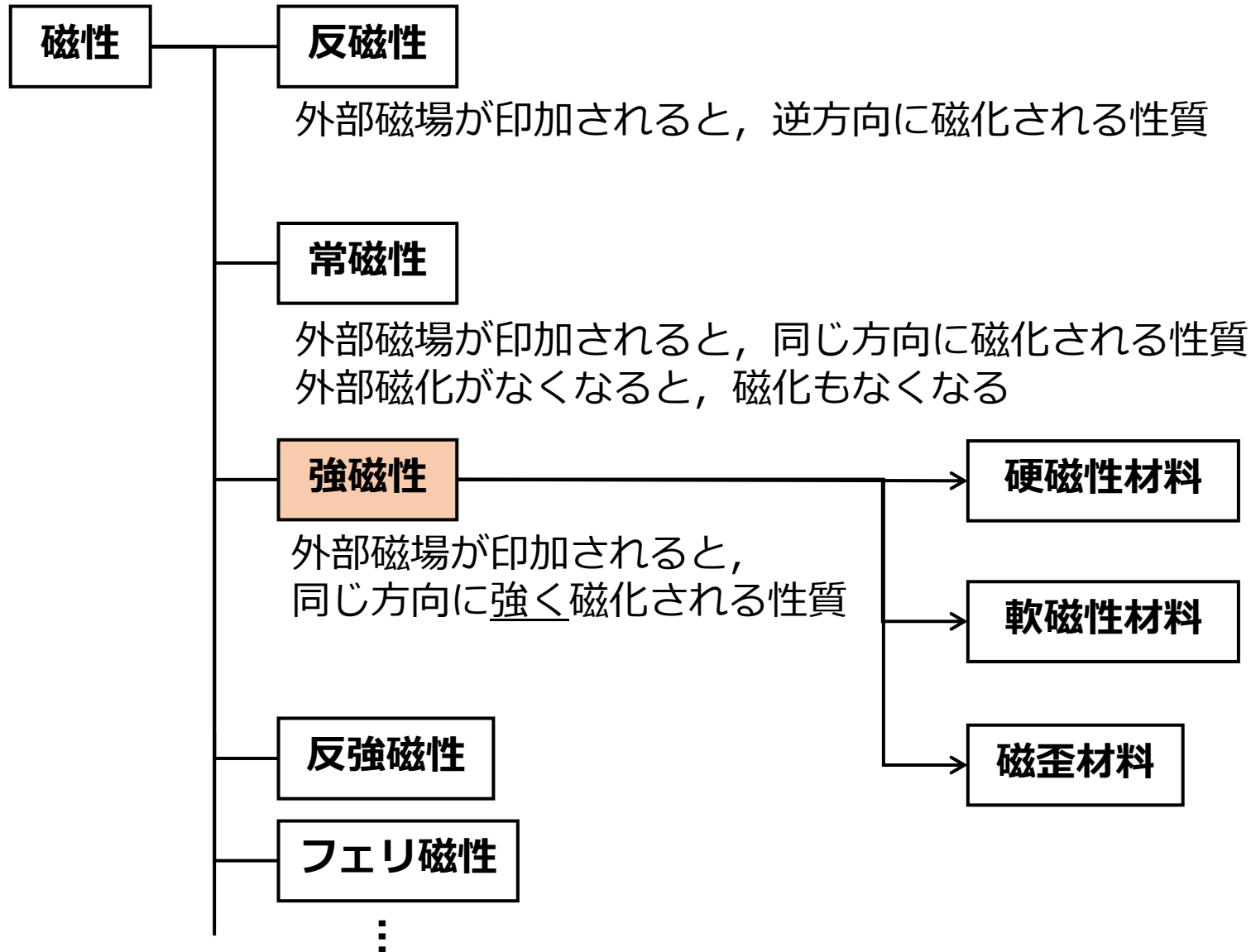


強磁性材料の ヒステリシス特性を理解する

大阪府立大学 工学研究科
清水 悠生

強磁性材料の位置づけ

✓ 強磁性材料の俯瞰的な位置は下記のとおり



(強)磁性材料の説明

1. 硬磁性材料

保磁力が大きく、永久磁石として用いられる。
反磁界をかけても、磁化方向が変化しにくい。

ex) フェライト磁石, ネオジウム磁石

2. 軟磁性材料

保磁力が小さく、透磁率が大きい。
反磁界により、比較的簡単に磁化方向が反転する。
モータや変圧器の鉄心に使用される。

ex) 鉄, ケイ素鋼板, アモルファス合金

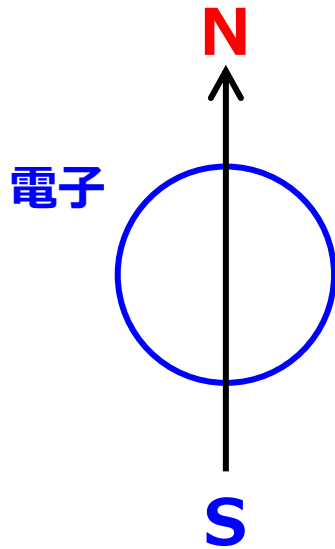
3. 磁歪材料

外部磁場をかけることで変形する材料。
超音波モータなどに用いられる。

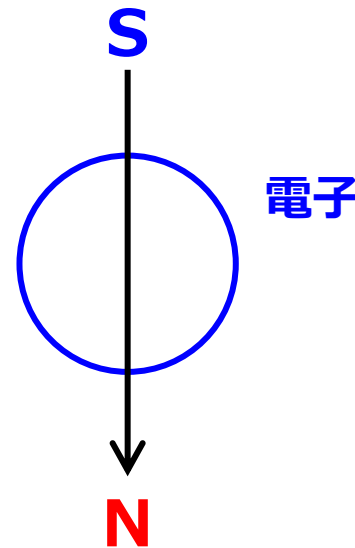
ex) ニッケル, フェライト

なぜ磁性を示すのか

- ✓ 電子には磁気特性の異なる2種類が存在する（電子スピン）
- ✓ 例えば、同じ原子軌道内に2つの電子が存在する場合
スピンを打ち消しあい、外部からみて磁気は発生しない
- ✓ それに対し、軌道に1つだけ電子が存在する場合
磁気が生じる（不対電子）



アップスピン



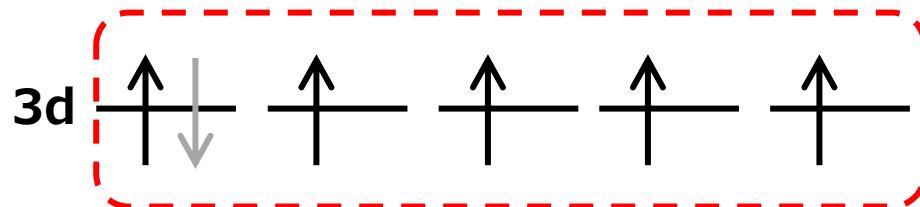
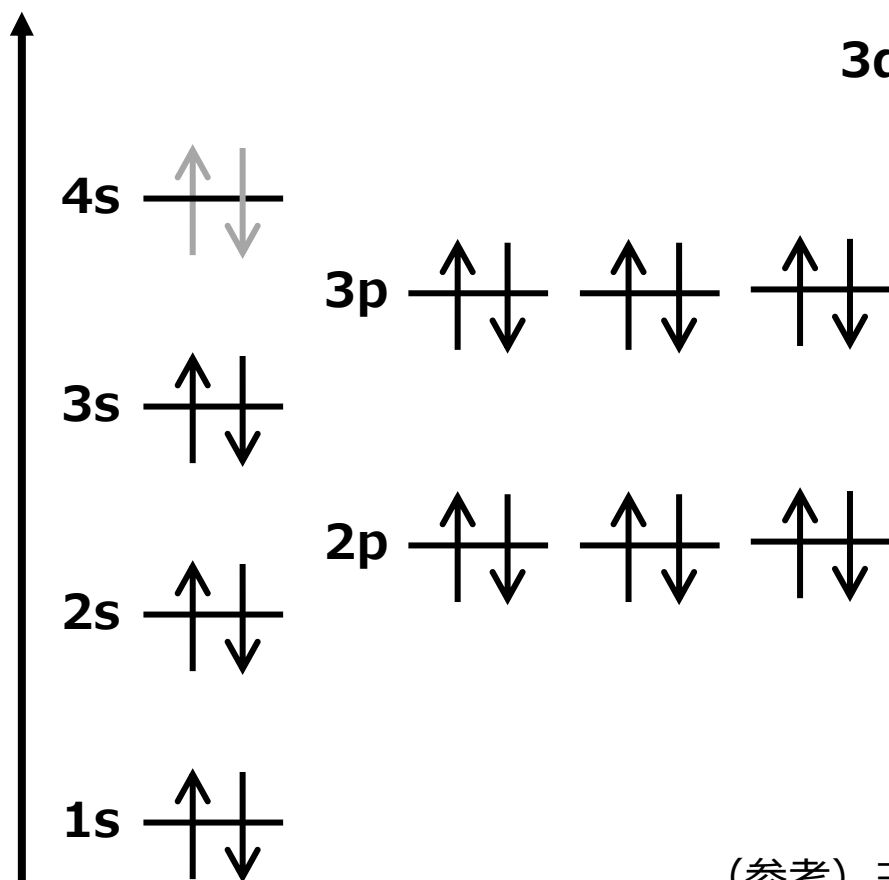
ダウンスピン

電子1つ1つが
磁石のように振る舞う！

強磁性の場合

- ✓ 例えば3価の鉄イオンであれば、
不対電子が5つ存在し、強磁性を示す

エネルギー



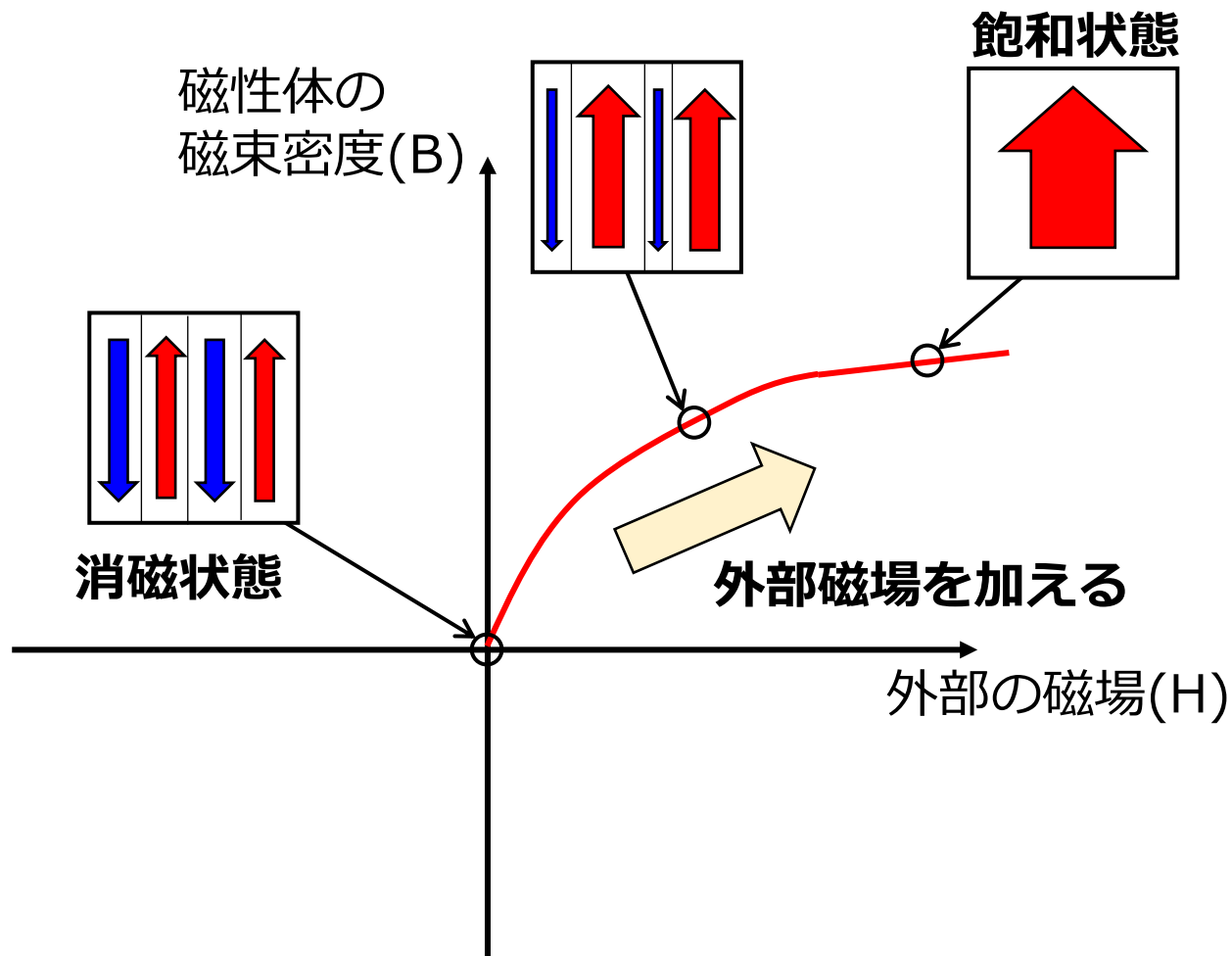
不対電子が5つ存在！

26Fe^{3+} の場合
(灰色は 26Fe の場合)

(参考) ヨビノリたくみ：「化学結合論入門①～」
<https://www.youtube.com/watch?v=NT24OypQFNg>

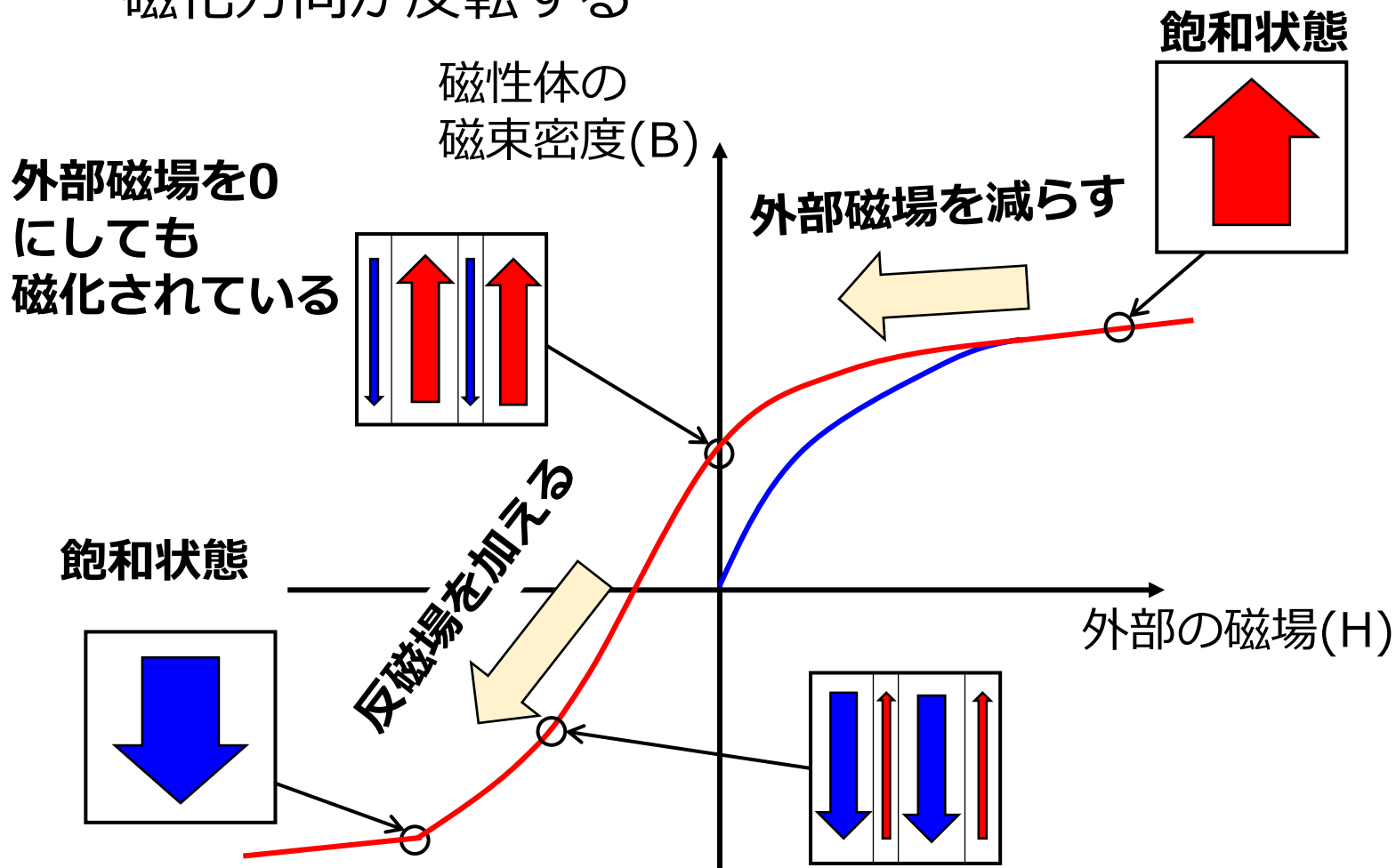
外部磁場による磁化

- ✓ 不対電子の向きは材料内ではバラバラだが、外部磁場により方向を揃えることで強磁性材料は磁化され、磁石として振る舞うように



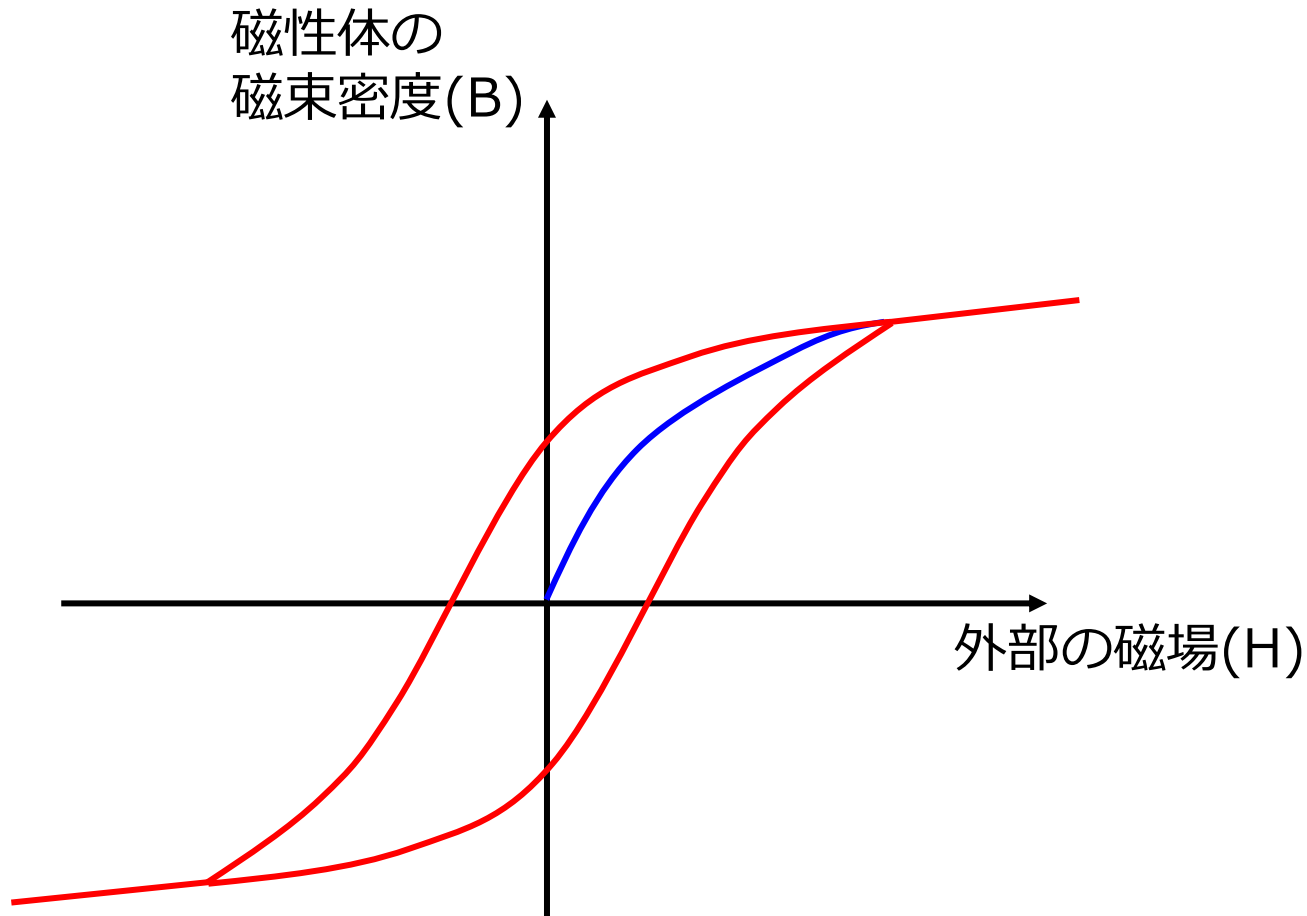
外部磁場を弱めていく

- ✓ 強磁性材料を一度磁化すると、外部磁場を0にしても残留磁気が生じる
- ✓ さらに反磁場を加えていくと、あるタイミングで磁化方向が反転する



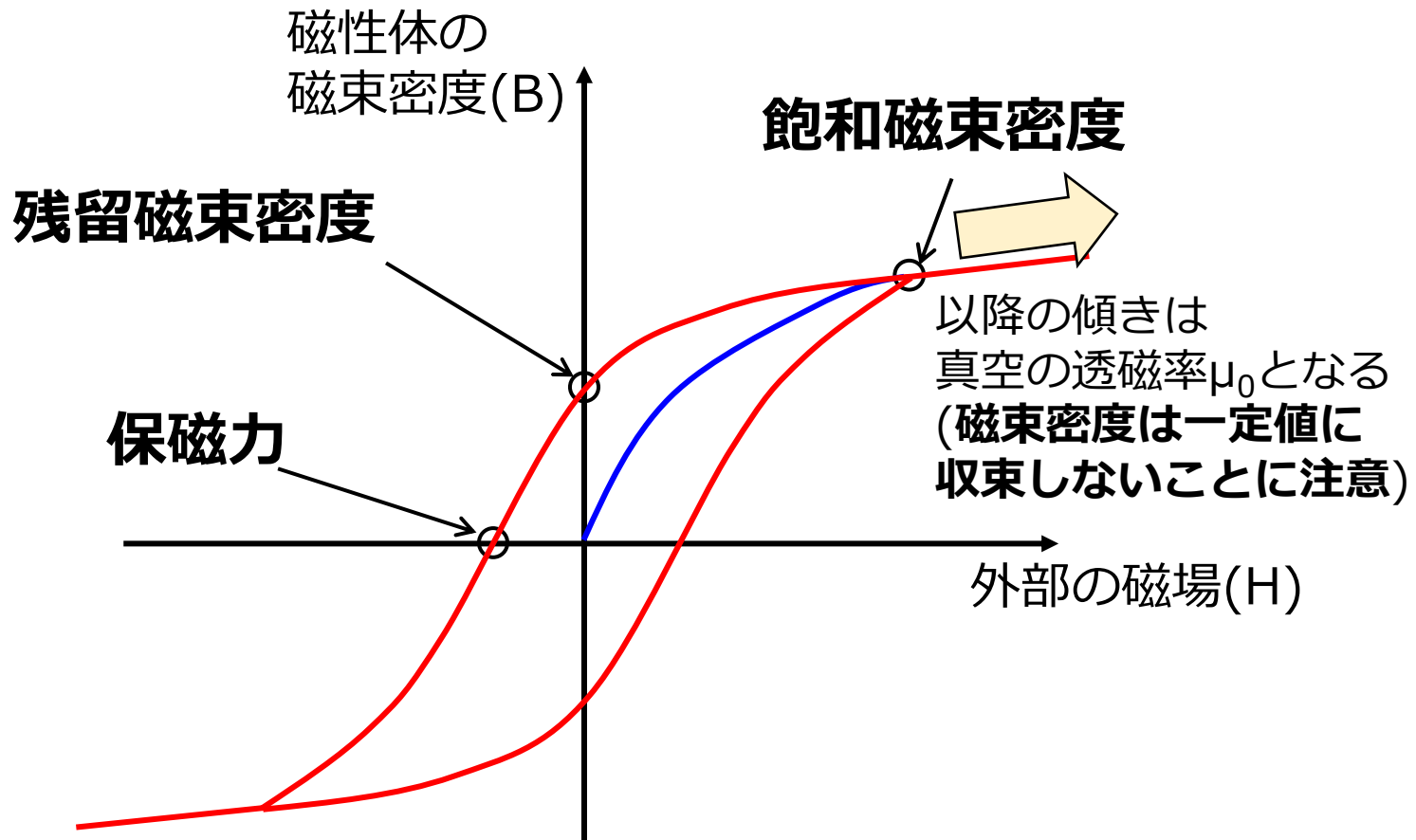
ヒステリシス特性

- ✓ これまでのプロセスは磁場方向を負⇒正とした場合も同様
- ✓ このように、磁性体の磁束密度は外部磁場によって一様に決まらず、過去の状態にも依存して決定する特性をヒステリシス特性と呼ぶ

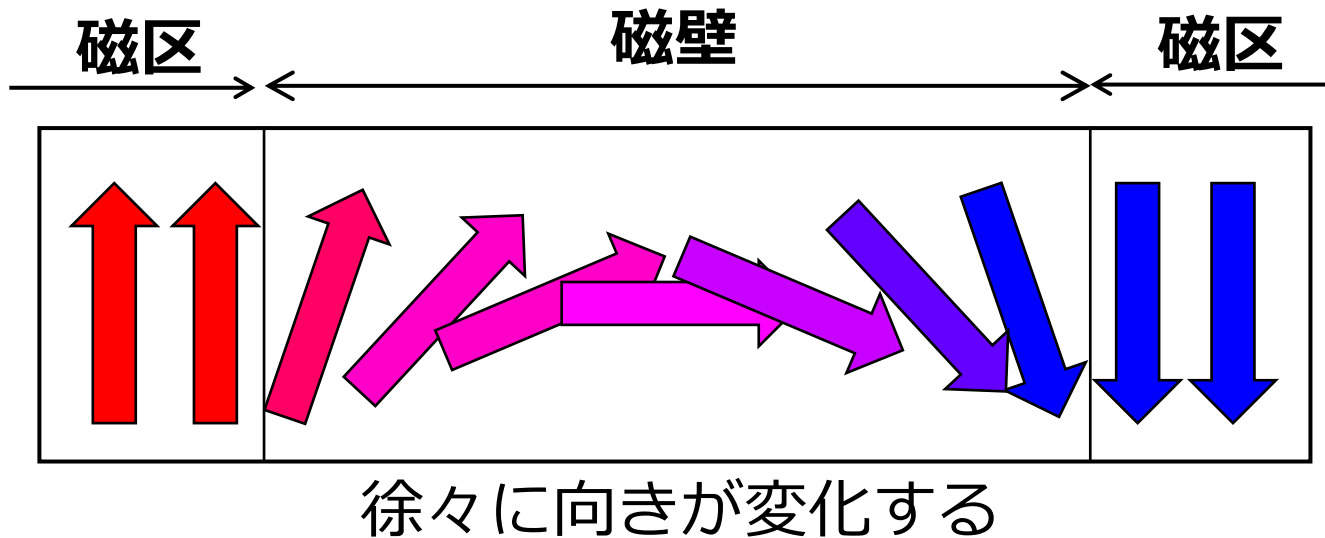
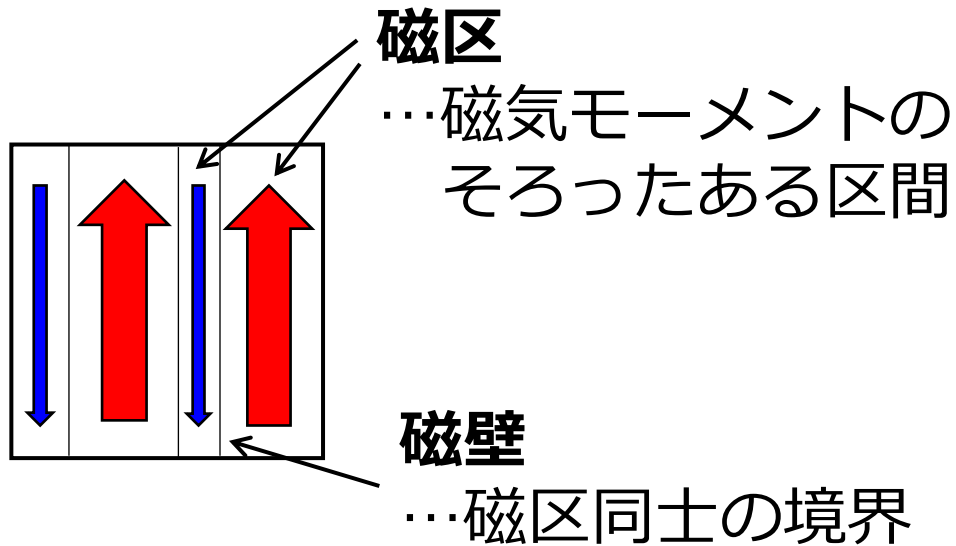


用語まとめ (1/2)

- 飽和磁束密度：磁束密度が飽和した値。飽和磁化に対応する。
- 残留磁束密度：磁化され飽和磁束密度まで達した磁性体から、印加している外部磁場を取り除いた際に残留する磁束密度
- 保磁力：磁化された磁性体の磁束密度をゼロにするために必要な外部(反)磁場



用語まとめ (2/2)



硬磁性と軟磁性のB-Hカーブ

- ✓ 硬磁性材料は軟磁性材料に比べて**保磁力**が大きい
⇒外部磁場に寄らない磁束の供給源（永久磁石）として働く
（図は不正確で、実際は1000倍近い保磁力の差がある）
- ✓ 硬磁性材料は実用範囲の磁気抵抗が大きい（比透磁率が小さい）

