

## 論文種別

原著論文

## 論文タイトル

アイトラッカーを用いた脳血管内治療中の視線の検討

## 筆頭著者

吉江智秀<sup>1)</sup>

## 共著者

松田 裕貴<sup>2)</sup>, 荒川 豊<sup>3)</sup>, 大坪 治喜<sup>1)</sup>, 荒賀 崇<sup>1)</sup>  
辰野 健太郎<sup>1)</sup>, 高石 智<sup>1)</sup>, 臼杵 乃理子<sup>1)</sup>, 植田 敏浩<sup>1)</sup>

## 所属施設

- 1) 聖マリアンナ医科大学東横病院 脳卒中センター
- 2) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
- 3) 九州大学 大学院システム情報科学研究所 情報知能工学専攻

## 連絡著者の氏名・連絡先

連絡著者 吉江智秀

聖マリアンナ医科大学東横病院 脳卒中センター 脳神経内科

〒211-0063 神奈川県川崎市中原区小杉町3-4-35

電話番号 044-722-2121

メールアドレス tomohide.yoshie.1215@marianna-u.ac.jp

## キーワード

アイトラッキング, コイル塞栓術, 教育

本論文を, 日本脳神経血管内治療学会 機関誌 JNET Journal of Neuroendovascular Therapy に投稿するにあたり, 筆頭著者, 共著者によって, 国内外の他雑誌に掲載ないし投稿されていないことを誓約致します.

## 和文要旨

**目的：**脳血管内治療を行う際に，どこを注視しながら操作を行うかは重要である．アイトラッカーを用いた視線解析により治療経験に応じた脳血管内治療中の視線の違いを検出可能か検証した．

**方法：**被験者は当院で脳血管内治療に従事する治療経験歴の異なる7人の医師とした．治療経験により Expert 群，Trainee 群，Novice 群に分け，各群での脳血管内治療中の視線の違いを検討した．治療操作には人体血管モデルを利用し，脳動脈瘤に対し biplane 透視下でマイクロカテーテルの動脈瘤内への誘導，コイル挿入を行い，操作中の視線をアイトラッカーで抽出した．

**結果：**マイクロカテーテルの動脈瘤内への誘導では，Expert 群，Trainee 群が主に正面像を注視して操作しているのに対し，Novice 群では側面像とモニター外を見ている時間が長かった．コイル挿入では Expert 群が正面像をメインの画像として注視しサブ画像として側面像としてバランス良く利用していた．一方で Trainee 群はほぼ正面像のみを注視し，Novice 群はモニター外を見る時間が他の2群に比べ長かった．

**結論：**治療経験による脳血管内治療中の視線の違いがアイトラッカーを用いて解析することが可能であった．今後の脳血管内治療の教育に活用できると期待される．

## 緒言

作業を行う際にどこを注視しながら操作を行うかは，手技の遂行達成や安全性において重要である．心理学者の William James は “Keep your eye at the place aimed at, and your hand will fetch [the target];

think of your hand, and you will likely miss your aim.”との言葉を残している。<sup>1)</sup> 医療分野においても同様であり，手術やカテーテル治療などの手技を行う際には，注意を払うべき場所を正しく注視して手技を行うことが治療を安全に行う上で重要である．特に脳血管内治療では **biplane** 型血管撮影装置を用いて治療を行うことが多く，2画面を参照することになるため見るべき時に見るべき画面を注視する必要がある．

治療の熟練者は注意して見る必要がある箇所を知った上で治療を行っているが，初学者はどこを注視すべきか理解していないことが多い．このため教育を行う上でどの操作時にどの画面のどこを見るべきか教育することは重要である．しかし治療中にどこを注視しているかを定量的に計測することは困難であり，熟練者の視線を客観的に伝えることは難しい．また，見ていない点を計測することも困難なため，教育する際に初学者がどこの部分を見ていなかったか指摘することも難しい．

近年視線を客観的に計測する方法としてアイトラッカーを用いた報告が散見されている．アイトラッカーは瞳孔の位置の移動情報から視線を計測する機器であり，被検者の視野を記録したフロントカメラ映像と瞳孔の位置情報を重ね合わせることで注視した場所を客観的に評価可能な装置である．<sup>2)</sup> 近年放射線読影<sup>3)4)5)</sup>や外科手術<sup>6)7)</sup>においてアイトラッキングを用いた視線計測を用いた報告が散見されるが，脳血管内治療における報告は未だ少ない．また，脳血管内治療中の視線が治療経験や技術レベルに応じてどの様に異なるかを検討した報告は少ない．今回我々は治療経験に応じた脳血管内治療中の視線の違いがアイトラッカーを用いて解析可能か検証した．

## 対象と方法

### 対象と方法

被験者は当院で脳血管内治療に従事する治療経験歴の異なる7人の医師とした。被検者を治療経験により(1) Expert 群：脳血管内治療の経験年数10年以上、かつ専門医・指導医資格を有する医師(2) Trainee 群：脳血管内治療の経験年数3年以上10年未満(3) Novice 群：脳血管内治療の経験年数2年以下の3群に分け、各群での脳血管内治療中の視線の違いを検討した。

治療操作には人体血管モデルである EVE (FAIN-Biomedical, Okayama, Japan) を利用し、脳動脈瘤に対し透視下でコイル塞栓術を行う際の視線をアイトラッカーで抽出した。対象とする操作は(1) 操作1 マイクロカテーテル誘導：マイクロガイドワイヤーが挿入されたマイクロカテーテルが透視画面内に出現してから動脈瘤内にマイクロカテーテルを留置するまで(2) 操作2 コイル留置：1本のコイルが動脈瘤内に入ってからデタッチポイント到達までの2つを対象とした。動脈瘤は EVE 内にある内頸動脈—前脈絡叢動脈瘤を模した動脈瘤を使用した。動脈瘤径は9mm, neck 径6mmであった。全被検者が同じ動脈瘤に対し同一のマイクロガイドワイヤー (Soft-tip Transend guidewire, Stryker, Fremont, California, USA), マイクロカテーテル (the Excelsior SL-10 microcatheter, Stryker, Fremont, California, USA), コイル (Target Soft 8X30mm, Stryker, Fremont, California, USA) で操作を行った。透視装置は biplane 型血管撮影装置を使用し、正面像, 側面像の2つの画像を各々19インチのモニターに投影し、両方の映像を映した状態で操作を行った。透視画像の正面像

は動脈瘤と母血管の位置関係，動脈瘤の neck が見やすい像を作成し，側面像で動脈瘤の奥行きが確認出来る像を作成した．透視画像が投影されたモニターは被検者正面 70-80cm の位置に配置し，操作を行った．バイアスを防ぐため各操作者は初見または初見に近い状況で操作を開始した．また，他の被験者の視線データを知らない状況で操作を行った．

### アイトラッカーによる視線の抽出

今回の視線計測には Pupil Core eye tracking headset (Pupil labs, Germany) を使用した (Figure 1)．アイトラッカーには，3つのカメラが搭載されている．2つのカメラは眼鏡の両側下部に内向きに搭載された赤外線カメラであり，装着者の両眼球の向きを計測し視線の解析を行う．残り1つのカメラは眼鏡上部に外向きに搭載されたワールドカメラであり，装着者の視野が撮影される．パソコン上のソフトウェアでは，ワールドカメラで撮影された視野映像に視線情報が表示される．視線の座標は座標データとして出力され，同じ箇所を長時間凝視していたか，複数箇所を交互に見ていたかなど数値的に分析可能である．

被験者はアイトラッカーを装着した状態で操作1，操作2の各操作を行い，操作中の眼球の移動データを記録した．記録された視線情報を座標データに変換し，ワールドカメラで記録された視野映像と合成した映像を作成した．各被験者の操作中の視線は，正面像モニター，側面像モニター，モニター以外の3つの領域に分類し，いずれの領域を注視していたかアノテーションを行った．分類のためのアノテーション作業は，盲検化された専門のスタッフが目視で行い，3つの領域に対する各々の注視時間，領域間の移動回数を算出した．各術者により操作時間が異なるため，検討項目は操作中に各モニター及びモニター外を見ている時間

の割合，1回の注視で次の注視部位に移るまでの注視持続時間，1分間あたりの正面像モニターと側面像モニターの視線移動回数とした。

## 結果

7人の被検者のうち Expert 群 2人，Trainee 群 3人，Novice 群 2人であった (Table 1)。Expert 群は脳血管内治療学会指導医が1名，専門医が1名であった。脳血管内治療に専属した年数は平均で Expert 群 21年，Trainee 群 5年，Novice 群 1.25年であった。全例で操作対象期間中の視線解析が可能であった。

### 操作1 マイクロカテーテル誘導 (Table 2)

マイクロカテーテルを動脈瘤内に誘導する操作での平均操作時間は Expert 群が 58秒，Trainee 群が 204秒，Novice 群が 160秒だった。各モニターへの視線の割合は Expert 群で正面像が平均 90.3%，側面像が 6.1%，モニター外が 2.0%，Trainee 群が正面像 89.8%，側面像 4.4%，モニター外 5.1%であったのに対し，Novice 群では正面像 59.2%，側面像 25.5%，モニター外 12.7%と Novice 群で側面像とモニター外を見ている時間が長い傾向にあった。一回の注視での注視持続時間は正面像が Expert 群 7.2秒，Trainee 群 17.2秒，Novice 群 6.1秒と Trainee 群が正面像を長く注視する傾向であり，側面像 (Expert 群 0.8秒，Trainee 群 0.7秒，Novice 群 3.5秒) とモニター外 (Expert 群 0.3秒，Trainee 群 0.5秒，Novice 群 1.1秒) は Novice 群で注視持続時間が長い傾向にあった。正面像と側面像のモニター間の視線移動回数は Expert 群で1分間あたり平均 8回に対し Trainee 群 3回，Novice 群 3回と Expert 群はモニター間の視線の行き来が多い傾向にあった。

### 操作2 コイル挿入 (Table 2)

コイル挿入の平均操作時間は Expert 群が 108 秒，Trainee 群が 158 秒，Novice 群が 107 秒だった．操作中の各モニターへの視線の割合は Expert 群が平均で正面像 81.5%，側面像 17.3%，モニター外 0.9%と正面像をメインの画像として注視しサブ画像として側面像を利用していた．一方で Trainee 群は正面像 94.4%，側面像 3.6%，モニター外 1.5%とほぼ正面像のみを注視して操作を行っていた．Novice 群では正面像 77.5%，側面像 8.3%，モニター外 14.0%とモニター外を見る時間が他の 2 群に比べ長かった．1 回の注視での注視持続時間は Trainee 群で正面像を長時間注視する傾向にあり（Expert 群 4.5 秒，Trainee 群 24.9 秒，Novice 群 8.9 秒），Novice 群ではモニター外を見る時間が長い傾向であった（Expert 群 0.1 秒，Trainee 群 0.2 秒，Novice 群 1.2 秒）．モニター間の視線移動回数は Expert 群で 1 分間あたり 17 回に対し Trainee 群 3 回，Novice 群 6 回と Expert 群はモニター間の視線の行き来が多い傾向であった．

コイル挿入中の Expert 群，Trainee 群，Novice 群の代表例を **Figure 2** に示す．注視点の位置をプロットし，視線の軌跡を線で表し，ワールドカメラで撮影された視界の画像と合成した．Expert 群では正面像をメインの操作画面として操作し，サブ画面として側面像を利用していた．動脈瘤周囲とマイクロカテーテルのデタッチポイント以外には注視している部位はなく，視線の移動も正面像と側面像の動脈瘤間を移動するのみで不必要な部位への視線は認められなかった．一方で Trainee 群は正面像の動脈瘤周囲のみを注視し，側面像は，ほぼ利用していなかった．Novice 群は視点が定まらず，動脈瘤やマイクロカテーテル以外の見る必要がない場所にも視線が送られていた．フロントカメラで撮影された視界画像と

視線を合成した画像を作成することで Expert 群, Trainee 群, Novice 群の視線の違いがより視覚的に評価可能であった。

### 考察

本研究の結果から脳血管内治療中にどこに視線が向けられているかアイトラッカーにより検出可能であった。操作中の視線は治療経験により異なり, Novice 群は「視線が定まらずいろいろな場所を見る」, Trainer 群は「一点に集中してしまい他に目が配れない」, Expert 群は「メインビューとサブビューを適切に使い分け, 不必要な場所に視線を送らない」ことが特徴と考えられた。

脳動脈瘤のコイル塞栓術において必要な情報を適切な working projection view から得ることは安全に治療を遂行する上で重要である。動脈瘤の neck と母血管は分離されているか, 塞栓すべき場所と塞栓してはいけない部分ははっきりしているか, neck 近傍から分岐する血管の状況は把握出来るかなどの情報を適切な working projection view の下で収集する必要がある。<sup>8)</sup> これらの情報は正面像または側面像のどちらかの画像のみで得られる場合もあるが, 片方のみでは情報が不十分な場合には両方の画面から別々に情報を得る必要がある。その場合視線が正面像, 側面像に分離されるため, 適切なタイミングで適切なモニターを見る必要がある。アイトラッカーを用いることでコイル塞栓術中に正面像, 側面像の利用をどの様に使い分けているかが客観的に評価可能であったと考えられる。

アイトラッカーによる視線検出は近年熟練者の技術を初心者に伝える手法の一つとして注目されている。アイトラッカーにより視線を可視化することで技術レベルや経験に応じた視線の共通点や相違点を抽出可能



であり、さらに熟練者の視線の解析を行うことで初心者向けの手順書や作業指示書などへの活用が可能である。このようなアイトラッカーの技術継承や教育は工場のオペレーション操作<sup>9)</sup>や工事現場での作業<sup>10)</sup>などに活用されている。同様の作業中の視線解析は医療分野でも報告が散見されている。Wilsonらは腹腔鏡手術を初心者に教育する際にアイトラッカーで記録した熟練者の視線を教育教材に使用した群と使用しなかった群を比較し、熟練者の視線を教育に利用した群の教育効果が優れていたと報告している。<sup>11)</sup> また、アイトラッカーでの熟練者の視線を学ぶことは初心者がどこを見るか学ぶだけでなくどう行動するかにも影響していた。熟練者が注視する場所は治療中に注意して見なければいけない場所であり、熟練者の視線を学ぶことで治療中に注意しなければならない点を視覚的に学習することが出来る。

手技経験歴による視線の差をアイトラッカーで検討した報告は脳血管治療以外の領域ではいくつか散見される。腹腔鏡手術中のモニターの視線をアイトラッカーで検出した検討では熟練者と初心者とで手術中に注視する部位が異なることを報告しており、手術動画を見直す際にも視線は異なっていたと報告している。<sup>6)</sup> Matsumotoらはアイトラッカーを用いて頭部CTを見る際の視線が神経内科医と対照群で異なるか検討し、神経内科医が臨床上重要となる場所に視線を向けていた一方で対照群は視覚的に目立つが臨床的に意義のない領域に視線が集中していたと報告している。<sup>4)</sup> 心臓カテーテル治療中の視線をアイトラッカーで検証した報告では、初心者は病変部位によらず血管走行に沿って視線を動かす傾向があり、術前で判明している病変のみに注視し他の異常に気づかない傾向にあった。<sup>12)</sup> 正しい視線を送ることが所見の見落としや操作ミス

を防ぐ上で重要であると考えられる。脳血管内治療では Shojima らが人体血管モデルを用いたコイル塞栓中の視線をアイトラッカーで検出する preliminary study を行い、治療経験豊富な1名と治療経験のない3名の視線をアイトラッカーで記録することが可能であったと報告している。 . . <sup>13)</sup> 一方、今回の我々の研究は、7名の現役脳血管内治療医が同じ術式を実施した際の視線をアイトラッカーで計測した上で、脳血管内治療の経験に応じた視線の違いをアイトラッカーにより検証可能であることを明らかにした。今後脳血管内治療の教育においてもアイトラッカーの活用が期待される。

今回の研究では対象を Expert 群、Trainee 群、Novice 群の3群に分け視線の違いを検討し、各群で特徴的な視線パターンを認めた。マイクロカテーテル誘導、コイル挿入のいずれの操作においても Novice 群は他の2群と比べ画面外を長く見る傾向があった。鼠径ヘルニアの手術時 <sup>7)</sup> や硬膜外ブロック注射時 <sup>14)</sup> の視線を検討した過去の研究では、熟練者は術野や穿刺部を注視し、初心者はその他の部位に視線が分散されていたと報告している。初心者は手技やデバイスに慣れていないため手元やデバイスを見る機会が多くなると考えられる。また、Novice 群はどこを注視し何を判断すべきかの知識が乏しいために色々な場所を注視してしまい、さらに一回の注視から判断するまで時間がかかるため一回の注視時間も長くなったと考えられた。

過去のアイトラッカーを用いた視線検討の報告の多くは Expert 群と Novice 群での比較であるが、本研究ではその中間群として「Novice 群と異なり一定以上の経験はあるが Expert 群より少ない」群である Trainee 群の検討を行った。本研究での Expert 群と Trainer 群の視線の差はマイク

ロカテータ操作では少なくコイル挿入で大きい傾向であった。これは Trainee 群の医師が日頃からマイクロカテータ操作はある程度経験があるがコイル挿入の経験が少ないことが理由と考えられた。コイル挿入時は Expert 群がバランス良く正面像，側面像を確認しているのに対し Trainer 群は正面像のみに集中してコイルを挿入する傾向にあった。Trainee 群はコイル挿入の経験は少ないためコイル挿入時に中心的に見る部分に集中してしまい他の部分を見る余裕がなくなっていたと考えられた。

本研究にはいくつかの limitation がある。1つ目は被検者が7人と少なく，統計学的な検証ができなかった点が挙げられる。また，本研究では同一施設内の医師を対象としており，熟練者であっても治療中の視線には個人差があるため，様々な施設の医師からデータを集めることでより詳細なバリエーションが解析できると期待される。2つ目の limitation として，本研究ではモニター内のどこを見ていたか詳細に検討が出来なかった点が挙げられる。今回の動脈瘤モデルはモニター上では約 2cm 程度の大きさで投影されており，動脈瘤内の奥を見ているか neck 側を見ているか判断するためには 70-80cm 先の 2cm の大きさ内の視線を判別出来る精度が必要となる。現在使われている装着型のアイトラッカーでは小さい範囲内の視線の判別は困難であるが，今後の機器の発展により可能となることは期待される。最後の limitation として今回は人体血管モデルを使用した事が挙げられる。今回使用した人体血管モデルは実際の治療に近い状況が再現されていると思われるが，実際の治療でも同様の結果が得られるかは検証が必要である。実際の治療での視線計測は治療時の視線をより正確に検討することができ，熟練者の治療中の視線付き動

画を作成すれば注意を払うポイントを視覚的に理解可能となる。さらに熟練者が視線を送る理由や背景の解説を付けることで従来のレクチャービデオより治療のポイントが理解しやすい教材となることが期待できる。

### 結語

本研究によりアイトラッカーを用いて脳血管内治療中の視線を解析することが可能であった。アイトラッカーにより治療中に注視している場所を客観的に抽出することが可能であり、治療経験や技術レベルに応じた視線の違いを明確にする事が出来る。熟練者の視線を知ることは治療中に何に注意しているかを視覚的に学ぶ事ができ、今後の脳血管内治療の教育に活用できると期待される。

### 謝辞

本研究の一部は、JST CREST「経験サプリメントによる行動変容と創造的協働」(JPMJCR16E1)の支援により実施した。本論文作成に当たりYasuyuki Kaga (EPS corporation)に統計のアドバイスを頂いた。ここに謝辞を示す。

### 利益相反の開示

筆頭著者及び共著者全員は本研究に関する利益相反はない。

### 文献

1. Wulf G, Prinz W. Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychon Bull Rev.* 2001;8(4):648-660.

2. Harezlak K, Kasproski P. Application of eye tracking in medicine: A survey, research issues and challenges. *Comput Med Imaging Graph.* 2018;65:176-190.
3. Rubin GD, Roos JE, Tall M, et al. Characterizing search, recognition, and decision in the detection of lung nodules on CT scans: Elucidation with eye tracking. *Radiology.* 2015;274(1):276-286.
4. Matsumoto H, Terao Y, Yugeta A, et al. Where do neurologists look when viewing brain CT images? an eye-tracking study involving stroke cases. *PLoS One.* 2011;6(12).
5. Kelly BS, Rainford LA, Darcy SP, Kavanagh EC, Toomey RJ. The Development of expertise in radiology. *Radiol n Radiol.* 2016;280(1).
6. Khan RSA, Tien G, Atkins MS, Zheng B, Panton ONM, Meneghetti AT. Analysis of eye gaze: Do novice surgeons look at the same location as expert surgeons during a laparoscopic operation? *Surg Endosc.* 2012;26(12):3536-3540.
7. Tien T, Pucher PH, Sodergren MH, Sriskandarajah K, Yang GZ, Darzi A. Differences in gaze behaviour of expert and junior surgeons performing open inguinal hernia repair. *Surg Endosc.* 2015;29(2):405-413.
8. Hyogo T. Standard Operation of coil embolization. In: *Coil*

- Embolization.* ; 2010:73-84.
9. Morita NFJ, Shirai TONOT. Estimation of Cognitive Processes of Shield Machine Operator Based on Eye Tracking. *32nd Annu Conf Japanese Soc Artif Intell.* 2018;JSAI2018:2H203-2H203.
  10. Hasanzadeh S, Esmaeili B, Dodd MD. Measuring Construction Workers' Real-Time Situation Awareness Using Mobile Eye-Tracking. *Constr Res Congr 2016 Old New Constr Technol Converg Hist San Juan - Proc 2016 Constr Res Congr CRC 2016.* 2016;(March 2018):2894-2904.
  11. Wilson MR, Vine SJ, Bright E, Masters RSW, Defriend D, McGrath JS. Gaze training enhances laparoscopic technical skill acquisition and multi-tasking performance: A randomized, controlled study. *Surg Endosc.* 2011;25(12):3731-3739.
  12. Lanzer P, Al-Naser M, Bukhari SS, Dengel A, Krupinski EA. Eye tracking in catheter-based cardiovascular interventions: early results. *J Med Imaging.* 2017;4(3):035502.
  13. Shojima M, Okamoto Y, Ohta M, Niizuma K, Sakai N, Tominaga T. Preliminary Study of Eye-Tracking During the Coil Insertion Task in a Silastic Model of Intracranial Aneurysms. *World Neurosurg.* 2020;139:e827-e835.
  14. Capogna E, Salvi F, Delvino L, Di Giacinto A, Velardo M.

Novice and expert anesthesiologists' eyetracking metrics during simulated epidural block: A preliminary, brief observational report. *Local Reg Anesth.* 2020;13:105-109.

## 図表の説明

### Figure 1

(a) アイトラッカーを装着した状態．メガネ上部に外側に向け装着されたワールドカメラ（矢印）で視野を撮影し，眼鏡の両側下部に内向きに搭載された2つの赤外線カメラ（矢頭）で装着者の両眼球の向きを計測し視線の解析を行う．(b) パソコン上のソフトで解析された画像．赤外線カメラにより得られた瞳孔の位置情報は画像上のピクセル位置情報としてデータ化される（上段）．視線の位置はワールドカメラにより撮影された視野画像と合成することで注視している部位を客観的に評価出来る（下段）．

### Figure 2

代表例でのコイル挿入中の視線．(a) アイトラッカーにより作成された画像．下段が正面像（AP：Anterior-posterior view），上段が側面像（LR：Lateral view），円で示された領域が注視している部位を示す．今回操作対象となった動脈瘤の位置を矢印で示す．(b-d) 各群の代表例での視線の軌跡．赤のX印は注視された位置，青の線が視線の移動を示す．



Table 1. Demographics of Participants

Group	Subject No.	Board certified	Years of performing neuro-intervention	Experience cases of microcatheter navigation (main operator)	Experience cases of brain aneurysm coiling (main operator)
Novice	1	No	0.5	0-5	0
	2	No	2	0-5	0
Trainees	3	No	5	10-50	0-5
	4	No	6	50-100	0-5
	5	No	8	50-100	0-5
Expert	6	Yes	12	200-500	50-100
	7	Yes	30	>2000	>1000

Table 2. Summary of Eye-tracking Data in Each Group

	Expert (n=2)	Trainee (n=3)	Novice (n=2)
<b>Microcatheter navigation</b>			
Operating time (mean, sec)	58.0	204.3	160.0
Percentage of fixation duration (mean, %)			
AP View	90.3%	89.8%	59.2%
LR View	6.1%	4.4%	25.5%
Out of Screen	2.0%	5.1%	12.7%
Duration per one time fixation (mean, sec)			
AP View	7.2	17.2	6.1
LR View	0.8	0.7	3.5
Out of Screen	0.3	0.5	1.1
Saccade between screens (mean, numbers per minute)			
AP to LR	4	2	2
LR to AP	4	1	1
total	8	3	3
<b>Coil embolization</b>			
Operating time (mean, sec)	108.0	158.3	107.0
Percentage of fixation duration (mean, %)			
AP View	81.5%	94.4%	77.5%
LR View	17.3%	3.6%	8.3%

	Out of Screen	0.9%	1.5%	14.0%
Duration per one time fixation (mean, sec)				
	AP View	4.5	24.9	8.9
	LR View	1.1	0.4	1.2
	Out of Screen	0.1	0.2	1.2
Saccade between screens (mean, numbers per minute)				
	AP to LR	9	2	4
	LR to AP	8	1	2
	total	17	3	6

---

AP view indicates anterior-posterior view; LR view, lateral view

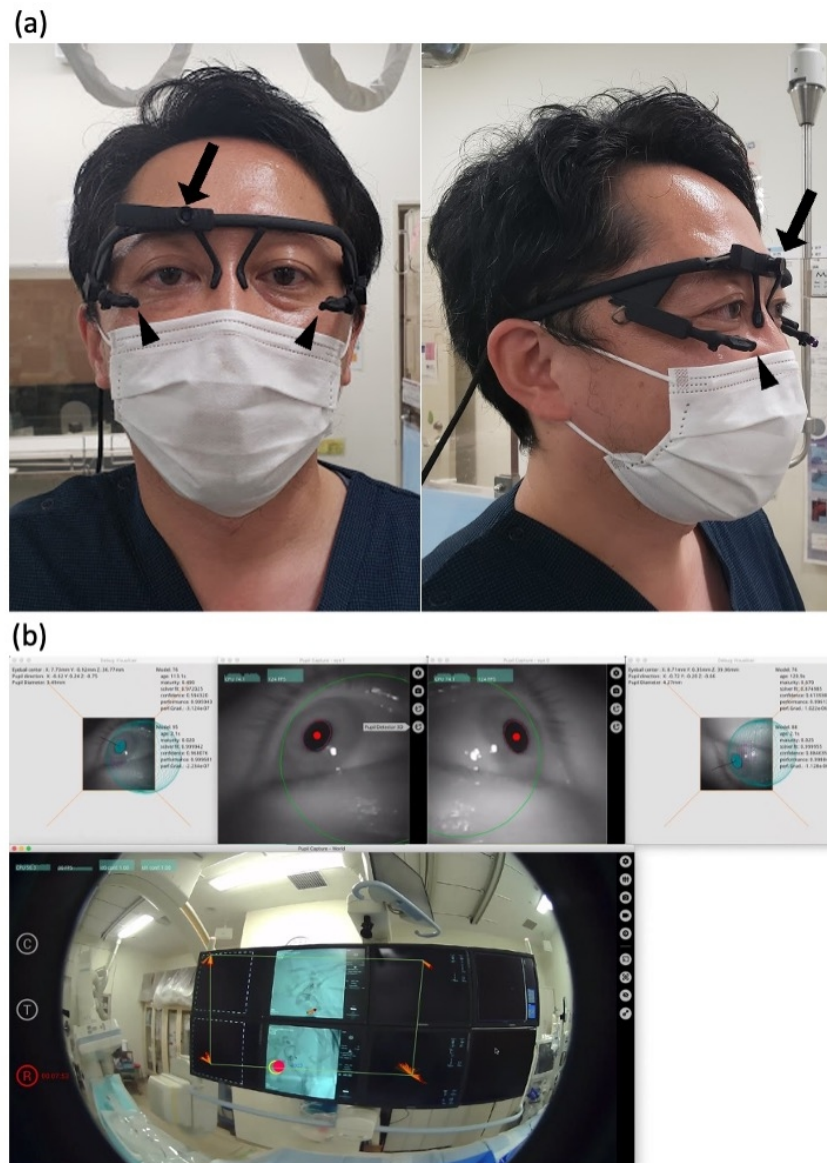


Figure 1

(a) アイトラッカーを装着した状態. メガネ上部に外側に向け装着されたワールドカメラ (矢印) で視野を撮影し, 眼鏡の両側下部に内向きに搭載された2つの赤外線カメラ (矢頭) で装着者の両眼球の向きを計測し視線の解析を行う. (b) パソコン上のソフトで解析された画像. 赤外線カメラにより得られた瞳孔の位置情報は画像上のピクセル位置情報としてデータ化される (上段). 視線の位置はワールドカメラにより撮影された視野画像と合成することで注視している部位を客観的に評価出来る (下段).

190x269mm (96 x 96 DPI)

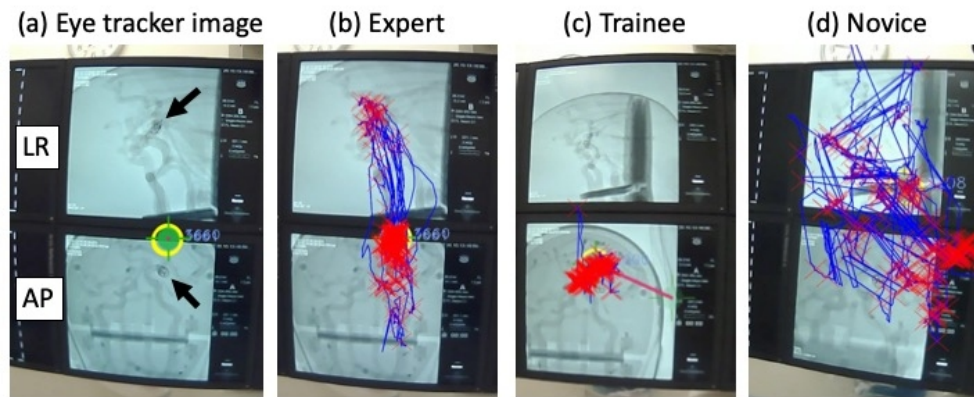


Figure 2

代表例でのコイル挿入中の視線. (a) アイトラッカーにより作成された画像. 下段が正面像 (AP : Anterior-posterior view), 上段が側面像 (LR : Lateral view), 円で示された領域が注視している部位を示す. 今回操作対象となった動脈瘤の位置を矢印で示す. (b-d) 各群の代表例での視線の軌跡. 赤のX印は注視された位置, 青の線が視線の移動を示す.

338x190mm (54 x 54 DPI)