

研 究 報 文

食品のテクスチャーの測定に関する研究 (第2報)

静的粘稠性測定器による食品のテクスチャーの測定

岡 部 巍*

Studies on the Measurement of Food Texture (Part 2)
Food Texture Measurements with the Statical Measuring
Apparatus for Rheological Properties of Foods

Takashi Okabe

I. 緒 言

テクスチャーという言葉が食品に対して用いられる場合、その解釈は人により必ずしも一致していないが、Matz はその著書の中で“温度と痛感を除いた、主として口腔の皮膚や筋肉によって感知される食品の物理的特性”¹⁾ というように使っている。このようにテクスチャーは一次的に人間の触感によって評価されるものであることだけは間違いないので、客観的な機器による測定は通常困難な場合が多い。しかし、マサチューセッツ工科大学食品工学科の Proctor 教授らが開発²⁾ し、その後ゼネラルフーズ中央研究所で改良されたテクスチュロメーターは、³⁾ 口腔内の咀嚼動作をまねてプランジャーで試料台上の食品を2回くりかえし加圧し、食品を通して試料台が受ける力をその腕にとりつけたストレインゲージで検出し、その変化を自記記録するようにした動的なテクスチャー測定器である。この記録曲線を解析して得られる硬さ、凝集性、弾力性、付着性、もろさ、咀嚼性、ガム性などの機械的パラメーターは、感覚による評価値との相関が高いといわれている。⁴⁾

著者は前報で上皿秤を基にした静的粘稠性測定器を試作し、各種の食品を測定したが、これが各食品の

粘稠性の特徴をよく表わし、加工食品や調理食品の品質の差の検出にも有効であることを認め⁵⁾ た。このような静的粘稠性測定器を使って食品のテクスチャーの測定ができないものかと考え、10数種の食品についてテクスチュロメーターでの測定と対比しながら測定を行ない、間接的にこの静的粘稠性測定器でのテクスチャー測定の可否について検討を加えて見た。

II. 実 験 の 部

II-I. 実験の方法

1. 試 料

試料として次のような4グループ、13種の食品を用いた。

- ① 粘稠性が相当異なるもの……こんにやく(煮)、じゃがいも(煮)、くじら肉(煮)、(ゴム栓)
- ② ねり製品類……小田原かまぼこ、宇和島かまぼこ、市販かまぼこ(市販の並品、でんぷんの添加量の多いもの)、ポークソーセージ
- ③ 果物類……バナナ、りんご
- ④ 果子類……羊かん、カステラ、ビスケット

2. 静的粘稠性測定器による測定

静的粘稠性測定器としては前報に報告したものを用的、試料の形状は高さ 10 mm、直径 15 mm とし、加圧軸には先端径 2.8 mmφ (以下 3 φ と略記)、8 mmφ (以

* 本学家庭機械研究室

下8φと略記)を用い、加重速度2kg/minで2.5kgの荷重まで、0.5kg/minで0.75kgまで加重し、その時の荷重—変形率線図を求め、また8φの荷重下で2.5分間500g、または試料がその間破壊しない程度の荷重を加え、2.5分後全荷重を除いた時のクリープとその回復をしらべた。

3. テクスチュロメーターによる測定

テクスチュロメーターは武田薬工食品研究所のものを借用した。そのため静的粘稠性測定器による測定と時間的にずれ、環境条件も若干異なったので、完全な比較はできなかったが、大体の傾向は把握できたものと考えられる。

テクスチュロメーターで測定するとき、通常試料の種類や目的とする特性によってプランジャーの種類や試料の形状を替えるのがよいようにいわれているが、今回は各種の食品を同じ条件で比較したいため、すべて同一条件で測定を行なった。

試料の高さは10mmとし、断面積はプランジャーの形状の影響をさけるため、なるべく大きくした。プランジャーは径17mmのルサイト、クリアランス3mmで、咀嚼速度12回/min、記録紙送り速度1500mm/minとし、回路への入力電圧は通常1Vとし、試料により適宜増減した。

II-II. 実験結果

静的粘稠性測定器による測定結果は、荷重(または時間)と変形率の関係をグラフで示したが、前報の場合と異なり横軸に変形率を、縦軸に荷重(または時間)をとり、加重速度2kg/minのもの0.5kg/minのものは縦軸のスケールを荷重の大ききで合わせ、比較が容易なようにした。

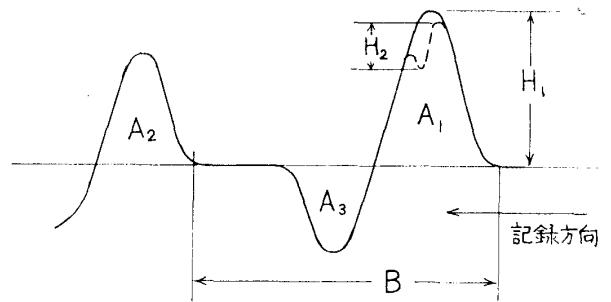
テクスチュロメーターにより測定すると、食品によりそれぞれ特徴のあるテクスチュロメーターカーブが得られる。このパターンより次のような意味をもつパラメーターを求め、テクスチャーを表示する。

- 硬さ……物質を变形するのに必要な力
- 凝集性……食品の形態を形成している内部結合力の大きさ
- 弾力性……外力によって生じた変形が、力をとり去ったときに、変形以前の状態にもどる割合
- 付着性……食品の表面と他の物体(舌、歯、口など)の表面とを付着させている引力にうちかって両者を引き離すのに必要な力
- 脆さ……物質を破壊するのに必要な力。硬さと凝集性に関係する。
- 咀嚼性……固形食品を飲み込める状態にまで咀嚼

しゃくするのに必要なエネルギー。硬さ、凝集性、弾力性に関係する。

ゴム性……半固形状の食品を飲み込めるまでくどくに必要なエネルギー、硬さと凝集性に関係する。

典型的なテクスチュロメーターカーブと、そのパターンからこれらの変数の求め方を第1図に示す。



- 硬さ: 最初の山の高さ H_1 /入力電圧
- 凝集性: 2回目の山の面積 A_2 /最初の山の面積 A_1
- 弾力性: 粘土様標準物質の(1回目と2回目の接触点間距離) C -試料の(ク) B
- 付着性: 最初の山の後の基準線下の面積 A_3 /入力電圧
- 脆さ: 最初の山のはっきりした谷の深さ H_2 /入力電圧
- 咀嚼性: 硬さ×凝集性×弾力性
- ゴム性: 硬さ×凝集性

第1図 典型的なテクスチュロメーターカーブとテクスチュロメーターユニット

各ブロックごとの実験結果をまとめると、第2図～第5図のようになる。

各図の一番左のグラフと二番目のグラフはそれぞれ各食品の荷重速度が2kg/min、0.5kg/minのときの荷重—変形率線図を示し、三番目のグラフは各食品のクリープとその回復を示す。一番右の表は前述の方法で各食品のテクスチュロメーターカーブから求められたテクスチュロメーターユニットを示す。なお、参考として表の下部には吉川⁷⁾らがテクスチャー評価用語の研究を行った中で、本実験に用いた食品に該当するものがあるものについて、それぞれのテクスチャー評価用語のウエイトの平均評点を示した。この評価はいろいろの食品について40名位の学生に、テクスチャーを評価する上で適切な用語を数個えらばし、全体を100点になるようにそれらの用語のウエイトをきめさせた時の、各用語のその食品に対する平均評点を示している。吉川らがこの研究の前段階として行ったテクスチャー評価用語の蒐集では、かたい、やわらかいと

いう用語が最も使用頻度が高かったので、表にはかたい、やわらかいについては各食品ともそのウエイトを示し、その他の評価用語については、かたい、やわらかいを除いてウエイトの大きいものから二三を取り上げた。

第2図の第1グループの試料食品群では、くじら肉と、比較に用いたゴム栓は荷重子が8φ、3φとも荷重が2.5kgになっても破壊しない(変形率が100%に達しない)。じゃがいもは荷重の小さい時は変形しにくい、荷重子8φでも400g以下、変形率20%で急激に破壊する。こんにやくは荷重の小さい時でも変形しやすいが、荷重1.2kg弱、約80%変形率になるまで破壊しない。荷重子の3φと8φとでは、ゴム栓やくじら肉では同じ荷重での変形率の大きさが異なる以外、大体形は似ているが、こんにやくやじゃがいもではやや異なるパターンを示す。加重速度0.5kg/minのものは荷重が、0.75kgどまりになるため、あまり多くの知見が得られないが、大略加重速度2kg/minの0.75kgまでの荷重のときの変形に準ずるが、粘性の要因の多いじゃがいもでは同一荷重に対する変形がやや大きく、破壊も早い傾向が見られる。

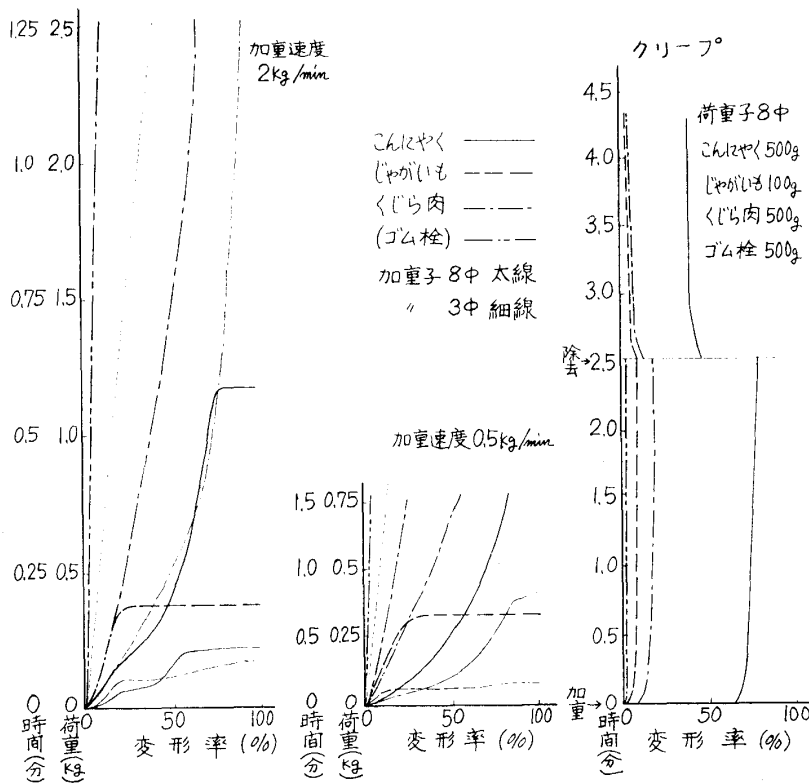
クリープではゴム栓は荷重除去により変形は0とな

り、完全弾性体を示すが、他は完全に回復せず、じゃがいもが一番回復率が悪かった。

テクスチロメーターユニットではゴム栓、くじら肉は硬さ、凝集性、咀嚼性が大きく、じゃがいもはこれらが極めて小さい。こんにやくは硬さ、咀嚼性はあまり大きくないが、凝集性はくじら肉より大きく現われた。弾力性はゴム栓とこんにやくが大きな値を示したが、じゃがいもはこれも小さかった。附着性はじゃがいもに於いて若干見られ、脆さは、じゃがいものみに現われた。

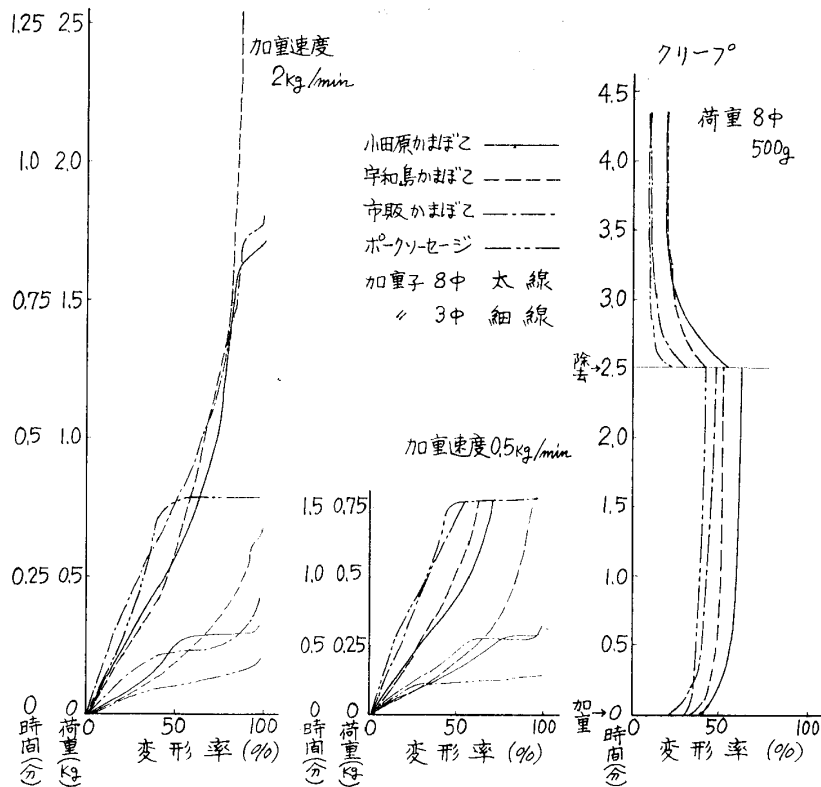
評価用語ではじゃがいもに“硬い”が少しあり、くじら肉に“硬い”がなく、“やわらかい”のウエイトが6を占めているのはやや意外な感じもするが、調理方法の違いによるものとも思われる。

第3図の第2グループねり製品類では、加重速度が2kg/minの場合、8φの荷重子では宇和島かまぼこのみ2.5kgの荷重に達しても破壊しなかったが、小田原かまぼこや市販かまぼこでは1.7kg前後の荷重、約90%の変形率に達すると破壊するに到る。ポーソーセージは0.7kg位の荷重、40%程度の変形率のところから変形の進みが急になり、破壊するに到る。でんぶん含量の多い市販かまぼこでは荷重と変形の関係



第2図 各種食品の静的粘稠性測定器によるパターンとそれらのテクスチロメーターユニットおよび評価用語(その1)こんにやく、じゃがいも、くじら肉、(ゴム栓)

食品名		こんにやく	じゃがいも	くじら肉	(ゴム栓)
テクスチャー	硬さ	2.91	1.95	13.00	31.9
	凝集性	0.71	0.09	0.67	1.00
	弾力性	2.0	0.3	1.6	2.0
	附着性	0	0.15	0	0
	脆さ	0	0.93	0	0
	咀嚼性	4.1	0.05	14.0	63.8
	ガム性	2.05	0.18	8.75	31.9
評価用語	硬い		3	0	
	やわらかい		18	6	
	その他		ホクホク(25) フワリ(9)	脂ばい(20) かみにくい(18)	



第3図 各種食品の静的粘稠性測定器によるパターンとそれらのテクスチュロメーターユニットおよび評価用語(その2)ねり製品類

食品名		小田原かまぼこ	宇和島かまぼこ	市販かまぼこ	ポークソーセージ
テクスチャー	硬さ	4.24	3.95	6.00	3.53
	凝集性	0.86	0.89	0.87	0.30
	弾力性	1.9	2.0	1.4	1.2
	付着性	0	0.05	0.04	0
	脆さ	0	0	0	0
	咀嚼性	6.89	7.02	7.28	1.37
	ガム性	3.63	3.51	5.20	1.07
評価用語	硬い やわらかい	0 12			0 16
	その他	弾力ある (21) かみやすい (16)			脂ばい (19) 弾力ある (15)

がやや直線的に進む傾向が見られる。3φの荷重子の場合、変形の大きさと共にパターンが8φの荷重子の場合とやや異なるが、4試料の変形進行の順序は殆んど変わらない。

加重速度 0.5 kg/min のものは、細かい点を除いては大体加重速度 2 kg/min の場合の 0.75 kg までの変形に似ている。

クリープでは皆相当の回復を示すが、小田原かまぼこは宇和島かまぼこより、市販かまぼこはポークソーセージより弾力性があることを示している。

テクスチャーユニットではポークソーセージが硬さ、凝集性、弾力性、咀嚼性などがすべてかまぼこ類より小さく、小田原かまぼこと宇和島かまぼこではすべての点に於いて類似しており、市販かまぼこはこれらより硬さは大きく、弾力性が小さい値となったが、この点についてはでんぷん含量の多い市販かまぼこの時間の経過による老化の影響が若干入っているものと思われる。付着性は宇和島かまぼこと市販かまぼこにわずかに見られたが、前者は離水した水を媒体とした付着、後者はでんぷん糊による付着と考えられる。

評価用語ではかまぼこは一括されているが、かまぼこ、ソーセージとも一応妥当のように思われる。

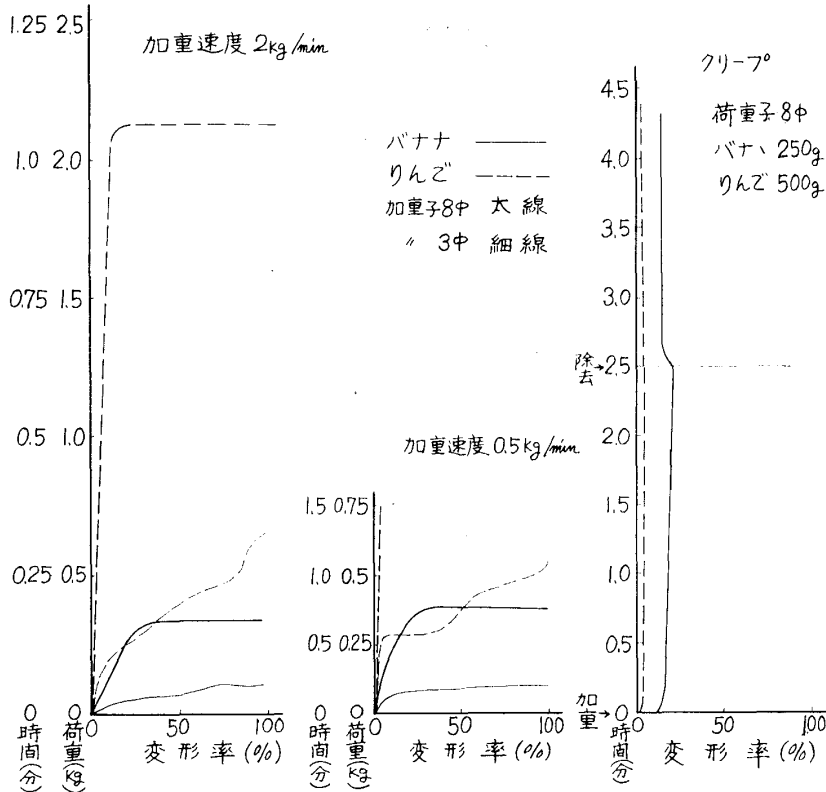
第4図の第3グループ果物類では、2 kg/min の加重速度の場合、8φの荷重子ではバナナは変形しやすく、0.3 kg 強の荷重で40%程度の変形率に達して破壊するが、りんごでは荷重 2.1 kg での変形率はやっと13%程度であり、ここで一挙に破壊に到る。3φの荷重子の場合、特にりんごでは8φの荷重子のときと大分パターンが異なり、明らかな破壊点が見られず、変形は荷重の増加とともに逐次増大して行く。加重速度 0.5 kg/min の場合、やはり最終荷重が 0.75 kg では多くの知見が得にくい。加重速度 2 kg/min の場合に比べ、ともに同一荷重に対する変形がやや小さく、破壊点の荷重も大きくなる。

クリープの結果から共に弾力性は少ないことが見られる。

テクスチュロメーターユニットでも、バナナは硬さ、凝集性、咀嚼性などが小さく、りんごはこれらが大きい。バナナは若干付着性を持ち、りんごは相当な脆さを有する。

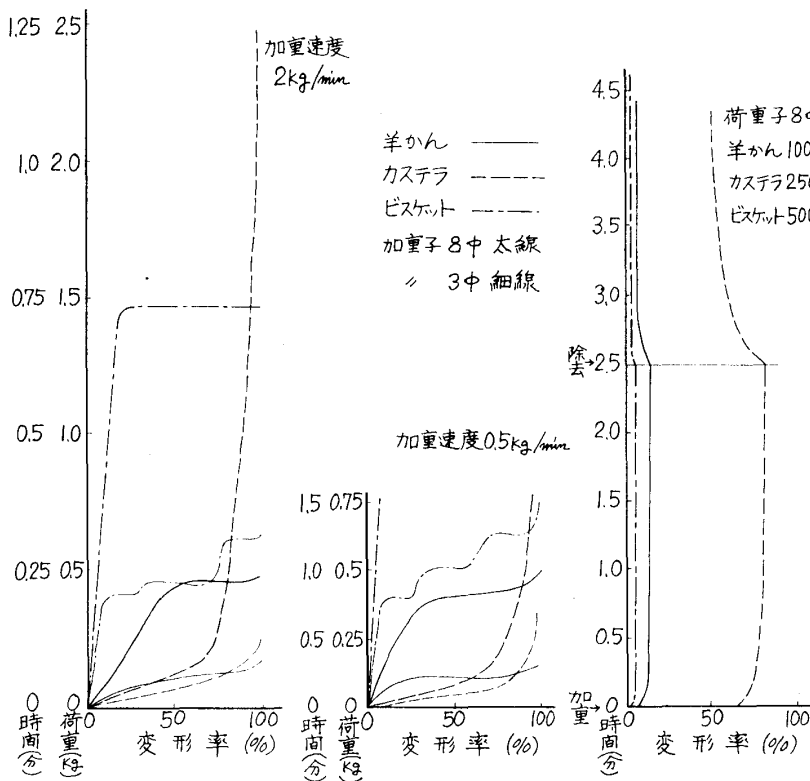
評価用語については一応妥当のように思われる。

第5図の第4グループ菓子類では、2 kg/min の加重速度の場合、荷重子 8φ では羊かんは荷重増加とともに変形も比較的早く進み、荷重 0.4 kg、変形率40



食品名		バナナ	りんご
テクスチャー		バナナ	りんご
テクスチユロメーターユニット	硬さ	1.62	6.82
	凝集性	0.07	0.21
	弾力性	0.4	0.9
	付着性	0.2	0
	脆さ	0	2.9
	咀嚼性	0.47	1.31
	ガム性	0.11	1.45
評価用語	硬い	0	12
	やわらかい	21	1
	その他	かみやすい (15)	バサバサ (24)
		ドロドロ (8)	水気 (19)

第4図 各種食品の静的粘稠性測定器によるパターンとそれらのテクスチユロメーターユニットおよび評価用語(その3) 果物類



食品名		羊かん	カステラ	ビスケット
テクスチャー		羊かん	カステラ	ビスケット
テクスチユロメーターユニット	硬さ	5.27	1.23	5.75
	凝集性	0.27	0.58	0.29
	弾力性	1.8	1.5	0.8
	付着性	0.75	0.01	0
	脆さ	0	0	0
	咀嚼性	2.57	1.06	1.31
	ガム性	1.43	0.71	1.64
評価用語	硬い		0	4
	やわらかい		23	6
	その他		フンワリ (22)	軽い (23)
			かみやすい (11)	カリカリ (23)

第5図 各種食品の静的粘稠性測定器によるパターンとそれらのテクスチユロメーターユニットおよび評価用語(その4) 菓子類

%位から変形は更に急になり、荷重が 0.45kg 位に達すると破壊する。カステラは加重の初期、包蔵する気体を放出するために変形は極めて早い、荷重 0.2kg、変形率70%位でそれが終ると極めてゆっくりになり、1.9 kg 位でやっと変形率が100%に達する。ビスケットは荷重の増加に対する変形の進行は小さいが、荷重 1.45 kg、変形率 20% ぐらいで一挙に破壊する。荷重 3φ では羊かんとカステラの差は少なくなり、変形は同じように早く進行する。ビスケットはこの場合も変形の進行は遅いが、この時は一挙に破壊してしまわず、荷重 0.45 kg、変形率約10%で第1回の破壊点があり、以後2回の破壊点をもつ。

0.5 kg/min の加重速度ではやはり 2 kg/min の加重速度の 0.75 kg までの荷重のときのパターンによく似ているが、粘性要因の大きい羊かんでは変形の進行と破壊が、2 kg/min の加重速度のときより早くなる傾向がある。

クリープでは、羊かんは比較的弾力性があるが、カステラは排除した気体の戻りが困難なために弾力性は比較的少ない。

テクスチュロメーターユニットでは羊かんがビスケットに近い硬さを示し、凝集性もまた近似した値となった。カステラは凝集性がやや大きく現われた。羊か

ん、カステラは弾力性もやや見られる。羊かんは相当な付着性が見られたが、ビスケットに脆さが現われてこなかった。これはビスケットはそれ自身の高さ(約 7mm)を試料高としたため、クリアランスの 3mm が相対的に大きすぎた結果パターンの山の部分に明瞭な谷が現われなかったためと思われる。

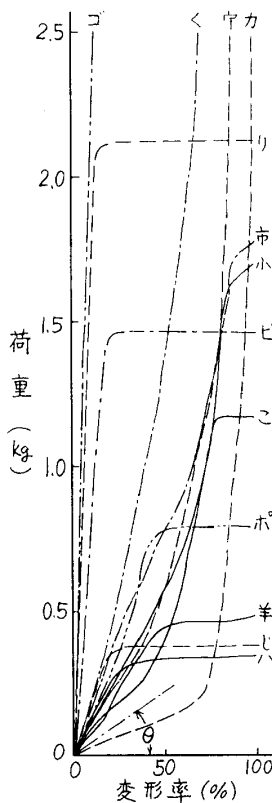
評価用語ではカステラは概ね妥当と思われるが、ビスケットは人により相当イメージに幅があるものと考えられ、本実験の試料とは少し異なるウェイトを示している。

II-III. 考 察

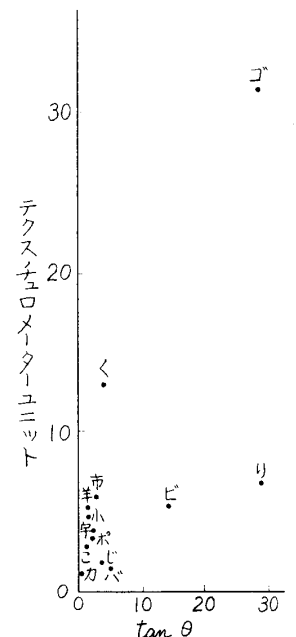
これらの結果より静的粘稠性測定器による測定結果とテクスチュロメーターユニットの対応を考え、ひいては静的粘稠性測定器によるテクスチャーの測定を考察すると次のようになる。

1. 硬 さ

硬さは一般にある変形を生じさせるための力と考えられるので、静的粘稠性測定器で測定した場合の荷重—変形線図の立ち上り部分の曲線の接線と、水平軸にはさまれた角度のタンゼントを取ればよいと考えられる。飯尾のカードメーターによる測定記録曲線の解析に於いても、硬さについては大体これに準じた方法を取っている。⁸⁾



食 品 名	略号	角 θ °	tan θ	テクスチュロメーターユニット
こんにやく	こ	50	1.19	2.91
じゃがいも	じ	74.5	3.61	1.95
くじら肉	く	74.5	3.61	13.00
(ゴム栓)	ご	88	28.64	31.90
小田原かまぼこ	小	58	1.60	4.24
宇和島かまぼこ	宇	60	1.73	3.95
市販かまぼこ	市	70	2.75	6.00
ポークソーセージ	ポ	64	2.05	3.53
バナナ	バ	78.5	4.92	1.62
りんご	り	88	28.64	6.82
羊かん	羊	57	1.54	5.27
カステラ	カ	20.5	0.37	1.23
ビスケット	ビ	86	14.30	5.75
テクスチュロメーターユニットとの相関			0.68	*りんご, ビスケットを除く
			*0.93	



第6図 静的粘稠性測定器のパターンとテクスチュロメーターユニットとの関係(その1)硬さ(1)

そこで第6図のように、13種の食品の加重速度2 kg/minのときの加重子8φの場合の荷重—変形率線図を集め(左の図)、その立ち上りの曲線の接線と水平軸のなす角度θをはかり、各々のtanθを求め、これら食品の硬さについてのテクスチュロメーターユニットと比較して見ると表(中央)のようになる。このtanθとテクスチュロメーターユニットとの間の相関係数を求めると0.68となり、あまり良くない。このテクスチュロメーターユニットとtanθとの関係は図で示す(右の図)ようになり、ビスケットやりんごが相関係数を低くしている原因と考えられるので、この両者を除き再び相関係数を求めると0.93が得られ、相当よくマッチするようになる。このように、静的粘稠性測定器で測定した結果から硬さを表示するのに、曲線の立ち上り部の接線と水平軸のなす角度のタンゼントを用いることは、りんごやビスケットのように、もろさの顕著なもの、すなわちtanθはかなり大きい、曲線に急激な水平方向への屈曲があるものがあれば、適当な方法とはいえない。

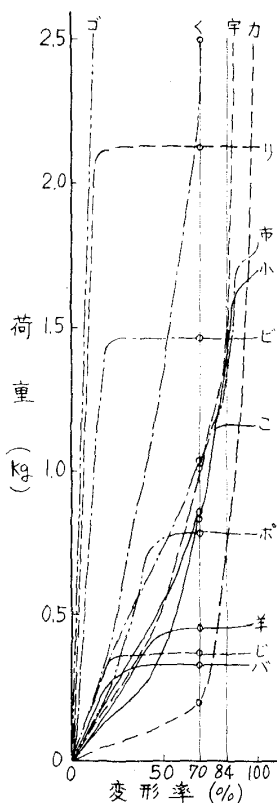
テクスチュロメーターでの測定の場合、本実験ではクリアランスは3mmを取ったので、プランジャーが一番下へ降りたとき、試料は70%変形を受けたことになる。(厳密にいえば、この時試料台の腕は少し腕曲

し、試料台が少し下るので、硬いもの程変形率は小さくなる。)そこで第7図のように静的粘稠性測定器によって得られた荷重—変形率線図に、変形率70%のところに線を引き、曲線との交点の荷重をとり(ゴム栓は実験の範囲では変形率が70%に達しなかったので、これを除いた)、これと硬さについてのテクスチュロメーターユニットとの関係を見ると中央の表と右の図に示すようになり、かなり良い結果が得られる。

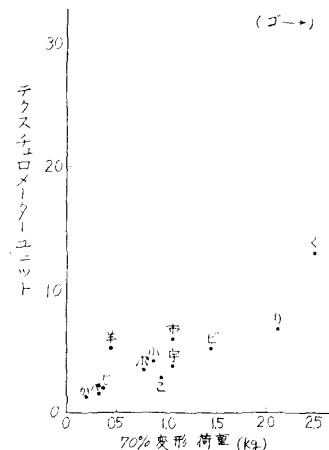
このように静的粘稠性測定器によって硬さを表示するには、曲線の立ち上りの接線の水平軸となす角度のタンゼントを取るより、適当な変形率になる荷重を取る方がよい結果が得られる。なお、テクスチュロメーターで硬さの測定を行なう時の標準的な条件は、試料の高さ1/2インチ(12.7mm)でクリアランスは2mmとなっているので、これと対応さすには84%変形率の荷重をとるのがよいとらえられる。

なお荷重子3φの場合について、荷重8φの場合と同様70%変形における荷重と、硬さについてのテクスチュロメーターユニットとの関係をしらべると第1表のようになり、相関係数は0.80で8φの荷重子を使った場合より大分悪い。

これは3φの荷重子を使った場合、第2図~第5図に示すように、8φの荷重子を使用する場合より荷



食品名	略号	70%変形荷重 kg	テクスチュロメーターユニット
こんにゃく	こ	0.91	2.91
じゃがいも	じ	0.38	1.95
くじら肉	く	2.50	13.00
(ゴム栓)	ご	—	31.90
小田原かまぼこ	小	0.88	4.24
宇和島かまぼこ	宇	1.05	3.95
市販かまぼこ	市	1.07	6.00
ポークソーセージ	ポ	0.78	3.53
バナナ	バ	0.33	1.62
りんご	り	2.12	6.82
羊おん	羊	0.47	5.27
カステラ	カ	0.22	1.23
ビスケット	ビ	1.46	5.75
テクスチュロメーターユニットとの相関		0.89	—



第7図 静的粘稠性測定器のパターンとテクスチュロメーターユニットとの関係(その2) 硬さ(2)

第1表 3φの荷重子の70%変形荷重と硬さのテクスチュロメーターユニットとの関係

食品名	3φの70% 変形荷重 kg	テクスチュロメ ーターユニット
こんにゃく	0.21	2.91
じゃがいも	0.15	1.95
くじら肉 (ゴム栓)	0.82	13.00 (31.90)
小田原かまぼこ	0.29	4.24
宇和島かまぼこ	0.30	3.95
市販かまぼこ	0.22	6.00
ポークソーセージ	0.13	3.53
バナナ	0.10	1.62
りんご	0.45	6.82
羊かん	0.12	5.27
カステラ	0.10	1.23
ビスケット	0.45	5.75
テクスチュロメ ーターユニット との相関	0.80*	*ゴム栓を除く

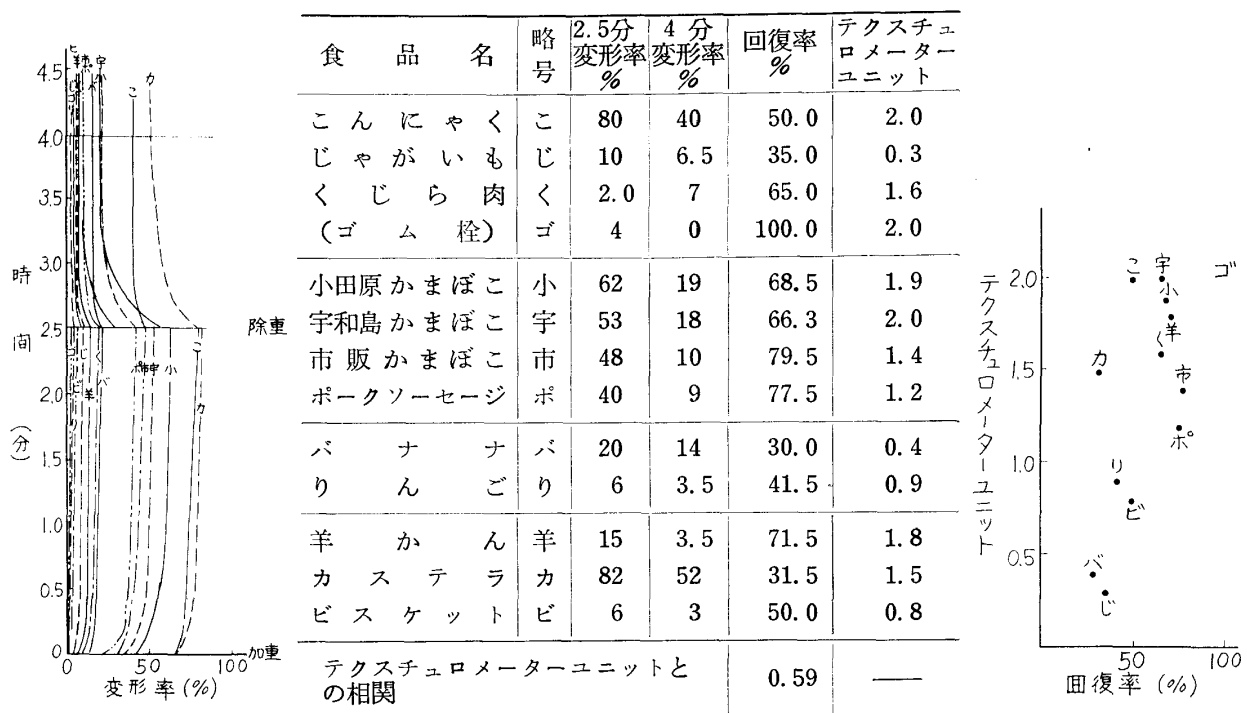
重が小面積に集中するため、荷重—変形率の様相がやや異なって来て、単に8φの場合を比例的に変化した(例えば先端の断面積について)ようにはならず、テクスチュロメーターで使っている直径17mmのプランジャーとは差が大きくなり、比較しにくくなることと、8φの荷重子が先端だけ直径8mmで、軸はそれより細いのに対し、3φの荷重子では全長直径が2.8mmで

あるため、食品によっては軸のまわりに粘着して、軸の周辺における粘性抵抗が変形を抑制しているものもあるためと思われる。このような点から、テクスチュロメーターユニットとの対応、したがってテクスチャーを表示するためには荷重子8φの結果を採用するのが適切であると考えられる。

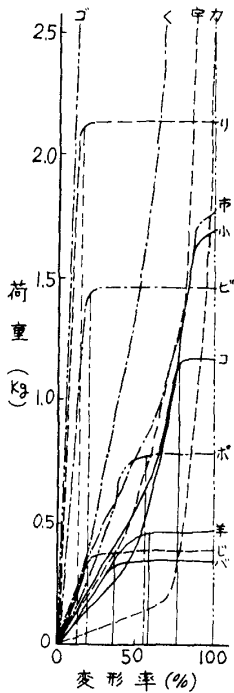
2. 弾力性

弾力性は荷重を除いた時の変形の回復と考えられるので、静的粘稠性測定器でのクリープとその回復のグラフから知見が得られる。そこで第8図のように、各食品のクリープとその回復のグラフを集め、荷重を除く直前の2.5分の時の変形率と、その後1.5分経過後、すなわち始めから4分後の変形率を求め、これより回復率を出し、弾力性についてのテクスチュロメーターユニットと比較し、この両者の相関係数を求めると0.59となり、あまり良い相関は得られなかった。

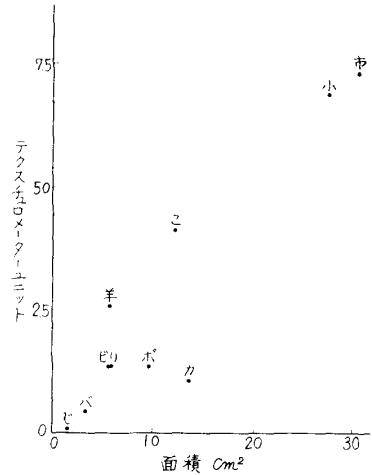
この原因は静的粘稠性測定器、テクスチュロメーター両者にあると考えられる。静的粘稠性測定器ではクリープを与える荷重に20, 50, 100gの分銅を用いたが、試料により荷重のきめかたを荷重—変形率線図より知り得た破壊点の荷重に適当なファクターをかけるなど、何らかの規正が必要のように思われる。また、テクスチュロメーターの方は弾力性が他のパラメーターに比べバラツキが多く、その算出法にも若干問題があるのではないかとと思われる。これらの点については機



第8図 静的粘稠性測定器のパターンとテクスチュロメーターユニットとの関係(その3)弾力性



食品名	略号	面積 cm ²	テクスチュロメーターユニット
こんにゃく	こ	12.21	4.10
じゃがいも	じ	1.50	0.05
くじら肉	く	(>70.0)	(14.00)
(ゴム栓)	ゴ	(>98.9)	(63.80)
小田原かまぼこ	小	27.38	6.89
宇和島かまぼこ	宇	(>33.35)	(7.02)
市販かまぼこ	市	30.32	7.28
ポークソーセージ	ポ	9.64	1.37
バナナ	バ	3.21	0.47
りんご	り	5.88	1.31
羊かん	羊	5.64	2.57
カステラ	カ	13.65	1.06
ビスケット	ビ	5.80	1.31
テクスチュロメーターユニットとの相関		*0.92	*表中()のものを除く



第9図 静的粘稠性測定器のパターンとテクスチュロメーターユニットとの関係(その4) 咀嚼性

会をとらえ更に検討を加えたい。

3. 咀嚼性

咀嚼性は食品を飲み込める状態にまで咀嚼するのに必要なエネルギーであるから、静的粘稠性測定器による測定では破壊に達するまでの仕事量と解釈できる。そこで第9図のように加重速度 2 kg/min における8φの荷重子の加重—変形率線図を集め、破壊したのものについて、破壊変形率までの水平軸と、破壊点までの曲線、および破壊点から水平軸にたてた垂線によって囲まれた面積をはかり、これらと咀嚼性についてのテクスチュロメーターユニットを比較した。その相関係数は0.92となり、相当よくマッチしていることがわかった。したがって静的粘稠性測定器で咀嚼性を表わすには、荷重—変形率線図の破壊点までの面積を用いるのがよいことを認めた。

咀嚼性についても、硬さのときと同様3φの荷重子を用いた時を8φの荷重子の場合と同様に破壊点までの面積と、咀嚼性についてのテクスチュロメーターユニットとを比較すると第2表のようになり、相関係数は0.69で荷重子8φの場合と比べると相当悪くなる。この原因はやはり硬さの場合と同様、荷重子の先端の面積の直接原因の他に、3φの荷重子の特異性が影響しているものと考えられ、咀嚼性の場合もやはり8φの荷重子を使った結果を用いるのが妥当のように考えられる。

第2表 3φの荷重子の破壊点までの面積と咀嚼性のテクスチュロメーターユニットとの関係

食品名	3φの荷重子の破壊点までの面積 cm ²	テクスチュロメーターユニット
こんにゃく	1.85	4.10
じゃがいも	0.45	0.05
くじら肉	(>31.5)	(14.0)
(ゴム栓)	(>81.4)	(63.8)
小田原かまぼこ	2.40	6.89
宇和島かまぼこ	7.40	7.02
市販かまぼこ	2.40	7.28
ポークソーセージ	0.90	1.37
バナナ	0.35	0.47
りんご	0.70	1.31
羊かん	1.50	2.57
カステラ	3.25	1.06
ビスケット	1.20	1.31
テクスチュロメーターユニットとの相関	0.69*	*くじら肉、(ゴム栓)を除く

4. 凝集性

凝集性は食品の形態を形成している内部結合力の大きさであるから、食品を破壊するのに必要な力とも解釈できる。そこで2 kg/minの加重速度で8φの荷重子を用いて荷重—変形率の関係を求めた結果から、

第3表 8φ荷重子による破壊荷重と凝集性のテクスチュロメーターユニットとの関係

食品名 (8φ破壊荷重小 なものより)	8φ荷重子 による破壊 荷重 (kg)	凝集性のテクス チュロメーター ユニット
①バナナ	0.33	0.072
②じゃがいも	0.38	0.090
③羊かん	0.46	0.272
④ポークソーセージ	0.77	0.303
⑤コンニャク	1.15	0.706
⑥ビスケット	1.41	0.286
⑦小田原かまぼこ	1.68	0.856
⑧市販かまぼこ	1.75	0.867
⑨カステラ	1.88	0.580
⑩りんご	2.12	0.212
宇和島かまぼこ	(>2.5)	(0.889)
くじら肉	(>2.5)	(0.673)
(ゴム栓)	(>2.5)	(1.000)

破壊点の小さいものから順にならべ、これをその食品の凝集性についてのテクスチュロメーターユニットと比較すると第3表のようになる。

表に見られるように、破壊荷重と凝集性のテクスチュロメーターユニットの関係は、相関係数を求めるまでもなく、順位が狂っていたり、比例関係にないものが多く、破壊荷重で凝集性を表わすことは妥当でないことになる。この原因は、テクスチュロメーターでの凝集性は、算出法として第1の山と第2の山の面積を比較しているため、弾力性の要素が大分入っているものと考えられ、その算出法自体にも若干問題があるのではないかと考えられる。

5. 付着性

付着性は食品と他の物体の表面どうしが付着している引力を引き離すのに必要な力であるが、テクスチュロメーターでは第1の山の後で基線より下に現われた面積で表示される。静的粘稠性測定器での本実験ではそれに対応するものは求められなかったが、今後付着性を測定する適当な方法を考えて行きたいと思っている。

なお、テクスチュロメーターにおける付着性の測定も、粘着性の大きいものでは実験条件では引き離れない場合もあるので、曾根のようにその算出方法に疑問をなげかけているものもある。⁹⁾

6. 脆さ

脆さは物質を破壊するのに必要な力と表現されている。テクスチュロメーターユニットでは、第1の山に現われた最初の明瞭な谷の深さで表わしている。本実

験で脆さの現われたのは、じゃがいもとりんごだけで、ビスケットは条件がよければ当然数値として表われて来るべきものである。これらのものの、静的粘稠性測定器による荷重—変形率曲線を見ると、最初変形の進行は荷重の増加に対して少ないが、ある荷重に達すると急激に破壊し、グラフには水平方向への直線的な屈曲が見られる。しかし今回はそれを数値化するには到らなかったが、静的粘稠性測定器による脆さの表示の可能性は充分あると考えられる。

7. ガム性

ガム性は半固形状食品に対する表現であるのでテクスチュロメーターユニットはその算出法にしたがって一応数値は出したが、本実験に使用した食品試料には関係ないので、考察は加えなかった。

以上、静的粘稠性測定器による測定結果と、テクスチュロメーターで測定して得たテクスチャーの各特性のパラメーターとを比較し、静的粘稠性測定器により、このような特性値が得られるかどうかを検討したが、硬さ、咀嚼性については概ね満足できる結果を得た。しかし、凝集性、弾力性については両者による測定結果の間により相関が得られず、今後更に測定法や算出法について検討を加えたい。付着性については今回の静的粘稠性測定器による測定からは知見は得られず、今後はその測定法についても考慮したい。脆さについては、静的粘稠性測定器の結果から明確な値は出せなかったが、脆さを有するものは特異なパターンを画くことから、それを把握することができる。

このように静的粘稠性測定器では、テクスチュロメーターとうまく対応しにくいものもあったが、これによって得られるパターンは試料によりそれぞれ特長のあるものが得られ、荷重子を3φと8φの二種類使用することにより、試料の粘稠性についての更に深い情報が得られるので、食品の粘稠性を測定するにはやはり欠かすことの出来ない機器である。

III. 要 約

1. 前報において試作した静的粘稠性測定器により、食品のテクスチャーの測定が出来ないものかと考え、テクスチャーの主観的評価との相関が高いといわれているテクスチュロメーターによる測定と平行して4群13種の食品について静的粘稠性測定器で測定を行ない、得られたパターンとテクスチュロメーターでの測定による特性値のパラメーターの関係をしらべ、テクスチャー表現の可能性を考察した。

2. 食品のテクスチャーの表現のうち一番よく用い

られる硬さについては、8φの加重子を用いた70%変形率の荷重がよくテクスチュロメーターユニットと対応した。

3. 咀嚼性については8φの加重子を用いた破壊点までの曲線と、水平軸、水平軸に立てた垂線で囲まれた面積がテクスチュロメーターユニットによく対応した。

4. 弾力性については、クリープとその回復のデータより回復率を求め、テクスチュロメーターと比較したが、よい相関は得られなかった。これは両者とも弾力性についての測定方法や算出方法に問題があるものと思われる。

5. 凝集性についても明らかな相関は得られなかった。付着性については本実験の静的粘稠性測定器での結果からは知見が得られなかった。これらについては今後検討して行きたい。

6. 脆さについては静的粘稠性測定器の結果より数値的な値を求められなかったが、パターンからは充分その知見が得られる。

7. 以上のように、静的粘稠性測定器でも、テクスチャーについて多くの知見が得られるが、それをパラメーターとして表わすにはなお考察を加えねばならぬものもある。

8. 静的粘稠性測定器は、テクスチュロメーターと同じテクスチャーの特性値を表わしにくいものもある

が、試料の粘稠性について多くの情報が得られ、食品の粘稠性測定器としてやはり欠かせないものである。

謝 辞

本実験を行なうに当たり、テクスチュロメーターについていろいろ御教示頂いたり、御便宜を与えて頂いた武田薬工食品研究所戸田準氏他皆様様に厚く御礼申し上げますと共に、本実験の遂行に協力して頂いた紺谷(旧姓山下)路子女史に深く感謝する次第です。

参 考 文 献

- 1) S. A. Matz : Food Texture 5 (1962) Avi Pub. Co.
- 2) B. E. Proctor, S. Davison, G. J. Malecki, and M. Welch : Food Tech. 9, 471 (1955)
- 3) H. H. Friedman, J. E. Whitney, and A. S. Szczeniak : J. Food Sci. 28, 390 (1963)
- 4) A. S. Szczeniak, M. A. Brandt, and H. H. Friedman : J. Food Sci. 28 397 (1963)
- 5) 岡部 麗, 山下路子 : 京女大食誌 No. 24, 5 (1969)
- 6) テクスチュロメーターのカタログによる
- 7) 吉川誠次, 西丸震哉, 吉田正昭 : 食糧研究所報告 No. 22, 135 (1968)
- 8) 飯尾尚子 : 調理科学 2, 58 (1969)
- 9) 曾根敏磨 : 食品工業, 11 No. 16, 21 (1968)