

焙煎度がコーヒーの味に及ぼす影響

Effect of Roast Degree on Coffee Taste

劉 堯煒

LIU Yaowei

竹嶋 伸之輔

TAKESHIMA Shin-nosuke

渡辺 章夫

WATANABE Akio

小林 三智子

KOBAYASHI Michiko

要 旨

コーヒーの生豆、焙煎方法および抽出方法はコーヒーの味に影響を与える3つのポイントである。本研究では、コーヒー焙煎度の違いがコーヒーの味に及ぼす影響を検討した。同じ生豆を用いて、ライトロースト、シナモンローストおよびミディアムローストの3つの異なる焙煎度でコーヒー豆を焙煎した。焙煎したコーヒーを用いて、抽出したコーヒーのカフェイン含有量は高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で分析し、味認識装置でコーヒーの基本味を分析した。さらに、動的官能評価(TI法、TDS法、TCATA法)および順位法の官能評価を行い、異なる焙煎度のコーヒーを評価した。機器分析と官能評価の結果を合わせて、コーヒーの焙煎度がコーヒーの味に及ぼす影響を検討した。

HPLC分析の結果、3種の異なる焙煎度のコーヒー抽出液に含まれるカフェイン含有量は、各コーヒー間に有意差がなかった。焙煎度はコーヒーのカフェイン含有量に与える影響が少ないと考えられた。味認識装置の結果は焙煎度が深くなるとコーヒーの苦味が強く、酸味が弱くなった。動的官能評価TI法の結果から、焙煎度が深くなると、苦味が強くなり、持続時間が長くなった。TDS法の結果では、焙煎度が深くなると、苦味および酸味が感じ易く、後味の甘味が感じ難くなった。TCATA法の結果では、焙煎度が深くなると、同じ時点で苦味および酸味を感じる事ができるパネルの割合が多かった。同様に、ライトローストの後味の甘味を感じる事ができるパネルが多かった。順位法の結果では、焙煎度が深いコーヒーの濃さは有意に濃く、酸味が有意に弱かった。

本研究では、コーヒーの焙煎がコーヒーの苦味、酸味、後味の甘味および濃さに及ぼす影響が示された。苦いブラックコーヒーのイメージを変え、フルーティーな風味を持つコーヒーを作ることが可能となる。

十文字学園女子大学大学院 人間生活学研究科 食物栄養学専攻

Department of Food and Nutritional Sciences, Graduate School of Human Life Sciences, Jumonji University Graduate School

キーワード：焙煎度、コーヒー、官能評価、味認識装置、HPLC

1. はじめに

コーヒーは、世の中で人気のある嗜好飲料のひとつであるが¹⁾、コーヒーの起源には諸説がある。その諸説の中でよく言われているのは、コーヒーの起源地はエチオピアということである。本研究はエチオピアのコーヒー豆を用いた。コーヒーの生産工程において、焙煎は重要な1つの過程である。コーヒーの生豆は焙煎する際に、様々な化学反応を伴う²⁾。香気成分を生成し、味は同時に変化する。近年の先行研究³⁻⁷⁾では、機器分析を用いて、焙煎度がコーヒー豆の組成物質に与える影響の研究が多かった。機器分析と官能評価の両方を合わせて、焙煎度がコーヒーの味に与える影響の研究は少ない。そこで本研究では、機器分析で抽出したコーヒーの呈味成分を分析し、官能評価と合わせて、焙煎度がコーヒー味に及ぼす影響を検討した。本実験で用いた試料はライトロースト、シナモンローストおよびミディアムローストの3つの異なる焙煎度でコーヒー豆を焙煎した。高温短時間の抽出方法は、抽出効率が高く、短時間に抽出率のコントロールが難しく、操作の安定性が良くなかったので、本実験では焙煎したコーヒーを用いて水出し法で抽出した。抽出したコーヒーは高速液体クロマトグラフィーおよび味認識装置を用いて、客観的なデータを把握した。その後、動的官能評価および官能評価順位法を用いて測定した。主観的な評価をまとめて、抽出したコーヒーに対する経時的な味変化を明らかにした。最終的に、機器分析と官能評価の相関性を検討し、焙煎度がコーヒーの味に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2-1 試料

本実験で使用したコーヒー生豆は、KILLENZO G2 COFFEEであり、豆の品種はArabica Jarc75 (Typica)、生豆の加工工程はNaturalとした。生産地はBule Hora Guji (Ethiopia)であり、標高は1750-2250 mであった。Loring S15 Falcon (完全熱風式)を用いて、焙煎度は浅煎りから中煎りまで、ライトロースト、シナモンロースト、ミディアムローストの3段階とした(表1)。焙煎したコーヒー豆はLido3コーヒーグラインダー(48 mm スイス円錐バリスチール)を用いて粉砕後、篩(KRUVE製)を用いて800-1000 μm 間の粉末とし、実験材料とした。

表1 コーヒーの焙煎条件

焙煎度	終了温度 (℃)	焙煎時間 (秒)	ファーストクラック* ¹ (秒)	開発時間比率* ² (%)
ライトロースト	212.7	690	599	9.2
シナモンロースト	218.0	714	614	14.0
ミディアムロースト	224.1	734	611	16.8

*¹ ファースト・クラック (First crack) : 焙煎を進めると、コーヒーは水分を失い、メイラード反応が起こる。コーヒー豆がある一定の温度になるとパチパチとクラック音が発生する。最初の音が出る時点をファースト・クラックと呼ぶ。

*² 開発時間比率 : 「ファースト・クラックから、焙煎終了までの時間」と「焙煎時間」の比率である。

ビーカーに、蒸留水（6℃）180 gに対して、コーヒー10 gを混ぜて、密閉の条件下24時間、6℃で静置した。24時間後にガラス棒で3回攪拌後、ペーパーフィルタ（HARIO V60透過ドリッパー用）を用いて濾過した。この方法を水出し法とした。予備実験から、一般的に高温水で抽出する方法と比べ水出し方が操作し易く、抽出したコーヒー成分の安定性が最も良いので、本実験は水出し法を用いて実験を行った。

2-2 機器分析

水出しコーヒーの基本味を分析するために、味認識装置を用いた。高速液体クロマトグラフィー（HPLC）を用いて、コーヒーに含まれているカフェインを分析した。

①味認識装置

味認識装置TS-5000Z（株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー製）を用い、ライトローストを基準として、異なる焙煎度のコーヒー抽出液を分析した。苦味、酸味、渋味、旨味および塩味センサーの5つを使用して、異なる種類のコーヒーを分析した。苦味、渋味、旨味の3味は先味と後味を区別した。

②高速液体クロマトグラフィー

カフェインのHPLC分析はGoto, T⁸⁾の方法に準じて行った。本実験で使用された薬品は特級カフェイン、高速液体クロマトグラフ用アセトニトリルおよびメタノール、特級リン酸と酢酸である。以上の試薬はすべて富士フィルム和光純薬製品である。

送液ポンプ（島津製作所製LC-20AD）、システムコントローラ（島津製作所製CBM-20A）、オートサンプラ（島津製作所製SIL-20 20ACHT）、カラムオープン（島津製作所製CTO-20AC）、フォトダイオードアレイ検出器（島津製作所製SPD-M20A）から構成される高速液体クロマトグラフを用いた。

使用したカラムは、Inertsil ODS-3（5 μm, 2.1 I.DX250 mm, GLサイエンス製）であった。移動相は、A（水：アセトニトリル：リン酸94.45：4.5：0.05, V/V/V）、B（水：アセトニトリル：リン酸49.95：50.0：0.05, V/V/V）であった。移動相の配置は、0-10 min: A/B=80/20; 10-15 min: A/B=80/20- >50/50; 15-30 min: A/B=50/50; 30-35 min: A/B=50/50- >60/40; 35-40 min: A/B=60/40であった。流速:0.2 ml/min、温度:40℃、検出波長:274 nm、サンプル注入量:10 μLであった。

カフェインの標準品は0.06%（W/V）、0.08%（W/V）、0.10%（W/V）、0.12%（W/V）の標準溶液を調製して、10 μLをHPLCに注入した。標準溶液を3回繰り返して分析し、検量線を作製した。サンプルは3日間、別日に抽出して、3回繰り返し分析した。

2-3 官能評価

すべての官能評価は、十文字学園女子大学研究倫理審査委員会において承認され（承認番号：2019-007、承認日：2019年8月27日）、パネルからは文書によるインフォームド・コンセントを得た。パネルは20~22歳の本学学生である。

本実験は分析型の官能評価であるため、パネルのトレーニングを事前に行った。5味の識別テストと濃度差識別テストでパネルをスクリーニングした。さらに、カフェインは苦味として、グルタミン酸ナトリウムはうま味として、タンニン酸は渋味としてパネルのトレーニングを行い、味の共通認識を持つようにした。

2-3-1 動的官能評価

TI法 (Time Intensity)、TDS法 (Temporal Dominance of Sensations) およびTCATA法 (Temporal Check-All-That-Apply) は、動的官能評価である。「感性・官能評価システム J-SEMS」(株式会社メディア・アイ) を用いて、官能評価を行った⁹⁾。異なる焙煎度のコーヒー豆を用いて、水出し抽出した試料 25 ml を、10℃ でパネルに提供した。評価前と試飲ごとに、脱イオン水で口を漱ぎ、試料はまず口を含み飲みこまず、口中で10秒間に先味を味わった。その後飲み込み、120秒まで後味を評価した。1日の測定には同じ焙煎度のコーヒーを用いて、同じ評価方法を3回繰り返した。TI法、TDS法およびTCATA法はそれぞれ別日に測定した。本実験のパネル数は6名であった。

① TI法

TI法を用いて、焙煎度の違いによる苦味の強さを評価した。味強度は0点から100点のラインスケールを用いて、苦味の感覚の強さに応じてカーソルを動かすことで評価し、苦味の間隔強度を記録した。

② TDS法

TDS法を用いて、焙煎度の違いによる、コーヒーの酸味、渋味および甘味に対する変化を評価した。各時点で一番強く感じる味を記録した。

③ TCATA法

TCATA法を用いて、焙煎度の違いによる、苦味、酸味、渋味および甘味に対する変化を評価した。各時点で感じる事が出来る味を記録した。

2-3-2 順位法

苦味の強さ、酸味の強さ、渋味の強さ、甘味の強さおよびコーヒーの濃さの5項目に対して、官能評価を行った。試飲順はランダムとした。本実験のパネル数は6名であり、繰り返し数は3回である。

2-4 統計解析

HPLCのカフェイン測定と味認識装置による測定の結果について、統計解析ソフト SPSS (IBM SPSS Statistics 26) を用いて、一元配置分散分析に続いて Tukey 法による多重比較を行った。

官能評価について、動的官能評価は「感性・官能評価システム J-SEMS」を用いて、解析を行った。順位法はケンドールの一致性係数および Newell & MacFarlane の検定表を用いて、検定した。

3. 結果

3-1 機器分析

① 味認識装置

味認識装置による測定の結果を、図1と表2に示した。測定結果から、コーヒーの焙煎度により、焙煎度の浅いコーヒーの酸味が強く、苦味の先味が弱かった。苦味の後味と苦味の先味は同様に、焙煎度が深くなると苦味が強くなる傾向があった。

② 高速液体クロマトグラフィー

HPLC分析による測定結果を、図2に示した。測定結果から、3種の異なるコーヒー間に有意差がなかった。平均値は123.7 mg/100 mlであった。

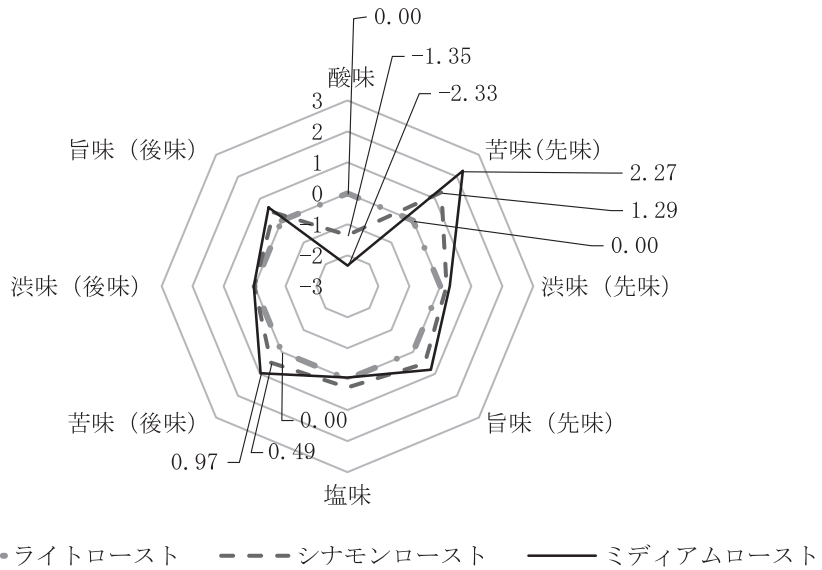


図1 コーヒー焙煎度による味認識装置の分析結果

表2 コーヒー焙煎度による味認識装置の分析結果

サンプル名	酸味	苦味(先味)	渋味(先味)	旨味(先味)	塩味	苦味(後味)	渋味(後味)	旨味(後味)
ライトロースト	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
シナモンロースト	-1.35 ^b	1.29 ^b	0.20 ^{ab}	0.53 ^b	0.27 ^a	0.49 ^b	0.00 ^a	0.37 ^b
ミディアムロースト	-2.33 ^c	2.27 ^c	0.30 ^b	0.81 ^c	-0.05 ^a	0.97 ^c	0.02 ^a	0.60 ^c

同じ列間に異なるアルファベットは有意差を示す ($P < 0.05$)

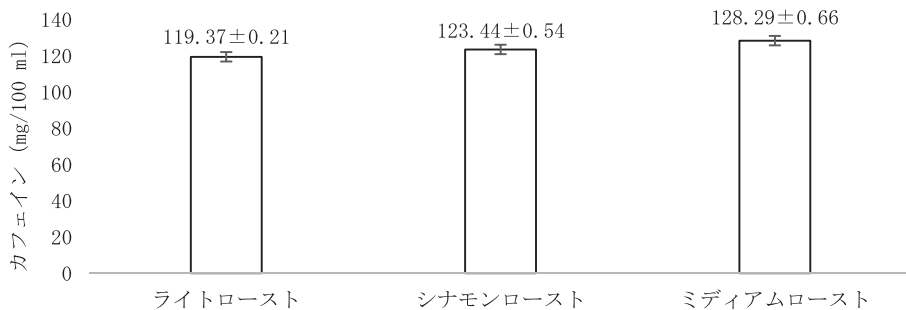


図2 異なる焙煎度のコーヒーに含まれるカフェイン含有量

3-2 動的官能評価法

① TI法

TI法を用いた官能評価結果を、図3および表3に示した。分析結果による試料間で有意な差はみられなかった。焙煎度が深くなると、増加曲線下の面積（Iarea）、減少曲線下の面積（Darea）および曲線下の面積（AUC）が増加した傾向があった。焙煎度が深いコーヒーの曲線下面積の増加は、苦味の強さが強く、持続時間が長くなったことを示していた。一定時間内にパネルの苦味に対する味覚感受性が強くなる傾向があると考えられた。

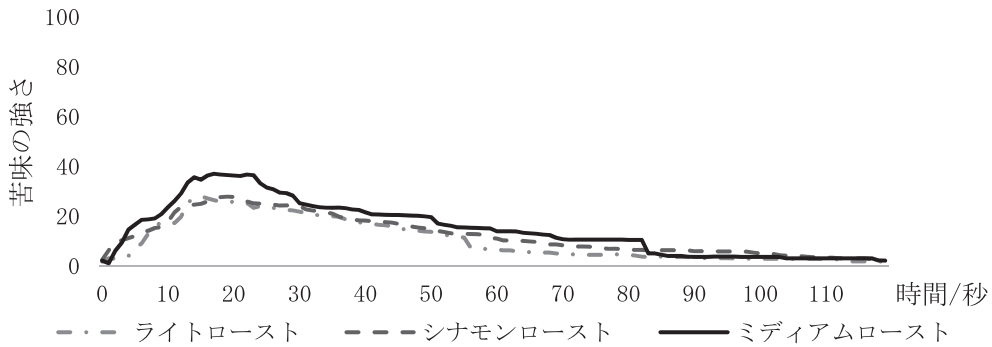


図3 異なる焙煎度のコーヒー3種のTI曲線

表3 TI曲線から得られた試料のパラメータ

	ライトロースト	シナモンロースト	ミディアムロースト
Tmax (秒)	15	19	17
Imax	28	28	37
Dmax (秒)	10	8	11
Dtot (秒)	120	120	120
Iarea	212	355	383
Darea	1018	1124	1397
AUC	1230	1480	1780

Tmax：強度が最大値に達するまでの最短時間；Imax：ピークにおける最大強度；Dmax：Y軸の値が $0.9 \times V_{max}$ より高い時の時間間隔；Dtot：全持続時間；Iarea：TI関数の曲線の増加曲線下の面積；Darea：TI関数の曲線の減少曲線下の面積；AUC：TI関数の曲線下の面積

②TDS法

TDS法を用いた官能評価結果を、図4に示した。分析の結果、試料間で有意な差は認められなかった。TDS法を用いた結果から、焙煎度が深くなると苦味および後味の酸味が感じ易くなる傾向があり、甘味の後味はライトローストが感じ易くなった。

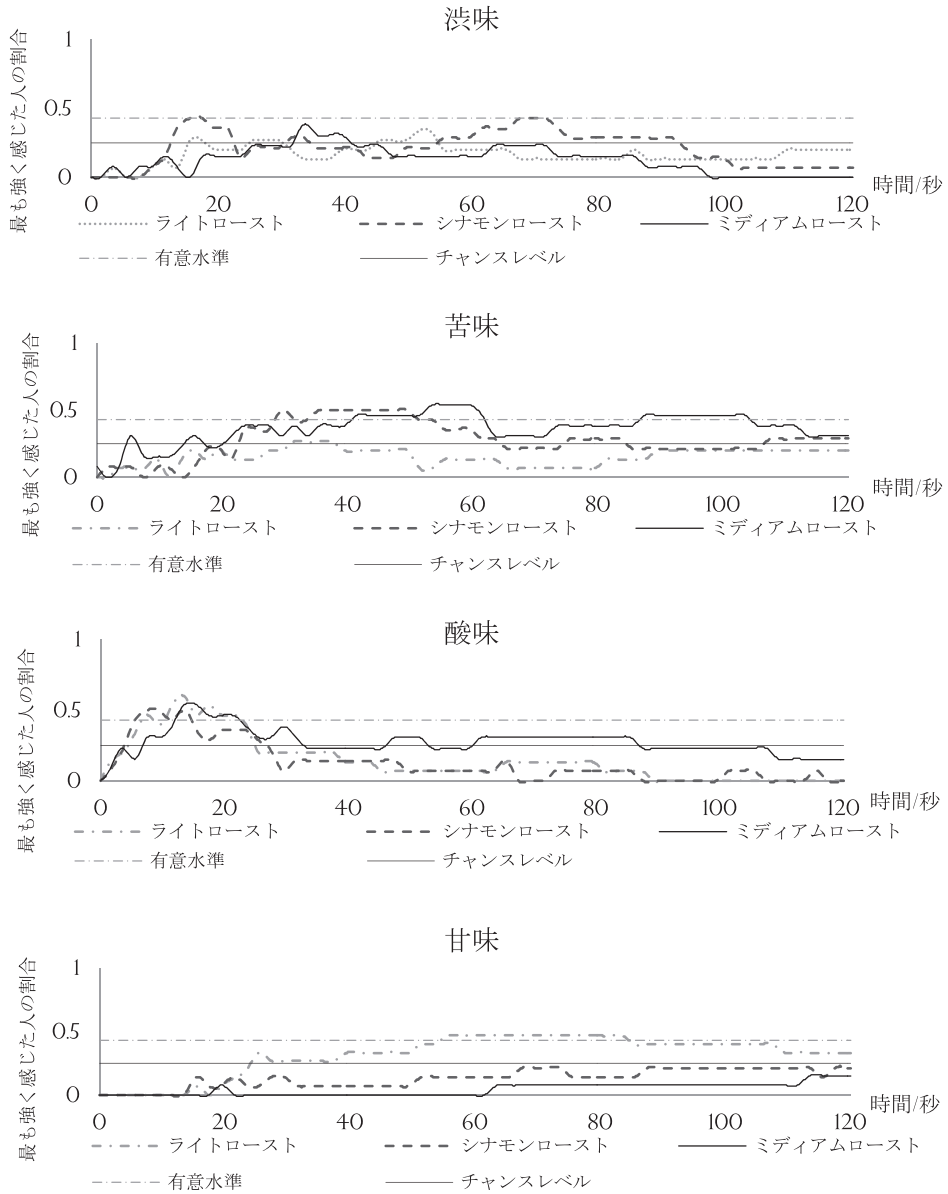


図4 異なる焙煎度のコーヒー3種のTDS曲線

③ TCATA法

TCATA法を用いた官能評価結果を図5に示した。ミディアムローストには、どの時点においても苦味と酸味を感じることが出来るパネルの割合が一番多かった。ライトローストは後味の評価から、同時点で甘味を感じることが出来るパネルが多かった。

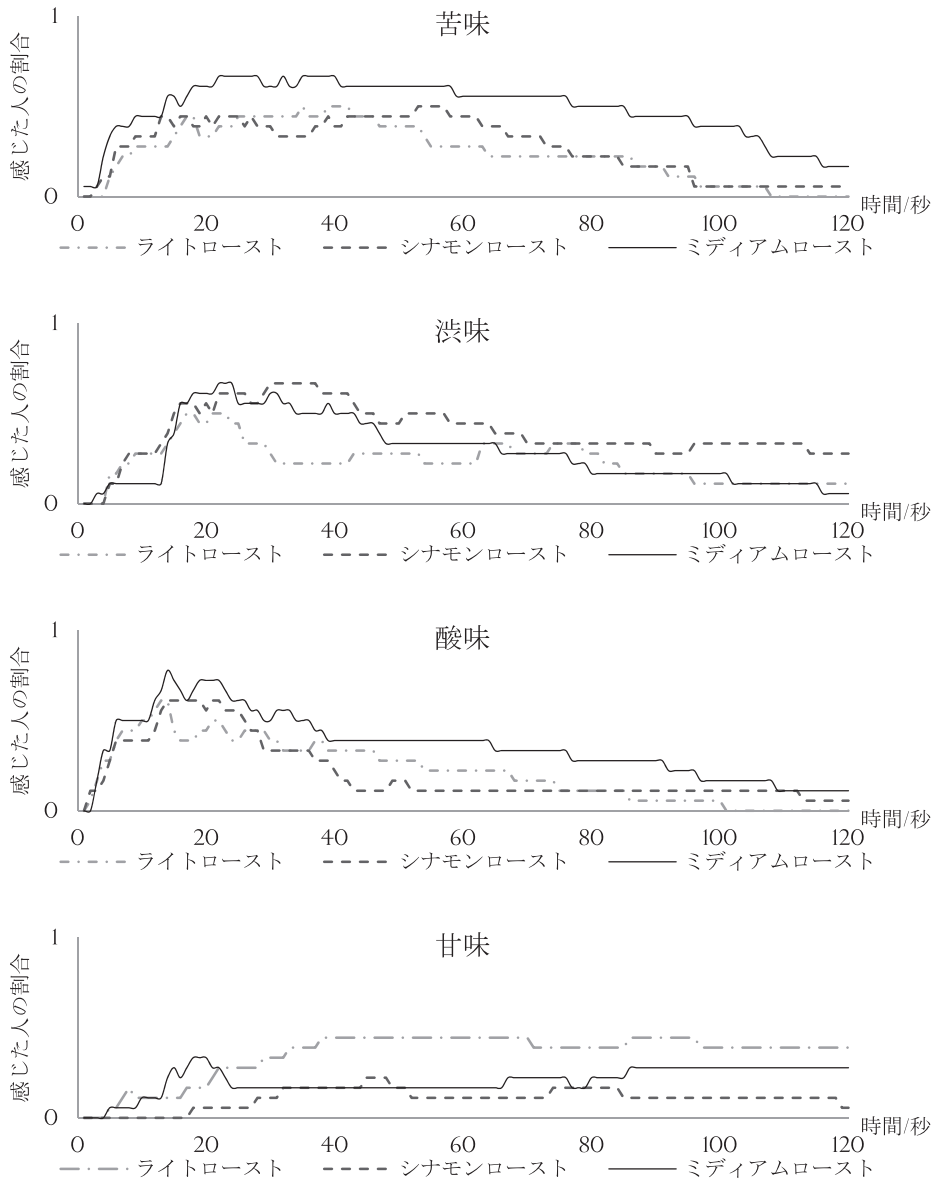


図5 異なる焙煎度のコーヒー3種のTCATA曲線

表4 順位法を用いた官能評価

	ライトロースト	シナモンロースト	ミディアムロースト
甘味	32	36	40
渋味	43	34	31
苦味	47	35	26
酸味	29	35	45
濃さ	48	37	23

順位合計の結果

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

3-3 順位法

順位法を用いた官能評価結果を、表4に示した。ミディアムローストの苦味は有意に強かった。また、コーヒーの濃さは有意に濃いと感じられた。ライトローストは有意に酸味が強かった。

4. 考察

4-1 機器分析

味認識装置による測定の結果から、異なる焙煎度のコーヒーには、特に酸味と苦味の先味に大きな違いがあった。酸味と苦味の前味については、図の目盛り差から、試料間の違いを判別することができる。先行研究により¹⁰⁾、味認識装置による分析から得られたレーダーチャート(図2)の試料間の1目盛りは、味物質の濃度差約20%程度であることが分かっている。HPLCの分析による、3種コーヒーのカフェイン含有量には有意差がなく、含有量の最大差は8.92 mg/100 mlである。

以上の機器分析結果から、コーヒーの焙煎度が深くなるとコーヒーの酸味が減少し、苦味が強くなった。カフェインは非導電性物質¹¹⁾なので、味認識装置では検出できない¹²⁾。Frank¹³⁾の研究から、コーヒーの苦味成分はカフェイン以外、すなわちクロロゲン酸およびクロロゲン酸ラクトン類の物質があると報告されている。つまり、水出しコーヒーの苦味は単にカフェイン含有量で決められた味ではなく他の成分含量と総合して判断しなければならないと考えられた。

4-2 官能評価

動的官能評価の結果から、コーヒーのTI関数の曲線下の面積の増加により、焙煎度が深くなると苦味の強度が強くなり、持続時間が長くなった。TDS法の結果から、口に含んだ直後の酸味に対する感知が一番強かった。甘味では、口中で10秒間味わう際の先味としての感知は、非常に弱いことが分かった。試料を飲み込んだ後味として、甘味が現れた。その中でライトローストは、後味の甘味が一番感じ易いことが分かった。焙煎度が深くなると、後味の酸味が感じ易かった。順位法の結果によると、焙煎

度の最も深いミディアムローストは一番濃く、苦味は一番強かった。焙煎度の最も弱いライトローストの酸味は一番強かった。焙煎度の変化により、焙煎度が深くなると苦味が強く、酸味が弱く、コーヒーの濃さが濃くなると考えられた。

4-3 まとめ

味認識装置による測定の結果と順位法の官能評価から、焙煎度が深くなるとコーヒーの苦味が強くなり酸味が弱くなった。機器分析と官能評価の結果は一致したと考えられた。先行研究¹⁴⁻¹⁵⁾から、焙煎度はコーヒーの酸味物質に及ぼす影響があることが明らかになっている。動的官能評価の酸味変化は酸味物質が口腔に残る時間により変わると考えられた。また、カフェイン含有量について、HPLC分析の結果は焙煎度により有意差がなかった。コーヒーを焙煎する際にコーヒー豆の構造が変わり¹⁶⁾、深く焙煎すると豆内部の空間が大きくなる¹⁷⁾。焙煎度の深さにより、カフェイン含有量が増加する傾向がある原因は、焙煎度により豆内部の網目状の構造の違いから、抽出効率が変わると考えられた。本研究の焙煎方法および抽出方法では、コーヒーの焙煎度が抽出したコーヒーのカフェイン含有量に影響を及ぼすことがなかった。コーヒー生豆と焙煎した豆の中に含まれるカフェインおよび酸味物質の含有量は、今後検討することが必要である。

コーヒーの焙煎度により、焙煎度が深くなると、苦味の強さ、口中に残る時間が長くなった。順位法の結果は焙煎度の深いコーヒーの濃さが濃かった。コーヒーの濃さに与える影響の1つの要素は、苦味の可能性があると考えられた。また、焙煎度の浅いコーヒーの酸味は強かった。今回の実験では、コーヒーの組成成分に対する香りおよび酸味物質の比率は検討しなかったが、コーヒーの風味を評価する際に、フルーティーという評価用語がある。果実の風味を表現する際に、酸味は欠かせない味である。焙煎度がコーヒーの酸味と甘味を調整し、異なる香りと組み合わせで、苦いブラックコーヒーではなく、最も魅力的な風味を持つコーヒーを作ることが可能となる。

付記

本研究にご協力いただきました方々に心から感謝申し上げます。

本研究は十文字学園女子大学プロジェクト研究費2021年度（研究代表者 小林三智子）を受けたものです。

参考文献

- 1) Belitz, H. -D., Grosch, W., Schieberle, P., (2009). Coffee, tea, cocoa. *Food Chemistry (4th ed.)*, Springer, 938-951
- 2) Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., Escher, F., (2008). Coffee roasting and aroma formation: application of different time-temperature conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (14), 5836-5846
- 3) Fujimoto, H., Narita, Y., Iwai, K., Hanzawa, T., Kobayashi, T., Kakiuchi, M., Ariki, S., Wu, X., Miyake, K., Tahara, Y., Ikezaki, H., Fukunaga, T., Toko, K., (2021). Bitterness compounds in coffee brew measured by analytical instruments and taste sensing system, *Food Chemistry*, 342

- 4) Stefanello, M., Spanevello, R. M., Passamonti, S., Porciúncula, L., Bonan, C. D., Olabiyi, A. A., Rocha, J. B. P., Assmann, C. E., Morsch, V. M., Schetinger, M. R. C., (2019). Coffee, caffeine, chlorogenic acid, and the purinergic system, *Food and Chemical Toxicology*, 123, 298-313
- 5) Toci, A. T., Azevedo, D. A., Farah, A., (2020). Effect of roasting speed on the volatile composition of coffees with different cup quality, *Food Research International*, 137
- 6) Grzelczyk, J., Fiurasek, P., Kakkar, A., Budryn, G., (2022). Evaluation of the thermal stability of bioactive compounds in coffee beans and their fractions modified in the roasting process, *Food Chemistry*, 387
- 7) Kwak, H. S., Ji, S., Jeong, Y., (2017). The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content, *Food Control*, 71, 210-216
- 8) Goto, T., Yoshida, Y., Kiso, M., Nagashima, H. (1996). Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea, *Journal of Chromatography A*, 749(1-2, 18), 295-299
- 9) 市原茂, 梶谷哲也, 小松原良平, (2015). 製品開発に役立つ感性・官能評価データ解析: Rを利用して, メディア・アイ, 東京, 127-132
- 10) Schutz, H. G., Pilgrim, F. J., (1957). Differential sensitivity in gustation, *Journal of Experimental Psychology:General*, 54, 41-48
- 11) Varsha, M. V., Gomathi, N., (2020). Nickel based metal organic framework/reduced graphene oxide composite as electrode material for the voltammetric detection of caffeine, *Journal of the Electrochemical Society*, 167
- 12) Kobayashi, Y., Habara, M., Ikezaki, H., Chen, R., Naito, Y., Toko, K., (2010). Advanced taste sensors based on artificial lipids with global selectivity to basic taste qualities and high correlation to sensory scores, *Sensors*, 10, 3411-3443
- 13) Frank, O., Zehentbauer, G., Hofmann, T., (2006). Bioresponse-guided decomposition of roast coffee beverage and identification of key bitter taste compounds, *European Food Science and Technology Research*, 222, 492-508
- 14) 堀口俊英, 谷岡由梨, 米澤加代, 小島加代子, 小暮更紗, 山内淳, 古庄律, (2019). 有機酸と脂質の含有量および脂質の酸価はスペシャルティコーヒーの品質に影響を及ぼす, 日本食品保蔵科学会誌, 45(2), 55-61
- 15) 中林敏郎, (1978). 焙煎によるコーヒーの有機酸pHの変化, 日本食品工業学会誌, 25(3), 142-146
- 16) Hernández, J. A., Heyd, B., Trystram, G., (2008). On-line assessment of brightness and surface kinetics during coffee roasting, *Journal of Food Engineering*, 87, 314-322
- 17) Schenker, S., Hanschin, S., Frey, B., Perren, R., Escher F., (2000). Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. *Journal of Food Science*, 65(3), 452-457

