

厚生労働科学研究費補助金

政策科学総合研究事業

『AIの眼』による医療安全確保に関する研究（20AC1006）

令和2年度～令和4年度 総合研究報告書

研究代表者 大鹿 哲郎

令和5年（2023）年 4月

目 次

I. 総括研究報告	
『AI の眼』による医療安全確保に関する研究 筑波大学／大鹿哲郎	----- 1
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 15

厚生労働科学研究費補助金（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業）

『AI の眼』による医療安全確保に関する研究

総合研究報告書

研究代表者 大鹿 哲郎 筑波大学医学医療系眼科・教授

【研究要旨】 超高齢社会を迎えた我が国において手術を要する患者は増加傾向にあるが、外科系医師の減少・大都市偏在・働き方改革等により術者や医療従事者の不足が見込まれ、医療安全確保に懸念がもたれている。加齢疾患の代表ともいえる白内障を例にとると 2045 年をピークに潜在的な手術対象人口は 3500 万人を超え外科手術の需要はさらに高まる。

その一方で、患者取り違え、左右取り違えなどの医療ミスが現実起きており、手術という侵襲的治療の影響の大きさを考えると医療安全確保は緊急の対策を要する。また、高度な医療を求める国民の期待は高まっているが、技能習得を目指す術者、医療従事者の教育とどう両立させるかも課題である。このような課題を打開するために AI 技術の活用、医療安全 AI の必要性が指摘されているが、実現可能性や効果について十分な検討が行われていない。単施設で開発した AI プログラムを他施設へ展開し、実装に至るまでのロードブロックも十分に認識されていない。

本研究では以下の 4 つの柱で研究を行っており今年度の進捗は以下のとおりである：

- ① 学会主導の手術動画の統一的な収集：動画収集サイトの構築を終了し、運用を開始した。収集した動画は AI 開発に利用を開始した。
- ② 既に国内で開発されている医療安全 AI の効果実証：顔認証、左右眼認証、IOL 認証の医療安全 AI シーズを多施設で検証し、AI による医療過誤防止効果があることを確認した。
- ③ 前述 AI の横展開に際してのロードブロックの評価：AI 開発、医療安全 AI シーズの多施設検証において技術的、倫理的、人的なロードブロック表出と論点整理を行った。新規導入先の施設運用に応じた問題点を抽出し、システム改修を行うことで、認証成績が向上した。
- ④ AI が「眼」となること種々の応用に資するパイロット研究：手術動画を基にした教育及び医療安全への応用を想定した AI 解析技術の開発と評価を行った。

本研究は 3 年間の研究機関を通じ、白内障手術を第一の事例として短期間に開発から実証までのサイクルを回すことでロードブロックの表出と解決を図る。その知見を報告・共有することは、医療の全領域における医療安全 AI の開発・実証・実装の加速が期待され、厚生労働省の AI 活用施策に大きく貢献すると考える。

研究目的

超高齢社会を迎えた我が国において手術を要する患者は増加傾向にあるが、外科系医師の減少・大都市偏在・働き方改革等により術者や医療従事者の不足が見込まれ、医療安全確保に懸念がもたれている。加齢疾患の代表ともいえる白内障

を例にとると 2045 年をピークに潜在的な手術対象人口は 3500 万人を超え外科手術の需要はさらに高まる。その一方で、患者取り違え、左右取り違えなどの医療ミスが現実起きており、手術という侵襲的治療の影響の大きさを考えると医療安全確保は緊急の対策を要する。また、

高度な医療を求める国民の期待は高まっているが、技能習得を目指す術者、医療従事者の教育とどう両立させるかも課題である。このような課題を打開するために AI 技術の活用、医療安全 AI の必要性が指摘されているが、実現可能性や効果について十分な検討が行われていない。単施設で開発した AI プログラムを他施設へ展開し、実装に至るまでのロードブロックも十分に認識されていない。

本研究では、①最も手術工程が標準化され、②最も件数が多く(年 165 万件)、③既に国内で医療安全 AI (本人認証、左右取り違い防止、手術動画解析) 開発が行われている 3 つの強みを有する白内障手術をモデル事例とし、①学会主導の手術動画の統一的な収集、②既に国内で開発されている医療安全 AI の効果実証、③前述 AI の横展開に際してのロードブロックの評価、④ AI が「眼」となることでロボット手術の展開・手術リスク予知・サポート・教育などに資する、種々のパイロット研究を行う。これによって、医療安全 AI を他領域でも展開するための橋頭堡を築くことが本研究の目的である。

本研究は日本眼科学会・日本眼科 AI 学会の全面協力で研究を進める。日本眼科学会は眼科領域の医療安全を所管している他、AMED 臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業の成果により全国規模で画像情報を収集するネットワークを構築し、情報工学やセキュリティ専門家を擁する国立情報研究所と共に AI 画像解析等に取り組んでいる²。さらに眼科医療機器メーカーのほとんどが加盟する日本眼科医療機器協会との協力により成果物の製造販売承認を取得する仕組みを構築しており、動画を含めた医療情報を収集・検証し、効果が実証された暁には医療機器として製造販売承認又は認証取得という、一貫通貫の体制が確立されている点であり、学会と業界団体が協力して全国展開する事例は世界に類を見ない。

研究方法

①学会が主導する手術動画の統一的な収集：研究代表者は関連学会の協力のもと手術動画収集プラットフォームの実装を終了し、運用を開始する。倫理審査の終了を待って多施設での動画収集を本格化する。研究分担者は既に蓄積されている医療動作 AI 解析シーズ研究を行う (④への応用)。

②既に国内で開発されている医療安全 AI の効果実証：研究分担者は術前医療安全 AI のシーズである患者取り違い等の予防を目的として開発中の AI 認証システム (顔認証、左右認証、機器選択時の取り違いを予防) について複数施設での実証を実施する。

③前述 AI の横展開に際してのロードブロックの評価：研究代表者は研究分担者とともに関係学会および国立情報研究所、その他の医療情報および通信技術専門家、医療安全、倫理的・法的・社会的な課題 (ELSI) 研究者と研究開発及び実証におけるロードブロックとなる課題を抽出し優先度、解決法と時期等の評価を行う。

④コンピュータやロボットの「眼」としてロボット手術の進展・手術リスク予知・手術サポート・手術教育などに資する、種々の手術動画解析 AI のパイロット研究：処置手術医療安全 AI として、手術教育の過程にある研修医等の医師に対するリアルタイムガイド提示、手技習熟度を評価 AI、手術工程の抽出と指標化、器具軌跡に基づく定量的な手技習熟度指標開発を進める。(倫理面への配慮)

各施設における手術動画の収集を可能にするために、人を対象とする医学系研究に関する倫理指針、個人情報保護法に準拠した研究計画の倫理審査等手続きを行ってきたが、手術動画の扱いについての議論などがあり、審査にかかる期間が大幅に長くなった。手術動画が医療情報に

該当するかどうかは本研究のスコープを超える議論となるが、医療情報のクラウドサービスを用いた保管に関するいわゆる「3省3ガイドライン」準拠のクラウドサービス事業者の選定についても考慮した。

研究結果

① 学会が主導する手術動画の統一的な収集：手術動画収集プラットフォームとして、マイクロソフト社 Azure クラウドサービスを用いたクラウド型の動画収集システムを構築した。2020年にはまずパイロットサイトを立ち上げ、クラウドサービスとして手術動画収集レポジトリが可能かの検証を行った（図1）。

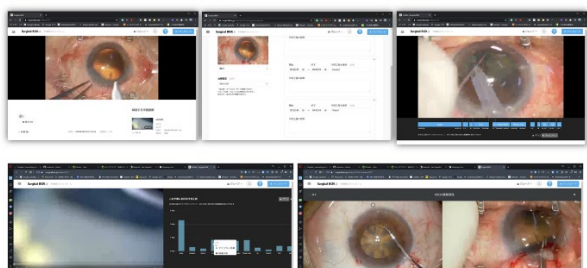


図1：クラウド手術動画収集レポジトリシステム

医師は自らの手術動画をアップロード後、現状では手術動画に対し教師ラベルとなる工程名を入力する。この機能は十分なデータ蓄積が得られればこの機能は自動判別 AI モデルで置換する予定である。工程別の時間集計、工程による動画検索と並行再生機能が実装された（図2）。

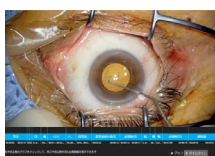
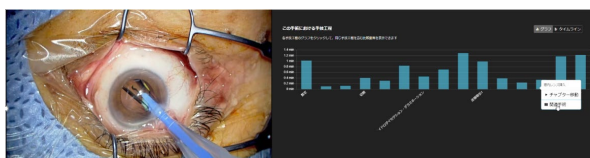


図2：動画アップロード後、現状では手術動画に対し教師ラベルとなる工程名を入力する（左）と工程別の時間が集計（右）される。

アップロードされた動画はオフラインで AI 動画解析モデル群開発に利用している（図3）。この AI 動画解析モデルには、医療安全に係る技能習熟度や手術合併症リスク評価など目的別の複数の AI モデルからなる。倫理審査を経ている単施設から 1000 件を超える手術動画の収集と AI 解析結果の提示等プラットフォームとしてのパイロット研究を行い、運用のノウハウを集積できた。分担研究として行なった AI 解析のプラットフォームとしても機能した。さらに、AI による工程検出、AI による動作、技能評価の AI 推定などを実装し、教育のために使うことことができる可能性を示すことができた。

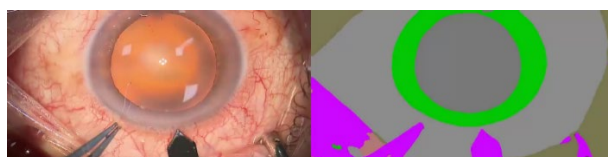


図3：アップロードされた動画に対しては現状ではオフラインで AI 動画解析を行い、解析結果を提示する（左：原動画 右：セマンティック・セグメンテーション）

② 既に国内で開発されている医療安全 AI の効果実証：研究分担者は術前医療安全 AI のシーズである患者取り違い等の予防を目的として開発中の AI 認証システム（顔認証、左右認証、機器選択時の取り違いを予防）について複数施設での実証研究およびさらなる性能向上に取り組んだ。手術室入室時の患者識別を目的とした顔認証システムとして本人確認の実証研究を実施した（図4）。



図4：マスク着用時の顔認証の様子

研究協力機関であるツカザキ病院眼科においての精度向上の取り組みにより、顔認証においてはマスク着用下における認証精度向上を目的に顔認証エンジンのバージョンアップ開発が取り組まれており、現況で未実装ながら、実験環境下において、認証ミスを30～50%削減している（図5）。



図5：ツカザキ病院眼科におけるAI手術安全管理システム認証風景

眼内レンズチェックにおいては、撮影ボックスの試行錯誤を継続中であり、白色ボックスが最も認証回数を減らせることが判明した（図6）。

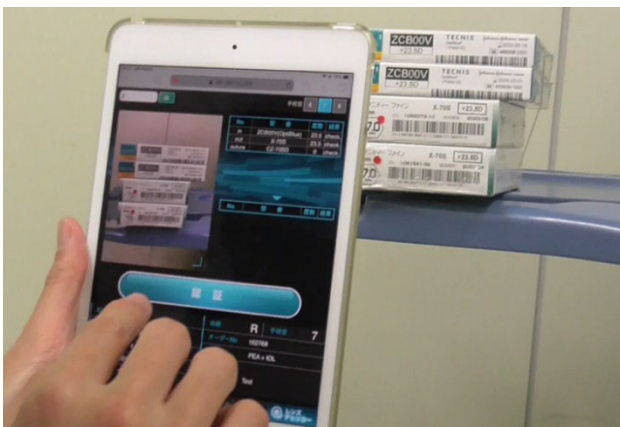


図6：眼内レンズ認証の様子

参照元データが未登録である状況についての現場の混乱を避けるための認証回避アラートの設定など、既に実験下での認証性能が100%に到達している眼内レンズチェックAIモデルの改善以外の周辺領域における改善努力を継続している。左右チェックAIにおいては、矢印シールを考案し実験環境下での認証成功率100%を到達した。この矢印シールの利用により全方向からの認証が可能になった。これまでは患者頭部方向からのみで認証可能であり、手術室内での動線改善が得られた。認証精度および認証回数いずれも改善し95%以上が1回認証で成功している（図7）。

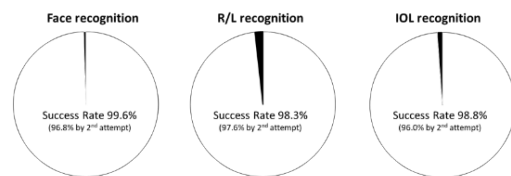


図7：ツカザキ病院におけるAIシステム認証成功率

各認証成績が向上し、本AIシステムが本格的に運用され始めたことにより、AIによって実際に医療過誤が未然に防がれた事例が散見されることが判明した。医療者が複数回左右やIOLを誤認識して認証操作を行い、AIによってその誤りを指摘され修正した事例（以下ニアミス事例）は、ツカザキ病院において全認証操作の0.2%、筑波大における左右認証の0.4%であり、医療過誤防止に一定の効果があることが示された。

③ 前述AIの横展開に際してのロードブロックの評価：既に作成されたAIの横展開に際し、筑波大学へ実際に本AIシステムを新規導入し、横展開における問題点の洗い出しをおこなった。その結果、①展開先でのAIモデル自体のファインチューニング、②展開先でのオペレーション（医療従事者の動き）、③展開先での機器等の設

置、④セキュリティなどが課題となった。①に関しては、施設間で院内環境や手術室運用が大きく異なる（具体的には、使用している眼科カルテ及び手術室管理システムが異なる点、術式や挿入眼内レンズ (IOL) 決定までのプロセスが異なる点など）ことから、汎用性の高い AI システムを構築する必要があることが分かった。特に情報量が多く、確認作業が煩雑となる IOL 情報の伝達フローの標準化が重要であり、問題解決の第一歩として、術前検査で最も重要かつ国内多施設で使用されている眼軸長測定機器と本 AI システムを連携し、直接データを抽出し、使用予定 IOL や患者情報をデータベースに登録するシステムを新規開発し、実装した。本改修により、改修前よりも IOL 情報の誤入力が増え、利用者満足度の向上とともに、AI 認証率も向上した。また、電子カルテや手術室管理システムの相互運用性を推進することも有効であると思われる。②に関しては、特に医師数が多く、人員の入れ替わりが多い大学病院等へ導入時には、一人一人の AI システムへの慣れや操作習熟に時間を要した。撮影時の方向や角度に左右されない認証システムの開発により、初めて本システムを利用する者でも操作を行いやすくなることができた。これら①・②で述べた医療安全 AI 及び周辺機器との連携といったソフト・ハード面での開発推進により、昨年度 77% と低い認証率に留まり課題となっていた IOL 認証率は 94.2% に向上した。③に関しては、院内の医療情報部と連携することで、医療情報端末用ネットワークを介して接続・通信することができた。既存の医療用ネットワークを使用することで、セキュリティ性高められただけでなく、院内の正規ネットワークであるため、リモートでのシステムメンテナンスが認可され、不測の事態に即時対応できるサポート体制が確立された。④については、本年度も情報やデータ漏洩などセキュリティを脅かすような事象は報告されな

った。

④ コンピュータやロボットの「眼」としてロボット手術の進展・手術リスク予知・手術サポート・手術教育などに資する、種々の手術動画解析 AI のパイロット研究: ロボット手術の進展・手術リスク予知・手術サポート・手術教育などに資する、種々の手術動画解析 AI のパイロット研究: 3 施設 13 術者から高解像度で記録された白内障手術動画を収集した。手術動画から生成した静止画へのアノテーション作業 (2Hz 静止画)、のセマンティックセグメンテーション用の教師ラベルを作成した。約 12,000 枚のアノテーション付き画像を作成した (図 8)。

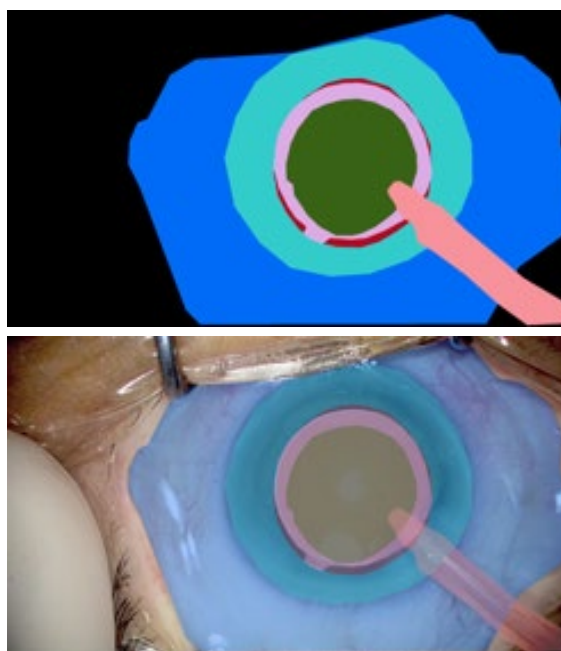


図 8 : 顕微鏡下手術動画に対するアノテーション画像の例

手術動画解析の応用として、手術工程別の時間を正確に推定するタイムスタンプ機能の開発 (図 9) を開発した。



図 9：手術動画に対し工程別のタイムスタンプを付与

また、手術開始後から手術終了までの時間をリアルタイムで推定するモデルを開発した。4名の術者による白内障手術 2,686 例を用い、推定時間と実時間の差を表す平均絶対誤差(mean absolute error, MAE)は 5.2 秒から 9.3 秒と誤差 10 秒以内での推定が可能であった (図 10)。

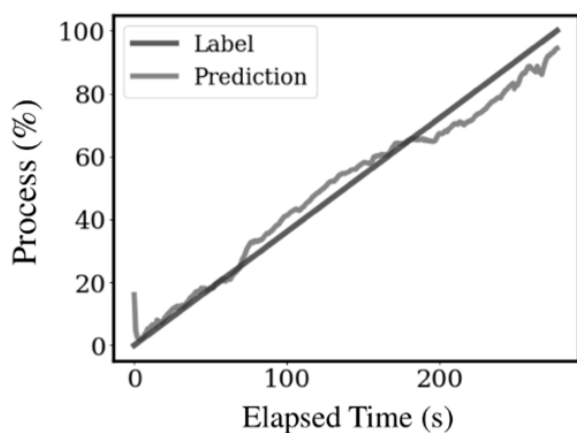


図 10：実手術時間に対する手術時間予想結果の例

さらに、AI 解析のための手法として、ごく小規模な複数のデータセットから共通のパターンを見つけ出す Few-shot 学習手法、データセットから必要なコンセプトを見つけ出し、そのコンセプトを利用して分類対象を記述する分類器、説明可能な手術技術の自動評価手法などの研究成果を活かし、手術技能評価や手術安全への応

用の可能性が広がった。

若手眼科医の手術技術レベル評価：構築した白内障手術の手術手技を定量化するために必要な情報をリアルタイムに表示する手法を実践した。この手法により 0.5 秒 (10FPS の手術画像 5 枚分のデータにより、手術の危険度指標がリアルタイムで抽出可能である。今年度、この手法を実際の手術に適応することに成功し、経験症例数が 1000 例を超えるスタッフドクターと、100 件に満たない研修医との間での比較検討を行った。それによると手術危険度指標 (0~1 の値を取り、0 が最も安全、1 が最も危険) は前囊切開時に、研修医で平均(SD)0.556 (0.384) 中央値 0.637, スタッフドクターで平均(SD)0.433 (0.421) 中央値 0.285.であった。核処理でのそれは、研修医平均 (SD) 0.511 (0.423) 中央値 0.649, スタッフドクター0.377 (0.406) 中央値 0.177.であり、それぞれ統計学的有意にスタッフドクターにおいて良好な結果であった。

考按

保健医療分野 AI 開発加速コンソーシアムでは医療安全が議論され、薬剤の誤投与・人の取り違い等の人為的なミスを補完し、医療の質と安全を保つための AI 開発・利活用の必要性が指摘された。保健医療分野における AI 活用推進懇談会が策定した AI 活用に向けた工程表では重点領域として 2020 年度から手術データの統合収集・蓄積が挙げられている。本研究はこの双方に対する解決を目指す研究に位置づけられるものである。本研究では白内障手術を事例として医療安全に対して AI をどのように利活用できるか、また、いかに医療者と AI が共存し、医療安全の向上につなげることができるかを総合的に行ってきた。

医療安全上の課題である取り違え防止に関連して、患者の顔認証、手術対象眼の左右認証、特定の患者に使用する眼内レンズ認証の 3 つの AI

システムの実臨床における認証成功率は全て98%を超える精度を達成した。それぞれ80%以上の症例で1回の認証で成功しており、2回目までの認証成功率は顔認証で96.7%、左右認証で97.6%、IOL認証で96.1%であった。このことは、総計75名の医療従事者が参加する大規模手術室の中で定着し信頼される工程となるために必要な精度と認証効率を兼ね備えていることを示唆している。

一方、100%の精度を示すAIモデルであっても臨床の現場では予め想定していない事象が生じるし、あるいは想定して運用ルールを定めていたとしてもそのルールを逸脱した運用が行われた結果、全体として100%の精度は得られなかった。AI認証作業は自動的にその経過が記録されていくセンサーの役割も果たしており、ヒトによる確認作業が抱える問題点をより鮮明にした。眼内レンズ参照用データ登録作業漏れや撮影不良などの人為的問題混入をいかに減らしていくのかという点は、認証用撮影そのものを機械的に自動的に行うシステムの開発も含めて、実臨床上で今後の重要な課題になるであろう。このことを踏まえて今回の検討の結果が示唆するもう一つ重要な点は、医療安全という課題がAIにとって、最適な課題であることである。ID識別、左右認証、IOL認証いずれも境界例がほぼ存在しない離散値課題である。一方で通常の医学的診断課題はそのほぼすべてに境界例が存在する連続値課題である。課題の特性の差が結果として、医療安全用AIアプリケーションに偽陽性ゼロという日常臨床応用において非常に重要な性能をもたらしたと考察する。事前確率が一般的に小さい医療における識別過程でAIモデルが精度100%でなければ、偽陽性が多発し運用が滞るため、AI利用が回避される結果を招いてしまう。離散値課題を対象とする医療安全AIの識別率100%という性能は、AI医療応用の最大テーマに成り得る可能性がある。ヒュー

マンエラーをバックアップする方法論としてのAI安全管理の優位性は非常に魅力的でAIは同調圧力や思い込みバイアスを持たない独立性があり、ヒトのように集中力の欠如がなく電源がある限り識別能力を維持する。本年度は、各認証精度の向上により、AIによる認証結果への信頼性も向上し、AIが実際に手術現場における医療過誤を防止した事例があることも判明した。従来通りの二重三重のヒトによるチェックを経てもなお、実臨床において左右やIOLの取り違えといったヒヤリ・ハットの事例が起きていることが明確となり、医療安全分野におかえる人間の思い込みの危うさと、感情やバイアスに左右されないAIの利点が浮き彫りとなった。たとえ1例でも起こしてはならない医療安全過誤についてAI技術は今後非常に重要な方法論になると考える。

また、今年度は、筑波大学へ新規導入した本医療安全AIシステムの運用が本格化し、昨年度までに判明した実運用面での様々な課題を解決し、認証成績を向上させることができた。AIシステムの横展開におけるロールモデルとして有用であり、今後の医療分野におけるAI普及に際し、「汎用性のあるAIシステム構築」と「導入施設毎のチューンアップ」双方が重要であることが示唆された。

IOL挿入に関するエラーについて、最も医療安全上の問題と考えられたのは、IOLの度数決定及びそれを手術時に情報共有するシステムである。IOL度数決定にあたり最も重要かつ国内多施設で使用されている眼軸長測定機器について、これまでの運用は全国的に次のようになっている。つまり、測定データは電子カルテに直接送信されず、様々な計測結果等がまとめられた結果がPDFとして出力されて電子カルテに格納され、それを紙媒体に出力して、決定したIOL度数を医師が手書き(出力した紙媒体に○をつけるなど)する。それが手術室に運ばれて度数決

定に使用される。しかしここでは、測定されたデータが直接カルテに格納されず、紙への出力や手書きでの指示などが介在し、しかもそれらはデジタルデータ化されていないために IOL 度数チェック AI との照合のためには更にそれをデジタル化する手間まで発生する。そこで、今回、眼軸長測定機器から直接データを抽出し、使用予定 IOL や患者名、ID などをデータベースに登録するシステムを開発・実装し、IOL 度数チェック AI との照合にも用いることに成功した。眼軸長測定器は白内障手術前検査に必須の測定機器であり、白内障手術施行施設には必ず設置されている。すなわち、眼軸長測定器と AI システムの連携は、汎用性の高いシステム構築の第一歩と言え、本システム開発の意義は大きい。実際に、システム導入後は転記や IOL 情報の誤登録が減少し、AI 認証率の精度向上に繋がった。さらに、これまでは使用予定 IOL 情報を手作業で転記・入力していたため利用者負担が大きく、AI システムが忌避される一因となっていたが、利用者満足度も改善した。今後、このシステムは全国展開していくことが望まれると共に、どの利用者にも分かりやすいソフトウェアやユーザーインターフェースの開発を継続することが AI 導入・普及のハードルを下げることに寄与すると考える。日本医療機能評価機構に収集された事故報告により、誤った IOL の挿入エラーの発生頻度は、過去 11 年間の報告においても減少していないことが判明した IOL 選択（測定からレンズ処方）段階、IOL 準備段階、IOL 挿入段階のいずれの段階でも事故が発生していること、また、各段階での確認方略には違いがあり、前の段階のエラーを次の段階で見つけることは、通常の工程管理においてはその機能がないことが推定される。医療安全に手術技術評価の観点から取り組んだ手術動画解析関連の AI モデル開発またその利活用では、生涯学習のイメージで医師が自らの手術を見直すことで

技術の評価を行うこと、また、指導において一定の基準を満たすまでに習熟しているかを客観的に評価するために応用できるか検証を進めている。学習及び検証用の動画収集はウェブインターフェースを介してクラウドに保管し、解析することとし、そのための要件を技術面、安全面、倫理面で考慮したうえで実装することができた。多施設で熟練者から比較的経験の浅い医師までを対象として手術動画収集と手術動画解析 AI の開発と検証というサイクルを次年度は本格的に回していく予定である。単に経験の浅い術者の教育のみならず、一人で手術を行っている術者がベンチマーキングとして用いることや、高齢になった術者が自らの手術を見直す手段としての利用など様々な活用の可能性が示唆された。

本研究により収集された医療動画データは NII、大阪大学データビリティフロンティア機構、兵庫県立大学の情報工学専門家と共に解析を行うことで、医療 AI 技術水準の向上を図ることが出来るほか、日本眼科学会、日本眼科 AI 学会が画像を中心に進めてきた JOI レジストリに動画収集機能を追加し、AI 解析機能を有する悉皆性のある手術動画ライブラリが構築でき、次世代に向けた重要なプラットフォームとなることも期待される

結論

白内障手術という実証に適したケースで短期間に AI モデルの開発から実証までのサイクルを回すことで表出する問題を明らかにしアジャイルに解決を図った。新しい技術が医療安全という課題にどのようなアプローチで問題解決が可能か、また、その中で、衣装従事者がそのような新しい技術をどのように受け入れ、業務プロセスの中に取り込んでいくことができるか、あるいは、あたらしい技術ありきで新たな業務プロセスをくみ上げる必要があるのかなど多くの

知見を得た。これらの知見は、医療の全領域における医療安全 AI の開発・実証・実装の加速、ひいては厚生労働省の AI 活用施策に大きく貢献するとともに、国民に広く安全な手術を提供するための知見となる。超高齢社会をこえる高齢化が進む我が国が抱える外科手術安全に関する課題は今後グローバルな課題にも応用することが可能であると考えている。

健康危険情報

なし

研究発表

論文発表

論文発表

Li L, Verma M, Nakashima Y, Nagahara H, Kawasaki R. IterNet: Retinal Image Segmentation Utilization Structural Redundancy in Vessel Networks. Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 3656-3665, 2020.

Li L, Verma M, Nakashima Y, Kawasaki R, Nagahara H. Joint Learning of Vessel Segmentation and Artery/Vein Classification with Post-processing. Proceedings of the Third Conference on Medical Imaging with Deep Learning, PMLR 121:440-453, 2020.

Wang B, Li L, Nakashima Y, Kawasaki R, Nagahara H, Yagi Y. Noisy-LSTM: Improving Temporal Awareness for Video Semantic Segmentation. IEEE Access 9: 46810-46820, 2021.

Li L, Wang B, Verma M, Nakashima Y, Kawasaki R, Nagahara H. SCOUTER: Slot Attention-based Classifier for Explainable Image Recognition. arXiv preprint arXiv:2009.06138

松村由美：ヒューマンエラー対策における効果的なダブルチェックとは 日皮協ジャーナル 83:151-156,2020

松村由美：「事故モデル」を用いた医薬品事故の分析 NICU mate 56:3-4,2020

飯田恵、辻本朋美、山上優紀、大村優華、廣田大、柴田佳純、松村由美、福村宏美、山本 崇、井上智子：注射薬調製時のシングルチェックに対する看護師の態度 医療マネジメント学会雑誌 22(3):140-147, 2021

松村由美：病院の安全・危機管理対策 看護のチカラ no.572:43-49,2022

B. Wang, L. Li, M. Verma, Y. Nakashima, R. Kawasaki and H. Nagahara. MTUNet: Few-shot Image Classification with Visual Explanations. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). 2021;2294-2298.

三吉 範克, 川崎 良, 江口 英利, 土岐 祐一郎. AI は外科にどこまで役立つか. 大阪大学における AI ホスピタルと消化器外科領域における取組の現状と展望. 外科 2021;83:1153-1159.

川崎良. 人工知能を用いた画像解析による白内障手術研究. 眼科手術 2022;35:16-23.

Gaku Kiuchi, Mao Tanabe, Katsunori Nagata, Naofumi Ishitobi, Hitoshi Tabuchi, Tetsuro Oshika. Deep learning-based system for preoperative safety management in cataract surgery. J. Clin. Med. 2022;11(18):5397.

Kaori Hanai, Hitoshi Tabuchi, Daisuke Nagasato, Mao Tanabe, Hiroki Masumoto, Sakurako Miya, Natsuno Nishio, Hirohiko Nakamura, Masato Hashimoto. Automated detection of enlarged extraocular muscle in Graves' ophthalmopathy with computed tomography and deep neural network. Scientific Reports. 2022;12(16036)

Tomohiro Ishigami, Teijiro Isokawa, Naotake

- Kamiura, Hiroki Masumoto, Hitoshi Tabuchi. Installation checking using long short-term memories for ophthalmology patients. *Concurrency and Computation Practice and Experience*. <https://doi.org/10.1002/cpe.7466>.
- Naoya Moroto, Shunsuke Nakakura, Hitoshi Tabuchi, Kiyofumi Mochizuki, Yusuke Manabe, Hirokazu Sakaguchi. Use of multifocal electroretinograms to determine stage of glaucoma. *PLoS One* . 2023;18(1):e0278234.
- Yoshihiro Tokuda, Hitoshi Tabuchi, Toshihiko Nagasawa, Mao Tanabe, Hodaka Deguchi, Yuki Yoshizumi, Zaigen Ohara, Hiroshi Takahashi. Automatic diagnosis of diabetic retinopathy stage focusing exclusively on retinal hemorrhage. *Medicina*. 2022, 58(11):1681.
- Noguchi S, Noguchi A, Nakakura S, Tabuchi H. Torsional Power and Tip Shape Greatly Change Irrigation Flow Feeding Rate. *Cureus*. 15(1): e33295. doi:10.7759/cureus.33295.
- Shoji Morita, Teijiro Isokawa, Naotake Kamiura, Hitoshi Tabuchi. Data-Classification-Based Determination for Ophthalmological Examination Categories Using Machine Learning. *Journal of Applied Logics*. 9 (3), 2022.
- Daisuke Nagasato, Takahiro Sogawa, Mao Tanabe, MD; Hitoshi Tabuchi, Shogo Numa, Akio Oishi, ;Hanako Ohashi Ikeda, Akitaka Tsujikawa, Tadao Maeda, Masayo Takahashi, Nana Ito, Gen Miura, Terumi Shinohara, Mariko Egawa, Yoshinori Mitamura. Estimation of visual function using deep learning from ultra-widefield fundus images in retinitis pigmentosa. *JAMA Ophthalmology* in press 2023
- Koji Tamai, Hidetomi Terai, Masatoshi Hoshino, Hitoshi Tabuchi, Minoru Kato, Hiromitsu Toyoda, Akinobu Suzuki, Shinji Takahashi, Akito Yabu, Yuta Sawada, Masayoshi Iwamae, Makoto Oka, Kazunori Nakaniwa, Mitsuhiro Okada, Hiroaki Nakamura. Deep learning algorithm for identifying cervical cord compression due to degenerative canal stenosis on radiography. *Spine* in press.
- Wang, L. Li, M. Verma, Y. Nakashima, R. Kawasaki and H. Nagahara. Match them up: Visually explainable few-shot image classification. *Applied Intelligence*, 2022.
- Wang, L. Li, Y. Nakashima and H. Nagahara. Learning bottleneck concepts in image classification. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2023 in press.
- 田淵仁志. 眼科 AI の近未来診療. 眼科グラフィック 2022 年 Vol.11 No.4 メディカ出版 P461-464
- 石飛直史、田淵仁志. これからどうなる？眼科の AI 診断・管理 手術室内医療安全管理 AI システム. 眼科グラフィック 2023 年 第 12 巻 2 号 メディカ出版 P220-225
- 西村和晃、田淵仁志. これからどうなる？眼科の AI 診断・管理 緑内障患者の点眼アドヒアランス管理 AI. 眼科グラフィック 2023 年 第 12 巻 2 号 メディカ出版 P211-215.
- 田淵仁志. これからどうなる？眼科のオンライン診療&AI 診断・管理. 眼科グラフィック 2023 年 第 12 巻 2 号 メディカ出版 P193.
- 学会発表
- 足立将門, 田淵仁志ら. 眼内レンズ識別精度における人間と AI での比較検証. 第 44 回日本眼科手術学会学術総会.2021.2.10.

- 石飛直史, 田淵仁志ら. 手術安全管理人工知能システム実証成績. 第44回日本眼科手術学会学術総会.2021.2.10.
- 田淵仁志ら. 眼底健診精度 / 眼科 AI 何が出来る. 第1回日本眼科 AI 学会総会.2020.11.29.
- Hitoshi Tabuchi et al. Real-world testing of artificial intelligence system for surgical safety management. ARVO Annual Meeting, June 2020
- 田淵仁志ら. 日本の眼科領域でのAI画像識別社会実装. 第39回日本画像医学会学術集会.2020.2.14.
- 升本浩紀, 田淵仁志ら. 手術室内安全管理 AI の概要. 第2回日本メディカルAI学会学術集会シンポジウム.2020.1.31.
- 石飛直史, 田淵仁志ら. 人工知能を用いた手術安全管理システム実証実験. 第60回日本視能矯正学会.2019.11.30.
- 升本浩紀, 田淵仁志ら. 人工知能を用いた眼科領域における臨床応用研究. 第39回医療情報学連合会.2019.11.24.
- 田淵仁志ら. AI 概論 2019. 第55回日本眼光学学会 シンポジウム.2019.10.6.
- 田淵仁志ら. 眼科でAIができること、最新情報を交えて一挙解説. 第60回湘西眼科臨床フォーラム.2019.7.11.
- 升本浩紀, 田淵仁志ら. 手術安全管理 AI システムの概要とデモンストレーション、等. 第42回日本眼科手術学会学術総会シンポジウム.2019.2.1.
- Kawasaki R, Li L, Nakashima Y, Nagahara H, Ohkubo T. A fully automated grading system for the retinal arteriovenous crossing signs using deep neural network-based pipeline. 第59回日本網膜硝子体学会 2020.11.27-29 福岡
- Li L, Verma M, Nakashima Y, Nagahara H, Kawasaki R. IterNet: Retinal Image Segmentation Utilization Structural Redundancy in Vessel Networks. The IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, 2020
- Li L, Verma M, Nakashima Y, Kawasaki R, Nagahara H. Joint Learning of Vessel Segmentation and Artery/Vein Classification with Post-processing. Medical Imaging with Deep Learning (MIDL), 2020.
- 松村由美: 医療安全全国フォーラム 講演録 医療の設計・開発段階での患者参加についての課題～患者参加の本当の意味～医療安全レポート No.40 (2020年7月1日) p.22-29
- 田淵仁志.人工知能技術 (AI) で良くなる眼科医療. やまぐち眼科フォーラム. 2022/1/15.
- 田淵仁志. 白内障手術と AI アップデート.第10回 JSCRS ウィンターセミナー.2021/12/15-21.Web 講演
- 田淵仁志. マーケット・イン眼科医療のニーズから AI 応用を考える.人工知能 (AI) ICT を活用して未来の医療を創る医療人 2030 育成プログラム.2021/11/27.
- 田淵仁志. 第1回:“AI って何?その基本と医療分野への AI の活用事例の紹介”.第2回日本眼科 AI 学会 教育セミナー.2021/11/4.
- 田淵仁志. 眼手術と AI.第75回日本臨床眼科学会シンポジウム.2021/10/28-31.
- 田淵仁志. 近未来の眼科を生み出す人工知能システム.第6回彩の国眼科研究会.2021/10/23.
- 出口帆空,田淵仁志. 人工知能による手術安全システムの左右顔識別実証成績.第36回日本白内障屈折矯正手術学会学術総会.2021/7/28-8/27.
- 石飛直史,田淵仁志. 人工知能による顔認証手法を用いた手術前本人確認システムの性能検証. 第36回日本白内障屈折矯正手術学会学術総会.2021/7/28-8/27.
- 田淵仁志. 白内障手術と AI.第36回日本白内障屈折矯正手術学会学術総会.2021/6/26.シンポジ

ウム

田淵仁志. マーケット・インの視点で考える AI 臨床応用. 第 3 回日本メディカル AI 学会. 2021/6/11. Web シンポジウム

田淵仁志. 求められる医療 AI リテラシーとマネジメント. 第 64 回日本糖尿病学会. 2021/5/20-22.

田淵仁志. 臨床応用から考えた AI. 第 6 回メディカル EYE フォーラム IN 沖縄. 2021/4/24.

田淵仁志. AI・日常診察や手術における活用. 日本眼科医会生涯教育講座. 2021/4/18.

田淵仁志. AI と手術室安全管理. 日本区域麻酔学会 第 8 回学術集会. 2021/4/9-10.

B. Wang, L. Li, M. Verma, Y. Nakashima, R. Kawasaki and H. Nagahara. MTUNet: Few-shot Image Classification with Visual Explanations. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). June 19-25 (virtual conference).

川崎良. 眼科の人工知能: 現在と将来 白内障手術 AI. 第 125 回日本眼科学会総会 2021 年 4 月 8-11 日. 大阪.

川崎良. 眼科×疫学×AI=? 第 125 回日本眼科学会総会 2021 年 4 月 8-11 日. 大阪.

平野颯大, 森田翔治, 磯川悌次郎, 上浦尚武, 田淵仁志, “眼内レンズ強膜内固定術動画に対するニューラルネットワークと Optical Flow に基づくリアルタイム器具追跡,” 電子情報通信学会技術研究報告 FIIS-22-559, 2022 年 3 月 18 日

田淵仁志. 眼内レンズ選択における患者視点を理解する. 第 126 回日本眼科学会総会 モーニングセミナー. 2022/4/15. 講演

田淵仁志. 人工知能医療応用の実状と深層そして未来. 第 81 回日本医学放射線学会総会. 2022/4/17. 教育講演.

田淵仁志. 医療現場におけるニーズと社会実装の現実. 第 193 回医用画像情報学会. 2022/6/4. 講演.

田淵仁志. 手術室医療安全 AI システムの Machine Learning Operation (MLOps). SAMI 2022 Advanced Medical Imaging 研究会. 2022/7/31. Web 講演.

田淵仁志. 人工知能で出来る医療テーマとビジネス化トライアル. 神戸医療産業都市クラスター交流会. 2022/8/3. 講演.

田淵仁志. いよいよ実現する AI の医療応用. 第 18 回武庫川眼科アカデミー. 2022/10/28. Web 講演.

田淵仁志. AI の現実とリアルワールド. 第 5 回日本眼科アレルギー学会学術総会. 2022/11/5. 講演.

田淵仁志. 手術室医療安全管理人工知能システム. 第 38 回日本視機能看護学会学術総会 シンポジウム 2. 2022/11/27. Web 講演.

田淵仁志. 人工知能が眼科臨床にもものすごく役に立つ事~手術室内医療安全管理人工知能が明らかにするヒューマンエラーの実像~. 第 13 回兵庫県緩和ケアチーム研修会. 2023/1/15. 講演.

田淵仁志. 人工知能が眼科臨床にもものすごく役に立つ事~手術室内医療安全管理人工知能が明らかにするヒューマンエラーの実像~. 第 9 回ふくしま眼科フォーラム. 2023/2/8. Web 講演

田淵仁志. 人工知能を用いた糖尿病網膜症管理質と連携向上の取り組み. 第 57 回糖尿病学の進歩. 2023/2/17. 講演

田淵仁志. Telemedicine and Digital Ophthalmology during COVID-19 Pandemic Crisis in Japan. 38th Asia-Pacific Academy of Ophthalmology Congress (APAO) シンポジウム. 2023/2/25. 海外講演.

田淵仁志. Digital Health: New Model of Care in Japan. 38th Asia-Pacific Academy of Ophthalmology Congress (APAO) シンポジウム. 2023/2/26. 海外講演.

N. Kamiura, S. Morita, T. Isokawa, M. Akada, and H. Tabuchi, “Tracking of Surgical

Instrument Based on Neural Network and Optical Flow for Videos of Simulated Intrasclearal Intraocular Lens Fixation,” Proc. of 2022 13th International Congress on Advanced Applied Informatics Winter (IIAI-AAI-Winter), pp. 168-174 Dec. 2022;

松村由美, 加藤果林, 眼内レンズ誤挿入のリスクの現状と対策. 第38回日本視機能看護学会学術総会. 2022/11/27

知的所有権の取得状況

特許取得：手術覆布上からの左右眼識別、特願2020-084476、申請中、田淵仁志他

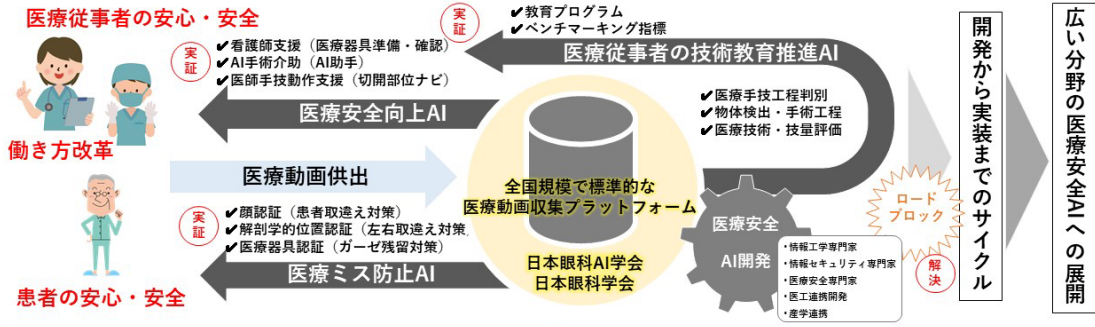
実用新案特許：なし

その他：なし

AI技術による医療安全確保の取り組み

- 『AIの眼』で医療に安全・安心を提供する -

背景：超高齢社会を迎えた我が国において医療安全の確保が課題。例えば手術を要する患者は増加傾向だが、外科系医師は減少・偏在・不足、さらに日々進歩する高度な医療技術を習得するための教育負担が増大。AI技術の活用による医療支援・医療安全AIの必要性があるが、研究開発に必要な医療情報、特に、医療現場の動画についてはデータの不足により実現可能性や効果は十分に検討されていない。



- 研究計画**
- ① 学会が主導する手術関連動画の統一的な収集 (2020~22年度)
 - ② 既に国内で開発されている医療安全AIの効果実証 (2020~21年度)
 - ③ 前述AIの横展開に際してのロードブロックの評価 (2020~22年度)
 - ④ コンピュータやロボットの「眼」としてロボット手術の進展・手術リスク予知・手術サポート・手術教育などに資する種々の手術動画解析AIパイロット研究 (2020~22年度までにPOC取得)

- 目標と期待される成果**
- ① 複数の医療安全AIを社会実装し術者・介助者支援、患者医療安全効果を検証 (⇒手術安全への医療AI技術の実証)
 - ② 医療安全に資する手術動画解析用AI開発の学習済みモデルを作成・横展開 (⇒ロボット手術、顕微鏡下手術など他領域に展開する橋頭堡形成)
 - ③ 学会の全面的な協力のもと全国規模で医療動画収集プラットフォーム形成 (⇒ロードブロックの表出と解決のサイクル) ⇒手術医療安全確保に資する各種AIを開発し、エビデンス創出サイクルを回す

II. 研究成果の刊行に関する一覧表

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
平野颯大, 森田翔治, 磯川悌次郎, <u>上浦尚武</u> , <u>田淵仁志</u>	眼内レンズ強膜内固定術動画に対するニューラルネットワークとOptical Flowに基づくリアルタイム器具追跡	電子情報通信学会技術研究報告	-	FHS-22-559	2022
<u>N. Kamiura</u> , S. Morita, T. Isokawa, M. Akada, and <u>H. Tabuchi</u>	Tracking of Surgical Instrument Based on Neural Network and Optical Flow for Videos of Simulated Intrascleral Intraocular Lens Fixation	Proc. of 2022 13 th International Congress on Advanced Applied Informatics Winter (IIAI-AAI -Winter)	-	168-174	2022
B. Wang, L. Li, M. Verma, <u>Y. Nakashima</u> , R. Kawasaki and <u>H. Nagahara</u> .	Match them up: Visually explainable few-shot image classification.	<i>Appl Intell</i>	-	-	2022
B. Wang, L. Li, <u>Y. Nakashima</u> and H. Nagahara.	Learning bottleneck concepts in image classification.	IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.	-	-	2023
<u>松村由美</u>	ダブルチェック信仰からの脱却	病院安全教育	9(5)	2-6	2022
櫛谷 香菜子, 佐藤 茂, 田中 さやか, 塩崎 大起, 金井 聖典, 白木 彰彦, 高橋 静, 崎元 晋, 西田 健太郎, 丸山 和一, <u>川崎 良</u> , 前田直之, 坂口 裕和, 西田 幸二	同一モデルの眼内レンズを用いた強膜内固定と囊内固定の傾斜、偏心、高次収差の比較	眼科臨床紀要	15 (9)	577-583	2022

Kiuchi G, Tanabe M, Nagata K. <u>Ishitobi N, Tabuchi H.</u> <u>Oshika T.</u>	Deep learning-based system for preoperative safety management in cataract surgery.	<i>J. Clin. Med.</i>	11 (18)	5397	2022
Kaori Hanai, <u>Hitoshi Tabuchi</u> , Daisuke Nagasato, Mao Tanabe, Hiroki Masumoto, Sakurako Miya, Natsuno Nishio, Hirohiko Nakamura, Masato Hashimoto.	Automated detection of enlarged extraocular muscle in Graves' ophthalmopathy with computed tomography and deep neural network.	<i>Scientific Reports.</i>	12	16036	2022
Tomohiro Ishigami, Tejiro Isokawa, <u>Naotake Kamiura</u> , Hiroki Masumoto, and <u>Hitoshi Tabuchi</u> .	Installation checking using long short-term memories for ophthalmology patients.	<i>Concurrency and Computation Practice and Experience</i>	-	-	2022
Naoya Moroto, Shunsuke Nakakura, <u>Hitoshi Tabuchi</u> , Kiyofumi Mochizuki, Yusuke Manabe, Hirokazu Sakaguchi.	Use of multifocal electroretinograms to determine stage of glaucoma.	PLoS One .	18 (1)	e0278234	2023
Yoshihiro Tokuda, <u>Hitoshi Tabuchi</u> , Toshihiko Nagasawa, Mao Tanabe, Hodaka Deguchi, Yuki Yoshizumi, Zaigen Ohara, Hiroshi Takahashi.	Automatic diagnosis of diabetic retinopathy stage focusing exclusively on retinal hemorrhage.	<i>Medicina</i>	58 (11)	1681	2022
Noguchi S, Noguchi A, Nakakura S, <u>Tabuchi H.</u>	Torsional Power and Tip Shape Greatly Change Irrigation Flow Feeding Rate.	<i>Cureus</i>	15 (1)	e33295	2022
Shoji Morita, Tejiro Isokawa, <u>Naotake Kamiura, Hitoshi Tabuchi</u> .	Data-Classification-Based Determination for Ophthalmological Examination Categories Using Machine Learning.	<i>Journal of Applied Logics.</i>	9 (3)	-	2022

Nagasato D, Sogawa T, Tanabe M, <u>Tabuchi H</u> , Numa S, Oishi A, Ohashi H, Ikeda, Tsujikawa A, Maeda T, Takahashi M, Ito N, Miura G, Shinohara T, Egawa M, Mitamura Y.	Estimation of visual function using deep learning from ultra-widefield fundus images in retinitis pigmentosa.	JAMA Ophthalmology	(in press)	(in press)	2023
Tamai K, Terai H, Hoshino M, <u>Tabuchi H</u> , Kato M, Toyoda H, Suzuki A, Takahashi S, Yabu A, Sawada Y, Iwamae M, Oka M, Nakaniwa K, Okada M, Nakamura H.	Deep learning algorithm for identifying cervical cord compression due to degenerative canal stenosis on radiography.	Spine	(in press)	(in press)	2023
<u>田淵仁志</u>	眼科 AI の近未来診療.	眼科グラフィック	11 (4)	461-464	2022
石飛直史、 <u>田淵仁志</u>	これからどうなる？眼科の AI 診断・管理 手術室内医療安全管理 AI システム.	眼科グラフィック	12 (2)	220-225	2023
西村和晃、 <u>田淵仁志</u> .	これからどうなる？眼科の AI 診断・管理 緑内障患者の点眼アドヒアランス管理 AI.	眼科グラフィック	12(2)	211-215	2023
<u>田淵仁志</u>	これからどうなる？眼科のオンライン診療& AI 診断・管理	眼科グラフィック	12(2)	193	2023
飯田恵、辻本朋美、山上優紀、大村優華、廣田大、柴田佳純、 <u>松村由美</u> 、福村宏美、山本崇、井上智子	注射薬調製時のシングルチェックに対する看護師の態度	医療マネジメント学会雑誌	22	140-147	2021

Wang B, LI L, Verma M, <u>Nakashima Y, Kawasaki R, Nagahara H.</u>	MTUNet: Few-shot Image Classification with Visual Explanations.	Proceedings of 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops		2294-2298	2021
三吉範克, <u>川崎良</u> , 江口英利, 土岐祐一郎	AIは外科にどこまで役立つか. 大阪大学におけるAIホスピタルと消化器外科領域における取組の現状と展望.	外科	83	1153-1159	2021
<u>川崎良</u>	人工知能を用いた画像解析による白内障手術研究.	眼科手術	35	16-23	2022
<u>松村由美</u>	病院の安全・危機管理対策	看護のチカラ	572	43-39	2022
Li L, Verma M, <u>Nakashima Y, Nagahara H, Kawasaki R.</u>	IterNet: Retinal Image Segmentation Utilization Structural Redundancy in Vessel Networks.	Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)		3656-3665	2020
Li L, Verma M, <u>Nakashima Y, Kawasaki R, Nagahara H.</u>	Joint Learning of Vessel Segmentation and Artery/Vein Classification with Post-processing.	Proceedings of the Third Conference on Medical Imaging with Deep Learning, PMLR	121	440-453	2020
Wang B, Li L, Nakashima Y, <u>Kawasaki R, Nagahara H, Yagi Y.</u>	Noisy-LSTM: Improving Temporal Awareness for Video Semantic Segmentation.	IEEE Access	9	46810-46820	2021

Li L, Wang B, Verma M, <u>Nakashima Y, Kawasaki R,</u> <u>Nagahara H.</u>	SCOUTER: Slot Attention-based Classifier for Explainable Image Recognition.	arXiv preprint	2009.061 38		2020
<u>松村由美</u>	ヒューマンエラー対策 における効果的なダブル ルチェックとは	日皮協ジャーナル	83	151-156	2020
<u>松村由美</u>	「事故モデル」を用い た医薬品事故の分析	NICU mate	56	3-4	2020