The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	大型工作機械におけるマルチセンサ融合型加工・計測システムに関する研究
Author(s)	上北, 将広
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61721
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　上北　将広　　）	
論文題名	大型工作機械におけるマルチセンサ融合型加工・計測システムに関する研究

論文内容の要旨

エネルギ機器などの社会基盤の構築で需要が見込まれる，大型かつ精密な機械加工部品を対象とし，大型工作機械を用いた製造工程における加工・計測システムの開発に取り組んだ．大型精密部品では生産品質に関する多数の要件をすべて満たして良品が成立するうえ，不良発生時の損失が甚大であった．このような課題を総合的に解決するため，マルチセンサ融合型システムの枠組みを提案し，統合的な生産情報が最大限に活用される将来像を見据えて，製造現場でシステムの検証を行った．

第１章「緒論」では，精密加工システムの基本要素である，工具・工作物・工作機械を起点にして，要素間の境界領域において，生産品質に直結する課題が存在することに着目し，関連研究の歴史・背景と本研究の目的を述べた．

第２章「加工・計測システムの大型精密部品への展開戦略」では，加工監視・オンマシン計測システムに関して，「先端的な信号処理法」，「マルチセンサ融合」，「マルチセンサ協調」の枠組みで開発する方向性を導いた．また，蒸気タービン発電機の製造において，工作機械にシステムを実装して有用性を確認するとともに，情報連携による品質管理ループの将来像を概念図に提示した．

第３章「時間周波数解析によるインプロセスびびり振動検知」では，複合的な振動現象を含むプロセスに対し，新たな信号処理法に基づく加工監視システムを提案した．びびり振動と過渡事象に関わる成分をその場でエネルギ要約図として抽出する手法を考案し，蒸気タービンロータの精密ドリル加工工程において，工具の損傷にいたる状態遷移を正確に追跡できる可能性を示した．

第４章「工具摩耗・加工表面性状のマルチセンサ融合型異常検知」では，工具や加工表面の損傷が問題となるプロセスにおいて，複数工程の情報を包括的に収集し，高い精度で状態を推定するため，マルチセンサ融合に基づく加工監視システムを提案した．検証実験では，蒸気タービンロータの溝入れ工程を対象とし，粗工程で工具の摩耗傾向を正確に追跡できるほか，AE は仕上げ工程の表面異常に対して高い検出感度が得られる可能性を示した．

第５章「大型工作機械の空間補正によるオンマシン寸法計測」では，工作機械上で継ぎ目のない加工・計測を実現し工程を合理化するため，環境変動下におけるオンマシン寸法計測を主題とし，マルチセンサ協調によるトレーサブルな計測システムを提案した．10^{-5} と高い相対寸法精度が求められる蒸気タービンロータの寸法計測において，ホイール位置や軸径の計測の仕組みを検証し，実用上十分な精度が得られることを示した．

第６章「結論」では，本論文で得られた知見を総括し，将来の展望を述べた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　上北　将広　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	高谷　裕浩
	副 査	教　授	遠藤　勝義
	副 査	教　授	榎本　俊之
	副 査	准教授	水谷　康弘

論文審査の結果の要旨

大型構造物の製造技術は，社会基盤の持続的な発展に不可欠である．近年では，鉄道，火力・原子力発電，再生可能エネルギ，航空宇宙，造船，および先端エネルギ研究施設などの分野で大型かつ精密な部品への需要が高まっている。大型工作機械を用いた製造工程は、一般的な工作機械と比べて複雑な制約条件が加わることで、品質の不適合につながる可能性を含んでいる。そこで本論文は、これらを総合的に解決する枠組みとして、多機能性・実時間性を備えるマルチセンサ融合型システム、およびシステムの展開戦略を提案している。加工監視システムでは、びびり振動の異常検知法、および工具・加工表面性状に関する包括的な異常検知法の技術的な可能性を見出し、オンマシン計測システムでは、工作機械の空間誤差を考慮したトレーサブルな寸法計測法の有用性を確認した。主な成果を要約すると以下の通りである。

(1) 複合的な振動現象を含むプロセスに対して、新たな信号処理法に基づく加工監視システムを提案した。加速度信号に対して STFT（Short-time Fourier transform）と SK（Spectral kurtosis）を組み合わせた時間周波数解析を適用し、びびり振動と過渡事象に関わる成分に関して、その場でエネルギ要約図として抽出する手法を考案した。本手法により、蒸気タービンロータの精密ドリル加工工程において、工具の損傷にいたる状態遷移を正確に追跡できることを示した。

(2) 工具や加工表面の損傷が問題となるプロセスにおいて、関連する情報を包括的に収集し，高い精度で状態を推定するため、マルチセンサ融合方式に基づく加工監視システムを提案した。蒸気タービンロータの溝入れ工程を対象とし、粗工程で工具の摩耗傾向を正確に追跡できるほか、AE（Acoustic emission）は仕上げ工程の表面異常に対して高い検出感度が得られることを示した.

(3) 工作機械上で継ぎ目のない加工・計測を実現し工程を合理化するため、環境変動下におけるオンマシン寸法計測を主題とし、マルチセンサ協調によるトレーサブルな計測システムを提案した。10^{-5} 以上の高い相対寸法精度が求められる蒸気タービンロータの寸法計測において、ホイール位置や軸径の計測の仕組みを検証し、実用上十分な精度を得られることを示した。さらに、既存の計測・校正法との比較検証によって提案手法の妥当性を精査した。

以上のように、加工監視システムにおけるマルチセンサ融合では、異なるセンサの特徴量を活用し、切削負荷の差が大きい複数工程に対しても、単 一のシステムで正確な異常検知が行えることを示している。さらに、オンマシン計測システムにおけるマルチセンサ協調では、同じ「寸法」を測る目的である構成要素の配置を適正化し、空間誤差に配慮した戦略によって、従来にない高精度な計測を実現している。その成果は、大型かつ精密な機械加工部品を対象とし、製造工程における合理的な生産品質の保証を目的とした加工・計測システム技術の飛躍的な発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。