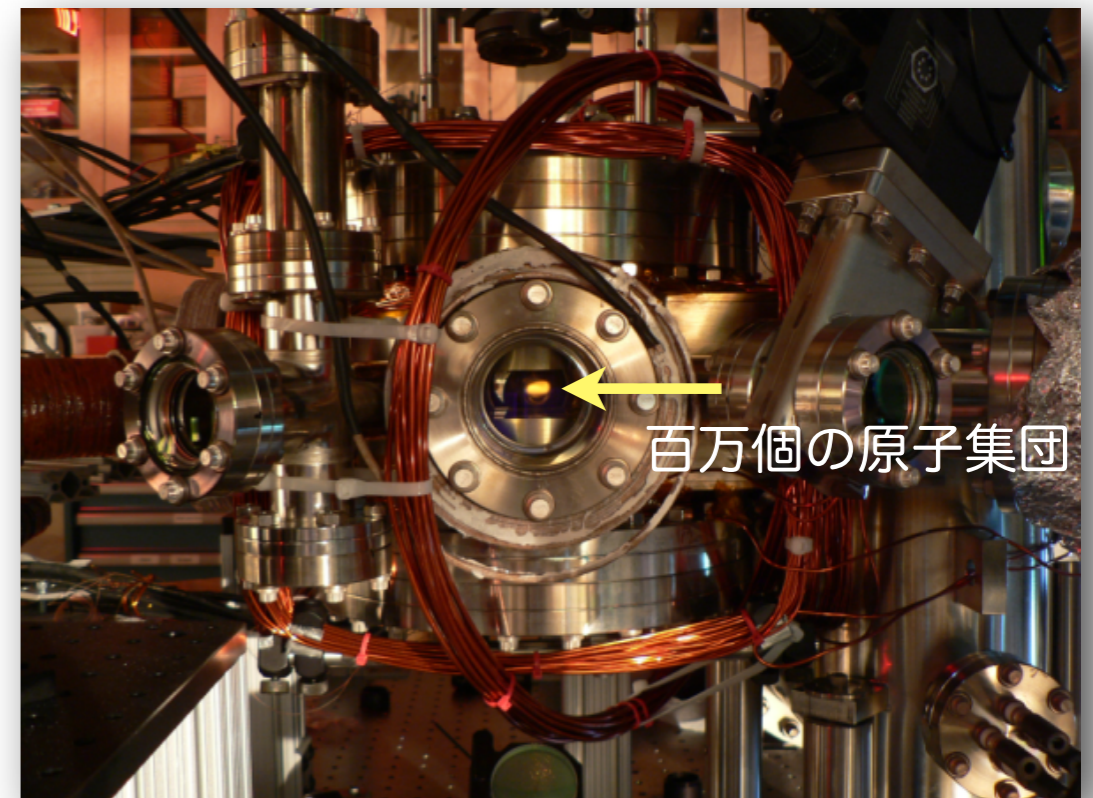


西田研・研究室紹介

西田研では冷却原子を主な対象とする理論物理の研究を行っています。

冷却原子とは、レーザーを用いて閉じ込められた百万個程度の原子を、レーザー冷却によってナノケルビンにまで冷却することで、そのような極低温で現れる量子物理に対するより深い理解、さらには新しい量子現象の発見を目指す分野です。

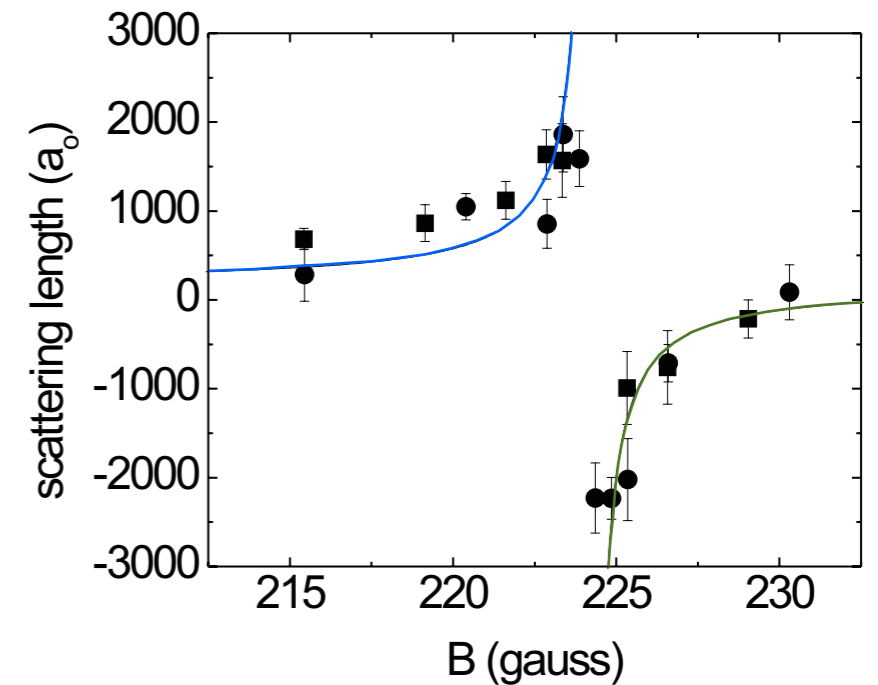


西田研の研究目的

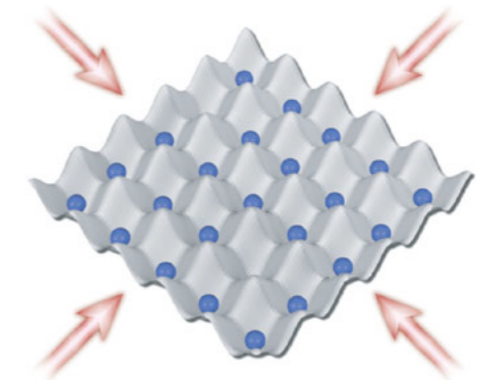
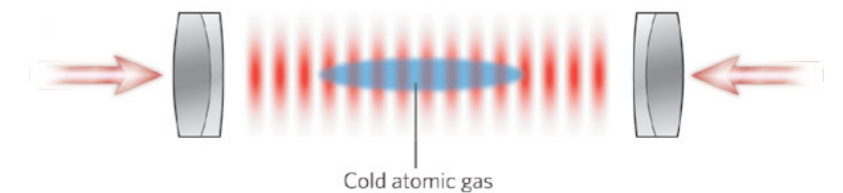
この冷却原子の物理は、1995年の
ボーズ・アインシュタイン凝縮の実現から
始まった比較的若い分野ですが、
その後のめまぐるしい技術の進歩により、
冷却原子を用いることで

- ・ 相互作用の強さ（フェッシュバツハ共鳴）
- ・ 空間次元（光格子による閉じ込め）
- ・ 粒子の量子統計や成分数、質量比（原子種を選択）

など、系を自由自在にデザインしコントロール
できるようになりました。



フェッシュバツハ共鳴



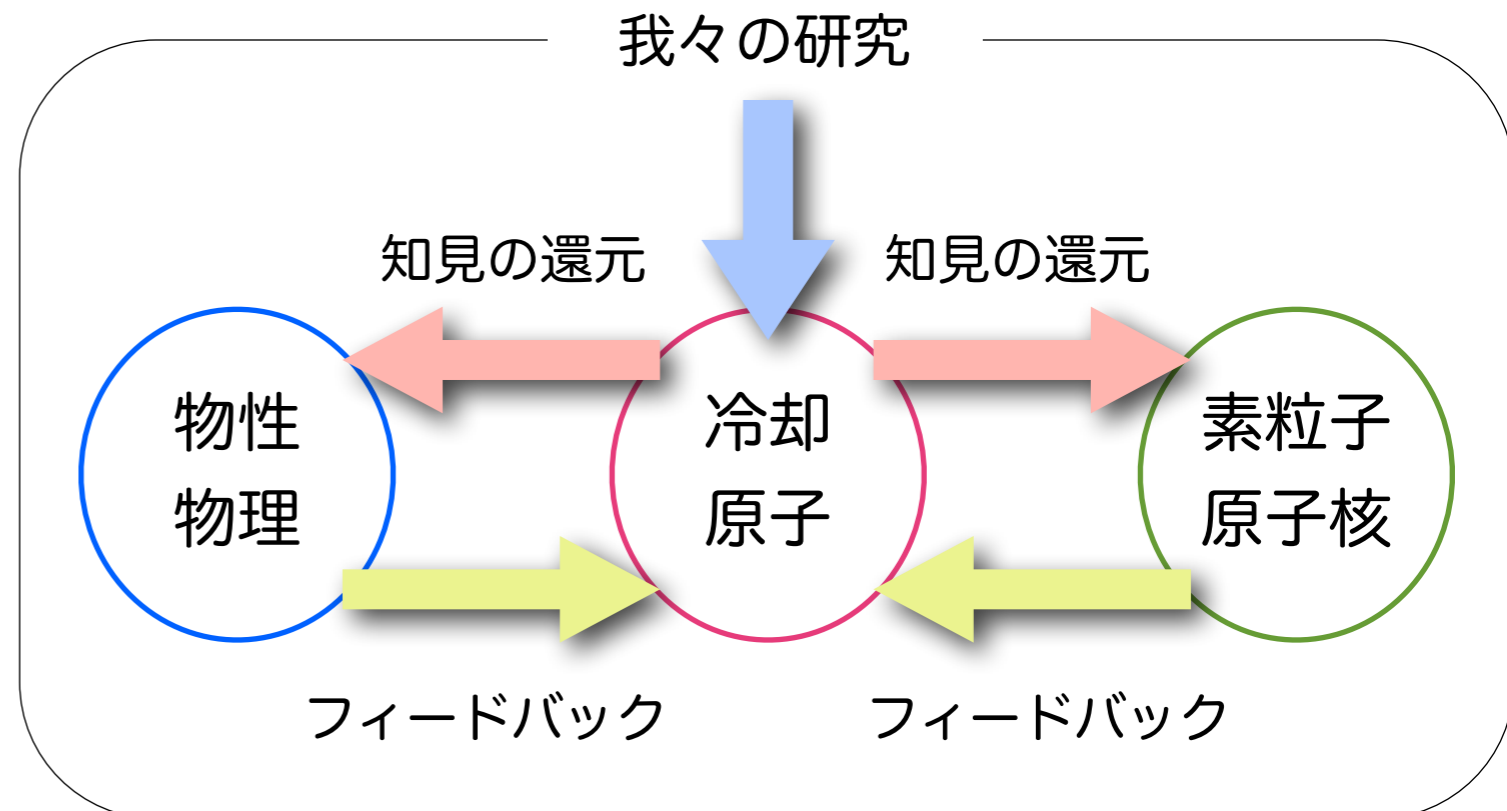
光格子による閉じ込め

従って、興味のある物理現象を理解するための理想的な環境を冷却原子を用いて実験的に作り出すことができます。

この他分野にはない冷却原子の利点を最大限に生かして、冷却原子だけでなく物性物理や素粒子・原子核物理など、**分野の垣根を越えて現れる**

「普遍的」な物理現象への理解を構築することが本研究室の研究目的です。

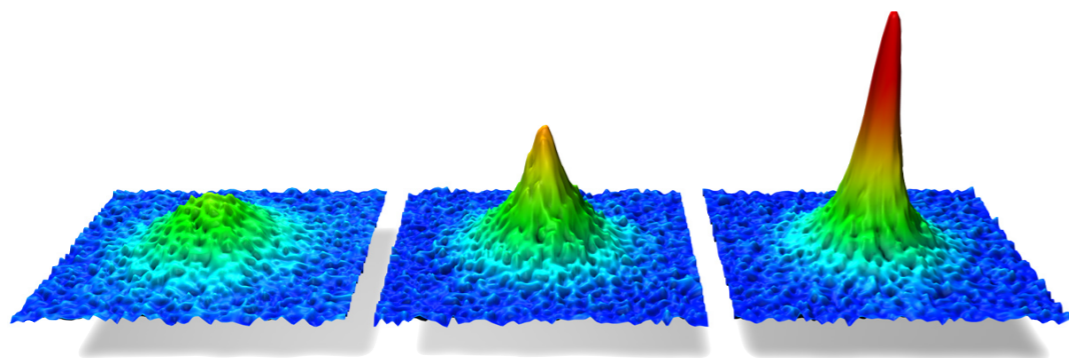
現在、冷却原子は世界的に盛んに研究がなされており、今後、基礎科学・応用科学の両面においてますます重要になっていくものと期待されます。



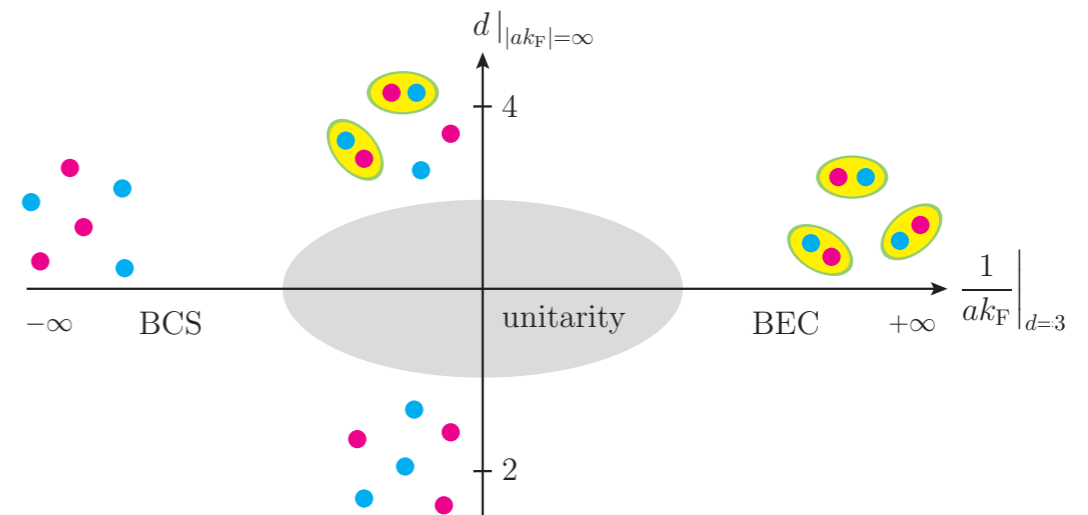
西田研でこれまで行ってきた研究として、

1. 強相関量子多体系としてのBCS-BECクロスオーバー

(引力の強さを変化させたときにフェルミ多体系の性質がどう変化するかの物理学において幅広く現れる基礎的な問題であり、定性的にはBCS-BECクロスオーバーによって理解されているが、定量的な理解は強相関量子多体系であることから困難である。そこで、**イプシロン展開法**や**共形場理論**に基づく解析方法などを提唱した。また、BCS-BECクロスオーバーの多成分系への拡張も行った。)



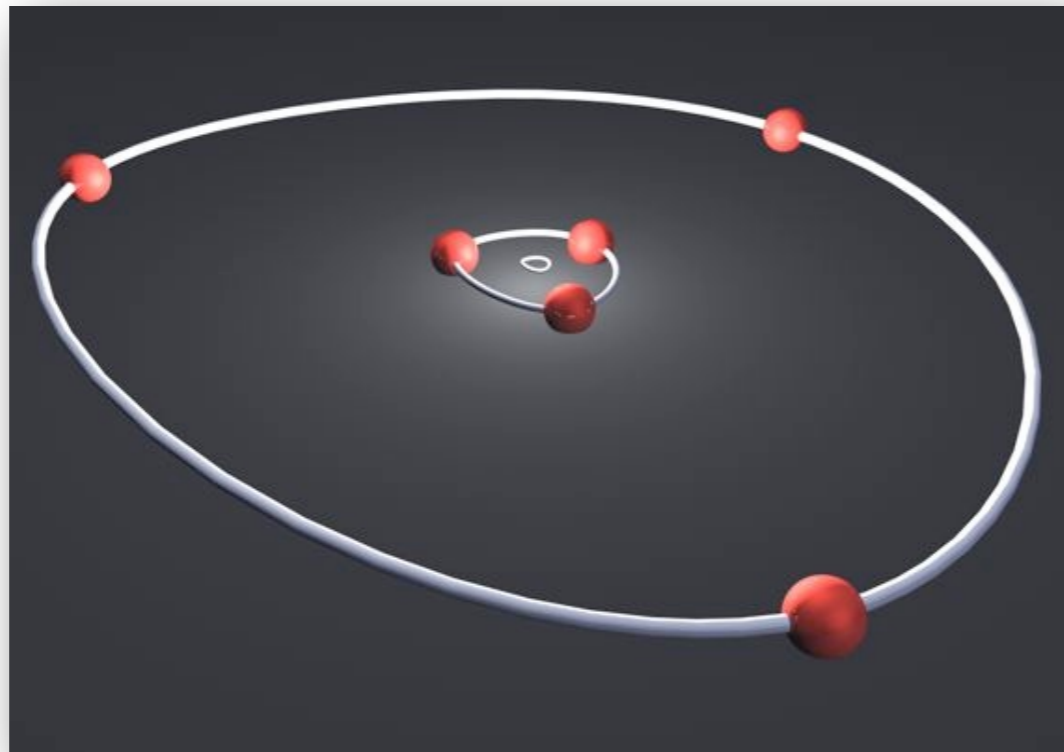
BCS-BECクロスオーバー (実験)



BCS-BECクロスオーバー (相図)

2. 新奇的な少数系物理：エフィモフ効果

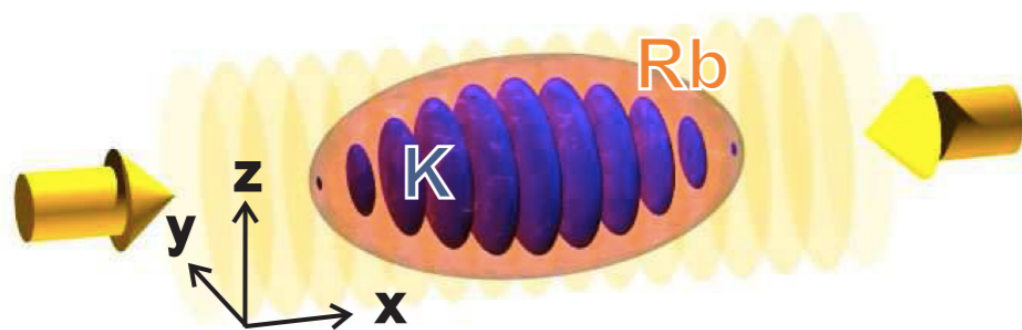
(離散的なスケール不変性で特徴づけられる無限個の3体束縛状態が現れる現象はエフィモフ効果と呼ぶ。このエフィモフ効果は原子核物理の文脈で予言された比較的古い現象であるが、近年冷却原子の分野で盛んに研究されている。このエフィモフ効果が物性系、特に量子スピン系においても現れ得ることを予言した。また、スーパーエフィモフ効果と呼ばれる新奇的な物理現象も発見した。)



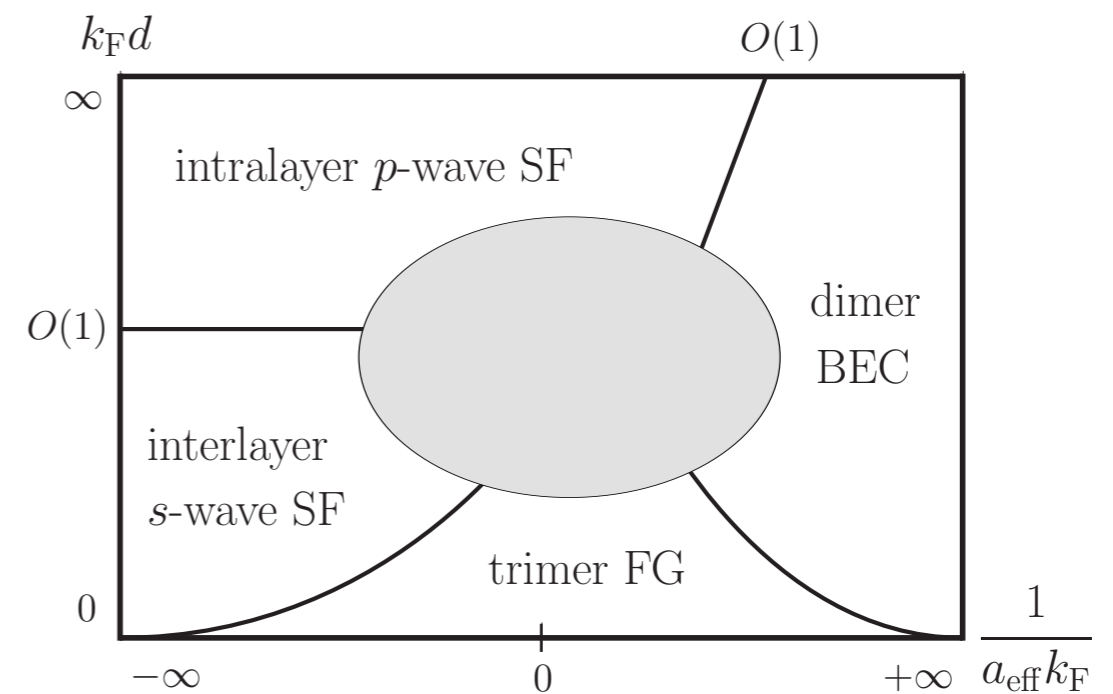
エフィモフ効果 (概念図)

3. 混合次元系における新しい量子相

(異なる空間次元に閉じ込められた原子種の混合気体を提唱し、面間s波超流動、面内p波超流動、3量体のフェルミ気体など、新しい量子相が現れ得ることを予言した。特に、p波超流動はトポロジカルな性質を持つため、特に重要である。また、フィレンツェの実験グループとの共同研究も行った。)



混合次元系 (実験模式図)



混合次元系 (相図)

方法としては、

場の理論、 対称性、 繰り込み群、 摂動論、 少数系の厳密解、
などの解析的手法と簡単な数値計算を用いることが多いです。

これらの他にも、冷却原子の分野では

- ・ 超流動-モット絶縁体転移
- ・ アンダーソン局在の物理
- ・ 光格子を用いたトポロジカル現象
- ・ 非平衡物理

などの研究も盛んに行われています。

以上のように、多彩で豊富な話題から研究テーマを選べるのが冷却原子の大きな魅力です。一方で、このことは冷却原子だけでなく、物性物理や素粒子・原子核物理など幅広い物理への興味が求められることも意味します。また、実験との連携も重要です。

一つの分野に留まらずに幅広く物理学を学ぶ意欲のある
学生諸君と共に研究を行っていきたいと思います。

特に最近では、ゲージ理論、ホーキング輻射、アノマリーなどの
場の理論における基本的概念を実現・検証する場としての物性系
にも興味を持っており、物性論だけでなく素粒子論を指向する
学生諸君にも一度研究室に話を聞きに来てもらえればと思います。

より詳しい研究内容や、これまでの卒論テーマなどについては

・ <http://www.stat.phys.titech.ac.jp/nishida/>

を参照してください。