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

2004－ＤＰＳ－117　(22)
2004－CSEC－　24　(22)
2004／3／5

HTTP リクエストの未知攻撃検出における精度向上

今野 徹

東芝ソリューション株式会社 プラットフォームソリューション事業部 要素技術開発部

〒183-8511 東京都府中市東芝町 1

E-mail: konno.toru@toshiba-sol.co.jp

あらまし HTTP リクエストの未知攻撃検出技術においては、精度の向上、すなわち誤検出率の削減と検出率の向上の両立が求められている。本稿では、この問題を正常と異常とを分ける閾値係数の組合せに関する最適化問題としてとらえ、タグチメソッドを適用することにより、誤検出率を半減させ大幅に精度向上できたことを述べる。今回の結果で、HTTP リクエストの文字列特性を扱うような難しい課題でもタグチメソッドで定量的に評価・改善できることがわかり、「デジタルデータの標準ＳＮ比」を適用することで、検出率と誤検出率のように相反する特性を最適化することができた。

キーワード 未知攻撃、HTTP、侵入検出、文字列特性、異常検出、タグチメソッド

A quality improvement of anomaly-based network intrusion detection

Toru KONNO

Advanced technology development group, platform solutions division, Toshiba Solutions Corporation

1, Toshiba-cho, Fuchu-shi, Tokyo, 183-8511, Japan

E-mail: konno.toru@toshiba-sol.co.jp

Abstract In anomaly-based network intrusion detection, the accuracy of detection rate is critical to quality. By applying Taguchi method, we succeeded at 1) reducing the false detection rate to half, 2) enhancing the robustness of software design, and 3) optimizing the system parameters with opposite effect, such as successful detection rate and false detection rate, with measuring "the standardized S/N ratio of digital data".

Keyword Anomaly detection, HTTP, Intrusion detection , string characteristic, Taguchi method

1. はじめに

HTTP リクエスト解析による未知攻撃検出システムにおいて、既知のパターンファイルでは検出できない未知の攻撃を検出する技術が研究されている。一般的な調査により Web サーバのアプリケーションの脆弱性は、特殊で異常な文字列により狙われることが多いことがわかっている。そこで、HTTP リクエストの「文字列特性」が統計的に正常か異常かを見分けることにより、未知の攻撃を検出する一手法を我々は提案した[1]。

既提案手法では、HTTP リクエストの内容を文字列として解析し（図 1）、各文字列区分 m についての文字列特性、すなわち異常で攻撃になりやすいとされる特定の文字種 n が何バイト含まれるかを数え、これを HTTP リクエストの評価値 $f_{mn}(x)$ とする。

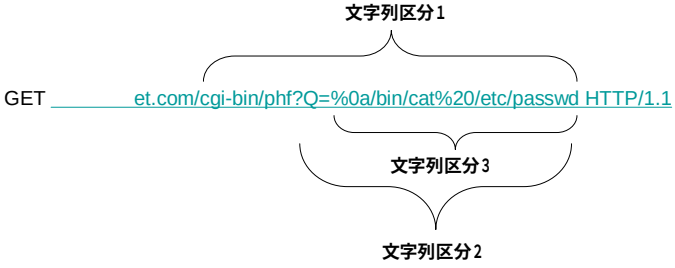


図 1 HTTP リクエストの解析例

そして、Web サーバへのアクセスパターンを蓄積し、統計分布を求め、統計的に異常とみなしうる閾値を算出し、その閾値に基づいて、統計的に正常であるか異常であるかを判定する。すなわち、HTTP リクエストの評価値が、下記条件式の範囲内のときに「正常」アクセスと判断し、範囲外のときに「異常」すなわち未知攻撃に係わると判断する。

$$\mu_{mn} - A_{mn} * \sigma_{mn} \leqq f_{mn}(x) \leqq \mu_{mn} + A_{mn} * \sigma_{mn}$$

μ_{mn} … $f_{mn}(x)$ の平均値

σ_{mn} … $f_{mn}(x)$ の標準偏差

A_{mn} … 閾値係数

平均値と標準偏差は、実際の HTTP リクエストデータを採取することで決まってくる値である。一方、閾値係数 A_{mn} は、本システムにあらかじめ設定する値であって、設計者が自由に設定することができる。便宜的に 1～12 程度の整数値として扱っている。

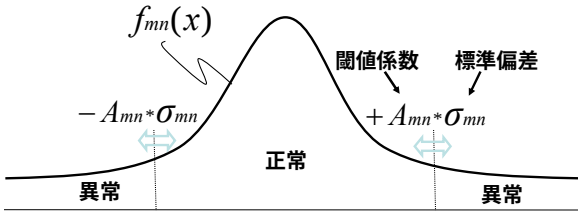


図 2 HTTP リクエストの評価値に関する分布の概念図

これまで我々は、本システムによる未知攻撃の検出率を高く、かつ、誤検出率を低くするために、試行錯誤を繰り返した。特に、正常と異常を分ける閾値係数 A_{mn} の値については、多変量（m*n 個）の各々について、知識と経験によるチューニングで良い値を探し、それをシステムの定数として用いていたのであるが、精度向上に限界が来ていた。

2. 目的：検出精度（検出率・誤検出率）の向上

未知攻撃検出システムの性能評価として、検出率が高く、かつ、誤検出率が低いことが要求される。検出率とは、未知の攻撃を見逃さずに検出する確率である。一方、誤検出率とは、正当なアクセスを、未知攻撃として誤検出する確率である。正常か異常かの閾値係数 A_{mn} の組合せ、いわばさじ加減により、検出率と誤検出率は別々に変化し、また、一方を良くすれすれば他方が悪くなるという傾向がある。本稿では、検出率・誤検出率の双方を向上させることを目的とし、これを解決する手法を示す。

3. 方法：閾値の最適化にタグチメソッドを適用

我々は、この問題を多変量（m*n 個）に関する最適化問題として着目し、近年産業界で活用されているタグチメソッド（品質工学）[2]を適用することとした。具体的には閾値係数 A_{mn} を制御因子として最適化を図った。そして、検出率と誤検出率それぞれに対してＬ１８直交表を用いた実験を行い、双方に適した A_{mn} 条件を求めた。以下、詳細に述べる。

3.1. 評価特性

本システムを性能評価するとき、指標となる「品質特性」には、検出率と誤検出率の二つがある。はじめに、これら二つをそのまま評価特性として、実験を行った。

「検出率(１－q)」＝ 攻撃として検出した攻撃パターンの数／入力した攻撃パターン総数

検出率は、１に近ければ近いほど良い特性である。値が大きければ大きいほど良い特性は、品質工学では望大特性と呼ばれる。ただし、「率」の単位は値域が０～１なので、後述するようにオメガ変換を適用して値域を－∞～＋∞と変換し、解析精度を高めた上で、望大特性として評価する。

「誤検出率(p)」＝ 誤って攻撃と検出した正常パターンの数／入力した正常パターン総数

誤検出率は、小さければ小さいほど良い特性である。このような特性は、品質工学では望小特性と呼ばれる。誤検出率もオメガ変換を適用して、Ｌ１８実験の推定精度を向上させる。

なお、検出率(１－q)と誤検出率(p)については、本システムの入力と出力との間で、図 3のような関係になる。

		出力	
		正常パターンとして検出した率	攻撃パターンとして検出した率
入力	正常パターン	１－p	p
	攻撃パターン	q	１－q

図 3 本システムの入出力表

3.2. 制御因子 A_{mn}

システムの最適化を図るためには、システムの設計条件を変化させて、システムの入力と出力の関係を評価することが必要である。このシステムの設計条件を品質工学では「制御因子」と呼ぶ。すなわち実験の条件である。

本システムでは閾値係数 A_{mn} が制御因子とした。A_{mn} の

決め方によって、本システムによる検出率と誤検出率が変わってくるからである。傾向として、A_{mn} が大きい値であるほど、検出率が高くなるが、誤検出率も高くなってしまう。逆に、A_{mn} が小さい値であるほど、誤検出率が低くなるが、検出率も低くなってしまう。このように相反している検出率と誤検出率について、両者が共に良くなるような、最適な A_{mn} を見つけていく。

今回我々は、m ：文字列区分として２種類を扱い、n ：文字列特性として４種類に分類する場合を仮定した。一般には、HTTP リクエストから文字列区分や文字列特性を多様に抽出できるのであるが、これらに意味的なグルーピングを適用して、$m*n$ ＝2*4＝８通りとし、制御因子として取り扱い易くした。

そして、制御因子が８個の場合、タグチメソッドの「Ｌ１８直交表」が適用できることに着目した。Ｌ１８直交表とは、８個の制御因子に対し、２水準ないし３水準の値を割付けることにより、合計１８通りの実験を行うこととする実験の計画表のことである。Ｌ１８直交表によれば、本来 4374 通りの組み合わせ実験をしなければならないところを、18 回の実験のみで、最適値を推定できるのである。

今回は、A_{mn} におけるｍ、ｎ各々の組み合わせ（図 4で単に因子記号と表す）に対して、水準値として、現行条件、および現行条件から加減して振った値を割付けた。現行条件とは、制御因子の現在の設定値のことであり、図 4では○印を付けた。なお、因子記号Ａ～Ｈは、品質工学でＬ１８直交表を説明するときの呼称であり、Ａには２水準を割付け、Ｂ～Ｈには３水準を割付けることとなっている。

因子記号 (m、nの組合せの一)	水準1	水準2	水準3
A	3	⑪	
B	④	6	9
C	3	⑦	11
D	2	3	⑨
E	2	③	6
F	2	③	6
G	2	③	7
H	2	③	6

図 4 Ｌ１８直交表のための水準値(閾値係数)の割付け（○印は現行条件）

図 4の割付け表から、Ｌ１８直交表の定義にしたがって変換すると、図 5に示すＬ１８直交表が作成される。Ｌ１８直交表は、どのような割付け方をしても、ある因子のどの水準に対しても、他の要因の全部の水準が同数回ずつ現れるようになっている。実験は、このようなＬ１８直交表に従い、検出率と誤検出率について１８通り行えばよい。

因子記号 実験No.	A	B	C	D	E	F	G	H
1	3	4	3	2	2	2	2	2
2	3	4	7	3	3	3	3	3
3	3	4	11	9	6	6	7	6
4	3	6	3	2	3	3	7	6
5	3	6	7	3	6	6	2	2
6	3	6	11	9	2	2	3	3
7	3	9	3	3	2	6	3	6
8	3	9	7	9	3	2	7	2
9	3	9	11	2	6	3	2	3
10	11	4	3	9	6	3	3	2
11	11	4	7	2	2	6	7	3
12	11	4	11	3	3	2	2	6
13	11	6	3	3	6	2	7	3
14	11	6	7	9	2	3	2	6
15	11	6	11	2	3	6	3	2
16	11	9	3	9	3	6	2	3
17	11	9	7	2	6	2	3	6
18	11	9	11	3	2	3	7	2

図 5 閾値係数を制御因子としたＬ１８直交表

3.3. 誤差因子

品質工学において、誤差因子とは、品質をばらつかせる原因の総称であり、設計者が直接的に制御できないものである。これはノイズとも呼ばれる。本システムの場合、品質すなわち検出率と誤検出率をばらつかせる原因となるものであって、設計者が直接的に制御できないものとして、誤差因子は Web サイトであるということができる。

タグチメソッドでは、誤差因子を取り入れて実験することで、安定性のある制御因子の条件を効率よく選択する。すなわち、誤差因子による品質特性への影響を計算に入れて、平均的に品質特性が良くなるようなシステムを目指すのである。そして、効率性の観点から、実験に取り入れる誤差因子の条件数は少ない方が好ましい。

今回の場合は実験回数を極力減らす為、誤差因子の水準を２とした。すなわち、品質特性が最悪になる条件Ｎ１と、品質特性が最良になる条件Ｎ２を、実験に取り入れる。現行条件における本システムの結果をふまえ、誤差因子は以下のように定めた。

・誤差因子Ｎ１：現行条件で品質特性が悪かった Web サイト
・誤差因子Ｎ２：現行条件で品質特性が良かった Web サイト

4. 誤検出率と検出率を別々に分析した実験結果

図 6に誤検出数・検出数のＬ１８実験結果を示す。左の表の誤検出数は、Ｎ１、Ｎ２の各 Web サイトについて、実際の Web アクセスから採取した HTTP リクエストの正常パターンの試験データの中で、未知攻撃検出システムによって誤って攻撃と判断されたパターン数である。一方、右の表の検出数は、Ｎ１、Ｎ２の各 Web サイトについて、（仮想的に）流した攻撃パターンの試験データの中で、未知攻撃検出システムによって攻撃と判断されたパターン数である。誤検出数と検出数は、実験 No.が異なると、判断基準の A_{mn} の設定値が異なっているので、異なる結果となっている。

誤検出数

誤差因子	N1	N2
正常パターン総数	999	1873
実験No.		
1	25	16
2	21	4
3	20	1
4	25	4
5	21	8
6	20	11
7	21	11
8	20	10
9	25	2
10	14	7
11	21	10
12	16	3
13	16	1
14	14	10
15	21	9
16	14	3
17	21	0
18	16	15

検出数

誤差因子	N1	N2
攻撃パターン総数	853	853
実験No.		
1	753	815
2	752	807
3	717	759
4	747	760
5	723	814
6	752	808
7	717	763
8	753	814
9	752	807
10	753	814
11	722	808
12	747	760
13	752	807
14	752	807
15	723	814
16	722	807
17	747	759
18	753	815

図 6 誤検出数・検出数のＬ１８実験結果

誤検出率は、図 6の誤検出数／正常パターン総数から計算される。検出率は、図 6の検出数／攻撃パターン総数から計算される。そしてオメガ変換を行うが、オメガ変換とは、特性値が「率」の単位である場合に、その値域０～１を、－∞～＋∞へと変換することであり、これにより全値域での解析精度が上がる。具体的には、特性値をｙとしたとき、オメガ変換後の特性値 y’ は、以下により計算される。

$$y' = -10 * \log(1/y - 1)$$

図 7は、オメガ変換後の誤検出率に関するＳＮ比の要因効果図である。横軸は制御因子とその水準値の組み合わせを列挙しており、縦軸は各制御因子の水準値によるＳＮ比を表している。品質工学で言うＳＮ比とは、ＳＮ比が高いほど、誤差因子による影響にかかわらず望ましい品質特性が得られる、ということを定量的に表現している。ＳＮ比の単位はデシベル（db）で表す。例えば、ＳＮ比が３db 上がると分散（ばらつき）が 1/2 になることを意味し、10db 上がると分散が 1/10 になることを意味する。

誤検出率は、すでに述べたように、望小特性である。望小特性におけるＳＮ比は、

ＳＮ比 ＝ −10*log(σ_y^2) ： σ_y^2 は品質特性値の分散

$$\sigma_y^2 = 1/n * (y_1^2 + \cdots + y_n^2)$$

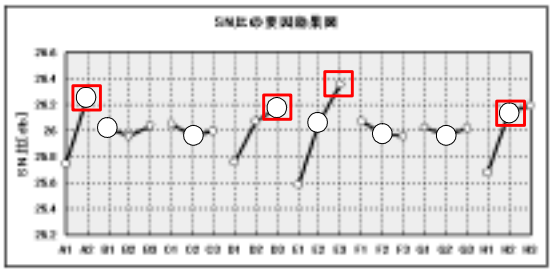
と定義される。また、ＳＮ比の要因効果図の右側には、要因効果図を見る際に必要な、分散分析表を付した。ｆを自由度、Ｓを変動、Ｖを分散という。各因子の中で、Ｖの値が、因子ｅのＶの値より大きいものが、有意な因子であるという。図中、有意な因子にはＶの欄に網掛けを記した。ＳＮ比や分散分析表の導出方法の詳細については[2]などを参照とし、本稿では割愛する。

図 8 は、オメガ変換後の検出率に関するＳＮ比の要因効果図である。検出率は、すでに述べたように、望大特性である。望大特性におけるＳＮ比は、

ＳＮ比 ＝ −10*log(σ_y^2) ： σ_y^2 は品質特性値の分散

$$\sigma_y^2 = 1/n * (1/y_1^2 + \cdots + 1/y_n^2)$$

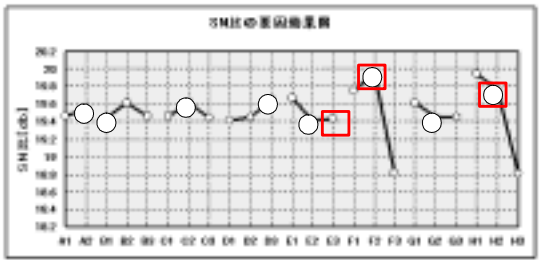
と定義される。ＳＮ比は、主効果を仮定していることから、ＳＮ比同士で加法性が成り立つ。つまり、各制御因子のＳＮ比の総和がシステムのＳＮ比ということになる。タグチメソッドでは、各制御因子によるＳＮ比の総和が最も高くなる条件が、最適条件であると推定する。



分散分析表

因子	f	S	V
A	1	1.16	1.16
B	2	0.02	0.01
C	2	0.03	0.01
D	2	0.56	0.28
E	2	1.79	0.90
F	2	0.04	0.02
G	2	0.01	0.01
H	2	0.97	0.48
e	2	0.10	0.05
T	17	4.68	

図 7 ＳＮ比の要因効果図：オメガ変換後の誤検出率



分散分析表

因子	f	S	V
A	1	0.03	0.03
B	2	0.10	0.05
C	2	0.10	0.05
D	2	0.19	0.10
E	2	0.25	0.13
F	2	4.43	2.21
G	2	0.11	0.05
H	2	4.45	2.23
e	2	0.22	0.11
T	17	9.88	

図 8 ＳＮ比の要因効果図：オメガ変換後の検出率

図 7と図 8において、○印を付けたのは現行条件である。そして、□印を付けたのは、分散分析にて有意な因子で、ＳＮ比を現行条件よりも高くする最適条件である。両図において共通に有効な因子としては、制御因子Ａ～Ｈの中で特に注目されるのは、制御因子Ｅである。制御因子Ｅを、現行条件のＥ２からＥ３と変えることによって、誤検出率において特にＳＮ比が向上することが見て取れる。ただし、検出率においてはＥ３よりもＥ１の方が良いので、誤検出率と検出率の両方を考慮すると微妙な結果である。又、因子Ｈは、誤検出率と検出率で相反する効果が見られるので、単純には選択しにくくなっている。

5. 誤検出率と検出率を統合して分析した実験結果

品質工学では「デジタルデータの標準ＳＮ比」という評価手法がある。これは、誤検出率と検出率のように相反する指標を、一つに統合して総合的な評価が出来る方法であり、今回この手法を使って分析を行った。

図 9を参照されたい。まず、誤検出率については、分子となる誤検出数をＮ１とＮ２で合算し、分母となる正常パターン総数もＮ１とＮ２で合算し、その比率をｐとして計算する。そして、検出率については、分母と分子を同様にＮ１とＮ２で合算した比率を求めるが、誤検出率と同じ望小特性として扱うために、１－ｑとして計算する。そして、

$$P0 = 1/(1+SQRT((1/p-1)*(1/q-1)))$$

と計算し、さらに、

$$\rho = (1-2*P0)^2$$

とする。このρの値を用いて、デジタルデータの標準ＳＮ比を以下により計算する。

$$\text{デジタルデータの標準ＳＮ比} = -10*\log(1/\rho-1)$$

誤検出数

正常パターン総数	N1	N2	
	999	1873	2872
実験No.			p
1	25	16	0.0143
2	21	4	0.0087
3	20	1	0.0073
4	25	4	0.0101
5	21	8	0.0101
6	20	11	0.0108
7	21	11	0.0111
8	20	10	0.0104
9	25	2	0.0094
10	14	7	0.0073
11	21	10	0.0108
12	16	3	0.0066
13	16	1	0.0059
14	14	10	0.0084
15	21	9	0.0104
16	14	3	0.0059
17	21	0	0.0073
18	16	15	0.0108

検出数

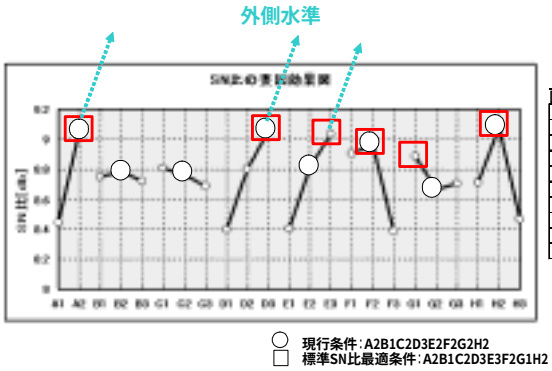
攻撃パターン総数	N1	N2			
	853	853	1706		
実験No.			1-q	q	
1	753	815	0.9191	0.0809	0.0345
2	752	807	0.9138	0.0862	0.0280
3	717	759	0.8652	0.1348	0.0328
4	747	760	0.8834	0.1166	0.0354
5	723	814	0.9009	0.0991	0.0324
6	752	808	0.9144	0.0856	0.0310
7	717	763	0.8675	0.1325	0.0398
8	753	814	0.9185	0.0815	0.0297
9	752	807	0.9138	0.0862	0.0290
10	753	814	0.9185	0.0815	0.0249
11	722	808	0.8968	0.1032	0.0342
12	747	760	0.8834	0.1166	0.0288
13	752	807	0.9138	0.0862	0.0231
14	752	807	0.9138	0.0862	0.0274
15	723	814	0.9009	0.0991	0.0329
16	722	807	0.8962	0.1038	0.0256
17	747	759	0.8828	0.1172	0.0303
18	753	815	0.9191	0.0809	0.0301

P0	ρ	SN比
0.8669	8.14	
0.8912	9.14	
0.8732	8.38	
0.8634	8.01	
0.8746	8.43	
0.8800	8.65	
0.8470	7.43	
0.8848	8.85	
0.8872	8.96	
0.9028	9.68	
0.8678	8.17	
0.8881	9.00	
0.9096	10.02	
0.8933	9.23	
0.8726	8.35	
0.9003	9.56	
0.8824	8.75	
0.8834	8.79	

図 9 検出率・誤検出率を統合したデジタルデータの標準ＳＮ比

次に、図 10は、検出率と誤検出率を統合した、デジタルデータの標準ＳＮ比の要因効果図である。因子ＥとＧで、現行条件よりもＳＮ比が向上する水準が見つかった。前記した検出率と誤検出率を別々に分析した場合では、有意な因子がＥのみで、しかも検出率と誤検出率で効果は相反していたので選択しがたかった。これに対し今回の分析結果を加味すると、総合的なＳＮ比が向上し、誤検出率の削減を優先する観点からは、因子ＥとＧにより誤検出率も削減する事が出来る。もう一つわかることは、水準値を変えることでＳＮ比がほぼ単調に増加していると見られる因子が、Ａ、Ｄ、Ｅと３つあることである。これらの因子については、さらに外側の水準値（高い水準値）を設定して、実験してみる価値があるといえる。

今回、デジタルデータの標準ＳＮ比を使って分析したが、この方法は相反関係にある評価特性を総合的に評価する場合に有効な手法であり、この手法の適用で有意な因子を抽出できた。



分散分析表

因子	f	S	V
A	1	1.72	1.72
B	2	0.01	0.01
C	2	0.04	0.02
D	2	1.34	0.67
E	2	1.25	0.62
F	2	1.21	0.60
G	2	0.16	0.08
H	2	1.16	0.58
e	2	0.15	0.07
T	17	7.03	

図 10 デジタルデータの標準ＳＮ比の要因効果図と分散分析表

5.1. 確認実験

品質工学では、要因効果図から推定した最適条件について、その効果を確認実験により確認しなければならない。なぜなら、Ｌ１８直交表の実験には、現行条件や最適条件の実験は含まれることが殆どないからである（確率的には 18／4375）。

我々は、現行条件と、図 10で推定した最適条件と、有望な因子Ａ、Ｄ、Ｅについて更に外側の水準を用いた実験条件で、確認実験を行った。外側の水準は図 11のように水準 3～水準 6 として設定した。図中、○印は現行条件、□は推定した最適条件である。

因子記号	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6
A	3	⑪	13	15	17	
B	④	6	9			
C	3	⑦	11			
D	2	3	⑨	11	13	15
E	2	③	6	9	11	13
F	2	③	6			
G	2	③	7			
H	2	③	6			

図 11 外側の水準値（閾値係数）の割付け

確認実験の結果を図 12に示す。図 12の結果から、現行条件から最適条件へ変えることで、誤検出率が Web サイト N2 で 0.00160→0.00053 と改善され、標準ＳＮ比が約 0.3 デシベル向上する事が確認できた。一方、検出率については現行条件の値を維持している。

また、外側条件、外側条件２へ振ることにより、誤検出率が Web サイトＮ１で 0.014→0.012 と改善され、標準ＳＮ比が約 0.3 デシベル向上した。

さらに、外側条件２から外側条件３へ振ってみたが、誤検出率、検出率、標準ＳＮ比いずれも向上しておらず、効果としては外側条件２で頭打ちであるといえる。

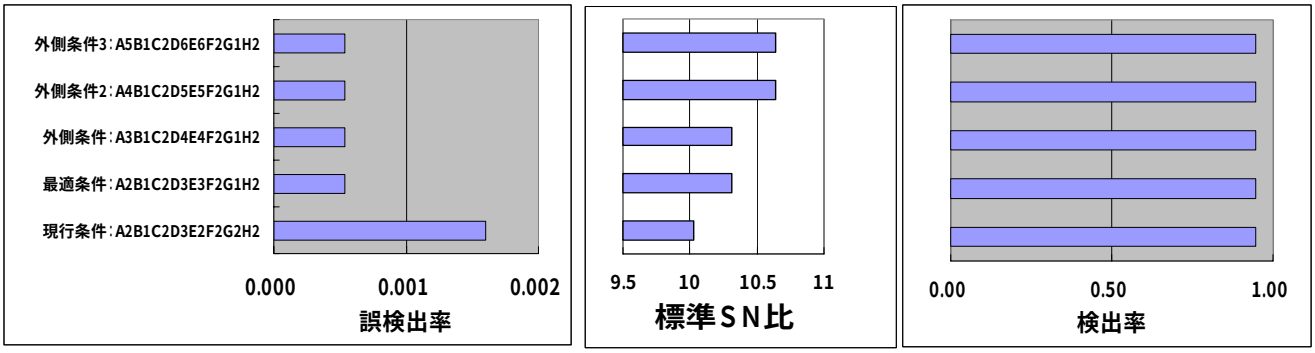


図 12 確認実験の結果

6. 考察

今回の実験結果では、検出率についてみると、閾値係数に依存せず現行条件と同等であり､向上はしなかった。この結果は、今回検討した範囲内でのパラメータチューニングによる未知攻撃検出の限界を意味していると考えられる。つまり、検出率を向上するためには、他の方法（他の文字列特性）を研究するべきである、という指針が得られる。

誤検出率については、性能向上をはかる余地があることがわかり、誤検出率を改善する事ができた。Web サイトＮ１で 0.014→0.012、Web サイト N2 で 0.00160→0.00053 である。さらに、この改善から、HTTP リクエストの文字列特性に関して当初はわからなかった、誤検出率の改善寄与度が大きい制御因子（特定の文字列区分と文字列特性の組合せにおける閾値係数の最適値）を発見することができた。

7. まとめ

HTTP 未知攻撃検出システムにおいて、品質工学の手法を適用することにより、検出精度を向上させる最適化を行うことができた。HTTP の未知攻撃検出という、ソフトウェア分野における難しい問題を扱う場合でも、システムの最適性を定量的に評価できることを示した。さらに、検出率を向上させるには他の手法を研究していかねばならないという指針が得られ、誤検出率の向上については文字列特性に関する貴重なノウハウが発見できた。

また、今回の様に検出率と誤検出率といった様に制御因子の効き方が相反する場合には「デジタルデータの標準ＳＮ比」が有効な解析手段であることを示した。

ソフトウェアシステムを設計する際、設計にパラメータチューニングの要素があるならば、開発の早い段階から品質工学やタグチメソッドを適用することで、今回示した事例のように、効率的かつ適切に目標を達成できるであろう。

現在、社会のＩＴ化によって Web を利用したアプリケーションは基盤技術となっているが、HTTP 上のデータ形式は今後も多様化し、セキュリティの側面から解析すべき未知の局面が多々現れてくると思われる。セキュリティを考慮してアプリケーションデータの解析するときに、品質工学の考えを導入し、タグチメソッド等のツールを用いて、システムの最適化を効率的に行い、ロバストで定量的な裏づけに支えられる取組みが、今後も必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、品質工学及びタグチメソッドの実験について多大なるご指導を頂いた東芝電子エンジニアリング（株）品質工学推進室の大内室長、武部殿、高橋殿、山田殿に感謝します。

文　献

[1] 今野、楯岡、“ HTTP リクエスト解析による未知攻撃防御システム ”、情報処理学会研究報告、2003-CSEC-22、pp.91-96、July.2003

[2] 田口玄一（編）、“ 最適化設計のための評価技術 ”、（財）日本規格協会、2000.