

血流画像化装置

レーザースペックルフローグラフィー

研究者：藤居 仁 九州工業大学 名誉教授

開発企業：安藤 静子 ソフトケア有限会社 代表取締役

(推薦者：藤居 仁 ソフトケア有限会社 取締役)



藤居 仁氏



安藤 静子氏

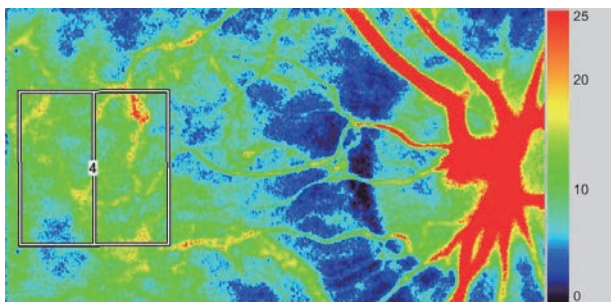
1. 技術の背景

物流システムが人間社会の経済活動を支えているように、血流は生命体にとって細胞に酸素と養分を運び、老廃物を体外に排出するための基幹システムであり、これを維持し適切に制御できるかどうかは、生体にとって正に死活問題と言える。人体の血流を測定するためにこれまで開発されてきた装置は、プローブを生体に接触させて一点の血流を測定するものがほとんどであった。本技術は生体によって発生するレーザー散乱場の動きを解析することにより、非接触で広範囲の血流分布とその経時変化をマップとして動画表示する新しい装置に関するものである。

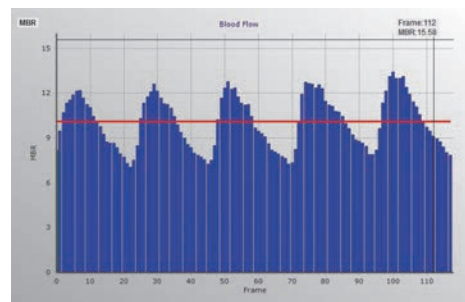
2. 技術の概要

近赤外レーザーを拡げて眼底に投光し、結像系を介してこのスポットをCCDカメラで捉え、この眼底画像を必要な枚数（120フレーム：4秒）、

PCのメモリーに順次取り込みデータとして記憶する。この画像データには眼底から反射散乱した光が像面上で干渉し合った結果、ランダムな小斑点模様（レーザースペckル）が形成され、その模様は眼底にある血球などの散乱粒子が移動することにより位相関係が刻々変化するため、時間と共に形を変える。ある像点の光強度の変化速度は、対応する眼底上の物点近傍の血流速度に比例する。したがってPCに取り込まれた一連の画像データについて各画素における光強度の時間変化の速さを求め、二次元マップ状に表示することにより、図1(a)のような眼底血流分布を画像化できる。赤く映っている部分は網膜血管で、暖色系ほど動きが速いことを示す。画面内に関心領域を設定すれば、(b)のような4秒間の心拍に同期した血流波形をグラフ化できる。



(a)



(b)

図1 (a)眼底血流マップの測定例

(b)関心領域の血流波形

この原理に基づく眼底血流画像化装置を大学発ベンチャー企業であるソフトケア(有)と共同で開発し、Laser Speckle Flowgraphy (以下LSFG)と

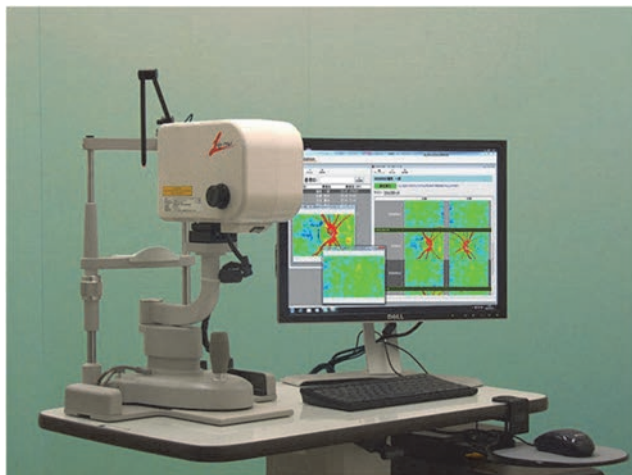


図2 眼科用LSFG-NAVI

名付け、ソフト・ハードの両面から改良を重ねて、図2のような外観の装置(LSFG-NAVI)を製品化した。本製品は2008年に医療機器製造認証を取得して国内販売を開始し、翌年保険適用も認められた。近年は海外からの引き合いも増え、2016年にはアメリカのFDAより後発医療機器510(k)の許可が下り

たので、アメリカ進出の準備も進めている。LSFG-NAVI は国内外 40 以上の基幹病院で臨床に利用され、学術論文は 300 を超えている。

(<http://www.softcare-ltd.co.jp/index.php/documents.html>)

LSFG 技術は眼科以外にも動物実験や心臓外科手術中の脳血流モニターなど、利用分野が拡大しつつある。中でも昨年医療機器承認を取得して上市した、図 3 の皮膚用レーザー血流計 LSF-PFI が足病治療の分野で注目されている。本装置は LSF-NAVI よりも構造は簡単であるが、測定視野が大幅に広がり、足を様々な角度から捉えるためプローブはアームに取り付けている。眼底のように血管の走行は観察できないが、足底全体の血流分布や



図 3 皮膚用 LSF-PFI

拍動成分の強さを短時間のうちにその場で観察でき、数値で比較できるなどの特長をもつ。足病は足の先端に向かって走っている動脈が途中で詰まり、足の指や踵が壊死する病気で、重症化すると切断は避けられず、生活の質が著しく低下して深刻な事態になる。下肢虚血の治療は通常バイパス手術か血管内視鏡による内腔を拡大する手術 (EVT) が行われるが、下肢動脈から足底に向かってどの程度の血行が確保できれば、壊死した部分を切断した後の断端の縫合が成功するかという議論は、これまで皆無であった。LSFG-PFI を利用した研究は始まったばかりであるが、一例として EVT 治療前後の足底血流の変化を図 4 に示す。バルーンで下肢動脈を拡張すると、血流が術前 (左) に比べ、術後 (右) 大幅に増加していることがわかる。

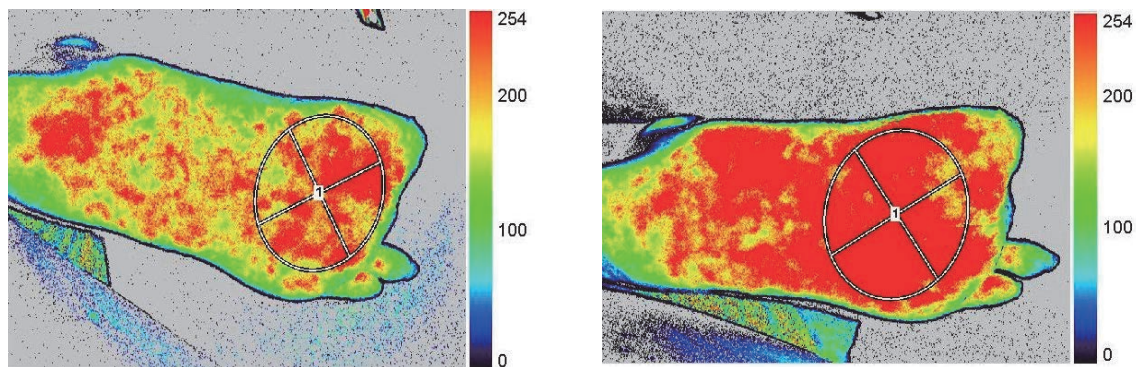


図 4 EVT による血行再建 (福岡山王病院における実施例)

さらに注目すべき点は、橈円の関心領域の血流波形であり、図5に見るように術前は血管狭窄により拍動が全く見られなかったものが、術後は拍動が現れ、動脈からの力強い流れ込みを確認できることである。この振幅を Beat Strength of Skin Perfusion: BSSP と名付け、その後の経過とどう関連付けられるかの研究が今始まろうとしている。

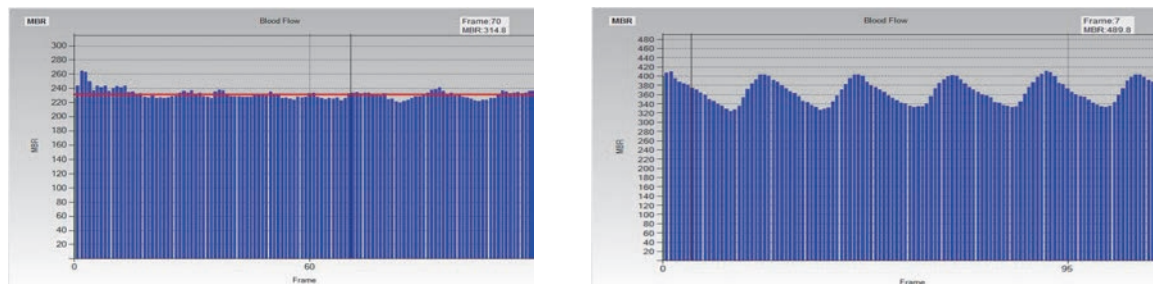


図5 EVT治療による足底血流波形 左：術前 右：術後

3. 効果

LSFG-NAVI 機は既に多くの眼科の先生方に利用され、眼血流と目の病気の関連性について研究成果が積み上げられてきた。代表例は緑内障治療への応用で、乳頭部（盲点に相当する場所）の血流低下が発症初期の段階でLSFGにより確認できることであり、血行促進効果のある眼薬の処方や薬の開発に繋がってきている。また網膜血管閉塞や網膜の背後にある脈絡膜の血流低下が引き起こす眼疾患の診断、更には全身の循環状態を眼血流波形から評価するなど、研究の裾野が拡がりつつある。

LSFG-PFI 機は非接触で短時間に血流動画が得られる特長を生かし、足病の臨床研究に活用され始めた。足病患者の多くは、国内に300万人いるとされる糖尿病患者の病気が進行し、腎機能低下と人工透析を経て血管が障害された結果発症する。社会の高齢化に伴って患者数は増加の一途を辿っており、これ以上の保険財政の圧迫を避けるため、患者の早期発見と重症化予防は急務となっている。透析施設における定期的な血流検査と治療介入時期の判断、血行再建手術中と術後の効果の確認や術式の改良、創傷治療時の経過観察など、様々な局面でLSFG-PFIが常用され、いずれは世界標準として認められる日が来ることを願ってやまない。

最後に多くの優れた研究成果を世に出し、LSFGを育ててくださった諸先生方に厚く御礼申し上げ、今後も引き続き性能向上に努めていきたい。