

### Carreau-Yasuda 粘性式によるグリースの弾性流体潤滑の解析

Carreau-Yasuda 粘性式を用いて、グリースが低速度域において厚い弾性流体潤滑(EHL)膜を形成するメカニズムを解析した。この粘性式は、低せん断速度における高い粘度から高せん断速度における低い粘度への遷移を表す等価粘度を表すもので、この解析により、高速域における高い引き込み速度に起因する大きな膜厚から、低速域における高い等価粘度による大きな膜厚への遷移を表現することが可能になった。

グリースの非ニュートン粘性を、正弦波せん断を与えたときのせん断応力とせん断ひずみの振幅比によって定義される等価粘度  $\eta^*$  で表す。

$$\eta^* = (\mu_1 - \mu_2) \{1 + (\lambda \dot{\gamma})^a\}^{(n-1)/a} + \mu_2$$

ここで  $\mu_1$  は第一ニュートン粘度、 $\mu_2$  は第二ニュートン粘度と呼ばれ、 $\eta^*$  が低せん断速度における粘度  $\mu_1$  から高せん断速度における粘度  $\mu_2$  へ、せん断速度  $\dot{\gamma}$  の増加に伴って遷移するというモデルであり、 $\lambda$  と  $a$  は遷移の特性を示すパラメータである。Fig.1 に、せん断速度に伴う  $\eta^*$  の変化の例を示す。

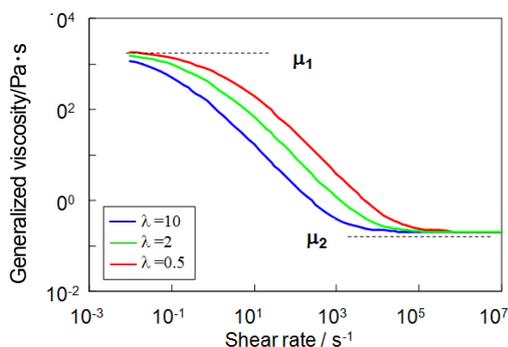


Fig.1  $\dot{\gamma}$  に伴う等価粘度の変化

Cone-on-plate 式レオメーターを用い、正弦波振動によるせん断を与えて、基油に合成炭化水素、増ちょう剤にステアリン酸リチウムを用いたグリースの等価粘度  $\eta^*$  を測定した。その結果をせん断速度と振動数の関数として Fig. 2 に示す。

この等価粘度を用いて、二次元の Ertel-Grubin 理論に基づく EHL 解析を行った。 $\mu_1$  と  $\mu_2$  の圧力による変化は、それぞれの常圧粘度を  $\mu_{10}$ 、 $\mu_{20}$ 、粘度-圧力係数を  $\alpha$ 、 $\beta$  として、 $\mu_1 = \mu_{10}(1 + \beta p)$ 、 $\mu_2 = \mu_{20} \exp(\alpha p)$  なる関係を仮定した。なお、グリースの等価粘度が周波数によって変化するため、レオメーターで測定

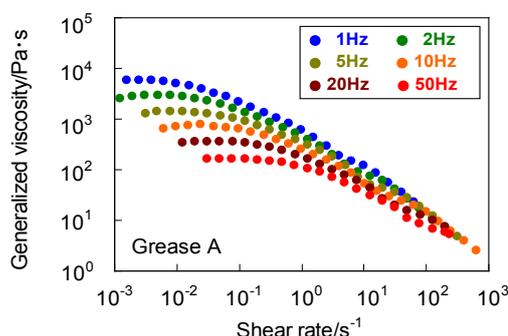


Fig.2 レオメーターによる等価粘度測定値

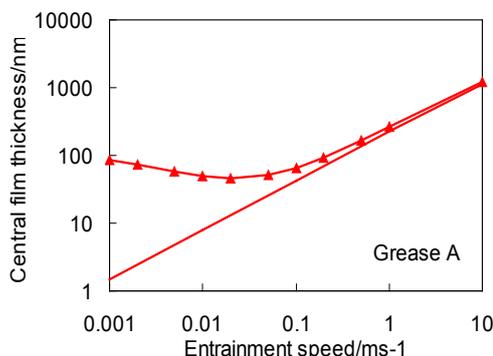


Fig.3  $\eta^*$  を用いて計算した膜厚

した等価粘度の EHL の計算への適用に当たっては、各転がり速度に対応する値を用いている。

中央膜厚の計算結果を、Fig.3 に示す。これは二次元の解析であり、実験結果は点接触によるものであるが、高速域では実線で示した EHL 理論に従っており、低速域では EHL 理論からずれて速度の低下とともに再び大きくなるという、光干渉法で観察されたグリース特有の挙動が再現されている。

Y. Kimura, T. Endo and D. Dong, "EHL with grease at low speeds", Jianbin Luo, Yonggang Meng, Tianmin Shao and Qian Zhao (eds.), Advanced Tribology - Proceedings of CIST2008 & ITS-IFTtoMM2008 Beijing, China (2009) pp.15-19.