

# スマートフォンを モバイルヘルスケアツールに転換する

ジャスティン・マーフィー

ハイパースペクトルイメージング手法をAIベースのアルゴリズムで補完すれば、ヘルスケアは、スマートフォンの可能性を広げる分野となる。

米パデュー大 (Purdue University) の研究者らは、従来のハイパースペクトルシステムよりも迅速かつ正確に健康状態を検出および診断するための、学習ベースの空間スペクトルイメージングプロセスを開発した。

「学習ベースのわれわれの手法は、ハイパースペクトルラーニングを活用する。これにより、スマートフォンカメラを使用して取得した赤、緑、青 (RGB) の色値からスペクトル情報を復元することが可能になる」と、パデュー大のウェルドン生物医工学大学院 (Weldon School of Biomedical Engineering) の教授で研究副責任者を務めるヨン・キム氏 (Young Kim) は述べた。

## 課題に対処する

スマートフォンカメラは、写真の中の各ピクセルのRGB波長しか捉えることができないため、医療用途への適用には限界がある。しかし、ハイパースペクトルイメージングを使用すれば、各ピクセルの中の可視光の全波長を捉えることができる。スペクトル全体にわたる明確で詳細な画像を生成することが可能な、ハイパースペクトルイメージングは、肌状態や潜在的ながん細胞といった疾患の検出に最適である。

ハイパースペクトルシステムを単体で使用する場合の課題は、処理が遅く、サイズが大きく、運用にコストがかかることである。また、空間分解能とスペクトル分解能の間の基本的なトレ

ドオフや、データ取得速度が遅いという問題もある。「データ取得が本質的に遅いことがボトルネックとなっている。大量のハイパースペクトル画像データを瞬時に取得することは不可能だった。その結果、スナップショット型のハイパースペクトルイメージングシステムや手法はこれまで、複雑で大型の装置に大きく依存していた。そうしたアプローチには基本的に限界がある」と、キム教授は述べた。

ハイパースペクトルイメージング手法に、スマートフォンカメラの多数のセンサ、安価な運用、複数の画像をわずかで数秒で生成する能力を組み合わせれば、その処理を高速化して、より経済的にすることができる。また、最終



mHealthの1つの潜在的アプリケーションは、非侵襲で血中ヘモグロビンと酸素飽和度の定量化を行うものである。簡単にアクセスできるまぶたの内側 (眼瞼結膜) を、測定場所 (挿入図参照) として使用する (写真提供: パデュー大ユヒョン・ジ氏 [Yuhyun Ji])

的には、1~2nmという科学用分光器にほぼ匹敵するスペクトル分解能が得られる。

パデュー大のチームのアプローチをさらに強化するのが、スマートフォンで撮影した写真からのRGB値を、ハイパースペクトル画像データ(ハイパーキューブとも呼ばれる)に瞬時に変換する、機械学習ベースのモデルとアルゴリズムである。

「われわれの発想は、写真は単なる絵ではなく、そこにはハイパースペクトル情報が豊富に含まれているという概念に基づいている。われわれの学習ベースのアプローチは、機械学習(統計またはディープラーニング)によってハードウェアの複雑さを最小限に抑えることで、市販のスマートフォンを使用してハイパースペクトルイメージングの可能性を広げることが可能であることを示す例である」と、キム教授は述べた。

## アプローチをテストする

パデュー大のチームが特許出願中のモバイルヘルス(mHealth)のアプローチと技術を使用する、複数の研究が進行中である。例えば、学齢児童を対象としたマラリアの診断や管理の改善を目指す取り組みがある。その目的は、マラリアなどの疾病を患っていたり、そのリスクを抱えていたりする患者と向き合う、地域の医療従事者や医療機関に、力を与えることである。マラリアは、特にサブサハラアフリカ地域において子供の主要死因の1つで、推定2億人の子供が、マラリア感染のリスクにさらされている。

「このプロジェクトは、学齢児童に対してmHealthを使用した大規模なマラリア診断と治療を提供するだけでなく、患者レベルのデータのデジタル報

告と収集をも可能にする」と、キム教授は述べた。

同チームの研究は、血中ヘモグロビンの測定も対象としている。ヘモグロビンとは、酸素を臓器や組織に運ぶ、赤血球に含まれるタンパク質である。臓器や組織からの二酸化炭素を肺に運ぶ役割も担う。

「この研究が成功裏に完了すれば、血中ヘモグロビン濃度を正確に予測するmHealthアプリケーションの開発につながる。予測値と測定値は、スマートフォンカメラを使用して完全自動方式で撮影した、まぶた内側のデジタル写真から収集される」と、キム教授は述べた。(図参照)。

研究者らは、追加の接続機器を必要としない、「インフォームドラーニング」のアプローチを活用している。「このモバイルヘルスアプリケーションは、低リソース環境において既存の電子健康記録システムに完全に統合することができる」と、キム教授は述べた。

パデュー大のチームは現在、このハイパースペクトルラーニングのアプローチを、子宮頸部の膣鏡診(がんなどの異常細胞や、その他の健康状態を画像化する処理)や、網膜基底部(眼球の水晶体と反対側の内側表面)のイメージングに適用できるかの可能性を検討している。

## その他の可能性

ハイパースペクトルラーニングは、スマートフォンで現在提供されている、超低速の録画機能を利用した、超高速の動的イメージングを可能にする。新しい機種スマートフォンならば、最大で毎秒960~1920フレームという、大半の科学用カメラよりもさらに高速な速度で、スローモーション動画を撮影することができる。

キム教授の説明によると、スマートフォンの動画は、時系列の複数のRGB画像で構成されており、個々のフレームがRGB画像であるという。学習アルゴリズムのトレーニングを行った後で、これらを、体内の臓器や組織の中の血液の流れを示す、血行動態動画に変換できる可能性がある。

「0.001秒という前例のない時間分解能による高速イメージングを既に実証済みだ。これはわれわれの知る限り、世界最速の血行動態イメージングである」と、キム教授は述べた。

## メリットを最大化する

ますます増加する潜在的アプリケーションに加えて、この学習ベースの空間スペクトルイメージングのアプローチには、ハードウェアがシンプルであること、時間分解能が高いこと、空間分解能とスペクトル分解能の間の既知のトレードオフが存在しないこと、というメリットがあると、同チームは述べている。

「追加のアクセサリや大きなコンポーネントをスマートフォンに接続する必要がある、数多くのmHealthアプリケーションを、これまで目にしてきた。われわれの手法は、スマートフォンに搭載されているカメラを利用できる。この技術は、現在の標準治療の品質を最大限に高めて、モバイルヘルスソリューションのハードウェアの複雑さを最小限に抑えることにより、迅速でスケラブルな適応を可能にする、モビリティ、シンプル性、手頃な価格を提供できる可能性がある」と、キム教授は述べた。

この技術はさらに、リソースが限られた環境や自宅環境においてモバイルヘルスを実装するための道を切り拓く可能性さえ秘めている。