

市民参加型支援ネットワークの基礎研究 東日本大震災から教訓を引き出すために

渋谷 和彦*

A Study on Participatory Support Networking by Voluntary Citizens – The Lessons from the Tohoku Earthquake Disaster –

Kazuhiko SHIBUYA*

Abstract– This computational social scientific study intended to inquiry into an emerging pattern of self-organized networking in social phenomena such as cooperative voluntary participation and civic engagement. Especially, the ‘Pay It Forward’ inspired networking was able to unveil the nature of varieties of social participatory cooperation and ad hoc networking patterns by artificial social simulation. It suggested that this type of self-organizing networking can be adapted in various fields such as biologically inspired computing, community based services by information communication technology, smarter networking systems and other sociological concerns. And finally, taken together, I discussed various considerable matters as the lessons from the Tohoku Earthquake Disaster in Japan at the beginning of March 2011.

Keywords– networking, volunteer, self-organization, social capital

1. 問題

2011年3月11日に発生したM9.0の大地震（以下、東日本大震災と称する）の震災後において、人材、物資、情報全般の脆弱性が露呈した。教訓を引き出すために、敢えて少数の要因を取り上げるとすれば何だろうか。特に、無償の支援活動とネットワークを取り上げてみたい。

第一に、無償で行われる参加型の支援活動、即ち、多くはボランティア活動や人道的支援等と称される活動形態についてである。東日本大震災後は、国内外から無償のボランティア活動による支援、救援物資の無償提供、国内外からの寄付や義捐金の提供が相次いだ。2011年3月末時点で判明しただけでも、海外からも含め、300億円を超える寄付となったという。

更に、2011年6月現在で、38万人ものボランティアが現地に入り、支援活動を支えた。この数値は、岩手、宮城、福島各県の災害ボランティアセンターに登録して活動した人数分のみであるが、5月の連休を返上してま

で参加した市民も多かった。特に、東日本大震災後において、注目すべきは、SNS (Social Networking Site) や Twitter 等のオンライン・サービスを介して、自発的な支援と協力の輪が生じたことである。

しかし、無償の支援をする経済合理性がどれだけあるだろうか。見返りもなく、現地での活動費や安全性も自己責任となる無償の支援行為が経済的行為よりも優先的に選択されるという、多数のボランティア参加者達が出現する理由は、本来的に経済学的解答がないと言われている。一方、海外のアメリカ社会でも、全人口の26.8%が労働時間の10%をボランティア活動に使っており、地域や教育活動の下支えとなっているという報告もある [1]。しかし、それでもなお、市民に無償かつ自発的参加をさせることのできる要因は、ボランティア研究ですら未だ解明されていないと明言するほどである [2, 3]。

では、東日本大震災において、自発的で協調的な一般市民によるボランティア・ベースの支援活動は、なぜ、これほどまでに生じたのであろうか。2010年末から2011年初頭にかけて生じた「タイガーマスク運動」も含め、これらの事象をもって、我が国でも、寄付やボランティア文化が根付く契機と捉える論調もある。だが、非営利組織やコミュニティの発展を多様に支える社会的事業や協働的活動は、通常多くの運営上の困難がある

*情報・システム研究機構 新領域融合研究センター 東京都立川市緑町 10-3

*Transdisciplinary Research Integration Center (TRIC), Research Organization of Information and Systems (ROIS), 10-3 Midoricho, Tachikawa-shi, Tokyo

Received: 27 February 2012, 25 June 2012

[4, 5].

しかし、一方で、オンライン上では、現実世界では考えられないほど「無償」「互助」「協働」的サービスが普及し、多くのボランティア達で支えられている [6]. 東日本大震災では、例えば、Google 社が主催した Person Finder サービスでは、行方不明者を探すため、多くのボランティアが情報収集、安否確認、情報の入力・編集に自発的に参加したことが知られる。また、マッチング・ギフト（個人が一定額の募金をすると、その同額を企業も負担し、まとめて寄付する）も、この震災を機にインターネットを介して広がりを見せ、SNS 等のコミュニティによる呼びかけによって、多額の募金が集まった。ここで冷静に考えれば、オンラインか否かを問わず、こうした活動に対しては、経済合理性を追求するならば、無償で自分も参加するよりも、収奪的に Free-Ride する方が合理的である。だが、こうした活動が存立する理由は、心理的動機に依拠することだけは、判明しつつある [7]. つまり、「支援」とは、かなり、経済合理性からの動機よりも、心理的かつ社会的な要因が強く関与していることは、裏付けられつつある [8, 9, 10].

従って、こうした自発的かつ無償の行動が人道的・倫理的動機による一時的なものであるか否かに関わらず、こうした支援の社会現象の本質を探究することは、東日本大震災の教訓を学ぶことに通じると考える。

第二に、東日本大震災で露呈した各種の「ネットワーキング」の問題の一部を以下に挙げた。要するに、これらの断絶により人材、物資、情報等が滞り、各種の支援や意思決定等が不十分であった。

- ① 被災者達の位置探索と、救難・避難経路の不全
- ② SNS 等を活用した情報ネットワークの威力
- ③ オンラインによる寄付や募金活動の活発化、他方、それらの分配問題、支給方法の不全 [11]
- ④ ボランティア達の派遣先が偏在的に分布
- ⑤ 救援物資輸送の SCM (Supply-Chain Management) の問題
- ⑥ 鉄道、自動車、帰宅難民のための交通網の問題
- ⑦ 電力発電・供給ネットワーク問題の露呈

一方、JST 研究開発戦略センター (CRDS) も、東日本大震災を受けて、戦略提言「東日本大震災からの復興に関する提言」[12] をまとめている。その中でも特筆すべきは、以下を挙げた点である（本稿で検討する問題のみ列挙）。

- モデリング、シミュレーションを活用した平時と非常時を円滑に接続する災害対応システムの構築
- 災害時でも対応しうる情報通信システムの構築、情報と社会の関係（リスク・コミュニケーション等）に関する研究
- 災害時医療のための効果的なロジスティクス支援体

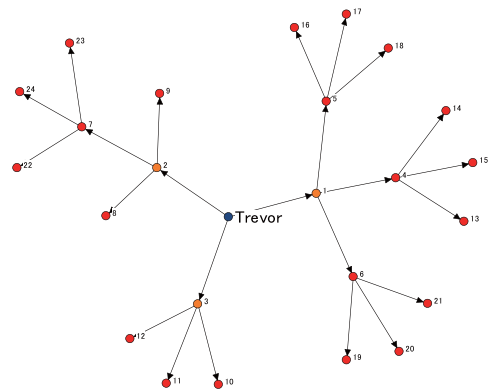


Fig. 1: 中央にトレバーを配置した PIF ネットワーキング

制の構築、医療マネジメント司令塔の設置

要するに、災害時だけでなく、個々の要素技術としても、全体的にも、実用的なシステム設計や研究が不足していたことを認めたのである。また、人びとの避難行動と情報技術の問題、そして最も顕著であった草の根ネットワークともいべき個々の市民による自発的で無償の支援について、JST の指摘では、あまり触れられていない点も不十分であろう。

本稿では、東日本大震災等で見出された無償の支援ネットワークがどのように成立しうるのかといった現象の本質をまずコンピュータ技術を活用した社会科学 (Computational Social Science (CSS)) 的に考究する [13, 14]. 特に、小説『ペイ・フォワード』(PIF: Pay It Forward) [15] でも示された類似の支援形態とネットワークの特性を切り口にして検討を進める。この小説は、東日本大震災と同様に、市民参加による支援とネットワークの問題だからである。この仮定を基にした分析結果等を踏まえ、東日本大震災から教訓を引き出すため、今後の実践や研究開発につなげるための議論を深める。

2. 自己組織的なネットワーキング

PIF とは、一言で言えば、「市民参加型の互助的支援の社会運動 (Social Movement)」である。即ち、その過程を経ると、PIF を始める「トレバー少年」から発展する One-way の樹状 Forwarding ネットワークとなる (Fig. 1)。性質としては、クラスタリング係数が 0, $L \propto \log N$ である。

PIF の特徴とは、支援された返礼 (Reward) を支援した相手に直接返す互恵的關係ではなく、返礼の向きが第三者に一方向 (One-Way) に向けられている点と、特定回数それを行うという点である。

日本の民法に従えば、他者への「贈与」行為である。特に、第 553 条「負担付贈与」や 537 条「第三者の為にする契約」に該当する (2011 年 1 月現在)。しかも、「片務」ではなく、「双務」である。即ち、トレバー少年 (537 条の「要約者」) が、支援対象となる人物 A (« 諾約者») に対して、PIF を行った場合、人物 A は、トレ

パーと自分自身以外の3人(「受益者」であり、次のステップでは「要約者」ともなる)に対して支援行為を行う。つまり、PIFとは、動産・有体物の贈与、もしくはは無体物のサービス(支援行為)を他人に対して、無償で提供しあいながら、一種の「契約」関係を連鎖的に社会全体で締結していく過程である。

ゆえに、閉じた固定ダイアド関係ではなく、漸次、拡散的に開かれた支援関係が形成されていく。また、PIFが示すネットワークは、ランダム、Small World、スケールフリー等のネットワークと異なり、個々人をいかに漏れなく「社会的支援の輪」のリンケージで繋ぎ合うかが問題となる。ただし、当然だが、一度つながれば、Two-Way(双方向)的に、個々人間での互恵的關係や多様なネットワークへと変容しうる。従って、経時的に観測した場合、One-WayやTwo-Wayへの過程も含め、ネットワークの形成と変容の過程は、社会学における自己組織性や社会システムの問題と定義できる[16]。

勿論、Fig. 1のようなPIFの樹状ネットワークの特徴で表現できる事象は寄付やボランティア等の支援に限らない。例えば、連絡網やインターネットの転送ネットワーク等で頻出する。例えば、一つの端末から多くの端末への情報配信の一形態であるブロード・キャストはOne-wayである。ただし、一端ネットワークが形成されれば、ある種のフラディング(Flooding)やP2P等による端末間同士の相互通信を繰り返すことにより、Two-way的になる。他にも、血管、発電・送電システム、生産地店舗間の輸送ロジスティクス、組織間ネットワークもこうした特性を持つことがある。また、グラフ理論やアルゴリズム的には、樹状グラフや最少全域木(Spanning Tree)、即ち、網羅的に広がる個々のノードとパスを扱う問題や、最適経路探索の議論等に通じる。つまり、PIFのネットワークは、個々人や細胞、ユニット同士のつながりを抽象的にモデル化可能であり、One-WayとTwo-Wayの構造を基にした多様な自然・社会事象を表現し分析しうる。

事実、こうした特性は、学術分野の垣根を越えて関心を持たれ始めている。特に、最近では、粘菌ネットワークの基礎が解明されてきている[17,18]。その理由は、環境の変化や自他の関係を踏まえた生命体の持つ自己組織性、適応性(Adaptation)、頑強さ(Robustness)、進化(Evolution)等の特性が、災害やトラブルに強い「レジリエンス(Resilience: 回復力)」の高いコンピュータ・システムに応用できる可能性が期待されるからである[19]。正に、PIF的側面を適応のメカニズムの一端に見ることができる。

3. 方法と検討する課題

本稿では、下記の①と②について、人工社会シミュレーション[1,5,6]を行う。そして、最後に、③の議論

を交えつつ、東日本大震災から教訓を引き出すための議論を深め、今後の研究開発や実践への礎とする。

- ① 自発的かつ無償の支援ネットワークはいかに形成され、社会全体における互恵関係となっていくか?
- ② 市民の積極的支援参加(Civic Engagement of Voluntary Participation)は社会の基礎たりうるか?
- ③ 発展的な課題として、支援のための経路問題、および支援ネットワークの自己組織化の基礎的理解
なお、本稿は、マイクロ-マクロリンク[20]の観点も含むことになるが、特に、社会事象の仮想的再現と、これに基づく基礎研究である[21]。これは、即ち、CSS[13]や、Generative Social Science[22]のパラダイムと学術的価値判断に従う。

本稿では、かなり理想的に推移するモデル(=「原作小説」の構想に近いモデル)である。これについて留意する点は、社会的規範(Social Norm)としての支援や協調行為がどのように創発するかといったシミュレーション[23]を踏襲するものではない。むしろ、支援行為として既に所与としてモデルに規定されている。

ABMを用いる最大の理由は、Shibuya, K. [14]が既に示したように、人工社会系と現実の人間行動系を相互に往来するモデル化とシミュレーションの融合的形態を目指すからである[24,25]。市民レベルに関して、相互の互恵的支援ネットワークが形成されていくことにより、個々人の支援行為のみならず、効果的な情報伝達によるコミュニティ全体の生存確率を高めていけるかといった視点[26]に重きを置く。つまり、単にシミュレーションを行うことだけが目的ではない。その理由は、① こうした理想的な「単調な」設定すら徹底できないならば、現実問題として、一層、避難や支援活動等は困難であること、② 将来的に、コピキタス技術や情報通信技術等を生かした情報支援サービスを提供した際、どのような要因がこの「理想形」に寄与するか否かを明確にしやすくと考えられること、そして、③ コミュニティにおけるソーシャル・キャピタル(Social Capital)や一般交換理論[27]を巡る社会学的議論をはじめとして、社会的支援関係の組織化の観点等から、PIFの「理想形」の推移を踏まえた検証を震災関係の状況をもとに行う場合でも必要だからである。

4. 人工社会の基礎モデルと分析

4.1 モデルと設定

本稿では、 $100 \times 100 = 1$ 万人の市民エージェントから成るトラス型ムーア近傍による人工社会モデルを考える(小コミュニティ規模を想定)。エージェントは物理的に大移動できないと仮定し、下記の3種類を設定する。

- トレパー・エージェント
- 支援されたい市民エージェント(Needy)

● 支援されたエージェント (Helped)

トレバー・エージェントは、未支援状態であり、かつ支援を望む他の市民エージェントを規定回数分、支援する。そして、支援を受けた市民エージェントは、支援されたエージェントとなり、未支援状態の他の市民エージェントを規定回数分、同様に支援していく。これを支援されていないエージェントが0になるまで続ける。ただし、設定によっては、支援を受けたいエージェントが孤立するような形で取り残されることがあるため、途中でシミュレーションを打ち切ることありうる。

この基礎的モデルで重要な変数は、以下の通りである。

● トレバー・エージェントの人数

トレバーの人数は、無論、原作小説では一人だけである。しかし、シミュレーションゆえ、人数を幾らでも設定可能である。これらの人数設定によって、支援ネットワークの形成過程の効率や相違等を検討することが出来る。

● 1度に支援する PIF の回数

原作小説では、トレバーおよび支援を受けた人は「支援を受けていない人」に対して、時期や支援対象を限定されずに、各々3回 PIF することを求められる。本稿では、シミュレーションゆえに、1~8回まで設定可能とする（各エージェントは、自分の周囲に必ず8人の他エージェントがあり、彼ら以外には支援できないため）。また、全員が全員の為に必ず、規定回数 PIF しようと行動すると仮定する。

次に、空間的状況とネットワークの分析も重要となる。ここで、以下を定義する。

● トレバー数

本稿におけるトレバー数とは、数学者エルデシュに因んだエルデシュ数や、映画俳優同士のつながりを示すベーコン数と呼ばれる指標と同様である。トレバーから、どの程度離れて繋がりあっているかを示す。トレバー数0は、トレバー自身、1がトレバーから直接支援を受けた人、2以上が、トレバー以降の人から支援を受けた人達であり、トレバーと支援を受けた人達との間にどれだけの人が介在していたかを示す。逆に言えば、この指標が低いほど早く支援されている。

● 平均トレバー数

社会全体でのトレバー数の平均を示す。これが小さい程、社会全体で見ると、効果的で支援が早い。

● 「支援」

本来的に「支援」とは、心理的および社会的課題である [8, 9]。また、何らかの対価を伴うかどうかに限らず、支援や協力行為は、社会学や経済学的議論の対象でもある。

本稿では、支援を、情報、行為、物資（寄付や贈与、金銭を含む）の3種類に大別する。そして、複製可能性、

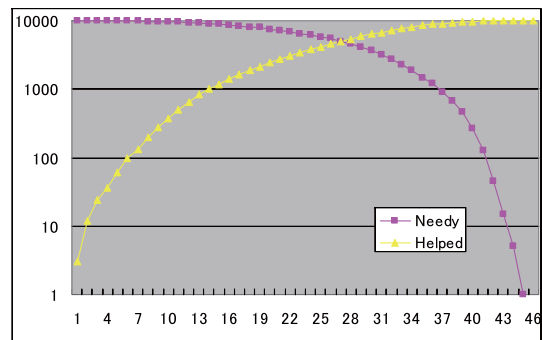


Fig. 2: 対数表示による Needy と Helped の推移

再現可能性、価値評価性の3つの要素でそれぞれ捉えられると指定する。確かに、経済価値の異なるモノ同士を本来的に支援として施しあうケースまで考究を進めると、市場経済的にも、物々交換経済的にも、合理性を仮定する経済人的指向に即すまでも無く、PIFのような支援形態は、現実問題として起こりづらい。しかし、先述した通り、オンラインや各種のボランティア活動では、それに関わらず生起し、ケースによっては、存立し続けている。その理由は、おそらく、厳密に価値評価をしていないことは勿論、同一支援形態、即ち、情報 ⇄ 情報（例えば、問題解決のためのヒントを出し合う）、行為 ⇄ 行為（道案内等）の場合が多いためと思われる。ただ、先述の通り、物資 ⇄ 物資、情報 ⇄ 行為等異種支援形態の場合は、価値変換と価値評価が伴うことが多いだろう。そこで、本稿では、支援を情報と伝達行為に重きを置く。勿論、物資を伴う支援の場合を扱う際も、価値評価を除外すれば、モデル的な相違はほぼ無くなる。

● クラスタリング係数

本稿で扱うネットワークは樹状形態のみであるため、以下の Eq. (1) でクラスタリング係数 (C) を定義する。これは、支援された市民エージェントの数 (H)、市民エージェント総数 (N) から求まる比である。つまり、全体の中で支援された市民エージェントが増えるほど、1.0 に近づいていく。そのため、シミュレーション過程において、指標的にどの程度、支援が全体的に進んでいるかが端的に分かる。

$$C = H/N \tag{1}$$

4.2 結果と分析

まず、Fig. 2の通り、PIFによる社会運動の本質とは、単純増加過程となる。

このように、トレバーの人数と PIF する回数が重要な変数である。また、トレバー数がどの程度かに応じて、早く確実に支援されるかという支援コストにも影響するため、出来る限り、被支援者の近くに支援者がいることが本来的に望ましい。理想的なケースを想定したとはいえず、支援がどの程度の早さで万遍なく行き渡るのかが重

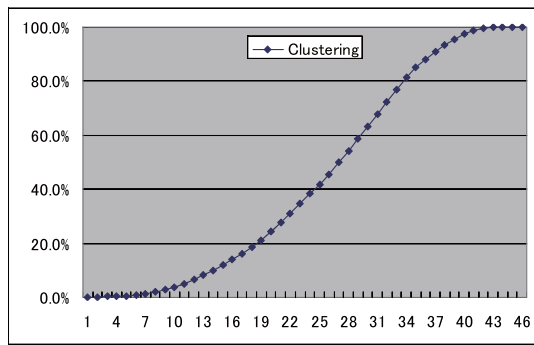


Fig. 3: クラスタリング係数の推移

要である。被支援者が半数を超える前後から一気に社会全体の潮流が支援的になっていく様子が Fig. 2 と 3 から読み取れる。少なくとも、ある拠点 = トレバー・エージェントから、支援関係が構築されていけば、本稿の結果に沿う。

このように、PIF のネットワークは、旧来の社会学では、社会システムの創発と自己組織化 [16] に通じる問題である。確かに、本稿のモデル自体に、自己言及性 (selbstreferenz) を内在化しているという指摘はありうるが、これは、マツラナとヴァレラの提唱したオートポイエーシス論や、これを踏まえたルーマンの社会システム論に通じるため、逆に興味深い。ネットワーク分析的にも、古くは、Granovetter, M. S. [28] や Rogers, E. M. [29] が指摘した問題と類縁している。なぜなら、一定のクリティカル・マスを超えると急速かつ発展的に広がる人間関係ネットワークだからである。まして、社会心理学の知見が示すように、参加者が多数派を占めることにより、「バンド・ワゴン効果 (= 投票等で勝ち馬に乗る傾向)」や「合意性の推測 (= 他人達も自分と同様な推測をすると過度に信じる傾向)」といった社会心理が作用することにより、一層、参加者の流入・増加を呼び込む可能性がある。

また、情報通信の経済学としては「ネットワーク外部性」(Network Externalities) の問題にも通じる [30]。個々人が相互に接続することにより、その相互接続された「コミュニティ」全体の経済的効用の増大、および個々人の主観にせよ、参加することによる受益率 (ないし機会) が増大すると見込まれても不思議ではない。

同様に、複雑系研究から見ても、物理学者カウフマン [31] が「服のボタン (結び目) と糸の数 (辺)」で表現した自己組織化モデルの事例を想起させる。彼は、結び目 / 辺 = 0.5 を超えると、ネットワークはクラスタ化が顕著となり、シグモイド曲線を描いて相転移することを示した。本稿の PIF のモデルも、その事例と同義に Fig. 3 のようになり、被支援者数が過半数を超えたあたりから、カウフマンの記述に倣えば、「相転移」= 支援社会化したと思われる。

ただし、これらは、勿論、支援の独占者が出現する

Table 1: パラメータ調整による平均トレバー数の結果例

Total Average of Trevor Number		PIF Count(s)		
Trevor(s)		PIF Counts: 2	PIF Counts: 3	PIF Counts: 4
1		64.78	73.54	133.82
2		47.94	70.73	99.53
3		41.27	59.97	85.95
4		38.79	52.95	64.63
5		32.60	51.25	68.11
6		35.50	45.68	72.13
7		32.13	38.67	70.51
8		25.54	44.89	54.14
9		25.93	32.95	54.96
10		24.58	36.46	56.87
AVG		36.90	50.71	76.07

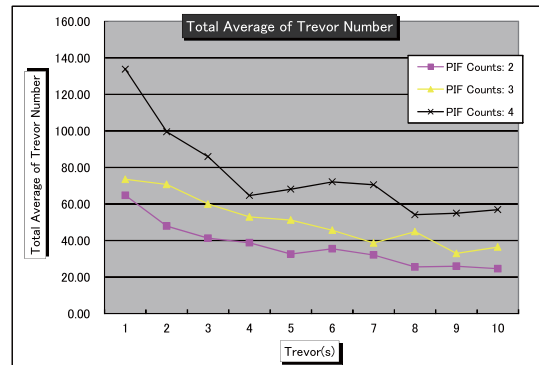


Fig. 4: パラメータ調整による平均トレバー数の結果例

ことの懸念、Free-Rider の監視・制裁等、別の問題も孕む。しかし、本稿では協力が非協力の戦略判断等は、震災時における支援を中心に考えたため、モデルから除外した。だが、信頼関係等も考慮に入ると重要な要因として作用しうる [32]。また、1 回限りの支援をする関係 (例えば、1 回限りの PD ゲーム) のような状況ではなく、無制限の社会関係が前提とされるか否かでも、過程等に相違が出るだろう。

次に、パラメータを調整し、どの程度効率的に支援出来うるかをチェックした。Table 1 と Fig. 4 に示したように、トレバーの人数を 1 人から 10 人まで、そして、PIF の回数を 2 回から 4 回まで調整していく場合の結果を示した。

全体としては、当然、人数を増やせば、個々の市民への支援の早さに通じると期待できるため、トレバー・エージェントの人数の増大は、着実に全体の平均トレバー数の逡減、即ち支援までの時間短縮に効果を上げた。他方で、PIF 回数だけがが増えても、必ずしも効果的でない。なぜなら、本稿のモデルでは、市民エージェントが空間的・物理的的近接性に束縛されるため、支援する市民エージェントの周囲に、支援を求める市民エージェントが直接隣接していなければ支援できない。そのため、単純に回数を増やすだけでは、支援の非効率性が発生することも多くなる。例えば、PIF 回数が 1 回の場合は、支援自体が足らず、支援を受けたいエージェントが取り残されることが頻出するため、途中でシミュレーションを打ち切る場合があり、図表では割愛した。しかし、PIF 回数

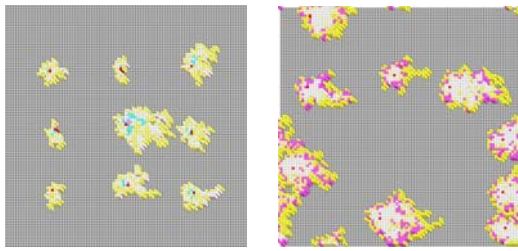


Fig. 5: トレーバー・エージェント9体を配置し、ある程度進行した例（左図は、均等的配置、右図はランダム配置）

Table 2: トレーバー・エージェントの空間的配置の比較

	Trevors	PIF Counts	Total Average of Trevor Number
Random	9	2	27.16
Balanced	9	2	24.33
Random	9	3	34.48
Balanced	9	3	43.44

が2か3の場合、そうしたケースが無くなる。各エージェントの周囲には必ず8体の他エージェントがいるので、1体のエージェントが3回程度支援すれば、無駄なく十分に支援がカバーできるからである。4以上になると、逆に、支援したいが、支援すべきエージェントが周囲にいなくなり、その分、無駄になるPIF回数が増えて、非効率となるケースが増えた。

最後に、トレーバー少年たるトレーバー・エージェントを「支援拠点」と位置づけた場合、配置数だけでなく、当然、その空間的配置も問題となる。そこで、均等的配置(Balanced)とランダム配置(Random)を比較検証した。ここで前者は、トーラス空間上に一定の距離をとって配置する場合であり、後者は、ランダムに配置する場合である。

例えば、トレーバー・エージェント9体、そして、PIF回数を2回と3回でシミュレーションした場合の平均トレーバー数を比較した。即ち、Fig. 5のように設配置し、結果をTable 2のように得た。明らかに空間的配置とPIF回数が平均トレーバー数の減少、即ち、効果的な支援に結びつくことを示した。現実場面では、障害物の除去を初めとして、陸空海からの支援経路確保等、各種多様な制約条件を当てはめて検証されるはずである。

東日本大震災においても、折角の無償の支援がなかなか行き渡らないとか、分配問題等の非効率性や偏在性も数多く指摘された。本稿の結果でも、支援の非効率性が見出された格好になった。これを防ぐには、社会全体で余った支援回数の再配分や、支援行為を直接ダイレクトに空間の制約を超えて支援希望者に伝送する仕組みを構築する必要がある。これは、現実社会では、空路輸送や物理的障害物を除去する機材の配備 [33] に相当するだ

らう。

現実場面では、こうして形成された支援ネットワークは、携帯端末等を介したアドホックな情報通信だけでなく、物資輸送のパスともなりうる。人は生きている限り、情報通信を活用してコミュニケーションやコラボレーションを行う以上、人々の行動パターンを通じて、彼らが通信している範囲内にどれだけの生存者がいて、どれくらいの物資等の支援が不足しているか、救援が望まれるか等を実際の地理空間と対応付けられるからである。

4.3 議論と結論

PIFの特性とは、これまで述べてきたように、いわば、One-Way型のForwardingによる支援形成過程であり、単純増加による支援の拡散(支援の輪の拡がり)であることを確認した。こうしたネットワークは、①ダイナミクス性、②時空間性、③クリティカル・マス等の特性を持つことも、分析の過程で見出された。また、Staticな固定的互恵ネットワークだけでなく、災害時等におけるアドホックでダイナミックにつなぎ替えが発生する情報通信ネットワークに基づいた支援も、同様に考えると、支援の質・量やスピードだけでなく、タイミングもまた重要な側面である。例えば、支援が継続的であるか、一時的であるか、ないし、どの時点で行われるかといった時間軸を加えた観点もありうる！「タイガーマスク運動」のように、幼少時に支援を受けて育った子供達が将来成長して、同様な支援をする事例が見出される可能性もある。そして、一定規模の人数(クリティカル・マス)を超えることにより、相転移的に一層顕著なものとなり、市民にとっては、主観的にせよ、そうした活動に参加することに対して合理的となりうることも示唆された。

5. 全体の考察と今後の課題

5.1 震災から得る教訓とモデルの実践的検証に向けて

先述した通り、情報通信分野では、PIFの特性は、ワイヤレスによるP2P、アドホック・ネットワーク [34, 35, 36]、IoT (Internet of Things)、スマートシティ [37] 等、昨今、脚光を浴びる分野で応用可能と思われる。特に、スマート・グリッド網では、個々のセンサ同士やエネルギー・プラント間のネットワークは、One-Way的设计からTwo-Way的なものへ転換する技術開発が重要と指摘されている [38]。つまり、一方的な供給-受給関係から、双方向的で互恵互助的、分散・協調的なシステムデザインへの変換が求められている点は正にPIF的発想である。

こうしたネットワークのダイナミクスは、ユビキタス技術等を活用して、正に、生命体である個々人が主体的かつ動的につながりあうことで自発的かつ自己組織的に

形成可能であり、協同学習 [14] や、震災時における支援活動等を行う際にも有効である。この特徴を捉えて、海外では、IoP (Internet of People) と称する向きもある [39]。そもそも、アドホックネットワークは、一方向だけの構造にとどまらず、平時が震災を問わず、双方向でダイナミックな相互作用を繰り返すことにより、自己組織的に形成・維持・発展させられるということで研究開発が進んできた。

しかも、昨今では、モバイル統計の利用も含め、空間情報を加味した人間行動の集合行動 (Collective Dynamics of Human Behavior) の分析は、ユビキタス技術やモバイル端末の普及により、一層重要になってきている [14, 40]。特に、地点間を移動する個々人の経路は、グラフ構造で表現できるため、経路探索や避難行動での利応用が可能であり、帰宅難民対策や、防災教育にも効果が望める。

そうしたサービスや技術の有効性については、調査結果からも裏付けられる。例えば、東日本大震災後、我が国の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」(中央防災会議)が、避難行動について現地の住民(即ち、生存者)に対して面接調査等を行い、興味深いデータが多く得られた。特に、津波情報を相互に呼びかけた場合は、かなり迅速に避難対応していること、また、直ぐに避難しなかった理由として、「家族や親類を探した」等安否確認を行ったり、津波が襲来している状況で何度か自宅と避難先を往復するパターンも判明した。

これらの結果から、状況の速やかな把握のための情報提供と避難先のルート案内情報も提供されるべきである。また、携帯端末を利用した Twitter や SNS の利用による情報支援は震災時でも有用であった。当然、日頃の訓練も必要であるが、各自携帯端末を持って移動し、位置情報を含めた交流が促進されれば、コミュニティ全体での避難行動が一層効果的になるとと思われる。

5.2 真のソーシャル・キャピタル実現に向けて

我々が東日本大震災で得た最大の教訓とは、「市民的積極参加 (Civic Engagement)」 [41] である。市民のボランティアのネットワークの頑強さをどのように活かせるのかと言う点である。それは、PIF も同様に考えられ、ソーシャル・キャピタル [10, 42, 43] の 1 種と考えられる。平時は勿論、防災におけるソーシャル・キャピタルが果たす役割については、藤見ら [44] が、ソーシャル・キャピタルが自助・共助意識の向上に寄与している事実を明らかにした。ソーシャル・キャピタルによるネットワーク形成を支える各種の活動支援、情報技術の利用、そして平時からの防災訓練 [26] の徹底が重要となる。

また、ソーシャル・メディアを介した一般市民による自発的かつ自己組織的に創発した支援活動は、新しい公共哲学にも展望を与える。例えば、サンデル [45] は、

「... (サイバースペースで) こうした道具は、人びとを結びつけはするものの、隣人、同胞市民、共通の事業への参加者にするわけでは必ずしもない」と論じた。だが、東日本大震災で、日本人が至る所で垣間見せたものが、正に仮想と現実を超えたソーシャル・キャピタルの顕現だったと思われる。

6. まとめ

本稿では、「ペイ・フォワード」を切り口にして、自然・社会現象に共通するネットワーキングと自己組織性を仮定してモデル化し、エージェント・ベースのシミュレーションによる基礎的検証を行った。これを元に考察を深め、震災の教訓と将来の課題を見出した。平時か否かを問わず、地域コミュニティにおける無償の互恵的支援活動は、ソーシャル・キャピタルの一環として考えられること、そして、支援する人間の総数が特定社会において自己組織的なプロセスを経てクリティカル・マスを超えると、言わば相転移状態が創発し、相互支援への参加が大局的に見て、非合理的とならない場合がありうることを議論した。また、情報通信ネットワーキングも重要であり、防災教育や情報支援のコラボレーション研究 [14, 25, 27] も含め、今後も研究を進める必要がある。

参考文献

- [1] Y. Lee and D. Won: "Attributes influencing college students' participation in volunteering: a conjoint analysis," Int. Review on Public and Nonprofit Marketing. (in press)
- [2] P. Halfpenny: "Economic and Sociological Theories of Individual Charitable Giving: Complementary or Contradictory?," *Voluntas: Int. J. of Voluntary and Nonprofit Organizations*, Vol.10, No.3, pp. 197-215, 1999.
- [3] J. Wilson: "Volunteering," *Annual Review of Sociology*, Vol.26, pp. 215-240, 2000.
- [4] 金子郁容: ボランティア, 岩波書店, 1992.
- [5] 田尾雅夫, 吉田忠彦: 非営利組織論, 有斐閣, 2009.
- [6] H.-L. Yang and C.-Y. Lai: "Motivations of Wikipedia content contributors," *Computers in Human Behavior*, Vol.26, pp. 1377-1383, 2010.
- [7] H. Baytiyeh and J. Pfaffman: "Volunteers in Wikipedia: Why the Community Matters," *Educational Technology & Society*, Vol.13, No.2, pp. 128-140, 2010.
- [8] A. Srivastava, E. A. Locke, and K. M. Bartol: "Money and Subjective Well-Being: It's Not the Money, It's the Motives," *J. of Personality and Social Psychology*, Vol.80, No.6, pp. 959-971, 2011.
- [9] E. Schein: "Helping: How to offer, Give, and Receive Help," Benett-Koehler Publishers, 2009.
- [10] 宮田加久子: 情報メディアがソーシャル・キャピタルに及ぼす影響, 稲葉陽二編著, ソーシャル・キャピタルの潜在力, 日本評論社, 2008.
- [11] 国立国会図書館 編: 被災者生活支援に関する制度の現状と課題 東日本大震災における対応と課題, 調査と情報, No.712, <http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/issue/pdf/0712.pdf>, 2011.

- [12] JST 研究開発戦略センター: 東日本大震災からの復興に関する提言, <http://crds.jst.go.jp/output/pdf/11sp02.pdf>, 2011.
- [13] D. Lazer et al: "Computational Social Science," *Science*, Vol.323, No.5915, pp. 721-723, 2009.
- [14] K. Shibuya: "A Framework of Multi-Agent Based Modeling, Simulation and Computational Assistance in an Ubiquitous Environment," *SIMULATION: Trans. of The Society for Modeling and Simulation Int.*, Vol.80, Nos.7-8, pp. 367-380, 2004.
- [15] C. ハイド 著: *ペイフォワード*, 角川書店, 2003.
- [16] N. Luhman: "Social Systems," Stanford University Press, 1984.
- [17] A. Tero et al: "Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design," *Science*, Vol.327, No.22, pp. 439-442, 2010.
- [18] M. Ito, R. Okamoto, and A. Takamatsu: "Characterization of Adaptation by Morphology in a Planar Biological Network of Plasmodial Slime Mold," *J. of the Physical Society of Japan*, 80.074801-1-7, 2011.
- [19] K. Leibnitz, N. Wakamiya, and M. Murata: "Biologically Inspired Networking," Q. H. Mahmoud (Ed.), *Cognitive Networks: Towards Self-Aware Networks*, John Wiley & Sons, 2007.
- [20] R. K. Sawyer: "Artificial Societies: Multiagent Systems and the Micro-Macro Links in Sociological Theory," *Sociological Methods & Research*, Vol.31, No.3, pp. 325-363, 2003.
- [21] 出口弘, 木嶋恭一 編著: *エージェントベースの社会システム科学宣言*, 勁草書房, 2009.
- [22] J. M. Epstein: "Generative Social Science," Princeton University Press, 2007.
- [23] R. Axelrod: "The Complexity of Cooperation," Princeton University Press, 1997.
- [24] L. Yilmaz, T. Oren, and N. Aghaee: "Intelligent agents, simulation, and gaming," *Simulation&Gaming*, Vol.37, No.3, pp. 339-349, 2006.
- [25] 渋谷和彦: 遍在的なコラボレーションのための基礎研究, 博士学位論文, 筑波大学, 2011.
- [26] 野々村敦子 他: 精密地盤高図を用いた局地的な大雨・集中豪雨を想定した情報伝達・避難訓練, *自然災害科学*, Vol.30, No.1, pp. 59-79, 2011.
- [27] 渋谷和彦: コピキタス・ジグソー法による協同学習の構想 ネットワーク構成型協同学習へ向けて, *シミュレーション&ゲーミング*, Vol.15, No.1, pp. 24-34, 2005.
- [28] M. S. Granovetter: "Threshold Models of Collective Behavior," *American J. of Sociology*, Vol.78, No.6, pp. 1420-1443, 1978.
- [29] E. M. Rogers: "Diffusion of Innovations," Free Press, 1964.
- [30] M. L. Katz and C. Shapiro: "Network Externalities, competition and compatibility," *The American Economic Review*, Vol.75, No.3, pp. 424-44, 1985.
- [31] S. カウフマン 著: *自己組織化と進化の理論*, 筑摩書房, 2008.
- [32] T. Yamagishi and K. S. Cook: "Generalized exchange and social dilemmas," *Social Psychology Quarterly*, Vol.56, pp. 235-248, 1983.
- [33] L. Zhang, Y. Lin, G. Yang, and H. Chang: "Emergency resources scheduling based on adaptively mutate genetic algorithm," *Computer in Human Behavior*. (in press)
- [34] D. Gesbert et al: "Shifting the MIMO Paradigm: From Single User to Multiuser Communications," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.24, No.5, pp. 36-46, 2007.
- [35] M. Johansson, and R. Jäntti: "Wireless Networking for Control: Technologies and Models," *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, Springer, Vol.406, Networked Control Systems, pp. 31-74, 2011.
- [36] H. Barjini et al: "Shortcoming, problems and analytical comparison for flooding-based search techniques in unstructured P2P networks," *Peer-to-Peer Networking and Applications*, Springer. (in press)
- [37] M. Naphade, G. Banaer, C. Harrison, J. Paraszczak, and R. Morrism: "Smarter Cities and Their Innovation Challenges," *IEEE Computer*, pp. 32-39, June 2011.
- [38] NETL: "The NETL Modern Grid Initiative Powering our 21st-Century Economy MODERN GRID BENEFITS," National Energy Technology Laboratory for the U.S. Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, 2007.
- [39] J. M. Hernández-Muñoz et al: "Smart Cities at the Forefront of the Future Internet," *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol.6656, The Future Internet, pp. 447-462, 2011.
- [40] M. C. Gonzalez, C. A. Hidalgo, and A. Barabasi: "Understanding individual human mobility patterns," *Nature*, Vol.453, No.5, June 2008, pp. 779-782, 2008.
- [41] 坂本治也: *ソーシャルキャピタルと活動する市民*, 有斐閣, 2010.
- [42] R. Putnum: "Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community," Simon&Schuster, 2000.
- [43] L. Wang and E. Graddy: "Social Capital, Volunteering, and Charitable Giving, *Voluntas*," *Int. J. of Voluntary and Non-profit Organizations*, Vol.19, No.1, pp. 23-42, 2008.
- [44] 藤見俊夫 他: *ソーシャル・キャピタルが防災意識に及ぼす影響の実証分析*, *自然災害科学*, Vol.29, No.4, pp. 487-499, 2011.
- [45] M. サンデル 著: *公共哲学*, 筑摩書房, 2011.
- [46] 中央防災会議: 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会, 1. <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/7/index.html>, 2. <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/7/1.pdf>, 3. <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/7/sub2.pdf>, 4. <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/7/5.pdf>, 2011.

 渋谷 和彦


1971年6月15日生。1997年中央大学大学院文学研究科社会情報学専攻修士課程修了。修士(社会情報学)取得。産業技術総合研究所, 理化学研究所, 統計数理研究所等の研究・教育歴を経て, 2012年4月から情報・システム研究機構 新領域融合研究センター 特任助教, 首都大学東京システムデザイン学部非常勤講師。2011年筑波大学にて博士(システムズ・マネジメント)を取得。専門は, 社会情報学, Computational Social Science。主に, コピキタス技術と連携する人間行動やネットワークの研究, ソフトウェア・フレームワークの研究開発, コラボレーション研究, 科学技術政策研究等を進めてきた。日本行動計量学会他, 国内外学会の正会員, 海外英文誌編集委員等を務める。
