

論文要旨

表面粗さ分野では、計測データである断面曲線にローパスフィルタを適用して平均線を求める。平均線の成分は粗さよりも大きな形状成分として扱われ、断面曲線から平均線を除去した粗さ曲線が粗さの指標に用いられる。この平均線を求めるローパスフィルタには、主にガウシアンフィルタが用いられる。しかし、ガウシアンフィルタにはロバスト性がないため、外れ値に弱いという問題がある。そのような状況の中、ロバスト性を有したガウシアンフィルタ互換フィルタの開発が求められている。しかし、ISO 16610-31: Gaussian regretion filters 等、ロバストガウシアンフィルタという名前のフィルタは存在するが、外れ値が含まれない場合でも通常のガウシアンフィルタ出力と異なる、ガウシアンフィルタと互換性のないロバストフィルタしか存在していなかった。そこで、沼田らは高速 M 推定法を用いたロバストガウシアンフィルタである FMGF (Fast M-Estimation Gaussian Filter) を提案した。FMGF は外れ値がなければガウシアンフィルタと特性が一致し、外れ値に対してのみロバストにふるまう高速なロバストガウシアンフィルタとされている。しかし、外れ値がない場合はガウシアンフィルタと特性が一致することを示すためには、いくつかの入出力データが一致するだけでなく、振幅伝達特性と呼ばれる、フィルタが各波長成分をどの程度減衰させるかを示した重要な特性が一致することを示す必要がある。ところが、フィルタの重み関数が陽でないフィルタの振幅伝達特性を求める手段は存在せず、これまでロバストフィルタの振幅伝達特性を証明する事が出来なかった。そこで、筆者は離散フーリエ変換の特性を利用した新たな振幅伝達特性検証方法を開発し、外れ値がない場合の FMGF の振幅伝達特性がガウシアンフィルタと一致することを証明することに成功した。

また、表面粗さ計測分野では、線状の二次元表面性状での粗さ計測から、面状の三次元表面性状での粗さ計測に移行しようとしている。この三次元表面性状には円形の 2 次元フィルタを適用することが望ましいが、2 次元フィルタは処理時間を要するため、1 次元フィルタを x 、 y の 2 方向に適用して代用する方針となっている。しかし、ロバストな 1 次元フィルタを 2 方向に適用すると、フィルタを適用した方向の順番により最終結果が異なってしまう方向特性問題がある。この問題は外れ値が含まれる場合の FMGF にも当てはまる。よって、この方向特性問題を解決しなければ、FMGF は三次元表面性状に適用する事が出来ない。しかし、FMGF の特性と処理手順を見直し、全データに対して 1 次元ガウシアンフィルタを x 、 y の 2 方向に適用し終えてから z 方向に 2 次 B スプライン基底関数を適用することにより FMGF の方向特性問題も解決し、FMGF を三次元表面性状に適用出来るようにした。

さらに、ロバスト性においても FMGF を改良・強化した。ロバストフィルタには、ロバスト性を強化するとベースとなるフィルタとの一致性が悪化するトレードオフの関係が存在する。しかし、このロバスト性改良 FMGF は、ガウシアンフィルタのとの一致性を崩すことなく、ロバスト性のみをさらに強化することに成功した。この成果は、ロバスト性とガウシアンフィルタ出力との一致性はトレードオフの関係であるという、ロバストフィルタの常識を覆す画期的な成果である。

以上のように、FMGF の拡張と新たな振幅伝達特性検証方法の確立により、FMGF は「ガウシアンフィルタとの特性一致」、「高速計算性」、「ロバスト性」、「方向特性」という、三次元表面性状用ローパスフィルタに求められる四大特性すべてを満たすことに成功した。現状この四大特性を満たす他のフィルタは存在せず、この FMGF が唯一無二のフィルタである。