

VUCA 時代の土木計画学についての試論

神戸大学 正会員 ○瀬谷 創

1. 背景

本セッションの主題である VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) とは、2016 年の世界経済フォーラム (ダボス会議) で用いられ、一般に知られるようになった用語であり、もともとは軍事用語であったそうである。筆者なりの理解では、Volatility は、今日 (ある主体) の真実が明日 (他の主体) の真実でないこと、Uncertainty は、将来が不確実で予測が困難であること、Complexity は、事象が相互に接続され、原因と結果のような単純な因果関係にないこと、Ambiguity は、ある主張と矛盾する主張が容易に見つけられることであり、まさに今日の Covid-19 の状況を言い当てた用語と感じられる。本稿では、主にインフラ (公共) 投資に関連する実証研究の観点から、VUCA 時代の土木計画学についての試論を述べる。なお、VUCA の定義には文献により差異があり、上記の定義は一例に過ぎないことも断っておく。また、以下では説明の都合上、V/U/C/A を、U/C/V/A という順序に入れ替えている。

(1) Uncertainty

気候変動のリスクを、技術・社会・経済の不確実性 (Uncertainty) の下で今後どのように管理していくかは、分野を問わず重要な課題である。技術・社会・経済の不確実性は予測が難しいため、IPCC では、シナリオアプローチが採用されている。例えば、第 4 次報告書では、社会的・経済的な将来像による排出シナリオ毎に、将来の気候を予測する SRES シナリオが示された。SRES シナリオでは、「経済重視 ↔ 環境重視」、「グローバル化 ↔ 地域化」という 2 軸上に 6 つの将来排出シナリオが整理されている。気候コミュニティでは、このようなシナリオが広く合意され、数多くの将来予測研究が当該シナリオ下で行われた。

IPCC は、少数の分かりやすい将来像を提示することで、議論を喚起することに一定程度成功したといえる。公共投資についても、同様に様々な将来像が考えられる。個々の将来予測モデルの精緻化が重要である一方、土台としてのいくつかの共通シナリオを用意しておくことも有用であると思われる。共通シナリオの構築には、例えば小池 (2020)¹⁾ の権利のストック効果の考え方が参考になる。また、2 つの異なるストーリーを持つ将来像については、医療の均てん化の文脈での氏家ら (2021)²⁾ を参照されたい。

(2) Complexity

インフラ投資と経済成長や人口分布の間の関係性は、他の要因も含めて密接に絡み合っている。そのような複雑なシステムにおける各変数間の因果関係の特定は難しい。しかしながら近年、因果を探索的に分析する因果探索 (杉原・塚井, 2020)³⁾ や、切り分けて分析する因果推論 (織田澤・大平, 2019)⁴⁾ が発展してきており、土木計画学の分野でも着実な進展をみせている。

さて、このような実証研究では、主に統計的手法が用いられ、中心的な手法の一つは、Neyman-Pearson 流の帰無仮説検定である。しかし、帰無仮説検定では p 値「帰無仮説が正しいと仮定したときに、データから得られた検定統計量の実現値よりも極端な検定統計量が得られる確率」を計算し、p 値が慣習的な有意水準 0.05 を下回れば有意な差 (あるいは効果)、それより大きければ有意でないとのに足らない差という二値的な判断が行われる場合が多い。p 値の元となる検定統計量 = 効果量 × 標本サイズとして与えられる (効果量は、標本サイズの影響を受けない純粋な効果の大きさ)。すなわち、p 値は効果の大きさを表さず標本サイズの影響を受ける。このことの含意は次の 2 点である。

- ・ 標本サイズが小さい場合、大きい場合と効果量が同じでも、有意な結果が得にくい
- ・ 標本サイズが非常に大きい場合、単なるノイズにより有意な結果が得られてしまう

キーワード VUCA, インフラ投資, 共通シナリオ, p 値, 個別効果

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-803-6278

前者は、有益な結果が（例えば論文査読者により）見過ごされてしまう点、後者は、科学的再現性の観点で問題がある。2014年、Nature誌にp値に対する批判記事が掲載された。それを発端として医学、生物学、心理学など実証分析を統計学に依拠する各分野においてp値を中心とする帰無仮説検定の問題点が再認識され、心理学ではp値の使用禁止まで明言する論文誌が現れるに至った。これらを受けて米国統計学会(ASA)は2016年、「統計的有意性とp値に関する声明」において、p値の誤用の例を列挙し、科学者コミュニティに対して警鐘を鳴らした。その後経済学では、2021年にJournal of Economic Perspectives誌で特集テーマとしてStatistical significanceが生まれ、統計的有意性を重視しすぎることが、p-ハッキングや出版バイアスという形でのp値の乱用につながっている現状が指摘されている。土木計画学の実証研究も、その大半は統計的手法を用いている。しかし、p値には限界があり、「有意ではない」結果を示したからと言って、論文の価値が認められないわけではない。この点は論文査読において強く認識される必要がある。しかし、p-ハッキング等のp値の乱用を防ぐためには、それだけでは十分でなく、可能な限りデータと分析コードを公開することで、第三者による検証可能性を担保することが重要であると考えられる。

(3) Volatility

Volatilityは、インフラ投資の文脈では、ある時点（あるいは地域）のインフラ投資が経済成長や人口分布に与えた影響と、将来（あるいは別の地域）のそれは異なるということを意味する。近年、統計法の改正によりマイクロデータの利用可能性が高まり、因果推論の方法を用いた過去のインフラ整備が経済成長や人口分布に与えた影響に関する実証研究が数多く行われるに至っている⁴⁾。これらの実証研究では、グループ（インフラ整備の有無など）間の平均値の差、すなわち「平均的な」処置効果に興味を持たれることが多い。過去のインフラ整備がもたらした効果の把握という意味では、このような研究の積み重ねが重要であろう。一方で、Volatilityの観点からすると、すべての地域はそれぞれに異なるため、効果の異質性を捉えることが重要になる。経済学では、最近Synthetic Control Method (SCM), Causal Forests等の個別あるいは条件付の処置効果を推定する方法が定着しつつある。筆者の研究室では、村田(2021)⁵⁾において、Augmented SCMを用いて新幹線整備が人口に与えた個別効果を市区町村別に推定し、その時間変化や空間的なパターンについて考察している。そして、特徴的な市区町村について、事例分析を試みている。推定結果を今後の政策に活かしていくという観点からは、このような「個別処置効果を推定し、その後丹念な事例分析をする」というアプローチも、検討する余地があると思われる。

(4) Ambiguity

Koike et al. (2022)⁶⁾は、インフラと経済成長に関する近年のメタ分析研究をレビューし、正反対の結果が得られている事例を紹介している。このような結果が得られる理由としては、空間単位、空間単位を含む文脈の違い（対象の発展段階、時期など）、計測単位の違い（産業分割など）、インフラストラクチャーの種類や質の違い、モデル化の方法の違いが考えられる。分析に適切な集計単位は、古典的な問題であるものの、まだまだ不明な点が多く、かつ実証分析の結果を左右するという意味で本質的に重要な点でもある。異なる地域を対象とした研究は比較が難しいため、同一の地域で空間や部門の集計単位を変えた感度分析や、時点を変えた分析を蓄積し、Ambiguityがどの程度問題になるのか、知見を蓄積する必要があるであろう。しかし、そのためには、過去、特に1960年代以前のデータの戦略的な整備が必要である。

参考文献

1. 小池淳司：権利と効率のストック効果から考える暫定2車線整備，高速道路と自動車，63(6)，7-10，2020。
2. 氏家魁斗，大谷修一郎，小池淳司，瀬谷創：権利のストック効果としての包括的政策分析，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，65，2022。
3. 杉原豪，塚井誠人：統計的因果探索による社会基盤整備のストック効果の検証，土木学会論文集D3(土木計画学)，75(6)，I_583-I_589，2020。
4. 織田澤利守，大平悠季：交通インフラ整備効果の因果推論：論点整理と展望，土木学会論文集D3(土木計画学)，75(5)，I_1-I_15，2019。
5. 村田祥之：Synthetic Control Methodを用いた新幹線整備が市区町村人口に与えた影響の検証，神戸大学工学部修士論文，2021。
6. Koike, A., Sakaguchi, T., and Seya, H. Road infrastructure and TFP in Japan after the rapid growth, MPRA_paper_112375, 2022.