

2成分BECにおける高次量子渦の動的不安定性

Sep. 3rd. 2009

基研研究会「熱場の量子論とその応用」

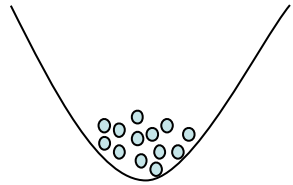
竹井 郁夫 早大先進理工物理

峰 真如 早大本庄学院

小林 恵太 早大理工物質開発

山中 由也 早大基幹理工電子光システム

中性原子気体のBose-Einstein凝縮(BEC)



・調和トラップポテンシャル

・原子間相互作用

$$V(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) = g\delta(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)$$

$$na^3 \ll 1 \quad n: \text{粒子数密度}$$
$$a: \text{s波散乱長}$$

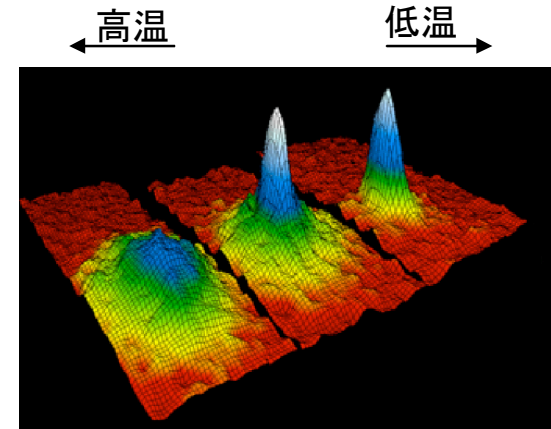


Figure. 中性原子気体の運動量分布
M. Anderson *et al.*, (1995).

中性原子気体BECの特徴

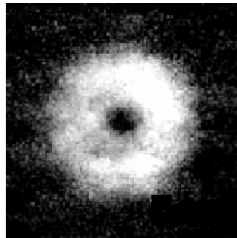
- ・マクロな量子現象
- ・実験パラメータの制御可能性(相互作用の強さ, トラップポテンシャル, 粒子数, etc)
- ・2成分BECも可能(異核種, 異なる超微細状態)



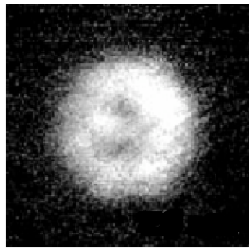
量子多体系の検証

Dynamical Instability(動的不安定性)

実験



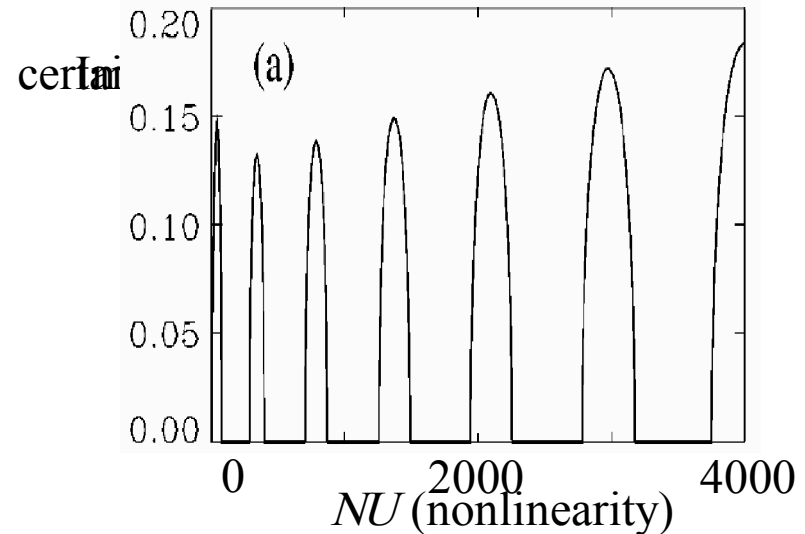
doubly quantized
vortex



Split!
(Single vortex $\times 2$)

Y. Shin *et al.*, (2004)

理論



H. Pu, *et al.*, (1999)

Gross-Pitaevskii(GP)方程式(非線形Schroedinger方程式)の線形安定性解析



Bogoliubov-de Gennes(BdG)方程式(ゆらぎの従う方程式)にcomplex mode



BECの不安定性(量子渦の分裂)に対応

本研究の目的と物理系

Puの解析は古典的描像(量子効果を取り入れていない)



Dynamical instabilityを場の量子論で記述する枠組みが提案されている(ただし, 1成分BEC)



M. Mine, *et al.*, (2007), K. Kobayashi, *et al.*, (2008)

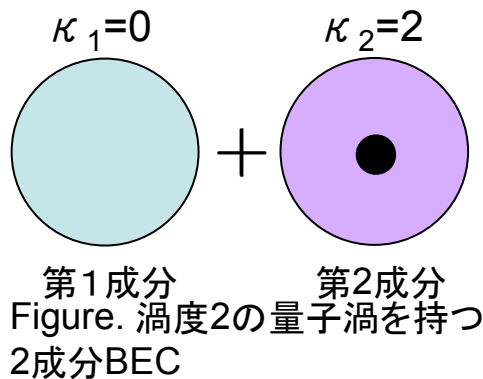
多成分BECへの拡張(将来の目標)



古典論の範囲で2成分BECにどのような不安定性が現れるのか?(本研究)

2成分BEC

本研究のmodel



量子渦の分裂?
相分離?
不安定性の共存?

多彩な不安定性の相の出現の可能性!

結合定数に関する摂動論



解析的評価が可能!

Phase Diagram

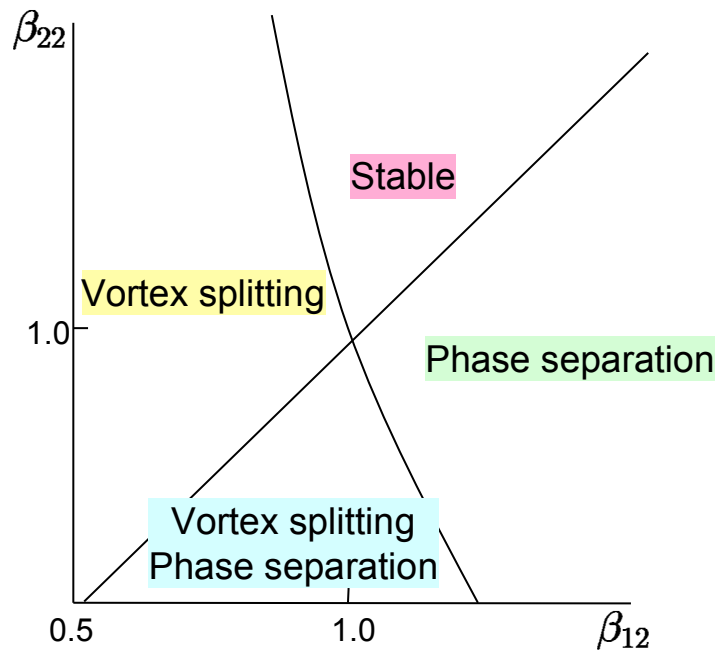
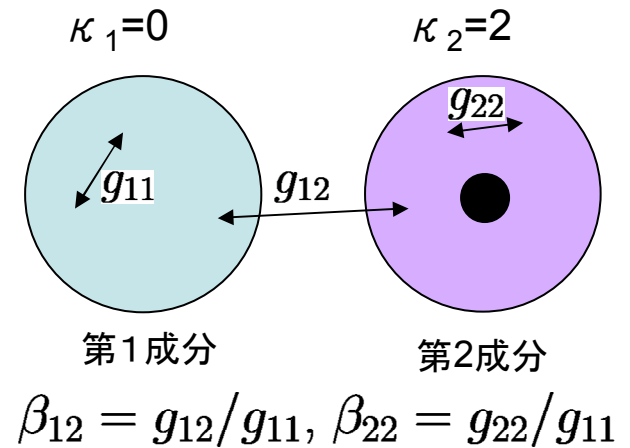


Figure. $N_1 = N_2$ の2成分BECにおけるdynamical instabilityのphase diagram



Vortex splittingとphase separationについてのphase diagramが得られた。