

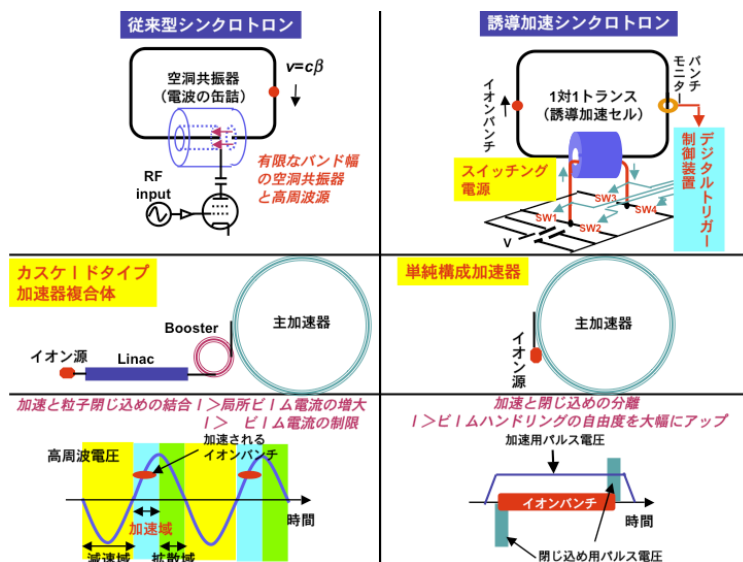
# デジタル加速器の開発

高山 健 & 基盤S研究チーム, KEK 加速器研究施設

円形加速器（サイクロトロン、シンクロトロン）が核物理、素粒子物理を切り開く道具として発明され、今や原子・分子・物性科学、材料開発、バイオ・医学応用にも活躍していることは良く知られている。2000年に高山健と故木代純逸は高周波電圧を加速媒体として使用するシンクロトロンに代わって、誘導加速を前提にした「誘導加速シンクロトロン」と呼ばれる加速器構成を提案した。2006年にその完全実証がなされた。この方式は水素からウランまで入射器を使わないで一台の加速器で加速出来る特徴を持つ（全種イオン加速器、H20年度21世紀発明賞）。半導体技術とデジタル制御技術を動員し、最新の磁性体を用いた加速方法である。半導体素子などのデバイスの性能向上が今後も期待できるので、発明のコンセプトをそのままにその特性を継続的に進化させながら広範な分野の発展に寄与すると考えられている。学術創成研究の後を受けた基盤研究Sで既存500MeV陽子シンクロトロン（ブースター）を誘導加速シンクロトロン（デジタル加速器）に改装中であり、来年度Arイオンの加速コミッションが期待されている。

図上段右に示す誘導加速シンクロトロンでは高周波電圧に代わって、1対1のトランスである誘導加速セルに発生する高圧誘導パルスを使用し、2種類の加速セルを「加速」と閉じ込め」用に使い分け、ビームハンドリングの自由度を大幅に改善する。誘導加速シンクロトロンは「機能分離型」と言える（図下段右参照）。誘導加速セルを駆動する電源はコンデンサーと高速スイッチング素子からなるスイッチング電源である。このスイッチング素子のトリガー信号は加速器リングの軌道上に置いたバンチモニターによって得られるバンチの通過信号をデジタル処理する事によって作り、スイッチを動作させ、イオンの周回に合わせて毎回パルス電圧を誘導加速セル上に発生させる。これによって加速

途上の非相対論的速度から相対論的速度までの粒子速度の変動に対応できる自動同期加速を保証した。この結果、陽子から従来の円形加速器では全く不可能であったクラスターイオンを含む全てのイオンの繰り返し加速が可能になると考えられている。これは又、図中段右に見られる様な原理的には大型の入射器無しで相対論的速度までイオンを加速できる事を示唆している。



図：原理の比較（左：従来型シンクロトロン、右：誘導加速シンクロトロン）