磁性物理学 レポート No.5

82311971 佐々木良輔

$\boldsymbol{M} = (m_x e^{i\omega t}, m_y e^{i\omega t}, M_s)$, $\boldsymbol{H} = (0, he^{i\omega t}, H_0)$ としたとき, LLG 方程式の x 成分, y 成分はそれぞれ

$$i\omega m_x + (\gamma H_0 + i\omega\alpha) m_y = \gamma M_s h \tag{1}$$
$$(\gamma H_0 + i\omega\alpha) m_x - i\omega m_y = 0 \tag{2}$$

であった. (1) 式から m_y を削除すると

$$\begin{aligned} \gamma M_s h &= i\omega m_x + (\gamma H_0 + i\omega\alpha)\frac{\gamma H_0 + i\omega\alpha}{i\omega} m_x \\ \iff \qquad m_x &= \frac{i\omega\gamma M_s}{-\omega^2 + (\gamma H_0 + i\omega\alpha)^2} h \end{aligned} \tag{3}$$

ここで $\gamma H_0 = \omega_0$ を用いると

$$\begin{aligned} m_x &= \frac{i\omega\gamma M_s}{-\omega^2 + (\omega_0 + i\omega\alpha)^2} h \\ &= \frac{i\omega\gamma M_s}{\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2 + 2i\omega\omega_0\alpha} h \\ &= \frac{i\omega\gamma M_s \left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2 - 2i\omega\omega_0\alpha\right)}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} h \\ &= \chi_{xy} h \end{aligned} \tag{4}$$

したがって χ_{xy} の実部, 虚部はそれぞれ

$$\Re(\chi_{xy}) = \frac{2\omega^2\omega_0\alpha\gamma M_s}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} \tag{5}$$

$$\Im(\chi_{xy}) = \frac{\omega\gamma M_s(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2)}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} \tag{6}$$

となる. 図 1 にこれらのグラフを示す. ただし $\omega_0 = 3$, $\alpha = 0.02$, $M_s = 0.5$, $g = 2$ とした. プロットには Desmos を用いた.

次に m_y は (2) 式と (4) 式から

$$
\begin{aligned}
m_y &= \frac{\omega_0 + i\omega\alpha}{i\omega} m_x \\
&= \frac{\omega_0 + i\omega\alpha}{i\omega} \frac{i\omega\gamma M_s \left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2 - 2i\omega\omega_0\alpha\right)}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} h \\
&= \gamma M_s \frac{\omega_0 \left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right) - 2i\omega\omega_0^2\alpha + i\omega\alpha \left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right) + 2\omega_0\omega^2\alpha^2}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} h \\
&= \gamma M_s \frac{\omega_0 \left(\omega_0^2 + (\alpha^2 - 1)\omega^2\right) - i\omega\alpha(\omega_0^2 + (1+\alpha^2)\omega^2)}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} h \\
&= \chi_{yy} h
\end{aligned}
\tag{7}
$$

したがって χ_{yy} の実部, 虚部はそれぞれ

$$
\Re(\chi_{yy}) = \frac{\gamma M_s \omega_0 \left(\omega_0^2 + (\alpha^2 - 1)\omega^2\right)}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} h \tag{8}
$$

$$
\Im(\chi_{yy}) = \frac{-\gamma M_s \omega\alpha(\omega_0^2 + (1+\alpha^2)\omega^2)}{\left(\omega_0^2 - (1+\alpha^2)\omega^2\right)^2 + 4\omega^2\omega_0^2\alpha^2} h \tag{9}
$$

となる. 図 2 にこれらのグラフを示す. ω_0, α, M_s, g は図 1 と同様である.

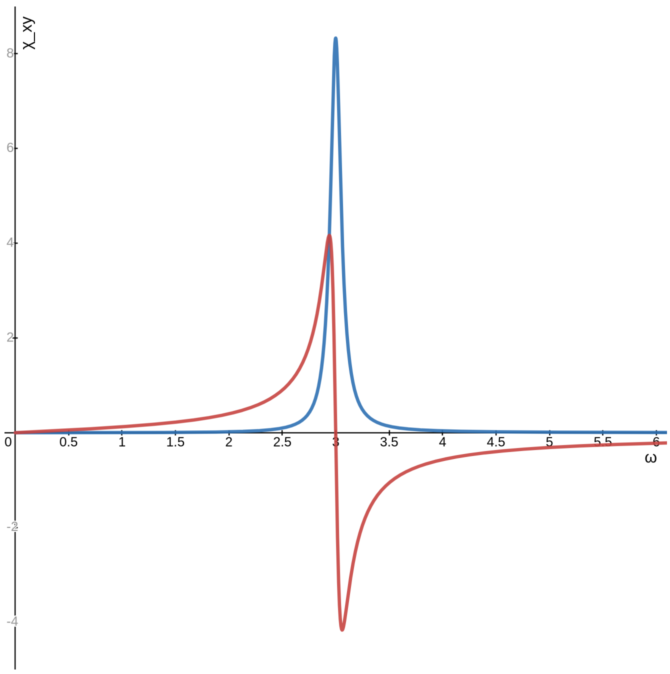

図 1　χ_{xy} のグラフ (青線: 実部, 赤線: 虚部)

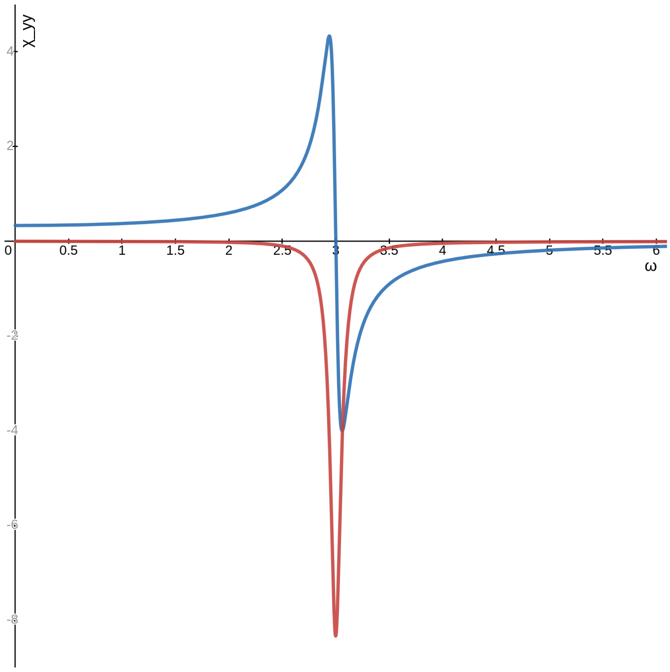

図 2　χ_{yy} のグラフ (青線: 実部, 赤線: 虚部)