

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 曾國浩

本論文は「Research on an Actuator Utilizing Impact Force of Piezo Elements and Its Applications」(圧電素子の衝撃力を用いたアクチュエータ及びその応用に関する研究)と題し英文で書かれており、位置や姿勢の微調整工程の自動化を目的として利用が拡大している圧電素子の衝撃力を用いたアクチュエータの諸性能を向上させるとともに、レベリング機構、工具芯だし機構、粉末成形用プレスなどの応用に取り組んだ研究で得られた成果をまとめたものである。

本論文は、全9章から構成されている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。圧電素子の衝撃力を利用した位置決め機構は精密工学の分野で広く使用され始めているが、従来の研究では、それらの衝撃力が小さいために小型の機器での利用に限られていた。そこで、本研究では圧電素子の衝撃力を用いたアクチュエータの諸性能を向上させ、特に大きな衝撃力を得る技術を開発することと、開発した高出力アクチュエータの生産工学への展開を本博士論文研究の目的とすることを述べている。

第2章「圧電素子の衝撃力の特徴」では、まず、圧電素子の特性を概説し、次に圧電素子を利用した衝撃力発生用アクチュエータの特性について理論と実験で詳しく検討している。このアクチュエータはエアシリンダー、圧電素子及び圧電素子の両側に設けられた重りで構成される。一つの重りはエアシリンダーにより摩擦固定される対象物と接触し、圧電素子の急速変形によって得られた慣性力で対象物に衝撃力を与える。機械系の特性と電気系の特性を結合した解析モデルを導き、実験結果との良い一致を得ている。

第3章「衝撃力を拡大する方法」では、まず、大きい衝撃力を発生するための圧電素子の駆動回路の開発を行い、次に、衝撃力発生にともなって圧電素子に加わる大きな引っ張り応力を軽減する機構を提案し、圧電素子の損傷を防止することに成功している。また、くさび機構を組み入れた微調整機構の考案を行い、大きい荷重下における位置の微調整が可能であることを明らかにした。

第4章「高速駆動する方法」では、移動対象物を衝撃力により高速駆動できる方法を提案している。従来の駆動方法では対象物に衝撃力を与えた後にその衝撃力により一旦対象物と圧電アクチュエータとは離れる。この間にアクチュエータから対象物に衝撃力を与えることができないため、衝撃力のパルスレートを上げて移動速度が制限される問題があった。そこで、接触のメカニズム

を考慮した新しい励振方法を提案し、実験により駆動速度が向上することを確認した。

第5章「分解能を高くする方法」では、対象物の移動精度を向上させる方法について述べている。衝撃力によって物を動かすとき、衝撃力がある値より小さくなると対象物は移動しない。一方、その値より大きくなると対象物が衝撃力によって動くが、ある距離より短く移動させることができない。そこで、対向した二つのインパクトアクチュエータの一つで対象物を先ず動かせ、対象物が移動している間に反対側のインパクトアクチュエータからも移動体に衝撃力を与えるといった方法を考案している。対象物に与える力積を重ねあわせにより小さく出来るため、対象物の移動距離を極めて小さくできる。提案した方法によって、片側のみに打撃を与える方法に較べて対象物の移動が安定に得られしかも得られる最小移動距離が大幅小さくできることを実験によって確認している。

第6章「レベリング装置での応用」では、第3章で述べたインパクトアクチュエータとくさびとを組み合わせた機構をテーブル等のレベリング装置のフットジャッキへ応用する研究について述べている。3つの変位センサーによって状態を計測し、この情報にもとづいて加える衝撃力を制御することにより、高精度レベリングができることを実証している。

第7章「バイト芯出し装置での応用」では、インパクトアクチュエータとくさびから構成される機構を弾性ヒンジを利用したステージに組みこむことにより、超精密加工機の工具の芯出し自動ステージを実現している。従来の熟練を要する手動式芯出しステージの置き換えが期待できる。

第8章「粉末プレス機での応用」では、開発したインパクトアクチュエータを粉末成形用プレス機に応用することを目指した研究について述べている。パンチを圧電アクチュエータによって高加速度で加振動し、型の中の圧粉体に衝撃力を与えることにより、従来よりも低いプレス力で均一密度分布の圧粉体の形成に成功している。

第9章「結論」では本研究で得られた成果をまとめ、開発した技術の将来を展望している。

このように、本論文でなされた研究は、圧電素子によって得られる衝撃力を利用した位置や姿勢の微調整機構に関する、基礎と応用に関するものであり、実用面で極めて効果の高い新しい技術を開発するなどの優れた成果を得ており、精密機械工業、及び精密機械工学の発展に大きく貢献するものと言える。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。