

麻酔とテクノロジー

徹底分析
シリーズ

過去から現在・未来への視座

麻酔科医がテクノロジーを “使いこなす”とは

宮坂 勝之

筆者は、片耳胸壁聴診器が麻酔科医の象徴であった時代から臨床麻酔に携わり、約半世紀の麻酔科医人生では、出生前の胎児から100歳を超える超高齢者までに対する手術室内の麻酔に加え、手術室外での各種麻酔、無痛分娩、救急外傷、航空機患者搬送、集中治療、緩和医療、在宅人工呼吸療法など、さまざまな領域で、麻酔科医としてチームに参加あるいは主導し、さまざまなテクノロジーの開発、導入にもかかわってきた(図1)。本稿では、それらの経験から考えること、そしてこれからの「麻酔とテクノロジー」についての展望を共有したい。

現代麻酔科学の原点
医の原点は、病める患者がいたらまず手を差し延べる。一人で無理なら助けを求める。そして癒し、時に支え、常に慰める。麻酔科医は、急性期患者の総合診療医であり、麻酔科学は、「生命の危機に瀕する状況、あらゆる心的・身体的侵襲から患者を守るため、五感とテクノロジー(機器、機材、薬物など)とを効果的に活用し、患者を安全

に回復へと導く体系的な臨床医学」である。これらは、筆者が麻酔科医として歩み出した1970年代初頭に、国内外で直接教えを受けた麻酔や集中治療の偉大な先達から学んだ教訓である。麻酔とテクノロジーの議論をすすめる上で、麻酔科医は手術室内や特定の臓器や疾患の治療に特化、限定するのではなく、生理学的変化を広い視野で捉え、急性期に付随するあらゆる病態に包括的に対応する役割を持っていることを原点としたい。麻酔科医は手術

図1 筆者が開発にかかわったテクノロジー

11a ロダンB
14 H (以下同)

図中 ネーム
・基本 11a M46 BBB
・太いネーム 11a B101 (以下同)

図版は、0.12mmケイ
色ベタ 囲む (以下同)

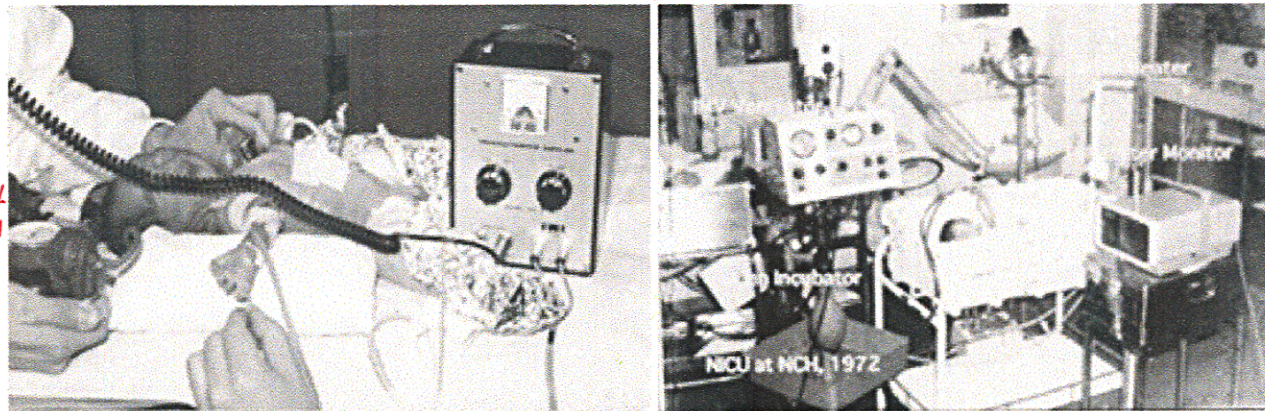
87
117 (以上)

MIYASAKA, Katsuyuki
聖路加国際大学名誉教授
0.5mmケイ、色ベタ、欠陥/4mm

10a ケイ/明朝 W6 (以下同) 10a ケイ/明朝 W2 14 H (以下同)

- *1 肝臓相照：心の奥までわかり合うこと
- *2 患者や操作者が入る空間を広くとるため、検査室や処置室は操作パネルとベッドまわりだけに絞り、残りの装置本体や電源部などの大型部分は別の階「キャットウォークフロア」にまとめる設計。

図2 半世紀以上前の手術室の様子



時の一期一会の仕事だと思われがちだが、患者の人生に深く寄り添う肝胆相照*1の精神が求められる。

麻酔科の主体性
米国から現代の麻酔科学がもたらされたのは1950年。麻酔用機器や手技の紹介とともに、薬理学、生理学、麻酔科学の教科書も紹介され、麻酔科学という独立した学問の存在が教えられた。黒船来航にも相当する衝撃を受けたであろう当時中堅の大学外科医局員は、医局講座制の中で麻酔科の主体性確立に尽力し、麻酔科学教室という形式を整えた。

麻酔科医は急性期患者の総合診療医
日本で臨床に従事した後に麻酔科医として留学した1970年代のカナダでは、麻酔科医が「内科医」に分類されていて衝撃を受けた。教授回診でも「体表心電図と心筋活動電位の関係」の説明を求められた後に、「赤毛の遺伝子の文化的背景」など、日本の手術室では想像できない議論が飛び交った。Prof. AW Connは返答に窮する筆者に、必ず丁寧に筋道を示してくれた。このトロント小児病院PICUで受けた教育

は、麻酔科医が百科事典なみの知識を身につけた急性期患者の総合診療内科医であるべきだという教えとともに、臨床現場の必要性に発するテクノロジーの使用、開発では、常に動作原理と機能の限界を理解すべきという、病態生理学的思考の筋道をつけてくれた。

テクノロジーとの出会い、そして開発

筆者が開発にかかわってきたテクノロジーには、パルスオキシメータや心拍出量測定カテーテルなど生体情報モニター機器、各種人工呼吸器やECMO、微量輸液装置などの治療機器、気管チューブや静脈留置針やカテーテル類。薬物では、肺サーファクタント、セボフルラン、フェンタニルなど新生児での使用などがある。また、施設システムにかかわることとして、一足制やキャットウォーク階*2の導入、生体情報管理システムの構築などがある。これらのテクノロジーの開発やシステムの構築に共通するのは、臨床現場の必要性からの発想で働きかけたバイオデザイン的な考えであり、ほぼすべての案件が実用化され臨床の普及に至った。かかわったプロジェクトが多様であったことは、総合診療を旨とする麻

酔科医として主に小児医療にかかわったことが関係している。

半世紀前のテクノロジーレベル

1970年、人類はアポロ11号で月面着陸を成功させるコンピュータ技術〔アポロ誘導コンピュータ(AGC)〕を持っていた。加速度計や六分儀の目測値など、複数から入力される情報を統合して宇宙船の姿勢や軌道を制御する当時としては最先端のprogrammable logic controller (PLC) 技術であり、奇しくも今話題の「ロボット麻酔」と同等レベルの技術である。ただ、このAGCは現在のPCの計算能力の数万分の1以下の能力であった。

ここで注目すべきは、宇宙船操縦士には天体目測能力が求められ、実際、アポロ13号事故では生存帰還に決定的な役割を果たしたとされる。GPS(全地球測位システム)が日常技術である現在でも、五感を磨く姿勢は受け継がれている。

手術室、麻酔科の様子(図2)

当時の国立小児病院(1965~2002年)は、すべての麻酔を麻酔科医が行う日本最初の病院であり、麻酔科医

徹底分析シリーズ 麻酔とテクノロジー

表中の指定外
0.25ml/kg 白スス
(以下同)

▼表1 国立小児病院の麻酔中の患者モニター (1965)

全例で、
1) 麻酔科医は常に患者と接触を保つ：気管チューブは何時でも抜去される
2) 片耳胸壁聴診器による連続モニター：命の声 心拍数、心音の強さ、呼吸音
3) 血圧を測定：用手振幅法
4) 体温連続測定：直腸（食道）温連続測定
5) 麻酔記録を作成：5分ごと
手で記入し値を確認すること自体が患者モニター

▼表2 片耳胸壁聴診器の有用性

小児麻酔の安全確保の基本モニター
・片耳による呼吸と循環の同時・連続監視
・患者、術野、手術進行への注意保持
・外界音、医療者との意志疎通
・患者と物理的距離の確保
・用手処置を束縛しない
・視覚に影響されない
・電源・電池が不要
・即時立ち上げ
・小型軽量
・いつでもどこでも使える

が24時間体制で働く仕組みが整えられていた。電導床を採用せず、予算は人工呼吸器 (Bird)、血液ガス分析器 (Radiometer)、カプノグラフ (Beckman) など最先端の麻酔用機器整備に廻された。歴史的なシャム双生児分離手術の場となった大手術室や回復室があり、麻酔科外来が術前評価や説明、日帰り手術、手術室外の検査麻酔などを支えた。臨床工学士が存在しなかった当時、医療機器の保守点検はすべて麻酔科医が行った。実際に患者に用いる立場での人工呼吸器の分解・組み立ては、動作原理を深く理解する良い機会となり、その後の小児用にさまざまな工夫を凝らしたテクノロジーの開発につながった。

片耳胸壁聴診器と手書き麻酔記録

表1に国立小児病院の麻酔中の患者モニター (1965) をまとめた。麻酔科医は手術室内に留まる、片耳胸壁聴診器を使う、患者と物理的接触を保つ、血圧を手振幅法で測定、そして麻酔記録は手書きで記入すること自体が、情報を意識的に処理するプロセスを促し、患者のモニタリングにつながる事が記されている。麻酔中は何かあっても患者から離れず、すべての症例で片耳胸壁

聴診器による心肺音の連続聴取を続ける、と教え込まれた。

非注意性盲目

その後に普及したデータ自動取り込みは、日々視覚情報が増える中で数値が患者の状態を表すものとして意識されない状況を産んでいる。この、視覚的な基本的情報が看過される「非注意性盲目」の危険性は無視できない。図3は表示データを確認、認識し生かすという基本姿勢が果たせていない傾向を憂慮して表示データの視認確認を実装開発した例 (Mighty Comp ICU/OR/NICU) である。この例では、片耳胸壁聴診器で心音の異常に気付いた麻酔科医が、それを看過せずに一気に警戒度をあげてバイタルサインをチェック対応した様子を読み取れる。

片耳胸壁聴診器で命の声を聴く

片耳胸壁聴診器は、片耳で患者の命の音である心音と呼吸音を直接聴取し続けるとともに、他耳で周囲の状況を把握し、目と両手は自由に使えて処置ができる (表2)。チューブで患者とつながり、麻酔科医が必ず現場に留まり患者に寄り添うことにも価値がある。すべての情報が遮断されても、術野で何が起ころうとも、片耳胸壁聴診器から力強い命の音が聞こえれば患者はセーフである。

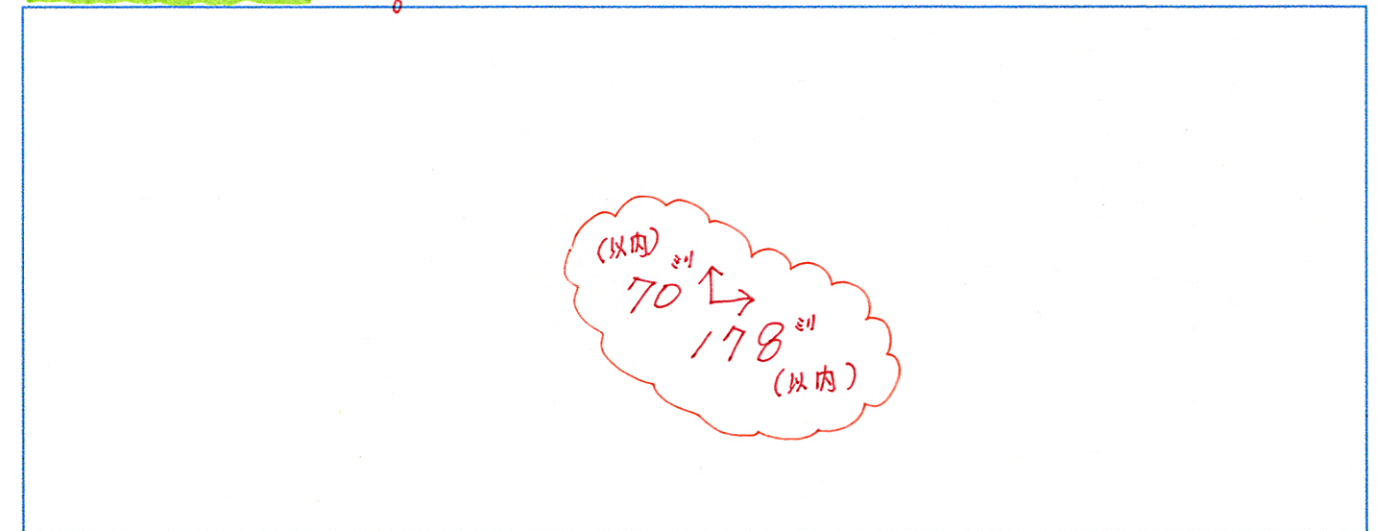
能動的な「注目」が必要な視覚情報が多い医療環境で、聴覚情報は強制的に脳に情報が入力され、ほかの活動に集中している間も、周囲の環境をバックグラウンドで監視し続けることができる。聴覚の強制性は警告音や管制塔からの指示など、視覚計器を見ている最中でも即座に介入できる特性がある。電子機器は機能させられない場合があるが、片耳胸壁聴診器は五感と暗黙知、経験を活用して異常に対応できる麻酔科医が必ずその場にいて機能する。

なぜ片耳胸壁聴診器が絶滅危惧種になったのか

片耳胸壁聴診器は、究極の五感患者モニターであり、最新の教科書やWHO/WFSAの使用推奨がありながら、あまり使われない現状がある。非公式データだが、1980年に行った約800人の麻酔科指導医 (回答740人) へのハガキアンケートでは、小児麻酔患者での使用は100%であった。2024年の日本小児麻酔学のある会場 (出席者64人) での挙手調査では11

*3 フロントガラスに速度計などが映し出され、目線を動かさずにガラス越しに景色と数値が同時に見える仕組み

▼図3 Mighty Comp ICU



人 (17.2%) が必ず使用で、その大半が年配麻酔科医であった。使わない主な理由は「上級医が使っていない」であったが、「患者に束縛される」、「データとして取り込めない」などの進歩論的偏見もあった。

改めて、五感を使う意義

片耳胸壁聴診器にも電子聴診器化やワイヤレス化、ハイブリッド化の考えはある。デジタル化で得られる利点はあるが、麻酔科医が患者から離れ、モニター画面の前に座りこむ状況を促しては本末転倒である。麻酔の安全性が格段に高まり、その環境で教育された麻酔科医が増えたことも絶滅危惧状態の背景であろう。整った環境で、調節性の高い薬物と整った生体モニター情報駆使の麻酔は、計器飛行による自動操縦状態に近く、航空業界も面している緊急状態に即応できない技能低下deskillingが問題となる。

2024年1月の羽田空港の滑走路上衝突事故では、事故調の最終結論ではないが管制官と海保機の意志疎通不足の関与が伝えられている。しかし筆者の最大関心事は、JALの2名のパイ

ロットが滑走路上で待機していた機体を目視確認できなかった (しなかった) 理由である。思い込み、沢山の計器チェックに気をとられた注意分散、head-up display (HUD) *3 使用に伴う非注意性盲目などが関係したとの議論はあるが、五感とテクノロジーの統合的活用を旨とする麻酔科医としては、最後の砦としての五感 (目視確認) の重要性を重視した分析を求めたい。

テクノロジー開発における麻酔科医の役割

麻酔科医として、さまざまなテクノロジーの臨床医療への導入や改良、開発にかかわってきた (コラム)。これには、僻地病院で産科 (自然分娩) や一次医療の研修をしたこと、国立小児病院で小児医療に従事したこと、小児科が小児「内科」ではなく、小児 (総合) 医療である北米の小児病院で、小児麻酔科医チームが受け持つ小児集中治療病棟 (PICU) で働いたことが大いに影響した。その中で、多くのテクノロジーがまず成人用に開発され、市場性の小ささと技術的難度の高さから、企業が小児用の開発を積極的にすすめる動機

コラム

企業との連携時の心得

近年は産学連携を掲げ、企業化までを含めた支援体制をもつ大学もある。しかしある程度の規模感や学術的意義が求められ、市中病院の臨床医には敷居が高い。筆者の場合、紳士協定ではあるが、学術的な発表の権利を保持する前提で、企業の受け入れやすさを考え、①1つのアイデアは1つの企業にだけ相談、その企業が開発を断念しないかぎり他の企業に相談しない、②金銭的な見返り、特許権などの権利を求めない、③開発経費や経営上の損益、販売や製造責任には関与しない、との立場を貫いている。

これには長年国家公務員であったことが関係している。相手が日本企業の場合、世界的な展開につながり難い現状はあるが、日本の医療者であることの一得一失ではある。

徹底分析シリーズ 麻酔とテクノロジー

表3 小児患者の臨床的特徴

1) 身体的に小さい (解剖学的な特徴)	・アクセスが困難 細くて脆い血管 ・信号量が少ない 限られる採血量 ・特有の解剖学的構造、気道・胸壁の易虚脱性
2) 変化が速い、予備力が少ない (生理学的な特徴)	・迅速に変化を捉え対応する必要 ・低侵襲、連続監視の必要性 ・特に気道・呼吸器系の脆弱性 高酸素需要
3) 小児期特有の疾病、病態、心理	・先天異常、奇形が存在 ・胎内生活からの適応の病態生理 胎児循環遺残 ・小児期特有の感染症の存在 ・年齢特有の情緒反応、心理学の存在 ・意思疎通・意志決定の困難性 高齢者も同じ

が少ないことを目の当たりにしてきた。麻酔科医は、自らの意思を伝えられない患者の代弁者であり、現場で求められている技術の必要性和有用性を企業に訴えかけ続ける責務がある。目の前の患者治療からの発想が、広く世界の患者の医療に役だっている姿を知ると、掛け替えのない喜びも得られる。

小児用開発は困難だが恩恵は全人類に

表3に小児麻酔科医からみた小児患者の臨床的特徴をまとめた。生体情報モニターの視点では、直接的なデータ収集が難しく、患者と装置のインターフェース（センサーや電極類）にかかわる技術的な困難性が高い。実際、パルスオキシメータ開発の初期、小児患者では、生データ収集事態に難渋した。開発者は容易にデータが得られる成人麻酔科医の意見を好んだが、これが結果として日本が開発競争で後塵を拝する要因の一つとなった。

成人患者の生体情報モニターが警報を発した場合、モニター画面に注目しての対処が可能である場合がほとんどであり、複数の患者を集中的に監視す

る大型の中央監視装置が競って開発された。しかし小児ICUでは、まず電極類の外れなど患者対応が必要であり、ベッドサイドモニターの充実がより重要であり、今ではそれが成人ICUの潮流になっている。小児患者に向けての開発が結局は成人、高齢者、そして在宅医療での活用につながり、人類全体の健康につながるのだとの視点を企業側にしっかり伝えるべきだと考えている。

胎児の代弁者になる

1970年の日本の年間出生数は約190万人（2024年は約69万人）と現在の3倍近い中、年間500件を超す自然分娩（帝王切開率は2%以下）にかかわり、後に無痛分娩の必要性を強く認識する契機となった“狂乱分娩”、産婦が立ち上がり制御できないほど取り乱す分娩パニック、の洗礼も受けた。病棟には太いガラス注射器とチオペンタールが常備され、それなりの麻酔安全対策はあったが、脈拍触知が唯一の患者モニターであった。

現在でも、分娩監視記録（CTG）上で胎児心拍数記録の一定期間欠落は珍しくない。原因が致命的な子宮内

胎児の異変の場合もあるが、多くは腹壁ドプラセンサーの位置のずれや脱落、あるいは生理的な胎動が原因である。麻酔科医であれば、帝王切開や硬膜外穿刺前後で、ドプラセンサーが意図的に外される場面も気になる。やむなく他の情報からデータ欠損部分を推測し補完再構築しているが、これは健全ではない。予想される無痛分娩増加を前に、肝腎なときのデータ欠損が胎児の健康に及ぼす影響を認識し、胎児の代弁者として現状の改善や代替技術の導入も含め企業を動かせるのは麻酔科医だけかもしれない。

現在から未来へ

周麻酔期看護師とテクノロジー

2010年、当時100歳を迎えようとしていた日野原重明先生（1911～2017年）と、医聖W. Osler（1849～1919年）の教訓「医療者は病気を診るのではなく患者をみるべき」であり「麻酔科医は急性期患者の総合診療医である」という共通認識のもとに、周麻酔期看護師育成の必要性を語りあった。医師が、病気の診断と治療に科学的な焦点を当て、治療の責任を負う一方、看護師は患者に寄り添い治療環境を整え回復過程を支え、お互いは補完する関係にある。したがって、大学院レベルの麻酔科学を履修したうえで、麻酔科医の代わりではなく、看護師として麻酔科医の業務を補助するのが周麻酔期看護師であり、これは日本独自の制度である。看護師に新たな診療補助業務の道を開くことは時代の要請だが、看護師は医療行為を行う前提の教育は受けてきていない。患者の安全の

ためには無資格者間教育やマニュアル教育は防ぐべきであり、資格と経験をもつ医師による病態生理学的教育の場が不可欠と考えた結果が、周麻酔期看護師の大学院教育課程である。麻酔科医の指示の背景を理解し、常に片耳胸壁聴診器を使い患者に寄り添う周麻酔期看護師の存在は、術者が同時に担当する“ながら麻酔”や、モニター画面の数字だけを追う“計器麻酔”、いつの間にか患者から離れる“忍者麻酔”といった危険な慣習の淘汰にもつながるはずである。

多職種間の共通言語

多様なテクノロジーがさまざまな職種領域で開発、独自導入され、関係医療者の十分な理解もないままに、患者に影響を及ぼす使用が委ねられる場面がある。機器を操作する職種が生体の反応に精通しているとは限らず、患者の生命観や倫理感に共感しているとも限らない。専門性の壁は指示を出す医師がそのテクノロジーの特性を十分に理解しない場合も作りだしている。

多職種連携の重要性は認識されながら、医療現場の多職種間の共通言語、意志疎通（コミュニケーション）不足は安全性だけでなく人間性にもかかわる深刻な問題である。人工知能（AI）がもたらす、それらしい医療の最大の課題は、患者との価値観、倫理感の共有にある。医療職種の専門性の先鋭化が顕著であるからこそ、異分野を統合する収束知 convergent wisdom の認識が求められる。

周麻酔期看護師養成の大学院が、将来的には多職種連携教育の場としての社会人大学院に発展し、科学的研究法

表4 AIの進化と能力の概念

世代（技術）	特徴	該当する能力レベル
第1世代	ルールベース	ANI PLC AGC AsisTIVA
第2世代	機械学習	ANI 迷惑メールフィルター
第3世代	ディープラーニング	ANI 自動運転、画像認識、生成AI
未実現	人間と同等の知能	AGI 自律的に思考し行動する
未実現	全ての人間を上回る知能	ASI

ANI：特化型AI（artificial narrow intelligence）、GAI：生成AI（generative AI）、AGI：汎用人工知能（artificial general intelligence）、ASI：人工超知能（artificial super intelligence）

を学ぶとともに職種間の知識の断絶や意志疎通の欠落を補う多医療職種間の共通言語形成の場、そしてベテラン医療者には学び直しと、収束知を理解した専門深化の場とすることが望ましい。その場合、多職種が連携の重要性を最もよく理解している麻酔科医やその素養を持った集中治療医がカリキュラム設計の中心となる必要がある。

AI（人工知能）について

「知能」という抽象的な概念は、認知知能（記憶や論理的思考など）、感情知能（自己認識や共感など）、社会知能（意志疎通や道徳観など）の3領域に分けられるが、医療者は、この中で、現在のAIの議論がIQ（知能指数）で測定できるような認知知能に限られていることをまず理解する必要がある。

AIはすでに人間を上回る圧倒的な知識量、検索能力、計算能力を有しているが、その能力は学習したデータによる統計学的な論理内に留まる（表4）。生成AIが産み出す、あたかも創造的な出力も、既存のデータパターンを組み合わせたにすぎない。将来、人間の知能レベルに近いAGI（人工汎用知能）を経て、人間の知能レベルを超えるASI（人工超知能）の時代が来ないとはいえないものの、その時代がきても、医療においては、思考を物理的

な行動として反映させられるロボット開発が必要なうえ、まったく予期しない状況への迅速な対応、ゼロからの創造力、外科医との対話、感性や感情、そして何より道徳観にもとづく倫理的判断という面で、人間と同じレベルに立てる日が来ることは極めて困難である。

患者が高度なテクノロジーに囲まれてしまっても、筆者は片耳胸壁聴診器を手放さない。なぜなら、いついかなる時も、電源を必要とせずに、生命の根源的な徴候を直接確認し続けられるから。

生存に特化した人間の五感や行動には、疲労や集中力維持などの生理的な制約に加え、知覚範囲や情報処理速度の限界が存在する。AIを含むテクノロジーの開発は、そうした制約や限界を乗り越える手段である。テクノロジーの粋であるNASAの有人宇宙船でさえ、人類初の月面着陸の成功は、想定外の着陸予定地の異常の目視検知と手動操縦への切り替えという臨機応変な判断がもたらしたとされ、大事故から乗務員を守った無電源のアナログ機器（六分儀）は、GPSがある現在でも搭載されている。2025年の今でも、安全の最後の砦は人間の麻酔科医の五感と判断力にある。

文献 ベタ

↓
//a
5:4
②
⑤
⑬
ま
る
可
!!
(
以下は、
平体
)

1. 宮坂勝之、片山正夫．聖路加国際大学が
目指す周麻酔期看護師．聖路加看護学会
誌．2012; 16: 35-7
2. Cote CJ, Lerman J, Anderson BJ. 他.
A Practice of Anesthesia for Infants &
Children 7th ed. ELSEVIER, 2025
3. 宮坂勝之, Lerman J, Steward DJ. 日
本語版 小児麻酔マニュアル 改訂7版．
南山堂, 2019
4. Arizona State University. "Flying the
final approach to Tranquility Base,
the moon." ScienceDaily. July 17,
2019. www.sciencedaily.com/releases/2019/07/190717105341.htm (ac-
cessed September 29, 2025).
5. Cass, S. Apollo 13 was on the way
home, but could it survive the re-en-
try? IEEE Spectrum on Apollo 13 nav-
igation April 2005. [https://spectrum.
ieee.org/apollo-13-we-have-a-solution-](https://spectrum.ieee.org/apollo-13-we-have-a-solution-)
part-3(accessed September 230, 2025).
6. Gelb AW, Morris WW, Johnson W, 他
World Health Organization-World
Federation of Societies of Anaesthe-
siologists (WHO-WFSA) International
Standards for a Safe Practice of An-
esthesia, 2018. Anesth Analg 2018
Jun;126(6):2047-2055.
7. Oliver N, Calvard T, Potocnik K. The
Tragic Crash of Flight AF447 Shows
the Unlikely but Catastrophic Con-
sequences of Automation. Harvard
Business Review Sept, 2017. [https://
hbr.org/2017/09/the-tragic-crash-of-
flight-af447-shows-the-unlikely-but-ca-
tastrophic-consequences-of-automation](https://hbr.org/2017/09/the-tragic-crash-of-flight-af447-shows-the-unlikely-but-catastrophic-consequences-of-automation)
(accessed September 29, 2025).
8. Yock PG, Zenios S, Makower J, 他. Bio-
design: The Process of Innovating
Medical Technologies. Cambridge Uni-
versity Press (薬事日報社) 2015.
9. Alfrevic Z, Devane D, Gyte GM, 他. Con-
tinuous cardiotocography (CTG) as
a form of electronic fetal monitoring
(EFM) for fetal assessment during
labour. Cochrane Database Syst Rev.
2017 Feb 3 ; 2(2) : CD006066.

31 1/2 A.D.