



京都府公立大学法人
京都府立医科大学
KYOTO PREFECTURAL UNIVERSITY OF MEDICINE



群馬大学
GUNMA UNIVERSITY

オープンソースで実現するマウスの視力・視機能定量化： 低コストな視覚運動反応(OMR)計測プラットフォームを開発

～標準化講習プロトコルにより、評価者の経験に依存しない安定した視力測定が可能に～

本研究成果のポイント

- 網膜色素変性症などの眼疾患に対する遺伝子治療や再生医療の研究において、マウスの「視力」や「コントラスト感度（明暗の差を見分ける能力）」を定量評価することは極めて重要です。しかし、既存の商用測定装置は高額でカスタマイズが難しく、水迷路などの学習型テストは長期間のマウストレーニングを要することが研究普及の大きな壁でした。
- 汎用 PC、Web カメラ、4 枚のディスプレイ、3D プリンタ製パーツ、および Python ベースの直感的な操作 GUI を組み合わせ、低価格で自作・導入可能なマウスの視覚運動反応 (Optomotor response: OMR) ^{*1} 計測プラットフォームを構築しました。
- 実験者向けの 1 時間標準化講習プロトコルを確立することで評価者間の測定誤差を排除。正常マウスの視力・コントラスト感度の正確な測定に加え、加齢に伴う視力低下や、網膜色素変性症モデルマウスにおける視力消失を非侵襲的かつ迅速に検出することに成功しました。
- ハードウェア設計図 (3D データ) および制御プログラムをすべて無料公開 (GitHub) することで、国内外の多くの研究室への導入を促し、眼疾患の治療法開発や視覚生理学研究の加速に貢献することが期待されます。

京都府立医科大学 学部生 浅山萌絵、同大学大学院医学研究科 細胞生理学 助教 末松尚史、同 講師 相馬祥吾、同大学大学院医学研究科 視覚機能再生外科学 大学院生 池田敏英、同 病院助教 青木崇倫、同 助教 田中 寛、群馬大学生体調節研究所 准教授 堀居拓郎、京都府立医科大学大学院医学研究科 循環器内科学 講師 星野 温らの研究グループは、市販のハードウェアとオープンソース^{*2} ソフトウェアを組み合わせ、極めて低コストかつ高精度にマウスの視力を測定できる実験プラットフォームを開発しました。本研究成果は、科学雑誌『The Journal of Physiological Sciences』に 2026 年 10 月 23 日付けで掲載されましたのでお知らせします。

本研究成果は、ハードウェアの構築データ (STL ファイル等) や操作プログラムとともに、学術雑誌に掲載され、GitHub にて公開されました。本システムにより、資金やスペースに限りのある研究室でも高度な視機能評価が可能となり、創薬・遺伝子治療研究のハイスループット化が期待されます。

【論文基礎情報】

掲載誌 情報	雑誌名 The Journal of Physiological Sciences 発表媒体 ☒ オンライン速報版 ☐ ペーパー発行 ☐ その他 雑誌の発行元国 日本 オンライン閲覧 可 (URL) https://doi.org/10.1016/j.jphys.2026.100113 掲載日 2026 年 10 月 23 日 (日本時間)
論文 情報	論文タイトル (英・日) 英語 : An open-source platform for measuring optomotor responses in mice (日本語 : マウス視覚運動反応計測用オープンソースプラットフォーム) 代表著者 京都府立医科大学大学院医学研究科 細胞生理学 相馬祥吾 共同著者(# 共同筆頭著者) 京都府立医科大学大学院医学研究科 細胞生理学 末松尚史# 京都府立医科大学 浅山萌絵# 京都府立医科大学大学院医学研究科 視覚機能再生外科学 池田敏英# 京都府立医科大学大学院医学研究科 視覚機能再生外科学 青木崇倫# 京都府立医科大学大学院医学研究科 視覚機能再生外科学 田中 寛 群馬大学 生体調節研究所 堀居拓郎 京都府立医科大学大学院医学研究科 循環器内科学 星野 温
研究 情報	研究課題名 マウス視覚運動反応計測用オープンソースプラットフォームの開発 代表研究者 京都府立医科大学大学院医学研究科 細胞生理学 相馬祥吾 共同研究者 共同著者と同様 資金的関与 (獲得資金等) 相馬祥吾 ・ 科学技術振興機構 (JST) 創発的研究支援事業 FOREST (JPMJFR251Z) ・ 日本学術振興会科研費 (JP25K24022/JP26K02836/JP24K22276/JP25H01746/JP25H02624) ・ 光科学振興財団、武田科学振興財団、千里ライフサイエンス振興財団 青木崇倫 ・ 日本学術振興会科研費 (JP25K24022) 星野 温 ・ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 AMED (JP24ek0109711h0001) 堀居拓郎・畑田出穂 ・ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 AMED (JP24ama121049)

【論文概要】

1 研究分野の背景や問題点

失明や視覚障害を引き起こす網膜疾患（網膜色素変性症^{*3} や加齢黄斑変性など）に対し、iPS 細胞を用いた再生医療や AAV ベクターを用いた遺伝子治療の開発が急速に進んでいます。治療効果を検証するには、モデル動物（マウス）の視力がどれほど回復したかを正確に測定する必要があります。しかし、従来の行動解析（水迷路など）はマウスにタスクを学習させるまでに数週間～数ヶ月の訓練が必要であり、幼少期からの縦断的評価や術後早期の評価が困難でした。一方で、訓練不要な反射行動（OMR）を利用する従来の商用装置は高額かつソフトウェアがブラックボックス化しており、研究者が自由に実験条件を変更できない問題がありました。

2 研究内容・成果の要点

本研究グループが構築したオープンソースシステムは、21.5 インチの Full HD モニター 4 枚、ミラー、Web カメラ、および 3D プリンタで作製した台座などの汎用部材を組み合わせて、圧倒的な低コスト化を実現しています。システム制御には Python^{*4}（PsychoPy^{*5}）で記述された直感的な操作 GUI を採用しており、プログラミングの専門知識がない研究者であっても、視覚刺激の難易度を段階的に自動変更する「階段法^{*6}」のパラメータ設定や切り替えを容易に行うことができます（図 1）。さらに、判定基準（Hit/Miss）を明記した動画講習プロトコルを取り入れることで、わずか 1 時間の講習で評価者間の判定のブレを排除し、高い測定再現性を確保しました。

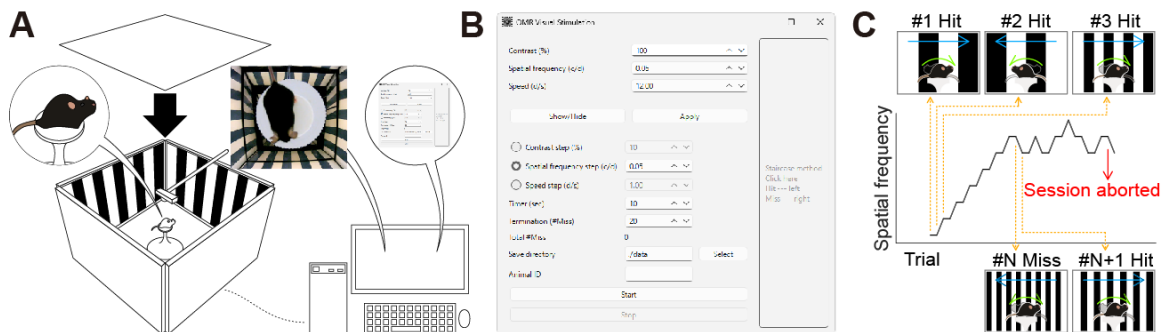


図 1. 視覚運動反応(OMR)測定の概要図

(A) OMR 評価システム全体の概要。マウスを取り囲む4枚のスクリーン、ほぼ全視野での刺激提示を可能にするミラー、マウスを載せる台座、およびマウスの動きを監視するカメラから構成される。評価者用モニターには真上から撮影したマウスの映像と制御ソフトウェア (B) が表示され、ソフトウェア上で格子刺激の各種パラメータの設定や、マウスの OMR に応じたパラメータ更新を行う。本システムは、コントラスト、空間周波数 (SF)^{*7}、および速度を測定するための3つの動作モードを備えている。(C) 格子刺激のパラメータ(例: 空間周波数 [SF])は、階段法に従ってマウスの反応に応じ更新される。マウスが格子の運動方向に追従した場合、運動方向が反転されるか(1回目の Hit 後)、または刺激パラメータが1ステップ高難易度な値(例: より高い SF、2回連続 Hit 後)へ更新される。設定された時間窓内に OMR が観察されなかった場合、刺激パラメータは 1 ステップ低難易度な値(例: より低い SF)へ更新される。計5回の Miss が記録された時点でセッションは終了し、評価されたパラメータに基づいてマウスの OMR 誘発閾値が決定される。

本システムを用いた実際の検証では、まず正常マウスにおいて先行研究と同等の正確さで視力（空間周波数閾値）やコントラスト感度^{*8} 曲線を測定できることを確認しました。続いて病態モデル等を用いた評価を実施したところ、9ヶ月齢と18ヶ月齢のマウスの比較により加齢に伴う有意な視力低下を検出できたほか(図2A)、網膜変性が進行した網膜色素変性症モデルマウス ($Rho^{P23H/P23H}$) において視力反応が完全に消失している状態を明確に捉えることに成功しました(図2B)。これらの結果は、本システムが低コストでありながら、基礎研究や創薬研究における多様な視能評価に十分対応できる高い精度と実用性を備えていることを示しています。

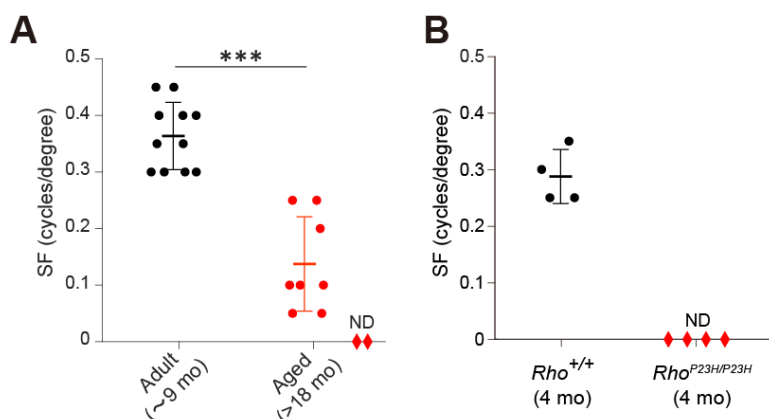


図 2. 加齢マウスおよび網膜色素変性症モデルマウスにおける視力測定

(A) 成体(約9ヶ月齢)および加齢(18ヶ月齢超)野生型マウスにおける視力の比較。各ドットは個々のマウスを示す(成体:n = 11, 加齢:n = 8)。赤色のひし形で示されたマウスは、角膜混濁によりいかなる SF においても観察可能な OMR を示さなかった加齢マウスを示す(ND, n = 2)。(B) $Rho^{+/+}$ マウス(4ヶ月齢)では SF が正常に測定されたのに対し、同腹の $Rho^{P23H/P23H}$ マウスでは網膜変性が進行していたため検出不能であった。各ドットは個々のマウスを示す($Rho^{+/+}$: n = 4, $Rho^{P23H/P23H}$: n = 4)。赤色のひし形は検出不能(ND)を示す。

3 今後の展開と社会へのアピールポイント

本システムはすべての設計図とプログラムコードが公開されており、世界中の研究者が自由に導入・改造できます。今後は本システムを活用した遺伝子治療や創薬の評価の効率化に加え、将来的には自動姿勢追跡アルゴリズム等のプラグイン統合など、さらなる拡張が期待されます。

4 用語解説

- *1 視覚運動反応 (Optomotor response: OMR) : 動物の視野全体で格子模様などを回転させた際、その動きを目で追うように頭部を回転させる生得的な反射行動。特別な訓練(学習)なしで視能を評価できる利点があります。
- *2 オープンソース (Open-source) : ハードウェアの設計図やプログラムのソースコードを無償で一般公開し、世界中の研究者が自由に利用・改良できるようにする仕組み。
- *3 網膜色素変性症 (Retinitis pigmentosa) : 網膜の光を感じる視細胞が徐々に障害され、夜盲や視野狭窄、進行性の視力障害を引き起こす指定難病。遺伝子治療や再生医療の研究が盛んに行われています。

***4 Python:**世界中で幅広く利用されている汎用プログラミング言語。読み書きがシンプルで拡張性が高く、学術研究やデータ解析、AI 開発などの領域で世界標準として使われています。

***5 PsychoPy:**心理学や脳神経科学において、視覚・聴覚刺激実験のプログラムを作成するためのオープンソース・ライブラリ（ソフトウェア）。モニター画面上での高精度な刺激提示やタイムライン制御を容易に実現できます。

***6 階段法:**動物の反応（Hit/Miss）に応じて視覚刺激の難易度を自動的に上下させ、効率かつ正確に視力の限界値（閾値）を特定する測定手法。

***7 空間周波数（Spatial frequency: SF）:**視野内に提示される縞模様（格子）の細さを表す指標（単位：cycles/degree）。数値が大きいほど細かな模様を意味し、マウスが追従できる最大の空間周波数が「視力」に相当します。

***8 コントラスト感度（Contrast sensitivity）:**景色の明暗差（白と黒の濃淡）を見分ける能力。縞模様の濃淡を徐々に薄くしていき、視認できなくなる限界値を測定することで、単なる視力測定だけでは分からない視機能の質を評価できます。

5 研究プロジェクトについて

本研究は、以下の研究費の支援を受けて行われました。

相馬祥吾

科学技術振興機構（JST）創発的研究支援事業 FOREST（JPMJFR251Z）

日本学術振興会科研費（JP25K24022/JP26K02836/JP24K22276/JP25H01746/JP25H02624）

光科学振興財団、武田科学振興財団、千里ライフサイエンス振興財団

青木崇倫

日本学術振興会科研費（JP25K24022）

星野 温

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 AMED（JP24ek0109711h0001）

堀居拓郎・畑田出穂

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 AMED（JP24ama121049）

＜取材等に関すること＞

京都府立医科大学事務局企画課

電 話：075-251-5804

E-mail：kouhou@koto.kpu-m.ac.jp