

4Q-6

ニューラルネットワークを用いたCCD 欠陥画素補償の検討

木村恭也 佐藤正章 吉田邦夫

松下技研（株）ヒューマンインタフェース研究所

1. まえがき

一般に、CCDなどの固体撮像素子では、その製造過程で異常な撮像信号を出力する欠陥画素を生じる場合がある。この欠陥画素部分の欠落データを欠陥画素周辺の正常な画素データから推定し、欠陥画素があたかも正常に動作しているように補償することをここではCCDの欠陥画素補償と呼ぶことにする。この欠陥画素補償を行なう補償方式について、いくつかの提案がなされてきたが、これら従来の補償方式では補償誤差が大きいという問題があった。本稿では、欠陥を仮定した画素位置のデータと、その周辺画素データとの相関関係を予め学習したニューラルネットワークを用いた欠陥画素補償方式を提案し、シミュレーション実験により、その補償能力が従来の補償方式に比べ優れていることを示す。

2. 欠陥画素補償ニューラルネットワーク

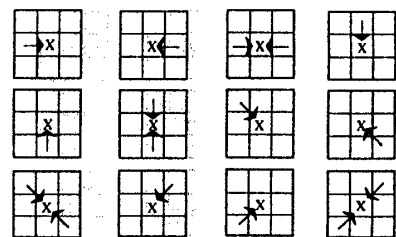
ニューラルネットワークを用いる以下の2つの欠陥画素補償方式について検討した。

(1) 正常な画像データの任意画素のデータを教師データ、教師データの画素近傍8画素のデータを入力データとしてニューラルネットワークの学習を行う。この学習により、画像データに於ける中心画素のデータと、その近傍8画素のデータ分布間のルールを抽出したニューラルネットワークが生成される。そして、このニューラルネットワークを用いて、欠陥画素近傍8画素のデータから欠陥画素のデータを推定する補償方式（NN1）。

(2) 正常な画像データの任意画素Aの近傍8画素のデータを入力データ、画素Aに対する12種類の補間方法（図1）の補間誤差（補間値と画素Aのデータとの差）の絶対値を教師データとしてニューラルネットワークの学習を行う。この学習により、画像データに於ける任意の画素Aの近傍8画素のデータ分布と、画素Aに対する12種類の補間方法の優劣情報の間のルールを抽出したニューラルネットワークが生成される。このニューラルネットワークを用いて、欠陥画素近傍8画素のデータから欠陥画素を補間するのに最適な補間方法を推定し、選ばれた補間方法によって欠陥画素の補間を行なう補償方式（NN2）。

上記2つの補償方式のニューラルネットワークの構築と補償方式の評価に使用したデータは、異なる絵柄のハイビジョン動画画像から取り出した25枚の256階調輝度静止画像を用いた。学習データは25枚の各画像から均一に採取した。また、学習方法は誤差逆伝搬法を用いた。

図1：12種類の補間方法



(注1) 矢印の画素の輝度値を欠陥画素の輝度値とする

(注2) 2つの矢印がある場合は、両画素の輝度の平均を欠陥画素の輝度値とする。

3. 誤差の標準偏差を用いた特性評価

表1は各補償方式の学習データ、未学習データ、全データに対する補償誤差（欠陥画素に本来あるべき値と推定値との差）の標準偏差を示したものである。ここで、各補償方式の補償誤差の平均値は、およそ0である。表中の理想補間 (ideal) とは、図1の12種類の補間方法の中で常に最適な補間を選ぶ手法であり、NN2の補償誤差下限を示している。0次ホールド(0hold)とは欠陥画素の左画素の輝度値を欠陥画素の値とする補間方法である。また、SUDO方式(3)は、欠陥近傍5画素の輝度値間の差から補間方法を選ぶというルールを用いている。

NN1, NN2共に、未学習データ、学習データの補償誤差の標準偏差はあまり変わらず、ニューラルネットワークの一般化が確認できる。また、SUDO、0次ホールド等、従来の補償方式に比べNN1, NN2の補償誤差の標準偏差は小さいことも確認できる。また、NN2に比べNN1の方が優れている。

4. 補償誤差分布グラフを用いた特性評価

原画の輝度と補償後の輝度の差が大きいほどCCDの欠陥が大きく目立つ。すなわち、大きな補償誤差が少ない補償方式ほど優れていると考えられる。各補償方式の大きな補償誤差の数の比較を行なうために、全データに対する各補償方式の補償誤差の分布グラフ(図2)を用いる。図3は補償誤差の小さい場所の分布を図2から拡大したものである。

NN1, NN2ともに、従来の補償方式に比べ、補償誤差の大きい場所より小さい場所に分布を持っており、従来のものに比べ優れている。

また、NN2に比べNN1の方が優れている。

5. まとめ

ニューラルネットワークによるCCD欠陥画素の補償能力について、補償誤差の標準偏差、補償誤差の分布、の2点から検討した。その結果、ニューラルネットワークを用いた補償方式は従来方式より有効であることを確認した。また、NN2に比べNN1の方が優れていることも確認した。

参考文献

- (1) 麻生英樹 ニューラルネットワーク情報処理 産業図書
- (2) 伊藤晋 画像情報処理の基礎 東京理科大学出版会
- (3) 須藤、浅井田「映像補間回路」特開平3-296374

表1：各補償方式の補償誤差

補償方式	補償誤差の標準偏差		
	学習データ	未学習データ	全データ
NN1	9.45	9.65	9.64
NN2	10.11	10.26	10.25
ideal	—	—	3.3
SUDO	—	—	16.32
0hold	—	—	18.08

図2：全データに対する補償誤差分布

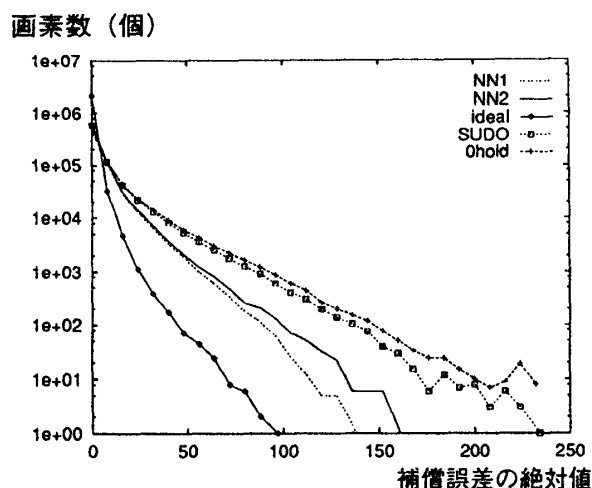


図3：図2の拡大図

