

# タンデムアンジュレータ放射の偏光特性

## POLARIZATION CHARACTERISTICS OF SYNCHROTRON RADIATION FROM TANDEM UNDULATOR

松葉 俊哉<sup>#,A)</sup>, 川瀬啓悟<sup>A)</sup>, 藤本 将輝<sup>B)</sup>, 保坂 将人<sup>C)</sup>, 加藤 政博<sup>B)</sup>  
Shunya Matsuba<sup>#,A)</sup>, Keigo Kawase<sup>A)</sup>, Masaki Fujimoto<sup>B)</sup>, Masahito Hosaka<sup>C)</sup>, Masahiro Kato<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

<sup>B)</sup> UVSOR Facility, Institute for Molecular Science

<sup>C)</sup> Nagoya University

### Abstract

Higher harmonics of synchrotron radiation from helical undulator carry orbital angular momentum. In order to investigate characteristics of such beams, many combination of interference patterns were observed by tandem undulator in UVSOR-III. In this paper, we report polarization characteristics of interference pattern for second harmonics of left and right handed circular polarization.

### 1. はじめに

円偏光アンジュレータの高次光は軌道角運動量を運ぶ、光渦と呼ばれる光であることが知られている[1][2]。この光の性質は回折限界光でなければ観測が難しいため、UVSOR-IIIではその性質を調べるさまざまな実験が行われている[3][4]。

そのなかで、BL-1の直線部に直列に並んだ2台のAPPLE-II型可変偏光アンジュレータを利用した、光渦と様々な偏光状態の干渉パターンの測定実験が行われており、光渦と一様な直線偏光が干渉すると渦状の強度分布が現れ、軌道角運動量の値によって渦の巻き方が変わってくるのが観測される。ここで円偏光高次光と円偏光を重ねると一見何も無いように見えるが、直線偏光子を入れることで渦上強度分布が現れる。これは直線偏光の向きが場所によって異なるような光が得られていることを示しているが、その詳細について報告されたことはない。逆円偏光の2次光同士でも同様であり、この時の直線偏光の向きや直線偏光度をシミュレーションと実験により調べた。その結果について報告する。

### 2. 実験及びシミュレーションの概要

Figure 1は実験の模式図である。2台のAPPLE-IIアンジュレータがインストールされている。その間には3台の電磁石によって軌道バンプを作り、光の干渉の位相を変えるフェーズシフターが設置されている。測定用のCCDカメラの前には260nmを透過するエネルギーフィルターがついており、この波長で回折限界光となるようにリングのエネルギーを500MeVに下げて運転している。カメラの前にはレンズと方位角可変の直線偏光子が置かれている。

シミュレーションにはSRW[5]を用いた。各パラメータや配置は基本的には実験と同条件になるように設定している。アンジュレータやフェーズシフターの3次元磁場分布はRADIA[6]によって計算された。

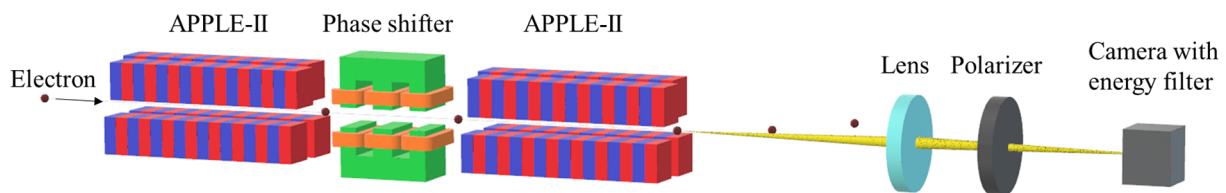


Figure 1: Schematic illustration of experiments.

<sup>#</sup> matsubash@hiroshima-u.ac.jp

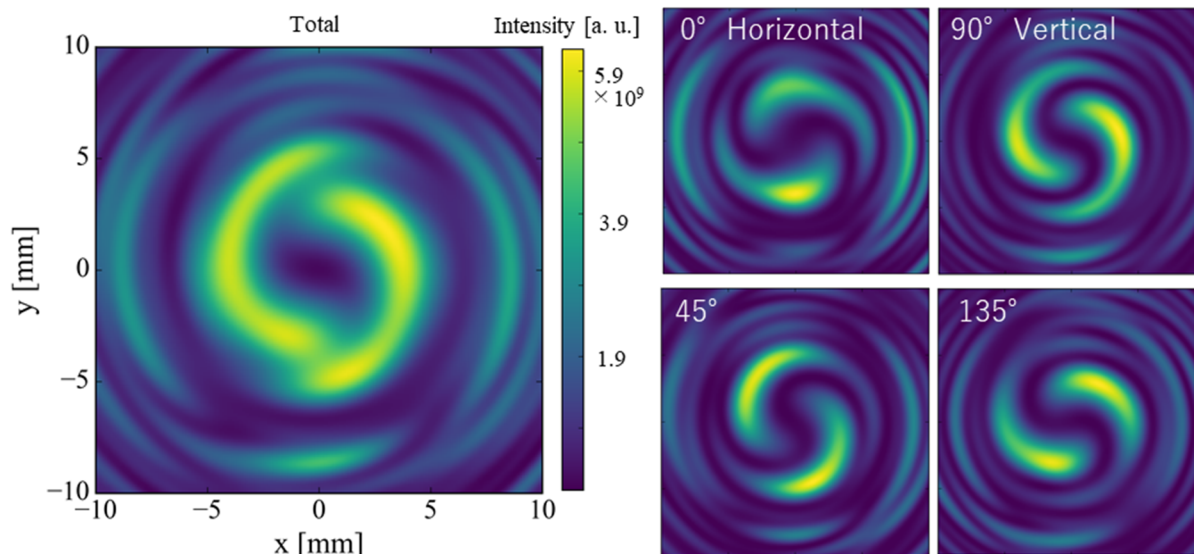


Figure 2: The left figure shows interference pattern for second order left and right circular polarization. Right figures show intensity distribution pass through linear polarizer on the same spatial scale. The up left numbers in right figures are azimuth angle of polarizer.

### 3. シミュレーション及び実験の結果

シミュレーションによって得られた右円偏光 2 次光と左円偏光 2 次光の干渉パターンを Figure 2 に示す。この干渉パターンは中心に強度暗転を持つ光渦の特徴的強度分布を示し、偏光子を入れると渦状の強度分布が現れる。渦上の強度分布は偏光子の向きと共に回転するように見え、水平、垂直を比べると、強度が最大となる位置が 90 度程度変化する。

この強度の偏光子方位角依存性から任意の位置において偏光の向きと直線偏光度が求められる。全体の様子が分かるような位置を適当に指定して各場所での直線偏光度を Figure 3 に示した。広範囲で 1 に近い直線偏光度になっていることが分かる。直線偏光の方向を両端矢印で Figure 4 に示す。矢印の長さは偏光度に比例しており、矢印の背景に垂直偏光子

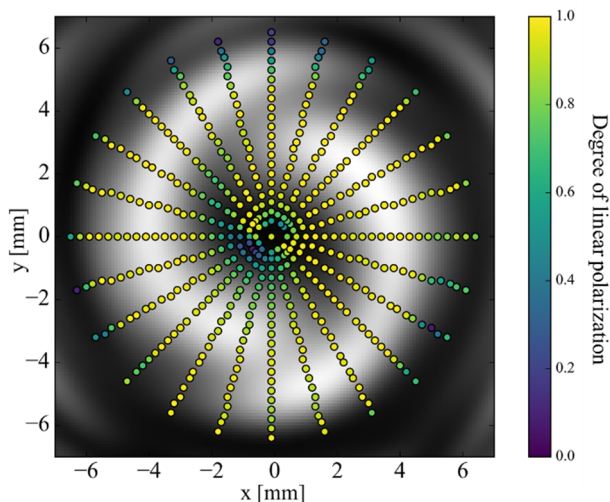


Figure 3: Degree of linear polarization.

挿入時の強度分布を重ねており、強度が最大に近い位置が垂直偏光になるのが確認できる。中心から等距離の円周上では一周で偏光の向きが一回転するようになっており、また中心から離れるに従っても偏光の向きが回転する。前者の変化は、光渦の特徴である、円偏光の位相が一周で一回転することによって由来し、後者の変化は光源点が 2 台のアンジュレータで異なるため、中心軸から外れるにしたがってその位相関係がずれることに由来すると理解できる。同様にフェーズシフターで光の干渉の位相関係を変えるとすべての位置で偏光の向きが回転する。

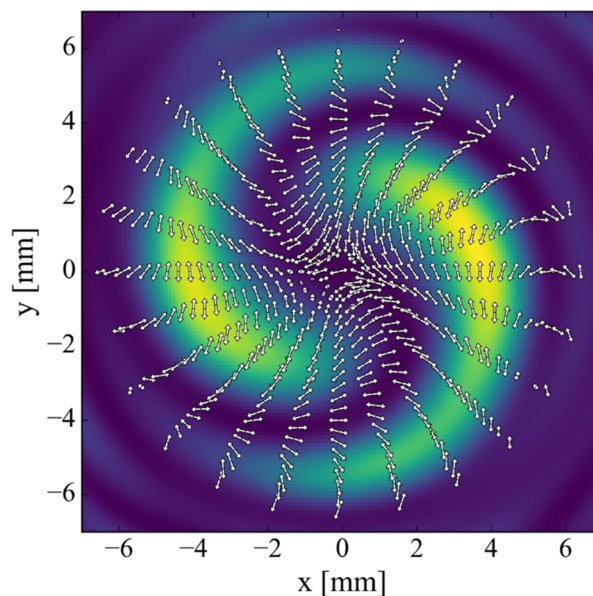


Figure 4: Direction of linear polarization on intensity distribution of synchrotron radiation pass through vertical directed linear polarizer.

次に実験の結果を示す。Figure 5 に測定された強度分布を示す。偏光子のないときには中心に強度暗転を持つ光渦のパターンを得るのはシミュレーションと同じである。偏光子を入れると渦様の分布が現れるが、シミュレーションに比べて渦の中心や明暗が明確でない。これを同様に解析した結果を Figure 6 に示す。分布左側では外側に行くにしたがって偏光が回転する様子はわかるが、その他の特徴の判別は難しい。偏光度もシミュレーションと比べて低く、特に右下側はほとんど直線偏光していない。2台のアンジュレータの光軸がずれているのが主な原因だと考えられる。今後はこの問題を解決して、実験的に明確な結果を得る予定である。

### 参考文献

- [1] S. Sasaki and I. McNulty, Phys. Rev. Lett., 100, pp. 124801, 2008.
- [2] J. Bahrtdt *et al.*, Phys. Rev. Lett. 111, p. 034801, 2013.
- [3] S. Sasaki *et al.*, Proc. of 11th Annual meetings of PASJ. p.19, SAOL01, 2014.
- [4] M.Katoh *et al.*, Scientific Reports 7, Article number: 6130 (2017)
- [5] <https://github.com/ochubar/SRW>
- [6] <http://www.esrf.eu/Accelerators/Groups/InsertionDevices/Software/Radia/>

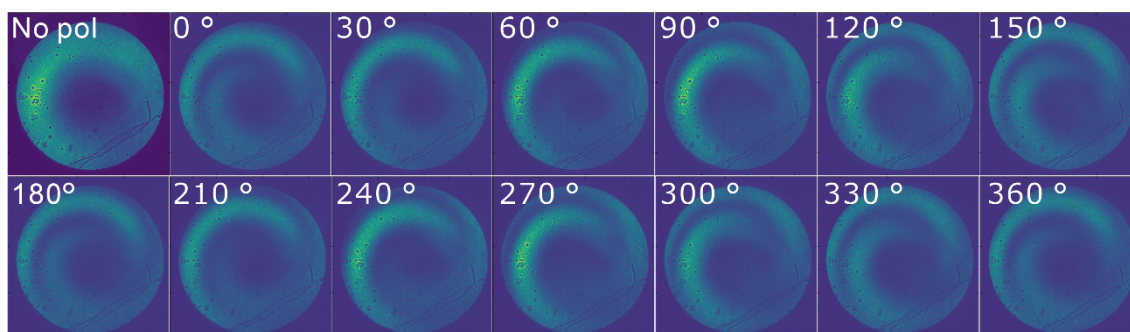


Figure 5: Interference patterns by second harmonics of left and right handed circular polarization. The up left number shows azimuth angle of polarizer in degree, “No pol“ means not insert polarizer.

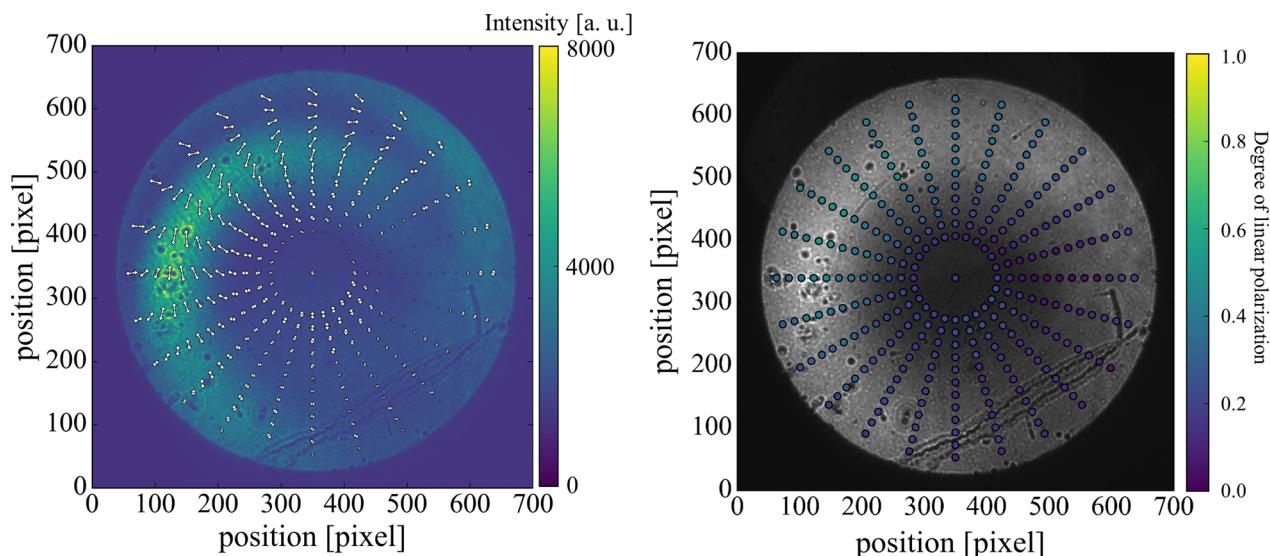


Figure 6: Spatial distribution of direction and degree of linear polarization.