



**** G&E誌 Best Paper Award 受賞者の言葉 ****

Genes & Environment Best Paper Award 受賞によせて

神奈川工科大学
応用化学科
環境科学技術研究所
教授 高村 岳樹

このたび、私たちの論文「Application of image-recognition techniques to automated micronucleus detection in the in vitro micronucleus assay」が、栄誉あるGenes & Environment Best Paper Awardを受賞いたしましたこと、研究チーム一同、心より光栄に存じます。本賞の受賞は、遺伝毒性試験の客観性向上と効率化への挑戦が、学会によって認められた証であると深く感謝しております。

医薬品、農薬、化学物質など、私たちの生活を取り巻く様々な物質の安全性評価において、「遺伝毒性試験」は極めて重要な初期スクリーニングの一つです。特に、染色体構造異常や数値的異常を検出するin vitro小核アッセイは、国際的なガイドライン（OECD TG 487など）にも採用されている基幹的な試験法です。

しかし、この小核アッセイには長年の課題が存在していました。小核の検出は、蛍光染色した細胞のスライド標本を、熟練した専門家が顕微鏡下で目視観察し、細胞一つ一つを評価するという、非常に手間と時間のかかる作業でした。

物質の評価には通常、数千個の細胞を観察する必要があり、試験実施者の集中力と時間を著しく消費します。特に多数の候補物質を扱う初期開発段階では、このボトルネックが深刻でした。

また小核の判定基準は詳細に定められているものの、細胞の形態異常やアーティファクトとの判別、細胞質の境界線判断など、最終的な判断には個々の観察者の経験や主観が介入する余地が避けられず、施設間や観察者間での判定のばらつき（変動性）を生む要因となっていました。

さらに、近年、安全性評価への社会的な要求が高まる中で、より迅速かつ客観的で、再現性の高いデータが求められており、従来の目視評価手法では限界を迎えつつありました。

私たちは、この課題を打破するために、近年急速な発展を遂げている画像認識技術の応用に着目し、小核の自動検出を可能にするアルゴリズムを開発することで、試験の効率化と精度向上を目指しました。

本アルゴリズムでは、まずアクリジンオレンジで染色された細胞画像を取得し、カラー画像として取り込みます。次に、この画像をRGBの3つのチャンネルに分離します。緑（G）チャンネルは核およびマイクロ核の検出に使用され、赤（R）と緑（G）を合成した画像は細胞質の認識に用いられます。

Gチャンネル画像はスケール処理を施すことで、核とマイクロ核を抽出します。マイクロ核は主核とは独立した小さな構造として認識され、細胞質と重なっているかどうかを判定することで、小核含有細胞かどうかを分類します。

分類された細胞は、マイクロ核含有細胞数と総細胞数としてソフトウェア上に自動的に表示されます。さらに、ユーザーはしきい値の設定、ノイズ除去、2値化などの画像処理パラメータをGUI上で簡単に調整することができ、染色条件や画像品質に応じた柔軟な最適化が可能となっています。

本研究で開発された画像認識アルゴリズムは、従来の手動による小核検出と比較して、同等の精度を維持しながら作業効率を大幅に向上させることができました。特に、細胞質と小核の重なりを判定する手法は、小核含有細胞の自動分類において有効であり、画像処理技術の応用が遺伝毒性試験において実用的であることを示しています。

また、ユーザーがパラメータを柔軟に調整できる設計により、染色条件や画像品質のばらつきに対応可能である点も、本ア

ルゴリズムの強みといえます。これにより、異なる実験環境下でも安定した検出性能を維持できる可能性が高く、実験者の技術的負担を軽減することが期待されます。

今後は、本アルゴリズムのさらなる精度向上と汎用性の拡張を目指し、以下の点に取り組む必要があります。まず、ディープラーニングを活用した構造認識の導入により、より複雑な細胞構造や微細なミクロ核の検出が可能になると考えられます。また、異なる染色法や細胞種への対応を進めることで、より広範な毒性試験への応用が可能となります。

さらに、クラウドベースの解析環境や自動レポート生成機能を統合することで、研究者や企業の試験業務の効率化を一層促進できるでしょう。将来的には、規制機関が求める標準化された試験プロトコルへの適合も視野に入れ、実用化に向けた検証と改良を継続していくことが重要です。

本論文が、遺伝毒性研究の専門誌である『Genes & Environment』のBest Paper Awardに選出されたことは、本技術が遺伝毒性学の未来を形作る上で重要な貢献となり得ることを示唆していると考えています。これは、単なる技術開発の成功ではなく、伝統的な生物学的アッセイと最先端のAI技術が融合することで、安全性評価のパラダイムシフトが起こりうるというメッセージです。

この栄誉は、私たちの研究活動を多方面から支えてくださった皆様のご協力の賜物です。論文を厳正にご審査いただいた『Genes & Environment』誌の編集委員および査読者の皆様には、本研究の本質的な価値を見出していただき、また建設的なご意見で論文の完成度を高めていただいたことに対し、深く御礼申し上げます。

今回の受賞を、私たちは単なる終着点とは捉えておりません。この自動検出技術は、まだ発展途上にあります。今後は、以下の目標に向け、研究開発をさらに加速させてまいります。

現在のシステムを、異なる細胞株、異なる染色プロトコルにも容易に適用できるよう、システムのロバスト性（頑健性）を向上させます。

さらに小核検出だけでなく、アポトーシス、壊死、細胞周期解析といった、*in vitro*小核アッセイで同時に評価されるべき他のエンドポイントについても、AIによる自動評価機能を統合し、包括的な細胞毒性評価プラットフォームへと発展させます。開発した技術が、国内外の製薬企業やCRO（受託研究機関）の標準的な評価ツールとして広く利用されるよう、技術の普及と産業界との連携を強化してまいります。

環境変異原ゲノム学の研究は、私たちの健康と環境を守る「盾」としての役割を担っています。私たちは、最先端の技術を駆使し、より安全で持続可能な社会の実現に貢献できるよう、一層の努力を続けていく所存です。

改めて、今回の素晴らしい賞に感謝申し上げますとともに、読者の皆様の今後のご健勝とご活躍を心よりお祈り申し上げます。
