

T.Hattori
 Research Laboratory for Nuclear Reactors,
 Tokyo Institute of Technology

Abstract

A light-heavy ion linear accelerator system was proposed for high-power particle science. It consists of a RFQ type linac and an IHQ type linac. The linac system was designed to accelerate particles with charge to mass ratio of 1 - 1/3 up to 7.5 MeV/u.

高出力粒子応用研究計画

陽子，重陽子から炭素，窒素程度の軽重イオンを大強度で核子当り7.5 MeVまで加速する多目的粒子加速装置を中心に高出力粒子応用研究を強力に行なうものである。

図1に加速粒子応用研究を構成する学問分野を示す。この内ちで高出力粒子応用研究が計画している研究分野である。

高出力粒子加速器は軽イオンで25 mA，軽重イオンで1 mAまでを加速可能である。既存の加速器のビーム強度ではイオンビームの利用，分析的利用，原子核反応利用等の研究のみが主に行われていたが，高出力粒子加速装置からの大強度ビームにより初めてイオンエネルギー利用の研究が始まったと言え，図1に示す様に伝熱工学，安全工学等の限界，極限条件下の現象研究が可能となった。また材料制御，物性値制御が出来るほどの高速大強度イオン注入により新物質の合成等新しい物質科学の分野が生れることく，宇宙科学，医学・生命科学，核融合，原子力等を包含した広大な新しい研究分野が高出力粒子応用研究である。

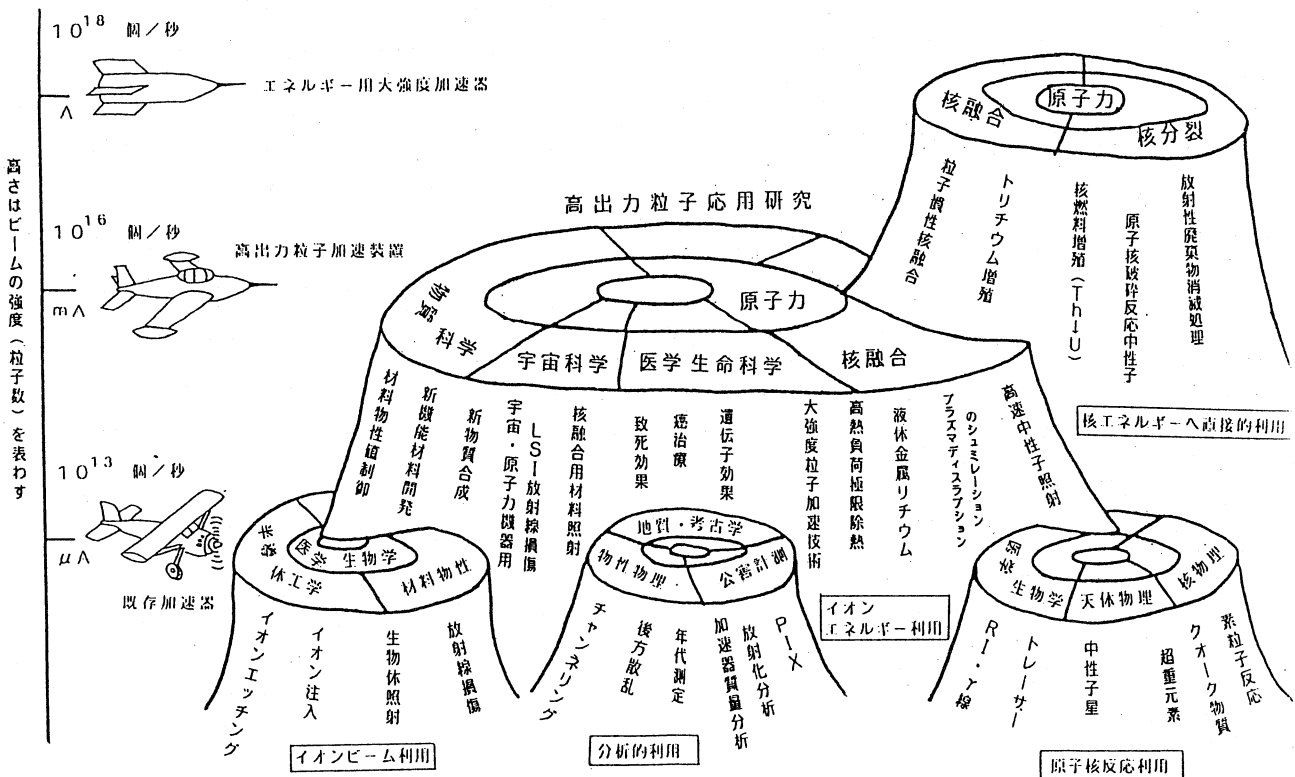


図-1 『加速粒子応用研究を構成する学問分野』

高出力粒子加速器システム

粒子加速システムは2台のイオン源を備えた、初段はRFQ型、後段はIH型またはIHQ型線型加速器で陽子、重陽子、ヘリウム・・・炭素、窒素程度までを核子当り7.5 MeVまで大強度で加速する。イオン源は陽子、重陽子等大強度用としてカスプ・フィールド型イオン源を、炭素、窒素等軽重イオン用としてPIG型イオン源の2種類を装備している。現在開発されているECR（電子サイクロトロン共鳴）型イオン源を設置すれば、鉄、ニッケル、ヒ素程度までの重イオンを加速できるであろう。

イオン源から引出されたイオンは入射され、初段のRFQ（高周波四重極）型線型加速器により核子当り1 MeVまで加速される。それ以後を東工大で実用機を完成させたIH（インターデジタル・H）型線型加速器またわ、東工大と東大核研との共同研究で完成しつつある高性能のIHQ（IH型とRFQ型を組合わせた「インターデジタル・H四重極」）型線型加速器で核子当り7.5 MeVまで加速する。そしてIHQ型は粒子の収束を高周波四重極的に行なうため、約50～100個にのぼる粒子収束用の四重極電磁石、電磁石電源及び冷却システム等を必要とせず、製作及び運転コストを引下げることが可能である。

線型加速器デザイン

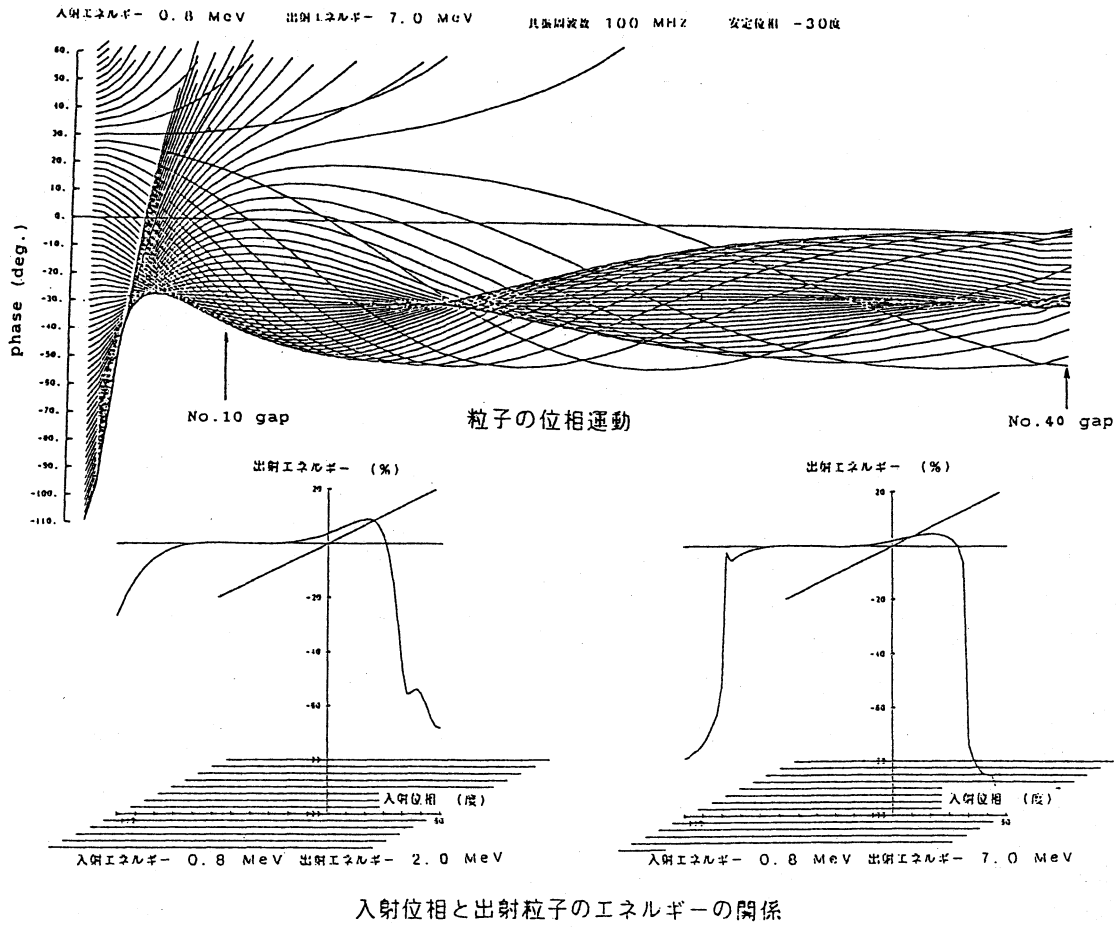
荷電数と質量数の比1/3以上のイオンを核子当り15 keVから1 MeVまで加速する初段RFQ型線型加速器のデザインはプログラム-PARMTEQ-を使うことで可能である。東大核研の重イオンRFQ線型加速器-TALL-やLNLのFMIT用RFQ線型加速器の設計、製作、加速テスト等からmAオーダのイオンを加速するRFQ型線型加速器の建設は十分可能である。

そこで次に後段IHQ型線型加速器の軌道計算を基本モデルのデータ（1～3）にもとずいて行なった。理化学研究所のプログラム-LINOR-を拡張して陽子の0.8 MeVから7 MeVまで軌道計算した結果を図2に示す。入射した粒子が7 MeV程度できれいにバンチして、エネルギー分解能の良いビームが出射することが分る。初段RFQ線型加速器でバンチしたビームを入射すれば、100%安定に加速することが可能である。軸に直角方向の軌道計算はフィンガー付ドリフト・チューブの電場を入れ計算し、その結果を図2の下段に示す。初段RFQ線型加速器出射のビームのエミッタンスを十分満足するアクセプタンスの有ることがわかる。これら軌道計算には空間電荷効果が入ってないため、プログラムに空間電荷効果の入る様に拡張して精度を高めるのが今後の問題である。

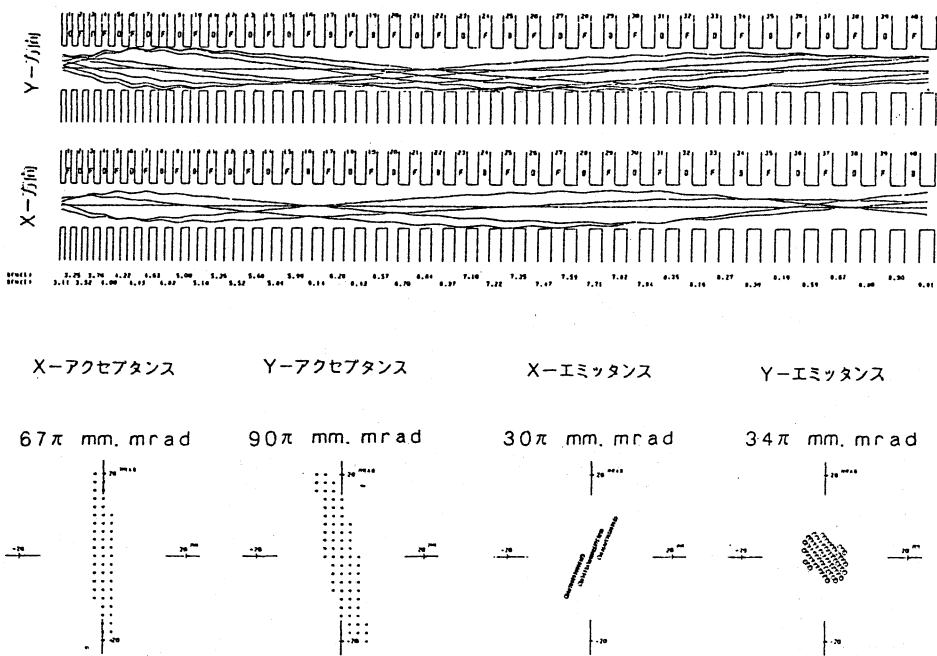
図3の中に各線型加速器のパラメータを示す。また図3に高出力粒子線型加速器及び応用研究実験装置の配置を示す。

References

- 1) T. Hattori, H. Suzuki and H. Kinoshita; Proc. Meeting on Linear Accelerator, 10, 102 (1985)
- 2) T. Hattori, H. Suzuki, H. Kinoshita and S. Kamohara ; Proc. Meeting on Linear Accelerator, 11, 116 (1986)
- 3) T. Hattori, H. Suzuki, H. Kinoshita and S. Kamohara ; Bull. Research Laboratory for Nuclear Reactor, Tokyo Institute of Technology, 12, 23 (1987)



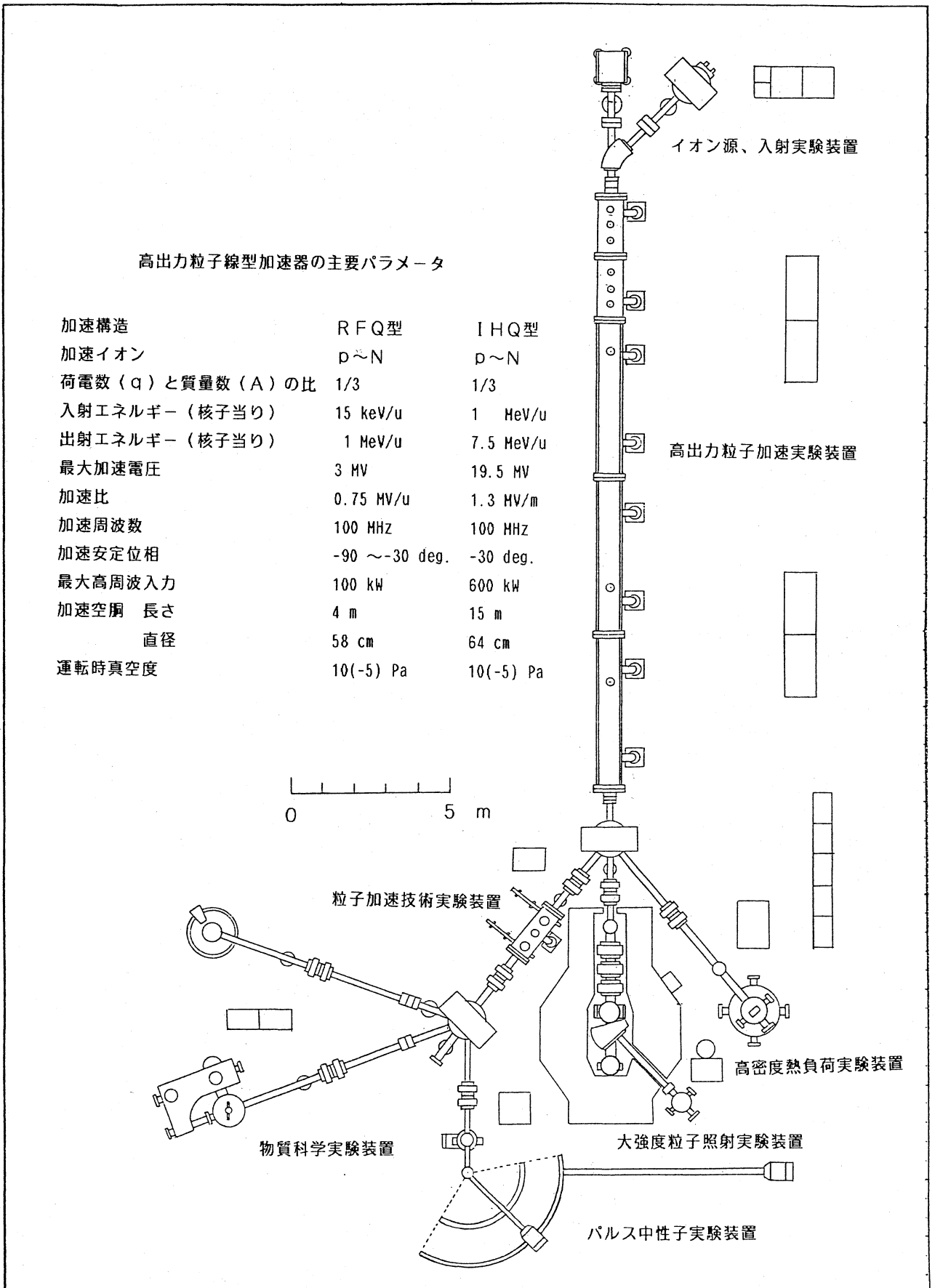
入射エネルギー 0.8 MeV 出射エネルギー 7.0 MeV 共振周波数 100 MHz 安定位相 -30度



加速粒子の軌道とアクセプタンスおよびエミッタンス

図-2 IHQ線型加速器中の粒子の軌道解析結果

図-3 高出力粒子応用研究実験装置配置図



高出力粒子線型加速器の主要パラメータ

	RFQ型	IHQ型
加速イオン	p~N	p~N
荷電数 (q) と質量数 (A) の比	1/3	1/3
入射エネルギー (核子当り)	15 keV/u	1 MeV/u
出射エネルギー (核子当り)	1 MeV/u	7.5 MeV/u
最大加速電圧	3 MV	19.5 MV
加速比	0.75 MV/u	1.3 MV/m
加速周波数	100 MHz	100 MHz
加速安定位相	-90 ~ -30 deg.	-30 deg.
最大高周波入力	100 kW	600 kW
加速空胴 長さ	4 m	15 m
直径	58 cm	64 cm
運転時真空度	10(-5) Pa	10(-5) Pa