§4.6. 2準位系（再）

4.6.1. カノニカルアンサンブルの方法

$$Z = \left(e^{\frac{\varepsilon}{k_B T}} + e^{-\frac{\varepsilon}{k_B T}} \right)^N$$

$$\rightarrow \cdot A = -k_B T \ln Z \qquad 2\cosh\left(\frac{\varepsilon}{k_B T}\right) \beta\varepsilon$$

$$= -N(k_B T) \ln \underbrace{\left(e^{\frac{\varepsilon}{k_B T}} + e^{-\frac{\varepsilon}{k_B T}} \right)}_{\beta}$$

$$\cdot E = -\frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z$$

$$= -N\varepsilon \frac{\sinh \beta\varepsilon}{\cosh \beta\varepsilon} = -N\varepsilon \tanh \frac{\varepsilon}{k_B T}$$

$$\cdot S = -\frac{\partial A}{\partial T}$$

$$= N k_B \ln\left(2\cosh \frac{\varepsilon}{k_B T}\right) + N k_B T \frac{\sinh \frac{\varepsilon}{k_B T}}{\cosh \frac{\varepsilon}{k_B T}} \times \left(-\frac{\varepsilon}{k_B T^2} \right)$$

$$= N k_B \left(\ln\left(2\cosh \frac{\varepsilon}{k_B T}\right) - \frac{\varepsilon}{k_B T} \tanh \frac{\varepsilon}{k_B T} \right)$$

$$\cdot M = k_B T \frac{\partial}{\partial H} \ln Z \quad \left(= -\frac{\partial A}{\partial H} \right)$$

$$= N k_B T \tanh \frac{\varepsilon}{k_B T} \times \frac{g\mu_B}{k_B T \cdot 2}$$

$$= \frac{N g \mu_B}{2} \tanh \frac{\varepsilon}{k_B T}$$

4/7

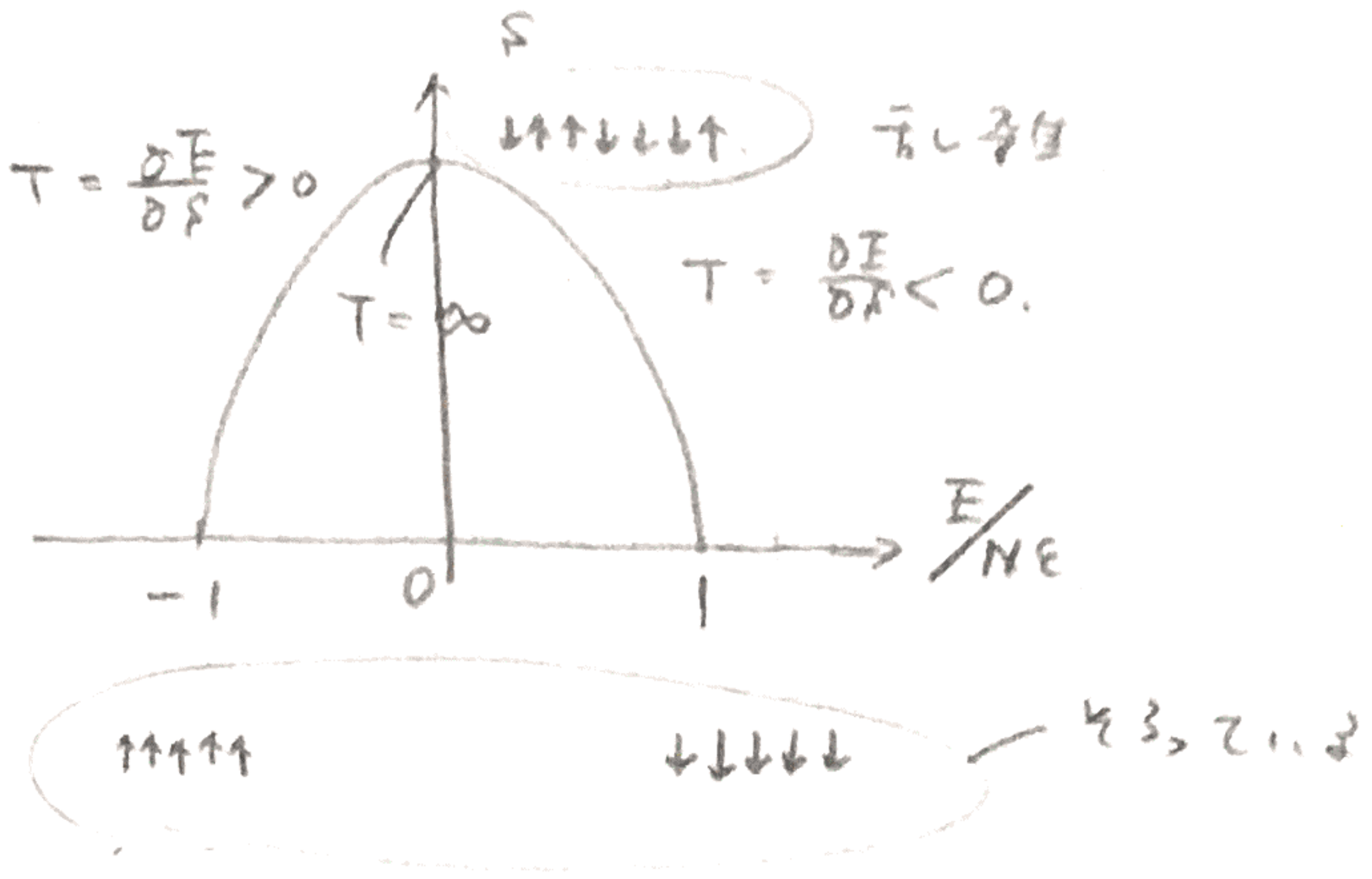
4.6.2 負の温度

☆ 流体力学でも"負温度"が現われる。

☆ $T \to 0 \to$ 負 という連続はまではなく

$T \to \infty \to$ 負

$\beta = \frac{1}{k_B T} \to 0 \to$ 負 という連続は生



$dE = T dS + \cdots$

☆ $T > 0$ (: $E \to$ 大で S(場合の数)$\to$大)

が普通。ところが、$E \to$ 大 $S \to$ 小、

となることがある。

☆ 教科書の例にもあるように、

安定な平衡ではない例が多い。