

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 30 日現在

機関番号：16401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700844

研究課題名（和文）文化財の透過 X 線撮影における単色 X 線を用いた新しい撮影法の研究

研究課題名（英文）Development of Methods for homogeneous X-rays for X-ray Radiography of Cultural Properties

研究代表者

松島 朝秀 (MATSUSHIMA TOMOHIDE)

高知大学・総合教育センター・特任准教授

研究者番号：60533594

研究成果の概要（和文）：本研究は、文化財の透過 X 線撮影に単色 X 線を用いることによって、撮影条件の体系化を目指すものである。金属フィルタを用いて、既存の X 線照射装置に簡便に設置し、各文化財資料に適した単色 X 線について研究した結果、各文化財資料（絵画・彫刻等）に適したエネルギー帯を発生できる金属フィルタを検討できた。また、本成果を実物文化財へ用いるには、より詳細な臨床実験が必要であることが分かり、今後の研究課題が明確になった。

研究成果の概要（英文）：For investigation into cultural properties. X-ray radiography has played an important role in the field of conservation science. In this situation, it is valuable for conservation scientists to Development of Methods for homogeneous X-rays for X-ray Radiography of Cultural Properties. In this study, X-ray radiography for homogeneous X-rays system was developed. It is composed of Silicon Drift Detector, a new convertor to obtain high efficiency for low energy X-ray. This system was evaluated by irradiating with X-ray tube voltage of 30kV for Cultural Properties.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
2012 年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：保存科学

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：文化財、透過 X 線撮影、単色 X 線、絵画

1. 研究開始当初の背景

透過撮影自体の研究や開発に関して、国内ではこれまで撮影に用いられた銀塩フィルムに代わり、より簡便に詳細な撮影ができるイメージング・プレートやフラットパネルディテクターなどの感光体を利用した撮影、ま

た新しい X 線の検出器としてガス電子増幅フォイルを用いた撮影の試みが行われている。しかし、上記のような新しい感光体を使用できる組織は限られており一般的ではない。本研究では、X 線の感光体ではなく、照射する X 線のエネルギーに着目し、これまで

使用されてきた連続X線ではなく、各文化財資料に適した単一のエネルギー帯を持つ単色X線を用いることを検討することで、より精細な透過画像、定量的な画像濃度を得ることが可能ではないかと考察し研究を実施した。

2. 研究の目的

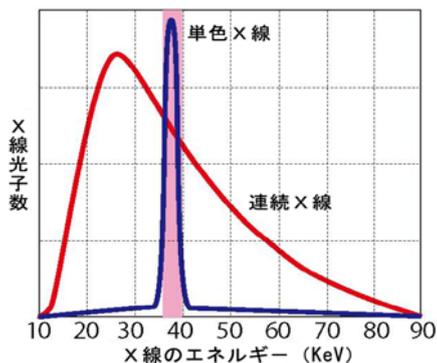


図1 単色X線のスペクトル

本研究は、文化財の透過X線撮影に単色X線（図1）を用いることによって、撮影条件の体系化を目指すものである。透過撮影は文化財の研究に重要な調査方法の一つになっており、様々な研究機関で用いられているが撮影条件は体系化されていない。今後このような状況が続くと撮影した画像を比較し、画像情報から科学的な知見を求めることが困難になってしまう。そこで、照射X線にこれまでの連続X線に代わり単色X線を用いると、異なるX線照射装置を使用しても同じ照射スペクトルによっての撮影が可能になるため、撮影条件が体系化できることに加え、これまで透過率の差が小さく不明瞭だった部分の透過画像が明瞭になり、透過濃度の再現性も向上する。

3. 研究の方法

初めに、単色X線スペクトルの発生に用い

る金属フィルタのシミュレーションによる設計・製作を行い、続いてCdZnTe半導体検出器を用いたX線スペクトル測定システムの構築し、最終的に単色X線を用いた透過撮影における効果の検証を行う、以上3つのサブテーマを設定し研究を行った。単色X線による効果が思わしくない場合、X線全光子数の総数が少ないことが考えられるので、結果をシミュレーションによるパラメーターの設定に差し戻してフィルタの再設計を行い、入射する管電流を変化させ単色X線スペクトルの光子数を増やしながら研究を遂行した。各サブテーマ間の繰り返しの検討を行い易い研究体制を構築し、単色X線の文化財の透過撮影における効果を明確にすることを念頭におき研究を行った。

4. 研究成果

本研究は、23年度にCdZnTe半導体検出器を用いたX線スペクトル測定システムの構築を行う予定であったが、より詳細な検討を

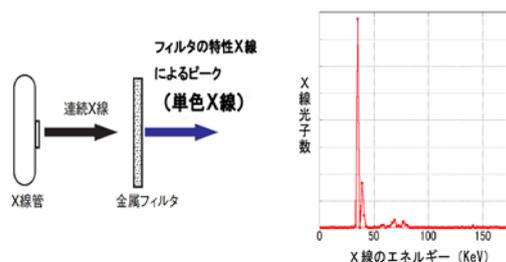


図2 単色X線の発生方法

行った結果、CdZnTe半導体を用いた検出器よりもSDD半導体を用いた検出器がより高性能で安価であったため、購入予定ではなかったSDD検出器を研究に用いることにした。本検出器を用いて連続X線・単色X線の直接線スペクトルの測定、X線の光子数及び照射線量、線量当量の測定を行った結果、これまで文化財の透過撮影研究で検討されなかった各文化財資料に適した単色X線エネルギーにつ

いて指標になる数値も一部得られた。SDD 検出器の導入によって非常に高い検出能力が得られ、より詳細なX線エネルギーの分析が行えた。

以下、本研究の目的である単色X線を用いた結果を示す。

本研究は、図2に示す方法で単色X線を連続X線から抽出する手法を用いた。本研究では、さまざまな金属を用いて単色X線の抽出を試みた。厚みや金属の種類を変化させ実験したところ、文化財資料の絵画で用いるX線エネルギー帯（使用X線管電圧～30kV）では、厚さ1mmのスズ（Sn）の金属フィルタが最も適切な30kVの単色X線を発生することが分かった。管球の種類が異なっても、このフィルタを装着し用いれば、50～55kVの出力で照射することによって30kVの単色X線の抽出が可能であることが分かった。

文化財資料に対する効果の検証として、30kVのX線エネルギーを用いた絵画調査を行い検証した。23年度から研究代表者の所属機関が高知大学になり、高知県の著名な日本画家である絵金（弘瀬洞意）の作品群を調査対象とした。

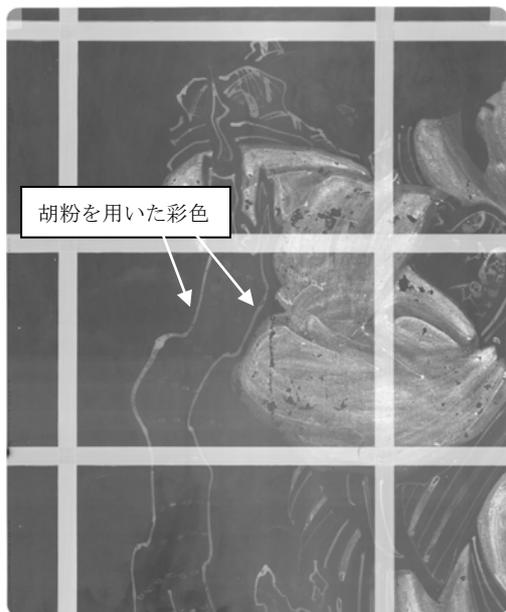


図3 絵金作 芝居絵屏風X線透過画像

図3に絵金作品である芝居絵屏風のX線透過画像を示す。本画像は、金属フィルタを用いない管電圧30kVの照射に比較して、X線透過率の高い胡粉（主成分：カルシウム）などの軽金属で構成された顔料のコントラストがより明確になった。これは、厳密には顔料層の厚みや、基底材（キャンバス）の透過率も大きくかかわってくることであり、一概には述べられない。しかし、高い効果として、これまで大きな絵画作品を撮影する場合、連続した撮影によって、ポータブル型のX線管球の出力が不安定になり、設定したX線エネルギーが照射できず均一なX線フィルムのコントラストが得られない現象が生じていたが、金属フィルタを用いれば、30kVの単色X線が発生するので、管球の照射条件において一定以上の照射条件を満たしていれば、フィルムの黒化度が安定し、コントラストが定量的に得られることが分かった。

また、本研究では彫刻資料に適した50kV以上の単色X線を得ることが非常に困難であった。50kV以上の単色X線による照射は、金属フィルタに用いる金属の特性X線のスペクトルピークが2本発生してしまい、単色X線としてX線透過撮影に用いることが困難になることが理由で、今後の検討課題である。（金属フィルタの異種材料の組み合わせで解決できると考察している。）

本研究の成果を改めて検討してみると、最終年度に実施した、単色X線の効果の検証において、研究期間以上の実物文化財へのより詳細な臨床実験が必要なことが分かった。様々な形状や材料が複合的に用いられている文化財資料へのより適切な照射X線エネルギーの検討や、透過撮影をする目的によって照射X線エネルギーを細かく変化させなければならないことが理由であるが、そうでなければ公に研究成果を発表することがで

きないことと判断せざるを得なかった。この事案は、感光体であるX線フィルムの検討や、照射距離のより体系的なデータの構築によって今後解決できると考察している。

よって、本研究で得られた結果は、研究代表者が調査対象とする文化財に用いることはあっても、研究題目である「～新しい撮影方法の研究」の成果として発表することはなく、調査対象とした文化財資料研究の研究発表等の中で、付帯データとして扱い、本研究の成果を合わせて発表した。今後、本研究で得られた成果をもって、任意の管電圧で発生させた単色X線を用いた透過撮影の臨床撮影を引き続き行い、本研究分野において貢献できる成果を発表することを目標に研究を継続していく予定である。

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0件)

[学会発表] (計4件)

- ① 中澤靖元、固体NMR法を用いた化学繊維黎明期における人造絹糸の構造解析、文化財保存修復学会、2012.06.30～07.01、日本大学文理学部百周年記念館(東京都)
- ② 松島朝秀、高知県立美術館所蔵 絵金 芝居絵屏風の光学的調査①、文化財保存修復学会、2012.06.30～07.01、日本大学文理学部百周年記念館(東京都)
- ③ 吉田直人、モノクローム写真をもとにした絵画の色材推定に関する基礎的検討、文化財保存修復学会、2011.06.05、奈良県新公会堂(奈良県)

- ④ 松島朝秀、東京農工大学科学博物館所蔵 浮世絵の色材調査 2-錦絵に使用された赤色材について-、文化財保存修復学会、2011.06.05、奈良県新公会堂(奈良県)

[図書] (計2件)

- ① 秋田貴廣、丸善プラネット、文化財保存学入門、2012、63-82
- ② 高知県立美術館、グラムブックス、絵金 極彩の闇、2012、186-193

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松島 朝秀 (MATSUSHIMA TOMOHIDE)

高知大学・総合教育センター・特任准教授

研究者番号：60533594

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし