

確率共鳴現象を応用したカラー画像 に対するコントラスト復元技術

金沢工業大学 工学部 ロボティクス学科
教授 竹井 義法

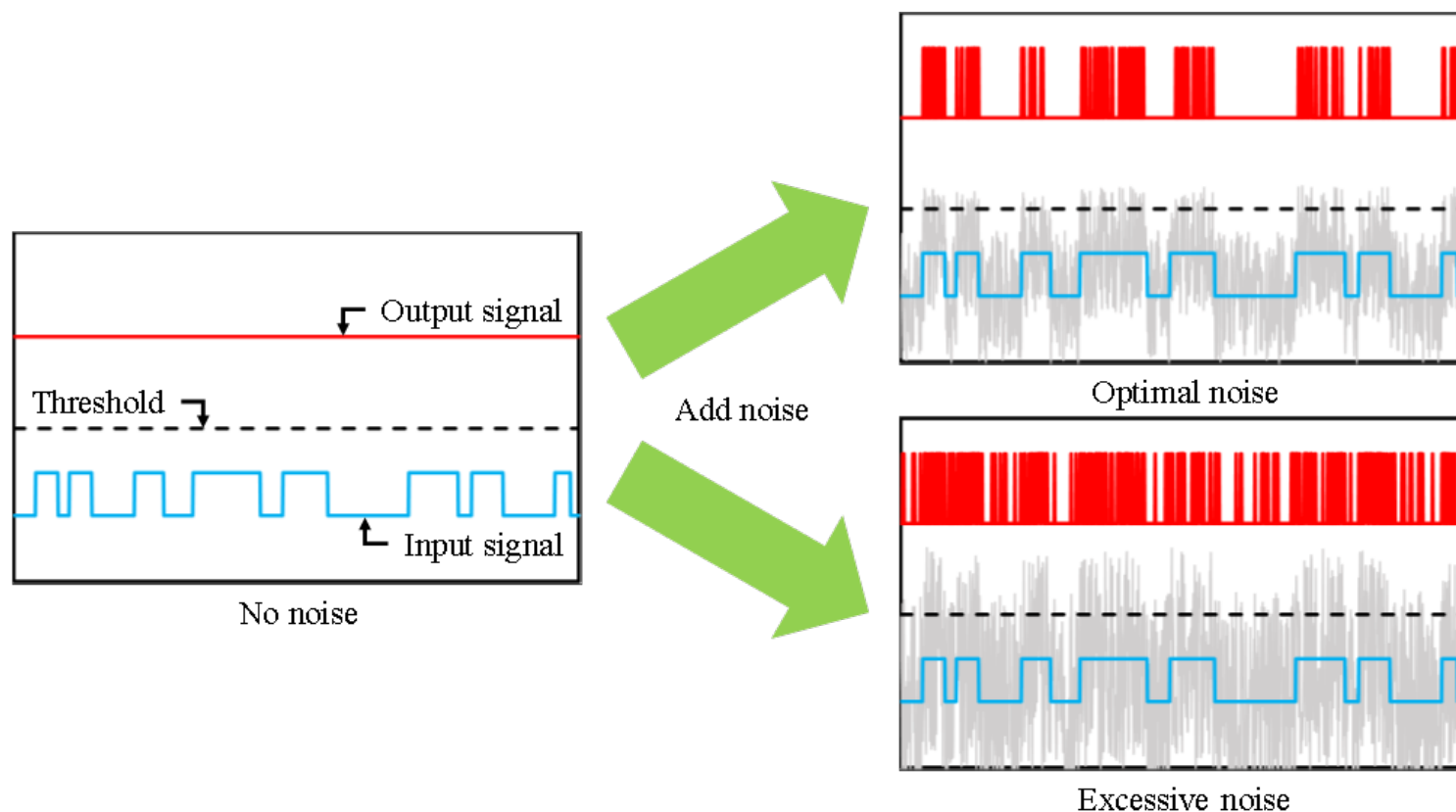
2023年2月28日

従来技術とその問題点

- 明暗の混在する画像に対するコントラスト復元処理は適応的ヒストグラム平坦化(AHE)等、様々な手法が提案されている。
- 同様に確率共鳴現象を利用したコントラスト復元技術が提案されているが、多くの場合、グレースケール画像あるいはカラー画像からグレースケール化を行った画像に対して行われている。
- カラー画像における同現象の応用例もあるが、DCT等の空間的処理を必要とするため、最適なブロックサイズの決定や空間処理に起因する画質の低下が原理的に回避できないという課題がある。

確率共鳴現象

- 雑音の存在と非線形系を介した観測によって、(本来計測したい)微弱な信号が増幅される現象。
- 適切な強度の雑音を付加すると、入出力相関が向上。
- 但し、入出力相関を最大にするためにはパラメータ調整が必要。

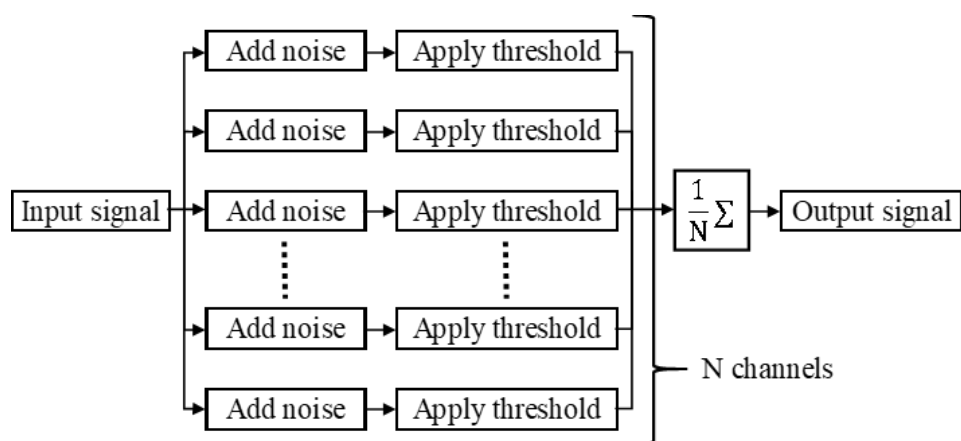


雑音に埋もれた微弱信号が非線形素子を介して観測することで、逆にその雑音によって増幅される

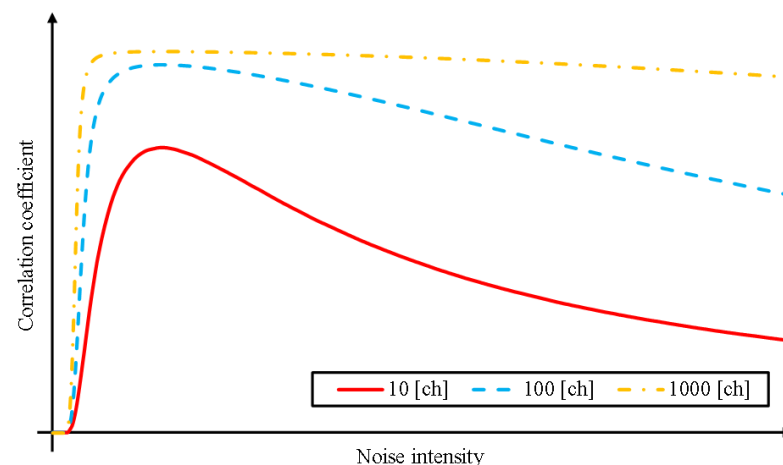
確率共鳴現象

Summing network:

- Collins※らによって提案された確率共鳴を発現する構成。
- 要素数Nの増加に伴って、入出力相関における最大値の向上と雑音強度に対する相関値低下の緩和によって、最適雑音強度の調整が不要になる。
- 出力信号の階調が増加するため、入力信号の波形の復元が可能。



ネットワークの構成

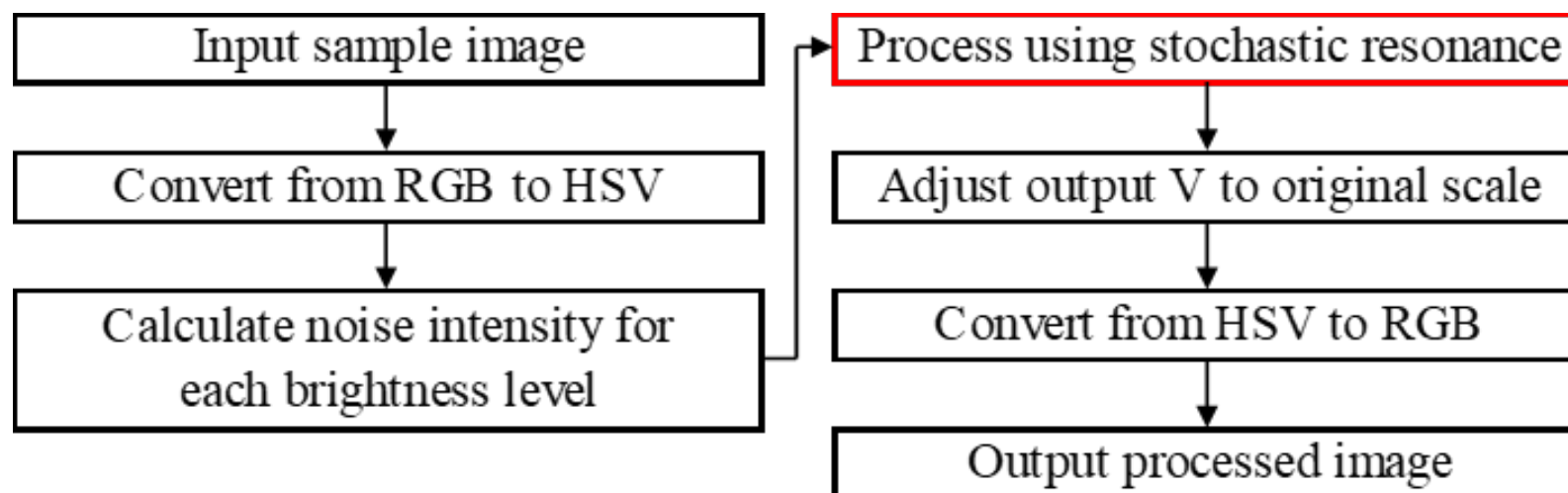


ノイズ強度に対する入出力相関

※Collins, J., Chow, C. & Imhoff, T. Stochastic resonance without tuning. Nature 376, 236–238 (1995).

確率共鳴現象を利用したコントラスト復元

- 提案手法では、処理画像をHSV色空間に変換し、そのV成分に対して確率共鳴現象を適用することでコントラスト復元と色相の保持を実現する。
- このとき、確率共鳴を発現するSumming Networkにおける印加雑音強度を各ピクセルの輝度に応じて可変する。
- 明部、暗部それぞれの強調・保持の度合いは輝度に対する雑音強度プロファイルを用いてユーザが調整可能。



適用例



(a) 基準画像



(b) 原画像



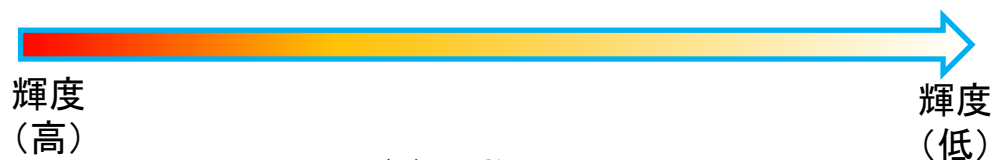
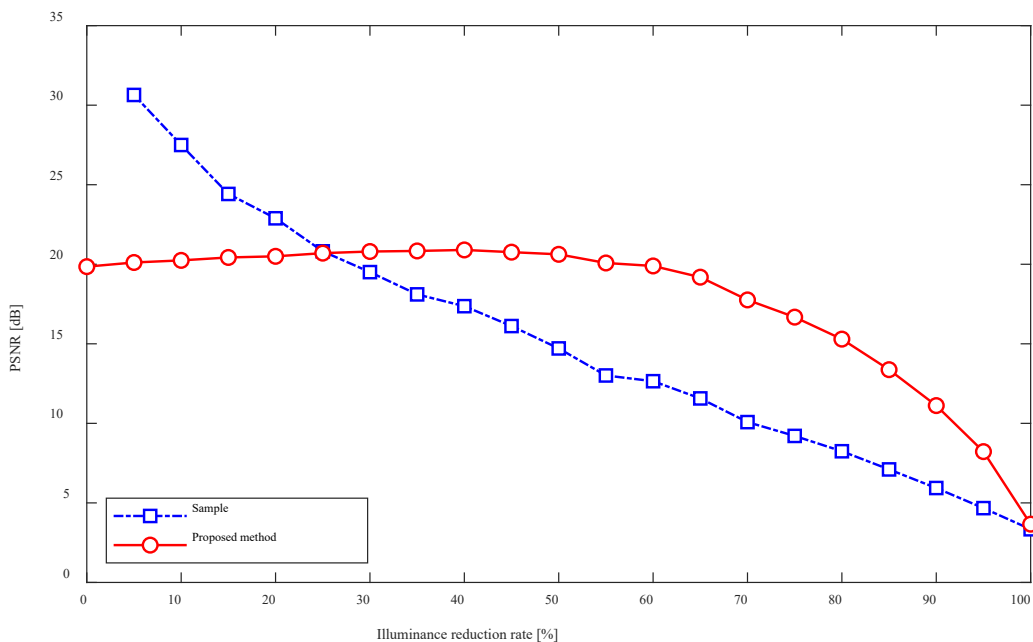
(c) 復元画像

Fig. 提案手法による低輝度画像からの復元
(右側面から照明を当てた画像. 但し, 基準画像のみ上部から照射)

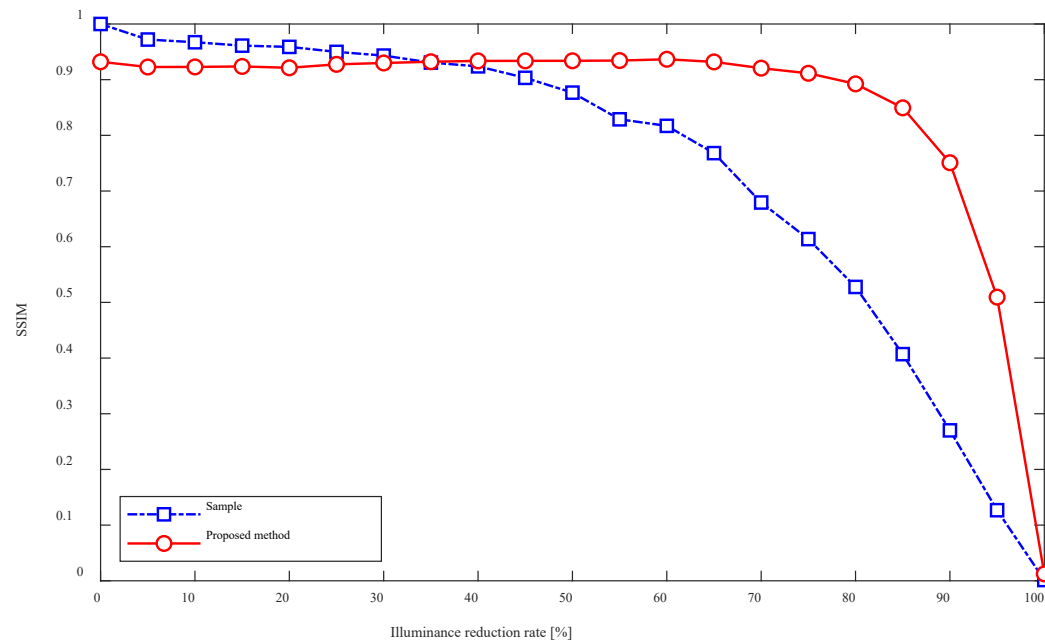
提案手法の評価

- 1つの対象物に対して、照度を段階的に下げて撮影し、最大照度のサンプル画像(基準画像)と各照度での提案手法による処理画像との類似度を評価。
- 撮影は暗所で行い、LED照明の照度を500~0 lxまで25 lx刻みで低下。
- 撮影に用いたカメラの自動露出調整はOFFにして撮影。各照度において、撮影は3回。
- PSNR(ピークS/N比)とSSIM(構造的類似性)を用いて評価を行った。

提案手法の評価



(a) PSNR



(b) SSIM

Fig. 輝度低減時における画像間の類似度

- 青線は、照度低下に応じて得られる撮影画像に対する結果
- 提案手法による処理画像(赤線)は、輝度低下後も高い値を維持

適用例



(a) 原画像



(c) 復元画像

Fig. 提案手法の適用例(スマートフォンによる撮影画像)

適用例



(a) 原画像

(c) 復元画像

Fig. 提案手法の適用例(※輝度を引き上げた例)

新技術の特徴・従来技術との比較

- 本技術は、画像に対する空間処理を必要としないことから、空間処理に起因する副次的な問題が生じにくい。
- 確率共鳴現象を用いた画像処理技術にはグレースケール画像に対する適用例が多いが、本技術はカラー画像の画質改善(コントラスト復元)ができる。
- 本技術は機械学習によるものではないため、事前学習等は不要。但し、本技術の処理の高速化において、GPU等の機械学習向けアクセラレータの活用が期待できる。

想定される用途

- 配光条件を制御できない状況下での監視カメラ映像の改善（自然光のある農業、狭小領域のモニタ映像等への応用）
- 車載カメラ、スマートフォン搭載カメラの画質改善

実用化に向けた課題と企業への期待

- 本技術はGPU等による高速化が有効。ハードウェアによる実装等を用いたリアルタイム処理への対応が今後の課題。
- 上記の解決、及び画像診断技術等への応用を期待。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 画像処理装置、画像処理方法、プログラム及び記憶媒体
- 出願番号 : 特願2021-117710
- 出願人 : 金沢工業大学、北菱電興株式会社
- 発明者 : 竹井義法、松田崇志、酒元一幸

お問い合わせ先

金沢工業大学

産学連携局 産学連携東京分室 担当/高田

TEL 03-5777-1964

FAX 03-5777-1965

e-mail iuctky@mlist.Kanazawa-it.ac.jp