



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on biological transport network utilizing plasmodium of Physarum polycephalum [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	秋田, 大
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第12720号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65418
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Dai_Akita_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（生命科学） 氏 名 秋 田 大

審査担当者	主 査	教 授	中 垣 俊 之
	副 査	教 授	芳 賀 永
	副 査	教 授	小 松 崎 民 樹
	副 査	准教授	佐 藤 勝 彦

学 位 論 文 題 名

Study on biological transport network utilizing plasmodium of *Physarum polycephalum*
(モジホコリ変形体を用いた生物学的輸送ネットワークの研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

植物の葉脈，動物の血管，真菌の菌糸等，一細胞のスケールを超えた生物システムには，管のネットワークを見出すことができる．これらは，システム全体の維持・統合に重要な役割を担っていると思われるため，システム全域にわたって具体的にどのような送達性能を持っているのか，そしてどのような発展規則によって形成されるのか，などが問題となるが，その解明のためには，扱いやすいモデル実験系の構築が必要であり，さらに実験的かつ理論的な研究手法の開発も不可欠である．これらの要請がこの問題に取り組む障害となり，管ネットワークのごく局所的な輸送特性解明や形態形成に関わる生化学的因子の特定が進む一方で，この問題は取り残されてきた．

本論文は，この問題に新しい切り口を与えるために，真正粘菌モジホコリをモデル実験系として粗上にあげ，ネットワークの輸送機能を定量的に評価するための実験系を考案した．実験では，円形の閉塞領域を寒天培地上に作り，そこに管構造のない均一な変形体を全体に配置した．この閉塞領域には一か所だけ餌場所に通じる出口が設けてあり，変形体はこの出口を通じて餌場所に集まろうとする．この時，自身の原形質を輸送するための管構造が現れ，ネットワークの発達とともに変形体が領域から排出されていく．このような実験環境によって，輸送ネットワークの形成とそれによる二次元領域から一点への排出過程を評価できるようにした．

この実験系によって，出口からの距離にかかわらず，概ね空間一様に排出がおこること，それが空間形状が変わっても実現されることを発見した．それを実現するネットワークの幾何学を評価し，（１）空間をほぼ一様に被覆するような分岐構造をもつこと，（２）出口までの流体力学的抵抗が空間形状と合致するようなネットワーク構造であること，（３）管の分岐前後でいわゆるマレー則（動物の血管系で見られる法則）と同様の太さ関係が認められること，を発見した．これにより，空間形状適応的な均一排出を可能にする輸送ネットワークの幾何学構造の理解を深めた．

このような機能的な輸送ネットワークがどのように構築されるかを調べるために，既に提案されている流量強化則の考え方にに基づき，形態形成の数理モデルを構成した．ベキ関数型の流量強化関数において，指数 1.33 が最も実験結果を非常によく再現することをつきとめた．以上の数理モデリングにより，指数 1.33 の流量強化則が，粘菌の管ネットワーク全体の持つ（１）空間形状適応的な均一排出性能と（２）最適輸送性（粘性損失と管の体積の最適トレードオフ）をもたらし得ることがわかった．

本研究で用いた解析手法は幾何学的特徴量に基づいており，モデルである流量強化則も太さと流量に相当する量があれば適用できるため，様々な他の系への適用も期待される．特に哺乳類の血管系で知られたマレー則が粘菌でも見出されたことは興味深く，今後の比較研究が期待される．

著者は，生物輸送ネットワークの機能性と形態形成機構とについて，空間適応的な均一排出性能や定量的な流量強化則等の新知見を得たものであり，生命科学の極めて基本的な問題解明に貢献するとともに，工学的な輸送ネットワーク設計問題における生物模倣技術の開発という新しい分野の開拓という貢献も大である．

よって著者は，北海道大学博士（生命科学）の学位を授与される資格あるものと認める．