

# 博士學位論文

内容の要旨  
および  
審査結果の要旨

第37編

令和2年度

神奈川工科大学

## は し が き

本編は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条によるインターネットの利用により公表を目的として、令和2年度内に本学において博士の学位を授与した者の、論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は、学位規則第4条第1項（いわゆる課程博士）によるもの、乙は、同規則同条第2項（いわゆる論文博士）によるものであることを示す。

< 目 次 >

甲第42号	鈴木 貴士	画像の非定常性に着目したガウス雑音重畳画像の 雑音推定の研究	..... 1
-------	-------	-----------------------------------	---------

氏名(本籍)	鈴木 <sup>すずき</sup> 貴士 <sup>たかし</sup> (山梨県)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲第 42 号
学位授与日	令和 3 年 3 月 20 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻名	工学研究科 情報工学専攻
学位論文題目	画像の非定常性に着目したガウス雑音重畳画像の雑音推定の研究
論文審査委員	(主査) 木村 誠聡 教授 奥村 万規子 教授 辻 裕之 教授 西村 広光 教授 末竹 規哲 教授 (山口大学)

## 内容の要旨

画像に重畳したガウス雑音の標準偏差を推定することは、雑音除去のみならず様々なデジタル画像処理において重要な処理の一つとなっている。本研究では様々な雑音推定方法がある中、ロバスト推定による MAD (Median Absolute Deviation) に基づいた推定方法を基に画像の種類や性質、画像の暗い・明るい、重畳雑音のレベルの大小に依存しない雑音推定方法を提案する。MAD に基づいた推定方法は画像にエッジや細部信号が多く含まれる、極端に暗いまたは明るい画像、重畳しているガウス雑音が小さい場合などにおいて雑音の推定精度が著しく低下する問題がある。そこで、本研究では画像のエッジや細部信号の含有量から画像の種類や性質を推定し、ガウス雑音の推定値に対して画像ごとに補正を施す方法を提案することで雑音の推定精度向上を図り、雑音除去フィルタにガウス雑音の標準偏差の推定値を適用することで雑音推定精度がデジタル画像処理に及ぼす影響を検証することで得られた成果および知見を 6 章に渡ってまとめている。

第 1 章では本研究の背景として電子回路における雑音の種類や画像信号に代表されるイメージセンサにおける雑音について述べ、画像からガウス雑音の標準偏差を推定する各種従来法の検討およびデジタル画像処理におけるガウス雑音の標準偏差を推定することの必要性を述べることで本研究の意義および目的を示している。

第 2 章では、MAD に基づくガウス雑音の標準偏差の推定方法において、画像のエッジや細部信号といった高周波数成分の影響によるガウス雑音の標準偏差が過大に評価されてしまう問題を解決するために、エッジや細部信号からなる画像性質パラメータを定め、それを基にガウス雑音の標準偏差の推定値を補正する方法を提案している。結果として従来法と比較してエッジや細部信号によるガウス雑音の過大評価の軽減が確認され、提案法の有効

性を明らかにしている。

第 3 章では、画像に重畳するガウス雑音のレベルによって画像中に存在するエッジや細部信号の影響度合いが変化するため、補正係数が追従できない問題を解消するために、第 2 章で補正係数が画像性質パラメータのしきい値による固定値からガウス雑音のレベルと画像性質パラメータからなる一次式の線形によって補正係数を制御する方法を提案する。また、暗い・明るい画像において、ガウス雑音の重畳によってクリッピング処理の影響を受けた画素値をガウス雑音の標準偏差の推定値の算出に含めない方法を提案する。第 3 章ではこれらの方法を組み合わせることで結果として重畳するガウス雑音のレベルの大小や暗い・明るい画像に対して良好な推定精度が得られることを確認し、提案法の有効性を明らかにしている。

第 4 章では、標準偏差が 10 未満の低レベルガウス雑音が重畳している画像に対する推定方法について述べている。ガウス雑音の最重畳による推定方法と雑音除去フィルタを用いた推定方法の 2 つの推定方法をファジー集合によって画像のエッジや細部信号の含有量に合わせた適切な係数を与える方法を提案する。結果として低レベルガウス雑音において特にエッジや細部信号が多く含まれる画像に対して良好な結果が得られることを確認し、提案法の有効性を明らかにしている。

第 5 章では、デジタル画像処理においてガウス雑音の推定精度の重要性について述べている。雑音除去フィルタであるウィナーフィルタに対して、各手法におけるガウス雑音の標準偏差の推定値を適用し、客観的画質評価である PSNR による比較検討を行う。結果としてガウス雑音の推定精度が向上するに伴い雑音除去の性能が向上することを確認し、提案法の雑音推定精度向上が雑音除去性能の向上に有効であることを明らかにしている。

第 6 章では、これらの研究を通して得られた成果を統括し、結論を述べている。

以上のように、本研究では画像の非定常性に着目し、画像のエッジや細部信号、重畳しているガウス雑音のレベルの大小、画像の暗い・明るいといった様々な種類に対して有効的な推定方法を種々の画像に適用することで明らかにし、また、雑音除去フィルタであるウィナーフィルタにガウス雑音の推定値を適用することで雑音の推定精度が雑音除去性能の向上への有効性を検証している。

## 審査経過の要旨

### 1. 審査の経過

- (1) 2020 年 11 月 2 日(月) 指導教員 木村誠聡に対し、鈴木貴士君より学位論文が提出された。
- (2) 2020 年 11 月 2 日(月) 情報工学専攻会議において、学位申請に向けて必要な手続きを進めること並びに審査委員候補が承認された。

- (3) 2020年12月9日(水)情報工学専攻会議において、論文受理を可とする決定が行われると共に論文審査委員候補5名が指名された。
- (4) 2021年1月15日(金)工学研究科委員会において、論文受理を可とする決定が行われると共に論文審査委員5名が指名された。
- (5) 2021年2月10日(水)9時30分から11時03分まで公聴会を開催した。
- (6) 2021年2月10日(水)11時05分から11時15分まで審査委員会を開催し、審査委員全員により、審査論文は博士論文としての必要な学術性、新規性、有効性、実用性を有すること、また申請者は博士の学力に相応しい学力、語学力を有し、学位授与に値すると判定された。
- (7) 2021年2月10日(水)情報工学専攻会議で、投票により学位授与を可と決定した。
- (8) 2021年3月1日(月)工学研究科委員会において学位授与を可とする旨の報告を行った。

## 2. 審査結果

本論文は画像の非定常性に着目し、画像に重畳しているガウス雑音の標準偏差を推定する研究である。撮像素子にて画像を取得する際、熱雑音や光子によるショット雑音などによりガウス雑音が画像に重畳する問題が存在する。ガウス雑音を除去するためにはガウス雑音の大きさを精度よく推定する必要があるが、既存の方法は計算コストの問題や雑音が過大に評価され易いなどの問題が存在する。本論文では簡便に計算可能な MAD (Median Absolute Deviation) に基づくガウス雑音の標準偏差の推定方法を基に、エッジや細部信号の含有量から画像の性質を求め、それを基にガウス雑音の標準偏差の推定値を補正する方法を提案し、ガウス雑音の標準偏差が 10 以上における高レベルガウス雑音の推定方法、輝度値の階調の上限または下限を超えている明るい画像や暗い画像におけるガウス雑音の推定方法、異なる 2 つの推定方法をファジー集合で結び付けることでガウス雑音の標準偏差が 10 未満の低レベルガウス雑音を推定する方法について提案し、画像の種類・明暗・ガウス雑音の大小に関わらずガウス雑音の精度良い推定結果を得ることを実証し、さらに提案した方法を雑音除去フィルタに適用させ、フィルタの雑音除去性能向上を確認することで提案しているガウス雑音の推定方法の有効性を明らかにしている。本論文は MAD に基づく方法を基本とし、画像の非定常性に着目することでガウス雑音を精度良く推定できる方法であり、研究全体の有効性を明確に実証していることはデジタル信号処理の分野における学術的および工学的発展への寄与が極めて大きい。よって、本論文はその学術性、独創性、実用性などから判断して学位論文に値するものであり、本論文提出者は博士(工学)学位授与に値するものとの結論に達した。