

最近の技術から

レーザースペックル法による末梢循環の画像化

藤 居 仁*

北海道大学応用電気研究所光システム工学部門 〒060 札幌市北区北12条西6丁目

1. はじめに

近年レーザーの散乱現象を応用した血流測定法が研究され、レーザードップラー血流計やスペックル血流計と呼ばれて広く利用されるようになってきている。これらの装置の多くは一本のファイバースコープを使用し、ある観測点の血流の時間的変化を追跡するなどの用途には適しているが、検出面積が直径 1mm 程度しかないため、広い面積について平均血流を求めたり、血流分布を観察するなどの用途には十分な機能を果たせない。しかし一方で、組織上のある面積にわたる血行動態の二次元分布(マップ)を概観できるならば、臨床にきわめて有用な情報を新たに提供することができる。最近われわれは生体組織から得られるレーザー散乱信号(スペックル信号)を、CCD イメージセンサーで検出し、その信号をコンピュータで画像処理することによって、観察面の血行動態のマップをカラーグラフィックにより表示する新しい測定システムを開発した^{1,2)}。ここではその測定法の特長と有効性について報告する。

2. ラインセンサーによる計測

図1のように、レーザースポットを円筒レンズなどにより線状に広げて観察面を照射し、このスポットをラインセンサー上に結像する。皮膚内部で散乱された光が干渉してセンサー上にランダムな斑点模様(スペックル)が生じ、かつこの模様が血球などの散乱粒子の移動により変化するため、イメージセンサーの各走査ごとの出力信号が変動する。図2(a)は連続した二つの走査出力を比較したもので、右半分で血流が高く左半分で低い場合の例である。二回の走査出力の差が右半分で大きくなっていることがわかる。この差をある観測時間にわたって各画素ごとに積算したものが(b)であり、対応する観測線上の血流分布(一次元マップ)を表わしている。これを二次元に拡張するためには、図3のようにミラーMを

回転させ、観測線を移動させながら上記の解析を繰り返せばよい。実際はこれらの制御をマイクロコンピュータで行ない、演算結果をメモリーやフロッピーディスクに記憶し、血流値(相対値)をカラーコードにより画像化してCTR上に表示している。最近発表したものでは²⁾光源をHe-Neレーザーから半導体レーザーに変え、図3の部分小型のヘッドに組み込み携帯性を高めている。

図4は、手掌部において得られた血流マップの測定例である。カーソルを上下左右に移動して、ある観測線に沿った断面を表示したり、血流値(相対値)を読み取ることできる。現在の装置では10~15cm四方の面積についての血流分布を約10秒で走査し、1秒以内にカラー表示することができる。

3. エリアセンサーによる高速化

前節で述べた方法は、上下肢のような動きの少ない部位の血流画像化には適しているが、胃壁や眼底などに適応するには、測定時間の大幅な短縮が必要とされる。ミラーを回転させるような機械的走査方法では短縮化にも限界があり、二次元イメージセンサー(エリアセンサー)による純電子式な走査方法を取らざるをえない。この場合問題となるのは、一般のエリアセンサーがTVカメラへの使用を意図しているため、走査の繰返し周期が1/60秒程度であり、これ以上早い信号変化には応答できないことである。前節での測定では走査間隔を1msに取っており、通常のTV用エリアセンサーではこのような走査速度に対応できない。ここでは一部エリア走査機能と呼ばれる特殊な機能を有するTVカメラ(WV-CD60, 松下通工)を用いてこの問題を解決した。すなわち水平走査の開始位置と終了位置を外部から与える機能(窓設定)を利用し、狭い範囲を短周期で走査してデータを記憶した後、窓を次の位置にシフトし、走査、記憶を繰り返す方式をとった。図5は信号処理系のブロック図であり、TVカメラからの信号をA/D変換し、16bit CPUボードのメモリーにDMAで書き込み、す

* 現在：九州工業大学情報工学部電子情報工学科 〒820 飯塚市大字川津 680-4

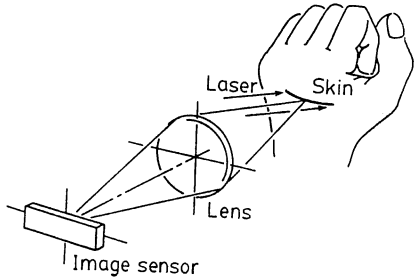


図 1 ラインセンサーによるスペックルイメージの解析

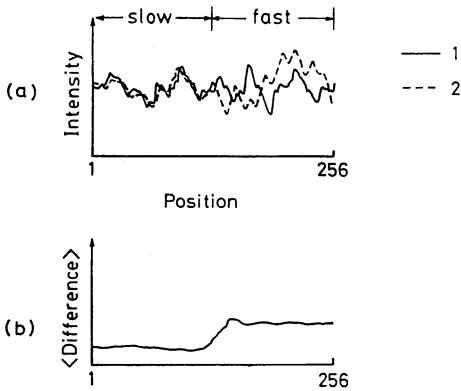


図 2 イメージセンサーの出力と血流分布

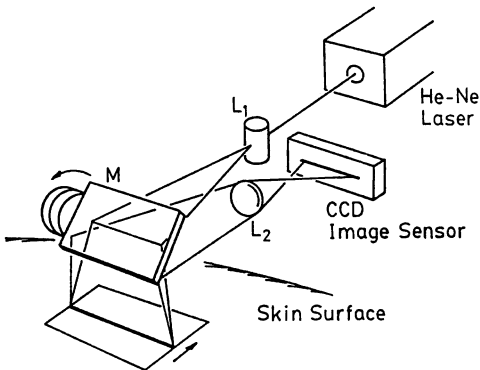


図 3 血流二次元マップ検出ヘッド

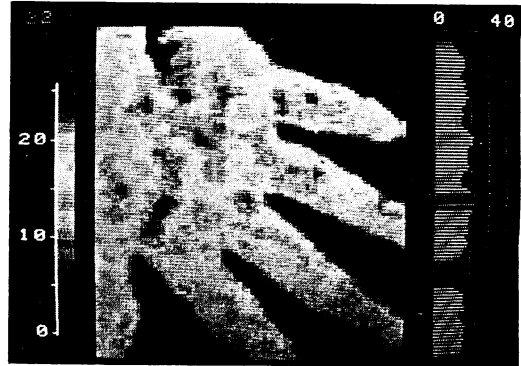


図 4 手掌部における血流マップの測定
原図はカラー表示されている。

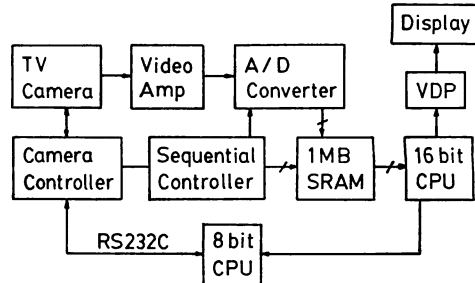


図 5 エリアセンサーによる信号解析

すべての走査終了後にデータ処理を行なって、血流マップを表示している。窓移動のためのコマンドは、8 bit のサブ CPU からカメラコントローラへ送っている。現在の装置では測定時間が約 1 秒、計算処理と表示に約 8 秒かかっているが、胃壁や眼球の通常の動きからみて、適応する可能性は十分あるものと考えられる。

本研究の一部は財団法人医科学応用研究財団、および秋山記念生命科学振興財団の助成による。

文 献

- 1) H. Fujii, K. Nohira, Y. Yamamoto, H. Ikawa and T. Ohura: "Evaluation of blood flow by laser speckle image sensing," *Appl. Opt.*, **26**, No. 24 (1987) 5321.
- 2) 藤居 仁, 山本有平, 野平久仁彦, 大浦武彦, 対馬健祐, 櫻村博正, 福富久之: "レーザースペックル法による末梢循環系の画像化(Ⅲ)", *日本レーザー医学会誌*, **9**, 3 (1988) 135.

(1988 年 12 月 29 日受理)