

## OPERATION STATUS OF LNS ACCELERATOR AND DEVELOPMENT

Masayuki Kawai, Fujio Hinode, Akira Kurihara, Shigenobu Takahashi, Yoshinobu Shibasaki, Kenich Nanbu, Toshiya Mutou, Takumi Tanaka, Kittipong Kasamsook, Kazushi Akiyama, Mafuyu Yasuda, Hiroyuki Hama  
Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University 1-2-1 Mikamine, Taihaku-ku, Sendai 982-0826, Japan

### Abstract

Laboratory of Nuclear Science (LNS), Tohoku University has been started since 1967. At present, everybody can presume it should be very difficult task to maintain the old linac, and it would be hard to replace most of devices with new ones. However, the operation condition in FY2006 was drastically changed due to various improvements. There fore the total operation time of the linac and Stretcher Booster ring (STB ring) was up to 4,000 hours. New developments have been started. A test of a low emittance DC electron gun has been started. An experimental production of sub-ps pulse thermionic RF gun has been tested as cold test. And a higher harmonics cavity has been stored in to the STB ring for stabilization for electron beam. And also a novel coherent light source project at THz wavelength region has been developing. Operation status of the accelerator complex and the recent developments in FY2006 at LNS will be reported.

## 東北大学核理研の電子加速器運転および開発研究の現状

### 1. はじめに

核理研ライナックは建設から40年を経て現在に至っている。また1.2GeVのストレッチャーブースター(STB)リングについても既に建設から10年を越え、さまざまなトラブルを抱えながらビームの供給を続けている。ここ数年、これまでスタッフが行ってきた地道な保守作業の努力が実り始め、加速器は極めて順調に稼動している。<sup>[1,2]</sup> 2006年度は加速器の大きな故障もなくビーム供給が行われてきた。この様な状況下は新しい加速器技術の開発研究に意欲を沸かせ、幾つかの開発研究を活発化させる重要な切掛けとなった。

現在行なわれている開発研究の一つ低エミッタンスDC電子銃についてはほぼ基本性能が達成され現在エミッタンスの測定準備に入った。短パルスRF電子銃については試作試験段階に入った。また高調波空洞を用いたSTBリングのビーム不安定性の抑制についても実験的に実証された。マイクロバンチの形状因子を保存したままSASEモードでのFEL発振を目指すアイソクロナスリングの概念設計も行なわれている。本報告では、2006年度の核理研加速器のビーム供給の状況と加速器関連の開発研究の現状について報告する。

### 2. 加速器の運転状況

東北大核理研の300MeVリナックは1967年の完成以来大きな改造や性能向上なしに、主に原子核物理を研究分野として40年間稼動して来ている。2006年度の年間ビーム供給実績は前年度の4,000

時間を上回る延べ4,500時間にも及んだ。図1. に2006年度の各運転モードにおける月別統計が示されている。この様な長時間運転を可能にしたのは、スタッフの努力が実り深刻な故障に見舞われることもなく多くのシフトで連続24時間運転が可能となったためである。

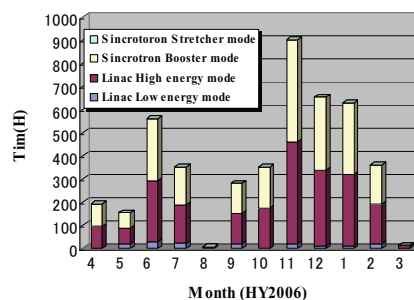


図1. 2006年度加速器運転時間統計

加速器については、古くからの規格のため交換部品の入手が困難になりつつある。このため電子銃、サイクロトロン等は新規格のものに交換できるように改善を進めている。

### 3. 研究開発の現状

#### 3.1 低エミッタンスDC電子銃

開設以来リニアックの重要要素機器の一つと



図2. 低エミッタンス電子銃とダブルスリット型エミッタンスモニター

して、使用されてきた電子銃は、その形式の古さから、予備品の供給が難しくなっている。現状では、完全な予備品がなく、カソード単体の予備や、古い電子銃本体などを組み合わせて動かし続けるしか方法がない状態である。

しかし、この状況下で核理研独自の低エミッタンス電子銃の開発をおこなっている。<sup>[3]</sup> この電子銃は低電圧ながら3MV/m以上の強電界による加速、及び大電流密度 (>50A/cm<sup>2</sup>) を得るために単結晶LaB<sub>6</sub>カソードを用いている。このためカソードの大きさを1.75φまで小さくすることができ低エミッタンス化が図られると期待されている。またカソードとビーム形成電極との間に、1 kV程度のバイアス電圧を印加することで、エミッタンスの増大を抑制することも試みられている。

現在50kV、400mA以上の目標性能を達成している。さらにスリットをもちいたビームサイズ測定、およびエミッタンス測定をおこなっている。図2. に開発中の低エミッタンス電子銃とエミッタンスモニターを示す。シミュレーションによれば本電子銃の規格化エミッタンスはおおよそ 0.1 π mm mrad という結果が予測されている。早急なエミッタンス測定結果との比較が求められている。

本開発は実用機の開発を目指すものであり、安定化、長寿命などの解決されなければならない多くの課題も残されている。

### 3.2 RF 電子銃とバンチ圧縮ビームライン

高輝度コヒーレントテラヘルツ放射光源の開発研究を推進している。計画では、入射器で約100 fs (rms) という超短バンチビームを生成することが鍵となっている。またビームの規格化rmsエミッタンスは2 π mm mrad 以下を目標値にしている。放射光源の平均出力パワーを大きくするためにマルチバンチ運転を基本としている。以上のようなビームを生成するために、独立した2セルの加速

空洞を持つ熱陰極RF電子銃 (Independently Tunable Cells : ITC) RF gunとバンチ圧縮率の制御が可能なTriple-Bend Achromat (TBA) ラティスの磁気バンチ圧縮器と組み合わせる方法を考えている。図3.にITC-RF gunと磁気バンチ圧縮器の配置図を示す。また、図4.にコールド試験中のITC-RFgunの写真を示す。

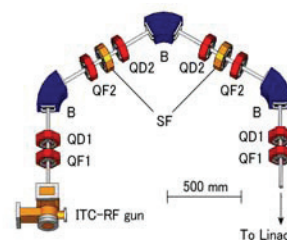


図3. 超短バンチ生成用入射器のビームライン



図4. コールド試験中のITC-RF gun

ITC-RF gunと磁気バンチ圧縮器の動作点を最適化することで、バンチ長が約40 fs (RMS)となるビームトラッキングシミュレーション結果が得られている。<sup>[4]</sup> 現在、電子銃内のビームトラッキングシミュレーション、磁気バンチ圧縮器によるバンチ圧縮のシミュレーション、また製作したプロトタイプ電子銃の基本特性の評価を行っている。

### 3.3 ハーモニックキャビテイ

STBリングについてはビームダイナミクスの研究のため1.5GHzの高調波空洞の導入を進めてきた。この空洞は単空洞ピルボックス型であり、チューナーとピックアップアンテナを設けている。第一段階としては受動的動作による電場と電子ビームダイナミクスについて研究する。図5.にSTBリングの直線部に設置された高調波空洞を示す。

2005年度までにキャビテイのコールド試験を終了、2006年中間にSTBリングへの実装を完了した。

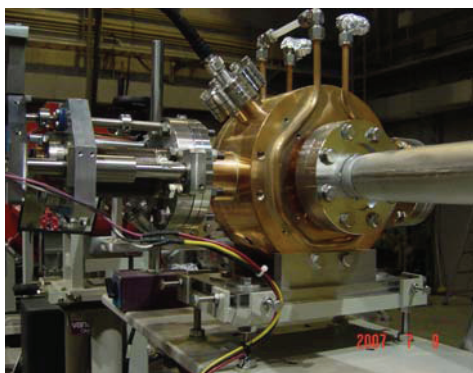


図5. STB-ringに設置された高調波空洞

2006年度後半にはビーム試験がおこなわれ、特定のチューニングアングルにおいて、**coupled-bunch instability** に由来するシンクロトロン振動を完全に抑制することができた。<sup>[5]</sup> 今後は、さらにモデル解析結果と現象との対応を明らかにしてゆく。

### 3.4 将来計画 (アイソクロナスリング)

3.2で述べた超短バンチの電子ビーム発生のための一つに、特に近年注目を集めているTHz領域の自発コヒーレント光 (Coherent Synchrotron Radiation: CSR)源を目指す将来計画が構想下にある。更にこのマイクロバンチの形状因子を保存したままSASEモードでのFEL発振を目指すアイソクロナスリングの概念検討をおこなってきた。<sup>[6]</sup> 図6. に東北大学核理研加速器の現状と計画中のアイソクロナスリングの設置予想図を示す。

一般的なリングは一度偏向部で強い放射をおこなうと、このCSRにより自ら電子バンチの分布を乱す。この問題を解決しようとするものがアイソ

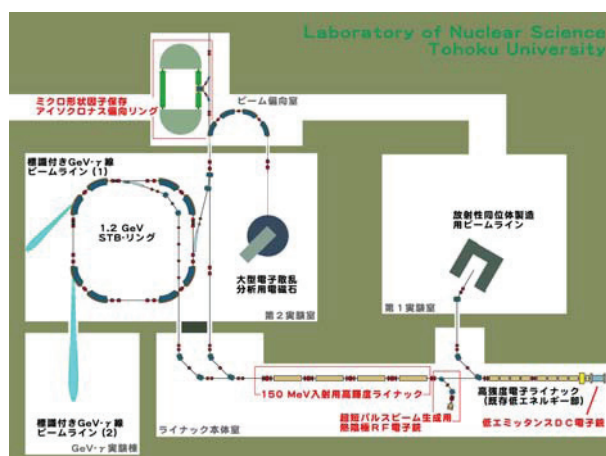


図6. 東北大学核理研加速器の現状と計画中のアイソクロナスリングの設置予想図

クロナスリングである。この考え方は、リングー

周で積分した運動量収縮因子 (momentum compaction factor) がゼロである、従来の考え方のアイソクロナス (等時性) ではなく、機能複合電磁石を用いた、エネルギー分散がアークのどの場所においても殆どゼロであるような無分散リングである。現在THz領域での放射を目指して形状因子を保存することを目標に概念検討を行っている。

## 4. まとめ

2006年度、加速器は極めて順調にビームを供給した。これと平行して行われている低エミッタンス電子銃、短バンチRF電子銃の開発研究の現状について述べた。またビーム安定化のためSTBリングに設置した高調波空洞の試験結果についても述べた。さらに東北大学核理研の将来計画としてのコヒーレントTHz光源について述べた。

## 謝辞

低エミッタンスDC電子銃の開発の一部はKEKからの“大学等連携支援事業“の援助によって行なわれている。

## 参考文献

- [1] H. Hama, M. Kawai, F. Hinode, A. Kurihara, S. Takahashi, Y. Shibasaki, T. Tanaka, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Ann. Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (July 20-22, 2005 Tosu Japan), p19-21.
- [2] M. Kawai, F. Hinode, A. Kurihara, S. Takahashi, Y. Shibasaki, K. Nanbu, T. Mutou, T. Tanaka, K. Kasamsoonk, K. Akiyama, M. Yasuda, H. Hama Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Ann. Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (August 2-4, 2006 Sendai Japan), p284-286.
- [3] K. Kasamsoonk, M. Kawai, F. Hinode, K. Nanbu, T. Mutou, T. Tanaka, K. Akiyama, M. Yasuda, H. Hama Proc of 28<sup>th</sup> FEL 2006, Berlin Germany (2006).
- [4] T. Tanaka, F. Hinode, M. Kawai, A. Miyamoto, K. Shinto, H. Hama, "Simulation Study of a Thermionic RF Gun for High Brightness and Short Pulse Beam", Proc. PAC2005, Knoxville, TN, USA (2005) pp3499 - 3501
- [5] F. Hinode, K. Akiyama, H. Hama, M. Kawai, K. Kasamsoonk, A. Kurihara, T. Muto, K. Nanbu, Y. Shibasaki, S. Takahashi, T. Tanaka, M. Yasuda Proceedings of APAC 2007, Indore, India (2007)
- [6] H. Hama, H. Tanaka, N. Kumagai, M. Kawai, F. Hionde, T. Muto, K. Nanbu, T. Tanaka, K. kasamsoonk, K. Akiyama and M. Yasuda New Journal of Physics 8(2006)292