

ラングミュア膜の表面波分散への磁場の影響

Dispersion of Surface waves on Langmuir Membrane under a Magnetic Field

千葉工大工 岩本晋司, 飯野正昭

Chiba Inst. Technol., Shinji Iwamoto, Masaaki Iino

E-mail: masaaki.iino@it-chiba.ac.jp

はじめに 10 T 程度では磁場効果が期待されない脂質分子について、2 次元的に配置されたいわゆるラングミュア膜を形成した場合の磁気的挙動を調べるため、ラングミュア膜を形成した水表面に励起される表面波についてその磁場効果を調べている¹⁾。重力加速度 g 、密度 ρ 、表面張力 σ とした分散式 $\omega^2 = gk_n + \frac{\sigma k_n^3}{\rho}$ は、液体ヘリウム²⁾ や純水³⁾ の測定では、十分な精度で成立したが、ラングミュア膜を形成した場合、大きな系統誤差が観測された (図 1)。

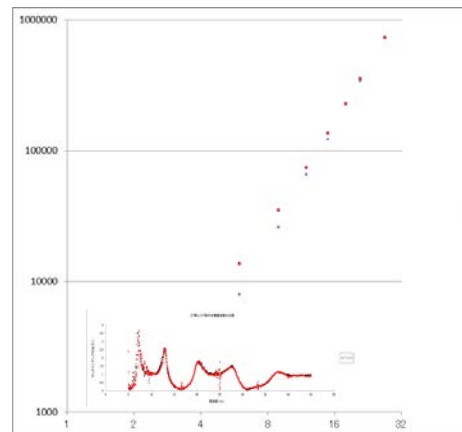


図 1 ω^2 乗 (上点) と分散式の右辺¹⁾、内挿図は、共鳴スペクトル波形。

2. 実験方法^{1, 3)} 水を張った表面波共鳴セルを磁場内に設置した。設置後、脂質分子を溶解した有機溶媒を滴下して、単分子膜を形成した。水の高い誘電率を使い、交流電界 (f) により波を励起し、波の検出も、誘電率変化により、これを含む発振回路により、周波数変化 ($2f$ の FM 変調) に変換した。FM 検波後、 $2f$ における振幅を得た。 f を掃引し、振幅のピークから、共鳴周波数を得た。温度を変化させて、表面波共鳴周波数が急に低下する液相条件を見出し、系が平衡に達するように、12 時間ほど放置後、スペクトルを観測した。

3. 結果と考察 系統誤差の原因として、1) 表面圧による表面形状変化がもたらす共鳴長の変化 (波数の変化)、2) 表面波の境界条件 (通常解析では、壁で腹) による波数の変化、3) 減衰係数が大きいための共鳴ピーク周波数シフトについて考察した。1) は、共鳴長を変えてみても、系統誤差は残った。2) でも単独では系統誤差が残ったが、1) と 2) をともに変化させると、系統誤差を消し去ることが可能であった。しかし、境界での位相条件が、腹から約 30 度もずれ、共鳴長も 3 割も実測と異なる結果となった。境界での反射波との位相が 60 度もずれているとすると、共鳴が起こらないと考えられることから、原因ではないものと推定された。3) について、観測している壁面の水面変動を、バネと錘の強制振動 ($\alpha + 2\beta v + \omega_0^2 x = A \cos \omega t$) を仮定して、共鳴ピーク周波数 $\omega_R^2 = \omega_0^2 - 2\beta^2$ とし、分散を調べたところ、系統誤差が消滅した。ただし、 $2\beta^2$ なるパラメータが増えた分、磁場不均一による波数変化および表面圧への磁場効果などの分離が困難となったため、磁場効果については、明確には示すことができなかった。

文献 1) 羽入田、飯野：第 8 回日本磁気科学会年会要旨集 pp. 35 - 36、2013 年 11 月。

2) M. Iino, et al.: J. Low Temp. Phys. 59 (3/4), 291-304 (1985) など

3) Y. Fujimura and M. Iino: J. Appl. Phys. 103, 124903 (1-4) (2008) など