

氏名	棚橋 秀斗
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第 7281 号
学位授与の日付	2025年 3月 25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	数理統計学と情報理論を用いた限定的な事前情報下での意思決定補助手法に関する研究
論文審査委員	教授 田中俊二 教授 松野隆幸 教授 神田岳文 准教授 柳川佳也
<b>学位論文内容の要旨</b>	
<p>データに基づく客観的な意思決定は重要であり、データを活用してより多くの、またより正確な情報を抽出する手法が求められる。本論文では、限られたデータから意思決定に寄与する情報を抽出する二つの手法について、その性能改善を試みた。まず、製品品質の時系列データのみを用いて、製造工程に異常が生じた時点を推定する変化点検出を扱う。2種類の状況に対して、時系列データから複数の変化点を推定可能にした。次に、確率変数に関する限られた情報から、生起確率の上界を計算する確率不等式を扱う。具体的には、Hoeffding の確率不等式に対して、より真値に近い上界が得られるよう改善した。</p> <p>変化点検出手法に関しては、ポアソン分布に従う時系列データに突発的な変化が複数回生じる状況、および正規分布に従う時系列データに持続的な変化が複数回生じる状況を想定した複数変化点検出手法を開発した。前者の状況に対する既存の複数変化点検出手法は、計算速度あるいは変化点数の異なるモデルの比較に難があった。そこで、動的計画法による尤度計算と情報量規準を用いて、変化点の位置と個数、ポアソン分布の強度パラメータを一意に推定可能な手法を提案した。また、従来の複数変化点検出では突発的な変化だけが想定されており、後者の状況のような持続的な変化を想定した手法が不足していた。そこで、1回の持続的な変化を推定する統計モデルを、複数回の変化を扱えるように拡張した統計モデルを開発した。そのモデルを利用して、正規分布に従うデータの平均の変化を推定する手法を提案した。</p> <p>確率不等式に関しては、Hoeffding の確率不等式と同様に複数の確率変数の平均・分散・定義域の値を用いて、同手法より真値に近い上界が得られる不等式を導出した。Hoeffding の確率不等式は、確率分布の分布形に依らず上側確率の上界を求められるため、意思決定の対象の確率分布が未知の場合に利用される。より真値に近い上界が得られれば、上界を用いた意思決定の正確性が向上する。提案手法では、Hoeffding の確率不等式の導出過程に含まれる二次関数に着目し、確率不等式の一部を別の値に置き換える。この値がある関数の最小値として定義されることから、確率変数が2個の場合と3個以上の場合のそれぞれについて、その最小値の導出過程を構築した。</p>	

## 論文審査結果の要旨

意思決定者はあらゆる情報を精査して最適な判断を下すのが望ましいが、現実には豊富なデータが得られるとは限らない。たとえば生産工程においては、限られた測定データから工程の状態を判断する必要がある。そこで本論文では、このような限定的データに基づく意思決定の精度向上を目的として、2種類の意思決定補助手法の改善方法を提案している。

まず、製品品質の時系列データのみから異常の発生時点を推定する変化点検出を対象とし、複数の変化点を同時に推定する手法の改善を行っている。具体的には、ポアソン分布に従う時系列データに突発的な変化が複数回生じる状況、および正規分布に従う時系列データに持続的な変化が複数回生じる状況を想定した複数変化点検出手法を提案している。前者は従来手法と比べ、動的計画法により計算速度の向上を図っている点、および情報量基準に基づいて変化点個数の同時推定を可能としている点に特長がある。また後者については、複数回の変化を想定した従来手法が存在しないため、既存の手法を拡張した新たな手法を構成している。

次に、確率分布が未知のデータから、平均、分散、および定義域の値のみを用いて上側確率の上界を求めることのできる **Hoeffding** の確率不等式を対象としている。そして、この上界を用いた意思決定の正確性を向上するため、上界がより真値に近づくよう確率不等式の改善を行っている。提案手法では、**Hoeffding** の確率不等式に現われる指数関数項を別の関数に置き替えることで、理論的妥当性を保証しながら上界を改善している。さらに、この関数が最適化問題の最適値として表せることに着目し、確率変数が2個の場合と3個以上の場合のそれぞれについて、上界の具体的な導出手順を与えている。

これらの成果は、査読あり学術論文3件（うち研究速報1件）、国際会議プロシーディングス2件にまとめられている。

以上のように、本論文は、従来の意思決定補助手法の精度を向上させる新たな手法を提案しており、工学分野における学術・実用の両面から重要な成果であるといえる。本審査委員会は、論文の内容、公聴会における発表および質疑応答を総合的に検討した結果、本論文が博士（工学）を授与するに十分値すると判断した。