



NIS-Elements Denoise.aiソフトウェア：ディープラーニングを活用し、共焦点データのノイズを除去

共焦点画像において、ノイズはサンプルから継続的に放出される光子をサンプリングする過程で発生します。ノイズが画質(S/N比)に与える影響は、信号成分が減少するにつれて増加します。NIS-ElementsソフトウェアのDenoise.aiは、学習済みのニューラルネットワークを使用し、人工知能(AI)でレゾナントスキャン共焦点画像からショットノイズ成分を除去し、画質を向上させることが可能です。画像処理はリアルタイムで実施でき、暗いサンプルであっても高速で画像取得できます。

ニコンは、画像に含まれるショットノイズの除去のために、NIS-ElementsソフトウェアのDenoise.aiを開発しました。通常、いかなるイメージングモードにおいても、取得した画像には信号成分とノイズ成分が含まれます。ショットノイズは、サンプルから放出された光子をサンプリングし、デジタル化して画像を生成する過程で発生します。ショットノイズはポワソン分布と呼ばれる確率分布に従い、通常は入力信号の平方根として計算されます。このため、入力信号レベルが低下すると、S/N比はショットノイズの影響を大きく受けま

す。共焦点画像のノイズは、その多くがショットノイズによるものです。共焦点画像は、ノイズの発生源が基本的に1つに限られているため、ディープラーニングの対象としては理想的です。ニコンは、数千もの共焦点データを使用して作成した畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を使用しました。このニューラルネットワークは、学習可能な重みを入力画像に割り当て、その結果、関連付けとパターン認識について学習します。すべての共焦点データに共通のパターンは、ポワソンショットノイズ成分でした。

その後、共焦点画像からショットノイズ成分を認識して除去するよう、ニューラルネットワークに学習させました。さらに、GPU(グラフィックスプロセッシングユニット)での高速計算が可能になり、リアルタイムにノイズ除去処理が行えるようになりました。

ニューラルネットワークは入力画像に対するノイズの影響を推定・検出し、ノイズ成分を除去した画像を出力します。Denoise.aiを適用した画像データは、ノイズのみが除去され、元の画像データと同様の輝度値と構造が維持されます(図1)。特に輝度の低い画像データの場合に、画質が大幅に改善します。

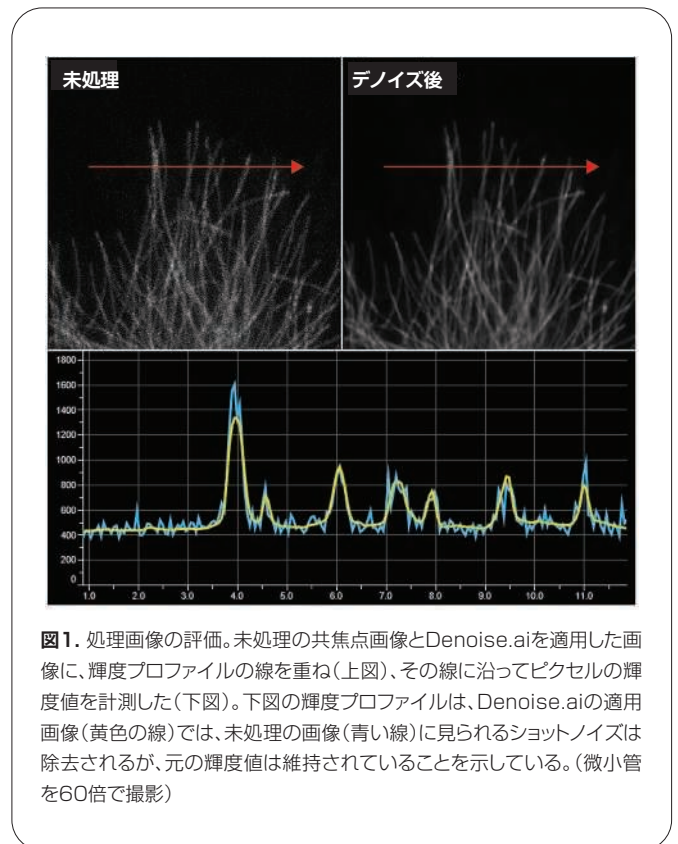


図1. 処理画像の評価。未処理の共焦点画像とDenoise.aiを適用した画像に、輝度プロファイルの線を重ね(上図)、その線に沿ってピクセルの輝度値を計測した(下図)。下図の輝度プロファイルは、Denoise.aiの適用画像(黄色の線)では、未処理の画像(青い線)に見られるショットノイズは除去されるが、元の輝度値は維持されていることを示している。(微小管を60倍で撮影)

共焦点画像からショットノイズを除去できることにより、画像取得の柔軟性が高まります(図2)。通常、共焦点イメージングではショットノイズの影響を減らすために、フレームの平均化や、画素滞留時間(pixel dwell time)を長くするなどの方法をとります。しかし、これらの方法はレーザー照射時間が長くなり、また何度もレーザーを照射することになるため、サンプルに対しては有害な影響を及ぼし、退色の原因にもなります。よって、サンプルの撮影回数が増えるほど、退色によりS/N比が低下してしまいます。

Mike Davis

Product & Technologies, Nikon Instruments Inc., Melville, NY, USA,
Eメール: mike.davis@nikon.com

APPLICATION NOTE

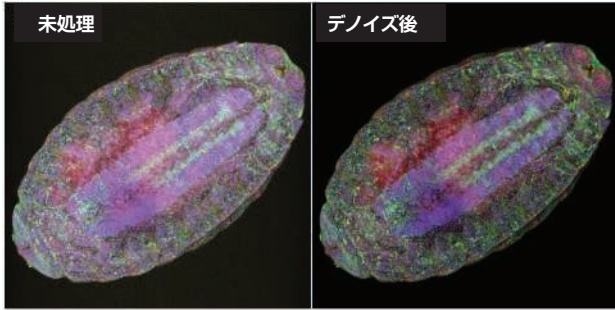


図2. 典型的な画像例。高速レゾナントスキャン撮影した共焦点画像(画素滞留時間 $0.1\mu\text{s}$ 、平均化なし)と、これにDenoise.aiを適用した画像。(ショウジョウバエの胚を20倍で撮影)

一方、AIを使用して未処理画像をデノイズした場合、平均化や画素滞留時間の調整は必要なく、一般的に画質が8倍～16倍向上します。つまり、画像生成のために必要な撮影回数やレーザー照射時間を大幅に低減できるため、サンプルへの影響を抑えられます。また、画像取得速度の向上により、高速の生命現象の観察が可能になり、多くのポイント数で観察・撮影ができるため、データ収集においても大きな利点になります。

AIは画像診断の分野で普及してきており、さまざまなアプリケーションにおいて一般的なツールになっています。従来の数学的アプローチよりも優れている点は、その速度と驚異的な精度です。一方で、AIによる結果を検証できること、またデノイズした画像を適切に画像解析に使用することが重要です。

ディープラーニングを利用してショットノイズ成分とシグナル成分を正確に区別するには、入力画像には十分なS/N比が必要となります。S/N比が十分であれば、ポワソンショットノイズは、容易に除去できるからです。

ニコンのNIS-Elementsは、画像のS/N比を測定するリアルタイムツールを提供することで、画質の評価をサポートします。このツールに従って共焦点イメージングの設定を行うことにより、デノイズの効果が最大限に得られます。また、平均化・積算・画素滞留時間などの従来の手段でS/N比を改善した画像を正解データとして用いて、Denoise.aiを適用した画像との直接比較を行うことにより、画像に含まれるノイズが確実に除去できているかを評価することもできます。

Denoise.aiによって、照明強度の低減や高速画像の取得だけでなく、ショットノイズによって大きく損なわれた画像を改善することができます。特に短時間の現象の場合は、全く画像化できないか画像を取得できるかの違いであり非常に重要なポイントです。画像が改善することによって、構造をより明瞭に観察できるだけでなく、観察対象の長時間トラッキングや、動きの速い対象の検出・観察が可能になります。

蛍光プローブが進化し、遺伝子編集の技術がさらに普及するにつれて、ラベリング量が減少し、装置にはより高速なデータ取得や照明強度の低減が求められます。AI技術を利用したこのノイズ低減技術は、出力データの画質改善に非常に有効だけでなく、その後の解析にまで大きく貢献します。