往復させると旋光は戻りファラデー回転は二倍になり、光を一方通行にできるのは後者だけ

— 片道で 45 度回す媒質を往復させると、旋光では 0.000000 度に戻り、ファラデー回転では 90.000000 度になる — 分離子は、回る向きを決めているのが物質のねじれか、外から掛けた磁場の向きか — [論文773]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

偏光の向きを回す素子には、物質そのものが回す旋光と、磁場の中で回るファラデー回転がある。片道で見るとどちらも同じように回す。行って戻ったときの回転と、光を一方向にだけ通す働きを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、往復すると、旋光は戻る——片道 45 度が、往復で 0.000000 度（第2節）。 第二に、往復すると、ファラデー回転は倍になる——片道 45 度が、往復で 90.000000 度（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。光を一方通行にできるのは、ファラデー回転だけである——偏光子ではさむと、戻りの透過はファラデーで 0、旋光で 1.000000（第3節）。 第四に、回転のずれが、戻りの漏れになる——ずれ 1 度で漏れ 3.045865×10^{-4}、遮断 35.162894 dB（第3節）。 第五に、必要な長さは磁場とヴェルデ定数で決まる——134 rad/(T m)・1 T で 45 度に 5.861180 mm（第3節）。 第六に、分離子は、回る向きを決めているのが、進む向きに対する物質のねじれか、外から掛けた磁場の向きかである——「45 度回す素子」は、どちらで回すかを言うまで、光を止められるかが決まらない（第4節）。 キーワード：偏光の回転、旋光、ファラデー回転、光アイソレータ、相反と非相反、ジョーンズ行列。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——旋光とファラデー回転、ジョーンズ行列による偏光の計算、相反な媒質では往復で回転が打ち消すこと、光アイソレータがファラデー回転を使うことは、いずれも既知である（ヘクト 2017、サレー＆タイク 2007）。損失を扱わない——吸収、反射による損失、偏光子の不完全さは入れない。波長を一つに置く——回転角の波長依存は扱わない。値は代表値である——ヴェルデ定数 134 rad/(T m) は比べるための値である。ほかの効果を扱わない——電気光学効果による偏光の変化は名前を挙げるにとどめる。実在の素子を主張しない——個別のアイソレータの性能は扱わない。既刊との関係：論文335 は、往復すると冪が変わることを示した——そこではレーダーの往復で距離の冪が 2 から 4 に変わった。ここでは往復で偏光の回転が、相反な媒質では打ち消し、非相反な媒質では足し合わさる。往復が冪を変える場合と、往復が打ち消すか足すかを分ける場合になる。加えたのは、往復の回転を二つの媒質で計算したこと、偏光子にはさんだ戻りの透過が 0 と 1.000000 に分かれることを示したこと、回転のずれと遮断の深さを並べたこと、分離子を「ねじれか、磁場か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：偏光の状態を二成分のベクトル、回転を行列 $R(\theta)$ で表す。行きで $R(\theta)$ を受けた光が戻るとき、実験室の座標で見ると、相反な媒質（旋光）では回転の向きが逆になり、非相反な媒質（ファラデー回転）では同じ向きに回る。

$$R(\theta)=\begin{pmatrix}\cos\theta & -\sin\theta\\ \sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix},\qquad M_{\text{相反}}=R(-\theta)R(\theta)=I,\qquad M_{\text{非相反}}=R(\theta)R(\theta)=R(2\theta)$$

ファラデー回転の角は $\theta=VBL$ で、V はヴェルデ定数、B は磁場、L は長さである。

問い：片道で同じだけ回す二つの素子は、往復でも同じなのか。

2. 往復の回転

計算 2.1：片道 45 度回す媒質を往復したときの回転を、二つの媒質で出した。

媒質	往復の回転
旋光（相反）	0.000000 度
ファラデー回転（非相反）	90.000000 度

観察 2.2

往復すると、旋光は戻り、ファラデー回転は倍になる。相反な往復は恒等行列と最大差 2.220×10^{-16}、非相反な往復は 90 度の回転と同じ差で一致した——片道では見分けがつかない二つが、往復で正反対になる。

3. 光を一方通行にする

計算 3.1：偏光子 0 度・回転 45 度・検光子 45 度に光を通し、行きと戻りの透過を出した。ファラデー回転が 45 度からずれたときの戻りの漏れも出した。

量	ファラデー回転	旋光
行きの透過	1.000000	1.000000
戻りの透過	0	1.000000

回転のずれ	戻りの漏れ	遮断の深さ
0.5 度	7.615242×10^{-5}	41.183163 dB
1.0 度	3.045865×10^{-4}	35.162894 dB
2.0 度	1.217975×10^{-3}	29.143617 dB
5.0 度	7.596123×10^{-3}	21.194080 dB

観察 3.2

これが本稿の芯である。光を一方通行にできるのは、ファラデー回転だけである。戻りの光は、ファラデーではさらに 45 度回って 90 度になり偏光子に止められ、旋光では 45 度戻って 0 度になり 1.000000 通る——一方通行には、行きと戻りで違う振る舞いが要り、それは非相反な媒質にしか無い。

観察 3.3

回転のずれが、戻りの漏れになる。漏れはずれの $\sin^2$ に等しく、1 度で 35.162894 dB、5 度で 21.194080 dB まで浅くなる——回転を 45 度に合わせる精度が、止める深さを決める。

観察 3.4

必要な長さは磁場とヴェルデ定数で決まる。ヴェルデ定数 134 rad/(T m)、磁場 1 T で、45 度に要る長さは 5.861180 mm である——回転の向きは長さでも物質でもなく、磁場の向きが決めている。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、回る向きを決めているのが、進む向きに対する物質のねじれか、外から掛けた磁場の向きかである。ねじれなら向きは進む向きとともにひっくり返り、往復で打ち消す。磁場なら向きは固定され、往復で足し合わさる——「45 度回す素子」は、どちらで回すかを言うまで、光を止められるかが決まらない。

観察 4.2

論文335 と並べる。335 は、レーダーの往復で距離の冪が 2 から 4 に変わることを示した——ここでは往復が、相反なら打ち消し、非相反なら足し合わせる。往復で何が起きるかは、行きと戻りが同じ規則に従うかで決まる。

観察 4.3

言わないこと。損失も、波長の依存も、電気光学効果も、実在の素子の性能も扱わない——示したのは、往復で打ち消すか足すかが、一方通行を作れるかを決めることである。

5. 点呼と結び

1. 旋光の往復 **0.000000** 度（計算 2.1）：戻る。
2. ファラデーの往復 **90.000000** 度（計算 2.1）：倍になる。
3. 行きの透過 **1.000000**（計算 3.1）：どちらも通す。
4. 戻りの透過 **0**（観察 3.2）：ファラデーが止める。
5. 旋光の戻り **1.000000**（観察 3.2）：本稿の芯。
6. ずれ **1** 度で **35.162894** dB（観察 3.3）：精度が深さ。
7. ずれ **5** 度で **21.194080** dB（計算 3.1）：浅くなる。
8. ずれ **0.5** 度で **41.183163** dB（計算 3.1）：深い。
9. **45** 度に **5.861180** mm（観察 3.4）：**1 T** で。
10. ねじれか、磁場か（観察 4.1）：**分離子・論文335**。

結び：往復させると旋光は戻り、ファラデー回転は二倍になる——光を一方通行にできるのは後者だけである。片道 **45** 度回す媒質を往復させると、旋光では **0.000000** 度に戻り、ファラデー回転では **90.000000** 度になる——片道では見分けのつかない二つが、往復で正反対になる。偏光子 **0** 度と検光子 **45** 度ではさむと、行きの透過はどちらも **1.000000** だが、戻りの透過はファラデーなら **0**、旋光なら **1.000000** である——一方通行には非相反な媒質が要る。回転が **1** 度ずれると戻りは 3.045865×10^{-4} 漏れて遮断は **35.162894 dB** になり、**1 T**・ヴェルデ定数 **134 rad/(T m)** で **45** 度に要る長さは **5.861180 mm** である。分離子は、回る向きを決めているのが、進む向きに対する物質のねじれか、外から掛けた磁場の向きかである——「**45** 度回す素子」は、どちらで回すかを言うまで、光を止められるかが決まらない。既刊との位置——**論文335** は往復で冪が変わることを示した。ここは往復で回転が打ち消すか足すかを数えた。正直に言えば——損失も波長の依存も電気光学効果も実在の素子も扱っていない。

参考文献

1. Hecht, E. (2017). *Optics* (5th ed.). Pearson.
2. Saleh, B. E. A., & Teich, M. C. (2007). *Fundamentals of Photonics* (2nd ed.). Wiley.
3. 山岸勇輝 (2026). 『往復すると、冪が変わる』[論文335]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22681851

— *From thinking to syncing.* —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)