

連載

ビブリア・トーク
—私のオススメ—

… 森信一郎 ((株)富士通研究所 ヒューマンセントリック研究所)

数理最適化の実践ガイド

穴井宏和 著, (株)講談社 (2013), 158p., 2,800 円 + 税, ISBN: 978-4-06-156510-4



人を幸せな気持ちにさせる「数理最適化」

「うまい!」「感激…」おいしい料理は人を幸せな気持ちにする。新鮮な材料の組合せ、絶妙な調味料の加減、美しい盛り付けが私たちの五感を刺激する。この加減は多すぎても少なすぎてもダメである。おいしい料理とは、人の五感に「最適化」された作品なのである。料理人はその最適値を推定するアルゴリズムを備えた装置ということもできる。

人は料理における最適解を経験によって数値化し記録する。これをレシピという。レシピは料理本という形式で人々の間で共有されるが、特定の料理にしか利用できない。ほかの料理には別の最適解が存在するため、料理ごとに最適解が記述された別のレシピが必要である。しかし、料理人は料理が変わっても、つまり初めて作る料理でも最適値を推定することができる。したがって、料理人は新しい料理を考案することができる。同様の能力を得るには長い年月をかけた料理修行が必要である。「最適解を推定する力があれば、食べたことがない美味しい料理を作ることができるのに…」と誰もが切望したとき、人々はその解法を数学に求めた(のかもしれない)。

今回紹介する「数理最適化の実践ガイド」は、「初めて作る料理のレシピを推定することを目的として発行されたもの」ではないが、それと類似した未来を垣間見せてくれる。一部分ではあるが、概要を下記に紹介する。

最適化手法あれこれ

私たちは最適化問題 (optimization problem) の基礎となる技術をすでに高校数学で学んでいる。最適化問題とはつまり極値を見つけることである。極値とは問題に応じた最小値 (minimum:min) や最大値 (maximum:max) のことである。その極値は微分して勾配を調べることで見つけられることを皆さんは

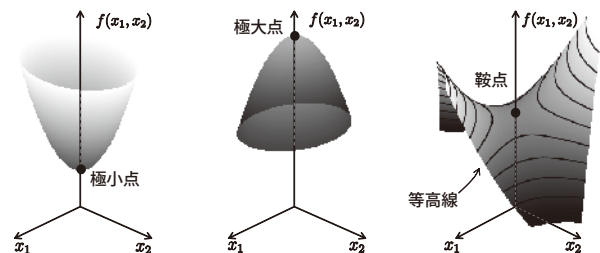


図-1 極値の種類

知っている。穴井教授著の「数理最適化の実践ガイド」はここから始まる。この「微分で勾配を調べる」が、あらゆる場面で最適解を得るための出発点となる。穴井教授は本書でこの出発点を『最適化のこころ』と題して図解を用いて分かりやすく説いている。平面状での極値は比較的想像が容易であるが、図-1に示すように多次元の場合、極値の場所を推定することは難しい。この章では、これら極値の扱いについて学ぶ。

『最適化のこころ』で最適化の本質を理解し、さらに読み進めると、読者は最適化手法の基礎となる『数理最適化の基本アルゴリズム』へと招待される。この章では、数理最適化の基本的な計算アルゴリズムとして、非線形計画法と線形計画法の原理と特徴が説明されている。個人的に大好きな手法であるニュートン法もここで取り上げられている。私は本書を読みながら、ニュートン法を初めて見たときに「なんてエレガントな手法だ」と感激したことを思い出した。この手法は十分に解に近いところから収束する局所的収束性を持つアルゴリズムであり、一般的には局所的最適解が多数存在する場合が多い。したがって、大域的最適解を求めるためには、いろいろな初期解からはじめて、局所的最適解を繰り返し求め、その中から最適解を求める必要がある。しかし、この手法では計算量が増大し実用的でないことは想像に難くない。本書では、この課題に対し、より実践的な手法である『メタヒューリスティックス』の紹介も忘れてはいない。メ

タヒューリスティクスはできるだけ効率的によりよい解を求めるための一般的な枠組みであり、少ない計算時間で質の良い解を求めることができる実用的な手法とされている。人や生物の問題解決能力を模擬することで最適解を得る手法の総称である。

ここまで読み進めた読者は、すでに実践的な最適化問題に取り組みたくてウズウズし始めているはずだ。しかし、本書ではその勇み足を諭すように、プログラミング時の参考となる手法を『数理処理による最適化』と題して紹介している。浮動小数点演算を繰り返すことによる誤差の蓄積に泣いた人はいないだろうか。より正確に最適解が必要な場合にはどのような手法がよいのか指南してくれる。

最後に登場するのが『多目的最適化』である。これまで紹介した最適化問題は1つの目的関数の最適値を求めてきた。この章では複数の目的関数の最適化を考えていく。複数の目的関数をすべて最小化すればよいと考えた人は、本書を今すぐ購入すべきである。それではそもそも多目的最適化として解く必要がない。なぜならば、1つの目的関数を最適化すればほかの目的関数も同時に最小になっていくということであるから。つまり、複数の目的関数から構成されている最適化は目的関数間でトレードオフの関係がある場合が多い。たとえば、商品単価を下げると販売数量は増加するが個単位の利益率は下がる。逆に商品単価を上げると販売数量は減少するが、個単位の利益率は上昇する。単価と販売数量の2変数の最適化が必要となる。この解法として、著者は伝統的な手法として「スカラー化」と「ゴールプログラミング」を紹介している。どちらもよく知られた方式であるので、ぜひ触れてみるべきである。また、生物の振舞いをアルゴリズム化したPSO (Particle Swarm Optimization) 等による最適化(進化的多目的最適化)についても述べられている。合わせて参照するとより多目的最適解に対する解法の理解が深まる。

以上で最適化に関するアルゴリズムの基礎を理解できるようになる。次のステップとして著者は『実問題解決のための心得』を読者に示している。最適化を実際に適用するプロセスの観点から留意点を説明している。ぜひ、読者がこの本を手取るきっかけとなった問題と照らし合わせながら読んでほしい。かくい

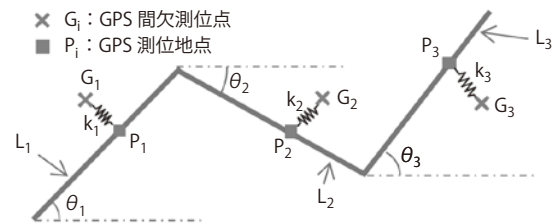


図-2 等価モデル (Ln: 歩行経路)

う私も実は実際に困っていた課題の解決手法として参考にした1人である。私は人の歩行時に得られた情報と間欠動作をさせたGPSの情報から人の歩行経路を割り出す研究を進めていた¹⁾。人の歩行を直線として近似し、右左折した場所を節とするリンク形状を作り、GPSを間欠運転し、GPSの測位誤差をバネモデルとして捉えた。等価モデルの概要を図-2に示す。

このモデルの運動方程式を解くとなると、かなり複雑な処理が必要となる。そこで考えたのが変数を $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ とした多目的最適化である。目的はすべてのバネの伸びを最小にすることである。これに対し、私は最急降下法とPSO法で評価を行った。結果、精度は最急降下法が優れているが、処理速度はPSOの方が速いということが分かった。現在は最終解を過去の情報との差分内での局所的最適解として捉えて、最急降下法を利用して求めている。このように自分の研究に当てはめると効果が手に取るように分かる。

私はオススメする

著者である穴井先生は企業の研究者でありながら、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授でもある非常にバイタリティ溢れた先生である。私も何度かお目にかかってお話をさせていただいているが、難解な数理処理を分かりやすく説明して下さる。気さくでさっぱりとした性格でありながら、数学に関する情熱を併せ持つユニークな先生である。読者にもぜひ一度会っていただきたい人物であるが、まずは書籍から触れてみるのもよいのではないかと。私のオススメの1冊である。

参考文献

- 1) 森信一郎, 沢田健介, 肥田一生, 花田雄一, 峰野博史, 水野忠則: ばねモデルを用いた歩行軌跡補間技術, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.3 (Mar. 2010).

(2013年10月30日受付)

森信一郎 (正会員) mori.shinichiro@jp.fujitsu.com

昭和62年富士通(株)入社。半導体製造ロボットの開発、GPS携帯端末関連の開発、仮想世界/オーギュメントリアリティに関する研究を経て、高精度測位技術の研究に従事。博士(情報学)。