

気になる論文コーナー

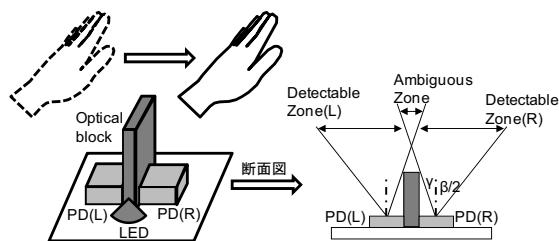
視野を制限したフォトダイオードを用いたモーションジェスチャーセンサー

A Motion Gesture Sensor Using Photodiodes with Limited Field-of-View
[Y. S. Kim and K.-H. Baek: Opt. Express, 21, No. 8 (2013) 9206-9214]

ポータブル端末の発展に伴い、対象物の動き（モーションやジェスチャー）によって直感的に操作できる小型で低消費電力なデバイスが求められており、近赤外光を用いた近接式センサーが注目されている。従来は、2つのLEDの間にフォトダイオード（PD）を配置した構成であり、センサー上を移動した対象物からの反射光をPDで受光し、どちらのLEDの上を先に通ったかを判定して、対象物の動きを検知していた。しかし、2つのLED間の距離に比例してセンサーの検出感度も増加するため、小型化は困難であり、消費電力はおもにLEDで消費されるため、低消費電力化には限界があった。そこで著者らは、LEDを1つ削減し、2つのPD間に1つのLEDを配置した構成を提案し、従来品に対して52%の低消費電力化を図った。また、遮蔽体を用いて2つのPDの視野を制限することで、各部品を近接配置しても対象物の動きを検出できるようにし、センサーサイズを69%小型化した。そして、実際にセンサーを試作し、人間の指や手のサイズの対象物の動きを検出できることを確認した。（図9、表1、文献16）

遮蔽体を追加して視野を制限するだけで、小型化・低消費電力化を

両立させた構成は興味深い。しかし、距離が離れると受光量が低下し、検出できなくなることが懸念される。今後は検出距離の拡大に期待する。（多久島 秀）



視野を制限したPDを用いたセンサーの概略図

周波数変調とレーザー安定化に対する残留強度変調成分を 1×10^{-6} に低減

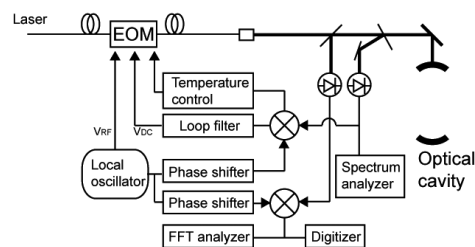
Reduction of Residual Amplitude Modulation to 1×10^{-6} for Frequency Modulation and Laser Stabilization

[W. Zhang, M. J. Martin, C. Benko, J. L. Hall, J. Ye, C. Hagemann, T. Legero, U. Sterr, F. Riehle, G. D. Cole and M. Aspelmeyer: Opt. Lett., 39, No. 7 (2014) 1980-1983]

位相変調器を用いた周波数/位相変調技術は、分光、重力波検出、光共振器を用いたレーザーの周波数安定化などのレーザーの精密な制御を必要とする分野において広く使われている。しかし、位相変調を行うときに上下の側帯波の強度の不釣り合いや位相が完全に逆相とならないことにより生じる残留強度変調が生成され、側帯波の信号感度を低減させる。本論文では、光位相変調における残留強度変調を能動的に制御し低減する簡単な方法について述べている。具体的には、導波路構造の電気光学変調器を位相変調器として用いており、位相変調器に印加するDC電場と位相変調器の温度制御を用いて同相位相と直交位相の残留強度変調を低減した。この技術を用いて残留強度変調は 1×10^{-6} に低減した。この残留強度変調は、現存する最高安定度の光共振器安定化レーザーの原理的な熱雑音と同程度か、それ以下に到達した。（図3、文献24）

本研究は、超高安定光共振器の共鳴に周波数安定化されたレーザーの極限周波数安定度を達成するための重要な要素技術である。本技術

が位相変調器を利用する不確かさの小さな計測に用いられることを期待する。（上原 知幸）



実験系の概略図

偽造防止性を備える高精細一次元モアレ

High-Resolution 1D Moirés as Counterfeit Security Features

[V. J. Cadarso, S. Chosson, K. Sidler, R. D. Hersch and J. Brugger: Light Sci. Appl., 2 (2013) e86]

巧妙な印刷物の偽造手段が国際的に広がり、法律に違反する行為が急激に増加している。近年、目視で真贋の識別を可能とする2Dモアレを利用した光学セキュリティデバイスが一部の外国紙幣に導入されている。著者らは、2Dモアレの図柄サイズの制限を解決するために、1Dモアレを利用した高精細な光学セキュリティデバイスを考案し、その理論的な記述とその有効性をさまざまな図柄のデザインで実証した。その原理は、縦方向に圧縮した図柄を周期的に並べた横縞状のベース層にレンチキュラーレンズを重ね、それらの周期の違いに伴うモアレによりベース層の図柄が縦方向に拡大して観察されることである。このデバイスは、紫外線リソグラフィーにより作製された解像度9754 dpiの高精細なベース層と、ソフトリソグラフィーにより作製された1 cmあたり160個程度のレンチキュラーレンズで構成された。その結果、ベース層のみでは目視で確認できない図柄にレンチ

キュラーレンズを重ねることにより、縦方向に約5 mmに拡大された図柄として観察された。また、ベース層の横縞状を回転状やスパイラル状にすることにより、さまざまな図柄を再現した。さらに、ベース層の横縞の間隔を変化させて、モアレによって再現される図柄の反転や拡大率の変化を実証した。このように、ベース層とレンチキュラーレンズの周期関係がモアレ画像に大きく依存することから、本デバイスが偽造に対してロバストであることを示した。（図6、文献18）

モアレ現象を利用した光学セキュリティデバイスは、高精細のため偽造困難であることに加えて、目視により誰でも容易に識別可能である特徴を有する。さらに、本デバイスは、自在に図柄をデザインできることから、セキュリティ用途に限らずカタログなどの印刷物の付加価値を高める応用にも展開可能である。（鈴木 基嗣）

カスタム光プローブを用いた生体内の白色分光法による光学特性値の決定

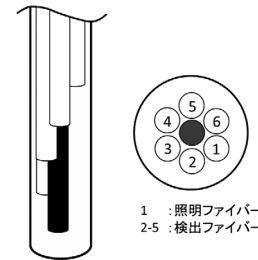
Determination of Optical Properties by Interstitial White Light Spectroscopy Using a Custom Fiber Optic Probe
[T. M. Baran, M. C. Fenn and T. H. Foster: J. Biomed. Opt., 18, No. 10 (2013) 107007]

生体における重要な光学特性である吸収係数と散乱係数は、生体内の部位や状態によって変化する。本論文では、光を用いた治療と同時に生体内部の光学特性を計測可能である、体内に挿入可能なサイズの光プローブについて報告されている。従来の光プローブにおけるファイバー配置は、照明点からの距離を変えて散乱光を計測するため、アレイ状であった。このようなファイバー配置の場合、プローブサイズが大きくなってしまふ。著者らは、図に示すように、中心のファイバーに対して、周辺に端面をずらしてらせん状にファイバーを配置することで、コンパクトでありながら光学特性値の計測精度を損なわない光プローブの開発に成功した。そして、本プローブを用いて、血中の酸素飽和度計測が可能であることを報告した。(図 11, 文献 25)

生体内の光学特性値を低侵襲で計測する上で、計測装置の小型化は重要な要素であり、今回の装置構成は興味深い。本報告は装置開発と

生体模擬試料(ファントム)を用いた精度評価であったので、今後の生体での実測への展開に期待したい。

(成田 利治)



カスタム光プローブの概略図

液晶の光配向パターンニングによるスイッチング・書き換え可能な光渦の発生

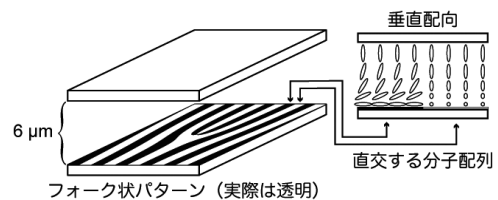
Generating Switchable and Reconfigurable Optical Vortices via Photopatterning of Liquid Crystals
[B.-y. Wei, W. Hu, Y. Ming, F. Xu, S. Rubin, J.-g. Wang, V. Chigrinov and Y.-q. Lu: Adv. Mater., 26, No. 10 (2014) 1590-1595]

光の波面が空間的に捻れた光渦は、量子情報通信や天文観測など、幅広い分野で応用されている。光渦は一般的に渦状位相または空間光変調子により発生するが、これらの技術は対応波長が固定である、あるいは偏光依存性を有するなど、一長一短である。著者らは、デジタルミラーデバイスを用いたフォトリソグラフィーにより、液晶分子の配向軸すなわち光軸をパターンニングし、入射波長および偏光に無依存かつ書き換え可能な光渦の発生を実現している。透明電極を有し、アゾベンゼン系の光配向剤を塗布した基板と垂直配向剤を塗布した基板からなるサンドイッチ型素子において、分子配向軸の直交した領域をフォーク状に形成し、グレーティングを作製している。この素子は回折により光渦を生じさせるが、電圧印加により複数の波長に対して回折効率を最適化することができ、また、光軸が直交しているため、偏光無依存である。著者らはさらに、光配向が可逆であることを利用し光渦の次数の書き換えを行っており、本論文により提供される素子が高い自由度をもつことを示している。(図 6, 文献 29)

配向軸のパターンニングにより数多くの有益な機能が発現するのは興

味深い。将来的にはこのような素子が手軽に手に入るようになることに期待したい。

(吉田 浩之)



素子および素子内の液晶分子配向の模式図

道路の特徴および視差ヒストグラムを用いたステレオビジョンによる車両検出

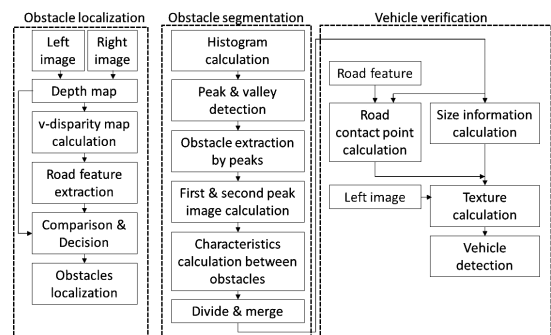
Stereo Vision-Based Vehicle Detection Using a Road Feature and Display Histogram
[C. H. Lee, Y. C. Lim, S. Kwon and J. H. Lee: Opt. Eng., 50, No. 2 (2011) 027004]

自動車の自律運転や衝突回避を実現するためには、三次元空間内の障害物を検出することはきわめて重要であるが、さまざまな交通状況においてその中から車両だけを検出することは難しい。著者らは、車両検出性能の向上を目的とし、ステレオビジョンによる車両検出において、障害物の位置の特定、障害物の区別、車両の特定の3ステップに着目した。初めに、ステレオビジョンから得られた奥行きマップをもとに、画像の垂直方向の座標を縦軸、視差を横軸にとった v-disparity マップを二値化したものから、道路の特徴を抽出し、障害物の位置を特定した。次に、障害物の領域を、視差ヒストグラムを用いて複数の障害物に一度分割し、障害物の大きさ、距離、障害物間の角度、視差値の差を用いて、分割した障害物を再結合することで、その領域が同一の障害物か否かの区別を行った。最後に奥行きマップとグレー画像を用いて車両を特定した。さまざまな実際の交通状況で実験したところ、車両検出の平均再現率は、2種類の従来手法の平均再現率が90.0%であるのに対し、本手法では95.5%であった。(図 24, 表 6, 文献 29)

一度分割した障害物をさまざまな情報をもとに再結合することで、障害物を区別化し、車両検出精度を向上させている点が興味深い。本

手法で用いる閾値をより最適化し、さらなる検出精度向上を期待したい。

(岡野 誉之)



障害物検出と車両照合のアルゴリズム