

これまでの研究成果のまとめ

宇宙全体の力学を考える上では重力が重要な役割を果たす．ニュートン力学によって扱うことができるのは，速さが光速に比べて十分遅い系だけである．現在，宇宙は膨張していることが知られている．その膨張速度は，我々から 1000Mpc 離れたところにある銀河を考えると光速の約 23% に及ぶ．したがって，宇宙全体を考える場合には一般相対性理論を用いなければならないことが分かる．

一般相対性理論の枠内で得られるのがフリードマン宇宙モデルである．このモデルは観測結果を良く再現するため，我々の宇宙を記述するものとして支持されている．このモデルを得るために宇宙が空間的に一様かつ等方であることが仮定される．宇宙には銀河や銀河団のように物質が集中した領域が存在するのでこの仮定は近似的なものに過ぎない．宇宙全体の第ゼロ近似的な振る舞いを調べる上で，このような近似は必要である．第ゼロ近似の具体的なパラメータ（膨張率など）を決めるためには平均化されていないそのままの宇宙を観測しなければならない．

論文 1 では非一様性が存在する場合の宇宙の膨張率について調べた．これまでも様々な研究がなされていたが，非一様性がフリードマン宇宙モデルからの摂動として扱うことができる場合に限られていた．摂動には成長するモードが存在するため，非一様性が非摂動的になることは一般的である．したがって，摂動が成長した後の宇宙の膨張率を調べることができなかった．我々はスイスチーズ (SC) 宇宙モデルを用いることにより，摂動として扱えない非一様性が宇宙の膨張に及ぼす影響を調べた．

SC 宇宙モデルはフリードマン宇宙にトールマン・ボンディ (TB) 解を埋め込むことによって構成される．TB 解はダスト流体で満たされた球対称時空を記述するので，局所的に非一様な物質分布を記述することができる．この宇宙モデルには次の 2 つの特徴がある：

- 宇宙モデル全体として，アインシュタイン方程式の厳密解である．
- 宇宙初期には非一様性が摂動的である．

宇宙初期で非一様性が摂動として表すことができるので，摂動論に基づいた研究結果と比較することができる．非一様性が成長した後も厳密解であることから，宇宙の膨張率は計算することができる．

この宇宙モデルで宇宙の膨張率を計算した結果，次のことが分かった：

- 宇宙初期の非一様性が摂動的な場合，膨張率は減速される．
- 十分時間発展すると，非一様性が体積の膨張率に及ぼす影響がゼロになる．

宇宙初期での結果は，これまでの摂動論に基づく結果と一致するものである．十分時間発展すると非一様性の影響がゼロになる過程で，体積が収縮し，再び膨張に転じることが分かった．