

先的に適用される範囲はどの分野なのかを概観し、その後に全体に関する予測をおこなう。

4-2) 再生医学技術の高齢者への適用

現在検討されている再生医学手法のうち、高齢者医療に適用可能であり、またもっともインパクトの大きいのは細胞治療の手法である。すでにモデル動物への試験が行われている（一部は臨床応用も始まっている）心筋、骨格筋、網膜、神経、血液系疾患に対する細胞治療は、基本的には細胞と障害部位に生成する生体防護組織を消化するための酵素、宿主側の回復機能を助長するためのサイトカインなどのカクテルを、一カ所〜数カ所から注射する手法である。血液疾患の場合は、通常通り血管中に細胞を入れるか、骨髄に血液幹細胞を注入する。これらはいずれも極めて侵襲度の低い医療行為となる。

また、技術影響としては間接的ではあるが、iPS 細胞によるスクリーニングシステム開発後は、急速に発達されることが見込まれる各種の薬剤も、高齢者医療に適用可能であることは言うまでもない。

一方、臓器全体の再生を狙う再生医学手法、たとえば胚盤胞補完法は、実際の手技そのものは臓器移植と同一なため、侵襲度の高い医療行為である。従って、この技術そのものが寿命延長にもたらす効果は、臓器移植の成功例とほぼ同等であり、そして適用可能な年齢も同等であると推察される。

4-3) 再生医学技術が高齢化社会に及ぼすインパクト

老人医学の観点から見た場合、再生医療のもたらすインパクトのうち、特に大きなひとつは、QOL を加齢相応のレベルに引き戻すことにある（これから派生する倫理的問題に関しては別項に譲る）。

しかし、再生医療は高額であり、その広範な適用は（それが効果があればあるほど）施術一回あたりの高額さ、そして寿命が延長されることにより単一患者が複数回の再生医療を受ける可能性を考慮すれば、医療費の直接的かつ異常な高騰に直結する。栗原の試算によれば、我が国発の再生医療製品として2007年10月に認可を受けた自家培養表皮「ジェイス(J-TEC)」は、一回の治療に必要な価格は1000万円であり、国内の対象患者は年間200-300人程度である。これは米国のES細胞由来製品と同等の額であり、オーダーメイド再生医療一回分の値段は、現状ではこの水準であると推察されるという^{xvi}。この額からも明らかなように、少なくともオーダーメイド再生医療は、コスト面からも国民に対する全適用を支えきれない技術ではない。したがって、再生医療実現のためには細胞治療を中心としたセミオーダーメイド再生医療を現実のものにしていく必要がある。

ところが、こうした経済的問題、そしてその結果としてもたらされる医療格差の問題は、

再生医療のコスト削減とセミオーダーメイド方式による安定した医療技術供給を成し遂げたとしても、セミオーダーメイド技術として昇華する前段階としてはオーダーメイド方式の再生医学技術が必然的に存在する。このため、一部には「より良い」オーダーメイド再生医療を受ける富裕層の患者が生じることは避けられない。こうして生じる医療格差は、超高齢化社会においてはある種の妥協点を設定して受け入れざるをえないものになると推察される。

このように仮定すると、再生医学の進展につれ、社会全体が多様なライフコースのモデルケースを想定し、その多様性を容認できる体制を作り上げる、という構造整備への要求が高まることは必然である。それはたとえば再生医療の適用を受ける前段階としての予防医学を徹底しうる社会政策であり、また医療を享受する可能性のある全ての国民が、例えば再生医療の「適用度を選択する」という、自らのライフコースを設計しうる法体制の整備である。

繰り返しになるが、再生医学という技術そのものは、QOLの向上に大きく寄与し、加齢に伴う体力低下を個々人が受け入れて「健康に老いていく」ための強力な基盤技術となりうる。しかし、現実にもたらされるQOLは、その定義と同様、個々人の選択に強く依存したものとならざるを得ないだろう。

【参考文献】

ⁱ Takahashi K, Tanabe K, Ohnuki M, Narita M, Ichisaka T, Tomoda K, Yamanaka S. “Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors.” *Cell*. 2007 Nov 30;131(5):861-72.

ⁱⁱ Yu J, Vodyanik MA, Smuga-Otto K, Antosiewicz-Bourget J, Frane JL, Tian S, Nie J, Jonsdottir GA, Ruotti V, Stewart R, Slukvin II, Thomson JA. “Induced pluripotent stem cell lines derived from human somatic cells.” *Science*. 2007 Dec 21;318(5858):1917-20. Epub 2007 Nov 20.

ⁱⁱⁱ Takahashi K, Yamanaka S. “Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors.” *Cell*, 126:663-676, 2006.

^{iv} 児玉聡・伊吹友秀「iPS細胞研究の倫理的問題について」Center for Biomedical Ethics and Law, 掲載日不明 <<http://square.umin.ac.jp/CBEL/html/topic.html>> (20 Feb 2008)

^v Rudolf Jaenisch “Stem cells, pluripotency and nuclear reprogramming” ” International Symposium on induced Pluripotent Stem Cell Research -Frontier and Future-, 11 May 2008

Hans Robert Schöler “Induction of pluripotency in somatic and germline cells” International Symposium on induced Pluripotent Stem Cell Research -Frontier and Future-, 12 May 2008

^{vi} 文部科学省科学技術政策研究所「文部科学省デルファイ調査-2035年の科学技術」(財)未来工学研究所, 2005

^{vii} 田中幹人「iPS細胞の衝撃」*Illume*, Vol. 38 (2007)

-
- viii 田中幹人「iPS細胞 ―ヒトはどこまで再生できるか?」日本実業出版社(2008)
- ix 科学技術振興機構「特別シンポジウム『多能性幹細胞研究のインパクト-iPS細胞研究の今後-』報告書」2008年2月
- x Yayoi Toyooka, Daisuke Shimosato, Kazuhiro Murakami, Kadue Takahashi and Hitoshi Niwa, “Identification and characterization of subpopulations in undifferentiated ES cell culture”, *Development* 135, 909-918 (2008)
- xi David Cyanoski “Stem cells: 5 things to know before jumping on the iPS bandwagon”, *Naturenews*, 26 Mar 2008 < <http://www.nature.com/news/2008/080326/full/452406a.html> > (15 Apr 2008)
- xii Nakagawa M, Koyanagi M, Tanabe K, Takahashi K, Ichisaka T, Aoi T, Okita K, Mochiduki Y, Takizawa N, Yamanaka S. “Generation of induced pluripotent stem cells without Myc from mouse and human fibroblasts.” *Nat Biotechnol.* 2008 Jan;26(1):101-6. Epub 2007 Nov 30.
- xiii Hanna J, Wernig M, Markoulaki S, Sun CW, Meissner A, Cassady JP, Beard C, Brambrink T, Wu LC, Townes TM, Jaenisch R. “Treatment of sickle cell anemia mouse model with iPS cells generated from autologous skin.” *Science.* 2007 Dec 21;318(5858):1920-3. Epub 2007 Dec 6.
- xiv Wernig M, Zhao JP, Pruszak J, Hedlund E, Fu D, Soldner F, Broccoli V, Constantine-Paton M, Isacson O, Jaenisch R. “Neurons derived from reprogrammed fibroblasts functionally integrate into the fetal brain and improve symptoms of rats with Parkinson’s disease.” *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2008 Apr 15;105(15):5856-61. Epub 2008 Apr 7.
- xv Sir Martin Evans “Transcriptional profiling of mouse ES cells in comparison with pluripotential cell populations of the early embryo.” *International Symposium on induced Pluripotent Stem Cell Research -Frontier and Future-*, 12 May 2008
- xvi 栗原千絵子「細胞医療の経済学」現代思想, Vol.36-8 (2008) p126

科学技術の発展と新しい身体—アートの視点から

福原哲郎

1. 成熟文化国家への道

日本がいま迎えている超高齢社会は、その「方法」を獲得することができるならば、「成熟文化国家」を形成するための絶好のチャンスになるだろう。日本は、経済大国としては翳りが見えるとしても、依然として経済的にも文化的にも豊かな可能性をもつ国である。

「成熟文化国家」とは、文化的な青年期にある国家の目標にはなりえない。たとえば、いま中国が経済的に急成長し上海ではアートバブルに湧いているといっても、日本は中国と比較して一喜一憂する必要はないだろう。経済が文化を主導している内は、文化は往々にして経済を支える道具であったり、或いは景気の動向に左右されていつ縮小されるかも知れない心配にさらされていたり、文化的な成熟に達しているとは言えない。その事実を、日本はバブル崩壊を通して身をもって経験したはずである。日本でも、バブル時にはアート界にも金余りの経済界から多額の資金が流れていた。しかし多くの都市が財政破綻の危機に苦しむ現在では、まさきに削減の対象になっているのが文化関係の予算である。

したがって、日本の目標は、バブルの再現ではなく、次のステップとして、文化と経済が共に歩く文化的経済国家の形成であり、場合によっては文化が経済をリードできることである。現在の日本と中国を、現代史の範囲に限るという条件で成熟期と青年期に例えるならば(周知のように、歴史上では、日本はつねに中国から新しい文化を輸入し、中国の方がはるかに文化先進国であったから)、両者を比較してどちらが青年期の活気を持っているのかと問うても無意味である。青年期の活気をもつのは当たり前で、成熟期にある者と青年期にある者が別々の課題をもつことは誰にも自明だからである。日本は成熟期にある者として、「次の時代の国家」として自己実現できる貴重な機会を得ている。成熟期に入らなければこのような可能性は手に入らない。

このような情勢の中で、日本は経済大国の余韻としての「リッチな国」に落ち着くのではなく、日本の文化的特性を生かすことで、世界からも注目される「成熟文化国家」として積極的に自己表現できるだろうか。そして、その場合には、「成熟文化国家」においてもっとも重要な役割を果たす存在が高齢者であるとすれば、私たちは「高齢」の意味を再度問い、その可能性を引き出すことが重要な課題になるはずである。

しかし、現在の日本は、大勢としては、「高齢者＝弱者」になっているのではないか？ 高齢者は、「尊敬の対象」ではなく、単に「ケアの対象」になっているのではないか？ そうであれば、日本は、

いまだ福祉国家でもなければ、文化国家としても貧しいということになる。日本の場合、たしかに世界から一定の水準をもつ文化国家として認知されている。しかし、それは全体としての評価であり、個々については、若者文化の興盛に比較すれば高齢者文化はそれらと乖離したままであり、劣っていると言わざるを得ない。たとえば、1980年代に海外から注目された日本文化にはファッション・舞踏・半導体があり、現在ではマンガ・アニメ・ゲーム等がある。しかし、いずれの場合も若者文化や工業化社会或いは情報社会に属するものであり、社会からリタイアした高齢者もその生産に参加し高齢者文化としても成立していたということではない。高齢者はせいぜい傍観者的な位置での消費者にすぎず、大多数の高齢者の場合は海外から注目されているそれらの日本文化についての知識も関心もなく、このような構造は現在も変わっていない。

たとえば、私の個人の場合では、舞踏家として海外に出かけ、大学で教えたり劇場・ミュージアム等で公演したりするが、それも日本の舞踏がいまでも海外の批評から高く評価されているからである。日本の舞踏は1980年代にフランスを入口にして欧米に進出し、世界の文化シーンに圧倒的な影響を与えてきた。現在では舞踏人気はアジアやアフリカにも浸透しはじめ、私もこの5月に国連・ウガンダ事務所の後援でカンパラの国立劇場で公演することになっている。9月には同様の仕事でバンコクとチェンマイに行き、イスタンブールの2つの大学では私がいつでも教えることができるようになっている。私の場合はその一例にすぎないが、このような舞踏人気を、果たして日本の高齢者は知っているだろうか？

一方で、欧米の文化国家としてのあり方がすごいのは、高齢者を含む一般の人たちが自国の人気文化についてよく知っているだけでなく、海外文化についても常に敏感なアンテナを張っていることである。たとえば、私たちが以前フランス公演の際に用事でパリ郊外の工場に行った時、その普通の労働者たちが日本の「舞踏＝BUTOH」について知っていて大歓迎された。カナダのモントリオールから車で2時間の小さな町に行った時には、町中に「BUTOHが来た！」という垂れ幕が張り出されていた。単純に、「日本とは何という差！・・・」という感想である。日本では、海外で流行している自国の文化について知らないのであり、知った場合も「逆輸入」にすぎず、海外の流行文化についても輸入された範囲でしか知らない。

つまり、日本の「文化的生産力」は現在も依然として高いのに、それをいかに対外的に宣伝し日本の文化的価値を高めると共に国内的にも周知させるかについての「文化戦略」は、とても弱い。そのために、日本人は優秀なのに、つねに自分に自信がない。これが日本の現状なのである。マンガオタクで有名になった元・外務大臣の麻生太郎が「ほんとうは、日本の底力はすごい。MANGAも有能な外交官以上」と盛んに宣伝しているが、それはその通りなのである。

したがって、日本を「成熟文化国家」に導くためには、「文化戦略」の強化が必須の課題であると共に、何よりも高齢者自身が新しく動く必要がある。最大の鍵は、今後における高齢者の動向である。

そして、文化とは、内部に体制の否定も含む大きな爆発力を秘めるものであり、単に優しく美しいものではない。したがって、原理的にも、行政がそのような文化を演出できるはずはなく、行政に

リードされた高齢者文化は真の文化にはなりえない。行政は動き出したものを支援できるだけである。

そして、若者も、自分に出来ないことができる高齢者に対して、はじめて敬意を払う。現在の日本で若者が高齢者に敬意を払っていないのは、単純な理由であり、若者をたじろがすだけのつよい力を高齢者が発揮していないからである。

しかし、「高齢」の意味とは、老化ではなく、人間世界の全体にとって有意義な知恵と記憶を蓄積することである。高齢者になるほど、人間はそのような知財を手に入れる。したがって、そのような知財を、高齢者にふさわしい方法で表現できるならば、それは若者には決して手が届かない芸になり、そこから新しい高齢者文化が開始されていくはずである。

そして、このような高齢者の自己表現に役立つものがアートである。このような表現は、「集団」ではなく「個人」によって担われなければ深いものにならない。世界の先進国は、今後一様に、「集団」に代わって「個人」が注目される時代になる。それは、工業化社会の発展に有利だった「集団の時代」が終わり、情報社会という新しい時代を牽引するための動力として「個人」が必要になったからである。現在盛んになったブログにしても、すべて「個人」による参加であり、「集団」で参加している者はいない。今後の情報社会におけるターゲットは「個人」であり、開拓された「ヒトの潜在能力＝個性」が社会を成長させる最大の価値になる。このような個性の開発に対しては、アートが特別な力を発揮する。アートとは「個性の開発」そのものであるからである。

そして、以上のように考え、高齢者の自己表現を課題とする場合、次の3つの科学技術が、健康面と技術面からのサポートとして、高齢者の新しい活動を積極的に支援することができるだろう。日本の文化的特質の一つは、テクノロジーに対して独特な視点をもつことであり、人間と機械・モノとの間にアニミズム的感性を残した親密な関係を形成できる点である。この特質を生かせば、高齢者の自己表現のための技術部門をまず個性化できる。そして、その展開部分をアートの手法が担うことで、これまで高齢者が手に入れたことがない新しい「方法」を用意することができ、高齢者はこの「方法」を駆使することで新しい形式による独自の文化形成に挑戦できる。

2. 成熟文化国家形成のために役立つ3つの科学技術

(1) ヒトiPS細胞等の利用を含む再生医療

ヒトiPS細胞開発成功のニュースは高齢者にも大きな朗報である。再生医療を待つ者は、難病患者の次に高齢者であるだろう。与えられた生をまっとうするにあたり、各人が必要とするだけの身体的条件を再生医療により補い、回復できることは、まさに福音である。これにより「長寿」に対する意識は大きく変化し、高齢者文化を形成しようとする高齢者にとり有利な条件が揃ってくる。

将来的には、行政や医療側に用意されるプランではなく、高齢者に必要な「生体改造プラン」を高齢者自身が作成し、高齢者の意志として実施されていくことも可能になるだろう。そこから、高齢者が主導する新しい時代の「仙人思想」も形成されるかも知れない。

(2) 分身としての支援ロボット

身体をやさしく支援できる「やわらかいロボット」はいまだ世間に登場していない。しかし、身体とロボット間に双方向の協調関係を構築するアルゴリズムをロボットに導入することで、それは可能になる。現在、理化学研究所脳科学総合研究センター・谷淳チームをはじめとする新しい世代の研究チームにより、このようなアルゴリズムの開発がはじまっている。

高齢者が「やわらかいロボット」を生活の中で使いこなすようになれば、高齢者の他者に頼る度合いは減少し、高齢者の「自立意識」は格段に向上する。このようなロボットは、高齢者を「介護」するのではなく、高齢者の新しいパートナーとして「分身」の役割を果たし、高齢者の新しい活動を「支援」するのに役立つ。人間とロボット間にこのような信頼関係が育っていけば、人間の「ロボット＝機械」に対する意識も変容し、社会のロボットに対する受容態度も大きく変化する。

その決め手になるのは、行政でもロボットの開発者側・提供者側でもなく、そのようなロボットを日常生活の中で使いこなし、育てる側にまわる高齢者なのである。高齢者はここでも科学技術進展のための重要な媒介者としての役割を担うことになり、多くの高齢者が悩まされている「社会的孤独」からも解放される。

(3) 将来の脳ネットワークを含むネット世界の利用

脳科学は、近い将来のプランとして、人間の脳をBMI（ブレイン・マシーン・インタフェイス）などのデバイスをつないだ脳ネットワークを形成し、それをネット世界に登場させることを想定している。このようなデバイスが安全で確実なものとして成長するならば、高齢者がこのデバイスを自由に使用することで、視覚や記憶のシステムに侵入し、見えないものを見たり、忘れた記憶を回復しそれらを自由に再構成したりできるようになる。

このような、脳ネットワークを含むネット世界の利用は、単に高齢者にネットワーク型健康管理システムを提供できるだけでなく、高齢者の自己表現のための特別のツールになっていく可能性が高い。高齢者には、リアルなパワーをいかに節約して使用するか、その不足分をいかにネット世界の表現で補完するか、その選択がリアルとネットを合わせた総合的な表現を形成するための重要なポイントになる。そして、そのためには、「リアルと仮想（夢）を区別する能力」を身につけ、その上で「いかに仮想（夢）を有効利用するかの能力」を発揮する必要がある。仮想（夢）の有効利用ほど、高齢者の表現を高めるために有用な技術はないからである。

そして、これらの能力の獲得は、今後の情報社会では、科学技術リテラシー取得の一環として子供から大人までのあらゆる人びとの獲得目標になるはずであり、したがって高齢者は、ここでもそれを率先して自分の課題とすることができる。これらの技術に切実な必要性をもって一番近い所に立つのが高齢者だからである。

3. モデルケースの創出とその普及のために

私は、私自身が高齢者になる超高齢社会の一員として、以上の3つの科学技術を利用し、「新しい身体」を「改造される生体+分身ロボット+ネットワーク技術」の組み合わせとして構成することを試みたい。そして、このような「新しい身体」を活用し、次のような内容を高齢者文化として表現したい。さらに、このようなモデルケースを多数組織し、社会に向けて発信していくことを提案したい。

(1) 新しい健康づくり～「仙人」への挑戦

① 常識的判断に頼らず、必要なだけの「生体改造」を行い、必要な「健康」を維持する。それは科学技術の時代における新しい「仙人」への挑戦である。

② ダライ・ラマは「人生の目的は幸福（ハピネス）」と言っている。自己の身体的条件を受容し、それを楽しむことができるための新しい健康づくりの方法として、「個性的な身体動作方法＝新しいダンス」を開発する。歩行にも、誰とも違う「個性的な歩行」というものがある。全身の運動ではなおさらのことである。中国の太極拳という優れた健康づくりの方法も誰にも共通のもので、「個性」を特化させることはない。日本の舞踏が海外でブレイクしたように、日本人には日本的身体知を生かした独自の身体動作を開拓できるはずである。たとえば、高齢者のレベルにふさわしく、「この世でもっともやわらかい動きによって構成する歩き方＝ウォーキング・ダンス」というような。

(2) 新しい表現への挑戦～高齢者にしか出来ない表現とは？

① 高齢者としての長年の経験と知恵を生かし、建築やデザインに対しても、求めるべき「やわらかい関係性」に満ちたデザインを提案する。バリアフリーデザインに対しても、高齢者にやさしいデザインということでかえって高齢者を「弱者」として囲い込む弊害がある点について、何よりも当事者として正確な修正プランを出すことができる。

② 国家や民族間の紛争・テロ・病い・貧困・勝者の驕り・環境破壊などの「地球文化の愚かさ」に対する徹底した反省を行い、それを乗り越えた豊かな地球文化や宇宙文化を創造するためのプログラムを提案する。地球環境の破壊を食い止めるための環境プログラムも、アメリカなどの経済優先の大国エゴイズムにより阻害されている。宇宙利用も、国連主導による平和的な宇宙政策が結ばれている一方で、同じくアメリカなどによる自国優先主義による「宇宙支配政策」が実行プランとしてまかり通っている。このままでは、宇宙にも「地球文化の愚かさ」が持ち込まれる可能性が充分にある。その時、血気にはやる

若者や壮年の知恵よりも、高齢者の知恵の方が有効な点がある。

③ 「死の克服」のテーマに触れながら、「170才まで生きる！」に挑戦する。死に対する恐怖を取り除くこと、安心して死ねるようにすること、「死の克服」のテーマは人間の普遍的な関心事である。近い将来には、医療の力が人間の平均寿命を120才まで引き伸ばすと言われている。科学技術の時代を生きる高齢者として、可能な技術とアートの視点を総動員し、「170才まで生きる」に挑戦したい。このような人類初の試みから、「死の克服」に役立つものが出てくる可能性は充分にある。

(3) 新しい実践

① 「成熟文化国家」形成のために必要な、若者文化と高齢者文化の混合を、率先して実践する。高齢者文化は、高齢者の世界に閉ざされてしまえば若者文化や社会との間に新しい境界をつくり出すだけであり、「成熟文化国家」にはかえってマイナスになる。必要なのは、若者文化と高齢者文化の新しい混合である。

② 世界の多文化社会の発展に貢献するために、成熟文化国家の「成果＝花」をもって世界を巡回する。「年を取れば取るほど物心両面で豊かになる成熟文化国家」の存在は、「長寿」に対する大きな希望をもたせ、開発途上国を含む世界の国々にとり福音になる。地球文化のゴールは、世界のあらゆる国々が、対等な立場を築くために、「成熟文化国家」に到達することである。現在では、特に北欧諸国が、経済的にも文化的にも豊かで同時に非・好戦的な国として、世界にその模範を示している。日本は、アジアの先進国として、北欧モデルとはまた違う資質と経歴をもつ国として、「成熟文化国家」の新しいモデルを提示することができるはずである。このような日本の高齢者たちが世界中を訪問し、新しい友人関係を増やしていけば、平和のための基盤づくりに貢献できる。「相手の国に友だちができると、誰もその国と戦争をしようとは思わない」。これは確かな真理である。

以上のような文化創造の試みを現在の高齢者よりスタートし、序々に社会に浸透させていけば、やがて団塊世代やそれ以降の世代が超高齢社会を担うようになっている時、予想もしなかったユニークな文化現象も登場し、日本は「成熟文化国家」の道を歩んでいるかも知れない。今後は簡単には「死ねない社会」である。生殖期を過ぎても死ねない人間が「文化」を生み出した。100才をこえて平均寿命がのびると言われる今後の超高齢社会において、文化のあり方が現在の延長のままで行くはずはないだろう。

幸い、日本は、年をとるほどすさまじい絵を画いた葛飾北斎のような素晴らしいモデルもたくさん持っている。作家・宇野千代も「私は死なない気がする」と言っていた。身体に老化はあっても、「心」に老化はない。海外では、現在も日本食を含むさまざまな日本文化が素晴らしいと評価されている。

今後は、日本では、高齢者こそ、若者も尊敬するような、新しい文化やシステムを誕生させる可能性があるのである。そのためには、以上に述べた3つの科学技術をいかに発展させ有効利用するかが重要なポイントになる。科学技術も、このような高齢者からの要請に応答していくことで、社会技術としての格段の発展が期待できる。

.....

◎福原哲郎・略歴

舞踏家・ディレクター。東京スペースダンス代表。イルディス工科大学客員教授。ダンス活動と平行して、「身体と空間」の問題、身体知の情報化の問題に取り組む。MIT メディアラボ(ボストン)、ニューヨーク国連本部をはじめ、海外約40都市で公演・ワークショップ・特別授業を開催。2001年、外務省派遣講師。2004年～2006年、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同研究を実施し代表研究者を務める。2006年12月、「ユネスコ・デジタルアート賞～世界の20プロジェクト」(モナコ。ユネスコ後援)。2007年11月、『挑戦的なアートとサイエンス』(プラハ。レオナルド後援)。

2008年6月、『宇宙ダンス／新しい身体をつくる』(春秋社)出版予定。現在、『スペースダンス・イン・ザ・チューブ』を内外で展開するための準備中。

<http://www.ne.jp/asahi/tokyo/sd/> e-mail:jv4t-fkhr@asahi-net.or.jp

医療の技術革新についての研究—ビジネス・産業の観点から

仙石 慎太郎

要旨

わが国では医薬・ライフサイエンス領域における重厚な基盤・基礎研究を有しており、革新的な医療技術・医薬シーズが日々創出されている。しかしながら、事業化の段階になると、これらの萌芽的な成果が数々の原因により遅延、或いは阻害される例が目立つ。この問題を抜本的に解決するためには、過去の反省に基づき課題を掘り下げ、日本の実情を踏まえたオープン・イノベーション・システムを再設計する必要がある。本研究の目的は、革新的な医療・医薬技術を社会において早期に実現するための、事業化システム設計上のコンセプトと要件を見出すことにある。本報告では、システム設計の前提とすべき環境上の条件を確認しつつ、国内外の事例研究を通じて最新動向の理解に努めた。この一連の観察から導かれた次世代型システム・デザインの方向性として、モジュール型システム設計思想の導入、及びインターフェースの多層化、及び事業モデルの多様化の意義を提案したい。

1. 研究の目的と方法論

本研究では、先進的な医療・医薬技術やサービス・モデルが事業性を獲得するために必要な、産学連携システムが有すべき要件の特定を試みた。一連の議論は、本分野におけるオープン・イノベーション・モデルの実現を前提とする。対象分野としては、近年進展が著しい再生医療技術分野を取り上げた。アプローチとしては、本技術の事業化に向けた国内外の複数の取り組み事例をイノベーション・マネジメントの見地から検証のうえ、産学連携システム設計上の要件を仮説的に導出した。

2. 考慮すべき前提条件

2.1. 技術シーズの広がり理解

革新的な医療・医薬技術の創成は、従来の学問的枠組みを超えた学際的な領域に頻発しており、特にいわゆる医工連携領域においてその傾向は著しい。

東京大学ナノバイオ・インテグレーション研究拠点 (CNBI) 1 の事例はその好例である。2005 年に CNBI の研究活動について調査を行ったところ、セルセラピー・再生医療、分子イメージング技術、ドラッグ・デリバリー・システム (DDS) 技術、バイオインスパイアード・マシナリー技術、医薬・医療情報技術などの領域において研究テーマの集中がみら

れた（図 1）2。また、これらの領域では革新的医療・医薬技術が活発に創製されており、これら技術を核にした大学ベンチャー企業の創業も数多く確認された。これらの領域では、直接的な研究成果のみならず、知見、人的ネットワーク、資金ネットワークなどの無形資産の蓄積も期待され、今後長期にわたりイノベーションの場を形成していくものと期待される。

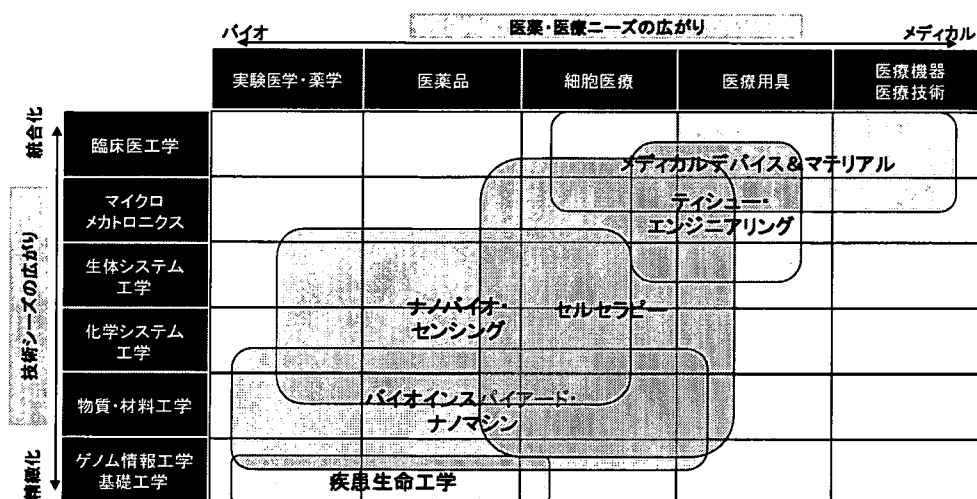


図1 革新的医療・医薬技術の戦略マップ
 出典：仙石慎太郎「医薬連携の意義と大学研究事業化の展望」p.135（東京大学大学院医学系・薬学系連携公開講座①「リーダーたちが語る医療経営イニシアティブ：破壊と創造で挑戦する」(2007. かんき出版、東京) p.132-141)

2.2. 市場ニーズの広がりの理解

技術シーズの広がりとは並行して、市場ニーズの側にも変化が顕在化している。この変化の源泉は、治療中心だった医療サービスが、予防、さらには健康増進へと拡大的に発展していることと同調する。傾向の一つは、産業モデルの変化である。特に長寿科学の分野では、医療従事者と保険者が主導的だった規制産業型から消費者主導型のサービス産業型へと、産業モデルの移行が各所で予測されている。例えば、経済産業省が2004年に発表した「新産業創造戦略」では、「健康・福祉・機器・サービス」が「ニーズ対応型新産業群」のひとつに採択され、2010年の市場規模を75兆円（2002年が56兆円）と予測している。もう一つの傾向は、商品・サービスのカテゴリーの変化であり、これは医薬品において特に顕著である。当初医薬品の規制・管理上の要請で設置された医薬品（医療・一般）、医薬部外品などのカテゴリーとその境界は、消費者の新たなニーズに裏打ちされた新カテゴリーや新製品の出現により、シームレス化の一途にある。医薬品と食品の境界領域における保健機能食品カテゴリーの出現と市場形成はその好例と言えるし、同様の現象は化粧品との境界領域（QOL医薬品や機能性化粧品など）、たばこ製品との境界領域（ニコチン医薬品や無煙たばこ製品など）においても確認されている。これらの境界領域においては従来概念を打破する新製品が絶え間なく出現しており、またエンドユーザーである消費者のニーズに直結していることから、イノベーション創出の場として注目しておく必要がある。2.3.

オープン・イノベーション・モデル3の適用

知識競争社会においてイノベーションを達成するためのアプローチには、自らの組織内にて研究・開発に取り組むクローズド・イノベーション・モデルと、他の会社からプロセスまたは発明品(特許)を購入・ライセンスするオープン・イノベーション・モデルが存在する。前者は企業内の知識の使用を中心とするためほとんど社外の知識を利用しないプロセスであり、一方の后者は外部リソースへの積極的な働きかけと連携を要求する。革新的な医療・医薬技術の事業化、特に大学・公的研究機関の研究成果の活用には、外部企業・機関との連携が必須であり、オープン・イノベーション・モデルに立脚したシステム構築が前提となる。今日では、オープン・イノベーション・モデルの価値の発揮点として、企業間連携のほかに大学・公的研究機関との連携、技術の国際標準化なども取り上げられている。本モデルの採用により、イノベーション・プロセスの加速ばかりか、外部からのモニタリング・誘導による効率化などの効果も期待することができる。

3. 事例研究

再生医療技術の事業化システムを考察するにあたり、特に先進的かつ有力と考えられる、以下の2事例について解説する。前者は公的支援の在り方を模索するうえで貴重な事例であり、后者は民間企業主導の連携モデル構築の好例である。

3.1. 政府・公的機関による支援事例：英国 Stem Cells for Safer Medicine (SC4SM)⁴

英国幹細胞イニシアティブ (UK Stem Cell Initiative, UKSCI)は、幹細胞治療・関連技術開発における世界的リーダーシップの確立を目的として、2005年にゴードン・ブラウン財務相(現首相)が提唱したことに始まる。具体的な施策としては、基礎研究の治療・産業応用対策として、官民コンソーシアムの設立、幹細胞バンクの機能強化、基礎研究資金の増額と中核研究拠点の育成、臨床研究の推進、関係組織間の調整機能の強化、及び予算措置が講じられている⁵。SC4SMはこの官民コンソーシアムの一つであり、体細胞バンキング機能と毒性試験評価系の開発機能を有する。

SC4SMの提供価値は、一義的には細胞株の安定供給と評価系の開発プロジェクトのコーディネートにあるが、各機関・企業との調整・折衝も担っており、定型化されたプロセス、ルールを関連研究機関と産業界に提示している(図2)。産業界からの産学企業は、SC4SMにより、共通課題である毒性問題に限定された相互連携の機会が提供される。参画企業には協力の対価として、SC4SMの創製した産業財産権に対する優先権を付与されている。規制当局は本件に関する対応窓口を一本化でき、SC4SMで一元管理された活動成果を法規制・基準の根拠として直接利用することができる。以上の観察から、SC4SMは、規制当局、企業及び学術研究機関などの自律的機能を結合する役割を主として提供していると考えられる。

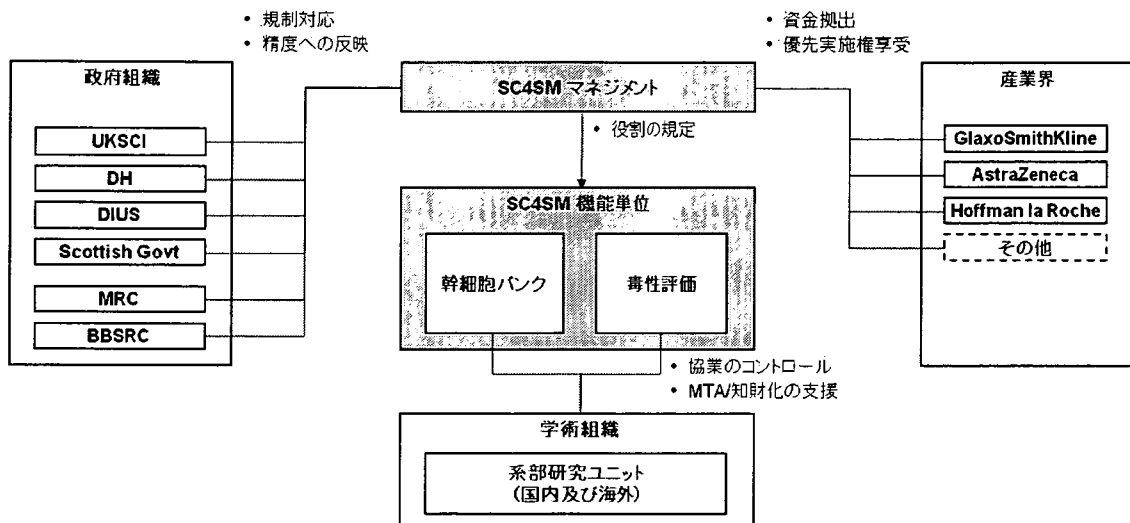


図2 Stem Cells for Safer Medicine (SC4SM) の連携モデル

出典：インタビュー調査；NEDO海外レポート「英国の幹細胞研究の現状：英国幹細胞イニシアティブの提言を受けての政策の進展」No. 1014 (2008.1.9)；著者作成

3.2. 民間企業による支援事例：米国 Kleiner Perkins Caufield & Byers (KPCB)

KPCB はカリフォルニア州シリコンバレーを拠点とする、米国屈指の VC である。ライフサイエンス分野では 1972 年より投資・支援活動を開始しており、百社を超える投資実績があるほか、Genentech, Millennium Pharmaceuticals などの優良企業をポートフォリオ企業に有する。KPCB は投資・育成を通じて再生医療分野にも積極的に参加している。例えば、昨今話題となっている人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) に関しては、2007 年末時点で既に実用化のためのベンチャー企業を設立していた。KPCB はいわゆるハンズオン型の VC であり、通常その役割は資金提供に留まらない。事業計画の立案、経営人材の斡旋・派遣、経営管理の実施・支援などの諸機能を投資先企業の支援に活用するほか、各関係企業・機関とのインターフェースも規定・提供している。KPCB は本事例においても新社設立を実質的に主導し、知的財産管理をはじめとするマネジメント機能を新社に提供しているものと推察される⁷⁾。

4. 事業化支援システム設計上の要件

前節に代表される事例研究の結果をもとに、事業化支援システムを再設計するうえで前提とすべき条件を導出・整理した。現在は未だ仮説的な段階に留まるが、本節ではモジュール型システム設計思想の導入、インターフェースの多層化と整備、及び事業モデルの多様化の意義について、提案・解説したい⁸⁾。

4.1. モジュール型システム設計思想の導入

モジュールとは、半自律的なサブ・システムをいう⁹⁾。モジュールは他のモジュールと一

定の規則や情報（インターフェース）を介して連結し、より複雑なシステム・プロセスを構成する。モジュール型で構成されたシステムは、構成要素を機能単位に分割することが容易である。モジュール型システムは、各機能単位が多様である場合、それらの相互依存度が低い場合において、複雑性の解消と分業の促進に寄与する。一方、対立概念を構成するインテグラル（擦り合わせ）型システムは、機能間が複雑に絡み合い一つのシステムを形成する場合において、全体の効率化に寄与すると考えられている 10。モジュール化とインテグラル型のいずれかが採用されるかは、そのシステム置かれた環境や状況によるところが大きい。一般にモジュール化は、システム外部からの入力の多様性 (heterogeneity of inputs)、システム外部からの要求の多様性 (heterogeneity of demands)、緊急性 (urgency) により促進され、シナジー特異性 (synergetic specificity) により阻害されると考えられる 11。革新的医薬・医療技術の事業化では、関係するステークホルダーが多岐にわたるうえ、異質な（或いは、未知の）外部企業・機関との連携が発生する。多種多様な外部ニーズに迅速に対応するためには、モジュール化の思想に基づくシステム・デザインが有効であろう 12。特に、ベンチャー企業の設立を介した事業化アプローチを選択肢に入れるとすれば、モジュール型システムに立脚することが望まれる 13。

4.2. インターフェースの多層化と整備

モジュール化組織・システムの導入を試みる場合、同時に、各モジュールを結合するためのインターフェースの確立が求められる。医療・医薬技術領域においては、医工連携に代表される学際的研究、臨床応用を図るための臨床研究の推進と基礎研究との連携について、インターフェースの整備が有効であると考えられる。第一点の医工連携は、第2章で開設したように、技術機会の拡大によりイノベーションの達成を図る好例であるばかりか、シーズ（技術供与者）とニーズ（需要の代弁者）のマッチング機能、事業化モデルの洗練化も果たしうると考えられる 14。現在、いくつかの医工連携拠点においては、各研究ユニットの支援のみならず、学際研究実施のための拠点設置、連携機会・プロセスの整備などの施策が講じられており、学際連携のためのインターフェースの確立が進んでいる。第二点の臨床研究は、技術シーズの事業化の「出口」を見据えた研究を指す。医療・医薬技術の臨床応用のために不可欠な役割だが、これまでは基礎研究と臨床研究は担当する組織・人材が分かれており、相互の交流も希薄であった。この点を改善すべく、現在は「橋渡し研究支援推進プログラム 15」などの公的支援が行われている。本プログラムのある支援事例では、基礎と臨床の橋渡しを促進するための要請として「基礎理論の実践」及び「臨床効果の検証」機能が明確化されており、これらモジュール間の「知の循環」モデルに基づくインターフェースが提唱されている（図3）。

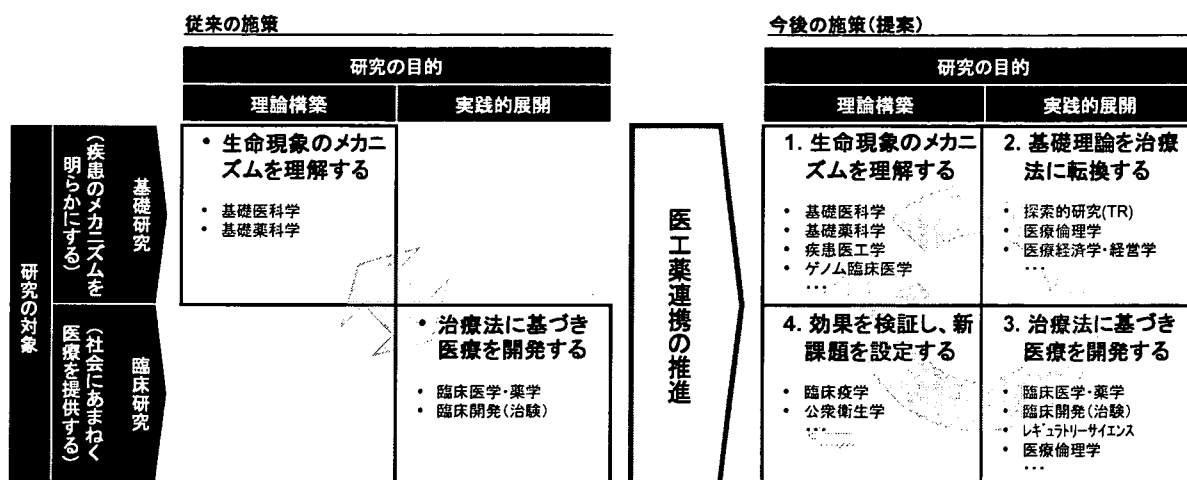


図3 医療・医薬技術の実用化研究の充実策

出典：東京大学TRI、仙石慎太郎「医工薬連携の意義と大学研究事業化の展望」p.141(東京大学大学院医学系・薬学系連携公開講座③「リーダーたちが語る医療経営イニシアティブ：破壊と創造で挑戦する」(2007.かんき出版、東京)p.132-141)

4.3. 事業モデルの多様化

一般には、イノベーションの決定要因は技術機会と専有可能性の2つと言われており、両者を向上することがイノベーション実現を加速する。しかしながら実際には、産業分類間の産業構造の差により、いずれの決定要因が支配或いは先行するかは異なる。この相違は、当該技術の事業化モデルを設計する上で重要な論点となる。図4に、事業モデルの類型を示す。「デファクトスタンダード構築型」では、専有可能性の強化が先行し、技術機会の拡大がこれに続くモデルである。各競合勢力は、標準化すなわち標準規格を巡り競争する。逆に、標準化が終了した段階では、幅広い企業に対して平易な条件で参画の機会が提供される。産業分類としては、電器製品や半導体、ITなどの産業分類にこれに該当する。

「先行・独占使用型」はこの逆であり、医薬品業界はその典型である。ここでは、R&Dの初期において、産学連携の共同研究、企業間或いはVCを介したライセンスやアライアンスを通じた技術機会の拡大が図られる。そして一旦創確立された事業シーズは、該当する対象疾患や薬効メカニズムを強みとする事業体(製薬企業)において専有化され、また事業体はその強みの更なる強化を図る。再生医療がいずれの類型に属するかは未検討の課題であるが、筆者は両者のハイブリッド型と考える。規格基準型ではなく許認可型の規制産業であることから、事業の権利は最終的には治療目的ごとに一社或いは数社のもとに集約されるだろう。しかしながら、幹細胞の誘導・分化手法などの基礎技術の確立や、品質管理や安定供給のプラットフォームの構築は必ずしも特定事業体の専有物ではないことから、標準化プロセスを経由する必要もある。

我が国の再生医療を巡る知的財産戦略は、目下のところ特許戦略が中心となっている。これは最終的な事業権利の専有化には有効な方策だが、その前段階の標準化プロセスにつ

いては議論が活性化していないようである 16。ここで前述した英国の SC4SM は、毒性試験の評価系の共同開発に加えて標準規格の設定と制度化の一面もあり、我が国として大いに参考にすべきである。再生医療技術を「医療サービス」ではなく「モノ」として捉えることには異論もあろうが、日本が培ってきた「ものづくり」能力を発揮し、より広範な業界・企業の参画を促すことにも繋がる。今後はより広範な産業財産権を対象とした、事業化モデルの多様化の議論が必要であると考えらる。

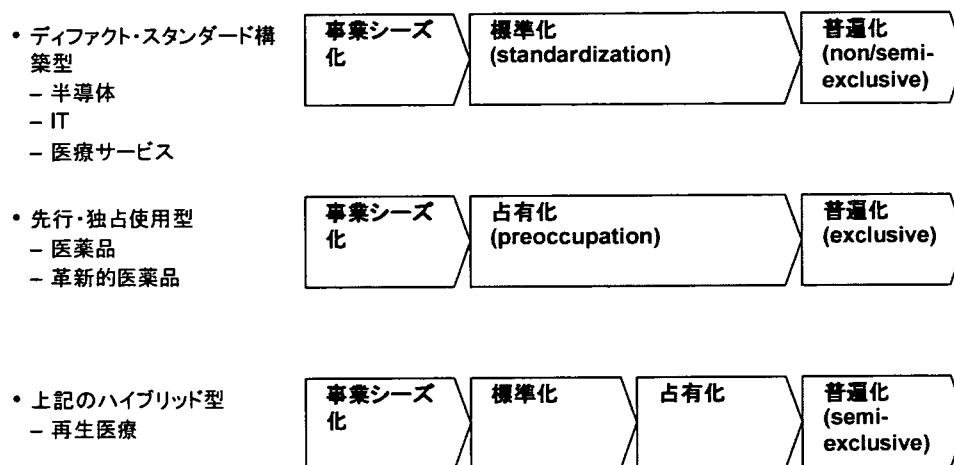


図4 革新的医療・医薬の事業モデルの類型

出典: 著者作成

5. おわりに

以上、医療・医薬の技術革新について、産業・経営の視点から論じてきた。本格的な少子高齢化社会を迎えた現在、長寿科学の推進は、健康・福祉サービスの充実、科学技術研究の振興、新産業の育成など、様々なコンテクストにおいて重要課題となっている。ここで、医療・医薬分野の革新すなわちイノベーションは共通のキーワードである。本課題の解決にあたっては、日本はいわゆる課題先進国として有利なポジションにあり、国際的な役割は重大である。豊富な基礎科学分野の研究資源の速やかな社会還元は関係諸機関の責務であり、事業環境の正確な理解と、次世代型の産業システムの開発を急ぐ必要がある

<参考文献>

1 <http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/CNBI/>

2 仙石慎太郎「医工薬連携の意義と大学研究事業化の展望」p.141 (東京大学大学院医学系・薬学系連携公開講座③「リーダーたちが語る医療経営イニシアティブ：破壊と創造で挑戦する」(2007. かんき出版. 東京) p.132-141)

3 Chesbrough H, Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology, Harvard Business School Press, 2003

- 4 <http://www.sc4sm.org>
- 5 <http://www.advisorybodies.doh.gov.uk/uksci/uksci-reportnov05.pdf>
- 6 <http://www.kpcb.com/index.html>
- 7 日経バイオテク 2008年1月25日付記事 (<http://biotech.nikkeibp.co.jp>)
- 8 サイエンス・技術、特許戦略（狭義の知的財産戦略）、倫理・規制対応なども重要な前提となるが、本論のスコープからは除外する。なおこれらの各点については、例えば、文部科学省「再生医療の実現化プロジェクト」(<http://www.stemcellproject.mext.go.jp/>) 等が詳しい
- 9 青木昌彦, 安藤晴彦. 「モジュール化：新しい産業アーキテクチャの本質」. 東洋経済新報社 (2002. 東京), p.5-6
- 10 たとえば、国領 二郎. 「オープン・アーキテクチャ戦略：ネットワーク時代の協働モデル」(ダイヤモンド社, 東京) を参照
- 11 Schilling MA [2000], Toward a general modular systems theory and its application to inter-firm product modularity, *Academy of Management Review* 25(2): 312-334
- 12 末松千尋[2005]「モジュールとインターフェース、あるいはネットワークの効用」『経済論叢』(京都大学経済学会) 第 175 巻第 3 号、2005 年 3 月
- 13 この解釈は意見が分かれるところであるが、いわゆるシリコンバレー型ベンチャー・モデルはモジュール化されているとの意見が優勢である。この点について、安藤晴彦「ベンチャー・エコノミーと「モジュール化」の関係」(青木昌彦・安藤晴彦共著「モジュール化」東洋経済新報社 (2002 年, 東京) p.125-144 は好著であり一読を勧めたい。
- 14 本論については厳密な実証は為されていないものの、産学連携のフロント・ラインでは通説となっている感がある。
- 15 <http://www.tr.mext.go.jp> 16 例えば、総合科学技術会議 基本政策推進専門調査会 (iPS 細胞研究ワーキング・グループ) (<http://www8.cao.go.jp/cstp/project/ips/index.html>) など を参照

長寿化を目指した先端医療技術の

使用がもたらす倫理的・社会的問題

米国大統領生命倫理評議会報告書『治療を超えて』の紹介と論点整理

伊吹友秀、児玉聡

方法：

長寿化を目指した先端医療技術の使用がもたらす倫理的・社会的問題の整理を行うために、医療技術による能力向上(エンハンスメント)の倫理性をテーマとした米国大統領生命倫理評議会報告書『治療を超えて』について、第四章「不老の身体」を中心に論点整理を行った。

結果：長寿化を目指した医療技術の使用がもたらす倫理的・社会的問題を「個人への影響」と「社会全体への影響」に分けて整理した。同報告書では、「人間には最適な寿命の長さが存在するのか」、「老化はそもそも治療されるべき疾病と言えるのか」といった、より哲学的な問いについても言及されており、今後、我が国でもこの種の問題についても検討が必要であることが示唆された。

はじめに

創世記に登場する 939 歳まで生きたとされるメトシェラ、数千年生きたと噂されたサンジェルマン伯爵、わが国にも広く伝わる徐福伝説に、人魚の肉を食べたという八百比丘尼など昔話を紐解けば、不老不死を希求する話や数百年を生きた長生者の話はあまた存在する。さらに、現代の SF 小説や漫画や映画の世界でも不老不死や不老長寿はありふれたテーマのひとつとなっている。このことから分かるように、不老不死や長生は、人間にとって時代や地域とは無関係な普遍的欲求と言える。

有史以来、これらの欲求を実現する科学技術は存在しなかった。しかし、今日、長寿に関する遺伝学的研究や抗加齢医学が急速に発展しつつある。古くからの欲求を満たす手段が現代の科学によって提供されたとき、個人と社会にさまざまな影響がもたらされることが想像される。われわれは、長寿科学が更なる発展を遂げた場合の、倫理的・社会的問題を検討する必要に迫られている。

欧米の生命倫理学は、すでに 70 年代から長寿科学に関する倫理的・社会的問題に取り組んできた¹。長寿科学の発展が著しい近年では、長寿科学に関する倫理的・社会的問題は、医

¹ Joel Kurtzman and Phillip Gordon, *NO MORE DYING: THE CONQUEST OF AGING*

科学技術の治療目的以外での使用(これを生命倫理学の領域ではエンハンスメントと呼ぶ)の事例の一つとして議論されることが多い。エンハンスメントという問題領域については、近年多くの論文や報告書が発表されている。中でも、最も影響力のあるものの一つと言われているのが、米国大統領生命倫理評議会が2003年に公表した『治療を超えて』という報告書である²。同報告書の影響力は大きく、長寿科学関連の文献などで言及されることも多いと指摘されている³。ミネソタ大学生命倫理センターのC. エリオットのように、この報告書を「今後のエンハンスメントの議論の全ての研究のベンチマークとなるだろう⁴」と賞賛するものもある。我が国の生命倫理学の研究者の間でも、「生命倫理という領域を一新するような画期的試み」⁵であるとか、「不徹底・迂回・回避・無視が蔓延するなかで、この〔人間観を正面から論じる：筆者ら補足〕試みは評価してよい」⁶のように、その重要性が一定程度認められている。

同報告書の第四章「不老の肉体(Ageless Bodies)」という章では、従来の意味での治療を超えた長寿化を目的とする科学技術の行使(以下、長寿エンハンスメントとする)に関する問題が検討されている。大阪府立大学の森岡正博が指摘しているように⁷、同報告書は以降の長寿エンハンスメントに関する生命倫理の議論に少なからぬ影響を与えている⁸。

AND THE EXTENSION OF HUMAN LIFE, Los Angeles: J.P. Tarcher, 1976.

Albert Rosenfeld, *PROLONGEVITY: A REPORT ON THE SCIENTIFIC DISCOVERIES NOW BEING MADE ABOUT AGING AND DYING, AND THEIR PROMISE OF AN EXTENDED HUMAN LIFE SPAN - WITHOUT OLD AGE*, New York: Alfred A. Knopf, 1976.

Bernice L. Neugarten, and Robert J. Havighurst, eds. *EXTENDING THE HUMAN LIFE SPAN: SOCIAL POLICY AND SOCIAL ETHICS*, Chicago, IL: Committee on Human Development, University of Chicago, 1977.

² Leon R. Kass ed., *Beyond Therapy: Biotechnology and The Pursuit of Happiness*, Dana Press, New York, 2003.

なお、同報告書はネット上でも入手可能である

<http://www.bioethics.gov/reports/beyondtherapy/index.html> (2008年5月1日確認)

レオン・R・カス編 倉持武監訳、『治療を超えてバイオテクノロジーと幸福の追求』、青木書店、東京、2005。

³ Steven Horrobin, Immortality, Human Nature, the Value of Life and the Value of Life Evtention, *Bioethics* 20(6), 279-292, 2006.

⁴ Carl Elliott, Beyond politics: why have bioethicists focused on the president's council's dismissals and ignored its remarkable work?, *Slate*, March 9.

<http://www.slate.com/id/2096815> (2008年5月1日確認)

⁵ 島菌進、「はじめに」、町田宗鳳、島菌進編、『人間改造論—生命操作は幸福をもたらすのか?』、12頁、新曜社、東京、2007。

⁶ 浜松医科大学の森下直貴による書評

http://www.hama-med.ac.jp/university/chair/ethics/investigation/1_3.html (2008年5月1日確認)

⁷ 森岡正博、生延長 (life extension) の哲学と生命倫理学：主要文献の論点整理および検討、『人間科学：大阪府立大学紀要』2、65 - 95頁、2007。

⁸ ETHXWeb(米国ジョージタウン大学の生命倫理学関係の文献検索エンジン)

で、“Prolongation of Life and Euthanasia: General theme”と“enhancement”というカテゴリ