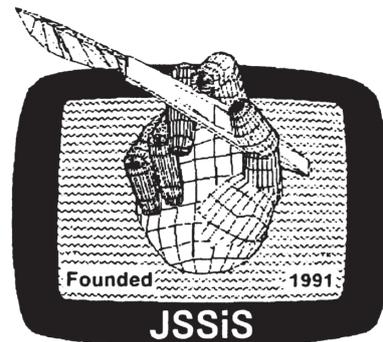


VOLUME 22 NUMBER 2-3

AUGUST 2015

84-109

# 日本シミュレーション外科学会会誌



第22卷 第2・3合併号

2015年8月号

Journal of The Japan Society for Simulation Surgery

日本シミュレーション外科学会会誌  
Journal of The Japan Society for Simulation Surgery

第22巻 第2・3合併号 2015年8月号

Vol. 22 No.2-3 August 2015

目次

CONTENTS

総説

私たちのシミュレーション研究の系譜 .....	3
永竿 智久、藤野 豊美	

原著

流体シミュレーションソフトウェアによる端側吻合様式の検討 .....	7
阿部 周策、大河内 真之、上田 和毅	
頭蓋有限要素モデルを用いた、頭蓋形成術後成長パターン予測の試み .....	13
坂本 好昭、永竿 智久、三輪 点、吉田 一成、貴志 和生	
平成26年度編集委員会議事録 .....	17
平成26年度理事会議事録 .....	18
平成26年度評議員会議事録 .....	20
平成26年度総会議事録 .....	22
会則 .....	24
会誌投稿規定 .....	26

## 私たちのシミュレーション研究の系譜

永竿 智久<sup>1)</sup>、藤野 豊美<sup>2)</sup>

香川大学医学部形成外科学講座<sup>1)</sup>、慶應義塾大学名誉教授<sup>2)</sup>

### Development of Our Group's Simulation Study

Tomohisa Nagasao<sup>1)</sup>, Toyomi Fujino<sup>2)</sup>

Department of Plastic Surgery, Kagawa University<sup>1)</sup>

Professor Emeritus of Keio University<sup>2)</sup>

#### 要旨

日本シミュレーション外科学会は創設以来、本年で25年を数える。当初は一大学の研究班であったが、4半世紀にわたる歴史の中で人的交流および研究内容の点で本学会は大きく発展を遂げた。本稿においては日本シミュレーション外科学会の曙光期より現在に至るまでの変遷を、著者らの直接触れた範囲に絞り報告する。

#### Abstract

The year of 2015 is the 25<sup>th</sup> Anniversary of the Japan Society for Simulation Surgery and herein describes briefly her history. In 1989, the Simulation Surgery Study Group was born at Department of Plastic Surgery, Keio University. In order to share and extend our study to those who are interested in, the Japan Society for Simulation Surgery was founded in 1991. Since then, the Society has been gradually developed up to the current status with increasing Memberships from the multiple institutes in the various scientific fields. In order to make it easily understood concretely, described are the study contents only limited to those who are contributed to the Society among the colleagues at Department of Plastic Surgery, Keio University. The authors would like to express our sincere appreciation to all colleagues contributed to the Society and wish prosperous future of the Japan Society for Simulation Surgery.

**Key words** : simulation surgery, development, history

2014年11月に東邦大学・大西清会長の主催に行われた、第24回日本シミュレーション外科学会において、筆頭著者（永竿）は「4半世紀の歴史」をタイトルとして会長よりシンポジストの指名を受けた。同年が学会創設25年であることを記念しての特別企画であり、学会の発展を回顧して今後の道程の指標とせんとする試みであった。日本シミュレーション外科学会の長い歴史の中で行われてきた研究は極めて多岐にわたっており、すべての内容に触れることは困難である。永竿は1990年の卒業で本学会の設立である1991年に近い。そこで、自身が直接触れた内容に絞って発表させていただいた。いきおい、卒業校である慶應義塾大学形成外科にて行われていた研究が内容の中心となり、学会全体の歴史を総括したものとはどうい言い難い。しかし、ある組織において行われていた研究がどのように展開し、分派していったかを回顧し、記

録することも今後の学会の発展の一助になるやもと考え、本稿をしたためる。

まず日本シミュレーション外科学会設立の経由に関して述べる。形成外科のパイオニアである Converse は、眼窩壁骨折には高率に強膜下血腫を合併することから、眼窩内圧が衝撃によって上昇し、その結果壁の一部が破綻するという、いわゆる hydraulic theory を提唱していた。第二著者（藤野豊美）は米国で residency を行ったが、Converse に師事した折にこの理論につき説明を受けた。しかし自身で乾燥骨を叩いてみると、眼球内容がないにも関わらずやはり骨折が生じることを発見した。この結果からすると、Converse の理論とは異なり、骨を衝撃が介達するから骨折が発生するのである、という別の仮説が導かれることになる。これを理論的に説明するためには力学解析が必要だと考え、慶應義塾大学理工学部と共同研究を開始した<sup>1,2)</sup>。こうして同学における医学—工学研究が開始された。

1980年代には慶應大学形成外科においては頭蓋変形の手術に取り組んでおり、手術計画のために3次元

〒761-0793 香川県木田郡三木町池戸1750-1  
TEL 087-891-2198 FAX 087-891-2199  
E-mail : nagasao@med.kagawa-u.ac.jp

コンピューターシミュレーションの必要性が認識されていた。そこで、研究をより大規模に進めるために、藤野らが中心となり日本シミュレーション外科学会を組織し、第 1 回学会を 1991 年に開催した。この曙光をみてよりほぼ毎年学会は執り行われ、2014 年現在までに 24 回を数えるに至っている。

次に具体的な研究内容の変遷に移る。まず、1980 年代後半に中嶋英雄（敬称略・以下同様）らが中心になって進めていた研究につき紹介する<sup>3)</sup>。頭蓋縫合の早期癒合に対する頭蓋形成手術に対し、骨延長のなかった往時においては、頭蓋を試行錯誤的に組み替えて形態が修正されていた。ところが手術中における試行錯誤の繰り返しは手術時間の遷延および、感染のリスク増大につながる。そこで、CT 画像をもとに光造形を用いて合成樹脂モデルを作成しておき、これを用いて術前検討を進めるシステムを開発することになった。この取り組みの結果、術前のモデルサージェリーをもとに手術を行うことで大幅に手術時間が短縮できるようになり、かつ良好な結果を得ることができるようになった。こうした技術は 3D プリンターの普及している現在では、ごく一般的に行われているが、ワープロですら黎明期にあった 1980 年代においては画期的な試みであったと言える。

ほぼ同時期に、小林正弘らは頭蓋欠損の再建手術におけるシミュレーション研究を行っていた<sup>4)</sup>。外傷や、腫瘍の切除後に頭蓋が感染して取り外しを余儀なくされることがあるが、この結果生じた欠損の再建を行う上で硬組織を用いる必要がある。そこで CT 画像に基づいて患者の頭蓋の 3 次元光造形モデルを作成した上で、これに見合うようにハイドロキシアパタイトを加工する技術を小林らは開発した。準備しておいたハイドロキシアパタイトを欠損部に移植し頭蓋を再建することで、良好な結果を得ることができるようになった。同治療も 21 世紀である現在においてはごく一般的に行われているが、未だ頭蓋欠損の再建に肋骨や腸骨が用いられていた 1980 年代にあっては画期的な進歩であったと言える。その証左としてこの治療は平成 5 年に高度先進医療の認定を受けている。

1980 年代後半までは、「いかに手術を効率的に行うか」を目的とした研究が中心を占めていたが、1990 年代になると新しい発想が出てきた。顔面神経麻痺に対する手術治療は、顔面の表情を取り戻すことを目的として行われるが、表情の動きは顔面に存在する多くの筋肉により引き起こされている。ゆえに表情筋の動きのバランスに応じて、表情がいかに変化するかを理解することが治療においては重要である。そこで顔面の表情筋をその作用方向に応じてベクトルで表現し、ある一定の割合で収縮させる演算を行うと、顔面の表情がどう変わるのかを予測することができる。同研究は、田中一郎らが中心になり行われた。

1990 年代の後半になると、頭蓋よりさらに複雑な

構造を有する、耳における手術にシミュレーション技術を使う新たな取り組みが、金子剛らが中心となり開始された<sup>5)</sup>。先天性耳介欠損症（小耳症）の患者に対して、健常側の耳を 3 次元スキャンしておき、得られたデータのミラーイメージに基づいて目的とする耳介形態の 3 次元モデルを作成する。患者の肋軟骨を材料にして、この 3 次元モデルをもとにして、耳介のフレームワークを作成する。こうして作成したフレームワークを用いて耳を作成することで、良好な手術結果を得ることができるようになった。

20 世紀の末になると、また新たな発想が生まれてきた。同時点までに至る既存の研究は、「いかに 3 次元の形態をよく作成するか」ということを目標にしていた。しかし実際に手術を行うにあたっては、単純に理想とする形のみを追い求めても意図した結果が出ないことが多い。これは組織の物理的特性を考慮していないからであり、現実的に良い結果を得るためには組織の硬さや伸展性を考慮したシミュレーションが必要になる。そこで土屋裕一らは、こうした要素を組み入れた研究を開始した。形成外科においては局所皮弁の手術が行われるが、多くの場合、移行される組織は皮膚と皮下組織より構成される。それぞれを 3 次元的なバネ構造で表現した上で、力が及ぶと思われる周辺部も同じくモデル化する。この上で一部に外力を加えると、他の部分がいかに運動するのかということ計算する。縫合なり、移動といった状況に対応する力学条件を負荷した上でこうしたシミュレーションを行うことで、手術を行えばどのようなひずみが生じるのかといったことが判明するが事前に予測できる。かくのごとき研究を行うに伴い、グラフィック技術も進歩してくる。西暦 2000 年くらいにはこの技術を、初学者にはわかりにくい、口唇裂の教育に応用する試みが田中乃吾らにより行われていた。

21 世紀初頭には、構造力学の技術を応用した本格的なシミュレーション研究が行われるようになった。永竿智久は生体が力を受けると、形がどのように変わるのかということに関心を持ち、研究を展開してきた。コンピューターの性能が 20 世紀末より 21 世紀初頭にかけて飛躍的に向上してくるのに相まって、従来は実現困難であった手術シミュレーションの技術を開発することに成功した。こうした技術を生かすことにより、顔面骨骨折の新しいメカニズムの解明<sup>6)</sup>・漏斗胸手術の結果予測システムの開発<sup>7)</sup>・皮膚瘢痕が生じる理由<sup>8)</sup>についてのバイオメカニクスの解明が行われた。

また、永竿の研究班に所属していた宮本純平らは、研究を別の角度から展開し、立ち耳の手術の最適化方法<sup>9)</sup>や下肢に発生する瘢痕が肥厚するメカニズム<sup>10)</sup>につき、先進的な研究を行っている。

なお、永竿は 1990 年の卒業以来、一貫して慶應義塾大学およびその関連施設において研究を推進してき

だが、大阪医科大学卒の田中嘉雄・香川大学教授の配慮により2014年より香川大学に転籍し、研究を継続している。宮本純平は2011年より出身地である広島大学に転籍し、広島大学教授である横田和典の指導のもとに研究を継続している。すなわち筆頭著者らの研究の系譜は第二著者の藤野豊美をその始祖とするが、30年以上の年月を経て分派し、多数の組織に展開して発展を続けている。現在においては、筆頭著者の研究グループである香川大学形成外科は、国内では慶應義塾大学理工学部、日本医科大学北総病院形成外科、成育医療センター形成外科、広島大学形成外科、近畿大学形成外科、大分大学形成外科、そして国外においては上海第二軍医大学形成外科と連携研究を展開している。30数年前には一大学の一研究班に過ぎなかったシミュレーション研究班が、全国的なネットワークに展開していることを慶び、かつ本学会のさらなる発展を祈念しつつ、ここに筆を擱く。

## 参考文献

- 1) Tajima S, Fujino T, Oshiro T (1974) Mechanism of orbital blowout fracture. I. Stress coat test. Keio J Med 23 (2) : 71-75
- 2) Fujino T, Sugimoto C, Tajima S et al (1974) Mechanism of orbital blowout fracture. II. Analysis by high speed camera in two dimensional eye model. Keio J Med 23 (3) : 115-124
- 3) Nakajima H, Kaneko T, Kurihara T et al (2001) Craniofacial surgical simulation system in the 3 dimensional CT SurgiPlan system. Keio J Med 50 Suppl 2 : 95-102
- 4) Kobayashi M, Fujino T, Kaneko T et al (2001) Computer aided simulation surgery using a laser-curable resin model : preoperative preparation of hydroxyapatite prosthesis for bone defect repair. Keio J Med 50 Suppl 2 : 103-108
- 5) Kaneko T, Takano J, Kobayashi M et al (2001) Computer-aided surgery and tissue expansion in auricular reconstruction for microtia. Keio J Med 50 Suppl 2 : 109-119
- 6) Nagasao T, Miyamoto J, Nagasao M et al (2006) The effect of striking angle on the buckling mechanism in blowout fracture. Plast Reconstr Surg 117 (7) : 2373-2380 ; discussion 2381
- 7) Nagasao T, Miyamoto J, Tamaki T et al (2007) Stress distribution on the thorax after the Nuss procedure for pectus excavatum results in different patterns between adult and child patients. J Thorac Cardiovasc Surg 134 (6) : 1502-1507
- 8) Nagasao T, Aramaki-Hattori N, Shimizu Y et al (2013) Transformation of keloids is determined by stress occurrence patterns on peri-keloid regions in response to body movement. Med Hypotheses 81 (1) : 136-141
- 9) Miyamoto J, Nagasao T, Tamaki T et al (2009) Biomechanical evaluation of surgical correction of prominent ear. Plast Reconstr Surg 123 (3) : 889-896
- 10) Miyamoto J, Nagasao T, Miyamoto S et al (2009) Biomechanical analysis of stresses occurring in vertical and transverse scars on the lower leg. Plast Reconstr Surg 124 (6) : 1974-1979

# 流体シミュレーションソフトウェアによる端側吻合様式の検討

阿部 周策、大河内真之、上田 和毅

福島県立医科大学形成外科

Simulation study of oblique end-to-side arterial anastomosis

Shusaku Abe, Masayuki Okouchi, Kazuki Ueda

The Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Fukushima Medical University

## Abstract

A number of end-to-side anastomoses are performed in microvascular free tissue transfers. The aim of this study is to elucidate the ideal microvascular configuration around an end-to-side anastomosis. We attempt to evaluate how blood flow rate and strain on vessel vary with changes in anastomotic angle and size discrepancy in vessels. Simulation is conducted through the use of CFD2000 (Adaptive Research); a general-purpose computational fluid dynamics software. Steady blood flow and vessels as rigid body are assumed. Ninety degree is considered the best in terms of ease of operation. We, however, come to the conclusion that oblique anastomosis is presumed preferable in terms of blood flow rate and intimal damage due to flow separation around the anastomosis.

**Key words** : 端側吻合、吻合角度、シミュレーション、マイクロサージャリー、流体解析ソフトウェア

## 【緒言】

微小血管吻合による遊離組織移植はもはや特別な手術ではなくなっている。

口径差が大きい場合や、四肢においてレシピエント側の血流を温存したい場合などで端側吻合が行われる機会も少なくない。ただし、端側吻合を試みたものの吻合部の開存不良を生じ、術中の端端吻合への切り替えが奏功した症例を当科でも時折経験している。端側吻合は再吻合が必要になった場合に吻合部（レシピエント側の血管）の新鮮化が難しい。したがって縫い直す際は、現実的には端端吻合に切り替える必要があり、端側吻合は端端吻合以上に初回で成功する必要がある吻合様式であると言える。

顕微鏡下の端側吻合は、90°での吻合が一般的と思われるが、河川の分岐・合流のように、流れの中枢側が鈍角になるように、すなわちレシピエント側の動脈の上流側とドナー側の動脈のなす角が鈍角になるように吻合することを好む術者も存在する<sup>1)</sup>。今回は端側型の動脈吻合に関して、理想的な端側吻合を探るべく、流体ソフトウェアを利用して解析を行った。

## 【方法】

熱・流体汎用解析ソフトウェア CFD 2000 (米国 Adaptive Research) を利用した。

CFD 2000 は種々の環境における流体問題をモデル化し、流入・流出条件等のパラメーターを設定することで、特定の部位の流速、圧力、渦度ベクトルを算出することができる。それらの値からモデル形状やその他の条件を流体力学的観点から最適化していくことができる (図 1)。

<①>

まず、レシピエントの動脈に側孔を開窓した状態で血液の噴出する角度 (以下、噴出角度) を計算した。逆行性の血流の強さを 4 通り (10、20、30、40 cm/s)、側孔の大きさを 2 通り (縦径 1 mm と 1.85mm)、都合 8 通り設定した。いずれのモデルも順行性の血流は 50 cm/s とした。

<②>

吻合終了後の状態で、皮弁への血流量<②-1>および壁にかかる圧<②-2>を評価した。

口径差については 2 種類 (1:2 モデルおよび 8:10 モデル) 用意した。いずれのモデルもレシピエントの血管径は 2 mm、順行性の血流は 50 cm/s、逆行性の血流は 30 cm/s で統一した。

〒329-0498 栃木県下野市薬師寺 3311-1  
自治医科大学形成外科  
TEL 0285-58-7371 FAX 0285-44-3234  
E-mail : shiabe-tky@umin.ac.jp

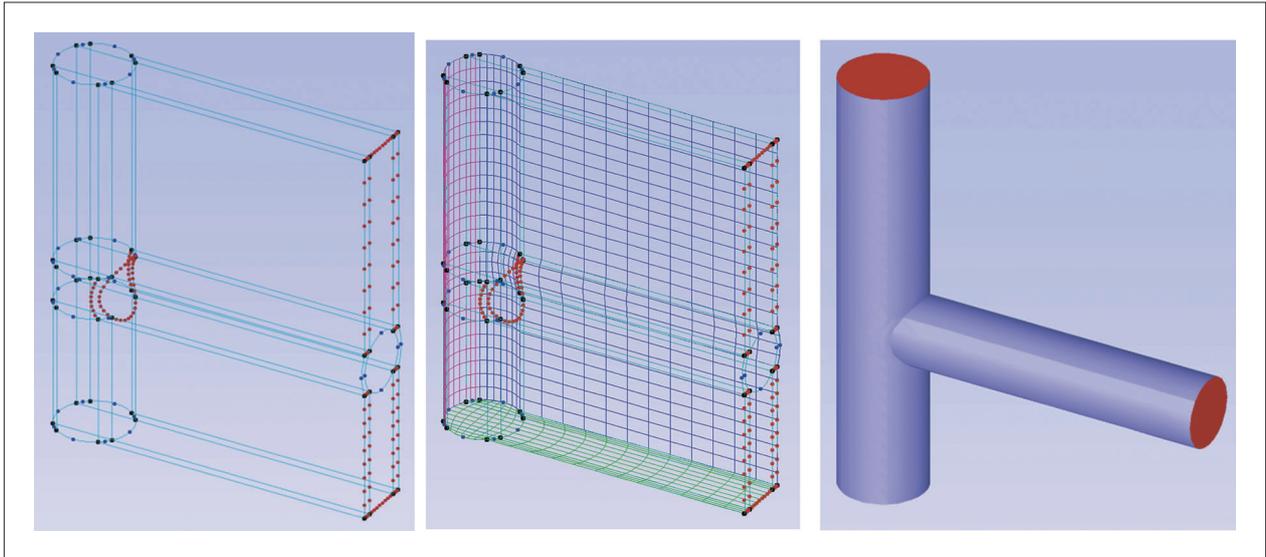


図1 CFD 2000 による端側吻合モデル作成過程  
左から順に、幾何モデル作成、cell (計算格子) のデザイン、壁・流入/流出条件の設定

## 【結果】

### <①>

矢印が各 cell (計算格子) (図1参照) 内を流れる血液の速度ベクトルを表しており、大きい矢印ほど速度ベクトルの絶対値が大きい、すなわち流れが速いことを意味している (図2、3)。

これらの結果から言えるのは以下のことである。

- ・逆行性血流が強いほど、噴出角度は大きくなり 60° 近くになる。
- ・側孔が小さいほど、噴出角度は大きくなり 60° 近くになる。
- ・吻合部のすぐ末梢 (下流) 側の主管壁に比較的強い圧がかかる。

### <②-1>

図4中の断面 (※) における流速分布を図5、6に示す。

各設定条件において、断面 (※) と交わる6個のcell内 (側管の短軸方向については6等分するようにメッシュをデザインしてシミュレーションを実行した) の流速ベクトルの大きさをプロットし、近似曲線よりも下側の面積を比較することで断面 (※) における流量の比較もおこなった (口径差 8:10、1:2モデルともに 90°モデルの流量を1とした)。吻合角度 30° とすると、8:10モデルの場合は流量を最大化できるのに対し、1:2モデルでは逆に最小になる。

### <②-2>

口径差2パターンと吻合角度3パターンの計6通りの状態において図5で定義した4個のcell内の圧力を表1に示す (相対値)。

いずれも順行性の血流は 50 cm/s、逆行性の血流は

30 cm/s としてある。

## 【考察】

レシピエントとして利用する動脈のほとんどは、みかけの流れの方向とは逆向きの流れを内包している。すなわち、ある動脈を切断した場合、生じたふたつの血管断端いずれからも拍動性の出血が認められる。Neliganらは、形成外科医が頭頸部再建の際に頻用する上甲状腺動脈や顔面動脈における逆行性血流の圧は順行性のものの50~60%であると報告している<sup>2)</sup>。シミュレーション上は血管抵抗が実際とはかなり異なり、血圧の値による系の設定は困難であるため今回我々は流速におきかえて順行性血流を 50 cm/秒、逆行性血流を 30 cm/秒として解析をおこなった。流速を与えるに際して、眼科領域で広く流速を調べられている眼動脈の流速値を参考にした<sup>3)</sup>。

### <血流量>

図6、7に示す流速分布の結果と、表1の結果を踏まえると、皮弁側の動脈の向きをなるべく噴出角度に沿わせたいほうが吻合部近傍で生じる渦や血管壁にかかる圧力、そして皮弁へ流入する動脈血の流量の点から有利と考えられる。つまり単純に皮弁側の動脈を傾ければ傾けるほどよいというわけではなく、レシピエント動脈に側孔をあけた時点でクランプをすべて外し血液の噴出角度を見定める必要がある。

ただし、実際の吻合操作を考えるとドナーの血管断端を楔状に切り落とした状態は単純に 90° で吻合するのに比べて煩雑になる可能性がある。

また、実際の血管は剛体ではないので、30° や 45°

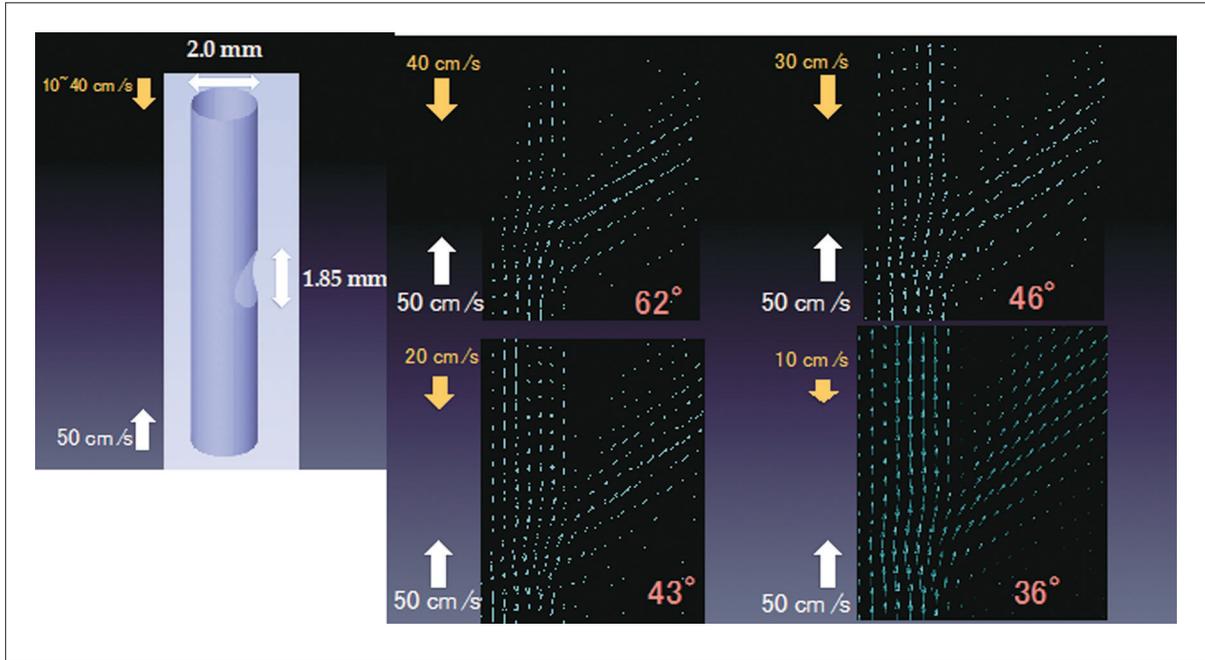


図2

a	b	c
d	e	

a : 上向き白矢印は順行性の血流速度を、下向き黄矢印は逆行性の血流速度を示す。  
 b : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 40 cm/s の場合。噴出角度は 62° となる。  
 c : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 30 cm/s の場合。噴出角度は 46° となる。  
 d : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 20 cm/s の場合。噴出角度は 43° となる。  
 e : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 10 cm/s の場合。噴出角度は 36° となる。

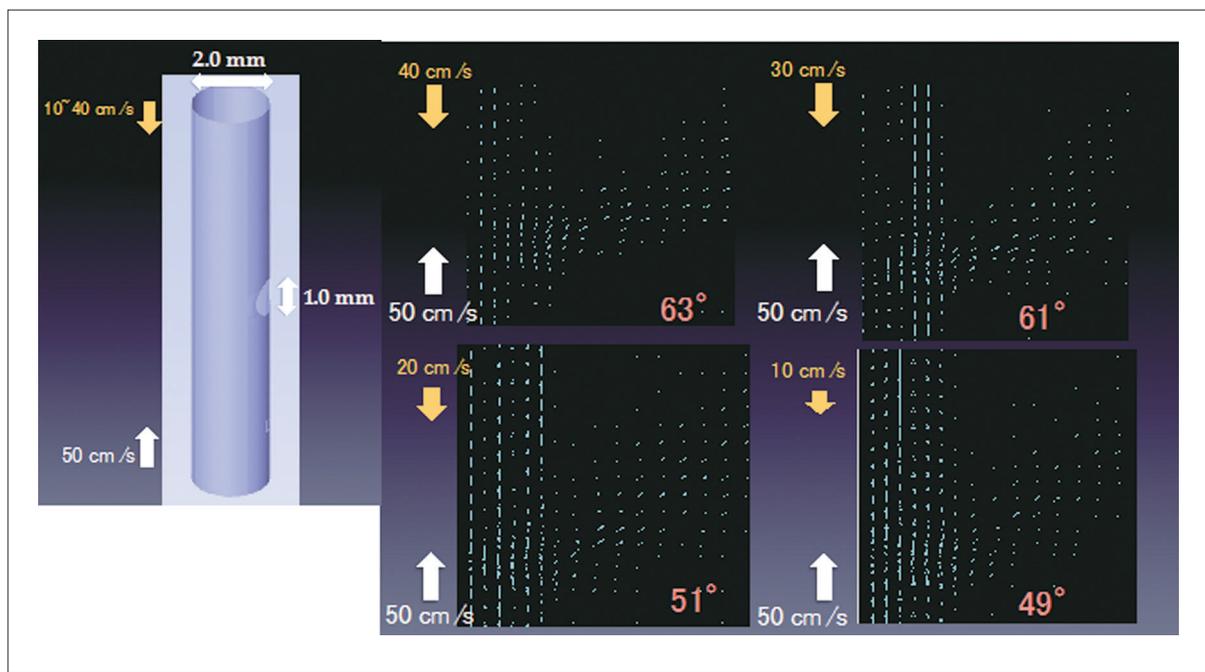


図3

a	b	c
d	e	

a : 上向き白矢印は順行性の血流速度を、下向き黄矢印は逆行性の血流速度を示す。  
 b : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 40 cm/s の場合。噴出角度は 63° となる。  
 c : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 30 cm/s の場合。噴出角度は 61° となる。  
 d : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 20 cm/s の場合。噴出角度は 51° となる。  
 e : 順行性の血流速度 50 cm/s、逆行性の血流速度 10 cm/s の場合。噴出角度は 49° となる。

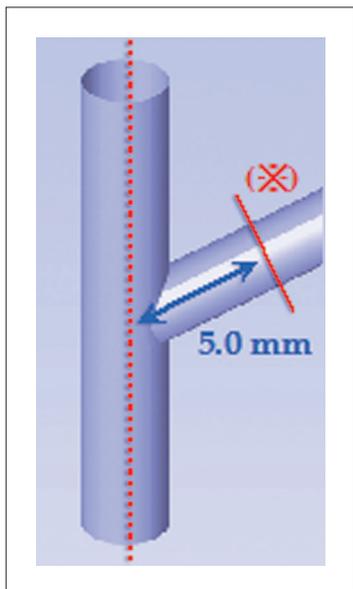


図4 血流量を評価する平面の設定

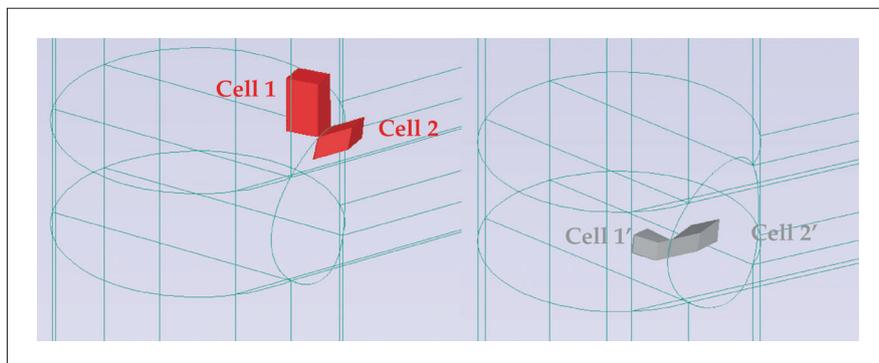


図5 血管壁にかかる圧を評価するための代表 cell 4 個の位置

表1 吻合部近傍の血管壁にかかる圧 (相対値)

6 パターンすべてに共通する結果として「cell 1 にかかる圧 > cell 1' にかかる圧」となっており、口径差 1:2 の吻合角度 30° の場合以外では「cell 2 にかかる圧 > cell 2' にかかる圧」であることがわかる。

口径差	吻合角度	吻合角度	吻合角度
1:2	30°	60°	90°
cell 1	119	105	101
cell 1'	61	55	60
cell 2	36	51	83
cell 2'	46	30	41

口径差	吻合角度	吻合角度	吻合角度
8:10	30°	60°	90°
cell 1	90	95	93
cell 1'	74	73	74
cell 2	65	62	76
cell 2'	63	50	50

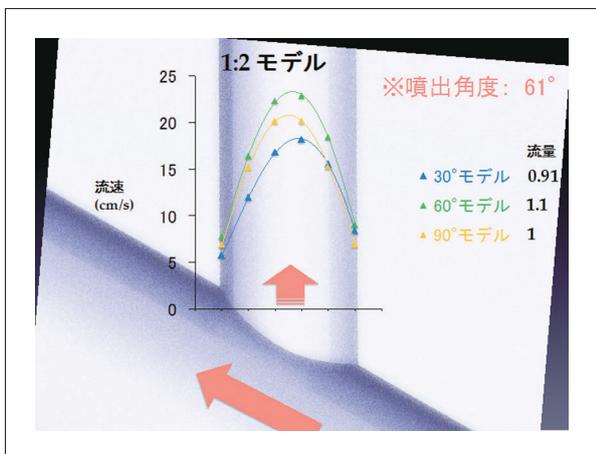


図6 図4で規定した平面における流速分布 (1:2 モデル 30、60、90°の各場合)

順行性血流は 50 cm/s、逆行性血流は 30 cm/s (この場合の噴出角度は 61°)

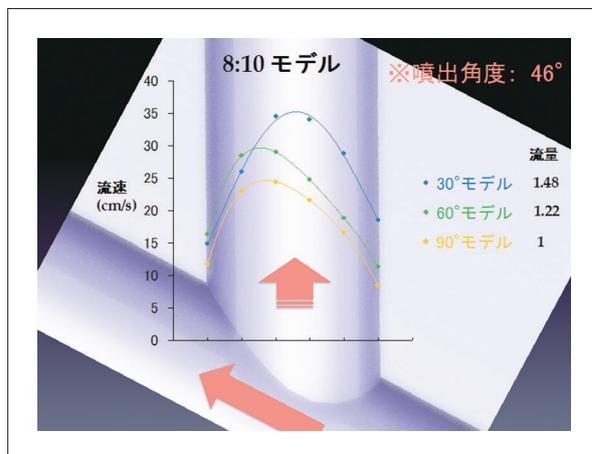


図7 図4で規定した平面における流速分布 (8:10 モデル 30、60、90°の各場合)

順行性血流は 50 cm/s、逆行性血流は 30 cm/s (この場合の噴出角度は 46°)

のようにかなり傾けた吻合形態では吻合後に折れ曲がりなどを生じやすいと推察される。

皮弁表面からの出血を無視すれば動脈からの流入量と静脈還流量は等しくなければならないので現実には、今回計算して得られた値ほどの流入量は期待できないと思われる。また、血流再開後しばらくすると、皮弁の血管抵抗に応じておのずから血流の再分配がおこり、端側吻合の場合、皮弁への血流量はレシピエントの動脈に何を採用するかによらず、血流再開後30分足らずでほぼ一定の値に落ち着くと報告もある<sup>4)</sup>。端側吻合の場合にも、同様の機序がはたらくと考えられるが、潜在的にどれだけの血流を皮弁側へ送り込めるかが、吻合角度によってこれだけの差があるという結果が得られたことは興味深い。

何度の吻合角度がいかなる場合も理想的であるということではなく、口径差や開ける側孔の大きさやレシピエント動脈の血行動態に依存する。

実際の手術の際は、レシピエント動脈に側孔を開塞した状態でクランプをすべて外し、噴出角度を見定めただで吻合角度を決定することが望ましい。

吻合角度を噴出角度に一致させることが流体力学の観点からは最良であるが、現実には吻合操作の行いやすさや皮弁の配置位置の制約などを考慮し、無理のない範囲で傾けて吻合することが推奨される。具体的にはドナー側の動脈断端を楔状に切り落としてから吻合することになるが、この操作によってドナー側動脈の口径は大きくなるためレシピエント動脈に開けた側孔もそれに合わせて少し大きくする必要があるだろう。

### <壁にかかる圧力>

流れの末梢側の吻合部近傍の血管壁にかかる圧は高いという、直感的に受け入れやすい結果となった。これは流体力学の観点からは流れの剥離という現象で<sup>5)</sup>、分岐部を曲がりきれなかった流束が cell 1 付近に、辛うじて曲がりきった流束が cell 2 付近に衝突することで吻合部のすぐ末梢側の血管壁にかかる圧が大きくなる。今回の結果からは cell 1 にかかる圧は吻合角度に依存するというよりもむしろ、皮弁への血流量と正の相関があることが示唆される。つまり皮弁への血流量を優先すれば cell 1 付近の血管壁にかかる圧が大きくなることはやむをえない。

一方で cell 2 にかかる圧も吻合角度ごとに違いはあるが、現実的に使用可能と思われる 60°、90°いずれの場合も対照 cell (cell 2') よりも大きな圧がかかっている。

吻合操作にともなう鑷子や縫合糸・針での血管内膜の損傷は血栓形成の原因のひとつである。大きな圧がかかる部分ではそのような微小な内膜損傷を増悪させる可能性がある<sup>6,7)</sup>。

cell 1 および cell 2 に通糸する場合は、細心の注意を払うほか、血管壁の状態にも依るが、血管内腔に鑷子

を挿入する機会を減らすという点で、流れの末梢側では両端針の使用などを考慮してもよいと思われる<sup>8)</sup>。

### 【結語】

微小血管吻合をともなう組織移植において、端側吻合はレシピエント側の組織への血流を温存しつつ、目的の自家組織を移植できる有用な方法である。

理想的な吻合角度を探るべくシミュレーションソフトをもちいた解析を行った結果、以下の結論に達した。

- ① レシピエント動脈に側孔を開けた時点でクランプを外し、血液の噴出角度を見極める。
- ② 吻合角度を噴出角度になるべく合わせることで、皮弁への血流量を増やすことができる。
- ③ (②を実行した場合であっても) 吻合部のすぐ下流の血管内腔にかかる圧は相対的に高くなり、吻合操作によって生じた微細な内膜損傷を増悪させる可能性がある。
- ④ 流れの末梢側に運針する際は、両端針の使用等、工夫する余地がある。

### 文 献

- 1) 緒方英, 光嶋勲 (2007) 口径差のある血管吻合. 手の外科の要点と盲点, 金谷文則編, pp262-263, 文光堂, 東京
- 2) Neligan PC, She-Yue H, Gullane PJ (1997) Reverse flow as an option in microvascular recipient anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 100 : 1780-1785
- 3) Schreiber SJ, Angstwurm K, Doepp F et al (2006) Transcranial duplex ultrasound of the ophthalmic artery. *Ultrasound Med Biol* 32 : 309-313
- 4) Lorenzetti F, Kuokkanen H, von Smitten K et al (2001) Intraoperative evaluation of blood flow in the internal mammary or thoracodorsal artery as a recipient vessel for a free TRAM flap. *Ann Plast Surg* 46 : 590-593
- 5) 福嶋孝義 (1978) 動脈硬化の成因 : 血行力学の立場より. *信州医学雑誌* 26 : 241-255
- 6) Apkarian RP, Burns JT, Acland RD (1982) Scanning electron microscopic study of disturbances in arterial walls following microsurgical needle perforations. *Scan Electron Microsc Pt 2* : 781-787
- 7) Longa EZ, Weinstein PR, Chater G (1984) Scanning electron microscopy studies of needle and suture damage in rat carotid and femoral arteries. *Microsurgery* 5 : 169-174
- 8) Okazaki M, Asato H, Sarukawa S et al (2006) Availability of end-to-side arterial anastomosis to the external carotid artery using short-thread double-needle microsuture in free-flap transfer for head and neck reconstruction. *Ann Plast Surg* 56 : 171-175

# 頭蓋有限要素モデルを用いた、頭蓋形成術後成長パターンの予測の試み

坂本 好昭<sup>1)</sup>、永竿 智久<sup>2)</sup>、三輪 点<sup>3)</sup>、吉田 一成<sup>3)</sup>、貴志 和生<sup>1)</sup>

慶應義塾大学医学部形成外科<sup>1)</sup>、香川大学医学部形成外科<sup>2)</sup>、慶應義塾大学医学部脳神経外科<sup>3)</sup>

## A Biomechanical Study on the Effect of Cranioplasty for the Craniosynostosis

Yoshiaki Sakamoto<sup>1)</sup>, Tomohisa Nagasao<sup>2)</sup>, Tomoru Miwa<sup>3)</sup>, Kazunari Yoshida<sup>3)</sup>, Kazuo Kishi<sup>1)</sup>

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Keio University School of Medicine<sup>1)</sup>

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Kagawa University School of Medicine<sup>2)</sup>

Department of Neurosurgery, Keio University School of Medicine<sup>3)</sup>

### Abstract

For scaphocephaly which is the most frequent in craniosynostosis, we analyzed the influence that difference in operative design gives to the expansion pattern in response to intracranial pressure by using biomechanical study.

From computed tomographic data of 10 dry infant skulls, simulation models were produced. For each models, 4 types of cranioplasty : equal-shape, L-shape, T-shape, and reverse T-shape type, were performed. Then, a 15-mm Hg pressure was applied to the intracranium to simulate the intracranial pressure. The expanded in response to the applied pressure. The amount of the change in the skull was calculated using finite element analysis.

The changes in the cranial transverse distance were greater for T-shape and reverse T-shape type than equal-shape and L-shape. However, the changes in the cranial longitudinal distance were smaller for T-shape and reverse T-shape type than equal-shape and L-shape. It means that the postoperative cranial growth in response to the cranial pressure were different depending on the reconstruction methods.

The collation our results with the clinical result are necessary. However, it is shown that biomechanical analysis for cranioplasty is useful for the operative plan for craniosynostosis.

**Key words** : 頭蓋骨縫合早期癒合症、矢状縫合、舟状頭、頭蓋形成術、有限要素法

### 【緒 言】

頭蓋骨縫合早期癒合症は単一あるいは複数の頭蓋縫合が早期に癒合して、頭蓋変形、頭蓋内圧亢進などを引き起こす疾患である。そして本疾患に対する手術は脳の成長を考慮すると生後1年以内に行うことが望ましいとされている<sup>1)</sup>。その治療概念は、早期癒合した縫合の単純切除から始まり、現在では左右の拡大だけでなく、それに伴う頭蓋全体の remodeling を考慮する術式へと移行しつつある<sup>2-8)</sup>。Remodeling で良い結果を得るためには、頭蓋がどのように術後成長して行くのかを予測することが必要である。

Enlow らは、ある外的因子が頭蓋に持続的に作用する場合、頭蓋はその外力に適合するような方式で成長すると述べた<sup>9)</sup>。脳圧は頭蓋の内側面に対して持続的に作用し、頭蓋の外側に拡張を誘導する。ゆえに、ある頭蓋に対する脳圧のバイオメカニクスの影響を

評価すれば、その頭蓋がどのように成長を遂げてゆくのかをある程度予測することができる。

これまでわれわれは、3次元有限要素解析(three-dimensional finite element analyses)を用いて、顔面骨骨折の発生メカニズムの解明、斜頭における頭蓋の成長パターンの予測、三角頭における眼窩の成長パターンの予測などの数多くのテーマを研究してきた<sup>10-12)</sup>。

本研究においては最も頻度の高い矢状縫合早期癒合に伴う舟状頭に着目し、デザインパターンにより施術された頭蓋が、術後脳圧に反応していかに変形を呈するのかを3次元有限要素解析を用いて解明する。そしていずれのデザインがより好ましいモデリングを誘導しうるのかにつき検討する。

### 【方 法】

#### 頭蓋骨のモデリング

正常乾燥小児人骨10体は0.5mm幅でCTスキャン(CB Works (Hitachi CO., Ibaragi, Japan))を施行することにより、その頭蓋の3次元データをDICOMデータ形式で得た。得られたDICOMデータをコン

〒160-8582 東京都新宿区信濃町35  
TEL 03-5363-3814 FAX 03-3352-1054  
E-mail : ysakamoto@z8.keio.jp

バーチャルソフトウェア (+CAD Module, Simpleware Ltd., Exeter, UK) を用いて transform することにより、3 次元 CAD モデルを作成した (図 1)。こうして作成した 10 体の 3 次元 CAD モデルに対して舟状頭の手術を模したシミュレーションサージェリーを 3 次元グラフィックソフトウェア (Free Form, Data Design, Nagoya, Japan) を用いて行った。模擬手術は 10 体のそれぞれに対して、以下の 4 つの方法を施行した (図 2)。

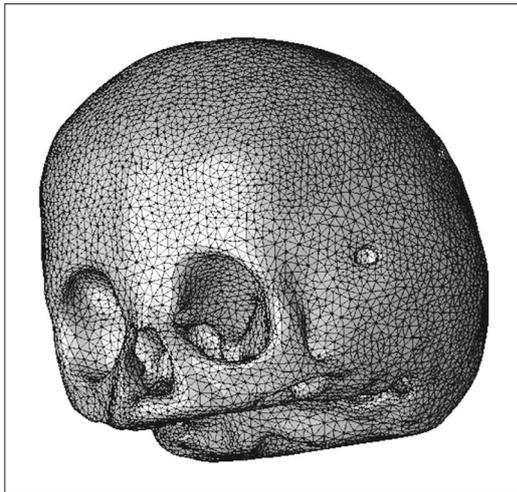


図 1 3 次元 CAD モデル

- タイプ 1 : 頭頂部の組織が、イコール型に残すよう  
にくりぬかれる
- タイプ 2 : 頭頂部の組織が、T 字型に残すよう  
にくりぬかれる
- タイプ 3 : 頭頂部の組織が、L 字型に残すよう  
にくりぬかれる
- タイプ 4 : 頭頂部の組織が、逆 T 字型に残すよう  
にくりぬかれる

模擬手術を施行したモデルを構造解析 pre-processor (Simpleware, Simpleware Ltd., Exeter, UK) に移行し、4 面体自由要素を用いて 68,000~84,000 の小要素に分割し、有限要素モデルに変換した。

#### 力学負荷および構造解析

脳圧が頭蓋に及ぼす影響を評価するために、各々のモデルに対して脳圧を模した負荷を内側から加えた。脳圧は正常においては 15~20 mmHg と考えられているので<sup>13)</sup>、15 mmHg の圧を各モデルの内側から頭蓋冠全体に均一に加えることとした。また頭蓋骨のヤング率としては 13,700 kg/mm<sup>2</sup> を、ポアソン比としては 0.30 を用いた<sup>12)</sup>。

この条件下において、各々のモデルが呈する形状変化を有限要素解析を用いて計算した。解析ソルバーとしては LS-DYNA (Livermore Software Technology Corporation, Livermore, CA, USA) を、解析の pre/post processor としては Jvision (JSOL, Osaka, Japan)

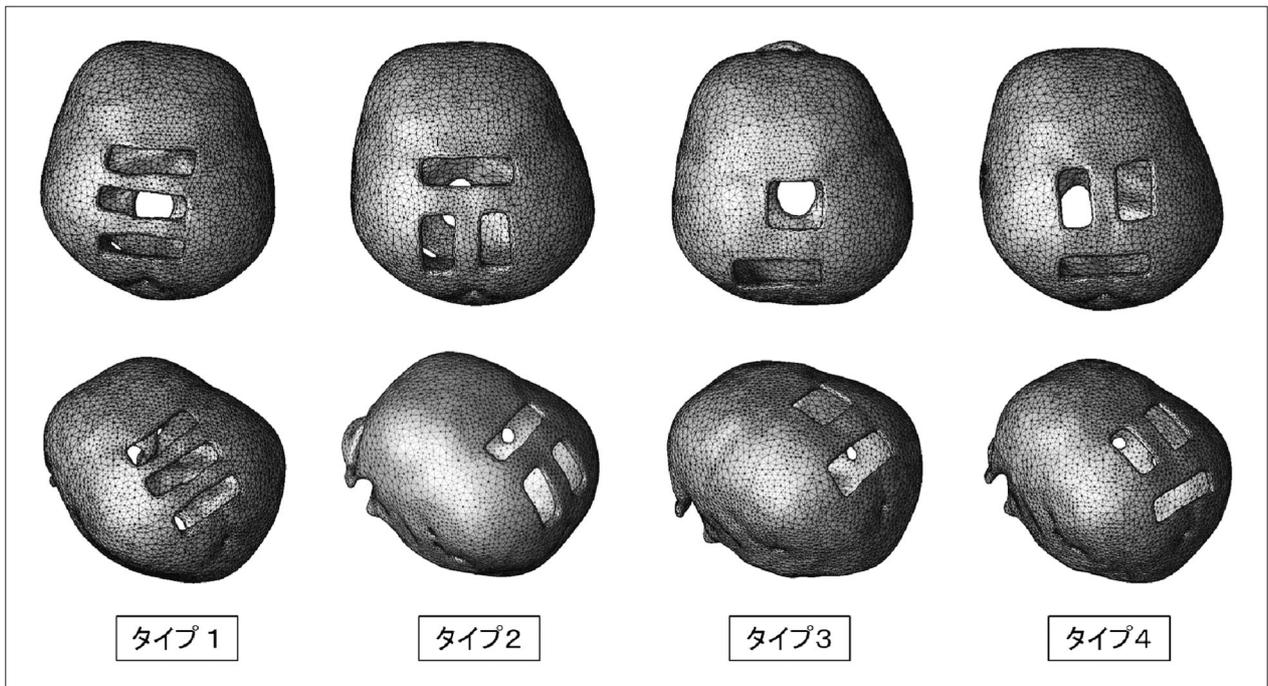


図 2 施行した模擬手術 4 タイプ (左から順に)

- タイプ 1 : イコール型
- タイプ 2 : T 字型
- タイプ 3 : L 字型
- タイプ 4 : 逆 T 字型

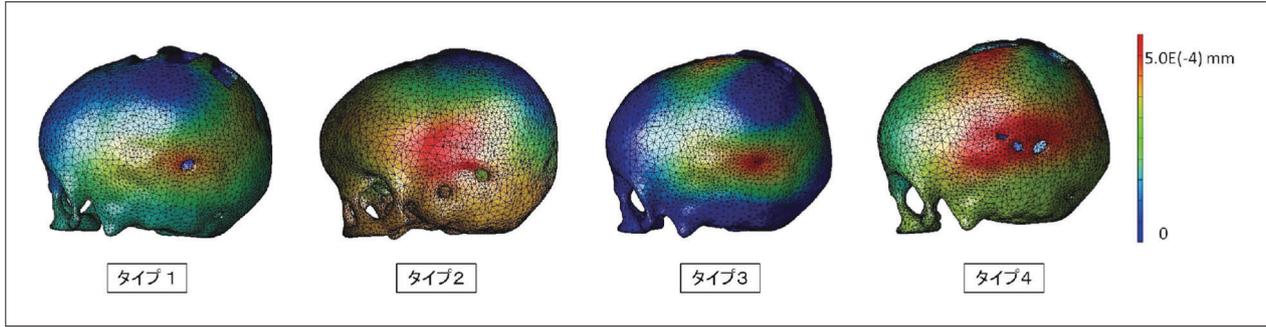


図3 タイプ別にみた左右方向への拡張程度  
 負荷の程度を右バーに示す。青色は負荷が小さく、赤色部分が負荷が大きい部分である。

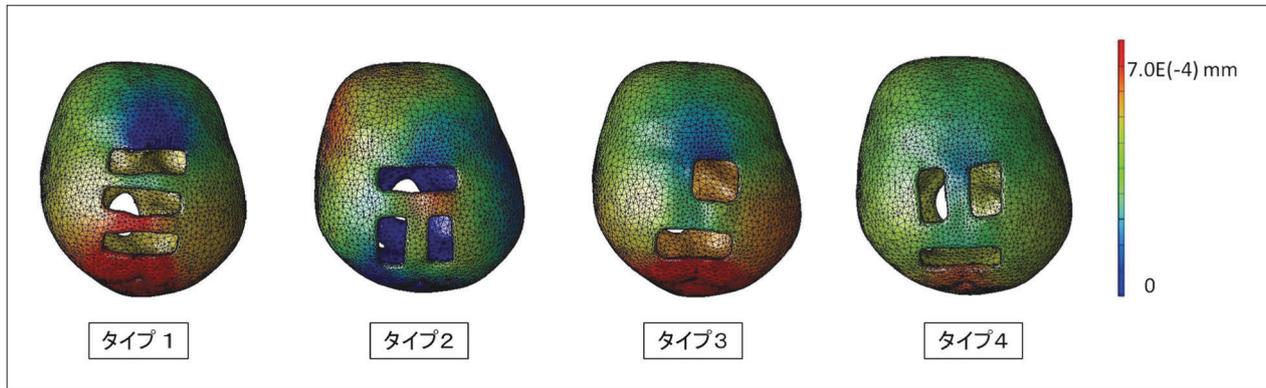


図4 タイプ別にみた前後方向への拡張程度  
 負荷の程度を右バーに示す。青色は負荷が小さく、赤色部分が負荷が大きい部分である。

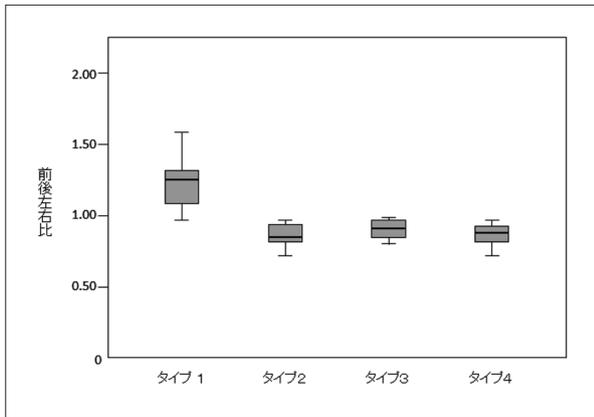


図5 タイプ別に見た前後径増分/左右径増分比  
 イコール型は他の型と比して高い値を示した (p<0.01)

を使用した。

**【結 果】**

各々のタイプにおける前後ならびに左右方向における拡張程度を示す (図3 - 4)。色の違いが負荷の程度を表しており、青色が負荷が小さく、赤色が負荷が大きいことになる。

本解析の結果を見ると、T字型・逆T字型は、イ

コール型ならびにL字型に比して側頭部分が赤く同部に負荷がかかっていた (図3)。これはT字型・逆T字型の方が左右径の拡張が大きいことを示している。一方、前後径においてはイコール型ならびにL字型がT字型・逆T字型に比して後頭部分が赤く負荷がかかっていた (図4)。すなわちイコール型ならびにL字型は前後径の拡張量が大きいことが示された。

また前後径増分/左右径増分比を計算した結果を図5に示す。イコール型は平均1.23と唯一1.0を上回り、有意差を持って高い値を示した (p<0.01)。

**【考 察】**

頭蓋形成術を施行し、正常な頭蓋形態に誘導するには、構成要素とそれぞれの働きを考慮する必要がある。頭蓋縫合早期癒合症において Moss らは頭蓋に主たる影響を及ぼすのは脳の成長であると報告している<sup>14)</sup>。頭蓋は皮膚と骨に覆われて、いわば中から脳圧に押された風船ととらえることができる。舟状頭では左右部分がおされているから脳圧により前後径が長くなっている。この状態から手術で左右を拡張させると圧が解放された部位へどんどん圧は逃げていき、そこに圧がかかる結果になることは容易に想像がつく。そして左右に圧が逃げていけば、それだけ前後径にかか

る圧は減少し、結果 cephalic index も正常に近づくこととなる。

Wolff の法則に則って、骨はその物理負荷に応じた変形パターンに沿って成長を遂げると考えると<sup>15)</sup>、今回の検討から、イコール型は、できるだけ左右方向への頭蓋成長を誘導し、cephalic index を改善させるといふ舟状頭手術の目的には即したデザインではなく、T字型あるいは逆T字型のデザインが推奨されると言える。同仮説の正当性に関しては、今後実際の臨床研究により検証される必要はある。しかし少なくとも、理論的に望ましい組換えデザインを示したことは、舟状頭に対する治療プランを決定する上で有用な情報である。

舟状頭に限らず頭蓋骨縫合早期癒合症に対しての頭蓋形成術は、その術式の臨床結果を得るには術後数年の経過観察が必要であり、術前からその術式の術後の頭蓋形態を予測することはこれまでなされたことがなかった。正しい形態に頭蓋を誘導するためには、頭蓋の成長に関与すると考えられる種々の因子について、その影響が解明されるなど今後の課題はあるが、3次元有限要素モデルを用いた構造解析は、頭蓋形成術後の成長パターンを予測する上で有用な方法であると考えられる。

## 文 献

- 1) Renier D, Lajeunie E, Arnaud E et al (2009) Management of craniosynostosis. *Child Nerv Syst* 16 : 645-658
- 2) Antunez S, Arnaud E, Cruz A et al (2009) Scaphocephaly : part I : indices for scaphocephalic frontal and occipital morphology evaluation : long-term results. *J Craniofac Surg* 20 (Suppl. 2) : 1837-1842
- 3) Epstein N, Epstein F, Newman G (1982) Total vertex craniectomy for the treatment of scaphocephaly. *Childs Brain* 9 : 309-316
- 4) Persing JA, Luce C (1990) Remodeling techniques for immature and mature cranial vault bone : technical note. *J Craniofac Surg* 1 : 147-149
- 5) Boop FA, Shewmake K, Chaddock WM (1996) Synostectomy versus complex cranioplasty for the treatment of sagittal synostosis. *Childs Nerv Syst* 12 : 371-375
- 6) Jimenez DF, Barone CM (1998) Endoscopic craniectomy for early surgical correction of sagittal craniosynostosis. *J Neurosurg* 88 : 77-81
- 7) Windh P, Davis C, Sanger C et al (2008) Spring-assisted cranioplasty vs pi-plasty for sagittal synostosis—a long term follow-up study. *J Craniofac Surg* 19 : 59-64
- 8) Nakajima H, Sakamoto Y, Tamada I et al (2011) Dynamic total skull remodeling by a combination of morcellation craniotomy with distraction osteogenesis : the MoD procedure. *J Craniofac Surg* 22 : 1240-1246
- 9) Enlow DH (1973) Growth and the problem of the local control mechanism. *Am J Anat* 136 : 403-405
- 10) Nagasao T, Miyamoto J, Shimizu Y et al (2010) What happens between pure hydraulic and buckling mechanisms of blowout fractures?. *J Craniomaxillofac Surg* 38 : 306-313
- 11) Nagasao T, Miyamoto J, Uchikawa Y et al (2010) A biomechanical study on the effect of premature fusion of the frontosphenoidal suture on orbit asymmetry in unilateral coronal synostosis. *Cleft Palate Craniofac J* 47 : 82-91
- 12) Nagasao T, Miyamoto J, Jiang H et al (2010) Biomechanical analysis of the effect of intracranial pressure on the orbital distances in trigonocephaly. *Cleft Palate Craniofac J* 48 : 190-196
- 13) Rutigliano D, Egnor MR, Priebe CJ et al (2006) Decompressive craniectomy in pediatric patients with traumatic brain injury with intractable elevated intracranial pressure. *J Pediatr Surg* 41 : 83-87
- 14) Moss ML (1959) The pathogenesis of premature cranial synostosis in man. *Acta Anat (Basel)* 37 : 351-370
- 15) Wolff J (1986) The law of bone remodeling. Springer, Berlin, Germany

## 日本シミュレーション外科学会 平成 26 年度編集委員会議事録

日 時：2014 年 11 月 15 日（土）12：10～12：20  
場 所：東邦大学医学部本館 1 階 第 1 会議室  
〒143-8541 東京都大田区大森西 6-11-1 TEL：03-3762-4151（代表）

出席者：丸山 優（委員長代行） 今井 啓介 大西 清 小坂 正明 千代倉弘明  
榎 宏太郎  
委任状者：小林 正弘 根本 匡章 貴志 和生 高井 信朗  
(以上 敬称略)

### 議 題

- 1) 前回議事録について  
日本シミュレーション外科学会誌 VOL. 21-3・4月号に掲載した。
- 2) 清木委員長、周郷幹事、根本幹事、ご辞退による新委員長等選出について  
朝戸裕貴先生（獨協医科大学形成外科）が委員長に就任された。
- 3) 編集業務について  
春恒社にて編集業務を委託した。
- 4) 会誌発刊の状況  
VOL. 22-1 （抄録集） 2014 年 11 月に発刊しました。  
VOL. 22-2・3号（論文 2 編以上） 2015 年 4 月発刊予定です。  
VOL. 22-4号 （論文 2 編以上） 2015 年 9 月発刊予定
- 5) 投稿論文の現状  
現在 2 編の投稿があり、査読中です。投稿をお願いいたします。

文責 丸山 優

## 日本シミュレーション外科学会 平成 26 年度理事会議事録

日 時：2014 年 11 月 15 日（土）12：10～13：10  
 場 所：東邦大学医学部本館 1 階 第 1 会議室  
 〒143-8541 東京都大田区大森西 6-11-1 TEL：03-3762-4151

出席者：藤野 豊美 丸山 優 朝戸 裕貴 今井 啓介 上田 晃一 大慈弥裕之  
 金子 剛 楠本 健司 小坂 正明 新谷 幹夫 千代倉弘明 津村 弘  
 鳥飼 勝行 榎 宏太郎 大西 清（第 24 回大会長）  
 委任状：清川 兼輔 小林 正弘 鈴木 茂彦 友田 幸一  
 事務局幹事：永竿 智久  
 事務局：山田 浩子

（以上 敬称略）

議事録署名人として、千代倉弘明理事、新谷幹夫理事が選任された。

### 議 題

- 1) 前回議事録の件  
 前回理事会議事録（2013 年 11 月 30 日）を確認した。
  - 2) 平成 25 年度収支決算の報告  
 平成 24 年 11 月 1 日から平成 25 年 12 月 31 日までの収支について永竿幹事より報告し、原案通り承認された。
  - 3) 平成 26 年度決算見込案について  
 平成 26 年 1 月～12 月までの決算見込について永竿幹事より報告した。
  - 4) 会則変更について  
 会計年度の変更に伴い、会則を下記のとおり変更することが承認された。  
 現行 第 6 章第 18 条 2.  
 本会の会計年度は、毎年 1 月 1 日から 12 月 31 日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。  
 改定 第 6 章第 18 条 2.  
 本会の会計年度は、毎年 9 月 1 日から 8 月 31 日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。
- 会計年度  
 平成 26（2014）年度→平成 26（2014）年 1 月 1 日～平成 26（2014）年 12 月 31 日  
 平成 27（2015）年度→平成 27（2015）年 1 月 1 日～平成 27（2015）年 8 月 31 日  
 平成 28（2016）年度→平成 27（2015）年 9 月 1 日～平成 28（2016）年 8 月 31 日
- 5) 平成 27 年度予算の件  
 上記会則変更に従い、平成 27 年度（平成 27 年 1 月 1 日～8 月 31 日）の収支予算案について、永竿幹事より報告し、承認された。
  - 6) 第 24 回（2014）学術集会の件（大西 清会長）  
 大西 清会長より、テーマを「シミュレーション外科：四半世紀の歩み」とし特別講演、教育講演、シンポジウムを含む約 30 演題の発表が行われていることが報告され、各位の協力に対して謝辞が述べられた。

## 7) 次期会長ご挨拶（金子 剛次期会長）

金子 剛（国立成育医療研究センター感覚器形態外科部・形成外科）次期会長より、第25回学術集会は平成27年10月31日（土）国立成育医療研究センター講堂（東京都世田谷区）にて開催の予定である旨報告された。なお、翌日11月1日に同じ場所にて、第2回JADT（日本顎顔面再建先進デジタルテクノロジー学会）を行うとのこと併せて報告された。

## 8) 次々期会長選出の件

今井啓介理事（大阪市立総合医療センター）が推薦され、選出された。また、次々々期会長についても審議され、前川二郎先生（横浜市立大学附属病院）が推薦された。

## 9) 役員（理事・評議員）辞任・推薦の件

2名の役職（理事・評議員）辞任があった。

辞任 理事：清木義勝先生

理事・評議員：内沼栄樹先生退会

また、櫻井裕之評議員より井砂 司先生の評議員の推薦があり承認された。

清木義勝先生の編集委員長辞任に伴い、朝戸裕貴先生が就任した。編集事務は東邦大学脳神経外科から春恒社に委託することになり承認された。編集幹事の周郷先生、根本先生は編集幹事をおりたことが報告された。

## 10) 機関誌報告の件

丸山理事長から会誌発刊状況、投稿論文の現状報告が報告された。また、広告掲載については各役員より企業へ働きかけてほしいとのことであった。

## 11) 第2回藤野賞

メール理事会による審議の結果、下記会員に授与することが承認された。

加藤達也先生（慶應義塾大学形成外科）

人体計測に用いる OMEGA scanner の精確さ・有用性の検証

第21巻 第1号 2013年10月号

30分間の総会のうち、前半20分を総会、後半10分にて質疑応答、授与を含めて受賞講演を行う。第2回座長は藤野豊美先生が務められる。

## 12) 名誉会員・名誉顧問の件

第13回会長の渡辺克益先生（東京医科大学形成外科）、編集委員長を長らく務められた清木義勝先生が名誉会員に推戴され、承認された。

## 13) 国際シミュレーション外科学会（ISSIS）の件

藤野名誉会長より、ギリシャにて内定していたが、情勢がおもわしくないため、辞退した。その後日本に打診があり、今井啓介先生が引き受けることになった。日本シミュレーション外科学会は後援というかたちで協力することにした。

以上全て承認され、閉会した。

議事録作成人 丸山 優

議事録署名人 千代倉弘明

議事録署名人 新谷 幹夫

## 日本シミュレーション外科学会 平成 26 年度評議員会議事録

日 時：2014 年 11 月 15 日 (土) 12:10~13:10

場 所：東邦大学医学部本館 1 階 第 1 会議室

〒143-8541 東京都大田区大森西 6-11-1 TEL: 03-3762-4151

出席者：藤野 豊美 丸山 優 秋元 正宇 朝戸 裕貴 今井 啓介 上田 晃一  
大慈弥裕之 大西 清 金子 剛 楠本 健司 小坂 正明 新谷 幹夫  
千代倉弘明 津村 弘 鳥飼 勝行 槇 宏太郎 永竿 智久  
委任状：泉田 良一 清川 兼輔 小林 正弘 鈴木 茂彦 鈴木 衛 友田 幸一  
前川 二郎 百束 比古  
事務局：山田 浩子

(以上 敬称略)

議事録署名人として、槇宏太郎評議員、秋元正宇評議員が選任された。

### 議 題

- 1) 前回議事録の件  
前回理事会議事録 (2013 年 11 月 30 日) を確認した。
- 2) 平成 25 年度収支決算の報告  
平成 24 年 11 月 1 日から平成 25 年 12 月 31 日までの収支について永竿幹事より報告し、原案通り承認された。
- 3) 平成 26 年度決算見込案について  
平成 26 年 1 月~12 月までの決算見込について永竿幹事より報告した。
- 4) 会則変更について  
会計年度の変更に伴い、会則を下記のとおり変更することが承認された。  
 現行 第 6 章第 18 条 2.  
 本会の会計年度は、毎年 1 月 1 日から 12 月 31 日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。  
 改定 第 6 章第 18 条 2.  
 本会の会計年度は、毎年 9 月 1 日から 8 月 31 日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。  
  
 会計年度  
 平成 26 (2014) 年度→平成 26 (2014) 年 1 月 1 日~平成 26 (2014) 年 12 月 31 日  
 平成 27 (2015) 年度→平成 27 (2015) 年 1 月 1 日~平成 27 (2015) 年 8 月 31 日  
 平成 28 (2016) 年度→平成 27 (2015) 年 9 月 1 日~平成 28 (2016) 年 8 月 31 日
- 5) 平成 27 年度予算の件  
上記会則変更に従い、平成 27 年度 (平成 27 年 1 月 1 日~8 月 31 日) の収支予算案について、永竿幹事より報告し、承認された。
- 6) 第 24 回 (2014) 学術集会の件 (大西 清会長)  
大西 清会長より、テーマを「シミュレーション外科：四半世紀の歩み」とし特別講演、教育講演、シンポジウムを含む約 30 演題の発表が行われていることが報告され、各位の協力に対して謝辞が述べられた。

## 7) 次期会長ご挨拶（金子 剛次期会長）

金子 剛（国立成育医療研究センター感覚器形態外科部・形成外科）次期会長より、第25回学術集会は平成27年10月31日（土）国立成育医療研究センター講堂（東京都世田谷区）にて開催の予定である旨報告された。なお、翌日11月1日に同じ場所にて、第2回JADT（日本顎顔面再建先進デジタルテクノロジー学会）を行うとのこと併せて報告された。

## 8) 次々期会長選出の件

今井啓介理事（大阪市立総合医療センター）が推薦され、選出された。また、次々々期会長についても審議され、前川二郎先生（横浜市立大学附属病院）が推薦された。

## 9) 役員（理事・評議員）辞任・推薦の件

2名の役職（理事・評議員）辞任があった。

辞任 理事：清木義勝先生

理事・評議員：内沼栄樹先生退会

また、櫻井裕之評議員より井砂 司先生の評議員の推薦があり承認された。

清木義勝先生の編集委員長辞任に伴い、朝戸裕貴先生が就任した。編集事務は東邦大学脳神経外科から春恒社に委託することになり承認された。編集幹事の周郷先生、根本先生は編集幹事をおりたことが報告された。

## 10) 機関誌報告の件

丸山理事長から会誌発刊状況、投稿論文の現状報告が報告された。また、広告掲載については各役員より企業へ働きかけてほしいとのことであった。

## 11) 第2回藤野賞

メール理事会による審議の結果、下記会員に授与することが承認された。

加藤達也先生（慶應義塾大学形成外科）

人体計測に用いる OMEGA scanner の精確さ・有用性の検証

第21巻 第1号 2013年10月号

## 12) 名誉会員・名誉顧問の件

第13回会長の渡辺克益先生（東京医科大学形成外科）、編集委員長を長らく務められた清木義勝先生が名誉会員に推戴され、承認された。

## 13) 国際シミュレーション外科学会（ISSIS）の件

藤野名誉会長より、ギリシャにて内定していたが、情勢がおもわしくないため、辞退された。その後日本に打診があり、今井啓介先生が引き受けることになった。日本シミュレーション外科学会は後援というかたちで協力する。

以上全て承認され、閉会した。

議事録作成人 丸山 優

議事録署名人 槇 宏太郎

議事録署名人 秋元 正宇

## 日本シミュレーション外科学会 平成 26 年度総会議事録

日 時：2014 年 11 月 15 日 (土) 13:20~13:50  
場 所：東邦大学医療センター大森病院 5 号館 B1 臨床講堂  
〒143-8541 東京都大田区大森西 6-11-1 TEL: 03-3762-4151

### 議 題

- 1) 平成 25 年度収支決算の承認  
平成 24 年 11 月 1 日から平成 25 年 12 月 31 日までの収支について永竿幹事より報告し、原案通り承認された。
- 2) 平成 26 年度収支見込決算の報告  
平成 26 年 1 月~12 月までの決算見込について永竿幹事より報告した。
- 3) 会則変更承認の件・会計年度変更の承認  
会計年度の変更に伴い、会則を下記のとおり変更することが承認された。  
現行 第 6 章第 18 条 2.  
本会の会計年度は、毎年 1 月 1 日から 12 月 31 日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。  
改定 第 6 章第 18 条 2.  
本会の会計年度は、毎年 9 月 1 日から 8 月 31 日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。  
会計年度  
平成 26 (2014) 年度→平成 26 (2014) 年 1 月 1 日~平成 26 (2014) 年 12 月 31 日  
平成 27 (2015) 年度→平成 27 (2015) 年 1 月 1 日~平成 27 (2015) 年 8 月 31 日  
平成 28 (2016) 年度→平成 27 (2015) 年 9 月 1 日~平成 28 (2016) 年 8 月 31 日
- 4) 平成 27 年度予算承認の件  
会則変更に従い、平成 27 年度 (平成 27 年 1 月 1 日~8 月 31 日) の収支予算案について、永竿幹事より報告し、承認された。
- 5) 第 24 回学術集会の報告 (大西 清会長)  
大西 清会長より、会員各位のご協力に対して謝辞が述べられた。
- 6) 次期会長ご挨拶 (金子 剛次期会長)  
金子 剛 (国立成育医療研究センター感覚器形態外科部・形成外科) 次期会長より、第 25 回学術集会は平成 27 年 10 月 31 日 (土) 国立成育医療研究センター講堂 (東京都世田谷区) にて開催の予定である旨報告された。なお、翌日 11 月 1 日に同じ場所にて、第 2 回 JADT (日本顎顔面再建先進デジタルテクノロジー学会) を行うとのこと併せて報告された。
- 7) 次々期会長承認の件  
今井啓介理事 (大阪市立総合医療センター) が推薦され、選出された。また、次々々期会長についても審議され、前川二郎先生 (横浜市立大学附属病院) が推薦された。
- 8) 役員辞任・推薦の件  
2 名の役職 (理事・評議員) 辞任があり、承認された。  
辞任 理事: 清木義勝先生  
理事・評議員: 内沼栄樹先生退会

また、井砂 司先生の評議員の推薦があり承認された。  
清木義勝先生の編集委員長辞任に伴い、朝戸裕貴先生が就任した。

9) 機関誌報告の件（丸山編集委員長代行）

会誌発刊状況、投稿論文の現状報告が報告された。また、編集事務を東邦大学脳神経外科から春恒社に委託することになり承認された。編集幹事の周郷先生、根本先生は編集幹事をおりたことが報告された。

10) 名誉会員・名誉顧問の件

第13回会長の渡辺克益先生（東京医科大学形成外科）、編集委員長を長らく務められた清木義勝先生が名誉会員に推戴され、承認された。

11) 国際シミュレーション外科学会（ISSIS）の件

藤野名誉会長より、ギリシャにて内定していたが、情勢がおもわしくないため、辞退した。その後日本に打診があり、今井啓介先生が引き受けることになった。日本シミュレーション外科学会は後援というかたちで協力することにした。

12) 第2回藤野賞

下記会員に授与することが承認された。

加藤達也先生（慶應義塾大学形成外科）

人体計測に用いる OMEGA scanner の精確さ・有用性の検証

第21巻 第1号 2013年10月号

13) その他

とくになし

以上が承認され、第2回藤野賞授与式を行い閉会した。  
引き続き、藤野豊美先生座長のもと受賞講演を行った。

議事録作成人 丸山 優

議事録署名人 大慈弥裕之

議事録署名人 上田 晃一

# 日本シミュレーション外科学会会則

1991 年 11 月 12 日設立

## 第 1 章 総 則

### 第 1 条 (名称)

本会は、日本シミュレーション外科学会 (The Japan Society for Simulation Surgery) と称する。

### 第 2 条 (事務局)

事務局を、東京都新宿区大久保 2-4-12 新宿ラムダックスビル(株)春恒社内におく。

## 第 2 章 目的と事業

### 第 3 条 (目的)

本会はシミュレーション外科の進歩、発展につとめると同時に会員相互の親睦と知識の交換に貢献することを目的とする。

### 第 4 条 (事業)

本会は、前条の目的を達成するために以下の事業を行なう。

1. 学術集会、講演会など
2. 内外の関連団体との関係、連絡など
3. 印刷物の刊行など
4. その他必要な事項

## 第 3 章 会 員

### 第 5 条 (会員および入会)

会員は、本学会の目的に賛同するもので、正会員、名誉顧問、顧問、名誉会員、準会員、賛助会員をもって構成する。

1. 正会員は、医師、それ以外の研究者で所定の入会申込み書式に従い、別に定める入会金および当該年度の会費を添えて本学会事務局に申込み、理事会の承認を受けたものとする。
2. 名誉顧問、顧問は、本学会に貢献のあったものから理事長が推薦し、理事会の承認を受けたものとする。ただし本人の承諾を得なければならない。
3. 名誉会員は、本学会に特に貢献のあったものの中から理事長が推薦し、理事会、評議員会の議を経て、総会で承認を受けたものとする。ただし、本人の承諾を得なければならない。
4. 準会員は、学生で入会手続きは前項に準ずる。
5. 賛助会員は、個人、法人または任意団体で推薦により理事会で承認を得たものとし、入会手続きは前項に準ずる。

### 第 6 条 (退会と除名)

6. 会員が退会しようとするときは、退会届けを理事長に提出し、理事会の承認を得る。
7. 会員が次の項目に該当する時は、理事会、評議員会の議を経て除名することが出来る。
  - 1) 本会の目的に反し、会員として適当でないもの。
  - 2) 会費を 2 年以上滞納したもの。

## 第 4 章 役員及び評議員

### 第 7 条 (役員)

1. 本会に次の役員をおく。
2. 会長 1 名。理事長 1 名。理事若干名。および監事 2 名。

### 第 8 条 (理事および監事)

理事および監事は、評議員会において評議員の中から選出し、総会で承認を受ける。

#### 第9条（会長）

1. 会長は、評議員会において選出し、総会において承認を受ける。
2. 会長は、年1回の学術集会を主催する。

#### 第10条（理事長）

1. 理事長は、理事の互選により選出する。
2. 理事長は、本会を代表し、理事会、評議員会ならびに総会を招集し、その議長となり会務を統括する。

#### 第11条（役員の任期）

1. 理事および監事の任期は2年とするが重任を妨げない。ただし連続2期を越えないものとする。
2. 会長の任期は1年とし、前年度学術集会終了時から、当年度学術集会終了時までとする。

#### 第12条（評議員および評議員会）

1. 本会は、評議員をおく。評議員は理事会で選考し理事長が委嘱する。
2. 評議員の任期は2年とし重任を妨げない。但し理由なく任期中の評議員会を欠席した場合は再任をおこなわない。

#### 第13条（幹事）

事務局に幹事をおく。幹事は事務局事務を担当し、理事会、評議員会に出席する。

### 第5章 会 議

#### 第14条（理事会）

1. 定例理事会は、通常総会前に開催するが、理事長は必要に応じて招集することが出来る。
2. 理事会は、理事の3分の2以上の出席を要する。
3. あらかじめ委任状を提出したものは出席とみなす。

#### 第15条（評議員会）

1. 定例評議員会は、通常総会前に理事長が招集する。
2. 評議員会は、評議員の3分の2以上の出席を要する。
3. あらかじめ委任状を提出したものは出席とみなす。
4. 名誉顧問、顧問は、評議員会に出席し意見を述べることができるが決議には参加しない。

#### 第16条（総会）

年1回定例総会を開催する。総会は正会員をもって構成する。

### 第6章 会費および会計

#### 第17条（入会金および年会費）

1. 会員は、所定の入会金と年会費を納入する。ただし名誉顧問、顧問、名誉会員は、会費を免除する。
2. 既納の会費は、いかなる理由があっても返却しない。
3. 入会金は5,000円。年会費は正会員5,000円、準会員2,000円、賛助会員30,000円以上とする。

#### 第18条（会計）

1. 本会の経費は、会費および寄付金、その他の収入を持って充てる。
2. 本会の会計年度は、毎年9月1日から8月31日までとし、会計業務は株式会社春恒社に委託する。

### 付 則

#### 第19条（会則の変更）

本則の変更は、理事会ならびに評議員会において審議し総会において承認を求める。

#### 第20条（会則の発効）

- 本会則は、1991年11月12日から実施する。  
 改正会則は、1993年11月20日から実施する。  
 改正会則は、2003年4月2日から実施する。  
 改正会則は、2013年4月1日から実施する。  
 改正会則は、2014年11月15日から実施する。

## 日本シミュレーション外科学会誌投稿規定

### 1. 投稿資格

- 1) 本誌への投稿者は、本学会会員に限る。
- 2) 論文は、シミュレーション外科の進歩発展に寄与する独自性のあるもので、他誌に未発表のものに限る。ただし、編集委員会が認めた場合はこの限りではない。

### 2. 論文の採否、修正

論文の採否は、編集委員会で決定する。必要に応じて書き換え修正を求めたり、編集委員会の責任において修正を行うことがある。

### 3. 邦文論文投稿規定

- 1) 原稿は、ワードプロセッサを使用し、A4 版用紙に、横書き、26 字×26 行で印字する。英数字は、可能な限り半角文字を使用する。英数字に限り 1 行の文字数は制限しないが、見やすく印字する。上下左右の余白は、3～5 cm とし、行間が狭くならないように注意する。文体は漢字混じり平仮名邦文とし、原則として常用漢字および現代かなづかいを使用する。
- 2) 原稿は、オリジナル 1 部、コピー 2 部、計 3 部を提出する。これと共に、3.5 インチフロッピーディスクまたは CD-R に、MS-DOS テキストファイル、または、マッキントッシュ Teach Text 書類として保存したものを 1 枚提出する。ファイル名は、半角英数字大文字で、“著者のイニシャル”+“投稿年月日”+“(ピリオド)”+“TXT” (例：TF 940228. TXT) とする。提出した原稿、フロッピーディスクは、原則として返却しない。また、紛失などの事故に備えて、著者はフロッピーディスクのコピーを保管する。
- 3) 原稿は、第 1 ページに、表題名 (邦文、英文)、キーワード (5 つ以内)、第 2 ページに、著者名 (邦文、英文)、所属 (邦文、英文)、連絡先 (郵便番号、住所、電話番号、FAX 番号、E-mail アドレス)、論文別冊請求先 (郵便番号、住所)、希望別冊部数、第 3 ページ以降に、英文抄録、本文、文献、図表の説明文、図表の順序とする。フロッピーディスクもこの順序とする。改ページは不要である。
- 4) 英文抄録は、本文の全体を含む内容で、300 words 以内とする。
- 5) 図表は、そのまま印刷できる鮮明なものを用意する。図表は、台紙には貼らず、裏面にラベルを貼付し、天地を明確にして、図表の番号、著者名を記入する。図表の説明文は、別紙に、図表の番号とともにまとめて印字する。また、図表の大きさが、ページの全幅 (17 cm) か半幅 (8 cm) かの指定を併記する。オリジナルは 1 組。2 組は鮮明であればコピーでよい。コピーする場合は、A4 版用紙にコピーし、図表の番号を下方に記す。
- 6) 外国人名、地名など、邦訳しにくい用語は外国語を用いても構わない。年号は西暦とする。
- 7) 文献の書き方  
配列は引用順とし、本文中の引用箇所(肩番号(例：1))を付ける。著者が 3 名までは全員、4 名以上のときは 3 名までを書き、以降は「ほか」または「et al」を付ける。雑誌名は、Index Medicus、または、医学中央雑誌の表記に従い略記する。外国語の雑誌は前者を、日本語の雑誌は後者を優先する。
  - a. 雑誌  
著者名 (発行年) 表題名. 雑誌名 巻 : ページ  
(例) 養父孝乃介, 田嶋定夫, 今井啓介ほか (1993) 頭蓋底・眼窩部の 3 次元実体モデルの切削法における分割作製法. 日頭蓋顎顔面外会誌 9 : 7-11  
Kato A, Yoshimine T, Hayakawa T et al (1991) A frameless, armless navigational system for computer-assisted neurosurgery. J Neurosurg 74 : 845 - 849
  - b. 単行本  
著者名 (発行年) 書名. ページ, 発行所, 発行地  
(例) 千代倉弘明 (1985) ソリッドモデリング. pp 123, 工業調査会, 東京  
Fujino T (1994) Simulation and computer aided surgery. pp 123, John Wiley and Sons, Chichester

## c. 分担執筆

著者名 (発行年) 題名. 書名 (版), 編集者名, ページ, 発行所, 発行地

(例) 横井茂樹 (1992) シミュレーション外科と VR. 人工現実感生成技術とその応用 (初版), 岩田洋夫編, pp 137-156, サイエンス社, 東京

Kuboki Y, Yamaguchi H, Ono I et al (1991) Osteogenesis induced by BMP-coated biomaterials: Biochemical principles of bone reconstruction in dentistry. The bone-biomaterial interface (1st Ed), edited by Davies JE, pp127-138, Tronto University Press, Tronto

## 8) E-mail での投稿も以下の要領で受け付ける。

表題名 (邦文, 英文), キーワード (5つ以内), 著者名 (邦文, 英文), 所属 (邦文, 英文), 連絡先 (郵便番号, 住所, 電話番号, FAX 番号, E-mail アドレス), 論文別冊請求先 (郵便番号, 住所), 希望別冊部数, 英文抄録, 本文, 文献をテキストファイルにして, 作製した OS およびソフトウェアとそのバージョンを明記し添付文書 (ファイル名は前記 3-2) に準ずる。) として送付 (Microsoft Word で作製したものであれば Word ファイルのまま添付可)。図表および写真 (説明文を含む) は別のメールに添付ファイルとし, 作製した OS およびソフトウェアとそのバージョンを明記し, 写真に関しては JPEG 形式にして添付すること。オリジナルを損なわないようにするため, 図表は A4 用紙に印刷したものを, 写真はキャビネ版とし裏に著者名を記載したものを各 1 部, 説明文を含み別に簡易書留便で郵送すること (他の原稿およびフロッピーディスクは郵送不要)。

## 4. 欧文論文投稿規定

欧文にても投稿をうけ付ける。全般的原稿様式は邦文投稿規定に準じる。

投稿前に当該外国語学専門家による十分な推敲が望ましい。

## 5. 掲載費

1) 掲載論文は、でき上がり 4 ページまでは無料とするが、それ以上は実費 (1 ページ超過につき 2 万円) を著者負担とする。なお、でき上がりのページ数は、表題が 1/3 ページ、英文抄録、本文、文献が原稿 4 枚で 1 ページ、図表 (半幅) が 6 枚で 1 ページを目安とする。

2) 別冊は、100 部を単位とし、実費を著者負担とする。

(参考: 8 ページまで 100 部 11,000 円、9~12 ページまで 100 部 23,000 円)

3) カラー写真など、特に費用を要する印刷は、実費を著者負担とする。

## 6. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権 (= 著作財産権, Copyright) は、日本シミュレーション外科学会に帰属する。

## 7. 投稿規定の変更

以上の投稿規定は、編集委員会の責任において必要に応じて変更することがある。

## 8. 投稿原稿の送り先

1) 図表が折れないように注意して、簡易書留便で郵送する。

〒169-0072 東京都新宿区大久保 2-4-12

新宿ラムダックスビル 9 F (株) 春恒社内

日本シミュレーション外科学会

電話 03-5291-6231 FAX 03-5291-2177

2) E-mail 投稿先: jssis-office@umin.ac.jp

編集委員長: 朝戸 裕貴

編集委員: 今井 啓介、大西 清、小坂 正明、小林 正弘、千代倉弘明、貴志 和生、高井 信朗、

根本 匡章、榎 宏太郎

---

日本シミュレーション外科学会誌  
Journal of The Japan Society for  
Simulation Surgery  
第22巻2・3合併号  
2015年8月31日発行  
定価 2,500円  
年間購読料 5,000円

発行人：丸山 優（東邦大学医学部形成外科学名誉教授）  
編集委員長：朝戸 裕貴（獨協医科大学形成外科教授）  
編集委員：今井 啓介（大阪市立総合医療センター形成外科部長）  
大西 清（東邦大学医学部形成外科学教授）  
小坂 正明（福岡山王病院形成外科部長／国際医療福祉大学大学院教授）  
小林 正弘（慶應義塾大学看護医療学部教授）  
千代倉弘明（東京工科大学メディア学部教授）  
貴志 和生（慶應義塾大学形成外科）  
高井 信朗（日本医科大学整形外科）  
根本 匡章（東邦大学医学部脳神経外科学講師）  
横 宏太郎（昭和大学歯学部矯正科教授）

発行所：日本シミュレーション外科学会  
〒169-0072 東京都新宿区大久保2-4-12  
新宿ラムダックスビル  
電話 03-5291-6231  
FAX 03-5291-2176

印刷所：株式会社 春恒社  
〒169-0072 東京都新宿区大久保2-4-12  
新宿ラムダックスビル  
電話 03-5291-6231  
FAX 03-5291-2176

---

#### 複写をご希望の方へ

日本シミュレーション外科学会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会  
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F  
FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、日本シミュレーション外科学会(学会事務局 E-mail：jssis-office@umin.ac.jp)へお問い合わせください。