

# EQUALIZATION OF BEAM ENERGY ON TRANSIENT STATE IN LINAC

I. SATO, K. NAKAHARA, A. ENOMOTO, S. ANAMI, T. SHIDARA, I. ABE, K. TAKEDA

NATIONAL LABORATORY FOR HIGH ENERGY PHYSICS

Y. TORIZUKA, M. OYAMADA

LABORATORY OF NUCLEAR SCIENCE, TOHOKU UNIVERSITY

## Abstract

An accelerator guide of the linac has a filling time of several hundred nanoseconds. Under a condition of the transient state, energy of an accelerated electron is higher at the head of pulse beam than the later part.

The wide energy spectrum was made narrower with a method of RF power timing delay. Then the pulse width corresponding to the filling time also contributes to uniform beam energy. This paper discusses the details of the method and the experimental results.

## § 1 はじめに

マイクロ波電力流が定常状態にある進行波型加速管に、電子ビームの負荷が発生すると、加速管の充填時間に相当する過渡状態が生ずる。この状態では、先頭電子の加速エネルギーは、加速管に蓄積されている電磁エネルギーの励起電場で加速されるので高いが、後続の電子の加速エネルギーは、加速管の蓄積エネルギーの減少に伴って低くなって行く。従って、電子ビームのエネルギーは時間の経過と共に低くなって行く。この関係式は定電界型加速管の場合、加速管内の電磁場をラプラス変換する事に依って求められ、 $t < 2TQ/w$  の条件、つまり過渡状態では、次の如く与えられる。<sup>1)</sup>

$$E_a(t) = \{ [1 - \exp(-2T)] r P_0 L \}^{1/2} \quad (1)$$

$$E_i(t) = I r L (w/2Q) [t - \{t - (Q/w)\} \{1 - \exp(-wt/Q)\}] / [1 - \exp(-2T)] \quad (2)$$

$$V_g(L)/V_g(0) = \exp(-2T) \quad (3)$$

ここで、(1) はビーム負荷の無い時の加速管のエネルギー利得であり、(2) はビーム電流  $I$  の負荷によるエネルギー損失である。(3) は加速管の入口と出口の群速度の比を表わしている。又、 $r, L, Q, w$  は、シャントインピーダンス、加速管の長さ、 $Q$  値、角周波数である。電子ビームの加速エネルギーは(1) と(2) の和となる。

大型リニアックは、多数の加速管で構成されるので、クライストロンから加速管に供給される多数のパルス電力のうちの一部を遅延させる事に依って、過渡時のビームエネルギーの変化量を縮小させる事が出来る。この方法は、昨年のリニアック研究会で東北大学の核理研グループによって提案された。<sup>2)</sup>

これは、また、東北大学の鳥塚氏に依って提案されている、電子ビームを1台の直線加速器で何回も加速させる方法、つまり、リサキュレーションによる直線加速器のエネルギー増強を、成功させる1つのキポイントである。

ここでは、これ等の提案を実証する実験を、PF入射器で行ったので、その結果について報告する。

## § 2 実験方法

実験は図1に示めされているように、入射器の第4セクターに設置されている4個の

加速ユニット4-5, 4-6, 4-7, 4-8のクライストロン電源のトリガーパルスを遅延させながら、電子ビームエネルギーを、その都度、ビームスイッチャードに設置されている、分析電磁石で測定した。

トリガーパルスの遅延は、50 MHzのデジタル遅延回路で約20 nSのステップで変える事が出来る。

電子ビームのエネルギーの分析は、分析電磁石の励磁電流を変えながら、ビームラインの下流にあるビーム電流モニターで、その分布を測定した。

分析電磁石は5°の偏向角を有し偏向距離が625 mmの場所で、スリット幅を3.50 mmにした。この時の分析系の運動量分解能は約0.56%であり、この測定には充分でないが、手軽に使える唯一の高エネルギーの分析器なので使用した。

### §3 測定結果

PF入射器の平常運転に於いて、パルス幅の広い電子ビームの加速は、ビームのエネルギーを補正する処置をして無い。従って、ビーム負荷の過渡時に生じる加速ビームのエネルギー拡がりは、そのまま現われる。入射器に於けるこのエネルギーの拡がりは、ビーム電流1 mA当り約2.7 MeVであり、この値は、測定値とよく合っている。

図2は、通常の運転でビーム電流を約54 mA加速した時の電子ビームのエネルギースペクトルを測定した結果を表わしたものである。

図3は、第4セクター後半のクライストロン電源のトリガーパルスを遅延させた時の電子ビームのパルス幅が広がる様子を表わしたものである。

図4は、トリガーパルスを980ナノ秒遅延して測定した時の電子ビームのエネルギースペクトルを表わしたものである。

### §4 問題点の指摘とその対策

測定中のビームパルス幅は、パルス毎に変動し不安定であった。この原因には、トリガーパルスの時間揺ぎ、サイクロトンの点火時刻揺ぎ、等が考えられるので、これをどの程度安定に出来るかであるが、第4セクターのクライストロン電源(8台)のトリガーを一齐に遅延させたことによる方法の悪さもあると思われる。この場合の時間揺ぎ20ナノ秒は、1%のエネルギー揺ぎに相当している。

一方、図5に示されている様にビームパルスの先頭の部分の凸凹は、セクター以外のセクターに於いて受けた過渡状態の加速によるエネルギー差を第4セクターで補正していない事を意味する。これは、第4セクターの各電源に送るトリガーの遅延時間に差をつけて、エネルギー利得の時間微分に合うように調整すれば良い。

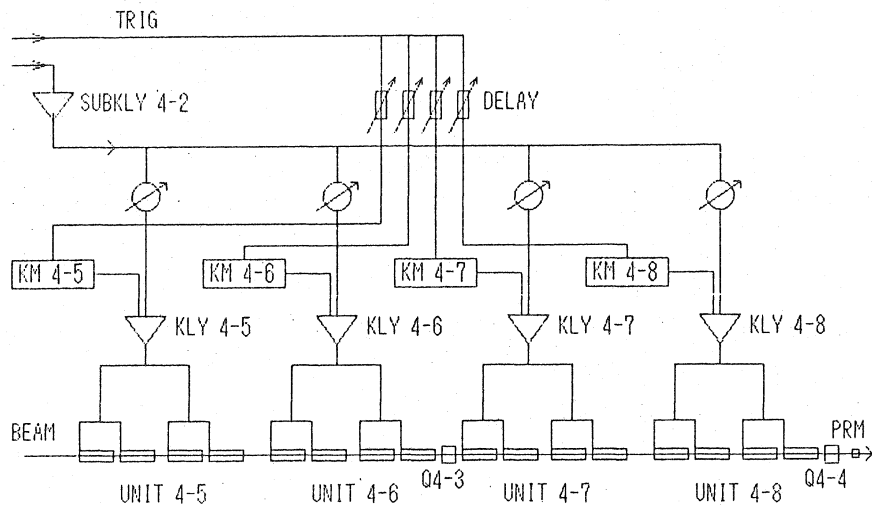


図1 第4セクターの後半部の加速ユニット配置図

図2 通常の運転に於ける電子  
ビームのエネルギースペクトル  
左斜軸はエネルギー (GeV)  
右斜軸はビームパルス幅  
で (ナノ秒)。

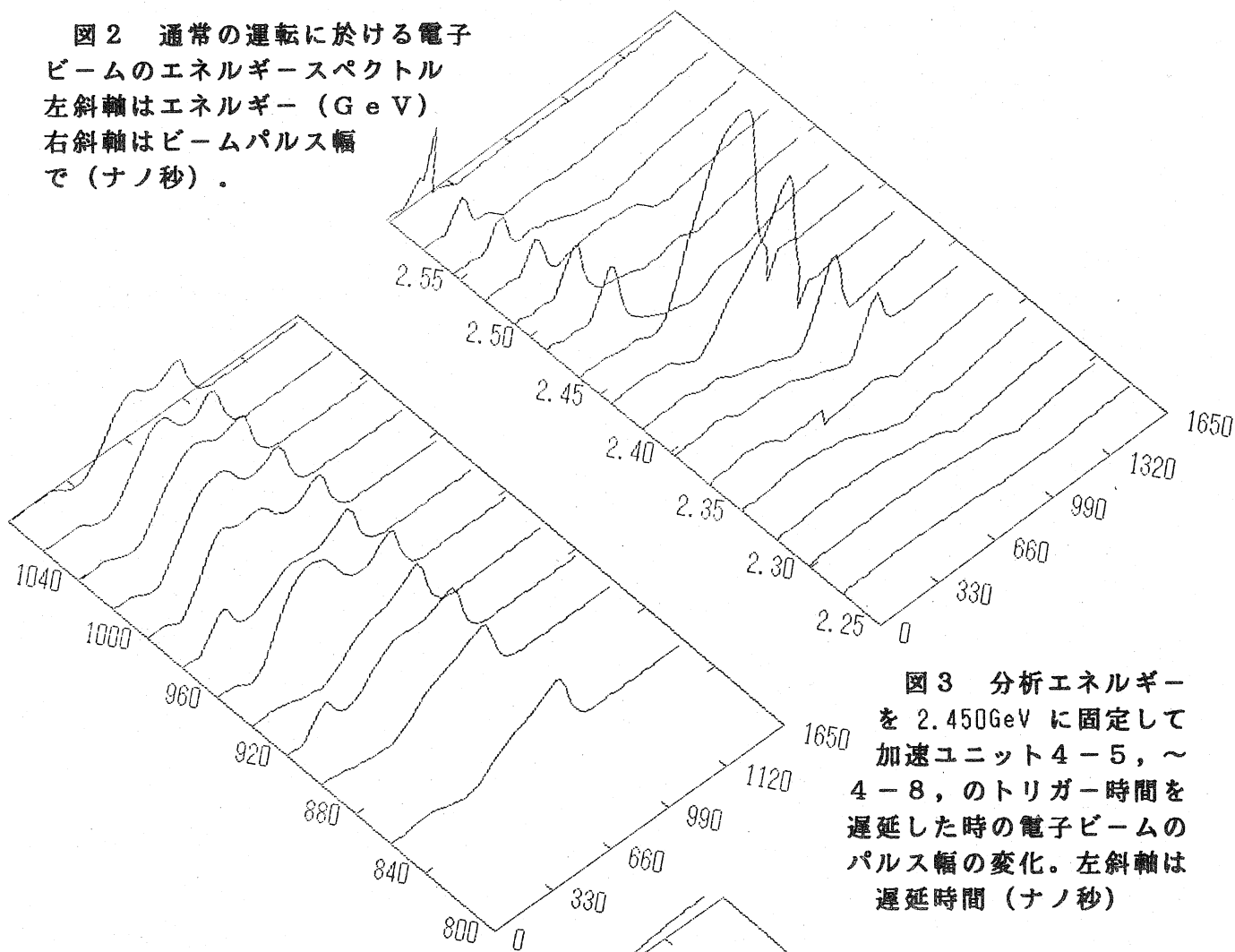


図3 分析エネルギー  
を 2.450GeV に固定して  
加速ユニット4-5, ~  
4-8, のトリガー時間を  
遅延した時の電子ビームの  
パルス幅の変化。左斜軸は  
遅延時間 (ナノ秒)

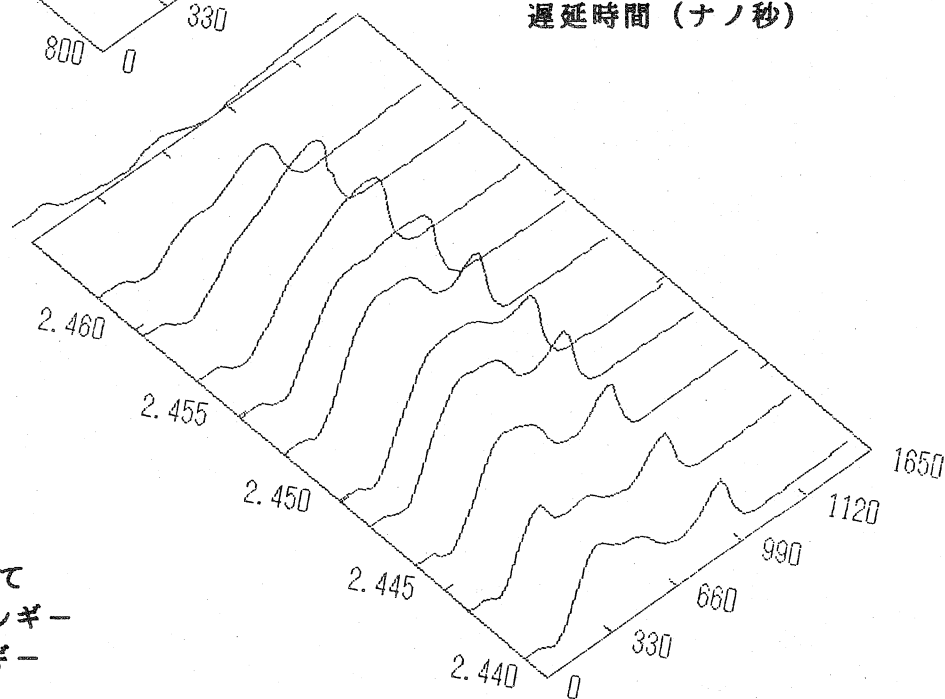


図4 トリガーの遅延  
時間を 980 ナノ秒に固定して  
測定した電子ビームのエネルギー  
スペクトル左斜軸はエネルギー  
単位は (GeV)

- 1) I. SATO, : P123-125 KEK 82-14 Jan (1983)
- 2) M. OYAMADA, Y. TORIZUKA : PROCEEDING OF THE 8TH MEETING ON LINEAR ACC. P90-94