

味覚の個人差の数量的分析 — 時系列官能評価法のための外れ値分析 —

Quantitative analysis of individual differences in food taste experiences: Outlier analysis for sequential sensory evaluation

夏目 滉大
指導教員 岡本 正吾

東京都立大学 システムデザイン学部 情報科学科

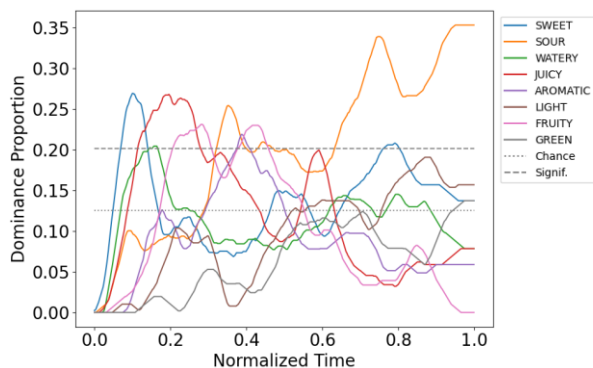
キーワード：時系列官能評価法, Temporal Dominance of Sensations

1. 緒論

味・香り・食感など食事中に体験される感覚の経時変化を計測する手法である時系列官能評価法のひとつに Temporal Dominance of Sensations 法^[1] (以下 TDS 法)がある。TDS 法を用いることで経時的に変化する感覚を数量化できるが、この手法は、全パネル(評価者)間の平均的な体験を数量化することを目的としており、個人差分析に適していないと考えられている。実際に、TDS法の個人差分析に関する研究はこれまでにほとんど報告されていない。そこで、われわれは TDS 法における評価結果の個人差および外れ値分析のための手法を提案する。

2. TDS 法の概要

TDS 法では、パネルが最も支配的に感じる感覚を都度コンピュータ・スクリーン上の複数のボタンの中から1つを押すことで回答する。各ボタンには感覚を表す評価語が記載されている^[1]。全パネルのうち、ある時刻においてある感覚を支配的とするパネルの割合を、その感覚の占有割合と呼ぶ。時刻を横軸にして平面内に占有割合をプロットすると [Fig. 1] のようなグラフ (TDS カーブ)が得られる。全ての評価語に対してこの作業を行うことで、その製品の食体験の時系列を可視化することができる。なお [Fig. 1] の例はイチゴを用いた実験で TDS カーブを導出したものである。



[Fig. 1] イチゴの TDS カーブ

3. TDS における類似度・非類似度指標

TDS 法の試行 A における評価語 i に対し時刻 t を変数とする二値関数 $A_i(t)$ が得られる。これは 0 (選択されていない) または 1 (選択されている) のどちらかの値をとる。また $A_0(t)$ は時刻 t においてどの選択肢も選択されていない場合にのみ 1 の値をとるものと定義する。TDS では複数の評価語が同時に選択されることはないため、ある時刻 t における $A_i(t)$ の総和は 1 になる。 $A_0(t)$ を用意するのは、何も選択されていない時点でも $A_i(t)$ の総和が 1 になることを保障するためである。これにより、最初の評価語が選択されるまでの時間が異なる 2 つの試行を同様に扱うことができる。

実際には t はコンピュータ内で離散的な値となる。離散化の幅を Δt とする。2 つの試行 A および A' がどのくらい類似していないかを示す指標を以下のように定義した。

$$d(A, A') = \frac{1}{\sqrt{2R}} \sum_{k=0}^R \sqrt{\sum_{i=0}^q (A_i(k\Delta t) - A'_i(k\Delta t))^2}$$

d : 非類似度

q : 評価語数

R : 時間の分割数

これは試行 A と A' を $q+1$ 次元空間内の座標

$$(A_0(t), A_1(t), \dots, A_q(t)) \text{ と } (A'_0(t), A'_1(t), \dots, A'_q(t))$$

として見た際の、2 試行の幾何的な距離(ユークリッド距離)の時間平均である。

前述のとおり、ある時刻 t における $A_i(t)$ の総和は 1 である。したがってユークリッド距離の最大値は $\sqrt{2}$ となる。全体を $\sqrt{2}$ で割っているのは、 d の最大値を 1 にするためである。これにより、 $0 \leq d \leq 1$ の範囲で 2 つの試行の非類似性を示す指標を実現する。

また、1 と非類似度との差 ($1-d$) を「類似度」と定義した。これは 2 つの試行の類似性を示す指標であり、1 (完全一致) から 0 (完全不一致) の値をとる。

4. 非類似度指標を用いた外れ値発見

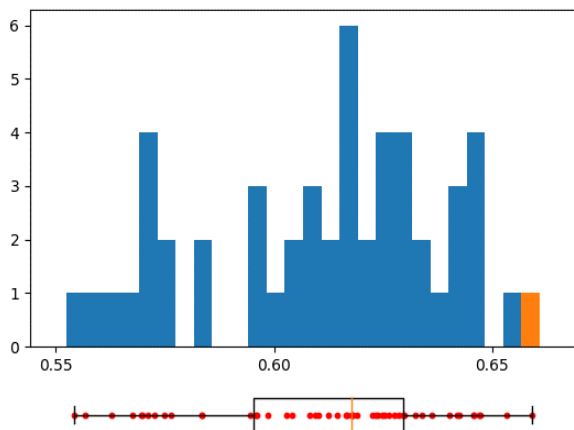
n 回の試行の結果は $A_1^t(t), A_2^t(t), \dots, A_n^t(t)$ と表すことができる(上付き数字は通し番号). これらの平均をとることで, 全体の占有割合, すなわち [Fig. 1] の TDS カーブを表す関数が求められる.

$$P_i(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n A_i^k(t)$$

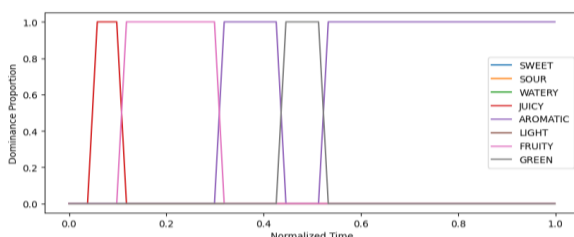
ここで非類似度関数 d を使い, $k = 1, 2, \dots, n$ に対し $d(A^k, P)$ を求めることで, A^k と P の非類似度(つまり平均からの距離)が算出される. $P_i(t)$ は二値関数ではないが, ユークリッド距離は座標の二値性・多値性を問わないため, d を適用することができる. ここでは第 2 節でも触れたイチゴの実験データを使い, 集合 $C = \{x | x = d(A^k, P), k = 1, 2, \dots, n\}$ の分布から外れ値の発見を試みる. 集合 C が正規性を持つと仮定し, 標準化したのちコルモゴロフ=スミルノフ検定を適用すると, $p \approx 0.38 > 0.05$ となり, 仮定は棄却されなかった. [Fig. 1] のサンプルから計算した d の分布を [Fig. 2] に示す.

箱ひげ図のひげの長さは箱の長さの 1.5 倍以下 (1.5IQR) である. ひげの上側に外れた点を外れ値とみなすと, 該当する点の存在は確認できなかった.

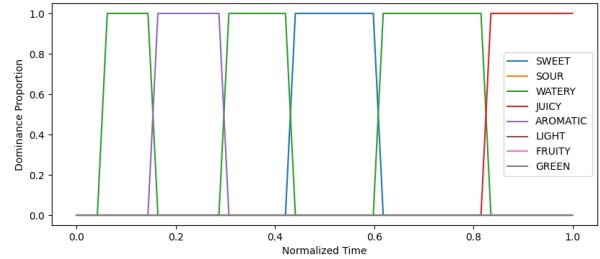
次に, 標準偏差を用いた外れ値発見を試みた. 全体のおよそ 90% が収まる $\pm 1.64\sigma$ よりも外側の要素のうち正の方向へ外れているものを外れ値とみなすと, 該当する要素が 1 つだけあった. その試行の $A_i(t)$ を [Fig. 3] に示す. 2 番目に平均から遠い試行についても併せて [Fig. 4] に示す. なお, 各カーブは見やすいように前後 0.02 の区間で移動平均をとってある.



[Fig. 2] 集合 C の分布



[Fig. 3] 最も平均 P から遠い試行



[Fig. 4] 2 番目に平均から遠い試行

両者の $d(A^k, P)$ の値はそれぞれ 0.659, 0.653 となっており大差はないものの, 分布において 1.64σ を超過する前者のみが外れ値に分類される結果となった. それぞれを全パネルの平均である [Fig. 1] と比較してみる.

[Fig. 3] の評価者は, 実験前半で JUICY, FRUITY, AROMATIC を選択している. これらは [Fig. 1] の前半においてもピークを迎えている. この評価者は, 後半に AROMATIC を選択しているが, [Fig. 1] を見るとその後半での占有割合は徐々に下がっている. また, この評価者は平均的には占有割合が小さい GREEN を選択している. これらのことから, 占有割合の小さい評価語を主に後半で選択したことでこの評価者の試行は評価者全員の平均から隔たっている.

[Fig. 4] では, WATERY がまず選択され, これは平均的な挙動と一致している. 同様に, 中盤で選択されている SWEET も平均的な挙動と一致する. しかしながら, この評価者がそれ以外に選択した評価語は平均的な挙動と一致していない. したがって, この評価者も [Fig. 1] の平均的なカーブから逸脱している.

以上のように非類似度指標を導入することによって, 全評価者の平均的な挙動から逸脱した評価者を特定することが可能となった.

6. 結論

TDS 法のための類似度・非類似度指標は, 外れ値をはじめとする特定の試行を抽出したり, 集団から分離したりするのに役立つと考えられる. 今後はより精度を高めるための改良が課題となる.

引用文献

- [1] ISO 13299, Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile, International Standardization Organization, 2016.