

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K16960

研究課題名（和文）ディープラーニングニューラルネットワークを用いた網膜厚からの視野感度推定

研究課題名（英文）Estimation of visual field sensitivity from retinal thickness using deep learning neural network

研究代表者

藤野 友里 (Fujino, Yuri)

東京大学・医学部附属病院・特任研究員

研究者番号：20768254

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：光干渉断層計による網膜層厚と視野感度の関係は単純な関係にはなく、視野感度の網膜層厚による正確な予測方法は解明されていなかった。光干渉断層計による黄斑部網膜スキャンは主に中心10度に対応している。そこで本研究では深層学習を導入した予測を行うことで、正確な中心10度の視野感度の予測を行うモデルの構築を行った。更に、大量の視野データを用いて緑内障性視野障害のパターン・特徴を抽出しておき、得られた予測値を視野パターンに照らして罰則化することで更なる予測精度の向上を行うことが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視野検査は時間やコストがかかる。特に中心10度の視野検査は、通常行われる中心30度の視野検査に追加での施行が必要であるため、患者や医療現場への負担が大きい。また視野検査は患者の反応に依拠した検査であるため、測定ノイズが多いことも問題点の一つである。他方、光干渉断層計による網膜層厚撮影はノイズが少なく、且つ短時間で施行可能である。その為、本研究の結果、光干渉断層計による網膜層厚から中心10度の視野予測を正確に行えるようになったことの臨床的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：The relationship between retinal thickness and visual field sensitivity is not straightforward, and an accurate prediction of visual field sensitivity from optical coherence tomography-measured retinal thickness has not been accomplished. The macular scanning of optical coherence tomography corresponds to central 10 degrees' visual field. In this study, we developed a novel method to predict visual field sensitivity from optical coherence tomography-measured retinal thickness using deep learning. Furthermore, we extracted features/patterns of glaucomatous visual field damage, and penalized the obtained prediction value considering the pattern of visual field, which enabled the improvement of the prediction accuracy.

研究分野：眼科

キーワード：視野 機械学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

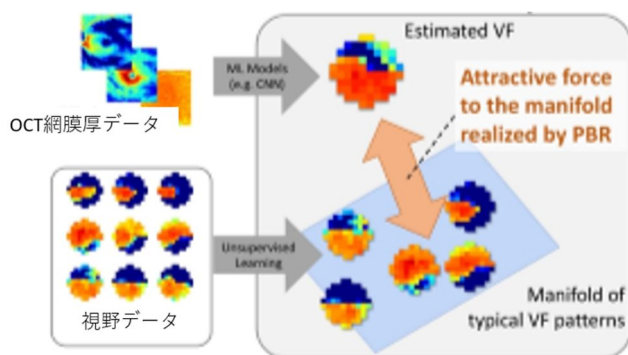
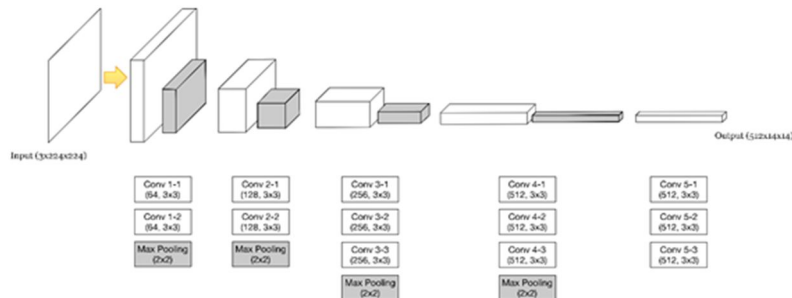
緑内障の病期、進行判定には視野検査が広く用いられている。視野検査としてはハンフリー視野検査を中心とした静的視野検査が用いられることが多い。近年光干渉断層計(OCT)を利用して黄斑部、並びに傍視神経乳頭部の網膜神経節細胞層厚、網膜神経線維層厚、視細胞層厚などの測定を高精度で行うことが可能となり、これらを利用して、臨床的に緑内障診断の補助、並びに病期・進行判定が行われている。OCTは客観的な撮影結果が得られ、再現性も高いという長所があり、OCTの測定結果から、視野感度を正しく推定することが出来れば、患者および臨床現場への負担の大きい視野検査を最低限の施行回数に留め、その中間時期の視野は、OCTによる推測視野で代用することが可能となる。しかしながら、網膜神経節細胞層厚、網膜神経線維層厚、視細胞層厚は個人差が大きく、視野とOCT測定結果の対応部位同士を線形回帰するという従来通りの単純な方法では、対象病期によって相関係数は異なるものの、概ね0.5~0.7程度と報告されていた。

2. 研究の目的

緑内障において、OCTを計測して得られる黄斑部、並びに傍視神経乳頭部の網膜神経節細胞層厚、網膜神経線維層厚から視野感度を推測すること。その際に網膜神経節細胞層厚、網膜神経線維層厚の各々、並びに視野感度を予め特徴量抽出しておいてから、各データをニューラルネットワークで関連付けるディープラーニング(深層学習)の手法を使用することで従来の手法に比べより正確な予測を行うこと。

3. 研究の方法

591眼10-2視野データ及びOCTとのペアデータを使用し、網膜厚から視野感度を予測した。解析には pattern-based regularization(PBR)と pattern-based visualization(PBV)の方法を convolutional neural networks (CNN)を使用して予測を行った。具体的には畳み込みニューラルネットワークを用いて3つの黄斑網膜厚維層、神経節細胞層+内網状層、視細胞層+網膜色素上皮層を用いて予測した(CNNモデル: 図1)。更に予め大量の視野データ(7715視野)から緑内障性視野障害パターンを抽出しておき、このパターンに照らして予測視野感度を正則化する事後的に行うモデルも構築した(PBRモデル: 図2)。



4. 研究成果

CNNのみで予測を行った場合の各視野測定点の予測誤差の平均は6.76 dB、PBRを用いた方法では6.16 dBと高い推定精度を達成し、CNNのみの予測に対して予測誤差は約10%減少した。

次に上記をトレーニングデータとして使用し、新たに160例131眼をテストデータとして使用した。提唱モデルによる各測定点ごとの予測誤差(二乗平均平方根)は6.32 dBであり、下側耳側で他の領域に比べ予測誤差は小さかった。また緑内障パターンからの乖離によって罰則化を

行わない場合には 6.76 dB で有意に悪かった。また対照のために行ったサポートベクターマシン、線形回帰では各々 7.18、8.56 dB であった。

結論として深層学習モデル(CNN_PBR)とトレーニングして検証し、OCT より得られた各網膜層厚から視野測定点を予測した結果、CNN モデルは従来の機械学習アルゴリズムと比較してより優れた精度のパフォーマンスを示し、測定点ごと(ポイントワイズ)にも、良い予測精度を実現した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fujino Yuri, Murata Hiroshi, Matsuura Masato, Yanagisawa Mieko, Shoji Nobuyuki, Inoue Kenji, Yamagami Junkichi, Asaoka Ryo	4. 巻 59
2. 論文標題 Mapping the Central 10° Visual Field to the Optic Nerve Head Using the Structure?Function Relationship	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Investigative Ophthalmology & Visual Science	6. 最初と最後の頁 2801 ~ 2801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/iovs.17-23485	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Xu L, Asaoka R, Kiwaki T, Murata H, Fujino Y, Matsuura M, Hashimoto Y, Asano S, Miki A, Mori K, Ikeda Y, Kanamoto T, Yamagami J, Inoue K, Tanito M, Yamanishi K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Predicting the glaucomatous central 10 degrees visual field from optical coherence tomography using deep learning and tensor regression.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Am J Ophthalmol	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Mapping the Central 10 Degrees Visual Field to the Optic Nerve Head using the Structure Function Relationship
2. 発表標題 藤野友里、村田博史、松浦将人、柳澤美衣子、庄司信行、井上賢治、山上淳吉、朝岡亮
3. 学会等名 23rd International Visual Field & Imaging Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年 ~ 2019年

1. 発表者名 藤野友里
2. 発表標題 Rates of Visual Field Loss in Primary Open-Angle Glaucoma and Primary Angle-Closure Glaucoma
3. 学会等名 第29回日本緑内障学会
4. 発表年 2018年 ~ 2019年

1. 発表者名 藤野友里、村田博史、柳澤美衣子、井上賢治、山上淳吉、朝岡亮
2. 発表標題 中心10度視野測定点の視神経乳頭マップのStructure-functionからの検証
3. 学会等名 第28回日本緑内障学会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Yuri Fujino, Hiroshi Murata, Masato Matsuura, Tatsuya Inoue, Kenji Inoue, Junkichi Yamagami, Ryo Asaoka
2. 発表標題 The association between photoreceptor layer thickness measured by optical coherence tomography and visual sensitivity in glaucomatous eyes.
3. 学会等名 Glaucoma Society United Kingdom Eire (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 松浦将人、藤野友里、金本尚志、村田博史、柳澤美衣子、平澤一法、井上達也、庄司信行、井上賢治、山上淳吉、朝岡 亮
2. 発表標題 Improving the structure-function relationship by incorporating photoreceptor layer thickness
3. 学会等名 第29回日本緑内障学会
4. 発表年 2018年～2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----