

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

脳卒中の外科 (2014.9) 42(5):353-358.

Flow assessment application "Flow-Insight"の脳血管撮影への臨床応用

和田 始, 鎌田 恭輔

Flow assessment application “Flow-Insight” の 脳血管撮影への臨床応用

和田 始, 鎌田 恭輔

Clinical Apply to Digital Subtraction Angiography, Blood Flow Assessment Application “Flow-Insight”

Hajime WADA, M.D. and Kyosuke KAMADA, M.D.

Department of Neurosurgery, Asahikawa Medical College, Asahikawa, Hokkaido, Japan

Summary: Flow assessments by indocyanine green videoangiography (ICG-VA) has become common to evaluate cerebral blood flow during vascular surgery. In order to obtain detailed flow information, we have developed a new software named “Flow-Insight” based on the principle of perfusion image processing. In this study, we applied “Flow-Insight” to digital subtraction angiography (DSA) to investigate arrival time (AT), blood volume (BV) and mean transit time (MTT) during endovascular surgery. “Flow-Insight” imported serial DSA data in DICOM format, and calculated integration of a time-intensity curve over time in each pixel for quantitative analysis. We predicted a thrombotic problem by observing delayed BV in a case with an unruptured aneurysm. In addition, several parameters from this application might be reliable predictors, critical alarms and treatment prognosis for endovascular surgery.

Key words:

- flow assessment application
- digital subtraction angiography
- neurointervention

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 42: 353-358, 2014

はじめに

脳血管障害の画像診断には、CT、MRI、超音波検査、脳血管撮影(digital subtraction angiography: DSA)、PET、SPECTなどが用いられてきた。さらに最近は開頭手術中にindocyanine green (ICG)を静注して実際の脳表上の血流も画像化できるようになり、これまでとは違ったより臨床に近い術中血流解明にも期待されるようになった²⁾。

しかし従来の方法では得られた画像解釈に経験や「見た目」の解析にとどまり、増えたデータ量に対応する新たな解析法が必要と思われる。そこでわれわれは得られた画像

データに時間軸を加え解析するソフトウェアを開発した。いくつかの modality に応用できるが、今回は DSA を用い、画像解析し新たな病態解析の糸口となる可能性を得られたので、その経験とあわせ報告する。

対象と方法

Flow-Insight は PC 上で稼働する application で現時点では simulation された MACBOOK pro の linux 上で実行される (Fig. 1)。video 画像取り込みはこれに converter を接続する。脳血管撮影は DSA 画像を DICOM、または video 信号から読み込み、8 bit 変換を行う。motion artifact には、二次元フーリエ変換後の位相補正, mutual

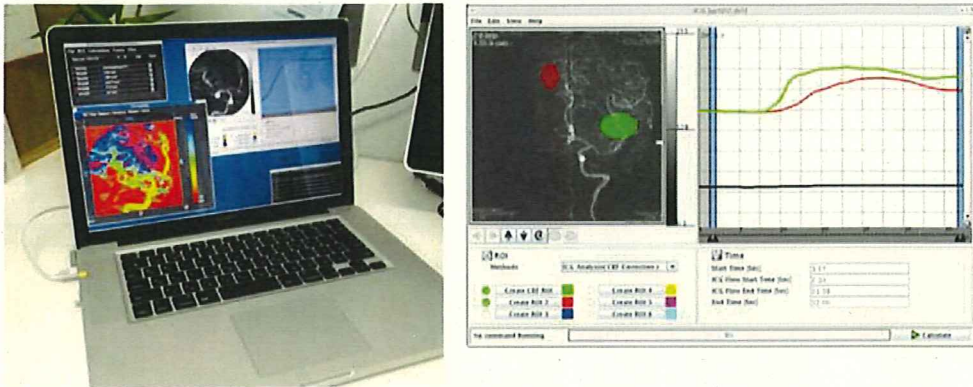


Fig. 1 left: System Overview Photos
right: Screen image of analysis

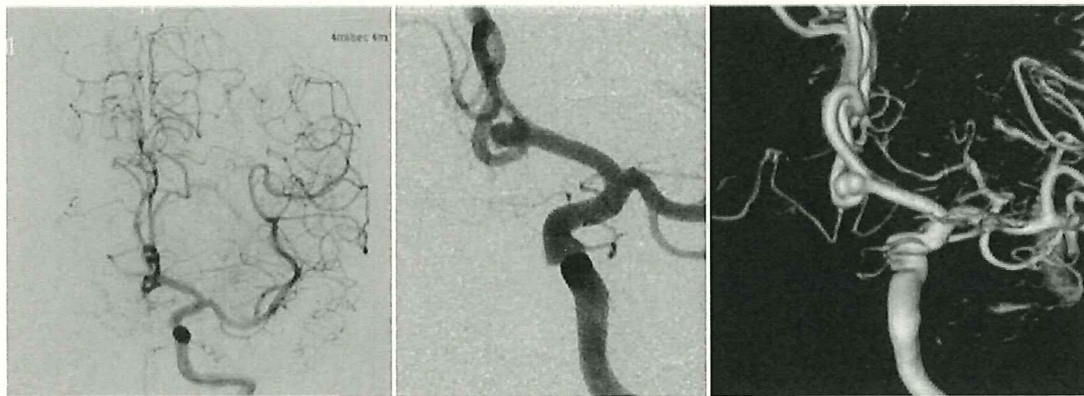


Fig. 2 Case is a 60-year-old male. He was pointed out incidental left A1-A2 aneurysm (6×4×4 mm). A: DSA AP view
Right A1 is aplasia. B: working angle, C: 3D DSA

A|B|C

information法で対応した。変換データの各ピクセル内の輝度変化の積分値、ピーク時間などを計算し、検討することができる。parameterには時間的変化を中心としたarrival time (AT), time to peak (TTP), mean transit time (MTT), 輝度の積算量を中心としたblood volume, およびblood flowなどを検討する。すべての画像が任意のカラーバーで表示し、実際の動画上に投射できることが特徴でもある。また、血管、毛細血管部など関心領域(ROI)を自由に設定して、定量解析、部位別の比較を可能とした。

症 例

症例は60歳男性。緊張性頭痛で受診し、incidentalに長径6 mmの不整形な前交通動脈瘤(Fig. 2)を指摘された。全身麻酔下にコイル塞栓術を行った。5Fr シースカテーテルをguiding catheterとし、Neurodeo(メディコスヒラタ, 東京)とHyperglide 4×10(ev3 Covidien, Irvine, CA,

USA)を誘導し塞栓術を開始した。用いたコイルはbioactive coilであるMatrix2 soft 360 3×6でcageを作り、その中をTarget helical soft 2.5×4, Target helical US 2×6(Stryker, アメリカサンフランシスコ)で詰めた。途中から前交通動脈内に血栓と思われるflow欠損部が生じ、徐々に血栓の増大をきたした(Fig. 3A, B)。ヘパリン1000単位の動注およびカタクロット80 mgを点滴静注、さらにガイドワイヤーによる血栓部の操作により血栓はほぼ消失した(Fig. 3C)。しかし、このままの状態を治療を終了した場合、母血管が維持されるか、再度血栓を生じるのか悩ましい状態であった。この間3D造影では右前大脳動脈の描出を認めたものの、その末梢の描出が不鮮明となっていることが判明し(Fig. 3D)、コイルが母血管に部分的に突出し血流を減じていると判断し、この部にEnterprise vascular reconstruction device(Johnson&Johnson Codman, Miami, FL, USA; VRD)を留置し、血流の改善したのを確認し治療を終了した。術後のMRI, DWI像で

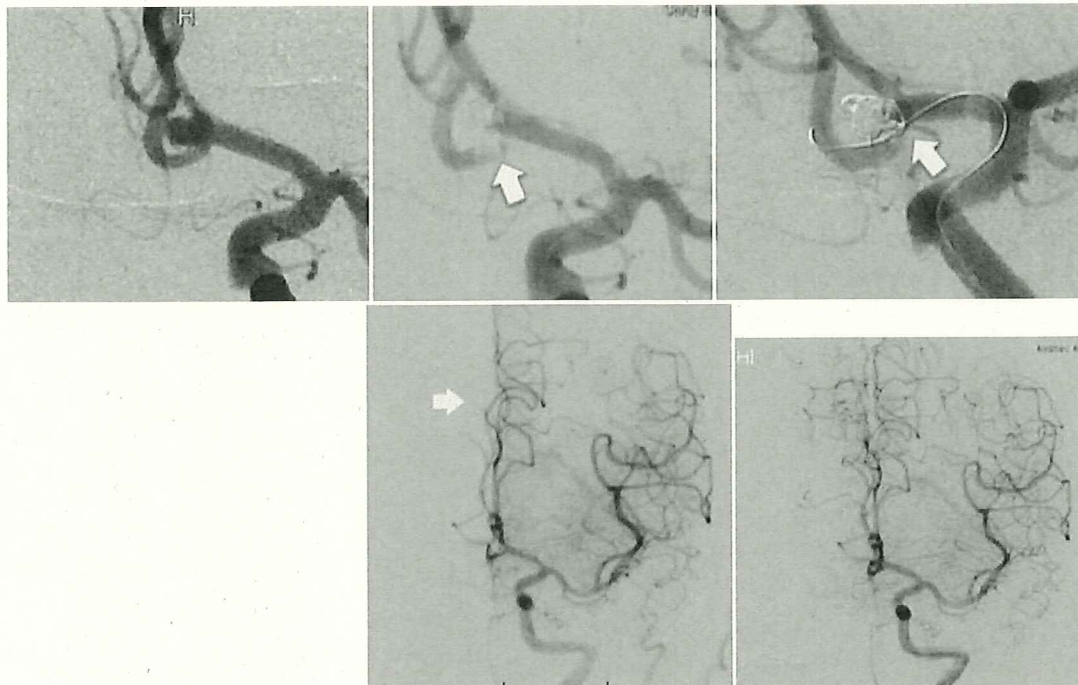


Fig. 3 A: Control left carotid angiography, AP view. B: At the completed the embolization of aneurysm. Arrow shows thrombus which was increased. C: After heparin 1,000 unit injected microcatheter and Ozagrel Sodium 80 mg was administrated in venous. In addition, a micro-guide wire was placed into anterior communicating artery to right A2 artery. Arrowhead shows the thrombus was almost resolved. D: CAG of AP view after this situation.

After the embolization of the aneurysm, we were worrying whether this treatment should be quit or not. At this time, the CAG of AP view, comparison with control, shows that there is a flow delay of the right distal ACA area (arrow). We thought first Matrix which protruding parent artery probably caused this flow delay. Then we placed VRD in the parent artery to prevent thrombosis again. E: Control CAG of AP view.

A	B	C
	D	E

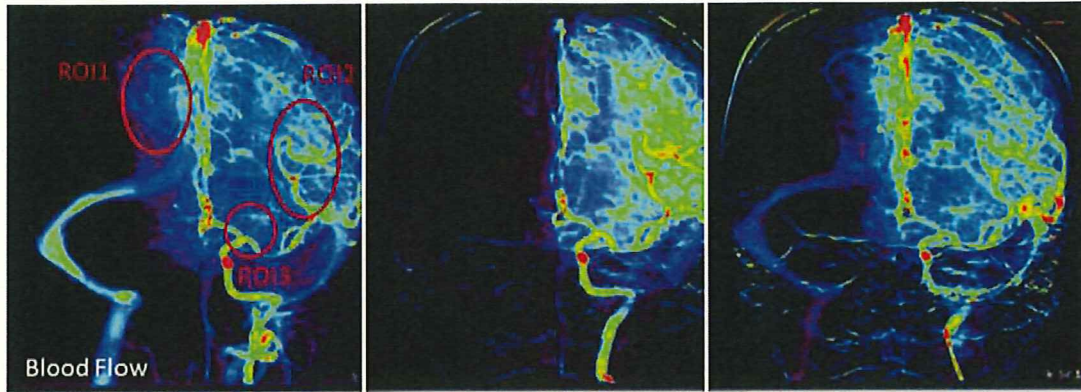
は前大脳動脈還流域に新鮮梗塞巣の出現を見ず、2日後に行った血管造影でも血流は良好であった。

後方的にはあるが、この術中の状態をFlow-Insightで検討した。コイル塞栓術前のcontrolの頭蓋内内頸動脈撮影AP像(Fig. 4A)と、コイルを詰め血栓が生じた(Fig. 4B)のち血栓溶解した(Fig. 4C)ものと、VRD留置後をblood flowをパラメータとし比較した。コイルが突出した右前大脳動脈の末梢部を正面像で測定したものがROI 1, その他に比較するために中大脳動脈, 内頸動脈終末部でもblood flowをFlow-Insightで評価し、表を作成した。このblood flowは造影剤の輝度上昇を時間で積算したものであるので定性値を示しているが、Fig. 4(table)のごとくその治療前後の変化率を、内頸動脈への注入造影剤がすべて内頸動脈先端部を通ると仮定しコントロールとしてROI 3で補正すると、前大脳動脈の血流は3338.08から、コイル突出後644.9(19.3%)まで低下し、VRD留置後2694.4(80.7%)まで改善している。(補正値=定量値÷ROI 3後

値/ROI 3前値)。

さらに瘤そのものもFlow-Insightで検討した。inflow-zoneの検討のためarrival timeで検討したが瘤が小さいためか瘤内でのarrival timeの変化を認めなかった(Fig. 5A)。blood volume像ではworking angleのDSA素画像ではわかりにくかった、orifice付近の重なったdomeをvolume像として明快に把握することができ(Fig. 5B)、塞栓術後では若干のdome fillingを認めるものの母血管に重なったdome内のvolumeを著明に減らしていることが把握できた。また術前の瘤から連なる前交通動脈内にblood volumeの低下している部位を認め、この部に血栓が生じ、VRDを留置することによりvolume低下が改善していることも示された(Fig. 5C)。

また長径7mmの他症例のbasilar bifurcation部の動脈瘤例での検討では(Fig. 6)、前後、側面像で明確にarrival timeでの瘤内のgradationを描出でき、これがコイル塞栓術において再開通率を減らす重要なpitfallのinflow-zone



Graph

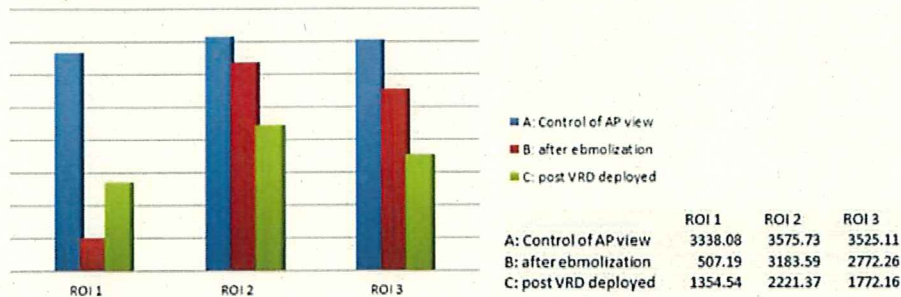


Fig. 4 Results of flow assessment application which were evaluated by the arrival time.
A: Control of AP view, **B:** AP view after embolization, **C:** AP view, post-VRD deployed. We evaluated the blood flow in this course retrospectively. Table shows every ROI value. Graph shows this table.
 The blood flow in distal ACA territory was reduced after the embolization markedly. After VRD deployment, the blood flow was restored. And it shows that blood flow of after embolization has decreased approximately 80% from the AP view of control in ROI1. It also shows that the blood flow substantially has recovered by the VRD placement in the same degree as other ROI.

A|B|C

にあたる可能性を示唆した。

考 察

DSA 装置だけからは継時的に表示される 2D の白黒の濃淡の画像だけであり、これまで見た目の評価法しかなく、瘤、閉塞などの形態を語る事が主な評価であった。MRA や CTA と違い、時間的変化もとらえることが可能にもかかわらず、その評価はアナログであり読み解くのに経験が必要であった。一方で以前より BOT の評価に左右の静脈相出現時間の左右差を指標にする¹⁾など、血管撮影画像の持つ情報を形態以外に応用する方法は以前から考案されてきたが、部分的な ROI を取った統計処理によっていた。今回の application を用いることにより、定性化に加えカラーバーによる 2D ではあるが頭蓋内全体の血流変化の可視化が容易にできた。ROI を取った局所的な検討から、さらに踏み込んだ脳全体をとらえる有用な指標となる可能性が示唆された。また本症例のような VRD 留置や

CAS, AVM 塞栓術後の過還流の予測に対して、MRI や CT を用いた定点的 perfusion 評価ではなく、治療前後ですぐに見ることができる大きな有用性である。さらに動脈瘤のコイル塞栓術に関しては、現在の感覚的な動脈瘤塞栓術後の neck remnant や, dome filling を客観的に評価する方法になりうる。一方で現時点では、あくまでも定性値の変化を比較しているにすぎず、原理的にはダイナミック CT でも用いられる time density curve による解析であり、将来的には定量化も可能と思われる。

さらに昨今の動脈瘤の血流・流体解析方には 3D 流体解析ソフトを用いた computing flow study (以下 CFD)⁴⁾⁵⁾, MRI の phase contrast を応用した画像解析などが注目されている。動脈瘤の治療のみならず発生機序解明まで期待される分野ではあるが、あくまでも simulation であつたり、特別な撮像法と解析手技が必要であつたり、治療の現場に用いるにはまだ現実的でない。また最新の DSA 装置に付属する flow や blood perfusion 解析ソフトもあるが⁶⁾,

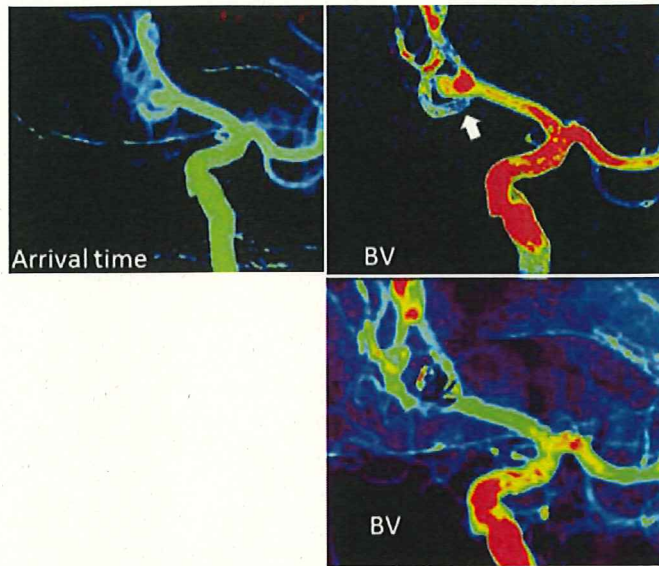
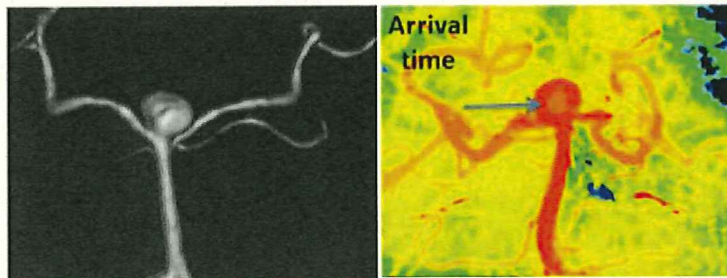


Fig. 5 Results of flow assessment application.

A: It shows that evaluation by the arrival time around the aneurysm structure. The size of this aneurysm is not enough, inflow of the aneurysm can not be confirmed clearly.

B: Evaluation by blood volume. Blood volume in anterior communicating artery at the side of the aneurysm is small (arrow). **C:** Evaluation by blood volume, post-coil embolization and placed VRD. It can be confirmed the some blood volume in the aneurysm. Other hand, it is possible to see an improvement blood flow at the anterior communicating artery.

A|B
C



3D digital angiography

Fig. 6 Results of flow assessment application in another case.

A: 3D digital angiography of a 47-year-old man who has basilar artery bifurcation unruptured aneurysm (aneurysm diameter: 7 mm).

B: Evaluation by arrival time, AP view. **C:** lateral view. Inflow zone of the aneurysm was identified (arrows).

A|B
C

原理的にはほぼ同じで、装置に付属していることより安易ではあるが、まだ解析法に改良の余地があり、自由度も少なく研究に使用するには利便性に欠ける。今回のわれわれの application では、DSA 画像の時間的解析から瘤内の血流解析にも使える可能性を示唆し、また実際の人体での治療中の data であることより再開通率低減など治療成績にすぐにつながることを期待できる。

一方で DSA を使った方法であるためいくつかの問題点もあげられる。撮影する造影剤の速度、量、カテーテルの位置、径に信号がかなり左右される。二次元像であるため、動脈相に静脈相が重なることや、subtraction 像であるために motion artifact により artifact が生じることなどがあげられる。しかし、これらに関しては全身麻酔下に無動化し、撮影場所、角度を治療中機械の装置にメモリーさせ、造影条件を一定にするなどの工夫で解決されると思われる。造影剤濃度、量などの至適な撮影条件は今後症例を積み重ねて煮詰める必要もある。

今後の可能性として、動脈瘤の in-flow, out-flow zone の同定、VRD 前後の留内、瘤外の flow の変化、頭蓋内血管バルーン閉塞試験(BOT)時の左右差の定量的検討、AVM の塞栓術前後の flow 評価で、術後出血の予測、CAS 後の hyperperfusion の予測などに応用が期待される。

結 語

時間解析、造影剤の輝度積算量の解析、可視化する flow assessment application は retrospective ではあるが、コイル塞栓術中の血栓性合併症の追加治療介入の指標とし

て、有用性が示唆された。さらに治療中にオンタイムで稼働させ、動脈瘤治療、CAS、AVM の塞栓術中、術後の合併症の指標などいくつかの臨床応用に期待される。今後症例を蓄積して、至適撮影条件、具体的な clinical point など新たな知見を求めたい。

文 献

- 1) Abud DG, Spelle L, Piotin M, *et al*: Venous phase timing during balloon test occlusion as a criterion for permanent internal carotid artery sacrifice. *AJNR Am J Neuroradiol* 26(10): 2602-2609, 2005
- 2) Li J, Lan Z, He M, *et al*: Assessment of microscope-integrated indocyanine green angiography during intracranial aneurysm surgery: a retrospective study of 120 patients. *Neurol India* 57(4): 453-459, 2009
- 3) Oda J, Kato Y, Chen SF, *et al*: Intraoperative near-infrared indocyanine green-videoangiography (ICG-VA) and graphic analysis of fluorescence intensity in cerebral aneurysm surgery. *J Clin Neurosci* 18(8): 1097-1100, 2011
- 4) Pereira VM, Brina O, Gonzalez AM, *et al*: Biology and hemodynamics of aneurismal vasculopathies. *Eur J Radiol* 82(10): 1606-1617, 2013
- 5) Shojima M, Oshima M, Takagi K, *et al*: Role of the bloodstream impacting force and the local pressure elevation in the rupture of cerebral aneurysms. *Stroke* 36(9): 1933-1938, 2005
- 6) Struffert T, Deuerling-Zheng Y, Engelhorn T, *et al*: Monitoring of balloon test occlusion of the internal carotid artery by parametric color coding and perfusion imaging within the angio suite: first results. *Clin Neuro-radiol* 23(4): 285-292, 2013