

| | | | |
|---------|--|---------|---------|
| 氏名 | エドワルド・カスターニョ・トスタド | | |
| 学位の種類 | 学 術 博 士 | | |
| 学位授与番号 | 博 甲 第 954 号 | | |
| 学位授与の日付 | 平成 3 年 3 月 28 日 | | |
| 学位授与の要件 | 自然科学研究科システム科学専攻 (学位規則第 5 条第 1 項該当) | | |
| 学位論文題目 | SOME CONTRIBUTIONS TO SENSITIVITY ANALYSIS IN MULTIVARIATE METHODS (多変量解析の感度分析へのいくつかの貢献) | | |
| 論文審査委員 | 教授 田中 豊 | 教授 垂水共之 | 教授 脇本和昌 |
| | 教授 山本恭二 | 教授 浅見正雄 | |

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

データの微小な変化が分析結果にどのように影響するかを調べる問題は感度分析と呼ばれる。本論文では多変量解析における感度分析に関連したいくつかの研究成果を示した。まず、最尤法による分割表の正準分析に対して、Cook and Weisberg (1982) の one step 推定法を用いた感度分析法を提案し、one step 推定法の近似のよさについて検討した。次に、固有値問題を含んだ形で定式化される多変量解析全般における感度分析の数学的道具として、固有値・固有ベクトルのある種の関数の 2 次までの摂動展開を求めた。その結果を主成分分析 (PCA)、主因子分析 (PFA)、最尤法による因子分析 (MLFA) の感度分析に適用し、1 次までの展開にもとづく Tanaka (1988) や Tanaka and Odaka (1989a, b) の結果と比べて、近似がよくなることを示した。続いて、分散共分散行列の影響関数の有限個の成分への分解とその応用について論じた。この分解を用いることの主な利点は 2 つある。1 つは、影響関数の陽的な表現ができ、それにもとづいて各方法の特徴づけができること。2 つ目は効率的な計算が可能になったことである。最後に、回転に対して不変ないくつかの行列係数の摂動展開を与え、主成分の張る部分空間や因子分析や主成分分析の負荷行列への影響をはかる指標を提案した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は多変量解析の感度分析に関連した 4 つの話題について研究結果を報告している。第 1 の話題は、Cook and Weisberg (1982) の one-step estimate と呼ばれる汎用的な近

似法を Goodman (1986) の分割表の最尤法正準分析に応用し、感度分析の方法を提案して近似の良さについて議論したもので、通常の条件では実用上十分な近似が得られるが、互いに近くゼロでない正準相関係数が存在するとき、座標軸の回転が生じて近似の精度が悪くなることを見つけている。第 2 の話題は固有値問題の摂動論に関するものである。多変量解析の諸方法の定式化の中で $P = \sum_{i=1}^q v_i v_i^T$ (射影子), $T = \sum_{i=1}^q \lambda_i v_i v_i^T$ (スペクトル分解の一部の項) が主要な役割を果たす ($q \leq p$, p : 変数の数; λ_i, v_i : 固有値, 固有ベクトル)。実際, Tanaka (1988) や Tanaka and Odaka (1989) の主成分分析 (PCA) や因子分析 (FA) に関する研究では, P や T の摂動展開の 1 次の項 (特殊の場合 Hampel の影響関数と等しい) $P^{(1)}, T^{(1)}$ が重要な役割を果たした。この論文では 2 次までの展開をおこなって, 2 次の項 $P^{(2)}, T^{(2)}$ も 1 次の項と同様に重複固有値に近い場合に対しても数値的に安定した結果を与えること, また, PCA や FA の感度分析において 2 次の項により精度が向上することについて議論している。第 3 の話題は, PCA や FA において主成分・共通因子の張る部分空間の変化をはかる指標として Escoufier (1973) の RV 係数 (これについて Bénasséni (1990) は 1 次の項が消えることを見つけている) の 3 次までの展開を, T の摂動展開を応用して求め, 実質的には 2 次の項が 1 次の変化, 3 次の項が 2 次の変化を表現していることを発見している。第 4 の話題は共分散行列の影響関数 $\Sigma^{(1)}$ の dyad expansion の応用に関するもので, これを利用すると, 感度分析の効率的な計算が可能となり, また, 有限個 ($p(p+1)/2$) 個の量を用いて感度の観点から見た多変量解析諸法の特徴づけがおこなえることを論じたものである。

これらの研究成果は日本計算機統計学会欧文誌 Vol. 2 (1989) に 1 編, Communications in Statistics, Series A (Theory and Methods), Vol. 19 (1990) – Vol. 20 (1991) に 4 編の論文として掲載 (あるいは受理) されている他, 第 6 回日韓統計会議 (1989, 釜山), 第 3 回日中統計シンポジウム (1989, 東京), 第 9 回国際計算機統計シンポジウム (1990, ドブロブニク) などの国際シンポジウムで発表され, 高い評価を得ている。多変量解析に対して理論および応用の両面での寄与が大きく, 学術博士の学位に値するものと判断した。