

中性子利用における 成果と今後の期待

日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門 & J-PARCセンター

藤井保彦

原子核・素粒子実験施設
(ハドロン実験施設)

50 GeVシンクロトロン

パルス中性子源
JSNS/J-PARC

物質生命・科学
実験施設

ニュートリノ実験施設

3 GeVシンクロトロン

800m

核変換実験施設
(第Ⅱ期計画)

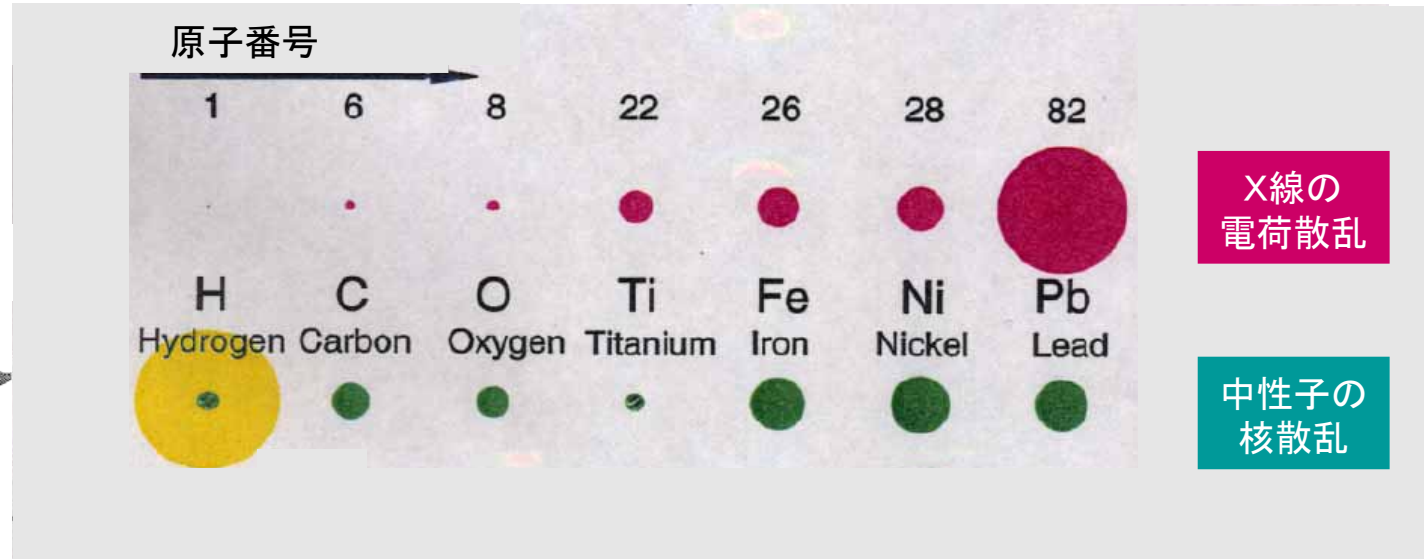
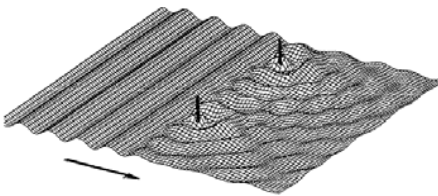
リニアック

定常中性子源
JRR-3

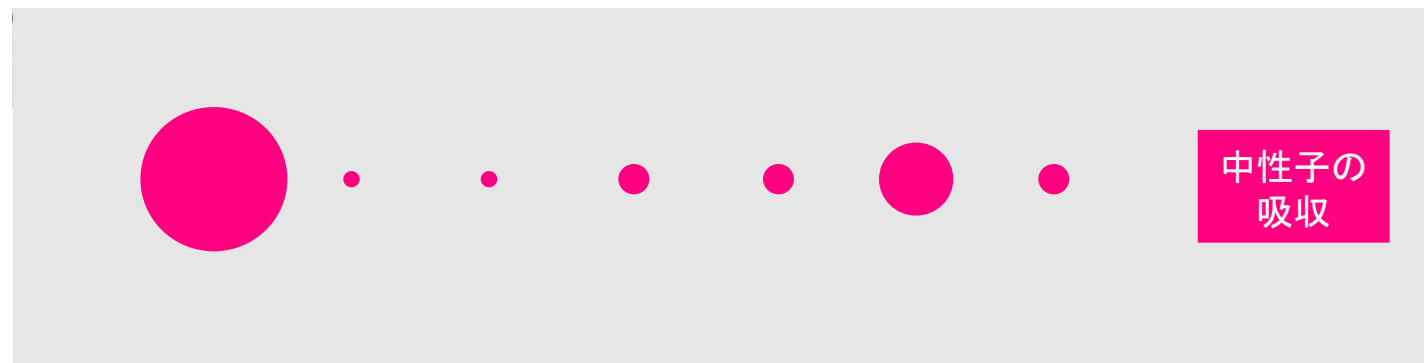
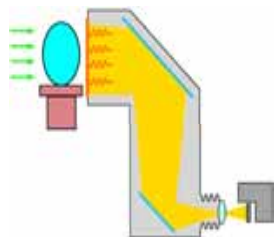
元素別中性子の散乱・吸収能力

探索子
(プローブ)

回折・散乱
(~ nm)



イメージング
($\mu\text{m} \sim \text{mm}$)



「噴水玩具」の動画撮影

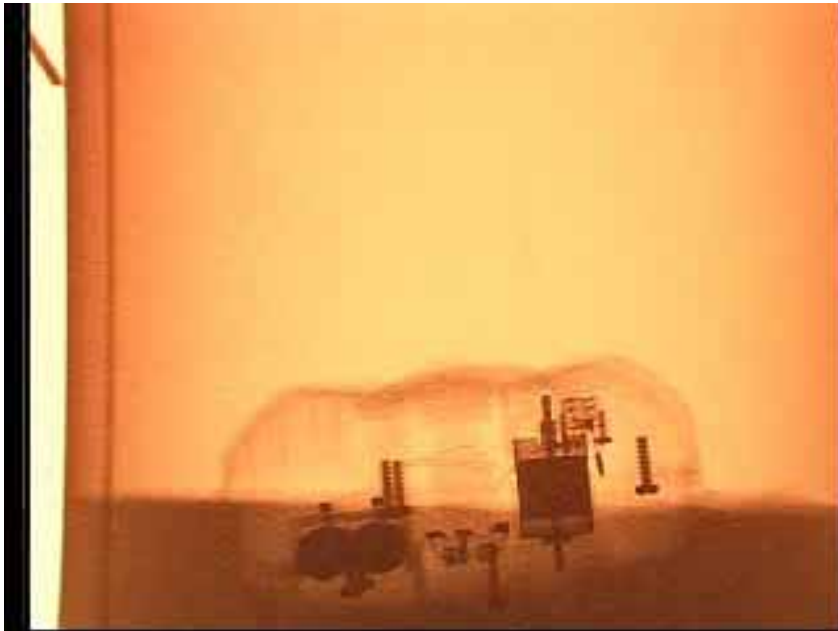
松林他(原子力機構)協力

中性子用に試作した東芝製カラーイメージインテンシファイア(登録商標: カラーI.I.TM
またはUltimageTM)と持木教授(武蔵工大)開発のシンチレーターを
使用してJAEA中性子ラジオグラフィ装置(JRR-3)にて撮影



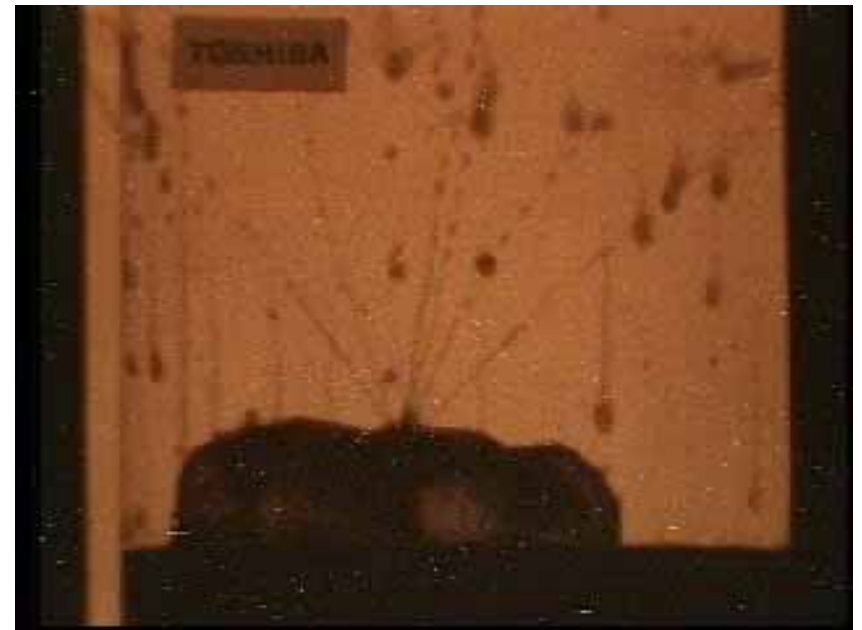
X線(管電圧70kV)

カメラシャッター: 1/500



中性子線

カメラシャッター: 1/500



缶の中に「噴水の玩具」をセットしてX線と熱中性子ラジオグラフィの結果

- ・ X線では、玩具内のモータなど金属部分が鮮明に見えるが、噴水の状況はわからない。
- ・ 中性子では、玩具の樹脂で内部のモーターなどが見えにくくなるが噴水の状況が鮮明に見える。

中性子によるエンジン動画撮影

松林他(原子力機構)協力

カメラシャッター:1/500



弁、ピストン、クランクシャフトの動きと回転
油の潤滑状況がその場観察できる

中性子によるエンジン撮影

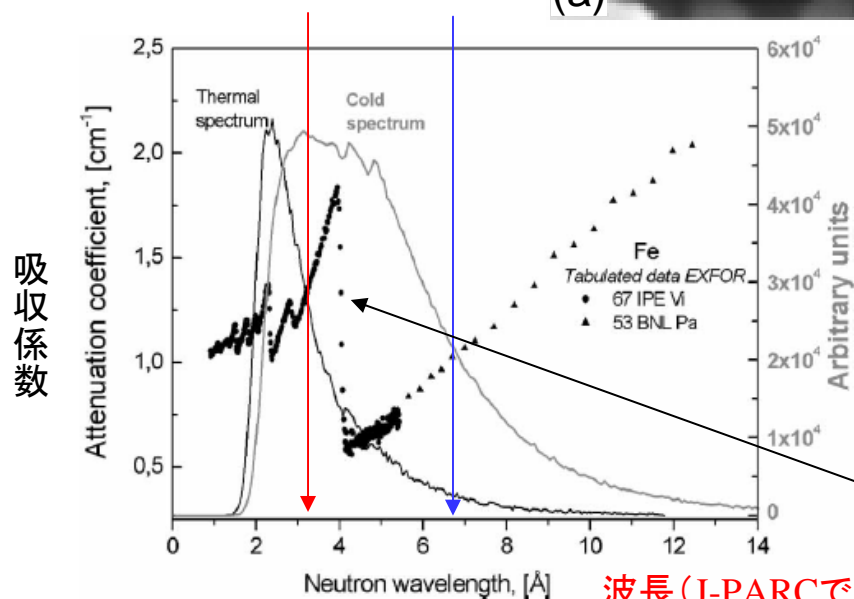
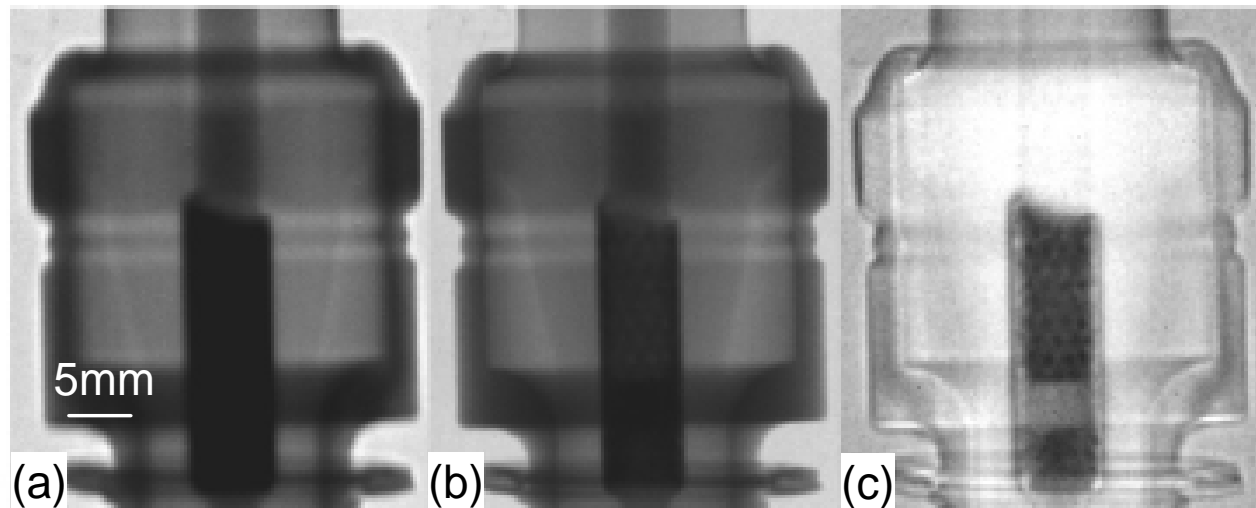
スイス・PSI

N. Kardjilov他, Nucl. Instr and Meth. A **501** (2003) 536
E.H. Lehmann他, J. Neutron Res. **13** (2005) 27

J-PARCで期待される「エネルギー選択ラジオグラフィ」

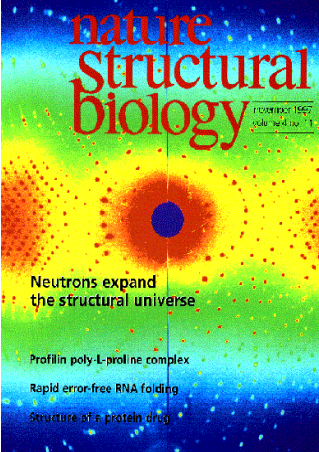
試料: スパークプラグ

- (a) 波長 6.9 \AA での取得画像
- (b) 波長 3.2 \AA での取得画像
- (c) (a)と(b)の画像の比



対象物コントラストによる
その場観察

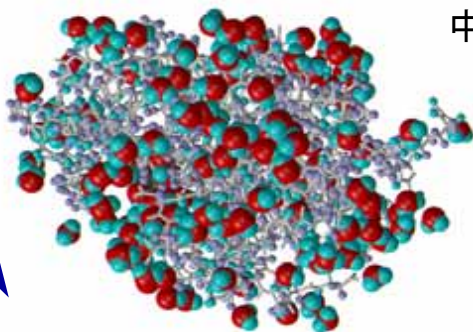
波長(J-PARCでは撮影時刻に対応する)



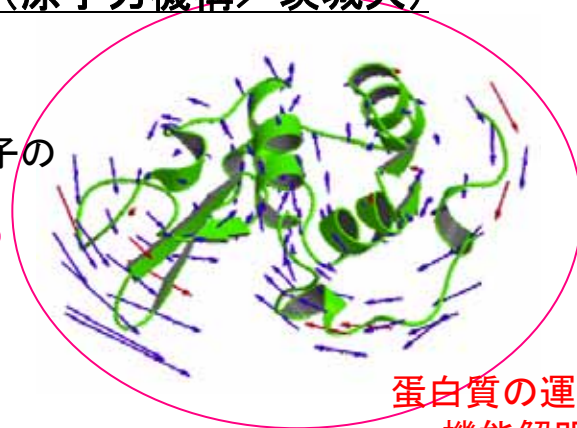
タンパク質の機能解明と創薬

新村他(原子力機構/茨城大)

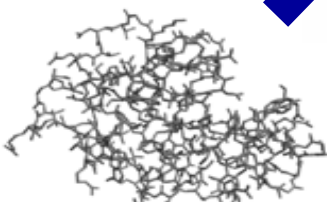
中性子構造解析が明らかにした水素・水和構造 (JRR-3)



中性子によるタンパク質分子の運動状態観測 (J-PARC ダイナミクス装置)



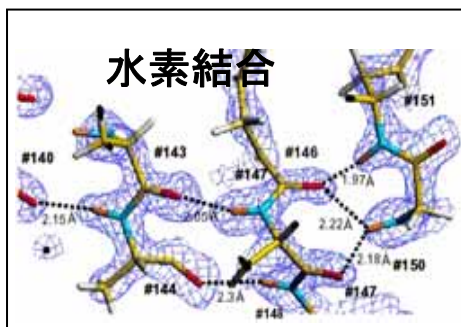
蛋白質の運動と機能解明【学術的貢献】



X線で見た構造 (卵白リゾチーム)

放射光によるタンパク質分子の骨格構造解析 (SPring-8 タンパク質構造解析装置)

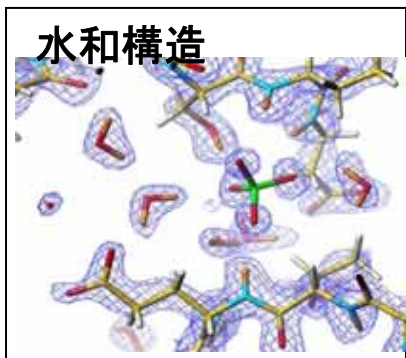
中性子による水素・水和構造を含む全原子構造解析 (J-PARC 生体構造解析装置)



水素結合

5件/年(JRR-3)

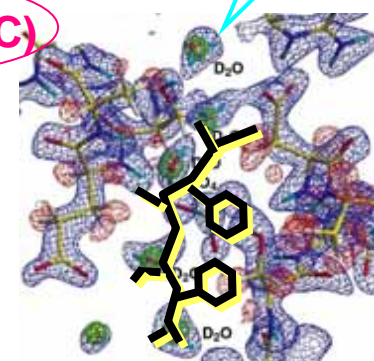
100件(J-PARC)



水和構造

蛋白質構築原理の解明【学術的貢献】

<タンパク質場の分子認識と化学反応>



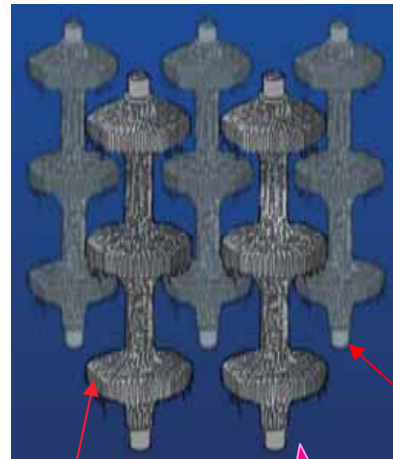
高精度の薬物設計と創薬治療用バイオナノマシン【産業的貢献】

超高強度高分子材料の開発

村瀬 (東洋紡), 金谷 (京大化研)

ピアノ線の8倍の強度を有する
ポリエチレン繊維

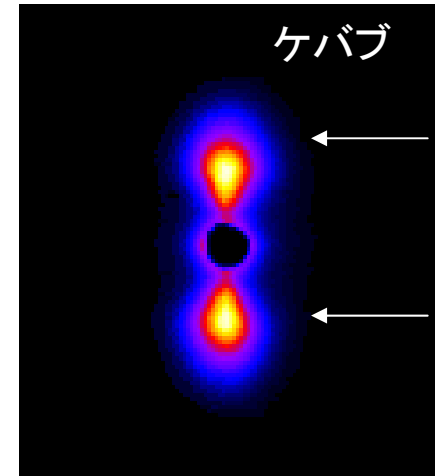
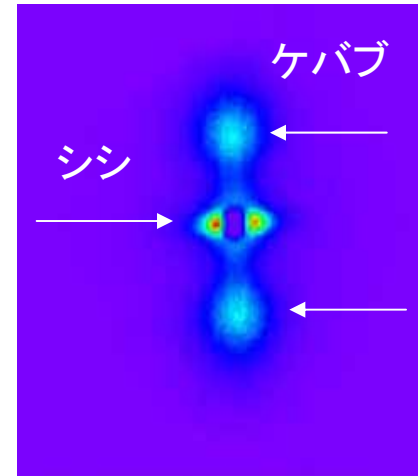
商品名「ダイニーマ」



ケバブ:
折り畳み鎖
ラメラ結晶

シシ:
伸張鎖結晶

中性子小角散乱データから
得られた特異な繊維構造



繊維の構造に由来する小角散乱回折パターン
(左)中性子、(右)X線



「シシ・ケバブ」構造
の秘密 !!



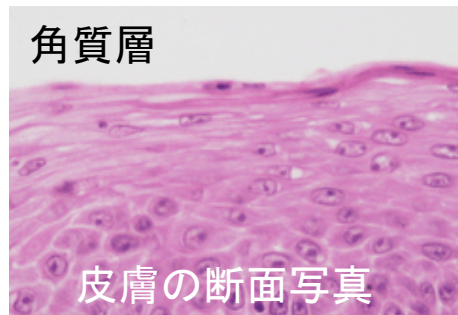
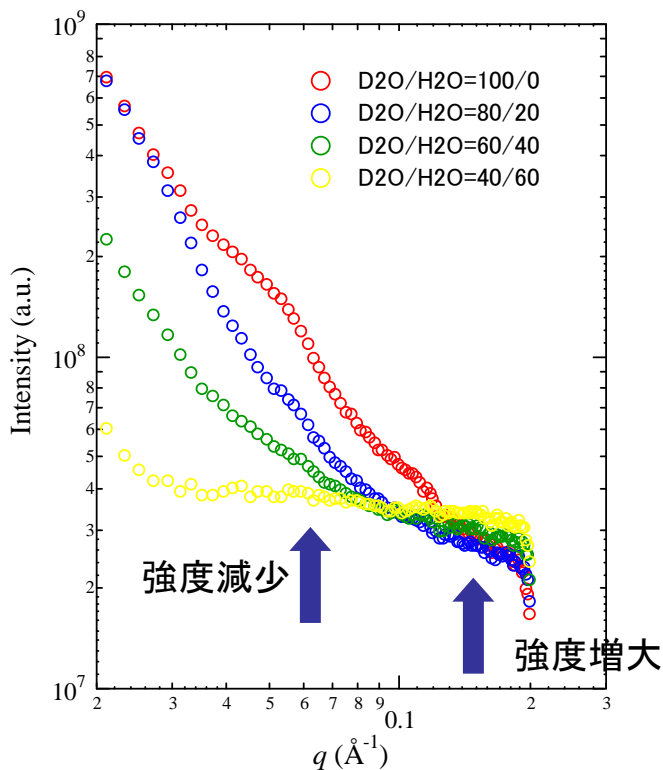
新機能発現機構の
解明と物質設計
【産業的貢献】

皮膚角質細胞間脂質がつくる短周期ラメラ構造

皮膚角質細胞間脂質がつくる短周期ラメラ構造中の水層の厚さとその膨潤の定量的な解析

資生堂、星薬科大学、群馬大学 (H18 トライアルユース / JRR-3)

ヒト皮膚角質細胞のコントラスト
バリエーション法による小角散乱
散乱曲線の変化

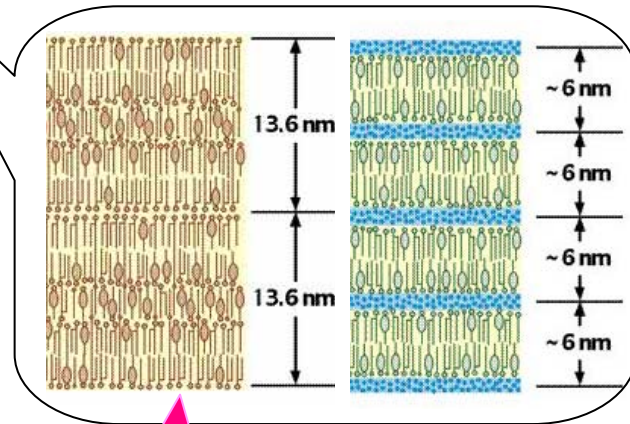


角質細胞 $\sim 0.5 \mu\text{m}$
細胞間脂質 $\sim 0.1 \mu\text{m}$



角質層のモデル図

長・短周期ラメラ構造



中性子小角散乱データから明らかになった「長周期ラメラ構造に水の存在」

ナノ磁性粒子窒化鉄の磁気構造解析

日立マクセル、茨城県企画部他(H18 トライアルユース / JRR-3)

開発方針

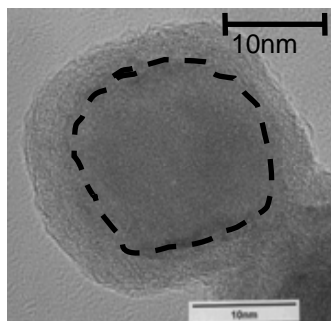
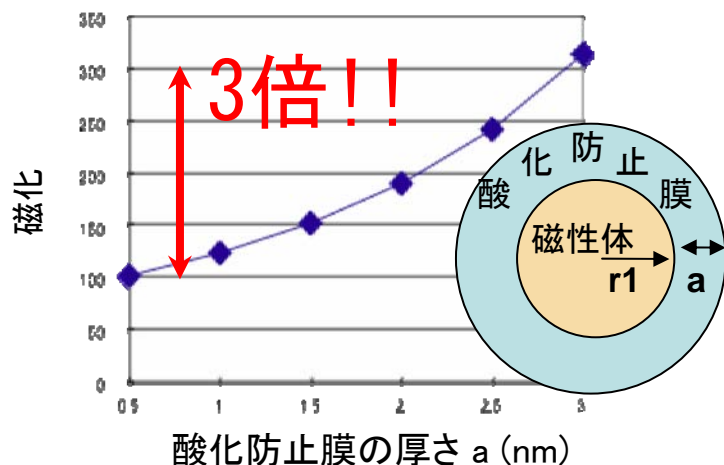
磁化は大きく、粒径は小さく

開発上の課題

一般に微粒子の磁化は
粒径を小さくしすぎると消失

では、どこまで小さくできるのか？

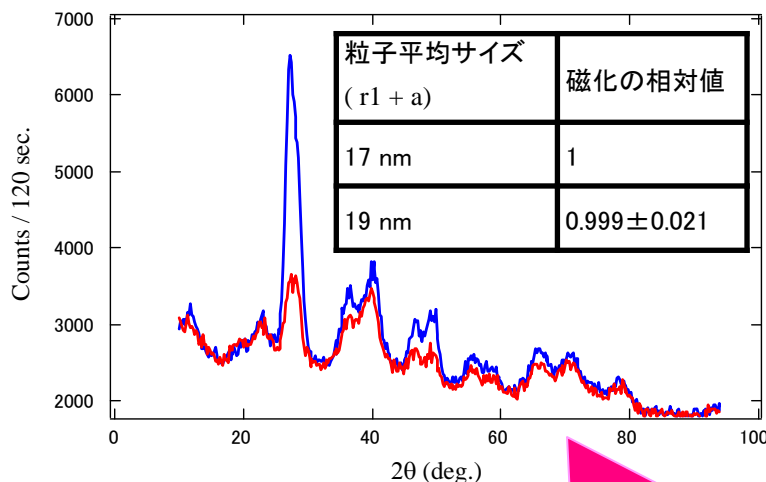
信頼のおける評価方法がない



偏極中性子回折法では磁化の相対的な変化を簡単かつ正確に決めることができる

実験結果

青と赤の差が磁化の大きさに
正確に比例する



この例では磁化に差がないことが明確になった。

磁化と中性子スピンの
平行 (赤線)
反平行 (青線)

将来への展望

偏極中性子散乱実験から明らかになった磁性微粒子の構造

これまでの一般的な方法では酸化防止膜の厚さの見積もりによって磁化の値が大きく変わるのでわからない!!

10nmの粒径サイズに迫る過程で、偏極中性子回折によって磁化と粒径サイズの相関を明らかにし、第6世代への開発指針を与える。