新奇な非平衡臨界現象を記述する現象論

南佑樹、日高義将、中村真

内容

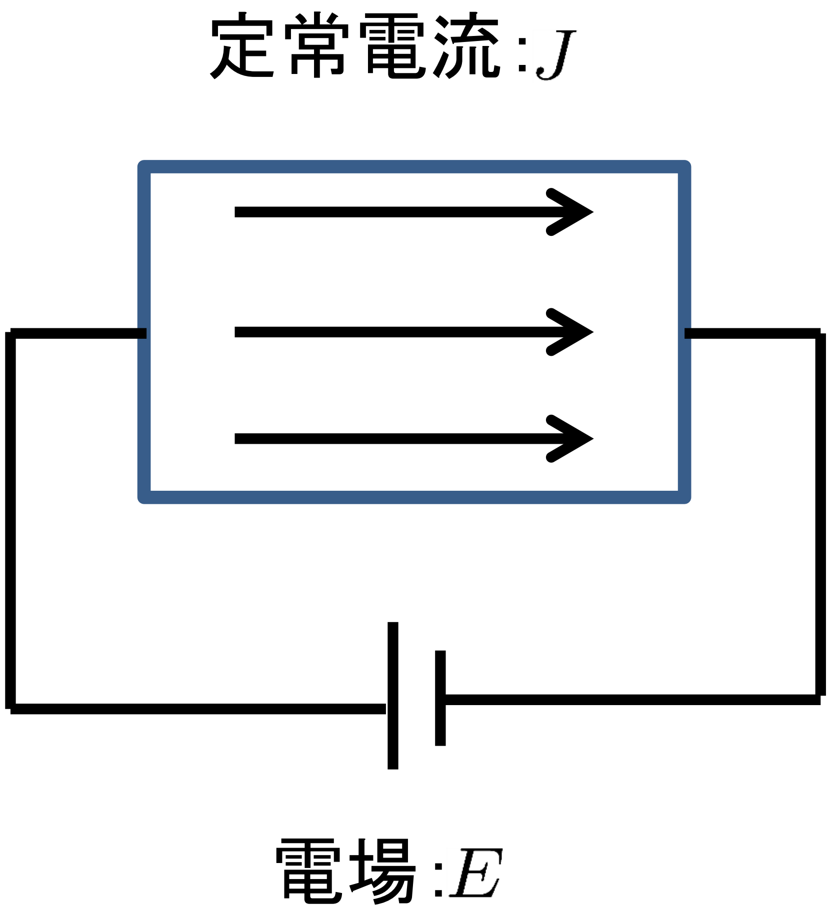
- 導入

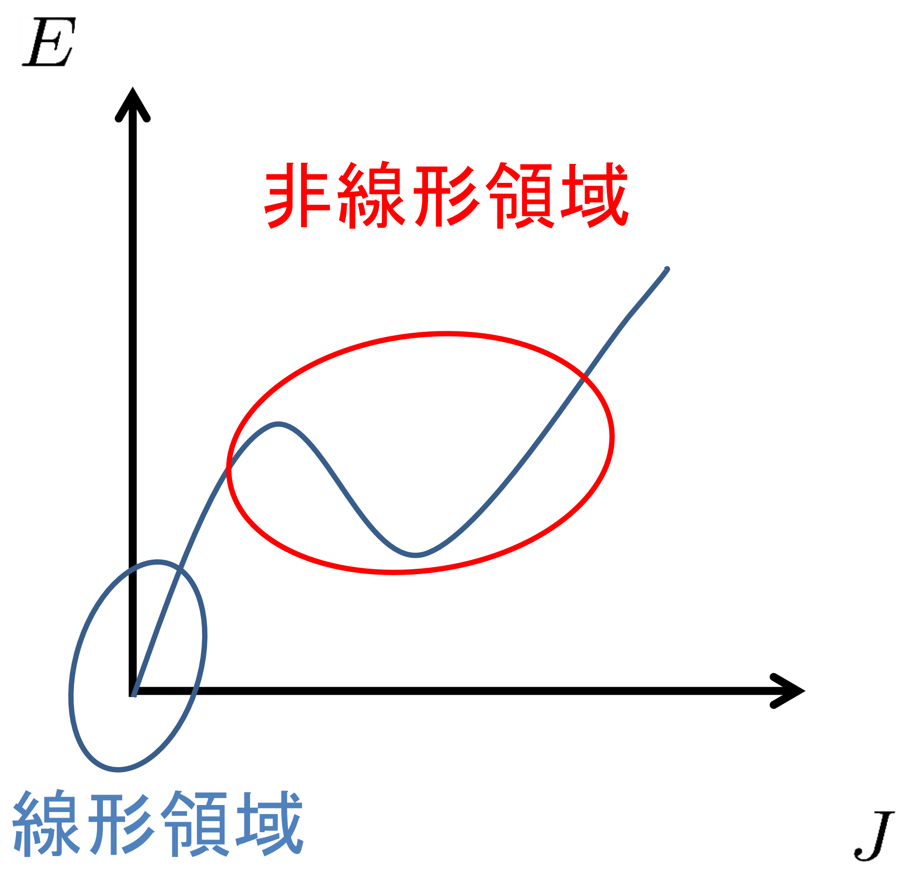
  新奇な非平衡相転移と
  臨界現象

- 現象論の構築

  ランダウ理論の拡張

非平衡定常状態

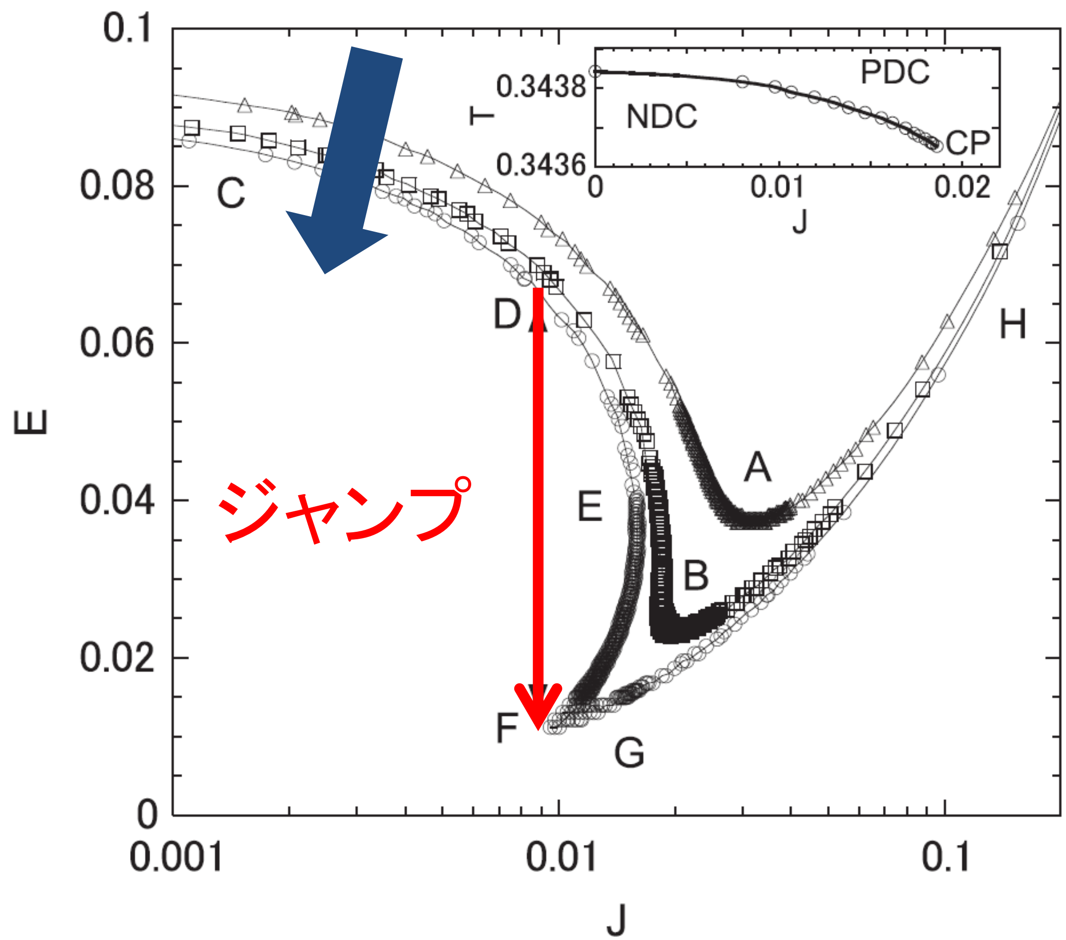




ゲージ・重力対応による温度依存性

S. Nakamura, PRL(2012)

温度→大



$$T < T_c$$

$E(J)$: スムーズ

$$T = T_c$$

$$\frac{\partial E}{\partial J} \to -\infty$$

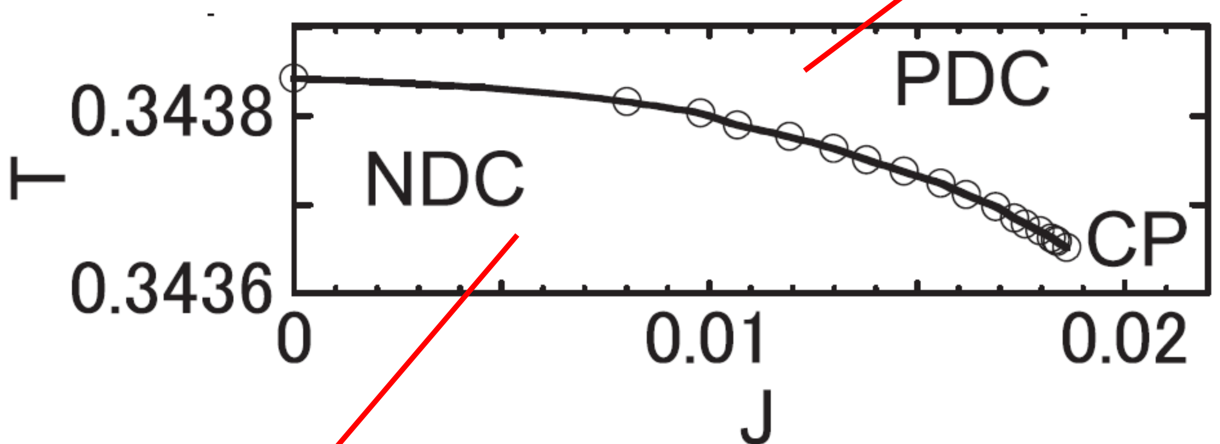
$$T > T_c$$

$E(J)$: 不連続

D → F

相図

$$\frac{\partial E}{\partial J} > 0$$



$$\frac{\partial E}{\partial J} < 0$$

S. Nakamura, PRL(2012)

臨界現象

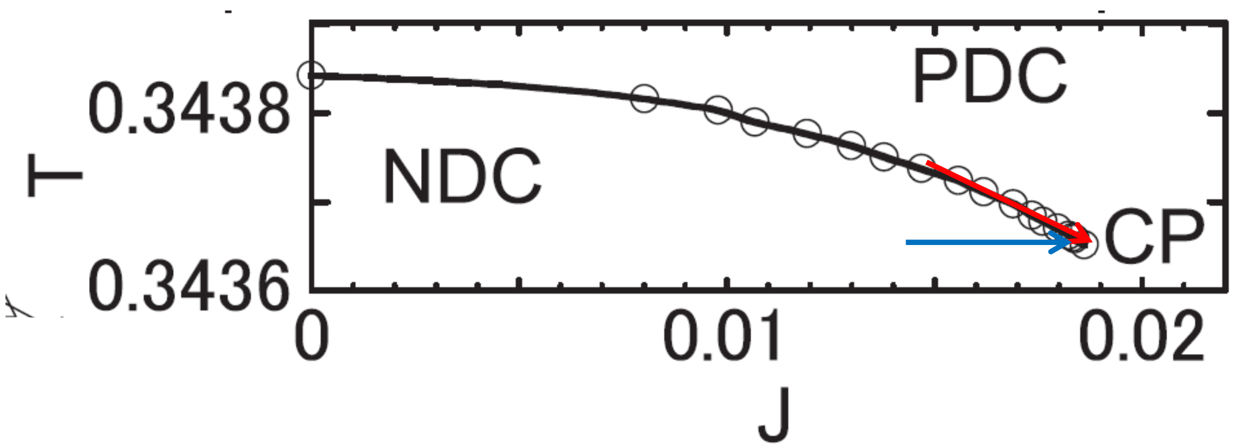
伝導度： $\sigma = \dfrac{J}{E}$

$$\sigma - \sigma_c \sim (T - T_c)^{1/2}$$

along

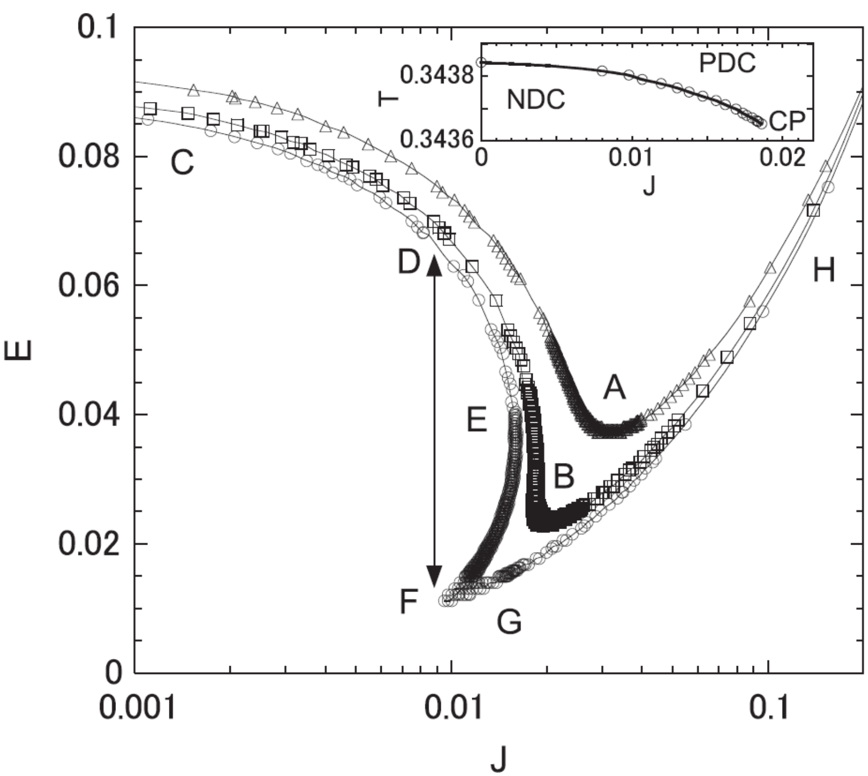
$$\sigma - \sigma_c \sim (J - J_c)^{1/3}$$

along



問題

なにが起こっているのかゲージ・重力対応だとよくわからない

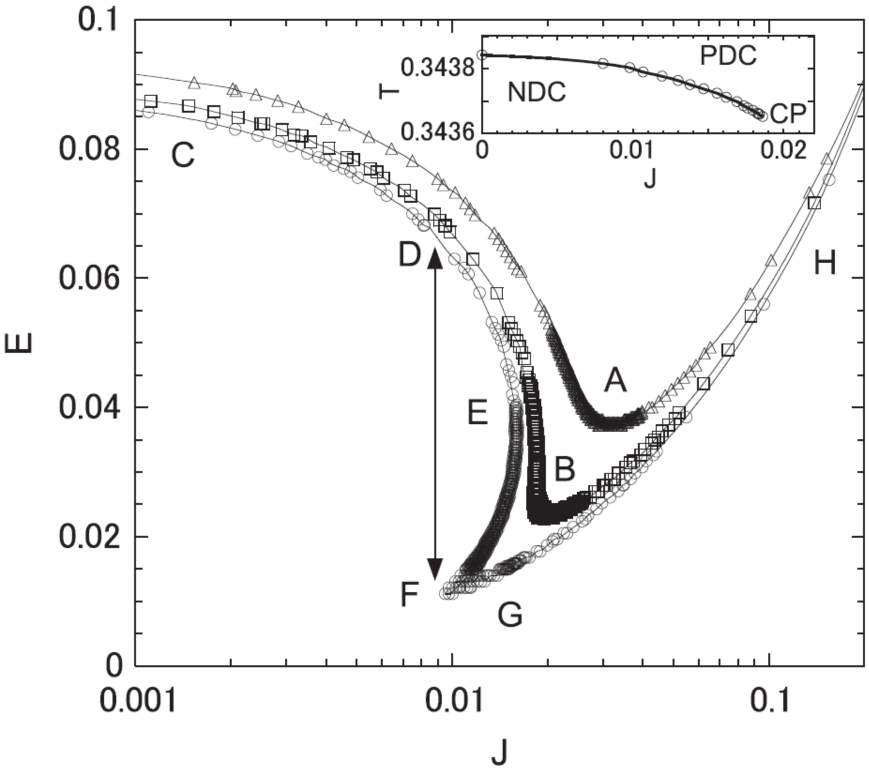


$$\sigma - \sigma_c \sim (J - J_c)^{1/3}$$

$$\sigma - \sigma_c \sim (T - T_c)^{1/2}$$

目的

現象論をつくること



$$\sigma - \sigma_c \sim (T - T_c)^{1/2}$$

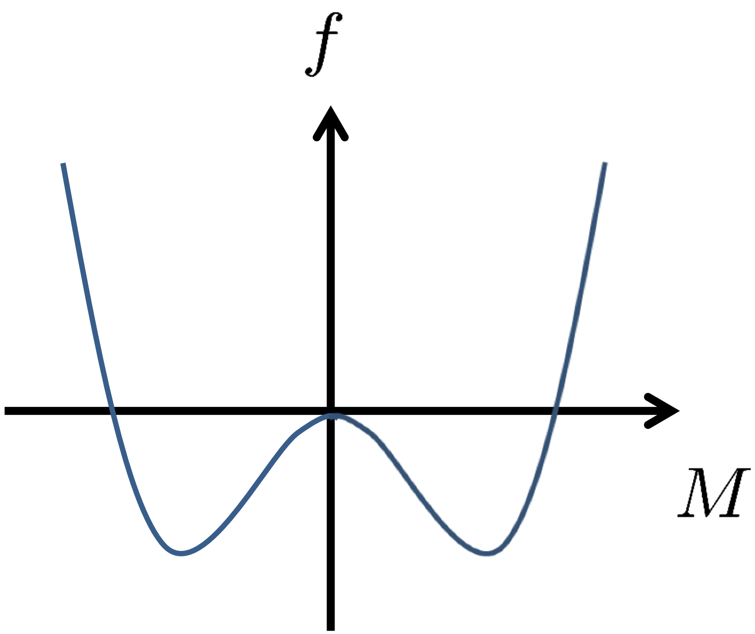
$$\sigma - \sigma_c \sim (J - J_c)^{1/3}$$

cf. イジング系でのランダウ理論

$$M \sim (T - T_c)^{1/2} \qquad M \sim h^{1/3}$$

平衡相転移のランダウ理論

拡張した自由エネルギー: $f(M, h, T)$



$\downarrow$ 最小化

$$\bar{M}(h, T_c) \sim h^{1/3}$$

などなど

非平衡定常系で
自由エネルギーに対応するものは?

散逸

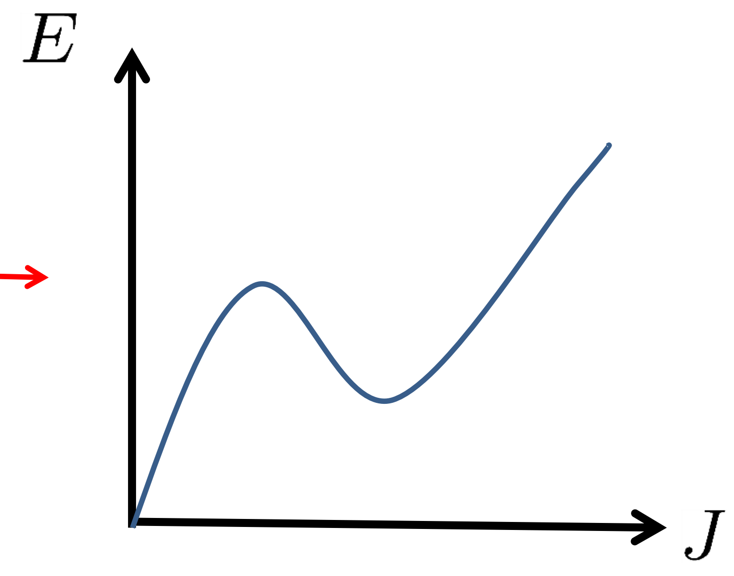
散逸: $W(J,T)$ $\longrightarrow$ 電場: $\dfrac{\partial W}{\partial J} = E(J,T)$

ex. 線形領域

ジュール熱: $W(J) = \dfrac{1}{2\sigma}J^2$ $\longrightarrow$ $E(J) = \dfrac{1}{\sigma}J$

非線形領域

$W(J) = aJ^2 - bJ^4 + cJ^6$ $\longrightarrow$



拡張した散逸

$$\tilde{W}(X, J, T) \xrightarrow{\text{最小化}} \bar{X}(J, T)$$

オーダーパラメータ

$$\frac{\partial \tilde{W}(\bar{X}, J, T)}{\partial J} = E(J, T)$$

cf. 平衡相転移のランダウ理論

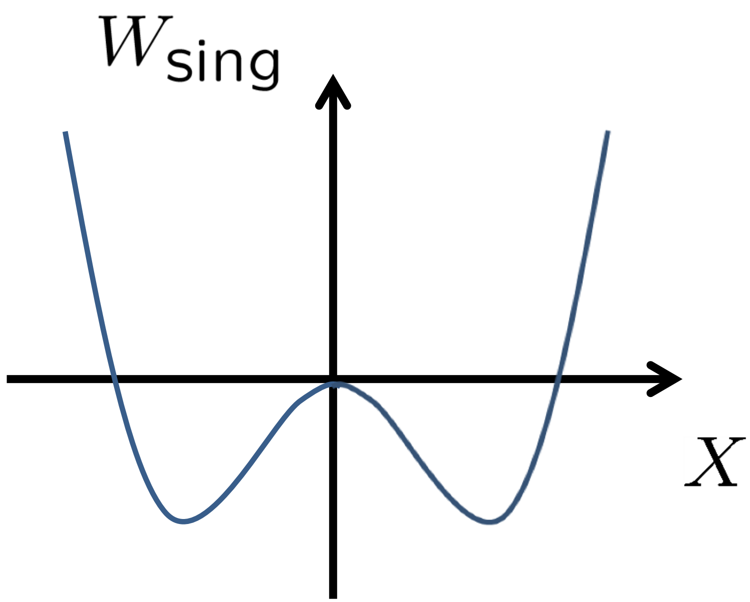
ランダウ汎関数: $f(M, h, T) \xrightarrow{\text{最小化}} \bar{M}(h, T)$

自由エネルギー: $f(\bar{M}, h, T)$

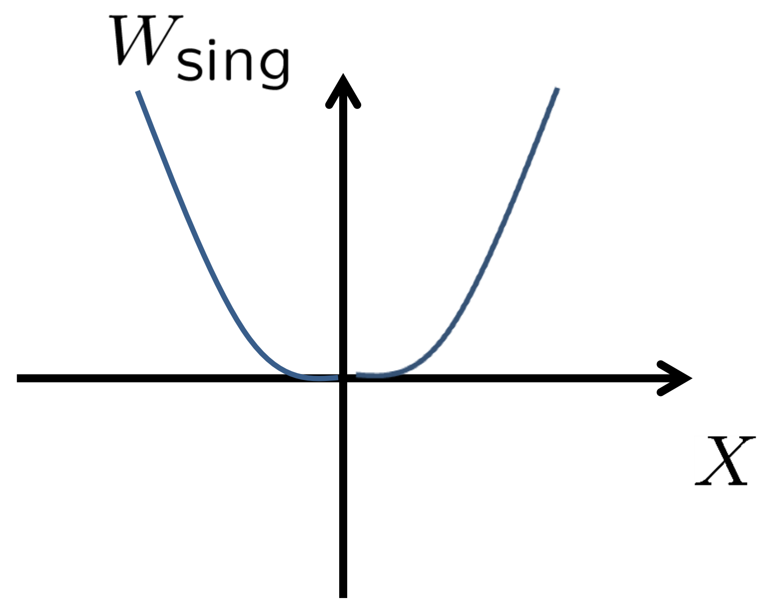
$$\tilde{W}(X,J,T) = W_{\mathrm{reg}}(J,T) + W_{\mathrm{sing}}(X,J,T)$$

$$\boxed{W_{\mathrm{sing}}(X,J,T) = -r(T-T_c)X^2 + \frac{u}{4}X^4 - a(J-J_c)X}$$

$T > T_c$



$T < T_c$



$$\boxed{E(J,T) = E_{\mathrm{reg}}(J,T) - a\bar{X}(J,T)}$$

臨界現象

$$W_{\mathsf{sing}}(X,J,T) = -r(T-T_c)X^2+\frac{u}{4}X^4-a(J-J_c)X$$

最小化

$$J = J_c \qquad\qquad T = T_c$$

$$\bar{X} \sim (T-T_c)^{1/2} \qquad\qquad \bar{X} \sim (J-J_c)^{1/3}$$

$$E(J,T) = -a\bar{X}(J,T) + E_{\mathsf{reg}}(J,T)$$

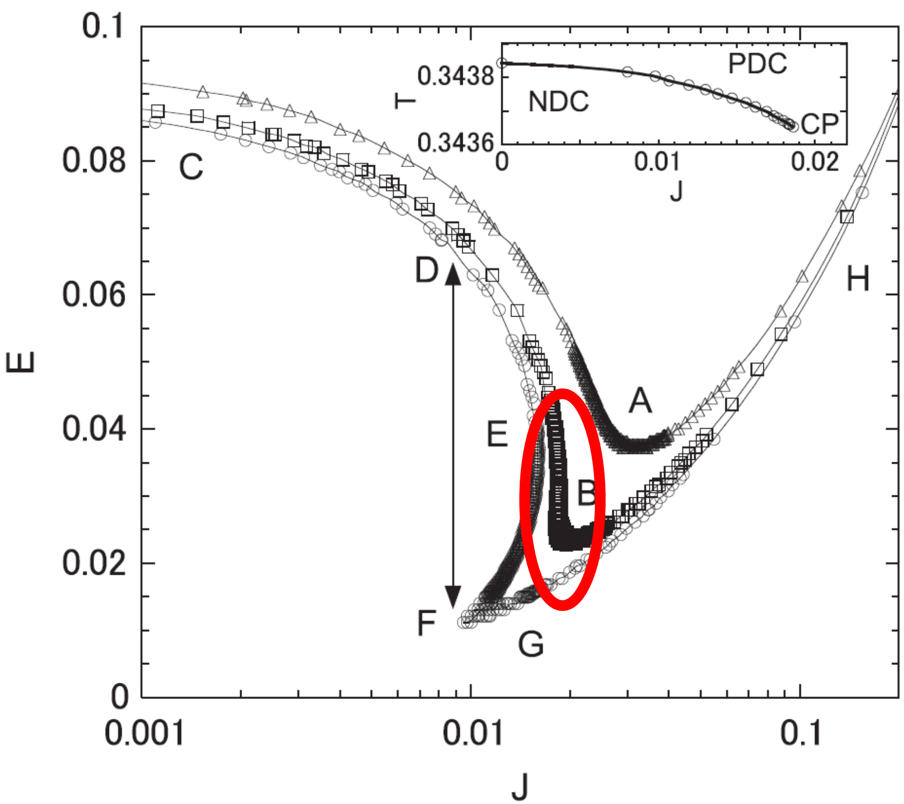
$$\sigma - \sigma_c \sim (T-T_c)^{1/2} \qquad\qquad \sigma - \sigma_c \sim (J-J_c)^{1/3}$$

中村さんの結果と一致

記述できない点

現象論の結果　$T = T_c$

$$\frac{\partial E}{\partial J} \to -\infty \qquad J \to J_c$$



中村さんの結果

$$J < J_c \qquad \frac{\partial E}{\partial J} \to -\infty$$

$$J > J_c \qquad \frac{\partial E}{\partial J} \to \text{有限}$$

まとめ

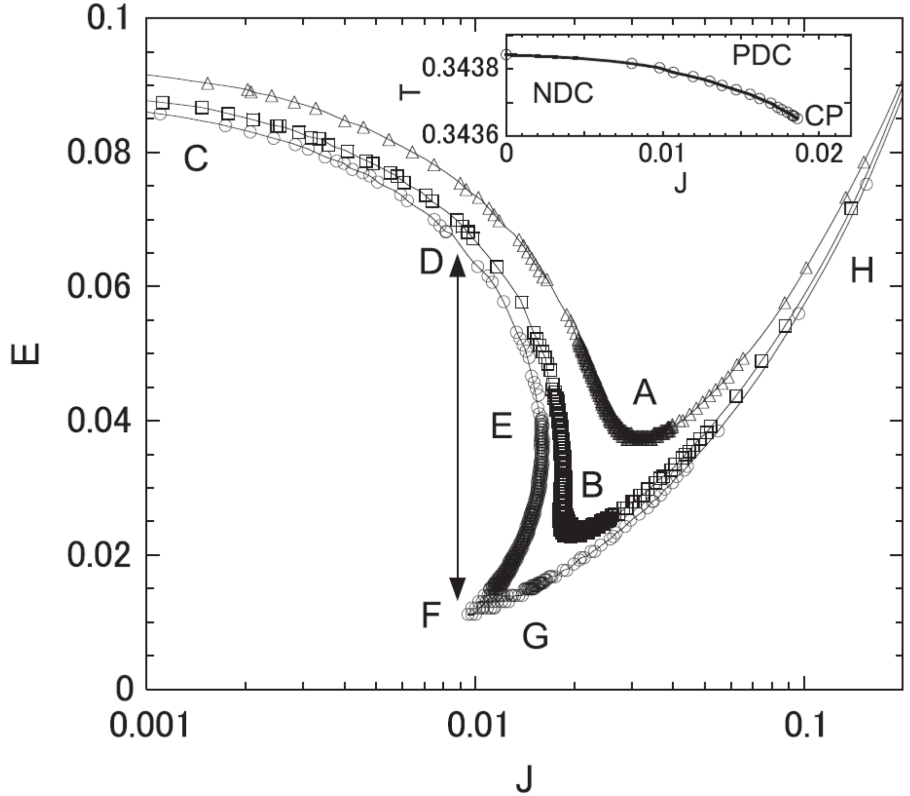
- 現象論を構築

ランダウ理論を拡張

自由エネルギー

↓

散逸に置き換え



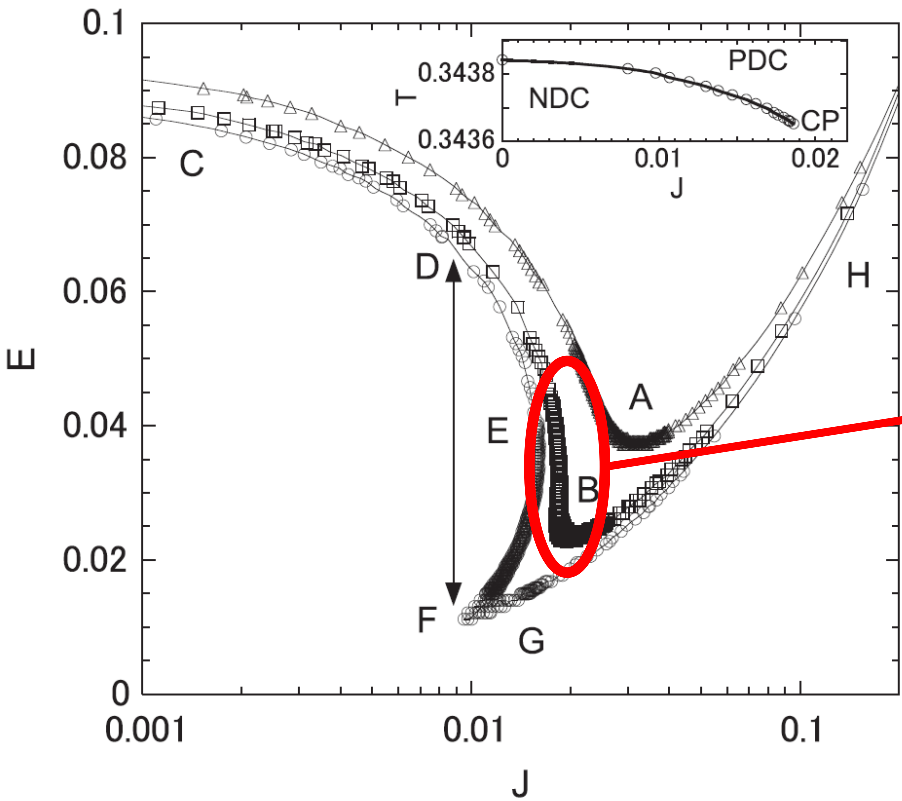
$$\sigma - \sigma_c \sim (T - T_c)^{1/2}$$

$$\sigma - \sigma_c \sim (J - J_c)^{1/3}$$

今後の展望

- オーダーパラメータはなにか？

- 記述できない点の解釈

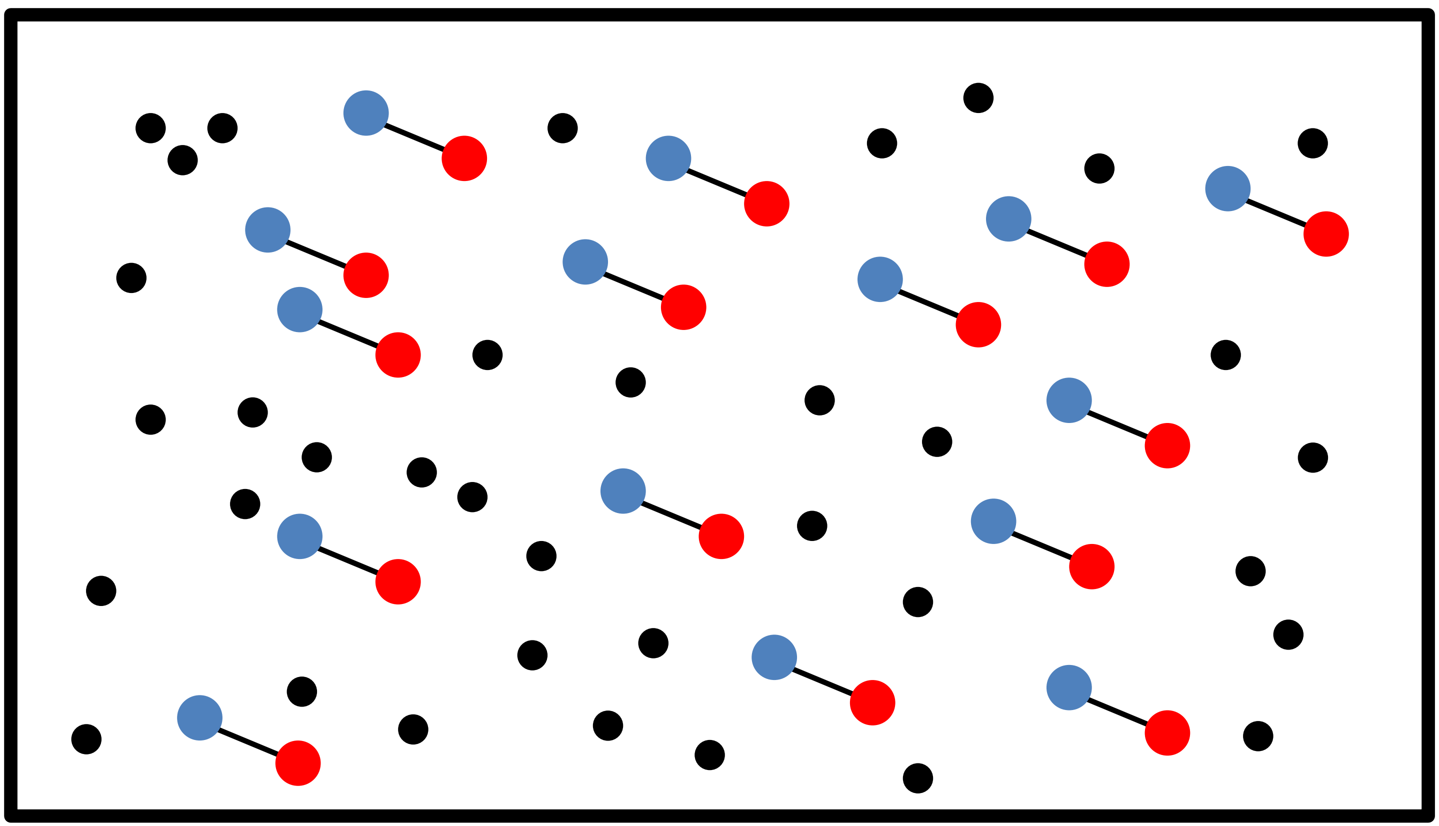


$$\frac{\partial E}{\partial J}$$

システム

温度Tの平衡状態

●:グルーオン　●:クォーク　●:反クォーク



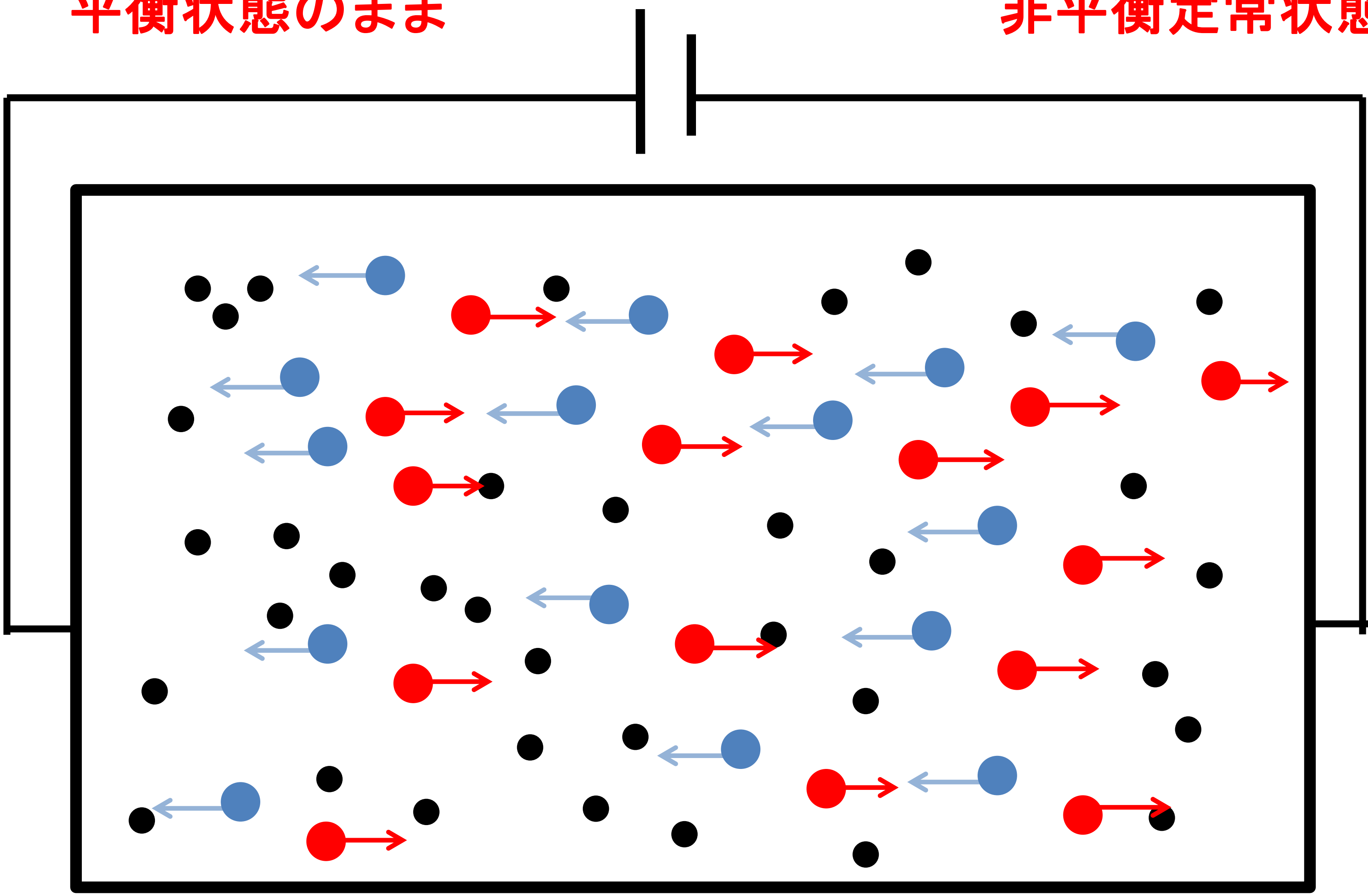
システム

●:グルーオン

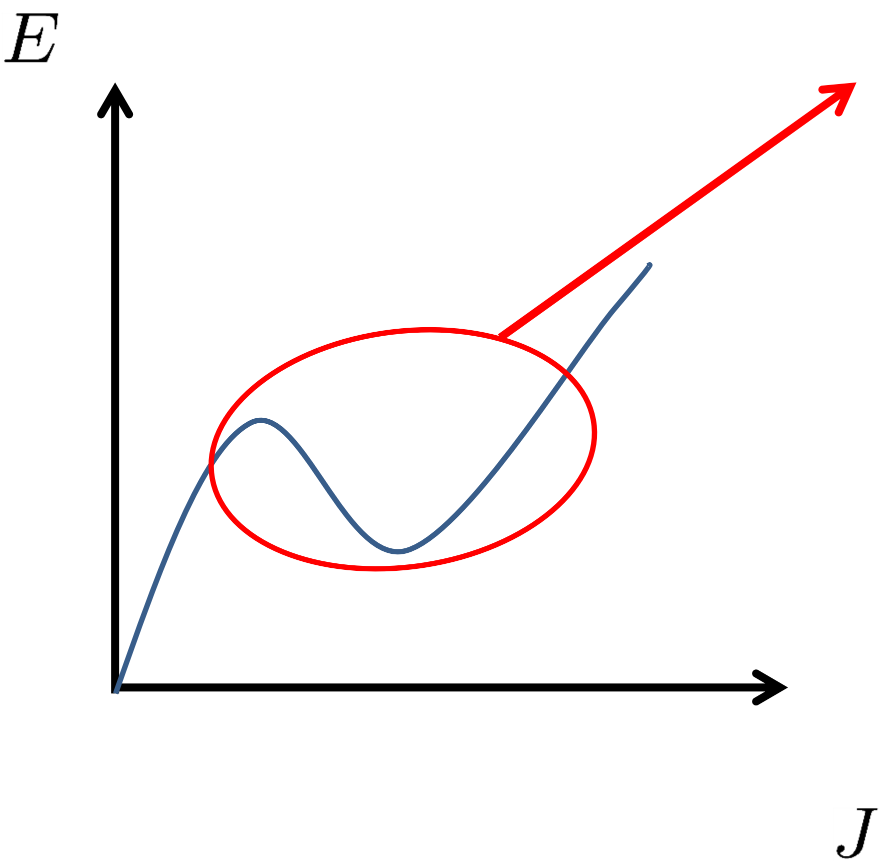
●:クォーク ●:反クォーク

平衡状態のまま

非平衡定常状態



非線形領域



線形~~応答理論~~

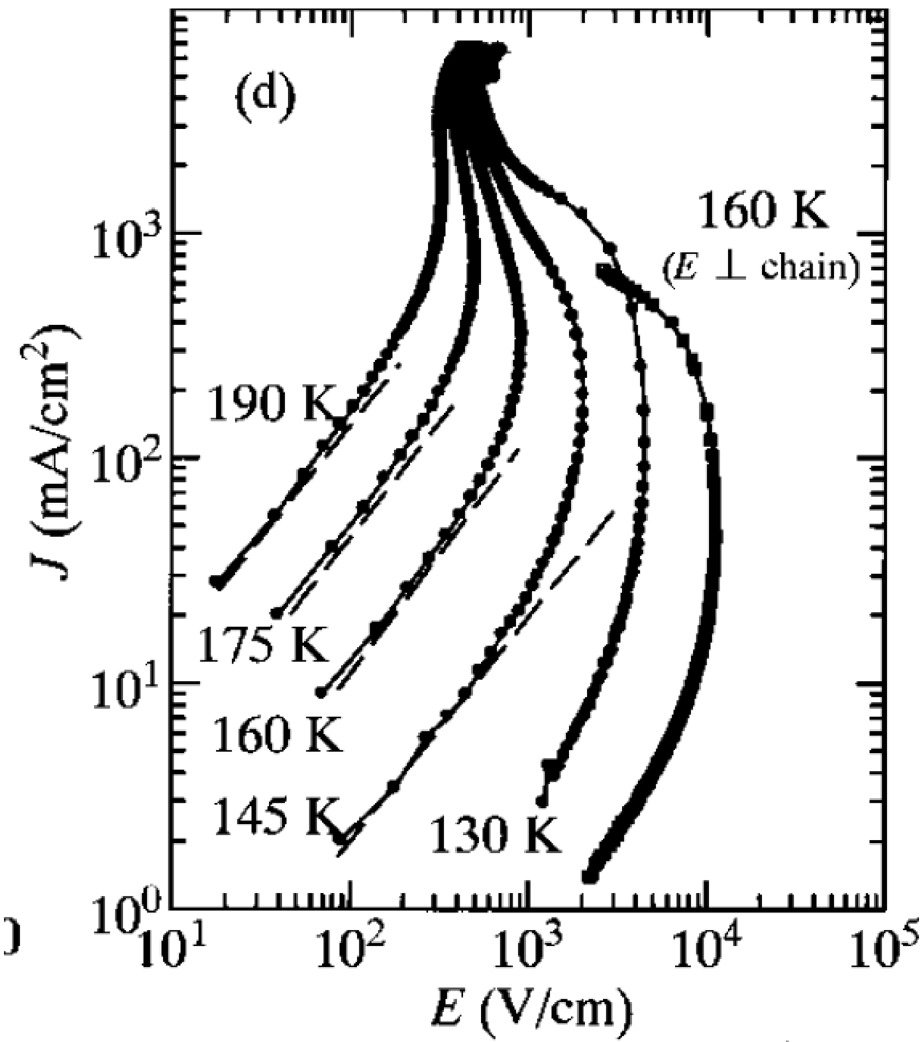
正攻法では難しい。

ゲージ・重力対応

S. Nakamura,PTP(2010)

S. Nakamura, PRL(2012)

J vs E in nonlinear regime



$$\sigma \equiv \frac{\partial J}{\partial E} < 0$$

Nonlinear-Nonequilibrium phenomena

Y. Taguchi, T. Mastumoto and Y. Tokura, PRB(2000).