

文部科学省 平成21年度科学技術試験研究委託事業

「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」(光源技術の開発)

成果報告書

平成21年度

国立大学法人名古屋大学

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立大学法人名古屋大学が実施した平成21年度「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」（光源技術の開発）の成果を取りまとめたものです。

## 1. 委託業務の目的

レーザーとリング型加速器を用いてテラヘルツ領域及び真空紫外・軟 X 線領域の極短パルス光、大強度コヒーレント光を生成する技術を確立し、これら従来のシンクロトロン光にない特質をもった光の利用技術を開拓することを目的とする。

このため、大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所及び国立大学法人名古屋大学、国立大学法人京都大学と共同で業務を行う。国立大学法人名古屋大学では、光源装置に関わる研究開発を実施する。

## 2. 平成 21 年度（報告年度）の実施内容

### 2. 1 実施計画

#### ① アンジュレータ装置の設計

先進光源装置の中核となるアンジュレータ磁場装置の詳細設計の補助をする。

#### ② レーザー装置の調整

新規レーザー装置導入後にレーザー装置の調整およびレーザー輸送路の建設を補助する。また、電子ビームとレーザーを効率よく相互作用させるためのレーザーおよび電子ビームのモニターシステムの開発を行う。

### 2. 2 実施内容（成果）

#### ① アンジュレータ装置の設計

分子科学研究所と協力し、アンジュレータ周期長 84mm のときの永久磁石に必要な大きさとそれを駆動する装置およびそれらを精度よく支えることに必要な架台についての設計を行った。図 1 に最終的に決まったアンジュレータの磁石列およびその配置を示す。アンジュレータ最小ギャップ 24 mm において吸引力は 1060 Kg と計算された。これをもとに設計した架台を図 2 に示す。図で示されているように磁石列は上下 2 つの I ビームで支えられる構造になっている。このときの I ビームの鉛直方向たわみの大きさは最大で 0.02 mm と見積もられた。このたわみにより磁石列間の距離が変わり、磁石列間の磁場が変化することが予想される。したがって、たわみの磁場に与える影響を 3 次元磁場計算コードによって調べた。磁場計算の結果、たわみによって最大で 6 Gauss の磁場の不均一さが生じることがわかったが、この値は電子ビームとその放射スペクトルに与える影響は十分小さいので無視できる。以上から図 2 の設計を採用することにした。

アンジュレータ用の真空ダクトの排気系についての評価をおこなった。アンジュレータダクトは 2 本の同一のダクトから構成され、1 本の長さは 1.4m である。ダクト 1 本あたり、排気速度 500 //sec の NEG ポンプ 1 台および排気速度 125 //sec の 2 台イオンポンプで排気することが計画されている。この条件で十分な真空度に到達するか

検討した。この結果を図3に示す。この計算ではアンジュレータダクトの単位長さ当たりの脱ガス量はストレージリング全体の平均脱ガス量である  $1 \times 10^{-8}$  Pa m<sup>3</sup>/sec/m (電子ビーム 300 mA 蓄積時) を用いて評価した。アンジュレータダクトにはシンクロトロン放射光が直接あたることはないので、実際の脱ガス量はこの値より小さいと考えられる。ダクトの単位長さ当たりのコンダクタンスは  $0.01$  m<sup>3</sup>/s/m とした。図3からわかるようにポンプから一番はなれた箇所での真空度が最も悪く  $1.4 \times 10^{-7}$  Pa で、またダクトの平均真空度は  $7.6 \times 10^{-8}$  Pa であった。求められた平均真空度は十分に高く電子ビームの寿命に影響を与えないので、設計された排気系が有効であることが確認された。

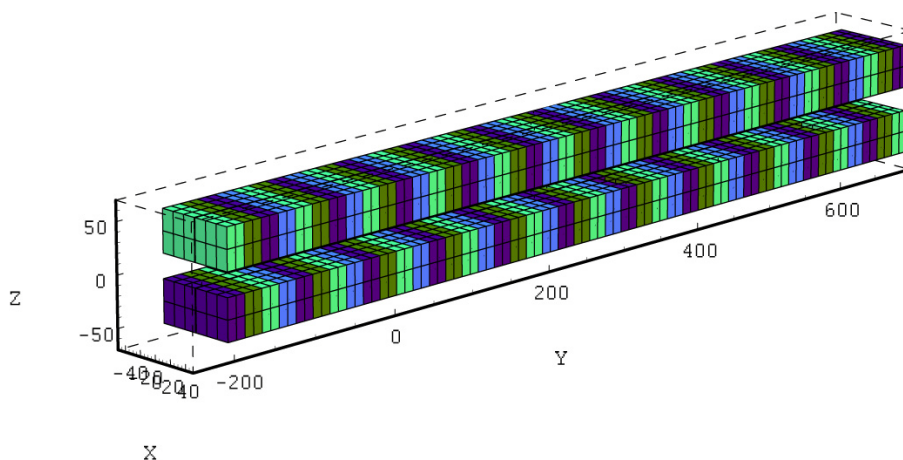


図1 アンジュレータの磁石配置

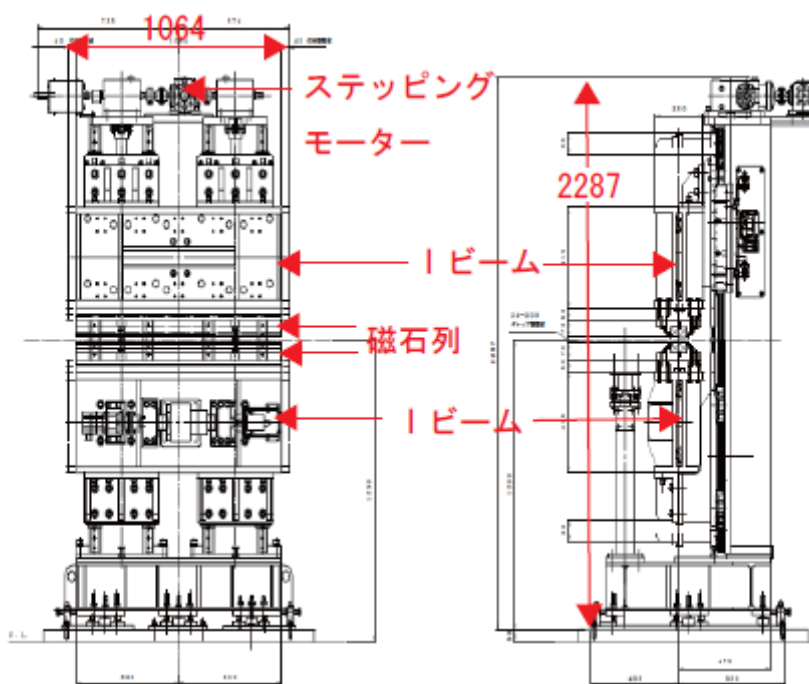


図2 アンジュレータ架台の模式図

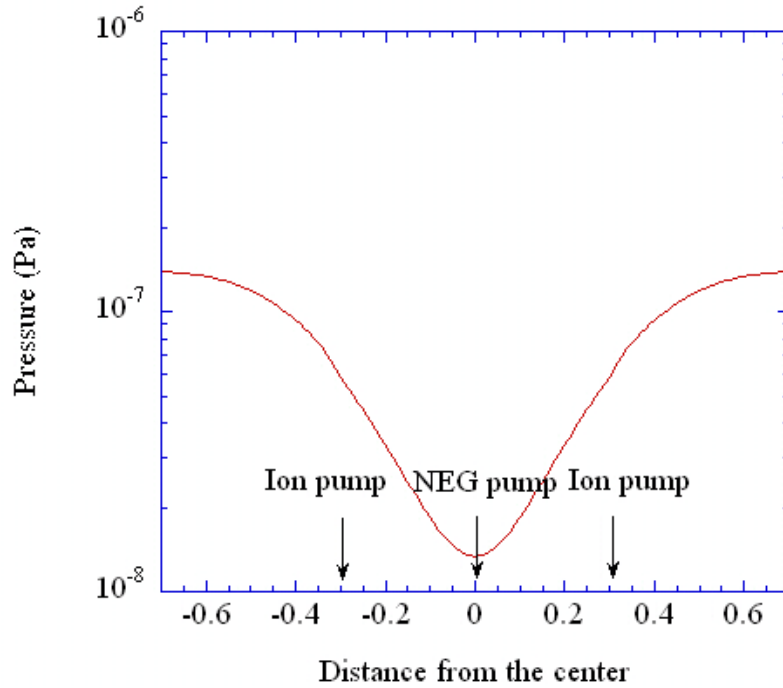


図3 アンジュレータダクトの到達真空度  
矢印の位置に真空ポンプを配置する。

## ② レーザー装置の調整

電子ビームとレーザーとを効率よく相互作用させるためには、相互作用域においてレーザーパスを電子ビームの軌道に精度よく合わせることが必要である。このためにレーザーを電子ビームに高精度で自動アライメントするシステムを開発した。

図4に示すように、このシステムはレーザー輸送路中に挿入された2つの微調整用のミラー、レーザーと電子ビームのモニターおよびそれらを制御するPCから成り立っている。システムの制御は汎用ソフトLabVIEWを用いて製作した。このシステムの動作は2つのステージに分けられ、まず、はじめに「学習」によって動作に必要なパラメータを獲得する。次にそのパラメータを用いて高精度な自動調整を行う。

図5にこのシステムの試験例を示す。図においてCCD1とCCD2はそれぞれアンジュレータの入口および出口におけるレーザーを結像したイメージである。この試験で輸送路の複数のミラーを故意に動かし、その後にシステムを動作させレーザーをもとの位置にもどすことに成功した。このシステムはCCDカメラの精度内で完全にレーザー位置を制御できることがわかった。したがって、実際の位置精度を決めるものはCCDカメラの精度で、本システムはその値である100ミクロンの精度の自動調整が可能であ

るといえる。

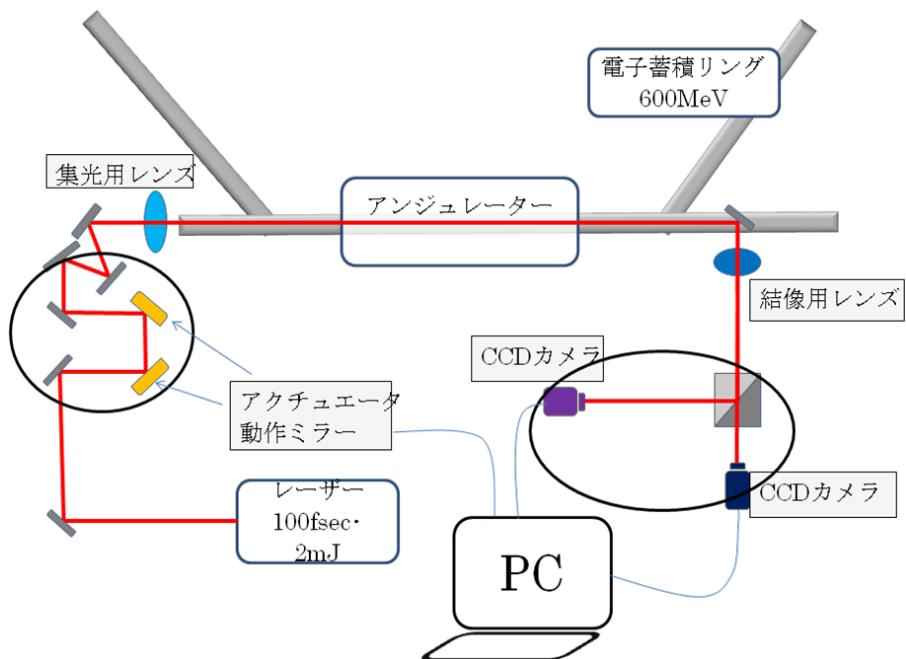


図 4 レーザー軌道自動調整システムの模式図

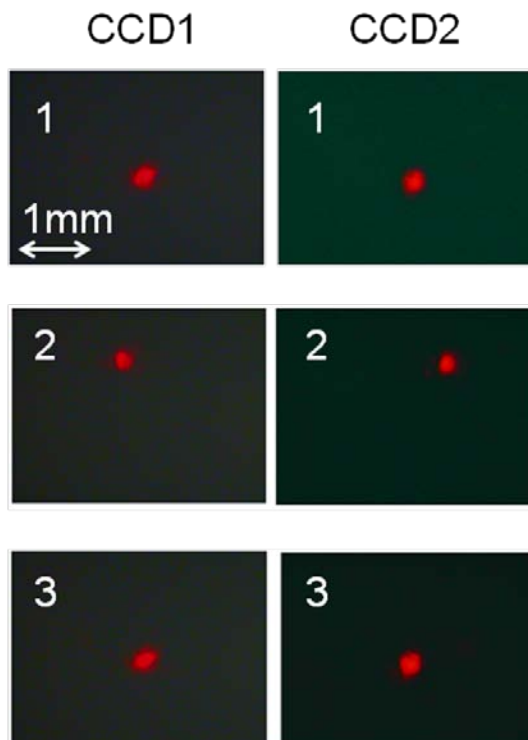


図 5 レーザー軌道自動調整システムの試験例

1. レーザ初期位置、2. 輸送ミラーを動かしてレーザー位置をずらす、3. 自動調整システムでもとに戻るときそれぞれの CCD 上のレーザーイメージ。

## 2. 3 成果の外部への発表

### 1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Ultrashort coherent terahertz radiation from ultrashort dips in electron bunches circulating in storage ring（ポスター発表）	山本尚人	中国 西安（Ultra-Short Electron & Photon Beams: Techniques and Applications）	2009年9月10日	海外
Generation of tunable coherent narrowband coherent synchrotron radiation from an electron storage ring（口頭発表）	保坂将人	カナダ バンフ（wirms2009）	2009年9月14日	海外
Coherent Synchrotron Radiation Experiment at UVSOR（口頭発表）	保坂将人	フランス パリ（ソレイユ放射光施設のセミナー）	2010年3月31日	海外

### 2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
--------------	-------	------------------	--------	--------

<p>Ultrashort coherent terahertz radiation from ultrashort dipoles in electron bunches circulating in storage ring</p>	<p>N. Yamamoto, M. Shimada, M. Adachi, H. Zen, T. Tanikawa, Y. Taira, S. Kimura, M. Hosaka, Y. Takashima, T. Takahashi and M. Katoh</p>	<p>Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment</p>	<p>2010年2月</p>	<p>国外</p>
<p>Transverse-Longitudinal Coupling Effect in Laser Bunch Slicing</p>	<p>M. Shimada, M. Katoh, M. Adachi, T. Tanikawa, S. Kimura, M. Hosaka, N. Yamamoto, Y. Takashima, and T. Takahashi</p>	<p>Physical Review Letters</p>	<p>2009年10月</p>	<p>国外</p>



2. 4 活動（運営委員会等の活動等）

該当なし

2. 5 実施体制

別表1の通り。

別表1 平成21年度に於ける実施体制

業 務 項 目	担当機関等	研究担当者
① アンジュレータ装置の設計	名古屋大学大学院 工学研究科 名古屋大学大学院 工学研究科 名古屋大学大学院 工学研究科 名古屋大学大学院 工学研究科	◎◎ 保坂 将人 山本 尚人 森本 浩行 平 義隆
② レーザー装置の調整	名古屋大学大学院 工学研究科 名古屋大学大学院 工学研究科	◎◎ 保坂 将人 高島 圭史