医療福祉工学*

Medical and Welfare Engineering

光石 衛**
Mamoru MITSUISHI

1. はじめに

地球レベルでの環境に配慮しつつも活力を維持した持続社会と、健康・快適、安全・安心な生活が保証された社会が現在希求されており、将来においても同様に求められる。これらを実現するためには、革新的な医療福祉機器、革新的な自動車・航空機、革新的なエネルギー変換機器、革新的な情報関連機器などを創出することが肝要である。特に、医療福祉分野への期待は大きく、医学、薬学と連携・融合した工学が多大な貢献をすることが可能である。本稿では、医学知と工学知の融合、および、コンピュータ統合医療システムの将来について記す。また、福祉分野への期待についても記す。

2. 工学知と医学知との融合

医療福祉分野の範囲は広い。図1はバイオ・医療方面における現在進行中のイノベーションを描いたものである。X、Y軸にそれぞれ工学知と医学知をとり、Z軸に人体の構成要素を大きさ順に記している。工学知の軸は右側にいくほどサイズが大きくなり、ITはグローバルなコミュニケーション・システムを意味する。医学知の軸は、診断、予防、治療と並んでいるが、診断、あるいは、予防で病気を未然に防げるならばそれに越したことはない。また、治療が必要になった際にも、組織が再生して治癒できれば良いし、その次は投薬によって治癒すれば良い。そして、手術をしなければならないのは最終的な状況である。ナノメートル・オーダーの治療としてドラッグ・デリバリー・システム（DDS）に代表されるナノ診断・医療、および、遺伝子診断やゲノム創薬に代表されるバイオインフォマティクスがある。また、再生医療に関しては部位に応じて、臓器や血管、骨、皮膚、神経系などの再生がある。さらに、手術をしなければならない状況では、ロボティック医療、あるいは、コンピュータ統合医療システムが期待されるが、それによって低侵襲・非侵襲手術、救急医療、

在宅医療・福祉、遠隔医療、チームワーク医療などの充実がなされるであろう。

3. コンピュータ統合医療システムの現状と将来

図2は、現在、および、将来のコンピュータ統合医療システムのイメージを描いたものである。図では、2025年、2050年と記してあるが、この年は必ずしも正確なものではなく、この方向にシフトしていくであろうことを意味している。本稿では、現在を第一世代、2025年を第二世代、2050年を第三世代と呼ぶことにする。

手術を行う際には術前に患部の情報を医用画像によって得ることが多い。現在よく使用されているのが、骨格系等の映像を撮影可能なX線やCT装置、軟組織を撮影することのできるMRIがある。これらの医用画像の解像度は0.1mmのオーダーであり、得られるのは静止画である。第二世代では、3次元の体内イメージングが可能となり、解像度は μm オーダーとなる。また、例えば、臓器や心臓など動く部位の位置や変形をリアルタイムに連続して撮影が可能となる。すなわち、4次元の映像を把握可能となる。さらに、第二世代までは形状情報のみを獲得し機能の判断である診断は医師が行っているが、第三世代では、機能の診断も自動的に行うことが可能となると思われる。

現在、手術ロボットとしては、内臓系低侵襲ロボットとしてのda Vinci、主に股関節を人工関節に置換する際の骨切りに使用されるROBODOCなどが臨床的に使用されている。これらの機器のサイズは、例えば手術用の鉗子であれば直径10mm程度であり、臓器レベルの治療を行うことになる。そこでのサイズはmmオーダーである。第二

図1 バイオ・医療イノベーション

*原稿受付 平成20年11月26日
**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）

光石 衛

1986年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了（工学博士）、1986～1989年東京大学・講師、内1987～1988年ドイツ連邦共和国シュトゥットガルトフラウンホフファーク研究所研究員、1989～1999年東京大学・助教授、

1999年より東京大学・教授、精密工学会正会員。

図2 コンピュータ統合医療システムの現状と将来

世代では、細胞レベルの標的治療が可能となり、低侵襲的、あるいは、非侵襲的に局所の高精度治療が可能となる。そこでの代表的なサイズは、 μm オーダーである。第三世代では、ドラッグ・デリバリー・システムに代表されるナノ診断・医療、再生医療が行われ、サイズはナノメートル・オーダーになるとともに、手術から投薬・再生へ、診断・予防へと移行する。また、第三世代では、組織破壊が激しい場合に血中酸素濃度を高めて治療することで組織の機能障害を低減する効果、および、低温で身体代謝機能を低下させて有害な反応の進行速度を抑制する効果を利用することができるように患者周辺のみをクリーンで高酸素濃度・低温高圧に保つようなカプセル型診断・治療環境が実現されるであろう。

現在では、手術ロボットがあっても操作するのは医師であり、医師による判断と治療が行われるが、第二世代では例えば、超音波による診断と治療を同時に行うといったように、診断と治療の一体化が起こる。さらに、第三世代では、医用画像から自動的に病理診断を行い、治療も自動的に行うような診断と治療の自動化が可能となる。

上記のような機器、あるいは、システムが開発された際

の認可のスピードアップ化が今後の課題である。

4. おわりに

本稿では、医療分野について医工連携、および、特に、コンピュータ統合医療システムの現状と将来について記した。

福祉分野も少子高齢化社会を迎えるにあたり重要であり、移動や食事などを中心とする生活の支援を行うシステムとして食事支援ロボット、ロボット車椅子、動作支援ロボットなどが提案されている。現在では、筋電信号や筋音信号を直接的、あるいは、間接的に検出し、人体装着型ロボットにより高齢者や障害者を支援する研究が進められている。将来的には、高齢者や障害者の意図を観察などによって自動的に把握し、動作するロボットや部屋全体が実現されると思われる。また、運動的な側面だけでなく、ITとバーチャルリアリティ技術を融合した遠隔コミュニケーションやグループ活動、旅行や森林浴などを仮想体験するといった精神的サポート、生きがいの創出といったソフト面の充実も期待される。