

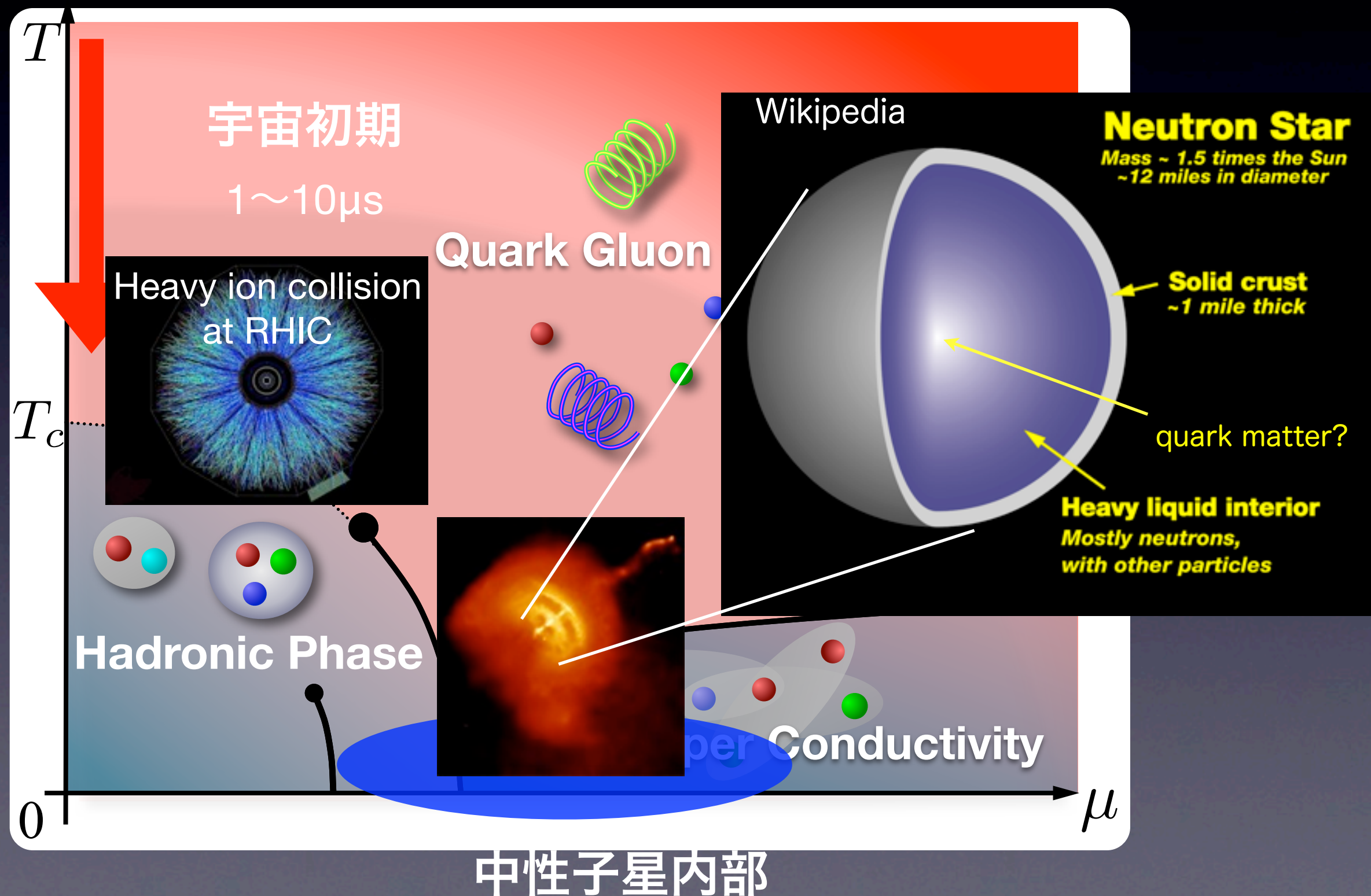
Quarkyonic Chiral Spirals

日高義将

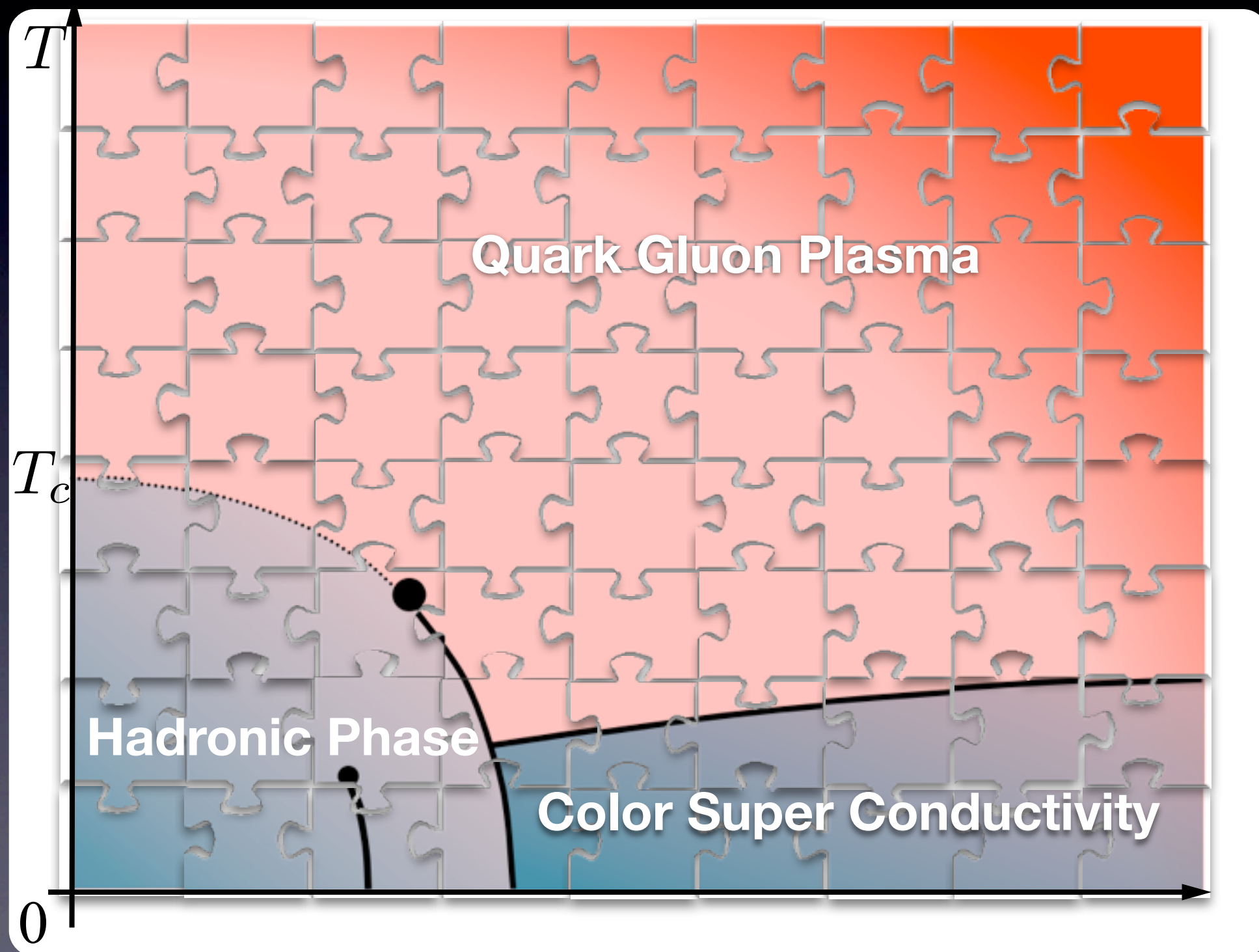
with T. Kojo, R. Pisarski, and L. McLerran, Nucl. Phys. **A843**, 37 (2010)

QCD 相图

QCD 相図

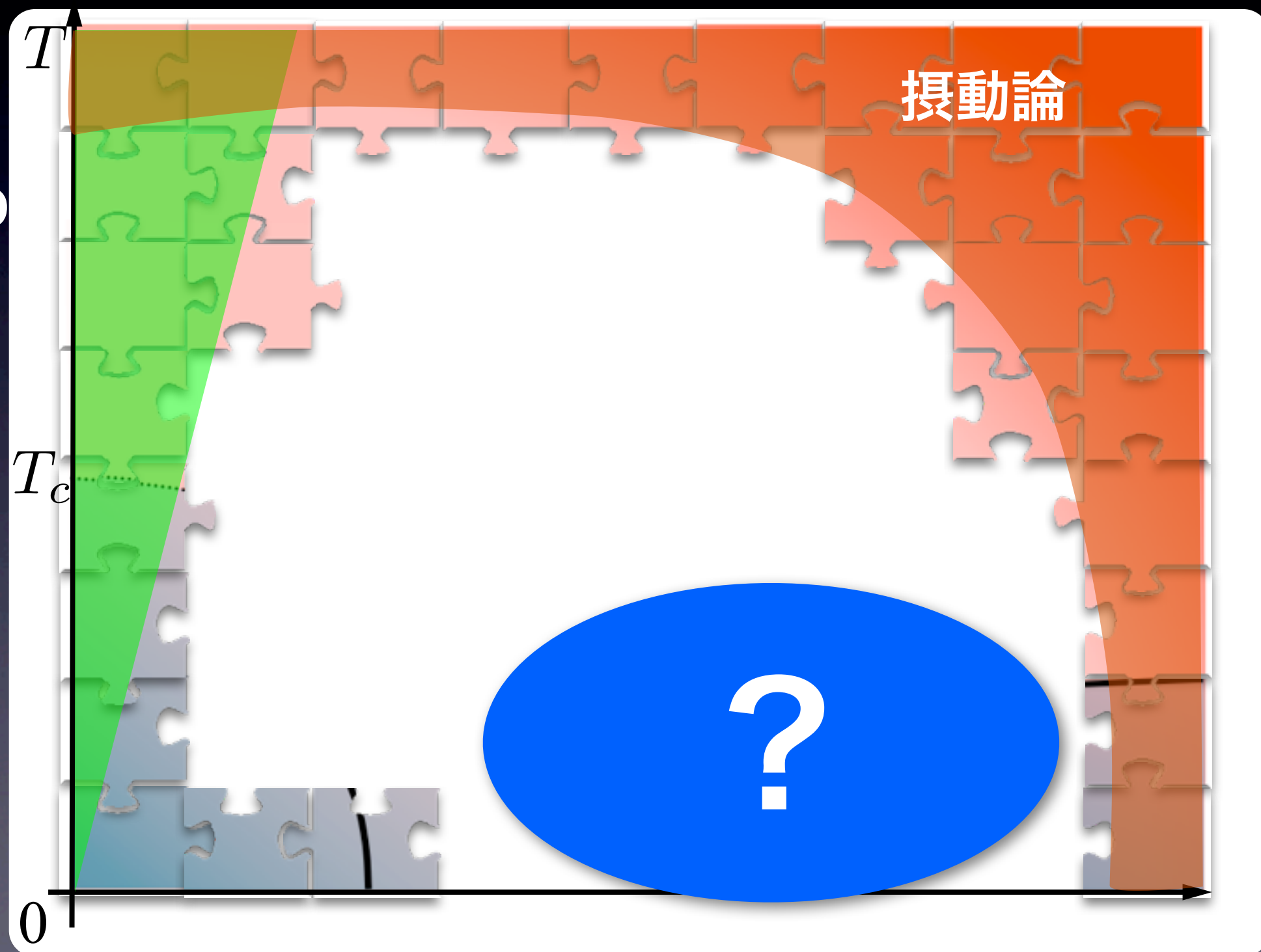


QCD 相图

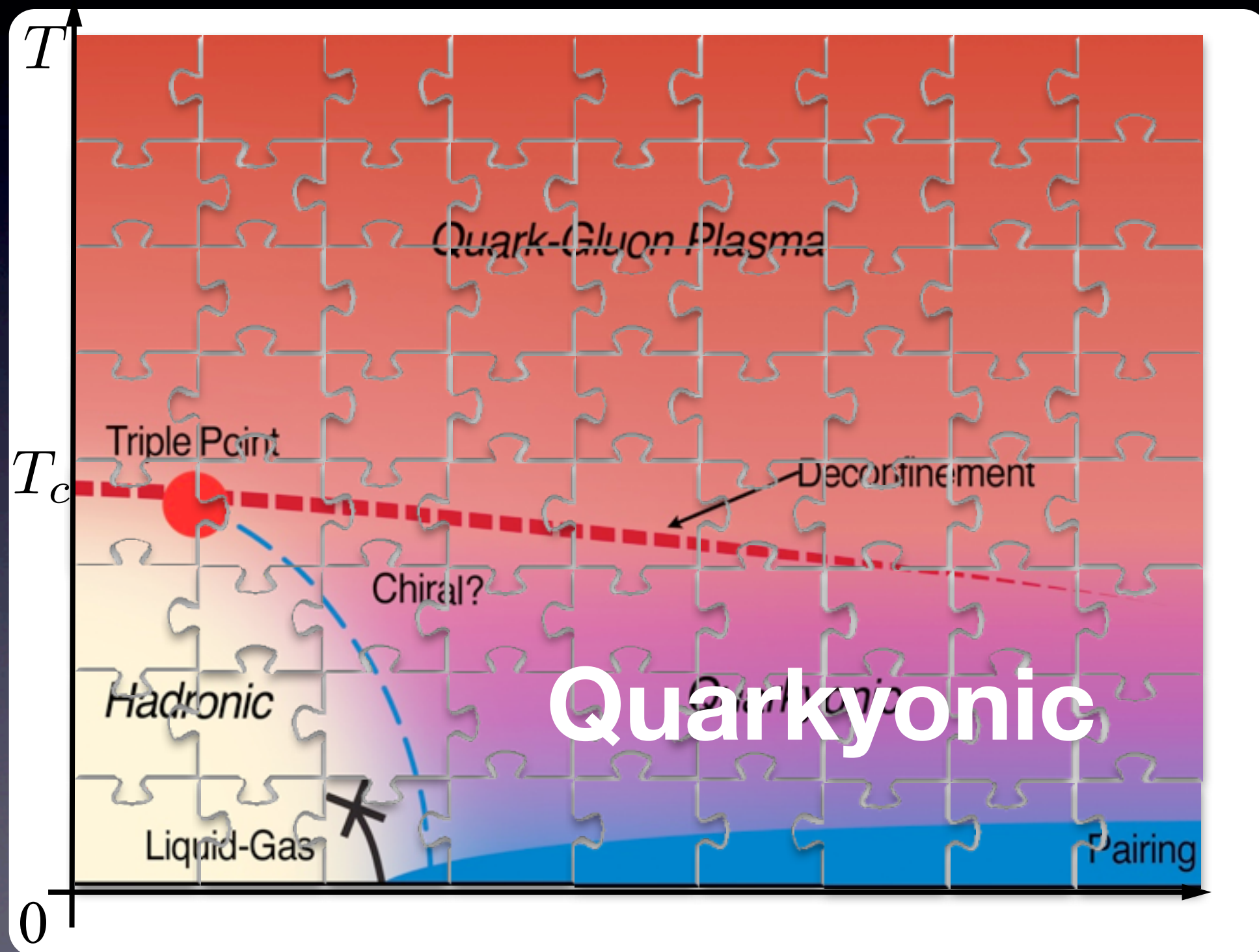


QCD 相図

格子QCD



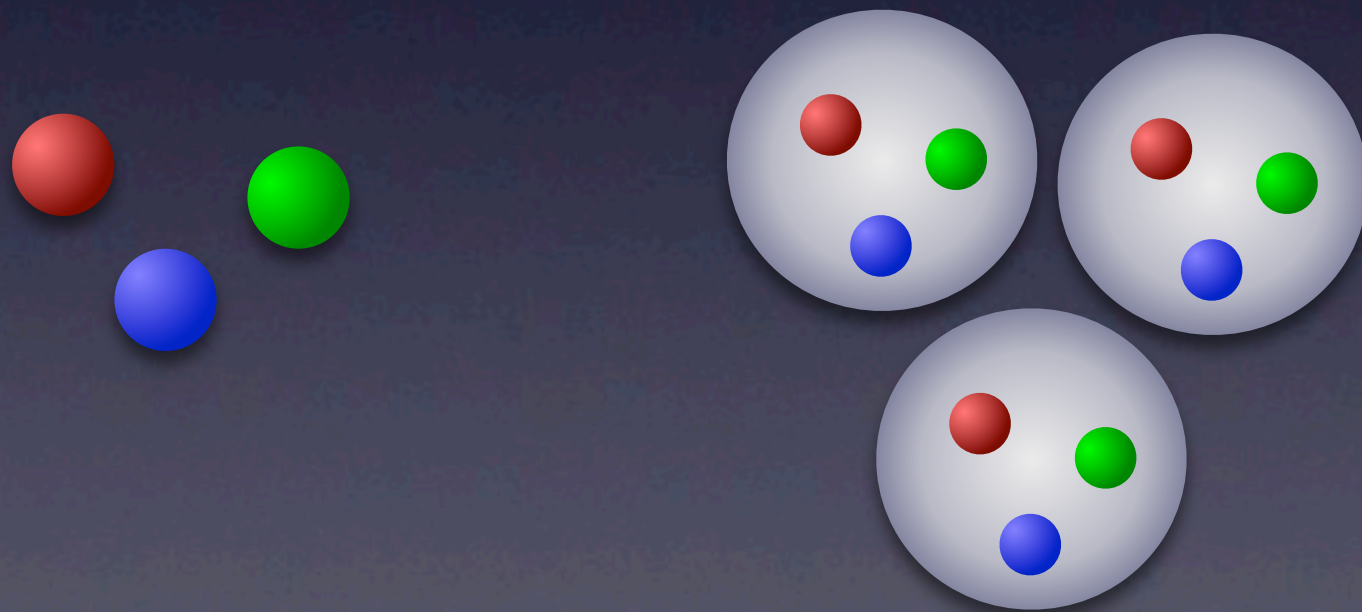
QCD 相图



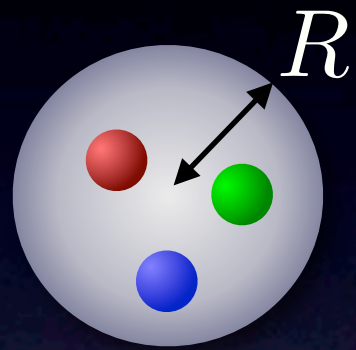
Quarkyonic

McLerran and Pisarski ('07)

Quark + Baryonic



高密度QCDのスケール



$R \sim 1/\Lambda_{\text{QCD}}$: QCDの持つスケール

μ : 化学ポテンシャル

m_D : クォークによる遮蔽スケール

Quarkyonic 極限

高密度: $\Lambda_{\text{QCD}}/\mu \rightarrow 0$

閉じ込め: $m_D/\Lambda_{\text{QCD}} \rightarrow 0$

Large- N_c はこの極限が可能 $m_D \sim \mu/\sqrt{N_c}$

Quarkyonic 極限

高密度: $\Lambda_{\text{QCD}}/\mu \rightarrow 0$

閉じ込め: $m_D/\Lambda_{\text{QCD}} \rightarrow 0$

Quarkyonic 物質

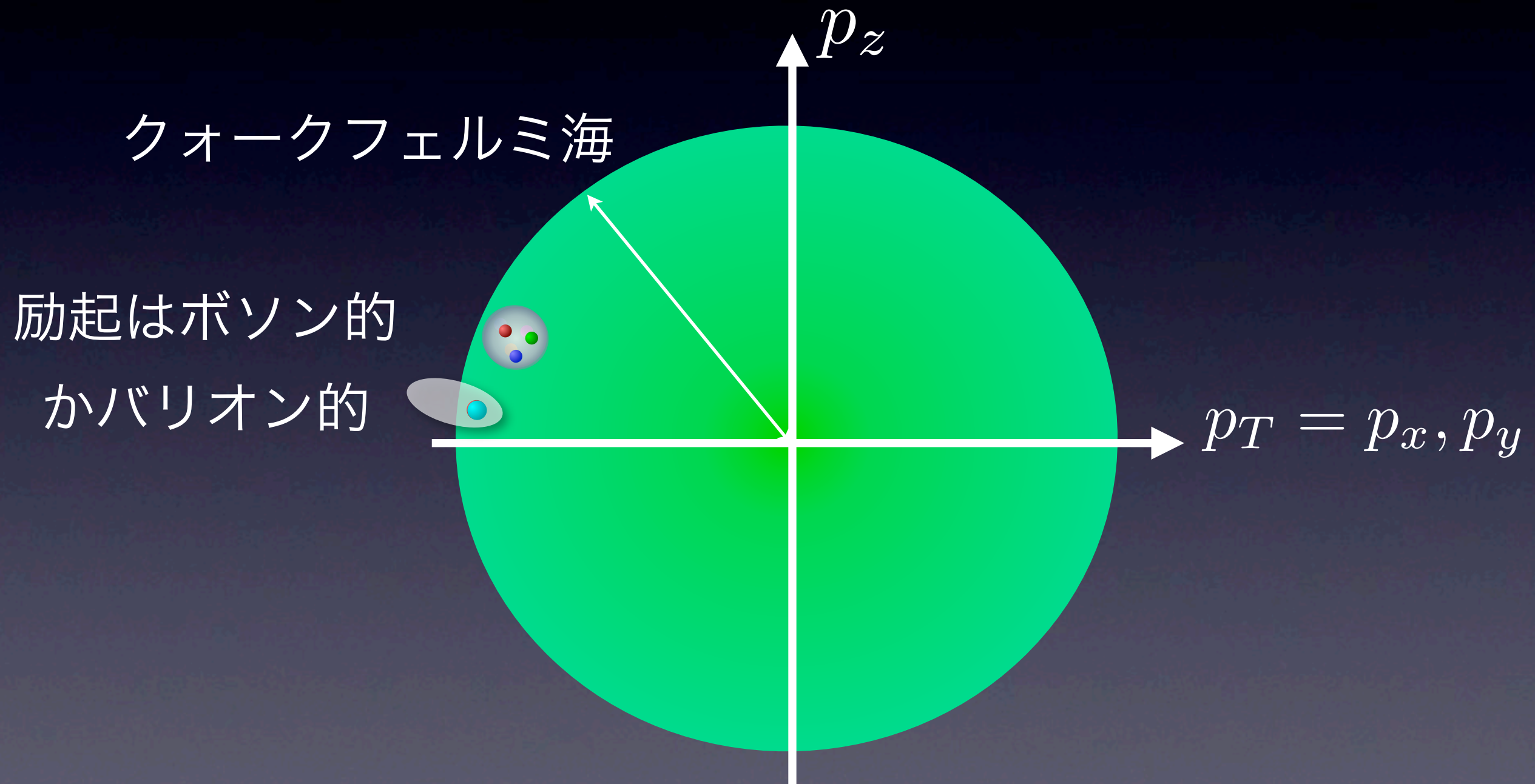
= 高密度閉じ込め物質

原子核物質

= 低密度閉じ込め物質

Quarkyonic 物質

Larry McLerran and Robert Pisarski (2007)

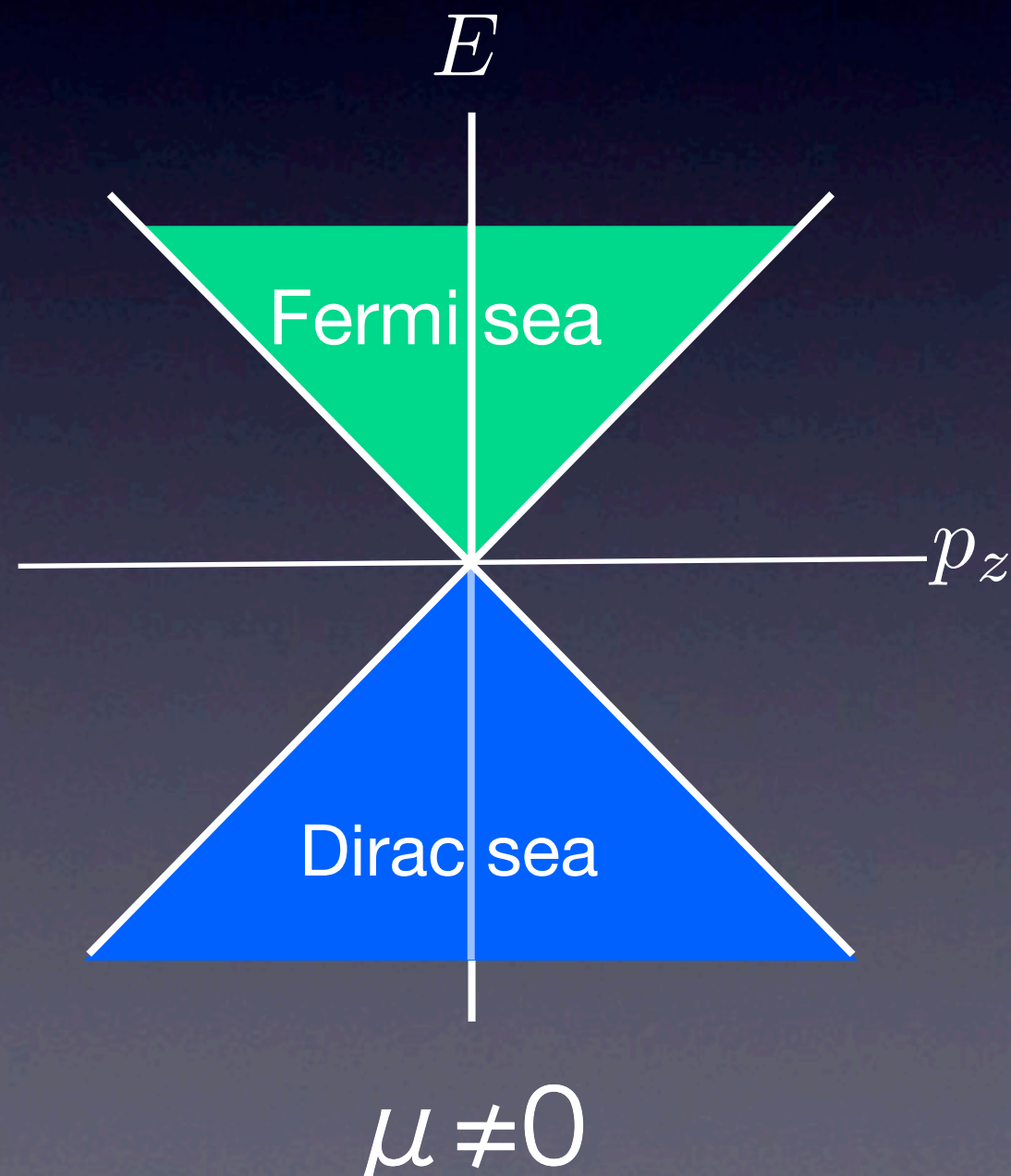


$$\text{Quark} + \text{Baryonic} = \text{Quarkyonic}$$

カイラル対称性は
どうなるか？

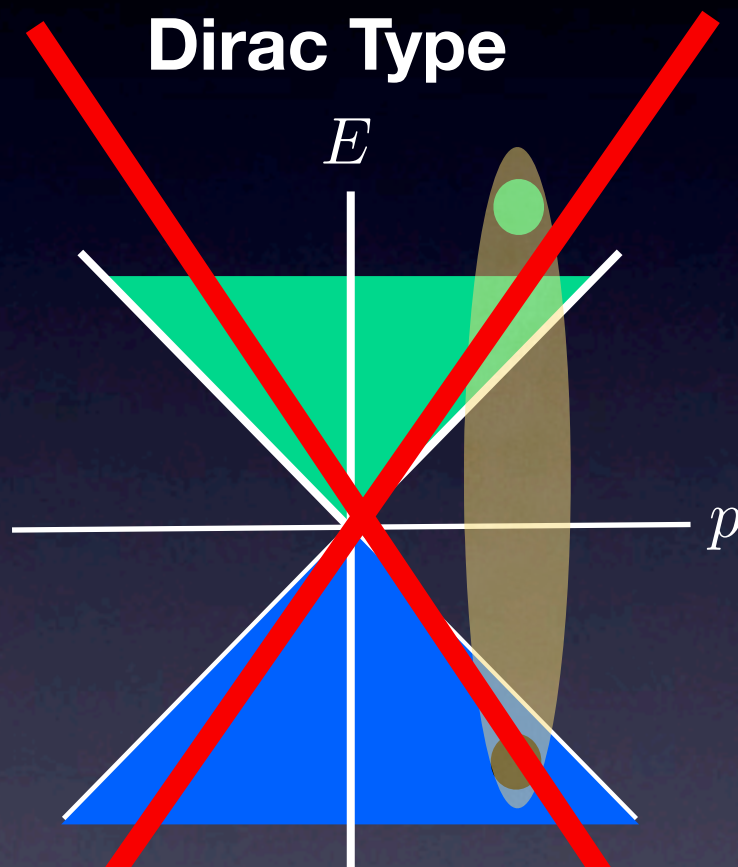
カイラル対称性?

quarkyonic極限を考える $\mu \gg \Lambda_{\text{QCD}}$



可能なペアリングパターン

Dirac Type

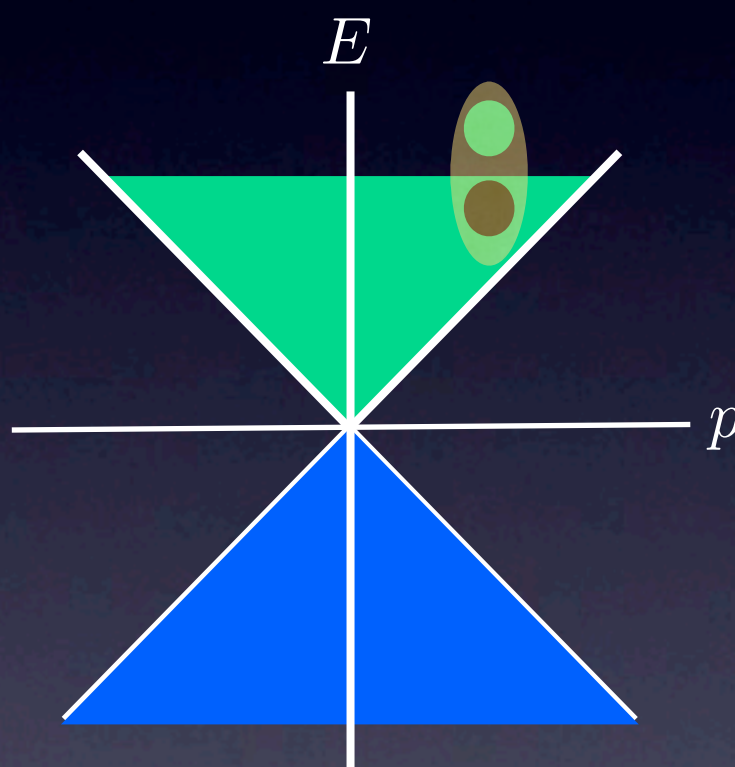


粒子反粒子

$$P_{\text{tot}} = 0$$

均一

Exciton Type

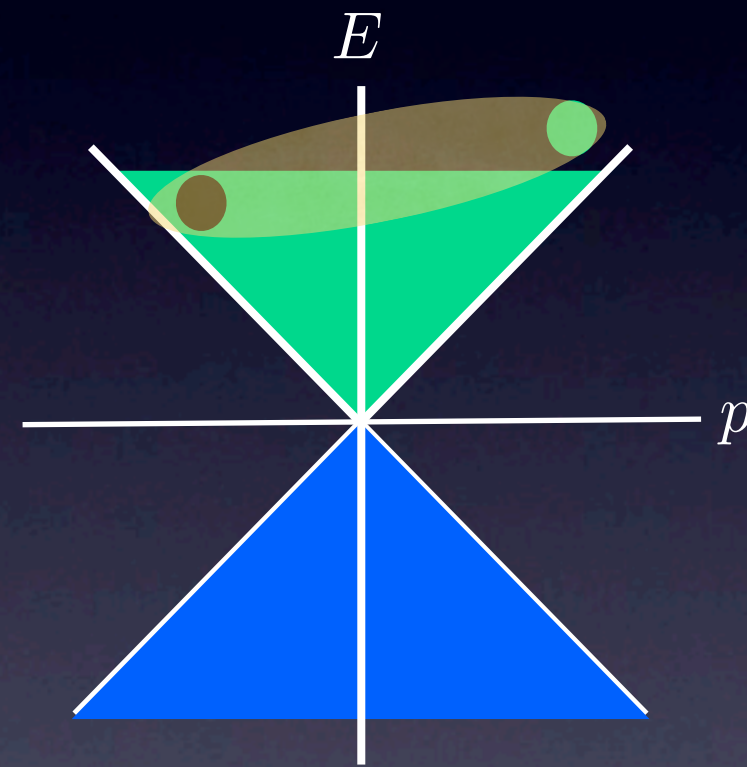


粒子ホール

$$P_{\text{tot}} = 0$$

均一

Density Wave Type



粒子ホール

$$P_{\text{tot}} = 2\mu$$

非均一

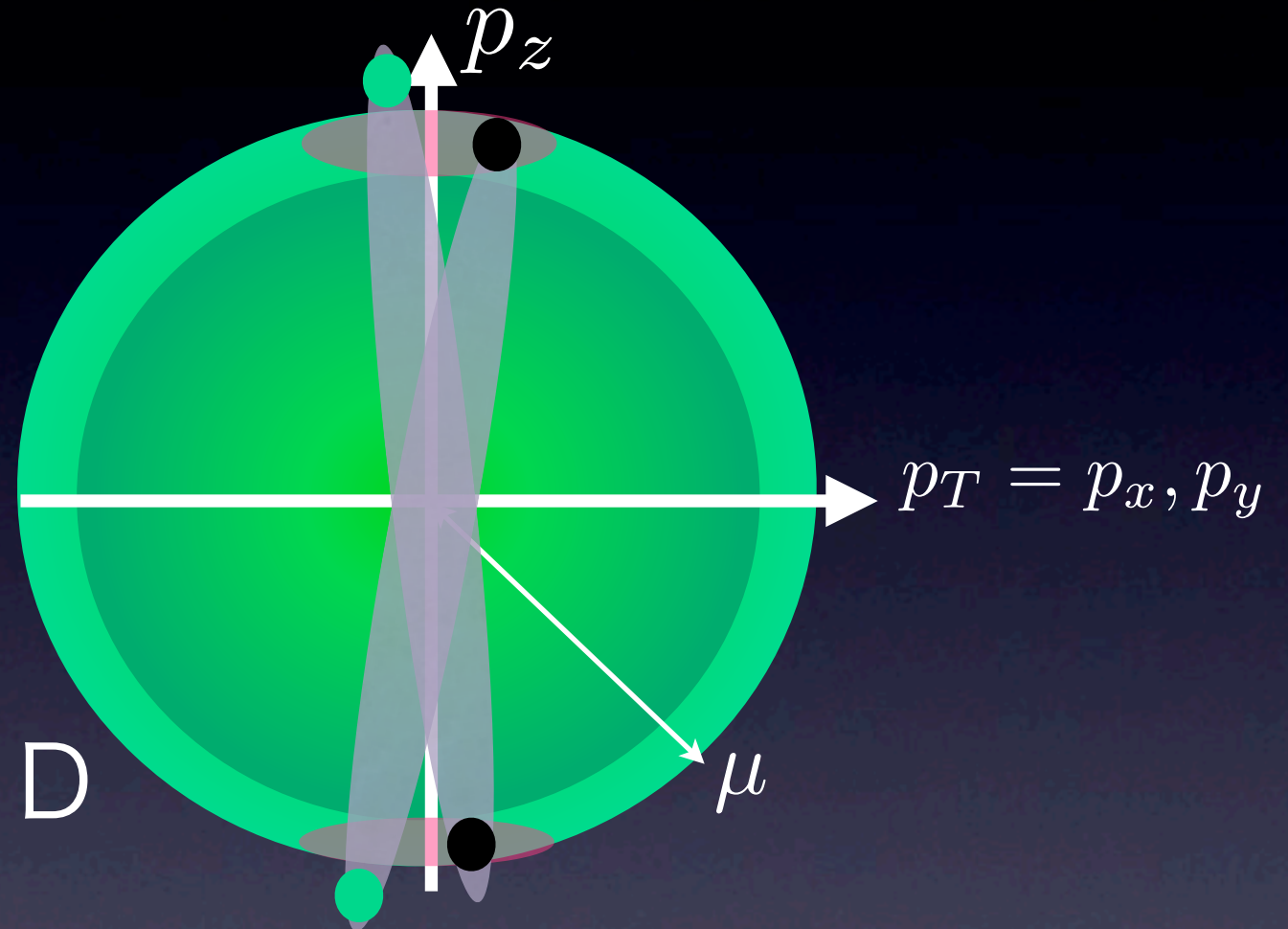
摂動論

Deryagin, Grigoriev, & Rubakov ('92),
Shuster & Son ('99),
Rapp, Shuryak, and Zahed ('00).

フェルミ面近傍を考える

$$\frac{P_T}{P_z} \sim \frac{\Lambda_{\text{QCD}}}{\mu} \ll 1$$

横成分は無視できる



クォーク: effectively 1+1D

グルーオン: 3+1D

グルーオンの横成分を積分すると,

➡ 1+1D次元の有効模型に.

Density Wave Type

Exciton Type

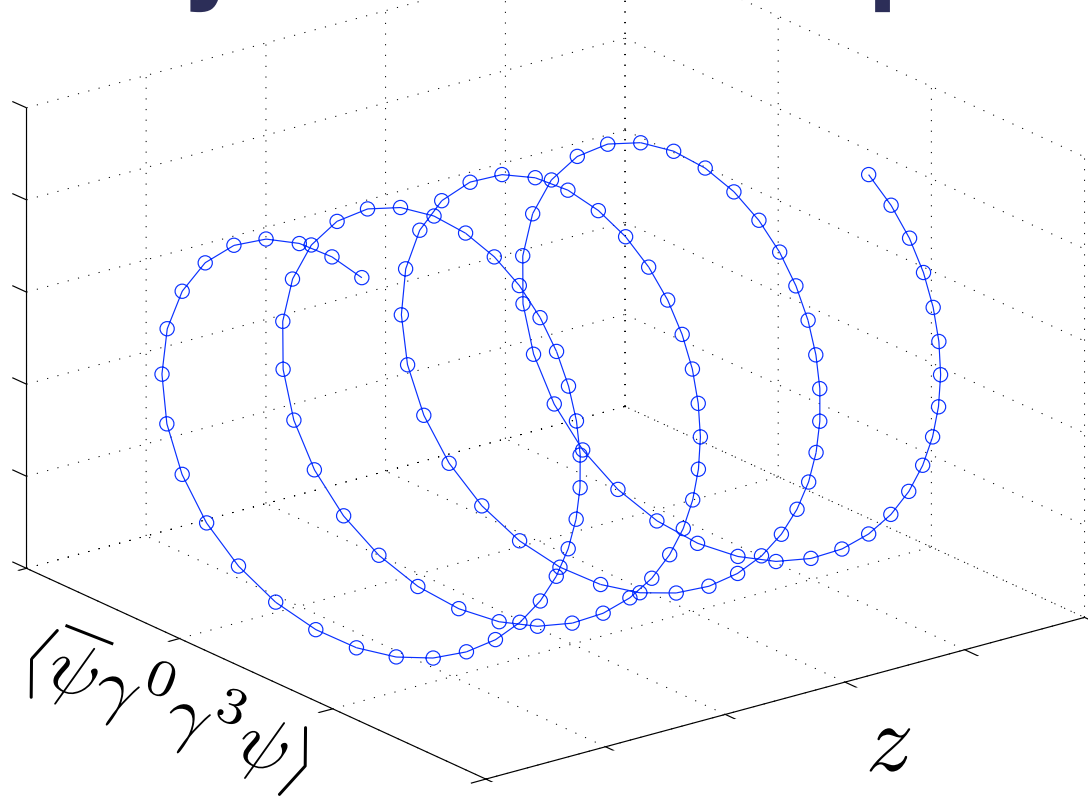
Quarkyonic chiral spirals

T. Kojo, Y.H., L. McLerran, and R. Pisarski

非均一凝縮が実現

$$\langle \bar{\psi} \psi \rangle = C \cos(2\mu z) \quad \langle \bar{\psi} \gamma^0 \gamma^3 \psi \rangle = C \sin(2\mu z) \quad C = \text{const}$$

Quarkyonic Chiral Spirals



カイラル対称性：
局所的な破れ
大域的に回復

バリオン数は空間的に均一

まとめ

Quarkyonic 物質

高密度閉じ込め物質

カイラル対称性

Quarkyonic chiral spirals

マルチパッチの構成問題

⇒ Kojo, Pisarski and Tsvetlik 1007.0248

展望

どんな物理量に反映するか？

$4N_f^2 - 1$ 個のNGボソンがどう影響？

P 対称性の破れ

自発的な電場を発生？

パッチが増えるに連れてどうなる？

相転移が起きる？

結晶構造が変わる？