

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04425

研究課題名（和文）画素配置の擬似的な不規則化による高精細化と情報量削減を両立する画像システムの研究

研究課題名（英文）Image Systems for Clear with Reduced Information using Pseudorandom Pixel Placement

研究代表者

秋田 純一（Akita, Junichi）

金沢大学・電子情報通信学系・教授

研究者番号：10303265

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、画像を構成する画素の中で実質的に画像に寄与する領域（有効領域）の位置を擬似的に不規則とすることで、画像の高精細化を目指すものである。それに対して、画像処理という客観的なアプローチと、精細さの知覚という主観的なアプローチの両者について、擬似的な不規則画素配置手法の効果を評価した。画像処理については、超解像処理と色モアレをとりあげ、両者について、擬似的な不規則画素配置の効果を確認し、より詳細な評価を継続したい。精細さの知覚については、精細さに寄与する画素パラメータの特定を行い、精細さが高くなる画素パラメータの範囲を絞り込むことができ、より詳細な評価を継続したい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を通して、本研究で用いる擬似的な不規則画素という手法は、特に低解像度画像における画像の質（画像処理の精度や画像の精細さ）の低下を抑える効果があることが示された。すなわちIoTやエッジ処理条件下などの、通信速度や情報電送量の制約がある条件下において、扱う画像情報の質を担保する効果があることが示された。それにより、特にこのような画像情報量の制限がある条件下における画像システムの応用分野を広げる可能性があることが示された。

研究成果の概要（英文）：This research aims to enhance the image quality by placing the area contributing image structure (effective area) at random positions in each pixel. In order to evaluate our method, we employed two ways; image processing accuracy as the objective evaluation, and how we perceive clearly as the subjective evaluation. For the image processing, we used super-resolution processing and color Moire, and we confirmed the effectiveness of pseudorandom pixel placement on these processing, also we will continue these evaluation. For the problem how we perceive clearly, we successfully derived the range of pixel parameters that contribute the image clearness, also we will continue these evaluation.

研究分野：集積回路（イメージセンサ）

キーワード：集積回路 イメージセンサ 画素配置 画像処理 主観評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

カメラやディスプレイから構成される画像システムは、テレビジョン放送システムに起源をもつが、回路・デバイス技術や計算機技術、ネットワーク技術の進歩によって新たな情報メディアへと進化をとげ、画像技術は現代社会において必要不可欠な技術となっている。近年の AI 技術・IoT 技術の進化と普及の中でも認識・理解などの画像情報の重要性は大いに加え、IoT 時代では情報処理をセンサ側で小型・省電力に行うエッジコンピューティングへのニーズも強い。

画像は、基本的に画像を微小なブロック(画素)に分割し、その配列として扱われる。しかしこの画像の表現では画像が持つ情報量は膨大であり、画像信号を取り扱うためには高い計算コスト(計算機能力、伝送・保持のための回路規模、消費電力を含む)を必要とする。特に、画像技術の応用面からは、より高精細な画像を扱いたいというニーズが根強くあるため、基本的には扱う画像の画素数、すなわち画像情報量は増加傾向にある。この傾向は、画像の画素数の向上につながるために、さらに多くの計算コストを必要とする。これに対して、従来は画像情報の圧縮や情報処理・伝送速度の向上といった方針で技術が進歩してきたが、現状の技術開発の延長では解決が困難な水準になりつつある。特に IoT 時代のエッジコンピューティングにおいては、この画像情報量の増加は深刻な問題である。すなわち、取り扱う画像情報量を削減と、画像情報の高精度化は、一般には両立できないトレードオフの関係があるものの、これらの両立は、画像システムの実世界応用において必要不可欠な課題である。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの申請者の研究アプローチである、擬似的に不規則な画素配置を、高精度化と情報量削減を両立することが可能な画像技術として確立するために、以下の2点について、画像の特性と擬似的に不規則な画素配置を適用することの有用性の関連について定量的に解明することを目的とする。

- ・ 計算機による画像処理、特に超解像処理
- ・ 人間の鑑賞という主観評価を評価軸とする画像の高精細化

3. 研究の方法

本研究では、擬似的に不規則な画素配置の画像技術への適用することの有用性を、以下の2点について定量的に解明する。

(1)画像処理としての超解像処理

本研究の具体例な対象として、近年応用場面が拡大し、また高精細化と画素数向上の両立に有効な手法である超解像処理を設定する。そして擬似的に不規則な画素配置手法を、超解像処理に適用するアルゴリズムを、超解像処理の対象画像の空間周波数特性を考慮しつつ構築し、その定量的な評価を行う。この課題は、前述の擬似的に不規則な画素配置の画像処理への適合性・適合条件の明確化につながる。

あわせて、このような擬似的に不規則な画素配置を持つ、超解像処理向けの画素読み出し機能を備えた CMOS イメージセンサの設計と試作、及びその特性評価を行う。この課題は、擬似的に不規則な画素配置手法の物理的な実現可能性を示すことにつながる。

(2)人間の鑑賞という主観評価を評価軸とする画像の高精細化

人間の鑑賞という主観評価は、画像の精細さ(きれいさ)において、画像処理・計測とは独立した評価軸であるが、映像を人間が鑑賞する、という画像システムの応用分野からは重要なものであるといえる。申請者のこれまでの研究で、映像表示システムの画素に対して、有効領域の擬似的な不規則化を適用する場合には、有効領域の空間特性が重要なパラメータであることが示唆されているが、これについては定量的には十分解明されていない。そこで、本研究では、画素パラメータと、撮像系・表示系の画素配置の整合性について、体系的に探究し、「画像のきれいさ」という評価軸における、これらのパラメータの最適な適用条件を、被験者を用いる知覚実験に基づいて明確化する。

4. 研究成果

本手法の高精度画像処理への適用として、超解像処理と色モアレをとりあげ、その評価を行った。まず前者については、高解像度画像から低解像度画像との関連を機械学習で学習させ、それをもとに低解像度画像から高解像度画像への超解像処理を行う手順を対象とし、その学習の過程での画素サンプリングを、疑似的不規則画素を仮定し、アルゴリズムの構築と評価を行った。その結果、通常のダウンサンプリングと比較して優位な精度の改善が確認された[1,4](図1)。

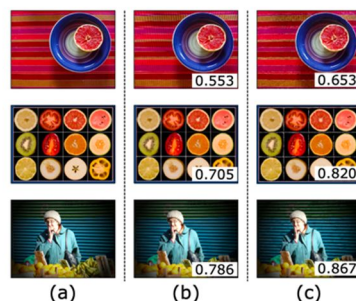


Fig.7 Examples of the significant difference in SR images for the natural image data sets. (a)original image, (b)SR image using the lattice sampling, and (c)SR image using the pseudorandom sampling. (SSIM values are shown inside the SR images)

また後者の色モアレの評価については、ベイヤー配列のカラーフィルタを仮定して通常方式と擬似的不規則方式の両方でダウンサンプリングを行い、発生する色モアレ(図2)に対する定量的な評価を行った。その評価には独自の評価指標を開発して用いた。その結果、画像による効果の差はあるものの、擬似的不規則方式による色モアレ低減効果が確認された[4]。

これについては引き続き詳細な評価を継続する予定である。



規則的画素配置を利用して生成したカラー画像



擬似的不規則画素配置を利用して生成したカラー画像

また主観評価を評価軸とする画像の高精細化については、複数画素からなる仮想画素の手法を用いて擬似的不規則画素配置を表現し、それを小型 4K 解像度の高精細ディスプレイに表示することで、擬似的不規則画素配置をもつディスプレイによる画像提示を行うシステムを開発した(図3)。



Figure 3. Images presented by (a) lattice placement and (b) PPP. ←

これを用いて、被験者を用いた知覚実験を行い、精細さの知覚に寄与する画素パラメータの特定を行った。その結果、知覚される精細さが高くなる画素パラメータの範囲を絞り込むことができた[2]。これについては、より詳細な絞り込みと評価を継続したい。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕

- [1] 吉田菜・秋田純一・戸田真志, 擬似的不規則画素配置を用いた超解像処理とその評価, 映像情報メディア学会論文誌, Vol.74, No.5, pp.893-895, 2020.8.

〔学会発表〕

- [2] T.Komatsu, K.Hasebe, J. Akita, How Users Feel “Beautyfulness” for Images Represented by Pseudorandom Pixel Placement, 2022 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), 2022.1.
- [3] 吉田菜・秋田純一・戸田真志, 擬似的不規則画素配置を用いた超解像アルゴリズム, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.43, No.13, pp.31-34, 2019.6.
- [4] 小林未侑・秋田純一, 擬似的不規則画素配置を用いた偽色による色モアレの低減効果の評価, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.45, NO.13, pp.1-5, 2021.6.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 吉田菜・秋田純一・戸田真志	4. 巻 74
2. 論文標題 擬似的不規則画素配置を用いた超解像処理とその評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会論文誌	6. 最初と最後の頁 893-895
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3169/itej.74.893	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 吉田菜・秋田純一・戸田真志
2. 発表標題 擬似的不規則画素配置を用いた超解像アルゴリズム
3. 学会等名 映像情報メディア学会情報センシング研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T.Komatsu, K.Hasebe, J. Akita
2. 発表標題 How Users Feel “Beautifulness” for Images Represented by Pseudorandom Pixel Placement
3. 学会等名 2022 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林未侑・秋田純一
2. 発表標題 擬似的不規則画素配置を用いた偽色による色モアレの低減効果の評価
3. 学会等名 映像情報メディア学会情報センシング研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	小松 孝徳 (Komatsu Takanori) (30363716)	明治大学・総合数理学部・専任教授 (32682)	
研究 分担者	戸田 真志 (Toda Masashi) (40336417)	熊本大学・総合情報統括センター・教授 (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------