

## 利用者の特徴を考慮したメール分類機構の組み合わせ法の評価

山本 泰隆      乃村 能成      谷口 秀夫

岡山大学 大学院自然科学研究科

我々は、複数のメール分類機構を併用できる組み合わせ機構を提案し、基本性能を評価した。また、組み合わせ機構の判定結果に対して利用者の嗜好を反映する方法として、それぞれのメール分類機構の判定結果に重み付けをする方法を述べた。重みは、各メールに対する利用者の判断結果情報と個々のメール分類機構のメール判定結果の正誤情報によって決定する。ここでは、具体的な事例を用いて、重み付けによるメール判定方法を評価した結果を報告する。組み合わせ機構は、正当メールの誤判定を全くすることなく、全迷惑メールの43.07%を除去できた。また、過去24日分の判定結果情報をもとに重みを決定することで、最も高い迷惑メール判定率を得られた。

### Evaluation of Combination of Spam Filters Considering User's Characteristic

YASUTAKA YAMAMOTO, YOSHINARI NOMURA and HIDEO TANIGUCHI

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

We proposed the composite filter which mixes up existing spam filters, and evaluated its basic performance. As a method for reflecting user's characteristic to the composite filter's judgment, we describe the method for setting a weight to each spam filter's judgment. The weight is based on classification log of spam filter and judgment of user. In this paper, we describe the evaluation of the composite filter applied the weighting method in actual case. The composite filter had no misclassification of legitimate email, and classified 43.07% of spam. Then the composite filter obtained the best spam detection rate using classification log of the past 24th.

#### 1. はじめに

不特定多数の利用者に対して、同意を得ずに一方的に送信される迷惑メールが増加し問題になっている。このため、迷惑メールと利用者に配達すべき正当メールを分類するものとして、メールサーバ上で利用可能なメール処理ソフトウェアがいくつか登場している[1][2]。また、ISP(Internet Service Provider)のメールサービス[3]の多くでは、迷惑メール対策を実施している。ここでは、これら受信側メールサーバ上で行う迷惑メール対策をメール分類機構と呼ぶ。

メール分類機構が普及する一方で、迷惑メールの送信手口は巧妙になっている。さらに、様々な目的でメールがやり取りされることから、個々の利用者の「迷惑」の判断基準は多様化している。このため、メール分類機構を単独で利用する場合、正当メールの誤判定の発生が問題になる。また、単独のメール分類機構により十分な精度でメールを分類するためには、メールの判定規則といった設定内容の保守を必要とする場合が多く、利用者の負担は大きくなる。

そこで、我々は、組み合わせ機構を提案し、基本性

能を評価した[4][5]。組み合わせ機構は、メール分類機構を複数利用し、各メール分類機構の示す判定結果から、メールが迷惑か否かを判定するものである。基本性能の評価から、組み合わせ機構の判定結果を各メール分類機構の判定結果の多数決にすることで、個々のメール分類機構を単独で利用した場合に比べ、分類精度を向上できることを示した。

一方で、個々の利用者で嗜好は異なること、および利用者の嗜好は時間とともに変化することから、最適なメール分類機構の組み合わせ法は、利用者ごとに異なる。この違いを組み合わせ機構のメール判定に反映するためには、組み合わせ機構の判定規則に動的な適応性を持たせる必要がある。このため、各メール分類機構の分類精度をもとに、それぞれの判定結果に重み付けをするメール判定方法について述べた[6]。重みは、各メールに対する利用者の判断結果情報と個々のメール分類機構のメール判定結果の正誤情報によって決定する。しかし、これまでは重み付けによるメール判定方法の基本方針と設計を示したのみで、評価は行っていない。

ここでは、重み付けによるメール判定方法を適用し

た組み合わせ機構の評価結果を示す。まず、評価の観点と方法を述べる。さらに、重み付けに利用する判定結果情報と組み合わせ機構の分類精度の関係について述べる。また、組み合わせ機構と個々のメール分類機構の分類精度について、比較考察を述べる。

## 2. 組み合わせ機構

### 2.1. システム構成

メール分類機構の問題への対処として、我々は、組み合わせ機構を提案し、基本性能を評価した[4][5]。

組み合わせ機構は、メール分類機構を複数利用し、各メール分類機構の示す判定結果から、メールが迷惑か否かを判定するものである。組み合わせ機構では、以下の3つの条件を満たすメール分類機構を利用可能である。

- (条件1) SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)でメールを受信
- (条件2) POP(Post Office Protocol)で利用者にメールを配達
- (条件3) 迷惑と判定したメールと正当と判定したメールを分けて利用者に配達可能

メール処理ソフトウェア、およびISPの提供するメールサービスの多くは、上記の条件を満たす。

組み合わせ機構の構成を図1に示し、以下に説明する。組み合わせ機構の処理は、メールの判定と分類を行なう分類処理、および判定規則を更新する登録処理の2つから構成される。また、メール判定のために、複数のメール分類機構を利用する。判定規則は、個々のメール分類機構の判定結果に対する重みを保存しており、組み合わせ機構の判定結果に対する各メール分類機構の判定結果の重要度を決定するために利用する。また、判定後のメールを格納するため、正当メール格納庫と迷惑メール格納庫を持つ。

利用者は、正当メール格納庫から取得したメールのうち、迷惑と判断したものを登録処理宛に転送する。また、利用者は、迷惑メール格納庫も定期的に確認を行っており、迷惑メール格納庫から取得したメールのうち、正当と判断したのも同様に転送する。

分類処理と登録処理の流れを図2に示し、以下に処理の概要を説明する。

分類処理は、各メール分類機構から収集した判定結果と判定規則に保存された重みをもとに、メールの最終的な判定を行い、メールの分類を行う。なお、各メール分類機構の判定結果は、それぞれのメール分類機構に判定対象のメールをSMTPで転送し、転送したメールを正当メールとしてPOPで取得できるか否かで決定する。メールを取得できた場合を正当、そうでない場合を迷惑とする。SMTPとPOPを用いることで、メー

ル分類機構の内部構成を変更することなく、組み合わせ機構の一部として利用可能になる。

登録処理は、利用者から、組み合わせ機構が誤判定したメールを受け取り、報告一覧表に誤判定情報を保存する。さらに、報告一覧表と各メール分類機構の判定結果情報を保存した判定一覧表を用いて、各メール分類機構の重みを決定し、判定規則を更新する。なお、重みを決定する際に、判定一覧表はメール分類機構の判定結果情報を得るために使用し、報告一覧表は利用者のメールに対する判断結果情報を得るために使用する。

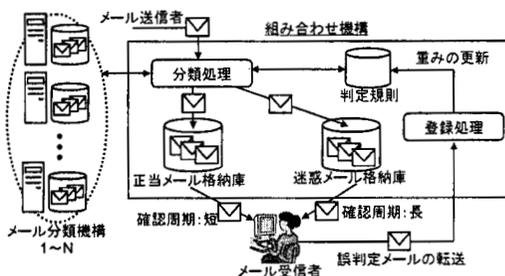


図1 組み合わせ機構の構成

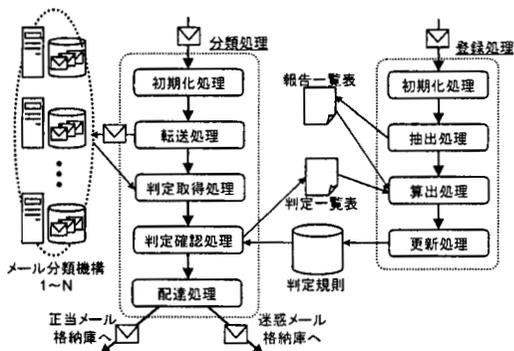


図2 処理の流れ

### 2.2. メール分類機構の重みの決定方法

利用者*j*宛のメールに対する組み合わせ機構の判定結果*D<sub>j</sub>*は、式(1)で求める。

$$D_j = \sum_i a_{ij} x_i \quad (1)$$

入力は以下のとおりである。

$a_{ij}$ : 利用者*j*宛のメールに対するメール分類機構*i*の判定結果の重みである。

$x_i$ : メール分類機構が正当/迷惑と判定した結果であり、値は1(正当)/-1(迷惑)である。

組み合わせ機構では、利用者*j*にとって*D<sub>j</sub>*が正の場合には、メールを正当と判定し、それ以外の場合にはメールを迷惑と判定する。

重み $a_{ij}$ は、各メール分類機構の分類精度をもとに決定する。ここで、分類精度の評価尺度として、正当メール判定率と迷惑メール判定率を導入する。正当メール判定率は、利用者が正当と判断するメールのうち、システムが正当と判定したメールの割合である。迷惑メール判定率は、利用者が迷惑と判断するメールのうち、システムが迷惑と判定したメールの割合である。これら評価尺度をもとに、重み $a_{ij}$ を以下の手順で決定する。

まず、過去 $T_d$ 日分のメールの判定結果情報を用いて、メール分類機構の正当メール判定率と迷惑メール判定率を計算する。ここで、 $T_d$ を利用判定結果日数と呼ぶ。過去 $T_d$ 日分のメールの判定結果情報について、表1に示すように利用者の判断結果とメール分類機構の判定結果を比べ、メール分類機構の正当メールの正判定数  $L_1(T_d)$ と誤判定数  $L_2(T_d)$ を計算する。また、同様に、迷惑メールの正判定数  $S_1(T_d)$ と誤判定数  $S_2(T_d)$ を計算する。これらの値から、メール分類機構の正当メール判定率  $R_1(T_d)$ と迷惑メール判定率  $R_2(T_d)$ を式(2),(3)で求める。

$$R_1(T_d) = \frac{L_1(T_d)}{L_1(T_d) + L_2(T_d)} \quad (2)$$

$$R_2(T_d) = \frac{S_1(T_d)}{S_1(T_d) + S_2(T_d)} \quad (3)$$

重み $a_{ij}$ は、正当メール判定率  $R_1(T_d)$ と迷惑メール判定率  $R_2(T_d)$ から、式(4)によって求める。

$$a_{ij} = \frac{R_1(T_d) + R_2(T_d)}{2} \quad (4)$$

表1 各メール分類機構の判定結果の集計方法

利用者の判断	メール分類機構の判定	
正当	正当	$L_1(T_d)$
正当	迷惑	$L_2(T_d)$
迷惑	迷惑	$S_1(T_d)$
迷惑	正当	$S_2(T_d)$

### 3. 評価

#### 3.1. 評価の観点と方法

評価では、利用判定結果日数( $T_d$ )が分類精度に与える影響を明確にする。なお、分類精度の評価尺度として、正当メール判定率と迷惑メール判定率を用いた。

測定に使用したメールは、著者のひとりが2005年

10月1日から2006年9月30日までの1年間に受信したメール4198通である。これらのメールが正当か迷惑かの分類を利用者がおこない、正当メールは3411通であり、迷惑メールは787通であった。

メール分類機構として、A社、B社、C社、D社の提供する各メールサービス、および著者以外の第三者(大学教員)が設定したメール処理ソフトウェア procmail[1]を利用する。A社、B社、C社、D社の提供する各メールサービスは、代表的なメールサービスであり、組み合わせ機構で利用するための条件を満たしている。これらは、初期設定のまま利用する。また、procmailは、代表的なメール処理ソフトウェアであり、設定ファイルに受信メールに対する処理条件と処理内容を記述することで、メールの分類を行う。ここでは、設定ファイルについて、著者以外が記述したものをそのまま使用することで、第三者の設定したメール分類機構の一例とした。

#### 3.2. 迷惑メール判定率の性質

組み合わせ機構の正当メール判定率は、利用判定結果日数( $T_d$ )によらず100%であった。正当メール判定率を含めた分類精度の比較は後述し、ここでは、迷惑メール判定率に着目し、迷惑メール判定率と $T_d$ の関係を述べる。

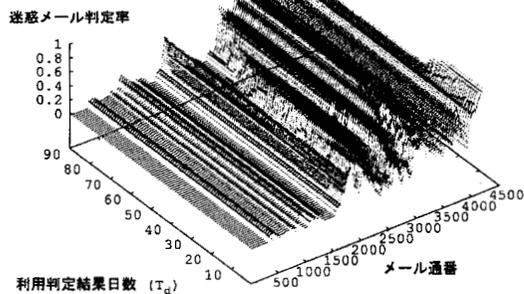
$T_d$ が迷惑メール判定率に与える影響を見るために、迷惑メール判定率を時系列変化で示す。具体的には、個々のメール判定時での迷惑メール判定率を、それぞれの過去*R*件分の判定結果情報から求める。*R*が大きい場合は、長期的期間での迷惑メール判定率の変化を見ることであり、*R*が小さい場合は、短期的期間での迷惑メール判定率の変化を見ることである。

迷惑メール判定率の測定結果を図3に示す。図3の(A), (B), (C)は、それぞれ  $R=100$ ,  $R=500$ ,  $R=4198$  とした場合の測定結果である。

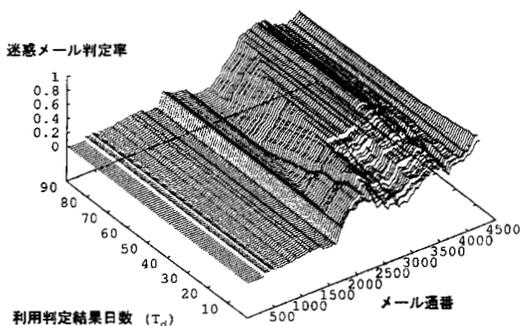
最良な $T_d$ は、メール通番1から4198までの迷惑メール判定率を合計したもの(以降、迷惑メール判定率の和)が最大になる $T_d$ と判断できる。そこで、 $R=100$ ,  $R=500$ ,  $R=4198$ のそれぞれの場合について、 $T_d$ と迷惑メール判定率の和を図4に示す。図4に示すように、いずれの*R*でも、 $T_d$ による迷惑メール判定率の和の変化は同じ形態であり、なだらかな山型になっている。これより、以下のことがわかる。

(結果1) いずれの*R*でも、 $T_d=24$ で迷惑メール判定率の和が最大になった。

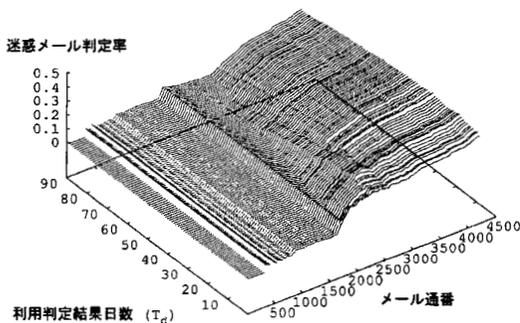
(結果2) 最良値( $T_d=24$ )周辺の $T_d$ であれば、最良値での迷惑メール判定率の和に近い迷惑メール判定率の和が得られた。



(A) R=100



(B) R=500



(C) R=4198

図3 迷惑メール判定率

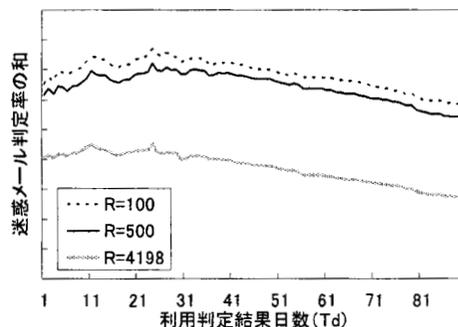


図4 利用判定日数( $T_d$ )と迷惑メール判定率の和

最良の $T_d$ はRに関係しないことから、R=500をもとに、組み合わせ機構と個々のメール分類機構について、迷惑メール判定率の関係を述べる。

図3(B)について、 $T_d=11, 20, 24, 28, 90$ とした場合の迷惑メール判定率を図5に示す。図5から、 $T_d=11, 20$ は、それぞれ迷惑メール判定率が近い傾向にある。また、 $T_d=28$ は、 $T_d=24$ と近い傾向にあることがわかる。なお、 $T_d=90$ は、図4において迷惑メール判定率の和が最小値になったものである。

また、個々のメール分類機構について、迷惑メール判定率を図6に示す。図6から、メール分類機構ごとに、迷惑メール判定率の傾向は異なることがわかる。そこで、各メール分類機構の迷惑メール判定率が組み合わせ機構の迷惑メール判定率に与える影響を分析するため、両者の比較をしやすい図7を示す。図7から、以下のことがわかる。

- (1) メール通番1600付近では、いずれの $T_d$ でも組み合わせ機構の迷惑メール判定率が一時的に低下する。
- (2) メール通番1800付近から、 $T_d=11, 24$ では、組み合わせ機構の迷惑メール判定率が上昇する。
- (3) メール通番2600付近から、 $T_d=90$ では、組み合わせ機構の迷惑メール判定率が上昇する。

$T_d$ の違いによって、迷惑メール判定率が改善するまでの期間が異なる。これらに対し、以下のことがわかる。

- (4) A社の迷惑メール判定率は、メール通番1600付近までは他のメール分類機構と比べて高く、1600付近から低下する。

上記(4)より、1600付近まで、A社の重みは大きくなっていることがわかる。このため、1600以降で、A社の迷惑メール判定率が低下すると、一時的に組み合わせ機構の迷惑メール判定率は低下する。

$T_d=11, 24$ は、判定結果情報の利用期間が短いため、個々の判定結果情報が重み決定に与える影響は大きい。したがって、A社の迷惑メール判定率が低下しはじめてから、A社の重みが小さくなるまでの期間が短い。この結果、組み合わせ機構の迷惑メール判定率の改善

までの期間が短くなる。

一方で、 $T_d=90$ は、判定結果情報の利用期間が長い  
ため、個々の判定結果情報が重み決定に与える影響は  
小さい。したがって、A社の迷惑メール判定率が低下  
しはじめてから、A社の重みが小さくなるまでの期間  
が長い。この結果、組み合わせ機構の迷惑メール判定  
率の改善までの期間が長くなる。

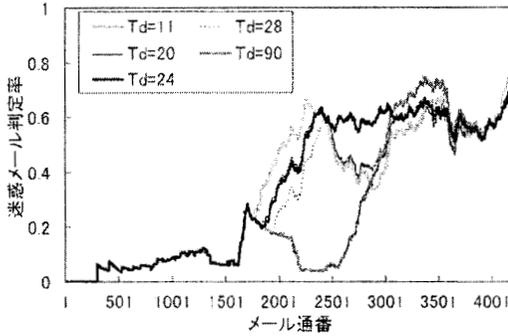


図5 組み合わせ機構の迷惑メール判定率 (R=500)

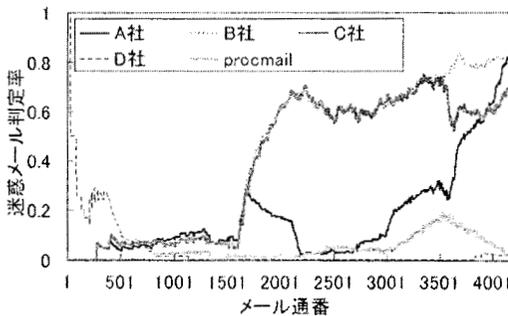


図6 メール分類機構の迷惑メール判定率 (R=500)

### 3.3. メール分類機構との比較

全メールに対する各メール分類機構の分類精度を  
表2に示し、組み合わせ機構の分類精度を表3に示す。  
組み合わせ機構は、各メール分類機構の判定結果の多  
数決を用いた場合、および判定結果に重み付けをした  
場合の分類精度を示す。なお、多数決は $T_d=0$ の場合に  
あたる。また、重み付けについては、比較を示すため、  
迷惑メール判定率の最大値の周辺( $T_d=20, 24, 28$ )、  
および最小値( $T_d=90$ )での結果を示す。

正当メール判定率に関して、次のことがわかる。各  
メール分類機構の正当メール判定率は、100%になら  
ない。一方で、組み合わせ機構の正当メール判定率は、  
全て100%である。正当メール判定率が100%でない場  
合、利用者に配達されるべき正当メールが配達されな

い。これは利用者にとって重要なメールの見逃しにつ  
ながるため、正当メール判定率が100%であることは  
必須要件である。

迷惑メール判定率に関して、次のことがわかる。最  
良値 $T_d=24$ での迷惑メール判定率は、43.07%である。  
これは、単独で最も正当メール判定率の高いA社の迷  
惑メール判定率(22.62%)の約2倍である。さらに、  
 $T_d=24$ での迷惑メール判定率は、単独で迷惑メール判  
定率の高いB社(52.48%)やC社(48.41%)のメール分類  
機構と比べ、大きく劣らない迷惑メール判定率である。

また、 $T_d=24$ に近い値( $T_d=20, 28$ )でも、 $T_d=24$   
に近い迷惑メール判定率を得られた。このことから、最  
良値に近い $T_d$ であれば、最良値に近い迷惑メール判  
定率を得られることがわかる。

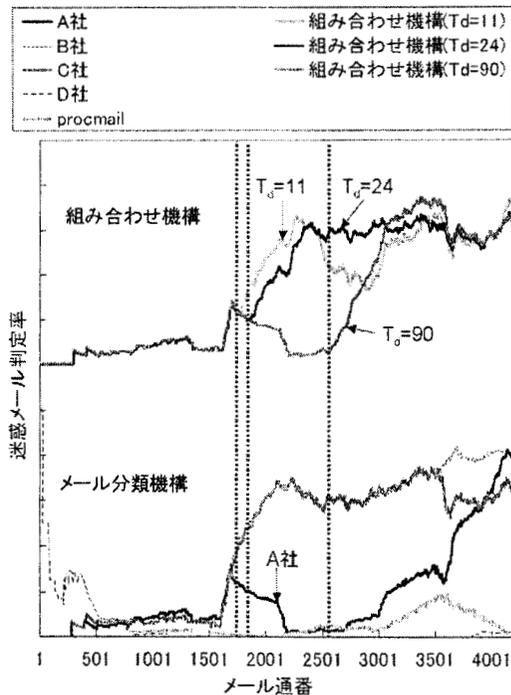


図7 迷惑メール判定率の比較

### 4. おわりに

重み付けによるメール判定方法を適用した組み合わ  
せ機構の評価結果を示した。評価の観点と方法を示し、  
重み付けに利用する判定結果情報と組み合わせ機構の  
分類精度の関係を述べた。また、組み合わせ機構と各  
メール分類機構の分類精度について比較考察を述べた。

取り上げた事例では、全てのメール分類機構で正当  
メールの誤判定が発生した。これに対し、組み合わせ

表2 各メール分類機構の分類精度

			メール分類機構				
			A社	B社	C社	D社	procmail
メールの数	正当メール 3411通	正当と正判定した数	3402通	3394通	3385通	3338通	3391通
		迷惑と誤判定した数	9通	17通	26通	73通	20通
総数 4198通	迷惑メール 787通	正当と誤判定した数	609通	374通	406通	778通	757通
		迷惑と正判定した数	178通	413通	381通	9通	30通
割合	正当メール	正当メール判定率	99.74%	99.50%	99.24%	97.86%	99.41%
		100%-(正当メール判定率)	0.26%	0.50%	0.76%	2.14%	0.59%
	迷惑メール	100%-(迷惑メール判定率)	77.38%	47.52%	51.59%	98.86%	96.19%
		迷惑メール判定率	22.62%	52.48%	48.41%	1.14%	3.81%

表3 組み合わせ機構の分類精度

			組み合わせ機構				
			多数決	重み付け			
				T <sub>d</sub> =20	T <sub>d</sub> =24	T <sub>d</sub> =28	T <sub>d</sub> =90
メールの数	正当メール 3411通	正当と正判定した数	3411通	3411通	3411通	3411通	3411通
		迷惑と誤判定した数	0通	0通	0通	0通	0通
総数 4198通	迷惑 787通	正当と誤判定した数	615通	467通	448通	461通	549通
		迷惑と正判定した数	172通	320通	339通	326通	238通
割合	正当メール	正当メール判定率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
		100%-(正当メール判定率)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	迷惑メール	100%-(迷惑メール判定率)	78.14%	59.34%	56.93%	58.58%	69.76%
		迷惑メール判定率	21.86%	40.66%	43.07%	41.42%	30.24%

機構では、正当メールの誤判定は全くなかった。正当メールの誤判定が発生する場合、利用者に配達されるべき正当メールが配達されないため、大きな問題になる。つまり、正当メール判定率が100%であることは、非常に重要な要件である。また、組み合わせ機構は、全迷惑メールの43.07%を除去できた。これは、単独で最も正当メール判定率の高いメール分類機構の迷惑メール判定率(22.62%)の約2倍であり、単独で最も高い迷惑メール判定率(52.48%)に近い迷惑メール判定率である。

組み合わせ機構は、各メール分類機構の過去の判定結果情報をもとに、それぞれのメール分類機構の判定結果に重み付けをする。過去24日分の判定結果情報をもとに重みを決定することで、最も高い迷惑メール判定率を得られた。24日は、およそ一ヶ月の周期にあたる。メールは人間の生活様式に依存するので、一日、一週間、一ヶ月の周期で変化すると考えられる。なお、重み付けに過去20日分、28日分の判定結果情報を利用した場合でも、最良の場合である24日分に近い迷惑メール判定率を得られた。

## 参考文献

- [1] procmail, <http://www.procmail.org/>
- [2] SpamAssassin, <http://spamassassin.apache.org/>
- [3] Yahoo!メール, [https://login.yahoo.co.jp/config/login\\_verify2?.src=ym](https://login.yahoo.co.jp/config/login_verify2?.src=ym)
- [4] 山本 泰隆, 乃村 能成, 谷口 秀夫, “既存のメール分類機構の組み合わせを可能にする機構の提案,” 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.2005, No.19, pp.256-260 (2005)
- [5] 山本 泰隆, 乃村 能成, 谷口 秀夫, “既存のメール分類機構の組み合わせを可能にする機構の実現と評価,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2006)シンポジウム論文集, Vol.2006, No.6, pp.637-640 (2006)
- [6] 山本 泰隆, 乃村 能成, 谷口 秀夫, “利用者の特徴を考慮したメール分類機構の組み合わせ法,” 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.2006, No.15, pp.97-102 (2006)