

サイバーと人間社会の協同システム Cyber-Human Society Co-Operating System

加藤 猛[†] 工藤 泰幸[‡] 宮越 純一[‡] 大輪 美沙[‡] 朝 康博[‡] 沼田 崇志[‡] 嶺 竜治[‡] 水野 弘之[‡]
Takeshi Kato Yasuyuki Kudo Junichi Miyakoshi Misa Owa Yasuhiro Asa Takashi Numata Ryuji Mine Hiroyuki Mizuno

1. はじめに

Society 5.0 とは第 5 期科学技術基本計画で提唱された未来社会の姿であり、「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」である[1]。Society 5.0 や SDGs（持続可能な開発目標）[2] が挙げている格差や不平等、環境やエネルギーなどの社会課題を解決するうえで、人間社会のあり方やサイバー（情報システム）との関係を改めて問い直す必要がある[3]。

現状の Society 5.0 像は、サイバー空間のビッグデータや AI とフィジカル空間の IoT やロボットを融合させた Cyber-Physical System (CPS) であり、サイバー空間上に現実の人間や社会のデジタルツインを再現しようとするものである。しかし、観察の理論負荷性を考えれば現実の全てをデータ化することはできず、限定合理性を考えれば人間は必ずしもデータ通りに合理的に行動するとは限らない。したがって、完全なデジタルツインを再現することは不可能であり、CPS によって「社会システム全体が最適化される[1]」という Society 5.0 像は見直さざるを得ない。

我々の目的は、いわばサイバーと人間社会が実質的に分離した現状の Society 5.0 像に代わって、両者が互いにつながり合った新たな協同システムを提供することにある。ここでは、社会課題の背後にある経済価値偏重ではなく、社会価値や環境価値も含めた価値の多元性、個々の人間の価値観の多様性、その価値観に影響を及ぼす社会規範や倫理に配慮しつつ、人間同士やサイバーと人間社会とが互いに委ね合って生きる「混生社会」を目指すことになる[4]。

本論文では、2 章で CPS に代わるコンセプトとしてサイバーと人間社会をつなぐシステム像を提案し、3 章でアーキテクチャとして両者の協同システムを提示し、4 章で協同システムの基本機能の内容と現時点での実装結果を示し、5 章で基本機能の倫理的な課題について議論し、6 章で結論と今後の展望を述べる。

2. Cyber-Human System のコンセプト

Society 5.0 では、IoT により様々なモノや人がつながり、それらから得られたビッグデータを IT や AI により処理することで、人間社会に対するリアルタイムな分析とダイナミックな介入が可能になると考えられる。

従来、社会知のパラダイムはノンリアルタイムな物理学モデル（データ解析→理論説明→予測）や歴史学モデル（歴史分析→未来洞察→予防）に依っていたが、Society 5.0 ではリアルタイムな臨床医学モデル（診断→予後予想→介入）へシフトすることになる[5]。このため、従来はアポステリオリな価値判断に基づいて社会への介入が行われ

てきたが、今後はアプリオリに価値判断や意思決定のプロセスを予め組み込み、サイバーと人間社会の間に循環的でダイナミックな関係を構築する必要がある。

人間は、脳だけではなく身体や環境といった「外的な足場」に「拡張された心」を持つのであり[6]、〈わたし〉だけの独立した存在ではなく、〈わたし〉と共に身体、他者、道具、環境といったマルチエージェントから成る「〈われわれ〉としての自己」なのである[4]。このような観点に立てば、サイバーもまた「外的な足場」の一つであり、〈われわれ〉の中の一つのエージェントであると言える。

そこで、我々は、〈われわれ〉から成る人間社会の一部にサイバーが組み込まれつつ、サイバー空間で〈われわれ〉モデルが動作するという、サイバーと人間社会が互いに入れ子になった「拡張された社会」としての Cyber-Human System (CHS) をこれまでに提案してきた[7][8]。前述したように、〈われわれ〉モデルは不完全なデジタルツインであるため、現実の人間社会との間で循環的な関係をもって随時更新される必要がある。

すなわち、図 1 に示すように、現実の人間社会から〈われわれ〉モデルが作られ、それに基づいてサイバーから人間社会へ介入が行われ、介入の結果が〈われわれ〉モデルへ再帰的に反映されて、再び新たな介入が行われるのである。介入は、社会的合意を経た社会規範に基づいて行われるが、その社会規範は人間関係や環境の変化に応じて合意形成や集団意思決定のプロセスを経て見直される。こうして、CHS では、サイバーと人間社会が互いに委ね合っているのである。

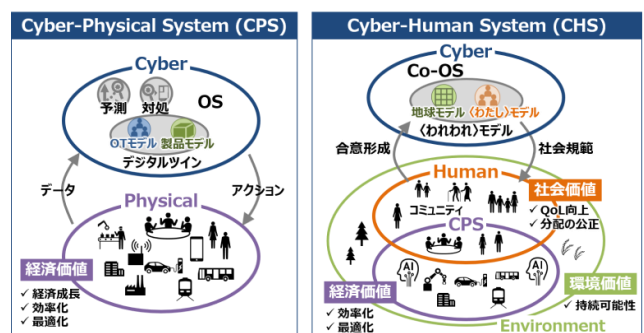


図 1 Cyber-Human System

3. 協同システムのアーキテクチャ

ルーマンの社会システム論によれば、社会システムとは、コミュニケーションの円環的ネットワークから成るオートポイエーシス（自己産出）システムであり、コミュニケーション（情報、伝達、理解）の相互作用によって自ら創発的に社会秩序を作り出している[9]。

青木やピラートとボルディレフの社会制度論によれば、社会システムとは、個人の行動的性向が戦略的行動を引き起こし、それが集団となって互いの行動の再帰的狀態を生

[†] 京都大学オープンイノベーション機構日立京大ラボ
Hitachi Kyoto University Laboratory, Kyoto University
[‡] 日立製作所基礎研究センター日立京大ラボ Hitachi
Kyoto Univ. Lab., Center for Exploratory Res., Hitachi, Ltd.

成し、そこから制度（記号システム）がもたらされ、制度が再び個人の行動的性向をトリガーするという、循環的なシステムである[10][11]。

社会システム論と社会制度論を総合すれば、社会システムとは、個人行動・対人相互作用・制度形成という3つの階層から成るダイナミックな循環システムであると考えられる[12]。すなわち、個人行動の対人相互作用（コミュニケーション）によって社会秩序が作り出され、その社会秩序がさらに記号システム化されて制度がもたらされると考えられるのである。

ブランダムやヒースの社会規範論によれば、社会規範とは対人相互作用における互恵的な相互期待・承認から生じるものであり[13]、社会的な秩序や制度の基になるものである。社会課題を解決するためには社会規範や倫理を醸成することが必要であり、CHSにおいてサイバーが担うべき役割は、社会システムの3つの階層に対するデータ収集に基づいて規範的な介入や支援を行うことにある。

カーネマンの二重プロセス理論によれば、人間の情報処理は自動的・直観的なファストシステムと熟慮的・推論的なスローシステムから成る[14]。また、社会システムは行政におけるファストな運用と政治におけるスローな合議から成り、運用では社会秩序を維持するために介入が行われ、合議では社会制度を形成するために合意形成が行われている。これらを考慮すると、サイバーが担う役割は、運用において対人相互作用に規範的に介入し、合議において制度形成を支援することになる。

以上を踏まえて、CHSのコンセプトを具体化した、サイバーと人間社会の協同システム（Co-OS: Co-Operating System）のアーキテクチャを図2に示す。協同システムは、行政・運用を担うファストループと政治・合議を担うスローループから成る。これは、セカンド・オーダーのオートポイエシスシステムであるとも言える。ファストループでは、サイバーが個人行動データを収集して診断し、社会規範を生む対人相互作用の代わりに個人行動に介入する。スローループでは、サイバーが多面的価値の予後予想に対する集団意思データを収集して診断し、社会的選択肢に対する合意形成を支援する。ファストループの秩序はスローループにおける合意に基づいて維持され、その合意はファストループにおける秩序の変化に応じて適宜更新されていく。ここで、協同とは、サイバーと人間社会の協同と、ファストループとスローループの協同という二重の意味を含んでいる。

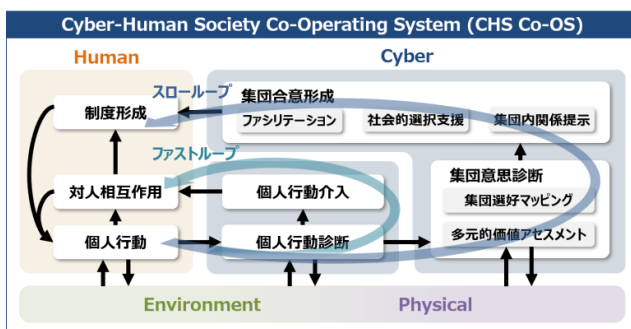


図2 サイバーと人間社会の協同システム

4. 協同システムの基本機能

協同システムの基本機能は、図2に示したように、ファストループの個人行動診断と個人行動介入、スローループの集団意思診断と集団合意形成から成る。本章では、これらの基本機能について、我々が取り組んでいる技術の内容を説明する。

4.1 ファストループ：個人行動診断

人間の意思や行動は、経済的な効用だけでなく社会的な規範にも影響される[13]。個人の意思決定は効用と規範のバランス、数理モデルでは効用関数と規範関数のクロスポイントにおける選択として解釈され、行動データから双方の関数を求めることができる[15]。この方法により、例えば、電力消費の利便性と節電の規範性、GDPとCO₂排出量、資源生産性（持続可能性）と公平性（ジニ係数）などの関係が説明されている[16]。

また、個人の行動は、効用と規範の二項関係だけでなく、パーソナリティ（心理的特性）とも結び付いている。パーソナリティを調べる方法として、一般的な質問紙調査の他に、行動データから推定する方法がある。そこで、我々は、協同システムの個人行動診断として、日常生活行動からのパーソナリティ推定を試みることにした[17]。具体的には、図3に示す模擬的な生活環境に電力センサと動作センサを取り付け、それらの行動データとパーソナリティとの相関を解析した。



図3 生活行動計測環境

電力センサを7ヶ所に設置し（図3の青色部）、被験者が滞在した60分間における使用電力量または使用時間を計測した。動作センサを5ヶ所に設置し（図3の橙色部）、同じく60分間の加速度、角速度および地磁気の3種の時系列データから動作、回転、方向変化の最大量と総量を算出した。さらに、使用指標7種（=7ヶ所）と動作指標30種（=5ヶ所×3種×最大量/総量）に対して主成分分析を行い、第1から第5主成分までの得点を総合指標とした。以上から、生活行動指標として、個別指標37種（=7種+30種）と総合指標10種（=使用/動作×5成分）、合計47種の指標を算出した。

パーソナリティの評価には、ビッグファイブ性格特性（神経症傾向、外向性、開放性、調和性、誠実性）に関するNEO-FFI（Neuroticism-Extraversion-Openness Five Factor Inventory）をデジタル化した質問紙を用いた。60項目の質問に対して5件法で被験者に回答させ、それらの回答を日本版NEO-FFIマニュアル[18]のパーセントイル換算表を用いて標準得点に換算し、パーソナリティの評価指標とした。これらの評価指標5種と生活行動指標47種との相関解析

にはピアソンの積率相関係数を用い、有意水準 $p < 0.05$ で有意性を評価した。

実験結果の詳細は文献[17]に譲るが、5 つのパーソナリティの評価指標のそれぞれに対して最も強い相関を示した生活行動指標を表 1 に示す。誠実性を除いて神経症傾向、外向性、開放性、調和性に関しては、生活行動からのパーソナリティ推定が有用であることを示している。代表として神経症傾向と調和性に関する相関グラフを図 4 に示す。なお、神経症傾向は行動制御に関するエフォートフルコントロール、調和性は向社会性に関する SVO (Social Value Orientation) などの指標と関連するため、生活行動に基づく個人行動診断はファストループにおける規範的介入に活用できると考える。

表 1 パーソナリティと生活行動指標

性格	生活行動指標	相関係数
神経症傾向	小机の総動作量	.49*
外向性	椅子の向きの最大変化量	-.28*
開放性	家電の使用状況の第 3 主成分	.37*
調和性	水道の取っ手の回転の最大変化量	-.32*
誠実性	(小机の最大回転量)	(-.21)

* $p < 0.05$

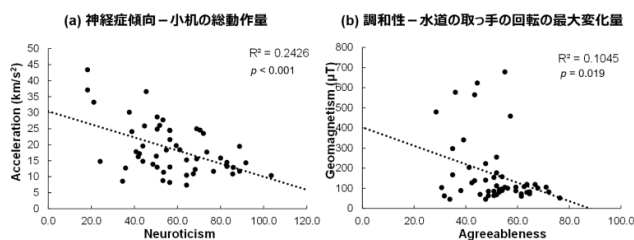


図 5 神経症傾向と調和性の相関グラフ

4.2 ファストループ：個人行動介入

個人行動介入には、大別して制度的アプローチと心理的アプローチがあるが、前者は協同システムのスロループに相当するため、ファストループでは後者を採用する。従来の心理的アプローチとしてナッジ、バリュー・センシティブ・デザイン、ポジティブ・コンピューティングなどが知られているが、我々は既存の様々な社会心理学実験データのメタ解析に基づく介入を検討することにした[19]。

具体的には、社会的ジレンマ問題を例題として取り上げ、これに関する 700 件の心理学実験データを符号化し、それを訓練データとして機械学習を行い、協力行動を促す介入策のランキングや効果を導出した。機械学習では、図 5 に示すように、社会的ジレンマに関する 6 つの心理的規定因モデルを埋め込んだ新たな KeNN (Knowledge-embedded Neural Network) を用い、符号化した 33 個の特徴量を入力とし、そのうちの個人的な特性であるパーソナリティ、ジェンダーなどは交互作用として KeNN に接続した。

詳細は文献[19]に譲るが、KeNN の予測性能と規定因スコア分析に関する結果を図 6 に示す。図 6 (a) の横軸は心理学実験で観測された協力行動率、縦軸は KeNN が予測した

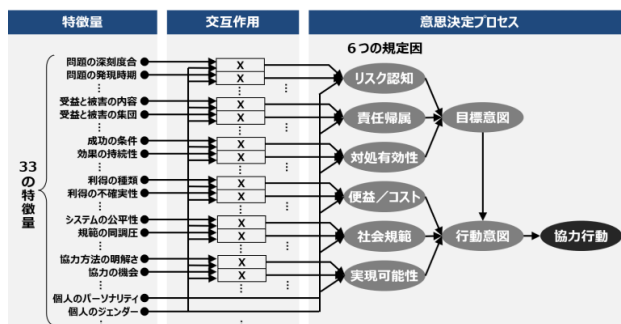


図 4 知識埋込型ニューラルネットワーク

協力行動率である。両者の相関係数 R は 0.79 であり、KeNN は十分な予測性能を示している。図 6 (b) は或る社会的ジレンマ問題に対して KeNN により得た規定因スコアをレーダーチャートに描いた一例である。通常のニューラルネットワークはフルコネク特であるため協力行動の規定因を分析できないが、知識埋込型の KeNN ではそれが可能となる。さらに、規定因に関わる主要な特徴量を分析することで、図 7 の個人行動介入ダッシュボードに示すように介入策のランキングや効果を導出できるのである。

ファストループでは、前節で示した個人行動診断のパーソナリティ情報を、本節で示した個人行動介入に接続することで (KeNN の交互作用の入力とすることで)、より個人の状況に即した効果的な介入が可能になると考える。また、KeNN による行動予測と介入は、1 章で述べた臨床医学モデルの予後予想と介入に相当する。なお、6 つの規定因のうち、便益/コストとリスク認知は広義の効用に、社会規範と責任帰属は広義の規範に対応すると考えられ、前節の冒頭で述べた意思決定における効用と規範のバランスの問題に対応し、規範への介入は 3 章で述べた相互期待・承認への介入につながっている。

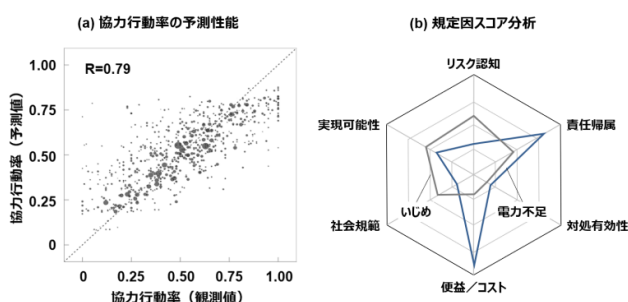


図 6 協力行動率の予測性能と規定因スコア分析



図 7 個人行動介入ダッシュボード

4.3 スローループ：集団意思診断

集団意思診断では、第一ステップとして集団に関わる多元的な価値指標を予め知っておく必要がある。これは、1章で述べた臨床医学モデルの予後予想に相当し、次節の集団合意形成に向けたアセスメントやエビデンスであるとも言える。ただし、様々な利害関係者に関わる指標間の複雑な関係性を人手だけで知ることは困難である。そこで、我々は、数値シミュレーション技術を活用して多元的な価値指標を計算することにした[20]。

具体的には、図8に示すように地域社会における地産地消エネルギーを例題として取り上げ[21]、エネルギー設備として太陽光や水力などの発電所、送配電網、蓄電設備など、利害関係者として住民、地域事業者、電力会社などから成るマルチエージェント・シミュレーションを行い、パラメータを振って約2万通りの計算結果すなわち選択肢を得た。多数の指標の中から代表として、社会価値に地域経済循環率(地域活性化)、環境価値に自然エネルギー利用率、経済価値にエネルギーコスト(世帯支出)を選び、計算結果を規格化して三元グラフにプロットした[22]。

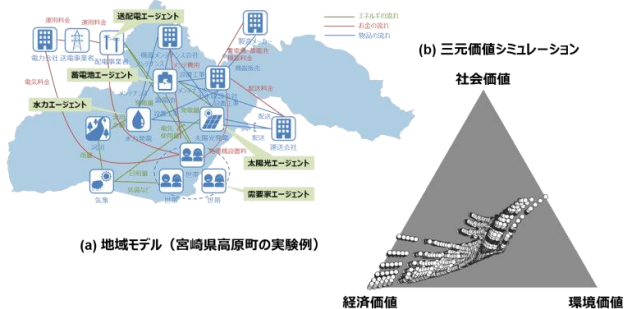


図9 三元価値アセスメント

第二ステップでは、個人の主観的選好を集計することにより集団意思を取得する。従来、複数の選択肢に対する選好集計に関してコンドルセのパラドックスやアローの不可能性定理が知られている。しかし、図8に示したような全ての選択肢に対して個人が選好順序を確定することがそもそも不可能であり、パラドックスやアローの不可能性を問題にするよりも実用的な方法を考える必要がある。そこで、我々は、図9に示すように、個人が選好を判断しやすい一対比較設問を繰り返し、それらの回答を機械学習することにより個人の選好を三元価値のネットワークグラフに対応付ける方法(PCLM: Paired Comparison Learning Method)を新たに考案した[23]。

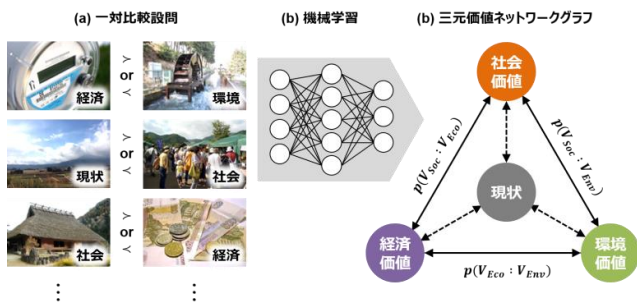


図10 一対比較学習法

第三ステップでは、第一ステップで得られた多数の選択肢に対して、第二ステップでPCLMにより得られた集団の選好をマッピングすることにより集団意思を診断する。具体的には、三元グラフ(社会・環境・経済価値)のうちの二者間の選好比に基づいて、図10(a)に示す幾何学的な計算から求まる重心を個人の選好として三元グラフの上にプロットする。また、図10(b)に示すように、個人の選好の集まりのグルーピングを行い、例えば多数派(赤色の点群)と少数派(青色の点群)の意思を明示することが可能である。なお、将来的には、4.1節の個人行動診断において、パーソナリティだけでなく三元価値に対する比較選好を推定することにより、個人へ設問を行わずとも集団意思を自動的に診断することが可能になるかもしれない。

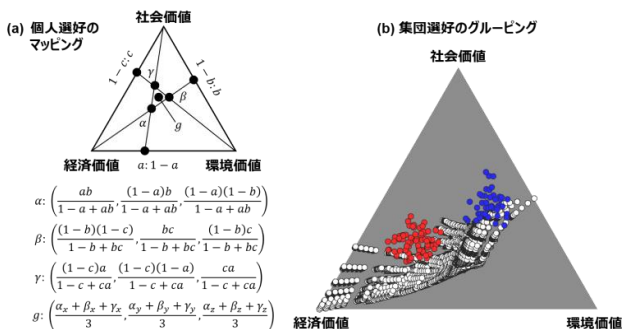


図8 集団選好マッピング

4.4 スローループ：集団合意形成

デモクラシー(多数派支配)は古代ギリシャの軍事的要請から生まれたが、古代イオニアや東南アジアのゾミアのような多民族から成る「混生社会」では平等主義的な合意形成が重んじられてきた[24]。また、ゲーム理論では全員合意に至るプロセスの存在が証明され、社会的選好理論ではベンサム功利主義原理(最大多数の最大幸福)に対してロールズの格差原理(最不遇者の便益最大化)が提示されている。

これらを踏まえ、スローループの集団合意形成では、多数決による合意の強制ではなく、手続き的公正プロセスを通じた全員合意(誰ひとり合意を拒否するほどではない妥協案を引き出すこと)を目指している。そこで、我々は、前節の多元的選択肢のアセスメントとグループの意思診断に基づいて、図11(a)に模式的に示す方法によりグループ間の合意参照点および対立関係とともに、対立を緩和し得る妥協可能関係を提示することにした[25]。

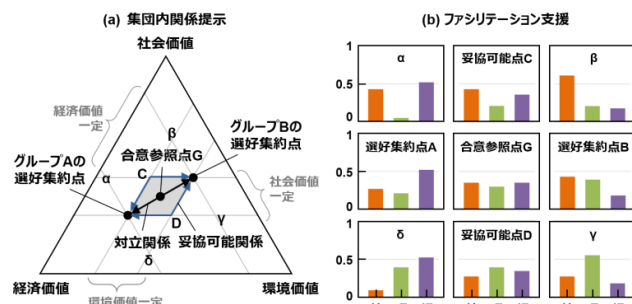


図11 集団内関係提示

具体的には、全グループの選好の重心（合意参照点）と、各グループの選好の重心（選好集約点）の間を結ぶ直線経路を対立関係と見なし、意見集約点から引いた三元グラフの辺に平行な補助線が成す迂回経路を妥協可能関係と見なす。妥協可能関係では、或る一つの価値が一定であり、二者間比較での弱い推移性しか持たないため、参加者が議論しやすくなるのが期待される。したがって、対立するグループ同士が妥協可能関係の上で互いに少しずつ選好を変化させることで全員合意へたどり着く可能性が高まるのである。これは、図 11 (a) の妥協可能関係内の範囲（灰色部）を次第に狭めていくことに相当する。

一般的に合意形成プロセスは、招集（参加者の招集とアセスメントの開始）、役割と責任の分担（ステークホルダーやファシリテーターなどの分担）、集団問題解決のファシリテーション、合意の達成（全員合意の確認）、約束の実行（合意内容の履行と状況変化に応じた再招集）という5つのステップから成る[26]。本節で述べた対立関係と妥協可能関係の提示は3番目のステップを支援することになる。すなわち、ファシリテーターはグループの立場（意見集約点）、対立関係、妥協可能関係を示すとともに、図 11 (b) に示すような選択肢の具体的な数値や内容を説明しながら互いの妥協を促していくことになる。

なお、最終的な合意案が、必ずしも合意参照点や妥協可能関係の経路の中間点である必要はない。例えば不遇な少数派に対して配慮する場合、参照点や中間点よりも少数派寄りの選択肢が社会的選択としての合意案の目安になるだろう。我々が別途提案した少数派のポジションナリティに重み付けする投票集計方法[27]と同様の考え方で、多数派に対する少数派の人数比（多数派/少数派）や多元的価値の次元数比（少数派が重んじる次元/総次元数）に基づく重み付けを行うことで社会的選択を支援できるだろう。

本章で説明してきた4つの基本機能を接続することで協同システム全体を構築することができる。ファストループとスローループの協調動作を示すデモの一例を図 12 に示す。個々の機能やフローなどの詳細については公開ウェブサイト[28]を参照されたい。



図 12 協同システムの協調動作

5. 考察

協同システムのファストループでは、例えば個人の属性情報（年齢、性別、人種など）や、心理検査や行動観察データに基づくパーソナリティ特性が得られれば、より効果的な行動介入を行えるだろう。同様に、スローループでは、例えば個人の社会的地位（職業、役職、年収など）や、位置情報データに基づく人間関係ネットワークが得られれば、

より合意形成を進めやすくなるだろう。すなわち、個人情報保護と、行動介入や合意形成の効果との間にはトレードオフの関係がある。協同システムへの参加段階で個人情報取り扱いへの同意が前提であるとはいえ、AI倫理に関する議論と同様に、セキュリティとプライバシー保護、ポータビリティ権と削除権、収集データのバイアスと公平性、透明性と説明性などへの配慮が必要となる。ただし、協同システムは行動介入や合意形成を支援するにすぎず、最終的には個人や集団の意思決定に委ねているのであり、個人情報を含めた倫理の問題は協同システムというコミュニティへの共感や信頼に帰着するように思われる[25]。

個人行動介入に関しては、行動経済学のナッジと同様に、パターンリスティックな干渉に対する懸念がある。しかし、協同システムへの参加の自由と同意が得られていれば介入は許容されると考えられる。また、東アジア的人間観である「自遊」や「脱倫理性」の観点に立てば[29]、介入における社会規範を全員一律な「べき」ルール（ばらつきの抑制）から多様性を包摂する「しからしめる」ルール（ばらつきの相互承認）へ変えることで、互いの「できなさ」を委ね合う「混生社会」を目指せるだろう。また、利己的なフリーライダーは相互承認を得られないため、協同システムが無秩序に陥ることはないと思われる。このことは、オストロムのコモンズの設計原則[30]における段階的制裁をより柔らかなルールへ置き換えたものと言えるだろう。

集団合意形成に関しては、全員のコンセンサスを図るうえで、少数派と我がままな利己主義者との区別が課題となる。この課題に関しては、参加段階でSDGsのような共通目標に対して同意が得られていれば、集団意思診断において利己主義者の主観的選好を可視化し、利己主義者自身と周囲の他者に共通目標からのズレを認識させることで、利己主義者に妥協を促すことができるだろう。ボウルズが示したリベラルトリレンマでは、パレート効率性と自発的参加と選好中立性から成る三者を同時に満たすことができない[31]。共通目標へ妥協を促すことは、利己主義者の選好中立性を抑え、協同システムのパレート効率性と自発的参加を重んじることに通じる。

6. おわりに

社会課題の解決と「混生社会」の実現に向けて、本論文では、現状の Society 5.0 像を見直し、サイバーと人間社会が委ね合う CHS のコンセプトを提案し、協同システムのアーキテクチャおよび基本機能を提示した。これらの成果は、情報システムと社会に関する情報科学と人文・社会科学の学際的な融合によってもたらされたものである。

今後の展開として、協同システムの機能の拡充を進めていく。例えば、個人行動診断では表情、音声、ジェスチャーなどのマルチモーダル情報を利用する感情分析技術や、個人行動介入ではグラフィカルインターフェースやロボットを介したマルチモーダルなインタラクション技術を協同システムに取り入れていくことで、より効果的かつ親和的な介入が行えるようになる。

また、集団意思診断や集団合意形成に関しては、既存の合意形成支援ツールとの結合を進めていく。例えば、市民参加型民主主義プラットフォーム[32]やオンライン集団意思決定ツール[33]はプロポーザル、アセスメント、ミーティング、ディスカッション、掲示板、投票、チョイスなど

の機能を備えている。これらの機能と、今回示した多元的価値シミュレーション、集団選好マッピング、集団内関係提示の技術を組み合わせることで、より効率的な合意形成が可能になる。

なお、委ね合いの「混生社会」を目指す CHS や協同システムは、人間のウェルビーイングの向上も目指すことになる。ポジティブ心理学ではロールプレイングや向社会性ゲームが共感や思いやりを介して心理的ウェルビーイングを向上させること[34]、代替現実ゲームの研究では大規模マルチプレイヤーゲームが社会的つながりや協力的行動を高めること[35]が知られている。協同システムにおいて相互承認的な行動介入や合意形成を図るうえで、ゲーミフィケーションを採り入れることは効果的であるだろう。

将来的に、協同システムの社会実践では、地域の自治体やコミュニティのような相互扶助社会を対象としていく。また、EU は GDPR (一般データ保護規則) などのデータ民主化を牽引し、さらにデジタル民主主義[36]やプラットフォーム協同組合主義[37]を進めようとしている。前者はデジタル技術の自由と平等を掲げ、後者は情報プラットフォームの共同所有と民主的ガバナンスを掲げている。本論文で示した CHS や協同システムは、それらの動きに共鳴するものになるだろう。

謝辞

本研究は京都大学と日立製作所が開設した共同研究部門においてなされたものであり、哲学の観点からご助言いただいた京都大学の出口康夫教授、大塚淳准教授、長浜バイオ大学の西郷甲矢人教授、社会心理学の観点からご助言いただいた東京大学の唐沢かおり教授、九州大学の山口裕幸教授、社会構想と地域社会実験にご助言いただいた京都大学の広井良典教授にこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 内閣府, “Society 5.0”, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/ (2016).
- [2] United Nations, “THE 17 GOALS | Sustainable Development”, <https://sdgs.un.org/goals> (2018).
- [3] 日立京大ラボ, “BEYOND SMART LIFE—好奇心が駆動する社会”, 日経 BP (2020).
- [4] 出口康夫, “結言「われわれとしての自己」から見た「アフターコロナ」”, 同上, 第7章.
- [5] 出口康夫, 加藤猛, 工藤泰幸, 唐沢かおり, 西郷甲矢人, “Society 5.0 を応用哲学する: IT システムと社会規範”, 応用哲学会第10回年次研究大会プログラムと予稿, W-9 (2018).
- [6] アンディ・クラーク, “現れる存在—脳と身体と世界の再統合”, NTT 出版 (2012).
- [7] 日立京大ラボ, “社会イノベーションを深める知の協創”, 日立評論, Vol.102, 特別増刊号 (2020).
- [8] 日立京大ラボ, “Cyber Human Systems: CHS—社会 Co-OS”, <https://www.hitachi.oi.kyoto-u.ac.jp/project/224/> (2020).
- [9] ゲオルク・クニール, アルミン・ナセヒ, “ルーマン 社会システム理論”, 新泉社 (1995).
- [10] 青木昌彦, “比較制度分析に向けて”, NTT 出版 (2001).
- [11] カーステン・ヘルマン=ピラート, イヴァン・ボルディレフ, “現代経済学のヘーゲルの転回: 社会科学の制度論的基礎”, NTT 出版 (2017).
- [12] 京都大学, “Society 5.0 に向けた応用哲学・倫理学の産学共同研究の開始を発表しました.”, <https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news/2018-04-06> (2018).
- [13] ジョセフ・ヒース, “ルールに従う—社会科学の規範理論序説”, NTT 出版 (2013).
- [14] ダニエル・カーネマン, “ファスト&スロー あなたの意思はどのように決まるか? (上)(下)”, 早川書房 (2014).
- [15] Takeshi Kato, Yasuyuki Kudo, Junichi Miyakoshi, Jun Otsuka, Hayato Saigo, Kaori Karasawa, Hiroyuki Yamaguchi, Yasuo Deguchi, “Rational Choice Hypothesis as X-point of Utility Function and Norm Function”, *Applied Economics and Finance*, Vol.7, No.4 (2020).
- [16] Takeshi Kato, Yasuyuki Kudo, Junichi Miyakoshi, Jun Otsuka, Hayato Saigo, Kaori Karasawa, Hiroyuki Yamaguchi, Yoshinori Hiroi, Yasuo Deguchi, “Sustainability and Fairness Simulations Based on Decision-Making Model of Utility Function and Norm Function”, *Applied Economics and Finance*, Vol.7, No.3 (2020).
- [17] 沼田崇志, 工藤泰幸, 加藤猛, 金子迪大, 野村理朗, 森口佑介, 中澤篤志, 嶺竜治, “家庭内の生活行動計測によるパーソナリティ評価の基礎検討”, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-UBI-68, No.14 (2020).
- [18] 下仲順子, 中里克治, 権藤恭之, 高山緑訳, “日本版 NEO-PI-R, NEO-FFI 仕様マニュアル”, 東京心理株式会社, (1999).
- [19] Kudo Yasuyuki, Takeshi Kato, Jun Otsuka, Hayato Saigo, Kaori Karasawa, Hiroyuki Yamaguchi, Yasuo Deguchi, “Methodology for Modeling the Probability of Cooperative Action in Various Social Dilemmas”, *The 18th International Conference on Social Dilemmas* (2019).
- [20] 唐沢かおり, 田井光春, 柴田吉隆, 大輪美沙, 鈴木貴之, 池田浩, “データ活用による住民のためのまちづくりにおける社会心理学の貢献を探る”, 日本グループ・ダイナミクス学会第66回大会プログラム, WS-1 (2019).
- [21] 広井良典, “人口減少社会のデザイン”, 東洋経済新聞社 (2019).
- [22] 日立京大ラボ, “Three-value assessment tool”, https://www.hitachi.oi.kyoto-u.ac.jp/three-value_assessment/ (2021).
- [23] 出口康夫, 大塚淳, 唐沢かおり, 加藤猛, 宮越純一, 朝康博, “Society 5.0 を応用哲学する: IT システムと社会規範 (3)”, 応用哲学会第12回年次研究大会プログラムと予稿, W-1 (2020).
- [24] デヴィッド・グレーバー, “民主主義の非西洋起源について: 「あいだ」の空間の民主主義”, 以文社 (2020).
- [25] 出口康夫, 大塚淳, 唐沢かおり, 加藤猛, 工藤泰幸, 朝康博, “Society 5.0 を応用哲学する: IT システムと社会規範 (4)”, 応用哲学会第13回年次研究大会プログラムと予稿, W-6 (2021).
- [26] ローレンス・E・サスカインド, シェフリー・L・クルックシヤンク, “コンセンサス・ビルディング入門—公共政策の交渉と合意形成の進め方”, 有斐閣 (2008).
- [27] Takeshi Kato, Yasuhiro Asa, Misa Owa, “Positionality-Weighted Aggregation Methods for Cumulative Voting”, *International Journal of Social Science Studies*, Vol.9, No.2 (2021).
- [28] 日立京大ラボ, “システム全体: 社会 Co-OS”, https://www.hitachi.oi.kyoto-u.ac.jp/social_co-os/ (2021年7月公開予定).
- [29] 出口康夫, “アジア的 AI 倫理へ”, 第3回日立京大ラボ・京都大学シンポジウム, (2021).
- [30] エリノア・オストロム, ジェイムズ・ウォーカー, “市場でも国家でもなく: 集約的行動領域での変換過程を結びつけること”, デニス・C・ミューラー編, “公共選択の展望 I”, 第3章, 多賀出版 (2000).
- [31] サミュエル・ボウルズ, “モラル・エコノミー: インセンティブか善き市民か”, NTT 出版 (2017).
- [32] Decidim, “decidim”, <https://decidim.org/> (2021).
- [33] Loomio, “Loomio - Make decisions without meeting”, <https://www.loomio.org/> (2020).
- [34] ラファエル・A・カルヴォ, ドリアン・ピーターズ, “ウェルビーイングの設計論—人がよりよく生きるための情報技術”, ビー・エヌ・エヌ新社 (2017).
- [35] ジェイン・マクゴニガル, “幸せな未来は「ゲーム」が創る”, 早川書房 (2011).
- [36] Jeremy Corbyn, “Digital democracy manifesto”, https://www.jeremyforlabour.com/digital_democracy_manifesto/ (2020).
- [37] ネイサン・シュナイダー, “ネクスト・シェア—ポスト資本主義を生み出す「協同」プラットフォーム”, 東洋経済新報社 (2020).