食品間のアミノ酸パターンの類似性について (第3報)

Amino Acid Pattern Similarity between Foods in Japan (Part 3)

(昭和44年8月19日受理)

田村 真八郎* 大沢 文江*
(Sinpatiro Tamura) (Fumie Osawa)

An amino acid pattern distribution map of 68 Japanese foods was prepared. For this purpose radian distances between each amino acid pattern were calculated. Radian distance $R(A, B)$ between pattern $A(a_1, a_2 \dots, a_n)$ and pattern $B(b_1, b_2 \dots, b_n)$ was defined as follows,

$$R(A, B) = \theta(\text{radian}) = \cos^{-1} \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2}}$$

in which θ is an angle between vector OA and vector OB. For the preparation of the map, the nearest two radian distances with an amino acid pattern of each food were used. Natures of the amino acid pattern distribution clarified in the map were discussed.

目 的

日本の主要食品のアミノ酸パターンについて、パターン類似率表を作成した結果¹⁾ およびそれについての考察²⁾ については先に報告した。今回は食品のアミノ酸パターンが、全体的にみた場合にどのような分布状態になっているかを明らかにするために、アミノ酸パターンの分布図を作成した結果につき報告する。

方法および結果

アミノ酸パターン類似率表にのっている152種の食品のうちから主要なもの68点をえらび出し、この68種の食品間で、各々の食品について類似率の高いものから順に数点の食品を採り出し、それらについてパターン類似率をパターン間距離³⁾ に換算し直した。その結果は第1表(パターン間距離順序表)に示した。また第1表中には、アスパラギン酸のみでその他のアミノ酸を全く含んでいないアミノ酸パターン(Aspで示す)およびグルタミン酸のみでその他のアミノ酸を全く含んでいないアミノ酸パターン(Gluで示す)と各68食品のアミノ酸パターンとの間のパターン間距離をも示してある。

n 個の数値からなる数値群パターン $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ と $B(b_1, b_2, \dots, b_n)$ との間のパターン間距離 $R(A, B)$ は、パターン類似率 $S(A, B)$ が2つの位置ベクトル $\vec{OA}$,

$\vec{OB}$ のはさむ角(θ)の余弦として

$$S(A, B) = \cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2}}$$

で与えられているとき、 θ をラジアンで表わしたものである。

$$R(A, B) = \theta(\text{ラジアン}) = \cos^{-1} S(A, B)$$

したがってパターン間距離は数値群パターンを表わす方向を持った位置ベクトルもしくはその延長が n 次元空間中にある原点に中心を持つ単位球面と交わる点をパターンの位置と考えた場合の、2つのパターンを表わす2つの球面位置の間の球面距離を単位球の半径を1として表わした数値となる。

数値群パターンの中でもアミノ酸パターンのような成分パターンの場合には、すべてのコンポーネントは正または0(負にならない)であるから高次元球面全体の中には分布がひろがらず、第1象限の中に局限されて分布する。したがってアミノ酸パターンの場合には18次元であるから $1/2^{18}$ の17次元球面の切片(3次元空間の場合では2次元の球面として地球儀を考えることができる。この場合は $1/2^3 = 1/8$ の球面の切片となる。すなわち赤道、経度0の線、東経90°の線の3つで囲まれる部分)の周囲に18個の基本ベクトル(1つのコンポーネントが1でそれ以外は全て0のベクトル、さきの Asp, Glu な

* 農林省食糧研究所

第1表 68食品アミノ酸パターン間距離順序表

パターン間距離による順序										Asp 極 Glu 極 よりのよりの パターン間距離	
近										パターン間距離	
食品名	パターン 間距離	食品名	パターン 間距離	食品名	パターン 間距離	食品名	パターン 間距離	食品名	パターン 間距離	食品名	パターン 間距離
2 おおむぎ	0.161	6 強力粉	0.173	7 食パン	0.173	7 食パン	0.173	103牛乳	0.233	107やぎ乳	0.273
6 強力粉	0.045	7 食パン	0.100	2 おおむぎ	0.100	2 おおむぎ	0.100	119大根	0.173	111しいたけ	0.327
8 強力粉	0.100	8 食パン	0.110	2 おおむぎ	0.110	2 おおむぎ	0.110	119大根	0.269	111かぶ	0.314
6 強力粉	0.045	7 食パン	0.110	2 おおむぎ	0.110	2 おおむぎ	0.110	141しいたけ	0.301	119大根	0.318
148 ビタミンC コレレート	0.161	110ほうれんそう	0.185	32なとう	0.185	32なとう	0.185	34からみそ	0.190	27大豆	0.205
82くらえび	0.168	84かに	0.179	80い	0.179	80い	0.179	20からみそ	0.200	27大豆	0.200
137いわ	0.110	125なす	0.190	132いちご	0.190	132いちご	0.190	140りんご	0.237	15じゃがいも	0.254
15じゃがいも	0.127	125なす	0.142	21あずき	0.142	21あずき	0.142	140りんご	0.200	148 ビタミンC コレレート	0.200
135なし	0.118	132いちご	0.371	140りんご	0.371	140りんご	0.371	137ぶわ	0.398	125なす	0.580
11そば粉	0.200	122たまねぎ	0.229	82くらえび	0.229	82くらえび	0.229	110ほうれんそう	0.258	27大豆	0.265
27大豆	0.110	110ほうれんそう	0.142	88牛乳	0.142	88牛乳	0.142	43からみそ	0.148	55たら	0.155
32なとう	0.100	21あずき	0.110	110ほうれんそう	0.110	110ほうれんそう	0.110	148 ビタミンC コレレート	0.148	34からみそ	0.173
11そば粉	0.100	34からみそ	0.142	21あずき	0.142	21あずき	0.142	148 ビタミンC コレレート	0.168	106牛乳	0.173
27大豆	0.142	27大豆	0.173	10精白米	0.173	10精白米	0.173	148 ビタミンC コレレート	0.190	71あさり	0.190
54たら	0.063	95豚肉	0.063	55たら	0.063	55たら	0.063	43からみそ	0.089	61ひらめ	0.089
63ぶり	0.045	55たら	0.045	55たら	0.045	55たら	0.045	95豚肉	0.205	36あじ	0.224
61からみそ	0.045	55たら	0.045	55たら	0.045	55たら	0.045	95豚肉	0.089	88牛乳	0.089
92にわとり	0.241	100全卵	0.241	47さば	0.241	47さば	0.241	い	0.254	95豚肉	0.262
95豚肉	0.100	68まじ	0.100	68まじ	0.100	68まじ	0.100	い	0.127	65まぐろ	0.127
36あじ	0.063	55たら	0.063	61ひらめ	0.063	61ひらめ	0.063	い	0.077	95豚肉	0.077
54たら	0.063	43からみそ	0.077	36あじ	0.077	36あじ	0.077	61からみそ	0.077	91にわとり	0.077
100全卵	0.195	75しじみ	0.195	75しじみ	0.195	75しじみ	0.195	34からみそ	0.224	71あさり	0.224
43からみそ	0.045	55たら	0.045	55たら	0.045	55たら	0.045	95豚肉	0.089	91にわとり	0.089
41かつお	0.045	47さば	0.045	47さば	0.045	47さば	0.045	95豚肉	0.173	36あじ	0.173
95豚肉	0.089	36あじ	0.089	36あじ	0.089	36あじ	0.089	い	0.127	135	0.127
47さば	0.118	71あさり	0.118	71あさり	0.118	71あさり	0.118	い	0.127	135	0.127
75しじみ	0.077	77はまぐり	0.077	77はまぐり	0.077	77はまぐり	0.077	い	0.100	68まじ	0.100
74さざえ	0.100	82くらえび	0.100	82くらえび	0.100	82くらえび	0.100	い	0.258	11そば粉	0.258
72あわび	0.100	82くらえび	0.100	82くらえび	0.100	82くらえび	0.100	い	0.233	77はまぐり	0.233
71あさり	0.077	77はまぐり	0.077	77はまぐり	0.077	77はまぐり	0.077	い	0.134	54たら	0.134
77はまぐり	0.077	80い	0.077	80い	0.077	80い	0.077	い	0.110	161	0.110
80い	0.089	55たら	0.089	55たら	0.089	55たら	0.089	い	0.118	178	0.118
74さざえ	0.110	84かに	0.110	84かに	0.110	84かに	0.110	い	0.168	72あわび	0.168
82くらえび	0.110	84かに	0.110	84かに	0.110	84かに	0.110	い	0.155	74さざえ	0.155
84かに	0.118	85たら	0.118	85たら	0.118	85たら	0.118	い	0.127	55たら	0.127
85たら	0.089	95豚肉	0.089	95豚肉	0.089	95豚肉	0.089	い	0.100	100	0.100
90くらえび	0.077	92にわとり	0.077	92にわとり	0.077	92にわとり	0.077	い	0.179	71あさり	0.179
96豚肉	0.089	95豚肉	0.089	95豚肉	0.089	95豚肉	0.089	い	0.127	47さば	0.127
88牛乳	0.077	36あじ	0.077	36あじ	0.077	36あじ	0.077	い	0.100	88牛乳	0.100
55たら	0.077	89牛乳	0.077	89牛乳	0.077	89牛乳	0.077	い	0.168	95豚肉	0.168
92にわとり	0.053	54たら	0.053	54たら	0.053	54たら	0.053	い	0.089	47さば	0.089
95豚肉	0.077	92にわとり	0.077	92にわとり	0.077	92にわとり	0.077	い	0.185	71あさり	0.185

100全卵	71あさぎ	0.161	75しじみ	0.161	91にわとり肉	0.200	92にわとり肝	0.200	77はまぐり	0.210	1.212	1.063
103牛乳	107やぎ乳	0.127	106人乳	0.134	32なっとう	0.210	152しょうゆ	0.254	27大豆	0.254	1.305	0.791
106牛乳	107やぎ乳	0.134	103牛乳	0.134	32なっとう	0.185	27大豆	0.224	34からみそ	0.224	1.259	0.896
107やぎ乳	106人乳	0.118	103牛乳	0.127	32なっとう	0.241	27大豆	0.280	132しょうゆ	0.280	1.324	0.881
109にんじん	112きゅうり	0.142	111かぶ	0.215	127はくさい	0.220	119大根	0.233	145こんぶ	0.233	1.107	0.622
110ほうれんそ	21あずき	0.142	148ビタチョコレート	0.142	27大豆	0.148	32なっとう	0.168	125なす	0.168	1.143	0.838
111かぶ	119大根	0.089	112きゅうり	0.142	127はくさい	0.142	109にんじん	0.215	113きゅうり	0.241	1.259	0.487
112きゅうり	111かぶ	0.110	119大根	0.127	109にんじん	0.142	127はくさい	0.142	113きゅうり	0.185	1.205	0.568
113きゅうり	141しいたけ	0.134	112きゅうり	0.185	127はくさい	0.200	145こんぶ	0.200	110ほうれんそ	0.205	1.269	0.667
119大根	111かぶ	0.089	127はくさい	0.118	112きゅうり	0.127	141しいたけ	0.210	113きゅうり	0.215	1.302	0.483
122たまねぎ	126ねぶ	0.205	20らっかせい	0.229	11そば粉	0.269	141しいたけ	0.291	82くるまえび	0.324	1.377	0.750
124トマト	111かぶ	0.241	119大根	0.258	127はくさい	0.308	112きゅうり	0.311	7食パン	0.348	1.322	0.293
125なす	15じゃがいも	0.142	77はまぐり	0.179	71あさり	0.185	75しじみ	0.185	21あずき	0.190	1.036	0.974
126ねぶ	122たまねぎ	0.205	141しいたけ	0.224	127はくさい	0.233	113きゅうり	0.269	119大根	0.287	1.348	0.636
130なつみかん	131みかん	0.118	112きゅうり	0.142	111かぶ	0.142	77はまぐり	0.179	141しいたけ	0.190	1.307	0.520
131みかん	130なつみかん	0.224	47ささえ	0.298	72あわび	0.301	82くるまえび	0.333	137びわ	0.348	0.989	1.076
132いちじ	140りんご	0.224	72あわび	0.304	74ささえ	0.304	82くるまえび	0.342	84かに	0.354	1.075	1.190
135なし	16黒砂糖	0.173	137びわ	0.428	132いちじ	0.233	125なす	0.233	15じゃがいも	0.363	0.724	1.056
136バナナ	15じゃがいも	0.118	140りんご	0.298	109にんじん	0.437	137びわ	0.579	13さつまいも	0.586	0.312	1.386
137びわ	13さつまいも	0.277	110ほうれんそ	0.190	13さつまいも	0.318	125なす	0.318	125なす	0.351	1.010	0.844
140りんご	132いちじ	0.110	125なす	0.190	13さつまいも	0.190	140りんご	0.190	15じゃがいも	0.241	0.878	1.035
141しいたけ	113きゅうり	0.173	127はくさい	0.190	119大根	0.237	125なす	0.351	15じゃがいも	0.392	0.718	1.153
145こんぶ	113きゅうり	0.134	127はくさい	0.190	119大根	0.210	112きゅうり	0.210	126ねぶ	0.224	1.327	0.634
148ビタチョコレート	110ほうれんそ	0.200	112きゅうり	0.224	141しいたけ	0.233	110ほうれんそ	0.233	109にんじん	0.258	1.183	0.712
152しょうゆ	103牛乳	0.148	10精白米	0.148	10精白米	0.161	21あずき	0.161	32なっとう	0.173	1.196	0.893
		0.210	32なっとう	0.220	106人乳	0.265	107やぎ乳	0.265	27大豆	0.280	1.280	0.772

注：太字の数値は第1図を作るのに用いたパターン間距離を示す

どがこれに相当する)の方向を表わす位置(これらを極と呼ぶことにする)がすべて相互に $\pi/2=1.57$ のパターン間距離ずつ離れて存在する。以上のような構造を持った高次元球面中に各食品のアミノ酸パターンを表わす位置が分布しており、それらの位置相互の間の球面距離と Asp極と Glu極とからの球面距離が第1表中に与えられている。

以上のようなパターンの捉え方から、パターン間距離を用いることにより高次元球面中にある数値群パターンの分布をある程度視覚的に見易い図(マップ)にすることが可能となる。もとより n 次元空間中の球面は、 $n-1$ 次元の歪のある空間であるから、その中にある分布を平面に表現することはかなりの無理を生ずることは避けられないが、一定の約束のもとにマップにしたのが第1図である。

パターン間距離を用いてアミノ酸パターンの分布図を作成した場合の手順は以下のものである。

a) 各食品から、その食品とパターン間距離のもっとも近い食品とその次に近い食品とへ実線の矢印をつけその長さをパターン間距離に比例させる。

例えば第1図の左の方の部分にやぎ乳(107)、牛乳(103)、人乳(106)の3食品があるがこの場合はやぎ乳にもっとも近いのは人乳でありついで牛乳であるからやぎ乳と人乳およびやぎ乳と牛乳とはパターン間距離に比例する長さの実線で結ばれておりそれぞれ人乳側牛乳側に矢印がついている。またやぎ乳側についている矢印は、やぎ乳が人乳側からみても牛乳側からみてもパターン間距離の近い食品2個のうちに入っていることを示す。牛乳と実線で結んであるしょうゆ(152)については、牛乳となっとう(32)とが第1位、第2位に近い食品であることを示しており(牛乳側、なっとう側の矢印)、しょうゆ側に矢印がないのは牛乳の方からみた場合にも、なっとうの方からみた場合にもしょうゆが2位までに近い食品の中に入っていないことを示す。

b) 実線が相互になるだけ交わらない

ように食品の位置を配置する。

これは主として全体を見易くするための配慮で、この結果マップは高次元球面を切り開いて展開したような形となり、実際よりは広がった感じとなる。

c) 近接 2 食品のみを用いただけでは位置関係が接続

できない場合は、接続するのに最も適当と考えられる食品間をそのパターン間距離に相当する点線でつなぐ。

今回の場合は、おおむぎ(2)、強力粉(6)、食パン(7)うどん(8)の4食品のグループが他の食品と接続しなかったで、この4食品と他の食品との間で最もパター

第1図 アミノ酸パターン分布図

ン間距離の近いもの、すなわち食パンとだいこん(119) (パターン間距離 0.269) を点線でつないである。

d) 以上の操作でマップが完全にきまらない部分は、全体的に考えて配置を決める。

e) Asp極と Glu極を、それぞれの極に近い2つずつの食品とパターン間距離に相当する長さの点線でつないで参考のためにマップに位置づけた。

f) 植物性食品のアミノ酸パターンの位置は白丸で、動物性食品のアミノ酸パターンの位置は黒丸で示した。

考 察

第1図より食品のアミノ酸パターンの分布を考察すると以下ようになる。

白丸で示した植物性食品は Asp 極に近い黒砂糖(16) なし(135) から Glu 極に近いトマト(124), 食パン(7) の間に広がって分布している。

黒丸で示した動物性食品は中央部にほぼまとまって分布しているが、やぎ乳, 牛乳, 人乳の3食品のみが動物性食品の主分布から離れている。

動物性食品の中で肉類と魚類のアミノ酸パターンは極く狭い範囲に密集しており、その周辺に軟体動物, 卵, 肝臓などのパターンが分布している。

植物性食品では主として果物類が Asp 極に近い部分に分布し、野菜類とむぎ類が Glu 極に近い部分に分布している。また豆類といも類が中間の部分に分布しており、これが動物性食品の主分布と乳類との間に介在する形になっている。

さらに細かな観察をすると、3つの食品が相互に極め

て良く似ている(三角形の中に矢印が6個かかっているもの)ものとして、1. にわとり肝・豚肝・牛肝, 2. やぎ乳・牛乳・人乳, 3. 強力粉・食パン・うどんの3組が認められ、またこれに近いもの(三角形の中に矢印が5個かかっているもの)として、1. からみそ・なっとう・大豆, 2. しじみ・あさり・はまぐり, 3. 豚肉・たい・あじ, 4. たら・ひらめ・かれい, 5. くるまえばい・さざえ・あわびの5組をあげることができる。

やや奇異に感じられるアミノ酸パターンの位置を持っているものとしては、精白米がピタチョコレートおよびほうれんそうとつながっている点, なつみかん, みかんが巻貝に接続している点, なすがはまぐりに接続している点, そば粉がかに, くるまえばいに接続している点を指摘できる。

要 約

日本食品アミノ酸組成表にのっている食品のうち主要なもの68食品について、パターン間距離を用いてアミノ酸パターン分布図を作り、アミノ酸パターンの全体的分布を明らかにした。

文 献

- 1) 田村真八郎, 大沢文江: 栄養と食糧, 22, 494 (1969)
- 2) 田村真八郎, 大沢文江: 栄養と食糧, 22, 621 (1969)
- 3) 田村真八郎, 石間紀男, 大沢文江, 吉川誠次: 液体クロマトグラフ研究会講演要旨 No. 10, p20 (1968)
- 4) 田村真八郎, 石間紀男, 吉川誠次: 栄養と食糧, 22, 560 (1969)