ビデオストロボスコピーの臨床応用

角 田 篤 信¹⁾・山 下 公 一²⁾

Videostroboscopy and Its Clinical Application

Atsunobu Tsunoda¹⁾ and Koichi Yamashita²⁾

The introduction of the video system is an innovative enhancement to the clinical application of stroboscopy. However, the performance of videostroboscopy is limited to some degree. The NTSC format video system can divide laryngeal movement into 30 frames or 60 fields per second and its maximum resolution is 640 by 480 pixels (picture element). Although this performance is generally sufficient for clinical applications, it has problems with finer observation of laryngeal lesions and lack of brightness occurring during observation of low tone phonation. Clinical application of videostroboscopy is useful but attention should be paid to problems caused by video format.

Key words : videostroboscopy, NTSC format, video system.

はじめに

ストロボスコピーにおけるビデオ録画機器の導入，すなわちビデオストロボスコピーはストロボスコピーにおける大きな技術革新であり，その有用性を著しく高めるものである^{1)~4)}。ビデオストロボスコピーはストロボスコピーにおける診断，記録，供覧をビデオ技術を基にして行うというものであり，基本的な性質は全てテレビやビデオの規格に規定される。本報告ではテレビ，ビデオの基本原理をふまえ，ビデオストロボスコピーを臨床応用する上で注意する点やその有用性について検討する。

映像とその信号処理について

映像面，画面面とは二次元空間の広がりにおける光の分布であり，光そのものには明るさや色という要素がある。さらにそれらが時間的に変化するため映像情報は音響情報に比べはるかに複雑な情報であり，これだけの情報を電気信号，それも信号ケーブル一本で伝達し，一つのテープで記録するためには，何らかの工夫すなわち映像処理が必要となる。これを可能とするのがテレビ，ビデオ技術である。テレビ，ビデオ画面は実際には細かい光のひとつひとつの点（画素）から構成されている。しかし，電光掲示板のようにに別々に信号を送るようにすると，それこそケーブルが何万本も必要となるため，テレビにおいては細かい画素ひとつひとつに左上から順に次々に信号を送り，その信号を変えることで全体としてひとつの絵を形成するようにする。これを走査といい，テレビの基本技術である（図1）。

図1 電気信号を変化させることのみで白黒のグラディエーション画面が構成されることを示す図。信号強度が弱いと白が，徐々に強度を上げると色が濃くなり，信号強度が最大となると黒が画面上表現されるとする。初めに図下段のように徐々に強度を上げて信号を送る（1→）。その際，画面上では左上から右に向かって信号の強度に応じて画面を構成していく（走査する）。すると初めの段がグラディエーションの縞として表現される。次いで，その下の段を走査（2→），さらに次々と走査することで（3，4，……）ひとつのグラディエーション画面が完成する。

その画面の走査がいったん終了した後に，左上に戻ってもう一度その走査をやり直し，次々に画像を作成していくことで，時間情報が加味される。さらに周波数変調やフィルター処理などを行うことで同時に色を出すことができる。

1) 東京医科歯科大学耳鼻咽喉科学教室

2) 金沢医科大学耳鼻咽喉科学教室

1) Department of Otolaryngology, Tokyo Medical and Dental University

2) Department of Otolaryngology, Kanazawa Medical University

これによってひとつの電気信号、一本のケーブルで経時的な映像信号を送ることが可能となり、映像の記録はもちろん一般家庭に放送するといったことが可能となる。従って、この画像は単位時間当たりの電気信号の回数、すなわち周波数が高ければ高いほどより細かい画像の構築が可能であり、かつ多くの画像が構成可能となる。例えば、1秒間に1000回の信号、すなわち1000Hzでは10かける10の画素で1秒間に10枚という非常に荒い画像となり、百万回の信号、すなわち1メガヘルツとすれば、100かける100の画像で1秒間に100枚というより細かい画像となる。よって、理屈から言えば周波数を極端に上げればきわめて細かく鮮明な画像が出来るはずである。しかし、周波数を上げると（周波数帯域が広がり）放送のチャンネル数が増やせないことから、ある程度の妥協点で実際のビデオやテレビ放送システムは構築されている。これによって、テレビ、ビデオの性能が決定し、ひいてはビデオストロボスコープの性能が規定される。

日本で使用されている映像のフォーマットはNTSC規格でその他にもPAL, SECAMという規格がある。さらにそれぞれも細分化されており、これらのフォーマットの間には互換性はない。NTSC規格とは1953年にアメリカ合衆国のテレビジョンシステム委員会が白黒テレビとの両立性を保った世界最初のテレビジョンシステムとして誕生。NTSCの名称はその、National Television System Committeeの頭文字をとったものである。その規格であるが、全体の画面は縦3横4の比率で構築され、原理的には縦に525本の線を走査する。上から下までいったんひとつとばして走査し次に左上に戻るまでが60分の1秒。いったんここで画面を構築し、次の走査はそこから1段ずらしてまた60分の1秒かけて走査する。すなわち30分の1秒間に2回走査を行い、これでひとつの画像を完成させる。ひとつ飛ばして走査する方法は画面のちらつきをできるだけ目立たなくする目的でなされるものでこれをインターレース方式と呼ぶ。こうして完成したひとつの画像をフレームといい、一回の走査でできる半分の画像をフィールドという。NTSC方式では縦が525本であるから、正方形の画素で構成するとすれば、横はその3分の4倍の700画素となる。よって700×525の解像度を有する画像が得られるはずであるが、現実には、走査の関係上、左から右に走査してまた左に戻る際、右下まで来て左上に戻る際にそれぞれ信号が無い時間がある。それらを差し引くと、結果として658×493の画像となり、実際ビデオの出力端子は周波数6.2MHz、解像度640×480となっている。従ってビデオから起こした画像は通常の35mmの画像に比べると圧倒的に荒いはずであるが、実用上はほとんど問題ない。

また、厳密には走査の関係上、画面左上の画像と右下の画像は厳密には微妙に時間的にずれた画像となる。理論上1フィールドあたり約0.014秒遅れとなるが、ビデオの画像は単位時間にCCD（charge coupled device：光を電気信号に変換する部分）に蓄積されたデータを見ているため、

そのような微妙な時間のズレが所見に影響する事はほとんどなく、臨牀的にも問題となっていない。以上をまとめると、喉頭ビデオストロボスコープは現在のビデオ規格を元に行っている関係上、以下のような性能ないし限界を有する事を、知っておく必要がある。すなわち、時間的分解能はフィールド画面を用いることで60分の1秒まで、フレーム画面を用いることで30分の1秒まで分解可能。しかし、ひとつの画像上でわずかな時間のずれが生じている。また画面の解像度は最高でも640×480画素である^{5, 6)}。

ビデオストロボスコープにおける諸問題

次に、ストロボにビデオを使用した際に生じるいくつかの問題について検討する。

1) モーションスピードが変化する機種における問題点

ストロボスコープのモーションスピードはB & KやATOMOS社製の様に固定している場合（ATOMOS社製はさらに0.5から2Hzの間で可変）発声周波数と無関係に一回の声門開閉運動を決まった時間で表示する。1.4Hz遅延の場合、一回の開閉運動は1秒間に1.4回。するとフィールド画面で見たときには約42から43コマ、フレーム画面では約21コマに分解することが出来、これは常に一定である。この値は診断上特に問題となる値ではない。一方、現在最も普及していると思われる永島医科器械製のように周波数に応じてその何パーセントかの遅延周波数を生じる器機では基本周波数によって異なってくる。この機種の場合、LMSの三つのモードがあり、それぞれ0.25, 0.5, 1%だけ周波数を遅延させて発光する。従って、たとえば発声の周波数が200HzでMのポジションを選ぶと、モーションスピードは1秒間に一回となる。しかし同じMモードで400Hzでは二秒に一回となり、さらにHのポジションでは4秒に一回となる。すると、ビデオ記録した際にはフレーム画面では1秒間に7.5コマの分割能しか得られず、繰り返し再生、コマ送り観察に際して支障がでる。一方、Lのポジションはより細かく分割が可能であるが、基本周波数が一定していないときれいな画像が得られにくい。実際、臨牀応用においては使いにくい。従って、この機種を用いる際は発声周波数によってそのポジションを選ぶこと、すなわち100Hz程度の低音発声時を観察する際はHのモードを、400Hzの高音発声時はLのモードで観察することが必要となる。（なお、永島社製は固定式にも変更可能である⁷⁾。）

2) 発声周波数によるビデオストロボスコープの問題

ストロボスコープの発光について考えると1秒間の発光時間は基本周波数－遅延周波数だけ発光し、その発光時間は約0.1msec以下である。すると1万分の1の画像を見ている計算となるが、実際にはビデオ画像上は1フレーム、30分の1秒の間に発光した画像を重ねてみていることとなる。よって図2に示したように上段の高い発声周波数では1フレームあたりの発光回数が多くその分データの重なりが生じ、一方、下段の低い発声周波数では発光回数が少な

図2 一回の発光時間（1万分の1秒）、並び一回の発光強度は同一であるが、上段の高い発声周波数では1フレームあたりの発光回数は約5回であり、その分データの重なりが生じる。明るさのむらはさほど顕著にはならない。一方、下段の低い発声周波数では発光回数が少なく、2回または3回となる。よってデータの重なりは少ないものの、画面そのものは暗く、フレームによる明るさのむらが生じる。

くなるため、データの重なりは少ないものの、画面そのものは暗くなる。従って、発声周波数によって採取されるデータの条件が異なることを念頭に置く必要がある。この点、近年開発されたストロボ光源はコンピューター制御によりこの問題については解決されており、今後の臨床応用が期待される⁸⁾。

ビデオストロボスコーピーの有用性について

ビデオを使用する目的はおおきくわけて3つあり、1) 声帯粘膜波動を静止して観察できる（ストップモーション）、2) 声帯粘膜波動を緩徐な速度で観察できる（スローモーション）³⁾、声帯粘膜波動を何度も観察できる（記録再生）である。これらの点が病変の詳細な検討につながるとともに患者の負担減にも寄与する。すなわち所見がはっきり取れるまで観察するのではなく、きれいな記録が取れた時点で患者の所見を中止し、先に挙げた画像の静止、スローモーション、繰り返し観察を通じて所見を採ることで一回の検査時間の減少が可能である。従って、ビデオの使用並びその記録を前提とするビデオストロボスコーピーにおいてはストロボ光観察下における直接のストップモーションの観察はほぼ不要であり、それも患者の負担の減少につながる。

さらに詳細な所見を採るためにストロボスコーピー観察を追加する場合、それまでの条件を変更することとなるが（発声周波数を変更したり、レンズを交換し観察部位を拡大するなど）、その際にも初めの記録は有用な視標となる。なお、発声障害を訴える患者さんは、その他の耳鼻咽喉科領域の患者などに比し、自分自身の病態についてより詳し

い説明を求める傾向がある。ビデオを用いることで患者への病態の説明が充分なものとなり、加療に対するインフォームドコンセントが容易に得られるなど様々な利点がある^{1~4)}。また、記録が容易であることから加療に対する病変の経時的変化などをとらえる上でも有用である⁹⁾。

それらに加えて、粘膜波動の存在の有無から、病変が声門にあるのかどうかの鑑別。さらにその粘膜波動が声門下面から上面に上がってくるという性質から、声門病変の上下関係の鑑別をビデオを用い、適宜ストップモーション、スローモーションを観察することでとらえることも可能となっている。

ま と め

喉頭ストロボスコーピーにビデオを導入するビデオストロボスコーピーの有用性といくつかの問題点について検討した。なお、本論文の要旨は第10回日本喉頭科学会（金沢市）で口演した。

文 献

- 1) Yosida T et al: A video-tape recording system for laryngostroboscopy. 日気食会報 30: 1~5, 1979.
- 2) 牟田 弘ほか: 家庭用ビデオカメラを用いた喉頭ストロボスコーピー. 日気食会報 37: 19~24, 1986.
- 3) 角田篤信ほか: 喉頭ストロボスコーピーの日常診療への利用と嗄声との関連について. 日気食会報 43: 1~4, 1992.
- 4) 山下公一, 角田篤信: 喉頭のビデオストロボスコーピー. 耳鼻咽喉科MOOK NO.23 11~28, 金原出版, 東京, 1992.
- 5) 長坂新夫ほか: よくわかるテレビ・放送技術. 1~115, オーム社, 東京, 1997.
- 6) 野々宮裕一郎ほか: 新・ビデオ技術ハンドブック. 25~58, 電波新聞社, 1997.
- 7) 磯貝 豊ほか: 私信.
- 8) 川井田政弘ほか: 喉頭ストロボスコーブKAY RLS-9100を主体としたコンピューター制御のビデオ内視鏡画像システム. 日気食会報 49: 36~42, 1998.
- 9) Tsunoda K et al: Stroboscopic observation of the larynx after radiation in patients with T1 glottic carcinoma. Acta Otolaryngol (Stockh), suppl 527: 165~166, 1997.

別冊請求先 〒113-8519 東京都文京区湯島1-5-45
東京医科歯科大学耳鼻咽喉科学教室

角田篤信

E-mail: atsun.oto@med.tmd.ac.jp