

画像解析による茶の旨味成分の予測 —ドローン近接撮影とディープラーニング—

國島 学*, 新井 一成**, 生駒 祐一***

テラスマイル株式会社* ** *** 内閣府, 農業・食品産業技術総合研究機構 ***

Prediction of “Umami” components of tea by Image analysis — Drone proximity photograph and Deep learning—

TERRACE MILE, Inc. * ** *** Cabinet Office, Agricultural Research Organization ***

***** TERRACE MILE Inc., 1-5-30 Tachibana Nishi, Miyazaki-shi, Miyazaki 880-0001, Japan

Abstract: There are six types of tea amino acids, including theanine, glutamic acid, arginine, and serine. Theanine is unique to tea and more than half of all amino acids contained. Theanine is strongly altered by sunlight and changes to catechin. It is said that “the first cropped tea is better than the second cropped tea”, hence this can be said to be the cause. The taste and flavor of tea depends on each person’s taste. Instead of analyzing the chemical components of tea leaves, we will consider the appropriate shipping time of tea and the quality such as “Umami” from a different aspect from the component analysis by drone photography of tea leaves. We use method of Deep learning.

Keywords: Umami, Image processing, Deep learning.

1. はじめに

茶の旨味は、テアニン・グルタミン酸・アルギニン・セリンなど6種類である。ここでテアニンは茶固有のもので、含有アミノ酸全体の半数以上を占めている。テアニンは日光による変質が強く、照射により渋味成分のカテキンに変化する。「二番茶よりも一番茶が旨い」などと言われるが、このことが原因だと言える。もちろん、茶の味や風味などは、ひとそれぞれの嗜好によるものである。われわれは、茶葉の成分分析にかえて、茶葉のドローン撮影により、成分分析とは別の側面より、茶の適切な出荷時期および旨味などの品質について考察する。考察にはディープラーニングを用いる。

2. 摘採適期とアミノ酸量

2.1 アミノ酸含有率

茶葉はその摘採時期によって、一般的に一番茶、二番茶、三番茶もしくは秋冬番茶に分けられる。摘採適期は茶種によって異なり、茶業関係者の経験によって決められる。摘採適期が適切かどうかは、茶に含まれる旨味と渋味のバランスによって決まるといえる。摘採適期を適切に決定することは、商品としての茶の価値を左右する、極めて重要なことである。ここで摘採時期とアミノ酸含有率の関係モデルを提示する。仮にカテキンの含有率をP、テアニンの含有率をQ、その他のアミノ酸含有率をRとすると、P、Qは以下の式で表現できる。

$$P = \frac{K}{1 + \frac{Ke^{-rt}}{N_0 - 1}} \quad Q = 1 - \frac{K}{1 + \frac{Ke^{-rt}}{N_0 - 1}} - R$$

式1 カテキンの含有率

式2 テアニンの含有率

アミノ酸含有率と摘採時期・摘採適期の関係を図1に示した。テアニンの含有率は日数の経過とともに上昇し、含有率が50%を超えたところで緩やかな逆シグモイド曲線を描きながら、日数の経過とともに徐々に減少するが、完全には消失しない。一方、カテキンは当初茶にほとんど含まれていないが、日数の経過とともにテアニンがカテキンに変質し、含有率はシグモイド状に徐々に増加すると想定される。ところでひとの味覚では、テアニンは旨味を、カテキンは渋味を感じる。すなわち一番茶の摘採において、テアニンの含有率が最も高い時期に摘採適期を決定することができれば、旨味を感じやすい商品として消費者に訴求できる。なお二番茶以降ではカテキンの含有率が高くなる時期に摘採するため、渋味を感じやすくなる。

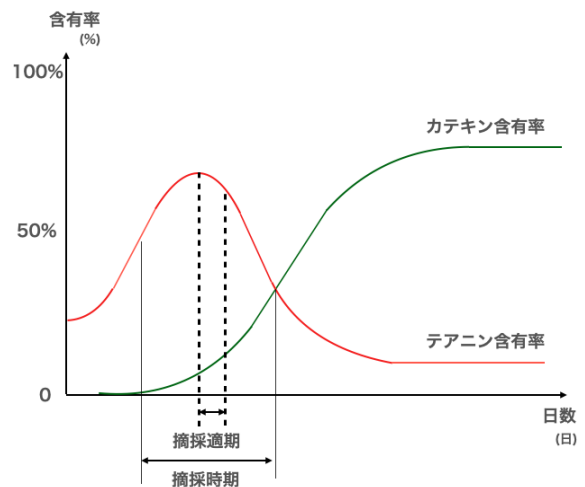


図1 アミノ酸含有量と摘採時期の関係

したがって、もし厳密に成分分析を行い、茶に含まれる

アミノ酸量の予測を適切に行うことができれば、一番茶や二番茶以降の最適な摘採適期の決定に役立つ。

2.2 本研究のアプローチ

商品としての茶葉の品質は、茶葉の含有するアミノ酸量に依存する。したがって、アミノ酸の化学的観点から旨味を検討するのがよくある方法である。しかし、われわれは、代替手段によって同様に旨味へのアプローチができると考えた。

アミノ酸量の経時的な変化を、ドローン撮影画像の解析によって判断できると考えた。結果、茶の摘採時期ごとに工夫をこらした画像解析による最適な摘採適期を予測することが大切なのであるから、このことを研究した。

3. 実験環境と撮影の工夫

3.1 実験環境

有限会社鹿児島堀口製茶の協力のもと、ドローンによる撮影を行った。ドローンはエアロセンス社のAEROBO AS-MC03-T、RGBカメラはSONY社のUMC-R10C、マルチスペクトルカメラはMicasence社のAltumをそれぞれ使用した。2020年10月から2021年6月まで、10回の期間に分けて撮影した。うち6回は秋冬番茶摘採適期以降の撮影であり、2回は一番茶の摘採時期の、2回は二番茶の摘採時期の撮影である。比較のため7mおよび、10m~50mまで5mおきに撮影した。1回あたり3日から7日程度連続して同一茶園を撮影し、1日あたりの撮影時間は3~8時間であった。撮影はRGBカメラとマルチスペクトルカメラの2種類を用いた。撮影高度は離陸前に制御端末で設定が可能である。地上高5mの撮影を主とし、比較のため7mと10m~50mまで5mおきに撮影した。無風時の設定で秒速1mで移動しながら撮影し、全部で10万枚以上の撮影に成功した。



図2 地上高5mからの茶葉画像

3.2 撮影方法の工夫

ドローンにより、茶園を地上5mの超低空を真上から撮影した点に本研究の特徴がある。散見される他の研究事業では、地上30m~50mの高い上空から撮影をし、適切に分別された複数の画像から、オルソ画像を作成する。オルソ画像とは、5ないし6の波長別のカメラで、一斉にシャッターを切り、画像を得たものを合成する技術である。この技術の主な使用目的は、測量や、あるいは広大なネギ畑のようなものの施肥状況を判定するのに有効である。一方、ひとつひとつが微細で、かつ密集して生育する茶葉の特性を鑑みると、茶葉画像の取得は、特徴量が抽出しやすい形式が望ましい。したがってわれわれは、可能な限りドローンを茶葉に接近させながら、角度をつけず真

上から撮影した。なお茶葉の画像は通常の撮影方法では、「どれを見ても大した差異がない」ように見えてしまうほど微妙なものである。この問題に対応するためには、ディープラーニングによるアプローチが相応しい。

4. 茶葉のもつ”あいまいさ”と特徴点抽出

4.1 同一画像の特徴点抽出

撮影した茶葉画像は、図2のように同高度である場合、肉眼での区別は極めて難しい。そこで、茶葉のもつ特性をより詳しく把握するため、AKAZE特徴点抽出を行い、具体的な特徴点を抽出した。

$$f(\sigma) = -\frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{2\pi\sigma^6} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)$$

式3 特徴点抽出のスケール探索

比較のため、茶葉と果実の同一の画像について、それぞれ特徴点抽出を行った。特徴点抽出は画像を細かく分割し、分割領域ごとの輝度方向の傾きを比較することで判断される。分割領域ごとに傾きが等しい点を中心に特徴点が抽出される。

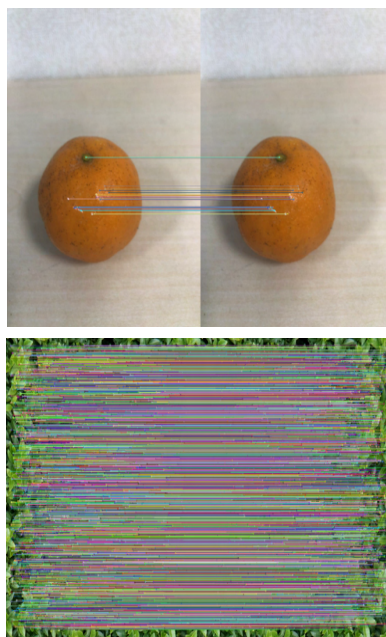


図3 同一画像の特徴点抽出

ここで、果実の特徴点抽出であれば、へたや丸みなど、輝度特徴が明確な数点の特徴点が抽出される。その一方、茶葉については、画像全体に大量の特徴点が抽出される。特徴点がありすぎることは、却って何らの特徴も判断できないことと同義である。

4.2 同一商品の特徴点抽出

次に、同一商品を少しだけずらして撮影した2つの画像の特徴点抽出を行った。茶葉についてはドローン飛行で連続して撮影された2枚の画像を用いた。

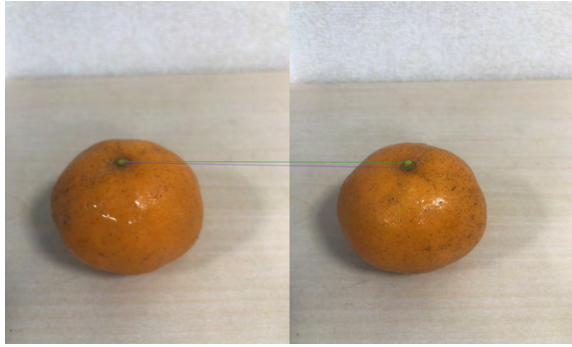


図4 同一商品の特徴点抽出

果実はへた等の特徴点が抽出されたが、お茶はわずかな撮影地点の違いにもかかわらず、多くの場合において特徴点が抽出できなかった。茶葉のように対象が極めて小さく、かつ密集した商品画像は、上記のようにスムーズな特徴抽出が困難である。そこで、適切な特徴量抽出のため、画像情報量の削減方法について検討する。本研究では特徴量抽出のための方法として、Daubechiesウェーブレット展開とDCGANに着眼した。

5. ウェーブレット展開

ウェーブレット展開は時系列信号を複数のウェーブレットに分解することで特徴量を抽出する手法であり、1次元ウェーブレット展開が音声信号に、2次元ウェーブレット展開が画像処理に利用される。以下は我々の採用するDaubechiesウェーブレット(多重解像度解析)である。

$$\varphi(x) = \sum_{k=0}^{N-1} h_k \varphi(2x - k)$$

式4 Daubechiesマザーウェーブレット

$$\psi(x) = \sum_{k=0}^{N-1} g_k \varphi(2x - k)$$

式5 Daubechiesのスケーリング関数

ウェーブレット展開は画像情報量を削減しながらも、元画像の特徴を維持しようとする性質がある。同一画像に複数回ウェーブレット展開を実施することも一般的であるが、ウェーブレット展開を繰り返すほど元画像の情報量は削減されていく。ここで用いられているのはディープラーニングでよく使われるところの、いわゆる畳み込みの性質である。

6. 茶葉のウェーブレット展開と特徴量

6.1 茶葉のDaubechiesウェーブレット展開

以下は茶葉のDaubechiesウェーブレット展開である。

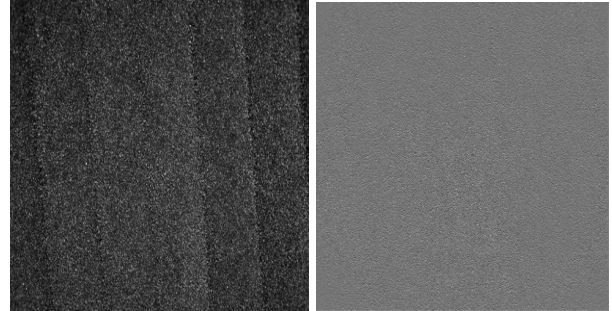


図5 茶葉のウェーブレット展開

Daubechiesウェーブレット展開により、茶葉画像においても、元の画像の特徴を残したまま、画像情報量を削減することが可能である。Daubechiesウェーブレット展開を用いることで、5つのマルチ・スペクトルを合成することなく、各々の情報量を抽出することが可能となる。

6.2 Daubechiesウェーブレットと特徴点抽出

ウェーブレット展開後のAKAZE特徴点抽出画像を図6に示す。

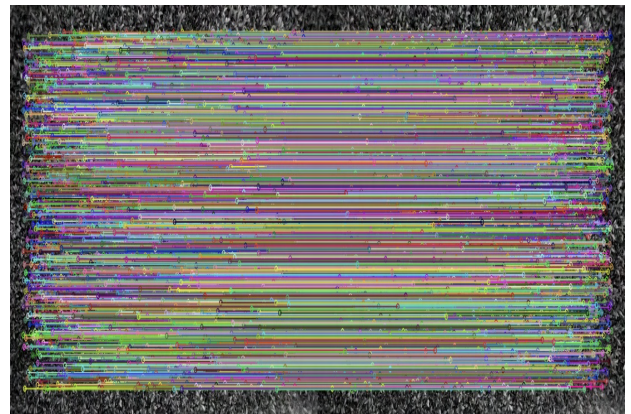


図6 DaubechiesとAKAZE特徴点抽出

ウェーブレット展開前の茶葉画像の特徴点がおよそ100,000点前後抽出されたのに対し、Daubechiesウェーブレット展開後の茶葉画像の特徴点は10,000点前後であり、情報量が大幅に減少している。

7. GANと特徴量

DCGAN(Deep Convolutional Generative Adversarial Networks)はディープラーニングにおけるGAN(敵対的生成ネットワーク)の一つで、生成器ネットワークと識別器ネットワークが競い合うように学習することを通じて、人工的な画像生成することが可能である。特にDCGANは畳み込みニューラルネットワークを利用しており、画像特徴量の抽出に利用しやすい。

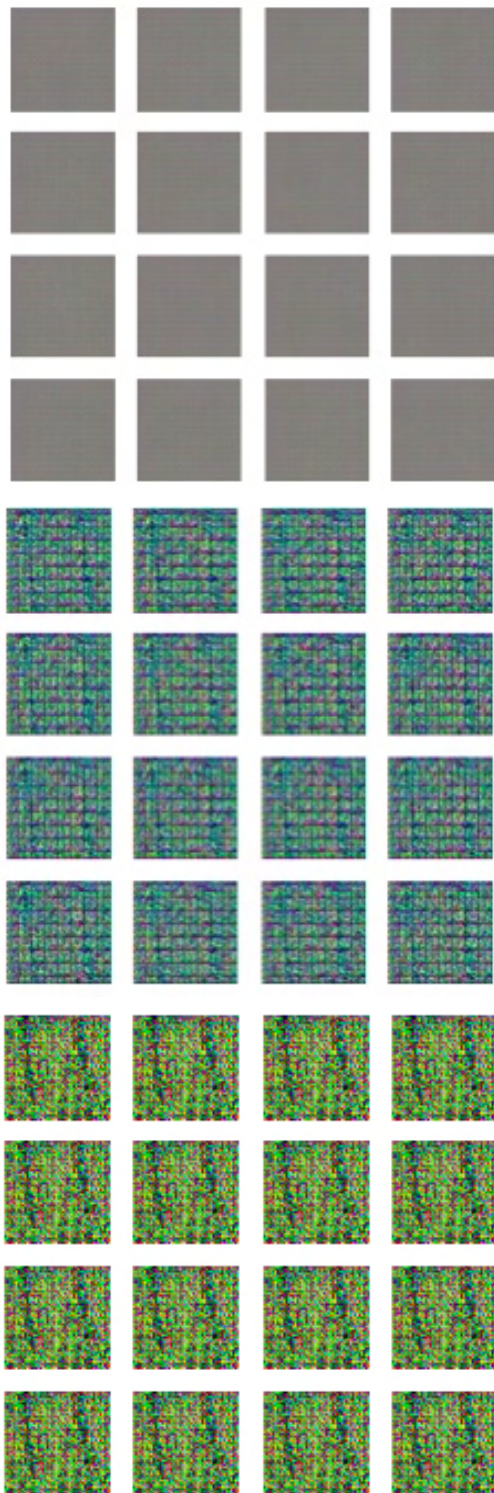


図7 DCGANと画像生成過程

上記はDCGANによる画像生成の様子である。エポック数の増加に伴い、徐々に茶葉の画像が生成される様子が感じられる。

8. 結論

本研究では、AKAZE特徴点抽出、Daubechiesウェーブレット展開、DCGANと、様々なニューラルネットワークを茶葉画像にたいし試みた。単純な特徴点抽出において茶葉は情報量が極めて多いため、情報量削減を行った。特にDaubechies

ウェーブレットにおいて、特徴量減少が確認できた。今後の課題として、摘採時期ごとの特徴量の違いや、同一の摘採時期における特徴量の比較を行っていく。このことを通じて、摘採適期の予測精度向上、ひいては茶品質向上に貢献したい。

参考文献

- [1] M.L.Simpson,J.F.Jansen(1991),”Imaging Colorimetry: A New Approach”,Appl.Opt.30.
- [2] D.Peter,R.S.Berns(1996),Analysis Multispectral Image Capture,The Fourth Color Imaging Conference:Color Science,Systems and Applications.
- [3] Y.Guo,J.Senthilnath,W.Wu,X.Zhang,Z.Zeng,H.Huang (2019), “Radiometric Calibration for Multispectral Camera of Different Imaging Conditions Mounted on a UAV Platform”, Sustainability 2019-11,Vol.978.
- [4] J.Brauers,T.Aach (2006),”A Color Filter Array Based Multispectral Camera”, Lehrstuhl für Bildverarbeitung.
- [5] S.Hochreiter,J.Schmidhuber(1997),Long short-term memory,Neural Computation,Vol.9,No.8.
- [6] K.Fukushima,S.Miyake(1982),Neocognitron:A new algorithm for pattern recognition tolerant of deformations and shifts in position, Pattern Recognition,Vol.15.
- [7] D.Marr(1982),Vision,AComputaional Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information,W.H.Freeman and Company,乾敏郎, 安藤広志訳(1987),『ビジョン-視覚の計算理論と脳内表現』,産業図書.
- [8] G.Lai, W.C.Chang, Y.Yang, H.Liu,(2018). “Modeling long-and short-term temporal patterns with deep neural networks”, In The 41st International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval,Institute of Imaging & Computer Vision.
- [9] A.Grossmann,J.Morlet(1984),Decomposition of Hardy function into square integrable wavelets of constant shape,SIAM journal of Mathematical Analysis Vol.15.
- [10] S.G.Mallet(1989), A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation,IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
- [11] S.G.Mallet(1993), Matching pursuits with time frequency dictionaries,IEEE Trans. on Signal Processing Vol.41,No.12.
- [12] S.G.Mallat(1999), A wavelet tour of signal processing, Academic Press.
- [13] I. Daubechies(1992), Ten lectures on wavelets, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, 61, Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA.