

平成25年度卒業論文

論文題目

ユーザー認識による改善された  
コンピュータウイルス拡散モデル

神奈川大学 工学部 電子情報フロンティア学科  
学籍番号 200902717

石野 雄也

指導担当者 木下宏揚 教授

# 目次

|            |  |          |
|------------|--|----------|
| <b>第1章</b> | <b>序論</b>                                  | <b>3</b> |
| 1.1        | 背景 . . . . .                               | 3        |
| 1.2        | 問題点 . . . . .                              | 3        |
| 1.3        | 問題に対する研究 . . . . .                         | 4        |
| <b>第2章</b> | <b>基礎知識</b>                                | <b>5</b> |
| 2.1        | コンピュータウイルス . . . . .                       | 5        |
| 2.2        | SIR 感染モデル . . . . .                        | 6        |
| 2.3        | ユーザーの認識 . . . . .                          | 7        |
| 2.4        | 基本再生産数 . . . . .                           | 7        |
| <b>第3章</b> | <b>提案</b>                                  | <b>8</b> |
| 3.1        | 提案するモデル . . . . .                          | 8        |
| 3.2        | 2 端末間での SIR モデル . . . . .                  | 9        |
| 3.3        | 2 端末間での SIR モデルの微分方程式 . . . . .            | 10       |
| 3.3.1      | 感染率および回復率を考慮した 2 端末での SIR<br>モデル . . . . . | 10       |
| 3.3.2      | 2 端末での SIR モデルから微分方程式を立式 . . . . .         | 11       |
| 3.4        | 基本再生産数の導出 . . . . .                        | 12       |
| 3.4.1      | 基本再生産数の導出 . . . . .                        | 12       |
| 3.4.2      | エンデミック（流行）の条件を用いて特性解析 . . . . .            | 12       |

# 目 次

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 2.1 | SIR 感染モデル. . . . .                      | 6  |
| 2.2 | ユーザーの認識を加えた SIR 感染モデル. . . . .          | 7  |
| 3.1 | 2 端末間での SIR モデル. . . . .                | 9  |
| 3.2 | 感染率および回復率を考慮した 2 端末間での SIR モデル. . . . . | 10 |

# 第1章 序論

## 1.1 背景

近年のインターネットの拡大とともに、世界のインターネット利用者数は急激な増加を続けている。インターネットの利用者数は日本国内で見ても、2012年末の時点で約9652万人の人数が使っていて、利用率で言うと日本の約8割の人がインターネットを使っていることになる。昔ならばインターネットに繋ぐのはパソコンだけであったが、現代では、携帯電話やスマートフォン、ゲーム機などでも接続することができるため多くの人にとって身近になっている。インターネットに触れている回数も、「毎日少なくとも1回触れる」というレベルの人が57.0%、「少なくとも週に1回の(毎日でない)」人でも25.9%と触れる機会も多くなっている [1]。インターネットの利用目的は、「電子メールの受発信」が70.1%と最も高く、次いで「ホームページ(ウェブ)・ブログの閲覧」が63.6%、「商品・サービスの購入・取引」が60.1%となっている [2]。このことから非常に多種多様な用途でインターネットが使われていることがわかる。

## 1.2 問題点

このような状況の中で、「不正アクセス」や「コンピュータウイルス」などが深刻な問題となっている。特にコンピュータウイルスは、その増殖能力により多くのシステムに被害を広げる可能性をもっているため、その攻撃能力は情報化社会に深刻な被害を与える可能性がある。これらの被害を最小限にするためにウイルス拡散の予測とその対策は重要な課題である。

我々のコンピュータがウイルスに攻撃されたとき、システムのセキュ

リティを保護するためにウイルス対策プログラムをインストールするだろう。しかし、すべてのユーザーがウイルスに対しての危機意識を持っているわけではない。したがって、コンピュータウイルスの拡散力を理解する研究は、コンピュータシステムおよびネットワークの安全性と信頼性を向上させるために重要な問題であり、ユーザーの認識がコンピュータウイルスの拡散を制御するために非常に重要だと考える。

### 1.3 問題に対する研究

伝染性のコンピュータウイルス拡散モデルは、1980年代後期に報告され始め、これはウイルス増殖の行動がネットワーク接続図を考慮して導出することができることを示す。生物学的観点からみると、コンピュータウイルスの広がりとは病気と類似している。巨視的なアプローチは、電子メールウイルスでの広がりにも適用され、そして元のSIRモデルは広範囲に研究されている。シミュレーションによってコンピュータウイルスの拡散を妨ぐために、ユーザー認識が重要であると、提唱されている。

しかし現段階では、ユーザーによる認識を数値化できてなく、ユーザーの認識を用いた場合のウイルス拡散の動向がわかっていない。

ユーザーの認識が高まり、ウイルス対策ソフトの導入などがしっかりとできていけば、感染を防ぐことができると予想できる。

## 第2章 基礎知識

### 2.1 コンピュータウイルス

コンピュータウイルスは、コンピューターからコンピュータへと感染を広げ、コンピューターの動作を妨害する小型のソフトウェアプログラム。コンピュータウイルスは、コンピューターのデータを破壊または削除する可能性があり、電子メールプログラムを使用してコンピュータからコンピュータへ感染を広げ、ハードディスクのすべてのデータを削除することもある。

多くの場合、コンピュータウイルスは電子メールメッセージの添付ファイルやインスタントメッセージングのメッセージで容易に感染が広がる。このため、送信者を知っている場合や電子メールの添付ファイルの着信を予定している場合を除き、電子メールの添付ファイルを開いてはならない。ウイルスは、画像、グリーティングカード、またはオーディオ/ビデオファイルの添付ファイルとして装われることがある。また、コンピュータウイルスはインターネットのダウンロードを介して感染が広がることもある。ウイルスは、海賊版ソフトウェアやダウンロードした他のファイルまたはプログラムに隠されていることがある。[3]

## 2.2 SIR 感染モデル

SIR 感染モデルとは, 感染症の流行過程を記述するモデル方程式. 病気の感染において, 以下のように三つの潜在的なステージを経過すると考える.

- ・感染可能 (susceptible) : ノードは, 病気に感染する前の段階では, 隣接ノードから病気に感染する可能性がある.
- ・感染 (infectious) : ノードは, 病気にいったん感染すると, 感染可能な各隣接ノードに, ある一定の確率で病気をうつす.
- ・除去 (removed) もしくは免疫保持 (recovered) : 感染したノードは, 一定の感染機関を経過すると回復し, また, 免疫ができることから感染の危険がなくなり, 考慮対象から除去される.

各ノードは, 感染可能 (S)-感染 (I)-除去 (R) のサイクルを通過する可能性があるため, これらの三つのステージの状態を S,I,R と簡略化して用いる。

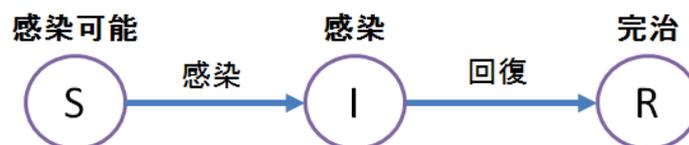


図 2.1: SIR 感染モデル.

## 2.3 ユーザーの認識

コンピュータがウイルスに感染した場合,多くのユーザーはアンチウイルスプログラムをインストールし,それが完治したコンピュータになることを前提とする.

コンピュータがウイルスに未感染の場合でも,アンチウイルスプログラムをインストールし,そのコンピュータを完治端末にする可能性がある.その可能性を,「ユーザーの認識」と呼ぶ.

先ほどのSIRモデルにユーザーの認識を加えると,下記の図のようになると思われる.

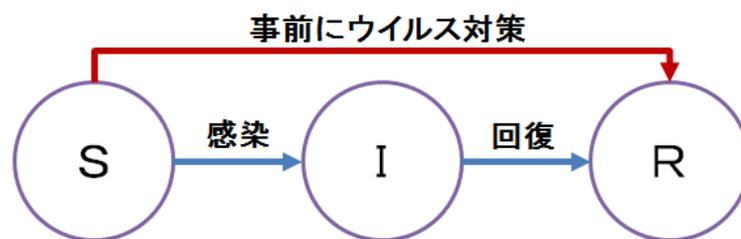


図 2.2: ユーザーの認識を加えた SIR 感染モデル.

## 2.4 基本再生産数

1人の感染者が,全感染期間において,再生産する2次感染者の期待数のことを基本再生産数と呼び, $R_0$ で表す.

$R_0 > 1$ であれば,感染数の成長率は正になり,流行は拡大していく.

$R_0 < 1$ であれば,感染数の成長率は負であって,流行は自然に消滅する.

## 第3章 提案

### 3.1 提案するモデル

ウイルスの拡散におけるユーザーの認識,ふるまいに注目し,既存のウイルス拡散モデルにユーザーのウイルスに対する行動などを考慮した場合に,どのような変化が起きるのか研究する.

SIRモデルは,「未感染」,「感染」,「完治」の3種しかなく,SからIの動き,IからRの動きしかない.もしユーザーがウイルス対策ソフトなどを導入し,未然にウイルスを防ぐ場合のことを考慮できていない.「未感染」の状態のコンピュータにユーザーがアンチウイルスプログラムを導入した場合,「感染」を介さずに「完治」になる場合もありうる.

本研究では,スマートフォンとパソコンの異なる2端末間でのウイルス感染を研究するため,2つのSIRモデルを使い相互の感染をモデリングしたい.

### 3.2 2 端末間での SIR モデル

下記の条件でモデルについて考える.

- ・ ウイルスの潜伏期間は考えない.
- ・ 完治端末：アンチウイルスプログラムを持ち, 同じウイルスの感染は起きない.

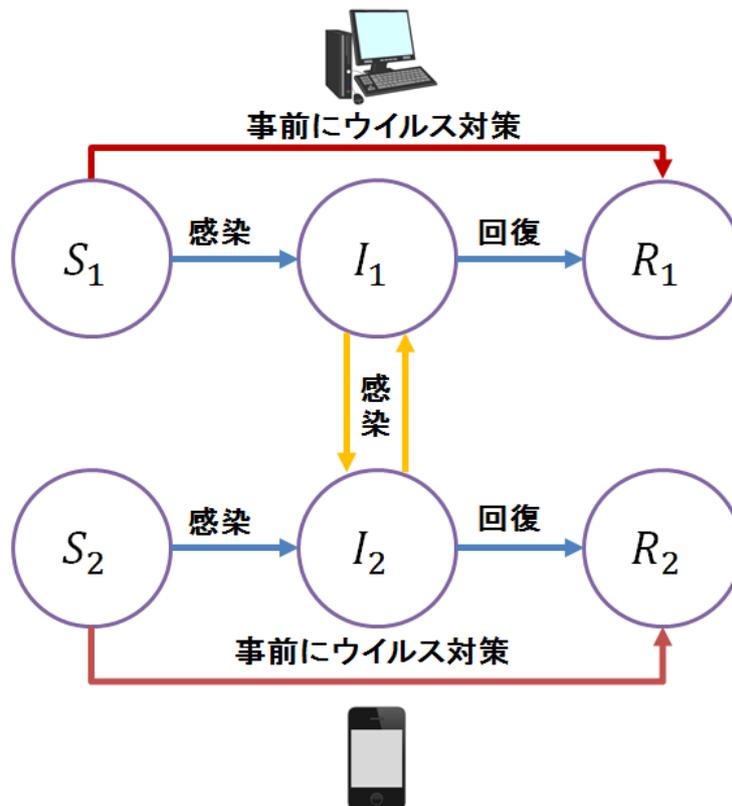


図 3.1: 2 端末間での SIR モデル.

### 3.3 2 端末間での SIR モデルの微分方程式

#### 3.3.1 感染率および回復率を考慮した 2 端末での SIR モデル

微分方程式を立てることにより, エンデミック (流行) が起こる条件について解析することができる.

先ほどの 2 端末間での SIR モデルのイメージに, 感染率  $\beta$  と回復率  $\gamma$  を追加し, 微分方程式を立式する.

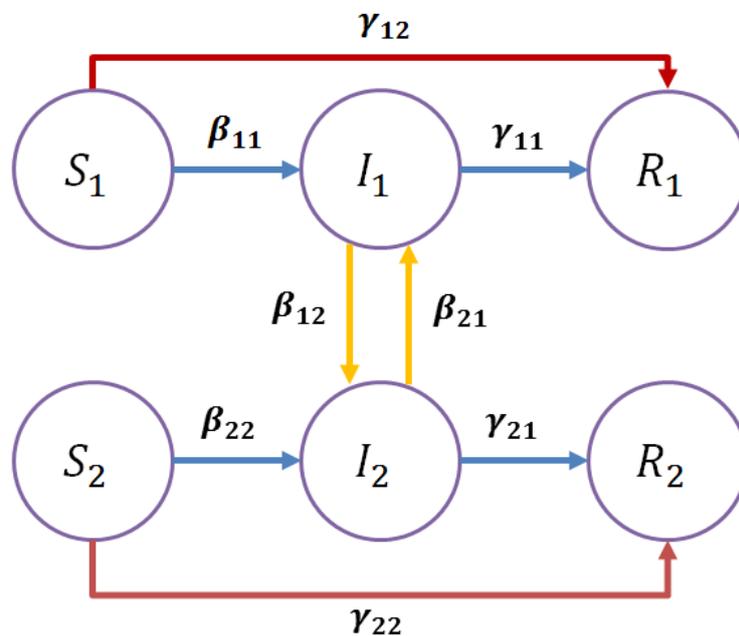


図 3.2: 感染率および回復率を考慮した 2 端末間での SIR モデル.

### 3.3.2 2 端末での SIR モデルから微分方程式を立式

このモデルから微分方程式を立式する。

立式するにあたって、以下の項目を仮定とする。

- ・ 端末は、感染端末との接触のみにより感染する。
- ・ 感染端末の発生は S と I の積に比例する。
- ・ 未感染端末および感染端末は  $\gamma$  で回復し完治端末になる。

以上のことを考慮して微分方程式を立てると、以下のようになる。

$$\begin{aligned}\frac{dS_1(t)}{dt} &= -(\beta_{11}I_1(t) + \beta_{21}I_2(t) + \gamma_{12})S_1(t) \\ \frac{dI_1(t)}{dt} &= (\beta_{11}I_1(t) + \beta_{21}I_2(t))S_1(t) - \gamma_{11}I_1(t) \\ \frac{dR_1(t)}{dt} &= \gamma_{11}I_1(t) + \gamma_{12}S_1(t) \\ \frac{dS_2(t)}{dt} &= -(\beta_{12}I_1(t) + \beta_{22}I_2(t) + \gamma_{22})S_2(t) \\ \frac{dI_2(t)}{dt} &= (\beta_{12}I_1(t) + \beta_{22}I_2(t))S_2(t) - \gamma_{21}I_2(t) \\ \frac{dR_2(t)}{dt} &= \gamma_{21}I_2(t) + \gamma_{22}S_2(t)\end{aligned}$$

上記の式を簡単に説明すると、 $\frac{dS_1(t)}{dt}$  の式では、 $S_1$  が  $I_1$  に接触することにより  $\beta_{11}$  の確率で感染すること、 $S_1$  が  $I_2$  と接触することにより  $\beta_{21}$  の確率で感染すること、 $S_1$  が  $\gamma_{12}$  で回復し完治することを表している。この3つは  $S_1$  の変化で減少を表しているので、微分方程式ではマイナスの値をとり上記の式となる。

$\frac{dI_1(t)}{dt}$  の式では、 $S_1$  が  $I_1$  に接触することにより  $\beta_{11}$  の確率で感染すること、 $S_1$  が  $I_2$  と接触することにより  $\beta_{21}$  の確率で感染すること、 $I_1$  が  $\gamma_{11}$  で回復し完治することを表している。この内の感染の方は  $I_1$  への感染を表し微分方程式ではプラスの値をとり、回復の方は  $I_1$  からの回復を表し微分方程式ではマイナスの値をとるので上記の式になる。

$\frac{dR_1(t)}{dt}$  の式では,  $I_1$  が  $\gamma_1 1$  で回復し完治すること,  $S_1$  が  $\gamma_1 2$  で回復し完治することを表しており, これは  $R_1$  に回復し増加することを表し, 微分方程式ではプラスの値をとる.

$S_2, I_2, R_2$  は上記と同様のことをするので割愛する.

### 3.4 基本再生産数の導出

#### 3.4.1 基本再生産数の導出

へ へ  
の の  
も  
へ

#### 3.4.2 エンデミック（流行）の条件を用いて特性解析

## 参考文献

- [1] 総務省 | 平成 24 年版 情報通信白書 第 2 部 情報通信の現況と政策動向 第 3 節 インターネットの利用動向 (3) インターネットの利用目的  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc243120.html>
- [2] 総務省 | 平成 24 年版 情報通信白書 第 2 部 情報通信の現況と政策動向 第 3 節 インターネットの利用動向  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc243130.html>
- [3] コンピュータウイルス：解説、予防、および回復  
<http://support.microsoft.com/kb/129972/ja>
- [4] Xiaoqin ZHANG, Shuyu CHEN, Huawei LU, Fenggui ZHANG:  
”An Improved Computer Multi-Virus Propagation Model with User Awareness”(2011)
- [5] 稲葉寿： ”感染症の数理 ” (2009)
- [6] 稲葉寿： ”基本再生産数・タイプ別再生産数・状態別再生産数 ”  
(2009)
- [7] 岡本剛, 石田好輝： ”電子メールにより拡散するコンピュータウイルスの拡散モデルの解析” 電子情報通信学会論文誌,(2001)

## 質疑応答

Q. ユーザーの認識を加えることでどのような変化が起こると予測するか？

A. 感染端末数の最大値が小さくなると考える。また  $S_1$  の感染以外からの回復の線を加えることにより、回復端末数の時間変化による増加量が大きくなり、未感染端末数の減少量は大きくなると予想する。

Q. エンデミック（流行）が起こる場合とはどういうことか？

A. 既存のアンチウイルスプログラムでは対応できない、新種のウイルスプログラムが発生したということだと考える。