

明示制約と暗黙傾向に沿った計画の自動立案方式の提案
 Proposal of Automatic Planning Method
 Satisfying Explicit Constraints and Implicit Patterns

高橋 由泰[†]
 Yoshiyasu Takahashi

鄭 建[†]
 Jian Zheng

小林 雄一[†]
 Yuichi Kobayashi

1. はじめに

日本の製造業における強みは、ものづくりの根幹である技術と技能と言われる[1]。しかし近年は生産労働人口の減少、豊富なノウハウを有する熟練技術者の引退、生産拠点の海外移転に伴う人材空洞化等により、次代を担う技術者の不足が懸念されている。この状況に対し本研究では、ITを適用して技術の若手への伝承容易化や全自動化をすすめ、熟練技術者の不足という問題を解決することを目的としている。

本論では、熟練技術を運動的な技術と知識管理的な技術に分類し、運動的な技術に関しては既に解決方式が存在することを示した上で、知識管理的な技術に関する熟練技術者の不足という問題を解決する手段を示す。

2. 技術の分類と既存伝承容易化・全自動化方式

熟練技術には大きく分類して運動的な技術と知識管理的な技術に分けることができる(表1)。

2.1 運動的な技術の既存伝承容易化・全自動化方式

運動的な技術は、旋盤加工の技術等、主に機械を身体的に操作する技術を指している。特徴としては短時間でフィードバックが得られることがあり、よってフィードバックを繰り返し受けつつ修正するという技術が求められる。運動的な技術を身に着けた熟練技術者は、一般に熟練工、匠といった言葉で表現される。

運動的な技術は、一般のボール競技、自転車の乗り方などを想起すれば予想しやすいように、言葉で表現しにくく、技術の伝承が難しいという特徴がある。よって言語表現による技術伝承ではなく、OJTに代表されるような実地での試行&修正が主たる技術伝承方法となっている。

この運動的な技術の伝承容易化・全自動化を旨とした先行研究として、デジタルマイスタープロジェクト[2]が挙げられる。このプロジェクトでは、3Dプリンタとデジタルの組み合わせによる単純作業の支援、人の代替のほか、熟練作業の「標準化、デジタル化、マニュアル化」による伝承の支援に取り組んだ。すなわち文書化や映像化により、熟練技術をデジタル化しようとしたものと言える。

このように、熟練技術のうち運動的な技術に関しては、従来より伝承容易化・全自動化に向けた検討がなされてきている。

2.2 知識管理的技術の既存伝承容易化・全自動化方式

熟練技術のうち、知識管理的な技術に関しては、基本的に文書化による伝承容易化・全自動化が主体であり、それ以上の検討はあまりなされていない。

その一つの理由として、基本的には全て文書化できると考えられているためと、我々は考えている。実際、知識管

表1 技術の分類

分類	運動的	知識管理的
特徴	短時間でのフィードバック	長時間後のフィードバック
例	旋盤加工	生産計画立案
継承方式	OJT、写真・ビデオ	OJT、文書

理的な技術が解決する対象を、決定変数、制約条件、目的関数からなる数理モデルで定式化し、数理最適化問題として解決している例は多数ある。

しかし、将棋で次の一手をどう指せば良いかなど、知識管理的な技術でも記載が難しく、伝承・全自動化が難しい分野は存在する。このような分野ではなお、知識管理的な技術でも熟練技術の伝承・全自動化が課題となっている。

このような分野における全自動化では、近年ディープラーニング関連技術が大きな成果を挙げているが、知識管理的技術の伝承という観点からは、理由提示が課題となっているディープラーニング関連の技術は採用が難しい。

本論では、このような知識管理的な技術における熟練知識の全自動化方式について提案する。

3. 明示制約と暗黙傾向に沿った計画自動立案方式

3.1 課題

知識管理的な技術の全自動化の例として、本論では工場等での生産計画を考える。工場では日々の注文や出荷計画、目標在庫量、材料在庫計画等を元に、熟練技術者が生産計画を手で立てていると仮定する。

さて、入力が上記のような明示的な条件、計画だけとすれば問題はそれほど複雑ではなく、問題を制約条件、目的関数、決定変数に分けて定式化し、数理最適化ソルバー等で求解すればよい。もちろん簡単に求解できない場合も多いと考えられるが、数理最適化問題として生産計画を扱った既存文献も多く、参考にしつつ最適解を求めていくことは可能と考えられる。

ところが現実には、明示的な条件、計画以外にも熟練技術者が考慮していることがあり、よって算出された最適解が当てはまらないといった場合がある。それは、以下の理由によるものと考えている。

1. 全制約条件の網羅不可能
 熟練技術者が適用する制約条件には、ある特定の場面にのみ適用される条件(ノウハウ)が多くあ

[†] (株) 日立製作所 研究開発グループ

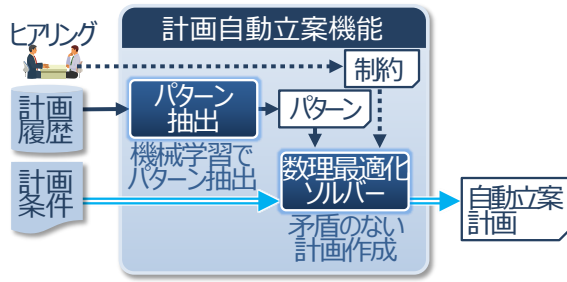


図1 提案方式

り、それを全て定式化・数理最適化ソルバーに入力するには手間がかかる。また当該条件にならないと熟練技術者が思い出さない条件も多く、全て聞き尽くすことは、難しい

2. 制約条件の境界値調査困難

熟練技術者から聞き取った制約条件は、境界値について曖昧なものも多く、実際の条件とは異なる境界値になっている場合がある。その主な理由は、機器や条件の変化に対応できず古い情報が残っていたり、実際に制約が掛かりそうな状況にならないと熟練技術者が思い出さない、といったことかと考えている。

我々は、上記課題を解決する新しい方式を提案する。

3.2 提案方式

提案方式の概要図を図1に示す。本方式では、ヒアリングをもとに制約条件、決定変数からなる定式化を行い、数理最適化ソルバーの入力とする。同時に、過去熟練技術者が立案した計画履歴をパターン抽出器に入力して、機械学習によりパターン抽出を行う。ここで、パターンとは制約条件の境界値や、決定変数が従う分布である。そしてこれらをさらに数理最適化ソルバーに制約条件として入力することにより、より適した計画を自動立案する。

例えば、ヒアリングではある決定変数につき、 X 以上といった制約が得られたとすれば、通常は当該決定変数について X 以上という制約を付与する。しかしながらヒアリングにおける認識違い等により、実際には X 以上という制約ではなく、別の Y 以上といった制約が掛けられている場合が往々にしてあり、本方式ではその場合に自動対応することを可能としている。

3.3 方式の試験評価

本方式の実現可能性を確かめるために、市販の数理最適化ソルバーと、パターン抽出器を模擬した表計算ソフトウェアを用いて、仮想的に方式をシミュレートし、試験的な評価を実施した。

評価に用いたデータはシミュレーションによって作成した模擬データである。明示的な $\mu - 2\sigma \leq x \leq \mu + 2\sigma$ という制約条件に対し、乱数 r_μ, r_σ を用いて自然分布 $N(\mu + r_\mu, \sigma +$

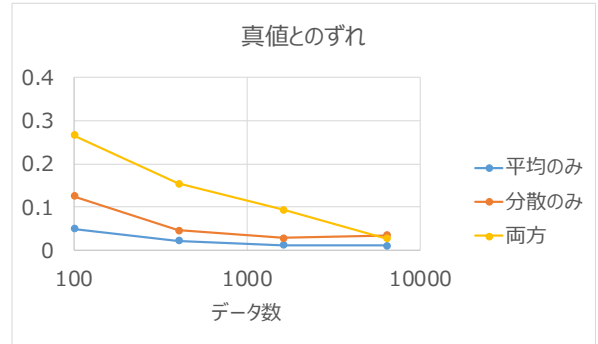


図2 評価結果

r_σ)に従うデータを作成し、 $\mu + r_\mu - 2(\sigma + r_\sigma) \leq x \leq \mu + r_\mu + 2(\sigma + r_\sigma)$ という暗黙の制約条件の抽出可能性を検証した。実験は $(\mu, \sigma) = (0, 1)$ とし、乱数が分布の平均のみに入る場合、分散のみに入る場合、両方に入る場合の3つの場合について、データ数を変えて検証した。

3.4 試験評価結果

検証した結果を図2に示す。実適用において期待できるデータ数1000個程度において、3つの場合どれにおいても真の値からのずれが20%程度と小さくなっている。すなわち、実適用においてデータ数が1000個程度以上得られる場合、20%程度の誤差を許容して本方式による適用が可能と考えられる。また、逆に誤差の許容度は一般に場合によって異なるが、望まれる許容誤差を達成するためには、上記のような実験によって必要なデータ個数を算出することが可能と考えられる。

4. おわりに

本論では、知識管理的な技術の自動化に関し、自動化手法を提案し、その実現可能性を試験評価により確かめた。その結果、収集可能なデータ数が1000個程度あれば適用可能と期待でき、本方式の実適用可能性は高いと考えている。今後、本方式の実適用を通じて方式の適用好適分野や適用限界を確かめていく。

参考文献

- [1] 山口郁睦, “製造業における効率的な技術・技能伝承の進め方”, 中部産業連盟 マネジメント大会, 29 (2016).
- [2] 森下泰, “デジタル・マイスター・プロジェクト”, 精密工学会誌, 67, 5, pp.709-710 (2001).
- [3] 経済産業省、厚生労働省、文部科学省, “2018年版ものづくり白書”, (2018)
- [4] (財)産業研究所, “ものづくりの基盤を支える技能のデジタル化に関する調査研究”, 機械産業等の産業活動に関する調査研究, (2003).
- [5] Jian Zheng, Yoshiyasu Takahashi, Yuichi Kobayashi, Tatsuhiro Sato, “Towards Developing a Self-Explanatory Scheduling System Based on a Hybrid Approach”, 18th International Conference on Planning and Scheduling, ICPS2016 (2016).