

負性抵抗のある流れ

Flow with negative differential viscosity

川口 明彦[1]

Akihiko Kawaguchi[1]

[1] 京大・人環・環境相関

[1] Human and Environmental Studies, Kyoto Univ

<http://www2.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~akihiko/>

多孔性媒質中の非圧縮性流体の運動はダルシーの法則に従い、単純な条件の下では単調な流れしか現れない。しかし、粘性率の温度依存性を考慮したモデルでは流れの性質は大きく変わり、適当な条件の下で一次元流れを考えると、圧力差 - 流速特性の傾きが負になる、すなわち「負性抵抗のある流れ」が現れる。またその一次元流れを複数束ね、入り口で複数の管に分流し、出口で再び合流する、という条件のもとでは、媒質や境界条件が一様であるにもかかわらず、非一様な流速分布を持った流れが定常的に実現する。

多孔性媒質中の非圧縮性流体の運動はダルシーの法則に従い、媒質が一様で流体の粘性率が一定であれば流速は圧力勾配に比例する。この場合、浸透流の流速分布を求める問題はラプラス方程式を解くことに帰着される。すなわち、有界領域内の流速分布はその境界上の流速の法線成分を与えることで一意に決定され、単純な境界条件の下では単調な流れしか現れない。

これまで、地下水等の浸透流を対象とした研究では粘性率の温度依存性が流れに及ぼす影響は注目されておらず、「一様な条件の下におかれた流体は当然一様に流れていく」ことが常識となっている。

本研究では、粘性率の温度依存性を考慮した流れのモデルを用い、そこで流体がどのような振る舞いを見せるのか、ということに興味の対象とする。粘性率の温度依存性を考慮することで、流れの性質は大きく変化し、「常識外れ」な流れが現れる。

まず、二次元モデルで非定常状態において見られる特徴的な流れについて触れた後、一次元モデルで定常状態の流れについて詳しく報告する。

粘性率の温度依存性を考慮すると、適当な条件の下で圧力差 - 流速特性の傾きが負になる、すなわち「負性抵抗のある流れ」が現れる。またその一次元流れを複数束ね、入り口で複数の管に分流し、出口で再び合流する、という条件のもとでは、媒質や境界条件が一様であるにもかかわらず、非一様な流速分布を持った流れが定常的に実現する。

このように一様な条件の下で非一様な流れが実現することは、媒質の性質などの「外的要因」に拠ることなく、「流体そのもの」が自己組織化して特定のパターンを維持していることを意味している。本研究のモデルをさらに二次元、三次元へと発展させていくことで今まで考えられなかった新しい「流れの世界」が広がることが期待される。