

GLAOの基礎実験およびNN波面センサのためのデータ取得

地表層補償光学(GLAO)の開発に向けて、2025年9月の観測において2階常設AO装置の波面センサ系に広視野Shack-Hartmann (SH)センサを追加設置し、画像データを取得した。図1は、取得したSHデータの一例である。各小開口(SA)に複数の黒点が含まれていることがわかる。このような特徴的な模様を参照点として、基準となるSA上で3点(A, B, C)を指定し、各点ごとに波面計測を行った。各点から得られた波面位相分布をそれぞれ図2(a)-(c)に示す。白は波面が進んでいるところ、黒が遅れているところを表している。点AとCは27.0秒角離れており、両波面の相関は0.95であった。また、点BとCの間隔は4.9秒角であり、相関は0.99であった。参照点が遠いほど相関が低下する傾向が再現できており、波面計測は比較的うまくいっていることがわかる。しかしながら、フレームによっては、このような傾向にならない場合があり、原因究明を進めているところである。

今年度の実験を通して、2FのAO光学系でGLAO用波面計測を行う目途がたったので、2F常設AOの波面センサをGLAO用のものに置き換える方針で今後進めることにした。通常AOとGLAOとはソフトウェア上で切り替えることができるようにする。現在そのためのソフトウェアの修正を進めている。

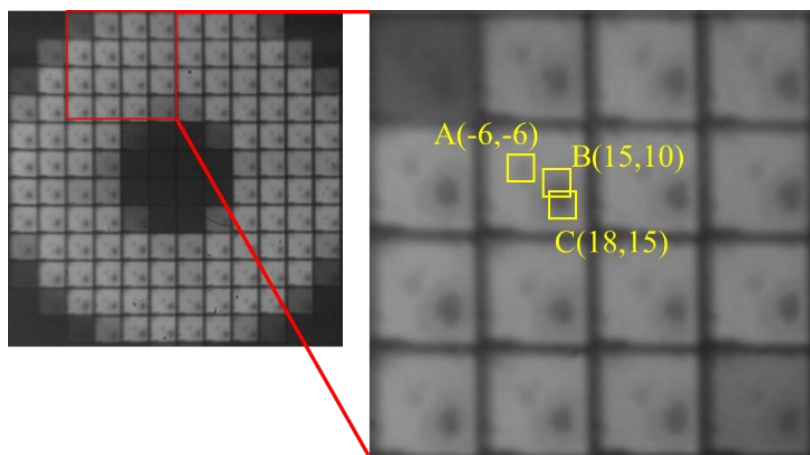


図1 広視野 SH センサで取得された画像

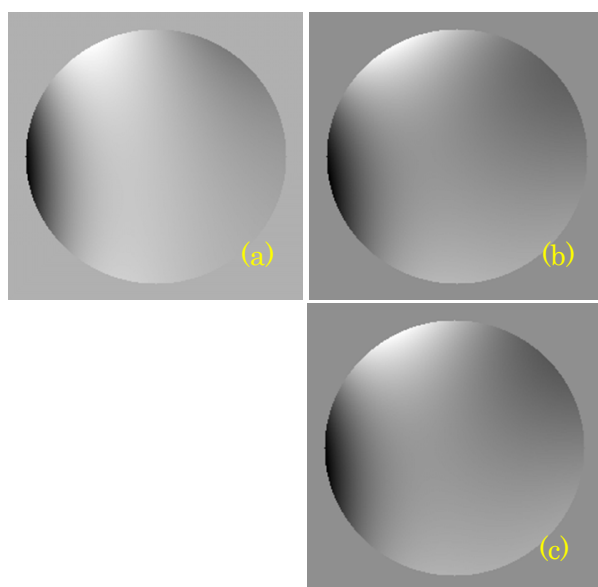


図2 得られた波面位相分布

また、5月の観測において、ニューラルネットワークを用いた波面センサ開発のための時系列SH像を取得した。学習用の教師データを作成するプログラムの開発を行い、取得されたデータから実際に教師データの作成を行った。

これと並行して、太陽SHセンサで動作するニューラルネットワークの開発を進めた。太陽SHセンサでは、参照SAと対象SAでの像の相対的なずれを計測する必要があり、単純な畳み込みニューラルネットワーク(CNN)ではうまくいかない。そこで、我々は参照SAの畳み込み層からの出力と、対象SAからの出力を受け取る層として、自乗差和層(SDS層)を新しく設計した(図3)。また、太陽黒点を模した簡素な図形を物体として模擬的なSAデータを作成し、これを用いてネットワークの学習を進めた。図4は学習時の評価関数(クロスエントロピー誤差)の挙動を示したグラフである。非常に小さな値に収束しており、学習に成功していることがわかる。

実データを用いた学習についても実施しているが、ネットワークの開発に時間を要したため、十分に学習が進んでいない。それでも、最初から実データを用いるよりも、模擬データで学習したものを、実データでファインチューニングの方が良好な結果が得られる目途が立った。現在は引き続きネットワークの学習を進めている。

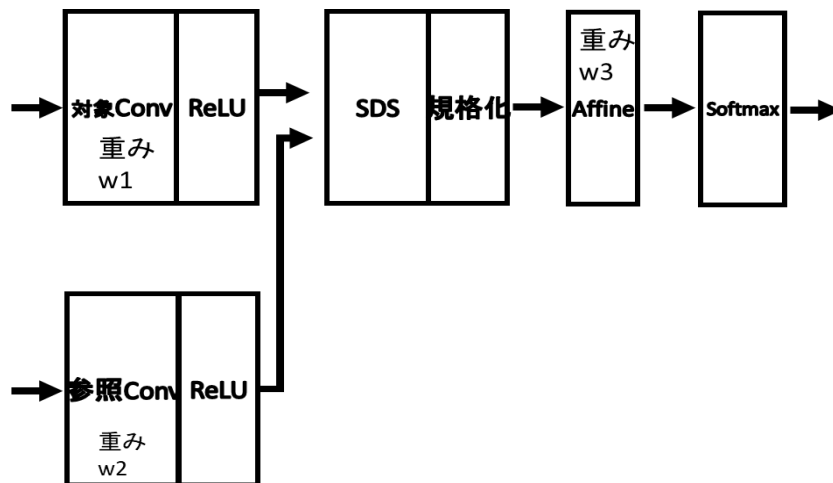


図3 開発したニューラルネットワーク

クロスエントロピー誤差

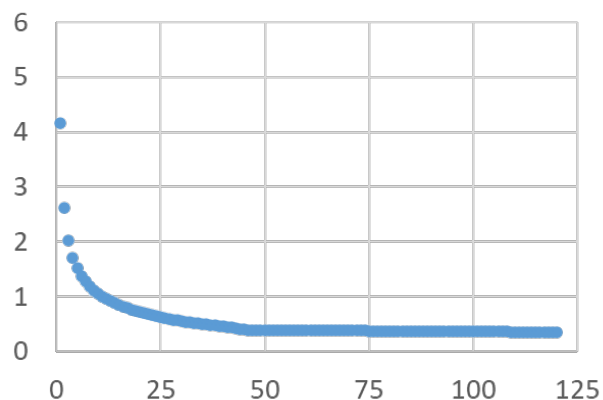


図4 評価関数の挙動。横軸：エポック

(三浦則明、松上正隆、黒住健吾(北見工大) 記)