

画像処理によるカーボンナノチューブ密度計測自動化

1150154 森光 祐稀(密山研究室)

1. はじめに

カーボンナノチューブ(Carbon Nanotube : CNT)という優れた新材料が期待される中、その品質評価の方法が課題となっている。従来の品質評価は人間の目視によって行われているため、効率が悪いだけでなく、個人差による精度の低さも課題となっている。本研究では、CNTの本数を自動カウントする手法を提案し、そのアプリケーションソフトウェアを開発した。自動カウント精度を向上させるためにいくつかの画像処理の適用を検討した。本稿では、その評価結果についても述べる。

2. 自動カウント手法の提案

提案する自動カウントアルゴリズムについて説明する。まずカウント対象の SEM 画像に対して、CNT 本数のカウントを行う Y 座標を設定する。設定範囲は 0 から画像サイズの最大 Y 座標までとなる。次に、設定した Y 座標において、X 軸方向に走査する。走査範囲内の画素の輝度値を 1 画素ずつ評価し、設定した閾値と輝度値を比較することで CNT を判別し、その本数をカウントする。

実験に使用した原画像を図 1 に示す。図 1 に示す黄色線は本数カウント時に走査する Y 座標の例である。図 2 に各閾値でのカウント結果を示す。原画像における輝度の範囲が約 75~200 であること、閾値によって CNT 本数が大きくことなることが分かる。

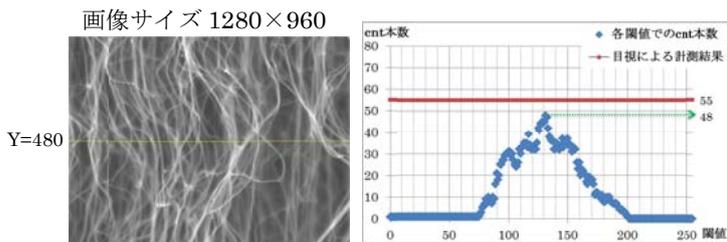


図 1 使用した原画像

図 2 原画像でのカウント結果

3. 画像処理による高精度化の検討

前章の結果より、CNT 原画像では輝度値の範囲が狭く、背景と CNT を正しく判別することが難しいことが分かった。そのため、評価に必要な輝度情報だけを残し、不必要な輝度情報を除外するため、画像処理ソフト GIMP2 を用いたコントラスト調整と、OpenCV を用いた背景輝度値補正処理を行った。コントラスト調整を行った CNT 画像とそのカウント結果を図 3 と図 4 に示す。また、背景輝度値補正処理を行った画像と結果を図 5 と図 6 に示す。カウントする Y 座標は図 1 と同じ Y=480 とした。

図 4 より、原画像と比較して高い精度でカウントできる閾値の範囲が広がっていることが分かる。図 6 より、CNT 画像の背景の輝度値を補正固定することで、指定した閾値よりも小さい値については全て同じ値が出力されていることが分かる。画像から不要な情報(ノイズ)を取り除く事で、目視では明らかに見やすい画像を生成することはできたが、目視による判別とカウントソフトの判別方法が違うことから、これらの画像処理を適用するだけでは精度向上に繋げることはできないことが分かる。

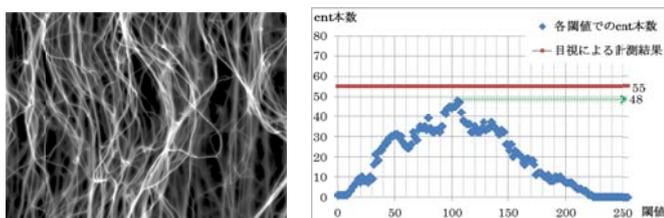


図 3 コントラスト調整後

図 4 カウント結果(コントラスト調整後)

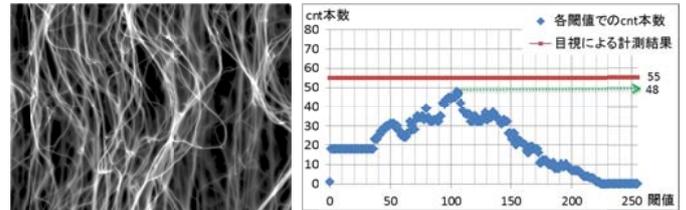


図 5 背景輝度値補正後

図 6 カウント結果(背景輝度値補正後)

4. 重なり判別による高精度化の検討

前章での評価結果から、カウント精度が低い原因として、ノイズによる影響だけでなく、CNT の重なりを自動判別できていないことに注目した。そこで、CNT 同士の重なりを判別し、その抽出点を画像上に情報として残す処理として、OpenCV を用いたコーナー検出を行った。コーナー検出後の CNT 画像と、コーナー検出結果を用いた自動カウント結果を図 7 と図 8 に示す。判定閾値は 128 とした。表 1 に目視観測値と処理後、処理前のカウント結果を示す。

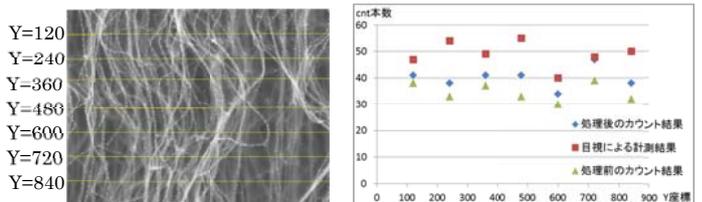


図 7 コーナー検出後

図 8 カウント結果(コーナー検出後)

表 1 コーナー検出を利用した場合のカウント結果

Y座標	CNT本数			処理前誤差率	処理後誤差率
	目視観測値	処理前	処理後		
120	47	38	41	19.15	12.77
240	54	33	38	38.89	29.63
360	49	37	41	24.49	16.33
480	55	33	41	40.00	25.45
600	40	30	34	25.00	15.00
720	48	39	47	18.75	2.08
840	50	32	38	36.00	24.00

図 8 において、コーナー検出処理前の画像に対して自動カウントを行うと目視計測値よりも精度が低いことがわかる。これに対して、コーナー検出を用いて重なりを判別することにより、目視計測値との誤差が小さくなったことがわかる。しかし、Y 座標により、その精度が大きく異なることがわかる。これは、画像ノイズの影響により、背景と CNT の区別にまだ問題があることが原因だと考えられる。したがって、CNT の重なり判定や自動カウント処理に適した画像ノイズ除去アルゴリズムの改良が必要であると考えられる。

5. 結論

SEM 画像から CNT 本数を自動でカウントする手法について検討し、その自動カウントソフトウェアを開発した。カウント処理を行う前に、SEM 画像のノイズ除去や CNT の重なり判定を行うことで、目視計測に比べて作業効率を大幅に改善し、CNT 品質の定量的な評価を可能にした。しかしながら、無視できない計測誤差がまだ残っており、その解消が今後の課題である。