

光学特性を用いた窓ガラスの防犯性能の評価

小野川竜司[†] 藤川真樹[†] 七井靖[‡]
 工学院大学[†] 防衛大学校[‡]

1 はじめに

1.1 背景と目的

住宅などの建物に侵入して金品を盗むことを侵入窃盗と呼ぶ。建物への侵入方法にはいくつかあるが、器具を使った方法として一番多いのがガラス破り（窓ガラスを割り、外からクレセント錠を解錠する方法）である[1]。これは、ドアの錠を破るのに必要な器具（ピッキング用具など）よりも「シンプル」「入手が容易」「操作が簡単」な器具（ドライバ、ガラス切りなど）を使って、短時間で侵入できることが理由であると考えられる。

ガラス破りに対抗するには、窓ガラスを耐貫通性のある防犯ガラスに交換するか、窓ガラスに耐貫通性のある防犯フィルムを貼り付ければよいが、既設の窓ガラスにどの程度の耐貫通性があるかは（CP マークが貼付されている窓ガラスを除くと）外見上、容易には判別できない。

本稿では、窓ガラスの耐貫通性の度合いを光学的に診断する手法を提案するとともに、シンプルな実験により有効性を示す。

1.2 耐貫通性の度合い

「防犯ガラス」とは、図1に示すように2枚のガラスの間に耐貫通性のある透明なフィルムを挟み込んだものを指す。フィルムに厚みがあるほど耐貫通性は増す。ガラス破りを試みてから5分経過しても侵入できなかったガラスを防犯ガラスと認定し、CP マークが貼付される。

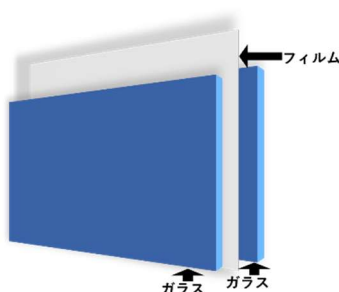


図1 防犯ガラスの構造

一方、「合わせガラス」「防音ガラス」も図1と同じ構造を持つ。合わせガラスはモノや人がガラスに衝突することで生じるガラスの破損によって人が受傷するリスクを軽減することを、防音ガラスは音の遮断を、それぞれ目的としている。防犯ガラスには及ばないが、いずれもフィルムの存在により、ある程度の耐貫通性を有する。

2 コンセプト

文献[2]によると、防犯ガラス、合わせガラス、防音ガラスのフィルムには、いずれも PVB（ポリビニル・ブチラール）という樹脂が使用されている。PVB が基材となっており、PVB の厚みを増せば防犯ガラスや防音ガラスとなることが紹介されている。

文献[3]では、3つの効果（耐貫通性、赤外線吸収性、騒音低減性）をもつ PVB の分光透過率データを公開している。これによると、紫外線帯域に1つ、近赤外線帯域に複数の吸収が見られる。

著者らは「PVB には紫外線と近赤外線を吸収する性質があり、それぞれの光の吸収度合いと耐貫通性の度合いには相関関係がある」との仮説を立てた。当該仮説を検証するために、著者らは紫外線と近赤外線における分光スペクトルを観察する。

3 実験

3.1 実験システム

著者らは、図2に示すシステムを用いて11種類のガラスの分光スペクトルを測定した。システムはハロゲンランプ、2つの平凸レンズ、受光部、2種類の分光器、PCから構成される。

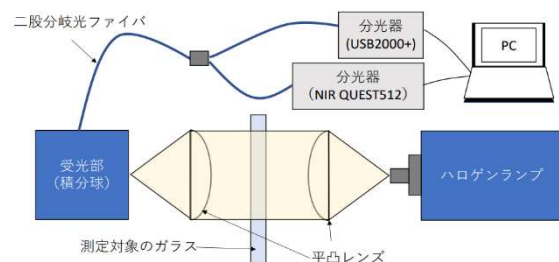


図2 分光スペクトル測定システム

Crime Prevention Performance Evaluation by using Window Glass's Optical Characteristics

[†]Ryuji Onogawa & Masaki Fujikawa, Kogakuin Univ.

[‡]Yasushi Nanai, National Defense Academy

フィルムあり	合わせガラス, 防音ガラス, 防犯ガラス (レベル 1, 2, 3)
フィルムなし	透明ガラス, 網入り透明ガラス, 高性能 Low-E ペアガラス, 強化ガラス, 型板ガラス, 高遮蔽性能熱反射ガラス

表1 ガラスのカテゴリイズ

測定対象のガラスは、2つの平凸レンズの間に置く。ハロゲンランプから出た光はガラスを透過し、受光部に到達する。受光部で捉えた光は、二股分岐光ファイバを經由して2種類の分光器に至る。USB2000+は400~1000nm帯の光を、NIR QUEST512は900~1700nm帯の光をそれぞれ測定できる。なお、900nmを境として、2つの分光器の測定結果を合成する。

表1に、11種類のガラスをフィルムの有無によって区別したものを示す。いずれも、一般家庭やオフィスなどで目にする機会の多いガラスである。なお、高性能Low-Eペアガラスと型板ガラスは表面(屋外側)と裏面(屋内側)があることから、測定パターンの合計は13となる。

3.2 透過率スペクトルの測定方法

一般的に、各波長における透過率は以下の要領で算出できる。

- (1) ハロゲンランプの発光強度とガラスの透過光強度を測定する。
- (2) ガラスの透過光強度をハロゲンランプの発光強度で割り、商を求める。

一方で、実験環境内には電氣的・光学的ノイズが含まれているため、これを差し引く必要がある。このプロセスを考慮した透過率スペクトルの算出方法を以下に示す。

- (1) 平凸レンズ間に何も置かない状態で、ハロゲンランプの発光強度を測定する。
- (2) 平凸レンズ間に遮光物(黒色の仕切り板)を置き「ランプダーク」を測定する。
- (3) 平凸レンズ間にガラスを置き、ガラスの透過光強度を測定する。
- (4) 平凸レンズ間にガラスと上記の遮光物を置き「ガラスダーク」を測定する。
- (5) 次式により透過率を算出する。

$$\text{透過率} = \frac{(\text{ガラス透過率強度} - \text{ガラスダーク})}{(\text{ランプの発光強度} - \text{ランプダーク})}$$

3.3 実験結果

全13パターンの透過率スペクトルを図3に示す。紫外線帯域に1つ、近赤外線帯域に3つの吸収が見られるグラフが5つあることが分かる。

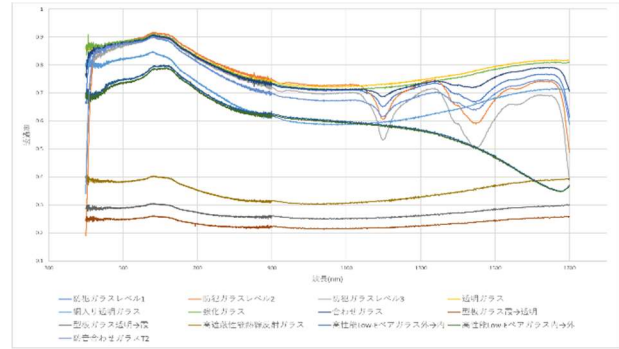


図3 透過率スペクトル(全13パターン)

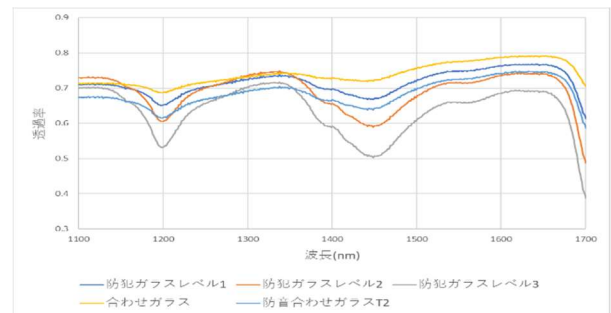


図4 透過率スペクトル(近赤外線帯域)

5つのグラフについて、近赤外線帯域にフォーカスしたものを図4に示す。防犯ガラスのレベル(耐貫通性)が高いほど近赤外線の吸収度合いが大きいことが分かった。

4 考察

図3と4より、フィルムがある(耐貫通性がある)ガラスとそうでないガラスの違いが明確となった。今後、既知のフィルム厚を有する標準サンプルとの比較により、防犯ガラスと他のフィルムありガラスを区別できる可能性がある。

5 まとめ

本稿では、窓ガラスの耐貫通性の度合いを光学的に評価する方法を提案した。当該度合いはフィルムの厚さと相関関係がある。透過率スペクトル測定の結果、耐貫通性があるガラスとそうでないガラスを区別することができた。

参考文献

- [1] 警察庁, 住まいる防犯 110 番 侵入窃盗とは?, https://www.npa.go.jp/safetylife/seianki26/theme_a/a_a_1.html (2021年12月26日アクセス)
- [2] AGC株式会社, ガラスの豆知識 Vol.11 合わせガラス中間膜, <https://www.asahiglassplaza.net/gp-pro/knowledge/vol11.html> (2021年12月26日アクセス)
- [3] イーストマンケミカル, Saflex[®] Solar PVB 中間膜, <https://www.saflex.com/ja/content/products/saflex%20AE-solar> (2021年12月26日アクセス)