

ヒト精子細胞の運動軌跡—精子運動軌跡図—
の描記法（予報）

京都大学医学部泌尿器科学教室（主任：吉田 修教授）

桐 山 畜 夫・眞 田 俊 吾

野々村 光 生・吉 田 修

SPERMATOZOAL TRACOGRAPHY — TRACING OF THE
MOVEMENT OF A SPERMATOZOON — A PRELIMINARY REPORT

Tadao KIRIYAMA, Shungo SANADA,

Mitsuo NONOMURA and Osamu YOSHIDA

From the Department of Urology, Faculty of Medicine, Kyoto University

In order to obtain an objective and permanent record of motility of human spermatozoa, a spermatozoon was followed under a microscope and its movement was traced on paper. Instruments for recording spermatozoal movement consisted of a phase-contrast microscope, a camera head, a camera control unit, an X-Y tracker, a TV monitor and an X-Y recorder. These are assembled as illustrated in Fig's. 1 and 2. The X-Y tracker, one of the most important instruments in this system, was devised for use in aeronautics or architecture, such as to monitor the orbit of a rocket, to measure the sway of skyscrapers to predict when it might crumble down during an earthquake and to measure the sway of a big bridge to determine whether it would hold during a storm.

In the spermatozoal trackogram the spermatozoon progressed in a roughly straight line in a sine curve, and at times in a rectangular wave (Fig. 2 to 5). The speed of spermatozoal movement in the X and Y directions can be immediately and automatically calculated if a computer is connected to this system. The system will be useful for recording the movement of a single free cell.

緒 言

精子の運動能は精子数とともに精液の妊孕能を計る重要なパラメーターであるが他覚的で実用的な測定方法がないため従来から主観的にこなわれてきた。また単細胞動物を除けば、動物の無数の細胞のなかで、精子は活発な自由運動を行ないうる唯一の細胞である。それにもかかわらず自然な状態で細胞1コの運動を精確に描出する方法がほとんどなかった。最近前者の臨床的応用の目的に対してはストロボ撮影による解析が導入され、後者の生理学的研究の目的に対しては映画

撮影による記録が唯一の確実な方法であった。われわれは最近精子細胞の運動そのものを拡大して記録紙のうゑに描記する方法を考案したので、その記録方法を予報的に報告する。

装置と記録方法

位相差顕微鏡（日本光学、Optiphot），アダプター、Camera head C 1000-01（浜松テレビKK），Camera control unit C 1000（浜松テレビKK），X-Y tracker C 1955（浜松テレビKK），TV monitor（浜松テレビKK），X-Y recorder（浜松テレビ

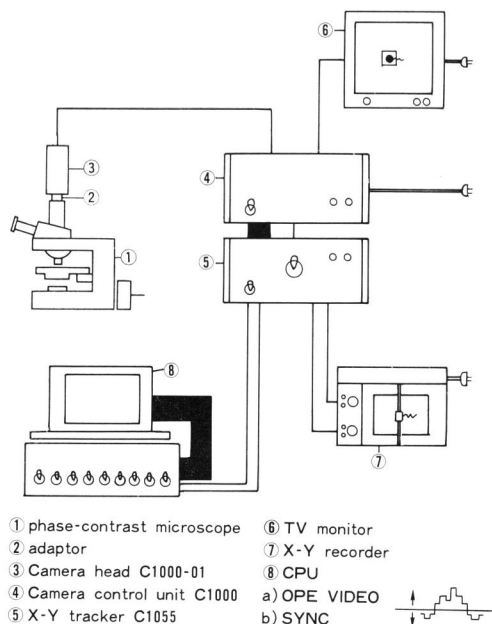


Fig. 1. spermatozoal trackography のための実体図.

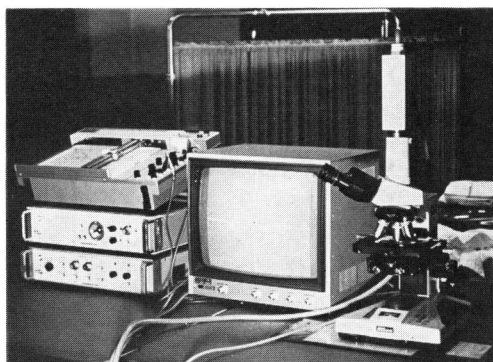


Fig. 2. 実際に組立てた機器類.

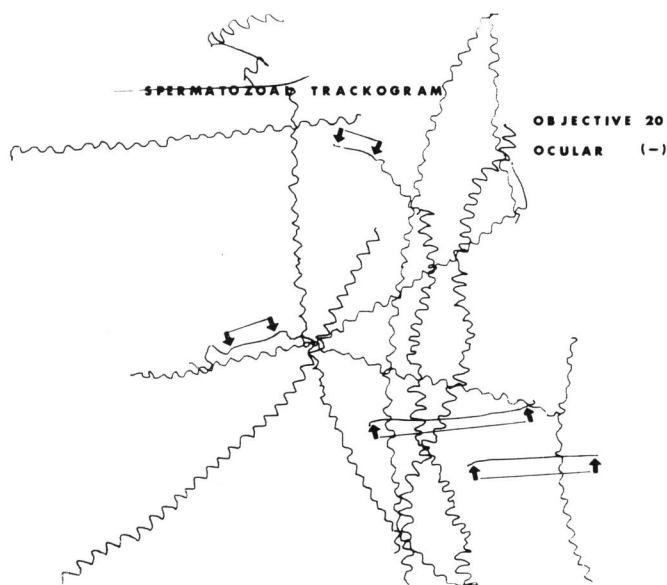


Fig. 3. Spermatozoal trackogram. ↑ ↑ 操作ミスによる人工産物

ビKK) を Fig. 1 のように組立てた。Fig. 2 はその組立てた実際である。TV-monitor 上に写し出され、白く輝いて見える精子の頭部を、TV-monitor 上の四角い枠に trap する。この運動の軌跡は直ちにXY-recorder 上に描記される。

標本の作製は以下のごとくにおこなった。滅菌した

ガラス容器に masturbation で採取した精液を、37℃の湯浴中に約1時間静置した。通常の精液検査を施行後、37℃に加温した生理的食塩水で約2倍に稀釈し、その 10 μ l をマイクロピペットに採り、これにスライドガラスに滴下した。たゞちに 10×10 mm のスライドガラスを被せ、指頭で軽く圧して 10 μ l の稀釈

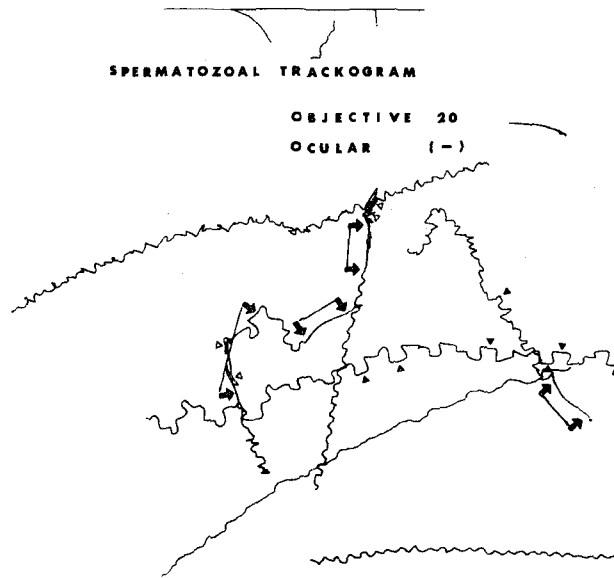


Fig. 4. spermatozoal trackogram, ▲ 矩形波, ↑↑ 操作ミスによる人工産物, △ trapping の迷い

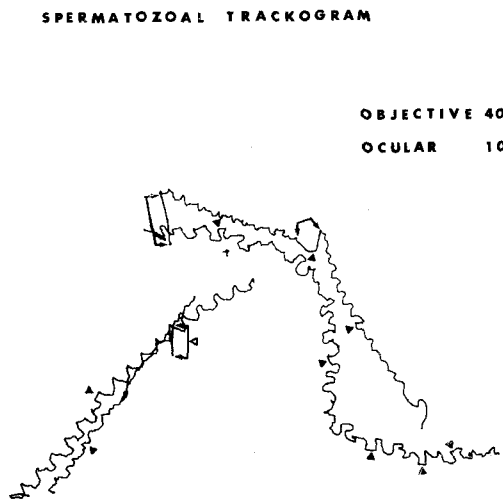


Fig. 5. spermatozoal trackogram, ▲ 矩形波, ↑↑ 操作ミスによる人工産物, △ trapping の迷い

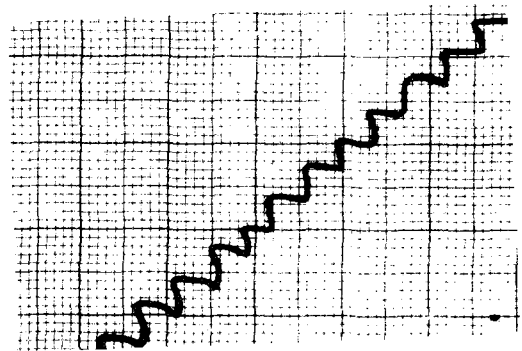


Fig. 6. もっとも基本的と考えられる精子の運動で規則正した三角波からの繰返しからなる。

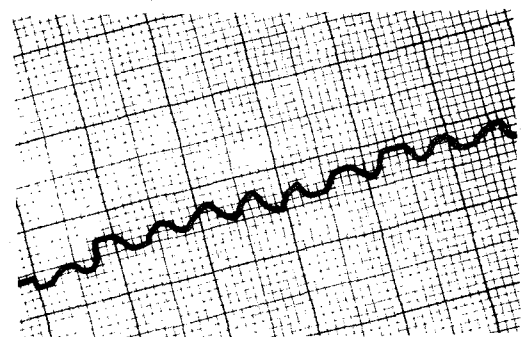


Fig. 7. Fig. 6 より多少不規則であり、一部に正弦波を混じえる。

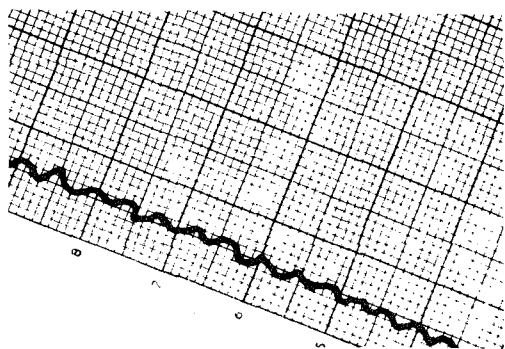


Fig. 8. Fig. 7 に似ているが振幅が小さい.

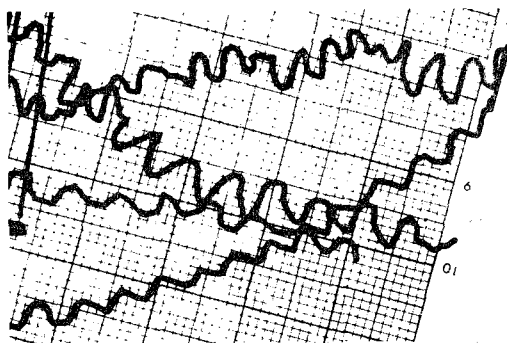


Fig. 11. Fig. 10 と2つの同じ精子細胞の運動を記録したもので運動の恒常性がみられる.



Fig. 9. 不規則な波形を呈するが、類似の波がいくつか組合わされているのがわかる.

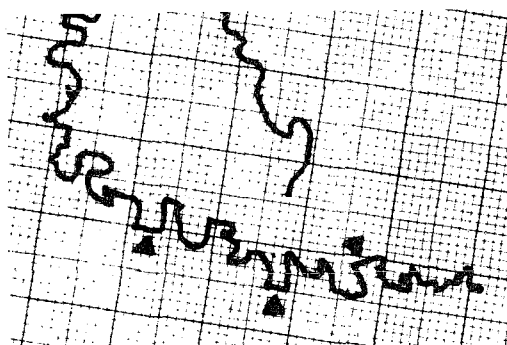


Fig. 12. 矩形波 (▲) やイタリア半島様 (▲) の波形を示す運動.

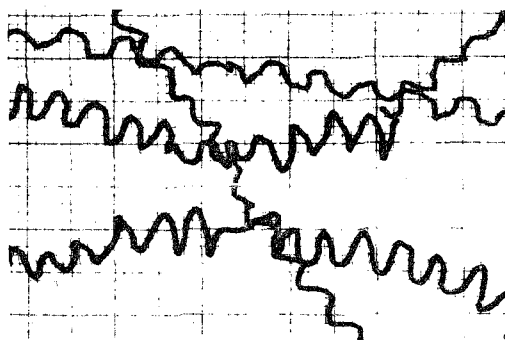


Fig. 10. 横走する2本の曲線は振幅の大きい三角波または正弦波からなっている.

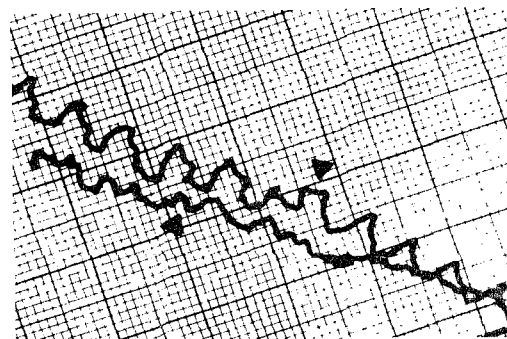


Fig. 13. 矩形波 (▲) が三角波に移行するところを示す. 振幅の小さい波形運動にも矩形波 (▲) がみられる.

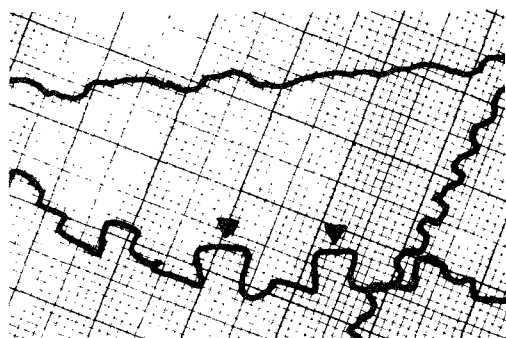


Fig. 14. 振巾が大きく頻度の少ない矩形波 (▲)

精液が全面に広がるようにする。この周囲にマイキュアー液を塗布して精液を密封し、鏡検する。これらの操作、鏡検、spermatozoal trackography は精子活力検査用加温器（西川式）を使用し、37℃でおこなった。

なお、対象としたヒト精液は4年間の不妊を主訴とした32歳男子のもので、精子数 $23 \times 19^6 / \text{ml}$ 、運動率80%のものであった。

成 績

記録した spermatozoal trackogram を図示する (Fig. 3~14)。なお、1本の曲線は精子細胞1コの運動を表わすが、1枚の記録紙に数コの細胞の運動を同時に記録したのではなく、数コの細胞の運動を別個に数回重ねて記録したものである。Fig. 3~5に trackogram の全体を示す。これからみると多くは正弦波または三角波を、一部では矩形波 (▲印) を描きながらほぼ直進しているのがわかる。なかには例外的に大きく屈曲するものもある。なお $\uparrow \downarrow$ で示した部分は操作ミスによる人工的な曲線である。また四角い枠のなかに2コの精子が trap されると X-Y tracker はその選択に迷い、2コの精子の間を行き来したり、乗り替えたりする。それを△印で示してある。

詳細に観察するために trackogram の一部を拡大したものが Fig. 6~14 である。

Fig. 6 は精子運動のうちでもっとも基本的なものと想像される運動軌跡図で、規則的な三角波の繰り返しからなっているが一部で三角の山が鉤状になっている。Fig. 7 は波形がやや不規則になり三角形のなかに一部正弦波や梯形波を混えている。Fig. 8 は Fig. 7 と同じように三角波や正弦波からなっているが Fig. 6 や7のよりは振巾が少なくなっている。さらに平坦になり直線状の運動をするようになる (Fig. 14)。

Fig. 9 では運動の波形はかなり複雑・不規則である

が、それでもよくみると類似の波形を見出しうる。

Fig. 10, 11 では上に述べてきた波形以外に、振巾の大きな波形を呈す運動軌跡図がみられる。

Fig. 12~14では波形運動の1部や大部分で矩形波を呈するもので、この矩形波がイタリア半島形 (Fig. 12) を示したり、三角形に移行することもある (Fig. 13)。

Fig. 14 では振巾が大きく、頻度の少ない矩形波がみられ、この前後に階段状の波型もみられる。

考 察

精子細胞は、動物の体内にあって運動器官としての tail をもち、その flagellar movement によって自動能を有する細胞である。これらの精子の運動能は男子の妊孕性と密接に関連し、事実、男子不妊症の日常臨床において、精子運動率というパラメーターで精液の妊孕性を決定する1つの因子として応用されている。多くの努力にもかかわらず、今日までのところ、この運動率を他覚的に測定する簡便な方法を欠いている。これは動物の精子においても勿論であるが、ヒト精子の運動の研究は少なく、日常臨床においては肉眼的観察という主観的判定法によっている。

これを解決する最近の試みの1つに multiple exposure photography (MEP)¹⁾ による精子運動率の算定と精子運動速度の測定がおこなわれている。本法はあくまで臨床的応用を目指したものであるため、精子運動の詳細な描記には適していない。すなわち、1秒間に6回露光し撮影するため、精子の頭部が鎖状に断続し、精子運動は外見上直線状になる。

精子運動の詳細な生理学的研究のためには microcinematography による解析がおこなわれてきた。最近の David ら²⁾ の報告でもフィルム上に撮影された精子頭部の動きを紙上に再現するもので、MEP と比較すればはるかに詳細に記録されるがそれでも本法と比較すればはるかに粗雑なものである。たゞ、精子細胞1コの運動を忠実に描記しうる本法では、microcinematography と異って尾部の運動を全く観察できないのが欠点である。

今回の報告は、たゞ本法を用いれば精子細胞の運動を忠実に記録しうるとの報告に止まる。今後は、精液中の多数の精子の運動・速度の解析と分類、分類された運動をおこなう精子の割合、精子運動に及ぼす薬剤などの化学的影響や温度などの物理的影響の分析などおこなう予定である。

また、本法で使用される機器の中核をなす X-Y tracker は本来ロケットの追跡や高層建築物や橋梁の安全性を監視するためその揺れを観察する目的で開発

されたものである。したがって精子細胞の観察には必ずしも適したものではない。この改良も大きな研究目的の1つになる。たゞ現在でも比較的ゆっくりした動きをする細胞や動物の動きを観察するには十分に役立つだろうと想像される。

稿を終えるに際して spermatozoal trackography にご協力いただいた京都コウガクKK, 浜松電子KKの諸氏に深謝します。

文 献

- 1) Makler A : A new multiple exposure photography method for objective human spermatozal motility determination. *Fertil Steril* **30** : 192~199, 1978.
- 2) David G, Serres C, Jouannet P : Kinematics of human spermatozoa. *Gamete Res* **4** : 83~95, 1981.

(1981年7月2日受付)