

ホワイトペーパー

シャーレに代わる3Dカメラ：  
ライトフィールドカメラが  
がん研究に革命をもたらす



ドイツ・キールに拠点を置く Raytrix GmbH は、単眼式 4D ライトフィールドカメラに基づく方法を開発し、がんの分析をよりの確に行えるようにしました。これにより、創薬の最適化や患者の回復率向上に貢献しています。Teledyne 社のカメラは、がんとの闘いにおいて重要な役割を果たしています。

個別化がん医療は診断や創薬に極めて高い要求を課します。しかし、従来の 2D 細胞培養を用いた前臨床試験は、新薬の有効性について信頼できる情報を提供できないことが多くありました。近年注目される「3D ミニ臓器（オルガノイド）」は、人間の腫瘍の構造や機能をより正確に再現できるため、新薬開発における予測精度を向上させます。

ただし、3D 構造には 3D 解析が必要です。ここで次の壁が立ちはだかります。従来の共焦点顕微鏡やレーザー光切片法は、処理速度が遅く、操作が複雑で、個別化医療に必要な大量サンプル解析には適していません。

Raytrix GmbH の CEO、Dr. Lennart Wietzke 氏は次のように説明しています。「細胞培養で有効性が確認された薬の候補のうち、10 件中 9 件は臨床試験で失敗します。個別化医療では“患者ごとに最適な薬を見つける”ことが求められるため、この問題はさらに深刻化します。適切な解析方法がなければ、研究投資の多くは患者にとって無駄になってしまいます。その割合は世界的な医学誌 The Lancet の評価によれば 85%にも上ります。」Wietzke 氏によれば、オルガノイドは個別化医療において有望ですが、既存の 3D 顕微鏡は用途に適していません。「当社の 4D ライトフィールドカメラは、可動部なしでオルガノイドをリアルタイムに体積イメージングできます。さらに高スループットで、最大 36 倍の被写界深度を実現します。」

## 革新的なワンショット 4D イメージング技術

4D ライトフィールドカメラ開発の契機は、ドイツ・ハイルバート・ハイリゲンシュタットの生物プロセス・分析計測技術研究所 (iba) にありました。研究者たちは、生きた 3D 細胞培養を迅速に三次元で解析する新しい方法を模索しており、その際に Raytrix の技術に出会いました。

キールのライトフィールドカメラ専門企業である Raytrix は、しばしばユーザーと共同でソリューションを開発しています。iba との緊密な協力を通じて、個別化医療におけるライトフィールド技術の可能性を示すシステムを生み出しました。

Wietzke 氏はこう振り返ります。

「私たちの答えは 4D ライトフィールドカメラです。これは標準的な画像とシーンの奥行き情報を同時に取得できる革新的な 3D カメラです。単一のレンズを通した 1 回の撮影だけで、構造化照明システムを必要とせず、計測可能な 3D 情報を得ることができます。」

## ソリューションの基盤となるライトフィールドトモグラフィー

Wietzke 氏は、Raytrix 技術の基盤となるライトフィールドについて次のように説明します。

「ライトフィールドは、シーンを通るすべての光線を物理的に記述するもので、4 つのパラメータで特徴づけられます。2 つは光線がセンサー平面上に当たる位置を、残りの 2 つは空間内での方向を表します。この 4 次元の情報をワンショットで取得できるため、“4D ライトフィールド”と呼ばれています。」

この仕組みは、イメージセンサー上に直接配置された特別なマイクロレンズアレイによって可能となりま

す。入射光を数千の小さな部分画像に分割し、それぞれの画像がシーンの異なる視点を提供します。このデータからソフトウェアが、焦点面を変えられる 2D 画像や完全な計測 3D 情報を再構成します。

評価の段階で Raytrix のライトフィールド技術の真価が発揮されます。記録された 4D ライトフィールドは、可変焦点の 2D 画像だけでなく、物体が空間のどこに位置していても完全な 3D データセットを生成できます。そのため、古典的な焦点面から外れた腫瘍細胞でも撮影後に正確に測定・解析することができ、生きた 3D 細胞構造を持つ培養に特に適しています。

また、特許取得済みのマイクロレンズアレイは、従来顕微鏡と比べて最大 36 倍の被写界深度を実現します。機械的な再フォーカスを必要とせず、単一の画像で全ての情報を取得できます。

さらに、Raytrix は NVIDIA の CUDA プラットフォームを活用し、26 メガレイの解像度を持つ 150 枚の生データを毎秒処理して、150 枚の高精細な 2D・3D 画像を生成します。GPU の一般計算ユニットで浮動小数演算を行うため、AI 用途の専用演算ユニットを空けておける点も強みです。これにより、イメージ処理と AI 解析を同時に行っても互いに処理を妨げることはありません。

## 技術パートナーとしての Teledyne

このような革新的な 4D ライトフィールドカメラシステムにおいて、使用するカメラは決定的な役割を果たします。そのため Raytrix は長年にわたり Teledyne のマシンビジョンカメラを採用してきました。

Wietzke 氏はこう述べています。

「私たちは 15 年前、特殊ディスプレイガラスパネルの高速 3D インライン検査用に、Teledyne のラインスキャンカメラをベースにした初の 4D ライトフィールドラインスキャンカメラを開発・発売しました。それ以来、Teledyne は迅速で柔軟かつプロフェッショナルな協力で、常に私たちを驚かせてきました。」

Teledyne の大きな強みは、すべての主要なカメラ技術を自社で提供している点にあります。エリアスキャン・ラインスキャン、UV・可視光・SWIR・マルチスペクトル、速度要件の違い、大型・小型センサーなど、あらゆる要求に対応できます。さらに自社でイメージセンサーを製造している唯一のカメラメーカーであるため、顧客のニーズに柔軟に対応可能です。

## 広がる応用分野

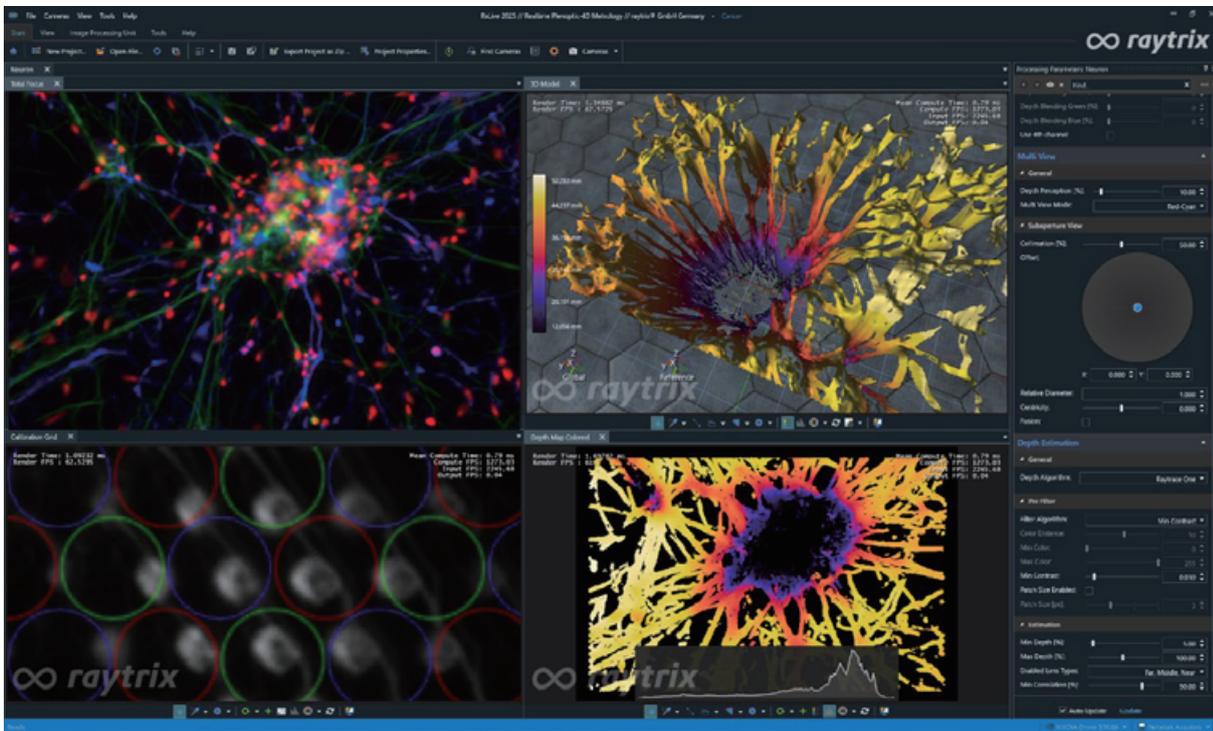
Raytrix のソリューションは、細胞治療の 2 つの重要な課題を解決します。1 つは創薬段階で薬の有効性をより信頼性高く評価できること、もう 1 つは創薬やがん治療におけるコスト効率を大幅に改善することです。Raytrix と Teledyne の緊密な協力は、最新の 3D 細胞モデル解析に対応したスケーラブルなシステムを実現し、個別化がん医療の進展を支えています。

さらに、Raytrix はライトフィールド技術をさまざまな分野に展開しています。例として、3D 流体計測 (PIV, PTV)、ライフサイエンスにおける 3D 表現型解析、半導体部品 (フォトマスク、TGV、MEMS スキャナ、PCB 多層基板) の検査、産業用自動光学検査、3D 内視鏡などが挙げられます。

がん研究システムにおいては主に 1 インチセンサーのカメラを使用し、コストと画質のバランスを取りながら高精細な画像を提供していますが、必要に応じて最大 67 メガピクセルのセンサーを備えたカメラも提供可能です。

「私たちは長年の経験から、4D ライトフィールド技術で実現可能なこと、そしてセンサー・光学系・照明・ソフトウェアの最適な組み合わせを感覚的に把握しています。どのような用途であっても、Teledyne の

カメラと Raytrix のライトフィールド技術の組み合わせにより、非常に強力かつスケーラブルかつ柔軟なシステムを実現できます。」



画像は撮影後でもリフォーカスが可能であり、治療前後の腫瘍細胞を最適に観察できます。



Raytrix の 4D ライトフィールドカメラシステムは、がんの分析を高度化し、創薬を最適化し、患者の回復の可能性を高めます。