

# いのちを知り生かす身心一体科学(その二):「知の身体性」と教育実践 Body-Mind Unifying Science to Understand to know and realize “Inochi/Life” (2) : a Basis of “Embodiment of Knowledge” and Education Practice

跡見順子<sup>\*1</sup>

Yoriko Atomi

清水美穂<sup>\*1</sup>

Miho Shimizu

東 芳一<sup>\*1</sup>

Yoshikazu Higashi

藤田恵理<sup>\*1</sup>

Eri Fujita

<sup>\*1</sup> 東京農工大学工学部材料健康科学講座Tokyo University of Agriculture & Technology, Faculty of Technology, Material Health Science, Cell to Body & Mind Dynamics  
Laboratory跡見友章<sup>\*2</sup>

Tomoaki Atomi

田中和哉<sup>\*2</sup>

Kazuya Tanaka

長谷川 克也<sup>\*3</sup>

Katsuya Hasegawa

<sup>\*2</sup> 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学

Teikyo University of Science, Department of Physical Therapy

<sup>\*3</sup> 宇宙航空研究開発機構

JAXA

Body-mind integrative science is a new doctrine and new science field including human education, in which describe own body system from life science and brain science, and simultaneously use own body, try various tasks, observe and evaluate it, and verbalize all that occurred in the body of the person. It is the study that understands human being itself, educational practice, visualization and verbalization of body and mind in the brain of people. Martin E.P. Seligman realized that previous psychology did efforts for curing disease, while didn't study how to become happy, then advocated “positive psychology” to solve the mind-problems in America. Education practice according to body-mind integrative science is expected to produce great results focusing embodiment, which is ignored by psychology, but in education field appreciates a cell or integrative cell system as existences to life autonomously and also cooperatively, and also understand the core idea and restore those intrinsic phenomena to own living life. This paper introduces educational practice titled by life chemistry with subtitled body-mind integrative science in our University and discuss the contents from a basis of embodiment of knowledge.

「身心一体科学」は、重力場で進化した自分自身の「からだ」を、生命科学（とくに細胞と適応システム・分子シャペロン等）や脳科学から説明し、同時に「自身のからだを使って、やってみて観察・評価し、気づきも含めて言語化する新しい科学（教育・研究）」領域である。「こころ」の問題解決に最近米国で成果をあげている「ポジティブ心理学」を提唱したマーティン・セリグマンは、「それまでの心理学が、病気を治すための努力はしてきたが、『どうすればもっと幸福になれるか』については、あまり研究してこなかった」ことに気がつき、提唱したとのことである。身心一体科学による教育実践は、心理学ではとりあげない身体を、自律的かつ協調的に生きることができる一つの細胞、及びその統合体として捉え、両レベルのこころを読み取り自己に還元することで大きな教育効果をあげることが期待される。今回は、著者らの大学における身心一体科学からの「生命化学」の教育実践について紹介することで「知の身体性」について議論したい。

## 1. はじめに

一昨年4月に、平成27年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 理解増進部門を受賞した。功績は、「いのちを知り生かす身心一体科学の普及啓発」である。本年からのタイトル「いのちを知り生かす身心一体科学」について、「いのち」の本質『身体性』をどのように現代社会に実装していくかについて、筆者のグループの研究・教育の内容と関連させて議論してゆきたい。「こころ」の問題解決に最近米国で成果をあげている「ポジティブ心理学」を提唱したマーティン・セリグマンは、「それまでの心理学が、病気を治すための努力はしてきたが、どうすればもっと幸福になれるかについては、あまり研究してこなかった」ことに気がつき、提唱したとのことである。身心一体科学による教育実践は、心理学ではとりあげない身体を、自律的かつ協調的に生きることができる一つの細胞、及びその統合体として捉え、両レベルのこころを読み取り自己に還元することで大きな教育効果をあげることが期待される。

今回は、著者らの大学における身心一体科学を教育原理とする「生命化学」の教育実践について紹介し、「知の身体性」の視点から議論したい。

## 2. 細胞の分子生物学からの身体と運動

最初に、細胞からみる身体について考えてみたい。従来、身体の教育を担う体育・スポーツ科学分野における身体の背景についての科学的教育は生理学と解剖学で、後にバイオメカニクスが加わり現在に到っている。体育学は、これらの科学が加わる以前に「動く人間の総合性を引き出す教育学」としてすでに存在しており、主に「ことば」による人文社会的な研究や教育が主であった。

身心一体科学は、近年目覚ましい発展をとげている生命科学、とくに生命の単位である「細胞」を基本に科学する「細胞の分子生物学、” The Molecular Biology of the Cell”）を以下の論理構築の基盤にしてきた。

生命創発の起点からきわめて動的な物質の創発体として生まれた生命システムは、単細胞生物であるバクテリアの硬い糖から成る細胞壁に観られるように、重力や重力場で生じる機械的物理的ストレスへの防波堤でかつ隔離された化学反応の場を保証するための細胞外基質(ECM)をも用意した。ECMは、細胞が境界として利用した脂質膜ほど知られていない。多細胞動物であるヒトは、支柱となる骨は身体内部に配置し、直立二足歩行を常態とする肢位・体位を進化させてきた。さらに支柱の骨は、多関節構造体であるため柔軟かつ多様な動きを生み出す身体を人に提供した。それ故、身体内の細胞たちは、運動が生み出す物理的機械的ストレスを直接受

容し応答・適応するだけでなく、脳神経系-筋骨格系連携により生まれる運動は、多様なメカニカルな刺激を直接身体に与えることができる。

以下、細胞と個体（身体）の連携を高める運動を、人間がもつ生物学的特性と連関させて人間を説明してみる。

### 細胞と物質システムから考える身体運動

- 1) 人間は、多細胞動物である
- 2) 身体は、37兆個の細胞[Bianconi 13]と、細胞が分泌した細胞外基質(ECM)から成る(うち26兆個は、赤血球)
- 3) 細胞は、自分の環境と化学的応答だけでなくメカニカル応答する
- 4) 人間は動物なので、身体は動くようにできている
- 5) 故に、身体運動は、細胞へのメカニカル刺激(ストレス)となる
- 6) 人間は、重力場で生きている脊椎動物である
- 7) 細胞は、細胞の重心をダイナミックに制御する(やわらかい)タンパク質力学応答システム「細胞骨格-細胞接着分子-細胞外基質」をもっている
- 8) 「細胞と身体を直接、力学的につなぐ運動は、細胞の生きる刺激となる」[Ruoslahti 97]と同時に、「力学的にまちがった運動は膝や腰の関節に障害を与える」
- 9) 故に人間は、重力場で「力学的に正しい体の使い方」を学ぶ必要がある(多関節可変構造から成る脊椎はやわらかく不安定であり、重心となる体幹制御がポイント)
- 10) やわらかい細胞とタンパク質のかたちのお世話をするストレスタンパク質(分子シャペロン)が適応の鍵である。

## 人の健康寿命の基盤を「細胞」から考える

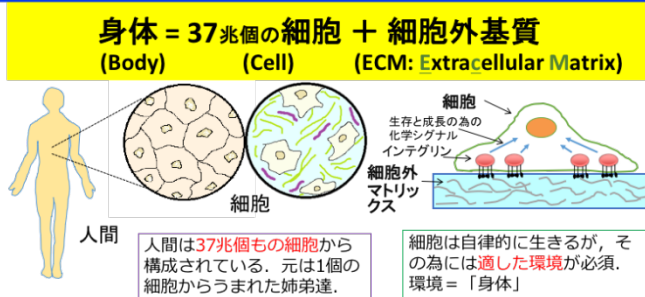


図1 細胞から考える新しい「身体」

細胞の分子生物学から考えるモノとしての身体を図1に示す。筆者らは、分子シャペロンの一つである細胞がもつ自己組織化タンパク質システム・細胞骨格の分子シャペロンであるαB-クリスタリンの機能研究を通じて、身体-細胞-適応・学習をつなぐ「知の身体性」仮説を構築してきた[Atomi 09, 跡見 11, 跡見 12, 跡見 13, 跡見 14, 跡見 16]。

### 3. モノゴト四階層を意識した知の身体性からの身心一体科学

冒頭にも述べたが、昨年の本学会では、「知の身体性」をモノゴト四階層から見る見方のうち、「モノ」側から考えて身心一体科学と対比させて細胞間をつなぐECMについて議論した。即ち副題を「人間の二重のいのち(細胞と身体)をコネクタとする物質に観る「知の身体性」として、多細胞動物とし

て生きている個体をつくる細胞が、分裂して数を増やし大きさを増してゆくときに、分裂して異なる存在となった他の細胞達とコミュニケーションをとるシステムとして、従来の神経系やホルモン以外に、「つなぐ物質」を分泌して「モノ」により直接連携をとる細胞外基質(ECM: Extracellular matrix)と名付けられたタンパク質や糖を中心とした分子を自ら自分の周囲に分泌し、その構造体を介して力学的につながることを報告した。このシステムは、従来の身体の統御システム(動きの情報システム)が神経系と体液循環を利用した内分泌系で捉えていたのに対して、自己組織化細胞骨格システムをもち自律的に生きる細胞が、自己の力学環境を生み出すために、セントラルドグマを介して自身を適応進化させる重要な物質システムである。しかし多細胞動物の細胞の住環境は身体であるため、身体の動きを制御する脳-神経筋活動に影響を与える本人の身体制御感覚の巧遅により出力が大きな影響を受けるだけでなく、身体内の細胞たちに間違った適応を生み出すことにもなり、膝関節症や腰痛をはじめとした筋骨格系の障害につながる。

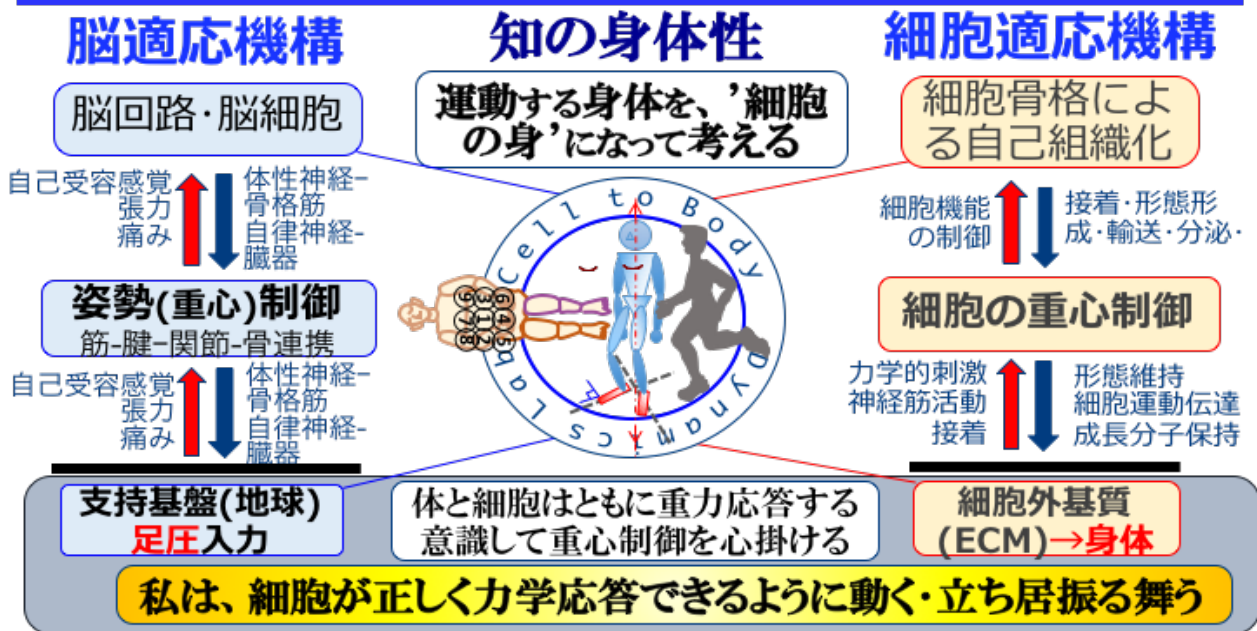
ECMは、コラーゲンやヒアルロン酸など化粧品やサプリメント材料として名前が知られている。CellとBodyをつなげる物質システムがECMである。細胞とECMの関係は卵と鶏に関係に似ている。肝硬変、動脈硬化など細胞外が硬くなる疾患は加齢で増加するが、体を動かすことで細胞の物質の入れ替え(ターンオーバー)を促進することで予防効果を発揮する。その制御は細胞が行っており、環境である身体の状態により合成する物質を変えてしまう。環境=身体なので、細胞にしてみれば、身体を持ち主が、自身の体に目を向け、健康に生きる方向への努力をして欲しいのである。つまり、細胞だけでは健康の戦略をたてることができない。しかし、その細胞が生きている身体をもつ人間が、運動したり正しいサプリメントをとったり、日々「健康によいこと」を努力して「行う」ことで、細胞どうしの関係性に介入することができるのである。

図2は、諏訪とともに考えてきたモノゴト四階層を意識した知の身体性からの身心一体科学仮説である。従来の生理学や解剖学からの知識をベースにするものの、モノゴト四階層[諏訪 13]を意識しながら、見えない自身の体の中で生きる細胞を可視化し、研究し、さらには、一般の人々にも動画などを使うことで理解を促してきた「いのち」の最小単位としての細胞がもつダイナミックな適応能力を、細胞の身になって描きだしたものである。

私達人間は、脳・細胞の両適応「学習」プロセスをもつ。図の中央のヒトの形は、ジョギング、太極拳、そして体幹部分の知覚と運動をつなげる臥位での身体である。日常生活の中で何気なく行っている日々の活動を、細胞や脳のプロセスを考えることで、自らの運動・活動・行為時の立ち居振る舞いを変えてゆくことができる。身体、細胞ともに、力学系をもっているため、重力場でいかに正しく動くかは、きわめて重要である。立位での身体が接地する部位は足底のみ、臥位では支持基底面が増える。立位に比べて支持基底面が増大する臥位での身体の見直しについて働きかける運動・行為で細胞と身体をリンクさせる。

身体の細胞は、基底膜(ECMの特殊構造)及びECMから成るファシアにより全身をつなげているので、正しい動きを生み出そうとする行為(神経-筋活動)は、全身の筋-腱-関節-骨を連携する細胞を活性化させ、ECM組成を変化させることが可能である。

# ▶ Cell to Body & Body to Cell & Mind Dynamics based on “Embodiment of Knowledge”



**図2 モノゴト四階層を意識した知の身体性からの身心一体科学仮説** 脳・細胞の両適応(学習)プロセスを、身体内で力学応答する細胞の身になって、自分で自分に働きかける運動・行為でリンクさせる。立位での身体が接地する部位は足底のみ、臥位では支持基底面が増える。身体の細胞は、基底膜(ECMの特殊構造)及びECMから成るファシアにより全身をつなげているので、正しい動きを生み出そうとする行為(神経-筋活動)は、全身の筋-腱-関節-骨を連携する細胞を活性化させ、ECM組成を変化させることが可能である。

## 4. 「知の身体性」の視点からの生命化学教育カリキュラム

現代を生きる人々への生きている自身の身体を理解するための教育はほとんど成されていない。それ故、様々な先端的な科学的知見を一般の人も生命科学の専門家でも利用できないという大きな問題点に対して、関連するどの学会もその問題点を理解していない現状がある。「知の身体性」からの身体と言語をつなぐ研究や教育の試みは重要である。超高齢社会に突入している現在、人間社会の希望ある未来は知の身体性にかかっているともいえる。

人間は、他の動物と異なり、教育により自らの動き、行為の機能や目的(コトの四階層)を理解し、行動を変化させてゆくことができる。それ故、人間にとって教育は人間を生きる柱である。現在、教育と研究、あるいは分野が細分化されすぎており、異なる分野の知識を人間の教育に繋ぐ努力がなされていないと、日本を含めて人間社会の大きな問題点があると言わざるを得ない。研究が職業化してしまった弊害でもある。

表1に、農工大有機材料化学科の1年生を対象とした知の身体性基盤から「いのちを知り生かす身心一体科学」の副題をつけた「生命化学」のカリキュラムを示した。現在の日本における高校理科教育の弊害は、多くの理系の学生が物理学と化学は学ぶが、生物学をほとんど学んでこないことにあるかもしれない。さらには、日本の生物学の教科書の中には、生物でありながら抽象化した文化を生み出した人間にとって重要な健康のキーワードがまったく見つからない。さらに、化

学や物理学を選択した多くの学生は、生物学が嫌いである。それゆえ、身体を構成する分子の生命化学、生み出す単位である細胞を、理解し実際に動く身体で様々な実習も含めてカリキュラムに導入して、自身の身体を対象化し、科学し、さらには細胞の身になって(細胞に俯瞰する視点をおき)、「いのち」のシステムを理解するカリキュラムを組み立てた。

自己の意志で動くことができ、やってみることができるシステムを、自己組織化能力をもつ細胞の精緻なシステムとつなぐ思考はきわめて挑戦的であり、さらには、両レベルにおける学習・適応可能性は、自己の生き方自身を見直す視点をも提起することになった。

本学会でさらに、知の身体性の視点からこのカリキュラムについての検討を加えることで普遍的な教育プログラムとして成長させてゆきたい。

## 5. 「知の身体性」を考慮した研究と教育の一体化への萌芽的考察：研究の対象がその人の脳をつくる

「知の身体性」が重要であるのは、我々人間存在が、人工的ではなく、自然が37億年の時間をかけて構築したシステムから成るからである。國吉康夫グループの胎内で胎児が触覚を通じて学ぶプロセスは、細胞を定義してはじめて成り立つ。細胞内外の自己組織化が外部と応答しながら成長する人間の身体を構築してゆく過程そのものである。環境と形、子と親の関係、そしてそれらを構成する物質のたとえば“柔らかい”性質を考慮してはじめて成り立つ。冒頭に述べたように、人間は胎児の時期以降も身体をつくる物質システムの柔らかさを維持することができる。それは私が身体に働きかけることで、細胞が遺

表 1 2016TAT有機材料化学特別講義Iカリキュラム 「生命化学基礎—いのちを知り生かす身心一体科学」

No	分類	内容	Short Report 課題
1	イントロダクション (1)	「いのちを知り生かす身心一体科学」から生命化学・材料健康科学を学ぶ (1) 人間という存在の生命化学・材料健康科学基盤, 地球で創発した生命(細胞)・多細胞個体・「身体」の適応とストレス応答	身心一体科学とは?
2	イントロダクション (2)	「いのちを知り生かす身心一体科学」から材料健康科学を学ぶ(2) 人間という存在の材料健康科学: 社会環境に生きる人間のストレスと対応, WHOの健康の定義と身心一体科学, 健康産業例	マイルドストレスとは?
3	身心一体科学概論	人間の創り・二つのストレス応答基礎 (1) 『いのち』とは? (2) 材料と機能がうまれる(環境)条件及び物性(Homeostasis) (3) 身体と組織・脳・心と全体 (4) 環境へのストレス応答 (5) 脳と身体とのシステム	科学とは? 科学の必要性とは? 『いのち』の科学から人間の哲学を!
4	身心一体科学実習I:	脳と心: 習慣と人間の判断 (1) つもりと実際: 握力/直線長さ描記のグレイディング・Stroop Test, (2) 『いのち』のリアルと脳の判断の危うさを語り人間の社会を考える	「俯瞰」する視点を
5	身心一体科学講義I: 生命化学特論I	生命材料と機能環境(水・温度・重力・メカニカル応答), (1) 生命材料(DNA, タンパク質, 糖, 脂質)と細胞 (2) 動く身体をつくりと細胞骨格-細胞外基質(ECM) (3) 環境応答の階層性	生命の自律単位, 細胞と身体の関係
6	身心一体科学実習II: 生命化学・材料健康科学I	『いのち』(細胞)システムの観察 (1) 自律性とは (2) 生体高分子(DNA・タンパク質)が生み出す機能・構造と組織化 (3) 多細胞個体の細胞システム 触覚・視覚観察(細胞・組織中の細胞・組織の固さ・柔らかさと作り等)	なぜ「細胞」から
7	身心一体科学講義II: 生命化学特論II	(かたちと張力) (1) 生体分子 (細胞骨格と細胞外マトリクス): ナノメートルダイナミック変形対応応答, 張力を伝える材料と物性と結合組織, (2) 卵殻膜とECMと脂質と糖, (3) 「からだは動く」生命化学: 細胞-身体-結合組織	課題: 動く・伸縮・触るとは?
8	身心一体科学実習III	(かたちと物性) (1) ラットの機能解剖を通して, 人間の創りを学ぶ (2) 人間の『いのち』・生死 (3) 運動・活動・使用依存性生存システム (4) 物性の本質の理解	『いのち』の本質とは? 結合組織と心身一体化?
9	身心一体科学演習I	個人発表, 日本語 個人発表 (ラットから学んだことと身心一体科学/材料健康科学: パワーポイントを使った発表: 全員1分) とQ&A	(中心課題) 『いのち』の精緻さと尊厳について
10	身心一体科学実習IV	(電気・酸素・E) 酸素摂取・電子伝達系, 生体電気・チャネルタンパク質の理解(呼吸心循環器系の理解) (1) 生体電気現象, (2) 心臓と機械的エネルギーへの変換	電気と生命, 脳と情報の本質
11	身心一体科学講義III: 生命化学特論III	(情報と高分子) 脳をつくりと 『いのち』: 脳・心・身体の核を生む(脳と外界認識と行動(高分子生体材料と環境因子) Cell to Body & Mind Dynamics (1) 細胞の「不安定性」 (2) 人体・脳の「不安定性」 (3) 自己受容感覚・脳・高分子	「不安定性」は悪いか?
12	身心一体科学講義IV: 生命化学特論IV	(重力と人体の創り) 重力健康科学: 人体の創り (1) 体幹・股関節制御, (2) バランスと体性感覚・脳と外界及び自己認識と行動重力生物学	身体をつくりと生活の中の自分の評価
13	身心一体科学講義V&実習V:	「身心一体科学」の実践 (1) 人間の創りと体幹 (2) 体幹体操と脳・歩行と動作 (3) 体操の指導と評価(自分を材料に, 科学; 活動依存性に自己の記述, Sit up, 反復横跳びによる評価)	臥位・動く・触るとは?
14	身心一体科学講義VI: 生命化学特論IV・材料健康科学	Cell to body & Body to Cell (1) 高分子興奮材料・神経筋細胞のメカニカル応答と体幹体操効果評価 (2) 細胞骨格・ECM・結合組織 (3) 卵殻膜の構造・機能・材料・栄養素	生活の中の自分と体幹制御と健康戦略・身心一体科学
15	身心一体科学・演習II	個人発表, 英語: パワーポイントを使った発表: 全員1~2分. スライドは英語で作成, 発表はできるだけ英語	(中心課題) 身心一体科学と人間『わたし』の夢実現

伝子を読み出す枠組を変えてゆくことができるシステムから成り立っているからである。触覚や自己受容感覚は、自己の身体を自身が学習するための基本的枠組として進化した。このような物性を考慮した研究は始まったばかりであるが、超高齢化社会における健康問題（アルツハイマー病、ガン、各種生活習慣病など）が、実際、細胞及び細胞外基質の硬さと深く関係する。自分の体を視覚的に観察するだけでなく、触ってみれば直接的でなくとも骨や腱は硬いので、これらを「細胞」がつくっているとは考えられていない。実際、それらは細胞ではなく、細胞が分泌した強靱な分子である。しかし合成し分泌するのはあくまで細胞というシステムだけが成しうることなので、骨の中にも腱の上にも、赤血球以外の細胞が必ずもつDNAを配している核をもつ。可視化することにより蛍光顕微鏡などの機器があれば、簡単に理解することができる。

従来の哲学が、人間が自己をも含む環境を認知し客観化するときに、言語により生み出された知を知とするが、多くの女性が暗黙のうちに起点とするのは、種を担うわが身体であり、私達の立ち位置もまた自身の存在を、生かしも殺しもする身体を日々生み出す生命体としての身体であり、その単位は細胞である。実際細胞の挙動を顕微鏡を用いたタイムラプスなどの動画として観察することで論理化している研究が、これらの立ち位置とリアル感を補強している。

教科書的な知識だけでは、おそらく理解と脳の認識回路の構築が難しいだろうと思う。これに関しては再度、研究者が研究対象と研究方法で自らの脳を、考え方を構築する一つまり研究が教育そのものになっているという見方そのものの重要性についてモノゴト四階層的、身心一体科学的に議論する必要があるように思う。

参考文献

[Bianconi 13] Bianconi E., Piovesan A, Facchin F., et al.: An estimation of the number of cells in the human body: *Annals of Human Biology*, Vol.40, pp.463-471(2013)

[Ruoslahti 97] Ruoslahti E.: Stretching is good for a cell: *Science*, Vol. 276, No. 5317, pp. 1345-1346 (1997)

[Atomi 09] Atomi Y., Education Program for "Gnothi Seauton" and Understanding of Own Life System and Brain System. "Gnothi Seauton – knowing yourself through your body". AI学会、第4回身体知研究会 (2009)

[跡見 11] 跡見順子跡見友章, 廣瀬 昇, 清水美穂, 桜井隆史: 身体知を引き出すアンダーウェアの開発～触覚が引き出す姿勢制御, 第25回人工知能学会大会論文集, 3D2-OS8-11 (2011)

[跡見 12] 跡見順子, 清水美穂, 跡見友章, 廣瀬 昇: 細胞・身体不安定性の二階層と制御要求性から探る「知の身体性」基盤, 第26回人工知能学会全国大会論文集, 3E2-OS-16-11 (2012)

[跡見 13] 跡見順子, 身体運動の知恵～生命システムから病を診る～第9回「細胞のフィットネス 2」— $\alpha$ B-クリスタリン: かたち・張力・代謝をつなぐレジリエンスシャペロン, *血管医学*, Vol. 14, No. 3, 91-107 (2013)

[諏訪 13]. 諏訪正樹, 跡見順子, モノゴト四階層で生の営みをみる. 第27回人工知能学会大会論文集, 3G4-OS-12b-6 (2013)

[跡見 14] 跡見順子, 身体運動の知恵～生命システムから病を診る～第8回「細胞のフィットネス1」—遺伝子変異による長寿獲得の背景, *血管医学*, Vol. 14, No. 2, 211-223, (2013)

[跡見 16] 跡見順子, 清水美穂, 藤田恵理, 跡見友章, 廣瀬 昇, 田中和哉, 長谷川克也, いのちを知り生かす身心一体科学(その一): 人間の二重のいのち(細胞と身体)をコネクトする物質に観る「知の身体性」, 第30回人工知能学会大会論文集, 2L4-OS-26b-2 (2016)