



## 第4回 マルコフ決定過程を活用した意思決定技術

# 不確定で流動的な未来を確率的に予測し、 ビジネスの最適化を実現

今回ご紹介するテクノロジーは、マルコフ決定過程を活用した意思決定技術です。IBM では、ビジネスの分析や最適化を実現するために、早い時期から数理科学の応用についての研究を進めてきましたが、マルコフ決定過程もその中の1つです。不確定で流動的な未来を確率的に予測して、マルコフ決定過程の手法を活用することで、ビジネスの最適化を実現することが可能になります。またこの技術は新時代の情報活用の在り方として IBM が提唱している BAO (Business Analytics and Optimization) を支える技術の1つとなっています。

### 技術概要

例えばスキーを始めるに当たって、スキー板を買うか借りるか迷っている人がいるとします。将来的にスキーに熱中し、何度も使うのであれば、板を買った方がトータルのコストは節約できます。しかし、1～2回で飽きてしまって、それ以上使わないのであれば、レンタルの方が安く上がるでしょう。さらに、同じ買うのであっても、「最初から買う」「1回目はレンタルして、2回目に買う」「3回レンタルして、それ以上続いたら買う」など、さまざまなパターンが考えられます。何度スキーに行くのか、事前には分からないため、どのパターンが一番低コストになるかの判断は難しくなります。

そこで活用する手法がマルコフ決定過程です。上記のようにスキー板を買うタイミングのパターンが多様化して複雑になることは、スキー板を「買うor 買わない」あるいはスキーを「やめるor 続ける」という分岐点が多く発生することに起因しています。その分岐の可能性をすべて数値化することにより、どのタイミングで板を買えば、一番コストを抑えられる可能性が高いかを導き出すことが可能です。また単に低コストとなる期待値では判断せず、高コストになってしまうリスクをできるだけ避けたいという基準で判断したいという場合もあります。この場合であっても、計算方法を変えることによって、マルコフ決定過程を使うことができます。

このマルコフ決定過程は、すでにさまざまなソリューションで応用されていますが、ここでは工場における蓄電池を活用した電力コスト削減の例をご紹介します。

### 工場における電力コストの現状と課題

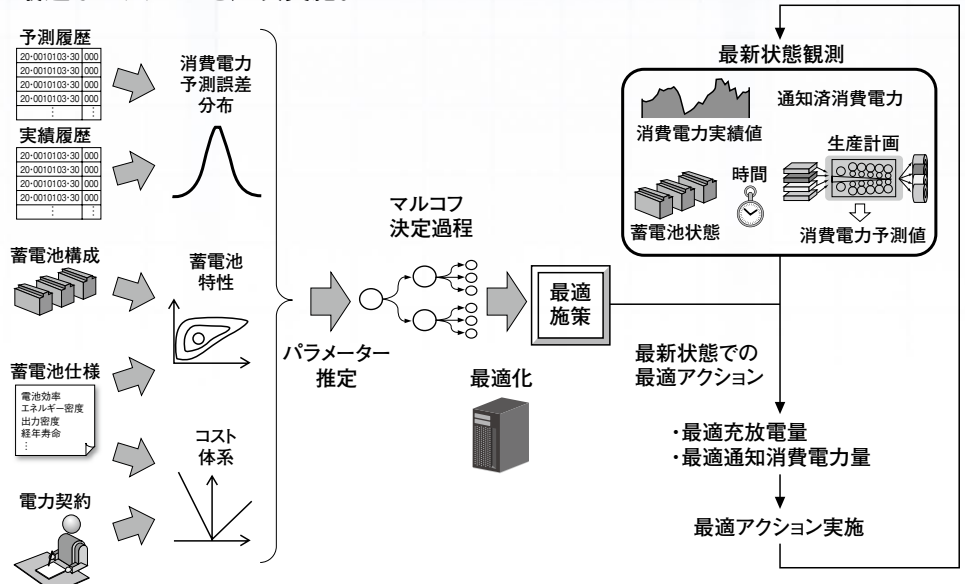
- ・30分単位の電力使用量を事前に通知することで、安価に電力を調達できる。
- ・事前に通知した量に対して、実際の使用量に過不足が生じると、その分のコスト負担が増大する。
- ・事前通知する量は、経験に基づいて人が判断していたので、精度に問題があった。

### マルコフ決定過程を活用した電力コスト削減策

- ・蓄電池を導入して、使用電力量の誤差分を調整し、負荷平準化を図る。
- ・充電時には電力の一部が失われるので、充電すべきかどうかは、事前に通知した量に対する過不足から発生するコストに加えて、電力ロスのコストを考慮する必要がある。
- ・使い方によっては、蓄電池の寿命を縮めてしまう点も考慮しなければならない。
- ・マルコフ決定過程を活用することで、随時どの程度充放電すべきか、電力ロスや寿命まで含めて全体的に最適化する。
- ・さらに、事前に通知する電力使用量も、予測使用量に加えてその時の蓄電量も考慮することで、緻密に最適化する。

### マルコフ決定過程を活用した電力コスト削減例の概要

比較的不变的な量に基づき最適施策を算出しておき、最新の状態に応じて、最適なアクションを逐次実施。





## ここに注目！

### 従来は人が行っていた意思決定を 数理学とITでサポート

従来は人の経験と勘に頼っていたビジネス上の意思決定に数理学とITの力を活用することにより、人には難しい意思決定を支援することができます。特に、不確実な情報が与えられたときに、人は合理的な意思決定ができないことが、行動経済学や心理学の実験によっても示されています。数理学の手法とITにより、将来が不確実な状況においても、合理的な意思決定が可能になります。

### 確率的な要素を取り入れることにより 現実に即した最適化を実現

マルコフ決定過程は、将来の予測値を確率的な量として取り扱うところに特長があります。将来スキーに行く回数や、将来の電力使用量は確定しておらず、これらの予測値を確率的な値ではなく確定したものとして取り扱う手法では、将来の多様な可能性を考慮した意思決定の最適化ができません。マルコフ決定過程に基づく意思決定では、将来の多様な可能性のそれぞれについて最適な行動を推薦することができます。

### 多様な価値基準に応じた意思決定の支援

期待収益重視、リスク回避重視など、価値基準に応じた意思決定の支援をすることができます。大きな損失を生むリスクを避けながら期待収益を最大にするといった、意思決定者の要望に柔軟に対応することができます。

### マルコフ決定過程の幅広い応用

電力コスト削減のほかにも、マーケティングの最適化、税金徴収の最適化、渋滞を考慮した運転経路の最適化など、マルコフ決定過程は広範囲の分野で応用できる技術です。また、その効果もコスト削減、サービスの向上、省エネルギー、省資源など多岐にわたるものが期待されます。



東京基礎研究所の数理学系の研究メンバー



日本アイ・ビー・エム株式会社  
IBM東京基礎研究所  
シニア・マネージャー - リサーチ

**井手 剛** Tsuyoshi Idé

クラウドなどと並んで、アナリティクス（数理解析技術）はIBMの最近の最重点分野です。IBM東京基礎研究所の数理学チームは、この分野で日本を代表する研究開発集団であり、世界最高水準の研究成果を生み出しつつ、それを直ちにお客様に届ける意志と能力を備えたユニークな集団です。数理解析技術のビジネス応用は世界的に競争が激化しつつある分野であり、最適化に関する伝統的分野に加えて、機械学習という学問分野の研究も急速に進展しています。

マルコフ決定過程の応用に関する研究は、このような最近の発展を象徴するものの1つです。この技術の応用においてはIBMの研究部門は世界の最先端を走っており、東京のチームも主要な学術的貢献をしています。



日本アイ・ビー・エム株式会社  
IBM東京基礎研究所  
アドバイザー・リサーチャー

**恐神 貴行** Takayuki Osogami

マルコフ決定過程はこれまで「最適化」意思決定の支援のために応用されてきましたが、特定の意思決定者にとって何が最適なのかについては、これまであまり注意深く検討されてきませんでした。IBM東京基礎研究所では、特に意思決定者のリスク嗜好を考慮することで、特定の意思決定者にとって最適な行動を、マルコフ決定過程を用いて推薦する技術に取り組んでいます。また、意思決定者がどのようなリスク嗜好を持っているかをデータから推定する技術にも取り組みたいと思っています。

また意思決定支援のほかにも、マルコフ決定過程を用いることで、意思決定者の行動をモデル化して、シミュレーションすることもできます。この行動モデルにも個性を考慮することで、より現実に即したシミュレーションが可能になります。