

[30 a - 5]

**CURRENT STATUS OF THE SUBPICOSECOND LINACS  
AT NERL OF UNIV. OF TOKYO**

Uesaka, M., Watanabe, T., Takeshita, A., Kinoshita, K. and Ueda, T.

Nuclear Engineering Research Laboratory (NERL),  
University of Tokyo

2-22 Shirakata-Shirane, Tokai, Naka, Ibaraki 319-11, Japan

**Abstract**

The current status of the subpicosecond linacs at NERL of Univ. of Tokyo is presented. We have achieved the synchronization of the subpicosecond electron single bunch with the  $T^3$  laser within the picosecond time resolution. We are carrying out the laser wakefield acceleration under the collaboration with KEK and JAERI-Kansai. We are to achieve it until this autumn. We are also performing the generation of femtosecond X-rays pulses via the characteristic emission from metals and the Thomson scattering and measurement by the X-ray streak camera directly. We are going to apply them to the pulse-snapshot method to visualize lattice vibration of ionic crystals in 3D computer graphics.

Then, we plan to introduce the laser-photocathode-type RF gun and chicane-type magnetic pulse compressor at the second linac (18L) in order to obtain a high quality hundreds femtosecond electrom single bunch. The femtosecond bunch is used to improve the quality of the experiments such as the measurement of the longitudinal laser wakefield view. The detailed design and tests for the 100fs 10kA X-band linac for the Femtosecond Ultrafast Phenomena Research proposed here is also under way.

**東大工原施サブピコ秒ライナックの現状**

**1、序**

東大工原施サブピコ秒ライナックでは現在高エネ研（小方、中島、中西ら）、原研関西研（谷、小滝、神門ら）と共同でレーザー航跡場加速の実験を実施中である。6月にそのために必要なサブピコ秒電子シングルバンチと100フェムト秒 $T^3$ レーザーとのピコ秒レベルでの同期に成功した。今秋にもレーザー航跡場加速の実証に入る。また、フェムト秒X線の発生・利用の研究も実施中で、近々サブピコ秒特性放射X線のX線ストリークカメラによる計測を予定している。また、要求中フェムト秒高速量子現象研究設備のための設計研究も進行しており、100fs, 10kA Xバンドライナックの設計も詳細設計の段階に入った。上記研究はSLAC, SSRL, Univ. of Texas LBL, BNLからも技術協力を得ながら実施中である。

**2、前年度までの研究実績レビュー**

東大工原施では、過去の結果をまとめ、今後の新たな研究展開を期すため、平成7年度に外部評価を実施した。その際使用したライナックに関する研究実績レビューを図1に示す。

年度	経緯
昭和49年度 (1974)	ライナック装置の設計・製作 ↑ 建屋建設
昭和50年度 (1975)	
昭和51年度 (1976)	世界初の10ピコ秒電子ビームの生成に成功 ↑ ピコ秒発光測定
昭和52年度 (1977)	
昭和53年度 (1978)	共同利用実験開始 ↑ 原子力学会技術賞受賞
昭和54年度 (1979)	
昭和55年度 (1980)	ナノ秒吸収測定
昭和56年度 (1981)	
昭和57年度 (1982)	バリウム含浸型高輝度電子銃を日本で初めて実証 ↑ サブナノ秒吸収測定
昭和58年度 (1983)	
昭和59年度 (1984)	ツインライナック原理実証 ↑ ツイン方式によるピコ秒吸収測定
昭和60年度 (1985)	
昭和61年度 (1986)	自由電子レーザー実験 ↑ ライナック性能向上試験開始
昭和62年度 (1987)	
昭和63年度 (1988)	ツインライナックシステムの誕生
平成元年度 (1989)	
平成2年度 (1990)	プラズマ航跡場加速実験開始 ↑ 世界初プラズマレンズ成功
平成3年度 (1991)	
平成4年度 (1992)	自由電子レーザー発振 ↑ サブピコ秒電子シングルバンチ発生と計測 ↑ プラズマ加速実証 ↑ レーザー航跡場加速実験開始 ↑ サブナノ秒光放出CT
平成5年度 (1993)	
平成6年度 (1994)	
平成7年度 (1995)	
平成7年度 (1995)	

図1、東大工原施電子ライナック実績

### 3、レーザー航跡場加速

本研究は当ライナックにおいて、平成8年度の最重要テーマである。体系を図2に示す。すでに平成8年6月サブピコ秒電子シングルバンチと $T^3$ 100フェムト秒レーザーとのピコ秒レベルでの同期に成功した[1,2]。現在時間ジッター1ps(半値幅)以内を達成すべく新安定期回路を製作中である。今秋にも実証される予定である。

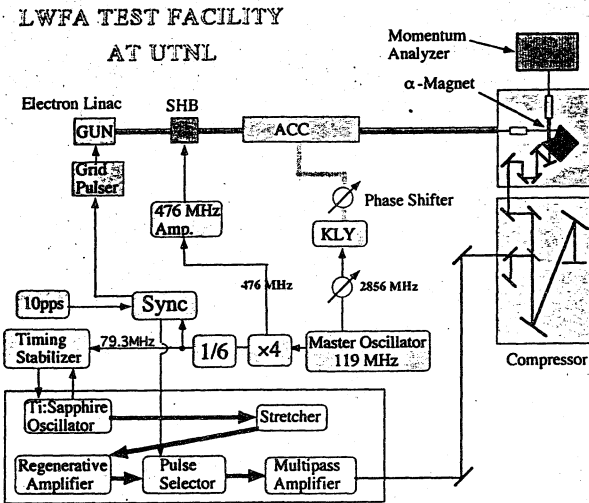


図2、レーザー航跡場加速実験体系

### 4、フェムト秒X線発生・計測・利用

サブピコ秒マイクロ(ビームサイズ $\phi 30 \mu\text{m}$ (半値幅))電子シングルバンチを生成し、 $30 \mu\text{m}$ 銅箔に照射することにより、サブピコ秒特性X線( $K\alpha$ : 8.0keV)を発生させることができる。また、電子バンチと $T^3$ 100fsレーザーとのトムソン散乱により、指向性に優れたフェムト秒X線パルスの発生も予定している。パルス波形はX線ストリークカメラ(時間分解能 $\sim 1\text{ps}$ ,原研関西研所有)により測定、評価する。更にそれらのフェムト秒 $T^3$ レーザーとフェムト秒X線パルスをパルス・スナッチショット法[3]に適用することによって、まずはイオン単結晶の格子振動の3次元動画像化を目指す。

フェムト秒電子をWターゲットに照射すれば極短中性子パルスも発生できる。また、フェムト秒レーザーを金属に照射し、高速アブレーションを起こさせ、電場をかけてやれば、レーザーフォトカソード電子銃のアナログで、極短イオンパルス発生が可能になる。このような極短かつ同期のとれた電子、レーザー、X線、中性子、イオンパルスを適当に2つ選択使用すれば、従来静的分析方

法がすべて動的分析方法に変身できることになる。この考案の最大の利点は、各種放射線検出器など分析装置はすべてDCの動作でよいことである。時間分解能は極短量子ビーム源同志の同期で担うわけである。

### 5、サブナノ秒光放出による高速発光現象の3D動画像化

ライナック電子ビーム誘起高速発光現象の3次元動画像化については、すでにサブナノ秒光放出コンピュータモグラフィ(CT)によって、図3のような水中のチェレンコフ光分布や固体シンチレータ内発光分布のサブナノ秒時間分解能の3次元動画像化に成功している[4]。

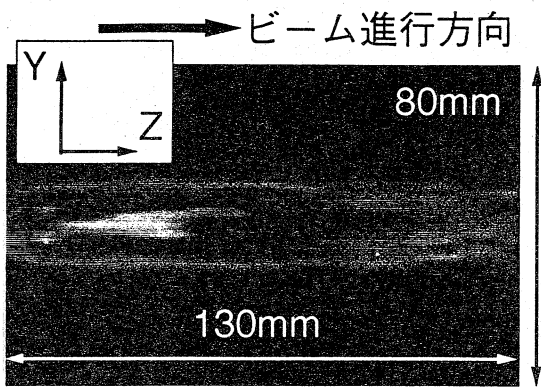
### 6、フェムト秒高速量子現象研究設備計画の中のXバンドフェムト秒ライナック

同計画[5]の中心的装置である100フェムト秒1kA XバンドライナックをPARMELA, SUPERFISH解析レベルで最適設計を行なった[6, 7, 8]。ここではピーク電流値をかせぐため、実績のある150keV熱電子銃使用を前提としている。短距離ウェーク場のシングルバンチへの影響は、MAFIAや我々研究グループ独自開発中の3次元境界要素解析コードで検討中である。また、その実験的検証も計画している。さらにMAFIAによる3次元磁気パルス圧縮解析も行う。

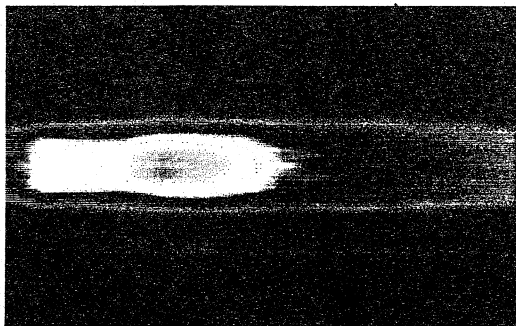
### 7、ツインライナック18L改造計画

18LラインにレーザーフォトカソードRF電子銃とシケイン型磁気パルス圧縮を導入し、700fsを切る高輝度フェムト秒電子シングルバンチ発生・利用を計画中である。この電子シングルバンチを同期・遅延させてレーザー航跡場が立っているプラズマ中に打ち込みエネルギー分析すれば、その進行方向電場成分が直接測定できることになる。

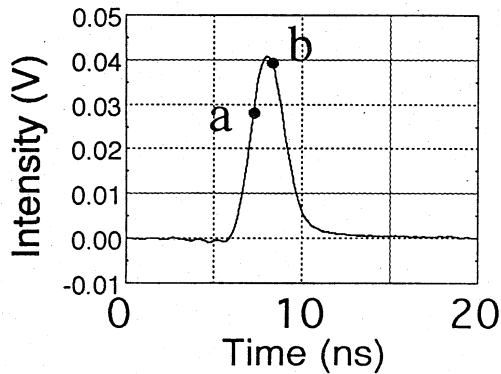
また、100フェムト秒 $T^3$ レーザーも20フェムト秒に発展させる計画である。この場合、電子・レーザートムソン散乱によるX線パルスのパルス幅はさらに短縮されることとなる。計画体系図を図4に示す。



(a)  $t = 7.3\text{ns}$



(b)  $t = 8.3\text{ns}$



投影データの時間変化

図3、サブナノ秒光放出CTによる水中の電子ビーム誘起チェレンコフ光分布の動画画像

### 8、まとめ

高エネ研、原研関西研との共同研究によるレーザー航跡場加速、フェムト秒X線発生、計画利用が順調に進行している。パルススナップ法によるイオン単結晶の格子振動の3次元動画画像化も実現に向かっている。また、東大工原施ライナックの計画であるフェムト秒高速量子現象研究設備実現

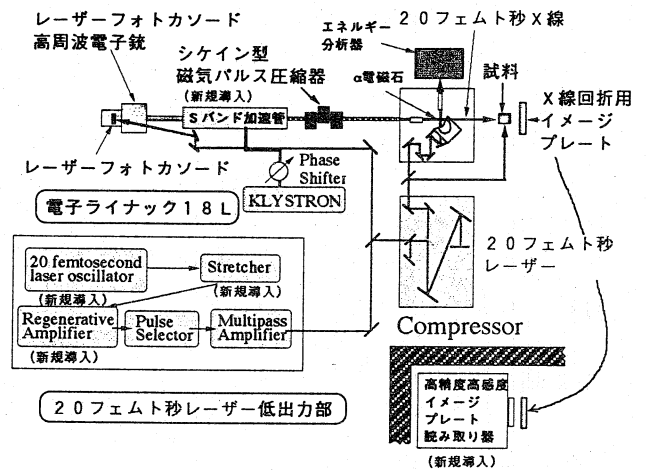


図4、 ツインライナック18Lの改造計画

のためのXバンドフェムト秒ライナック等の設計研究も進歩をみている。今後も、上記協力体制で、フェムト秒量子ビーム科学技術の発展に寄与できる、より多くの画期的結果を達成できるよう、“チャレンジ”していくことを考えている。

### 謝辞

Xバンドライナックおよびライナック・レーザー同期に関する高エネ研 高田耕治、水野 元、肥後寿泰、小林 仁、浦野隆夫 各先生、および阪大産研 古澤孝弘氏の研究協力に感謝いたします。

### 参考文献

- [1]K.Nakajima, T.Kozawa, M.Uesaka et al., Proc.of the 5th European Particle Accelerator Conf., Bcelona (SPAIN) (1996).
- [2] 渡部貴宏ら、本Proc.掲載
- [3] M.Uesaka, T.Watanabe et al, submitted to NIM.
- [4]M.Uesaka, M.Aida, T.Kozawa et al., submitted to JJAP.
- [5]M.Uesaka et al., Proc. of the 20th Linear Accelerator Meeting in Japan, Osaka (1995), pp.121-123.
- [6]竹下 明ら、本Proc.掲載
- [7]M.Uesaka, T.Kozawa, A.Takeshita et al., Proc. of Recent Progress in Acceleration Beam Application (1996), Takasaki (JAPAN).
- [8]A.Takeshita, M.Uesaka et al., submitted to NIM.