

ハイブリッド深層学習を用いた果実画像からの糖度推定手法におけるデータ入力・モデル構成最適化に向けた検討

上野 延典[†] 森本 正志[‡]
愛知工業大学大学院[†] 愛知工業大学[‡]

1 はじめに

近年、食品の安全性や成分などの情報に関する消費者の需要や関心は高まっている。しかし、例えば果物のような生鮮食品を購入する際、個々の食品に対してそれらの情報を正確・簡単に入手できるようになっていないことが多く、見た目などに基づいて直観的に購入していると考えられる。ここで、スマートフォンなどにより外観を撮影するだけでそれらの情報を推定することができれば、消費者はより良い食品を容易に入手する機会を得ることができる。

この考えに基づき、我々は果実のおいしさを表す情報の1つである糖度の推定手法を提案してきた [1]。関連研究として、源野らは畳み込みニューラルネットワークを用いて果実画像の生育度分類を行っている [2]。これに対し、我々は具体的な糖度を推定する回帰問題として取り組んでいる。また糖度推定手法としては、MLP と CNN を結合したハイブリッド深層学習モデルを提案している。本稿では、ハイブリッドモデルの層構成およびデータ入力の最適化に向けた比較評価実験を行うことで、その有効性と課題を明らかにする。

2 ハイブリッド深層学習を用いた糖度推定

2.1 入力データ

本稿では、果物の中で糖度がおいしさに直結しており、他の果物に比べて購入時の当たり外れが多いとされる桃を研究対象とする。

糖度推定モデルの学習・評価には、画像データ、HSV・RGB ヒストグラム、糖度データを用いる。画像データは、桃 306 個から計 9568 枚の画像を撮影した。うち 128 個は側面 4 方向から撮影しており、残りの 178 個に関しては上下 2 方向を加えた 6 方向からの撮影を行った。撮影は iPhone を用いており、消費者による通常の利用を想定して特殊な設定等は行っていない。照明条件は LED ライトである MLCROMA2 を用いて、白色光と暖色光の 2 種類を用意した。背景条件は 1 つの桃に対して黒色・緑色シート・ダンボールといった複数の背景を用意した。なお、提案手法では糖度推定の前処理として、全ての画像データに

対して桃領域のみを抽出して背景を黒色にする処理を行っている。以上の条件により撮影された画像に対して反転・ノイズ重畳などのデータ拡張を行い、計 95680 枚の画像を入力データとして用意した。

ハイブリッドモデルへの入力データとしては、画像の他に RGB および HSV ヒストグラムが用いられる。これらは画像データの色情報から作成される。ヒストグラムの次元数は 1536(6×256) である。最後に糖度の真値は糖度計 Pen-J を用いて計測する。計測は撮影画像と同じ方向の桃表面で行なった。なお、計測された糖度は 6~20 程度の範囲であり、平均値は 11.6 であった。

2.2 モデル構成

本研究で提案している深層学習モデルは MLP と CNN(EfficientNetB3) を結合したハイブリッドモデルである。2.1 で述べた各ヒストグラムを MLP モデルへ、画像を CNN モデルへそれぞれ入力し、糖度推定値を出力する。モデルの層構成を図 1 に示す。出力は CNN が 1536 次元ベクトル、MLP が 16 次元ベクトルである。それぞれのモデルからの出力を結合する Concatenate レイヤーはこれまでの研究では直列で結合しており、その出力は 1552(1536+16) 次元ベクトルとなっている。

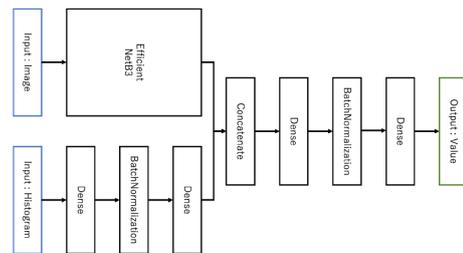


図1 ハイブリッドモデルの層構成

2.3 ハイブリッドモデルの評価

本実験における評価指標は、回帰問題の一般的な指標である MAE(平均絶対誤差)、RMSE(二乗平均平方誤差)、 R^2 (決定係数)を用いる。MAE と RMSE は 0 に近づくほど精度が高いといえる。また、 R^2 は 1 に近づくほど学習データと評価データの当てはまりが良いとされる。

2.1 で述べたデータセットを用いて 10 分割交差検証を行い、それぞれの評価指標を算出した。1 回の交差検証に対し 48 エポックの学習を行った。各交差検証(テストデータ)との評価結果(平均値と標準偏差)を表 1 に示す。テストデータによる評価の結果、約 1.8 から 2.4 程度の誤差が生じることが判明した。

A Study toward the Optimization of Data Input and Model Configuration in a Sugar Content Estimation Method from Fruit Images using Hybrid Deep Learning

[†] Nobutsune Ueno, Aichi Institute of Technology Graduate School

[‡] Masashi Morimoto, Aichi Institute of Technology

表1 ハイブリッドモデルの評価結果

MAE	RMSE	R^2
1.80±0.17	2.42±0.21	0.18±0.15

3 入力データの比較

3.1 画像データの比較

2.1で述べたように、本研究では前処理として桃の領域を抽出し、背景を黒色にする処理を行なっている。これは桃以外の情報を排除するためである。一方、桃の糖度推定においては果実の中央部を主に観察するとの知見が、生産者へのヒアリングにより得られている。そこで本稿では、さらに桃の中央部のみを入力データとした場合に、糖度推定性能が向上するか比較評価を行う。具体的には、2.1で述べた画像データに対して、桃画像の中央部のみを抽出したデータを作成し入力データとする。元データと中央部のみを抽出した画像データの例を図2に示す。加えて、作成した画像データに対応したHSV・RGBヒストグラムと、2.1と同様の糖度データを入力データとする。実験の条件は2.3と同様である。

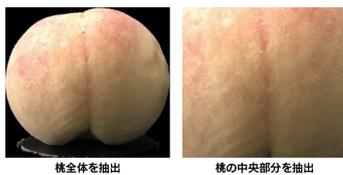


図2 画像データの例

評価結果を表2に示す。精度は2.3に比して若干低下している。そのため、桃の中央部に着目したデータを用いるだけでは推定精度向上への効果は低いと考えられる。

表2 中央部に着目したデータの評価結果

MAE	RMSE	R^2
1.87±0.20	2.49±0.26	0.13±0.11

3.2 HSV・RGBヒストグラムの比較

本研究では彩度や明度の変化も糖度の変化に関連すると考え、HSVヒストグラムを使用する。また桃の表面に存在する特定色の多さが精度に関連すると考え、RGBヒストグラムを使用する。そこで2.3とは異なり、HSV・RGBヒストグラムの一方のみを使用することで、それぞれが評価結果に与える影響を比較する。画像データと糖度データは2.1で述べたものと同様である。なお、実験の条件についても2.3と同様である。

評価結果を表3に示す。2.3の結果と比較すると、HSVとRGBのみを使用した場合と同程度だと言える。標準偏差に着目すると、RGBヒストグラムのみを使用した場合にばらつきが多い。このことから、HSVヒストグラムを利用した場合はより安定した結果が得られると考えられる。

表3 HSV・RGBヒストグラムそれぞれの評価結果

	MAE	RMSE	R^2
HSV	1.75±0.18	2.35±0.20	0.22±0.09
RGB	1.79±0.26	2.68±1.14	-0.16±1.27

4 結合方法の比較

4.1 概要

本研究で提案するハイブリッドモデルはCNNとMLPを結合したモデルであり、それらのモデルの結合方法が評価結果に影響を与える可能性がある。そのため、kerasで用意されているConcatenateレイヤーを使用して、直列と並列の2通りの結合方法での実験を行う。結合するにあたり2.2で述べたMLPとCNNそれぞれの出力に対してreshapeなどの調整を行い、それぞれ16次元ベクトルの出力に変換した。その上で、Concatenateレイヤーを用いて直列で32次元ベクトル及び並列で2×16次元ベクトルとして、実験を行なった。

4.2 直列・並列結合それぞれの評価結果

実験の条件は2.3と同様である。それぞれの評価結果を表4に示す。RMSEに関しては、直列に結合した場合と並列に結合した場合でほとんど違いがなかった。一方でMAEについては並列で結合した場合の精度が0.1程度上回っている。そのため、本稿で提案するモデルにおいては直列に比して並列で結合した場合の方が精度が良いと言える。

表4 直列・並列結合における評価結果

	MAE	RMSE	R^2
直列	1.84±0.28	2.45±0.30	0.17±0.10
並列	1.74±0.19	2.35±0.25	0.23±0.08

5 おわりに

本論文では、深層学習を用いた桃画像からの糖度推定手法に関して、入力データと各モデルの結合方法の最適化に向けた比較評価実験を行った。今後の課題としては、ハイブリッドモデルを構成するCNNの変更などを行い、推定精度の向上を図ることが考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたっては、愛知県農業総合試験場園芸研究部のご協力をいただきました。ここに感謝します。

参考文献

- [1] 上野他: ハイブリッド深層学習モデルを用いた果物画像からの糖度推定アプリケーションに関する検討, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-DCC-32, No.14, pp.1-8, 2022.
- [2] 源野広和, 小林一樹: 畳み込みニューラルネットワークを用いて果実画像の生育度分類を行う場合の果実拡大率の影響, 農業情報研究 30(2), pp.86-95, 2021.