

量子ビーム基盤技術開発プログラム
キックオフミーティング (2008年12月11日)

軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探究と創製

高エネルギー加速器研究機構 雨宮健太

東京大学 藤森淳

産業技術総合研究所 湯浅新治

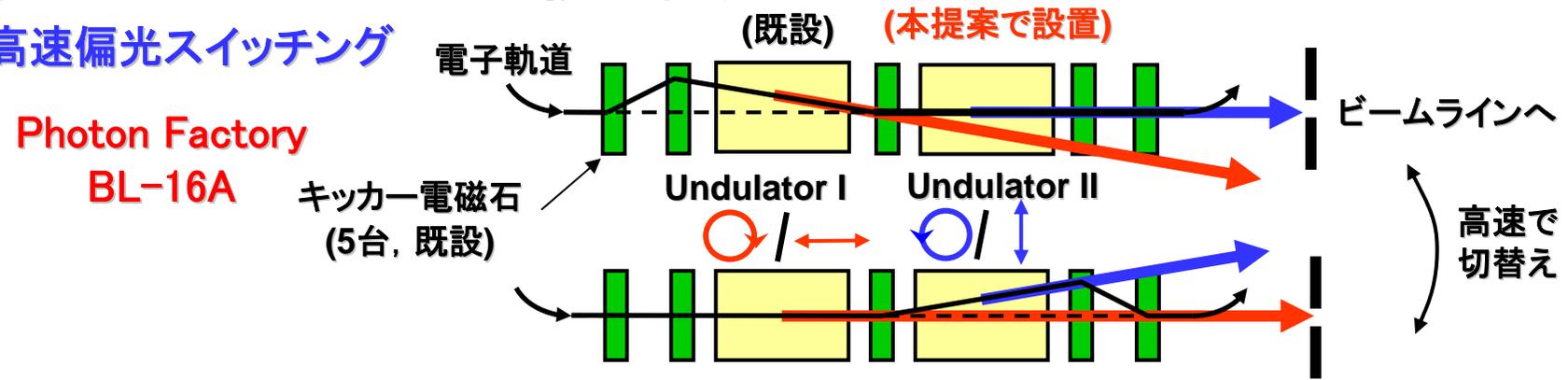
慶應義塾大学 近藤寛

1. プロジェクトの概要
2. ロードマップ
3. 進捗状況

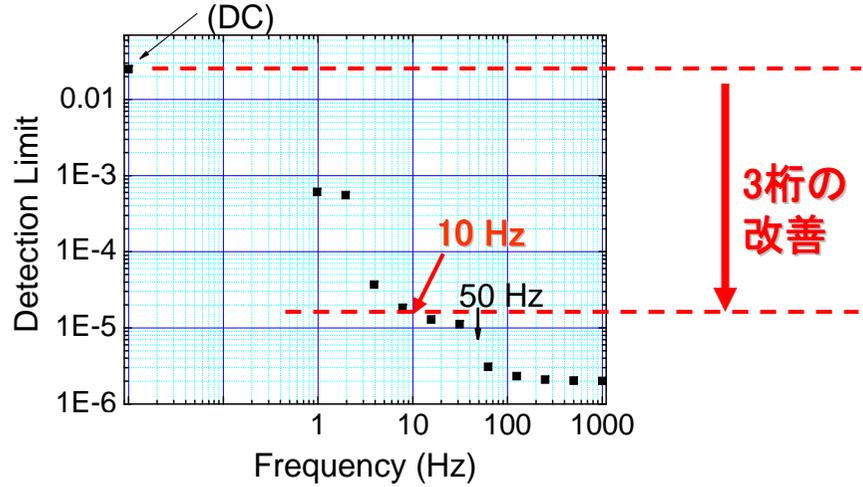
1. プロジェクトの概要

本プロジェクトにおける技術開発

(1) 高速偏光スイッチング



(2) ロックイン法による極微小な二色性シグナルの検出



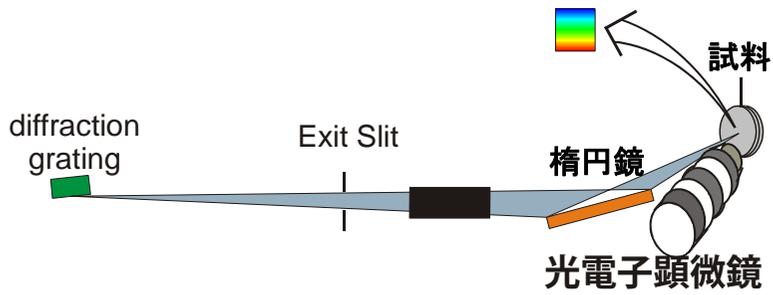
円二色性: 左右円偏光に対するシグナルの差
 直流(DC)測定では 1%程度が検出限界

偏光の交流スイッチング
 ⇒ 10^{-4} – 10^{-5} の円二色性・線二色性の観測

スイッチング周波数: **10 Hzを確実に実現**
 実績に基づき, 将来的な**100 Hzの**
 実現へ向けて**技術開発**

(3) 偏光依存リアルタイム位置分解分光法

偏光スイッチングを活かした全く新しいアイデア



10 Hzのスイッチング ⇒ **100 msの間に2つの偏光で測定**
 ⇒ 高速現象における偏光依存性をリアルタイム追跡

波長分散型: 波長掃引せずに吸収スペクトルを測定 (数ms)
 ⇒ **一度のイベントでリアルタイム観察** (繰り返し不要)

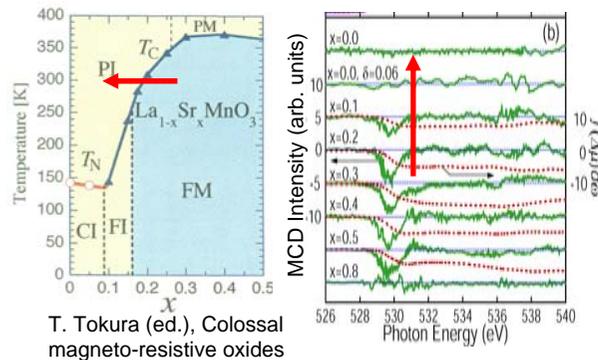
光電子顕微鏡の利用 ⇒ **位置分解能 100 nm**

スピエレクトロニクス材料の解析と探索

本プロジェクトで開発する
極微小シグナル検出技術を利用

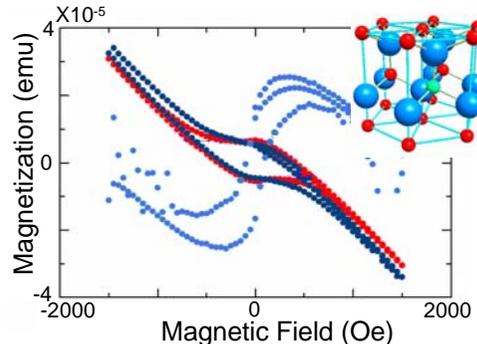
強相関電子系物質 (藤森G)

多様な物性, 複雑な相の競合
相転移近傍の臨界現象



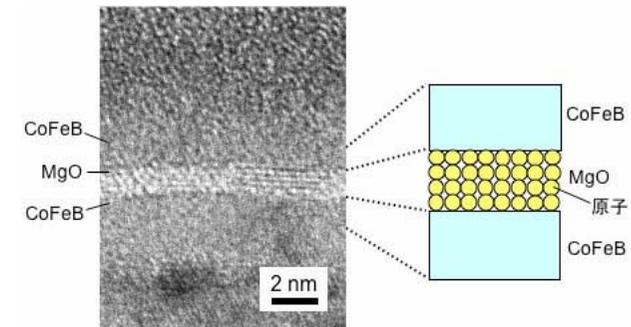
希薄磁性半導体 (藤森G)

室温で強磁性が発現→応用へ
強磁性の起源, 異種サイトの寄与



磁性薄膜・多層膜 (湯浅G)

トンネル磁気抵抗→デバイスに直結
界面の磁氣的・化学的状態



基礎的・萌芽的

実用デバイス

**配置・角度依存
MCD(磁気円二色性)**

元素選択的なスピン・軌道モーメント
の定量(異方性も含めて決定)

共鳴磁気散乱

元素・軌道選択性
nmオーダーの電荷・磁気秩序

深さ分解MCD

原子層レベルの深さ分解能
界面の磁性を直接観察

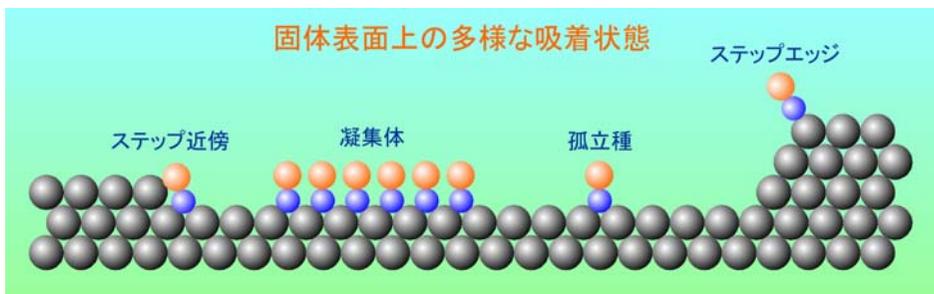
強力な実験手法 を駆使した磁性の解明
材料開発の豊富な経験と実績を活かした新奇物質の創製

表面化学反応のリアルタイム追跡 (近藤G)

本プロジェクトで開発する
リアルタイム位置分解分光法を利用

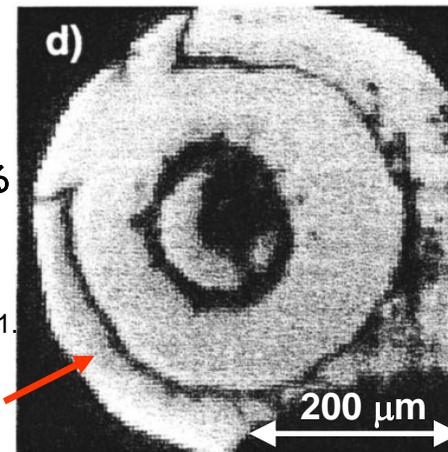
化学反応中の表面は不均一かつダイナミック

⇒ 場所ごとの化学種の種類, 量, 構造が時々刻々と変化
繰り返しが困難 ⇒ 一度のイベントでリアルタイム測定する必要



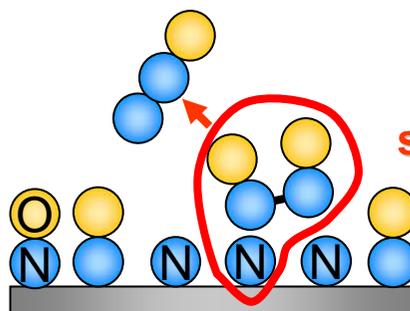
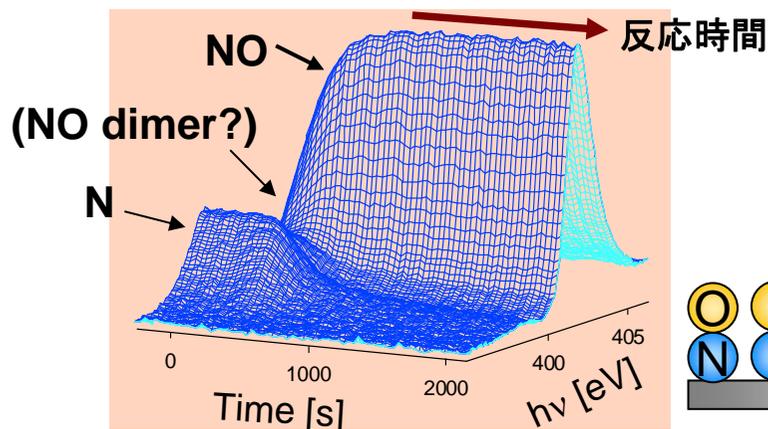
Rh(111)上における
NOとH₂の反応

A. Schaak, J. Chem. Phys. 116 (2002) 9021.



NO + N → N₂O 反応の追跡

NO無害化触媒の反応素過程: $\text{NO} + \text{N} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}$



時間分解能の改善 (本提案で数10msを実現)

⇒ 反応中間体の分子種と量を
リアルタイム追跡

s/p偏光依存利用 (本提案で実現)

⇒ 反応中間体の配向の決定,
配向に依存した反応性の解明

100 nmの位置分解能 (本提案で開発)

⇒ NとNOのドメインの分離追跡

Rh(111)上におけるNO + N → N₂O ↑ 反応の追跡

(時間分解能: 数秒, 空間分解能なし)

中間体としてNOダイマーが存在する可能性

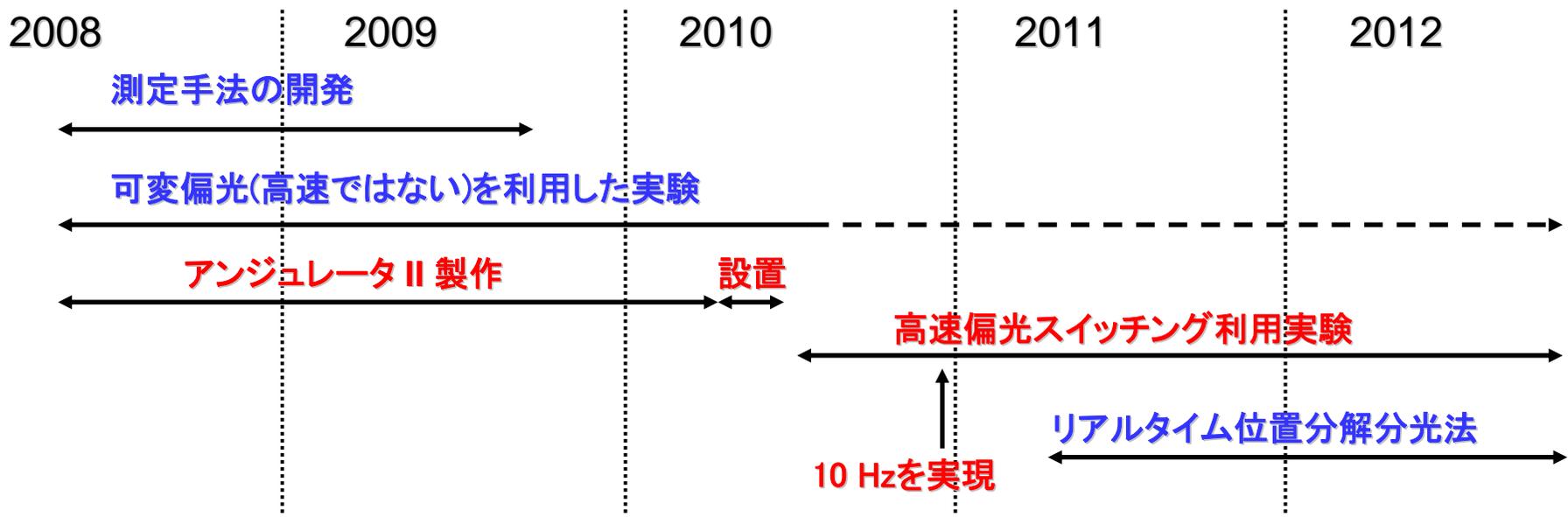
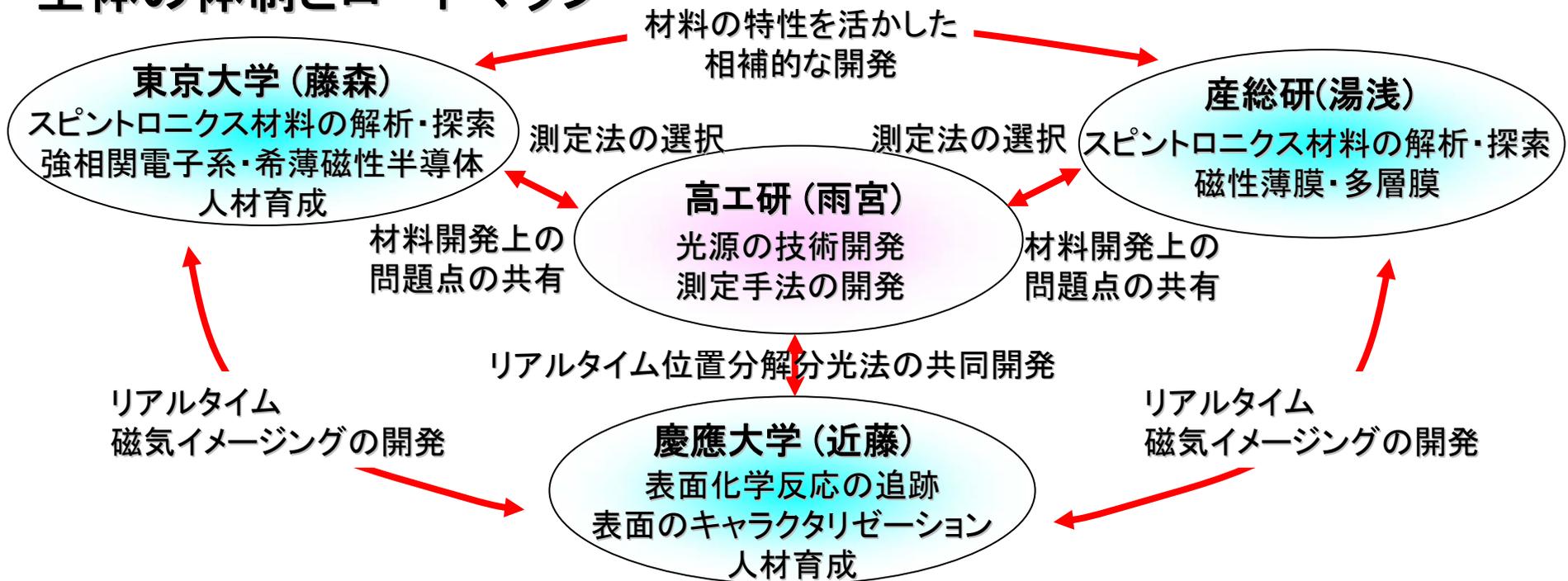
(滞在時間: ~100 ms?)

表面化学反応の機構を解明

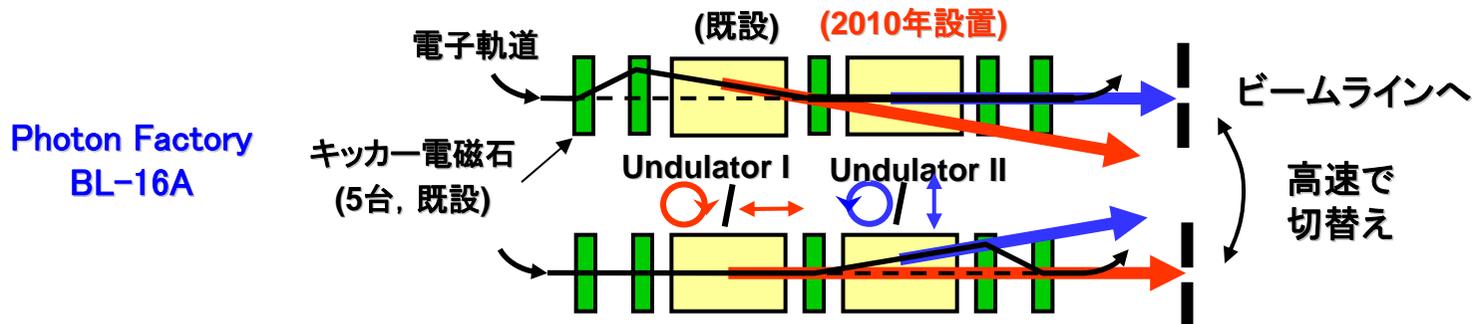
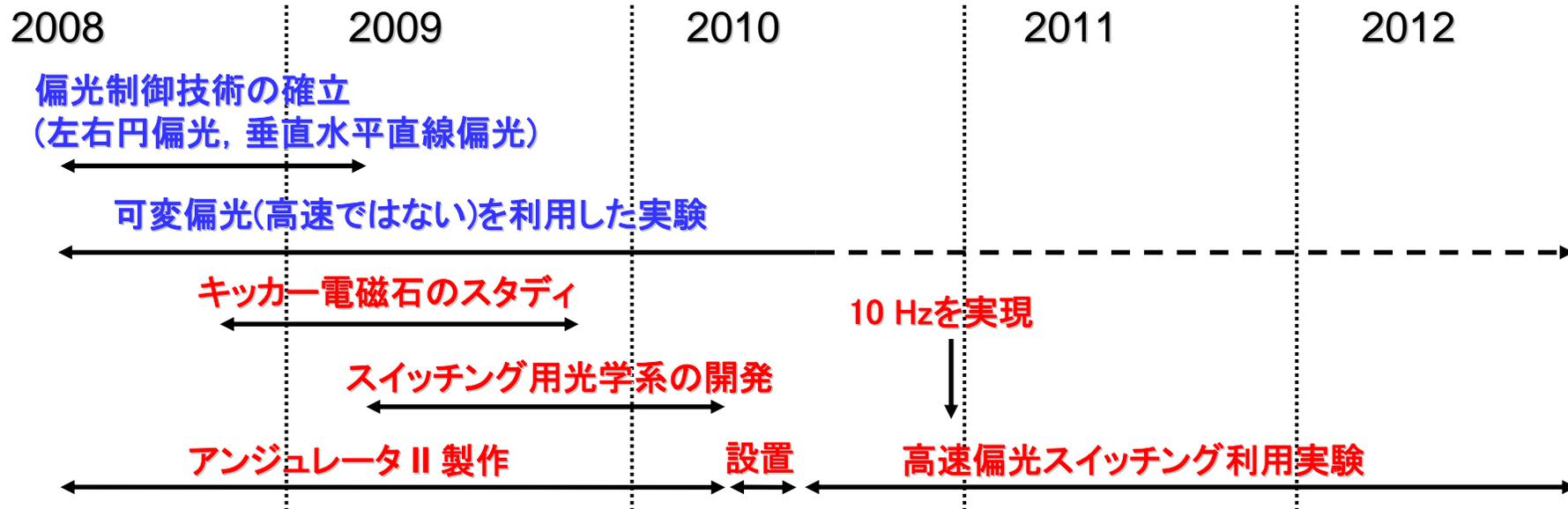
新たな化学反応の設計, 触媒開発への指針

2. ロードマップ

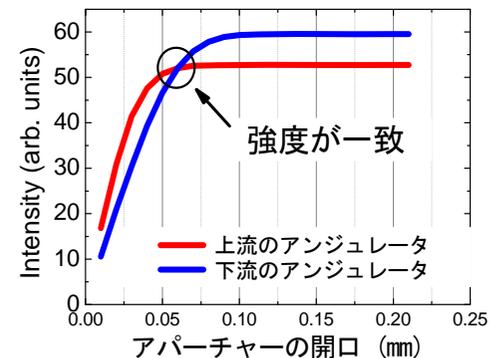
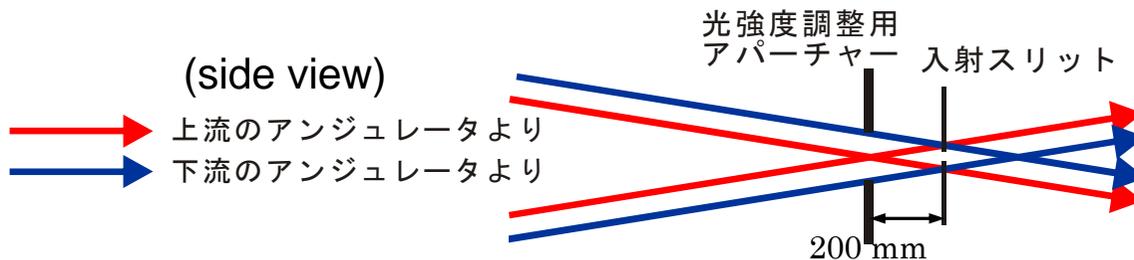
全体の体制とロードマップ



偏光スイッチング技術の開発



独自の光学系の導入: (例)アパーチャーの開口で光強度を調整



表面化学反応のリアルタイム追跡

2008

2009

2010

2011

2012

偏光依存波長分散型XAFS法の開発



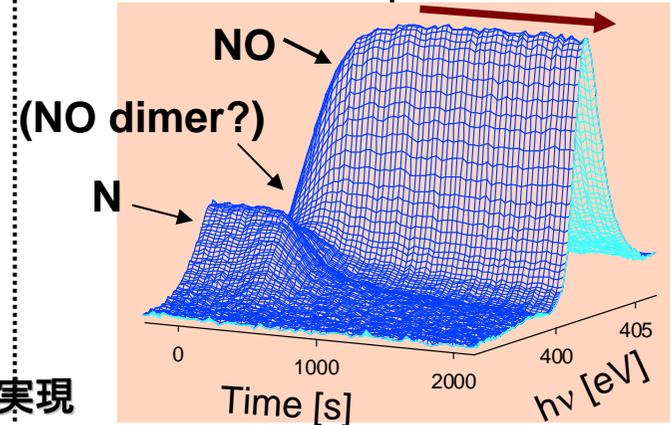
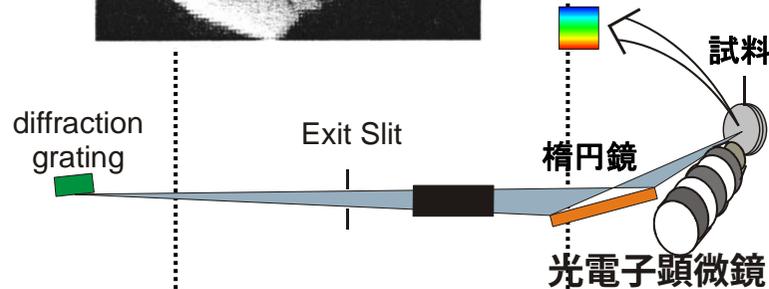
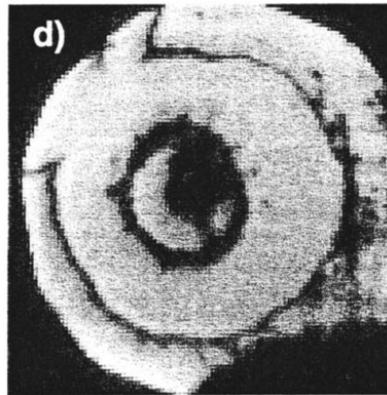
時間分解能の向上(10 ms以下)



表面化学反応の定量的追跡
反応中間体の同定, 配向決定



Undulator II 設置 10 Hz実現



高速偏光スイッチング利用実験



時間分解偏光依存測定の実立



光電子顕微鏡と組み合わせた
リアルタイム位置分解分光法の開発



空間分布を含めた表面ダイナミクスの追跡
(化学種の空間的分布, 配向, 時間変化)

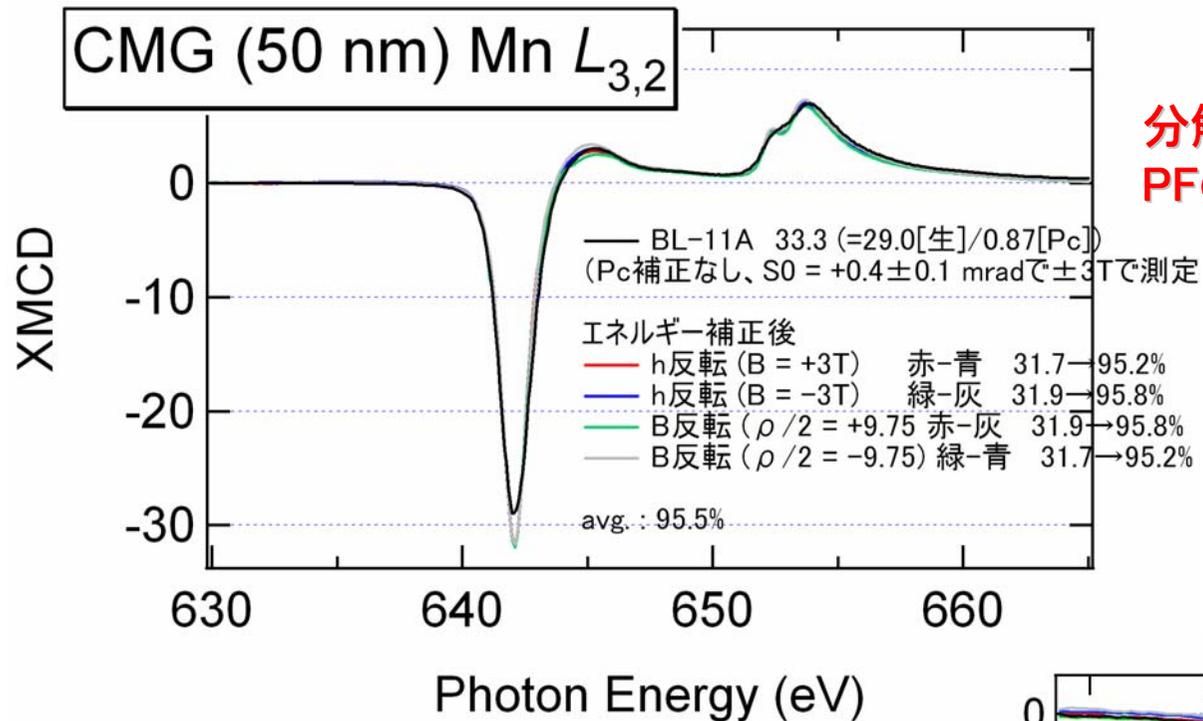


新奇表面化学反応の開発
触媒反応への指針

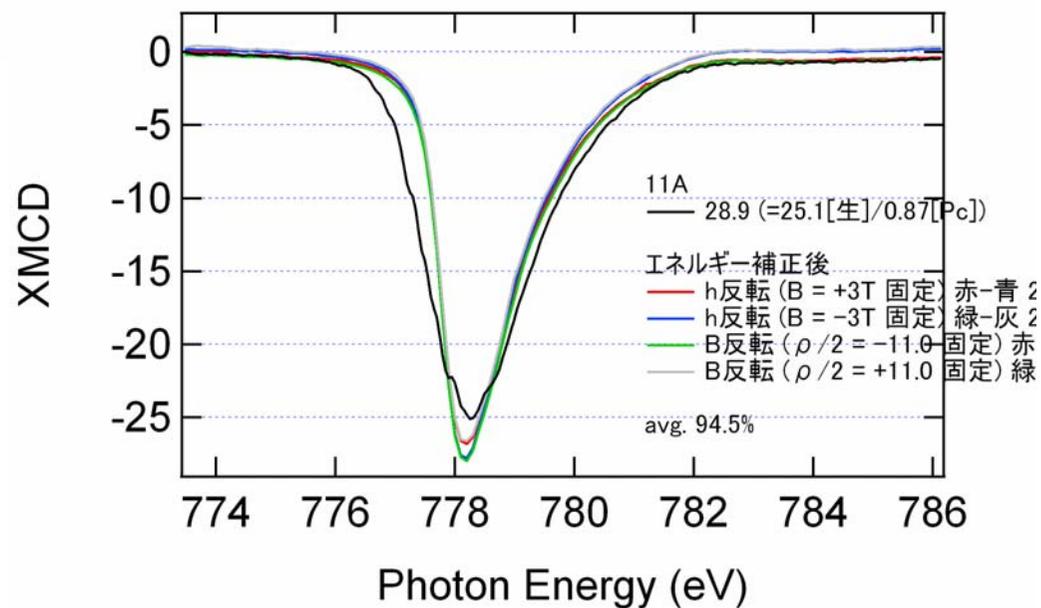


3. 進捗状況

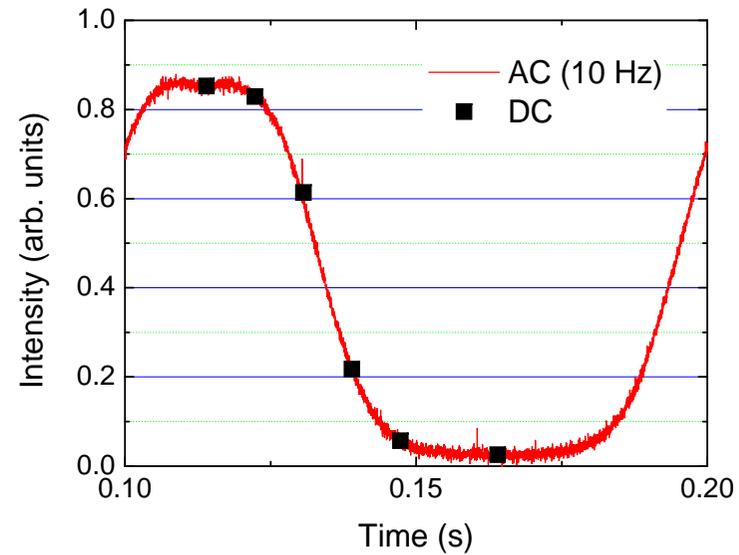
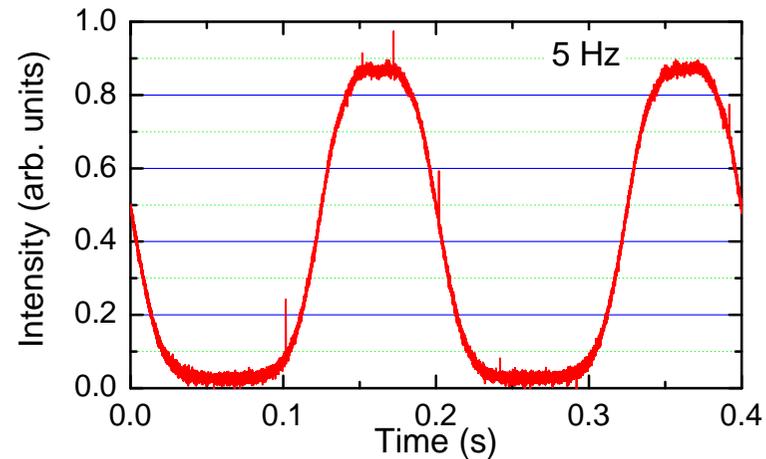
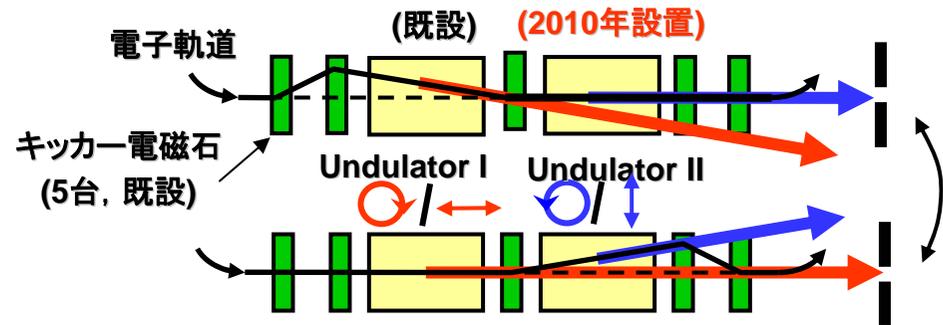
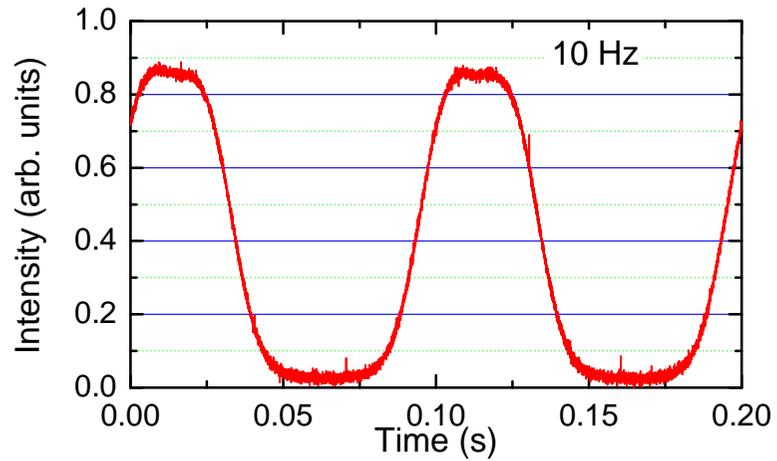
BL-16Aの立ち上げ・調整



分解能, S/N比, 偏光度すべて
PFの既存ビームラインを圧倒



キッカー電磁石のスタディ(高速偏光スイッチングへ向けて)



※Undulator IIは今年度より製作開始(2010年夏に設置予定)

現在進行中の開発・研究

ビームライン・偏光制御技術開発

ビームライン分光光学系の調整および光位置モニターの開発
左右円偏光モードの確立(10月), 垂直水平直線偏光モードの確立(12月)
偏光スイッチングへ向けたキッカー電磁石のスタディ

スピントロニクス材料

希薄磁性半導体(酸化物ベース)の配置・角度依存MCDによる研究
MgOトンネル障壁と界面を形成する磁性薄膜の配置・角度依存MCDによる研究
垂直磁気異方性を示す磁性薄膜界面の深さ分解MCDによる研究
磁気トンネル接合素子のモデル試料に対する深さ分解MCD
共鳴磁気散乱法の開発

表面化学反応

波長分散型XAFS法の高速度化
垂直水平直線偏光を用いた偏光依存波長分散型XAFS法の確立