

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500841

研究課題名（和文） 身近な画像入出力家電を分析機器に転用した新規実験法の開発

研究課題名（英文） Development of new experiment methods by use of the image-input/output household appliances as an analytical instrument

研究代表者

菊地 洋一（KIKUCHI YOICHI）

岩手大学・教育学部・教授

研究者番号：50241493

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、一般に普及している画像入出力家電を実験装置・計測機器として転用し、学校教育等における科学実験の可能性を広げる新たな実験法を開発することである。具体的な実験課題として、(1) 発光現象を利用した水質分析、(2) スモールスケール比色実験における高精度デジタル計測について検討した。検出器にデジタルカメラを用いることにより、上記 2 つの課題についてそれぞれ良好な結果を得た。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study is to develop new experiment methods by using the image-input/output household appliances as an analytical instrument, and to improve the quality of scientific experiments in the school training. Concretely we examined the following subjects: (1) the development of the analysis of the natural water using the light emission phenomenon, and (2) the development of the highly precise digital measurement method in the small scale colorimetry experiment. We obtained a good result about above subjects by using a digital camera as a detector.

交付金決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育 教育工学・科学教育

キーワード：理科教育，水質分析，デジタルカメラ，炎色反応，スモールスケール実験

1. 研究開始当初の背景

学校教育等の科学実験に高価な測定機器が導入できれば、比較的簡単な操作で正確な測定が可能になり、科学実験の高度化が可能になる。しかし学校現場では高価な測定機器の導入は、金銭的に達成が難しい。この問題の改善のために、これまでに高価な市販の分

析機器（分光光度計など）の代替として簡易型の自作の装置を開発し、教育現場に導入する研究が多く行われている。しかしこれまでの方法では測定の柔軟性が低く、感度の改善なども困難であった。また学校現場ではエレクトロニクスがあまり得意ではない教員も多く、一般には普及しにくいなどの問題があ

った。

現在、画像入出力に関わる家電（デジタルカメラ、スキャナー、インクジェットプリンター）が日常的に普及し、安価になってきている。これらは、光の強度検出や色の制御などの基本性能が高い。そこで本研究では上述の課題に対応する方策の一つとして、これらの機器を科学実験における光と色に関わる実験機器・検出器として用いる方法を開発することを考えた。これにより光や色を利用する実験において、誰でもが簡便に高感度・高精度な測定ができる方法を開発することが期待できる。

デジタル画像家電の科学実験への応用は、現象の画像記録の目的や物体の運動解析などに主に活用されているが、分光検出器としての活用は研究例が少なく、本研究は独創性の高い研究といえる。我々は前研究からこの手法に着手して一定の成果を挙げてきており、本研究ではさらに多様な実験への応用を検討し、本法の可能性と有効性を示す。

2. 研究の目的

本研究の目的は、一般に普及している画像入出力家電（デジタルカメラ、スキャナー、インクジェットプリンター）を実験装置・計測機器（分光検出器）として転用し、学校教育等における科学実験の可能性を広げる新たな実験法を開発することである。画像入出力家電（デジタルカメラ、スキャナー、インクジェットプリンター）は、光の強度検出や色の制御などの基本性能が高い。科学研究・試験機関等において高価な分析機器を用いて行われている計測を、家電として普及しているこれらの機器で実現することが可能になれば、教育現場における科学実験の可能性を大きく広げることができると考えている。

デジタルカメラを検出器にする手法では、光の吸収に加え、発光（炎色反応）に基づく定量実験法を開発する。プリンターとスキャナーの組み合わせでは、溶液の調整（プリンター）からデジタル測定（スキャナー）までを行う方法を開発する。これらの方法を簡便で正確な環境分析やスモールスケール実験のデジタル計測化に応用する。

本研究では具体的には主に次の2つの課題

について検討し、本研究手法の有効性を示すことを目的とした。

- (1) 発光現象を利用した水質分析
- (2) スモールスケール比色実験における高精度デジタル計測

3. 研究の方法

研究目的の欄に記載したとおり、本研究では具体的には次の課題に取り組み、最後に本研究の総括を行った。

(1) 発光現象を利用した水質分析：

炎色反応のデジタル計測に取り組んだ。本研究では、生徒になじみの深い元素として、ナトリウムとカルシウムを分析対象として取り上げた。炎中に噴霧したこれらの元素の発光強度は元素の濃度に依存する。この原理を利用して金属の微量分析を行う専門の装置が炎光分析計である。その代わりにデジタルカメラ計測で達成するために、① 安定に炎色反応を持続させるための工夫、② 炎色反応のデジタルカメラでの撮影条件の検討、③ デジタル画像の解析方法の検討、を行った。その後、確立した分析法を④ 天然水試料の測定に応用した。分析機器（炎光分析計）やJIS法のキレート滴定法での測定も行い、本研究で開発した分析法の分析値と比較しながら本法の評価を行った。

(2) スモールスケール比色実験における高精度デジタル計測：

① マイクロプレート（多数のくぼみがある10 cm × 15 cm程度のプラスチックのプレート）上で一連の溶液の混合を行い、それぞれのかぼみの溶液の比色をデジタルカメラ測定で高精度に行う方法について検討した。具体的な実験内容としては、(a) pHによって色が連続的に変化する万能指示薬を用い、pHの測定を精度よく行う方法、(b) 比色による水質分析への応用、(c) 金属錯体の溶液内組成解析への応用、について検討した。

② インクジェットプリンターとスキャナーの活用について検討した。ここではプリンターのインクタンク毎に必要な反応溶液を入れ、溶液毎の噴霧率を制御することにより、プリンター用紙上で一連の溶液調整を精密

にできる方法の検討，および用紙上に印字された部分の比色をスキャナーで正確に行う方法の検討を予定した。

(3) 溶媒抽出法を併用した二元素同時比色分析法の開発：

上記(2)の①について検討していく中で新たな測定法の可能性を見出したため，本研究の申請段階では予定していない実験テーマであるが，二元素同時比色分析法の開発について検討を行った。これまではデジタルカメラ測定を行った後，デジタル画像上の任意部分の色情報をRGB値として数値化し，その中の1つの値を用いて分析を行っている。本法ではRGB値の複数の値を組み合わせることにより，二元素を同時分析する方法を考えた。具体的には，鉄とアルミニウムをオキシ錯体として少量の有機溶媒に抽出した後，RGB値の複合的な解析により同時分析する方法を検討した。分析法を確立した後，実際の天然水の分析を行った。分析機器（分光光度計）での測定も行い，分析法の比較・評価を行った。

本研究は代表者である菊地が，研究計画，実施，総括に責任を持って当たった。連携研究者・井上には随時デジタル機器に関する技術的なサポートを受けた。研究協力者・坂本には学校教育の教員としての視点からアドバイスを受けながら研究を進めた。

4. 研究成果

本研究で得られた主な成果を以下にまとめる。

(1) 発光現象を利用した水質分析：

炎色反応による発光現象を取り上げ，発光強度をデジタルカメラで測定することにより，天然水中のアルカリ金属イオンおよびアルカリ土類金属イオンを簡便に定量分析できる方法の開発に取り組んだ。

その結果，デジタルカメラでの測定を再現性よく行うために，安定に炎色反応を持続させるための方法を検討し，簡便な測定システムを確立した。さらにデジタルカメラの撮影条件と撮影したデジタル画像の解析法を決定

した。その後，天然水中の主要成分である Ca^{2+} および Na^+ を取り上げ，河川水や雨水を対象とした分析の測定条件を詳細に検討した。その結果，目的の微量分析ができる濃度範囲について測定可能な方法を確立した。

開発した方法を用いて，河川水や雨水中の Ca^{2+} および Na^+ の測定を行った。本法で得られた値は，0.1 ppm程度～数十ppmの広い濃度範囲で，再現性がよく，炎光光度計やキレート滴定法での測定値とよく一致した。よって本法の有用性が確認された。

以上，本研究によりデジタルカメラを検出器として使い，天然水中の微量な Ca^{2+} および Na^+ を精度よく分析する方法を開発することができた。炎色反応による水質定量分析の簡易法はこれまでに報告されていない新規性の高いものである。本法は特別な機器を用いない簡便な方法であり，学校現場でも十分に実践が可能な方法である。

(2) スモールスケール比色実験における高精度デジタル計測：

①マイクロプレート上で一連の溶液の混合を行い，それぞれの溶液の比色分析を行う種々のスモールスケール実験について，デジタルカメラを検出器に用いてデジタル計測する方法として，初めにマイクロプレート上の溶液を高精度に測定するための最適測定条件を決定した。その後，以下のような実験に応用した。＜金属錯体の組成決定：連続変化法＞鉄-フェナントロリン錯体を取り上げ詳細な検討を行った結果，分光光度計で測定した場合と変わらないほど正確に錯体組成を決定することが可能になった。＜天然水の硬度測定＞パックテスト試薬を用いての比色実験により簡便で正確な測定が可能となった。実試料に応用し良好な結果を得た。＜天然水のpH測定＞万能pH指示薬を調整しその色の変化をRGB値で解析する方法を検討した。その結果，RGBの3色の値の変化を用いて，pHメーターで測定した値とほぼ一致するpHを求めることが可能になった。天然水に応用し良好な結果を得た。

②インクジェットプリンターとスキャナーの活用による実験法について検討した。その結果，この手法はインクカートリッジに試薬

を詰める作業に難点があることが分かった。

以上、本研究ではマイクロプレートとデジタルカメラを組み合わせ、スモールスケール比色実験を簡便・高精度に実施する方法を開発した。本法は学校現場でも十分に実践が可能な方法である。また新規性が高くかつ今後のスモールスケール実験の進展に重要な意義をもつ手法である。

(3) 溶媒抽出法を併用した二元素同時比色分析法の開発：

デジタルカメラで測定したデジタル画像上のRGB値について、これまでは単独の値のみで分析を行っていたが、RGB値を複合的に扱い複数元素を同時分析する方法について検討した。その結果、河川水中のFeとAlをオキシシ錯体として少量の有機相に抽出し、同時分析する方法を開発した。河川水の分析にも応用し、良好な結果を得た。この分析法は、簡便で、高感度、高精度な分析法として大変有効な方法である。

(4) まとめ

本研究の目的は、一般に普及している画像入出力家電（デジタルカメラ、スキャナー、インクジェットプリンター）を実験装置・計測機器（分光検出器）として転用し、学校教育等における科学実験の可能性を広げる新たな実験法を開発することである。

はじめに炎色反応をデジタルカメラでデジタル計測する簡易水質分析法について検討し、天然水中のナトリウムとカルシウムの分析法を開発した。原子発光分析の簡易法は、これまでにほとんど報告されていないため、本研究の成果は新規性の高いものである。

次にスモールスケール比色実験のデジタル計測について、「マイクロプレートとデジタルカメラの利用」と「インクジェットプリンターとスキャナーの利用」の2つのアプローチを検討した。「インクジェットプリンターとスキャナーの利用」では問題点が明らかになり現時点では測定法を確立することはできなかったが、「マイクロプレートとデジタルカメラの利用」では多様な実験について良好な結果を得ることができた。スモールスケール実験のデジタル計測による高精度化

は、スモールスケール実験の高度化に資する重要な成果である。

さらに本研究のデジタルカメラ測定において、RGB値を複合的に扱う発展的な測定法を検討し、複数元素（鉄とアルミニウム）を同時定量する方法を開発した。今後のデジタルカメラ測定にさらなる可能性を広げる事例研究である。

以上のようにデジタルカメラは比色の多様な測定において、簡便、安価に高精度な測定が可能なことを示した。これらの成果は学校教育等における科学実験の質の改善に大いに役立つ。これらの成果の一部は、学術論文、学会発表や授業等で公開してきた。さらに広く公開していく予定である。

デジタルカメラによる測定は写真を撮るだけなので、柔軟性が高く、アイデアしだいでさらに多様な応用が考えられる。今後のさらなる発展が期待できる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計3件）

①菊地洋一，平澤傑，井上祥史，武井隆明，村上祐，デジタルカメラとウェルプレートを用いた連続変化法のスモールスケール実験，岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，査読なし，12巻，2013，73-78

②菊地洋一，デジタルカメラを検出器に用いた微量鉄の高感度分析法の開発，理科教育学研究，査読有り，第52巻，2012，191-199

③菊地洋一，田沼雄太郎，井上祥史，デジタルカメラを用いる河川水中の陰イオン界面活性剤の簡易イオン対抽出比色分析，分析化学，査読有り，第60巻，2011，743-747

〔学会発表〕（計4件）

①菊地洋一，本宮勇希，井上祥史，デジタルカメラを検出器に用いた溶媒抽出-比色法によるFeとAlの同時分析，日本分析化学会第61年会，2012年9月20日，金沢大学（石

川県).

②菊地洋一, 安田恭介, 井上祥史, 下村博志,
炎色反応をデジタルカメラで計測する河川
水および雨水中のNaの簡易分析法, 日本分
析化学会第60年会, 2011年9月15日, 名古
屋大学(愛知県).

③安田恭介, 菊地洋一, 武井隆明, 井上祥史
, 炎色反応をデジタルカメラで計測するNaの
簡易微量分析法の開発, 日本理科教育学会
第60回全国大会, 2010年8月8日, 山梨大学
(甲府市).

④菊地洋一, 田沼雄太朗, デジタルカメラを
検出器に用いた陰イオン性界面活性剤の簡
易分析法, 第71回分析化学討論会, 2010年5
月16日, 島根大学(松江市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊地 洋一 (KIKUCHI YOICHI)
岩手大学・教育学部・教授
研究者番号: 50241493

(2) 連携研究者

井上 祥史 (INOUE SHOSHI)
岩手大学・教育学部・教授
研究者番号: 00211061