

ブドウ園の生産量を追跡する マシンビジョンシステム

リンダ・ウィルソン

ワインを生産するグロリア・フェラー社は、3Dイメージングとディープラーニングによって、生産量予測を自動化している。

米グロリア・フェラー社 (Gloria Ferrer Caves & Vineyards) は、栽培シーズン中にブドウの追跡を行うAI搭載マシンビジョンシステムを導入している。

同社は、ナパとソノマの両方のワイン生産地域に広がるブドウ園を営み、ピノ・ノワールとシャルドネの2つのブドウ品種から、主にスパークリングワインを生産している。

家族経営の同社は、207エーカー (0.8km²) のHomeと128エーカー (0.5km²) のCircle Bar という2つの大農園でブドウを栽培している。同社のウェブサイトの説明によると、「ピノ・ノワールは、敷地の中の最も高地の岩石の多い火山性土壌に植えられており、シャルドネは、敷地の中のより低い部分の粘土質の土壌に植えられている」という。

農園でのブドウ栽培は、複数年に及ぶ作業の最初の工程で、その後には、ワインの生産、ボトル詰め、流通の工程が続く。グロリア・フェラー社では、収穫したてのブドウがワインとして販売されるのは約3年後になると、同社のブドウ園責任者を務めるブラッド・カーツ氏 (Brad Kurtz) は述べた。

供給を途切れさせないように、グロリア・フェラー社の営業担当者は、3年後の販売量を予測し、ブドウ園責任者は、その醸造年に対して十分にワインをボトル詰めするのに必要な量のブドウを栽培する。



図1 グロリア・フェラー社のブドウ園責任者を務めるブラッド・カーツ氏によると、生産量予測は、「ブドウ園における最大のデータ収集作業だ」という(写真提供: グロリア・フェラー社)

手作業による生産量予測

つまり、ブドウ園責任者は、営業担当者の予測に対してブドウが多すぎるか、少なすぎるか、ちょうどいいかを把握するために、実際の収穫の前に生産予定のブドウの数を予測する必要がある。

生産量予測は、「ブドウ園における最大のデータ収集作業だ。そこには、事業の経済規模に関する最大の情報が含まれている」とカーツ氏は説明した。

従来は、ブドウの栽培業者は手作業で生産量を予測していた。「農園に出て、木になっているブドウの房を実際に数えていた。10本の木を数えるのに最大2時間かかる可能性があり、農園

には1万本の木が植えられている」とカーツ氏は述べ、1000本あたり1本のサンプルを抽出するのが一般的だが、それでは「あまりにも小さすぎる」と付け加えた。

骨の折れる作業だが、理想的な結果は得られない。「このような手作業のデータ収集では、予測にかなりの振れ幅が生じ、これは業界全体の問題となっている」として、誤差が実際の収穫量の25%の範囲内であれば、かなり良い予測とみなされると、同氏は説明した。

不正確な予測による経済的影響は、かなり大きくなる可能性がある。カーツ氏は、次の例を示した。ブドウ園の目標生産量が1200トンで1トンあたりの価格が約3000ドルの場合、予測生産量が実生産量よりも1~2%ずれると、あまりにも大量(最大7万2000ドル)のブドウが余るか、あるいは、土壇場で慌ててブドウを追加購入することになる可能性がある。

ブドウの木と房を手作業で数えて検査する方法に加えて、低高度の固定翼航空機に搭載したマルチスペクトルカメラを使って、ブドウ園の樹冠の写真を撮影するという、データ収集方法も使用されている。

この方法では、樹勢が最も強い場所と弱い場所を示すマップが得られる。

グロリア・フェラー社は2003年から、この航空樹冠写真で手作業の予測を補っているが、カーツ氏は、さらなる自

動化を生産量の追跡処理に加えたいと考えた。「上空からの画像を収集しているだけなので、限られた情報しか得られない」と同氏は述べた。

カーツ氏は以前勤めていた農園で、マシンビジョンとディープラーニングを適用して、地上で撮影した画像を基に生産量を追跡する、生産量偵察システムを実装していた。同氏は2022年に、同じ技術をグローリア・フェラー社で使用し始めた。

生産量に関するデータの改善に加えて、収集した情報が、個々のブドウの木の健康状態の管理にも役立ち、ブドウの生産量と品質の両方の最大化につながると同氏は考えている。

3Dマシンビジョンの導入

同氏が選択したソリューションは、米ブルームフィールド・ロボティクス社(Bloomfield Robotics)のものである。「すべての樹木を連続的に観察するための手段と可用性を提供している。統計的に有意と考えるものではなく、事実に基づいて業務を行えば、全く新しい方法で経営決断を下すことができる」と、ブルームフィールド社の事業担当ディレクターを務めるヘイデン・ウォルフ氏(Hayden Wolf)は説明した。

このソリューションの中心にあるのは、特別に設計されたステレオビジョンカメラで、全地形対応車(All-Terrain Vehicle: ATV)、多用途全地形対応車(Utility-Terrain Vehicle: UTV)、自動運転車など、「移動するあらゆるもの」に搭載可能だと、ウォルフ氏は述べた。

このカメラと付属の「Android」タブレットを、標準ケーブルで車両の電源に接続し、車両を樹木の列の間で移動させながら、ブドウの木や房の画像をカメラで撮影する。

システムは数分で設置できるように



図2 ブルームフィールド・ロボティクス社のカメラシステムは、グローリア・フェラー社の従業員が農園で他の作業を行う間に、画像を収集する(写真提供:グローリア・フェラー社)

設計されているため、ブドウ園の従業員が除草剤の散布や草刈りといった他の作業を行う間に、画像を収集することができると、ウォルフ氏は説明した。タブレットに表示されるインターフェースのプロンプトに従って、ユーザーはカメラの位置などを正しく調整することができる。ユーザーインターフェースには、画像収集中にフィードバックも表示される。

電子レンジよりもやや小さいサイズでのこのRGBカメラには、2個の12メガピクセルセンサ、2個のレンズ、12個のLED照明、1本のGPSアンテナが搭載されている。

GPSを使用して「撮影した1枚1枚の画像の場所を特定する。これによって、通る度に、それが7列目の6本目の樹木だということがわかる」と、ウォルフ氏は説明した。

カメラは、6～8時間の収集処理で一般的に1TBの画像データを収集する。

屋外環境にどれだけの環境光があるかにかかわらず、LEDは撮影ごとに発光し、ウォルフ氏はこれを「アクティブ照明」と表現している。

ウォルフ氏は、比較分析に十分な一貫した品質の画像をカメラで確実に撮影するには、屋外であっても均一な照明が重要だと述べた。「それは、後でAIモデルを実際に適用する際の画像データの正規化に役立つ。それによって、より効率的にモデルのトレーニングができるようになり、バックエンドでのモデルの実際の性能が高くなる」(ウォルフ氏)。

すべての画像が取得されてSSDカードに保存される。SSDカードは、栽培業者がカメラのポートに挿入する。

AIモデルを使用したデータ分析

1回の収集処理が完了する度に、栽培業者はカードを取り外してPCに差し込み、画像をブルームフィールド社

のクラウドに送信する。クラウド上のデータは、GPSによって順序付けしたとおりに、左から右の樹木列の順に整理される。

続いてブルームフィールド社は、AIモデルを画像に適用し、芽の計数または測定やブドウの房の色の識別などを行って、記述情報を生成する。

グロリア・フェラー社などの栽培業者は、ウェブベースのフロントエンドを介してデータにアクセスする。1本の木まで掘り下げてデータを確認したり、区画などの地理的領域ごとにデータを表示したりすることができる。区画とは、栽培業者が樹木群の識別に使用する管理単位である。

このようにデータが提示されることで、栽培業者は、区画1と区画2の1フィートあたりのブドウの房を数えるなどの比較を行うことができる。スプレッドシートやPDFに情報をエクスポートして、現場で作業するチーム員と共有することも可能だ。

グロリア・フェラー社は、約2週間おきの画像収集を2022年に30エーカーで開始し、2023年にはその範囲を50エーカーに拡大した。

カーツ氏は、このソリューションが事業に与えるメリットを確信しているため、ゆくゆくはその範囲をさらに拡大する計画だと述べている。

実装課題の解決

ブドウの房の画像を一貫して収集することが、生産量の計算とブドウの木の健康状態の追跡を、適切に行うために重要である。しかし、それらの画像の収集は、必ずしも容易ではない。1つの主な問題は、ブドウの房の時系列画像を十分に取得することである。ブドウの房が葉の裏に隠れている場合もあり、それは、ブドウ園を巡回するた



図3 ブルームフィールド・ロボティクス社のカメラは、6～8時間の収集処理で一般的に1TBの画像データを収集する(写真提供:ブルームフィールド・ロボティクス社)

びに画像が撮影できるとは限らないことを意味する。

カーツ氏によると、グロリア・フェラー社は2022年のシーズンに、画像の撮影を十分に早い時期に開始しなかったために、この問題に気づいたという。その結果、有効な時系列の視覚データを十分に得ることができなかった。

2023年には、1月と2月に行うブドウの木の剪定を終えた直後に、撮影を開始した。これによって、つぼみの数、芽の数、ブドウの数の順に、情報を収集することができるはずだと、カーツ氏は説明した。

同社は、ブドウを収穫するまで画像収集を続ける計画だという。ブドウの収穫は、スパークリングワインの場合は8月、スティルワインの場合は9月に行われる。

カーツ氏は、2023年に収集した情報を使用して生産量の規模を予測するつもりだと述べた。計算結果が実際の収穫量の5%の範囲内であれば、このプロジェクトは成功したとみなすつもりだという。

次のステップの計画

一方、ブルームフィールド社のスタッフは、システムの更新と改善を続けている。

システムの提供を開始して現在で3シーズン目のブルームフィールド社は、栽培シーズンの期間中に使用するカメラ台数に基づいて栽培業者が料金を支払う、サブスクリプションモデルを採用している。同社がサブスクリプションモデルを選択したのは、カメラの制御を同社が維持できるようにするためである。「何かをアップグレードしたり、シーズン途中で臨機応変に何かを交換したりしたい場合に、それを行うことが可能で、(栽培業者には)新しいカメラを供給するだけで済む」とウォルフ氏は述べた。

ハードウェアの更新に加えて、ブルームフィールド社は、より多くの画像処理をサーバーまたはカメラに移すことや、ゆくゆくはAI推論をエッジで完了することも計画している。

全体的に、このビジョンソリューションによって、生産量管理は大幅に改善する可能性があるという、カーツ氏は確信している。「個人的には、このシステムに非常に満足している。ほぼ任意の指標のマップを作成して、それによってシステムをトレーニングすることができる」と同氏は述べた。生産量予測に加えて、樹勢、ブドウの成熟度、病害発生の際候などを指標とすることができる。