

# 使い方:

Selectから 8bit Gray Scale の画像を読み込んで、Executeを押してください。

Hori.は横方向の、Vert.は縦方向の、ノイズの依存性を評価します。

Hori2.、Vert2. は、1ピクセル飛ばした依存性を評価します。

プログラムを実行したディレクトリに、resultSD.csv というファイルを作成します。同名のファイルが存在した場合、警告なく上書きされます。

読み込む画像は、8 bit Gray Scale で、パレット構造が 0から255まで順に並んでいる事を想定しています。

”パレット構造が不適”とか、” 8 bit Gray Scaleではない”というエラーメッセージが出る場合、他のソフト、例えば IrfanView 等で読み込み、(必要なら、32bitColorに増色後)画像をグレースケールに変換後Saveすると、読み込めると思います。

通常のSEM画像や、そこから切り出した画像は、問題なく読み込めると思います。

画像は、パターンやゴミ等が無い場所を切り出すか、撮像してください。専用に撮像する場合には、ややデフォーカスの画像の方がさらに好適です。(必須ではありません。)

SEMは、通常一方向にスキャンを行い、試料から出る2次電子の量を増幅し、その量を明暗に変換し画像として表示しています。

この時、電子ビーム(1次電子)をピクセル毎に間欠的に照射し、戻ってくる2次電子をすべて検出してから次の電子を照射すればスキャン方向のピクセル間の影響は最小限にできますが、あまりにも遅くなり実用的ではないので、通常、単に時間で区切りサンプリングしています。

出てくる2次電子はさまざまな方向・エネルギーで出てきますが、それが検出器・増幅器に到達するまでの時間は一定ではなく、同時にサンプルからでてきた2次電子でも、時間のズレが発生します。この結果、超高速スキャンを行うSEMや、カラムの設計が悪い場合には、隣り合うピクセル間に情報の滲み出しを無視できなくなります。

また、2次電子の増幅率を過大に設定しているSEMでは、ノイズにより増幅器が飽和した場合、隣接するピクセルにも影響を与えます。

また、SEMはノイズの影響を目立たなくするために、検出器以降にコイルを使って、ノイズの低減を行っていますが、過大なインダクタンスのコイルを使っている場合にも、隣接するピクセルに影響を与えます。

これらの現象が発生する場合、程度が酷いとパターンの立ち上がりエッジと立下りエッジのシャープさの違いが、目視で分かる様になります。

CD計測のアルゴリズムの観点からは、スキャン方向に強いソフト的なノイズフィルターを入れる事により、この現象は目立たなくなりますが、当然副作用が存在します。

本プログラムは、このピクセル間の影響の程度を定量化し、装置間差を明確にする物です。



テストする画像を読み込みます。SEM画像のうち、**パターンやゴミのない場所**を切り出してください。正方形である必要はありません。

計算を実行します。理論的には、0から1の値をとります。実際には、揺らぎにより、1.01程度の値になる場合があります。

複数のメーカーの複数のSEMでテストした結果では、SEMによっては、0.85程度の値になった場合もあります。

私は、この数値が0.95以上である事が望ましいと考えます。0.85だと、ノイズが尾を引いていたり、Edgeのシャープさが 立ち上がりと立ち下がりで異なる事が、目視でも分ります。譲っても 0.92以上にしたいです。

また、コンタミネーション等でカラム内にチャージが溜まり電界が変化する場合があり、2次電子の飛行時間やノイズに影響を与える可能性がありますので、定期的に 変化が無い事を確認をする事を勧めます。

複数台のSEMを CD計測目的で購入する場合、ハードの固体差に対して ある程度の制限を設けた方が良いと思います。

アメリカの某大手半導体メーカーは、検査装置を買う場合に、出荷前検査で一定品質の物のみを購入しているそうです。装置メーカーは、その選に漏れた装置も、売る訳ですので、あまりできの良くない物を買わない様に注意する必要がありますね。

通常の受け入れ検査では、CD値の再現性や短期安定性のみをチェックしていると思います。これでは ハードの固体差を小さくするには、不十分かと思います。

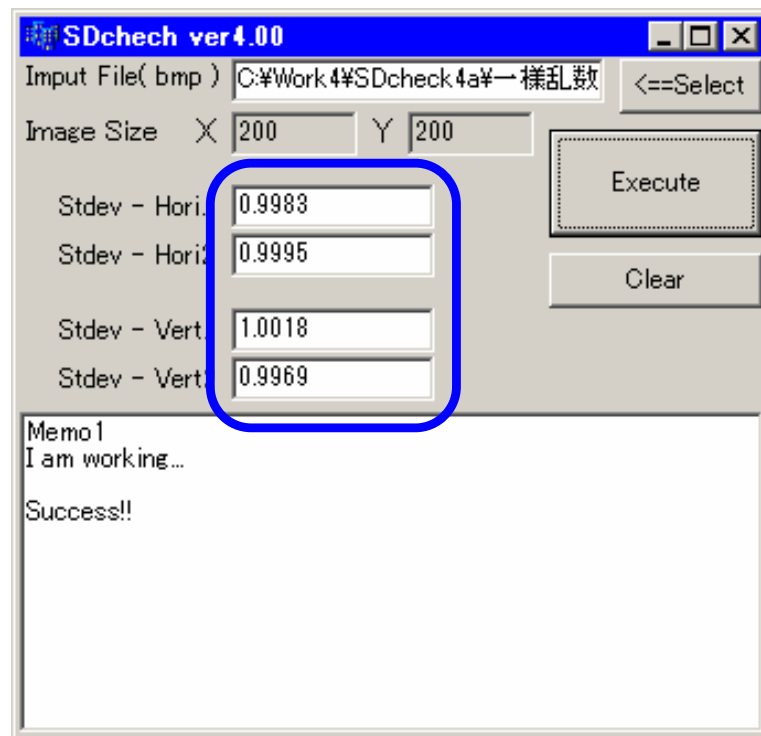
ノイズフィルターを強く入れれば、このような装置の固体差は見えなくなります。また、ノイズフィルターの副作用は、通常のユーザーは気が付いていない場合が多いです。

Tool To Tool マッチングのためにも、可能な限りハードの固体差をチェック・モニターしておく必要があると思います。

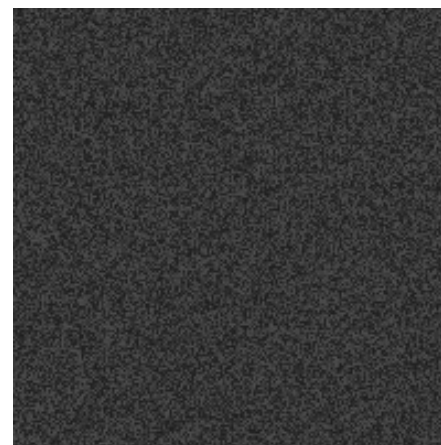
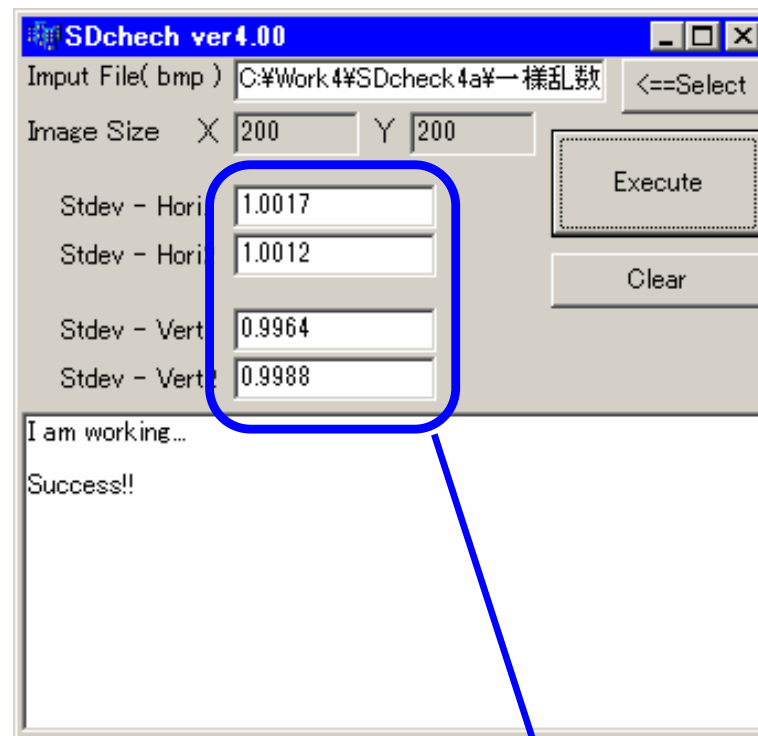
テストに使用する画像は、パターンの影響やゴミのない均質な場所を、取得済みの画像から切り出して使用してください。または、そのような場所を撮像してください。デフォーカス気味の画像でもOKです。(フォーカスが合っている必要はありません。)

画像は、大きいほど安定した結果を得られます。200x200ピクセル程度は欲しいですが、小さくても計算できます。

## ノイズが完全にランダムな場合。

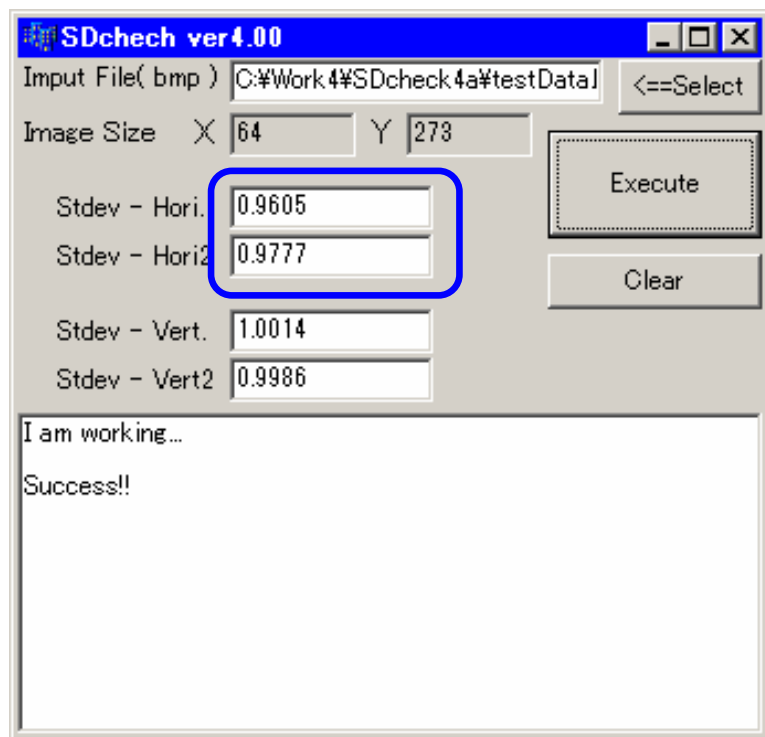


200x200 の画像



乱数を使って人工的に  
作った画像です。  
すべての数字がほぼ1に  
なります。

# 実際のSEM画像から切り出した画像



スキャン方向

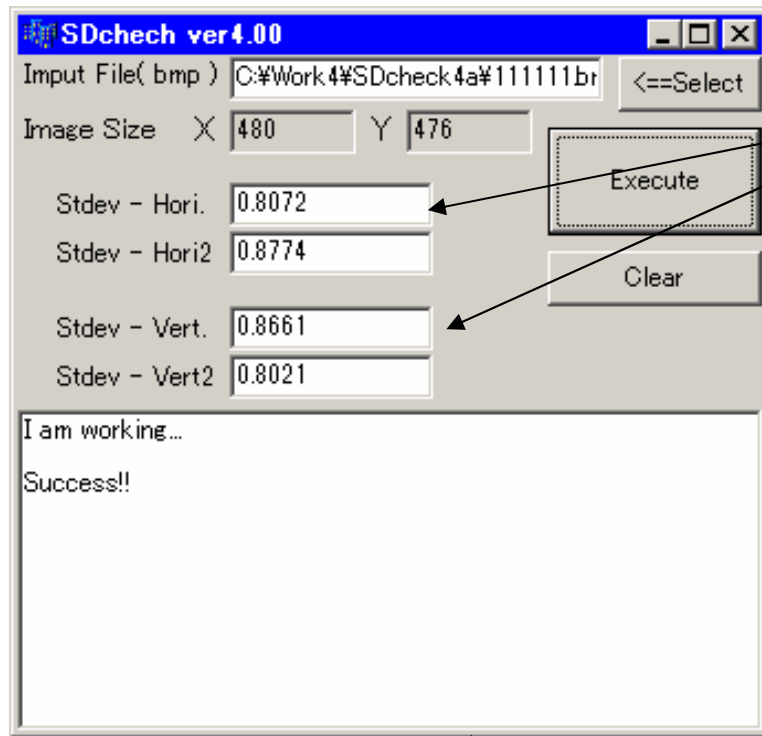
64x273ピクセルの画像です。

実際のSEMの画像から切り出した画像の結果です。

水平方向にスキャンする場合、Hori. の値が 評価する数値になります。Vert. の数値は、ほぼ1になるはずですが、縦にスキャンする場合は、逆になります。

上記の例では、Hori2. も1より小さくなっています。ただ、Hori. Hori2. の数値は 0.96 以上でそれほど小さくありません。これは、ある種のノイズは足が長い(隣接ピクセルのみではなく、その先にも影響している)がその絶対量は多く無い事を意味しています。

## 画像がパターンを含む場合。

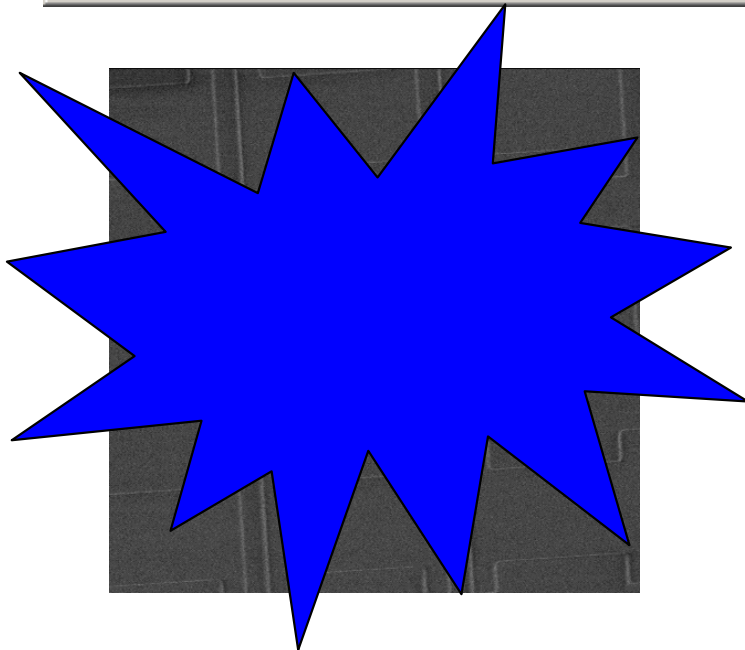


通常は、どちらかの数値は ほぼ1になるはずですが、画像がパターンやゴミ等を含む場合には、両方の数値が、1よりも小さくなります。

Hori. Vert. の両方が 1よりも小さい(例えば、0.98以下)場合、その場所は解析に不適な場所か、人工的な加工がなされている画像と考えられます。

例えば、**デジタル的に拡大**されていると両方の数値が1よりも小さくなります。

また**ソフト的なノイズフィルター**を掛けた場合にも同様です。(次項)



# ノイズフィルターの与える影響



左がオリジナル画像で、右は2次元のノイズフィルターを入れた画像です。

2次元のノイズフィルターが入っている画像では、Hori.ばかりでなく、Vert.も小さくなります。CD計測に使う画像と、ユーザーに見せる画像が異なっている場合があるかもしれません。

スキャン方向のみのノイズフィルターの場合、スキャン方向でない方向は、1のままです。

すべてのノイズフィルターを検出できる訳ではありません。



## インストール等:

適当なディレクトリを作成しファイルを展開してください。レジストリは変更していませんので、削除する場合には、ディレクトリごと削除してください。

プログラムのあるディレクトリへファイルを作成します。作成したディレクトリへの書き込み権限が必要な場合があります。

## 連絡先等:

なにか有りましたら、以下のメールアドレスにどうぞ。  
途中のスペースは抜いてください。すべて半角小文字です。

gma.4.091206 @ gmail.com

## 免責等:

本プログラムは 無保証、無補償 です。自己責任でお願いします。