

# ヘルスケアイノベーション

- 健全な人、組織、システム、地域をめざす連繋学 -

(2022年11月版)

高知大学医学部 連繋医工学

Section of Liaison Healthcare Engineering

渡橋 和政

## 1. 近年の変化と今後必要となる3つの策

高知県では全国に先駆けて高齢化、人口減少が進み、2025年問題を現実の問題ととらえて「本県の取り組みは将来の日本の試金石」という認識でさまざまな工夫がなされています。しかし、南海トラフ大地震の脅威、集中豪雨、新型コロナウイルス感染など未曾有の事態が次々と起こり、さらに震災で避難する時にも、感染対策や人数制限など新たな対策も必要となっています。このように課題は互いに影響し合って複雑化しており、災害の到来までには対策を打ち出しておかなければならないというタイムリミットもあります。

こうした状況の中、今後大切になることは次の3つではないかと考えています。

- ①**包括的ヘルスケア**：耐容能を高めるため健全状態を維持すること
- ②**イノベーション**：未経験の課題でも個別に有効な対策を立てること
- ③**汎用性&継続性**：次々と課題が来ても、継続的に対処ができること

「**包括的ヘルスケア**」は、「人のヘルスケア」だけでなく、「組織、社会のヘルスケア」も含みます。人のヘルスケアを実現するには、それを行う医療施設や地域、社会、行政などの健全な機能が必要ですが、近年業務が複雑化するとともに**縦割りによる弊害**が顕著になり、機能障害が現れ始めています。災害や感染の対策でみられる「ちぐはぐ」もその一例です。「人」と「組織、社会」を合わせるのは、両者に類似点があり互いを照らし合わせることで解決策のヒントが得られると考えるからです。例えば、「感染への防御機構」では自然免疫、新たな病原体に対する特異的な免疫反応、そして免疫を記憶し次回は素早く排除するという三段構えのしくみがありますが、このメカニズムは組織や社会への想定外の事態への対策に活用できるかもしれません。これに限らず学問、職種、領域を超えた「**連繫**」は正解のない想定外で複雑な課題の解決に役立つでしょうし、今後不可欠になると思います。

「**連繫**」は、「**イノベーション**」にとっても重要です。はやぶさ2などすばらしい先進的な技術の一方で、私たちの周りを見るといくつもの課題が未解決のままです。私は外科領域で診療に携わる中で数多くの課題に遭遇しその解決を試みてきましたが、この20年くらいで「**逆転**」が起きています。これまではシーズが圧倒的に足りませんでしたが、いつの間にかシーズがニーズを追い越してしまい、領域の壁を超えて活用すれば課題解決に繋がる状態、つまりせっかくの宝が埋蔵状態になっているのです。今後は、技術革新と同様かそれ以上に「**活用革新**」が必要となります。イノベーションを他の人に任せて待っているのではなく、私たち自身が「工夫」により革新をしていくことが大切です。本コースではそれを後押すためのカリキュラムを準備し、イノベーションマインドを育てることをお手伝いします。

## 2. 医工連携では「繋ぐ人」が必要

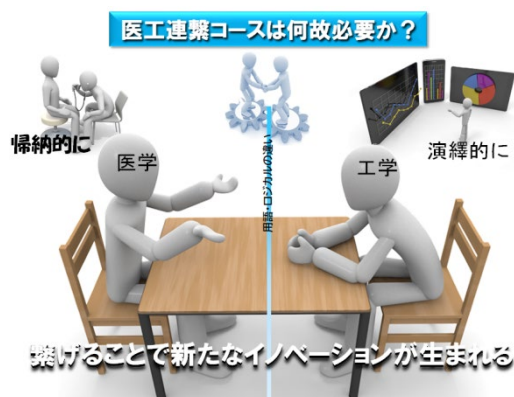
「医工連携」を行ってきて感じた課題の一つは、「工学と医学の間のギャップ」でした。

### ①言語の違い

「こんなことができないでしょうか」と工学系の人に相談するとき、言語の違いにまずとまどいます。専門用語や数式はまるで異国の言葉のようで、内容どころではありません。逆に、医学用語も工学系の人にはなかなか難しいようです。「用語の知識さえあれば」と考え手軽な教科書を探したのですが、工学全般をカバーする本は意外にありません。医学の方も同じで、専門書は詳しすぎるし、一般書は研究・開発には不十分です。この壁を越えるには、両方を理解し、通訳できる人や双方を繋ぐ教科書が必要です。

### ②考え方や目指す方向の違い

医と工では、考え方のベクトルが異なります。工学系では「シーズ」が重要と考えられており、それがどう役立つかということよりも優先度が高いようです。逆に、医学系は「ニーズ」先行で「すぐ使えるもの」をほしがります。自分で開発していこうとすると、今度は別の壁が待ち受けています。そもそも、両者とも自らの領域の業務で手一杯でそんな余裕などないのが実状でしょう。もし、両者を「繋ぐ」ことができる人がいれば、この限界を突破することもできると思います。



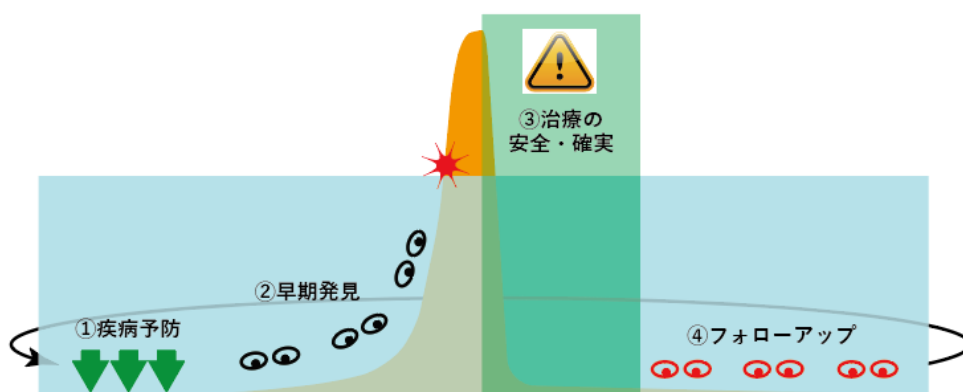
スタンフォード大学で提唱された「バイオデザイン」は、ニーズとシーズの出会いを促す画期的な方法で、日本にも導入されています。池野文昭先生は、その第一人者です。ただ、工学、医学とも選択肢が豊富な大都市と異なり、高知県のような地域では選択肢が少なく、出会いの機会も限られます。そのままの形で導入しても、うまく機能するとは限りません。「地域なりのやり方」を創り出すしかないな、と考えました。高知県はニーズ（課題）にはこと欠きませんし、多くの人は職場や役割の中でさまざまな課題（ニーズ）を抱えています。それらを見つめながら、「領域を超えシーズを見つけて活用できる人材」を育てるところから始めて、ボトムアップでイノベーションを起こそうと考えています。

### 3. 包括的ヘルスケア

「人のヘルスケア」と「組織のヘルスケア」それぞれに少し触れてみましょう。

#### 3.1 人のヘルスケア

今後必要なのは、想定外の災禍にも耐えることができる「抵抗力（レジリエンス）」です。高知県がめざす「健康長寿県」はこの目的と合致していますが、その実現に向け必要なのは①疾病予防、②早期発見、③安全、確実な治療、④フォローアップの4つのステップです。これらは「直列」の関係なので、一つ欠けても目的は達成できませんし、個々が縦割りだと効果は減ってしまいます。



##### ①疾病予防

生活習慣病やがんの予防は、なかなか難しい課題です。自分は健康と信じこんでいる人にいつ起こるか分からない、あるいは一生起こらないかも知れない病気を予防するために何かやろうと言ってもモチベーションは上がりません。このステージは、かかりつけ医をはじめヘルスケア領域や行政の役割が大きいと思います。人の心に働きかけるために、バーチャルリアリティや通信技術の活用が役立つかも知れません。

##### ②早期発見

万全の予防策を講じて加齢に伴う疾患は起こりますし最終的な死も避けられませんが、たとえ病気になっても早く発見すれば小さな治療で済み、治療後のQOLも高くなります。健診やドックが役立ちますが、問題は健診やドックに行かない人の病気をどう発見するか、かかりつけ医の目をすり抜ける病気をどうするかが、今後の課題です。すべての病気に網を張るのは現実的ではありません。例えば、病気が起こりやすくなる要因を明らかにするためにビッグデータを用いてデータマイニングを行うことが役立つかもしれません。もう一つは、

医師の目や経験によって差が出やすい部分に「人工知能」を導入し、客観的評価に近づけることです。例えば、顔色の色分析や表情の画像解析などで、隠れた疾患を見つけ出すことができるかもしれません。

### ③ 確実で安全な治療

病気が診断できて治療に臨んでも、合併症のために後遺障害が残ってしまったら災禍への抵抗力は落ちてしまいます。合併症を起こさないよう細心の注意を払って治療していても、残念ながら現状でゼロにはできていません。私は、心臓血管外科の診療の中でその回避策を追究してきましたが（後述）、すでにある技術を活用することで回避可能な合併症がけっこうあることを経験してきました。つまり、技術と現場を「繋ぎ」「活用」することです。また、合併症には必ず原因があり後からならわかるものですが、なぜ前向きで見えなかったのかを考えることが回避に繋がると考えます。大半は情報不足か想定不足ですから、その点を改善するための工夫が必要です。豊富な経験により「この場合はたいていこうだ」と確率論的な判断は下せますが、今後「私失敗しないので」を実現するためには見えていなかったもの、考えていなかったことにも目を向けていく必要があると思います。

### ④ フォローアップ

「治療が終了したから自分は治った」と勘違いしてしまう人が決して少なくありません。本当は、多くの病気は「治った」のではなく、目前に迫っていた問題が解決できただけで、病気が起こったベースにある状況は少しも解決していないのです。例えば、狭心症に対して冠動脈バイパス術を受けてかかりつけ医のもとに帰ってきても、その根底にある動脈硬化は解決していませんから、動脈硬化で発生する他の病気（閉塞性動脈硬化症、大動脈弁狭窄、大動脈瘤など）は水面下に存在していて、後で現れてきます。つまり、フォローアップでは「予防」と焦点を絞った「早期発見」が大切になります。ここに人工知能や通信技術を活用すれば、より実効性のあるフォローアップが可能になるかも知れません。

このように4つのステージはループを形成していて、それぞれの垣根を越えて働きかけが必要です。私自身も具体的にアクションを起こそうと、循環器領域を中心として次の4冊の書籍を準備しました。

- ①、④（一般向け）：「[突然死・心不全を防ぐ大動脈・心臓とのつきあい方](#)」
- ②（医療関係者向け）：「[DX時代の携帯エコー活用術](#)」  
「[携帯エコーによるヘルスケアイノベーション](#)」
- ③（麻酔科医向け）：「[直伝！TEE](#)」

## 3.2 組織のヘルスケア

ヘルスケアを推進する立場の病院でも、人間と同じように病気（機能障害）に陥ります。医学の進歩に伴い、診療科は細分化して各部署により多くのスタッフや職種が必要となり、診療も複雑になるとともに新たな機材の導入も必要になります。以前は、病院長と事務長ですみずみまで把握し管理できていたでしょうが、こうなると把握できている範囲が相対的に狭くなり、ちぐはぐも生じやすくなります。「急な成長で体がアンバランスになった巨人」のようです。基礎疾患がある人ではコロナ感染が重症化しやすいのと同じように、健全でない組織は災禍などで負荷がかかると一気に機能不全に陥るおそれがあります。今後、これまで一度も経験したことがないことが起こることも想定して、「病院組織のヘルスケア」を考える必要があると思います。「人のヘルスケア」と同様に、4つのステージでの対策が必要です。すでに存在する機能不全の「芽」は、平常時に摘んでおきます（予防）。負荷によってそれが顕在化しそうになったら、それを早く察知して（早期発見）、大事になったら後遺症を残さぬようにそれを治療し（安全・確実な治療）、再発防止に努めます（フォローアップ）。そこで大切なことは、場当たり的ではなく「理に適った方法で体系的に対処する」ということで、そこにシステムや機能を追究する工学の考え方や手法が役立つと考えます。ここで、組織のヘルスケアの例をいくつか挙げてみましょう。

### ①機能の効率性

多くの病院では、日本医療機能評価機構が実施する「病院機能評価」を受審しています。業務が適切かつ効率的に行われているかを評価するものです。耳に痛い評価もありますが、「良薬は口に苦し」です。組織に潜む「病気」を診断し適切な治療を行うための良薬です。私はISO9001受審も経験しましたが、これは品質保証の国際規格を応用する機能評価です。「俺たちは機械じゃない」と思わず言いたくなるような指摘もときにありますが、おそらく「医と工の違い」によるのでしょう。しかし、寸分の狂いも許さない工学的視点での評価は納得させられます。組織のヘルスケアでは、システム工学というメスを使っていきます。

### ②インシデント

インシデントは、組織に潜んでいるシステムの問題に気づくためのバロメーターになると思います。同じようなインシデントが何度も起こるなら、個人に「注意深さ」を求めるのはすでに限界と考えるべきでしょう。インシデントを組織の病的状態の「症状」と受け止め、奥に潜む問題を「工学的に」診断し、解決に必要な処方箋を切り、もしもいい薬がなければ「創薬」を行い、必要に応じてメスを入れることが役立つのではないかと考えています。

### ③経営の効率化

各部署から出される人員や機器の要望は、それぞれの部署にとって必要なのですが、複数部署で共有することで、組織全体としてメリットが生まれることもあります。例えば、超音波診断装置を各部署の要望に応じて購入していると、使用実績が少ないまま耐用年数を迎えてしまいましたが、複数部署で汎用機を共有することで経費が節約できます。もちろん、専門性によって「これははずせない」ということもあるでしょうが、各々を理解した上で、納得できるまとめ方ができれば、トップダウンよりしこりは残りにくいでしょう。そこにはいい人間関係が不可欠であり、「人と人のつながり」が大切になってきます。

医療情報システムは、システムとしては優秀でも、ユーザーにとって使い勝手が悪いと、ユーザーはストレスを抱え込んでしまい結果的に病院機能やインシデントにも影響します。ところが、改善の希望や案を出してもバージョンアップやシステム改修には相当のコストがかかりますし、ベンダーと交渉するとなると、「言語の壁」が立ちはだかります。ユーザーの満足度や効率・コストのバランスをよくするには、両者をうまく橋渡しする人が必要です。「システムデザイン工学」や「ネットワークインフラ」などの知識が必要となります。

### ④埋蔵状態の有益なリソース

病院で保存される医療情報は、従来と比較にならない速度で増え続けています。しかし、その膨大なデータはほとんど部署単位で利用されるだけです。もしそれを他領域で活用し、結果として何かメリットが生まれるなら、活用しないのはデータが「埋蔵状態」であるのと同じです。元手が同じでもアウトプットが増えるなら、経営面でもメリットがあります。

「埋蔵資源」の活用法として、「画像の AI 診断」のため画像データを深層学習に利用することができるでしょうし、医用情報データは「見落とし回避のシステム」を開発するために使えるかも知れません。そのためには、画像工学、人工知能、データ処理・解析、フレームワークなどの知識が必要となります。

### ⑤連携 ≡ 横糸

各領域でどんどん進歩するのは歓迎すべきことですが、それとともに縦割り構造が進み、それぞれが高い山となるにつれて山頂どうしは見えにくくなります。この傾向は今後さらに顕著になる一方ですから、それによって起こるデメリットを考え始めなければなりません。縦糸が太く長くなるほど、横糸を絡め一枚の布のように編んでいくことが大切になります。建築現場で組む足場が縦の支柱に横のパイプを組み合わせることで頑丈になるのと同じです。上記の①～④にも関係しますが、横糸で大切なのは「人と人の繋がり」です。本コースでは「医工連携」という切り口で横糸を絡めていきますが、「工学的思考」だけでなく同じくらい横糸として大切な「心」にも重きを置きます（後で詳しく述べます）。

## 4. イノベーション

### 4.1 イノベーションとは

「人と組織の包括的ヘルスケアを推進」という課題に対して、あなたならどうしますか。答を探しそれに沿って行動しようとするのですが、いい答が見つからなくて途方に暮れてしまうことがほとんどです。そんな時どうしますか？もったいぶらずに、答を言きましょう。

#### 「答がないなら自分で創り出せ」

「簡単そうに言うな」と叱られるかもしれませんが、実はこれが「キモ」で、ヘルスケアイノベーションの根幹となるマインドです。なくて困るなら、作るしかないのは当然です。周りを見回してみてください。そのあたりにあるもので、初めから完成品があったものなど何一つありませんね。どれも、「新たなモノやワザを産み出そうと工夫した結果」なのです。スマートフォンも、素材は石器時代からあったのですが、素材を加工し現在の形にしたのはイノベーションの力です。難しいコンピュータを誰でも使えるタブレットに一変させたのはスティーブ・ジョブスのスピリットです。その変革の根底には、次の3つがありました。

- ✓ 「必要だ」、「ぜひほしい」と思う気持ち
- ✓ それを絶対創り出してやろうとする意欲
- ✓ それを可能とする能力とそれに払う努力

包括的ヘルスケアに関する未解決の課題は、今でも無数にあります。その一つひとつに、解決策やモノを創出してほしい。そして、10年後には今の状況を「昔話」にしてしまいたい。そのためにイノベーション能力を鍛えていくのが、このコースの目的です。当然、それにはノウハウやコツそして練習が必要です。そのためいろいろなロジカルシンキングとともに、いろんな分野におけるイノベーションの実例をカリキュラムに含め、応用編として、起業についても学びます。

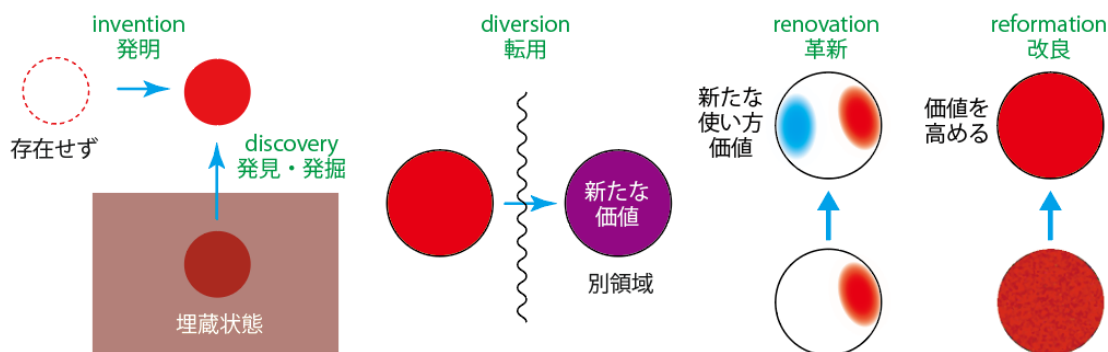
「学問の縦割り」が、イノベーションにとって障壁になっているのではないのでしょうか。最近、STEAM教育が広まっていますが、文系とか理系という区分け、さらに東洋・西洋の思想や哲学なども垣根なく動員してイノベーションを加速することが必要と考えています。



## 4.2 イノベーションのいろいろな形

「イノベーション」について、もう少し具体的に説明しましょう。イノベーションとは、「素材を一から創り出す」ことだけでなく、「モノやワザを役立てる工夫」というもっと広い概念で、以下のようにいろいろなものを含んでいます。

- ・ invention (発明) : まったく新たな素材や物質、製品などを一から創り出す
- ・ discovery (発見・発掘) : 埋蔵状態から掘り出して、役立つ使い方を見つける
- ・ diversion (転用) : すでにある装置などを他領域・他目的に有効に活用する
- ・ renovation (革新) : 同じモノでも、従来と異なる使い方で新たな価値を生む
- ・ reformation (改良) : すでにある装置などを改良・洗練して価値を高める



すべてに共通するのは**工夫**です。「何とかならないか」といろいろ頭を巡らせることです。私は心臓血管外科で遭遇する課題を解決しようといろんな工夫、改良を行ってきましたが、診療で一日があっという間に終わってしまう状況では invention などとうていできません。すでに使われている装置を課題解決に役立てる方法を探るといって「合わせ技の手法」です。「そんなのイノベーションじゃない」と言われるかも知れませんが、それで合併症や死亡を減らせるなら、たとえ「イノベーション」と認定されなくても推進していきたいものです。いいシーズがすでにあるのに、それを活用して回避策を創出することをしないでいるのは、未来からふりかえって見れば、「怠慢」のそしりを免れないでしょう。実際、見渡してみるとはやぶさ2のような先端技術があるのに、身近な世界ではその一端を活用すれば解決できることが未解決のままということが少なからずあります。つい「これはしかたない」と思ってしまいがちですが、よく考えてみると今の私たちは未来から評価される立場にあるのです。このことを、改めて考える必要があるのではないのでしょうか。「モノはちゃんとあったのに、何やってたんだ」と言われたいようにしたいものです。

では、具体的な工夫についていくつか例を紹介しましょう。

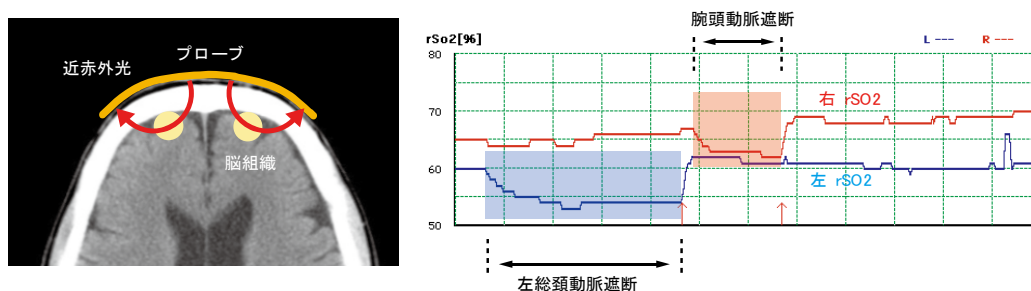
## 4.3 私なりのイノベーション例

### ①脳合併症

1990年代には、大動脈手術の後に脳梗塞が判明したり麻酔から覚めないということがまだありました。すでに月に何度もロケットを着陸させる技術があったのに、外科医の目の前でわずか数 cm の深さにある脳の血流が途絶えたことすら知る方法がなかったのです。当時、頭蓋内は「ブラックボックス」と言われ、ベテラン外科医の経験も無力でした。

#### ◇ 組織の酸素飽和度

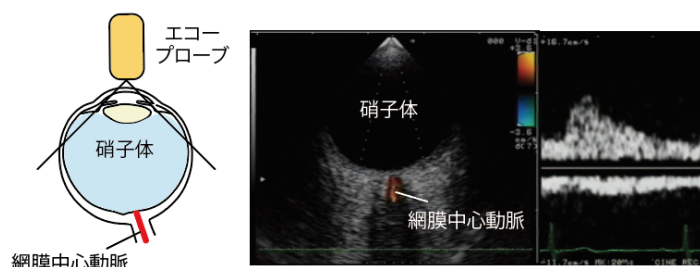
その頃、額に貼るセンサーで近赤外線を使って脳組織内の酸素飽和度を連続モニターする装置が登場しました（近赤外線分光法）。しかし、「〇%以下は危ない」という正常下限値を決めようと研究がなされてもなかなか決まりません。実際使ってみると、頸動脈を一時的に遮断すると下がり、血流を再開するとすぐ回復するので、正確に評価をしているようです。なぜだろうと不思議に感じるとともに、「せっかくいいシーズなのに」と悔しく感じました。そこで、なるべくこれに近いものを探し、麻酔科が Swan-Ganz カテーテルで測定している「混合静脈血酸素飽和度」の基準 55%を適用しようと考えました（diversion）。55%以下は全身の酸欠状態を意味するので、脳組織の酸素飽和度がここまで下がれば組織傷害が起こるはずですが。また、いろんな研究で結果が一致しない原因として「時間」の因子を考えました。55%を切ってもすぐ脳梗塞になるわけではないという、考えてみればごく当然のことです。そこで、「値×時間」と脳梗塞発生の関連を検討してみたところ、みごと一致し仮説が正しいことが証明できました[1]（discovery に当たります）。



#### ◇ 頸動脈の血流

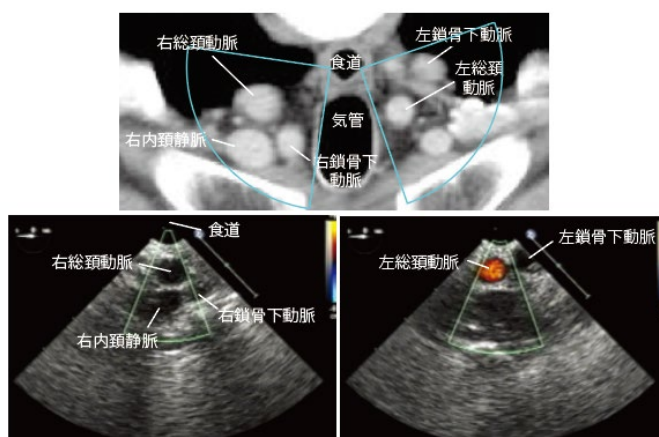
しかし、すぐ次の壁に当たりました。酸素飽和度が下がったら具体的にどうするかです。この値は、血流量以外にも影響する因子があります。それによって対処は異なってきます。血流低下を直接知りたいと思っていろいろ調べましたが、どこにも答はありません。困って歩き回っていると、ふと患者さんの「目」が目に留まりました。そして、学生時代に授業で「目は頭蓋内を外から直接見ることのできる唯一の窓だ」と聞いたのを思いだしたのです。

手術中には経食道心エコー（TEE）を使っていたのでそこにエコープローブがあり、それを眼球に当ててみたところ、眼球がくっきり見え、眼底の動脈の血流がみえました。いろいろな患者さんを見て、血流が取れない時間と脳梗塞発生の関連を検討すると、みごとに一致し、また新たな血流の基準ができました[2,3]（これも diversion です）。



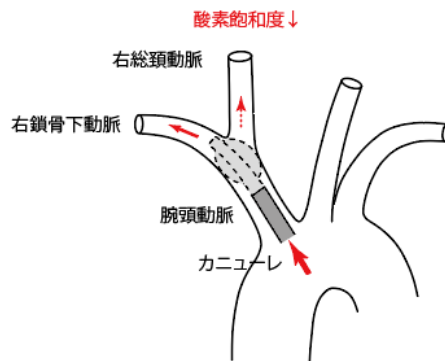
#### ◇ 血流低下の原因

ところが、血流低下は分かっても、対処となると原因が何かを知らなければなりません。そのためには、上流（大動脈弓部分枝）の情報が必要です。「TEE は？」と思いましたが、当時は TEE で見えない blind zone とされていました。ただ、CT で食道と弓部分枝を見ると間に超音波を遮るものはありません。見えないというなら見てやろうとばかり試行錯誤し、描出する方法ができました[4]（これは renovation になります）。



#### ◇ 新手法の展開

この方法をいろいろな手術に応用していると、大動脈手術で脳に血液を送るカニューレが TEE で見えることに気づきました。また、脳の酸素飽和度が低下したときそのカニューレが深すぎるのが原因となっている症例があることを TEE で確認できることがわかりました[5] (renovation)。私自身は、単に何が起きているか知りたいという気持ちでこの結果を報告したのですが、このことが逆に「酸素飽和度モニターの有用性」を証明する結果となり、その報告がガイドラインに取り上げられ、酸素飽和度モニターの保険収載に繋がりました。



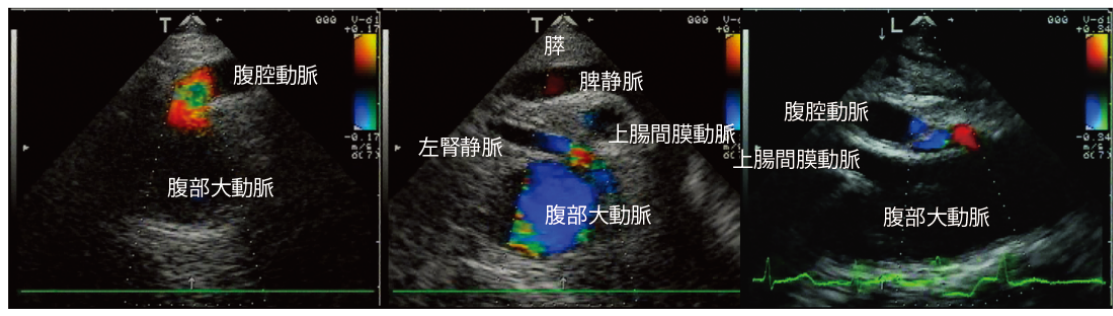
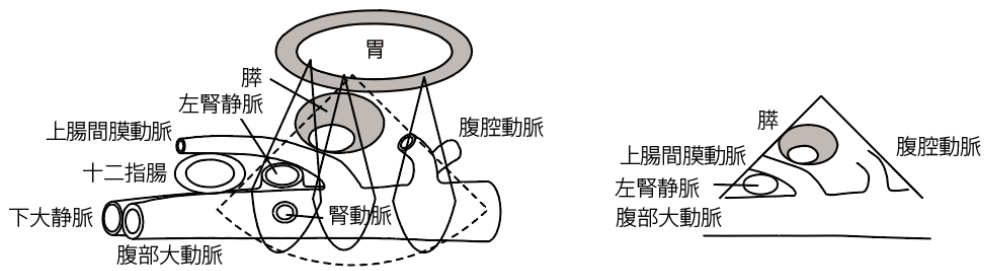
1. Eur J Cardio-Thorac Surg. 2004;26:907-11.
2. J Thorac CardioVasc Surg. 1997;114:1081-7.
3. Ann Thorac Surg. 2001;71:673-7.
4. J Thorac CardioVasc Surg. 2000;120:466-72.
5. Eur J Cardio-Thorac Surg. 2005;27:644-8.

## ②急性大動脈解離の初期診断と腸管虚血

急性大動脈解離は、前触れもなく突然発症し突然死することも多い病気です。数年前に、大阪で車が暴走して歩行者をはね運転手は中で亡くなっていたという事故がありました。大動脈解離による大動脈破裂が原因でした。手術できた人は9割救えるようになりましたが、病院にたどり着けない人も少なくありません。発症まで病気自体が存在しない病気のため、「予防」と「早期発見」が大切です。手術に到達できた人も、脳梗塞や腸の虚血を起こしている人が1、2割あります。腸管の虚血は3、4時間以内に治療しないと救命が難しい上に、診断が困難で、心臓外科医だけでなく消化器外科医にとっても課題となっていました。

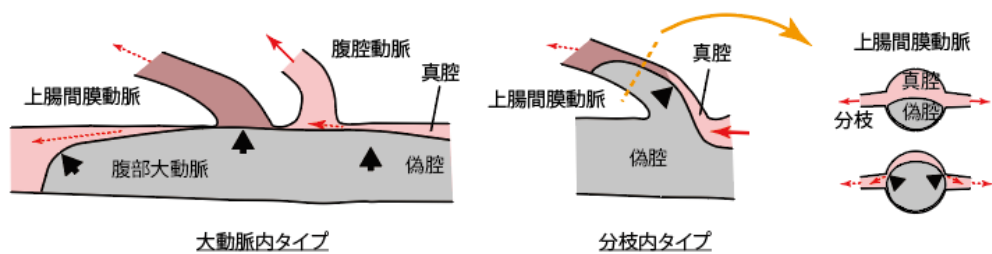
### ◇ 内臓分枝を見たい

腸管虚血の診断に造影CTが役立つことはわかっているのですが、大動脈解離ではCTも撮れないまま手術室に運び込まなければならなかったり、手術中に起こることもあるため、手術室でも診断できる方法がないだろうかと考えました。使える画像診断と言えばTEEしかありません。当時腹部大動脈、内臓分枝もblind zoneと考えられていましたが、見えないと言われれば見たくなるものです。試行錯誤の結果、胃の中からいろいろな内臓の動脈を見ることができるようになりました [6] (renovation)。



#### ◇ 腸管虚血の診断

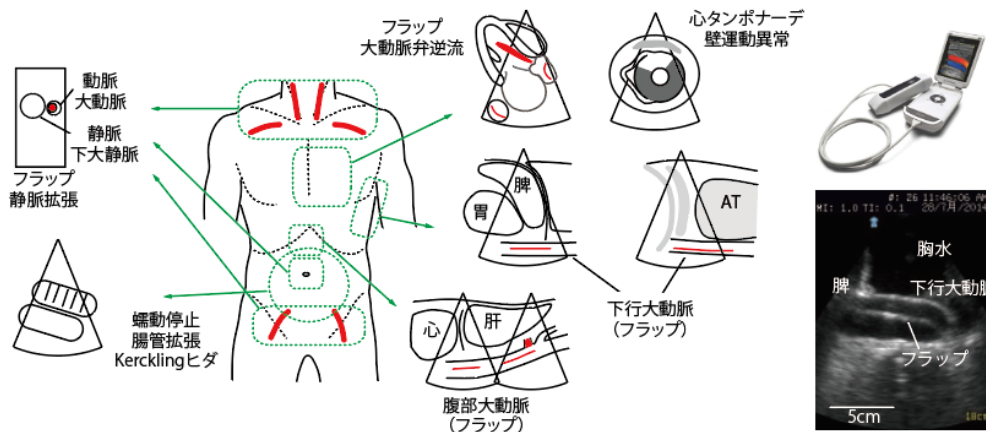
この技術で血流や形態を観察するうちに、特徴的な所見や診断法がわかってきました[7] (renovation)。CTで血流ありという評価なのに、実際には腸管虚血という状況を、TEEで診断できたり、手術中に腸管血流が回復したと思っていたのが実は回復していないといった経験もしました[8] (renovation)。



#### ◇ 早期診断の壁

しかし、大動脈解離は症状が多彩で、内科だけでなく、整形外科や脳外科などさまざまな診療科に駆けつけます。ひょっとしたらと疑っても、すぐに造影CTで検査というわけにもいきません。ここに、一つ強い味方が表われました。2010年にスマホサイズの携帯エコーが出ました。おもちゃとけなす人もいますが、それで解離を認識できるのです (renovation)。被曝もなく、ちょっと見るのに適しています。2020年に大動脈瘤・解離診療ガイドラインが改訂され、今回初めてエコーによる初期診断が記載されました。腸管虚血を見るときには、「腸管は心臓と同じ筋肉組織なので虚血で動きが低下する」ことを利用します (diversion)。P5で紹介した3冊の書籍には、このことについて詳しく解説しています。

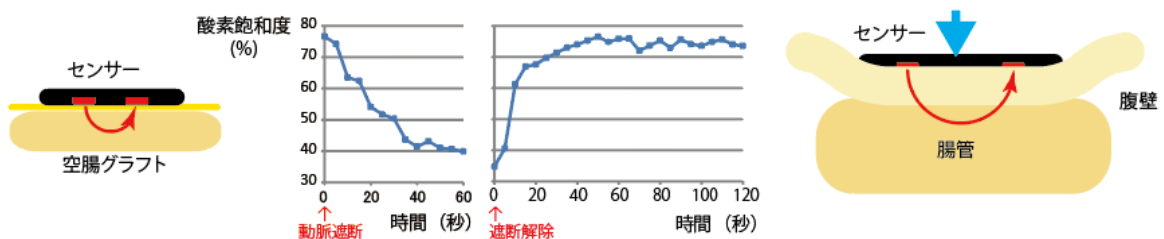




#### ◇ 他領域への展開

腸管虚血は、形成外科でも課題でした。耳鼻咽喉科医で咽頭がんを切除し、食物の通路を再建する手術を形成外科医が行います。腹部から空腸を血管といっしょに 10cm ほど採取し頸部で腸管、動脈、静脈を吻合して咽頭の代わりとします。しかし、手術後に空腸が虚血で壊死するという合併症があり、診断が遅れると命にかかります。形成外科医から聞いて、心臓外科で使っている酸素飽和度モニターを使ってみてはどうかと提案しました。空腸も、脳と同じように動脈遮断で酸素飽和度が低下し、血流再開するとすぐ回復しました。また、手術後に皮膚の上にセンサーを置いて連続的モニターもできました[9] (diversion)。

この酸素飽和度による診断は、同じように腸管虚血の早期診断に困っている消化器外科や心臓血管外科にも diversion できるかも知れません。これは今後の課題ですが、その場合には腸管がある深さが形成外科と異なるため、センサーを圧迫して腸管にわざと近づけるといふ前例のない手法が必要となるかも知れません。



6. J Thorac Cardiovasc Surg 1998;115:945-7.
7. Eur J Cardio-Thorac Surg 2005;28:871-6.
8. Ann Thorac Surg 2013;95:1570-6.
9. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2021;74:108-15.

### ③コロナ対策：ヘルスケアイノベーション的考察

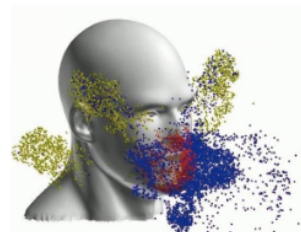
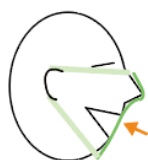
新型コロナウイルス感染は、生活を脅かし救急医療の逼迫を招くといった社会問題の他、大学の教育現場においても重要課題でしたので、「ヘルスケアイノベーション」的に考察して対策を進めています。感染様式は、①接触感染、②飛沫感染、③空気感染の3つで、三密の回避と手指消毒、マスクはほぼ根付きましたが、③が問題です。

#### ◇ マスク

マスクは、前方への飛沫をブロックしてくれますが、ウイルスを含む呼気は上方と側方へ広がっていくことがスーパーコンピューター「富岳」のシミュレーションでも明らかです。数m以上先まで容易にタバコの匂いが伝わることを考えれば、その範囲にウイルスが届くということは、道理から考えて当然です。



通常のマスク



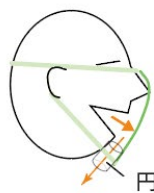
「富岳」のシミュレーション

ウイルスには①重力で下に落ちていく、②手や衣服、床などに付着しやすいという特性がありますから、それを逆手にとって、素早く下方に誘導してアルコール消毒しやすい場所にトラップし、拡散しにくい形にするのです。

マスクについて、「逆さマスク」、「逆シュノーケル」はどうでしょうか。前者は、マスクを上下逆にして歪めたワイヤフレームを顎に当てます。後者は、顎の部分に小さい円筒などの通路を付けます。こうすると、呼気はほとんど下方に出ていきますし、息を吸うときに鼻に貼りつかず運動をするにも楽です。フェースシールドは上に開いているものが多いですが、めがねが曇ってしまいますし、周囲にエアロゾルが出放題です。鼻の上で固定し下方に開く形はどうでしょう。実は、これらは新しいことではなく、昔ペストが流行したとき使われていたペストマスクと同じです。つまり、温故知新なのです。



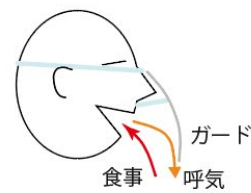
通常のマスク



コロナマスク



ペストマスク  
(Wikipedia より)



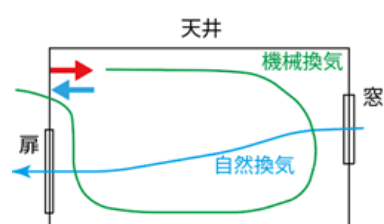
食事用フェースガード

## ◇ 換気の整流化

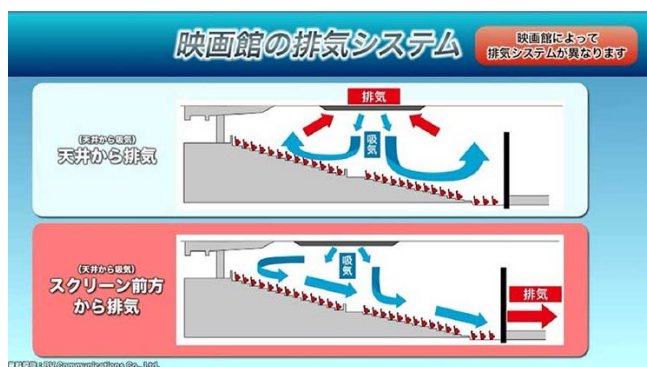
広州市のレストランで起こったクラスター感染は、室内気の再循環が原因とされています (Lu J, et al., Emerg Infect Dis. 2020)。この教訓から、定期的に窓を開放し外気と入れ替えることが推奨されていますが、それがどれだけ有効か、検証することはなかなかできません。部屋ごとに窓の面積も異なり、そもそも風の勢いは常に変わります。肌で風を感じる程度の風があれば、室内気は1時間に数回以上入れ替わり、室内に感染者がいてもウイルスが拡散する前に流されてしまうでしょうが、風が吹かなければ、室内でウイルスは三次元的に拡散していきます。つまり、現在の対策は、「風まかせ」といわざるをえません。

講義室ではロスナイ換気となっていますが、吸気口、排気口は天井近くの壁にあるため、空気は学生を横切るように流れ、感染者が上流にいれば広州市のレストランと同様のことが起こります。気流の管理が不可欠です。ウイルスは徐々に下に落ちるので、上→下の気流を作れば、落下を加速して顔の高さでの拡散をブロックできるでしょう。ウイルスがそれに逆らって横に移動することはありえません。

実は、映画館の換気が理想的です。天井から送気された空気は、階段状の床に沿って前方に流れて排気されます。映画館でクラスターが起こっていないのは、会話をせずと同じ方向を向いていることに加え、空気の流れが理想的なためと考えられます。



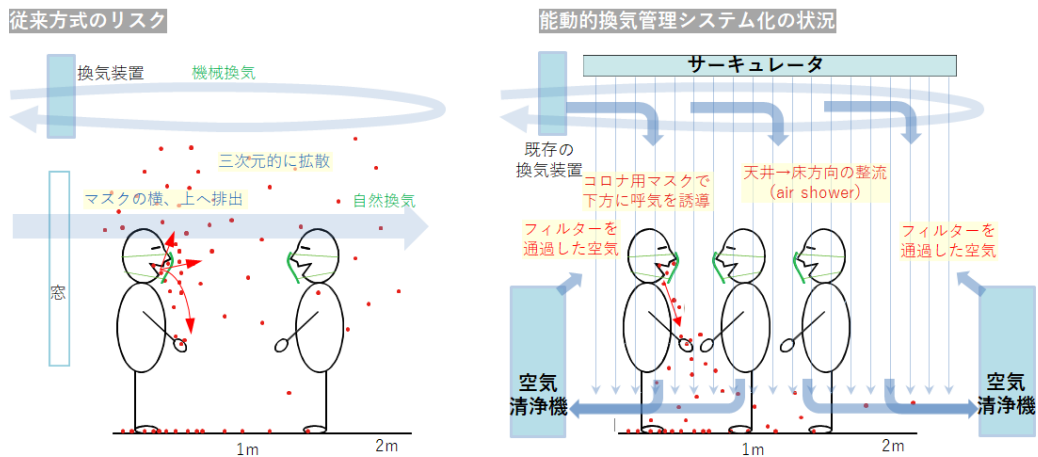
- 機械換気  
4カ所から給気し、4カ所から排気  
排気風量：2880m<sup>3</sup>/h  
→1時間に3回総換気
- 自然換気（窓全開放で6.16m<sup>2</sup>）  
風を感じる1.5m/sで5.6回/h総換気



<https://av.watch.impress.co.jp/docs/news/1268898.html>

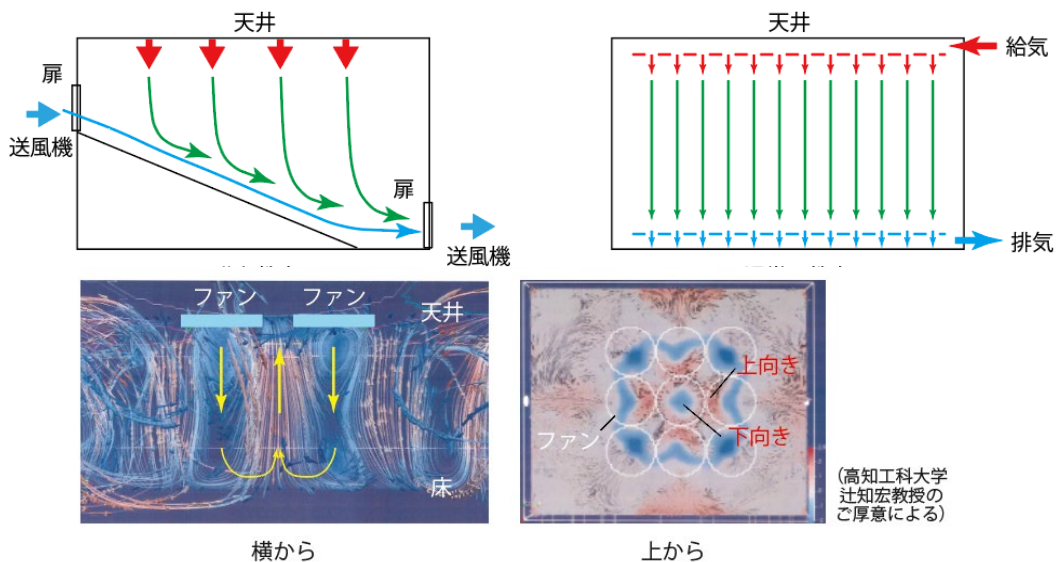
そこで、今の講義室のために「天井にサーキュレータ、床に吸引ルートを設置し縦方向の整流を作る」というアイデアを考えました。ウイルスがいても、拡散で拡がる前に床方向に空気ごと移動してしまうのです。さらに、排気口にフィルターを設置してそこでウイルスをチェックすれば、感染者が室内にいたかをモニターできるでしょう。





しかし、話はそう甘くありません。天井に9台のファンを置いて送風したら空気の流れがどうなるか、高知工科大学の辻知宏教授に検討していただきました。ファンの真下では床に向かいますが、ファンの間は逆に上行するため、ウィルスを巻き上げてしまいます。

むしろ、床をOAフローとして吸引口を床下に張り巡らせるスタイルがよさそうです。ただ、新たに換気システムを設置するにはコストもかかるので、現在約100名の学生に対面授業を行うときには、映画館のような換気システムとなっている階段教室を使っています。



今はここまでですが、もっと考えてさらに対策を見いだしたいと思います。

#### 4.4 イノベーションのヒント

地域医療の課題や病院内のインシデントなどに解決策を創り出していくとき、次のようないくつかのパターンが想定されます。

- ①すでにあるモノ・ワザがそのまま使える
- ②すでにあるシーズが役立つ可能性がある
- ③役立ちそうなシーズもまったくない

実際は①、②のような状況はあまりなく、③のような課題がほとんどでしょうし、解決まで一気に到達するのは難しく、一步解決に近づくという程度にとどまることも多いでしょう。いずれにせよ、待っているだけで答がやってくるなどありません。私は若い人たちに、「課題は君たちに退治されるために存在しているんだよ」と話しています。答がないなら、自分が見つけたり作ったりするのは、チャンスは、万人に平等です。国や地域でまったく差はありませんし、あなたが答を見つけようとするのをじゃまする人などいません。

解決の糸口がとらえられなくても、ニーズとして認識しておくことも大切です。認識しておけば、たまたまシーズに遭遇したとき何か感じるものがありますが、認識していなければ逃げてしまいます。私自身は、次の「基本原則」を大切にしています。

- ✓ 起こることには、必ず原因がある。
- ✓ 道理に合わないことは起こらない。
- ✓ 理に適うことは、継続しやすい。

何かを考える時、「道理」はものさし、羅針盤になり、かん違いを防いだり思考を軌道修正するのにも役立ちます。ただ、解決策を一生懸命考えていると、次第に煮詰まってきます。発想は、焦っても出てきません。そんなとき、発想が浮かぶのを加速するコツがあります。高知ならではの酒造りにちなんだ表現でいうと、「醸す」プロセスです。まず一生懸命考え、すぐ答が出なければいったん寝かせます。すると、潜在意識の中でそれが醗酵してきます。このプロセスにある程度時間が必要ですが、再び考え始めると、それまで思いつかなかったことがふと現れるものです。昔からいい考えが浮かぶ場所として「馬上、雪隠、夢の中」があげられています。「馬上」というのは、今は運転中でしょうか。私自身は運転中にもっとも発想が浮かびやすいのですが、ちょっと他のことに気をとられるとすぐ消えてしまうため、スマホのボイスレコーダーに録音することになっています。さて、これ以降は、現在準備中のテキストで解説することにしませう。

## 5. 人を繋ぎ、将来へ繋ぐ

### 5.1 組織、社会のなかで人を繋ぐ

「縦割りの弊害を解決するには縦糸に横糸を絡めることが大切だ」とお話ししましたが、医工連携、イノベーションでも「心の接点」という横糸が大切です。システムや技術などの工学的思考を左脳で展開するときには、努めて「人」「心」も意識しておくことが大切です。個人、組織、社会で考えてみましょう。

#### ①個人

コミュニケーションツールは、どんどん進化しています。メール、ライン、ツイッター、フェイスブックなど種々の通信手段が使えるようになりましたが、便利さの陰でもすれば「心」が忘れられがちです。面と向かえば決して言わないことを文字にして、人を傷つけてしまうことがあります。使い方によっては凶器にもなるため、心に留めておくべきことが、2つあります。まず技術が進化すればするほどきちんと制御する「心」が必要ということ、そして「心」はコミュニケーションで表に現れてしまうということです。カリキュラムでは言葉、コミュニケーションについても学んでいきます。

#### ②組織

今後は、人との円滑なコミュニケーションがこれまで以上に大切になるでしょう。すべて一人でやるなら思いを心に秘めておけばいいのですが、**組織**として何かをやっていくなら、「気持ち」だけではすまなくなってきました。組織として機能するには、いい人間関係を作ることが大切です。そのためには、ある程度スキルも必要となります。生体では、自律神経を含めた神経系が全身にネットワークを作ってその役割を果たしています。この点についてはカリキュラムでも時間を焦点を当てています。

#### ③社会

社会では、組織以上に多くの人に関わります。高齢の方は各々で価値観が異なっており、それが包括的ヘルスケアを進めるときに妨げになることがあります。「ワシは元気やき！」の一点張りを超えることができるコミュニケーションが必要です。地域の高齢化社会で包括的ヘルスケアを推し進める際、目標として、①高齢者に不利な状況にも自分に対応させていく「レジリエンス」を高めることと、②長年培ってきた底力を発揮する「エンパワメント」を実現することが大切ですが、そのためにもコミュニケーション力は不可欠です。

## 5.2 イノベーションにおける対話

イノベーションでも、コミュニケーションが大切です。高知大学には医学科 2～4 年次に「先端医療学コース」という研究科目があります。私が開講している班は、何かを解明する「研究」というより、モノづくり、ワザづくりという「開発」色が強いものです。医学部の勉強は左の脳を使うものがほとんどなので、彼らにはあえて答のない課題を与えて、右脳を鍛えようとしています。例えば、「今は丸い人工弁しかないが、楕円形の人工弁を作ろう」といったものです。医学の知識はまだ乏しい学年ですが、彼らは関連しそうなことを見つけてきたりおもしろいアイデアを持ってきます。アイデアが浮かんだらまず絵に描いてもらい、私がコメントしながらブラッシュアップしていき、ある程度まとまったら fusion 360 で 3D 設計をして、3D プリントした自分のアイデアを手にとってまた考えるというやり方です。彼らは卒業後に幾度となく解決法がない課題に遭遇するでしょうが、そのときにこの経験が役立つと思います。前置きが長くなりましたが、学生と話していると一人では思いつかないことが次々と頭に浮かんでくることをしばしば経験します。それも、一度や二度ではなく、「よくこんなことを思いつくもんだ」と自分でビックリしています。本コースでも、研究を進めるときに対面のカンファレンスを活用していきたいと思っています。



## 5.3 将来へ繋ぐ

「チームで開発していく」と言っても、永遠に同じメンバーというわけにはいきません。人が入れ替わってもチームとしての機能を継続していくためには、「次の世代を育て続ける」ことが必要です。2 つ必要なことがあります。一つは、修了生が後輩を指導する「屋根瓦」方式です。「指導なんてできません」と言う人もあるかも知れませんが、やってみればできるものですし指導するとなると一生懸命考えざるをえません。「やってみること」が大事です。私は、学位は「終わり」ではなく「スタート」ですし、後進をきちんと指導できてはじめて学位に値すると思います。もう一つは、「新陳代謝しても同じ形、機能を保つ」生体の機能にヒントが見つかると思います。

## 5.4 Innovative Resource Manager (IRM)

おそらく、この言葉をお聞きになったことはないでしょう。これは、私の造語ですから。「組織のヘルスケア」で縦割り構造の横糸、埋蔵リソース活用、イノベーションの必要性を説明しましたが、それを実行する役割を果たすのが IRM です。おそらく今後はこんな人材が病院で必要となってくると考えているのですが、それをみなさんと共有するためにはそれを示す名称が必要です。既存の概念はないため、勝手にこの名前を作りました。IRM は病院にメリットをもたらす貴重な存在なので、「人財」と言ってもいいでしょう。

医工連携を通じて病院の縦割り構造に横串を通すには、診療放射線技師、臨床工学技士、臨床検査技師、理学療法士、作業療法士、言語聴覚士などメディカルスタッフが最適です。業務内容に工学的内容が多いことに加え、部門の壁を日常的に超えて業務を行うからです。本コースの開講と合わせて、高知大学医学部附属病院では放射線部、臨床工学部、検査部、リハビリテーション部の4部門で「医療技術部」を設立しました。そこでは、本来の業務に加えて病院内の「埋蔵リソース」を発掘し、それを活用する方法を模索し、未解決の課題に対して新たなモノやワザを創り出すという IRM としての機能も果たします。各部署の意見やアイデア、要望などにも耳を傾けつつ業務の非効率面や活用できそうなリソースを発見し、課題を解消する方策を考え提案していきます。本コースでは、それを行うために必要となるイノベーション能力やコミュニケーション能力、ベースとなる「心」を育成していきます。



「コースを修了したら、どんな資格が得られるのですか？」という質問をよく受けます。現時点では「今のところありません」としか答えられません。このような機能を持つ人材がまだ存在していない以上、資格もあるはずがないのです。今後 IRM という役割が病院組織に必要であると認識され、IRM がメリットを生み出す人材だと広く認められた時点で、新たに資格ができるかも知れません。

## 6. 本コースのカリキュラム

本コースは、①包括的ヘルスケアと②イノベーションを推し進める人材を育成することが目的であり、それに役立つカリキュラムを準備しています。医学部にできたコースとして、共通科目には医学全般をカバーする 6 科目があります。生体の正常な姿、さまざまな病態、疾患の診断や治療、社会医学、心と倫理です。これらは、組織や社会のヘルスケアを考える際にも役立つでしょう。専門科目では工学の基礎に加え、組織や社会のヘルスケアを進めるイノベーションを起こすために必要な内容を、次の 10 の専門科目として集めています。

### 6.1 10の専門科目

#### ①医用工学

ヘルスケアに関連の深い工学として、電気工学、電子工学、機械工学の基礎を学び、さらに医療機器がどのように診療現場で使われているか、どのような pitfall があり、管理はどのように行うべきか、そしてリハビリテーションにおける医工連携による開発事例などを学びます。

#### ②医療統計学・データマイニング

統計学は、研究におけるデータ解析のみならずビッグデータを用いたデータマイニング、近年では画像解析や人工知能の深層学習にも活用されています。基礎的な統計手法に加え、統計学の実習をおこなうとともに、プログラミングの演習、人工知能への応用についても、学んでいきます。

#### ③医用システムデザイン工学

「情報」に関する内容を学んでいきます。情報ネットワークの基礎をはじめ、クラウドや情報セキュリティ、そのためのプラットフォーム構築、そして医療情報について学びます。医療情報は、病院と地域の連携にも使われ、遠隔医療、遠隔画像診断などは過疎地におけるヘルスケアにとって強力なツールとなります。災害対策を考えるときにも情報共有や通信の知識が不可欠です。また、医療における情報システムは、インシデントも関連します。

#### ④イノベーション・レギュラトリーサイエンス

「0 から 1 を生み出す」こととそれに対する規制などを学びます。前者については、文系・理系を超えること、アートとイノベーションの関わりを含め、診療現場で発想を生み研究に繋げていくコツ、地域活性化を目指すイノベーションの実例など盛りだくさんな内容です。

#### ⑤医用画像工学・人工知能

画像工学は、ヘルスケアにとって重要な位置を占めており、そこにや人工知能が活用され質向上が図られています。この科目では、医用画像工学や人工知能の基礎に加え、Texture解析、Radiomics への応用などを学びます。

#### ⑥アントレプレナーシップ

起業は、イノベーションの一つの到達目標です。ベンチャー企業を立ち上げ、アイデアを製品化し、それが実際に役立つものとして成長して行くまでのプロセスを、実際に起業して成功された講師から学びます。一方で、知的財産など押さえておくべき事項も含まれます。

#### ⑦組織行動マネジメント・リーダーシップ

組織のパフォーマンスに不可欠な人的資源を活用するために、組織をどのように管理していけばいいのか、それを率いるリーダーに何が求められるかという、チームマネジメントを学びます。Web 工場見学やエンジニアとのミーティングも経験できます。

#### ⑧ロジカルシンキング・デザインシンキング

課題解決に役立つ「思考」に焦点を当てています。医学と工学で異なる考え方（演繹法と帰納法）を理解した上で、要素に仕分けして道筋を立てて考えていくロジカルシンキング、水平方向に発想を広げ発想を生み出すラテラルシンキング、感情や主観に流されず批判的な視点で判断するクリティカルシンキング、デザインの考え方を課題解決に応用するデザインシンキングなどを学んでいきます。

#### ⑨リスクマネジメント・クライシスマネジメント

インシデントなど医療安全管理の現状と課題をはじめ、医療機器や病院設備、インフラの危機管理を災害なども絡め、BCP についても触れていきます。さらに、災害におけるリスク管理や災害を念頭に置いた都市、交通の整備なども含んでいます。

#### ⑩地域社会レジリエンス・地域医療エンパワメント

疲弊しつつある地方から、どのように活力を取り戻していくか、医療過疎に陥った地域にどのように医療連携を取っていけばいいのか、といった内容について学びます。過疎地域でネットワークを構築しつつある現状や課題についても理解を深めます。それらを後押しするヘルスケア産業については、国としての展望、方向性を学びます。

## 6.2 講師陣

このような内容をカバーするため、さまざまな領域から講師を招いています。高知大学の中では医学部だけでなくいくつもの文系、理系の学部から講義にご協力いただいています。また、高知工科大学や高知県立大学など県内大学をはじめ、広島大学、東北大学など他県の複数の大学からも講師を派遣いただいています。さらにヘルスケア関連のグローバル企業のGEヘルスケア、富士フイルム、日本マイクロソフト、日本アイ・ビー・エム、テルモなど、またベンチャー企業のエルピクセル、リジッドなど、さらに行政からは高知県、経済産業省、厚生労働省なども講師を派遣いただいています（社名一部略称）。

## 6.3 受講生と講義形態

本コースでは、受講生の領域を制限していません。医工連携、ヘルスケアということで、これまで臨床工学技士、診療放射線技師、看護師、薬剤師など医療関係の方が多くですが、事業家や事務職員の方も参加されています。ほぼみなさん社会人で、職務がありますので、講義は18時から1～2コマ（1コマが90分）、あるいは週末の数時間という時間帯です。

しかし、勤務の都合や新型コロナウイルス感染拡大などのため、教室での対面授業という形態には限界がありますので、全講義をオンライン対応としています。このシステムにより県外からの受講生を受け入れることができるようになりました。また、講師の許可の上で、講義を録画してオンデマンドで視聴できるシステムも取っています。勤務や急用などのためその日に受講できない人、繰り返し聞いてみたい人にご利用いただけます。

## 6.4 利用方法

本コースは本来「大学院修士課程」ですが、先述のようにかなり幅広い領域をカバーするカリキュラムとなっていますので、修士課程に入学する以外にも「講義だけを受けたい」という方のための入り口を設けています。一つは、「科目等履修生」です。1科目単位で受講をするものです。すでに、このシステムで受講しておられる方が数名おられます。もう一つは来年度開始する「履修証明プログラム」です。6科目以上を履修していただき、履修証明を発行するというプログラムです。修士課程への入学を考えているが、仕事が忙しくてとても講義も研究もというのは難しそうだという方には、まず履修証明プログラムで講義、単位を約半分終了してから、修士課程に入って無理なく研究を進めていくことが可能になります。いろいろなご利用方法があると思います。履修証明プログラムについては、近日中にHPに案内をアップする予定です。



## 7. 繋いで創れる人材として活躍を！

これだけの内容を2年で学ぶのは大変ですが、自分になかったさまざまな視点や考え方を学びながら未解決の課題に対する解決策を考えていく経験を通じて、そういった知識が身についてくると思います。ただ、こんなコースは前例もなく、準備してきた私たちもコースを修了しているわけではありません。「これで正しいはず」と信じて方向を決め、羅針盤一つで大海原に飛び出していく気持ちです。ともに準備してきた伊東賢二氏（診療放射線技師）、村上武氏（臨床工学技士長）も含め、「自分自身が受けたい」コースを作ろうという気持ちで一貫しており、「今後、どんな世の中になり、どんな人材が必要か」を話し合い、本コースを作りました。不安もありましたが、講師をお願いする先生方にコンセプトをお話すると、私たちがビックリするくらい賛同をいただきましたし、誰一人断られる方もなかったので、私たちが考えてきたことが間違っていないことを確信できました。この場を借りて、講師の先生方に感謝申し上げます。

さて、この冊子はコースの全体像を理解していただくために作りましたが、前述のとおり医学、工学とも全般をカバーする解説書もなく、ヘルスケアという観点で医と工の連携について解説したのも皆無です。私は、心臓血管外科というけっこう特殊な領域でそのような書籍の必要性を感じ、他領域の医師、メディカルスタッフ、学生、医療関連の企業の方々にも役立つポケットサイズのマニュアルを上梓したところ、多くの方々に利用いただいています（Amazonで何度か「ベストセラー」になっています）。本コースが対象としている広範囲の内容では、このようなテキストが必要だと感じましたので、今年私自身が講義を聴いて勉強しながら、コースのテキストを作成中です。おそらく数100頁になると思いますが、2022年度中には上梓したいと考えています。



本コースは、開講後も歩みながら考え、改良して評価するというサイクルを回しながら、「進みつつ成長していくコース」にしたいと考えています。本コースから課題解決に役立つ方策が生まれ、修了者がさまざまな分野で能力を発揮して活躍することを期待しています。

注：この記載内容は現時点のもので、今後次々アップデートしていく予定です。