

SECを使用した眼科診断AI・遠隔診療を活用した 離島、地域医療、医療過疎地への調査研究

慶應義塾大学医学部 眼科学教室
特任講師 清水 映輔

(共同研究者)

慶應義塾大学医学部 眼科学教室	教授	坪田 一男
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	特任准教授	小川 葉子
鶴見大学歯学部附属病院 眼科	教授	藤島 浩
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	非常勤講師	深川 和巳
慶應義塾大学医学部 衛生学公衆衛生学	准教授	佐藤 泰憲
鶴見大学歯学部附属病院 眼科	専任講師	矢津 啓之
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	特任講師	羽入田 明子
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	助教	佐藤 真理
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	助教	片山 泰一郎
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	研究員	中山 慎太郎
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	研究員	丹治 信
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	研究員	逆瀬川 光人
慶應義塾大学医学部 眼科学教室	研究員	石川 敬規

はじめに

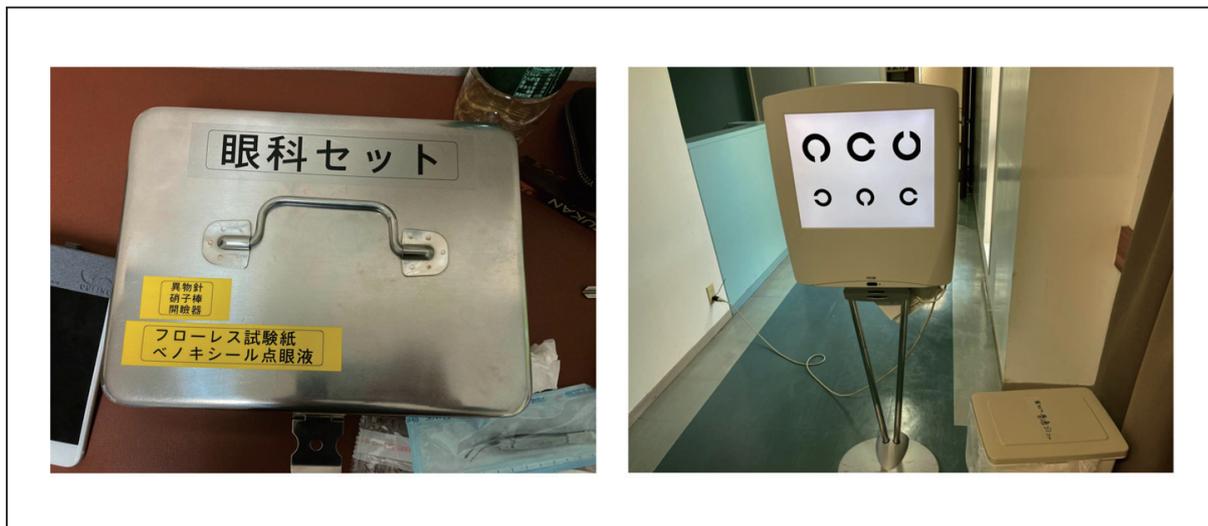
本邦初の医師主導型開発医療機器スマートアイカメラ (Smart Eye Camera : SEC) を使用した、新しい眼科診療の開発により、眼科遠隔診断を可能とし、眼科診断人工知能 (AI) を作成。そして、診断AIとSECを用いた眼科疾患の早期発見/治療を実現し、わが国だけでなく、世界中の予防可能な失明と視覚障害を克服する調査を行うために本提案を行う。今回は、ドライアイの診断AIを開発し、さらに、遠隔地における眼球診療の実際や解決策としての遠隔診療の可能性を模索した。

結 果

我が国での、遠隔地における眼球診療の実際調査を行うため、今回、東京都離島の一つ、伊豆諸島の「神津島」において、神津島診療所医師の協力のもと、眼科診療の実態調査、眼科診療及び指導、さらに本土との遠隔診療の実証を行なった。神津島は本土より約180km南に位置し、住民は約1,900人。渡航方法は飛行機 (所要時間45分)、高速ジェット船 (所

要時間4時間)、夜行汽船(所要時間12時間)であり、飛行機の本数も1日数本であった。神津島に唯一存在する「神津島村国民健康保険診療所」には、本土から派遣されている総合診療科の医師1名と、期間限定で派遣されている医師1名の合計2名が在籍しており、半年に1度のペースで各専門領域の医師が大学や総合病院から来訪し、検診や専門診療を行っていた。同診療所では内科外来に加え、院内に透析施設や入院施設も備わっていたが、眼科医療機器は固定式の細隙灯顕微鏡と視力検査台が1台のみであり、眼底を評価する機器は存在しなかった。また、検査・処置用のフルオレセイン試験紙、オキシブプロカイン点眼、フェニレフリン・トロピカミド点眼、27G針の用意はあるものの、睫毛鑷子・涙管洗浄針・縫合鑷子など眼科で不可欠な処置用の器具は存在しなかった。医薬品に関しては、院内処方では抗菌薬点眼、ステロイド点眼、NSAIDs点眼、緑内障点眼、アセタゾラミド内服と点滴が備わっていた(図1)。

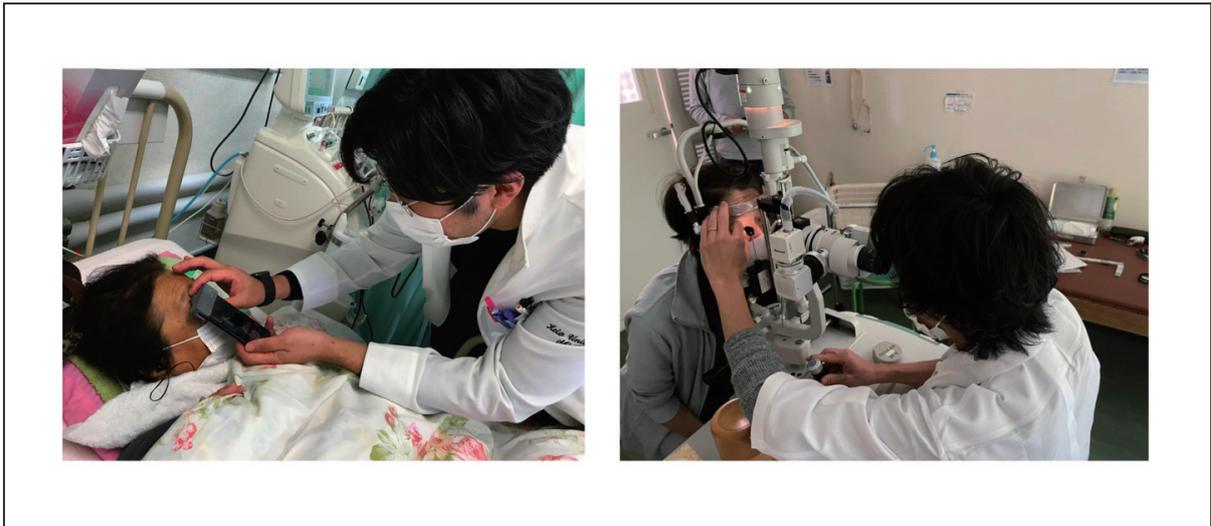
図1 神津島村国民健康保険診療所に常備されている眼科セット



今回、約15症例の眼科診療と、現地医師への指導を行った。まずは、透析中の症例に対し、ポータブル細隙灯顕微鏡(Smart Eye Camera. 株式会社OUI)を使用した前眼部診察と、持参した単眼倒像鏡(BS-III LED. 株式会社ナイツ)と20Dレンズ(20Dレンズ. Volk社)を用いた眼底診察を行った(図2)。緑内障症例に対しては、同診療所の細隙灯顕微鏡(SL-500. 株式会社イナミ)を用いて眼圧測定を行い、前眼部・眼底検査を行った(図2)。

現地では非眼科医によるアプラネーショントノメーターを用いた眼圧測定は難しく、ノンコンタクトトノメータは存在しないため、緑内障症例は本土まで定期的を受診しないと診療継続自体が困難であった。また、前医の処方を継続的に使用している症例が多く、視野狭窄を主訴に受診した偽水晶体眼の症例では、継続的にピロカルピン点眼が処方されており、診察時にも縮瞳を認めたため、点眼変更を実施した。白内障を症例に対しては、医師自ら視力測定を実施し、前眼部検査と眼底検査を行い、手術適応の説明まで行った。白内障手術は島

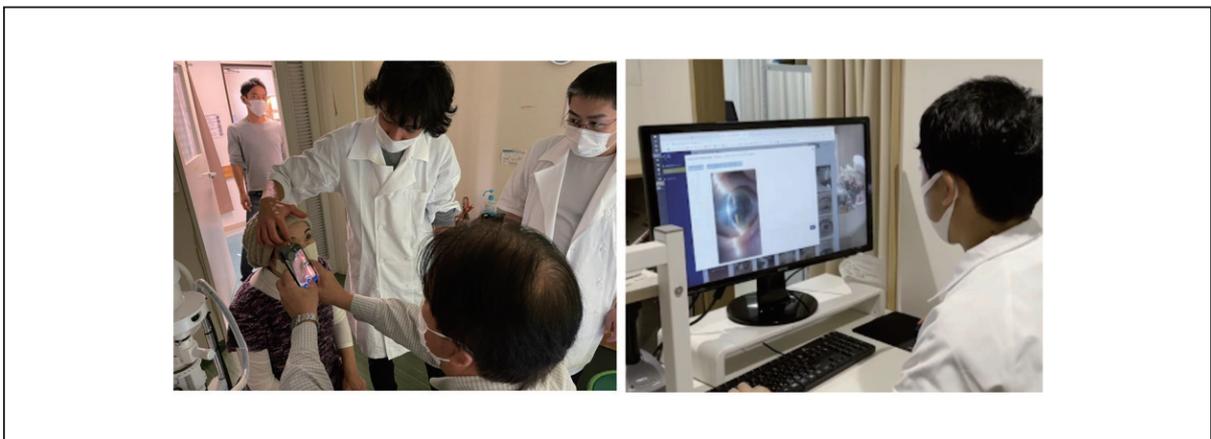
図2 透析患者の前眼部診 (左)、眼科医による緑内障症例の眼圧測定 (右)



内で行うことは不可能なため、本土まで赴いて実施することとなった。

他にも、同診療所に配備されていた前眼部所見をオンラインで共有できるポータブル細隙灯を用い、眼科医不在時にオンラインでのドクター to ドクター (D to D) 遠隔診療ができるよう、島での撮影から、本土眼科医の返答まで一連の流れを実施した (図3)。

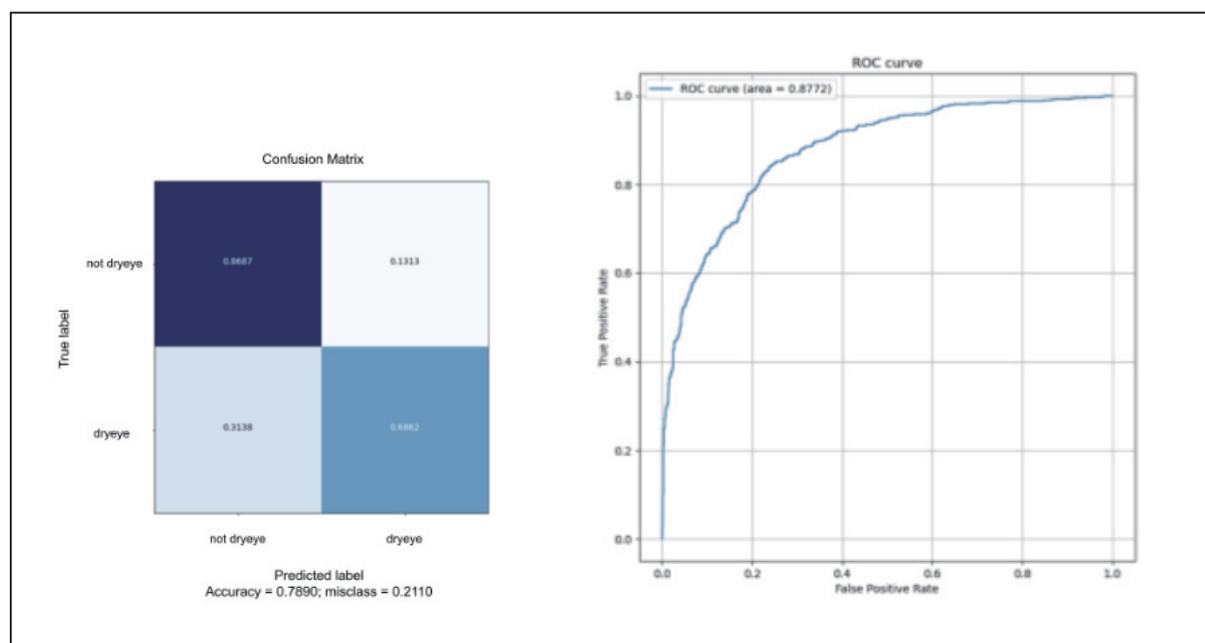
図3 前眼部画像を離島で取得する (左)、本土 (横浜けいあい眼科) の診療室で撮影された前眼部画像を評価する眼科専門医 (右)



ドライアイ診断AIに関して、ドライアイ診断における人工知能 (AI) の活用は、画像フォーマットや解析モデルの標準化が進んでいないため、まだ限定的である。そこで、我々はビデオ撮影可能なスリットランプ装置であるSECを用いて、前眼部の映像を収集した。本研究では、AIアルゴリズムによる涙液分解時間の推定精度を評価し、このモデルをアジアドライアイ学会 (ADES) のドライアイ診断基準に従ってDEDの診断に適用することを目的とした。SECを用いて撮影された79人158眼の後ろ向きとされたドライアイビデオを用い、

22,172フレームにドライアイ専門医によるアノテーションを行い、学習データセットと機械学習により、AIアルゴリズムを開発した。診断性能の判定にはADESのドライアイ判定基準を用いた。涙液破膜時間推定の精度は78.9%、このAIモデルの受信者動作特性曲線下面積は87.7%、ドライアイの診断に対する、感度と特異度はそれぞれ77.8%、85.7%であった(図4)。

図4 本研究より開発された、ドライアイ診断AIの精度



考 察

今回の東京都神津島における離島眼科医療の視察により、眼科緊急疾患への対応だけでなく、慢性疾患における定期観察の頻度や、前医処方の中止判断が難しい点が明らかとなった。これは、眼科は専門性が高い診療科であり専門医の存在が不可欠であること、診療を行うには専門的な医療機器が必要であることが原因と考えられる。この問題解決として遠隔診療に期待が寄せられている⁽¹⁾。遠隔診療は患者負担の軽減のみならず、地域の非眼科医への心理的サポートという面からも有用とされており⁽²⁾、眼科検査機器の小型軽量化と簡便化が進めば、眼科遠隔診療が現実的になると報告されている⁽²⁾。今回、視察で使用したSECは、前眼部評価において既存の細隙灯顕微鏡と同性能というエビデンスが多数あり^(3, 4, 5)、D to Dの遠隔コンサルテーションが可能である^(6, 7)。新型コロナウイルス感染拡大のこの世の中で、東京都の離島眼科診療において、IOTデバイスを用いたD to Dの眼科コンサルテーションが有用であると考えられた。さらに、特に発展途上国における眼科遠隔診療の応用性も示唆された。

要 約

わが国には400を超える有人離島が存在する。規模が大きい島には医療機関が存在し、様々な専門科の医師が駐在している。しかし、小規模の島になると、眼科医の駐在がなく、医療機関が存在しない島もある。今回、我々はNPO法人ファイトフォービジョンの活動の一環で、東京都離島である神津島に眼科医を派遣、神津島における眼科診療の現状調査と、本土との遠隔コンサルテーションによる眼科診療を試みた。今回の視察では、島嶼医療における眼科診療機器・医薬品の把握や、症例の特徴の把握ができ、様々な問題点を炙り出すことができた。東京都の島嶼医療におけるより専門的な眼科診療の必要性が示唆され、遠隔診療がその解決策の一つとなる可能性が示された。

また、AIを用いた新しいドライアイの診断モデル開発に成功。本診断モデルは、病院や診療所以外での眼科受診を可能にする可能性を持っている。

文 献

1. 吉田晃敏, 遠隔医療の進歩 今後の遠隔診療モデル, 診断と治療, 107, 4, 480-484, 2019.
2. 石子智士, 特集 遠隔医療の現状とこれからの展開 2. 事例紹介: 地域における遠隔医療の有用性と課題, 日本医事新報, 32-36, 4840, 2017.
3. Yazu H, Shimizu E, Okuyama S, Katahira T, Aketa N, Yokoiwa R, Sato Y, Ogawa Y, Fujishima H. Evaluation of Nuclear Cataract with Smartphone-Attachable Slit-Lamp Device. *Diagnostics*. 2020; 10(8):576
4. Shimizu E, Yazu H, Naohiko A, Yokoiwa R, Sato S, Katayama T, Hanyuda A, Sato Y, Ogawa Y, Tsubota K. Smart Eye Camera: A validation study for evaluating the tear film breakup time in dry eye disease patients. *Transl Vis Sci Technol*. 10 (28) . 2021.
5. Shimizu E, Yazu H, Aketa N, Yokoiwa R, Sato S, Yajima J, Katayama T, Sato R, Tanji M, Sato Y, Ogawa Y, Tsubota K. A Study Validating the Estimation of Anterior Chamber Depth and Iridocorneal Angle with Portable and Non-Portable Slit-Lamp Microscopy. *Sensors*. 2021; 21 (4) :1436.
6. 清水 映輔, スマートアイカメラ (SEC) を用いた, 前眼部遠隔診療, 視覚の科学, 2021年 42 巻 2 号 p. 32-34.
7. 清水 映輔, 矢津 啓之, 中山 慎太郎, 須藤 篤史, 小澤 秀浩, 佐藤 真理, 藤島 浩. 離島における眼科診療の実態調査と前眼部遠隔診療. *日本の眼科*. 93 巻 7 号 (944-947) . 2022年 07 月.