

## 論文の内容の要旨

論文題目 コーヒーの香り特性計測に基づく品質設計に関する研究

氏 名 秋 山 正 行

本研究の目的は、消費者を起点としたチルドカップコーヒー飲料の開発に向けた、香りの特性計測、および合理的かつ効率的な品質設計手法を開発することである。具体的には、1) 消費者の嗜好する「おいしさ」に寄与する新鮮で好ましい香りを捕集・分析し、その香りの特性を評価することである。また、消費者の嗜好に合致した香りの品質設計手法を確立する上で、香気成分の情報のみならず、消費者の知覚特性と、香気成分や製造条件との定量的な関係性を明らかにする必要がある。そこで、2) ストローで飲用する際に重要なレトロネイザルアロマ (retronasal aroma) の機器計測による物理化学的属性の定量化、および香りの専門家を用いた分析型官能評価により知覚の定量化を行い、両者間の相関関係を解析し、香りの品質設計手法を構築することである。

まず、焙煎豆の粉碎時に揮散する香りを、実際にヒトが感じる状態に近い動的な条件下で、簡便かつリアルタイムに、再現性良く捕集することが可能な、固相マイクロ抽出 (solid phase micro extraction, SPME) によるサンプリング法を開発した。そのサンプリング条件として、閉鎖系の香気捕集装置において最適な SPME ファイバー種 (PDMS/DVB)、窒素ガス流量 (600 mL/min)、およびサンプリング時間 (8分間) を設定した。このサンプリング法により捕集した3産地 (エチオピア、タンザニア、インドネシア)・3焙煎度 (L値: 26、23、18、以下同条件) のアラビカ種と、2産地 (ベトナムとインドネシア)・3焙煎度のロブスタ種の香気成分を、gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)、および SPME ファイバー長を変える順次希釈法を用いた GC/olfactometry (GC/O,

CharmAnalysis™) により分析し、それらの香気成分組成、匂い成分・強度 (charm value)、および匂い特性を明らかにした。また、粉碎時香気と既往の粉碎後香気の分析比較評価より、粉碎時香気は、粉碎後香気に比べて香気成分が多く、匂い強度も強いこと、特に、nutty-roast 香と smoke-roast 香が粉碎時の香りの主要な匂い特性であることを示した。さらに、GC/O 分析データを用いた主成分分析 (GC/O-PCA) の結果から、アラビカ種では、産地よりも焙煎度に依存した匂い特性を持ち、他方、ロブスタ種では、焙煎度よりも産地に依存した匂い特性を持つこと、すなわち、匂い特性に及ぼす産地や焙煎度の影響が、品種により異なることが明らかとなった。

次に、ドリップ抽出直後の抽出液の香気成分を、短時間で再現性良く捕集できる SPME サンプルング法を開発した。このサンプルング法の開発において、6 種類の SPME ファイバー種の中から、この捕集系に最適な DVB/carboxen/PDMS ファイバーを選定した。また、SPME ファイバーの露出時間と捕集香気成分量との線形性から、捕集対象とする新鮮な香気成分組成をありのままに捕集できるサンプルング時間として2分間を設定した。この方法により捕集した、3産地 (エチオピア、タンザニア、グアテマラ)・3焙煎度からなるアラビカ種の香気成分を、GC/MS と GC/O により分析した結果、4-(4'-hydroxyphenyl)-2-butanone (raspberry ketone, sweet-fruity 香) および 1-(3,4-dihydro-2H-pyrrol-5-yl)-ethanone (nutty-roast 香) の2成分を、コーヒーの香気成分として初めて見出した。GC/O-PCA による主成分プロファイルより、エチオピア産の匂い特性は、焙煎度に関らず、タンザニア産とグアテマラ産から有意に識別された。また、香りの専門家パネル (フレーバーリスト) を用いた官能評価試験により、raspberry ketone が、主に sweet 香と soy sauce 香からなるエチオピア産抽出液の特徴的な香りの形成に寄与していることが示された。

さらに、エスプレッソとカフェラテ (エスプレッソとミルク) の、オルソネイザルアロマ (orthonasal aroma) に相当するヘッドスペース (HS) 香気と、レトロネイザルアロマに相当する retronasal aroma simulator (RAS, Roberts and Acree, 1995) による捕集香気 (RAS 香気) を調べるために、ドリップ抽出液の場合と同様に、短時間 (HS 香気: 1分間、RAS 香気: 2分間) SPME (ファイバー種: DVB/carboxen/PDMS) サンプルング法を開発した。この方法により捕集した HS 香気と RAS 香気の GC/MS・GC/O 分析結果の比較より、RAS 香気は、ミルクの添加に関らず、HS 香気よりも、高揮発性成分において、高い成分組成比と強い匂い強度比を持つことが明らかとなった。また、ミルクを添加することにより、HS 香気と RAS 香気ともに、それらの香気成分量と匂い強度が減少し、アロマリリースが全般的に抑えられた。一方、全匂い強度に対する各匂い特性の相対強度において、エスプレッソでは、HS 香気 of buttery-oily 香と sweet-fruity 香の割合は RAS 香気よりも小さく、他方、HS 香気 of sweet-caramel 香の割合は RAS 香気よりも大きく、両香気は異なる匂い特性プロファイルを有していた。また、ミルクを添加すると、HS 香気の場合には、buttery-oily 香と sweet-caramel 香の割合は増加したが、他方、RAS 香気の場合

には、特に phenolic 香の割合が大きく増加し、smoke-roast 香の割合は減少した。すなわち、ミルクの添加は、両香気の匂い特性プロファイルに異なる影響を及ぼすことが明らかとなった。

本研究では、さらに、開発対象商品のブレンド要因となるアラビカ種6産地（ブラジル、エチオピア、タンザニア、グアテマラ、コロンビア、インドネシア）・3焙煎度からなる各種エスプレッソのレトロネイザルアロマの品質設計手法を構築するために、GC/O および電子嗅覚システム  $\alpha$  FOX4000 による機器計測により各種 RAS 香気の物理化学的屬性を定量化し、各々の機器計測データから各種 RAS 香気の特徴を評価した。GC/O 分析から得られた匂い特性強度を用いた主成分分析および主成分得点を用いた分散分析の結果、第1主成分と第2主成分の各々において、ほとんどのサンプル間で産地と焙煎度による有意差が認められた ( $p < 0.0001$ )。各種 RAS 香気の主成分プロファイルは、焙煎に伴い大きく変化する傾向が窺われたが、産地と焙煎度の違いに因っても、有意に異なる匂いのプロファイルを示した。また、 $\alpha$  FOX4000 による各種 RAS 香気の計測結果を、主成分分析および分散分析により解析したところ、計測に用いた金属酸化物半導体 (MOS) の 18 センサのうち 3 センサ (LY2/Gh; P30/1; T40/1) にて計測結果を統合し、各種 RAS 香気のサンプルを評価・識別できることが明らかとなった。そこで、以後の官能評価結果との相関性解析には、これらの3つのセンサデータを用いることとした。さらに、香りの専門家による、RAS 香気の分析型官能評価の実施に向けて、香りの評価用語および評価手法を設定した。まず、収集した香りの評価用語 265 語から、類似度、認知度・使用度、および予備評価の解析結果に基づく客観的な手法により、香りの官能評価用語 11 語を選定した。また、評価データの再現性を高めるために、評価用語に対応する典型的な香気成分を設定し、基準サンプルとの比較評価による7点尺度の評価手法を確立した。その評価結果より、11個の評価項目の中から、サンプル間を識別する4つの評価用語、すなわち、「ロースト・焦げ臭・焼け焦げた」、「甘さ」、「醤油」、および「土」を抽出した。また、4語に対する官能評価得点に因子分析を適用して、香気の特徴を評価する独立な1つの知覚因子（固有値1以上）を抽出した。サンプル香気の特徴を示す知覚マップおよび評価データの分散分析結果より、香りの知覚特性に影響する製造条件は主に焙煎度であり、特に L18（深煎り）と、L23（中煎り）・L26（浅煎り）間の香り特性の違いを明らかにした。また、所望する香り特性を実現する産地や焙煎度との関係を示した。さらに、香りの官能評価データと、機器計測データ (GC/O 分析による匂い特性強度あるいは  $\alpha$  FOX4000 のセンサ出力値) との非線形な関係性を、ニューラルネットワーク (ANN) によりモデル化した。すなわち、所望する香り特性を匂いの特性強度を用いて設計する手法、また、センサの計測データから知覚因子得点あるいは官能評価得点を評価できるレトロネイザルアロマの品質評価設計に有用な手法を提唱した。

以上の研究より、消費者の嗜好する新鮮で好ましい「焙煎豆の粉碎時香気（挽き立ての香り）」と「抽出直後の抽出液香気（淹れ立ての香り）」を計測し、それらの匂い特性を明らかにした。この研究成果は、新規なコーヒー香料の創作にとって有用な情報となり、「お

いしき」において差別化されたチルドカップコーヒー飲料の香味開発に繋がることが期待される。また、消費者を起点とした新商品の合理的かつ効率的な香味の開発に向けて、レトロネイザルアロマの機器計測と官能評価間の相関関係を非線形 ANN モデルにより構築したことにより、チルドカップコーヒー飲料の香りの品質設計手法が得られた。

以上