

画像処理による土壌品質検査に関する研究

長谷川 辰雄*、高橋 良学**、大和田 功***

食の安全に対する関心の高まりから、農産物の生産過程のみならず、その農産物が生産される土壌の健全性に関心を示す消費者が増えてきている。そこで、当センターと岩手県農業研究センターは共同で、容易に土壌の品質を検査する研究を実施した。従来方法は、高精度であるが、検査装置が高額で検査時間が長く手間がかかるという問題を抱えている。これに対して、本手法は土壌の色をスキャナで画像化し、その色から全炭素含有量を推定し品質を判定する。パソコンとスキャナさえあれば、簡易に土壌の品質を推定することが可能となる。

キーワード：土壌品質、スキャナ、画像処理

The Soil Quality Inspection by the Image Processing

HASEGAWA Tatsuo, TAKAHASHI Yoshinori and OOWADA Isao

The consumers who show concern in soundness of the soil where agricultural produce is produced have been increasing by the reason of the safety of food. The joint research to examine the quality of the soil easily was conducted between our Center and Iwate Agricultural Research Center. Though the usual method is high precision, the soil inspection device has the problem that is high price and inspection time are long. By the color of the soil acquired with scanner, all carbon content in the soil is estimated and it judges soil quality. If only there are a personal computer and a scanner, it becomes possible that the quality of the soil is estimated simply.

key words: soil quality, scanner, image processing

1 緒 言

健全な土壌は、たい肥等の有機物を適切に使用することで維持される。一般的に有機物量が増えると土壌中の全炭素量が増加することが知られており、全炭素含量は土壌の健全性を評価する重要指標の1つと考えられるが、現在の分析手法が煩雑であるため農業生産現場での評価は難しいという問題がある。このような背景から、より簡易な全炭素量の分析手法が必要となっている。

本研究では、土壌の色と全炭素含量との間に相関関係があることを確認し、土壌全炭素含量推定手法を考案した。この手法では、パソコンとスキャナがあれば、簡易に土壌の全炭素含量を推定することが可能となる。スキャナ画像から土壌の色を取得する場合の問題は、異機種ごとに取得される色の値が異なるため、判定基準が一定化しないことにある。この問題に対し、本研究では判定基準を一定化するために、基準色となるカラーチャートを使って色補正を行う実験を行った。その結果、異機種ごとに、画素値の違いや読みとり面のムラ、画質の安定時間に差があることが判明した。また、ユーザの操作性を向上させるための画像取り込みソフトウェアと土壌を設置するための専用トレーを試作した。本報告書では、これらの開発内容について報告する。

パソコン用のスキャナは、主に写真などの画像を得る目的で使用されるため、厳密な色の再現は行われていない。また、機種ごとに色の値が異なるため、同一の方法では評価できない問題がある。そのため、均一的な色計測を行うために色補正が必要となる。コンピュータで色を扱う場合、モニタ RGB 単位(sRGB)で管理する仕様となっている。

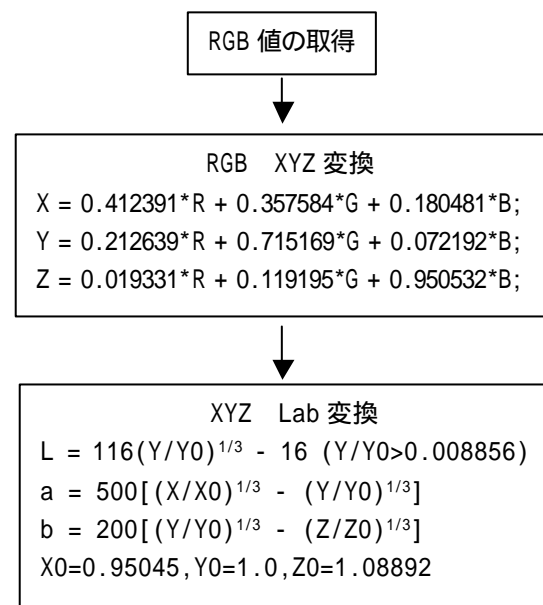


図1 モニタRGBのLab変換方法

2 実験方法

2-1 色の取り扱い

* 電子機械技術部

** 岩手県農業研究センター

*** (有)イグノス

しかし、人間の視覚はこの RGB とは異なる色空間認識であることが知られている。人間の視覚に最も近い色表現として Lab 単位が知られており¹⁾、人間の視覚に関する分析などに用いられている。L は明度、a、b は L における色度を 2 次元で表している。そこで本研究では、色補正を色彩計で計測した Lab 単位または XYZ 単位で行うこととした。このためには、スキャナ画像の RGB 値から Lab または XYZ 単位へ変換する必要がある。この変換プログラムを図 1 の変換方法²⁾により作成した。

2 - 2 色の再現性試験

スキャナの色の再現性は、スキャン回数や場所(スキャン位置)によって異なる。通常、色のバラツキなどはメーカーごとに独自に調整され、その補正データが推奨値としてプロファイルに記録され自動的に色の調整を行っている。この補正はユーザが独自に調整することも可能であるが、スキャナの専門知識が必要となり簡単に設定することが困難である。そのため、本研究ではメーカー推奨のプロファイル値(デフォルト値)を用いて、スキャン回数とスキャン位置の変化による色の再現性を試験した。この試験に使用したチャート紙を図 2 に示す。試験する色を 15 種類にサンプリングし、スキャナ読み込み位置は、縦方向を上段、中段、下段に分け、横方向を 9 列とした配置とした。また、試験したスキャナは 3 種類であり、連続スキャンによる時経変化による色再現性及び、1 ページ内の位置変化による色再現性の評価を行った。

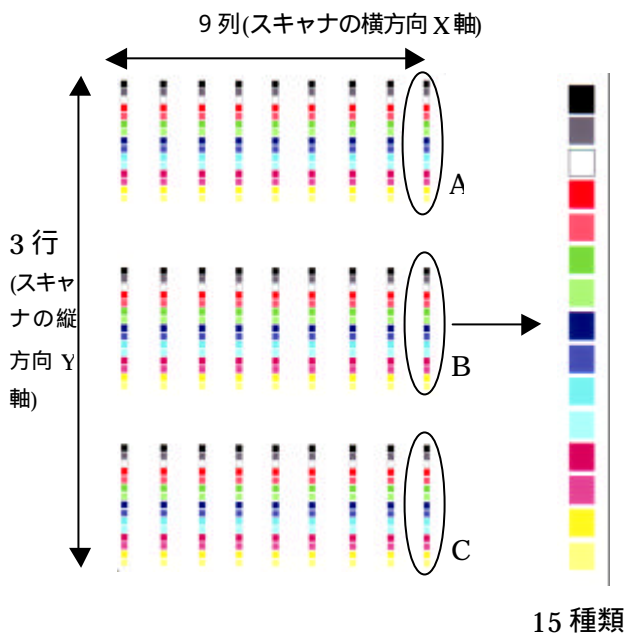


図 2 試験チャート紙

2 - 3 スキャナ画像取り込み制御ソフトウェア

装置の低価格性を実現するために使用するスキャナは、一般向け低価格スキャナ(実売価格 1 ~ 2 万円)を対象とする。通常、スキャナの画像を取り込むには、メーカーが提供す

るドライバソフトによって画像を取り込む。しかし、これを利用する場合、一旦ファイルに保存する必要がある。ユーザの操作性から見ると、「画像取り込み」と「画像保存」の 2 つの操作をしなければならず、多数の土壌検査を連続して行う場合、操作が煩雑となる。そこで、図 3 に示すように、スキャナのドライバソフトをアプリケーションプログラムから自由に制御するソフトウェアを作成した。これには TWAIN (Tool Without An Interesting Name) と呼ばれるソフトウェア仕様を元に作成した。TWAIN とはスキャナやデジタルカメラなどの画像入力機器とパソコンを接続するための技術仕様である。TWAIN ドライバはスキャナメーカーが提供するソフトウェアで、画像取り込みなどの実際のスキャナ制御を行う。今回作成したアプリケーションは、TWAIN ドライバ自体を起動し、画像を取り込む機能として実現した。これは TWAIN ドライバが提供されている装置であれば、たとえ異機種でも対応できることを意味する。

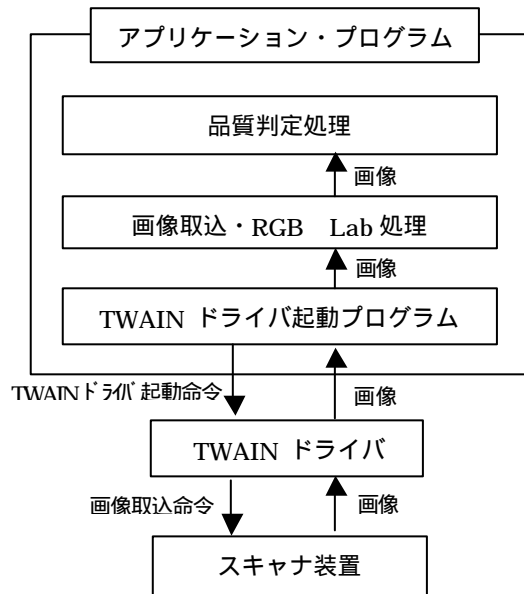
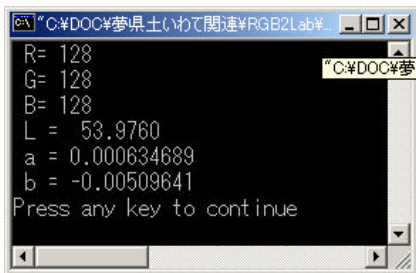


図 3 ソフトウェアの処理の流れ

3 実験結果

3 - 1 色の取り扱い

安定した色計測を行うために、スキャナの特性を考慮した色補正が必要となる。これには、カラーパッチが印刷されているチャート紙を色彩計で計測し、XYZ 単位系または Lab 単位系で統一して補正を行うのが一般的である³⁾。しかし、パソコンの色は RGB 単位であるため単位系の相互変換が必要となる。そこで、スキャナ画像の RGB 単位系を、Lab 系で表されるカラーチャート紙との単位を合わせるために RGB Lab 変換プログラムを作成した。図 4 に自作プログラムと Photoshop の RGB Lab 変換を行った比較を示す。この実験結果から、変換がほぼ同じく行われることが確認でき、カラーチャート紙による色補正プログラムの一部分が実現できた。



(a) 開発プログラムによる RGB Lab 変換



(b) Photoshop による RGB Lab 変換

図 4 RGB 単位から Lab 単位への変換結果

3 - 2 色の再現性実験

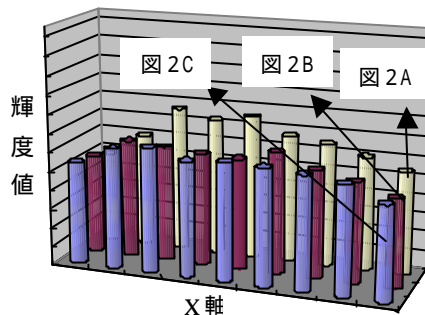
連続スキャンによる時経列変化と、1 ページ内の位置を変えることによる色再現性の評価を行った。色再現性試験の仕様を表 1 に示す。図 2 の試験チャート紙を、3 機種ごとに連続 50 回のスキャンを行い、10 回目ごとの画像を評価対象データ (5 サンプル) とした。チャートに印刷した色は 15 色で、位置の特定をするため等間隔 (ブロック単位) に配置してある。

表 1 試験仕様

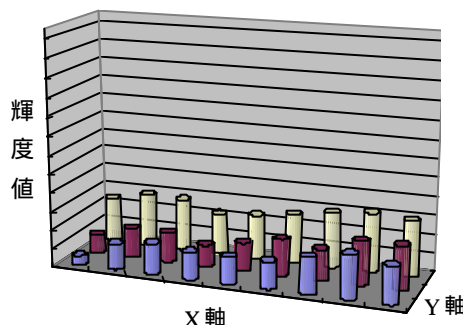
試験項目	数	仕様
スキャン回数 (回)	50	連続スキャン
サンプリング数	5	10 回ごと
サンプリング色 (色)	15	パッチサイズ: 4x4mm 色: 白, 黒, 灰, RGBx2, CMYKx2
スキャン位置 (ブロック)	27	3 行 x 9 列
スキャン画像 (DPI)	300	サイズ: 2552x3508pixel
機種 (台)	3	機種 A, 機種 B, 機種 C

表 1 の試験仕様によって、1 ページ内における輝度値の分布測定を行った。取り込んだ RGB の実測値を輝度値 (GRAY:0 ~ 255) へ変換し、ブロック位置ごとの輝度値をグラフ化した。図 5 に機種 A, B, C の輝度値分布を示す。この結果から全体的に、スキャナの上方の輝度値が高いことが分かった。また、機種 A と機種 C は左右の端に近づくほど輝度値が低く、機種 B は右側が高く、

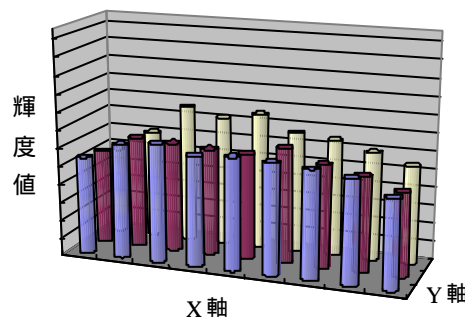
左側が低い傾向にあることが分かった。これは、ラインスキャナーの特性に起因すると考えられ、一般的には中央部が高くなる左右対称に現れるが、機種 B のように左右非対称のものも存在する。左右非対称の原因は、光源の配置やラインスキャナーの特性が他と異なるためと予想される。



(a) 機種 A



(b) 機種 B



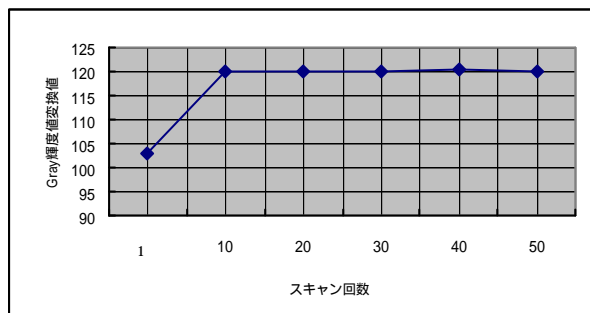
(c) 機種 C

図 5 3 機種の輝度値分布

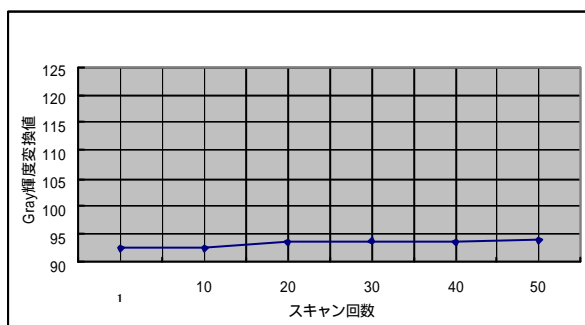
3 - 3 経時変化による輝度値測定

連続スキャンによる輝度の変化を表したグラフを図 6 に示す。この結果から機種 A と機種 C では明らかに 1 回目と 10 回目に輝度の変化が見られる。一方、機種 B は安定の傾向が見られる。これは蛍光管の暖まり具合によるもので、スタート時光量が少

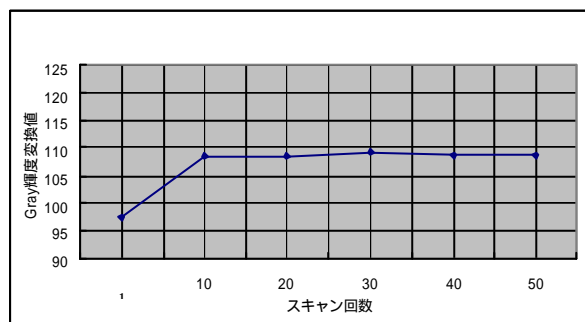
なく、連続スキャンにより蛍光管が温まると光量が増加する影響と推測される。この結果から、安定した測定を行うためには、蛍光管の光量を安定化させるための準備スキャンが必要となることが分かった。この準備スキャンの回数や方法は機種ごとに異なると考えられるが、今後行う実験値から推定できると思われる。



(a) 機種 A



(b) 機種 B



(c) 機種 C

図6 連続スキャンによる輝度の変化

3-4 スキャナ画像取り込み制御ソフトウェア

TWAIN仕様に従ってスキャナから自動的に画像を取り込むソフトウェアを開発した。開発言語は Microsoft Visual C++で、OSは Windows98/2000/XPに対応するように設計した。試作トレーは、A4サイズ(横210×縦297×厚さ5mm)の白色アクリル板を直径30mmの円形に切り抜き、ガラスを下面に張り合わせた形状となっている。このソフトを使って、土壌サンプルを入れる試作トレーをスキャンした結果を図7に示す。開発した本ソフトによって、自動的に土壌サンプルの画像を取り込むことが可能となった。

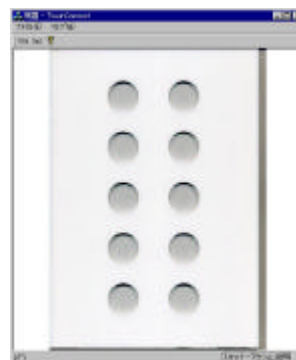


図7 スキャナ画像の自動取り込みの結果

4 考察

安定した色の管理を行うために、RGB値をLab値に統一して行う必要があるが、パソコンで取り扱うRGBはモニターRGB(sRGB)と呼ばれ、CIE(国際照明委員会)の三刺激値XYZの前身となっているCIERGB値とは異なっている⁴⁾。モニターRGBは、0~255のデジタル値の組み合わせで色を表しているのに対し、CIERGBは実際の可視スペクトル光から特定の波長を3つ選んでRGB値を決定している。しかし、CIERGB値をLab値へ変換する式は一般的であるが、モニターRGB値をLab値へ変換する式は、幾つか提案されているがあまり明確ではない。本研究では、モニターRGBをXYZ値へ一度変換する方法でLab変換を行った。また、色補正用のカラーチャートとして、ISO12647-2に準拠した画像電子学会が提供しているカラーチャート(No.22)を検討したが、チャート上の色はインキで印刷されており紫外線などによる劣化で値が変化するという問題がある。厳密に計測するには、その都度、色度計によって計測する必要がある。

5 結言

本年度の実験により、異機種スキャナの連続スキャン特性と1ページ内の色ムラの分布を評価することができた。この結果、スキャナ中央が比較的安定した画像が得られることがわかり、土壌品質検査専用トレーの試料配置位置設計の参考となった。また、土壌品質判定ソフトウェアの部品として、自動的にスキャナ画像を取り込む機能を実現した。これによって、今後ユーザの操作性を向上することが可能となった。来年度は、スキャナの色補正方式の確立、試料トレーの製作及び、色と全炭素量の関係式から全炭素量を求めるプログラムを開発する予定である。

文献

- 1) 三宅 洋一：デジタルカラー画像の解析・評価、東京大学出版会(2002)
- 2) 岡野 啓彦：http://www.asahi-net.or.jp/~rt6k-okn/canp98/resume/Makita.htm
- 3) 山内 二郎、金沢 寿吉：新編色彩科学ハンドブック、日本色彩学会、東京大学出版会(1985)
- 4) 日下 秀夫：カラー画像工学、オーム社(1997)