2AB−5

シフト関数を利用した波形のパターン照合法

松永 彩* 皆本 晃弥† 新島 耕一†

九州大学大学院システム情報科学研究科情報理学専攻

1 はじめに

文字列に対する高速パターン照合法は, これまでに多くの研究がなされている. しかしながら, 波形や画像などの実数値パターンに対する高速パターン照合の研究は少ない. 本稿では, 上記のような実数値パターンに対する照合法を提案する. ここで提案する方法は容易に二次元に拡張できるので, 本稿では簡単のため一次元についてのみ述べる.

異なる2つの波形をパターン照合する際に問題となる点は主に二つある. ひとつは波形が位置ずれしていることであり, もうひとつは位置ずれのために波形の左右が欠損することである.

本稿では, これらの点を解決するために, シフト量を含む評価関数を導入し, それを最急降下法 ([1]) を用いて最小化することを考える. その最小値が十分に小さくなればパターン照合できたことになり, そうでなければ類似波形ではないと判定できる. 今回の方法の適用例として, 心電図データ ([2]) を用いたシミュレーション結果を示す.

2 評価関数

照合したい波形を $f(x)$ で表し, 照合される波形を $g(x)$ とする. ただし, $f(x)$ と $g(x)$ は次のように折線関数で展開されているとする.

$$f(x) = \sum_{i=0}^{N} f_i l_i(x),$$

$$g(x) = \sum_{i=0}^{N} g_i l_i(x).$$

ここに f_i と g_i は観測データを表し, $l_i(x)$ は次のような折線関数を表す.

$$l_i(x) = \begin{cases} x-i+1, & i-1 \le x < i, \\ -x+i+1, & i \le x < i+1, \\ 0, & \text{その他}. \end{cases}$$

Pattern matching method for waveforms by using shift functions

Sayaka Matsunaga Teruya Minamoto Koichi Niijima

* Department of Informatics, Graduate Student, Kyushu University, Japan

† Department of Informatics, Kyushu University, Japan

$f(x)$ を a だけシフトさせた関数は $f(x-a)$ と表される. これと $g(x)$ を利用して波形のパターン照合を行うための評価関数を定義する. その際, シフトさせた波形の左右が欠損する場合を考慮する必要がある.

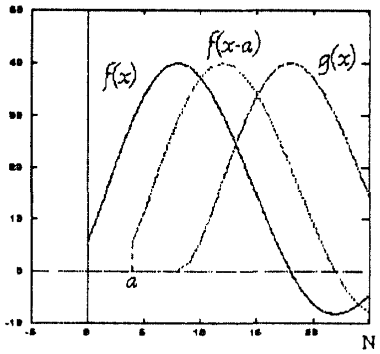

図 1: 波形の関係 (a が正の場合)

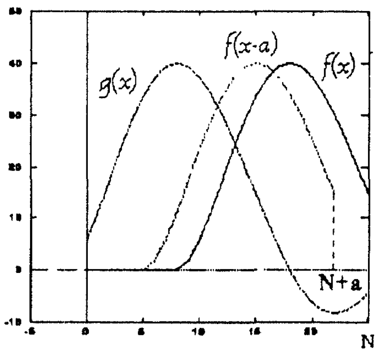

図 2: 波形の関係 (a が負の場合)

a が正の場合 (図 1), つまり $f(x-a)$ が $f(x)$ より右にずれている場合, 最終的に, $f(x-a)$ と $g(x)$ の共通範囲は a から N までなので, 次のような評価関数を定義すればよい.

$$J_+(a) = \frac{1}{N-a} \int_a^N (f(x-a) - g(x))^2 dx.$$

a が負の場合 (図 2) は, 最終的に $f(x-a)$ と $g(x)$ の共通範囲が 0 から $N+a$ までなので, 次のような評価関数を定義すればよい.

$$J_{-}(a)=\frac{1}{N+a}\int_{0}^{N+a}(f(x-a)-g(x))^2dx.$$

これらの評価関数の最小値を求めそれを測ることにより, パターン照合の可否を判定することができる.

3　最急降下法

評価関数を最小にするような a を最急降下法で求める. この方法は, 現在の点 a_n から $J(a)$ の微分の逆方向に沿って次の点 a_{n-1} を求める方法で, 式では次のように表される.

$$a_{n+1}=a_n-\gamma\frac{dJ(a)}{da}\Big|_{a=a_n},\qquad n=0,1,\ldots.$$

ただし, a_0 は初期値を表し, γ はステップ幅である.

この式からわかるように, $J(a)$ を微分する必要がある. この微係数を数値積分公式によって計算することは可能であるが, 一般にパターン照合では実時間処理が不可欠であるので, ここではあらかじめ微係数を計算し, その結果を利用した.

4　シミュレーション

パターン照合する際には, 波形全体で照合するのではなく, あるまとまった単位, 例えば一波長ごとに照合を行うのが普通である. このことを心電図データを例にとり説明する.

心電図データは, ほぼ周期性があるので, 最初の一周期分の波形を照合する波形とし, 残りの波形を同じ長さに機械的に分割する (図 3). 最初の波形が $f(x)$ を表し, 分割後のそれぞれの波形が $g(x)$ に相当する.

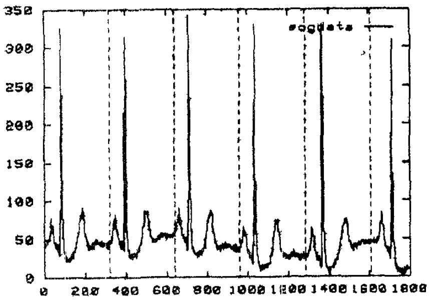

図 3: 分割後の心電図データ

最初の波形と 3 番目の波形を横に拡大したものを図 4 に示す. 図 4に対する実験結果は次のとうりである: 初期値 a_0 を $a_0=6.0$ と選び, ステップ幅 γ を $\gamma=0.001$ と選んだとき, 位置ずれ量 $a=9.086928$ を検出できた. 他の分割波形に対しても, 位置ずれ量をほぼ正確に求めることができた.

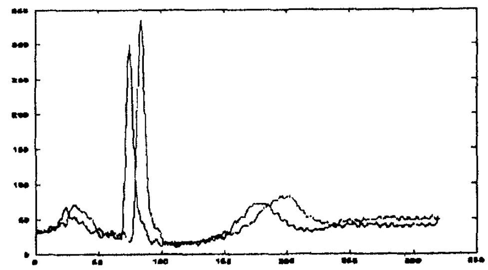

図 4: 横に拡大させた二つの波形

5　まとめと今後の課題

本稿では, シフト関数を利用した評価関数を定義し, それを最急降下法で最小にすることにより位置ずれ量 a を求め, 波形のパターン照合を行った.

今回提案した方法は, 二次元信号すなわち画像にも容易に拡張できる. 一次元の場合と同様に, $a>0$ で $b>0$ の場合には, 評価関数 $J(a,b)$ を次のように定義すればよい.

$$J(a,b)=\frac{1}{(N-a)(M-b)}\cdot\int_{b}^{M}\int_{a}^{N}(f(x-a,y-b)-g(x,a))^2dxdy.$$

他の場合も同様にして $J(a,b)$ を定義することができ, これらの $J(a,b)$ を最小化することによって, 動画像における動き補償 ([3]) や, 特定画像の切り出しを行うことができる. このような二次元問題を解くことは, 今後の課題である.

参考文献

[1] 今野 浩, 山下 浩著, 非線形計画法, 日科技連, 1978.

[2] MIT/BIH Arrhythmia Database 2nd edition, record no.101.

[3] テレビジョン学会編, 総合マルチメディア選書 MPEG, オーム社出版局, 1996.