



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Cosmological constraints on time-varying fundamental constant and extra component [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	戸田, 陽
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第16247号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95314
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yo_Toda_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 戸 田 陽

審査担当者	主査	准教授	瀬戸	治
	副査	教 授	小林	達夫
	副査	教 授	鈴木	久男
	副査	講 師	末廣	一彦

学 位 論 文 題 名

Cosmological constraints on time-varying fundamental constant and extra component
(物理定数の時間変化と余剰成分に関する宇宙観測制限)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

宇宙論の標準モデルである宇宙項と冷たい暗黒物質を主成分とするラムダ CDM モデルは、我々の宇宙の基本的性質を説明し大きな成功を収めている。宇宙の物質組成は主に宇宙マイクロ波背景輻射の温度ゆらぎのスペクトルを解析することで得られる。そのスペクトルから直接読み取れない量も、宇宙モデルを仮定することで推定される。後者の代表的なものが、現在の宇宙の膨張率であるハッブル定数である。ハッブル定数は、ハッブルがやったように、赤方偏移の方法によっても測定できる。近年、この二つの手法による測定結果に有意な食い違いがあることから、「ハッブル定数問題」として宇宙論の大きな課題となっている。これを解決すべく、これまで様々なアイデアが提案されている。

戸田君の博士論文では、どのようなラムダ CDM モデルを拡張した宇宙モデルにおいて「ハッブル定数問題」が緩和されるかという観点から、主に三つの有望な拡張した宇宙モデルを考察している。簡単な拡張として、ニュートリノの有効世代数をフリーパラメーターとして扱うモデル、および、宇宙背景輻射の最終散乱時にのみに宇宙膨張に寄与する時間変化する暗黒エネルギーの一種である早期暗黒エネルギーモデルがある。これらはどちらも、初期宇宙の音速地平線を短くすることで導かれるハッブル定数を大きくするというモデルの例になっている。これらのモデルのパラメーター推定の多くの研究では、宇宙背景輻射やバリオン音響振動、超新星の光度曲線のデータが主に使用されるが、ビッグバン元素合成との整合性を考慮に入れた解析を行った。

それに加え、ハッブル定数問題解決の観点から最も有望視されている、電子質量が時間変化する模型を系統的に研究した。これは、電子質量が初期宇宙では若干大きいとすると水素原子スペクトル準位の変化を通じて音速地平線が小さくなる効果を利用したモデルである。このモデルに対してもビッグバン元素合成との整合性を考慮すると、かなり非自明な時間発展が要求され、電子質量時間変化モデルもハッブル定数問題の解決はそれほど容易でないことを明らかにした。

これは要するに、著者は、ハッブル定数問題を解決ないし緩和すると期待される宇宙モデルに対してビッグバン元素合成との整合性は有意かつ厳しい制限を与えるという新知見を得たものであり、ハッブル定数問題の解決を目指す今後の研究に対して教訓を残し貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。