

尿流量曲線パターン分類用

特徴量抽出システムの構成

Design of a Feature Extraction System for Pattern Classification of Uroflowmetrogram

○藤岡与周、苫米地宣裕

○Yoshichika Fujioka and Nobuhiro Tomabechi

八戸工業大学

Hachinohe Institute of Technology

キーワード：尿流量計 (Uroflowmetrogram), 組込みシステム (Embedded System), オープンソースソフトウェア (Open Source Software), 離散フーリエ変換 (Discrete Fourier Transform)

連絡先：〒031-8501 青森県八戸市大字妙字大開 88-1

八戸工業大学工学部システム情報工学科 藤岡与周

TEL: 0178-25-8063 FAX: 0178-25-1691 E-mail: fujioka@hi-tech.ac.jp

1. まえがき

尿流量計（ウロフロメータ）とは、医療機関で利用される医療機器であり、患者の尿量の排泄量を時刻とともに計測するものである。現在国内で利用されているウロフロメータはさまざまなトラブルが少なくないにもかかわらず、その多くが外国製であるため国内ニーズが反映されにくいという問題がある。

そこで、本学では産学共同開発プロジェクトとして、医療機器開発メーカーである（株）デージーエス・コンピュータと、医療機器販売会社である（株）メディカル・タスクフォースおよびすみれ医療（株）とともに、国内ニーズを反

映したより使いやすいウロフロメータの開発に取り組んでいる。

本稿では、ウロフロメータに要求される基本的な尿流率などの計測機能に加えて、離散フーリエ変換（DFT）解析を用いて、測定結果から泌尿器に関する疾病の自動診断機能を実現するためのシステムを提案している。

2. 尿流量測定検査

2.1. 尿流曲線と各種パラメータ

図 1 に、正常な尿流曲線の例を示す。この図は、各時刻における尿の排出速度を尿流率としてグラフ化しているものである。図中に示して

いる最大尿流率、平均尿流率、最大尿流率までの時間、総排尿量に加え、排尿の開始から終了までの総排尿時間などが測定パラメータとして得られる。

2.2. 最大および平均尿流率による診断法

ウロフロメータを用いた診断方法のひとつとして、Siroky らの判定曲線をもちいた診断法が知られている[1]。これは、図2および図3にそれぞれ示す、総排尿量対最大尿流率グラフおよび総排尿量対平均尿流率グラフ内の複数の曲線と、測定された各種パラメータを比較して、排尿障害の有無判定する方法である。たとえば、総排尿量が200mlである場合、最大尿流率が約13ml/sec以上、平均尿流率が約5ml/sec以上であれば正常と判定される。

または、これらを簡略化した下記に示す判定法をとることも可能である[1]。

- 排尿量が200ml以上の場合：最大尿流率が15ml/sec以上であれば正常
- 排尿量が50mlから200mlの場合：期待最小排尿時間(=排尿量/最大尿流率)が10秒以内であれば正常
- 排尿量が50ml以下の場合：評価できない(健康人でも排尿困難)

しかし、たとえば図4に示すような、最大尿流率と平均尿流率が等しい2種類の測定結果はいずれも正常であると判定されることが問題点として挙げられる。ピークがひとつしかない(a)の測定結果は正常であるのに対し、複数の大きなピークを有する(b)の測定結果は明らかに異常であると本来診断されるべきものである。したがって、尿流曲線のパターン分析も重要な診断事項である。

さらに、尿流曲線が正常であっても残尿を有することがあるため、尿流測定とともに残尿測定を別途行い、総合的に排尿障害を診断する必要がある。

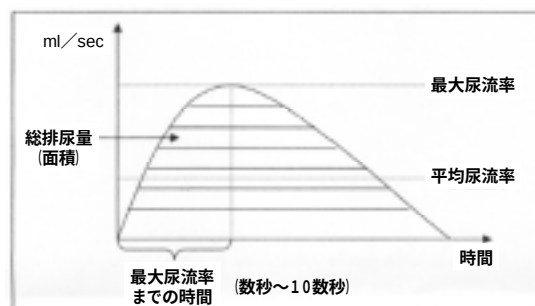


図1 正常な尿流曲線

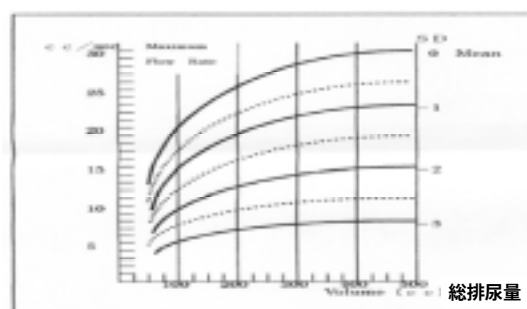


図2 総排尿量対最大尿流率による判定曲線(−2SD以下は異常)

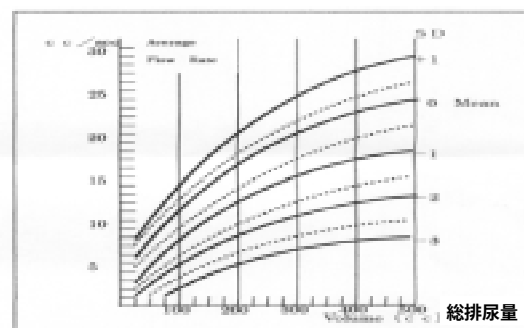
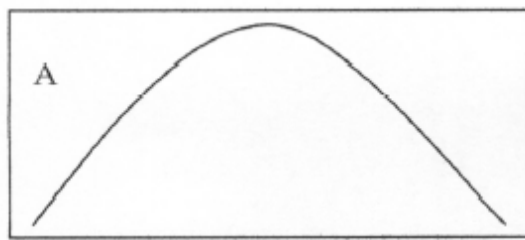


図3 総排尿量対平均尿流率による判定曲線(−2SD以下は異常)

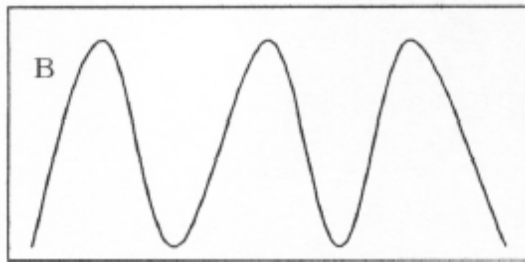
2.3. 典型的な尿流曲線パターン

図5に、4種類の典型的な尿流曲線パターンを示す。それぞれの特徴は以下のとおりである。

- N型：正常人に多くみられ、ピークは単一で高値。
- B型：膀胱頸部硬化症(機能障害も含む)や慢性前立腺炎などに多く、連続した多峰型。



(a) 正常



(b) 異常

図4 最大尿流率および平均尿流率の等しい計測結果の例

- A型:核下型神経因性膀胱、排尿筋、括約筋協調不全などに多く、断続的な怒貴型。
- O型:前立腺肥大症や尿道狭窄などの器質的閉塞疾患に多く、低い台形を基本とする。

3. 自動診断機能を備えるウロフロメータシステムの構成

3.1. 計測結果の評価方法

図5の各パターンのうち、O型については明らかに他の3種類と大きく形状が異なり、最大尿流率および平均尿流率により区別が容易であると考えられる。このため、まず最大尿流率などの計測パラメータにより測定結果を評価し、O型を区別する。

残りの3パターンのうち、A型は他の2つのパターンと比較して波形が大きく振動的であるため、測定結果の波形に対しDFT処理を行い、A型を区別する。



(a) N 型（正常）



(b) B 型（異常）



(c) A 型（異常）



(d) O 型（異常）

図5 典型的な尿流曲線パターン

B型についても、N型と異なり多峰性を有し振動的であることから、DFTによりN型と区別できないか評価を行う。

3.2. 実験システムの構成

図6に、実験システムの構成を示す。尿流量を計測するセンサには、市販のウロフロメータにでも採用されているロードセルを採用し、重量式で計測可能としている。ロードセルから出力される微小信号はロードセルを直結可能なA/DコンバータICに入力され、IC内部のプリアンプにて低雑音にて128倍に増幅された後、24ビットSAR型A/D変換器に入力される。

このため、センサ部の重量計測分解能は 0.1g 以下を実現可能である。また、測定出力の時間分解能を 0.1 秒とするため、A/D 変換器から出力されるサンプリング周波数を 10Hz としている。ただし、A/D 変換器内部ではオーバーサンプリングを行っており、実際のサンプリング周波数はこれより高い。

A/D 変換 IC からの出力は一度 RS-232C に変換された後、パソコンに入力される。今回は A/D 変換回路をブレッドボード上に手配線で作成したことも影響してか、測定データに大きなホワイトノイズが含まれている。そこで、パソコン内で 10 点移動平均処理を行い、大幅にノイズを減少している。

パソコン内ではさらにデータ処理が行われた後、各種パラメータおよび尿流曲線グラフなどを含む印刷イメージが生成される。これを市販のウロフロメータ[2][3]とほぼ同様に印刷するため、サーマルプリンタが備えられている。

なお、本来は A/D 変換器から得られる信号処理などを組み込み用のマイコンボードにて実現する予定であるが、今回は信号処理アルゴリズム検討のためのプロトタイプシステムであるため、パソコン上に Linux をインストールし、この上で C 言語によりソフトウェア開発およびデータ処理などを行うシステム構成としている。

4. 評価

4.1. 各型の尿流データ作成

図 7 から図 11 に、上記システムを用いて作成したそれぞれの型の尿流曲線データを示す。ただし、実際の尿の代わりに水道水を用い、200ml ビーカからロードセル上の 2 リットルビーカに手で水を注ぐ方法でこれらのデータを作成した。いずれも、水の量（総排尿量）は約 200ml である。



図 6 実験システムの構成

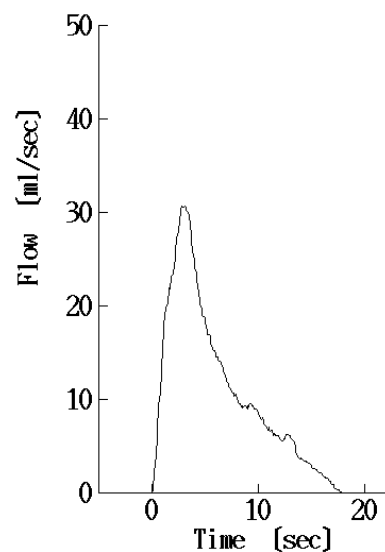


図 7 N 型(1) サンプルデータ

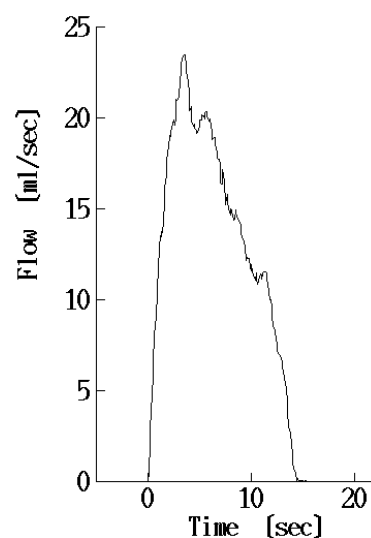


図 8 N 型(2) サンプルデータ

表 1 最大（平均）尿流率による排尿障害の判定

サンプルデータ	N 型(1)	N 型(2)	B 型	A 型	O 型
総排尿量[ml]	197.8	199.7	199.1	198.0	198.3
最大尿流率[ml/sec]	30.7	23.5	23.3	23.6	6.7
最大尿流到達時間[sec]	2.9	3.5	11.4	2.6	28.5
総排尿時間[sec]	17.4	25.7	34.7	14.9	54.7
平均尿流率[ml/sec]	11.4	7.8	5.7	13.3	3.6
期待最小排尿時間[sec]	6.4	8.5	8.5	8.4	29.6
(総排尿量/最大尿流率)					
簡易判定 (200ml 以上)	正常	正常	正常	正常	異常
(最大尿流率 15ml 以上)					
簡易判定 (50ml～200ml)	正常	正常	正常	正常	異常
(期待最小排尿時間 10 秒以内)					
Siroky らの判定曲線(1)	正常	正常	正常	正常	異常
(最大尿流率 約 13ml/s 以上)					
Siroky らの判定曲線(2)	正常	正常	正常	正常	異常
(平均尿流率 約 5ml/s 以上)					

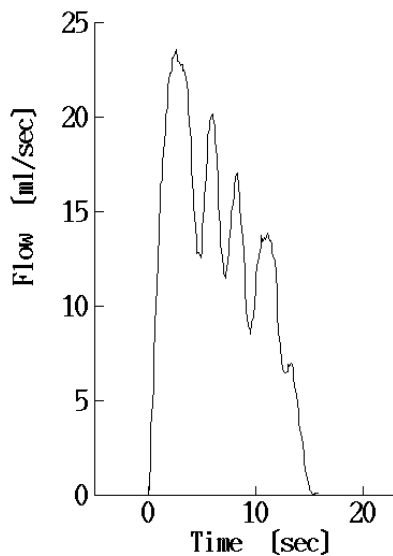


図9 B 型 サンプルデータ

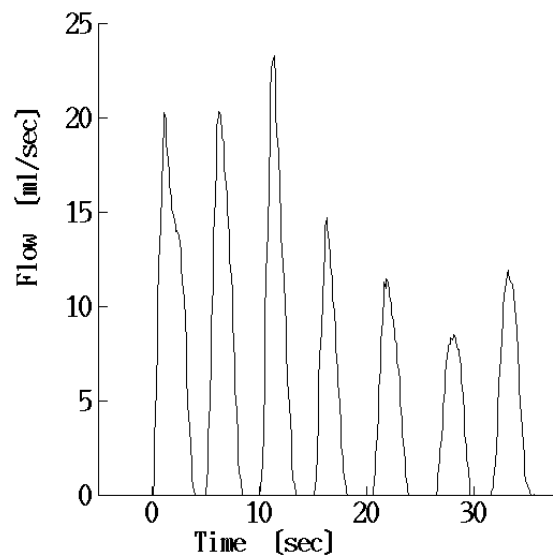


図10 A 型 サンプルデータ

また、これらの各サンプルデータに対し、最大尿流率および平均尿流率などのパラメータのみを用いて排尿障害の判定をした結果を表1に示す。表1より、O型のデータは異常であると正しく判定されていることがわかる。

一方、B型およびA型は、本来異常であると判定されるべきものであるが、正常と誤って判定されている。特にB型とN型(2)とは各パラメータの値がほぼ一致しており、区別が困難であると考えられる。

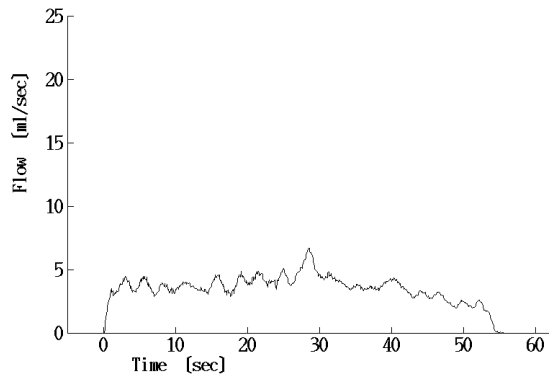


図 11 O 型 サンプルデータ

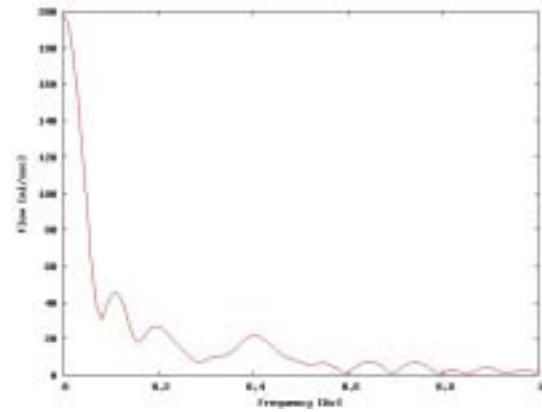


図 1 4 DFT 処理結果 (B 型)

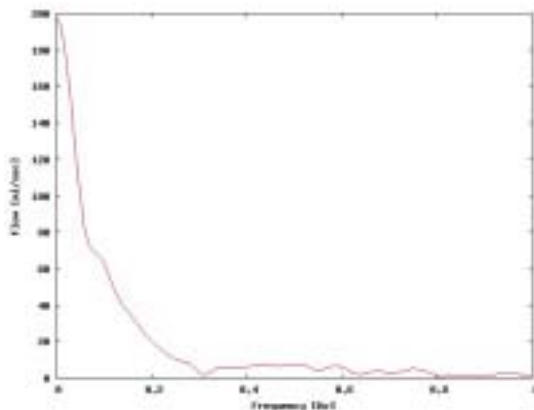


図 1 2 DFT 処理結果 (N 型(1))

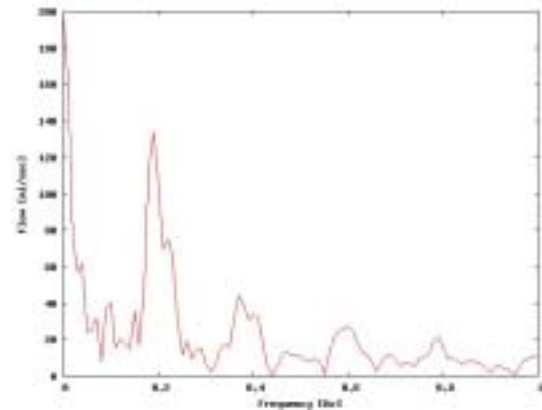


図 1 5 DFT 処理結果 (A 型)

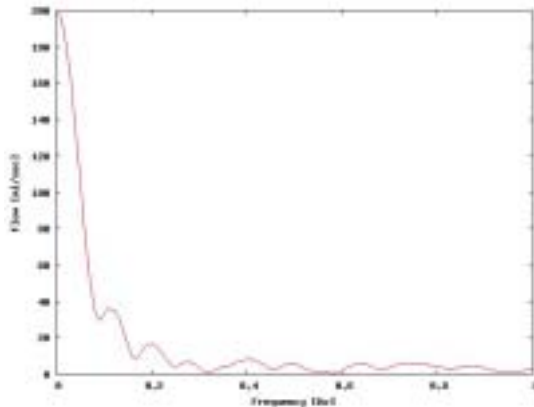


図 1 3 DFT 処理結果 (N 型(2))

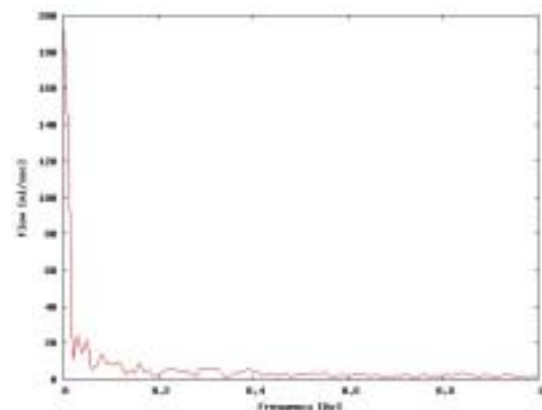


図 1 6 DFT 処理結果 (O 型)

4.2. 各型データの DFT 処理結果

図 12 から図 16 に、それぞれの型の尿流曲線データに対して 1000 点 DFT 処理を行った結果を示す。ここで、周波数分解能は 0.01Hz であるとともに、横軸と縦軸はそれぞれ最大値が 1 Hz と 200ml/sec である。

図 15 より、A 型については DFT 処理を行うことによりメインローブとは別の高いピークが得られるため、他の型との区別が容易であることがわかった。O 型については、他の型と比べてメインローブの幅がかなり狭いことがわかった。

これに対し、B 型と N 型(2)はほとんど同じ結果となった。双方の相違点は、約 0.4Hz のピークが B 型の方が少し高い程度である。したがって、明確に N 型と B 型を区別することは現状では難しいと考えられる。

5. むすび

提案する自動診断手法は、すべての型の区別を明確に行うことは困難であるものの、従来の方法と比べると A 型の区別をすることが容易になった。今後の課題として、B 型を他の型と容易に区別する手法の開発が必要となる。また、各型のサンプルデータは実際の尿流量と近いかどうかよくわからない。このため、臨床実験やそれに近い方法による提案手法の評価が重要になると考えられる。

また、提案する自動診断機能を備えた使いやすいウロフロメータが実際に開発されれば、たとえば地方の専門医の少ないあるいは専門医のいない病院や診療所さらには家庭においても容易に排尿障害の基本的な診断を行うことができるようになると考えられる。排尿障害などの泌尿器疾病はたとえば高齢化に伴い徐々に気づかぬうちに進行するとも考えられるため、早期発見・早期治療により高齢化社会におけるクオリティオブライフの向上に有用である。

参考文献

- [1] 服部孝道、安田耕作著：“神経因性膀胱の診断と治療”，医学書院 (1985).
- [2] ALBYNMEDICAL 社製「スマートフロー」カタログ，(株)メディカル・タスクフォース
- [3] PROMEDON 社製「ウロジェット 7000 ウロフロメーター」カタログ，すみれ医療 (株)