論文審査の結果の要旨

氏名　堀　田　英　之

本論文は５部からなる。第１部は、イントロダクションであり、太陽内部（対流層）の差動回転・子午面還流に関する観測的および理論的に見た最新描像をまとめ、学術的問題点の明確化ならびに本論文の目的を設定している。第２部は音速抑制法を用いた数値計算コードについて述べられている。音速抑制法は論文提出者が対流層の数値計算に初めて適応した手法であり、これまでにない解像度かつこれまで計算できなかった表面勾配層領域を含んだ、太陽全球を計算領域にとった対流層の数値計算を実現させている。第３部は表面近くの 1 万 km スケールの熱対流が対流層深部の 20 万 km スケールの熱対流構造とどのように相互作用しているかについて調べられている。1 万 km スケールの熱対流を含めた対流層全体にわたる全球計算を初めて行うことで、1 万 km スケールの熱対流はある程度は対流層に侵入するが対流層深部まではほとんど影響を与えないことを明らかにしている。さらに、高解像度化の実現によって、様々な空間スケールの熱対流が太陽磁場を増幅させる、いわゆるローカルダイナモの探査が可能となり、対流層内部のローカルダイナモの動径方向分布を明らかにしている。第４部は数値計算による表面勾配層の再現とその生成・維持のための物理過程について述べられている。表面勾配層は、近年の日震学研究によって太陽表面近くに存在が示唆されている特異的な回転速度を示す層のことである。全球を計算領域にとり、かつ 1 万 km スケールの熱対流まで数値計算に取り入れたことで、表面勾配層が形成される太陽表面付近について探ることが可能となり、表面勾配層の存在を初めて数値計算によって示している。また、角運動量輸送による差動回転・子午面還流の生成と維持、子午面上の力のバランスを詳細に解析することによって、表面勾配層の生成・維持の物理過程について明確に示している。第５部は本論文のまとめと今後の研究展望について述べられている。

以上のように、これまでにない解像度かつこれまで計算できなかった表面勾配層領域を含んだ、太陽全球を計算領域にとった対流層の数値計算を世界で初めて実現させることで、表層の１万 km スケールの熱対流と対流層深部の大規模スケールの熱対流の相互作用を明らかにし、また表面勾配層を数値計算で再

現させ、その生成・維持のための物理過程を明らかにしている。この内容は他研究者によって今まで実現できていない新しいものであり、直接的な観測ができない太陽内部（対流層）の振る舞いについて数値計算によって探る独創的な内容となっている。対流層は、１１年周期で変動する太陽磁気サイクル活動を生成していると考えられ、本論文の内容は対流層や太陽磁気サイクル活動の物理的な理解に向けた重要なステップとなっていて、きわめて意義が大きいと考えられる。

なお、本論文第２部から第４部は、横山央明および Matthias Rempel との共同研究であるが、論文提出者が主体となって数値計算および解析を行ったもので、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。