

# 実装科学に基づく人工知能(AI)を用いた 糖尿病網膜症スクリーニングの費用対効果評価

慶應義塾大学健康マネジメント研究科  
特任講師 阿久根 陽子

(共同研究者)

大阪大学大学院医学系研究科社会医学講座 公衆衛生学 教授 川崎 良  
慶應義塾大学経営管理研究科/健康マネジメント研究科 教授 後藤 励

## はじめに

糖尿病網膜症は中高年の中途失明原因の3位<sup>(1)</sup>であり、失明を防ぐために早期発見・早期治療が重要である。糖尿病網膜症診療ガイドラインでは網膜症のない糖尿病患者に年1回の眼科受診を推奨しているが、その順守率は、日本では約4-5割と報告されており<sup>(2)</sup>、低い検診受診率が課題となっている。

糖尿病網膜症を対象とした人工知能(AI)を用いた眼底写真のスクリーニングは、眼科受診の前に糖尿病診療にあたる内科や特定健診などの健康診断でも実施可能で、眼科受診の要否を即座に判断することができる。そのため、患者の利便性の向上によるスクリーニング受診率の改善が期待され、また、網膜症発症前の患者が眼科受診する不必要な眼科受診を減少させる可能性がある。本研究では、モデルシミュレーションを用いて技術導入による費用や効果への影響を推計することで、AIを用いた糖尿病網膜症スクリーニングにおける費用対効果に優れた導入戦略を明らかにすることを目的とする。

## 結 果

本研究では、AIスクリーニングの費用対効果を評価するために、既存の糖尿病網膜症の管理(眼科及び特定健診でのスクリーニング)とAIを導入した仮想の糖尿病網膜症の管理(糖尿病診療の内科及び特定健診にAIスクリーニングを導入)を想定した。TreeAge2024を用いて2つの管理をモデル化し、シミュレーションによってAI導入の費用や効果への影響を推計した。分析枠組みを表1に示す。

表1 分析枠組み

評価対象集団	40歳の2型糖尿病(50万人)
分析の立場	公的医療の立場
分析手法	費用効果分析(マイクロシミュレーション)
費用の算出方法	AIスクリーニング費用は画像診断管理加算3(2023年時点)に基づいて設定 その他の費用は文献で報告された値又は専門家の意見に基づいて設定*
単価(価格)の設定時期	2023年
評価対象技術	糖尿病診療の内科及び特定健診でのAIスクリーニング(AI群)
比較対照技術	眼科及び特定健診でのスクリーニング(Conventional群)
分析期間	40歳から90歳まで
効果指標	質調整生存年(QALY; Quality-Adjusted Life Year)
割引率	費用・効果ともに年率2%

\* 糖尿病治療に関連する費用は、臨床家の意見に基づき積み上げ計算したものをを用いたが、JMDC claims database(複数の健康保険組合のレセプト(入院、外来、調剤)などのデータを蓄積している疫学レセプトデータベース)を用いて糖尿病患者の外来治療費を2013年から2020年まで集計し、積み上げ計算の妥当性を検証した。

費用対効果は増分費用効果比(ICER; Incremental cost-effectiveness ratio)を用いて評価した。費用対効果に優れると判断する閾値は、ICERが500万円/QALY以下と設定した。AI群とConventional群の累積費用と累積QALY、AI群のConventional群に対する増分費用と増分QALY、ICERを表2に示す。

表2 費用効果分析の結果

	Costs, JPY	Incremental costs, JPY	QALYs	Incremental QALYs	ICER, JPY/QALY
Conventional	3,744,636	..	23.217	..	..
AI	3,779,515	34,878	23.239	0.022	1,598,244

パラメータの不確実性の影響を評価するために、入力パラメータを95%信頼区間などの範囲で変化させた場合の分析(一元感度分析)を行ったところ、132パラメータのうち最も影響が大きいパラメータは40代での糖尿病患者の無治療の割合であった。スクリーニング参加率の影響は小さく、95%信頼区間の範囲で変動させてもICERは500万円/QALYを下回った。

モデルの仮定に基づく不確実性を評価するために、内科や眼科、特定健診での糖尿病網膜症スクリーニングの実施率に関して、AI群とConventional群で20%から100%まで変動させた二元感度分析を行った。糖尿病診療での内科や眼科での糖尿病網膜症スクリーニン

グの実施率を上記の変動幅で変動させたところ、ICERはいずれも500万円/QALYを下回った。一方で、特定健診での糖尿病網膜症スクリーニングの実施率では、AI群の実施率がConventional群よりも十分高い場合のみICERが500万円/QALYを下回った。

AI導入の優先度を評価するために、糖尿病診療の内科のみにAIを導入した場合と特定健診のみにAI導入した場合の2つのシナリオを検討した。前者はICERが3,960,839円/QALYで、後者は1,895,226円/QALYであった。

新規技術実装の費用は、導入期間と新規技術が普及した後の維持期間に分けることができる。本研究では、維持期間の糖尿病患者1人当たりのAIスクリーニング費用に関して画像診断管理加算3を援用し、3,400円と仮定して計算した。費用対効果の観点から、導入時期に使用できる費用を見積ったところ、糖尿病患者1人当たり5,300円と算出された。

## 考 察

既存の糖尿病網膜症の管理にAIを導入した場合の費用対効果に関して、モデルを用いて評価したところ、ICERは1,598,244円/QALYと見積もられ、閾値の500万円/QALYを下回るため費用対効果に優れると判断できた。

パラメータの不確実性の評価では、40代での糖尿病患者の無治療の割合のパラメータが費用対効果に及ぼす影響が大きいことが分かった。この割合が低いと、ICERが700万円/QALYとなった。この結果は、費用対効果に優れるAIの糖尿病網膜症スクリーニングを実施するためには、スクリーニング対象の糖尿病の治療の状況を考慮する必要があることを示唆している。

糖尿病網膜症スクリーニングの実施率に関する評価では、特定健診での実施率の影響が大きいことが示唆された。AI群の特定健診での実施率がConventional群の実施率と近いあるいは下回る場合、増分費用や増分QALYが負の値をとる、あるいはICERが閾値の500万円/QALYを上回ることが示された。費用対効果の観点では、特定健診にAIの糖尿病網膜症スクリーニングを追加する場合は、AI群における実施率が十分高いことが必要であることが示された。

AI導入の優先度の評価では、内科のみと特定健診のみにAIを導入した場合の2つのシナリオを検討し、いずれも閾値を下回るので費用対効果に優れることが示された。財源などの制約により閾値が500万円/QALYを下回る場合は、特定健診に先に導入することが費用対効果の観点からは支持された。

AIの導入期間の費用推計では、ICERが500万円/QALYになるスクリーニング費用を計算し、糖尿病患者1人当たり8,700円と見積もられた。糖尿病患者1人当たりのAIスクリーニング費用は、3,400円と仮定しているため、残りの5,300円が導入時期の費用として使用可能であることが示された。ただし、本研究で使用したAIスクリーニング費用は、米国での費用（45.36から127.81ドル [ref42]）と比較すると低く、維持期間の費用が増大する場

合は、導入期間の費用を抑える必要があり、両者の費用バランスが重要であることが示唆された。

## 要 約

内科と特定健診で実施されている既存の糖尿病網膜症の管理にAIスクリーニングを導入した場合の費用対効果を評価するために、モデルを構築した。40歳の50万人の仮想集団を90歳までシミュレーションすることで費用と効果を推計したところ、費用対効果の指標であるICERが1,598,244円/QALYと算出され、費用対効果に優れることが示唆された。

## 文 献

1. Matoba R, Morimoto N, Kawasaki R, Fujiwara M, Kanenaga K, Yamashita H, et al. : A nationwide survey of newly certified visually impaired individuals in Japan for the fiscal year 2019: impact of the revision of criteria for visual impairment certification, *Jpn J Ophthalmol.* 67 (3) :346–352. 2023.
2. Tanaka H, Sugiyama T, Ihana-Sugiyama N, Ueki K, Kobayashi Y, Ohsugi M: Changes in the quality of diabetes care in Japan between 2007 and 2015: A repeated cross-sectional study using claims data, *Diabetes Res Clin Pract.* 149:188–199. 2019.
3. Wu K, Wu E, Theodorou B, Liang W, Mack C, Glass L, et al. : Characterizing the Clinical Adoption of Medical AI Devices through U.S. Insurance Claims, *N Engl J Med AI.* 1 (1) :1–13. 2023.