

果実の収穫適期の定量評価を目的とした画像補正手法

草田 育美[†] 石井 雅樹[†] 山根 治起[‡]
秋田県立大学[†] 秋田産業技術センター[‡]

1. 緒言

高品質、高付加価値の果実における収穫適期の判定は、樹木に着果した状態の果実の色と種類ごとに定められたカラーチャートを比較することにより行われている。これは、目で色を判断する官能検査のため判断基準が定量的に統一されていないのが現状である。

本研究では果実の収穫適期を定量的に判定する果実収穫適期判定システムの開発を目標としている。しかし、屋外では時間や天候により照明条件が著しく変化するため、果実の正確な色彩情報を取得することができない。そこで、本稿では、屋外におけるりんごの収穫適期判定を目的とし、照明条件の影響を軽減するための画像補正手法について検討を行った。

2. 提案手法

2.1 色の補正

提案する画像補正手法は、果実とともに撮影した補正用カラーチャート(x-rite社製、COLOR checker PASSPORT)の白、黒、灰色(反射率 18%)の画素値を取得し、式(1)、(2)を用いて補正を施す。

$$R'_{x,y} = 255 \times \frac{R_{x,y} - Bp_{R_{x,y}}}{Wp_{R_{x,y}} - Bp_{R_{x,y}}} \quad (1)$$

$$R''_{x,y} = 255 \times \left(\frac{R'_{x,y}}{255} \right)^{Gr} \quad (2)$$

$$(Gray_R)^Y = 119$$

上式において、 $R_{x,y}$ 、 $R'_{x,y}$ はそれぞれ補正前、補正後の各画素の R の値を、 $Wp_{R_{x,y}}$ 、 $Bp_{R_{x,y}}$ 、 $Gray_R$ はそれぞれ取得した白、黒、灰色の R の値を表す。G、Bにも同様の補正を施す。

2.2 ハレーション除去

ハレーションとは、画像中で強い光が当たった部分の周囲が白くぼやけてしまう現象である。画像にハレーションが生じた場合、正確な色彩情報が取得できない。そのため、補正後の画像を対象とし、式(3)を用いて各画素の RGB 値の標準偏差

を計算し、閾値以下をハレーションとして除去する。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{3} \{ (R_n - Avg_{RGB})^2 + (G_n - Avg_{RGB})^2 + (B_n - Avg_{RGB})^2 \}} \quad (3)$$

上式において、 R_n 、 G_n 、 B_n は各画素の RGB 値であり、 Avg_{RGB} は各画素の RGB 値の平均値を表す。

3. 提案手法の検証

3.1 対象画像

本稿では、秋田県果樹試験場で栽培中の 12 個のりんご(品種:やたか)を対象とした。りんごの画像は、ふじの地色カラーチャートおよび補正用カラーチャートとともにデジタルカメラ(SONY社製、NEX-3D)を用いて撮影した。撮影はりんごが収穫されるまでの 1 ヶ月間、約 1 週間間隔で 5 回実施した。また、撮影最終日には、収穫したりんごを地色カラーチャートおよび補正用カラーチャートとともに屋内で撮影した。撮影した画像の一例を図 1 に示す。

3.2 地色カラーチャートの解析

補正前と補正後の画像中の地色カラーチャートの値を比較して提案手法の有用性を検証した。解析は 5 つの色空間(RGB, XYZ, HSV, L*a*b*, L*u*v*)を用いて行い、良好な結果が得られた H, a*, u*に着目した。表 1 に取得したすべての画像における地色カラーチャートの各チャート値の標準偏差を示す。表 1 より、補正後の標準偏差は補正前の値と比べ、ほぼすべてのチャートで低い値であることが分かる。以上の結果より、提案手法は屋外における照明変化の影響を軽減できると考える。

4. 収穫適期判定実験

4.1 収穫適期判定手法

屋外で撮影したりんごの画像を用いて収穫適期判定実験を行った。付加価値の高いりんごの収穫適期の判定は、表面色および地色をカラーチャートと比較することにより行われる。表面色とは、主にりんご側面の色である。また、地色とは太陽光の影響が少ない部分の色であり、主にりんご底部の萼の周辺部分の色を示す。表面色は日光の当たり具合によるばらつきがあるため、収穫の際は地色を優先して判定する。したがって、本稿では

Image Correction for Quantitative Evaluation of Proper Time of Harvesting Fruit.

[†] Ikumi Kusada, Masaki Ishii, Akita Prefectural University

[‡] Haruki Yamane, Akita Industrial Technology Center

地色を用いた判定を行う。

適期判定は光測定器 (x-rite 社製, ilPro) で測定した地色カラーチャートの H, a*, u* の値と, 画像から取得した果色の値を比較して行う。先行研究^[1]では 4 種類の判定方法(差分, 最短距離法, 類似度法, 線形関数)を比較し, 最短距離法を用いることで最良の結果が得られたため, 本稿でも最短距離法を用いた判定を採用する。

はじめに, 地色カラーチャートおよび果色の H, a*, u* の値を 3次元ベクトルとみなし, ユークリッド距離を算出した。次に, 距離が最も近いカラーチャート番号を果色の指数とした。やたかの収穫の期に該当するチャート番号は 4, 5 のときであり, 6 以上は過熟とされるが, 本稿では過熟も適期に含めた検討を行った。

4.2 判定結果

提案手法による判定結果と, 専門家による目視判定結果の比較を行った。補正前および補正後の画像における果色の判定結果を表 2, 3 に示す。表 2, 3 より, 補正前の画像では, 多くのサンプルにおいて結果は専門家の知見と一致していないことがわかる。また, すべてのサンプルは収穫適期であるにも関わらず, 適期ではない(指数が 4 未満)と判定されたサンプルが多数認められる。一方, 補正後の画像では, 提案手法による判定結果が専門家の知見とおおよそ一致しており, 補正前と比較して誤判定が減少していることが分かる。以上の結果より, 提案した画像補正手法を用いることは屋外での収穫適期判定に有用であると考えられる。

5. 結言

本研究では樹上に着果した状態で果実の収穫適期を定量的に判定する手法の開発を目標とし, 屋外における照明変化の影響を軽減する画像補正手法について検討した。

果色用カラーチャートを解析した結果, 補正後のカラーチャートにおける H, a*, u* の値の標準偏差は小さくなり, 照明条件の変化による影響を軽減できることを示した。また, 収穫適期判定実験を行った結果, 補正を施すことで専門家の判定結果とおおよそ同等の結果が得られた。以上より, 提案手法は屋外での果実収穫適期判定において有用であると考えられる。

参考文献

- [1] 土谷響造, 石井雅樹: 「色彩情報による果実収穫適期判定手法に関する検討」, 電子情報通信学会総合大会, D-12-85, p160(2014)



図 1 撮影画像の一例

表 1 果色用カラーチャートの標準偏差の比較

指数	H		a*		u*(×100)	
	補正前	補正後	補正前	補正後	補正前	補正後
1	6.988	4.259	5.920	4.593	0.649	0.383
2	6.574	4.107	5.624	4.414	0.589	0.379
3	6.142	3.188	5.313	3.571	0.514	0.314
4	7.464	2.974	5.437	3.232	0.519	0.316
5	6.014	2.786	5.224	2.737	0.450	0.268
6	5.929	2.768	5.145	2.670	0.469	0.355
7	5.518	2.990	4.953	2.559	0.565	0.482
8	5.661	3.326	4.738	2.776	0.556	0.649

表 2 収穫適期判定実験結果

サンプル	判定結果			目視判定との差	
	目視	補正前	補正後	補正前	補正後
1	7	6.5	8	-0.5	1.0
2	6	4.5	6	-1.5	0.0
3	6	1	3	-5.0	-3.0
4	6	2.5	6.5	-3.5	0.5
5	5	3	6.5	-2.0	1.5
6	5	2.5	5	-2.5	0.0
7	7	3	6.5	-4.0	-0.5
8	5	4.5	8	-0.5	3.0
9	6	6.5	8	0.5	2.0
10	6	2.5	6	-3.5	0.0
11	5.5	1.5	4.5	-4.0	-1.0
12	7	1	4.5	-6.0	-2.5

表 3 判定されたサンプルの数 (a: 専門家の知見と一致, b: 知見との指標の差が 1 以内, c: 指標の差は大きい適期と判定, d: 誤判定)

	a	b	c	d
補正前	0	3	1	8
補正後	3	4	4	1