

## 粘弾性を考慮した非接触式測定法の提案

### Proposal of non-contact measurement that considers viscoelasticity

○梅田 良太\*, 長尾 光雄\*\*, 横田 理\*\*

○Ryota Umeda\*, Mituo Nagao\*\*, Osamu yokota\*\*

\*日本大学大学院, \*\*日本大学

\*Graduate School, Nihon University, \*\*Nihon University

キーワード: 粘弾性(viscoelasticity), 非接触式測定法(non-contact measurement)

クリープ回復(creep recovery), ブリネル硬さ試験(Brinell hardness test)

連絡先: 〒963-1165 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

日本大学 工学部 機械工学科 工作研究室, Tel: (024) 956-8772,

E-mail: g19305@cc. ce. nihon-u. ac. jp

#### 1. 緒言

現在, 金属の硬さを測定する方法としてブリネル硬さ試験やビッカーズ硬さ試験等が確立されている。しかし, 粘弾性の柔らかさを測定する方法は明確には確立されていない。

粘弾性を測定する方法として, 非破壊試験による測定が重要である。さらに測定の際に接触による感染の問題もあるので, 本研究では非接触, 非破壊による粘弾性を考慮した非接触式測定法の提案, および装置の開発を試みた。そして, その結果と接触式測定法による結果とを比較し, 本測定法の特性を調べてみた。

ここでは, 食品の柔らかさを測定した結果および測定後の被測定物のクリープ回復を調べた結果を報告する。

#### 2. 測定原理

非接触式測定装置の原理を Fig. 1 に示す。空気圧  $P$  [kPa] を平坦な被測定物の表面に向かって垂直に吹き付け, 被測定物の表面に凹状のくぼみを発生させる。このくぼみの表面積  $S$  [mm<sup>2</sup>] および被測定物の表面にかかる荷重  $F$  [N] を測定する。測定した結果から, ブリネル硬さ試験を参考に柔らかさ  $H$  を次式のように表すと,

$$H = \frac{F}{S} \quad (1)$$

しかし, この表示方法では柔らかさの数値が大きくなるにつれて硬くなる評価となってしまう。そこで柔らかさ  $Ha$  を次式で定義した。

$$Ha = \frac{1}{H} = \frac{S}{F} \quad (2)$$

ここで表面積  $S$  [mm<sup>2</sup>] は, 形状が半球状であると仮定し, くぼみの直径を  $d$  [mm], 深さを  $h$  [mm] とすれば

$$S = \pi dh \quad (3)$$

と表すことができる。式(3)を式(2)に代入すると柔らかさ  $Ha$  は

$$Ha = \frac{\pi dh}{F} \quad (4)$$

となる。すなわち, 式(4)のもつ意味は単位荷重当り, どの程度のくぼみを生じたかを示す。

#### 3. 実験装置

非接触式測定装置の構成を Fig. 2 に示す。エアコンプレッサから送られる圧縮空気の流量と圧力をそれぞれレギュレータで調節する。圧縮空気をエアタンクに貯め, 制御装置で圧力を調整する。ここでは吹き付け時間も設定できる。この圧縮空気を被測定物の表面に吹き付け, くぼみを発生させる。このくぼみの直径  $d$  [mm] および深さ  $h$  [mm] を形状計測センサで計測する。そして, 計測値とくぼみの形状がモニタに表示される。

次に接触式装置の構成を Fig. 3 に示す。接触式は球状の圧子を被測定物に押し付けて測定する。このときの圧子の直径は 7.0 [mm] である。

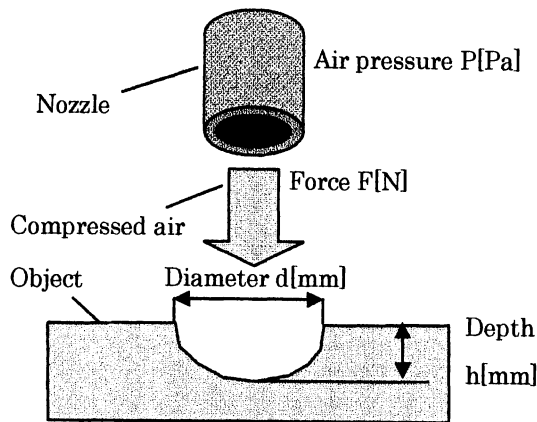


Fig. 1 Dent produced by compressed air

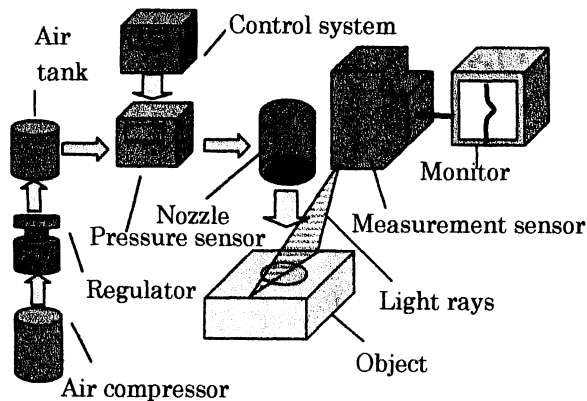


Fig. 2 Summary of non-contact type measuring equipment

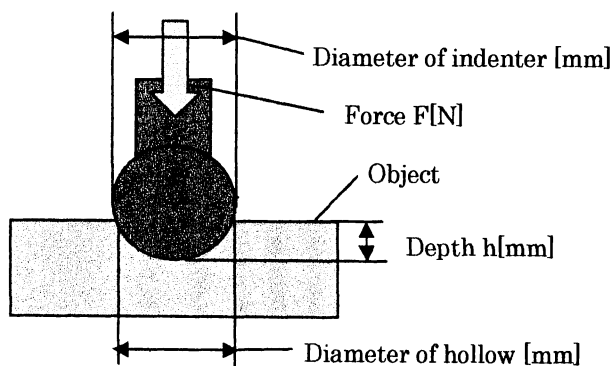


Fig. 3 Summary of contact type measuring equipment

#### 4. 実験方法

##### 4.1 非接触式測定装置による食品の柔らかさ測定およびクリープ回復

非接触式測定装置で柔らかさを測定し、硬軟の識別が可能かどうかを調べた。今回の実験では測定対象物として、絹豆腐とこんにやくを測定した。

実験条件として、ノズルの口径を 1.0 [mm]、ノズルの先端から被測定物の表面までの距離を 5.0 [mm] 一定に保ち、圧縮空気を 20 秒間噴射した後計測を行った。なお、圧力 5 [kPa] ~ 95 [kPa] の範囲で測定した。被測定物の厚みは 20.0 [mm] とした。

柔らかさ測定後に測定物のクリープ回復を圧縮空気噴射後 40 秒間までの表面状態を測定した。

##### 4.2 接触式測定装置によるクリープ回復

接触式測定装置では絹豆腐とこんにやくを測定した。5 [mm/s] の速度で 0.1 [N] の荷重になるまで押し付けていき、0.1 [N] の荷重まで上昇した後 20 秒間押し付ける。次に、0.01 [N] まで除荷し、50 秒間保持する。この装置は接触式のため測定物に接触していないと測定できない仕組みなので、荷重は 0 [N] では測定できない。

2つの装置による食品のクリープ回復を観る。そして非接触式測定装置と接触式測定装置とでは、どのような違いがあるかを比較検討する。

#### 5. 実験結果および考察

##### 5.1 非接触式測定装置による柔らかさ測定およびクリープ回復

Fig. 4, 5 に非接触式測定装置で食品の柔らかさの測定結果を示す。この結果より、それぞれの食品の硬軟の識別ができたことがわかる。絹豆腐は一定圧力では深さが増し、ひずみの回復も遅く高圧力領域では破断してしまう。こんにやくは一定圧力では変化はなく、ひずみの回復も速く高圧力領域でも破断しない。ここでは 10 [kPa] ~ 40 [kPa] の範囲で計測した。

柔らかさの値は食品によって変化が見られる。食品により高圧力領域でひずみが残り破断する場合と低圧力領域で測定できない場合があるので、適正領域を決める必要がある。

## 5.2 接触式測定装置によるクリープ回復

Fig. 6に接触式測定装置で豆腐とこんにゃくの柔らかさの測定結果を示す。この結果より、グラフ上の直線 ab は圧子の押し付けによる移動深さである。bc は粘弾性を測定している。直線 cd は圧子の除荷による移動深さである。de はクリープ回復を示している。

直線 ab, cd は圧子の速度を測定している。速度を変えれば傾きも変化してくる。豆腐とこんにゃくを測定しても、同じ傾きになる。装置の特性を測定していることになる。非接触式測定装置の場合、豆腐とこんにゃくでは吹き付けの初めと終わりでは変化がみられるので食品の粘弾性をより詳しく測定することができるといえる。

## 6. 結言

今回の実験では豆腐とこんにゃくを測定した。食品によって柔らかさの違いが現れ、クリープ回復も違いがあった。食品の特性を知った上で圧力の適正領域を検討する必要がある。柔らかいものは圧力一定でも深さが増してしまい、回復も遅いので高圧力領域で長時間の測定に不向きである。硬いものは圧力一定でも深さは変化がなく、回復も速い。低圧領域ではくぼまないため高圧領域で測定するのが望ましい。

接触式の違いとしては、非接触式の方が食品の粘弾性の特性をより詳しく測定することができる。接触式測定装置では形状での判断ができないため、適正領域の設定が難しく、ひずみや破断も起こりやすい。

今後は各種測定物の適正条件をより細かく設定し、粘弾性の特性を知った上で測定方法の検討が必要となる。

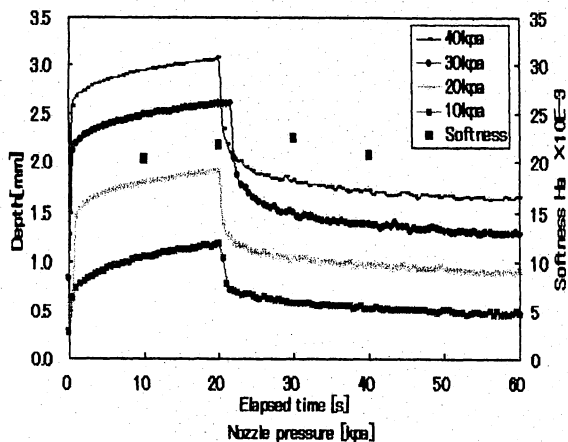


Fig. 4 Creep curve and Softness of food (Bean curd)

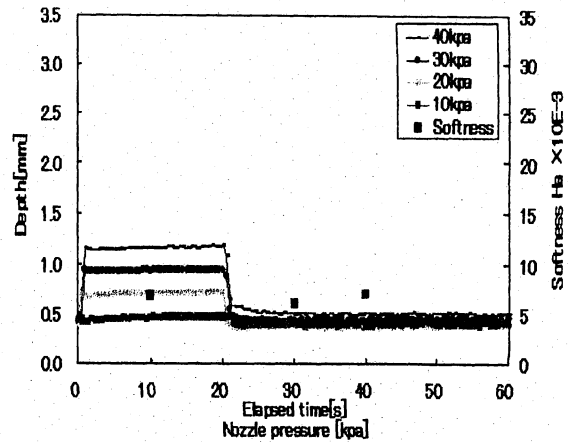


Fig. 5 Creep curve and Softness of food (Devil's-tongue)

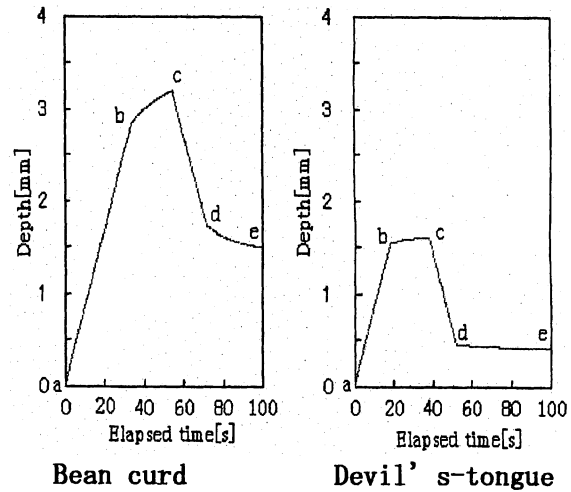


Fig. 6 Creep curve (Contact)

## 7. 参考文献

- 1) 酒井 陽介 他：非接触式柔らかさ試験機の開発，(2004)．精密工学会東北支部講演論文集 pp125 - 126