

ブドウ「シャインマスカット」における収穫時期の 糖度予測法およびウェブアプリの開発

柚木秀雄*・星野智昭・中野葉子^{2*}・細野邦彦^{3*}・小池 隼^{4*}

要 旨

ブドウ「シャインマスカット」において、栽培管理を見直し、適正な時期に収穫できるようにするため、満開 60 日後に測定した糖度と積算日照時間を用いて、収穫時期の糖度予測法を作成した。さらに、生産者が使いやすくなるようウェブアプリを開発した。

結 言

本県において、「シャインマスカット」の糖度不足による収穫時期の遅延が年によって問題となっている。本県では、観光直売と贈答用の宅配が販売のメインとなっており、収穫が遅延することにより、顧客からの要望に応えることが難しくなり、信頼を損なうおそれがある。

糖度不足には様々な原因があるが、主な原因として着果過多^{1,2)}と光合成不足²⁾が挙げられる。毎年同じ房数にしても果粒肥大が良く、結果として着果量が増えてしまうことがある。また、房の形の良いものが多い場合に、摘房が甘くなってしまう、結果的に房数が多くなってしまうこともある。

光合成不足については、糖度が上昇する時期に曇雨天が多かったり、被覆ビニールが汚れていたりすると、糖の蓄積が少なくなってしまう。また、葉や根が傷んだりしても同様に、糖度が不足する。

収穫時期になって、いつもより糖度が低いと分かっても対策としてできることは少ないため、収穫時期よ

り前に栽培管理を見直す必要がある。また、いつ頃収穫になるという消費者へのアナウンスは早めの方が良い。

そこで、収穫時期の糖度予測法とウェブアプリを開発したので報告する。

① 糖度予測法の開発

試験方法

予測モデルの作成：群馬県農業技術センター（伊勢崎市：標高 80m）内に植栽された雨よけ栽培の「シャインマスカット」を用い、2012～2019 年までの満開日および Brix 糖度（以下、糖度とする）のデータを解析に用いた。先端まで咲ききった花穂数が調査樹全体の半数になった日を満開日とし、7月上旬から9月上旬まで 7～12 日おきに糖度を測定した。日照時間のデータについては、伊勢崎市のアメダスデータを使用した。予測モデルとして成長曲線モデル、積算日照時間モデル、積算日照時間補正モデルの 3 モデルを作成した。成長曲線モデルは、満開後日数と糖度の関係を回帰分析することで作成した。積算日照時間モデルは、満開 25 日後からの積算日照時間と糖度の関係を回帰分析することで作成した。積算日照時間補正モデルは、満開 60 日後に測定した糖度を積算日照時間に換算し、積算日照時間モデルに使用した。

予測モデルの検証：群馬県農業技術センターおよび

* 現 群馬県農政部 技術支援課

2* 現 群馬県西部農業事務所

3* 群馬県知事戦略部 デジタルトランスフォーメーション戦略課

4* 元 群馬県知事戦略部 デジタルトランスフォーメーション戦略課

現 群馬県農政部 蚕糸園芸課

本報告の一部は、園芸学会令和 4 年度春季大会で発表した。

本報告の一部は、「果実日本 78 巻 7 月号」にて発表した。

標高の異なる現地圃場4か所(A市、B市、C市、D村)に植栽された「シャインマスカット」を用い、2020年および2021年の満開日、糖度および各地域の最寄りアメダスデータの日照時間を検証に使用した。予測精度は、糖度の予測値と実測値の差からRMSE(二乗平均平方根誤差)を算出し、検証した。

結 果

成長曲線モデルは、満開後日数と糖度の回帰曲線から、 $\text{糖度} = \ln(\text{満開後日数}) \times 13.065 - 41.602$ で表された(図1)。積算日照時間モデルは、満開25日後からの積算日照時間の平方根と糖度の回帰直線から、糖度

$= (\text{満開 25 日後からの積算日照時間の平方根}) \times 0.893 + 0.2248$ で表された(図2)。積算日照時間補正モデルは、満開60日後の糖度を積算日照時間に換算(積算日照時間 $= ((\text{糖度} - 0.2248) / 0.893)^2$)し、それ以降の日照時間を積算した(図3)。

2020年の収穫時期の糖度のRMSEは、成長曲線モデルで2.40%、積算日照時間モデルで2.73%、積算日照時間補正モデルで0.96%であった(表1)。2021年の収穫時期の糖度のRMSEは、成長曲線モデルで1.76%、積算日照時間モデルで1.96%、積算日照時間補正モデルで1.17%であり(表2)、積算日照時間補正モデルの予測精度が最も高かった。

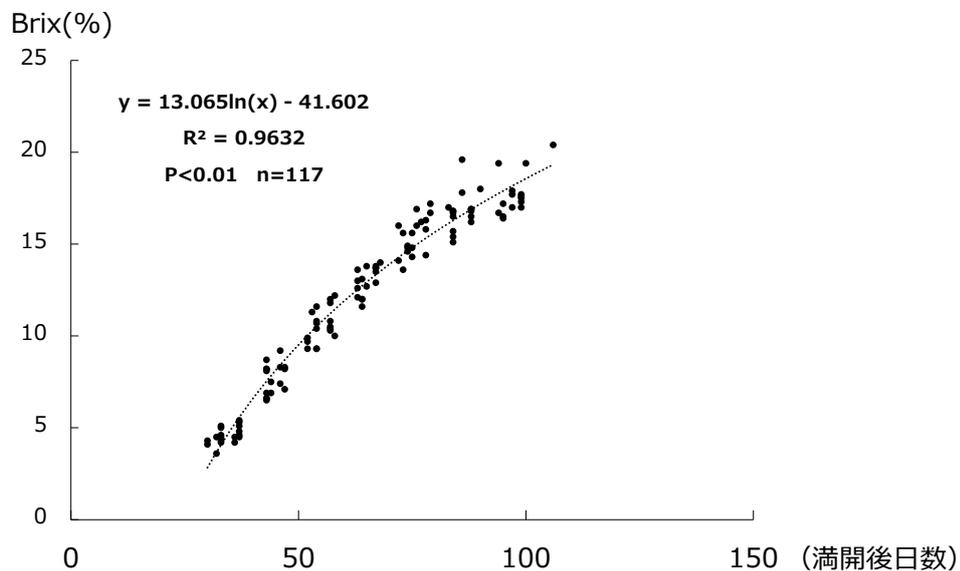


図1. 満開後日数と糖度の回帰曲線

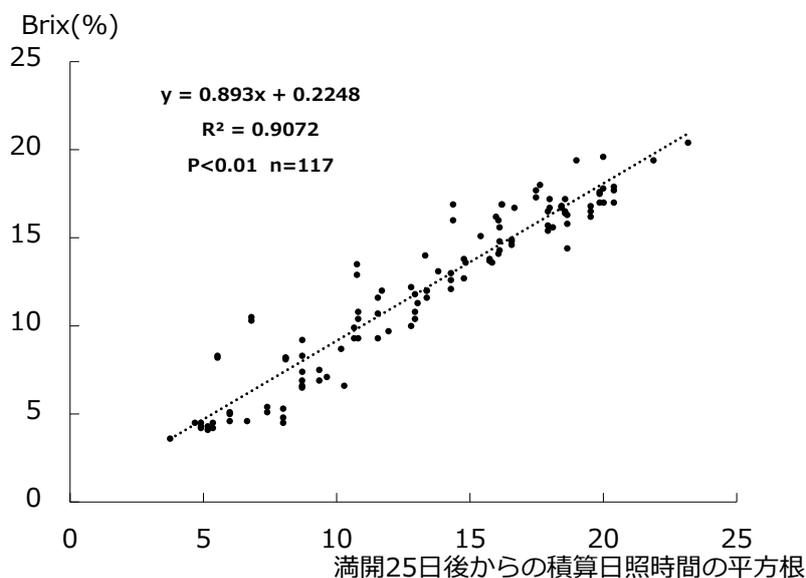


図2. 満開25日後からの積算日照時間の平方根と糖度の回帰直線

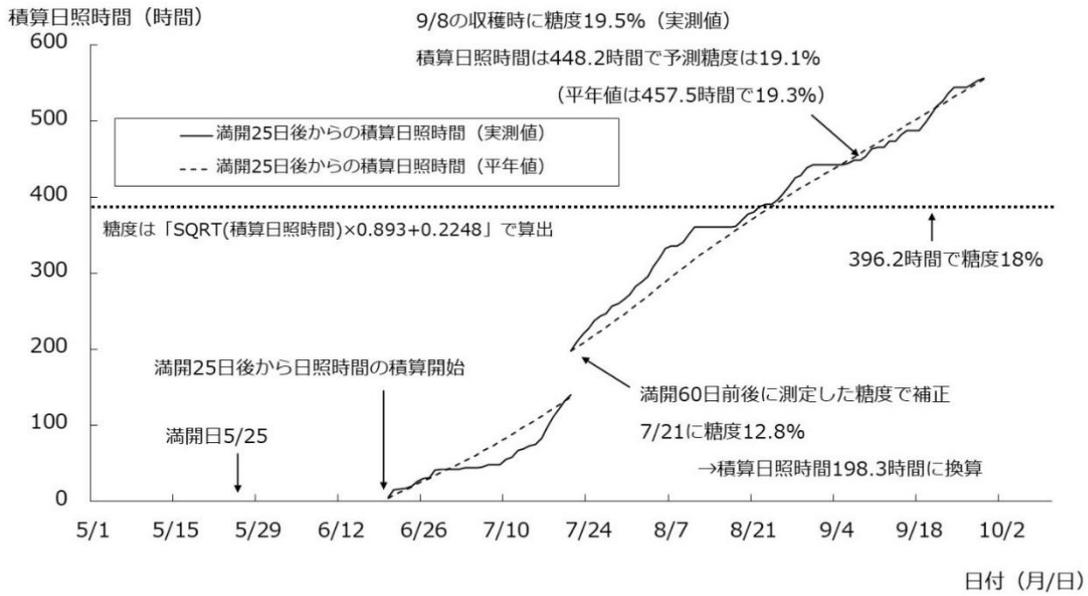


図3. 積算日照時間補正モデルの予測事例 (2021年・雨よけ栽培・伊勢崎市)

表1 「シャインマスカット」の糖度(Brix%)の予測精度の検証 (2020年)

作型	調査地 (標高)	満開日	実測値				予測値					
			糖度 測定日	糖度	収穫日	収穫 時 糖度	成長曲線 モデル		積算日照時間 モデル		積算日照時間 補正モデル	
							予測糖度	誤差	予測糖度	誤差	予測糖度	誤差
加温ハウス	農技(80m)	5月6日	7月6日	10.1	8月25日	17.0	19.9	-2.9	18.5	-1.5	17.4	-0.4
	A市(63m)	4月30日	6月29日	12.3	8月7日	16.4	18.4	-2.0	16.0	0.4	15.4	1.0
無加温 ハウス	B市(106m)	5月20日	7月21日	12.8	8月26日	17.8	18.3	-0.5	16.3	1.5	18.4	-0.6
雨よけ	農技(80m)	5月26日	7月27日	13.0	9月1日	19.5	18.3	1.2	16.4	3.1	19.4	0.1
	農技(80m)	5月26日	7月27日	12.7	9月1日	19.9	18.3	1.6	16.4	3.5	19.2	0.7
	C市(446m)	6月14日	8月12日	11.3	9月15日	18.1	17.6	0.5	17.1	1.0	17.5	0.6
	D村(482m)	6月10日	8月12日	8.7	10月5日	16.1	20.6	-4.5	18.7	-2.6	17.7	-1.6
露地	農技(80m)	6月4日	8月4日	12.1	9月10日	20.9	18.3	2.6	16.9	4.0	19.1	1.8
	農技(80m)	6月3日	8月4日	14.2	8月24日	18.8	16.0	2.8	14.7	4.1	18.4	0.4
予測精度 (RMS E)							2.40		2.73		0.96	

表2 「シャインマスカット」の糖度(Brix%)の予測精度の検証 (2021年)

作型	調査地 (標高)	満開日	実測値				予測値					
			糖度 測定日	糖度	収穫日	収穫 時 糖度	成長曲線 モデル		積算日照時間 モデル		積算日照時間 補正モデル	
							予測糖度	誤差	予測糖度	誤差	予測糖度	誤差
加温ハウス	農技(80m)	4月28日	7月2日	11.6	8月12日	17.5	19.3	-1.8	19.0	-1.5	18.6	-1.0
	A市(63m)	4月28日	7月6日	15.4	7月21日	17.2	16.3	0.9	15.2	2.0	17.7	-0.5
無加温 ハウス	B市(106m)	5月17日	7月19日	12.6	8月20日	17.6	17.9	-0.3	16.4	1.2	17.6	0.0
雨よけ	農技(80m)	5月25日	7月21日	12.8	9月8日	20.8	19.3	1.5	17.9	2.9	19.1	1.6
	農技(80m)	5月25日	7月21日	13.4	9月16日	20.9	20.3	0.6	18.7	2.2	20.3	0.6
	C市(446m)	6月15日	8月12日	13.0	9月13日	17.7	17.2	0.5	16.9	0.7	16.2	1.4
	D村(482m)	6月14日	8月12日	10.4	10月7日	16.4	20.4	-4.0	20.1	-3.7	17.7	-1.4
露地	農技(80m)	5月30日	8月2日	14.6	9月8日	19.0	18.7	0.3	17.4	1.6	18.5	0.5
予測精度 (R M S E)							1.70		2.17		1.03	

考 察

ブドウの糖度を予測する方法として、成長曲線を使った方法³⁾、積算温度による予測⁴⁾、積算日照時間による予測⁵⁾などの報告がある。今回検証した成長曲線や積算日照時間の他に、データは省略したが積算気温についても検証し、その結果、満開 60 日後に測定した糖度を積算日照時間に換算し、その後の日照時間を積算していく方法が最も精度が高かった。このことと、「シャインマスカット」は糖度上昇時期が梅雨時期に重なると、糖度上昇の停滞が顕著に現れる⁶⁾という報告から、「シャインマスカット」は糖度上昇に対して日照の影響を受けやすい品種だと考えられる。

糖度予測に使用する気象データについて、予測対象のブドウが植栽されているほ場内に設置された気象観測器のデータを使用していることが多い。このことから、予測に使用する気象データを、個々のほ場で取得する必要があり、労力がかかるという問題が考えられる。今回の予測法では、気象庁の日照時間データを使用したため、個々のほ場でデータを取

得する必要はなく、毎日更新されるというメリットがある。

今回の予測に使用した満開 60 日後の糖度のデータは、樹冠の外側、内側、中間からまんべんなく房を選び、さらに房の中の肩部、房尻、中間からまんべんなく果粒を採取して取ったデータである。ブドウの糖度は樹冠の外側の房で高く、さらに房の中でも肩部の糖度が高い。そのため、予測に使う果粒が樹冠のどこにあり、房のどこから採取したのかを把握することは重要である。樹冠の外側の房の肩部から果粒を採取して糖度を測定したならば、当然予測される糖度は樹冠の外側の肩部の果粒の糖度ということになる。糖度を測定する果粒を抜くと、房型がくずれのおそれがあるが、房尻の果粒は糖度測定用に一粒抜いても房型に大きな影響はないため、房尻の果粒を採取すると良い。しかし、房尻の果粒の糖度は肩部と比較して低いことが多いため、予測結果の捉え方に注意が必要である。また、今回紹介した糖度予測法は、群馬県の平坦地の雨よけ栽培のデータを基に作成したため、標高が高い場所、山や林による日影が多い場所や露地栽培などは予測精度が低くなる傾向がある。例えば、露地栽培の場合は満開 60

日後以降の糖度上昇のペースは雨よけ栽培よりも高くなる傾向がある。そのため、数年継続して予測を行い、自園の「シャインマスカット」の糖度の予測誤差や糖度上昇傾向を把握していくことが重要である。その上で、いつもの年より糖度が不足していると判断した場合には、摘房による着果管理や光反射シートの利用⁷⁾、果房への受光量増加⁸⁾、環状はく皮⁶⁾、ジベレリンの1回処理⁹⁾などの対策を行う必要がある。

近年は梅雨明け後にも曇雨天が続く年があり、「シャインマスカット」の収穫時期に糖度が不足することが多くみられる。一度収穫時期が遅延すると、落葉までの養分貯蔵時期に十分な養分を貯められず、次年度の生育が悪くなり、また糖度が遅延するという悪循環におちいる可能性がある。また、標高の高い地域においては、平坦地よりも展葉が遅く落葉が早いため、糖度不足になりやすい。そのため、本技術を利用して収穫時期に十分な糖度が確保できるか確認しながら栽培管理をしてほしい。

② ウェブアプリの開発

(1) 目的

農作物においては、様々な予測法が開発されているが、一般的には予測精度を高めようとすると、複雑な計算式が必要となる。さらに、必要な気象データを気象庁のホームページからダウンロードする必要もある。そこで、スマートフォンで生産者が簡単に使えるようウェブアプリを開発した。ウェブアプリは、気象庁から平年と今年の日照時間データを自動で取得し、平方根などの計算を行い、さらにグラフを作り、HTML形式で公開することができるものを Google Apps Script を用いて作成した。作成したウェブアプリは、スマートフォンの機種によらず使用が可能で、さらに気象庁のデータ形式が変わらなければ、開発側のメンテナンスも必要としないメリッ

トがある。

(2) 気象データの取得

毎日定期実行により、気象庁のホームページから前日の日照時間の数値を取得して、スプレッドシートに書き込む。スプレッドシートに過去平均値と毎日の実績を保管しておき、アプリのデータベースとして利用する(図4)。

(3) Web サイトの公開と糖度予測の計算

HTML形式のWebサイトを作成し、URLを公開する。ログインすると、入力フォーム画面が表示される。入力フォームに農場名、満開日、調査日、糖度を入力する。

フォームから受け取った値をもとに糖度予測の計算を行い、計算結果をWebサイトに表示する(図5)。

(4) 使い方

ウェブアプリ(図6)の使い方としては、おおよそ満開60日後に糖度測定し、満開日と糖度測定日と測定した糖度を入力すると、糖度測定日時点の目標糖度と、糖度が18%に達する日付が出てくる。さらにその下にはグラフで、日照時間から算出された平年と今年の糖度上昇が表示される(図7)。今年の予測糖度は、日ごとの日照時間が反映されて毎日修正されていくため、自園の「シャインマスカット」の予測糖度を随時確認することができる。なお、ウェブアプリは群馬県知事戦略部デジタルトランスフォーメーション戦略課の職員がプログラミングを行って開発し、会員登録不要の無料で公開している。本県以外の各産地においては、日照時間や標高が違うため、ウェブアプリの予測結果をそのまま使うことは難しいが、毎年の傾向を見ることによって管理作業の見直しの役に立ててもらえればと考えている。



図4. 気象データの取得についてのプログラム（一部抜粋）

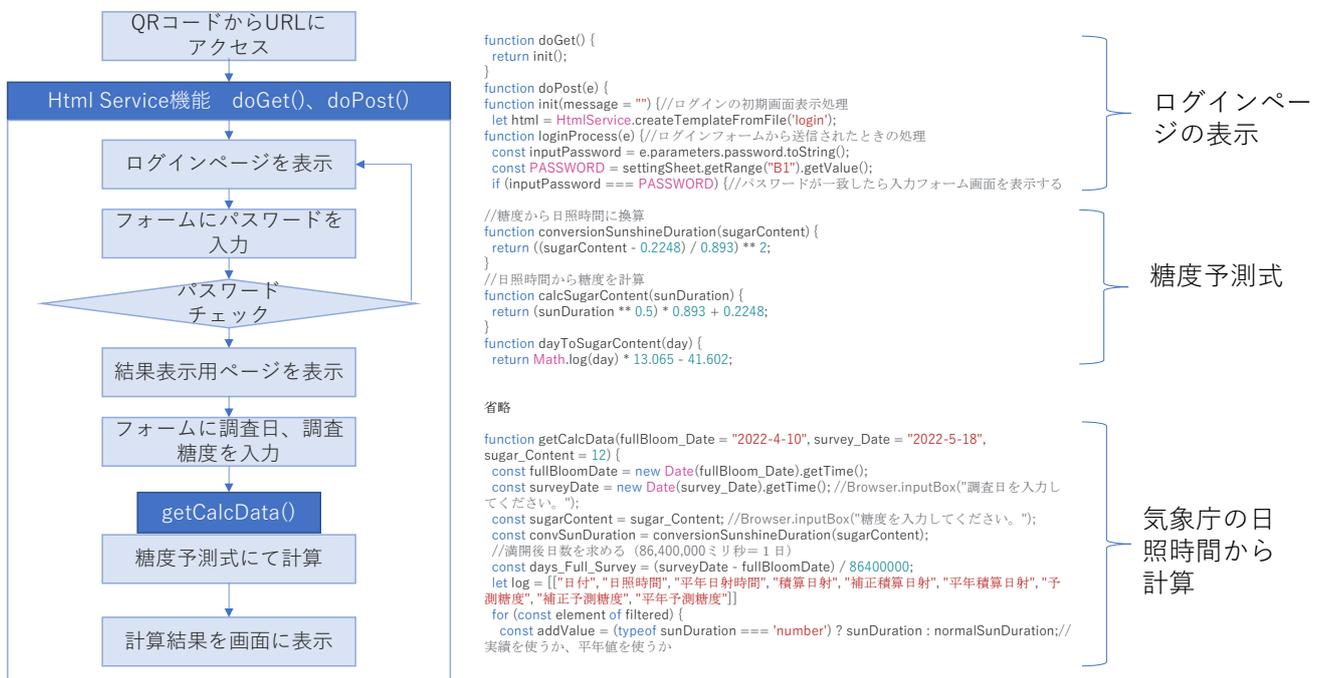


図5. Web サイトの公開と糖度予測の計算についてのプログラム（一部抜粋）



図6. Web サイトのQRコードとログイン画面（パスワードはnogisen）



図7. 入力フォームと予測結果の表示

引用文献

- 1) 山下泰生. 2012. 香川県における「シャインマスカット」の適期収穫に向けた取り組み. 果実日本 67 (3):54-58
- 2) 上林義幸ら. 2014. ブドウ「シャインマスカット」の無核栽培における適正着果量. 愛知県農業総合試験場研究報告 46:123-126
- 3) 菅原誠司. 2011. 糖度予測法開発のため実施したヤマブドウの糖度調査. 岩手県林業技術センター研究報告 19:9-1
- 4) 横塚弘毅. 2006. 山梨県における積算温度に基づいたブドウ糖度の予測. 日本ブドウ・ワイン学会誌 17:7-13
- 5) 佐藤守・竹澤邦夫. 2014. 発育予測による四倍体無核ブドウ「あづましずく」の成熟特性の解明. 園芸学研究 13(3):203-211
- 6) 持田圭介ら. 2021. ブドウ「シャインマスカット」における環状はく皮, スコアリング処理時期が糖度上昇に及ぼす影響. 島根県農業技術センター研究報告 48:27-35
- 7) 庄子雅和・柴田昌人. 2018. 光反射シート利用によるブドウ「シャインマスカット」増収技術. 東北農業研究 71:57-58
- 8) 平井一史. 2021. ブドウ「シャインマスカット」の果房吊り上げ処理及び果実袋による果房受光量の違いが果実品質に及ぼす影響. 園芸学研究 20 (別2):267
- 9) 高橋利幸・持田圭介. 2022. 加温栽培ブドウ「シャインマスカット」における糖度上昇を目的とした植物生育調節剤処理方法の検討. 島根県農業技術センター研究報告 49:13-22

(Key Words :‘Shine Muscat’, soluble solids, prediction, web application)

Development of Web Application and Prediction Method for Soluble Solids Content of ‘Shine Muscat’ Grape at Harvest Time

Hideo YUKI, Tomoaki HOSHINO, Yoko NAKANO, Kunihiko HOSONO and Jun KOIKE