

リアルとモデル，データと計算

田口 東

2022年3月に大学を定年退職しました。ちょうど良い区切りですから、これまでのオペレーションズ・リサーチに関わる研究活動で私がどんなことを考えてきたのかを、主として交通モデルについてお話いたします。式も図もほとんど現れません。そのかわりに、その研究にたどり着くまでにウロウロと手探りしたこと、困ったこと、助けられたことなど、論文や報告書には書かないこともお話するようにいたします。なお、大学退職後もオペレーションズ・リサーチ学会の活動はしばらく続けるつもりです。

キーワード：交通ネットワーク，時間依存，プログラム

1. オペレーションズ・リサーチの勉強をはじめまで

2022年3月に中央大学を退職し、最終講義「リアルとモデル，データと計算」を行いました。OR誌編集委員長野々部先生から誌上最終講義の依頼を受けました。どこでばれたのでしょうか。もちろん引き受けましたが、本心は困ったと思っています。それは、これまで一つの分野や理論を追求してきたのではなく、そのときに興味のある対象を取り上げて、データ収集、モデル作成、解の計算を進めてきて一貫した筋というものが無いからです。さらに結果はカラーの図だったりアニメーションだったりして誌面向きではありません。一方、心がけてきたのは、できるだけ現実に近い規模で議論すること、数理的な面白さを入れること、解を出すことは譲らないことです。それをここでお伝えすることができるよう心がけます。

まず計算しよう

工学部を卒業して重工業分野の企業に就職し、技術計算プログラムの作成に2.5年従事した。その間は設計部門からの依頼を受けて明けても暮れても理論式をプログラムに書き、計算結果を依頼元の理解が得られるように図やグラフで表現して届けていた。非常に楽しい時間であったが、自分の中に積み上がるものが少ないように感じ、卒業した学科で伊理先生の助手になり45年間を超える教員生活をはじめることになった。

最初に頂いたテーマは、道路が密にある道路網に対して、標準的な離散ネットワークモデルのアナロジーとして連続体上の流れモデルを考えようという内容である。定式化の後、理論面の考察に進むか実際の問題への応用に進むかの考えどころでは、迷うことなく後

者を選んだ。離散ネットワークは長い間研究が行われていて、圧倒的な能力が示されているところで、連続体流れモデルを提示するために、「密」に見える実際の都市道路網を対象とした。仙台市を選び、紙地図からデータを作り定式化と解法（離散化）を考え、ネットワークモデルの解と比較した。理論は奥深い数学の話になるので難しい。一方、連続体だけに全体的な傾向の可視化に優れているのでその点を強調した。見て楽しい解を導くことはずっと引き継いでいる [1-3]。

その後、システム構成要素間の関係をグラフに表し、グラフの分解手法を適用して構造を可視化することを考えた。以下は実際の問題からヒントを得て考えたものである。

- ・プロットによる筆順の最適化 [4]
- ・品質表にある要求品質と品質特性の関係 [5]
- ・入試データに基づく大学序列の可視化 [6]
- ・大学病院診療科間の結びつき [7]

2. 鉄道利用移動の時間依存性を静的に表現する

2.1 時空間ネットワーク

2点間の距離分布と必要な通路の量という観点から、ビルや限られた地域内の移動の問題を考えた [8]。これは腰塚先生の研究の中の、ただの空間に対して人の分布と移動を考えると不思議な構造が現れるという視点、が非常に新鮮でそれに感激したことによる。しかし、同じ方向には深く立ち入らず、加えてみたい点

- ・実際の問題への応用
- ・時間依存の問題を OD データを得て考える
- ・離散的な問題として解を得たい（連続は難しくて懲りた）

を実現できる対象を探した。幸い中央大学から在外研究のチャンスを得て米国コーネル大学に1年間滞在で

たぐち あずま
中央大学名誉教授、(株)ベクトル総研技術顧問

きた。豊富な時間を使えるので、実社会に対するインパクトが大きな問題が揃っている鉄道の問題を扱うモデルを作ることにした。車、人（徒歩）の交通ともっとも異なると考えたのは、時刻表があることによって時間依存の現象を静的なネットワークのノードとリンクの接続で表すことができる点である。列車が乗客をひとまとまりとして運んでくれるとみて、駅の上に時間軸を陽にとって列車の発着時刻で刻みをつけ、列車の運行を発ノードから着ノードへのリンクを作る。そして、駅での乗換と待ち、列車間の乗換のリンクを作成すると、鉄道を利用する乗客の移動を表現することができる（このネットワークを時空間ネットワークと呼ぶ。乗客の選択行動を計算するために鉄道交通の分野において以前から提案されている [9]）。

このネットワークは時間軸方向に拡大されているため大規模になるが、静的なネットワークなので扱いは易しい。風の噂に「道路ネットワークに対して普通に作る時間拡大ネットワークに過ぎないでしょ」と聞いたことがある。もちろんおっしゃるとおりであるが、このとき考えたネットワークは地理的に広範囲で長い時間をカバーするように作っており、利用者 1 日の移動と滞留を公共交通機関に注目してはりつけることができるので、興味深く有用であると考えている → やれるものならやってみな！

定式化の課題は大きく二つある [10]。一つは時刻表からネットワークを作ること、もう一つは経路探索の有用性を大きく超えるような意味のある課題に対する解を提示することである。ネットワークを考える前は鉄道駅の数、東京首都圏 2,400 駅（JR と私鉄）、日本全体 12,000 駅（ほぼ JR）が多いと感じていて、これを 1 日に拡大して扱えるかという不安があったが慣れてしまえば可愛いものである。このネットワークを扱う醍醐味は、カバーする領域をできるだけ広くとることによって、領域全体の人の動きを把握し、“往 → 施設の利用 → 復” のような動きをモデル上に表現できることである。最初にネットワークを作成したときは時刻表の電子データの存在が不明であった。幸い、冊子が市販されているし時間は売るほどあるので力任せの手入力による。その後“業務用”の電子データの存在を教えてもらい、次項の大都市センサスとともに入手はお金で片がつき、“専門家”の囲い込みのような障壁がないのが喜ばしいことであった。

2.2 交通データと乗客の選択行動モデル

大都市交通センサス

東京、名古屋、大阪の鉄道利用に関するアンケート

調査が 5 年に一度行われる。集計前のデータ（個票）を使うと、出発駅、到着駅、それぞれの時刻、途中乗換駅、普通・優等列車利用の区分がわかり、利用経路を再現できるデータが得られる。この当時はお金を払うとデータを購入することができたが（この点でも大学に感謝）現在はハードルがある。このデータを使うと興味深い数理計画問題を考えることができるのでハードルを下げてほしいものである。

交通配分問題

大都市交通センサスから得られる時間依存の OD データ（出発駅、目的駅、到着時刻（出発時刻））を境界条件として与え、ネットワーク上の流れを計算するモデルを導く。出発駅と目的駅間の経路選択に第一に効くのは移動時間である。しかし、最短時間経路だけに割り当てるのでは単一の経路に集中してしまう。通常の交通利用の再現を考えると、移動時間のかかる経路にも分散する仕組みが欲しい。そこで、乗車率が高くなるとコストが高くなる BPR 関数 (1) を採用した。

$$\phi_a(u_a) = t_a \left(1 + \gamma \left(\frac{u_a}{c_a} \right)^\alpha \right) \quad (1)$$

u_a はリンク a の流量（ a に対応する電車の乗客数）、 c_a はリンク a の容量（電車の定員）、 t_a はリンクの旅行時間であり、 $\gamma > 0$ と $\alpha > 0$ はパラメータである。二つのパラメータは移動時間と混雑のトレードオフを表している。そして出発駅から到着駅までの経路のコストはそれに含まれるリンクコストの和であるとして、すべての利用者に対して、自分が選択している経路がもっともコストが低く、それ以外の選択をすると高いコストを被ることになる、という仮定を課した利用者均衡配分によると仮定する。

後述の計算によって配分問題を解いた結果と大都市交通センサスから推計した電車ごとの乗客数を比較して、BPR 関数の二つのパラメータを、時刻によって混雑度の重みを切り替えるように次のように定めた（図 1）。あわせてモデルの妥当性を大都市交通センサスを正解として検討した。

$$7:30 \text{ まで } \phi_a(u_a) = t_a \left(1 + 0.02 \left(\frac{u_a}{c_a} \right)^{4.5} \right)$$

$$7:30 \text{ 以降 } \phi_a(u_a) = t_a \left(1 + 0.1 \left(\frac{u_a}{c_a} \right)^{4.5} \right)$$

流れの種類

ネットワークの時間分解能は時刻表の記述どおり 1 分である。利用者の OD データの時刻は、アンケート回

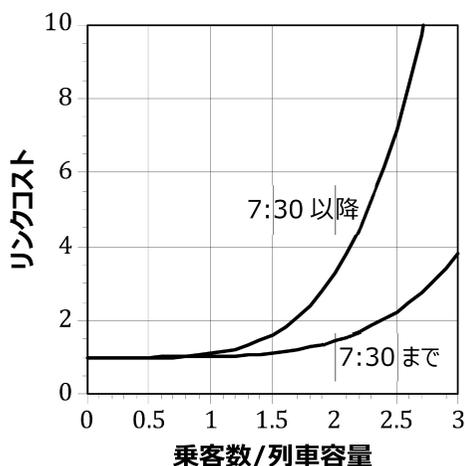


図1 リンクコスト (BPR 関数)

答のパラッキを調べるとそこまで細かくできない。できるだけ短い間隔を目指して15分刻みを採用した。そして流れの品種を“到着駅×到着時刻(15分刻み)”とする。多品種流問題とする。コスト関数が正值で単調増加関数であれば、均衡配分問題は、凸関数の最小化問題に書き換えることができる。定式化は素直であるが、解くには変数が非常に多くなることへの対策が必要となる。オリンピックの計算例では、時刻の刻みを15分間として、流れの種類が66,349、リンク数が2,866,219、その積が変数の数となるのでそのままの形で解法を考えることは躊躇する。しかし問題の特徴を使った解法を組み立てることができる。利用者均衡配分問題を解くときの探索方向が、各品種の到着ノードをソースとする最短路問題の解を使って計算することができるので[11]、リンクを通る流量の和を覚えていれば計算することができる。

3. 考察した鉄道利用の問題

3.1 このモデルで扱えることと扱えないこと

移動時間と混雑に対する選好はコスト関数の二つのパラメータを調整して表すことができる。また、新線の建設、従来の路線の変更や廃止のようなネットワークの変更、利用客数の変化はストレートに定式化に反映できる。問題がネットワーク全体の流れのコスト最小化という簡単な原理によって書かれているので、最適化アルゴリズムによって得られる解を調べると需要とネットワークの構成要素を変更した影響がわかる。

これらの変更に対して、ネットワーク全体を対象とした実証実験を行うことは非常に難しい。また、局所的な変更であっても、ネットワークを通して利用客が

移動するので考える範囲を限定したくない。「混雑には利用客数がわかれば対応可能です」は「今は予測できないから対策不可能です」につながることもある。「明日は降雪なので運行本数を削減する可能性があり利用者には余裕をもって出勤してほしい」、この中で具体的なのは降雪だけ、何が起ころかは利用客も鉄道会社も相手の情報をもたないので大混乱が起きそうである(最近は潔く全面運休+自宅待機となることが多い)。正確な予測は非常に難しいけれども、議論可能な仮定のもとで推測することに意味があるはずである。モデルを用いた予測を検討の対象として受け入れるおおろかさが欲しいものである。

このモデルで扱えないこと

配分問題が解けるためには複雑なコスト関数は採用できない。また、経路コストはリンクコストの和となるという仮定が必要なので運賃は扱えない。

3.2 首都圏鉄道の混雑緩和

時差出勤

このモデルを考えた動機は、東京の通勤混雑を考えてみたいことにある。戦後の復興期からずっとハードウェアの増強と通勤利用の増加が攻防戦を続けてきた。1960年東京オリンピック時にも電車混雑とオリンピック客輸送の問題が取り上げられ、時差出勤が提唱されている。ハードウェア増強は平均値を上げる努力であり、通勤利用はピークによる一点突破であるから鉄道会社が極めて不利である。施設利用の点からは利用の平準化が指向されるべきである。しかし、時差出勤は長期間提唱されながら成果を上げられなかった。そもそもどのくらい「時差」すれば「出勤」が楽になるかわかっていない、少し一般的な言い方をすると、混雑を避ける行動(利用者の我慢)と得られる効果(混雑緩和)を量の面から天秤にかけた説明はなされていないようである。このモデルでは、時差出勤は利用者の到着時刻に対して現状から幅をもたせた複数の到着ノードを設定することによって表現できる。解いてみるとこの対策は混雑緩和には全く効果がないことがわかる。一方、コスト関数のパラメータを混雑を嫌う方向に変えると、小さな「時差」で混雑は緩和できて、しかも移動時間分布は現状と大きく変わらない[12]。

田園都市線

前項の計算から利用者任せの負荷平準化が難しいことを思い知らされた。そしてこの知見を適用できる実際の問題を考えていた。同僚の鹿島茂教授(交通工学)から、田園都市線は急行が激しく混雑して普通を道連れに遅れが常態化している、急行を普通に格下げした

方が輸送効率が上がるのではないかと、計算してみたら、という提案を受けた。“利用者に好まれる選択肢”を捨てる究極の平準化である。まず、大都市交通センサスを使って、各駅各時刻で乗降する人数を他線との乗換を含めて計算する。各列車各駅の乗降人数から停車に要する時間を計算して遅れを算出し、繰り返し計算を通して時刻表全体で遅れを積み上げて運行スケジュールを作る。これを、普通と急行がある時刻表と、すべて普通にした時刻表に適用して乗客の移動時間を計算した。急行の降格によって通勤時間帯では平均移動時間が短縮され、その後実行された田園都市線のダイヤ改訂による結果と良く一致した [13]。

3.3 オリンピック開催時の混雑予測

オリンピック開催時のオリンピック客の鉄道利用による混雑を予測した [14]。これは通常客の鉄道利用よりもさらに時間依存性が強く、混雑箇所が偏在することが推測できる。通常客を交通配分して固定し、競技開催スケジュールに合わせてオリンピック客の OD を作成して、固定した通常客の上に均衡配分する。混雑する可能性がある場所と時間は大きく二つある。

- (1) 競技場最寄り駅およびそれに接続する路線において、競技の開始時刻と終了時刻に合わせて混雑が発生する。こちらは比較的予想しやすい。
- (2) 都心の大きな乗換駅およびそれに接続する路線において、通勤ラッシュとオリンピック客交通が重なったときに混雑が発生する。こちらは競技場から離れた駅で起きるので予想が難しいだけでなく、通勤ラッシュ時の駅混雑が激しいため危険である。

前者に対する対策は、オリンピック客に競技場最寄り駅に集中せず分散して乗降してもらうように願う。後者に対する対策は、混雑する場所は両方の利用客にとって便利な駅と路線であり変更は難しく、ボリュームは通常客の方が圧倒的に多いので通常客の総量規制である。オリンピック客と通常客に願う内容は異なり、それぞれできるだけ具体的の方針を示すこと、またどの程度協力してくれば効果があるのか、協力が得られない場合には何が起きるのかを合わせて示すことが望ましい。不利益になることを願うのであるから、結果として一律の削減を願うとしても、丁寧に負担と効果の予測をみせるべきであろう。「大体どこが混雑するか経験上わかりますよね、そこを通る発生源に重点的に願えば解消します」は前述の雪の日のお願いに近いので、利用者には響かないと思う。

3.4 モデルの拡張、一線を越えてメディア登場 50 回超え

“駅到着すなわち競技場到着”とするのは適切ではない。競技場が交通機関から離れていて最寄り駅が複数ある、駅が小さいので施設から遠くなくても複数の駅で分担しないと現実的な乗降人数を処理できないといった事情がある。時空間ネットワークに競技場と駅間の移動を加え、競技場へ向かう降車駅も選択させないと適切なモデルにはならない。

さて、オリンピックに関心のない鉄道利用者が特定の駅の特定の時刻（ラッシュ時）に混雑に巻き込まれる可能性があることが推測された。正しいか？と問われて、ギリギリ自信のあるところはここまでである。しかし、丁寧な取材を通して懇意になった新聞社の記者さんから「駅利用者がピーク時に通常の 1.2 倍になる」といわれても何が起るのか伝わらないので、警鐘を鳴らすためにもう一步踏み込んで欲しいと頼まれて“やばい”領域に踏み込んだ [15]。

具体的でわかりやすいのは駅の構内混雑によって歩行速度が低下して渋滞が起こることである。丁寧な構内シミュレーションを行うデータも時間も能力もない。しかし駅への乗客の流入カーブと流出カーブなら計算できる。それぞれの累積カーブを重ね合わせ、各時刻で構内に滞在する人数と、構内を通過するのにかかる時間を読み取る。現状では渋滞は発生していないが、もっとも構内人数が多い時点は速度低下が始まる直前であると仮定する。オリンピック客を加えて、速度低下を含む構内人数と滞在時間の計算を行って、構内人数を推計した。すべての駅が危険ですという雑な結論ではなくて、都心の主要な乗換駅で、代々木エリア、湾岸エリアにつながる路線上の駅が、激しい混雑が予想される駅として現れたことはモデルの記述力を表している。

マスメディアの人を巻き込む力は強力です。次第に、伝える内容よりは流行に乗ることが大切と思われる場合が多いことに気がつき（滝沢カレンとの共演に心引かれつつ）、川岸から引き返しました。これまで大いにお世話になった大学の学生募集のためと思って危険を犯しましたが、個人の力の範囲ではもうやりたくありません。

4. 車や徒歩による移動モデル

4.1 時間拡大ネットワークを使って車や歩行者の渋滞を計算する

オリンピック開催時の混雑の計算では鉄道だけでは

なく、駅と施設間の移動をモデルに組み込んだ。バスは時刻表があるのでモデルに組み込むことは単純な拡張である。それに対して、時刻表のない車や徒歩移動は新たに考えてみたい課題である。すでに数多くの手法が提案されているので、それらとあまり重ならないことと時空間ネットワークとの接続を念頭におく。そして、時間依存の問題を対象として、離散的なネットワークフロー問題としての定式化を考える。まず通路ネットワークのノードの上に時間軸をたてて、一定間隔に刻みをつけ、リンク通行時間を定めて時間軸の刻みの間にリンクをはって時間拡大ネットワークを作成する。

発災から時間推移にともなって起こる事象に対応する避難計画問題と、駅構内を歩行移動する乗客による混雑問題を取り上げた。3節の鉄道モデルでは混雑はコストにだけ現れ渋滞はなく、ネットワークのとおり運転される。しかし、車や徒歩の移動では交通密度が高くなると移動速度が低下する。したがって、時間拡大ネットワークにおいて、リンク流量に応じてリンク通行時間が変わるので、時間拡大ネットワークのリンクをはり直す必要がある。

基本はリンク移動時間をコストとする均衡配分問題としての定式化である。ポイントは、“リンク流量の計算 → ネットワークの更新”の繰り返し収束するかである。仮に正解がわかっていたとすると、正解のリンク通行時間のとおり時間拡大ネットワークを作成してリンク流量を割り当てれば整合しているはずである。かなり厳しいがやってみよう、信ずるものは救われる！

- (1) 初期解を仮定してネットワークを作る。
- (2) ネットワークを固定して均衡配分問題を解く。
- (3) リンク交通量からネットワークを更新し(2)へもどる。

いつも思いついたらプログラムを作成して解いてみるのであるが、この問題に関しては過去の文献を探し出した [16, 17]。文献 [17] にある計算例は小さなものであり、解法は上の (1), (2), (3) と同様である。よし、行ってこい！

この計算は、多くの路線が乗り入れていて乗換客が非常に多い新宿駅構内の人の流れの計算に応用した例を OR 学会の特別講演で紹介した [18]。

4.2 鉄道・バスと徒歩(道路)を合わせて地域をカバーする交通モデルを考える

移動には目的(目的となる施設)があり、目的に応じて常識的に許容される移動時間がある。公共交通機関

に期待されることは、地域をカバーしてそこに生活する人がさまざまな目的を果たせるように円滑な移動を提供することである。移動時間の長い短いに対応して、施設がカバーするエリアに広い狭いがある。施設をバス停や駅に結びつけることが可能であるとすると、日本の国土の上にさまざまなレベルの“交通の要所”とそれがカバーするエリアを計算することができる。この際に、目的地にできるだけ短時間で移動するだけではなく、そのような移動が1日のうちに何回可能であるかも重要であり、1日中安定して高頻度で移動できる場合は質が高いといえる。これには交通機関の運行頻度と、2地点間が遠い場合には路線間の乗継接続の善し悪しが効いてくる。このような交通の要所、カバーするエリア、質の高い移動の多寡を可視化すると、大都市圏、東海道・山陽新幹線沿い、後発の新幹線沿い、そのほかの地域と区分けされて、移動し易さはかなり偏っている。リニアはそれを後押しする。オープンデータが入手可能なスイスで同様の計算をすると、国土全体にわたって一様性がある、公共交通機関に対する考え方の違いが現れていて興味深い。

便利な移動を考えるモデル

住居からバス停や駅へ移動し、途中徒歩による乗換を使ってバスと列車を利用して目的地に向かう、という移動を扱うモデルを考えよう。

- ・バス・列車の接続の善し悪し
- ・バス停・駅までの移動手段
- ・用事を済ませて帰宅する、または次の目的地まで移動することが可能か

が興味の対象であり、大都市の通勤交通に対するものとは異なる観点が必要となる。

大都市を除くと交通機関の運行頻度は低い。たとえば、バスと列車間で乗継接続が取られているという場合でも、列車に間に合うように客をバスが運んでくるが、列車からの客を受け取らずに発車するというように、一方向だけのことがある。頻度が低い場合にはこれは致命傷である。この例ではバスの停車時間を延長して、列車の客を同じバスが受け取るのが可能な策である。すべての接続箇所ではなく、適切な箇所を定めて時刻表を調整するというのは興味深い数理計画問題である [19]。

低頻度交通の地域では、バス停や駅の分布が疎であり公共交通機関へのアクセスが不便であることが多い。疎でなくても、標高差がある、交通量が多い、高齢であるなどの理由で、公共交通機関の利用が難しいという課題がある。この問題を考えるために、道路ネット

ワークと時空間ネットワークとを同じレベルに置いて、二つのネットワークをバス停・駅と近接する交差点との間で連結して、その間に人を移動させる。道路ネットワークのリンク移動時間は固定しておく。

現状では出発時刻または到着時刻を指定して、標準的な最短路アルゴリズムを適用した最短時間経路の計算が可能である。ノードのラベルには時刻を使う。計算の要点は次のようである。あるノードに永久ラベルをつけたとき、

- (1) そのノードがバス・列車の発着ノードの場合には、時空間ネットワーク上で接続するリンクの他方のノードに仮ラベルをつけ、当該ノードに結びつけられた道路交差点に仮ラベルをつける。
- (2) そのノードが道路交差点である場合には、道路ネットワーク上で接続するリンクの他方のノードに仮ラベルをつけ、もし当該ノードがバス停・駅と連結されていれば永久ラベルの示す時刻から間合うもっとも早い時刻のバス・列車の発着ノードに仮ラベルをつける。

何に使うか

時間依存の OD が与えられると利用経路の計算ができる。今のところは地域全体の潜在的な交通需要を考え、移動手段が適切に提供されているかを見ることを目論んでいる。たとえば対象地域内の病院を目的地に設定し、居住地から徒歩、バスと列車を組み合わせて病院に向かうとする。到着目標時刻を終日一定時間おきに設定し、時刻表に基づいて各時刻で訪問しやすい病院へ向かう。

- ・バス停・駅までの徒歩移動の量
- ・病院にたどり着きやすい地域、たどり着きにくい地域を調べることができる。こうしてバス停・駅が疎な地域、徒歩移動が負担となる高齢者に対して、バス・列車を補助する交通を、どこにどれだけ入れるべきかの検討に役立てることができると考えている。4.2 節の内容のほとんどは最終講義 [20] で参照できるだけで、きちんとした報告書になっていません。これからの課題とさせていただきます。

5. モデルと計算からリアルへ

ここまでお読みくださってありがとうございます。最後に、野々部先生からの宿題「OR (学会) についての思いを書いてください」を果たします。OR は実学であるといわれているが、実際の問題を扱った研究は少ない、とは私が OR 学会に参加した頃にもいわれています。今では振り切ってしまうのでいわれる

ことは少ないかもしれませんが、この言葉は研究を主とする人を対象としているのですが、本文でチラリと書いたように、特に“重厚”な分野（企業だけでなく研究にも）にしっかりと建てられた高い参入障壁にも原因があると感じています（私の誤解であると嬉しいです）。入手可能な情報を使って課題の概要を理解しモデル（方程式）を作ったとしても、それが実際に運用されているシステムの改善につながるか、言いかえるとお金をいただけるプランを提案できるかと考えると、対象にかなり踏み込んで理解するチャンスとデータが必要であり、それにはお互いの信用と協力、研究する方の時間と心の余裕も必要なので、簡単なことではありません。反目しているというのではなく、大きな川の両岸で会話をしているようなものです。

これまで私は環境に比較的恵まれていて、役職につけていない時期は授業をきちんとすれば、論文を書けとか（それも“格”の高い雑誌に）、大学運営のための事務作業をせよと命ぜられたことはありませんでした。おかげでデータ作成の土方作業、答えが出るんだか見通しのないプログラム作成に時間を使うことができました。今の研究者の方々の状況をうかがうとそうはいかないようです。学会活動に求めるものを数理的な研究に限るのは一つの選択かもしれませんが、個人にも集団にも振れ幅はありますし、応用から理論まで幅広くたよっている進め方が実りは豊かで先の見通しは明るいと思います。学会単独でできそうなことは企業や大学を問わずできるだけ多様な方々に参加してもらえることを目標とすることでしょう。機関誌は編集委員会の努力のおかげでさまざまなテーマを扱っていて会員が勉強できますし、それを執筆して下さる方をお願いする力もっています。研究発表会はまだ参加者が確保できています。そう思ったとき、発表される研究論文が量と分野の面で寂しい気がします。学会に参加する意義の中で成果を研究論文として発表することは重要です。よく言われる「質の高い論文は海外の著名雑誌に投稿します」は正当であるとして、それならば異なる質の軸をたてて、苦もなく読めるがアイデアは秀逸、記述された世界を知ることによって数理モデルを考えてみたくなる、など、評価の観点を多様にして今までとは異なる雰囲気の記事を集め、次第にピークも高くするという作戦はいかがでしょう。

大学を終え1ヶ月ほどブラブラしたあと、人流に関わる課題のコンサルティングを主な業務とするベクトル総研という会社で手伝いをしています。モデル側とリアル側の間を、経験豊かな方の後について行き来し

ようとしておりますが、まだまだ途中で溺れそうです。下調べをして相手の課題を探る会話をしながらモデルのさわりを紹介していくと、モデルが的からずれていても話が弾んで次につながる場合があります。これは、具体的にお困りの課題を認識しているところで起こるように思います。しばらくの間モデルとリアルの間に行き来を楽しめそうです。

参考文献

- [1] A. Taguchi, "Maximum flow problem in discrete continuous compound system and its numerical approach," *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **21**, pp. 245–272, 1978.
- [2] 田口東, "交通網の分析手法," オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **23**, pp. 756–763, 1978.
- [3] A. Taguchi and M. Iri, "Continuum approximation to dense networks and its application to the analysis of urban road networks," *Mathematical Programming Study*, **20**, pp. 178–217, 1982.
- [4] 田口東, "プロッターの漢字筆順最適化," 情報処理学会論文誌, **25**, pp. 388–393, 1984.
- [5] 田口東, 菊池浩人, 関和夫, 吉澤正, "グラフ理論を応用した品質表の分析手法," 品質, **16**, pp. 119–125, 1986.
- [6] 田口東, 高橋修一, 中村学, "志望校併願データから導かれる大学・学部に対する選好—国公立大学理工系—," オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **35**, pp. 228–235, 1990.
- [7] 田口東, 中川肇, 鶴田陽和, "病院診療科間のコンサルテーション数に基づく結びつきの可視化," 2018年度日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp. 170–171, 2018.
- [8] 田口東, "大規模超高層ビルにおける内々交通とエレベータ通路," *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **37**, pp. 232–242, 1994.
- [9] 家田仁, 赤松隆, 高木淳, 畠中秀人, "利用者均衡配分法による通勤列車運行計画の利用者便益評価," 土木計画学研究論文集, **6**, pp. 177–184, 1988.
- [10] 田口東, "首都圏電車ネットワークに対する時間依存通勤交通配分モデル," 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, **48**, pp. 85–108, 2005.
- [11] 土木学会土木計画学研究委員会「交通ネットワーク」出版小委員会編, 『交通ネットワークの均衡分析—最新の理論と解法—』, 土木学会, 1998.
- [12] 田口東, "時差出勤のパラドックス," オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **48**, pp. 555–559, 2005.
- [13] 鳥海重喜, 中村幸史, 田口東, "通勤電車の遅延計算モデル," オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **50**, pp. 409–416, 2007.
- [14] 田口東, "東京オリンピック観客輸送の余裕を首都圏電車ネットワークは持っているか," オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **57**, pp. 5–14, 2016.
- [15] 田口東, "数理計画法で解く首都圏電車の混雑—2020東京オリンピック開催時, どうなる—," オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **65**, pp. 429–438, 2020.
- [16] R. Jayakrishnan, W. K. Tsai and A. Chen, "A dynamic traffic assignment model with traffic-flow relationships," *Transportation Research C*, **3**, pp. 51–72, 1995.
- [17] H. W. Hamacher and S. A. Tjandra, "Mathematical modeling of evacuation problem: State of the art," *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, M. Schreckenberg and S. D. Sharma (eds.), Springer Berlin, pp. 227–266, 2002.
- [18] 田口東, "電車・駅の旅客流動を高精度に推定する数理計画モデルの作成プロセス," 2017年度OR学会春季研究発表会特別講演, 2017.
- [19] 赤星健太郎, 高松瑞代, 田口東, 石井儀光, 小坂知義, "低頻度な公共交通網を有する地域の移動利便性の評価手法に関する研究—時空間ネットワークを用いた公共交通網と都市構造の関連分析—," 日本都市計画学会学術研究発表会論文, **47**, pp. 847–852, 2012.
- [20] 田口東, 「田口東教授 最終講義「リアルとモデル, データと計算」」, <https://www.youtube.com/watch?v=6wTH2jLjoY> (2022年11月29日閲覧)