本邦の人工臓器研究の軌跡を巡って 一日本の人工臓器研究は深刻な転換点にある―

東京女子医科大学名誉教授,一般社団法人日本移植会議代表理事, 日本臓器移植関連学会協議会代表世話人,米国胸部外科学会正会員

小柳 仁

Hitoshi KOYANAGI



会長から特別講演を依頼された時, 仮題は "my way" でよいと言われた。しかし, 私は未だゴーグル, ゴム手袋姿で診療を続ける現役の医師であり, 日々多くの論文と読書を通じて苦脳し続ける老研究者である。テーマが長くなったことをお許し願いたい。

動脈硬化で針の通らない石灰化した動脈壁や、粥状変性でバターを縫うような(要するに縫合不能の)動脈壁を前に苦しんできた心臓血管外科医は、白髪の温厚そうな循環器内科医として生き続けている。しかし、人工臓器研究の経歴は半世紀を超す。

今起きていることには出発点がある。源流をたどると忘れてきた出発点が見えてくることもあるだろう。人は誰でもストーリーを持っている。自ら経験したことでないと人には伝わらないと考え、話を始めよう1)。

私は新潟県上越市(旧高田市)で生まれた。父は北海道大学工学部出身で、東北電力株式会社の土木技師だったが私が小学校3年生の時、フィリピン・ルソン島沖で戦死した。私の思考過程で基本となるのは、全ての計画を最悪の事態を想定して立案し始める、というものとなった。人智には限りがあるが、基本的には想定外という言葉は自分の辞書にはない。私は日本安全学会の会員であるが、原子力の学者のなかには、東日本大震災のあとも「原子力自体は1名の死者も出していない」と主張する声もあった。原子力の事故が起きた時の周辺への影響(恐怖・震災関連死)や、世代を超えての遺伝子への影響の可能性も考慮すべきではなかろうか。科学を業とする人材にはあらゆる事態を想定するイマジネーションの能力が必要であると痛感した。

私は貧しく. 地元の明治時代から続く古い医学校に入学

■ 著者連絡先

〒 102-0075 東京都千代田区三番町 9-6-607 E-mail. hkoyanagibancho@nifty.com

した。寮費は3食3,000円で、日本育英会の奨学金も3,000円だった。ノートを英語で書き、ドイツ語のレクラム版で『ファウスト』を読破した。

学校はその時代の知識や技術を最低限,生徒に教えなければならない。しかし,知識や技術は3年経てば古くなる。そして教師は生徒より先に死ぬ。生徒はその後,何十年も生きてゆくのである。したがって,教師は生徒の魂の中に生涯燃え続ける火種を植え付けなければならない。教師にはその覚悟が要る。

卒業後, 当時のインターン制度の1年を東京・築地の聖路加病院(現聖路加国際病院)で過ごした。優秀な友人が多く, 24名中12名がのちに医学部教授になったが, 1人の友人が,「東京女子医科大学(以下, 東京女子医大)の榊原 仟という人が心臓を止めて何かやっている」と言う。新潟大学にも聖路加病院にも心臓外科はなく,「3分止まれば脳死になる心臓で外科は成立するのか」という疑問と, 少年時代からの「山の向こうにはきっと, もっと良い世界がある」という自分の信条から, 暗黒大陸のような心臓外科を志すこととなった。

当時、開心術はリスクが高く、本邦でも数大学が始めたところだった。数限りなく死亡診断書を書き、病理解剖をお願いし、家族の肩を抱き、子どもがいたら"パパは頑張ったんだよ"と言って頭をなで、出棺を見送った。自身も多くの涙を流した。

当時の榊原教授の教えを忘れない。「電話のそばで眠りなさい。そして電話のベルの1回目で受話器を取りなさい。何故なら2回目のベルの時,電話口のむこうの患者さんは息絶えているかも知れないのだから」

最下級医師の仕事は、翌日の手術の内容を考えながら、 ビニールチューブとガラス管と針金とペンチで人工心肺の 回路をつくることで、ガラス管でよく手を切ったので手指

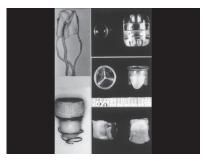


図1 当時開発された人工弁



図2 SAM弁



図3 本邦初の心臓カテーテル 法の教科書

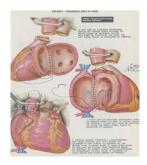


図4 シャムウェイ法の 右房吻合法

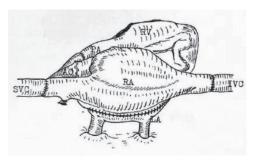


図5 Willman, Cooperの右房吻合法

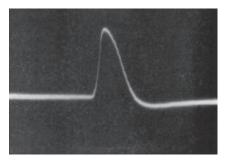


図6 上大静脈の右心房より1.5 cm上部 での壁活動電位

に傷痕が未だに残っている。トノクラ医科工業株式会社 (現テクノウッド株式会社)の人工心肺装置の円板に薄く シリコンを塗り、回路とともにオートクレーブに入れてそ の日の仕事が終わる。

1960年代前半の先輩青年医師たちの開発にかける闘志を 眼前にすることとなった。キャラバンシューズの底のゴム の質に着眼し、半月弁をつくり3日後に臨床応用した(図1)。 薬の容器のコルクから一葉ディスク弁が生まれた(図2)。 心臓外科の適応決定に不可欠な心臓カテーテル法は日米と もに教科書はなく、自身も1人の先輩とともに高分子の細管を入手し、数限りなく手作りした。本邦初の心臓カテー テル法の教科書²⁾(図3)を書いた。当時、私の被曝量は多 く、以来今日まで私のヘモグロビンは10.5 g/dlのままであ る。日本外科学会、日本循環器学会、日本胸部外科学会な どの基幹学会には発表させてもらえず、日本人工臓器学会 と日本移植学会が若い時代の舞台であった。

心臓移植のスタンダード術式³⁾ (図4) のほかに米国国立衛生研究所 (NIH) のWillman, Cooperのグループのbicavalの術式 (図5) もあり,今日では後者が主流であるが,一体どこまでが右心房で上下大静脈と心房が発生過程で癒合するのか疑問に思い,生理学教室に潜入した。そこで,上大静脈1.5 cmまで洞結節細胞が分布していることを発見し⁴⁾ (図6),今日の右房機能温存,遅発三尖弁逆流の防止の理

論的根拠をつくった。また、大動脈内バルーンパンピング (IABP) カテーテルの長さと腹部臓器の壊死との関係から、適切な IABPバルーンの長さを高分子の会社と共同研究開発した。これらの仕事は、もちろん対価もなく、科学的好奇心から努力を重ねたが、私自身、研究の時間が充分あったわけではない。入局後、榊原外科は全国に心臓外科の関連施設をつくるため急成長しており、多くの関連施設の創設に指名された。聖隷浜松病院、岡山市の榊原十全病院(現心臓病センター榊原病院)、国立大阪病院(現国立病院機構大阪医療センター)、北里大学病院、そして国立循環器病センターである。

当時,本邦の医師の卒後研修は,各大学の「医局制度」に委ねられていた。浜松,岡山の出張人事のあと帰局すると無給助手に戻る。私は5年目まで新宿区にある外科系救急病院で1人当直をして生活した。救急病院であるから外傷が多い。刃物による胸部刺創で輸血がなかなか到着せず,上行大動脈からはじめ,7か所縫合止血し,最後の左心房のところで血圧がゼロとなり,give upした。またある時には,喧嘩で指を4本切られた患者を診たこともある。同伴者が指先を拾い集めて同行し,「先生,なんとか繋いでやってください」と言われたが,すでに指尖は変色しており,私は「あきらめよう」と告げ,4本の断端処理をした。まるで野戦病院で,4重衝突もあり,8人が運び込まれたが,



図7 左から3人目がCarpentier, 右端が筆 者



図8 SJM弁のパンヌス形成



図9 SJM弁の縫合弁輪を1.4~1.5 mm下げ、パイロライトカーボンを露出させた。

ナース数人と医師1人であり、いわゆるトリアージを行った。2人は諦めようと家族に連絡。2人は傷を消毒して帰宅。 残りの4人は救命できるか全力でやってみよう、という具合だ。

その後, 私は新設された北里大学の講師となり, 今野草二 先生との共著の「心臓カテーテル法」²⁾も既にベストセラー になっていた。榊原先生が60歳で病院長となり, 主任教授 選が行われた。そして, 若干37歳の今野先生が主任教授と 決まった。

日常,手術が終わり,術後管理が落ち着くと,午後10時ごろから午前1時ごろまでが,今野先生と私の研鑽時間であった。教授選の当夜,私は,さすがに今野先生は今日はどこかで祝杯をあげているだろうな,と思いながら,いつもの通り時間を過ごし,帰宅時間の午前1時ごろ机を立とうとした時である。柱の向こうから,いつものように今野先生が現れ,「また,何かくだらないこと,やっているのか」と何時ものようなジョークまじりの言葉をかけられた。その瞬間,主任教授に選ばれた夜の過ごし方を全身で教えてくれた,この若い教師に心から感動した。

北里大学から戻り,助教授にしていただき,医局長も兼任し,医局,関連病院全ての60人の配置を,その人材の能力,性格,境遇などを加味して素案を作り,全て認めてもらった。多分,価値判断が一致していたと思う。4年間今野教授の伴走者として,全ての研究テーマを全開し,本邦最多の開心術数と論文数を維持した。

4年後,今野教授を失ったが,その詳細に触れる紙面はない。私はこの後,フランス・パリのBroussais病院に留学し(図7), Carpentier教授の詳細な弁形成術を学んだ。帰国後,全開で新しい手術手技を展開し,全国から患者が集まった。本邦一の症例数を何としても維持しようと努力した。もう1人の小児心臓外科の助教授と競って症例数を伸ばした。ある日,榊原先生に呼ばれた。"今野君の後任に札幌の和田寿郎君に来てもらうことになった。君は大阪

にできる国立循環器病センターに行きなさい"と。

東京女子医大は私学であり、学校法人という、いわば企業体であり、2人の伸び盛りの助教授を昇格させるより、本邦初の心臓移植を1968年に実施し⁵⁾、知名度の高い完成品の和田教授を招聘したかったのだと思う。

大阪・千里の国立循環器病センター(以下、国循・現国立循環器病研究センター)に赴任し、心臓外科の主任医長(成人)となった。東京女子医大からは私を入れて最終的に8人となった。知人もいない大阪での集患は、次第に解決し、患者数も増加した。St. Jude Medical社(以下、SJM. 現Abbott)の治験の第1号は東京女子医大の和田先生、第2号は国循の小柳だった。SJMのImplantを済ませた直後、榊原同門の先輩・小船井良夫先生(当時、榊原記念病院院長)が東京女子医大からの使者として来阪された。榊原先生は半年前、肺がんで亡くなっていた。「和田先生の独特の教室運営と手術成績の低迷から内科医、小児科医が患者紹介をためらい、症例数が激減していて、東京女子医大としてこのまま見過ごすわけにはいかない。すぐ河田町に戻ってくれ。」

帰局して時を置かず無事,症例数はV字回復した。全国から症例が集まり,冠動脈,大血管の手術数も伸びた。弁形成術も再開し,SJMの症例数も伸ばした。久留米大学からSJMの弁周囲pannus形成によるmalfunctionの症例報告があったが,期を一にして,自験例でも同様の機序のmalfunctionが数例続いた(図8)。SJMに続いて開発されたCarbomedicus弁,OnX弁は縫合弁座と弁輪との間に1~2mmの段差がある。私はSJM本社のある米国・ミネソタに通い,技術陣と議論した。最初は"日本との間には海がある"という感じだったが,最終的に弁輪を下げる形で納得してもらった(図9,図10)。1,000例をクリアし,次の1,000例をどうしようか,という時はもう迷わなかった。現在,教室の二葉弁の成績は30年を経て,東京女子医大・斎藤 聡教授の報告では良好である(図11)6)。

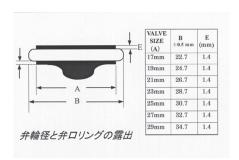


図10 SJM弁の弁輪改良設計図

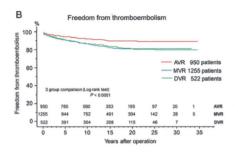


図11 SJM弁を中心に二葉弁30年間の成績

表1 臓器移植の体制整備

- 1) 日本心臟移植研究会創設 代表幹事(二代目)
- 2) 日本胸部外科学会 臟器移植委員長
- 3) 脳死臓器移植法 成立までのワーキンググループ36のうち30に委員として参画
- 4) 厚生科学審議会疾病対策部会臓器移植専門委員会 委員 脳死・臓器移植法の全てに参画(本則,省令,ガイドライン,マニュアル)
- 5) 臓器移植関係学会合同委員会(森 亘座長)委員
- 6) 河田町フォーラムを創設 各新聞社科学部長,立花隆,光石忠敬,米本昌平など文化人 科学哲学者,法律家を集める。
- 7) 1997年10月 第1回脳死・臓器移植法成立。Shumwayより30年遅れ 書面による本人意思の確認が必要。
- 8) 2003年 臟器移植関連学会協議会 代表世話人(計48団体)
- 9) 2011年 改正臓器移植法成立。本人意思だけでなく家族の同意で 臓器移植可能に。グローバルスタンダードに40年遅れ
- 10) 2019年 一般社団法人日本移植会議設立

表2 米国の場合

- 1) 大統領委員会 President's Council 1967 (white paper を現在まで毎年発し続けている)
- 2) バテル記念研究所に諮問 1967
- 3) Harvard Criteria 1968
- 4) カリフォルニア州はHarvard Criteriaの 前文を州法で採用 1970

成人心臓血管外科には弁膜疾患, 冠動脈, 大血管などの外科的治療があるが, この頃 (1980年以降) 手術死亡率は1.0%を切り, 残る難題として浮上してきたのは重症心不全の外科である。心臓移植を法律で規制している国はほとんどなく, 多くの国家は医師という専門集団のgovernabilityで医療行為が行える。ところが本邦では1968年の和田移植5)が刑事告発され, 不起訴となったものの, 臓器移植を法律を作って規制をかけて行う行為としてしまった。

臓器移植実現への自身の努力と、米国との差を要約した (表1,表2)。

21年間の教授時代を振り返ってみると, 前半10年は教 室の維持, 症例数の増加, 新しい手術手技の開発, 関連病 院の開拓などに精力を集中した。多忙だったので、外国出張は基本的に招請されても行かず国内学会は日帰りだった。止むを得なかった時の記録として、ロサンゼルス滞在6時間、シドニー滞在6時間というのが残っている。学生が全員女性の東京女子医大に、男性医学生、医師を集める特技はない。私が行ったこととしては、high volume centerをつくり、東京女子医大では多くの経験が積めると思ってもらえることが1つ、もう1つは学会発表でも、功を誇るような発表はしなかった。研究も、「ここまでは成果が出たが、まだ問題があり、自分としては次はこの問題にチャレンジしたい」、と未解決の問題を述べ、あの人はまだ何かを求めている、自分もそのチームに加わりたい、と若者に思わせ

1990 2000 2010 2011 2013 2014 TOYOBO EVAHEART DURAHEART Heartmate II Jarvik2000

図12 本邦の補助人工心臓の推移

ることだ。**訴える力がリーダーには必要だ**。

今日に至るも、重症心不全の外科治療に欠かせない植込み型補助人工心臓のうち、本邦が開発したものは2つ。双方とも開発者は工学系の研究者ではない。本邦の心臓外科医であり、この2人は、私の主宰した教室の外科医である。教授になりたての頃、株式会社三和総合研究所の機関誌りの「1990年代の新素材・新技術」という座談会で、当時の新日本製鐡株式會社新素材事業本部長、東京大学先端技術研究センター所長、日経新聞社科学技術部長と4者会談をした。最も印象深く、その後の私の研究心の基礎となったのは"Seeds push vs. Needs pull"の思想である。この時点で話題となったのは、インテリジェントマテリアルとして鉄があり、環境の変化で、形態、大きさなどが変わりうることを伺った。2021年、Boston Children's HospitalのPedro del Nido は、ステントに付けた2枚の高分子材料の弁が成長していると発表した8。Seedsの話である。

心臓外科医は日常、重症心不全と接しており、何とか短時間でも心臓の機能を代行できるdeviceがつくれないか、と想い悩む。これがNeeds pullであろう。そして、こんなに良い機能の材料があり、これをもって生体の機能を代行できないか、という考えがSeeds pushであり、この両者が合致すれば良い人工臓器ができる。教室出身の2人の外科医は、DuraHeart(テルモ株式会社)・EVAHEART(株式会社サンメディカル研究所)という補助人工心臓をNeeds pullの初心で開発した、と思っている(図12)。

本邦で最初に治験が行われたのは、Edwards Lifesciences 社のNovacor人工心臓であった(図12)。1995年、私は

Novacor の治験の班長であり、かつ中央社会保険医療協議 会(以下,中医協)の保険医療材料専門組織の委員長,つま り,人工心臓の価格を中医協に提案する立場であった。当 時、植込み型除細動器付きペースメーカが315万円の時代 であり、補助人工心臓の初期設定価格1.380万円は確かに とびぬけた価格だった。予想通り、提案した途端に激論と なり, 支払側の猛反対となった。安全性の補償がこの価格 になった, という私の説明に, 支払側連合代表の日立出身 の委員から「私どもは安全性について万全のテストをして おり、電気製品の安全性に充分自信と経験をもっている。 この価格は承服できない」という論旨だった。私は、「医療 機器は白物家電と違う。電気製品はサイエンスの話で真理 は1つ、医療は限りない個別との闘いであり、安全性の確 保にはそれなりの時間と費用が必要である」と対論を述 べ、提案通りとなった。今日、約2,000万円前後の補助人 工心臓の償還価格はこれが基礎となっている。**同一性の追** 求としてのサイエンス, 真理は1つ, 限りなく個別的な医 療。医学、医療と理工学の差はここにある。人工臓器研究 の根源的な思想であるべきだろう。

教授職を終わる頃、朗報があった。阿久津哲造先生と 1985年から2001年まで2年に1度開催してきた「人工心臓 国際シンポジウム」(Heart Replacement)がSpringer Verlag σ Archives に登録され、永久保存されることになった (図13、図14) 9 。

臨床医として14,000例の開心術に参加したが、メスを置いた時、頭にあったのは、英国元首相ウィンストン・チャーチルが2度目の首相を辞任する時の言葉だ。



図13 第3回人工心臓国際シンポジウム前夜の歓迎会スナップ(白金,八 芳園)

1990年当時の、この分野の雰囲気を感ずることができれば……。

最前列左よりH. O. Frazier, L. Frommer (NIH),C. Cabool,小栁,D. olsen,B. Griffith, L. Cohn, G. Pennington。

2列目左より高谷、S.W.Kim, 1人おいて渥美、D. M. Lederman, J.M. Anderson, Cohn 夫人、橋下、1人おく。

3列目左2人目より,八田,R.T.V. Kung, Kung夫人,能瀬,野尻,仁田,北村 (昌),江石。

4列目左より山崎, 平田, 中野, 四津。

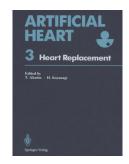


図14 Springerより刊行された プロシーティング

"これは終わりではない。終わりが始まったのでもない。 たぶん, 始まりの部分が終わったということだ"

メスを置いた時、その人間に何が残っているか, という 問いだろう。以来そのように生きてきたつもりである。私 はもうただひたすら頑張ればよいという根性論を述べる、 単純な性善論者ではなくなっている。

聖路加国際病院、榊原サピアタワークリニックで、術後 患者、重症心不全の診療を続け、日本臓器移植関連学会協 議会(J-COTRAS)の代表を務めている。また、一般社団法 人日本移植会議を発足させ、先進国中最低の脳死臓器移植 について今後問いかけていきたい。科学、哲学、法学、倫 理学者、仏教界の人物、キリスト教学者、政治家、経済人、 放送界の人々とお会いし、議論する時間が今はある。リベ ラルアーツは生涯必要なもので、大学の教養課程2年とい うのは誤りである。40年の職業生活にとって、大学の2年 学ぶだけでリベラルアーツは良いのか、という疑問が絶え ない。生涯続けるべきなのではないか、という疑問が絶え ない。生涯続けるべきなのではないか、という問いである。 それは自らが、救命困難な開心術、補助人工心臓、臓器移 植に身を投じてきたからでもあろう。この分野は今後どの ような進展をみせていき、それは私たちを果たして幸せに してくれるだろうか、という根源的な問いでもある。

今後の医療は遠隔診療,ロボット支援下手術,大動脈病変に対するステントグラフト,補助人工心臓,遺伝子改変技術(ゲノム編集),そして人工多能性幹細胞(iPS細胞)再生医学など細胞にも肉迫するだろう。

人工知能 (AI) を駆使した診断, 治療の精度向上は間違い

ない。

5G時代となって、情報通信速度が今よりも100倍速くなり、AIが画像を処理して診断する時代になる。黒白は瞬時に見分けられる。そして灰色の部分はベテラン医師の判断によることになろう。しかし私が予感するのは、AIが産み出した医療者への負担軽減による貴い「時間」を個別化医療に向けることができることだ。医学の知識や患者のデータを機械アルゴリズムに任せることができるうえ、人間の医師は人間的であること、人間関係を築くこと、苦しみにしっかり眼を向け、それを緩和することが医師の特性となるだろう10,11)。

しかし、AIの弱点について、立ち止まって考えるべき時期にも到達していることは間違いない。進化する自然言語処理をもってしても、AIに言葉の意味は本当にわかるのか。顔面認識技術をあえて使用しないとした国も出ている。男女差別、人種差別などにつながるからだ。

そして、COVID-19である。2021年1月末現在、COVID-19 感染者は世界で1億人に達する。人間を人間たらしめているのは、物事を予測すること、物事を後から振り返ることができることだ。著明な経済学者であるケインズは、今後30年、最も重要な国際機関は世界保健機関(WHO)となるだろう、と述べたが、なんという慧眼だろうか。そして、なぜ人類はこんな危機に陥ったのか。振り返ってみると、本質は世界が安易な利益至上主義に走り、人間の尊厳を守る基礎的な科学技術を軽視してきたことにある。イノベーション(革新)がもてはやされ、その核にある肝心のインベ



図15 EUのAI倫理指針

表3 EUによる AIについての倫理指針(2018年12月)

- 1) AI の判断過程をわかりやすく説明する 責任を企業に課す
- 2) 判断にどんなデータを使ったかなどの情報公開制度を整える
- 3) AIの仕組みや運用が倫理的にどうか 監査する機関の設置
- 4) 倫理的なAIの認証制度を設ける

表4 AI 倫理の世界的分断, 世界史の分岐点

EU: High Level Expert Group がAI についての Ethics Guideline を発表。 (2018年12月)

非差別,説明責任など7項目の「AI倫理指針」をまとめる。

米国:AI国家安全保障委員会「コロナ危機・対応とAI技術の役割」について 3回の白書を発表。AIでワクチンを開発する際のプライバシーと 責任者の責任に重点を置く。

XAI (explainable AI) を目指している。人間の言葉や画像で推論の 道筋を説明できる次世代型 AI 。特許 5,920 件 (2017年)

中国: AI特許6.858件(2017年)

実用的な機械学習の特許が多い。倫理とは切り離されている。 国家次世代AIガバナンス専門委員会(2019年6月)発足。8つのAI原則。

ンション(発明)が軽視されてきた。

欧州連合 (EU) による**AIについての倫理指針**が2018年 12月に発表され、2019年初頭に承認され (**図15**, 表3)、 **GDPR (一般データ保護規則)** がIT大手に規制をかけている。良識であり、注視している¹²⁾。

倫理とは、ある集団の生存確率を高めるための技術、考え方、社会の在り方と政策のことを指す¹⁰⁾。日本人工臓器学会は倫理のうえで重要な岐路にある(表4)。なぜなら生命維持装置を研究開発しているからだ。当然、高い倫理性が求められる。研究者と企業のcreditの分け方についても未解決である。

優れた人工臓器の開発も、そしてCOVID-19に対する治療薬とワクチンの開発も、この倫理指針のもとに今こそインベンション復活に、世界を挙げて取り組むべきだ。データを共有し、国際共同開発を急ぐべき時だ。COVID-19の収束と人工臓器の開発の世界は、実は同じ知的機動力の世界でもある。

本稿の著者には規定された COI はない。

文 献

- 小柳 仁:生と死の現場から問う 君たちはどう生きるのか.新潮社,東京,2019,1-154
- 2) 今野草二, 小柳 仁:心臓カテーテル法. 南江堂, 東京, 1970
- 3) Lower RR, Shumway NE: Studies on orthotopic homotransplantation of the canine heart. Surg Forum 11: 18-9, 1960
- 4) 新井達太. 小柳 仁: 医学のあゆみ 69: 291-6, 1969
- 5) 和田寿郎, 他:日胸外会誌 18:716-37,1970
- Saito S, Tsukui H, Iwasa S, et al: Bileaflet mechanical valve replacement: an assessment of outcomes with 30 years of follow-up. Interact Cardiovasc Thorac Surg 23: 599-607, 2016
- 7) 小柳 仁, 富浦 梓, 三橋規宏, 他:九○年代の新素材・新技術. 今日の焦点 4,1990
- 8) Pedro del Nido (Boston Children's Hospital) personal communication. 2021
- 9) Akutsu T, Koyanagi H: Heart Replacement No.1-No.7, Springer (1985-2001)
- 10) マイケル・ダン, トニー・ホープ, 児玉 聡, 赤林 朗 (訳): 医療倫理超入門. 岩波書店, 東京, 2020, 1-179
- 11) エリック・トポル: ディープメディスン. 中村祐輔 (監訳), 柴田裕之(訳), NTT出版, 東京, 2020
- 12) High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Draft Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Document made public on 18 December 2018. European Commission B-1049 Brussels