

-3 情報の管理・評価

トランスフォーマティブ研究を見越したフロンティアリスク評価モデル
による宇宙飛行士への将来的差別防止Nondiscrimination Promising Astronaut
by Frontier Risk Assessment Modeling for
Transformative Research.鈴木 羽留香¹
SUZUKI Haruka¹ 立命館大学 理工学研究科 Ritsumeikan University Graduate School of Science and
Engineering

Abstract Moving process lay person becoming to non lay person. It shows us some possibility citizen create every scientific field whatever too difficult to description by experts of own field. Mass corroborate to create new scientific world make by human body's sense to catch object directory. All of sense is important as Technology and all of citizen have own sense. Many citizen have interest about science, however people do not action easily. And also many government officer and academician hope to know real voice of citizen, however it is difficult to talk each other. Both non lay person and lay person do not enough believe lay person's intellectual ability. Research goal is to create new field what made by a lot of elements, depend on lay persons, promote integrated academic disciplines.

キーワード フロンティアリスク, 差別防止, 長期影響, リスク評価, トランスフォーマティブ研究

1. 急速な宇宙進出競争を止められない国際関係によってリスクが不可避に

宇宙関連の多国間協議において、国家間の力関係や将来的宇宙環境への対策の必要性もあつてか国連宇宙空間平和利用委員会（以下、COPUOS）の法律小委員会（LSC）による 1967 年の宇宙条約発行以降、規制力のないソフトローでの宇宙ゴミ問題に議題が集中しているが、微小重力を含めたフロンティアリスクの長期的影響のフィードバックによる現生人類の在り方についても緊急に議論し合うべき課題であるのではないだろうか。将来的には、曝露日数のさらなる長期化とともに、世代間倫理を含めた国家的枠組みを超越した国際的な生命倫理に関する倫理基準が必要である。宇宙飛行士の生涯リスクだけでなく次世代への影響がどうであるのかは、長期的にみると現生人類全体的方向性に関わる国境越境型の問題であるが、COPUOS が国連組織にあり現時点ではパワーバランスの調整機関としてまだ不完全である以上、実際は十分な議論が尽くされる前に、各国が広義と狭義の安全保障のために宇宙環境利用を急速に推し進めざるを得ないというのが現実である。広義の安全保障とは、宇宙環境や地球環境の悪化に伴う災害等や、宇宙からの隕石や太陽風などの地球への悪影響に対する対応策である。2013 年にロシアに落下した隕石の事例からもわかるように、これらは人命を脅かすものであり、隕石の地球への衝突を防ぐため

のモニタリングや軌道修正技術は、地球上だけの展開だけでは成し得ず宇宙環境利用が進む理由となっている。狭義の安全保障とは、各国が自国の国家安全保障のための覇権や軍事的、産業的、経済的な利益を得るための宇宙からの兵器開発や偵察衛星等の技術による対応策であり、米ソ冷戦以降も各国が協調しながらも、フロンティア環境利用で自国の各種国益も追求している。この現状をふまえると、フロンティアリスクを確認しながらも各国の安全保障等のための宇宙進出は加速の一途を辿るだろう。現時点ではまだ短期滞在であり、渡辺ら(1996)が「宇宙環境の様々な要因のなかでも特に、宇宙放射線と微小重力のリスク評価をしておかなければならない」と主張しているのは「長期間宇宙で活動する際」(渡辺ら, 1996)であって、曝露量が閾値を超えないうちに種としての世代交代的なものも含んだ長期的影響を考慮するための規制値というスタンダードを決定しておくことは不可欠である。三中(2007)が主張するように「生物の過去の進化史(系統発生)を推定する手法が与えられたならば、データから推定された系統樹を用いて多様な生物を体系化することができる」といった「生物進化の仮説のテスト」(三中, 2007)のための手法が未確立であり、ヒトの進化過程の歴史に関して米国での論争にみられる進化生物学とキリスト教の対立に決着がついていない現状

-3 情報の管理・評価

においては、COPUOS 内の科学技術小委員会(STSC)の宇宙活動の長期的影響ワーキンググループの作業部会でもこういった議題が取り上げられたとしても、上記の2つの理由から難航することが予想される。生物としての現生人類の在り方と種としての全体の予測と、地上に残る個体、帰還した個体、長期滞在する個体といった分類別の適応予測を含め、領域横断型の検討と生命倫理に関する国際的スタンダードは必要ではあるものの、こういった現生人類の方向性の議論が尽くされる前に、宇宙空間での個体への曝露時間は増え続け、個体での生体適応の症例数は増加し、個体レベルを超えた変異も時間の問題となるかもしれない。こういった現状があるため現時点で可能な対策は、倫理的側面から帰還した個体と、その個体の次世代に関する偏見差別の予防と、現在の技術では不可避なフロンティアリスクをリスクに留まらず、科学や医学分野だけでなく、広く哲学等の多様な学術分野でトランスフォーマティブな研究として、積極的に活かし社会に還元する以外に今のところ方法はないのではないだろうか。

2. 特殊な環境下で獲得する新たな形式が創り出す新しい環世界による新認識論

微小重力を活かしたトランスフォーマティブ研究へとつなげるためには、微小重力の影響の強い部位のうち、眼に焦点をあてることが有効ではないだろうか。古賀ら(1993)は眼という入力器官が「間接的ではあるが、目から得られる視覚情報によって、重力や方向とかについて知ることができる」とし、入力情報の量から「重力情報量はすべての感覚器官のなかで最大といってもよい」(古賀, 1993)と述べていることから、現在明らかとなっているフロンティアリスクのうちの微小重力の影響を考察する対象としては、眼という重力感知器が最適であるといえる。同時に、この眼の特色である感覚入力、認識というかたちで還元されるため、哲学を中心とした認知科学を超えた広義の認識論の確立に役立つと考えられる。視覚を活かすため、前提である我々人間の生存環境が時代とともに変化する以上、形式についての前提も常に疑い続け、その相互作用を掴むことが必要である。時代の変化に伴い、現象を創出する我々の認識機構を含む生物としての身体、そしてそれを創り上げている社会的文脈や言語、教育、文化的背景、地形等の様々な要因を含む、生存環境が流動的である以上、屋気楼のような対象を追いかけ続けなければならない。ヒトは自らの体内に取り入れられた外部環境の入力「情報をもとに、自己と周囲環境との相対的な位置関係、すなわち空間識(spatial orientation)が形成される」(肥塚, 2006)という。人類だけでなく、ユクスキュルが提唱している「環世界」を含む各生物種に固有な生存環境を、すべての生き物が創り上げているとするならば、対話の対象は、他分野の研究者だけでなく、観察や生理的実験を通じた他種の生物や、現生人類とは異なるであろうフロンティアに適応する個体の捉え方や現象をも含める必要がある。

しかしながら本稿では、我々人間が外的環境を自らの内的環境として作り変え、この世界を自分のものさしで歪めながら取り込むプロセスに、作用し得る微小

重力の影響に特化する。宇宙医学や宇宙航空領域で知られている、現段階でわかっているフロンティアリスクの中から、微小重力を研究対象とする理由は、他のフロンティアリスク群と異なり、今のところ重力だけが地球上ではほぼ変動のない影響要因であり、宇宙空間に突入した際には、地球上での影響と比較して最もその変動のふれ幅が大きいため選定した。人類が陸上生活以降の長い人類の歴史になかですっと、ほぼ一定であった重力受容が宇宙進出により初めて変動したとき、人体が受ける影響は長期的にみると、他の要因より深刻となると考えられる。荒磯(1996)は、地球上での重力による生物への影響の均一さを「温度や物質の濃度と違い重力はわれわれの周りではいつでもほぼ一定であり、重力を意識する機会が少なかった」と重力生物学の発展が遅かった理由を指摘し「もし重力が場所によって大きく違っていたら、それらの重力の違いに適応して風変わりな進化をした生物が見られたに違いない」(荒磯, 1996)と述べている。したがって、本稿では微小重力を対象としカントが『純粹理性批判』で示した「形式」としての「時間」と「空間」という各自が有する、外的環境を受け入れるものさしが、特殊な文脈下で通常とは異なるかたちで認識機構として作用する可能性を考察する。これまで人類が踏み込んだことのない生存環境の拡大と多様化は、ヒトの新たな形式を手にする機会でもある。微小重力等の「異常な運動環境にさらされた場合、能動運動に伴って実際に入力される感覚情報パターンと、予測される感覚情報パターンに乖離が生じ、空間認知が障害される。その結果、空間認知障害をコードするミスマッチ信号が生じる」(肥塚, 2006)という状態から、新たな形式が生じるのではないだろうか。「空間における人間の視空間構造特性は視覚に依存するところが大きい、一方無重量下においては、自分自身の体軸を中心として基準軸をリファレンスとすることで全ての作業空間を規定することができる」(古賀, 1996)という言葉からもわかるとおり、形式をかたちづくるプロセス自体が異なったものとなってくる以上、従来の認識に関する哲学を前提から再構築し直し、フロンティア版哲学をつくらなければならないだろう。三中(2007)は「進化学や体系学の現代史の中で、科学哲学は長年にわたってたいへん大きな影響力を及ぼしてきた」と述べているように「現代の生物体系学において、個別科学と科学哲学はみごとに相利共生している」(三中, 2007)という。対象を、こういったいままでの人類の歴史上に存在しなかった生存環境に、適応した認識機構を有する様々な視点から多角的に観察することは、固有な形式を有する各自がそれぞれに固有な現象を作り上げ、認識を追求する学問に新たな手法をもたらす可能性があると考えられる。「自然の全体像」をみるという意味においては、ゲーテが『色彩論』で試みようとしていたことが、近代フロンティアサイエンスの発展による人類の活動領域の拡大によって、ある範囲内においては実施可能な基盤が出来つつあるといえる。

今後のフロンティアサイエンスのさらなる発展に伴い、現生人類が経験したことのない生存環境である宇宙、深海、地下、極地等を中長期にわたり住処とせざるを得ない人類が出現してくる可能性があるなかで、

-3 情報の管理・評価

そういった適応進化作用を経た今までにない認識機構を、どのように幅広く研究開発に活かすのかが問われる。特筆すべきは、微小重力空間内における視覚はヒトがどのように、外的刺激を自らのなかに再構築しているか、といった認識の問題に関わっていると考えられる点である。全体像を浮き彫りにするように、哲学領域を中心とし、細分化された各ディシプリンが協働し、これらの多様な部分であるプロセスの認識機構をそれぞれの分野に還元させながら、各現象に各自がアプローチし現象となる前の対象を総体として捉えるべく全体像を探る必要がある。「群盲象を撫でる」ように、鼻や足をなでる認識主体が多様化し様々な角度から観察し、なでる手を増やしなでている主体間で対話することは、現生人類のほぼ単一で狭く世界を切り取ることしかできない限られた感覚器官による取捨選択を経た外部情報の内部環境への調整をしながらの入力という限られた「手」では、「大き過ぎて」捉えられない対象という「象」に近づく。三中(2000)が「認知科学」と他の「自然科学分野とのいまだ気づかれていない接点」を探し「種をめぐる生物分類学の概念的問題-すなわち生物哲学の問題-に対する認知科学の関連性の深さ」を追求するような可視化が肝要ではないだろうか。有人宇宙飛行プロジェクトは、人類が歴史上に経験したことのない生存環境であり、いままでにない認識機構プロセスが観察可能となり、哲学に新たな知見をもたらし得る。一時的居住地としての深海、南極、高山といった地球上でのフロンティア領域でも、すでに人体の特徴に多少なりとも個体差が生じているが、宇宙では地球上のフロンティアとは比較にならない個体の器官自体の変形を含む、深刻な適応変化が生じている。そして、特に IVA での微小重力空間内における視覚については、ヒトがどのように、外的刺激を再構築しているかといった認識の問題に関わっている。逆説的ではあるが、技術的發展で成し得たフロンティアへの進出によって、この世界を知るために観測技術だけでなく、哲学が古代より追求してきた人間が生まれ持つ有する外的環境を捉える人体自身が有する能力へ、再び着目する必要性がある。

3. 微小重力の影響による視覚等の変化にみるフロンティア環境への個体の適応

有人プロジェクト等のフロンティア領域への進出に伴い、微小重力に生体が曝露される時間が増加している。現時点では ISS が「地上の 100 万分の 1 ほどの重力しか」(JAXA, 2013)ないため、「重力の負荷」(間野, 1996)としての作用を含む、微小重力曝露に伴う不確実性を含むリスク管理が求められ始めている。宇宙環境での初期症状としては、間野(1996)によると「前庭器官や抗重力筋などの重力受容器からの感覚入力が増少するため、一種の感覚混乱が生じ、宇宙酔いと呼ばれる症状が一時的に出現」するという。フロンティア環境への適応のための個体の反応と、それに伴う認識能力の生体の変化は「生涯に合計 30 日を越えて微小重力に曝露した宇宙飛行士」に対し帰還後に実施した MRI 検査での「頭蓋内圧亢進の症例にみられる」諸症状が認められた(HealthDayNews, 2012)。記事によると、微小重力曝露の宇宙飛行士のうち「33%に視神経を

囲む脳脊髄液腔の膨張がみられたほか、22%に眼球後部の扁平化、15%に視神経の膨隆、11%に脳下垂体およびその脳への接続の変化がみられ」る。間野(1999)によると「地上では頭から足に向かう重力(+Gz)の作用によって体液(血液、リンパ液など)が下肢に貯留するが、 μ G 環境下では体液が心臓や頭の方に移動」することによって「頭部方向へ体液が移動し、これに適応するために循環血液量が減少して、心循環系変調(cardiovascular deconditioning)が引き起こされ」たり「下肢が細くなり 1, 2, 顔がむくむようになる」(間野, 1996)といったムーンフェイス等の多岐にわたる症状も発生する。これらは「重い頭部を重力に逆らって支持している後頸筋は、大脳からの下降性指令による活動と、視標追跡時における眼球運動との共同活動という観点からみると無重量下では新しい制御コマンドを必要とするであろうことが予測される。いっぽう、これまでアメリカの航空医学雑誌を中心として議論されてきた〈宇宙酔〉に関する研究からは、神経・生理学的観点、各種感覚器官の入力情報のミスマッチによるという推測が提唱され」(古賀, 1996)ている。

ホメオスタシスや、進化プロセスに関係の深い部位に影響が出ている点からも、既に生体が個体レベルでフロンティア環境に適応しようとしているという可能性が示唆出来る。ダーウィンが種としての進化プロセスは「変異、継承、適応度の差」であり「それだけで生物は進化すると述べ」(嶋田, 2009)ている通り、第一段階では個体レベルでの変異ではあるものの、その個体の特質が幾世代にも受け継がれてしていくならば、進化プロセスの一種へと繋がっていく可能性はあるといえる。有人宇宙飛行プロジェクトが開始されてから約半世紀の現在ではまだ表面化されていないが、後戻りできない深刻な問題が発生してしまう前に、対応するべきである。現時点で微小重力の影響が強く出ている部位が全て、進化やホメオスタシスとの関係がある器官であることから、早急な対応策の検討が必要である。たとえば、「脳下垂体の後葉は、上部にある視床下部の一部が延びたもので、進化の過程で、水中から陸上に進出し、体内の水分調節を必要とするために発達した脳の一部」(菊池, 2006)であり、地球上での進化プロセスで重要な働きをした。また「脳下垂体前葉は、全身のホルモン系を支配」する器官であり「分泌されるホルモンは、全身の体調、体内の恒常性などを保つ」といったように、ホルモンによってホメオスタシスが影響を受ける。以上のように、11%に異常が認められる脳下垂体を一例にとっても、微小重力の生体への影響が、進化やホメオスタシスと関連がある可能性があるといえるのではないだろうか。さらに「圧力によって視神経と眼球の接合部に腫脹が生じ、視力障害を引き起こす」(HealthDayNews, 2012)と、微小重力の影響の幅の広さを警告している。高橋(1990)は、地球上におけるヒトの進化プロセスを「鼻副鼻腔は退化し始め逆に眼の占める機構は大きくなる」と顎顔面頭蓋の変化の歴史から分析し、ヒトが「目の動物」(高橋 1990)である理由として挙げている。このように、眼も脳下垂体同様に進化プロセスに関係の深い器官であることがわかる。

しかしながら、これらの諸症状をたんにプロジェク

-3 情報の管理・評価

ト遂行上の阻害要因として認知するだけではなく、Kramer(2012)は「宇宙飛行士にみられるこのような変化が、地上での頭蓋内圧亢進の原因解明に役立つ可能性もある」(HealthDayNews, 2012)と、微小重力環境下におけるリスクを、医学研究としてスピノフさせる可能性としても示唆した。この主張を当てはめると、例えば脳脊髄液減少症等の地球上での病態に応用できるのではないだろうか。リスクとしては、Tarver(2012)は「原因は完全に解明されていない」とし NASA が「検討するための包括的なプログラムを開始している」(HealthDayNews, 2012) といふものの現状としては、具体的な解決策もなく、局所的リスク認知のみに留まっている。

4. 際限なく生じる不可避なフロンティアリスクを活かすことで種の共存維持

フロンティア領域でのリスクの長期的予測は現時点のリスク評価の手法では不可能である。将来的には、現在 NASA が計画している Nautilus-X のように、遠心力等による人工重力発生装置を搭載し、人工重力区間を設けたとしても、現実には ISS の費用的な問題等から NASA によるセントリフュージの開発・打ち上げ中止が決定された経緯をふまえると、全宇宙飛行士が一貫して人工重力環境下で健康管理し続けることは、すぐには実現が難しいであろう。また、仮に将来、モジュール全体に人工重力環境が整備されたとしても、現在オバマ政権が打ち出している火星への有人飛行計画等の長距離型船内活動が実現されるようになれば、今の我々には予測も出来ないような、新たな生存環境とそれに伴う健康リスクや生体の反応、そして中長期的にはそれらへの適応のために変異する新たな人体が出現し続けるのではないだろうか。フロンティア領域への開発が進む程に、イタチごっこのように、また新たなリスクが複数、同時に出現し続けるというわけである。それらは人類が初めて経験するものであり、リスクの長期的影響は予想不可能である。宇宙開発におけるリスクは現生人類にはまだ認知不可能なものも含めた、複数のリスクが複雑に絡み合う複合型リスクである。同時に「有人宇宙飛行は、生命が本来もつ進化の営みの側面がある」(大島, 2005)という種としての進化適応に関する超長期での過程を経る可能性があるという意味では、世代間リスクでもあるといえる。そして、特筆すべきは、Kramer(2012)がリスクとしてだけでなく、頭蓋内圧亢進の状態を、地上での研究にスピノフさせる可能性を示唆したように、フロンティアリスクが不可避であることがあきらかな以上、宇宙開発上での生体への変化を、将来的な研究資源として捉える。外部環境を内部環境にありのままに表現せず、認識するために調整する視覚をはじめとする感覚器官が、フロンティア領域で環境適応での変化によって、認識プロセスがいかに変化するかを観察することによって、フロンティア環境ならではの形式から世界を切り取る新たな哲学的手法を獲得することが可能となる。

地球上でも、共感覚やサヴァン症候群から卓越した特殊な記憶力が生じている症例等からもわかるように、病気や障害から特別な能力を獲得しそれらを様々な

分野の研究開発に応用させている。オリンピック選手のなかにも、特殊な身体特質をもつ特殊な遺伝子を有する選手が活躍している。たとえばオリンピック選手等への研究から従来より指摘されていた、mtDNA 多型の「持久的運動能力との関連性」に加えて福ら(2012)が解明したように「mtDNA 多型が瞬発系の運動能力とも関連する」ことや「ACTN3 遺伝子における R577X 多型の R アレルは国際級の長距離走選手で特に頻度が高かった。これまで、R アレルは瞬発系の XX 型は持久系の運動能力と関連すると考えられていたが、我々の検討から R577X 多型の R アレルは瞬発系だけでなく、持久系の運動能力にも関連する可能性が示された」という点を明らかにしている。これらの代表的な型に加え「運動能力に影響を及ぼす遺伝子多型はこれまでに約 50 種類報告されている」(福, 2012)先行研究からも、突出した運動能力と遺伝的要因との関連の可能性が示唆されている。しかしながら、彼らは生物学的に分析されるだけではなく、各自の良さを総合的に活かせる、輝けるステージが用意されていることで、広く彼らの「個性」をとらえていることができおり、特質な遺伝子をもつ選手もそうでない選手も等しく、そのような狭い枠組みを意識することもなく、各自の自然財を自由に活かせる環境基盤の下で、被験者や治験対象という個別領域からの狭い窓から切り取られる「モルモット」としての観察対象ではなく、アスリートとなっている。同時に彼らは、遺伝子の型が「普通な」一般的なオリンピック選手と、同じ土俵で、共通の理念の下、平等に各自の違いを差別し合うこともなく、オリンピックという広い総合的な学術を活かした場で「共存」している。米国におけるサイボーグ基金のコンセプトのように「テクノロジーによる感覚の拡張」(ニール, 2012)による認識の拡大をアートとしての文化にしてエンジョイする団体も出現している。アーティストとして活躍しているサイボーグ基金の発起人である「ニール・ハービソンは完全な色盲として生まれ」(TED, 2012)のために色の誤使用を恐れ、白黒の衣類ばかりを着用していた。科学者との共同研究により「頭に装着したデバイスが、色を音に変換し「色を見るのではなくて「色を聴いてい」(ニール, 2012)という、対象とのコミュニケーション手法という新たなライフスタイルへと移行してからは、アーティストとして色を「聴き」カラフルな「音」を身につけるようになったという。彼は外部情報の新しい入力の方法を、アートとして色を音に変換した作品を通じて、ニールならではの「色」の世界を色盲でない人々とも共有している。以上の 2 つの事例からあきらかなように、既に地球上でも医学や科学という個別領域の手法を用いながらも、それを軸にさらに世界との関わり合いをひろげている。個別領域からのアプローチはきっかけにすぎず、他分野への波及効果がみられる点に価値があり、各自の固有性を活かすことに繋がっている。

フロンティア環境でも、観測機器を用いない人体自体を通した学術基盤の可能性を追求するべきではないだろうか。微小重力により変化する身体特質は、地球上での様々な病気や障害と同様に異質なものではない。彼らにしか「見えない」世界があり、出来ないこともある。万が一、フロンティアリスクが何らかのマイ

-3 情報の管理・評価

ナスとして働いた場合、フロンティアリスクによって人工的にもたらされる特殊な身体特質という新たな個性を輝かせるステージを、科学や医学の被験者や患者としての観察対象としてだけでなく、人文系や芸術を含め広く捉えることで、アスリートやアーティストというサプライヤーとして迎える必要がある。逆に、フロンティア環境下で身につく特殊な能力がもし今の我々現生人類より数段「優れた」ものとなった場合にも、フロンティア進出を選択しない地上に留まる選択をする現生人類は「劣った」ものではなく、たんに違うだけであり、相互に補い合う助け合いの協働を模索すべきである。狭い視点のみで人々を切り取り、特定の個人財を活かさない優生学は人類全体の発展にとって、多様性による文明の強化といった観点からも脆弱となるため、このようなことを繰り返すべきではないだろう。こういったことを未然に防ぐために、将来、政策のエビデンスとなる将来の学術の方向性の基盤を築くため、トランスフォーマティブ研究を切り捨てない研究評価を整備しなければならない。新たな個体の発生は、新たな形式の獲得であり、認識主体の多様化であると歓迎し、それを活かした哲学領域を中心としたトランスフォーマティブ研究を軸に、地上に留まる現生人類とフロンティアに適応する種との共存をはかっていかなければならない。

【参考文献】

- (1) 荒磯恒久(1996):「生命体の無重力応答を探る」『電気学会誌』Vol. 116, No. 3 P 152-155
- (2) 大島博(2005):「有人宇宙飛行と宇宙医学」『学術の動向』Vol. 10, No. 9, PP. 33-39
- (3) 間野忠明(1999):「宇宙環境への生体適応」『日本生気象学会雑誌』Vol. 36, No. 2. PP. 89-92
- (4) 小坂光男(1992):「環境適応能開発の方策」『日本生気象学会雑誌』Vol. 29, No. 4, PP. 253-255
- 菊池一久(2006):「脳下垂体: 心と生命(7)〜脳を見る(3)〜」『コラム 医事評論家』
<http://www.ls2.jp/health/column01/mind/07.htm> エープライム HP 閲覧 2013/02/12
- (5) 熊田禎宣(2004):「市民の創造的参加による政策評価を達成するリスクコミュニケーション」『学術の動向』Vol. 9, No. 12 PP. 42-49
- (6) 肥塚泉(2006):「微小重力環境下における空間識形成」『耳展』49, 5
- (7) 古賀一男, 間野忠明, 木田光郎他(1993):「宇宙空間における視覚安定性に関する研究」『ふわっと'92 宇宙実験成果報告会[予稿集]』, 宇宙開発事業団
- (8) 8 酒井秋男(1984):「環境適応の過去・現在・未来: 生物学的側面から」『The Annals of physiological anthropology』Vol. and No. Vol. 3, No. 4. PP. 346-347
- (9) 嶋田正和(2012):「迅速な適応性-生物の進化を考える」比較内分泌学 Vol. 38. No. 145 p. 74-75
- (10) 高橋良(1990):「頭蓋底はなぜ回転する様になるのか」『耳鼻咽喉科展望』Vol. 33, No. 2. PP. 175-182
- (11) 内閣府(2012):「アジア拠点化・対日投資促進プログラムフォローアップ」内閣府 HP, <http://www.invest-japan.go.jp/pdf/jp/program/program-followup.pdf> 2012, 閲覧 2013/2/2
- (12) ニール・ハービソン(2012):「僕は色を聴いている」TED
HP, http://www.ted.com/talks/lang/ja/neil_harbiss_on_i_listen_to_color.html, 閲覧 2013, 2, 22
- (13) 福典之(2012):「日本人エリートアスリートに関連する核およびミトコンドリア遺伝子多型」『体力科学』Vol. 61 (2012) No. 1. P 28
- (14) 三中信宏(2000):「巻頭言 分類者としてのヒト: 体系生物学と認知科学のはざままで」『認知科学』Vol. 7 .No. 1 P 1-2
- (15) 三中信宏(2007):「科学哲学は役に立ったか: 現代生物体系学における科学と科学哲学の相利共生」『科学哲学』Vol. 40, No. 1. PP. 43-54
- (16) 渡辺宏, 小林泰彦, 菊地正博, 原田和樹, 長岡俊治(1996):「宇宙船内における重粒子線による線量計測とその生物効果実験(RADIATION): D. radiodurans の DNA 修復能に対する微小重力の影響」『宇宙開発事業団技術報告』NASDA-TMR-960004, pp. 235-24
- (17) 読売新聞(2013):「山中教授に賞金 2 億 8 千万円…ブレークスルー賞」yomiuri online
<http://www.yomiuri.co.jp/science/news/20130221-0YT1T00406.htm>, 2013 閲覧 2013/2/22
- (18) Clifford J. Gabriel(2009):「NSF における Transformative な可能性のある研究に対するファンディング」JST シンポジウム記録
http://www.jst.go.jp/po_seminar/h21semi/pdf/gabriel_long.pdf 閲覧 2013/02/12
- (19) HealthDay News(2012):「宇宙での長期滞在は宇宙飛行士の眼と脳に有害(2012. 3. 22 掲載)」
http://www.healthdayjapan.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3651:2012322&catid=21&Itemid=104 (HealthDay News 3 月 13 日) 閲覧 2013/02/12
- (20) Larry A. Kramer, Ashot E. Sargsyan, Khader M. Hasan, James D. Polk, DO and Douglas R. Hamilton(2012):"Orbital and Intracranial Effects of Microgravity Findings at 3-T MR Imaging, Radiology"111986;Published online March 13, 2012
JAXA(2013)http://www.jaxa.jp/projects/iss_human/kibo/index_j.html JAXA HP 閲覧 2013/02/12
JSPS Washington DC Office(2007)「「トランスフォーマティブ・リサーチ」について」JSPS HP 2007
<http://www.jsps.go.jp/j-news/data/kaigai04/20.pdf> 閲覧 2013/3/1