



柔軟物の粘弾性診断を目指した 計測システム構築に関する研究;ハンドクリームの 粘弾性評価と試験機の開発

研究背景と目的

市販の粘弾性計測試験機では、柔軟物に対して固体治具で応力やひずみを付与し、その応答を測定する。しかし、負荷および除荷の速度は治具の可動速度に依存しているため、柔軟物の瞬間の弾性変形や遅延弾性変形は捉えられない。こうした問題を解決するため、本研究では空気噴流を治具に用いた非侵襲非接触による生体部位やハンドクリームなどの粘弾性評価の提案と試験機の開発を試みた。

測定原理

治具の押し込み原理について、図1は本研究で試作した試験機、図2には市販のクリープメータを示す。図1の本試作機では、試料に対して噴射圧力Pの空気噴流を瞬時に負荷除荷が可能のため、試料表面に形成されたくぼみの深さhはレーザー変位センサで瞬時に測定することができる。それに対して、図2は試料に対してプランジャ速度が制御されて貫入し、その上下量によって表面に生じたくぼみの深さhと反力Fを測定する。

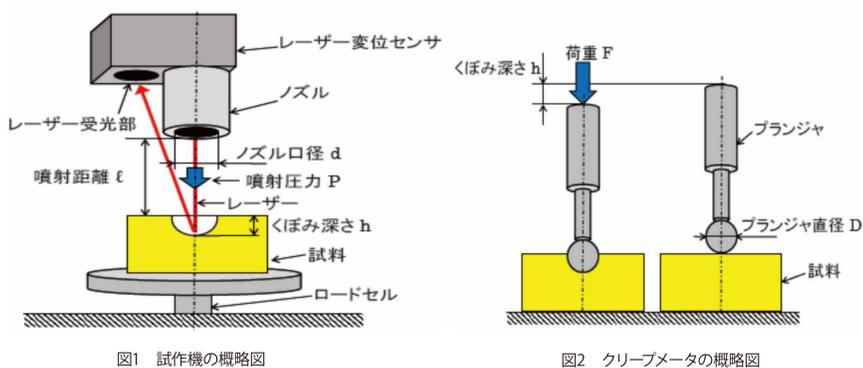


図1 試作機の概略図

図2 クリープメータの概略図

単調ステップ負荷による静的試験

図3には、試作機とクリープメータを用いた単調ステップ負荷によるハンドクリーム3種類のくぼみ深さhの測定結果を示す。(a)のoab間には瞬間変形と遅れ変形が現れ、(b)のo' a'間では変形が線形を示すが、これは治具が押し込まれる速度のため、o' a'間の変形は捉えることができない。除荷のb' c'も同様であり、試作機はクリープメータで捉えていない負荷除荷直後からのくぼみ深さが測定できる。

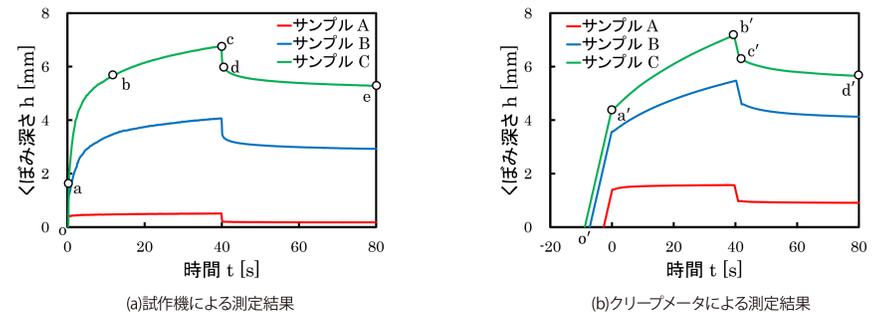


図3 単調ステップ負荷によるくぼみ深さの時間変化

単調正弦負荷による動的試験

温度を高温、常温および低温に変化させたときのハンドクリームの動的粘弾性測定を行った。図4は常温における、最大荷重 F_{max} に対する最大くぼみ深さ h_{max} が位相差 δ だけ遅れて現れている。ここで、 F_{max} 、温度変化による h_{max} 、および δ より、図5のXY軸の関係から粘弾性特性が評価できる。昇温と共にハンドクリームは、柔らかく粘りが弱くなり、ハンドクリームの温度変化に伴う粘弾性の変化を捉えている。

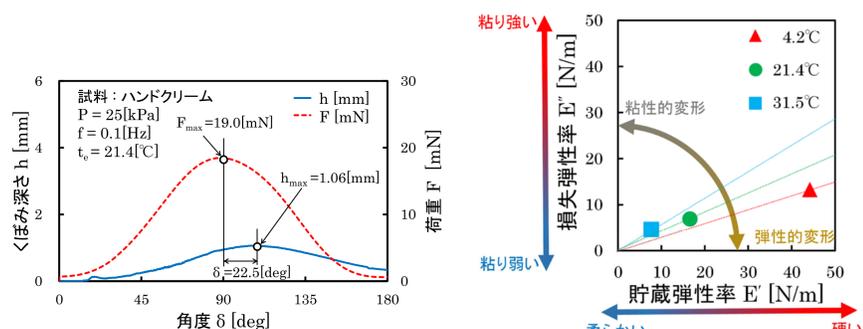


図4 正弦負荷によるくぼみ深さの角度変化

図5 複素弾性率による動的粘弾性の評価

繰返し正弦荷重による動的試験

金属用補修剤に図4に示す正弦負荷を繰返し試験した結果を図6に示す。縦軸を荷重F、横軸をくぼみ深さhとしたヒステリシスループである。サイクル数の増加と共にループの形状は上側に凸をもつ放物線から楕円になる。3~10サイクルでは安定したループを描く。安定域でのループの長短半径比 β/α は、図7(a)に示す弾性的か粘性的かが評価できる。また図7(b)のループの傾き γ は柔軟物の硬軟を評価することができる。

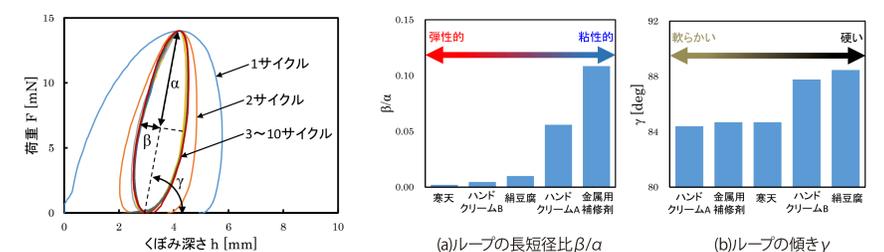


図6 サイクル正弦負荷によるヒステリシスループ

図7 ヒステリシスループによる動的粘弾性の評価