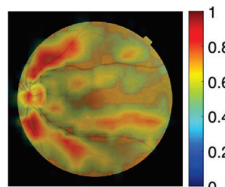


OCULOMICS

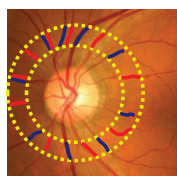
眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性

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

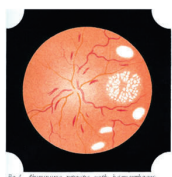
OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



AIの力で
医師でもわからない
カラダのリスクを知る。
Oculomicsの時代へ

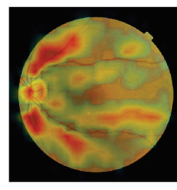


デジタル計測でより早く、より正確に。
Oculometricsによる変革

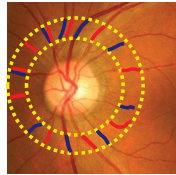


「眼は体の窓」
眼をみることでカラダの状態を知ることの黎明期

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



AIの力で
 医師でもわからない
 カラダのリスクを知る。
 Oculomicsの時代へ



デジタル計測でより早く、より正確に。
 Oculometricsによる変革



「眼は体の窓」
 眼をみることでカラダの状態を知ることの黎明期

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

眼の内部、すなわち「眼底」を容易に観察できるようになった当時から、高血圧や腎臓病の患者の眼には眼底出血や白斑と呼ばれる所見が見られることが知られていました。

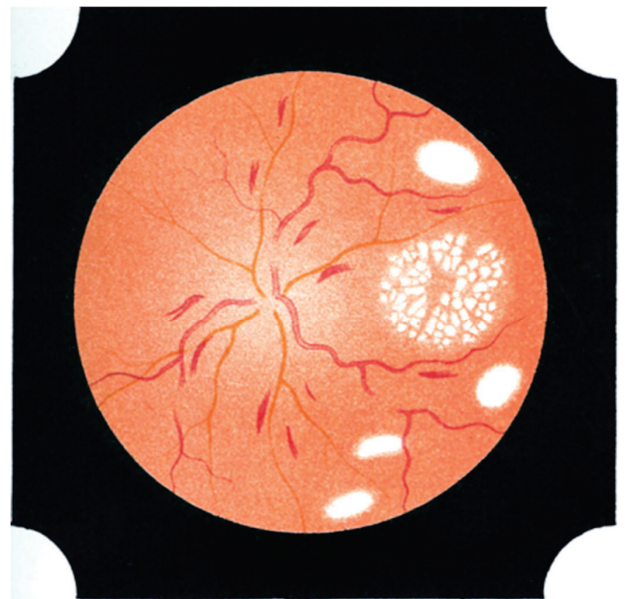
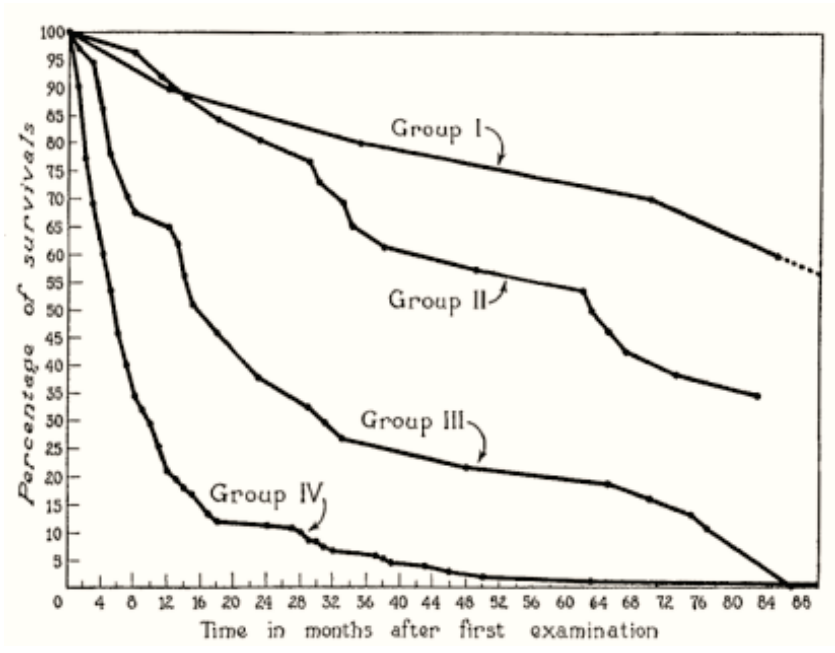


Fig 1. Abuminuric retinitis with hæmorrhages.

Gunn RM. Ophthalmoscopic evidence of (1) arterial changes associated with chronic renal diseases and (2) of increased arterial tension. Trans Ophthalmol Soc UK 12: 124-125, 1892

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



Keith-Wagner-Barkerは眼底初見に応じて死亡のリスクを層別化できることを明らかにしました。

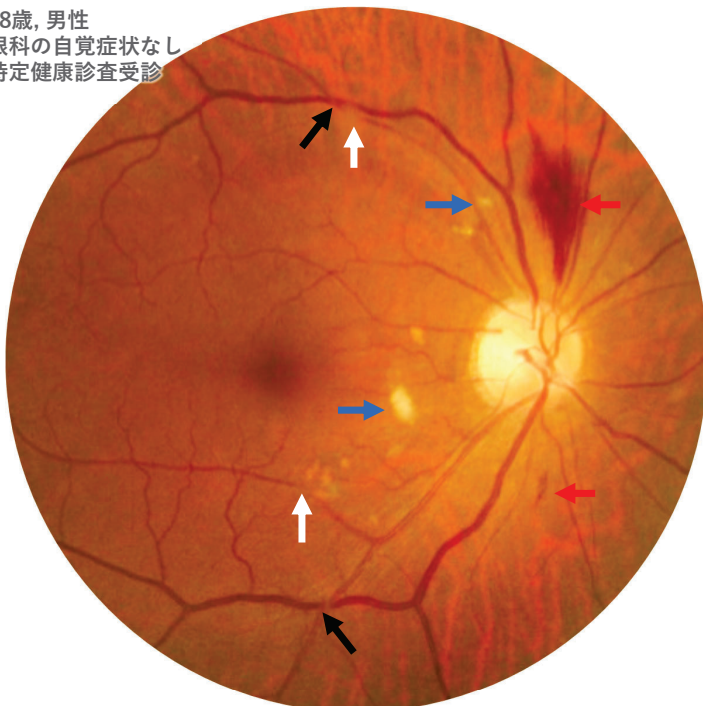
脳卒中による死亡が多かったわが国では1960-70年代から循環器検診への導入が進みました。

無散瞳眼底カメラの普及も

Keith NM, Wagener HP, Barker NW. Some different types of essential hypertension: Their course and prognosis. Am J Med Sci. 1939;197:332-343.

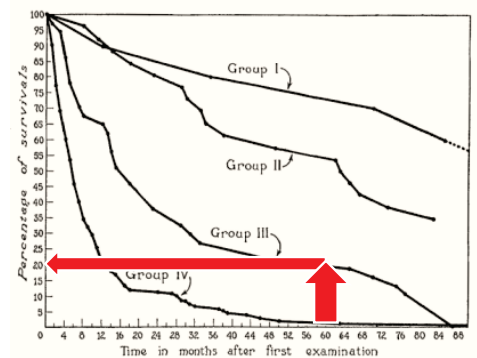
OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

58歳, 男性
眼科の自覚症状なし
特定健康診査受診



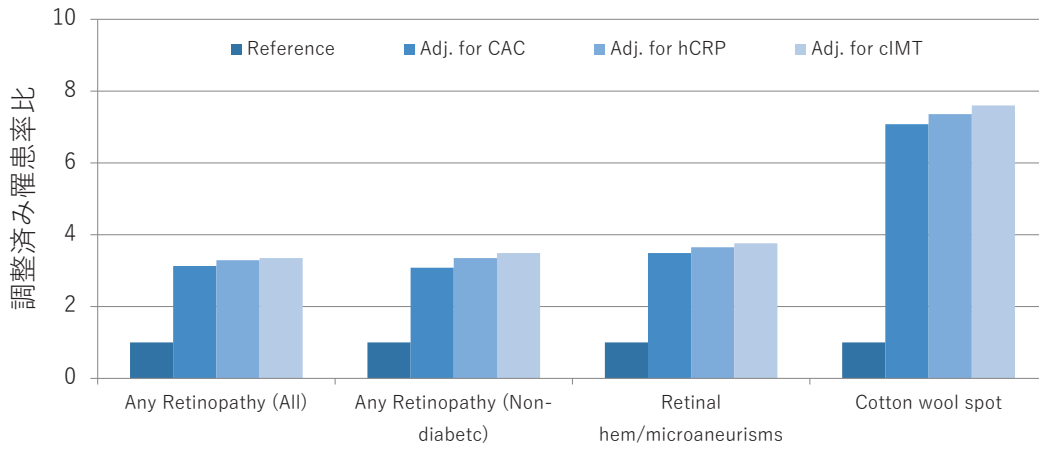
Keith-Wagner-Barker: III度

Keith NM, Wagener HP, Barker NW. Some different types of essential hypertension: Their course and prognosis. Am J Med Sci. 1939;197:332-343.



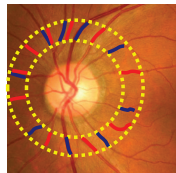
無治療であれば5年後には80%が死亡のリスク

網膜血管所見は現代でも脳卒中リスク層別化に有用である。 Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA)

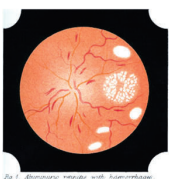


*年齢、性別、研究地域、人種、高血圧、糖尿病、脂質異常、喫煙状況で調整

Kawasaki R et al. ; MESA. Retinal microvascular signs and risk of stroke: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). Stroke. 2012 Dec;43(12):3245-51.



デジタル計測でより早く、より正確に。
Oculometricsによる変革



「眼は体の窓」
眼をみることでカラダの状態を知ることの黎明期

定性的な判断から定量的な測定へ：血管の太さの指標

主観的な定性判定を
定量指標に更新する

微細な血管の形態異常から
脳卒中発症リスクを層別化できる

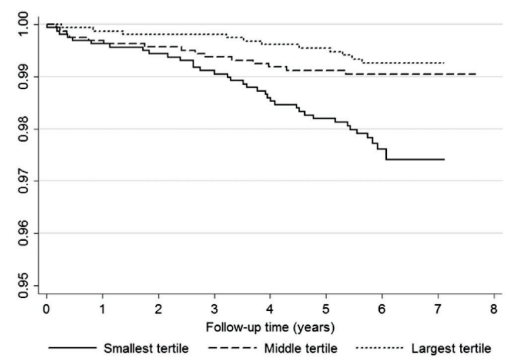
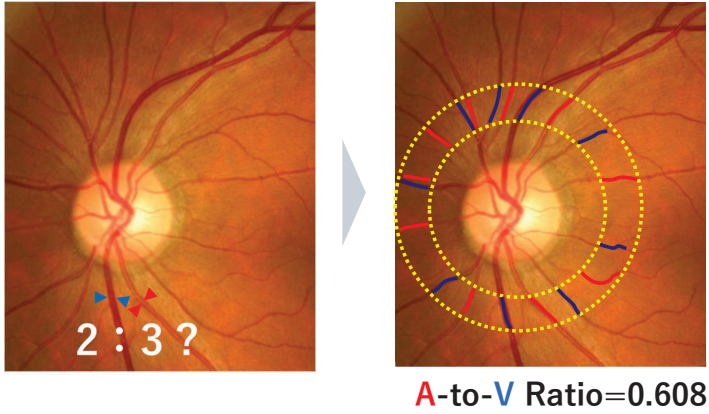
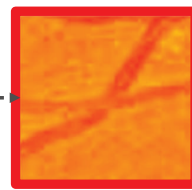


Figure 3. Kaplan-Meier survival curve incident stroke by tertiles of the central retinal artery equivalent (CRAE).

Kawasaki R et al. (ARIC Study) Stroke 2010.; Cheung N...Kawasaki R, et al. Brain 2010.; Kawasaki R et al. Neurology 2011.; Kawasaki R et al. (MESA) Stroke. 2012. Unnikrishnan P... Kawasaki R et al. IEEE Eng Med Biol Soc. 2013.

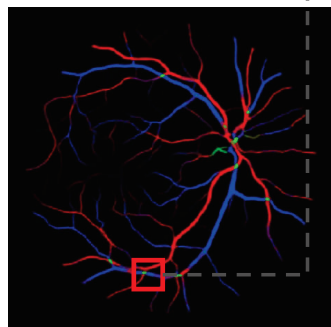
定性的な判断から定量的な測定へ：血管の硬さの指標

眼底写真 血管を抽出

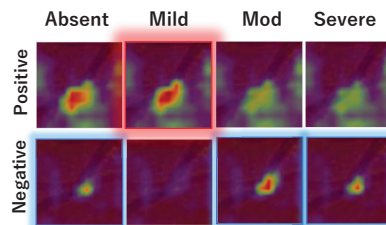


交叉している部分の形態
細動脈硬化：なし
軽度
中等度
重度

動脈（赤）
静脈（青）に分離



交叉している部分を抽出



根拠を示すAI診断支援

「なぜそう判断されるか」

「なぜそう判断されないか」

Explainable for both
positive/negative
probabilities.

Automated grading system of retinal arterio-venous crossing patterns: A deep learning approach replicating ophthalmologist's diagnostic process of arteriosclerosis

Lianghui Li¹, Manisha Verma¹, Bowen Wang¹, Yuta Nakashima¹, Hajime Nagahara¹, Ryo Kawasaki^{1*}

Li L, Verma M, Nakashima Y, Nagahara H, Kawasaki R. PLOS Digit Health. 2023;2(1):e0000174.

高血圧および心血管疾患に伴う網膜所見 (Wong TY および Paul Mitchell による改訂版)

Table 1. Classification of Hypertensive Retinopathy on the Basis of Recent Population-Based Data.

Grade of Retinopathy	Retinal Signs	Systemic Associations*
None	No detectable signs	None
Mild	Generalized arteriolar narrowing, focal arteriolar narrowing, arteriovenous nicking, opacity ("copper wiring") of arteriolar wall, or a combination of these signs	Modest association with risk of clinical stroke, ^{41,43} subclinical stroke, ⁴³ coronary heart disease, ^{48,49} and death ⁴⁵
Moderate	Hemorrhage (blot, dot, or flame-shaped), microaneurysm, cotton-wool spot, hard exudate, or a combination of these signs	Strong association with risk of clinical stroke, ^{41,43} subclinical stroke, ⁴³ cognitive decline, ⁴² and death from cardiovascular causes ⁴⁵
Malignant	Signs of moderate retinopathy plus swelling of the optic disk†	Strong association with death

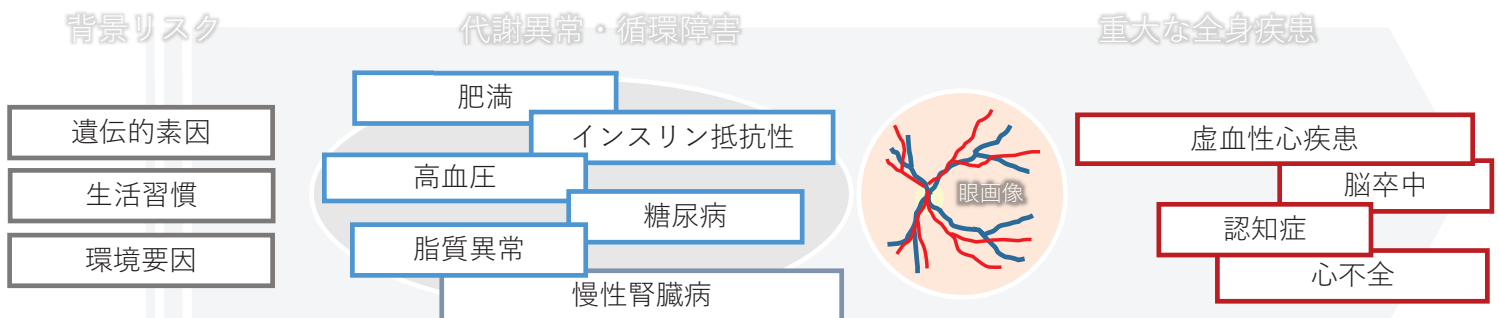
* A modest association is defined as an odds ratio of greater than 1 but less than 2. A strong association is defined as an odds ratio of 2 or greater.

† Anterior ischemic optic neuropathy, characterized by unilateral swelling of the optic disk, visual loss, and sectorial visual-field loss, should be ruled out.

2026/5/13

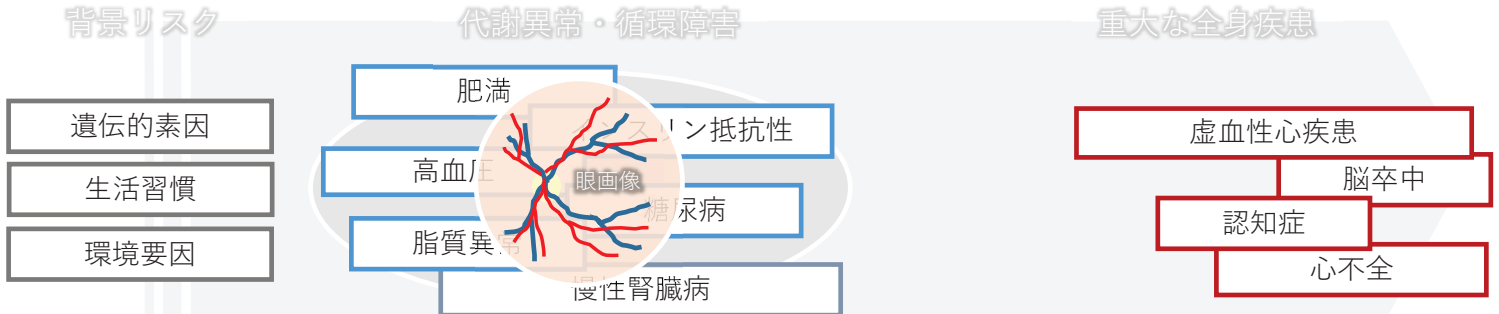
N ENGL J MED 351:22 WWW.NEJM.ORG NOVEMBER 25, 2004

11



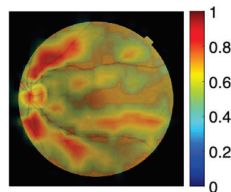
種々の循環器疾患リスク病態の結果として引き起こされる網膜所見は、全身疾患のリスク評価に活用できる。

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

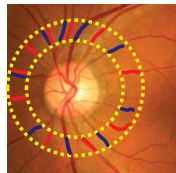


網膜所見は種々の循環器疾患リスク病態に先立って存在し、循環器疾患リスクを推定し、全身疾患のリスク評価に活用できる。

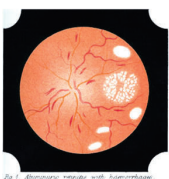
OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



AIの力で
医師でもわからない
カラダのリスクを知る。
Oculomicsの時代へ



デジタル計測でより早く、より正確に。
Oculometricsによる変革



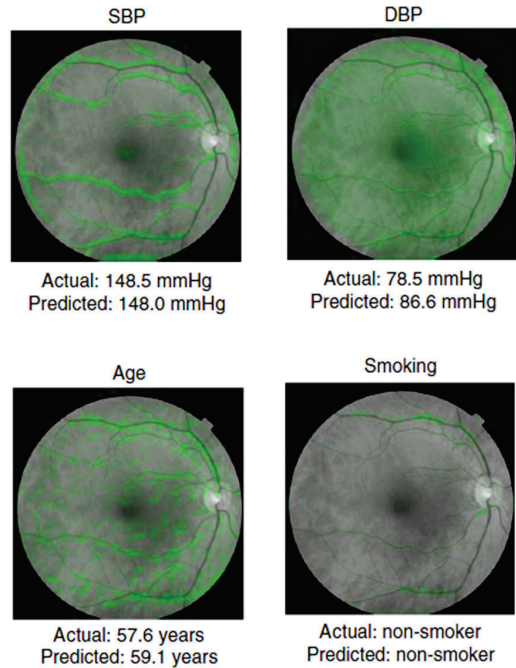
「眼は体の窓」
眼をみることでカラダの状態を知ることの黎明期

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

直接撮影した眼底写真を入力して、
特定の所見に頼らずに
心血管リスクの評価が可能！

Model	AUC (95% CI)
Age	0.66 (0.61-0.71)
Systolic blood pressure (SBP)	0.66 (0.61-0.71)
Body mass index (BMI)	0.62 (0.56-0.67)
Gender	0.57 (0.53-0.62)
Current smoker	0.55 (0.52-0.59)
Algorithm	0.70 (0.65-0.74)
Age + SBP + BMI + gender + current smoker	0.72 (0.68-0.76)
Algorithm + age + SBP + BMI + gender + current smoker	0.73 (0.69-0.77)
Systematic COronary Risk Evaluation (SCORE) ^{5,7}	0.72 (0.67-0.76)
Algorithm + SCORE	0.72 (0.67-0.76)

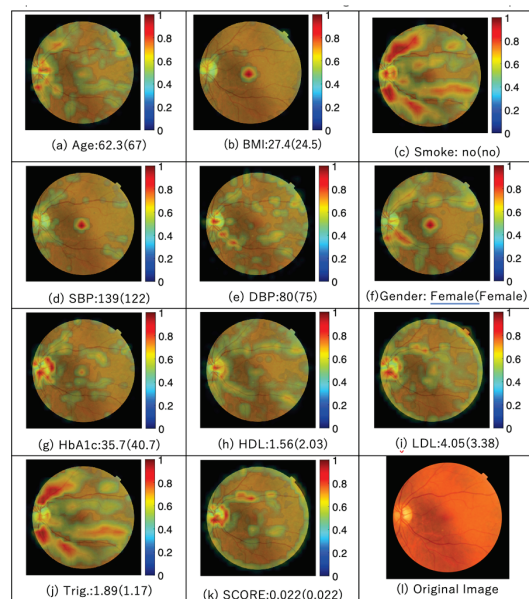
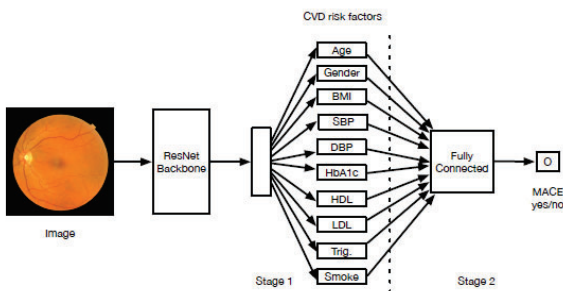
Table 3. Predicting 5-year MACE on biobank validation set. Of the 12,026 patients in the UK Biobank validation dataset, 91 experience a previous cardiac event prior to retinal imaging and were excluded from the analysis. Of the 11,835 patients in the validation set without a previous cardiac event, 105 patients experienced a MACE within 5 years of retinal imaging. 95% confidence intervals were calculated using 2000 bootstrap samples.



Poplin, R et al. Nat Biomed Eng 2, 158–164 (2018).

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

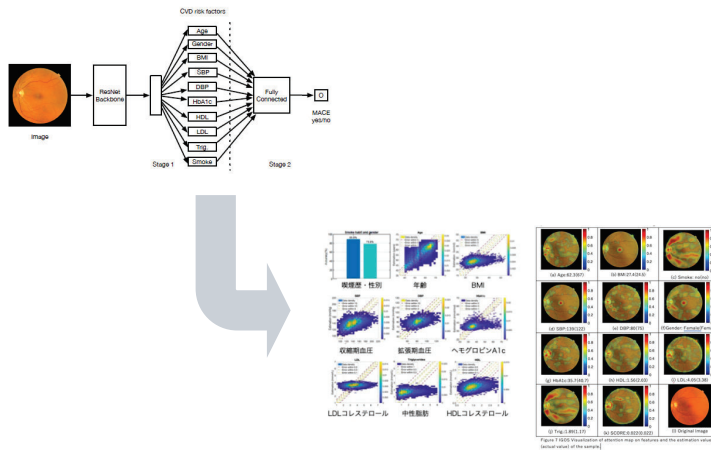
10の循環器リスク要因を網膜画像から推定するAIモデル



精度向上の余地は大きいですが眼底画像からこれらの要因の推定が可能となれば、「血液検査なし」で、かつ、繰り返し検査によるダイナミックなリスク予測を提供するマーカーとなる可能性がある。

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

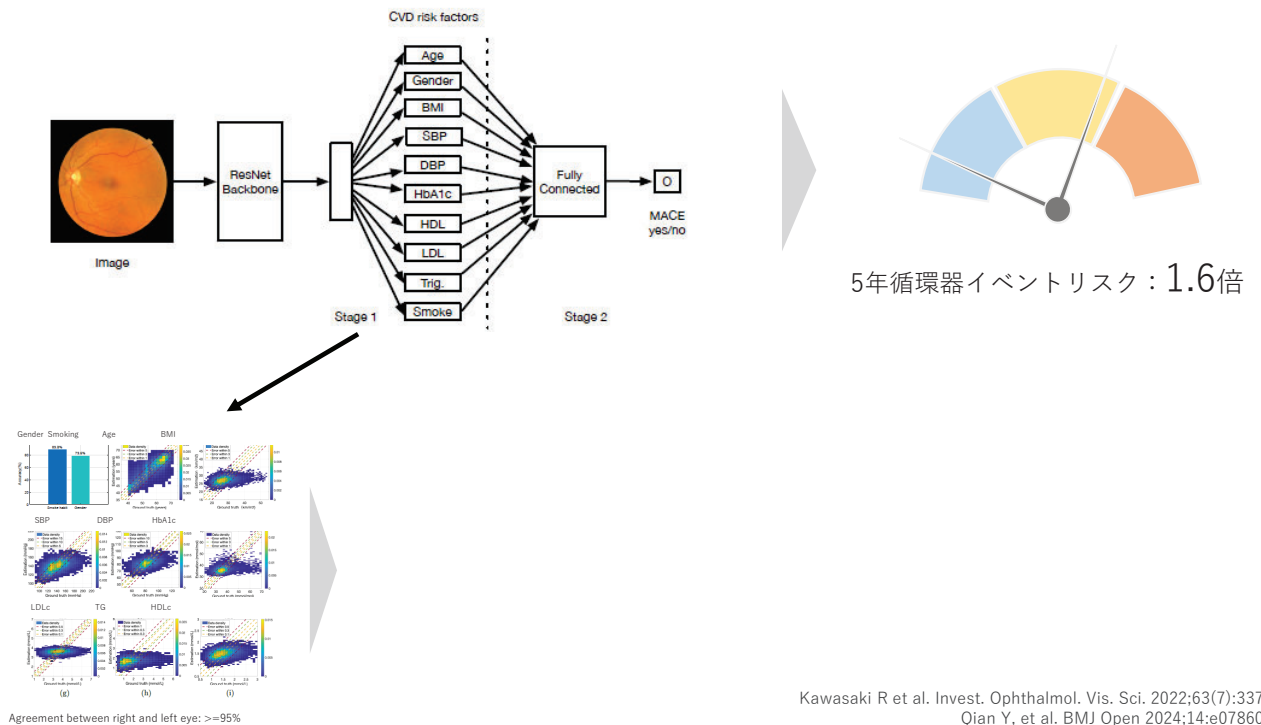
10の循環器リスク要因を網膜画像から推定するAIモデル



5年間累積の循環器疾患
発症リスク予測能:
ROC-AUC: 0.74 (0.71, 0.77)
これは実際の検査データに匹敵
する結果であった。
(従来法: 0.68-0.76)

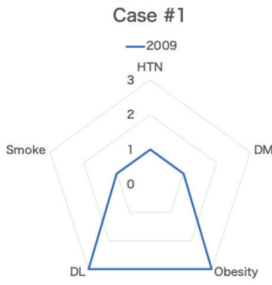
Kawasaki R et al. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2022;63(7):3375.; Qian Y, et al. BMJ Open 2024;14:e078609.

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



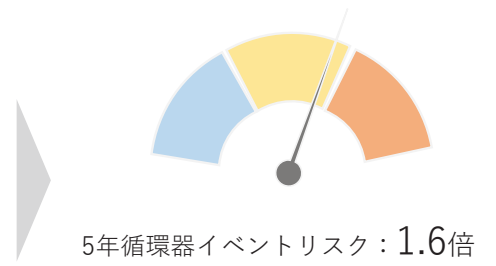
Kawasaki R et al. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2022;63(7):3375. Qian Y, et al. BMJ Open 2024;14:e078609.

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



対策を優先すべきリスク要因:

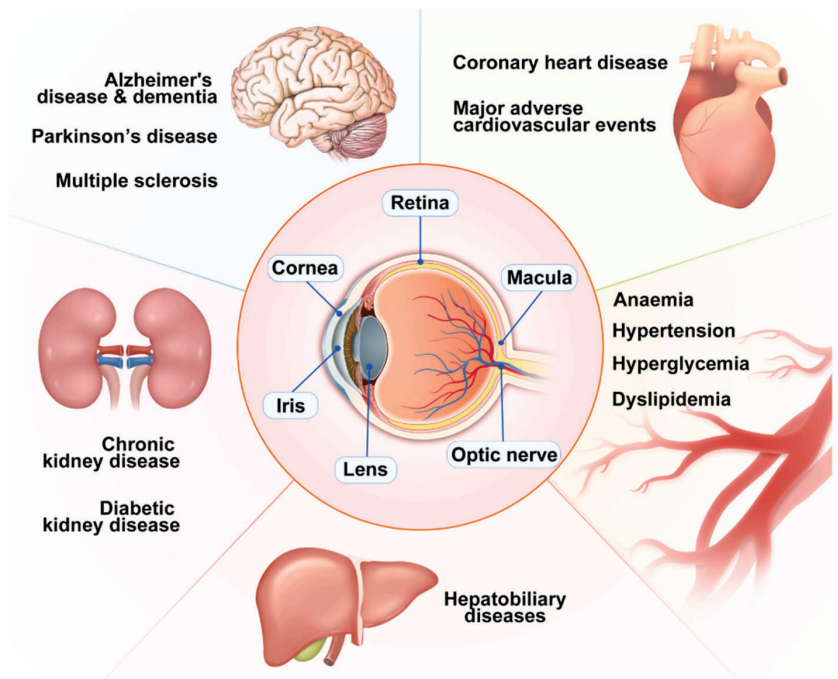
- 1 脂質異常
- 1 肥満
- 2 禁煙
- 2 糖尿病



Kawasaki R et al. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2022;63(7):3375.
 Qian Y, et al. BMJ Open 2024;14:e078609.

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

今や眼底写真やその他の眼画像は循環器以外のリスク評価にも応用が始まっています。

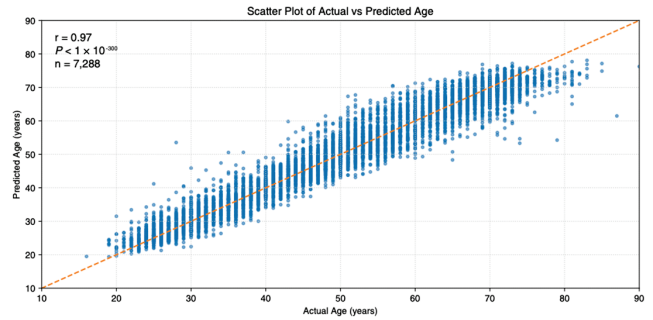
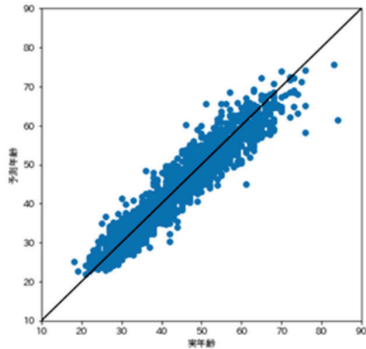


Zhu ZL et al. Progress in Retinal and Eye Research Volume 106, May 2025, 101350

OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-

暦年齢と眼底から推定される生物学的年齢

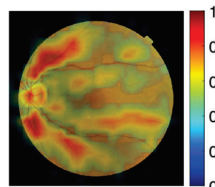
暦年齢と生物学的年齢の差はあらたな「老化指標」となる可能性がある。



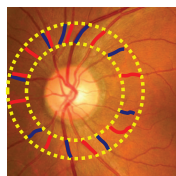
Miyake M, Akiyama M, Kashiwagi K, Sakamoto T, Oshika T. Japan Ocular Imaging Registry: a national ophthalmology real-world database. Jpn J Ophthalmol. 2022 Nov;66(6):499-503.

Ninomiya T, Hanyuda A, Kiyota N, Sharma P, Zhou Y, Wagner SK, Suzuki K, Nozaki T, Miya T, Takahashi N, Omodaka K, Himori N, Ichikawa Y, Keane PA, Nakazawa T. High-accuracy retinal age prediction via fundus-based multitask learning reveals the effect of systemic disease. Commun Med (Lond). 2026 Apr 8.

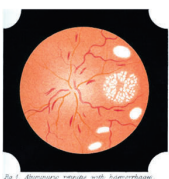
OCULOMICS -眼をみてカラダを知るあたらしい健診の可能性-



AIの力で
医師でもわからない
カラダのリスクを知る。
Oculomicsの時代へ



デジタル計測でより早く、より正確に。
Oculometricsによる変革



「眼は体の窓」
眼をみることでカラダの状態を知ることの黎明期