



Title	Statistical inference of preferential attachment and fitness in complex networks
Author(s)	Pham, Thong The
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/61800
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名	PHAM THONG THE
論文題名	Statistical inference of preferential attachment and fitness in complex networks (複雑ネットワークにおける優先的選択と適応度の統計的推測)
論文内容の要旨	
複雑ネットワークは、生物学を始めとする様々な分野の現象をモデリングする時によく用いられる、土台となるネットワークを理解できれば、その現象の解明にも繋がるので、複雑ネットワークの性質を調べるのが大切である。博士論文では、複雑ネットワークの成長メカニズムの推定問題に着目した。ネットワークの成長メカニズムが分かれば、そのネットワークの構造的な性質を理解でき、将来の予測も可能になる。 本論文では、優先的選択と適応度という二つの成長メカニズムに対する推定問題について議論した。優先的選択と適応度は様々な分野で存在する解釈しやすい成長メカニズムである。優先的選択では、あるノードが新しいエッジを獲得する確率が、そのノードの次数に依存する。一方、適応度のメカニズムではエッジを獲得する確率がノードの次数に依存せず、ノード毎に決まる適応度に依存する。 本論文の貢献は次のように三つある。 まず、優先的選択の新しい推定方法を提案し、既存手法より提案手法が優れることを示した。更に、既存のNewman法に誤りがあることを明らかにした上で、その修正法を与えた。 次に、優先的選択と適応度のメカニズムを同時に推定できる新しい統計的方法を提案した。既存研究は優先的選択と適応度の同時推定を考えず、そのどちらか一方のみを推定している。実ネットワークを用いて、片方だけを推定する既存手法が不十分であることを明らかにし、提案手法の有効性を示した。 最後に、上記の提案手法を用いて様々な種類の実ネットワークで優先的選択と適応度の性質を調べた。そのために、優先的選択と適応度の割合を表す尺度を提案し、各ネットワークに対してそれらの尺度を測った。その結果、優先的選択と適応度のメカニズムがどのネットワークでも存在するが、ネットワークの種類によって二つのメカニズムの割合が異なることが分かった。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (PHAM THONG THE)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	下平英寿
	副 査	教 授	狩野裕
	副 査	教 授	内田雅之

論文審査の結果の要旨

本論文は、現実のネットワークがどのように成長するかという問題を論じたものであり、成長メカニズムとして優先的選択と適応度を扱う。この二つのメカニズムは複数の分野で広く知られていて、成長ネットワークをモデリングするときによく用いられる。

まず、本論文は観測したネットワークの時系列データから優先的選択を推定する統計的方法を与え、提案手法が主要な既存手法よりも優れることを数値シミュレーションと実データで示した。多くの既存推定方法はヒューリスティックであり、推定にバイアスがあるなど問題があった。これに対して本論文では、優先的選択メカニズムの下での新しいエッジの分布が多項分布に従うとモデリングして観測データの尤度を記述し、統計的な推定方法を論じることができた。このように統計的なフレームワークを考えることによって、尤度の凸性、推定値の信頼区間や正則化項の導入などを議論できるようになる。更に、本論文は既存のNewman法がモーメント法的一种として解釈できることを示し、この解釈によってNewman法の誤りとその修正方法を明確にした。

次に、本論文は優先的選択と適応度の同時推定の方法を与えた。これまで既存手法は優先的選択と適応度の同時推定を考えず、そのどちらか一方のみを推定している。これに対して、本論文の同時推定のアプローチは斬新で、様々な分野で優先的選択と適応度の存在を検証することを可能にする。同時推定の難点として、優先的選択と適応度が一意に決められないことが挙げられる。この問題に対して、本論文は優先的選択と適応度に関する正則化項を導入し、全データを学習データとテストデータに分け、テストデータを用いて正則化項のパラメーターを選ぶアイデアによって同時推定が成功した。数値シミュレーションによって提案手法の性能を確認し、現実のソーシャルネットワークのデータで優先的選択と適応度のメカニズムが同時に存在することを明らかにするなど、提案手法の有効性を示した。

最後に、本論文は上記の同時推定のフレームワークを用いて現実のデータ解析を行い、様々な規模で多分野にわたるネットワークで優先的選択と適応度を調べた。優先的選択と適応度の推定結果を簡潔に要約できるように、本論文はそれらの二つのメカニズムの割合を定量的に測る尺度を提案した。この独創的な尺度によって様々な種類のネットワークを優先的選択と適応度の割合という観点で比較することができ、成長メカニズムの普遍性の探求などが可能になる。その第一歩として、本論文は分析結果で、優先的選択と適応度のメカニズムがどのネットワークでも存在するが、ネットワークの種類によって二つのメカニズムの割合が異なることを示した。

上記のことを総括すると、本論文は優先的選択と適応度の推定に対して統計的な捉え方を与えるだけでなく、同時推定というフレームワークを提供することによって独創的なデータ解析の道を開拓する。その第一歩として、本論文は実データ解析で優先的選択と適応度が普遍的に存在することを発見した。本論文のアプローチは優先的選択と適応度に限らず、他の成長メカニズムにも拡張することが期待できる。

以上のように、本論文は複雑ネットワークの分野に大きな学術的な貢献を与えている。よって、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。