

前積分型デジタル電波分光計の開発

○中西 裕之¹ 濱元 利紀² 古橋 真貴³ (1.石川県立大学 2.鹿児島大学 3.株式会社ソシオネクスト)

我々はフーリエ変換前に積分するという新しいタイプのデジタル電波分光計を開発したので報告する。

近年の電波望遠鏡では、取得されたアナログ信号はアナログ-デジタル(AD)変換器でデジタル信号に変換され、デジタル分光計等のバックエンドを通じて観測者にデータが提供される。従来型のデジタル電波分光計は、フーリエ変換回路と積分回路等からなる。得られた時系列データは逐次フーリエ変換され、得られたスペクトルデータが積分され出力される。周波数分解能を左右する分光計のチャンネル数 N はフーリエ変換点数で決まり、単純な離散フーリエ変換では乗算数は N^2 となる。分光計をFPGA(Field Programmable Gate Array)などに実装する場合、そのスペックによって最大チャンネル数 N は制限される。フーリエ変換に高速フーリエ変換を使うことによって、単純な離散フーリエ変換に比べて演算数は大幅に抑えられるものの、フーリエ変換点数は典型的に最大で $2^{14} \sim 16k$ 点程度である。さらに帯域を広げると、一般に比例してFPGAの動作周波数を上げる必要があるため、広帯域かつ高周波数分解能を同時に実現することは難しい。

我々は、このような困難を解決するべく「前積分型」のデジタル分光計を新たに考案した。チャンネル数を N とすると複素サンプルされた時系列データベクトルは $(z_{kN+1}, z_{kN+2}, z_{kN+3}, \dots, z_{(k+1)N})$ と書ける。これに z_{kN} の複素共役 z_{kN}^* をかけたベクトル $(z_{kN}^* z_{kN+1}, z_{kN}^* z_{kN+2}, z_{kN}^* z_{kN+3}, \dots, z_{kN}^* z_{(k+1)N})$ を新たに「半自己相関」ベクトルと定義した。そして我々は、この半自己相関ベクトルを十分大きな回数で平均すると、自己相関に一致することに気づいた。半自己相関ベクトルを生成するのに必要な乗算数は N であり、高速フーリエ変換に必要な乗算数 $N \log_2 N$ に比べて、 $(\log_2 N)$ 倍少ない。分光点数 2^{10} 点の場合で考えると、乗算数を1/10倍に低減することができる。最終的に積分された半自己相関ベクトルをフーリエ変換することによってスペクトルが得られる。

我々は、この前積分型デジタル電波分光計をFPGAボードに実装し、従来型に比べて乗算数を低減できること、そして従来型同様に分光できることを確認した。