



脊柱特発性側彎症の成因について
—力学からのアプローチ

名古屋大学情報科学研究科
畔上 秀幸

1985年 3月	東京大学 博士課程 工学系研究科 機械工学専攻 修了 (工学博士)
1985年 4月～1985年12月	東京大学 生産技術研究所 助手
1986年 1月～1989年 3月	豊橋技術科学大学 工学部 助手
1989年 4月～1991年 7月	豊橋技術科学大学 工学部 講師
1991年 8月～2003年 4月	豊橋技術科学大学 工学部 助教授
2003年 4月～	名古屋大学 大学院情報科学研究科 教授
1991年11月～1992年 8月	ミシガン大学 工学部 客員研究員
1998年 4月～2001年 3月	東京大学 生産技術研究所 助教授(併任)

脊柱特発性側彎症は成因が未だ解明されていない疾患である。成因研究の役割は、疾患の自然経過予測と治療法評価のための基本モデルを与えることにある。成因について、これまで様々な仮説が唱えられてきた。代表的なものを挙げれば、体型的特質も含めた遺伝的要因、生理的要因、成長が関与した力学的要因などである。それらの要因は、ある原因からある結果までの因果関係を説明する。しかし、全容を理解するためには、それら相互の関係に基づいて、系統立てて考えていくことが必要である。演者は、1989年、石田義人医師との出会いが契機となり、力学的な側面からその成因を調べることを開始した。本講演では、力学的な側面から最終的に彎曲に陥る可能性について、演者らが検討してきたことを説明し、他の成因との関連についても考察したい。

脊柱は体形を保持するという極めて力学的な機能を有している。その力学構造が成長期に突然彎曲するという現象は、成長が関与した何らかの力学現象との関連が示唆される。成長が関与した力学的成因について、これまで、不均衡成長説と座屈説が注目されてきた。前者は、成長そのものが不均衡であるとする仮説であり、後者は、成長そのものは左右の均衡が取れていても、前後の成長速度の違いにより、内力が発生し、より安定した別の変形に飛び移る現象（座屈現象）であるとする仮説である。両者は必ずしも矛盾する内容ではなく、相互に関連すると考えることも可能である。講演では、1950年以降発表されてきた主要な論文について紹介し、その中で、Dickson ら(1984)の指摘に注目する。

Dickson らは、標本の詳細な観察に基づいて、特発性側彎症では胸椎後彎の著しい減少が発生していることを発見し、この前彎に向かう変形が脊柱の回旋不安定性を生み、その状態からの成長が側彎症の形態への飛び移りを生む座屈現象であるとする仮説を提唱した。

演者らは、Dicksonらの指摘に注目し、胸椎が前彎に向かう変形はgrowth spurts時の椎体成長によると仮定して、仙骨のみを固定した下で、椎体成長による座屈現象を調べた。1999、2001年、脊柱有限要素モデルを用いた数値解析によって、椎体成長による座屈現象が多数存在すること、その中から姿勢による矯正が可能なモードを排除すれば、シングルおよびダブルカーブの症例に類似の4次と6次の座屈モードが残ることを示した。2000年、座屈後に発生した応力に応じた骨の再構築現象を解析し、骨形成（Wolf則）が起これば回復し、過負荷による骨吸収（Hueter-Volkmann則）が起これば臨床例に近づくことを示した。

講演では、最近の結果も踏まえて、不均衡成長説と座屈説が関連付いた力学的成因について考えてみたい。また、その仮説の前提は遺伝的要因や生理的要因と関連付けられることもお話したい。

Special Lecture

On etiology of idiopathic scoliosis: an approach based on mechanics

Hideyuki Azegami

Graduate School of Information Science, Nagoya University

Education

1985 Doctor Course Completed, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Division of Engineering, The University of Tokyo

Career

1985/04-1985/12 Research Associate, Institute of Industrial Science, University of Tokyo
1986/01-1989/03 Research Associate, School of Engineering, Toyohashi University of Technology
1989/04-1991/07 Lecturer, School of Engineering, Toyohashi University of Technology
1991/08-2003/04 Associate Professor, School of Engineering, Toyohashi University of Technology
2003/04- Professor, Department of Complex Systems Science, Graduate School of Information Science, Nagoya University
1991/11-1992/08 Visiting scholar, College of Engineering, University of Michigan
1998/04-2001/03 Concurrent Associate Professor, Institute of Industrial Science, University of Tokyo

Idiopathic scoliosis is a disorder of unknown etiology. Etiology study is expected to give basic models to predict natural histories of patients and estimate final outcomes of treatments. Up to now, on the etiology, various hypotheses have been proposed. Typical ones are genetic factors including body features, physiological factors and mechanical factors involved in growth. These factors explain relations of causes and effects. However, to understand the whole picture of the etiology, it is required to consider systematically based on mutual relationships. The presenter started an etiology study from the mechanical point of view by an encounter with Medical Dr. Yoshito Ishida in 1989. In this presentation, I would like to explain the possibilities to fall into curvature from the mechanical point of view based on our studies and discuss the relationships to other hypotheses.

The important papers published since 1950's are reviewed and paid attention to a remark by Dickson et al.(1984). They identified a trigger of rotational instability as remarkable decreasing of the thoracic kyphosis at the apex of the curvature based on the precise observation of the specimens and declared that this instability was a buckling phenomenon.

The presenter and coworkers investigated the buckling phenomenon induced by the growth of vertebral bodies under a condition of a stationary sacrum following the remark by Dickson et al. In 1999 and 2001, we analyzed the phenomenon using a finite-element model of the spine and presented that excepting controllable modes by posture change, the fourth and the fifth buckling modes, which correspond to the clinical single and double curves, remained. In 2000, we analyzed bone remodeling phenomena by the stress generated by the fourth buckling and obtained that bone formation following the Wolff law corrected the original curve, while bone resorption following the Hueter-Volkman law worsened the original curve.

In this presentation, including the latest results, I would like to explain a mechanical etiology connecting the hypothesis of unbalanced growth and the buckling hypothesis and the relationships of the mechanical etiology to genetic factors and physiological factors.