



Title	動植物に見られるアロメトリック多重スケーリング性に関する研究
Author(s)	磯山, 陽介
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/98681
rights	
Note	

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 (磯 山 陽 介)	
論文題名	動植物に見られるアロメトリック多重スケーリング性に関する研究
論文内容の要旨	
アロメトリー (allometry) は、生体特性が生物サイズのべき乗に比例する「スケーリング性」と呼ばれる普遍法則の理解を目指す学問である。例えば、生物の体表面積は体重の3分の2乗、代謝量は体重の4分の3乗に比例することが知られている。従来のアロメトリーの枠組みでは、生体特性と生物サイズの関係は、一つのスケーリング指数 α によって特徴づけられることが暗に仮定されてきた。このことは、生物サイズが異なる場合も、生体特性のばらつき（分布）が、サイズの α 乗に比例したアフィン変換の下で共通の構造をもつことを意味する。ここでは、そのような特性をアロメトリック単一スケーリング性と呼ぶ。本研究では、そのようなスケーリング特性とは異なる新たな概念として、アロメトリック多重スケーリング性を導入し、実際の動植物の成長過程にそのような特性が見られることを示す。多重スケーリング性がある場合、生体特性の分布構造は、生物サイズに依存して変化し、スケーリング指数は分布のパーセンタイル点（分位点）に依存して変化する。 本学位論文は5章構成であり、以下に各章の内容を簡単に述べる。第1章は緒言である。第2章では、アロメトリーについて、その数学的基礎を説明するとともに、単一スケーリング性、および、多重スケーリング性の検証法を導入する。ここで導入する方法は、分位点回帰を応用したものであり、2次元分布の各分位点のスケーリング指数を推定することで、スケーリング指数の分位点依存性を評価する。第3章では、子どもの身長に対する体重分布の多重スケーリング性を示す。これまで、体重を身長²で割った体格指数(BMI)が、すべての年齢において体格評価に用いられてきた。BMIの妥当性の根拠が単一スケーリング性にあることを指摘し、子どもでは身長・体重関係に顕著な多重スケーリング性が見られること示す。このことは、子どもの体格評価のための従来基準が妥当でない場合があることを意味する。第4章では、哺乳類と体と脳のサイズ、広範囲な樹木の幹の直径と高さ、実経営規模で栽培されたトマトの葉重と葉面積の関係性に、多重スケーリング性がみられることを示す。第5章は、結言として、多重スケーリング性を理解することの重要性について述べる。子どもの痩せや肥満は、生涯にわたる健康リスクの上昇と関連する。そのため、子どもの痩せ・肥満を正しく評価することは非常に重要である。本研究の成果は、子どもの痩せ・肥満についての現在の評価法が、誤った判断を与える危険性を示している。子どもの痩せ・肥満を適切に評価するためには、多重スケーリング性を考慮することが不可欠である。また、植物の成長過程の多重スケーリング性を理解することは、生態におけるバイオマスの推定や農作物の生産性の向上に役立つ可能性がある。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (磯山 陽介)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	清野 健
	副 査	教 授	大城 理
	副 査	教 授	出口 真次

論文審査の結果の要旨

本博士論文は、生物の体の大きさと生体特性の間に成り立つべき乗法則（アロメトリックスケーリング）についての研究成果をまとめたものである。この論文では、従来知られていなかった多重スケール性と呼ばれる概念を導入し、この概念が動植物の成長過程を詳細に特徴づけるために必要であることを示している。

小さな単細胞生物からゾウなどの大型動物まで、生物の標準代謝量は体重の4分の3乗に比例することが知られている。そのようなべき乗法則はスケール性、あるいは、アロメトリー（allometry）と呼ばれる。アロメトリーの身近な応用例として、BMI（body mass index）として知られる体格指標がある。BMIは、成人において体重が身長²に比例するべき乗法則に基づいており、体重（kg）を身長（m）の2乗で割った値がBMIとして定義されている。これまで、BMIは痩せや肥満の評価に広く用いられてきた。本論文では、子どもにおいてもBMIは妥当な体格評価指標になっているのかという問題意識から、子どもの体重・身長関係に見られるべき乗法則を詳細に調べている。従来のアロメトリーの考え方では、体重と身長の関係は、一つのスケール指数（べき指数）によって特徴づけられることが暗に仮定されてきた。このことは、身長が異なる場合も、BMIに変換することで、各身長でのBMI分布が同一になることを意味する。本論文では、体重・身長分布における身長依存の体重パーセンタイル曲線に注目した考えた場合に、スケール指数がパーセンタイル位置に依存しない定数となる特性をアロメトリック単一スケール性、スケール指数がパーセンタイル位置に依存して変化する特性をアロメトリック多重スケール性と定義している。従来は単一スケール性のみが想定されており、多重スケール性の存在は検討されてこなかった。

子どもの体重・身長関係にアロメトリック多重スケール性が見られることを示すために、本論文では、約800万人の5歳から17歳の身長・体重データを分析している。分析の結果、成人に近い17歳においては、男女とも体重・身長関係に単一スケール性が見られることを示している。また、男性では5～13歳、女性では5～11歳において、体重・身長関係に顕著な多重スケール性が見られることを示している。このことは、成人に近づくにつれ、BMIは妥当な体格評価指標になるが、男性では5～13歳、女性では5～11歳に対して、BMIは妥当な体格評価指標でないことを意味する。これまでBMIは、子どもの体格評価にも用いられることがあったため、この発見はBMIが誤った痩せ・肥満評価を与える危険性を示している。

本論文では以上の内容に加えて、哺乳類の体と脳のサイズ、樹木の幹直径と高さ、トマトの葉重と葉面積の関係性に、多重スケール性が見られることも示している。そのため、多重スケール性は、動植物の成長過程の理解において重要な特性と考えられる。

本博士論文の成果は、学術的新規性が高く、体格評価などの応用面でも重要なものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。