

氏名・（本籍） 近藤 雄基（愛知県）

学 位 の 種 類 博士（情報科学）

報 告 番 号 甲 第126号

学位授与年月日 2016（平成28）年 9 月20日

学位授与の要件 学位規則（昭和28年 4 月 1 日文部省令第 9 号）

第 4 条第 1 項該当

論 文 題 目 ロバストな三次元表面性状用高速 M 推定ガウシアンフィルタの研究

審 査 委 員（主査） 沼 田 宗 敏

興 水 大 和

野 浪 亨

青 木 公 也

## 審査概要及び審査結果（論文）

### 〈審査請求論文の経過と論文の概要〉

申請者 近藤雄基氏は、2010年 4 月、中京大学情報理工学部情報システム工学科 3 年次編入、2012年 3 月、同情報システム工学科卒業（学士（情報理工学））。2012年 4 月同大学院情報科学研究科博士前期課程情報科学専攻入学、2014年 3 月、同情報科学研究科博士前期課程情報科学専攻修了（修士（情報理工学））。2014年 4 月、同情報科学研究科博士後期課程情報認知科学専攻に入学し、現在に至っている。この間、申請学位論文「ロバストな三次元表面性状用高速 M 推定ガウシアンフィルタの研究」に至る研究を精力的に推進してきた。

本申請論文は、表面粗さ用ローパスフィルタの問題である、外れ値に対するロバスト性とこれまで用いられてきた従来フィルタとの互換性問題を解決し、実用化にまで至る意欲的な研究である。論文ではまず表面粗さの意義や歴史、現状の問題点と今後の展望を示し（第 1 章）、本論文で研究する当研究室が開発した FMGF（Fast M-Estimation Gaussian Filter：高速 M 推定ガウシアンフィルタ）について説明したうえで実用化するにあたり解決しなければならない 3 つの問題を示し（第 2 章）、第 1 の問題であるこれまで求めることができなかったロバストフィルタの振幅伝達特性を求める事に成功し（第 3 章）、第 2 の問題である外れ値が含まれる場合の方向特性問題を解決し（第 4 章）、外れ値がない場合従来フィルタとの互換性を保ちつつ外れ値に対するロバスト性のみを強化することで第 3 の問題も解決し（第 5 章）、その結果実際に実用化まで達成している（第 6 章）。

## 〈審査申請論文の内容と評価〉

申請者 近藤雄基氏 が提出した本論文「ロバストな三次元表面性状用高速 M 推定ガウシアンフィルタの研究」は、次の総計 6 つの章から構成されている。

第 1 章「序論」では、本論文のテーマの背景である表面粗さ計測についての説明と、その中での本論文の位置付けと意義、本論文の構成についてまとめている。表面粗さ分野では、粗さ成分のみから粗さを評価するために、計測データにガウシアンフィルタを用いて形状成分である平均線を抽出し、計測データから平均線を減算することにより粗さ成分のみの粗さ曲線を導出する。しかし、ガウシアンフィルタにはロバスト性がないため、計測エラー等の外れ値が含まれると形状成分を正しく抽出できなくなる。そこでロバスト性を有し、かつこれまでのガウシアンフィルタと互換性を持つロバストフィルタが求められていた。そうした状況の中、近年その条件を満たす FMGF が提案された。しかし、振幅伝達特性と呼ばれる各波長成分をどの程度通過させるかを示す特性を算出できず、ガウシアンフィルタとの互換性を証明できていなかった。また、表面粗さ計測は線状の二次元表面性状から面状の三次元表面性状へ移行しようとしている。しかし、FMGF は外れ値が含まれる場合、フィルタを適用する方向の順番によって最終結果が変わってしまう方向特性問題があり、三次元表面性状に適用できなかった。またロバスト性についても、現在の規格である ISO16610-31 と同程度であり、さらなるロバスト性も求められていた。そのような FMGF の現状と問題点を示し、これらの問題を解決することにより、FMGF を実用化の域に到達させるという本論文の目的が示されている。

第 2 章「FMGF の概要」では、FMGF の処理手順や特性の理論的根拠、ロバスト性について述べられており、後の章で提案される手法を説明するうえでの下地を読者に示している。

第 3 章「振幅伝達特性検証方法の開発」では、離散的フーリエ変換の特性を活かした新たな振幅伝達特性の求め方を提案し、外れ値が含まれない場合の FMGF の振幅伝達特性が、これまで用いられてきたガウシアンフィルタの振幅伝達特性と高精度に一致することを確認、ガウシアンフィルタとの互換性を証明した。

第 4 章「FMGF の三次元表面性状対応」では、FMGF の処理手順を見直し、外れ値がない場合だけでなく、外れ値が含まれる場合でも方向特性問題が発生しない新たな三次元表面性状用 FMGF を提案し、FMGF を三次元表面性状に適用可能にした。

第 5 章「FMGF のロバスト性強化」では、FMGF のロバスト性が出力プロセスに依存、かつ出力プロセスが各  $x$  座標毎に行なわれるという特性に着目し、外れ値の影響範囲以外のガウシアンフィルタとの特性一致を維持したまま、ロバスト性を更に強化することに成功した。

第 6 章「まとめ」では、本研究を総括し、実用化の達成とともに当該研究分野の今後の展望に関して考察を加えている。

この間の研究成果は、当該関連分野の学術論文としてまとめられ、また主要な国際会議において発表の機会を得ており、研究内容が学術的に十分な認知を得ている。それらは、国内の主要な学術論文（精密工学会誌）3 件、国際的な主要な学術論文（Precision Engineering）1 件、国際学会の論文 3 件である。

## 〈研究の今後の展開、推進の評価〉

これら研究テーマの成果として開発された FMGF は 3 つの問題を解決することにより、既に表面粗さ計測機搭載ソフトウェアに実装・販売されて産業界で用いられており、産業界でも高く評価されている。

#### 〈審査結果〉

以上の審査結果を総合的に判断して、本審査委員会は、申請者近藤雄基氏の提出した論文は課程博士(情報科学)の学位論文として十分に適格であると認め、全員一致にて「合」と判定したので報告する。

## 審査概要及び審査結果（最終試験）

### 1. 口頭試問の実施

当審査委員会は最終試験にかえて、2016年5月12日、6月23日の予備審査会、ならびに7月7日の公聴会において、申請者の論文内容に関する口頭発表を求めるとともに、専攻分野における学識と研究能力を審査するための口頭試問を行なった。

### 2. 既刊論文の調査

当審査委員会は、2016年4月4日の学位審査申請時点で、申請者を筆頭著者とし、かつ、第3者の査読を経て採録もしくは採録が決定されている関連論文を調査し、以下の9編がそれに該当することを確認した。ただし、※印を付した国際会議2件については、本学位申請論文には直接的に関連しない論文である。

#### [学術論文]

著者氏名 (全員・記載順)	著書、論文、邦訳著書及び 研究報告（発表）の題目	出版社名、記載雑誌名 (巻号・頁) 又は発表学会名等	発行又は 発表 の年
近藤雄基、沼田宗敏、 興水大和	高速 M 推定を用いたロバストガウシ アンフィルタの振幅伝達特性	精密工学会誌, Vol.79, No.7, pp.659- 664	2013
近藤雄基、沼田宗敏、 興水大和、吉田一朗	2次元高速 M 推定ガウシアンフィル タ (FMGF) の四大特性の研究	精密工学会誌, Vol.81, No.2, pp.170- 175	2015
Yuki Kondo, Munetoshi Numada, Hiroyasu Koshimizu, Kazuhide Kamiya, Ichiro Yoshida	The Filtering Method to Calculate the Transmission Characteristics of the Low- pass Filters Using Actual Measurement Data	Precision Engineering, Vol.44, pp.55-61	2016
近藤雄基、沼田宗敏、 興水大和、神谷和秀、 吉田一朗	ロバスト性調整可能な高速 M 推定ガ ウシアンフィルタ	精密工学会誌, Vol.82, No.3, pp.272- 277	2016

#### [国際会議]

著者氏名 (全員・記載順)	著書、論文、邦訳著書及び 研究報告（発表）の題目	出版社名、記載雑誌名 (巻号・頁) 又は発表学会名等	発行又は 発表 の年
Yuki Kondo, Munetoshi Numada, Hiroyasu Koshimizu	A Robust Gaussian Filter Corresponding to the Transmisson Characterisic of the Gaussian Filter	Proc. of the Met & Props 2013, TS7-02, pp.1-5	2013
※ Yuki Kondo, Munetoshi Numada, Hiroyasu Koshimizu	Proposal of High Precision Hough Transform Using Resampling Method	Proc. of the 20th Korea-Japan Workshop on Frontiers of Computer Vision FCV2014, pp.108-111	2014

※ Yuki Kondo, Munetoshi Numada, Hiroyasu Koshimizu	A Fast Hough Transform Based on C3TR Using Shift Operation	Proc. of the 21st Korea-Japan Workshop on Frontiers of Computer Vision FCV2015, P1-3, pp.1-6	2015
Yuki Kondo, Munetoshi Numada, Hiroyasu Koshimizu, Kazuhide Kamiya, Ichiro Yoshida	A Transmission Characteristics of the Low-pass Filter Using Actual Measurement Data	Proc. of The 38th International MATADOR Conference on Advanced Manufacturing, pp.453-459	2015
Yuki Kondo, Munetoshi Numada, Hiroyasu Koshimizu, Kazuhide Kamiya, Ichiro Yoshida	A Study on the Fast M-estimation Based Gaussian Filter Controllable in robustness	Proc. of AISM 2015, pp.258-263	2015

### 3. 最終試験結果

当審査委員会は、上記1. および2. の結果から、申請者近藤雄基氏は、専攻分野における十分な学識と研究能力を有すると判断し、全員一致で最終試験は「合」と判定した。

## 審査経過

審査経過：

2016年 4 月 4 日	論文受理
2016年 4 月 4 日	論文博士審査委員会設置（研究科委員会）
2016年 5 月12日	予備審査会（口述発表、口頭試問） 第 1 回予備審査委員会
2016年 6 月23日	第 2 回予備審査委員会
2016年 7 月 7 日	公聴会（口述発表、口頭試問） 審査委員会
2016年 7 月12日～19日	論文公示
2016年 9 月14日	研究科委員会に審査結果の報告 投票による可否の判定