

—グラフィア—

有限要素法による人体の力学シミュレーション

秋元 正宇

日本医科大学大学院医学研究科形態機能再生再建医学

日本医科大学千葉北総病院形成外科

Mechanical Simulation of Human Using Finite Element Method

Masataka Akimoto

Department of Plastic, Reconstructive and Regenerative Surgery, Graduate School of Medicine, Nippon Medical School

Plastic and Reconstructive Surgery, Nippon Medical School Chiba Hokusou Hospital

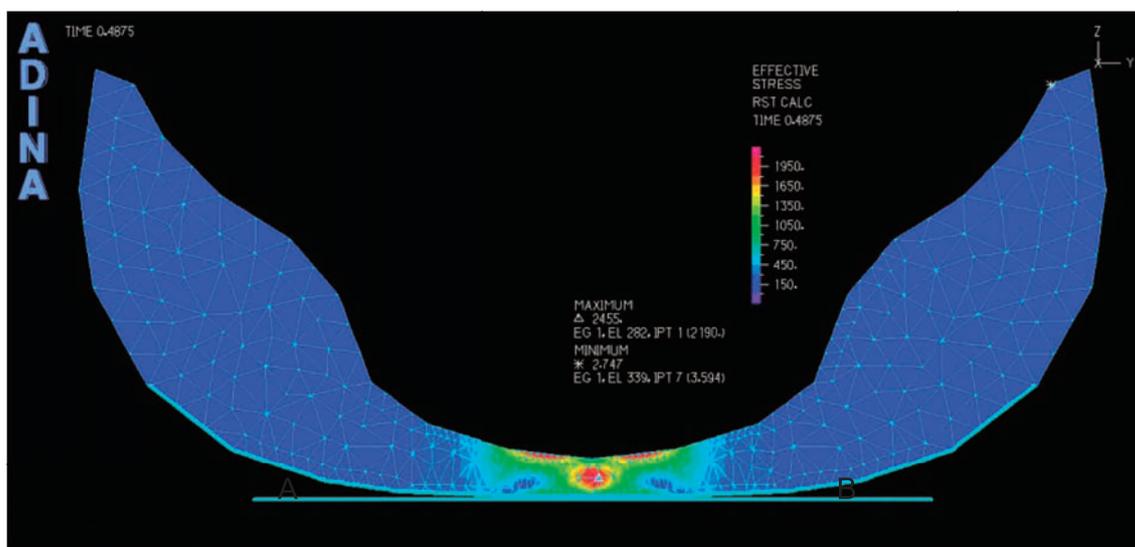


図 1

有限要素法とは物体を非常に細かい小部分に分割し、それぞれ小部分に成立する物理法則を組み上げ、全体を巨大な方程式としてコンピュータでこれを解く解析法である。構造、熱力学、流体など数式で表現できるあらゆる物理現象を解析できる。近年は医学領域へも応用され、人工関節、人工血管などの解析に応用されている。私は、この技法が人体の力学的なシミュレーションに応用できないかと考え、特に皮膚軟部組織の様々な現象に対して有限要素法に

よる解析を試みてきた^{1,2}。数値計算により組織深部に働いている力の可視化や手術前後での形態変化の予測を行うことができる。本稿ではその一部を紹介する。この解析法はコンピュータの性能が上がれば上がるほど、高精度かつ広範囲の解析を行うことができる。いずれ人体の構造、血流、生体反応といったあらゆる生命現象を計算によって明らかにすることができるであろう。

連絡先：秋元正宇 〒270-1694 千葉県印西市鎌苅 1715 日本医科大学千葉北総病院形成外科

E-mail: akimoto@nms.ac.jp

Journal Website (<http://www.nms.ac.jp/jmanms/>)

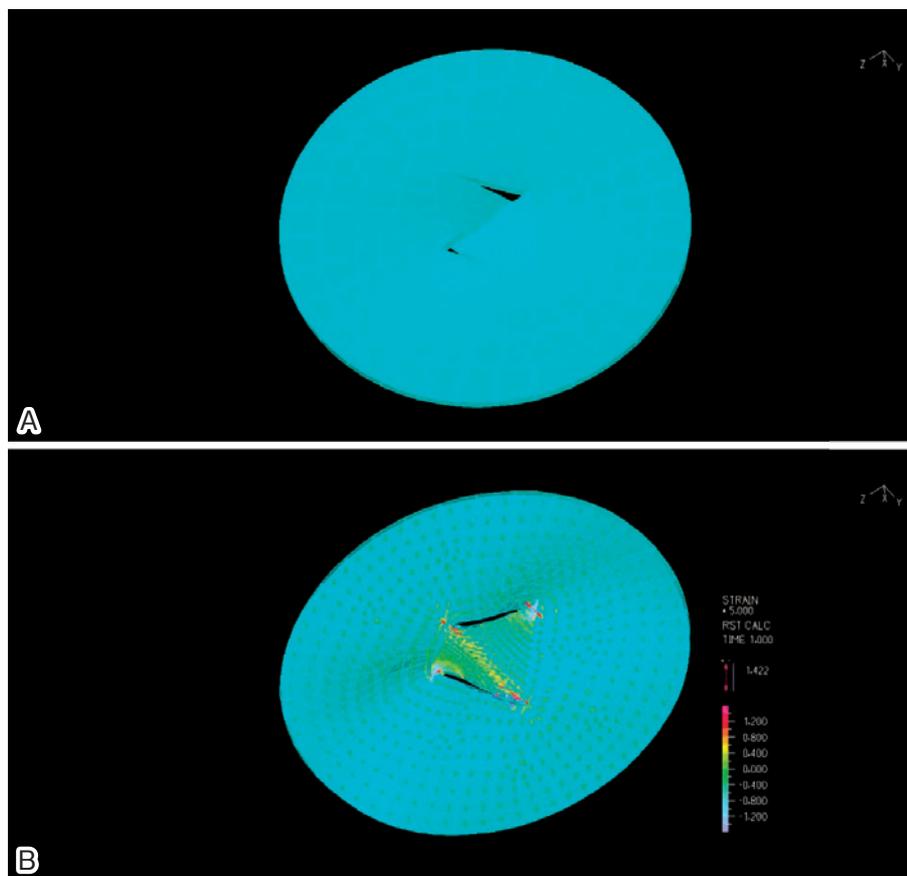


図 2

【図1】褥瘡における DTI 発生のシミュレーション

褥瘡は、しばしば表層の軽微な損傷とともに深部の壊死を伴って発祥することが観察される。この現象は近年 Deep Tissue Injury (DTI) として注目されている。本シミュレーションは DTI の発生過程をシミュレーションしたものである。仙骨部 CT から骨、軟部組織形態を取り込んだモデルに臥床状態に対応する過重負荷をかけた状態を想定し、軟部組織における応力の発生状況を計算した。表層よりむしろ深部と、骨軟部組織の境界面に大きな応力集中が発生していることが分かる。これはまさに、臨床上観察される DTI の発祥部位に一致している。

【図2】皮膚形成術のシミュレーション(A：術前 B：術後)

形成外科における基本的な手技である Z 形成術は、皮膚に切開を入れ 2 枚の三角弁を回転、交換することで 2 点間の延長、瘢痕の分断、位置の交換、山を谷にするなどの効果が得られることが知られている。このシミュレーションではこれらの効果が一目瞭然に理解できるとともに、皮膚の部分のひずみを知ることができる。Z 形成術では 2 枚の皮弁が入れ替わり、両三角弁の基部にドッグイヤーを形成しながら皮膚を延長していることが分かる。また中央部に深い谷が形成され延長軸と直行する軸方向には短縮が生じていることが分かる。

文 献

1. Akimoto M: Analysis of human pressure ulcer and cushion pads for its prevention. In Finite Element

Analysis (Moratal D, eds), 2010; pp 237-250, Sciyo, Rijeka. (ISBN 978-953-307-123-7).

2. 秋元正宇：Z 形成術とそのバリエーション. PEPARS 2011; 58: 1-9.