

完全駆除までの期限を考慮したコンピュータウイルス駆除手法

千石 靖[†] 服部 進 実[†] 岡本 栄 司^{††}

LAN内に存在するコンピュータウイルスを効率的に駆除するためのワクチン運用の指標を提示する。これは、ウイルスの感染能力が分かっているときに、ある期限までにウイルスを完全駆除するために必要なワクチンの実行頻度を、理論的な考察と計算機シミュレーション結果の近似によって導出したものである。

Computer Viruses Exterminating Method with Time Limit

YASUSHI SENGOKU,[†] SHIMMI HATTORI[†] and EIJI OKAMOTO^{††}

This paper aims to clarify a method of exterminating computer viruses in LAN effectively. We considered infection rate of the virus, and time limit for exterminating viruses completely. Moreover, we show an approximate method which obtains execution frequency of vaccines from these factors.

1. はじめに

本研究の目的は、コンピュータウイルス（以下ウイルスと呼ぶ）の完全駆除までの時間を考慮に入れた、ワクチンのウイルス駆除率の最低限界（しきい値）を示すことである。これにより、頻繁に通信を行っているウイルスの侵入確率の高い業務中や、そうでない非業務中など、その時々状況に適應した、かつ、LANやパーソナルコンピュータ（PC）の負荷を最小にする効率的なウイルス対策の実施が可能となる。

ウイルスとは通商産業省（現経済産業省）告示第952号のコンピュータウイルス対策基準¹⁾で定義されているものであるが、本稿では、狭義のウイルスともいうべき次の定義「ウイルスとは自分自身のコピーを他のプログラムに追加（感染）することで自己増殖するプログラムを指す」を用いる。ウイルスは、その感染プログラムの移動によってあるマシンから他のマシンへと拡散していき、また、ある条件であらかじめ決められている動作を起こし（発病）、システムに深刻な被害をもたらすことがある。ウイルスが驚異的な増加を見せている現在、多くのPCユーザやPCで構築され

たLANの管理者はこの問題を重要視しており、日本の公的なウイルス対策機関でもある情報処理振興事業協会（IPA）の調査によれば、ウイルスに対して脅威を感じている事業所は99.7%にも及んでいる²⁾。図1は、2002年10月までにIPAに届けられた日本国内のウイルス発見件数である³⁾。届け出は2000年から爆発的な増加を見せており、2002年に入ってもその勢いは持続している。この流行の大半はオペレーティングシステムやアプリケーションソフトウェアのセキュリティホールを利用したネットワーク拡散型ウイルスであり、Webページの閲覧や電子メールの添付ファイルからも感染してしまうもので、ウイルスの脅威が一般ユーザにまで迫ってきていることを意味する。実際に、文献2)にはウイルスに遭遇した経験のある事業所は74.8%だったとの調査結果が報告されている。

ウイルス対策については、海外はもちろん日本国内でもIPAを中心に企業や大学などで研究が進められているが、市販のウイルス対策ソフトウェア（ワクチン）が容易に入手できる現在、ワクチンをLAN内の各PCにインストールし、定期的に、あるいは常時システムを検査・監視する方法が一般的に用いられている。しかしながら、頻繁な検査や監視がシステムに与える負荷は少なからず存在し、ウイルス対策をいかに効率化するかがウイルス対策研究のテーマの1つとなっている。ウイルスの拡散を大域的に扱う研究は文献4)~6)などで行われているが、我々はLANにおける対策に注目し、LAN全体の対策をより効率良く実

[†] 金沢工業大学情報工学科
Division of Information and Computer Engineering,
Kanazawa Institute of Technology

^{††} 筑波大学電子・情報工学系
Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

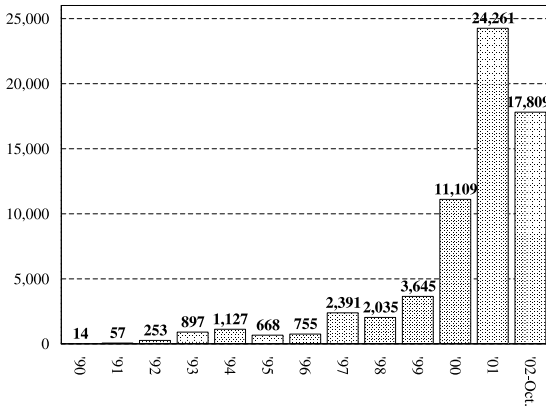


図1 コンピュータウイルス届出件数

Fig. 1 Number of reports of viruses in Japan.

施するための研究を行ってきた。その結果、LAN におけるウイルスの大域的な拡散過程やワクチンによるウイルス駆除の効果を明らかにし⁷⁾、また、これを元に、LAN 内のワクチンを持っていない PC の割合がウイルス対策の効果に与える影響を明らかにした⁸⁾。

ウイルスを LAN 内から完全に駆除するためには、LAN 内のすべての PC がワクチンを持ち、実行しなければならない。文献 7) では、感染率 R_i のウイルスを完全駆除するために最低限必要なワクチンの実行頻度（駆除率） R_e を求める理論式 (1) を得ている。ただし、各 PC はワクチンを非同期に実行するものと仮定している。

$$R_e = \frac{R_i}{1 + R_i} \quad (1)$$

しかしこれは、時間をかければいつかはウイルスを完全駆除できる最低駆除率であり、完全駆除までにかかる時間を無視したものであった。現実には、時間が経つほど、時間をきっかけに発病するウイルスによる被害の危険性は高くなっていき、さらに、その間ウイルスは 1 か所にとどまっているわけではなく、感染と駆除の過程で LAN 内を動き回るため、被害の範囲を広げてしまう恐れがある。また、たとえ発病しないウイルスであっても、感染ファイルを外部に漏らすことによって信用を失うことにもなりかねない。当然のことながら、システムを破壊するなどの危険性の高いウイルスであればごく短期間に完全駆除したいであろうから、システムの負荷だけでなく完全駆除までの時間をも考慮したしきい値を得ることが必要なのである。

以下、モデル化、計算機シミュレーション、理論的考察、期限を考慮した駆除率の近似式およびその検証について順に述べる。

2. モデル化

ウイルスの大域的な拡散・駆除過程を解析するために、ネットワーク、ノード (PC)、通信路、ウイルス、ワクチンの各要素を簡略化して使用する。

2.1 ウイルスのモデル化

ウイルスはネットワークを通じて一定の感染率を持つとする。また、発病によるシステムダウンなどの影響は考えないこととする。

ウイルスの持つ感染率は、宿主であるノードが通信動作を行ったときに感染動作を行う確率とする。ウイルスの動作は通常、ノードのデータ送信動作に紛れて行われる。

ウイルスの感染動作は、感染ノードのウイルス 1 つが通信路を介して他のノード 1 つにウイルスのコピーを作ろうとする動作とする。なお、通信路とはウイルスから見たウイルス自身の感染経路であり、物理的な接続ではなく、通信頻度の高いノード間の関係性を指す。

ここで、通信などの動作の時間的な基準としてターンという単位を導入する。1 ターンは、ウイルスの感染動作とワクチンのウイルス駆除動作から成る。

本稿では、ウイルスの拡散を感染ノード数の推移で見ているため、1 つのノードは 1 つのウイルスにしか感染しないと、既感染ノードにさらに感染するような重複感染はカウントしないこととする。

2.2 ワクチンのモデル化

ワクチンは、ウイルスを発見し駆除するためのウイルス対策手段であり、一定の駆除率を持っていると考える。

ここでいう駆除率とは、ノード内のウイルスを完全に駆除する（最新のウイルス駆除データベースを持つ）ワクチンを何ターンに 1 回の割合で起動するかを意味する。これは本来ワクチン起動率というべきであるが、感染率に対応させて駆除率と呼ぶこととする。

ワクチンの駆除動作は、ウイルスに感染しているノードが通信動作を行った後に、駆除率に応じてワクチンが動作することによって行われる。動作したワクチンはそのノード内のウイルスを完全に駆除するが、その効果はそのターンでのみ有効であり、あとで起こるであろう再感染を防ぐものではない。なお、ワクチンはすべてのノードにインストールされているものとする。

2.3 ネットワークのモデル化

ネットワークは 1,024 個のノードで構成されている。ノードは PC であり、直接他のノードすべてと通信路によって接続している。現実のネットワークの形態は

様々であるが、本稿では、ウイルスが最も拡散しやすい形態である完全グラフ型ネットワークとする。

各ノードの動作は通信動作とウイルス駆除動作である。すなわち、各ノードは常時稼働しており、通信路によってデータを送受信しているが、そのノードが感染していれば他ノードへの感染が起こりうる。また、ウイルスに感染しているノードは駆除率に応じてワクチンを動作させる。なお、送信も駆除も1ターンに1回までとするが、接続している他ノードの送信動作によってデータを受信する回数には制限を設けない。

3. シミュレーションによる解析

前章のモデルを利用して、まず、ウイルスが増殖し拡散していく過程と、ワクチンの投入によって感染ノード数が減少していく様子を調べる。

ある感染率を持ったウイルスがネットワーク内に侵入すると、あるタイミングによって感染動作が実行され感染ノードの数は増加していく。そして、各ノードがある駆除率を持ったワクチンを使用することによって感染ノード数は減少する。

シミュレーションでは、このようなウイルスの感染とワクチンによる駆除を交互に繰り返しながら、感染ノード数がどのように増減していくかという時系列データをとる。ここで、乱数を用いたシミュレーションで1度試行しただけでは乱数のばらつきによる影響が大きく結果の信頼性が低いため、同じ条件で10,000回試行して得られた感染ノード数の推移を平均してグラフ化する。

拡散シミュレーションは、ランダムに決定した1つのノードにウイルスが侵入したところから開始しており、ウイルスの駆除は行わない。また、拡散・駆除シミュレーションは、ウイルスがネットワーク内に完全に拡散した状態から駆除および拡散を実行している。

シミュレーション手順

具体的なシミュレーション手順を以下に示す。これを指定した回数もしくは条件を満たすまで繰り返し実行する。

- (1) 次のウイルス感染手続きをすべてのノードについて行う。
ウイルスが存在するノードは、生成した乱数が感染率未満であれば、接続相手のノードのうち、生成した乱数で決定した1つにウイルスを感染させる。ただし感染した結果はすぐには反映されず、このターンで新しく感染したノードは次のターンにならないと感染動作を起こせないとする。

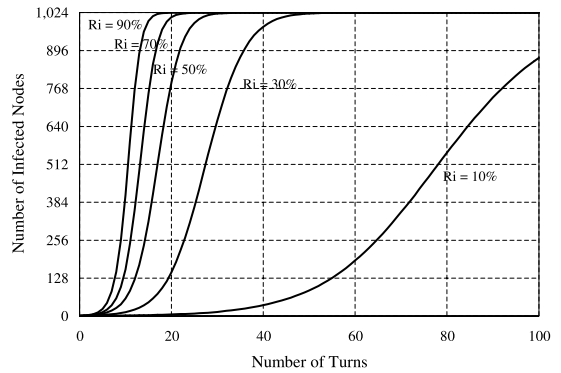


図2 ウイルスの拡散過程

Fig. 2 Diffusion processes.

- (2) すべてのノードの感染状態を更新する。
- (3) 次の駆除手続きをすべてのノードについて行う。
ウイルスが存在するノードは、生成した乱数がワクチンの駆除率未満ならばウイルスを駆除し、感染状態を更新する。
- (4) 感染ノードの数をファイルに出力する。

3.1 ウイルス拡散・駆除過程

まず、感染率 R_i によるウイルスの拡散過程の違いを図2に示す。横軸はターン数であり、縦軸はそのときの感染ノード数を表している。

ここではワクチンは使用しておらず、ウイルスの純粋な増殖状況が表れている。感染ノード数は最初のうち高次関数的に増加しているが、ネットワークを構成するノードの数が有限であるため、次第に飽和して頭打ちとなっている。これは、ウイルスの増殖効果(グラフの傾き)が、感染率、感染ノード数(ウイルス数)、そして、非感染ノード数(感染可能ノード数)によって決定することを表している。感染率が高いほど、また、感染ノード数が多いほど増殖力は高くなるが、その効果は非感染ノードに表れるため、ウイルスの増殖効果は感染ノード数がLAN全体のノード数のちょうど半分になったときに最も高くなる、感染率と感染ノード数が互いに影響しあった複雑な関数となっている。

次に、すべてのノードが感染率50%のウイルスに感染している状態から、しきい値前後の駆除率でワクチンを働かせたときの拡散・駆除過程を図3に示す。

$R_i = 0.5$ であるから、式(1)を用いてしきい値を求めると R_e は約0.33となる。図3からは読み取りにくいですが、シミュレーション結果を見ると、確かに、 $R_e = 0.32$ の場合は、1,000ターンを経過しても平均約10のウイルスが生き残っており完全駆除には至らなかったが、 $R_e = 0.33$ のときは約500ターンで平均ウ

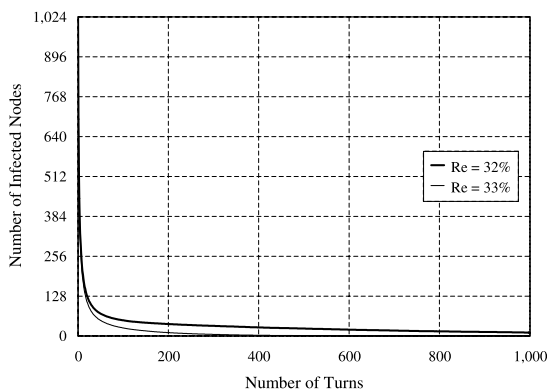


図3 ウイルス拡散・駆除過程 (感染率 50%)

Fig. 3 Diffusion and extermination processes (Infection rate = 50%).

イルス数は1を下回っていた。

しかし、駆除率にしきい値を用いても完全駆除までに500ターンもかかっている問題は、シミュレーションを行わないと完全駆除までに何ターン要するのかわからないというのも都合が悪い。

3.2 指定時間内の完全駆除

我々が求めるのは、ウイルスの感染率と期限を与えるとその期限内にそのウイルスを完全駆除することが可能な駆除率を得ることである。そこで、指定したターン内に完全駆除できたかどうかの判定をシミュレーションに加え、感染率、期限(ターン)、駆除率の3者の関係を明らかにする。具体的には、前掲のシミュレーション手順の最後に次のステップを追加した。

- (5) 期限ターン以内に完全駆除できているか調べる。できていたらそのときの駆除率をファイルに出力する。できていなかったら駆除率を1%増やして始めからやり直す。

このシミュレーションを、各期限ターンごとに感染率を1%から100%まで1%刻みで変化させながら行った結果を図4に示す。横軸はウイルスの感染率であり、縦軸はそのウイルスを完全駆除するために必要な最低駆除率を表す。ただし、ここでは、感染ノード数の平均が0.5未満のときに完全駆除と見なしている。また、比較のため、式(1)によって求められた無期限のしきい値もプロットしてある。なお、はじめに述べたとおり期限ターンはあまり大きくしないだろうから、5から100ターンの間でデータをとった。図2によると、感染率が10%でも100ターンでウイルスがLANの85%程度にまで拡散してしまい、ほとんどの場合数10~100ターンもあればウイルスがLAN全体に行き渡ると推測できる。通常はこれ以内に駆除することが望ましいだろう。

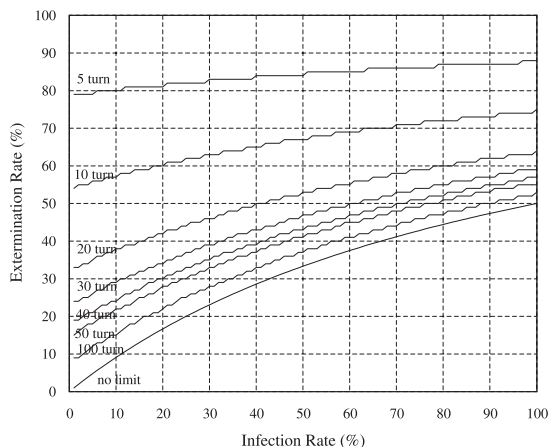


図4 期限を考慮したしきい値

Fig. 4 The lowest extermination rate for virus extinction with time limit.

感染率および駆除率を1%刻みで計算しているために結果のグラフが階段状に現れているが、無期限のしきい値に似た傾向を持っていることがよく分かる。なお、より細かな単位で計算を行えばなめらかな曲線となるはずであるが、ここではおおよその傾向が分かれば十分であろう。

期限を短くすればするほど大きな駆除率が必要であることは容易に想像できるが、この図からはその変化の度合いが見てとれる。すなわち、期限を短くするほど駆除率の上げ幅が大きくなり、逆に、50ターンを超えるとターンによる駆除率の変化はほとんどなくなっていく。すなわち、完全駆除するまでの時間がある程度以上長く設定しても必要駆除率はそれほど低くならず、効率と効果の点で有意義ではないということになる。

また、期限が100ターンのグラフはしきい値の形に近いが、ターンを小さくするほど水平に近づいている。ここから、期限が長いと感染率の駆除率に与える影響は大きいですが、期限が短くなるにつれてその影響は小さくなっていることが分かる。

4. 理論的考察

ウイルスの感染率と期限を定めたとき、完全駆除に必要な最低駆除率は図4から読み取ることができるが、ここではこれらの関係を表す理論式について検討する。

期限、感染率、駆除率の正確な関係は、ターン t での感染ノード数を I_t 、ノードの通信路数を $L(=1,023)$ として、文献7)で得た次のウイルス拡散経過式

$$I_{t+1} = (1 - R_e) \left(I_t + \left(L + \frac{1}{2} \right) \left(1 - e^{-\frac{I_t R_i}{L}} \right) \left(1 - \frac{I_t - 1}{L} \right) \right) \quad (2)$$

を变形することで得られるであろうが、この漸化式は指数関数を含んでおり、代数的な手法を用いて感染率 R_i とターン t を引数とする関数に変形することは容易ではない。

なお、ウイルスの感染率 R_i が 0 のときは次のように理論式を得ることが可能である。感染ノード数が N で駆除率が R_e のとき、感染ノード数が 0.5 以下になるターン数 t は、 N に何回 R_e を掛けると 0.5 以下になるかを求めることになるため、

$$\begin{aligned} N(1 - R_e)^t &\leq 0.5 \\ (1 - R_e)^t &\leq \frac{0.5}{N} \\ t &\geq \log_{(1-R_e)} \frac{0.5}{N} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。たとえば、 $N = 1,024$ 、 $R_e = 0.5$ の場合は $t \geq \log_{0.5}(0.5/1,024) = 11$ となる。逆に、感染ノード数が N のとき、ターン t で感染ノード数を 0.5 以下にするために必要な駆除率 R_e は、

$$\begin{aligned} N(1 - R_e)^t &\leq 0.5 \\ (1 - R_e)^t &\leq \frac{0.5}{N} \\ 1 - R_e &\leq \sqrt[t]{\frac{0.5}{N}} \\ R_e &\geq 1 - \sqrt[t]{\frac{0.5}{N}} \end{aligned} \quad (4)$$

となる。たとえば、 $N = 1,024$ 、 $t = 10$ の場合は $R_e \geq 1 - \sqrt[10]{0.5/1,024} = 0.5335$ となる。

$R_i = 0$ として 3.2 節と同じ条件でシミュレーションを行った結果、表 1 に示すとおり、シミュレーションで得た値は理論値によく適合していることが確認できた。たとえば、期限ターンが 10 のときは、理論値は $R_e \geq 53.35\%$ であるが、シミュレーションは 1% 刻みで実行しているため、より大きな最小の整数である 54 を得ている。

もちろん、式 (4) は感染率を考慮していないためこのままでは利用できない。実際には、各ターンでウイルスは感染率によって増加するが、その割合は一定ではなく、感染率とその時点での感染ノード数によって定まる、図 2 の曲線の傾きに相当する値になる。しかしながら、先述のとおり、この各ターンの増殖効果

$$\left(L + \frac{1}{2} \right) \left(1 - e^{-\frac{I_t R_i}{L}} \right) \left(1 - \frac{I_t - 1}{L} \right) \quad (5)$$

は各ターンでの感染ノード数 I_t の影響を受けており、

表 1 期限までに完全駆除する最低駆除率 (感染率 0%)
Table 1 Extirmination rate within limit turns (Infection rate = 0%).

Limit turns	Theoretical R_e (%)	Simulation R_e (%)
5	78.24	79
10	53.35	54
20	31.70	32
30	22.44	23
40	17.35	18
50	14.14	15
100	7.34	8

その I_t は今まさに求めようとしている駆除率の影響を受ける、指数関数を含んだ漸化式 (式 (2)) なのである。したがって、残念ながら式 (4) を基に理論式を組み立てることも同様に困難である。

本研究はウイルス対策の効率と効果を向上することを目的としているが、たとえ近似式であってもそれが有用であるなら指標として価値があると考えられる。以下、理論式と同等な働きを持つ代替式を得るために一般的に用いられているグラフからの近似を行い、その効果を検証する。

5. 近似的手法

一般解が求めにくい問題であっても、現象を示すデータが存在する場合は、そのデータに適合する近似関数を最小 2 乗法などで見出すことが可能である。前章のシミュレーションで得たデータは理論値によく適合していたため、前述のシミュレーション結果 (図 4) から近似式を求めることとする。

5.1 近似式

図 4 より、求める式は次のような性質を持つことが読み取れる。

- (1) 無期限のしきい値の式 (1) が基本形となっている。
- (2) 駆除率は、期限ターンが大きくなるほど無期限のしきい値に近づいていく。当然ながら、期限ターンを無限大にすると無期限のしきい値と等しくなる。
- (3) その駆除率の変化は、期限ターンが大きくなるほど小さくなっていく。
- (4) 図にはないが、理論的には、駆除率は期限ターンが 1 のときは感染率に関係なくつねに 1 でなくてはならない。

以上のことから、無期限のしきい値の式 $R_e = R_i/(1 + R_i)$ を基に、これに期限ターン t による変化を組み込んでいくこととする。なお、理論式はもっと複雑な関数であると予想できるが、ここでは近似しや

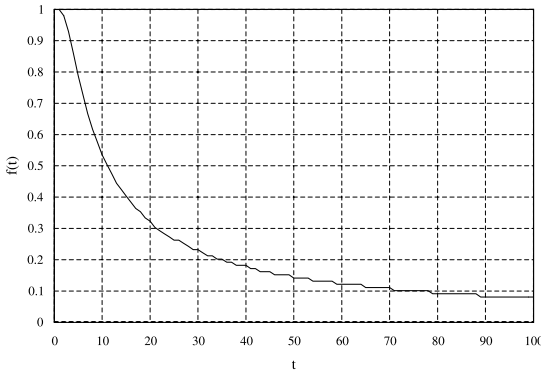


図 5 関数 $f(t)$
Fig. 5 Function $f(t)$.

すいグラフに変換することを主眼としている。

まず、期限ターンが 1 のときは感染率に関係なく 1 を返すという点から、単純に次のような式が考えられる。

$$R_e = \frac{f(t) + R_i}{1 + R_i} \tag{6}$$

ここで、関数 $f(t)$ は、 $f(1) = 1$ となるものである。また、期限ターンが無限大のときに R_e が $R_i/(1+R_i)$ と等しくなることを考慮すると、関数 $f(t)$ は、 $f(\infty) = 0$ となるものである。

この $f(t)$ は、式 (6) の結果が図 4 の感染率 1% のときの駆除率に合うようシミュレーション結果から逆算すると、図 5 のような形をした関数であることが分かる。式 (6) を単純なものにしたため、その分 $f(t)$ に複雑な変化が現れている。なお、後半の階段状の変化はシミュレーションを 1% 刻みで行ったためであり、近似の際は精度を落とさないような配慮が必要になるだろう。

次に、図 5 から関数 $f(t)$ を近似する。これには数値解析ツール *Mathematica* の *Fit* 関数を利用した。*Fit* はデータと関数を与えると最も適合する係数を最小 2 乗法によって見いだすものであるが⁹⁾、複雑な曲線である $f(t)$ 全体を与えると質の良い近似式は得られない。したがって、できるだけ単純な曲線に分割して精度を高めることを考える。まず、右上に凸の 3 次曲線から左下に凸の指数曲線に変化しているように見える期限ターン $t = 5$ までで 1 つの曲線と見なし、近似のための関数として

$$\text{Fit}[\text{data}, \{1, x, x^2, x^3\}, x]$$

を用いた。次に、後半の階段状の部分が近似精度に影響する恐れがあるため、指数曲線の傾きが -45 度程度になっている $t = 20$ の点でまた分割し、 t が 6~20 および 21 以上の部分では

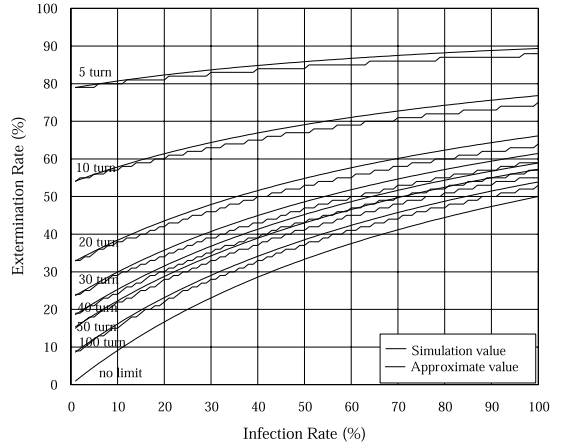


図 6 シミュレーション結果と近似値の比較
Fig. 6 Comparison of simulation value and approximate value.

$\text{Exp}[\text{Fit}[\text{Log}[\text{data}], \{1, x, x^2, x^3\}, x]]$ によってそれぞれ 3 次適合を行った。こうして得られた結果を式 (7) に示す。

$$f(t) \left\{ \begin{array}{l} = 0.97172 \\ \quad + 0.0569929t \\ \quad - 0.0313821t^2 \\ \quad + 0.002525t^3 \\ \quad \quad \quad \text{if } 1 \leq t \leq 5, \\ = \exp(-0.232714 \\ \quad - 0.0908075(t - 5) \\ \quad + 0.0028241(t - 5)^2 \\ \quad - 0.0000511857(t - 5)^3) \\ \quad \quad \quad \text{if } 6 \leq t \leq 20, \\ = \exp(-1.17171 \\ \quad - 0.0329882(t - 20) \\ \quad + 0.00029258(t - 20)^2 \\ \quad - 0.00000120548(t - 20)^3) \\ \quad \quad \quad \text{if } 21 \leq t. \end{array} \right. \tag{7}$$

5.2 近似式の検証

次に、この近似式 (7) による近似値と前掲のシミュレーション結果を比較したものを図 6 に示す。太線がシミュレーションの結果であり、細線が近似値である。

関数 $f(t)$ (図 5) は感染率 1% のときの駆除率から得たものであるため、感染率が低い部分ではよく近似できているが、感染率が高い部分では誤差が出ている。しかし、誤差は 2~3 ポイント程度であり、また、駆除率を高くする方にずれているため、この値を用いた場合でも少なくともウイルスを完全駆除できないという心配はない。

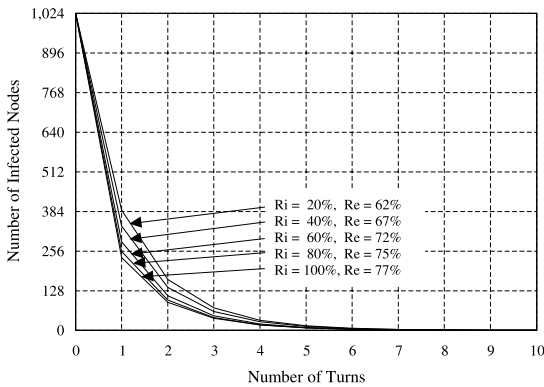


図 7 10 ターン以内の完全駆除

Fig. 7 Full extermination within 10 turns.

確認のため、近似式から得られた駆除率を用いてシミュレーションを行ったが、どのような条件でも確かに指定したターン内に完全駆除が可能であった。一例として、期限を 10 ターンとしたときのシミュレーション結果を図 7 に示す。

以上、ここで得た近似式は、多少の誤差はあるものの、安全性を考えたうえで実用上十分に機能を果たしうるものであることが確認できた。

6. おわりに

近年爆発的に流行しているウイルスに対し、LAN の管理者が一般 PC ユーザに容易に実施させることができる防衛策は、市販のワクチンをインストールさせ、かつ、定期的に行うことであろう。これにより、たとえ新種ウイルスが LAN 内に侵入しても、ワクチンのウイルス駆除データベースがワクチンベンダによって更新された時点でそのウイルスを駆除可能となる。このような、LAN 内の全ワクチンが非同期的にウイルスを駆除するウイルス対策の場合、ワクチンの実行頻度をウイルスの感染率から計算したしきい値に設定することで、LAN や PC の負荷を最低限に抑えて効率的にウイルスを駆除することが可能である。しかしながら、感染率だけから算出したしきい値では完全駆除までに長い時間がかかってしまい、効率的かつ早急に駆除したいという要望には応えられなかった。

そこで本研究では、ウイルスの駆除に要する時間を考慮し、感染率 R_i のウイルスを特定の時間 t 以内に完全駆除するためのワクチンの最低駆除率 R_e を計算機シミュレーションによって求めた。また、そのデータから R_i 、 t および R_e の関係を表す近似式を得た。これにより、ある感染率を持つウイルスを完全駆除するまでの時間を任意に選択できるようになった。この成果は、今後のウイルス対策を効率的かつ効果的に運

用するための指標として用いることが可能である。

なお、我々は現在、LAN を巡回しウイルスを検索するモバイルワクチンシステムを開発中であるが、本研究の成果を巡回・検索頻度の設定に適用することで、LAN や PC に負荷をかけすぎない効率的なウイルス対策が可能となっている。また、たとえば LAN 内の 1 カ所ですべてウイルスが発見されたときに、そのウイルスの感染率に応じてモバイルワクチンの駆除率を動的に上昇させることも可能であり、従来のように管理者がユーザに駆除作業を指示・徹底させる必要がなく、緊急時にも効率の良いウイルス駆除を自動的に実現できる。このモバイルワクチンシステムについては別の機会に発表する予定である。

謝辞 本研究は文部科学省科学研究費補助金(課題番号 13780342)による研究の一部である。

参考文献

- 1) 通商産業省告示第 952 号, コンピュータウイルス対策基準 (2000).
<http://www.ipa.go.jp/security/antivirus/kijun952.html>
- 2) 情報処理振興事業協会:平成 13 年度国内におけるコンピュータウイルス等被害状況調査報告書 (2001).
<http://www.ipa.go.jp/security/report/domestic/2002/2002domestic.pdf>
- 3) 情報処理振興事業協会:ウイルスの発見届出状況について (プレスリリース).
<http://www.ipa.go.jp/security/txt/list.html>
- 4) Kephart, J.O., White, S.R. and Chess, D.M.: Computers and Epidemiology, *IEEE SPECTRUM*, Vol.30, No.5, pp.20-26 (1993).
- 5) Kephart, J.O. and White, S.R.: Measuring and Modeling Computer Virus Prevalence, *Proc. IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy*, pp.2-14 (1993).
- 6) Kephart, J.O., Sorkin, G.B., Swimmer, M. and White, S.R.: Blueprint for a Computer Immune System, *Proc. Virus Bulletin Intl. Conf.* (1997).
- 7) 千石 靖, 岡本栄司, 満保雅浩, 植松友彦: コンピュータウイルスの拡散と消滅の大域的振舞いについて, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.4, pp.579-587 (1996).
- 8) 千石 靖, 岡本栄司, 服部進実: ワクチンを持たないノードを考慮したネットワーク上におけるコンピュータウイルスの拡散と消滅, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.3, pp.818-825 (1998).
- 9) スティーブン・ウルフラム(著), 白水重明(訳): *Mathematica—A System for Doing Mathemat-*

ics by Computer, Second Edition (日本語版),
アジソン・ウエスレイ, pp.650-654 (1992).

(平成 14 年 5 月 31 日受付)

(平成 14 年 11 月 5 日採録)



千石 靖 (正会員)

1967 年生。1992 年金沢経済大学
経済学部商学科卒業。1994 年北陸
先端科学技術大学院大学情報科学研
究科情報システム学専攻博士前期課
程修了。1997 年同大学情報科学研
究科情報システム学専攻博士後期課程修了。博士 (情
報科学)。同年金沢工業大学情報工学科助手。1999 年
同大学情報工学科講師。ネットワークセキュリティの
研究に従事。電子情報通信学会会員。



服部 進実 (正会員)

1940 年生。1964 年東北大学工学
部電子工学科卒業。同年富士通にて
情報通信システムの研究開発部門に
所属。1989 年金沢工業大学情報工学
科教授。1995 年同大学人間・情報・
経営系長。1992 年電子情報通信学会通信グループ副
委員長。1993 年同北陸支部長。1997 年本学会北陸支
部長。工学博士。情報通信システム, 分散処理システ
ムの研究に従事。著書「デジタル PBX 入門」(オー
ム社)等。電子情報通信学会, 人工知能学会, IEEE
各会員。



岡本 栄司 (正会員)

1950 年生。1973 年東京工業大学
工学部電子工学科卒業。1978 年同大
学大学院理工学研究科電子工学専攻
博士課程修了。工学博士。同年日本
電気(株)中央研究所入社。その後、
北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科, ウィス
consin 大学, 東邦大学を経て 2002 年より筑波大学
電子・情報工学系教授, 現在に至る。1993 年~1994 年
文部省在外研究にてテキサス A&M 大学数学科客員教
授。グラフ理論, 通信理論, 数理計画, アルゴリズム,
情報セキュリティをはじめとする情報理工学の教育・
研究に従事。1990 年電子通信学会論文賞, 1993 年情
報処理学会ベストオーサ賞受賞。著書「暗号理論入門」
(共立出版)、「電子マネー」(岩波書店)等。IEEE シニ
ア会員。ACM, 電子情報通信学会, 情報理論とその
応用学会, 応用数理学会, 日本セキュリティ・マネー
ジメント学会, IACR (International Association for
Cryptologic Research) 各会員。