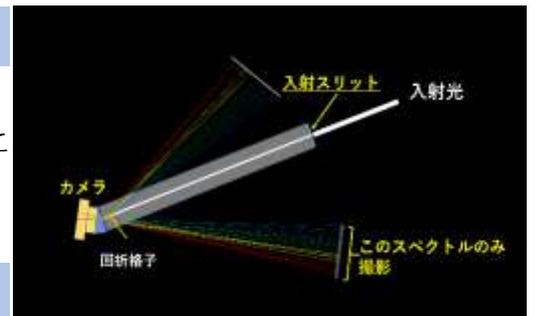


「光のスペクトルによるフォトルミネセンスの解析」

Analyses of photoluminescence by the spectrum of light

1. 研究の背景と目的

フォトルミネセンスの解析にあたり、人が感じる色とは何か？人が感じる色のしくみを光と色彩の三原色から考える。また、蛍光とはどのような現象によるものか。蛍光物質に波長の短い光が反射や透過する際、波長の長い光が加わり、異なった色に変化する。この現象(フォトルミネセンス)を光のスペクトルと光の偏光から考える。



2. 実験方法と結果

A. 光の三原色

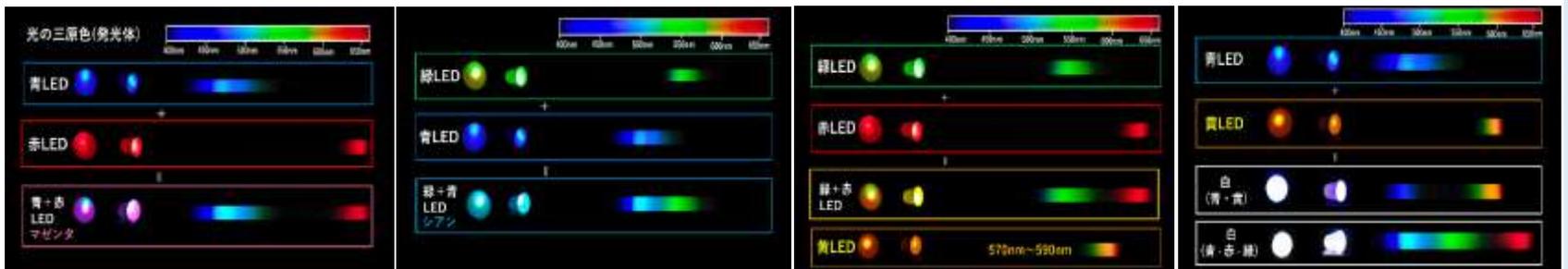
方法 ①回折格子分光器で片方の虚像のスペクトルを捉え、カメラで撮影する。

②三原色の発光ダイオードを使い、色の強度を変化させ、光のスペクトルを捉える。

結果 それぞれのスペクトルが合成されることで光の三原色とは別の色の光を確認することができた。また、光の三原色で作る黄色は緑と赤の混合スペクトルであるため、黄色の波長は含まれていない。これに対し、黄色のLEDは黄色の波長を出していることが分かる。この実験では少し色合いは異なるが、どちらも黄色として認識できる。



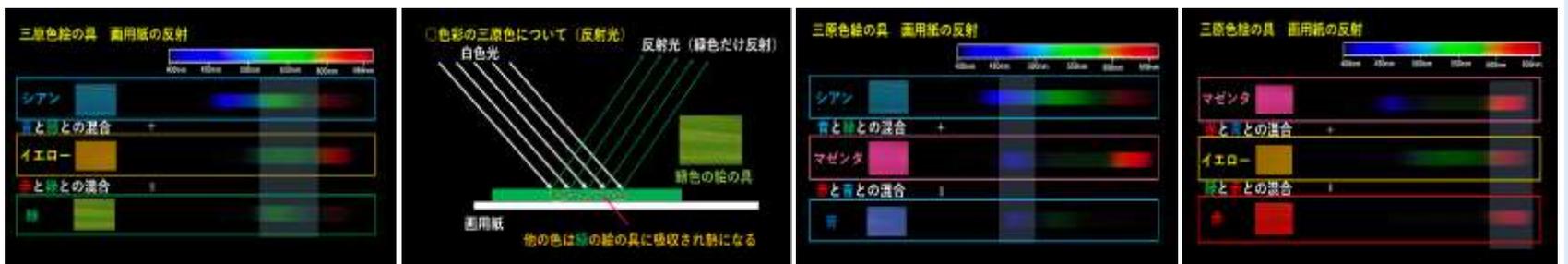
また、黄の補色である青色LEDと黄色で白を作り出すことが確認できる。黄色のLEDは純粋に黄色が放射されているが、実際には三つある錐体細胞の中の赤と緑の錐体細胞が反応して脳の中で黄色を感じさせているものと考えられる。



B. 色彩の三原色

色彩の三原色ではマゼンタ、イエロー、シアンの絵の具を混ぜ、できた色のスペクトルを撮影する。

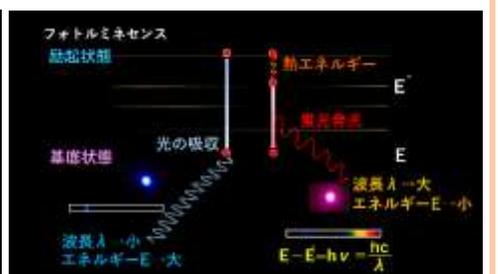
このスペクトルから明らかなように共通に含まれる色だけが残り、それが反射光の色として感じる事が確認できる。



3. フォトルミネセンス

蛍光

ブラックライトをビーカーの水に溶かした蛍光絵の具(緑、黄、赤、白)に照射して透過光を見ると、入射されていない色の光が蛍光絵の具の溶液の全てから出ている。しかし、一部見えていた紫色の部分は吸収されスペクトルから消えている。



また、蛍光色でない緑色の絵の具は全く光が出ていない。蛍光塗料の場合は、蛍光絵の具に含まれるフルオロセインなどの物質が、入射光線(紫外線)を受け取り、それより波長の長い光を出すものと考えられる。

フォトルミネセンス(Photoluminescence)・・・物質が光を吸収した後、それより波長の長い(エネルギーの低い)光が再放出される現象

疑問 1

この実験では波長の短いブラックライトを照射したが、レーザー光などの単色光(赤・緑・青)を蛍光塗料に当てた場合でも他の色の光が生じるのか?

実験と結果

蛍光色の4色と蛍光塗料でないマゼンタ色にレーザー光(赤・緑・青)を照射した。赤のレーザー光ではどの色にも反射光のスペクトルに変化が現われなかった。緑のレーザー光を照射した場合は蛍光赤色にだけ緑色～赤色の光が強くなった。

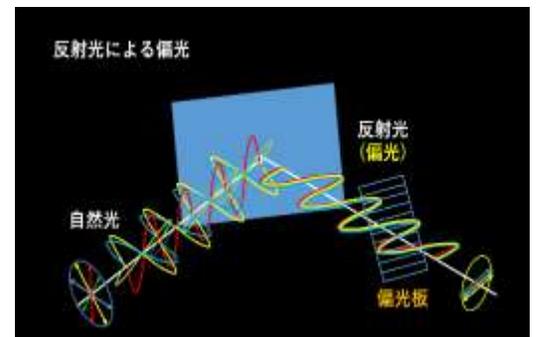
また、青色のレーザー光を照射した場合は、3つの蛍光色で反射光の色が変化していることがわかる。青のレーザー光を緑や黄色の蛍光塗料に照射した場合は、緑より波長の長い黄色～赤色の部分の光が出ていない。しかし、青のレーザー光を赤の蛍光塗料に当てた場合はエネルギーの大きい(波長の短い)青がエネルギーの小さい(波長の長い)緑から赤までの領域に強い反射が見られた。



疑問 2 蛍光物質に波長の短い光を当てた時、直接反射された光とフォトルミネセンスによる光が合わさり目に入る。このフォトルミネセンスによる光は反射光と発光原理が異なるため、波長以外に何か物理現象として異なる性質を持つはずである。それは何か?

実験と結果

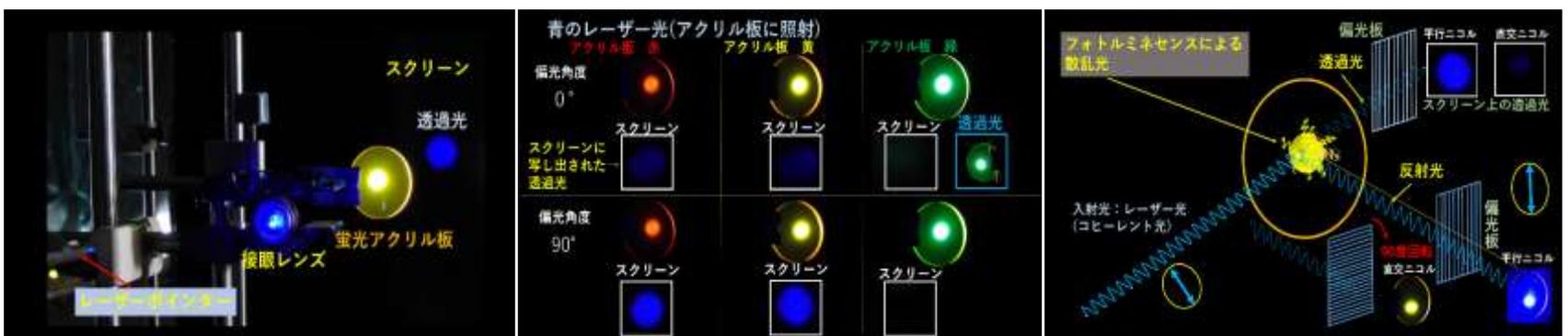
その一つとして、偏光について考えてみた。反射光は表面が絵の具である場合、偏光を捉えることは難しいが、表面が滑らかであれば反射光は偏光する。そこで、滑らかな表面をもつ蛍光アクリル板を用いてフォトルミネセンスによって発せられた光が偏光するのか実験で確認した。



偏光(polarization)・・・波の振動方向が特定の方向にのみ振動している光。

反射光は反射面が滑らかであれば乱反射せず、反射される際に振動面が揃い偏光する。

表面が滑らかな蛍光アクリル板に青色のレーザー光を当て、その反射光と透過光で偏光が生じるかを調べる。フォトルミネセンスにより3色(赤・黄・青)アクリル板から発せられた光は全て偏光しなかった。また、アクリル板を透過したスクリーン上に映った透過光は偏光したことが確認できた。しかし、緑のアクリル板では透過光がスクリーンに映ることはなかった。また、赤のレーザー光では3種のアクリル板全てに、色の変化は現れず、アクリル板からの反射光とスクリーンに映った透過光はともに偏光した。



4. 考察と結論

補色の関係からスペクトルが異なっている場合でも、同系色として見える色(黄色)がある。

フォトルミネセンスによる光はあらゆる方向に光が飛び交い、散乱光のように全く波面が揃わないため偏光しない。また、青のレーザー光を入射した時、緑のアクリル板の透過光がスクリーンに映らなかったのは、レーザー光がルミネセンスによるエネルギーに全て使われたからと考えられる。赤のレーザー光はエネルギーが低い為、どの場合でもルミネセンスを示さず、反射光、透過光とも偏光した。

5. 今後の課題・展望

手作りの分光器では、色を正確に理解するために必要な色の明度・彩度が読み取りづらく波長領域しか観測できないため、光のスペクトル以外にそれぞれの波長に対する強度分布を読み取る工夫をしていきたい。なぜ、青のレーザー光は緑の場合のみ全て吸収されるのかについて、波長の差を基に対象を増やし、解明に繋げたい。また、今回はフォトルミネセンスを光のスペクトルと偏光について検証してきたが、蛍光物質の原子構造や電子の動きなど、具体的にその仕組みを考えていきたい。