

# 地上太陽観測のための Correlation Tracking による像安定化装置

花岡 庸一郎

(国立天文台・電波天文学研究系)

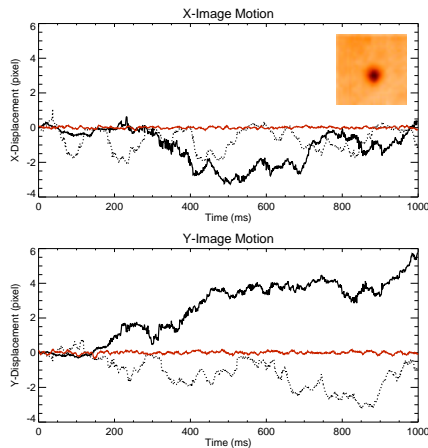


図 1: 黒点画像をトラッキングしたときの画像のずれ (correlation tracking の残差) のうちのある 1000 フレーム分 (約 1 秒間) (赤色の線) と、トラッキングを行わずに 2 回 1000 フレーム連続画像取り込みを行い、最初の画像を基準とした画像のずれを後で計算したもの (黒実線と黒点線) の比較、X 軸方向のずれ (上のグラフ) と Y 軸方向のずれ (下) をそれぞれ示す。実際に使用した黒点像も図中に示した。

太陽の地上観測では、シーイングの影響を避けるために、太陽像の全体的な動きを止める像安定化を行いまた補償光学による波面補正をも行うのが一般的になりつつある。いずれも太陽の 2 次元像のずれを計算して能動光学制御を行う Correlation Tracking によって実現できるものである。太陽像の位置ずれを検出するには、点光源の動きを検出すれば良い星の場合と異なり、参照画像とライブ画像を互いにずらしながら相関を計算してもっともよい相関を示す点を探さなければならぬ。かつてはこの多大な計算量が太陽における Correlation Tracking の最大の問題点であった。しかし、現在のパソコンの能力であればこの計算処理は可能となっており、我々の開発した汎用リアルタイム処理ソフトウェアと組み合わせることによって Correlation Tracking を実現することができる。

今回我々は 955 フレーム/秒で画像を読み出せる CCD カメラを用い、毎フレームの画像を使ってパソコンでリアルタイムで像のずれを計算し、ピエゾテイルトマウントに取りつけた平面鏡を動かして像のずれをキャンセルする、という像安定化装置を製作した。これを三鷹で太陽物理学研究系が運用しているシーロスタットに設置して実際の太陽観測に使用した結果、図 1 に示すようにもともと数秒の角度範囲でふらついていた画像の動きを RMS0.08 ピクセル (1 ピクセルは約 1") に抑えることができ、またスペクトルでも図 2 に示したように数十 Hz の成分まで像の動きの減衰を達成することができた。長時間にわたって連続使用する場合、reference 画像は 10 秒毎に自動更新され、また雲の通過時やピエゾマウントの傾きがリミットに達した場合

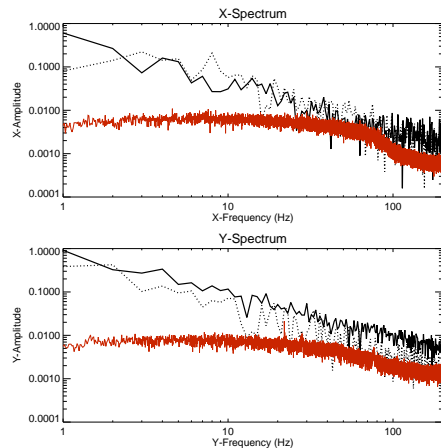


図 2: correlation tracking あり/なしでの黒点の動きのスペクトル。トラッキングしたときの画像のずれのスペクトル (赤実線) と、トラッキングを行わずに記録した 2 回の 1000 フレーム連続取り込みの画像上の画像のずれのスペクトル (黒実線と黒点線) の比較。X 軸方向 (上)・Y 軸方向 (下) それぞれのスペクトルを示す。

などは、自動的に初期位置に戻って tracking を再開するように自動連続運転に対応している。

像安定化装置では単一の大きな領域の全体の位置ずれを計算して制御に用いるが、一方補償光学での Shack-Hartmann センサーでは多数の小さな領域 (subaperture) についてそれぞれの位置ずれを計算することになり、位置ずれ計算という意味では共通である。そこで我々は実際に試験用の Shack-Hartmann センサーを上で述べたものと同じ 955 フレーム/秒の CCD カメラを用いて作成し、人工光源による像を用いて像安定化装置での像の位置ずれ計算方法を Shack-Hartmann 像での位置ずれ計算に応用したときのパソコンによる計算能力の測定を行った。その結果、現在使用中の既にやや旧式 (Pentium III 1.2GHz) となったパソコンであっても subaperture 4 × 4 個の処理を 955 フレーム/秒で、またその半分のレートであれば subaperture 6 × 6 個の処理を行えることがわかった。このことにより、海外では既に実用に供されている数十 subapertures の太陽観測用補償光学装置を、高速パソコンと我々のソフトウェアを用いて実現できることが明確となった。そこで現在我々は太陽観測用の補償光学装置の実用化に向けた開発を行っている。