

冷却原子の理論研究 (2006~)

レーザーで閉じ込められ、極低温にまで冷やされた原子集団を用いて量子物理に対するより深い理解、新しい量子現象の発見を目指す分野

キーワード：強相関系における普遍性

1. 量子多体系の物理

BCS-BECクロスオーバー、ユニタリーフェルミ気体に対して
イプシロン展開法、非相対論的共形場理論に基づく新しい解析方法

2. 量子少数系の物理

エフィモフ効果が物性系（量子磁性体）に現れ得ることの予言
新奇普遍的現象「（セミ）スーパーエフィモフ効果」の発見

3. 新しい強相関系の提案

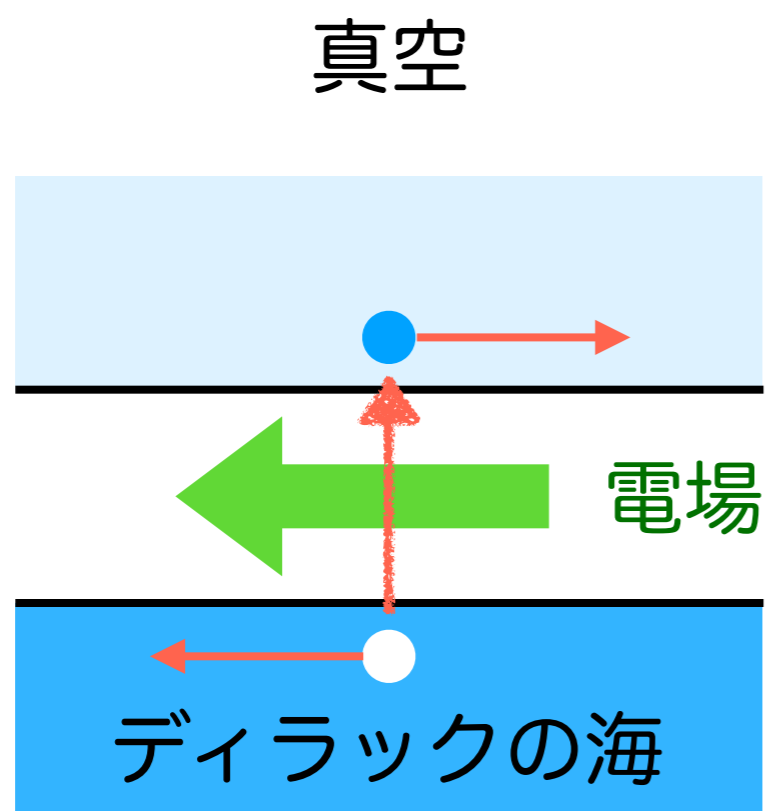
実験グループとの共同研究、理論的予言の検証・実現

特に、近藤効果の実現とスピン空間における量子輸送による観測

物性物理と素粒子・原子核・宇宙の融合的研究 (2014~)

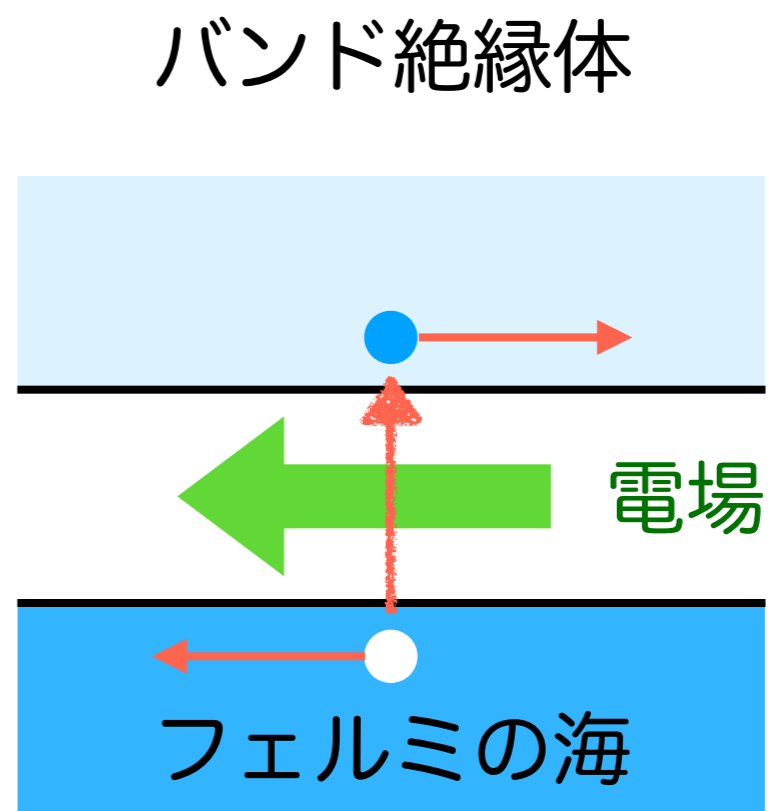
キーワード：相対論的非平衡ダイナミクス

1. 真空の物性



真空破壊

真空から粒子が生成
「シュウィンガー効果」

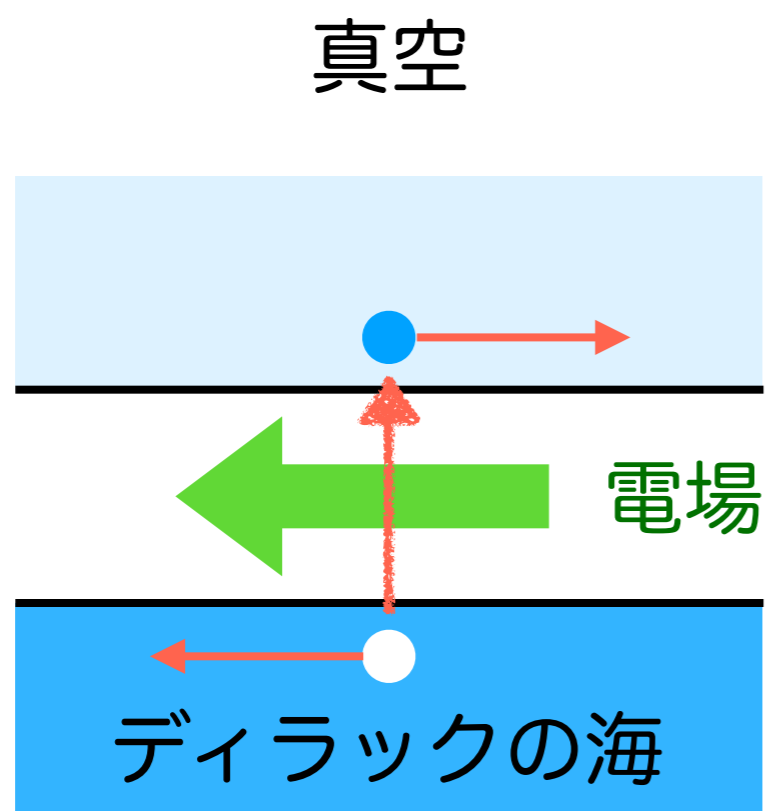


絶縁破壊

物性物理と素粒子・原子核・宇宙の融合的研究 (2014~)

キーワード：相対論的非平衡ダイナミクス

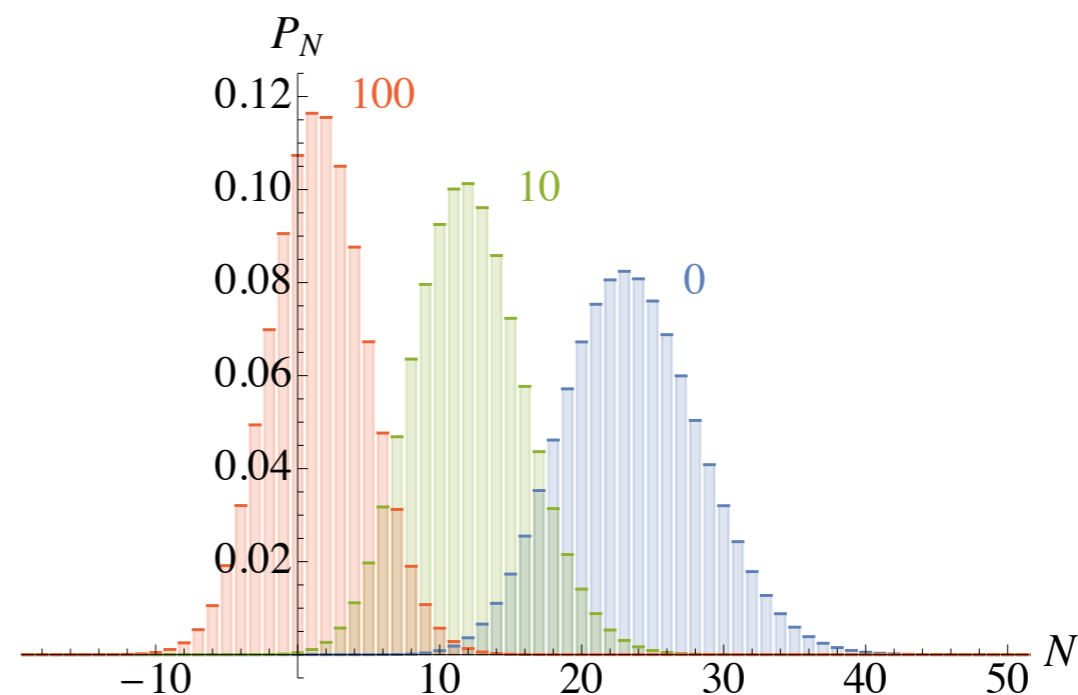
1. 真空の物性



真空破壊

真空から粒子が生成
「シュウィンガー効果」

確率分布



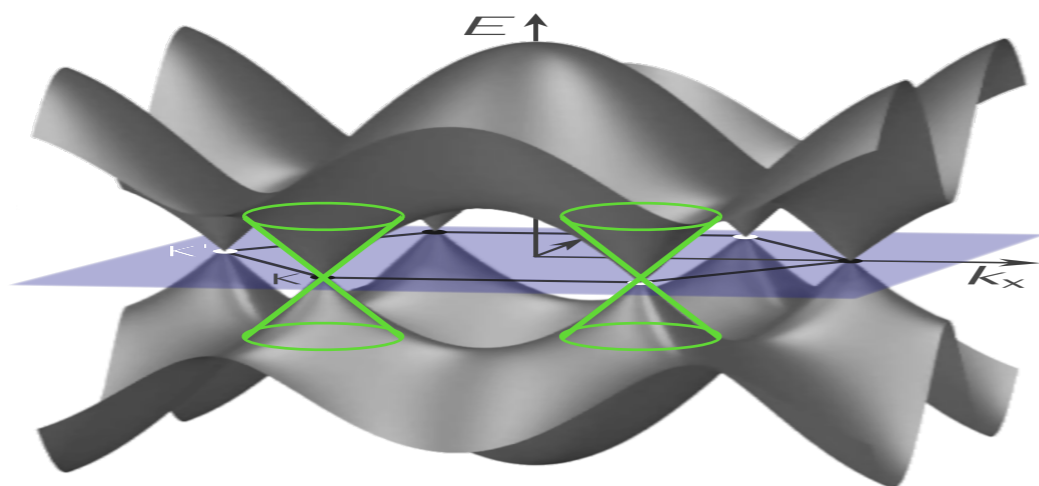
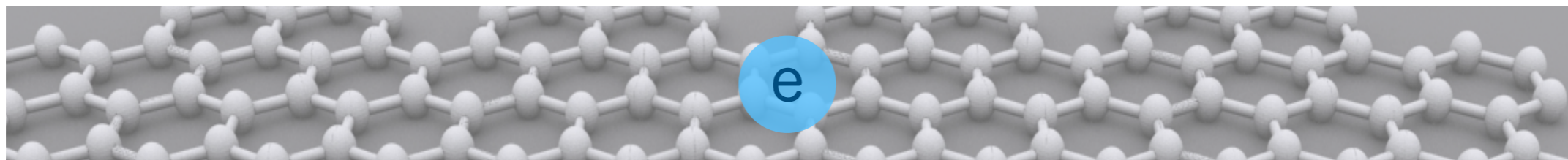
トンネル伝導における
「完全計数統計」を応用！

メソスコピック系と素粒子の融合

物性物理と素粒子・原子核・宇宙の融合的研究 (2014~)

キーワード：相対論的非平衡ダイナミクス

2. グラフェンで実現する超重核



ディラック方程式に従う

質量ゼロの相対論的電子が発現

ただし、速度は光速の300分の1

⇒ 微細構造定数は300倍！

グラフェンに置かれた荷電不純物 \Leftrightarrow $Z=137$ を超える超重核

グラフェンと原子核の融合

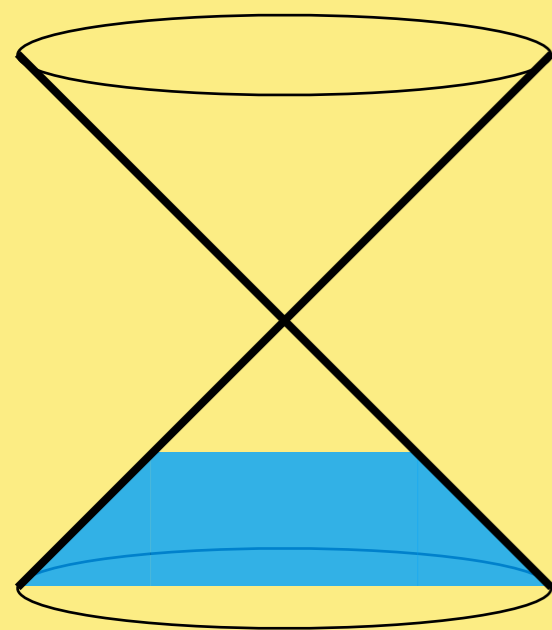
- ・ 離散的スケール不変性（対数周期的な振動）の発現を予言
- ・ 3次元ディラック電子物質で観測

物性物理と素粒子・原子核・宇宙の融合的研究 (2014~)

キーワード：相対論的非平衡ダイナミクス

3. ワイル半金属におけるカイラル磁気生成

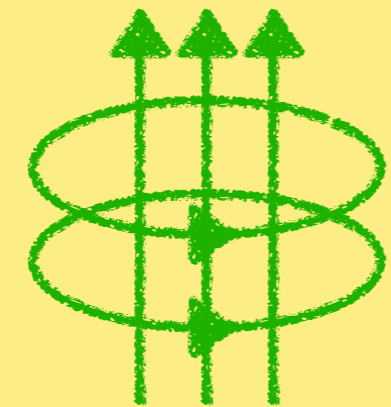
カイラル不均衡状態



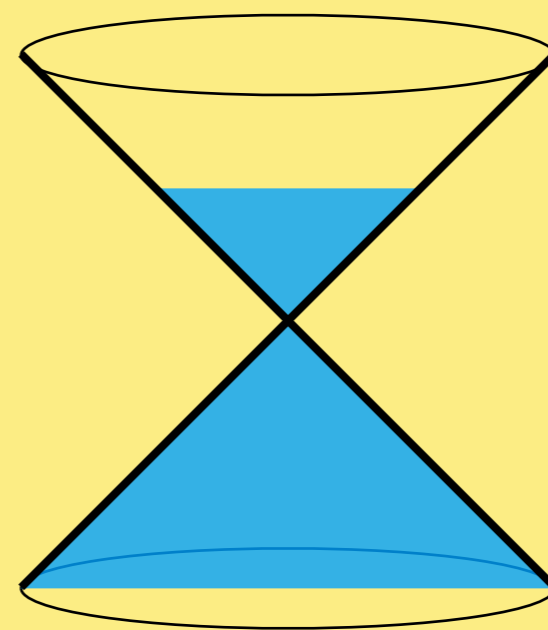
左巻き

ワイル粒子

磁場→電流



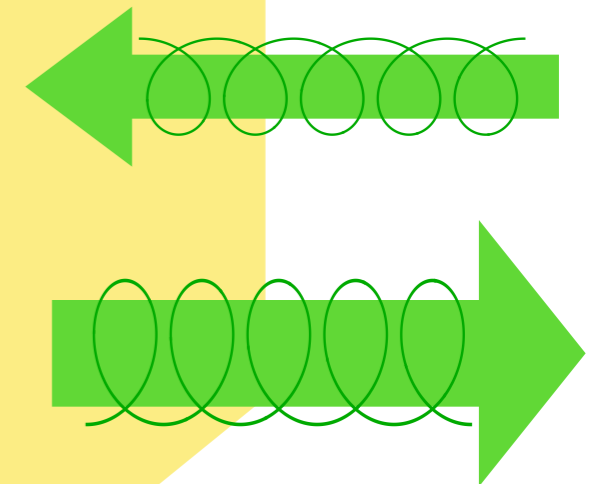
電流→磁場



右巻き

ワイル粒子

円偏光



反射率 > 1 !

カイラル
プラズマ不安定性

物性物理と素粒子・原子核・宇宙の融合的研究 (2014~)

キーワード：相対論的非平衡ダイナミクス

3. ワイル半金属におけるカイラル磁気生成

超新星爆発の内部では電子捕捉反応 ($p + e_L \rightarrow n + \nu_L$) によって残された右巻き電子から成るカイラル不均衡状態が実現



カイラルプラズマ不安定性

磁場 → 電流 → 磁場
→ 電流 → 磁場 → . . .

- ・ 中性子星が持つ宇宙最強磁場 ($\sim 10^{11}$ T) の起源
- ・ 初期宇宙における原始磁場 \Rightarrow 銀河間空間の磁場の起源

ワイル半金属と宇宙の融合

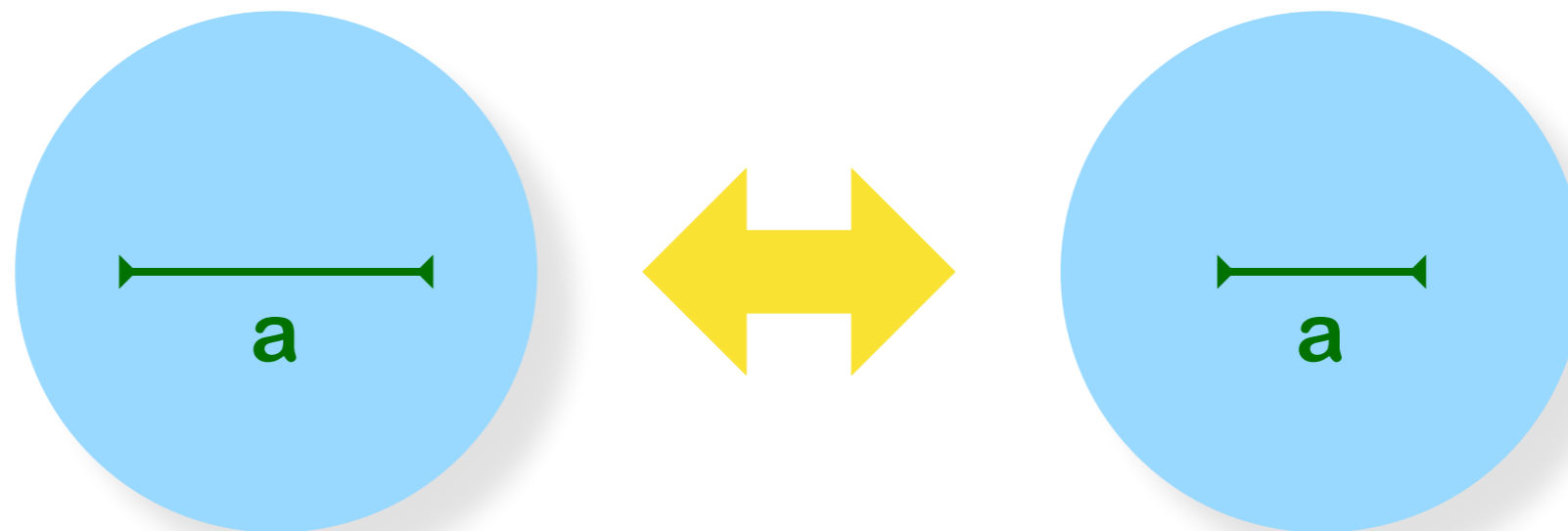
対称性に基づく有効場の理論と強相関量子流体への応用 (2018~)

1. 冷却原子気体における“破れた”スケール不変性

スケール不変性は散乱長によって破られるが、
散乱長を時空に依存させ適切な変換則を付与すると仮想的に回復

⇒ 有効場の理論の構築に活用

スプリオン場の方法 (原子核理論で生まれたアイデア！)

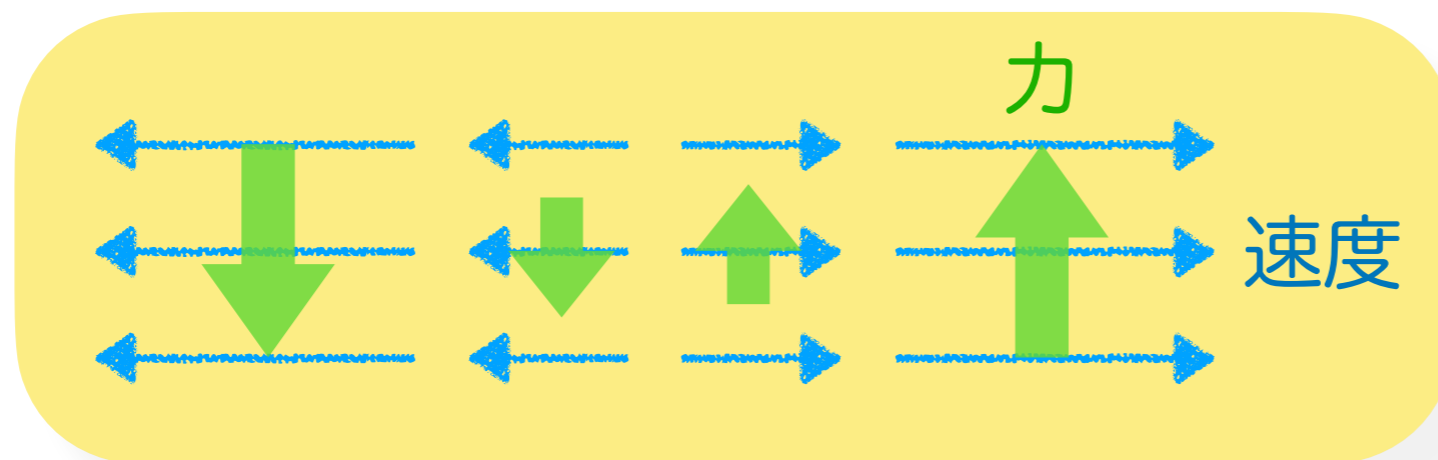


- 散乱長の伸縮は流体の膨張収縮と等価
- 冷却原子気体の体積粘性の測定 ⇒ 実験グループとの共同研究

対称性に基づく有効場の理論と強相関量子流体への応用 (2018~)

2. 液体ヘリウムにおける“隠れた”一般座標変換不変性

液体ヘリウムの理論を仮想的に曲がった空間に置くと
一般座標変換不変性（ガリレイ変換不変性の拡張）が発現
⇒ 有効場の理論の構築に活用（一般相対性理論の原理！）



- 外部磁場下の超流動ヘリウムB相において
ホール粘性（ホール伝導率の粘性における対応物）が発現
- 音波が横波成分を獲得 ⇒ 実験的測定？

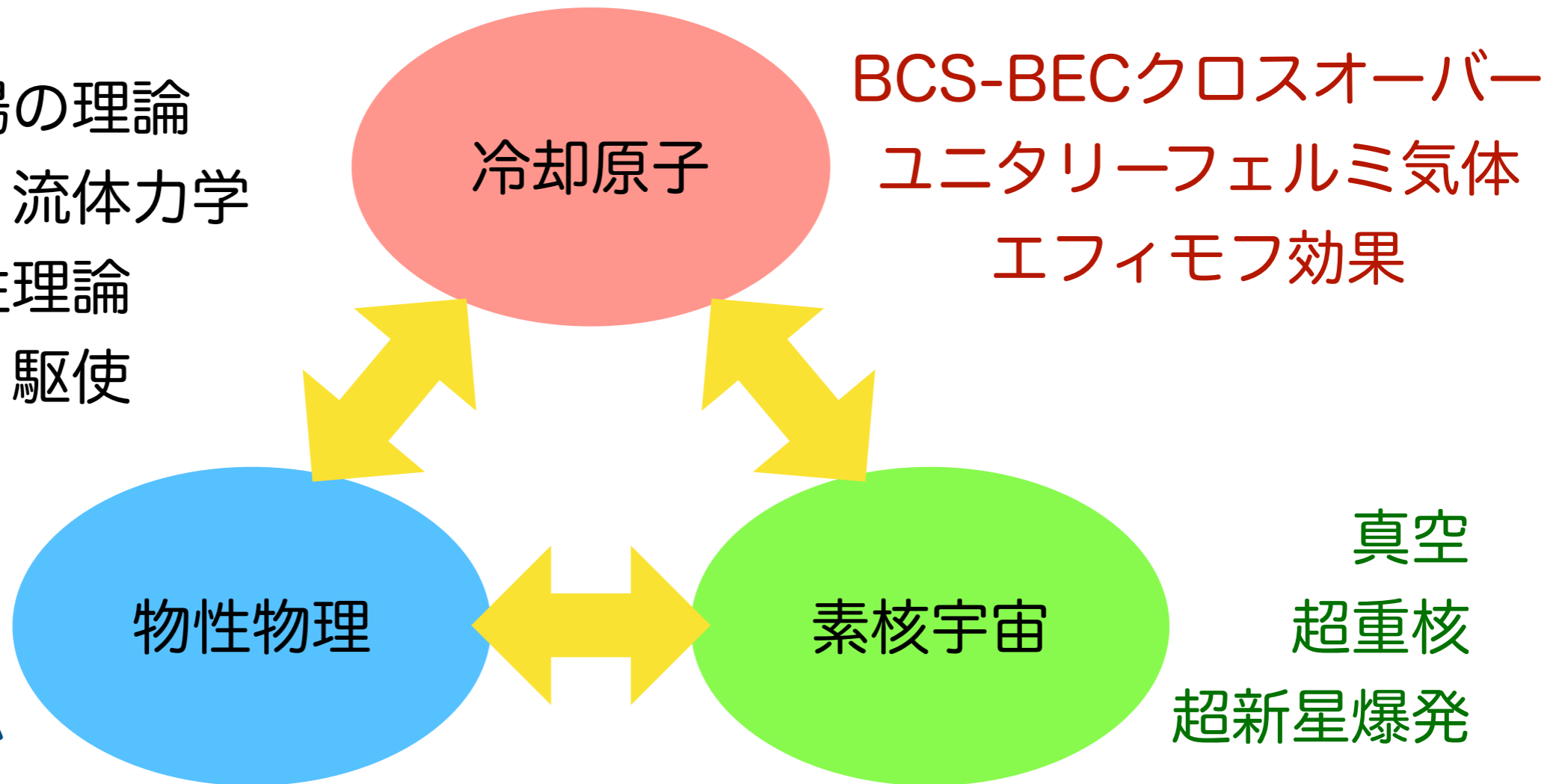
冷却原子、物性物理、素核宇宙

それぞれをつなぐ融合領域における多彩な理論研究

解析方法

- ・ (共形) 場の理論
 - ・ (超流動) 流体力学
 - ・ 一般相対性理論
- などを幅広く駆使

グラフェン
ワイル半金属
超流動ヘリウム



キーワード：量子多体系、量子少数系における普遍的現象
トポロジカル物質と相対論的非平衡ダイナミクス
有効場の理論に基づく強相関量子流体