

研 究 解 説

人機能支援工学の構築と生産分野への展開

Development of Human F/A (Function and Ability) Support Engineering, Some Applications in Manufacturing Field.

木 内 学*

Manabu KIUCHI

1. ま え が き

20 世紀末を迎えた世界を概観すると、人間生活と社会環境のあらゆる側面に「技術」が深く広く浸透し、功罪おりまぜて支配的な影響を与えていることが分かる。個々人の生活から社会・国家の動態に至るまで、政治・思想・文化から産業・経済・国際関係、ひいては紛争や戦争に至るまで、全ての人間的・社会的事象が、「技術」の急激な膨張がもたらした広範且つ猛烈な影響を受けている。変動定まらぬこの 100 年を一言で総括するならば、「20 世紀とは、畢竟、技術の世紀であった」と云うことができる。

今、この「技術」が猛威を振るった激動の時代を終えるに当たり、改めて「技術」と「人間」とのかかわりを見直し、来るべき新しい世紀に備える必要が高まっている。

2. 「技術の」変容、「膨張」から「調和」へ

産業革命以降、あらゆる分野と領域で質・量ともに膨張を続けた「技術」は、20 世紀に入って更にそのエネルギーを増し、社会活力を増大せしめ、その発展の原動力となってきた。同時に、「技術」は、衣・食・住はもちろん、思想・学術・文化・娯楽の面に至るまで、広範且つ多様な影響を与え、人間社会を支える一方で支配もしてきた。「技術」の力により、「物財」、「利便性」、「エネルギー」、「情報」、等々の大量供給が可能となり、世界の一部とはいえそれらの惜しみない消費を伴う豊かな生活が実現するに及んで、人々をして「技術」こそが社会を発展せしめ未来を約束するものであると信じ込ませるに至った。特に、「技術」の進歩を先導し、その恩恵を最大限に享受することができた先進国においては、限り無く「技術」を獲得し、蓄積し、活用することにより、限り無く豊かな社会が実現できるかに考えられるようになった。

しかしながら、20 世紀も終わりに近づき、政治・経済のグローバル化や生産と消費のボーダーレス化が進展する

とともに、従来、低開発国、発展途上国と位置付けられてきた国々においても急激な経済開発が始まり、食糧・エネルギー・資源への需要が急増すると同時に、予想を越える自然環境破壊がもたらされる結果となった。かかる事態に直面して、この世界が果して「限り無く発展可能」あるいは「持続可能」なシステムに立脚しているか否かが深刻に問い直され始めた。

今、新しい世紀を目前にして、限りある資源、限りあるエネルギー、限りある自然、が強く意識されている。「成長の限界」が真剣に議論されるようになり、調和のある発展への模索が始まっている。「持続可能な世界」の創造に向けて、「技術」もまた「膨張」から「調和」への転換が否応なく求められている。

3. 「技術」の新たな潮流、「モノ技術」から「ヒト技術」へ

「技術」による豊かさの実現が可能性に満ちていると信じられてきた過去 100 年余の間、「技術」は一貫して広義の「物財」と「利便性」を効率的且つ大量に作り出すことを追求してきた。その具現化された成果を、大規模な生産施設の建設と操業、高品質・安価な工業製品の大量生産、広域的社会インフラの建設と運営、高度な通信・移動・運搬システムの構築と運用、情報の広域高速大量伝達、等々に見ることができる。実際、「技術」が広義の「モノ」および「モノ作り」を通じて人類にもたらした利便性、快適性、安全性、安心感、満足感、幸福感、等々には測り知れないものがある。その成果・貢献は極めて大きく、「技術」無くして現行社会が成立し得ないことは明らかである。かかる社会基盤機能としての「技術」の役割は、調和的發展が求められているとは云え、21 世紀に入っても、基本的には変わらないと云えよう。

しかしながら、人間社会の進化、即ち、平和且つ安全な社会の実現、経済的豊かさの達成、民主的人権の確立などとともに、人間が有する知識、能力、思考、行動、感性、願望などの根元的多様性と多面性は、単に「モノ」を通し

*東京大学生産技術研究所 第 2 部

での所産ばかりでなく、それ以上の役割と貢献を「技術」に求めるようになった。即ち、人間の能力や感性に直接働きかけ、その動作機能や感覚機能を高め、支援し、より高度な生活行動や社会活動を具現化できる力・手段としての「技術」を求めるようになってきた。実際、人々の行動範囲の拡大願望や生活形態の多様化願望の高まりとともに、この傾向はますます強まっている。

今後、「技術」には、広義の「モノ作り」を通して社会基盤・生活基盤を支えるという従前の役割を果すべく更なる高度化が求められる一方で、進化を続ける「社会」と「人間」の要求に応えるべく、「人間」の諸機能・諸能力を支援し、「人間」に新たな力と可能性を与える手段となることが求められている。今、「技術」は、これまでに蓄積した膨大なエネルギーと「社会」および「人間」からの新たなリアクションによって、分化および再生を始めており、新しい世紀へ向けて、物財を追求する「モノ技術」から「人間」を中核的对象とする「ヒト技術」へ向かう大きな流れが起こりつつある（図1参照）。

4. 「調和」と「共生」を目指す「ヒト技術」

およそあらゆる「技術」は、「人間」の生活と社会の発展に貢献し得て、初めてその意義や価値を持ち得る。その意味では、従前の「技術」がその役割を或る程度まで果たしてきたことを疑う余地はない。

しかしながら、「技術」の恩恵が普く人々の上にもたらされてきたのではないこともまた厳然たる事実である。世界を見れば、目を覆うばかりの貧困と飢えにあえいでいる無数の人々があり、「技術」が人々に安寧をもたらすどころか、破壊や暴力の手段となり、貧しい人々からの更なる収奪の手段となっている事例も枚挙にいとまがない。また、「技術」の急激な高度化は、先進国とその他の国々との技術格差をますます拡大し、後進国や開発途上国による競争力の獲得を殆ど不可能とし、先進国への隷属を不可避なものとしている。即ち、模索が続く世界の調和的發展も、従

前的な技術の枠組のみではその実現が極めて困難となっていることが判る。

一方、眼を国内に転ずれば、我々の周囲にもまた、技術の恩恵を求めつつも得られず苦しんでいる多くの人々がいる。先天的傷害を有する人、肉体的機能の喪失に苦しむ人、必要な介護を得られぬ人、介護に疲れ果てている人、その他、様々な問題を抱えながら苦闘している無数の人々がいる。

注意深く見れば、現在の「技術」の多くは、強者や勝者のためのものであり、優位に立つ者のみがその恩恵を受けていると云うことができる。技術的先進国と開発途上国との間に横たわる埋め難い格差も、健常者と障害者との間の深い溝も、その本質は同じであるということができる。そこには、調和的發展や成果の公正な配分とは遠い「技術」の現実がある。

果たして21世紀の「技術」はこれらの問題を解決し得るのであるか。その答は「イエス」である。但しそのためには、我々は改めて「技術」の目指すべき方向を問い直さなくてはならない。当然のことながら、これからの「技術」は「人と人との共生」「人と物との共生」「人と自然との共生」「人と文化・風土との共生」など、一言で云うならば「人と万物との共生」と「人と万物との調和」を目指すものでなくてはならない。それらを実現していくために、「モノ技術」が積み残してきた技術、即ち人間に働きかけ支援する技術、人間の活動能力を高める技術、人間を守り人間社会の安寧を増進せしめる技術など、以下に云う「ヒト技術」が今まさに求められているのである（図2参照）。

5. 「人機能支援工学」の誕生

「調和」と「共生」を追求する社会に求められる新たな「工学」・「技術」の枠組は、「モノ」を中心とする視座に加えて、「ヒト」を中心とする視座の上にも構築されなくてはならない。このような工学の体系として構想されているのが、

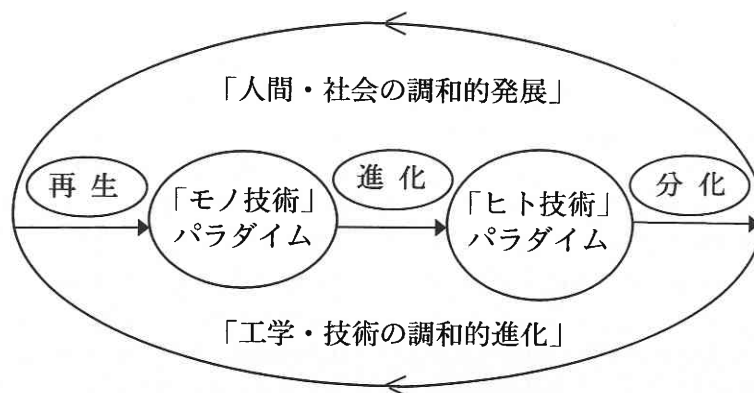


図1 技術パラダイムの進化、分化、再生

人機能支援工学
Human F/A (Function/Ability).
Support Engineering

である。ここでいう人機能とは、人間が生活し活動していく上で必要となる諸機能の総称であり、「人機能支援工学」とは、それら諸機能を支援する方法・手段を工学的に解明し、技術的に実現することを目指す学問である。

人間の機能は、(1) 生命・生存にかかわる機能、(2) 知的・精神的活動にかかわる機能、(3) 肉体的・身体的活動にかかわる機能、とに大別できる。それぞれのなかには、生理的諸機能、感覚・知覚機能、学習・記憶機能、作業・運動機能などが含まれる（図3参照）。

これらの各機能については、医学、生理学、生物学、運動学、脳科学、精神分析学、更に近年に至っては、遺伝子工学などの立場から、そのメカニズムの解明や、障害を生じた場合の修復方法などについて、広範な研究が繰り広げられており、既にその成果は膨大である。

「人機能支援工学」の目指すところは、これらの人間の諸機能について、「工学」・「技術」の立場から成し得ることを探り、他分野からの成果と合せて、より多くのものを「人間／ヒト」へ還元することにある。一例を挙げれば、現在地球規模での埋設地雷の処理が叫ばれているが、地雷により脚を失った多数の人々の歩行機能を効果的且つ少ない経済的負担により回復することは、「工学」・「技術」の支援なくしては難しい。しかしながら、「工学」・「技術」の持てる力を動員しての取組みは、実は始まったばかりである。「人機能支援工学」は、かかる問題意識を持って、「工学」・「技術」が有する膨大なポテンシャルを投入して、人間を工学的・技術的に支援することを目指し、それに要する要素技術並びにシステム技術を開発し、具現化することを目的としている。

6. 「人機能支援工学」の課題と生産分野への展開

「人機能支援工学」の課題は無数にある。その一部を図4に示す。生命維持や生理的機能の回復を支援する機器およびシステム、身体的・肉体的障害を補助し、その機能をさらに高めるための機器およびシステム、あるいは知的・

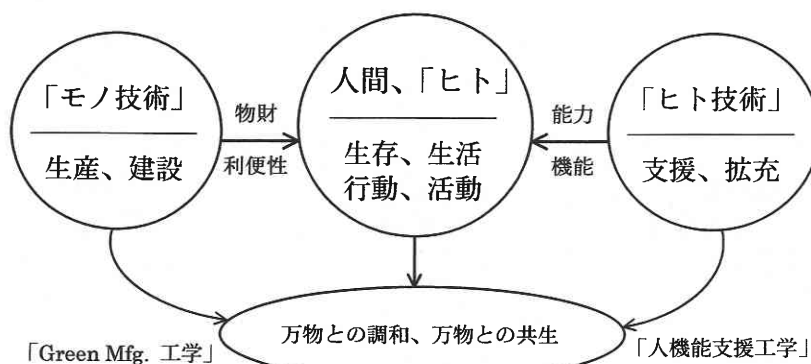


図2 「調和」と共生を目指す「ヒト技術」

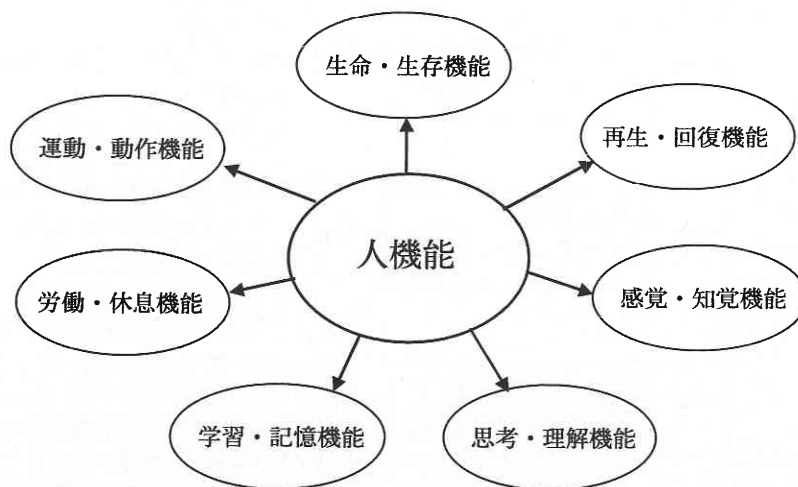


図3 人機能の概要

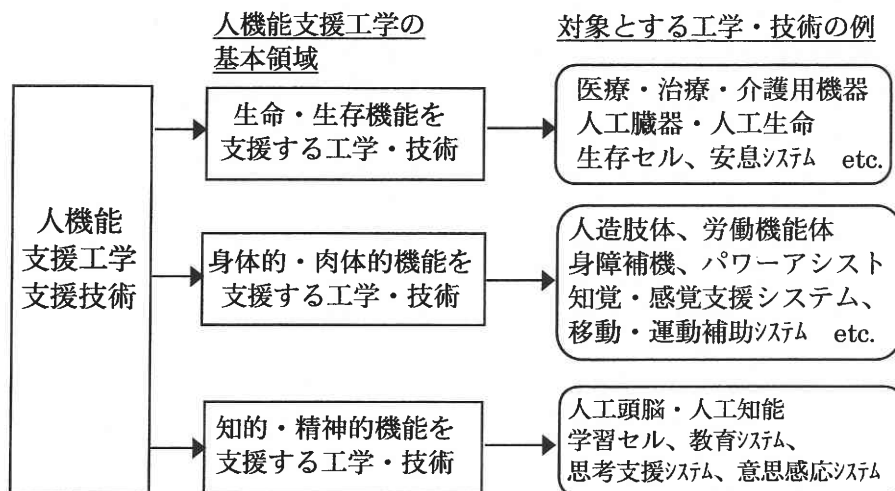


図4 「人機能支援工学」が対象とする課題(例)



図5 (a) 高度生産基盤への「人機能支援工学」の展開

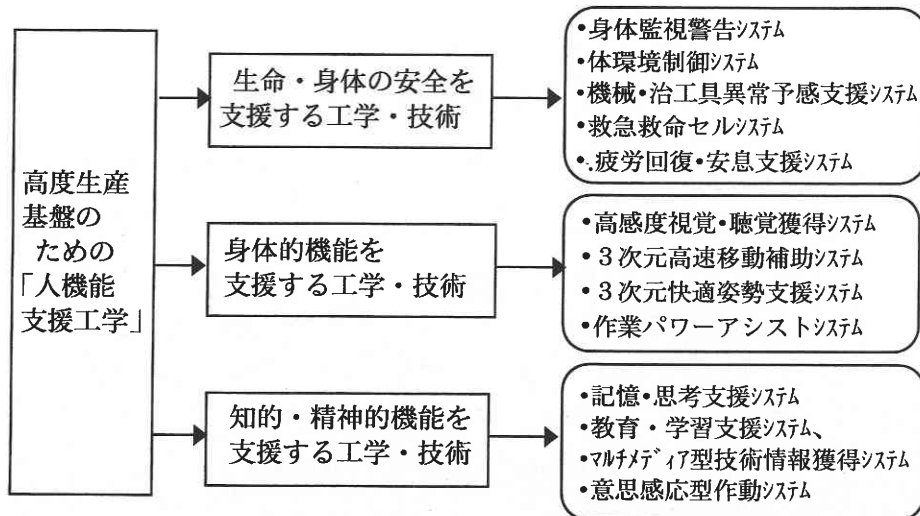


図5 (b) 生産分野への「人機能支援工学」の展開と課題

精神的な機能・能力を助けるための機器およびシステム、などがそれであり、これらの課題を工学・技術の視点から取り上げることが目標となる。

ところで、「人機能支援工学」は、当然のことながら、障害者や弱者の救済のみを目指しているものではない。より広く人間の諸機能を高め、その活動を支援することこそが、その基本的目標である。このような見地から、人間の生産活動に要する諸機能を支援することを目指す「高度生産基盤の拡充のための人機能支援工学」に期待される研究課題の一部を図5に示す。

図に示す多くの課題のうちの2～3について説明すると、まず、働く人の安全を支援する技術としての「身体監視警告システム」は、例えば、危険を伴う職場で作業に従事する人が身体に装着（例えばヘルメットや安全帽あるいは作業衣の一部に装着）することにより、光、電波、音波などを用いて装着者と周囲の機械設備や危険物との相対位置関係や相互の動きを常時監視し、危険が予知される場合には事前に警告を発する機能を有する機器・システムを意味する。現行の安全帽・安全靴等の着用が、いわば受身（パッシブ）な安全対策であるのに対し、危険を予知し回避する能力を持つ能動的（アクティブ）且つ知的な安全

帽・安全服を含む監視・警告システムを構築し、より安全な作業環境を確保しようとするものである（図6参照）。

また「体環境制御システム」は、劣悪な環境下で作業に従事せざるを得ない人々の労働環境を改善し、安全且つ快適な条件下での作業を実現しようとするものである。即ち、作業者の身体の一部又は全部を図7に示す様々な機能を発現し得る素材を用いて製作した衣服・被覆・機器等を用いて包み込み、皮膚まわりの温度・湿度を一定範囲内に維持すること、耳や体に到達する騒音や振動を一定水準以下に抑制すること、ゴミ・ホコリ・有毒ガスあるいは粒子の侵入を防ぎ、清浄な呼吸気の供給を確保すること、強烈な光や有害な電磁波等を遮断すること、などを実現し、快適・安全な作業環境を効率的且つ安価に実現することを目指すものである（図7参照）。

更に身体的機能を支援するための技術として挙げられている「高感度視覚・聴覚獲得システム」は、作業者が眼あるいは耳に装着することにより、視力を大幅に強化し、通常では見分けることが不可能な微細な事物や現象を識別できること、任意に選択した波長の光を優先的に見ることができ、また聴力を著しく強化し、通常では聴き分けることができない音を識別出来ること、特定の周波数の音

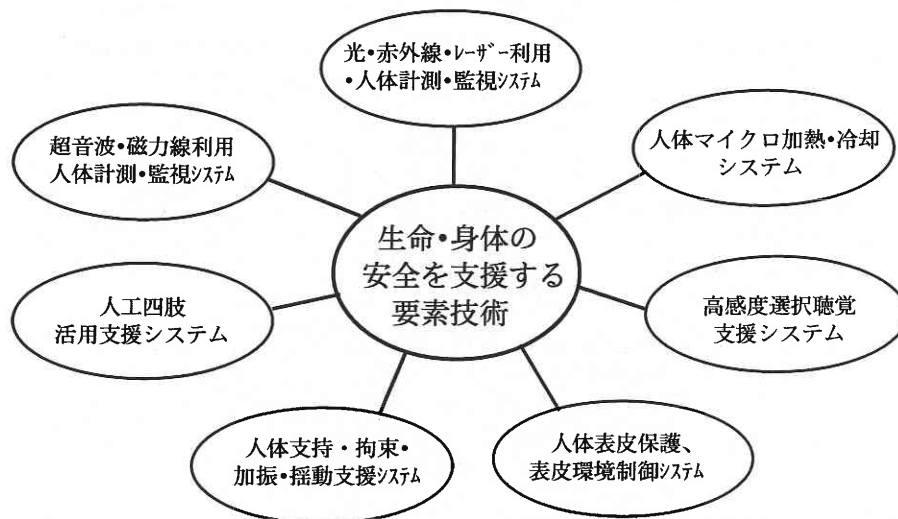


図6 (a) 身体環境保全システムの例

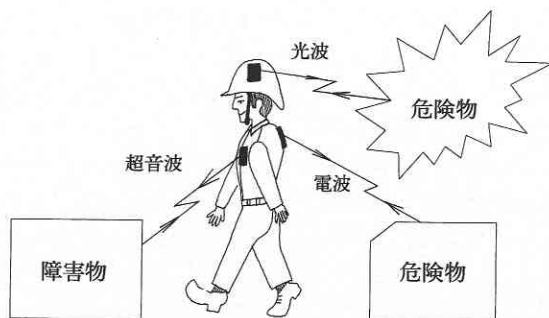


図6 (b) 身体監視警告システム概念図

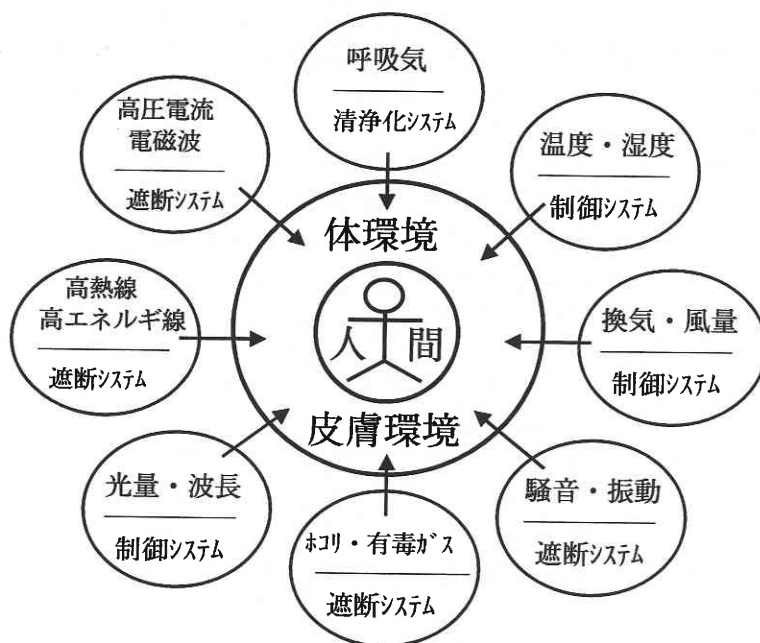
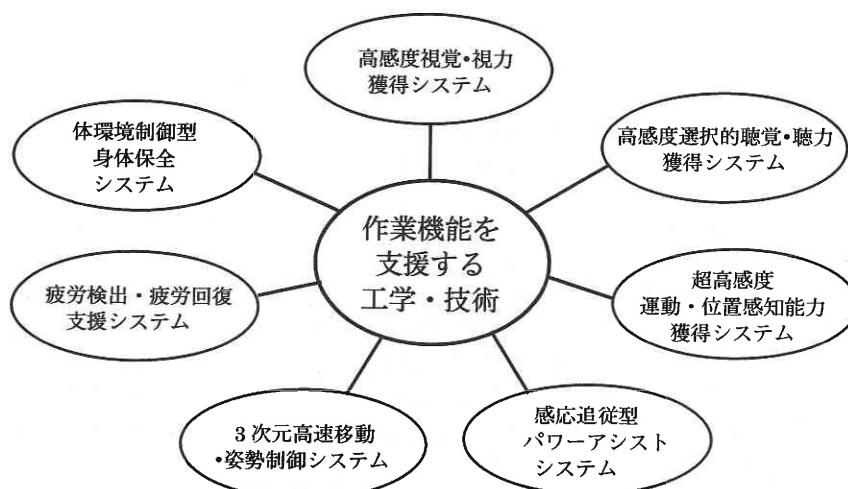


図7 体環境制御システムが有する機能

図8 作業機能支援システムの例
(含高感度視覚・聴覚獲得システム)

のみを聴くことができること，などを実現し，作業者の視覚・聴覚能力を格段に高めることを目指すものである（図8参照）。

以上の例に見られるように，この場合の「人機能支援工学」は，働く人を支援し，より負担を少なく，より快適に生産活動に従事することを可能とすることを目指している。このような問題意識と考え方あるいは狙いは，およそあらゆる人間の活動に対して当てはまるものであり，その対象は広範且つ多様であると云うことができる。

7. 結 言

「人機能支援工学」が取り組む課題は，いずれも「ヒト／

人間」にとって必然的な意義を有する課題であり，その成果は，時・所を問わず普遍的価値を有するものとなる。「人機能支援工学」はかかる普遍性に立脚しつつ，人間社会の「共生」と「調和」を目指す手段あるいは基盤として構想されている。生産技術や製造業の飽和感・閉塞感に悩まされている今こそ，このような新しい視点に立つ「工学」・「技術」を大きく構築し，産業の新しい地平線を切り開き，21世紀へ向けての新たな挑戦に全力で取り組むことが必要である。

(1999年1月8日受理)