

モアレ法とパターン投影法による 高性能新紙幣識別センサーの開発

萩原 茂・木島 一広・阿部 治・吉澤 徹^{*1}
若山 俊隆^{*1}・太田 成賢^{*1}・鈴木 英雄^{*1}・米村 元喜^{*2}
川口 剛史^{*3}・長沢 誠二^{*3}・中西 廣行^{*3}・青柳 泰士^{*3}
内藤 正明^{*3}・出口 次夫^{*3}・中澤 由繁^{*3}・梶原 唯行^{*3}

Development of high-performance new sensors for bill validators by moire method and pattern projection techniques

Shigeru HAGIHARA, Kazuhiro KIJIMA, Osamu ABE, Toru YOSHIZAWA^{*1},
Toshitaka WAKAYAMA^{*1}, Jouken OOTA^{*1}, Hideo SUZUKI^{*1}, Motoki YONEMURA^{*2},
Tsuyoshi KAWAGUCHI^{*3}, Seiji NAGASAWA^{*3}, Hiroyuki NAKANISHI^{*3}, Yasushi AOYAGI^{*3},
Masaaki NAITO^{*3}, Tsugio DEGUCHI^{*3}, Yoshishige NAKAZAWA^{*3} and Tadayuki KAJIWARA^{*3}

要 約

新紙幣には、ホログラム、深凹版印刷、特殊インク、すき入れ、マイクロ模様等の偽造防止技術が取り入れられている。これらの各要素について、モアレ法によるマイクロ模様の検出、パターン投影法による紙面の微小凹凸の検出、再生光パターン認識によるホログラムの真偽判定および特殊インクの検出を可能にする技術を開発した。これらの識別技術を活用した小型のセンサーを開発すると共にこれらのセンサーを組み込んだ高性能紙幣識別装置を開発する。

Abstract

New bills are used some new technologies which are hologram, intaglio printing, special ink, watermark and micro pattern. We developed sensing techniques using moire method, grating projection system, pattern recognition of holograph image and fluorescence of special ink. We will develop small size sensors used these techniques and a high performance bill validator using these new sensors.

1. 緒 言

紙幣の偽造は、法律により重罪が科せられているにもかかわらず、組織的な犯罪が後を絶たない。カラー複写機・プリンターなどの普及により、日本では平成14年頃から偽造紙幣の摘発が急増しており、平成16年には、25,858枚の偽造紙幣が発見¹⁾されている。偽造紙幣の流通は、国家の信用を低下させ、経済問題へと波紋が広がる為、日本政府は、平成16年末から偽造紙幣対策として新紙幣を投入した。

自動販売機や硬貨両替機は、無人での紙幣識別による使いやすさから、日本全国に普及しており、平成18年末現在で551万台余りが使用されている²⁾。しかしながら、その識別方式の殆どが、紙面を透過または反射する光の

強さパターンの認識や磁気インクの検出によるものであり、多くの偽造紙幣が真紙幣と誤認識されている。このような理由から、自動販売機や硬貨両替機は、偽造紙幣の製造犯が金銭を得るためのターゲットにされる場合もあり、抜本的な改革案が望まれている。

日本政府が投入した新紙幣には、ホログラム、すき入れ、深凹印刷識別マーク、マイクロ模様および特殊インクという偽造が困難な要素が使用されている。本研究では、これらの要素を正確に識別する専用の小型センサーを開発し、識別装置に組み込むことによって偽造紙幣を誤認しない高性能紙幣識別装置を平成18・19年度の2年間で開発する。

本研究は、平成18年度地域新生コンソーシアム研究開発事業により、産学官の共同研究として実施したもので、当センターでは、特殊インクの検出技術を中心に開発し、モアレ法によるマイクロ模様検出法およびホログラム検出技術についても検討を行った。本稿では、平成

*1 特定非営利活動法人三次元工学会
*2 独立行政法人山梨大学
*3 協南精機株式会社

18年度に開発した偽造が困難な各要素の識別技術について各機関の検討も含めて述べる。

2. 実験方法

新紙幣には、偽造防止のためホログラム、深凹版印刷、特殊インク、すき入れおよびマイクロ模様の技術が取り入れられている。これらの各要素について、正確に識別可能な技術について検討した。

2-1 ホログラムの検出法

1万円、5千円紙幣には、ホログラムが貼り付けられている。ホログラムは、光の照射する方向を変えることで像が観察できる方向が変化するなど特に偽造が難しい識別要素である。本研究では、ホログラムの真偽判定をするセンサーとして、光照射により生ずる像のパターンと像が得られる方向を捉え、真偽判定する方法を開発した。

ホログラムに照射する光の波長、入射角、方位角および偏光の依存性を調べるために、光造形を用いて実験治具(図1)を製作した。なお、本稿では、方位角としてホログラムに垂直な直線を軸として、その回転角度を表した。照射光の波長は、402nm、600nm、635nm、850nmおよび白色光の5種類について検討を行った。

2-2 すき入れ及び深凹版印刷識別マークの検出法

紙幣は、印刷インクが盛り上りを有する深凹版印刷が部分的に用いられており、紙面に微小な凹凸パターンが形成されている。さらに紙幣中央付近は、すき入れによる微細な凹凸がつけられている。これらの微小な表面の凹凸をパターン投影法により計測する実験を行った。

開発した装置の原理を図2に示す。基本光学系は、測定精度と測定時間の両方を考えて最も適した格子パターン投影方式を採用した。白色光源からの光は、レンズなどで平行光にされ、液晶格子に照射される。液晶格子は、格子状のパターン光を作り出すことができる。その光は、投影レンズを用いて紙幣に投影される。このとき、紙幣のすき入れや深凹版印刷による表面の凹凸によって投影された縞は、真上から見ると本来の直線状格子パターンからわずかに変化する。この変形した格子パターンをカメラで捉え、位相シフトアルゴリズム^{3) 4)}に基づき位相計算することで、紙幣のすき入れや深凹版印刷による微細な凹凸を3次元形状測定する。

2-3 マイクロ模様の検出法

モアレ干渉縞は、細かい格子を重ねることで生成する。図3は、2つの格子の重なった部分にモアレが生成した状態を示す。紙幣には、コピー機による複写が困難なマイクロ模様が使用されている。マイクロ模様にも格子シートを重ねることでモアレ干渉縞が生成する。このモアレ干渉縞の生成有無と縞形状の特徴を捉えることに

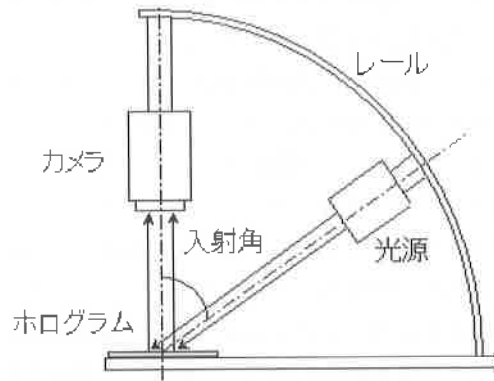


図1 ホログラム特性検査装置

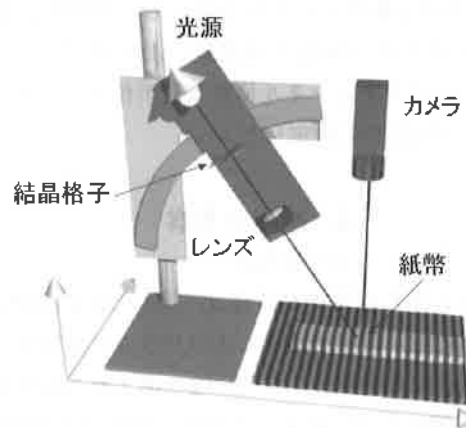


図2 パターン投影法の原理

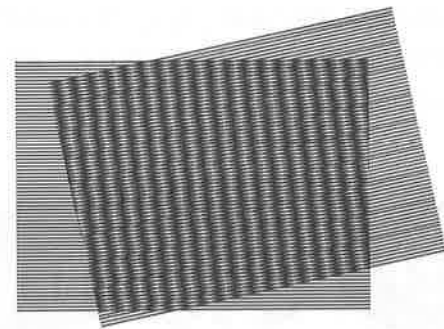


図3 格子パターンの重ね合わせで生成するモアレ干渉縞

表1 使用機材

名称	型式	メーカー
デジタルマイクロスコープ	VHX-100F	(株)キーエンス
ワイドレンジズームレンズ	VH-Z100	
VHXファイバ	OP-51480	
フリーアングル観察システム	VH-S30	

より、マイクロ模様の識別が可能となり、正確な真偽判定を行うことができる。

センサーを製作するための基礎実験として、真券紙幣に格子シートを重ねて生成されるモアレ干渉縞をデジタルマイクロスコープにより観察した。使用した機材を表

1に示す、真券紙幣のマイクロ模様部分で生成されるモアレ干渉縞の状態を調べると共に、カラーコピーおよび白黒コピーで印刷した微細な単純パターン模様を使用した場合のモアレ生成状態についても観察を行った。

2-4 特殊インクの検出法

新紙幣には、紫外線を照射することにより蛍光を発する特殊インクが使用されている。この特殊インクの蛍光特性を分析し、印刷パターンを捉えることにより、正確な真偽判定を行うことができる。紙幣に使用されている特殊インクの蛍光特性を調べ、一般に広く使用されている蛍光性インクの蛍光特性と比較した。また、特殊インクの印刷パターンを把握した。

紫外線LEDと水銀ランプを光源として使用し、紙面に照射して発生する蛍光を顕微鏡により観察した。蛍光特性は、マルチチャンネル検出器（浜松ホトニクス製PMA-12）を使用して測定した。

3. 結果と考察

3-1 ホログラムの検出法

ホログラムから再生される像は、図4に示す日銀マーク、サクラの花、数字である。ホログラムに光照射したときにそれぞれの像が最も鮮明に映し出される入射角と方位角の関係を表2に示す。入射角と方位角の関係は、波長により定まり、他のホログラムにはない独特な特性を示した。この特性を正確にセンサーで捉えることにより、高精度な紙幣識別が可能となる。実験の結果からセンサーの開発に必要な基礎データが得られ、独自のセンサーを開発している。

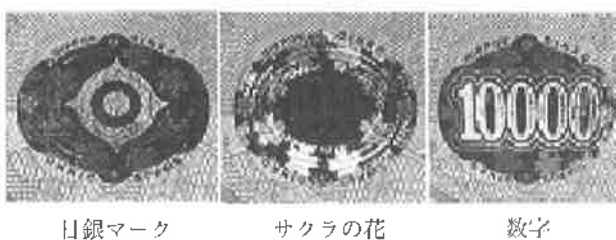


図4 ホログラムの再生像

表2 光強度が最大となる入射角と方位角

波長 (nm)	パターン					
	日銀マーク		サクラの花		数字	
	入射角	方位角	入射角	方位角	入射角	方位角
402	35°	49°	55°	95°	35°	126°
600	60°	50°	40°	98°	60°	128°
635	60°	52°	40°	96°	60°	126°
850	75°	51°	55°	93°	70°	123°
白色	50°	51°	35°	92°	50°	127°

3-2 すき入れ及び深凹版印刷識別マークの検出法
 千円紙幣の額面部分には深凹版印刷が施されている。試作した装置を用いて額面部分を計測した結果を図5に示す。深凹版印刷による100 μ m程度の凹凸形状が計測されており、印刷により形成される微小な表面形状を計測可能な能力があることを確認した。現在、この技術を用いた小型センサーの開発を進めている。

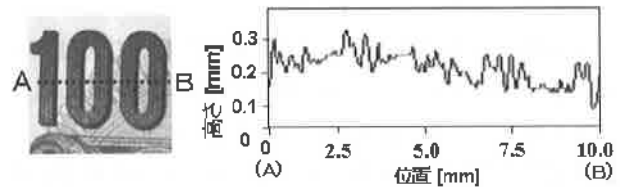


図5 深凹版印刷の測定例

3-3 マイクロ模様の検出法

紙面に印刷されたマイクロ模様により生成するモアレの一例を図6に示す。モアレは、紙幣の随所で確認することができた。コピーで印刷した微細模様は、微細なパターンが潰れてモアレは確認できなかった。

本研究では、モアレが生成される位置と格子間隔を明らかにし、紙幣識別装置に組み込み可能な小型センサー開発を遂行している。



図6 マイクロ模様によるモアレ干渉縞の生成例

3-4 特殊インクの検出法

紙幣には、紫外線の照射により蛍光を発する特殊インクが使用されている。一万円紙幣の印鑑部分の蛍光特性を図7に示す。図7中の λ_a は、照射光の波長である。この例では、 λ_b 、 λ_c の2つの蛍光波長ピークが確認できた。一般に使用されている蛍光インク（ぺんてる蛍光ペン 黄色、水色、桃色および橙色の4色）では、い

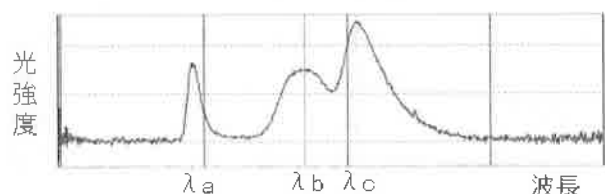


図7 深凹版印刷の測定例

ずれも蛍光波長ピークは1つであった。紙幣に使用されている特殊インクの蛍光波長は、一般に使用されている蛍光インクとは波長とピークの数異なることが判明した。特殊インクの独特な蛍光特性を正確に捉えることで、紙幣の識別が可能である。

4. 結 言

紙幣の真偽判定として、偽造が困難な要素（ホログラム、すき入れ、深凹印刷識別マーク、マイクロ模様、特殊インク）を正確に識別する技術を開発した。平成19年度では、これらの技術を紙幣識別装置に組み込むことで、従来の問題点を払拭した高性能紙幣識別装置を開発する計画である。

参考文献

- 1) 警察庁統計報告：偽造通貨の発見枚数 (2007)
- 2) 日本自動販売機工業会：自販機普及台数及び年間自販金額, 2006年版 (2007)
- 3) 小松原良平, 吉澤徹：縞走査を導入した格子パターン投影法, 精密工学会, No.55, p.1817-1822 (1989)
- 4) 山谷謙, 山本将之, 藤田宏夫, 勝呂彰, 大谷幸利, 諸川滋, 吉澤徹：精密工学会, No.67, p.786-790 (2001)