



Title	The Investigation of a Multi-turn Time-of-Flight Mass Spectrometer
Author(s)	豊田, 岐聡
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3169611">https://doi.org/10.11501/3169611</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	豊 田 岐 聡
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 15567 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	The Investigation of a Multi-turn Time-of-Flight Mass Spectrometer (マルチターン飛行時間型質量分析計に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 木下 修一  (副査) 教授 松田 准一 教授 交久瀬五雄 助教授 石原 盛男 助教授 藤田 佳孝

### 論文内容の要旨

これまでに Viking 計画をはじめとし、さまざまな惑星・彗星探査において、質量分析装置が元素組成分析や有機物の検出に用いられ、非常に重要な役割を果たしてきた。最近では、1997年に打ち上げられた Cassini 計画の Huygens-Probe にも四重極質量分析計が積み込まれており、惑星・彗星探査に適した小型・軽量で高分解能な質量分析計の開発は非常に重要である。

飛行時間型質量分析計は、磁石を用いないため軽量であり探査機への搭載には最適であるが、分解能が低いという欠点がある。飛行時間型質量分析計の場合、イオン源におけるパルス化されたイオンの時間幅が一定であれば、質量分解能は飛行距離に比例する。したがって、分解能を向上させるためには、飛行距離を長く取る必要がある。しかし、探査機に搭載する場合、大きさに制限があり、直線型では十分な分解能を得ることは難しい。このように決められたサイズ内で出来るだけ飛行距離を長くするためには、同一飛行空間を複数回周回させる必要がある。ただしこの場合、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。このようなマルチターン飛行時間型質量分析計の可能性については、1972年に Poschenrieder により提唱されたが、Poschenrieder により提唱された光学系は完全収束を満たしておらず、また高速電子回路技術が追いつかず、実際に製作はされなかった。

本研究では、まずイオン軌道・飛行時間を transfer matrix 法を用いて計算・描画するコンピュータープログラム“TRIO-DRAW”の開発を行った。さらに、2ユニットおよび4ユニットからなる系について、transfer matrix 法を用いて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出した。この条件に基づき、いくつかの完全空間・時間収束を満たす光学系を探しだし、今回は円筒電場4個とQレンズ8個からなる完全収束光学系を採用することにした。イオンの入出射のため、円筒電場に穴を明け、直線型を組み合わせた。直線部においてもイオン軌道の広がりを抑えるため、Qレンズトリプレットを4個入れてある。この光学系にしたがって、マルチターン飛行時間型質量分析計“MULTUM Linear plus”を実際に設計・製作し、性能評価を行った。性能評価により、イオンを周回させることで分解能が予想通り向上することが確かめられた。また、イオンの透過率は10周で1/3程度であり、分解能は100.5周回で18000 ( $m/z=28$ ) である。本体のサイズは50cm×40cm程度であり、サイズ・分解能ともに彗星・惑星探査には十分な性能である飛行時間型質量分析計であることを示せた。

## 論文審査の結果の要旨

本研究では、惑星・彗星探査用の小型軽量で高分解能なマルチターン飛行時間型質量分析計を設計・製作する目的で、イオン軌道・飛行時間を transfer matrix 法により計算し、完全空間・時間収束を満たすための条件を求めた。またさらに、その条件を満足する質量分析計を円筒電場 4 個、Q レンズ 8 個からなる完全収束光学系で構成し、最大 100.5 周回で分解能 18000 を達成することができた。

この研究は周回型の飛行時間型質量分析計の実用的な製作としては世界で初めて成功したものであり、今後の彗星探査などの宇宙開発のための強力な武器となるばかりでなく、準安定物質の物性、野外における測定など今後の広い学問分野に寄与するものである。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。