

手の平に運動する物体を衝突させた際の生体反応を含む動的応答解析

山口 誉夫 ○下河辺 裕司 藤井 雄作 丸山 真一 小泉 太郎
(群馬大) (群馬大院) (群馬大) (群馬大) (群馬大院)

Dynamic response analysis including biological reactions when a moving object collides with palms of hands

Yamaguchi Takao ○Shimokobe Yuji Fujii Yusaku Maruyama Shinichi Koizumi Taro
(Gunma univ.) (Gunma univ.) (Gunma univ.) (Gunma univ.) (Gunma univ.)

近年、ロボットと人体が接触する機会が増えている。そのためロボットの安全性を考慮した設計が望まれる。そこで浮上質量法を用いて浮上ブロックが手の平に衝突した際の衝撃応答を計測した。この時の手の平の復元力には非線形ヒステリシスが含まれていた。高速有限要素法を用いて非線形複素集中ばねとしてモデル化した手の平の衝撃応答の数値解析を行った。結果、生体反応を含めた手の平の衝撃応答を定性的に再現できた。

Key Words : 浮上ブロック, 高速有限要素法, ヒステリシス, 非線形複素集中ばね, ドップラー効果

1. 緒言

今現在、日常生活において掃除ロボットや介護ロボットなどが普及してきている。これよりロボットと人体が衝突する場面が増加する。ロボットによる人体への損傷を防ぐためにも、ロボットの安全性を考慮した開発が必要不可欠である。運動する物体が人体と衝突する時、復元力の動特性の中に現れる非線形のヒステリシス特性を知ることによって現象を分析することが可能である^{(1)~(3)}。

Fujii らは、剛体ブロックから人間の腕⁽¹⁾や手の平^{(2),(3)}などの生体^{(1)~(3)}に衝撃荷重を加えた時の過渡応答を、Levitation Mass Method で計測する方法を提案している。手の平を非線形複素集中ばねとしてモデル化し、その系に衝撃荷重を加えることにより発生する過渡応答の数値解析を Yamaguchi らにより提案された計算法⁽³⁾を用いて行う。性別が違ふ例を取り上げ、数値解析を試みた。

2. 実験方法および実験結果の概要⁽²⁾

図1はFujiiにより提案されたLevitation Mass Method (以下LMM)の装置の模式図である。ブロックはガイドに沿ってz方向にのみ並進運動が可能であり、ブロックとガイドの間は薄膜の空気によって圧力が制御されていてブロックは浮上している。これにより、低摩擦で浮上ブロックの移動が可能となっている。手の平は、左手の小指側の側面がベースに接するように固定し、手で浮上ブロックをz方向に初期位置 z_0 から押し出し、初速度 v_0

を与える。実験に衝突の結果が減衰を伴った非線形衝撃応答として発生する。浮上ブロックに設置したコーナークューブにほかの固定部からレーザ光を当て、光波干渉計を用いてドップラー効果によりブロックの運動速度が測定されている。求められた速度から積分により変位を、微分により加速度を求める。この加速度とブロックの質量 $M=27.37 \times 10^{-3}$ [kg] を乗じて慣性力を求める。慣性力の符号を変えることにより復元力 $-R_{\text{cmz}}$ が得られている。過去の実験で得られた男女の手の平でリラックスした場合(図2)と力を入れた場合(図3)に浮上ブロックを衝突させた時の復元力のヒステリシス曲線を示す。

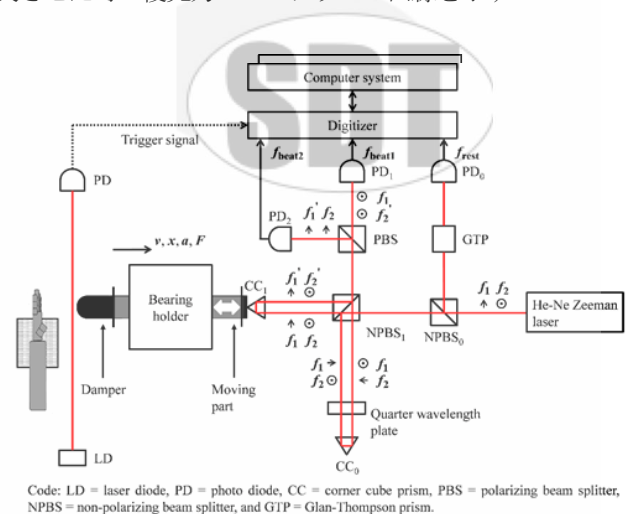


Fig.1 Experimental setup⁽²⁾