
相転移におけるナノとメゾ構造ダイナミクスの時間相関測定

分子研UVSOR 岩山 洋士



プローブ・プローブ実験 2つの量子ビーム (SX,HX)による同時観測

2つの観測対象 (物理量)

- 表面とバルク
- ミクロ (sub nm) とメゾ (sub μm)
- 2成分 (軽元素と重元素)
などなど

同時測定 → 時間相関がわかる

PROBE-PROBE実験の対象

Pump-probe法の対象

- 光刺激が反応時間原点
- 再現性が高い（同じ試料がたくさん、または非破壊）
- 主にフェムト秒～ピコ秒の光反応ダイナミクス



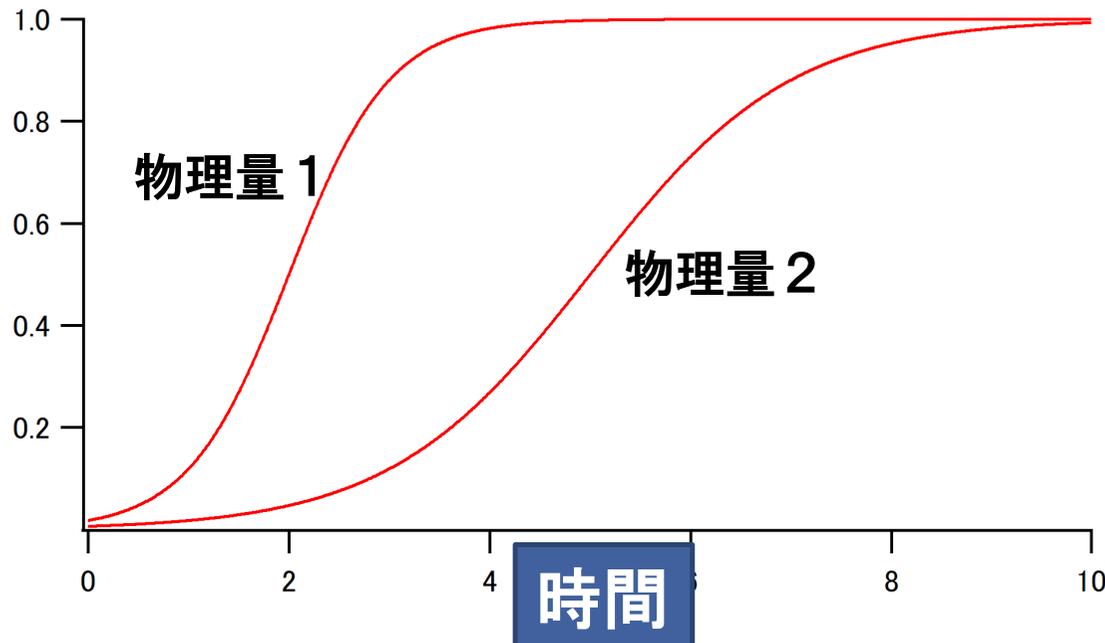
上以外を考える！

Probe-probe法の対象

- 再現性が低い、貴重な試料、非可逆な反応
- 光励起など時間原点がとりやすくないもの。（熱や加圧による相転移やゆらぎなど）
- 2つ観測量の変化のナノ秒～ミリ秒の時間差

PROBE-PROBE実験による個性的な測定

- ダイナミクス：加熱や加圧による相転移ダイナミクスの測定
- 原子スケールの構造変化とメゾスケールの構造変化の時間相関
- 多成分系の化学反応の成分ごとの反応時間差
- **なにがわかるのか？ → 因果関係や相関の強さがわかる、または物理量1の変化を時間原点にすることもできる**



物理量1の変化が、物理量2の変化を引き起こした可能性がある。
物理量1 (いわばpump) の変化後、物理量2の時間変化が分かる。

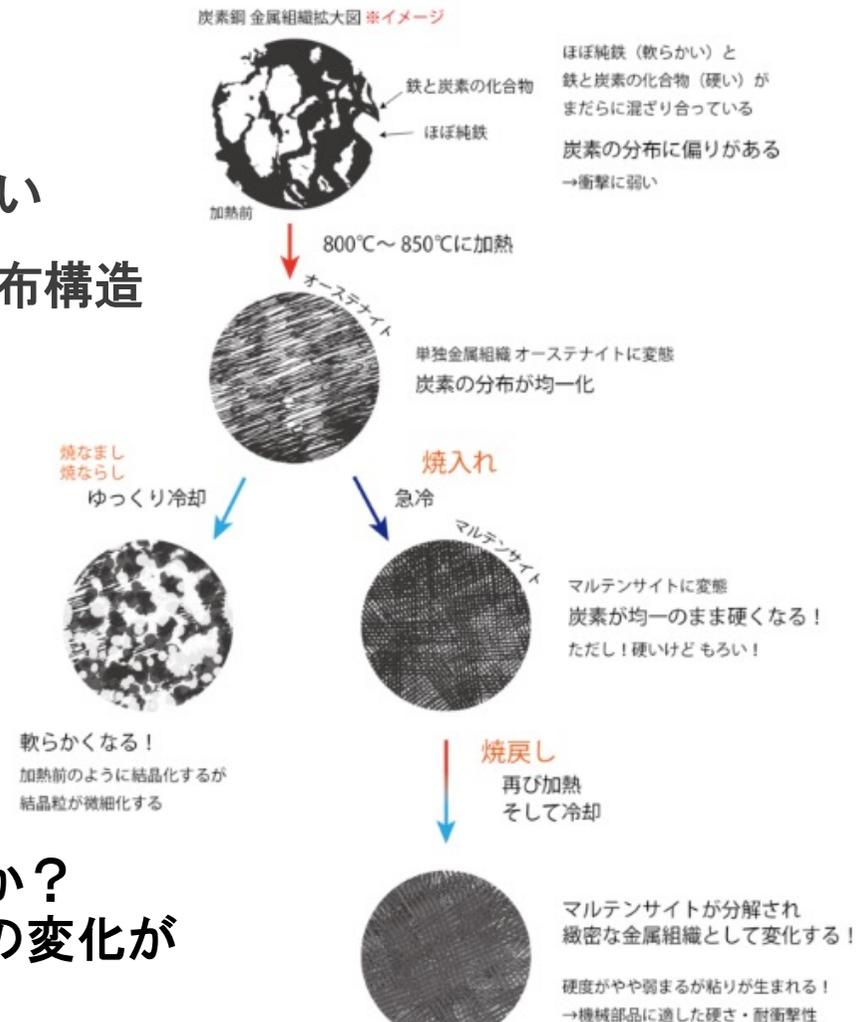
研究例)炭素鋼の熱処理 (相転移)

- 試料→繰り返し性が低い
- 熱による相転移なので時間原点が取りづらい
- 観測量 1) 結晶構造と、観測量 2) 炭素分布構造

焼入れ

加熱・冷却することで生じる**組織変化**を活用し、**素材の性質や耐摩耗性を向上させる**

結晶構造の変化が、炭素分布に変化を与えるのか？
 また、結晶構造変化からどのくらいで炭素分布の変化が
 終わるか（時間差）？

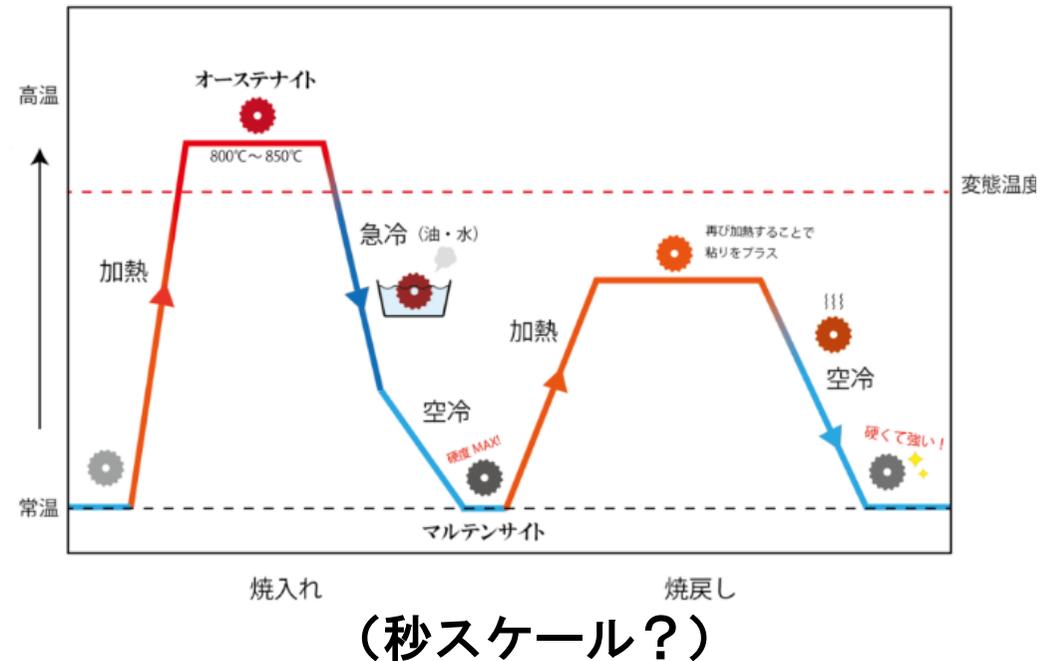
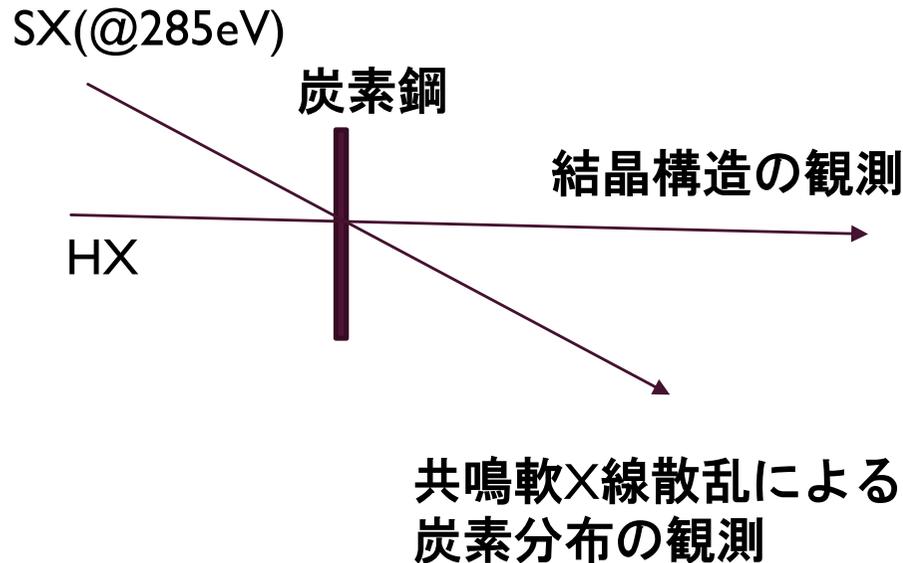


2つの手法（共鳴軟X線散乱＋X線回折）

Probe(SX):炭素の分布の観測
Probe(HX):結晶構造の観測

← 共鳴軟X線散乱（元素選択的なメゾ測定）
← X線結晶構造解析

<https://www.agency-assist.co.jp/column/705/>



10ミリ秒の分解能で観測できれば可能?

まとめ

- Probe-probe実験により 2 物理量の同時観測
- ある反応ダイナミクスにおいて、物理量 1 と 2 の因果関係がわかる
- また、物理量 1 の変化が早ければ、その時刻を時間原点として物理量 2 の時間変化を追いかけることができる。（物理量 1 の変化が、物理量 2 の変化の原因であれば）

HYBRID RINGに期待すること

- SinglePath (SP) ビームをいかに有効活用するか？
- フェムト秒パルス → 時間変化（ダイナミクス）の研究



Pump-probe実験？

光刺激によるダイナミクス

加熱刺激によるダイナミクス

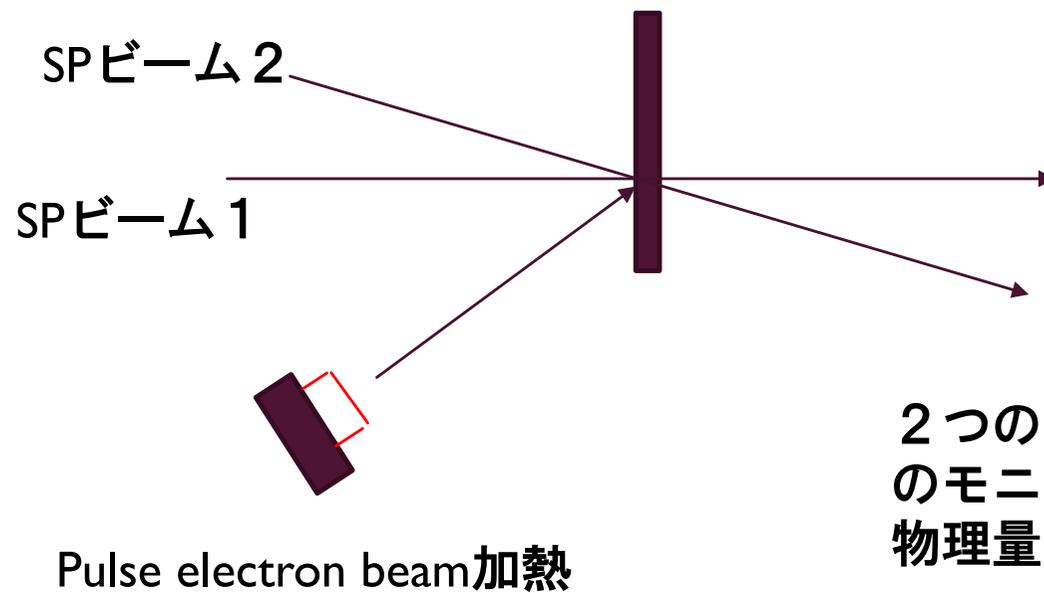
加圧刺激によるダイナミクス

他にも磁場や電場やいろいろ・・・

どう使うか？ SP – SP の 2 ビーム利用

- SP-SRだとどうしてもSRのパルス幅で決まってしまう、SPのフェムト秒の短パルス性を活かすのが難しい
- 開発ビームラインで培われる技術を活かし、2ビームライン合流による（VUV, SX, HX）SP – SP実験（Probe-Probe実験）
- 2つのSPビームはフェムト秒スケールで同時にくればよく、時間遅延はいらない（2つの物理量を同時（フェムト秒スケール）で測りたい）

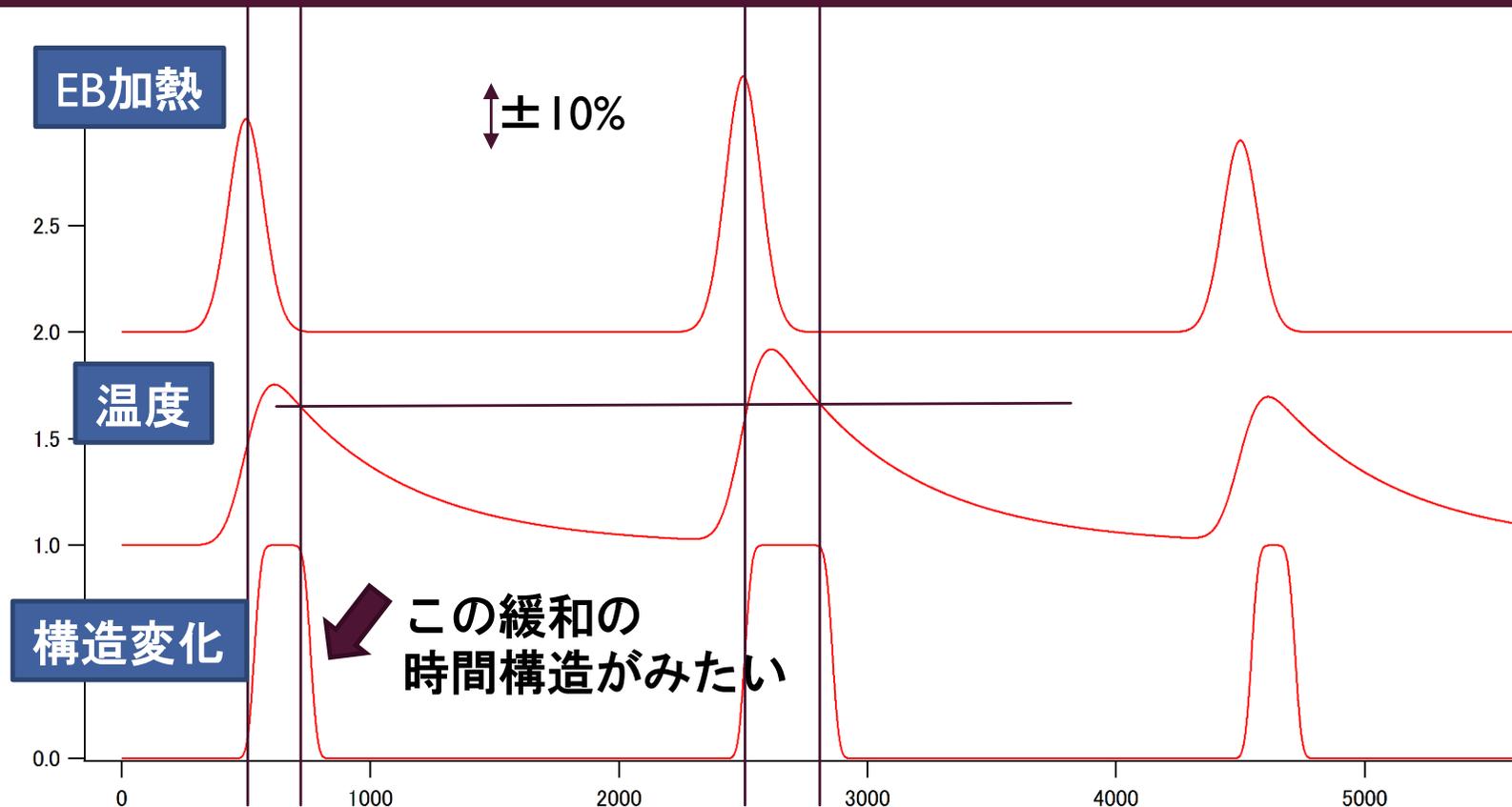
PULSE ELECTRON BEAMによる加熱刺激



2つのプローブのうち1つを“変化”のモニターに使い、もう一方を目的の物理量を測定する。

(素人考え) (VUV)SPビームIでフェルミ・ディラック分布で温度を測定する。

なぜ温度を時間パラメータとして測定するか？



刺激（加熱）にわずかにムラがあると、タイミングがずれてしまう

ある温度（例えば400°C）を時間原点にする必要がある

まとめ

- 開発ビームライン、hybrid ringともにSP2 ビームによるprobe-probe法によるダイナミクスの測定を提案する
- 加熱や加圧刺激によるダイナミクス（主に相転移）は興味深いテーマではないでしょうか。
- 2つの物理量を同時（フェムト秒スケール）で測ることで、その相関を調べることができる。
- 例えば2つのprobeのうち1つを温度などを、いわゆる横軸として利用し、もうひとつのprobeで測りたい物理量を測るのはいかがでしょうか。