

平成14年度

日本大学量子科学研究所運営委員会報告

平成14年5月24日

電子線利用研究施設

1. はじめに

人類の物質科学に於ける興味対象は極微の世界の探索でした。例えば、20世紀は加速器を使って、原子核・素粒子等の素の性質の探究でした。しかし、21世紀の研究対象は素から素の集合に移行し、巨大分子や高分子等が多種多様な機能を発現させるメカニズムの解明にあると考えています。又、それらの集合体である巨大分子は、生命体として多様な機能を持ち自己再生するメカニズムを備えています。即ち、これらが複雑に入り込んだ高分子構造とそれ自身の存続を維持するために、特殊機能をもつ高分子(例えばタンパク質)を発現させるプロセスは多岐多様であり、この関連を学問的に解明するには学際的研究が必要であり、これらの高分子の構造解析には21世紀も加速器が重要な役割を果たすものと考えて、色々な光を用意し学際的な利用研究を促進する準備を進めています。

2. 現状報告

平成12年度は、**加速器の高度化、自由電子レーザー(FEL)の基礎実験、パラメトリックX線(PXR)の開発研究、学術フロンティア推進事業の推進作業、特定領域研究Bの促進、国際シンポジウム、ユーザーミーティング等**、数多くの作業が幾重にも重なり、将に変革と激動の年であった。自由電子レーザーは、「リニアコライダーや粒子衝突リング」と同様に「**究極の高周波加速器**」と言われる。又、ロケット打ち上げと同様に、その成功はその国の総合的な科学技術レベルの高さを示す指標として、先進国では国家プロジェクトとして推進し成功を競っている。

日本大学では、平成13年5月26日(土)21時15分、自由電子レーザーの発振に成功した。その後のテスト実験では、レーザー強度は光空洞共振器に蓄積される**自発光の約1億倍**に達しているが、出力光は不安定であり、共同利用実験に耐えうる状態ではなかった。その不安定の原因は、**高周波位相シフト、クライストロンパルス出力変動、制御信号のノイズ捕捉等**、加速器自身に起因することは明白であるが、これ以外に、外的要素である**商用入力電力の騒擾(21時～9時)、空調による鋸歯状的室温変動($\pm 1^{\circ}\text{C}$)**の影響等の対応策に苦慮している。現在は利用実験開始に向けて懸命の努力を払っている。

しかしながら、日本大学が国家プロジェクトに相当する自由電子レーザーの発振を、「サブハーモニック・バンチャー」や「高周波電子銃」を使わないで、且つ、比較的短波長(1.5ミクロン)で発振させたことは、世界の常識を破るものとして、又、世界中に大きなインパクトを与えてた。この成功は電子線利用研究施設が日本大学本部や関連学部並びに多くの研究機関の支援を得て、加速器高度化の開発研究を長年に亘って積極的に進めてきた努力の積み重ねによるものである。又、開発研究の成就是日本大学と高エネルギー加速器研究機構と共同研究の成果でもある。

加速器高度化の研究成果には、次のようなことが上げられる。

加速器科学系

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1) 大電力パルストランスの小型化 | 5) 半導体高周波増幅器の高周波位相シフト対策 |
| 2) 短パルス大電力クライストロンの長パルス化 | 6) ビーム加速エネルギーの安定化 |
| 3) パルス電子銃の低エミッタンス化 | 7) 短パルスクライストロンの高出力と長パルス化 |
| 4) エミッタンスの評価方法の開発 | |

利用研究は物質科学系と生命科学系と2系統に分けているが理工、文理、工、医、歯、松戸歯、生物資源科学が互いに連結しながら着実に進められ、研究テーマとしては次のような18項目が取り上げて進められている。又、X線利用実験は、パラメトリックX線とは別個に3台のX線回折解析装置(粉末結晶X線回折装置、タンパク質X線構造解析装置、微小部X線回折装置)が資料解析室に設置され、X線回折の予備実験ができるようになってきている。最近では、コールド室でリゾチウム(卵白タンパク質)や血液タンパク質(ヘモグロビン)の結晶を成長させることができるようになり、又、リゾチウム結晶を使ってタンパク質X線構造解析に成功している。

物質科学系

- | | |
|--|----------------------|
| 1) 光励起によるダイヤモンド的結合による
3次元フラーレンポリマーの合成 | 5) ナノ結晶の光誘起可逆的相転移 |
| 2) 半導体素子材料に対する電離照射効果 | 6) 炭素フラーレン光誘起化学反応の解明 |
| 3) 金属磁性物質の高圧下のXANESの研究 | 7) 新光機能素材の開発 |
| 4) 希土類金属酸化物の分子クラスター | 8) 大気汚染物質の光化学過程の追跡 |

生命科学系

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1) 歯の硬組織に及ぼす光の影響 | 6) ヘモシニアンの高次構造解析 |
| 2) 歯科合金の金属疲労 | 7) カルシウム結合タンパク質の高次構造解析 |
| 3) インプラント界面構造と組織の解明 | 8) 組織再生の光効果 |
| 4) 金属タンパク質のNO補足能 | 9) レーザー波長と歯質切削条件 |
| 5) ヘモグロビンの高次構造解析 | 10) レーザーの炎症メディエーター産生への影響 |

2.1 年度別の運転実績と電子線利用研究施設の人員計画

1996年度から加速器の運転を開始し、2000年度には学術フロンティア推進事業による実験棟増築のために7月から12月の5ヶ月間加速器運転を停止した。しかし、ビーム加速日数はこれまで最大となった。2001年度は後期から大学共通研究施設として共同利用研究を開始し利用者実験時間を700時間を確保する予定であったが、研究施設は**スタッフ増員の確保**が出来ず、また、**放射線施設検査が大幅に遅れた**ために、本格的な共同利用実験を始められなかったことによる。

表1に示すような長期計画では、2002年度の利用実験時間を1200時間に増加させる予定であるが、2001年度の実績を示すように、現状のスタッフ人員では不可能である。

平成14年度(2002年度)における**共同利用実験時間数を1200時間確保**するには、1日の利用実験時間を10時間に設定し、年間に**実験日数が120日を必要**とする。又、1日に10時間の利用実験時間を設定するには、加速器が安定になる迄の馴らし運転の3時間を含めて**13時間(8時半～21時半)の運転**となる。

一方、120日の実験日数は1週5日の運転では24週を必要し、4週/月として約半年となるが、しかし、平成14年度は不確定要素が多いために、最大限に努力しても、**自由電子レーザー**の利用実験が**7月～8月(5週)、12月～1月(5週)**、又、**パラメトリックX線**の利用実験が**9月～10月(5週)、2月～8月(4週)**の合計19週間が精一杯である。実質の実験時間は1000時間に満たない**950時間**と思われる。

る。表1に示す人員が確保できれば、2003年度に年間約1900時間のビーム加速することが可能である。そのためには、一日に14時間通電し10.7時間のビーム加速を行い、週に4日の利用実験を年間45週行うことになり、これは約9ヶ月に相当する。

この計画を実施するには、電子線利用研究施設における現在の勤務体系では対応出来ないことは明らかであり、大幅に変える必要がある。

表1 電子線利用研究施設に於ける年度別の運転実績・計画と人員計画

年 度	通電時間	通電日数	通 電 時 間 ／(日)	ビーム加速 (日数)	ビーム加速 (時間数)	人員数
1996	71	8	8.88	0		3+2+1
1997	559	61	9.16	13		3+3+1
1998	1617	159	10.16	40		3+3+1
1999	1245	127	9.89	39		3+3+1
2000	1551	136	11.41	44	294	3+3+1
2001	1346	123	13.00	85	529	2+3+1
2002	2000	153	13.00	156	1200	6+3+5+3
2003	2820	200	14.10	180	1920	7+2+7+3
2004	2820	200	14.10	180	1920	7+1+9+3

人員 赤:専任研究員数 青:兼任研究員数 紫:任期付兼任所員 緑:事務職員数

2.2 研究施設の利用状況

電子線利用研究施設は共同利用実験を開始していない。しかし、実験準備や予備実験は出来る状態にある。平成13年6月～平成14年5月における月別の利用日数と実験者数(大学院生を含む)を示すと表2の如くなる。

表2 電子線利用研究施設に於ける月別の利用状況

	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	合 計
日数	4	11	7	10	10	3	15	7	8	14	13	9	111
人数	12	16	14	17	12	6	29	13	11	23	50	22	225

2.3 平成14年度のスケジュール

平成14年度からビーム利用実験を開始するには、2つの放射線施設検査に合格、赤外線領域(0.8～5μm)の自由電子レーザー発振、パラメトリックX線の実用化テストに成功しなければならない。又、そのためには、更なる電子線形加速器の高度化を進め、自由電子レーザー発振を安定しなければならない。そのためには、平成14年度の電子線利用研究施設のスケジュールを表3に示す。

表3 平成14年度 電子線利用研究施設のスケジュール

月												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
加速器運転	~~~~~											
加速器整備	—————											
制御システム整備						———	———	———				
クライストロン・テスト		~~~~~										
高周波源安定化	=====											
自由電子レーザー実験	———	———	———									
PRX線基礎実験						———						
X線ビームライン								~~~~~				
レーザービームライン			~~~~~									
FEL利用実験				=====	=====				=====		=====	
PXR利用実験							=====	=====			=====	=====
施設利用研究実験	~~~~~											

又、本研究施設は大学共通研究施設の作業として、加速器は4項目を通年、光源は3項目を平成14年度の前期に実施する。

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1) 制御システムの整備、 | 5) 自由電子レーザー可変波長テスト |
| 2) 大電力クライストロンのテスト、 | 6) レーザービーム輸送テスト実験 |
| 3) 高周波電源変動の抑制、 | 7) PXRの実用化実験 |
| 4) 高周波位相の安定化、 | |
- 平成14年度の実験時間

3 電子線利用研究施設の性能仕様

3.1 加速器の性能

本研究施設の加速器では、クライストロンを極限状態で稼働させてはじめて目標値が達成できる。クライストロンの使用環境を向上させ、短パルス用クライストロンの長パルス化にするためのオーバー・スペック（過負荷）を満たす適用条件を探ることが重要であった。又、自由電子レーザーの発振条件を満たすには、電子ビームのエネルギー、ビーム電流、エネルギー分散、ビーム凝縮（バンチ）が目標値を越えられるかであった。又、レーザー発振に導くには、レーザーパラメーターを丹念に調整する必要があった。パルス毎の偏差を小さくするには電子ビームは超安定でなければならない。これらの目標値と現在状態を表4に示す。

表4 目標パラメーターと現在の達成値

項 目	目 標 値	最大達成値
ビームエネルギー (MeV)	125	110
ビーム電流 (mA)	200	220 ¹⁾
エネルギー分散 (±%)	0.5	1.0
ビームバンチ幅 (pS)	3.5	2~8
スリット以降のビーム透過率 (%)	100	100
繰り返し数 (Hz)	12.5	12.5
平均ビーム電流 (μA)	50	25
ビーム電力 (kW)	6.25	2.42
PFNパルス平坦度 (%)	0.1	0.2
パルス変動率 (1回/パルス数)	0	1/3000
クライストロン電力 (MW)	30	25 ²⁾
高周波電力負荷 (MW×μS×Hz)	30×20×12.5 ³⁾	21×21×12.5 ⁴⁾
位相安定性 (±度)	0.05 (7Hz)	1.0 ⁵⁾ (138Hz)
加速管冷却水温度 (摂氏)	30±0.1	30±0.2
クライストロン冷却水温度 (摂氏)	30±0.1	30±1

入射系:電子銃、プレバンチャー、バンチャー、4m加速管×3

- 1) 電子銃、プレバンチャー、バンチャー、4m加速管×3
- 2) 10μS×2Hz
- 3) クライストロン(PV-3040N)を想定
- 4) クライストロン(PV-3030A1)
- 5) ファンクションで強制補正、(約1度/20μS:138Hz)
補正なしの場合、(約10度/20μS:1.38kHz)

3.2 クライストロンの使用例

表5 クライストロン性能仕様

メーカー	三菱電機		三菱電機		東芝	
型 式	PV-3030A1		PV-3040N		E3729	
ヒーター電圧 V	20		20		100	
ヒーター電流 A	20		20		5	
動作周波数 MHz	2856		2856		2856	
全 長 mm	1317		1317		1903	
重 量 kg	75		75		300	
冷却水量 l/min	15		15		50	
高周波窓	1		1		2	
価 格	6,000 (千円)		9,500 (千円)		36,000 (千円)	
使用例	代表使用例	日大F E L	代表使用例	日大F E L	代表使用例	F E L 研
パルスビーム電圧 kV	260	252	290	260	378	284
パルスビーム電流 A	280	240	310	280	451	280
パルスビーム電力 MW	73	60	87	73	170	80
パルス出力 MW	30	22	40	32	71	24
パルス幅 μ S	2	21	5	22	5	22
繰り返し pps	50	12.5	50	12.5	50	10
平均出力 kW	3.0	5.8	10.0	8.8	14.2	5.3

3.3 自由電子レーザー

アンジュレーターのパラメータ

表4 アンジュレーターのパラメーター

項 目	単位	紫外線用	赤外線用
型 式		ハルバック	ハルバック
永久磁石材質		NdFeB	NdFeB
全長	mm	2400	2400
周期長	mm	24	48
周期数		100	50
K値		1.12	1.12
平均磁場	G	4800±15	2475±15
残留磁場	T	1.28	1.28
永久磁石寸法	W×H×D	40×35×6	80×35×12
ギャップ	mm	11~20	28~40
ビームパイプの内径	mm	7	25
自発放射光基本波長	μ m	0.3~1.28	0.9~5

4. 日本に於ける自由電子レーザー

名 称	電子線利用 研究施設	自由電子 レーザー 研究所	赤外自由電子 レーザー 研究センター	スカーレット	
主管機関	日本大学	株式会社	東京理科大学	原子力研究所	姫路工業大学
建設開始年月 発振年月 総事業費(億円) 建 物 (m ²)	1995年4月 2001年5月 8.2 ¹⁾ +14.19 ²⁾ 933+(1,304)	1991年3月 1994-1996 86.3 ³⁾ 4,013	1997年7月 2000年6月 9.0 ⁴⁾ +10 ⁵⁾ 593	1987年 1998年2月 30	
加速器 エネルギー(MeV) エネルギー拡がり ビームパルス幅 μs ビーム電流mA 平均ビーム電流 μA 繰り返し数 pps バンチシステム 加速管 クライストロン	電子線形加速器 125 0.5% 20 200 50 12.5 PB+B 4m×3本 30MW×2本	電子線形加速器 170 1% 24 200 1 10 SHB+PR+B 3m×7本 24MW×2本	電子線形加速器 35 2% 4 200 8 10 RFG 3m×1本 24MW×1本	超伝導加速器 16.4 0.5% 2000 100 4000 10 SHB+PR+B 3 m×2 本 *50kW	電子線形加速器 15 1.8 6 120 0.36 1 RFG 2m×1本
レーザー波長 μm アンジュレーター	5~0.35 2台	20~0.35 4台	16~5 1台	22.4 1台	13~180 1台

* : 平均電力

1) 日本大学 本部予算:8.3億円 (加速器:2.8億円、建屋:5.5億円)

2) 学術フロンティア:14.19億円

(研究装置:4.8億円、研究設備:1.04億円、建屋:5.0億円、研究費:3.35億円/5年)

3) 通産省+郵政省の所管(特別認可法人)基盤技術研究促進センター(7割出資)

民間企業(12社+1団体)(3割出資) 6年間:1991. 3~1997. 3

加速器:35億円、建屋:20億円、土地購入:10億円、運転経費:10億円、人件費:10億円

4) 東京理科大学:9億円(加速器:6.5億円、建屋:2.5億円)

5) 文部省科学研究費助成金(創成的基礎研究費):10億円/5年

5. 共同研究協定

5.1 高エネルギー加速器研究機構と共同研究

高エネルギー加速器研究機構とは、これまでに下記に示すような、共同研究を5年間に亘って続けてきた。これから、更に3項目に示すような内容で共同研究を続ける。

実施期間 平成8年4月1日から平成10年3月31日 2年間

研究題目 「大強度電子線形加速器の高輝度化と大出力短波長自由電子レーザーの開発研究」

研究目的 高輝度大電流ビーム電子銃を開発し、電子線形加速器による低エミッタンス大強度ビームの加速を行う。100MeV電子線形加速器の加速ビームを利用して、自由電子レーザーの基礎実験を重ね、紫外領域の自由電子レーザーに発展させ、さらに短波長の開発研究を進めて、200nmから100nm以下の真空紫外自由電子レーザーの発振と実用化をめざすことを目的とする。

研究内容 イ. 自由電子レーザー用高輝度大強度線形加速器の設計・製作
ロ. ビーム軌道の設計・製作
ハ. 光共振器システムの設計・製作
ニ. ウィグラーの設計・製作
ホ. 自由電子レーザーの計測システム
ヘ. 自由電子レーザーの基礎実験
ト. 真空紫外領域自由電子レーザーの開発研究

実施期間 平成10年4月1日から平成13年3月31日 3年間

研究題目 「大強度電子線形加速器の高輝度化と大出力短波長自由電子レーザーの開発研究」

研究目的 赤外線から真空紫外領域における大強度アンシュレーター放射光を高精度に計測する測定器の研究を行う。

研究内容 イ. 自由電子レーザー用高性能電子線形加速器の研究開発
ロ. 自己放出光・自己増幅過程におけるリミットに関する研究
ハ. 自由電子レーザー発振最適化に関する基礎研究
ニ. 真空紫外領域自由電子レーザーの研究開発

実施期間 平成13年4月1日から平成16年3月31日 3年間

研究題目 「電子線形加速器の高性能化と自己診断システムの開発研究、並びに、可変波長高輝度単色光源の高度利用に関する共同研究」

研究目的 電子線形加速器高度化は、最適な状態を継続する自動制御システムと故障時の迅速な復旧を目的とする故障診断システムの研究開発を行う。これは共通研究施設の加速器に共通する効率的な稼働に関する恒久的で且つ非常に重要な課題である。又、各種装置の稼働状態を常時自己診断

することによって、重故障を察知し予知できるようにするものである。可視光から紫外線領域の短波長自由電子レーザーを発振させるには、電子線形加速器に高度の高性能化が要求される。これを実現するため、安定に稼働するレーザー励起による高輝度低エミッタンス高周波電子銃の開発研究を行う。一方、この高輝度電子ビームと長尺アンジュレーターの特長を活かし、自発放射光自己増幅メカニズムの基礎研究、並びに、この高調波である真空紫外線領域のコヒーレント放射光に関する研究を行う。この放射光の実用化を視野に入れ、この光利用に関する光プロセス研究の新分野を開拓する。これまで研究開発してきたパラメトリックX線を基盤として、高エネルギー電子ビームの特長を活かした指向性の強い波長可変高輝度単色X線の実用化を目的とする線源の建設を進めている。この高輝度単色X線による金属結晶や高分子結晶構造の高精度分析に関する基礎研究、及び、高効率輸送システムの研究開発を行う。

- 研究内容
- イ. 自動制御システムと故障診断システム
 - ロ. 高周波電子銃の開発研究
 - ハ. 自発放射光自己増幅プロセスの研究
 - ニ. 真空紫外領域コヒーレント放射光の基礎研究
 - ホ. 結晶構造高次解析に関する研究
 - ヘ. X線の高効率輸送システムの研究開発

5.2 川崎重工業株式会社と共同研究

実施期間 平成9年12月25日から平成10年3月31日

研究題目 「短波長領域における大出力自由電子レーザー発振に関する開発研究」

研究目的 125MeV電子線形加速器の加速ビームを利用して、自由電子レーザーの基礎実験を重ね、紫外線領域における自由電子レーザーの大出力発振とレーザーの安定実用化をめざすことを目的とする。

- 研究内容
- イ. 電子ビームエネルギーの最適化
 - ロ. 電子ビーム特性と自由電子レーザー発振条件の追究
 - ハ. アンジュレーター放射光と自由電子レーザー波長分析に関する基礎
実験
 - ニ. 光共振器システムの最適パラメーターの追究

6. 研究会、その他

6.1 学術フロンティア推進研究会 学内外研究者

電子線利用研究施設の利用研究会

日時 平成12年3月16日(木) 10時00分～17時

場所 東京都千代田区九段下南4丁目8-24

日本大学会館(日大本部)7階 701室

- プログラム -

研究施設報告 10時00分～11時20分

電子線利用研究施設現状と計画研究 日本大学原子力研究所 佐藤 勇 (20分)

電子線形加速器の現状 同上 原子力研究所 田中俊成 (20分)

自由電子レーザーの改善 同上 原子力研究所 早川 建 (20分)

X線発生とその測定 同上 原子力研究所 早川恭史 (20分)

学術特別講演 11時35分～12時30分

多層薄膜ターゲットを用いた共鳴遷移放射によるX線発生実験 NTT通信エルギー研究所 山田浩治(30分)

無脊椎動物酸素結合タンパク質 日本大学医学部生物学 宍倉文夫 (25分)

- 構造、機能、進化と展望 -

利用研究1 13時45分～14時40分

自由電子レーザー放射光による 同上 理工学部電子工学科 山本 寛(20分)

スーパーダイヤモンドの合成

自由電子レーザーによる尿路結石 同上 医学部泌尿器科学 吉田利夫 (15分)

破碎に関する基礎研究

歯学領域におけるレーザー利用の現状 同上 歯学部 菊池久二 (20分)

- 歯科技工を中心に -

利用研究2 14時55分～16時15分

X線回折法を利用した生体血漿物質 同上 松戸歯学部 寒河江登志朗 (25分)

の極超微細検索

光による固体・クラスターの価数制御、 同上 文理学部 望月章介 (25分)

構造相転移-新しい光機能物質の探索-

利用会の発足 16時30分～16時50分

学術フロンティアと特定領域研究(B) 合同シンポジウム

場所: 日本大学理工学部(船橋校舎) 図書館小視聴覚室

日時: 2000年12月22日(金) 10時~17時10分

プログラム

学術フロンティア推進事業の進捗状況	佐藤 勇 (日大原研)
自由電子レーザーと高調波同期光源の開発	早川 建 (日大原研)
広帯域2連アンジュレーターの開発	田中俊成 (日大原研)
レーザー照射による骨形成促進炎症抑制作用の機序	安孫子宜光 (日大松戸歯)
ピコ秒ポンプ・プローブ法による高速光化学反応	佐藤 伸 (東大理)
回転コヒーレント分光法による様々な	奥山克彦 (日大工)
1:1 Van der Waals 錯体の構造決定	

特別講演

赤外自由電子レーザー施設FEL-SUTの現状と研究計画	黒田晴雄 (東京理科大)
パラメトリックX線の特性	早川恭史 (日大原研)
最近のヘモグロビン研究の成果と将来の研究計画	穴倉文夫 (日大医)
微小部X線回折法に期待する研究の数例	寒河江登志朗(日大松戸歯)
半導体素子に対する放射線照射効果	高橋芳浩 (日大理工)
ダイヤモンドアンビルセルを用いた	高橋博樹 (日大文理)
高圧XANES測定-物質科学への応用	

特別講演

ポストゲノム時代の放射光X線構造生物学	若槻壮市 (KEK)
放射線業務に対する緒注意	佐藤和男 (日大原研)

- 自由討論 -

6.3 共同研究の成果発表

高エネルギー加速器研究機構とは、これまでに平成8年4月1日から平成13年3月31日 までの過去5年間に亘って共同研究を続けてきた。これから、更に、3年間の共同研究を続けるが、外部有識者による評価を受けるため高エネルギー加速器研究機構で過去5年間の共同研究の成果発表を行うことになった。

日時: 2001年 7月13日 15時~17時

場所: 高エネルギー加速器研究機構

演 題	講 演 者	時 間
1) 自由電子レーザーの発振	佐藤 勇	50分
2) パラメトリックX線の実用化	早川 恭史	40分
3) 加速ビームの安定化	横山 和枝	30分

講演趣旨

1) 日本大学における自由電子レーザーは、これまでの自由電子レーザー用電子線形加速器に特有な高周波電子銃、サブ・ハーモニックバンチャー、超伝導空洞等を用いないで発振に至った世界最初の特異なケースです。

今年の3月始めに日本大学でFELと大電力光放射の国際シンポジウムを開催したとき、ジェファソン研究所のベソン博士を招いて特別講演をしていただきましたが、その時、日大の自由電子レーザーを視察し意見交換して帰国されました。5月にレーザー発振を知らせると、彼は日本大学の自由電子レーザーは発振が大変難しいとの結論であり、改善案を検討して日大に提案するつもりであった。現在はレーザーが何故発振できたかの理由を世界中に知らせたいとのコメントでした。

事実、日本国内で自由電子レーザーに精通して居られる方々のなかには、日大の加速器事情に詳しい人もおられ、日大の自由電子レーザーは常識はずれた計画であり、レーザー発振は不可能に近いとのご意見を拝聴したこともありました。中にはレーザー発振は絶対しないと切り切った方もおられました。詰まり、サブ・ハーモニック・バンチャーや高周波電子銃を用いない限り、尖頭ビーム電流とエミッタンスが要求を満たさず、利得が小さいために可視光領域の自由電子レーザー発振は絶対無理という理屈でした。私は、これらとちがった見解をもっていました。ここでは、詳しく述べませんが、日大の自由電子レーザーは何故発振できたかについて、詳しくご報告したいと思っています。

今度の自由電子レーザー発振実験では、初めて発振した日のレーザー強度は光空洞共振器に蓄積される光の強度の約3千倍、2回目のテストでは、約10万倍、6月に入り、3回目のテストでは約1億倍になりましたが、未だ、飽和状態が確認されていません。最近、共同利用研究を視野に入れて、加速ビームの安定性の向上に努力しております。

2) パラメトリックX線ですが、これはシリコンの単結晶を高品質の電子ビームで照射したとき電子ビームにより原子がデフォーミングして分極しますが、分極が緩和するとき、電子ビームの入射角に対して、ある特定な方向にX線を放射しますが、各原子から放射されるこのX線が特定な原子配列で干渉し強度を強めると同時に、その位相と単色性が強調されます。従って、単結晶を回転させると、X線の放出角度と放射エネルギーが変わり、そのX線をもう1つのシリコンの単結晶でブラック反射させて、 γ 線と分離して取り出します。このX線発生装置は製作が完了し、自由電子レーザー用の高品質で長パルスの電子ビームを使い7月には実用化を目的とした基礎実験を行い、その結果を報告する。

3) 日大の自由電子レーザーにとって加速ビームの安定性は、最も重要なテーマでした。その理由は、自由電子レーザーシステムが電子線形加速器のビームラインに対して90度偏向していることです。特に、可視光用自由電子レーザーは波長が短いために利得が小さく(利得は波長の4乗分の1と電子エネルギーの3乗分の1の積に比例)、従って、電子ビームのパルス持続時間を長くする必要性から、クライストロンの出力高周波電力も長パルスになります。短パルス・クライストロンの長パルス化には成功したのですが90度偏向された加速ビームのパルスは、クライストロンの前段増幅器(半導体)の位相がシフトするために、広がらなかった。又、出力高周波電力がパルス毎に変動し、加速ビームの安定性が欠如した。これらの原因追及は将に広い砂漠の中で水を探し求めるようなものであった。何が原因で、どのようにして克服したかについて報告する。

6.4 自由電子レーザー&大電力放射光のトピカル研究会

(準国際シンポジウム) 日本大学原子力研究所電子線利用研究施設

開催日時 平成13年3月8日(木)～9日(金) 10時～16時

開催場所 日本大学理工学部船橋校舎13号館1325教室

講演プログラム

3月8日(木)

- I. 開催の挨拶 (10:00) 佐藤 勇 (日大・原研)
- II. 現状報告・将来計画 (10:10～12:00)
- 10:10～10:30 日本大学電子線利用研究施設の現状 佐藤 勇 (日大・原研)
- 10:30～10:45 中赤外FEL装置の現状 小田史彦 (川崎重工)
- 10:45～11:00 線形電子加速器LEENAの現状と将来計画 井上隆博 (姫工大・高度研)
- 11:00～11:15 休憩
- 11:15～11:30 NIJI-IV自由電子レーザーにおける
紫外域発振の現状 山田家和勝 (電総研)
- 11:30～12:00 自由電子レーザーの技術開発と応用の進展 峰原英介 (原 研)
- 12:00～13:30 休憩(昼食) [世話人会]
- III. FEL (13:30～16:05)
- 13:30～14:00 オンダストロームX線自由電子レーザー計画 北村英男 (理 研)
- 14:00～14:15 蓄積リングNIJI-IVの赤外FEL用挿入光源 清 紀弘 (電総研)
- 14:15～14:30 遷移放射によるPrebunched FELの研究 柴田行男 (東北大・科研)
- 14:30～14:45 休憩
- 14:45～15:05 日大赤外FEL 早川 建 (日大・原研)
- 15:05～15:20 FEL-SUTにおけるFEL導光システム
とその性能評価 能丸圭司 (東京理大・総合研)
- 15:20～15:35 遠赤外からサブミリ波領域で
のSASEスペクトルと高調波発生 加藤龍好 (阪大・産研)
- 15:35～15:50 Resonance wavelength shift in
single-pass FELs by self-fields Dong zhiwei
(京大・エネルギー理工研)
- 15:50～16:05 Saturation in an FEL oscillator at
perfect synchronism N.Nishimori (原 研)

施設見学 (16:20)

懇親会 (17:30) 13号館食堂

3月9日(金)

IV. 加速器・制御 (9:30～10:55)

- 9:30～9:45 UVSOR-FELにおける同期フィードバック システムの開発とpump & prove実験への応用 江田茂 (分子研・UVSOR)

9:45～10:00	阪大産研Lバンド電子ライナック の安定性の研究	小西敏文 (阪大・産研)
10:00～10:10	休憩	
10:10～10:25	高周波電子銃におけるback- bombardment現象の定量的評価	山口智彦 (京大・エネルギー理工研)
10:25～10:55	RFガン製作及びRFガン試験計画	浦川順治 (KEK)
10:55～11:10	休憩	
V. X線放射 (11:10～11:55)		
11:10～11:30	日大パラメトリックX線発生装置の概要	早川恭史 (日大・原研)
11:30～11:55	世界最小電子蓄積リングへのビーム 入射と高輝度X線発生	山田廣成(立命館・理工)
11:55～13:30	休憩(昼食)	
VI. 特別講演(13:30～14:30)		
	Lessons learned from high power lasing at Jefferson Lab	S. Benson(Jefferson Lab)
14:30～14:45	休憩	
VII.利用研究(14:45～15:30)		
14:45～15:00	高強度電子ビームの制御とサブミリ-ミリ 波コヒーレント放射光源による吸収分光	奥田修一 (阪大・産研)
15:00～15:15	自由電子レーザーによる尿路結石破碎 に関する基礎的研究	吉田利夫 (日大・医)
15:15～15:30	Laser in Dentistry	勝呂 尚 (日大・歯)