

原稿作成日： 2019 年 3 月 29 日

画像操作の制限

<教材提供>

AMED 支援「国際誌プロジェクト」 提供

無断転載を禁じます

無断転載禁止

目次

はじめに

増加傾向にある不適切な画像操作

画像操作に関する基本事項

1. 画像操作はコピー画像にのみ適用し、オリジナル画像は未操作のまま保存する
2. 画像全体に対する“単純”な補正は問題とならない
3. データの解釈に影響を与える画像のクロッピングは問題となる
4. 相互に比較する画像は同一の条件下で取得し、適用する操作も同一にする
5. 画像の特定箇所だけに適用する操作は不正と見なされる
6. 単一画像内もしくは別画像からの切り貼りは要注意
7. 非可逆圧縮の使用は避ける
8. 解像度、サイズ（ピクセル）の変更は慎重に
9. グラフ画像に関して
10. 図の形式に関して

おわりに

参考文献

はじめに

最近では、携帯電話等で撮影した写真に自動で何らかの処理を施して、好みの画像にしてくれるアプリケーションも増えています。科学研究においても、実験結果として得た画像に操作を施す場合があります。しかし、その際には、読者等に誤解を招かぬよう研究領域が定めた規定に従って、適切な画像操作と不適切な画像操作の境界を十分に理解し、最大の配慮のもと行われなくてはなりません。

科学研究の成果は、客観性と再現性を兼ね備えなくてはならず、実験画像の正しくない恣意的な操作とその発表（公開）は、科学研究の本質を歪め、科学の進展に多大なる悪影響を及ぼすからです。



例えば、主に米国の科学雑誌編集者の集まりである科学編集者評議会（Council of Science Editors）が公開する研究倫理に関する白書には、[「デジタル画像とその不適切な操作」](#)に関わる項目があります。これを読むと、画像の不適切な操作とは何か、また、それらがどのように考えられ、どのように取り扱われるかを理解することができます。また、多くの学術誌は画像操作に関する規定を設けており、論文投稿時にはその規定に従って画像操作を行ったかを確認する、あるいは申告する必要があります。

本教材では、「不適切な画像操作の背景」とともに、「不適切な画像操作」および「適切な画像操作」を理解することを目的とします。その基本的な理念は次の3つです。

- 1) 画像処理を施す以前の原画像を保持し、出版社に求められた際には提示できる。
- 2) 撮像条件と施したすべての画像処理を記録し、主要な画像処理に関しては学術論文中に明記することができる。
- 3) 学術論文に掲載する画像は原画像を正しく反映し、各研究分野で受け入れられている画像処理方法である。

学習目標

- 不適切な画像操作の背景を理解する。
 - 不適切な画像操作を理解する。
 - 適切な画像操作を理解する。
-

増加傾向にある不適切な画像操作

1990 年代後半、Photoshop 等の画像編集ソフトが一般的に使われるようになり、研究によって取得した実験画像を不正に操作するという問題が生じ始めました。実験画像の操作は、適切に行えば研究成果をアピールするのに有用ですが、不適切に行うと実験によって得られた情報を捻じ曲げてしまうという厄介な問題を生じさせます。その行為が意図的であるかないかにかかわらず、捏造・改ざん・盗用という「研究活動における不正行為」の認定につながり、科学研究の発展に多大なる負の影響を与えることになります。

The Journal of Cell Biology (JCB) の元編集長であったロスナー氏は、この問題が表面化してきた時期の JCB の内情を公開しています (Rossner 2006)。

- ・ JCB に受理された論文のおよそ 25% に、データの解釈に影響を与えないもののガイドラインに抵触する不適切な画像操作が少なくとも一つ見つかった。
- ・ JCB に受理された論文のおよそ 1% にデータの解釈を歪める不正な画像操作が見つかり論文受理を無効にしなければならなかった。

特にひとつめの事実は、論文の著書ら自身が、適切な画像操作と不適切な画像操作の境目について十分理解していない場合があることを物語っています。

また、ロスナー氏は Photoshop による画像不正の典型例を示した論文も発表しています (Rossner and Yamada 2004)、その論文では多くの不正事項例が紹介されており、論文著者のみならず読者への金字塔としても知られています。

1995 年から 2014 年までの約 20 年間で 40 の学術誌に掲載された 20,621 本の論文を対象とした調査研究では、その 3.8% の論文において「不適切な画像重複」が含まれていたことが判明しました。この調査結果は 2016 年に論文として報告されています (Bik et al. 2016)。この論文では、例えば、電気泳動のローディングコントロールのゲル画像を、異なる実験結果の画像として繰り返し使用するなどの不正行為が示されています。このような事例は 2003 年以降に多く検出されるようになりました。また、不適切な画像を使用した著者は別の論文でも不適切な画像を用いることが多いという「不正の常習性」に関する事例も示されています。こういった問題は、個人の問題だけにとどまりません。例えば、適切な画像操作と不適切な画像操作の境界を十分理解していない研究室主宰者がいる場合、指導学生等に悪しき慣習を身につけさせてしまうことになります。複数の研究者による共同研究の場合、不正が連鎖的に発生してしまうという悪しき事態に陥ってしまう可能性もあります。

こうした事情を踏まえ、多くの学術誌は論文内の画像の扱いについてさまざまな規定を設けるようになりました。以下に JCB の編集方針 から画像についての項目をいくつか抜粋します。

- ・ 画像の加工は最小限にとどめ、オリジナルデータを正確に反映していること。
- ・ 画像の中の特定の部分を、増強したり、目立たなくしたり、移動したり、取り除いたり、持ち込んだりしてはならない。
- ・ 同じゲルの異なる部分や、異なるゲル・視野の画像を並べる場合は、その境界を線などで明示すること。
- ・ 輝度、コントラスト、カラーバランスの調整は画像全体に施し、元の画像が持つ情報（背景を含む）を増強したり、消去したり、ゆがめたりしないこと。

画像操作の不正の捉え方は、研究分野や実験の種類（電気泳動ゲル画像や顕微鏡画像など）によって異なる場合もあり、また論文の投稿先の学術誌によって認識が同一でない場合もありますが、上で述べた基本的な考え方は同じです。また、学会発表や論文投稿時のみならず、ラボミーティングや共同研究の会議など、いかなる場面においても、自身が実験によって得た画像を適切に扱うことが大事であることは言及するまでもありません。

画像データは、少ないスペースで多くの情報を伝えるため、論文において非常に重要な役割を担いますが、それだけで研究の客観性を担保するものではありません。画像の作成者は、画像に対して意図的にバイアスをかけ、自分の望む結論へ恣意的に誘導することも可能です。そうした「不正な操作」を避けるため、使用ソフトウェア名や補正の数値設定など、実験画像に施した操作の詳細を論文に記載することを要求する学術誌もあります。

画像操作に関する基本事項

以下に、「画像操作に関する基本事項」を示します。画像操作により自身の実験画像がどのように変化するのかを試してみたい場合には、[JCB Data Viewer](#) を使用することをお勧めします。このサイトでは JCB に掲載された論文の元画像や画像操作を施した画像も見ることができます。

1. 画像操作はコピー画像にのみ適用し、オリジナル画像は未操作のまま保存する

オリジナル画像を無操作のまま保存することは、正しい研究行為として必須です。無操作のオリジナル画像があれば、いかなる問題が生じても、後から確認することができます。例えば、学術誌の編集委員や査読者から、オリジナル画像の提出を求められることがあります。提出が投稿時の要件になっている場合もあり、また、投稿論文に使用された画

像に不正が疑われている場合もあります。もちろん、より詳しく結果を見たいからという純粋な理由もあります。とにかく、こうした求めに応じることができるよう、オリジナル画像を無操作の状態で適切に保管しておくことが大切です。

また、実験結果をまとめる際にもオリジナル画像の保持に留意することが重要です。例えば、画像に施した操作自体には問題はなくとも、操作中に誤った状態で上書き保存をしてしまうと後から取り返しがつきません。こうした事故を防ぐため、画像操作はコピー画像のみに適用する、あるいは使用するソフトウェアによっては、オリジナル画像をレイヤーとして保持しておき、他のレイヤーに処理を重ねることも可能です。

2. 画像全体に対する「単純」な補正は問題とならない

画像全体に対して施す限り、輝度とコントラストを調整することは問題ありません。輝度とコントラストの調整では、すべてのピクセルに同じ処理が線形的に加えられます。輝度ヒストグラムを見ながら、画像内の各ピクセルが持つ輝度の最小値と最大値が表示スケールの両端に来るように輝度レベルを調整することが推奨されます。輝度の大きいピクセルまたは小さいピクセルがスケールの端に集積すると、ヒストグラムの形が変わります。このような操作を行うと、画像の明るい部分や暗い部分が見えなくなり、重要な情報の喪失につながる可能性があります（白飛びや黒つぶれなどの過度の補正は不適切と見なされます）。

ゲル画像の場合、背景の色が少し残る程度のコントラストが適切です。また、比較する画像の片方だけに輝度補正を加えるような操作、例えば蛍光染色画像で未染色のコントロール群だけ暗くするような操作や、染色群だけ明るくする操作は不正と見なされることは言うまでもありません。

一方、画像のガンマ補正では、各ピクセルに同じ処理をするわけではなく、ピクセルが持つ輝度に応じて非線形的に異なる補正をかけます。中間色を主に補正するため、色味のバランスが不適切になる可能性があるため、ガンマ補正の使用に際しては気をつける必要があります。どうしても補正をする場合は、図の説明文にガンマ値を明記すると良いでしょう。ガンマ値の設定について、他にも気をつけたいことがあります。それは、共同研究者間で PC モニターの設定を同一にすることです。複数の研究者が異なる環境で同じ画像を見た場合、例えば色の見え方が異なれば、画像の解釈や理解に齟齬が生じる可能性もあります。

画像全体に対する単純な操作であっても、画像の縦横の長さの比率を変えることはオブジェクトの本来の形を歪ませることになるため、不適切といえます。顕微鏡画像の場合には縦と横で倍率が異なることにもなります。

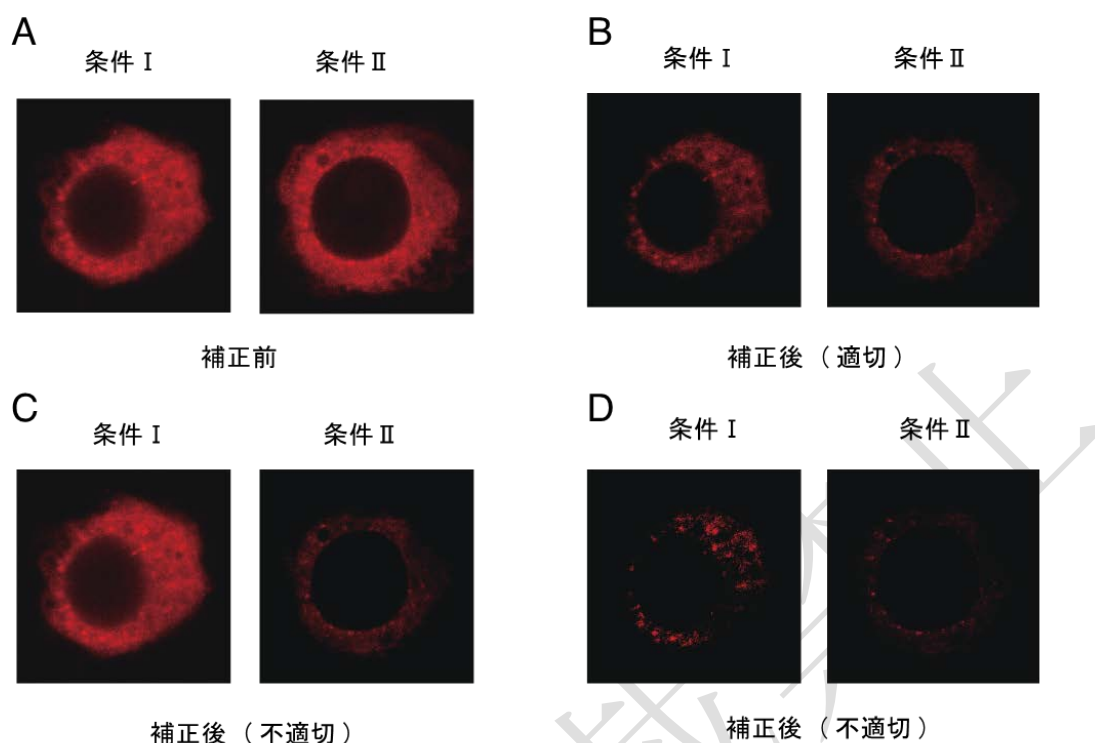


Fig.1 不適切な輝度やコントラストの補正

- A. 補正前の画像
- B. 適切な補正後の画像: 条件 I、II 共に同じだけコントラストを変更している
- C. 不適切な補正後の画像: 条件 II のみコントラストを調整している
- D. 不適切な補正後の画像: 条件 I、II とともに極端にコントラストを調整している

3. データの解釈に影響を与える画像のクロッピングは問題となる

画像の端を削るクロッピングという行為は、その理由が単なる余白の削除である場合は、基本的に問題ありません。学術誌の紙面に制約がある以上、表示領域を調整することは当然のことです。しかし、例えば顕微鏡画像で死細胞を切り離して生細胞だけを見せたり、電気泳動ゲル画像で仮説と合わないバンドを切り離したりと、自分にとって不利な結果を隠すことは「改ざん」にあたります。読者に与える情報に変更がないようにしなければなりません。

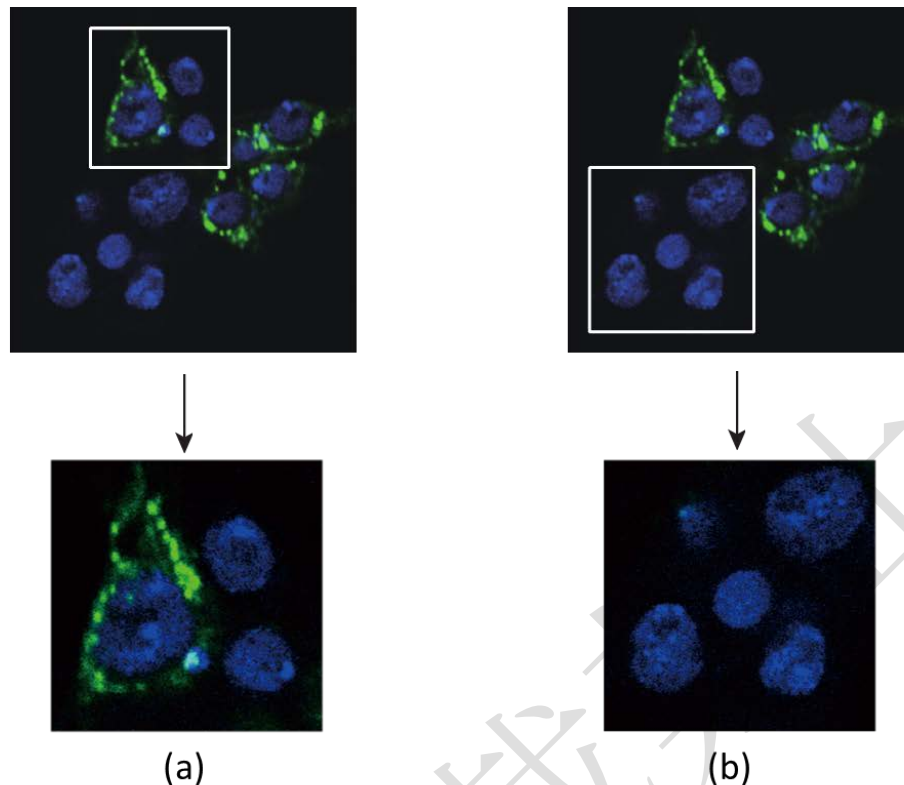


Fig.2 不適切なクロッピングの例

あるタンパク質(緑)の免疫染色画像を示した。
このタンパク質は細胞によって発現量が異なるため、(a)のようにクロッピングするのは問題ない。
しかし、(b)のようにタンパク質が発現していない細胞のみをクロッピングするのは、読者に異なった情報を与えるため、「改ざん」にあたる。

4. 相互に比較する画像は同一の条件下で取得し、適用する操作も同一にする

異なる実験条件もしくは異なる操作によって得られた画像を比較することは不適切な行為です。例として、組織切片における画像の定量評価、対照群との比較解析を考えてみましょう。ここでは染色効率があらゆる切片で同一であることを前提としています。そのため、切片厚の条件が等しく、固定方法と時間が同一で、同一試薬を用いて、同じ操作で同時に染色した切片を、同じ設定の同じ顕微鏡で撮影した画像同士を比較します。ここで、結果はほぼ同じになるだろうからと、別の実験で取得した画像を対照群の実験画像として使用することは、実験結果の捏造にあたります。また、解析の際の手順も同一であるべきです。同一条件で手に入れた画像への処理として、カラーバランスを調整し、定量したい色の輝度からバックグラウンドの輝度を減算し、数値化する領域を決定するために閾値を定め、測定領域を抽出するとします。このような画像処理は、対照群も含めて定量するすべての画像で同一にする必要があります。そうしなければ、たとえ同じ画像からであっても異なる結果を得ることができるからです。

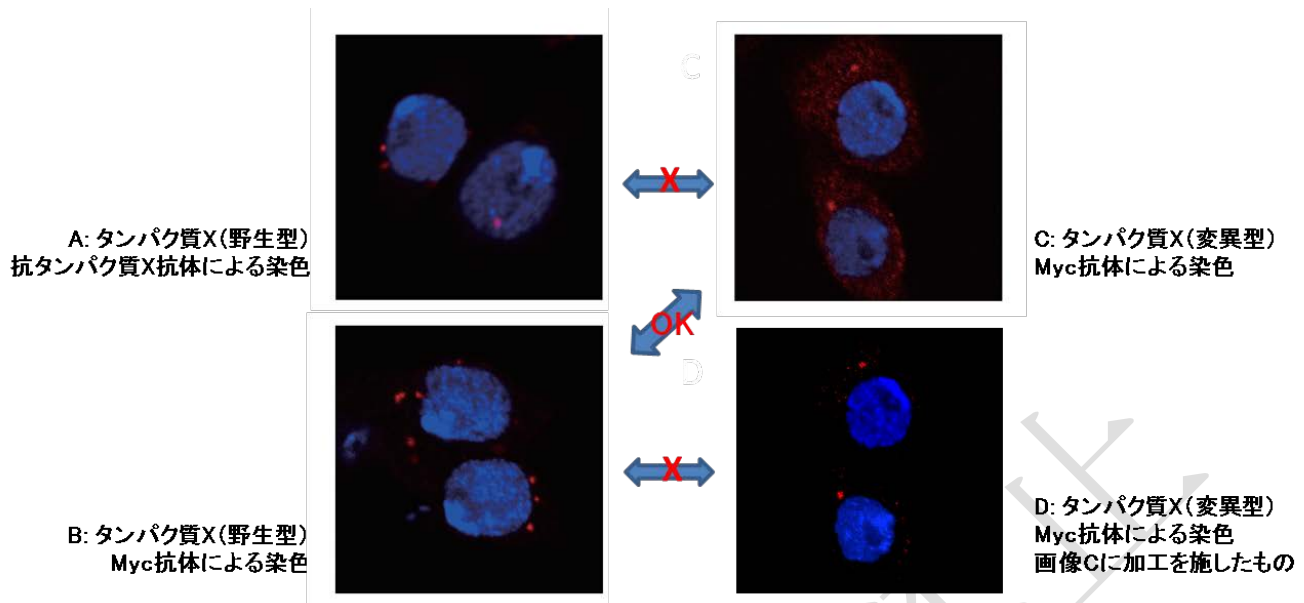


Fig.3 画像比較の適切・不適切な例

- A: タンパク質Xの細胞内局在を抗タンパク質X抗体を用いて観察した。内在性タンパク質は赤色の点として検出された。
 B: Mycタグを付加した野生型タンパク質Xを遺伝子導入によって発現し、その局在をMycタグ抗体を用いて観察した。
 C: Mycタグを付加した変異型タンパク質Xを遺伝子導入によって発現し、その局在をMycタグ抗体を用いて観察した。
 D: Cの画像の赤い点の蛍光のみ残し、それ以外の部分の赤色蛍光を抑えるために加工したもの。

染色に用いている抗体が異なる、遺伝子導入をしてタンパク質を強制発現させているなど、免疫染色の実験条件が異なるため、AとBの結果が非常に似ていたとしても、Cの対照群としてAを用いることは不適切である。Cの対照群として適切なのは、同条件で実験を行って得られた結果Bである。また、BとCの画像を顕微鏡条件で取得していることも重要なポイントである。

一方、BとDを比較すると、タンパク質Xの細胞内局在は野生型も変異体も変わらないともいえるが、Dの画像はCの画像のコントラスト補正を強く「加工」したものである。つまり、BとDには、「過度のコントラスト調整による弱いシグナルの除去」、「片方だけ加工した画像の比較」という二重の不適切さがある。

5. 画像の特定箇所だけに適用する操作は不正と見なされる

電気泳動ゲル画像の特定のバンドやレーンの濃淡を選択的に変える、蛍光染色画像の一部だけ選択的に色相を変えるとといった、画像に対する局所的な操作は不正行為です。その行為によって実際には存在しなかった実験結果が作り出されることになり、データの捏造として問われます。また、画像の特定の部分に元々存在していなかったオブジェクトを、同一画像内や別画像から切り貼りすることは捏造や改ざんにあたります。例えば、「修復ブラシ」や「コピースタンプ」ツールなどを使って、ゲル画像のバンドを追加したり消去したりすることが、その典型例です。このような画像のコントラストの変更を行うと、背景部分に違いが現れ、画像が部分的に編集されたことが分かります。また、「消しゴム」ツールで背景の一部を削除することにも問題があります。単純に画像内のノイズ等を削除したのか、それとも不都合のある部分を削除したのか、判断がつかないからです。また、著者が気づいていない、重要な意味を持つ反応を消してしまう可能性もあり得ます。

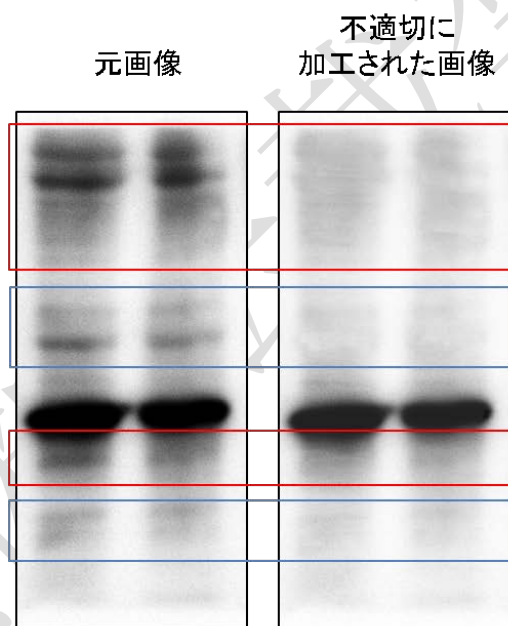


Fig.4 プロットの不適切な操作: 背景を綺麗にする

オリジナルデータの背景画像を綺麗にするために、Photoshopの「コピースタンプ」ツールを使うことがある。「不適切に加工された画像」をよく見てみると、左側のレーンにはこのツールが使われた痕跡がある。

6. 単一画像内もしくは別画像からの切り貼りは要注意

複数の画像から少しずつ持ち寄った部分を「継ぎ目なし」に結合し、一つの画像とすることは不適切な操作と見なされます。これまでにしばしば見られるのが、同じ電気泳動ゲル画像の離れたレーンを結合したり、複数の実験で得られたゲル画像を結合したりするといった操作です。この操作は、断片の境界線などを入れて、それらが別々のゲル画像から持ってきたことを明示する場合に限り、許されます。継ぎ目を示さないと、同一の実験で同時に得た結果であるかのような印象を読者に与えることになり、不適切な操作と見なされます。顕微鏡画像で、異なる視野にあった細胞を集めて、境界線無しに一つの画面として表示することも、同様に不適切な操作と見なされます。

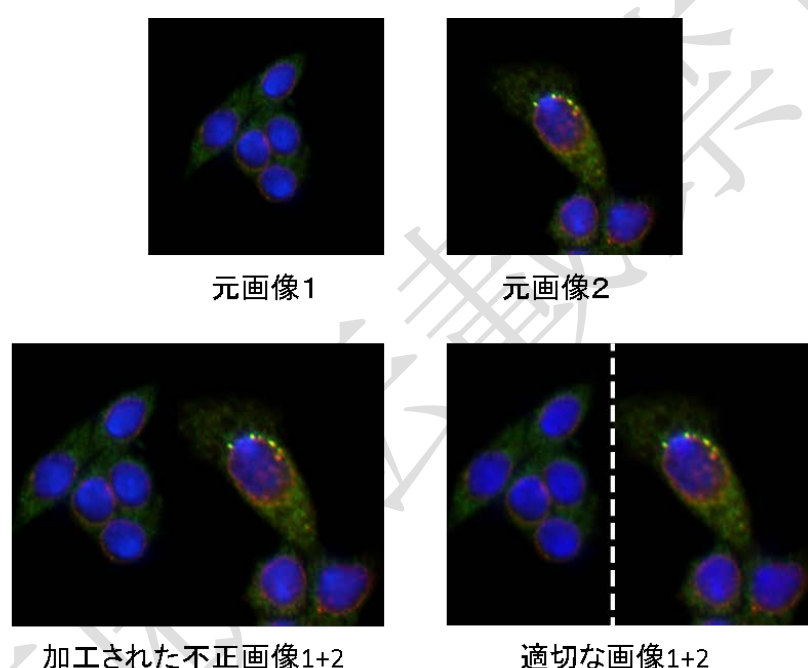


Fig. 5 結合した画像の適切な示し方

加工された不正画像1+2では、二つの元画像を結合しているにもかかわらず、その境界や区別を明らかにしていないため不適切である。一方で、適切な画像1+2では、白い破線を二つの元画像の結合境界に挿入し、別個の画像を並置していることを示している。

7. 非可逆圧縮の使用は避ける

画像ファイルのファイル形式の選択は重要です。現在、デジタルカメラ等の保存形式として JPEG 形式が一般的ですが、この形式は非可逆圧縮によってファイルサイズを圧縮しているため、圧縮時にブロックノイズが入り込む可能性があります。科学研究の画像データの保存形式として推奨されているのは TIFF 形式です。この形式ではファイルサイズが

大きくなりがちですが、JPEG 圧縮以外を選択すれば、基本的には可逆圧縮のため、画質の劣化は生じません。科学研究では画像データからさまざまな情報を読み取るので、画質は非常に重要になります。ノイズによって不適切な解釈をしてしまったり、圧縮によって重要な情報を損なったりしないように、画像は最高画質で保存することが望ましいです。論文を学術誌に投稿する際には、データの転送量の問題から、最初は小さいファイルサイズの画像（JPEG など）で送り、その後に大きいファイルサイズの画像（TIFF など）で送り直すという指定がされる場合もあります。その際は、元の画像データは保持したまま、別に投稿用の画像ファイルを保存します。

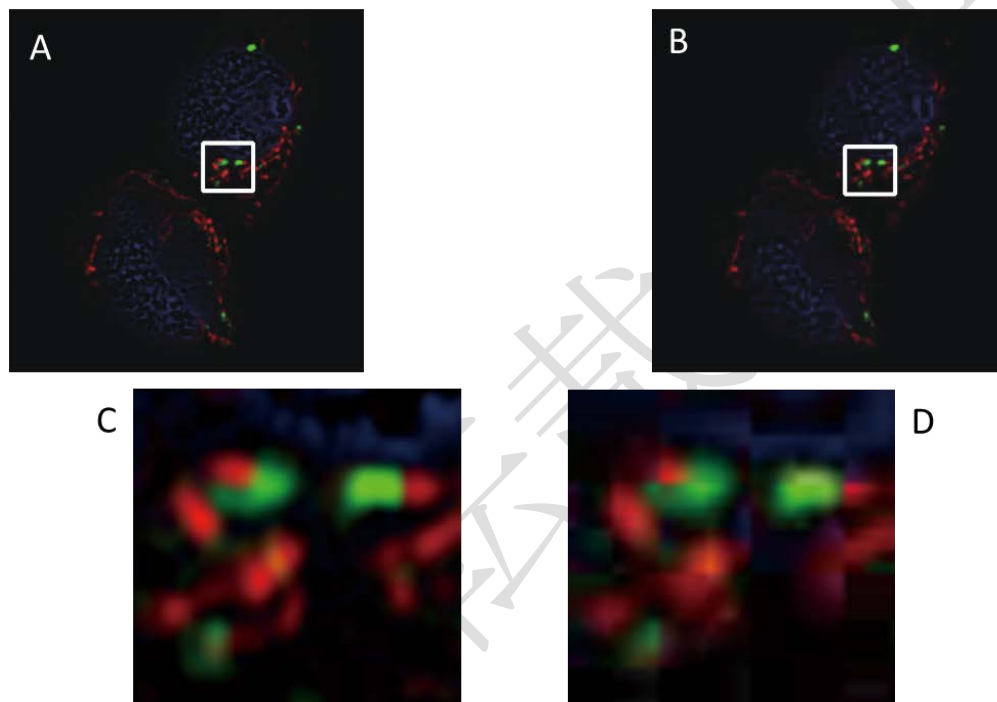


Fig.6 TIFF形式（可逆圧縮）とJPEG形式（非可逆圧縮）の違い

- A. TIFF形式で保存した画像
- B. JPEG形式で保存した画像（TIFF形式で保存した画像よりも画質が劣っている）
- C. Fig. Aの白枠の拡大図
- D. Fig. Bの白枠の拡大図

8. 解像度、サイズ（ピクセル）の変更は慎重に

科学研究では、研究対象の空間的な大きさや形が重要になるため、十分な解像度とサイズ（ピクセル数）で画像を記録する必要があります。多くの学術誌ではその規定の中で、論文に掲載する画像の解像度の制限を設けています。例えば、低解像度のぼやけた画像では研究対象の輪郭が不明瞭になり、その大きさや距離を適切に見積もることができなくなります。他方で、誌面上のスペースなど実際的な理由のために、高解像度で大きいサイズ（ピクセルが多い）の画像を小さくしたい場合があります。そのような操作は許されます

が、サイズや解像度を小さくする場合は、研究対象を適切に表示できる程度にとどめましょう。逆に、小さいサイズの画像（ピクセルが少ない）を大きくする場合は、元々なかったピクセルを追加することになるので適切ではありません。適切な大きさと解像度で表示をしたいにもかかわらず、元の画像が小さすぎる場合は、十分な大きさと解像度の画像データを撮り直す必要があります。

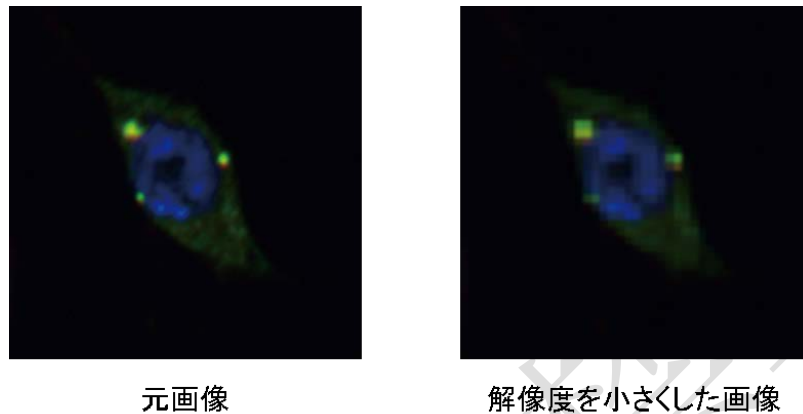


Fig.7 解像度の変更

解像度を小さくすると元画像よりも粗くなり、
反応点の識別が困難なほど、細部を見にくくなってしまう。

9. グラフ画像に関して

得られた研究データをわかりやすく表現する手段として、グラフがあります。以前は、研究者が手描きでグラフを作成しており、その際には、単なる描き間違いにとどまらない意図的な不正が行われる場合もありました。例えば、結果の精度がよく見えるようにエラーバーの長さを調整するといった行為です。今日では、コンピュータ・ソフトの発達に伴って、数値データから機械的にグラフを作成することができるようになりました。手描きによる不正を防ぐことを目的として、多くの学術誌ではソフトを用いた自動的グラフ描画が要求されています。ただし、グラフ作成ソフトにデータを手入力する際に自分の欲しいデータだけを選んで入力するなど、改ざんが行われる可能性もありますし、作成されたグラフ画像を編集ソフトで加工すること（エラーバーの位置を変えたり、データ点を削除するなど）も可能なため、ソフトによって描かれたグラフが信頼できるとは必ずしもいえません。後述するように、こうした不正を避けるためにも、グラフにデータを含んだ形式での投稿が求められています。

10. 図の形式に関して

論文で使用するグラフや図には複数の画像フォーマットがあります。JPEG や TIFF、PNG といったビットマップ画像はドットの集合として描画されており、ファイル容量の削減のため、それぞれ別の仕方で圧縮をしています。例えば、JPEG 形式ならば、画像を小さなタイルで分割し、近傍の類似した色のピクセルを同じものと見なして情報量を削減してしまうといった具合です。このようなやり方で圧縮をするため、JPEG 形式の画像を拡大すると線がぼやけたり、ギザギザに見えたりすることになります。

一方で、Adobe Illustrator や CorelDRAW といった描画ソフトの標準的な EPS 形式（ベクタフォーマット）の画像の図では拡大しても線がシャープなままになります。

ベクタフォーマットの画像では、始点と終点の座標を与え、両者を線で結ぶ形で描画します。どのような線を描くかを計算式によって指定するため、拡大縮小しても、見た目の変化はありません。そのため、学術誌によってはベクタフォーマットの画像での図の投稿が推奨されています。

ベクタフォーマットの画像として描画されたグラフが持っているこうした特徴は、研究活動において重要になります。ドットによって画像そのものを描写するのではなく、座標と計算式を指定するということは、その画像から元の実験データを復元することができる、ということでもあるのです。実際、近年ではベクタフォーマットの画像の解析で研究不正を告発された例も見られます。このように述べると、ベクタフォーマットの画像でのグラフ作成は、研究不正を発見することを目的として求められているように考えてしまうかもしれません。しかし、実験ノートなど実験結果の適切な記録との照合が可能であるという点で、ベクタフォーマットの画像の持つこうした特徴はむしろ研究者を守るためのもののなのです。

おわりに

本單元では画像操作に関する一部の事項を示しましたが、これですべてではありません。必要に応じて、学術誌の規定等で情報を補う必要があります。

学術論文の読者は、自分が見ている画像に不正な処理がなされているとは思いません。そこには研究成果の公表に関して、研究者同士の信頼関係があります。したがって、不適切なやり方で画像を用いることは、そのような科学研究の信頼性を損なう行為、背徳行為に他ならないのです。

本単元は、日本医療研究開発機構(AMED)が実施する研究公正高度化モデル開発支援事業(第一期)の「医系国際誌が規範とする研究の信頼性にかかる倫理教育プログラム」(略称: AMED 支援国際誌プロジェクト、信州大学・大阪市立大学)によって作成された教材です。作成および査読等に参加した専門家の方々の氏名は、[こちら](#)に掲載されています。

無断転載禁止

参考文献

Bik EM, Casadevall A, Fang FC. 2016. The Prevalence of Inappropriate Image Duplication in Biomedical Research Publications. *mBio* 7(3):e00809–16. DOI: 10.1128/mBio.00809–16.

Cromey DW. Digital Images Are Data: And Should Be Treated as Such. *Methods in molecular biology (Clifton, NJ)*. 2013;931:1–27. DOI: 10.1007/978-1-62703-056-4_1.

Cromey DW. Avoiding Twisted Pixels: Ethical Guidelines for the Appropriate Use and Manipulation of Scientific Digital Images. *Science and engineering ethics*. 2010;16(4):639–667. DOI: 10.1007/s11948-010-9201-y.

Juliano da Silva Ignacio, Sidnei Jose Buso, Waldemar Alfredo Monteiro, PROCESSING AND ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES: HOW TO ENSURE THE QUALITY OF DATA CAPTURED? *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering*, Vol.2, No.2, May 2013.

Mike Rossner, Kenneth M. Yamada
What's in a picture? The temptation of image manipulation
J Cell Biol Jul 2004, 166 (1) 11–15; DOI: 10.1083/jcb.200406019

Mike Blatt, Cathie Martin, Manipulation and Misconduct in the Handling of Image Data, *Plant Physiology*, September 2013, Vol. 163, pp. 3–4; DOI: 10.1104/pp.113.900471

Rossner, M. How to Guard Against Image Fraud, *The Scientist*, March 1, 2006
<http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/23749/title/How-to-Guard-Against-Image-Fraud/>

JCB Data Viewer
<http://jcb-dataviewer.rupress.org>