

ファブリ・ペローフィルターを用いた分光カメラ の波長分解能向上

Improvement of Wavelength Resolution of Spectral Camera with Fabry-Perot Filter

パイオニア株式会社 ○奥山健久

Pioneer Corp. ○Takehisa Okuyama

E-mail: takehisa_okuyama@post.pioneer.co.jp

1. はじめに

分光カメラは食品、農業、医療分野等での応用が期待されている。我々はレンズとイメージセンサーの間に配置したファブリ・ペロー（F P）フィルタのギャップを機械的に変化させることで透過波長を選択しスペクトルキューブを取得する方式の検討を行っている。本方式は空間走査を必要としないため、ノイズの少ない分光画像が得られる。一方、F Pフィルタは、透過率と透過波長線幅がトレードオフの関係であるため、イメージセンサー上の受光量を増やそうとすると波長分解能が悪くなるという欠点がある。そこで我々は波長分解能を向上させる新しいアルゴリズムを考案し、受光量と分解能を両立する分光カメラを開発したので報告する。

2. 手法

分光カメラで取得される分光スペクトルは、1つの画素に注目した場合、F Pフィルタの透過スペクトルがすべての波長で同一ならば、F Pフィルタ透過スペクトルと被写体の分光スペクトルのコンボリューションで表現が可能である。しかし、実際のF P透過スペクトルは波長によって異なるため、F P透過スペクトルと被写体スペクトルの内積を透過波長毎に並べた行列式で表現しなければならない。真の被写体スペクトルを得るにはF P透過スペクトルの逆行列を撮影スペクトルにかけることで得られるが、実際にはノイズ等の影響により適切な行列式を得ることは不可能である。そこで、F P透過スペクトルの逆行列にはムーア・ペンローズの擬似逆行列を用い、近似解を得るために特異値の低ランク近似やチホノフの正則化法を利用するアルゴリズムを考案した。(Fig. 1)

3. 計算機シミュレーション

- 上記アルゴリズムの適用範囲および効果を計算機シミュレーションにより確認した。
- 被写体分光スペクトルの変化率の違い
特異値の低ランク近似する際の打ち切り次数やチホノフの正則化パラメータを最適化することで、被写体分光スペクトル変化率が小さなマクベスカラーチャートから、変化率が大きな蛍光灯までに適用可能である。
 - F P透過スペクトル半値幅の違い
スペクトルの変化率が小さい被写体に対してはF P透過スペクトル半値幅が大きいほど本アルゴリズムの効果が大きい。
 - 波長サンプリング間隔の違い
波長サンプリング間隔が細かいほど効果は大きい。

4. 実機検証

本アルゴリズムの検証のために、F Pフィルタを搭載した分光カメラを用い、蛍光灯を被写体として実験を実施した。ピーク透過波長450nmにおけるスペクトル半値幅が13nmであったのに対し、本アルゴリズムを適用したスペクトル半値幅は4nmとなり、波長分解能が倍以上に向上したことを確認した。

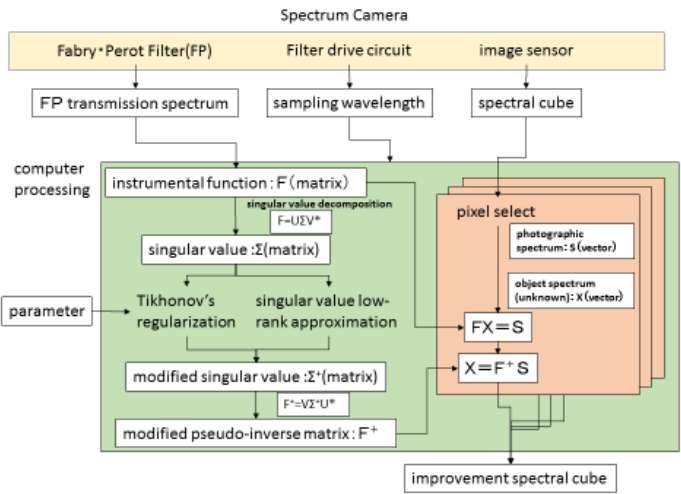


Figure 1 algorithm