

状況論的知能の計算論的理解のための構成・実践型研究手法

Constructive and Practical Research Methodology for Computational Understanding of Situated Intelligence

永田 鴻流 *1 黒木 康能 *2 岡田 昌也 *3
Koryu Nagata Yasutaka Kuroki Masaya Okada

*1 静岡大学情報学部情報科学科

Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Shizuoka University

*2 静岡大学大学院総合科学技術研究科情報学専攻

Department of Informatics, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

*3 静岡大学学術院情報学領域行動情報学系列

Division of Behavior Informatics, College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University

A person in the world acquires the situation information that constraints possible range of behavior generation, and then determines proper behavior. We consider “situated intelligence” as the generation of behavior adapted to each of surrounding situations. To computationally understand the process mechanism of situated intelligence, our methodology is proposed to model and examine a person as a robotic system. Grounded on making an ecologically valid setting of research, our methodology repeats the following: (1) constructing a probabilistic model of situated intelligence by the parameters of behavior and situation, and (2) practically examining a new hypothesis by practicing the model in a real-world setting.

1. 結論

一般的に人は、実世界の未知な状況の中でも以前の状況で得た知識をもとに、適応的に行動できる [香川 11]. この「これまで経験していない新しい状況に対応し、適応する能力」は、恒常的に社会的学習を行っている人が有する知能の本質であると考えられている [鈴木 06]. この多様な状況のそれぞれに適応した行動を生成することを、本稿では「状況論的知能の発現」と考える. 例えば、以下がその例である.

看護行動 「今」の状況に適応する

ある病棟において、手の空いた状況にある看護師が、忙しい状況にある他の看護師に気づき、その人を助ける行動を取ることによって、病棟全体としての業務の効率化を行う.

運転行動 「未来」の状況にあらかじめ適応する

実世界の公道において、小学生が車道脇にいる状況にあれば、運転者は、飛び出しを予測し、ブレーキ操作ができる行動の状態とする.

本研究は、「人は行動の選択肢が膨大にある実世界の状況においても、解釈した状況情報から行動生成に関する制約条件を見出し、この制約条件の下で適切な行動を生成できる」という着想を提出し、実世界における状況論的知能の発現過程のモデル化・評価を行う研究方法論を提案する. 具体的には、本研究は実世界における状況論的知能が発現する過程を、図1のようにモデル化する. 人は、感覚器の特性に由来して課される「観測に関する制約」(図1 C1)の下で、他者や物へ視線配布行動などを行い実世界 (i) を観測する. 観測により、事物の状態を知覚・認知して実世界情報 (ii) として抽出する. この実世界情報と、「状況解釈に関する制約条件」(C2) をもとにして、状況情報 (iii) を取得する. 解釈した状況情報と、ある状況における「行動生成に関する制約条件」(C3) によって、実世界での膨大な行動の中からいくつかの取り得る行動列を生成する (iv). 人は、その行動列の中から、それぞれを行動として実世界に出

連絡先: 岡田 昌也, 静岡大学学術院情報学領域行動情報学系列,
〒432-8011, 浜松市中区城北 3-5-1, m.okada@acm.org

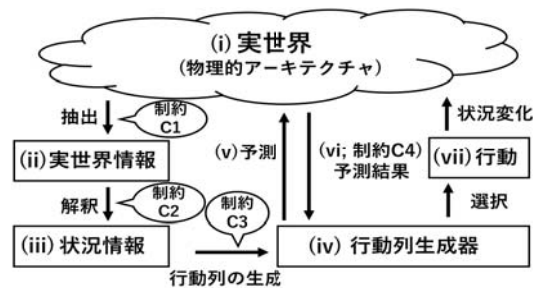


図 1: モデル：実世界における状況論的知能の発現過程

力したときの状況変化について予測 (v) する. その予測結果 (vi; C4) と制約 C3 を統合した行動生成の制約に基づき、適切なものを選択して行動 (vii) する. 行動 (vii) は実世界 (i) の状況を変化させ、人はその状況変化を再度観測して行動の選択と実行を繰り返す. 例えば、先の運転の例であれば、小学生が車道脇にいるという状況が行動生成に関する制約条件 (C3) となり、(あ) アクセルを緩めて減速する、(い) ハンドルを切って大きく避ける、(う) いつでも停止できるようにブレーキに足をかける、という行動列を生成する (iv). ここで、小学生の急な飛び出しや対向車の状況変化などの予測 (v) を行い、その予測結果 (vi; C4) により、(あ) と (い) の行動は抑制され、(う) の行動が選択される (vii).

すなわち、図1より状況論的知能の発現過程において、以下のような関数関係が仮定できる.

1. 実世界情報 = f (実世界, 観測の制約)
2. 状況情報 = g (実世界情報, 状況解釈の制約)
3. 行動 = h (状況情報, 行動生成の制約)

本研究は、人がより適応的な知能を発現するためには、上記1~3の関数関係およびそれぞれの制約条件の学習を個人ごとに行わなければならないと考える. ただし、個人の知識は多様かつ人の内部に閉じていて、さらに、情報処理の対象となる実世界情報は多様かつ複雑である. このような多様性と複雑性を

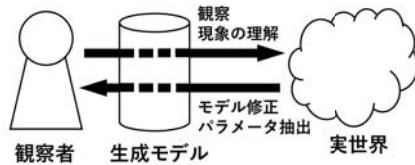


図 2: 「実世界での人由来の信号生成モデル」を通じた観察

系の構成要素とする過程を分析・理解するための手法としては、(1) 行動を中心として、上記 1~3 の関数関係に示す人の知能についての計算論的なモデルを仮説として構成すること、(2) そのモデルを実践の場で検討し、人の行動を状況変動のダイナミクスを考慮した視点で観察すること、の二点が必要である。

2. 実世界指向型研究フレームワーク

一般にロボットは、センサから取得される各種の実世界情報を、ロボットの内部で解釈し、これを制御情報に変換したのち、アクチュエータを介して行動情報として出力することで、駆動される。これは、実世界という外部空間も含めて、ロボティクスシステムと見立てる空間ロボティクスの構成問題と捉えられる。同様に、実世界で活動する人も、感覚器官から取得される実世界情報を、人の内部で解釈し、身体機能というアクチュエータを介して、駆動されると考えられる。すなわち、本研究は、実世界で活動する人を、空間ロボティクスのシステムと見立てることができると考え、特に、人のセンシング、プロセッシング、アクチュエーションの全てが実世界にグランディングしていることから、実世界指向の研究方法論の開発のもとに状況論的知能の探求を行うものである。

「見る」という行為は、たんに物質に反射した光が網膜に到達する以上のことであり、我々は、網膜上の映像を「解釈」している [森田 10]。ここで、何を観察するか、また、観察された結果をどう解釈するかは、人がもつ何らかの理論に依存しており、その理論が観察のフィルターとなる（観察の理論負荷性） [森田 10]。新しい発見は、適切な予期によってこそ可能であることから [森田 10]、本研究では、この予期を、計算モデルによって表現し、この計算モデルを理論のフィルターとして実世界を観察し、また、その実世界の観察を通してそのフィルターを修正するものである (図 2)。特に、本研究では、「実世界の中で人由来の信号が生成される仕組み」に関して生成モデルを仮定し、これを逐次的に修正することによって、状況論的知能の発現について、計算論的に理解することに繋げる。例えば、計算モデルの中で仮定した各パラメータの値やその変動が、実世界においては実際にどのように観察されるのかを確認することで、モデル表現のロバストネスについて理解を得る。さらには、「計算モデルの中で事前に想定されなかったが、実世界の中の現象の記述力に優れた潜在的なパラメータ」を、実世界の中の観察において抽出し、これを計算モデルの修正に反映する。これは、生態学的妥当性のある観測状況により、計算モデルの構成・修正を行う手法であり、構成と実践を基軸とする。具体的手続きは、定性的な仮説の生成・検証と、数理・確率的な仮説の表現・修正の、二側面のアプローチの融合であり、以下に詳述する (図 3)。

- P1. 仮説立案：詳細な計算モデルを構築するために実世界における人の行動を参与観察などで分析し、その厚い状況記述データを参考に、人の行動の成り立ちについて定性的な仮説を立てる。
- P2. 計算論的表現：P1 の仮説をもとに、人の知能について行動を中心とした生成モデルを、数理・確率的に表現する。

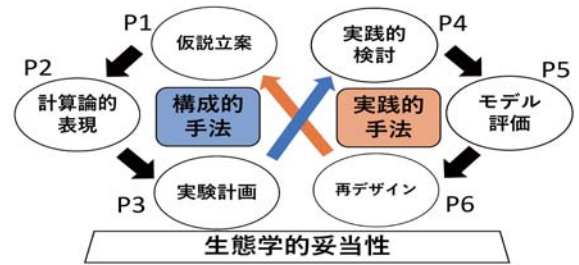


図 3: 実世界指向型の研究方法論：構成・実践的知能理解

- P3. 実験計画：P1 の定性的な仮説および P2 の計算論的なモデルという質の異なる仮説を融合した仮説を設計し、その上で期待される人の行動が観測できであろう実験を計画する。
- P4. 実践的検討：実世界で実験を行い、「実際の状況における」人の行動を、P3 の仮説を観察のフィルターとして用いて吟味して、生態学的妥当性の高い実践的知見を得る。
- P5. モデル評価：P3 の実験計画に基づき取得された定量データをもとに、構成したモデルの客観的な妥当性と限界を評価する。
- P6. 再デザイン：人の行動をより適切に表現できるようモデルの修正点を明らかにし、更なる仮説立案 (P1) に繋げる。

以上のフレームワークに基づき、現在、研究者が参加者として参与し、実践の内部から他参加者の行動を分析する参与観察によって、実世界での人の知能発現についての知見を蓄積する研究を進めている。また、人の頭部に着けたカメラからの一人称映像によって視線配布行動 (図 1(ii)) のデータを取得することや、身体に着けたセンサから加速度や角速度を計測して、環境に対する作用 (vii) を分析する計測環境を開発中である。さらに、人の知識について階層性を仮定して音声記録の会話データなどから知識段階の推定を行い、知識データ、行動データ、環境作用データを計算構造の中で統合したものによって、人の知能について構造化する手法を開発している。

3. 結論

本研究において、人による状況論的知能の学習とは、「状況」の関数として発現する「行動」に関しての関数関係を適応的に学習する問題だと考える。本稿では、その計算構造を明らかにするために、人の知能発現状況に関して生態学的妥当性を有する実験環境において、(1) 実世界における人の知能について、行動と状況の視点で確率・数理モデルを構成すること、(2) そのモデルを実践的に検証して得られた知見から新たな仮説を生成すること、の二点を繰り返すことが必要であると述べた。現在、このフレームワークを基盤にして、状況論的知能についての計算論的な理解を深める研究を進めている。

謝辞

静岡大学情報学部/総合科学技術研究科 岡田研究室の皆様にごいただいた議論に感謝いたします。本研究は、JSPS 科研費 16K00271 の助成による。

参考文献

- [香川 11] 香川 秀太：状況論の拡大：状況的学習，文脈横断，そして共同体間の「境界」を問う議論へ，認知科学，Vol. 18, No. 4, pp. 604-623(2011)。
- [鈴木 06] 鈴木 宏昭：知性の創発と起源，オーム社，東京 (2006)。
- [森田 10] 森田 邦久：理系人に役立つ科学哲学，化学同人，京都 (2010)。