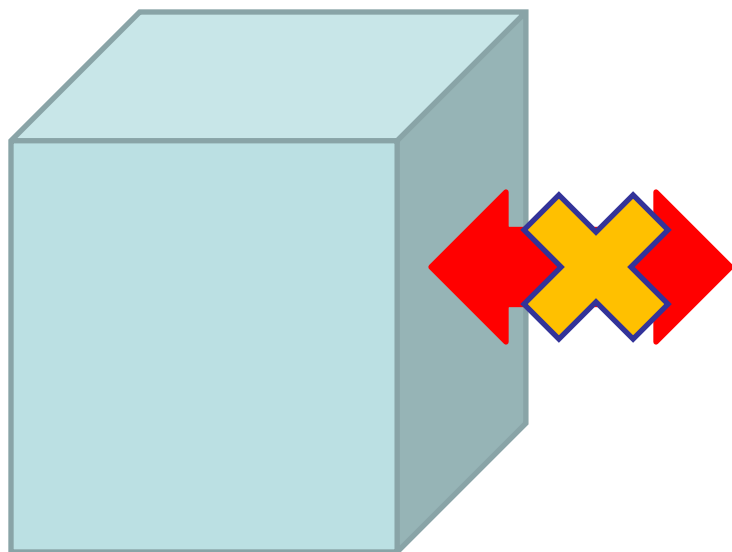


2011.10.25
物性物理学C

平衡と非平衡

平衡と非平衡

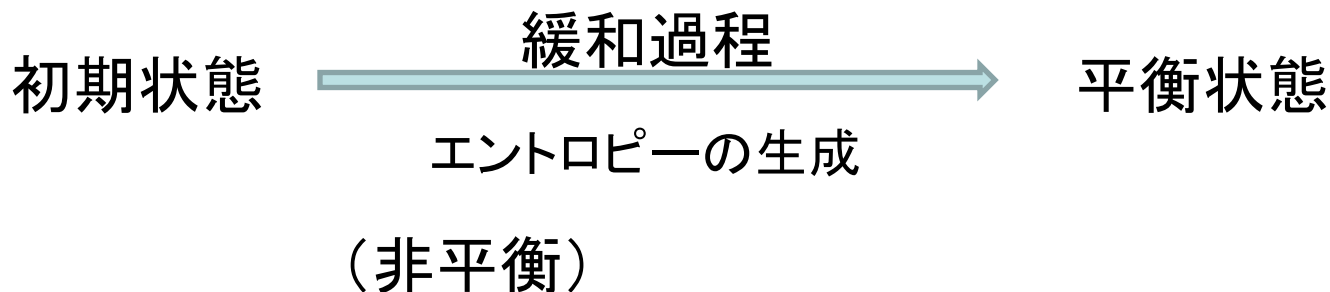
孤立系では



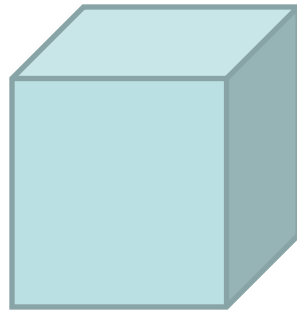
外部からエネルギーも
エントロピーも入らない

系の中でもっとも状態数が大きな
マクロ状態が実現される。

その過程が緩和過程



熱浴とのやりとりがある系では



平衡にないときには熱浴との間でエネルギー・エントロピーの流入、流出がある

平衡状態になると流入、流出量が等しくなり、見た目変化なし

系の温度は熱浴の温度と等しくなるように変化する

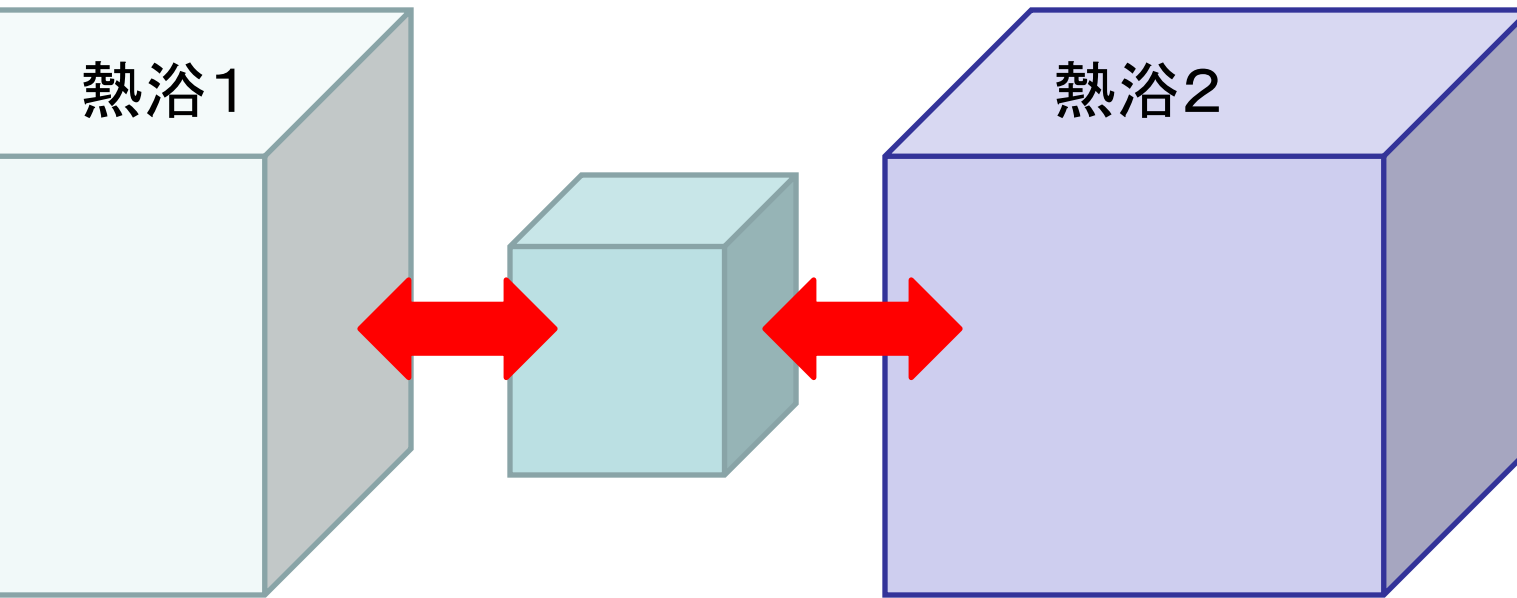
系のエントロピーの増減はわからない

系と熱浴を合わせるとエントロピーは増大する



(非平衡)

非平衡開放系では



常に熱浴との間でエネルギー・
エントロピーの流入、流出がある
(平衡になることができないので)

系と熱浴全体で見ると
エントロピーは生成され続ける

初期状態



エントロピーの流入、流出、生成

定常状態

or

非定常状態

(常に非平衡)

2011.10.25
物性物理学C

ランダムウォークとブラウン運動

ブラウン運動

ナノ粒子

著作権の関係でWEBに載せていません
みたい人は北畑まで連絡ください

(WEBページより)

DNA

著作権の関係でWEBに載せていません
みたい人は北畑まで連絡ください

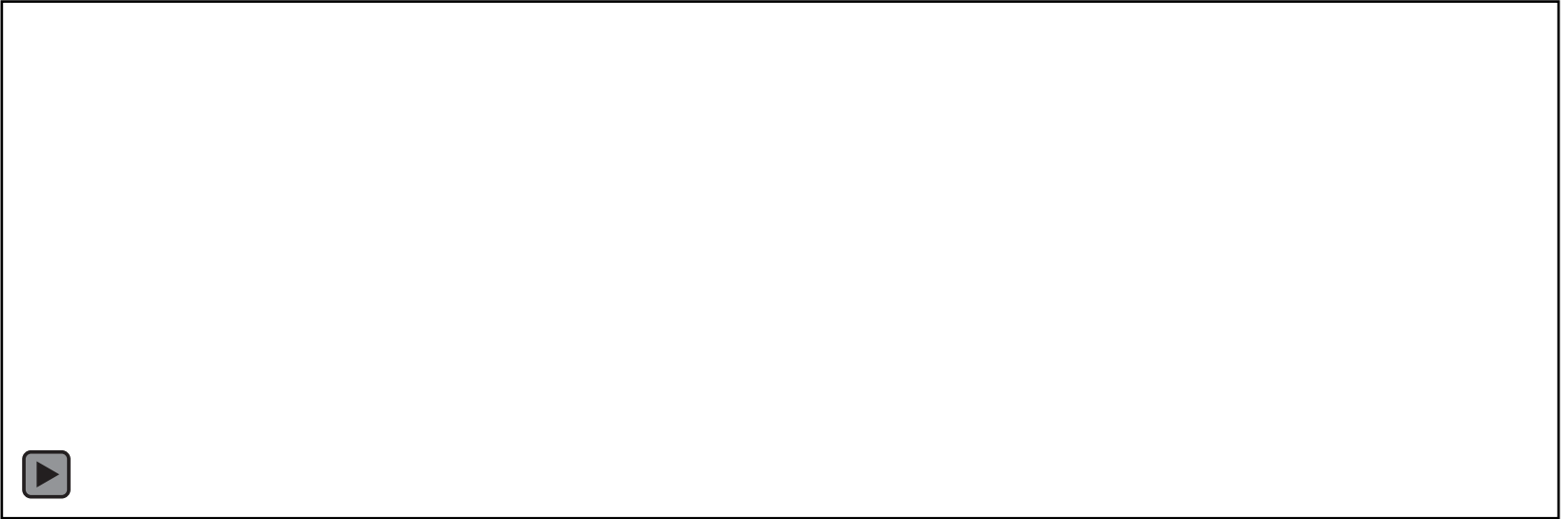
ランダムウォーク

$$x_{i+1} = x_i + \xi_i$$

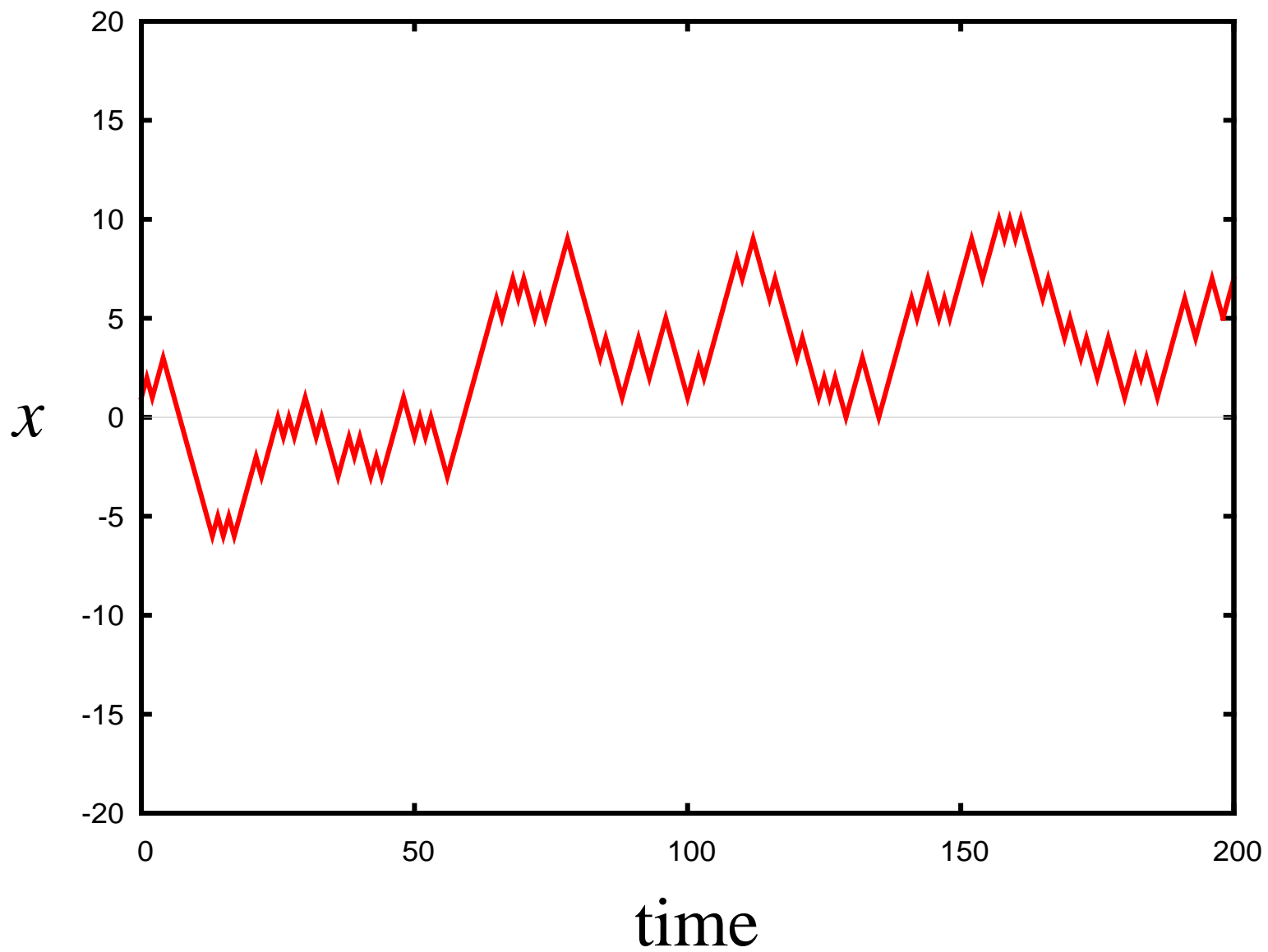
$$\xi_i = \begin{cases} 1 & (\text{Prob. } 1/2) \\ -1 & (\text{Prob. } 1/2) \end{cases}$$

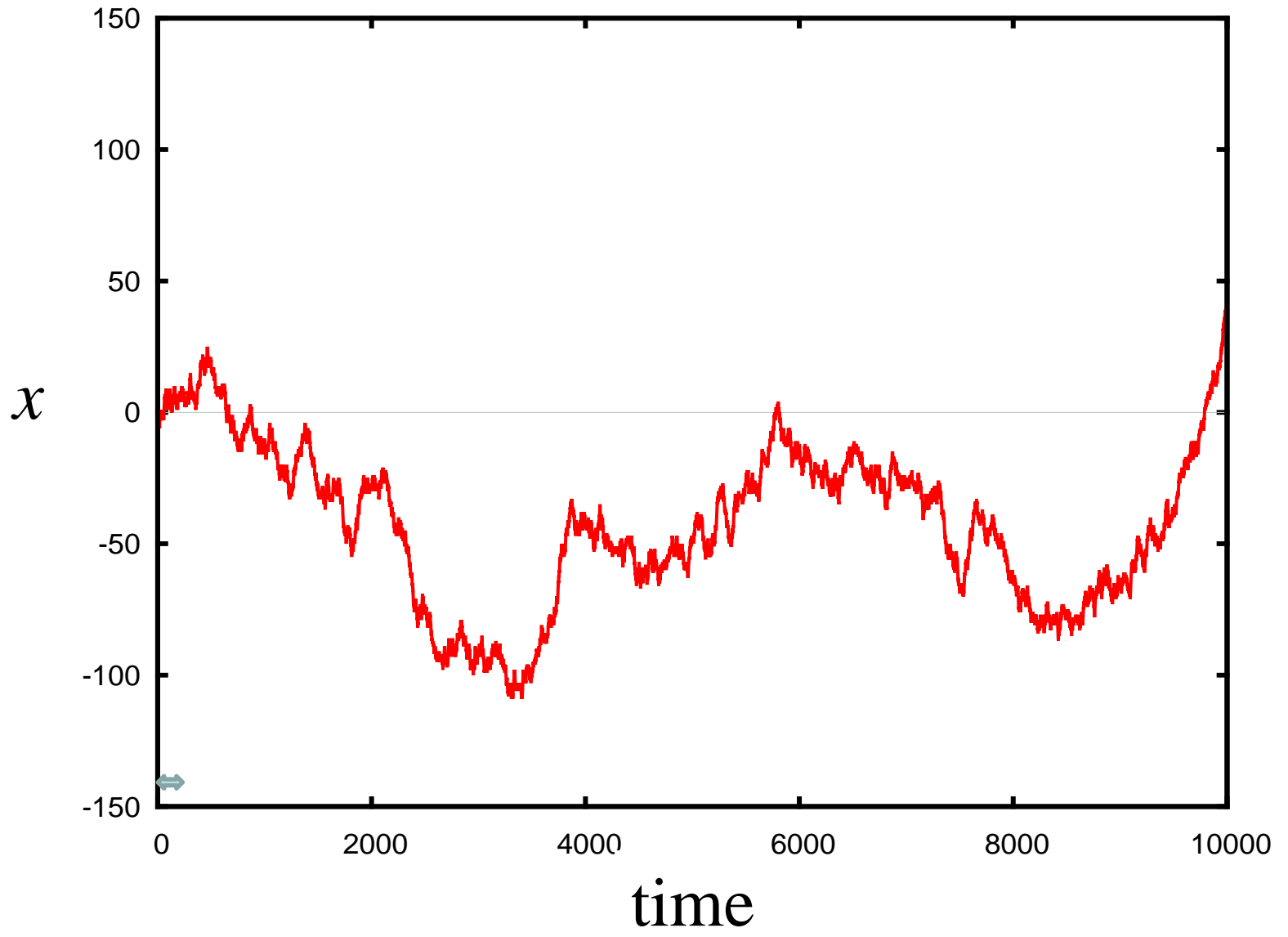
$$\langle \xi_i \xi_j \rangle = \delta_{ij}$$

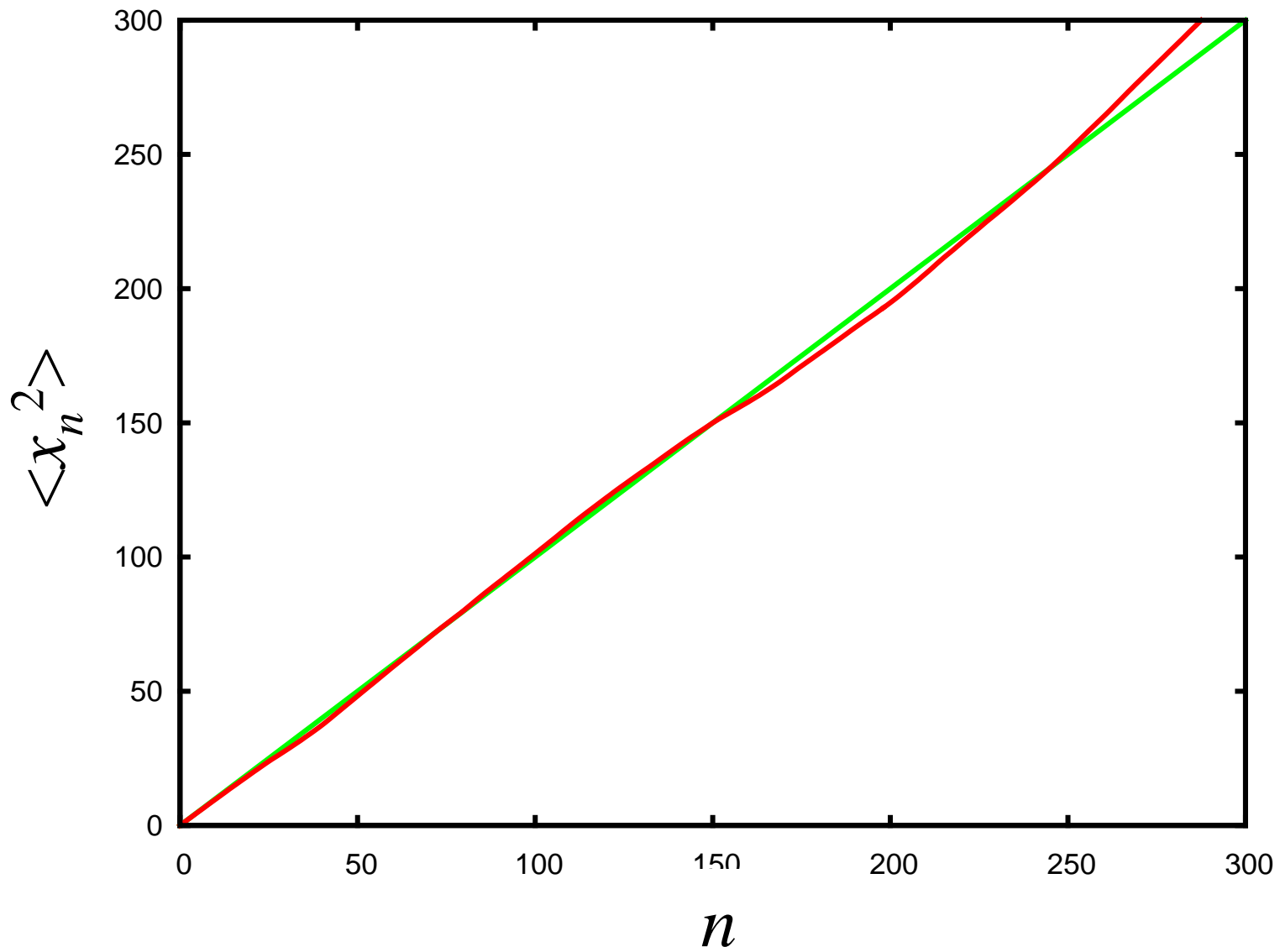
1次元ランダムウォーク



x







$$\begin{aligned}
\langle x_n^2 \rangle &= \left\langle \left[\sum_{k=0}^{n-1} \xi_k \right]^2 \right\rangle \\
&= \left\langle \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{k'=0}^{n-1} \xi_k \xi_{k'} \right\rangle \\
&= \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{k'=0}^{n-1} \langle \xi_k \xi_{k'} \rangle \\
&= \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{k'=0}^{n-1} \delta_{kk'} \\
&= n
\end{aligned}$$

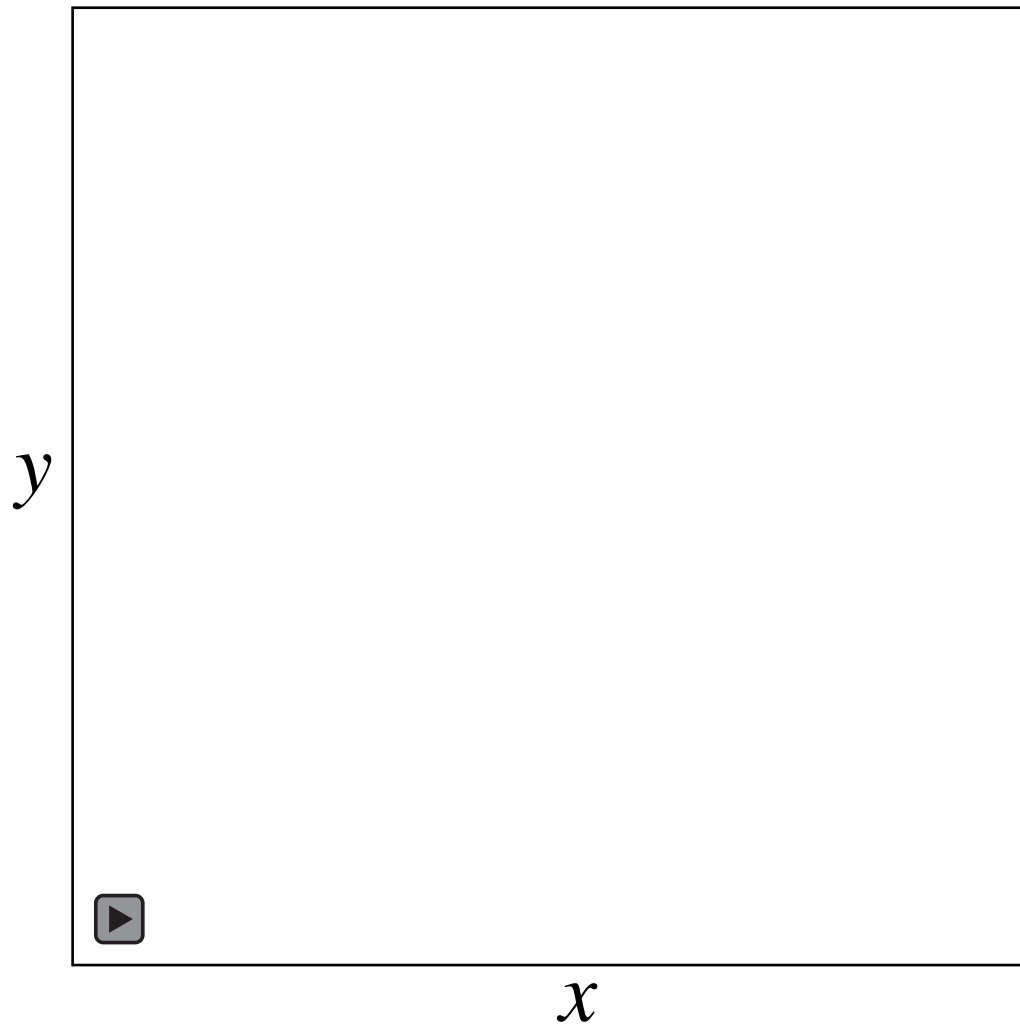
2次元の場合

$$\mathbf{r}_{i+1} = \mathbf{r}_i + \boldsymbol{\xi}_i \quad \mathbf{r}_i = (x_i, y_i)$$

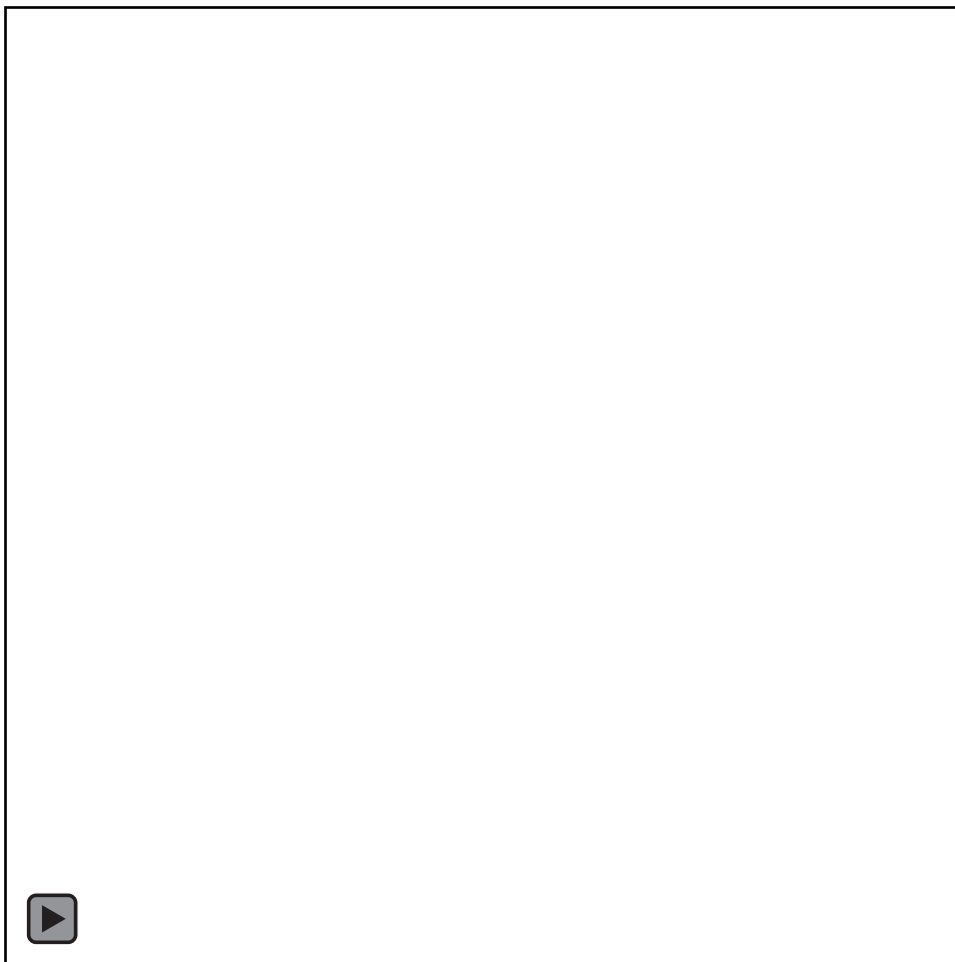
$$\boldsymbol{\xi}_i = \begin{cases} (1, 0) & (\text{Prob. } 1/4) \\ (-1, 0) & (\text{Prob. } 1/4) \\ (0, 1) & (\text{Prob. } 1/4) \\ (0, -1) & (\text{Prob. } 1/4) \end{cases}$$

$$\langle \boldsymbol{\xi}_i \cdot \boldsymbol{\xi}_j \rangle = \delta_{ij}$$

2次元ランダムウォーク

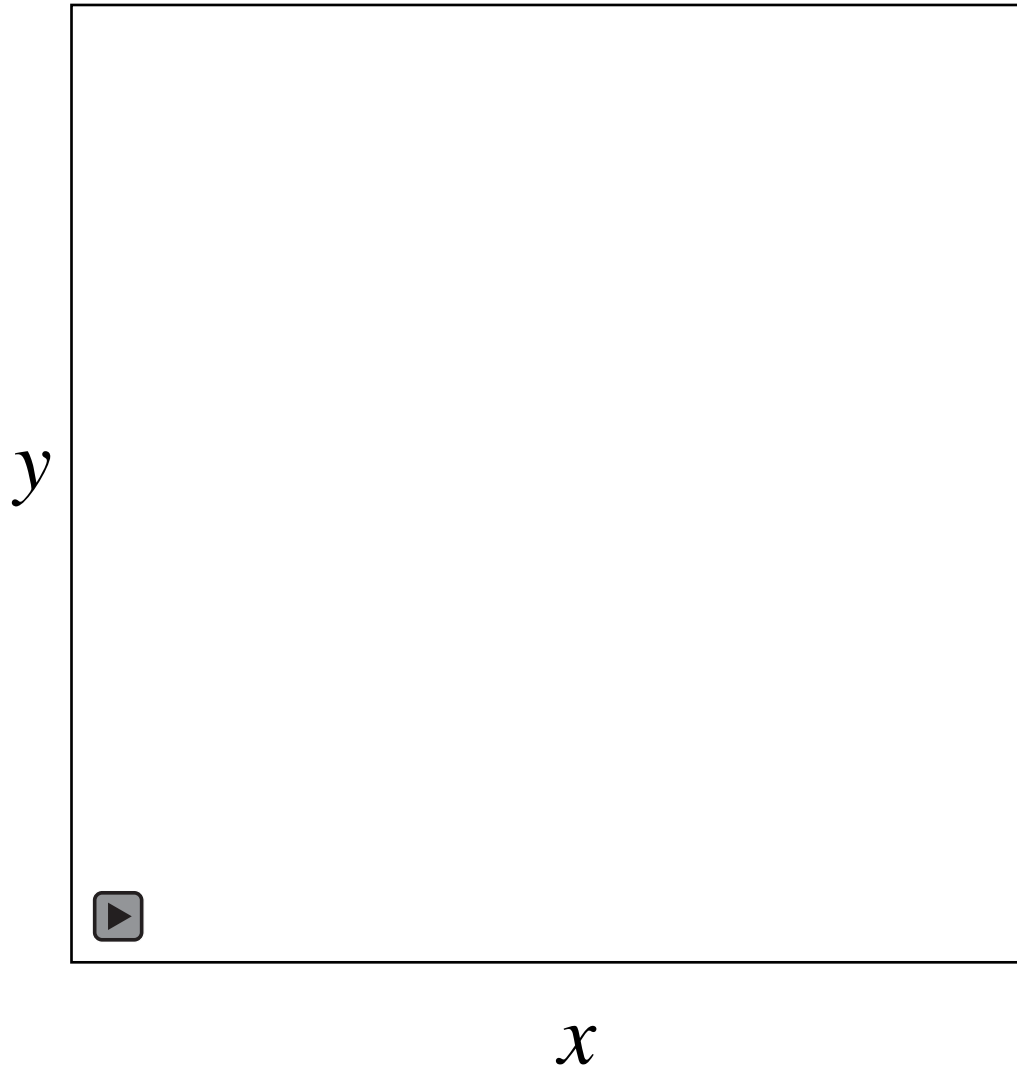


y



x

100個の粒子



1000個の粒子

