



Title	大型構造物と油圧支持システムの連成系に関するモデル化と設計
Author(s)	服部, 友哉
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/98774
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (服部 友哉)

論文題名

大型構造物と油圧支持システムの連成系に関するモデル化と設計

論文内容の要旨

本論文では、大型構造物を制御する油圧系の1つとして大型望遠鏡にある油圧システムを取り上げた。近年、望遠鏡は鏡の大口径化が進んでおり、構造も大型になっている。このため周囲温度が変化すると構造に大きな熱ひずみが発生し、望遠鏡の光学性能が悪化する。これに対し、望遠鏡構造の位置や変形を吸収する油圧支持システムを設置している。しかし先行研究においては、望遠鏡構造と油圧支持システムの両者の特性を考慮して定量的に評価したものは無い。また設計は構造系と油圧系のそれぞれで実施されており、設計マージンが過剰になり、組み合わせ時に両者の調整の時間や手間が発生していた。さらに全体システムの性能に影響する設計パラメータの認識が難しくなっていた。これより、構造系と油圧系を連成させたシステムのモデル化、性能の定量的評価、解析解の導出、それによる設計検討が課題となっていた。そこで本論文では構造系と油圧系の連成したシステムの動的特性を表現できる単純な伝達関数モデルを導出することと、その特性から油圧支持システムの設計パラメータを選定する設計例の提案を目的とした。

第1章では、緒論として背景と論文の概要を述べた。

第2章では、十分な精度で動的特性を表現できる油圧支持システムの簡単な伝達関数モデルを導出することを目的とし、その方法を提案した。配管系については、低周波領域において優勢な項を取り出し、双曲線関数の乗積展開の表現を用いることで、有理多項式近似した新しい伝達関数を提案した。その後配管系、ピストン、アキュムレータを接続し、油圧支持システムとしての伝達関数を導出して、その特性を評価した。最後に、望遠鏡質点と油圧支持システムを接続した望遠鏡全体の簡易構造モデルに対する近似伝達関数を導出し、提案したモデルが定常応答特性と過渡応答特性を十分表現できることを示した。

第3章では、この油圧支持システムの特性の検証を目的に試験装置を製作し、挙動を評価した。また、伝達関数モデルを検証することを目的に、試験結果と伝達関数による数値計算結果を比較した。まず配管系、ピストン、望遠鏡を模擬した試験装置を構成した。つぎに試験装置で静的試験を実施して基本的な挙動を確認し、その試験結果に対して伝達関数モデルの数値計算による時間応答結果との比較を行い、伝達関数モデルが過渡応答特性を表現できることを確認した。つぎに試験装置で動的試験を実施して周波数応答特性を確認し、その試験結果に対して伝達関数モデルの数値計算による周波数応答結果との比較を行い、伝達関数モデルが定常応答特性を表現できることを確認した。

第4章では、大型構造物と複数の油圧支持システムについて、その連成したシステムの動的特性を表現できる単純な伝達関数モデルを導出することを目的として、その方法を提案した。またそれを用いた油圧支持システムの設計パラメータを選定する設計例を提案した。まず実際の大型望遠鏡を想定した、2慣性系の構造に対し4系統の油圧系で支持した望遠鏡全体システムを考え、望遠鏡構造に対する外力を入力として変位と圧力を出力としたときの伝達関数を導出した。ここでは連成システムの運動方程式に対してモード分割を行い、伝達関数表現を振動モードの総和を用いた形に単純化して、油圧配管系単体の高周波振動を考慮しない近似伝達関数を新たに導出した。これを用いて、望遠鏡全体システムの定常変位、圧力振動振幅、減衰比の解析解を把握して、設計パラメータを決定した。

第5章では、結論として論文の総括と将来展望を述べた。

本研究は大型構造物とその油圧支持システムからなる連成系に対して、その各構成要素を、厳密なモデルや試験装置と比較しながら簡単で精度のよい伝達関数で表現し、それらを組み合わせて最終的に低周波領域における全体システムの簡単な表現を導いたものである。とくに個々の構成要素の有理多項式を使用した近似伝達関数によるモデル化と検証、さらにそれらを組み合わせた全体システムのモード分解を特徴としたモデル化手法は、本研究のもつ学術的価値と考える。さらに、提案した構造と油圧機器を連成したモデル化によって設計開発段階から両者の特性を加味した検討ができ、性能の向上とコストの削減や工程の短縮を可能にすることは、工学的価値と考える。

本研究の手法は、低周波領域での使用が想定される、大きな質量をもつ構造システムと一般的な油圧システムから成る連成系に適用することができる。例えば建築構造と制震用油圧ダンパのシステムなどが挙げられる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (服 部 友 哉)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	佐藤 訓志
	副 査	教授	大須賀 公一
	副 査	教授	石川 将人

論文審査の結果の要旨

本論文では、近年大口径化が進み構造が大型となっている望遠鏡と望遠鏡構造の位置や変形を吸収するための油圧支持システムへの応用を念頭に置き、大型構造物を制御する油圧系システムに対する構造系と油圧系を連成させたシステムのモデル化、性能の定量的評価、解析解の導出、それによる設計例の提案を行っている。

第 1 章では、緒論として背景と論文の概要が述べられている。

第 2 章では、十分な精度で動的特性を表現できる油圧支持システムの簡単な伝達関数モデルを導出することを目的とし、その方法を提案している。配管系については、低周波領域において優勢な項を取り出し、双曲線関数の乗積展開の表現を用いることで、有理多項式近似した新しい伝達関数を提案している。その後配管系、ピストン、アキュムレータを接続し、油圧支持システムとしての伝達関数を導出し、その特性を評価している。最後に、望遠鏡質点と油圧支持システムを接続した望遠鏡全体の簡易構造モデルに対する近似伝達関数を導出し、提案したモデルが定常応答特性と過渡応答特性を十分表現できることを示している。

第 3 章では、この油圧支持システムの特性の検証を目的に試験装置を製作し、挙動を評価している。また、伝達関数モデルを検証することを目的に、試験結果と伝達関数による数値計算結果を比較している。まず配管系、ピストン、望遠鏡を模擬した試験装置を構成している。つぎに試験装置で静的試験を実施して基本的な挙動を確認し、その試験結果に対して伝達関数モデルの数値計算による時間応答結果との比較を行い、伝達関数モデルが過渡応答特性を表現できることを確認している。つぎに試験装置で動的試験を実施して周波数応答特性を確認し、その試験結果に対して伝達関数モデルの数値計算による周波数応答結果との比較を行い、伝達関数モデルが定常応答特性を表現できることを確認している。

第 4 章では、大型構造物と複数の油圧支持システムについて、その連成したシステムの動的特性を表現できる単純な伝達関数モデルを導出することを目的として、その方法を提案している。またそれを用いた油圧支持システムの設計パラメータを選定する設計例を提案している。

第 5 章では、結論として論文の総括と将来展望を述べている。

以上のように、本論文は大型構造物とその油圧支持システムからなる連成系に対して、その各構成要素を、厳密なモデルや試験装置と比較しながら簡単で精度のよい伝達関数で表現し、それらを組み合わせて最終的に低周波領域における全体システムの簡単な表現を導いたものである。さらに、本論文で提案した構造と油圧機器を連成したモデル化によって設計開発段階から両者の特性を加味した検討ができ、性能の向上とコストの削減や工程の短縮を可能とする。本論文の結果は、大きな質量をもつ構造システムと一般的な油圧システムから成る連成系に対して適用可能な汎用的なものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。