

V144b 収差と開口能率の関係

今田 大皓, 永井 誠 (筑波大学)

従来の電波望遠鏡はガウシアンビームを使って光学設計を行なうことが多いが、実際に望遠鏡内を伝搬する電磁波は平面波として入射する。電場分布は常に変化し、円形開口の場合に焦点面でエアリーディスクになる。エアリーディスクはガウス型の分布ではないから、結合できない成分が発生し、入射エネルギーの一部が検出器に入る。検出したエネルギーと入射エネルギーの比として開口能率は定義される。より厳密には損失や幾何学など様々な要因によって定まる(本年会 永井と今田、b講演)。光学系の収差も幾何学的要因の一つである。今後、望遠鏡光学系の広視野化が進む中で、収差と開口能率との関係を明らかにすることは重要である。

収差を持つ望遠鏡に平面波が入射し、ガウシアンビームで検出器と結合する場合を考える。物理的な意味を考えれば、焦点面上にできる電場分布と検出器の感度分布の結合定数が開口能率そのものであることがわかる。結合定数はガウシアンビームのパラメータと収差の関数とみなせる。収差は波面誤差に起因するため、さらに検出器位置、平面波の入射方向の関数とみなせる。したがって、ビームパラメータ、検出器位置、入射方向の3つが開口能率のパラメータとなる。従来の開口能率の議論では、検出器は光軸上のしかるべき位置にあり、平面波の入射方向も光軸上であることを前提とした、ある種の特殊な場合のみを考えていた。本研究は3つのパラメータの依存性を明示的に書き下した。具体的には、波面誤差をゼルニケ多項式(各項は各種の収差に対応)で展開し、同時に検出器の感度分布をガウシアンビームのモードで展開して結合定数を計算した。結果、ゼルニケ多項式の係数の大きさの関数、つまり、収差の関数として、開口能率を計算する式の導出に成功した。さらに、球面収差やコマ収差による開口能率への影響を打ち消す条件も導くことができた。