

修士論文

世界の食料供給比率に関する地域性解析

武末 祥太郎

2019 年 3 月 12 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士（理学）授与の要件として提出した修士論文である。

武末 祥太郎

審査委員：

金谷重彦	教授	(主指導教員)
松本健一	教授	(副指導教官)
Md. Altaf-Ul-Amin	准教授	(副指導教員)
小野直亮	准教授	(副指導教員)
黄銘	助教	(副指導教員)

世界の食料供給比率に関する地域性解析*

武末 祥太郎

内容梗概

安定的な食糧供給は人類の進化や発展にとって必要不可欠なものであり、我々の活動的な生活や栄養・健康状態に大きな影響を与えている。しかし、近年、気候変動による干ばつや洪水、そして、人口増加、経済格差、軍事衝突などの社会的危機によって安定的な食糧供給が失われつつあり、2017年時点での飢餓人口は約8億人にものぼる。食糧問題の解決にはより効率的で柔軟なフードシステムの構築が求められており、それには食料供給と地域の関係性を理解することが必要である。そこで、本研究では世界の174カ国における75種の食糧供給比率に対して階層的クラスタリングを行い、結果として29個のクラスターを得た。29クラスター中、18クラスターで強い地域性が確認され、それらについて地理、気候、文化、食糧の4点で特徴づけを行った。さらにアクセス性による地域性と食糧供給比率による地域性の比較を行い、食糧のアクセスと供給比率による栄養状態の関係を解明した。

キーワード

Food Security, Nutrition security, 食と健康, エコロジー

*奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報科学専攻 修士論文,
2019年3月12日.

Geographical characterization of the food supply ratio across the globe*

Shotaro Takematsu

Abstract

Stable food supply is essential for evolution and prosperity of human beings. And It has affected our activity performance, nutrition state and health. Recently the stability of food supply is under various challenges due to natural disaster like droughts and floods or social crisis like population growth, economic disparity and conflicts. Consequently, the number of undernourished people is estimated to have reached 821 million in 2017. To solve the food problems, it is necessary to construct the flexible food system and understand the relationship between the food supply and the geographic factor. Therefore, in this study, we try to systematically analyze the record of food supply ratio between 174 countries and 75 foods by hierarchical clustering. The 174 countries were classified into 29 clusters. Of them at least 18 clusters had distinct geographic feature, and then we characterized these clusters based on geographic, climatic, cultural and food features. Moreover, we measured the geographical property between the accessibility of foods and the ratio of food supply to define the connection between them.

Keywords:

Food Security, Nutrition Security, health and diet, ecology

*Master's Thesis, Department of Information Science, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, March 12, 2019.

目次

図目次	iv
表目次	v
1 序論	1
1.1 食糧と人類の発展	1
1.2 フードセキュリティについて	1
1.3 食糧へのアクセス性と地域の関係	2
1.4 本研究の目的	2
2 解析手法	3
2.1 データセット・前処理	3
2.2 クラスター分析	3
2.3 気候特徴に関する分析	3
2.4 食糧特徴に関する分析（パーミュテーションテスト）	4
3 解析結果	5
3.1 クラスター分析	5
3.2 各クラスターの気候特徴	17
3.3 各クラスターの食糧特徴	19
4 考察	25
4.1 各クラスターの特徴	25
4.2 先行研究との比較	35
4.3 地域性解析とフードセキュリティ	45
5 結論	47
謝辞	48
参考文献	49

図目次

1	階層的クラスタリングによるデンドログラム	6
2	各クラスターに属する国リスト	7
3	クラスター 1 の地域的特徴	8
4	クラスター 2 の地域的特徴	8
5	クラスター 3 の地域的特徴	9
6	クラスター 4 の地域的特徴	9
7	クラスター 6 の地域的特徴	10
8	クラスター 7 の地域的特徴	10
9	クラスター 8 の地域的特徴	11
10	クラスター 10 の地域的特徴	11
11	クラスター 15 の地域的特徴	12
12	クラスター 16 の地域的特徴	12
13	クラスター 17 の地域的特徴	13
14	クラスター 18 の地域的特徴	13
15	クラスター 19 の地域的特徴	14
16	クラスター 20 の地域的特徴	14
17	クラスター 22 の地域的特徴	15
18	クラスター 24 の地域的特徴	15
19	クラスター 25 の地域的特徴	16
20	クラスター 26 の地域的特徴	16
21	各クラスターと気候区分	18
22	各クラスターにおける食糧比率	19
23	世界のインド系移民: 上位 20 カ国	29
24	東南アジアの 8 カ国における国民一人あたり GDP	34
25	各クラスターにおける栄養比率	46
26	各クラスターにおけるミネラル比率	46

表目次

1	クラスター 1 に特徴的な食糧	20
2	クラスター 2 に特徴的な食糧	20
3	クラスター 3 に特徴的な食糧	21
4	クラスター 4 に特徴的な食糧	21
5	クラスター 6 に特徴的な食糧	21
6	クラスター 7 に特徴的な食糧	21
7	クラスター 8 に特徴的な食糧	22
8	クラスター 10 に特徴的な食糧	22
9	クラスター 15 に特徴的な食糧	22
10	クラスター 16 に特徴的な食糧	22
11	クラスター 17 に特徴的な食糧	22
12	クラスター 18 に特徴的な食糧	22
13	クラスター 19 に特徴的な食糧	23
14	クラスター 20 に特徴的な食糧	23
15	クラスター 22 に特徴的な食糧	23
16	クラスター 24 に特徴的な食糧	23
17	クラスター 25 に特徴的な食糧	24
18	クラスター 26 に特徴的な食糧	24
19	クラスター 1 におけるアクセス性	36
20	クラスター 2 におけるアクセス性	37
21	クラスター 3 におけるアクセス性	38
22	クラスター 6 におけるアクセス性	39
23	クラスター 7 におけるアクセス性	39
24	クラスター 10 におけるアクセス性	40
25	クラスター 15,16 におけるアクセス性	40
26	クラスター 18 におけるアクセス性	41
27	クラスター 20 におけるアクセス性	42
28	クラスター 22 におけるアクセス性	43
29	クラスター 24,26 におけるアクセス性	44

はじめに

1 序論

1.1 食糧と人類の発展

人類は食糧と密接に関係しながら発展してきた。人類の進化はアフリカで始まり、現地の自然に存在する動物や植物、そして発酵に使う菌類など多様な食糧を獲得することによって発展した。食糧と人類の身体の高達には深い関係があり、特に肉や魚などの動物を食糧にしたことは人類の脳の高達に影響を与えた。脳の高達には脳の成長や維持のためのエネルギーだけでなく、肉や魚に豊富に含まれるアラキドン酸やドコサヘキサエン酸など脳組織の生成に必要な成分が欠かせなかった [1]。そして、6～9 万年前に存在した初期のホモ・サピエンスはアフリカ全土に広がり様々な環境に適応していった。そして、アフリカ大陸の外への進出した初期のホモ・サピエンス達の子孫もまた同様に新たな環境に直面し、植物や動物資源を食糧とした。そのような営みの中で、日々の食事に柔軟に対応するためにアフリカとヨーロッパでは動物の家畜化、植物の栽培生産へのプロセスが進行し、人類は動物の家畜化や植物の栽培化に成功した。家畜と栽培植物による農業は人類の食糧生産を支え、安定的な食糧供給をもたらした。さらに国家の発展によって周辺の国との食糧のやり取りや栽培種、栽培法、食文化の伝来が起こり、そして経済活動やグローバル化、高度な交通網により食糧の輸送システムが高達し、地域を超えた食糧供給が可能となった。貿易の拡大によって各国における軍事衝突や伝染病、そして最も可能性が高い干ばつ、洪水などの気候変動による災害に柔軟に対応できる食糧供給がもたらされた [2]。

1.2 フードセキュリティについて

しかし、食糧供給の形が高達してきたにもかかわらず、2017 年時点で約 8 億 2000 万人の人々が栄養失調で苦しんでいる。そのうち 94% がアフリカとアジアに集中し、特にサハラ砂漠以南の地域では、2 億 3000 万人が慢性的な栄養不足となっている。特に女性と 5 歳未満の子供における栄養不足は社会全体に深刻な影響を及ぼす可能性がある。5 歳未満の子供では栄養失調による成長障害と衰弱が深刻であり、2017 年には 1 億 5080 万人が成長障害になり、そのうちの 5,550 万人が衰弱状態にある。そして、出産適齢期の女性うち 3 人に 1 人が貧血の影響を受けている [3]。また、過体重や肥満は高所得国だけではなく、中・低所得国においても問題となっている。栄養不足は低栄養状態、または過体重・肥満の 2 つの問題につながるとされており、特に貧困層における過体重・肥満をもたらす原因としては脂肪や砂

糖、穀物など低コストでエネルギー密度が高く、栄養素が少ない食品である。グローバル化された食品市場では、野菜や果物、肉や魚、豆類と比較して穀物や砂糖、食用油はコストが低いため貧困家庭では穀物を中心としたエネルギー重視で多様性がなく、微量栄養素、及び食物繊維が少ない食事が多く見られ、過体重や肥満、そしてさらに重大な疾病へとつながる恐れがある [3]。食糧供給の不安定性は女性や子供における低栄養状態や過体重・肥満を引き起こし、社会に重大な悪影響を及ぼす。より安定した食料供給の実現にはフードセキュリティの向上が求められている。フードセキュリティとは「すべての人がいつでも、活動的かつ健康的な生活のために必要な量の食糧を、安全で栄養が保たれている状態で、かつ物理的・経済的に利用できる状態」と定義されている [4]。フードセキュリティに向上には、持続可能かつ栄養や生理的側面に対しても堅牢なフードシステムが求められている。

1.3 食糧へのアクセス性と地域の関係

食料供給の形は単一の地域だけでなく複数の地域が気候や土壌、水源などの地理条件、宗教や国家、民族、教育などの文化的要因、人種などの生理的、遺伝的要因、そして農業・園芸、食品加工、貯蔵、輸送などの技術的要因に影響を受けつつ、相互に関係しながら発展してきた [5, 6]。堅牢かつ柔軟なフードシステムの構築には食糧と地域の関係性への理解が必要である。食糧供給と地域の関係性についての先行研究として渡辺らの研究が挙げられる [7]。この研究では KNApSAcK DB(http://kanaya.naist.jp/KNApSAcK_World/top.jsp) に記載されている 11,752 の食用種と 228 の地域間の全 28,064 レコードに対して階層的クラスタリングを適応することで、地域と食糧のアクセス性の関係が系統的に分析されている。結果として食用種へのアクセスの多様性は、地中海、バルト海、西ヨーロッパ、ユカタン半島、南アメリカ、アフリカとアラビア半島、東南アジア、北極海の 8 つの地域に特徴的であったことがわかっている [7]。

1.4 本研究の目的

フードセキュリティの向上には、十分な食糧にアクセスできればいいという訳ではなく、栄養や生理的側面もまた考慮されなければならない。本研究では食糧供給による栄養状態と地域の関係性に焦点をあてた解析を行う。そしてさらに、先行研究との比較を行うことで、地域を通じた食糧のアクセス性と栄養状態の結びつきを分析し、より効率的で堅牢性の高いフードシステム構築のための知見獲得を目指す。

2 解析手法

2.1 データセット・前処理

本研究では、世界の食料消費の量的多様性に関する地域性解析のために、国際連合食糧農業機関 (FAO) によって収集された世界の食糧供給量データを使用した。このデータには各国における農業生産、及び貿易による輸出入によって計算された供給量 (t) が記載されている。食糧には肉や魚、牛乳、チーズなどの動物性食品や野菜、果物、穀物等が含まれている。今回は 174 カ国の 75 種の食糧に関する供給量を用いた。

また、前処理としては供給量のデータに対し国ごとの合計が 1 となるように正規化を行った。正規化を行った理由としては、本研究の地域性解析では栄養や生理に関する知見を得ることを重要視しているためである。供給量のデータは栄養や生理に関する情報よりも経済や人口に関する情報を強く反映している。経済的な側面がより強く反映されるのを防ぐために、正規化によって供給量を供給比率に変換した。

2.2 クラスター分析

本研究では、階層的クラスタリングを用いて地域性解析を行う。階層的クラスタリング手法には Ward 法 [8] を使用し、クラスタリングに用いる距離指標は tanimoto 距離を選択した。tanimoto 距離は式2.1によって計算される。

$$d = \sum (max(P_i, Q_i) - min(P_i, Q_i)) / \sum max(P_i, Q_i) \quad (2.1)$$

凝集型階層的クラスタリングは距離が最も近い組み合わせのクラスター同士をマージし、それをすべてのサンプルが 1 つのクラスターに属するまで繰り返すクラスタリング手法であるが、Ward 法ではクラスター U と V をマージしたクラスターを W としたとき、クラスター T との距離は式2.2で表される。D はクラスター間の距離を示し、n はクラスター内に含まれているサンプルの数である。

$$D_{WT} = \frac{1}{n_U + n_V + n_T} \{ (n_U + n_T) D_{UT} + (n_V + n_T) D_{VT} - D_{UV} \} \quad (2.2)$$

2.3 気候特徴に関する分析

各クラスターと気候の関係性の分析を行った。気候特徴にはケッペンの気候区分を用いた。ケッペンの気候区分は植生ベースの経験的気候区分であり、A ～ E までの 5 つの主要なタイプから構成され、気温と降水量に基づいて 26 の区分に分類さ

れる [9]。各クラスターの気候特徴の解析は、クラスターごとに気候区分の頻度を計算することによって行った。

2.4 食糧特徴に関する分析（パーミュテーションテスト）

各クラスターと関係性が強い食糧を解析するためにパーミュテーションテスト（並び替え検定）を行った。パーミュテーションテストはノンパラメトリック検定の一種であり、標本データを母集団と見なし、そのデータからランダムサンプリングを繰り返す事によって得られる統計量を利用して検定を行う方法である。本研究では 174 カ国における各食糧の供給比率のデータ集合からランダムサンプリングを行い、その平均値を求める操作を 10000 回繰り返すことで各食料の 174 カ国全体の平均値の分布を生成した。そして、各クラスターにおける食糧毎の供給比率の平均値と生成した分布を比較し、順位によって p 値を求めた。今回はランダムサンプリング時のサンプリングサイズはそれぞれのクラスターに属する国数とし、5% 有意水準で差があるとした。つまりクラスターにおける食糧比率が全体に比べ高かったことを示している。供給比率が高かった食糧をそのクラスターと関係が強い食糧として特徴づけを行った。

3 解析結果

3.1 クラスタ分析

174 地域に対し、地域ごとの食糧供給比率を用いてクラスタ分析を行った。先行研究のクラスタ分析結果と本研究の結果を比較するために、先行研究と同等の粒度 (1 クラスタあたりに属する地域数) になるようクラスタサイズを決定した。その結果、174 地域を 29 クラスタ (CL1 ~ 29) に分類した (図1)。

クラスタ 1 は主にロシアや東欧の地域から構成されていた。クラスタ 2 は主に北欧や中央ヨーロッパの地域から構成され、及び北米、オーストラリアも含まれていた。クラスタ 3 は地中海に面する南ヨーロッパと東欧の一部の地域を中心とし、南米の南部とニュージーランドも含まれていた (図3,4,5)。クラスタ 4 はトルコを中心とした東欧、及び西アジアの地域、及びカザフスタン、キルギスによる中央アジアの地域で構成されており、クラスタ 6 は中央アジアに地域性が確認された (図6,7)。クラスタ 7 は中東、及びアフリカ北部に分布していた (図8)。クラスタ 8 14 の大部分がアフリカ中部から西部の地域で構成され、クラスタ 8, 10 はアフリカ西部のギニア湾周辺の地域に集中していた (図9,10)。クラスタ 15 はアフリカ南東部に地域的特徴があり、クラスタ 16 に属する地域は西アフリカのサハラ砂漠付近に集中していた (図11,12)。クラスタ 17 はインド、及び中東に地域的特徴が見られ、クラスタ 18, 19 に属する地域の大部分はカリブ海の島々から構成されていた (図13,14,15)。クラスタ 20 22 は中南米とアフリカの南東部の地域で構成されていた。クラスタ 20, 22 に地域的特徴があり、クラスタ 20 に属する地域は南米の南部に集中し、クラスタ 22 は中米、及び南アフリカに地域性が見られた (図16,17)。クラスタ 23,34 は主に東南アジアの地域で構成されており、クラスタ 24 に特に強い地域的特徴が確認された (図18)。クラスタ 25 は主にオセアニアの島国で構成されており、クラスタ 26 は東アジアに地域性があった (図19,20)。

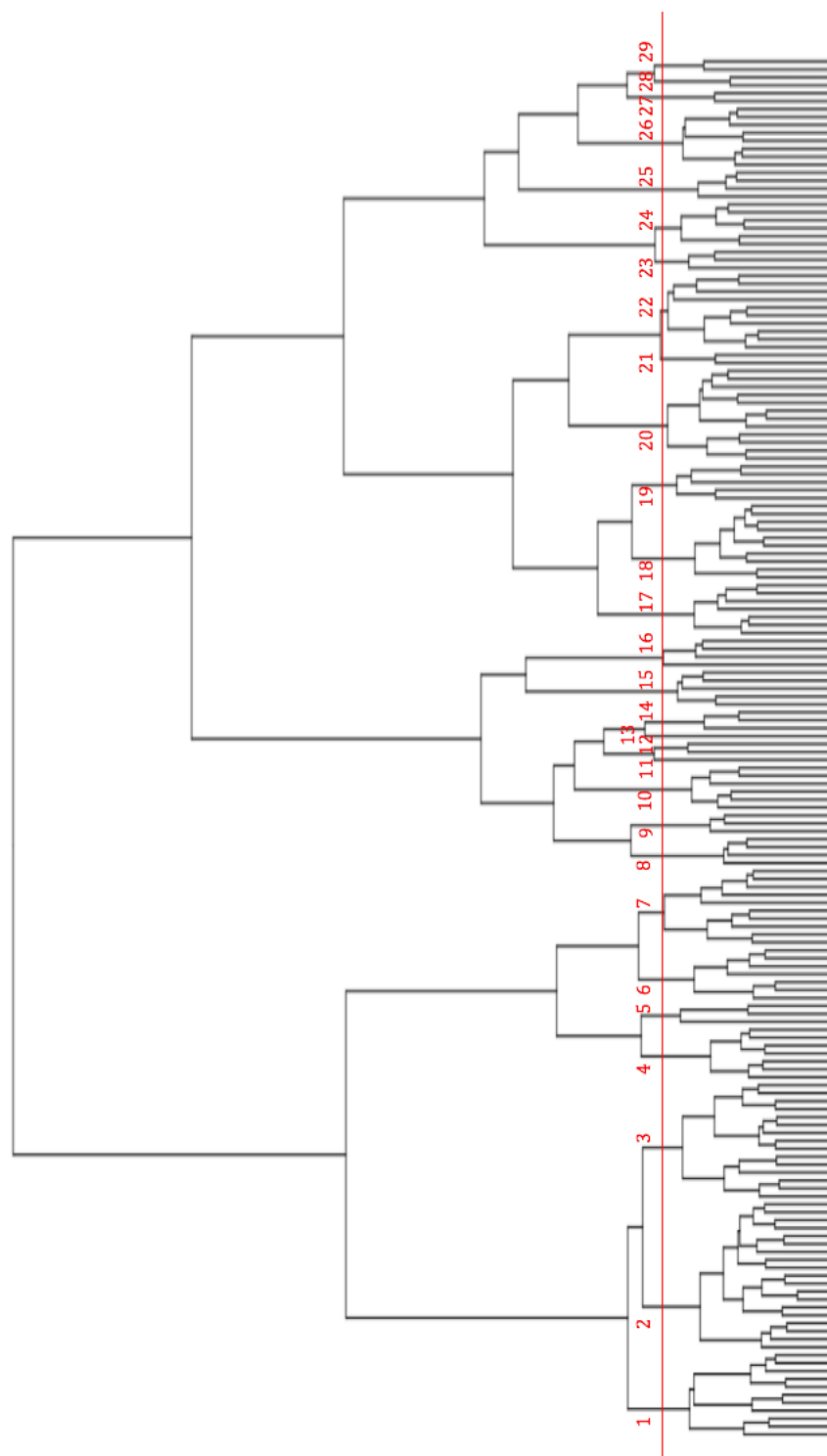


図1 階層的クラスタリングによるデンドログラム

Cluster	Geographic Zone
1	Republic of Latvia/Republic of Lithuania/Republic of Poland/Republic of Moldova/Romania/Russian Federation/Republic of Belarus/Ukraine/Bosnia and Herzegovina/Czech Republic/Republic of Estonia
2	Republic of Austria/Grand Duchy of Luxembourg/Kingdom of the Netherlands/Kingdom of Norway/Portuguese Republic/Kingdom of Belgium/Republic of Slovenia/Kingdom of Sweden/Swiss Confederation/United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland/United States of America/Canada/Republic of Croatia/Kingdom of Denmark/Republic of Finland/Federal Republic of Germany/Republic of Iceland/Commonwealth of Australia/Ireland
3	Republic of Malta/New Zealand/Republic of Serbia/Slovak Republic/Spain/Oriental Republic of Uruguay/Republic of Bulgaria/Republic of Chile/Republic of Cyprus/Argentine Republic/French Republic/Hellenic Republic/Republic of Hungary/State of Israel/Republic of Italy
4	Republic of Kazakhstan/Kyrgyz Republic/Republic of Montenegro/Former Yugoslav Republic of Macedonia/Republic of Turkey/Republic of Albania/Republic of Armenia
5	Islamic Republic of Mauritania/Islamic Republic of Pakistan/The Republic of the Sudan
6	Republic of Azerbaijan/Mongol Uls/Republic of Tajikistan/Turkmenistan/Republic of Uzbekistan/People's Democratic Republic of Algeria/Georgia
7	Islamic Republic of Afghanistan/Republic of Lebanon/Kingdom of Morocco/Republic of Tunisia/Republic of Yemen/Republic of Djibouti/Arab Republic of Egypt/Islamic Republic of Iran/Republic of Iraq/Hashemite Kingdom of Jordan
8	Republic of Liberia/Republic of Madagascar/Republic of Sierra Leone/Republic of Guinea
9	Republic of Mozambique/Republic of Congo/Republic of Angola
10	Federal Republic of Nigeria/Republic of Benin/Republic of Togo/Central African Republic/Republic of Cote d'Ivoire/Republic of Ghana
11	Solomon Islands
12	Gabonese Republic/Republic of Haiti
13	Republic of Rwanda
14	Republic of Uganda/United Republic of Tanzania/Republic of Cameroon
15	Kingdom of Lesotho/Republic of Malawi/The Democratic Republic of Timor-Leste/Republic of Zambia/Republic of Zimbabwe
16	Republic of Mali/Republic of Niger/Burkina Faso/Republic of Chad
17	State of Kuwait/Republic of Mauritius/Sultanate of Oman/Kingdom of Saudi Arabia/United Arab Emirates/Co-operative Republic of Guyana/Republic of India
18	New Caledonia/Barbados/Saint Christopher and Nevis/Saint Lucia/Saint Vincent and the Grenadines/Republic of Trinidad and Tobago/Antigua and Barbuda/French Polynesia/Grenada/Jamaica
19	Republic of Maldives/Commonwealth of The Bahamas/Belize/Bermuda/Commonwealth of Dominica
20	Republic of Panama/Republic of Peru/Republic of Suriname/Bolivarian Republic of Venezuela/Republic of Bolivia/Federative Republic of Brazil/Republic of Cape Verde/Republic of Colombia/Republic of Costa Rica/Republic of Cuba/Dominican Republic/Republic of Ecuador
21	Republic of Kenya/Federal Democratic Republic of Ethiopia
22	The United Mexican States/Republic of Namibia/Republic of Nicaragua/Republic of Paraguay/Republic of South Africa/Kingdom of Swaziland/Republic of Botswana/Republic of El Salvador/Republic of Guatemala/Republic of Honduras
23	Union of Myanmar/People's Republic of Bangladesh/Republic of Guinea-Bissau
24	Lao People's Democratic Republic/Republic of the Philippines/The Kingdom of Thailand/Socialist Republic of Viet Nam/Kingdom of Cambodia/Republic of Indonesia
25	Republic of Kiribati/Independent State of Samoa/Democratic Republic of Sao Tome and Principe/Republic of Vanuatu
26	Malaysia/Republic of Korea/Brunei Darussalam/People's Republic of China/Hong Kong Special Administrative Region/Macau/Taiwan/Japan
27	State of Nepal/Democratic People's Republic of Korea
28	Republic of Senegal/Republic of the Gambia
29	Democratic Socialist Republic of Sri Lanka/Republic of the Fiji Islands

図2 各クラスターに属する国リスト



図3 クラスター 1 の地域的特徴

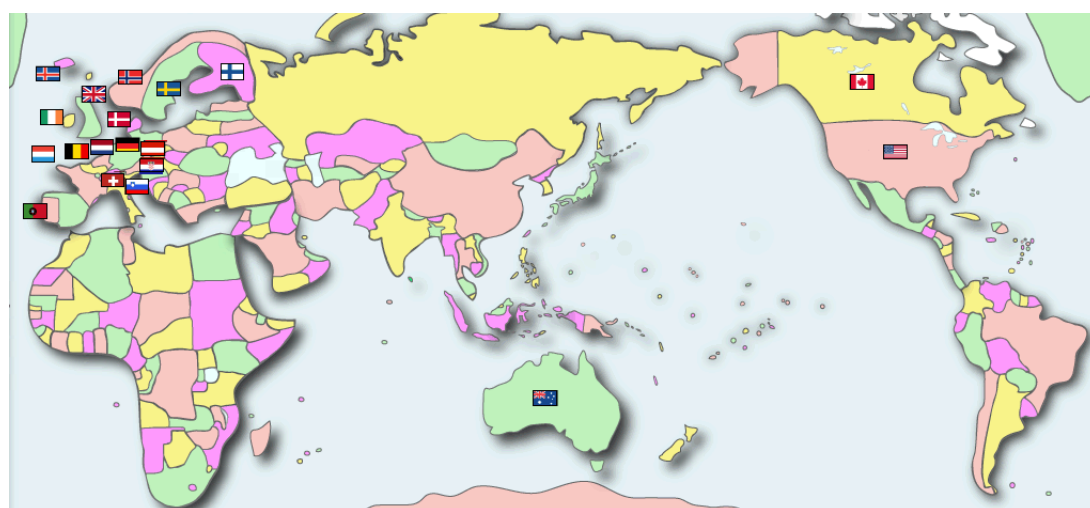


図4 クラスター 2 の地域的特徴

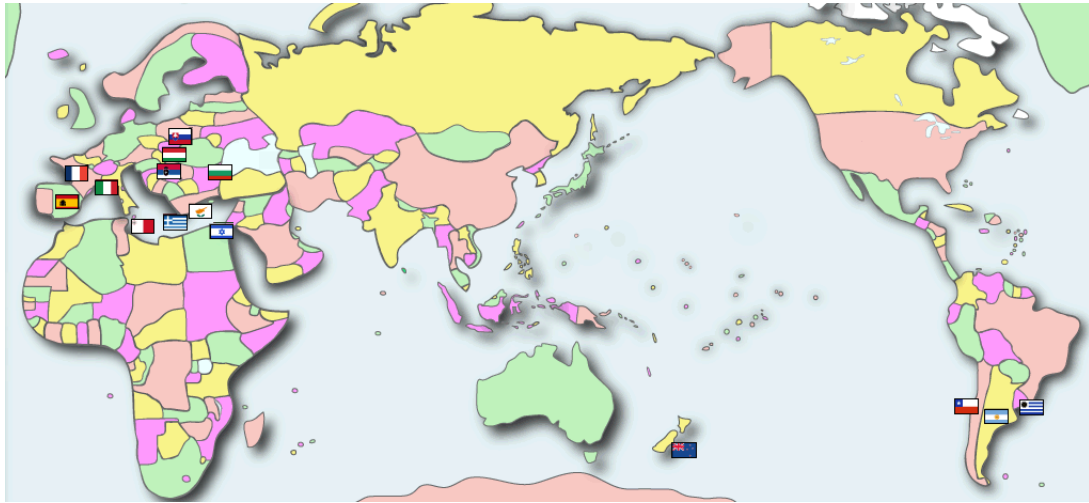


図5 クラスター 3 の地域的特徴

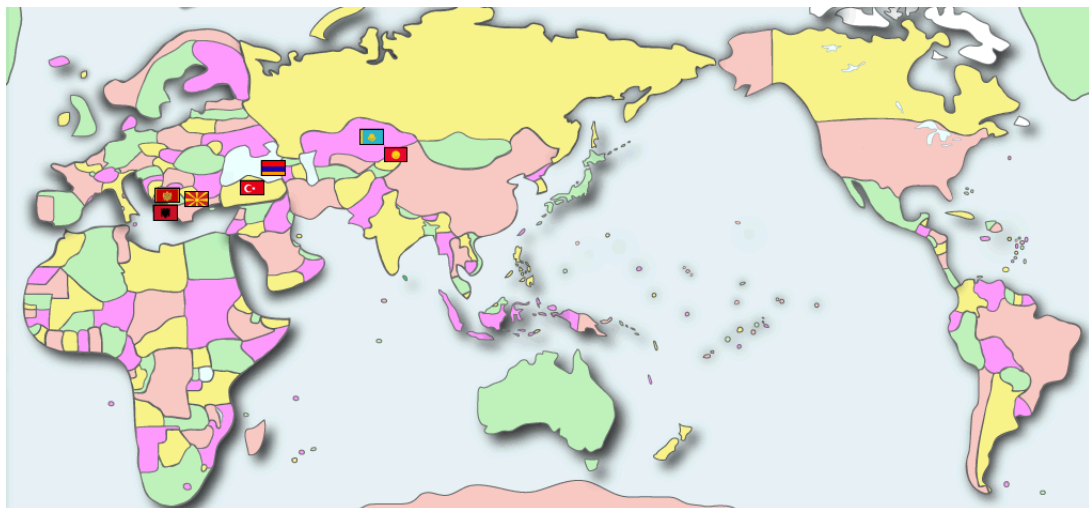


図6 クラスター 4 の地域的特徴

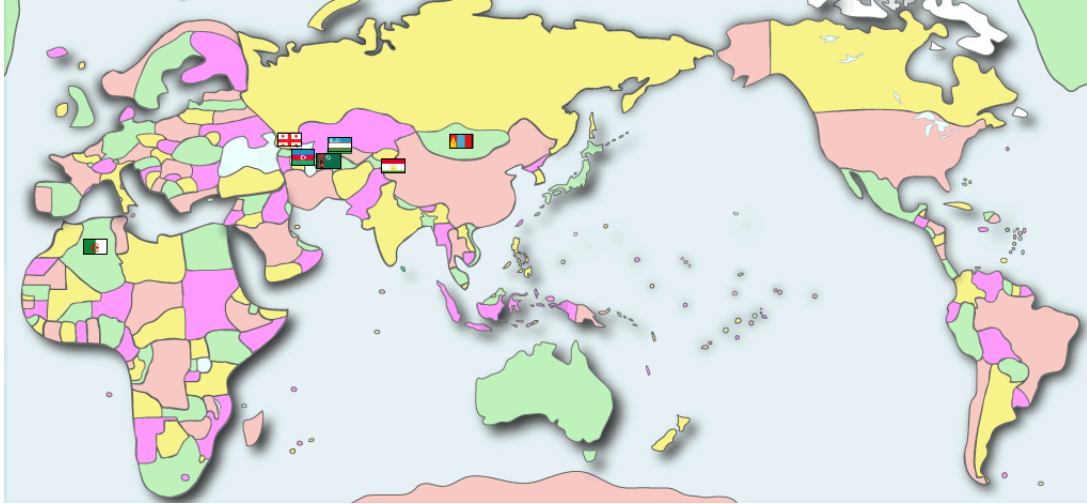


図7 クラスター 6 の地域的特徴

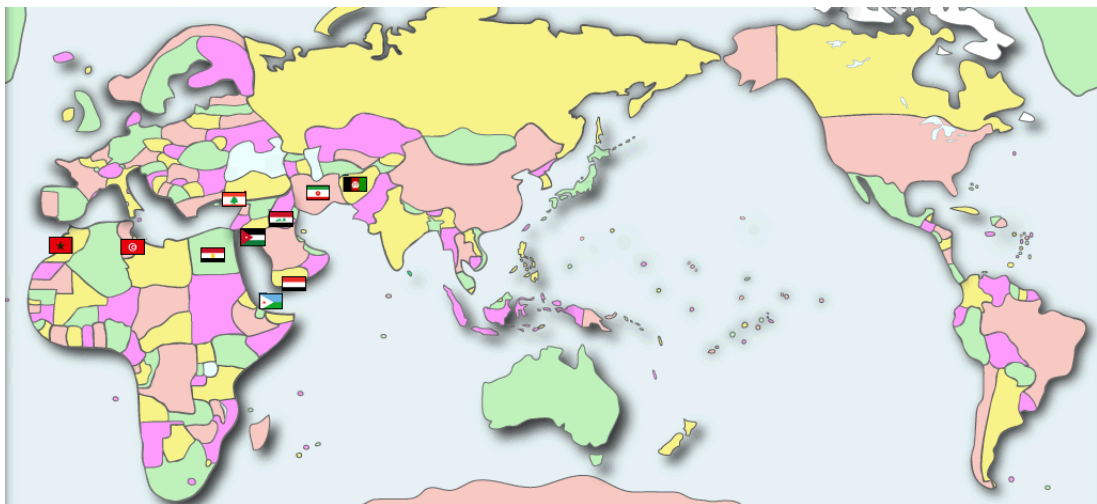


図8 クラスター 7 の地域的特徴

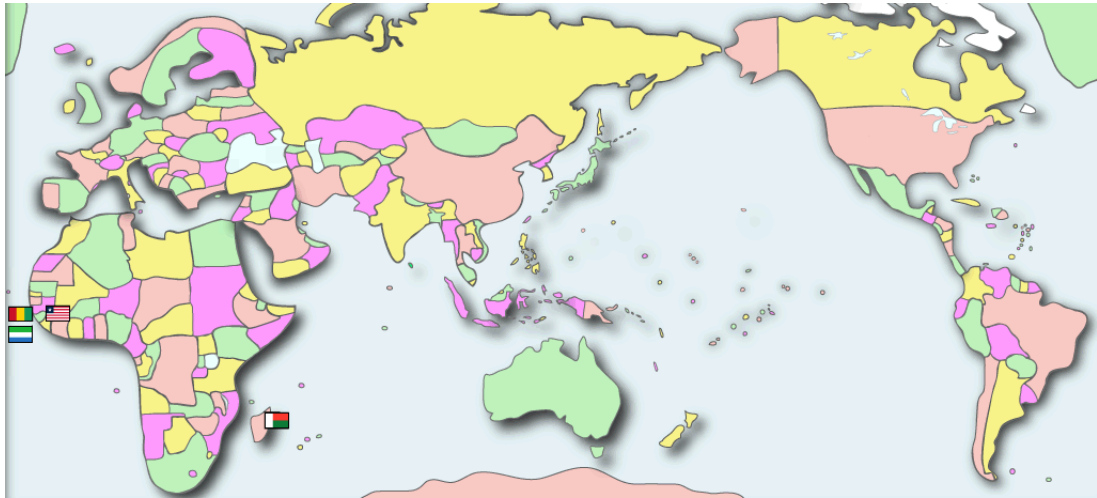


図9 クラスター 8 の地域的特徴

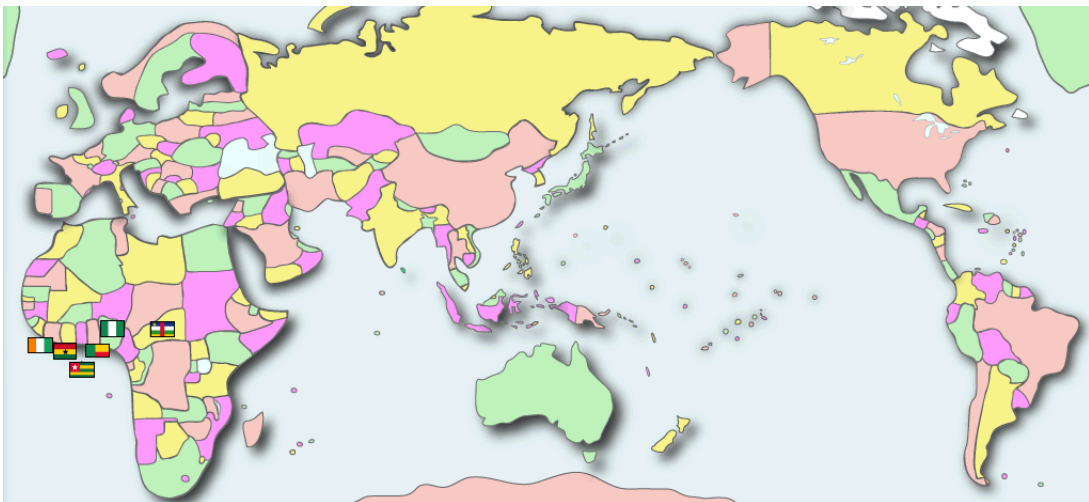


図10 クラスター 10 の地域的特徴

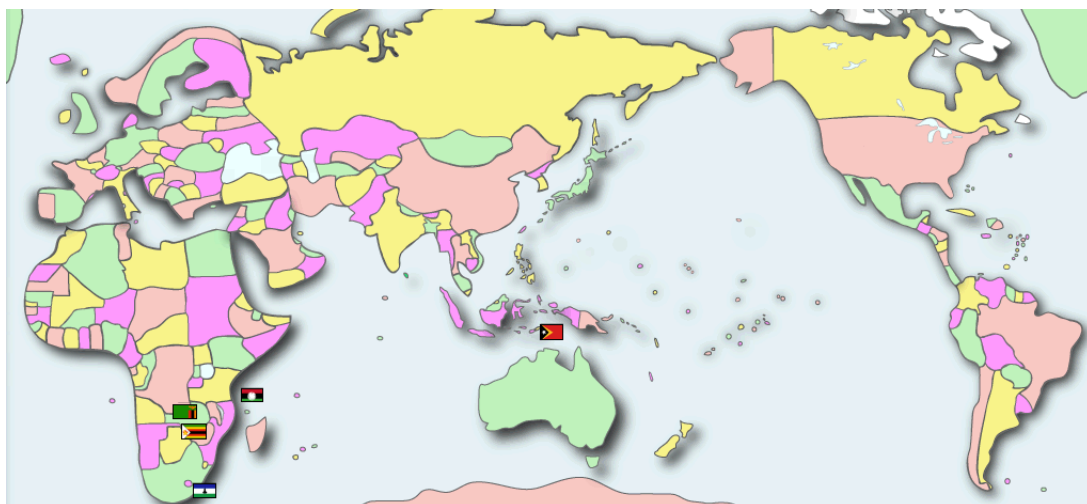


図11 クラスター 15 の地域的特徴

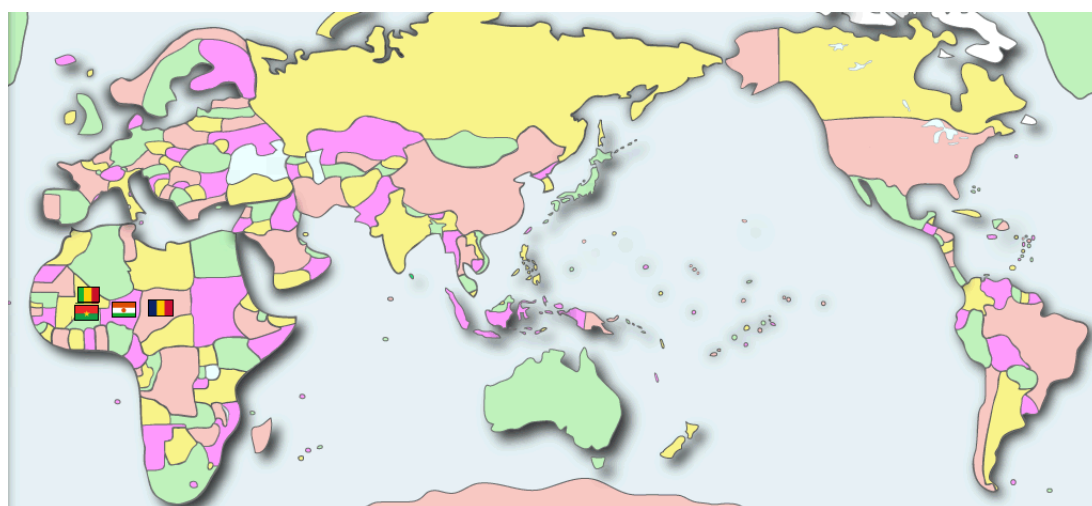


図12 クラスター 16 の地域的特徴

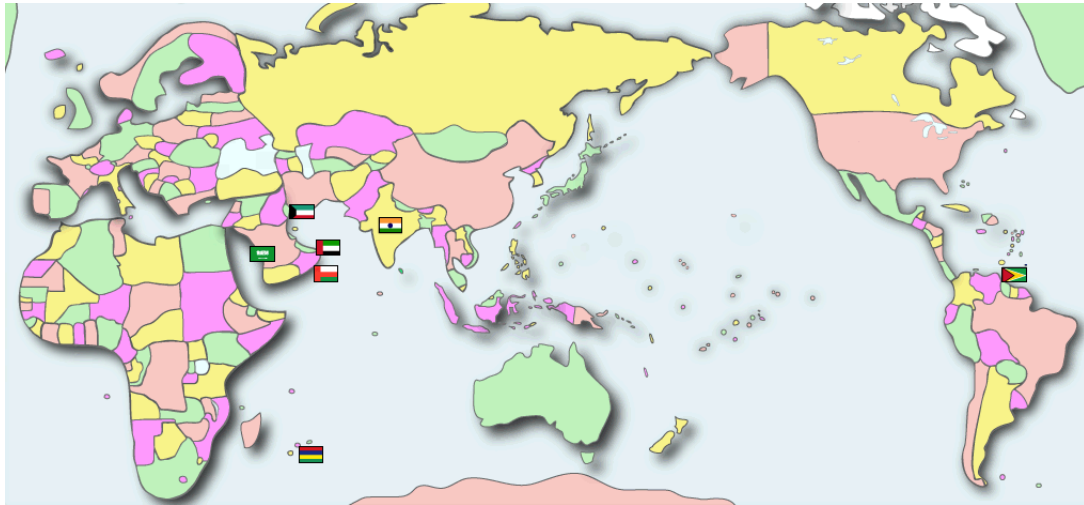


図13 クラスタ 17 の地域的特徴

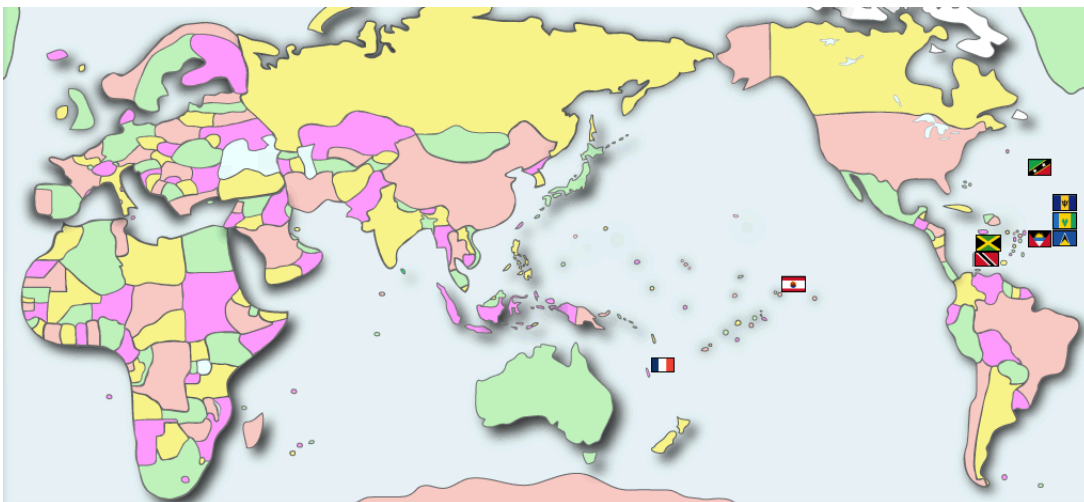


図14 クラスタ 18 の地域的特徴

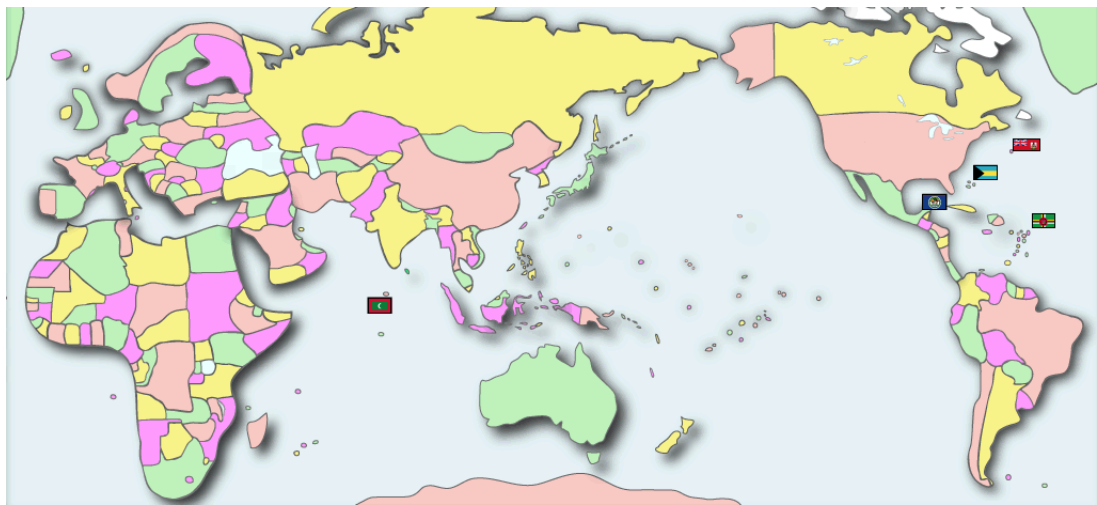


図15 クラスター 19 の地域的特徴

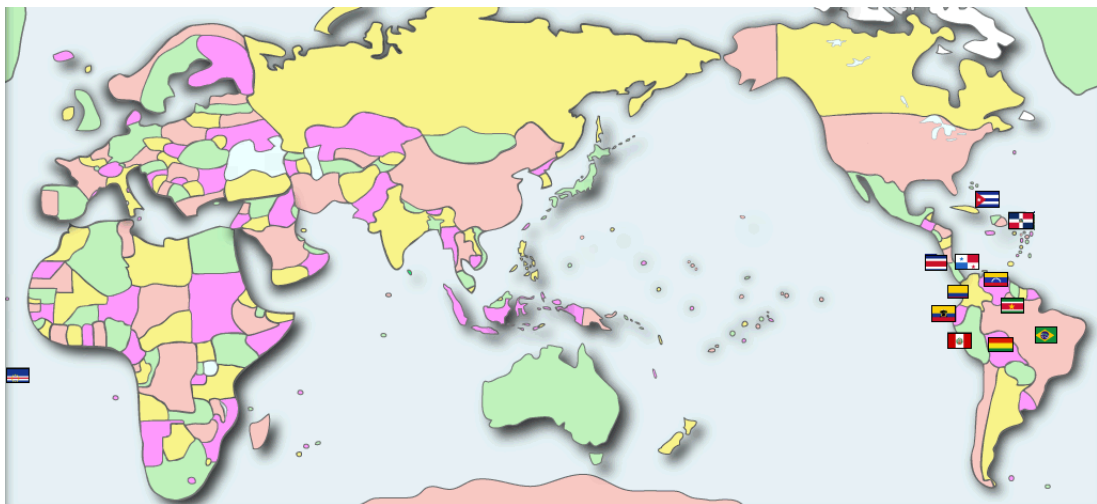


図16 クラスター 20 の地域的特徴

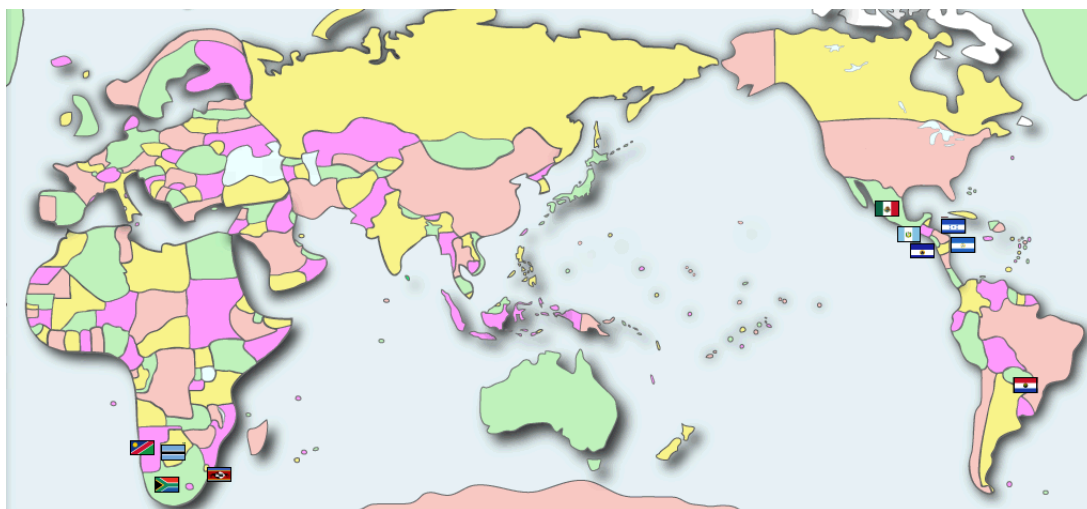


図17 クラスタ 22 の地域的特徴



図18 クラスタ 24 の地域的特徴

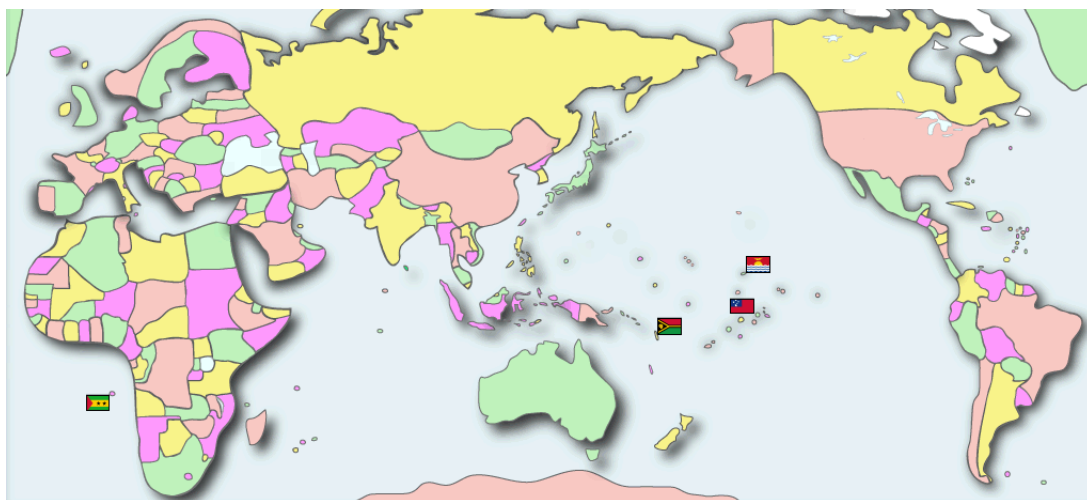


図19 クラスター 25 の地域的特徴

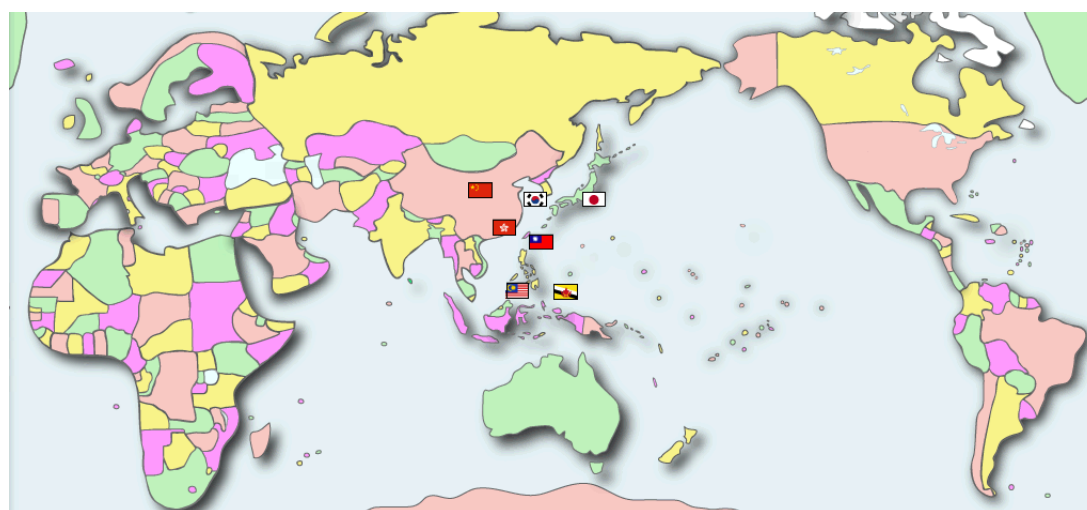


図20 クラスター 26 の地域的特徴

3.2 各クラスターの気候特徴

各クラスターにおける気候区分の頻度を計算した結果を図21に示す。クラスター 9, 10, 14, 18, 19, 23 25 は熱帯気候と関係していた。クラスター 5, 17 の気候は主に乾燥帯気候から構成されていた。クラスター 3, 15, 26 は温帯気候との結びつきが強かった。クラスター 6, 7, 16 は乾燥帯、及び温帯の 2 つの気候区分と関係が確認された。クラスター 20 の気候の大部分は熱帯から構成されていたが、温帯気候も含まれていた。クラスター 22 は熱帯と乾燥帯の 2 つの気候区分と関係していた。クラスター 1, 2 は温帯と亜寒帯気候との関係があり、さらにクラスター 2 は寒帯気候との結びつきも見られた。

	Af	Am	As	Aw	BSh	BSk	BWh	BWk	Cf	Cfa	Cfb	Csa	Csb	Cwa	Cwb	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd	Dsa	Dsb	Dwa	Dwb	Dwc	ET
cluster_1										3	2					1	9	1	1			1	1		
cluster_2				1	1	1	1	2		5	9	2	2	1		1	1	5	1	1	1			3	
cluster_3					1	1		1	1	5	6	6	3	1			2							1	
cluster_4				2	1	1		1		1	1	2	2			2	2		1					1	
cluster_5					1		3																		
cluster_6						3	2	3			1	4					1	1				1	1	1	
cluster_7				1	2	1	9	3				5													
cluster_8	1	2		2						1				1											
cluster_9	1	1		3										2											
cluster_10		2		5	1																				
cluster_11	1																								
cluster_12			1	2																					
cluster_13				1					1					1											
cluster_14		2		3										1											
cluster_15				1										4											
cluster_16				2	1		4								3										
cluster_17	1	1		2			5			1				1	1										
cluster_18	3	5		2																					
cluster_19		3		1						1															
cluster_20	8	8	1	8			1			3					1									1	
cluster_21			1	2	2									1											
cluster_22		4		6	4	3	2	2		1	1			1	1										
cluster_23		1		3										1											
cluster_24	3	5		4											1										
cluster_25	3	1	1																						
cluster_26	2						1	1		4				4							2	1	1		
cluster_27															1						1	1			
cluster_28				1	2		1																		
cluster_29	1	1	1																						

図21 各クラスターと気候区分

3.3 各クラスターの食糧特徴

各クラスターの全体の食糧比率を確認するために、クラスター毎の食糧の割合を12のカテゴリでそれぞれ計算し、割合グラフとして描画を行った。その結果を図22に示す

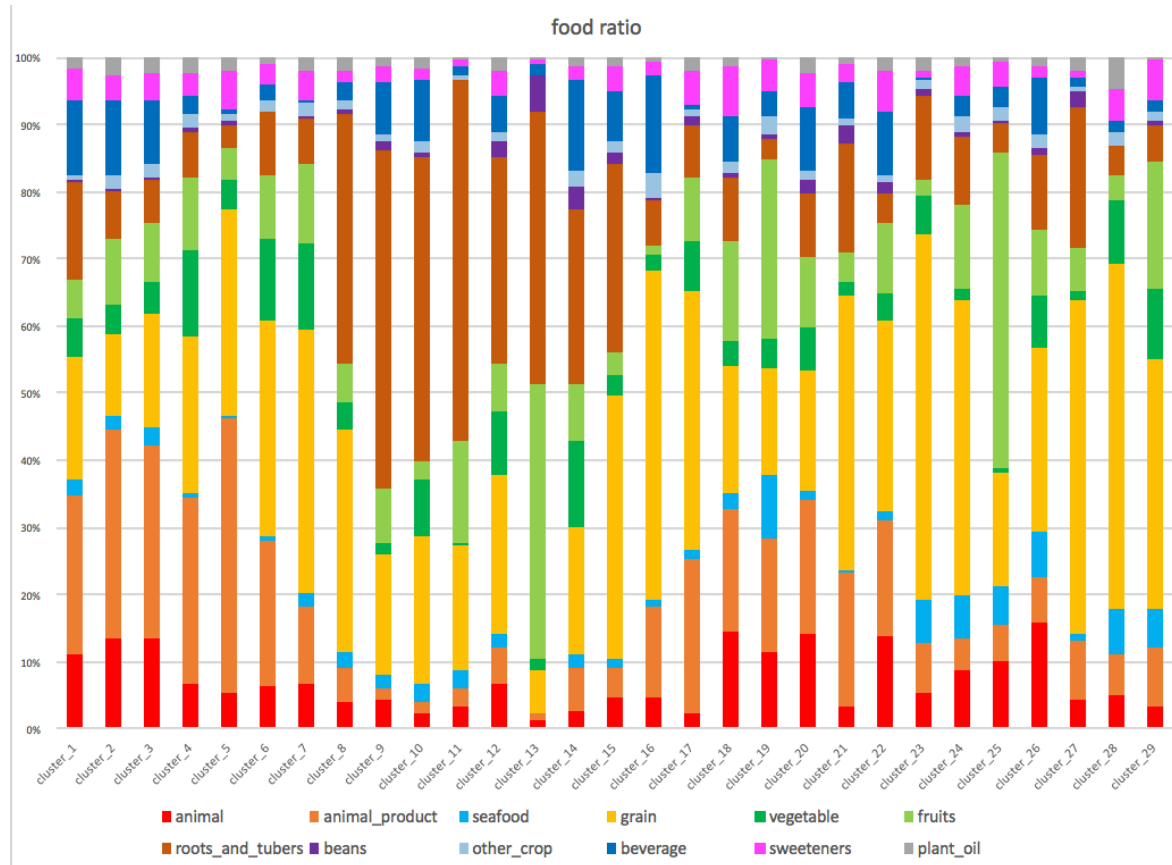


図22 各クラスターにおける食糧比率

パーミュテーションテストを用いて、クラスターに特徴的な食糧を分析した。パーミュテーションテストは、本研究の地域性解析で地域の特徴が認められたクラスターのみ行った。その結果を表1～18に示す。

表1 クラスター 1 に特徴的な食糧

cluster 1	
Food name	p value
Pigmeat	0.0134
Eggs	0.0492
Milk(Excluding Butter)	0.005
Cheese	0.0471
Cream	0.0056
Rye and products	0.0001
Oats	0.0004
Potatoes and products	0.0001
Beer	0.0001
Beverages(Alcoholic)	0.0002
Sunflowerseed Oil	0.0032

表2 クラスター 2 に特徴的な食糧

cluster 2	
Food name	p value
Bovine Meat	0.0329
Pigmeat	0.0059
Fats(Animals, Raw)	0.0023
Milk(Excluding Butter)	0.0001
Cheese	0.0001
Cream	0.0001
Crustaceans	0.0204
Demersal Fish	0.0033
Rye and products	0.0166
Oats	0.002
Apples and products	0.0006
Oranges(Mandarines)	0.002
Coffee and products	0.0002
Beer	0.0001
Wine	0.0001
Rape and Mustard Oil	0.0046

表3 クラスター 3 に特徴的な食糧

cluster 3	
Food name	p value
Bovine Meat	0.0187
Pigmeat	0.0019
Eggs	0.0128
Fats(Animals, Raw)	0.0007
Milk(Excluding Butter)	0.0021
Cheese	0.0001
Butter, Ghee	0.0248
Cephalopods	0.0368
Wheat and products	0.0393
Beer	0.0245
Wine	0.0001
Olive Oil	0.0002
Olives(including preserved)	0.0228
Sunflowerseed Oil	0.0004

表4 クラスター 4 に特徴的な食糧

cluster 4	
Food name	p value
Milk(Excluding Butter)	0.0001
Potatoes and products	0.0204
Onions	0.0486
Tomatoes and products	0.0001
Apples and products	0.0064
Grapes and products(excl wine)	0.0005
Olives(including preserved)	0.0014

表5 クラスター 6 に特徴的な食糧

cluster 6	
Food name	p value
Mutton(Goat Meat)	0.0001
Wheat and products	0.0002
Potatoes and products	0.0388
Onions	0.0001
Tomatoes and products	0.0012
Grapes and products(excl wine)	0.0005
Cottonseed Oil	0.0002

表6 クラスター 7 に特徴的な食糧

cluster 7	
Food name	p value
Wheat and products	0.0001
Barley and products	0.0104
Onions	0.036
Tomatoes and products	0.0001
Grapes and products(excl wine)	0.0021
Peas	0.0264
Nuts and products	0.0475
Sugar(Refined Equiv)	0.0147
Tea(including mate)	0.0196
Olive Oil	0.0445
Olives(including preserved)	0.0421
Palm Oil	0.0324

表7 クラスター 8 に特徴的な食糧

cluster 8	
Food name	p value
Rice(Milled Equivalent)	0.0021
Cassava and products	0.0001
Sweet potatoes	0.0365
Palm Oil	0.0003
Palmkernel Oil	0.0317
Groundnut Oil	0.0335

表8 クラスター 10 に特徴的な食糧

cluster 10	
Food name	p value
Cassava and products	0.0001
Yams	0.0001
Plantains	0.0077
Pimento	0.0085
Pineapples and products	0.0226
Cocoa Beans and products	0.018
Honey	0.0331
Groundnut Oil	0.0147
Palmkernel Oil	0.0101
Sesame seed Oil	0.0459

表9 クラスター 15 に特徴的な食糧

cluster 15	
Food name	p value
Maize and products	0.0001
Soyabeans	0.034
Groundnuts(in Shell Eq)	0.0329

表10 クラスター 16 に特徴的な食糧

cluster 16	
Food name	p value
Sorghum and products	0.0001
Millet and products	0.0001
Groundnuts(in Shell Eq)	0.0001
Sesame seed	0.0001
Cottonseed Oil	0.014
Beverages(Fermented)	0.0065

表11 クラスター 17 に特徴的な食糧

cluster 17	
Food name	p value
Poultry Meat	0.0148
Maize Germ Oil	0.0034
Onions	0.0166
Dates	0.0003
Nuts and products	0.0256

表12 クラスター 18 に特徴的な食糧

cluster 18	
Food name	p value
Poultry Meat	0.0001
Oats	0.0347
Oranges(Mandarines)	0.0066
Sugar(Refined, Equiv)	0.0006
Beverages(Alcoholic)	0.0285
Coconut Oil	0.0001
Infant food	0.0046

表13 クラスター 19 に特徴的な食糧

cluster 19	
Food name	p value
Crustaceans	0.0367
Pelagic Fish	0.0063
Apples and products	0.0118
Grapefruit and products	0.0001
Oranges(Mandarines)	0.0001
Lemons Limes and products	0.0012
Nuts and products	0.0147
Coffee and products	0.0216
Pepper	0.0342
Cloves	0.0112
Infant food	0.0291

表14 クラスター 20 に特徴的な食糧

cluster 20	
Food name	p value
Bovine Meat	0.0092
Poultry Meat	0.0365
Plantains	0.0006
Pineapples and products	0.0002
Beer	0.0026
Soyabean Oil	0.0001
Sugar(Refined, Equiv)	0.0256

表15 クラスター 22 に特徴的な食糧

cluster 22	
Food name	p value
Eggs	0.0213
Maize and products	0.0001
Beans	0.0001
Beer	0.0444
Sugar(Refined, Equiv)	0.0003

表16 クラスター 24 に特徴的な食糧

cluster 24	
Food name	p value
Cephalopods	0.045
Freshwater Fish	0.0001
Whey	0.0282
Rice(Milled, Equivalent)	0.0001
Soyabeans	0.0248
Pimento	0.0204
Bananas	0.0495
Pineapples and products	0.0355
Beverages(Alcoholic)	0.0198
Sesame seed	0.0392
Coconut Oil	0.0216

表17 クラスター 25 に特徴的な食糧

cluster 25	
Food name	p value
Pelagic Fish	0.0237
Bananas	0.0002
Coconut Oil	0.0002
Coconuts(Incl Copra)	0.0001

表18 クラスター 26 に特徴的な食糧

cluster 26	
Food name	p value
Cephalopods	0.0001
Crustaceans	0.0001
Demersal Fish	0.0041
Freshwater Fish	0.0463
Pigmeat	0.0001
Poultry Meat	0.0011
Offals(Edible)	0.0009
Eggs	0.0001
Soyabeans	0.0001
Nuts and products	0.0043
Palmkernel Oil	0.0379
Rape and Mustard Oil	0.0086
Soyabean Oil	0.0113
Infant food	0.0078

4 考察

4.1 各クラスターの特徴

4.1.1 クラスター 1～3

クラスター 1,2,3 には欧米文化との関係が強い地域が多く含まれていた (図3,4,5)。このグループには、特に民族、言語学的要素が深く関係していると考えられる。イギリス、ドイツ、及びスカンジナビア半島の地域はゲルマン語派の言語が使用されており、ロシアやウクライナ、ベラルーシを中心とした東欧地域はスラヴ語派の言語、イタリア、フランス、スペインを中心とした西欧地域はラテン語派の言語と関係がある [10]。クラスター 1 の大部分は東欧のスラヴ語派系の地域であり、クラスター 2 にはドイツ、及び北欧のゲルマン語派系の地域を多く含んでいる。また、ラテン語派系の西欧地域はクラスター 3 に存在している。したがって、この 3 つのクラスターの食糧供給比率には、民族が関係している可能性が考えられる。

また、食糧特徴に関してはクラスター 1,2,3 にチーズや牛乳、豚肉、ビールが共通して関係していた。動物性の食糧に関しては、クラスター 1 は豚肉のみに関係がみられたのに対し、クラスター 2, 3 は牛肉にも関係があった。魚介類については、クラスター 2 で底生魚、甲殻類が他クラスターより多い割合で含まれており、クラスター 3 ではイカやタコ等の頭足類に特徴があった。この特徴の違いは周辺の海域の性質に関係があると考えられる。クラスター 2 に属する地域の周辺にはバルト海や北海があり、バルト海には浅瀬が多く、底生魚や甲殻類を含めた様々な水生生物にとって良質な環境となっている [11]。また、北海でも豊富な種類の底生魚が確認されている。一方でクラスター 3 は地中海に面した地域が多く、地中海には 65 種の頭足類が西地中海の大西洋付近やギリシャやトルコに囲まれたエーゲ海付近に広く分布している [12]。

また、穀物についてはクラスター 1, 2 ではえん麦やライ麦が他クラスターに比べて高い割合であったのに対し、クラスター 3 では小麦との関係がみられた。そして、クラスター 3 におけるオリーブやオリーブオイルの供給比率が他のクラスターに比べて高かった。オリーブは地中海の食文化に特徴的な食糧の一つであり [13]、オリーブオイルには高い抗酸化作用がある成分が豊富に含まれ、一価不飽和脂肪酸を高含有している [14]。そして、オリーブオイルの摂取には癌との関連があり [15, 16]、血中コレステロールや心臓血管系に好影響を与えていると報告されている [17, 18]。

4.1.2 クラスター 4～7

クラスター 4 7 は全体的にイスラム教を信仰している国が多く含まれている [19] ため、イスラム教との関係が深いクラスターグループであると考えられる。イスラム教の聖典であるコーランには重視すべきものの一つに「栄養」を挙げており、イスラム教徒たちはその教えに従い自身の食するものと栄養の重要性に細心の注意を払っている傾向が強い [20]。今回の解析においてもアジア以外のイスラム教信仰地域のほとんどがこのグループに含まれていたことから、イスラム教と食糧供給比率の強い関係性が考えられる。

クラスター 4 にはトルコを中心とした文化が関わっている可能性がある。クラスター 4 に含まれている東欧の国 (モンテネグロ、マケドニア、アルバニア) が存在する地域はかつて現在のトルコが築き上げていたオスマン帝国の領土であった [21]。そして、オスマン帝国はヨーロッパと貿易を行い、アルバニアはボスニアヘルツェゴビナとともにバルカン半島とイタリアの間にある重要な物資輸送拠点となっていた [22]。したがって、それらの地域は他の東欧諸国に比べ、トルコによる文化的影響を受けていたため食糧供給の形も似ていた可能性が高いと考えられる。それと同時にトルコもまたヨーロッパの影響を受けていたと考えられる。実際にクラスターグループ B の中でクラスター 4 は動物性食品の比率が多く、また牛乳やじゃがいも、オリーブの供給比率が特徴的だった。これらの食糧はクラスター 1 3 にも特徴的だったため、ヨーロッパの食文化の影響も考えられる。

クラスター 6, 7 はクラスター 4 に比べて乾燥帯気候と関係があり、小麦や大麦など乾燥に強い作物の供給比率が他クラスターに比べて高いことが共通していた。クラスター 6 はクラスター 7 に比べ動物性食品の供給比率が高く、羊肉の供給に特徴があった (図22、表5)。クラスター 6 は中央アジア西部の国々およびモンゴルが属しているが、これらの地域はモンゴル民族やテュルク系民族といった遊牧民族が存在していたとされる [23]。よって、クラスター 6 の食糧比率には遊牧民の文化が関わっていると考えられる。実際に中央アジアでは、羊肉は重要な肉食品であり、トルクメニスタンではラクダのミルクやそれを発酵させたものが生活に必要不可欠なものになっている [24]。

一方で、クラスター 7 はオリーブやオリーブオイル、エンドウ、砂糖、茶などの植物性の食品に特徴があり、クラスター 6 に比べて動物性食品の割合が低く、穀物の供給比率が高かった (図22、表6)。クラスター 7 は大部分がアラブ諸国から形成されていたことから、クラスター 7 の食料供給にはアラブの文化が深く関係していると考えられる。アラブ料理はメソポタミアから北アフリカまでのアラブ諸国に広がる多様な伝統料理であり、穀物は小麦や大麦、米、動物性食品は肉と脂肪を除いた発酵乳「レベン」、そしてナツメヤシの実 (デーツ) に強く依存しており、さらに

オリーブやイチジク、ザクロも広く使用されている。

4.1.3 クラスタ 8～14

これらのクラスタは大部分がアフリカ中部から西部の地域で構成され、その中でもクラスタ 8, 10 はアフリカ西部のギニア湾周辺の地域に特徴的だった。このグループは動物性食品の割合が極めて低く、穀物以外の植物性食品の供給比率が高いという特徴が共通していた (図22)。そしてクラスタ 8, 10 に共通してキャッサバの供給比率が他クラスタに比べ高く、さらにクラスタ 10 ではヤムイモやプランテンの供給も特徴的であった (表8)。キャッサバは乾燥に強く、かつ幅広い降水量の範囲に対応できるためアフリカの貧しい小規模農家にとって育てやすい食糧の一つである [25]。また、米や小麦などの他の炭水化物源となる食糧に比べ、1 ヘクタールあたりのエネルギー量が多い (1045kJ/hectare) ことから、約 5 億人の主要な炭水化物源として利用されている [26]。また、ビタミン C の含有量が他の作物に比べ高く、カルシウムも他の穀物より比較的多く含まれている。しかし、鉄やリン、亜鉛、ビタミン B1, B3, B6 等の微量栄養素の含有量は乏しい [26]。

4.1.4 クラスタ 16

クラスタ 16 に属する地域は西アフリカのサハラ砂漠付近に集中していた。これらの地域はサブサハラと呼ばれるアフリカ大陸のサハラ砂漠以南の地域の中で最もサハラ砂漠に近く、北部のほとんどが砂漠、ステップ気候、南部はサバナ気候であり、そしてその中間にサヘル地帯が広がっている。よって、このクラスタの食糧供給比には乾燥帯気候と熱帯気候が混在した環境が大きく関わっていると考えられる。

クラスタ 16 は動物性食品、及び穀物の割合が高く、植物性食品の割合は低い (図22)。また、他クラスタに比べてキビやモロコシの食糧供給比率が高い (表10)。キビやモロコシは西アフリカのサヘル地帯における農業・牧畜業の運営にとって重要な農産物とされており、重要なエネルギー源、タンパク質源となっている [27, 28]。キビは最も重要な耐乾燥性作物の一つでありであり、他の主要穀物に比べて病害に強く、乾燥条件下での生産性に優れ、生育期間が短いというメリットを持つ [29]。モロコシも他の穀物に比べ半乾燥、高温条件などの様々の環境ストレス下での生産性が高く、直接食事として消費されるだけでなく、家畜飼料やアルコール飲料用、加工食品等に広く利用されている [30]。

キビやモロコシの食事による栄養・生理学的影響としては、難消化性や微量栄養素の欠乏症が考えられる。モロコシは小麦、トウモロコシ、米などの他の穀物に比べて消化性が低いことが問題点として挙げられている [31, 32]。キビやモロコシに含まれているタンパク質は小麦と同等であり、米やトウモロコシよりも多い。モロ

コシの主な貯蔵タンパク質はカフィリンであるが、カフィリンがモロコシを主食とした食事の栄養・生理学的問題点を引き起こしている [33]。モロコシの難消化性はモロコシのタンパク質が高架橋し、それらがタンパク質体の周辺に多く位置していることが原因とされており [34, 35]、その中でもカフィリンは最も遅い消化性を持つタンパク質であるとされている [36]。また、モロコシのタンパク質はイソロイシンと比較して高い割合のロイシンを含んでいる。過剰なロイシンはトリプトファンからナイアシンへの変換を妨げ、ナイアシン欠乏症のリスクを増大させ、ペラグラ病を引き起こすとされている [37]。ペラグラ病はトウモロコシ主体の食事に関係しているとされるが、インドのモロコシを主食としていた人との関連も報告されている [37] ことからクラスター 16 に属する地域においてもナイアシン欠乏症のリスクが考えられる。また、モロコシやキビは他の穀物に比べタンニンを多く含んでいるが、タンニンは消化管内で水不溶性複合体を形成し、ミネラルの吸収を妨げ、鉄欠乏性貧血などのミネラル欠乏症を引き起こすと考えられている [38]。

4.1.5 クラスター 17

クラスター 17 の食糧供給比率は人の移動による影響を受けていると考えられる。クラスター 17 では中東のアラビア半島に属する国々 (クウェート、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、オマーン) に地域性が確認された。しかし、その他のインド、モーリシャス、ガイアナは地理的に離れている (図8)。地域が離れているにもかかわらず同じクラスターに属していた背景にはインド系移民が関与していると考えられる。インド外務省の統計データ (<https://mea.gov.in/images/pdf/NRIs-and-PIOs.pdf>) によると、2016 年時点でのインド系移民の数は 3084 万人に登るとされ、世界各国の経済や文化活動に影響を及ぼしている。インド系移民の人口上位 20 カ国を図23に示した。上位 20 カ国に含まれる中東の国々はサウジアラビア、アラブ首長国連邦、クウェート、オマーン、カタール、バーレーンである (図23) が、その内の 4 カ国がクラスター 17 に含まれている。また、モーリシャスやガイアナも上位 20 カ国に含まれている。さらに、The World Bank(<https://data.worldbank.org>) の世界各国の人口データ (2016 年時点) を用いて、各国におけるインド系移民の割合を計算した結果、モーリシャスは国民の約 71% がインド系移民で占められており、ガイアナも約 39% がインド系移民であった。したがって、クラスター 17 はインド系移民によって大規模な食文化の移動が起こり、食糧消費や食糧供給比率に影響を与えたのではないかと考えられる。

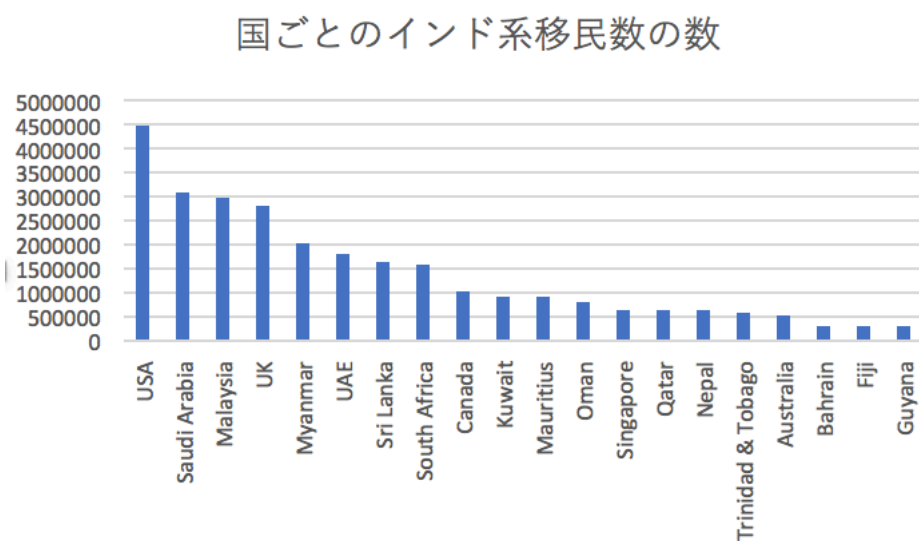


図23 世界のインド系移民: 上位 20 カ国

4.1.6 クラスター 18,19

クラスター 18、及び 19 はカリブ海の島々に強い地域性が確認されたため、カリブ海の島文化との関わりが強いと考えられる。人類がカリブの島に初めて入植し、生活を始めたのは 6000 年頃前と言われている [39]。カリブの食事の特徴は豊富な肉とヤム芋やキャッサバ、サツマイモなどの高炭水化物な作物である。カリブの食事の問題点の一つとして肉の摂取量が挙げられ、高脂肪の肉やその加工品はコレステロール値を引き上げ、心臓病につながる可能性がある [40]。また、カリブには豊富な水産資源もあり、ジャマイカにはフェダイやハタ、ヒメジ、アオブダイなどのサンゴ礁にすむ魚やロブスター、巻き貝が多く存在しているという報告がある [41]。

クラスターの食糧比率特徴としては、クラスター 18, 19 はともに動物性食品の割合が肉と加工品合わせて約 30%(クラスター 18: 32.7%, クラスター 19: 28.2%) であり、クラスター 18 の肉食品の割合は 14.3% でクラスター全体の中で 2 番目に高かった。また、クラスター 19 の魚介類の割合は 9.6% でクラスター 18 より高かった (図22)。パーミュテーションテストの結果においても、クラスター 19 には甲殻類や遠洋魚の割合が特徴的であったことが示されている ($p=0.0367, 0.0063$) ことから、クラスター 19 には甲殻類や遠洋魚の摂取による影響が考えられる。さらに、クラスター 19 の果物の割合は 26.7% で全クラスター中 3 番目に高い割合だった。パーミュテーションテストの結果では、オレンジ、レモン、グレープフルーツが全体に比べて高い割合で供給されていた ($p=0.0001, 0.0012, 0.0001$)(図22, 表13)。したがって、クラスター 19 には上記のような柑橘類も栄養状態に影響を与えている可能性が考えられる。柑橘類は多様なビタミン、ミネラル、食物繊維、カロテノイドやフラボノイド、リモノイドのようなファイトケミカルを含んでおり、特にフラボノイドについては抗酸化作用、抗炎症作用、動脈硬化抑制作用、抗癌、抗変異原性作用など数多くの健康機能性が報告されている [42]。また、柑橘類の摂取自体にも多くの健康機能が示されており、24 週間に渡るオレンジジュースの摂取によって高脂肪食習慣者に対する抗酸化、抗炎症作用の効果 [43, 44]、肥満児に対する血圧の低下、インスリン抵抗性の改善 [45]、高コレステロール血症の成人に対する HDL の増加、LH 比の減少 [46] 等が確認されている。

4.1.7 クラスター 20

南米の南部の国々 (アルゼンチン、チリ、ウルグアイ) はヨーロッパとの関連が強かったクラスター 3 に属していた一方で、クラスター 20 は主に南米の北部に集中し、ヨーロッパの地域が含まれていない (図16) ことから、クラスター 20 の食糧供給比率には南米の地域的影響がより強く反映されていると考えられる。パーミュテーションテストの結果、牛肉、プランテンの比率が特徴的であることがわかった ($p=0.0092, 0.0006$) (表14)。

牛肉や豚肉などの赤身肉は心血管疾患や大腸がんのリスクを上げることが多くの研究で示唆されている [47, 48, 49]。一方で、肉の消費による脂肪分の摂取において、脂肪の量よりもむしろ脂肪分の量や脂肪酸の構成が健康にとって重要であることが指摘されており、高コレステロール血症の男性にとって 1 日 180g までの脂肪分の少ない牛肉の摂取は悪玉コレステロール値を低下させる効果を持つことが報告されている [50]。また、体重 1kg あたり 1.3g の低脂肪赤身牛肉の摂取によって高齢女性の漸増抵抗運動テストにおける成績、除脂肪組織量、及び筋力に良好な結果をもたらしたことが報告されている [51]。したがって、クラスター 20 には赤身肉による心血管疾患や大腸がんのリスクがある一方で、低脂肪の赤身牛肉による好影響も考えられる。

また、クラスター 20 にはプランテンの摂取による影響も考えられる。プランテンは調理用に開発されたバショウ科の三倍体交雑種でバナナより大きく、角ばった澱粉質食品である [52]。炭水化物の量はバナナより大きく、熟しても澱粉質を多く維持しているため固く、水分が少ないのが特徴である [53]。プランテンは食べるためには基本的に調理が必須であるが、生の状態のものはでんぷん粉やワイン、ビールの製造のために使われる [54]。プランテンのでんぷん粉は難消化性澱粉 (約 40.9 ~ 58.5%) や食物繊維 (約 6.0 ~ 15.5%) を高含有しており [55, 56]、またプランテンの果肉に含まれるロイコシアニジンは抗潰瘍作用を有することが報告されている [57]。

4.1.8 クラスタ 22

クラスタ 22 は中米と南アフリカに地域性が確認された (図17)。肉・卵の割合が 14% 程度、乳製品の割合が約 20% であり、クラスタ 20 と同様の傾向を示していた (図22)。しかし、パーミュテーションテストの結果からクラスタ 22 は卵、豆類、とうもろこし、砂糖との関係が強いことがわかった ($p=0.0213, 0.0001, 0.0001, 0.0003$) (表15)。中米と南アフリカは地理的には離れているにもかかわらず同じクラスタに属しているが、これにはそれぞれの地域に適した共通の主食作物がトウモロコシと豆類であったことが大きく関係していると考えられる。トウモロコシの起源はメキシコとされており、7000 ~ 10000 年前から栽培が始まったとされている。そして、起源であるメキシコから中央アメリカ、カリブ海の島々、南北アメリカ大陸へと広がり、さらにはヨーロッパの探検家がトウモロコシをヨーロッパに持ち帰り、ヨーロッパの商人によってアジア、アフリカ大陸へと伝えられたと考えられている [58]。そして、インゲンマメも中央アメリカの伝統的な作物で、数千年前から栽培されており、トウモロコシ、カボチャとともに熱帯アメリカの食事に欠かせないものとして利用されている。現在栽培化されているインゲンマメは、中央アメリカやブラジルの様々な環境 (高地、乾燥、多湿、高温) や土壌に適応できるよう中央アメリカの先住民によって選別・栽培化されていたため、ポルトガルの商人によってアフリカに導入された際も現地の環境に適応し、現在ではアフリカ東部、及び南部のフードセキュリティを支える重要な作物となっている。また、中央アメリカやアフリカ大陸の南部から東部にかけてはトウモロコシの間作として利用されている [59]。したがって、トウモロコシと豆類の組み合わせは、中央アメリカとアフリカ南部の農業生産に適しており、この 2 つの地域にトウモロコシと豆類を主食とした食文化をもたらしたのではないかとと思われる。

そして、クラスタ 22 の健康・栄養状態にはクラスタ 20 と同じく動物性食品の割合の大きさに加え、主食であるトウモロコシと豆類が関係していると考えられる。トウモロコシにはプランテンと同じく難消化性澱粉を多く含んでいるが、プランテンに比べトウモロコシの難消化性澱粉はアミロースの割合が多く、腸内環境や便通の改善効果や腸内で発酵し、短鎖脂肪酸が増加することにより癌やアテローム性動脈硬化症等のリスクを下げることが報告されている [60]。

4.1.9 クラスター 24

クラスター 24 は東南アジアへの地域性が強かった (図18)。食糧比率に関しては穀物の割合が最も多く、二番目に割合が多い食糧は果物であった。魚介類の割合は 6.5% で全クラスター中 4 番目に高かった。そして、このクラスターでは穀物と果物で約 56% の割合を占めていた (図22)。また、パーミュテーションテストの結果、穀物では米、果物ではバナナやパイナップル、そして魚介類では淡水魚と頭足類の割合が全体に比べて高いことが明らかになった。

穀物の割合の高さとその中でも米の供給比率が特徴的であったことから、このクラスターでは米を主食とした食事による影響が考えられる。精米前の完全米の状態では、フェノール類やフラボノイドが多く存在し、フェルラ酸、p-クマル酸、イソフェルラ酸、シリング酸、バニリン酸などの多様な化合物が同定されている。そして、可溶性フェノール酸と不溶性フェノール酸では異なる健康機能性を示し、前者は LDL コレステロールの酸化抑制作用、後者は抗炎症作用や結腸がんの抑制に重要な役割を持っていることが報告されている [61]。一方で、精米した白米の摂取頻度が高い食事は 2 型糖尿病やメタボリックシンドロームのリスクを引き上げるということも示唆されている [62, 63]。

4.1.10 クラスター 25

クラスター 25 は主にオセアニアの島国で構成されており、果物の割合が全クラスターの中で最も大きく 46.9% であった (図22)。そして、パーミュテーションテストにおいてもバナナやココナッツ、ココナッツオイルの割合が特に特徴的であった ($p=0.0002, 0.0002, 0.0001$)(表17)。したがって、このクラスターの栄養状態には、バナナやココナッツなどの果物が豊富な食事が影響を与えていると思われる。

常習的な果物の摂取は老化の防止や癌、心臓病を含む一般的な疾病の予防に関わっていると考えられている [64]。ココナッツミルクはミネラルが豊富で、特にカリウムが多量に含まれている。そして、無脂肪で、炭水化物や塩分もほとんど含まれておらず、低カロリーである。ココナッツミルクは胃腸内で抗菌作用を示すことがわかっており、脂質異常症の治療への応用の可能性が報告されている。また、ラウリン酸や中鎖脂肪酸が豊富で、血中コレステロール濃度への好影響をもたらすとされている [65]。

4.1.11 クラスター 26

クラスターは東アジア、及び東南アジアの一部に地域性が確認された(図20)。肉・卵食品の割合は全クラスターの中で最も多く、15.8%であった(図22)。パーミュテーションテストの結果、動物性食品では卵、豚肉、鶏肉($p=0.0001$, 0.0001 , 0.0011)、魚介類では頭足類、甲殻類、底生魚($p=0.0001$, 0.0001 , 0.0041)、また大豆、大豆油($p=0.0001$, 0.0113)の供給比率が全体より高いことがわかった。一方で、クラスター 26 と関係が強い穀物はなかった(表18)。

地理的な特徴としては、東アジアに属する中国大陆、台湾、韓国、日本の4つの地域はすべて東シナ海に面しており、それぞれの地域間で文化交流が行われ、その中で栽培作物や食文化の伝播が起こってきた。一方で、東南アジアに属する2地域(ブルネイ・ダルサラーム、マレーシア)は東アジアの地域とは地理的に離れているにもかかわらず同じクラスターに属していた。これには上記の2カ国における経済発展が関係していると考えられる。図24に東南アジアの8カ国の国民一人あたりのGDP(データ入手先: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>)を示した。ブルネイ・ダルサラームとマレーシアは東南アジアの中で上位2カ国であり、クラスター 24 に属していた東南アジアの国々よりも経済発展が進んでいると考えられる。このクラスターの食糧供給比率はクラスター 24 に比べて穀物の割合が減少し、肉・卵食品と野菜の割合が増加している(図22)。ブルネイ・ダルサラームとマレーシアの2カ国がクラスター 24 ではなくクラスター 26 に属していた理由としては、経済発展によって低コストの穀物中心の食事パターンからよりコストの高い肉や野菜の割合が増加した食事パターンにシフトしたことが考えられる。したがって、このクラスターの形成には東シナ海を中心とした文化、及び東南アジアにおける経済発展が大きく関係していると考えられる。

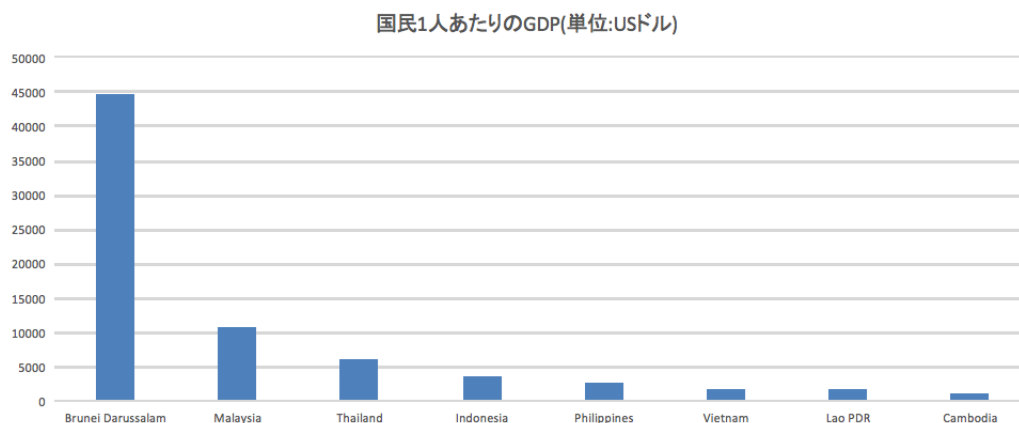


図24 東南アジアの8カ国における国民一人あたり GDP

4.2 先行研究との比較

先行研究では各国における食糧のアクセス性に基づいて地域性解析が行われ、228カ国を39のクラスターに分類し、地中海、バルト海、西ヨーロッパ、ユカタン半島、南アメリカ、アフリカとアラビア半島、東南アジア、北極海の8つの地域で特徴的な地域性が見られていた[66]。今回は本研究で地域の特徴があった29クラスター中18のクラスターと先行研究で得られた39のクラスターを地理的に比較し、食糧供給比率による栄養状態と食糧のアクセス性の関係性について考察を行う。

4.2.1 クラスター1～3

クラスター1～3の地域は16のアクセス性が異なる地域と関係していた(表19～21)。クラスター1は主に先行研究のクラスター30、34と関係していた(表19)。先行研究のクラスター30はベラルーシやリトアニアを中心としたアクセス性であり、クラスター34はラトビアやリトアニアを中心としたアクセス性であった。クラスター2は特にクラスター26と関係が強いと思われる(表20)。クラスター26はノルウェー、ベルギー、スウェーデン、デンマーク、アイルランドの5カ国で構成され、それらすべてが本研究のクラスター2に属していた。クラスター26は北海やバルト海に影響を受けているアクセス性であることから、クラスター2の食糧供給比率にもその影響が考えられる。クラスター3はフランス、スペイン、イタリアが属するクラスター24とニュージーランド、アルゼンチン、チリが属するクラスター28の2つが関係していた(表21)。よって、クラスター3には西ヨーロッパ、及びニュージーランドと南米を中心としたアクセス性が影響していると考えられる。

表19 クラスター 1 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
1	5	Bosnia and Herzegovina
1	25	Republic of Poland
1	29	Russian Federation
1	29	Ukraine
1	30	Republic of Belarus
1	30	Czech Republic
1	30	Republic of Estonia
1	34	Republic of Latvia
1	34	Republic of Lithuania
1	34	Romania
1	36	Republic of Moldova

表20 クラスター 2 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
2	5	Republic of Slovenia
2	5	Republic of Croatia
2	11	Kingdom of the Netherlands
2	24	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
2	24	Federal Republic of Germany
2	25	Portuguese Republic
2	25	Swiss Confederation
2	26	Kingdom of Norway
2	26	Kingdom of Belgium
2	26	Kingdom of Sweden
2	26	Kingdom of Denmark
2	26	Ireland
2	28	Commonwealth of Australia
2	31	United States of America
2	32	Canada
2	32	Republic of Iceland
2	33	Republic of Austria
2	33	Grand Duchy of Luxembourg
2	34	Republic of Finland

表21 クラスター 3 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
3	4	Hellenic Republic
3	4	State of Israel
3	5	Republic of Malta
3	5	Republic of Cyprus
3	8	Oriental Republic of Uruguay
3	24	Spain
3	24	French Republic
3	24	Republic of Italy
3	28	New Zealand
3	28	Republic of Chile
3	28	Argentine Republic
3	29	Republic of Bulgaria
3	33	Slovak Republic
3	34	Republic of Hungary
3	35	Republic of Serbia

4.2.2 クラスター 4～7

クラスター 4 7 ではクラスター 6 と 7 に特徴的なアクセス性との関係が確認された。クラスター 6 はアルジェリアとモンゴル以外の地域が先行研究のクラスター 36 に属していた (表22)。クラスター 36 の地域は中央アジアを中心とした国々で構成されていることから、クラスター 6 の食糧供給比率には中央アジアの食糧アクセス性が強く関係していると思われる。また、クラスター 7 には先行研究のクラスター 4、5、18 の 3 つのクラスターが強く関係していると考えられる (表23)。よって、クラスター 7 には 3 つの異なるアクセス性を持った地域が影響していると思われる。

表22 クラスター 6 におけるアクセス性

クラスター番号		国名
食糧比率	アクセス性	
6	5	People's Democratic Republic of Algeria
6	23	Mongol Uls
6	36	Republic of Azerbaijan
6	36	Republic of Tajikistan
6	36	Turkmenistan
6	36	Republic of Uzbekistan
6	36	Georgia

表23 クラスター 7 におけるアクセス性

クラスター番号		国名
食糧比率	アクセス性	
7	4	Kingdom of Morocco
7	4	Arab Republic of Egypt
7	5	Republic of Lebanon
7	5	Republic of Tunisia
7	18	Islamic Republic of Afghanistan
7	18	Islamic Republic of Iran
7	18	Republic of Iraq
7	23	Republic of Djibouti
7	25	Hashemite Kingdom of Jordan
7	39	Republic of Yemen

4.2.3 クラスター 10

クラスター 10 は 6 カ国中 3 カ国 (トーゴ、コートジボワール、ガーナ) が先行研究のクラスター 14 に属していたことから、クラスター 14 のアクセス性との関連が考えられる。また、その他の 3 カ国はそれぞれ別のアクセス性を示すクラスターに属していた (表24)。

表24 クラスター 10 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
10	14	Republic of Togo
10	14	Republic of Cote d'Ivoire
10	14	Republic of Ghana
10	16	Republic of Benin
10	19	Central African Republic
10	28	Federal Republic of Nigeria

4.2.4 クラスター 15, 16

クラスター 15 は 5 カ国中 3 カ国 (マラウイ、ザンビア、ジンバブエ) が先行研究のクラスター 16 に属していた (表25)。このことから、クラスター 15 は上記の 3 カ国が存在する地域のアクセス性に強く関係していると考えられる。また、クラスター 16 に属する 4 カ国のうち 3 カ国が先行研究のクラスター 12(マリ、ニジェール、ブルキナファソ) に集中していたことが明らかになった (表25)。

表25 クラスター 15,16 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
15	6	The Democratic Republic of Timor-Leste
15	16	Republic of Malawi
15	16	Republic of Zambia
15	16	Republic of Zimbabwe
15	37	Kingdom of Lesotho
16	12	Republic of Mali
16	12	Republic of Niger
16	12	Burkina Faso
16	38	Republic of Chad

4.2.5 クラスター 18

クラスター 18 には先行研究のクラスター 1 と 3 との関係が強いく、特にクラスター 3 には 10 カ国中 5 カ国が関係していることが明らかになった (表26)。よって、クラスター 18 にはクラスター 1 とクラスター 3 による 2 つアクセス性との関係が考えられる。

表26 クラスター 18 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
18	1	Republic of Trinidad and Tobago
18	1	Jamaica
18	3	Barbados
18	3	Saint Christopher and Nevis
18	3	Saint Lucia
18	3	Saint Vincent and the Grenadines
18	3	Antigua and Barbuda
18	18	New Caledonia
18	21	French Polynesia
18	23	Grenada

4.2.6 クラスター 20

クラスター 20 では 12 カ国中 7 カ国が先行研究のクラスター 1、8、10 と関係していることがわかった (表27)。クラスター 20 ではカリブ海の島々と関係しているクラスター 1 と南米西部の地域 (ペルー、コロンビア、エクアドル、ボリビア) が属しているクラスター 8、10 による 3 つの異なるアクセス性との関連が考えられる。

表27 クラスター 20 におけるアクセス性

クラスター番号		国名
食糧比率	アクセス性	
20	1	Bolivarian Republic of Venezuela
20	1	Dominican Republic
20	2	Republic of Cuba
20	7	Republic of Panama
20	8	Republic of Suriname
20	8	Republic of Bolivia
20	10	Republic of Peru
20	10	Republic of Colombia
20	10	Republic of Ecuador
20	11	Republic of Costa Rica
20	28	Federative Republic of Brazil
20	37	Republic of Cape Verde

4.2.7 クラスター 22

クラスター 22 には主に中央アメリカの地域と南アフリカの地域で構成されていたが、先行研究との比較ではそれぞれの地域に異なった食糧のアクセス性が関係していることが明らかになった。中央アメリカの地域では 5 カ国中 4 カ国 (ニカラグア、エルサルバドル、グアテマラ、ホンジュラス) が先行研究のクラスター 7 に属しており、南アフリカではナミビアとボツワナの 2 カ国が先行研究のクラスター 23 に属していた (表28)。したがって、クラスター 22 では中央アメリカと南アフリカでそれぞれ異なるアクセス性による影響が考えられる。

表28 クラスター 22 におけるアクセス性

クラスター番号		国名
食糧比率	アクセス性	
22	7	Republic of Nicaragua
22	7	Republic of El Salvador
22	7	Republic of Guatemala
22	7	Republic of Honduras
22	8	Republic of Paraguay
22	23	Republic of Namibia
22	23	Republic of Botswana
22	28	Republic of South Africa
22	31	The United Mexican States
22	38	Kingdom of Swaziland

4.2.8 クラスター 24, 26

クラスター 24 は先行研究のクラスター 17、28 と関係があり、クラスター 26 はクラスター 11、31 との関係があった。また、先行研究のクラスター 6 はクラスター 24、26 と共通して関係していた (表29)。クラスター 24 には東南アジアの島々で構成されるクラスター 6 とベトナムとカンボジアによるクラスター 17、及びラオスとタイが属するクラスター 28 の 3 つのアクセス性との関連が考えられる。一方、クラスター 26 にはマレーシア、ブルネイが属するクラスター 6、及び東シナ海に面した国々が属するクラスター 11、31 による 3 つのアクセス性の影響が考えられる。

表29 クラスター 24,26 におけるアクセス性

クラスター番号		
食糧比率	アクセス性	国名
24	6	Republic of the Philippines
24	6	Republic of Indonesia
24	17	Socialist Republic of Viet Nam
24	17	Kingdom of Cambodia
24	28	Lao People's Democratic Republic
24	28	The Kingdom of Thailand
26	6	Malaysia
26	6	Brunei Darussalam
26	11	Republic of Korea
26	11	Taiwan
26	29	Hong Kong Special Administrative Region
26	31	People's Republic of China
26	31	Japan

4.3 地域性解析とフードセキュリティ

ここでは今回の地域性解析の結果をもとに、フードセキュリティの向上に向けた食糧供給に関する改善点の提案を行う。今回の地域性解析では 174 地域を 29 クラスターに分類し、29 クラスター中、特に 18 のクラスターで地域的な特徴が見られた。そして、今回は栄養状態が特に芳しくないと言われるクラスター 8 ～ 14 の 7 つのクラスターにおける食糧供給への提案を行う。

アフリカ大陸のサハラ砂漠以南の地域における食糧供給状態は悪く、特に 5 歳未満の小児における栄養失調、成長障害は深刻なものとなっている [3]。サハラ砂漠以南の栄養状態が悪い地域は今回の地域性解析におけるクラスター 8 ～ 14 にあたる。クラスター 8 ～ 14 はすべてアフリカ大陸に属する国々で構成されており、アフリカの中部から西部にかけて地域性が認められていた。これらのクラスターは動物性食品の割合が極めて低く、根菜類に強く依存している特徴があった (図22)。そして、食糧供給比率をもとに栄養の比率への変換を行った。その結果を図25、及び図26に示した。図25からはクラスター 8 ～ 14 では他のクラスターより脂肪とタンパク質の割合が低いことがわかり、図26からはナトリウムとカルシウムの割合が低いことが明らかになった。

脂肪とタンパク質、そしてカルシウムの割合を高めるためには乳製品や肉などの動物性食品の割合を増加させる必要が考えられる。乳製品はクラスター 1 ～ 5 の地域における供給比率が高かった (図22)。これらのクラスターはヨーロッパや北アメリカ、中近東、北アフリカの地域が含まれている。ヨーロッパや北アフリカの地域はクラスター 8 ～ 14 の地域と地理的に近い関係にあるため、これらクラスターの地域間で乳製品の貿易を行うことは効率的であると考えられる。また、肉製品はクラスター 20 やクラスター 22、クラスター 26 における食糧供給が高かった (図22)。クラスター 20 やクラスター 22 には中南米や南アフリカの地域から構成されていた。特にクラスター 22 は南アフリカ共和国周辺の地域が含まれており、クラスター 8 ～ 14 と同じアフリカ大陸に属している。よって、これらの地域はクラスター 8 ～ 14 の地域と地理的に近い位置にあるため、これらの地域間で肉製品の輸送を行うことが食糧供給上効率的であると思われる。

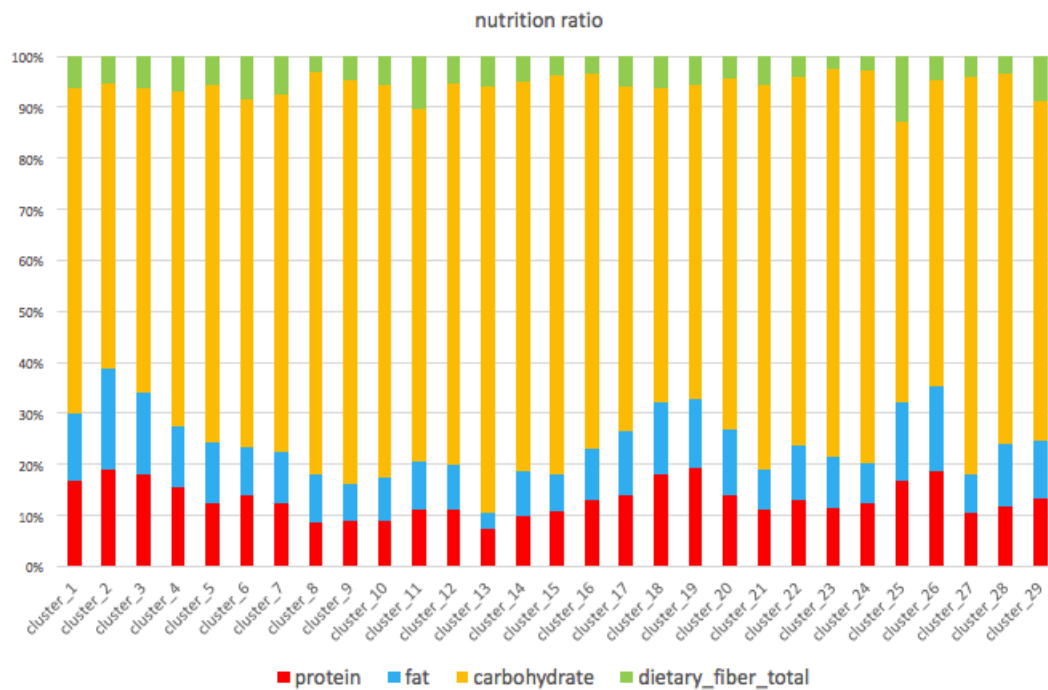


図25 各クラスターにおける栄養比率

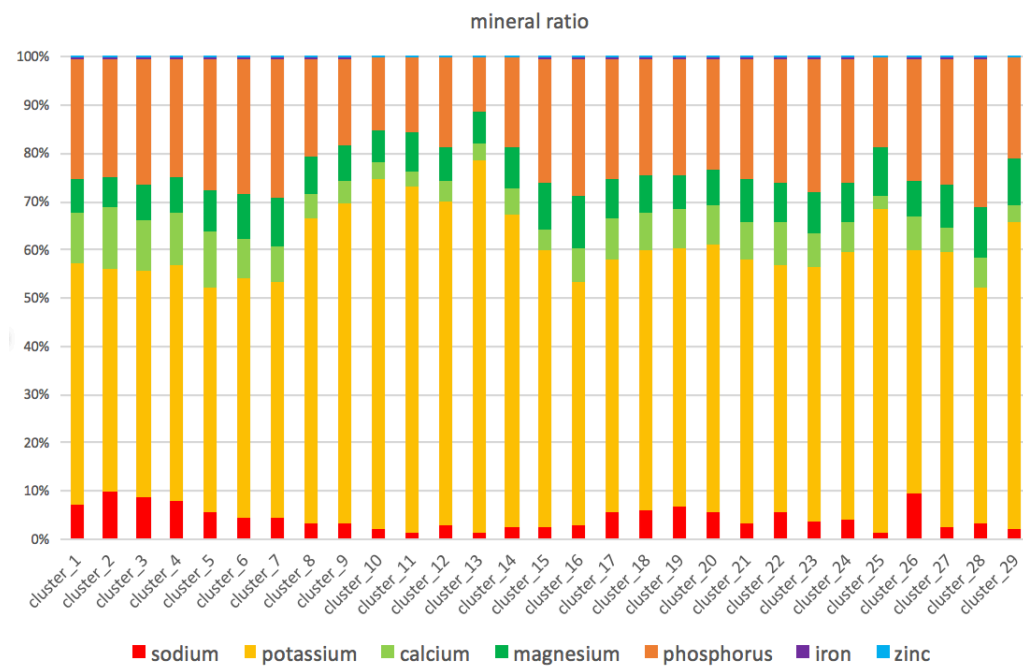


図26 各クラスターにおけるミネラル比率

5 結論

食糧問題解決のための効率的な食糧供給システムの構築には、食糧と栄養・健康の関係性を解明することが重要である。本研究では食糧と地域の関係性に着目し、地域と食糧供給の多様性の関係、さらにそれによってもたらされる栄養や健康に対する影響について議論を行った。

世界 174 カ国における 75 種の食糧の供給比率のデータを用いてクラスター分析を行い、174 カ国を 29 の地域に分類した。29 クラスター中、特に 18 のクラスターで地域的な特徴が見られ、それぞれのクラスターにおいて民族、宗教、移民や経済発展、主食栽培種の伝播による影響が考えられた。さらに、地域において特徴的な食糧について解析を行い、それらの食糧による地域の栄養や健康状態への影響について考察を行った。さらに先行研究である食糧のアクセス性に基づいたクラスター分析結果と本研究の結果の比較を行い、食糧のアクセスと供給比率の間にある地域的な関係性を明らかにした。

本研究によって解明された食糧供給比率における地域の特徴、及び栄養や健康への影響、そして食糧のアクセス性と供給比率の地理的关系性は栄養・生理的側面を考慮したフードシステムの構築に関する知見になることが期待される。

謝辞

本研究を進めるにあたって、多くの方々からご指導、ご協力を頂きました。本研究を行うにあたり、他分野の学部生であった私に研究の機会、そして丁寧なご指導と研究環境を与えてくださった奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科計算システムズ生物学研究室金谷重彦教授に深く感謝致します。また、本研究のご指導や研究室でのゼミでは貴重なご意見を頂きました情報科学研究科 Md.Altaf-Ul-Amin 准教授、情報科学研究科小野直亮准教授、情報科学研究科黄銘助教に深く感謝致します。

研究発表の際に貴重なご意見及び助言を頂きました情報科学研究科松本健一教授に厚く御礼申し上げます。

最後に、計算システムズ生物学研究室の皆様に心より感謝を申し上げます。日常における議論など大学院生活全般にわたり多くの面で支えて頂きました。誠にありがとうございました。

参考文献

- [1] C. Leigh Broadhurst, Stephen C. Cunnane, and Michael A. Crawford. Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early Homo. *British Journal of Nutrition*, 79(01):3, jan 1998.
- [2] H Charles J Godfray, John R Beddington, Ian R Crute, Lawrence Haddad, David Lawrence, James F Muir, Jules Pretty, Sherman Robinson, Sandy M Thomas, and Camilla Toulmin. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science (New York, N.Y.)*, 327(5967):812–8, feb 2010.
- [3] FAO. THE STATE OF FOOD SECURITY AND NUTRITION IN THE WORLD 2018. Technical report, 2018.
- [4] FAO. Rome declaration on world food security and World Food Summit plan of action. Technical report, World Food Summit, Rome.
- [5] Mark L Wahlqvist. Regional food diversity and human health. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 12(3):304–8, 2003.
- [6] Hillard Kaplan, Kim Hill, Jane Lancaster, and A. Magdalena Hurtado. A theory of human life history evolution: Diet, intelligence, and longevity. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 9(4):156–185, jan 2000.
- [7] Satoshi WATANABE, Hoko KYO, KANG Liu, Ryohei EGUCHI, Md. Md. Altaf-Ul-Amin, Aki MORITA(Hirai), Minako OHASHI, Naoaki ONO, Alex Ming HUANG, Yanbo ZHU, Qi WANG, Zhaoyu DAI, Yukiko NAKAMURA, Klaus W. Klaus W. LANGE, Kazuo UE-BABA, Shintaro HASHIMOTO, Shigehiko KANAYA, and Nobutaka SUZUKI. Data Intensive Study of Accessibility of Edible Species and Healthcare Across the Globe. *Japanese Journal of Complementary and Alternative Medicine*, 15(1):37–60, mar 2018.
- [8] Joe H. Ward. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301):236–244, mar 1963.
- [9] W. Köppen. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt, 1900.
- [10] LINGUISTIC GEOGRAPHY.
- [11] ICES. *The Baltic Sea - Baltic Sea advice*. 2008.
- [12] M. R. Clarke and E. R. (Edwin Royden) Trueman. *The mollusca. Volume 12, Paleontology and neontology of cephalopods Chapter18 Mediterranean Cephalopod Fauna*. 1998.
- [13] Anna Bach-Faig, Elliot M Berry, Denis Lairon, Joan Reguant, Antonia Trichopoulou, Sandro Dernini, F Xavier Medina, Maurizio Battino, Reikia Belahsen, Gemma Miranda, and Lluís Serra-Majem. Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutrition*, 14(12A):2274–2284, dec 2011.
- [14] G Corona, JPE Spencer, and MA Dessì. Extra virgin olive oil phenolics: absorption,

- metabolism, and biological activities in the GI tract. *Toxicology and Industrial Health*, 25(4-5):285–293, may 2009.
- [15] Claudio Pelucchi, Cristina Bosetti, Eva Negri, Loren Lipworth, and Carlo La Vecchia. Olive Oil and Cancer Risk: an Update of Epidemiological Findings through 2010. *Current Pharmaceutical Design*, 17(8):805–812, mar 2011.
- [16] Carlo La Vecchia. Association between Mediterranean dietary patterns and cancer risk. *Nutrition Reviews*, 67:S126–S129, may 2009.
- [17] Olga Castañer, Montserrat Fitó, M. Carmen López-Sabater, Henrik E. Poulsen, Kristiina Nyyssönen, Helmut Schröder, Jukka T. Salonen, Karina De la Torre-Carbot, Hans-Franz Zunft, Rafael De la Torre, Hans Bäumler, Antonio V. Gaddi, Guillermo T. Saez, Marta Tomás, and Maria-Isabel Covas. The effect of olive oil polyphenols on antibodies against oxidized LDL. A randomized clinical trial. *Clinical Nutrition*, 30(4):490–493, aug 2011.
- [18] Michaela Bertuzzi, Alessandra Tavani, Eva Negri, and Carlo La Vecchia. Olive oil consumption and risk of non-fatal myocardial infarction in Italy. *International Journal of Epidemiology*, 31(6):1274–1277, dec 2002.
- [19] Pew Research Center. The Global Religious Landscape: A Report on the Size and Distribution of the World’s Major Religious Groups as of 2010. *Pew Research Center Report*, (December), 2012.
- [20] Mohammad Hasan Eftekhari and Seyed Mohammad Mazloomi. Vegetarian and Western Diets in Islam. *EUROPE-REVUE LITTERAIRE MENSUELLE*, 0014-2751(January):532–535, 2016.
- [21] Sevkett. Pamuk. *A monetary history of the Ottoman Empire*. Cambridge University Press, 2000.
- [22] Halil Inalcik and Donald Quataert. *An economic and social history of the Ottoman Empire, 1300-1914*. Cambridge University Press, 1994.
- [23] Rene Grousset. *The empire of the steppes : a history of central Asia*. Rutgers University Press, 1970.
- [24] Glenn Randall Mack and Asele. Surina. *Food culture in Russia and Central Asia*. Greenwood Press, 2005.
- [25] Mabrouk A. EL-Sharkawy. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, 53(5):621–641, nov 2003.
- [26] Julie A. Montagnac, Christopher R. Davis, and Sherry A. Tanumihardjo. Nutritional Value of Cassava for Use as a Staple Food and Recent Advances for Improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3):181–194, jul 2009.
- [27] Jens B. Aune and André Bationo. Agricultural intensification in the Sahel –The ladder approach. *Agricultural Systems*, 98(2):119–125, sep 2008.
- [28] J R N Taylor and J R N Taylor. Overview: The importance of sorghum in Africa. *IN*

PROCEEDINGS OF AFRIPRO WORKSHOP ON THE PROTEINS OF SORGHUM AND MILLETS: ENHANCING NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES FOR AFRICA, PRETORIA, SOUTH AFRICA, 2003.

- [29] Palanisamy Bruntha Devi, Rajendran Vijayabharathi, Sathyaseelan Sathyabama, Naggappa Gurusiddappa Malleshi, and Venkatesan Brindha Priyadarisini. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6):1021–1040, jun 2014.
- [30] John R.N. Taylor, Tilman J. Schober, and Scott R. Bean. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*, 44(3):252–271, nov 2006.
- [31] L W Rooney and R L Pflugfelder. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of animal science*, 63(5):1607–23, nov 1986.
- [32] William C. Maclean, Guillermo Lopez de Romaña, Robert P. Placko, and George G. Graham. Protein Quality and Digestibility of Sorghum in Preschool Children: Balance Studies and Plasma Free Amino Acids. *The Journal of Nutrition*, 111(11):1928–1936, nov 1981.
- [33] FAO. Sorghum and Millets in Human Nutrition; FAO Food and Nutrition Series, No. 27. Technical report, FAO, Rome, Italy, 1995.
- [34] K.G Duodu, J.R.N Taylor, P.S Belton, and B.R Hamaker. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science*, 38(2):117–131, sep 2003.
- [35] Abd El-Moneim M. R. Afify, Hossam S. El-Beltagi, Samiha M. Abd El-Salam, and Azza A. Omran. Protein Solubility, Digestibility and Fractionation after Germination of Sorghum Varieties. *PLoS ONE*, 7(2):e31154, feb 2012.
- [36] Bruce R. Hamaker, Allen W. Kirleis, Edwin T. Mertz, and John D. Axtell. Effect of cooking on the protein profiles and in vitro digestibility of sorghum and maize. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(4):647–649, jul 1986.
- [37] C Gopalan. Pellagra in sorghum eaters. Technical report, 1972.
- [38] R D Baynes and T H Bothwell. Iron Deficiency. *Annual Review of Nutrition*, 10(1):133–148, jul 1990.
- [39] Samuel Meredith Wilson. *The archaeology of the Caribbean*. Cambridge University Press, 2007.
- [40] Lottery Funded. *Healthy Diet and Lifestyle for ethnic minority older people*. Lottery-funded Older People Services, 2015.
- [41] K. Aiken and G.A. Kong. The marine fisheries of Jamaica. *Naga, ICLARM Q*, 23(1):29–35, 2000.
- [42] P. Codoñer-Franch and V. Valls-Bellés. Citrus as Functional foods. *Curr. T. Nutraceut. Res.*, 8:173–183, 2010.
- [43] Carol S. Johnston, Candice L. Dancho, and Gail M. Strong. Orange Juice Ingestion and

- Supplemental Vitamin C Are Equally Effective at Reducing Plasma Lipid Peroxidation in Healthy Adult Women. *Journal of the American College of Nutrition*, 22(6):519–523, dec 2003.
- [44] Husam Ghanim, Chang Ling Sia, Mannish Upadhyay, Kelly Korzeniewski, Prabhakar Viswanathan, Sanaa Abuaysheh, Priya Mohanty, and Paresh Dandona. Orange juice neutralizes the proinflammatory effect of a high-fat, high-carbohydrate meal and prevents endotoxin increase and Toll-like receptor expression. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(4):940–949, apr 2010.
 - [45] Pilar Codoñer-Franch, Ana Belén López-Jaén, Agustín De La Mano-Hernández, Enrique Sentandreu, Raquel Simó-Jordá, and Victoria Valls-Bellés. Oxidative markers in children with severe obesity following low-calorie diets supplemented with mandarin juice. *Acta Paediatrica*, 99(12):1841–1846, dec 2010.
 - [46] Elzbieta M Kurowska, J David Spence, John Jordan, Stephen Wetmore, David J Freeman, Leonard A Piché, and Paula Serratore. HDL-cholesterol-raising effect of orange juice in subjects with hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(5):1095–1100, nov 2000.
 - [47] E Giovannucci, E B Rimm, M J Stampfer, G A Colditz, A Ascherio, and W C Willett. Intake of fat, meat, and fiber in relation to risk of colon cancer in men. *Cancer research*, 54(9):2390–7, may 1994.
 - [48] M D Kontogianni, D B Panagiotakos, C Pitsavos, C Chrysoshoou, and C Stefanadis. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: the CARDIO2000 case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 62(2):171–177, feb 2008.
 - [49] L. E. Kelemen, Lawrence H. Kushi, David R. Jacobs, and James R. Cerhan. Associations of Dietary Protein with Disease and Mortality in a Prospective Study of Postmenopausal Women. *American Journal of Epidemiology*, 161(3):239–249, feb 2005.
 - [50] Édith Beauchesne-Rondeau, Annie Gascon, Jean Bergeron, and Hélène Jacques. Plasma lipids and lipoproteins in hypercholesterolemic men fed a lipid-lowering diet containing lean beef, lean fish, or poultry. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(3):587–593, mar 2003.
 - [51] Robin M Daly, Stella L O’Connell, Niamh L Mundell, Carley A Grimes, David W Dunstan, and Caryl A Nowson. Protein-enriched diet, with the use of lean red meat, combined with progressive resistance training enhances lean tissue mass and muscle strength and reduces circulating IL-6 concentrations in elderly women: a cluster randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(4):899–910, apr 2014.
 - [52] J. C. (John Charles) Robinson and C.A.B. International. *Bananas and plantains: Distribution and Importance; axonomic Classification, Cultivars and Breeding*. CAB International,

- 1996.
- [53] R. V. Valmayor, S. H. Jamaluddin, B. Silayoi, S. Kusumo, L. D. Danh, O. C. Pascua, and R. R. C. Espino. *Banana cultivar names and synonyms in Southeast Asia*. INIBAP Regional Office for Asia and the Pacific, 2000.
 - [54] Peter I Akubor. Functional properties and performance of cowpea/plantain/wheat flour blends in biscuits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3):1–8, 2003.
 - [55] T.B. Tribess, J.P. Hernández-Urbe, M.G.C. Méndez-Montealvo, E.W. Menezes, L.A. Bello-Perez, and C.C. Tadini. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 42(5):1022–1025, jun 2009.
 - [56] Renata Vieira da Mota, Franco M. Lajolo, Beatriz R. Cordenunsi, and Cesar Ciacco. Composition and Functional Properties of Banana Flour from Different Varieties. *Starch - Stärke*, 52(2-3):63–68, apr 2000.
 - [57] Guylène Aurore, Berthe Parfait, and Louis Fährasmane. Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in Food Science & Technology*, 20(2):78–91, feb 2009.
 - [58] Peter Ranum, Juan Pablo Peña-Rosas, and Maria Nieves Garcia-Casal. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1):105–112, apr 2014.
 - [59] Stephen E. Beebe, Idupulapati M. Rao, Clare M. Mukankusi, and Robin A. Buruchara. Improving resource use efficiency and reducing risk of common bean production in Africa, Latin America, and the Caribbean. Technical report, 2012.
 - [60] Mary M. Murphy, Judith Spungen Douglass, and Anne Birkett. Resistant Starch Intakes in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(1):67–78, jan 2008.
 - [61] Yafang Shao and Jinsong Bao. Polyphenols in whole rice grain: Genetic diversity and health benefits. *Food Chemistry*, 180:86–97, aug 2015.
 - [62] Ganesan Radhika, Rob M. Van Dam, Vasudevan Sudha, Anbazhagan Ganesan, and Viswanathan Mohan. Refined grain consumption and the metabolic syndrome in urban Asian Indians (Chennai Urban Rural Epidemiology Study 57). *Metabolism*, 58(5):675–681, may 2009.
 - [63] Emily A Hu, An Pan, Vasanti Malik, and Qi Sun. White rice consumption and risk of type 2 diabetes: meta-analysis and systematic review. *BMJ (Clinical research ed.)*, 344:e1454, mar 2012.
 - [64] M. E. Wright, Y. Park, A. F. Subar, N. D. Freedman, D. Albanes, A. Hollenbeck, M. F. Leitzmann, and A. Schatzkin. Intakes of Fruit, Vegetables, and Specific Botanical Groups in Relation to Lung Cancer Risk in the NIH-AARP Diet and Health Study. *American Journal of Epidemiology*, 168(9):1024–1034, sep 2008.
 - [65] S Ganguly. Health benefits of coconut in the Asian cuisines: A Review. *J. Biol. Chem.*

Res., 30(2):517–521, 2013.