

総説特集 素材のおいしさを科学する -3

チョコレートのおいしさを科学する*

高橋 伸彰**

(森永製菓株式会社研究所)

チョコレートのおいしさについての官能評価による検討結果を紹介した。記述的評価法による分析では、風味や食品テクスチャーに関する約20種類の評価用語が抽出され、これに基きチョコレートの風味の分類を行なうとともに、嗜好との関係についても考察を行った。また、時間-強度曲線法を導入し、摂食中のチョコレートの風味の経時的変化を評価した。チョコレートのおいしさを考慮するに際しては、付着や残留といったような咀嚼物のレオロジーや物理化学的性質も考えあわせなくてはならない。

キーワード：チョコレート 官能評価 記述的評価法 時間-強度曲線法 咀嚼

はじめに

洋菓子の重要な素材として、またそれ自体楽しめる魅惑的な菓子として、チョコレートのおいしさを知らぬ者はいない。I-Min Lee と Ralph S. Paffenbarger Jr. は、菓子を適度に摂取している者には長寿の傾向があり、その原因は不明としながらもチョコレートに含まれる抗酸化物質が関与しているかもしれないと報告した¹⁾。実際、チョコレートの主要な原料であるカカオ豆は、ヒトにとって有用な種々の成分を含んでいることが知られている²⁾。このようなことから、チョコレート独特の魅力的な嗜好性も生理活性成分によって説明しようとする試みもあるが、はっきりしたことはわかっていない³⁾。やはりチョコレートの固有のおいしさは、その風味や食感に由来すると考えるのが妥当であろう。冒頭の報告¹⁾も、菓子のもたらすおいしさが精神的な緊張を緩和し、QOLを向上させたためだと考えることもできるのではないだろうか。チョコレートをはじめとする菓子のおいしさは、人をたのしく、すこやかにするのである。

このようなチョコレートのおいしさは、カカオ豆の品種や栽培地域、収穫後に行なわれる発酵などの

処理条件、チョコレート製造工場におけるレファインニング、コンチングなどといった工程処理、さらには、粉乳などの副原料の配合や組成などの影響を受ける²⁾。加えて、チョコレートの形状や品温、そして食べ方（噛むか、なめるか）といった要素も影響する。チョコレートのおいしさにはこのように非常に多くの因子が複雑に関与しており、それゆえに、その科学的な研究には特有のむずかしさがある。本稿では官能評価の側面から、チョコレートのおいしさについて検討した結果を紹介したい。

1. 記述的評価法による評価

チョコレートのおいしさは多彩である。この多様なチョコレートの風味を統一的な基準によって客観的に定量化することは、産業上からも有用である。そこで私たちは、官能的性質をいくつかの評価項目について定量的に測定する記述的評価法⁴⁾を用い、チョコレートの評価を行った。

パネルは20代から40代の9名とした。パネルはチョコレート全般の風味評価に関する基礎的な訓練を行ない、全員がチョコレートの風味の言語的な表現に熟達したと判断されてから、ミルクチョコ

* Recieved May 18, 2005; Accepted June 20, 2005

Scientific research of the deliciousness of chocolate

** Nobuaki Takahashi: Research Institute, Morinaga & Co., LTD., 2-1-1, Shimosueyoshi, Tsurumi-ku, Yokohama, 230-8504, Japan; n-takahashi-jb@morinaga.co.jp; Fax +81-45-571-6109

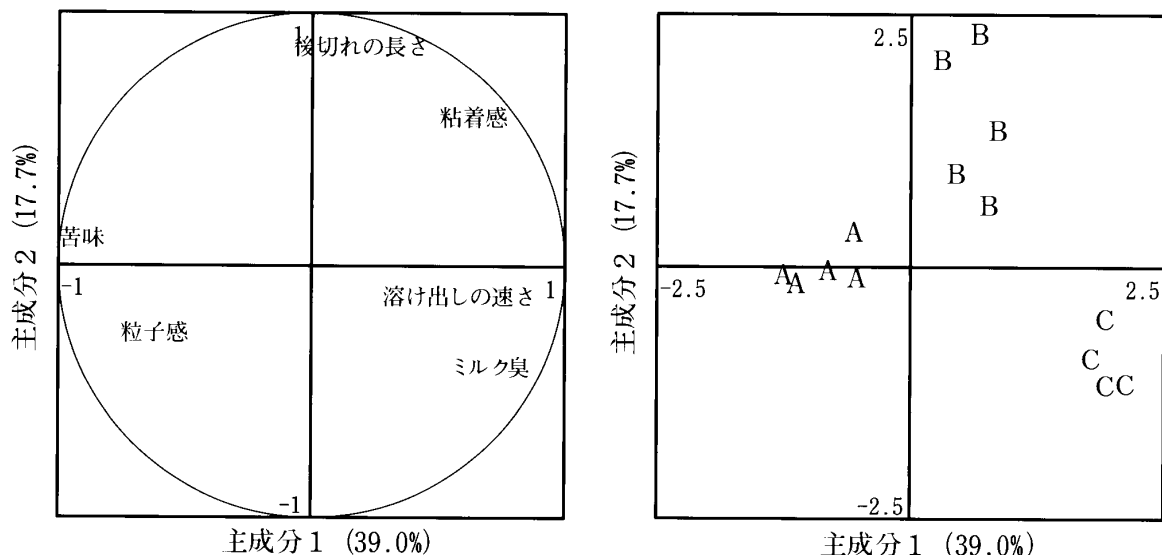


図1 主成分分析結果の2次元空間プロット。

左：因子負荷量^{a)} 右：主成分得点^{b)}

- a) 因子負荷量：全ての評価用語をもちいて主成分分析を行なったが、図では代表的な評価用語の位置をしめす。
- b) 主成分得点：A・5ロット、B・5ロット、C・4ロットの位置をしめす。

レートを対象として、味、かおり、食品テクスチャーを表現する評価用語の抽出を行った。その結果、風味とテクスチャーに関する約20個の評価用語が抽出された。用語の抽出後、各パネルの採点の仕方をそろえるための訓練を行い、採点に習熟したと判断されてからデータの採取を行った。評価時の室温および品温は20℃とした。板チョコの場合は型に従ってあらかじめ切断し、チョコレートの粒の大きさが5g未満の場合は1粒を、5g以上の場合は半分を口に入れ、かならず咀嚼して摂食することとした。1品あたりの試食回数は2回に限定した。また、評価は1日に2品のみとし、評価の間には20分以上の休憩をいれて、感覚の回復を待った。休憩中は口なおしの水を自由に飲んで良いこととしたが、他の飲食は一切禁止した。感覚強度は7段階のカテゴリー尺度によって点数化し、全パネルのデータから平均値を求め、それを個々のサンプルの評点とした。

記述的評価法によって得られた評点を主成分分析によって解析した結果を図1にしめす。図から明らかのように、3種チョコレート(図中A~C)を、官能的な特徴によって明確に分類することができた。これらの結果は、実際に試食した際の総合的な印象と非常に良く合致していた。

以上のように、記述的評価法は対象の官能的性質を評価するためには非常に有用であるが、おいしさ(嗜好性)を知ることはできない。そこで、記述的

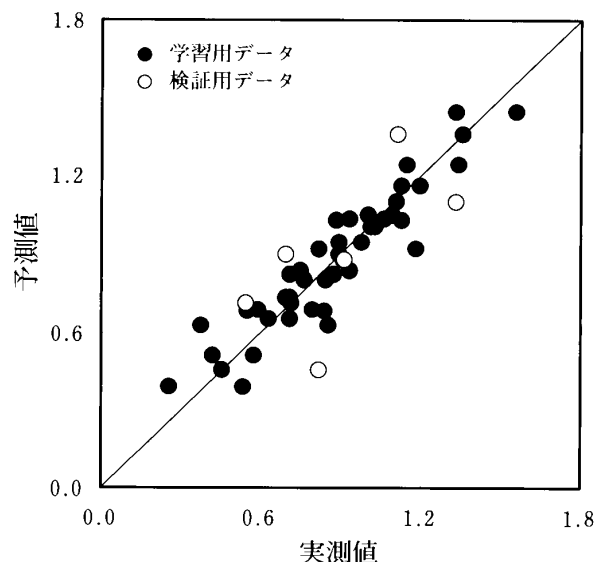


図2 ニューラルネットワークによる嗜好性の予測の検討。

評価法の結果から、嗜好性を予測することができるかどうか検討を行った。予測手法としてニューラルネットワーク⁵⁾を用いた。図2に嗜好性(総合的な好ましさ)の実測値と予測値の散布図をしめす。黒点は学習用データに対する予測結果を、白点は検証用データに対する予測結果をしめす。学習用データに対しては比較的良好な精度で嗜好性を予測することができたが($R^2=0.87$)、検証用データに対する予測精度は低く($R^2=0.42$)、さらなる検討・改良の余地があるものと思われる。しかし、チョコレートの

おいしさのように複雑な現象が、比較的少数の変数を用いた線型モデルによって十分説明ができるとは考えにくい。したがって、今後チョコレートのおいしさの研究においても、ニューラルネットワークのようなモデルを用いた食感性工学的アプローチの重要性が増して行くのではないと思われる。

2. 時間-強度曲線法による評価

固形状の食品の風味を考える場合、咀嚼など、口腔内でのプロセスを無視することはできない。なぜなら、固形状の食品は口腔内でのプロセスを経て初めて本来の呈味成分や香気成分が発現されるためであり、また多くの場合、このプロセスによってテクスチャーも認識されるからである。こうした事情は、チョコレートにもあてはまる。たとえばチョコレートのおいしさを語る際、しばしば「口どけ」という表現が用いられる。これは、単位時間あたりにおける、テクスチャーや風味の変化率を感覚的に表現し

たものとも考えることもできるだろう。ただし、こうした咀嚼のプロセスを考慮する際に忘れてはならないことは、個体間で口腔や鼻腔の解剖学的形状にかなり大きな違いがあり⁶⁾、またそれに一部関連しているが、咀嚼パターンにも相当な個体差が存在するということである(図3、図12)。すなわち、解剖学的な違いによる個体差が、テクスチャーのような物理的感覚ばかりでなく、味や香りといった化学感覚の感じ方の違いにも強い影響を与えているのである。

図4に、チョコレートを嚥下しないようにしながら咀嚼し、5秒間隔で吐き出した物の写真をしめす。当初固形であったチョコレートが、口腔内で咀嚼されていく間に破碎と溶融が進行し、最終的には唾液中にけん濁した粘稠なエマルジョンに変化してゆくのわかる。図5は、図4における咀嚼中のチョコレートの咀嚼物の重量を測定したものである。咀嚼20秒後には、重量比にしてチョコレート

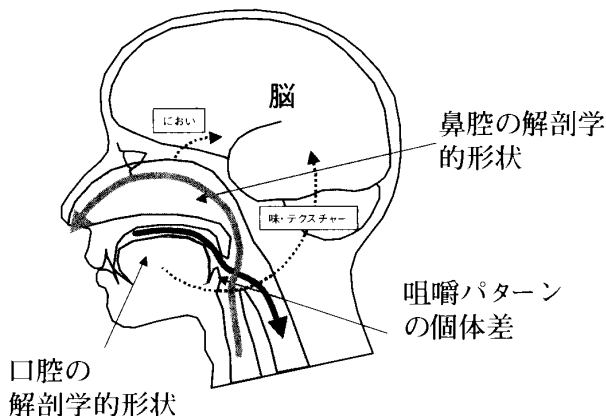


図3 風味の感じ方の個人間差に関与する解剖学的因子。

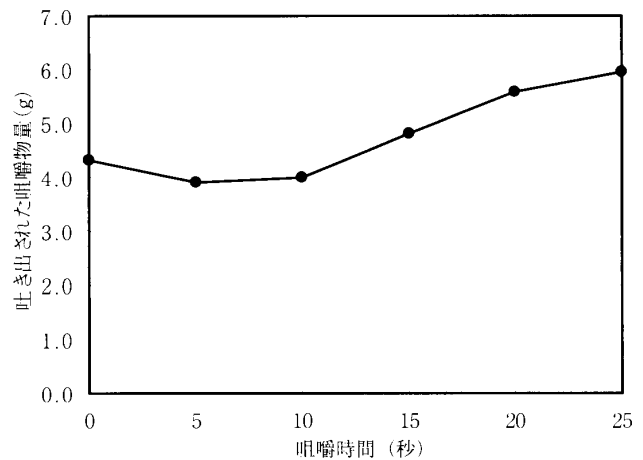


図5 咀嚼中のチョコレートの重量変化。



図4 咀嚼中のチョコレートの変化。

の50パーセントあまりに相当する量の唾液が分泌されていることがわかる。実際の摂食の場面では、咀嚼と嚥下は同時に進行するので、かならずしもこのような経過をたどるとはいえないが、口腔内におけるチョコレートの変化を考える上で示唆的であろう。なお、摂食5秒後から10秒後にかけて吐出されたチョコレートの重量が、もとのチョコレートの重量よりも減少しているが、これは口腔内にチョコレートが付着・残留し、完全には吐出することができなかったためである。実はこのような口腔内への付着や残留も、チョコレートのおいしさを考える上で決して無視できない要素なのである。図6は、異なる2銘柄のチョコレートの風味の嗜好性（総合的な好ましき）について、20名のパネルを用いてシェッフエの一対比較法（原法）⁷⁾により官能評価を行なった結果をしめしたものである。本来ならば同じ値となるはずの嗜好度の差が、試食順序によって大きく変わることがわかる。シェッフエの一対比較法（原法）では、サンプル間の嗜好度の差ばかりでなく、試食順序が与える効果（順序効果）も検定することができる⁷⁾が、図6の場合、順序効果は有意($p=0.03$)であった。つまり、この試食順によって生じる嗜好差の違いは、順序効果によると考えら

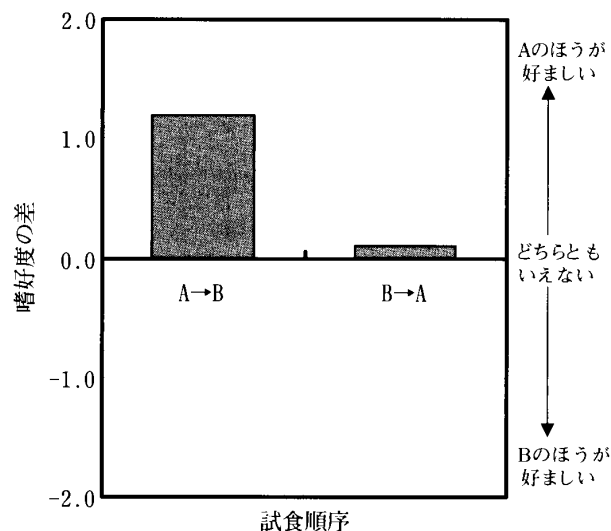


図6 試食順序がチョコレートの嗜好性に与える効果。

本来シェッフエの一対比較法（原法）では、後に評価したサンプルを基準にして、先に評価したサンプルの特性を点数化する⁷⁾。したがって、Aを好ましいとした場合でも、試食順序によって点数の符号が異なる。しかし、本図では試食順によらず、Aを好ましいとした場合はプラス、Bを好ましいとした場合をマイナスとして表示している。

れるのである。一般的には、順序効果は心理的效果に限定して定義されている⁸⁾が、私たちは後述するような実験的事実から、このような現象はチョコレートの口腔内への付着・残留などの要素も加味しなければ、十分に説明しえないと考えているのである。

以上のような理由により、チョコレートのおいしさを科学的に研究するためには、咀嚼などによる口腔内プロセスに伴う風味の経時的変化を知ることが必要であると考えられた。そこで私たちは時間一強度曲線法^{4,9)}を導入し、チョコレートにおける代表的な官能特徴のひとつである甘味について官能評価を行った。

図7に2種類のチョコレートの甘味を、4名のパネルが時間一強度曲線法によって評価した結果をしめす。データのパネル間差が相当に大きいことがわかる。これは、前述したように、口腔、鼻腔などの解剖学的な形状といったようなパネルの個体間差を反映しているものと思われる。しかし、全体的な傾向として、サンプルXよりもサンプルYのほうが甘さの最大強度が大きく、かつ甘さの持続時間が長いことが容易にデータから解釈することができる。適切な手法を用いれば、これらの一般的な傾向を的確に表現できるような格好でデータの集約ができるはずである。時間一強度曲線法にはいくつかのデータ集約法が提案されているが¹⁰⁾、私たちはそれらを参考にし、図8にしめしたような手法によりデータの集約を行なうことにした。ここでは、時間一強度曲線に母曲線ともいべき真の曲線が存在し、それにパネルの個体間差などから来る変動が、感覚強度と時間軸の2次元方向に対し誤差として加わると仮定した上で、感覚強度と時間についてそれぞれ算術平均を求めることにより、母曲線の推定値を得るという考え方をとった。

図9に、8種類のチョコレート菓子の甘味を時間一強度曲線法で評価した結果をしめす。各サンプルの時間一強度曲線の形状はそれぞれ固有の特徴を有しており、チョコレート菓子の甘味は、単に最大強度だけではなく、その変化パターンや持続性によっても特徴づけられる、多次元的で複雑な性質を持っていることがわかる。

実際のチョコレートの食シーンを考えると、チョコレートを一粒だけ食べるということは少なく、連

チョコレートのおいしさを科学する

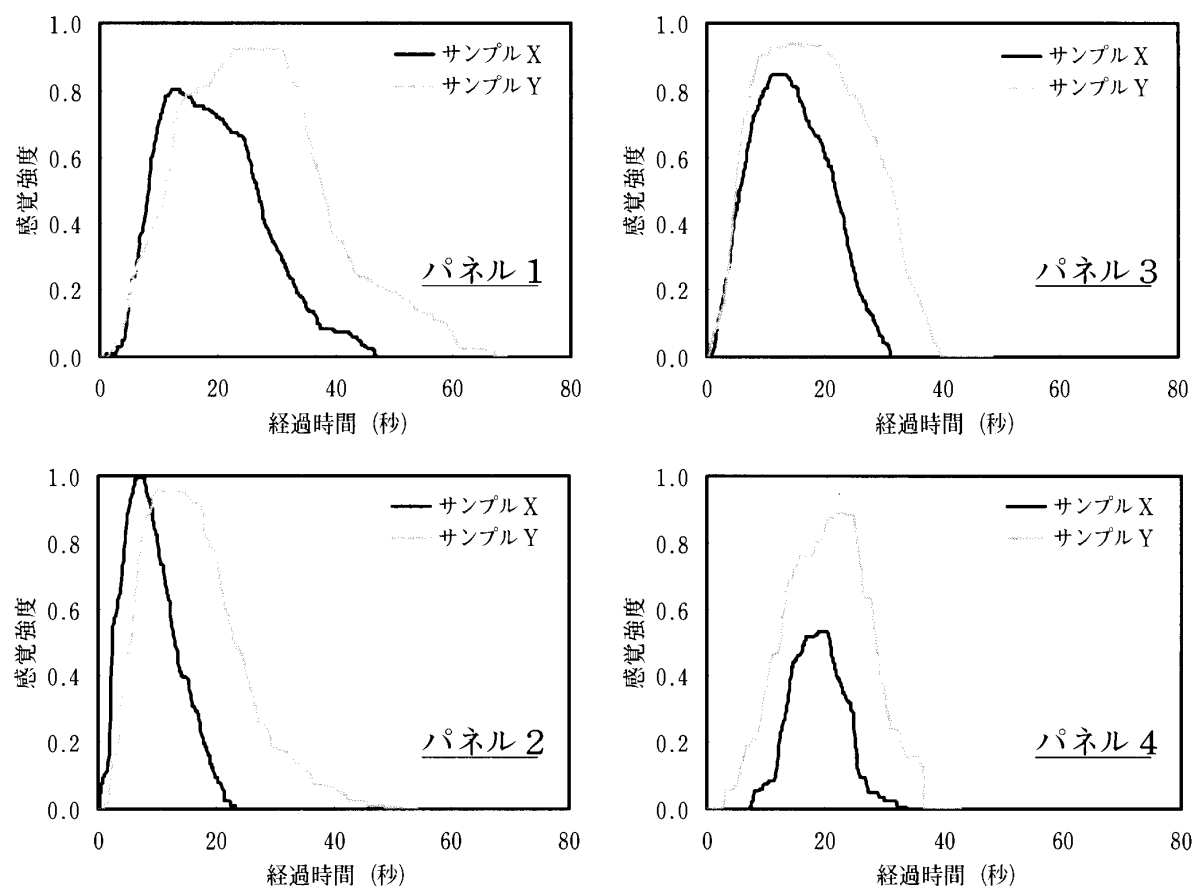


図7 時間-強度曲線の個人間差。

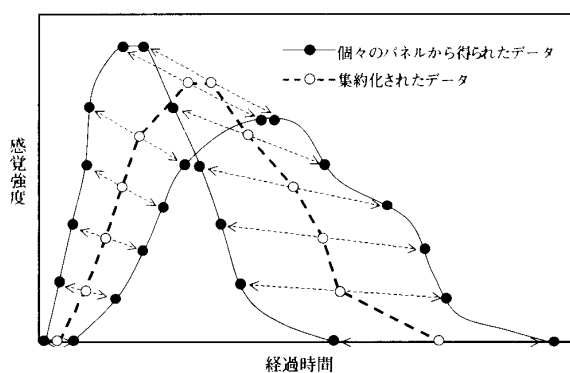


図8 時間-強度曲線の集約法。

- 1) 最大強度を単位とし、それに対する任意の比率の感覚強度（たとえば20%きざみにする等）に該当する点を各パネルの時間-強度曲線の上昇系列と下降系列のそれぞれから探索し、それに到達する時間を調べる（図中黒点）。なお、最大強度に到達してから一定の時間それが持続するが普通なので、最大強度については、その到達時間と終了時間の2つについてデータの集約を行った。
- 2) 各パネルの上昇系列と下降系列について、最大強度 $\times 0.0 \sim \times 1.0$ にそれぞれ対応する感覚強度と到達時間の算術平均を求める（図中矢印）。
- 3) 得られた感覚強度とそれに対応する到達時間の平均値（図中白丸）をもって、平均化曲線の推定値とする。曲線数が3つ以上の場合も同様にしてデータの集約を行う。

続的にチョコレートを摂食するのがむしろ普通であるが、図6にもしめたように、チョコレートを連続的に摂食すると、感じられる風味は変化する。そこで、図10にしめたような実験計画を作成し、連続的にチョコレートを試食した時に感じられる甘味を時間-強度曲線法によって調べることにした。また別途、嚥下時間を測定し嚥下後の甘味の残存時間についても考察できるようにした。

図11は、摂食1回目、10回目、20回目における甘味の時間-強度曲線を示したものである。摂食回数が増すに従って、感じられる甘味の最大強度が強まると同時に、持続時間も長くなることがわかる。図12は、嚥下時間をパネルごとにしめたものである。咀嚼・嚥下のパターンは、個人差が非常に大きい一方で、個人内ではかなり強固に一定化していることがわかる。こうした個人間の嚥下パターンの差が、図7にしめた時間-強度曲線上の違いにも反映されていると考えられる。図13は、時間-強度曲線において甘味が消失した時間から嚥下までの時間を差し引いた値をしめたものである。嚥下後も口腔内にあきらかに甘味が持続しており、摂食

高橋

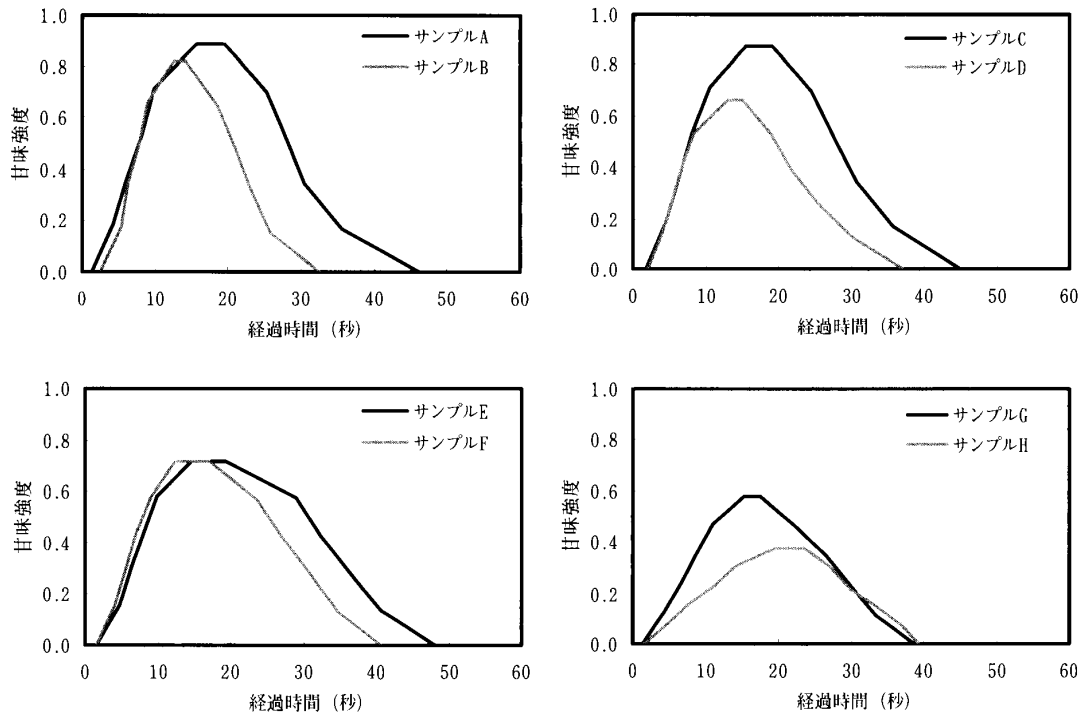


図9 8種チョコレート菓子の時間-強度曲線。

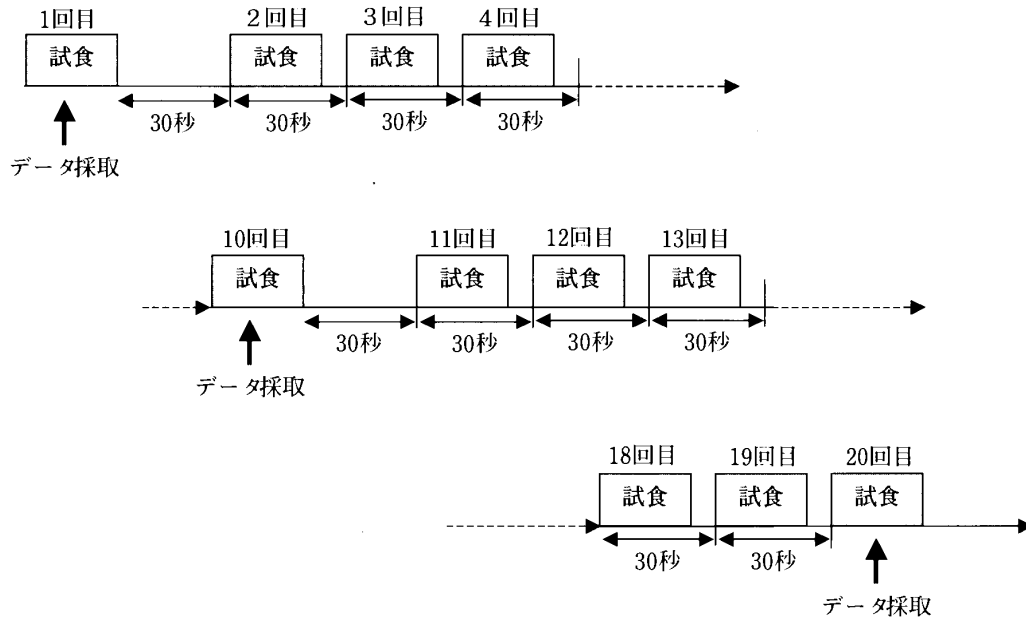


図10 連続試食の検討概要。

2回目および11回目については、1回目および10回目の試食における甘味が消失してから、30秒後に次の試食を開始した。他の回数では、試食を開始してから30秒後に次のサンプルの試食を開始した。

回数が増すにしたがってその持続時間が長くなっていることがわかる。これは、口腔内に付着・残留した甘味物質が、唾液によって洗い流されるまでの時間が次第に長くなっていることをしめしているものと思われる。チョコレートにおいて顕著な順序効果が、心理学的な原因によるばかりではないと私たちが考えるのは、このような実験的事実からもきてい

るのである。チョコレートの口腔内プロセスとおいしさの関係を科学的に解明してゆくためには、咀嚼パターンや、口腔、鼻腔の解剖学的形状の個人差が与える影響も考慮しながら、咀嚼物のレオロジー的性質や、物理化学的性質について総合的に研究を行ってゆく必要があると思われる。

チョコレートのおいしさを科学する

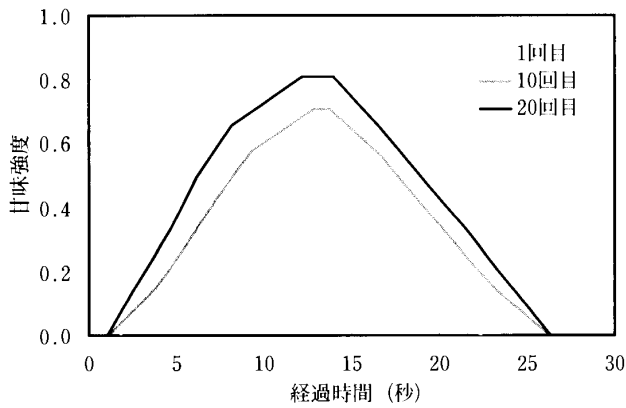


図11 試食回数が時間-強度曲線の形状に与える影響。

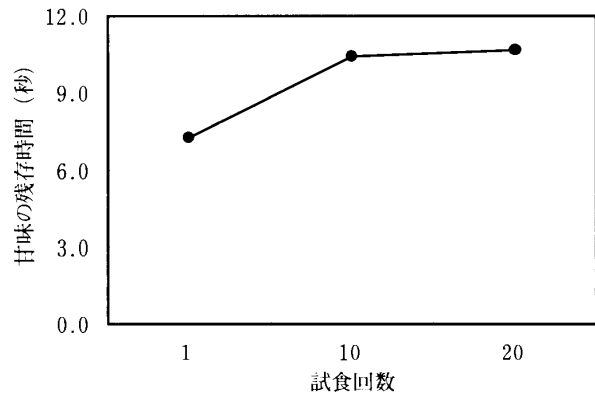


図13 試食回数と甘味の残存時間の関係。

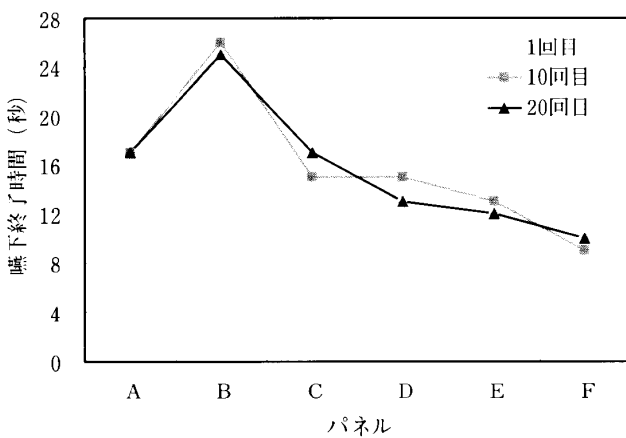


図12 試食回数と嚥下時間の関係。

文献

- 1) I-Min Lee and RS. Paffenbarger Jr: Life is sweet: candy consumption and longevity. *Br. Med. J.* 317, 1683-1684 (1998)
- 2) 蜂屋巖: チョコレート. 菓子の事典 (小林彰夫, 村田忠彦編), 朝倉書店, 東京, pp.354-384 (2000)
- 3) Emmanuelle di Tomaso, Massimiliano Beltramo and

Daniele Piomelli: Brain cannabinoids in chocolate. *Nature* 382, 677-678 (1996)

- 4) 小塚彦明: 官能評価, おいしさの科学事典 (山野善正編), 朝倉書店, 東京, pp.90-99 (2003)
- 5) 相島鐵郎: ニューラルネットワーク. おいしさの科学 (山野善正, 山口静子編), 朝倉書店, 東京, pp.174-179 (1994)
- 6) P Overbosch, WGM Afterof and PGM Haring: Flavor release in the mouth. *Food Rev. Int.* 7, 137-184 (1991)
- 7) 佐藤信: 統計的官能検査法, 日科技連出版社, 東京, pp.231-244 (1985)
- 8) JIS Z 8144: 2004 官能評価分析-用語, 日本規格協会, 東京 (2004)
- 9) Dijksterhuis GB and Piggott JR: Dynamic methods of sensory analysis. *Trends Food Sci. Technol.* 11, 284-290 (2001)
- 10) HJH MacFie and YH Liu: Developments in the analysis of time-intensity curves. *Food Technol.* 46, 92-97 (1992)

<著者紹介>

高橋 伸彰（たかはし のぶあき）氏略歴

1989年3月 東京農工大学大学院農学研究科修士課程修了

1989年4月 雪印乳業株式会社入社

2002年8月 森永製菓株式会社入社 研究所 R&D イノベーションセンター副主任
任研究員

2005年1月 同 研究所 官能評価担当マネジャー、現在に至る。

