

核共鳴散乱UGからの 放射光2ビーム利用への期待

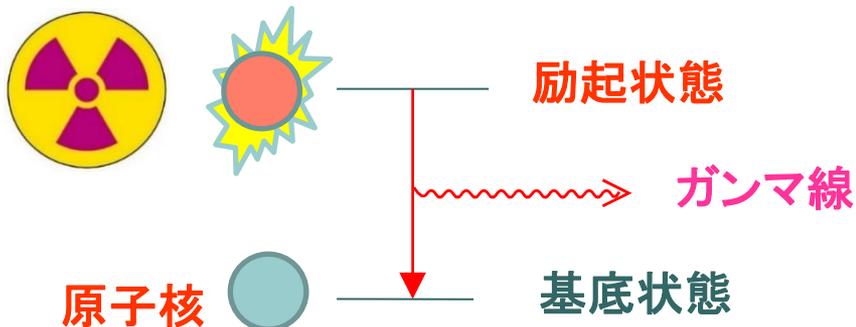
京都大学複合原子力科学研究所

北尾真司

メスバウアー効果

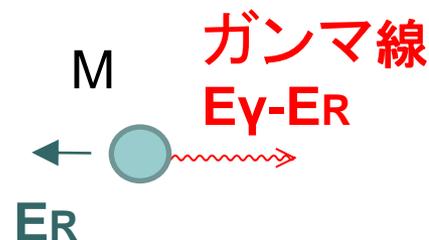
ガンマ崩壊

励起状態の原子核がガンマ線を出して崩壊する



反跳エネルギー

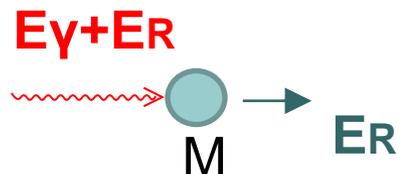
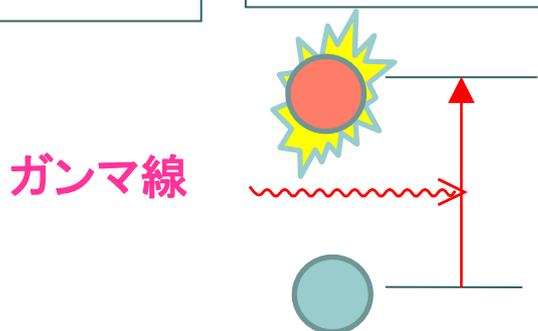
$$E_R = \frac{1}{2M} \left(\frac{E_\gamma}{c} \right)^2$$



一般には反跳を受ける

メスバウアー効果

同じエネルギーのガンマ線により原子核が無反跳に励起される



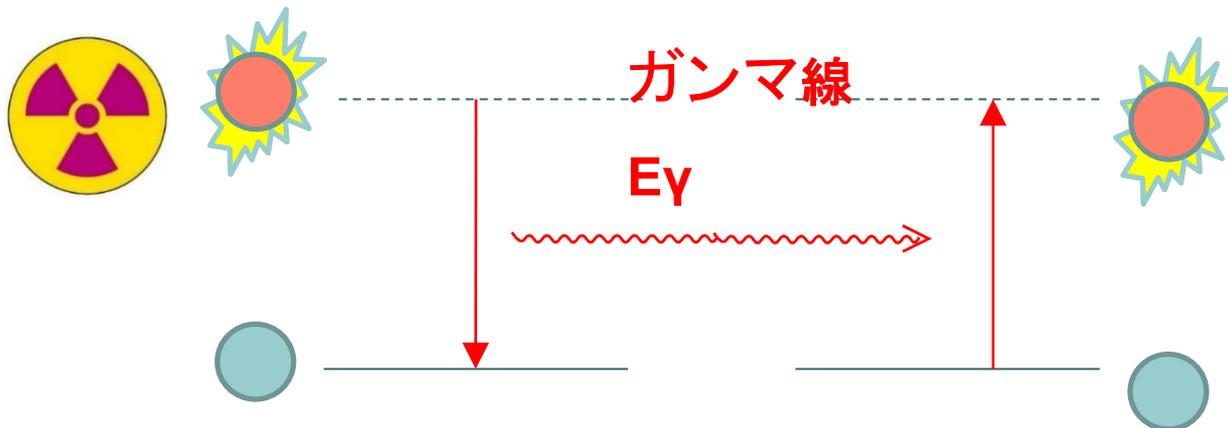
メスバウアー効果

- 固体中に原子が強く結合
- 励起エネルギーが小さい

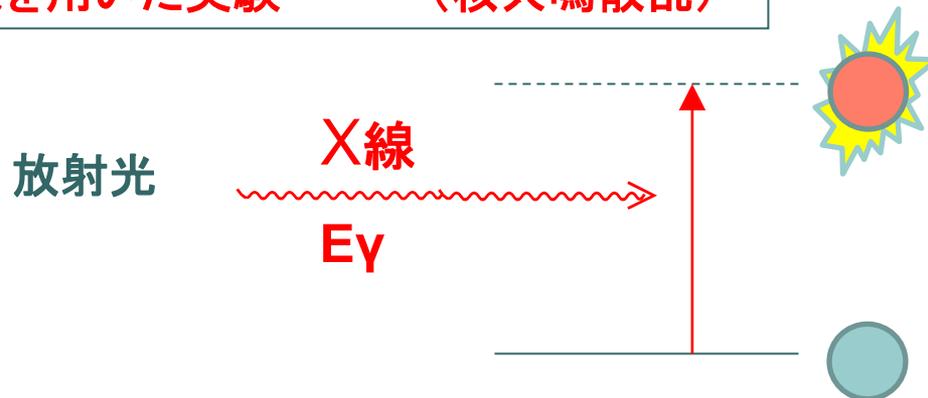
反跳なしに共鳴吸収が実現

核共鳴散乱とメスバウアー分光

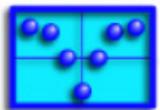
放射性同位元素のガンマ線を用いる実験 ～(メスバウアー分光)



放射光施設からのX線を用いた実験 ～(核共鳴散乱)



メスバウアー核種



Mössbauer
Effect
Data
Center

Directory

Database

Journal

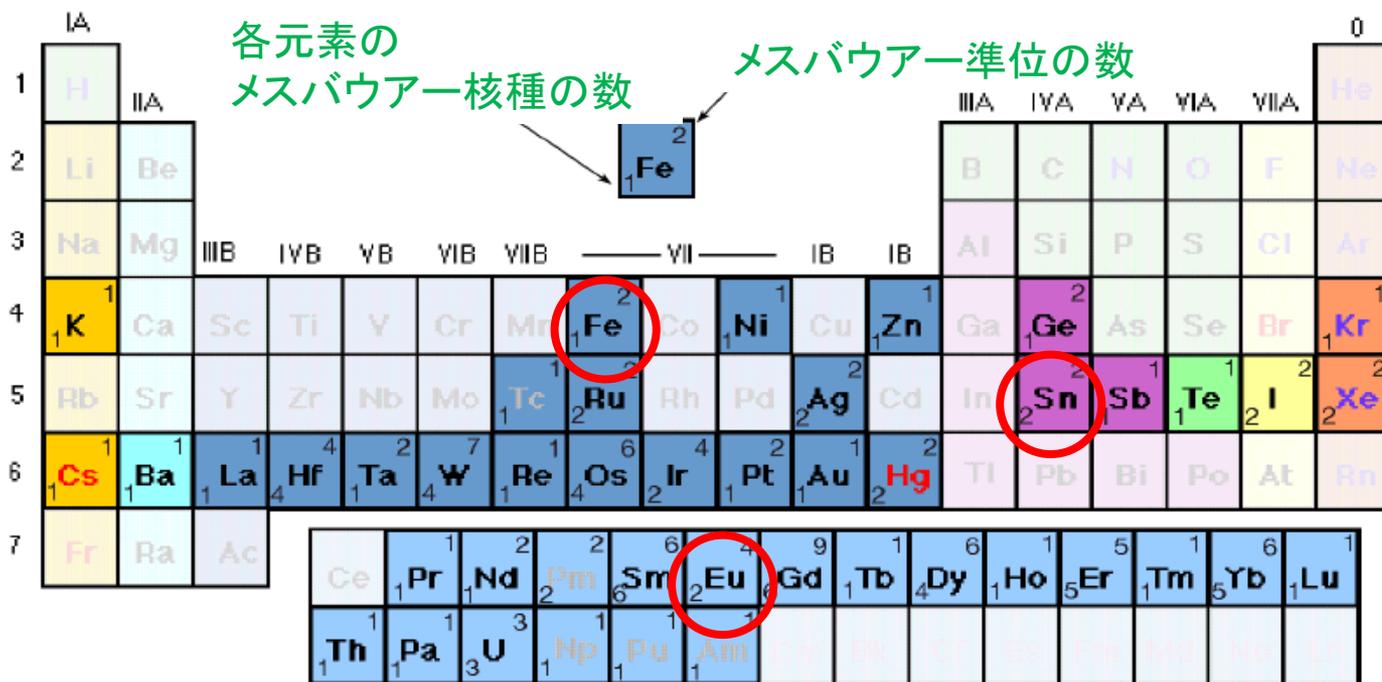
Resources

Services

Contacts

Properties of Isotopes Relevant to Mössbauer Spectroscopy

Select an element in the periodic table below by clicking in the box.



密封放射性線源
が入手可能な
核種に限定

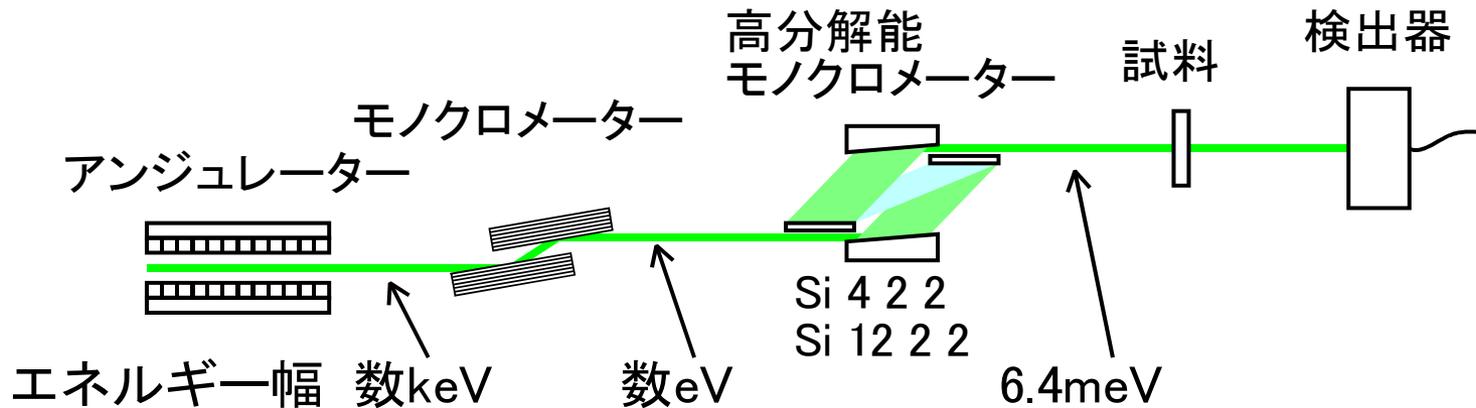
⁵⁷Fe, ¹¹⁹Sn, ¹⁵¹Eu



放射光施設
多様な核種に
展開可

核共鳴散乱の実験配置

(核共鳴前方散乱)



時間構造パルス運転

特定エネルギーに高輝度
(アンジュレーター, ウィングラ)

PF-AR NE1A

エネルギー幅を絞る

(入れ子型チャンネル
カットモノクロメーター)

$\Delta E \sim$ 数meV

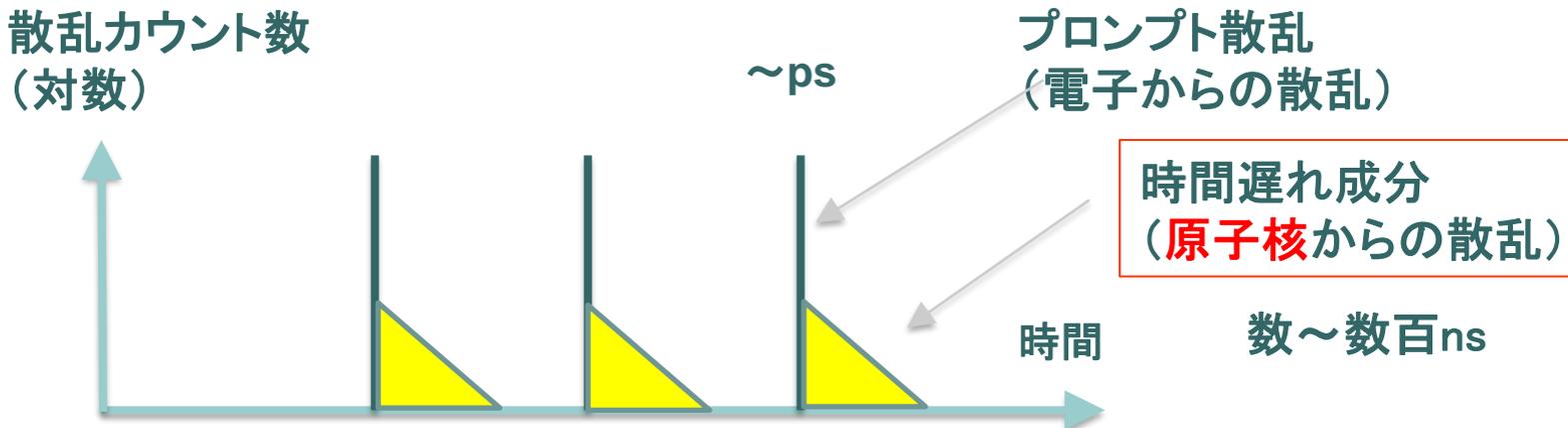
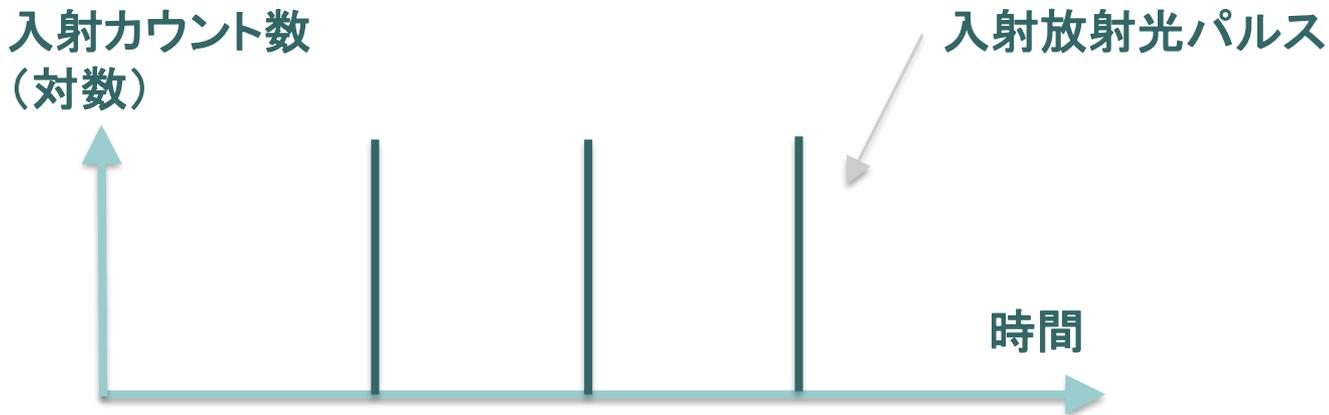
高速検出器

アバランシュフォトダイ
オード(APD)検出器

時間分解能 \sim サブns

放射光パルスの時間スペクトル

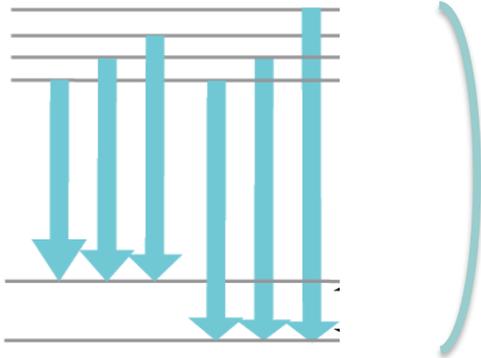
原子核を励起した後にガンマ崩壊する時間遅れの成分を観測する



時間スペクトルとエネルギースペクトル

励起状態

基底状態



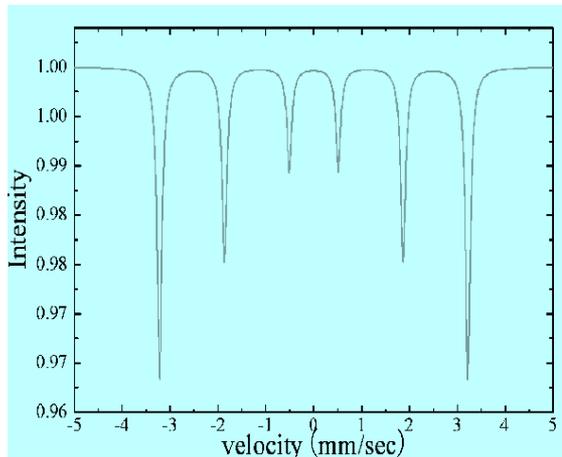
広いエネルギー幅で励起

複数の準位間の干渉が時間スペクトルで観測される

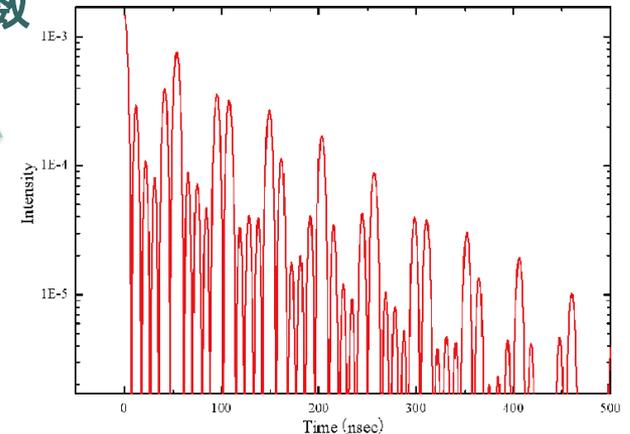
メスバウアースペクトル
(エネルギースペクトル)

核共鳴前方散乱
(時間スペクトル)

透過率



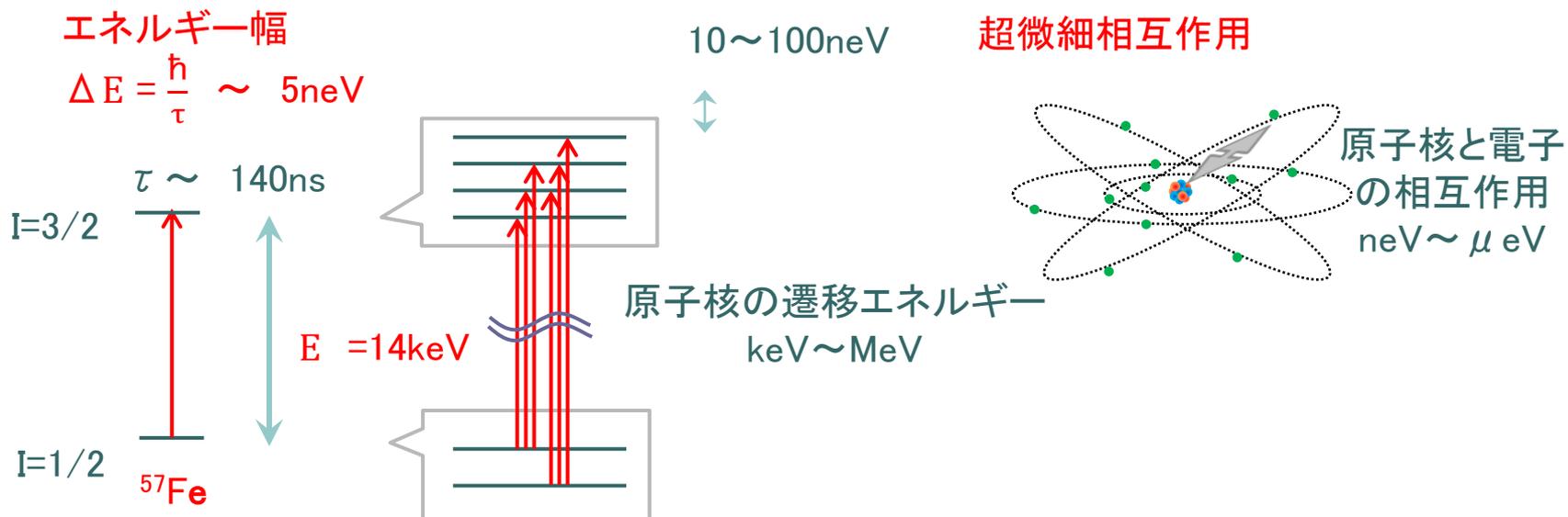
カウント数
(対数)



時間

速度(~エネルギー)

メスバウアー分光から得られる情報



超高エネルギー分解能の分光法 $\frac{\Delta E}{E} \sim 10^{-12}$

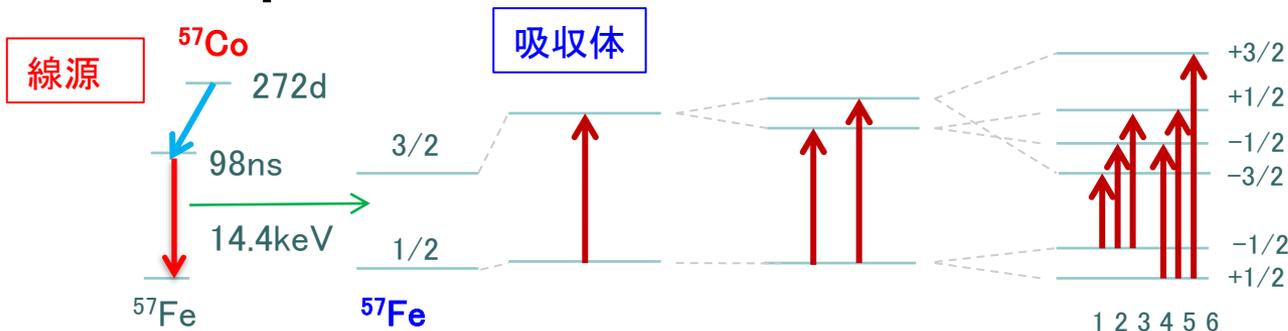
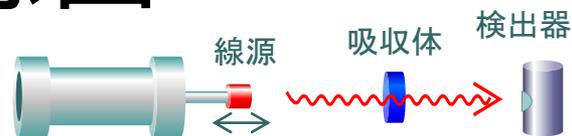
特定元素(核種)についてのみの情報が得られる

- 電子状態 — 原子価数、共有結合性(イオン性)、..
- 磁性 — 常磁性、(反)強磁性、磁気モーメント、..
- 格子振動 — デバイ温度、..

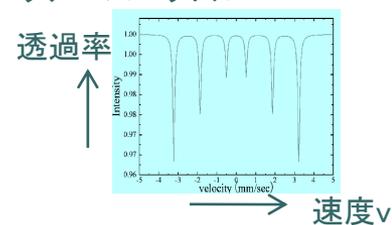
化合物の同定、価数の評価に利用

- $\alpha\text{-Fe}$ (金属鉄)
- $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (ヘマタイト) 3価
- Fe_3O_4 (マグネタイト) 2価、3価
- FeO (ウスタイト) 2価

メスバウアー分光概念図



メスバウアースペクトル



メスバウアーパラメータ

メスバウアー
スペクトル

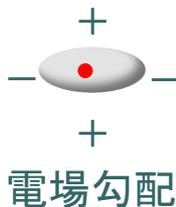
電子状態の概念図

アイソマー
シフト

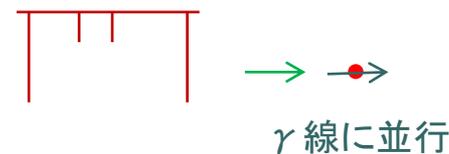


s-電子密度

四極子分裂



磁気分裂



磁気モーメントの異方性

得られる情報

原子価数

Fe^{2+}, Fe^{3+}

配位の異方性

p_x, p_z
 d_{xy}, d_{z^2}

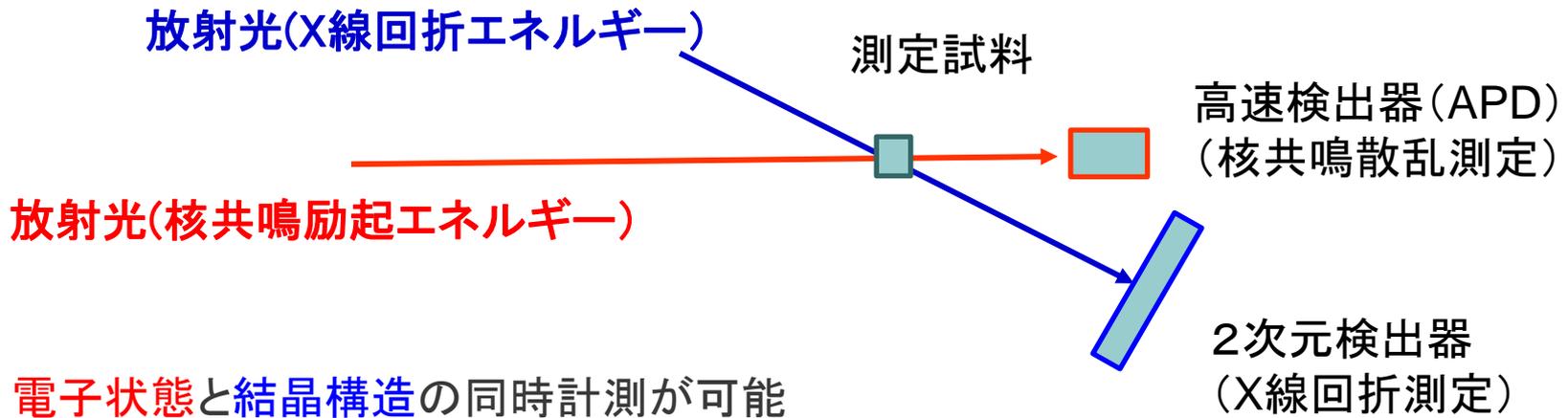
磁性

常磁性、強磁性

2ビーム実験案(1)

核共鳴散乱+他の分光法の同時測定

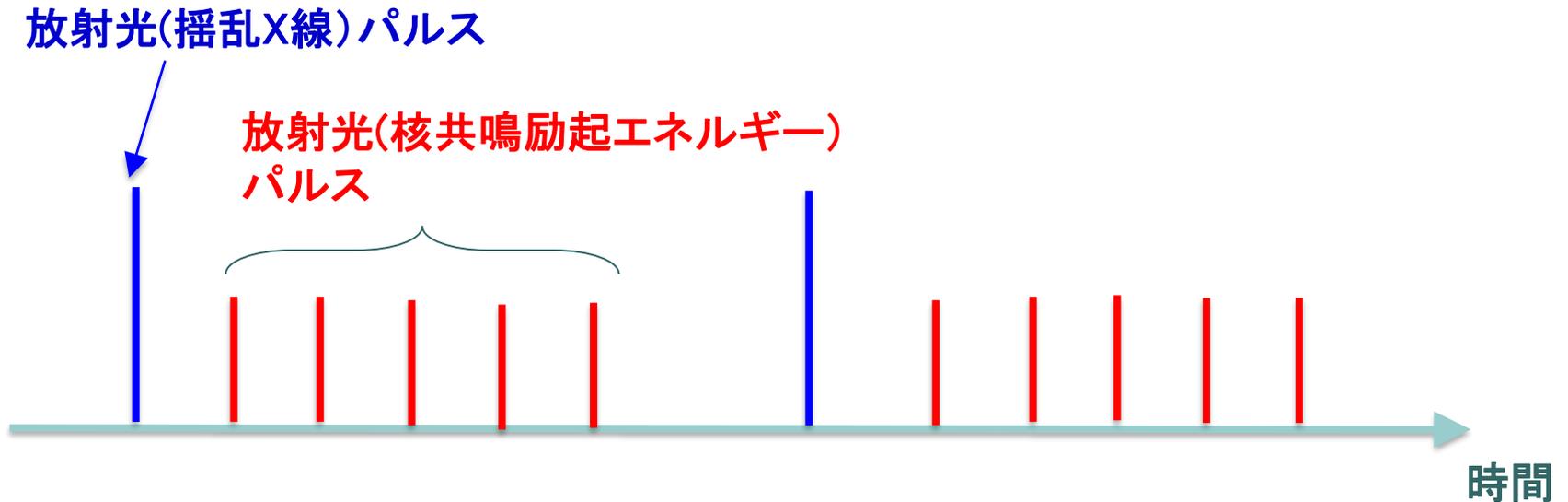
(例)X線回折による結晶構造解析



->磁気転移と構造相転移が同時に生じる系の精密温度変化測定など
eg 鉄系超伝導体 母物質

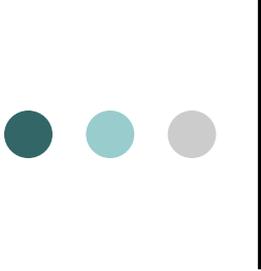
2ビーム実験案(2)

X線照射による揺乱に対する核共鳴散乱の時間変化測定
(ポンププローブ的な利用)



X線照射により時間変化する系の電子状態の時間変化を測定可能($\text{ns} \sim \mu\text{s}$ 以上)

eg 蛍光物質のX線照射による電子状態変化



核共鳴散乱の特徴

- ・時分割測定が必須であり、既存の実験技術にて時分割実験可能。
- ・特定エネルギーのみを利用。時間遅れ成分を利用。
(他のエネルギーによる同時測定の影響を受けにくい)
- ・対象となる核種(元素)のみの情報が得られる。(核種が限られる)
- ・核共鳴散乱強度は電子散乱に比べて非常に小さい。
(アンジュレータ、高分解能モノクロメータが必要)

⇒2ビーム実験により、多様な応用実験への展開が期待できる。