

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目：基板研究 (C)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19500714  
 研究課題名 (和文) デジタルカメラを検出器に用いた新規な実験・観察法の開発  
 研究課題名 (英文) Development of new experiment and observation methods that uses digital camera for detector  
 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、学校教育における科学実験・観察の質の改善のために、デジタルカメラを検出器として用いた新たな実験・観察法を開発することである。本研究では着色溶液のデジタル計測を対象に種々の事例研究を行い、デジタルカメラは簡便にデジタル計測をする検出器として十分活用できることを明らかにした。またデジタルカメラによる測定は、高感度化やスモールスケール化などの実験法の改善が容易であることも示した。さらにアイデアだけで種々の新たな測定に応用が可能であり、今後の発展が期待される。

研究成果の概要 (英文)：The purpose of the present study is to develop new experiment and observation methods by using the digital camera as a detector, and to improve the quality of scientific experiments and observations in the school training. Various case studies on the colorimetric digital measurement by the digital camera were performed, and these results showed that the digital camera was good detector, and the improvement of the experiment methods, such as higher sensitivity and making down size, was easy. The measurement with the digital camera can be applied to new various measurements by on new ideas, and the development of this method in the future is expected.

交付金決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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, 実験, 観察, 水質分析, デジタルカメラ, スモールスケール実験

## 1. 研究開始当初の背景

水質分析は学校教育等における環境教育

の重要な要素となっている。しかし教育現場においては多くの場合、パケットテストなどの

目視法が用いられているため、感度不足などにより実際の天然水では分析できる項目は限られる。また測定値のばらつきが大きい。高価な測定機器を導入できれば、比較的簡単な操作で正確に分析できる成分が多くあるが、金銭的に達成が困難な状況である。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。本研究では簡易装置を自作するのではなく、専用の分析機器の代替としてデジタルカメラを検出器として利用する方法を検討した。

また、グリーンケミストリーの推進が世界的にも重要視されており、学校教育の化学実験においてもスモールスケール実験の研究が種々報告されている。スモールスケールの比色実験は代表的な実験であるが、そのデジタル計測はほとんど行われていない。デジタル計測が可能になればより厳密な実験が可能になる。さらに、近赤外線検出を利用した血流観測は医療分野を中心に応用されているが、学校教育での教材化は行われていない。本研究では、これらの課題についてもデジタルカメラを検出器として利用し、実験・観察の高度化を目指した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、現在一般に普及しているデジタルカメラ（以下 デジカメと略記）を計測機器（検出器）として転用することの有効性を示すことにより、学校教育等における科学実験・観察の質の改善や新たな展開に資することである。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デジカメ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・観察の可能性を大きく広げることができる。本研究では具体的には主に次の3つの課題について検討し、デジカメ計測の有効性を示すことを目的とした。

- (1)環境分析の高度化
- (2)グリーンケミストリーに対応するスモールスケール比色実験の高度化
- (3)近赤外線検出による新規観察・実験法の開発（血流観測）

## 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3つの課題に取り組み、最後に本研究の総括を行った。

### (1)環境分析の高度化：

#### ①天然水中の微量金属イオンの定量

対象の金属イオンに鉄を取り上げた。鉄の比色分析法として代表的な鉄-フェナントロリン反応系は操作も簡便であり、中学・高校生でも十分に溶液調整が可能な反応系である。しかし、一般的な河川水中の鉄イオンを対象とする場合、鉄イオン濃度はsub-ppm程度であり、通常の吸収セルによる測定では感度不足のため定量できない。本研究では、デジカメ測定の特長である測定の柔軟性を活かし、長光路による高感度測定法を検討した。溶液の調整法、撮影条件等を検討し、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）での測定もを行い、分析法の比較・評価を行った。

#### ②溶媒抽出を併用した比色法への応用

分析対象に陰イオン性界面活性剤を取り上げ、溶媒抽出後に着色した有機相の比色分析を行った。反応系にはJIS法のエチルパイオレット法を用いた。デジカメ測定では、抽出相を分取する必要がないので、少量の抽出相による高濃縮を簡便な手法で達成することができる。具体的な抽出条件、撮影条件等を検討し、分析法を確立した。その後、実際の天然水の分析を行い、分光光度計での測定値と比較し分析法の評価を行った。

### (2)グリーンケミストリーに対応するスモールスケール比色実験の高度化：

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、それぞれのくぼみの溶液の比色を行う方法について検討した。高価なマイクロプレートリーダーの代

替としてデジカメを利用する。マイクロプレート内の一連の溶液を一枚の写真として撮影し、パソコン上での簡単な処理によりデジタル計測が可能になる非常に簡便な方法を検討した。金属錯体の組成決定法として代表的な連続変化法に応用した。

(3)近赤外線検出による新規観察・実験法の開発（血流観測）：

人体（指や手のひらなど）の血流を画像化することに取り組んだ。近赤外線は生体を透過しやすい性質を有する。このことを利用して、近赤外線を人体の一部に照射し、その透過光を検出器で捕らえ、血流観察を行う高価な装置が医療用に開発されている。本研究ではその検出器としてデジカメを用いる方法を検討した。一般のデジカメおよび安価な赤外線デジカメを比較しながら、撮影条件を種々検討した。

#### 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)環境分析の高度化：

①天然水中の微量金属イオンの定量

身近な対象である河川水中の鉄イオンの分析を取り上げた。本研究では、デジカメ測定の特長である測定の柔軟性を活かして測定の高感度化を図った。すなわち、細長いガラス容器に測定溶液を入れ、光路長を大幅に長くした。このセルによる測定条件（セルの配置、光源等）を種々検討し、最適条件を定めた。反応系は、鉄-フェナントロリン系と鉄-バソフェナントロリン系について検討した。どちらの反応系においても150 ppbまでの低濃度範囲で良好な検量線を得ることができた。図1にフェナントロリン系での検量線を示す。

本法を河川水中の鉄イオンの分析に適用した結果、数十ppbの鉄を再現性よく測定することができた。添加試験の結果も良好であった。本研究により安価なデジカメを検出器として用いて、通常分光光度法では測定が難しい濃度範囲の天然水中の微量鉄の定量でも、簡便な操作で行うことが可能になった。

これはデジカメ測定の特長である測定の柔軟性を活かした成果であり、デジカメを検出器として用いる有用性を示す代表的な一例である。

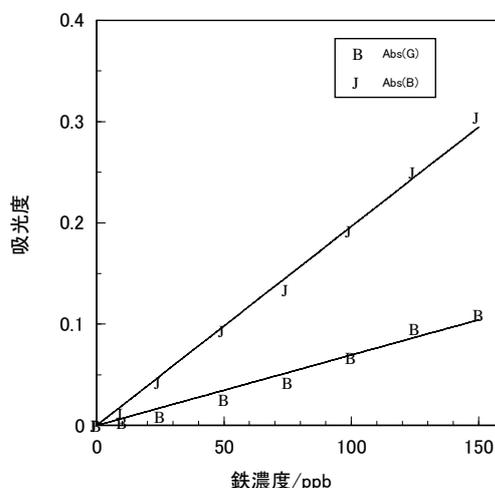


図1 デジタルカメラ測定での鉄の検量線

②溶媒抽出を併用した比色法への応用

溶媒抽出法を併用した陰イオン性界面活性剤の比色定量法にデジカメ計測を応用した。陰イオン性界面活性剤標準物質にはドデシル硫酸ナトリウムを用い、抽出系にはJIS法のエチルバイオレット法を用いた。抽出条件、測定条件を種々検討し、ppbレベルの陰イオン性界面活性剤を簡便に定量する方法を開発した。本法を河川水中の陰イオン性界面活性剤の分析に応用した。分析値は分光光度計で測定した値とよく一致し、良好な結果を得た。本法は中学・高校における水質分析実験に活用できる。デジカメ計測では有機相を少量化できるので、高濃縮/スモールスケール化が可能な手法であり、また多検体同時測定を簡便にできるなど、分析化学の専門的な観点からも利点の多い優れた手法と評価できる。さらに多くの抽出比色分析に応用することが期待できる。

(2)グリーンケミストリーに対応するスモールスケール比色実験の高度化：

スモールスケール化学実験にデジタル計測を応用する一例として、大学における基礎化学実験の代表的なテーマである金属錯体の組成決定実験（連続変化法）を取り上げた。諸

条件を種々検討した結果、1枚のウェルプレートで一連の測定溶液を調製し、デジカメ測定することにより、スモールスケール実験でも正確に錯体の組成を決定できることを示した。さらに種々のスモールスケール実験における定量化に応用することが期待できる。

(3)近赤外線検出による新規観察・実験法の開発（血流観測）：

生物分野の教材を念頭に、生体の非破壊血液観測を簡単にできる方法を検討した。赤外線ランプ、カメラ（一般のデジカメ、安価な赤外線カメラなど）の種類や観測条件を種々検討した。その結果、安価な赤外線カメラを用いることにより、人の手のひらなどの血流がその場で明確に観察できる条件を決定した。この方法を学校現場で活用すれば生徒の興味関心を高めることができると期待される。今後さらに、ランプ波長をコントロールすることにより、動脈と静脈を区別して観測するなどの展開が考えられる。

(4)化学発光の検出器としての応用：

本研究を進めるにつれてデジカメ計測は非常に柔軟に多様な応用ができる手法であることが確認された。そこで研究計画段階では考えていなかったテーマだが、化学発光の検出器としての応用も検討した。化学発光として代表的なルミノール反応の速度解析についてデジカメ計測を応用し、良好な結果を得た。デジカメ計測は発光現象についても定量的な測定が可能であり、さらに種々の反応系への応用が期待できる。

(5)まとめ

本研究の目的は、デジカメを計測機器（検出器）として転用することの有効性を示すことにより、学校教育等における科学実験・観察の質の改善や新たな展開に資することである。本研究では主に吸光による溶液の着色を対象に種々の事例研究を行った。その結果、デジカメは多様な場面で高価な分析機器の代替としてデジタル計測をする検出器に十分活用できることを明らかにした。さらにデジカメによる測定は簡便であるとともに、柔軟性が高く少しの工夫で高感度化やスモー

ルスケール化などの方法の改善を行うことが可能であることも示した。これらの成果は今後学術論文、学会発表や教員研修等で広く公開していく予定である。

デジカメ計測は学校教育等における科学実験・観察の質の改善に大いに役立つ。さらにアイデアしだいで種々の新たな測定に応用が可能であり、今後の発展が期待される。

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 2 件）

①村上祐，今泉庸子，菊地洋一，武井隆明，簡単なルミノール発光解析のためのCdSセルおよびデジタルカメラの応用，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，8巻，2009，81-87

②菊池拓己，伊藤敏，井上祥史，ImageJによる画像計測法の評価 - デジタルカメラやビデオカメラを計測器として活用するために -，岩手大学教育学部研究年報，査読有り，第68巻，2008，65-70

〔学会発表〕（計 4 件）

①菊地洋一，田村雄太朗，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（島根県）。

②伊藤敏，井上祥史，汎用Webカメラを用いた血液の流れ観測装置，教育システム情報学会全国大会，2009年8月20日，名古屋大学（愛知県）。

③平澤傑，菊地洋一，村上祐，デジタルカメラのスモールスケール化学実験への応用，平成20年度化学教育研究協議会東北大会，2008年10月13日，八戸工業大学（青森県）。

④菊地洋一，山田淑子，小泉理恵，井上祥史，デジタルカメラを検出器として用いた簡易水質分析法の開発，日本理科教育学

会第58回全国大会，2008年9月14日，福井大学（福井県）.

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) 研究分担者

該当なし

(3) 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

(H19 年度：研究分担者

H20～H21 年度：連携研究者)