

技術士 PE

IPEJ Journal 2026. 1

特別企画

- ・会長対談「新しい年, 未来を紡ぐ技術者たちへ～多様性と挑戦の物語～」
- ・医療における工学技術(医用工学)特集



公益社団法人 日本技術士会
The Institution of Professional Engineers, Japan

日本技術士会 DEI 推進宣言

I 目指す姿

日本技術士会は、多様・多彩な技術者、技術をつなぐプラットフォームとして、誰もが能力を発揮し、誰もがその人らしく生きられる社会の実現に貢献します

II 趣旨

日本技術士会は技術士の品位の保持、資質の向上等を図ることにより、科学技術の向上や国民経済の発展、国際交流の推進に寄与し、さらには広く社会に貢献することを使命としています。

本会は多様な専門性を持つ高度な技術力と実践力を備えた技術士を擁し、この強みを活かすことで真価を一層発揮し、社会課題解決に貢献し得ます。

今日のような不確実性の高い時代において、本会の使命を果たし、強みを活かすためには、既成概念に囚われない柔軟な発想、多様な視点で社会課題の解決に向き合うことが必要です。

本会は、DEI^{*1}、すなわち多様性（Diversity）、公平性（Equity）及び包摂性（Inclusion）の推進により、すべての技術士が活躍し、社会課題の解決やウェルビーイング（Well-being）^{*2}の向上に貢献することを宣言します。

*1) DEI（ダイバーシティ・エクイティ・インクルージョン）とは、多様性を包摂し、誰もが公平に活躍できる状態をつくり、新たな価値創出などの組織力を高めようという考え方

*2) ウェルビーイング（Well-being）とは、肉体的・精神的・社会的に満たされた状態

III 基本方針 ～DEIを推進する3つの「シンカ」～

1. 意識の深化 ～DEI風土・文化の醸成～

日本技術士会は、技術士や技術士を目指す方の多様性を高め、誰もが活躍できる風土・文化を醸成します。また、これらの方がDEI推進の意識を深め合えるよう支援します。

2. 仕組みの進化 ～多様な技術士の活躍～

日本技術士会は、仕組みや取組みの進化により、性別、年齢等の多様な会員が活躍できる環境を拡大します。これにより、DEIを推進する行動の促進や多様な技術士の活躍につなげます。

3. 社会貢献で真価 ～多様な技術による社会課題解決～

日本技術士会は、技術を通じたコミュニケーションの機会を増やし、本会内外でDEIを実践する活動の輪を広げ、社会課題の解決やウェルビーイングの向上につなげることで、私たちの真価を一層発揮します。

日本技術士会DEI推進宣言（概要図）

目指す姿

日本技術士会は、多様・多彩な技術者、技術をつなぐプラットフォームとして、誰もが能力を発揮し、誰もがその人らしく生きられる社会の実現に貢献します

D

iversity
(多様性)

性別、年齢、国籍、障害、知識、経験、専門性、価値観などの多様性を受け入れ、さらに高める

E

quity
(公平性)

すべての人が活躍できるよう、一人ひとりの個性や特性に応じた環境、ツールを公平に用意する

I

nclusion
(包摂性)

個性や特性のちがいを包摂することで、すべての人が能力を発揮し、組織全体で新たな価値を創出する

基本方針

DEIを推進する3つの「シンカ」

1. 意識の深化 ～DEI風土・文化の醸成～

2. 仕組みの進化 ～多様な技術士の活躍～

3. 社会貢献で真価 ～多様な技術による社会課題解決～

DEI（ダイバーシティ・エクイティ・インクルージョン）とは、多様性を包摂し、誰もが公平に活躍できる状態をつくり、新たな価値創出などの組織力を高めようという考え方

年頭所感	黒崎靖介	3
■会長対談「新しい年, 未来を紡ぐ技術者たちへ～多様性と挑戦の物語～」		4
GUEST: 一般社団法人 日本機械学会 会長 岩城智香子		
■「医療における工学技術(医用工学)特集」		
医療における工学技術(医用工学)	枝村正芳・安藤 亘・稲垣弘之・大久保暁一・小澤明夫・吉川武志	10
孤独という医療課題と AI 支援の可能性	木村大輔	14
「医療における工学技術(医用工学)」～異業種からの医療機器開発への誘い～	金子 隆	18
医療機器開発における産学連携と開発リスクマネジメント	牛久保智宏	22
圧電センサを用いた無拘束生体信号計測による深層学習睡眠解析モデルの開発	鐘ヶ江正巳	26
放射線がん治療における医工連携の取り組み	富田和雄	30
X線を代替する医療用カテーテルの透視観察技術	池田誠一	34
遺伝医療・ゲノム医療の発展に寄与する工学技術の応用 ー認定遺伝カウンセラーの視点からー	十川麗美	38
ヘルスケアモニタリングのための生体ガスセンサの開発	上田太郎・兵頭健生	42
●会合・行事予定		46
●IPEJ NEWS		49
●お知らせ		50
●編集室から		52

New Year Address	<i>KUROSAKI Yasusuke</i>	3
■ Special Interview		4
GUEST The Japan Society of Mechanical Engineers IWAKI Chikako		
■ Special issue for engineering technology for medical applications (Biomedical Engineering)		
Engineering technology for medical applications (Biomedical Engineering)	<i>EDAMURA Masayoshi ANDO Wataru INAGAKI Hiroyuki OKUBO Toshikazu OZAWA Akio YOSHIKAWA Takeshi</i>	10
Loneliness as a healthcare challenge and the potential of AI support	<i>KIMURA Daisuke</i>	14
Engineering in healthcare ~ Invitation to medical device development from other industries	<i>KANEKO Takashi</i>	18
The industry-academia collaboration and risk management in medical device development	<i>USHIKUBO Tomohiro</i>	22
Development of deep learning model for analyzing sleep architecture using unconstrained measurements of vital data with piezoelectric sensors	<i>KANEGAE Masatomo</i>	26
Medical-engineering collaboration in radiation cancer therapy	<i>TOMIDA Kazuo</i>	30
Fluoroscopic Observation Method for Medical Catheter Alternative to X-Ray fluoroscopy	<i>IKEDA Seiichi</i>	34
Application of engineering technologies to contribute to the development of genetic medicine and genomic medicine - From the perspective of a genetic counselor	<i>SOGAWA Reimi</i>	38
Development of gas sensors for healthcare monitoring	<i>UEDA Taro HYODO Takeo</i>	42
● Schedule of Events		46
● IPEJ NEWS		49
● Notice		50
● From the Editor		52

年頭所感

New Year Address

黒崎 靖介
KUROSAKI Yasusuke

公益社団法人 日本技術士会 会長

技術士（建設／環境／総合技術監理部門）

日本工営（株） 代表取締役 専務執行役員

新年明けましておめでとうございます。

公益社団法人 日本技術士会会員の皆さまに謹んで新年のお慶びを申し上げますとともに、平素よりの本会事業運営へのご理解とご協力に厚く御礼申し上げます。新たな年を迎えるにあたり、年頭のご挨拶を述べさせていただきます。

昨年を振り返りますと、関税をめぐる世界経済の混乱や終わりの見えないウクライナ侵攻、ガザ紛争、さらに既存政治に対する不満を背景とした複数の国による政変など世界情勢が混迷を深めた年でした。今年もこの傾向は弱まることは期待できず、先の見えない時代が続くことが予想されます。

一方で明るいニュースとして2025年のノーベル自然科学賞を大阪大学の坂口志文氏、京都大学の北川進氏のお二人が受賞されたという素晴らしいニュースがありました。このことは、我が国全体に大きな感動と誇りをもたらしてくれました。これまでにノーベル自然科学賞の対象となったさまざまな研究の成果は、リチウムイオン二次電池や青色LEDのように私たちの生活のすみずみにまで浸透し社会にとって欠かせないものとなっており、その応用課程では多くの技術士の方々が関与されたはずです。お二人の研究についても今後急速に応用研究が進むことが期待されます。なかでも北川先生の金属有機構造体（MOF）の研究は、社会のさまざまな場面での活用が見込まれており、その発展には多様な分野の技術士が重要な役割を果たすことでしょう。

我が国における昨年のもう一つの新たな動きとして新たな日本のリーダーとして高市早苗首相が選ばれたことがあげられます。歴史を振り返って

みれば、女性が日本の政治の中枢を担った事例は、鎌倉幕府を率いた北条政子以来、実に八百年もの歳月にわたる空白が続いてきました。高市首相の登場は、政治の世界における女性活躍のロールモデルとなり、今後さらに多くの女性が政治だけでなくさまざまな場で力を発揮する契機になることが期待されます。

同様に、私たち技術士の世界でも、女性や若者が技術士を目指すためには、身近にロールモデルを感じられることが重要です。技術士は、技術の応用化研究や社会実装における「縁の下力持ち」の地位に甘んじることなく、その活躍を広く世の中に認知してもらう必要があります。こうした認知が進むことで、技術士という資格の魅力が高まり、次世代の担い手が増えていくことでしょう。昨年7月末に公開された科学技術・学術審議会人材委員会の中間まとめの中には、「技術士をリスペクトする文化の醸成やインセンティブの見える化が重要」という表現がありました。これは、私たちにとって大きな励みであると同時に責任でもあります。社会に尊敬される技術士像を築くためには、私たち自身もリスペクトされるにふさわしい技術士、人物となる努力を続けなければなりません。技術士に不可欠な倫理感を持ち、技術士の責務である自己研鑽を行い、そして技術士としての誇りを胸に、社会の発展に寄与しながら、未来を担う人材育成と技術士制度の価値向上に向けて共に力を尽くしてまいりましょう。

最後になりますが、新しい年が本会会員の皆様お一人おひとりにとりまして幸多き年となりますことをご祈念申し上げまして年頭のご挨拶といたします。

1. 技術分野の多様性と 学会・技術士会

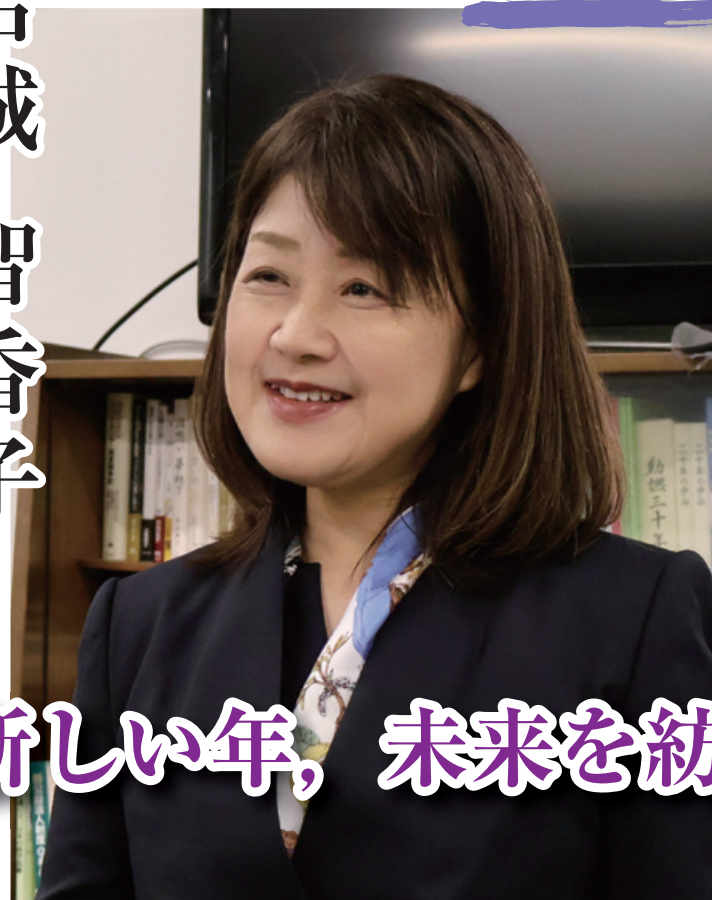
【黒崎】 本日はよろしくお願いいたします。いつも技術士会を紹介するに当たり、技術士は日本で10万人ぐらい登録されていて、任意で技術士会に入っている方が1万6000人ぐらいいて、全部で21部門あって、いろんな部門の人が集まってその多様性を生かしているのが特徴だと申し上げているのですが、機械学会さまの部門を拝見したら、当会以上に幅がありますね。しかも、熱力学などの専門領域にはじまり、ミクロから宇宙とスケールのなものとか、物流などのマーケットごとの区分け、さらに社会という切り口もあって、非常に多様性を活かされていると感じました。

【岩城】 ありがとうございます。機械といっても、ものすごく幅広いということが機械学会の部門の多さ・バラエティの広さでお分かりいただけたかと思います。機械学会はこれらの部門が活動のベースになっています。機械の基本の四力学（機械力学、材料力学、熱力学、流体力学）の学術を深めていくことが主体の部門をはじめ、その基盤をベースにいろんな産業に展開していく部門があります。例えば動力エネルギーシステム部門、交通・物流部門、マイクロ・ナノ工学部門や宇宙工学部門などです。さらに、技術を実装するには社会的な視点が大事なので、技術と社会部門もあり、非常に多岐に及びます。基盤から始まって、どんどん産業分野に展開してきたのだと思います。

【黒崎】 すると、部門はこれからも増えていく可能性があるということですね。技術士会の会員の区分はそれぞれの合格した部門ですが、機械学会の会員の方々はマルチな分野で

一般社団法人 日本機械学会 会長

岩城
智香子



新しい年、未来を紡ぐ

活躍されているのかなと思いました。

【岩城】 おっしゃる通りだと思います。機械学会の会員はいずれかの部門に所属して研究活動を行う形なのですが、多くの会員が複数の部門に登録されています。私も基礎的な分野としては熱工学と流体工学、そして原子力をやっていますので、動力エネルギーシステム部門でも活動しています。また最近では、社会課題に対応する設計工学の在り方を学ぶべく、設計工学・システム部門にも参加しています。横展開しながら活動していけるのが機械学会の良さです。

【黒崎】 技術士会でも、他の部門の話を聞いたりなどの横の展開ができます。興味としては非常に面白いのですからね。ただ、建設の人が例えば

バイオ工学の話を聞くとすると、ちょっとハードルが高かったりする…。

【岩城】 確かにそうですね。でも、直接的な関連性はなくとも、それぞれの分野ごとにいろんな視点があって、技術的なアプローチもそれぞれ違ったりします。そういったところが学びになって、自分の領域や活動を活性化することに良い影響を与えられるんじゃないかと思っています。

【黒崎】 その通りですね。専門のことがわからなくても、どういう視点で考えるのかとか、どういうふうにもそのロジックを組み立てているのかみたいなことは、分野によってもずいぶん違うと思われるので、そこはすごく参考になると思います。

会長対談

黒崎 靖介

公益社団法人 日本技術士会 会長



技術者たちへ ～多様性と挑戦の物語～

2. 技術者に求められる 「深さ」と「広さ」

【黒崎】 横断的な話が出てきたので、専門性についても伺えたらと思います。工学系や理学系の分野は集中的に取り組まなければいけないところでもあるかと思います。なので、深く掘り下げていくところと、視野を広くするところをどのようにバランスしていけばいいのか？ 岩城会長はエネルギー、原子力から安全、ジェンダーと、とても多軸なご活躍で驚いています。何かご経験やアドバイスがありますでしょうか。

【岩城】 難しいですね。I型技術者（一つの技術を進化させる）、T型技術者（I型を持ちながら周辺分野への理解を持つ）、 π 型技術者（2つ以上の専門性を持ち、横の視野も持

つ）があって、2つの専門性を持つことがイノベーション創出には大事と言われますが、私はIもTも π もどのタイプの技術者も必要だと思います。一つの専門をとことん深掘りしていく技術者も必要だし、もう一つ技術を持ちながらイノベーションを生み出していく技術者も必要だし。ただ、Tの屋根の部分である俯瞰してみる視野とか、幅広い知識は現在の社会課題解決には必要なんだろうと思っています。

【黒崎】 Tの屋根の部分は、例えば社会に対する関わりだったりとか倫理だったり、技術者として最低限やらなければいけないところだと思います。このTの広さ、Iの深さをどれほどのものにすべきなのでしょう。イノベーションが求められている今日ですが、一方で、一つの

ところの精度を高めていく仕事も最近ではすごく必要だと思ったりするんですよ。

【岩城】 ステップを踏んで伸ばしていくんですね。まずはIの部分、専門性をしっかり深めるというところを若いうちにやって、次第にTの上の幅広い視野や知識を築いていくといいですね。企業ですと、倫理や技術安全やリベラルアーツといったいろんな教育プログラムが提供されることもあります。こうした環境はそれぞれ異なりますので、どういう技術者になりたいのか？ 一人ひとりがその意識を高く持つことが大事ですね。

3. 教育・CPDそして ブラッシュアップ

【黒崎】 Iの方で言うと、機械学会さまはものすごく掘り下げる部分の研修をやられていますよね。技術の途中にある人がさらにそれを掘り下げたりとか、ある分野では非常に基礎的なところの研修をやられています。こうした研修は、企業に属されている方が、その企業の中の自己研鑽の一環として受けられているのでしょうか？

【岩城】 企業が教育の一環で取り入れている場合もあれば、各会員が自らのレベルアップのために自主的に受けている場合もあると思います。機械工学を出ただけけれどももう一回学び直したいという人もいれば、機械工学出身ではないけど機械の知識も新たに得なければいけないという人もいて…。会社では、業務自体が変わったり、他分野の知識が必要になったりすることはよくあるので、そんな時に利用されることも多いです。昨今はリスキリングも非常に重要になってきていますので、そのところは我々としても、学会の価値として注力していきたいなと



岩城 智香子

一般社団法人 日本機械学会 会長
(株) 東芝 総合研究所 首席技監
博士 (工学)

思っているところです。

【黒崎】 こうしたプログラムは、なかなか一朝一夕にはできないですよな。

【岩城】 そうですね。特に基盤の分野は積み上げの部分がかかなり大きいと思います。一方で、昨今の技術課題に対してどう取り組むべきかという類のプログラムは、その状況に応じて変わるものですから、何度も受けていただけるような内容になっています。あとは、技術者、研究者のスキルの向上ということで、英語論文やプレゼンテーション資料の作成などの講習会も、毎年やっていて非常に好評ですね。

【黒崎】 そうなると、企業でも、若手の技術者に対して、「君はじゃあ機械学会のこれとこれとこれとこれを今年は頑張れ」みたいな感じになってくるんじゃないですか。

【岩城】 おっしゃる通りです。教育プログラムがたくさんあるので、それを基礎と応用というふうにカテゴライズして、いつそれが開催されるのかというスケジュールも合わせてウェブで公開するようにしています。そうすると、年度の初めに皆さ

んが教育を受ける計画を立てていただけるんです。上司の方も部下の教育計画に役立てることが出来ます。

【黒崎】 技術士も法律の中に自己研鑽 (CPD) をやらなければいけないと書かれていて、CPDをどうやって皆さんにやってもらおうかというのは、技術士会にとって一、二を争うトピックなんです。倫理なんかは毎年変わってくるので必ず受けてくださいと言ってますけれど、基礎的な部分は技術士なので既に知識と経験を持っている。

【岩城】 技術士をお取りになって、本当にレベルの高い皆様方なので、それ以上っていうのがなかなか難しいんですね。

【黒崎】 私自身もう60歳を超え、技術士を取ってから30年ぐらい経っていますが、その間何もアップデートしないで30年前の技術でいいのか？ それで技術士と名乗っているのか、と考えるとどうかと…。やはり技術のアップデートをしていかないと。どんどん技術は新しくなっていくますし、対応すべき社会も変わってきているので。きちんとしたプログラムがあると毎年だいたい、こういった内容をこのくらい学ぼうといったことがわかるかもしれないですよな。

【岩城】 そうですね。毎年じゃなくても少しずつブラッシュアップして新しい情報を取り込みながらプログラムを提供することがやっぱり必要なんですよな。

【黒崎】 機械学会さまはこんなに

きっちりしたプログラムを組んで毎年研修を目指している、というのを技術士の方々にも知ってもらって、それを見習って自分達もやらなきゃいけないというような雰囲気につながらないなと思いました。

4. 持続可能な技術基盤を守る

【黒崎】 機械学会さまは学生さんの会員も多いですよな。機械の分野として、大学で学んでいる学生さんの数があまり変わってないということでしょうか？

【岩城】 機械工学科の学生数は減少しているという報告はありますが、学部生全体に占める割合は変わっていないです。

【黒崎】 ということは、機械系の仕事をしている企業さんは安心？

【岩城】 いや、そこが大きな問題として、機械工学を出ても、機械を専門とする仕事に就かない方が増えてきているのです。7年前の経産省の調査では、将来的に人材が不足する分野は「機械工学」が最多でした。これから機械系エンジニアの需要はますます高まってくるにもかかわらず、供給が追いつかない状態になる。なので、機械学会として、社会に出ても機械工学に関わる仕事を続けてもらえる技術者をどのように増やしていくかは、取り組むべき課題です。

【黒崎】 この前、日本経済新聞の記事の中に、アメリカでホワイトカラーの失業率が非常に上昇している一方で、いわゆるブルーカラーの職

種の人は足りなくて、高卒中心のエレベータの設置・修理工が10万ドルプレイヤーぐらいになるっていう記事が出てたんですよ。金融工学とかは早晚AIに取って代わられちゃって、むしろ残るのは、一番フロントのところで手で物を作ったりとか、それを考えるところだと思うんです。そこを今やってる人が多分、次の勝ち組になるのではないかなと思っています。

【岩城】 まったく同感ですね。なので、今人気がないというか育成がうまくいってない領域をどうやって意識づけをして盛り上げていくのが課題だと思っています。日本機械学会では以前、会報誌で「絶滅危惧科目」という連載を組んだんです。機械工学の中で、大学の講義で扱われず、研究室の存続も危ぶまれるような分野に焦点を当て、それが本当になくなっていいのか？ みんなで考えましょうという趣旨です。

【黒崎】 機械学会さまのステートメントの中には、文化的継承みたいなことも謳ってありますよね。実はちょっと前に、あるメーカーさんの工場見学に行かせていただいて、使われている部品の切削の精度の凄さ等を目の当たりにしました。確かに設計はできるし、似たようなものは作れるかもしれないけど、それをこの精度で加工するっていうのは全く別の話だなと思いました。職人芸の話をしているのではなく、先輩がいなくなると、その知見を伝えられなくなってしまうということ。先生が

いなくなってしまうたらどうやって学んでいくんだろうかと…。

【岩城】 おっしゃる通りです。産業がうまく続いていかないと技術は廃れていきますよね。私の専門の原子力の分野では、長い間プラント新設がない状況が続いていますので、企業として技術継承や人材育成が難しくなります。企業では個々に技術・技能継承に取り組んでいますが、政府も原子力人材育成ネットワークを構築して、産官学一体での人材育成支援をしています。原子力のサプライチェーンは巨大で、それが脆弱化していることが大きな問題です。原子力の高温・高圧・高放射性といった特殊環境に耐える高い品質要求が求められる製品はその技術をできる限り維持しつつ、サプライヤを多元化することも検討されています。

【黒崎】 厳しい状況の中、大手の会社さんがそれでも何とか事業自体を維持していたからこそ、再び見直すなり、あるいは、なくてはならない技術だと位置付けられたときに、再開できるんだと思います。

5. エネルギー政策と原子力技術の未来

【岩城】 原子力の話を続けると、今年2月に閣議決定された第7次エネルギー基本計画は、「可能な限り依存度を低減」から、「安全性確保を前提に最大限活用」へと方針展開されました。規制基準に適合する炉は国が再稼働を支援し、廃炉予定サイトでの革新炉建設を推進することに

も言及されています。カーボンニュートラルの達成はもちろん、エネルギーセキュリティの重要性が高まってきたこと、電力需要見込みが増加に転じて、原子力の低炭素・安定電源としての重要性が見直されてきたことが背景にあります。

【黒崎】 「革新」というのは、セーフティーのところを指すのですか？

【岩城】 はい。革新が含む意味はいろいろあるのですが、まずはこれまでの大型軽水炉の技術をそのまま受け継ぎながら、シビアアクシデント対策、つまり、炉心が熔融したときに放射性物質をプラントの内部に収めるという対策を取る、航空機落下やテロに対する耐性を高める、というような、安全性の向上部分が革新です。その次の革新では、スモールモジュール炉、高温ガス炉、高速炉などが該当しますが、例えば高温ガス炉は軽水炉とは異なるメカニズムで安全性が高まることに加えて、700度以上の温度を上げることができるので、熱を水素製造に使ったり、産業プロセス用に使ったりなど、発電以外の用途にも使えるという点が「革新」になります。さら



黒崎 靖介

技術士（建設／環境／総合技術監理部門）
公益社団法人 日本技術士会 会長
日本工営（株） 代表取締役専務執行役員

に、スモールモジュール炉に関していうと、工場でのモジュール生産で建設期間が大幅に短縮できるのが特徴です。大型炉は脱炭素への貢献が大きいですが、建設期間が10年以上かかり、資材や人件費の高騰がファイナンスリスクとなります。その点でもスモールモジュールはメリットがあります。

【黒崎】 小型のモジュールというのは、原子力船に積んでいるぐらいのスケールのイメージでいいのですか？

【岩城】 はい、そういうふうに思っていたいただいてもいいかと思います。以前は、島嶼などでの建設が想定されていたのですが、最近は、データセンターに近接して電力供給するという用途も想定されており、特に海外でニーズが高まっていて開発が進んでいる状況です。

【黒崎】 では今、原子力を学ぶ学生さんは増えてきている？

【岩城】 残念ながらまだそこまで…なので、これではいけないということで、原子力分野を学ぶ学生さんを増やすためにどうすべきかを議論しているところです。原子力はあらゆる技術をインテグレートさせたシステムですので、そういったところをしっかりとPRしていければ、いろんな分野から学生さんが来てくださると思います。例えば水処理や除染は化学分野で必須ですし、制御や計装などの電気分野も欠かせません。

【黒崎】 私も見学に行って、その技術の広さに改めて感心させられたので、そこに魅力を感じる技術者もいっぱいいるだろうと思います。

6. 女性技術者が輝ける環境へ

【黒崎】 話は変わりますが、本会の原子力部会に所属する技術士は221人で、うち女性は7人しかい

ないんです。技術士会全体でも女性は3%弱ぐらい。世の中の人間が半分が女性なのに、そこではないところ（つまり男性）で技術者を確保しようと思っても、もう限界があるだろうなというふうに思っています。女性を、日本の科学技術を支える人のターゲットとして考えていかなきゃいけない。

【岩城】 これから日本は人口減少していくわけですから、労働力を確保するという意味でも、女性に科学技術に関わる職業を選択していただくのは必須ですね。それとイノベーションは、いろんな視点が交錯することによって生まれるということからも、男性だけでなく女性も入って取り組んでいかないとダメですね。

【黒崎】 岩城会長ご自身は小さい頃から原子力を志していたのですか？

【岩城】 私は実は、音楽の道に進もうと思っていました。両親の影響で、小さい頃からピアノをやっておりまして、音大に進むことを漠然とイメージしていました。ただ、高校一年の時に理系文系に分かれるんですけれども、理数系が好きだったので、理工学部に進もうと決めました。音楽は趣味としても続けていけるけれども、数学とか物理とか、こんな面白い学問は大学に行かないと学べないと思ったんです。

【黒崎】 その時、誰かが背中を押しってくれたりしましたか？

【岩城】 いえ、そんなことはないですね。その時は本当に漠然と、物理や数学を深く勉強できればいいなというふうな、そんな感じでした。やがて、実学の方が向いてるかなと思い、工学部に進んだというところまで。なんとなく好きなのところに来たという感じです。

【黒崎】 進路に確固たる意志を持っている人だけでなく、なんとなく

こっちの方がいいなとか、こっちはあんまり得意じゃないからこっちに行こうと思うこともあると思うんです。私なんかはどっから押されたらこっちに流れちゃうみたいな…。進路を考えるときに、理科系もいによって誰かが言ってくれる、あるいはそういうふうに見えるきっかけがあったりすると、ずいぶん変わってくるんじゃないかなと思っています。

【岩城】 おっしゃる通りですね。「女性には不向き」みたいな固定概念にとらわれない「ひと押し」があるといいでしょうね。だから、機械の分野でも女性が生き生きと活躍されている事例をお示しするロールモデル集を作って公開しています。

【黒崎】 将来の姿を示すことが大事ですね。理数系に進むと先は研究者というイメージがあると思いますが、実際は、企業の中でその道の技術者として生きていくっていう道の方が研究者よりも何倍もある。でも、これが一般的にはよく理解されていない。

【岩城】 おっしゃる通りですね。

【黒崎】 自分の話で恐縮ですけど、以前、ある展示会に出展して、イモリがどういうふうに行動するかみたいなことの仕事をしていますって話したら、お母さんが「こういうことがお仕事になるんですね」って真剣におっしゃっていて。「うちの子供は虫とかなんかそういうのが好きで、本当に将来どうなっちゃうのかなって心配していたら、それで職業になるんですね」って言われました。

【岩城】 そういう職業が世の中にいっぱいあるというのをどんどん示していく必要がありますよね。また、ライフイベントに伴って退職や転職を余儀なくされることがありますけれども、その時に資格を持っているのってすごく心強いことだと思

うんです。例えば女性は資格を持つことを理由に医業関係を志望することが多いと言われますが、エンジニアも資格を持っていれば復職に強みとなりますよね。そういう意味で、技術士の資格を取れば技術者として将来的に継続してキャリアを築く道が開けることは大きな魅力で、女性に対しても、すごくいいPRポイントになるんじゃないかなと思います。技術士は技術者として最高の国家資格ですから転職でも武器になりますよね。

【黒崎】 転職はもう特別な個人の選択ではなく社会全体の流れとして広がっているので、転職する時に「技術士という資格を持っています」、あるいは先ほどCPDの話もそうですけど、「何年間も毎年何時間こういうふうに自己研鑽してきました」みたいなサーティフィケートを持って、それを武器として、より新しい自分の活躍の場を見つけてほしいなと思っています。

ところで、機械学会さまではDEI

推進委員会を発足させましたよね。

【岩城】 はい。これまで、個別ではいろんな多様性推進の取り組みをしていたのですが、学会としての戦略が必要というふうに考えて、この全体戦略を策定し、学会全体に根付かせるための委員会を作りました。今、DEI宣言を検討しているところです。

【黒崎】 当会は宣言をして、これからはプランを作ろうとしている段階です。女性の会員を増やすとなると、そもそも技術士を目指してくれる人を多くしなきゃいけない。となると、小学校、中学校、高校から啓発をしていくことも必要だと思っています。

【岩城】 そういう地道なところを、どういうふうにやっていくか、難しいところですよ。機械学会では、まずは学会の組織の中で女性の比率を増やしていこうかと考えています。理事会、部会、委員会などの運営委員に女性を増やしていき、女性が入りやすいような雰囲気を作る。

【黒崎】 そういう意味でいうと、岩城会長が女性で会長になられたっていうのは非常にインパクトが大きく、影響力って非常に大きいだろうと思いますね。

【岩城】 ありがとうございます。そして、いろいろ発信をしていかないといけないなと思っております。ぜひ技術士会さまのDEI委員会の皆さんと連携させていただきたいと思います。

【黒崎】 そうですね。一緒にできるアクションみたいなものがあるといいですよ。中学生とかの教育とかロールモデルの紹介とかも各組織単発でやるとできることが限られてしまうので、いろんな協会とか学会とかで協働して工学系の魅力を伝える取り組みみたいなことができるいいなって思いました。

【岩城】 本当にそう思います。どうかよろしくお願いします。

【黒崎】 こちらこそよろしくお願いします。

(了)



医療における工学技術 (医用工学)

Engineering technology for medical applications (Biomedical Engineering)

日本技術士会広報委員会 特別号担当

枝村 正芳
EDAMURA Masayoshi

安藤 亘
ANDO Wataru

稲垣 拓之
INAGAKI Hiroyuki

大久保 暁一
OKUBO Toshikazu

小澤 明夫
OZAWA Akio

吉川 武志
YOSHIKAWA Takeshi

本特集号では、「医療における工学技術 (医用工学)」をテーマとして取り上げた。医用工学の分野では、さまざまな医療機器が日々開発されている。これらは、健康維持や、病気とけがに対する検査、治療、看護の質を向上させる。さらに、医療従事者の負担を軽減し、患者の苦痛の軽減により治療生活の質の向上に繋がっている。実際の医療現場を支える各技術分野での研究や技術を知ること、技術士が将来的に多くの命を救うことに繋がることを期待する。

The theme of this special issue is "Engineering technology in medical applications (Biomedical Engineering)." A variety of medical devices are constantly being developed within the field of Biomedical engineering. They enhance the quality of health preservation, testing, treatment, and nursing care for diseases and injuries. Furthermore, they help reduce the burden on healthcare professionals and improve patients' quality of life during treatment by reducing pain and discomfort. We hope that by understanding the research and technology in the various fields supporting real-world clinical practice, professional engineers will contribute to saving many lives in the future.

キーワード：医用工学，安全，倫理，経済性，医用工学以外への応用

1 はじめに

今回は「医療における工学技術 (医用工学)」の特集である。

医療行為の始まりは、人類が始まったと同時にあったと考えられる。そこで、けがをして治したい、病気にかかった仲間を救いたいなどから、外観をみて、触る、押さえる。また、願うなどから始まった。そこから患者の症状を聴き取るだけでなく、治療をする側が客観的に状況を掴み、正確な医療ができるように、一步一步、歩みを積み重ねて、現在のさまざまな医療機器が生まれてきた。医療機器の進歩で、患者の状態を写せる、測れるなどの可視化が進み、それを治療するための、手術器具、治療薬の開発が相乗的に進歩している。その一翼を支える工学技術を紹介したいと考え、本特集号を企画した。本特集号では、8件の寄稿をいただいた。感情のパートナーなど心を支える内容もあり、幅広い範囲での寄稿をいただくことができた。医療関係の課題解決において、技術貢献の多様さについて知ることができた。

各分野で活躍されている技術者や研究者の情報

共有を図る一助となれば幸いである。

なお、本稿は本特集号の企画・編集を担当する広報委員6名で執筆させていただいた。

2 特集の主旨

2.1 特集のねらい

医療現場の周辺に、医療を支える工学技術があり、医療の高度化への進歩を支えている。

最近では、医理工学という言葉も生まれ、大学院などにそのコースを設置し、人材の育成も始まっている。医理工学で、検査や治療の手段を増やすことで、工学技術は、医療技術とともに進歩し、切り離せない関係になっている。

生命現象の解明、疾病の対策、克服、人類の心も含めた健康の増進に向けて、理工学の知識や技術の活用が進んでいる。一方で、医療技術の周辺には、人体の特性を知り、患者へのマイナスの影響を出さない技術、医療従事者への影響や事故を未然に防止する技術、なども求められている。

さらに、社会インフラが不十分で電気、水などが十分に確保できない地域で医療を行える医療器具、薬、それらの輸送、保管などの技術も必要である。

本特集で取り上げた事例が、高度化する医療に対し、今後を支える技術につながり、さらには社会に貢献する機会につながることを期待している。

2.2 医療における技術者の貢献への期待

本特集号では、カテーテル治療で、患者への負担が少なく、従来のX線の技術と同等に見える実用化目前の執筆も寄せられた。このように、医療における医学以外の技術についてネットで検索を行うと、情報科学（電子カルテ、医療ビッグデータ解析、遠隔医療におけるネットワーク技術）、工学・ロボティクス技術（手術支援ロボット、生体適合性のある医療用材料技術）、マネジメント科学（リスクマネジメント、システム思考）、認知科学・人間工学および環境工学（医療機器のユーザビリティ、感染制御や癒やしの環境設計、建築心理学）など多様な文献が見つかり、医療が医学以外の技術をいかに必要としているかを知ることができる。

新しい医療技術の試験に関する情報の調査を行う際の参考として、大学病院医療情報ネットワーク（通称UMIN）¹⁾が公開されている。6万件近い試験の情報が登録されており、さまざまな切り口での検索が可能である。「医薬品」や「医療器具・機器」の選択項目で検索すると、1万2千件強、5千件強が、おのおの登録されて公開されており、かなりの割合を占めていることがわかる。

医療分野の市場動向については、化学部会の寄稿があり参考にされたい。

最近顕著になっている問題として、医学関連研究が進歩し、医学研究の論文の数が多くなりすぎて、専門分野に絞っても医師が最新の研究動向を把握するのに大変な負荷がかかることがある。目を通せる論文の数より新たに出る論文の数が多いためである。情報工学技術の活用が期待されている。

ますます高度・複雑化する医療関連分野において、本特集号が、活躍される技術士の情報共有の一助となれば幸いである。

2.3 医用工学と倫理

医用工学のユーザーは、医師や医療従事者であ

る。日々待ったなしの医療行為で患者の生命やQOL (Quality of Life) の救済が求められる医療従事者にとっては、医用工学が発展して、より安全に確実に医療行為を行えることが願いである。

医師の研究開発や改良に対する意欲や動機は大変高く、医師主導での研究や開発が大学病院をはじめ各医療機関で多く行われている。医用工学の専門家は、これらの研究開発に材料やシステム、技術（機能、安全性、信頼性、など）を供与することで、医師主導の研究開発を支援する立場にある。

医用工学における倫理問題は複雑で、さまざまな観点での考察が必要となる。

安全性の確保と責任：人を対象としたサービスにおける安全性確保のために、規制当局への申請も含めたさまざまな手続きが定められており、これを遵守する必要がある。承認された内容の変更手続きについても同様である。たとえ煩雑でも患者の安全性を最優先に考える必要がある。

研究参加者への配慮：新しい技術の適用の際には人を対象とする試験が必要となる。研究内容を説明して参加者に同意を得る手続き（インフォームドコンセント）がこれに該当する。研究参加に関しての自己決定権の問題である。また、研究参加者の個人情報をいかに保護するか、研究の計画時に留意する必要がある。疾病の情報など機微な情報を含むためプライバシーや守秘義務に注意が必要である。

利益相反：企業においては「利潤の追求」という株主や出資者に約束した目標があるが、「患者の利益や研究の客観性」とトレードオフの関係が生じることがある。どのようなケースでも後者を優先することが必要で、後者を損なう行為は慎む必要がある。

検討の範囲：医療機器のユーザーであり医療行為を行う医療従事者の安全に配慮が必要である。また、治療・診断後のメンテナンス、再利用のための洗浄、洗浄による汚染・感染の防止、医療廃棄物処理など、幅広い範囲で技術的な検討が必要となる。

その他：医用工学の発展とともに、終末医療での患者の自己決定権の問題、遺伝子の改変や生殖

医療における生命倫理の問題、医療資源の公平な配分の問題などがある。希少疾患の薬など採算の合わない治療法の研究は商業的な評価とは別に倫理的に高い評価を得ることがある。

3 各寄稿の紹介

今回は、「医療における工学技術（医用工学）」のテーマのもと、各学会・地域本部より8件の寄稿をいただいた。概要と各稿のポイントを表1に記す。

船舶・海洋／航空・宇宙部会からは、孤独を医療課題として位置づけ、生成AIを感情的パートナーとして活用するシステムの提案が示された。

化学部会からは、ヘルスケア分野での今後の市場の展望と新規参入者に必要な知識体系や戦略が示された。

経営工学部会からは、医療機器開発のリスク要因とステークホルダーを整理した上で、プロジェクトマネジメントを工夫した事例が示された。

応用理学部会からは、センサの測定結果と睡眠

状態のモデルとの関係をAIで関連付けする新しい「睡眠の質」測定システムが示された。

原子力・放射線部会からは、医工連携で発展してきた放射線治療分野の技術の歴史と、安全性・信頼性の要件、直近の技術動向や将来展望が示された。

中部本部からは、カテーテルの透過観察を被ばくのない近赤外線で行う技術の実証が示された。

中国本部からは、解析の結果を医師と患者の間に立って橋渡しするカウンセラーの立場から、新しい解析技術の意義や専門家教育の重要性が示された。

九州本部からは、ヘルスケアモニタリングにさまざまな種類のガスセンサが利用でき、非侵襲で健康状態を常時モニタリングできる可能性が示された。

4 おわりに

この特集のテーマを通して、医療を支える技術には倫理面の検討が非常に大切であると認識できた。

表1 本特集における各寄稿の概要

推薦部会・地域本部名	概 要
船舶・海洋／航空・宇宙部会	孤独を医療課題と位置付け、生成AIを感情的パートナーとして活用する可能性に着目し、その利点と課題について述べられている。感情的対話を支援する「テレビアバターシステム」が具体例として紹介されており、医療現場での実装可能性と制御の必要性が論じられている。最後に、技術士が果たすべき役割について考察されている。
化学部会	ヘルスケア分野は今後高い成長率と利益率が見込まれるが、医療業界に対する知識不足等から新規参入をためらうケースが散見される。医療機器製造販売に関する責任範囲を整理した上で、新規参入のためには既存の要素技術をいかに医療用にアレンジ／コンバイン／インテグレートできるかがカギである。
経営工学部会	医療機器は人を対象とするために、研究開発における安全対策や倫理について法令、指針、ガイドラインが重層的に存在しており、それらのルールを全て遵守した上で承認等を取得しないと商品化ができない。医療機器開発がなぜ難しいのか、医療機器開発特有のリスクと対応策（マネジメント）について分かりやすく整理している。
応用理学部会	睡眠中の質評価を終夜睡眠ポリソムノグラフィ検査と圧電センサの同時測定を行うことにより深層学習による、睡眠段階推定モデルを構築した。睡眠の質という新しいジャンルへの工学的アプローチへの取組プロセスが医療に限らず参考になると考える。
原子力・放射線部会	医療における放射線利用は、非常に重要な役割を果たしている。臓器や腫瘍を可視化し早期発見に貢献し、特にがん治療では画像処理・AI・ロボティクスなど医工学の先端技術と、その安全性・信頼性の確保が欠かせない。
中部本部	医療用カテーテルは、心臓や脳疾患に伴い比較的身近に見聞きする医療器具であるが、この器具は放射線被ばくを伴うものである。代替法として、安全性や利便性に優れる近赤外線をを用いた透過観察法の適用可能性を検討し、生体外においてカテーテル内部をX線と同様に透視観察でき、医療技術トレーニングや性能評価において、X線観察を代替できることを分かりやすく解説している。
中国本部	遺伝医療・ゲノム医療の発展に寄与する工学技術の応用は、医療現場を変化させてきている。遺伝子解析機器、データ解析、医療情報システム等の応用が、個別化医療の実現と患者支援にどのように貢献しているかを考察し、医療と工学技術の架け橋となる取り組みを提示する。ゲノム医療は社会との双方向的な科学コミュニケーションの上に築かれている。
九州本部	呼吸や皮膚から放出されるガス（生体ガス）には極微量の揮発性有機化合物（VOCs）が含まれ、特定の疾患や健康状態により、生体ガス中のVOCsの濃度が変化する。そのため、VOCsを検知可能なセンサの実現が期待される。本稿では、さまざまな方式で様々なガスを検知できる筆者らの生体ガスセンサの開発について報告する。

※執筆者の原稿をもとに広報委員会委員が一覧用として整理した。

医療機器も高度化し、多種多様な方法で可視化ができるものが開発され、従来はわからなかったことを知ることができるようになり、日々の進歩が著しい。一方で、取り扱う情報量は多くなり続けており、情報工学技術などで、支えていることを感じた。

今回の寄稿では取り上げられていないが、医療機器類の生産時の環境負荷や、使用後の洗浄や廃棄に至るまで、実際の医療行為以外の前後でのプロセスにおいても、どのような影響が発生するのか、幅広い範囲で検討し、適切な判断をすることが必要となる。

先端医療において、医療機器開発などで、工学が貢献することは想像をしやすいが、途上国などでの医療では、インフラ（水や電力など）が整備されていない前提で、外部電源に頼らない仕組みや、使用後の感染や汚染を生じない仕組みも必要とされる。

それらの開発も、経済性のみが優先してしまうと、医療関連機器の開発も偏り、難病や発症例が少ないケースを救うための開発が滞ってしまう。人の尊い命を救うことと経済性をどう両立するかなど、倫理面から社会的な仕組みを常に考える必要がある。

本特集号で取り上げられた事例も多様であるが、このほかにも医療分野で活用されている技術にはさまざまなものがある。医療分野で用いられる内視鏡の技術は、航空機ジェットエンジンブレードの定期検査の手段と共通する技術要素がある。また、レントゲンの技術も鉄筋コンクリートの劣化診断やコンクリート壁に穴をあける際の鉄筋位置確認と共通する技術要素がある。新型コロナウイルスパンデミック下では、隔離用のテントや換気装置、フェースシールド、ガウン、手袋など様々な資材が必要とされたことは記憶に新しい。医療に用いられる技術と、他用途の技術の要素が、相互に活用され、技術が相乗的に発展していけば、素晴らしいと思う。

言葉で痛みや症状を人に伝えられない動物を対象とする医療機器類も発展の途上である。

予防や健康の分野にまで目を広げると、疲労回

復の効果をうたう衣料も販売されており、人々の健康や生命に貢献できる技術は大きく広がっており、今後もさらに拡大することが期待される。

21の技術部門と8の地域本部を有する日本技術士会には、それをカバーするだけの技術領域が存在する。本特集号で、他分野での知らない技術の活躍を知っていただくこと、さらには、他部門、他の地域本部と交流を深め、幅広い人材がいる本会を活用し、ご自身や本会が医療、医療以外の分野への活躍へとつながればと思う。

<参考文献>

- 1) 大学病院医療情報ネットワークセンター
試験情報登録システム
<https://www.umin.ac.jp/>

枝村 正芳（えだむら まさよし）

技術士（繊維部門）

（株）ワールドプロダクションパートナーズ 品質管理部
e-mail : medamura@outlook.jp

安藤 亘（あんどう わたる）

技術士（水産部門）

合同会社ECOS技術士事務所
e-mail : w-ando@ecos-moba.com

稲垣 拡之（いながき ひろゆき）

技術士（航空・宇宙部門）

（株）SUBARU 航空宇宙カンパニー 民間航空技術部
e-mail : inagakihroyuki@eagle.ocn.ne.jp

大久保 暁一（おおくぼ としかず）

技術士（電気電子部門）

（株）関電工 技術開発ユニット 技術開発部
e-mail : ookubo-t01@kandenko.co.jp

小澤 明夫（おざわ あきお）

技術士（電気電子／総合技術監理部門）

（株）シーディーサービス
e-mail : Ozawa_7n4ezl@outlook.com

吉川 武志（よしかわ たけし）

技術士（経営工学／総合技術監理部門）

富士フイルム（株）メディカルシステム事業部
e-mail : takeshiyoshikawa555@gmail.com

孤独という医療課題とAI支援の可能性

Loneliness as a healthcare challenge and the potential of AI support

木村 大輔

KIMURA Daisuke

現代日本において顕在化する「孤独」は、医療的に重要な課題である。筆者は、生成AIであるLLM（大規模言語モデル）を感情的パートナーとして活用する可能性に着目し、その利点と課題を検討した。さらに、感情的対話を支援する「テレビアバターシステム」を具体例として紹介し、医療現場における実装可能性と制御の必要性を論じた。最後に、技術者としての倫理と責任のあり方について考察した。

Loneliness is becoming a significant healthcare issue in Japan. This paper explores the use of large language models (LLMs) as emotional partners for patients, discussing their benefits and challenges. A system called the "TV Avatar System" is proposed to provide emotional support using AI in a non-intrusive way. Finally, author considers the ethical responsibility of engineers in supporting well-being through technology.

キーワード：孤独, AI, LLM, 感情的パートナーシップ, テレビアバターシステム

1 序 論

1.1 医療課題の再定義

WHO憲章によると「健康とは、病気ではないとか、弱っていないということではなく、肉体的にも、精神的にも、そして社会的にも、すべてが満たされた状態にあることをいいます」¹⁾と定義されている。現代の我が国では、医療は制度的に維持され、医薬品や食料、住居などの生活資源も、社会保障の網によりある程度確保されている。この状況は、発展途上国に見られる医療資源の欠乏とは異なる文脈で、日本の医療課題を捉える必要があることを示唆している。

筆者は、人口減少と産業の衰退が進む地方都市の総合病院において、医療ソーシャルワーカー（MSW）として1年半勤務した。経済的に余裕のある患者は都市部の大病院を選択する一方で、勤務先は、いわば「そこにしか行けない」人々が集まる医療機関であった。実感として少なからぬ割合が独居高齢者や生活困窮者であり、社会的に孤立していたり支援拒否というケースも珍しくなかった。

このような中、一定数の患者は治療に参加せず、孤独や貧困といった背景により再発と再治療を繰り返す事例が散見された。こうした事例は他

の患者の治療にも影響を与える上、医療現場にも負荷を与えてしまう。本論文では、AIを用いた新たな社会的支援の可能性を取り上げ、その社会的意義と課題、さらに技術士が果たすべき役割について考察する。

2 LLMと医療

2.1 AIと感情的パートナーシップ

近年、生成AI、とりわけChatGPTのような大規模言語モデル（Large Language Model：LLM）の発展が著しい。LLMとは、文字通り「言語を専門とした生成AI」であり、言語とは人間が他者と情報交換しコミュニケーションを行うための手段である。つまり、LLMは人間がコンピュータと言語的コミュニケーションを行うことを可能にした技術といえる。これは当初、言語の一種であるコンピュータプログラムの自動生成や作成補助の用途で実用化された。このような背景から、現在はプログラムコードやテキストの自動生成、翻訳、あるいは他のシステムとの接続により、自然言語で対話的な制御や自動化の道具として広く使われている。一方、高度な言語処理は、LLMを単純な話し相手として活用するケースも生み出している。

2025年8月、OpenAIはChatGPTにおける

中核モデルのアップデートを行い、新モデル（GPT-5とされる）を導入した。これは、従来のGPT-4oに比べて応答の制御能力が強化されており、特にユーザーの感情的依存への配慮が加えられた点が特徴である。しかし、リリース直後から、一部のユーザーから受け答え人格の変化、具体的には「冷たくなった」との訴えが多発し、OpenAIはGPT-4oをレガシーモデルとして復活させる対応を行った。これはkeep4o運動といわれ、OpenAIにとっても予想以上のレベルで、AIの感情的影響や利用が高まっていたといえる。

これらの事象は、LLMが単なる道具の次元を超えて、人間の社会性に深く関与する「言語的インフラ」になりつつあることを示唆している。インフラと位置付ける場合、安全性、持続性、倫理性を考慮した設計は不可欠なものとなる。AIとの対話はユーザーの精神的健康に少なからず影響を与えるものであり、医療や心理の専門的知見と結びつけ、長期的に安定して利用できるような仕組みを作らなければならないだろう。

2.2 技術の医療的意義

AIを感情的パートナーとして活用することは、患者の「孤独の緩和」と「支援の持続性」の両面において、医療的に重要な意義を持つ。そもそも治療は、患者が自らの意思で選択し、受けるものであり、決して楽なものではない。孤独により、周囲に励ましや支えとなる人がいない状況では、通院そのものが困難となり、予後に深刻な影響を及ぼすこともある。誰かと安心して気持ちを共有できる体験は、患者の精神的安定にとって不可欠だが、現実には家族や友人を常に身近に置けるとは限らない。また、24時間体制で寄り添う人的支援の提供は、制度や労働環境の制約から難しい。ここに、AIによる感情的対話の強みが発揮される。

LLMは、ユーザーの発した言葉に対し、最も適切とされる語句を統計的に予測し、自然な応答を生成する。この仕組みにより、回答は利用者の意図や感情に寄り添うかたちとなりやすく、現実

のカウンセリングにおける「傾聴」と「肯定」の要素に自然と近づく。これは設計上の副次的な効果ではあるが、結果として利用者に強い安心感をもたらさう。また、AIは疲労せず、時間に制約されないため、患者が不安を抱いた瞬間に即座に利用可能である。倫理性や公平性を考慮した応答も可能であり、偏見の少ない支援手段となる。

ただし、AIは実際に感情を持つ存在ではなく、無制限に寄り添う設計は過度な依存を生むリスクがある。また、商用サービスである以上、仕様変更や終了による喪失も避けられない。したがって、AI活用の意義を最大化するには、現実のカウンセリングと同様に、明確な「支援の枠組み」と「卒業のプロセス」を組み込む必要がある。たとえば、利用時間や表現内容を段階的に制限し、支援の初期から終結に向かって設計を調整することで、患者の自立を促す仕組みにすることが望ましい。

このようなリスク管理の設計には、人間のカウンセラーに適用されてきた枠組みを基準としつつ、臨床の専門家によるガイドラインの整備が求められる。また、商用LLMを前提とする支援システムの是非についても、今後の議論が必要であろう。

2.3 臨床的ガイドラインの必要性

LLMを感情的パートナーとして利用する際に最も重要な課題の一つは、利用関係が過度に深まり、依存を招いてしまう危険性である。現在商用化されているLLMは、運営会社独自の規制が適用されているが、基本的に医療用途に特化はされていない。また、商業的運営の依存は、その持続性がきわめて限定的であることを意味する。仕様変更やサービス終了は不可避であり、したがって「永続する存在」を前提に関係を設計することは現実的ではない。むしろ、有限の存在であることを前提に、安全に出会いと別れを組み込む仕組みを考えなければならない。

ここで考えられる設計の方向性は二つある。第一に、AIの機能を「薄く」保つ方法である。たとえば「テレビと一緒に観る相手」というように、

限定的な役割にとどめることである。この場合、ユーザーが能動的に話しかけない限りAIは反応しない。機能を薄く制御することで、依存のリスクは最小化でき、関係解消にあたっても特別な演出を要しない。

第二に、AIの機能を「厚く」する方法である。この場合は、AIが生活全般に深く入り込み、日常的な相談や伴走を行う。厚い機能を与えると効果は高まるが、同時に別れの痛みも大きくなる。そのため、利用期間が最初から限定される「物語的設定」を導入することが望ましい。たとえば「留学生が一定期間だけ滞在する」というような枠組みを設けることで、自然な別れをデザインできる。

そして、どの場合においても、医療的な支援用途として設計するならば、人間の医師や心理専門家が並行して患者に寄り添い、LLMは人間の支援者が対応できない時間帯における補助と位置付けることが重要となる。このためには、既存の見守りシステムとの接続などによって、患者の事前の同意の下に、患者のサイン（無意識に発せられる言葉やジェスチャーから読み取れる情報）や状態を支援者へ共有する仕組みが必要になる。逆に、患者が能動的に支援を求める場合は、LLMが支援者となぐ役割を担える。

3 具体例

3.1 テレビアバターシステム

本章では、感情的AIの医療応用例として、筆者が構想する「テレビアバターシステム」を紹介する。本システムは、孤独や不安を抱える支援困難者に対し、日常生活の中で自然なかたちで「寄り添い」を提供するものであり、特徴としては、広く普及しているテレビというデバイスを活用することで、ITリテラシーが低い層にも導入しやすい点である。

図1、図2に、本システムの概念図と画面イメージを示す。本システムは、ユーザーの精神的安定を支える一方で、依存のリスクや心理的障壁を最小化するため、前章で述べた「薄いAI」として設計されている。機能は限定的で、テレビ番



図2 画面イメージ

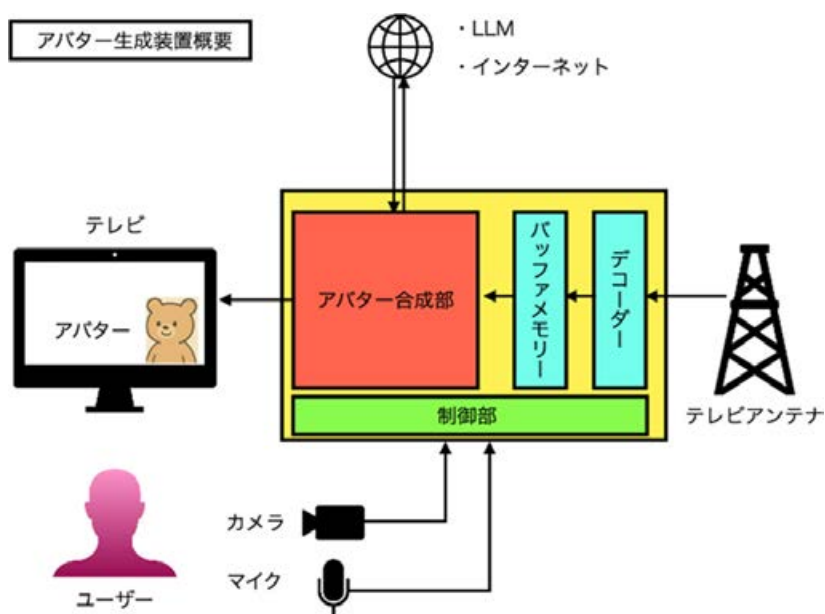


図1 システム概念図

組をユーザーと一緒に視聴し、感想や笑いを共有することに特化している。ユーザーがテレビを視聴中、アバターは放送内容をデータとして記憶し、その内容に基づいた自然なリアクションを行う。例えば、バラエティ番組に対して笑顔で共感を示すなどの情緒的反応を行う。

応答の起点は、あくまでユーザーの呼びかけである。ただし、長時間の無反応や転倒検知など、見守りセンサーで異常を検知した場合には、アバター側からの呼びかけが作動する設計となっている。これは安全性の確保を図るものであり、見守りシステムとの連携により、状況に応じた適切な反応が可能となる。

会話内容はプライバシー保護の観点から外部に送信されないが、ユーザーの利用傾向や反応の統計的な情報のみが匿名化され、支援者に共有される。これにより、本人のプライバシーを守りながら、状態把握や支援タイミングの判断に活用できる。

非常放送などがテレビで流れる際には、アバター機能は自動的にオフになり、放送画面が全面表示される設計とすることで、緊急時の情報取得を妨げることを防ぐ。

本システムは、医療従事者が直接対応できない時間帯において、患者の心理的支えとなりうると同時に、支援の枠組みにも柔軟に接続可能である。AIの対話機能は意図的に制限しているが、テレビという身近なコンテンツを共有するという距離感は、導入時の心理的障壁を下げると共に、指示や命令ではなく、患者主導のコミュニケーションとなるよう、寄り添う関係性を構築しやすくなるだろう。

4 結 論

本稿では、生成AI、特にLLMを感情的パートナーとして利用する意義と課題を、テレビアバターシステムの例を交え検討した。孤独の解消には、技術によっても寄り添える可能性があるかと筆者は考える。

しかし、最後に基本的なことに立ち返って考えてみたい。つまり、健康とは何か、である。冒頭で述べたように、健康とは物理的な疾病の有無だけではなく、社会性や心にも波及するものである。何を幸せと感じるかは、人によって異なる。よって、単一の医療や技術において、全ての人を健康で幸せにすることは、筆者は不可能だと思う。AIは永遠を想起させがちだが、keep4o運動はそれが幻想であると示した象徴でもある。我々は、どんなに技術が発達しても、有限の時間と手段において、良い生き方を一人一人が考えなくてはならない。医療者は、それを支えるための答えのない問いで悩み続けるものだが、技術者もまた、同様の問いを持ち続けることで、人を支える技術をより確かなものにできるだろう。それこそが、公共性を持つ技術士の果たすべき役割であると、筆者は考える。

<引用文献>

- 1) 日本WHO協会：世界保健機関（WHO）憲章とは、<https://japan-who.or.jp/about/who-what/charter/>, 2025/8/20閲覧

木村 大輔（きむら だいすけ）
修習技術者（航空宇宙部門）

（株）アークエッジ・スペース
認定心理士



「医療における工学技術 (医用工学)」 ～異業種からの医療機器開発への誘い～

Engineering in healthcare～Invitation to medical device development from other industries

金子 隆
KANEKO Takashi

日本のものづくり、技術、品質を生かせる場として、医療機器への関心が高まっている。しかし多くの企業が医療機器業界への参入をためらっている¹⁾。将来ヘルスケアは日本の主産業になると見込まれる。異業種からの参入のためには対象を絞り込み、既存要素技術をいかに医療用アレンジ/コンバイン/インテグレートできるかがカギとなる。

There is growing interest in medical devices as an opportunity to utilize Japan's manufacturing, technology, and quality, but many companies are hesitant to enter the medical device industry.¹⁾ Healthcare is expected to become a major industry in Japan in the future. For companies from other industries to enter the industry, the key is to narrow down their target and determine how they can arrange, combine, and integrate existing component technologies for medical use.

キーワード：ヘルスケア、医療業界、医療機器産業、医療機器メーカー、部材供給メーカー

1 医療機器市場

1.1 医療機器の定義

医療機器とは、医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（以下、薬機法）第2条第4項において以下のとおり定義されている。「人若しくは動物の疾病の診断、治療若しくは予防に使用されること、又は人若しくは動物の身体の構造若しくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている機械器具等（再生医療等製品を除く。）であって、政令で定めるものをいう。」

例えば、疾病の予防に使用する目的の機器でも政令で定められていない場合（例：マスク等）は、「医療機器」に該当しない。

医療機器は、大きく「診断機器」、「治療機器」、「補助・消耗品」に分類される（図1）。また、リスクに応じた分類がなされている（図2）。薬機法における医療機器の一般的名称は4000種類以上で、品目数は30万以上ある。

1.2 医療機器の市場規模

日本の医療機器市場は2020年代前半で約3.5～4兆円規模に達している。この数字は世界

全体の医療機器市場（50～60兆円）の約5.7%を占めており、アメリカ、ドイツ、中国に次ぐ世界第4位の市場規模である。

診断機器には、MRIやCTといった画像診断装置、血液検査機器、内視鏡検査用機器等が含まれる。一方、治療機器には、人工関節や心臓ペースメーカー、ステント、手術支援ロボット等、治療を目的とした高度な医療機器が位置づけられている。治療機器の市場規模の方が大きく、成長率も高い。

1.3 医療機器市場の成長

経済産業省の「2022年企業活動基本調査確報」²⁾（2023年6月29日公表）によると、先進国の高齢化、新興国・途上国の人口増加と経済発展、技術革新等に伴い、医療機器の市場は2027年までに約6,543億ドル（約98兆円）に成長すると予測されている。2018年から2027年の内に年平均成長率（CAGR）は5.9%の拡大が見込まれている。市場利益率は、製造業の営業利益率は5.6%であり、一方、医療機器メーカーの営業利益率は12.9%（2021年度データ）と高水準であった（同資料²⁾）。

さらに過去3年間の推移と、2023年の予想を



図1 身近な医療機器の例

出典：医療機器ビジョン研究会・検討ワーキンググループ（第1回）

踏まえると、医療機器業界の営業利益率は10～12%台で、コロナ禍の緊急事態宣言等の影響があった年度でも安定的に推移した。つまり、次の成長産業としてヘルスケアや医療機器産業が期待されている。

2 責任分担

2.1 薬機法上の責任分担

医療機器への参入のためのガイドブック³⁾より、部材供給メーカは医療機器メーカに部材の供給を行う場合、薬機法上の規制は適用範囲外となる。また、供給した部材に欠陥が生じた場合でも、部材供給メーカに過失がない限り免責される。

2.2 製造物責任法（PL法）上の責任分担

製造物責任法（以下、PL法）⁴⁾とは、製造物の欠陥によって生命、身体または財産に損害を被った場合、被害者が製造業者等に対して損害賠償を求められることを定めた法律である。その第4条（免責事由）には

一、開発危険の抗弁

二、部品・原材料・製造業者の抗弁
と呼ばれるものがある。

医療機器メーカおよび部材供給メーカに対するPL法訴訟の例を見てみると、アメリカでは毎年10数万件の提訴があるなか、医療機器関連は1945年から2009年3月までの期間で877件であり、部材供給メーカが訴えられた判例は見つからない。アメリカでは1998年に連邦法であるBAA法（Biomaterials Access Assurance Act of 1998）が制定され、埋め込みの医療機器への部材供給メーカを、PL法訴訟から免責すると定めている。

日本では、1995年から2016年までの期間で、PL法訴訟371件の内医療機器関連は3件であるが、部材供給メーカの責任が問題となった事件はない。

購入者（医療機器メーカ）の仕様に基づいて部材を供給した場合、当該部材に欠陥が生じた場合でも、供給者に過失がない限り原料供給者、部材供給メーカは免責されることがPL法に定められている。最終的に製造販売業者である医療機器メーカが全責任を負う。

小 ← リスク → 大					
	クラスⅠ	クラスⅡ	クラスⅢ	クラスⅣ	
具体例	不具合が生じた場合でも 人体へのリスクが極めて低い と考えられるもの ・体外診断用機器 ・鋼製小物（メス・鑷子など） ・X線フィルム ・歯科技工用用品 など	不具合が生じた場合でも 人体へのリスクが比較的低い と考えられるもの ・MRI装置 ・電子内視鏡 ・超音波診断装置 ・歯科用合金 など	不具合が生じた場合、 人体へのリスクが比較的高い と考えられるもの ・透析器 ・人工骨 ・人工呼吸器 など	患者への侵襲性が高く、 不具合が生じた場合 生命の危険に直結する恐れ があるもの ・ペースメーカー ・人工心臓弁 ・ステント など	
法分類	一般医療機器	管理医療機器	高度管理医療機器		
	届出 (承認等不要)	第三者認証(基準あり) 承認(基準なし・基準はずれ)	承認		

図2 医療機器の分類
出典：医療機器センター HP 記事「薬機法やルール等を知ろう」
<https://www.jaame.or.jp/program/rule.html>

2.3 医療機器の責任分担

医療機器の製造販売は、製造販売の業許可を取得した製造販売業者（医療機器メーカー）が行い、使用上の安全性（物理化学的安全性や生物学的安全性他）の確保はすべて製造販売業者（医療機器メーカー）の責任となる。医療機器メーカーの設計指示で部材・部品を納める部材供給メーカーには責任は求められない。また薬機法の改正で製造業者へのQMS適合性調査は必須ではなく、必要に応じて実施すれば良いことに改訂された。

医療機器の製造販売業者、製造業者、部品・材料供給業者の責任分担を図3に示す。

図3から分かるように、製造販売業者（医療機器メーカー）には医療機器に関する全責任と薬機法上のQMS体制の構築が求められる。

3 異業種参入

3.1 異業種参入の実態

我が国における市場規模から見ると、2025年予測¹⁾ではヘルスケアの市場規模は33兆円とさ

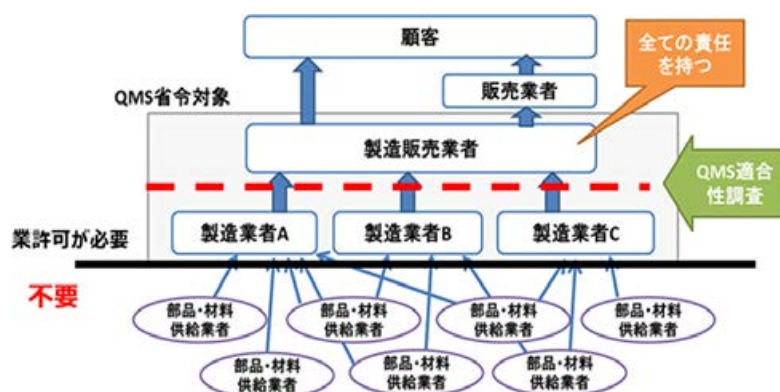


図3 医療機器の責任分担
業許可が必要：製造販売業、製造業
業許可は不要：部品・部材供給業者

れている。これは自動車（68兆円）、家電（67兆円）、化学（33兆円）に次いで大きな市場である。特筆すべきはその高い利益率で、予想では電子部品6.3%、化学5.3%に対しヘルスケアは8.3%である。ヘルスケアが、我が国の次世代産業と目される理由である。

しかしながら、異業種からのヘルスケアや医療機器産業への参入はあまり進んでいない実態がある¹⁾。MTJAPAN（日本医療機器テクノロジー協会）が行った会員企業に対するアンケート結果¹⁾ではその理由として以下が挙げられた。

① 医療業界に対する知識不足

② 薬事申請手の煩雑さに対する懸念
このように杞憂が大半を占めていたのである。

3.2 医療機器業界の特徴

医療機器業界の特徴としては、治療対象となる疾患や診療科が多数存在し、製品（デバイス）やその品種数が膨大である点が挙げられる。これが異業種からの医療機器業界への参入障壁となっていると考えられる。

健康保険で償還の認められているいわゆる特定保険医療材料がおよそ30万種類で構成されるが、これを含み医療機器・医療材料全体では100万種類を越えると推定される。つまり医療機器は製品群で参入メーカや市場シェアが大きく異なる。疾患や治療デバイスを絞り込まないと市場の姿は捉えにくい。

部材供給メーカとして新規参入するためには次の自問が必要である。

- ① 何のための材料・部材か？ 医療に貢献するには？
- ② ターゲット＝治療デバイス＝疾患（治療）は？

KFS (Key Factor for Success)：貢献したい疾患と治療方法の絞り込み。

シーズ指向ではなく、医療ニーズを的確に捉えるべきである。

3.3 異業種からの参入（考察）

医療機器産業への参入パターンとしては以下の4つが考えられる⁵⁾。

- ① 研究開発タイプ：医療機関、大学、研究所とともに新しい医療機器を試作・開発。
- ② 部材供給タイプ：自社の特性を活かして医療機器の部品や部材を供給。
- ③ 製造業タイプ：医療機器の完成品を供給。
- ④ 医療機器メーカ：製造販売業＝医療機器の最終製品を自社ブランドとして製造販売。

①に関してはビジネスとして利益を生む迄には時間がかかるのは自明であろう。

②、③のパターンが異業種からの参入の成功例である。つまり薬機法の責任は医療機器メーカに

負っていただき（リスク回避）、医療機器の素材や部材を供給するパターンである。

④は製造販売業の許認可を取得する必要がある、参入ハードルが高い。

4 アフターコロナにおける変化

4.1 アフターコロナにおける医療機器展望

2030年にはヘルスケアが日本の主要産業になる可能性が大きいと予想される。またコロナ禍で膨張した医療費を抑制するため、未病対策や感染予防が世界的な流れとなる見込みである。技術キーワードは「自動化、非接触、感染予防、簡単・簡便、高コストパフォーマンス」である。アフターコロナの大変化の今こそ、医療機器にイノベーションを起こす時である。開発チャンスは世の中に存在する要素技術をいかに医療用に変換できるかであると考えられる。

特にセンサ、5G通信、サイバーセキュリティ、Big Data、クラウド、人工知能（AI）、IoT、ロボットは重要である。

これらは医療機器メーカが苦手とする技術分野であり、異業種からの参入機会となる。

<参考文献>

- 1) 高橋尊：医療機器向け部材供給リスクマネジメントの観点から見た傾向と対策、MTJAPANセミナー配布資料、2020年11月25日
- 2) 経済産業省：2022年企業活動基本調査確報、2023年6月29日公表
- 3) NPO法人医工連携推進機構：医療機器への参入のためのガイドブック 第2版
- 4) PL法（製造物責任法第4条免責事由）
- 5) 経済産業省における医療・福祉機器産業政策について、令和2年2月版

金子 隆（かねこ たかし）
技術士（化学部門）

金子技術士事務所所長
e-mail：kaneko378@ceri.co.jp



医療機器開発における産学連携と開発リスクマネジメント

The industry-academia collaboration and risk management in medical device development

牛久保 智宏

USHIKUBO Tomohiro

本稿は、産学連携による医療機器開発において複雑に絡むリスク構造を整理することを目的とする。契約・知財・倫理・個人情報・COIの観点から制度的制約を確認するとともに、筆者が実務で行ったスケジュール調整や合意形成の工夫を紹介した。その結果、事前のリスク分析と具体的なマネジメント手順を共有することが、関係者の合意を円滑にし、リスク低減につながる事が示唆された。

This paper aims to organize the complex risk structure specific to medical device development through industry-academia collaboration. From the perspectives of contracts, intellectual property, ethics, personal information, and conflict of interest, relevant constraints were examined in this study, and practical measures such as schedule adjustment and consensus building were introduced. As a result, sharing prior risk analysis and concrete management procedures were found to facilitate agreement among stakeholders and reduce risks.

キーワード：産学連携，リスクマネジメント，知的財産，倫理審査，共同研究契約

1 はじめに

医療機器開発は高度化・個別化が進み、臨床現場のニーズを迅速に反映するには、医療従事者と企業・大学等の緊密な連携が不可欠である。

こうした背景から、産学連携による医療機器開発は、イノベーションの鍵を握る手法としてますます注目されている。

医療機器開発における産学連携は、科学技術の進展を目的とするだけでなく、研究対象者（被験者）の人権・安全・利益の保護が不可欠である。そのため、制度的・倫理的な制約が重層的に設けられている。これらは改善や簡略化の対象ではなく、厳格な順守が前提となる。このような特徴から、医療機器開発の産学連携は、他分野の共同研究に比して複雑で高度なマネジメントを要する。

本稿では、こうした医療機器分野における産学連携の構造的特徴とリスクについて整理し、具体的な事例を交えて、実務的なリスクマネジメントのあり方を考察する。

2 産学連携におけるリスクの全体像

2.1 医療機器特有の特性

医療機器の産学連携による開発は、一見すると他分野の共同研究と同様の枠組みに見えるが、実際には極めて難易度が高い。

医療機器の産学連携には、他分野の共同研究には見られない構造的な難しさがある。特に以下の点で、制度的・倫理的な制約が重層的に絡み合っている。

- ステークホルダーの多様性：企業・大学に加え、病院・倫理委員会（IRB^{*1}）・行政機関・診療報酬制度、さらに研究対象者（被験者）まで関与し、調整が複雑化する
- 倫理・法制度の多層化：「臨床研究法」「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針¹⁾（医学系指針）」「医薬品、医療機器等の品質、有効性および安全性の確保等に関する法律（薬機法）」など複数制度が同時に適用され、項目が多い
- 機器の人への使用の制限：未承認機器の使用や、適用外（承認外）の用法での使用には厳格な審査や使用の制限があり、一般の試作品のよ

* 1 : Institutional Review Board

表1 医療機器開発の主なリスクの着眼点と留意点（契約・知財・倫理・個人情報・COI）

リスクの着眼点	想定される事象	関連制度	説明・注意点
契約	共同・委託の混同 成果物の帰属不明	臨床研究法，関係省庁の契約 ガイドライン ^{2) - 4)}	不明確な契約は後の紛争の火種
知財	論文発表で新規性喪失	特許法	出願前の成果発表に注意
倫理	診療との区別不明確 倫理審査形骸化	医学系指針，臨床研究法	未承認・承認外機器使用は法的リスク
個人情報	同意不備・目的外利用	個人情報保護法	患者同意の取得・匿名化のルール徹底
利益相反 (COI)	医師と企業の金銭的關係未開示	臨床研究法	過去の研究不正などの教訓

うには扱えない

- ・個人情報の取り扱い：匿名化やオプトアウト対応など，データ取得段階から高い制度的整合性が求められる
- ・成果公開と知財化の緊張関係：学術的公開と企業側の特許戦略が両立しづらく，調整が必要となる

このように，医療機器開発では，研究そのものだけでなく制度・倫理面の設計が成功の鍵を握る。

その理由は，単に技術的な高度さにあるのではなく，ステークホルダーの多さ，法制度の複雑さ，そして倫理的な制約などが，相互に絡み合いながらリスク構造を形成している点にある。

本節ではまず，医療機器開発において一般的に想定されるリスク分類を確認した上で，医療機器に特有の制度的・手続き的リスクを明らかにする。さらに，開発に関与する主体の多さが，どのようにリスクを複雑化・不透明化させているのかを整理し，次節以降のリスクマネジメント議論の前提とする。

以下では，医療機器開発における具体的なリスクについて，一般的な研究開発に共通する項目と，医療機器に特有の構造的リスクに分けて整理する。また，それらが多様なステークホルダー間の相互作用により，いかに複雑化するかについて概観する。

2.2 具体的な医療機器開発リスク

(1) 一般的なリスクの着眼点

医療機器開発における産学連携では，表1に示すように他分野の共同研究と同様，契約，知財，倫理，個人情報，利益相反（COI^{*2)}）といった基本的なリスクが存在する。本稿では，これらのリスクをいくつかの着眼点から整理し，関連する制度や留意点を併せて示す。とりわけ，それぞれのリスクは医療という特殊性の下で，制度的・社会的制約が強く，手続き上の厳格さも求められる。

なお，これらのリスクは相互に関連し合うため，総合的に扱うことが求められる。

・契約リスク

契約面では，成果物の帰属，費用負担，開発責任などについて明確に定義されていないと，企業と大学・医師の間で後の紛争を招きやすい。特に「共同研究」と「委託研究」の混同がリスクを高める要因となる。

・知的財産リスク

知財については，論文文化と特許出願のタイミングが衝突する場面がしばしば発生する。特許出願前に研究成果を発表することで新規性が失われ，出願が無効となる可能性もある。

・倫理リスク

倫理面では，医学系指針や臨床研究法が適用されるため，研究対象者（被験者）の人権・安全・利益を守る観点から，倫理審査の厳格な実施と診療との線引きが求められる。

多機関共同研究では，責任体制や手続きの明

* 2 : Conflict of Interest

確化も不可欠である。

・個人情報リスク

医療機器の研究では患者の個人情報を取り扱う機会も多く、匿名化やオプトアウト対応、二次利用のルール化など、個人情報保護法への準拠が前提条件となる。

・COIリスク

COIが適切に管理されない場合、研究の信頼性が損なわれる恐れがある。

IRBの審査の中でCOI申告が求められるケースも多く、両者は密接に関連しているが、COIは学会発表や特許出願といったIRBの枠外での情報発信においても重要な要素であり、包括的な管理体制が求められる。

これらのリスクは他分野でも共通する構造を持つが、医療機器分野においては、それぞれのリスクが制度的・倫理的制約の中で“重層的”に存在しており、実務上の管理がより複雑となる。

(2) ステークホルダーの多さとリスクの複雑化

医療機器開発におけるもう一つの大きな特徴は、表2に示すよう、関与するステークホルダーの数と多様性である。研究者、企業、大学、病院に加え、研究支援部門（URA^{*3}）、IRB、さらには規制当局である厚生労働省や医薬品医療機器総合機構（PMDA^{*4}）など、多層的な主体が併存する。

それぞれのステークホルダーは表2に示すように独自の関心と責任範囲を持っており、利害が一致しないまま調整が進むと、開発プロセスが停滞する要因となる。たとえば、研究者と企業が知財の取り扱いで合意していても、TLO^{*5}等の知財部門が異なる判断を示す場合がある。あるいは、企業が早期実装を望んでも、IRBが倫理的妥当性の観点から研究実施の承認を保留することもある。

規制当局との調整や病院・診療報酬制度との整合が必要であり、学術目的の開発に比べて実装の障壁は高い。

* 3 : University Research Administrator

* 4 : Pharmaceuticals and Medical Devices Agency

* 5 : Technology Licensing Organization

他分野の共同研究では、契約や倫理対応が比較的シンプルであるのに対し、医療機器開発ではそれぞれのリスクが、異なる制度と主体の交差点で顕在化しやすく、全体像を俯瞰（ふかん）するマネジメント能力が求められる。

このように、制度・関心・責任が交差するため、リスクは単独ではなく複合的に現れる。次節では、医療機器開発に特有な複数の制度にまたがるリスク構造を整理する。

表2 医療機器開発における代表的なステークホルダーと主な関心事項

代表的なステークホルダー	主な関心事項
研究対象者（被験者）	安全で適切な医療の提供の確保 人権・利益の保護
研究者（医師・工学系）	学術的成果（論文発表） 臨床ニーズの実現
知財部門（大学・TLO等）	発明の保護と帰属 ライセンスによる大学の利益
医療機関（病院・クリニック）	個人情報保護、 研究対象者（被験者）保護
企業（開発・法務）	製品化、事業性、契約内容
研究支援部門（URA等）	契約文書の整合性 研究費の適正管理
倫理審査委員会（IRB）	倫理的妥当性、法令順守 研究対象者（被験者）保護
規制当局（厚労省、PMDA）	安全性確保、 承認・審査等のプロセス

(3) 医療機器に特有なリスク構造

医療機器の研究開発では、未承認機器の使用・承認外の疾患への医療機器の使用や制度適用の判断といった、他分野には見られない特有のリスク構造が存在する。

特に、医療機器の臨床使用には、薬機法や臨床研究法、医学系指針といった複数の規制が関係し、その解釈と運用を誤ると、法令違反や倫理的問題に発展するリスクがある。

たとえば、「診療目的での使用」と「研究目的での使用」の境界が不明確なまま機器が提供された場合、企業・病院・研究者のいずれにとって

も、説明責任や法的責任の所在が曖昧になる場合がある。

これらは制度横断的リスクであり、事前のリスク評価と文書管理が不可欠である。

3 知的財産管理の実例

ここでは、私が実際に携わった医工連携での事例を示す。

医工連携の研究開発においては、研究成果の知的財産化に関するスケジュールと、研究者による論文発表のタイミングが衝突することが多い。特許法における新規性喪失のリスクを回避するため、私は共同研究開始段階で、特許出願から1年半後に公開されるという出願公開制度を前提としたスケジュール案を提示し、研究者との間で共通認識を形成した。この際、発明の定義や特許性の判断についても事前に情報共有を図り、研究の進展とともに定期的に出願のタイミングを再検討する運用を取り入れた。

また、実務上の教訓として、研究者個人と企業との間で特許の扱いについて合意があったとしても、大学の知財部門が大学全体の利益代表として、別の判断を下す場合がある。そのため、契約締結前の段階から大学の知財部門とも協議を行い、知財の帰属、出願主体、費用分担、共同出願時の調整手順などについて三者（企業・研究者・大学事務）で合意形成を図ることを原則とした。

特に、大学によっては学内規程により、教員の発明であっても原則大学帰属とされるケースがあり、契約上の明確化を怠ると後に紛争の火種となる。そこで、研究開始前から互いの役割分担や費用や業務分担量をもとに、起こりうる特許に依じて事前にいくつかのパターン例を作成し、合意を形成した。

注意が必要な事項として、共同出願契約については、ステークホルダー間で合意に時間が必要となることが多いのに対し、学会の発表日が決まっていることも少なくないため、余裕を持った事前日程の調整が必要となる。

このような事前調整は、特許出願後に論文発表を抑制するリスクを低減するだけでなく、研究者にとっても安心して発表活動を行う環境づくりにつながる。さらに企業側にとっても、知財ポートフォリオの計画的な管理や、開発初期からの市場参入戦略の設計に資する基盤となる。

4 おわりに

今後、医療機器開発における産学連携を円滑に進めるには、既存の医工連携ガイドラインや関係法令・指針を踏まえた上で、それらを実務に適用する際のリスクマネジメントの仕組みを明確化し、ステークホルダー間で共有することが重要である。

特に、契約・知財・倫理・COIといった複雑に絡む要素を整理し、開発初期段階からステークホルダーの意識をそろえる体制が求められる。こうした調整を担う存在として、制度と現場の両面を理解する技術士の役割は今後さらに重要となる。

<引用文献>

- 1) 文部科学省・厚生労働省・経済産業省：人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針（令和5年改正），令和5年3月27日
- 2) 文部科学省：大学等における共同研究契約の締結等に関するガイドライン（令和4年改訂），令和4年3月18日
- 3) AMED：「医療機器開発における知財対策ガイドブック」，令和2年3月
- 4) 経済産業省・文部科学省：産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン（追補版），令和5年3月29日

牛久保 智宏（うしくぼ ともひろ）
技術士（経営工学部門）

日本技術士会 経営工学部会幹事・CPD委員
アニメ（株）AI研究開発部
博士（学術）
e-mail：tomohiro.ushikubo@anima.co.jp



圧電センサを用いた無拘束生体信号計測による 深層学習睡眠解析モデルの開発

Development of deep learning model for analyzing sleep architecture
using unconstrained measurements of vital data with piezoelectric sensors

鐘ヶ江 正巳
KANEGAE Masatomo

薄膜シート型圧電センサにより睡眠中の心拍、呼吸、体動および心肺カップリング指標を無拘束モニタリングする手法を提案した。呼吸器科クリニックにおいて100名以上の研究対象者の協力を得て、終夜睡眠ポリソムノグラフィ検査と圧電センサの同時測定を行い、双方向LSTMネットワークを用いた深層学習による睡眠段階推定モデルを構築した。本モデルを用いて睡眠の質評価のための主要な睡眠指標を推定可能であることからヘルスケア市場への睡眠解析サービスを開始した。

An unconstrained method for the monitoring of cardiorespiratory and body movement activities was proposed with the use of sheet-type piezoelectric sensor. By conducting simultaneous measurements with an overnight polysomnography in over 100 subjects, a deep learning model was built for predicting sleep stages using bidirectional-LSTM network. This model is capable of estimating key sleep parameters for evaluating sleep quality, and we have launched the sleep analysis service for healthcare market.

キーワード：圧電センサ、生体情報、PSG検査、睡眠段階、深層学習

1 はじめに

睡眠の質は身体の状態と幸福感に影響を与え¹⁾、睡眠の質の低下は、肥満、高血圧、糖尿病²⁾、脳機能障害³⁾など、様々な疾患の発症と関連していることが知られている。睡眠の質を評価し、睡眠関連疾患を診断するためには、睡眠段階を正確に測定する必要がある。現在、睡眠段階の評価は、終夜睡眠ポリグラフ (PSG) 検査で行われているが、脳波 (EEG)、眼電図 (EOG)、顎および脚の筋電図 (EMG)、呼吸活動などの生理学的信号を取得するために複数のセンサを体に装着する必要がある。そのため患者は複数のセンサを装着したまま眠ることに不快感を覚える場合があり、また、センサの配線により動きが制限され、通常の睡眠パターンが乱れる可能性がある。近年、睡眠の質向上への関心の高まりやウェアラブル技術の進歩を背景に、PSG検査を受けずに睡眠状態を把握できる消費者向けの睡眠モニタリングデバイスが開発されている⁴⁾。自宅でEEGを計測できるポータブルデバイスや心拍呼吸信号から睡眠状態を推測するウェアラブルデバイスなどであ

る。本稿では、シート型圧電センサを用いて非接触で心拍数、呼吸数、心肺カップリング指標および体動の抽出を行い、PSGで得られた睡眠段階との関連をディープニューラルネットワークで学習させることで、無拘束で睡眠段階を推定できるシステムの開発について述べる。圧電センサは、心臓収縮によって生じる弾動力 (心弾動図: BCG) と胸郭変位を通して記録される呼吸運動、睡眠中の寝返りによる体動を検出する。単一センサから複数のパラメータを取得できることは、皮膚への電極装着の必要性がなく、肉体的および精神的負担を軽減できる。また、通常の睡眠パターンを妨げずに睡眠モニタリングが可能となる。本開発の目的は、圧電センサから得られた心拍、呼吸、体動情報を入力としてPSGに相当する睡眠段階を推定する深層学習モデルを構築することである。

2 方法

2.1 研究対象者

埼玉県在住の、睡眠時無呼吸症の疑いがある成人106名 (男性89名、女性17名) を対象とした。平均年齢 49.8 ± 14.4 歳、体重 $75.8 \pm$

17.2 kg, BMIは $26.6 \pm 5.0 \text{ kg/m}^2$ である。参加者は呼吸器科クリニックの睡眠検査室において、終夜PSG検査と圧電センサによる計測を同時に受けた。なお、参加者は同時計測に関する臨床専門家による説明を受け、同意書を提出した。

2.2 睡眠ポリグラフ検査

終夜PSGは、クリニック睡眠検査室において、フィリップス睡眠診断システムを用いて実施した。ECG, EOG, 前脛骨筋のEMG, 胸腹部プレシスモグラフと鼻部温度センサで記録した呼吸信号、およびパルスオキシメトリーで酸素飽和度を測定した。PSG記録後、臨床専門家が睡眠段階を判定した。

2.3 圧電センサ

睡眠検査室において、ベッドマットレスの下に胸郭位置にポリフッ化ビニリデン (PVDF) 製のシート型圧電センサ (Suizine delta®; ヘルスセンシング (株)) を設置し、生体振動信号を記録した。

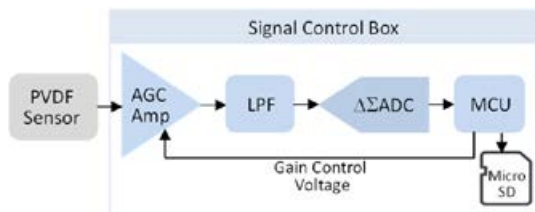


図1 PVDF信号取得システムの概略図

2.4 生体データの抽出

(1) PVDF信号からの心拍数計測

PVDFセンサから取得したBCG波形には、ECGのQRS波の直後に機械的な心収縮を表すIJK波が現れるという特徴がある（図2）。BCGのIJK波は、ECGのQRS波のように急峻な波形を示さず、BCG波形のわずかな歪みでもIJK波の識別が困難になる場合がある。本開発では、心拍間隔を算出するため、深層学習を用いてBCGからECGに相当する信号を生成する手法を独自開発した⁵⁾。図3a上段に深層学習を用いて生成されたECGに相当する信号 (pECG) を示

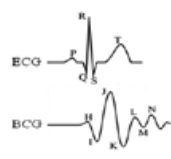


図2 1心拍分のECGとBCG波形

す。pECGのR-R間隔 (pRRI) を求め（図3c折れ線）、逆数から心拍数 (HR) を求めた。

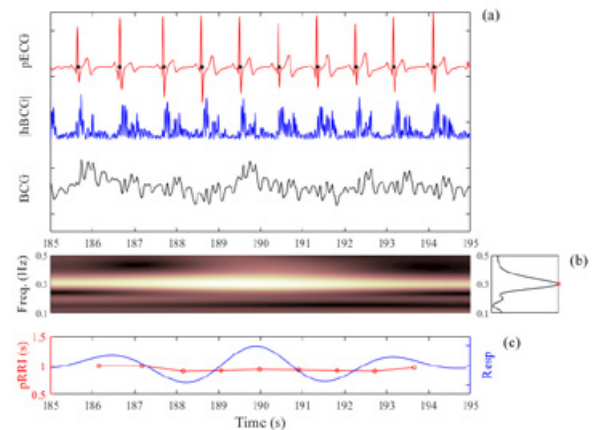


図3 PVDF信号から深層学習により生成された疑似心電図 (pECG) と抽出された呼吸波形 (Resp)

(2) 呼吸信号計測

呼吸信号を得るために、0.05~0.5 Hz周波数帯のバンドパスフィルタを、10 Hzで再サンプリングされたPVDF信号に適用した。複素Morletウェーブレット関数を用いた連続ウェーブレット変換を、20秒窓の信号に適用し、平均パワースペクトルプロファイルを求めた。平均パワースペクトルプロファイルで最大パワーを示す周波数を呼吸周波数とした（図3b）。呼吸周波数を中心とするバンドパスフィルタにより呼吸波形を抽出し（図3c曲線）、呼吸数 (RR) を求めた。

(3) 心肺カップリング指標の算出

心肺カップリング指標 (λ) は、呼吸性洞性不整脈 (RSA) と呼吸波形間の位相コヒーレンスとして算出した。この指標は、心拍変動 (HRV) 周波数解析によって評価された心臓迷走神経活動と有意な正の相関を示し⁶⁾、また、睡眠中の徐波皮質活動の時間的ダイナミクスと相関していることが示されている⁷⁾。呼吸周波数帯域のHRVのパワースペクトル密度とRSAの振幅は呼吸数の変化に大きな影響を受けるが、心肺カップリング指標 (λ) は呼吸数の影響を受けにくいことが示されている⁶⁾。

(4) 体動検出

体動は睡眠段階によって異なり、浅いノンレム睡眠中は、レム睡眠中と比較して体動量が多くなり、深いノンレム睡眠中には、体動はほとんど発生しない。覚醒中は体動が頻繁に発生する。10

秒枠内にPVDF信号に過大な入力信号が加わった時に体動が生じたと判断し、5秒毎にシフトしながら体動回数をカウントした。その後、睡眠段階のエポックに合わせて30秒間における平均体動回数を体動頻度 (BM) とした。

2.5 深層学習モデル

深層学習には双方向型LSTMネットワーク (biLSTM) を用いた。biLSTMは入力ベクトルシーケンスと睡眠段階スコア間の特徴量の順序関係を、過去から未来方向へと同時に学習することができる。biLSTM層は3層構造とし、全結合層 (FC) は、浅いノンレム睡眠 (N1, N2)、深いノンレム睡眠 (N3)、レム睡眠 (REM)、覚醒 (WK)、離床 (LV) の6つのクラスに対応する6つのニューロンで構成される (図4)。学習モデルで推定される睡眠段階の精度は10分割交差検証法を用い、真陽性率と真陰性率の平均値を表す balanced accuracy, 偶然に一致する割合を除去した一致度の信頼性尺度である Cohen's kappa, 適合率と再現率の調和平均として計算される F1 スコアで評価した。

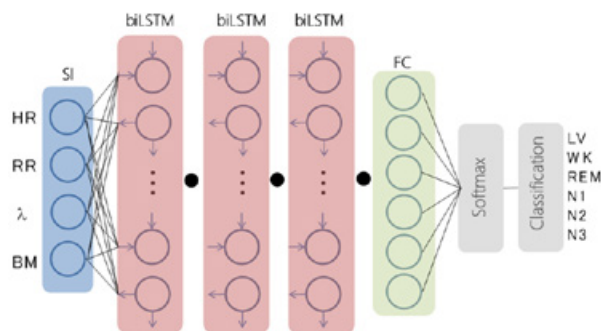


図4 biLSTM深層学習モデルのアーキテクチャ

3 結果

図5は、28歳男性の終夜PSGによる睡眠段階スコア (SS) と学習モデルの入力に用いた各パラメータのプロファイルを示している。睡眠段階の違いにより、心拍数 (HR) と呼吸数 (RR) に特徴的な変化が見られる。N1 からN3へ睡眠が徐々に深くなると、心拍数と呼吸数は安定して低下する。一方、レム睡眠または覚醒 (WK) では心拍数が変動し、呼吸数は増加する。心肺カップリング指標 λ はN2, N3睡眠では1に近づき、

レム睡眠および覚醒では変動が大きく減少する傾向が見られる。体動 (BM) は覚醒時に高くなる傾向が見られた。

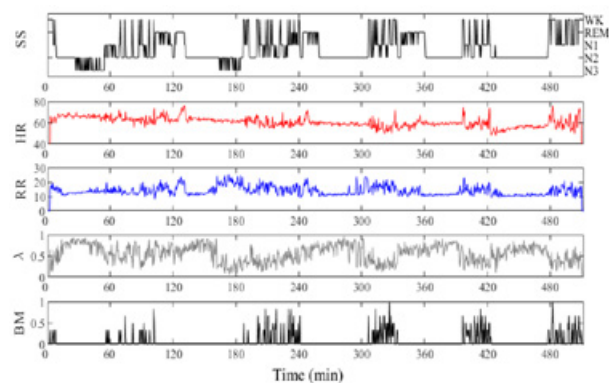


図5 PSGによる睡眠段階スコア (SS) とPVDFセンサによって計測された各パラメータプロファイル

図6は43歳研究対象者の、モデルにより推定された睡眠段階 (pSS) とPSGから実測された睡眠段階 (SS) の例を示している。各睡眠段階の推定精度 (図6f) から判断すると、REMとN2が最も優れた分類性能を示した。円グラフ (図6c, d) および表 (図6g) に示すように、就寝時間に対する各睡眠段階の割合は、実際の値とほぼ一致した。Balanced-accuracy, Cohen's kappa, F1 スコアはそれぞれ0.77, 0.53, 0.73であった。

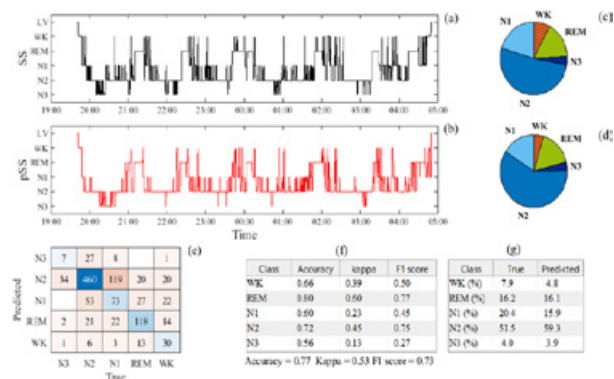


図6 モデルによる睡眠段階推定結果 (pSS) とPSGによる睡眠段階 (SS) の一例

4 結論

本開発では、圧電センサから得られた心拍数、呼吸数、心肺カップリング指標および体動頻度の4パラメータを用いて、biLSTMディープラーニングにより構築したモデルが睡眠5段階分類を妥当な精度で推定できることを示した。本稿で詳細は触れないが、睡眠潜時や中途覚醒などの主要な

睡眠指標を算出することも可能である。本手法は無拘束であるがゆえに、在宅医療・介護施設等において、客観的な睡眠モニタリングを必要とする場合に有効なツールになると考えられる。また医師はPSG検査を実施しなくても病院外で睡眠状態を評価できるようになり、睡眠の質低下に纏わる疾患の早期診断につながる可能性もある。

5 社会実装に向けて

本稿で述べた手法を社会実装するための検討を進めている。圧電センサで取得された原データはエッジデバイスで処理され、リアルタイムで無線通信を介してクラウドサーバに伝送される。サーバでは深層学習モデルを用いた睡眠解析が行われ、解析結果は「睡眠レポート」としてサーバから顧客先のスマートフォン等のデバイスに送信される(図7)。このような睡眠解析サービス用いて病院やホテルでの実証試験に着手したところである。

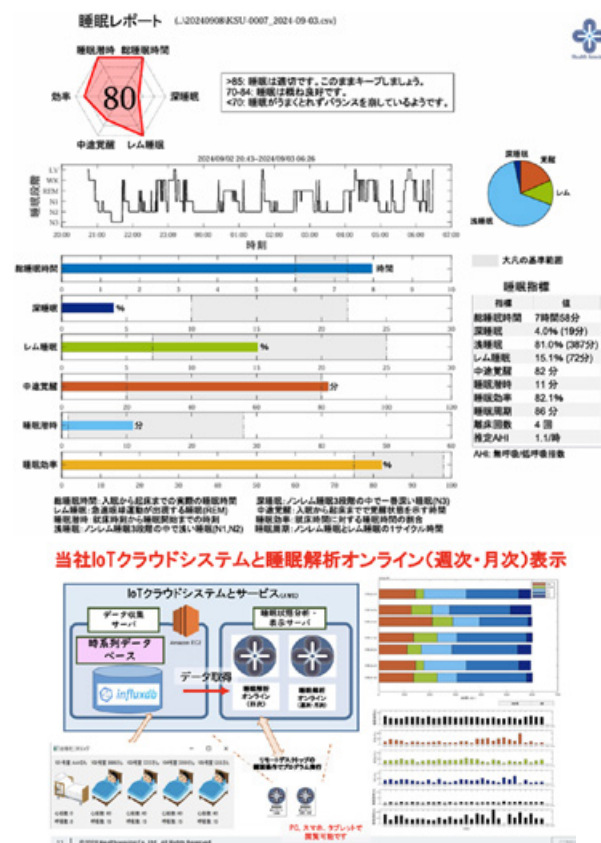


図7 睡眠レポートの例とクラウドシステムの概略図

なお、この睡眠解析手法ならびに関連する信号処理技術は論文化し、国際専門誌に受理され掲載された⁵⁾⁸⁾⁹⁾。さらに、りそな中小企業振興財団及び日刊工業新聞共催の「第37回中小企業優秀

新技術・新製品賞」において本技術を利用した「睡眠解析センサ」が優秀賞を受賞することができた。本技術の開発・評価にご協力いただいた関係各位に、心より御礼申し上げます。

<引用文献>

- 1) Schwartz, J. R. L. and Roth, T.: Neurophysiology of sleep and wakefulness: Basic science and clinical implications. *Curr. Neuropharmacol.* 6, 367-378, 2008
- 2) Tasali, E., *et al.*: Slow-wave sleep and the risk of type 2 diabetes in humans. *PNAS* 105, pp.1044-1049, 2008
- 3) Spira, A. P., *et al.*: Impact of sleep on the risk of cognitive decline and dementia. *Curr. Opin. Psychiatry* 27, pp.478-483, 2014
- 4) Khosla, S., *et al.*: Consumer sleep technology: An American academy of sleep medicine position statement. *J. Clin. Sleep Med.* 14, pp.877-880, 2018
- 5) Morokuma, S., *et al.*: Prediction of ECG signals from ballistocardiography using deep learning for the unconstrained measurement of heartbeat intervals. *Sci Rep* 15, 999, 2025
- 6) Niizeki, K. and Saitoh, T.: Incoherent oscillations of respiratory sinus arrhythmia during acute mental stress in humans. *Am. J. Physiol.* 302, pp. H359-H367, 2012
- 7) Niizeki, K. and Saitoh, T.: Association between phase coupling of respiratory sinus arrhythmia and slow wave brain activity during sleep. *Front. Physiol.* 9, 1338, 2018
- 8) Morokuma, S., *et al.*: Deep learning-based sleep stage classification with cardiorespiratory and body movement activities in individuals with suspected sleep disorders. *Sci. Rep.* 13, 17730, 2023
- 9) Morokuma, S., *et al.*: Unconstrained deep learning-based sleep stage classification using cardiorespiratory and body movement activities in adults with suspected sleep apnea. *PJAB (in press)*, 2025

鐘ヶ江 正巳 (かねがえ まさと) 技術士 (応用理学/電気電子部門)

ヘルスセンシング (株) 代表取締役
日本技術士会会員, 技術士協同組合 理事
「センサとAI・データ解析によるインフラ・機械設備保全研究会」代表幹事
e-mail: kanegae@health-sensing.co.jp



放射線がん治療における医工連携の取り組み

Medical-engineering collaboration in radiation cancer therapy

富田 和雄

TOMIDA Kazuo

三大がん治療法のひとつとされる放射線治療では、ビームを生成する加速器をはじめ、ロボティクスや画像支援など広範な工学的技術が活用されている。医療ニーズに対応した技術の変遷と安全性・信頼性担保の取り組みを概説し、医工連携による治療効果の増大と効率向上に向けた技術開発に言及する。

Radiation therapy, one of the three major cancer treatments, utilizes a wide range of technologies, including accelerators as beam generator, robotics, and image guidance. This article provides an overview of the evolution of technologies that meet medical needs and efforts to ensure safety and reliability as well as development for enhancement of efficacy and efficiency through medical-engineering collaboration.

キーワード：がん治療, 放射線治療, 医工連携, 安全性, 信頼性

1 放射線によるがん治療の概要

1.1 がんの統計

わが国では、人口の高齢化に伴い、男女ともにがんの罹患（りかん）数・死亡数が増加し続けており、2023年のがん死亡数は約38万人で、1980年の約2.4倍となっている¹⁾。

放射線治療が有効な肺がんや前立腺がんが増えているのに対して、2007年の調査では、放射線治療を受ける患者は25%であり、米国66%、ドイツ60%などに比べて低い数値となっている²⁾。

1.2 三大がん治療法と放射線治療

(1) 三大がん治療法の特徴

外科療法、化学療法、放射線療法は、三大がん治療法と位置づけられており、以下のような特徴がある。

・外科療法

転移がない場合にがん細胞を確実に切り取れる可能性が高い。一方、患部の機能を損なう場合や、長期入院が必要な場合もある。

・化学療法

全身を巡るがんに関しては抗がん剤治療が有効である。肺がんなどの固形がんでは補助的に使用する。一方、副作用を伴うこともある。

・放射線療法

主に固形がんや脳腫瘍を対象とする。臓器や機

能を温存でき、1回の治療時間が短く、通院で治療が可能である。一方、放射線が効きにくいがんの存在、呼吸等による腫瘍の位置変動への対応に課題がある。

(2) 放射線治療の種類

放射線療法（放射線治療）は内部照射と外部照射に大別され、以下のような種類がある³⁾。

① 内部照射

・小線源治療

体の内腔（ないくう）や組織内に放射線源を挿入して照射する治療方法である。

・非密封放射性同位元素治療

非密封の放射性同位元素を経口薬や静脈注射によって体内に取り込む治療法で、核医学療法とも呼ばれる。

② 外部照射

体の外から放射線を照射する治療方法であり、線形加速器で生成される電子線やエックス線、放射性同位元素から発生するガンマ線、粒子加速器で生成される陽子線や炭素線などが利用される。

がん細胞は正常組織に比べて放射線の影響を受けやすいため、繰り返し分割照射をすることにより、がん細胞を死滅させ、照射と照射の間で正常組織を回復させることができる。

熱中性子を吸収（捕獲）しやすいホウ素の同位体を含む薬剤をがんを集積させ、中性子照射時に発生するアルファ線で局所的にがん細胞を死滅さ

せる中性子捕獲療法も外部照射のひとつである。

(3) 放射線治療の特徴

放射線治療は原則として、できるだけがんのある部分だけに線量を付与し、正常組織への線量を減らすことが重要である。正常組織への線量が過大になると二次発がんのリスクが高くなるためである。

放射線治療は、がんの部位や特徴、患者の既往症などに合わせて医師が個別に処方するテーラーメイド医療であり、以下のような利点がある。

- ・局所的ながんをピンポイントで治療できる。
- ・患部の形態・機能を温存できる。
- ・通院で治療を受けられ、高齢者への負担が小さい。

放射線治療は、完治を目的とする根治療法のほか、がんの進行や痛みを緩和する目的で使用されることもある。

1.3 放射線治療における医工連携

放射線治療は、医師・医学物理士・診療放射線技師・医療機器メーカーなどの協働により、高精度で身体への負担が少ない治療法として発展してきた。近年では、画像誘導技術や強度変調放射線治療などの先進的な技術の導入や治療時間短縮、個別最適化等のニーズにより、制御、画像処理、AI、ロボティクスなどの医工学的知見が不可欠となり、医工連携による技術開発が進展している。

2 科学技術の発展と放射線治療の変遷

2.1 放射線治療のはじまり

1895年11月 Roentgenがエックス線を発見すると、1896年2月には Emil Grubbeが乳がん患者にエックス線治療を行っている。1910－1930年には、Claude Regaudが分割照射の効果を発見し、今日の放射線治療の礎を築いた。

その後、放射線治療は工学的技術とともに発展し、臨床上の利便性と安全性の向上を実現してきた。

次節では、エックス線治療および粒子線治療の開発の経緯について、それぞれ概説する。

2.2 エックス線治療の変遷³⁾⁴⁾

1934年に Henri Coutard が喉頭がんで声帯を温存できる治療法を発表すると、1950年代に

はエックス線による治療が普及していった。1960年代には、コバルト60を線源に用いたガンマ線外照射装置が普及していった。

(1) 到達深度

初期のエックス線治療装置はエネルギーが低く、体表に近い部位の治療に用いられてきたが、1970年代には高エネルギーのエックス線装置が開発され、体内深部の腫瘍にも適用されるようになった。

(2) 治療計画の精度

1982年にはCT画像によるシミュレーションが始まり、計算機の処理能力の向上も相まって、精度よく腫瘍の位置をカバーする治療計画が可能になり、現在の放射線治療の原型が作られた。

(3) 照射形状の最適化と照射精度の向上

1985年には、回転照射と同期して可動式のコリメータを腫瘍の形に合わせて動作させる原体放射線治療が開発された。さらにコンピューター技術の進化に伴い、強度変調放射線治療 (IMRT: Intensity Modulated Radio Therapy) や定位放射線治療 (SRT: Stereotactic Radio Therapy) が臨床使用されるようになった。

また、画像情報をもとに位置誤差を補正しながら、正確に治療を行う画像誘導放射線治療 (IGRT: Image Guided Radio Therapy) が導入され、現在の放射線治療のスタンダードになっている。

2.3 粒子線治療の変遷

(1) 粒子線治療の特徴と普及状況

入射エネルギーに応じた深さで線量を集中的に付与するブラッグピークの発見により、その物理的特性により線量集中性に優れた陽子線や炭素線による粒子線治療が発展してきた。

粒子線治療では、治療部位の形態やその機能を温存できる可能性が高まるほか、以下の特徴がある。

- ① 線量集中性が高く、正常組織への損傷が少ない。
- ② 放射線の影響を受けやすい臓器や器官の近くにあるがん細胞にも照射できる。
- ③ 炭素線の場合、エックス線や陽子線が効きにくい症例にも有効な場合がある。

粒子線治療は1954年に米国ローレンスバー

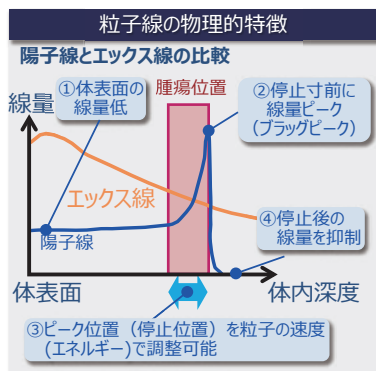


図1 粒子線の物理的特徴

クレイ研究所で開始され、2000年初頭から日米欧を中心に普及が進み、2025年10月現在、世界で139施設（陽子線128施設、炭素線17施設、内両用6施設）が稼働し、累積治療患者数は40万人を超えている。

国内では、1979年に放射線医学総合研究所（現在のQST）にて重粒子線治療が始まり、国内外への展開の礎を築いている。また、1983年～2000年に高エネルギー研究所の研究用加速器にて、筑波大学による第1期の陽子線治療が実施され、約700人が治療を受けた。

2024年4月現在、陽子線20施設、重粒子線7施設が稼働し、累計治療患者数は9.6万人を超えている。2016年に小児がんが保険収載されたのを皮切りに、現在では頭頸（とうけい）部、前立腺、肺、肝臓などの多くの疾患が条件により保険適用の対象になっている。

(2) 粒子加速器

粒子線治療の放射線源として、サイクロトロン、シンクロトロンなどの粒子加速器が用いられている。30 cm程度の深部を治療するためには、230 MeV程度の陽子線、430 MeV程度の炭素線を出力できる加速器が必要になる。近年では、加速器リングの小型化や超電導技術の導入などにより、建屋のコンパクト化、消費電力の低減が図られている。

(3) 照射野形成方法

加速器から供給される粒子線は、治療室に輸送され、治療部位の形状に合わせて照射野が形成される。導入初期は散乱体やワブラー電磁石により拡大したビームをコリメータやボラスで立体的に切り取るワブラー法や二重散乱体法が採用されてきた。

近年では、細いままのビームを電磁石で二次元

的に走査し、エネルギーを切り替えながら立体的に照射するスキャン法が主流になっている。

スキャン法では、中性子の発生源となる散乱体等を使用せずに照射できることから、二次発がんや成長の抑制など、小児がん患者に対する副次的事象の低減に寄与している。

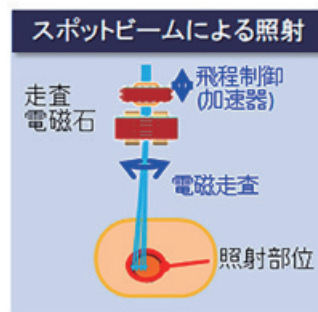


図2 スキャン法の一例

(4) 呼吸移動性臓器への対応

呼吸とともに動く肺などの治療をする際には、正常組織への照射を抑制する工夫が必要になる。体表の動きを検知して呼吸位相に合わせてビームを出力する呼吸同期システムがその代表例である。

より精度の高い治療を目指して、医工連携による最先端研究開発により、X線透視画像を用いて体内に挿入したマーカーの位置を検知する動体追跡法が確立されている。画像処理の高度化により、マーカーを不要とする方法も開発されている。

3 安全性、信頼性の確保

3.1 放射線治療システムの要件

(1) 安全性

放射線治療特有のリスクとして、以下の事象が挙げられる。線量モニターの多重化や正常時のみ照射可能となるインターロックなどの対策が図られる。

- ① 計画線量に対する過線量または過少線量
- ② 治療部位外や医療従事者への意図しない照射
- ③ 漏えい放射線や二次放射線の影響

(2) 信頼性（稼働率）

放射線治療システムが止まるとその停止期間に応じて以下の影響が想定される。

- ① 4日以上での停止でがんが再増殖
- ② 数時間の停止でスケジュール変更
- ③ 数分の停止で位置決めやりなおし

このため、システムの信頼性向上や停止事象が発

生した際の復旧時間短縮が重要な課題となっている。

3.2 国際標準と規制対応

医用電気機器に対する以下の安全規格や国・地域の規制が放射線治療システムにも適用される。

- ・品質マネジメントシステム：ISO13485
- ・医療機器リスクマネジメント：ISO14971
- ・一般安全原則：IEC60601-1 シリーズ

これらの規格により、以下の安全性を担保している。

① 基本性能 (ESSENTIAL PERFORMANCE)

損なわれると患者に影響を与える性能：

- ・正確な位置に正確な線量を照射する。
- ・正常組織への照射を避ける。
- ・異常時には確実に停止させる。

② 基礎安全 (BASIC SAFETY)

安全を担保するために考慮すべきリスク：

- ・感電、挟まれ、衝突、電磁両立性等

さらに、インシデントの経験を踏まえて、以下の規格類が整備され、安全性向上の基盤になっている。

(1) ソフトウェア関連

1985年～1987年に、カナダで開発された Therac25 の過照射事故が連続的に発生した。ソフトウェアのバグが原因であることがわかり、ソフトウェアライフサイクルに関する規格が整備された。

(2) ユーザビリティ (ヒューマンファクター) 関連

2005年に発生した計算機フリーズ後のリカバリー失敗と人為的な過誤による過照射事故がニューヨークタイムスで取り上げられた。人為的要因によるリスクを低減するため、ユーザビリティエンジニアリングの規格が整備された。

3.3 放射線治療における品質管理

放射線治療では、医療従事者による治療品質の作りこみが大きな役割を担っている。

米国医学物理学会、日本放射線腫瘍学会では、放射線治療システムや治療計画システムに対する QA ガイドラインを整備し、治療計画、シミュレーション、患者 QA、治療照射、照射実績の記録と照合の治療プロセスをとおり、品質向上に

努めている。

4 将来の展望と課題

4.1 最新の技術動向

治療効果の増大と副作用の抑制、医療従事者の負担軽減、治療プロセスの効率向上に向けた調査・研究や技術開発が進められている。

その代表例がアダプティブ治療であり、治療期間中の腫瘍の縮小や軟組織の位置変化に追従すべく、治療セッションごとに治療計画の最適化を行う。

アダプティブ治療を導入するためには、臨床上のニーズを工学的なシステムとして具現化する必要があるため、医療機関とメーカーの協働が不可欠となっている。

4.2 医工連携の取り組みに関する将来の展望

近年では、治療部位ごとに整備された標準治療を基本に、外科療法、化学療法、放射線療法を組み合わせた集学的治療が普及し、患者の希望やがんサージカルボードなどの医療側の判断による個別最適化のニーズが高まっている。また、放射線治療の高度化が進む一方で、専門人材の確保が喫緊の課題となっている²⁾。

これらのニーズに応えるために、医工学人材の育成や産学間の交流がこれまで以上に望まれている。

<引用文献>

- 1) がんの統計 2025, がん研究振興財団
- 2) 「第3回がん対策推進協議会」(厚生労働省, 中川恵一氏提出資料, 2007年5月7日)
- 3) 白土博樹: がんの放射線治療の歴史と最先端技術: 健やかに人間らしく生きるために, 特別講演会「がんの放射線治療の歴史と最先端技術」, 2011年10月22日
- 4) 小林雅夫: 放射線治療の歴史, 頭頸部癌との関わり方の変遷について, 耳展 64: 1; 50~59, 2021

富田 和雄 (とみだ かずお)

技術士 (原子力・放射線/
総合技術監理部門)

(株)日立ハイテク
ヘルスケア統括本部
治療システム事業部
e-mail: kazuo.tomida.wg@hitachi-hightech.com



X線を代替する医療用カテーテルの透視観察技術

Fluoroscopic Observation Method for Medical Catheter Alternative to X-Ray fluoroscopy

池田 誠一

IKEDA Seichi

血管内カテーテル手術では、血管内で操作される医療用カテーテルの外観および内部を透視観察する目的でX線透視観察が行われる。手術時以外にも、医療技術トレーニングやカテーテルの性能評価のために透視観察が必須でありX線が広く用いられているが、放射線被曝を伴い、利便性も低い。安全性や利便性に優れた近赤外線を用いてカテーテルの外観、内部、挙動を透視観察でき、トレーニングや性能評価にも適用できることを確認した。本手法は、X線観察の代替法として、カテーテルに関わる医療技術の発展や普及への貢献が期待できる。

X-ray fluoroscopy is essential for observing external/internal state of medical catheters inserted into human blood vessels in endovascular surgery. Although fluoroscopy is also required for surgical training and device evaluations, X-ray is accompanied by radiation problems. This time, the applicability of Near Infrared (NIR) is examined as a safer alternative for X-ray and revealed that in vitro X-ray fluoroscopy for surgical training and evaluations is reproducible using NIR.

キーワード：血管内カテーテル手術，X線透視観察，近赤外線透視観察，血管立体モデル

1 諸 論

1.1 血管内カテーテル手術と血管立体モデル

患者の身体に掛かる負担を少なくするため、できるだけ切開をせず診断や治療を行う低侵襲医療が注目されている。血管内カテーテル手術は、従来切開により行われていた血管諸疾患に対する手技を大幅に低侵襲化し、患者の負担軽減と療養期間短縮を実現する。また安全性の面からも優位性が確認されている¹⁾。

血管内手術では、X線撮影によって得られる身体およびカテーテルの透視観察像と、大腿部や上腕部等から血管内に挿入されたカテーテルの操作感覚を頼りに、その先端を脳血管領域や冠状動脈領域の患部領域まで誘導して治療を行うことが求められる。カテーテルは全長約1 m、直径数mmの柔軟なチューブであり、医師にはカテーテル操作に関する習熟度と、開発者にはカテーテルの性能評価を通じた技術開発が求められる。しかし、技術習熟や特に性能評価は手術を通じて行うことができないため、著者らは、同手術のシミュレーション媒体として、CT/MRI情報等の生体情報に基づいて生体血管の形状（膜状構造を含む）

と物理特性（弾性特性や摩擦特性）を精密再現した血管立体モデル（写真1）を構築した²⁾³⁾。同血管立体モデルの内部には、生体血管の内腔形状が精密再現されており、カテーテルを挿入した際に、生体血管内と同様なカテーテルの挙動と操作感覚が再現される。血液を模擬した液体を環流することもできる。



写真1 全身の血管構造を精密再現した手術シミュレータ（EVE）

1.2 X線を代替する透視観察技術の必要性

同血管立体モデルは、透明性に優れたシリコンエラストマによって血管同様の薄膜状に形成されており、X線を用いることなく内部に挿入されたカテーテルの挙動を明瞭に観察できることから、技術トレーニングやカテーテルの性能評価に

有用である。しかし血管内手術では、生体内で操作されるカテーテルの外観（位置や姿勢）を視認すると同時に、カテーテル内部に入れ子状に挿入される他のカテーテル、ステントやコイル等の治療デバイス、血栓溶解剤や造影剤等の液体を併せて視認する必要があることから、手術シミュレーションにおいても、手術様式全体を再現するためには、X線観察の使用は避けられなかった。

過去約20年間に、血管立体モデルを用いた手術シミュレーションは世界的に一般化しており、医療従事者のX線被曝量が年々増大していることから、被曝を回避するための方策が模索されている。X線を代替するカテーテルの透視観察技術として、蛍光色素を用いる方法⁴⁾も提案されているが、色素の付着によりカテーテルの特性が変化することなどから一般化には至っていない。

本稿では、樹脂パッケージや液体中の異物検査ならびに半導体の非破壊検査等に用いられる近赤外線（本稿では近赤外線（NIR）と短波赤外線（SWIR）を含めて近赤外線と呼ぶ）観察によって、塗装等の付加加工を行うことなく、X線同様の透視観察像を得られたので報告する。

2 近赤外線による透視観察方法

2.1 観察対象と観察環境

近赤外線観察の対象として、透明で柔軟な膜状構造をなす血管立体モデルと、実際の手術で使用される医療用カテーテルを使用した。

血管モデルには、全身手術シミュレータEVE（ファイン・バイオメディカル（有）製）を使用した。カテーテルには、脳血管内手術において広く用いられるエクセルシオ1018マイクロカテーテル（日本ストライカー社製）を使用し、その内部にはラジフォーカスガイドワイヤーMGTワイヤー（テルモ社製）および血管塞栓用GDCコイル（日本ストライカー社製）を挿入した。観察は、外光に含まれる近赤外光の影響を除く目的で、波長800 nm以上の近赤外光を実質的に含まない室内照明（蛍光灯やLED照明）の下で、太陽光を遮蔽して実施した。

血管モデルの内腔部および周囲には、光源から

の光を散乱させる粒子として、近赤外線領域においてレイリー散乱を生じる粒子径0.5 nm～50 nmのシリカを混和した水溶液を配置した。

2.2 近赤外線による透過観察法

血管内手術では、患者の身体を上下ないし左右から挟み込むようにX線光源とX線カメラが配置され、身体にX線を透過させる観察（以下、「透過観察」という）が行われる。光源には、近年では主に面光源（平行光源）が用いられている。本観察では、X線観察と同様に、血管モデルを挟み込むように近赤外線LEDをアレイ状に配置した面光源と近赤外カメラを配置し、近赤外線による血管モデルの透過観察を行った。光源には波長1 450 nmの面光源（CCS（株）製、型番TH2-100X100IR145）を使用し、カメラには1 700 nmまでの近赤外線波長を検出可能な近赤外カメラ（（株）アバーンデータ社製、型番ABA-013VIR）を使用した。

近赤外領域では、光の吸収率が可視光領域と異なる。また僅かな波長の違いにより吸収率が多様に変化する。この近赤外線の性質を用いれば、光源の波長選択によって、観察像の濃淡バランスを変化させることができる。水が充填された血管内腔領域を、近赤外線のこの性質を用いて選択的に識別可能にするべく、血管立体モデルを構成するシリコンエラストマに対して水の吸収率が相対的に高くなる波長1 450 nmの近赤外線を光源として使用した。

2.3 近赤外線による反射観察法

X線と近赤外線は、双方、可視光よりも物質透過性に優れるが、近赤外線は金属に対しては概して透過性が低く、シリコン（ケイ素）等の一部金属を除いて観察に十分な透過性を有さない。

動脈瘤治療等に用いられる血管塞栓用コイルなどでは、ステンレス製のワイヤ（X線透過）の一部（5 mm程の区間）に、白金製の位置参照マーカ（X線不透過）が組み込まれており、X線観察を行った際に透過性の違いから両者を識別できる。しかし、近赤外線観察においては、双方と

も不透過となることから識別できない。

このため近赤外線観察においても金属構造の識別を可能とするべく、血管モデルの側方（光軸が透過用光源と直交する向き）に、前記の透過観察用光源（波長 1 450 nm）とは別の波長 950 nm の反射観察用光源（（株）秋月電子通商、型番：AE-LED56V2）を配置して、反射光による観察（以下、「反射観察」という）を行った。

3 近赤外線による透視観察結果

3.1 近赤外線による透過観察像

カテーテル（内部に前記ガイドワイヤーを挿入）を挿入した血管立体モデルに、近赤外線を透過させる透過観察法によって得られた像を写真2に示す（比較のため可視光による観察像を併せて示す）。同写真より確認されるように、本透過観察法によれば、可視光では視認されないカテーテル内部のガイドワイヤーを明瞭に観察できた。

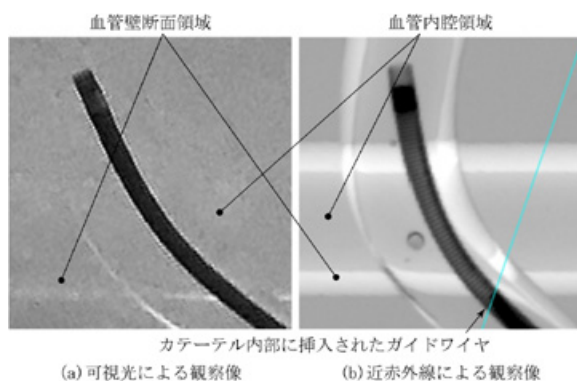


写真2 近赤外線によるカテーテルの透過観察像

本稿では、波長 1 450 nm の光源を用いた場合の結果を示したが、850 nm 以上の近赤外線を用いることで同様な透過像が得られた。透過性は波長の増大に伴って向上する傾向にあり、樹脂による吸収率が一般的に低い 1 200 nm などの特定波長において特に透過性が高まることが確認された。

レイリー散乱を生じる粒子の配合によって液体中で散乱が生じ、血管立体モデルへ効果的に光が照射されることで、観察像の鮮明さを維持したまま、透過性（カテーテル内部の透視能）を高めることができた。またレイリー散乱により、膜状血管立体モデルの内外面（レイリー散乱粒子を含む液体との界面）への光源から血管までの周囲環境

の映り込みが分散して消失し、X線観察同様の平面的な（立体感を伴わない）観察像が得られた。

手術時には、X線の照射強度等を調整することで、透過度（前述のステンレス領域と白金領域の濃淡バランスなど）の調整が行われるが、同様な調整は、近赤外線を用いた透過観察においても可能であった。照射強度やカメラの絞り等を調整することで、例えば写真3に示すように、透過度（カテーテルの透過性や血管モデルの視認性など）を調整できた。

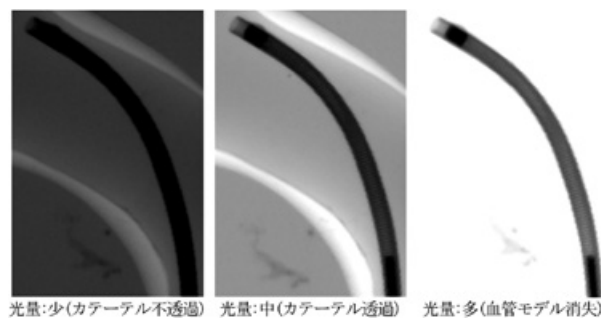


写真3 光量調整に伴う透過度の変化

3.2 近赤外線による反射観察像

血管立体モデルの内部に挿入した血管塞栓用コイル（白金製マーカ領域）に近赤外線を反射させる反射観察法によって得られた像を写真4に示す。同写真より確認されるように、本反射観察法によれば、近赤外線が透過しない金属構造についても材質の違いを識別でき、白金製のX線不透過マーカを識別することができた。なお反射観察では光源を側方配置したことから、水中を通過する光路が透過観察に比べて相対的に長くなり、その過程でより多くの光が吸収された結果、反射観察像と透過観察像間で明るさ（濃淡）に違いが生じたが、水による吸収率が低い 950 nm 等の波長を反射用

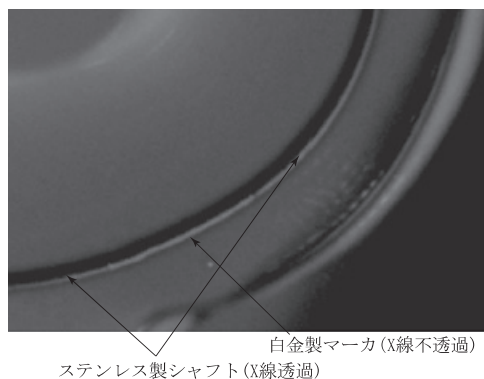


写真4 近赤外線によるカテーテルの反射観察像

光源に用いることで明るさを揃えることができた。

3.3 透過観察像と反射観察像の合成

反射観察によれば、透過観察では識別されない金属構造を識別できたが、反射観察により得られる像は、X線観察像とは異なる立体感を伴った(平面的でない)像であったため、観察像を合成(画像処理)することでこの問題を解消した。写真5には、反射観察像の濃淡を反転した上で、透過観察像と乗算する方法によって得られた合成像を示す。同写真から確認されるように、合成処理によって、透過観察によって得られる平面的な観察像に、その特徴を失うことなく白金製X線不透過マーカの像を付与できた。

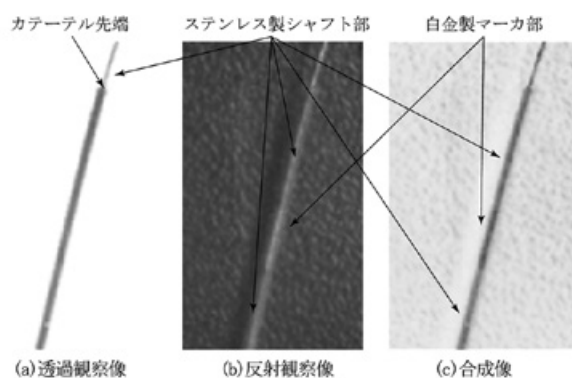


写真5 透過観察像と反射観察像の合成

3.4 吸収スペクトルに基づく物質の識別観察像

手術中のX線観察では、血管領域は識別されない(周囲組織と区別できない)ため、血管内へ造影剤を投与することで可視化が行われる。血管立体モデルを用いた手術シミュレーションにおいても、一般的に色素を混和した液体が用いられる。

近赤外線による観察では、図1に示すようにシリコンエラストマと水の吸収係数が大きく乖離する波長1450 nm等の光源を用いることで、色素を用いることなく、光学的に血管内腔領域(水)を可視化できた(写真2)。他方、シリコンエラストマと水の吸収係数が近接する波長1200 nmの光源を用いた場合には血管内腔領域が視認されない像が得られた。この結果、波長1450 nmと波長1200 nmの双方を照射して両者のバランスを調整することで、血管内腔領域の可視化度合いを任意に調整できた。

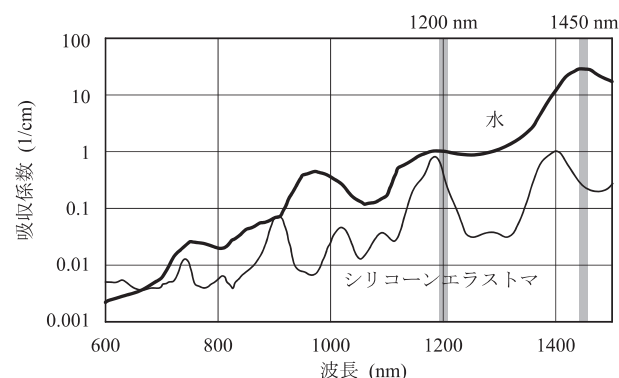


図1 水とシリコンエラストマの吸収スペクトル

4 結論と考察

本稿で提案する近赤外線観察によれば、手術時と同様なカテーテルの透視観察像を被曝を伴うX線を使用することなく得られることが確認された。

医師の技術トレーニングや、研究開発者のカテーテル評価の頻度は世界的に年々増加しており、代替法が世界的に模索されている。本手法は安全性に優れており、X線を代替する医療用カテーテルの透視観察技術として有用であると考えられる。X線観察装置(X線防護施設も要する)と比べ、近赤外線による観察装置は小型化でき、持ち運びも容易となることから多様な環境や目的で使用でき、カテーテルに関わる医療技術の発展や普及に大きく貢献できるものと期待される。今後は、生体内に挿入されたカテーテルの透視観察への技術応用も模索したい。

<参考文献>

- 1) Molyneux AJ, et al.: Lancet, vol.366: pp.809-817, 2002
- 2) 池田 誠一ほか: 日本機械学会論文集C編, Vol.71, No.707, pp.260-267, 2005
- 3) Tercero C., et al.: IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol.15, issue 4, pp. 520-526, 2010
- 4) 理化学研究所, 横田秀夫ほか, 特許第7165936号, 2019

池田 誠一 (いけだ せいいち)

ファイン・バイオメディカル(有)
博士(工学)
e-mail: ikeda@fain-biomedical.com
TEL: 086-239-8606
FAX: 086-239-8607



遺伝医療・ゲノム医療の発展に寄与する工学技術の応用

ー認定遺伝カウンセラーの視点からー

Application of engineering technologies to contribute to the development of genetic medicine and genomic medicine - From the perspective of a genetic counselor

十川 麗美
SOGAWA Reimi

遺伝医療・ゲノム医療の発展に寄与する工学技術の応用は、医療現場を変化させてきている。遺伝子解析機器、データ解析、医療情報システム等の応用が、個別化医療の実現と患者支援にどのように貢献しているかを考察し、医療と工学技術の架け橋となる取り組みを提示する。ゲノム医療は社会との双方向的な科学コミュニケーションの上に築かれている。

The application of engineering technologies that contribute to the development of genetic and genomic medicine is transforming the medical field. This course examines how the application of genetic analysis equipment, data analysis, medical information systems, etc. contributes to the realization of personalized medicine and patient support, and presents initiatives that serve as a bridge between medicine and engineering technology. Genomic medicine is built on interactive scientific communication with society.

キーワード：遺伝、ゲノム医療、次世代シーケンサー、個別化医療、認定遺伝カウンセラー

1 はじめにーゲノム医療の時代へ

近年、生命科学と工学の進歩は、医療の在り方を大きく変えつつある。特に、ゲノム医療では、遺伝子解析や情報解析技術の発展により、研究段階にあった手法が日常診療に取り入れられるようになった。

しかし、新しい技術は導入するだけでは十分ではなく、それを活用する医療者と、結果を受け取る患者・家族との間の適切なコミュニケーションが不可欠である。高度に専門化が進む中、技術の意義や限界を整理し、臨床へ橋渡しする人材の役割がますます重要になっている。

本稿では、ゲノム医療における科学技術の革新とその医療応用、さらに社会的・倫理的課題や人材育成の観点を整理し、未来への展望を示す。

2 科学技術の革新と医療応用

2.1 遺伝子解析技術の進展と社会的意義

ヒトゲノム解読の完了から20年以上が経過し、その成果は基礎研究の段階を越えて、臨床現場での具体的な応用へと大きく進展してきた。近年では、がんや希少疾患に加え、生活習慣病を含む多様な病気のリスク予測にまで、ゲノム情報を

活用する取り組みが広がっている。その背景には、工学技術の飛躍的な発展がある。

次世代シーケンサー（Next Generation Sequencer；NGS）により、全ゲノムや全エクソーム解析などは飛躍的に高速化し、同時に低コスト化も進んだ。従来10年以上かかり数十億円を要したゲノム解析が、数日～数週間、数万円から数十万円で実施可能になった。さらに最新のNGSにより高精度な解析を実現できたことで、日常診療に遺伝子の検査が頻繁に行われるようになった。

診療では、乳腺外科、産婦人科、消化器外科、消化器内科、小児科、脳神経内科、循環器科、整形外科、耳鼻科等のさまざまな診療科から遺伝性の病気が疑われた場合に、この遺伝子解析技術を用いた「遺伝学的検査」が実施されている。

特に、希少疾患の診断では「遺伝学的検査」を用いて原因遺伝子を特定し、早期に適切な医療的介入を行うことができるようになりつつある。また、がん医療では、がん細胞の遺伝子変異情報に基づいて効果的な薬剤選択が行われ、生存期間の延長に寄与している。さらに、遺伝情報は血縁者間で共有しているため、患者本人だけでなく、血縁者の病気の発症リスク評価にもつながり、未発症者の病気の早期発見、早期予防にもつながる。

2.2 遺伝医療・ゲノム医療における認定遺伝カウンセラーの役割

工学技術を用いて得られた遺伝情報を活用して疾患情報の提供と心理社会的サポートをする場が「遺伝カウンセリング」であり、「認定遺伝カウンセラー」は、技術によって得られた科学的データを「患者自身が健康管理において安心して生活をしていく上で役立てられる情報」へと変換する役割を果たしている。

近年は、遺伝医療・ゲノム医療が急速に拡大し、全国的にも遺伝を専門とする診療科の設置が増えてきている。遺伝カウンセリングでは、「診察の結果、遺伝性疾患の可能性があるとされたので詳細を知りたい」「高年妊娠で出生前検査を受けたい」「家族にがんが多いから遺伝子の検査を受けたい」といった相談者（クライアント）からの声に対し、おのおのにとって最適と考えられる遺伝学的検査や診断、血縁者のリスク評価、医学的管理などを行う。

その中で、認定遺伝カウンセラーは、遺伝情報の提供だけではなく、医師、看護師、検査技師等のさまざまな医療従事者と連携し、本人の病気や遺伝に関する心理・社会的支援を行っている¹⁾。特に、クライアントの抱える問題や不安を傾聴して問題解決に向けてサポートすることに努めている。

2.3 工学技術の支え－医療現場を変える仕組み

遺伝医療・ゲノム医療において、遺伝子解析技術が進歩し、通常の診療の中で遺伝学的検査を行い、特定の遺伝子における変異（病的バリエーション）を調べることで、遺伝的素因として、特定の病気になりやすい体質か、そうでないかがわかるようになってきている。

解析技術を臨床に生かして精度を保つために、さまざまな工学技術の開発により、DNA抽出やサンプル調製は自動化され、ヒューマンエラーを減らしながら迅速で安定した解析が可能となった。

また、医療情報システムの整備により、患者の病歴、画像情報、臨床情報、検査結果等を組み合わせることで、よりの確かな医療判断が可能となっている。加えて、クラウドや遠隔診療の仕組み

は、地域格差を超えて専門的な医療を提供する基盤となりつつある。

3 遺伝子解析技術を用いた診療－病気の発症リスク評価と遺伝カウンセリング

ゲノム解析から得られるデータは膨大かつ複雑であり、その解釈には高い専門性と多くの労力を要する。この課題に対し、現在の臨床現場では主に生命科学と情報科学を融合させたバイオインフォマティクス技術が活用されている。データベースを用いた変異の病的意義の評価、既知の症例情報との照合、統計学的手法によるリスク推定などは、いずれも工学的技術を基盤とする解析支援である。これらの技術により、解析の効率化と標準化が進み、診断や治療方針決定につながる情報がより迅速に得られるようになっている。

また、データを用いた解析アルゴリズムは、膨大なデータがあることによって臨床的に意義のある候補を抽出することを可能とし、臨床的背景、家族歴、心理社会的要因と照らし合わせた解釈が必要となる。認定遺伝カウンセラーは、解析結果を臨床の文脈に適合させ、患者や家族の心情や状況に合わせて理解可能な形に翻訳する役割を担っている。

次に、本邦で最も多い遺伝性腫瘍である遺伝性乳がん卵巣がん（HBOC）を例に説明する。がんと診断される人の約1割に遺伝的素因の関与が知られており、乳がんにおいても同様である。その半数は原因遺伝子が明らかな遺伝性乳がんと診断されている。中でも、*BRCA1*、*BRCA2*という遺伝子に変異が認められた場合、HBOCと診断される。いずれかの遺伝子に病的バリエーションが検出された女性の場合、生涯80%の方が乳がん、また20～40%の方が卵巣がん罹患するリスクが高いため、筆者の勤務先ではゲノム診療科で遺伝カウンセリングを実施して、乳腺外科や婦人科で定期的な検査（サーベイランス）を行っている。現状では、乳がんの罹患患者であれば保険で検査ができるため、手術方法や治療薬、予防的切除と遺伝子解析の結果次第でがん治療に大きく影響する。

また、遺伝情報は生涯不変であるため、最近で

は未発症でも健康管理やリスク評価のために「遺伝学的検査」を行うケースが増加しつつある。未発症でがんになりやすいと知られている遺伝子の病的バリエーションが検出されれば、通常のがん検診とは異なり専門的な医学的マネジメントが推奨される。また、場合によっては予防的手術が選択されることもあり、医学的マネジメントの幅は大きく広がっている。これらの実現性は、科学と工学技術の発展により多くの情報が得られたことで高まった。

このように、得られた情報を活かすことで単に病気を治すだけではなく、予防面でも心理社会的な健康を支えるのがゲノム医療における遺伝カウンセリングである。

科学的知見を駆使した工学技術の進歩により、遺伝性のがんに限らず、さまざまな病気において、生涯変わることのない遺伝情報を基盤とした個別化医療が実装化されつつある。患者や家族は「病気になるかもしれない」という漠然とした不安を抱えるが、遺伝カウンセリングを通して、必要に応じて遺伝学的検査でリスク評価し、科学的根拠に基づく説明や予防策を知ること、不安を具体的な行動変容へとつなげることが可能となる。



写真1 遺伝カウンセリングの様子

4 倫理的・社会的課題

ゲノム医療の進歩は計り知れない恩恵をもたらすが、同時に倫理的・社会的課題を伴う。遺伝情報は共有性を持ち、個人のみならず血縁者にも関わるため、情報共有や取り扱いには慎重さが求められる。

本邦においては、令和5年6月には「ゲノム医療推進法」が制定され、令和7年7月にはゲノム医療施策に関する基本計画案が公開されるなど制度的基盤は整いつつある。リスクを知ることが予

防や早期診断につながるが、心理的負担も生じる可能性がある。

特に、出生前診断や着床前診断といった生殖医療の領域では「生命の選択」に関わる倫理的問題を伴う。疾患回避の利点がある一方で、どこまでの情報をもとに判断すべきか、どう考えるかという基準は社会的合意を要する課題であり、高度な技術の進展に伴い解決しなければならない新たな課題が生じている。

このように、多層的な領域に広がる遺伝医療は、工学技術の進展によって可能性を広げる一方で、倫理的・法的・社会的課題を必然的に伴う。遺伝情報は、個人の状況や考え方によって意味合いが異なることがある。したがって、技術の利用には慎重な検討が求められる。社会全体としても、遺伝情報をどう扱うかの議論を深め、制度整備や市民教育を通じて公平かつ適切な活用の基盤を作る必要がある。

5 人材育成と教育

ゲノム医療を持続的に発展させるためには、解析機器やデータ解析といった技術の進歩に加えて、それらを医療現場に適切に橋渡しできる人材の育成や市民教育への取り組みが急務であると考えられる。

大学や大学院における工学・理学・医学系の教育課程では、最新の工学技術や科学などの専門的知識に加えて、教養で心理学、倫理学、コミュニケーション学を含めた習得も望まれる。さらに、医療現場においては、医師、看護師、臨床検査技師、薬剤師、臨床心理士に加え、ECMOなどの生命維持管理装置を扱う臨床工学技士などとの連携も必要である。

一方で、専門職教育にとどまらず、中学・高校からの教育の重要性も示されている²⁾。遺伝情報を知ることが不安を伴う場合もあるが、正しく理解し、検査や経過観察につなげることで、病気の予防や健康管理に活かすことができる。

こうした観点から、瀬戸内地域では、認定遺伝カウンセラーおよびJASC認定サイエンスコミュニケーターの資格を保持する筆者らを中心に、遺伝

啓発プロジェクト「Genetic Cafe®」を行っている。ここでは、生徒や市民が気軽に遺伝やゲノムについて学べる場として、DNA模型を用いた講義、体験学習、まんが教材などを通じ、幅広い世代が理解を深められる工夫をしている。参加者の意見や疑問を教育内容に反映させることで、専門職と市民との間に信頼関係を築き、遺伝医療・ゲノム医療に対する理解を社会全体に広げることができる。

さらに、工学技術の発展に伴い、教育内容を常に更新し、専門職と市民が共に最新の知識を共有できる環境を整備することが求められる。ゲノム医療の未来を担う人材を育成すると同時に、社会全体が遺伝医療や先端医療機器を正しく理解し適切に活用できるようにすることこそ、持続可能な医療の基盤づくりであると考えている。



写真2 高校生向けサイエンスキャンプの様子

6 まとめ

ゲノム医療は、遺伝子解析機器やデータ解析など工学的革新によって大きな進展を遂げている。これらの技術は臨床精度を高め、個別化医療の実現を可能にする基盤を築いている。新しい技術は、その存在自体だけで価値を発揮するのではなく、それをを用いる専門家と受け取る側との間に適切なコミュニケーションがあって初めて社会的意義を持つ。

ゲノム医療では、認定遺伝カウンセラーは、新しい解析技術が医療として適切に実装されるように、医師と患者の間の橋渡しと調整を担っている。また、検査や解析の結果を患者や家族にどう伝えるかという過程は、技術そのものではなく人が介在する。急速に進展するゲノム分野だからこそ、技術的進歩の中心には常に対話があり、患者に寄り添う姿勢が大切である。

領域を問わず、多くの専門家は高度に特化して

いるため、すべての新技术を網羅的に理解することは難しい。したがって、専門領域の立場から技術の意義や限界を整理し、現場に応じた活用方法を提案する役割の人材が重要となる。新しい技術の進化に伴い、専門家と人をつなぎ、社会的受容と適切な活用を支えるコミュニケーションが、持続的な発展につながると考える。

7 さいごに

ゲノム医療は、医学と工学の協働、社会との双方向的な科学コミュニケーションの上に築かれる。ゲノム医療に限らず、さまざまな分野において、技術を活用する人への「適切な解釈と説明、理解のプロセス」が欠かせない。そのため、医療と工学をつなぐ「架け橋」となる人材育成を通じて、アントレプレナーシップを備えた人々が技術の発展と現場のニーズ、社会的理解をつなぎ、より良い社会を創出していくことが求められる。先端技術を最大限に活用しつつも、それを人に伝え、理解を促し、共に考える存在やコーディネートできる人材がいることで、持続可能な個別化医療や社会実装を進めることが可能となる。工学技術の進歩は医療を「治療中心」から「予防・健康維持中心」へと発展させつつあるが、その中で患者と医療の間に立ち、意思決定支援も必須となる。科学と社会、医療と工学、そして技術と人の心を橋渡ししながら、未来のゲノム医療がより良いかたちで発展していくことを願っている。

<引用文献>

- 1) 日本認定遺伝カウンセラー協会HP
<https://jacgc.jp/public/index.html>
- 2) Sogawa R, et al.: When and how to enlighten citizens on genetics and hereditary cancer: a web survey of online video viewers, J Community Genet, 6, 575-581, 2023

十川 麗美 (そがわ れいみ)

岡山大学大学院教育学研究科研究員、香川大学医学部附属病院臨床遺伝ゲノム診療科特命助教、認定遺伝カウンセラー、JASC認定サイエンスコミュニケーター、家族性腫瘍カウンセラー、上級バイオ技術者
e-mail: sogawa.reimi@kagawa-u.ac.jp



ヘルスケアモニタリングのための生体ガスセンサの開発

Development of gas sensors for healthcare monitoring

上田 太郎 兵頭 健生

UEDA Taro

HYODO Takeo

呼吸や皮膚から放出されるガス (生体ガス) には極微量の揮発性有機化合物 (VOCs) が含まれており、特定の疾患や健康状態により、この生体ガス中のVOCsの濃度が変化することが知られている。そのため、VOCsを高感度・選択的に検知可能なセンサの実現が望まれている。筆者らは、ガス検知に用いる材料組成や構造を最適化することで、様々なガスを検知できるガスセンサ (半導体式、電気化学式、ダイオード式、吸着燃焼式など) を開発している。本稿では、筆者らの生体ガスセンサの開発について報告し、医療応用へ向けたセンサ設計の指針を示す。

Exhaled breath and skin gases contain small amounts of volatile organic compounds (VOCs), and the concentrations of specific VOCs depend on the diseases and health conditions. Therefore, there is a strong demand for the development of highly selective and sensitive gas sensors for their diagnosis. We have developed various types of gas sensors, including semiconductor, electrochemical, diode, and catalytic combustion-type sensors, by optimizing the composition and structure of the sensing materials. In this article, we report our recent progress in developing high-performance gas sensors for healthcare monitoring.

キーワード：生体ガス、ヘルスケアモニタリング、揮発性有機化合物 (VOCs)、ガスセンサ、高感度

1 ガスセンサとヘルスケアモニタリング

1.1 暮らしで活用されているガスセンサ

ガスセンサは、私たちの生活のさまざまな場面で利用されている。例えば、1969年に家庭用LPガス漏れ警報器が発売され¹⁾、2011年には自動車の酒気帯び運転防止のため、緑ナンバーの事業者向けにアルコール検知器による呼吸検査が義務化されている²⁾。また、自動車や工場では排ガス中の酸素濃度を測定可能なセンサが燃焼制御に使用されている。さらに、空気清浄機には空気の汚れ (揮発性有機化合物 (VOCs) やアンモニアや硫化水素に代表される窒素、硫黄系ガス) に応答するにおいセンサが搭載されている。近年は、呼吸中の硫黄系ガスを測定する口臭センサや脂肪燃焼に応じて発生するアセトンを検知するセンサも開発されている^{3,4)}。

1.2 生体ガスと健康状態の関係

疾病患者の呼吸や皮膚から放出されるガス (生体ガス) には、健常者と比較して特定のVOCsが高濃度に含まれることが報告されている。例えば、糖尿病、肺がん、肝臓や腎臓の機能障害を患

う患者は、それぞれアセトン、トルエンやアンモニアを高濃度で放出することが知られている⁵⁾⁻⁷⁾。ところが、生体ガスに含まれるVOCsは非常に低濃度であり、種々のガスに対してより高感度に応答するセンサの開発が必要である。センサの作動方式にはさまざまな種類があり、その特長を生かすことで、種々のVOC検知に対応可能なセンサを開発できると考えている。本稿では、筆者らの高感度ガス検知に関する試みを報告する。

2 ガスセンサの種類と高感度化の試み

2.1 半導体式ガスセンサ

半導体式ガスセンサは、貴金属で構成されたくし形電極上に感ガス層 (図では酸化スズ (SnO_2) を使用) が取り付けられた構造をしており、抵抗値の変化をセンサ信号として利用する (図1(a))。ベース状態 (空気中) では、酸素がn型半導体の SnO_2 から自由電子をトラップして負電荷吸着 (O^- や O^{2-}) するため、 SnO_2 粒子表面に電子の空乏層が形成されている (図1(b-i))。センサがVOCs (図ではアセトンを使用) に曝露されると、負に帯電した吸着酸素種と燃焼反応

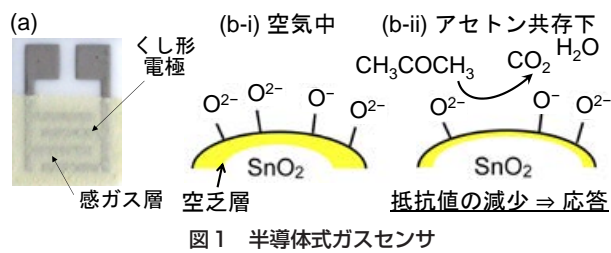


図1 半導体式ガスセンサ

し、トラップされていた電子が SnO_2 中に戻り抵抗値が減少する（図1(b-ii)）。

感ガス層のガス拡散性を向上すると、センサ応答に最も寄与する電極近傍での反応活性を高めることができる。筆者らは、高分子球状粒子（直径70 nm）とスズイオンを含む溶液を超音波で霧化し、その後熱分解・結晶化させる超音波噴霧熱分解法により、多孔質な球状酸化スズ（pr- SnO_2 ）の調製に成功した（図2(a)）。図2(b)に示すように、多孔質化していない SnO_2 （d- SnO_2 ）と比較して、pr- SnO_2 を用いたセンサは100 ppmアセトンに対する応答が約7.3倍であった。加えて、pr- SnO_2 に微量の Cu_2O を添加すると（pr- $\text{Cu}_2\text{O-SnO}_2$ ），応答がさらに増加することも明らかにした。p形の酸化物半導体である Cu_2O とn形の酸化物半導体である SnO_2 を組み合わせると、 SnO_2 中の移動できる自由電子が減少して高抵抗化するとともに、その電子をトラップして SnO_2 表面に負電荷吸着する酸素種も減少する。その結果、アセトンと反応する吸着酸素種の割合が増加するため、応答値が増加したと考えられる⁸⁾。最近では、これに、貴金属（AuやPt）を微量添加することで応答特性が向上することも報告している⁹⁾。

2.2 電気化学式ガスセンサ

図3に、電気化学式に分類される固体電解質型ガスセンサの応答メカニズム（図ではトルエンを使用）を示す。センサは、固体電解質である安定化ジルコニア（YSZ）と検知極、対極から構成され、検知極/YSZ/ガスおよび対極/YSZ/ガスで構成される三相界面で電気化学反応が生じ、各電極で電位が発生する。この電位差を読み取ってセンサ信号（出力電圧： E ）として検出する。対極は常に大気（空気）に曝される構造になっており、電位は変化しない。そのため、検知極の電

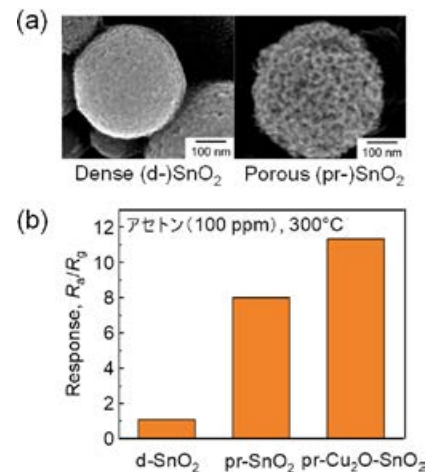


図2 感ガス材料の最適化

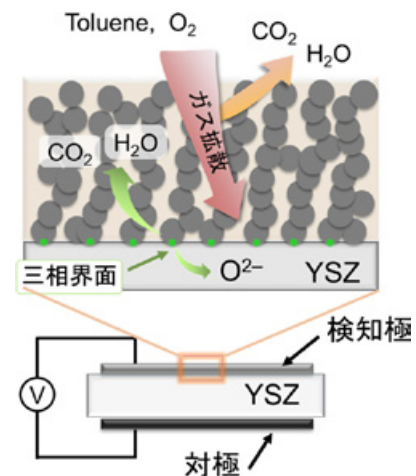


図3 電気化学式ガスセンサ

位変化によってセンサ応答する。空気中での E はほぼ0 Vを示す。検知極がトルエンに曝された場合には、トルエンの電気化学的な酸化と発生した電子により生じる酸素還元反応が同時に同じ速度で進行し、 E は負の方向に変化する。

なお、一部のトルエンは三相界面にガスが拡散する過程で燃焼し、センサ応答に寄与しない。したがって、大きなトルエン応答を得るためには、三相界面により多くのトルエンが到達し、その電気化学的な酸化活性が大きいことが重要である。さらに、酸素に対する活性が低いことも重要である。そこで、ガスが検知極を拡散する過程で燃焼するトルエンを低減するために、スパインコーティング法により薄膜構造の検知極を作製した（図4(a)）。作製したセンサは、トルエンに曝露されると E が負の方向に変化し、トルエン濃度の増加に伴ってより大きく変化した（図4(b)）。ガスを空気に戻すと E は元の値に戻るため、応答回復速度も十分であることがわかる¹⁰⁾。

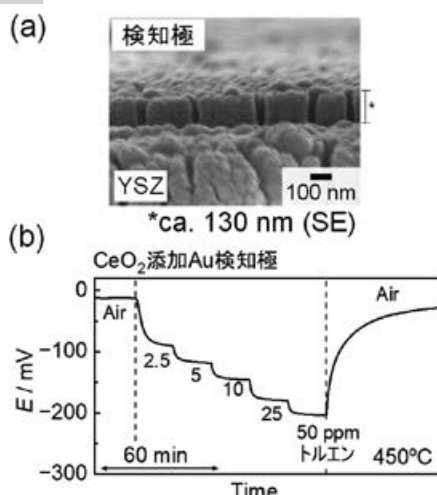


図4 スピンコーティング法による薄膜検知極の作製とトルエン応答特性

2.3 ダイオード式水素センサ

金属酸化物と貴金属の界面にショットキー障壁を形成したダイオード構造を利用する水素 (H_2) センサも開発している (図5(a))。図5(b) に, Ptと酸化チタン (TiO_2) との界面におけるエネルギー準位の概略図を示す。Ptと TiO_2 はフェルミ準位 (E_F) が異なり, TiO_2 のほうがより真空準位 (E_{vac}) に近い。これらを接合すると, TiO_2 よりPtへ電子が流れ, これらの E_F が一致して平衡状態となる。そうすると, TiO_2 側に相対的に電子の少ない領域 (空乏層) が生じる。 H_2 の存在下では, H_2 がPt電極に吸着解離したのち固溶することでショットキー障壁の高さが低下する。この障壁高さの低下により, 順バイアス時の電流が流れやすくなり, センサが H_2 に応答する。 TiO_2 膜を陽極酸化して多孔

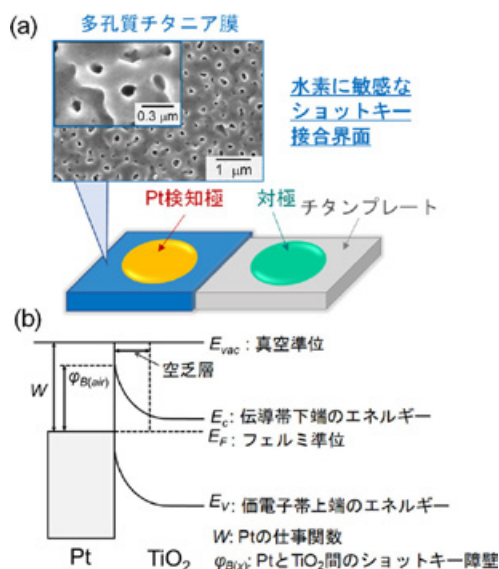


図5 ダイオード式ガスセンサ

質化することが H_2 の高感度検知に重要である¹¹⁾。

2.4 吸着燃焼式ガスセンサ

筆者らは, 接触燃焼式ガスセンサの一種である吸着燃焼式ガスセンサにも着目し, 微小電気機械システム (Micro-electro-mechanical-systems, MEMS) の技術を利用して得られるマイクロプラットフォームを基盤とした超小型のガスセンサを作製している (図6(a))。このセンサでは, 100 μm 角程度のPtヒータ付き薄膜基板上に酸化物 (触媒) 層が製膜されている。低温で一定時間作動させることでガス中のVOCsを触媒膜に吸着させたのち, 急激にパルス加熱することで吸着したVOCsを燃焼させ, 高感度な検出を可能とする方式である。

図6(b) に応答波形の一例を示す。比表面積の非常に大きなアルミナ (Al_2O_3) にPtと酸化セリウム (CeO_2) を共担持した触媒を用いた。酢酸エチルに対しては, 応答値は燃焼開始時に非常に大きな値を示し, 時間の経過とともに減少した。一方, ベンゼンやトルエンに対しては, 昇温後, 一定時間が経過した段階で最大応答を示し, その値を維持する傾向が観察された。これは, VOCごとに固有の吸着特性や燃焼特性を有するためであり, この特性を利用すればVOCsの識別性能を向上可能であると考えている¹²⁾。

3 今後のセンサ開発について

本稿では, 筆者らのガスセンサの高性能化に関

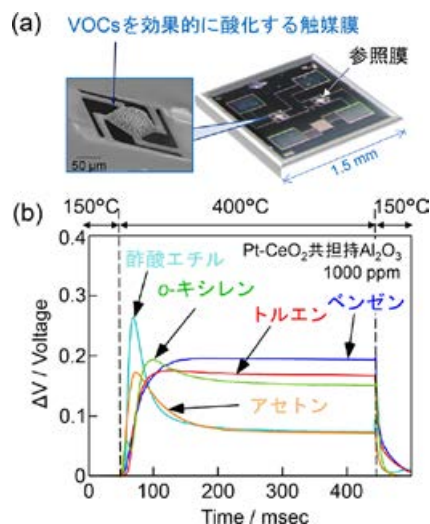


図6 吸着燃焼式ガスセンサ

する取り組みについて概説した。生体ガスに含まれるVOCsの計測は、非侵襲かつ継続的に健康状態を把握できる有力な手段であり、医療分野における応用が期待されている。高感度なセンサを開発するためには、応答特性が向上したセンサについて、そのメカニズムを解明することが重要である。

筆者らは、ガス検知に用いる材料表面へのガス吸着性や反応活性を解析している。例えば、半導体式センサについては、感ガス体表面へのVOCsの吸着挙動を拡散反射フーリエ変換赤外分光法(DRIFT)を用いて評価している。その結果、酸化物表面での負に帯電した吸着酸素種とVOCsとの燃焼反応活性に加えて、この表面でのVOC吸着特性がセンサ応答に及ぼすことを明らかにしつつある。また、電気化学式センサでは、三相界面における電極の反応活性を電気化学インピーダンス測定法により解析しており、この結果を高性能化に向けた検知極の設計に活用している¹³⁾。

今後も、応答メカニズムの理解を深めつつ高性能な生体ガスセンサの開発を進め、医療応用に貢献していきたい。

<引用文献>

- 1) 新コスモス電機：コスモストーリー, 2025年5月号
- 2) フィガロ技研：“フーゴシリーズ製品紹介”
https://www.figaro.co.jp/alcohol_checker/product/ (参照日2025年8月22日)
- 3) NISSHAエフアイエス：“オーラルクロマ製品紹介”
<https://www.fisinc.co.jp/products/oralchroma.html> (参照日2025年8月22日)
- 4) フィガロ技研：“アセトンセンサTGS1820製品紹介”
<https://www.figaro.co.jp/product/feature/tgs1820.html> (参照日2025年8月22日)
- 5) W.-T. Koo et al. : Catalyst-Decorated Hollow WO₃ Nanotubes Using Layer-By-Layer Self-Assembly on Polymeric Nanofiber Templates and Their Application in Exhaled Breath Sensor, *Sens. Actuators B*, 223, 301–310(2016)
- 6) C. Deng et al. : Determination of Acetone in Human Breath by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Solid-Phase Microextraction with On-Fiber Derivatization, *J. Chromatogr. B*, 810 (2), 269–275(2004)
- 7) S. Dubois et al. : Breath Ammonia Testing for Diagnosis of Hepatic Encephalopathy, *Dig. Dis. Sci.*, 50, 1780–1784(2005)
- 8) S. Torai et al. : Effects of Addition of Cu_xO to Porous SnO₂ Microspheres Prepared by Ultrasonic Spray Pyrolysis on Sensing Properties to Volatile Organic Compounds, *Sensors*, 11, 59 (2023)
- 9) T. Ueda et al. : Effects of Au Addition to Porous CuO₂-Added SnO₂ Gas Sensors on Their VOC-Sensing Properties, *Sensors*, 12, 153(2024)
- 10) T. Ueda et al. : Effects of Thickness of CeO₂-Added Au Electrodes of YSZ-Based Gas Sensors on VOC-Sensing Properties, *Sens. Actuators B*, 417, 136217(2024)
- 11) T. Hyodo et al. : Impacts of Surface Modification of Pt-Sensing Electrodes with Au on Hydrogen-Sensing Properties and Mechanism of Diode-Type Gas Sensors Based on Anodized Titania, *ACS sensors*, 2, 61–70(2023)
- 12) T. Hyodo et al. : Adsorption/Combustion-Type Micro Gas Sensors: Typical VOC-sensing Properties and Material-design Approach for Highly Sensitive and Selective VOC Detection, *Anal. Sci.*, 36, 401–411(2020)
- 13) T. Ueda et al. : Effects of Structure and Thickness of Ce_{0.9}Pr_{0.1}O₂ Electrodes of YSZ-Based gas sensors on VOC-sensing properties, *Sens. Actuators B: Chem.*, 422, 136580(2025)

<謝辞>

研究の一部は、JSPS科研費(19K05005, 21H01626, 24K01200, 24K01586)の助成を受けて実施しました。この場をお借りして感謝申し上げます。

上田 太郎 (うへだ たろう)

長崎大学 総合生産科学研究科
准教授(博士(工学))
e-mail : taroueda@nagasaaki-u.ac.jp



兵頭 健生 (ひょうどう たけお)

長崎大学 総合生産科学研究科
教授(博士(工学))
e-mail : hyodo@nagasaki-u.ac.jp



会合・行事予定 (2026.1 ~ 2026.3)

予定が変更される可能性がありますので、当会 HP の会員コーナー「CPD 行事の参加申込」をクリックして、「技術士 CPD 行事申込一覧(新システム)」(※ QR コード左) および本会の活動グループの行事が紹介されている「従来の CPD 行事一覧」(※ QR コード右) から、最新の予定を確認のうえ WEB 申込みか、各行事欄の連絡先に申し込んで下さい。



新システム



従来システム

◎印の会合はメンバー限り 無印の会合は本会会員であれば参加は可 ★印の会合は本会会員以外の方の参加も可

開催月日	会合・行事名	場 所	時 間	内 容／連絡先
1月	9日(金) ★機械部会 (2026年新春講演会)	機会展興会館 B3F 研修室2 (WEB 併催)	18時15分～ 20時30分	講演:「技術者から経営者へ 女性活躍推進の風に乗って」 講師: 水本伸子氏((株)トクヤマ 取締役・監査等委員 理学修士), プログラムの詳細は機械部会 HP まで
	★IT21の会(例会)	オンライン	19時～ 21時30分	「モノづくりサイクル高速化の極限ーハイパーカジュアルゲーム開発」(平山尚氏 (株)カヤック GE 事業部), 第2講「中小企業の DX」(田本秀行氏 田本経営相談事務所), オンライン懇親会, 申込詳細 https://www.it21.info/ (1月中旬)
	10日(土) 水産部会(定例会・講演会)	機会展興会館 6F 会議室 6-67	13時～17時	1. 定例会 2. 講演会「技術士の普及啓発の取組みとし紹介」綿貫啓氏(アルファ水工コンサツタンツ) 連絡先: shimizu-tak@tokencon.co.jp 清水
	埼玉県支部(技術士研究・業績発表大会)	新都心ビジネス交流 プラザ4F C 会議 室(JR 北与野駅)	13時～17時	技術士5人の研究或いは業績の発表を行います。申込: 日本技術士会 HP の CPD 行事予定から, プログラム, 参加費等: 詳細は埼玉県支部 HP に掲載, 大会終了後に新年会を別室にて開催 問合せ: saitama@engineer.or.jp CPD 委員会
	★近畿本部(機械システム部会 第113回例会・講演会)	大阪科学技術センタ ー403会議室とオ ンラインの併催	13時30分～ 17時	利益を生む開発設計手法を, MOT の視点から深掘り考察(紙昌弘氏(機械)), 海底ケーブルの機械強度について(杉山典之氏(経営工学)), 別途懇親会あり, 詳細は, 近畿本部機械システム部会 HP
	★新規開業技術士支援研究会	北トピア807, Web 会議併用	13時30分～ 15時30分	内容:「事例の紹介と討議」講師: 中石昭夫氏(化学), 川上隆史氏(電気電子), 参加費: 技術士協同組合ネット会員は無料, その他は 1,000円, 詳細は https://cea.jp/kaigyuu/ 連絡先: cea@cea.jp
	★九州本部(北九州地区支部 1 月度 CPD)	九州ヒューマンメ ディア創造センター, 八幡東区	14時～17時	1. 中嶋宏氏(三菱重工コンプレッサ) 大型ターボ製造技術, 2. 永松有紀氏(九州歯科大学) 食べる話す生きるを支える歯科材料, 3. 安永卓生氏(九州工業大学) 大学の教育接続と地域人材の学び増し 08017458396 牟田
	★千葉県支部(第156回 CPD 新春講演会)	千葉市文化センタ ー9階会議室2・3・4 +リモート(Zoom)	14時～ 16時30分	定年を待たずに独立した技術士の奮闘と学び(八角克夫氏(八角コンサルティンググループ代表), これから独立を目指す技術士に向けて, 50歳過ぎで独立の実体験を伝えます。独立の経緯, 苦労と反省, 独立して得た学びなど。
	11日(日) ◎なりわい支援ワーキング グループ(月例ミーティ ング)	オンライン(Zoom)	9時～11時	なりわい塾・まちおこし塾・ビジネス教育の活動状況, メンバー月例会は原則毎月第二日曜日9時～11時で変更の可能性あり, 新規メンバー募集中ですのでご興味のある方はご連絡ください。 連絡先: n-sugiyama3@wish.ocn.ne.jp 杉山
	14日(水) ★繊維部会 (2026年1月講演会)	オンライン (MS-Teams)	18時～ 19時30分	演題:「繊維サプライチェーンにおける bluesign の役割と実践的アプローチ」, 会費: 1,000円(会員), 1,500円(非会員), 詳細は, 繊維部会 HP に掲載
	16日(金) ★北海道本部(社会活動委 員会北方海域技術研究委 員会 令和7年度 技術研 究発表会)	(国研) 土木研究所 寒地土木研究所	14時～17時	問合せ: 北方海域技術研究委員会 幹事長: 石川浩希 ishikawa@njpc.co.jp
	17日(土) ★環境マネジメントセンタ ー(1月度月例会)	オンライン開催 (Zoom)	10時～12時	「全固体電池」講師: 荒野てつ也氏, 例会(情報交換), 申込は行事予定から
	★食品技術士センター(新 年会トークセッション)	日本教育会館 9F 「喜山倶楽部」, Web(Zoom) 併用	10時～12時	海外向けの食品表示作成における実務上のポイント(川合裕之氏/(株)ラベルバンク), 海外展開のための技術課題 ①お茶輸出の品質基準, ほか, 会費: 会員 1,000円, 非会員 3,000円, 申込: 下記新年宴会の URL より
	★食品技術士センター (新年宴会)	日本教育会館 9F 「喜山倶楽部」	12時30分～ 14時30分	(1) 来賓ご挨拶, (2) 永年会員表彰, (3) 輸出入食品の展示試食会, 会費: 当センター会員・非会員 8,000円, 申込は以下 https://passmarket.yahoo.co.jp/event/show/detail/O1hdm74k2ru41.html
	★中国本部 (技術士開業セミナー)	第3ウエノヤビル6 階(広島市中区鉄砲 町1-20) + 個別オ ンライン	10時30分～ 17時	1. セミナー内容: ①開業準備・基礎編 2題, ②実践編 2題「企業内技術士・元公務員など多様な講師による」, ③特別企画 パネルディスカッション「開業した今だから話せるここだけの話」 2. 参加費等 詳細は中国本部 HP 参照

📅 予定が変更される可能性がありますので、HP で最新の予定を確認のうえお申し込み下さい。

開催月日	会合・行事名	場 所	時 間	内容／連絡先
1月	17日(土) ★岡山県支部 (1月例会技術発表会)	岡山県立図書館 デジタル情報シアター	13時30分～17時	通常年末に開催しておりました技術発表会を年明けに開催することとしました。4名の方に発表していただきます。詳細は岡山県支部 HP に掲載します。 http://okayama.ipej-chugoku.jp/
	★知財コンサルティングセンター (1月セミナー)	ハイブリッド開催 (会議室 + Zoom, 会場は PCIP HP に掲載)	15時～17時	講演:「日本の製造業が抱える DX の課題と課題解決に向けたビジネスアプローチのご紹介、および 事業化に向けた知財面での検討の重要性」講師:石野智子氏 ((株) 日立製作所, ものづくり大学客員教授), 申込詳細は PCIP HP (https://pcip.jp/) に掲載
	19日(月) ★近畿本部 (青年技術士交流委員会 (若手エンジニア・研究者のためのオンライン交流会))	オンライン	18時～19時30分	日本機械学会若手の会との合同企画です。話題提供は南部紘一郎技術士(機械)です。参加無料, 飲食自由, 途中入退室自由です。お気軽にご参加ください。準備ができ次第, 近畿本部 HP に申込先をアップ予定です。
	20日(火) ★森林部会 (応用理学部会との共同講演会)	機械振興会館 6階 6-67会議室 + WEB 併用	18時30分～20時30分	山地地域の地すべり災害の特徴と研究課題 (森林総合研究所研究ディレクター (日本地すべり学会会長) 浅野志穂氏), 参加費: 会員 500 円, 非会員 2,000 円, 詳細は後日部会 HP に掲載 問合せ: shin-gi@forest-pro.jp 竹中
	★応用理学部会 (1 月度講演会 (森林部会部会との共同講演会))	機械振興会館 6-67 会議室, WEB 併用	18時30分～20時30分	山地地域の地すべり災害の特徴と研究課題 (浅野志穂氏/森林総合研究所国際戦略科長 (日本地すべり学会会長)), CPD: 2.0, 会員 500 円, 非会員 2,000 円 問合せ: apspekanji@gmail.com ※終了後, 交流会あり
	科学技術鑑定センター (2026 年 1 月例会/講演会)	Zoom によるリモート講演	19時30分～20時45分	経験した交通事故の刑事と民事対応について (國島旭会員 (機械/総合)), 参加条件: 日本技術士会会員かつ科学技術鑑定センター入会希望者, 申込書: 科学技術鑑定センター HP からダウンロード 問合せ: koho@kantei-center.com
	★技術者倫理研究会 (第 121 回例会)	ハイブリッド (機械振興会館 6-64 + Web (Teams))	18時30分～20時30分	話題:「技術士と技術者倫理」講師: 橋本義平氏 (情報工学), 参加費: 技術者倫理研究会会員 (正会員, 会友), グループ加入: 無料, 他: 1,000 円, 申込: 技術者倫理研究会 HP
	22日(木) ★四国本部 (第 108 回 CPD セミナー等)	サンポートホール高松第 54 会議室 (高松市サンポート) 会員のみ Web 配信併用	13時30分～19時	公開講座, CPD セミナー (防災セミナー併催), 終了後懇親会, 参加費: 会員 1,000 円, 非会員 2,000 円, 一般無料, 懇親会費別途 5,000 円 連絡先: 087-887-5557 四国本部事務局
	23日(金) ★技術士活性化委員会 (コラボレーションセミナー)	機械振興会館 (6D-4) 会議室対面およびオンライン	13時～17時	テーマ:「公的支援制度を活用した技術士の中小企業支援活動」講師: JPB 専務理事, 技術士 3 名, 参加費: 会員 1,000 円, 非会員 2,000 円, 申込: 日本技術士会 HP 行事, 詳細内容: 技術士活性化委員会参照
	24日(土) 製造物責任技術相談センター (PL 事例研究第 321 回)	WEB 会議 & ふれあい貸し会議室 渋谷 No22	10時～12時	太陽光発電の故障事例 (平山良彦氏 (電気電子) 平山技術士事務所代表), 申込先: 下記までメール連絡, WEB 参加者は参加費の確認後, WEB 接続情報を通知, 参加費: 1,000 円 問合せ: veq05116@nifty.com
	★経営管理チーム (1 月度例会講演会)	Zoom によるリモート講演会	13時～16時	技術士が幸福になるには (熊坂治氏/熊坂技術士事務所 代表, 技術士 (経営工学), 技術経営修士 (専門職)), 会費: KKT 会員外: 1,500 円, 申込: 日本技術士会 HP 行事予定 (従来版), 締切: 1 月 21 日
	★埼玉県支部 (技術士新規開業セミナー)	新都心ビジネス交流プラザ 4FC 会議室 (JR 北与野駅)	13時25分～16時30分	技術士事務所開設知識とノウハウ及び開設後の運営取組みに関し, ベテラン技術士 4 名が説明します。説明者: 菅原宏氏 (バルセッジ・インコーポレイテッド), ほか, 16 時 40 分～18 時懇親交流会, 詳細は支部 HP に掲載
	★茨城県支部 (2026 年 新年講演会)	ワークプラザ勝田 2F 大会議室	13時30分～18時30分	1. 新年挨拶 2. 講演会: 鉄道安全 (仮題) ((有) 佐藤 R & D 代表取締役 佐藤国仁氏), ヒートポンプ (仮題) (早稲田大学 次世代ヒートポンプ技術戦略研究コンソーシアム 事務局 河野恭二氏)
	★山口県支部 (2025 年度 第 2 回 テクノ・サロン (Web 併用))	KDDI 維新ホール 205 会議室	13時30分～16時50分	講演 1「わかる技術者倫理と知的財産」山崎幸治技術士, 講演 2「化学装置の安全・安定・安心の取り組み」三吉裕技術士, 講演 3「人財育成による社会貢献活動」～なりわい支援 WG の取り組み報告～ 石丸祐司技術士
	★安心できる安全社会を目指すリスクマネジメント研究会 (1 月例会)	北 ト ビ ア 807 会議室, オンライン (Zoom) 併用	15時15分～17時	講演 1「製造現場の課題 - 2 設備の変化にどう対応するか - リスクベースメンテナンスとは何か」中村昌允氏 (化学), 講演 2「次世代原子炉の安全性について」坂口英之氏 (原子力・放射線), 詳細 HP 問合せ: yamamoto@cea.jp
	27日(火) ★森林部会 (1 月度 CPD 講演会)	機械振興会館 6-65 会議室 + WEB 併用	14時45分～16時45分	二酸化炭素吸収源としての森林の役割～吸収源インベントリと J-クレジット, 排出量取引等の最新動向～ (林野庁森林利用課森林吸収源情報管理官 川口大二氏), 参加費: 会員 500 円, 非会員 2,000 円, 詳細は森林部会 HP

📅 予定が変更される可能性がありますので、HP で最新の予定を確認のうえお申し込み下さい。

開催月日	会合・行事名	場 所	時 間	内容／連絡先
1月	29日(木) ★中国本部(2025年度 第二回防災講演会)	広島弁護士会館(広島市中区上八丁堀2-73)	13時～17時	「森林・水文・地形モデリングに基づく斜面崩壊予測」京都大学 防災研究所 松四雄騎教授, 演題2「崩壊跡地の植生回復について」福山市立大学加藤誠章教授他2題, 申込期限: 1月16日 問合せ先: 中国本部事務局
	31日(土) ★上下水道部会(講演会)	機械振興会館 6-67	15時～17時	講師: 公益財団法人日本水道協会工務部長 本荘谷勇一氏, 演題: 「(仮) 水道施設設計指針 2024～改定の背景と主な改定内容～」
2月	6日(金) ★IT21の会(例会)	ハイブリット(東京ウィメンズプラザ+オンライン)	18時30分～ 20時30分	「決める×伝える ―技術士のためのドラッカー流マネジメント」(水口淳一郎氏 合同会社 CHub・P 代表), 第2講「技術と経営の“継承設計”」(竹内正之氏 中小企業診断士), 懇親会, https://www.it21.info/ (2月中旬)
	7日(土) ★知財コンサルティングセンター(2月セミナー)	ハイブリッド(VILLENT 浜松町+Zoom)	10時～12時	企業視点, 特許中間処理戦略(荻野誠司氏/一般社団法人日本知的財産協会 人材育成委員会, 住友電気工業(株) 知財テクノセンター), 会場, 参加費, 申込方法等の詳細は PCIP HP (https://pcip.jp/) の「お知らせ」に掲載
	★農業部会(講演会)	機械振興会館 6D-1, 2 & WEB	12時40分～ 17時	「国内の病害虫・雑草防除をめぐる状況」藤井達也氏(農林水産省), 「環境保全に傾斜する英国の農業政策」和泉真理氏(日本協同組合連携機構), 他, 詳細は HP 問合せ: harakawa.t@city.maeda.co.jp 原川
	★経営管理チーム(2月度例会・講演会)	ZOOMによるリモート講演	13時～16時	仕事に使える AI (戸塚卓志氏(戸塚技術士事務所代表, 技術士(情報工学/総合)), 会費: KKT 会員外: 1,500円, 申込: 日本技術士会 HP 行事予定(従来版), 締切: 2月2日 問合せ: hitakaha@f4.dion.ne.jp 高橋
	★長野県支部(防災 CPD 研修会)	松南地区公民館(長野県松本市芳野4番1号)	13時30分～ 15時30分	「土砂災害に対する森林の底力とその限界」(信州大学特任教授 平松晋也氏), 詳細は支部 HP 問合せ: penagano@penagano.org
	★鹿児島県支部(第49回 CPD 講演会)	鹿児島市勤労者交流センター7F 第1会議室	13時30分～ 16時40分	「未来につながる日々の風景(仮)」尾野薫氏(宮崎大学地域資源創成学部講師), 「画像は見る時代から, 読み解く時代へ」松田翔太氏(第一工科大学工学部助教), 申込期限 1月24日, 先着 60 名, 会費等詳細は当支部 HP
	★新規開業技術士支援研究会	北トピア 805, Web 会議併用	13時30分～ 15時30分	内容: 「事例の紹介と討議」講師: 西山毅氏(化学), 小林晃氏(機械/総合), 参加費: 技術士協同組合ネット会員は無料, その他は 1,000円, 詳細は https://cea.jp/kaigyou/ 連絡先: cea@cea.jp
	◎北海道本部(社会活動委員会技術者のミライ研究委員会 ミライカフェ Vol.14)	北海道科学大学	14～16時	テーマ: 「働く環境のリアルな悩み～大学生と語りあおう～」 問合せ: y.chiba@dosuicon.co.jp 技術者のミライ研究委員会 幹事長 千葉
	8日(日) ◎なりわい支援ワーキンググループ(月例ミーティング)	オンライン(Zoom)	9時～11時	なりわい塾・まちおこし塾・ビジネス教育の活動状況, メンバー月例会は原則毎月第二日曜日 9時～11時で変更の可能性あり, 新規メンバー募集中ですのでご興味のある方はご連絡ください。 連絡先: n-sugiyama3@wish.ocn.ne.jp 杉山
	13日(金) ★機械部会(2月例会)	機会振興会館 6D-4 会議室(WEB 併催)	18時30分～ 20時30分	講演: 「微細気泡の複雑な振る舞いとその応用」講師: 高木周氏(一般社団法人日本機械学会 筆頭副会長, 東京大学大学院工学系研究科教授), プログラム詳細は, 機械部会 HP まで
	14日(土) ★九州本部(北九州地区支部 2月度 CPD)	タカミヤ環境ミュージアム	13時～17時	1 吉田智博氏(福岡県工業技術センター) 検討中, 2 尾形公一郎氏(大分高専) 粉体プロセスにおける粒子特性及び粉体特性の重要性と課題, 3 田中和明氏((株)川熱) 金属部会の活動と技術士育成 08017458396 牟田
	★海外活動支援委員会(海外技術協力実務研修会-4)	機械振興会館 6階 6D-3 会議室及び Web 配信	13時30分～ 16時45分	「安全保障貿易全般について」講師: 経済産業省 中小企業等アウトリーチ事業 専門アドバイザー 綿貫義久氏, 「安全保障貿易管理事例集の紹介」講師: 坪井秀夫氏, 参加費: 無料
	生物工学部会(2026年2月例会)	機械振興会館 B3 階 研修-2 会議室およびオンライン配信	14時～17時	「伝統的酒造りとそれを支える生物工学」(仮)と題し, 宇都宮仁氏(農業部門, 日本酒造組合中央会), 武藤貴史氏(日本醸造協会), 岩下和裕氏(酒類総合研究所), 堤浩子氏(生物工学部門, 月桂冠)に講演いただく, 詳細は部会 HP
	★千葉県支部(第158回 CPD 技術者倫理講演会)	千葉商工会議所 13 階小会議室+リモート(Zoom)	14時～ 16時30分	CSR とそれを支える技術者倫理(岡部政美氏(建設/総合)), 要旨: 企業の CSR は利益追求に加えて環境保護や人権尊重など社会的価値への貢献を求める概念であり, 技術者倫理が不可欠である。申込: 2/8 まで, 千葉県支部 HP
	17日(火) ★応用理学部会(2月度講演会(中国本部との共同講演会))	機械振興会館 6-67 会議室, WEB 併用	18時30分～ 20時30分	1. 講演者: 宇都宮大学准教授 清水隆文氏, 2. 概要: 地下空間利用と課題(仮), 3. CPD: 2.0, 4. 会員 1,000円, 非会員 2,000円, 5. 問合せ: apspekanji@gmail.com ※終了後, 交流会あり

☞ 予定が変更される可能性がありますので、HP で最新の予定を確認のうえお申し込み下さい。

開催月日	会合・行事名	場 所	時 間	内容／連絡先
2月	17日(火) 科学技術鑑定センター (2026年2月例会(講演会))	Zoomによるリモート講演	19時30分～ 20時45分	演題:「水害を被った機械の保険金額の妥当性鑑定」 演者: 栗島建治(機械), 参加条件: 日本技術士会会員かつ科学技術鑑定センターに入会を希望する人 問合せ: koho@kantei-center.com 総務幹事宛
	18日(水) ★資源工学部会 (2月CPD講演会)	東京会場: 機械振興会館6D-3 大阪会場: 近畿富山会館ビル2F	18時30分～ 20時	海洋研究開発機構は2026年1月に南島沖のEEZにて海底レアアース泥の試掘を計画しています。レアアースを含めた海洋の資源全般に関して、将来性や課題についてJAMSTECの倉本真一特任参事に講演頂きます
	19日(木) 衛生工学部会 (2025年度2月講演会)	機械振興会館 B3 階 研修室1およびWEB	18時30分～ 20時	「ポパール事故の教訓～安全管理と技術者倫理」 講師: 保田耕三氏(三井化学(株), 千葉大学非常勤講師, 日本大学非常勤講師), 詳細はHPにて 連絡先: yamamoto.yoichi@nifty.com 山本陽一
	20日(金) ★情報工学部会(講演会)	機械振興会館6-66 会議室及びWeb ※ Webは会員及び新合格者限定	18時30分～ 20時	「AI等の先端技術を平和な未来に。技術流出を防ぐ安全保障貿易管理」 講師: NEC 岡田克彦氏, 会費: 情報工学部門新合格者は無料, 会員1,000円, 非会員2,000円 連絡先: 佐藤 終了後情報交換会有
	21日(土) ★中国本部(機械部会 第2回講演会)	第3ウエノヤビル6階 コンファレンススクエアM+	13時～ 16時30分	ものづくり白書2025, エネルギー基本計画, 金属材料と疲労強度の技術史と最新動向について, 講演会を開催します。参加費: 会員500円, 本会システム登録者等1,000円, 詳細は中国本部HPをご参照ください
	★青年技術士支援委員会 (2月度CPD行事「思考法を学ぼう! 問題解決の第一歩」)	機械振興会館 6-66 会議室	13時30分～ 17時30分	技術者目線で三大思考法(ロジカル/ラテラル/クリティカルシンキング)を学び, 場面に応じて効果的に使い分けできるようになることを目指します。詳細は青年委員会HPから 問合せ: event02@peyec.jp 担当: 松沢
	25日(水) ★北海道本部(第45回地域産学官と技術士との合同セミナー)	エア・ウォーターの森 フォレストホール	13時～17時	テーマ:「今, 北海道に問われていること～北海道の未来のために技術士が果たすべき役割を考える～」 問合せ: hkd-eng@ipej-hokkaido.jp 北海道本部事務局
	28日(土) 化学部会(2月度講演会)	オンライン(Teams)	13時30分～ 17時	講演1 調整中 講演2「カーボンニュートラルの最新現状と課題(仮)」 有馬純氏(東京大学公共政策大学院教授)
	★経営工学部会 (2月例会・講演会)	機械振興会館 B3 階 研修-2室またはオンライン	13時30分～ 17時	1部: 部会報告, 2部: 講演会「経営工学<サービスマネジメント>のシンカを学ぼう」をテーマに経営工学3団体より3講演, 会費: 1,000円(会員), 2,000円(非会員), 交流会有, 詳細は部会HP参照, 申込は行事予定
	埼玉県支部(CPD講演会「技術流出の危機管理」)	新都心ビジネス交流プラザ4階C会議室とオンライン	13時30分～ 17時	技術流出の防止策について流出事例をもとに学習いたします。定員: 会場30名, オンライン100名, 講演3件: 経済産業省 坂口伸氏, 財務省 藤田忠之氏, 埼玉県警察本部 矢野圭一郎氏, 詳細は支部HPを参照
3月	6日(金) ★IT21の会(例会)	オンライン	19時～ 21時30分	1. 講演「災害と危険を知ろう」 藤田嘉美氏(電気電子): 災害と危険について生活空間, 居住環境, 日常生活の面から報告する。2. 参加費は無料, 参加希望者は事前申込が必要, 3. 問合せ: reo.fujita@gmail.com(藤田)
				「産学連携(企業と大学との共同研究)について」(鈴木元子(株)データシード Research Quality Manager), 第2講演 調整中, オンライン懇親会予定, 申込詳細 https://www.it21.info/ (2月中旬)

IPEJ NEWS

■会員の方などの叙勲・勲章(令和7年秋)

〔旭日単光章〕

久保元氏(建設/北海道): 中小企業振興功労

〔瑞宝双光章〕

伊藤吉勝氏(建設/宮城): 国土交通行政事務功労

玉木博之氏(建設・総合/北海道): 国土交通行政事務功労

松尾裕治氏(建設・総合/香川): 国土交通行政事務功労

〔瑞宝小綬章〕

青木照美氏(原子力・放射線/神奈川): 文部科学行政事務功労

大内幸則氏(農業・環境・総合/北海道): 国土交通行政事務功労

川田明宏氏(農業/神奈川): 農林水産行政事務功労

藤岡豊陽氏(農業/香川): 農林水産行政事務功労

高木譲一氏(元・日本技術士会専務/東京): 文部科学行政事務功労

お知らせ

新年あけましておめでとうございます

広報委員会

新年あけましておめでとうございます。本年もどうぞよろしくお願いいたします。

新しい年を迎えまして、引き続き皆さまの技術士生活が実り多いものとなりますよう、改めて当会の活用の仕方を紹介させていただきました。本会をご活用いただき、素晴らしい技術士生活をお過ごしく下さい。新年のご挨拶を申し上げますとともに、皆さまのご健康とご多幸をお祈り申し上げます。

▽月刊『技術士』は WEB でも閲覧できます。

本会報はモノクロです。WEB で閲覧した場合は、原稿に依るところはありますが、カラー表示のものもあります。是非、WEB 版も閲覧してみてください。

【月刊『技術士』】紹介サイト(以下もしくは右の QR コード)

https://www.engineer.or.jp/members/c_cmt/kouhou/topics/001/001406.html



▽本号は一般の方々にも公開しております。

本特集号は、以下のサイトで、一般の方々にも公開しております。オープンアクセスになった記事はこちらで紹介させていただいておりますので、本号を読みたいという知人の方がおりましたら、是非、同サイトをご紹介ください。なお、同サイトでは、本会の社会貢献活動などをバナーで紹介しています。バナーは適宜更新されるので、時折、こちらも覗いてみてください。

【一般の方向け月刊『技術士』】紹介サイト(以下もしくは右の QR コード)

https://www.engineer.or.jp/c_cmt/kouhou/topics/008/008808.html



▽CPD 登録システムについて

日本技術士会では自己研鑽 (CPD) の記録のために、CPD 登録システム (Pe-CPD) を提供しております。例えば新春記念講演会や技術者倫理シンポジウムなどの CPD 行事に参加した際や業務成果を上げた際は、ぜひ登録してみましょう。登録状況はレーダーチャートでも表示され、例えば、「ちょっと、一般共通資質の研さんが足りないな。コミュニケーションについても勉強してみよう」と、気づきを得られるかもしれません。

【新・技術士 CPD 制度】紹介サイト(以下もしくは右の QR コード)

https://www.engineer.or.jp/contents/cpd_new.html



▽忙しい皆さまへ、収録した動画を閲覧することができます。

当会の会員の皆様は現在、「《Pe-CPD》CPD 講演内容のHP 視聴」サイトより、CPD 講演を収録した動画を無料でみることができます。最新動画の他にも、多くの動画に関心が集まっていますので、是非、関心のあるものを探して閲覧してみてください。

このサイトの動画視聴は、技術士 CPD の自己学習【換算係数 0.5, 年度上限あり】に該当します。

【《Pe-CPD》CPD 講演内容のHP 視聴】サイト(以下もしくは右のQRコード)

<https://www.engineer.or.jp/kaiin/password/cpd/pecpd001.php>



▽Pe ラーニング(無料版:技術者倫理等のコンテンツ)について

技術者倫理等のコンテンツ(択一式/記述式)を無料で提供しています。択一式は、講演動画の視聴後に択一式の確認テストに合格することで視聴証明書が発行されます。記述式は、倫理事例集動画の視聴後に「学習について考えたこと」を記述すると視聴証明書が発行されます。

いずれの方式でも視聴証明書が発行されれば、技術士 CPD の講演・研修【換算係数 1.0, 年度上限なし】で登録することができます。

【無料版:技術者倫理等のコンテンツ】サイト(以下もしくは右のQRコード)

https://www.engineer.or.jp/c_topics/009/009554.html



▽Pe ラーニング(有料版:専門的学識等のコンテンツ)について

専門的学識等のコンテンツを有料で提供しています。講演動画の視聴後に択一式の確認テストに合格することで視聴証明書が発行されます。視聴証明書が発行されれば、技術士 CPD の講演・研修【換算係数 1.0, 年度上限なし】で登録することができます。

【有料版:専門的学識等のコンテンツ】サイト(以下もしくは右のQRコード)

https://www.engineer.or.jp/c_topics/011/011035.html



▽技術部門と選択科目の英語表記について

「今年は海外で活躍しよう」。そう、一年の計を定めた方もいらっしゃるのではないのでしょうか。当会では、技術部門と選択科目の英文表記を定めています。例えば、機械部門は「Mechanical Engineering」、船舶・海洋部門は「Marine & Ocean」。各部門の英語表記一覧は下記のサイトに紹介されておりますので、是非、ご活用ください。

【技術部門と選択科目の英文表記】サイト(以下もしくは右のQRコード)

https://www.engineer.or.jp/c_topics/000/000335.html



訃報 一謹んでご冥福をお祈りいたします。				(敬称略)	
山石 和彦 (機械)	2025/10/22	69歳	鶴田 郁男 (森林)	2025/9/29	91歳
丸山 修 (農業)	2025/11/10	79歳			

編集室から

今月号の特別号のテーマは「医療における工学技術（医用工学）」であった。

先端的な、手術支援ロボットのダヴィンチを思い出した。医療関係の方の声を一つ一つ聴き、工学技術で応えていったことが、これを作り上げてきたと感じた。

また、身近なことで、自分自身も毎年受診する健康診断では、小さなころから、同じ機器の定点観測を自然にしている。本特集号を進めながら振り返るとかなりの進化を感じた。

かつて、別々であった身長、体重も同じ測定器になり、同時に体脂肪も測れるようになっていく。身長が自動で測れることは、手でも良いのではと、どこまで自動にするのかと過剰に感じたこともあったが、計測する立場になれば、何人もの身長を手で測ることがなくなり、かなりの労力が軽減されていると改めて感じた。

視力測定も壁についた印に向かい測定をしていたが、今は席に座り、両眼を開けた状態で、自分自身は気が付かないうちに、片方ごとの視力が分かる。省スペースにもなった。

血圧計も、手でシュボシュボしながら、看護師の方にいただいた、今は、自動になり、家庭でも簡単に計測ができるようになった。その反面、災害時などでは、必ずしも自動でなく、昔ながらのものが、必要とされる場面もあると思うことを最近を感じる。高度化されたものでなく、原点、原理も大切であると感じた。測定や機器類の原理を知り、開発の基礎を知り、しっかりと学び続けていくことが大切と感じた。

日々の工学技術の進歩と共に、医療工学の分野も進歩していくであろう、工学の側面から医療の一翼を担い、多くの命を助けることに繋がればと思う。

(枝村正芳)

■ 広報委員会委員

委員長	藤原 憲男(建設)				
副委員長	石川 弘子(建設)	田中 克己(電気電子)	増岡 進(環境)		
委員	安藤 亘(水産)	飯田 雅弘(上下水道)	井口 幸弘(原子力・放射線)	伊東 潤二(生物工学)	
	稲垣 弘之(航空・宇宙)	枝村 正芳(繊維)	大久保 暁一(電気電子)	大野 博之(応用理学)	
	大森 麻理(情報工学)	小澤 明夫(電気電子)	金子 隆(化学)	楠橋 康広(建設)	
	倉成 真一(情報工学)	曾武川 淳(衛生工学)	反町 容(建設)	高橋 正人(機械)	
	東瀬 康孝(建設)	原田佳代子(森林)	細谷 裕士(農業)	松下 滋(金属)	
	宮内 憲一(金属)	吉川 武志(経営工学)			
地域本部	【北海道】見上 敏文(水産／総合)	【東北】利部 哲(環境／建設)	【北陸】小林 秀一(建設)		
における	田守 隆浩(農業)	小松 孝輝(上下水道／総合)	梶川 明美(情報工学／総合)		
広報担当	【中部】岡井 政彦(電気電子)	【近畿】吉田 富彦(機械／総合)	【中国】楠橋 康広(建設／総合)		
	西方 伸広(機械)	北川 昭浩(経営工学)	櫻井 理孝(金属)		
	【四国】岩佐 隆(建設／総合)	【九州】倉成 真一(情報工学)			
	西沢 尚之(情報工学)	松田 敦(建設)			

技術士 IPEJ Journal 2026年1月号 No.709

定価 1,500円

■ 発行所および責任者 ©公益社団法人 日本技術士会 眞先 正人
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階
TEL 03-3459-1331(代) FAX 03-3459-1338
URL <https://www.engineer.or.jp/>
■ 制作・印刷 (株)アイセレクト
◎本誌記事の無断転載を禁じます。

(日本技術士会会員は会費の中に購読料を含む)

*「IPEJ」「日本技術士会」「技術士会」「技術士(CPD認定)」「 (CEマーク)」「 (PEマーク)」「 (Pe-CPDマーク)」は、公益社団法人日本技術士会の登録商標です。

講師募集中！

あなたの「技術力」を活かしませんか？

- ▶ セミナー ▶ コンサルティング
- ▶ 通信教育 ▶ eラーニング
- ▶ 企業研修 ▶ 出版 etc.

経験ゼロでも OK！
丁寧にご支援します。
お気軽にお問い合わせ
ください。

【実例】

セミナー講師（技術士：金属部門）
テーマ：金属製品管理技術（防食）
講師料：16 万円（1 回 4 時間）



株式
会社

新技術開発センター 担当：おうみ 近江



03-5276-9033

service@techno-con.co.jp

〒102-0082

東京都千代田区一番町 17-2

<https://www.techno-con.co.jp>

年会費口座振替案内の電子化について

事務局

これまで、年会費の口座振替に関する事前案内書面につきましては、郵送にてお届けしてまいりました。しかしながら、近年の郵送費の上昇や、迅速・確実な情報提供体制の整備を進める観点から、2026年3月発送分より、案内書面を郵送ではなく電子メールにてPDFファイルをお送りする方法へ切り替えることといたしました。

つきましては、現在年会費の支払い方法を口座振替にされている会員の皆様におかれましては、当会に登録されているメールアドレスに変更がある場合、速やかに当会 HP のマイページ上から変更手続きをいただきますようお願い申し上げます。

メールアドレスが確認できない場合、案内をお届けできない可能性があります。

ご理解賜りますよう、お願い申し上げます。

【日本技術士会 HP マイページ】（以下 URL または右 QR コード）

<https://www.engineer.or.jp/weblogin.php?>





技術士・RCCM 転職登録受付

建設・上下水道・農業土木・森林土木

応用理学 各部門・一級建築士

**30年の経験と実績、大手コンサルタント
中小・地方コンサルタントへの紹介多数！**

株式会社 **ベネット**

登録から入社までの全ての費用は一切無料です。

ご登録・お問い合わせは 小室 までご連絡ください。

Tel **06-6948-5045**

Fax **06-6948-5044**

e-mail **komuro@ui-net.co.jp**

厚生労働大臣許可 27-02-ユ-0111

〒530-0041

大阪市北区天神橋 1-20-13
有明ビル2C ベネット分室

技術者登録受付中（転職・Uターン）

技術士・RCCM

建設部門 上下水道部門 農業部門 森林部門 機械部門

登録料無料

秘密厳守



技術人材研究所

（オーテックコンサルタント株式会社）

東京本社 / 〒103-0028 東京都中央区八重洲 1-8-17

福岡本社 / 〒810-0044 福岡市中央区六本松 4-11-25

大阪支所 / 〒530-0001 大阪府大阪市北区梅田1-11-4

厚生労働大臣認可 40-ユ-300263

ご登録は
こちらへ

TEL ☎ 0120-56-8800
FAX ☎ 0120-16-8800

E-mail: gijutsu@otec-jinzai.com HP: <http://www.otec-jinzai.com>

求人
スカウト
同時受付



技術士・RCCMの転職サポート

- ❗ 技術士（建設コンサルタント出身者）による転職相談
- ❗ 転職者の方は相談・登録・紹介等全て無料
- ❗ 実績に基づく独自ネットワークによる紹介

60代求人多数あります！
お気軽にお問い合わせ下さい

↓当社運営ブログも併せてご覧ください↓

建設コンサルタントについて考える



技術士のつぼ



無料登録
ご相談は

<https://jinzai.mo4c.com/>

技術士人材センター

検索



担当: 手塚 (技術士 建設部門<道路>・総合監理部門・経営工学部門 / 中小企業診断士)

建設コンサルタント・技術士人材センター

株式会社建設経営研究所 厚生労働大臣許可番号 13-コ-305516

〒206-0033 東京都多摩市落合 1-10-1
京王多摩センター SC2F KEIO BIZ PLAZA 多摩センター内

TEL 042-319-3581
Mail: info@mo4c.com

業界に精通したコンサルタントが、
成功する転職をご支援します。

★ <http://5starcon.co.jp>

相談から就職まで(無料) ▶

株式会社 ファイブスターコンサルタント

地場コンサルは
人手不足が深刻
時短・週休4日、
リモート、2拠点生活
年収条件と併せて
調整可能です。
本年もよろしく
お願いします。

◇2026年1月のお勧め求人◇

- 地場コン/土質・鋼コン・道路/60歳※850万円@大分
- 地場コン/河川・鋼コン・農工、道路/55歳※850万円@盛岡
- 地場コン/道路・河川・上水・/60歳※900万円@福岡
- 地場コン/下水・上水・道路・河川/60歳※900万円@千葉

※はモデル年収

～ネット検索にはない旬の求人や全国
(大手・地場)の非公開情報をご紹介します～

技術士紹介 23年の信頼
代表取締役 五座 由洋【技術士：總監・上下水】

まずは、お気軽にお問い合わせください。



03-5227-5300

受付: 月～金 / 10:00～18:00



info@5starcon.co.jp

Professional
Peace
Engineer
Environment
Ethics

技術士 PE
IPEJ Journal 2026. 1

2026年1月1日発行(毎月1回1日発行)
通巻709号

¥1500



<https://www.engineer.or.jp/>