

希薄原子気体の高い操作性を活かした 新しい物質科学研究

慶應義塾大学工学部物理学

大橋 洋士



極低温原子気体の持つ高い操作性

物質科学研究における重要な“物質パラメータ”

➤ 粒子間相互作用



極低温原子気体を用いると。。。。

フェッシュバハ共鳴により、斥力 から
引力 まで(実験中に) 自在に制御

➤ バンド構造(結晶格子)



レーザーによる光学格子によって
格子の形状を 自在に作成

➤ 粒子(電子)数密度



自在に制御

➤ 粒子の統計性(フェルミ粒子、ボーズ粒子、混合系)

物質科学研究を妨げる要素

⚡ 格子欠陥、不純物



理想的な完全結晶

極低温原子気体の持つ高い操作性

偶然の発見に頼っていた
新機能物質探査

(電子系)

極低温原子気体の持つ高い操作性

理論的に新現象を予想

電子 → 原子

原子気体の高い操作性を用いた「人工結晶系」で真偽を検証

+

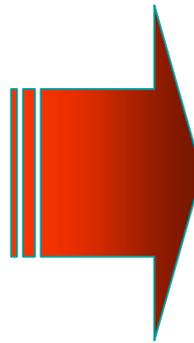
実現するための最適条件をチェック

原子 ← 電子

期待される機能を有する新物質を探索

偶然の発見に頼っていた
新機能物質探索

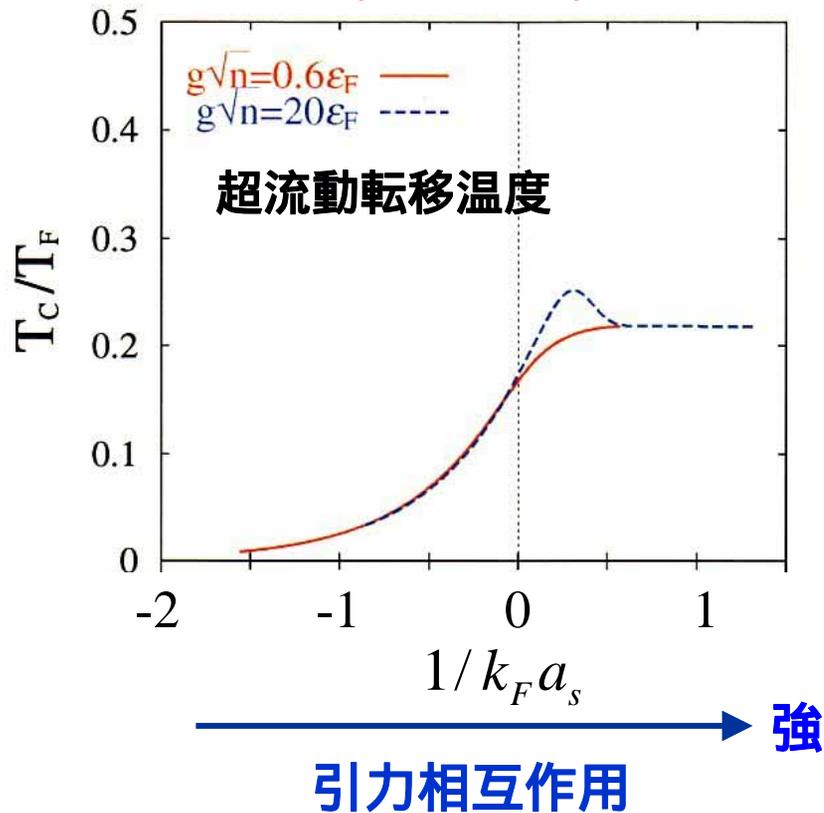
(電子系)



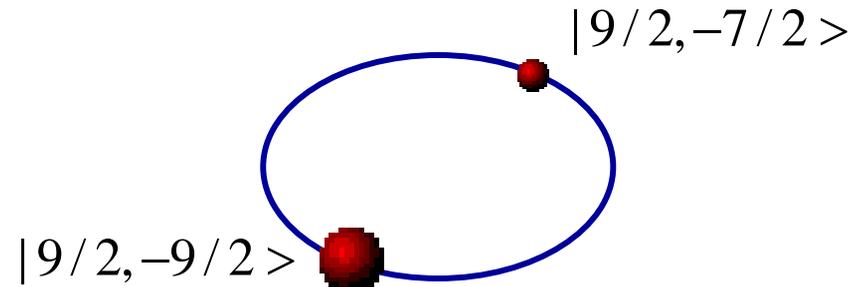
BCS-BEC crossover in superfluid Fermi gas ^{40}K

理論による提案

(2002年)



フェッシュバハ共鳴による
引力制御で超流動化

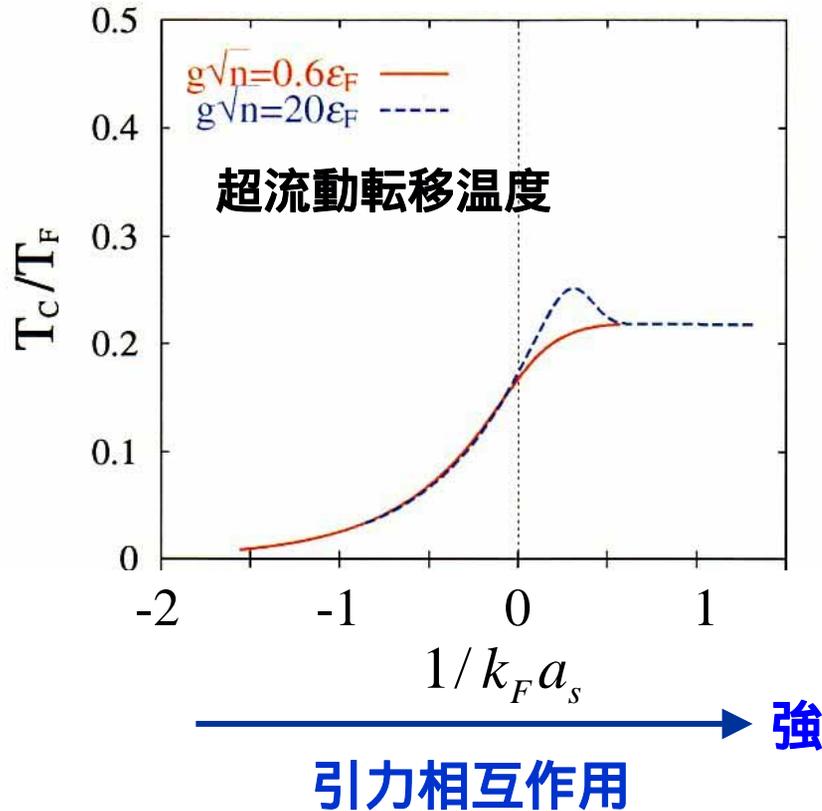


Ohashi and Griffin PRL 89 (2002) 130402.

BCS-BEC crossover in superfluid Fermi gas ^{40}K

理論による提案

(2002年)



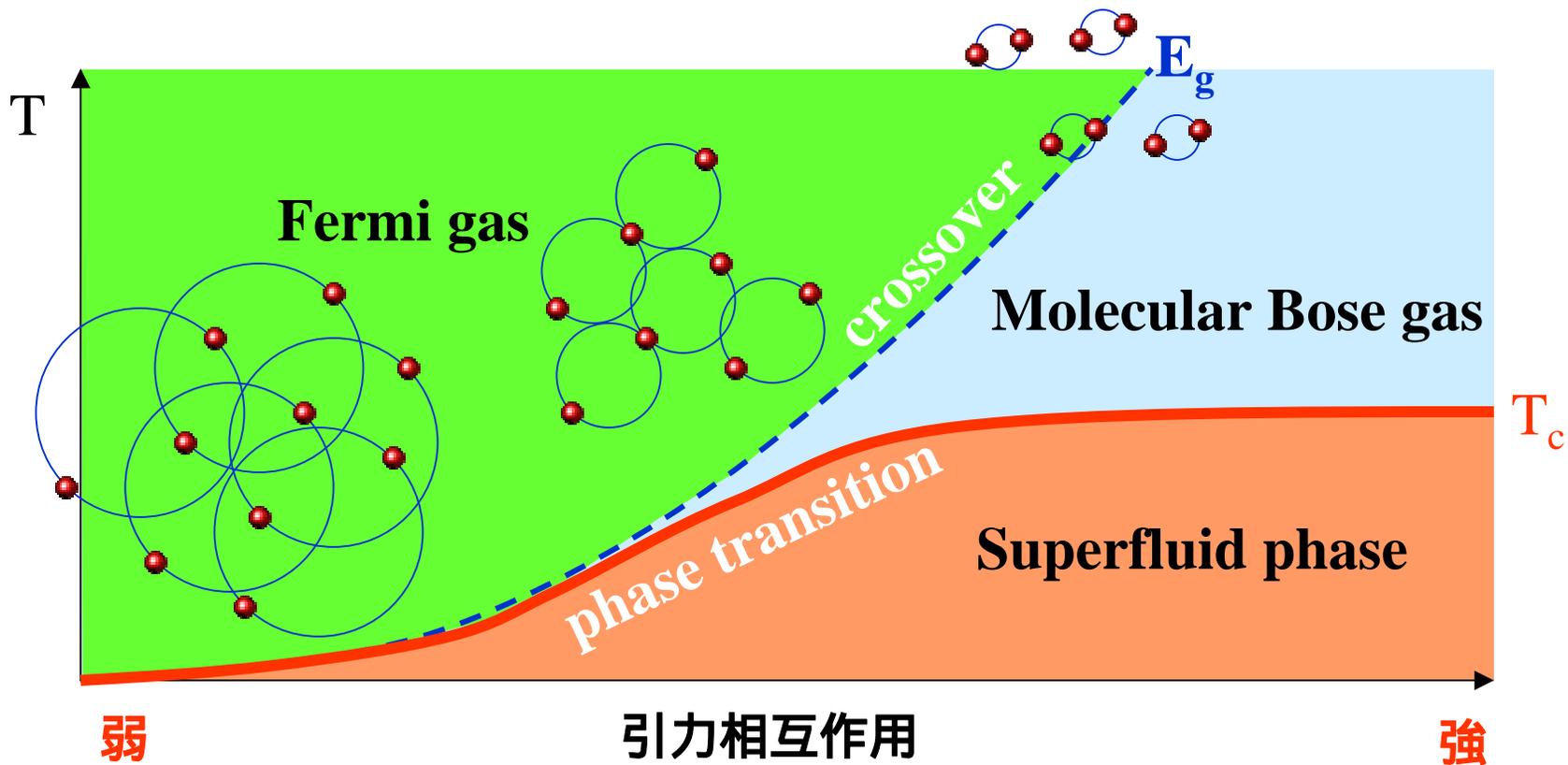
実験による超流動化達成

(2004年)

C. A. Regal, et al. PRL 92 (2004) 040403.

Ohashi and Griffin PRL 89 (2002) 130402.

Phase diagram of a superfluid Fermi gas

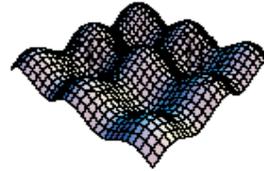


金属超伝導と同じ
“BCS”状態

超流動He4と同じ
“BEC”状態

“BCS-BEC クロスオーバー”

希薄原子ガスの高い操作性を活かした新しい物性物理学研究領域

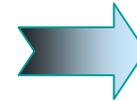


光学格子

希薄原子ガス

+

フェッシュバハ
共鳴



Hubbard模型

強相関電子系

超高温超流動

BCS-BECクロスオーバー

超流動-絶縁体転移

HTSC発現機構

重い電子系の磁性と超伝導

モット転移

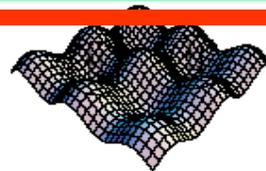
量子化学

物質設計・新物質探査

新しい分子生成技術

室温超伝導

希薄原子ガスの高い操作性を活かした新しい物性物理学研究領域



光学格子

希薄原子ガス

+

フェッシュバハ
共鳴



Hubbard模型

強相関電子系

超高温超流動

BCS-BECクロスオーバー

超流動-絶縁体転移

HTSC発現機構

重い電子系の磁性と超伝導

モット転移

粒子数制御

量子化学

物質設計・新物質探査

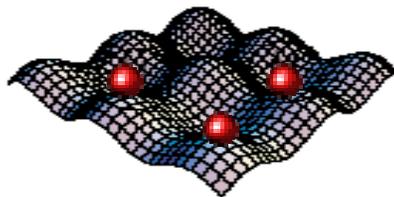
新しい分子生成技術

室温超伝導へ。。

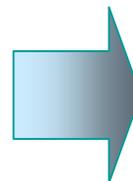
次なる目標

フェルミ原子ガス
超流動

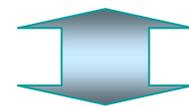
+



光学格子



人工結晶中での
フェルミ粒子系
超流動の達成

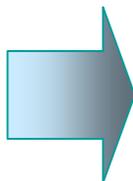


金属結晶中の超伝導

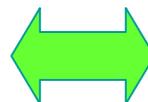


高温超伝導の可能性

P波フェッシュバハ共鳴



P波超流動



超流動 ^3He

異方的超伝導