

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22791675

研究課題名（和文） 健診を対象とした眼底検査の知的診断支援システムの開発

研究課題名（英文） Development of intelligent computer-aided diagnosis system for screening ocular fundus images

研究代表者

畑中 裕司（HATANAKA YUJI）

滋賀県立大学・工学部・准教授

研究者番号：00353277

研究成果の概要（和文）：本研究は、眼底血管、視神経線維層、視神経乳頭変化を同時に自動解析することによって医師の診断を支援する知的な画像診断支援システムを開発することを目的とする。緑内障、糖尿病網膜症、動脈硬化性眼底変化、および高血圧性眼底変化に関する病変を自動検出したり、形状を自動解析したりするアルゴリズムを開発した。緑内障の所見である視神経乳頭拡大に関しては、眼科医に近い性能に達した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop an intelligent computer-aided diagnosis system for screening fundus images by automatic analyses of the retinal blood vessels, the nerve fiber layers, and optic nerve heads. The developed system was aimed at detection and analysis of ocular diseases such as glaucoma, diabetic retinopathy, hypertonic changes and arteriolar sclerotic changes using retinal fundus images. The performance of optic disc excavation analysis approached to the ophthalmologist's performance in this study.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 度	500,000	150,000	650,000
2012 度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学

キーワード：眼医工学

### 1. 研究開始当初の背景

人間ドックにおいて眼底検査が必須化されたり、特定健診で眼底検査が追加検査に指定されたりしたことにより、眼底検査件数が飛躍的に増加し続けている。人間ドックや検診における眼底検査は、眼底撮影による画像診断である。しかし、画像診断は医師の目視による方法であるため、診断にバラツキが生じたり、診断の再現性が低かったりする問題点が考えられる。そこで、眼底診断に必要な

所見を自動解析したり、病変を自動検出したりすることによって、医師の診断を定量的かつ再現性のあるものにするためのシステム開発に継続的に取り組んできた。特に、日本人の失明要因の第1位である緑内障、第2位の糖尿病網膜症の診断を支援するための技術について重点的に研究開発してきた。また、生活習慣病の重要な要素である血管に関する眼底所見の解析についても研究を進めてきた。しかし、国内外の研究グループや申請

者らの研究において、何れの研究も実用化レベルに達していなかった。

## 2. 研究の目的

これまでに申請者らが開発してきた眼底画像からの各病変の自動検出に関する研究や自動解析に関する研究を発展させ、眼底血管、網膜、視神経乳頭変化を同時に自動解析することによって医師の診断を支援する知的な画像診断支援システムを試作することを研究の目的とした。

## 3. 研究の方法

眼底画像は、他種の疾病の診断に利用できるため、3年間の研究期間であることを考慮し、失明の大きな要因である緑内障、糖尿病網膜症の診断所見の自動検出法や自動計測法を実施した。さらに、生活習慣病の代表例である、高血圧や動脈硬化症に関連する眼底所見のための自動計測法、自動検出法についても研究開発した。

### (1) 緑内障の診断支援

緑内障の代表的な眼底所見は、視神経乳頭陥凹 (Cup) と視神経乳頭 (Disc) の垂直方向の径比 (垂直 C/D 比)、乳頭周囲脈絡膜萎縮 (Peripapillary atrophy: PPA)、および視神経線維層欠損 (Nerve fiber layer defect: NFLD) であり、それらの自動計測法、自動検出法を開発した。

垂直 C/D 比の自動計測のために、Disc と Cup の自動抽出法を開発した。Disc の輪郭では画素値が俊敏に変化するエッジが見られることから、Canny エッジ検出器を用いてこれらのエッジ候補を検出し、動的輪郭モデルによって Disc の輪郭を自動的に決定する手法を開発した [雑誌論文 5 で成果を報告済みであり、以下、論 5 と表現する]。次に、Disc の重心を通る垂直の直線を考え、その線をなす画素の値の変化から、ゼロ交差法によって画素値変化の変曲点を自動検出し、変曲点を垂直方向の Cup の輪郭として自動決定する手法を開発した。その結果を利用して、垂直 C/D 比を求めた [論 1, 2]。しかし、その後の研究で、乳頭が傾斜して位置する傾斜乳頭が存在することがわかったため、Cup の輪郭候補点を全方位に対して求め、スプライン補間によって Cup の輪郭を自動決定する手法を開発し、C/D 比を求めた [論 7, 11]。

そして、初期の緑内障に現れることのある PPA 領域をテクスチャ特徴によって自動検出する手法を開発した [論 8]。用いたテクスチャ特徴は、濃度共起行列から得られる 7 種類の特徴量を線形判別関数によって、PPA 領域と正常な網膜領域に分類した。

さらに、緑内障の早期に現れる NFLD を 3 種類の Gabor フィルタで強調することによ

て自動検出する手法を開発してきたが、偽陽性 (誤検出) が多い問題点があった。そこで、1 種類の適切な Gabor フィルタの形状を実験的に見だし、その性能を向上させた。

加えて、NFLD の検出結果と眼底検査以外の緑内障関連の検査値を分類器に入力することによって緑内障の有無を分別する処理を開発した [論 13]。

### (2) 糖尿病網膜症の診断支援

本疾患における眼底所見としては、出血、白斑、毛細血管瘤があるが、本研究では最も視認性の低い毛細血管瘤の自動検出手法の改善を試みた。毛細血管瘤は、フルオロセインを用いて血管を造影した蛍光眼底画像で視覚的に確認できるが、検診では蛍光眼底撮影を行わないため、本研究では通常眼底画像から毛細血管瘤を自動検出する手法を開発した。

眼底画像において、典型的な毛細血管瘤は周囲の網膜領域よりも暗く写る。そこで、従来研究では、そのコントラストの高さに着目した二重リングフィルタを用いて、毛細血管瘤の自動検出を行っていた。しかし、二重リングフィルタには、部位が円形でなくても高い値を出力してしまう欠点があるため、偽陽性を多く発生させてしまう問題点があった。そこで、別の検出手法を開発に着手した。毛細血管瘤には高いコントラストがあり、円形に近い形状をなす特徴があるため、そのような検出に有効とされる手法を応用した。その方法は、局所領域の画素値分布を用いたヘッセ行列を求め、その際の固有値に基づく shape index を用いて、毛細血管瘤を自動検出するものである [論 14, 15]。

また、毛細血管瘤の偽陽性の削減のために、テクスチャ解析による手法を提案した。テクスチャ特徴は、画素値のヒストグラムから求められる尖度、歪度、標準偏差、そして、濃度共起行列、差分統計量、欄レンクス行列から得られる特徴量などの計 126 種類の特徴量を求めたデータ群に対して主成分分析を行い、ニューラルネットワークによって、毛細血管瘤と偽陽性を分類した [論 12]。

### (3) 眼底血管に関する診断支援

眼底血管の診断法として、細動脈硬化性変化と高血圧性変化に分類する Scheie 分類が定着している。それぞれ正常を 0 度として、異常の程度を 4 段階に分類される。

細動脈硬化性変化の 1~3 度は、血管の交叉現象によって分類される。動脈と静脈が交叉する部分において、動脈壁の肥厚などにより、動脈の奥を走行する静脈の口径が細くなったり、先細りしたり、重度になると塞ぎ止めが起こったりする。交叉の直近の静脈口径と、交叉部から離れた静脈の口径の比 (静脈

口径比)を求めることによって、動脈硬化性変化の程度を定量的に判定できると考え、その自動計測アルゴリズムを開発した[論3,4]. 具体的な手法は、二重リングフィルタを用いて血管を自動検出し、その血管領域を細線化処理して骨格化し、血管の分岐と交叉を検出した。ここで、分岐はY字型、交叉は十字型またはX字型をなすと仮定した。そして、検出した交叉をなす2本の血管を、画素値を使って、明瞭な血管を静脈と認識することによって、動静脈を自動分類した。その後、交叉点から距離 $r_1$ の静脈の口径 $V_1$ と、交叉点から距離 $r_2$ の静脈の口径 $V_2$ を求め、その比 $V_1/V_2$ を静脈口径比とし、静脈口径比が0.5以下の交叉点を異常交叉と定義した。ここで、 $r_1 < r_2$ であり、 $r_2$ は交叉付近の静脈の狭細化の影響を受けない距離を予備実験の経験に基づいて設定した。

さらに、Scheie分類の高血圧性変化の1~3度の所見である細動脈狭窄の診断支援のために、動静脈比(Artery-vein ratio: A/V比)の自動計測法の開発に取り組んだ。血中反射のあるようなコントラストの低い血管の検出が困難であることから、二重リングフィルタによる血管検出法にブラックトップハット変換による血管検出法を組み合わせた手法を提案した。その後、血管の画素値、二重リングフィルタ、ブラックトップハット変換の出力値、および血管と周辺のコントラストをパラメータとした線形判別関数を作成し、それによって動脈と静脈を分類した[論6]。しかし、先に述べたコントラストの低い血管の検出に失敗する問題点が解決しなかったため、検出に失敗した血管領域を自動検出する手法を開発し、人工的に作成した血管モデルを用いたテンプレートマッチング法によって、未抽出であった血管領域を推定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 緑内障の診断支援

緑内障の症例23枚を含む45枚の眼底写真を用いて、C/D比とR/D比の自動計測処理の評価実験を行った。それぞれの手法を受信者動作特性曲線(Receiver operating characteristic curve: ROC曲線)を用いて評価したとき、それぞれの曲線下面積(Area under the curve: AUC)が0.93, 0.92の結果を得た。同一の症例に対して2名の眼科医がCupとDiscのスケッチを行い、スケッチから同じ基準でC/D比とR/D比を求めてAUCを算出したところ、C/D比が0.95, 0.93, R/D比が0.95, 0.92の結果を得た[論10]。以上の結果は、開発した手法が眼科医レベルの性能に達していることを示した。

次に、緑内障の疑いのある58枚を含む91枚の眼底画像を用いて、PPAの自動検出法の評価実験を行った。特異度が95%になるよう

にパラメータを設定したとき、73%の感度となる結果を得た。

さらに、NFLDの含81枚の眼底画像と、81枚の正常眼底画像を用いてNFLDの自動検出法の評価実験を行った。90%のNFLDを検出できるようにパラメータを設定したとき、画像当たりの偽陽性数を0.68箇所になる結果を得た。従来の研究では、同一症例で画像当たりの偽陽性数が1.2箇所であり、本研究の実施によって改善された。

最後に、NFLDの自動検出結果と眼底以外の検査データを利用して、緑内障の有無を推定する判別器を構築した。緑内障の疑いの強い79症例と、正常症例81症例を用いて、その評価実験を行った。感度が80%のとき、特異度が75%となる結果を得た[論13]。ただし、この評価実験には、従来研究で開発したNFLDの自動検出法の結果を用いたため、偽陽性数の削減により、さらなる改善が期待できる。

##### (2) 糖尿病網膜症の診断支援

本研究で開発した毛細血管瘤の自動検出法に対して、Retinopathy online challenge(ROC)のデータベースを用いて、性能評価した。ROCでは、学習用データベースのみ、正解となる毛細血管瘤の位置が示されており、かつ3種類の眼底カメラで撮影されていることから、最も撮影枚数の多い眼底カメラによる眼底画像25枚を用いて性能評価した。画像当たりの偽陽性数を8箇所にパラメータを設定したとき、視認できる毛細血管瘤の73%の検出に成功した[論14, 15]。従来に開発していた二重リングフィルタによる手法と、偽陽性候補の削除処理[論12]の改善前では、55%しか検出できなかったため、本研究の実施により、約18ポイントの性能向上に成功した。なお、二重リングフィルタによる検出法に、本研究で改良した偽陽性候補の削除処理を含めると、64%の毛細血管瘤を検出できる。

##### (3) 眼底血管に関する診断支援

細動脈硬化性変化の診断支援のために開発した血管の交叉現象の自動検出法を、交叉現象箇所27箇所を含む24枚の眼底画像を用いて評価した。動静脈の交叉する81箇所の75%の自動検出に成功したとき、画像当たりの誤検出数は2.8箇所であった。その後、開発した静脈口径比の自動計測処理を用いて交叉現象の検出を試みたところ、59%の交叉現象を検出するときに、画像当たりの誤検出数が1.7箇所であった。血管の自動検出処理の精度に課題を残しているため、その精度に課題を残している。

次に、A/V比計測に用いる主幹動静脈対の検出性能を、22症例で評価実験した。本手法の適用前に、主幹動静脈の途切れた区間が15

区間存在したが、1区間まで減らすことに成功した。この結果、本手法の主幹動静脈の認識精度が91% (40対/44対) となり、従来手法では73% (32対/44対) であったことから、認識精度の向上に成功したといえる。さらに、認識に成功した主幹動静脈対を用いてA/V比を計測し、細動脈狭窄を判定した結果、感度が75% (6対/8対)、特異度が65% (21対/32対) となった。

#### (4)おわりに

本報告書では、緑内障、糖尿病網膜症、および毛細血管に関する診断支援システムの開発に取り組んだ結果について述べた。緑内障に関しては、視神経乳頭拡大について、眼科医の診断能力に近い成果を得られ、研究の目的を達成したといえる。一方、NFLDに関しては、経験豊富な眼科医の水準には達していない。しかし、NFLDはOCTなどの3D装置で追加検査することが望ましいため、本研究の目的である検診におけるふり分けの利用で考えれば、研究の目的をほぼ達成したと考える。また、緑内障の有無を判別するシステムについては、NFLDの研究開発が計画よりも遅れたこと、視神経乳頭陥凹拡大に関するシステムとの融合を実現できなかったことにより、研究の目的に達成するに至らなかった。

糖尿病網膜症に関しては、毛細血管瘤の検出に限定したこともあり、計画を上回る成果を得られた。ただし、検証した症例数が少ないため、今後、大規模な症例で評価実験を行う必要がある。

最後に、眼底血管に関する診断支援として、検診レベルの眼底の分類で用いられているScheie分類において重要な所見である交叉現象と細動脈狭窄の自動検出処理の開発に取り組み、実用化レベルには達していないが、従来研究から大きく性能を向上させた。性能が実用レベルに至らない理由は、血管壁に画像のボケが生じるため、血管壁の決定精度が高まらないことである。眼底カメラが性能向上する必要があるが、鮮鋭化処理などのソフトウェア処理も検討する要素が残っており、本研究の後続研究が必要である。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計15件)

1. Yuji Hatanaka, Atsushi Noudo, Chisako Muramatsu, Akira Sawada, Takeshi Hara, Tetsuya Yamamoto, and Hiroshi Fujita, Automatic measurement of vertical cup-to-disc ratio on retinal fundus images, *Medical Biometrics*, 査読有, Vol.6165, 2010, pp. 64—72, 2010
2. 納土 淳, 畑中裕司, 村松千左子, 澤田明, 原 武史, 山本哲也, 藤田広志, 眼底画像におけるCup/Disc比の自動計測

に基づく緑内障推定法, 信学技報, 査読無, 2010, Vol.110, No.195, pp. 17—20

3. Yuji Hatanaka, Chisako Muramatsu, Takeshi Hara, and Hiroshi Fujita, Automated detection of arteriovenous crossing phenomenon on retinal images, 2010 International Conference on Future Computer, Control and Communication, 査読有, Vol.II, 2010, 340—343
4. Yuji Hatanaka, Chisako Muramatsu, Takeshi Hara, and Hiroshi Fujita, Automatic arteriovenous crossing phenomenon detection on retinal fundus images, *Proceedings of SPIE*, 査読無, Vol.7963, 2011, pp.79633V-1—9633V-8
5. Chisako Muramatsu, Toshiaki Nakagawa, Akira Sawada, Yuji Hatanaka, Takeshi Hara, Tetsuya Yamamoto, and Hiroshi Fujita, Automated segmentation of optic disc region on retinal fundus photographs: Comparison of contour modeling and pixel classification methods, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 査読有, Vol.101, No.1, 2011, pp.23—32
6. Chisako Muramatsu, Yuji Hatanaka, Tatsuhiko Iwase, Takeshi Hara, and Hiroshi Fujita, Automated selection of major arteries and veins for measurement of arteriolar-to-venular diameter ratio on retinal fundus images, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 査読有, Vol.35, 2011, pp.472—480
7. Yuji Hatanaka, Atsushi Noudo, Chisako Muramatsu, Akira Sawada, Takeshi Hara, Tetsuya Yamamoto, and Hiroshi Fujita, Automatic measurement of cup to disc ratio based on line profile analysis in retinal images, *Proceedings of the 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 査読有, 2011, 3387—3390
8. Chisako Muramatsu, Yuji Hatanaka, Akira Sawada, Tetsuya Yamamoto, and Hiroshi Fujita, Computerized detection of peripapillary chorioretinal atrophy by texture analysis, *Proceedings of the 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 査読有, 2011, pp.5947—5950
9. Chisako Muramatsu, Toshiaki Nakagawa, Akira Sawada, Yuji Hatanaka, Tetsuya Yamamoto, and Hiroshi Fujita, Auto-

- mated determination of cup-to-disc ratio for classification of glaucomatous and normal eyes on stereo retinal fundus images, *Journal of Biomedical Optics*, 査読有, Vol.16, No.9, 2011, pp.096009-1—096009-7
10. Yuji Hatanaka, Atsuki Mizukami, Chisako Muramatsu, Takeshi Hara, and Hiroshi Fujita, Automated lesion detection in retinal images, Proceedings of 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, 査読無, 2011, #91-1—5
  11. 納土 淳, 畑中裕司, 村松千左子, 澤田 明, 原 武史, 山本哲也, 藤田広志, 眼底画像の C/D 比と R/D 比の自動計測に基づく緑内障推定, 信学技報, 査読無, Vol.111, No.389, 2012, pp.319-323
  12. Yuji Hatanaka, Tsuyoshi Inoue, Susumu Okumura, Chisako Muramatsu and Hiroshi Fujita, Automated microaneurysm detection method based on double-ring filter and feature analysis in retinal fundus images, Proceedings of the 25th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, 査読有, 2012, pp.1—4
  13. Yuji Hatanaka, Chisako Muramatsu, Akira Sawada, Takeshi Hara, Tetsuya Yamamoto, and Hiroshi Fujita, Glaucoma risk assessment based on clinical data and automated nerve fiber layer defects detection, Proceedings of the 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 査読有, 2012, pp.5963—5966
  14. 畑中裕司, 井上 剛, 奥村 進, 村松千左子, 藤田広志, 眼底画像における毛細血管瘤の自動検出法 ~ ROC DB による評価 ~, 信学技報, 査読無, Vol.112, No.411, 2013, pp.231-234
  15. Tsuyoshi Inoue, Yuji Hatanaka, Susumu Okumura, Chisako Muramatsu, and Hiroshi Fujita, Automated microaneurysm detection method based on eigenvalue analysis using Hessian matrix in retinal fundus images, Proceedings of the 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 査読有, 2013, in press
- [学会発表] (計 27 件)
1. Yuji Hatanaka, et al., Automatic measurement of vertical cup-to-disc ratio on retinal fundus images, International Conference on Medical Biometrics 2010, 2010.6.30, Hong Kong, China
  2. 納土 淳, 他, 眼底画像における垂直 C/D 比の自動計測に基づく緑内障推定法の開発, 第 29 回日本医用画像工学会大会, 2010.7.31, 伊勢原
  3. 納土 淳, 他, 眼底画像における Cup/Disc 比の自動計測に基づく緑内障推定法, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2010.9.3, 和光
  4. 畑中裕司, 他, 眼底画像における血管交叉部と交叉現象の検出, 医用画像情報学会平成 22 年度秋季 (第 158 回) 大会, 2010.10.9, 前橋
  5. 水上篤貴, 他, 眼底画像における細動脈狭窄評価のための主幹動静脈の自動検出および分類法, 平成 22 年度日本生体医工学会東海支部大会, 2010.10.16, 名古屋
  6. Yuji Hatanaka, et al., Automated detection of arteriovenous crossing phenomenon on retinal images, International Forum on Computer Science-Technology and Applications 2010, 2010.12.11, Nanning, China
  7. Hiroshi Fujita et al., Computer-aided detection/diagnosis (CAD): An introduction and survey on IFCSTA 2010, International Forum on Computer Science-Technology and Applications 2010, 2010.12.11, Nanning, China
  8. Yuji Hatanaka, et al., Automatic arteriovenous crossing phenomenon detection on retinal fundus images, SPIE Medical Imaging 2011, 2011.2.16, Orland, USA
  9. 水上篤貴, 他, 眼底画像における主幹動静脈の自動選択法に関する研究, 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011.8.5, 大田原
  10. Yuji Hatanaka, et al., Automatic measurement of cup to disc ratio based on line profile analysis in retinal images, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2011.9.1, Boston, USA
  11. Chisako Muramatsu, et al., Computerized detection of peripapillary chorioretinal atrophy by texture analysis, 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2011.9.2, Boston, USA
  12. 安田怜司, 他, 眼底画像における網膜神

- 経線維層欠損の検出, 平成 23 年度日本生体医工学会東海支部大会, 2011. 10. 15, 名古屋
13. Yuji Hatanaka, et al., Automated lesion detection in retinal images, 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, 2011. 10. 27, Barcelona, Spain
  14. Altansargai Buyandalai, 他, 眼底画像における血管領域の抽出法 -DRIVE DB による評価-, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 1. 20, 那覇
  15. 納土 淳, 他, 眼底画像の C/D 比と R/D 比の自動計測に基づく緑内障推定, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 1. 20, 那覇
  16. 井上 剛, 他, テクスチャ解析を用いた眼底画像における毛細血管瘤の偽陽性候補の削除, 医用画像情報学会平成 24 年度年次 (第 163 回) 大会, 2012. 6. 2, 金沢
  17. 村松千左子, 他, 眼底画像における視神経乳頭検出のための眼底モデルの検討, 医用画像情報学会平成 24 年度年次 (第 163 回) 大会, 2012. 6. 2, 金沢
  18. Yuji Hatanaka, et al., Automated microaneurysm detection method based on double-ring filter and feature analysis in retinal fundus images, The 25th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2012. 6. 20, Rome, Italy
  19. 畑中裕司, 他, 臨床データと眼底画像上の NFLD 自動検出を利用した緑内障のリスク推定, 第 31 回日本医用画像工学会大会, 2012. 8. 4, 札幌
  20. Yuji Hatanaka, et al., Glaucoma risk assessment based on clinical data and automated nerve fiber layer defects detection, 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2012. 8. 31, San Diego, USA
  21. 兼子堅次, 他, 眼底画像におけるフィルタ差分法による網膜神経線維層欠損検出法の改善, 平成 24 年度日本生体医工学会東海支部学術集会, 2012. 10. 20, 名古屋
  22. Chisako Muramatsu, et al., Computerized analysis of glaucoma detection and staging by depth information and vessel routing in the disc on stereo retinal fundus images, International Forum on Medical Imaging in Asia 2012, 2012. 11. 16, Daejeon, South Korea
  23. Atsuki Mizukami, et al., Improvement on extraction of low-contrast vessels for assessment of arteriolar narrowing on retinal fundus images, International Forum on Medical Imaging in Asia 2012, 2012. 11. 17, Daejeon, South Korea
  24. 畑中裕司, 他, 眼底画像における毛細血管瘤の自動検出法 -ROC DB による評価-, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2013. 1. 25, 那覇
  25. 水上篤貴, 他, 眼底画像における血管モデルを用いた血管検出領域の補正法の検討, 医用画像情報学会平成 24 年度春季 (第 165 回) 大会, 2013. 2. 2, 北九州
  26. Tsuyoshi Inoue, et al., Automated microaneurysm detection method based on eigenvalue analysis using Hessian matrix in retinal fundus images, 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2013. 7. 6, Osaka, Japan
  27. 長畑侑樹, 他, 眼底画像における画像における Rim-to-Disc 比と垂直 Cup-to-Disc 比の自動計測法の検討, 第 32 回日本医用画像工学会大会, 2013. 8. 2, 東京
- [図書] (計 3 件)
1. 畑中裕司, オーム社, 実践 医用画像ハンドブック (藤田広志, 他, 監修): 眼底, 2012, pp.168-176
  2. 畑中裕司, 藤田広志, オーム社, 実践 医用画像ハンドブック (藤田広志, 他, 監修): 付録・データベース, 2012, pp. 1-1
  3. 畑中裕司, 日本医用画像工学会, 医用画像工学ハンドブック (医用画像工学ハンドブック編集委員会編): 眼底画像, 2012, pp. 677-681
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
- 畑中 裕司 (HATANAKA YUJI)  
滋賀県立大学・工学部・准教授  
研究者番号: 00353277