し、
- (3) レーザー冷却によって Ps-BEC を実現



← 冷凍機で冷却した生成材でPs実験中！

実験の例: 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

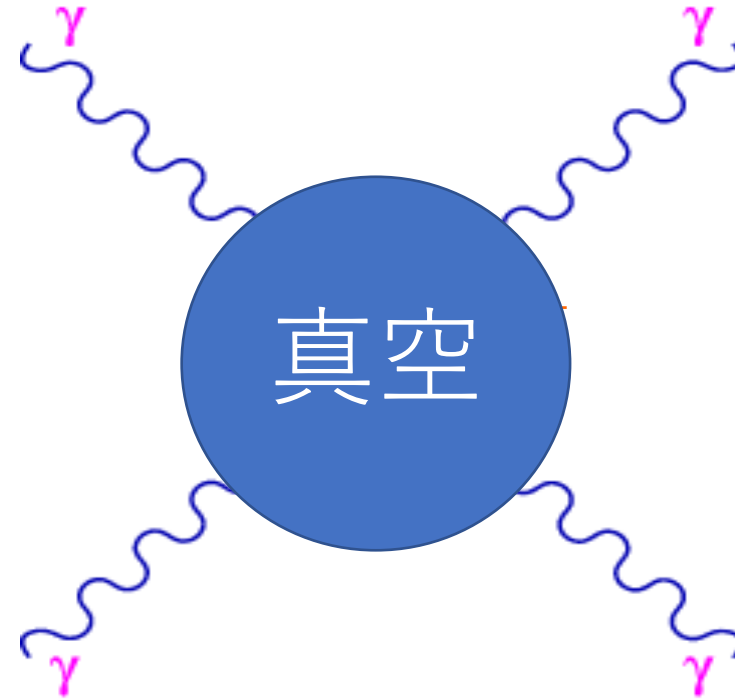
励起する候補

- 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

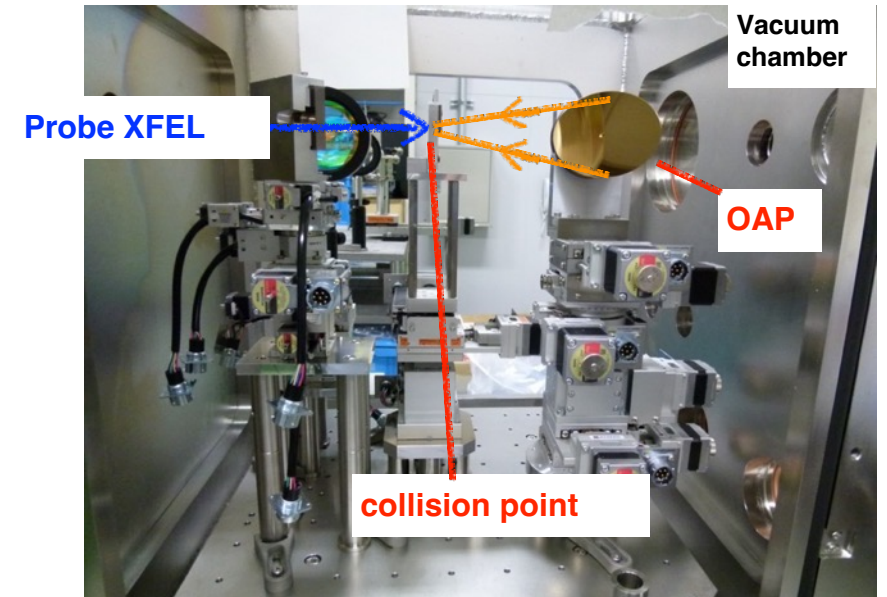


光を使うメリット

- 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

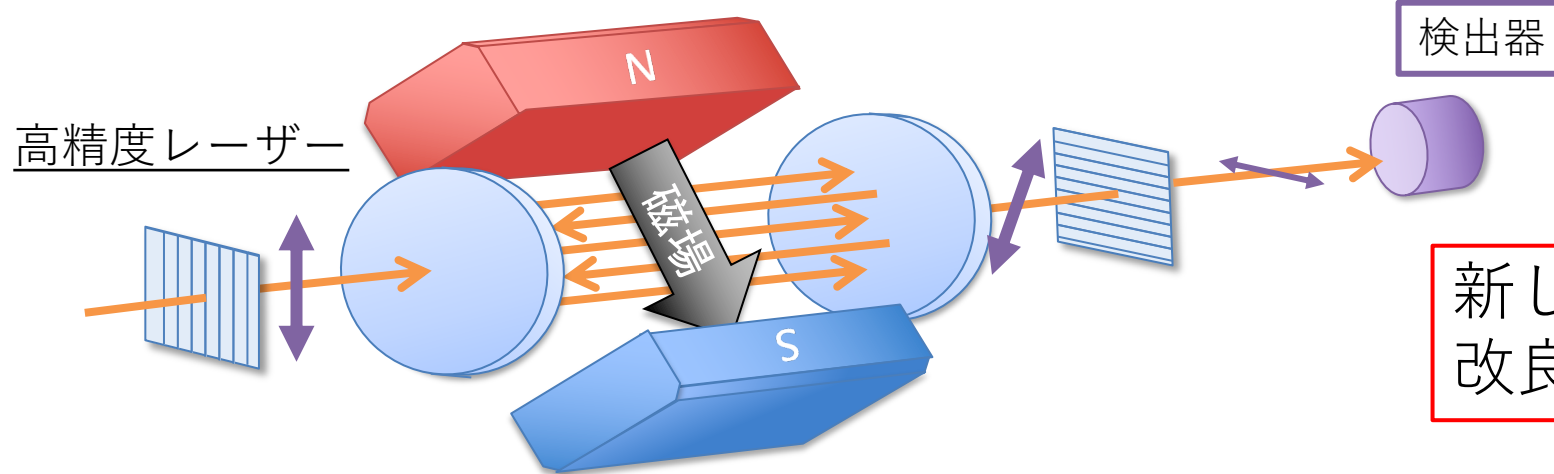
これまでもいろんな「光」をぶつけて実験

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

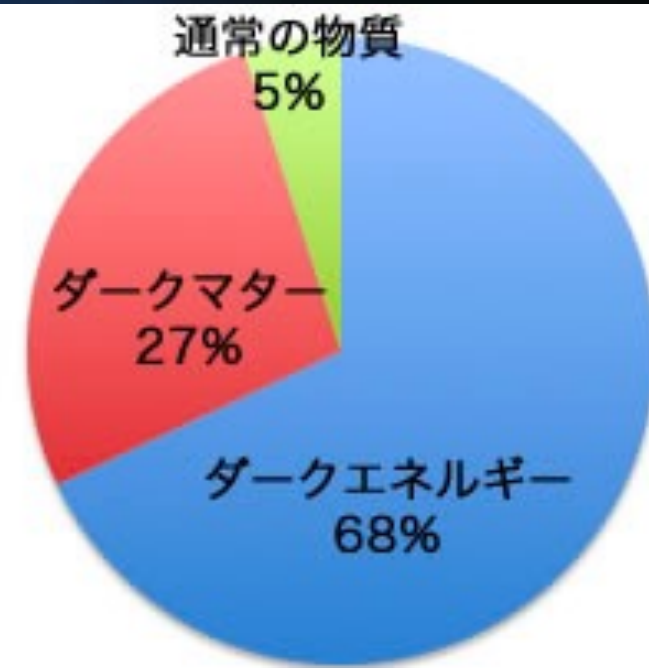


@本郷 B2F

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

実験の例: 暗黒物質探し

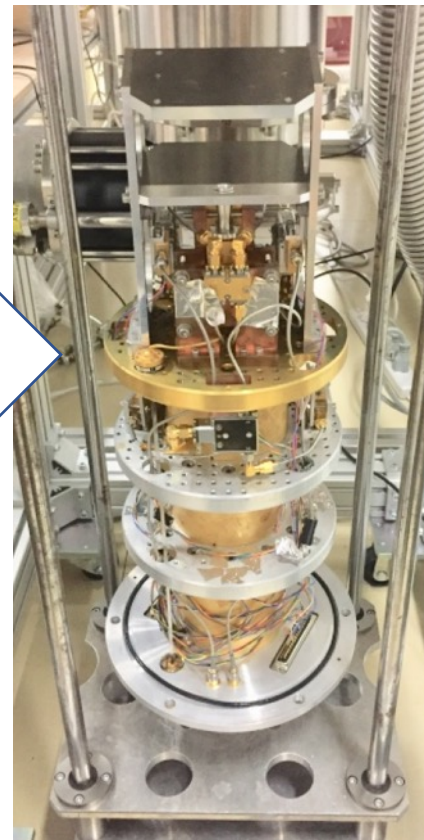
- 暗黒物質ハロー



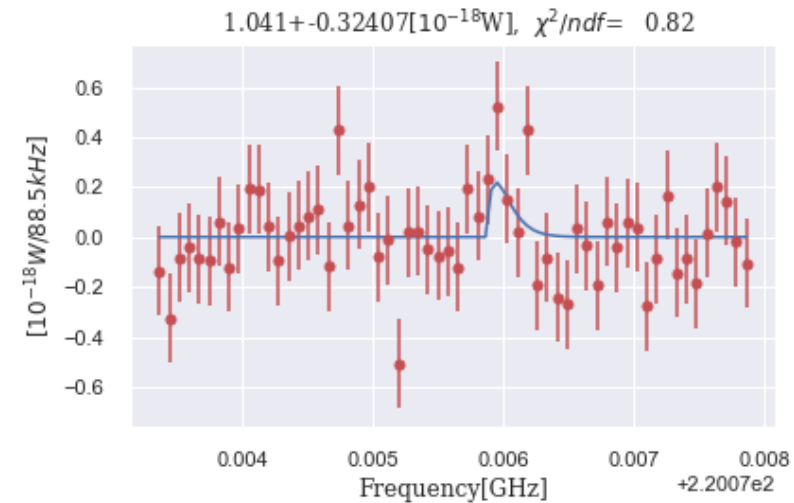
パラフォトン暗黒物質 ミラーでミリ波に変換して検出



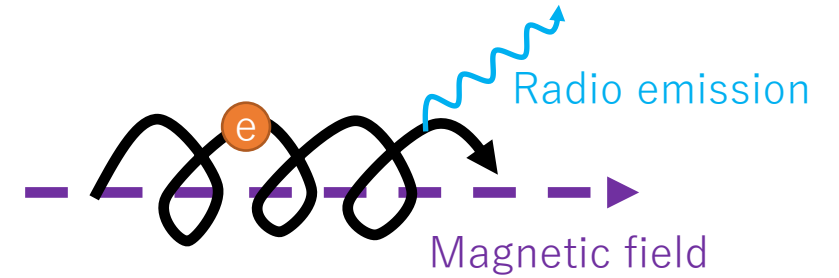
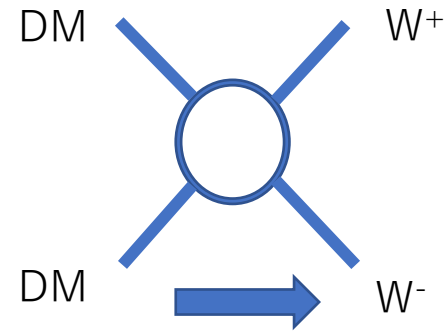
超伝導SIS検出器
(ALMAで使用)



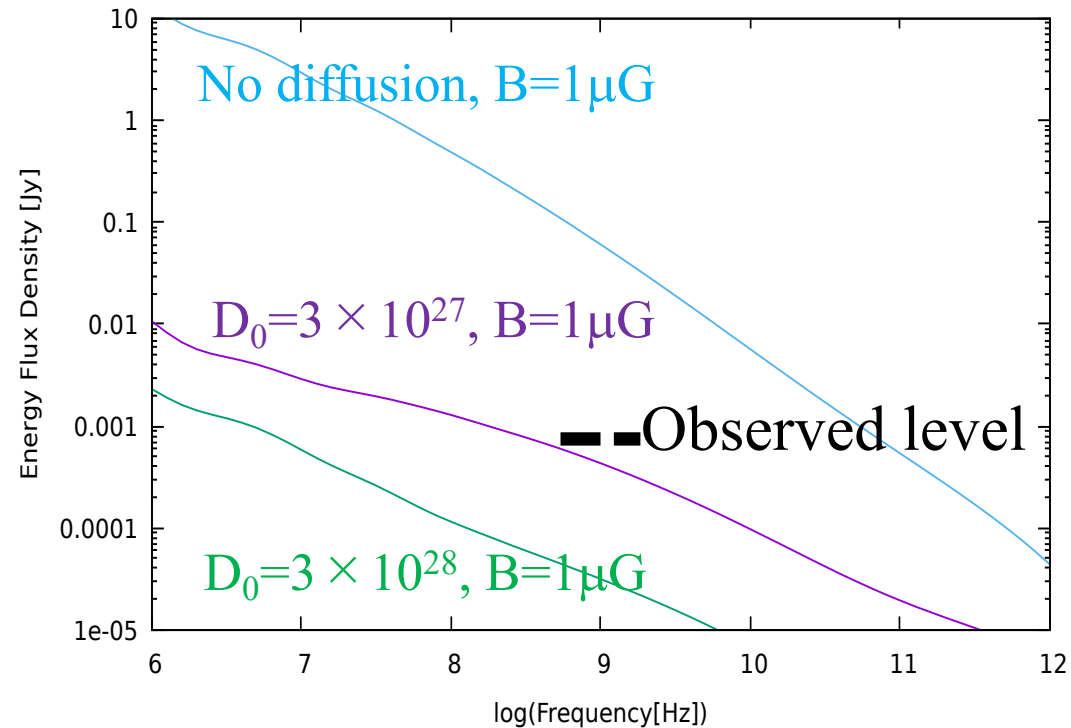
スペクトルのピークを探す



WIMP暗黒物質から予想される電波信号を探索

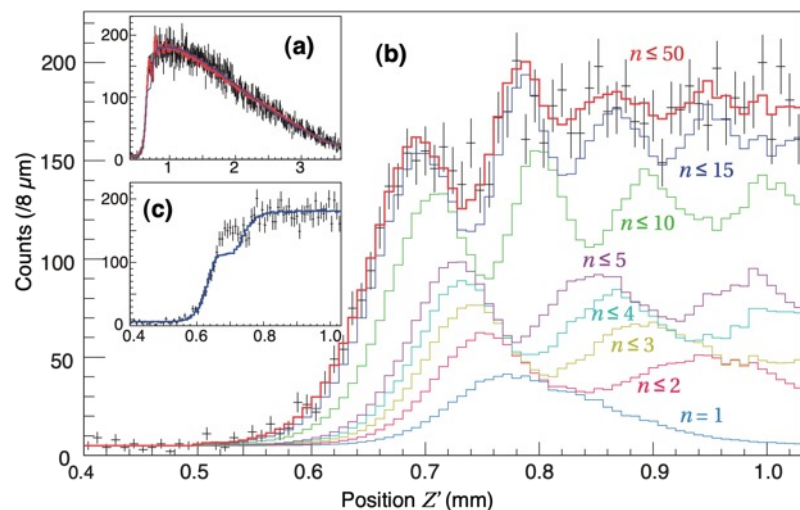


暗黒物質が対消滅し、最終的に電波を放出する



実験の例: 超冷中性子を使った弱い等価原理の検証

超冷中性子を使えば、重力による量子化準位が見える!



高さ→



超冷中性子を利用して、量子論の範疇で、弱い等価原理(慣性質量=重力質量)を検証できないか?

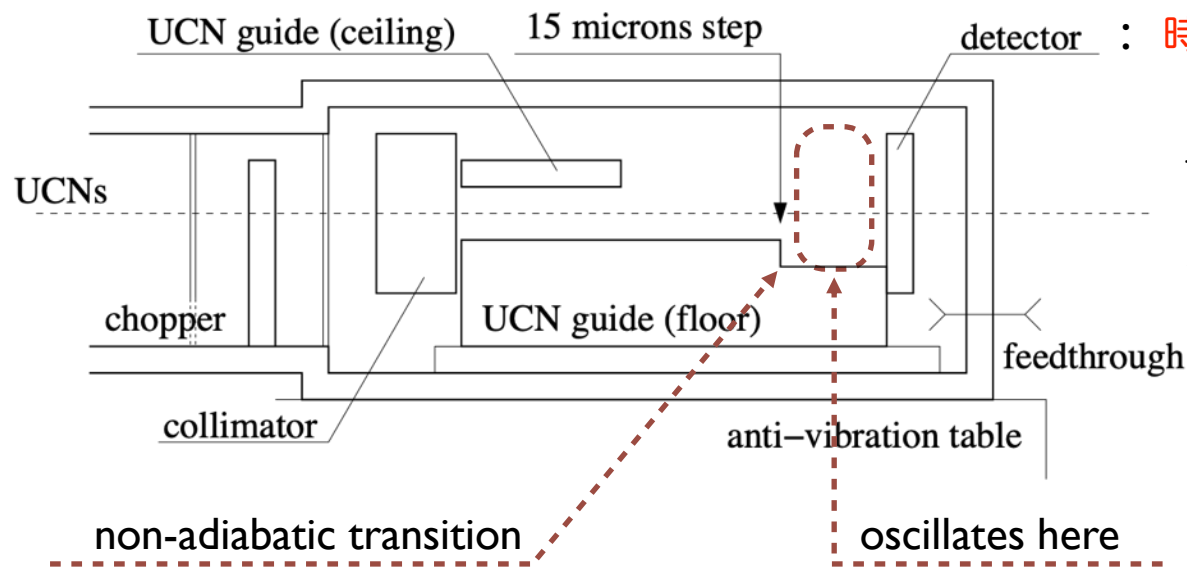
系のスケール:

$$z_0 = \left(\frac{\hbar^2}{2m_i m_g g} \right)^{1/3} \sim 6 \mu\text{m}$$
$$E_0 = \left(\frac{m_g^2 g^2 \hbar^2}{2m_i} \right)^{1/3} \sim 0.6 \text{ peV}$$

m_g : gravitational mass

m_i : inertial mass

超冷中性子を「自由落下」させて、量子力学的時間発展を追えば、弱い透過原理を検証できる



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 :

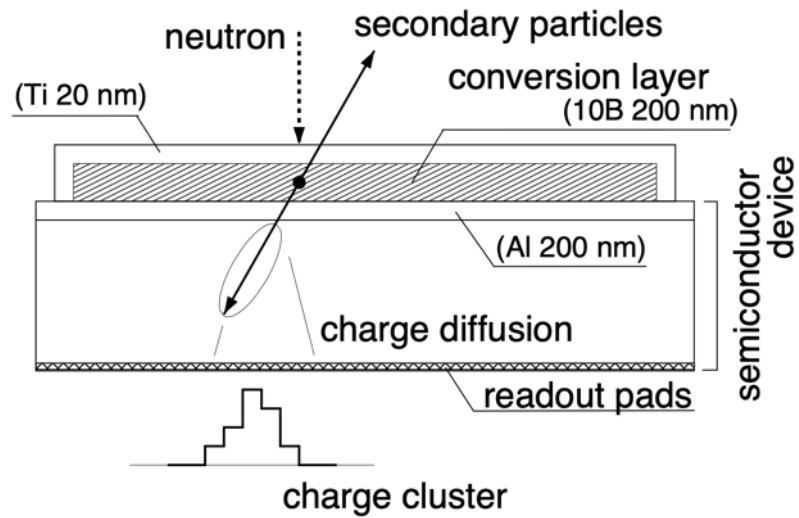
$$\psi(z, t=0) = a_1 \phi_1(z) + a_2 \phi_2(z)$$

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

oscillating term

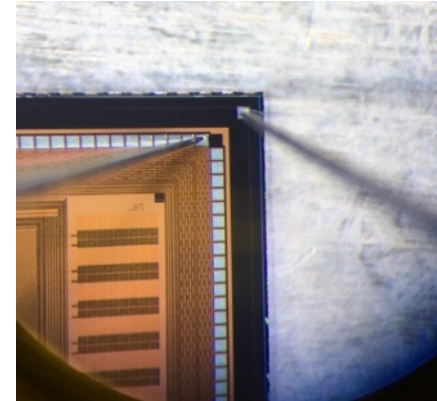
energy scale

CMOS をベースにしたセンサー開発



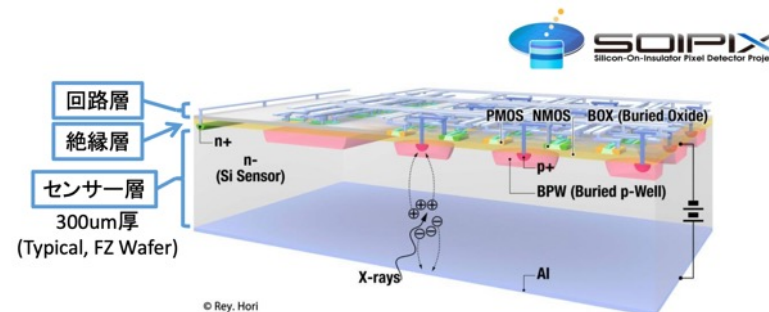
Position resolution : **< 4 microns**

Readout time : ~ msec

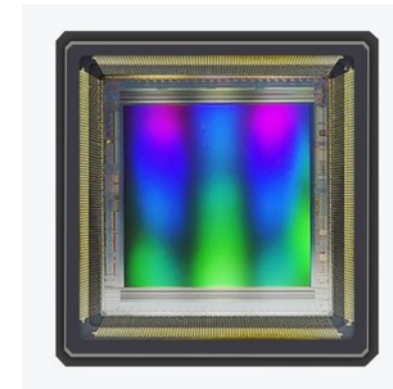


OK! :-)

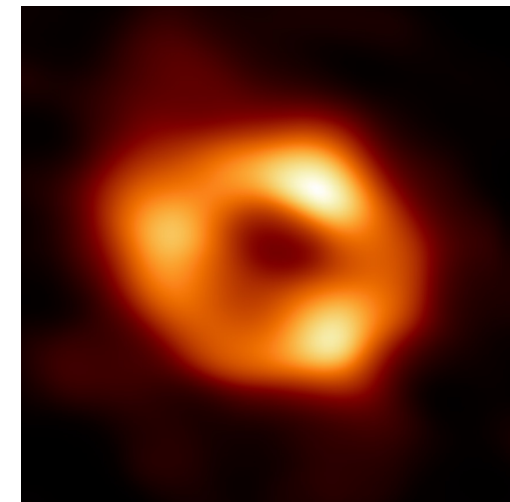
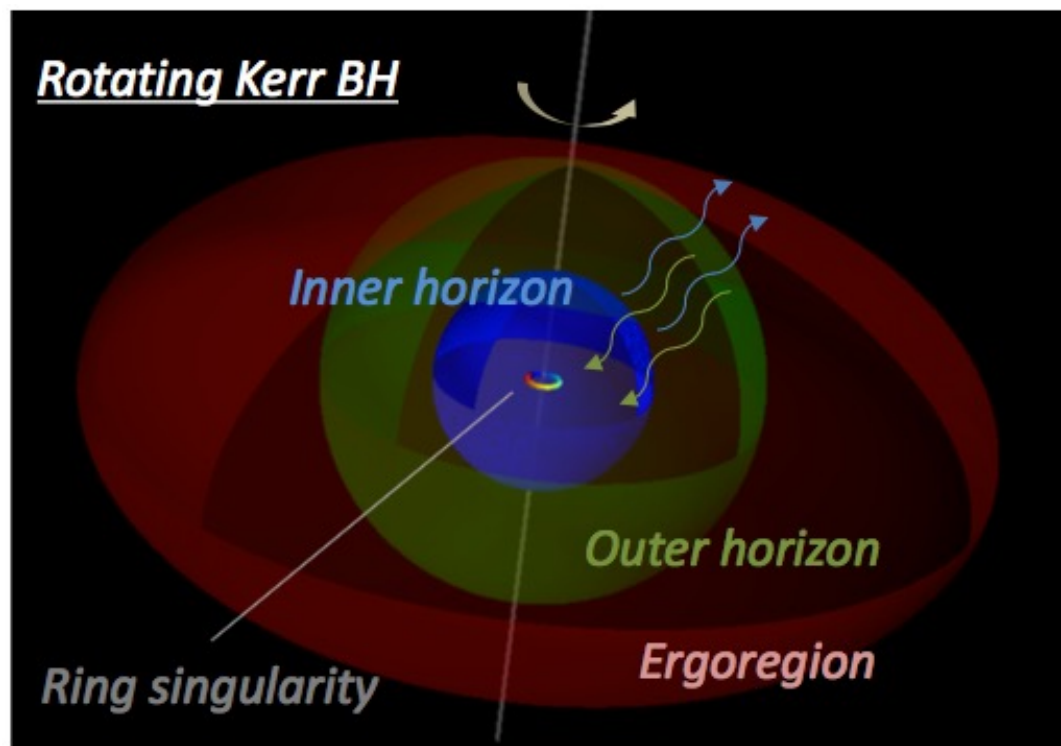
高エネルギー加速器研究機構などで開発



Gpixel Inc.



実験の例: 時空(ホライゾン)の性質を実験的に調べたい



銀河中心のブラックホール

ホライズンでの振る舞い???

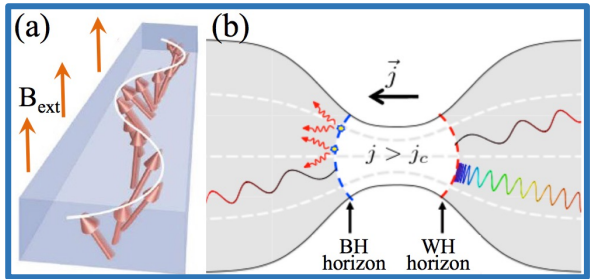
現実のブラックホールはよく知られたSchwarzschild BHではなく、回転している(Kerr)
Double horizon構造が発生し、Hawking放射の共鳴が起こる

特殊な実験系でこの幾何学構造を再現し

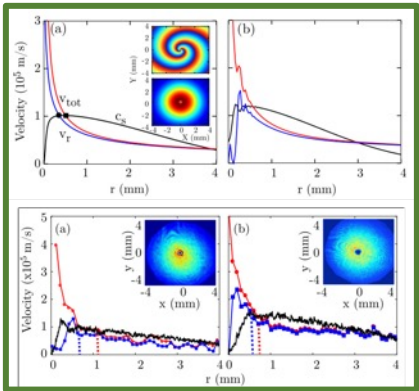
- BHの量子性を探る
- BHを利用した新たなデバイスを作る

いろんな系でホライズンを作る

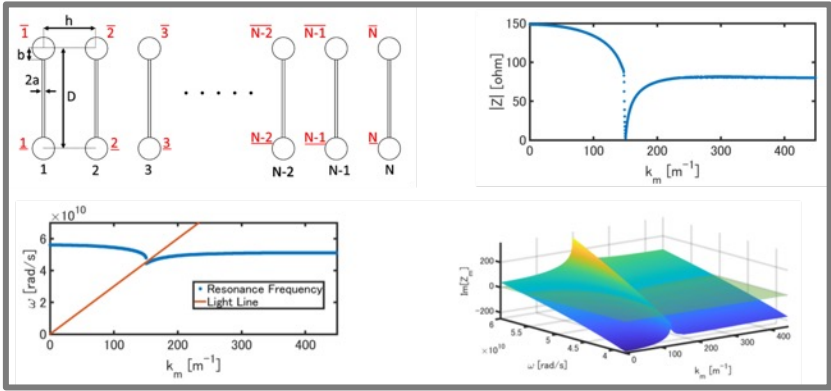
Spin wave



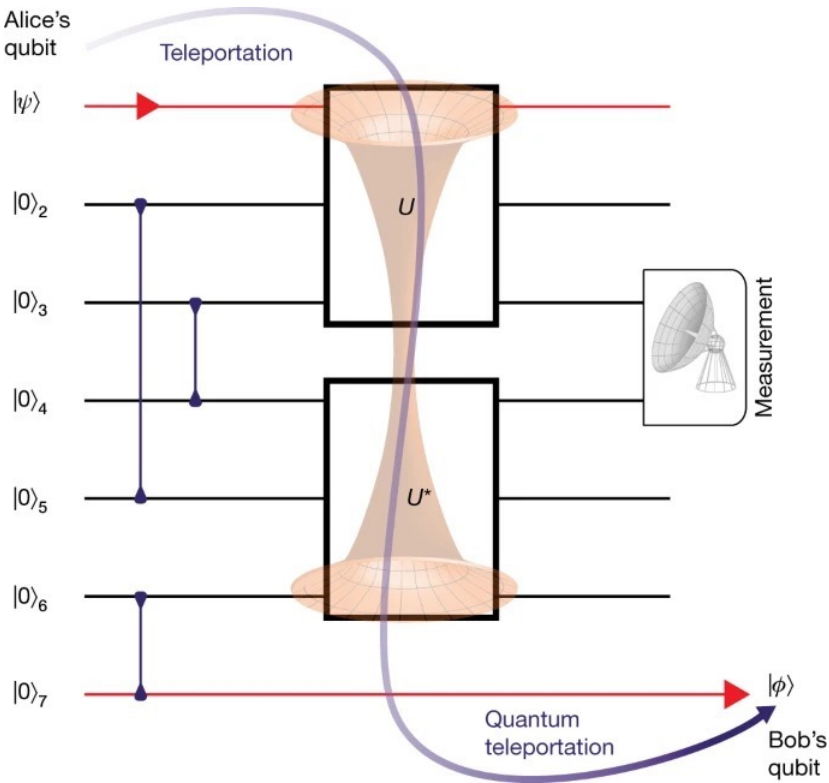
Light vortex



Circuit network



量子コンピュータ
量子もつれを介して情報がどう伝わっていく??



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

