

専攻	総合エネルギー工学	学籍番号	883229	指導教官氏名	寺嶋一彦 教授
申請者氏名	濱口雅史				高木章二 教授
					小野木克明 教授

論文要旨

論文題目	容器内液体搬送におけるスロッシングのモデリングと制御系設計に関する研究
------	-------------------------------------

(要旨 和文 1,200 字程度)

(1)

鉄鋼、 鋳造業における溶湯搬送や注湯後の鋳型の搬送、
またビールなどのアルコールや化粧品の瓶詰めラインな
どの容器内液体の搬送は、 各種プラントの F A 化に伴い
生産ラインの極めて重要な工程になってきた。 一般に容
器内液体を搬送する際には、 液体のスロッシング（液面
振動）による溢流、 搬送時間、 エネルギー効率およびコ
ンタミネーション（液体汚濁）による品質劣化などが問
題となり、 これらは生産性に直結する。 スロッシングの
制振に関する研究は多数報告されているが、 搬送を伴う
ものに関しては少なく、 搬送の最適性や曲線軌道を考慮
したものはない。

そこで本研究では、 搬送時間、 最大液位変動量、 消費
エネルギー、 コンタミネーションを考慮した各種設計条
件における容器内液体搬送制御を提案する。 また、 本制
御系を実プロセスに適用するのに必要な各種知見を得る
ことも本研究の目的とする。

以下に本論文における主な研究内容を示す。

(1) 直線軌道における直方体および円筒型容器内液体の
搬送を対象とし、 液体の 1 次モードスロッシングを単振
子を用いたメカニカルモデルにより表現した。 ただし、
対象液体としては、 液体の粘性がスロッシングに及ぼす
影響を調べるために水とオリーブ油を用いた。

(2) 各種設計仕様を設定し、それに基づく液体搬送制御を、カルマンフィルタ併合の最適サーボ系により行った。なお、最適サーボ問題における2次形式評価関数の最適重み行列を、シンプレックス法を用いたCarrollの応答曲面法により合理的に求めることを提案した。

(3) 実際の搬送においては高次モードスロッシングが発生する可能性があるため、速度ポテンシャルに関するラプラス方程式と自由表面における圧力方程式の基礎式を境界要素法を用いて数値解析した。これにより、液体搬送におけるスピルオーバ現象について考察し、スピルオーバを回避する制御系を提案した。

(4) 静止液位、容器幅、液体粘性が制御系に及ぼす影響について考察し、実プロセス応用への指針を与えた。

(5) 曲線軌道における円筒型容器内液体の搬送を対象とし、液体の(1,1)モードスロッシングを、球面振子および2つの単振子から成る双対振子を用いたメカニカルモデルにより表現した。最適制御ゲインは直線軌道におけるものとは異なったものが得られた。さらに、曲線軌道での搬送制御性能を高めるために搬送方向の運動とは別に、遠心力方向への容器回転運動を付加した。容器回転のアクティブ制御により、曲線軌道におけるスロッシングを制振できることを示した。

(6) 本制御系の有効性を実験装置を対象とした制御シミュレーションおよび制御実験により明らかにした。

以上により、本研究は直線軌道および曲線軌道における容器内液体搬送制御に関する基礎的知見を与える。