

学位被授与者氏名	キッティバンヤーガーム ソラナット (KITTIPIYANGAM SORANUT)
学位の名称	博士 (工学)
学位番号	博 (一) 第 5 6 号
学位授与年月日	令和元年 9 月 1 9 日
論文題目	The development of a spectrophotometric method using fuzzy theory
論文題目 (英訳または和訳)	ファジー理論を用いた分光光度法の開発
論文審査委員	論文審査委員会 委員主査 : 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 江口 啓 同審査委員: 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 高原 健爾 同審査委員: 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 大山 和宏 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻准教授 下戸 健
論文審査機関	福岡工業大学大学院工学研究科
論文内容の要旨 (和文)	<p>主論文の要旨：現在、溶液濃度を直接測定する方法は存在しない。通常、溶液濃度を測定するためには、間接測定法を用いて、濃度を計算する必要がある。一般的には、分光光度計という吸光度を測定するデバイスを利用することで、濃度を測定する。この吸光度の測定は、効率的な溶液濃度測定方法の一つである。吸光度から濃度を算出するためには、分光光度法が使用されるが、純粋溶液の場合には、濃度は線形回帰分析によって計算される。この線形回帰分析はランベルト - ベールの法則に基づいており、吸光度と溶液濃度との関係を与える。理想的な場合には、吸光度と溶液濃度の関係は線形であるため、計算結果が完全に一致する。しかしながら、ランベルト - ベールの法則から外れた場合には、吸光度と溶液濃度は比例しない。そのため、線形回帰分析による濃度算出結果には誤差が生じる。特に、混合溶液の場合には、ランベルト - ベールの法則からの逸脱は、全成分の濃度算出結果に影響する。このため、本研究では濃度の誤差を低減するための手法を提案する。この誤差の低減手法は、純粋溶液だけではなく、混合溶液にも適用可能である。これまでに、多くの多成分分光光度法が提案されているが、従来方法は分光光度計、および、溶液の状態に依存する。このため、本研究ではすべての分光光度計で使用でき、かつ、特別な拘束条件を必要としない多成分分光光度法を提案する。具体的には、提案手法ではファジー理論を用いることで、既知濃度の溶液の値を境界点とした線形内挿を行う。ここの内挿計算においては、各境界点間で異なる線形回帰分析を使用する。このため、提案手法は従来手法よりも誤差を小さくできるという特長をもつ。</p> <p>本論文は全 5 章から構成される。</p> <p>第 1 章は序論であり、研究背景と目的ならびに、論文の構成を述べている。</p> <p>次に、第 2 章では、分光光度法、吸光度測定、ならびに、試料濃度の導出手法について述べ、これまでに提案された従来手法の特徴について比較を行っている。</p> <p>第 3 章では、提案する分光光度法を示し、従来手法との違いについて説明することで、提案手法の新規性を明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、計算機シミュレーションを用いた解析によって、提案手法と従来手法との特性比較を行う。さらに、分光光度計を利用することで、提案手法と従来手法と誤差の比較を行う。これらの比較を通じて、提案手法の有効性を明らかにしている。</p> <p>最後に第 5 章では、結論と当該分野における今後の課題について述べ、論文をまとめている。</p>
論文内容の要旨 (英文)	<p>Thesis Abstract: At present, there is no direct concentration measurement method. Therefore, to measure the concentration of solution, an indirect measuring method is employed. After that, the measured value is converted to the concentration. In general, a spectrophotometer, which is a light absorbance measurement device, is used to measure the concentration of solution. The light absorbance measurement is one of the most efficient methods to measure the concentration of solution. To calculate the concentration by using the light absorbance, a spectrophotometric method is usually employed. In a pure solution case,</p>

the concentration is calculated by linear regression analysis based on the Beer-Lambert's law. The linear regression analysis can offer the relationship between light absorbance and concentration of solution. In an ideal case, the calculated result is perfectly matched, because of the linear relation between light absorbance and concentration of solution. However, in the deviation case from the Beer-Lambert's law, the light absorbance is not proportional to the concentration of solution. Therefore, some errors are occurred in calculated concentration result. Especially, in the mixture solution case, the error affects the calculated concentration result of all components. For this reason, this research focuses on the reduction of the error by approximating the calculated concentration to an ideal concentration as much as possible. The error is reduced in multi-component case as well as pure solution case.

Until now, many spectrophotometric methods have been proposed for multiple component cases. However, some previous methods depend on the spectrophotometer and the condition of the solution. For this reason, the aim of this work is to design a multicomponent analysis system that can be used in all spectrophotometers without specific conditions. Concretely, by using fuzzy theory, the proposed method performs the linear interpolation in different range of boundary points. In other words, the concentration is expressed as a piecewise-linear function. Thus, the proposed method can reduce the error from existing methods.

To develop a novel multicomponent spectrophotometric method, this research starts from an analysis of the spectrophotometric method of the pure solution in section 2, where a light absorbance calculation, a light absorbance measurement, Beer-Lambert's law are discussed. Then, we compare existing multicomponent spectrophotometric methods in the case of 2 components. In section 3, we propose a novel spectrophotometric method using fuzzy theory. The novelty of the proposed method is clarified by explaining the difference between the existing method and the proposed method. After that, in section 4, we clarify the characteristics of the proposed method by using the computer simulations, and compare the proposed method with existing methods in the ideal case and the deviation of Beer-Lambert's law case. Furthermore, the proposed method is compared with the existing method in experiments by using the light absorbance obtained from a spectrophotometer. Section 5 is the summary and future work of this research.

論文審査結果

博士後期課程 物質生産システム専攻3年の「キッティパンヤーガーム ソラナット」氏が提出した学位論文を審査し、また最終試験を行ったので、その結果について報告する。

(学位論文審査の結果)：分光光度計は、紫外領域と可視領域の光の領域を用いて溶液の吸収スペクトルを測定し定量分析を行う装置である。分光光度計は1940年代に製品化され、古くから市販・活用されている機器である。本論文では、ファジー理論を用いた高精度な分光光度法を提案し、その有効性についての検証を行っている。提案手法は、従来手法とは異なり、1) ファジー理論を用いて試料濃度関数の内挿を行うことで、計算量を減らすことができる、2) ファジー理論を用いて内挿を行う際に、試料の濃度関数の境界点の値を市販の分光光度計から得ることで、精度の高い測定を行うことができるという2つの特徴をもつ。提案手法の有効性に関しては、計算機シミュレーションを用いた評価と従来手法との比較によって明らかにしている。このように本研究は、ファジー理論を用いることで精度の高い分光光度法を提案しており、学位論文としての十分な価値があると認められる。

学位論文の構成は、以下の通りである。第1章では、研究背景と目的、ならびに、論文の構成を述べている。第2章では、分光光度法に用いる吸光度、ならびに、試料濃度の導出手法について述べ、これまでに提案された従来手法の特徴について比較を行っている。第3章では、提案する分光光度法を示し、従来手法との違いを明らかにしている。第4章では、計算機シミュレーションを用いた解析によって、提案手法と従来手法との特性比較を行うことで、提案手法の優位性を明らかにしている。最後に第5章では、結論と当該分野における今後の課題について述べ、論文をまとめている。

本研究の成果は、氏の博士後期課程在学期間において、学術論文5編(第1著者3

	<p>編), 国際会議9編(第1著者5編)となっており, 第1著者の学術論文は Web of Science, ならびに, SCOPUS においてインデックスされている。また, 2016年の一般社団法人 産業応用工学会主催の国際会議 The 4th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering (ICIAE2016) において, Best Student Paper Award を受賞, また, 平和中島財団 2018年度外国人留学生奨学生(期間 2018年7月から 2019年3月まで)に選出されており, 本研究の新規性と有用性が高く評価できる研究であることが分かる。</p> <p>以上の理由により, 審査委員会は本論文が学位論文の内容として適合すると判定した。</p> <p>学位論文公聴会においては, 論文内容に関連する種々の工学的及び技術的な質問があったが, いずれも適切な回答を行うことができた。また公聴会後の最終試験においては, 学位論文に関連する分野の学識を有し, 今後研究を進めていくための研究能力を備えていることが判明した。</p> <p>以上の結果から, 学位審査委員会はこの論文が博士(工学)の学位に適格であると判定した。</p>
<p>主な研究業績</p>	<p>参考論文 14編 1冊 査読付き学術論文: 第一著者 3編</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “Design of a hand-made light absorbance measurement device for chemical education”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.12, No.5, pp.1397-1414 (2016) Authors: S.Kittipanyangam, W.Do, K.Abe, K.Eguchi 2. “The development of a fuzzy-based light absorbance measurement device for chemical education”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.15, No.3, pp.1115-1129 (2019) Authors: S.Kittipanyangam, K.Eguchi 3. “Design of a multi-component analysis system based on fuzzy theory”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.15, No.5, pp.1763-1777 (2019). Authors: S.Kittipanyangam, K.Eguchi <p>査読付き学術論文: 2編</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “Design of a three-phase switched-capacitor ac-ac converter with symmetrical topology” International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 12, No.5, pp. 1411-1421 (2016) Authors: K.Eguchi, W.Do, S.Kittipanyangam, K.Abe, I.Oota 2. “A multistage AC-AC converter designed by using switched capacitor techniques” International Journal of Advanced and Applied Sciences, Vol. 4, No.12, pp.73-78, (2017) Authors: K.Eguchi, W.Do, S.Kittipanyangam, K.Abe, I.Oota <p>国際会議論文: 第一著者 5編</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1 “Handmade light absorbance measurement device by using cellophane as filter for educational purpose”, Proceedings of the 5th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2017, pp.151-158 (2017) Authors: S. Kittipanyangam, P. Rattanachinalai, K. Abe, W. Do, K. Eguchi

2. “Color light sensor device for light absorbance measurement device”, Proceedings of the 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 2017 (ECTI-CON2017), pp.1-4 (2017)
Authors: S.Kittipanyangam, W.Do, K.Eguchi
3. “Calculation of a light absorbance measurement device by double averaging and feedback Processes”, ICIC Express Letters, Part B: Applications, Vol.8, No.5, pp.1363-1370 (2017)
Authors: S.Kittipanyangam, W.Do, K.Eguchi
4. “One color light absorbance measurement device by fuzzy theory”, Proceedings of the 6th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2018, pp.35-42 (2018)
Authors: S. Kittipanyangam, R. Rubpongse, W. Do, K. Eguchi
5. “Design of a fuzzy-based light absorbance measurement device for chemical education”, Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology: Exploring Innovative Solutions for Smart Society (ICEAST’ 2018), pp.1-4 (2018)
Authors: S. Kittipanyangam, W. Do, R. Rubpongse, K. Eguchi

国際会議論文：4編

1. “Development of learning analysis software using handmade clickers”, Proceedings of the 4th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2016, pp. 37-44 (2016)
Authors: K. Abe, A. Seki, K. Soranut, W. Do, S. Kurebayashi, K. Eguchi
2. “The development of a prototype of bionic eyes for visual impairment”, Proceedings of the 4th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2016, pp. 272-279 (2016)
Authors: P. Rattanachinalai, W. Do, S. Kittipanyangam, K. Eguchi
3. “Analysis of switched capacitor converter by Fibonacci sequence for generating a staircase Sinusoidal Wave”, Proceedings of the 5th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2017, pp. 206-213 (2017)
Authors: W. Do, S. Kittipanyangam, K. Abe, K. Eguchi
4. “Comparative analysis on three types of switched-capacitor DC-DC converters”, Proceedings of the 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 2017 (ECTI-CON2017), pp. 1-4 (2017)
Authors: W. Do, S. Kittipanyangam, K. Eguchi

受賞歴等

1. Best Student Paper Award, The 4th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2016
2. 公益財団法人 平和中島財団 2018 年度外国人留学生奨学生
期間 2018 年 7 月から 2019 年 3 月まで

