

膜宇宙論モデル 隔離考察チャット

f^(tanh) 堅牢性確認 解析まとめ

2026年4月 / 坂口製麺所 (独立理論物理研究)

1. 解析の背景と目的

1-1. 膜宇宙論モデル v3.0 の核心方程式

本モデルは、余剰次元に埋め込まれた膜（ブレン）の折り畳み構造が重力を修正するという枠組みである。観測量との接続は以下の式(7)で行う：

$$v_c^2(r) = v_{\text{bar}}^2(r) + v_{\text{flat}}^2 * T(r, r_s)$$

$$T(r, r_s) = 0.5 * [1 + \tanh(w*(r - r_s) / r_s)], w = 1.0 \text{ 固定}$$

1-2. r_s の定義が2種類あることへの注意

記号	定義	銀河数	備考
r_s_tanh	chi^2 最小化フィットパラメータ	175銀河 (全数)	唯一の独立した観測的発見
r_s^(T3)	g_N(r_s) = g_c を満たす物理的半径	46銀河 (26%) のみ	74%の銀河は定義域外

1-3. 今回の解析目的

前チャットで報告された f^(tanh) の中央値 0.262 は、外挿銀河 (r_s_tanh がデータ最大半径 r_max を超えている銀河) を含んだ全銀河での集計である。外挿点での v_bar は補間関数の端点値で代替されており、過小評価または不安定な値が混入している可能性がある。

本解析は、外挿銀河を除外した内挿銀河のみで f^(tanh) の中央値を再計算し、0.262 という値が真に堅牢かどうかを確認することを目的とする。

$$f^{(\text{tanh})} = v_{\text{bar}}^2(r_{\text{s_tanh}}) / v_{\text{flat}}^2$$

注：f^(tanh) は f^(T3) = phi/2 = 0.809 とは定義が異なる別の量であり、直接比較できない。

2. 解析フローと判定基準

ステップ	処理内容	判定基準
1	sparc_results.csv を読み込み r_s_tanh, v_flat, epsilon_d を取得	—
2	各銀河の .dat ファイルを読み込み v_bar(r) を計算	v_bar^2 = Vgas^2 + Yd*Vdisk^2 + Yb*Vbul^2
3	外挿判定	r_s_tanh > r_max → 外挿銀河 (除外対象) r_s_tanh <= r_max → 内挿銀河 (採用)
4	r_s_tanh での v_bar を線形補間で取得	外挿銀河も参考値として端点値で計算
5	f^(tanh) = (v_bar(r_s_tanh) / v_flat)^2 を計算	v_flat > 0 かつ v_bar が有効な場合のみ
6	全体 / 内挿のみ / 外挿のみ で中央値を比較	内挿中央値 ≈ 0.262 → 堅牢 大きく乖離 → 外挿バイアスあり

3. スクリプト (check_f_tanh_robustness.py)

3-1. 実行方法

```
作業ディレクトリ : D:\ドキュメント\エントロピー\新膜宇宙論\これまでの軌跡\パイソン\
uv run --with scipy --with matplotlib python check_f_tanh_robustness.py
```

3-2. 依存ライブラリ

ライブラリ	用途
numpy	数値計算
pandas	CSV・dat ファイルの読み込み・集計
scipy	線形補間 (interp1d)
matplotlib	ヒストグラム・散布図の描画
glob, os	ファイルパスの検索

3-3. スクリプト全文

```
# check_f_tanh_robustness.py
# 目的 : f^(tanh) の堅牢性確認 (外挿銀河除外後の中央値変化を調べる)

import numpy as np
import pandas as pd
from scipy.interpolate import interp1d
import matplotlib.pyplot as plt
import os, glob

# —— 設定 ——
WORK_DIR = r"D:\ドキュメント\エントロピー\新膜宇宙論\これまでの軌跡\パイソン"
CSV_PATH = os.path.join(WORK_DIR, "sparc_results.csv")
DAT_DIR = WORK_DIR
UPSILON_B_DEFAULT = 0.7

# —— CSV 読み込み ——
df = pd.read_csv(CSV_PATH)
print("カラム一覧:", df.columns.tolist())

COL_GALAXY = 'galaxy'
COL_RS_TANH = 'r_s'
COL_VFLAT = 'vflat'
COL_UPSILON_D = 'upsilon_d'
COL_UPSILON_B = 'upsilon_b'

if COL_UPSILON_B not in df.columns:
df[COL_UPSILON_B] = UPSILON_B_DEFAULT

# —— 各銀河のループ処理 ——
results = []

for _, row in df.iterrows():
gal_name = row[COL_GALAXY]
rs_tanh = row[COL_RS_TANH]
vflat = row[COL_VFLAT]
upsilon_d = row[COL_UPSILON_D]
```

```

upsilon_b = (row[COL_UPSILON_B]
if not pd.isna(row[COL_UPSILON_B])
else UPSILON_B_DEFAULT)

# .dat ファイルを探す
dat_candidates = glob.glob(
os.path.join(DAT_DIR, f'{gal_name}*.dat'))
if not dat_candidates:
dat_candidates = glob.glob(
os.path.join(DAT_DIR, f'{gal_name.upper()}*.dat'))
if not dat_candidates:
results.append({'galaxy': gal_name,
'status': 'dat_not_found', ...})
continue

# SPARC .dat 読み込み
# カラム: Rad Vobs errV Vgas Vdisk Vbul SBdisk SBbul
dat = pd.read_csv(dat_candidates[0], comment='#',
sep=r'#{s+', header=None,
names=['Rad', 'Vobs', 'errV', 'Vgas',
'Vdisk', 'Vbul', 'SBdisk', 'SBbul'])
dat = dat[(dat['Rad'] > 0) & (dat['Vobs'] > 0)]

r_max = dat['Rad'].max()
is_extrapolated = (rs_tanh > r_max)
# v_bar^2 = Vgas^2 + Yd*Vdisk^2 + Yb*Vbul^2
def signed_sq(v): return np.sign(v) * v**2
vbar_sq = (signed_sq(dat['Vgas'])
+ upsilon_d * signed_sq(dat['Vdisk'])
+ upsilon_b * signed_sq(dat['Vbul']))
mask = vbar_sq >= 0
vbar_valid = np.sqrt(vbar_sq[mask].values)
rad_valid = dat['Rad'].values[mask]

# r_s_tanh での v_bar を線形補間
interp_fn = interp1d(rad_valid, vbar_valid,
kind='linear', bounds_error=False,
fill_value=(vbar_valid[0], vbar_valid[-1]))
vbar_at_rs = float(interp_fn(rs_tanh))
f_tanh = (vbar_at_rs / vflat)**2 if vflat > 0 else np.nan
results.append({'galaxy': gal_name,
'rs_tanh': rs_tanh, 'vflat': vflat,
'r_max': r_max,
'extrapolated': is_extrapolated,
'vbar_at_rs': vbar_at_rs,
'f_tanh': f_tanh,
'status': 'ok'})

# ----- 集計 -----
res = pd.DataFrame(results)
res.to_csv(os.path.join(WORK_DIR, "f_tanh_robustness.csv"), index=False)
ok = res[res['status'] == 'ok']

```

```

intp = ok[~ok['extrapolated']] # 内挿銀河
extp = ok[ok['extrapolated']] # 外挿銀河

for label, sub in [( '全体', ok), ( '内挿のみ', intp), ( '外挿のみ', extp)]:
    f = sub['f_tanh'].dropna()
    print(f'[{label}] N={len(f)}')
    print(f' 中央値={f.median():.4f} sqrt={np.sqrt(f.median()):.4f}')
    print(f' 16-84%ile: {f.quantile(0.16):.3f} - {f.quantile(0.84):.3f}')

# 図 : ヒストグラム + 散布図
fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 5))

# 左 : ヒストグラム比較
ax = axes[0]
bins = np.linspace(0, 2, 41)
ax.hist(ok['f_tanh'].dropna(), bins=bins,
        alpha=0.5, color='gray', label='全体')
ax.hist(intp['f_tanh'].dropna(), bins=bins,
        alpha=0.7, color='steelblue', label='内挿のみ')
ax.axvline(ok['f_tanh'].median(), color='gray', ls='--')
ax.axvline(intp['f_tanh'].median(), color='steelblue', ls='--')
ax.axvline(0.809, color='red', ls=':', label='phi/2=0.809')
ax.set_xlabel('f^(tanh) = v_bar^2(r_s) / v_flat^2')
ax.legend(); ax.set_title('f^(tanh) 分布')

# 右 : f^(tanh) vs v_flat 散布図
ax = axes[1]
ax.scatter(ok['vflat'], ok['f_tanh'],
          c='gray', alpha=0.4, s=20, label='外挿銀河')
ax.scatter(intp['vflat'], intp['f_tanh'],
          c='steelblue', alpha=0.7, s=25, label='内挿銀河')
ax.axhline(0.809, color='red', ls=':', label='phi/2=0.809')
ax.set_xlabel('v_flat (km/s)^2')
ax.set_ylabel('f^(tanh)')
ax.legend(); ax.set_title('f^(tanh) vs v_flat')

plt.tight_layout()
plt.savefig(os.path.join(WORK_DIR, "f_tanh_robustness.png"), dpi=150)
plt.show()

```

4. 出力ファイルと結果の解釈

4-1. 出力ファイル

ファイル名	内容
f_tanh_robustness.csv	銀河ごとの r_s_tanh, r_max, extrapolated フラグ, f_tanh 値を記録
f_tanh_robustness.png	左 : f^(tanh) ヒストグラム (全体 vs 内挿) 右 : f^(tanh) vs v_flat 散布図

4-2. 結果の解釈基準

条件	意味	次のアクション
内挿中央値 ≈ 0.262	$f^{\text{tanh}}=0.262$ は堅牢 外挿バイアスなし	T-A1修正版（理論導出）へ進む
内挿中央値 $\gg 0.262$	外挿銀河が f^{tanh} を 過小評価していた	内挿値を正式採用。 $0.512 \times v_{\text{flat}}$ の修正が必要
内挿中央値 $\ll 0.262$	外挿銀河が f^{tanh} を 過大評価していた	同上。数値修正後に理論導出へ
内挿 N が極端に少ない	$r_{\text{s_tanh}}$ がほぼ全銀河で データ範囲外	$r_{\text{s_tanh}}$ の推定手法を再検討

5. T-A1修正版フェーズにおける本解析の位置づけ

優先順位	課題ID	内容	本解析との関係
1 (今回)	T-B5	$f^{\text{tanh}}=0.262$ の堅牢性確認	本スクリプトで実施
2	T-A1*	$r_{\text{s_tanh}} \propto v_{\text{flat}}^{0.795}$ の理論導出	f^{tanh} 確定値が入力
3	T-A2	$r_{\text{s_tanh}} \approx 2.75 * r_{\text{s}}^{\text{T3}}$ の理論的説明	$U(\text{epsilon})$ の形状から
4	T-B3	$g_{\text{obs}} = v_{\text{c}}^2/r$ の接続証明	$f^{\text{T3}} = \text{phi}/2$ の導出ギャップを埋める

注: gc_{ratio} (sparc_gc.csv) は $gc = v_{\text{flat}}^2 / (r_{\text{s}} * a_0)$ の定義であり、独立した g_{c} の測定手段ではない（循環論法）。本解析では使用しない。