

木材研究へのデジタル画像の応用

性能部 構造・環境グループ 村上 了

■はじめに

今から約5億4千万年前、カンブリア紀に起こった生命の爆発的な進化、分化についてスティーブン J. グールドがその著書「ワンダフル・ライフ」¹⁾にて記しています。そのカンブリア爆発は生命において光感受システム、すなわち眼が発達したことにより促されたのではないかという説²⁾があるようです。生命は外部の情報を目で感知し、捕食者・非捕食者の関係がより複雑に進化することにより、高度な生体システムを作るようになった可能性があります。

人類の祖先が周りの世界を2次元的に絵で記録する行為を始めたのは約2万年前の旧石器時代、ラスコー洞窟壁画やアルタミラ洞窟壁画にまで遡ります。近代の写真技術はその延長線上にあります。筆者は1984年生まれですが、物心がついた1990年代以降にデジタルカメラが普及しました。このデジタル画像技術はまさにカンブリア爆発のように、車の自動運転、医療・

ヘルスケア、製造業、建設現場からアートまで幅広く応用がなされ、我々の生活に深く関わるようになりました。

林業や林産業でも広大な森林資源の効率的な管理や木材の品質・特性評価など、さまざまな場面でデジタル画像処理技術の可能性が期待され、その一部は実用化されています。本稿ではデジタル画像処理技術がどのように林産業へ応用が可能なのか、林産試験場で行っている研究についてご紹介します。

■ChatGPTに聞いてみた

現在のデジタル画像技術を踏まえ、林業や林産業でどのような可能性が広がるのかを、生成AIを活用して整理してみました。ここでは、2025年1月時点でChatGPT o1に質問し、得られた回答を原文のまま以下に掲載します。

Question

デジタル画像技術の林業、木材産業への高度な応用ってどんなことが考えられますか？

Answer

1. AI・機械学習による高度な画像解析

- **画像分類・物体検知**
例) 林業・木材分野であれば、樹種識別や木材欠点（節や割れ、変色など）の自動認識に応用。
- **画像セグメンテーション**
例) 木材表面の腐朽部分を自動的に塗り分けて抽出し、腐朽箇所やその進行度を定量的に評価。
- **異常検知**
例) 通常の木材や成木の画像データを学習させておき、異常形状・色彩を発見したら自動で警告を出す。

2. マルチスペクトル・ハイパースペクトル画像解析

- **近赤外や紫外など可視光以外の波長で情報を取得**
例) 建材や構造物の内部劣化を、可視光では分からないスペクトル情報から検出。
- **化学組成の推定**
例) ハイパースペクトル画像をもとに、材質や樹種の化学的特徴を推定し、品質管理や原料選別に応用。

3. 写真計測（フォトグラメトリ）・3Dモデル化

- **3次元復元・デジタルツイン**
例) 林内の樹木をドローンや地上カメラで多数撮影し、立体的な森のモデルを再現してバイオマス量や樹木構造を推定。

- 寸法測定・形状解析

例) 丸太や板材の形状を 3D モデル化して、歪みや寸法を正確に測定。また、加工シミュレーションにも役立つ。

4. 多角的撮影による微細構造・欠陥の可視化

- CT (コンピュータ断層撮影) や X 線撮影の画像解析

例) 木材や集成材の内部欠陥を非破壊で検査。接着剤の浸透具合や節の構造を評価。

- 顕微鏡画像+デジタル画像処理

例) 木材の細胞組織などを高解像度で撮影し、細胞壁の厚さや繊維方向を定量化。

5. 時系列画像の解析 (動態解析)

- 成長過程や変質過程の観察

例) タイムラプス撮影を行い、木材が吸湿や乾燥によって変形する様子を時系列で解析。

- 変化を定量化して数値化

例) 木材内部の含水率変化や、ひび割れの進展速度を画像データから定量的に評価。

6. データ融合と可視化

- GIS (地理情報システム) との組み合わせ

例) 衛星画像やドローン画像で得られた林地情報と組み合わせ、より広域かつ詳細な森林マッピングを実現。

- VR/AR (仮想・拡張現実)

例) 現場でスマホやゴーグルを使い、重ね合わせ表示を行うことで、伐採計画や材料の品質検査を直感的に把握。

まとめ

これらの技術を活用することで、従来は職人や専門家の経験や勘に頼っていた判断をより客観的・定量的に行えるようになります。また、研究においては新たな評価手法の開発や、実験結果の可視化が大きく進展する可能性があります。さらに、新しいデジタル画像技術と AI を組み合わせることで、時間や場所を問わず高度な解析ができるため、林産試験場などの研究機関でも活躍の幅が広がっていくでしょう。

↑ここまでが ChatGPT の回答

■深層学習を用いたカラマツ板目面の節の検出

上述の ChatGPT の答えの最初の項、「AI・機械学習による高度な画像解析」にもありますが、木材欠点についてデジタル画像から節を検出する研究は当場でも古くから行われてきています³⁾。昨年度、筆者は深層学習 (大量のデータを使ってコンピュータが自動的に特徴を学習する技術) を利用し、画像からカラマツの節を自動的に認識して、その大きさや位置を正確に検出できるか試しました⁴⁾。

具体的にはまず、寸法が 100mm (接線方向) ×24mm (半径方向) ×600mm (繊維方向) のカラマツとグイマツ雑種 F₁ の板材を用意し、その板目面を撮影しました。撮影場所は窓のない部屋で、自然光の影響をなく

しています。カメラには The Imaging Source 社の「DFK33GX183」を使い、レンズは富士フィルム社の「CF12ZA-1S」 (焦点距離 12mm) を装着しました。次に画像処理技術を使って板目面の四隅を自動的に検出し、台形補正を行って 3600×600 ピクセルの長方形画像を作りました (図 1)。

3000 枚近く撮影した画像のうち、髄を含む画像や、髄付近であり見た目が柾目面に近いと判断した画像を除きました。これらをさらに 6 分割し、600×600 ピクセルの小さな画像に分けます。その中から節が写っている計 6398 枚の小画像について、人の手で「節」と「背景」を区別してラベル付けを行いました。これらの情報をコンピュータに学習させることで、自動で節

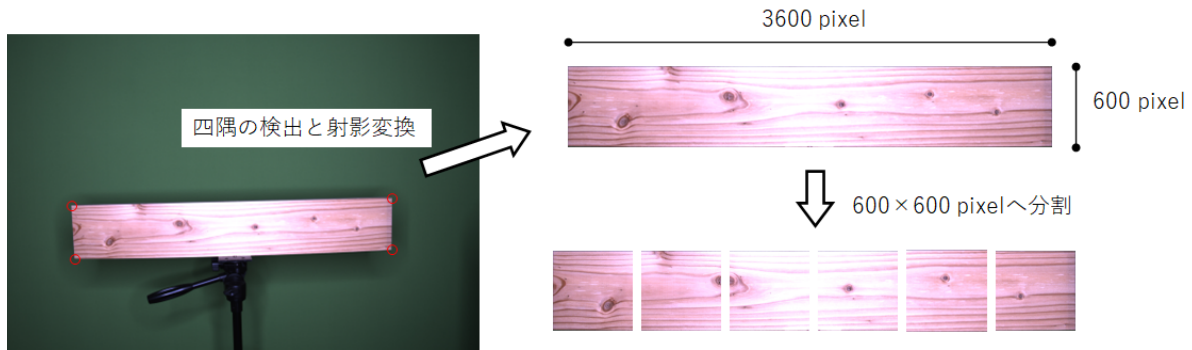


図1 深層学習用画像の撮影方法とその処理方法

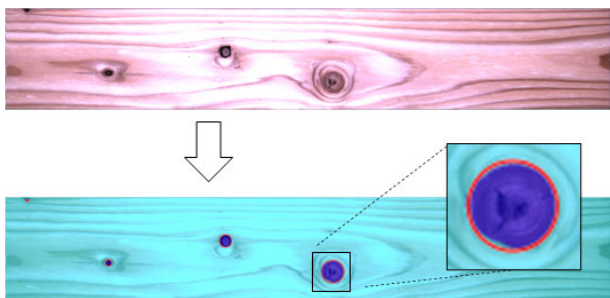


図2 深層学習による節の検出

を認識するための基準を作りました。

その結果、節を非常に高い精度で検出できるようになりました(図2)。ただし、生きている節(生節)の周りには「アテ」と呼ばれる異常組織が生じることがあり、これは目視でも節との境界がわかりにくいものです。そのため、生節付近に関しては認識精度が低くなるという課題が残りました。



図3 アカエゾマツ木口面で観察されるアテ

■木材中のアテの割合の計測

アテは、雪や風の影響で傾いた木が樹軸を真っすぐに維持するために形成される、通常よりも高密度の組織です。木口面では図3の様に見えます。この組織が存在すると、製材時に製品の反りや曲がりが大きくなる場合があります。

これまで、アテに関する研究は主に組織構造や発生メカニズムに関与する植物ホルモンなど、ミクロ的な側面に焦点を当てたものが多く行われてきました。しかし、林分内でどの程度アテを含む丸太が出現するのか、また丸太内でのアテの発生状況について詳細に調査された例は少ないのが現状です。

北海道大学の過去の研究で、山腹崩壊と木材の木口面に現れるアテの関係を調べるため、16年生のカラマツ人工林材の樹幹から1m間隔で円板採取し、樹幹中のアテ分布を調べています⁵⁾。しかし、本研究は半世紀以上も前に行われたため、アテの記録はすべて手作

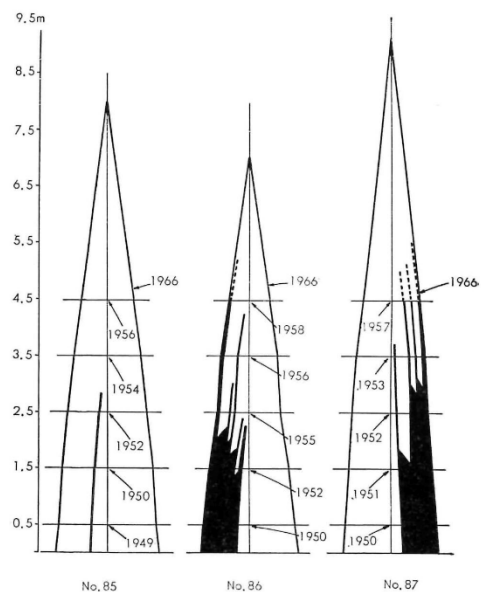


図4 樹幹内のアテの分布⁵⁾

業で行われており、樹幹解析の分析対象も3本にとどまりました(図4)。

一方、林産試験場の現在の研究では、アカエゾマツ人工林材を楽器用材として活用する可能性も視野に入れ、アカエゾマツ人工林材の樹幹内にどの程度アテが含まれるかを調査しています。具体的には、連続的に木材長さ方向の画像を高精細に撮影できる装置を試作し、どのようにアテが発生しているのかを記録しています(図5)。この研究により多数の丸太でアテの発生状況を分析できることが期待されます。



図5 製材した板の撮影の様子

■おわりに

本稿で述べたように、デジタル画像処理技術は幅広い応用が可能です。今後は特に「入力する画像データの精度」や「適切な解析方法」の重要性が高まると考えられます。

木材は、山で伐採し、林内で集め、工場に運び、さらに製材や乾燥工程を経て初めて製品となる材料であり、膨大な時間と労力がかかっています。この貴重な材料をより有効に活用するためにも、木材に関する多面的なデータを正確に収集し、かつコンピュータが扱いやすい形にして蓄積することは欠かせません。

デジタル画像処理技術は、こうした木材の評価・管理において強力なツールです。今後、より高度な解析手法やデータの統合を進めることで、木材研究への貢献が期待できると考えられます。

■参考文献

- 1) スティーヴン・ジェイ・グールド著、渡辺政隆訳：「ワンダフル・ライフ：バージェス頁岩と生物進化の物語」，早川書房，東京，2010
- 2) アンドリュー・パーカー著，渡辺政隆，今西康子訳：「眼の誕生：カンブリア紀大進化の謎を解く」，草思社 東京，2006
- 3) 山崎亨史，窪田純一，中田欣作：「針葉樹製材における小割り工程の自動化」，林産試験場報，7巻3号，15-19，1993
- 4) 村上了：「深層学習によるカラマツ類ラミナの板目面の節検出」，日本木材学会北海道支部，日本木材学会北海道支部講演集，36-37，2022
- 5) 東三郎：「山腹崩壊の前兆と異常年輪」，北海道林業試験場報告，第6号，19-39，1968