

論文審査の結果の要旨

氏名 山田 竜平

本論文は6章からなる。第1章は、イントロダクションであり、月の内部構造については未だその解明が十分ではなく、月面の広い範囲に高 S/N の月震観測ネットワークを構築しての月内部構造探査が月の起源や進化の解明のために必須であることが述べられている。このため、広域ネットワーク観測に有利なペネトレータ (PNT) と高感度の搭載月震計を利用すれば、月中心部や裏側を伝播する月震を捉え、未知である月中心部・裏側構造の決定が期待されることが述べられている。第2章では、PNT 搭載用の小型・軽量かつ高感度の月震計を改良・完成させるにあたっての問題点、その原因究明と解決策、対策結果の評価について述べられている。アポロでの月震観測データは月内部構造探査を行うには1 Hz 近傍に卓越周波数をもつ深発月震の観測が必要であることを示している。このため動コイル型の電磁式短周期地震計である月震計は、小型なサイズを維持したまま1 Hz での高感度を実現するために、振子の両端に金属片を埋め込み、月震計内部の磁気回路との間に働く吸引力を利用してバネ自体の復元力を弱め、周期延ばしを凶っている。PNT に月面貫入時を上回る衝撃 (QT 条件) を加えると、月震計の固有周波数が上昇して周波数1 Hz での感度が50%程度低下するという問題が生じていた。本論文は金属部材の帯磁がこの衝撃後の特性変化の原因であることを解明し、材料・構造・製造管理行程の面で改良を加えた。改良後の新しい月震計は、貫入衝撃試験後の特性と地動応答から、仕様値の範囲内の周波数応答を維持していることが確認された。このことによってPNT 搭載用の月震計が完成されたことが述べられている。第3章では、犬山地震観測所の坑道内で行った貫入衝撃後のPNT 搭載月震計による常時微動の観測結果と、月面環境がPNT に与える影響についての実験とモデル計算結果が述べられている。これらの結果として、PNT 搭載月震計は月面上でもアポロの月震計よりも高 S/N で深発月震を観測できる性能を維持していることが述べられている。第4章では、PNT 搭載月震計のノイズレベルの低減と周波数応答の拡張という観点での更なる性能向上について述べられている。サスペンションノイズ (地震計振子の周囲のガス分子のブラウン運動により振子が振動することで発生するノイズ) は、月震計の内圧を1 Pa まで下げることで、最大40%程度低減できることを実験的に示している。また、電力消費を許容してアクティブ制御を導入すれば、月震計の構造を変化させることなく周期20秒まで高感度特性を拡張できる事を明らかにしている。第5章では、PNT 搭載月震計が貫入衝撃後に最悪の特性値を示した場合について、科学観測の目的がどこまで達成できるかが議論されている。この結果、月内部構造について質的に新しい知見を得るに十分な

データの取得が可能であることが述べられている。第6章では、本論文の研究で得られた成果と将来への期待が簡潔にまとめられている。

月の起源や進化の解明に重要な月内部構造は、2000年代までにアポロの月震観測データを用いて提出された構造モデルでは、十分に解明されたとは言えない。月震観測データが決定的に不足していることと、観測網の配置が適切とは言えないことによる。広域ネットワークを月面に展開することができれば、月の起源や進化に関する議論に重要な月全球の内部構造に関する新たな知見を得ることが期待される。本論文は、広域ネットワーク観測に有利なペネトレータ搭載月震計を改良・完成させたこと、ペネトレータシステムとして月面での高感度な深発月震観測を可能としたこと、および月震計の独自性を活かして軟着陸機等による惑星科学探査のためのさらなる性能向上を図る方策を検討しており、月内部構造探査はもとより、今後の惑星内部探査用の主要なツールとして期待されるペネトレータの開発研究における画期的な成果である。

なお、本論文第2章の一部は、山田功夫・梅田康弘・白石浩章・田中智・藤村彰夫・水谷仁・小林直樹・竹内希・村上英記・石原靖・小山順二・蓬田清・高木義彦との共同研究であり、また本論文第3章の主要部は、山田功夫・白石浩章・田中智・高木義彦・小林直樹・竹内希・石原靖・村上英記・蓬田清・小山順二・藤村彰夫・水谷仁との共同研究であるが、論文提出者が主体となって改良開発、測定等を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。