

(様式 2)

議事録番号

提出 平成 28 年 11 月 17 日

## 会合議事録

研究会名：表面界面・薄膜ナノ構造研究会、コヒーレント X 線物質科学研究会  
合同研究会

日 時：平成 28 年 8 月 29 日 (月) 10:00-12:00

場 所：関西学院大学三田キャンパス VII 号館 102 教室

出席者： 高橋正光 (量研機構)、池田直 (岡山大)、余越伸彦 (大阪府大)、  
香村芳樹 (理研)、片山芳則 (量研機構)、水牧仁一朗 (JASRI)、河村直己 (JASRI)、  
新田清文 (JASRI)、若林裕助 (大阪大)、綿貫徹 (量研機構)、田中義人 (兵庫  
県立大)、久保友明 (九州大)、中尾裕則 (KEK)、池本夕佳 (JASRI)、遊佐斉 (NIMS)、  
大和田謙二 (量研機構)、田尻寛男 (JASRI)

計 17 名 (敬称略)

議題：

- ・物質科学・表面界面におけるコヒーレンス利用の現状と展開、期待
- ・SPring-8 次期計画におけるコヒーレンス利用についての議論

議事内容：

### 【プログラム】

- |     |                                   |                |
|-----|-----------------------------------|----------------|
| 1.  | 表面界面のコヒーレント光利用                    | 高橋 正光(量研機構)    |
| 2.  | 物質科学のコヒーレント光利用                    | 池田 直 (岡山大学)    |
| 3.  | 渦光 (光の軌道角運動量) と物質 (電子系) の相互作用について | 余越 伸彦 (大阪府立大学) |
| [4. | BL22XU におけるコヒーレント光利用              | 大和田 謙二 (量研機構)] |
| [5. | BL13XU におけるコヒーレント光利用              | 田尻 寛男 (JASRI)] |
| 6.  | 総合討論                              |                |



合同研究会の様子

1. 「表面界面のコヒーレント光利用」と題して量研機構の高橋正光氏から講演があった。表面における結晶成長ダイナミクスを3つの段階、①平衡状態、②非平衡定常状態、③非定常状態に分類し、それぞれキーとなるダイナミクス①'表面超構造、ステップ構造のダイナミクス、②'ステップフロー成長のダイナミクス、③'核成長の動的スケーリングを紹介した。これらを検証する手段としてコヒーレントX線の利用——具体的には表面特有の anti-Bragg 反射（いわゆる CTR 散乱）を利用した光子相関分光法、が極めて有効であることが紹介された。anti-Bragg 反射は極めて微弱な信号のため、Au(001)の表面再構成等散乱能の高い系でかろうじて実施できているのが現状であり一般に普及するには3桁以上の効率(コヒーレントフラックス×検出効率)が必要との話であった。このようなX線の特長である原子分解能を利用したコヒーレント光利用実験は、SPring-8において、これまで以上に展開すべき課題である。

2. 「物質科学のコヒーレント光利用」と題して岡山大学の池田直氏から講演があった。材料開発の立場からコヒーレントX線を利用した実験に期待する事が示された。 $\text{RFe}_2\text{O}_4$  (R: Rare Earth) は三角格子二重層が基本となる構造を持つ。鉄サイトは平均2.5+であるが330K以下で層間に電荷不均化を起し強誘電性を発現する事が示された。電子強誘電体という新概念の強誘電体としてだけでなく、250K以下でフェリ磁性転移を起こすことから近年ではマルチフェロイック材料としても注目されている。講演では、高品位単結晶の育成によって可能となった物性計測結果から最新の中性子散乱実験結果までが紹介され、メスバウアー測定や誘電応答で観測された分極反転の起源 ( $\text{Fe}^{2+}$ と  $\text{Fe}^{3+}$ 間の電子ホッピング: kHz-MHz オーダー) を光子相関法で観測出来ないかが議論された。以前SPring-8 BL22XUで行った009 Bragg 反射の観測結果から類推すると、電荷秩序由来の超格子反射を対象とする場合、高橋正光氏の講演同様に3桁以上の効率が必要だろうとの話であった。

3. 「渦光(光の軌道角運動量)と物質(電子系)の相互作用について」と題して大阪府立大学の余越伸彦氏から講演があった。これまでに放射光科学では、大強度、エネルギー可変、偏光可変、高い空間的干渉性(空間コヒーレンス)、とその特性利用は進んできたが、放射光科学の次なるフロンティアとして光の軌道角運動量(渦光)の利用が議論され始めている。これは高い空間的干渉性を持つコヒーレントX線によって初めて可能となる、硬X線領域の光制御が拓く研究領域である。可視光領域または電子線では既に多数の応用例が報告され

ているが放射光においては緒に就いたばかりである。物質科学の立場では、物質（電子系）との相互作用が重要であることから、渦光（可視領域）と電子系の相互作用を研究しておられる余越先生を招いて講演いただいた。電子と光の軌道角運動量との結合を定式化し、III-V 族半導体 GaAs における遷移選択則が議論され、光の軌道角運動量の効果を上げるには光渦のサイズと強度、材料系として narrow gap 半導体が必要であることが示された。ナノ構造体に光渦を照射した実験から渦径にマッチした系の探索の重要性が示された。平面波光と異なり、渦光では中心を挟んだ2点間のスピン状態（偏光状態）の関係が保証されている事がより本質であるようである。平面波光とは異なるカイラル磁性体の遷移選択則も示され新奇スピントロニクスデバイスの創出の可能性が示された。光子の量子状態を電子の量子状態に転写する量子メディア変換に軌道角運動量を導入し、新奇なスピントロニクスデバイスについては量子情報通信の開発へつなげることが可視領域のひとつの出口であるが、放射光領域ではむしろ電子系の量子状態検出に光の角運動量を利用し物質科学へ応用することが重要であろうと考えられる。その後の討論で、今後検討してゆく事項としては、

①渦診断の簡素化

②渦径の微細化

③元素選択、共鳴プロセスの理解

④渦径に合った量子コヒーレンス状態（スピン波等）を持つ系の探索

等が挙げられた。

4. 5. ここまでの活発な議論で時間が超過したため、プログラム 4. 5. の講演はキャンセルとなった。

6. 総合討論では、SPring-8・SPring-8 次期計画における、物質科学・表面界面でのコヒーレンス光利用についての議論が行われた。詳細は別添の動向調査報告書（H28 年度版）に記す。