

W41a TES型マイクロカロリメータ X線パルスの最適信号処理

石崎欣尚、森田うめ代、佐藤浩介、古賀丈雄、大橋隆哉、山崎典子(都立大理)、満田和久、藤本龍一、伊予本直子、大島泰、竹井洋、市坪太郎、藤森玉行、二元和朗(宇宙研)

X線マイクロカロリメータのエネルギー分解能は素子内のフォノン数の揺らぎによって最終的にリミットされ、極低温に冷却することで数 eV という優れた分解能を入射エネルギーによらずに実現できるという特徴を持つ。その性能を最大限に引き出すために、X線パルスの大きさを S/N を最大になるように定める最適フィルタ処理がしばしば用いられ、Astro-E2 衛星の XRS 検出器においても 32 台の DSP (Digital Signal Processor) がその任に当たっている。そこで通常用いられるアルゴリズムは、X線パルスの平均 (AvgPulse) をフーリエ変換したもの (PulseSpec) を、周波数空間においてノイズスペクトル (NoiseSpec) で重みをつけた後に逆フーリエ変換して時間軸に戻したもの (Template) を用意しておき、それを個々のパルスとクロスコリレーションをとって最大になる時の値をパルスの大きさ (PHA) とするというやり方である。例えばノイズが完全に白色である時、すなわち周波数空間でフラットな場合は Template はもとの平均パルスと一致する。しかし、このアルゴリズムは X線パルスが常に相似形をしており、パルス (測定値) とノイズ (誤差) が完全に独立であるという仮定を暗に含んでいる。実際には、X線パルスは X線入射位置による熱化の違いなどによりある程度ばらつきをもち、パルスフェイズに依存した誤差成分も存在する。また、パルスのフェイズ (立上り時間) を精度良く決めることも最終的な分解能に影響してくる。そこで、我々はこれらの条件も考慮に入れたデジタル信号処理を考案し、実際に TES カロリメータの X線パルスに適用した。その結果、エネルギー分解能がさらに 10% 程度改善することが確認できた。本講演では、以上に述べた信号処理について簡単に解説し、実際のデータを用いたデモンストレーションを行なう。