

バンディットアルゴリズム的思考に基づく計画プロセスに関する考察

広島大学 正会員 ○力石 真

1. はじめに

昨年（2022 年）の土木学会全国大会において、「VUCA（Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity）時代の土木計画学」というテーマで土木計画学研究小委員会・幹事会セッションが開催された。様々な発表・議論がなされたが、いずれの発表においても「見通しの立ちづらい VUCA 環境下においては、完全な計画を作り上げることを志向する従前の計画策定プロセスでは甚だ不十分」という認識が繰り返し提示された。これは、科学的アプローチ（に立脚した計画手法）の限界として捉えることもできるし、ある意味では昔からわかっていたことだともいえる。実際のところ、将来実現しうる社会基盤の状態空間をくまなく調べた上で計画を立案できているとはとてもいえない。一方、実現しうる状態空間の理解を深めるためには、ある種のトライ＆エラーを繰り返して社会として学習するプロセスが不可欠である。本稿では、このような我々の状態空間の認識が不完全であることを前提とした計画プロセスのあり方について考えてみたい。議論の補助線として、統計的因果推論思考とバンディットアルゴリズム的思考について概説した上で、統計的因果推論思考よりもむしろ、バンディットアルゴリズム的思考に基づく計画立案プロセスとそれを下支えする方法論の開発がますます重要になっているのではないかという試論を述べ、セッション参加者からのご批判を仰ぎたい。

2. 統計的因果推論思考とバンディットアルゴリズム的思考

統計的因果推論では、「原因（施策）」が「結果」に対してどのような影響を及ぼすのかをできる限りバイアスなく精緻に推定することを試みる（Rosenbaum, 2017）。エビデンスに基づく政策提言を行う上で重要な方法論として位置付けられており、土木計画学においても多くの適用事例がある。まとめると「ある施策の効果を可能な限り精緻に評価する」ことに重きを置く点にその特徴がある。

バンディットアルゴリズムは、状態空間／環境の認識が不完全であることを前提に、情報収集／学習のために行動をとる「探索」と、収集した情報をもとに最適な行動をとる「活用」のトレードオフに配慮しながら行動を決定する強化学習手法の一つである（森村, 2019）。現時点の判断にも改善の余地があることを念頭に、「状態空間全体の理解を深めることに一定のリソースを配分する」点にその特徴がある。

本稿では、「ある施策の効果を可能な限り精緻に評価」しようとする思考様式を統計的因果推論思考、「状態空間全体の理解を深めることに一定のリソースを配分」しようとする思考様式をバンディットアルゴリズム的思考と呼ぼう。統計的因果推論的思考は、状態空間のメタ認知を一旦脇に置き、事前に絞り込んだ少数の施策間の比較のみに留まるケースが多い点に問題ある。不確実性の高い、将来取りうる社会基盤の状態空間の理解が極めて不完全な状況においては、状態空間を極度に絞って可能性の幅を事前に狭めるのではなく、学習行為（探索）への十分な投資を行うバンディットアルゴリズム的思考に立つことが重要なように思われる。そのためには、探索のコストを下げるための工夫を随所に盛り込み、探索を行うインセンティブを実務者・研究者に付与する制度設計が重要と考える。その考察を次章で試みる。

3. 探索行為を活性化するための方策

探索行為を活性化するための方策には様々なものがあり得る。以下、幾つか列挙する。

第一に、社会実装を通じて探索・学習を進めるのはコストがかかりすぎるため、不完全でも仮想空間上で

キーワード VUCA, 計画プロセス, バンディットアルゴリズム的思考, 探索と活用, 両利きの経営

連絡先 〒739-8529 広島県東広島市鏡山 1-5-1

広島大学大学院先進理工系科学研究科 TEL082-424-4693

多くの探索行為が可能なモデルを手元に置くという方策が考えられる。デジタルツインの文脈で議論されていることそのものであるが、こういった仮想空間上での探索を出来るだけ迅速かつ簡便にできるようにシステム開発することの価値は極めて大きいように思われる。

第二に、様々な地域で実施されている実験行為のデータを整理して簡単に参照できるようにしておくことも重要である。レポートとして公開されているものは多いものの、データとして公開しているものは極めて少ないように思われる。種々のデータのオープン化も同様に、他の類似事例からの学習を加速することから、探索コストの大幅な削減が期待できる。

第三に、様々なデータ解析手法を活用するコストを可能な限り下げることが探索コストの削減に寄与するものと思われる。手法の誤用を避けるための工夫を凝らすことが前提だが、データプラットフォームだけでなく、データやシナリオを投げれば解析結果が返ってくる解析プラットフォームの構築も重要と思われる。

第四に、探索の結果知り得た情報を広く知ってもらうための制度設計も重要と考える。新しい試みが失敗に終わった場合も、その過程で得た情報や学んだことそのものに価値があるはずだが、失敗事例の詳細が共有されることは少ないように思われる。インセンティブの与え方を工夫し、成果だけでなく新しい試み（探索行為）そのものが評価されるようにすることが重要と考える。

以上に挙げた方策は、いずれも従前から指摘されていることばかりで目新しいものではないが、なかなか前に進まないように感じる。その原因として、「多くのことを知らない」ということを謙虚に受け止め、（一時的には負担になったとしても）知ることにより一定のコストかけることが結果的により良い社会の実現につながるということをうまく共有できていない点に問題があるのかもしれない。バンディットアルゴリズムでは、特に十分な情報を持たない状況においては、知ること（探索）にコストをかけることが結果的に全体のパフォーマンスを改善することにつながるということが証明されている（松原ら, 2012）。同様に、組織の意思決定においても探索と活用のバランスが重要であることは、「両利きの経営」＝「知の探索（既存の認知の範囲を超えて、遠くに認知を広げていこうとする行為）と知の進化（既にある知を継続して深掘りし、磨き込んでいく行為）のバランスに配慮した経営」の議論からも伺い知れる（O'Reilly and Tushman, 2016）。これらの知見を計画プロセスにも援用することが求められているように思う。

4. まとめ

本稿では、バンディットアルゴリズム的思考を手がかりに、VUCA 環境下における計画プロセスのあり方について考察を行い、探索行為を織り込んだ計画の重要性を確認した。探索行為は、リスクを伴う攻めの計画であり、行政の意思決定として望ましくないと判断されがちだが、探索行為から多くの学びを得ようとする限りにおいて、このようなリスクをとることが長期的にはより良い結果をもたらす可能性が高いように思える。探索を通じた社会的学習が効率的に行われるよう組織や制度を改善し、それを下支えする一連の方法論を開発することが求められているように思う。

参考文献

- ・ O'Reilly, C.A., Tushman, M.L.: Lead and Disrupt: How to Solve the Innovator's Dilemma, Stanford University Press, 2016 (入山章栄(監訳), 渡部典子(訳): 両利きの経営: 「二兎を追う」戦略が未来を切り拓く, 東洋経済新報社, 2019).
- ・ Rosenbaum, P.R.: Observation and Experiment: An Introduction to Causal Inference, Harvard University Press, 2017 (阿部貴行, 岩崎学(訳): 統計的因果推論入門: 観察研究とランダム化実験, 共立出版, 2021).
- ・ 松原仁(編), 美添一樹(著), 山下宏(著): コンピュータ囲碁: モンテカルロ法の理論と実践, 共立出版, 2012.
- ・ 森村哲郎: 強化学習, 講談社, 2019.