

(名大院・工) ○長谷川貴, 土井玄太, 田邊靖博, 高木賢太郎, 入澤寿平
(東工大院・物質理工) 塩谷正俊, 舩屋賢, 木村大輔, 木村開 (九州大院・工) 田原健二
(株デンソー) 田中栄太郎, 櫻井大地, 渡邊晴彦

緒言

高分子繊維アクチュエータは、3種の形状に分類される。高分子繊維そのままの未燃糸繊維、それにねじりを加え熱処理を施した燃糸状繊維、さらにねじりを加え座屈を生じさせて加工したコイル状繊維である。その中で燃糸状繊維は、加熱・冷却によって回転（トルク）運動を発現する低コストで静音性の高いアクチュエータとして注目されている。その回転運動の動作原理は、未燃糸での伸縮挙動[1]に影響されると考えられるが、未だに未解明である。そこで本研究では、燃糸状繊維のトルク運動の動作原理解明のための取り組みの一環として、伸縮挙動や繊維太さ方向の熱膨張と回転運動の関係性に関する幾何学的なモデルを検証したので報告する。

燃糸状繊維の回転量に関する幾何学モデル

燃糸状繊維の表面層の動作を考慮したモデルを想定した。室温時の燃糸状繊維の長さ、円周長さ、螺旋状高分子鎖の長さを H_L , πD_L , L_L 、加熱後を H_H , πD_H , L_H と定義し、温度変化におけるトルク方向の回転量は Fig. 1 の untwist と表記した部位の長さで表せ、回転量 (R %/mm) は (1) 式で計算される。なお、高分子鎖の長さ変化は計測不能であり L_H は測定できない。そこで、高分子鎖の長さ変化率を α と定義し、未燃糸繊維の繊維方向の変位率と同値となると仮定する。

$$R = \frac{360}{H_L} \left(\frac{\pi D_H - \sqrt{L_H^2 - H_H^2}}{\pi D_H} \right) = \frac{360}{H_L} \left(\frac{\pi D_H - \sqrt{(\alpha L_L)^2 - H_H^2}}{\pi D_H} \right) \quad (1)$$

実験

試料にはポリアミド 6 及び 610 (PA6, PA610), ポリエチレンテレフタレート (PET), ポリプロピレン (PP) 繊維を自作した。(1) 式で示した各パラメータを決定するため、未燃糸の収縮率と直径膨張、燃糸状繊維での収縮率と回転量を測定した。得られたパラメータと (1) 式から R の計算値を算出し、実測値と比較した。

結果と考察

燃糸繊維の伸縮試験での実測値を H_H と H_L とした。また、燃糸状繊維の直径 D_H は未燃糸の熱機械分析測定による直径膨張率を用いて算出した。それら値を用いて今回提案した幾何学モデルより回転量 (R %/mm) の計算値を導出し、実測値と比較した結果を Table.1 にまとめた。計算値と比較して PA6 の測定値は低め、PET は高めになったが、計算値から得られる各樹脂間の大小関係と測定値の大小関係はほぼ一致した。すなわち、加熱・冷却時の直径変化、繊維長さ変化及び螺旋を形成する高分子鎖の集合体の長さ変化を動作の支配因子とする簡単に整理したモデル式で、燃糸状繊維の回転運動をおおよそ予測可能であることが明らかとなった。従って、材料や環境を選択することによって、主要因子となる直径変化や繊維長さ変化、高分子鎖の集合体の長さ変化が制御できれば、回転量を最大化することが可能と言える。

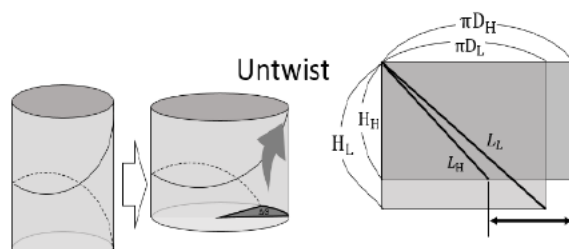


Fig. 1 回転運動の幾何学モデル

Table. 1 計算値と実測値の比較

	PA6	PET	PP	PA610
計算値 R [%/mm]	8.93	2.34	6.04	18.85
測定値 R [%/mm]	5.61	5.42	6.83	22.17

[1] 木村大輔 他, 2019 年繊維学会年次大会 (3G01)

Verification of driving model of polymeric fiber actuator, T. Hasegawa¹, G. Doi¹, Y. TANABE¹, K. Takagi¹, T. IRISAWA¹, M. Shioya², K. Masuya², D. Kimura², K. Kimura, K. Tahara³, E. Tanaka⁴, D. Sakurai⁴, H. Watanabe⁴, ¹Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan, Tel: 052-789-3379, Fax: 052-789-3271, E-mail: irisawa.toshihira@material.nagoya-u.ac.jp, ²Tokyo Institute of Technology, ³Kyushu University, ⁴DENSO CORP.