

非整数階微積分を応用した振動制御

工学研究科 黒田 雅治



キーワード

非整数階微積分、波動制御、PID制御、LQR制御、粘弾性体

研究概要

近年、自動車を含む機械構造物では、省エネ・省資源の観点から軽量薄肉の構造部材が多用される。当然、振動しない機械はなく、数多くの低ダンピングな振動モードが一度振動を始めると、その減衰は極めて悪く、その機械の性能に悪影響を与える。従来、軽量柔軟構造物の振動制御の研究は数多とあるが、その大半がモード解析に基礎を置くモード制御の範疇に属している。モード制御は比較的少ない振動モードを対象とする場合には効果的だが、軽量柔軟構造物のように何十何百の振動モードが問題となる場合には適用に限界がある。そこで、振動モードに代表される定在波を制御対象とするのではなく、相互に干渉して定在波を生み出す基となる進行波・反射波を制御対象とし、そのいずれかを除去することによって、全振動モードの不活性化を目標とする制御法に波動制御がある。しかし、波動制御を実現する制御器は、その伝達関数にラプラス演算子 s の $1/2$ 乗または $3/2$ 乗の項を含み、工学的に実現が困難であった。しかし近年、非整数階微積分の研究が進み、 s の $1/2$ 乗または $3/2$ 乗の項は $1/2$ 階微分または $3/2$ 階微分を表すと解釈でき、デジタル制御系の高速化と相まって、今や決して実現不可能なものではなくなった。

アピールポイント

1階、2階といった整数階ではなく、0.5階や1.5階という半端な階数の微積分を扱う解析学を非整数階微積分という。機械力学や制御工学の分野では、従来、機械構造物の振動現象を記述する微分方程式には整数階の微分を用いてきたが、そこに非整数階の微分を導入することで、新しい振動制御法の構築が始まっている。現在、グラフィカルな手法を用いた非整数階PID制御器の設計方法を構築中。

応用分野

軽量柔軟構造物の波動制御に限らず、非整数階PID制御や非整数階LQR制御、さらには非整数階微分モデルに基づく粘弾性動吸振器の設計などにも応用可能。