

特集：食べ物のおいしさ 4

食べ物のおいしさとテクスチャー*

川 端 晶 子**

(東京農業大学・農学部・栄養学科)

食べ物のおいしさを決定する重要な要素として、色、形などの外観、味、香り、テクスチャーなどがあげられる。食べ物のテクスチャーとは食べ物を手で触れたり、口に入れたときの感覚、咀嚼あるいは嚥下の際の感覚などである。食べ物のテクスチャーに関する研究が精力的に開始されたのは1960年前後である。テクスチャーは食べ物のおいしさの要素としてもっとも大きな比率を占めることが実証され、対応する機器測定法も開発されてきた。食べ物のテクスチャーは「複雑系の科学」の一つであるが、新しい手段を導入しながら精力的な研究活動が展開されることを期待したい。

はじめに

“おいしく食べて健康でありたい”という私たちの願いは、21世紀に向けての研究課題でもある。Courtineの『味の美学』¹⁾によると、美味学 (gastronomie) あるいは美味論 (gastrologie) という言葉が一般に用いられはじめたのは、1800年代であるというが、人間は美味を愛し、人間の本性としての動物的生存意欲を全うするための栄養摂取を目的とした食の営みに、美味の楽しみをあわせ求めている。人類は火の発見によって、食品を加熱して食べるのできる唯一の動物として、味わいの喜びを体験したのである。美味を求めた歴史を振り返ってみると、孔子の『論語』²⁾の中には、味や食に関する言葉が多く見られることや、現存する世界最古の料理書であるといわれている『アピキウス・古代ローマの料理書』³⁾の中にもおいしさを求めて止まない好奇心とともに、高い技術の調理法が満載されている。しかし、美味学の書として筆頭にあげることができるのは、Brillat Savarinの『味覚の生理学 (physiologie du goût : 日本語訳、美味礼賛)』^{4,5)}であろう。この中で味覚についてはかなり詳しく議論されているが、

触覚の問題はこれからのテーマであるとしている。本稿では今世紀後半になって注目を浴びてきた触覚と関係の深いテクスチャーについて考えてみたい。

1. 食品物性研究の流れ

食品のテクスチャーに直接関係するのは食品の物性である。食品物性の流れを要約して表1に示した。“バネの伸びは外力に比例する”というフックの法則の発見は17世紀(1660年)のことであった。ヤングはざりと伸びの相違を明らかにし、棒の圧縮変形に対して、今日のヤング率と呼ばれている弾性率(1807年)の概念をはじめて用いた。19世紀に入って弾性論は急激に進歩し、ポアソンは応力とひずみに関して多くの基礎方程式をつくり、実際の問題に適用して有益な結果を得た。17世紀の半ば1653年に、パスカルは液体の静力学的性質に関するパスカルの法則を発見した。その後、ニュートンは液体の内部摩擦に関するニュートンの仮説を発表している。この仮説は層流の内部摩擦が相対粘度に比例することを意味するもので、ニュートンの粘性法則と呼ばれ

*Received May 13, 1997 ; Accepted May 27, 1997.
Gastronomy and texture.

**Akiko Kawabata: Department of Nutrition, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156, Japan, E-mail: akiko-k@za2.so-net.or.jp

表1 食品物性研究の流れ

年代	レオロジー	食品のレオロジー	食品のテクスチャー
★17世紀	弾性 フックの法則 粘性 ニュートンの法則		
★19世紀	粘弾性 緩和現象の概念 クリープの概念		
★20世紀	レオロジーの発展 コロイド物質及び 高分子物質の力学的性質	☆1930年代 食品のレオロジーの研究 始まる 1953年 スコットブレヤー著 『Foodstuffs-Their Plasticity Fluidity and Consistency』 上記 日本訳 『新食品学-レオロジーについて』	☆1930年代 食品のサイコロロジー の研究始まる 1953年 スコットブレヤー(英) “サイコロロジー”の キーワードを用いる
1929年	レオロジー学会設立(米)	1956年	1960年代 “テクスチャー”の研究 始まる ツェスニアク(米) シャーマン(英)
1973年	日本レオロジー学会設立 (日)	1974年 第1回「食品の物性に関するシンポ ジウム」開催	
		1994年 「高齢者用特別用途食品の規格基準」 に物性値採用 (厚生省)	1970年 『Journal of Texture Studies』発刊(英)
		1996年 「ベビーフード指針」に物性値採用 (厚生省)	ボーン(米)

るようになった。その後も粘性流体力学の研究が続けられ、ストークス、ポアズイユを経て、オストワルドにいたるが、彼はオストワルド粘度計と呼ばれる簡単で実用的な粘度計を考案した。19世紀後半、マックスウェルは弾性をもつ液体、すなわち、粘弾性液体の存在を指摘し、そのような物体の力学的性質は応力の緩和現象によって説明することができるとして、マックスウェルの粘弾性理論を提示した。この理論は今日の粘弾性に関する現象論として最も基本的なもので、マックスウェル模型、直列粘弾性などの概念となって広く用いられている。また、同じ頃、ケルビンとフォークトはひずみの遅延現象を説明することができるケルビン-フォークトの粘弾性理論を示した。この理論はケルビン-フォークト模型（フォークト模型ともいう）、すなわち、並列粘弾性の概念となって広く用いられている。

レオロジーの研究に支えられて、食品のレオロジーの研究に関心が向けられるようになったのは1930年代である。食品のレオロジーの先駆者であるスコットブレヤーは、チーズづくりの職人が品質を判定するのに手で掴むことに着目し、食品の力学的性質を人間が硬さとして知覚する際の精神物理学的要因を明らかにしたいという動機から研究に取り組み、彼がこの分野にサイコロロジー (psychorheology) という名を与えた。1953年、スコットブレヤー著『Foodstuffs-Their Plasticity Fluidity and Consistency』

が出版された。この書の中にサイコロロジーという章がある。サイコロロジーとは、食品のレオロジー的性質と、人間の生理的感覚および心理判断である物理的感覚とを実験心理学の観点から解析しようとするものであり、レオロジーと心理学との境界領域の学問である。すなわち、サイコロロジーとは、食品物性の官能評価による主観的評価と機器測定による客観的評価との対比から口腔生理学、計量心理学、精神物理学とを関連付けて研究しようとするものである。食品のテクスチャーの研究が盛んになったのは1960年代になってからであるが、テクスチャーは食品が身体のある部分との接触によって起こる物理的な刺激に対する触覚の応答であり、感覚受容要素としてのテクスチャーは重要な食品としての特性である。プリアーサヴァランは1826年出版の『味覚の生理学』^{4,5)}の中で味覚と嗅覚の関係については、味覚は嗅覚の強力な支援を受けると述べているが、触覚の問題は次代の重要な課題となろうとして、美味学の対象としては触れていない。1900年代後半になって触覚の応答であるテクスチャーがクローズアップされてきたことは、自然科学としての物性研究の推移とも相俟って興味深いことである。

2. 食べ物におけるテクスチャーの意義

テクスチャー (texture) という言葉はラテン語の“織る”“編む”などを意味するテクソ (texo) から

食べ物のおいしさとテクスチャー

きている。古くより食べ物ばかりではなく、織物や絵画などにも用いられ、きめの細かさや手触りなどの質感、物体あるいは物質の繊細な構成成分の大きさや組織を表す言葉として用いられている。Matz⁶⁾は「食品のテクスチャーとは、温度感覚と痛覚を除いた食品の物理的性質であり、主に口の中の皮膚や筋肉の感触によって決定されるものである」と定義している。Kramer⁷⁾は手指による知覚をも含めて考えている。

現在、一般に考えられている食べ物のテクスチャーとは、食べ物を手や指で触ったときの触感、目から入った視覚的感覚、口中での皮膚感覚や咀嚼による硬さ、粘り、なめらかさ、もろさなどの口ざわりに関与する食べ物の物理的性質を称している。Szczeniak⁸⁾は被験者男女100名に対して74種の食品名を示し、それらに関連のある言葉をインタビューによって聞き取った結果を報告しているが、図1に示すように食べ物のおいしさに関与する品質特性の中でテクスチャーの占める割合は、男性で27.2%、女性で38.2%を占め、平均して最も高い応答であったことがわかる。松本ら⁹⁾は、食べ物のおいしさに関与する品質特性を物理的因子と化学的因子に大別して、アンケート調査を行なっているが、調査対象の16種の食べ物のうち約2/3は、化学的因子よりも物理的因子の比率が大きく、日本人は、如何に食べ物の物理的因子に関心が大きいかがよくわかる。広く評価されている2つのテクスチャープロフィールがある。1つは Szczeniak のテクスチャープロフィール¹⁰⁾であり、食品のテクスチャーに対する感覚的表現を機械的特性、幾何学的特性、その他の特性に分類し、さらに各特性の中の具体的項目と対応させてい

る。もう1つは Sherman のテクスチャープロフィール¹¹⁾であり、食べ物の力学的特性の知覚は動的な流れの中で行なわれることに注目し、人間の感覚的評価も調理を含めた一連の食べる動作の過程でなされるべきであると述べている。

3. 食べ物のテクスチャー

食べ物のテクスチャーを次のような観点から考えることができる。

1) 食品機能としてのテクスチャー

食品の特性を1次機能、2次機能、3次機能とする考え方¹²⁾が台頭して約10年を経ている。2次機能は食品組織や食品成分が感覚に訴える機能であり、食品の品質および嗜好特性がその対象である。2次機能の主要要素として外観、風味およびテクスチャーがある。外観としては、色、光沢、形などのビジュアルなものが基本となっている。風味と呼ばれるものは、舌を中心として味覚センサーと鼻の嗅覚センサーで感じられる匂いなどの化学的物質の刺激に対する口腔内のリセプターへの応答である。また、テクスチャーは、食品と身体のある部分の接触によって起こる物理的な刺激に対する触覚の応答である。

2) 食感要素としてのテクスチャー

食べ物のおいしさを主観的に判断するときの根拠になるものを食感要素というが、それは食べ物によって千差万別で Szczeniak⁸⁾は食感要素としてテクスチャー、フレーバー、色、外観、アロマの5要素に分析している。食べ物の総合評価におけるテクスチャーの重要性は、3つのグループに分類することができる。最も重要なグループはテクスチャーが支配的な品質・嗜好特性である食べ物で、ご飯、肉、

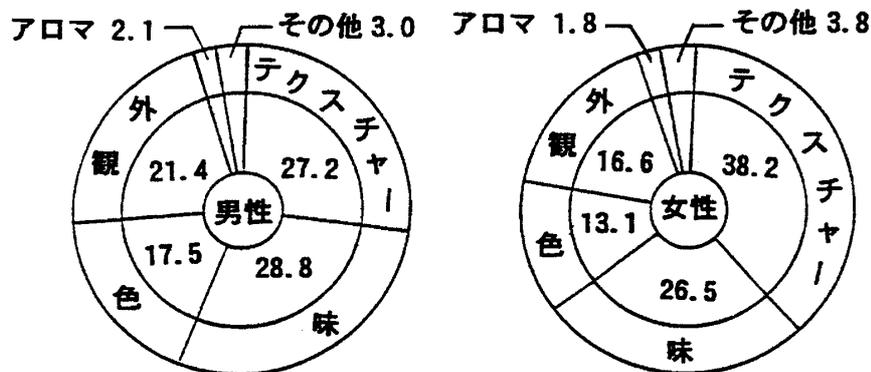


図1 食べ物のおいしさに関与する品質の特性⁸⁾

表2 テクスチャー用語の頻度¹⁶⁾

アメリカー人	日本人
Crisp (かりかりある)	Hard (かたい)
Dry (乾いた)	Soft (やわらかい)
Juicy (汁っばい)	Juicy (汁っばい)
Soft (柔らかい)	Chewy (かみにくい)
Creamy (クリーム状の)	Greasy (脂性の)
Crunchy (ポリポリする)	Viscous (ねばっこい)
Chewy (かみにくい)	Slippery (つるつるした)
Smooth (なめらかな)	Creamy (クリーム状の)
Stringy (ばね状の)	Crisp (カリカリする)
Hard (かたい)	Crunchy (ポリポリする)
78 語	406 語

ポテトチップス、クッキー、せんべい、セロリなどである。次に重要なグループはテクスチャーが支配的な品質・嗜好特性ではないが、多かれ、少なかれ、総合評価に影響を与えている食べ物で、ほとんどの果物、野菜、パン、ケーキなどであり、それほど重要でない食べ物には飲み物、スープなどがある。Yoshikawa ら¹³⁻¹⁵⁾ は日本人に対して Szczesniak⁸⁾ と同様な方法で、女子学生140人に97食品のテクスチャーの描写を依頼し、406個のテクスチャー用語を収集した。これらの研究はテクスチャー特性が食品の品質・嗜好特性要素として重要であり、食べ物のテクスチャーの多様性を示している。Szczesniak と吉川の2つの研究の中で頻度の高い10個の言葉¹⁶⁾ を表2に示した。興味深いことに10個のうち7個が両者に共通である。しかし、テクスチャーの描写用語数は、アメリカ人が78語であるのに対し、日本人は406語を用いている。このことは、両国の食習慣の違いによるものと思われる。これらの結果について Bourne¹⁶⁾ は次のように述べている。“おそらく、日本人が豊富なテクスチャー用語をもっているのは、日本料理のテクスチャーが微妙なニュアンスをより感じやすく作られているからである。その上、日本語にはたくさんの擬声語、擬態語があるが、それらは絵画的であり、食べ物の描写にも広く使われている”。

3) テクスチャーと咀嚼・嚥下機能

咀嚼とは、食べ物を体内に送り込むときに必要な行動の1つであるが、食べるということは、単に歯、あご、筋の働きだけで行なわれるのではない。口の内外からのさまざまな感覚刺激が入力され、それが

脳で処理され、司令となってあごの筋や舌を動かして、歯で噛み、咀嚼して嚥下する働きとなって進められる。食べ物の口中での咀嚼は非常にダイナミックである。人間は食べ物を歯や舌を使って処理するが、このとき酵素を含む唾液が口中に流れ込み、結果として固形の食べ物の形は小さく、硬いものは柔らかくなり、粘度も減少し溶解する。口中でのさまざまな物理的性質をとらえるためには、いつ、どのように咀嚼されているのかという状況と関連する官能評価を行なうことが大切である。1994年、特別用途食品として高齢者用食品の規格基準（厚生省¹⁷⁾ が定められ、咀嚼・嚥下困難者対象に栄養成分のみならず、物性値が採用されたことは意義深いことである。正常な嚥下は図2に示すように、口腔相、咽頭相、食道相の3相から成り立ち、互いに依存し、高度に強調し合って行なわれると論じられている¹⁸⁾。咀嚼・嚥下機能低下の場合には、食事ケアが必要となってくるが、食べ物のテクスチャーは重要な要素である。

4) テクスチャーの知覚

咀嚼によるテクスチャーの知覚に関して Takahashi ら¹⁹⁻²¹⁾ の研究がある。また、Lee III ら²²⁾ は訓練されたパネルを用いて、数種の液状食品を食べた時の口中の動きを自分でモニターしながらリアルタイムで追跡して、液状食品の口中での移動の様子を記録させている。また、同液状食品の嚥下時の音の状態、官能評価による知覚粘度の経時変化を調べるとともに、回転粘度計によるずり応力～ずり速度曲線も求めて総合的に評価している。

食べ物のおいしさとテクスチャー

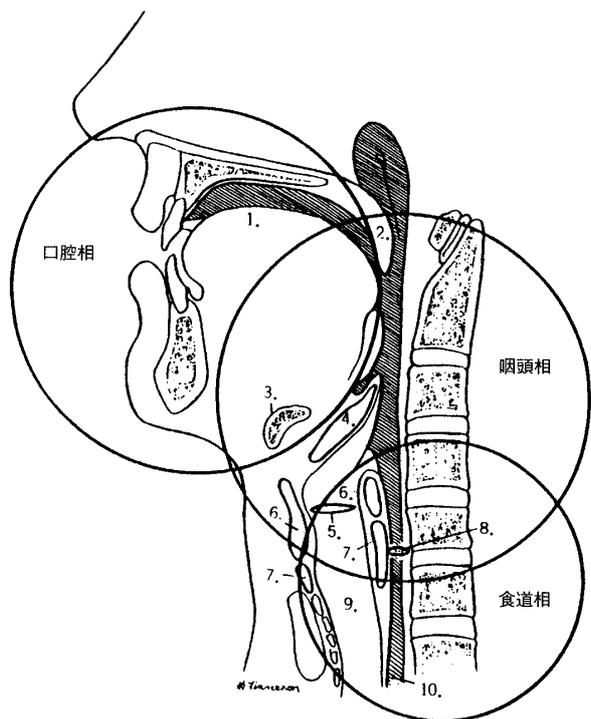


図2 嚥下の3相¹⁸⁾

- 1. 舌 2. 軟口蓋 3. 舌骨 4. 咽頭蓋
- 5. 声帯 6. 甲状軟骨 7. 輪状軟骨
- 8. 咽頭食道括約筋 9. 気管 10. 食道

正常な嚥下は3相からなり立ち、互いに依存し高度に強調している。

5) テクスチャーの評価

食品をたべた時に感じられるテクスチャー（食感）をどのように客観的に評価するか²³⁾について、今日まで多くの研究がなされ、現在も検討されているが、複雑な要素が多すぎてなかなか難しい。テクスチャーの考え方を図3に示したが、目的に応じて重要視する項目を選択する必要がある。とくに、テクスチャーの機器測定と官能評価は汎用性の高い評価法であるが、おいしさに直接的に寄与するのは、官能評価であろう。感覚による食べ物のテクスチャーの評価には、視覚によるもの、手、指、唇、舌、口腔による触覚などが動員されるが、機器測定よりも鋭敏に、デリケートなテクスチャー特性を評価できる場合が多い。しかし、主観的な測定法であるため、官能検査法のルールに従って、適正な条件を満たし、より客観的な情報が得られるよう配慮すべきである。

おわりに

人間学をベースにした“食”の問題は、21世紀の重要な課題としてクローズアップされそうである。精神物理学の提唱から1世紀半を過ぎようとしているが、20世紀の輝かしい科学の発展は生命科学にいどみ、小宇宙でもある人間の脳と心の問題にも科学のライトが当てられ始めている。知覚の問題も取り上げられ、「目で見ると、耳で聴く、皮膚で触る、鼻

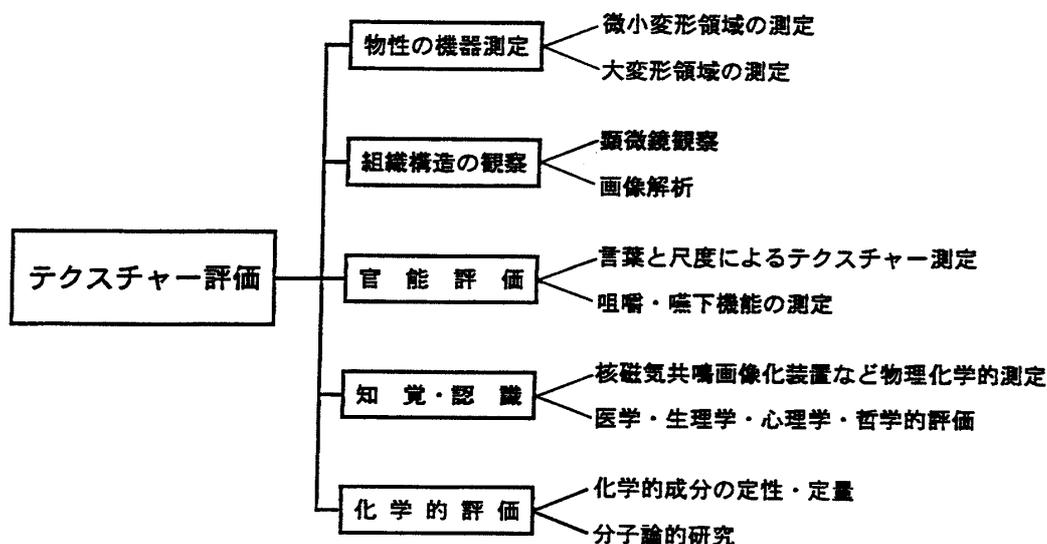


図3 テクスチャーの評価

で嗅ぐ、舌で味わう」という五官は知覚の刺激の窓口として関心が高まりつつある。さらに、食を媒体とした脳と心の問題にも言及される時代が到来しそうである。食べ物のテクスチャーも「複雑系の科学」の一つであるが、新しい手段を導入しながら精力的な研究活動が展開されることを期待したい。

参考文献

- 1) ロベール・J・クールティエヌ (黒木義典訳) : 味の美学、白水社、東京 (1970)
- 2) 江連 隆 : 論語と孔子の事典、大修館書店 (1996)
- 3) ミュラニユコタ・宣子訳 : アピキウス・古代ローマの料理書、柴田書店、東京 (1987)
- 4) Brillat-Savarin : *Physiologie du gout*, Julliard, Paris (1965)
- 5) ブリアーサヴァラン (関根秀雄・戸部松実訳) : 美味礼賛(上)・(下)、岩波書店、東京 (1967)
- 6) Matz AS: *Food Texture*, The Avi Publ.Co., Westport, Connecticut, p. 5 (1962)
- 7) Kramer A: *Food Technol.* 18, 304 (1964)
- 8) Szczesniak AS and Kleyn DH: *Food Technol.* 17, 74 (1963)
- 9) 松本伸子、松元文子 : 調理科学、10, 97 (1977)
- 10) Szczesniak AS: *J. Food Sci.* 28, 385 (1963)
- 11) Sherman P : *J. Food Sci.* 34, 458 (1969)
- 12) 藤巻正生監修 : 食品機能、学会出版センター、東京 (1988)
- 13) Yoshikawa S, Nishimaru T, Tashiro T and Yoshida M: *J. Texture Stud.* 1, 437, (1970)
- 14) Yoshikawa S, Nishimaru T, Tashiro T and Yoshida M: *J. Texture Stud.* 1, 443, (1970)
- 15) Yoshikawa S, Nishimaru T, Tashiro T and Yoshida M: *J. Texture Stud.* 1, 452, (1970)
- 16) Bourne MC: *Food Texture and Viscosity*. Academic Press, New York, p. 3 (1982)
- 17) 川端晶子 : 応用糖質科学 43, 403 (1996)
- 18) Groher ME (藤島一郎監訳) : 嚥下障害 その病態とリハビリテーション、医歯薬出版(株)、東京 (1996)
- 19) Takahashi J and Nakazawa F : *J. Texture Stud.* 22, 1 (1991)
- 20) Takahashi J and Nakazawa F : *J. Texture Stud.* 22, 3 (1991)
- 21) Takahashi J and Nakazawa F : *J. Texture Stud.* 23, 139 (1992)
- 22) Lee III WE, Takahashi K and Pruitt JS : *Food Technol.* 45, 10 (1992)
- 23) 森 友彦、川端晶子編 : 食品のテクスチャー評価の標準化、光琳、東京 (1997)

<著者紹介>

川端晶子氏略歴

- 1947年 日本女子大学家政学部卒業
 1965-1967年 フランス国立農学研究所客員研究員 (フランス政府給費留学)
 1970年 東京農業大学農学部助教授
 1977年 東京農業大学農学部教授、農学博士
 1982年 フィリピン大学食品科学工学研究所客員教授
 1986年 東京農業大学大学院農学研究科教授
 1997年 定年退職、東京農業大学名誉教授、日本食環境研究所所長

