医療福祉工学専門委員会

医療福祉工学専門委員会の活動を振り返って ～type B 工学の社会展開～

Looking Back on the Activities of the Medical and Welfare Committee—Social Implementation of Type B Engineering—

太田裕治** 佐久間一郎***
Yuji OHTA and Ichiro SAKUMA

Key words

biomedical engineering, life support technologies, transdisciplinary, regulatory science, human centered engineering

1. はじめに

長らく活動を続けてきた医療福祉工学専門委員会は、今年度をもってその活動をいったん休止とすることとなった。本小文では、その間の経緯を述べるとともに、工学領域における本分野の特徴や現況、将来などについて広く考察してみたい。

2. 医療福祉工学専門委員会の経緯

「医用工学」「福祉工学」なる言葉はいまでは人口に膾炙するに至っているが、執筆者が学生であった30～40年ほど前は工学の領域としてはほとんど知られていなかった*1。この分野は、東京大学工学部においては、1980年ごろに芽生えたと思われる。当時は工学領域内でヒトや人*2を対象とし、それらの生命や生活を扱う分野はほとんどなく、工学部や医学部で人工臓器や医療機器などの医用工学研究が（細々と）行われていたようである。このなかで、医用工学・福祉工学をメインとして扱うライフサポートテクノロジー学会（現ライフサポート学会）が1985年に設立された。「ライフサポートテクノロジー」の趣旨として、以下が謳われており、やや長いが全文引用する。

*1 当然科研費の分野にもなかった。現在とは隔世の感がある。医用工学・福祉工学などの分野を指す biomedical engineering なる語は（工学分野名称としても教育組織名称としても）以前からあるにもかかわらず。

*2 「ヒト」は生物としてのみたときの人間、それに対し、「人」は社会の中で実際に暮らしている人々のこと。これらの領域はいまでもほとんどない。これほど、技術を人との距離が近づいた今でも、工学部で、生物学、解剖学、生理学、心理学などを教えるところはほとんどない（と思う）。

*原稿受付 令和2年8月11日

**お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科（東京都文京区大塚2-1-1）

***正 会 員 東京大学大学院工学系研究科（東京都文京区本郷7-3-1）

ライフサポート学会とは

1. 今後の我国社会発展の基盤

我国社会の健全な発展は、自立精神の助長・相互扶助の精神の涵養を基礎として、個人・家庭・社会の生命・生活を健康に維持・発展することに依存する所が大きい。壮年労働層の減少等、我国有史以来始めての社会構造の急激な変革である高齢化時代の到来を目前にして、この維持・発展のためには、足らざるは補う高度技術の開発・利用による支援が、今後益々必要となる。

2. 必要となる新しい技術

この新しい技術は、医学・生物学等と結合した工学に、社会福祉・行政等・より社会的・集团的視点からの必要条件をも付加した新しい視点からの高度開発技術であるといえよう。個人に関するものとしては、今後の高齢化時代に新たに発生・増大が予想される疾病を含んだ医療用高度機器、高齢化時代を支える個人の健康維持のための各種訓練器・家庭用計測器・生体用各種補助機器等の開発による技術的支援が、集団に関するものとしては、障害者の介護にあたる家族の日常生活維持等、生活環境保持のための機器、障害者・高齢者等を含む地域社会における自立生活援助のための機器開発等を、さし当たり挙げることができよう。

3. 本学会の目的

自立精神を助長し、相互扶助の精神を伸展することを柱として、我国の個人・社会の生命・生活を健康・安全に発展させるために求められる技術的支援、特に新しい機器開発について、研究開発・情報交換等を行い、我国および国際社会の発展に貢献することが、本学会の設立とその活動の主たる目的である。この目的の実現には、多数異なる分野の知識・経験の統合によって作られる新しい概念に立った技術分野を開拓・建設していかなければならない。このためには、従来のいわゆる「医工学」とも異なる「生命・生活支援技術」とも称されるべき新しい高度な工学の発生が期

待される。本学会はこの新しい工学・技術分野に関心のあ
る研究者に広く参加を求め、研究開発・意見交換の場を提
供し、また関係生・医・薬・理・工等の研究諸機関・団体
との連絡を密にし、特に機器開発の基礎となる精密機械分
野と提携補完して、共に本分野開拓に努め、我国社会の新
しい発展の基礎の一つとして役割を果たそうとするもので
ある。(以上)

当時、高度経済成長からバブル経済へ向かうなか、いち
早く生命・生活支援技術を「発見」し、その重要性を高ら
かに謳いあげたことは卓見である。その後、本技術領域で
は、医療、福祉、健康といった生命／生活ニーズとの関わり
が一層緊密となり、社会変動力となっていくことは具
体例を挙げるまでもないであろう。このような状況で、上
記学会の主要メンバーが、精密工学会にあっては医療福祉
工学専門委員会として、生命・生活支援技術に関わる研究
活動や情報発信を機動的に進めてきた。精密工学会は他の
工学系諸学会に先駆けて、いち早く生命・生活支援技術を
取り込んだと考えている。

このように成立し活動が続けてきた医療福祉工学専門委
員会であるが、30年間ほどの活動を通じて、以下の状況
を迎えるに至った。

○精密工学の医用生体応用としては、当初は、診断・治療
技術への応用、また、生活支援技術への応用が主であった
が、近年では、さらにその対象を急速拡大しつつある。す
なわち、細胞・組織・臓器・個体の各レベルにおいて、そ
の動態を定量的に再現性良く(精密に)、高い分解能でか
つ多項目同時に計測・制御する手段を提供することで、医
学においては疾患に関わる生命現象の理解と得られた知見
に基づく新たな医療技術への応用が進みつつある。また、
より広く生命科学の基礎研究に貢献する各種工学技術が開
発されたことで、それらの農学・薬学など周辺領域への応
用展開が広がりつつある。要するに、精密工学は基礎から
応用に至る医用工学・生命工学分野の隅々にまで広がった
といえる。

○本領域の発展と軌を一にして、さらに深く技術と生命／
生活／社会との関わりを捉えるべく、日本コンピュータ外
科学会(1992)、日本生活支援工学会(2000)、看護理工学
会(2013)の諸学会が、医療福祉工学専門委員会をコアと
して次々と設立された。他の工学系諸学会においても徐々
にヒト／人／社会を扱う技術分野を取り込んできており、
それに対応するように、科研費分野でも「生体医工学」が
相応の地位を占めるに至っている。

このような状況を迎え、精密工学が今後このような分野
でどのような貢献ができるかについて、また、関連学会と
の比較の上で、その特徴をどのように出すべきなのかが課
題となってきており、ここでいったんは本専門委員会を発
展的解消とし従来の活動を終息させた上で、新たな出発に
ついて考えるべきと判断した。活動を締めくくるにあた
り、今後の精密工学会がカバーする分野として広範な医

療・福祉工学分野のなかでどの分野に注力するのか、また
この分野の社会実装を進めるためにどのような議論を進め
るべきなのかを検討していく所存である。

3. 生命・生活を対象とする工学技術の潮流について

では、このような技術の潮流はどこから来たのであろう
か。工学諸分野の分類構成は明治時代に工学部が設立され
たときの学科構成に基づいて考えることができる。すなわ
ち、機械工学を筆頭に、電気工学、電子工学、化学工学、
土木工学、建築等々である。これらはおもに都市インフラ
を構成する諸技術と対応する(以下、これらを type A の
工学と称する)。type A 工学では、つくる「モノ」によっ
て分野が分かれていたといえる。当時においては、殖産興
業や富国強兵といった側面もあったであろう^{*3}。その後、
大勢の人々が暮らす大規模な都市環境を成立させた国々で
は、(都市インフラのメンテナンス技術は残としても)新
たな技術の道を探ることとなるのは当然であったといえ
る。すなわち、新たな都市環境の内部で暮らす生活者の利
便性・安全安心の向上のための技術である(以下、それら
の技術を type B の工学と称する)。生命・生活支援技術は
言うまでもなく後者である type B の工学に属する。つく
る「モノ」で分かれていた type A 工学に対し、type B で
はつくる「目的」に転換したということも可能である。環
境工学なども type B の工学であろう。

マイケル・ギボンズは、著書『現代社会と知の創造—モ
ード論とは何か』(1994)のなかで、科学技術と社会の関
係を「モード」の考え方に基づいて、以下のように説明し
ている。ディシプリンの内的論理で研究の方向や進め方が
決まる「モード1」に対し、社会に開放された科学研究を
「モード2」とし、近年、後者のモードが広がりつつある
と捉える。モード2の特徴としては、アプリケーションの
文脈のなかで機能し、問題解決には単一のディシプリンの
みならず多様なディシプリンからの参加が求められる(ト
ランスディシプリナリ)としている。現在はこのような新
しい知識生産の方法が勃興しつつある^{*4}。type A の工学か
ら type B への転換についてもこのモードの変化の観点か
ら捉えることができよう。また、中島尚正は、著書『工学
は何をめざすのか』(2000)で、工学を、「生活の智慧とし
ての工学(ニーズ志向)」と「応用理学としての工学(シー
ズ志向)」に分けた上で、今後は、二つの工学の新たな
展開が求められるとし、前者については、さらに、「社会
と人の活動を支え、文化とともに歩む工学」と述べてい
る。このことも、同様な観点を示すと考えられる。

^{*3} type A 工学の対象は健康成年男女であり、またパターナリズムの側面
がある。弱者は対象外であり、生活者は技術に合わせる事が求めら
れる。

^{*4} 完全に置き換わるという主張ではないので注意。

4. これから必要となる考え方について

ここまで見てきたように、医療福祉のための生命・生活支援技術の展開は、type B やモード2 への転換として捉えることが可能であり、今後も社会ニーズ志向を強めつつ一層発展していくと考える。その中で、今後、どのような変化が起こり得るであろうか。

○レギュラトリーサイエンス（規制科学）の視点の重要性

医療福祉工学分野の特徴は、前述のようにヒトの生命に関わる技術を取り扱うということである。すなわち、技術がヒトに何らかの影響を与え、医療福祉上の効用・効果を生み出すということは、技術は、常に、ある種の危害を与える可能性も有すると理解されるべきである。わが国ではこの問題を単純な「安全・安心」という言葉に集約してしまい、深い議論を避ける傾向があったことは反省すべきである。安全とは「事故ゼロ」ではなく、「受容可能なレベルまでにリスクを低減する状態とすること」で実現するものであり、リスクとは「危害のひどさ」と「危害の発生確率」の積で定義される。また「受容可能なレベル」はリスクベネフィットバランスで定まるものであり、その技術が関連する機器・システムがもたらす故障・障害が重大なものであっても、そのリスクが低いものであることをもって、社会的に受け入れよという考え方に基づいている。受容可能なレベルとは文化・社会の慣習・個人の価値観に深く関係する。工学的には技術が提供する利便性・効能を考えるとともに、その陰の面である事故の可能性や発生確率を適切に評価できる手法を提供することが重要となる。今般のコロナウイルス危機は、このような視点での考察が技術開発に必須であることを示している。検査精度に限界がある場合に、検査を広範に行うことによる「見逃し」や、「読みすぎ」が存在する結果、これがいかなる国民の行動をもたらし、それが感染状況や医療システムへの負荷にどのような結果をもたらしのかという専門的な説明が十分伝わっておらず、検査に関わる議論を混乱させている側面は否定できない。むしろ、これは疾患やその治療に対する知見の蓄積や医療体制が変わることで刻々変わることから、単純な基準では議論できないものである。そのなかで「明確な基準」を出すことはなかなか困難である。単純な基準を求めるのではなく、現状の把握と科学的・論理的な思考に基づき、各段階での判断を行うことが必要である。これらに関する問題を扱う国内学会としてはレギュラトリーサイエンス学会があるが、精密工学会においても、今後、ヒトの生命・生活に関わる技術を取り扱うのであれば、避けて通れない重要な分野であろう。規制は技術の進歩により変化すべきものであるが、安易な規制緩和の議論ではなく、科学技術的な観点からの合理的な議論を進める必要がある。一方、「安心」については個人の受け止め方の多様性がさらに広く、「安心」な技術であることを示すことは極めて難しい。「安心」まで工学技術の守備範囲

とすべきかどうかは、もう一度しっかり議論すべき段階に來ているように感じる。

○技術の社会性が一層強まること

わが国では、理系文系の2 分法が盛んであるが、人文科学、社会科学、自然科学の3 分法が、さらには、人文科学、社会科学、純粋理学、応用理学の4 分法がより適切である^{*5}。応用理学には理学（部）以外のすべてとして、工学、農学、薬学、医学など（の理系学部）が含まれる。歴史的に、社会科学は自然科学の成功をモデル化してきた経緯があるため、応用理学と社会科学の相性はとても良い。したがって、type B の工学は今後も社会科学との距離を一層縮めるであろうと思われる。究極的な議論を行えば、工学と社会科学とは統合され得るかもしれない^{*6}。未来の工学者は社会学者でもある意識ももつほうがよいかもしれない^{*7}。

○イノベーションの捉え方

破壊的イノベーションを唱える玉田俊平太によれば、イノベーションとは、創新+普及であるとする。すなわち、単なる新技術（技術革新）はそれ自体ではイノベーションたり得ず（あくまでイノベーションの半分）、社会に普及して（普及させて）初めてイノベーションとなる。ソーシャルイノベーションという語を最近よく見かけるが、まさに、「技術革新」と「社会普及」の両方が必要なのである。工学ディシプリン内部にはイノベーションを前者とする向きも多いようで、「社会普及」の観点に欠けるのではなかろうか。このことが近年の技術分野の元気のなさと考えることはうがちすぎかもしれない。type B 工学には、言うまでもなく社会普及の考え方が求められる^{*8}。コロナウイルス危機の状況下で、さまざまなアイデアに対し、○規制のため無理、という話をよく聞く。規制改革が迅速にこの状況で進んでいる側面もあるが、イノベーションには既存ルールを新しいルールに置き換えることが含まれ、果たしてわが国は本当にイノベーションを求めているのであろうかと感じることも多い。一方で、この保守性が安全に技術を社会に導入できている一因ともなっており、どこが適切な平衡点となるのかについてより深い議論が必要であろう。

○工学教育の在り方

ニーズ志向工学の高まりは、ユーザや社会のことを考えれば、誰しも当然のこととして受け取ることができるが、一方で、これを工学教育のスキームに落とし込むことには相当の難点がある。すなわち、現在の工学教育は、ディシプリンごとに分かれエンジニアを効率育成している。ユー

*5 この3 分法（4 分法）は高校生には大変受けが良い。ただ、この年齢で選択決定すべきかどうか。

*6 SDGs への技術貢献を考えればある意味で当然であろう。

*7 新技術を文理融合の観点で考える大阪大学 ELSI センターの活動も見守りたい。

*8 技術の社会普及を検討する際には、ロジックモデルという考え方が有効であるが、ここでは範囲を超えるため割愛。

ザのニーズを志向することはトランスディシプリンを目指すことであり、ディシプリン化されたカリキュラムに落とし込むことは極めて困難である。堀井、横田らにより、2009年に東京大学知の構造化センター内に設立されたi.schoolはイノベーション創造のための極めて優れた教育プログラムであったが、個別ディシプリンの深化とは逆の方向性であったため（その必要性は明らかであるにもかかわらず）学部／学科／専攻のカリキュラムに取り込まれることは結局なかった^{*9}。高度経済成長期の右肩上がりの時代には文句なくtype Aのシーズ技術研究・開発が強力な牽引力となったであろうが、今後は、双方のバランス観点も目指す必要があり、工学カリキュラム上の工夫が望まれる。

5. おわりに

以上、このたびの医療福祉工学専門委員会の（発展的）活動休止に際し、type/モードなどの考え方にに基づき社会変化の流れの文脈のなかで生命・生活支援技術を考察してみた。本委員会は本学会からはいったんやや距離を置く形となるが、type Bの生命・生活支援技術を極めることで

今後も社会貢献していきたいと考えている。その際、type AとBを包含し得る多様な考え方こそが今後の発展の鍵となるのではないかと考える。なお、本小文の著者は60年代生まれであり、年長者の方々、また、平成生まれの若い方々のご意見もお聞きしてみたいところである。ものづくり（製造技術）を掲げる精密工学会も今後どこを目指すのか議論に着目したい。専門委員会の活動の総括としてこのような場を設け、次期専門委員会の活動内容について、まとめたいと考えている。

太田裕治

最終学歴：昭和62年3月東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻修士課程修了
学位：平成4年4月 博士（工学）（東京大学工学系研究科）
研究内容：生体医工学（バイオメカニクス、健康工学など）

佐久間一郎

最終学歴：昭和60年3月東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専門課程博士課程中退
学位：平成元年3月工学博士（東京大学）
研究内容：生体医工学（コンピュータ外科・生体計測工学・心臓電気生理学・レギュラトリサイエンスなど）
著書：“Optical Navigation” in “Intraoperative Imaging and Image-Guided Therapy”, Springer (2010), 『なぜ不整脈は起こるのか—心筋活動電位からスパイラルリントリーまで』(分担執筆), コロナ社 (2006) など

^{*9} 宣伝となるが、お茶の水女子大学生生活工学共同専攻ではLIDEE (Life Innovation by Design & Engineering Education) としてカリキュラム化している。生活工学の英文名称は、Human Centered Engineeringである。