

非線形復元力 FEM による運動する浮上ブロックと生体の手の甲の 衝撃応答の数値解析

○小泉 太郎 山口 誉夫 藤井 雄作 田北 啓洋 周東 裕之

(群馬大学院) (群馬大学) (群馬大学) (群馬大学) (群馬大学)

Finite element analysis using nonlinear complex restoring force for impact responses of
the back of the alive hand collided with a moving levitated block

○Taro Koizumi Takao Yamaguchi Yusaku Fujii Akihiro Takita Hiroyuki Syuto

(Gunma Grad Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Gunma Grad Univ.)

浮上質量法(Lavitation Mass Method)を用いて手の甲に物体が衝突した際の衝撃力を計測した。手の甲を非線形複素集中ばねとしてモデル化した。計測と同じ初速度を加えることによって高速有限要素法を用いて手の甲の衝撃応答の数値解析を行った。その結果、力を入れた場合、リラックスした場合の手の甲の衝撃応答を定性的に再現できた。

Key words : Dynamic Response, Nonlinear Complex Restoring Force Element,
Levitation Mass Method, Human Hand

1. 緒言

近年、介護ロボットや工場で使用されるロボット、ロボットクリーナーなどの普及により運動する物体と人体が接触する機会が増加している。そのため、今後あらゆるロボットの開発において安全性向上のために、運動する物体と生体の接触を考慮した設計が望まれる。人体は物体と衝突する部分の筋肉を緊張させたり弛緩させたりすることによって衝突挙動が変化する。その際、復元力の動的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り現象を判断することができる。このような挙動を解明するには、運動する物体の衝撃に対する人体の動的特性を知ることが重要である。また、生体において特に手の甲は意識的に物体に触れることよりも、無意識的に物体にぶつかってしまうことのほうが多いため、本研究では生体の手の甲を扱うことによってロボットなどの運動する物体と人体の衝突を再現した。手の甲には復元性が

あり、また復元力には非線形のヒステリシスを示すことがある⁽²⁾。そこで、Yamaguchi が提案した高速有限要素法を用いて手の甲の衝撃応答の数値計算を行う⁽²⁾。衝撃力は Fujii が提案した Levitation Mass Method⁽¹⁾を用いて計測されている。

本報告では、手の甲を非線形複素集中ばねとしてモデル化し、それに衝撃荷重を加えることにより過渡応答の数値解析をすることによってロボットなどの運動する物体と人体の衝突を再現した。

2. 実験方法

実験装置の概略を図 1⁽²⁾に示す。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となっており、ブロックとガイドの間は薄膜の空気によって圧力が管理されてブロックは浮上している。これにより、低摩擦に浮上ブロックの移動が可能となっている。手の甲は、左手の小指側の側面がベースに接