

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19760234

研究課題名（和文） 疑似的に不規則な画素配置による高精細画像システム

研究課題名（英文） Clear Image System using Pseudorandom Pixel Placement

研究代表者

秋田 純一（AKITA JUNICHI）

金沢大学・電子情報学系・准教授

研究者番号：10303265

研究成果の概要：

カメラやディスプレイなどの画像システムの高精細化の制限要因となる斜め線に対するジャギーは、高解像度化によっては根本的には解決不可能である。本研究では、画素内の受光領域などの有効領域の配置を疑似的に不規則とすることで、ジャギーを根本的に解消する方法の理論的・実験的検討を行った。理論的検討では、画像の空間スペクトルからジャギーの本質を見極めることに成功し、また実験的検討では、疑似的な不規則画素配置を持つCMOSイメージセンサの試作を行った。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2007年度 | 1,700,000 | 0 | 1,700,000 |
| 2008年度 | 1,600,000 | 480,000 | 2,080,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,300,000 | 480,000 | 3,780,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：撮像素子、ディスプレイ、画素、ジャギー、方向特異性、CMOSイメージセンサ、空間スペクトル

1. 研究開始当初の背景

カメラやディスプレイなどの画像システムの進化の究極の目的は、高精細でリアルな画像であり、従来は高解像度化のアプローチが主にとられてきた。しかし撮像素子やディスプレイの高解像度化は、信号処理回路や伝送回路の設計の困難化や消費電力の増大という深刻な問題に直面しており、また光の波長の制限からも、これ以上の高解像度化は原理的に困難となりつつある。さらに、通常の

格子状に配置された画素からなる画像は、人間の目には格子として認識されるため、画素配置に平行な水平線と垂直線は完全に直線に見えるが、斜め線は正方格子の近似配置によるギザが現れる、すなわち画像の表現の精細が図形の方角によって異なる方向特異性が存在する。特に水平に近い直線で現れるギザは空間周波数が低いため、人間の目には非常に目立って感じられ、高精細な画像を表現するための大きな制限要因となる。しかし従来の格子状の画素配置をもつ画像システ

ムでは、高解像度化をいかに進めようとも、この方向特異性の問題は、根本的に解決が不可能である。

本研究では、画素の中で画像の構成に実質的に関与する領域が画素面積の一部分のみを占める点に着目し、有効領域の空間配置が擬似的に不規則とすることで、この方向特異性の問題を根本的に解決するという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、従来の格子状の画素配置が根本的な原因となって画像中の斜め線などに現れるジャギーに対して、画素配置を擬似的に不規則とすることで、根本的な解消を試みることを目指した。またそのジャギーの本質を定量的に見極め、また実際に擬似的に不規則な画素配置を持つ撮像素子の試作と評価を目指した。

3. 研究の方法

本研究では、画素の中で、撮像素子の受光領域やディスプレイの発光領域のように、画像の構成に実質的に関与する領域が、画素面積の一部分のみを占める点に着目した。そしてその有効領域が、画素内の左上・右上・左下・右下のそれぞれに配置された4種類の画素(図1)を用意し、その配置順序のみを不規則として画素配置を生成し、撮像素子やディスプレイを構成するアプローチをとる。この4種類の画素のうち1種類のみを並べたものが、通常の格子状の画素配置を持つ画像システムとなる。すなわち、擬似的な不規則画素配置は、通常の格子状画素配置の拡張であるといえる(図2)。

まず、この擬似的な不規則画素配置の有効領域の空間的な配置特性を、空間スペクトルを用いて解明することを試みた。

続いて、画像の品質に対するジャギーの影響を定量的に見積もる手法を確立することを目的とし、画像中に現れるジャギーの本質を、画像の空間スペクトルを用いて解明を試みた。

また擬似的な不規則画素配置の実験的な検討として、擬似的な不規則画素配置を持つCMOSイメージセンサを、通常の格子状画素配置をもつCMOSイメージセンサとあわせて設計・試作し、その撮像特性の評価を試みた。

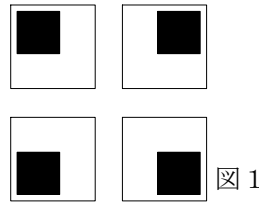


図1

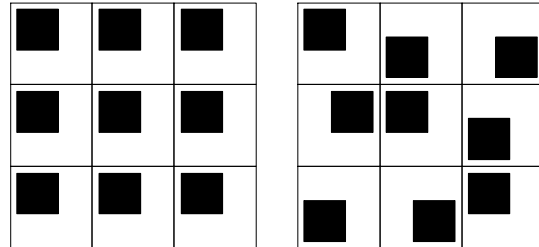


図2

4. 研究成果

擬似的な不規則画素配置による有効領域の空間的な配置の特性を解析した結果、擬似的な不規則画素配置は、画素境界を越えた本質的な不規則な配置に対する非常によい近似となることが示された。すなわち擬似的な不規則画素配置は、撮像素子・ディスプレイとしての実現性と、ジャギー解消のための方向特異性をもたない理想的な画素構造・配置であることが示された。

続いてジャギーの本質を、画像の空間スペクトルから解明することを試みた。その結果、画像の空間スペクトル中の、視覚系に知覚される空間周波数の範囲にあるスペクトル成分のばらつき度合いが、ジャギーの本質となることを明らかにした。規則画素配置、および擬似的な不規則画素配置によって表現された斜め線のエッジ部分の傾きのスペクトルを、それぞれ図3・図4に示す。規則画素配置の場合の図3では、視野角1度に相当する10サイクルのスペクトル成分が際立って強く存在しており、これがジャギーとして見えることが明らかとなった。一方、擬似的な不規則画素配置の場合の図4では、特定周期のスペクトル成分が明確には存在せず、そのためにジャギーが目立たなくなっていることが明らかとなった。

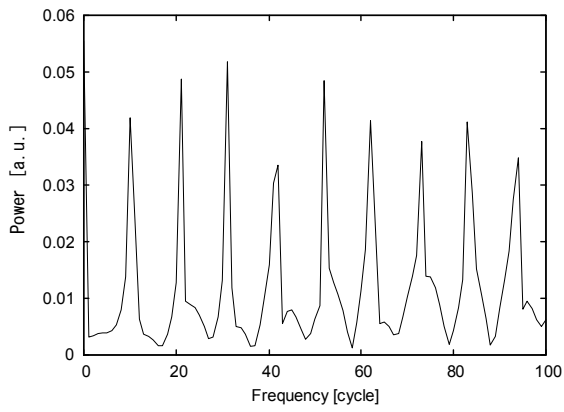


図 3

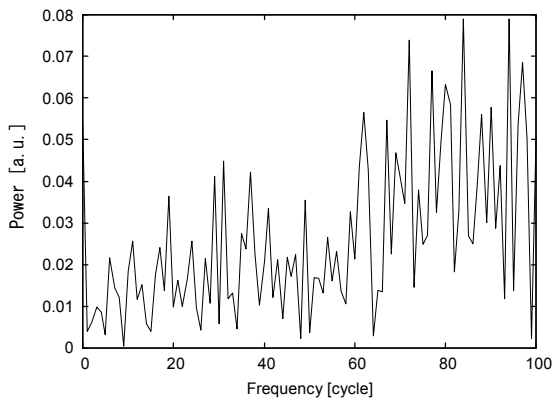


図 4

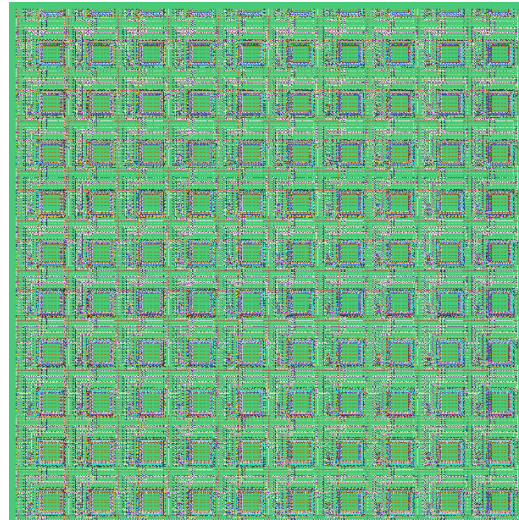


図 3

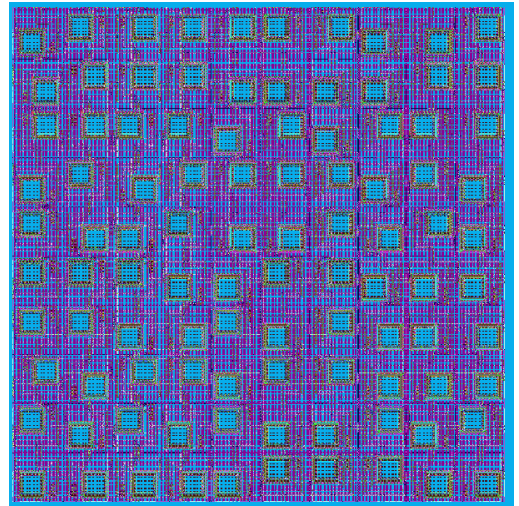


図 4

また、また擬似的な不規則画素配置を持つ撮像素子を実現し、その特性を実証するために、擬似的な不規則画素配置を持つCMOSイメージセンサ（図5）を、通常の格子状画素配置をもつCMOSイメージセンサとあわせて設計・試作した。（図6）用いる4種類の画素は、受光領域の位置のみが異なり、他の電源線・信号線などの電気的な特性・物理的配置は同一として設計した（図7）。これにより、擬似的な不規則画素配置を持つCMOSイメージセンサを実現することができた。画素数は、擬似的な不規則画素配置・格子状画素配置それぞれ 128×64 である。

今後は、試作した擬似的な不規則画素配置を持つCMOSイメージセンサの撮像特性の評価を行い、擬似的な不規則画素配置によるジャギーの解消効果を実証したい。またジャギーの画像の品質への影響を、画像の品質の評価において本質的に重要であるといえる主観的な評価指標との関連を明らかにしつつ、客観的な定量化する指標の確立を行いたい。

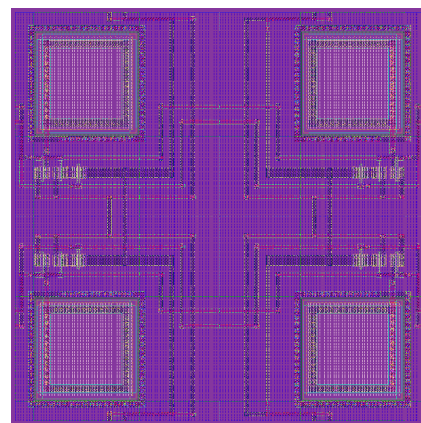


図 5

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

1. Junichi Akita, "CMOS image sensor with pseudorandom pixel placement," IEICE Electronics Express, Vol. 5, No. 10, pp. 388-393, 2008., 査読あり

[学会発表] (計6件)

1. 前田唯・岩淵勇樹・秋田純一, 空間スペクトルを用いたジャギー評価に関する一考察～擬似的な不規則画素配置によるジャギーの解消効果～, 映像方法メディア学会技術報告, Vol. 32, No. 57, pp. 29-32, 2008. 12, 東京.
2. 秋田純一, 擬似的な不規則画素配置を持つ CMOS イメージセンサの方向特異性の一検討, 第2回情報フォトニクス研究討論会予稿集, pp. 1-2, 2008. 6, 大阪.
3. 秋田純一, 擬似的な不規則画素配置を持つ CMOS イメージセンサの方向特異性の一検討, 映像情報メディア学会技術報告, IST2008-28, pp. 41-44, 2008. 6, 金沢.
4. 米田智弘・秋田純一, 擬似的な不規則画素配置をもつ撮像素子の空間サンプリング特性, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 31, No. 60, IST2007-113, pp. 53-56, 2007. 12, 東京.
5. 岩淵勇樹・秋田純一, 非周期的な画素配置を持つ CMOS イメージセンサの基礎検討, 電子情報通信学会技術報告, Vol. 107, No. 163, ICD2007-65, pp. 165-170, 2007. 7, 神戸.
6. 秋田純一, 擬似的な不規則画素配置を持つ CMOS イメージセンサ, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 31, No. 28, pp. 37-40, 2007. 6, 広島.

[図書] (計1件)

1. 村田貴士 (編), CCD/CMOS イメージセンサ 高精細・高画質化技術と最新応用, 技術情報協会(総ページ数:243), 2008.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋田 純一 (AKITA JUNICHI)
金沢大学・電子情報学系・准教授
研究者番号: 10303265

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者