

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

# AIによる精子評価システムを開発

医療現場のパソコンからクラウド接続なしで、リアルタイム精子評価が可能に！

## 本研究のポイント

- 精子の総合的な特徴と動きの情報を同時に学習するアルゴリズムを実現
- 院内パソコンでリアルタイム評価が可能なアプリを開発
- AIによる精子評価システムの高速化・高精度化に成功

## 【研究概要】

横浜国立大学工学研究院の濱上知樹教授、同研究室の大学院生中川勇人さん（R6.3 修了）、古菅翔生さん、児玉憲武さん、横浜市立大学附属市民総合医療センター 生殖医療センター部長湯村 寧診療教授らの研究グループは、男性不妊治療に必要な精子評価作業を人工知能（AI）で支援するシステムの開発を進めています。今回開発した新たな AI アルゴリズムにより、精子評価の精度向上に成功するとともに、クラウド接続なしで病院内のパソコンで高速に動作するシステムを実現しました。

## 【社会的な背景】

男性不妊の中でも無精子症の症例は、全体の 2-16%を占めると言われています。その治療法として、精巣内精子採取術（Testicular Sperm Extraction: TESE）が広く知られていますが、精子回収には限られた時間内で有望な精子を見つけ出す高度な細胞識別能力が求められます。この専門的な技術を有する胚培養士の負担は非常に大きく、成功率を向上させるために AI を活用した精子探索・評価の支援技術が強く求められています。AI による支援は多くの計算資源を必要とするため、クラウド上の計算資源が利用されることが多いですが、医療情報を院外で処理することには高いハードルがあり、院内でのリアルタイム処理が可能なシステムが求められていました。

## 【研究成果】

本研究グループでは、すでにクラウドの計算資源を利用した大規模な精子データの収集とディープラーニングによる学習を実現してきました（2021/6/11 [生殖医療支援AIクラウドシステムを開発](#)）。しかし、顕微鏡の映像をクラウド経由でリアルタイムに評価することは困難でした。また、病院内のデータをクラウドで取り扱うことにはリスクも伴いました。そこで、本研究では、これまで開発してきたシステムを基に高精度化とリアルタイム化を図り、病院内のパソコンで利用できるシステムを開発しました。具体的には、精子の形状の特徴とその関係性を抽出する学習アルゴリズムを開発し、その特徴抽出器と損失関数を徹底的に評価し、動き情報の追加によって精度を向上させました。さらに、カメラからの映像をリアルタイム・高精度に動画追尾処理するための軽量化にも成功しました。本研究の成果の一部は、2024年8月23日に IEEE Access に公開されました。

## 【実験手法】

本研究では、独自に作成した精子グレード分布データセット「MERSV (Multi-Expert Rated Sperm Video) Dataset」を用いて開発を行っています。このデータセットは、顕微鏡下で撮影された 615 本の動画 (11392 × 976、15fps) に含まれる精子領域 (150×150) すべてに対し、40 人の胚培養士による延べ 24,533 ケースの評価を集めたものです (図 1 参照)。グレード分布推定モデルの Backbone に相当する部分には、動きと形態の両方の特徴を捉えるため、TimeSFormer の事前学習済みモデルを使用しました。また、グレードクラス間の順序関係を考慮できる Earth Mover's Distance (EMD) を損失関数として用いて Fine-tuning を行いました (図 2 参照)。さらに、パソコンでリアルタイム予測が可能なパラメータサイズまで軽量化するため、他のモデル (ResNet、R(2+1)D、SlowFast) や損失関数 (EMD、MSE、JSD、CE、HI、Macro HI、Macro F1) との比較検討を行い、精度と軽量化のバランスを評価しました。

その結果、TimeSFormer が ResNet、R(2+1)D、SlowFast に対してすべての評価指標で上回り、また EMD が平均指標の平均順位で他の損失関数を上回ることが明らかになりました。さらに、モデルサイズの比較を行った結果、TimeSFormer-Small が予測精度と速度の両面で最も実用的であることが確認され、従来システムと比較して MSE が  $0.1 \times 10^{-2}$ 、グレード分布精度が 1.17%、グレードモード精度が 3.41% 向上しました。

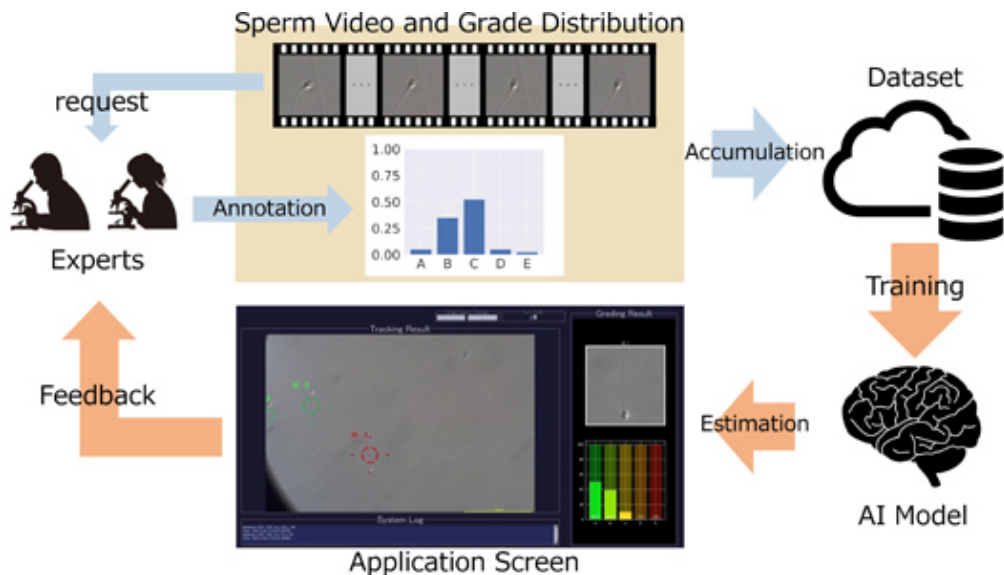


図 1 MERSV で学習された AI による精子評価システム

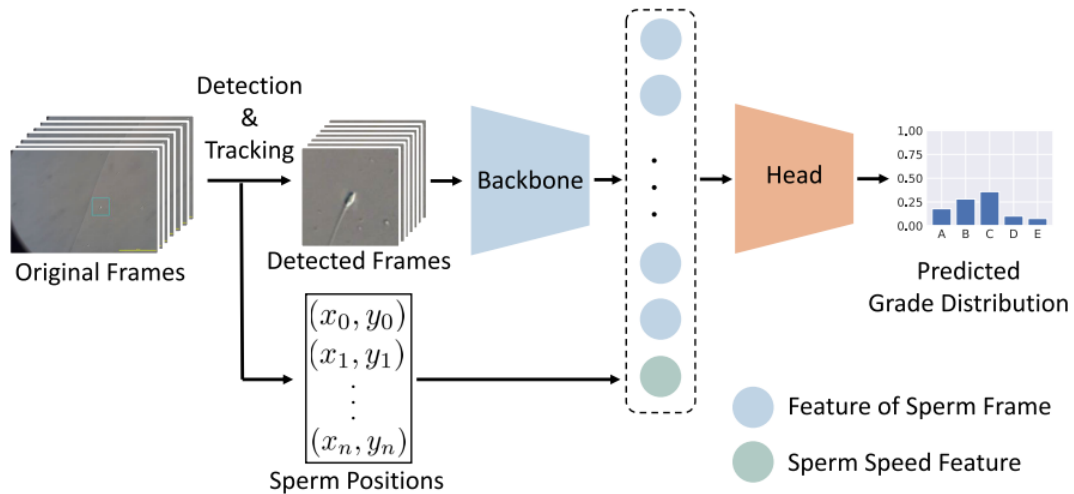


図2 精子評価のための特徴・動き学習

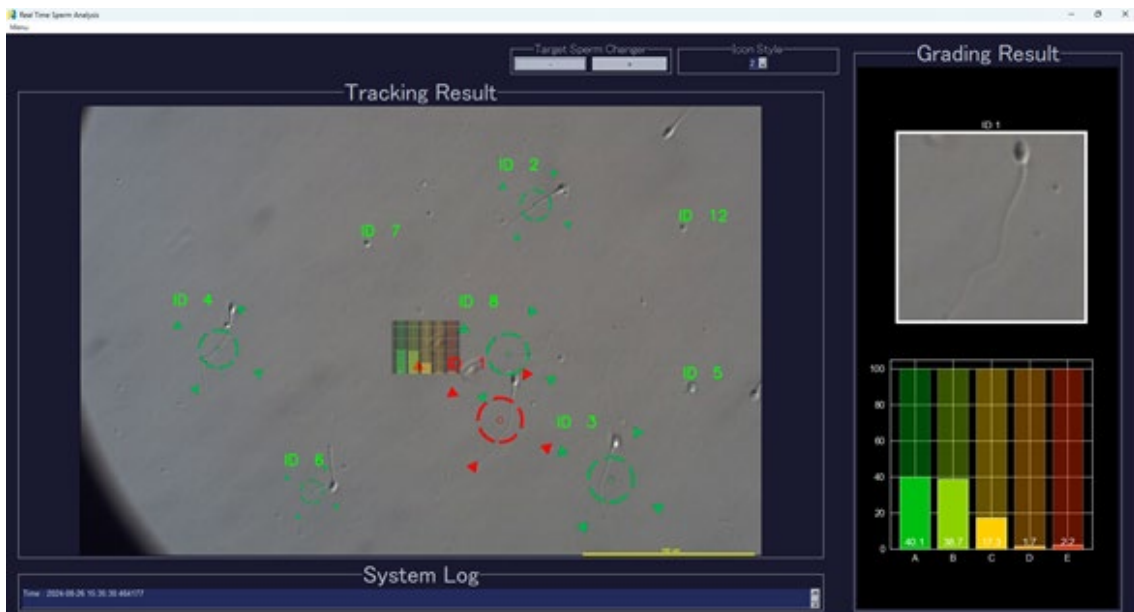


図3 リアルタイム精子評価 PC アプリケーション

**【今後の展開】**

このシステムの実用化により、男性不妊治療における受精率の向上、患者の費用負担の軽減、胚培養士の負担軽減、さらに熟練した胚培養士の技術伝承への活用が期待されます。また、生殖補助医療分野において、特に精子の選別・探索や男性不妊症検査の高度化に大きく貢献するとともに、他の医用画像を対象とした研究への波及効果も期待できます。

<論文タイトル>

“Estimation of Multi-Expert Sperm Assessments Using Video Recognition Based Model Trained by EMD Loss” DOI:10.1109/ACCESS.2024.3443179

本件に関するお問い合わせ先

横浜国立大学 大学院工学研究院 教授 濱上 知樹

TEL: 045-339-4108 E-mail: hamagami@ynu.ac.jp