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.10 式 (1.53):

$$[\text{誤}]\quad \int d\boldsymbol{r}'\, \nabla^2_{\boldsymbol{r}'}(f(\boldsymbol{r}'))\Psi(\boldsymbol{r}') = \int d\boldsymbol{r}'\, f(\boldsymbol{r}')\nabla^2_{\boldsymbol{r}'}\Psi(\boldsymbol{r}'),$$

$$[\text{正}]\quad \int d^{3}\boldsymbol{r}'\, \nabla^2_{\boldsymbol{r}'}(f(\boldsymbol{r}'))\Psi(\boldsymbol{r}') = \int d^{3}\boldsymbol{r}'\, f(\boldsymbol{r}')\nabla^2_{\boldsymbol{r}'}\Psi(\boldsymbol{r}'),$$

- p.14 式 (1.75) の最終行:

$$[\text{誤}]\quad = \frac{1}{2}V(\boldsymbol{r}_1,\boldsymbol{r}_2)|\boldsymbol{r}_1\boldsymbol{r}_2\rangle + \frac{1}{2}v(\boldsymbol{r}_2,\boldsymbol{r}_1)|\boldsymbol{r}_1\boldsymbol{r}_2\rangle = V(\boldsymbol{r}_1,\boldsymbol{r}_2)|\boldsymbol{r}_1\boldsymbol{r}_2\rangle$$

$$[\text{正}]\quad = \frac{1}{2}V(\boldsymbol{r}_1,\boldsymbol{r}_2)|\boldsymbol{r}_1\boldsymbol{r}_2\rangle + \frac{1}{2}V(\boldsymbol{r}_2,\boldsymbol{r}_1)|\boldsymbol{r}_1\boldsymbol{r}_2\rangle = V(\boldsymbol{r}_1,\boldsymbol{r}_2)|\boldsymbol{r}_1\boldsymbol{r}_2\rangle$$

- p.15 式 (1.79) の最初の等式:

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

- 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:

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

- p.21 式 (1.116):

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

- p.28 式 (2.17) の第二項の係数 1/2 が落ちています:

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

- p.29 式 (2.22):

$$
\begin{aligned}
[誤]\quad V_{\alpha\beta\gamma\delta} &= \int d^3\boldsymbol{r}\,\psi_\alpha(\boldsymbol{r})\psi_\beta(\boldsymbol{r}')\frac{1}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|}\psi_\gamma(\boldsymbol{r}')\psi_\delta(\boldsymbol{r}), \\
[正]\quad V_{\alpha\beta\gamma\delta} &= \int d^3\boldsymbol{r}\int d^3\boldsymbol{r}'\,\psi_\alpha(\boldsymbol{r})\psi_\beta(\boldsymbol{r}')\frac{1}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|}\psi_\gamma(\boldsymbol{r}')\psi_\delta(\boldsymbol{r}),
\end{aligned}
$$

- 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。

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

- 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):

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

[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 $R\to\infty$ 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.42 式 (2.55) の上: [誤] 2.09 Å $=3.704a_\mathrm{B}$, [正] 2.09 Å $=3.95a_\mathrm{B}$.
- p.42 式 (2.55):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\quad -\frac{1}{3.704}\,\mathrm{Hartree} = -27.211\,\mathrm{eV}\times\frac{1}{3.704} = -7.35\,\mathrm{eV},\\
&[正]\quad -\frac{1}{3.95}\,\mathrm{Hartree} = -27.211\,\mathrm{eV}\times\frac{1}{3.95} = -6.89\,\mathrm{eV},
\end{aligned}
$$

- p.42 式 (2.55) の下: [誤] 結合エネルギーは $(7.35-1.94)\,\mathrm{eV}=5.41\,\mathrm{eV}$ と見積もられる.
  [正] 結合エネルギーは $(6.89-1.94)\,\mathrm{eV}=4.95\,\mathrm{eV}$ と見積もられる.
- p.49 式 (3.26) 中の生成演算子の添字が間違っています:

$$
\begin{aligned}
&[誤]\quad H_1=\sum_{l\sigma}\sum_{l'}\int d\boldsymbol{r}\,\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})\left(-\frac{1}{2}\nabla^2+v_{l'}(\boldsymbol{r})\right)\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})c^\dagger_{l'\sigma}c_{l'\sigma},\\
&[正]\quad H_1=\sum_{l\sigma}\sum_{l'}\int d^3\boldsymbol{r}\,\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})\left(-\frac{1}{2}\nabla^2+v_{l'}(\boldsymbol{r})\right)\varphi_{1\mathrm{s},l'}(\boldsymbol{r})c^\dagger_{l\sigma}c_{l'\sigma},
\end{aligned}
$$

またこの式を含み、この章に現れる積分の多くは体積積分であり、$d\boldsymbol{r}$ は $d^3\boldsymbol{r}$ と書くべきでした。

- p.49 式 (3.26):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\quad H_3=\sum_{l\sigma}\sum_{l'\neq l}\sum_{j}\int d\boldsymbol{r}\,\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})v_j(\boldsymbol{r})\varphi_{1\mathrm{s},l'}(\boldsymbol{r})c^\dagger_{l\sigma}c_{l'\sigma}\\
&[正]\quad H_3=\sum_{l\sigma}\sum_{l'\neq l}\sum_{j\neq l'}\int d^3\boldsymbol{r}\,\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})v_j(\boldsymbol{r})\varphi_{1\mathrm{s},l'}(\boldsymbol{r})c^\dagger_{l\sigma}c_{l'\sigma}
\end{aligned}
$$

- p.49 最後の行: [誤] j についての和は, l もしくは l' と一致する場合に,
  [正] j についての和は, l と一致する場合に,
- p.50 最初の行: [誤] j' についての和, $j'=l,l'$ と一致する場合に,
  [正] j についての和のうち, $j=l$ と一致する場合に,
- p.50 式 (3.30):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\quad \int d\boldsymbol{r}\,\varphi_{1s,l}(\boldsymbol{r})v_l(\boldsymbol{r})\varphi_{1\mathrm{s},l+1}(\boldsymbol{r})=\int d\boldsymbol{r}\,\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})v_{l+1}(\boldsymbol{r})\varphi_{1\mathrm{s},l+1}(\boldsymbol{r})=-t,\\
&[正]\quad \int d^3\boldsymbol{r}\,\varphi_{1s,l}(\boldsymbol{r})v_l(\boldsymbol{r})\varphi_{1\mathrm{s},l+1}(\boldsymbol{r})=\int d^3\boldsymbol{r}\,\varphi_{1\mathrm{s},l}(\boldsymbol{r})v_{l}(\boldsymbol{r})\varphi_{1\mathrm{s},l-1}(\boldsymbol{r})=-t,
\end{aligned}
$$

- p.56 式 (3.75):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\quad H_1=\sum_{\boldsymbol{r}}\sum_{\alpha}\frac{E_\alpha}{N}\sum_{\boldsymbol{k},\boldsymbol{k}'}e^{-i\boldsymbol{k}'\cdot\boldsymbol{r}+i\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r}}(c^\dagger_{\mathrm{A},\boldsymbol{k}',\alpha}c_{\mathrm{A},\boldsymbol{k},\alpha}+c^\dagger_{\mathrm{B},\boldsymbol{k}',\alpha}c_{\mathrm{B},\boldsymbol{k},\alpha}),\\
&[正]\quad H_1=\sum_{\boldsymbol{r}}\sum_{\alpha}\frac{E_\alpha}{N}\sum_{\boldsymbol{k},\boldsymbol{k}'}\Big[e^{-i\boldsymbol{k}'\cdot\boldsymbol{r}+i\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r}}c^\dagger_{\mathrm{A},\boldsymbol{k}',\alpha}c_{\mathrm{A},\boldsymbol{k},\alpha}\\
&\qquad\qquad +e^{-i\boldsymbol{k}'\cdot(\boldsymbol{r}+\boldsymbol{\delta})+i\boldsymbol{k}\cdot(\boldsymbol{r}+\boldsymbol{\delta})}c^\dagger_{\mathrm{B},\boldsymbol{k}',\alpha}c_{\mathrm{B},\boldsymbol{k},\alpha}\Big].
\end{aligned}
$$

- p.64 式 (3.102):

$$[誤]\quad F(\boldsymbol{k}) = -t\sum_{j=1}^{3} e^{i\boldsymbol{k}\cdot\delta_j}, \qquad [正]\quad F(\boldsymbol{k}) = -t\sum_{j=1}^{3} e^{i\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{\delta}_j}.$$

- p.66 式 (4.2):

$$[誤]\quad H_{\mathrm{T}} = \sum_{\sigma}\int d^3\boldsymbol{r}\Psi^{\dagger}_{\sigma}(\boldsymbol{r})\left(-\frac{1}{2}\nabla^2\right)\Psi^{\dagger}_{\sigma}(\boldsymbol{r}),$$

$$[正]\quad H_{\mathrm{T}} = \sum_{\sigma}\int d^3\boldsymbol{r}\Psi^{\dagger}_{\sigma}(\boldsymbol{r})\left(-\frac{1}{2}\nabla^2\right)\Psi_{\sigma}(\boldsymbol{r}).$$

- p.68 式 (4.11) の積分変数が間違っています:

$$[誤]\quad \frac{1}{V}\int d^3\boldsymbol{k}\, e^{i\boldsymbol{q}\cdot\boldsymbol{r}} = \begin{cases} 1, & (\boldsymbol{q}=\boldsymbol{0}), \\ 0, & (\boldsymbol{q}\neq\boldsymbol{0}), \end{cases}$$

$$[正]\quad \frac{1}{V}\int d^3\boldsymbol{r}\, e^{i\boldsymbol{q}\cdot\boldsymbol{r}} = \begin{cases} 1, & (\boldsymbol{q}=\boldsymbol{0}), \\ 0, & (\boldsymbol{q}\neq\boldsymbol{0}), \end{cases}$$

- p.70 式 (4.19) でスピンについての和が抜けています:

$$\begin{aligned}
[誤]\quad H_{\mathrm{C}} &= \frac{1}{2}\int d^3\boldsymbol{r}d^3\boldsymbol{r}'\,\Psi^{\dagger}_{\sigma}(\boldsymbol{r})\Psi^{\dagger}_{\sigma'}(\boldsymbol{r}')\frac{1}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|}\Psi_{\sigma'}(\boldsymbol{r}')\Psi_{\sigma}(\boldsymbol{r}) \\
&= \frac{1}{2V^3}\sum_{\boldsymbol{k}_1,\boldsymbol{k}_2,\boldsymbol{k}_3,\boldsymbol{k}_4,\boldsymbol{q}} v_{\boldsymbol{q}}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}_1\sigma}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}_2\sigma'}c_{\boldsymbol{k}_3\sigma'}c_{\boldsymbol{k}_4\sigma}\int d^3\boldsymbol{r}\, e^{i(\boldsymbol{k}_4-\boldsymbol{k}_1+\boldsymbol{q})\cdot\boldsymbol{r}} \\
&\qquad\times\int d^3\boldsymbol{r}'\, e^{i(\boldsymbol{k}_3-\boldsymbol{k}_2-\boldsymbol{q})\cdot\boldsymbol{r}'},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[正]\quad H_{\mathrm{C}} &= \frac{1}{2}\sum_{\sigma,\sigma'}\int d^3\boldsymbol{r}d^3\boldsymbol{r}'\,\Psi^{\dagger}_{\sigma}(\boldsymbol{r})\Psi^{\dagger}_{\sigma'}(\boldsymbol{r}')\frac{1}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|}\Psi_{\sigma'}(\boldsymbol{r}')\Psi_{\sigma}(\boldsymbol{r}) \\
&= \frac{1}{2V^3}\sum_{\sigma,\sigma'}\sum_{\boldsymbol{k}_1,\boldsymbol{k}_2,\boldsymbol{k}_3,\boldsymbol{k}_4,\boldsymbol{q}} v_{\boldsymbol{q}}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}_1\sigma}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}_2\sigma'}c_{\boldsymbol{k}_3\sigma'}c_{\boldsymbol{k}_4\sigma}\int d^3\boldsymbol{r}\, e^{i(\boldsymbol{k}_4-\boldsymbol{k}_1+\boldsymbol{q})\cdot\boldsymbol{r}} \\
&\qquad\times\int d^3\boldsymbol{r}'\, e^{i(\boldsymbol{k}_3-\boldsymbol{k}_2-\boldsymbol{q})\cdot\boldsymbol{r}'},
\end{aligned}$$

- p.70 式 (4.20) もスピンについての和が抜けています:

$$[誤]\quad H_{\mathrm{C}} = \frac{1}{2V}\sum_{\boldsymbol{k},\boldsymbol{k}',\boldsymbol{q}} v_{\boldsymbol{q}}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}\sigma}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}'-\boldsymbol{q}\sigma'}c_{\boldsymbol{k}'\sigma'}c_{\boldsymbol{k}\sigma},$$

$$[正]\quad H_{\mathrm{C}} = \frac{1}{2V}\sum_{\sigma,\sigma'}\sum_{\boldsymbol{k},\boldsymbol{k}',\boldsymbol{q}} v_{\boldsymbol{q}}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}\sigma}c^{\dagger}_{\boldsymbol{k}'-\boldsymbol{q}\sigma'}c_{\boldsymbol{k}'\sigma'}c_{\boldsymbol{k}\sigma},$$

- p.83 式 (5.5):

$$[誤]\quad \langle\rho(\boldsymbol{r},t)\rangle = \langle e^{iH(t-t_0)}\rho(\boldsymbol{r})e^{-iH(t-t_0)}\rangle_0,$$

$$[正]\quad \langle\rho(\boldsymbol{r},t)\rangle = \langle U(t_0,t)\rho(\boldsymbol{r})U(t,t_0)\rangle_0,$$

補足: 教科書に書かれている式 (5.5) はハミルトニアンが時刻 t に依存しない場合にのみ成り立つもので、ここで H は時刻に依存したハミルトニアンなので誤りです。上述の正しい式中の $U(t,t_0)$ は、時間発展を記述する演算子で明示的に書くとかなりややこしくなります。次の節以降では、微分方程式を利用して時間発展を取り扱うので、ここでの正しい式における $U(t,t_0)$ の具体的な形状を用いることはありません。このまま読み進めてください。

- p.84 式 (5.16):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\ \ \langle[\rho_I(\boldsymbol{r},t),\rho_I(\boldsymbol{r}',t')]\rangle_0 = \langle\Phi_0|[\rho_I(\boldsymbol{r},t-t'),\rho_I(\boldsymbol{r}',0)]|\Phi_0\rangle\\
&\qquad = \langle[\rho_I(\boldsymbol{r},t-t'),\rho_I(\boldsymbol{r}',0)]\rangle = \langle[\rho_I(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}',t-t'),\rho_I(\mathbf{0},0)]\rangle_0,\\
&[正]\ \ \langle[\rho_I(\boldsymbol{r},t),\rho_I(\boldsymbol{r}',t')]\rangle_0 = \langle\Phi_0|[\rho_I(\boldsymbol{r},t-t'),\rho_I(\boldsymbol{r}',0)]|\Phi_0\rangle\\
&\qquad = \langle[\rho_I(\boldsymbol{r},t-t'),\rho_I(\boldsymbol{r}',0)]\rangle_{\color{red}0} = \langle[\rho_I(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}',t-t'),\rho_I(\mathbf{0},0)]\rangle_0,
\end{aligned}
$$

- p.85 式 (5.20) 直後: [誤] 時刻に関する積分の上限を ∞ に変更
  [正] 時刻に関する積分の下限を $-\infty$ に変更
- p.86 式 (5.36) の第 1 式:

$$
\begin{aligned}
&[誤]\ \ \chi(\boldsymbol{q},\omega) = \frac{1}{V}\int d^3\boldsymbol{r}'\int d^3\boldsymbol{r}'\int_0^\infty dt\, e^{-i\boldsymbol{q}\cdot\boldsymbol{r}+i\omega t}\\
&\qquad\qquad \times\langle\left[\frac{1}{V}\sum_{\boldsymbol{q}'}\rho_{\boldsymbol{q}'}(t)e^{i\boldsymbol{q}'\cdot(\boldsymbol{r}+\boldsymbol{r}')},\frac{1}{V}\sum_{\boldsymbol{q}''}\rho_{\boldsymbol{q}''}e^{i\boldsymbol{q}''\cdot\boldsymbol{r}'}\right]\rangle_0\\
&[正]\ \ \chi(\boldsymbol{q},\omega) = \frac{1}{V}\int d^3{\color{red}\boldsymbol{r}}\int d^3\boldsymbol{r}'\int_0^\infty dt\, e^{-i\boldsymbol{q}\cdot\boldsymbol{r}+i\omega t}\\
&\qquad\qquad \times{\color{red}i}\langle\left[\frac{1}{V}\sum_{\boldsymbol{q}'}\rho_{\boldsymbol{q}'}(t)e^{i\boldsymbol{q}'\cdot(\boldsymbol{r}+\boldsymbol{r}')},\frac{1}{V}\sum_{\boldsymbol{q}''}\rho_{\boldsymbol{q}''}e^{i\boldsymbol{q}''\cdot\boldsymbol{r}'}\right]\rangle_0
\end{aligned}
$$

- p.89 下から五行目: [誤] $z=\epsilon e^{i\theta}$ とし，$dz = i\epsilon e^{i\theta}d\theta$ とする
  [正] $z'=\epsilon e^{i\theta}$ とし，$dz' = i\epsilon e^{i\theta}d\theta$ とする
- p.90 式 (5.57):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\ \ \mathrm{Im}\,\chi(\boldsymbol{q},\omega) = \frac{2\pi}{V}\sum_{\boldsymbol{k}}(n_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}}-n_{\boldsymbol{k}})\delta(\omega+\epsilon_{\boldsymbol{k}}-\epsilon_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}}),\\
&[正]\ \ \mathrm{Im}\,\chi(\boldsymbol{q},\omega) = {\color{red}-}\frac{2\pi}{V}\sum_{\boldsymbol{k}}(n_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}}-n_{\boldsymbol{k}})\delta(\omega+\epsilon_{\boldsymbol{k}}-\epsilon_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}}),
\end{aligned}
$$

- p.90 式 (5.60):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\ \ \mathrm{Im}\,\chi(\boldsymbol{q},\omega) = -\frac{2\pi}{V}\sum_{|\boldsymbol{k}|<k_{\mathrm{F}}<|\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}|}\delta(\omega+\epsilon_{\boldsymbol{k}}-\epsilon_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}})\\
&\qquad\qquad = -2\pi\int_{|\boldsymbol{k}|<k_{\mathrm{F}}<|\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}|}\frac{d^3\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3}\delta(\omega+\epsilon_{\boldsymbol{k}}-\epsilon_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}}),\\
&[正]\ \ \mathrm{Im}\,\chi(\boldsymbol{q},\omega) = {\color{red}+}\frac{2\pi}{V}\sum_{|\boldsymbol{k}|<k_{\mathrm{F}}<|\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}|}\delta(\omega+\epsilon_{\boldsymbol{k}}-\epsilon_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}})\\
&\qquad\qquad = {\color{red}+}2\pi\int_{|\boldsymbol{k}|<k_{\mathrm{F}}<|\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}|}\frac{d^3\boldsymbol{k}}{(2\pi)^3}\delta(\omega+\epsilon_{\boldsymbol{k}}-\epsilon_{\boldsymbol{k}+\boldsymbol{q}}),
\end{aligned}
$$

- p.92 図 5.4 中およびキャプション: [誤] 光の分散関係 $\omega = ck$　[正] 光の分散関係 $\omega = c{\color{red}q}$
- p.92 図 5.4 中，および，p.94 図 5.5 中: [誤] $\omega = v_{\mathrm{F}}k$　[正] $\omega = v_{\mathrm{F}}{\color{red}q}$
- p.93 式 (5.68):

$$
\begin{aligned}
&[誤]\ \ \chi(q,\omega) = 2\int d\epsilon\, D(\epsilon)\left(-\frac{\partial n}{\partial\epsilon}\right),\\
&[正]\ \ {\color{red}\lim_{q\to 0}\lim_{\omega\to 0}}\chi(q,\omega) = 2\int d\epsilon\, D(\epsilon)\left(-\frac{\partial n}{\partial\epsilon}\right),
\end{aligned}
$$

- p.102 式 (5.96) 直後: [誤] $k = 2k_{\mathrm{F}}$ に対数的な特異点　[正] $q = 2k_{\mathrm{F}}$ に対数的な特異点
- p.137 式 (7.16):

$$[\text{誤}]\quad H_{\mathrm{MF}} = \sum_{\boldsymbol{k}\sigma}(c^\dagger_{\boldsymbol{k}\uparrow}\ c_{-\boldsymbol{k}\downarrow})\begin{pmatrix}\xi_{\boldsymbol{k}} & -\Delta \\ -\Delta & -\xi_{\boldsymbol{k}}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}c_{\boldsymbol{k}\uparrow} \\ c^\dagger_{-\boldsymbol{k}\downarrow}\end{pmatrix} + \Delta E,$$

$$[\text{正}]\quad H_{\mathrm{MF}} = \sum_{\boldsymbol{k}}(c^\dagger_{\boldsymbol{k}\uparrow}\ c_{-\boldsymbol{k}\downarrow})\begin{pmatrix}\xi_{\boldsymbol{k}} & -\Delta \\ -\Delta & -\xi_{\boldsymbol{k}}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}c_{\boldsymbol{k}\uparrow} \\ c^\dagger_{-\boldsymbol{k}\downarrow}\end{pmatrix} + \Delta E,$$

- p.138 式 (7.25):

$$[\text{誤}]\quad H_{\mathrm{MF}} = \sum_{\boldsymbol{k}\sigma}(A^\dagger_{\boldsymbol{k}}\ B_{\boldsymbol{k}})U^t\hat{h}U\begin{pmatrix}A_{\boldsymbol{k}} \\ B^\dagger_{\boldsymbol{k}}\end{pmatrix} + \Delta E,$$

$$[\text{正}]\quad H_{\mathrm{MF}} = \sum_{\boldsymbol{k}}(A^\dagger_{\boldsymbol{k}}\ B_{\boldsymbol{k}})U^t\hat{h}U\begin{pmatrix}A_{\boldsymbol{k}} \\ B^\dagger_{\boldsymbol{k}}\end{pmatrix} + \Delta E,$$

- p.138 式 (7.29) の第 2 式: [誤] $y = v_{\boldsymbol{k}} = \sqrt{\dfrac{E_{\boldsymbol{k}} - \xi_{\boldsymbol{k}}}{E_{\boldsymbol{k}}}}$,　[正] $y = -v_{\boldsymbol{k}} = -\sqrt{\dfrac{E_{\boldsymbol{k}} - \xi_{\boldsymbol{k}}}{E_{\boldsymbol{k}}}}$.
- p.138 式 (7.30) の第 1 式:

$$[\text{誤}]\quad H_{\mathrm{MF}} = \sum_{\boldsymbol{k}\sigma}(A^\dagger_{\boldsymbol{k}}\ B_{\boldsymbol{k}})\begin{pmatrix}E_{\boldsymbol{k}} & 0 \\ 0 & -E_{\mathrm{k}}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}A_{\boldsymbol{k}} \\ B^\dagger_{\boldsymbol{k}}\end{pmatrix} + \Delta E,$$

$$[\text{正}]\quad H_{\mathrm{MF}} = \sum_{\boldsymbol{k}}(A^\dagger_{\boldsymbol{k}}\ B_{\boldsymbol{k}})\begin{pmatrix}E_{\boldsymbol{k}} & 0 \\ 0 & -E_{\mathrm{k}}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}A_{\boldsymbol{k}} \\ B^\dagger_{\boldsymbol{k}}\end{pmatrix} + \Delta E,$$

- p.138 脚注 22: [誤] $x = -v_{\boldsymbol{k}} = -\sqrt{\dfrac{E_{\boldsymbol{k}} - \xi_{\boldsymbol{k}}}{E_{\boldsymbol{k}}}}$,　[正] $x = +v_{\boldsymbol{k}} = +\sqrt{\dfrac{E_{\boldsymbol{k}} - \xi_{\boldsymbol{k}}}{E_{\boldsymbol{k}}}}$.
- p.142 式 (7.49) の下: [誤] $(T_{\mathrm{c}} - T)^{-1/2}$ に比例,　[正] $(T_{\mathrm{c}} - T)^{1/2}$ に比例
- p.145 最終行の式:

$$[\text{誤}]\quad N(E) = N_0\int_0^\infty \frac{\epsilon\, d\epsilon}{\sqrt{\epsilon^2 - \Delta^2}}\delta(E - \epsilon)$$

$$[\text{正}]\quad N(E) = N_0\int_\Delta^\infty \frac{\epsilon\, d\epsilon}{\sqrt{\epsilon^2 - \Delta^2}}\delta(E - \epsilon)$$

- p.146 式 (7.68) の 1 行目:

$$[\text{誤}]\quad C = T\frac{dS}{dT} = -2k_{\mathrm{B}}T\sum_{\boldsymbol{k}}\frac{d}{df}\Big(f\log f - (1-f)\log(1-f)\Big)\frac{df}{dz}\frac{dz}{dT},$$

$$[\text{正}]\quad C = T\frac{dS}{dT} = -2k_{\mathrm{B}}T\sum_{\boldsymbol{k}}\frac{d}{df}\Big(f\log f + (1-f)\log(1-f)\Big)\frac{df}{dz}\frac{dz}{dT},$$

- p.151 式 (7.94):

$$[\text{誤}]\quad -\int d^3\boldsymbol{r}\,\boldsymbol{j}(\boldsymbol{r})\cdot\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r}) = \sum_{\boldsymbol{k}}(c^\dagger_{\boldsymbol{k}\uparrow}\ c_{-\boldsymbol{k}\uparrow})\begin{pmatrix}\frac{e\hbar\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{q}}}{mV} & 0 \\ 0 & \frac{e\hbar\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{q}}}{mV}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}c_{\boldsymbol{k}\uparrow} \\ c^\dagger_{-\boldsymbol{k}\uparrow}\end{pmatrix},$$

$$[\text{正}]\quad -\int d^3\boldsymbol{r}\,\boldsymbol{j}(\boldsymbol{r})\cdot\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r}) = \sum_{\boldsymbol{k}}(c^\dagger_{\boldsymbol{k}\uparrow}\ c_{-\boldsymbol{k}\downarrow})\begin{pmatrix}\frac{e\hbar\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{q}}}{mV} & 0 \\ 0 & \frac{e\hbar\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{q}}}{mV}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}c_{\boldsymbol{k}\uparrow} \\ c^\dagger_{-\boldsymbol{k}\downarrow}\end{pmatrix},$$

- p.153 式 (7.107):

$$
\begin{aligned}
&[誤] \quad \frac{n_s(T)}{n} \simeq 1 - \frac{4}{3n} N(\epsilon_\mathrm{F})\epsilon_\mathrm{F} \int_{-\infty}^{\infty} d^3\xi \left(-\frac{df}{dE}\right), \\
&[正] \quad \frac{n_s(T)}{n} \simeq 1 - \frac{4}{3n} \frac{N(\epsilon_\mathrm{F})\epsilon_\mathrm{F}}{V} \int_{-\infty}^{\infty} d\xi \left(-\frac{df}{dE}\right),
\end{aligned}
$$

[補足説明] 7.5 節に出てきた $N(E)$ とここに出てきた $N(\epsilon_\mathrm{F})$ は文字が同じになってしまっているが、違う物理量である。$N(\epsilon)$ は超伝導状態にあるときの電子の状態密度に対して、$N(\epsilon_\mathrm{F})$ は常伝導状態にあるときのフェルミエネルギーにおける電子の状態密度である。(7.35) 式にでてきた $N(\epsilon_\mathrm{F})$ も後者の意味である。前の章ででてきた単位体積あたりの状態密度 $D(\epsilon_\mathrm{F})$ とは、$D(\epsilon_\mathrm{F}) = N(\epsilon_\mathrm{F})/V$ の関係にある。
- p.163 脚注 52: [誤] $N_\mathrm{c} = \int_0^\epsilon d\epsilon' \, D(\epsilon')$ [正] $N_\mathrm{c} = \int_0^\epsilon d\epsilon' \, N(\epsilon')$
- p.159 3 行目: [誤] 式 (7.49) で [正] 式 (7.112) で
- p.161 脚注 71: [誤] 磁場のエネルギー $\boldsymbol{B}/2\mu_0$ [正] 磁場のエネルギー $\boldsymbol{B}^2/2\mu_0$
- p.161 式 (7.148) の三行上と三行下: [誤] $-a^2/b$ [正] $-a^2/2b$
- p.161 式 (7.151):

$$
\begin{aligned}
&[誤] \quad \xi_\mathrm{GL}^2 \frac{d^2 f}{dx^2} - f + f^3 = 0, \\
&[正] \quad -\xi_\mathrm{GL}^2 \frac{d^2 f}{dx^2} - f + f^3 = 0,
\end{aligned}
$$

- p.178 式 (8.17):

$$
\begin{aligned}
&[誤] \quad E(z) = \mathrm{Re}\left[E_0 e^{i\omega N(\omega)z/c}\right] = \mathrm{Re}\left[E_0 e^{i\omega z/\bar{c} - \alpha z}\right], \\
&[正] \quad E(z) = \mathrm{Re}\left[E_0 e^{i\omega N(\omega)z/c}\right] = \mathrm{Re}\left[E_0 e^{i\omega z/\bar{c} - \alpha z/2}\right].
\end{aligned}
$$

- p.178 式 (8.19): [誤] $\alpha = \dfrac{\omega\kappa(\omega)}{c}$, [正] $\alpha = \dfrac{2\omega\kappa(\omega)}{c}$.
[補足説明] 通常は電場ではなく、電場の持つエネルギー ($\propto \boldsymbol{E}^2$) の減衰率によって吸収係数を決めるため、$\boldsymbol{E}^2$ が $e^{-\alpha z}$ に比例するとして吸収係数 α 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 $\to$ [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かもしれません。
- 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。