

# ICT/AI 革命下でのベッカー流 人的資本理論の再考

## ——自己変化能という視点から

中馬 宏之  
(成城大学教授)

歴史上類例のない自動化・一目瞭然化が可能にした現代の稠密なネットワーク社会では、市場・テクノロジーの変化速度が大幅に加速し、社会に提供される財サービスの複雑化が急速に進んできた。その結果、既存の競争領域よりもワンランク/ツーランク抽象度の上があった領域での競争、いわゆる多段階競争が、短期間により頻繁に起こるようになってきた。本論の目的は、ICT/AI がもたらしつつある多段階競争の時代に相応しい人的資本理論を再構築するための分析フレームワークを提示することである。より具体的には、ICT/AI の時代の到来と共に、日本の雇用慣行を特徴付けるとされてきた企業特殊的人的資本の役割が大きな変貌を遂げつつある様子とその背景要因を検討する。実際、ゴーイングコンサーン（継続企業）としての企業・組織が提供する企業特殊的人的資本の賞味期限が格段に短くなってきたため、人々が一生をかけて特定企業・組織内キャリアを追求することの危険性が急増してきた。そのため、個人、企業・組織に関係なく、人的資本の自己変化能、つまり、企業・組織の境界を越えた互換性・再利用性・拡張性・相互運用性を重視した人的資本投資への必要性が急増してきている。

### 目次

- I はじめに
- II 人的資本理論の再考——“システムアーキテクチャ”の視点から
- III むすびに代えて

### I はじめに

ICTの本質的な特徴とはなんだろうか？ それは、突き詰めれば、あらゆる事柄を自動化/アルゴリズム化し(automate)、あらゆる事柄を一目瞭然化する(informate)というZuboff(1984)の総括に尽きる。あらゆる事柄がアルゴリズム(特定問題解決のための特定計算手順)として言語化/デジタル化され、それらの実行プロセスと実行結果の全てが一目瞭然化される、という意味である。そして、この一見無害そうな2つの本質的

な特徴が、半導体産業やバイオ・医薬品、ソフトウェア産業に代表される日本のサイエンス/ハイテク型産業の競争力を大きく変貌・弱体化させつつある(中馬2015; Chuma 2006; 山本・山口2015; 林2015)。

しかも、誠に残念ながら、このような産業の競争力の変貌・弱体化傾向には、職位職階にかかわらず、産業自体を支えてきた大勢の人々に体化した人的資本自体の想定外の変貌・弱体化傾向を一部反映している可能性が高い。「労働需要は派生需要であり、その特性は、特定の経済環境下における企業の最適化行動によって大きく規定される」とする教科書的な主張とは逆のロジックが作用している可能性である。

また、上記の日本のサイエンス/ハイテク型産業の競争力の変貌・弱体化のパターンは、AI革命が本格化してくると、さらに顕著になってくると

予想される。というのは、AIの本質とは、あらゆる事柄をメタ・アルゴリズム化することだと考えられるからである (Bostrom and Yudokwsky 2014)。メタ・アルゴリズムとは、ICTの時代のアルゴリズムをも自ら生成するアルゴリズムであり、それ自身が自己学習能や自己変化能を持つ。そのため、ICTの時代に典型的だった既知のあらゆる事柄のみならず、“変化と異常への対応” (小池・中馬・太田 2001) といった未知のあらゆる事柄をも自動化・一目瞭然化の対象となってくる。したがって、その他の条件を一定とすると、人的資本自体の想定外の変貌・弱化傾向がさらに加速する可能性がある。

本論の目的は、このような問題意識に基づいて、上記の ICT/AI<sup>1)</sup> に関する 3つの本質的な特徴とベッカー流人的資本理論 (Becker 1993) との関係、より具体的には、ICT/AIの時代に相応しい人的資本理論を再構成することの必要性を検討することである。さらに、このような検討が、「日本の持続的な成長を支えるために相応しい経済社会制度を創る」といった政策課題にも深く関わっているということを力説したい。

歴史上類例のない自動化・一目瞭然化が可能にした現代の稠密なネットワーク社会では、市場・テクノロジーの変化速度が大幅に加速し、社会に提供される財サービスの複雑化 (complexification) が急速に進んできた。複雑化・ネットワーク化とは、人工物か生命体かにかかわらず、共存共栄のための協調行動 (cooperation) そのものであることによる (Pross 2012)。その結果、既存の競争領域よりもワンランク/ツーランク抽象度の上がった領域での競争、いわゆる多段階競争が、短期間により頻繁に起こるようになってきた。

多段階競争が頻発する高クロックスピードの時代においては、イノベーション (社会に変革をもたらす創造的な発見・発明・改良) 実現のために必要とされる知識・ノウハウの幅と深さが急拡大する。そのため、企業・産業・国の境界を頻繁に越える“対話と連携” (Communication & Collaboration: C&C) が必須となる。リアルタイム (即時) での情報伝達、ジャストインタイム (必要なものを、必要なときに、必要なだけ) での情報利用、ズー

ムイン・ズームアウト (拡大・縮小) が自在な分析視点の切り替え、あらゆる境界を頻繁に越える C&C、という風に。

多段階競争化の傾向は、半導体産業に下支えされてきた電機・電子産業において特に顕著である。半世紀にわたる“Mooreの法則”<sup>2)</sup>の進展に伴って、半導体デバイスの微細化による集積度が 1.5~3年で倍増し、数ミリ角のデバイスに莫大な数のソフトウェア/ハードウェアの機能を集積することが可能になってきたことによる。しかも、この半導体起因のイノベーションは、ICT/AIとは縁遠いと思われていた農業を含むあらゆる産業をスマート化/ICT化する形で世界を変貌させつつある<sup>3)</sup>。

多段階競争の時代においては、イノベーション実現のために必要な考察の系が急速に拡大するため、企業・産業・国の境界を頻繁に越える前述の C&C が必須となる。ところが、このような C&C は「言うは易く行うは難し」であり、特に、その難しさは人的資本の特性に大きく依存する。実際、人的資本のベッカー的な意味での企業特殊性<sup>4)</sup>が高ければ、企業・組織間で C&C を行うための標準インターフェース (界面) が存在しないため、そもそも C&C をなかなか実行できない。また、たとえ人的資本のベッカー的な意味での一般性が高くても、標準インターフェースの企業・組織間における共通化/標準化の程度や同インターフェースを介して伝達される情報粒度 (granularity) の粗密によって、人的資本の互換性・再利用性・拡張性が大きく異なってくる。さらに、そもそも各自の保有する人的資本間の代替・補完関係に関するメタ情報 (社会システム内における部分と全体の関係の鳥瞰情報) が利用できなければ、企業・産業・国の境界を越えた貴重で豊富な C&C 機会の存在に気づくことさえもできない。

このように、既存の人的資本特性をベッカー風に一般的・企業特殊的事後的に分類するだけでは、ICT/AIの時代に頻発する多段階競争に不可欠な新たな特徴を持つ人的資本の形成方法やそれらを基礎とした C&C 実現の方法に関する示唆を導き出すことはなかなか難しい。ベッカー的な人的資本理論では、そもそも人的資本が企業特殊

化/一般化する原因や、特殊性から一般性に向かう動態特性があまり明確にされていないからである。

さらに、多段階競争が頻繁に起きる時代においては、既存の人的資本のみならず、それらを基礎にワンランク/ツーランク上の抽象度を持つ新たな人的資本を次々に生みだしていかなければならない。人的資本が実行していた様々な作業が、次々に自動化/アルゴリズム化、そしてメタ・アルゴリズム化されていくことによる。そのため、人的資本の自己変化能という視点が、個人と企業・組織の双方にとって特に重要になってくる。自己変化能が低いにもかかわらず埋没費用の高い人的資本に投資してしまうと、たちまち急速な陳腐化の負の連鎖に巻き込まれてしまうからである。では、自己変化能の高い人的資本とはどのようなものなのだろうか？ そもそも、どのようにすれば自己変化能という視点を経済分析の俎上に載せることができるだろうか？

## Ⅱ 人的資本理論の再考——“システムアーキテクチャ”の視点から

### 1 “人的資本アーキテクチャ”を定義する

やや唐突に思われるかもしれないが、上記の自己変化能に着目するために、本論では人的資本をアーキテクチャという観点から再考してみたい。そのために、まず、アーキテクチャの定義に遡ってみよう。本論では、ソフトウェア集約的な製品に関する下記の国際電気電子工学会（IEEE）の定義が極めて重要だと考える。

「アーキテクチャとは、様々な部品、部品間の繋ぎ方、部品の（使用）環境との関係に組み込まれている（製品）システムの基本構造とそのような基本構造に関する設計・進化（方向）に関する指針である。」[IEEE Standard 1471: 2000-Recommended Practice for Architecture Descriptions of Software-Intensive Systems]

この IEEE 定義の前半は、使用環境に配慮しな

がらも製品を構成している部品の繋ぎ方としてのアーキテクチャを記述しているの、常識的な意味での“製品アーキテクチャ”とほぼ同義である（例えば、藤本・武石・青島 2001 参照）。他方、IEEE 定義の後半は、前半に定義された製品アーキテクチャの設計指針や進化方向（自己変化能）にまで言及している。本論では、このような自己変化能をも含むアーキテクチャを“システムアーキテクチャ”と呼ぶこととする。なお、生命体のアーキテクチャを扱う進化発生生物学分野（例えば、Eble 2005）は、前者を“Organizational Modularity”（モジュールである状態）、後者を“Variational Modularity”（モジュール形式で変化する状態）と呼んでいる。

システムアーキテクチャは、多段階競争が頻繁に起きる時代において特に重要性が増す。製品アーキテクチャの自己変化能が高くないと、高クロックスピードの時代には製品が直ぐに陳腐化してしまうからである。しかも、このような時代になると、特定のアーキテクチャ内での改善・改良競争ではなく、自己変化能の高いシステムアーキテクチャを探索しながら、同時にこのアーキテクチャに基づく新製品開発を行っていくという形の競争が支配的になってくる。さらに、新製品開発には、企業・産業・国の境界を頻繁に越えた形でのビジネスアーキテクチャ（「テクノロジーのポテンシャルを経済的な価値に変換する仕組み」<sup>5)</sup>）探索が伴う。つまり、（製品）アーキテクチャの（システム）アーキテクチャのための（ビジネス）アーキテクチャの探索といった、高難度な多段階競争の試練が押し寄せる。

では、人的資本のシステムアーキテクチャとは、どのようなものだと考えれば良いだろうか？ まず、特定の人的資本が各種の構成要素モジュールの組合せによって実現されていると考えれば、上記の製品アーキテクチャに対応した人的資本アーキテクチャを定義できる。例えば、素朴ではあるが、人的資本を“読み書きそろばん”という3つの構成要素モジュールに分けることは昔から日常的に行われている。次に、製品を構成する部品にも企業特種的なものと汎用的（一般的）なものがあるように、人的資本の構成要素モジュールに

もベッカーの意味での企業/個人特殊なものとは一般的なものとがある。さらに、人的資本内アーキテクチャだけではなく、人的資本を束ねる人的資本間アーキテクチャも考えられるので、アーキテクチャ間にも階層構造が存在する。このようなことから、上記の IEEE の定義は人的資本にも拡張可能である。

もちろん、個々人が論理的・直感的に連想できる知識・ノウハウの幅と深さには生得的なものや習得的なものがある。そのため、人的資本の場合、人工物である製品に比べて企業/個人特殊なもの比率がかなり高い。ただし、共通の言語や学習機会の獲得は、習得語彙とその活用体系（文法）やそれらの文脈（context）に依存した意識・無意識の連想パターン（語用法）に少なからざる共通性を与える（Sperber and Wilson 1999）。そのような莫大な数の共有知識がなければ、密度の濃いコミュニケーションはなかなか迅速に成立しない（Minsky 2007）。

実際、個々人の思考プロセスでは、ふと思い浮かぶキーワードに芽づる式に繋がっている一連の語彙（Minsky 2007 流の “Knowledge-tree”）が、情動依存的な形で意識・無意識に引っ張りだされてくる<sup>6)</sup>。そのため、個々人は、身体内的・外的刺激に触発されて自らに浮かんできた Knowledge-Tree やその浮かび方を極めて独自のものかと思いがちである。ところが、最近の安価な音声認識市販ソフト<sup>7)</sup>の90%を超える認識率が示すように、実は、独自の Knowledge-Tree やその浮かび上がるメカニズム（機構）は、多くの人々になんか共通したものである。その様子は、極端な言い方をすると、同一の用語検索には同一の検索結果が伴う Google Chrome 等を使った Web 検索を行っているかのようなものである。また、Web 検索方法が単なる用語検索から AI を駆使した意味検索へと変化していけば、自己学習機能により検索者自身の意図をより正確に反映した検索結果を獲得できるようになる。さらに、人々が文脈を深く共有できるようなコミュニケーションでは、“心の理論”（Theory of Mind<sup>8)</sup>）が作用するので、このような共通性がさらに増強される。したがって、人的資本のコンテンツ自体に比べると、人的

資本内アーキテクチャは、個人間でかなり類似している可能性が高い。

## 2 高い自己変化能を誇る階層モジュール・システムアーキテクチャ

人的資本の企業特殊性の程度は、人的資本内アーキテクチャと人的資本間アーキテクチャによって大きく規定される。各自や各企業・組織の保有する技能・技術の独自性、それらと汎用化・自動化された技能・技術との括り方や活かし方には独自の組み合わせが様々な存在するからである。そして、先の IEEE 定義にしたがえば、人的資本の自己変化能を左右するのも、これらの人的資本内と人的資本間のシステムアーキテクチャである。

では、上記の意味での変化能が最も高いと判断されるシステムアーキテクチャとはどのようなものだろうか？ それは、人工物・生命体にかかわらず、（階層構造を持つ）モジュール・システムアーキテクチャということになる（Simon 2005；Wagner, Pavlicev and Cheverud 2007 等参照）。モジュール・システムアーキテクチャの基本的な特徴は、個々の構成モジュールの独立性が高い、構成モジュール間の相互依存性が少ない、構成モジュール間のインタフェースが標準化されている、と要約できる。

実際、人類を含む生命体の脳の各部位を繋ぐネットワークは典型的な階層モジュール構造をしており、スモールワールド性<sup>9)</sup> やスケールフリー性<sup>10)</sup> などの優れたネットワーク特性を備えている（Sporns 2012；Goekoop and Looijestijn 2012）。しかも、そのようなネットワークには、人類を含む各種の生命体間で驚くほどのシステムアーキテクチャ上の類似性がある。そして、生命体が人類に近くなればなるほど、各種の部位モジュールの独立性と精緻化が実現されていく。例えば、大脳皮質と視床とを繋ぐ島皮質は情動を生み出す主要部位とされるが、島皮質内のモジュール化と機能分担の精緻化は、多彩な情動表現に長けた人類で最も発達している（Damasio 2010 及び Craig 2015 参照）。

なお、人的資本インタフェースには、システムアーキテクチャの階層構造に対応して、人的資本



内部の構成要素モジュール間のインタフェース（“内部インタフェース”）と人的資本間を繋ぐインタフェース（“外部インタフェース”）がある。そして、繰り返しになるが、個人、企業・組織、社会で繰り返し発生する学習機会の類似性が高ければ高いほど文脈（context）の共有化が進むので、内部インタフェースや外部インタフェースが広い範囲で共通化してくる。インタフェースの共通化が、コミュニケーション効率の上昇に必須なためである。

ただし、人と人とのコミュニケーションに直接関わってくる外部インタフェースでは、内部インタフェースに比べて自然言語化（verbal）されている比率が格段に高い。そして、外部インタフェースを介してやり取りされる情報が自然言語化されていればいるほど、人的資本間での局所・大局にまたがる相互依存性を考慮した多彩で複雑な組合せ（協調）を正確に実現できる<sup>11)</sup>。その結果、人的資本の自己変化能が大きく加速され、高い変化能を誇るシステムアーキテクチャ探索を効率的に行える。実際、アナログ情報に基づくインタフェースに頼るだけでは、鍵と鍵穴（Lock & Key）に象徴されるように、局所的に限定された組合せとなり複雑性しかなかく実現できない。つまり、曖昧さを多く含むアナログ情報では、達成可能な複雑性に限りがある<sup>12)</sup>。そして、ICTとは、外部インタフェースでの自然言語化率を格段に上昇させるデジタルイノベーションでもある。

他方、内部インタフェースでのやりとりは、Minsky（2007）のSemantic Network（語彙間の関係が自然言語化されたKnowledge-Tree）とConnectionist Network（語彙間の関係が数値表現されたKnowledge-Tree）の考え方に基づけば、意識上の部分は自然言語化されているが、意識下（無意識）の部分は意識からは直接アクセスできない言語<sup>13)</sup>で記述されている。そして、人間の活動のほとんどが意識下で行われることを考慮すると、内部インタフェースでの自然言語化比率は相当に低い。また、内部インタフェースでの情報交換はこのように意識上と意識下で共にデジタル化されているので、脳内構造の極めて精緻なモジュール構造をも考慮すると、人的資本アーキテクチャは

（階層）モジュール・システムアーキテクチャそのものだと考えられる。そのため、ICTによる改善・改良効果は、外部インタフェースでより顕著に現れやすい。

実際、ICTの時代になると、人と人との間の情報転送速度（バンド幅：Band-Width）が大幅に加速され、応答遅延速度（レイテンシ：Latency）が格段に低減されてきた。その結果、“規模の経済”や“範囲の経済”といった経済概念では想定されていなかった巨大な規模の“社会実験の経済”や“社会学習の経済”が素早く生みだされるようになってきた。そのことを反映し、集合知（collective intelligence）が生みだされる幅と深さが格段に、そして迅速に拡大してきた。もちろん、集合知の生成には、人々の間のコミュニケーション構造、したがって上記の外部インタフェース設計の善し悪しが決定的に影響する<sup>14)</sup>。

もちろん、モジュール・システムアーキテクチャは万能ではない。このアーキテクチャには、変化能を抑制する効果と促進する効果があるからである。実際、可能な限りムダ・ムラ・ムリを取り去る形で人的資本のモジュール化を徹底していけば、人的資本には、ちょっとやそっとの環境変化にはビクともしない頑健性、つまり進化生物学が言うWaddington流“Canalization”（Arthur 2011）が生み出される。その結果、ある程度までの大きさの攪乱には既存の人的資本の改良・改善で対処できるので、抽象度の上昇といった新たな相変化の必要性に気づけないうまま現状にロックインされてしまう傾向が増大する。

ただし、人々が社会システム内で各種の人的資本が絡み合う様子を第三者的な視点で鳥瞰できれば、このような抑制効果を十分に克服可能である。そして、克服可能か否かも、人々の間や企業・組織内、企業・組織間のコミュニケーション構造の善し悪しに大きく依存する。さらに、その他の条件を一定とすると、モジュール・システムアーキテクチャが採用されている場合、前述の“Variational Modularity”（モジュール形式で変化する状態）という特性により、大勢の人々がより正確に変化の方向性を見極めることができるようになる。

また、モジュール・システムアーキテクチャでは、モジュール間の相互依存性を極力避けようとするので、モジュール間のすり合わせが不十分になりがちである。つまり、特定の環境に対する最適対応という意味では最適化の自由度が制限されるので、目一杯すり合わせを実施した場合に比べると、どうしても冗長な部分（遊びの部分）が残ってしまう。ただし、このような冗長性は、多段階競争が短期間に頻繁に起きる不確実性に溢れた時代においては、むしろ、人的資本の自己変化能を高める貴重な特徴となる。冗長な部分が、豊富なりアルオプション（将来の不確実性に対処するための意思決定の選択権や自由度）の源泉となり、想定内だけではなく想定外の不確実性にも対応できる潜在力（Gould 流“外適能力”<sup>15)</sup>：Power of Exaptation）を高めてくれるからである（Baldwin and Clark 2000）。

他方、モジュール・システムアーキテクチャでは、人的資本を構成するモジュール間の繋がりが可能な限り少なくなるように工夫されている。モグラ叩きの状況を生発しがちなモジュール間の相互依存性をできるだけ排除するためである。そのため、既存の人的資本アーキテクチャに相変化が必要となるときに、特定の構成要素モジュールの変更がもたらす負の効果を局所化できる。しかも、大勢の人達が独立して並列的に必要な構成要素モジュールの変更を模索できるし、構成モジュール自体の細分化された専門化（microexpertise）によって彼らが新たな変更を思いつきやすくなるので、グループ全体あるいは社会全体としての進化速度が増大する。

ただし、そのような局所実験や並列学習がもたらす社会的な便益は、同じく外部インタフェースの標準化の程度に大きく依存する。標準化されていけば、水平伝播の幅と深さや情報の転送/応答速度が増すからである。しかも、そのような幅と深さや転送/応答速度が増せば増すほど、社会システム内における部分と全体の関係のメタ情報が高解像度で素早く獲得できるので、標準化の速度自体も増大する。したがって、変化能の高いコミュニケーション構造（外部インタフェース）設計は、この点でも極めて重要になる。

### 3 企業特殊的人的資本から一般的人的資本への動態特性<sup>16)</sup> ——自己再帰的なミクロ・マクロループ

モジュール・システムアーキテクチャは、「あらゆる事柄を一目瞭然化する」という極めて貴重な便益をもたらす。この意味でモジュール化の威力（Power of Modularity）は、デジタル化の威力（Power of Digitization）そのものだと言える。一目瞭然化便益の創出に直接関わるのが、クラウドコンピューティング（Cloud Computing：クラウド）的なデータベース共有の仕組みである。クラウドに繋がっている主体としての個々人が、マクロ/セミマクロの場で人々と絡み合う状況（プロセスと結果）を、社会反射鏡としてのクラウド<sup>17)</sup>に跳ね返ってきたミラーイメージ（鏡像）として第三者的にリアルタイムで眺めることができるようになる。その様子は、まるで劇場で演じている自他を含む様々な人々の振る舞いを、第三者的な視点で観察しているかのうようでもある。しかも、良く整理された階層モジュール構造をもつミラーイメージは、階層内情報の正確な抽象化と階層間情報の明瞭・迅速な遡及が可能になっていけばいほど Google Earth 的に簡単にズームイン・ズームアウトができるので、よりの確なメタ情報を素早く提供してくれる。

メタ情報としてのミラーイメージの獲得は、クラウド型データベースを共有する特定グループ内の人々に限られるわけではない。ICT がもたらしたミクロ・マクロ再帰ループ形成の大幅なコスト低下や超高速化に伴い、潜在的には誰もがこの再帰ループにリアルタイムでアクセスできるようになっているからである<sup>18)</sup>。そのため、企業・組織間の利益相反問題が解決できており、標準化された外部インタフェースに基づく高解像な情報交換が可能であれば、グループ外の人々も、特定グループ内の部分と全体の関係に関する情報を簡単に素早く獲得できる。さらに、データベースがグループ間で相互にアクセス可能になっていけば、一目瞭然化便益の幅と深さが企業・組織、産業、そして国の境界を越えて広がっていき、巨大な規模の“社会実験の経済”や“社会学習の経済”が生みだされる。その結果、部分と全体の関

係に関するメタ情報をより大勢の人々が簡単に素早く獲得可能になる。そして、「組織の構成員自らが、研究対象とすべき現象の参加者となり、同時にまた観察者ともなる」(Johnson and Bröms 2001) という状況があらゆる所に出現してくる。つまり、「メタ認知能力の大衆化」現象が起きてくる<sup>19)</sup>。

さらに、個々人にとっては、自他の作業プロセスとその結果が丸見えになってくると、メタ認知力の高まりと相まって自らを高めたいとする自己変化欲も発現しやすくなる。社会心理学者 Zuboff (1984) は、このような人間が本来的に保有している自己変化欲を「丸見え化の心理」(Psychology of Panopticon) と呼び、その組織経営上の重要性を力説している。具体的には、各種の職場への聞き取り調査に基づいて、関係者全員にクラウド型データベースへのより透明で平等主義的なアクセスを可能なかぎり担保することが最重要と説いている。このような丸見え化の心理は、高度に自動化されている半導体生産システムでも、「マクドナルド化」するはずだとの一般的な常識に反して、大きな役割を果たしていることは興味深い(中馬 2007)<sup>20)</sup>。

企業・組織サイドにとっても、「メタ認知能力の大衆化」やその原動力としての広範囲にわたる一目瞭然化は、事業/組織経営上大きな便益をもたらす。高速で相変化する ICT/AI の時代における多段階競争下では、必要な統合的知識・ノウハウの幅と深さが特定の専門家・専門集団の情報処理能力の限界を大幅に、そして頻繁に超えるようになってきたからである。そのため、それらがエリート集団によってスタンドアロンで保有・活用される形態ではなく、大勢の人々の間に分有されながらも必要に応じて迅速かつ自律的に結合・活用する形態の比較優位性が高まる。異質で多様な大勢の人々の協調を容易にする外部インタフェース標準化の必要性が格段に高まっていく大きな理由でもある。

実際、Amazon の事業経営スタイルに典型的に見られるように、データベースへのアクセスを自企業・組織内の専門集団だけに許すのではなく、インタフェースを公開して様々なアクセス権を付

与する形で組織内外の専門集団にも開放することの便益が格段に増大してきている。マイクロ・マクロ再帰ループ形成のコスト低減やスピード上昇に伴い、異質で多様な大勢の専門家集団にデータベースを開放することで生じる共有化便益(「集合知便益」)が、特定の専門集団だけにデータベース利用を限定して温存する形の専有化便益(「専門知便益」)を大幅に上回らだしたからである<sup>21)</sup>。そして、専門知便益を大きく上回る集合知便益を恒常的に生み出すことができれば、後者が提供する豊富で多彩なりアルオプションによって外適応力を強化できるようになる<sup>22)</sup>。

もちろん、多様性・異質性の追求は斬新なアイデアを生み出すために不可欠ではあるが、他方で多様性・異質性のスペクトラムが広がれば広がるほど関係者間のコミュニケーションが難しくなる(Ashraf 他 2013)。実際、ICT の時代以前は、非凡な組織経営を誇るトヨタのような企業・組織だけが、集合知の威力にいち早く気づき、異質で多様な大勢の人々の気づきや洞察に基づいて集合知便益を生み出すコミュニケーション構造(トヨタ生産方式(TPS))を導入・実践できていた。ただし、自動化・一目瞭然化が低コストで素早く実行できる ICT の時代になると、数多くの国内外の「通常の企業」も、経営層がその意義・意味に気づきさえすれば、TPS 的な集合知経営を実践できるようになってきた<sup>23)</sup>。

以上のことから、マイクロ・マクロ再帰ループがもたらす一目瞭然化とメタ認知能力の大衆化は、企業特殊的人的資本から一般的人的資本への変化方向を規定する決定的な要因であることが分かる。加えて、特殊的人的資本から一般的人的資本への変化の幅と深さならびにスピードは、メタ情報としてのミラーイメージのモジュール階層構造の分かりやすさと迅速な遡及性、「丸見え化の心理」(Psychology of Panopticon) の組織経営上の重視度、クラウド型データベースの企業・組織外へのオープン化の度合いやリアルタイム性、同データベースの共有化便益(集合知便益)の大きさ、などによって大きく影響される。

繰り返し発生する共通の学習機会に直面しながら共通言語を用いて文脈を高解像で記述するため



の関連語彙を習得していけば、各自の意識・無意識の認知・連想パターンに少なからざる共通性が生みだされるからである。その結果、外部インタフェースにも自律的に共通化傾向が現れ、事後標準としてのデファクト (de facto) スタandard が生まれる<sup>24)</sup>。さらに、そのような共通部分を意図的にシステム化して標準インタフェースの水準にまで高められれば、つまり、デジュール (de jure) スタandard として事前に設計できるようになれば、コミュニケーション効率がさらに上昇してくる。そして、そのような外部インタフェースの善し悪し自体が、人的資本の交換性・再利用性・拡張性・相互運用性<sup>25)</sup>を大きく規定すると共に、メタ情報の解像度や既存の人的資本を基礎にしたより抽象度の高い人的資本の生成速度にも大きな影響を与える。

### Ⅲ むすびに代えて

本論では、ICT/AI の時代に相応しい人的資本理論を再構築するための分析フレームワークを玉碎覚悟で試みた。特に詳しく触れたのは、ICT/AI の時代の到来と共に、日本の雇用慣行を特徴付けるとされてきた企業特殊的人的資本の役割が大きな変貌を遂げつつある様子とその背景要因だった。そして、それらは、企業特殊的 vs. 一般的人的資本という従来の静態的な構図では到底理解できない現象であることを繰り返し主張した。より具体的には、ゴーイングコンサーン(継続企業)としての企業・組織が提供する企業特殊的人的資本の賞味期限が格段に短くなってきたため、人々が一生をかけて特定企業内キャリアを追求することの危険性が急増してきた。そのため、個人、企業・組織に関係なく、人的資本の自己変化能、具体的には、企業・組織の境界を越えた交換性・再利用性・拡張性・相互運用性を重視した人的資本投資への必要性が急増してきた。そのことは、クラウド型データベースが可能にするマイクロ・マクロ再帰ループ形成のコスト低減やスピード上昇に伴い、異質で多様な大勢の企業・組織内外の専門家集団にデータベースを開放することで生じる共有化便益(“集合知便益”)が、特定の専

門集団だけにデータベース利用を限定して温存する形の専有化便益(“専門知便益”)を大幅に上回りだしていることから確認できる。

さらに、短期間に高頻度で起きる多段階競争の時代においては、既存の人的資本とそれらを基礎にワンランク/ツーランク上の抽象度を持つ新たな人的資本が次々に必要となってきた。そのため、必要な再教育訓練投資の頻度と投資費用(含む時間費用)が急増してきた。しかも、多段階競争が高頻度で起きる場合、将来の不確実性がさらに大きくなるので、教育訓練投資の効率化を図ると共にそれらの費用の脱埋没費用化策が必須となる。そのためには、人的資本の変化能を高め、独自性と汎用性に富んだ人的資本に投資する以外に方法はない。実際、変化能が高まれば再投資費用も少なくて済むし、投資費用自体の埋没費用化も避けられる。ただし、脱埋没費用化とは、人的資本を個人、企業・組織といった活用基盤(プラットフォーム)から独立に保つことでもある。したがって、この様な視点からも、企業特殊的人的資本の存在意義が限りなく小さくなっていくのである。

したがって、今求められているのは、企業・組織にとって解雇がしやすくなる社会的な仕組みではなく、働く人にとって離職がしやすくなる社会的な仕組みであり、その一つとしての消費者/生活者としての労働者やその家族にフレンドリーな職場なのである。そのためにも、上記のマイクロ・マクロ再帰ループがもたらす ICT 誘発型の一目瞭然化とメタ認知能力の大衆化への側面支援、そのことによって生みだされる各自の保有する人的資本間の代替・補完関係に関する豊かなメタ情報の提供が、雇用政策上も切に求められているのではないだろうか。

\*本論は、経済産業研究所(RIETI)において筆者をリーダーとして開始されているプロジェクト『人工知能が社会に与えるインパクトの考察:文理連繋の視点から』(2015-2017)の研究成果に基づいている。

1) ICT: Information and Communication Technology (情報通信技術), AI: Artificial Intelligence (人工知能)。  
2) インテルの G. Moore が 1960 年代半ばに提唱したとされる、半導体の集積度が 3 年で 4 倍になっていくという経験則。ただし、この傾向は、特に 2003 年以降に目に見えて遅くなっ



てきている。また、Nagy et al. (2012) によれば、Moore の法則は、速度を別とすると、あらゆる産業で成立しており、我々の社会を支配する壮大な社会学習曲線だとも解釈できる。

- 3) なお、電機・電子産業においては、過去 100 年というスパンで歴史を眺めると、覇者が頻繁に移り変わってきている。しかも、その傾向は、近年になればなるほど加速してきている。他方、化学産業やバイオ・医薬品産業では、石炭化学の隆盛と共に 19 世紀に登場した覇者の多くが、分子生物学革命の荒波はかぶりつつも、未だ顕在である。これらの点に関しては、Langlois (2013) や Chandler (2005a, 2005b) 参照。
- 4) 人的資本がベッカー的な意味で企業特殊のとは、特定企業における人的資本の有用性が、他企業においては相当に目減りしてしまうという特性を持っていること。人的資本の有用性が企業間で目減りしない場合には、一般的と呼ばれる。
- 5) Chesbrough (2003) の“ビジネスモデル”の定義。
- 6) 内的・外的に刺激に触発されて各自の意識に何が思い浮かぶかを規定しているのは、大脳皮質の構成部位である前部・島皮質を中心とした意識下の顕著ネットワーク (Saliency Network) 回路であることは良く知られている (例えば、Uddin 2014)。
- 7) 個人でも手の届くドラゴンスピーチなどの高い認識率を誇る市販の音声認識ソフトには、AI の一種とされる階層的隠れマルコフモデルと呼ばれるビッグデータ活用型の深層学習 (AI 型) アルゴリズムが用いられている。詳しくは、今や世界の音声認識市場を支配する Nuance 社の生みの親である Kurzweil (2012) を参照されたい。
- 8) 他者の心の状態、目的、意図、知識、信念、志向、疑念、推測などを推測する心の機能。
- 9) 生命体の場合、階層モジュール性で特徴付けられるネットワークを構成する数多くの部位 (ノードと呼ばれる) の中でハブと呼ばれる主要ノード近傍での配線密度はとても高いが、その他のノードでは配線密度がとても低い。そして、このようなネットワークでは、特定のノードから別の任意に選択されたノードに至る配線ステップ数はとても短い。このような特性をスモールワールド性という。
- 10) 生命体の場合、フラクタルと呼ばれる同じような形状をしたネットワーク構造が、あらゆる階層内・階層間で成立しているという特性。
- 11) 外部インタフェースでやりとりされる情報の自然言語化比率は、定義はもちろんのこと、性別、文化、文脈などによって異なる。ただし、西田 (2005)、Dean, Brooke and Shields (1996)、Burgoon (2011) などによれば、その比率は 35 ~ 40% とされている。また、Face-to-Face のやりとりになると、この比率が 10% にまで低下すると主張する研究者もいる。いずれにせよ、人間の日常的なコミュニケーションでは、圧倒的に非言語処理に長ける右脳が優位だと考えられている (Shore 2010)。
- 12) Mattick (2011) によれば、カンブリア紀 (約 5 億年前) における爆発的な生物多様性の出現は、アナログ・デジタル (AD) 及びデジタル・アナログ (DA) 変換装置としての RNA 酵素の登場に象徴されるデジタル革命によってもたらされた。
- 13) コンピュータでいう機械語 (アセンブラー) に相当すると考えられる。
- 14) この点は、人々の間でも半導体チップ内でも基本的には同じようだ。例えば、Extensa という素早い再構成が可能 (reconfigurable) なプロセッサで世界的に有名な Tensilica 社 (現 Cadence 社) 創業者の Rowen (2004) は、「(SoC : System on Chip 内の) コミュニケーション構造は、全てが各種の処理間ならびに処理とインタフェース間のコミュニケーションパターンに依存している。設計者のゴールは、各種の処理が要求するバンド幅とレイテンシを満たす最も安価なコミュニケーション構造を探ることである。その際には、SoC の使用が時間と共に進化していく時の負荷変動や、様々な目的システム間の負荷変動を含む。」(筆者訳) と述べている。
- 15) Arthur (2011) を参照。
- 16) 企業特殊の人的資本から一般の人的資本への動態特性は、進化発生生物学でいう発生モジュール (Developmental Module) から進化モジュール (Evolutionary Module) への動態特性と酷似している (Callebaut 2005 ; Lacquaniti et al. 2013 など)。発生モジュールとは、特定の個体種が生み出した器官モジュールのことである。この個体種特殊のモジュールの汎用性が環境変化に伴い増大すると、その後に分岐していく様々な種/亜種にも共通に組み込まれるようになる。もちろん、種を越えて水平伝搬もする。
- 17) 多くの経済学者の間では、社会反射鏡 = 市場という考えが優勢である (例えば、古くは Hayek (1945) 参照)。ただし、ICT/AI の時代においては、市場とは、数多くの集合知形成メカニズムの一つとして相対化されていく筈である。
- 18) ICT の時代には、Giddens (1990) が近代の特徴とする自己再帰性 (Self-Reflexivity) が、ほぼリアルタイムで実現するようになってきた。
- 19) “メタ認知能力の大衆化”現象の卑近な例として、米国 MLB を舞台とした映画『Moneyball』(2011) で一躍有名になった金融オプション理論を応用したビッグデータ野球 (MLB への最初の導入は 2000 年頃) が示唆的である。MLBAM (Major League Baseball Advanced Media) は、2014 年に Statcast (Trackman (デンマーク) と ChyronHego (米国・スウェーデン合弁) のコラボによって実現) と呼ばれる野手/投手の攻撃・守備/ピッチングや付随する打球/投球のカメラ・レーダー併用の追尾・ベンチマーク比較システムを導入した。Statcast は 2014 年には 3 球場に装備されただけだったが、現時点 (2015 年 8 月) では、MLB 傘下の 30 球場に装備されている。興味深いのは、MLBAM が、これらのデータを MLB 所属球団のみならず球場内外の観客/TV 局にもネットワークや TV 等を介して大規模公開している点である。その結果、視聴者の楽しみ方や投手・野手・監督に関する評価視点の玄人化、プロ解説者と視聴者の分析レベルの差異の縮小などが起きつつある。その結果、MLB の進化速度が加速していく可能性も高い。(http://chyronhego.com/press-release/chyronhego-and-trackman-team-up-to-provide-winning-baseball-player-and-ball や http://m.mlb.com/news/article/119234412/statcast-primer-baseball-will-never-be-the-same 参照)
- 20) 社会学者 Ritzer (1997) は、世界の職場がマクドナルド (ショップ) 化していく傾向を指摘するとともに、「マクドナルド化は、(Weber 流の) 実質合理性の減少という犠牲を払って形式合理性を増加させたものである。マクドナルド化した社会システムの根本的に非合理的な部分は、最も低下層に属している人々が合理的に考える能力を低下させているという点である。マクドナルド化した社会においては、高いポジションにいる人々を例外として、自己合理性 (自らの理性にしたがう行動) とか自己観察 (自らの行動をメタの視点から眺める行動) といった概念が入り込む余地や興味がほとんど存在し

- ない。」といった Zuboff とは正反対の俄には信じ難い主張をしている(筆者訳、( )内は追加)。
- 21) Nielsen (2012) は、Linux 等のソフトウェアオープンソース化や細分化された専門性 (microexpertise) に溢れる市民科学者 (citizen scientists) 参加型の “Genebank” (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) や “Galaxy ZOO” (<http://www.galaxyzoo.org/>) などに象徴されるボトムアップ型のオンライン協調活動 (Mass-On-Line Collaboration) をそのような事例だとしている。
- 22) 全米一の売上を誇る液晶 TV のファブレス企業 VISIO と台湾 OEM 企業 Amtran Technology 等との関係に典型的に見られるように、SAP, Oracle 等の ERP (統合業務パッケージソフト) や PTC, Dassault 等の PLM (製品ライフサイクル管理ソフト) の導入が可能にするリアルタイムでの一目瞭然化環境が整えば、様々なデータアクセス権の設定によって企業・組織間に発生する数多くの利益相反問題を解決できる。その結果、従来の囲い込み型では到底実現できなかった世界規模での “息の長い状態依存的な関係” (Sustained Contingent Collaboration) を導入することもできる (Herrigel 2010)。例えば、状態依存的な売上・利益・原価・投資の分担契約などである。
- 23) TPS の導入が 1990 年前後と早かった米国の優良企業に比べ、日本の電機・電子産業を代表する諸企業の TPS 導入は 10 年遅れの 2000 年前後であった。その結果、誠にアイロニカルであるが、1980 年代に強みを発揮した多くの日本企業の小集団活動は、その局所最適性ゆえに、またたく間に世界の中で比較優位を失っていった (徳丸 1999)。
- 24) このように、一目瞭然化とメタ認知能力の大衆化は、“相互認知環境”の解像度(発生した事象を同様に詳細識別できる程度)を格段に向上させる (Sperber and Wilson 1999)。なお、認知環境 (cognitive environment) とは、個人々が感知あるいは類推できる全ての明らかな事象 (manifest events) の集合である。そして、人々の間の相互認知環境 (mutual cognitive environment) とは、個人々のそのような認知環境の共通集合として定義される。もちろん、事象の発生原因や解決策・予防策等々は、各自が保有する知識・ノウハウやメタ認知力の違いによって異なる。その意味で、相互認知環境とは、個人々の異質性や多様性を侵害するものではなく、むしろ際立たせるものである。なお、Sperber and Wilson (1999) によれば、“Manifest” レベルの認知は、“Known” や “Assumed” レベルの認知よりも、認知レベルが弱いとしている。ちなみに、Oxford English Dictionary によれば、次のような定義がなされている：Manifest = Clearly revealed to the eye, mind, or judgement; Known = Become an object of knowledge; apprehended mentally, learned; Assumed = Taken for granted, adopted as a basis of reasoning。
- 25) 複数の異なる人的資本を組み合わせて活用する際に、きちんと全体として正しく動作すること。ちなみに、これらの諸特性は、ソフトウェア/ハードウェア資産 (IP: Intellectual Properties) に要請される特性に極めて似通っている。
- 参考文献
- 小池和男・中馬宏之・太田聡一 (2001) 『もの造りの技能——自動車産業の職場で』東洋経済新報社。
- 中馬宏之 (2007) 「日本の半導体生産システムの競争力弱体化要因を探る——Papert’s Principle の視点から」『認知科学』14 (1), pp.39-59。
- (2015) 「半導体産業における日本勢の盛衰要因を探る——システム・アーキテクチャの視点から」山口栄一編『イノベーション政策の科学』東京大学出版会、第 8 章に所収、pp.173-209。
- 徳丸社也 (1999) 『日本の経営の興亡——TQC はわれわれに何をもたらしたのか』ダイヤモンド社。
- 西田豊明 (2005) 『インタラクションの理解とデザイン』岩波書店。
- 林晋 (2015) 「情報産業：日本の IT はなぜ弱いのか」山口栄一編『イノベーション政策の科学』東京大学出版会、第 9 章に所収、pp.211-232。
- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編 (2001) 『ビジネス・アーキテクチャ——製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣。
- 山本晋也・山口栄一 (2015) 「医薬品産業——日本はなぜ凋落したか：イノベーション政策の最適解」山口栄一編『イノベーション政策の科学』東京大学出版会、第 9 章に所収、pp.137-172。
- Arthur Wallace (2011) *Evolution: A Developmental Approach*, Wiley-Blackwell, Sussex.
- Ashraf, Quamrul and Oded Galor (2013) “The “Out of Africa” Hypothesis, Human Genetic Diversity, and Comparative Economic Development,” *American Economic Review*, 103 (1), pp.1-46.
- Baldwin, Carlis Y. and Kim B. Clark (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, Vol. 1 (安藤晴彦訳『デザイン・ルール——モジュール化パワー』東洋経済新報社) The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Becker, S. Gary (1993) *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, 3<sup>rd</sup>, 1993, University of Chicago Press, Chicago and London.
- Bostrom, Nick and Eliezer Yudkowsky (2014) “The Ethics of Artificial Intelligence” in chapter 15 in *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*, eds. by Keith Frankish and William M. Ramsey, Cambridge University Press, pp.316-332.
- Burgoon, Judee K., Laura K. Guerrero, and Valerie Manusov (2011) “Nonverbal Signals,” in chapter 8 in *The SAGE Handbook of Interpersonal Communication 4<sup>th</sup>*, ed. by Mark L. Cknapp and John A. Daly, Sage Publication, pp.239-280.
- Callebaut, Werner (2005) “The Ubiquity of Modularity,” in chapter 1 in Werner Callebaut and Diego Rasskin-Gutman eds., *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*, MIT Press, pp.2-28.
- Chandler, Alfred D. Jr. (2005a) *Shaping the Industrial Century: The Remarkable Story of the Evolution of the Modern Chemical and Pharmaceutical Industries*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- (2005b) *Inventing the Electronic Century: The Epic Story of the Consumer Electronics and Computer Industries*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- Chesbrough, W. Henry (2003) *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.
- Chuma, Hiroyuki (2006) “Increasing Complexity and Limits of Organization in the Microlithography Industry: Implications for Science-based Industries,” *Research Policy*, 35, pp.394-411.

- Craig, A.D. Bud (2015) *How Do You Feel? An Interoceptive Moment with Your Neurobiological Self*, Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Damasio, Antonio (2010) *Self Comes to Mind: Constructing the Conscious Brain*, Pantheon Books, New York.
- Dean, Peter, Julee K. Brooke, and Linda B. Shields (1996) "Examining the Components of Speaking for Shared Meaning," *Performance & Instruction*, 35 (6), pp.4-9.
- Eble, J. Gunther (2005) "Morphological Modularity and Macroevolution: Conceptual and Empirical Aspects," in Werner Callebaut and Diego Rasskin-Gutman eds., *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*, MIT Press, pp.221-238.
- Giddens, Anthony (1990) *The Consequences of Modernity*, Stanford University Press.
- Goekoop, Rutger and Jasper Looijestijn (2012) "A Network Model of Hallucinations," in *Hallucinations: Research and Practices*, eds. by Jan Dirk Blom and Iris E.C. Sommer, Springer, New York Dordrecht Heidelberg London, pp.33-54.
- Hayek, A. Friedrich (1945) "The Use of Knowledge in Society," *American Economic Review*, 35 (4), pp.519-530.
- Herrigel, Gary (2010) *Manufacturing Possibilities: Creative Action and Industrial Recomposition in the United States, Germany, and Japan*, Oxford University Press.
- Johnson, H. Thomas and Anders Bröms (2001) *Profit Beyond Measure: Extraordinary Results through Attention to Work and People* (邦訳『トヨタはなぜ強いのか——自然生命システム経営の真髄』日本経済新聞社) Free Press.
- Kurzweil, Ray (2012) *How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed*, Viking.
- Lacquaniti, Francesco, Yuri P. Ivanenko, Andrea d' Avella, Karl E. Zelik and Myrka Zago (2013), "Evolutionary and Developmental Modules," *Frontiers in Computational Neuroscience*, Vol. 7, Article 61, pp.1-6.
- Langlois, N. Richard, N. (2013) "Organizing the Electronic Century," in chapter 4 in *The Third Industrial Revolution in Global Business*, ed. by Giovanni Dosi and Louis Galambos, Cambridge University Press, pp.119-167.
- Mattick, S. John (2011) "The Central Role of RNA in Human Development and Cognition," *FEBS Letters* 585, Iss. 11, pp.1600-1616.
- Minsky, Marvin (2007) *The Emotion Machine: Common-sense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind*, Simon & Schuster, New York, London, Toronto, Sydney.
- Nagy, Béla, J. Doyne Farmer, Quan M. Bui, and Jessika E. Trancik (2012) "Statistical Basis for Predicting Technological Progress," SFI Working Paper: 2012-07-008.
- Nielsen, Michael (2012) *Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science*, Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Pross, Addy (2012) *What is Life? How Chemistry Becomes Biology*, Oxford University Press.
- Ritzer, George (1997) *The McDonaldization Thesis: Explorations and Extensions*, Sage Publications, London, Thousand Oaks, New Delhi.
- Rowen, Chris (2004) *Engineering the Complex SOC: Fast, Flexible Design with Configurable Processors*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
- Said, Roger, Johan Roos, and Matt Statler (2001) "LEGO Speaks," Imagination Lab Working Paper 20, November (<http://www.imagilab.org/pdf/wp02/WP20.pdf>).
- Shore, N. Allan (2010) "The Right Brain Implicit Self: A Central Mechanism of the Psychotherapy Change Process," in chapter 12 in *Knowing, Not-knowing and Sort of Knowing: Psychoanalysis and the Experience of Uncertainty*, ed. by J. Petrucelli, London, Karnac, pp.177-202.
- Simon, A. Herbert (2005) "Forward: The Structure of Complexity in an Evolving World: The Role of Near Decomposability," in *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*, eds. by Werner Callebaut and Diego Rasskin-Gutman, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, pp.ix-xii.
- Sperber, Dan. and Deirdre Wilson (1999) *Relevance: Communication and Cognition* 2nd (内田聖二・宋南先・中遠俊明・田中圭子訳『関係性理論——伝達と認知 (第2版)』研究社) Blackwell Publishing.
- Sporns, Olaf (2012) *Discovering the Human Connectome*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London.
- Wagner, P. Gunter, Mihaela Pavlicev and James M. Cheverud (2007) "The Road to Modularity," *Nature Review Genetics*, 8 (December), pp.921-931.
- Uddin, Q. Lucina (2014) "Salience Processing and Insular Cortical Function and Dysfunction," *Nature Reviews Neuroscience*, AOP (Advance Online Publication), published online 19 November, pp.1-7.
- Zuboff, Shoshana (1984) *In the Age of the Smart Machine: The Future of Work and Power*, Basic Books.

ちゅうま・ひろゆき 成城大学社会イノベーション学部  
教授。最近の主な著作に～。。～専攻。