

## 研究ノート

人間中心的サイバーフィジカルシステムの  
現状とモデル提案

後藤 智\*  
徳田 昭雄\*\*  
高梨 千賀子\*\*\*  
顧 鴻錚\*\*\*\*

## 要旨

本稿は、既存のサイバーフィジカルシステム（CPS）研究が、技術システムの観点から、使用する人々は主に解析の対象として扱う技術偏重であったことを指摘し、社会を構成する人々に焦点を当て人々の意味解釈に注目する「人間中心的CPS」として、サイバーフィジカルミーニングシステム（CPMS）を提案する。また、現在すでにサービスとして提供されている医療健康分野のCPS及び、移動交通分野のCPSであるMaaSの事例を紹介し、CPMSモデルとどのような違いがあるかを検討する。

キーワード：CPS, CPMS, 人間中心, デザイン, 意味, 価値, データ分断

## I. はじめに

1. 背景
2. 本稿の対象

## II. CPS

1. CPS とは何か
2. CPS のデータ主権

## III. デザインにおける人間中心主義

1. デザインにおける意味と価値の違い
2. 開かれたデザイン

## IV. 人間中心的 CPS モデルの提案

1. 人間中心的 CPS
2. CPMS のプラットフォーム

## V. CPS の現状と CPMS の観点からの考察

1. 医療健康 CPS
  - (1) 日本の医療保険制度と CPS における課題
  - (2) 企業による取り組み：CPS 実装と新たなサービスの展開
  - (3) 行政の取り組み
  - (4) 考察：CPMS との距離
2. MaaS
  - (1) MaaS とは
  - (2) MaaS の事例：天津市 MaaS
  - (3) 考察：CPMS との距離

## VI. おわりに

---

\* 立命館大学経営学部 准教授

\*\* 立命館大学経営学部 教授

\*\*\* 東洋大学経営学部 教授

\*\*\*\* Nikon Imaging (China) Sales Co., Ltd.

## I. はじめに

### 1. 背景

本稿が対象とするサイバーフィジカルシステム (Cyber-Physical System: CPS) は、一般的にフィジカル空間に存在するネットワーク化された組込みシステムを、連結されたサイバー空間でデータ科学の知見を用いて処理し、フィジカル空間へとフィードバックを行うシステムである (徳田, 2017a)。CPS は 2000 年代にアメリカから生まれた概念であり、その後欧州にも広がり、現在世界中で研究が進んでいる。日本においても、CPS は Society 5.0 の超スマート社会を実現するための中心的な概念として取り扱われている (山田, 高島, 木村, 2017)。

CPS に関する既存研究は、技術的な観点や政策的な観点、イノベーション、ビジネスの観点から盛んに行われてきた。具体的には例えば、組込みシステムの発展系としての制御に関する課題やネットワークに接続されることによる信頼性やセキュリティの課題などの技術的な研究に加え、欧米の CPS 研究に関する国家政策、CPS による新たなエコシステムの構築などの経営学からの研究も行われてきた (徳田, 2017b; 高梨, 2017)。CPS が社会のあり方を変えてくるからこそ多様な視点から議論が行われてきた。しかし、現段階ではまだ「技術システム」、およびそれを取り入れた「ビジネスシステム」や「社会システム」が研究の中心であり、CPS を使用する「人々」を中心におき、「人々にとって CPS のあるべき姿がどのようなものか」を検討した論文はまだ多くない。

そこで本稿では、デザインの人間中心主義の考え方を CPS に導入し、人間中心的な CPS の一つのモデルを提示する。ここで、デザインの人間中心主義とは、モノ自体に焦点を当てたのではなく、人々がモノをどのように解釈し、どのような意味を見出すのかに焦点を当てたものである (Krippendorff, 2006)。つまり、CPS の「システム」の研究から、CPS を使用する「人々」の研究へと意味論的転回をさせることを意味する。このような研究が可能となるのは、既存研究により「システム」の知見が積み重ねられつつあるからこそである。近年、様々な企業活動の中にデザインが導入され始めたが、CPS 研究においてもデザインの視点が導入される時期を迎えていると言えるであろう。

### 2. 本稿の対象

本稿の対象は、人々が日常生活で使用する CPS である。そのため、本稿では Industry 4.0 で議論されるようなスマート工場を中心とした Cyber-Physical Production System (CPPS) に関する議論は対象としない。さらに、本稿では従来から議論されてきた社会全体としてのフィジカル空間から取得できるデータをクラウドで処理し、フィードバックするようなマクロの CPS ではなく、一人ひとりのユーザーが日常生活の中で使用するミクロな CPS に焦点を当てる。マクロの CPS と今回対象とするミクロの CPS の接続に関しては、今後の研究課題とする。そ

の上で、提案する CPMS と日本における CPS の現状との比較のため、健康医療分野の CPS 及び移動交通分野の Mobility as a Service (MaaS) を事例にし、その課題を検討する。

## II. CPS

### 1. CPS とは何か

CPS<sup>1)</sup> は、もともと米国バークレーのアカデミアから生み出された概念である。CPS は 2006 年に NSF (米国国立科学財団) の Hellen Gill 博士がサイバネティクスからヒントを得て案出した。サイバネティクスは、1948 年に N. Wiener 博士がフィードバック制御を基本概念とする数学理論に対して命名し、その後、制御工学の基礎となった。一般に組込みシステムでは、制御対象は物理的な世界の機械等であり、制御工学の理論に基づいて性質を規定するうえで、制御工学、システム工学と計算機科学やソフトウェア科学にまたがる知識が必要になる。CPS はサイバネティクスに対する情報科学からの解決アプローチといえる (中島・豊島, 2011)。

翌 2007 年、CPS が米国の産業競争力にとって最優先課題であること、そして CPS 研究を連邦政府ネットワークング及び情報技術研究開発プログラム (NITRD: Networking and Information Technology Research and Development) による最重要研究開発投資案件に位置づけるべきことが大統領科学技術諮問委員会 (PCAST) によって示された (PCAST, 2007)。それを受けて、2009 年に CPS 研究に関わるホワイトペーパーが提出された。そこには、米国の産業競争力にとって CPS に関わる科学技術の進展は不可欠であり、EU における組込みシステム / CPS の R&I プロジェクトである ARTEMIS に対抗して官民が一体となった CPS 研究 (基礎研究 + 製品化のための研究) を推進していくことが示された (Sztipanovits, Stankovic and David, 2009)。

これに対して、EU にとっての CPS とは何か。それを知る手がかりのひとつが、独国国立科学技術アカデミー (acatech Germany) による報告書 Cyber-Physical Systems (2015 年改訂版) である。ここでは、CPS の概念定義から、CPS が直面する諸課題 (経済的・社会的・技術的)、そして将来的な CPS の進化ロードマップ、そして 4 つの CPS 適用システムが示された。すなわち、

- 1 エネルギー：スマートグリッドのための CPS
- 2 モビリティ：ネットワーク化されたモビリティのための CPS
- 3 ヘルス：遠隔治療や遠隔診断のための CPS
- 4 製造業 (スマートファクトリー)：製造業や自動生産のための CPS である。

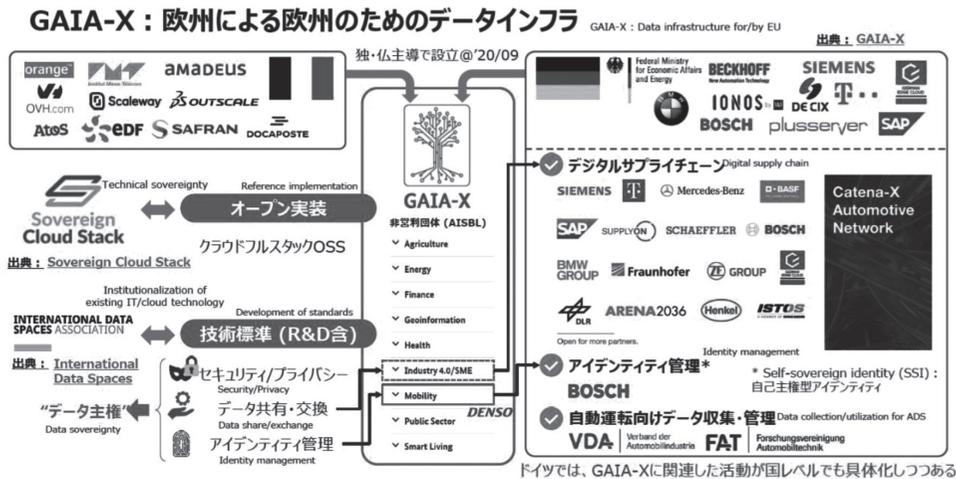
acatech によれば CPS とは、スタンド・アローンの組み込みシステムから、ネットワーク化された組込みシステム、そして、より広範に外部ネットワークと結合する方向に進化したものであることがわかる。車載組込みシステムでいえば、エンジン制御システムやボディコント

ロールシステムなどの個別システムが「組み込みシステム」、それらをネットワーク化した分散協調システムが「ネットワーク化された組み込みシステム」である。「車内に閉じられたリアルタイムネットワーク制御」と理解してよいだろう。それが、CPS として車車間通信や路車間通信など、車外の環境とのネットワーク化がはかられていく。

acatech は、組み込みシステムとサイバー空間の結合を強調する。メカトロニクスにソフトウェアが統合され、それらがインターネットや WWW を通じてサイバー空間と連結されていく。組み込みシステムから CPS, そして IoT へと発展し、最終的には「モノ、データそしてサービスのインターネット」として、あらゆるものがインターネットにつながる世界が想定されている。

## 2. CPS のデータ主権

EU では、2019 年から 2024 年までの 5 年間の中期計画として 6 つの優先政策を掲げている。そのなかのひとつが「技術主権 (sovereignty)」に関わる “Europe fit for the digital age” である。これは、いわゆるハイパー・スケーラー (hyperscalers) と称される GAFAM そのものの後追いを EU がするのではなく、それらを制御するための「技術主権」を狙うということにほかならない。そして、その技術主権を担う中心的なイノベーション・エコシステムとして 2020 年に GAIA-X が形成された (図 1)。



出所: 2021 年 6 月 4 日 「Future Mobility 研究会」(株)デンソー後藤正博氏 報告資料。

図 1 GAIA-X のエコシステム

GAIA-X では、技術的には①「オープン実装」の実現に向けてクラウドフルスタック OSS の開発、及び②「技術標準」の策定に向けたセキュリティ/プライバシーの担保、データ共有・交換可能なフォーマットの整備、データ帰属/アイデンティティ管理の標準化が進められている。

他方、GAIA-X では技術的なプロットフォームのみならず、データの利活用に関わる制度的

なプラットフォームの整備にも乗り出している。具体的には、EUに「Common Data Space」をつくり、セクターを越えたデータ交換・共有の推進にあたって、「欧州の法律（プライバシー、セキュリティに関わる）を遵守し、欧州が主導する技術（AI、量子コンピューター、暗号など）を使い、欧州発の国際標準に準拠すること」を求めている。また、「データ主権」という概念を使って、基本的に「データの主権が個人や個社にないようなクラウドインフラは認めない」という強烈なメッセージを発出している。

このようなEUレベルでの取り組みに歩調を合わせて、ドイツ国内では既にCatena-X Automotive Networkと称するデジタルサプライチェーンが構成されている。その中では、アイデンティティ管理と関わってSSI（Self-Sovereign Identity）という概念に基づいて、GAIA-Xで利用するID管理の実装に着手しはじめている。

このようなEUの取り組みは、イノベーションの源泉であるデータの主権を、その発源となる個人や個社に帰属させ、セキュリティとプライバシーを担保しながら利活用し、イノベーションから生まれる利得の再配分を公正に行なっていくものであるが、まだ緒についたばかりである。

### Ⅲ. デザインにおける人間中心主義

#### 1. デザインにおける意味と価値の違い

本稿では、デザインを「Design is making sense (of things). デザインは（ものの）意味を与える」と定義する（Krippendorff, 2006）。Verganti（2017）によれば、意味とは価値の判断のものさしである。例えば、ペンの意味を考えてみると、「勉強する」という目的を持てば、ペンは「文字を書くもの」という意味になり、「暇をつぶす」という目的を持てば「くるくる回すもの」という意味になる。

ここで、さらに本稿での意味と価値の違いについても明らかにしておく（図2）。例えば、ペンが「文字を書くもの」という意味を持つならば、「文字の書きやすさ」というユーザーの欲求が生まれ、その欲求をいかに満足させたのが価値の高低を決定する。一方、「くるくる回すもの」という意味を持つならば、「回しやすさ」が価値の高低となり、文字を書く場合と

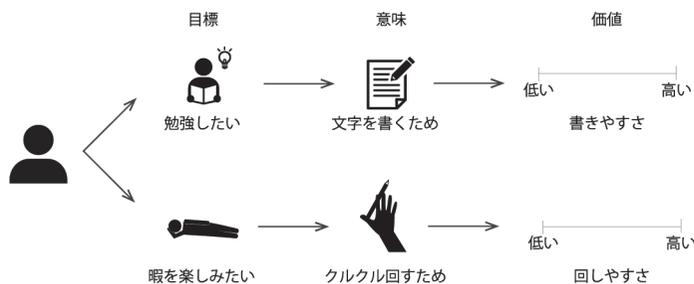


図2 意味と価値の関係

は違った形状や重量、質感等が求められる。授業中に暇つぶしをしたい人にとって、そのペンがいかに書きやすかったとしてもまさに無意味なのである。無意味とは、価値の高低がユーザーに問われないことを指す。iPhone としてアップルが創造したスマートフォンの卓越した点は、スマートフォンの意味がインストールするアプリによってダイナミックに変化するという点である。このように意味とは、道具を使用する人の文脈に依存する性質を持つ。

デザインが意味を与えることであれば、デザインという行為は道具を使用する人の文脈に依存する性質を持つこととなる。それゆえに、デザインは技術中心主義のような決定論的立場ではなく、社会構成主義的なスタンスをとる。社会構成主義では、社会には万物に受け入れられる普遍的（客観的）なモノは存在せず、あくまでコミュニティの中で合意が取れた、相対的な意味によって人々の社会は構築されると捉える（Gergen and Gergen, 2004）。よって、デザインが考える人々のありたい姿とは、あくまであるコミュニティの人々の中で共有されたコミュニティ依存の性質となる。それゆえに、デザインは人々が生活する場に入り、人々の解釈の解釈（二次的解釈）を試みるのである（Krippendorff, 2006）。つまり、意味は人々の二次的解釈によって理解可能であるという点で、人間に注目せざるを得ない。その点でデザインは人間中心主義と言われるのである。

社会構成主義ではたとえ同じ機能を持った製品でも、その意味はコミュニティによって異なる可能性を持つ。一方で、技術決定論的に見ると同じ機能を持った製品は普遍的であり、意味を議論する必要性が問われない。よって、世界中の人々が同じ意味を解釈することを前提に、価値の高低が議論される。そのため、意味を無視し、価値の議論のみが先行する場合は、すでに存在している既存の意味を前提とした決定論的な議論であることが多い。近年、デザイン人類学では、西欧のコミュニティで広く普及した意味をもとに、グローバル化という形で単一世界（universe）を推進してきたデザインが批判され、多元世界（pluriverse）的な意味形成のデザインの必要性が主張されている（Escobar, 2018）。よって、CPS をデザイン対象とした時は、CPS の価値を問う前に、CPS の意味を議論しなければならない。

## 2. 開かれたデザイン

CPS の意味を議論するにあたり、CPS をデザインするのは一体誰なのかをここで検討する。まず、デザイン研究におけるデザイナーの定義について紹介する。「デザインという行為は一体誰が行うものか」という問いに対して大きな影響を与えたのは Simon (1969) である。彼は「現状の状態をより好ましいものに変えるべく行為の道筋を考案するものは、誰でもデザイン活動をしている」と主張した（Simon, 1969: p.133）。つまり、人々は皆日々の生活の中で現状の状態をより好ましいものに変えるべく努力しているのであり、それゆえに皆デザイナーとなり得るのである。

その後、デザイン研究の文脈では、デザインを専門的職業の行為であるという捉え方も存在したものの、近年は本論文が定義として採用する Krippendorff (2006) の意味創造としてのデ

デザインが主流的な考え方の一つとなっている。この観点からすると、人々は日常生活の中でダイナミックに意味創造を実践している。この点に着目し、専門職としてのデザイナーと人々の co-design を主張するのが Manzini (2015; 2019) である。

Manzini (2015; 2019) は、人々は誰もが潜在能力としてデザイン・ケイパビリティを持つと捉える一方で、その能力をすぐに自由に発揮できない点も指摘している。そこで、彼は専門職のデザイナーが人々のデザイン・ケイパビリティを最大限引き出し、共にデザインする co-design を提唱する。上平 (2020) はこのような状態を「デザインをひらく」と表現している。デザインが専門職のデザイナーに閉じられていた境界を開放し、人々とその境界内に巻き込むことを意味している。このようなプロセスでは、人々のデザイン・ケイパビリティを引き出すデザイナーのように、技術・製品・サービス自体が人々の意味創造プロセスの一部として開かれなければならない (図3)。つまり、技術・製品・サービスは企業が完成させて提供するのではなく、企業は人々が意味創造を可能にするトリガーとしての技術・製品・サービスを提供することが必要となる。

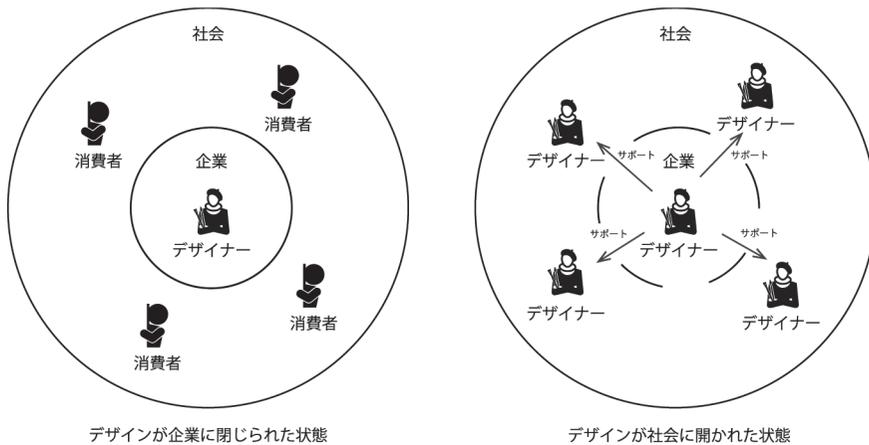


図3 デザインの境界

#### IV. 人間中心のCPSモデルの提案

##### 1. 人間中心のCPS

デザインの議論から、人間中心のCPSは人々の日常における意味創造を支援するシステムであるという前提が導き出される。CPSは様々な技術・製品・サービスから構成される物理的かつ仮想的なネットワークである。人間中心のCPSは、CPSを構成する技術・製品・サービスに対する人々の意味創造を支援するメタ的なシステムなのである。そのシステムを構成する技術・製品・サービスは人によって異なる意味を付与される余地を常に保持しなければならない。よって、人間中心のCPSはモノの物理的なつながり、データの仮想的なつながり、モノの意味的なつながりという3つのつながりを想定しなければならない。そして、最後のモノ

の意味的なつながりは、ユーザーの描くありたいライフスタイルとして顕在化する。なぜなら、社会構成主義の視点から考えると、社会は個人にとって意味のあるものによって構成されるためである。そのため、モノの意味的なつながりは、それによって構成される個人の社会を顕在化するのである。

それにも関わらず、既存の CPS 研究はモノの物理的なつながり（フィジカル空間）とデータの仮想的なつながり（サイバー空間）にしか焦点を当てず、モノの意味的なつながりを無視した“人間不在のシステム”の議論であったという点を指摘せざるを得ない。このような研究では、サイバー空間の大量のデータのつながりからユーザーのライフスタイルを顕在化させようとしてきた。確かに、データからユーザーが理解し得ない何かが発見されることはあるだろう。しかしながら、CPS が想定するフィジカル空間の膨大なデータから企業がユーザーの意味を見出すことは容易ではない。AI を使ったとしても、AI はデータからすでに社会に存在している過去の規則性を見出すものであり、ユーザーごとの独特な意味解釈は不可能である。

さらに、前述した欧州の GAIA-X のような、ユーザーに主権のない個人データの取得が不可能となる規制は今後世界で広がっていくものと予測される。そういった意味で、モノの意味的なつながりはユーザーが能動的に意味を解釈した製品及びサービスによって構築されるため、そこから得られるデータは全てユーザーが主権を持つものであると捉えなければならない。

以上の議論をまとめると、人間中心的 CPS とはサイバー空間・フィジカル空間に加え、ミーニング（意味）空間の統合が求められる。その点から、本論文では人間中心的 CPS を図 4 のように Cyber-Physical-Meaning System (CPMS) と定義する。

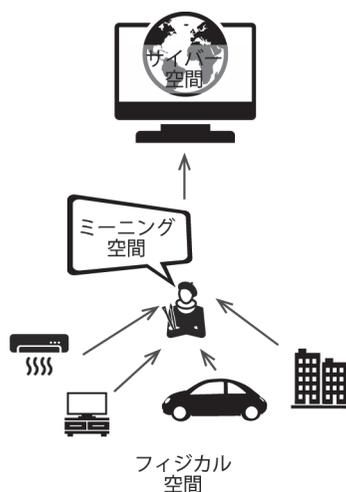


図 4 CPMS の概要

## 2. CPMS のプラットフォーム

CPMS は個人の日常生活の中でフィジカル空間／ミーニング空間／サイバー空間を保有する

マイクロなシステムである。しかしながら、一般的に CPS は個人の日常生活だけではなく、社会全体を捉えたマクロのシステムとして議論される。そのような CPS では、社会をフィジカル空間とサイバー空間のセットとして捉え、フィジカルで得られたデータをサイバー空間上で一括処理するモデルが想定されている。これに対して、本稿では CPMS をマクロな CPS の入れ子構造として存在するマイクロシステムとして定義する。つまり、マクロがサイバー空間、マイクロがフィジカル空間と想定するのではなく、マイクロのエッジ側でもサイバー空間およびフィジカル空間を持つものと想定し、物理的に広い範囲をカバーするマクロな CPS と狭い個人の日常を対象とするマイクロな CPMS に分割し、議論を進める。

CPMS のフィジカル空間は、個人が日常生活を過ごす接続された一連の空間（家庭や職場、学校、趣味等）であり、個人が自らのライフスタイルを確立するために意味のあるハードやソフトのみによって構成される。その結果として、ミーニング空間を介して接続されるサイバー空間は個人にとって意味のあるデータだけで構成されることになる。つまり、このサイバー空間では個人データが時間軸に沿って蓄積され、個人の日常生活で個人のありたいように機器が制御される。

CPMS は具体的には、図 5 のようなプラットフォームが想定される。人々は自分の一連の生活の中で意味のある機器やソフト（以下、機器と総称）のみを、エッジ側のサイバー空間でマネジメントする機器としてインストールする。このような関係は、スマートフォンとアプリショップとの関係と同様なものとして記述できる。そして、インストールされた機器のつながりは個人にとって意味のある機器の集合であるため、どのようなライフスタイルを目指すのかというありたい姿として顕在化するのである。そして、それに沿ってシステムが機器の制御方法を自在に変化させることができる。例えば、健康的な生活を得るための機器を多く導入するユーザーであれば、そのライフスタイルとして健康的であることが一つの目標として顕在化されるため、すでに存在していた他の機器も健康的になるように制御するといったようなことが考えられる。

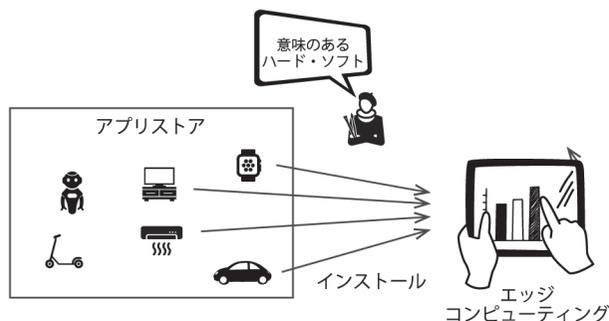


図 5 CPMS のプラットフォーム

これはまさに前述した意味と価値の関係性である。ミーニング空間の分析結果は、サイバー空間で各機器の制御目標の理解を可能とする。例えば、エアコンを制御するにあたって、環

境への意識が高くエネルギー消費を抑えたいユーザーと、熱中症対策のため温度を下げざるを得ないユーザーではエアコンの制御の目標値は変化するであろう。ミーニング空間は、価値の判断のものさし、つまり制御目標を明示化する空間なのである。CPMSのエッジ側の処理には、ミーニング空間とサイバー空間の両者の分析が求められ、それによってフィジカル空間にフィードバックをかけるのである。

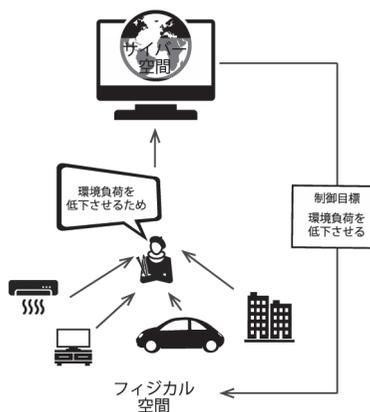


図6 ミーニング空間と制御目標

次章では、すでに実践されているCPSの事例として、日本の健康医療業界とMaaSのCPS実装の現状を整理し、本稿で提唱するCPMSとの距離について考察する。

## V. CPSの現状とCPMSの観点からの考察

### 1. 健康医療分野のCPS

#### (1) 日本の医療保険制度とCPSにおける課題

CPSの議論に入る前に、津川(2020)をもとに日本の医療保険制度の特徴について簡単に触れておく。なぜなら、健康医療のCPSは、既存の医療保険システム、制度や法規制など、社会システムに深く埋め込まれている(Embedded)ため、CPS実装の現状は、国によって大きく異なるからである。

一般に、医療・保険制度は、市場原理が機能しない(市場の失敗)ということを前提にして、政策や規制を導入することで、その市場の失敗を未然に防ぐことが行われてきた<sup>2)</sup>。米国においては、民間保険会社と民間医療機関が大きな力を持っており、社会保険制度や政府による公的医療保険制度を導入することが難しかったため、オバマ大統領の時代(2009年~2017年)に「規制された市場」を導入することで市場の失敗を最小限にとどめる努力が行われた。また、イギリスにおいては医療保険も医療機関も国によって運営されており、公的機関の間では十分な競争原理が生まれえないということで、内部市場というシステムが導入された(1988年~1990年)。一方、日本においては、1961年に国民皆保険制度が導入された。これは、職

域保険（組合保険，共済組合，協会けんぽ）と居住地に基づいた地域保健（国民健康保険），大きくこの2つで成り立っているが，このほか，これらの保険でカバーされない部分の医療サービスを対象にした民間保険がある。

では，なぜ医療保険や医療サービスに市場原理を適用してもうまくいかないのだろうか。医療保険の場合，①モラルハザード（本来必要としているサービスよりもより多くのサービスを求めてしまうこと），②逆選択（保険購入者に本来のリスクよりも高いサービスを提供する保険に加入することで購入者は得をし，保険業者が損をする）とリスク選択（保険業者がリスクの少ない人にしか保険を売らないことで得をし，保険購入者が損をする），の2つが指摘されている。これらが発生するのは，保険業者と保険購入者間の「情報の非対称性」と多様なサービスの存在を示す「不均一性」があるためである。

一方，医療サービスにおいては，①情報の非対称性（医療サービスにおいて患者側が判断する材料が極端に少ない），②不完全な競争市場（患者側は病院選択の幅が小さく，競争原理がうまく働かない），③多くの病気は緊急性が高く予測不可能であること，④医療保険による市場のゆがみ（医療サービスに対する支払額が規定されているため，少ない支払いで多くの医療サービスを求める）⑤外部性（正の外部性：感染症が治療されれば周りの人に好影響を与えるが，それに対して支払いは生じない）の5つである。

本稿で注目すべきなのは，既存の医療保険サービスはこれらによる市場の失敗を未然に防ぐように，様々な規制や制度が導入されているものの，完全にこれらの要素を排除できるわけではないということである。特に，CPSの観点から考えると，情報の非対称性は大きな問題となる。医療保険やそのサービスに関する情報が多様なステークホルダー（医療提供者，保険業者，行政，患者等）間で偏在していること，さらに，情報が様々な形（データ構造）をとっているために相互利用やその統合的分析が著しく困難なことは，CPSでの中心的要素であるデータのインプット，解析，アウトプットというフィードバックループの形成に多大な影響を与える。

## (2) 企業による取り組み：CPS実装と新たなサービスの展開

それでは，日本の健康医療分野でのCPS実装はどのような状況であるだろうか。CPSの実装レベルで言うのであれば，日本で最も進展がみられるのは企業レベルであり，医療機器メーカーや健康機器メーカー，保険会社などが，IT企業やアカデミアとの連携なども適宜活用しながら，自社のビジネスへの適用としてCPSを構築し，ユーザ（医療従事者や患者でもある個人）に新たなサービスやビジネスモデルを展開している。本節では，企業の取り組みを，健康機器メーカーと医療機器メーカーに着目して紹介する。

### ・医療機器分野

医療機器分野においては，全世界的に最も進展がみられるのは画像処理・分析を用いた診断機器分野である。2010年代の第3次人工知能（以下，AI）ブームで深層学習を中心とする機

械学習の研究が進み、またコンピュータの演算能力の向上、ストレージ能力拡大などの補完技術の向上により、大規模かつ多層のニューラルネットワークの構築・活用につながった。医療機器分野においても、デジタル医療機器から集められた膨大な画像データ（ビッグデータ）をAIで解析し、よりよい診断を導くための支援機器やサービスが展開され始めている（医薬品医療機器総合機構，2017）。

このようなAI医療機器はプログラム医療機器の範疇に入る。プログラム医療機器とは、プログラムで作動している機器のことであり承認や認証を受ける際に、その組み込みプログラムも審査の対象とされる。プログラムをアップデートする場合でも、医療機器の一部変更申請が必要となる。ただし、プログラムといっても、プログラムから得られた結果の重要性やリスクの点から医療機器の範疇に入るかどうかが決められる。医療機器から得られた画像などのデータを加工・処理して、診断や治療に用いるための指標、画像、グラフなどを作成するプログラムや、治療計画や方法の決定支援プログラムなどはプログラム医療機器であるが、医療機器で取得したデータを診療記録として用いるために転送したり、保管したり、表示したりする機器は、該当しない。近年では、アルゴリズムが開発時に固定化（Locked）されたAI医療機器ばかりでなく、アルゴリズムが使用を通じて学習・変化するAdaptiveなAI医療機器の研究開発が行われている（毛利，2020）。現在、まさに、アメリカFDAでそのルール作りが始まっている（野村総合研究所，2020）。

#### 事例1) コニカミノルタ「Positioning i」

コニカミノルタ株は「画像診断ワークステーションCS-7」に整形撮影向けのポジショニング判定支援機能「Positioning i」を搭載した。この機能は、整形撮影のポジショニングが困難なために発生する再撮影を削減するため、関節の「左右間違い」と「ポジショニングのずれ」を画像で検知し、その場で再撮影の可否を判断することを支援するものである。同社は、以前よりX線一般撮影による被ばく線量を低減するため「画像診断ワークステーションCS-7」に胸部撮影における体動検知などの機能を搭載し、再撮影の削減に寄与してきた。さらに「Positioning i」を搭載することで、撮影者の業務効率化、撮影技術向上、患者の被ばく線量低減を目指している。開発においては、これまで蓄積してきた画像解析に加え、再撮影画像を含む大量かつ多種の臨床画像を使用し深層学習を設計に用いた（コニカミノルタ，2021年7月2日付プレスリリース）。

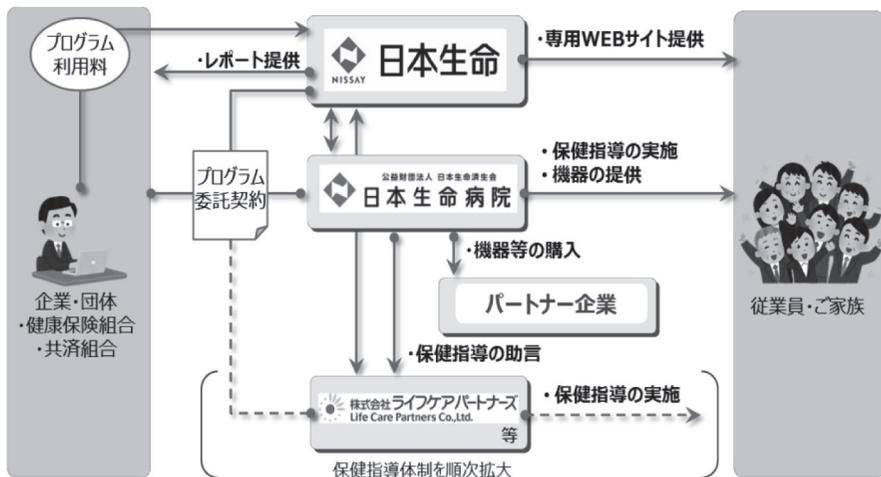
#### ・健康分野

規制を受けない健康に関連した機器やプログラムにおいては、健康機器メーカーや保険会社などの間で提携が行われ、活発に開発が進められている。以下の事例はほんの一例である。

事例 2) 糖尿病予防プログラムに関する実証実験

日本生命保険相互会社は、日本生命病院、オムロンヘルスケア、富士フィルムなどとの提携を通し、自宅や会社で実践できる糖尿病予防プログラムの開発を進めた。数年以内にプログラムを企業の健康保険組合などに販売することを目標に、2015年6月中旬から、健康診断で糖尿病予備軍などと診断された日本生命社員35人を対象にプログラムの実証実験を始めた。同システムでは、血圧計や体重計、血糖値測定器で身体の状態を測定し、データをインターネット経由で病院に転送、蓄積される。糖尿病の専門医や看護師、保健師らが共有し、生活習慣改善のための助言や保健指導をメールやテレビ電話を通じて提供する。このプログラムを約3か月間行うことで、高いと糖尿病のリスクが増す「空腹時血糖値」などの数値を下げることを目指した（産経新聞、2018年7月2日）。

日本生命保険相互会社は、こうした実証実験に加え、2018年からは自治体協力のもとでトライアルを実施し、2020年7月からヘルスケア事業の一環として「糖尿病予防プログラム」の本格展開を開始するに至った。このプログラムは、身体の状態を測定する様々な健康機器やツールを活用して、参加者が自身の体調をセルフモニタリングしつつ、日本生命病院の保健師などが遠隔で生活習慣の改善指導を行うものである。同社は、2018年4月から企業・団体・健康保険組合・共済組合向けに健康診断結果の分析を通じた事業所等の組織単位での課題抽出・分析を中心とした「ニッセイ健康増進コンサルティングサービス Wellness-Star ☆」の提供を始めていたが、当該プログラムをこのサービスラインアップに加え、組織の課題分析から個人単位でのサポートまで、トータルで活用が可能になった。このプログラムで活用するツールとしては、オムロンヘルスケア製活動量計や富士フィルムメディカル社製簡易血液検査キット（CureSign）などがある（日本生命保険相互会社、2020年7月4日付プレスリリース）。図7は、その概要を示したものである。



出所：日本生命保険相互会社 2020年7月4日付プレスリリース 2頁

図7 糖尿病予防プログラム



いが、図8（下）はまさしくCPSを示していると言えよう。

同報告書は、厚労省・データヘルス改革推進本部第1回会合（2017年1月）で取り上げられた。その後、2021年8月までに8回の検討会が開かれている。ここでは、「保健医療データを徹底して活用することですべての国民のより健康的な生活を実現」すべく計画・工程が練られ、そのための予算検討、閣議決定、実施といったサイクルが回ってきた。

まず、2017年第2回目会議においては、支払基金業務効率化・高度化計画および工程が示され、2020年度に向けてレセプトによる審査支払業務の効率化や高度化が目指された。さらに、2018年7月の第4回会議においては、データヘルス改革で実現するサービスと工程表が検討された。ここでは、被保険者番号の個人単位化とオンライン資格確認のための仕組みとそれによって実現する患者や医療機関等でのサービスイメージが示された。国民はマイナポータルを通じて特定検診データや医療費・薬剤情報などのPHR（Personal Health Record）を活用するサービスを利用でき、また、保険医療機関等でも患者本人同意のもとでマイナンバーカードを通して特定検診データや薬剤情報などの取得が可能であるとしている。このほか、ゲノム解析やAIといった最先端技術の医療への導入も本枠組みには含まれている（2017年時点で7項目、2018年では8つのサービスが提示されている）。2019年には集中改革プランが提示され、2022年までの2年間で集中して行うプランとして①全国で医療情報を確認できる仕組みの拡大（対象となる情報を薬剤情報に加え、手術・移植や透析等の情報にも拡大）、②電子処方箋の仕組みの構築（オンライン資格確認等システムを基盤とする運用に関する要件整理および関係者の調整を実施したうえで必要な法制上の対応、医療機関等のシステム改修）、③自身の保健医療情報を活用できる仕組みの拡大（PCやスマートフォン等の活用。健診・検診データの標準化、2021年には必要な法制上の対応を実施）が取り上げられた。いずれも2022年夏の運用開始をめどにしている（データヘルス改革推進本会議資料）。

また、健康医療情報連携においては、ガイドラインが経産省、総務省、厚労省から出されていたが、ガイドラインの統一が図られている。当初、3省4ガイドラインだったものが、経産省・総務省の「医療情報を取り扱う情報システムやサービスの提供事業者向けガイドライン」（2020年）と厚労省の「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」（2021年）の「3省2ガイドライン」となった。

このように、大きなビジョンと計画の基に保健医療分野におけるCPS実装は進められつつあり、その要素であるPHR（Personal Health Record）やAI、ゲノム解析の医療分野への導入などについては、各々検討委員会や専門機関（AMED等）などによってPDCAが回されている。

#### （4）考察：CPMSとの距離

前節で論じたCPSの現状を整理したのが、図9である。現時点では既存制度・システムで可能な範囲で、企業や医療機関、研究機関レベルでCPS実装に向けた取り組みが個々に進ん

できるとまとめることが出来よう。前述したように、これはデータがステークホルダー間で偏在しているため、その利活用が限定的であることを反映している。

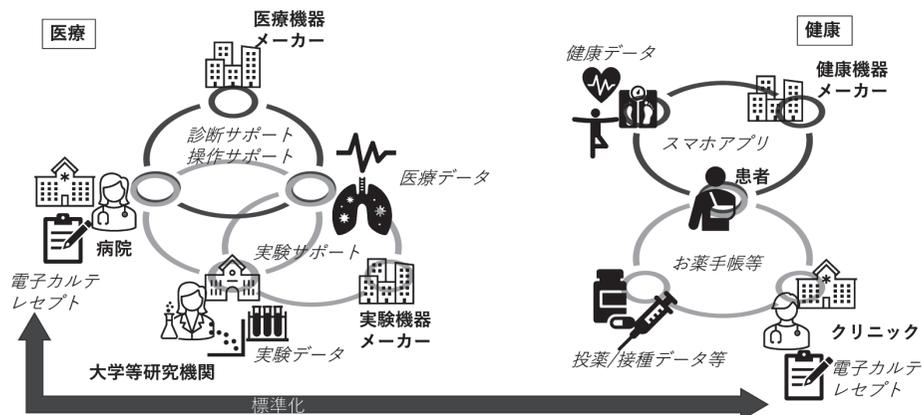
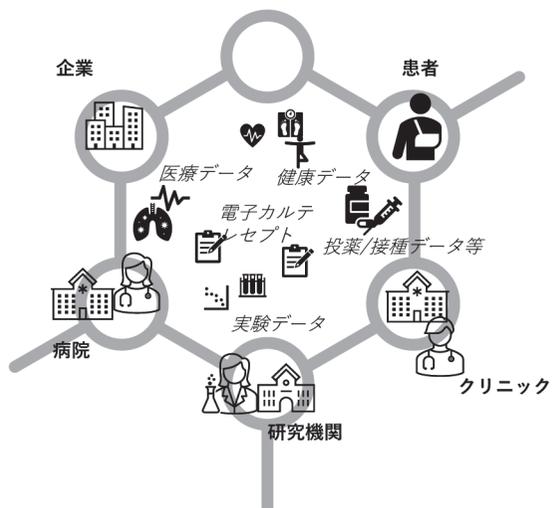


図9 健康医療分野におけるCPSの現状

一方、国レベルでは、CPS実装による新たなシステムとそれによって実現されるであろうサービスが示されてきた。次世代保健医療におけるビジョンと言えるもので、そこでは、図10に示したように、偏在しているデータを一つのプラットフォームに集約し、ステークホルダーがそれぞれデータやサービスにアクセスができる姿である。しかし、まだデータの統合は緒に就いたばかりで、各種実証実験を通じて検証が行われている段階であり、関連する法整備も徐々に進められている。



出所：著者作成

図10 データプラットフォーム

こうした現状は、CPMSの観点からみるとどのように考えることができるだろうか。日本での健康医療分野において個人はCPSデザインの主体として、意味を見出し、価値を創出していると言えるだろうか。

まず、健康分野、医療分野ともに、個人はデータ提供者であると同時にユーザーとしてCPSに位置づけられている。しかし、個人によるデータ利活用や加工データに基づくサービスの利用といった点では、両者に差がある。健康分野においては、確かに実証実験段階の取り組みもあるものの、企業等によって提供されるサービスに意味を見出すことができれば、活用できるレベルになってきた。そういった意味で、CPMSのプラットフォームに提供される一つのサービスとして利用できる段階に近い。

一方、医療分野においてはデータの統合がボトルネックになっており、CPS自体が回っていない。そのような状況の中で、個人利用と紐づけられているマイナカードの普及率自体も高い県（宮崎県）で約40%、低い県（新潟県）で23%程度となっている（日本経済新聞社。2021年5月1日現在）。手続きやコロナ禍の影響もあるだろうが、マイナカードそのものに対する生活における意味を個人レベルでは見出していない状況とみることができよう。こうしたことから、医療分野においては、個人がデザインをするまでには道のりは遠いのが現状である。

## 2. MaaS

### (1) MaaSとは

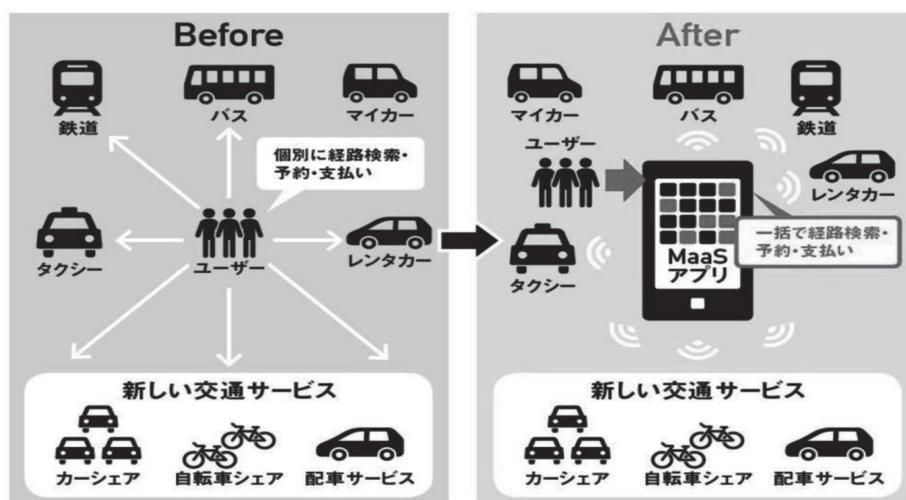
MaaSは、ヘルシンキ市のモビリティに関わる課題を解決するためにヘルシンキ市都市計画課の交通エンジニアであったSonja Heikkilä氏が生み出した概念である。Sonja（2014）によると、MaaSの主体は、移動者のニーズに合わせて移動手段の最適な組み合わせを作り、一つのサービスパッケージとして提供する新しい「モビリティオペレーター」のことである。利用者は定額制のパッケージ料金を払い、モビリティオペレーターはそこから個々の交通事業者にサービス提供料を払うという構図になる（日高・牧村・井上・井上，2018，p.58）。

MaaSには、様々な解釈があり、その定義は多様化している。例えば、ITS（高度道路交通システム）世界会議で設立された「MaaS Alliance」によると、MaaSとは「さまざまな形態の交通サービスを統合し、オンデマンドで利用可能なモビリティサービスを提供すること」と定義されている（MaaS Alliance Webサイト参照）。また、MaaS事業者は、顧客のニーズに応じて公共交通機関、カーシェアリング、バイクシェアリング、タクシー、レンタカー・リース、またはそれらの組み合わせなど、多様な交通手段の選択肢を提供する。利用者の移動ニーズに基づいて最適な解決策を提案するものであり、利用者がいつでもアクセスできる。また、移動の計画、予約、決済、経路情報を統合した機能を提供し、自動車を保有していなくても容易に移動、生活できるようにするものである（SmartDrive Magazine参照）。

日本では、国土交通省の国土交通政策研究所が2018年に発表した資料において、「MaaSとは、ICTを活用して交通をクラウド化し、公共交通か否か、またその運営主体にかかわらず、マイカー以外のすべての交通手段によるモビリティ（移動）を1つのサービスとしてとらえ、シームレスにつなぐ新たな「移動」の概念である。利用者はスマートフォンのアプリを用い

で、交通手段やルートを検索、利用し、運賃等の決済を行う例が多い」としている（国土交通政策研究所報 69 号，2 頁）。

これらの概念を整理すると、MaaS のポイントは図 11 に示したように「個々のモビリティごとに分散されていた各種情報を単一のアプリケーション等に統合することにより、アプリケーションの利用者のニーズや地域自治体の方針に応じて適なモビリティサービスの提供を可能にする」ことにあると言ってよいだろう（西脇，2019）。その実現のためにはモビリティオペレーターの役割が重要であり、移動サービス提供者とユーザーの間にモビリティオペレーターを介在させることで、ユーザーや自治体のニーズに合わせてよりスマートで移動サービスを提供できる。



出所：日高洋祐ほか（2018）p.21 より引用

図 11 MaaS のイメージ

## (2) MaaS の事例：大津市 MaaS

大津市は、滋賀県の南西端に位置するベッドタウンとして人口増加に成功した都市であり、京都や大阪に通いやすいことや地価が安いことから、若い人が移り住んでいる。また日本最大の湖「琵琶湖」や、世界文化遺産にも登録されている「比叡山延暦寺」などの豊かな自然環境と観光資源によって、子育て世代からの人気も高く、訪日外国人の増加に伴い来街者も年々増加傾向にある。公共交通機関には、JR 琵琶湖線と湖西線、京阪電気鉄道、近江鉄道バス、江若交通などがあり、ほとんどの事業者が赤字で運営している。赤字によって交通機関が廃止となり、交通手段が減ってしまうと大津市のベッドタウンとしての機能も失う可能性があるため、それに対応する策として MaaS の導入が検討された。

大津市は、スマートシティの推進、地域社会の発展を助成することを目的として 2019 年 4 月 15 日にソフトバンク株式会社と提携を締結した。大津市とソフトバンクは、ICT の利活用をベースに、相互に連携・協力し双方の強みを生かすことにより、スマートシティや次世代モ

ビリティサービスの分野でイノベーションを推進し、地域社会の一層の発展と市民サービスの向上を図ることで合意した（ソフトバンク社 2019 年 4 月 15 日付プレスリリース）。協定の内容の一つに MaaS の推進がある。協定の同年には、大津市、京阪ホールディングス株式会社、京阪バス株式会社、日本ユニシス株式会社の 4 社を中心として、実証実験等を実施するにあたっての関係者間での情報共有、意見調整を図ることを目的とした大津市 MaaS 推進協議会が組織された（大津市 2019 年 10 月 1 日付プレスリリース）。

2019 年 11 月 1 日から 12 月 1 日の 1 ヶ月にかけて大津市内および比叡山において MaaS 実証実験「フェーズ 1」が実施された。フェーズ 1 は、専用 MaaS アプリケーション「ことことなび」にて、大津市内および比叡山の観光地にスムーズにアクセス可能な 1 日乗車券を発売する。併せて、観光案内やルート検索機能、乗車券エリア内の観光施設などで利用できるクーポンが提供される。目的は、MaaS によって来訪者の地域内移動の利便性向上、誘客・周遊の促進への寄与を検証することで、大津エリアおよび比叡山エリアのさらなる活性化施策の立案に役立てる。

その目的と照らし合わせて、色々な移動手段を持っている大津市は、現状をベースとして、新しい方法を組み合わせることで実証した。フェーズ 1 の結果としては、アプリダウンロード数が 2,808 件、乗車券販売枚数が 1,398 枚となり、当初の目標値としていたダウンロード数 2,000 件、乗車券販売枚数 1,000 枚を達成した。アプリ内での満足度調査では、クーポン等のさらなる充実や他の交通機関との連携を求める声や、交通検索であるナビタイムへの不慣れなどの声が聞かれた<sup>3)</sup>。

このような状況を踏まえて、2020 年に大津市 MaaS の「フェーズ 2」を、2020 年 10 月 16 日から実施された。フェーズ 2 はフェーズ 1 と同じような仕組みで構成されたが、住民向けの MaaS では、公共交通とウォークの組み合わせによる“健康”ウォーク & ライドキャンペーン「BIWA-TEKU キャンペーン」が行われた。具体的に、京阪電車駅と、滋賀県との連携により市内 4 事業者（京阪バス、江若交通、近江鉄道、帝産湖南交通）のバス停を結節点とし、健康推進アプリ「BIWA-TEKU」と連携させたデジタルスタンプラリーで、5つのコースを巡るというものであった。また感染症対策として、株式会社バカン（VACAN）と連携し、アプリ内にお店や施設の混雑状況などの情報をリアルタイムで配信している。これにより利用者にとっての「安全・安心」と公共交通による「便利な移動」を両立させ、各種サービスが提供されている。収集したデータはシステム科学研究所との連携によって分析される（大津市 2020 年 10 月 14 日付けプレスリリース）。

### (3) 考察：CPMS との距離

大津市の MaaS では、観光における移動の効率化と移動データのフィードバックによるクーポン配信等のサービスの提供が主に実施された。この一連のサービスを人間中心的に捉えると、①従来は断片化されていたユーザーにとって意味のある一連の行為を一つのインター

フェースにまとめ、効率化した、②効率化した余剰部分にクーポンを配布し、ユーザーに意味のある店舗やサービスとの新たな出会いの機会を提供したと考えることができる。

このようなすでに人々が意味を見出している製品・サービスに対する CPS は、そのユーザーの意味に沿った欲求を達成する、つまり更に高い価値を提供することに焦点を当てる必要がある。大津市の MaaS も観光における移動の利便性という価値に焦点が当てられている。このような単一の価値のみを扱う場合は、そのエコシステムに参加するステークホルダーの関係性はそれほど複雑にはならない（技術的な複雑さは別として、単一の価値に基づいているからこそ、様々なサービスを一つのアプリケーションに集約できる）。

しかしながら、将来的には MaaS は移動だけではなく、日常のあらゆるサービスに展開されていくであろう。当然すべてのサービスが一つのアプリケーションで実現されることは不可能であり、MaaS で提供されるサービスに合わせて多様なアプリケーションが提供される。さらに、前述した医療健康分野など他の CPS とも統合されるであろう。そのような複雑なアプリケーションが利用可能な CPS において、全ての人々にとってどのような組み合わせが意味のあるものなのかを CPS の提供側が理解することは不可能であろう。それゆえに、CPMS のプラットフォームが重要となるのである。

以上より MaaS は、特定の分野のすでにユーザーが意味を見出し、価値の高低が問われているサービスであるがゆえに、健康分野の CPS と同様に CPMS のプラットフォームに提供されるサービスの一つとして活用可能な段階であろう。本研究の2つの事例から明らかなことは、現状は各業界が限られたサービスに基づく CPS を個別に構築している段階であり、それらを統合する包括的なプラットフォームが実践的に議論される段階ではないことである。それゆえに、本研究が提案したような、各業界の個別の CPS を包括的に取り扱う CPMS のようなメタ的なプラットフォームの議論こそ今求められているのではないだろうか。

## VI. おわりに

本稿は、既存の CPS 研究が、デザインの人間中心的な視点から議論されてこなかったことを指摘し、人間中心的 CPS として CPMS のモデル提示を行った。また、医療健康分野での CPS の現状をレビューし、健康分野で CPMS に提供される一つのサービスとして構築できる状況が出来つつあることに対し、医療分野では個人が医療データを提供することに意味を見いだせる状況が未だ整備されていないことを明らかにした。さらに、MaaS 領域では、単一の価値の下、いまだ断片化されたサービスの一元化が実証的に試験されている状態であり、健康分野の CPS のように CPMS のプラットフォームに提供されるサービスの一つとしての利用可能性を検証した段階であることが明らかとなった。以上から、現状は各業界が限られたサービスに基づく CPS を個別に構築している段階であり、それらを統合する包括的なプラットフォームである CPMS を実践的に議論される段階までにはまだ大きな距離があることがわかる。

近年、デザインが非デザイナー職に広く開かれ、誰もがデザイン・ケイパビリティを持つ存在として捉えられるようになってきた（Manzini, 2015; 2019）。例えば iPhone は意味を与える行為としてのデザインを社会に開き、今や誰もが自分がデザインしたスマートフォンを誰もが持つ時代を迎えている。そのように人々のデザイン能力が顕在化しつつある現代では、技術決定論的に企業から一方通行で提示されたモデルに対して人々が疑いを持ち、社会的受容は一向に進まないことを意識しなければならない。

それに対して、すでに CPS 研究は多くの知見を蓄積しており、CPS が人々のデザインを支援するシステムとして機能する可能性が顕在化している。それゆえに、本稿のようなデザインの人間中心主義の観点での CPS の議論が可能となった。このような観点から、本稿の理論的インプリケーションは、CPS 研究を人文社会科学の視点から議論する道を開拓したことであると言える。本稿がデザインの理論を応用したように、既存研究では扱われなかった社会科学や心理学、文学等の様々な「人間」に関する理論が CPS 研究に応用されることで、より人々にとって豊かな CPS が実現し、社会的受容が進むことが期待される。

また、本稿の実践的インプリケーションとしては、CPS に意味空間という概念を組み込んだことである。この意味空間はスマートフォンが人々に提供する空間と同様であることから、CPS のプラットフォームおよびエコシステムがスマートフォンと同様の性質を持つ可能性を示唆するものである。かつて iPhone が登場したとき、多くの日本企業は「技術的には自社でも作れる」と考えていた。本稿の議論で考えると、このような主張は「システムそのもの」が作れる状態であり、「人々」を中心においた iPhone とは全くレベルが違うことを指摘せざるを得ない。つまり、CPS においても、「システムそのもの」の議論からいかに「人々」を中心においた意味論的転回がなされるかが、日本企業が CPS で競争優位性を獲得できる鍵となるであろう。また、内閣府のスーパーシティ型国家戦略特別区域の区域指定に関する専門調査会の第 1 回会合にて、選定委員から 31 の地方公共団体の応募案には、プラットフォームの考え方が考慮されていないことが指摘されている<sup>4)</sup>。本稿が提案するモデルは、人間中心的なプラットフォームを実現できる点でも、実務家に対して示唆を与えるものである。

しかしながら、本稿はまだ人々を中心にしたミクロの CPS のみを対象としたものであり、本来あるべき社会全体を包括するマクロの CPS との接続に関しては議論できていない。今後の研究として、本稿が提案する CPMS がマクロの CPS とどのように接続し、マクロのビッグデータの利用やセキュリティの課題等を具体的に議論しなければならない。

## 【注】

- 1) CPS は、異なる性質（例えば、機械的、電氣的、化学的）の物理プロセスと密接に結合した計算機、通信、制御コンポーネントによって構成されている。それは、「計算機とモノの世界とが影響し合うシステム」であったり「ネットワーク化された組込みシステム」と表現されたりすることもある。しかし、CPS は多用されている用語であるが、未だ統一的な意味を持つに至っていない（CyPhERS, 2015）。
- 2) 医療分野はこうした特殊性を持っているため、経済学でも医療経済学は独立した分野として成り立っている。
- 3) 2020年11月16日、筆者による大津市市役所へのヒアリング調査にもとづく。
- 4) 内閣府・スーパーシティ型国家戦略特別区域の区域選定に関する専門調査会・第1回会議（2021年8月6日開催）

## 【参考文献】

- CyPhERS. (2015). *Cyber-Physical European Roadmap and Strategy: Research Agenda and Recommendations for Action*, CyPhERS.
- Escobar, A. (2017). *Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*. Durham: Duke University Press.
- Gergen, K.J., and Gergen, M. (2004). *Social construction: Entering the Dialogue*. Chagrin Falls, OH: Taos Institute Publications. (伊藤守 (監訳・訳), 二宮美樹 (訳) (2018) 『現実はいつも対話から生まれる』ディスカヴァー・トゥエンティワン)
- Heikkilä, S. (2014). “Mobility as a Service - A Proposal for Action for the Public Administration Case Helsinki.” *Aalto University*.
- Krippendorff, K. (2006). *The semantic turn: A new foundation for design*, Boca Raton: CRC Press. (小林昭世・西澤弘行・川間哲夫・氏家良樹・國澤好衛・小口裕史・蓮池公威 (翻訳) (2009) 『意味論的転回—デザインの新しい基礎理論』エスアイビーアクセス)
- MaaS Alliance Web site. <https://maas-alliance.eu>. (accessed Oct 18, 2021)
- Manzini, E. (2015). *Design, When Everybody Designs: An Introduction to Design for Social Innovation*, MIT press.
- Manzini, E. (2019). *Politics of the Everyday*, Ava Pub Sa. (安西洋之・八重樫文 (訳) (2020) 『日々の政治—ソーシャルイノベーションをもたらすデザイン文化』ビー・エヌ・エヌ新社)
- Simon, H.A. (1969). *The Science of Artificial*, MA: The MIT Press. (安西洋行・八重樫文 (監訳), 立命館大学経営学部 DML (訳) (2017) 『突破するデザイン』日経 BP 社)
- SmartDrive Magazine. (2019). 「【MaaS 基礎知識】 MaaS におけるレベルを解説」. <https://smartdrivemagazine.jp/traffic/maaslevel>. (2021年10月18日アクセス)
- Sztipanovits, J., Stankovic, J.A., and Corman, D.E., ed. (2009) “Industry-Academy Collaboration in Cyber Physical Systems [CPS] Research.” V.1: Aug 31, 2009, White Paper.
- Verganti, R. (2008). “Design, Meanings, and Radical Innovation: A Metamodel and a Research Agenda.” *Journal of Product Innovation Management*, 25(5), pp.436-456.
- Verganti, R. (2017). *Overcrowded: Designing meaningful products in a world awash with ideas*, Cambridge, MA: The MIT Press. (安西洋行・八重樫文 (監訳), 立命館大学経営学部 DML (訳) (2017) 『突破するデザイン』日経 BP 社)
- 大津市 (2019) 「大津市内および比叡山において MaaS 実証実験を 2019 年 11 月より実施します」. <https://www.city.otsu.lg.jp/material/files/group/26/R011001MaaS.pdf>. (2021年10月18日アクセス)
- 大津市 (2020) 「大津市内および比叡山における実証実験 MaaS アプリ「ことことなび」10月16日サービス開始」. <https://www.city.otsu.lg.jp/material/files/group/26/otsumaasrelease201014.pdf>. (2021年1月13日アクセス)

- 上平崇仁（2020）『コ・デザイン—デザインすることをみんなの手に』NTT 出版。
- 厚生労働省（2016）保健医療分野における ICT 活用推進懇談会提言『「ICT を活用した次世代型保健医療システム」の構築に向けて—データを「つくる」・「つなげる」・「ひらく」』, [https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu\\_Shakaihoshoutantou/0000140306.pdf](https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000140306.pdf)（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 厚生労働省・データヘルス改革推進本部会議資料（2017 年～2021 年）[https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-jyouhouseisaku\\_408412.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-jyouhouseisaku_408412.html)（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 国土交通政策研究所報第 69 号（2018）『MaaS（モビリティ・アズ・ア・サービス）について』国土交通省 国土交通政策研究所。
- コニカミノルタ『AI で整形領域の X 線撮影をサポートするポジショニング判定支援機能「Positioning i」』2021 年 7 月 2 日付ニュースリリース, <https://www.konicaminolta.com/jp-ja/newsroom/2021/0702-01-01.html>（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 産経新聞『日本生命が糖尿病予防プログラム開発 オムロンなどと提携 数年内に販売へ』2018 年 7 月 2 日付, <https://www.sankei.com/article/20180702-2CKMN342XVMGRFX7HKRBM6CFKA/>（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- ソフトバンク株式会社（2019）「大阪市とソフトバンク、スマートシティの推進における連携・協力に関する協定を締結」, [https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2019/20190415\\_02](https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2019/20190415_02)。（2021 年 10 月 18 日アクセス）。
- 高梨千賀子（2017）「モノづくり企業のプラットフォーム構築とその要件 —CPS とサービス化の視点から—」『研究技術計画』第 32 巻第 3 号, pp.316-333。
- 津田友介（2020）『「医療政策」の教科書』医学書院。
- 徳田昭雄（2017a）「スマート社会の実現に向けたサイバー・フィジカル・システム（CPS）研究」『研究技術計画』第 32 巻第 3 号, pp.220-223。
- 徳田昭雄（2017b）「CPS エコシステムの構築に向けた欧州委員会の役割 —水平分業から仮想垂直統合へ—」『研究技術計画』第 32 巻第 3 号, pp.266-278。
- 独立行政法人医薬品医療機器総合機構・AI 専門部会（2017）『AI を活用した医療診断システム・医療機器等に関する課題と提言 2017』  
<https://www.pmda.go.jp/files/000224080.pdf>（2021 年 10 月 1 日参照）。
- 中島震・豊島真澄（2011）「ソフトウェアのコア技術」徳田昭雄・立本博文・小川紘一編『オープン・イノベーション・システム』第 5 章, 晃洋書房。
- 西脇雅裕（2019）「MaaS の現状と、わが国で MaaS を導入する上での重要な 2 つの視点～地域ごとの“MaaS +”～」『みずほ情報総研レポート』第 18 巻, pp.1-9。
- 日本経済新聞社『ふるさとクリック 地図でみるマイナカード普及率』<https://vdata.nikkei.com/newsgraphics/regional-regeneration/mynacard-grant-rate-map/>（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 日本生命保険相互会社『糖尿病予防プログラムの本格展開について』2020 年 7 月 4 日付プレスリリース, <https://www.nissay.co.jp/news/2020/pdf/20200714.pdf>（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 野村総合研究所（2020）『平成 31 年度国際ヘルスケア拠点構築促進事業 アウトバウンド調査：モバイルヘルス・SaMD 調査』[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/healthcare/iryoudownloadfiles/pdf/31fy\\_samd\\_NRI.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/iryoudownloadfiles/pdf/31fy_samd_NRI.pdf)（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 日高洋祐・牧村和彦・井上岳一・井上佳三（2018）『MaaS モビリティ革命の先にある全産業のゲームチェンジ』日経 BP 社。
- 毛利光伸（2020）ARC リポート『AI 医療機器の現状と将来』[https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc\\_report/pdf/rs-1044.pdf](https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1044.pdf)（2021 年 10 月 1 日アクセス）。
- 山田直史・高島洋典・木村康則（2017）「超スマート社会（Society 5.0）実現に向けて：CPS / IoT とその後」『情報管理』第 60 巻第 5 号, pp.325-334。

## The Conceptual Model of Human-centered Cyber Physical System

**Satoru Goto\***

**Akio Tokuda\*\***

**Chikako Takanashi\*\*\***

**Hongzheng Gu\*\*\*\***

### **Abstract:**

Cyber-Physical System (CPS) is a system closely related to people's life. Nevertheless, scholars have not focused on CPS from a human-centered perspective that focuses on the interpretation of the people who use it, but the system itself. This paper proposes the Cyber-Physical-Meaning System (CPMS) as a human-centered CPS. Moreover, we explore the difference between the CPMS and the existing CPS cases that have already are provided, including medical and health care field and mobility as a service (MaaS) industry field.

### **Keywords:**

CPS, CPMS, Human-centered, Design, Meaning, Value, Data fragmentati

---

\* Associate Professor, College of Business Administration, Ritsumeikan University

\*\* Professor, College of Business Administration, Ritsumeikan University

\*\*\* Professor, Faculty of Business Administration, Toyo University

\*\*\*\* Nikon Imaging (China) Sales Co., Ltd.