

桃栽培の摘蕾における熟練者と非熟練者の視線比較 A Comparison of Skilled and Unskilled Growers' Eye Movements in Peach Buds Picking

井原 実咲¹⁾ 上野 秀剛²⁾ 福田 文夫³⁾
Misaki Ihara Hidetake Uwano Fumio Fukuda

1 はじめに

桃やブドウなどの果樹を栽培する生産者は高品質な果物を効率的に育てるための知識を有している。特に熟練の生産者は栽培の各工程ごとに様々な知識を有していると考えられるが、熟練者の持つ知識は言葉に表現できない知識(暗黙知)である場合が多く、生産者の高齢化が進んでいる果樹作農業の分野において知識の伝達が重要な課題となっている。熟練者と非熟練者の違いを計測する手段として視線計測が様々な分野の研究で用いられている[2][3][4][5][6][7]。しかし、果樹栽培者を対象に視線分析を行っている研究は無く、視線移動から熟練者の知識を抽出できるか明らかにされていない。

本研究は桃栽培を対象に、視線計測によって熟練者の特徴を分析できるか確かめることを目的とする。本稿では桃の生産工程のひとつである摘蕾に着目する。摘蕾とは成木一樹になる約10万個の芽を約5千個まで減らすことで条件の良い芽に養分を集中させる作業である。枝の長さによって残す芽数に目安があるが、残す芽の場所や向き、周辺の実が育った際の日当たりなど様々な要因によって果実の育成状況や品質、収穫作業の効率に変化するため、摘蕾対象となる芽以外の枝や芽を見ながら除去するか判断する必要がある。

本稿では摘蕾を行う熟練者と非熟練者の間で注視する範囲が異なると仮定し、注視間の移動距離や注視領域の多少に差があるか分析する。熟練者はある芽の除去を判断する際により広範囲にある枝や芽を見て判断するため、注視点が記録される範囲が広く、また注視点間の距離が大きくなると考えられる。熟練度の異なる桃生産者が摘蕾する際の視線移動を計測する実験を行い、3次元空間上の視線移動距離を比較する。本稿が報告する実験では熟練者1名と非熟練者1名を計測した。そのため、統計的な分析は行わず、複数タスクの結果を平均した比較と、特に条件の近い2タスク間で比較をした結果を報告する。

以下、2章で摘蕾、視線について説明し、3章で詳しい実験方法について述べる。4章では結果と考察を示し、5章では結論を述べる。

- 1) 奈良工業高等専門学校 システム創成工学専攻 情報システムコース. Department of Advanced Information Engineering, National Institute of Technology (KOSEN), Nara College.
- 2) 奈良工業高等専門学校 情報工学科. Department of Information Engineering, National Institute of Technology (KOSEN), Nara College.
- 3) 岡山大学 環境生命自然科学学域. Graduate School Of Environmental, Life, Natural Science and Technology, Okayama University.

2 準備

2.1 摘蕾

桃は剪定、摘蕾、摘果、収穫の手順で栽培される。剪定とは枝の量を調整する作業であり、摘果は果肉がついてきた段階で果実の量を調整する作業である。本研究の対象とする摘蕾は、芽を枝から排除する作業である。芽の数を調節することで養分競合を減らし、果実肥大を良好にするために行われる。摘蕾期間である12月~3月の4カ月で成木一樹になる10万個の芽を約5千個まで減らさなければならず、剪定と同時に並行で行われる。

期間内に十分な摘蕾ができなかった場合、次の工程である摘果で数を調整するが、核割れという果実が歪む、割れるといった問題が生じる可能性が高くなる[1]。また、摘蕾で残した芽の位置が悪い場合、摘果で除去する対象になるため、正品率の減少につながる。そのため、生産者は成長した後も各桃に陽があたるよう、芽の向きや角度を見比べながら摘蕾を行う。また、枝の長さによって、残す芽数の目安が決まっており、枝の長さを見て残す芽数を決めている。このように、摘蕾を行う際には様々な要素を確認しながら素早く、正確に排除する芽を判断する必要があるが、その判断に要する知識は熟練者の暗黙知であり、非熟練者に説明することが難しい。

2.2 視線計測

視線計測は、非熟練者と熟練者の違いや作業者の着眼点を分析することを目的として、多く研究で利用されている[2][3][4][5][6][7]。永富らは機械図面を理解し、適切な切削条件を判断するタスクにおける熟練者と非熟練者の視線特性を比較した[2]。分析の結果、熟練者の方が非熟練者に比べて作業対象となる部位を発見するまでの時間が短く、適切な条件を正答する率も高かった。また、熟練者は三面図の1面に記載された作業対象箇所とその周辺に視線が集中している一方、非熟練者は図面の倍率や材料などの記載、三面図の3面すべてに視線が分散しており、注視範囲に差が見られた。平田らは農作業技術継承マニュアル作成手法を提案するため、イチゴの収穫作業に焦点をあて、熟練者と非熟練者の視線を比較した[3]。分析の結果、熟練者は一点に集中するのではなく、手元や奥の方を交互に見ながら作業しており、非熟練者は手元だけを見ていることを明らかにした。村田らは運転初心者と熟練者に運転状況の静止画像を見せることで危険予知を行わせ、その場面を視線計測することによって両者の特性を比較した[4]。その結果、熟練者は重要エリアに対する注視が始まるまでの時間が初心者より短く、重要エリアへの注視時間が短いことを明らかにした。屋代らはプラント施工における吊搬作業時の熟練者のノウハウを抽出するため、熟練者と非熟練者の視線データを比較した[7]。その結果、熟練者は様々な箇所に満遍なく注意を払って作業していることを明らかにした。



図 1 EMR-10

これらの研究はいずれも熟練者と非熟練者が判断にいたるまでの視線移動の特徴を分析している。本研究で対象とする摘蕾では、各芽を排除するか判断する際に周辺の枝や芽を見る必要があるため、熟練者と非熟練者の間で異なる視線移動の特徴がに現れると考えられる。果樹を対象とした視線分析の研究として岩崎ら [6] の研究があるが、木の画像に対する視線を計測しており、本研究が対象とする実際の木に対する視線の分析とは異なる。

3 実験

3.1 視線計測装置

視線計測装置としてナックイメージテクノロジー社製のアイマークレコーダ EMR-10(以下、EMR-10)を用いる¹⁾。図 1 に EMR-10 の外観を示す。EMR-10 は非侵襲性で帽子型の視線計測装置である。眼球カメラが被験者の両目を撮影し、視野カメラが被験者が見ている視野を撮影する。眼球カメラには赤外線ライトが付属しており、被験者の目に弱い赤外線を当てた時にできる反射点と瞳孔の位置から眼球の向きである視線を計算する。被験者によって眼球の大きさや特徴が違い、周囲の照明環境によっても赤外線の反射や瞳孔の見え方が異なるため、視線計測の前にはキャリブレーションを行う必要がある。被験者から一定の距離離れた場所に架空の面(キャリブレーション面)を置き、このキャリブレーション面に被験者の視点をあわせ、計測した視点と実際の位置とのズレを補正する。各カメラの映像は有線で接続された EMR-10 コントローラーで記録、処理される。EMR-10 コントローラーはウエストバッグで被験者の腰部に固定され、無線接続されたタブレット端末を通じて操作する。本装置は被験者の移動や頭部の動きを制限しないため、木の周辺を移動しながら作業する摘蕾の視線計測に適している。

EMR-10 は両眼の視点を視野映像と共に 60Hz で記録する。EMR-10 で計測した眼球と視野の映像の例を図 2 に示す。図は計測した映像から抽出した 1 フレームを表す。毎フレームの視点位置が右眼(□)、左眼(+), 両眼(○)として映像上に表示される。また、3 種類の視点位置がフレームごとに 3 次元の座標 (mm および pixel) として csv ファイルに出力される。瞬目や計測漏れが生じた場合の視点座標は計測されず、座標データがないフレームとして記録される。

図 3 に EMR-10 が計測する両眼注視点の座標定義を示す。キャリブレーション面の左上端を原点とし、X, Y,



図 2 EMR-10 計測映像

Z の 3 軸で視点位置が表現される。被験者から見て右、上、奥がプラス、左、下、手前がマイナスとなる。また、キャリブレーション面から離れた位置を注視した場合、左眼注視点と右眼注視点はズレが大きい可能性が高い。そのため、本研究では補正済みの両眼注視点のみを使用する。

3.2 タスクと被験者

被験者は、熟練者として岡山県総社もも生産組合の組合代表 1 名、非熟練者として同組合の経験 3 か月の生産者 1 名の計 2 名である。熟練者は岡山県内で農業振興に貢献した青年農業者へ送られる「矢野賞」²⁾を受賞した経歴をもつ。非熟練者は桃栽培に必要な基本的知識はあるが、熟練の生産者から指導を受けながら桃栽培を学んでいる段階である。

被験者には対象の木の摘蕾を行ってもらおう。1 つの木に対して一定時間摘蕾を行う作業を 1 タスクとし、作業中の視線を計測する。対象の木は総社もも生産組合に所属する生産者が商品になる桃を育てている木であり、平地に複数の桃の木がある。対象にした木は芽がついて摘蕾が可能だが、未摘蕾のものを採用した。対象となる木の樹高は約 4m であり、木の上部にある芽に対して摘蕾を行う際には踏み台を用いて行う。

被験者にはタスク開始前にウェアラブル型の視線計測装置を装着してもらい、キャリブレーション後に視線計測を開始し、摘蕾を行ってもらおう。こちらからは摘蕾対象の枝のみを指定し、被験者が指定した枝の摘蕾が終わったと判断するまで摘蕾を行ってもらった。

本実験で取得したデータの一覧を表 1 に示す。熟練者には 3 タスク、非熟練者には 2 タスクを実施してもらった。F は各タスクで視線が計測された数(視線データ数)を表す。タスク 1, 2 では被験者の目より少し低い位置の枝に対して摘蕾を行った。タスク 3, 4 では、成木のほぼ根元から出ている枝に対して、タスク 5 では、被験者の目よりも高い位置の枝に対して摘蕾を行った。本研究は摘蕾を対象とした視線計測の有用性を確かめることが目的であるため、実験用の木や学生被験者などを対象とせず、商品育てる木に対する桃生産者が実際に摘蕾を行う際の視線を分析対象とした。そのため、計測時間や被験者と枝の位置関係については細かく指示せず、できるだけ自然な状態で計測し、全タスクの平均での比較、および、条件に近いタスク 3 とタスク 4 を比較することで熟練者と非熟練者の違いを検証する。

1) https://www.eye-mark.jp/product/emr_10/

2) 公益財団法人矢野恒太記念会 矢野賞, <https://yanotsuneta-kinenkai.jp/contents/project02.html>

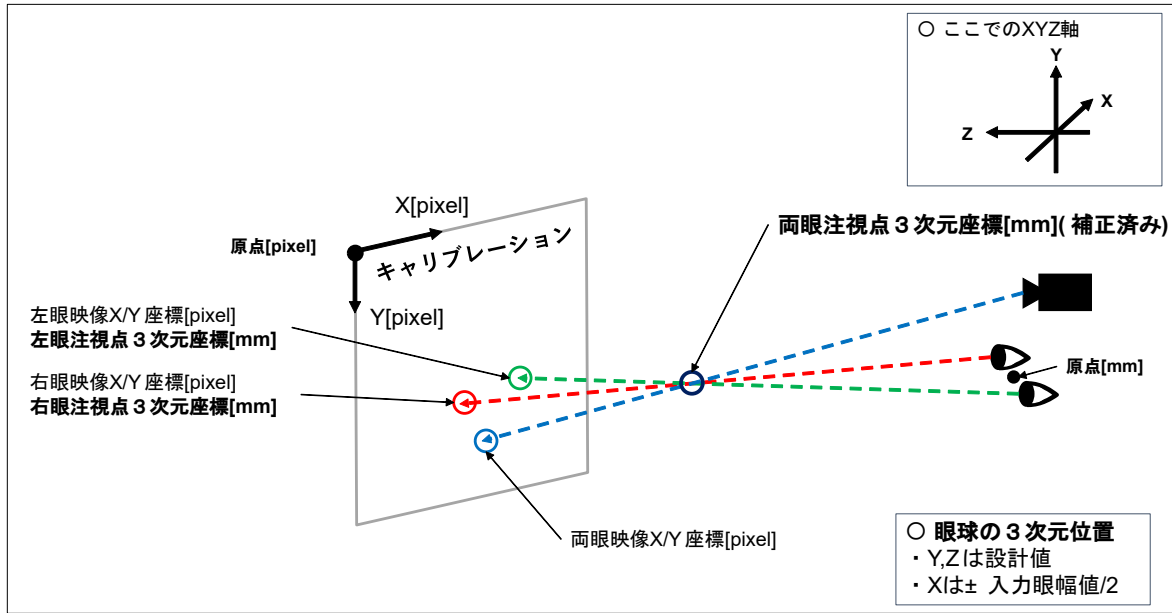


図 3 EMR-10 座標系 (nac 社資料を参考に著者が作成)

3.3 分析

3.3.1 3次元距離

3次元距離は3次元空間における視線移動距離 (mm) を表す。連続する2つのフレーム f_n と f_{n+1} における注視点の座標 (x, y, z) から次の式を用いて3次元距離 d をもとめる。

$$d(f_n, f_{n+1}) = \sqrt{(x_n - x_{n+1})^2 + (y_n - y_{n+1})^2 + (z_n - z_{n+1})^2}$$

式の x_n, y_n, z_n はそれぞれ n 番目のフレームにおける座標 (x, y, z) を表す。3次元距離はフレーム間で求めるため、視点データ数 F に対して $F - 1$ 個算出される。算出された3次元距離の長さに応じてグループ分けを行い、各グループの3次元距離の数を全3次元距離数 ($F - 1$) で割ることにより、各グループの割合を算出する。

1つのタスクにおける視線移動で長い3次元距離の割合が高い場合、視線が近距離に集中せず、広範囲を見ながら摘蓄していることを示し、短い3次元距離の割合が高い場合、視線が近距離に集中しており、狭い範囲だけを見ながら摘蓄していることを示す。

3.3.2 1次元距離

1次元距離は3次元空間の1つの軸に対する視線移動距離 (mm) を表す。次の式を用いて X 軸, Y 軸, および Z 軸における1次元距離 d_x, d_y, d_z をもとめる。

$$d_x(f_n, f_{n+1}) = \sqrt{(x_n - x_{n+1})^2}$$

$$d_y(f_n, f_{n+1}) = \sqrt{(y_n - y_{n+1})^2}$$

$$d_z(f_n, f_{n+1}) = \sqrt{(z_n - z_{n+1})^2}$$

各軸の1次元距離は3次元距離と同様に視点データ数 F に対して $F - 1$ 個算出される。1次元距離も軸ごとで長さに応じてグループ分けを行い、各グループの割合を算出する。

3.1節に示したように、X軸は左右、Y軸は上下、Z軸は奥への視線移動を表す。各軸における1次元距離より、桃生産者の摘蓄の仕方に特有の傾向があるか評価する。

3.3.3 AOI 数

AOI (Area of Interest) は興味関心領域の略称である。任意に範囲を設定し、その領域がどの程度注視されたかを算出する。本稿では1つのタスクで計測した視線データに対して X 軸, Y 軸, Z 軸それぞれの最大値と最小値を算出し、各軸の最大値と最小値間を100分割した領域を定義し、縦100個×横100個×奥100個の各直方体を1つのAOIとした計1,000,000個のAOIを設定する。視線データのフレームごとの視点座標 (3次元) を各AOIに割り振り、視点が1回以上含まれたAOIの合計数 (AOI数) を求める。また、AOI数をタスク時間 (s) で割り、1秒あたりのAOI数を求める。

熟練者は、摘蓄中に手元など一点に視線を集中させず広範囲を見るため、AOI数が多くなると考えられる。一方で、非熟練者は、摘蓄中に手元付近に視線が集中するため、熟練者に比べてAOI数が少なくなると考えられる。また、熟練者は短時間でより多くの箇所を見るため、非熟練者に比べて1秒あたりのAOI数が多くなると考えられる。なお、2.2節に示したように、本研究で用いる視線計測装置は頭の動きを計測せず、顔が向いている空間に対する座標 (視点座標) である。

表 1 分析対象データ

	タスク	時間 (s)	F	対象の枝位置
熟練者	1	105.4	6,009	目線の高さ
	2	255.2	14,864	目線の高さ
	3	316.8	17,764	木の下部
非熟練者	4	346.6	17356	木の下部
	5	108.8	4,633	木の上

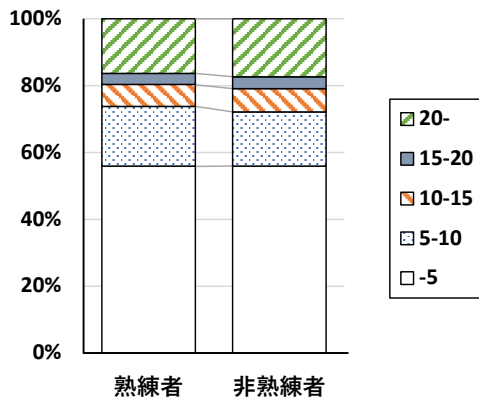


図 4 3次元距離 (平均)

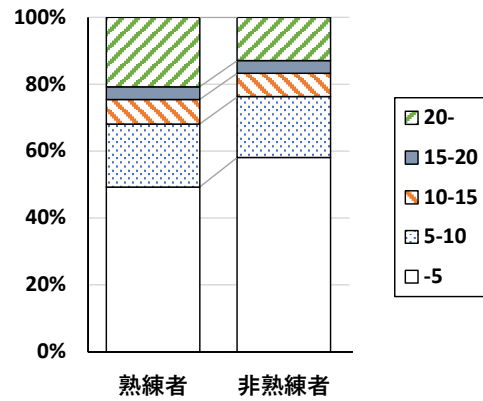


図 5 3次元距離 (同条件の2タスク)

4 結果と考察

4.1 3次元距離

図 4 に全タスクにおける 3 次元距離の出現割合 (平均) を示す。熟練者と非熟練者いずれも 5mm 未満が半数 (熟練者 55.9%, 非熟練者 56.0%) を占め、差は見られない。5mm 以上のグループにおいても熟練者と非熟練者間で大きな差は無く、もっとも差が大きい 5-10mm のグループで熟練者 (17.9%) が非熟練者 (16.1%) より 1.7% 大きい程度だった。そのため、状況が異なるタスクのデータを平均した結果からは、熟練者と非熟練者の 3 次元距離に差があるとはいえない。

図 5 に状況に近い 2 タスクにおける熟練者 (タスク 3) と非熟練者 (タスク 4) の 3 次元距離の出現割合を示す。5mm 未満の割合については熟練者 (49.2%) が非熟練者 (58.1%) より 8.9% 小さく、20mm 以上の割合については熟練者 (20.8%) が非熟練者 (12.9%) より 7.9% 大きい。この結果は熟練者が非熟練者と比べて一度の視線移動における移動距離が大きい場合が多いことを示しており、熟練者の方がより広い範囲を見ながら摘蕾していることを示している。熟練者が広範囲を見ている理由として、摘蕾対象の枝の周辺にある他の枝や芽の状況を把握するためと考えられる。摘蕾で落とされずに残った芽は成長して結実するため、周辺の枝葉に対する日光の当たり方や枝のたわみ方が変化する。結実から収穫までの日当たりが実の生長や品質に影響するため、熟練者は摘蕾時に対象としている枝だけではなく周辺の枝の形状や芽の位置などを把握し、成長後の芽に陽が十分に当たるか、芽の数や養分競合に偏りはしないかを考慮していると考えられる。

3 次元距離については特定の 2 タスク間で熟練者と非熟練者に差が見られたものの、平均の比較では熟練者と非熟練者に差は見られなかった。この理由として、タスク状況の違いが考えられる。本研究では実際に商品を育てている桃の木を対象としており、タスクによって摘蕾作業の対象となる枝の位置や長さ、形状、地面からの高さ、枝間の距離、芽の数などが異なる。通常、同じ枝に付いている芽と芽の間より枝と枝の間の距離の方が大きい。そのため、タスクで対象とした摘蕾範囲の枝の形状や数が異なる事で枝間の視線移動と芽間の視線移動の比率が変わり、熟練者・非熟練者にかかわらず 3 次元距離が変化する。本稿の実験では熟練者 3 件、非熟練者 2 件

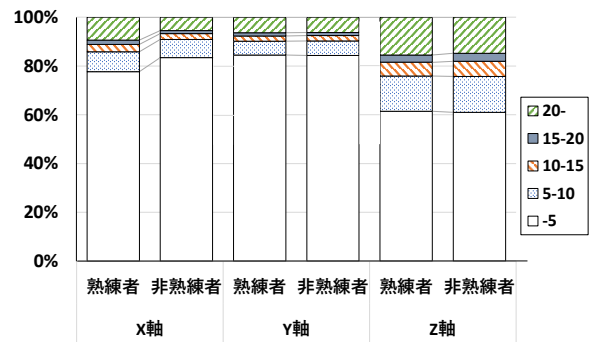


図 6 各被験者の 1次元距離 (平均)

のタスクしか計測しておらず被験者間の差よりもタスク間の差の影響が大きかった可能性がある。一方で、タスク状況に近い 2 タスクを対象とした場合は熟練者と非熟練者に差が見られてた。以上の結果より、タスク対象とする枝の状況を揃えるか十分な件数を計測することで、3 次元距離を用いて熟練者と非熟練者は比較できると考えられる。

4.2 1次元距離

図 6 に全タスクにおける 1 次元距離の出現割合 (平均) を示す。X 軸に着目すると 5mm 未満のグループにおいて熟練者 (77.7%) が非熟練者 (83.5%) より 5.8% 小さく、20mm 以上のグループにおいて熟練者 (9.4%) が非熟練者 (5.5%) より 3.9% 大きい。Y 軸と Z 軸では、熟練者と非熟練者の間に差はほとんど見られない。

図 7 に熟練者と非熟練者で状況に近い 2 タスクにおける 1 次元距離を示す。いずれの軸においても熟練者の方が非熟練者よりも 5mm 未満のグループの割合が小さく、20mm 以上のグループの割合が大きい。比較のために 5mm 未満のグループ割合に着目すると、X 軸では熟練者 (73.5%) と非熟練者 (85.9%) の差が 12.4%、Y 軸では熟練者 (83.4%) と非熟練者 (86.6%) の差が 3.3%、Z 軸では熟練者 (56.0%) と非熟練者 (62.6%) の差が 6.6% と、X 軸、Z 軸で差が大きい。

図 6 と図 7 の X 軸において、熟練者と非熟練者間で差がでた理由は、摘蕾の仕方の違いと考える。初めに図 8 に桃の枝と芽の位置関係を示す。図は桃の木の枝をイラスト化したものである。桃の木は上方方向に伸びた枝が平行して育つことが多く、1 つの枝の中で芽間の距離が短い。そのため、1 つの枝にある芽から別の芽に視線を

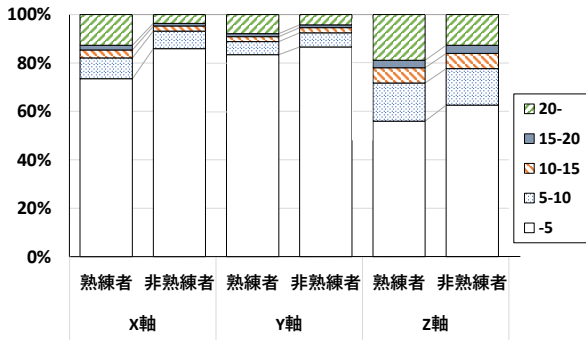


図 7 1次元距離 (同条件の2タスク)

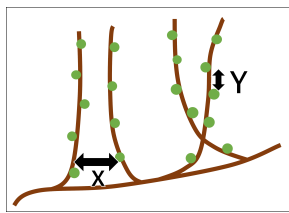


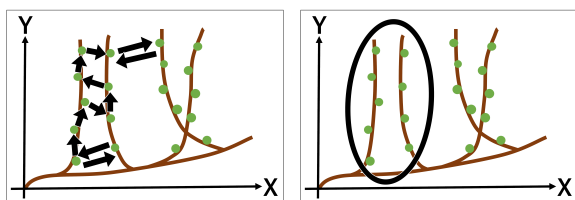
図 8 桃の枝と芽

移動させる場合、Y 軸方向である上下に短い移動が発生する。一方で、枝から枝に視線を移動させる場合、X 軸方向である左右や Z 軸方向である前後に長い移動が発生する。

次に、熟練者の摘蕾の仕方を図 9 に示す。熟練者は、図 (a) の矢印のように、違う枝の芽と見比べながら摘蕾する場面が多く、枝から枝への視線移動が多い。また、図 (b) のように、一度に複数の枝を同時に摘蕾している場面も見受けられた。図 (a) のように同じ枝内の芽に移る際も X 軸において短い移動距離が発生するが、枝間の視線移動が多いことで X 軸の 5mm 未満のグループ割合が小さくなったと考えられる。

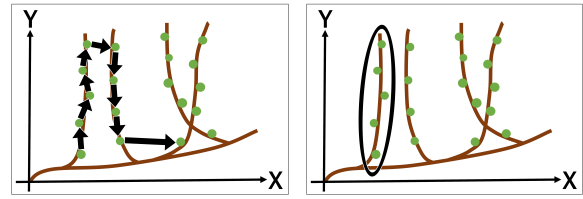
非熟練者の摘蕾の仕方を図 10 に示す。非熟練者は、図 (a) のように、同じ枝にある芽同士を見比べながら摘蕾する場面が多く、芽から芽への視線移動が多い。また、図 (b) のように、枝を一本ずつ摘蕾していく。そのため、非熟練者は熟練者と比較して枝間の視線移動が少なく、X 軸の 5mm 未満のグループ割合が相対的に大きくなったと考えられる。

同条件の 2 タスクを比較した図 7 の Z 軸において熟練者と非熟練者間で差があった理由は、図 9 と図 10 に示した摘蕾の仕方によるものだと考えられる。熟練者の摘蕾時の視界映像を確認すると X 軸方向に並んでいる枝だけではなく、Z 軸方向に並んでいる枝同士を見比べながら摘蕾する場面も見受けられた。そのため、枝間の移動が X 軸ではなく Z 軸にも反映されたと考えられる。



(a) 視線移動 (b) 摘蕾対象

図 9 熟練者の摘蕾の仕方



(a) 視線移動 (b) 摘蕾対象

図 10 非熟練者の摘蕾の仕方

平均した結果で X 軸にのみ熟練者と非熟練者間で差がみられたのは、図 8 に示したように多くの枝は上方向に伸びており、それを図 9 と図 10 に示すように枝が X 軸方向に並ぶような立ち位置で見ていた場合が多かったため、平均では X 軸にのみ差があったと考える。以上の結果より、1次元距離を比較することで非熟練者と熟練者間の視線移動の差を分析できる可能性が示唆された。

4.3 AOI 数

表 2 に熟練者、非熟練者の AOI 数の平均を示す。AOI 数/s はタスクごとに AOI 数をタスク時間で割り、その結果を平均した結果を示す。熟練者の AOI 数 (614.3) は非熟練者 (323.5) に比べて 1.9 倍多い。また、1 秒当たりの AOI 数についても熟練者 (2.421) は非熟練者 (2.027) に比べて 1.2 倍多い。この結果は熟練者の方が視野に対してより多くの箇所を見ており、より広範囲を見ている一方で、非熟練者は見ている箇所が少なく、より狭い範囲だけを見て摘蕾していると考えられる。

表 3 に状況に近い 2 タスクにおける AOI 数を示す。熟練者の AOI 数 (1187.0) は非熟練者 (300.0) に比べて 3.96 倍と極めて多い。また、1 秒当たりの AOI 数についても熟練者 (3.747) は非熟練者 (0.865) に比べて 4.3 倍と極めて多い。図 11 と図 12 に状況に近いタスクにおける熟練者と非熟練者の視点が 1 回以上入った AOI の分布を示す。各軸の値は AOI の場所を意味する。また、各点は 1 回以上視点が入った AOI を示す。熟練者 (図 11) は原点 (X, Y, Z 軸が 0, 両目の中間に相当) を起点としたやや上向き 3 角錐上に注視された AOI が分布しており、視界正面から左右、上下の広い範囲を見ている。一方で、非熟練者 (図 12) は原点を起点とした直線上に AOI が分布しており、視界正面の上方向のみを見ている。

本実験で用いた視線計測装置は頭部の移動を計測しておらず、この結果は首や体の動きとは関係の無い、視界上での目の動きを表している。非熟練者は直線上に視線が集中していることから、目を左右や上下に動かすことはせず、顔に対して正対した枝や芽を集中して見ていると考えられる。一方で、熟練者は上下や左右に広く分布していることから、目を左右や上下に動かして顔に対して正対した枝や芽以外を見ていると考えられる。このような結果は顔や体の動きを観察しただけでは得ることができないため、視線計測の有用性を示している。

表 2 AOI 数 (平均)

	AOI 数	時間 (s)	AOI 数/s
熟練者	614.3	225.8	2.421
非熟練者	323.5	227.7	2.027

表 3 AOI 数 (同条件の 2 タスク)

	AOI 数	時間 (s)	AOI 数/s
熟練者	1,187	316.8	3.747
非熟練者	300	346.6	0.865

5 おわりに

本稿は桃栽培農家の熟練者の特徴を分析する手段として視線計測が有効か確認することを目的に、栽培工程の 1 つである摘蕾に着目し、熟練者と非熟練者の視線移動を比較した。実験では岡山県の桃生産者が商品を育てている木に対して摘蕾を行う際の視線移動を計測した。熟練者は非熟練者より広範囲を見るという仮説に対し、注視の範囲や着眼点の差を表すと考えられる 3 つの指標 (1)3 次元距離, (2)1 次元距離, (3)AOI 数を比較した。タスク条件に近い 2 タスクを比較した結果、熟練者の方が非熟練者より 3 次元距離, 1 次元距離ともに長い割合が高く、AOI 数も多かった。そのため、熟練者は非熟練者より広範囲を見て摘蕾を行っていると考えられる。熟練者が広範囲を見る意図は、木の全体像を把握し、未来の木の状態を予測するためだと考える。この結果は、桃生産者の熟練者の特徴を分析する手段として視線計測が有用である可能性を示唆している。

本研究の今後の発展として、統計的な分析を行うことが挙げられる。本稿の全分析に共通して、状況に近い 2 タスクの比較では熟練者と非熟練者の差が観測されたが平均の比較では観測されなくなる場合があった。平均の比較で差が見られなくなる原因として、4.1 節で述べたようにタスク間の差が考えられる。本研究は実際に商用として利用される木に対する業務を対象とするため、作業対象の条件を完全に揃えることは困難である。今後の実験では十分な件数のデータを取得し、個々のタスクの条件差による影響を小さくする必要がある。また、タスク間の条件差を小さくできるような被験者への指示やタスクの提示法を考案する必要がある。統計的な分析により、桃を対象とした視線分析から定量的な知見を得ることができれば、葡萄や柿等の他の果物の栽培における熟練者のノウハウを分析する手法に応用が可能と考えられる。

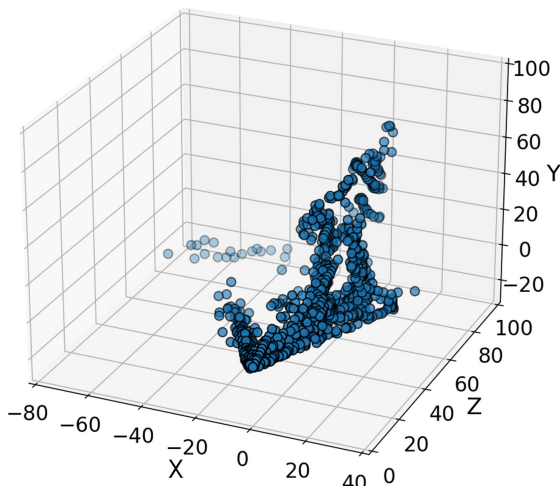


図 11 熟練者 (タスク 3) の AOI

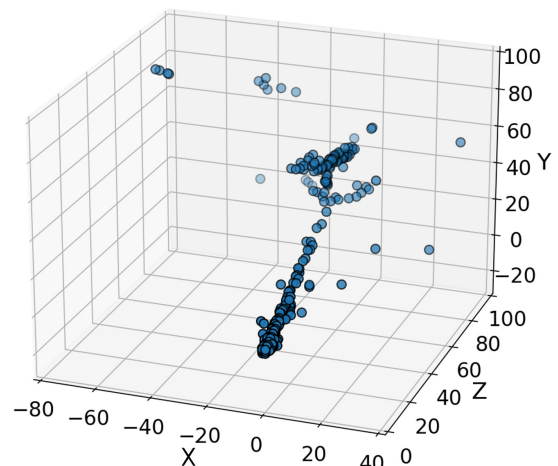


図 12 非熟練者 (タスク 4) の AOI

謝辞

データ採取にご協力いただいた岡山大学大学院環境生命自然科学研究科 松田早恵様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 宮田 晃, "基礎からわかる おいしいモモ栽培", 農山漁村文化協会 (2018).
- [2] 永富 雄貴, 上野 秀剛, "図面理解における熟練者と非熟練者の視線特性", 信学技報 (ET), Vol.119, No.468, pp.23-28 (2020).
- [3] 平田 結愛, 村上 幸一, 笠松 雅史, 脇坂 颯, "視線データと動画注釈システムを用いた農作業技術継承マニュアル作成手法の提案", 人工知能学会全国大会論文集, 4I1-GS-7b-03 (2021).
- [4] 村田 厚生, 森若 誠, "危険予知課題における運転者の視覚情報処理特性—運転初心者と運転熟練者の比較—", 人間工学, Vol.46, No.6, pp.393-397 (2020).
- [5] 福田 亮子, 吉田 可奈子, 松原 仁, 工藤 正博, 神成 淳司, "視線計測を用いた熟練農家の特徴抽出の試み", 人工知能学会全国大会論文集, 2B1-OS13-6 (2011).
- [6] 岩崎 崇朗, 林 武文, 白岩 史, 井上 晴彦, "視線追跡によるカンキツ類の病害判定における重要行動の抽出", 電気学会研究会, Vol. 77, No.2, pp.1-15 (2022).
- [7] 屋代 裕一, 王 ゴウ, 羽鳥 文雄, 矢吹 信喜, "プラント施工現場での視線計測技術による熟練者ノウハウ抽出に関する研究", 土木学会論文集 F4, Vol. 77, No.2, pp.1-15 (2021).