

東京大学先端科学技術研究センター教授

西成活裕

Katshiro Nishinari

渋滞はどのようなメカニズムで発生するのか。どうしたら解消することができるのか――。道路交通から生産現場や普段の生活まで、現代社会のさまざまな場所で起る渋滞現象に対して、西成活裕教授は数理科学的なアプローチで挑む。あらゆる学問分野を横断的に行き来して、渋滞を解き明かそうという「渋滞学」である。長時間のインタビューは、数学や渋滞学の応用から、「科学的ゆとり」の大切さ、「本質を捉えること」の大切さなど、日本の社会経済全体の課題にかかわるテーマにまで及んだ。



現代社会の さまざまな渋滞を解明する「渋滞学」

車、人、通信、会議……万物は「渋滞」する

——最近、先生の提唱された「渋滞学」が注目を集めています、どのような学問なのでしょう。

西成 「渋滞学」を一言で申し上げるのは難しいのですが、あえて定義するとすれば、「ものの流れが滞るのは何故か」、「どうしたら淀みなく流れるか」、こうしたことを数学なども活用しながら科学的に分析する学問といえます。

渋滞は道路交通の分野だけでなく、社会や自然界のさまざまなところで起こっている身近な現象です。満員電車や通勤・通学の際に駅の通路が混雑するのも渋滞です。インターネットや携帯電話がつながりにくくなるのは通信の渋滞です。さらにいえば、会議で何も決められないのは意思決定の渋

滞ですし、工場など生産現場でモノを作りすぎれば在庫の渋滞が起こります。

世の中は渋滞だらけです。ギリシャの哲学者ヘラクレイトスに「万物は流転する」という有名な言葉がありますが、現代に引き寄せれば「万物は渋滞する」と言えます。

渋滞学はこうしたさまざまな渋滞のメカニズムを解明することを対象としています。

——具体的にはどのような研究をされているのでしょうか。

西成 一番身近な渋滞である「交通渋滞」を例にとると、従来、車の渋滞は、「前を走る車が何らかの原因で遅くなるから渋滞する」と単純に考えられていましたが、

渋滞学の研究によって、実は「渋滞は、前の車との車間距離が狭くなることで起こる不安定現象である」ことが分かってきました。例えば、車は、上り坂になると無意識のうちに減速しがちですが、この時後続の車は、十分な車間距離をとっていないと、慌ててブレーキを踏み込んで、前の車以上に減速してしまいます。こうした現象が連鎖的に起こるとどこかの段階で車の流れは滞り、渋滞になります。これが所謂「自然渋滞」ですが、このメカニズムを数理的に解明し、解消策を科学的に導き出したのが渋滞学なのです。

——「車間距離」というクッションで渋滞を回避するわけですね。

西成 そうです。実はアリの行列は渋滞しないのですが、なぜ渋滞しないかというと、混んできても前との距離をあけて、絶対詰めないことがわかりました。

ただ、この仕組みを科学的に証明することはなかなかできませんでした。通常の物体の動き方については、ニュートンの時代から数

学的、物理的に解明されているのですが、人間や動物など自律的に動く生物にみられるような、「認知として判断してから行動する」ような生物の動きについては、数理的、科学的な解明はされてこなかったのです。

ところが、一九九二年になってイギリスの数学者がブレークスルーしてこの動きを数的に解明する基礎を築きました。多くの数学者はこの理論をさらに深める方向に展開していききましたが、私はこの理論を渋滞の発生メカニズムの科学的解明に活用して、「渋滞学」として発展させていきました。「渋滞学」とか「jamology」、い

ずれも私が作った言葉ですが、これをインターネットで検索すると一〇年前はゼロ件だったものが今では四〇〇万件以上ヒットするまじになりました。

——いろいろ実用化の事例もみられていて伺っています。

西成 警察庁と共同で、数年前から中央自動車道の小仏トンネルなどでの渋滞解消実験を行っています。小仏トンネルの五キロメートル手前からわざと速度を落とし、車間距離をあげて近づくと、渋滞が生じていてもそれが初期ならば解消できることを実証しました。この実験の様子は、ドライバーへの教育のため、高速道路の一部パーキングエリアで流したりしています。

——渋滞が解消できる車間距離とはどのくらいでしょうか。

西成 基本は四〇メートルですね。普通の渋滞パターンで車間距離四〇メートルになるのは、大体時速七〇キロメートルまで減速した時です。運転手の感覚ではまだ渋滞と感じていない速度ですが、そこが渋滞になるか否かの瀬戸際のポイントです。これ以上車間距離

が短くなると手遅れの面もありますので、七〇キロメートルで走っているときに、その車間距離をなるべく維持して一定の速度で走る。これを知っているだけで、目の前にある渋滞を解消することができます。

渋滞学は高速道路の渋滞以外にも応用されています。羽田空港では、国際空港化に伴う物流増加からトラックの往来が激しくなり、環状八号線まで渋滞が波及してしまふ恐れがありました。このため、渋滞学を活用して一連の物流オペレーションの最適化の提言をし、渋滞回避を図りました。また、成田空港の入国審査の「人の渋滞解消」を図るプロジェクトを進めて

「科学的ゆとり」が渋滞をなくし、無駄をなくす

——ところで渋滞解消策を科学的に導かれるとのことですが、そのポイントは何なのでしょう。

西成 一言で申し上げると、「科学的ゆとり」を持つということなんです。

普通に考えると、渋滞で減速せざるを得なくなると、早く行かな

います。飛行機の離着陸に合わせ、入国審査の待ち行列を最大二分以内で収める仕組みを作って実証実験をしているところです。

このほか、製造業の方々も渋滞学に大変強い関心を持っていただいております。これまで大体一〇〇社ぐらいの方々からご照会いただいたりしています。生産現場では、ラインとラインの接合部分でモノの流れが滞り在庫がたまるなど、いろいろな渋滞が発生し、生産効率に大きな影響を与えています。研究として貴重でもあるので、なるべく現場に足を運びながら一緒に研究をしたり、アドバイスをしたりしています。

間距離」をとる、というゆとりなのです。

また、災害発生時に非常口に人が殺到すると人々がアーチ状に群がり身動きできない状態になってかえって脱出できないということが起こります。これも一種の渋滞ですが、こうした渋滞を解消するためには、非常口の少し手前に障害物を置く効果的であることが分かっています。これも車間距離同様、「急がば回れ」という「科学的ゆとり」の大切さを示しています。

製造業でも渋滞学が活用されていますが、これは単純な「無駄なくし」をしているわけではありません。生産ラインの滞りを解消し実際に生産効率を上げるためには、予想外の状況にも柔軟に対応できる、ある程度の「ゆとり」を持たせることが一つのポイントとなっています。

ゆとりは、さまざまなアイデアを生むきっかけにもなります。着実に効率化策を打ちつつ計算ずくのゆとりを持つ企業は競争に勝つと思えます。

——これまでの「効率化」重視の



にしなり・かつひろ ● 1967年東京都生まれ。東京大学先端科学技術研究センター教授。東京大学卒。修士及び博士課程は航空宇宙工学を修了。専門は非線形動力学、渋滞学。山形大学工学部機械システム工学科、龍谷大学理工学部数理情報学科助教授、ドイツ・ケルン大学理論物理学研究所客員教授などを経て現在に至る。2007年に著書『渋滞学』（新潮選書）で講談社科学出版賞、日経BP・Biz Tech 図書賞を受賞。その他の著書に『シゴトの渋滞学』（新潮文庫）、『とんでもなく面白い 仕事に役立つ数学』（日経BP社）、『無駄学』（新潮選書）などがある。

日本企業の在り方とはちょっと異なるアプローチですね。

西成 そうですね。確かに一見異なるアプローチのようにも見えますが、本質的には同じ方向を向いていて、時間軸がちよつと違うだけという気がしています。短期的な視野で動くと、今は無駄だから

バブル崩壊は「メタ安定」状態からの急変化

——ところで、先生の「著書に「バブル崩壊」も渋滞学と関係する旨お話がありましたか。

西成 以前に「アメリカのバブル崩壊と渋滞」をテーマに共同論文

と行ってどんどん切り詰める方向へ行くのですが、この期間設定をちよつと長くとってみます。期間設定を五年とつたら途端に発想は随分変わります。今こゝでちよつとゆとりを取っておいたほうが五年後芽が出て花が咲くことはいっぱいあります。

を執筆したことがありました。車間距離が四〇メートル以下に詰まると渋滞が発生すると話しましたが、じつは、それ以下に詰まっても、相変わらず走り続けることが

あるんです。時速一〇〇キロの車が、六メートル間隔で連なっている、そんな状況が起こり得る。それが「バブル崩壊の直前に似ている」と、金融学の専門家たちから指摘されたことが論文執筆のきっかけでした。

——車群が車間距離を詰めて高速走行する状況は、どこか緊張感やエネルギーを孕んでいませんか。

西成 その通りです。そんな状況を物理学では「メタ安定(準安定)」と言います。たとえば水はゼロ度以下でも氷にならないことがありますが、その状態がメタ安定です。しかしメタ安定は長続きしません。氷になる一歩手前の緊張感を孕む水は、ちよつと刺激するだけで氷に急変化します。車群が車間距離を詰めて高速走行するメタ安定も、一台の車が危険回避でブレーキを踏めば一気に渋滞状態に急変します。

アメリカでは二〇〇七〜〇八年にかけて住宅・不動産バブルが崩壊し、リーマン・ショックに繋がりました。バブル崩壊までの土地取引の回数を調べると、住宅・不動産の価格が急落する直前に、取引回数が一気に減つたのです。取引回数が減っていく様子をグラフに表したら、渋滞発生時の速度変動と同じような曲線を描きました。

渋滞学の視点から読み解くと、不動産市場が異常な相場でメタ安定の取引をしていたところ、ある市場参加者がブレーキを踏み、それが次々に増幅して波及し、バブル崩壊に至ったと解釈できます。

このようなバブル崩壊あるいは渋滞発生直前のメタ安定、この状態を渋滞の予兆として捉え、速やかに科学的ゆとりを講ずることができるようになる、これが目標です。

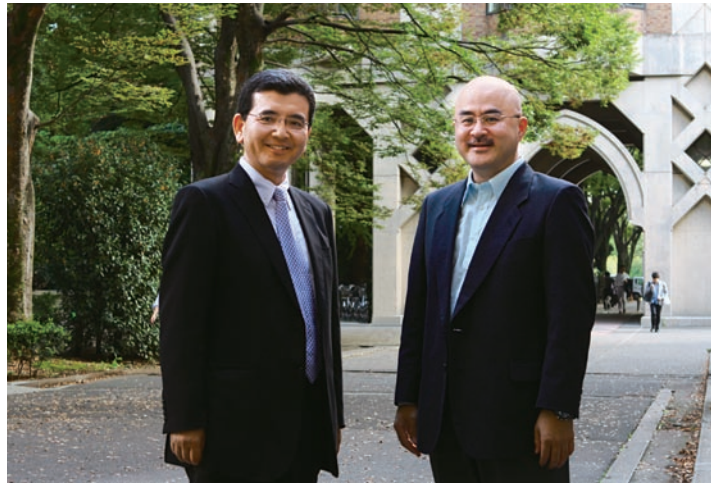
技術志向から脱却し、本質を捉える力を養え

——先生のお話を伺っていると、

渋滞学というのは非常に間口の広い総合科学との印象を持ちまし

た。

西成 確かにさまざま現象を対象としますので、数学や物理学と



いった基礎科学のほかに、心理学や生物学、経済学、経営工学、交通工学、建築学などさまざまな分野にまたがる知識が必要です。余談ですが、私自身は、大学院の博士課程を含めて、文科系、理科系、ほぼ全部の学部 of 授業をとっています。大学院の頃、指導教官に呼ばれて「君は将来絶対に成功しない」と言われたことがあります。大学院になったら自分の道を決めて頑張るべきだ、いろいろな勉強をやり過ぎている、ということな

のですが、私自身は、こう言われてむしろ「もつといろいろな勉強をしてやろう。何か今までにない視点から見られることをやろう」と思い、その後も模索して、渋滞学と出会うことができました。

——西成先生は、渋滞学の研究と同時に、「数学をものづくりの現場に活用しよう」と広く呼び掛けていらつしやいます。その狙いは、どこにあるのでしょうか。

西成 現在多くの企業と共同研究を手がけ、ものづくりの現場にも足を運んでいます。そうした活動を通じて感じるのは、現在の技術が非常に高度化するなかで、ブラックボックス化（構造や仕組みが分かりにくくなっていること）している部分が多いということですね。たとえばパソコンでも、いま主流の機種の内部の動作原理や構造をどれだけのユーザーが知っているのでしょうか。あまりに複雑化したために、優秀な技術者ですら、ブラックボックス化したパソコンに対し、インプットしてアウトプットを得るだけの単純なオペレーターになり下がっているような気がしています。そうになると、

開発もできないし、危険性がどこにあるかも分からない。非常に危機的状況です。工学部でも、教えることがいっぱいあるので、数学はどうでもよい、まずは公式を覚えろ、この公式を使ってこうやれ、という教育になっている。公式も適用範囲があるのにそれに気が付かなくなるのではないか、という危うさを感じます。

数学には、シンプルに、物事の本質を捉える力があります。こうしたシンプルに本質を捉えることができるようになれば、新製品の開発なども開発期間が短縮化でき、しかもブラックボックス化もなくなつて、本当にいいモノができるのではないのでしょうか。

今の研究開発を見ていると、例えば車の開発でもそうですけれども、車の周りにどういう空気が流れるか、タイヤが回ったときにどうなるかみたいることについて、一つ一つ分子シミュレーションをやるわけです。実際の空気の流れの数秒間の現象を、一年か二年かけて真面目に研究しているけれども、それはどれだけの意味があるんだと思わざるを得ません。大体

このぐらいのタイヤの回転数だったら何デシベル音が出るから、ここをこう改良しようとか、もつと大ざっぱに捉えて、本質的な議論ができるようにというのが目指してほしいという思いがあります。数学はそれが得意なのです。

——いま日本の企業は技術志向が強すぎて顧客志向が弱い、本質的なニーズも捉えていない、などと指摘する声もあります。

西成 グローバル市場が拡大するなかで、日本の製造業は競争力を失いつつあるように見えます。私は、過度の技術志向に陥り、物事の本質や顧客を見失っているのではないかと、あるいは短期的な辻褄合わせにあくせくして、長期的な視野を忘れているのではないかと。昔は、いずれも日本の強みだったものが、いつの間にか米国にお株を奪われてしまっている。先ほど申し上げた「科学的ゆとり」を大切に、長期の視野で物事を考えてみる、そうしたことがいま大切ではないかと思えます。

——本日は、大変示唆に富むお話を頂き、有難うございました。

（聞き手／情報サービス局長・丹治芳樹）