

III-1 WIDE BAND WALL CURRENT MONITOR FOR PROTON LINAC

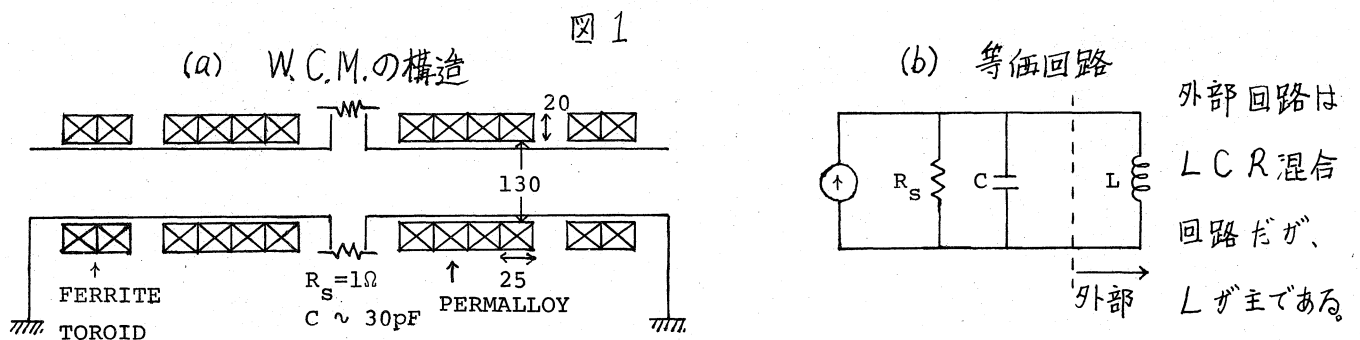
Hidetoshi Nakagawa, Hajime Ishimaru, Shinkichi Shibata  
National Laboratory for High Energy Physics

Abstract

A wall current monitor ( W.C.M. ) was used to observe the detailed structure of beam bunching at the transport line from Linac to Booster synchrotron at KEK. The W.C.M. is capable of observing the  $5\mu\text{s}$  chopped beam and its fine time structure. The comparison of the RF component with the DC one in the beam shows the degree of debunching of the beam. It is shown that how the amplitude of RF component varies with the power of the debuncher. The particle number accelerated by the Booster becomes smaller as the power decreases. The behavior of the RF component is also observed as a function of the phase of the debuncher. The phase is varied in an interval  $-44^\circ \sim +38^\circ$  from the normal operating point. The time structure of the bunch shows a peculiar behavior as the phase varies. No remarkable change of the beam intensity in the Booster is observed when the phase is varied.

1) 壁電流モニタ (W.C.M.) の特性

W.C.M.は ビームにより誘導された ダクト内面を流れるイメージ電流をギャップの静電容量 $C$ と抵抗 $R_s$ により 電圧に変換する。また このギャップは ビームダクトと様々な機器、アースを通して外側で繋がっており、等価回路に対し このループのインダクタンス $L$ が並列に接続され 図1 (b)の様な回路となる。



$$\tau_H = R_S C \ll \tau \ll L/R_S = \tau_L \quad \text{--- (1)}$$

$\tau$ : 目的とする信号の時定数

図1(a)の様に ビームダクトに対し フェライト トロイドと パーマロイのテープで作られたリングを入れ  $L$ を大きくした。 $\tau_H$ は計算上  $\tau_L$ は測定より 次の様になる。

$$\tau_H = 30 \text{ ps} \quad \tau_L \sim 70 \mu\text{s}$$

同軸ケーブルによる減衰が 200MHz で  $\sim 10\text{dB}$ あり、補正アンプにより 200MHzの減衰を 3~4dB にしている。高域特性は これにより決っている。図2(a~c)。

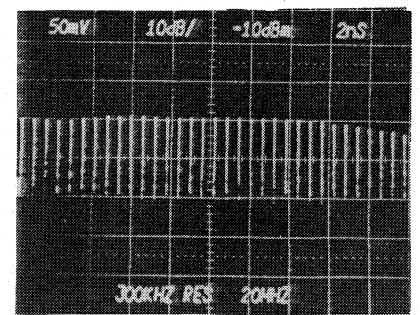
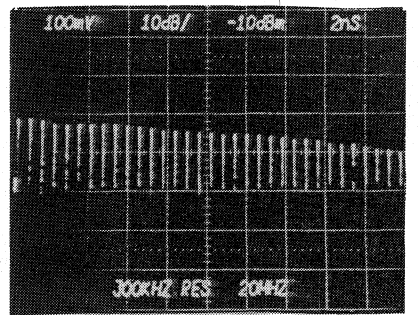
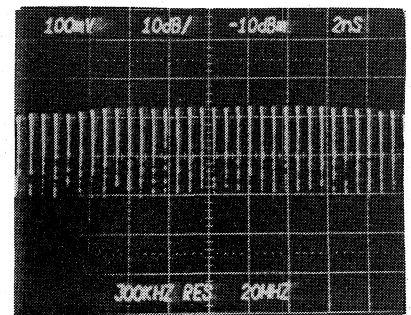
(1)式の範囲の $\tau$ では 感度は抵抗 $R_S$ によって決まり  $1V/A$ である。 $Linac$ の出力電流 100mAに対して W.C.M.の出力は 100mV得られる。ただし 200MHzにおいて 3~4dBの減衰があるため 信号強度は  $2/3$ 程度になっている。図3に 典型的な加速時の様子の 5 $\mu\text{s}$ のパルスと 200MHz成分を示しておく。

図2 伝送系の テスト ( 10 dB/div. 20 MHz/div. )

(a)

(b)

(c)

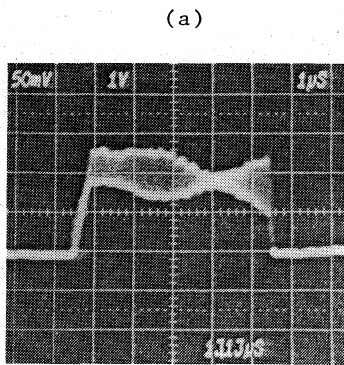


入力信号

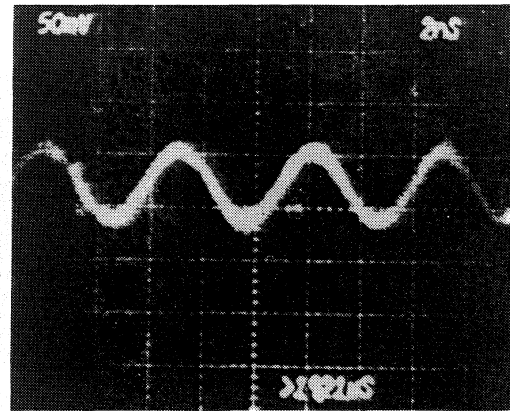
同軸ケーブルを通した時

同軸ケーブルと補正アンプを通した時

図3



ビーム全体 1 μs/div.

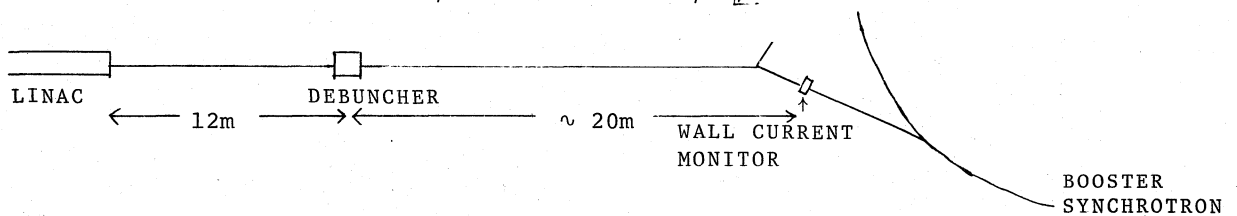


200MHz成分 2 ns/div.

2) デバンチャーの パワーを変える。

デバンチャーの効果を観測するために デバンチャーのパワーを下げてみた。図4に示す様に W.C.M.は Linacの下流 約32mの所にあり、デバンチャーのパワーがOFFの時、20MeVのビームで エネルギーが 3%程度広がっていると モニタの所ではバンチは見えなくなる。(Appendix) デバンチャーが完全に働いている時は エネルギー巾が減少し、ビームがバンチを保ったままモニタを通過するため 200MHz成分が観測される。

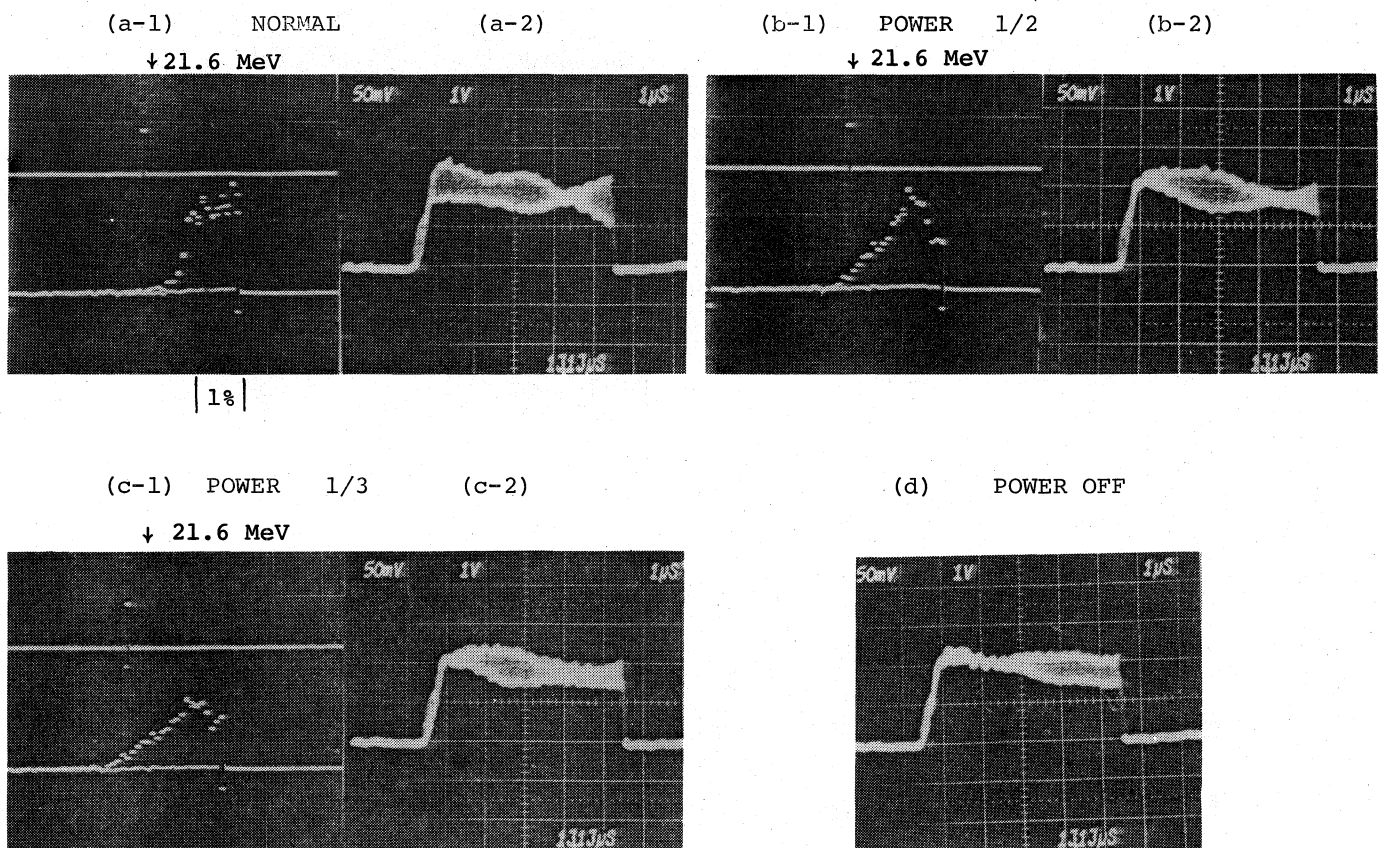
図4 W.C.M.の位置



バンチの デバンチャーの位置における広りを推測すると  $\sim 12^\circ$  となる。<sup>1) 2)</sup> デバンチャーの下流では エネルギー巾が  $\pm 0.3\%$  とすると、W.C.M.の位置におけるバンチの広りは 約  $180^\circ$  であり モニタの出力には 200MHzで ほとんど 100%変調された波形が現われる。今回の実験では デバンチャー ONで エネルギー巾  $\sim 1\%$ 、OFFで  $\sim 3\%$  であり 図5の様になる。

デバンチャーのパワーが下るほど エネルギー巾は広がり、高周波成分は減少する。定性的には デバンチャーと W.C.M.も共に 正常に働いている。エネルギー スペクト

図5 デバンチャーのパワーを変えた時 (TIME 1  $\mu$ s/div.)



ルだけを見ると単純に1~2%広がっている様に見える。しかしエネルギー中心位置の変動とエネルギー巾の変動の事も考えねばならない。それらが時間により高周波成分が変動する原因となっていると思われる。パワーを変えるとビームの高周波成分の時間的構造が変化するのはデバンチャーのビームローディングではないかと思われるが、確定ではない。

またデバンチャーのパワーを下げた時 Boosterで加速される粒子数も  $5 \cdot 10^{11}$  から  $3 \cdot 10^{11}$  へと減少した。

### 3) デバンチャーの位相を変える。

デバンチャーの位相を変える事により、エネルギースペクトルの平均値とその幅が変る。バンチの中心が位相0で入るとエネルギーの中心値は変らずエネルギー巾の収束性が最も良くなるが過収束となる。位相が $\pm 90^\circ$ 以上で入った粒子は逆に発散する。デバンチャーに入る時ビームはすでに $\sim 120^\circ$ に広がっているため、 $\pm 30^\circ$ 以上

の位相変化で エネルギーの収束性は 急激に悪化する。

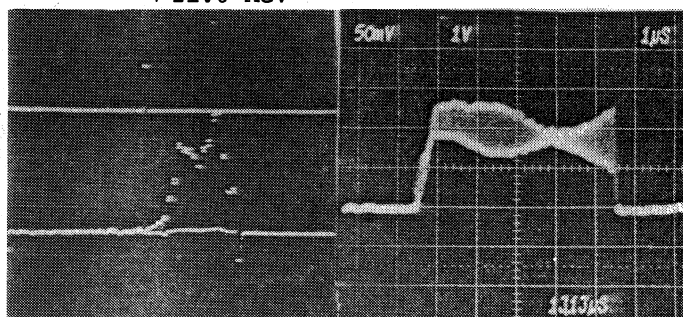
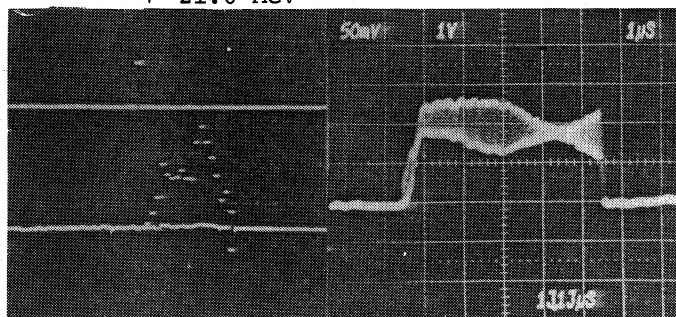
実験では デバンチャーの位相を 通常の運転時の位相に対して (ビームに対し ほとんど)  $-44^\circ$  から  $+38^\circ$  まで変化させた。図 6 の様に 一時的に バンチの存在しない時間帯があり、それが位相の変化に合わせて動く。ビームのエネルギーレベルも変動する。しかし Booster で加速される粒子数は  $4.8 \sim 5.1 \cdot 10^{11}$  ppp で デバンチャーのパワーを変えた時ほど 大きな変化はなかった。

図 6 デバンチャーの位相を変える。 ( TIME 1  $\mu$ s/div. )

( a-1 ) PHASE  $+38^\circ$   
+ 21.6 MeV

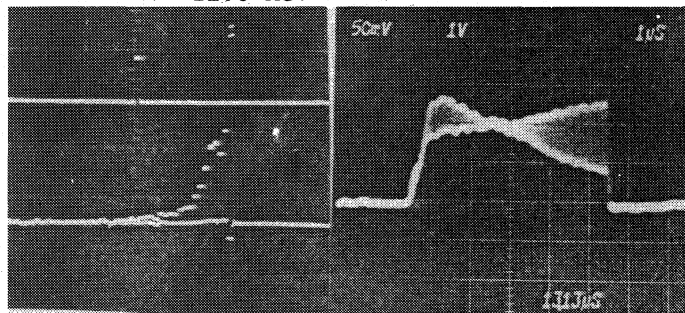
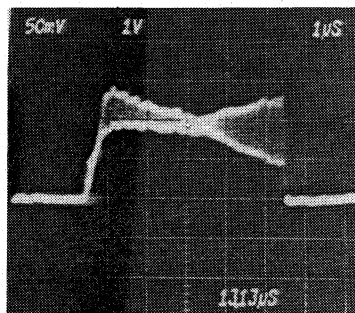
( a-2 )

( b-1 ) PHASE  $+26^\circ$  ( b-2 )  
+ 21.6 MeV

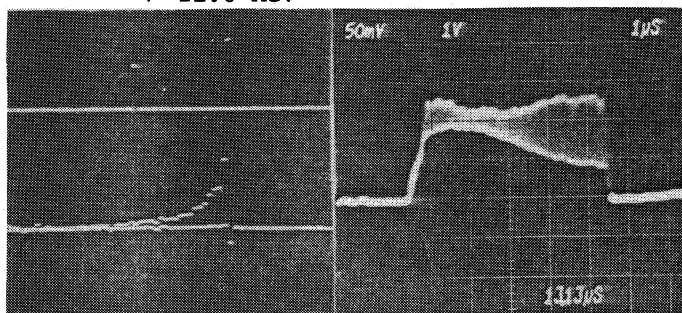


PHASE  $-10^\circ$  ( c )

( d-1 ) PHASE  $-24^\circ$  ( d-2 )  
+ 21.6 MeV



( e-1 ) PHASE  $-44^\circ$  ( e-2 )  
+ 21.6 MeV



高周波成分の時間的変動は、次の様な原因が合せたものと思われる。

- 1) 加速タンクの ビームローディングによる エネルギーと位相の変動。
- 2) デバンチャーの ビームローディングによる 位相の変動。

#### 4) 次の計画

- 1) バンチ波形を正確に観測するため 低損失の同軸ケーブルを使用し、500MHz~1GHzまで観測できる様にする。
- 2) Linacを出た直後 および デバンチャーの直前にW.C.M.を入れ、現在あるW.C.M.と3台で比較し、デバンチャーの位相を変えた時におこる現象を解明する。
- 3) 同時に、加速器ノック、デバンチャーのキャビティ内のRFの位相も観測し解析のためのデータをとる。

#### 5) Appendix

ビームの飛行時間 $t$ は 次の様にして計算される。

$$t = L / (\beta \cdot 3 \cdot 10^8) \quad \text{--- (A-1)}$$

$$\beta = \sqrt{1 - (M / (M + T))^2} \quad \text{--- (A-2)}$$

L: 飛行距離 (m)    M: 陽子質量 (MeV)    T: 運動エネルギー (MeV)

たとえば 21.6 MeVの陽子が 32m飛行するのに 505.6 ns, 20.2 MeVでは 499.0 ns要する。この差は 6.6 nsで 200MHzは周期5nsだから バンチは360°以上回っていることになる。

#### 謝辞

デバンチャーの操作を行っていただいた 馬場助教授に感謝の意を表します。

#### Reference

- 1) 田中 治郎                      KEK-77-20    January 1978    P.16  
'Lecture notes on the physics and technology of the KEK proton synchrotron'
- 2) M. Washio et al  
'The 2nd symposium on accelerator science and technology '  
March 23-25 1978    P.107