

平成 30 年 7 月 4 日

埼玉工業大学大学院工学研究科長殿

学位論文審査委員会

主査 長谷 亜蘭 

副査 小西 克享 

副査 福島 祥夫 

副査 趙 希禄 

副査 皆川 佳祐 

学位（博士）論文及び最終試験の審査結果について（報告）

専攻名：博士後期課程 システム工学専攻

学籍番号：1521501

院生氏名：古賀 俊彦

論文題目：アコースティックエミッション技術を用いた工作機械の机上計測システムに関する研究

上記の学位（博士）論文について、平成 30 年 7 月 4 日に審査および最終試験を行い、その結果を下記のとおり報告します。

記

1 学位論文の内容の要旨 ※別添の通り

2 審査意見：

本論文は、切削プロセス中の工具の損傷や破損などの検出に有効性を示している AE 技術を用いて工具刃先位置と切削状態のセンシングを目的とし、様々な実験的アプローチで実用化への検討を行っている。まず、超精密旋削加工において、接触検知の適応範囲および被削材の取付け誤差の影響について明らかにしている。切削状態の監視として、異なる切削条件において加工現象と AE 信号の関係を明らかにし、安定切削中に起こる不安定な切削状態を AE 信号により検出できる可能性を示唆している。また、マシニングセンタを対象に、エンドミル工具の接触検知の適応範囲について明らかにしている。ここでは、工具摩耗状態の監視を試み、AE 技術による工具摩耗状態の検出についても可能性を示している。最

最終的に、AE 技術を用いたマシニングセンタの機上計測システムを構築し、計測システムの応答性や信頼性を明らかにしている。さらに、マシニングセンタの位置決め精度と同等の工具刃先位置の計測が可能であることを実証している。また、実用化のための工具アプローチの検討として、工具刃先位置を計測する際に生じるシステムの遅れによる過剰切込み量を少なくする方法を考案している。

以上のように、本論文の内容が学術的にも優れており、かつ応用的価値も高く評価できると認められた。また、論文の最終審査および口頭試問により、本人の当該分野に関する学力も博士（工学）に相応しいものであることを確認した。本審査委員会は、本論文を博士（工学）の学位論文に値すると評価し、最終試験を合格と判定した。

3 学位に付記する専攻分野の名称（いずれかを○で囲む）

工 学 学 術

4 学位を授与できるか否かの意見

1) 審査結果（いずれかを○で囲む）

① 学位論文及び最終試験の判定 合 格 不 合 格

2) 意 見

本審査委員会は、博士後期課程 システム工学専攻 1521501 古賀俊彦 氏から申請がなされた論文「アコースティックエミッション技術を用いた工作機械の機上計測システムに関する研究」について、厳正な審査を行い、全員一致で学位論文および最終試験を合格と判定し、博士（工学）の学位を授与するに相応しいとの結論に達した。

平成 30 年 7 月 4 日

埼玉工業大学大学院工学研究科博士後期課程

学位（博士）論文要旨

所属・氏名	専攻名	学籍番号	氏名
	システム工学専攻	1521501	古賀 俊彦
研究指導教員名	システム工学専攻	長谷 亜蘭	(印)
研究指導補助教員名	工学専攻		(印)
論文 題目	アコースティックエミッション技術を用いた 工作機械の機上計測システムに関する研究		

要旨の内容

製造業において、IoT、人工知能などを活用したスマートファクトリーの実現が重要になっている。その中で工作機械は、現在の機能に加えて、切削状態の情報をとらえ自らの意思で決定し、加工プロセスを安定に保ち、品質を維持するなどの知能化が不可欠である。知能化された工作機械の実現のためには、IoT、人工知能に関する技術を活かすための加工プロセスのセンシング技術の確立が求められる。

工作機械の刃先位置計測や切削状態の監視に関しては、これまでに様々な計測方法が研究されている。しかしながら、工具刃先位置計測においては、高精度な機器が開発されているものの、工作機械の熱変形などを含んだ実際の加工状態での計測ができていない。実際の計測では、被削材を加工後に製品の寸法測定を行い、目標値と比較してその差分を工具の補正值として求めたり、熟練者は今までの経験をもとに補正值を推測したりするなどして高精度な加工を実現しており、計測を熟練者の技術に依存している。切削状態の監視においては、切削動力・振動・加工熱などのセンシングが行われており、工具摩耗の監視などに成果がみられるものの、装置・機器の設置の問題などにより実用化されているものは少ない。

本研究では、切削プロセス中の工具の損傷、破損などの検出に有効性を示しているアコースティックエミッション（AE）技術を用いて工具刃先位置と切削状態をセンシングすることにした。工具刃先位置の計測では、工具と被削材が

接触したときに検出される AE 信号を利用し、AE 技術による工具と被削材の接触検知の適用範囲を検討した。切削状態の監視では、切削条件を変更したときに検出される AE 信号について検討した。また、工具の摩擦および摩耗過程で発生する AE 信号を検出・解析し、切削状態と AE 信号の相関関係を検討した。この二つの計測が可能な机上計測システムを構築し、実加工状態での工具刃先位置の計測を行い、システムの評価・検証に関する研究の成果をまとめた。

本論文は、全 7 章より構成される。

第 1 章では、知能化された工作機械の構成要素とその要素の重要性について述べている。その中の工具刃先位置計測のプリプロセス計測と切削状態の監視のインプロセス計測における現在の計測システムの問題点と本研究の必要性から、本研究の目的と研究指針について述べている。

第 2 章では、超精密旋削加工において、工具と回転中の被削材の接触検知を行うために必要な AE 技術を用いた実験装置の構成について述べている。また、ダイヤモンド工具を回転中の被削材に接触させ、接触時に放出される弾性波を AE 技術により検出し、接触検知の適応範囲を明らかにしている。さらに、切削初期の接触検知信号より被削材の取付け誤差の影響について言及している。

第 3 章では、超精密旋削加工における切削状態の監視として、加工中に発生する切削状態の変化について検討している。安定切削時において、切削速度、切込み深さ、送り速度の切削速度を変更し、加工現象と AE 信号の関係を明らかにしている。また、安定切削中に起こる不安定な切削状態を AE 信号により検出できる可能性を示唆している。

第 4 章では、フライス系の切削加工で一般的な加工精度の領域において使用されるマシニングセンタを対象に、エンドミル工具の接触検知の適応範囲を明らかにしている。

第 5 章では、ステンレス鋼 (SUS304) のスクエアエンドミルの側面加工を対象とし、工具摩耗状態の監視を試み、AE 技術による工具摩耗状態の検出について言及している。

第 6 章では、AE 技術を用いたマシニングセンタの机上計測システムを構築し、工具刃先位置計測を行うことで本計測システムの応答性や信頼性を明らかにしている。また、異なるエンドミルの刃先位置の計測を行い、それぞれの工具で仕上げの切込み深さを与え被削材を加工し、二つの加工面の段差および深さを測定することで評価している。その結果、本計測システムにより、マシニングセンタの位置決め精度と同等の工具刃先位置の計測が可能であることを実証している。

第 7 章では、本論文の各章での結言のまとめと今後の課題について述べている。