

広島大学原医研 35 MeV リニア, アクセラレータの単パルス照射について

広島大学原爆放射能医学研究所 竹下 健児, 安徳 重敏, 砂屋敷 忠
竹岡 清二, 加藤 和司

緒 言

当研究所のリニアックは, 昭和 44 年に設置され, その後 7 年間, 医学, 生物学分野の研究に加え, 理工学の研究にも利用されてきた。この装置は, 原爆のシュミレーターとして, 瞬間被爆による放射線の生物に及ぼす影響の研究および, 癌に対する高エネルギー放射線治療に利用することを目的として設置された。その他中性子の発生, 放射化分析等の研究を行うことも念頭において設計されている。

装置の概要

本装置は NEC - Varian 社製 (NELAC - 4030) で, 周波数 2856 MHz のマイクロ波を用いた進行波型の線型加速器である。加速管で所定のエネルギーに加速されたビームは, 第 1 偏向マグネットで 57 度, 第 2 偏向マグネットで 90 度偏向されてガントリーの回転中心に向けて放射されるが, それぞれの偏向部で直進するビームを取り出すことも可能である。ガントリー内部には, 電子線加速器部分ならびにビーム制御部分が収納され, ガントリー全体が 360 度回転し, どの位置にも固定することができる。装置のブロック, ダイアグラムを附図 1 に示す。

先に述べた様に研究には大線量率を必要とし, 治療には, 数百ラド/分程度の線量率が望ましいため, 「研究モード」と「治療モード」の 2 つに使用基準が分けられている。いずれのモードでも電子線, X 線の発生が可能である。

「研究モード」における電子ビームの最高エネルギーは 39 MeV で最低 5 MeV であり, この範囲で連続可変である。標準作動は, 25 MeV で, パルス巾 3.3 μ sec, パルス繰返し, 15, 60, 120 pps の 3 段階, ビーム尖頭電流値 340 mA, 平均電流値 100 μ A である。

「治療モード」では, 動作条件の設定はすべてプログラミングされており, 自動制御される。X 線は 8 MV で「研究モード」と同一条件となっている。電子線は 5 MeV から 5 MeV 間隔で 30 MeV まで 6 段階のエネルギーで, 出力を低下させるために電子銃に供給する電圧を下げ, 連続に電子を加速管内に放出させ, 治療線量の領域まで電子ビームを下げ, 安定した出力によりマイクロ波にて加速される。本装置の性能を附表 1 に要約する。

単パルス電子線の発生機構

近時, 単パルスを用いた放射線化学反応の初期過程の研究および生物作用の研究がさかんに行なわれるようになり, 本研究所でも生物照射におよぼす影響の研究が行なわれようとしている。今回報告するものは, 本来連続照射機能しか有していないものを簡単な改造を行い, 単パルスを発生させ

るようにしたものである。

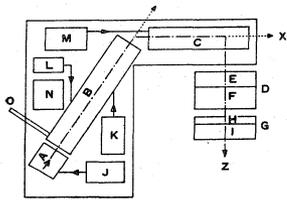
用いた方法は、電子銃に送られるパルスにより、マイクロ波を停止させる方法である。まずマイクロ波を加速管に供給する。この時、電子銃も作動しているが、両者の位相をずらせておき、ビームの加速がない状態にしておく、この様にしておくと連続照射と同様になり、加速管内の温度が安定し、立ち上り、パルスの特性は良くなる。数十秒後にマイクロ波と電子銃の位相を一致させるために附加したスイッチを作動させて、電子の加速を開始する。同時に電子銃のパルス数を計数器にて計測し、一定の計数値にて Trigger 信号を出させてマイクロ波を停止させる方法を用いた。改造した部分は、位相変換用スイッチおよび計数器の附加を行った。附図 2 に示す。

パルスビームの監視には照射物の前面にスター結線した抵抗体を置き、この信号を心電計にて記録した。得られたパルスを附図 3 に示す。

実際に生物照射において 5 0 回単パルス照射したうち、2 パルスが 2 回あったが、ビームの安定性および単パルス発生の再現性において充分とは云えないまでも、単パルス電子線の利用が可能となった。パルス当りの線量を附表 2 に示す。

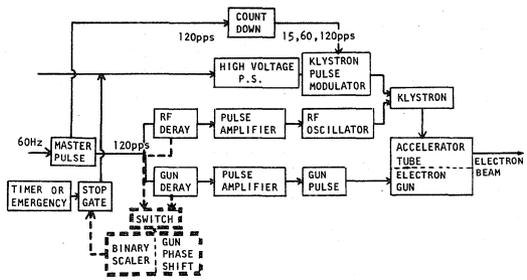
今後の課題として、パルスの立ち上りが一定でない点、マイクロ波停止の遅れによる 2 パルス等の問題があり、今後補足的回路を附加することにより、精度が向上するものと思われる。

附図 1

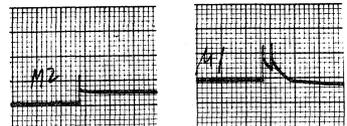


Block diagram of gantry system: (A) Electron injection system, (B) Accelerator wave guide, (C) Achromatic bending system, (D) X-ray head, (E) X-ray and electron ionization chamber, (F) X-ray jaw system, (G) Electron applicator, (H) Electron symmetry monitor ionization split-chamber, (I) Cone guide, (J) Electron gun modulator, (K) Power supply of accelerator wave guide focus coil, (L) Energy servo amplifier, (M) Bending magnet power supply, (N) Gantry rotation motor driver and (O) RF power input

附図 2



附図 3



附表 1

General performance of the NEC-Varian linear accelerator

X-rays	Research mode		Therapy mode
	Energy (MV)	25*, 6-39	8*
Pulse repetition rate (pps)	15, 60, 120	15, 60, 120	
Beam spot size (mm)	4 x 4 (25 MV)	4 x 2	
Max. dose rate (rad/min/m)	14500 (25 MV)	250	
Gantry position	180° fixed	0-360°	
Field (cm) at the isocenter	—	0-27 x 30	
Electrons	Research mode		Therapy mode
	Energy (MeV)	5-39	5*, 10*, 15*, 20*, 25*, 30*
Pulse repetition rate (pps)	15, 60, 120	15	
Beam power (kW)	2.25 (25 MeV)	—	
Dose rate (rad/min/m)	4.5 x 10*** (25 MeV, 15 pps)	0-300	
Gantry position	180° fixed	0-360°	

* Set up by programming
 ** Measured by Fe²⁺-Cu²⁺ chemical dosimeter at beam center

附表 2

Radiation out-put of single-pulse electrons
 Focus-dosimeter distance: 100 cm, Energy: 30 MeV

Scatterer (mm Al)	Dose per pulse (rad)	Dose rate (rad/min)
0	5190 ± 200	9.44 x 10 ¹⁰
2	831 ± 70	1.51 x 10 ¹⁰
10	130 ± 9.4	2.36 x 10 ⁹