

# 工学と頓知で医療を乗っ取ろう

東京理科大学 生命医科学研究所 教授 え す み 江角 ひろ や す 浩安

「私、失敗しないので」はテレビドラマの話ではあるが、とても興味深い。医学を学ぶものにとって、馬鹿みたいと思うことはあるにしても、その大部分は主役大門未知子の水戸黄門的かつこよさと女性としての魅力で相殺されている。「失敗」とは何であるとして話が作られているか気になるが、医学監修を担当した人は医者としての専門性と良心と、ドラマのあほさ加減維持にさぞやご苦心なされたのであろう。

失敗とは、やり損なうこと、目的を果たせないこと、予期した効果を上げられないこととされている。医療はまだ発展途上である。分かっていることは起こっていることの数分の一あるいはもっと少ないかもしれない。

よく失敗と過誤は同様の文脈において使われることがある。医療過誤は「医療事故の一類型であって、医療従事者が、医療の遂行において、医療的準則に違反して患者に被害を発生させた行為」と、役人たちとその取り巻き医学者により定義されている。さすれば、失敗とはもっと広い意味を持つ。大門未知子はいざ知らず、医療では予期した効果（これが魔物のような言葉であるが）が得られないことはしばしばである。いくら大門未知子であろうとがんを手術で治せるわけがない。治ったのならがんもどきであるとの卓袱台返しは兎も角、医療行為の大部分は人によってなされている。手術前の慎重な準備があったとしても普通の検査ではせいぜいミリ単位、場合によっては数ミリ単位の荒っぽい診断であ

る。手術時には人が見て、触って判断する。

どこまで切除するのか？ どこどこを用いて再建するのか？ しかし人は間違えるものである。医療安全はよく航空機運航の安全システムや鉄道の安全と比較される。筆者は東海道新幹線の運転手が本当に必要なのか否かは知らない。だが、手術室で行われる手術は大部分を、たとえダビンチと呼ばれるロボット手術装置をつかったものでも人が動かしている。時に達人で、肉眼視を超える感覚を持つ人もあるようであるが、モニターをNTSCからハイビジョンに代えて皆が喜び、4Kや8Kを使って威張っている程度なので所詮可視光線の感覚で判断している。

実験的とはいえ、すでに街を無人自動車が走り回る時代である。内閣府のホームページには自動運転車実証実験の通知が掲載されている。多くの車が入り乱れ、突然歩行者や自転車が飛び出す道路での通行、画像認識、GPS、レーダーなどを駆使しているとは言え、数年後には実用化される。面白い時代になったものである。

ところで、医療行為は人が主役の極めてアナログ的なものとして発達してきた。患者の顔色を診、声を聞き、顔つきや話し方から心を診、触診、聴診。手術は永年の経験に基づく職人芸。大きく変わったのはX線診断、CTの登場、内視鏡それもデジタル内視鏡、超音波、MRI、心音図、脳波、光トポグラフィ、fMRI、次々と登場する動かしようもないかのような画像情報。この30～40年

の話である。筆者が医学部を卒業した1972年にはまだ、CTもMRIも少なくとも実用化はされていなかった。世の中は急速に動いていたが、多くの日本の外科医は伝統芸に耽溺し、内科医も我が世の春であった。

1980年代の終わりにフランス人医師Philippe Mouretによって初の腹腔鏡下胆嚢摘出術が行われ、アナログ伝統芸の外科について妖怪が現れた。それから約10年で体腔鏡手術は急速な進歩を遂げ、20世紀末にはジョイスティックを用いた手術器具が現れた。ロボット外科手術支援機器ダビンチの登場である。90年代初頭には、当時の国立がんセンター胸部外科の副院長、故・成毛韶夫先生は盛んに新しい胸腔鏡手術に挑戦をしていらした。どんな時代でも優れた人は先が見えるようである。この新しい手術技術の潮流をどのように考えるかは人によって違う。特に新しい体腔鏡手術やロボット外科には相当な医療費が掛かる。ダビンチは1台3億円程度の導入費用と数千万円の維持管理費が掛かるし、手術のたびに消耗品は数十万円を超える。多くが特許で守られ、なかなかゾロ品が出にくい。何よりも手技的には未完成で、それなりの危険も伴う。

これまでダビンチを用いた手術は前立腺がんと腎がんだけに保険適用されていたが、2018年1月17日の中央社会保険医療協議会総会では、2018年度診療報酬改定で新たに12件の体腔鏡手術に保険適用をみとめることを決めた。ロボット支援外科は大きな流れとなっている。医療経済的には相当に心配である。ところでロボット支援外科導入で最も大切なことは、永くアナログであった手術操作の全プロセスが、デジタル化できたという点ではないか。各種のセンサーと組み合わせることが可能になってくれば、外科医が新幹線の運転手化する時代はそう遠くない。もっとも、つい先日新幹線の台車に亀裂が入り危うく大惨事になりそうであった事件を考える

と、今のシステムではまだ乗務員が最後の安全弁になることがあるようだが。

手術を含めた人の行う医療行為で、人（医師、看護師など）は何を感知し、どのような情報を総合して動いているだろうか？ 手術手技を中心に考えてみる。

手術室に入る前に多くの場合取り除くべき病変の部位、大きさ、病変の概要は術前診断として把握されている。それを取り除くことが可能であるのか？ 取り除いたために失う機能と手術により期待される効果は釣り合っているのか？ 取り除いた後の機能はどのようにして再建するのか？ これらのことが解決しているから手術室に入ったはずであるが、本当は術前診断の精度にはまだ大いに改善すべきところがある。また、いろいろな手術法のシミュレーションにしても、多くの場合外科医の断片的経験に基づくものでしかない。

医療は何時でも情報不足である。すでに述べた如く術前の画像診断の精度も、例えばがんの広がりやを十分に把握するほどのものではない。術前により細かく、周りの組織や関連する臓器の機能も含め把握できたら、さらに世界中の過去の手術のデータベースがあり、これを元にしたシミュレーションができれば、大門未知子の出番はうんと減るのではないだろうか？

さて予定された部位を取り除くために皮膚を切開し、筋膜を切開し筋肉を分け、腹膜や胸膜を切開し腹腔や胸腔に到達したとしよう。ここら辺りまでは駆け出しの外科研修医が最初にやらせてもらうことが多く、あまり困難はない。ここまでは肉眼で色、形を認識しつつ進めるが、同時にメスを持つ反対側の手の指で組織の弾力を感じながら切開する。肉眼で見た色と形はすでにデジタル化技術が進んでいるが、弾力、固さの検知・定量化は未だにやっかいである。体腔鏡手術、ロボット外科でも触覚が最後の秘境であると言わ

れている。理科大の叡智、あるいは頓知を絞れば診ている場所の、触っている部位の固さに関する情報を定量化できるのではないだろうか？

さて、体腔に達したがどこが病変であるのか探し出す。術前診断の決め手のCTやMRIは、自然呼吸で仰臥位撮影をする。しかし体腔鏡手術では炭酸ガスでお腹を膨らませるために場所が動いてしまう。病変の部位を見つけるためにも工夫が必要である場合がある。基礎工学部の曾我公平教授、理工学部竹村裕准教授らは国立がんセンターと共同で近赤外線を用いたマーキング法を創り出している。これから工夫すべきことはまだ多い。

外科医はどのように切除すべき病変を認識しているだろうか？ 体を大きく開く従来の手術でも、体腔鏡手術でも肉眼やモニターでの色や形の観察が第一である。術前の診断情報で大部分は予想の範囲であるとしても、色などは大きな新たな情報となる。さらに触ることにより得られる固さ、弾力性、さらに温度情報がある。周囲との癒着の程度などを術前に細かく把握するのは困難である。触覚で判断することが多い。炎症に伴う胸水や腹水、腫瘍の浸潤や播種による広がりなどは視覚により把握される。

腹腔や胸腔へのがん細胞の広がり、生理食塩水で洗浄し、洗浄液中がん細胞の存在で広がりや推測する診断も行われている。特殊な場合には、臭いも役に立つ。もし犬の鼻のような嗅覚装置を持てば、感染症はもとより組織の代謝による揮発性の物質は、現代のメタボローム解析などを遙かに超えて多くの情報を与えるかもしれない。腸内細菌の重要性が喧伝されているが、PCRを用いてメタゲノム解析で、などと堅いことはどうでも良い。もし臭い物質、つまり揮発性の代謝産物が感度良く解析できれば、消化管の外側に抜けてくる臭い、で解析できるかも知れない。また、腹水中のがん細胞の代謝産物も手術に

使える情報になる。どんな鼻のきく外科医でも、犬の鼻にはかなうまい。

温度情報にしてもしかり。馬鹿者、温度を正確に計ることは簡単ではないと言われるかもしれない。手術で必要なのは絶対的な数値ではない。周囲との変化が分かれば良いとすれば、理学・工学的に正確でなくても、今でも十分に出来るのではないかと？

筆者の親しい友人に東芝と協力し、ヘリカルCT（つまり現代の大部分のCT）の開発を大いに進めた森山紀之氏がいる。1970年代終盤、CTがやっと日本でも使われ始めた頃は、多くの人が平面で体の断層写真を撮り、精度をどれだけ上げるのかに腐心していた時代に、体を動かしながら連続して断層写真を撮れば大雑把であるが立体情報が得られ、その情報が大いに役に立つことを示した。実用化は、時には正確さよりは使いやすさで一気に進むことがある。さらに、どのように使うのかを分かりやすく示すことも重要なようだ。東芝の技術も素晴らしかったであろうが、その時代の技術もこのように使えると示す医療現場のすぐれた人材も重要である。

がんセンター東病院では新しい内視鏡の開発がいつも進行している。今をときめくNBI (narrow band imaging) 内視鏡もそこで出来た。開発の頭初からどのように使うと何に役立つのかが分かっていたら良いが、どうやらすべてを予想し予定調和のようには現実にはいかない。開発現場を横で見ていると、ひとたび出来た内視鏡を用い、アイデアと好奇心に溢れた医者が次々と新しい使い方を編み出し、さらにこれが次の開発に繋がるようである。

深い経験に基づく病変の把握と大医学者が言ったとしても、実際はかなり大雑把な情報で行われている。やや乱暴であるが、工学部や情報工学の技術者、研究者から見れば、手術に関するデータベースがあれば手術は簡単と思えないだろうか？ ダビンチを用いた手

術の操作はすべて記録されている。その時の外科医の視角も記録可能である。生体に関する情報も、近赤外や磁力、超音波であれば生体への障害もあまり強くない。術中に超音波診断は使用されているが、より便利な探触子と波長および解析法を工夫すれば、血流の描出など、より動的なものも情報として取得できる。さらに、光音響技術を使えば解像度が上昇するのみならず、酸素飽和度など全く新しい情報を付け加えることもできる。組織の微細な温度分布なども重要な情報を与えるし、組織のpHの非侵襲的画像化は魅力的である。手術の多くが肉眼レベルの空間解像度で行われることを考えれば、空間解像度はミリ単位で十分であろう。

近赤外光を用いた画像化は現在でも実用化され、インドシアニングリーンという色素を投与し、血管やリンパ管が描出できるようになっている。工夫をすれば今まで見ることでできなかった形や機能を手術の情報として使えるはずであり、大門未知子の何倍も情報を駆使できるようになる。

人は間違えるものである。医療事故の大部分はヒューマンエラーである、との意見もある。医療行為は、いつでも情報不足で行われている。今までは検知できなかった情報を我が大学の叡智と頓知と技術でえぐり出し、使える形にすることでヒューマンエラーを最小化できるのではないかと。生命医科学研究所では、安部良教授のリーダーシップの下で始まり進歩してきた医理工連携の取り組みをさらに大きくステップアップすることを考えた。

2017年6月、東京理科大学野田キャンパスからほど近い、柏市柏の葉にある国立がん研究センター東病院に、新しい手術室と内視鏡検査設備および医療機器開発拠点であるNEXT棟（次世代外科・内視鏡治療開発センター）が設置された。ここでの手術機器や内視鏡開発の中心人物と我が理科大はすでに多く

の共同研究を推進している。東京理科大、国立がん研究センター両理事会の英断により2018年4月、両法人間のクロスポイントメント制度による研究室が発足する。東京理科大学側から見ると生命医科学研究所、医療技術・機器開発部門であり、国立がん研究センターから見ると先端医療開発センター医療機器開発グループに属する研究室である。いまその設立の準備が着々と進んでいる。

国立がん研究センターはこれまでも多くの医療機器開発に関与してきたが、これらは民間企業との共同研究であり自らの組織の中にエンジニア部門はなかった。東京理科大もこれまで多くの医療技術・機器開発に関与してきたが医療現場は持たなかった。これからは恒常的な医療現場の窓口を持つことになる、大いなる飛躍を期待したい。

いま世の中ではAIによる自動診断が大きく動き始めている。病理診断、内視鏡診断、X線やMRI、超音波の画像診断など。勿論この領域でも大いに活躍することがのぞまれる。一方、これまで人によってだけ出来ると考えられてきた、心の通う医療、精神科医療などはアナログで工学とはやや距離があると考えられて来た。精神科医がどのように患者に接し、どのように診断をしているのかを冷静に解析すれば、いくらでも挑戦のしがいがあるのではないだろうか？

人と人とのコミュニケーションが医療の最も大切な要素である。この領域も、建築学、環境科学、工学が大きく関わることのできる領域である。このたびの国立がん研究センターとの共同研究室設立が、理科大の多くの研究者にとって医療のことを考え、未踏の地へ踏み入るきっかけになると良い。

