

ハイパースペクトル解析による屋外環境下での鉄鋼材料の耐食性評価

吉田, 優人 / YOSHIDA, Yuto

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

65

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2024-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030679>

ハイパースペクトル解析による 屋外環境下での鉄鋼材料の耐食性評価

EVALUATION OF CORROSION RESISTANCE OF STEEL MATERIALS EXPOSED TO OUTDOOR ENVIRONMENT BY HYPERSPECTRAL ANALYSIS

吉田 優人

Yuto YOSHIDA

指導教員 明石孝也

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程

Hyperspectral analysis was applied for the evaluation of corrosion resistance of steel materials under atmospheric environment. Spectral Angle Mapper (SAM) analysis was performed for the hyperspectral of steel materials exposed to outdoors. The results indicate that the change in corrosion loss tends to increase as the vector length used in the SAM analysis decreases. The hyperspectral analysis can be a good tool to predict the atmospheric corrosion resistance of steel materials.

Key Words : hyperspectral camera, spectral angle mapper, atmospheric corrosion, steel materials

1. 緒言

現在、橋梁の点検方法として、5年に1回の頻度で近接目視観察を行うことを基本とし、必要に応じて打音・触診が行われている¹⁾。しかしながら、これらの方法は財政面や技術面、安全面に様々な問題を抱えており、より簡便で定量的な評価技術の開発が求められている。

そこで、本研究では連続した多くの波長情報を取得できるハイパースペクトルカメラに着目し、大気環境下における鉄鋼材料の耐食性評価の可能性を検討した。

2. 実験方法

(1) 試料

試料には、教師スペクトルを測定するために4種類の既知の鉄系腐食生成物 (α -FeOOH, β -FeOOH, γ -FeOOH, Fe_3O_4) を用いた。また、実際の試験片として、銚子で遮蔽暴露試験を行った純鉄, Fe-1, 3, 5 mass%Ni, Fe-1, 3, 5 mass%Crの暴露試験片 (5 cm×5 cm) を用いた。

(2) ハイパースペクトル測定

Fig. 1 にハイパースペクトル測定装置の概略図を示す。測定には、エバ・ジャパン社製 NH-7-NK (測定波長 350-1100 nm, 波長分解能 5 nm) を用いた。光源にはハロゲンランプを使用し、光源は3方向から照射した。光を均一に照射するため、試料は光拡散ボックス内に設置した。ハイパースペクトルカメラは架台に鉛直下向きに設置し、上方から試料を測定した。白板を被写体として撮影した結果を光源データ、計測対象物を撮影したデータを分光

データとし、各ピクセルで分光データを光源データで除算することにより反射率を得た。試料中央部を測定範囲とし、測定領域の平均スペクトルを用いて解析した。測定条件はスキャンレート 100 line/sec, ゲイン 50 db とした。

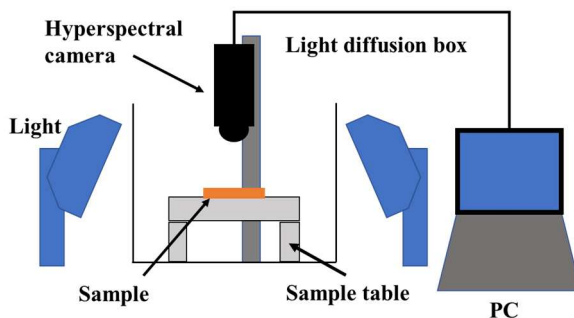


Fig.1 Hyperspectral measurement system.

(3) ハイパースペクトル解析

本研究では、ハイパースペクトル解析において広く用いられる SAM (Spectral Angle Mapper) 解析および NDSI (Normalization Difference Spectral Index) 解析を用いた。

SAM解析は比較用教師スペクトル; s とハイパースペクトルデータの各画素の計測スペクトル; x とのスペクトル間の角度を類似度; h として(1)式のように定義し、スペクトル間の角度から物質の分類を行う解析方法である。

$$h = \cos\theta = \frac{x \cdot s}{|x||s|} \quad (1)$$

NDSI 解析は 2 つの波長 λ_1 , λ_2 における反射率 R_{λ_1} , R_{λ_2} を用いて(2)式で定義され, 選択した 2 つの波長の反射率の差・和で正規化する解析手法である.

$$\text{NDSI} = \frac{R_{\lambda_2} - R_{\lambda_1}}{R_{\lambda_2} + R_{\lambda_1}} \quad (2)$$

3. 結果と考察

(1) 鉄系腐食生成物の測定結果

Fig. 2 に既知の鉄系腐食生成物のハイパースペクトル測定結果を示す. 各腐食生成物のスペクトル形状の特徴として, α -FeOOH は 580 nm 付近と 760 nm 付近に, β -FeOOH は 740 nm 付近に, γ -FeOOH は 600 nm と 790 nm 付近にそれぞれ反射スペクトルがみられた. 一方, Fe_3O_4 では特徴的なピークがみられなかった. 各腐食生成物のスペクトルには有意な違いが観測されており, ハイパースペクトルカメラによる腐食生成物識別の可能性が示された.

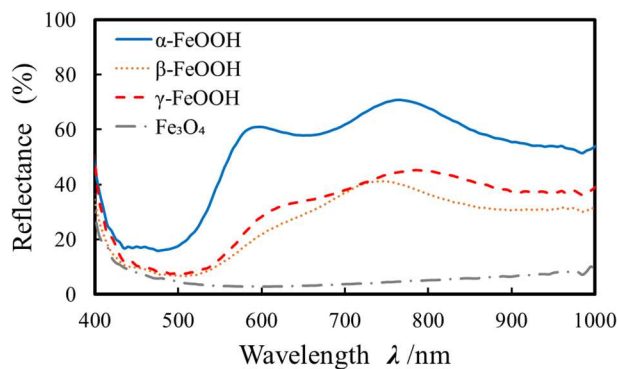


Fig. 2 Hyperspectral measurement results of iron-based corrosion products.

(2) 暴露試験片の測定結果および解析

暴露試験を行った試験片に対して, スペクトル解析によって得られるパラメータと腐食変化量の相関を SAM 解析および NDSI 解析により調査した. その結果, NDSI 解析結果や SAM 解析による各腐食生成物の分類割合と腐食変化量の間にはあまり相関がみられなかったが, SAM 解析に用いる 2 つの解析波長 500 nm (緑波長域), 760 nm (赤波長域) の反射率から算出した 2 次元ベクトルの長さや腐食変化量に相関がみられた.

Fig. 2 に示した α -FeOOH, β -FeOOH, γ -FeOOH のスペクトルに対してベクトル長さを計算した結果, ベクトル長さは α -FeOOH ; 81.732, β -FeOOH ; 61.105, γ -FeOOH ; 67.779 となった. β -FeOOH と γ -FeOOH のベクトル長さは α -FeOOH と比較して短くなっており, 一般に還元性の高い鉄系腐食生成物²⁾ではベクトル長さが短くなることがわかった. これは, β -FeOOH と γ -FeOOH が α -FeOOH と比較して, 解析波長の緑や赤を吸収する色になっており, 反射率が低くなっていることに起因していると考えられる.

Fig. 3 に, α -FeOOH に β -FeOOH あるいは γ -FeOOH を混合させた鉄系腐食生成物に対してハイパースペクトル測定を行った際のベクトル長さ変化を示す. β -FeOOH, γ -FeOOH どちらも混合割合が多いほど, ベクトル長さが短く変化する傾向がみられた.

Fig. 4 に暴露試験後の試験片に対してハイパースペクトル測定を行った結果を示す. ばらつきは大きいものの腐食変化量が大きいほどベクトル長さが短くなる傾向がみられた.

以上の結果から, ベクトル長さをを用いた鉄鋼材料の腐食予測の可能性が示された.

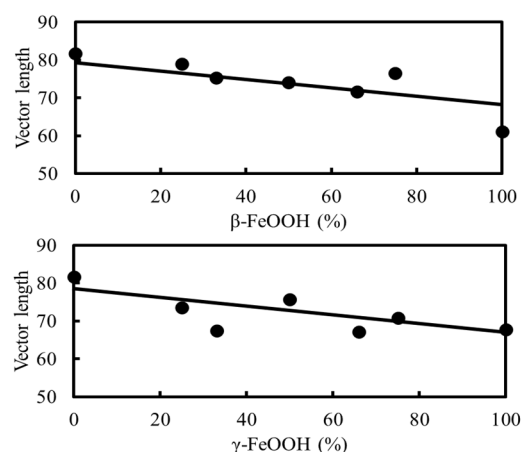


Fig. 3 Vector length of the mixed corrosion products.

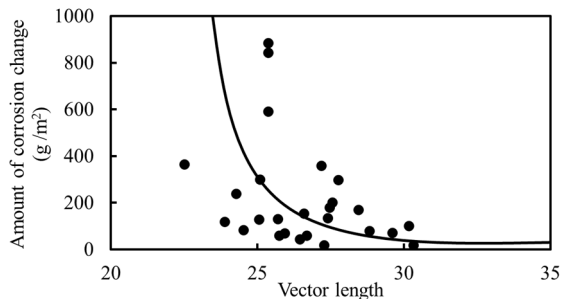


Fig. 4 Relationship between vector length and the amount of corrosion change.

4. 結言

本研究では, ハイパースペクトルカメラを用いた大気腐食環境下における鉄鋼材料の耐食性評価の可能性を検討した. その結果, 以下のことがわかった.

- 1) ハイパースペクトル測定により, 鉄系腐食生成物の同定が可能である.
- 2) 鉄鋼材料の耐食性評価および腐食予測の指標として, SAM 解析に用いるベクトルの長さは有用である.

参考文献

- [1] 国土交通省 道路局, “道路橋定期点検要領”, 2019
- [2] M. Yamashita, H. Miyuki, H. Nagano and T. Misawa ; 材料と環境, 43 [1], 26-32 (1994)