

D-termの定義の違い

multipole expansionのポテンシャル

$$V(r) = -\alpha_{nS} \frac{4\pi}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) [\nu \epsilon(r) - 3p(r)]$$

$$\int r^2 V(r) d^3r = -\alpha_{nS} \frac{4\pi^2}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) \left[\nu \int d^3r r^2 \epsilon(r) - 3 \int d^3r r^2 p(r) \right]$$

$$= -\alpha_{nS} \frac{4\pi^2}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) \left[\nu M_N \langle r_\epsilon^2 \rangle - \frac{12}{5M_N} D_0 \right]$$

$$= -\alpha_{nS} \frac{4\pi^2}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) \left[\nu M_N \langle r_\epsilon^2 \rangle - \frac{3}{M_N} D_0 \right]$$

$$\int V(r) d^3r = -\alpha_{nS} \frac{4\pi^2}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) \left[\nu \int d^3r r \epsilon(r) - 3 \int d^3r p(r) \right]$$

$$= -\alpha_{nS} \frac{4\pi^2}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) \nu M_N$$

$$\int d^3r \epsilon(r) = M_N$$

$$\int d^3r p(r) = 0$$

$$D(0) = \frac{5}{4} M_N \int d^3r r^2 p(r)$$

$$\langle r_\epsilon^2 \rangle = \frac{1}{M_N} \int d^3r r^2 \epsilon(r)$$

$$D(0) = M_N \int d^3r r^2 p(r)$$

次の量(ポテンシャルの有効半径と呼ぶ)を計算

$$\langle r_V^2 \rangle = \frac{\int r^2 V(r) d^3r}{\int V(r) d^3r} = \langle r_\epsilon^2 \rangle - \frac{3}{\nu M_N^2} D_0$$

D-termの定義の違い

$\langle r_\epsilon^2 \rangle$ のなかにもD-termが含まれているので、D-form factorを $D(t) = D_0 d(t)$, $d(0) = 1$ と置いて、D-termで表す。別にわざわざD-form factorをこう置く必要はなかった。

$$\begin{aligned} F_\epsilon(Q^2, D_0) &= \frac{1}{2M_N} \langle N' | T_{00} | N \rangle \\ &= E(Q^2) \left[A(-Q^2) + \frac{Q^2}{4M_N^2} \{ A(-Q^2) - 2J(-Q^2) + D_0 d(-Q^2) \} \right] \\ &= E(Q^2) \left[A(-Q^2) + \frac{Q^2}{4M_N^2} \{ A(-Q^2) - 2J(-Q^2) + D(-Q^2) \} \right] \\ \langle r_\epsilon^2 \rangle &= - \frac{6}{F_\epsilon(0, D_0)} \frac{dF_\epsilon(Q^2, D_0)}{dQ^2} \Big|_{Q^2=0} = 6A'(0) - \frac{3}{2M_N^2} D_0 - \frac{3}{4M_N^2} \end{aligned}$$

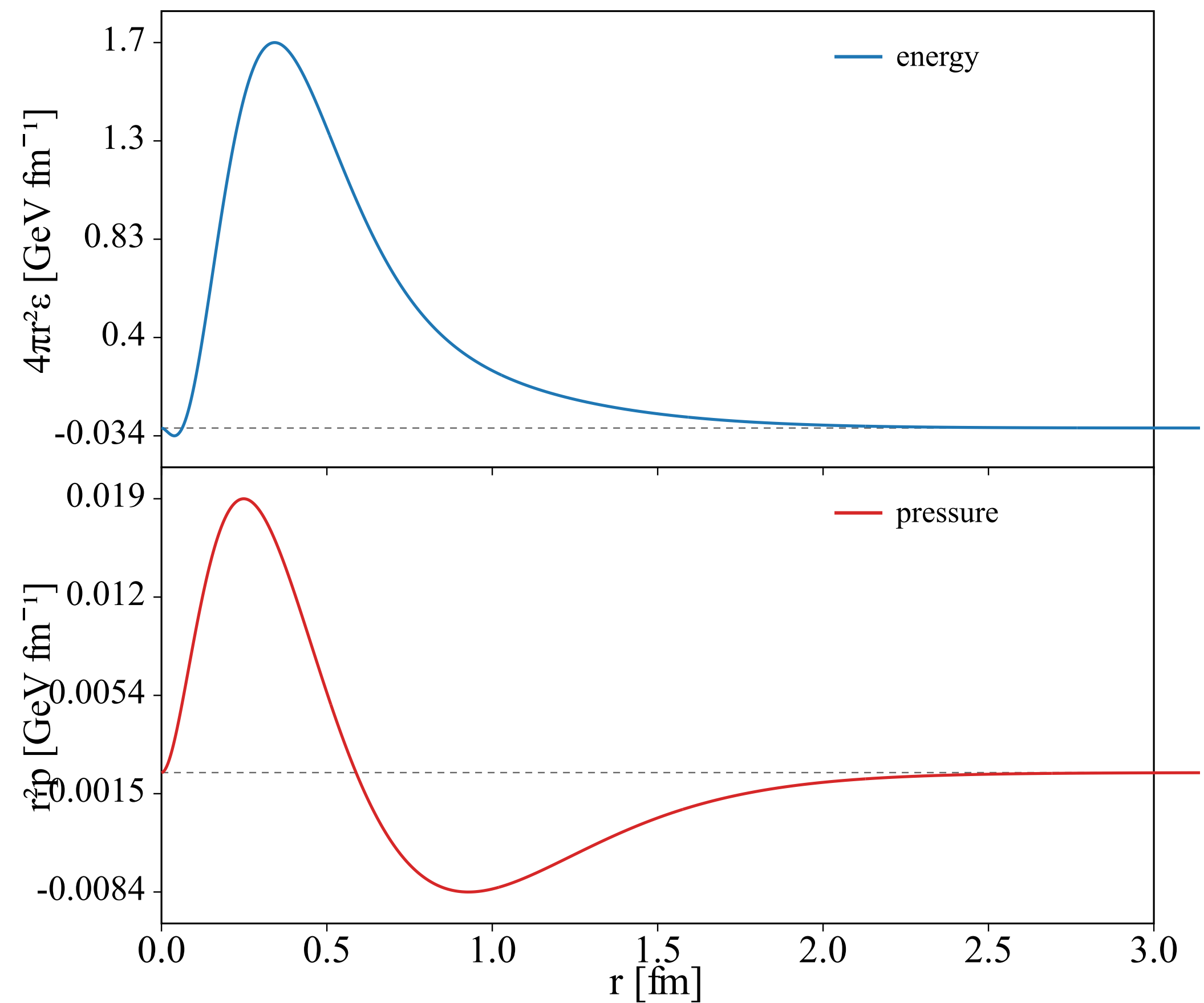
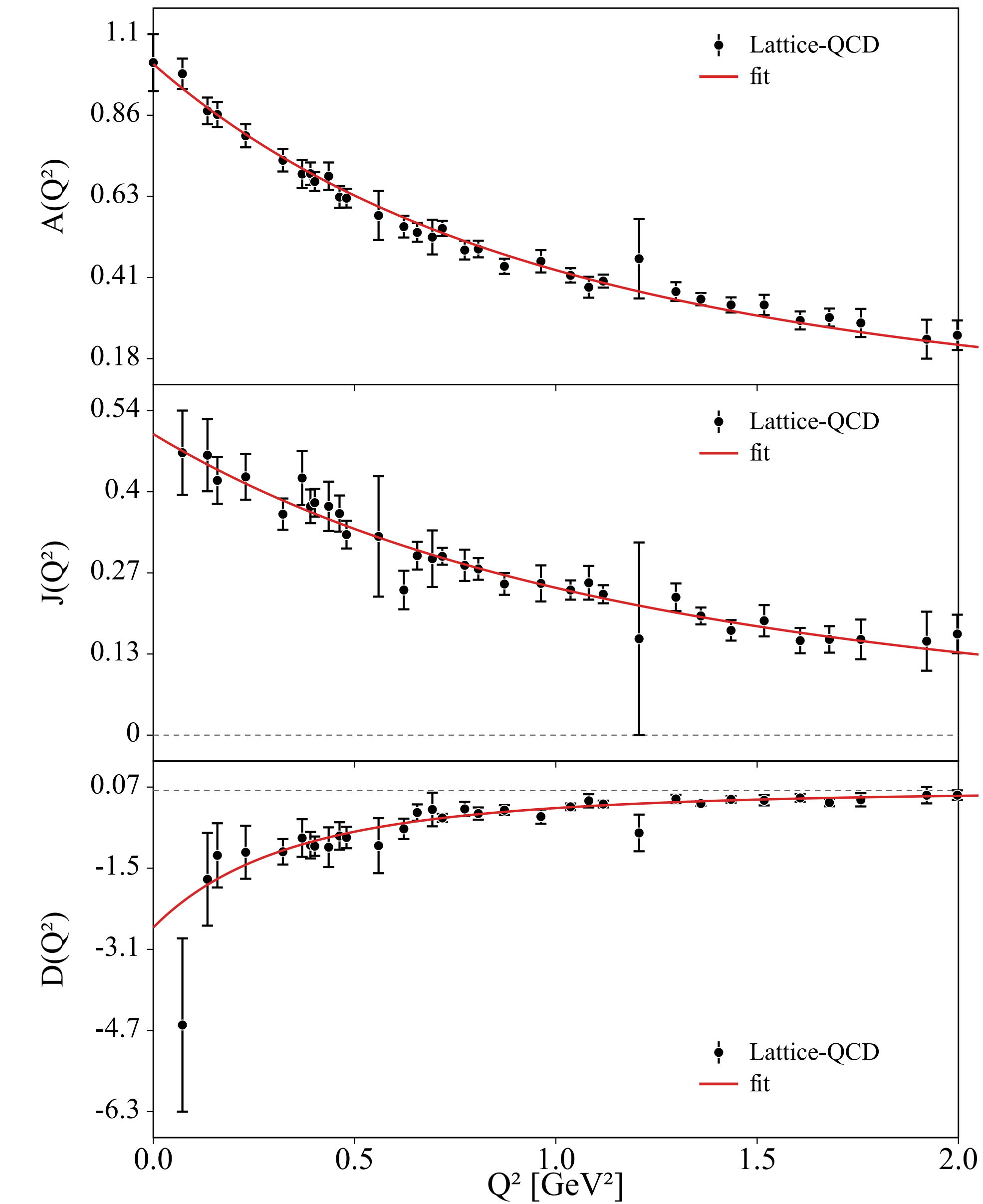
ということで、

$$\langle r_V^2 \rangle = \frac{\int r^2 V(r) d^3 r}{\int V(r) d^3 r} = \langle r_\epsilon^2 \rangle - \frac{3}{\nu M_N^2} D_0 = - \frac{1}{M_N^2} \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{\nu} \right) D_0 - \frac{3}{4M_N^2} + 6A'(0)$$

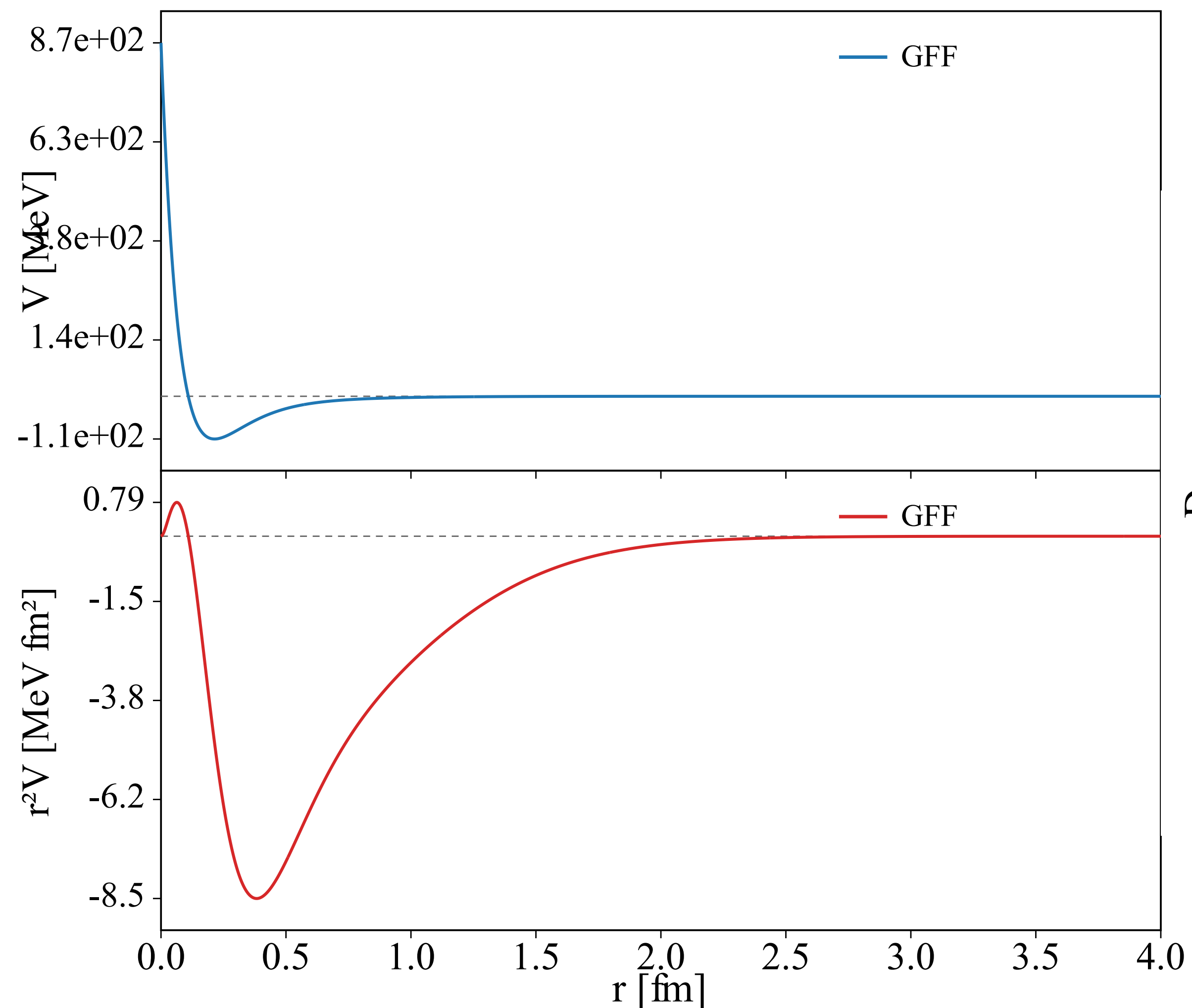
左辺はHAL QCDや実験ならフェムトスコピーで得られる。これをD-termについて解く。

HackettらのlatticeのGFFsを入力

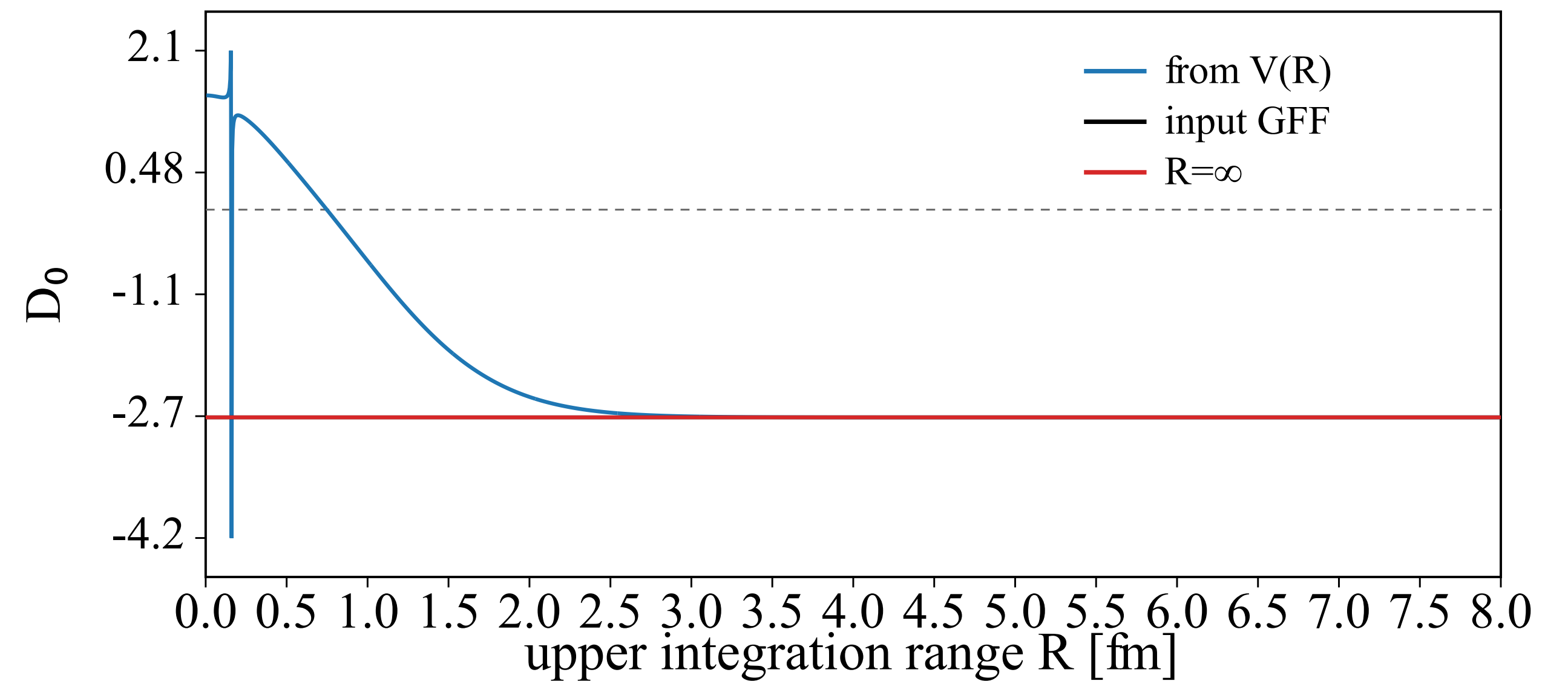
GFFsをtripoleでfit後、エネルギー密度と圧力分布を計算



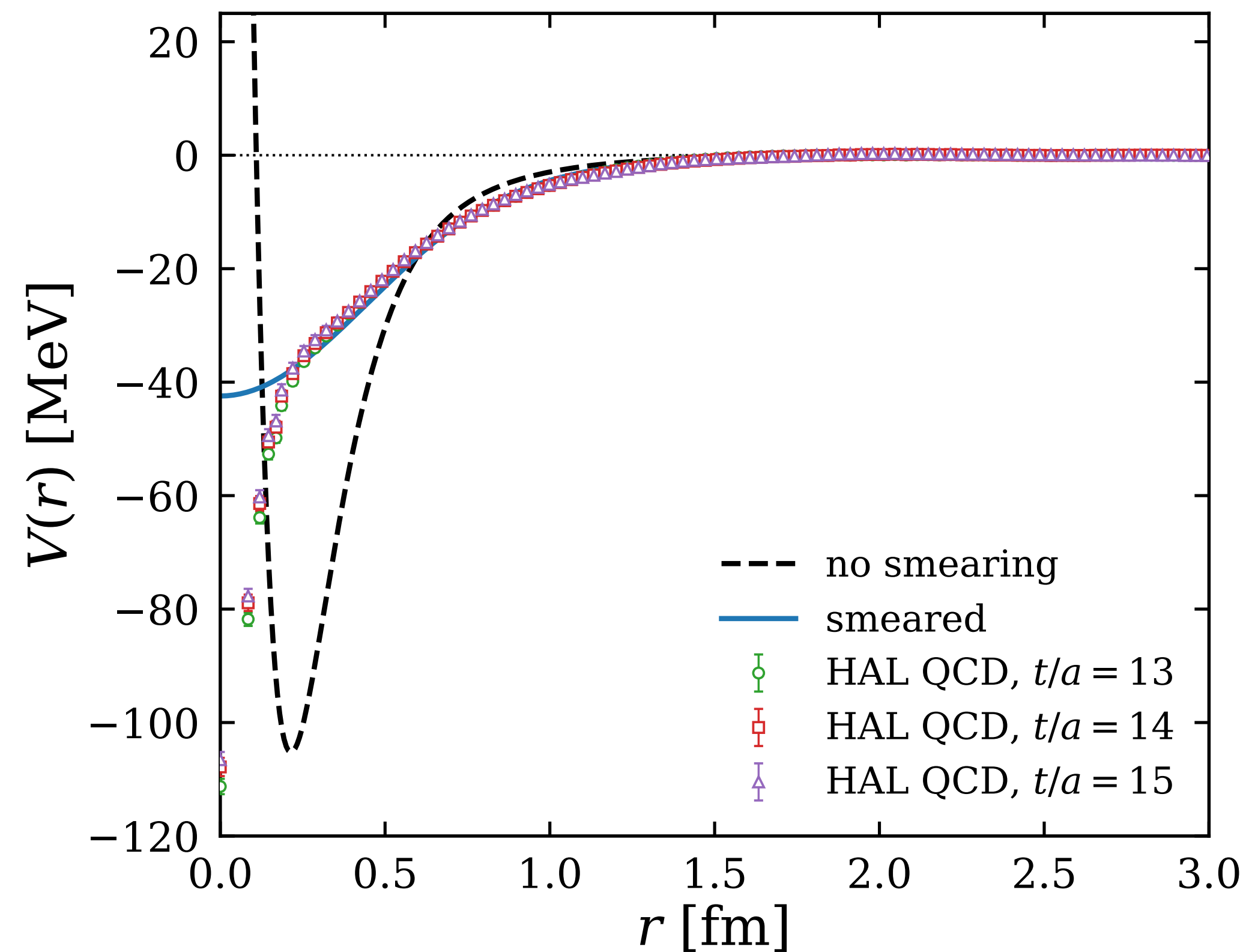
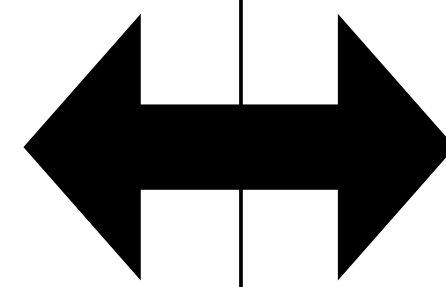
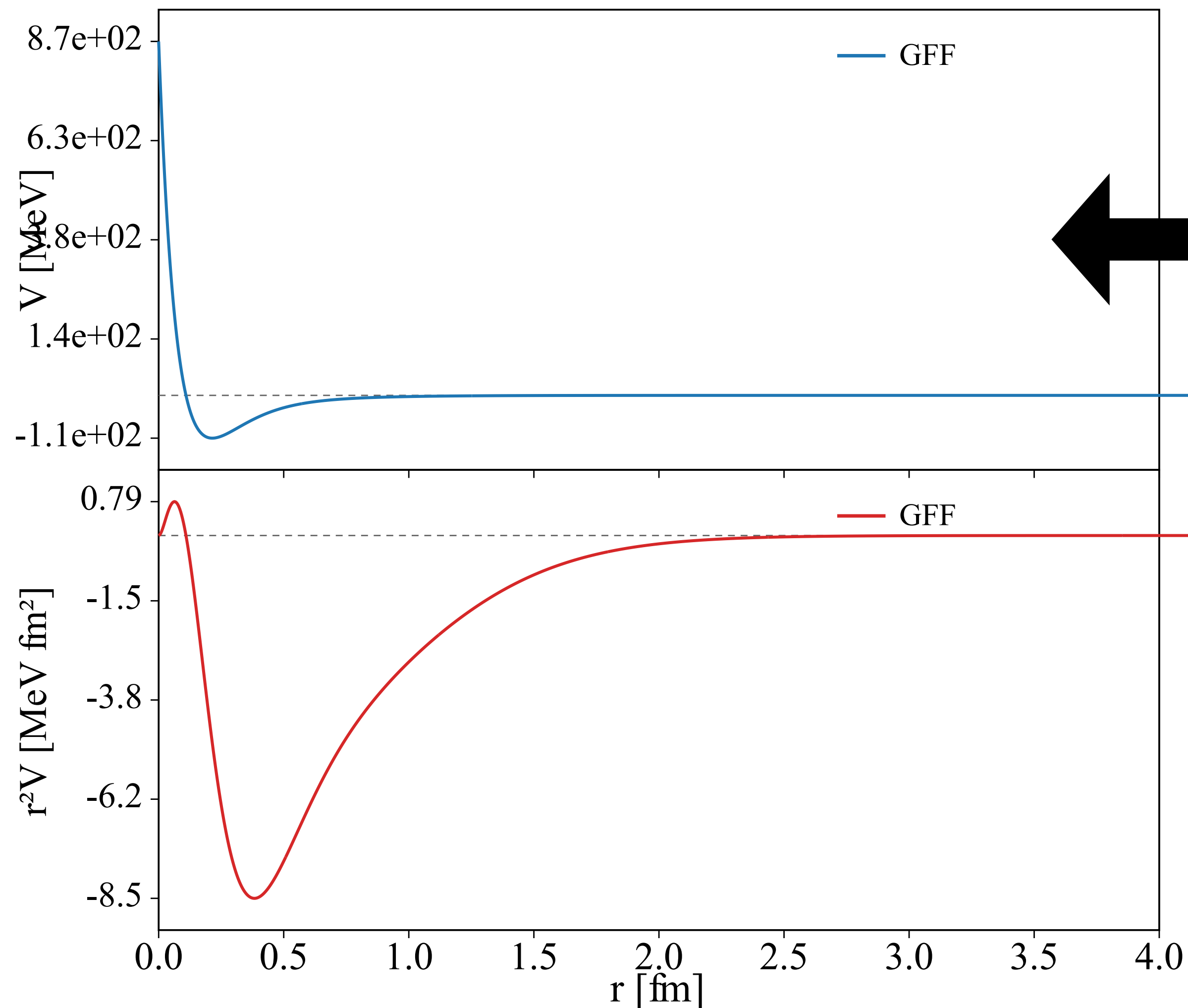
HackettらのlatticeのGFFsを入力



エネルギー密度、圧力分布からポテンシャルを計算し、積分してD-termを求めると、元のD-term fit結果と一致することを確認。

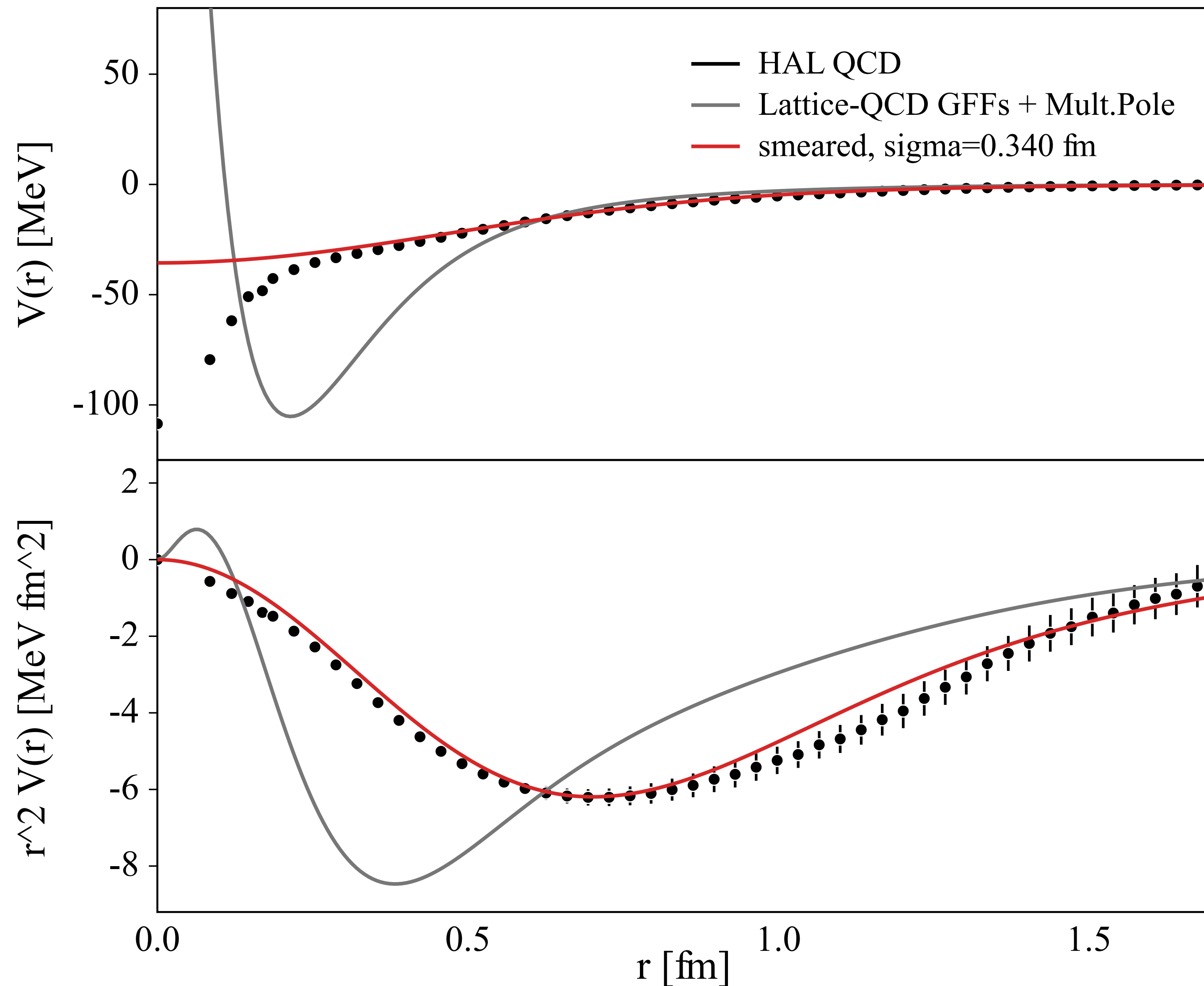


J/ψのサイズ



先日書いた論文では、J/ψの有限サイズを考慮してポテンシャルをスメアするとHAL QCDと短距離を除いて良く一致した。今回もこの処方を行うべきでは。

スメア



$$V(r) = -\alpha_{nS} \frac{4\pi}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) [\nu \epsilon(r) - 3p(r)]$$

$$V_{\text{smear}}(r) = \int d^3 r' \rho_{J/\psi}(|r - r'|) V(r')$$

まず $V(r)$, $r^2 V(r)$ を、
 HAL QCD のデータ、
 lattice の GFFs から計算したもの、
 さらに J/ψ のサイズでスメアしたものを
 プロット。

※ $\sigma = 0.34[\text{fm}] \rightarrow r_{J/\psi} = \sqrt{3}\sigma = 0.59[\text{fm}]$

ちょっと J/ψ には大きめ。

スミア前後D-termの対応mapを作る

スミアの逆関数を使えば実験結果からスミア前のポテンシャルが引き出せる？

→指数関数によって振動させられてかなり難しかったので諦め。

前ページで決めたスミアの条件(J/ψのサイズ)は固定したまま、

input D-termを振って、スミア後D-termを調べ、スミア前後の対応mapを作っておく

$$V(r) = -\alpha_{nS} \frac{4\pi}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) [\nu \epsilon(r) - 3p(r)]$$

↓ 真のD-termを動かす

↓ スミアする

$$V_{\text{smear}}(r) = \int d^3r' \rho_{J/\psi}(|r - r'|) V(r')$$

↓

スミア入りのeffectiveなD-termが得られる

※このスミア後の場合でもやはり α_{nS} 等の係数は

D-termを求める際に約分されて消える。

実験ではスミアの逆関数を使って
この逆手順を踏みたかったが、
難しかったので対応mapを作る

←この手順でeffective D-termを計算し、
真のD-termと積分範囲上限Rの関数としてプロット

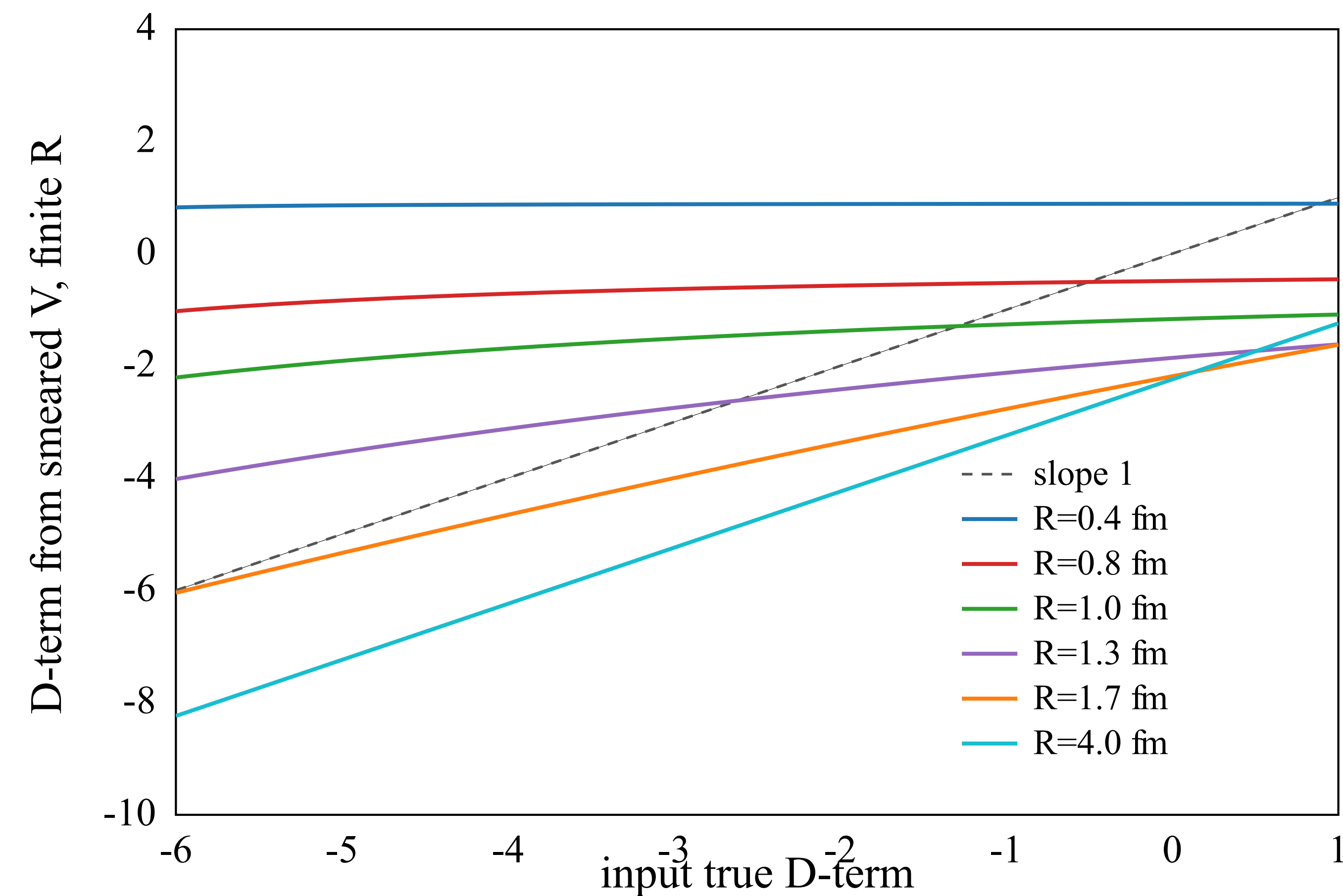
スミア前後D-termの対応mapを作る

スミアの逆関数を使えば実験結果からスミア前のポテンシャルが引き出せる？

→指数関数によって振動させられてかなり難しかったので諦め。

前ページで決めたスミアの条件(J/ψのサイズ)は固定したまま、

input D-termを振って、スミア後D-termを調べ、スミア前後の対応mapを作っておく



↓ 真のD-termを動かす

$$V(r) = -\alpha_{nS} \frac{4\pi}{b} \left(\frac{g^2}{g_s^2} \right) [\nu \epsilon(r) - 3p(r)]$$

↓ スミアする

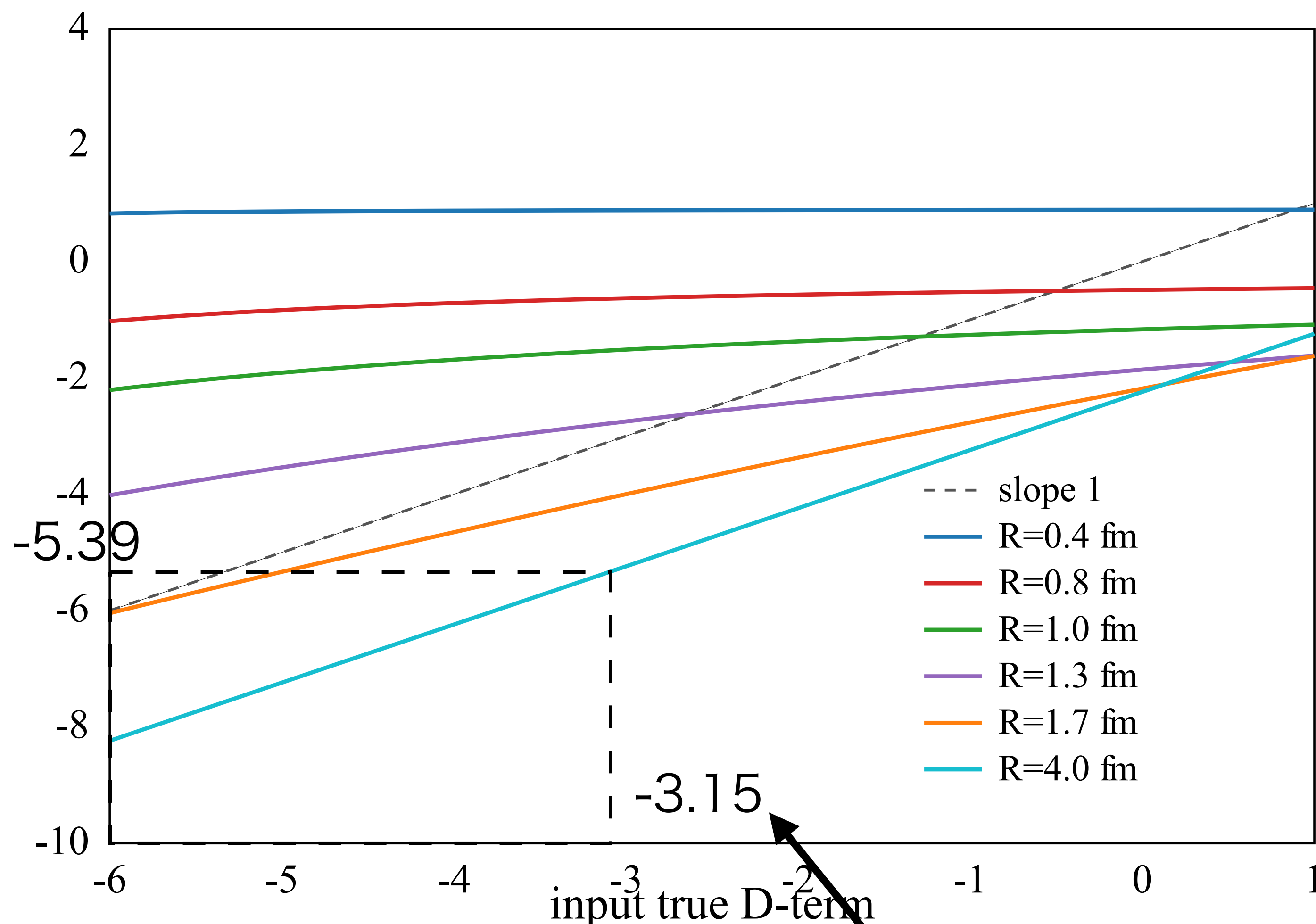
$$V_{\text{smear}}(r) = \int d^3r' \rho_{J/\psi}(|r - r'|) V(r')$$

↓

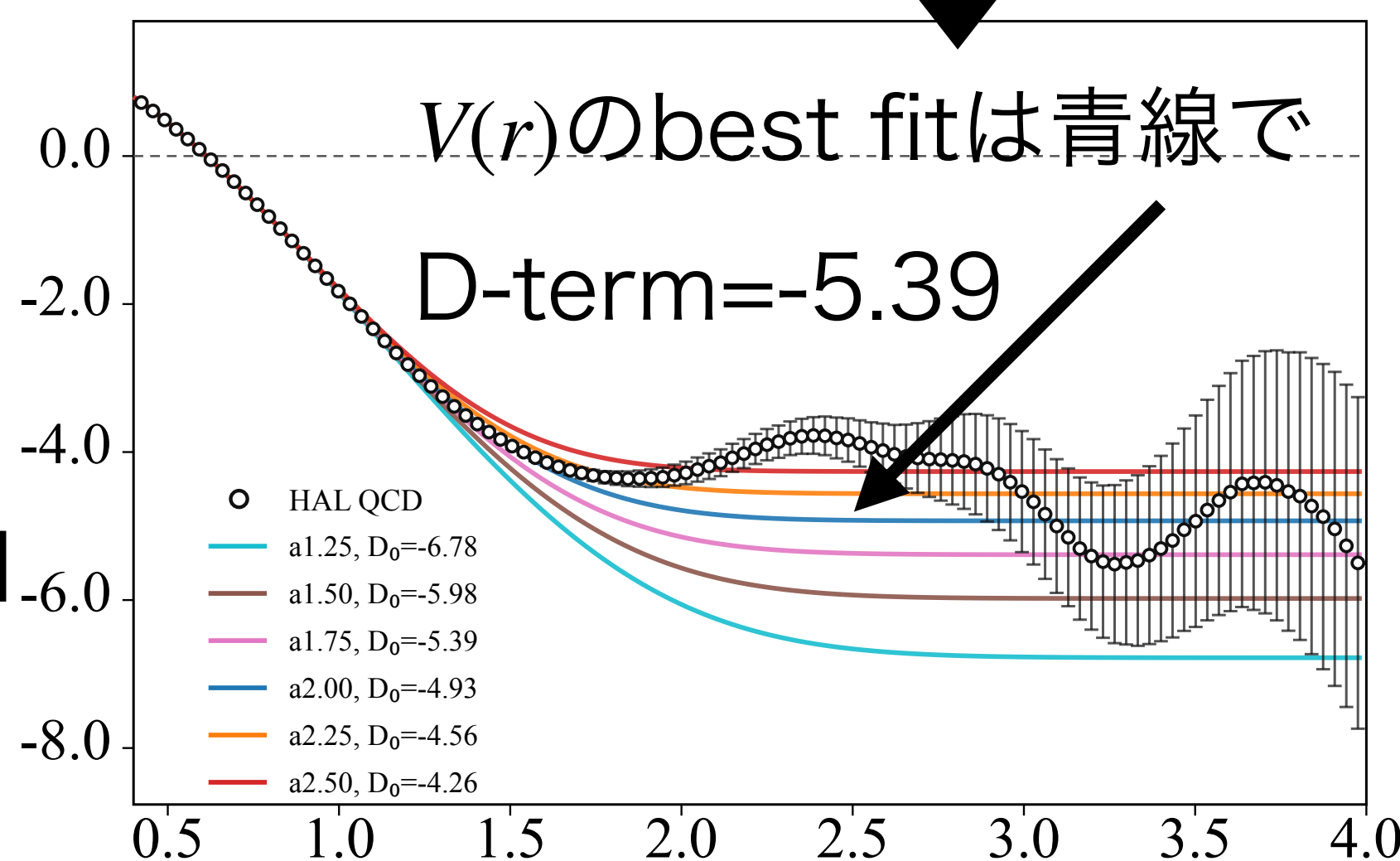
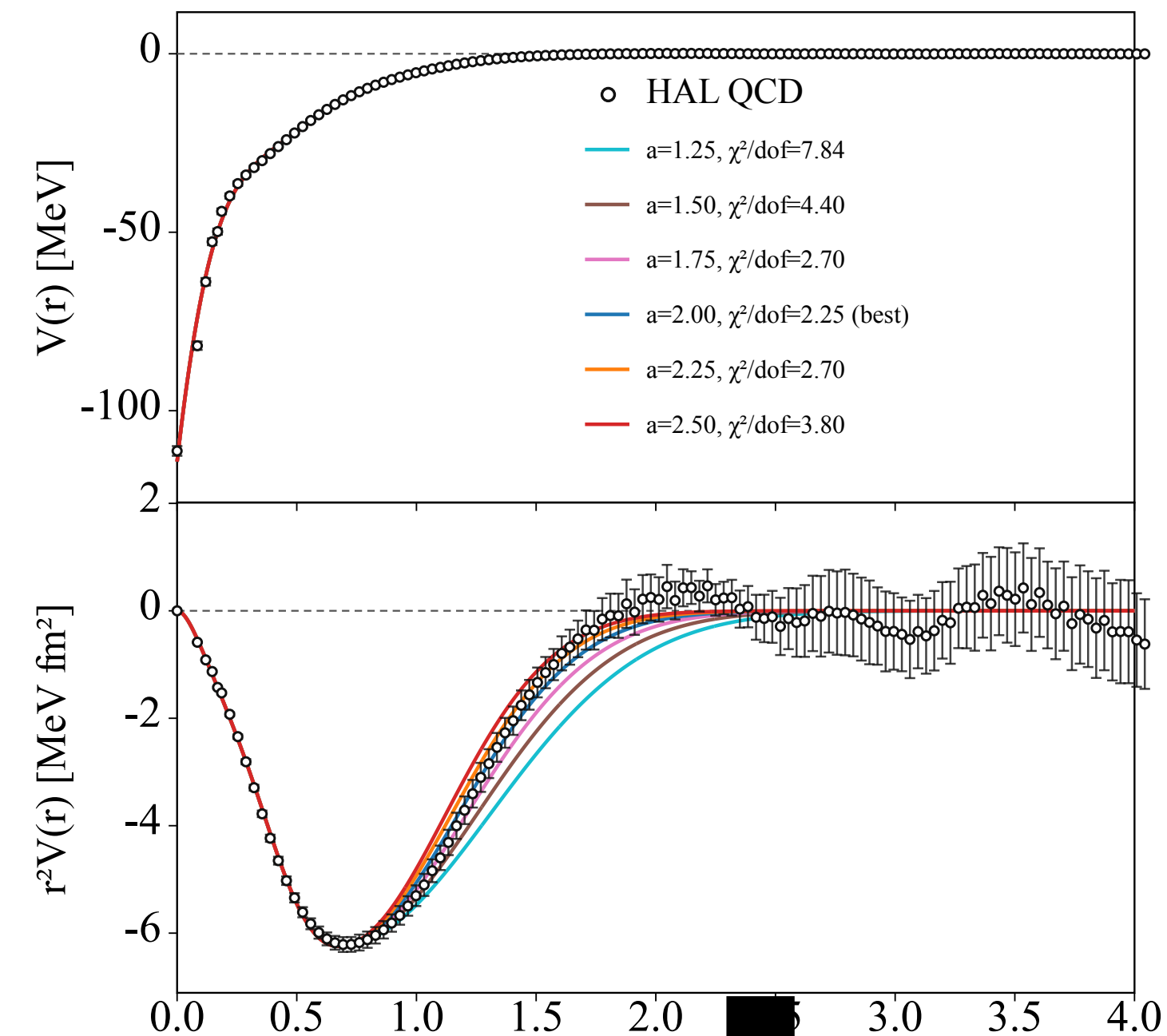
スミア入りのeffectiveなD-termが得られる

スメア前後D-termの対応mapを作る

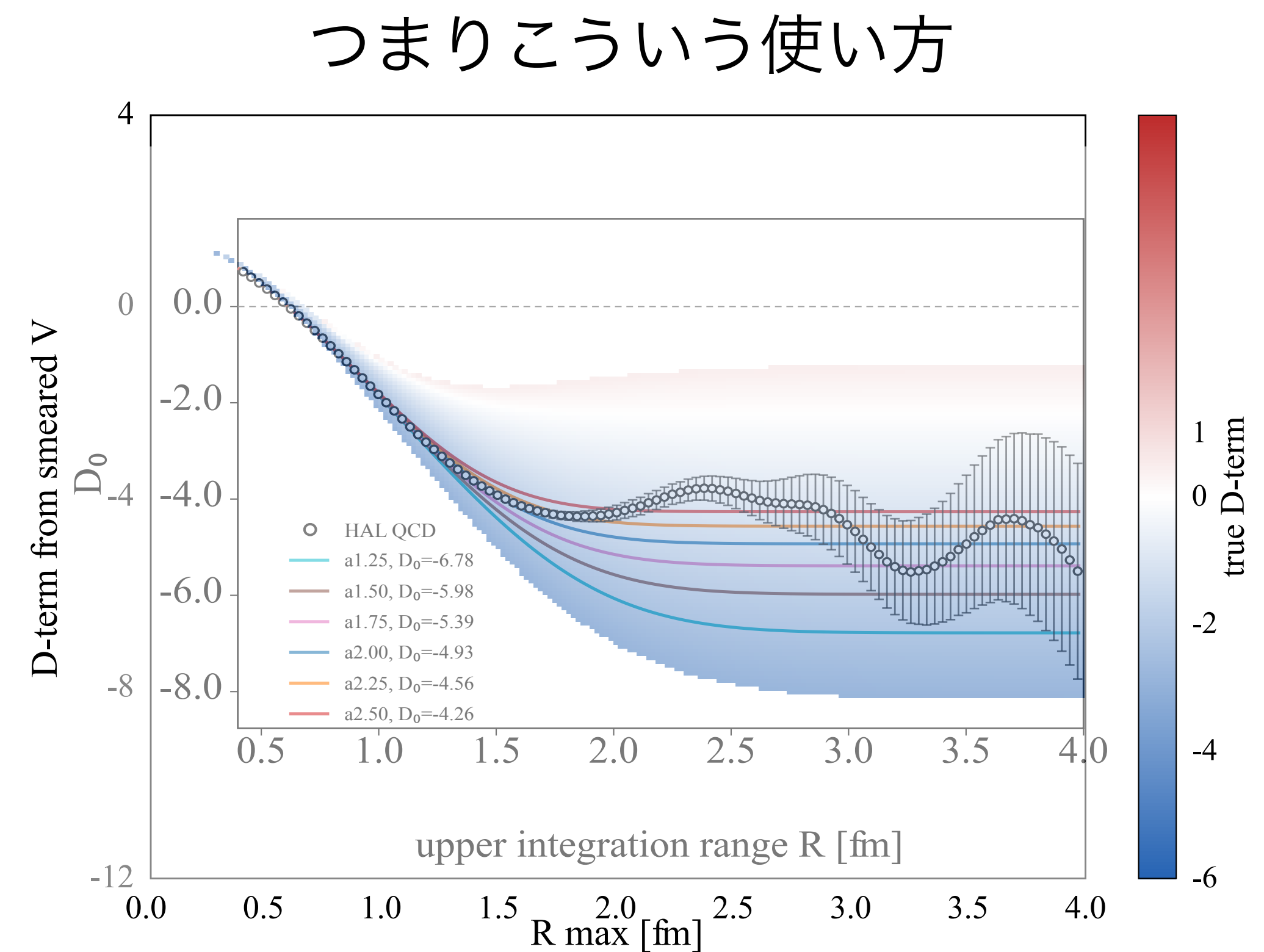
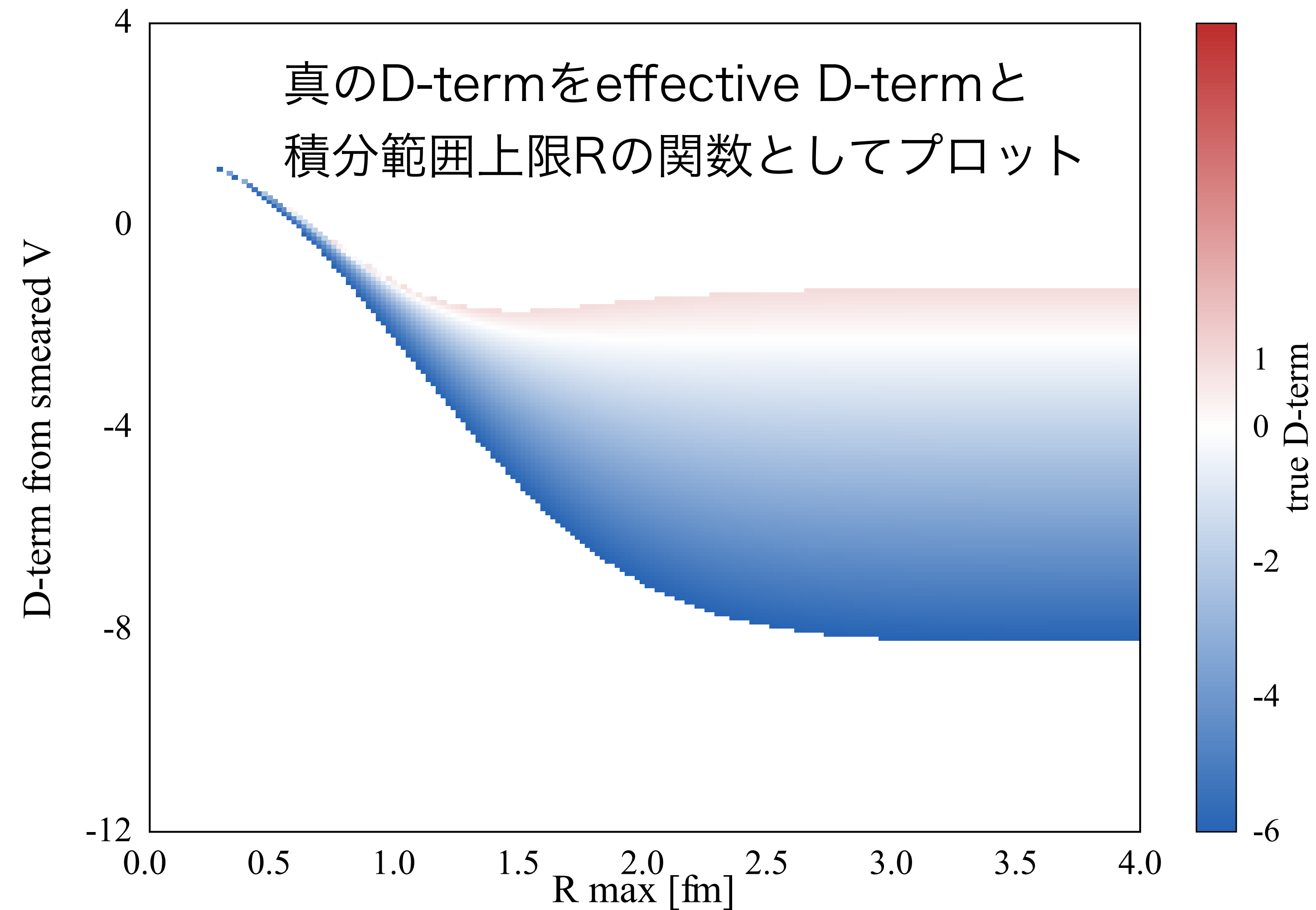
D-term from smeared V, finite R



Latticeや各種EFTの結果と比較してもかなり自然な値



スミア前後D-termの対応mapを作る



スメラ前後D-termの対応mapを作る

Local first-pass charmonium-hadron femtoscopy from AO2D

Input: 2362 AO2D files listed in output/jpsi_p_all_periods_stream_ao2d_files.txt

Resonance: jpsi, hadron charge: 1

Signal window: $2.90 < M_{ee} < 3.30 \text{ GeV}/c^2$

Sidebands: 2.00-2.70 and 3.40-4.00 GeV/c^2

ME normalization: $1.00 < k^* < 2.00 \text{ GeV}/c$

Events: 235915483, dielectrons: 207495989, selected hadrons: 43183535

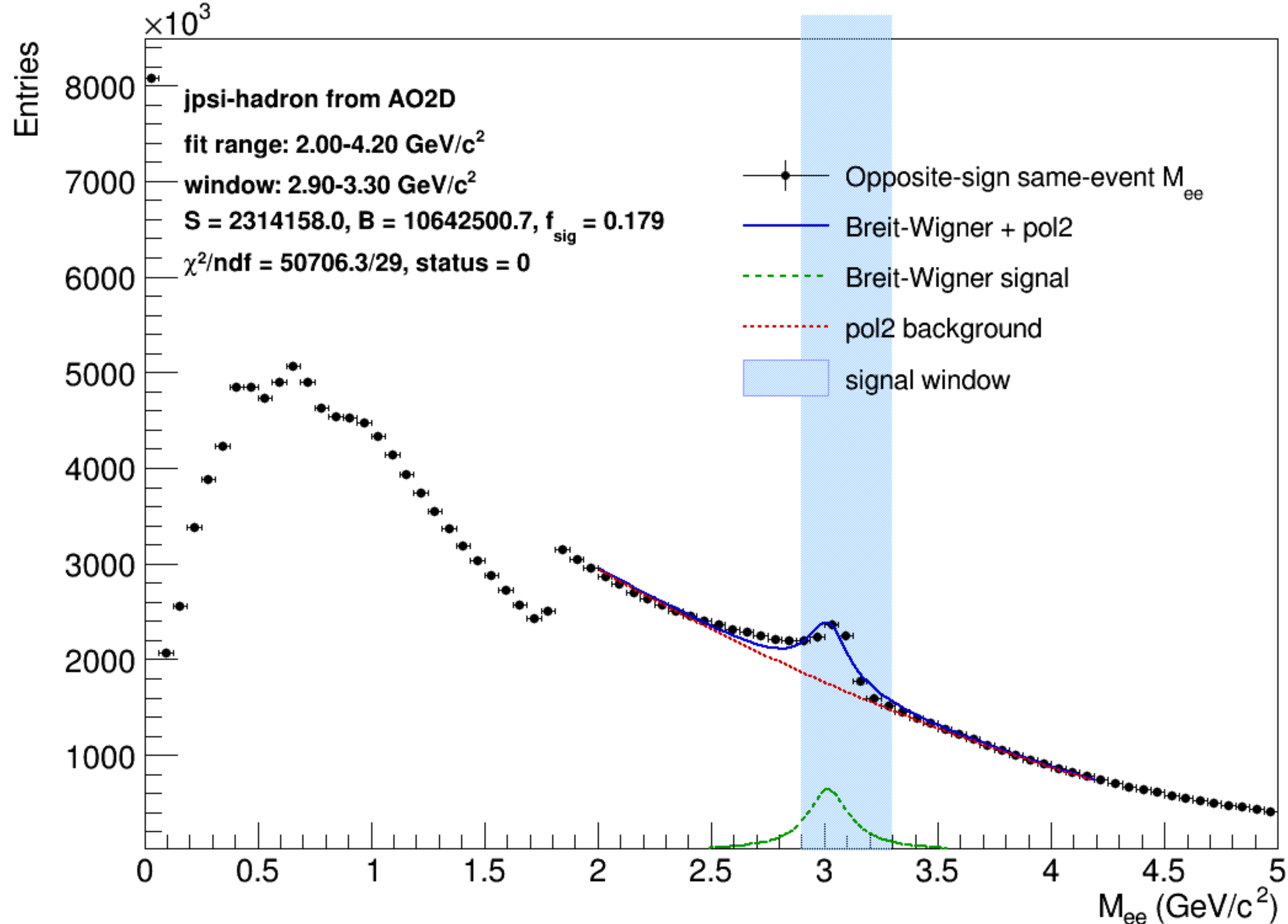
SE dilepton-hadron pairs: 78104453, ME pairs: 723827575

Electron selection: $p_T > 0.2 \text{ GeV}/c$, $|\eta| < 0.9$, $|\text{TPC nSigma}_e| < 3$

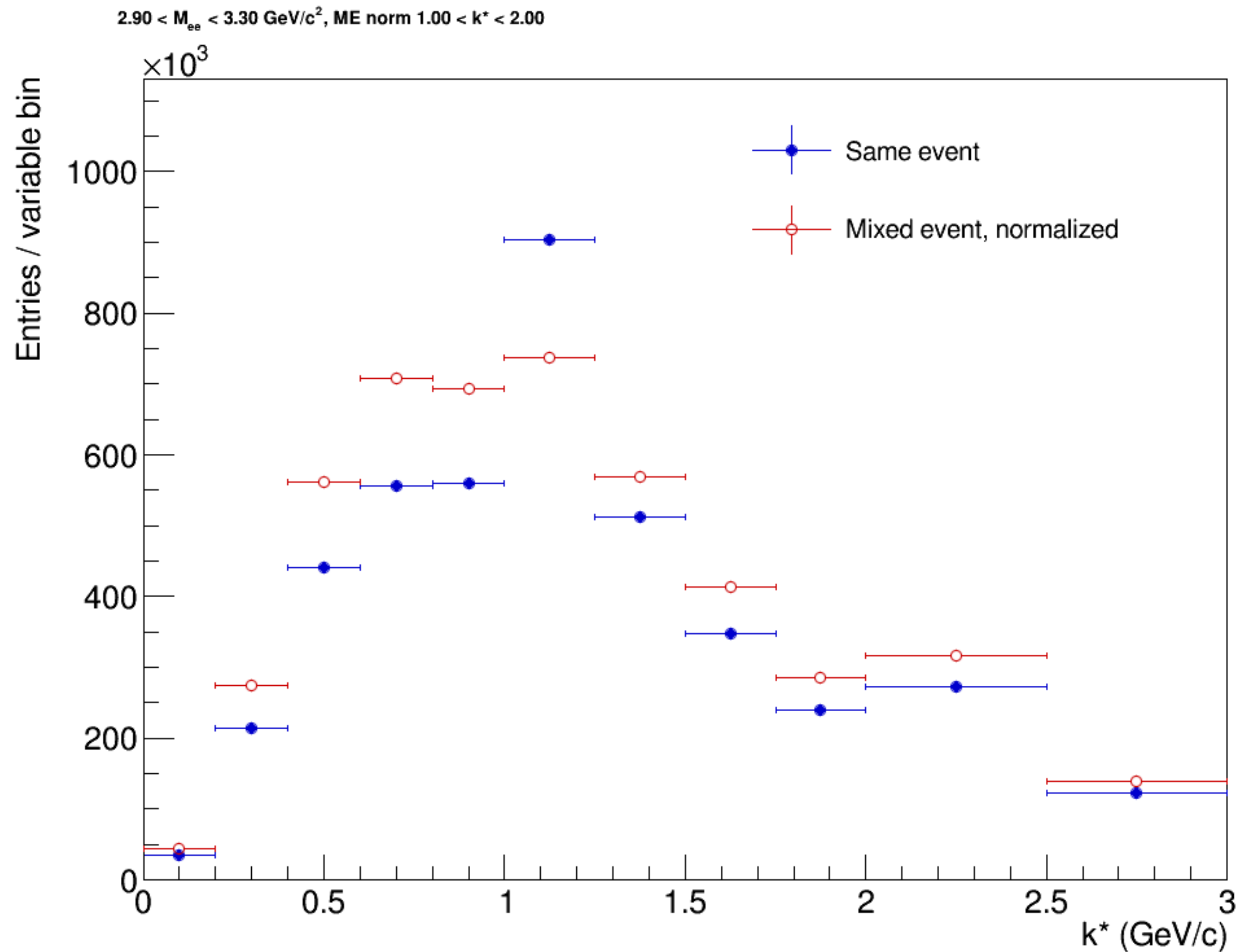
Proton selection: $0.25 < p < 3.2 \text{ GeV}/c$, $|\eta| < 0.9$, DCA and TPC quality cuts

Proton PID: $|\text{TPC nSigma}_p| < 2.5$; for $p \geq 0.9 \text{ GeV}/c$ also $-2 < \text{TOF nSigma}_p < 4$

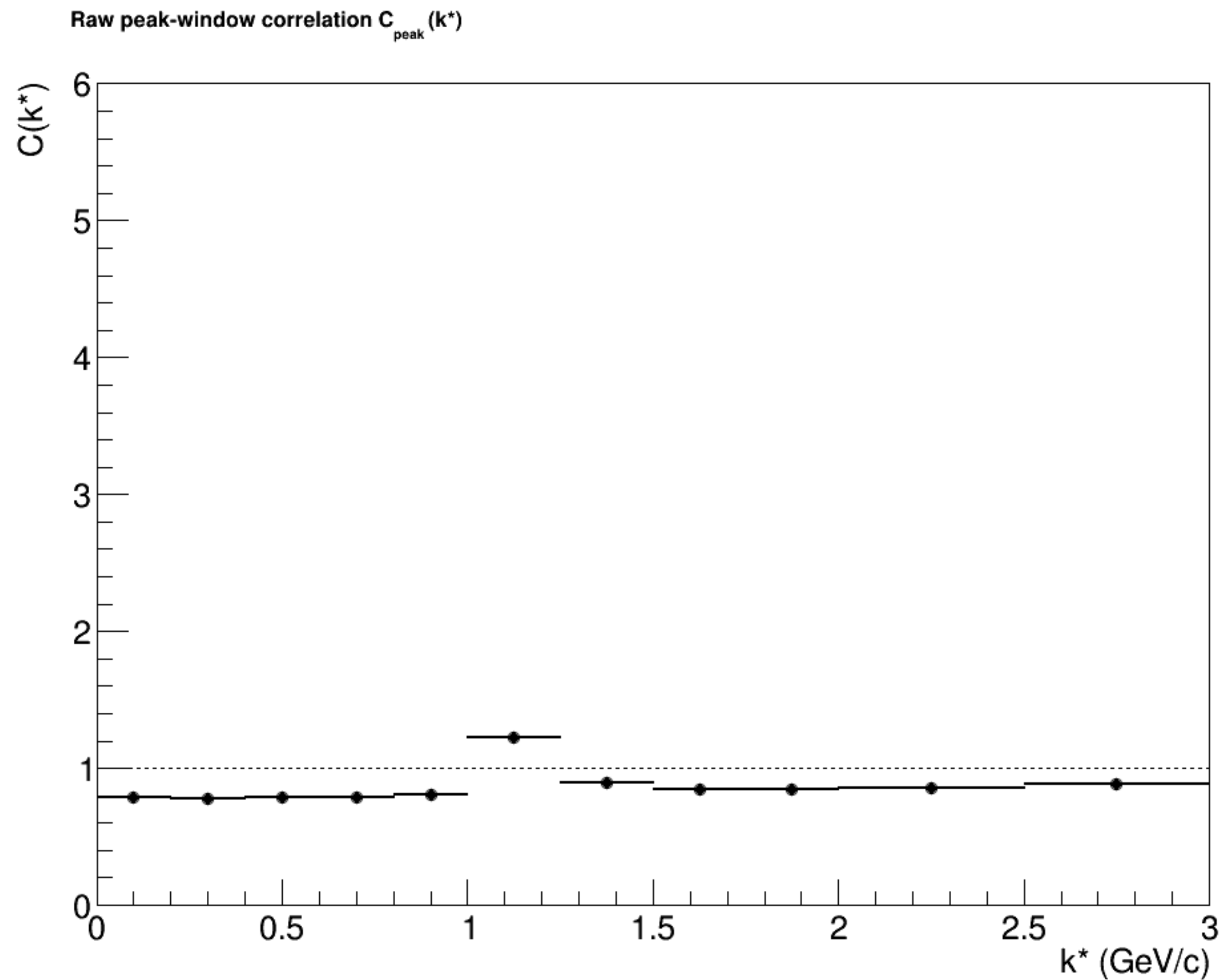
スミア前後D-termの対応manを作る



スミア前後D-termの対応mapを作る



スミア前後D-termの対応mapを作る



スミア前後D-termの対応mapを作る

