

令和元年6月14日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06149

研究課題名(和文) 分解不要での多体構造系コンポーネントの質量特性同定

研究課題名(英文) Mass Property Identification of Individual components in Multi Body Systems without Disassembly

研究代表者

大熊 政明 (OKUMA, MASAAKI)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：60160454

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では次のことを実現した同定手法を開発した。多体系全体の静的な状態での計測で得られる全体系の質量特性値と、計測に容易な寸法データ、および周辺自由境界条件での多体系の運動計測データにより3次元構造体としての最小力学パラメータの同定を実用的な高精度で可能とし、基礎実験でその精度検証をした。なお、もう一種ある別の観点での計測を行うことで完全に個々のコンポーネントの質量特性パラメータすべてを高精度に同定することを最終目標としたが未到達である。この点と人体の計測への展開や装置の改良が今後の展望である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来は3次元の最小質量特性パラメータの実用的計測(同定)は困難であったものを十分可能とした方法を提案しており機械力学の学術的意義があると考えられる。技術的意義としては、たとえば、自動車開発における乗員安全性研究でのダミーモデル高精度化と多種化(大人、子供、体格差に応じたモデル)や、スポーツ工学の分野での人体をリンクシステムとみなしての運動シミュレーションにおける人体モデル生成において、競技者個々人の特性値をリアルに表現したモデル構築を可能とする。その他、機械工学に限らず科学分野での様々な研究で利用価値が見いだせると考える。

研究成果の概要(英文)：This research has made it possible to identify the minimum mass property parameters of a 3D link-system with practically good accuracy using the measured mass properties and dimension data of a whole system and moving position data at some points on the system by relative link motions under the free-free boundary condition. If one more additional measurement were discovered for identifying individual components' mass properties in a link-system, this research would have reached to the perfect goal. One of the future works is the discovery and the development of the measurement system to make it applicable to human body measurement.

研究分野：機械工学

キーワード：機械力学 逆問題 計測・試験 剛体質量特性 最小力学パラメータ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

物体の質量特性(質量の値,質量中心の位置,主慣性モーメントの値,主慣性モーメントの向き)を高精度に把握することは,高速・高精度に運動する機械の設計において重要であることは論を待たない。しかし,正確なCAD 図面が無い状態で実機から質量特性のすべてのパラメータを高精度に計測することはひじょうに難しいとされてきた。ひじょうに基本的で重要な特性値でありながら,従来の計測方法では,単一機械構造物(剛性が高く低周波数帯域挙動ではほぼ剛体とみなせる物体)ですら高精度かつスピーディな計測が不十分であり,たとえば自動車業界など多くの機械系分野では5~10%の誤差は仕方ないとして取り扱われていた。この技術課題について,本申請者は,長年にわたる実験的同定法の研究(振動や騒音技術のための動特性および静特性の同定法とその応用技術の研究)における成果として,機械構造物単体について高精度(誤差1%未満)かつ短時間で計測できる手法を開発し,東工大から国際特許(国際出願番号PCT/JP2011/064325,国際公開番号W02012/005114,国際公開日2012年1月12日)を出し,計測装置のシステム化実現まで到達し,産業界に貢献している。

この技術の次世代研究として,多体系とみなせる各種の機械に対して,それを構成している個々の基本コンポーネントの質量特性(質量の値,質量中心位置,主慣性モーメントの値,慣性主軸の向き)を機械から取り外すことなく高精度にかつ同時に同定する革新的同定(計測)の開発が考えられ,これは工学的および工業的研究として有意義な研究である。たとえば自動車は,サスペンションのばねやエンジンマウントの弾性機能部品を介して,車体,車輪系,エンジン・トランスミッション系の主要3コンポーネントが結合された多体構造系であり,実際に路上を走る状態での各コンポーネントおよび車両全体系での質量特性(特に重心位置と慣性主軸の向きが重要)の高精度な計測の要望が高い。しかし,現状ではコンポーネントに分解しての別々の計測や,サスペンションやエンジンマウントが変位・変形しないように特別な治具を組み込んで固めた状態での計測をせざるを得ない。また,標準化されたような計測システムが実現されていない。実際の路上を走る車の“自然体”での計測は不可能と考えられてきた。同種の技術課題と解決の要望は航空宇宙を始めとする機械・電機やスポーツ産業で幅広く存在している。

2. 研究の目的

リンク機構とみなせる各種産業ロボットや,タイヤ・サスペンション・エンジン・車体で基本構成される自動車,さらには頭部・胴体・四肢からなる人体など,工業的および工学的に計測要望が高い対象は多く存在し,この種の新しい計測法開発が強く要望されている。

多体構造系を構成する個々の構造コンポーネント(部品)の質量特性,たとえ質量の値だけでも計測したい場合,多体系から取り外さなければ計測できないと従来は考えられてきた。たとえば,人体の頭部,胴体,四肢それぞれの質量特性(質量の値だけでなく,それぞれの質量中心位置,主慣性モーメントの値と慣性主軸の向き)を計測したい場合,体を切断せずに可能か,という問題である。一般的にそれは不可能と考えられてきたようである。しかし,実現できることを示すことが本研究での独創性と先進性の核心である。類似の研究は,本申請者の調べた範囲では見当たらない。

そこで,本研究の目的は,多体剛体系とみなせる各種の機械の主要コンポーネントの質量特性(質量の値,質量中心位置,主慣性モーメントの値,慣性主軸の向き)を機械から分離せず高精度にかつ同時に同定する革新的な計測(同定)を理論的に考案し,具体的にプロトタイプの計測システムを試作して基礎的実証をすることである。

3. 研究の方法

本研究で開発をめざす同定法(計測法)の理論的考察とコンピュータ数値モデルによる基礎研究はすでに進めてきており、基本的に理論的に可能であることは確かめている。本申請による研究補助金で基礎実証研究ができる同定システム装置を設計・製作して本研究の目的としての基礎実証を具体的計測事例で行いたいと考える。

本研究の同定法理論に基づく実証システムの概要は次のとおりである。

第1ステップ:柔軟弾性支持機構またはそれに代わる支持機構によって微小に自由振動できる計

測台を内部に有した同定装置に測定対象物となる多体構造系を載せる。載せた位置と姿勢を計測台に設定されている座標系で計測する。

第2ステップ:同定アルゴリズムに基づいた適切な何通りかの条件設定(多体構造系のコンポーネント間の相対姿勢の変化や計測台の特性を分銅を利用して変化させるなどの何種類かの条件変化)で計測台を微小自由振動させて、その振動数(条件設定変化によって振動数は変化する)を計測する。

第3ステップ:それらのデータを統合的に使って、本研究の同定アルゴリズムのコンピュータ解析で対象物の多体構造系を構成している個々のコンポーネントの質量特性をすべて同時に同定する。

目標とする計測精度は、質量の値、主慣性モーメントの値、主慣性モーメントの向き、のすべてのパラメータについて誤差1%未満、重心位置については計測対象物外形代表寸法を約1mとした場合に1mm未満を達成目標としている。

4. 研究成果

本研究では次のことを実現した同定手法を開発した。多体系全体の静的な状態での計測で得られる全体系の質量特性値と、計測に容易な寸法データ、および周辺自由境界条件での多体系の運動計測データにより3次元構造体としての最小力学パラメータの同定を実用的高精度で可能とし、基礎実験でその精度検証をした。なお、もう一種ある別の観点での計測を行うことで完全に個々のコンポーネントの質量特性パラメータすべてを高精度に同定することを最終目標としたが未到達である。この点と人体の計測への展開や装置の改良は継続していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

本間貴大, 大熊政明, 「多体系の慣性特性同定法の開発」, 日本機械学会東海支部講演会, 2019.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 多体系の最小力学パラメータ同定装置, 方法及びプログラム

発明者: 大熊政明, 本間貴大

権利者: 東京工業大学

種類: 特許

番号: 特開 2012 - 018092

出願年: 2019

国内外の別: 国内

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。