社団法人 情報処理学会 研究報告
IPSJ SIG Technical Report

2008－DBS－144 (24)
2008－GN－ 66 (24)
2008／1／25

アトラクタ選択を用いたフィルタリング適用順序の適応化手法について

北島 信哉 † 原 隆浩 † 寺田 努 ‡ 西尾 章治郎 †

† 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻
〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5
E-mail: {kitajima.shinya, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

‡ 神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻
〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1
E-mail: tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

近年，様々なデータ放送サービスの普及により，膨大かつ多様なデータが提供されるようになったため，必要なデータのみを自動的に選択して蓄積する情報フィルタリング技術に対する注目が高まっている．一般にフィルタリングを行う際には，複数のフィルタを順に適用するが，適用順序によってフィルタリング処理にかかる負荷は異なる．一方で，生物界の知見を応用した自律的なパラメータ制御手法であるアトラクタ選択に関する研究も，近年盛んに行われている．本稿では，フィルタの適用順序決定の際に必要となるパラメータの制御にアトラクタ選択を用いることで，放送データの内容が変化した場合でも適応的に変化に追従し，フィルタリング処理にかかる負荷を低減する手法を提案する．

On an Approach for Filtering Order Adaptation Based on Attractor Selection

Shinya KITAJIMA† Takahiro HARA† Tsutomu TERADA‡ Shojiro NISHIO†

†Dept. of Multimedia Eng., Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University
1-5 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

‡Dept. of Electrical and Electronics Eng., Graduate School of Scince and Technology, Kobe University
1-1 Rokkodai, Nada, Kobe 657-8501, Japan

Recent spread of various data broadcasting services leads to provide enormous and various data, so that there has been an increasing interest in information filtering techniques where the client automatically chooses and stores the necessary data. Generally, when client performs filtering, it applies some filters sequentially, but the time required for filtering changes according to the filtering order. On the other hand, in recent years, there have been many studies about attractor selection which is an autonomous parameter control technique based on the knowledge from living things. In this paper, in order to reduce load for the filtering process, we propose a novel method which adaptively change the order of filters according to the change in broadcast contents. This method adaptively decides the control parameters for filtering by using attractor selection.

1 はじめに

近年，様々なデータ放送サービスの普及により，膨大かつ多様なデータが提供されるようになったため，必要なデータのみを自動的に選択する情報フィルタリング技術に対する注目が高まっている．放送型のシステムでは，サーバは大量のデータを一度にユーザに配信できるが，ユーザの記憶容量は限られているため，ユーザが必要とするデータを自動的に選択する情報フィルタリングシステムが有用である [1, 6].

一般に，フィルタリングを行う際には，複数のフィルタを順に適用する．適合する放送データ数や適用負荷はフィルタごとに異なるため，フィルタの適用順序がフィルタリング処理にかかる総負荷に大きく影響する．そのため情報フィルタリングシステムでは，フィルタの適用順序の決定が重要な課題となる．

一方で，生物界における知見を応用した情報技術であるアトラクタ選択を用いたパラメータ制御手法に関する研究もまた，盛んに行われるようになってきた [2, 5, 8]．アトラクタ選択では，状況に応じて自律的にパラメータを制御できるため，システム環境の変化に柔軟に対応できる．

本稿では，フィルタの順序決定の際に必要となるパラメータの制御にアトラクタ選択を用いること

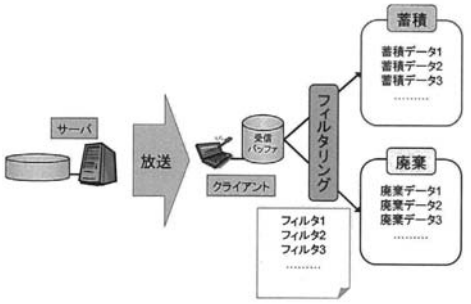


図 1: 情報フィルタリングシステム

で，放送データの内容が変化した場合でも適応的に変化に追従し，フィルタリング処理にかかる負荷を低減する手法を提案する．さらに，シミュレーション評価により，提案方式を用いることで，フィルタリング処理にかかる負荷が比較手法と比べて低減できることを示す．

以下，2 章では情報フィルタリングシステムについて述べ，3 章ではアトラクタ選択について説明する．4 章で提案手法について説明し，5 章では提案手法の性能評価を行う．最後に 6 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる．

2 情報フィルタリングシステム

2.1 想定環境

地上波放送の空き帯域を利用したサービスやインターネットを用いたニュース配信，衛星放送を利用した双方向データサービスなど，すでにサービスを開始しているデータ放送はいくつかある．このようなデータ放送では，膨大な情報を多数のユーザに一度に配信できるが，ユーザが必要とする情報はそのごく一部であることが多い．

本研究では特に，今後広がっていくと考えられる街中における携帯端末へのデータ配信サービスを想定する．放送されるコンテンツは主に文字データであり，ニュースや天気などの生活情報，地域の店舗情報やイベント情報など，さまざまなジャンルのデータが配信されているものとする．携帯端末では端末容量に制限があるため，据え置き端末への情報配信と比べ，必要とする情報を自動的に選択する情報フィルタリングシステムの必要性は高い．

図 1 に示すように，情報フィルタリングシステムでは，各クライアントは受信したデータすべてを蓄積するのではなく，一度受信バッファに蓄えた後，一定数蓄積されると，あらかじめ用意したフィルタを用いてまとめてフィルタリングを行い，必要なデータのみを蓄積する．フィルタリングを行う際，例えば「スポーツに関する今日のニュースを知りたい」といった要求があると，ユーザ側では，放送データがスポーツに関するものか，それがニュースであるか，それが今日のものであるか，といったように，3 種類のフィルタを用いてフィルタリングを行うことになる．

2.2 フィルタリングコスト

フィルタが複数存在する場合，適合するデータ数や適用負荷はフィルタごとに異なるため，フィルタの適用順序がフィルタリングコストに大きく影響する．ここでフィルタリングコストとは，フィルタリングにかかる負荷を数値で表したものであり，各フィルタの（データ単位当たりの）処理コスト，フィルタを適用するデータ数に比例する．

データは常に放送されているため，フィルタリングの処理速度が受信速度を下回ると，受信バッファが溢れてしまう．また，ユーザは配信される情報を受信するためにのみ携帯端末を利用しているわけではなく，他のサービス，例えば，地図ソフトと連携したナビゲーションや，動画配信サービスなどと併用して利用する場面もあるため，フィルタリングコストは小さいほうがよい．

本研究で想定している放送データは，ニュースや天気などの生活情報，地域の店舗情報やイベント情報など，放送内容が時間によって変化するものが多い．また，ユーザが必要とするデータも，時間の経過とともに変化すると考えられる．このような環境では最適なフィルタの適用順序を一意に決定することはできないため，動的にフィルタの適用順序を決定する手法が必要となる．

3 アトラクタ選択による適応応答

本章では，文献 [8] で説明されているアトラクタ選択による適応応答についての概略を述べる．

生物は，細胞内に遺伝子，タンパク質，代謝という多階層のネットワークをもつ複雑なネットワークシステムであると考え，これを生物ネットワークと呼ぶ．異なる生物ネットワーク同士が出会うと，お互いの構造や経路を変えながら安定状態（アトラクタ）にたどり着き，生物共生ネットワークを形作っていく．この生物共生ネットワークは，情報ネットワークで必要とされる拡張性，自律性，強靭性，柔軟性，適応性，多様性などの性質を含んでいると考

えられる．ここで共生とは，2種，あるいはそれ以上の異なった生物が相互作用し，それぞれがもたない性質を相互補完して生存することを指す．

過去にまったく遭遇したことのない2種の生物が共生関係を形成する過程では，他の生物という新しい環境に柔軟に適応する必要がある．しかし，この環境変化は過去に経験したことがないものであるため，あらかじめそれに対応する遺伝的プログラムを用意することはできない．

従来研究により，共生関係が成立するには遺伝子代謝ネットワーク（遺伝子，タンパク質，代謝の3階層のネットワーク）の再編成による元の安定状態から新しい安定状態への転移と，化学物質による細胞間の相互作用が重要であることが明らかになっている．これをもとに，アトラクタ選択による適応応答という新しい機構が提案されている．

まず，複雑な遺伝子代謝ネットワークを簡単化した2重フィードバックループをもつモデルを考える．

$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{syn(act)}{1+m_2^2} - deg(act)\cdot m_1 + \eta_1 \quad (1)$$

$$\frac{dm_2}{dt} = \frac{syn(act)}{1+m_1^2} - deg(act)\cdot m_2 + \eta_2 \quad (2)$$

m_1，m_2 は，オペロン1とオペロン2（オペロン：ゲノム上に存在する機能的な単位の1つ）から作られるmRNA濃度である．syn および deg は合成と分解の係数で，以下のように細胞の活性を表す act の関数として表される．

$$syn(act) = \frac{6act}{2+act} \quad (3)$$

$$deg(act) = act \quad (4)$$

第3項 η_1，η_2 はノイズである．活性度 act は以下の式に従って変化する．

$$\frac{dact}{dt} = \frac{pro}{\left(\left(\frac{Nut_th_1}{m_1+Nut_1}\right)^{n_1}+1\right)\times\left(\left(\frac{Nut_th_2}{m_2+Nut_2}\right)^{n_2}+1\right)} - cons\times act \quad (5)$$

ここで Nut_1，Nut_2，Nut_th_1，Nut_th_2 は，栄養1，2の外部からの供給濃度とその閾値，pro，$cons$ は，栄養を使った活性の生産と消費の係数，n_1，n_2 は適当な定数である．

この2重フィードバックループの応答は，図2に示す通りである．図から，1つの栄養の外部供給を断つと，その欠乏を補うアトラクタが選択されていることがわかる．この環境では，吸収領域が同じ2つのアトラクタが存在するが，適応的なアトラクタだけが選択される．これは，環境が悪くなり，活性度 act が小さくなると，ノイズによる揺らぎが大きくなり，やがて適応的なアトラクタに近づくと，再び活性を回復し，そのアトラクタに吸収されるためである．これが，アトラクタ選択による環境適応である．

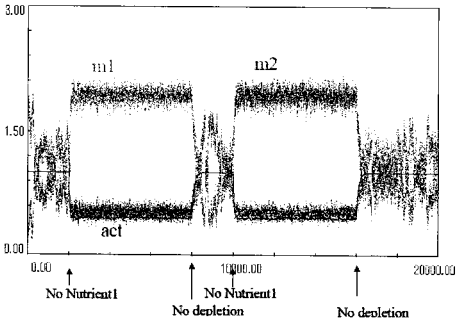


図 2: 2重フィードバックループの応答

4 提案手法

本章では，フィルタの順序決定の際に必要となるパラメータの制御にアトラクタ選択を用いることで，放送データの内容が変化した場合でも適応的に変化に追従し，フィルタリングコストを低減する手法を提案する．

提案手法では，アトラクタ選択を用いてフィルタの選択優先度 S を定義し，S が高いフィルタから順に適用する．適用するフィルタ数を n とし，フィルタ F_i $(i=1,2,\ldots,n)$ を j $(j=1,2,\ldots,n)$ 番目に適用する場合の選択優先度を $S_{i,j}$ と表すものとする．

以下に，提案手法の詳細を示す．

4.1 アトラクタ選択の適用

フィルタリングコストの計算 フィルタ F_i を適用した際にフィルタによって廃棄されるデータアイテムの割合を，減少率 D_i と呼ぶこととする．フィルタによって廃棄されたデータアイテム数を d_i，フィルタを適用したデータアイテム数を a_i とすると，D_i は次式で表せる．

$$D_i = \frac{d_i}{a_i} \quad (6)$$

D_i は，放送データに対しフィルタを実際に適用しなければ求めることはできない．

また，フィルタの種類によって，適用する際の処理負荷は異なるため，フィルタ F_j の適用コストを c_j と定義する．

N 個のアイテムに n 種類のフィルタをある順番で適用した際にかかる総コスト C は，次式で表せる．

$$C = \sum_{j=1}^{n} \left(c_j N \prod_{k=1}^{j-1} D_k \right) \tag{7}$$

活性度の計算　提案手法では，フィルタリングコストが低いほど性能がよいと考えるため，C を用いて活性度を定義する．過去に適用した x 回のフィルタリング結果の C のうち最も小さい C を C_{min} とおき，フィルタリングコストが最小コストに近づくほど活性度が高くなるように，活性度 α を次の式で定義する．

$$\frac{d\alpha}{dt} = \delta \left(\left(\frac{C_{min}}{C} \right)^{\lambda} - \alpha \right) \tag{8}$$

式中の δ，λ は，活性度の値を調整するためのパラメータである．また，α は $0 \leq \alpha \leq 1$ を満たす．また，1 回のフィルタリングについては，4.2 節で定義する．

選択優先度の計算　選択優先度 $S_{i,j}$ は，文献 [3, 4] を参考に，次のように定義した．

$$\frac{d}{dt} S_{i,j} = \frac{syn(\alpha)}{1 + S_{max,j}^2 + S_{i,j}^2} - deg(\alpha) S_{i,j} + \eta_{i,j} \tag{9}$$

ここで $\eta_{i,j}$ は乱数である．

フィルタリングコストが低く活性度が高い場合には，第 1 項の影響が大きく選択優先度はほとんど変化しないが，フィルタリングコストが高くなり活性度が低くなると，第 3 項の乱数項の影響が大きくなり，別の安定状態に遷移する．これにより，放送データの状況変化に適応可能となる．

$S_{i,j}$ は $0 \leq S_{i,j}$ を満たす．ただし，$j \geq 2$ のとき，すでに選択されたフィルタを選択することは無意味であるため，すでに選択されているフィルタ F_i に対応する $S_{i,j}$ については，$S_{i,j} = 0$ とする．

また，$syn(\alpha)$ と $deg(\alpha)$ は，次のように定義する．

$$syn(\alpha) = \alpha [\beta \alpha^{\gamma} + \phi^*] \tag{10}$$

$$deg(\alpha) = \alpha \tag{11}$$

$$\phi(\alpha) = \frac{syn(\alpha)}{deg(\alpha)} \tag{12}$$

$$\phi^* = \frac{1}{\sqrt{2}} \tag{13}$$

ここで，β と γ は定数である．

4.2 フローチャート

提案手法では，N 個のアイテムがユーザの受信バッファに蓄積されるごとに，以下の手順を行う．

1. 現在の活性度 α を，式 (8) に従って計算する．
2. 選択済みフィルタの集合 U_f を，$U_f = \emptyset$ とする．
3. $j = 1, 2, \ldots, n$ に対し，次の (a) から (c) の手順を実行する．
   (a) $i = 1, 2, \ldots, n$ (ただし，$i \notin U_f$) に対し，選択優先度 $S_{i,j}$ を式 (9) に従って計算する．
   (b) $S_{i,j}$ $(i = 1, 2, \ldots, n$ (ただし，$i \notin U_f))$ が最大となる i を max_i とする．
   (c) F_{max_i} を，j 番目に適用するフィルタとして選択し，U_f に F_{max_i} を追加する．
4. 決定したフィルタ適用順序に従い，フィルタを適用する．
5. フィルタリングコストを式 (7) に従って計算する．
6. C_{min} を更新する必要があるかどうか確認し，必要があれば更新する．

この手順の 1 サイクルを，1 回のフィルタリングと定義する．

5 評価

本章では，評価基準に平均フィルタリングコストを用いて，提案手法の有効性をシミュレーション実験の結果から検証する．平均フィルタリングコストとは，1 回のフィルタリングにかかる総コストの平均を表す．

5.1 シミュレーション環境

本評価では，2.1 節で述べた携帯端末への情報配信サービスを想定し，放送データとフィルタリングモデルを決定した．

放送データはタグを複数もち，タグにはデータ内容を表すキーワードが示されているものとする．簡単化のため，フィルタリングはセレクションのみを行うものとし，フィルタリング結果はフィルタの適用順序によらず一意であるものとした [7]．また，ユーザはフィルタリングに用いるキーワードを複数保持しているものとする．

表 1 に，評価で用いるパラメータとその値を示す．各パラメータは，2.1 節で述べた携帯端末への情報配信サービスを想定し，決定した．

シミュレーションではフィルタリング部分を簡単化するため，次のように各放送データにタグ付けを

表 1: 評価に用いるパラメータ

パラメータ名	値
フィルタリング回数	50000
フィルタ数	5
タグ数	5
キーワード数	5
ユーザの受信バッファアイテム数	5000
最適手法における計算周期	6000
C_{min} の対象範囲	50
β	0.4
γ	5.0
δ	3.0
η	-1.0〜1.0
λ	10
ルンゲ・クッタ法におけるステップ数	10
放送帯域 [Mbps]	10
1 アイテムのサイズ [KByte]	1

行う．タグ数はフィルタ数（5 つ）と等しいものとする．各タグに付けられるキーワードの分布には偏りがあるものとし，次に示す Zipf 分布に従うものとする．

$$f(k) = \frac{\frac{1}{r}}{\sum_{m=1}^{N} \frac{1}{m}} \tag{14}$$

式中の N はアイテム数，r は順位を表す．

ここで，順位は一定時間ごとに推移し，最上位から最下位に変化するものとした．このように，タグに付加するキーワードの分布を変化させることで，放送内容の変化をシミュレーションできる．各タグのキーワードの順位を変える周期を，キーワード順位変更周期と呼ぶこととする．放送内容が変化した際の各手法のコストの変化がわかりやすいよう，キーワード順位を変更する際は 5 つのタグすべて同時に変更するものとし，キーワード順位変更周期は 1000 とした．

また，フィルタ F_i $(i = 1, 2, \ldots, 5)$ の適用コスト c_i はすべて等しいものとし，$c_i = 1$ $(i = 1, 2, \ldots, 5)$ とした．

ユーザは，自身の興味を表すキーワードを各タグに対して 1 つずつもっており，フィルタリングの際にはタグすべてのキーワードが，ユーザがもつキーワードと一致するもののみが蓄積され，それ以外は破棄される．シミュレーション中，ユーザの興味は変化しないものとした．

β, γ, δ, η, λ は，予備実験の結果から決定した適当な値を用いた．また，C_{min} は過去 50 回の C の最小値とした．

5.2 数値計算

シミュレーション評価の際，式 (8)，式 (9) の常微分方程式を解くことは難しいため，数値計算により結果を求める．

常微分方程式を数値計算で解く方法として，オイラー法やルンゲ・クッタ法が有名である．ここでは精度を考慮して，4 次のルンゲ・クッタ法を用いる．

一階常微分方程式 $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$ に対する 4 次のルンゲ・クッタ法の公式は次の通りである．

$$k_1 = hf(x_n, y_n) \tag{15}$$

$$k_2 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{k_1}{2}) \tag{16}$$

$$k_3 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{k_2}{2}) \tag{17}$$

$$k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_3) \tag{18}$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \tag{19}$$

h は刻み幅を表す定数である．シミュレーションではステップ数を 10 とし，h はフィルタリング周期の 10 分の 1 としている．

4 次のルンゲ・クッタ法における公式誤差は h^5 のオーダーであるため，ステップ幅を 10 としても十分な精度の結果が得られる．また，この数値計算の負荷は，フィルタリングにかかる負荷に比べ十分に小さく，無視できるものとする．

5.3 比較手法

本研究では，提案手法の比較手法として以下の手法を用いる．

5.3.1 最小コスト法

フィルタ数 n に対し，フィルタ順序の組合せは $n!$ 通りとなる．最小コスト法では，1 回のフィルタリングごとに $n!$ 通りの全フィルタ順序についてフィルタリングを行った後フィルタリングコストを計算し，その中から最小となるコストを求める．この手法は，下限値として最小コストを計算するためのものであり，実環境での適用は非現実的と考えられる．

5.3.2 周期最適法

一定の計算周期ごとに，$n!$ 通りの全フィルタ順序についてフィルタリングを行った後，フィルタリングコストを計算し，最小となるフィルタ順序を求める．以降，次の計算周期までは，求めたフィルタ順序を用いてフィルタリングを行う．この手法で

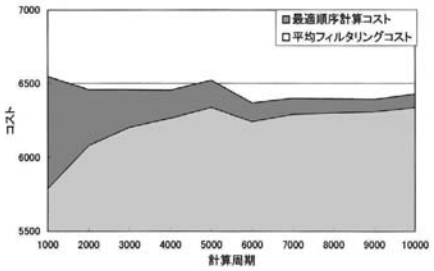


図 3: 周期最適法における周期の影響

は，計算周期では常に最小コストとコストが等しくなる．

ただし，計算周期では $n!$ 通りの全フィルタ順序でフィルタリングを行うため，計算周期での負荷が高くなる．計算周期において最小コストとなる順序を求めるために必要なフィルタリングコストを計算周期で割ったものを，周期最適法における最適順序計算コストと定義する．また，周期最適法における平均フィルタリングコストと最適順序計算コストの和を，合計コストと呼ぶ．

5.3.3 ランダム法

ランダム法では，毎回ランダムにフィルタの適用順序を決定する．

5.4 シミュレーション結果

5.4.1 周期最適法における計算周期の影響

周期最適法における計算周期を，1000 から 10000 まで 1000 刻みで変化させた場合の平均フィルタリングコスト，最適順序計算コスト，合計コストの変化を，図 3 に示す．

図から，計算周期が 1000 のとき，平均フィルタリングコストが最も低くなっていることがわかる．これは，キーワード順位変更周期が 1000 であるので，計算周期がキーワード順位変更周期と等しくなり，放送内容が変化するごとに最適な順序を求められるためである．計算周期が長くなるにつれ，平均フィルタリングコストは高くなっているが，計算周期が 5000 から 6000 に変化した際は平均フィルタリングコストは低くなっている．これは，放送アイテムにつけられたタグのキーワード分布が 5000 周期ごとに一致するため，計算周期が 5000 を超える場合，計算周期で求めた最適順序が放送内容に適合する回数が増加し，平均フィルタリングコストが低くなる．一方，計算周期が 5000 の倍数の場合，計算周期で求めた最適順序が放送内容に適合する回数が最も少なくなり，平均フィルリングコストは高くなる．

また，最適順序計算コストは計算周期に反比例することがわかる．これは，計算周期が長いほど，最適順序決定のための全順序でのフィルタリング回数が減るためである．

平均フィルタリングコストと最適順序計算コストの和である合計コストは，計算周期が 6000 のときに最も低くなっている．計算周期と平均フィルタリングコスト，最適順序計算コストはトレードオフの関係にあり，計算周期が 6000 のときに均衡が取れたと考えられる．

表 2: 提案手法と他手法との比較

手法	コスト
最小コスト法	5766.23
周期最適法	6223.59
周期最適法（合計コスト）	6349.83
提案手法	5916.58
ランダム法	6297.53

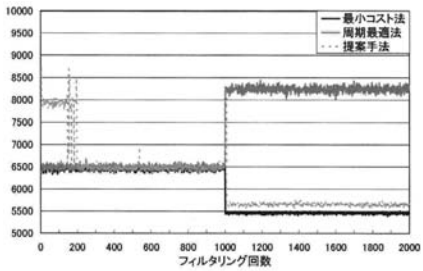


図 4: フィルタリングコストの遷移

5.4.2 提案手法と他手法との比較

提案手法と最小コスト法，周期最適法，ランダム法における平均フィルタリングコストを表 2 に示す．周期最適法における計算周期は，5.4.1 節の結果から 6000 とした．

表から，提案手法の平均フィルタリングコストは，周期最適法，ランダム法と比べて低いことがわかる．周期最適法の平均フィルタリングコストは，ランダム法よりは若干低い．しかし，周期最適法では計算周期ごとに全順序でフィルタリングを行い，最適な順序を求めるための最適順序計算コストが必要である．平均フィルタリングコストに最適順序計算コストを加えた合計コストを提案手法と比較すると，ランダム法の平均フィルタリングコストのほう

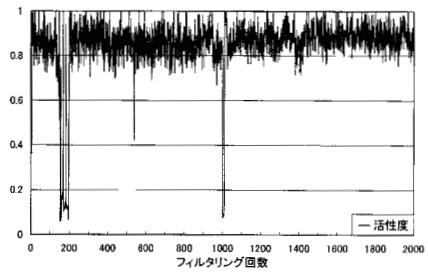


図 5: 活性度の遷移

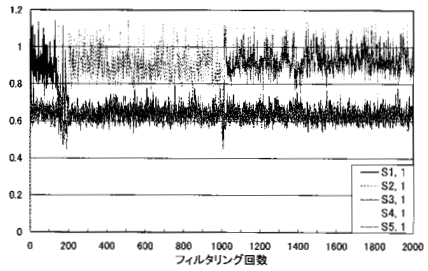


図 6: 選択優先度の遷移

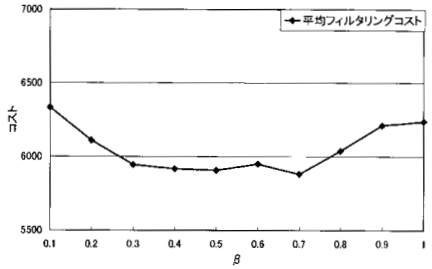


図 7: 提案手法における β の影響

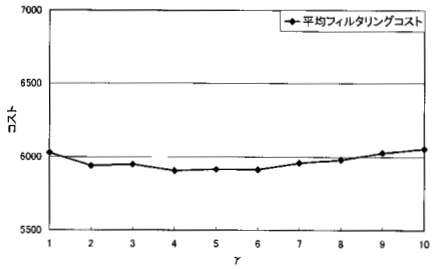


図 8: 提案手法における γ の影響

が低くなっている．

提案手法と最小コスト法，周期最適法におけるフィルタリングコストの遷移を図 4 に，提案手法における活性度の遷移を図 5 に，選択優先度 $S_{i,1}(i = 1,2,\ldots,5)$ の遷移を図 6 に示す．紙面の都合上，それぞれシミュレーション開始からフィルタリング回数 2000 までの結果についてのみ図に示した．

図 4 から，キーワード順位変更周期であるフィルタリング回数 1000 において，各手法のフィルタリングコストが大きく変化していることがわかる．最小コスト法のフィルタリングコストは低くなっているが，提案手法，周期最適法では高くなっている．

図 5 から，提案手法では放送内容が変化してフィルタリングコストが悪化すると，活性度が大きく低下することがわかる．さらに図 6 から，活性度が低下すると式 (9) における乱数項の影響が大きくなり，選択優先度が大きく上下していることがわかる．しばらくすると安定状態に遷移し，特定のフィルタの選択優先度が高くなる．

このように，提案手法ではアトラクタ選択を用いて選択優先度を制御することにより，放送内容が変化してフィルタリングコストが悪化した場合でも適応的にフィルタ適用順序を変更し，フィルタリングコストを低減する．

提案手法では，キーワード順位変更周期以外でも活性度が低下し，フィルタの適用順序が変更される場合がある．これは，式 (9) におけるランダム項の影響によるものである．

5.4.3 提案手法における β の影響

提案手法において，β の値を 0.1 から 1.0 まで 0.1 刻みで変化させた場合の平均フィルタリングコストの変化を，図 7 に示す．

図から，$\beta = 0.7$ のとき，平均フィルタリングコストは最小となり，β の値が大きすぎても小さすぎても，フィルタリングコストは高くなっていることがわかる．

式 (9)，式 (10) から，β は式 (9) におけるランダム項の影響を調整する変数である．β が大きい場合，ランダム項の影響が小さくなるため，フィルタリングコストが高くなり活性度が低くなっても，選択優先度が変化せず，フィルタの適用順序が変更されない．一方，β が小さい場合，ランダム項の影響が大きくなり，ランダム法と似たような挙動となる．

5.4.4 提案手法における γ の影響

提案手法において，γ の値を 1 から 10 まで 1 刻みで変化させた場合の平均フィルタリングコストの変化を，図 8 に示す．

図から，$\gamma = 4$ のとき，平均フィルタリングコストは最小となり，γ の値が大きすぎても小さすぎても，フィルタリングコストは高くなっていることが

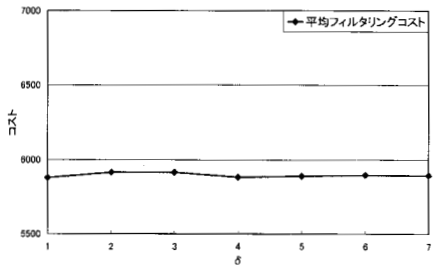


図 9: 提案手法における δ の影響

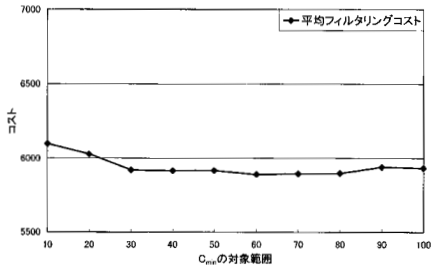


図 10: 提案手法における C_{min} の対象範囲の影響

わかる.

式 (9), 式 (10) から, γ は式 (9) における活性度 α の影響を調整する変数である. $0 \leq \alpha \leq 1$ であるため, γ が大きいほど活性度の影響は小さくなるが, 平均フィルタリングコストにはさほど大きな影響は見られなかった.

5.4.5 提案手法における δ の影響

提案手法において, δ の値を 1 から 7 まで 1 刻みで変化させた場合の平均フィルタリングコストの変化を, 図 8 に示す.

図から, δ が変化しても平均フィルタリングコストはほとんど変化せず, δ の影響は非常に小さいことがわかる.

5.4.6 提案手法における C_{min} の対象範囲の影響

提案手法において, C_{min} の対象範囲を 10 から 100 まで 10 刻みで変化させた場合の平均フィルタリングコストの変化を, 図 10 に示す.

図から, $C_{min} = 60$ のとき, 平均フィルタリングコストは最低となることがわかる. C_{min} の対象範囲が狭すぎると, C_{min} が頻繁に更新され, 式 (8) から活性度が安定しづらくなると考えられる. 一方, C_{min} の対象範囲が広すぎると, 放送内容が変化した際に C_{min} の更新が遅くなり, やはり活性度が安定しづらくなる.

6 おわりに

本論文では, 情報フィルタリングシステムにおいて, フィルタの順序決定の際に必要となるパラメータの制御にアトラクタ選択を用いる手法を提案した. 提案手法では, 放送データの内容が変化した場合でも適応的に放送内容の変化に追従し, フィルタリング処理にかかる負荷を低減できる. また, 提案手法の有効性を検証するために, 平均フィルタリングコストについてシミュレーション評価を行った. シミュレーション評価の結果から, 提案手法が最小コスト法 (下限値) を除く他の手法と比べて, 平均フィルタリングコストを低減できることを確認した.

今後は, 放送内容の変化が提案手法に与える影響について詳しく調査する予定である.

謝辞 本研究の一部は, 文部科学省グローバル COE プログラム (研究拠点形成費), および文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成 : ゆらぎプロジェクト」の補助によるものである. ここに記して謝意を表す.

参考文献

[1] N. J. Belkin and W. B Croft, "Information Filtering and Information Retrieval: Two Sides of the Same Coin?," *Communications of the ACM*, Vol. 35, No. 12, pp. 29–38 (1992).

[2] A. Kashiwagi, I. Urabe, K. Kaneko, and T. Yomo, "Adaptive Response of a Gene Network to Environmental Changes by Fitness-Induced Attractor Selection," *PLoS ONE*, Vol. 1, No. 1, e49 (2006).

[3] K. Leibnitz, N. Wakamiya, and M. Murata, "Biologically Inspired Adaptive Multi-Path Routing in Overlay Networks," *Proc. IEEE SelfMan 2005*, (CD-ROM) (2005).

[4] K. Leibnitz, N. Wakamiya, and M. Murata, "Self-Adaptive Ad-Hoc/Sensor Network Routing with Attractor-Selection," *Proc. IEEE GLOBECOM 2006*, (CD-ROM) (2006).

[5] 西尾章治郎, "ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出, " 情報処理学会誌, Vol. 46, No. 4, pp. 385–390 (2005).

[6] 澤井里枝: ミニサーベイ, "ブロードバンド時代における情報フィルタリングの動向, " 電子情報通信学会第 13 回データ工学ワークショップ (DEWS 2002) 論文集, (CD-ROM) (2002).

[7] 澤井里枝, 塚本昌彦, 寺田努, L. Y. Huei, 西尾章治郎, "情報フィルタリングの関数的性質について, " 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J85-D-I, No. 10, pp. 939-950 (2002).

[8] 四方哲也, 清水浩, 茶碗谷毅, 室岡義勝, "生物共生ネットワークの生成過程の解明, " 平成 15 年度成果報告書, 文部科学省 21 世紀 COE プログラム (研究拠点形成費補助金) (2004).