

コーヒー豆中の微量元素を用いた多変量解析による地域特定

野地美樹¹⁾, 福島あや¹⁾, 内田治²⁾, 吉田宗弘³⁾, 安藤達彦¹⁾
 (¹⁾東京農業大学短期大学部醸造学科*, ²⁾東京情報大学**, ³⁾関西大学化学生命工学部生命・生物工学科***)

Multivaridate Analysis of Trace Elements for Coffee Beans Geographic Origins

Miki NOJI¹⁾, Aya FUKUSHIMA¹⁾, Osamu UCHIDA²⁾, Munehiro YOSHIDA³⁾ and Tatsuhiko ANDO¹⁾

¹⁾Department of Brewing and Fermentation, Junior College of Tokyo University of Agriculture,

²⁾Department of Environmental Information, Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences,

³⁾Department of Life Science and Biotechnology, Faculty of Chemistry, Materials and Bioengineering, Kansai University

Summary

Trace elements including magnesium (Mg), aluminium (Al), calcium (Ca), manganese (Mn), iron (Fe) and zinc (Zn) in coffee samples were measured by ICP-Atomic Emission Spectrometry (ICPS1000IV). Twenty four coffee bean samples were collected from 12 different areas in Indonesia and Guatemala.

Coffee bean samples were classified into two geographic origins with 91.67 % correction rate by discriminant analysis.

牛肉や野菜の産地偽装事件以来、産地を特定する根拠となる物質の検索が数多く試みられている¹⁻⁴⁾。近年、スペシャルティコーヒー、カップオブエクセレンスなどと称する、品質が高く生産者履歴のはっきりしたコーヒーが日本でも流通している。しかし、一般的に流通するコーヒー生豆について品質と真正の基準はなく、産地の真正方法が求められている。

コーヒーベルトと呼ばれる赤道直下の生産地の中から、大陸産と島嶼産を対象地域として、グアテマラとインドネシアのコーヒー豆中に含有される微量元素による地域特定について検討した。

測定に供したのは、インドネシアの5ヶ所（11銘柄）、グアテマラの7ヶ所（13銘柄）の栽培地域のコーヒー豆（アラビカ種）であり、これらを焙煎し銘柄ごとに調製した。コーヒー粉末を硝酸にて高压分解後、定容し、誘導結合プラズマ発光分析法により含有されるマグネシウム

(Mg)、アルミニウム (Al)、カルシウム (Ca)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、亜鉛 (Zn) を測定した。

実験方法

1. コーヒー豆中の微量元素の定量

インドネシアの5ヶ所（11銘柄）、グアテマラの7ヶ所（13銘柄）で栽培されたアラビカ種のコーヒー生豆（Fig. 1, Table 1）⁵⁾を直火式焙煎機で焙煎し、銘柄ごとに（n = 5）調製したものを試料とした。各サンプルは栽培地域または農園指定のものを小売店より入手した。焙煎したコーヒー豆をセラミックセルで破碎し、0.5 gを硝酸（関東化学・東京）にて高压分解後、定容し⁶⁾、ICPS1000IV（島津製作所・京都）を用いて含有される、Al, Mn, Fe, Zn, Mg, Caを定量した。データは、Stat Works（日本科学技術研修所・東京）を用いて解析した。

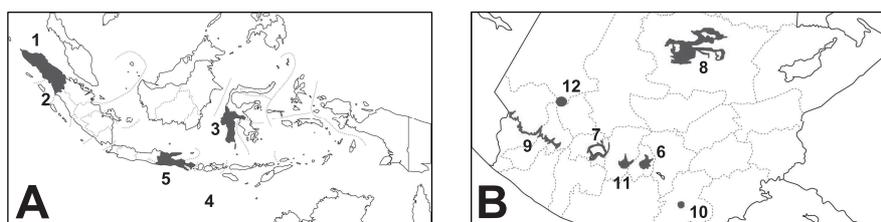


Fig. 1 Maps
 A : Coffee estate in Indonesia, B : Coffee estate in Guatemala.

*所在地：東京都世田谷区桜丘 1-1-1 (〒156-8502)

**所在地：千葉県千葉市若葉区谷当町 1200-2 (〒265-8501)

***所在地：大阪府吹田市山手町 3-3-35 (〒564-8680)

Table 1 Coffee samples used in stud

Indonesia			Guatemala		
	Samples		Samples		
1	Nanggroe Aceh Darussalam	4	6	Antigua Coffee	4
2	North Sumatera	4	7	Traditional Atitlan	3
3	South Sulawesi	1	8	Rainforest Coban	1
4	Bali	1	9	Vocanic San Marcos	1
5	East Java	1	10	Pueblo Nuevo Vinas	1
			11	Acatenango VALLEY	2
			12	Huehuetenango	1

2. 多変量解析

1) 散布図行列

散布図は、相互に関係があると思われる2種類のデータをそれぞれ縦軸と横軸にとって対応点を打点して作成したグラフのことで、2変量間における相関を表す散布図をすべての変量の組み合わせ分並べたものが散布図行列である。プロットに正の相関、負の相関があるか、または無相関かを視覚的に捉えることができる。微量元素の含有量間の相関関係について、平均値、個々のデータそれぞれの解析を行った。

2) 主成分分析

主成分分析は、多くの変量の値をできるだけ情報を損失させずに1個または少数個の総合的指標（主成分）で代表させる方法である。相関関係の強い変量同士を、また、総合的指標の数値が似たサンプル同士を近くに配置するマッピングの手法を用い散布図で表現した。なお、主成分分析では微量元素の含有量間の相関関係にもとづいて平均値、個々のデータそれぞれの解析を行った。

3) 判別分析

2つ以上のグループに関するデータがあるときに、グ

ループ間にどのような違いがあるのかをデータにもとづいて明らかにする方法として判別分析の手法がある。微量元素の含有量の平均値、個々のデータそれぞれをもとに判別分析を行ない、主成分分析で得られた結果と比較検討を行った。

結果

1. 定量結果

インドネシア、グアテマラそれぞれのサンプルに含まれる微量元素の平均値と標準偏差を示した（Table 2）。

2. 多変量解析

これらの結果をもとに、多変量解析を行った。

平均値、個々のデータそれぞれの散布図行列を Fig. 2 に示す。個々のデータの散布図行列では Al と Fe に正の相関関係が見られ、Mg と Fe、Mg と Al に負の相関関係が見られた。これは、主成分分析における因子負荷プロット（Fig. 3）でも示しており、個々のデータ、平均値いずれのデータにおいても同様の相関関係が見られた。

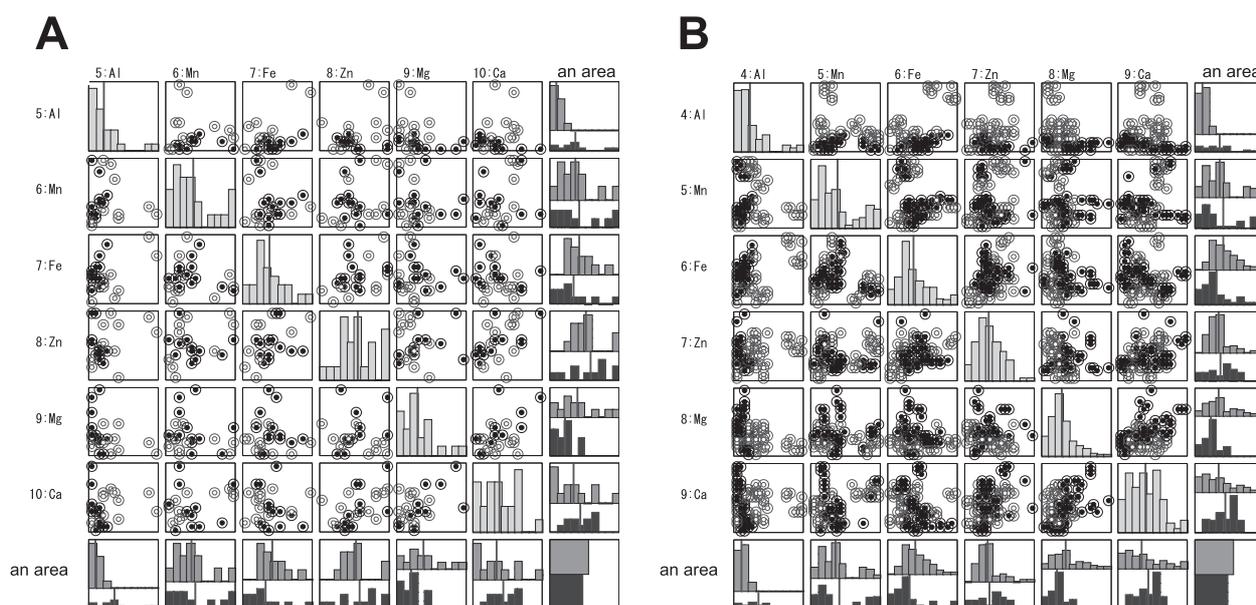


Fig. 2 Scatter plot matrix.
A: Mean value, B: Data.

Table 2 Trace element contents in coffee

Sample		Al	Mn	Fe	Zn	Mg	Ca
Nanggroe Aceh Darussalam A	mean	0.78	1.06	2.17	0.32	166.3	97.7
	SD	0.01	0.04	0.04	0.01	6.53	1.73
Nanggroe Aceh Darussalam B	mean	1.41	1.61	4.11	0.55	149.1	102.9
	SD	0.16	0.05	0.14	0.03	4.99	1.26
Nanggroe Aceh Darussalam C	mean	1.62	1.35	3.33	0.49	137.2	90.0
	SD	0.09	0.04	0.11	0.01	1.24	0.79
Nanggroe Aceh Darussalam D	mean	0.73	1.22	2.10	0.52	142.0	85.8
	SD	0.11	0.03	0.11	0.05	5.01	4.75
North Sumatera A	mean	0.60	3.35	2.66	0.57	140.0	105.3
	SD	0.03	0.08	0.08	0.03	6.20	2.53
North Sumatera B	mean	0.44	3.56	2.23	0.51	150.9	104.4
	SD	0.05	0.11	0.20	0.02	3.32	1.92
North Sumatera C	mean	0.40	3.65	2.34	0.51	150.4	101.9
	SD	0.06	0.07	0.04	0.02	3.18	1.43
North Sumatera D	mean	0.71	2.71	1.92	0.42	153.3	104.4
	SD	0.10	0.12	0.10	0.03	1.65	2.90
South Sulawesi	mean	0.46	1.51	2.63	0.45	168.0	88.0
	SD	0.07	0.31	0.51	0.10	3.79	1.38
Bali	mean	0.16	0.73	2.28	0.40	145.0	93.2
	SD	0.04	0.02	0.07	0.02	4.85	3.36
East Java	mean	0.14	0.99	1.69	0.37	151.7	82.1
	SD	0.03	0.02	0.02	0.03	1.36	1.41
Autigua Coffee A	mean	0.49	2.04	3.72	0.43	152.2	78.8
	SD	0.02	0.05	0.31	0.01	6.05	1.69
Autigua Coffee B	mean	0.31	1.74	3.34	0.43	148.5	87.6
	SD	0.01	0.05	0.09	0.01	3.30	1.22
Autigua Coffee C	mean	0.16	1.56	2.75	0.47	163.4	91.2
	SD	0.03	0.05	0.30	0.02	3.20	0.27
Autigua Coffee D	mean	0.19	1.29	2.26	0.45	177.7	107.5
	SD	0.03	0.06	0.05	0.01	1.90	4.20
Traditional Atitlan A	mean	0.29	1.15	2.62	0.42	152.4	75.1
	SD	0.04	0.03	0.08	0.02	6.65	2.18
Traditional Atitlan B	mean	0.33	3.02	2.26	0.41	140.5	81.1
	SD	0.05	0.03	0.14	0.02	4.18	0.76
Traditional Atitlan C	mean	0.19	1.22	2.82	0.56	191.4	123.4
	SD	0.06	0.03	0.08	0.01	0.87	2.46
Rainforest Coban	mean	0.33	1.97	2.52	0.40	200.0	92.6
	SD	0.03	0.07	0.19	0.04	13.58	3.00
Vocanic San Marcos	mean	0.40	1.76	2.41	0.38	140.7	78.8
	SD	0.03	0.08	0.09	0.01	11.99	3.07
Pueblo Nuevo Vinas	mean	0.36	1.84	2.98	0.44	151.7	78.5
	SD	0.06	0.04	0.10	0.01	8.29	2.69
Acatenango VALLEY A	mean	0.24	1.33	2.95	0.57	156.8	88.7
	SD	0.05	0.04	0.11	0.10	1.61	2.96
Acatenango VALLEY B	mean	0.16	0.86	2.50	0.46	157.9	95.9
	SD	0.04	0.07	0.06	0.03	3.42	2.11
Huehuetenango	mean	0.16	3.53	2.17	0.46	164.9	108.4
	SD	0.03	0.18	0.09	0.12	5.64	4.50

mg/ 100 g

* Mean = Mean value.

** SD = Standard deviation.

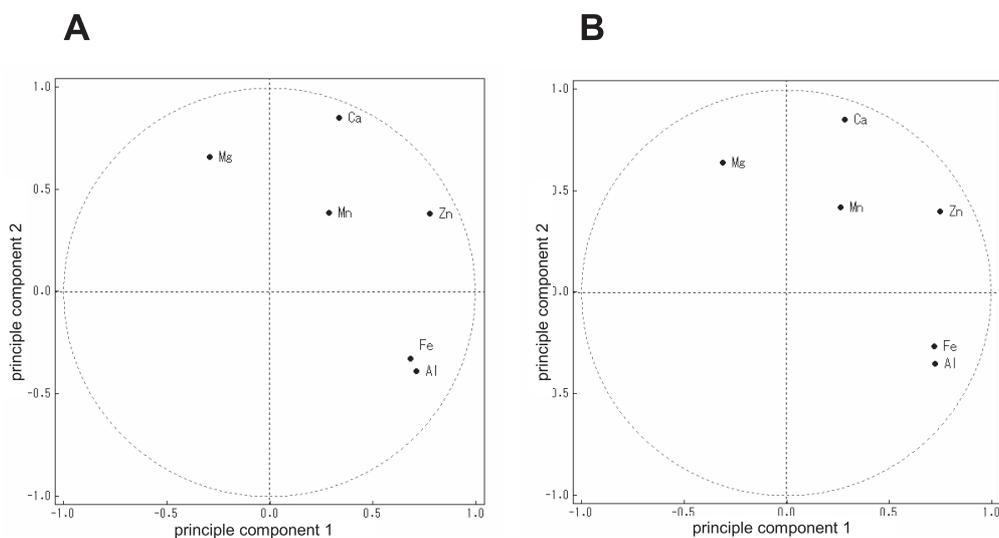
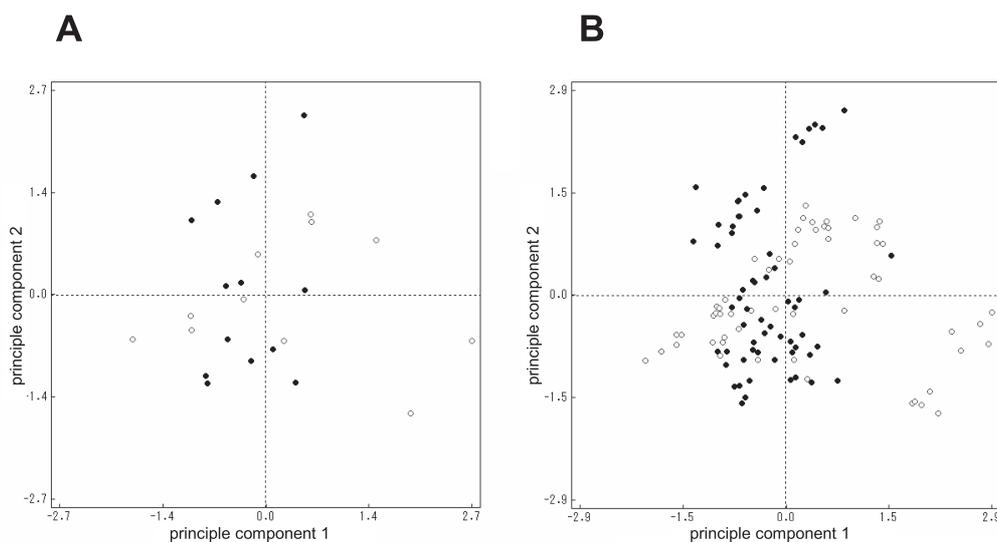
**Fig. 3** Factor loading plot of principal component analysis. A : Mean value, B: Data.

Table 3 Discriminant coefficients

Mean value		Data	
Discriminant coefficients		Discriminant coefficients	
Constant	- 2.96	Constant	-12.207
Al	- 9.114	Al	- 8.103
Fe	4.807	Mn	0.393
Zn	-11.383	Fe	4.122
		Mg	0.092
		Ca	- 0.103

**Fig. 4** Score plot of principal component analysis.
A : Mean value, B: Data.**Table 4** Discriminant Analysis

Mean value			Data			
	Sample	Rate	Observation/Prediction	Guatemala	Indonesia	Total
True	22	91.67 %	Guatemala	13	0	13
Error	2	8.33 %	Indonesia	2	9	11
Data						
	Sample	Rate	Observation/Prediction	Guatemala	Indonesia	Total
True	103	88.79 %	Guatemala	55	6	61
Error	13	11.21 %	Indonesia	7	48	55

主成分スコアプロットを Fig. 4 に示す。判別分析ではステップワイズ法により変数選択を行った結果、Table 3 に示す変数が選択されて判別式が得られた。また、平均値を用いた解析における正答率は91.67%であった。個々のデータを用いた解析でも正答率は88.79%であった (Table 4)。

考 察

平均値を用いた判別分析で誤判定となったのは、South Sulawesi と Bali であった。Fig. 1 で示したとおり、この2サンプルはインドネシアで代表的なマンデリン (生産地は

Nanggroe Aceh Darussalam, North Sumatera などスマトラ島) とは違う島でそれぞれ生産されたものである。例数を追加すればインドネシアの生産地間でも判別が出来る可能性があると考えられる。

コーヒーの分析において、18 元素を測定することで8つの産地を判別できる方法⁷⁾は既に報告されている。しかし、今回われわれは少なくともインドネシアとグアテマラの二地域の判別においてはより少ない元素の測定でも可能であるという結果を得た。さらに判別分析においては平均値では Al, Fe, Zn の3種、個々のデータにおいても Al, Mn, Fe, Mg, Ca の5種で判別できることが示唆された。

とくに、コーヒーの判別においては Mn が重要であるとされるが³⁸⁾、平均値を用いた解析において判別分析の定数に含まれなかったことは Mn が Al, Fe, Zn のいずれかと相関があったためではないかと考えられる。今後複数の地域とのデータを比較することによりさらに簡易な判別方法となることが期待される。

参考文献

- 1) 有山 薫, 堀田 博, 安井明美 (2003) ネギの産地判別のための無機元素測定法の確立と予備的検討. BUNSEKI KAGAKU 52-11 : 969-978.
- 2) Fernández-Cáceres PL, Martín MJ, Pablos F, González AG (2001) Differentiation of tea (*Camellia sinensis*) varieties and their geographical origin according to their metal content. J Agric Food Chem 49 : 4775-4779.
- 3) McDonald MS, Hughes M, Burns J, Lean ME, Matthews D, Crozier A (1998) Survey of the Free and Conjugated Myricetin and Quercetin Content of Red Wines of Different Geographical Origins. J Agric Food Chem 46 : 368-375.
- 4) 安井明美, 進藤久美子 (2000) 玄米中の無機元素組成による産地判別. BUNSEKI KAGAKU 49-6 : 405-410.
- 5) グアテマラ国立コーヒー協会 (2007) GUATEMALAN COFFEES Reaching New Heights コーヒー・アトラス 2007/2008 年.
- 6) 後藤逸男, 村本穰司, 蛭木 翠 (1992) テフロン加圧分解容器-ICP 発光分光分析法による植物の無機成分分析. 日本土壤肥科学雑誌 63-3 : 345-348.
- 7) Anderson KA, Smith BW (2002) Chemical profiling to difference geographic growing origins of coffee. J Agric Food Chem 50 : 2068-2075.
- 8) 藤田 哲 (2003) 食品のうそと真正評価, NTS, 東京 : pp.182-183.