

**JAWS** 2013

# マルチエージェントシミュレーションを用いた いじめ発生メカニズムの解析

ネット型コミュニケーションモデルへの応用

## An analysis of school bullying using multi-agent simulation

Application for Internet-based communication model

猪鼻 真裕  
Masahiro Inohana

東京大学大学院総合文化研究科  
Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo  
m.inohana510@gmail.com

関 和紀  
Kazuki Seki

(同 上)  
7121840652@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

増原 英彦  
Hidehiko Masuhara

東京工業大学大学院情報理工学研究科, 東京大学大学院総合文化研究科  
Mathematical and Computing Science, Tokyo Institute of Technology and Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo  
masuhara@acm.org

**keywords:** multi-agent simulation, bullying, cyber-bullying, one-to-many communication

### Summary

Cyber-bullying is one of the new kinds of school bullying as Internet services becoming more and more popular communication medium with students. In order to understand underlying mechanisms of cyber-bullying, we designed and carried out multi-agent simulations. The first simulation exhibited that the number of friends and average favorable rating of students affect the number of isolated and fringe students. In the second simulation, we introduced two Internet-based communication models, namely information propagation for representing social networking and random perturbation for representing bulletin-boards. Compared to previous studies that assume one-to-one communication, our simulations exhibited more likeliness of bullying.

### 1. はじめに

学校教育の現場における主な問題の1つに、いじめが挙げられる。2011年には大津市中2いじめ自殺事件が全国的に報道され、社会問題を引き起こした。また、近年では新しいタイプはいじめとして、ネットいじめが問題となっている [内閣 08]。

いじめ問題の解決に向けては、その発生メカニズムの解析が手法として注目されている。本研究では、マルチエージェントシミュレーション (MAS) を用いて、いじめが発生する条件を調べる。MAS の社会科学への適用は、1970年代に初めて行われた [Schelling 71]。その後も様々な領域に適用され、複雑な社会現象を理解し、予測するための、重要な手法の1つとなっている [Epstein 99, Gilbert 03]。いじめ問題に関してもいくつかの研究があり、生徒が同調・排除行動を行うモデル [前田 05]、教師の介入があるモデル [Pynadath 05, 鳥海 07, 田中 10]、性格・感情・環境を導入したモデル [宮田 11] などが提案されている。しかし、生徒に複数の属性を持たせてモデルを複雑化する場合、現象の要因を掴むことがより難し

くになると考える。そこで本研究では、鳥海ら [鳥海 07] のシンプルなモデル化を基にする。

いじめ問題に対して MAS を用いた既存の研究において、著者らは3つの問題点があると考えられる。1つ目は、生態学の分野で指摘されているような、モデルの記述の曖昧性である [Grimm 06]。実際、本研究で扱うモデルは、その詳細な設定及びそれに依存した挙動の変化については十分に調べられていない。2つ目は、コミュニケーションモデルの限定性である。既存研究では、どれも一対一のコミュニケーションを仮定しており、ネットいじめの媒体となるインターネット環境で起こるような、一対多のコミュニケーションは考えられていない。3つ目は、現実の社会調査における統計データとの比較による、モデルの妥当性の検証である。このステップは、忘れられがちではありながら非常に重要なステップとして指摘されている [Gilbert 03]、いじめ問題に関する既存研究においてはほとんど行われていない。

そこで本研究では、以下の3つを目的とし、MAS を用いた実験を行う。1つ目は、ハイダーのバランス理論

[Heider 78] に基づく基本モデルを曖昧性のないように記述し、そのモデルの特性を調査することである。具体的には、あるパラメータに対するモデルの依存性を調べる実験を行って、いじめに対応する状況が発生する条件を調べる。2つ目は、インターネットを介した新たなコミュニケーションモデルをシミュレーションに導入し、提案モデルを採用した場合のいじめの発生状況の変化を調べることである。本研究では、ソーシャルネットワークサービス (SNS) で行われているような、ある生徒の発言を多くの友人が閲覧できる場合に対応する情報伝播モデルと、インターネット上の匿名掲示板などに、ある生徒への誹謗・中傷が書き込まれたものを多くの生徒が閲覧できる場合に対応する不確実的擾乱モデルの、二種類を提案する。3つ目は、実際の社会調査におけるデータと実験結果との比較を行って、モデルの妥当性を検証することである。比較検証には、国立教育政策研究所生徒指導・進路指導研究センター\*1 から公表されているいじめ追跡調査 [国立 06, 国立 09, 国立 10] 内の、中学生のデータを用いる。

本論文は以下の通りに構成される。2章で、本研究で扱う基本モデル及び、本研究における新たな提案である、インターネットを介したコミュニケーションモデルについて説明する。3章では、実験結果を示し、4章で実験結果と実際の統計データとの比較検証を行う。5章に、本研究の結論をまとめる。

## 2. 本研究で用いるシミュレーション手法

本章では、まず学級集団のモデル化を行い、鳥海ら [鳥海 07] の手法をもとに基本モデルを構築する。このとき、シミュレーションの細部においても曖昧さの残らない記述を目指す。そして、インターネットを介した一対多のコミュニケーションモデルを二種類提案し、説明する。

### 2.1 学級集団のモデル化

本研究では、ソシオメトリーに基づく学級集団のモデル化を採用する [鳥海 07, 田中 10]。学級集団に属する  $N$  人の生徒をエージェントと呼び、整数  $i, j$  で表す。エージェント集合を 1 から  $N$  までの整数の集合  $V$  で表す。エージェント  $i$  からエージェント  $j$  への好感度を、 $l_{ij}$  ( $-1.0 \leq l_{ij} \leq 1.0$ ) と表す。好感度  $l_{ij}$  が大きいほど、対象となるエージェントに対して強い好感度を持っていることを示す。 $N$  人のエージェント間の好感度をまとめて行列  $L$  で表し、好感度行列と呼ぶ。

#### §1 友人関係の作成

学級集団における友人関係を、各エージェントが、好感度がしきい値  $T$  以上である上位  $F$  名のエージェントに対して有向リンクを持つような有向グラフによって表す。小学校中高学年以降においては、生徒たちはクリークと

呼ばれる集団構造を形成し、ほとんどの相互作用をこのクリーク内で行うことが知られている [Urberg 95, 石田 02]。有向リンクを上位  $F$  名に限って作成するのは、そのためである。エージェント  $i$  からエージェント  $j$  への有向リンクを  $e_{ij}$  で表し、有向リンクの集合を

$$E = \{e_{ij} \mid i, j \in V \wedge l_{ij} > T \wedge |\{k \mid k \in V, l_{ik} \geq l_{ij}\}| \leq F\} \quad (1)$$

とする。ただし、 $F$  番目に同じ好感度を持っているエージェントが複数存在する場合は、 $F$  番目のエージェントと等しい好感度を持つエージェント集合の中から、友人選択数がちょうど  $F$  人になるように、有向リンクを作成するエージェントを等確率でランダムに選ぶ。

#### §2 友人関係の評価

作成した友人関係から、孤立エージェント集合、周辺エージェント集合を、それぞれ、

$$I = \{i \in V \mid \forall j \in V, E \cap \{e_{ji}\} = \emptyset\}, \quad (2)$$

$$K = \{i \in V \mid i \notin I \wedge (\forall j \in V, e_{ij} \notin E \vee e_{ji} \notin E)\} \quad (3)$$

と定義する。これらはそれぞれ、他のどのエージェントからも友達だと思われていないエージェントの集合、孤立エージェントではないが、相互リンクを持たないエージェントの集合を表し、ソシオメトリックテストにおける孤立児、周辺児に対応する [Gardner 58]。友人関係の評価には、孤立エージェント数  $|I|$ 、周辺エージェント数  $|K|$  を用いる。これらの指標を用いて、以下に述べるシミュレーションの評価を行う。

### 2.2 基本モデル

基本モデルでは、教室内での一対一の対面の会話を仮定する。2人のエージェント (コミュニケーション主体とコミュニケーション相手) が選ばれ、第三者についての会話をし、お互いの好感度を更新する。このとき各エージェントは、主体・相手どちらの場合でも、一度選ばれたら会話をに行ったこととする。後述する条件を満たす全エージェントが一度ずつ会話をを行うまでを 1 単位時間とみなし、1 ターンと呼ぶ。あらかじめ定めたターン数だけコミュニケーションを繰り返し、友人関係の変遷を調べる。以下、シミュレーションステップについて説明する。

#### §1 初期化

エージェント  $i$  からエージェント  $j$  への好感度  $l_{ij}$  を、 $[-1.0, 1.0]$  の範囲の一樣乱数を用いて決定する。ただし、自分から自分への好感度  $l_{ii}$  は 0 とする。なお、[鳥海 07] では初期値の設定は陽に示されず、[田中 10] では範囲を  $[-0.1, 0.1]$  としている。この初期値の設定に依存してシミュレーションの挙動は変化すると考えられ、初期値をランダムサンプリングする範囲も、1 つのパラメータとして扱える。しかし、本研究では最もシンプルなモデル構築のため、ランダムサンプリングの範囲に制限を加え

\*1 [http://www.nier.go.jp/04\\_kenkyu\\_annai/div09-shido.html](http://www.nier.go.jp/04_kenkyu_annai/div09-shido.html)

ない、上記の設定を採用する。全エージェントの好感度を決定したら、2.1.1節の条件に基づき、友人関係を決定する。

## §2 コミュニケーションの実行

### (2.1) コミュニケーション主体の選択

コミュニケーション主体 ( $P$ ) は、当該ターンでまだ会話をしていないエージェントから、等確率でランダムに選ぶ。

### (2.2) コミュニケーション相手の選択

教室内においては、親しい友人の間ほど頻繁に会話が行われると言われている [石田 02]。そこでコミュニケーション相手 ( $O$ ) は、当該ターンでまだ会話をしていないエージェントのうち、コミュニケーション主体の友達及び、友達の友達の中から、等確率でランダムに選ぶ。該当するエージェントが存在しないときは、他にコミュニケーションを実行可能なエージェントが存在するかどうかを調べ、存在する場合は (2.1) に戻る。存在しない場合はターンを終了する。

### (2.3) 好感度の更新

$P$  と  $O$  は、教室内の他のエージェントからランダムに選んだ会話対象  $X$  に関する会話をし、 $P$  から  $O$  および  $X$ ,  $O$  から  $P$  および  $X$  への好感度を更新する。更新には、ハイダーのバランス理論 [Heider 78] を実数値へ拡張した、以下の式を用いる。

$$\Delta l_{PO} = w l_{PX} l_{OX}. \quad (4)$$

$$\Delta l_{PX} = w l_{PO} l_{OX}. \quad (5)$$

$$\Delta l_{OP} = w l_{OX} l_{PX}. \quad (6)$$

$$\Delta l_{OX} = w l_{OP} l_{PX}. \quad (7)$$

ただし、 $w$  は  $0.0 \leq w \leq 1.0$  を満たす好感度変化の重みである。実数値への拡張には、全エージェントからの影響がある設定 [Kulakowski 07] も考えられるが、本研究では一対一の対話モデル [鳥海 07] を採用する。好感度を更新したら、2.1.1節の条件に基づき友人関係を更新する。

## 2.3 ネット型コミュニケーションモデル

本研究では、一対一のコミュニケーションを、一対多のコミュニケーションに拡張した2つのモデルを提案する。この拡張は、今日児童生徒に普及した、インターネット環境を用いたコミュニケーションを反映させる目的を持っている。

### §1 情報伝播モデル

1つ目はブログやSNSなどで行われているように、2者間のコミュニケーションを数多くの「友達」が観測するようなコミュニケーションである。特に中学生では、インターネットの利用目的として、友人との情報交換が上位に入っている [内閣 08]。概念図を図1に示す。

2.2.2節における  $P$  と  $O$  のコミュニケーションの際に、 $P$  への有向リンクを持つエージェント  $i$  も、以下の

式に従って好感度を更新する。

$$\Delta l_{iX} = w' w l_{PO} l_{OX} \quad (8)$$

$$(\forall i \in V. i \neq P \wedge i \neq O \wedge i \neq X \wedge e_{iP} \in E).$$

$w'$  は、 $0.0 \leq w' \leq 1.0$  を満たす好感度変化の二次的な重みで、直接の会話を閲覧した場合の好感度に対する影響度を表す。この重みを導入した理由は、インターネットから得た情報は直接の会話よりも影響力が小さいと予想するためである。以上のモデルを、情報伝播モデルと呼ぶ。

### §2 不確実的擾乱モデル

2つ目は、インターネットの掲示板などに見られる匿名性である。著者らは、(1) 匿名性によって誹謗・中傷を行うことへの心理的抵抗が小さくなり、従来と比べて他者への誹謗・中傷が増加していることと、(2) 発言主体に対する評価の不在から、より広い範囲への影響があると予想する。特に、学校裏サイトと呼ばれるネット掲示板での誹謗・中傷は問題視されており、2007年の滝川高校いじめ自殺事件で大きく報道され、社会問題となった。

本研究では、匿名性の影響を「匿名掲示板などに否定的な発言が行われた」ことに限ってモデル化する。具体的には、あるターンに、ランダムに選ばれたエージェント  $X$  の好感度を下げる。概念図を図2に示す。

ある周期を定め、その周期において、ランダムに選んだエージェント  $X$  への好感度を、以下の式に従って更新する。

$$\Delta l_{iX} = -J \quad (\forall i \in V. i \neq X). \quad (9)$$

$J$  は、前もって定めておく擾乱パラメータである。この好感度変化を一定の周期で行うモデルを、不確実的擾乱モデルと呼ぶ。

## 3. 実験結果

### 3.1 基本モデルにおけるパラメータ依存性

本節では、友人選択数  $F$  をパラメータとして、基本モデルにおける周辺・孤立エージェント数の  $F$  依存性を解析する。表1に、基本モデルの実験設定をまとめる。

表1: 基本モデルの実験設定

エージェント数 $N$	30
好感度変化の重み $w$	0.05
友人選択のしきい値 $T$	0.0
好感度行列の初期化の値選択範囲	$[-1.0, 1.0]$
シミュレーションターン	5000
実験回数	100

好感度変化の重み  $w$  以外の値は、先行研究 [鳥海 07] の設定を踏襲した。好感度変化の重み  $w$  に関しては、先

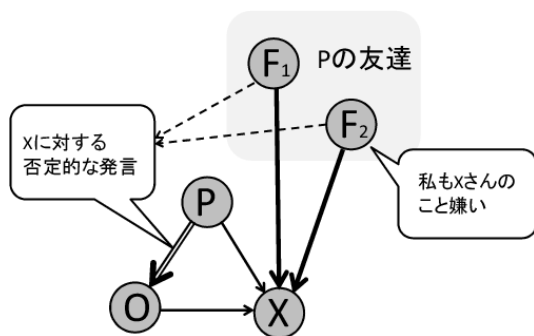


図 1: 情報伝播モデル

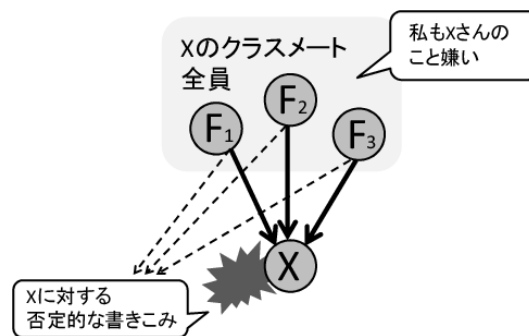


図 2: 不確実的擾乱モデル

行研究 [鳥海 07] に設定値が記されていないため、シミュレーションの挙動が 5000 ターンのうちに安定するような値を予備実験によって求めた。この設定の下で、 $F$  依存性について実験した結果を、図 3 に示す。

図 3 をみると、まず、友人選択数  $F$  が増えるにしたがって、孤立・周辺エージェント数が減少することが分かる。特に、先行研究 [鳥海 07] の設定である  $F = 5$  の場合には、孤立エージェント数は 0.13 となっており、いじめはほとんど発生しないことが分かった。すなわち、好感度行列などを特に操作しないシンプルなモデルでは、先行研究 [鳥海 07] とは異なる結果が得られた。

次に、コミュニケーション相手の候補数の、 $F$  依存性を求める実験を行った。ベネッセ教育総合研究所\*2 から公表されている子ども生活実態基本調査 [ベネ 05, ベネ 09] において、「よく話をしたり遊んだりする友達の数」のデータから算術平均を求めると、それぞれの年において 9.4 人、9.9 人となる。本シミュレーションでは、友達または友達の友達であるエージェントの数がこれに相当する。この値は  $F$  によって変わるため、 $F$  の値を変えながら、実際にどの程度のコミュニケーション相手候補からエージェントを選んでいるのかを調べた。会話相手が 10 人程度となる設定を探すと、 $F = 3$  のときに 11.5 となり、一番近い値となった。また、 $F = 5$  の場合には、候補者数が 14.6 となり、クラス内の約半数が候補者となった。

### 3.2 基本モデルにおける好感度行列の平均値のシフト

ソシオメトリックテストを用いて学級集団構造を調査した研究では、1 人が選択できる友人数を 5 人としても孤立する生徒が存在する、という結果が得られている [松村 92]。しかし、前節の結果によると、基準の設定では  $F = 5$  のときにほとんどいじめは発生しない。そこで本節では、 $F = 5$  の場合でも孤立エージェントが発生し得るような、実験設定を調査する。

$F = 5$  では、より多くのエージェントを友人として選択できるため、各エージェントがリンクを受ける確率が上がっている。このとき、好感度を全体的に低くすれば、好感度がしきい値を超える確率が下がるため、孤立エー

ジェントが発生しやすくなると考えられる。そこで、好感度行列の初期化の際に、好感度行列の平均値をマイナスにすることを考える。好感度行列の平均値  $\bar{L}$  を、以下の式で定義する。

$$\bar{L} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N l_{ij}. \quad (10)$$

ここで、好感度行列を初期化する際に、 $[-1.0, 1.0]$  の範囲の一樣乱数を用いるのではなく、 $[-0.5, 0.5]$  の範囲の一樣乱数を用い、ある一定の値を減算して、初期値とすることにする。この操作によって、減算するある一定の値だけ、 $\bar{L}$  がマイナスの値にシフトする。この設定の下での実験結果を図 4 に示す。図 4 をみると、 $\bar{L}$  をマイナスにシフトさせるにしたがって、周辺・孤立エージェント数ともに増加していくことが分かる。この実験により、 $F = 5$  の場合でも、好感度行列の初期値の平均を操作することでいじめが発生する状況をシミュレートできることが分かった。

以上の結果より、 $F = 3, 5$  のパラメータ設定は、いずれも妥当な可能性があるとして、以降の実験では (i)  $F = 3$  かつ好感度行列のシフトなし、(ii)  $F = 5$  かつ好感度行列のシフト 0.42、の 2 つの設定を用いて、モデルを拡張する。以降では、後者の設定を  $F = 5$  と略記する。

### 3.3 情報伝播モデルへの拡張

$F = 3, 5$  それぞれの場合に、2.3.1 節で述べた拡張を行って、好感度変化の二次的な重み  $w'$  に対する周辺・孤立エージェント数のパラメータ依存性を調べる実験を行った。結果を図 5 に示す。

結果を見ると、周辺エージェント数に関しては  $F = 3$  の場合の方が多い結果となっている。一方、孤立エージェント数に関しては、どちらも同じような傾向を示している。特に、情報伝播が少しでもあれば ( $w' \sim 0.1$ )、周辺・孤立エージェント数は増加することがわかる。そして  $w'$  が増すにつれ、緩やかに増えていく様子が観察された。

\*2 <http://berd.benesse.jp/>

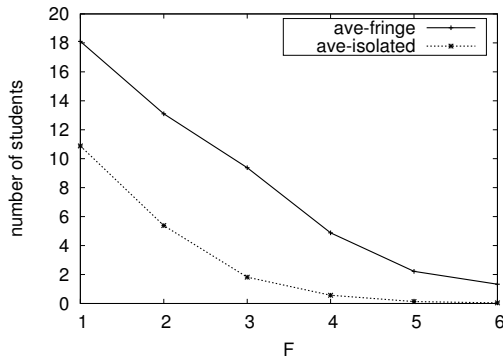


図3: 孤立・周辺エージェント数の友人選択数  $F$  依存性

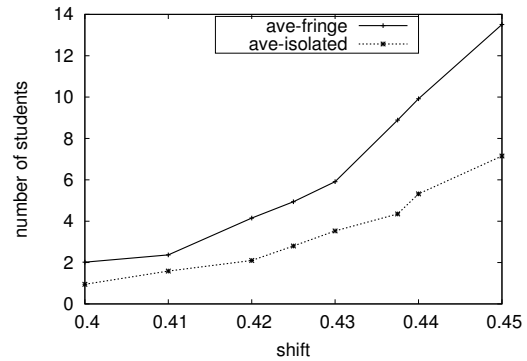


図4: 好感度行列の初期化の平均値を下げた場合の周辺・孤立エージェント数:横軸は  $\bar{l}$  をマイナスにシフトする値

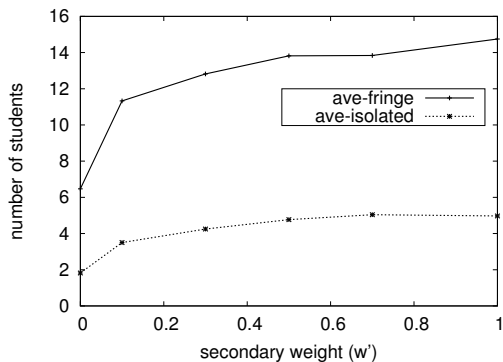
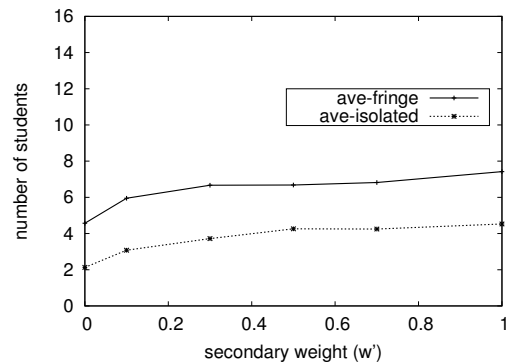


図5: 情報伝播モデルにおける孤立・周辺エージェント数の推移 (左: $F=3$ , 右: $F=5$ )



### 3.4 不確実的擾乱モデルへの拡張

$F=3, 5$  それぞれの場合に、2.3.2節で述べた拡張を行って、擾乱を与える周期と、擾乱パラメータ  $J$  に対する周辺・孤立エージェント数のパラメータ依存性を調べる実験を行った。擾乱パラメータ  $J$  については、パラメータ値を  $[0.0, 0.5]$  の範囲で変化させても周辺・孤立エージェント数に大きな変動は見られなかった。よってここでは、擾乱周期依存性実験の結果のみを示す。

#### §1 擾乱周期依存性

擾乱パラメータ  $J$  を 0.1 に固定し、擾乱を加える周期を変えて、実験を行った。匿名掲示板の情報とはあまり強く伝わらないであろうと予想し、 $J=0.1$  という、小さな影響を仮定する。 $F=3, 5$  の場合の結果をそれぞれ、図6に示す。

図6を見ると、孤立エージェントについては、周期が短いほど発生数が高くなっている。一方、周辺エージェントについては、周期が長くなるほど増加する傾向にある。これは不確実的擾乱によって、擾乱がなければ周辺エージェントであったはずのエージェントが、擾乱の影響によって孤立してしまったことを示唆している。また、 $F=5$  の場合の方が、上に述べた傾向がより強い。

### 3.5 提案モデルを導入した場合の実験結果のまとめ

3.3節、3.4節ではインターネット環境でのコミュニケーションをモデル化して拡張実験を行ったが、どちらの実験も、インターネット環境がいじめを促進する可能

性があることを示唆する結果となった。

## 4. 考察

本章では、実際の社会調査によるデータと実験結果を比較し、シミュレーションの妥当性について考察する。まず、比較対象とする統計調査と、比較検証に用いるデータの種類について説明し、その後定性的評価と定量的評価を行う。

### 4.1 比較対象とする統計調査

著者らは、いじめ追跡調査 [国立09, 国立10] によって得られた結果が、より生徒の実態をつかめていると考え、これをシミュレーションと比較する統計調査として採用する。

国によるいじめ問題に関する統計的な調査は、1985年から行われている [文部12]。調査結果は、文部科学省\*3から毎年公表されている。児童生徒の問題行動等生徒指導上の諸問題に関する調査 [文部12] や、国立教育政策研究所生徒指導研究センターから公表された、いじめ追跡調査 [国立09, 国立10] などから参照できる。

しかし、文部科学省の調査方法では学校側が認知したいじめの件数がカウントされており、メディア報道でいじめ問題が大きく取り上げられたり、いじめの定義が変わったりするたびに、認知件数が大きく変動する [文部

\*3 <http://www.mext.go.jp/>

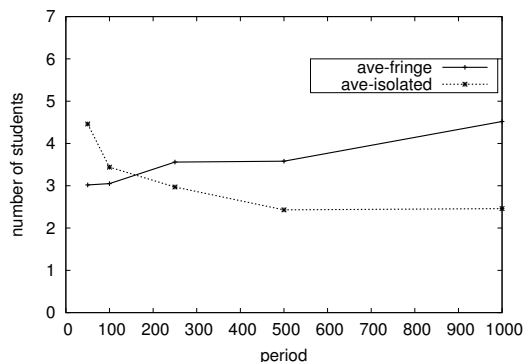
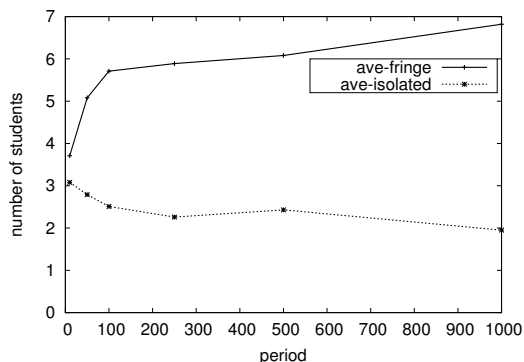


図 6: 不確実的擾乱モデルにおける孤立・周辺エージェント数の周期依存性 (左: $F = 3$ , 右: $F = 5$ )

12]. 実際、最新の発表においても、大津市中 2 いじめ自殺事件をきっかけにいじめの認知件数が急増したことが報告されている [国立 13].

一方、いじめ追跡調査によると、いじめが発生しやすい年、しない年があるのではなく、毎年同程度のいじめが発生している [国立 09, 国立 10]. この結果の相異は、文部科学省の調査では学校ごとに発生件数を調べているのに対し、いじめ追跡調査では一人一人の生徒に対して自記式の質問紙調査をしていることに起因すると考えられている [国立 09, 国立 10].

#### 4.2 シミュレーションと比較するいじめの形態

いじめ追跡調査では、計 6 つの調査項目を立てていじめの件数を調べているが、本研究のシミュレーションでは周辺・孤立エージェントを友人関係の評価に用いるため、対応するいじめの形態を「仲間はずれ・無視・陰口」と考え、比較対象とするデータをこの形態のものに限る。

図 7 に、「仲間はずれ・無視・陰口」による被害を週に 1 回以上経験している小・中学生の割合の経年変化を示す。図 7 より、全体の傾向に大きな変動はない [国立 10] といっても、2005 年を境にいじめの被害率が増加していることが分かる。以降の考察では、このいじめ被害経験率とシミュレーションによる孤立エージェント数の対応を考えていくこととする。

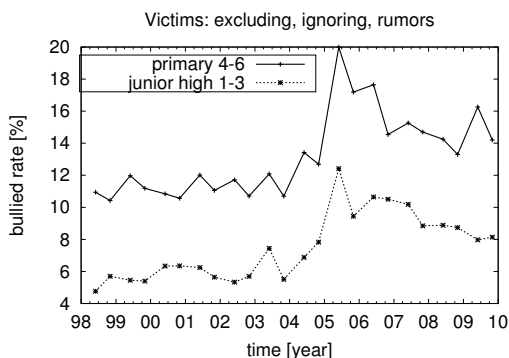


図 7: 週 1 回以上のいじめ被害 (仲間はずれ・無視・陰口) の経験率の推移 (実線は小学 4~6 年生, 点線は中学 1~3 年生のデータを表す) [年] [国立 06, 国立 09, 国立 10]

#### 4.3 定性的評価

現実のデータからいえるいじめ問題の重要な性質は、「いじめは、どの子どもにも起こりうる」というものである [国立 09, 国立 10]. すなわち、誰か特定のいじめられやすい児童がいるのではなく、いじめの被害者となる生徒は頻繁に入れ替わっている。

本研究のシミュレーションでその状況が再現できているか、確認を行った。結果を、図 8 に示す。図 8 は、3.1 節、3.2 節における 100 回の実験のうち 1 回だけが無作為に取り出して、各ターンで孤立エージェントとなっているエージェントを示したものである。結果を見ると、どちらも孤立エージェントとなるエージェントがターン毎に異なり、特定の生徒がいじめを受け続ける状況にはなっていないことが観察できる。また、情報伝播モデル、不確実的擾乱モデルの両方においても、同様の傾向が観測された。紙面の都合で図は省略する。

以上より、基本モデルの下で、いじめの被害者が流動的に変化する、という性質が再現されることを確認し、一対多のコミュニケーションモデルに拡張した場合も、その性質が失われないことを確認した。

#### 4.4 定量的評価

本節では、4.2 節の中学生のデータを用い、実験結果との定量的な比較検証を行う。

まず、データの存在する 12 年分の調査結果について、基本モデルがどの程度現実を再現できているかを調べる。具体的には、いじめ被害率と集団内の孤立エージェントの割合を比較し、統計検定により有意差の有無を確認する。いじめ被害率は 12 年間の平均値を用い、基本モデルの孤立エージェント数のデータには、100 回の実験の平均値を用いる。なお、検定のために再度実験を行ったため、3.1 節、3.2 節内のグラフのデータとは、標準偏差の範囲内で若干数値が異なる。平均値間の比較のため、不等分散の仮定の下、Welch の  $t$  検定を行う。有意水準 5% の両側検定を用いる。不等分散性については、有意水準 5% の  $F$  検定を用い、有意差があることを確認した。結果を、表 2 に示す。

表 2 を見ると、 $F = 5$  の場合は有意差は見られないが、

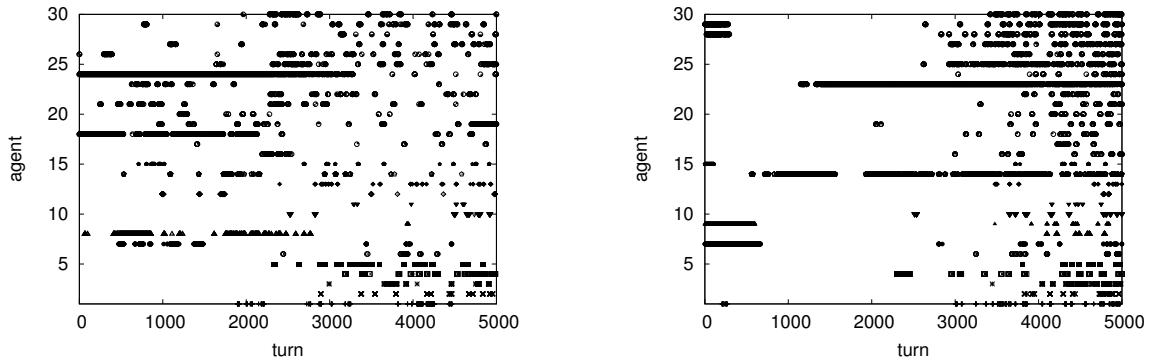


図 8: 孤立エージェント ID の推移 : 横軸はターン数, 縦軸はエージェントを表し, 当該ターンに孤立エージェントであった場合にはプロットされる (左:  $F = 3$ , 右:  $F = 5$ ).

$F = 3$  の場合は  $p < 0.05$  であり, 有意差がある. すなわち,  $F = 3$  の設定は, 12 年分のデータを全て考えたときに, いじめの状況を定量的に再現出来ていないと考えられる. しかし, 図 7 を見ると, 2005 年を境にいじめの被害率に定量的な変化が見られる. そこで, 以降の節ではこの変化に注目し, より詳しい考察を行う.

§1 1998 年 ~ 2004 年

まず, 2004 年までのデータについて考察する. 得られたデータを, 表 3 にまとめ, 比較する. 表 3 中の統計データのいじめ被害者の割合は, 7 年分のデータを平均して算出した. 実験データは, 前節と同じものを用いる. 統計データと  $F = 3, 5$  のそれぞれの平均値の比較のため, 不等分散の仮定の下, Welch の t 検定を行った. 有意水準 5% の両側検定を用いた. 不等分散性については, 有意水準 5% の F 検定を用い, 有意差があることを確認した. t 検定の結果, どちらの場合も  $p > 0.05$  となり, 有意差は見られなかった. よってこの場合は, 定量的にもいじめの状況を再現できたのではないかと考える.

§2 2005 年 ~ 2009 年

2005 年以降は, 全体的にいじめ被害者の割合が増えている傾向にある. 特に, 2005 年は被害者の割合が最も高く, 中学生において約 12% の生徒がいじめを受けている.

まず, 基本モデルの結果と現実の調査結果の比較を行う. 前節と同様に, 不等分散の仮定の下, Welch の t 検定を行った. 有意水準 5% の両側検定を用いた. 不等分散性については, 有意水準 5% の F 検定を用い, 有意差があることを確認した. 結果を表 4 にまとめる.

表 4 を見ると, どちらの実験データも統計調査との有意差が見られた. すなわち, 基本モデルの実験結果では, 2005 年以降の統計データがうまく説明できないといえる.

表 2: 1998 年 ~ 2009 年の統計データと実験データの比較 (統計検定には, 不等分散の仮定の下, Welch の t 検定を用いた)

	統計データ [国立 06] [国立 09, 国立 10]	実験値 ( $F = 3$ )	実験値 ( $F = 5$ )
いじめ被害者の割合 [%]	7.51	5.73	6.60
孤立エージェント数 [人]	-	(1.72 / 30)	(1.98 / 30)
p 値	-	$2.54 \times 10^{-3}$	0.215

次に, 本研究によるネット型への拡張モデルの結果と, 現実の統計データを比較する. ここでは, 特にいじめ被害率の増加が顕著な 2005 年のデータに注目し, 比較を行う. なぜなら, 最大値である 2005 年の被害率が再現できれば, パラメータの調節によって他の年度の被害率も再現できると考えるからである.

まず, 情報伝播モデルについて比較を行う. 2005 年には中学生のいじめ被害率は 12.42% に達しているが, この数値を再現できるようパラメータチューニングを行ったところ,  $w' = 0.2$  のときに  $F = 3$  の場合に孤立エージェントの割合が 13.07%,  $F = 5$  の場合に孤立エージェントの割合が 11.3% となり, 社会調査の結果に近い値が得られた. ここでの近い値とは, 孤立エージェント数が 1 人ずつれた場合, 約 3% のずれが発生することを考えている. 次に, 不確実的擾乱モデルについて比較を行う. 同様に, 12.42% の値を再現できるパラメータ設定を求めたところ,  $F = 3$  では  $J = 0.1$ , 擾乱周期が 10 のとき,  $F = 5$  では  $J = 0.1$ , 擾乱周期が 100 のときに, 孤立エージェントの割合がそれぞれ 10.23%, 11.47% となり, 社会調査の結果に近い値が得られた.

以上のように, 拡張したコミュニケーションモデルの下では, 新しく導入したパラメータを調節することで, 基本モデルの枠組みでは説明出来なかった現実の社会調査の結果を, 定量的に再現可能であると考えられる.

5. おわりに

本研究では, マルチエージェントシミュレーションによるいじめ発生メカニズムの解析を行った. まず, 先行研究 [鳥海 07] の枠組みを用いた基本モデルを構築し, 周

表 3: 1998 年 ~ 2004 年の統計データと実験データの比較 (統計検定には, 不等分散の仮定の下, Welch の t 検定を用いた)

	統計データ [国立 06, 国立 09]	実験値 ( $F = 3$ )	実験値 ( $F = 5$ )
いじめ被害者の割合 [%]	6.04	5.73	6.60
孤立エージェント数 [人]	-	(1.72 / 30)	(1.98 / 30)
p 値	-	0.486	0.387

表 4: 2005 年～2009 年の統計データと実験データの比較 (統計検定には、不等分散の仮定の下、Welch の t 検定を用いた)

	統計データ		実験値 ( $F = 3$ )	実験値 ( $F = 5$ )
	国立 09, 国立 10			
いじめ被害者の割合 [%]	9.58		5.73	6.60
孤立エージェント数 [人]	-		(1.72 / 30)	(1.98 / 30)
$p$ 値	-		$3.70 \times 10^{-7}$	$1.65 \times 10^{-4}$

辺・孤立エージェント数のパラメータ依存性を調べる実験を行った。その結果、基本モデルと本研究で用いたパラメータ設定の下では、好感度行列の初期化の際の平均値にシフトを加えない場合、 $F = 3$  以下でいじめに対応する状況が発生し、 $F = 5$  の場合でも、好感度行列の初期化の際の平均値をマイナスにシフトすることで、いじめに対応する状況が発生することが分かった。

次に、インターネットの普及を考慮した新たなコミュニケーションモデルを提案し、実験を行った。既存研究では一対一のコミュニケーションしか扱っていなかったのに対し、本研究では、一対多のコミュニケーションモデルとして、情報伝播モデルと不確実的擾乱モデルを提案した。結果として、どちらのモデルを用いても、孤立エージェント数が増加することを観測した。

さらに、現実のいじめ被害者の統計データとの比較検証を行い、得られた結果が定性的・定量的に妥当だとと思われることを示した。定性的には、基本モデルにおいても、本研究の提案モデルにおいても、いじめ被害者が固定されない状況を再現することができた。定量的な評価には、中学生のいじめ被害者に関する統計データを用いた。実験の結果、2000 年前半までのいじめ被害者の割合 (6～7%) は、基本モデルの結果が対応した。一方、2005 年以降のいじめ被害者の割合 (10～12%) は、基本モデルの枠組みでは説明しにくい結果となった。こちらの場合、インターネットを介したコミュニケーションを行う、提案モデルの結果の方がよりよく対応した。

以上の結果は、インターネットを介したコミュニケーションモデルの下では、いじめが発生する可能性が増すことを示唆しており、2005 年頃にインターネット環境が普及したことによって、いじめの発生率が増加したという仮説が考えられる。この仮説の更なる検証は、今後の課題である。また本研究の結果を踏まえると、Twitter<sup>\*4</sup> や Facebook<sup>\*5</sup> などの SNS の利用が広まっている現在、いじめ被害者が増加することが予想される。こちらの仮説検証も、今後の課題である。

## ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Epstein 99] Joshua, E. M., Robert, A., 服部正太・木村香代子 (訳): 人工社会: 複雑系とマルチエージェント・シミュレーション, 共立出版 (1999)
- [Gardner 58] Lindzey, G., Borgatta, F., Edgar, 大塩 俊介 (訳): ソシオメトリーによる測定, 社会心理学講座, 4. 実験と観察, 2, みす

\*4 <https://twitter.com/>

\*5 <https://ja-jp.facebook.com/>

- ず書房 (1958)
- [Gilbert 03] Nigel, G., Klaus, T., G., 井庭 崇・岩村拓哉・高部陽平 (訳): 社会シミュレーションの技法, 日本評論社 (2003)
- [Grimm 06] Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., Goss-Custard, J., Grand, T., Heinz, S. K., Huse, G., Huth, A., Jepsen, J. U., Jorgensen, C., Mooij, W. M., Muller, B., Pe'er, G., Piou, C., Railsback, S. F., Robbins, A. M., Robbins, M. M., Rossmanith, E., Ruger, N., Strand, E., Souissi, S., Stillman, R. A., Vabo, R., Visser, U., and Deangelis, D. L.: A standard protocol for describing individual-based and agent-based models, *Ecological Modelling*, Vol. 198, pp. 115–126 (2006)
- [Heider 78] Fritz, H., 大橋正夫 (訳): 対人関係の心理学, 誠信書房 (1978)
- [Kulakowski 07] Kulakowski, K.: Some recent attempts to simulate the Heider balance problem, *Computing in Science and Engineering*, Vol. 9, No. 4, pp. 80–85 (2007)
- [Pynadath 05] Pynadath, D. V. and Marsella, S. C.: PsychSim: Modeling Theory of Mind with Decision-Theoretic Agents, in *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 1181–1186, Morgan Kaufman Publishers Inc (2005)
- [Schelling 71] Schelling, T. C.: Dynamic Models of Segregation, *Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 1, pp. 143–186 (1971)
- [Urberg 95] Urberg, K. A., Değirmencioglu, S. M., Tolson, J. M., and Hallidar-Scher, K.: The Structure of Adolescent Peer Networks, *Developmental Psychology*, Vol. 31, No. 4, pp. 540–547 (1995)
- [ベネ 05] ベネッセ教育総合研究所: 第 1 回子ども生活実態基本調査 (2005)
- [ベネ 09] ベネッセ教育総合研究所: 第 2 回子ども生活実態基本調査 (2009)
- [宮田 健] 宮田 健: 学級のいじめ問題に関するマルチエージェントシミュレーション, Master's thesis, 九州工業大学 情報システム専攻 電子情報工学分野 (2011)
- [国立 06] 国立教育政策研究所生徒指導研究センター, 文部科学省編: 『平成 17 年度教育改革国際シンポジウム「子どもを国際行動に向かわせないために - いじめに関する追跡調査と国際比較を踏まえて -」(報告書)』 (2006)
- [国立 09] 国立教育政策研究所生徒指導研究センター: いじめ追跡調査 2004-2006 (2009)
- [国立 10] 国立教育政策研究所生徒指導研究センター: いじめ追跡調査 2007-2009 (2010)
- [国立 13] 国立教育政策研究所生徒指導研究センター: 生徒指導リーフ いじめの「認知件数」(2013)
- [松村 92] 松村 茂治, 高橋 良太: ソシオメトリックテストによるある学級集団構造の 2 年間の追跡研究, 東京学芸大学紀要, 第 43 巻, pp. 105–121 (1992)
- [石田 02] 石田 靖彦: 面接法を用いた集団構造の把握-ソシオメトリック・データとの比較による信頼性・妥当性の検討-, 愛知教育大学研究報告, Vol. 51, pp. 93–100 (2002)
- [前田 05] 前田 義信, 今井 博英: 群集化交友集団のいじめに関するエージェントベースモデル, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 88, No. 6, pp. 722–729 (2005)
- [鳥海 07] 鳥海 不二夫, 石井 健一郎: 学級集団形成における教師による介入の効果, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 90, No. 9, pp. 2456–2464 (2007)
- [田中 10] 田中 恵海, 高橋 謙輔, 鳥海 不二夫, 菅原 俊治: 学級のいじめ問題を題材とする工学的シミュレーションとその考察, 情報処理学会論文誌. 数理モデル化と応用, Vol. 3, No. 1, pp. 98–108 (2010)
- [内閣 08] 内閣府政策統括官: 第 5 回情報化社会と青少年に関する調査 (2008)
- [文部 12] 文部科学省: 平成 23 年度「児童生徒の問題行動等生徒指導上の諸問題に関する調査」結果について (2012)