

Title	施設配置や運営時間を、数理モデルで導き出す：社会システムのモデリングと最適化
Sub Title	
Author	田井中, 麻都佳(Tainaka, Madoka)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2016
Jtitle	新版 窮理図解 No.22 (2016. 8) ,p.2- 3
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究紹介
Genre	Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001002-00000022-0002

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

施設配置や運営時間を、 数理モデルで導き出す

社会システムのモデリングと最適化

社会のさまざまな問題について、数理的手法を用いて、合理的に計画を立てたり、解決策を提示したりするオペレーションズ・リサーチ (OR)。田中健一さんは、ORの数理的手法を使って、公共施設や商業施設などの最適な配置や運営時間の設定に役立てる研究を行っている。施設の配置や運営時間しだいで利便性や収益が大きく異なることを明らかにすることで、運営者側の合理的な意思決定に役立てることができる。ORは意思決定の科学や問題解決学とも言われる実践的な研究分野だ。

施設配置の最適化問題に 時間軸を加える

田中さんが所属する管理工学科では、人やお金、情報、インフラなどにまつわる現実の社会的課題を、数理的アプローチによって解決する研究を行っている。扱う対象が社会システム全般と幅広いだけに、関連する分野は多岐にわたり難しい側面もあるが、現実に対応した答えを社会に示すことができる実践的な学問だ。

その中で、現在、田中さんが手がけ

るのは、都市工学分野の「施設配置問題」。自身の研究の特徴を、田中さんは次のように説明する。

「工場などの施設の最適な配置場所を数理的に求める研究は、すでに1世紀以上前に行われていて、“ウェーバー問題”として知られています。その後、施設配置問題は幅広い展開をみせていますが、これまでは基本的に空間配置しか扱ってこなかった。私の研究では、ここに時間軸の概念を取り入れて、限られた時間の中で施設サービスを楽しむ人間の行動を直接モデルに取り入

れた点に特徴があります」。

その一例として、田中さんは社会人大学院の配置問題を提起した。首都圏の企業などに勤める就業者が退社後の帰宅途中で大学院に立ち寄るという場面を想定して、利用人数を最大化するための施設配置と授業開始時刻を導き出し、サービスを提供する主体の意思決定に役立てようという試みである。

「開始時刻が早すぎれば、退社後に授業に間に合う人が少なくなるし、遅すぎれば帰宅できなくなる。その時間軸上のトレードオフに対して、いかに最適な解を導き出すのかがポイントになります」(田中さん)。

合理的な計画案の中に、 勤と経験では導けない 意外な答えが

ここで、田中さんが用いたのが、首都圏の通勤・通学の鉄道やバスの利用状況をアンケート調査した『大都市交通センサス』と呼ばれる大規模データである。このデータをもとに、退社後、社会人大学院で3時間授業を受けて、夜11時までに帰宅する場合、首都圏のどこに施設を配置して、何時に授業を開始すれば利用者数が最大になるかを、数理モデルを用いて導き出した。

「ただ、時間を取り込むと、単に場所を選定するよりも、桁違いに情報量が増えてしまいます。数理最適化問題を解くためには、すでにさまざまなソルバー(ソフトウェア)が用意されてい

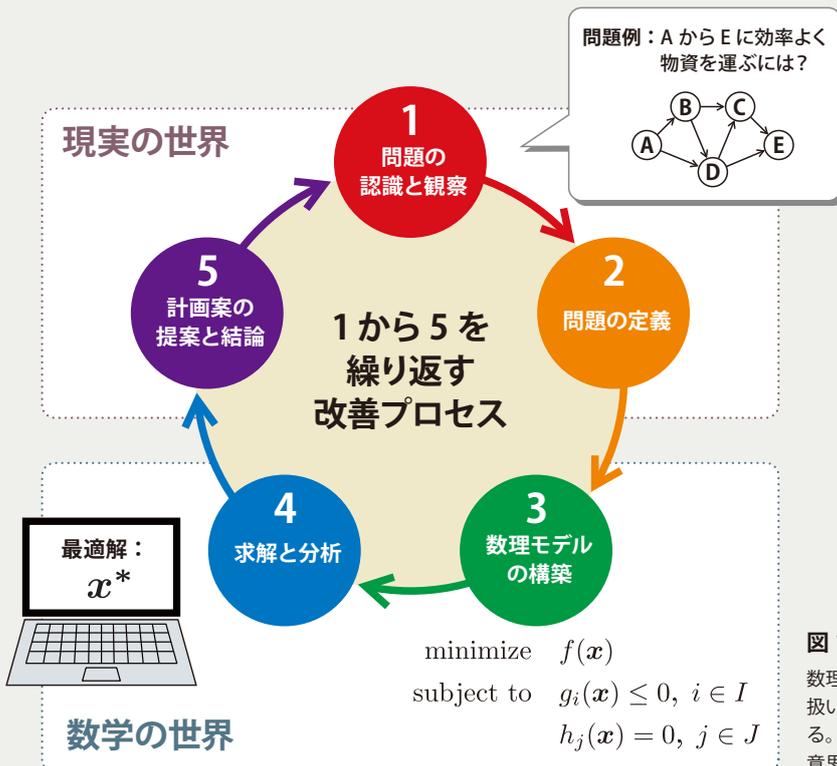
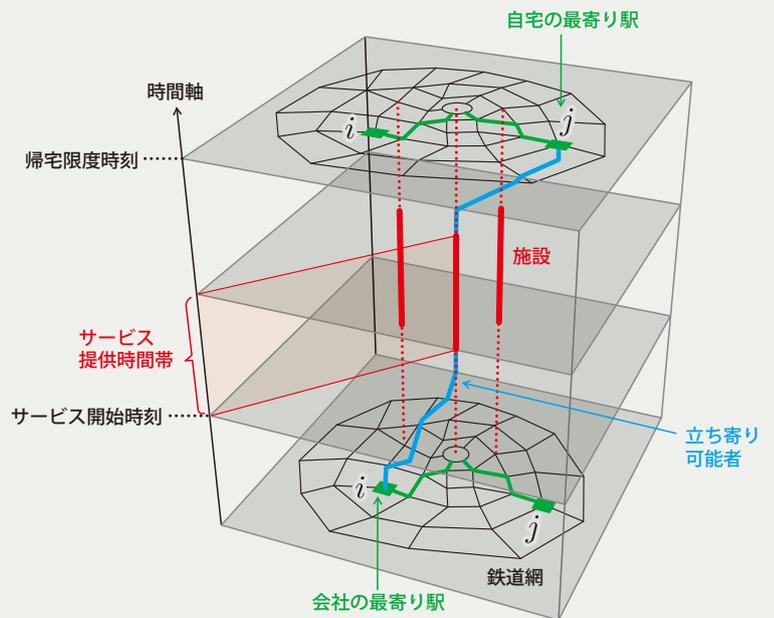
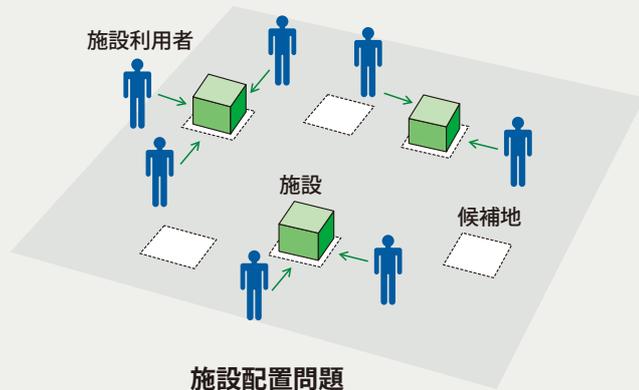


図1 数理モデリングによる問題解決

数理モデル構築の際には、重要な要因のみに着目し、数理的に扱いやすい問題として対象をうまく表現することがポイントである。時間やコストの許す限り、1から5の流れを繰り返して、意思決定に役立つ知見を引き出すことを目的とする。

時間軸を導入して一般化



ますが、最新のソルバーを使ったとしても、時間情報まで入れ込むとデータ量が膨大になり計算できなくなる。そこで、モデル化の工夫を行うと同時に、提案モデルの特徴を捉えたアルゴリズムを設計しました」と田中さんは言う。

その結果、ある想定の下では、開始時刻を10分刻みで設定した場合、施設を1つだけ置くのであれば、社会人大学院を新宿に設置して、7時10分に開始するのが最適であることが導き出された。2位以下は、渋谷、表参道、原宿、代々木の順となっていて、直感とのズレはさほどない。

面白いのは、施設数を2つ以上に増やしたときである。施設が2つの場合、開始時刻を施設ごとに独立に設定できる場合には、新宿と青山一丁目で、7時30分と7時に開始するのが最良となった。さらに、同一時刻に授業を始める場合は、神保町と菊名（横浜市）に施設を設置して、7時10分に開始するのが最良という答えが導き出された。

「各施設の開始時刻を独立に設定できる場合には、都心に複数の施設を同時配置して、時刻をずらしたほうが有利だし、開始時刻が同一の場合には、都心だけでなく、サービス享受者の自宅に近い住宅街にも施設を設置したほうがいい。状況設定に応じて、結果に大きな差が出るんですね。このように、勘や経験則だけではたどり着けないよ

うな、合理的な答えを導けるところに、数理モデルによる分析のリアリティと面白みがあります」。

汎用モデルを提示して、さまざまな場面に役立てたい

もともと、社会人大学院の設置問題は、あくまでも一例であって、田中さんの狙いは、さまざまな場面に応用できる汎用的なモデルをつくることにある。

「このモデルも、利用者の施設への立ち寄り方や施設の運営方法などの条件を変えることで、スポーツクラブや映画館、コンサート、各種イベントなどの幅広い対象に応用できます。また、保育園、図書館などの既存施設のサービス時間帯の見直しや改善など、一見異なる状況にもモデルを少し変更すれば応用できます。つまり、私の目標は、汎用的なモデルをつくり、分析のためのフレームワークを提示することにあるのです」と田中さんは強調する。田中さんの研究テーマが多岐にわたる理由である。

たとえば、最近では、安全性の高い集団下校ルートに関する共同研究といったテーマも手がけている。下校途中の児童が事故や事件に巻き込まれないように、できるだけ1人で歩く距離を減らし、なおかつ全児童の学校から

図2 時間軸を導入して一般化した施設配置問題

施設配置問題では通常時間軸は無視される。しかし、都市に施設を配置してそれらを運営していくためには、時間的な要因が重要になる。図では、鉄道網や道路網を表す物理的な都市空間に垂直に時間軸を導入して状況を一般化している。この時空間領域内で、人の流れ（利用者の施設への立ち寄り行動）を表現し、施設サービスを最適化する状況は、身の回りの様々な場面に現れる。汎用的な枠組みの構築を目指して研究を行っている。

家までの移動距離の合計を短くすることを課題にした。その結果、単独で歩く距離を6割に減らし、かつ移動距離の合計は1%程度の増加に抑えることができた。この成果は歴史ある国際雑誌に採択された。

さらに最近では、交通手段選択を考慮した省エネルギー都市設計、老朽化に着目した都市インフラの維持・管理モデル、火山噴火時における避難施設の適正な配置計画など、現場で求められる問題から出発して、新しい数理モデルの開発とその応用のための研究を行っている。

「数理的な手法を用いることで、意外な気づきがあり、よりよい社会の構築に役立ちます。これからも、世界に向けてインパクトのある研究成果を発信することを目標に、日々研究に取り組んでいきたいと思っています」と、田中さんは目を輝かせた。

(取材・構成 田井中麻都佳)