

## IV-327 衛星マルチスペクトル画像の画質と空間周波数成分の劣化特性について

東京理科大学 正会員 大林 成行

東京理科大学 正会員 小島 尚人

東京理科大学 学生員 桑原 祐史

1. はじめに 衛星データに限らず、画像の画質は人間の視覚特性と密接に関係することから、これを定量的に分析することは極めて困難である。一般に画質の評価や改善(復元を含む)問題では、撮像系の解像力特性を与える伝達関数としてMTFが用いられ、画像の空間周波数成分を直接的に分析することが多い。しかし、衛星データを対象とする場合、衛星打ち上げ後のデータ観測系のMTFを推定することはかなり難しいことから、現在もMTFやPSFを推定することを主眼とした研究が進められている。また、MTFを推定した後にインバースフィルタによって画質を改善した復元画像を得る方法が良く利用されるが、MTFの推定精度の違いが画質改善効果に及ぼす影響について言及した例は著者らの知る限り見当たらない。衛星データの画質と空間周波数成分の劣化特性の関係について分析することは重要な課題と言える。このような研究課題と並行して、著者らはデジタル信号処理の分野でしばしば利用される連立一次方程式の反復解法アルゴリズムであるガウス・ザイデル法をベースとした画質改善手法(RGS法: the image Restoration method with Gauss-Seidel algorithm)を提案するに至った<sup>1)</sup>。RGS法では加速係数と装置関数といった2つのパラメータを与えるだけで様々な画質を持つ画像を容易にシミュレートでき、誰が処理を行っても効率的に高い画質改善効果を得ることができる。そこで、本研究ではこのシミュレーションの過程で得られる複数の画像を用いて「画質と空間周波数成分」の関係について分析する考え方を提案するとともに、衛星データの画質を支配する空間周波数成分の劣化特性を推定するものである。

2. 本研究における画質と空間周波数成分の分析の考え方 撮像系の解像力特性を与えるMTFは、各空間周波数成分での撮像系のレスポンス(コントラスト)の低下の度合いを表すものであり、画質と密接な関係にある。MTFの推定方法には①直接法、②高解像度画像を理想データとして利用する方法、③Edge Differentiation Method、④Edge Spectrum ratio Method、といった方法があげられる。このうちMTFの推定精度が高く、一般に利用されているものは④の方法(以下ESMと呼ぶ)である。これは図-1に示すように画像上のエッジに対して理想ステップ関数を設定し、両者のフーリエ変換の比をとってMTFとするものであるが、画像上のエッジと地上目標物との対応付けが難しいことや、画像上のエッジは必ずしも理想ステップ関数が劣化したものとは限らないという問題がある。したがって、MTFを一つの指標として画質と空間周波数成分の関係を分析する上で限界があることは否めない。画質を分析するためには、画像が「ボケた状態→見やすい状態→高周波成分が卓越する状態」といったそれぞれの段階の空間周波数成分の劣化特

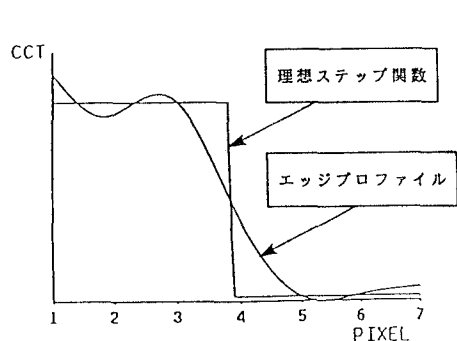


図-1 理想エッジの設定

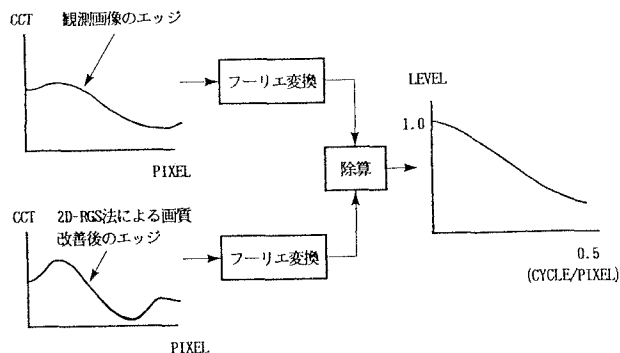


図-2 画質を支配する空間周波数成分の劣化特性の推定

性を分析できることが望まれる。そこで、RGS法が様々な画質の画像をシミュレートできることを利用してこの問題に取り組んだ。

具体的にはRGS法によって画質を変化させた画像上のエッジを理想ステップ関数として設定し、画質改善前のエッジとのフーリエ変換の比によって空間周波数成分の劣化特性を算出、分析するものである。この処理の概念を図-2に示す。特にRGS法による画質改善効果の高い画像に対する観測画像の空間周波数成分の劣化特性を算出する場合は、人間の視覚特性と整合のとれたMTFと見なすことができる。本研究ではこれを「理想のMTF」と呼ぶこととする。

### 3. 処理結果と考察

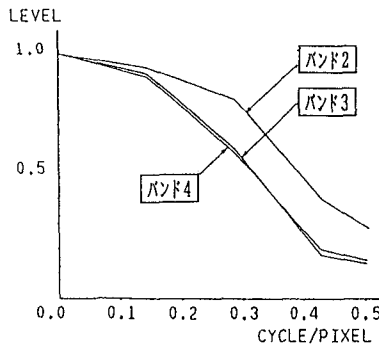
本研究ではMESSR、TM、HRVデータを対象に、種々の画質を持つシミュレーション画像に対して

MTFを算出した。本文では紙面の都合上、TMおよびHRVデータに対する「理想のMTF」を図-3に掲載する。いずれの観測波長帯ともにESMによって推定されたMTFに比べて劣化の状況は直線的であることが判る。また、ESMによるMTFでは0.2 (CYCLE/PIXEL) 付近までは劣化がゆるやかで、その後の劣化は大きい。衛星データの画像復元処理において高周波成分が過度に強調され画像内にごま塩状のノイズが現れやすいといった指摘もこの結果から伺い知ることができる。ESMによるMTFと本研究で推定した「理想のMTF」の微妙な違いが画質改善効果を大きく左右することは、衛星データの画質と空間周波数成分の劣化特性を分析する上で興味深い点であると言える。

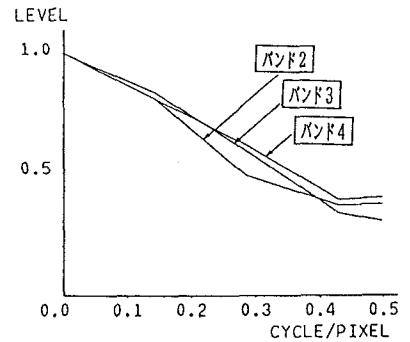
4. まとめ 本研究ではRGS法によって作成される種々の画質を持つ画像を基準とし、観測画像との空間周波数成分の劣化特性を分析する考え方を提案した。これにより、従来から推定されているMTFに比べて、人間の視覚特性と整合のとれたMTF（理想のMTF）を算出・分析できることが判った。衛星データの画質は土地被覆項目別の空間周波数成分の劣化特性に依存するとも言われている。本研究で提案した方法がこのような議論はもとより、今後の衛星データの画質改善問題における新たな糸口ともなれば幸いである。

【参考文献】1) 大林成行、小島尚人、Tashpolat Tiyip、桑原祐史：反復推定法による衛星マルチスペクトル画像の画質改善手法の提案、平成4年度日本リモートセンシング学会春季学術講演会、1992年5月

### TMデータ

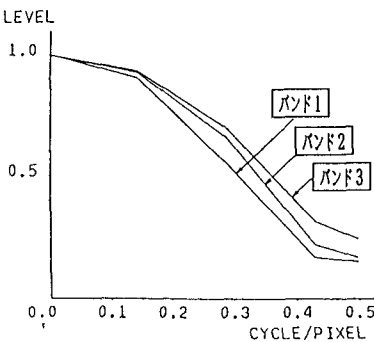


(a) ESMによるMTF

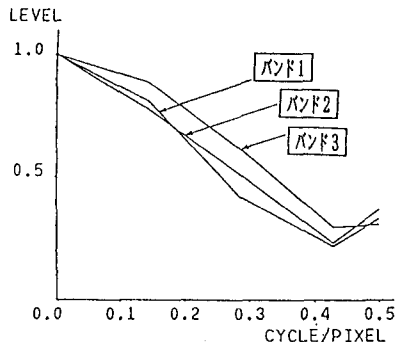


(b) 本研究で算出した理想のMTF

### HRVデータ



(a) ESMによるMTF



(b) 本研究で算出した理想のMTF

図-3 MTFの比較 (Across track)