

Title	ジャーク抑制による機械システムの整定性能の向上に関する研究
Author(s)	星島, 耕太
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48577">https://hdl.handle.net/11094/48577</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	星 島 耕 太
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 1 7 7 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子制御機械工学専攻
学位論文名	ジャーク抑制による機械システムの整定性能の向上に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 池田 雅夫  (副査) 教授 古荘 純次 教授 金子 真 助教授 大塚 敏之 助教授 浅井 徹

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文の目的は、工業製品の製造現場で広く用いられている直動型搬送システムを対象に、高速・高精度かつ振動の少ない動作を実現するための制御系設計法を提案することであった。

第 1 章では、産業用機械システムの運用状況や背景を概説し、本論文の動機と目的を明らかにした。そして制御系設計に関するこれまでの研究動向を整理し、本論文で扱う研究課題を示した。

第 2 章では、制御対象の多段直動型搬送システムについて説明し、被搬送物の変位が保持部の変位を入力とした 2 次振動系で表されることを示した。このことから、被搬送物の振動を励起しないために保持部のジャーク（加加速度）を抑制するのが良いとの着想を得た。そこで、ジャークを直接抑制するためにジャークを状態に含んだ状態方程式を導いた。

第 3 章では、第 2 章で得られた状態方程式を用いて 3 段直動型搬送システムを記述し、最適レギュレータ理論を適用してジャークを抑制する最適制御則を求めた。そして計算機シミュレーションによりジャークを評価に加えることの有効性を検証した。また、求めた制御則を実装するには、ジャークと加速度を測定しなければならないが、ジャークを測定するセンサはないこと、加速度センサも使用が制限される場合が多いことから、フィードバックに用いる情報が変位と速度のみに制限された場合の実装法として、疑似微分器を用いて情報を推定する方法と、ジャークを評価するがジャークと加速度の情報を用いない最適制御則の数値解法を提案し、それらの性能を比較検討した。その結果、情報が制限される場合においても、ジャークを評価することが有効であることを示した。

第 4 章では、第 3 章で扱わなかった、搬送機が駆動部と保持部の 2 つの質量で構成される 2 段直動型搬送システムについて考えた。このシステムを第 2 章で求めた、ジャークと加速度を状態に含む状態方程式で表すと、入力項だけでなく入力の微分項が現れるため、最適レギュレータ理論をそのまま適用することはできない。そのため、適当な変数変換を行うことで、この状態方程式から入力の微分項を見掛け上消去し、等価な最適制御則を求めた、そしてこの場合でも、ジャークを抑制することが有効であることを示した。

第 5 章では、被搬送物と保持部の柔結合を表すばね係数とダンパ係数が不確かさを持つ場合の最適制御則を考えた。さらに、第 3、4 章で提案した測定できる情報が変位と速度に制限される場合の設計法を、不確かさがある場合に拡

張し、その場合でもジャークの抑制が有効であることを確かめた。

第6章では、研究の成果と意義の考察を行い、今後の展開としてジャークを抑制する設計方針が他の制御問題にも適用できることを述べた。

最後に第7章で結論を述べた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、工業製品の製造工程に見られる機械システムに対して、加速度の微分であるジャーク（加加速度）に着目し、機械振動抑制と整定時間短縮を目的とした制御系設計法を提案するものである。

具体的な制御対象としては多段直動型搬送機を考えている。搬送機は被搬送物（ワーク）をある位置からある位置まで移動させる機械装置であり、製造現場で広く用いられている。特に、ワークを柔軟物を介して搬送機が保持するものとして、システム全体を質量・ばね・ダンパ系でモデル化している。このモデルは、直動型搬送機だけでなく回転多慣性系やワークが液体の場合も扱うことができる。本論文では、ワークの保持部（手先）のジャークを抑制することを考えている。

通常はワークを含めたシステム全体における各質量の変位と速度を状態として状態方程式を導出するが、手先のジャークを直接評価して制御系を設計するために、手先のジャークと加速度を状態に含む状態方程式を新しく導出している。これにより、搬送機の物理パラメータ、特にワークと手先の柔結合を表すパラメータが不確かな場合にも、手先のジャークを評価対象として容易に制御系を設計することができる。また、搬送機が駆動部と手先の質量のみで構成される場合には、状態方程式に入力の微分項が現れ、そのままでは通常最適制御理論が適用できないという問題が発生するが、本論文では適当な変数変換を行うことでその問題を解決している。そして、この場合を含み、導いた状態方程式を用いて、手先のジャークを抑制する制御系を設計し、計算機シミュレーションによってその有効性を示している。

一方、求めた制御則を実装するには手先のジャークと加速度の情報が必要になるが、現在、ジャークを測定することは不可能である。そこで、制御に用いる情報を測定しやすい変位と速度に限定した場合の制御系設計法として、疑似微分器を用いてジャークを推定する方法と、ジャークや加速度を用いないという情報制約のもとで最適制御則を求める方法の2つを提案している。前者については雑音の影響による性能劣化についての検討も行われており、後者については繰り返し計算による数値解法を提案している。それら提案法についてシミュレーションを行い、情報が制限される場合にもジャークを抑制する制御則が振動抑制と整定性能向上に有効であることを示している。

以上のように、本論文は従来のワークの変位抑制とは異なる手先のジャーク抑制による振動抑制と整定性能向上という新しい考え方を提示しており、その実現性と有用性を示したものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。