

材料解析及び変形分析における画像処理ソフトウェアの開発

東北大学工学部 学生員 ○山口 雄大
 東北大学工学部 学生員 村上 真也
 東北大学工学部 正会員 池田 清宏
 東北大学工学部 正会員 寺田 賢二郎

1. はじめに

力学現象の計測において、視覚的情報はこれまで軽視されてきた。その理由として、視覚情報を定量化するにはどうしても観測者の主観に依存するので、相対量としてのデータしか得られず、独立したデータとしての計測間の比較が難しいことや、計測者の心理状況や体調などにより、結果の再現性が低下することなどが挙げられる。しかし、近年の画像処理技術の発達から、視覚的情報をデジタル化して扱うことによって、いろいろなデータを引き出すことが可能であると考えられる。

本研究では、視覚情報をスキャナーなどでデジタル画像として認識し、そこに含まれる離散的な数値データを利用することで視覚的情報の客観性を高め、材料解析や変形分析を行うためのソフトウェアを開発するものである。

2. デジタル画像データ

コンピュータは画素 (pixel) 1 個ごとの色をデータとして記憶処理する。この情報を表す基本単位はビットと呼ばれる。白黒画像の場合、1 ピクセル当りの色は2色しかないので1 ビット画像である。2 ビットになると1 ピクセル当り $2 \times 2 = 4$ 通りの色の違いを現すことができ、1 ビット増える毎に表示できる色数は2倍になる。これらの1 ピクセル単位の色調分解能力のことを分解能と呼ぶ。

画像をどの程度まで細かく表現するかの度合いを画像解像度といい、単位は1 インチ当りのピクセル数 (pixel/inch) 又は1センチ当りのピクセル数 (pixel/cm) で表示される。画像のサイズが等しいときに画像解像度を上げると、画質は向上するがデータ量は大きくなり、逆に画像解像度を下げるとデータ量は小さくなるが画質は落ちてしまう。画像処理をおこなうときにはコンピュータの有効な利用 (処理時間、記憶領域) とデータの精度のバランスを考え、適正な画像解像度を選択する必要がある。

3. 開発環境

この研究のために使用した開発ツールはInprise社のBorland C++Builder 3 Professional Editionである。ハードウェアはNEC PC-9821 V12 (CPU:Pentium 120MHz RAM:48MB, HDD:809MB+1.2GB+1.2GB), OSはWINDOWS NT4.0 (Service Pack 3)である。

Borland C++Builderは、同社から発売されているPascal言語によるアプリケーション開発ツールのDelphiをC++言語版として開発したものである。Delphi, C++Builderとともに、RAD (Rapid Application Development) という目的で開発されている¹⁾。C++Builderはこの目的に基づいた統合開発環境 (IDE, Integrated Development Environment) を持つ。C++BuilderのIDEウィンドウを図-1に示す。

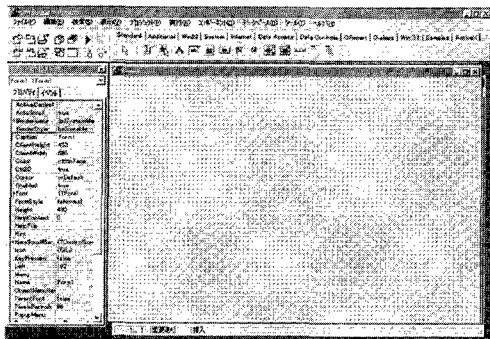


図-1 C++BuilderのIDEウィンドウ

.....

4. アプリケーションソフトウェア

(1) 分岐による変形パターン解析ソフトウェア

金属材料などの塑性縞の写真をスキャナーで読みとり、色の濃淡からある物理量を得、それを面外方向変位 w とする。満たされるべき画像サイズは $2^n \times 2^n$ ピクセル ($n=4, 5, 6, 7, 8$)、画像形式はグレースケール (8ビット) のビットマップ (*.bmp) としている。変位 w を2重 Fourier変換し、群論的分岐理論²⁾に基づき分析する。

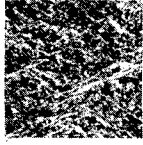


図-2 Input Data

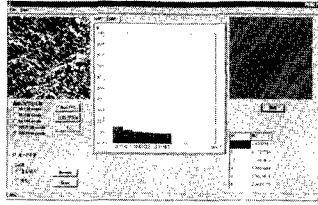


図-3 分岐による変形パターン解析のウィンドウ-1

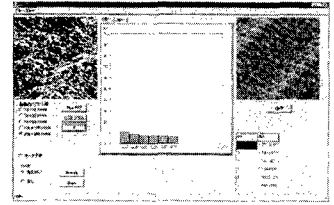


図-4 分岐による変形パターン解析のウィンドウ-2



図-5 三軸圧縮試験供試体, 画像の一例

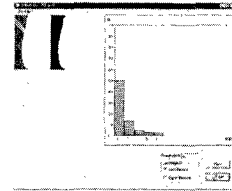


図-6 供試体の分岐モード分析ソフトウェア

主経路上の4重分岐点からのストライブパターン¹ ($OB_{n\tilde{n}}^{\pm}$) への分岐解, ストライブパターン $OB_{n\tilde{n}}^{\pm}$ 不変経路からのストライブパターン ($OB_{m\tilde{m}}^{\pm 2}$, $OB_{n\tilde{n}}^{\pm 3}$) やエシェロンモード ($EC_{n\tilde{n}kl}^{\pm 4}$, $EC_{n\tilde{n}kl}^{\pm 5}$) への分岐解を追うことができる。

図-2 に入力画像の一例を, 図-3, 図-4 に制作したソフトウェアのウィンドウを示す。開いた画像ファイルがウィンドウの左上に表示される。この画像のピクセル値をテキスト形式に書き出し2重 Fourier 変換した後に、波数とその割合をテキストデータに書き出し、これを元にヒストグラム (ウィンドウ中央) を表示させ、多段階の分岐過程のトレーサに用いる。 (n, \tilde{n}), k の値, モード干渉, sin 波を含むか含まないかなどの種々の条件を入力した後、最終的なエシェロンモードの画像をウィンドウの右上に表示させる。これらの手法によって、分岐による変形パターンを可視化し、分かり易く簡便に解析できるようになった。

(2) 供試体の分岐モード分析ソフトウェア

砂の三軸圧縮試験による供試体の変形写真をフィルムスキャナーで読みとり、供試体の側面がどれだけ変形しているかをデジタル画像から読みとる。図-5 に供試体の一例を, 図-6 に供試体の分岐モード分析ソフトウェアのウィンドウを示す。この供試体の画像ファイルを、必要に応じて Photoshop などの画像レタッチソフトで加工し、左右の変形した部分を切り取り解析する。解析の手法は、対象となる画像をピクセル値のテキスト形式にし、ユーザーが閾値を入力した後、その閾値を境に256階調のピクセル値を2値化して、この境界を供試体の外郭とし、相対的な座標位置関係を求め、Fourier 変換をして、sin 波の波数とその割合をヒストグラムで表示させる。これによって、供試体の解析をビジュアル的に解析することが可能になった。

5. 結論

本研究では、画像処理をモティベーションとしたアプリケーションを開発することにより力学現象のうち分岐による変形分析と三軸圧縮試験における材料解析の2つの分野で、画像解析の有用性を示すことができた。

今後の課題は、C++Builder の特性をさらに生かした、様々なビジュアル解析ソフトウェアを開発していくことである。

参考文献

- 川崎盛美. C++Builder 3 実践プログラミング入門. D.Art, 1998.
- Nakazawa M. Ikeda, K. and A. Mizuki. Bifurcation pattern simulation of a rectangular domain with periodic boundaries. *Int. J. Solids Structures*, Vol. 44, , 1994.

¹ $w = A_{n\tilde{n}} \cos\{2\pi(n\frac{x}{L_x} \pm \tilde{n}\frac{y}{L_y})\}$

² $w = \sum A_{m\tilde{m}} \cos\{2\pi(m\frac{x}{L_x} \pm \tilde{m}\frac{y}{L_y})\}$, ただし, $n/m = \tilde{n}/\tilde{m} \geq 2$

³ $w = \sum A_{n\tilde{n}} \cos\{2\pi(n\frac{x}{L_x} \pm \tilde{n}\frac{y}{L_y})\} + \sum B_{n\tilde{n}} \sin\{2\pi(n\frac{x}{L_x} \pm \tilde{n}\frac{y}{L_y})\}$

⁴ $w = \sum A_{m\tilde{m}} \cos\{2\pi(m\frac{x}{L_x} \pm \tilde{m}\frac{y}{L_y})\}$, ただし, m と \tilde{m} は n と \tilde{n} が互いに素であるとき, $m\tilde{n} \mp \tilde{m}n = jk$, $j = 1, 2, \dots$ を満たす整数

⁵ $w = \sum A_{m\tilde{m}} \cos\{2\pi(m\frac{x}{L_x} \pm \tilde{m}\frac{y}{L_y})\} + \sum B_{m\tilde{m}} \sin\{2\pi(m\frac{x}{L_x} \pm \tilde{m}\frac{y}{L_y})\}$, ただし, m と \tilde{m} の条件は, 4 と同じ