



VR を用いた果樹ぶどうにおける摘粒指南システムの開発

Development of guide system for pruning the grain of fruit-grape using Virtual Reality

中澤翔太¹⁾, 安藤英俊²⁾

Shota NAKAZAWA, Hidetoshi ANDO

- 1) 山梨大学大学院 医工農学総合教育部 修士課程工学専攻コンピュータ理工学コース (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11, g19tk014@yamanashi.ac.jp)
- 2) 山梨大学大学院 総合研究部 工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11, ando@yamanashi.ac.jp)

概要: 果樹ぶどうを作る上で摘粒という作業は非常に重要である。しかし、摘粒を上達するためには時間等のコストが非常にかかる。この問題を解決することために VR で指南することでコストを小さくすることが可能になると考えられる。VR 上でぶどうを生成するために L-system を用いており、実験では VR 上でテスト形式によってスコア化した場合と実際の摘粒の現場でどのくらい影響を与えるのかを検証し、結果として提案手法が一番高い結果が得られた。この結果から提案手法を用いることで、未経験者でも経験者に近い摘粒が可能になった。

1. はじめに

果樹ぶどうを作る上で様々な作業工程が存在する。中でも摘粒は最終的なぶどうの形を決定づける作業であるため、非常に重要である。

摘粒は、初心者には難しいという問題点が挙げられる。基本的なルールは存在するが、ルールだけでは形を良くすることは難しい。例としてシャインマスカットの摘粒のルールを表 1 に示す。このルールは山梨県農政部から出されている資料を基に作成している。[1] 表 1 よりルールには目安があり、房によって臨機応変な対応をする必要がある。よって経験を積むことによって房ごとの特徴を踏まえた摘粒を行う必要があるため、経験が重要である。他にも、摘粒に適した期間が 2 週間と短く、人手不足や後継者不足であることも挙げられる。また、摘粒の練習は実際のぶどうを用いるため、コストがかかる。

初心者を短期間で実際のぶどうを用いることなく、経験者と同じ状態にするため、VR 上で指南する。これにより、1 年中通して摘粒が練習可能になると考える。

表 1: シャインマスカットの摘粒ルール (短梢)

厳守	目安
<ul style="list-style-type: none"> 35 粒 果軸から外向きの粒を残す 小さな粒は摘粒 果軸に近い粒は摘粒 	<ul style="list-style-type: none"> 上部は支梗 1 つにつき 6 粒 中央部は支梗 1 つにつき 3 粒 下部は支梗 1 つにつき 2 粒

2. 提案手法

本システムを開発する上で開発・動作環境は UNITY を使用する。まず始めにぶどうを生成し、摘粒すべき粒をユーザに知らせることによって摘粒を行う。提案手法の概要図を図 1 に示す。ぶどうには種類によって、房の形や摘粒の基本的なルールが異なることから、今回の開発はシャインマスカットのみを対象に行う。シャインマスカットの中でも、栽培方法や重さを考慮して残す粒数が変化するが、今回は単梢栽培の 35 粒のルールを採用する。

2.1 ぶどうの生成

ぶどうを生成する上で同じ形の房がないため、房をランダムに生成する必要がある。そこで、L-system を用いることでランダムな房を生成可能にする。L-system は反復処理を用いることで、植物のような自然物をまるで成長してい

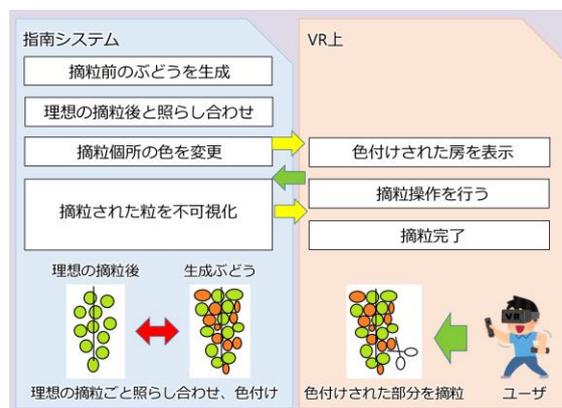


図 1: 提案手法の概要図

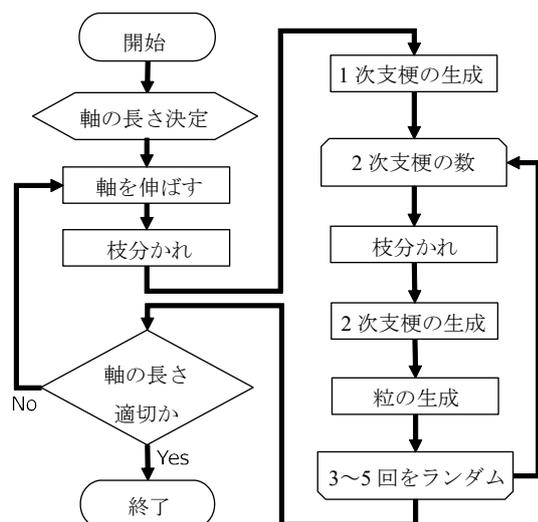


図2：L-systemを用いたVR上のぶどうモデルの生成

るかのように自動生成するアルゴリズムである。[2] この手法を応用することで、実物に近いぶどうを生成することが可能である。ぶどうを生成する上で、独自に反復処理のルールを設けることにより、ぶどうのモデルを生成する。図2のフローチャートに従って支梗や粒を生成する。

2.2 指南するための摘粒個所の決定

摘粒を指南するために摘粒個所を決めなければならない。そこで、事前に理想の摘粒後モデルを用意し、生成した粒同士の距離を計算することで摘粒個所を決定する。距離の計算方法はユークリッド距離を用いる。

全ての粒に対して距離を計算した後、理想の粒ごとに距離の一番短い粒を選ぶ。選ばれなかった粒を摘粒個所として決定する。図3に照らし合わせの概要図を示す。摘粒個所の粒は、ユーザが判断しやすくするため、本来の粒とは異なる色に設定する。

2.3 操作方法

モーションコントローラのスティックボタン及びグラフボタンを使用し、それぞれ房の回転と摘粒の操作を割り当てる。房の回転を可能にした理由として、実際の摘粒においても房を回転させることでバランスを見たり、裏側の粒を摘粒したりする場合があるためである。

また、操作を行う際に選択中の粒がどの粒であるかの判断を行いやすいように選択中の粒の色についても変更する。この色は摘粒個所と異なる色に設定する必要がある。

また、操作を行う上で摘粒のルールを画面に表示する。これにより、練習中でもすぐに確認できるようにする。

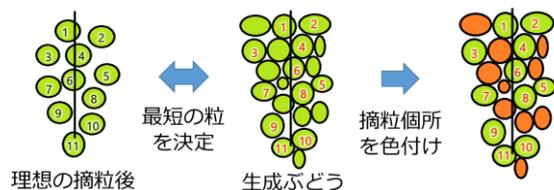


図3：理想の摘粒モデルを用いた照らし合わせの概要

3. 提案手法を用いて摘粒を行う

VR上でぶどうの摘粒をしている様子を図4に示す。図4より実物に近いぶどうが生成できていることがわかる。また、粒の色については黄色の粒が摘粒個所の粒、赤色の粒が選択中の摘粒個所となっている。これにより、ユーザが操作する際に間違いが起りにくいと考えられる。

4. 熟練者からのフィードバック

システムを開発する上で熟練者の2人に対して生成したぶどうについて自由記述アンケート形式でフィードバックを頂いた。アンケートの質問として、

- ・ 生成したぶどうは実物に近いものであるか
- ・ 摘粒個所が考えと一致しているか

の2項目について回答して頂いた。

4.1 生成したぶどうについて

提案手法で生成したぶどうは実物に近いという評価を頂いた。また、より実物に近づけるためのアドバイスも2ついただくことができた。

1つ目は上部の粒数である。表1のように上部の粒は他の部分より比較的多く、また上部に向かうほど粒数が増加しているため、生成する粒数をさらに多くした方がより実物に近づくことが可能になる。

2つ目は房全体の形である。生成する上で逆三角形を意識して作成したが、まだ台形に近い形になってしまっている。

4.2 摘粒個所について

摘粒個所については大半の粒は正しいという評価を頂いたが、複数回生成した中で摘粒個所が異なる場合が何度か見られた。房に隙間ができた際、周りの粒を利用して隙間を埋める方法が異なる場合があった。

4.3 フィードバックに対する考察

摘粒個所についての誤差は位置情報のみで行っていることが原因として考えられる。これを防ぐため、様々な熟練者から摘粒のノウハウや摘粒結果の情報を得ることで摘粒個所の決定の部分の見直しを考える必要がある。また、

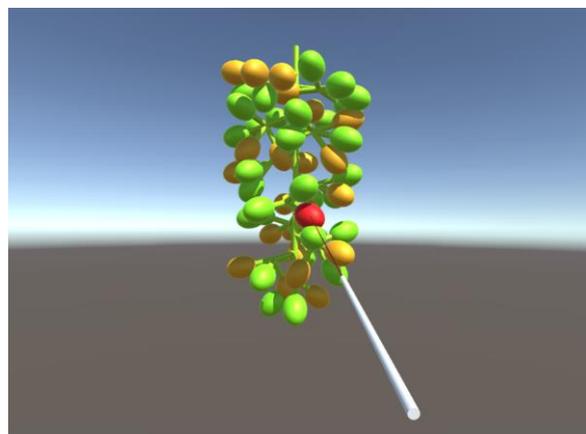


図4：VR上で摘粒を操作している様子

照らし合わせを行った後に隙間等を確認するようなシステムを導入することで、房の確認を行う必要があると考える。

5. 評価実験

2種類の評価実験を行った。始めにVR上で摘粒テストシステムを作成し、摘粒テストシステムを用いてスコアを評価する。次に実際のぶどうを摘粒し、農家の方に点数をつけて頂くことで評価する。

5.1 摘粒テストシステムを用いた評価実験

提案手法を用いることによって未経験者が摘粒個所を理解でき、上達するか等の評価を行う。3グループに分かれて摘粒を行う。3グループの内訳は

- ・ 何も指南をしない
- ・ 摘粒の資料と簡単な口頭説明(従来の方法)
- ・ 提案手法

となっている。ここで、摘粒の資料は[1]の資料を用いる。従来の方法は資料を見て農家が説明をするという形であるため、資料を示した後に簡単な説明を行うグループを作成した。これにより、提案手法が今までの手法との摘粒の上達するのかを検証する。

5.1.1 摘粒テストシステム

このシステムは指南を行わず、摘粒後にスコアを計算する。スコアの計算方法は理想モデルとのユークリッド距離を用いる。これにより、スコアが0に近いほど良い結果となる。また、1章で述べたように摘粒は基本的なルールが存在するため、違反に応じてペナルティを与える。このペナルティは粒数が少ないことや房の内側に粒を残すことについて特に重いペナルティを設定する。また、このシステムには時間設定を設けている。これは問題点の一つである摘粒期間が短いということから、短期間で摘粒を行う必要があるためである。摘粒終了時の粒数と理想モデルとのズレを出力として評価に用いる。

5.1.2 摘粒テストシステムを用いた実験手順

実験は摘粒を10回行う。まず始めに摘粒について説明する。10回のうち1回目と5回目、10回目に摘粒のテストを行う。上記の3回以外は摘粒の練習を行う。テストの

内容は、摘粒テストシステムを用いてズレの度合いと粒数を比較する。

5.1.3 摘粒テストシステムを用いた実験結果

被験者は10代が4人、20代が3人、40代が1人の計8人に対して実験を行った。被験者はいずれも山梨県出身者で摘粒経験のない人を採用している。粒数とスコアについての実験結果を図5に示す。

終了時の粒数について図5(a)より、資料を用いたグループが最も35粒に近い数値になっている。一方で指南をしないグループは粒数が安定していないことがわかる。その中で提案手法を用いたグループは少し粒を残した状態を維持していることがわかる。

理想モデルとのズレについて図5(b)より、提案手法は安定してズレが小さいことがわかる。1回目は偶然小さな値になったが5回目の時点で他のグループよりもズレが小さくなっている。また、指南のないグループも回数を重ねるとズレが小さくなっていることがわかる。しかし、資料のみはズレが小さくなっていない。

5.1.4 摘粒テストシステムを用いた実験に対する考察

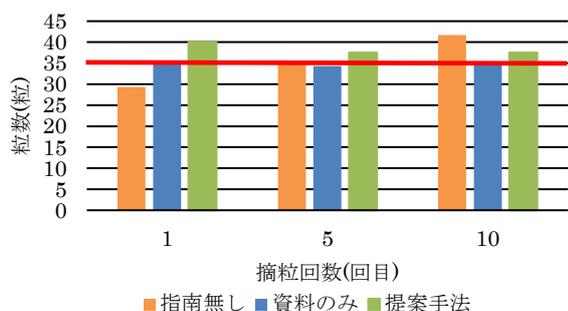
資料を用いたグループは情報源が摘粒のルールしかないので、粒数を重要視していたことが考えられる。その影響から、隙間等を考慮することができず、理想とのズレが大きくなってしまったと考えられる。指南のないグループは摘粒の意味を考えて行っているため、粒数よりもバランスを重視したことが実験結果につながったのではないかと考える。提案手法は粒数とバランスの両方を考慮しているため粒数とズレの両方で安定した結果が得られたと考えられる。

5.2 実際の摘粒を用いた評価実験

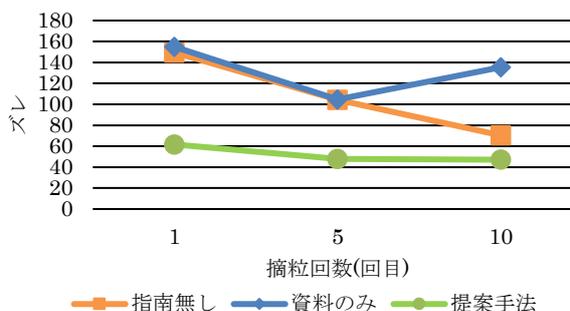
実際のぶどうを用いて実験を行う。畑は4章でフィードバックを頂いた熟練者の方の畑を使用する。実験方法として3グループに分かれて比較を行う。3グループの内訳は

- ・ 未経験者で資料を見せるのみ
- ・ 未経験者で提案手法を用いて練習
- ・ 従来の手法

となっている。VR上で行った実験と異なり、複数年摘粒をしたことがある経験者と比較することで経験者と提



(a) : 終了時の粒数



(b) : 理想モデルとのズレ

図5 : 粒数の実験結果

案手法を用いた未経験者に違いがあるかを検証する。

評価として熟練者の採点を用いて比較を行う。採点基準として

- ・ 房数(10点)
- ・ 全体のバランス(10点)
- ・ 房の長さ(10点)

の計30点で採点する。

5.2.1 実際の摘粒を用いた実験手順

全てのグループで実際のぶどうを摘粒する。しかし、提案手法を用いるグループは実際のぶどうを摘粒する前に、あらかじめ提案手法を用いて練習を行う。摘粒を行った後、熟練者の方に採点をしていただく。経験者は、普段のように摘粒を行う。

5.2.2 実際の摘粒を用いた実験結果

被験者は20代が6人、40代が6人の計12人に対して実験を行った。経験者は実験を行った農家で働いている経験者に協力して頂いた。しかし、協力して頂いた農家では、経験者が摘粒した後に農家が仕上げるという方法で摘粒をしているため、経験者のみでは粒を多く残してしまう。したがって、農家が仕上げを行った後の房を摘粒結果として採用する。未経験者はいずれも山梨県出身者で摘粒経験のない人を採用している。経験者は摘粒を行った中からランダムに10サンプル選び、採点を行った。未経験者の2グループはランダムに21サンプル選び、採点を行った。各グループの採点結果を図6に示す。

3グループにおける摘粒の影響を分析するため、ノンパラメトリックな多重比較であるSteel-Dwass法を用いた。その結果、資料のみと提案手法で1%の有意差がみられた。しかし、ほかのグループ同士では有意差がみられなかった。また、参考として1房当たりの平均摘粒時間は資料のみは12分7秒、提案手法は7分12秒、従来の方法は2分59秒

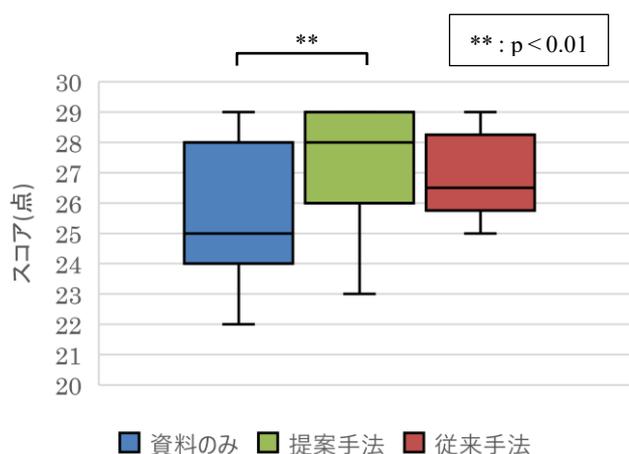


図6：摘粒の実験結果

であった。

5.2.3 実際の摘粒を用いた実験に対する考察

実験結果より、提案手法を用いることで実際の摘粒においても有効であることが考えられる。資料のみと従来の方法に有意差がみられなかったのは、2回に分けて摘粒をしているため、バランスや長さについてあまり高いスコアが得られなかったことが影響すると考える。また、経験者の中でも経験年数に差があったことも影響すると考える。しかし、摘粒にかかった時間について従来の方法が最も短いことから、実際の摘粒にかかる時間は経験に差があると考えられる。原因として、提案手法の摘粒の操作が簡略化されていることが影響すると考える。そのため、より実際の摘粒に近づける必要がある。しかし、開発に時間がかかることや実装後のコストが大きいことから、近づける範囲を限定する必要があると考える。

6. まとめ

ぶどうの形を大きく左右する作業である摘粒は、技術が必要で非常に難しい。これにより、人手不足等が問題となり、農家への負担が大きい。このような問題を解決するため、VR上で摘粒を指南するシステムの開発を行った。

提案手法に基づくシステムを開発し、実験を行った結果、VR上では、ほかのグループよりも理想の摘粒後とのズレが小さいという結果を得ることができた。実際の摘粒を用いた実験においても、複数年摘粒を行ったことのあるグループと同等の結果が得られた。これらの結果からシステムを用いることで農家への負担が軽減できることが考えられる。

今後の課題として、ぶどうの生成についての調整や、操作方法等のシステムについての改善が挙げられる。また、今回はシャインマスカットに限定したため、他種のぶどうについても考える必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、様々なご助言を賜りました山梨県農政部の雨宮真一氏、中澤孝雄氏に厚く御礼申し上げます。

また、研究に関する助言等、サポートしてくださった同研究室の先輩方、評価実験に協力して頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 山梨県果樹園芸会：葡萄の郷から，山梨県園芸学会，pp.180，2016.
- [2] P.Prusinkiewicz, J.Hanan: Lindenmayer Systems, Fractals, and Plants, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Vol.79, pp.23-40, 1992.