

# Coherent Radiation by an Electron Linear Accelerator<sup>1</sup>

Toshiharu NAKAZATO, Masayuki OYAMADA, Shigekazu URASAWA, Ryukou KATO,  
Satoshi NIWANO<sup>2</sup>, Masahiro YOSHIOKA and Tatsuya YAMAKAWA

*Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University,  
Mikamine Taihaku-ku Sendai, 982*

Toshiaki OHSAKA, Yukio SHIBATA, Kimihiro ISHI, Tsutomu TSUTAYA,  
Toshiharu TAKAHASHI, Toshinobu KANAI, Shin-ichi KIMURA, Fumitaka ARAI,  
Taisuke IHARA, Yasuhiko SATO and Mikihiro IKEZAWA

*Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku University,  
Katahira Aoba-ku Sendai, 980*

and Yasuhiro KONDO

*Department of Applied Physics, Faculty of Engineering, Tohoku University,  
Aramaki Aoba-ku Sendai, 980*

## Abstract

The spectra of coherent synchrotron radiation, coherent Cerenkov radiation and coherent transition radiation were measured at wavelengths from 0.5 to 4 mm at Tohoku 300 MeV Linac. The experiment of Cerenkov radiation is facing rough going because transition radiation is piled up on it. The separation of backward transition radiation from forward one is another problem. Efforts to resolve these issues are being made and the application of coherent radiation to pulse-radiolysis at millimeter wavelengths has been started.

## 電子リニアックによるコヒーレント放射

### コヒーレント放射研究の概要

1989年に東北大学核理研でコヒーレント放射光が初めて観測されて以来[1]、追試実験がLバンド[2]とSバンド[3]リニアックを使って行われ、いずれもその存在を肯定する結果が得られた。その後、東北大学では測定装置の改良が進み、コヒーレント放射光の詳しいスペクトルが測定され、バンチの形状とスペクトルの関係が議論できるようになってきた[4]。また、干渉分光計を使って異なるバンチから放射される光が干渉することが確かめられ、この放射光はコヒーレントであることが直接証明された[5]。(以上のコヒーレント放射光に関する基礎研究の結果は文献[6]にまとめてあるので参照されたい。)

コヒーレント放射光の発光機構の考察から、発光の素過程が放射光以外の放射(例えばCerenkov放射や遷移放射など)の場合でも、バンチ長程度以上の波長に注目して考えればコヒーレントな放射が得られることが考えられる。このような推論に基づいてコヒーレントCerenkov放射[7][8]とコヒーレント遷移放射[9]の観測が行われ、これらもコヒーレント放射光同様に存在することが確認された。

<sup>1</sup>本研究の一部は文部省科学研究補助金(課題番号02740134, 03504001, 03640258)の援助によるものである。

<sup>2</sup>現在、松下電器(株)

本稿では、核理研で行われたコヒーレント放射光(CSR)、コヒーレント Cerenkov 放射(CCR)、コヒーレント遷移放射(CTR)の実験の現状を紹介し、これら三種類のコヒーレントな放射(ここではこれらをまとめてコヒーレント放射と記述する)の比較検討を行い、併せてその問題点と今後の研究の行方について述べる。

## 核理研におけるコヒーレント放射実験

第1図はコヒーレント放射の観測方法の概念図である。CSRは真空中でバンチを電磁石 Mag の磁場で曲げ接線方向に放射される放射光を、CCRはバンチが空気中を0.25m進む時に放射される Cerenkov 光を、CTRは真空中に厚さ20 $\mu$ mのTi箔Rを置きその境界面から放射される遷移放射光を、それぞれ鏡Mで分光器Sに導いて分光し、シリコンボロメータDで検出する。分光器は(a)が回折格子分光計、(b)(c)が干渉分光計である。いずれも電子ビームのエネルギーは150MeV、バンチ内の電子数は約 $1 \times 10^6$ である。

測定されたコヒーレント放射のスペクトルを第2図に示す。CCRとCTRの場合はそれぞれ頂角50mrad、70mradの円錐状の立体角内に入る放射であり、またそれぞれの素過程における角分布が異なるため、簡単に強さの比較は困難である。しかし、波長1mm以下でのスペクトルの傾向は凡そ似ている。波長2mm以上ではCSRとCTRのスペクトルが長波長になるに従って減少しているが、CCRはそれほどではない。これはCCRの測定は真空ダクトの外部の空気中で行っているため、真空ダクトによるシールド効果がなくなったものと考えられる[10]。これら三種類の放射の強度はほぼ電流の二乗に比例することが確認された。

問題点は1)第1図(b)からも分るようにCCRの実験ではビームが真空中から空気中に出る際にウインドウを通過するため、この部分で発生した遷移放射が重畳していること、2)第1図(b)(c)から、ビームが貫通する鏡Mの表面で後方遷移放射が発生することが挙げられる。また、3)CCR、CTRともにミリ波領域における素過程の理論が確立されておらず、データの解析が困難である。

今後はこれらの問題を総合的に研究する必要がある、角分布の測定や後方遷移放射の分離などの実験が進められている。これとは別に、応用面ではコヒーレント放射の大強度パルス特性を活かしたパルスラジオリシスの研究[11]が開始されている。

## 参考文献

- [1] T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, O. Konno, A. Kagaya, R. Kato, T. Kamiyama, Y. Torizuka, T. Nanba, Y. Kondo, Y. Shibata, K. Ishi, T. Ohsaka and M. Ikezawa, Phys. Rev. Lett. **63** (1989) 1245. / T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, R. Kato, Y. Shibata, K. Ishi, T. Ohsaka, T. Takahashi, H. Mishiro, M. Ikezawa, Y. Kondo, T. Nanba and Y. Torizuka, Particle Accelerators, **33** (1990) 141.
- [2] 大熊重三, 津守邦彦, 奥田修一, 木村徳雄, 山本保, 堀利彦, 高椋節夫, 末峰昌二, Proc. of the 15th Linear Accel. Meeting in Japan, Sapporo, (1990) 218.
- [3] E. B. Blum, U. Happek and A. J. Sievers, Nucl. Instrum. & Methods, **A307** (1991) 561.
- [4] Y. Shibata, K. Ishi, T. Ohsaka, H. Mishiro, T. Takahashi, M. Ikezawa, Y. Kondo, T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, R. Kato and Y. Torizuka, Nucl. Instrum. & Methods, **A301** (1991) 161. / K. Ishi, Y. Shibata, T. Takahashi, H. Mishiro, T. Ohsaka, M. Ikezawa,

Y. Kondo, T. Nakazato S. Urasawa, N. Niimura, R. Kato and M. Oyamada, Phys. Rev. A43 (1991) 5597.

[5] Y. Shibata, T. Takahashi, K. Ishi, F. Arai, H. Mishiro, T. Ohsaka, M. Ikezawa, Y. Kondo, S. Urasawa, T. Nakazato, R. Kato, S. Niwano and M. Oyamada, Phys. Rev. A44 (1991) R3445.

[6] T. Nakazato, M. Oyamada, N. Niimura, S. Urasawa, Y. Shibasaki, R. Kato, S. Niwano, M. Ikezawa, T. Ohsaka, Y. Shibata, K. Ishi, T. Tsutaya, T. Takahashi, H. Mishiro, F. Arai and Y. Kondo, Conference Record of the 1991 IEEE Particle Accelerator Conference, 2 (1991) 1118. / 柴田行男, 伊師君弘, 小山田正幸, 放射光 5 (1992) 13.

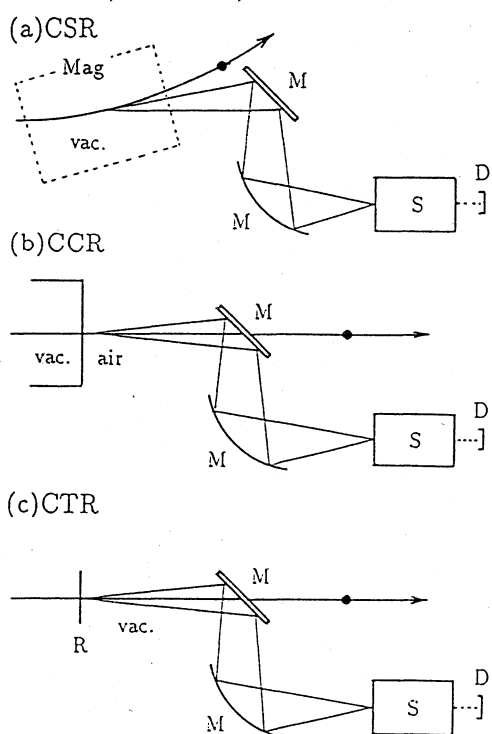
[7] J. Ohkuma, S. Okuda, and K. Tsumori, Phys. Rev. Lett. 66 (1991) 1967. ( Comment: J. R. Neighbours, F. R. Buskirk and X. K. Maruyama, Phys. Rev. Lett. 67 (1991) 1052.)

[8] Y. Shibata, K. Ishi, T. Takahashi, F. Arai, M. Ikezawa, K. Takami, T. Matsuyama, K. Kobayashi and Y. Fujita, Phys. Rev. A44 (1991) R3449.

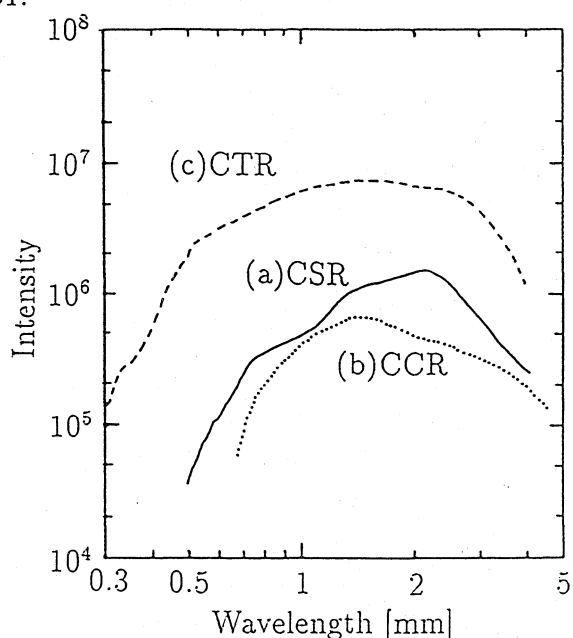
[9] U. Happek, A. J. Sievers and E. B. Blum, Phys. Rev. Lett. 67 (1991) 2962.

[10] 加藤龍好, 小山田正幸, 浦澤茂一, 中里俊晴, 庭野智, 吉岡正裕, 梅津陽一郎, 山川達也, 池沢幹彦, 柴田行男, 伊師君弘, 蔦谷勉, 高橋俊晴, 金井利喜 (本研究会) / J. S. Nodvick and D. S. Saxon, Phys. Rev. 96 (1954) 180.

[11] 近藤泰洋, 鈴木吉朗, 枝松圭一, 広田昇一, 佐藤康彦, 平井正光, 池沢幹彦, 大坂俊明, 柴田行男, 伊師君弘, 蔦谷勉, 木村真一, 高橋俊晴, 荒井史隆, 金井利喜, 小山田正幸, 浦澤茂一, 中里俊晴, 加藤龍好, 庭野智, 吉岡正裕, 核理研研究報告 25 (1992) 131.



第1図 (a) コヒーレント放射光、(b) コヒーレント Cerenkov 放射、(c) コヒーレント遷移放射の測定方法の概念図。



第2図 (a) コヒーレント放射光、(b) コヒーレント Cerenkov 放射、(c) コヒーレント遷移放射のスペクトルの測定結果。縦軸の単位は (a) が [ photons / ( bunch · 1%BW · mrad ) ]、(b)(c) は [ photons / ( bunch · 1%BW ) ] で、バンチ当りの電子数は  $1 \times 10^6$  個で規格化してある。