



平成29年5月25日

報道関係者各位

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

## 完全電離炭素イオンのデジタル加速器への直接入射・閉じ込めに成功 －安価・高性能な重粒子線がん治療装置に向けて－

### 本研究成果のポイント

- 「完全電離炭素イオン」のデジタル加速器への直接入射・閉じ込めに世界で初めて成功。
- 新しいタイプの重粒子線がん治療装置の開発に期待。

### 【概 要】

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（KEK）の高山健研究員（名誉教授）らの研究グループがこのほど、加速器に注入するための大型入射器を使わず、電子がはぎ取られた原子核の状態の「完全電離炭素イオン」を誘導加速シンクロトロン「デジタル加速器」に直接入射してビームを保持する（閉じ込める）ことに世界で初めて成功した。新しいタイプの重粒子線がん治療装置の開発につながる研究成果と期待される。

この研究成果は5月12日に横浜で開催された「56th Annual Conference of the Particle Therapy Co-Operative Group May 8-13, 2017 in Makuhari and Yokohama」にて発表された。

### 【背 景】

物理実験などでよく使われる円形加速器の一種「シンクロトロン」は、磁場と電場をコントロールすることで荷電粒子を高速に加速する。現在、世界にあるシンクロトロンの大半が高周波電場で加速するタイプで入射器が必要となる。一方、高周波技術ではなくKEKが世界をリードしている誘導加速技術が使われたデジタル加速器は、半導体スイッチング素子を使って生成するパルス電圧で加速する独自のタイプの加速器で、非常に速度の遅い粒子から高速なものまで一つの加速器でまかなえる特徴があるため、入射器が不要でコンパクトであり、建設コスト・運転コストも低く抑えられる。さらに軽いイオンから重粒子イオンまで幅広い粒子の加速が可能のため、医療、新材料開発、生命科学研究などへの応用が期待されている。

## 【研究内容と成果】

研究グループは、200 kVの電圧をかけた黒鉛にネオジウム・ヤグレーザーを照射して炭素イオンのプラズマを作成。ここから6価の完全電離炭素イオンを選び出して、周長約38メートルの真空の加速器リングに投入。炭素イオンのビームを周回時間約8マイクロ秒で閉じ込めることに成功した。加速器リングの真空度で決まる寿命時間まで安定に閉じ込めることができた。実験に完全電離炭素イオンを使ったのは、同じ電場でより強い加速効果が得られるからだ。

デジタル加速器の最大の特徴は、ビームの閉じ込めと加速を別々に行えることだ。これによって、従来のシンクロトロンでは不可能だったエネルギーを連続可変にしてビームを取り出すことができる。今回は、ビームを閉じ込めるだけの実証試験だが、研究グループは別の実験で加速の実証実験にも成功している。すでに実用化されている、がん患者の体内にある腫瘍の形状に合わせてビーム照射を行う「スポットスキャンニング技術」とデジタル加速器方式を組み合わせることで、より治療効果が高い重粒子線がん治療装置が実現できると期待される。

がんの放射線治療には一般にエックス線が使われる。人体にエックス線を照射すると体の表面に大きな被ばく線量を与える一方で、腫瘍に向かって体内深く進むにつれ線量が少なくなってしまう欠点がある。一方、重粒子線は体表面に少量の線量しか与えないにもかかわらず、体の奥深くで大きなエネルギーを放出する性質がある。これが、重粒子線がエックス線よりがん治療に向いている点だ。さらに、早い繰り返しのデジタル加速器方式は従来のシンクロトロンに比べて粒子のエネルギーを高速かつ連続的に変えられるため、照射中の位置と形状が変わる腫瘍さえ健康な組織を傷つけることなく狙い撃ちできる。

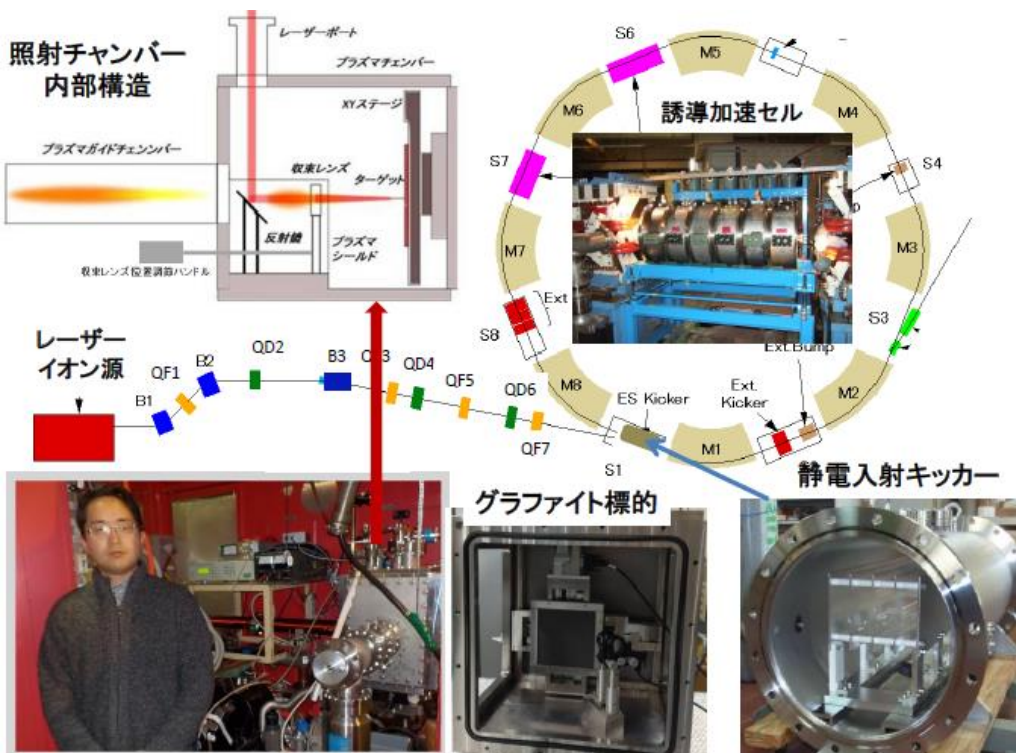


図1：レーザーイオン源とデジタル加速器システムの概要

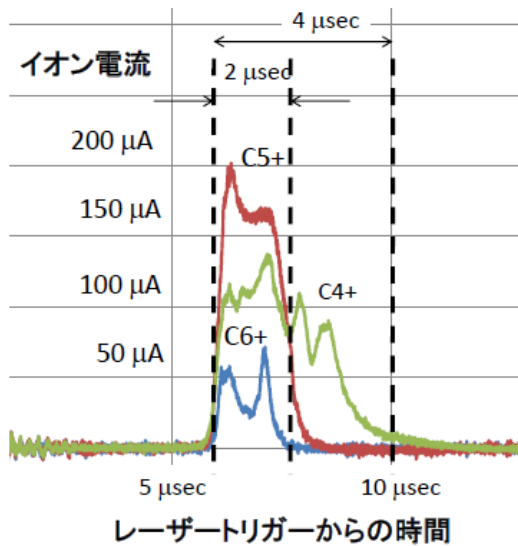


図 2 : イオン源から引き出された炭素イオンの分布

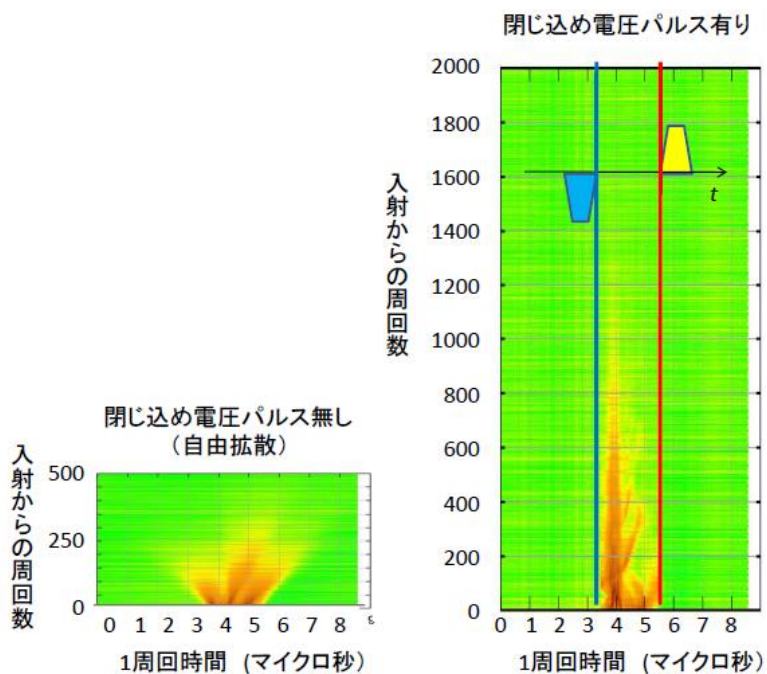


図 3 : 閉じ込められた完全電離炭素のイオンのビーム電流モニター信号

**【お問い合わせ先】**

< 研究内容に関すること >

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

加速器研究施設 研究員 高山 健

TEL : 029-864-5290

<報道担当>

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

広報室長 引野 肇

Tel: 029-879-6046

Fax: 029-879-6049

E-mail: [press@kek.jp](mailto:press@kek.jp)