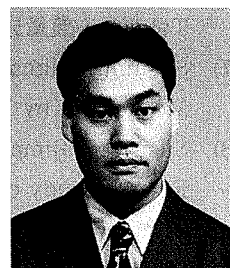


奨励賞

豊田岐聡氏 (大阪大学大学院理学研究科, 博士(理学))



〔業績〕 マルチターン飛行時間型質量分析計の開発

豊田岐聡氏は1996年大阪大学大学院理学研究科物理学専攻修士過程を修了後、同博士課程に進学し1996年7月に就職のために中途退学、1996年8月に大阪大学大学院理学研究科の助手に採用され、現在に至っている。学生当時は、松尾武清教授の指導の下でイオン光学に関する研究を行うとともに、木村正廣助教授(現高知工科大学教授)の指導の下、イオントラップを用いた分子イオンの光解離反応の研究を行ってきた。助手就任後は、今回の受賞対象となった彗星・惑星探査用のマルチターン飛行時間型質量分析計をはじめとし、月探査用の小型二重収束質量分析器、内分泌攪乱物質測定用高感度ガスクロマトグラフィー質量分析装置など、いろいろなタイプの質量分析装置の開発に従事している。

同氏は、ヨーロッパ宇宙機関が2003年に打ち上げを予定している彗星探査ロゼッタミッションに搭載する質量分析計の開発を、1995年からマックスプランク研究所と共同で始めた。探査機に搭載するには小型・軽量でありながら高感度・高分解能が得られなければならないという非常に厳しい条件が要求されるが、同一飛行空間を複数回周回させることで、小型でも十分な飛行距離を得ることが可能な、マルチターン飛行時間型質量分析計に着目し、開発を行った。この場合、周回部の収差が大きければ、周回させるごとに収差によりイオンが広がっていき、かえって分解能・感度が低下してしまうことが考えられる。したがって、周回部は空間および飛行時間に関して完全収束している必要がある。同氏は、対称配置による収束性の研究を行い、完全空間・時間収束を満たすための条件を見だし、いくつかの完全空間・時間収束を満たす光学系を探し出した。

まず1号機として円筒電場4個とQレンズ8個からなる完全収束光学系を採用し、マルチターン飛行時間型質量分析計「MULTUM Linear plus」を設計・製作した。装置のサイズは60 cm×70 cm×20 cmである。この装置を用いて世界で初めて多重周回させて飛行時間スペクトルを得ることに成功した。イオンを周回させることで分解能が予想通り向上し、イオンの透過率が1周当たり99%以上であることを実験で示した。これは計算どおりに完全空間・時間収束を満たしている証拠である。さらに500周回後(飛行距離642 m)には質量分解能35万($m/z=28$, FWHM)が得られることを実験で示した。この分解能は、飛行時間型としては世界最高分解能である。小型の装置でこのような高分解能が得られたことは画期的であり、正確なイオン軌道計算に基づき設計されたからである。

つづいて、4個のトロイダル電場のみからなるより簡素化された光学系を採用した2号機「MULTUM II」を開発し、同様に周回させることで分解能が向上することを示している。この装置は惑星探査用としてだけでなく、小型で高分解能が得られる装置として、今後さまざまな研究に用いることが可能となるであろうと考えられる。現在は、MALDI, ESIといったさまざまなイオン化法と組み合わせることに着手している。

同氏が開発したマルチターン飛行時間型質量分析計は、ロゼッタミッションへの搭載は諸般の事情で見送られたが、世界的にもたいへん注目されている装置であり、今後の実用化が期待されている。以上のように、質量分析装置の新しい技術開発に大いに貢献し、今後の発展も期待されることから、2002年度日本質量分析学会奨励賞にふさわしいと認められた。

主要文献リスト

- 1) M. Toyoda, H. Hayashibara, T. Sakurai, and T. Matsuo, Third-order transfer matrix for crossed electric and magnetic fields calculated algebraically using a symbolic computation program. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **146/147**, 195-216 (1995).
- 2) M. Toyoda, M. Kimura, and T. Matsuo, Measurement of decay lifetime of metastable dye molecular

- ions by using ion trap. *J. Phys. Soc. Jpn.*, **66**, 1321–1323 (1997).
- 3) T. Matsuo, M. Toyoda, T. Sakurai, and M. Ishihara, Ion optics for multi-turn time-of-flight mass spectrometers with variable mass resolution. *J. Mass Spectrom.*, **32**, 1179–1185 (1997).
 - 4) T. Matsuo, M. Ishihara, M. Toyoda, H. Ito, S. Yamaguchi, R. Roll, and H. Rosenbauer, A space time-of-flight mass spectrometer for exobiologically-oriented applications. *Advances in Space Research*, **23**, 341–348 (1999).
 - 5) M. Toyoda and T. Matsuo, Computer program “TRIO-DRAW” for displaying ion trajectory and flight time. *Nucl. Instrum. Meth.*, **A427**, 375–381 (1999).
 - 6) M. Ishihara, M. Toyoda, and T. Matsuo, Perfect spacial and isochronous focussing ion optics for multi-turn time of flight mass spectrometer. *Int. J. Mass Spectrom.*, **197**, 179–189 (2000).
 - 7) M. Toyoda, M. Ishihara, S. Yamaguchi, H. Ito, T. Matsuo, R. Roll, and H. Rosenbauer, Construction of a new multi-turn time-of-flight mass spectrometer. *J. Mass Spectrom.*, **35**, 163–167 (2000).
 - 8) 豊田岐聡, 奥村大輔, 山口真一, 石原盛男, 交久瀬五雄, 松尾武清, マルチターン飛行時間型質量分析計「MULTUM Linear plus」の開発. *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.*, **48**, 312–317 (2000).
 - 9) M. Ishihara, M. Toyoda, and I. Katakuse, Construction of a new compact multi-turn time-of-flight mass spectrometer ‘MULTUM II’. *Adv. Mass Spectrom.*, **15**, 435–436 (2001).
 - 10) M. Toyoda, M. Ishihara, D. Okumura, S. Yamaguchi, and I. Katakuse, Investigation of a multi-turn time-of-flight mass spectrometer ‘MULTUM Linear plus’. *Adv. Mass Spectrom.*, **15**, 437–438 (2001).