

情報技術の土木計画への適用に関する一考察

Considering the Application of Information Technology to Infrastructure Planning

室蘭工業大学 ○学生員 鈴木裕二 (Yuji SUZUKI)
 室蘭工業大学 正会員 有村幹治 (Mikiharu ARIMURA)
 室蘭工業大学 フェロー 田村亨 (Tohru TAMURA)

1. はじめに

近年、携帯電話や乗用車・タクシーによるプローブ調査、道路インフラへの ITS 機器の導入など、情報技術の発展及び普及により、社会の情報化が進んでいる。従来取得不可能であった動学的データの収集が技術的には可能となり、現在、ITS を含めて社会基盤上を流れるデータ量は、従来とは比較にならないほど膨大になっている。

本研究の目的は、このような情報技術の発展に対する土木計画学の課題を 既存研究のレビューから考察することにある。本研究では第 2 章において課題の明確化を観測手法・分析手法・計画に分類する。そして、第 3 章で課題解決に向けて文献をレビューし、それを踏まえ第 4 章で考察を行い、第 5 章で本研究のまとめとする。

2. 土木計画学における課題

土木計画学の分野では情報技術の発展により GPS 技術、プローブ技術などの観測手法が広く普及した。しかし、動学的データの分析方法や、施策としての活用方法に関してはいまだ多くの課題を含んでいる。そこで本章では土木計画学における課題を観測手法・分析手法・計画に分類して整理する。(図-1)

(1) 観測手法における課題

第一の課題は『観測手法』にある。観測手法における課題は、そもそもとしての観測機器の不足、適正な観測機器数及び観測期間が明らかでないことなどが挙げられる。例えば、プローブカー調査の場合、道路ネットワーク上の交通流を観測するために、精度及び調査コストの面で適正なプローブ台数が判明しておらず、確率的に投入台数を決定されている。

(2) 分析手法における課題

第二の課題は『分析手法』にある。ITS 技術、GPS 技術により動学的データはリアルタイムに観測・蓄積され、そのデータ量は膨大化している。

繊細かつ大量な IT データは土木計画における要求に応えることができるが、その分析手法は大きく二つのアプローチに分けることができる。一つは、既存の、ある仮説をもってデータを集計・モデル化し、それを統計的に検証する集計的アプローチである。そしてもう一つは、データ群の背後に潜む安定したデータの関係性を機械的に抽出し、問題の所在の発見、対策の推定を行う、仮説発見型の分析アプローチである。この二つのアプローチは相互に補完する関係にあるが、後者は機械学習やデー

タマイニング技術に密接に関係しており、その学際的性格から、土木計画学における研究蓄積は前者と比較してあまり進んでいない状況にある。

(3) 計画における課題

第三の課題は『計画』にある。土木計画学では IT を含めた情報社会基盤を活用し、市民のニーズに応えた計画の立案を支援することや、ニーズに応えたインフラマネジメントの実施が問われている。

計画では、計画サイドからの情報を提供するだけでなく、価値観の共有や合意の形成、また多くの市民の個別ニーズに対応するコミュニケーション手段として情報社会基盤の活用が期待できる。例えば、行政マネジメントにおける PDCA サイクルを運用する上で、経年でのパフォーマンス指標の計測と加工、確認、および的確な施策立案と実施といった、多様な場面において情報社会基盤は現象の観測、データの加工のみならず、大量コミュニケーションの手段として活用できる。

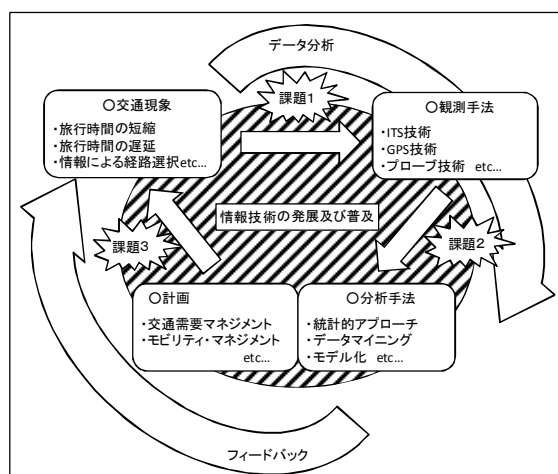


図-1 土木計画学における課題

3. 各課題に対する文献レビュー

本研究では主に『数理科学』、『人工知能学会誌』、『土木計画学研究』より、主として観測手法・分析手法に情報社会基盤の発展が与える影響と課題についてレビューする。

3.1 観測手法に関する文献レビュー

(1) プローブカーシステム

横田¹⁾は交通における情報とは「自動車の集合体と道

路環境との相互作用で形成される道路の混雑状態」と定義し、人間の行動を正確に捉えることで、正しい交通情報を生成できるとしている。またその一方で、プローブカーシステムの課題として、適正なプローブカー台数が明確になっていないことを指摘している。

電気学会では、既に確率モデルなどを用いた研究が行われているが、確率モデルにより推定した場合、プローブカーの普及率が1.2%で交通情報の90%をカバーできる精度となり、この場合、全国規模では84万台もの台数が必要となる。

これに対し横田はプローブカー台数を補う技術として以下の3つを挙げている。

一つ目は統計的方式である。長期にわたってデータを収集・蓄積し、統計交通情報データとして活用するアプローチである。

二つ目が特徴空間射影による現況の推定補完技術である。これは、実際の交通現象には『道路の渋滞状況の変化は、もともと、人間の移動行動によって生じている。従って、事故など突発的な事象が発生しない場合、時間的・空間的な相関を持つ』という性質を用いたアプローチである。この仮定に基づいた特徴空間ベクトル方式による空間推定補完という方式を紹介している。

三つ目が将来の交通情報を予測する技術である。これは、時間軸での交通情報の変化を捉えた特徴空間射影を用いた統計予測方式からのアプローチである。二つ目がリンク間の相関に着目したものにに対し、この手法はリンク旅行時間の時系列としての変化に着目したものである。

また、橋本ら²⁾は従前のプローブ調査は予算制約などから時間的・空間的に限られたデータしか得ることができないことを前提に、カーナビに搭載されているGPS機能に着目し、一般車両のプローブ情報を実務に活用できれば従前の調査に比べて詳細なデータが把握可能になるとしている。ただし、一般車プローブデータを提供する車両が実務においてサービスレベルを評価したい区間を走行するとは限らないため、実務において一般車プローブデータを活用する際には、事前に、対象区間の交通量などを調査し、どの程度の精度で推計可能かを把握しておくことが重要であるとしている。橋本らはどの程度活用することができるかを把握する参考として、日交通量別に、集計対象期間と旅行速度の推計精度の関係について、一般車プローブデータを用いてシミュレーション分析を行っている。

(2) プローブパーソン技術

プローブパーソン技術は移動体自身がセンサなどの情報を用いて半自動的に人の行動データや環境情報を収集する技術の総称である。

羽藤ら³⁾は携帯電話をベースとして収集した膨大な交通行動データに対して量子統計学的アプローチにより行動分析を行うことを提案している。主体が効用最大化を目指すとき、同一空間上に存在する他の主体を外して考えること、時間軸上に存在する主体の行動を無視して意思決定過程を考えることは現実的ではなく、このような類いに対する分析手法は、既存研究ではまだ方法論が確

立していないと述べている。また、高齢化社会における相互扶助型の交通システムや観光需要の政策的誘導、エネルギー・マネジメント問題のような政策課題を考える上で、ネットワーク上のアクティビティ分析を動学的に捉え直すことの意義は高いとしている。またその一方で、動学的研究が進まない背景としてデータ収集の難しさを挙げている。

薄井ら⁴⁾は人々の生活を豊かにする技術を提案する上で、詳細な行動を把握することは重要なファクターであるとしている。そのためには詳細な実行履歴データによる分析が必要不可欠であると述べている。観測したプローブデータは観測した状況下及び目的でのみ意味のあるセンシングデータになると述べており、このプローブデータを社会の共有資産として活用するための手法と用途を検討する必要があるとしている。その上で、その対応策として行動目的や状態などを各トリップ内に空間情報としてラベリングし、付加価値を与えるラベリング手法や観測誤差を正規化（クリーニング）し、汎用的に再利用可能なデータとして「デジタルコンテンツ化」するデータクリーニング手法を提案している。

山川ら⁵⁾は膨大な行動空間情報を基に、経路長、旅行時間をはじめとした経路データを算出することで、プローブパーソンデータから経路探索モデルの構築を試みている。そのための経路選択集合の生成方法として二つの方法を提案している。一つ目は認知ネットワークと最短経路探索を応用し、EBA手法を用いて生成する手法である。二つ目は、一つ目と比較分析が行えるよう、認知ネットワークを用いたままプローブパーソンデータの実走行経路から生成する方法である。前者は任意のOD間で選択枝集合を生成するという長所を持ち、後者は実際の選択枝集合に近いという長所を持つものである。

3.2 分析手法に関する文献レビュー

(1) 統計科学

近年の統計学では、人工知能、遺伝子、金融など多くの分野への応用が見られ、統計科学として情報分野の一つへと発展を遂げつつある。

甘利⁶⁾は変数の次元が大きい場合、現代では容易に複雑な確率や積分が計算できるため、従来の枠に縛られない新しい手法が多く生まれたと述べ、統計推論の適用の場が広がり脳科学、パターン認識、人工知能等での応用事例を挙げている。

甘利はパラメータで指定できる統計モデルを用いる発想は、理論を簡単明瞭にする点で良いと述べている一方、その発生確率の設定が難しいとしている。解決策として計算量が膨大で計算機が無い時代には不可能な手法であったリサンプリングを繰り返すbootstrap手法、Bayes推論、Monte Carlo Markov Chainを紹介し、統計学的手法及び確率論的手法の適用範囲が拡大していることを指摘している。

交通分野での応用事例として、土屋ら⁷⁾は道路における交通量は個別の目的地選択、経路選択の結果として変化するとしているにもかかわらず、個人の交通行動を長期的に連続的に観測することがないと述べており、結果、

長期的な変動要因の抽出は困難であると述べている。

土屋らは Bayes 型の時系列モデルを用いて高速道路の需要変動を各成分に分解することを試みている。常時観測データなどで長期的変動を推定することは可能であるが、これまではそのような分析が盛んではなかった理由はマクロ指標の変動要因を知ることが困難であり、計測は可能だが、予測が困難であることを挙げている。また、個人レベルのデータを扱う際にはパラメータなどにおける異質性について考慮しなければいけないことを指摘している。

武藤ら⁸⁾は、高速道路における単部交通集中渋滞に関する研究において、潜在的なボトルネック位置の推定の難しさを示唆しており、顕在化しているものを対象とした推定法が潜在ボトルネックに利用できるかは自明ではないとする。この問題に対し、武藤らは渋滞解消後における渋滞上流遷移および定着現象に着目し、階層 Bayes 法を用いて推定を行う方法を提案している。

(2) データマイニング

人工知能学会では膨大な情報量が行き交う現在において、自分の求める情報を発見することの難しさと早期発見の重要性を述べている。

須藤⁹⁾は情報技術の発展により人間の処理能力を超えた情報量が流通するようになったと述べている。今後の情報社会を確立する上で、情報の共有と適切な利用が重要だが、膨大な情報量が判断を混乱させると懸念している。そして膨大な情報量が行き交う現代において、その情報の中から必要な情報を見つけ出すことの重要性を指摘している。その解決策として高度なデータマイニングとセンサネットワークを組み合わせた情報社会基盤を紹介し、情報量の多い環境ではデータベースとデータマイニングが重要な手段になるとしている。一方でその課題として、例えば、情報技術が高度になったことにより以前よりも情報ネットワークにおけるブラックボックスが拡大していることを指摘し、インフォームドコンセントを重視した新たな制度設計が重要であることを述べている。

喜連川¹⁰⁾は近年の爆発的な情報量の増加は人類の歴史の中でも注目すべき現象と述べるとともに、旧来の技法では信頼できる情報を即座に入手することは極めて難しくなったことを指摘している。これに対し、膨大な情報に前もって種々の処理を施し、その中から情報を組織化することで可用性の高い情報をベースとしてシステムを構築する可能性を考え、このデータに従来の情報検索、フィルタリング、データマイニングなどの技術を組み合わせ、新たな情報獲得手法の体系化を図ることを試みている。喜連川は膨大なデータの中から固有データの抽出や関連データの分類などにはマイニング技法の適用が有効であるとしており、情報検索基盤技術の一環として用いている。

土木計画学では、木村ら¹¹⁾が ITS の展開によりデータ量は増加しており、行政サービスの指標化、可視化技術に対するニーズが高まってきているが、ITS のデータ自体は道路パフォーマンス計測のための統計的利用が目

的でないと述べている。マネジメント価値が高い渋滞データなどは良く利用されるものの、事業効果の把握や意思決定支援など「量」に着目した集計の利用が主となっていると述べている。膨大な ITS データの解析についてはある仮説を持って集計し、統計的に検証する従来のアプローチだけでなく、統計的に検証可能なデータ群を機械的に選定し、その背後の仮説を推測する、仮説発見型アプローチも重要と述べている。

庭田ら¹²⁾は近年、パブリック・インボルメントなどにおいて、住民の意見を直接表した自由回答方式が注目されており、計画プロセスにおける重要なデータとなるが、データの整理・分類法は確立していないと述べている。既存の調査においても記述内容の分類に留まっており、テキストの表現に含まれた住民の意図や関心に注目された分類が行われていない。しかし、パブリック・インボルメントにおいては住民の関心の所在が重要であり、計画プロセスに埋没しないよう、データの整理・分類法を確立する必要があると述べている。そこで庭田らは関心の相違が顕著に表れる疑問型表現文に着目し、分類された結果から住民の関心の分析を行った。庭田らは疑問型表現文とは「言語論の“疑問のモダリティ”+その省略形及び疑問符」と定義した。ここで“疑問のモダリティ”とは疑問代名詞、疑問数詞、疑問副詞等々が付くものを指す。そして、関心とは物事に興味を持ったり、注意を払ったり、気に掛けることと定義しており、「質問」、「疑い」、「提案」、「不満」がそれに当たるとしている。庭田らは自動分類の方法としてサポートベクターマシンを用いている。文章表現の差異によるタグの付与や単語の抽出により教師データを作成し分類の自動化を可能にしている。

Junji ら¹³⁾は JICA によって収集された発展途上都市、10 都市のパーソントリップデータを用いて社会経済の属性、移動性の要素などの旅行パターン選択における複雑な原因効果関係の分析を行った。データの分析についてはデータマイニングアプローチを用いており、系統的に旅行パターンを特定することに利用している。また、logit モデルや構造方程式モデルなどを組み合わせることで確率特性などを反映し、複雑な原因効果の影響などの分析を行えるモデルを構築している。以下にデータマイニングアプローチのプロセスを示す(図-2)

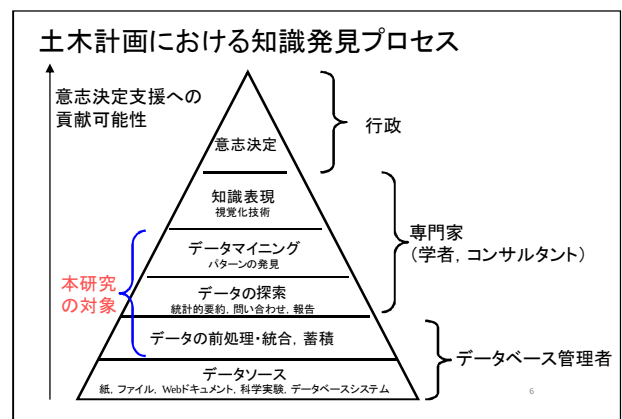


図-2 土木計画学における知識発見のプロセス

4. 考察

情報化社会の進展に伴い、情報収集端末が社会の到る所に存在している。観測手法に関しては例えば、携帯電話や電子マネーなどの IC チップ等が利用できる。課題は個人情報保護や調査費用といった制約下において精度を確保できる調査設計の方法である。なお、プローブパーソン技術に関しては現在のところ時間・空間的に局所的な観測に留まっているが、個人の行動記録を永続的に収集する「ライフログ」のコンセプトに見られるように、超長期の行動データの計測の可能性が既に議論されている。

分析技術に関しては、情報技術の普及に伴い、統計データが公開され、多くのフリーウェアやフリーGIS が利用できる状況になった。しかし従来の統計学手法、また仮説発見型のデータマイニングに関しても、膨大化した現在のデータの中から必要とする情報を見つけ出すことは容易ではない。膨大なデータの中の何を必要としているのかを理解し、それに対して適した手法及びデータを選択する必要がある。

ここで現在の情報技術の普及が、土木計画の計画プロセスに与える影響について考察する。前述の観測技術と分析技術は分析者の主観を排した現象を高密度・大量のデータに分解し、観測・分析するが、基本的には図-1で示された従来の計画過程のフレーム上で構築されるものである。人口減少と社会の成熟化が進む現在、多様な主体の多様な価値観から構成される有機的な社会を対象に、社会の構成員の大多数から合意を得られるような計画プロセスを”一般化”することは容易ではない。

土木計画学では、検証可能な数理モデルにより現象を表現し、それを用いた将来予測を一つの研究の柱にしている。これは今後とも量的な対応が求められる計画には重要なアプローチにはなるが、その一方で、価値観の多様性に対応するためには将来予測的なアプローチではなく、多様な価値観を持つコミュニティを緩やかに束ねて、環境変化に柔軟に適用させるアプローチが考えられる。

近年の情報技術の普及は明らかに知識のネットワーク化やコミュニティの生成速度を速めている。ソーシャルキャピタル研究における社会的紐帯に関する議論に関連するが、地域における緩やかな連帯（弱い紐帯）が、まちづくりや地域起業において重要な役割を果たす事例は、都市や地域計画に携わる実務家は経験的に知っている。価値観の共有を内包した意思決定支援システムとして、情報社会基盤を用いて、このような弱い紐帯の生成を支援する仕組み、合意の自己組織化を促すシステムを構築することが考えられる。市民と技術者の間では持っている知識や情報が異なり、明らかに何らかの対策が必要な場合のパターン化のコミュニケーションも近年議論されているが、そのような場合においても、将来リスクの可視化や疑似体験といった情報技術の活用により、より良い計画と合意、またその実現が可能になると考えられる。

5. 終わりに

本研究では観測手法に関する課題は個人ベースの端末の利用により、分析手法に関する課題は研究課題の明確化により、計画の課題は緊密な協議により解決が可能と考える。課題解決に関しては基本的に情報社会基盤を上手く利用することが重要だと考えており、情報社会基盤が社会に浸透した現在では、情報社会基盤を上手く利用することでデータの観測から利用まで、様々な問題を解決できると考える。

今後は情報技術の適用により様々な組織間において知識を共有することで新たな知識が生まれ、民間との合意形成にも役立つであろう。

参考文献

- 1) 横田孝義：プローブカーによる交通情報予測と推定, 人工知能学会誌 Vol.22 No.4 2007
- 2) 橋本浩良,河野友彦,門間俊幸,上坂克己：一般車プローブデータの集計対象期間と旅行速度の推計制度の関係分析,土木計画学研究・講演集 Vol.42, 2010
- 3) 羽藤英二,武智環：膨大データを基にした量子統計的アプローチによる行動分析,土木計画学研究・講演集 Vol.42, 2010
- 4) 薄井智貴,三輪富三,山本俊行,森川高行：歩行者プローブデータ多面的活用のためのデータクリーニング手法に関する研究,土木計画学研究・講演集 Vol.39, 2009
- 5) 山川佳洋,羽藤英二：膨大な行動空間情報を基本にした経路列挙アルゴリズムの提案,土木計画学研究・講演集 Vol.37, 2008
- 6) 甘利俊一：統計科学の新展開,数理科学 2004 年 3 月号 No.489
- 7) 土屋香織,中沢航太,佐々木邦明：ベイズ型時系列モデルを用いた高速道路利用者数の解析,土木計画学研究・講演集 Vol.41, 2010
- 8) 武藤圭祐,葛西誠,寺部新太郎：階層ベイズ法を用いた渋滞定着確率推定に関する分析,土木計画学研究・講演集 Vol.42, 2010
- 9) 須藤修：情報爆発時代における知識社会形成ガバナンス, 人工知能学会誌 Vol.22 No.2 2007
- 10) 喜連川優：情報爆発時代における情報管理・融合・活用基盤,人工知能学会誌 Vol.22 No.2 2007
- 11) 木村洋平,朗芮漪,有村幹治,長谷川裕修,田村亨：データマイニング法による交通渋滞の季節変動把握,土木計画学研究・講演集 Vol.39, 2009
- 12) 庭田美穂,福田大輔,屋井鉄雄：自由回答の疑問型表現に着目した市民の関心の抽出に関する基礎的研究,土木計画学研究・講演集 Vol.33, 2006
- 13) Junyi Zhang,Akimasa Fujiwara : COMPARATIVE ANALYSIS OF TRAVEL PATTERNS IN THE DEVELOPING CITIES BASED ON A HYBRID MODEL,Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies , Vol. 6