

無相関ストレッチと CycleGANs を用いた、文化財・考古資料のデジタル画像修復法の開発

河野一隆¹, 板垣正敏², 藤田晴啓³, 山本亮¹, 竹内俊貴⁴, 落合晴彦⁴

要旨

文化財は紫外線・赤外線等の照射エネルギー、温湿度の変化に由来した有機質素材の変質、作品表面への埃等異質物の沈着等さまざまな原因で褪色（経年劣化）する。それは、作品表面のオリジナルの着色・染色部分と肉眼との間に夾雑物が介在し可視領域が物理的に遮断されるためである。本発表では、まず褪色した文化財の画像を対象に統計的画像処理（無相関ストレッチ）を適用し、色空間を変更して図文を鮮明化する。次に、その画像と褪色が進んでいない類似作品の画像を相互に真偽判定させる機械学習（CycleGANs）を適用し、褪色前の文化財の復元画像を生成する技術を提案する。

平安時代以降に造営された経塚遺跡では、経典を収納した経筒を地中に埋めている。その経筒内には雨水が侵入し、経典の文字が不鮮明になったものが多い。その一つが紺紙金字経である。本研究では、無相関ストレッチで字形や図文を鮮明化させた後、CycleGANs で解析し、画像復元を行った。

CycleGANsは、画像群から特徴を学習し正解データを与えることなく特徴を学習する「教師なし学習」の一手法である。その学習過程は、まず多数の無相関ストレッチ解析画像と多数の褪色前の同種の文化財画像を学習させ、無相関ストレッチの色空間と褪色前画像の色空間をモデル内に形成する。学習後には修復したい作品の無相関ストレッチ画像を入力し、褪色前状態の画像を推論させる。その精度は“逆変換”しても変換前の画像に限りなく近くなることで高められる。

こうして、各種の褪色した紺紙金字経に対し、無相関ストレッチでと CycleGANs の画像復元を行った結果、肉眼では判別が困難な料紙に書かれた経文や仏画などを鮮明化することができ、以下のような成果が得られた。

- ・金泥で文字や図文が著された文化財は、ybk や lds の色空間が最適である。
- ・無相関ストレッチによる色空間の変換と対象画像の間には相性があり、無相関ストレッチによってかえって画像劣化が進む可能性がある。
- ・CycleGANs は文字や図像の余白に影響される可能性がある。

褪色した文化財に負荷やコストをかけずに画像復元できるこの画像復元方法は、紺紙金字経以外の文化財にも適用できる可能性があり、今後の文化財の調査研究や活用へ大きく寄与する技術基盤となり得る

1 東京国立博物館

2 板垣中小企業診断士事務所

3 新潟国際情報大学

4 九州国立博物館