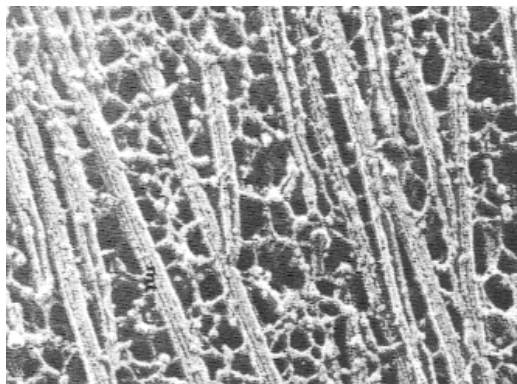


細胞内空間階層構造の コヒーレントイメージング

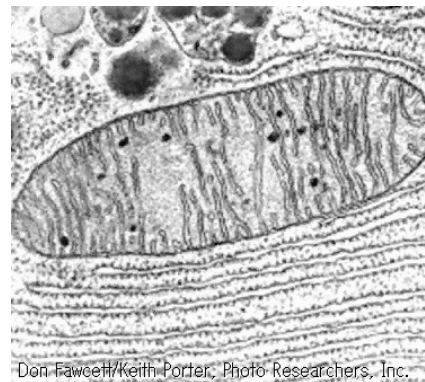
中 迫 雅 由

細胞：生命体の基本単位、10ミクロン程度の空間に生体ナノマシン群を集積

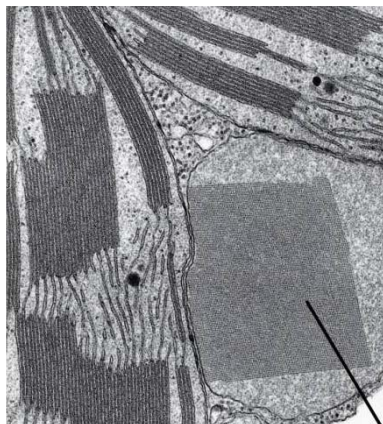
微小管



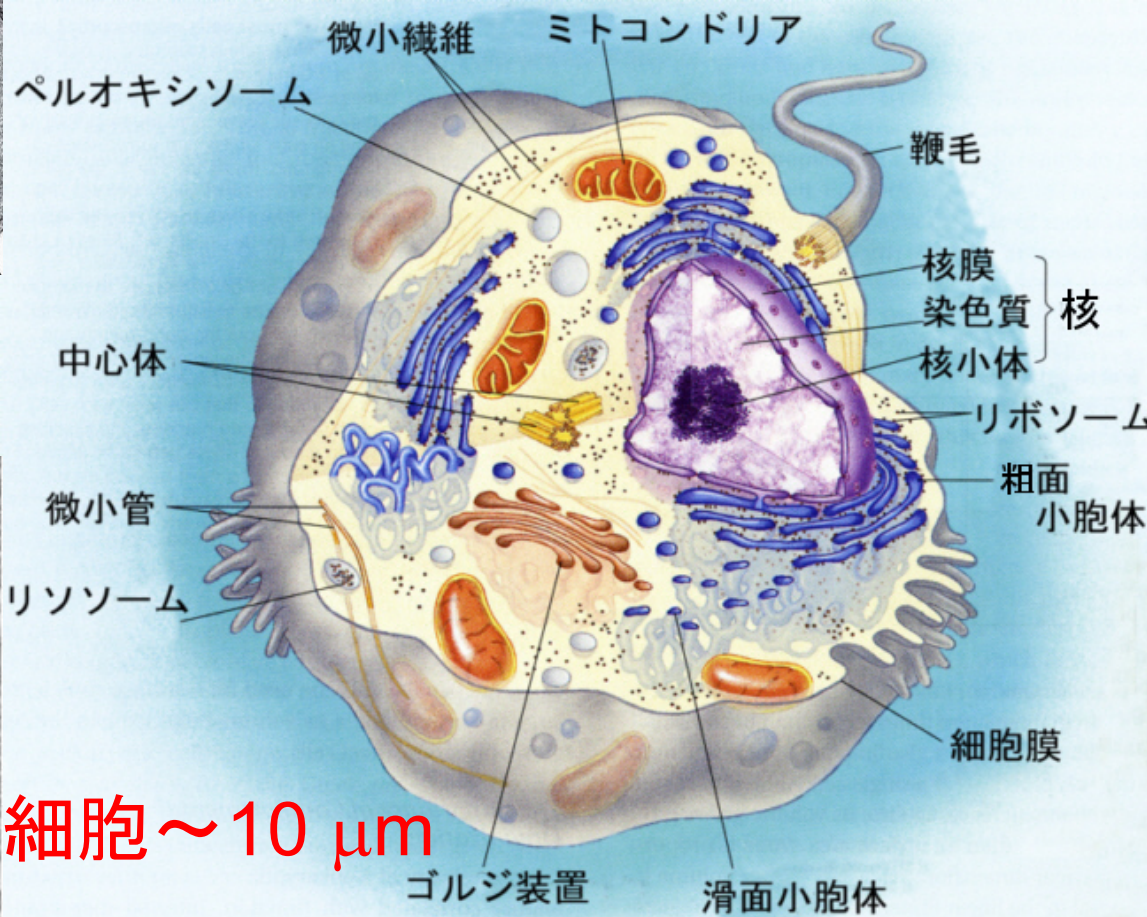
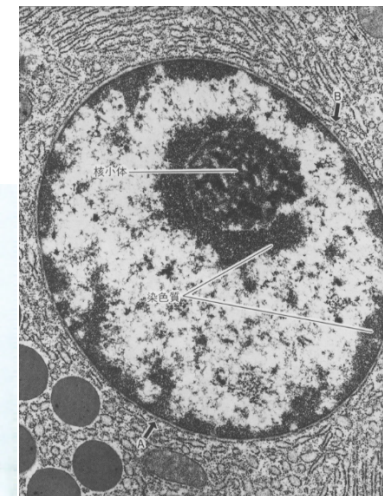
ミトコンドリア



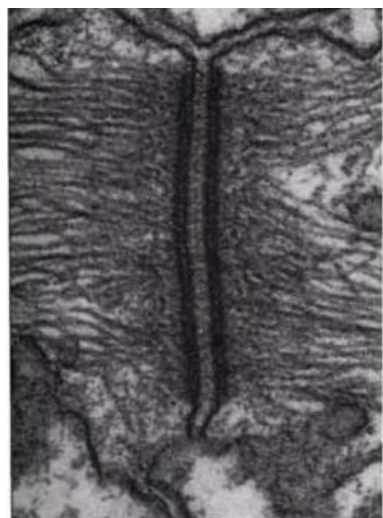
ペルオキシソーム



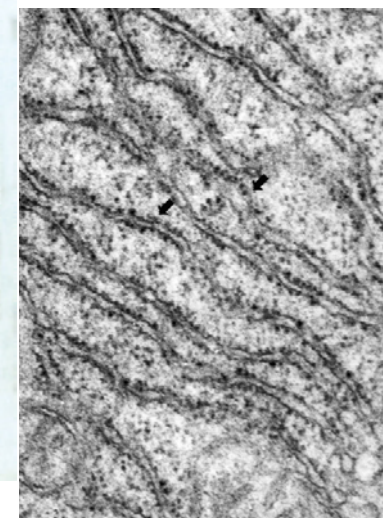
核



デスモソーム

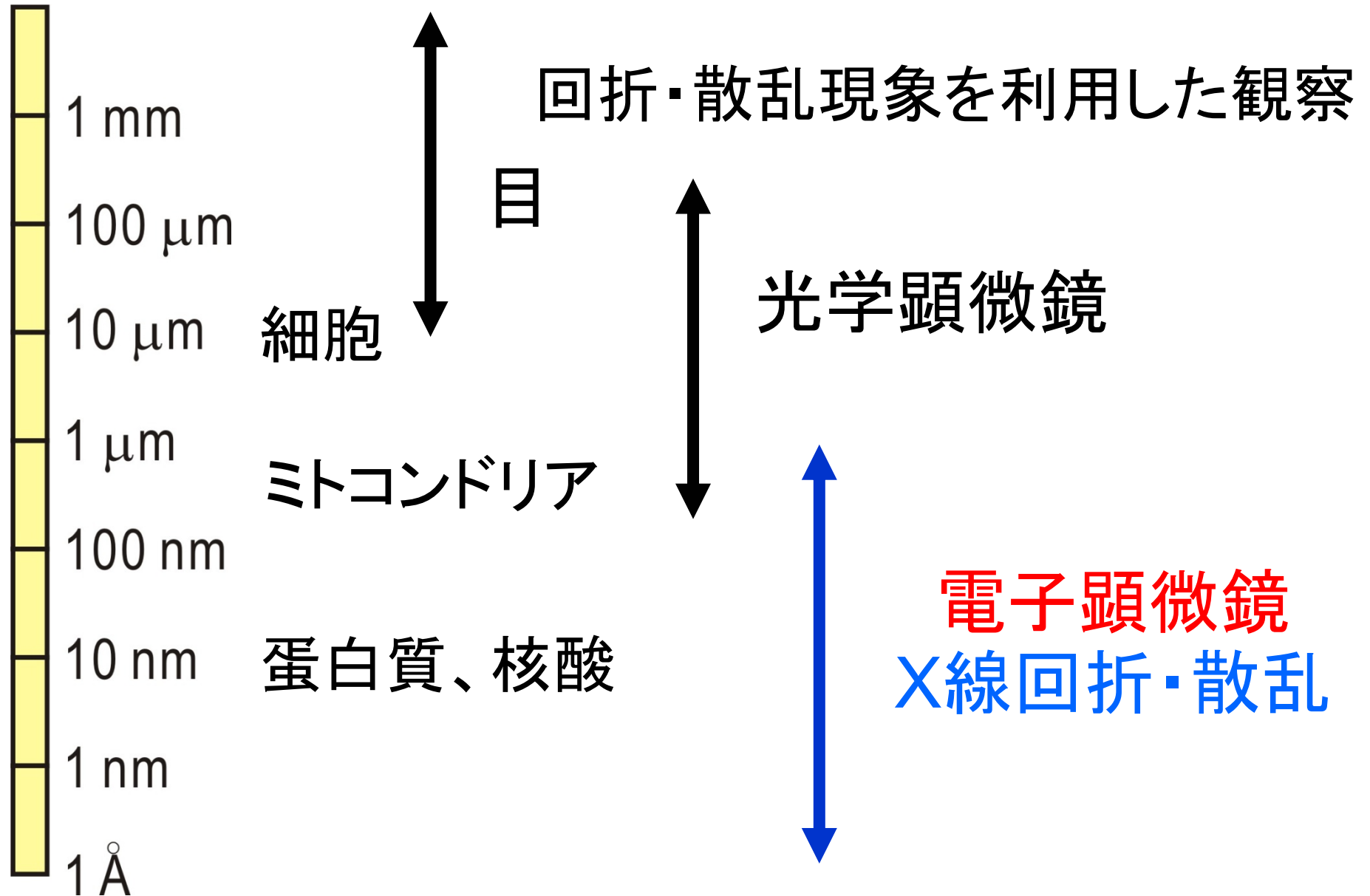


粗面小胞体



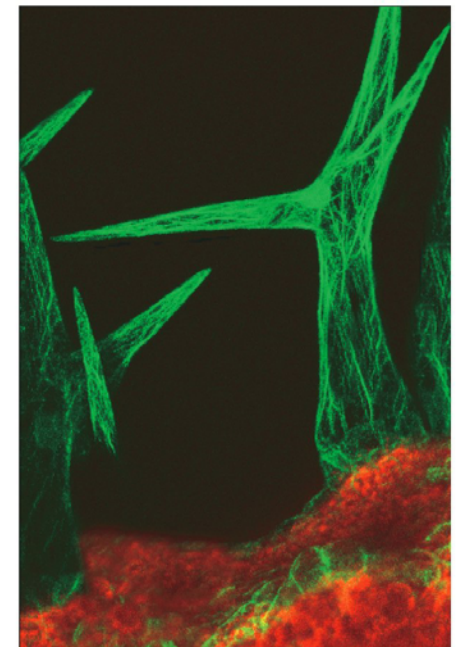
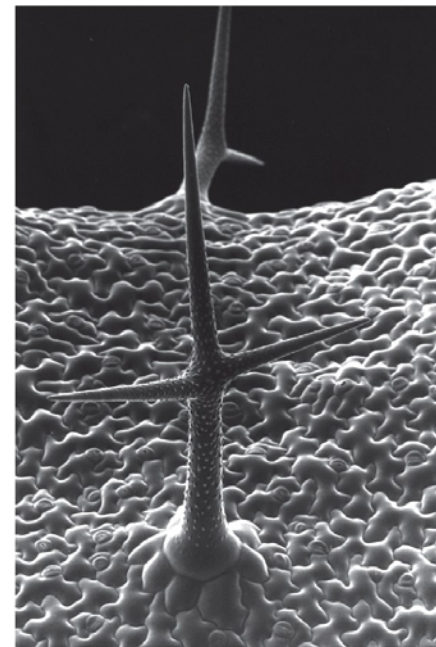
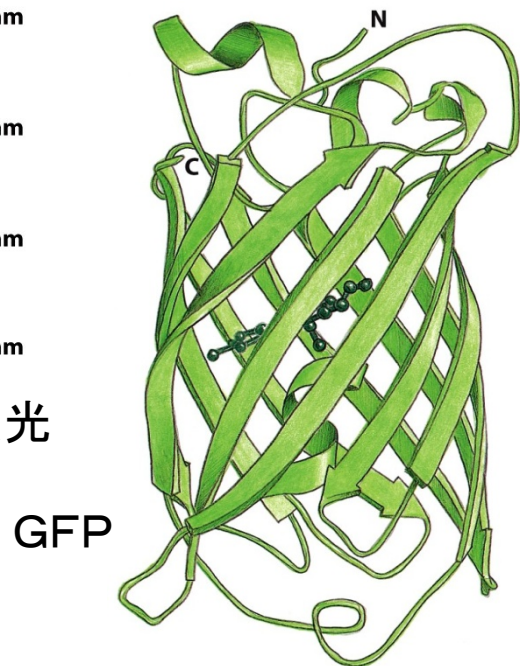
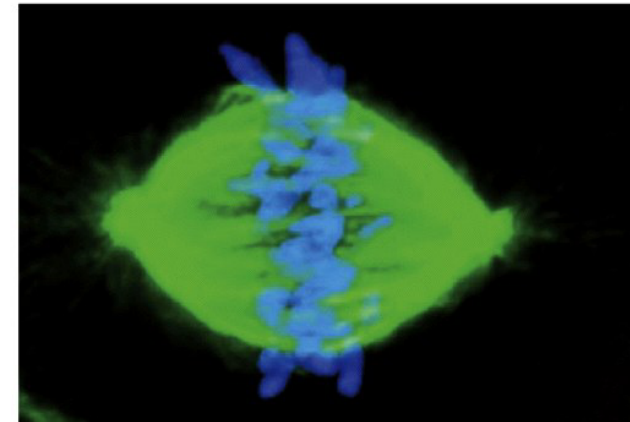
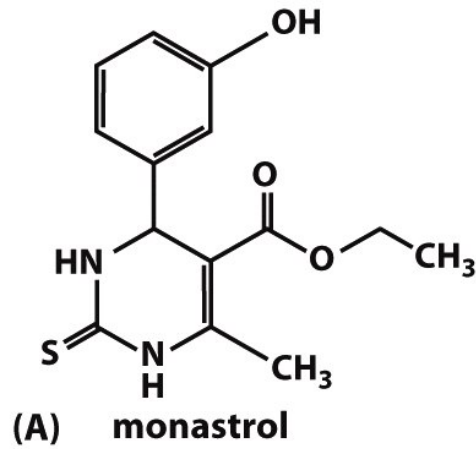
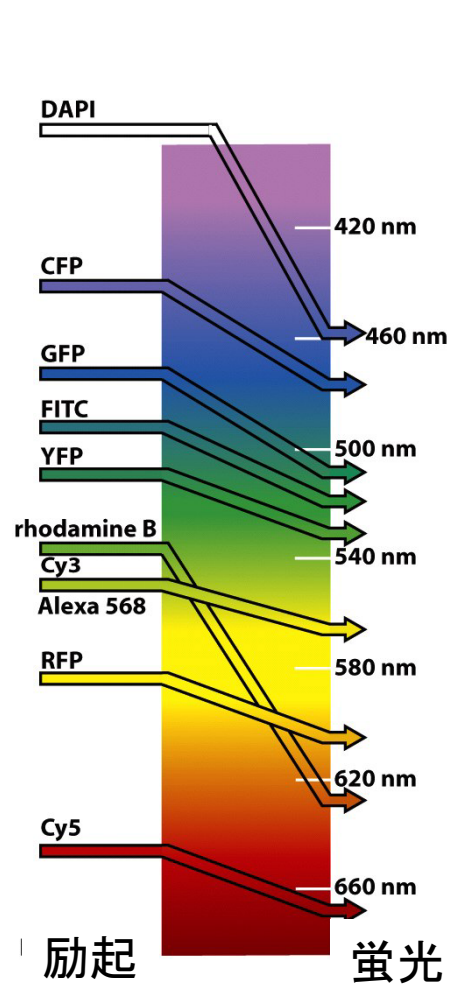
細胞 ~ 10 μm

細胞内発生事象の時系列かつ高空間分解能観察

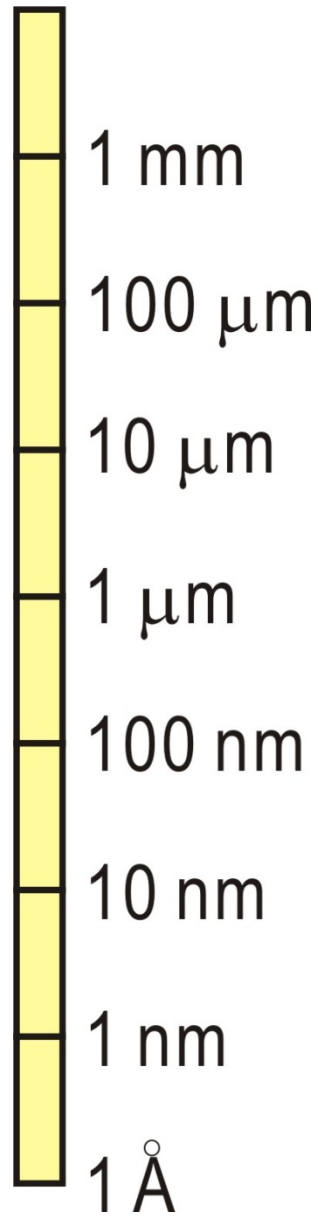


一分子生理学： 特定分子の細胞内動態、運動

蛍光物質・蛍光蛋白質を用いたミクロンオーダー生体粒子動態の光学顕微鏡観察



細胞の空間階層X線イメージングの 未来への期待



一分子生理学： 特定分子の細胞内動態、運動

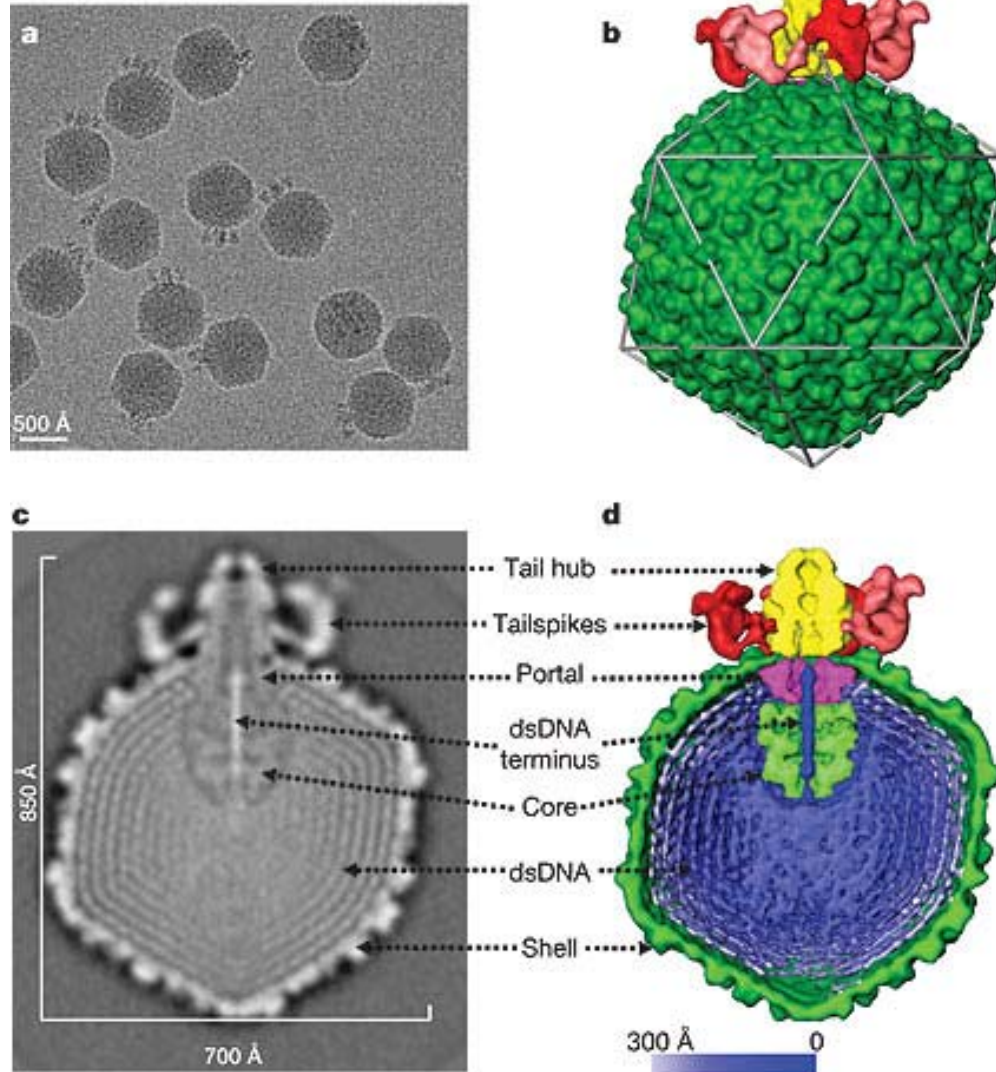
生体分子の細胞内分布

構造生物学： 立体構造図鑑の作成

環境媒体、水との相互作用

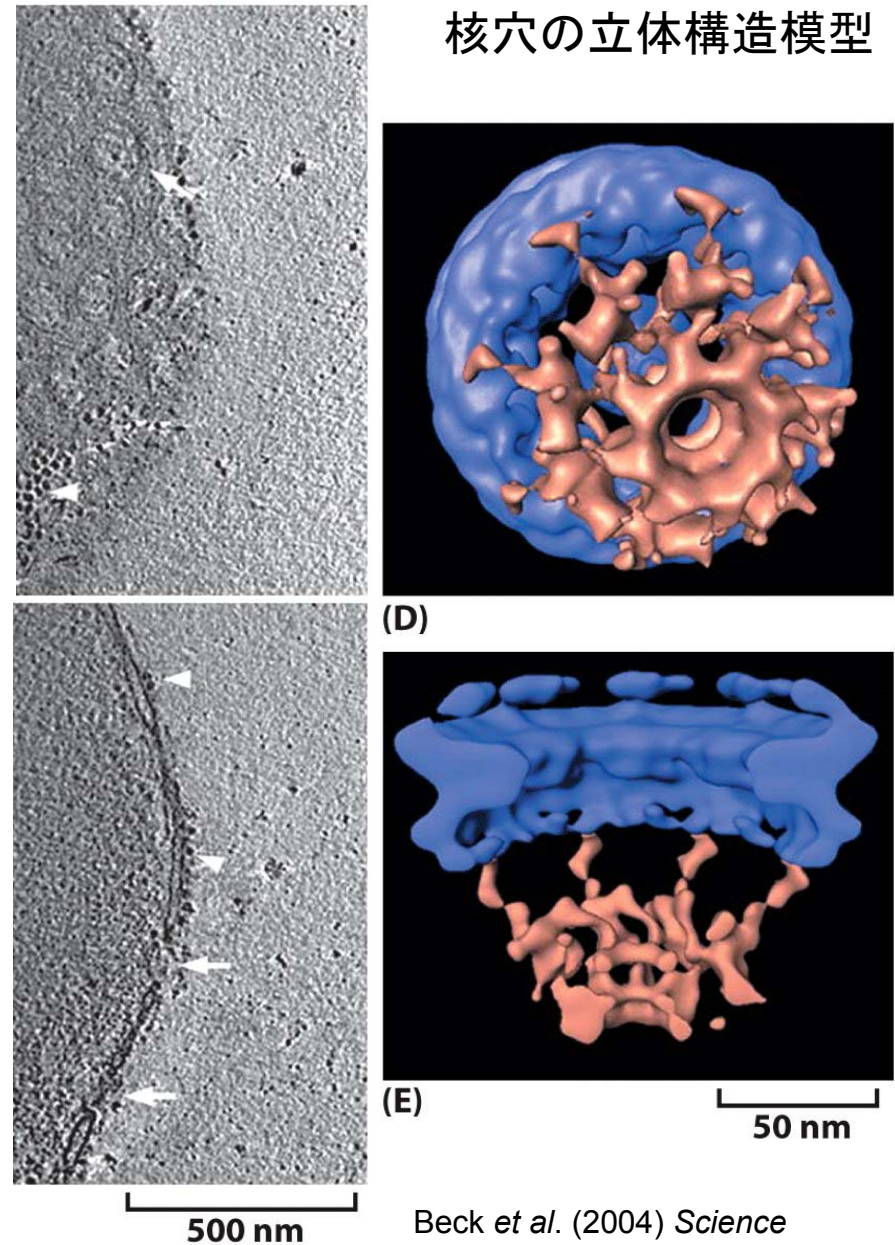
電子顕微鏡による一粒子解析・三次元トモグラフィー 大きな散乱断面積

Epsilon15ファージ内でのDNA収納



Jiang *et al.* (2006) *Nature*

核穴の立体構造模型



Beck *et al.* (2004) *Science*

干渉性の光(X線)が粒子にあたったときに観測される
スペckル散乱パターンの強度

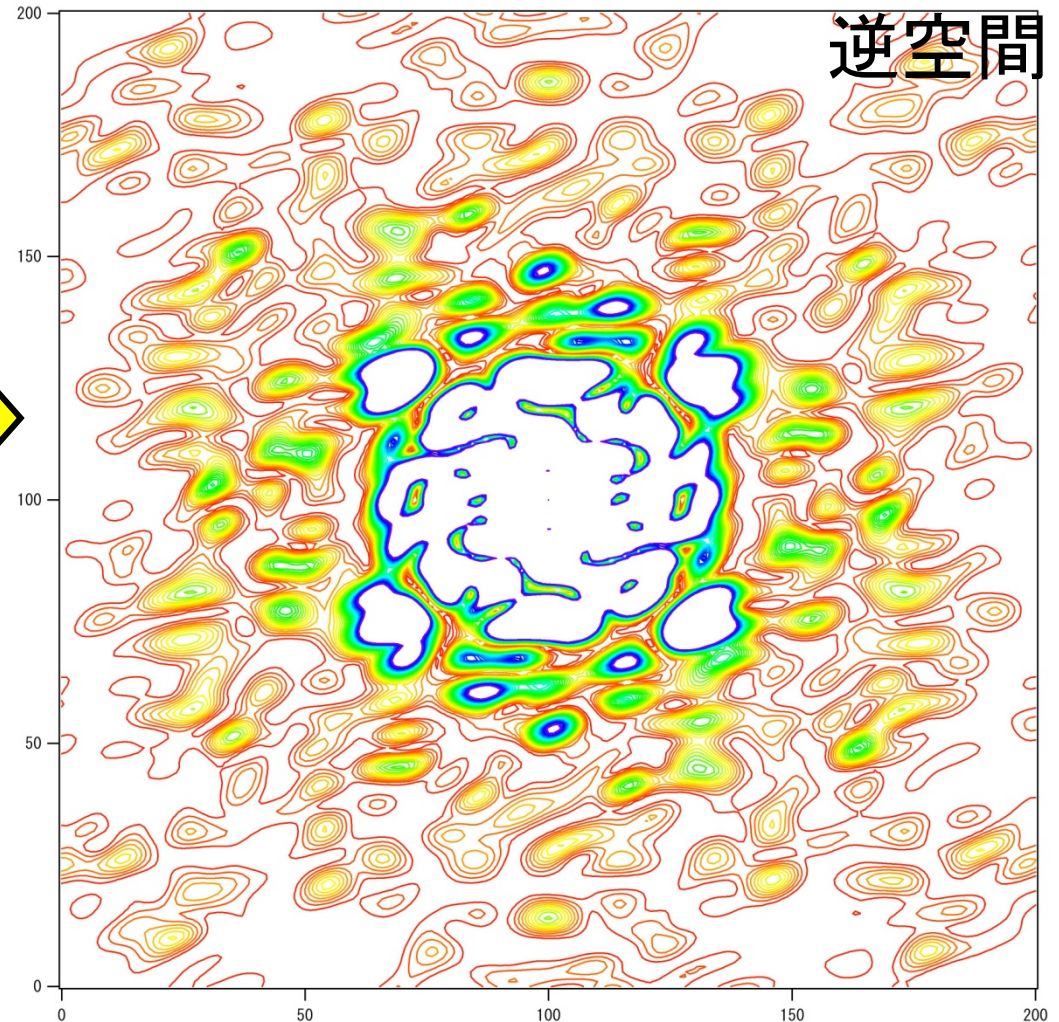
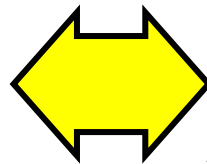
$$I(\vec{S}) = \left| \int \rho(\vec{r}) \exp[2\pi i \vec{S} \cdot \vec{r}] d^3 r \right|^2 = F^*(\vec{S}) F(\vec{S}) = |F(\vec{S})|^2$$

フーリエ変換

実空間

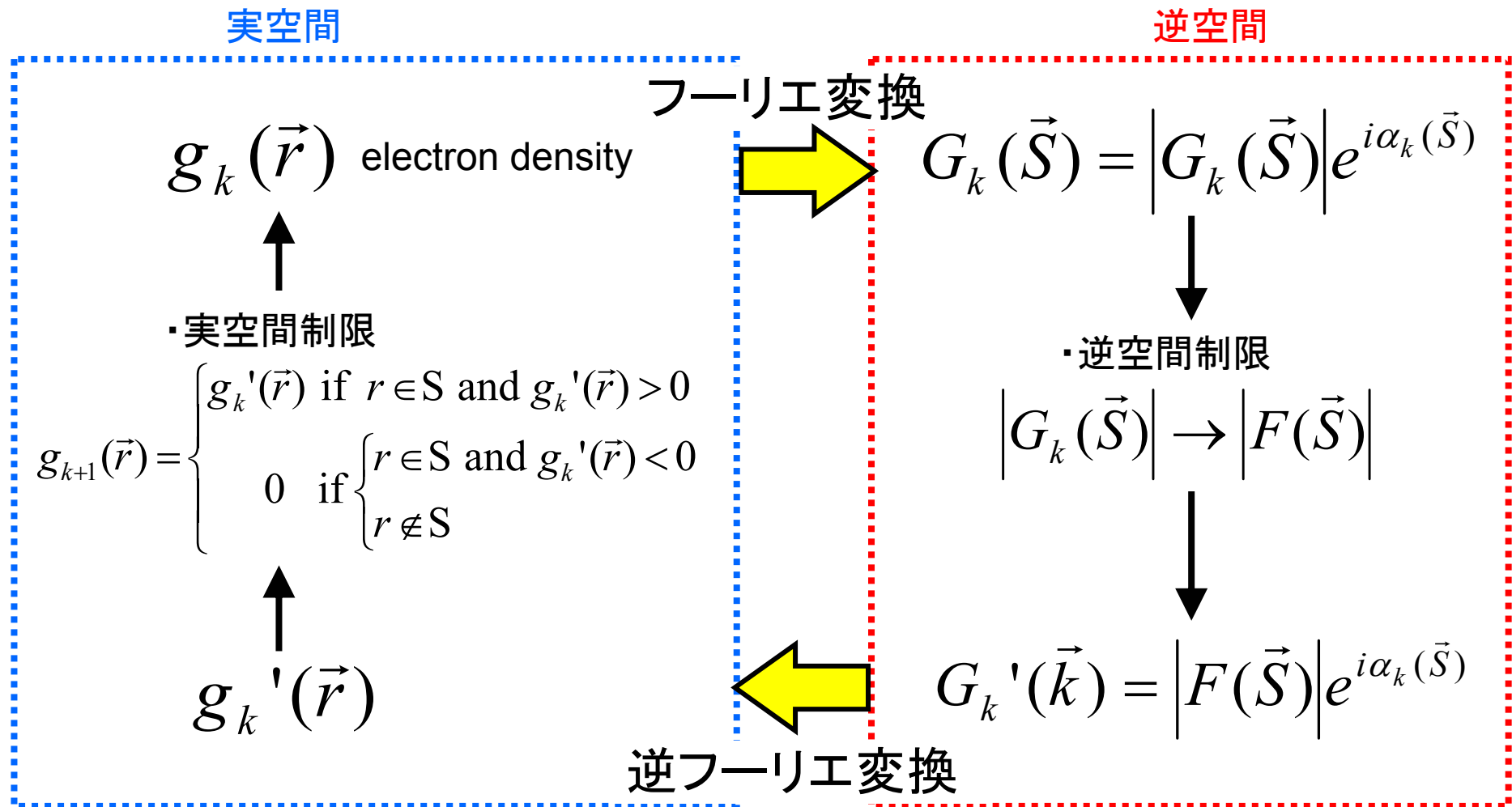


100 Å



X線用の万能レンズが無いので、情報科学の力を借りる

スペックルパターンから像回復するアルゴリズム： 位相回復＋オーバーサンプリング



$\alpha_k(\vec{S})$: 位相

$|F(\vec{S})|$: 実験で得られるスペックルパターンの振幅

結晶化が絶望的な非結晶物質の構造研究

かつての液体構造モデル

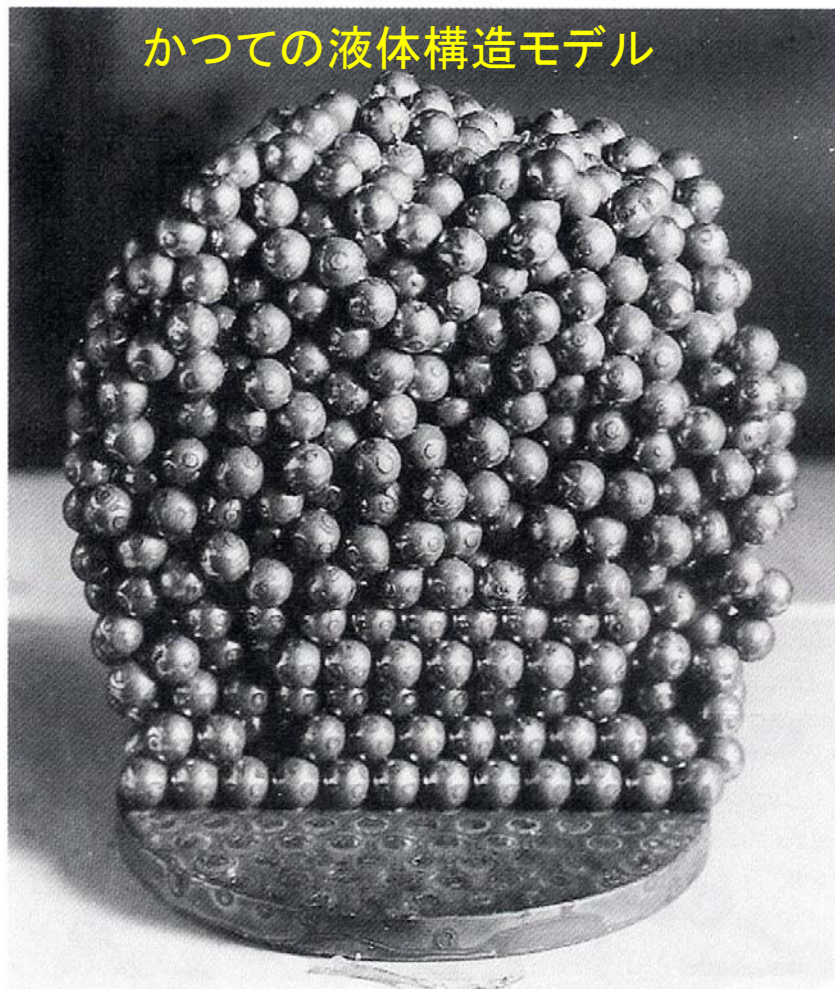


Figure 15. A simple model of a liquid of hard spheres (upper part) compared with the regular array of a hard sphere crystal (lower part), as modelled by Bernal (1964).

Finney (2004) *Phil. Trans. B Roy. Soc. London*

- ・生体分子集合体、
細胞内小器官や細胞の
構造解析
(100 nm – μm サイズ)

- ・相転移点での物質構造

- ・物質界面の構造

- ・複雑液体の構造

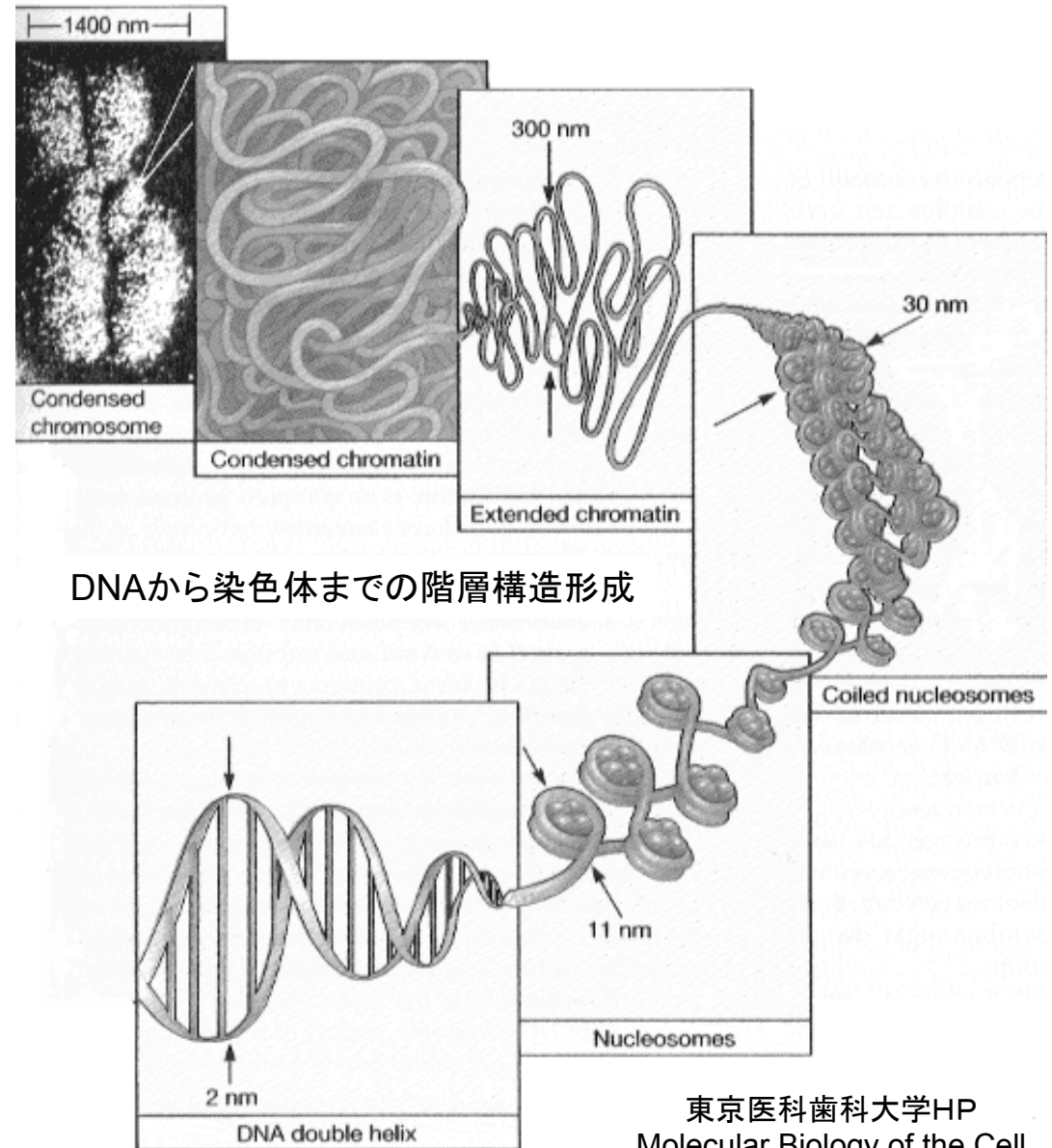
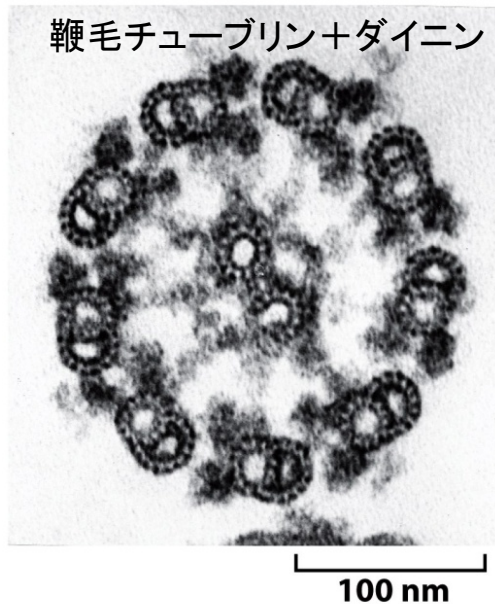
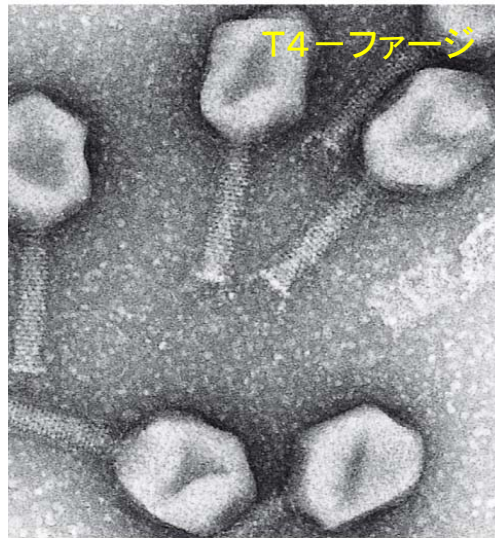
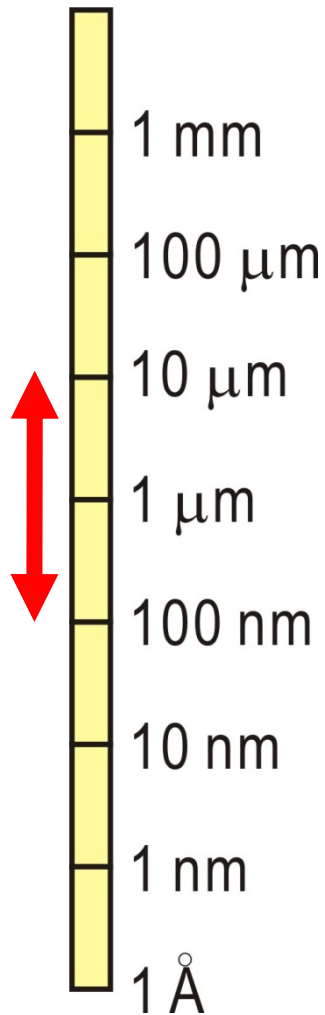
- ・巨視的量子効果を示す
量子液体の構造

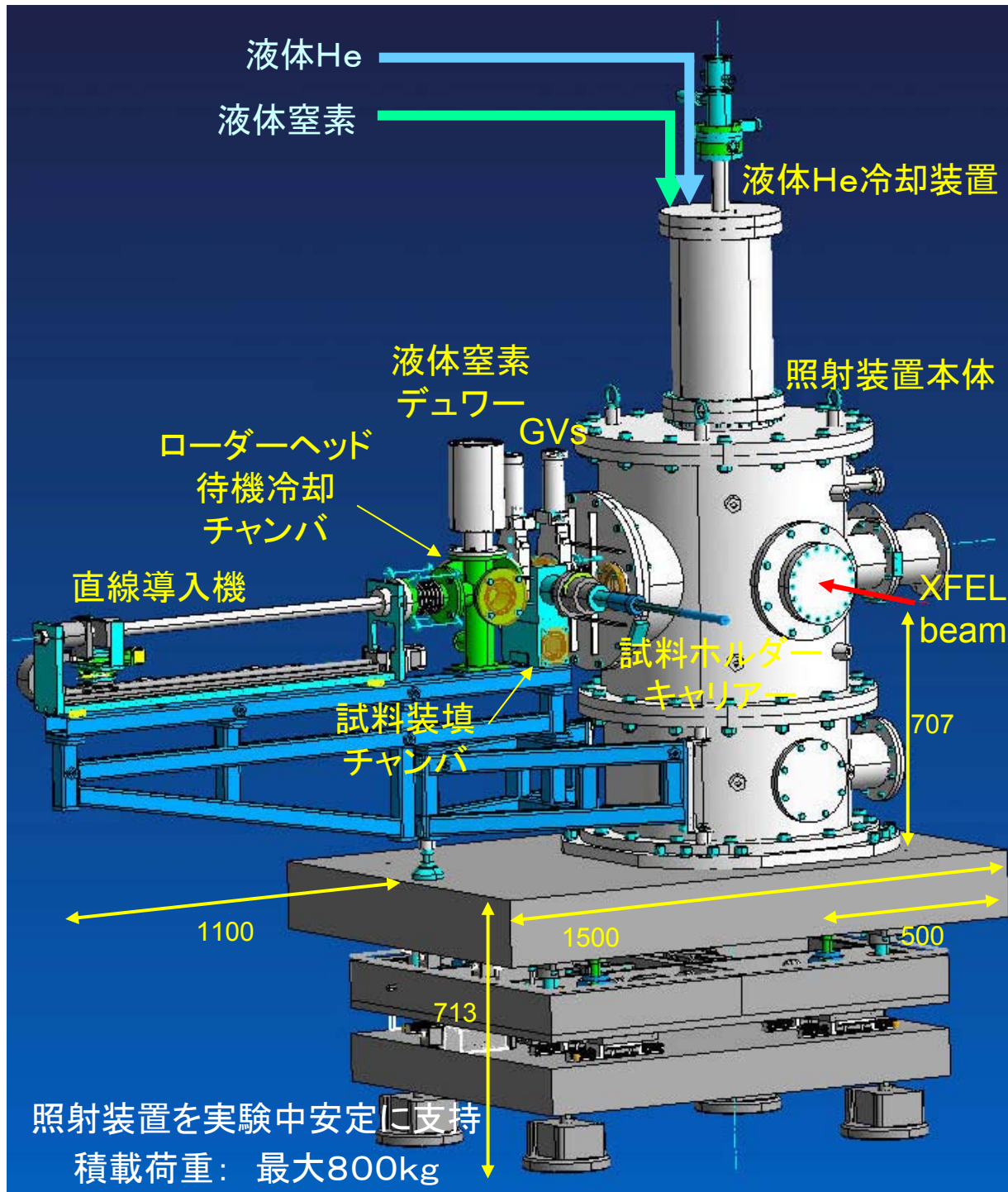
量子コヒーレンス

巨視的原子波動関数

生体超分子集合体、細胞内小器官の立体構造解析

百ナノメートル～マイクロメートルの非結晶生体粒子、サブ μm ～nm分解能構造解析



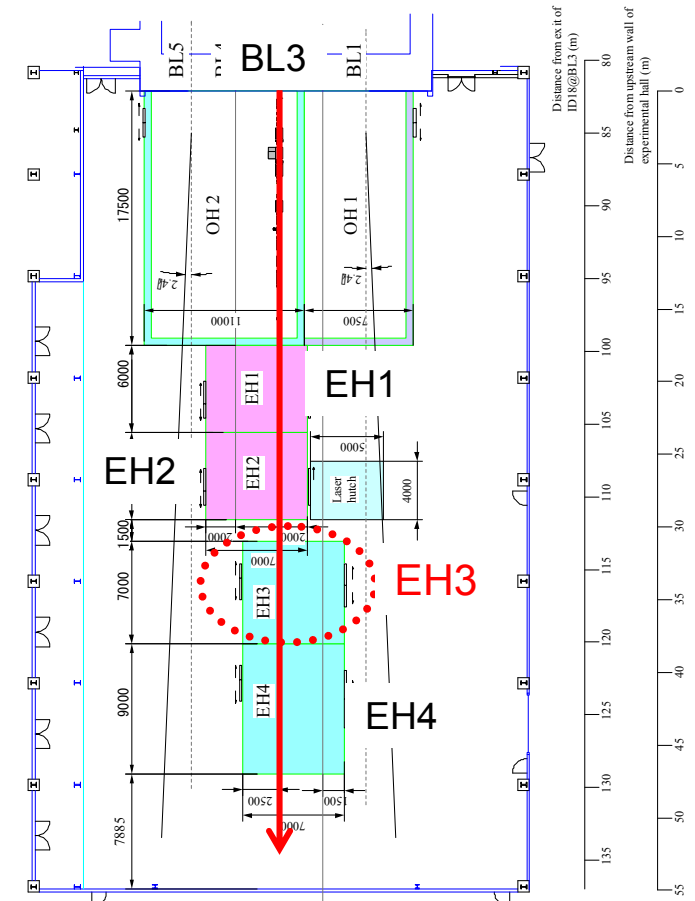


○ 基板固定試料の連続走査実験

XFELビームと走査中微小試料セル
 相対位置関係を高精度で保証
 位置安定性が大変重要

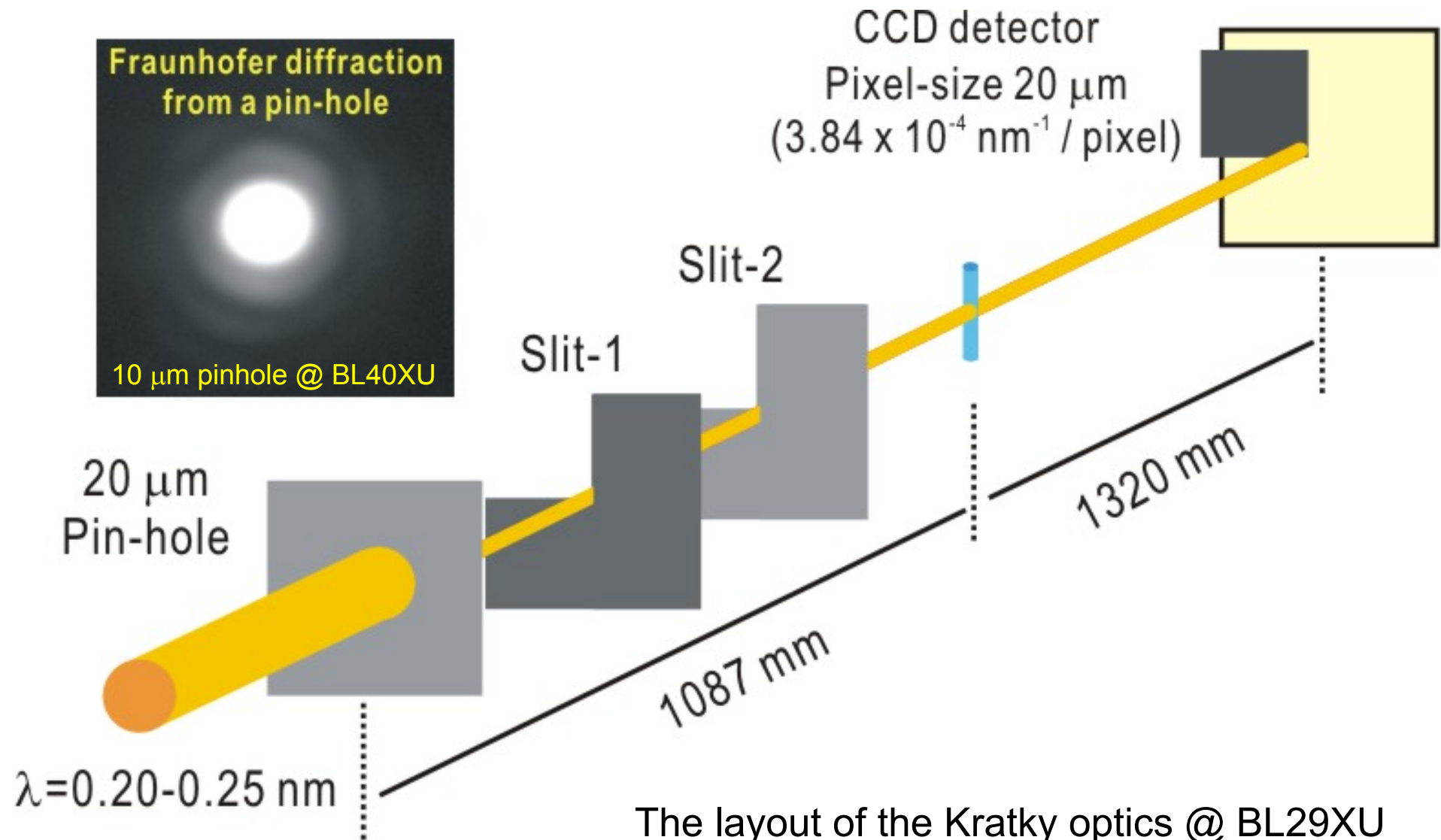
- ・ 定盤上の振動源に対する対策
- ・ 精密定盤本体の質量大
- ・ 内部、周辺からの振動に強く安定

BL3のEH3設置が妥当か？



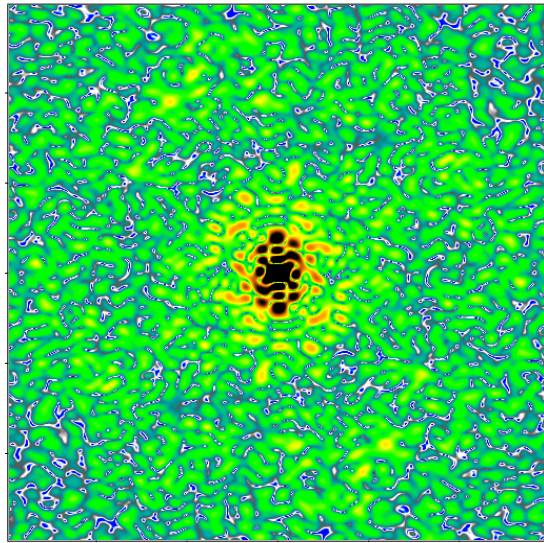
XFEL Technical Design Report

2次元Kratky光学系

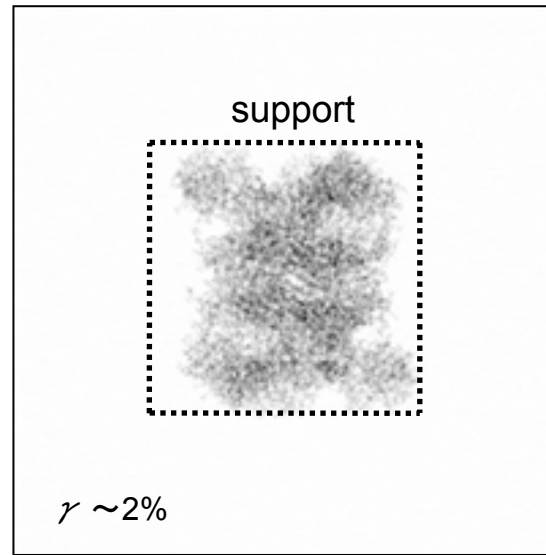


水和試料の散乱実験シミュレーション (in preparation、坂本・中迫)

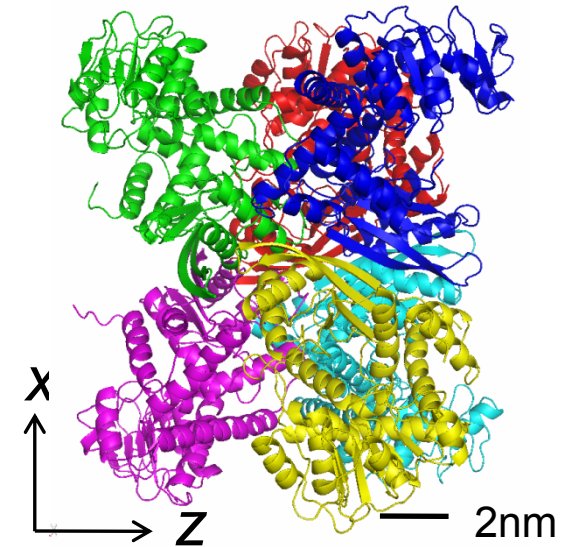
Cross section of $S_y=0 \text{ \AA}^{-1}$ (oversampled)



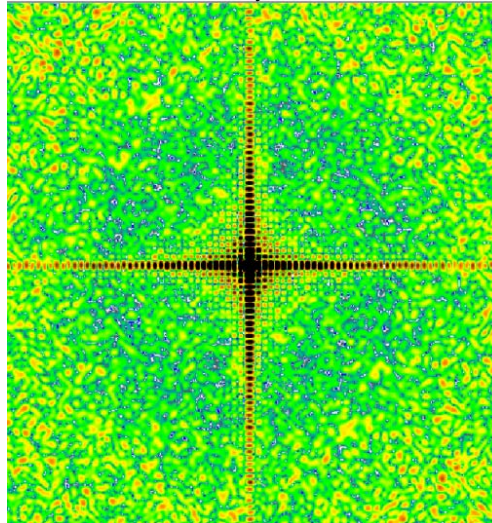
Phase Retrieval



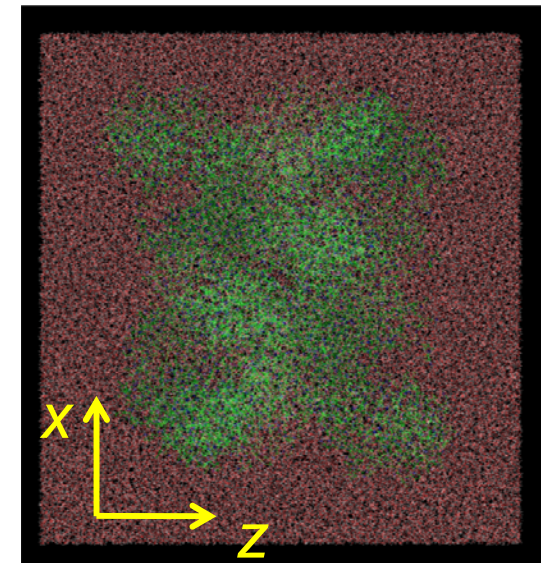
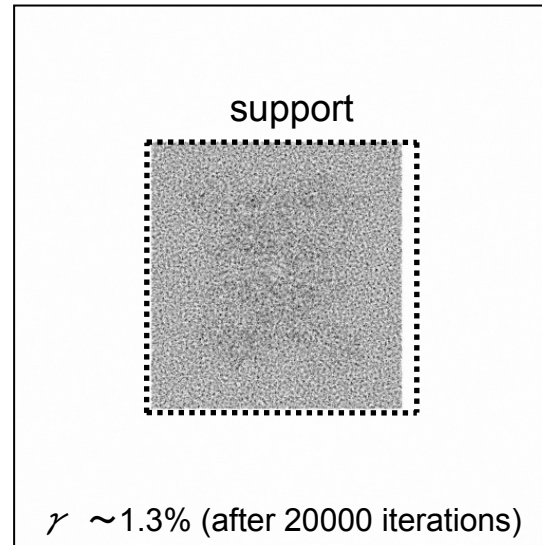
Viewing along the y-axis



Cross section of $S_y=0 \text{ \AA}^{-1}$ (oversampled)



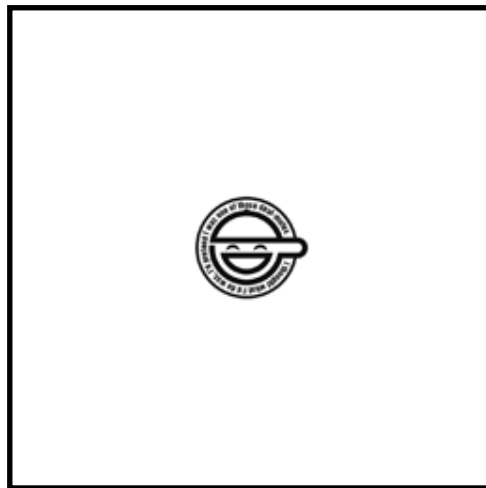
Phase Retrieval



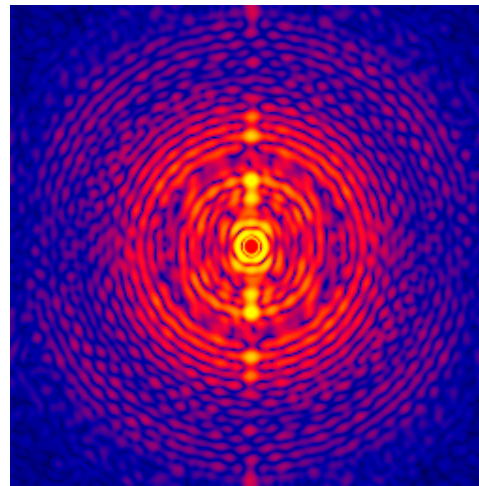
Each reconstructed image corresponds well with the projected figure along the direction of incident beam.

従来の単粒子解析法の問題点

1. 実際の実験では、照射野に複数の生体粒子が存在する可能性がある。
2. 生体粒子が照射ビーム中心に必ず位置する保証が無い。
3. 溶媒である水からの散乱の影響を無視できない。



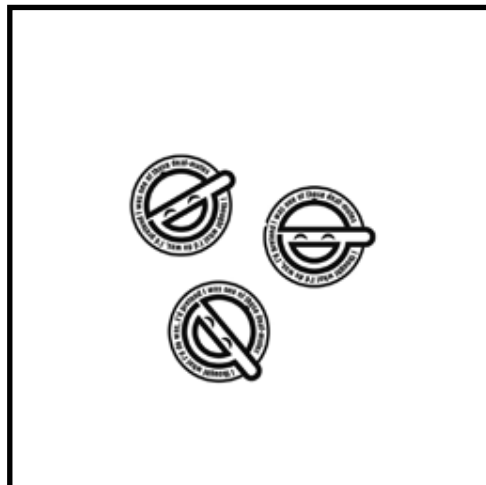
照射野に一つの粒子



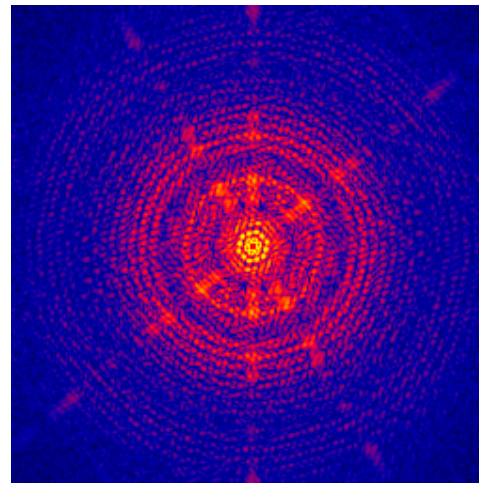
散乱パターン



照射野に一つの粒子のみが存在する場合、三次元位相回復法を利用した理想的な三次元再構成が可能。



照射野に複数の粒子



散乱パターン



照射野に複数の粒子が存在する場合、理想的な単粒子解析を行うことは不可能。二次元の投影像を回復し、電子顕微鏡に類似した解析を行うことが必要。