

Title	Concurrency-induced transitions in epidemic dynamics on temporal networks(Abstract_要旨)
Author(s)	Onaga, Tomokatsu
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2018-03-26
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k20893
Right	Concurrency-Induced Transitions in Epidemic Dynamics on Temporal Networks. Phys. Rev. Lett. 119, 108301 (2017) DOI:10.1103/PhysRevLett.119.108301
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	翁長 朝功
論文題目	テンポラルネットワーク上の感染症ダイナミクスにおけるコンカレンシーがもたらす転移		
(論文内容の要旨)			
<p>感染症の発症、意見や情報の伝播、神経系のスパイク信号、企業の倒産などは、イベントが次のイベントの発生を引き起こすが、それらは伝播現象と総称される。これまで、伝播現象の研究はまず時間変化しない静的なネットワークについて解析されてきた。しかしながら、ネットワークの構造は時間とともに大きく変化する例も多い。このような、時間とともに構造が変化するネットワークはテンポラルネットワークと呼ばれる。近年、テンポラルネットワーク上の伝播現象が、静的なネットワーク上の伝播現象と大きく異なることが指摘され、研究が盛んに行われるようになってきている。翁長氏の研究では、伝播現象の中でも感染症伝播に焦点を当て、テンポラルネットワークの構成要素の一つである「コンカレンシー」に着目し、それが感染症の伝播に与える影響を調べている。ここで「コンカレンシー」とは、一夫多妻という意味を有し、感染症などにおいては同時に接触する人数に相当し、数理モデルでは、一つのノードが他ノードにリンクを張る際のリンク数を指す。</p> <p>翁長氏は、コンカレンシーがテンポラルネットワーク上の SIS モデルの感染閾値に与える影響を理論的に調べた。既存研究では、コンカレンシーは感染症の蔓延を促進するように働くことが示唆されてきた。しかしながら、既存研究には次の二つの問題点があった。第一に、幾つかの研究では、コンカレンシーの増加とともに接触数が増加する、という仮定を置いていた。この場合には、蔓延が促進されることは明らかである。第二に、接触数を固定した研究は数値計算によるものであった。</p> <p>本学位論文では、感染症研究の歴史及び、ネットワーク上の感染症モデルの過去の研究、性感染症の研究におけるコンカレンシーに関する研究についてレビューを行った後に、新しい数学的な解析手法を用いて、コンカレンシーが伝播現象に与える影響を解析している。アクティビティ・ドリブン・モデルと呼ばれる数理モデルを用いて、コンカレンシーが生み出す非一様な効果を理論的に明らかにしている。コンカレンシー（同時接触の数）が低い時には、パラメーターによらず、ネットワークのダイナミクスは感染を抑え、感染閾値を増加させる。反対に、コンカレンシーが高い時にはネットワークのダイナミクスは感染を促進させ、感染閾値を減少させるパラメーター領域もあるということを示した。翁長氏はコンカレンシーによるこの転移について相図を決定し、相図のパラメーターを解析的に求めた。また、数値計算によりこれらの結果が妥当性を確認した。さらに、様々なアクティビティ分布を用いた場合、コンカレンシーが一定でない場合、実際の接触ネットワークから得られたアクティビティ分布を用いた場合、アクティビティ・ドリブン・モデルの構成要素であるスターグラフの代わりに全結合のクリークを持つような他のテンポラルネットワークモデルを用いた場合についても解析している。これら全ての場合でも、コンカレンシーが感染閾値に非一様な効果を与える点について同様の結果が得られている。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

第一章及び第二章では、感染症モデル及び、ネットワーク上の感染症に関するこれまでの研究がレビューされている。

第三章では、翁長氏は、テンポラルネットワーク上のコンカレンシーが感染閾値に及ぼす効果を考えている。ノード同士が時間とともに変化する接触により相互作用しているテンポラルネットワークでは、コンカレンシーは各ノードが同時に接触できるノード数である。コンカレンシーは、集団で顔を合わせる接触や、性接触のネットワークにおいて同時に存在する接触を考える場合に重要となる。

このようなダイナミクスを解析するため、翁長氏は、アクティビティ・ドリブン・モデルを用いた。テンポラルネットワーク上の SIS モデルの感染閾値を、コンカレンシーとネットワークダイナミクスのタイムスケールの関数として求めている。翁長氏は、感染閾値を解析的に求めた。さらに、伝播現象のダイナミクスは、コンカレンシーによって一様に変化するのではなく、各ノードが持つコンカレンシーによってネットワークダイナミクスが感染症伝播を促進する場合も、抑制する場合もあることを示した。

この研究の主要な結果は、第一に、翁長氏により考案された解析法により求められた感染閾値は、数値計算による結果を適切に捉えたことである。第二に、リンクコンカレンシーが伝播現象に非一様な効果を与えるという全く新しい報告である。この報告は、これまでの数値計算による、コンカレンシーが蔓延を促進するという知見を大きく拡張している。この結果は、ネットワーク上のダイナミクス及びテンポラルネットワークの今後の研究に新しい進路を開くものである。

また、次の点でも翁長氏らの成果は重要である。第一に、この結果は、一夫多妻を制限するまたは同時に会話する人数を減らすといった戦略が効果的であることを示唆している。第二に、どのようなコンカレンシーに対しても、ネットワークダイナミクスが十分に遅い場合には、常に感染症が絶滅する領域が存在することを指摘している。この領域では、感染力がどれ程強くてもネットワークダイナミクスの効果で常に感染症は絶滅する。これらの結果は、微分方程式や平均場近似によるアプローチといったテンポラルネットワーク上の感染症モデルに対する既存のアプローチでは得られず、確率的な絶滅の効果を適切に扱った翁長氏の手法により得られた結果である。

この研究で得られた知見は、今回用いたアクティビティ・ドリブン・ネットワークにとどまらず、他の種類テンポラルネットワークでも適用でき、また、感染症伝播にとどまらず、他の種類の伝播現象にも幅広く応用できる知見であると考えられる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降