

ICT による新社会システム創成と
生産性 [I]

— ICT 研究開発とシステム創成論の導入部 —

Innovating Social Systems via ICT, and Productivity [I]:
R&D of ICT and Introduction to Systems Innovation Theory

長谷川孝明

Abstract

本稿は ICT による新社会システム創成と生産性を 2 回構成で論じる第 1 回に当たり、情報通信技術 (ICT) による新社会システムの創成に関係する幾つかの言葉とシステム創成論の導入部について述べている。本稿の前半では、初出から場合によってやや概念が変わりながらも広く使われている幾つかの重要な言葉について述べ、後半ではシステム創成論の導入部として、進化の三段階、ICT の本質、システム創成の位置付け、社会に定着しやすいシステム創成の三要素などを、具体例として P2P シェアリングビジネスや Amazon を取り上げながら説明している。

キーワード：研究開発施策課題設定、メタ議論、シェアリングビジネス、社会変革

1. ま え が き

本稿は、分野を超えた研究開発施策課題創成に関するメタ議論であり、誌面の都合で 2 回に分けて述べさせて頂く。その第 1 回である本稿では、テーマに関連する幾つかの言葉に触れた後、システム創成論^{(1)~(18)}の導入部に関して述べる。第 2 回では、プラットフォーム論を含むシステム創成論を紹介した後、生産性に関する思考実験的議論を試みる。

筆者は週休 6.5 日制を遠望して、それに近付ける新社会システム創成の実現可能な道程を模索している。電子情報通信学会の各会員が日々研究開発に取り組む情報通信技術 (ICT: Information Communication Technology)

は単なる情報通信インフラを支える技術であることを超えて、事業構造そのものを変えるような様々な社会変革、ライフスタイルの変革を起こしてきた。これまで学会や産学官連携の場でシステム創成論に関するお話をさせて頂く中で筆者は、ICT による新社会システムが社会を変革する大きな影響を与えてきたことを述べてきた。

システム創成論に関するテーマは、基本となる普遍性の高い考え方にに基づきながら、新たなシステムの創成は起こり続けるため、特に具体部分に関しては執筆や講演時点までの記述とならざるを得ない。本稿は、編集委員会から執筆依頼を頂いた機会に、2024 年上半年期までの筆者の考えをまとめた記事であることを御承知おき頂きたい。また、様々な根っこからこの種の Meta 理論が生まれて、似ている部分も異なる部分もあるが、本稿では筆者が 2000 年以降進めてきた内容を中心に述べる。エッセイのようにお読み頂ければ幸甚である。

2. 幾つかの言葉から

1980 年代の終わりには Mark Weiser による “Ubiquitous Computing⁽¹⁹⁾” の提唱、1992 年には Neal Stephenson の小説に初出となる “Metaverse⁽²⁰⁾”, 1999 年には Kevin Ashton による “Internet of Things (IoT)”⁽²¹⁾, 2002 年の Michael Grieses による “Digital Twin”⁽²²⁾, 2004 年には Erik Stolterman による “Digital Transfor-

目 次

- [I] ICT 研究開発とシステム創成論の導入部 (12 月号)
[II・完] システム創成論から ICT による社会変革へ (1月号)

mation (DX)”⁽²³⁾といったように、1989年頃からの15年間は、現在でも研究開発やビジネスの世界で様々な議論が交わされる重要な言葉や概念が次々と生まれ、あるいは提唱されてきた。

一方、もう少し広く社会一般に広げて重要な取組みを挙げると、2006年のアナン国連事務総長(当時)の金融業界に向けた責任投資原則“Principles for Responsible Investment (PRI)”に端を発する、世界の解決すべき課題を環境(Environment)、社会(Social)、企業統治(Governance)の三つの観点から配慮した責任ある投資、ESG投資⁽²⁴⁾、また、2007年に米国科学財団NSFによるICTの研究開発における分野横断型の複合研究領域としての“Cyber-Physical Systems (CPS)”⁽²⁵⁾や、2015年の国連サミットで採択されたSustainable Development Goals (SDGs)⁽²⁶⁾、更に、2015年EUの政策パッケージとして、「無駄はしない」サステナブル思考のCircular Economy (CE)⁽²⁷⁾などがある。これらの社会的提唱や取組みも、ICTが直接に間接に重要な役割を果たすことは明らかであり、研究開発施策課題を考える上でも念頭に置いておくことは重要である。

これらの言葉は、しばしばバズワード的に使われており、特に新しい概念を表す言葉に関しては、言葉の提唱者や提唱者に近い人々が共有していた概念とは異なる意味で使われることも少なくないように見える。これら一つ一つの言葉の概念や、立場によって変わる使われ方の歴史などを踏まえて議論することは、正確な議論には不可欠であるが、誌面の都合で、簡単な言葉の紹介にとどめさせて頂き、DXをはじめとする一部の言葉だけ少し説明を加えさせて頂く。

DXは人間社会に大きな生産性の向上をもたらしていることは明らかだが、これが単なるデジタル化と異なることは重要な点で、社会がパピルス前提からビット前提に変われば、何が合理的なソリューションであるかということも抜本的に変わるというわけである。

また、Digital TwinとMetaverseは共通の技術基盤もあるが、決定的に異なる点もある。Digital Twinでは、実世界に存在する人や物などの物理的オブジェクトに一对一対応する双子(の片割れ)がサイバー空間内にDigital Twinとして存在する。Metaverseはサイバー空間内に現実とみなせるような空間(バーチャル空間)を創り、その中でユーザの代わりにアバタが経済活動を含む様々な活動を繰り返し、アバタ同士、あるいは、バーチャル空間内での環境との相互作用がある。例えば、サイバーの空間内に構築された渋谷のスクランブル交差点で、Digital Twinなら実世界でその交差点を通行している歩行者や自動車、また信号機などの各オブジェクトが、サイバー空間内の各オブジェクトに対応していて、様々な信号制御などをシミュレーションして、得られた最適な信号制御を実世界に還元、制御などの作用をする

ようなことも技術的には可能である。一方、メタバースのスクランブル交差点内の歩行者同士がすれ違ったとしても、現実の物理的なスクランブル交差点の歩行者とは無関係である。これは旧来の人間の活動が現実の物理空間に拘束されていたのに対して、メタバースではこの物理的拘束から自由になり、無限の(事実上ユーザには空間とみなせる非物理的)空間に新しい人間の活動やビジネスの場が拡張されていったことを意味する。

一方で、ライフスタイル・価値観などを考える際に参考になる様々な文献があるが、その一例として、Ray Oldenburgの提唱する“Third Places”の文献⁽²⁸⁾があり、これはインターネット時代より前の著作であるが、興味深い示唆を与えてくれる。

また、2001年頃までの急速なICTの技術的変化がその後の社会システムへ与える影響を論じた文献⁽²⁹⁾、⁽³⁰⁾は、本稿のテーマを考える際にも様々な重要な気付きを与える書籍であり、当時の予測と実際に社会がたどった結果は今では比較検証も可能であり、一読に値する。

少々前置きが長くなったが、「科学技術と人間社会の双方を熟慮し、社会に受け入れられやすいシステムをいかに創成するか?」ということを追求める「システム創成論」の概要を本稿の3.及び本稿に続く次号会誌の拙稿⁽³¹⁾で紹介する。なお、本稿で述べる内容は、多くの方が何となく暗黙的に思っていることを、まとめて形式知としたような側面があることも添えておく。

3. システム創成論の導入部^{(1)~(18)}

3.1 進化の三段階

人にも組織にも国にも進化の三段階(図1)がある。第1段階は「解決方法を知って(学んで)、その解決方法を改善する」段階である。結果は確定的成功で、改善

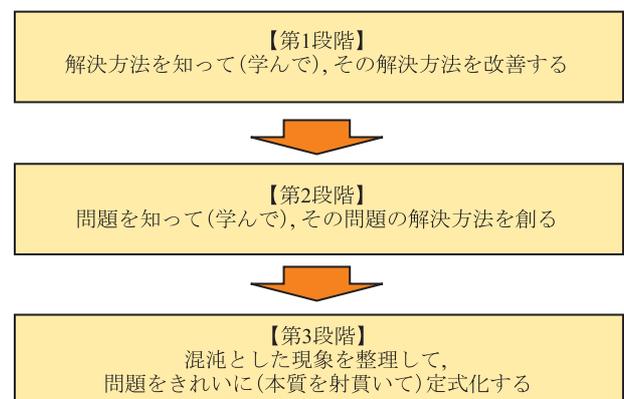


図1 進化の三段階 第1段階は改善(手法)の質、第2段階は解決(方法)の質、第3段階は問題(設定)の質を上げること、すなわち、真に推進すべき研究開発施策課題の創成を目指すことになる。各段階での成果はそれぞれ確定的、半確定的、確率的である。

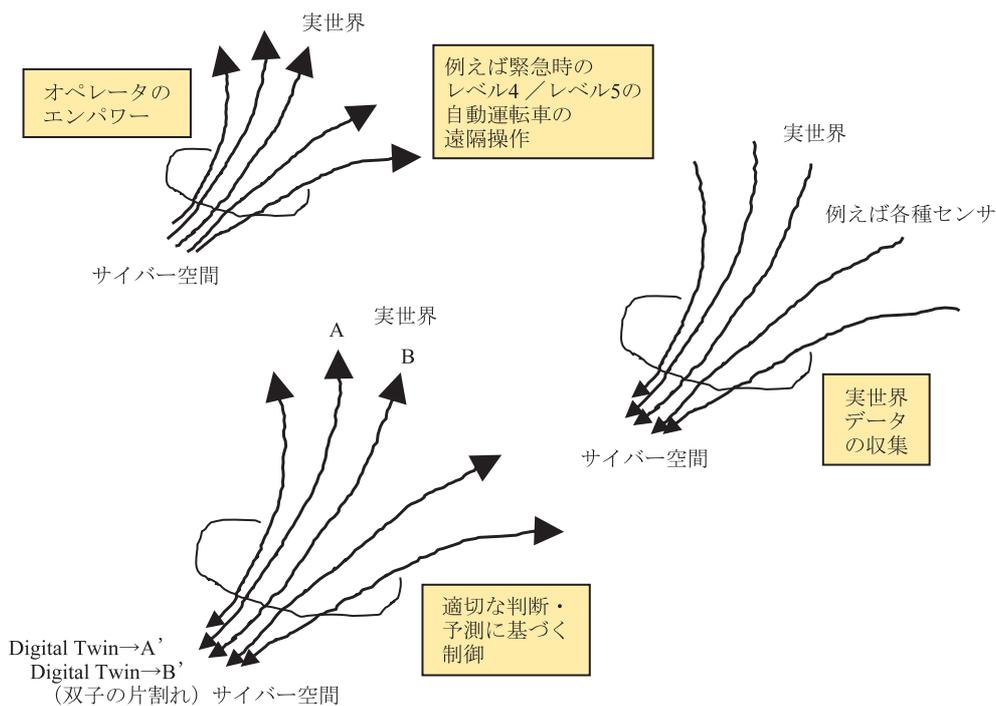


図2 サイバーの世界と現実の世界を結ぶ ICT ICT で実現する IoT, Digital Twin, CPS の様々なシステム。

(手法)の質が問われる。第2段階は「問題を知って(学んで),その問題の解決方法を創る」段階である。結果は半確定的成功で,解決(方法)の質が問われる。

これらはもちろん大事であるが,筆者が最も重視している第3段階は「混沌とした社会や自然の現象を整理して,問題をきれいに(本質を射貫いて)定式化する」段階である。結果は確率的成功で,問題(設定)の質が問われる。これは取り組む研究開発施策テーマの質と言ってもよい。問題(設定)の質が低いと,ソリューションは必然的にきれいではなく,きれいな問題はソリューションもまたきれいになる可能性が高く,取り組むべき研究開発施策課題をいかにきれいな問題として定式化するかが重要になる。

3.2 ICTの本質

ICTの本質を幾つか挙げてゆこう。第1に挙げるのは、「仮想化」と訳されることも多い“Virtualization”で,これはICTの世界で大きく変わったことの一つと言える。筆者はその形容詞形の“Virtual”を「(実体とは異なるが)事実上そうみなせるような」とか,もう少し短く表現すれば,「事実上の」と訳すことで,誤解が減るのではないかと思っている。“Virtual Channel”や“Virtual Machine”,“Virtual LAN”,“Virtual Reality”,“Virtual Power Plant”など“Virtual”は広く使われ,この先もこれらにまつわる技術はますます重要性を増すことであろう。特に,“Virtual Power Plant”は,環境負荷を下げる必要に迫られている現在,蓄電技術の発達

とともに電力供給で極めて重要な役割を果たすようになることが期待される。電力供給をICT抜きで考えることはできない代表例とも言えよう。

第2に挙げるのは,サイバー空間と実世界を結ぶICTである(図2)。その中でもまずは,「人の力のエンパワー」。一人の熟練オペレータが何台もの機械を,ICTを通して操作する。これは,「熟練オペレータのエンパワー」と言える。次は,「実世界のデータ収集」である。現実の世界の無数のセンサを含むIoT機器により,実世界のデータをサイバー空間に集める。データを集めることで,データドリブンのシステム開発/運用が可能となる。これを更に進め,実世界のオブジェクトをサイバー空間内のオブジェクトと対応させると前述したDigital Twinになる。すなわちデジタルの双子(Digital Twin)をサイバー空間内に創るわけである。その後,サイバー空間でシミュレーションを行い,「AIなどによる適切な判断・予測に基づく制御」を実世界に戻して作用させる。このDigital Twinは社会インフラを大きく変えつつある。前述の交通分野はもちろん,気象データ,河川データ,ダム湖の水門の開閉制御などの河川管理分野をはじめ,様々な新社会インフラの重要な技術になりつつある。

第3に挙げられるのは,ICTでユーザの嗜好やコンテキストに合わせたきめ細かな対応が可能になることである。特に,共同消費(Collaborative Consumption)⁽³²⁾,いわゆるPeer to Peer(P2P)シェアリングエコノミーが一定規模を占める時代では,スマートフォンによる利

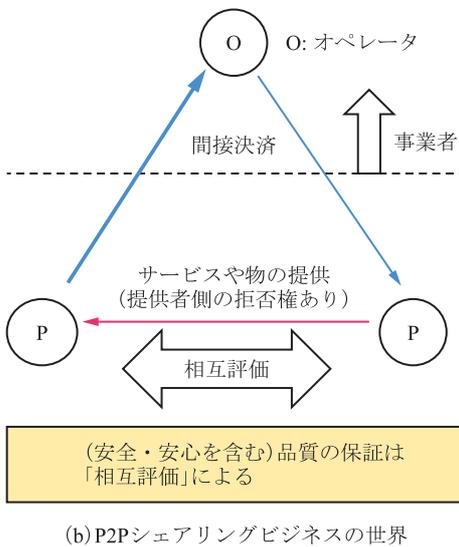
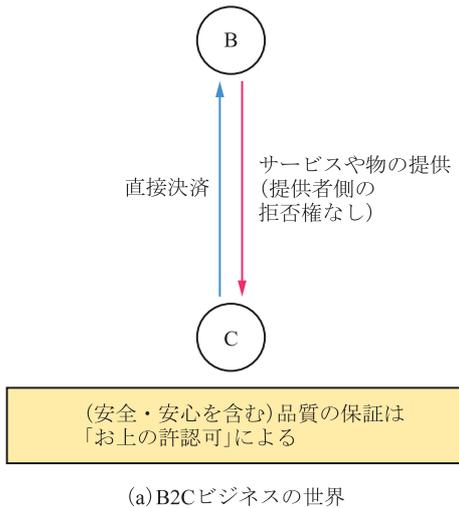


図3 B2Cの世界とP2Pの世界の本質的な差異

用者と提供者の「きめ細かな時空間マッチング」は必須要素であり、P2P シェアリングエコノミーが実現されたのは、本稿に続く第2回⁽³¹⁾で述べるように、「スマホ・クラウド・インパクト」の産物と言える(図3)。

P2P シェアリングビジネスのシステムを「個人の空いている物や能力を必要とする個人に提供する仕組み」と捉えたときに、その基本三要素は「きめ細かな時空間マッチング」、「事業者決済の仕組み」、「相互(提供者/利用者)評価」と筆者は考えているが、そのいずれもが、スマートフォン抜きでは考えられない。P2P シェアリングビジネスと Business to Consumer (B2C) ビジネスとの違いは「相互評価システムがあること」と「提供者による拒否権があること」にある。安全・安心を含む品質の担保は B2C ビジネスでは「お上の許認可」とするなら、P2P シェアリングは「相互評価」と言える。

第4に挙げられる ICT の本質は、ネット社会で飛躍

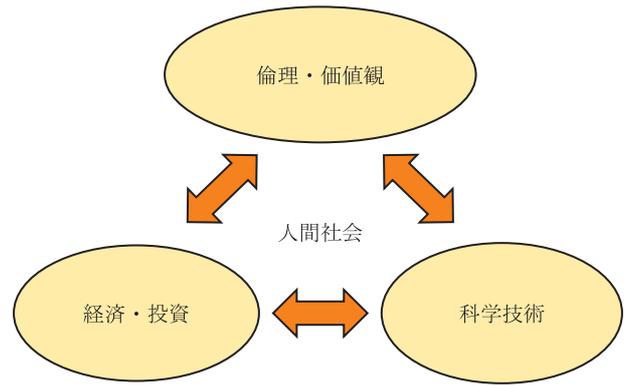


図4 人間社会を動かす三駆動源 システム創成を考える際に考慮すべき人間社会の動きで、ICTが動きを加速する。

的に増大した「発信と共感」である。前述した CE でも、ESG 投資でもその実現には ICT が不可欠で、そのような現状の中で、筆者は「人間社会を動かす三駆動源」を、「倫理・価値観」、「経済・投資」、「科学技術」と考えている(図4)。この中で「発信と共感」がこれら三者の相互作用を加速していることは明らかである。「発信と共感」は同時にフェイク情報やヘイトスピーチによる社会不安増幅など負の側面も持つが、本稿では議論は割愛する。

Virtual Power Plant や Carbon Neutral が大きく注目される中、Z 世代も社会人になり、自らフリーランスを選択する人の増加や、「量とパワーの世界」から「無駄減少の合理的でサステナブルな世界」への社会的変化も見られる。これらの動きのアクセラレーションに ICT が大きな役割を担っていることは明らかである。

3.3 システム創成の位置付けと基本

昔、人間と技術はもっと近くにいた。例えば時計。一人の技術者が一から部品を作り、組み立て、世に出すこと。そんなことが可能であったが、今は時計でも、機械部品、LSI、電波の受信、太陽電池、ネット接続など一人の技術者が手作りすることは不可能になった。すなわち、人間・社会と要素技術は余りに距離(ギャップ)が大きくなり過ぎ、それらをつなげるシステム創成の役割が必要になってきた(図5)。

システムは、「ライフスタイル・価値観」と「数理物理・科学技術の基本」の両面を熟慮して、創成してゆく必要がある(図6)。

3.4 社会に定着しやすいシステム創成の三要素

社会に定着しやすいシステム創成の三要素として、筆者は「アウェアネスエンハンスメント」、「人と物の移動」、「決済」を挙げている(図7)。

この三要素を、Amazon を例にとって考えてみよう。昔、何か商品を買いたいときには、まずリアル店舗に

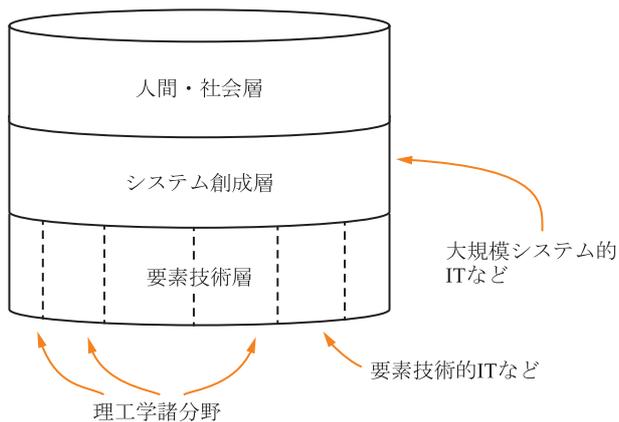


図5 理工学から人間社会への3階層モデル

行って探した。今は多くの人が何か欲しいものがあると、Webで探して、あればWebから発注する。しかし、発注後すぐに手に入らず何週間もかかるようなら、店舗に繰り出すだろう。「物をいかに素早く合理的に移動させるか？」これを実現させるには、まず、物の位置が分かりどのような経路で、誰が運ぶか、高度な輸送システムが必要であり、ICT抜きでは全く立ち行かない。すなわち、Electronic Commerce (EC) と言えども、物が動く限りサイバーの世界では完結せず、実世界のICTが必要になる。また、決済は経済の本質であるが、物を提供されても代金を支払わなかったり、逆に代金を払っても物が届かなかったりすれば、通販のようなシステムは成り立たない。必ずしもハイテクは伴わなくても、物と引き換えに代金を払う「代引き」は初期には非常に伸びていた。しかし、クレジットカードなどの信用取引が普及し、現金を介さない取引が増えることで、特に通販を中心とした小売業における社会的生産性が向上したことは明白である。商品のトレーサビリティを上げて、リアルタイムで詳細に利用者にICTで伝えることと決済に問題なければ、宅配ボックスなどの置き配化は生産性を更に高める。

なお、Amazonは1994年の創業当時は無在庫経営のEC企業としてスタートを切っているが、1996年には倉庫を造って現実の物理世界対応に入っている。ネットで完結するECではなく、リアルワールドも重視したECであり、これは次号の第2回で触れる「リアルワールドのIT」の一例である。

更に、Amazonの予測出荷 (Anticipatory Shipping) の特許⁽³³⁾は、少しでも早く入手したい顧客の心理に応える巧みなアイデアであることも付記しておく。

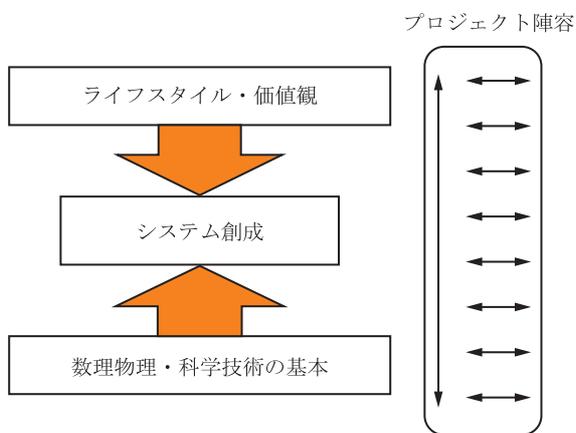


図6 システム創成の基本 「ライフスタイル・価値観」と「数理物理・科学技術の基本」の両面を熟慮して、プロジェクトの陣容は縦糸と横糸を紡ぐように。

4. む す び

本稿はICTによる新社会システム創成と生産性を二回構成で論じる第1回にあたり、ICTによる新社会システム創成に関連する幾つかの言葉とシステム創成論の導入部を述べた。

前半では、初出から場合によってやや概念が変わりながらも広く使われている重要な言葉の中で、本稿のテーマに関係する幾つかの言葉について簡単に述べた。

後半では、システム創成論の導入部として、進化の三段階、ICTの本質、システム創成の位置付け、社会に定着しやすいシステム創成の三要素について述べた。ICTの本質では、P2Pシェアリングビジネスを具体例として含めた説明を行い、社会に定着しやすいシステム創成の三要素の説明の中では、Amazonを具体例として用いた。

次号では本稿 (第1回) の続きを述べ、ICTによる新社会システム創成と生産性の議論を完結する。

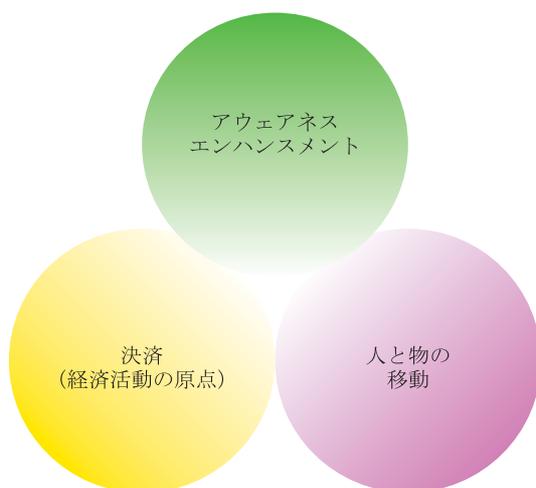


図7 社会に定着しやすいシステム創成の三要素 気づきの範囲を拡大するIT、現実世界の人と物の移動を支えるIT、決済を安全に円滑に行うITに支えられるシステム創成。これらがユーザのストレスなしに動作することが重要。

謝辞 本稿の執筆を御依頼頂き、また、様々な段階で貴重な御助言を頂いた会誌編集委員会委員の立命館大学佐保賢志准教授はじめ全編集委員の皆様にご心から深謝致します。

文 献

- (1) 長谷川孝明, "ITS とシステム創成に関する一考察," 信学技報, ITS2002-120, pp. 13-17, March 2003.
- (2) 長谷川孝明, "ITS プラットフォーム "EUPITS" ~実現へのアプローチ~, " 信学技報, ITS2003-8, pp. 41-47, May 2003.
- (3) 長谷川孝明, "ITS プラットフォーム "EUPITS" ~具体化に向けて~, " 信学技報, ITS2003-26, pp. 29-34, Sept. 2003.
- (4) 長谷川孝明, "システム創成と空間的心地よさの質について~ITによる QoS の向上とモビリティ~, " 信学技報, ITS2010-67, IE2010-142, pp. 287-292, Feb. 2011.
- (5) 長谷川孝明, "システム創成の視点からみた電気自動車普及のシナリオ," 信学技報, ITS2008-65, IE2008-235, pp. 177-182, Feb. 2009.
- (6) T. Hasegawa, "Diffusion of electric vehicles and novel social infrastructure from the viewpoint of systems innovation theory," IEICE Trans. Fundamentals, vol. E93-A, no. 4, pp. 672-678, April 2010.
- (7) 長谷川孝明, "システム創成論とその応用としての超小型電気自動車「イヅ」," 国際交通安全学会誌, vol. 36, no. 3, March 2012.
- (8) 長谷川孝明, "新しい交通システムのデザイン論," 国際交通安全学会誌, vol. 37, no. 3, Jan. 2013.
- (9) 長谷川孝明, "IT で高度化するモビリティのシステム創成論的観点からの研究開発," 信学 FR 誌, vol. 7, no. 2, pp. 133-139, Feb. 2013.
- (10) T. Hasegawa, "Toward the mobility-oriented heterogeneous transport system based on new ICT environments-Understanding from a viewpoint of the systems innovation theory," IATSS Research, vol. 42, issue 2, pp. 40-48, July 2018.
- (11) 長谷川孝明, "生活者 ITS プラットフォームと PDA について," 信学技報, ITS2004-27, pp. 71-77, Sept. 2004.
- (12) 長谷川孝明, 福田 朗, 下田 學, 井上貴之, 矢内裕之, 森谷潤一郎, 山下清司, 水野一男, 渡部晴夫, 小川喜一郎, 児玉一成, 太田裕史, 波多野啓介, "Airport Passenger ITS (APITS) —WYSIWYAS 案内板による空港旅客ナビゲーション—," 信学技報, ITS2005-89, IE2005-296, pp. 59-64, Feb. 2006.
- (13) 長谷川孝明, "WYSIWYAS ナビゲーション環境の実現—リアルワールドの IT の意味—," 信学技報, ITS2008-30, pp. 19-24, Dec. 2008.
- (14) 藤田俊輔, 間邊哲也, 長谷川孝明, "ユビキタスクラークによるバーチャル企画室の実現," 信学技報, ITS2012-2, pp. 7-12, May 2012.
- (15) 藤田俊輔, 長谷川孝明, "バーチャル企画室—実製品の重要性—," 信学技報, ICM02013-48, LOIS2013-52, pp. 7-12, Jan. 2014.
- (16) S. Fujita, T. Hasegawa, and T. Manabe, "Ubiquitous clerk and virtual planning office -Significance of actual products-, " Proc. 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Seoul, Korea, pp. 394-399, March 2014.
- (17) T. Manabe and T. Hasegawa, "A design methodology for positioning

- sub-platform on smartphone based LBS," IEICE Trans. Fundamentals, vol. E99-A, no. 1, pp. 297-309, Jan. 2016.
- (18) 長谷川孝明, "少子高齢社会のモビリティ確保へのアプローチとシェアリング・エコノミー," 信学技報, ITS2017-10, pp. 49-52, Sept. 2017.
- (19) M. Weiser, "The computer for the 21st century," Scientific American Special Issue on Communications, Computers, and Networks, Sept. 1991.
- (20) N. Stephenson, SNOW CRASH, Random House LLC, 1992.
- (21) K. Ashton, That 'Internet of things' thing, RFID Journal Expert Views, June 2009.
- (22) M. Grieves and J. Vickers, "Excerpted based on : Trans-disciplinary perspectives on system complexity-All rights reserved digital twin : Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems (Excerpt)," DOI : 10.13140/RG.2.2.26367.61609, Aug. 2016.
- (23) E. Stolterman and A.C. Fors, "INFORMATION TECHNOLOGY AND THE GOOD LIFE" Information Systems Research Information Systems Research, " pp. 687-692, DOI : 10.1007/1-4020-8095-6_45, 2004.
- (24) GLOBAL SUSTAINABLE INVESTMENT REVIEW 2022, Global Sustainable Investment Alliance, 2022.
- (25) Cyber-physical systems (CPS), National Science Foundation, Program Solicitation NSF 08-611, 2008.
- (26) Transforming our world : the 2030 agenda for sustainable development, United Nations, Oct. 2015.
- (27) Circular economy : definition, importance and benefits, 2023. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- (28) R. Oldenburg, The Great Good Place : Cafes, Coffee Shops, Bookstores, Bars, Hair Salons, and Other Hangouts at the Heart of a Community, Marlowe & Company, 1989.
- (29) 野村総合研究所, ユビキタス・ネットワークと市場創造, 野村総合研究所広報部, 2002.
- (30) 野村総合研究所, ユビキタス・ネットワークと新社会システム, 野村総合研究所広報部, 2002.
- (31) 長谷川孝明, "ICT による新社会システム創成と生産性 [II] —システム創成論から ICT による社会変革へ—," 信学誌, vol. 108, no. 1, Jan. 2025.
- (32) R. Botsman and R. Rogers, What's Mine is Yours : The Rise of Collaborative Consumption, HarperCollins Publishers, 2010.
- (33) "Method and system for anticipatory package shipping," US Patent 8615473 B2, Dec. 2013.

(2024年9月4日受付)



はせがわ たかあき
長谷川 孝明 (正員 : フェロー)

1981 慶大・工・電気卒, 1986 同大学院博士課程了, 工博. 同年埼玉大・工・電気助手, 助教授を経て, 2006 同大学院・理工研・数理電子情報部門教授. 2023 退職. 現在, 埼玉大名誉教授として, フリーランスで研究/教育/講演/財団法人/社団法人などの活動.