

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 張 云順

本論文題目は「ENERGY HARVESTING IN A ROTATING TIRE ENHANCING NON-LINEAR VIBRATION」、和文題目は「非線形振動を励起させることによる回転するタイヤ内でのエネルギーハーベスティング」である。圧電素子を取り付けた片持ち梁の先端と、その対面の系を保持している外枠に、同極の永久磁石を取り付け、双安定非線形振動系を作り出している。路面不整に起因するランダム振動と、タイヤの回転による周期的な入力を利用して、双安定系確率共振により振動を励起し、圧電素子によって得られる電気エネルギーを増幅させた際の、発電性能の検討を行っている。また、双安定系および高安定系の高エネルギー軌道における発電性能の検討も行われた。これらの検討は、数値計算、実車のタイヤ振動を再現した加振実験、実車（小型電気自動車）による実験を通じて行われている。さらに、タイヤの回転数の上昇に応じて、梁の先端の永久磁石に加わる遠心力が増加し、梁の横振動の見かけの剛性が向上することにより、双安定系確率共振、双安定系高エネルギー軌道、単安定系高エネルギー軌道の順に振動現象が変化し、その結果、広い回転速度の範囲で振動の励起が起こり、発電電力が得られることを、数値計算及び実車実験によって示した。

第一章では、研究の背景、同分野の先行研究調査が書かれており、振動を励起できる周波数帯を拡大する原理が述べられている。

第二章では、非線形振動の原理の紹介と、それをタイヤ振動に適用する際の課題が述べられている。

第三章では、タイヤにおける遠心力の作用により、双安定系と単安定系に変化する原理が解説され、これらの系の変化を利用することにより、より広い回転数の範囲で、振動を励起し、高い発電電力を得るようにすることが提案されている。

第四章では、数値計算によって、タイヤの回転数が上がるにつれて、双安定系確率共振、双安定系高エネルギー軌道、単安定系高エネルギー軌道の順に振動現象が変化する様子を、時系列データ、周波数応答、およびエネルギーポテンシャル場の変化を示すことによって明らかにしている。

第五章では、実験結果が述べられている。実車が走行した際の加速度を計測し、それを加振機で再現することにより、性能試験が行われた。個々の系にお

ける発電電圧、発電電力が計測された。また、スイープ加振実験を通じて、双安定から単安定に系が変化する様子が確認された。その後、実車のタイヤに装置を取り付け、加速、減速をしながら走行する際の発電電圧と電力を測定している。提案している通り、タイヤの回転速度に応じて、3つの系が順にあらわれ、広い回転数帯域で高い電力の発電が可能であることが示された。

第六章では、回転系において3つの系が共存することを包括的に考察されているとともに、路面不整の大きさが性能に与える影響、充電を行う電気回路に関する考察、他文献で提案されている振動発電機との性能比較が述べられている。

第七章では、論文の内容がまとめられ、本論文が学術の発展に寄与する点があげられている。

双安定系の確率共振、高エネルギー軌道の振動、単安定系の高エネルギー軌道の振動という3つの非線形振動現象を、回転するタイヤ系の中で出現させ、それにより広範囲の回転数から振動発電を行うことを、数値計算、実車実験によって示した例はなく、学術的な新規性が認められるとともに、近年注目されるエナジーハーベスティング分野の研究の発展に寄与したと言える。

よって本論文は博士(学際情報学)の学位請求論文として合格と認められる。