

視線パターンから AI で認知症の原因疾患を鑑別する診断支援ツールを開発

200 枚の日常生活シーン画像に対する認知症患者と健常者の視線パターンを計測し、体系的な解析・比較を行ったところ、二つの認知症原因疾患にそれぞれ固有の視線パターン変化を発見しました。これらの視線パターン変化から、AI で認知症原因疾患を高精度に検出・鑑別する診断支援ツールを開発しました。

何に注意を向け、何を見るか——視線パターンは、物体の認識や記憶、言語理解に及ぶ多様な日常の活動で重要な役割を果たします。認知症においても、注意機能低下に伴う視線パターンの変化が報告されています。しかし、これらの研究では、視覚刺激として主に円などの単純な幾何学図形が使われており、日常生活シーンを対象としたものではありませんでした。

本研究では、200 枚の日常生活シーン画像を用い、認知症の主たる原因疾患であるアルツハイマー型認知症とレビー小体型認知症の認知症例と健常例の視線パターンを計測し、体系的に解析・比較しました。その結果、原因疾患に応じた二つの固有の視線パターン変化を世界で初めて発見しました。一つ目は、いずれの認知症例とも健常例と比較して、シーン中の少数の場所を見る傾向が強くなり、視覚的な探索の程度が減少しましたが、この減少の程度は、アルツハイマー型認知症例では認知機能低下と、レビー小体型認知症例では運動機能低下と、それぞれ相関していました。二つ目は、アルツハイマー型認知症例では文字や標識等の視覚提示物への注意が減少することで、レビー小体型認知症例では画像中心を見る程度が増加することで、いずれも人や物体を見る程度が減少しました。

さらに、これらの視線パターン変化を学習させた AI モデルによって、二つの認知症を高精度に検出・鑑別できるツールを開発しました。自由に画像を見るだけという簡便さは、重度の認知症例や異なる言語圏でも適用でき、認知症の早期発見・早期介入対策の一助となると期待されます。

研究代表者

筑波大学 医学医療系

新井 哲明 教授

研究の背景

何に注意を向け、何を見るか、その視線パターンは物体認識や記憶、言語理解に及ぶ多様な日常生活の活動において重要な役割を果たすことが分かっています。これまでも自閉症スペクトラム障害などの発達障害や、認知症、パーキンソン病といった神経変性疾患などさまざまな疾患について、疾患特有の視線パターンの変化や、これらの特徴を用いた簡便な診断支援ツールが報告されてきました。同様に、認知症の主たる原因疾患であるアルツハイマー型認知症とレビー小体型認知症においても、注意機能低下に伴う視線パターンの変化が報告されています。しかし、これまでの研究では、主として、円などの単純な幾何学図形を用いた人工的な視覚刺激を用い、これらの視覚刺激を追跡したり検出するといったタスク下での視線パターン変化が対象となっていました。そのため、日常生活で遭遇するような複雑なシーンを自由に見ている時の自然な状況下において、認知症者がどのような視線パターン変化を呈するのかについては未だ分かっていませんでした。

研究内容と成果

本研究では、アルツハイマー型認知症例 49 名、レビー小体型認知症例 20 名、および認知機能の観点で健常な高齢者 37 名の 3 群、合計 106 名について、200 枚の日常生活シーン画像を自由に見ている時の視線パターンを計測し、計算論的注意モデル^{注1}を用いて体系的に解析・比較を行いました（参考図 A）。その結果、認知症原因疾患に応じた固有の視線パターン変化を二つ発見しました。一つ目は、いずれの認知症例ともに健常例と比較して、シーン中の少数の場所を見る傾向が強くなり、視覚的な探索の程度が有意に減少しましたが、この減少の程度は、アルツハイマー型認知症例では認知機能低下と、レビー小体型認知症例では運動機能低下と、それぞれ相関していました（参考図 B）。二つ目は、アルツハイマー型認知症例では文字や標識等の視覚提示物（高次な画像特徴）への注意が減少し、レビー小体型認知症例では画像中心を見る程度が増加することで、いずれも人や物体を見る程度が有意に減少していました（参考図 C）。探索的な解析として、これらの視線パターン変化と脳萎縮との関係を調査したところ、アルツハイマー型認知症では視覚的な探索の程度および高次な画像特徴への注意の減少がそれぞれ海馬および上頭回の萎縮と相関し、レビー小体型認知症では画像中心を見る程度が上頭頂小葉の萎縮と相関していることも分かりました。

さらに、これらの二つの固有な視線パターン変化を AI に学習させ、原因疾患を分類するモデルを構築しました。これにより、本研究で比較対象とした 3 群を高い精度で分類するとともに（AUC^{注2} 0.82）、二つの認知症を高精度に検出・鑑別できることを見いだしました（参考図 D）。このモデルは、認知症例について早期段階である軽度認知障害例に絞った場合でも、3 群を高い精度で分類できたことから（AUC^{注2} 0.77）、これらの認知症例の早期発見への応用可能性も示されました。

今後の展開

本研究では、原因疾患の異なるアルツハイマー型認知症とレビー小体型認知症が、それぞれ固有の日常生活シーンにおける視線パターン変化を呈すること、また、それが鑑別支援に応用可能であることを、世界で初めて示しました。これにより、原因疾患に応じた認知症の簡便な鑑別診断支援ツールとして、早期診断・早期介入の一助となることが期待されます。特に、自由に画像を見るだけという簡便さは、通常の認知機能検査の遂行が困難な重度の認知症例や、異なる言語圏でも幅広く適用できると考えられます。さらに、軽度から重度の認知症例まで連続的に評価可能なデジタルバイオマーカーとしての活用や、認知症者の増加が顕著な中・低所得国への展開が可能になることで、臨床と研究の双方に対して有用なツールとなる可能性があります。

参考図

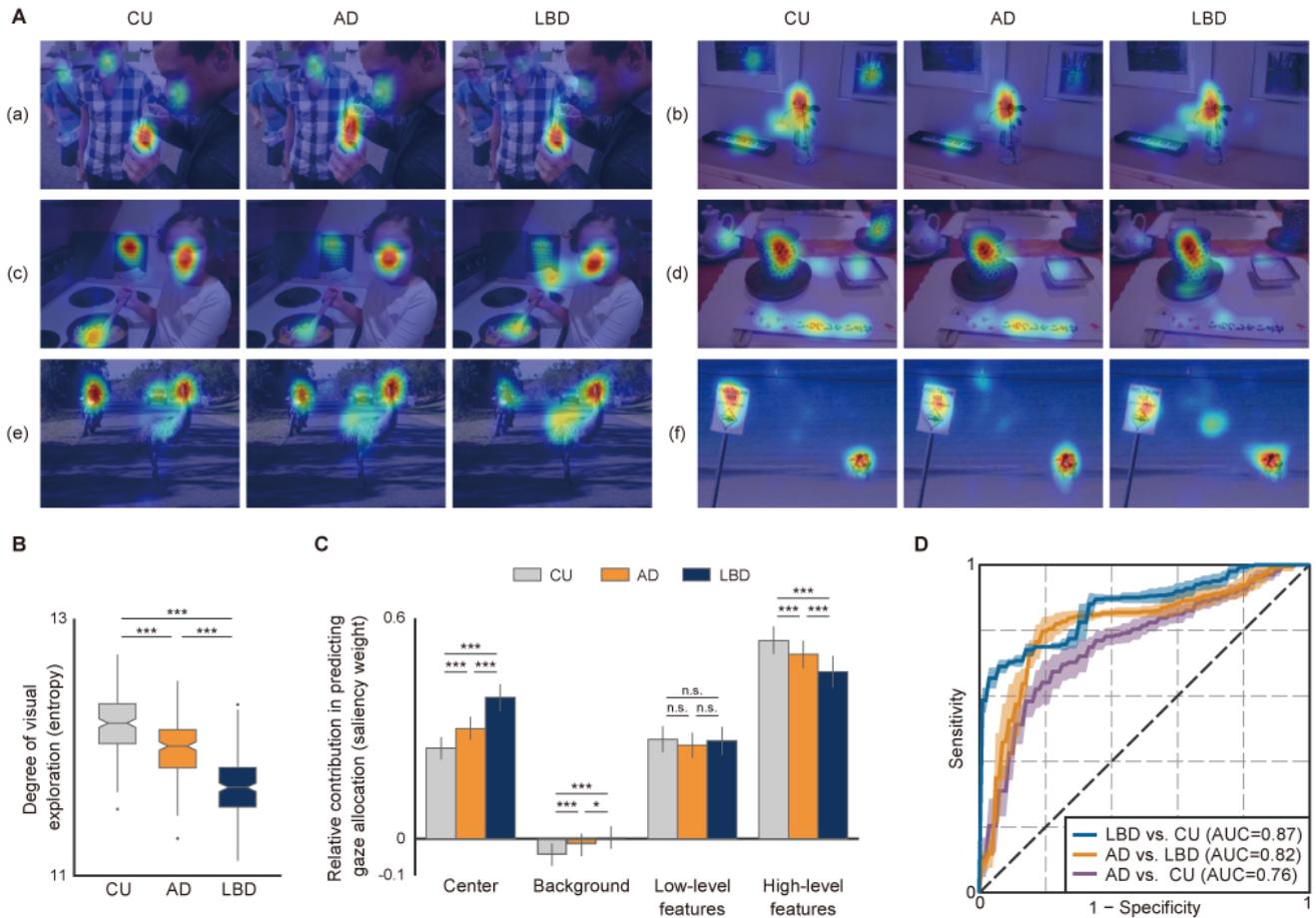


図 健常群 (CU)、アルツハイマー型認知症群 (AD)、およびレビー小体型認知症群 (LBD) の視線パターン変化。

A: 視線パターンの例。赤色に近いほど、その場所が注視されたことを示す。CU 群と比較して AD, LBD 群は、少数の場所を注視する傾向 (a,b)、テキストや料理といった物体への注視減少 (c,d)、物体の有無に関わらず画像中心をより注視する傾向 (e,f)、などが観察された。

B: 視覚的な探索の程度。この値が低いほど画像上の少数の場所を注視する傾向が高いことを示す。

C: 計算論的注意モデルを用いた、画像中心、画像背景、色やエッジなどの低次視覚特徴量、顔やテキストなどの高次視覚特徴量、それぞれの注視点への相対寄与度。

D: 視線データを用いて AI モデルによる分類性能。

用語解説

注 1) 計算論的注意モデル

ヒトの脳における視覚情報処理を想定した、注視点を予測・解析するモデル。画像上の特徴量に関する顕著度を算出し、これらを統合することで注視のされやすさを定量化する。これにより視線パターンについて、視覚刺激によって説明できる程度や、個々の特徴量の相対寄与度などが定量化される。本研究で使用したモデルにおいては、特徴量にはエッジや色、コントラストなどの低次な特徴量に加えて、顔やテキストといった高次な視覚特徴量も含む。

注 2) AUC (area under the receiver operating characteristic curve)

分類モデルの性能指標の一つ。0~1 の値を取り、1 に近いほど分類の性能が高い。

研究資金

本研究は、筑波大学と IBM Research との共同研究契約に基づき、日本学術振興会 科学研究費の一環として実施されました。

掲載論文

【題名】 Distinct eye movement patterns to complex scenes in Alzheimer's disease and Lewy body disease.

(アルツハイマー型認知症とレビー小体型認知症における固有の視線パターン変化)

【著者名】 Yasunori Yamada, Kaoru Shinkawa, Masatomo Kobayashi, Miyuki Nemoto, Miho Ota, Kiyotaka Nemoto, Tetsuaki Arai

【掲載誌】 Frontiers in Neuroscience

【掲載日】 2024年4月5日

【DOI】 10.3389/fnins.2024.1333894

問合わせ先

【研究に関すること】

新井 哲明 (あらい てつあき)

筑波大学 医学医療系 教授

URL: <http://www.tsukuba-psychiatry.com/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp