

MAGNETIC STRUCTURE OF QUASI-PERIODIC VARIABLY POLARIZING UNDULATOR AND ITS RADIATION SPECTRA

Takafumi Mitsuyasu¹⁾, Atsushi Miyamoto²⁾, Shigemi Sasaki²⁾

¹⁾ Graduate School of Science, Hiroshima University

1-3-1 Kagamiyama Higashi-Hiroshima City, 739-8511

²⁾ Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

2-313 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima City, 739-0046

Abstract

A new scheme of Quasi-Periodic APPLE-II type Undulator is proposed. In this study, we verify the quasi-periodicity for different two patterns. First case is that all magnets at quasi-periodic positions recess from the surface faced to the beam-axis. The other case is that only the magnets in a diagonal pair of magnet rows recess from the beam-axis-surface. In first case, we cannot completely remove rational harmonics for vertical polarization mode. However in the latter case, we succeed to eliminate rational harmonics for all polarization modes.

1. はじめに

2×2列の磁石列で構成されているAPPLE-II型アンジュレータは、対角位置の磁石列をビーム軸の方向にシフトすることにより、水平直線偏光モード(以下水平偏光モード)、円偏光モード、垂直直線偏光モード(以下垂直偏光モード)と3種類の偏光モードを任意に切り換えることができるアンジュレータである。このAPPLE-IIの準周期の位置の磁石をビーム軸から離すように磁石を配置し準周期化することにより、高次光のピークを基本波の整数倍の位置から無理数倍の位置にシフトさせることができる¹⁾⁻⁴⁾。以下に周期的なAPPLE-IIの磁石配列を(A)、4列すべてを準周期化した場合の磁石列を(B)、対角の2列のみを準周期化した場合の磁石列を(C)として図1に示す。4列すべてを準周期にする磁石配置(B)の場合、水平偏光、円偏光モードでは高次光は基本波のエネルギーの整数倍の位置からずれたが、垂直偏光モードのときに基本波の3倍のエネルギー位置に高次光のピークが出現した。そこで、対角の2列の磁石列のみを準周期化したモデル(C)を考えた。そして、この準周期化を、4列すべてに施す場合と対角の2列に施す場合との2通りについて高次光のスペクトルと各偏光特性を比較し、検証した。

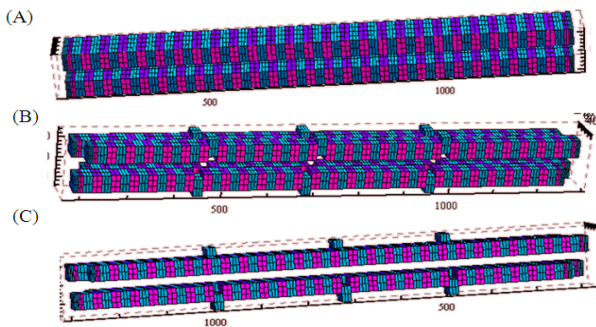


図1:APPLE-II アンジュレータの磁石配置

2. APPLE-II アンジュレータの各偏光モードに対する磁場分布

周期的な磁場を準周期化するためには、準周期位置で光と電子との位相差を作る必要がある。そこで、APPLE-II アンジュレータでは、水平方向に磁化したフルサイズの磁石の端から数えて9,16,22,29,36,43番目のものを電子の軌道軸から遠ざけることで準周期化している。

磁場の計算はRADIA^[5]を用いて行った。表1に磁場計算に使用したアンジュレータのパラメータを示す。

表 1: アンジュレータのパラメータ

全長[mm]	1780
ギャップ[mm]	30.0
周期数	23
周期長[mm]	78
水平偏光モードの磁石のシフト量[mm]	0
円偏光モードの磁石のシフト量[mm]	26
垂直偏光モードの磁石のシフト量[mm]	39
中心の磁石の間隔[mm]	1.0
準周期磁石のz方向への凹シフト量[mm]	14(4列) 20(2列)
磁石の種類	NdFeB
残留磁束密度[T]	1.3

2.1 水平偏光モード

図2に図1(A),(B),(C)の磁石配列を採用した場合の磁場の分布(水平偏光モード)をそれぞれ上から順に示す。以下のグラフにおいて垂直成分の磁場 B_z を青色で、水平成分の磁場 B_x を赤色で表す。

¹⁾ m114755@hiroshima-u.ac.jp

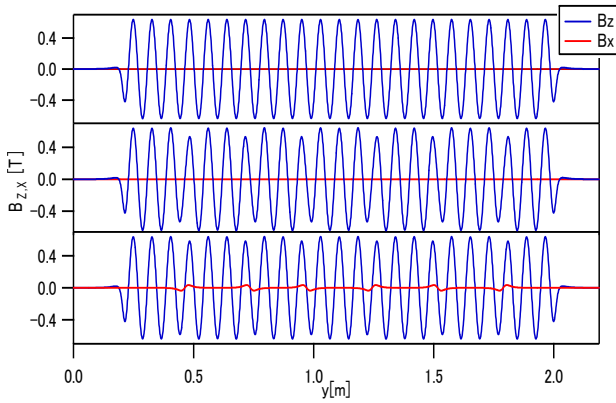


図 2: 図 1(A),(B),(C)の水平偏光モードの磁場

2.2 円偏光モード

図 3 に円偏光モードの磁場の分布を示す。

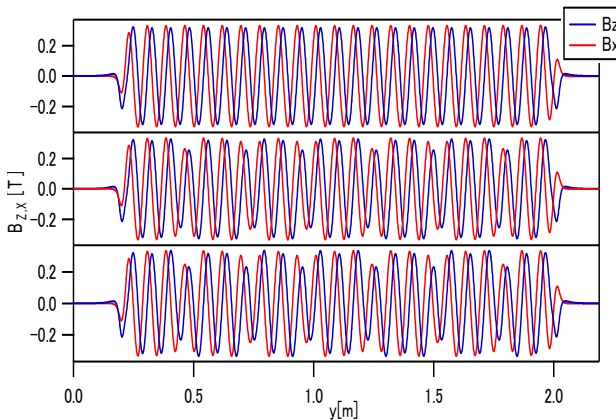


図 3: 図 1(A),(B),(C)の円偏光モードの磁場分布

2.3 垂直偏光モード

図 4 に垂直偏光モードの磁場の分布を示す。(B)と(C)の場合において、準周期位置の磁場の形状が多少異なっていることがわかる。

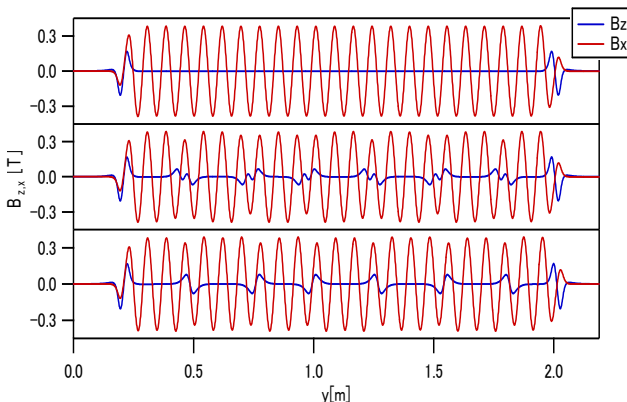


図 4: 図 1 (A),(B),(C)の垂直偏光モードの磁場

3. 放射光スペクトルと偏光特性

2 節で求めた磁場分布より SPECTRA8.0^[6]を用いて、それぞれの偏光モードの放射光スペクトルと偏光特性を求めた。横軸にエネルギーを基本波のエネ

ルギーで規格化したものを、縦軸にフラックス強度 [photon/s/mrad²/(0.1%bandwidth)]を示す。

偏光特性は強度関数である Stokes Parameter を用いて表現できる^[7]。全体の強度関数 $S_0 = I_x + I_y = I_L + I_R$ として、各々の強度関数の差を S_1, S_2 を定義する ($S_1 = I_x - I_y, S_2 = I_L - I_R$)。 $P_L = S_1/S_0, P_C = S_2/S_0$ として、強度の割合を比較することで偏光特性を求める。放射光スペクトルと同様に横軸にエネルギーで規格化したものを、縦軸に偏光特性を示す。この計算に用いたビームのパラメータを表 2 に示す。

表 2: ビームのパラメータ

(広島大学 放射光科学研究センター:HiSOR)

蓄積電子のエネルギー[GeV]	0.7
電流[mA]	300
周長[m]	21.95
直線部の β_x [m]	2.0
直線部の β_y [m]	1.2
エネルギー幅	0.00096
エミッタンス[nm rad]	400

3.1 水平偏光モード

水平偏光モードの放射光スペクトルと偏光特性を図 5 に示す。図中の線は図 1 に示した磁石配列 (A),(B),(C) に対応してそれぞれ青、赤、緑とした。

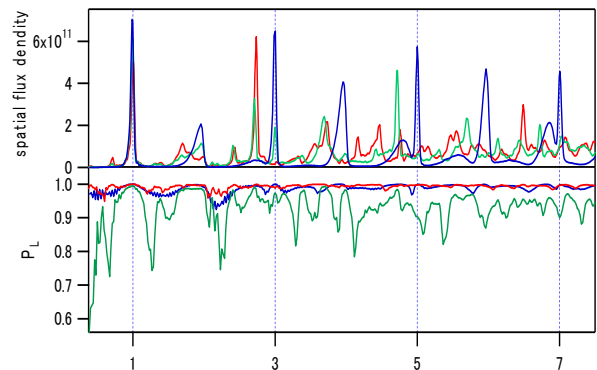


図 5: 水平偏光モードのスペクトルと偏光特性

これから明らかなように、(B)、(C)いずれの場合も高次光のピークが整数倍の位置からずれていることがわかる。また、基本波のエネルギーでの偏光特性大きな差異は見られなかった。

3.2 円偏光モード

図 6 に円偏光モードのスペクトルを示す。

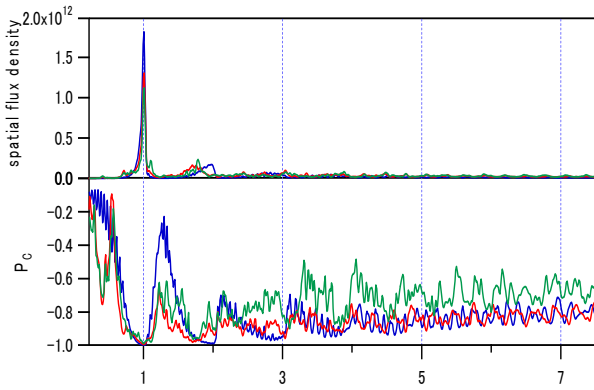


図 6: 円偏光モードのスペクトルと偏光特性

円偏光モードでは、ほとんど高次光のピークが現れないので、準周期化の効果を確認することはできなかったが、高次光フラックス強度は十分に下がっているので、準周期化しても問題はないといえる。偏光特性も基本波のエネルギー位置ではほとんどかわらなかった。

3.3 垂直偏光モード

図 7 に垂直偏光モードのスペクトルを示す。

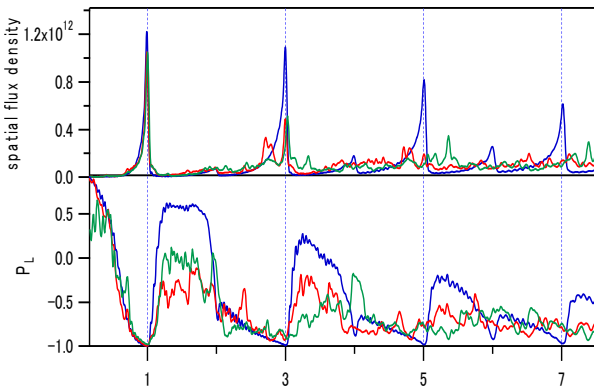


図 7: 垂直偏光モードのスペクトルと偏光特性

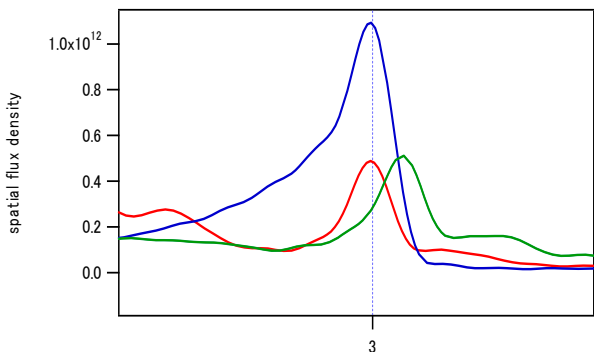


図 8: 垂直偏光モードの 3 次光付近のスペクトル

図 8 を見ると(A)、(B)のスペクトルは基本波の 3 倍の位置に高次光のピークが出現しているが、(C)のスペクトルは多少ではあるが高次光のピークが整数倍の位置より高エネルギー側にシフトした。

このことから、対角の 2 列を準周期にすると垂直偏光に関しては放射光スペクトルの準周期性がよくなったと言える。このときの基本波のピーク光子エネルギーの 3 倍の位置での光子フラックス密度は周期的な APPLE-II に比べて 20%以下まで下がった。

垂直偏光モードの場合も基本波のピークのエネルギー位置での偏光特性は、周期的な APPLE-II と同等である。

ただし、対角 2 列を準周期化する場合ビーム軸から遠ざける度合いを調節する必要がある。準周期位置で磁石を遠ざけすぎた場合、垂直偏光モードの場合は高次光が基本波の整数倍のエネルギー位置からずれるのだが、水平偏光モードにした際にスペクトルの高次光が基本波の整数倍の位置に出現してしまう。また逆に、磁石がビーム軸から近すぎる場合、垂直偏光モードの際に基本波の整数倍のエネルギー位置に高次光のピークが出現してしまう。つまり、準周期位置でどの程度磁場を弱めるのかを偏光モードによって使い分ける必要がある。

4. まとめ

本論文では、2 種類の準周期型の APPLE-II アンジュレータについて各偏光モードでの放射スペクトルと偏光特性を比較した。また、2 種類のアンジュレータともに、基本波での偏光特性が著しく落ちることはなかったので純粋に放射スペクトルののみを比較することができた。また、垂直偏光モードに関しては 4 列準周期化する場合よりも対角 2 列のみを準周期化した方が高次光のピークが高エネルギー側にずれることがわかり、高次光のフラックス密度を周期的な通常の APPLE-II の 20%以下、4 列を準周期にした場合と比較して 40%以下まで下げることができることがわかった。

参考文献

- [1] S. Hashimoto and S. Sasaki, Nucl. Instrum. Methods **A 361** 611 (1995).
- [2] S. Sasaki, Proceedings of IPAC09, Vancouver, BC, Canada.
- [3] S. Sasaki, Proceedings of the 7th Annual Meeting of PASJ (August, 2010, Himeji).
- [4] S. Sasaki, Proceedings of the 6th Annual Meeting of PASJ (August, 2009, Ibaraki).
- [5] O. Chubar, P.Elleaume, J. Chavanne, J. Synch. Radiat. **5**, 481(1998).
- [6] T. Tanaka and H. Kitamura, J. Synch. Radiat. **8** 1221(2001).
- [7] R. P. Walker, Proceeding of the 1997 CERN Accelerator School, CERN Report No. 98-04, p.129.