

JT-60SA トムソン散乱計測における 屈折型及び反射型光学系の設計検討 **Design of refraction and reflection collection systems for a JT-60SA Thomson scattering diagnostics**

東條寛, 波多江仰紀, 伊丹潔, 佐久間猛, 濱野隆

Hiroshi TOJO, Takaki HATAE, Kiyoshi ITAMI, Takeshi SAKUMA, Takashi HAMANO

原子力機構
JAEA

JT-60SA トムソン散乱計測のプラズマ中心計測用集光光学系は、ポートプラグ内の限られた設計空間に設置され、散乱光を像位置に置かれた光ファイバーに入射させる役割を担う。また、プラズマでの空間分解能は 20 – 30 mm 程度にするために、良好な光学系の分解能(スポット半径で 1.2 mm 以下)が必要とされる。これまでの設計検討では、広がった光束を大型レンズ($\phi 400$ mm)で集光する方式を採用しており、その場合に生じる波長依存性を含んだ収差(色収差)を軽減するために 4 種類のガラス材質(合成石英, F2, BK7, 蛍石)を用いたレンズ 9 枚の組み合わせが必要だった[1]。しかし、合成石英と BK7 を除く大型レンズは材質の特性により製作に困難を生じる場合が多い。そこで著者らは、上記の問題を回避するために、製作困難な大型レンズを使用しない反射型・屈折型の 2 種類の光学系の概念設計を行った。

反射型光学系の概略を図 1 上に示す。光束は、真空窓直後のミラー 2 枚、メニスカス形状の補正レンズ(合成石英・ $\phi 360$ mm)、大型球面ミラー(主鏡)、補正レンズ前面に蒸着したミラー(副鏡)を順に進み、光ファイバー位置(像面)で集光される。散乱光の集光を球面ミラーで行うことで、色収差の発生を抑制できることが分かった。結果として、光学系の分解能はスポット半径で、0.4 mm 程度となり、大型レンズを使用した場合に比べ 0.15 mm 程度しか悪化しない。総合集光効率、副鏡による口径食や主鏡のサイズ限界の影響により、大型レンズを使用した光学系に比べ、83%(光軸付近)、66%(視野端付近)となることが分かった。

屈折型光学系(図 1 下)は、製作が比較的容易な小型レンズ($\phi 200$ mm 以下)3枚で構成されたトリプレットレンズ方式を採用した。真空窓周辺のレンズ群の中に他の検討と同程度のサ

イズの入射瞳があるので、小型のレンズでも高い効率を維持できる。2枚の平面ミラーは、光学部品とポートプラグとの干渉を回避する。レンズの材質には、高屈折率材質(S-TIH14, S-LAH53, OHAEA Inc.)を採用することで、第一レンズの曲率自由度を向上させ、球面収差やコマ収差を抑制するメニスカス形状に出来る。結果として、スポット半径は 0.7 – 0.8 mm 程度に収まった。副鏡が無いことと、レンズ数を大幅に減らしたことにより、総合集光効率は、96%(光軸付近)、110%(視野端付近)となった。この光学系は、大型レンズを用いたものと同等の集光効率を持つ有力な代替案となることが分かった。

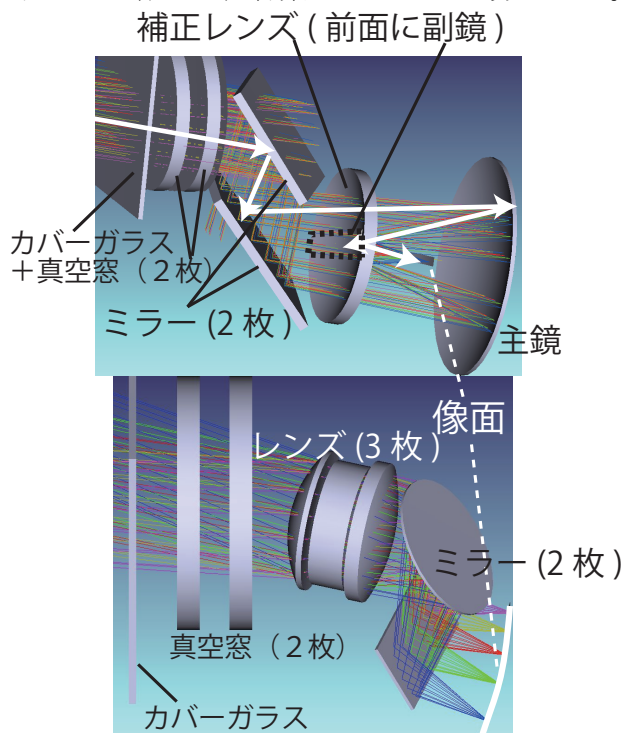


図 1 反射型光学系(上)と屈折型光学系(下)の概念図。矢印は光束が通る経路順を示す。

[1] H. Tojo et al., Review of Scientific Instruments **81** 10D539 (2010).