

偏光板における保護フィルムの影響の測定と考察

液晶ディスプレイに使用されている偏光板の多くは、PVA フィルムを一軸延伸してヨウ素を吸着配向させた偏光フィルムの両面に TAC フィルムを貼合して作られます。TAC フィルムには位相差(Re) および配向軸(遅相軸)があり、その位相差と配向軸が偏光板に対してどのように作用するかを楕円偏光測定装置 KOBRA-WPR を利用して評価した結果を報告します。

・ 試料

偏光板 A (偏光フィルムをガラス板で挟んだもの、全厚さ 0.7 mm)

偏光板 B ~ G (偏光フィルムを TAC フィルムで挟んだもの 6 種)

位相差板 R50_1、R50_2、R50_3、R50_4 (R0 50 nm を 4 枚)

位相差板 R100_1、R100_2、R100_3、R100_4 (R0 100 nm を 4 枚)

の各位相差板はそれぞれ別々に傾斜測定用サンプルホルダーにずれないようにテープ止めしたものを使用。

・ 測定項目

- 1) 偏光板透過軸の表裏差
- 2) 偏光板 + 位相差板の楕円偏光測定
- 3) 偏光板単体の楕円偏光測定

1) 偏光板透過軸の表裏差

偏光板単体の透過軸の表裏差を調べました。(測定波長は 550 nm)

試料

使用ソフト . . . 楕円偏光測定 PR ソフト

図 1 の T 型試料台に試料をテープ止めし、T 型試料台全体を表と裏にして装置の固定試料台に置いて測定しました。

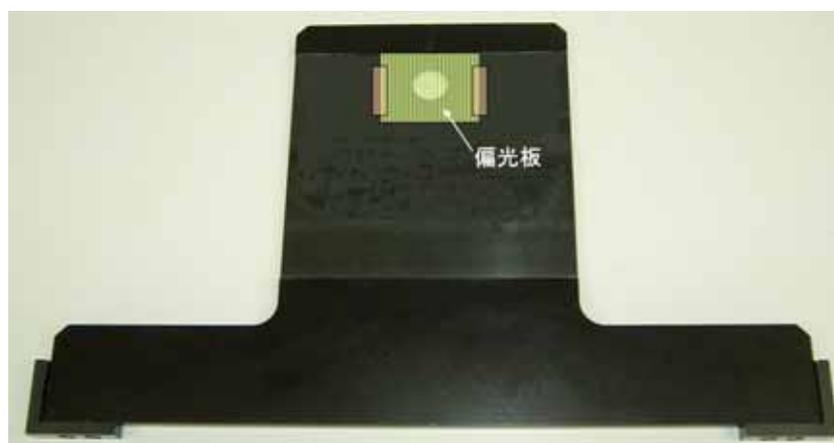


図1 表裏差測定に使用した T 型試料台

測定結果

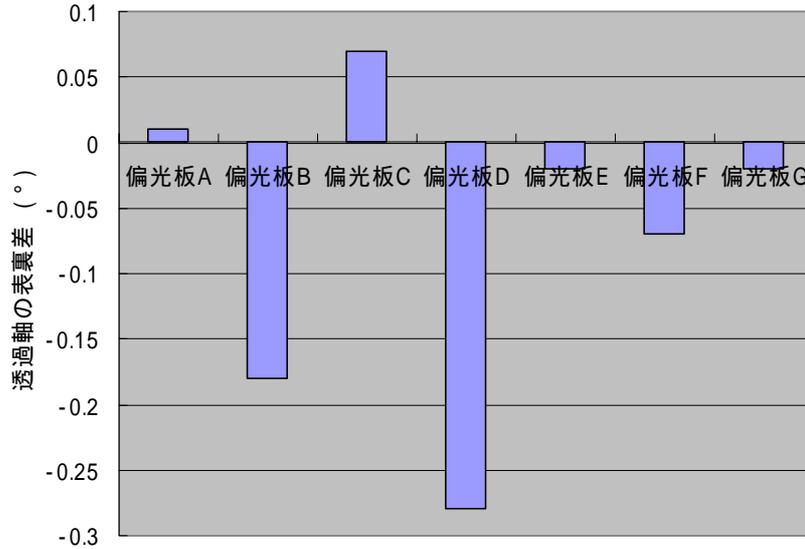
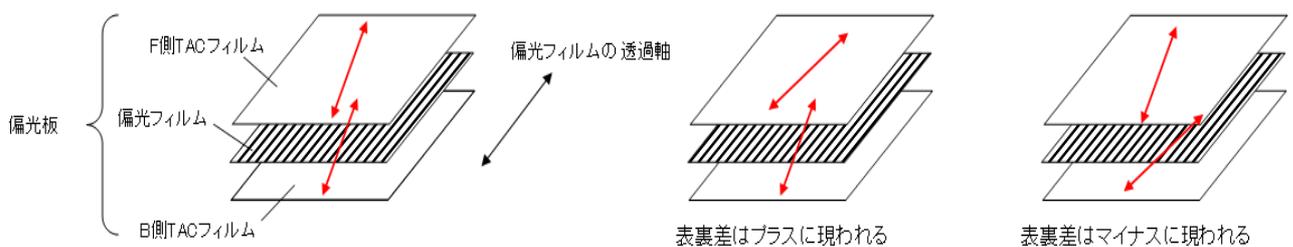


図2 各種偏光板の透過軸表裏差の測定結果

- (1) 装置の検光子回転の角度原点調整は偏光板 A を測定したときに表裏差が 0.01° 以下になるように調整しました。
- (2) 各試料を 5 回繰り返し測定し、その平均値の表裏の差を測定値としました。
- (3) 5 回繰り返し測定時の数値の変動幅は最大で 0.04° でした。

偏光フィルムの両面に TAC フィルムを貼合した偏光板では、透過軸の表裏差がプラスになるものとマイナスになるものがあることが分かります。それは TAC フィルムの Re および遅相軸に起因すると考えられます。



- (a) 上下の TAC フィルムの遅相軸が平行
- (b) 上下の TAC フィルムの遅相軸が平行でない

図3 偏光板の各層の軸の関係と予想される表裏差

偏光フィルムの透過軸と TAC フィルムの遅相軸とにズレがあれば、偏光板透過軸の表裏差が発生します。仮に上下の TAC フィルムの Re がほぼ同じとして、偏光フィルムの透過軸と TAC フィルムの遅相軸にズレがあったとしても、図3の (a) のように上下の TAC フィルムの遅相軸が平行であれば偏光板としての透過軸の表裏差は発生しません。また、図3の (b) のように上下の TAC フィルムの遅相軸が平行でないときは、そのズレの方向によって表裏差がプラスに現われることも、マイナスに現われることもあります。もちろん、TAC フィルムの Re

が表裏で異なっている場合は、上下の TAC フィルムの遅相軸が平行であっても、偏光板の透過軸としては僅かの表裏差を生じることになります。これらの現象は、ポアンカレ球を用いれば理解しやすくなります。

2) 偏光板 + 位相差板の楕円偏光測定

偏光板 中の D と E それぞれに、R0 50 nm と R0 100 nm の位相差板各 4 枚を、それぞれの遅相軸が異なる方位になるようにして偏光板単体に重ね合わせたものを、楕円偏光測定し、その結果得られる位相差板の軸方位が位相差板単体の遅相軸と比較して、どれ位差があるかを調べました。(測定波長は 550nm)

試料・・・の中の D と E、
使用ソフト・・・楕円偏光測定 PR ソフト、位相差測定 RE ソフト

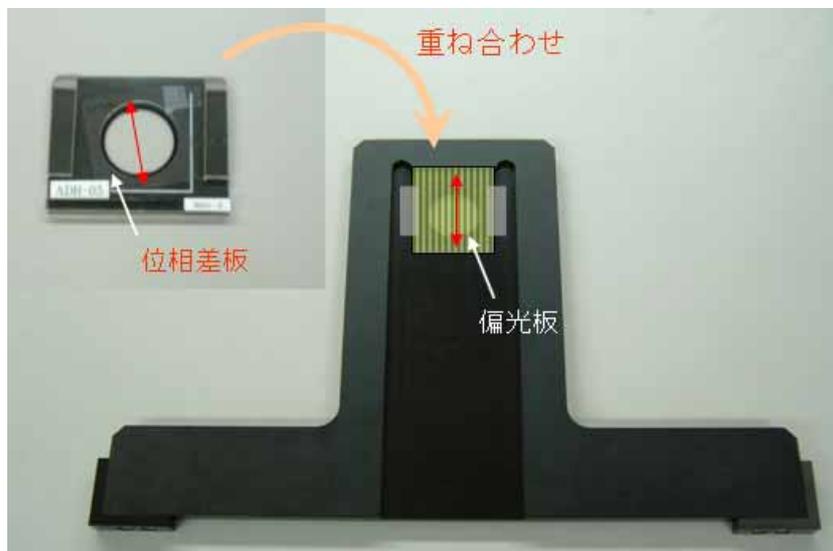


図4 楕円偏光測定用に使用した試料台

測定系

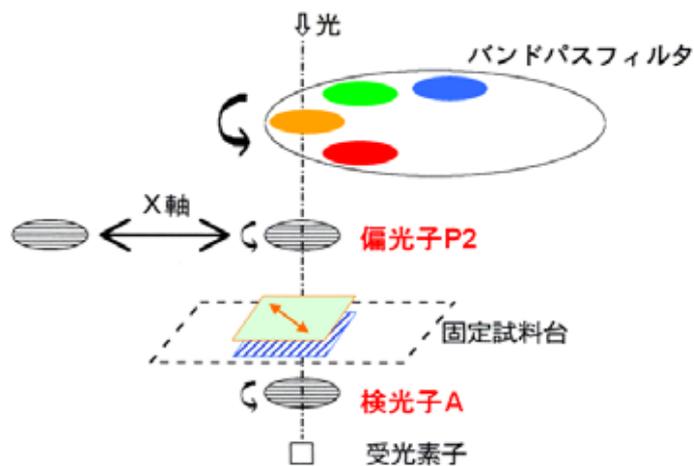


図5 楕円偏光測定時の測定系

測定結果

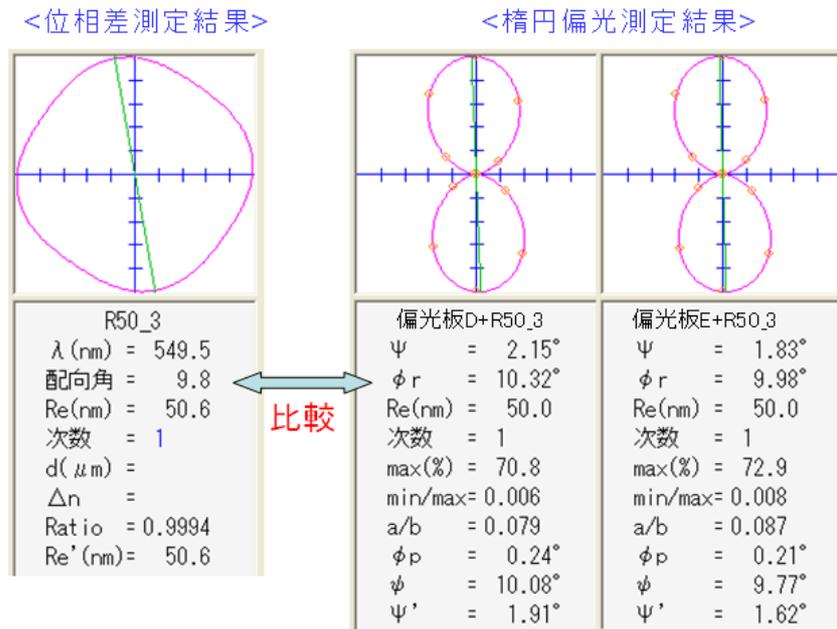


図6 REソフトとPRソフトの測定結果の比較例

実験に使用した偏光板と位相差板すべての組合せの測定値を、図6のように比較してまとめると図7のようになります。

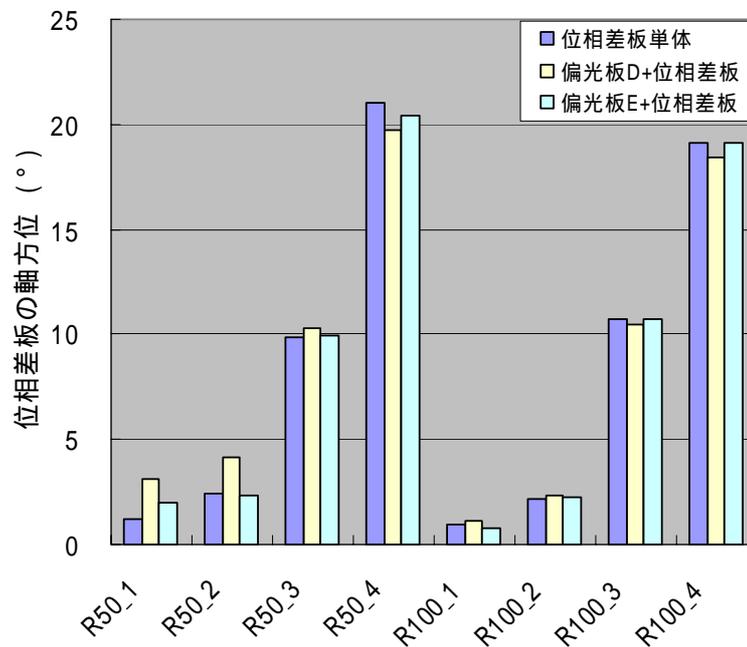


図7 REソフトとPRソフトで得られた位相差板遅相軸の比較

1)の測定結果で、偏光板透過軸の表裏差が大きい偏光板Dに位相差板 および を重ね合わせた状態で楕円偏光測定を行って得られる位相差板の軸は、予め測定した位相差板単体の遅相軸方位に対して1.5°以上ずれるときがあります。一方、偏光板透過軸の表裏差が小さい偏

偏光板 E に位相差板を重ね合わせたときに楕円偏光測定から得られる位相差板の軸は、位相差板単体の遅相軸方位に対して 0.8° 以内に収まっています。

このことは、偏光板 D は偏光フィルムの透過軸に対して位相差板の Re だけでなく、TAC フィルムの Re も作用していることを意味しています。

3) 偏光板の楕円偏光測定

偏光板 および偏光板 中の E、D を単体で、2) と同様の測定系で同様の楕円偏光測定を行ない、得られる偏光板透過軸 p と楕円偏光方位 の値に着目しました。(測定波長は 550nm)

試料 中の E と D

使用ソフト . . . 楕円偏光測定 PR ソフト

p は図 5 の測定系の中の検光子を 1 回転して測定し、 は偏光子 P 2 を 1 回転して測定するため、試料を裏返すことなく試料台に一度置くだけで両方の数値を得ることができます。

測定結果

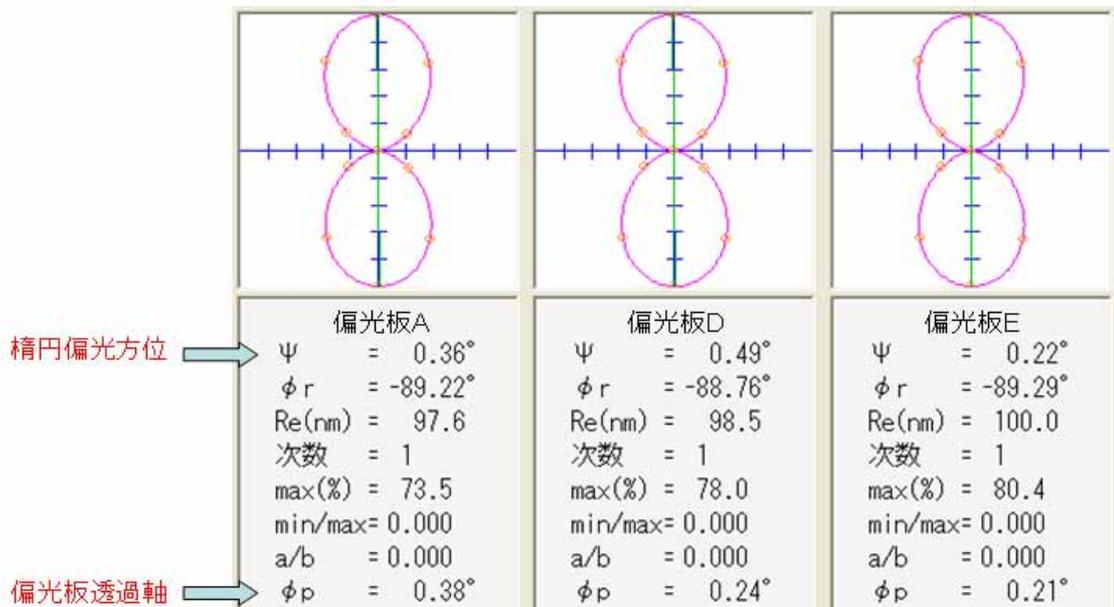


図 8 偏光板単体を楕円偏光測定した結果

1) の測定および 3) の測定の結果を比較すると、下表の通りほとんど同じ値が得られていることが分かります。

試料	偏光板 A	偏光板 D	偏光板 E
1) の測定結果の表裏差	0.01°	-0.28°	-0.02°
3) の測定結果の p -	0.02°	-0.25°	-0.01°

・考察

以上の測定結果から、偏光フィルムに貼合される TAC フィルムの Re と遅相軸の方位によって偏光板としての透過軸に表裏差が現われる場合があると言えます。

しかし、液晶ディスプレイにおける偏光板の役割を考えると偏光板透過軸の表裏差があるか否かは重要ではなく、透過軸が液晶セルに対して何度になっているかが重要と考えられます。

したがって、今回利用した装置のように回転検光子法で偏光板の軸を測定する場合、試料の偏光板を液晶セル側が検光子側になるように置いて測定し、その状態で画面サイズに断裁された偏光板の基準辺に対する透過軸（あるいは吸収軸）が、所定の範囲内の数値になっているかを管理すればよいことになります。

見方を変えると、TAC フィルムの Re と遅相軸の影響で厳密には偏光板を楕円偏光板と見なすこともできます。そこで、KOBRA-WPR を用いて偏光板 と位相差板 とを重ねたものを、一方では直線偏光板と見たときの偏光度 V を測定し、もう一方では楕円偏光板と見たときの楕円率 a/b を測定して、得られた両者の関係をグラフにすると図 9 のようになります。

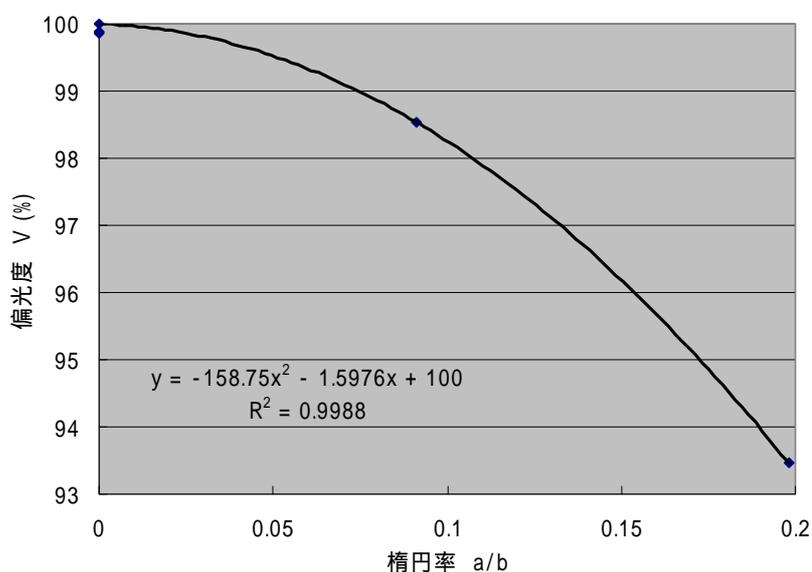


図9 楕円率と偏光度の関係

図 9 より、偏光度が 99.5% 以上であるためには楕円率は 0.051 以下、また偏光度が 99% 以上であるためには楕円率は 0.074 以下である必要があります。

次に、理想的な直線偏光が位相差板に入射したとき位相差板の Re と貼合角 によって透過光の楕円率と楕円偏光方位がどのようになるかを、シミュレーションソフト LCD-OPTIMA を用いて計算すると、図 10 のような結果が得られます。

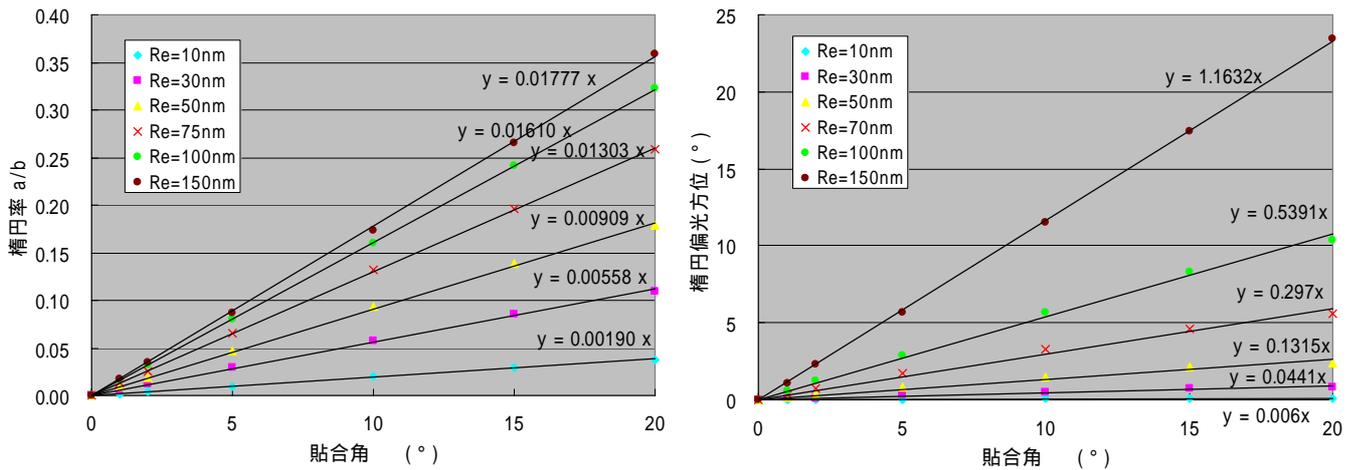


図10 位相差板に直線偏光が入射したときの Re、貼合角と楕円率、楕円偏光方位との関係 (計算)

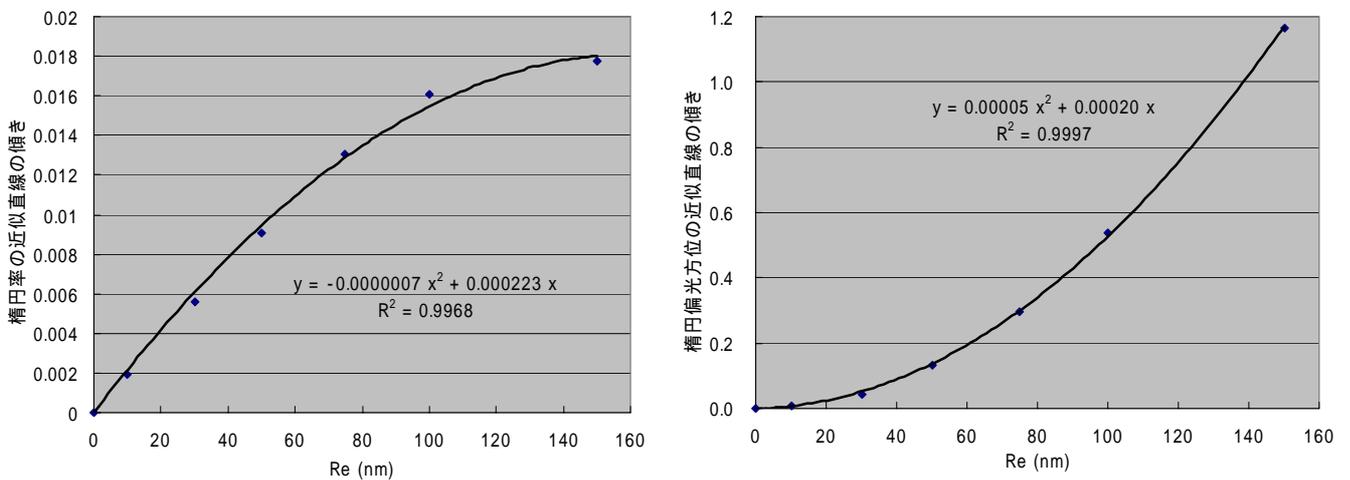


図11 図10のグラフの各近似直線の傾きと Re との関係

図10の左図より、例えば $Re = 50 \text{ nm}$ のとき貼合角が 5° 以下であれば楕円率は 0.05 以下となり、透過光を直線偏光とみなしたときの偏光度は 99.5% を確保できます。また、このときの楕円偏光方位は図10の右図より 0.66° 以下となります。

図10の右図の楕円偏光方位は、偏光フィルムに貼合された TAC フィルムによる透過軸のズレに相当しますので、図10と図11の結果から透過光の楕円率と楕円偏光方位を Re および貼合角 によって表現すると、次式のようになります。

$$\text{楕円率} = (-0.0000007 \times Re^2 + 0.000223 \times Re) \times$$

$$\text{楕円偏光方位} = (0.00005 \times Re^2 + 0.00020 \times Re) \times$$

以上の結果から、偏光板における TAC フィルムの Re と遅相軸が楕円率 (すなわち偏光度) および楕円偏光方位 (すなわち偏光板透過軸) に対してどの程度影響するかを、上式によって見積もることができます。