

[別紙 2]

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 長谷川律雄

工学修士 長谷川律雄 提出の論文は「ホロノミック拘束を導入した姿勢記述法の一般化と姿勢基準装置への応用」と題し、本文6章と、補遺6項よりなる。

航空機やロケット等の姿勢は一般にジャイロを用いて計測される。ジャイロは慣性空間に対する機体の角度や角速度を計測するもので、航空機やロケット等の姿勢を表すために種々の回転表現が考案され用いられてきた。従来の回転の記述方法にあつては、特に機体対称軸まわりに高速で回転運動を行う観測ロケット(Sounding Rocket)等においては、その機体軸に直交する軸まわりの角速度が小さいにもかかわらず、すべての軸まわりの角速度を機構的ないしは搭載の計算機論理上で座標変換と積分を行うことが要求され、高速で精度の高い姿勢表現を得ることに大きな困難を伴ってきた。そのような観測ロケット等の姿勢記述にあつては、機体軸の選択によって著しくその軸まわりの角速度が異なるという特徴を活かし、回転角は機体対称軸まわりだけの角度で表現し、その機体対称軸方向を必ずしも角度とは限らない何らかの2量で表現する方法が考えられうる。本研究では、このような特定の機軸方向を2つのパラメータで表し、その軸周りの回転角と合わせて、3つのパラメータで機体姿勢を表現する方法を、一般化して考察したものである。

この場合、その機軸周りの回転角は、その軸周りの角速度の積分とはならず、コーニング効果とよばれる現象を呈する。これは幾何学上の非ホロノミックな性質に起因するものである。この効果は、その軸の方向が元の方向に戻ったときに、すなわちその軸が単位球面上に描く軌跡が閉じたときに、その回転軸の周りの角速度がたとえ零に保たれていても、物体がその軸周りに回転してしまう現象として知られている。しかし、その軌跡が閉じない場合については、回転角そのものの定義があいまいであったために、この効果を定量的に記述あるいは計算する方法は確立されていなかった。

本論文は、微分幾何学上でホロノミックな拘束を導入した付随座標系による独自の回転角の定義を行い、その新たな計算法を確立したもので、任意の瞬間においても、すなわち回転軸の軌跡が閉じない場合にも、従来のコーニング効果の解釈と整合しつつ拡張された回転角を計算する新たな手法を与えることに成功している。

観測ロケット等における姿勢基準装置の構成方法としては、上述の理由により、角速度の大きい機体対称軸方向に自由度をもつ一軸プラットフォーム型の

姿勢基準装置が優れている。しかし、一軸プラットフォームを用いる場合には、プラットフォームの回転軸周りの回転角は、その回転角速度を零に制御しても、上述のようにコーニング効果を生ずることとなる。本論文において数学的に構築されたホロミック拘束の導入方法は、ここでプラットフォームの回転角を零に保つ新たな角速度を付加することとして実現されている。実際にこの方式に基づいて観測ロケット用の姿勢基準装置が開発、利用されているほか、衛星打ち上げロケットにも応用されるなど、実用的な装置であることが確認されている。

本論文が扱っている主題は、微分幾何学上でホロミックな拘束を導入した付随座標系を用いて回転角を定義することにより、その回転角の新たな計算法を確立することである。これによりコーニング効果を排除した、機体軸方向と回転角による一般化された新たな姿勢表現を得、これを実用化したことにその成果がある。一般化によりオイラー角に限定されない任意の2パラメータによる機体軸方向の記述が可能となり、特異点の回避の点でも工学的な長所が見いだせる。

第1章は序論で、本研究の背景を概観し、従来の回転表現方法とその問題点のべ、本研究の目的をまとめている。

第2章は、回転表現の記述方法にあてられており、コーニング効果についての数学的な記述が行われている。

第3章は、本論文の根幹であり、独自の回転角の定義が微分幾何学上の性質から行われている。ホロミックな拘束を、従来の研究結果と整合性を保ちつつ拡張した理論に基づいて与えることにより、コーニング効果の影響を排除した付随座標系を導入して、一意に回転角を計算できる新たな手法が述べられている。

第4章は、本論文の直接の工業的な実用例として一軸プラットフォーム型の姿勢基準装置の構成方法について述べ、具体的な実現方法を議論している。

第5章は、前章で構成した装置の試験と実際の飛翔結果について報告し、所期の目的が達成され、実用化に成功したことが報告されている。

第6章は、結論であり、本研究の成果を要約している。

以上要するに、本論文は、ホロミックな拘束を導入して、特定の機軸の方向とその機軸周りの回転角の3つのパラメータにより一意に姿勢を表現する方法を一般化して確立し、それを利用して高速回転する観測ロケット等の姿勢を計測する装置を実現させ、ひろく回転表現の拡張性を具体的に提供したものであり、航空宇宙工学上寄与するところが大きい。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。