

# 加藤岳生著「一歩進んだ理解を目指す 物性物理学講義」 (サイエンス社) 正誤表

東京大学物性研究所 加藤岳生

## 1 概要

これは「一歩進んだ理解を目指す 物性物理学講義」の本に含まれる誤りをまとめたものです。もし間違いに気がついた場合は、kato@issp.u-tokyo.ac.jp までメールを送っていただくか、下記 Web page の Issues に書き込んでください。

<https://github.com/takeokato719/SolidStatePhysicsText/>

細かい間違いでも遠慮なく教えていただけるとありがたいです。よろしくお願いいたします。

## 2 正誤表

- p.14 式 (1.75) の最終行:

$$\begin{aligned} [\text{誤}] &= \frac{1}{2}V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\rangle + \frac{1}{2}v(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\rangle = V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\rangle \\ [\text{正}] &= \frac{1}{2}V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\rangle + \frac{1}{2}\mathbf{V}(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\rangle = V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\rangle \end{aligned}$$

- p.15 式 (1.79) の最初の等式:

$$\begin{aligned} [\text{誤}] & \Psi^\dagger(\mathbf{x})\Psi^\dagger(\mathbf{y})\Psi(\mathbf{y})\Psi(\mathbf{x})|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\cdots\mathbf{r}_N\rangle \\ &= \sum_{\alpha=1}^N \sum_{\beta<\alpha}^N (-1)^{\alpha-1}(-1)^{\beta-1}\delta(\mathbf{y}-\mathbf{r}_\beta)\delta(\mathbf{x}-\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\beta) \\ & \quad \times |\mathbf{r}_1\cdots(\mathbf{r}_\beta\text{抜け})\cdots(\mathbf{r}_\alpha\text{抜け})\cdots\mathbf{r}_N\rangle \\ &+ \sum_{\alpha=1}^N \sum_{\beta>\alpha}^N (-1)^{\alpha-1}(-1)^{\beta-2}\delta(\mathbf{y}-\mathbf{r}_\beta)\delta(\mathbf{x}-\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\beta) \\ & \quad \times |\mathbf{r}_1\cdots(\mathbf{r}_\beta\text{抜け})\cdots(\mathbf{r}_\alpha\text{抜け})\cdots\mathbf{r}_N\rangle \\ [\text{正}] & \Psi^\dagger(\mathbf{x})\Psi^\dagger(\mathbf{y})\Psi(\mathbf{y})\Psi(\mathbf{x})|\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2\cdots\mathbf{r}_N\rangle \\ &= \sum_{\alpha=1}^N \sum_{\beta<\alpha}^N (-1)^{\alpha-1}(-1)^{\beta-1}\delta(\mathbf{y}-\mathbf{r}_\beta)\delta(\mathbf{x}-\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\beta) \\ & \quad \times |\mathbf{r}_1\cdots(\mathbf{r}_\beta\text{抜け})\cdots(\mathbf{r}_\alpha\text{抜け})\cdots\mathbf{r}_N\rangle \\ &+ \sum_{\alpha=1}^N \sum_{\beta>\alpha}^N (-1)^{\alpha-1}(-1)^{\beta-2}\delta(\mathbf{y}-\mathbf{r}_\beta)\delta(\mathbf{x}-\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\alpha)\Psi^\dagger(\mathbf{r}_\beta) \\ & \quad \times |\mathbf{r}_1\cdots(\mathbf{r}_\alpha\text{抜け})\cdots(\mathbf{r}_\beta\text{抜け})\cdots\mathbf{r}_N\rangle \end{aligned}$$

- p.20 式 (1.113) の 1 行目と 2 行目で生成演算子の添字に  $j$  が抜けています:

$$\begin{aligned}
[\text{誤}] \quad H &= \sum_{\sigma} \int d^3 \mathbf{r} \left[ \sum_{j, \mathbf{k}} \psi_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{r}) c_{\mathbf{k}\sigma}^{\dagger} \right] \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + v(\mathbf{r}) \right) \left[ \sum_{j', \mathbf{k}'} \psi_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{r}) c_{j'\mathbf{k}'\sigma} \right] \\
&= \sum_{\sigma} \sum_{j, \mathbf{k}} \sum_{j', \mathbf{k}'} \int d^3 \mathbf{r} \psi_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{r}) c_{\mathbf{k}\sigma}^{\dagger} \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + v(\mathbf{r}) \right) \psi_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{r}) c_{j'\mathbf{k}'\sigma} \\
[\text{正}] \quad H &= \sum_{\sigma} \int d^3 \mathbf{r} \left[ \sum_{j, \mathbf{k}} \psi_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{r}) c_{j\mathbf{k}\sigma}^{\dagger} \right] \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + v(\mathbf{r}) \right) \left[ \sum_{j', \mathbf{k}'} \psi_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{r}) c_{j'\mathbf{k}'\sigma} \right] \\
&= \sum_{\sigma} \sum_{j, \mathbf{k}} \sum_{j', \mathbf{k}'} \int d^3 \mathbf{r} \psi_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{r}) c_{j\mathbf{k}\sigma}^{\dagger} \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + v(\mathbf{r}) \right) \psi_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{r}) c_{j'\mathbf{k}'\sigma}
\end{aligned}$$

- p.21 式 (1.116):

$$\begin{aligned}
[\text{誤}] \quad & \int d^3 \mathbf{r} \psi_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{r}) \psi_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{r}) \\
&= \frac{1}{N} \sum_{\mathbf{R}} \int_{\text{unit cell}} d^3 \mathbf{x} e^{-i(\mathbf{k}-\mathbf{k}') \cdot \mathbf{R}} u_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{x} + \mathbf{R}) u_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{x} + \mathbf{R}) \\
&= \int_{\text{unit cell}} d^3 \mathbf{x} u_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{x}) u_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{x}) = \delta_{j,j'} \delta_{\mathbf{k},\mathbf{k}'} \\
[\text{正}] \quad & \int d^3 \mathbf{r} \psi_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{r}) \psi_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{r}) \\
&= \frac{1}{N} \sum_{\mathbf{R}} \int_{\text{unit cell}} d^3 \mathbf{x} e^{-i(\mathbf{k}-\mathbf{k}') \cdot (\mathbf{R} + \mathbf{x})} u_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{x} + \mathbf{R}) u_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{x} + \mathbf{R}) \\
&= \int_{\text{unit cell}} d^3 \mathbf{x} u_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{x}) u_{j'\mathbf{k}'}(\mathbf{x}) \delta_{\mathbf{k},\mathbf{k}'} = \delta_{j,j'} \delta_{\mathbf{k},\mathbf{k}'} \\
&\Leftrightarrow \int_{\text{unit cell}} d^3 \mathbf{x} u_{j\mathbf{k}}^*(\mathbf{x}) u_{j'\mathbf{k}}(\mathbf{x}) = \delta_{j,j'}
\end{aligned}$$

- p.28 式 (2.17) の第二項の係数  $1/2$  が落ちています:

$$\begin{aligned}
[\text{誤}] \quad H &= \sum_{\sigma} \int d\mathbf{r} \Psi_{\sigma}^{\dagger}(\mathbf{r}) \left( -\frac{1}{2} \nabla^2 - \frac{Z}{r} \right) \Psi_{\sigma}(\mathbf{r}) \\
&\quad + \sum_{\sigma, \sigma'} \int d\mathbf{r} \int d\mathbf{r}' \Psi_{\sigma}^{\dagger}(\mathbf{r}) \Psi_{\sigma'}^{\dagger}(\mathbf{r}') \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \Psi_{\sigma'}(\mathbf{r}') \Psi_{\sigma}(\mathbf{r}) \\
[\text{正}] \quad H &= \sum_{\sigma} \int d\mathbf{r} \Psi_{\sigma}^{\dagger}(\mathbf{r}) \left( -\frac{1}{2} \nabla^2 - \frac{Z}{r} \right) \Psi_{\sigma}(\mathbf{r}) \\
&\quad + \frac{1}{2} \sum_{\sigma, \sigma'} \int d\mathbf{r} \int d\mathbf{r}' \Psi_{\sigma}^{\dagger}(\mathbf{r}) \Psi_{\sigma'}^{\dagger}(\mathbf{r}') \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \Psi_{\sigma'}(\mathbf{r}') \Psi_{\sigma}(\mathbf{r})
\end{aligned}$$

- p.33 式 (2.30) で生成演算子とすべきところが消滅演算子になっています。

$$\begin{aligned}
[\text{誤}] \quad & |S\rangle = c_{1\uparrow} c_{1\downarrow} |\text{vac}\rangle, \quad |T\rangle = c_{1\uparrow} c_{2\uparrow} |\text{vac}\rangle, \\
[\text{正}] \quad & |S\rangle = c_{1\uparrow}^{\dagger} c_{1\downarrow}^{\dagger} |\text{vac}\rangle, \quad |T\rangle = c_{1\uparrow}^{\dagger} c_{2\uparrow}^{\dagger} |\text{vac}\rangle,
\end{aligned}$$

- p.34 式 (2.34) の直前

[誤] N 個の電子がエネルギーの低い原子軌道を占有したスレーター波動関数

[正] N 個の電子がエネルギーの低い分子軌道を占有したスレーター波動関数

- p.35 脚注 24. [誤]  $1u_g$  分子軌道 [正]  $1\sigma_g$  分子軌道
- p.41 式 (2.50):

$$[\text{誤}] |\Psi\rangle = a|\Psi_1\rangle + b|\Psi_2\rangle \quad [\text{正}] |\Psi\rangle = a|\Psi_1\rangle - b|\Psi_2\rangle$$

[補足説明]  $a, b$  は  $a^2 + b^2 = 1$  を満たす実数であり、 $a > 0$  としても一般性は失いません。このとき上述の修正を行った上で、 $b > 0$  としたときに  $R \rightarrow \infty$  で非物理的な状態の重みが抑えられてエネルギーが下がります。式 (2.51) の以下の説明では  $a > 0, b > 0$  を前提として話が進みますので、上述の  $b$  の符号についての修正が必要となります。

- p.138 式 (7.29) の第 2 式: [誤]  $y = v_{\mathbf{k}} = \sqrt{\frac{E_{\mathbf{k}} - \xi_{\mathbf{k}}}{E_{\mathbf{k}}}}$ , [正]  $y = -v_{\mathbf{k}} = -\sqrt{\frac{E_{\mathbf{k}} - \xi_{\mathbf{k}}}{E_{\mathbf{k}}}}$ .
- p.138 脚注 22: [誤]  $x = -v_{\mathbf{k}} = -\sqrt{\frac{E_{\mathbf{k}} - \xi_{\mathbf{k}}}{E_{\mathbf{k}}}}$ , [正]  $x = +v_{\mathbf{k}} = +\sqrt{\frac{E_{\mathbf{k}} - \xi_{\mathbf{k}}}{E_{\mathbf{k}}}}$ .
- p.178 式 (8.17):

$$[\text{誤}] E(z) = \text{Re}[E_0 e^{i\omega N(\omega)z/c}] = \text{Re}[E_0 e^{i\omega z/\bar{c} - \alpha z}],$$

$$[\text{正}] E(z) = \text{Re}[E_0 e^{i\omega N(\omega)z/c}] = \text{Re}[E_0 e^{i\omega z/\bar{c} - \alpha z/2}].$$

- p.178 式 (8.19): [誤]  $\alpha = \frac{\omega\kappa(\omega)}{c}$ , [正]  $\alpha = \frac{2\omega\kappa(\omega)}{c}$ . [補足説明] 通常は電場ではなく、電場の持つエネルギー ( $\propto \mathbf{E}^2$ ) の減衰率によって吸収係数を決めるため、 $\mathbf{E}^2$  が  $e^{-\alpha z}$  に比例するとして吸収係数  $\alpha$  を定義します。そのため上述のように定義に因子 2 がつきます。
- 8.3 節中で ARPES の日本語訳が不適切でした。  
[誤] 角度依存光電子分光 → [正] 角度分解光電子分光

### 3 補足説明

- 式 (1.66) 直前で「式 (1.32) を用いて」と書きましたが、式 (1.29) を用いたほうがより直接的でわかりやすかったです。すいません。
- 図 8.28 は文献 [80] の表から作成しており、それに従ってユウロピウム (Eu) が高圧下で 2.7 K の超伝導を示すと記載しましたが、元となる論文 (M. Debessai, et al., Phys. Rev. Lett. **102**, 197002 (2009)) は 2021 年に撤回されています。