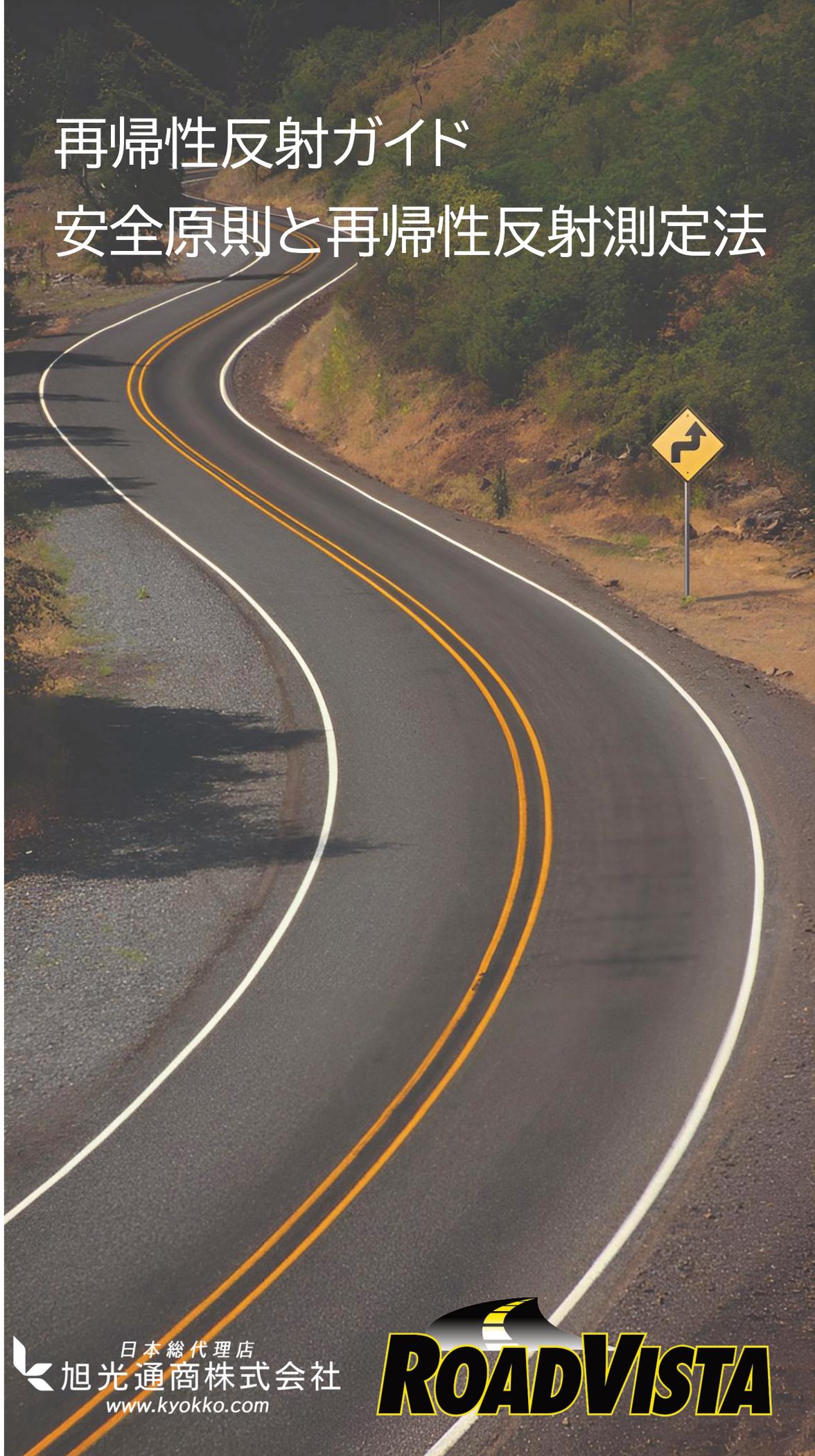




# 再帰性反射ガイド 安全原則と再帰性反射測定法



日本総代理店  
旭光通商株式会社  
[www.kyokko.com](http://www.kyokko.com)

**ROADVISTA**

# 再帰性反射ガイド 安全原則と再帰性反射測定法

Richard L. Austin  
Robert J. Schultz



日本総代理店  
旭光通商株式会社  
[www.kyokko.com](http://www.kyokko.com)



# 目次

はじめに	1
再帰性反射の交通安全への応用	2
再帰性反射とは何か、どのように利用されるか？	3
舗装標示用ガラスビーズ	5
プリズムキューブコーナー再帰性反射	6
マイクロプリズムキューブコーナー再帰性反射	6
再帰性反射材の品質保証	7
再帰性反射の測定	8
道路標識の測定	9
道路標識の測定	11
再帰性反射計の実用例	11
専門家から学ぶ	
測光範囲ゴニオメーター ラボ用再帰性反射	
舗装マーキング	
標識・シート	
レイズド舗装マーカー	
最小標識反射率ガイドライン	14
再帰性反射に関するASTM規格	16
交通安全材料の光と色の測定に関する参考文献一覧	17
用語集	19
RoadVista再帰性反射計	28

## はじめに

再帰反射性、または再帰性反射は、反射された光線が、光線が来た方向とほぼ反対の方向に優先的に返される光学現象です。この特性は、入射光線の方向が広範囲に変化しても維持されます。再帰性反射は、再帰性反射板内での複数の反射によって実現されます。一般的な再帰性反射板は、キューブコーナートとガラスまたはプラスチックの微小球です。

再帰性反射は、高速道路の安全と距離測定に使用されます。距離測定に使用される方法はタイムオブフライトと呼ばれ、長距離に使用できます。タイムオブフライト測定では、光がターゲットまで移動してセンサーに戻るまでの時間を測定することで、光源からターゲットまでの距離が決定されます。タイムオブフライト距離測定は、パルス型システムまたは変調ビームシステムを使用して行うことができます。パルス型システムは長距離の測定に使用され、変調ビームシステムは通常、中距離距離測定に使用されます。たとえば、地球からの距離を正確に測定できるように、キューブコーナアレイが月に残されました。

再帰性反射技術の最も一般的で実用的な用途は、高速道路の安全への応用です。路面標示と道路標識は、運転中のドライバーの安全を確保するための最も重要な手段の2つです。再帰反射性、つまり夜間の標識や路面標示の視認性は、効率的な交通の流れ、運転の快適さ、高速道路の安全性全般にとって不可欠です。路面標示や道路標識が夜間に見えるのは、標識や道路の線に埋め込まれた再帰性反射材によってヘッドライトの光がドライバーの目に反射されるからです。

標識や路面標示の視認性は、いくつかの要因によって決まります。

**輝度** - ドライバーが標識や標示から受ける光の総量。標識や標示の輝度は、ドライバーの目に戻る光エネルギーの量に正比例します。

**コントラスト** - ドライバーの位置から測定された、標示の輝度と周囲の輝度の比率。コントラストは、輝度よりも全体的な視認性にとってはるかに重要です。コントラストは、対象物が背景からどれだけはっきりと目立つかを定義するからです。コントラストは、輝度よりも標示や標識の視認性の優れた指標です。

**色** - 高速道路標識の色は、さまざまな目的に応じて指定されます。たとえば、白地に黒の文字は、速度や交通の流れの方向などの規制情報に使用されます。赤は停止標識や逆走標識に使用されます。黄色と新しい蛍光黄色は警告標識に使用されます。色は、標識とその周囲の知覚コントラストを高めることができます。

**視認性** - これは、ドライバーが特定の距離にある特定の物体に気づく可能性を指します。おそらく視認性を測定するのに最適な方法ですが、定量化することは困難です。輝度やコントラストとは異なり、視認性は簡単に決定できる光学量ではありません。視認性の要因の推定値を決定することは難しく、視認性の数値的尺度を生成する方法でそれらを組み合わせることは非常に困難です。視認性は、経験的にしか決定できない量です。

**判読性** - これは、道路の線引きや標識が伝えようとしているメッセージをドライバーが理解できる可能性を指します。判読性は多くの要因に依存します。さらに、判読性を判断する基準は、線引きの種類によって異なります。判読性は、目立ちやすさよりもさらにわかりにくい量です。

視認距離 - 標識やサインが見える範囲。視認距離は、特定のドライバーが標識を見ることができる距離のみを指定します。ドライバーがそれを見ることを保証するものではありません。

高速道路の安全性への再帰性反射の適用に進む際には、視認性の要因を念頭に置くことが重要です。

## 高速道路の安全性への再帰性反射の適用

光測定業界では、再帰性反射率は「あなたに向かって返ってくる」というフレーズの光学的な同等物である、という言い回しがよく使われます。基本的に、再帰性反射率は、高速道路の安全標識が光をその方向に戻す効率の測定値です。これは、単に、ドライバーに見える光と高速道路の標識に入る光の比率です。

再帰性反射シートは1930年代に初めて導入されました。しかし、密閉レンズ再帰性反射シートが利用可能になり、再帰性反射標識が広く認知されるようになったのは1950年代になってからでした。それ以来、技術の進歩により、再帰性反射性と角度が向上した新しい製品が生まれました。シート材料の種類は、強度レベルと再帰性反射の方法（密閉、カプセル化、マイクロプリズム材料など）によって異なります。

高速道路管理局が再帰性反射の重要性を認識したことにより、再帰性反射道路標識の使用はほぼ普遍的になりました。「統一交通管制装置マニュアル(MUTCD)」によると、夜間に視認する必要がある標識は、周囲の照明によって十分な視認性が確保されない限り、再帰性反射である必要があります。十分に照明された道路の割合が非常に小さいため、高速道路管理局の間では、すべての高速道路および歩道標識を再帰性反射にする傾向にあります。

時間の経過とともに、反射塗料や反射材は交通や天候の影響で劣化します。さらに、特に夜間の移動を維持するために、より明るい標識や路面標示を必要とする高齢ドライバーが多数存在します。残念ながら、不十分でメンテナンスが不十分な標識や標示が夜間の事故の原因として挙げられることがよくあります。安全対策の有効性を評価するために、連邦道路管理局 (FHWA) やその他の機関は、事故情報や道路状況および標示の一覧を含む複数州のデータベースである高速道路安全情報システム (HSIS) を使用しています。このデータベースやその他のデータベースによると、夜間の移動はわずか25%ですが、死亡事故の約55%は夜間に発生しています。

反射面を交換する最適な時期を判断するのは必ずしも簡単ではありません。交換が早すぎると、メンテナンス費用が増加します。交換が遅すぎると、安全性と運転の快適性が損なわれます。したがって、夜間の視認性の最低要件をコスト効率よく維持するための戦略を策定し、実装する必要があります。高速道路の反射率を最低レベルに維持するために使用できる4つの基本的な戦略があります。

1. 全面交換 - 一定期間後にすべての標識を交換します。
2. 標識検査 - すべての標識を定期的にチェックし、基準を満たしていない標識は交換します。
3. 標識管理 - コンピューター化されたデータベースを使用して、交換が必要な時期を監視し、予測します。
4. 標識検査と標識管理の組み合わせ - 収集された現場データはデータベースに保存され、夜間の最小視認性要件をより経済的に管理します。

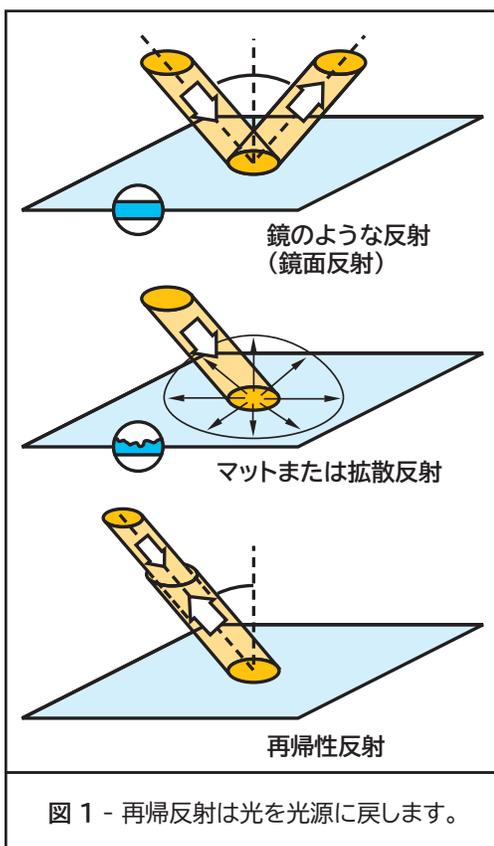
標本標識検査とデータベースおよび予測アルゴリズムを組み合わせたものが、最もコストのかからないメンテナンス方法のようです。

高速道路の状況下での交通標識の再帰反射性を評価する方法は2つあります。1つは、センサーと統合された記録装置(再帰性反射計)を使用した測定です。もう1つは、人間の観察者を使用して「測定」を行うことです。再帰反射性の観察を行う際の人間の観察者の精度を評価するための研究が行われています。観察者の標識評価と再帰性反射計を使用して計算された標識評価は、標識交換決定モデルに組み込まれました。訓練を受けた個々の観察者が正しい観察/決定を行ったのは、警告標識の場合は74%、一時停止標識の場合は75%でした。これは、人命と交通安全に関する限り低い数値です。より正確であることに加えて、計器記録は、不法行為の申し立てを弁護するために機関によって定量的に使用できます。

## 再帰性反射とは何か、どのように使用されるか

運転手や高速道路管理局の職員は、交通の流れの効率化、運転の快適さ、高速道路の安全性には、良好な路面標示と判読可能な道路標識が不可欠であることを長い間認識してきました。これは、夜間や悪天候のときに特に当てはまります。

路面標示と道路標識の視認性向上に大きく貢献した技術は、再帰性反射です。多くの高速道路標識や路面標示では、車のヘッドライトからの光の大部分を、元の経路に沿ってまっすぐに反射させる特殊な標識シートや路面標示材が使用されています。これが再帰性反射の本質です。再帰性反射により、物体は再帰性反射面のない物体よりもはるかに明るく輝きます。



3種類の反射(鏡面反射、拡散反射、再帰性反射)を図1に示します。下図に見られるように、再帰性反射は、光線が表面に当たって光源に戻ってくる現象です。定義上、光源は可視光の形でエネルギーの一部を放出します。理想的な点光源は、その光をすべての方向に均等に向けます。完全な球形の光源が完全な球形に囲まれている場合、球形上のすべての点が均等な明るさまたは光強度で照らされます。

車のヘッドライトなどの指向性光源は、向けられた方向の周囲に円錐状に光を照射します。ヘッドライトの1つが点光源と同じ光エネルギーの総量を発し、同じ完全な球体に囲まれている場合、ヘッドライトが照射する点は、点光源によって照らされる各点よりも明るくなります。

ここで、光束と明るさ、または光の強度について議論します。光エネルギーの光流量。光束は水の流量に例えることができます。これは、単位時間あたりにどれだけの光が流れるかを表します。明るさまたは光の強度は、水の流れの速度のようなものです。

毎秒同じ量の水を排出する2本のパイプがあり、一方のパイプの直径がもう一方のパイプの直径の半分である場合、小さい方のパイプの水の速度は大きい方のパイプを流れる水の速度の2倍でなければなりません。

光についても同じことが言えます。同じ角度分布パターンで同じ総光束を放出する2つの指向性光源があり、最初の光源の放射面積が2番目の光源の面積の2倍である場合、2番目の光源の強度は最初の光源の強度の2倍になります。2番目の光源の放射面積はより明るく見えます。これは、小さい方のパイプの水の速度が速くなり、単位面積あたりの水の流れが多くなるのと同じです。これが放射輝度や輝度の概念です。

さて、この2つの光源から、光源の大きさの10倍以上の距離まで離れてから、もう一度見ると、2つの光源は同じ明るさになります。これは、目の瞳孔と光の表面の頂点(両方の光源の点光源)によって定義される円錐角を満たす光の総量が、両方の光源で同じであるためです。これが放射強度または光度の概念です。

これらの概念を理解することで、再帰性反射の現象を理解するのに役立ちます。点光源は、周囲のすべての方向に光束が均一に分布すると説明しました。図1の下部に示すように、完全な再帰性反射器は、反射器に当たる光の方向を単に反転します。この理想的なケースでは、反射器から放射される光の強度は、光源の方向を除くすべての方向でゼロになります。

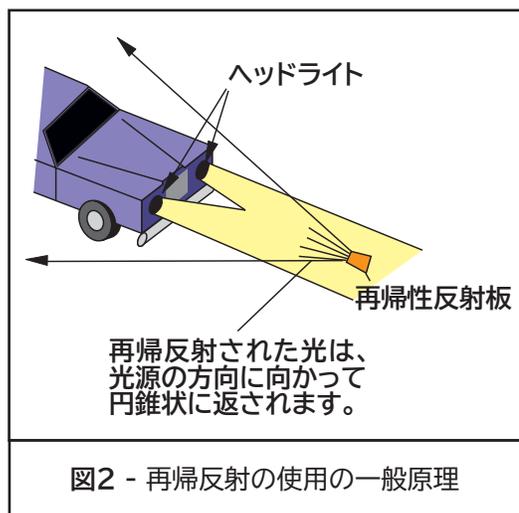


図2 - 再帰反射の使用の一般原理

完全な反射板は、反射光がすべてヘッドライトに直接戻ってくるため、高速道路の標識や車線標示には役立ちません。実際には、反射板は完全ではありません。この反射光の分布は、反射材の種類によって異なります。ビーズを使用する反射板の場合、一部の光は反射板に吸収され、さらに重要なことに、光は光源の一般的な方向に散乱されます。プリズム型およびマイクロプリズム型の反射板の場合、光はマイクロプリズム型のコーナーキューブの設計と方向によって決まるパターンでヘッドライトに向かって反射され、不完全な部分から散乱されます。この現象は、図2に示されています。この不完全な反射光こそが、高速道路の標識や線(線引き)に役に立ちます。

これはドライバーにとって何を意味するのでしょうか?夜間に標識が遠くからでもはっきりと見えるようになるため、ドライバーは車線変更を計画したり出口に備えたりする時間が増えます。また、道路標示がより明るく見え、よりはっきりと見えるようになります。これらすべてにより、夜間の高速道路の通行がはるかに容易かつ安全になります。

## 路面標示用のガラスビーズ

再帰性反射高速道路標識と車線標示には、特殊な塗料と材料が使用されています。ほとんどの再帰性反射塗料とその他の路面標示材料(PMM)には、強力な結合剤で高速道路に接着された1平方フィートあたり数千個のガラスビーズが含まれています。通常の塗料のように光を散乱させるのではなく、ガラスビーズを含む再帰性反射塗料は光を方向転換してヘッドライトの方向に戻します。図3は、ガラスビーズが再帰性反射を行う仕組みを示しています。

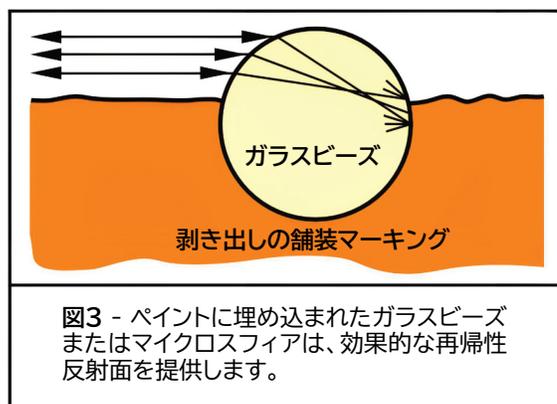


図3 - ペイントに埋め込まれたガラスビーズまたはマイクロシフィアは、効果的な再帰性反射面を提供します。

ビーズが光を再帰性反射するには、透明性と丸みという2つの特性が必要です。ガラス製のビーズは、この両方の特性を備えています。道路標示に埋め込まれたビーズに入る光の経路をたどると、透明性と丸みの必要性が重要であることがわかります。ガラスビーズは、光が球体の内外を通過できるように透明でなければなりません。光線がビーズに入ると、ビーズの丸い表面によって下方に曲げられ(屈折され)、ビーズがペイントまたはPMMに埋め込まれている場所の下の方の点に向かいます。ペイントでコーティングされたビーズ表面の裏側に当たる光はペイント表面から反射され、光のごく一部だけが照明源に戻ります。

ガラスビーズは、3つの方法のいずれかで舗装マーキング材に塗布されます。塗布前にマーキング材にあらかじめ混ぜておくことも、ペイントスプレーのすぐ後ろで濡れたペイントに滴下またはスプレーすることも、一部をあらかじめ混合した2成分エポキシまたは熱可塑性材料に滴下することもできます。ビーズの上面はペイントで覆われ、ペイントの吸い上げ作用によりビーズの中央より上まで上昇します。

これには2つの作用があります。ガラスビーズを塗料の中に固定し、塗料が再帰性反射の拡散反射面として機能するようにします。塗料の色は再帰性反射光の色に影響します。ガラスビーズに入る光は曲げられ、ビーズの後ろに向かって集中し、ヘッドライトとドライバーに向かって反射されます。

ビーズを適切に塗布すると、ガラスビーズの最上層がビーズの直径の約60%まで埋め込まれます。ガラスビーズと塗料の両方の品質が一定でなければならず、塗料の厚さとビーズの被覆により、道路の走行方向の両方で均等な再帰性反射が促進されます。塗料が少なすぎると、ビーズが十分に埋め込まれません。その結果、ビーズが適切に固定されず、早期に脱落し、効果的な再帰性反射材にはなりません。ビーズが十分に埋め込まれていないと、ビーズに入る光の大部分が後方に出て行きます。塗料が多すぎると、ビーズが過剰に埋め込まれます。過剰に埋め込まれたビーズはバインダー内に残る場合がありますが、光がビーズに入ることができないため、再帰性反射は発生しません。

ガラスビーズから反射される光は、3つの変数の関数です：

- ・ ガラスビーズの屈折率
- ・ ビーズの形状、サイズ、表面特性
- ・ 存在し光線にさらされているビーズの数

ビーズの屈折率(RI)は重要な物理的パラメーターです。ビーズの屈折率が高く、ガラス材料の不純物が少ないほど、製造コストが高くなります。RIはビーズの化学組成によって決まります。RIが高いほど、より多くの光が再帰性反射されます。トラフィックペイントに使用されるビーズのRIは通常1.5です。

熱可塑性プラスチックには1.65RIビーズが使用され、空港の再帰性反射標識には1.9RIビーズがよく使用されます。屈折率が高くなると明るさが増しますが、ほとんどの州および地方の高速道路管理局は1.5RIビーズを使用する方がコスト効率が良いと考えています。

ガラスビーズのサイズは、60マイクロメートル(0.0024インチ)から850マイクロメートル(0.034インチ)まであります。ビーズのサイズは通常、米国のふるい(こし器)番号、つまりビーズが通過するメッシュスクリーンのサイズで表されます。

たとえば、米国のふるい(こし器)番号20では、直径840マイクロメートル(0.033インチ)以下のビーズがメッシュを通過できますが、番号200のメッシュでは、直径74マイクロメートル(0.0029インチ)以下のビーズのみが通過できます。ドロップオンビーズの一般的な用途では、20から100のメッシュが使用されます。指定されたビーズサイズの組み合わせ(業界ではグラデーションと呼ばれます)は、通常、いくつかの要因に基づいて地域のポリシーで決定されます。

- 材料管理の不確実性: どのような生産工程でも、ビーズのサイズには常にばらつきがあります。
- マーキング材の乾燥時間(ビーズがバインダーに定着するのに影響): サイズの分布により、一部のビーズがマーキング材内で最適に結合します。
- 天候管理の不確実性: 乾燥時間に影響するもう1つの要因。
- 耐用年数の要件: 舗装マーカが摩耗すると、バインダーに深く入りすぎたビーズの再帰性反射能力が高まります。
- 適用されるビーズの数: サイズを混ぜると、可能な被覆範囲が広がります。

### 路面標示用のプリズマティックキューブ コーナー再帰性反射

プリズマティックキューブ コーナー再帰性反射の最も一般的な用途は、隆起路面標示(RPM)です。プリズマティック素材は、ポストマウントの指示標識や標識のレタリング用の再帰性反射ボタンにも使用されます。隆起路面標示にはさまざまな構成があります。特徴的なくさび形のもの、丸型または楕円形のもの、交換可能な再帰性反射インサート付きとなしのものがあります。ほとんどのRPMは、再帰性反射を実現するためにプリズマティックキューブコーナー反射器を使用しています。

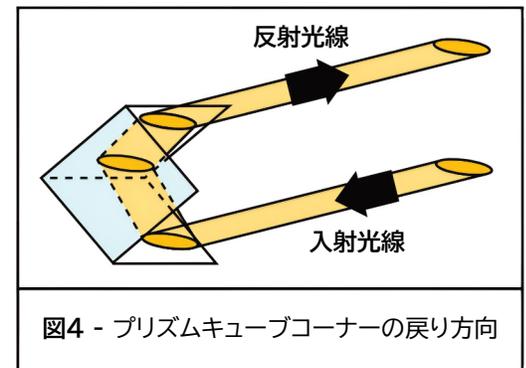


図4 - プリズムキューブコーナーの戻り方向

プリズム再帰性反射は、インサートまたはシートに多数の小さなキューブコーナー再帰性反射要素を使用することで実現されます。各要素は、入射光の方向に開いた小さなキューブコーナーです。光線がキューブに入ると、コーナーキューブ要素の3つのミラー面のそれぞれで反射し、基本的に方向が反転します。キューブコーナーは方向の3つの要素すべてを反転し、入射光線の出口方向は、入射方向とほぼ反対になります。図4は、プリズムキューブコーナー光学系のグラフィック表現を示しています。図5は、キューブコーナーからの再帰性反射光の一般的な分布を示しています。

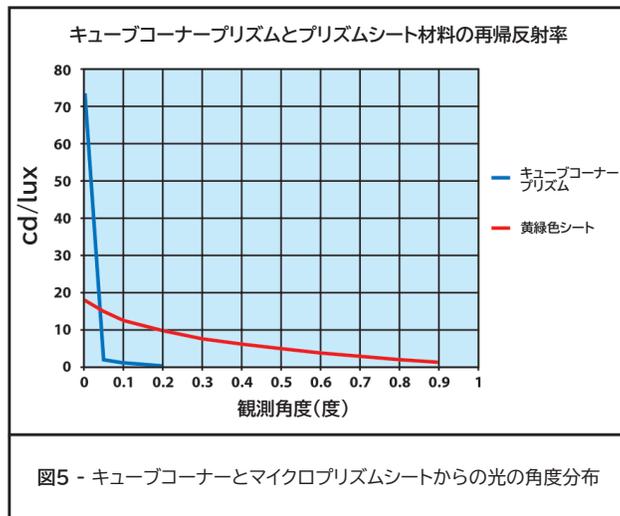
### マイクロ プリズムキューブコーナー再帰性反射アレイ

小さなキューブコーナー再帰性反射器のアレイは、製造工程で一体型の反射層と接着層を追加することで、大きなシート状の材料に形成できます。これらの材料は、図5に示すように、個々のキューブコーナーの相対的な向きを調整し、キューブコーナーを形成する3つの面の間の角度を変更することで、異なる分布パターンを持つように設計できます。これらの種類の変更により、シート材料が光の大部分を直接光源に再帰性反射することがなくなり、材料が光をドライバーからより見やすい角度と領域に再帰反射するようになります。

## 反射材の品質保証

路面標示の問題の1つは、その不一致です。この不一致のため、高速道路管理局は路面標示の性能を信頼性をもって予測できません。以下に、不一致を是正し、材料の品質を確保するために開発および導入されたいくつかの措置、リソース、および手順を示します。

- ベンダー認証 - 資格
- ラボテスト
- 現場テスト
- 2つの地域テスト施設が存在
- 北東部 - 北東部州道路交通局協会 (NASHTO)
- 南東部 - 南東部地域テスト施設 (SRTF)
- 標準化
- テスト基準の改善
- 材料基準の改善
- 機関間の統一マーキングシステム



上で概説した要因と再帰性反射材の劣化のため、標識の交換や高速道路の塗り直しの時期を知るための根拠を持つことが重要です。高速道路の標識や線引きの交換や塗り直しの主な目的は、それらの視認性（感覚を呼び起こすことができる光信号を生成するために環境内で相互作用する光波と物体の特性と動作として定義される）を維持することです。

視認性の測定は、物理的要因と人的要因の両方が関係するため、すぐに複雑になります。人的要素はそれ自体が複雑で、多数の要因が関係しています。これらには、標識の属性（位置、配置、サイズ（ここではサイズが重要）、材質の種類、凡例の種類、スクリプトのフォント、色）、道路（公示速度、車線数、交通量）、車両（ヘッドライトのビームパターンと高さ）、ドライバー（視覚および認知能力）が含まれます。これらすべての要因を考慮すると、ソリューションの物理的側面に対処しなければならないケースが多数発生します。

## 再帰性反射の測定

逆反射を、運転者の方向に返される光の強度と車のヘッドライトの強度の比率として測定するのは直感的に正しいように思えます。この比率は、0から1の間の相似値(無次元数)で構成される逆反射の尺度となります。残念ながら、このアプローチには実用上の問題があります。さらに、光束、強度、その他の光学的量を定義する単位系が必要です。

最初に知っておく必要がある単位は「立体角」です。立体角の身近な例としては、アイスクリームコーンがあります。コーンの先端が頂点で、頂点から開いた端までの距離が半径(r)で、開いた端には一定の表面積(S)があります。

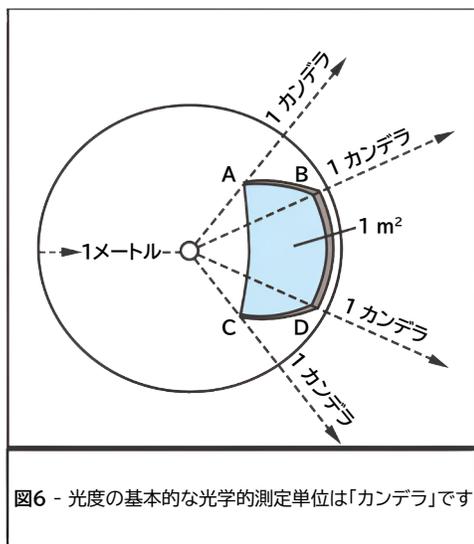


図6 - 光度の基本的な光学的測定単位は「カンデラ」です

立体角は、ステラジアン( $\omega$ 、ギリシャ文字のオメガ)と呼ばれる単位で測定されます。ステラジアンは、円錐の開口部の面積と半径の2乗( $r^2$ )の比率として定義されます。厳密な数学用語では、開口部の面積は球面であるため、アイスクリームコーンと円錐の開口部にちょうど収まる大きさのボールを想像できます。円錐のサイズを平らなディスクになるまで大きくすると、 $2\pi$ ステラジアンになります。したがって、光源の周りの完全な球には合計 $4\pi$ ステラジアンがあります。これは、 $2\pi$ が点の周りの平面の完全な円角に等しい2次元の場合に似ています。

図6では、領域「ABCD」によって囲まれる立体角は、「ABCD」の面積を同心球の総面積で割り、球内のステラジアンの総数を掛けたものに等しくなります。

方程式は次のようになります：

$$= \frac{1\text{m}^2 \times 4\pi(\omega)}{4\pi(1\text{m})^2} = 1 \text{ステラジアン}$$

立体角を理解することで、光学量の定義を行うことができます。基本的な光学量は「カンデラ」で、光度の尺度です。カンデラは、周波数 $540 \times 10^{12}$ ヘルツまたは波長555ナノメートルの単色放射を特定の方向に放射する光源の光度です。その方向の放射強度は、ステラジアンあたり1/683ワットです。この定義は、光度の性質を直感的に理解するには役立ちませんが、光学単位を確立するための物理的な手段を提供します。

次に重要な単位は、「フラックス」に関連する単位です。フラックスは、単位時間あたりに放出される光エネルギーの総量の尺度です。可視光フラックスまたは「光束」の単位は「ルーメン」と呼ばれます(人間の目の感度とは無関係のフラックスの単位はワットです)。1ルーメンは、1カンデラの光度を持つ光源から1ステラジアンの立体角を流れる光エネルギーの量として定義されます。

照度は、単位面積あたりの光束として定義されます。照度は、「ルクス」、つまり平方メートルあたりのルーメンという単位で測定されます。したがって、1ルーメンの均一な光束が1平方メートルの面積に当たる場合、表面上のどの点でも照度は1ルクスです。図6の球体の総面積は $4\pi r^2$ 、つまり12.57平方メートルです。したがって、点光源の出力が1カンデラの強度である場合、光源の総出力は12.57ルーメンです。

次に扱う用語は、強度と照度です。強度は、特定の方向における光源のフラックスを測定します。照度は、照らされた表面上の光のフラックス密度を測定します。これらは同じではありません。なぜなら、放射された光は空間を放射するにつれて、より広い領域に広がるからです。同じ量のフラックスが同じ角度の円錐を満たすため、強度は一定のままですが、光は距離とともにより広い空間領域に広がるため、照らされた表面までの距離が長くなるにつれて照度は小さくなります。空間的に均一な点光源の場合、照度は光源からの距離の2乗に比例して減少します。

カンデラとルーメンは、メートル法とイギリス法の測定システムで同じです。ただし、照度は平方メートルではなく、平方フィートあたりのルーメン単位で測定されます。平方フィートあたり1ルーメンは1フートカンデラで、1フートカンデラは10.76ルクス(平方メートルあたりのルーメン)に相当します。

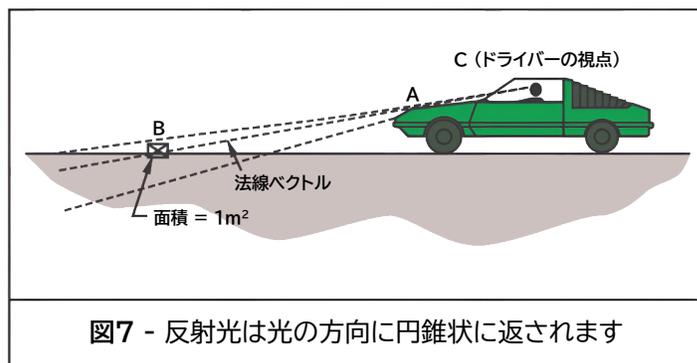
## 道路標示の測定

再帰性反射輝度係数(RL)は、高速道路標示における再帰性反射率の測定に最もよく使用されるものです。RLは、表面の輝度(L)と表面の通常照度(E)の比率です。実験室では、この定義はテスト手順でうまく機能します。

道路標識測定の世界では、人生はそれほど単純ではありません。この状況では、RLは、標識の輝度を、標識への入射光の通常照度に対して測定することを意味します。さらに、輝度は、標識からドライバーへの光線の光束で、ドライバーの方向の標識の投影面積の単位あたり、単位立体角あたりになります。また、光度は単位立体角あたりの光束にすぎないため、輝度は、単に、単位面積あたりの標識から返される光の光度です。通常照度(E)は、車のヘッドライトが標識に当てる照度で、ヘッドライトのビームの方向に垂直な平面で測定されます。図7は、これらの量を視覚化するのに役立ちます。表示されている車がスナップショットとして撮影されている場合、観察角度と照明角度は固定されています。ヘッドライトは、照明軸に沿って特定の強度の光を照射します。規格で定義されている量は方向性があるため、RLを検査するマーキング上の1つのポイントを特定する必要があります。

これは、上の図の点Bになります。これを確立すると、線ABに沿った照明軸の正確な定義が可能になります。

光が点Bに到達するまでに、光は空間に広がり、それに関連する一定の照度を持ちます。点Bに面積1平方メートルの平面が置かれ、法線ベクトルが線Aと同じ方向にある場合、点Bでの照度の値は、点Bに向けられた光と同じ強度の光で平面全体が照らされた場合にこの平面に当たる光の量に等しくなります。光はヘッドライトの方向を中心として円錐形に反射されます。線BCに沿った観測方向には特定の光度を持ちます。



先ほど述べた2つの値を使用して、光度係数の値を計算できます。輝度を計算してRLの値を導き出すには、単位面積あたりの光度を見つける必要があります。問題は、除数として使用する適切な面積を提供するために、単位面積あたりの光度を決定する必要があります。

ここまで、すべての量は方向性があり、微小な領域を扱っていました。課題は、サンプルを適切な角度(88.76度)で正確に照らし、照明軸から適切な角度(1.05度)で光を集めることです。これらの角度は、舗装から0.65メートル上、車の前方30メートルにあるヘッドライトをつけた車と、舗装から1.2メートル上にあるドライバーの目による舗装マーカの照明をシミュレートします。この測定ジオメトリを正確に設定することで、投影された測定領域が88.76度の照明角度のわずかな変化に対して大きく変化するため、最大の誤差要因を最小限に抑えることができます。

実際には、再帰性反射材やその他の材料は、測光距離システムを使用して実験室で測定されます。これらの材料サンプルは、転送標準として使用されます。精密測光距離システムは、投影光源、受光器、これら2つのコンポーネント間の距離を正確かつ再現性よく設定する方法、および光源と受光器から少なくとも10メートル離れた場所に取り付けられた、正確かつ再現性のある角度設定を備えた再帰性反射材サンプルホルダーで構成されます。

投影光源はそれ自体が精密機器であり、数百時間の動作にわたって安定した正しい2855.6ケルビンの色温度で動作するタングステンハロゲンランプを使用して、3%未満の不均一な照明領域を提供します。光受容体検出器は、スペクトルの可視領域全体にわたってさまざまな色で人間の目の感度と一致します。反射サンプル位置での照明とサンプルからの反射光の両方の測定値は、光受容体によって測定されます。サンプルの投影領域を含むこれら2つの測定値の比率は、反射係数の直接的な決定です。これらの実験室で測定されたサンプルは、現場で校正標準として使用して、ポータブル測定機器の強度スケールを正確に設定できます。

ポータブル機器のサンプル領域の決定は製造元によって異なるため、道路上のサンプルの再帰性反射が不均一な場合は注意が必要です。この典型的な例は、舗装の縞模様です。4インチ幅の再帰性反射縞模様の中心に、両側の1インチよりはるかに大きい再帰性反射係数値を持つ2インチ幅の縞模様が中央に現れる縞模様は珍しくありません。縞模様の2インチ幅の部分のみを測定する機器を使用し、縞模様の3インチ幅の部分のみを測定する機器と比較すると、3インチ幅のサンプルでははるかに低い値が得られます。これは、目で4インチ幅の縞模様全体を見るため、実際の値と目で見る値に非常に近い値になります。2インチ幅のストライプのみを測定する機器は、1回の測定に基づいて、より高い、つまり誤った反射値を示します。ストライプの全幅をカバーする3つの測定を並べて2インチ幅の機器で行い、平均し、次に3インチ幅の機器で行い、平均した2つの測定と比較すると、2つの機器はより密接に一致するでしょう。通常、ほとんどの最新機器のデータは、正確ではないとしても再現可能です。

道路測定で使用される単位は、平方メートルあたりルクスあたりミリカンデラ ( $\text{mcd}/\text{lx}/\text{m}^2$ ) です。これは、以前は平方メートルあたりルクスあたりカンデラ ( $\text{cd}/\text{lx}/\text{m}^2$ ) として示されていた基本単位の0.001に相当します。

反射率プログラムを装備する場合、正確で再現性のある実験室測定機能を備えた機器の校正をサポートできる、信頼性が高く定評のある機器ベンダーを使用することが重要です。

## 道路標識の測定

標識に使用される基準は再帰性反射係数(RA)です。これについては、ASTM規格E808で説明されています。これは、平面の再帰性反射面の光度係数RIとその面積の比として定義されます。RAのメートル法単位は、カンデラ/ルクス/平方メートル (cd/lx/m<sup>2</sup>) です。

光度係数は、観察方向の反射鏡の光度E<sup>r</sup>と、入射光の方向に垂直な平面上の反射鏡の照度との比です。すべての単位とその他の考慮事項を考慮すると、RAは概念的には反射輝度係数と同じですが、標識に実装するのがより簡単です。RAの英語単位(カンデラ/フットカンデラ/平方フィート)がよく使用されることに注意してください。古い文書や仕様では、単位面積あたりの比強度(SIA)と呼ばれることもありますが、この用語の使用は推奨されません。

RAは、反射強度と入射光量の比率を反射鏡の面積で割ったものです。標識は面積が固定されているため、これらの量の測定が簡単になります。さらに、測定される形状は、標識の平面が車のヘッドライトに垂直になるように配置されているため、面積は水平に近い角度ほど速く変化しません。これにより、測定がはるかに簡単かつ正確になります。

## 反射率計の実用的応用

反射性材料の実験室での測定は、厳密に管理された手順で行われます。これらの手順は、米国材料試験協会 (ASTM)によって定義および管理されています。ASTMの実験室での測定手順では、相関色温度2855.6ケルビンで動作するタングステンランプを使用する必要があります。この色温度で動作するタングステンランプのスペクトルパワー分布は、理想的なCIE (照明と色に関する国際標準規格作成機関)の光源Aに近づきます。これは、色の比較と指定に使用される国際的に合意された標準タイプの照明です。照明された反射面を測定するために使用される光受容体は、CIE出版物69で規定されているf1'(f-one-prime)分析法で定義された3%の許容範囲内でCIE1931人間の目の応答関数と一致している必要があります。CIE1931標準比視感度は、明所視応答、測光応答関数、またはYバー関数とも呼ばれます。

測定機器のこのレベルの精度は、整備が行き届いていて人員も十分な研究室間で約6%の精度とバイアスをもたらします。これらの非常に厳格な基準を現場で適用するのは現実的ではありません。ASTMは、現場での再帰性反射材の測定にポータブル機器を使用するための標準手順を開発しました。これらの標準手順では、研究室で使用されるものとはまったく異なる照明源を使用できます。これらの手順では、光源が2855.6ケルビンから逸脱する量だけ検出器の応答を補正できます。

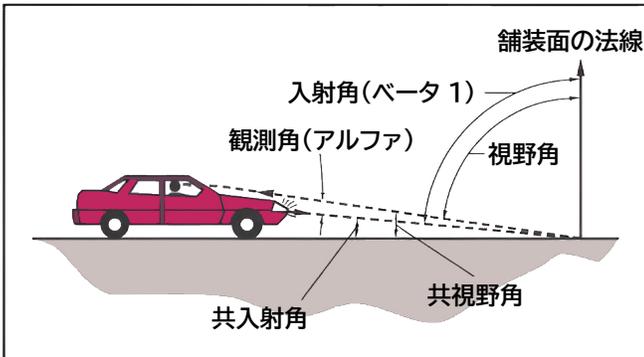
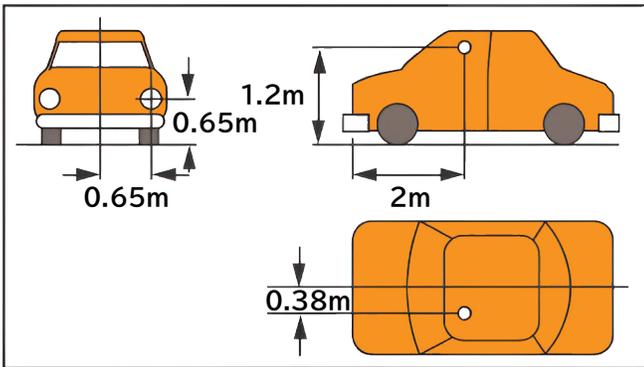


図8 - 公道で使用されるすべての反射測定器には、ASTME1710 ジオメトリーが必要です。

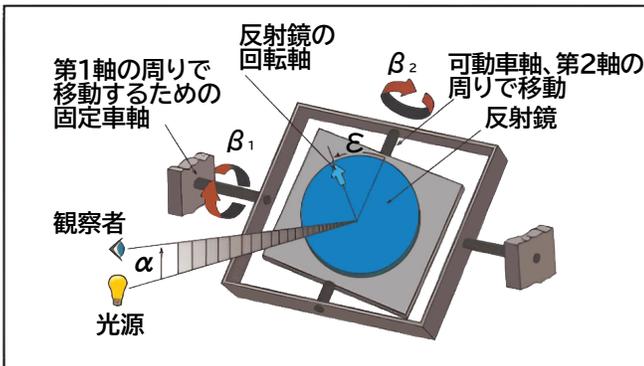


図9 - 実験室の測定セットアップは、車両のヘッドライトとドライバーの位置のジオメトリーを複製します。

長年にわたる現場測定と実験室測定により、光源のスペクトル電力分布と検出器のスペクトル感度の組み合わせは、CIE光源と測光応答関数の組み合わせと一致しなければならないことがわかっています。フィルターを使用して、温度差を補正し、CIE測光応答関数に必要な一致を提供できます。

連邦道路管理局は、路面標示については、図8に示すように、ASTM規格E1710で定義されているヨーロッパで使用されている30メートル観測距離ジオメトリーを採用しています。これは、平均的な高さの米国自動車のドライバーが夜間の悪天候時に見るものを表しています。ASTMは、30メートルジオメトリー反射計のパラメーターを規定するE1710を採用しています。

反射材の測定に関する国際標準ジオメトリーを図9に示します。反射材の特性は照明や視野角の変化に応じて急速に変化するため、反射材の測定に影響を与える最も重要な要素の1つは角度の正確な設定です。実験室の測定機器は、ドライバーが安全マーキング材を見る正確な角度をシミュレートできます。 $\alpha$ (アルファ)でマークされた角度は、車両のヘッドライトとドライバーの目の間の角度を表します。同様に、 $\epsilon$ (イプシロン)、 $\beta_1$ (ベータ1)、 $\beta_2$ (ベータ2)の角度は、標識またはその他の反射材が照明源に対して作る角度をシミュレートします。

重要な測定属性は次の4つです。

- **精度** - これは測定の最低ラインです。測定が正確でなければ何も意味がないので、測定しないでください。
- **再現性/反復性** - 機器は、時間と使用状況に応じてドリフトする可能性があります。バッテリーを充電し、機器を清潔に保ち、頻繁に校正し、定期的に保守し、指定された制限内で操作してください。
- **信頼性** - 現場で故障した機器は時間とお金の無駄です。機器の再現性を維持するために講じる措置は、機器の信頼性を維持するのに役立ちます。
- **トレーサビリティ** - 機器を現場で使用する前に、校正する必要があります。精度と信頼性は、校正標準のトレーサビリティと堅牢な校正手順を中心に展開されます。

現場計測器の種類には、次のものがあります：

- **路面標示反射計** - このツールは、路面標示の反射率を測定するために使用されます。夜間に運転者から見た標示の明るさを測定または判定します。2つのタイプがあります：
  - **ハンドヘルド** - 選択した反射性路面標示の状態を抜き打ちでチェックするために現場で広く使用されています。
  - **モバイル機器** - 高速道路を走行中に反射率を継続的に測定します。
- **標識反射計** - このツールは標識の反射率を測定するために使用されます。標識が夜間反射率の要件を満たしているかどうかを判断します。次の2つのタイプがあります：
  - **ハンドヘルド** - 道路標識や反射シート材料の反射特性を正確かつ確実に測定できる機器です。
  - **モバイル** - モバイル標識反射計は開発段階にあり、まだ商品化されていません。
- **隆起路面標識(RPM)反射計** - このツールは、通常に取り付け構成と除雪可能な取り付け構成で、これらの重要な道路標識の反射率を測定します。

## 専門家から学ぶ

30年以上にわたり、Gamma ScientificとAdvanced Retro Technologyは、再帰反射材を測定するための革新的な製品を開発してきました。両社は、連邦道路管理局と協力し、ASTM、ASHTO、ITEなどの再帰性反射材の測定に関連する組織に積極的に参加することで、リーダーとしての地位を確立しました。

現在、両社の統合製品ラインは、新しい名前である**RoadVista**で販売されています。精密な実験室測定、設計の専門知識、製造能力、高速道路の安全に対する取り組みのユニークな組み合わせにより、RoadVistaは反射測定機器の主要サプライヤーとしての地位を確立しています。当社は、現在市場で唯一の再帰性反射測定器の完全なラインを製造および販売しています。

## 標識の反射率に関する最低限のガイドライン

米国運輸省連邦道路管理局は、標識シートの反射率がどの程度であれば十分な視認性が得られるかを判断するための研究に資金を提供しました。「十分な視認性」と見なされるものについての主観的な評価を伴うすべての研究と同様に、この研究は、研究に参加した人々の回答の統計的分布を示しました。

研究チームは、CARTS(Computerized Analysis Retroreflective Traffic Sign)と呼ばれる3段階モデルを使用して、最小標識反射率ガイドラインの開発に役立てました。第1段階では、CARTSは、ドライバーが安全かつ適切に対応できるように標識が十分に見える最短距離を計算します。この距離は、最小必要視認距離(MRVD)と呼ばれます。

第2段階では、MRVDで必要な標識の輝度を決定します。この決定には、視認性モデルであるDETECTを使用します。このモデルはコントラストしきい値データに基づいており、ドライバーが特定の距離で特定の標識を検出して認識するために必要な輝度を計算します。第3段階(最終段階)では、CARTSモデルが計算された標識の輝度を標準測定ジオメトリーでの同等の反射率値に変換します。この段階では、シート材料の種類とヘッドライトのビームパターンの特性を考慮しますが、人的要因の考慮は含まれません。

2007年12月21日、2003年統一交通管制装置マニュアル(MUTCD)の改訂2が連邦官報に掲載されました。このマニュアルは2008年1月22日に発効し、最低限維持される再帰性反射レベルが含まれています。この表は、要件を現場で実装するためのフレームワークを提供するように設計されています。これらの表用に開発された値は、ドライバーの約80パーセントに対応できると推定されます。標識の再帰性反射の最小ガイドライン値は、以下の表1および2のMUTCDに示されているとおりです。

この表に示されている最小維持反射率レベルは、観測角0.2°、入射角-4.0°で測定されたcd/lx/m <sup>2</sup> 単位です。					
標識の色	追加基準	シートタイプ (ASTM D4956-04)			
		ビーズシート			プリズムシート
		I	II	III	III、IV、VI、VII、VIII、IX、X
緑地に白	頭上	白* 緑 ≥ 7	白* 緑 ≥ 15	白* 緑 ≥ 25	白 ≥ 250 緑 ≥ 25
緑地に白	地上設置型	白* 緑 ≥ 7	白 ≥ 120 緑 ≥ 15		
黄色地に黒またはオレンジ地に黒	文字および細字記号標識の場合、長さが1200mm(48インチ)以上、太字記号標識の場合、すべてのサイズ	黄色* オレンジ*	黄色 ≥ 50 オレンジ ≥ 50		
	文字および細字記号標識の場合、長さが1200mm(48インチ)未満	黄色* オレンジ*	黄色 ≥ 75 オレンジ ≥ 75		
赤地に白	最小標識コントラスト比は3対1以上 (白色反射率を赤色反射率で割った値)	白 ≥ 35 赤 ≥ 7			
白地に黒		白 ≥ 50			

\* このシートタイプは、この用途ではこの色には使用しないでください。

表1 - 維持される最小再帰性反射レベル

太字のシンボルサイン		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• W1-1、-2 ターンとカーブ</li> <li>• W1-3、-4 逆ターンとカーブ</li> <li>• W1-5 曲がりくねった道</li> <li>• W1-6、-7 大きな矢印</li> <li>• W1-8 シェブロン</li> <li>• W1-10 カーブ内の交差点</li> <li>• W1-11 ヘアピンカーブ</li> <li>• W1-15 270度ループ</li> <li>• W2-1 横断道路</li> <li>• W2-2、-3 側道</li> <li>• W2-4、-5 T字路とY字路</li> <li>• W2-6 円形交差点</li> <li>• W3-1 前方停止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W3-2 前方譲歩</li> <li>• W3-3 前方信号</li> <li>• W4-1 合流</li> <li>• W4-2 車線終了</li> <li>• W4-3 追加車線</li> <li>• W4-5 道路合流進入</li> <li>• W4-6 道路進入追加車線</li> <li>• W6-1、-2 分離道路の始まりと終わり</li> <li>• W6-3 双方向交通</li> <li>• W10-1、-2、-3、-4、-11、-12 高速道路・鉄道事前警告</li> <li>• W11-2 歩行者横断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W11-3 鹿横断歩道</li> <li>• W11-4 牛横断歩道</li> <li>• W11-5 農機具</li> <li>• W11-6 スノーモービル横断歩道</li> <li>• W11-7 乗馬横断歩道</li> <li>• W11-8 消防署</li> <li>• W11-10 トラック横断歩道</li> <li>• W12-1 二重矢印</li> <li>• W16-5p、-6p、-7p 矢印標識プレート</li> <li>• W20-7a 旗振り係</li> <li>• W21-1a 作業員</li> </ul>
特殊なケース		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• W3-1 前方停止: 赤の再帰反射率 &gt; 7</li> <li>• W3-2 前方譲歩: 赤の再帰反射率 &gt; 7、白の再帰反射率 &gt; 35</li> <li>• W3-3 前方信号: 赤の再帰反射率 &gt; 7、緑の再帰反射率 &gt; 7</li> <li>• W3-5 速度制限: 白の再帰反射率 &gt; 50</li> <li>• W14-3 (追い越し禁止区域)、W4-4(横断交通は停止しない)、またはW13-1、-2、-3、-5(速度注意標識)などの非ダイヤモンド形の標識の場合は、最大標識寸法を使用して適切な最小再帰性反射率レベルを決定します。</li> </ul>		

表2 - 太字記号標識の定義。細字記号標識とは、太字記号標識として記載されていないすべての記号です。

## 新しく設置された路面標示材の推奨される最低性能。

1999年5月、ジョナサン ダン ターナー氏はメリーランド州ゲイザーバーグで開催された光放射測定協議会 (CORM)の年次会議でプレゼンテーションを行いました。プレゼンテーションでターナー氏は、新しく設置された路面標示材の再帰性反射率の最低値に関する連邦道路管理局の推奨事項を概説しました。

1993年運輸省歳出法第406条(a)では、運輸長官に対し、統一交通管制装置マニュアルを改訂し、交通標識および路面標示に維持しなければならない反射率の最低水準に関する基準を盛り込むよう義務付けています。連邦道路管理局 (FHWA)のR&Dは1994年に標識の反射率の提案水準に関する勧告を行い、路面標示の反射率の水準に関する勧告は最近FHWAの政策立案者に提出されました。

舗装標示の再帰性反射の問題に対処するため、FHWAが後援する2つの調査が実施されました。「全天候型舗装標示の評価」と題された最初の調査は、米国の舗装標示の現状を評価し、推奨される再帰性反射値の影響を判断するために設計された取り組みでした。Graham-Migletz Enterprisesは、1998年2月に「舗装標示の再帰性反射に関する現地調査」と題する報告書の草案を提出しました。

2000年10月付けの最終報告書には、21州で実施された徹底的な現地調査の概要がまとめられています。約4年間にわたり、車両に搭載されたLaserlux反射計を使用して約2,660,000件の個別測定が行われました。1994年秋の反射率の平均レベルは170.4 mcd/m<sup>2</sup>/luxで、標準偏差は123.6でした。春の反射率の測定値は秋よりも15 ~ 24%低いことがわかりました。

2番目の研究「路面標示の可視性に関するCARVEコンピュータモデルの強化」は、適切なドライバーパフォーマンスをサポートするのに必要な再帰性反射率の量を決定することを目的とした取り組みでした。オハイオ大学のHelmut Zwahlenは、路面標示の可視性モデルであるCARVE (Computer Aided Road-Marking Visibility Evaluator)を完成させました。このモデルは、30mでの測定でさまざまな路面標示の種類の見え方を予測します。このモデルの基本となる仮定は、眼球スキャンスタディを使用してテストされ、モデルは一連のエンド検出フィールド実験で調整されました。この研究では、再帰性反射率レベルを時速55マイルで170mcd/m<sup>2</sup>/lux、時速65マイルで340mcd/m<sup>2</sup>/luxと推奨しました。これらの値は、若いドライバーと年配のドライバーの両方に対応します。

1998年12月2日、裏付けとなる研究の概要と路面標示の再帰性反射率の最小値に関する勧告を含む報告書がFHWAの高速道路安全局に提出されました。裏付けとなる研究と勧告は、1999年に米国全土で開催された3つのワークショップで発表されました。標識の再帰性反射率に関するワークショップと同様に、ワークショップ参加者の意見は、規則制定につながる最終勧告で考慮されます。Hawkins Engineeringが作成した要約レポートには、ワークショップで提起された懸念事項が記載されています。

## 再帰性反射に関するASTM規格

- E808 再帰性反射率の記述方法
- E809 再帰性反射計の測光特性の測定記述方法
- E810 再帰性反射シートの再帰性反射係数の試験方法
- D 4061 水平コーティングの再帰性反射率の試験方法
- E811 夜間条件下での再帰性反射計の測色特性の測定方法
- E1896 日中の歩行者視認性向上に関する仕様

- E1709 ポータブル反射計を使用した反射標識の測定試験方法
- E1809 ポータブル反射計を使用した高視認性反射性衣類マーキング材の測定試験方法
- E1696 ポータブル反射計を使用した隆起反射性舗装マーカの現場測定試験方法
- E1743 舗装マーキング測定用ポータブル反射計の選択と使用の実践
- E1710 ポータブル反射計を使用した CEN 規定形状の反射性舗装マーキング材の測定試験方法
- D4280 長寿命型、非除雪型、角柱型、隆起型、再帰性反射舗装マーカの仕様
- D4383 除雪型、隆起型、再帰性反射舗装マーカの仕様
- D4505 長寿命型、成形済みプラスチック舗装マーキングテープの仕様
- D4592 限定寿命型、成形済みプラスチック舗装マーキングテープの仕様
- D4956 交通管制用再帰性反射シートの仕様
- E1501 視認性向上のための反射歩行者標識の夜間測光性能の仕様
- D6359 携帯式手動機器を使用した新しく設置された路面標識の最小反射率の仕様
- F923 個人の安全性向上に使用される高視認性材料の特性に関するガイド

## 交通安全材料の光と色の測定に関する参考文献

1. 応用測光ハンドブック、アメリカ物理学会、AIP プレス、ISBN 1-56396-416-3
2. 交通標識の最小再帰性反射要件、FHWA-RD-93-077
3. 再帰性反射交通標識の耐用年数、FHWA-RD-90-101
4. 標識再帰性反射基準の実施戦略、NCHRP #346
5. 交通標識の最小再帰性反射要件の実施ガイド、FHWA-RD-97-052
6. 最小再帰性反射ガイドライン内で交通標識を維持するための州および地方機関への影響、  
FHWA-RD-97-053
7. CIE 出版物：
  - #39 : 視覚信号用の表面色
  - #54 : 再帰性反射:定義と測定 (改訂版 54.2 投票中)
  - #72 : 夜間の再帰性反射材の特性と使用に関するガイド
  - #7 : 道路標示の視覚的側面
  - #74 : 道路標識
  - #100: 夜間運転の基礎
  - #107: 信号灯の色
  - #113: 反射道路標識の夜間視認性の維持
  - #115: 自動車および歩行者交通のための道路照明に関する勧告

## 参考文献

- 1) Austin, Richard L、「MX30 照明および検出器機能の説明」、Gamma Scientific、2000年3月23日
- 2) Rennilson, J.J.、「再帰性反射測定:レビュー」、Applied Optics 第19巻、第8号、1980年4月15日
- 3) Hawkins, Gene、他、「標識交換の実施における最小再帰性反射率値の影響」、Texas Transportation Institute、Texas A&M University、1996年10月
- 4) Lagergren, Edwin、「人間観察者による交通標識の反射率測定」、1987年12月
- 5) 米国運輸省、「統一交通管制装置に関するマニュアル」、米国政府印刷局、ワシントン DC、1988年
- 6) 米国運輸省、「要約レポート-最低限の標識反射率ガイドライン」、発行番号FHWA-RD-97-074、1997年6月
- 7) 米国運輸省、「道路区分実務ハンドブック」、発行番号 FHWA-SA-93-001、1994年8月
- 8) 「統一車両法およびモデル交通条例」、統一交通法および条例に関する全国委員会
- 9) 米国運輸省、「標準高速道路標識集」、ストック番号 950-044-00000-4
- 10) 連邦試験方法規格 370、「反射材および反射装置の測光測定」、一般調達局、1977年3月
- 11) Hatzi, Peter、「TE-29再帰性反射率」、Power Pointプレゼンテーション、FHWA-技術アプリケーションオフィス
- 12) Hatzi, Peter、「再帰性反射率: 交通標識と標示の夜間の明るさを上げる」、Power Point プレゼンテーション、FHWA - 技術アプリケーションオフィス
- 13) 「標識再帰性反射計の仕組み」Power Point プレゼンテーション、FHWA
- 14) Nelson, Eric J. および Austin, Richard L.、「反射率カラーのスペクトル測定システムの比較」、Power Point プレゼンテーション、光放射測定協議会(CORM)年次会議 1999年5月、メリーランド州ゲイサースバーグ
- 15) Turner, J. Dan、「舗装標示反射率研究の最新情報と規則制定につながる推奨事項」、Power Point プレゼンテーション、光放射測定協議会(CORM)年次会議 1999年5月、メリーランド州ゲイサースバーグ
- 16) Austin, Richard L.、「再帰性反射測定の長い歴史の簡単な考察」、Power Point プレゼンテーション、Gamma Scientific、2000年2月
- 17) Migletz, J. および Harwood, D.W. 他、「路面標示の再帰性反射率の現地調査」、米国運輸省、連邦道路管理局、2000年4月

## 再帰性反射用語集

**摩耗:**風、水、砂、および/または車のタイヤの摩耗により、高速道路の標示板の表面が徐々に侵食され、薄くなり、劣化する状態。

**適用された線:**下地に設置された舗装マーキング材。

**バインダー:**ペイントされたマーキングでは、バインダーは溶剤が蒸発した後に道路に残る硬いベース材です。一般的なペイントバインダーは、アルキド樹脂と塩素化ゴム材です。熱可塑性マーキングでは、バインダーは加熱すると溶けて道路に残るフィルムに硬化する実際の熱可塑性材料です。バインダーは、ベース材またはベース媒体と呼ばれることもあります。

**双対称:**二重対称性を持つこと、フローティングビーズの状態では、塗料に埋め込まれたビーズ表面が、露出した表面と対称であることを意味します。

**明るさ:**放射または反射する光の質。光の強度と相関する、明るい色から暗い色への連続的な視覚的順序。この用語は、人間の輝度の知覚を指します。輝度は測光法で測定される量ですが、明るさは光源または照明された表面が人間の目にどの程度強く見えるかを表します。ほとんどの再帰性反射材の明るさは、観測角度がゼロのときに最大になります。

**カンデラ:**可視光線の光学量の基本単位であるカンデラは、光度の尺度です。1カンデラは、周波数 $540 \times 10^{12}$ ヘルツの単色放射を発生する光源の特定の方向における光度として定義され、その方向における放射強度はステラジアンあたり1683ワットです。

**CIE (国際照明委員会):**光と色の知覚と測定に関する専門家の世界的な組織です。CIEは、世界中で使用され、ISO (国際標準化機構) 標準として採用されている照明と色の標準の作成を担当しています。

**CIE光源AまたはCIE標準光源A:**2855.6ケルビンの完全な黒体放射体を表す理想的な色彩光源。CIEによって相対スペクトルパワー分布で定義され、560ナノメートルで100に正規化されます。

**CIE光源標準A光源:**相関色温度2855.6ケルビンで動作するガス充填タングステンフィラメントランプ。

**再帰性反射ストライプの線反射係数(Rm):**再帰性反射ストライプの光度係数(RI)とその長さの比を、カンデラ/ルクス/メートルで表します。

**光度係数(RI):**観察方向の再帰性反射器の光度(I)と、入射光の方向と垂直な平面上の再帰性反射器の照度との比。カンデラ/ルクスで表します。(再帰性反射)光度係数とも呼ばれます。

**再帰性反射輝度係数(RL):**再帰性反射の尺度で、路面標示の再帰性反射性を表すために最もよく使用されます。再帰性反射輝度係数は、再帰性反射材の投影面の輝度と、入射光に垂直な平面上の表面の通常照度の比率です。カンデラ/平方メートル/ルクスで表されます。

**(再帰性反射)光束係数、R:**観測点で測定された再帰性反射器からの単位立体角あたりの光束と、有効な再帰性反射面に入射する全光束の比。カンデラ/ルーメンで表されます。

**再帰性反射係数(RA):**高速道路標識の再帰性反射率を指すためによく使用される再帰性反射の尺度。再帰反射係数は、平面の再帰性反射面の光度係数(R1)とその面積(A)の比として定義され、1平方メートルあたりカンデラ/ルクスで表されます。

**視認性:**ドライバーが特定の背景に対して特定の距離にある特定のターゲットに気づく可能性の尺度。

**コントラスト:**ターゲットの輝度とターゲットの周囲の輝度の比率。

**協調ターゲット:**センサーの検出器に光を反射するように設計されたターゲット。協調ターゲットには、複数のメーカーが製造したガラスコーナーキューブ反射鏡や反射テープなどがあります。一部のアプリケーションでは、ミラーが協調ターゲットとして使用されることがあります。

**コーナー キューブ:**互いに垂直な3つの平面が集まって立方体の角を形成します。これらの3つの平面の1つに当たった光線は、他の2つの平面で反射し、最終的に反射された光線の方向は元の光線の方向と反対方向になります。

**共視角:**入射角の補角。

**基準マーク:**反射鏡軸を中心とした回転に対する反射鏡の方向を定義するために使用される反射鏡上の表示。

**被写界深度:**センサーが正確に測定できる距離の範囲。これは焦点距離と集光光学系の直径によって制限されます。これら2つの要素によって、距離に応じてセンサーの感度がどのように変化するかが決まります。

**検出器のスペクトル応答:**検出器が感度を持つ波長範囲全体における各波長での検出器の感度。

**拡散反射:**光がターゲットに当たり、広い角度で散乱する場合。無地の白い紙や平らな(光沢のない)壁のペイントは、拡散しやすい素材として適しています。拡散ターゲットは、非協力的なターゲットとして最適で、広範囲の入射角(一部の素材では最大80度)で測定できます。

**耐久性:**摩耗や欠けに伴う摩耗や劣化に対する交通ラインの耐性の尺度。耐久性の標準的な評価方法については、欠けについてはASTM速報D913、摩耗(浸食)についてはD821を参照してください。

**入射角(または入射角):**光源から反射板上の点までと、反射板表面の法線(垂直、90度の角度を形成)との間の角度。CIE幾何学システムでは $b_1$ (ベータ1)と $b_2$ (ベータ2)で定義されます。

**ヨーロッパ幾何学(標識シート材料用):**入射角( $b_1$ )-5度、観測角( $a$ )0.33度。

**欧州30メートルジオメトリー:**夜間の悪天候時に、平均的な米国車高のドライバーが見るものを表します。これは「30メートル観測距離ジオメトリー」とも呼ばれます。連邦道路管理局(FHWA)と米国材料試験協会(ASTM)は、このジオメトリーを舗装標示の再帰性反射を測定するための標準として採用しています。

**第一軸:**反射鏡の中心を通り、観測半平面に垂直な軸。

**フローティングビーズ:**路面標示において直径の半分まで浮くように特殊な化学物質でコーティングされた再帰性反射ガラスビーズ。

**フートカンデラ:**イギリス式の照度の単位。1フートカンデラは、1カンデラの均一な点光源から1フィート離れた表面の照度で、1平方フィートあたり1ルーメンに相当します。1フートカンデラは10.76ルクス(1平方メートルあたりルーメン)に相当します。

**分数再帰性反射率、RT:**再帰性反射体を照射する一方向の光束のうち、指定された値(最大値)未満の観測角度で受光される光束の割合。

**ガラスビーズ:**舗装標示や一部の標識シート材料に再帰性反射を与えるためにバインダーと組み合わせて使用される球体。

- a) 従来型 - 表面処理なしの屈折率約1.52のガラス組成
- b) 低屈折率 - 屈折率が1.5 ~ 1.64の球体
- c) 中屈折率 - 屈折率が1.65 ~ 1.89の球体
- d) 高屈折率 - 屈折率が1.89を超える球体
- e) プラスチック - 有機材料から製造された球体
- f) ガラス - ソーダ石灰ガラス材料から製造された球体
- g) 再帰性反射型 - 入射光路とほぼ平行な経路に沿って光を返す球体

**ゴニオメーター:**角度を測定または設定するための機器。

**照度、E:**単位面積あたりの表面上の光束。

**照度軸:**光源開口部の有効中心から反射鏡の中心までの線。

**入射角(または入口角):**光源と反射鏡の表面に垂直な線との間の角度。

**入射光:**特定の光源から物体またはターゲットに当たって反射可能な光の総量。

**屈折率:**特定の材料の場合、屈折率は真空中の光速度と材料を通過する光速度の比に等しくなります。光波が空気からガラスへ、またはその逆へ進むときにガラスが「光を曲げる」特性を表します。

**レーザー出力:**センサー内のレーザーから放出される光出力レベル。レーザーがパルスまたは断続的な光出力を放出する場合は、出力は平均出力またはピーク出力として指定されることもあります。他のすべての要因が同じであれば、最大範囲はレーザー出力の平方根に比例して増加します。出力が4倍になると、最大範囲は2倍になります。レーザー出力はミリワット(mW)またはワットで表されます。

**光:**電磁放射線の可視部分。真空中を毎秒約186,000マイルの速度で移動します。可視光と同じ波長範囲に含まれる電磁放射線は、赤外線、紫外線、X線です。人間にとって、それは視覚受容器の刺激によって引き起こされる感覚です。

**ルーメン:**光束の単位で、1ルーメンは、空間的に均一な光度 1 を持つ点光源から1ステラジアン内に放射される光束に等しい。

**輝度:**ある方向から見た表面の投影面積の単位立体角あたりの、ある方向の表面から発せられる光線の光束。

**輝度コントラスト:**ターゲットからの輝度とターゲットの周囲からの輝度の比率。

**光度:**単位立体角あたりの光束。

**ルクス:**照度のメートル法単位。1ルクスは、1平方メートルあたり1ルーメンの光束密度に対応する照度に相当します。

**統一交通管制装置マニュアル(MUTCD):**連邦道路管理局の出版物で、全国の交通管制装置を標準化することを目的としています。

**マーキング:**物体の再帰性反射する部分。

**最大範囲:**センサーが反射光を拾い、正確な距離測定を行える最大距離。最大範囲は、光源のパワー、反射光の量、検出装置の感度によって異なります。

**マイクロスフィア:**微小な球体（直径約30ミクロンのガラス球）。

**単色:**1つの色、または単一波長または非常に狭い範囲の波長の放射からなる光源。

**ナノメートル:**光の波長を測定するときに使用する測定単位。1ナノメートルは10億分の1メートルです。

**垂直照度(E):**反射中心を通過し、入射光の軸（照明軸）に垂直な平面で測定された反射面の照度。

**観測角:**光源から反射鏡上の点に伸びる線と、目から反射鏡上の同じ点に伸びる線によって形成される角度(CIE定義  $\alpha$ 、アルファ)（光 - 標識 - 目角）。観測角が0のとき、明るさは最大になります。

**方向角(回転角も参照):**この角度(CIE定義  $\omega$ 、オメガ)は、照明線に垂直な平面に対する反射ユニット自身の平面内での回転に関係します。

**光度計:**目が光を「見る」方法に似た光を測定する機器。

**光受容体:**光度計のセンサー部分。反射光計で光量を検出して測定するために使用されます。反射測定の場合、光受容体はCIE1931の人間の目の反応関数( $Y_{bar}$ 、明所視、測光関数とも呼ばれます)と一致している必要があります。

**プレゼンテーション角度:**入口半平面から観測半平面までの二面角。ソースの視点から反時計回りに測定されます。

**プレビュー距離:**描画によってドライバーが道路の配置の今後の変更を確認できる距離。

**プリズマティックキューブコーナーマーカー:**プリズマティックキューブコーナ要素を使用して再帰性反射を実現する隆起した舗装マーカー。

**レーザー:**積分球などのコレクター、モノクロメーターまたはスペクトルフィルター、検出器、および関連する光学系と電子機器を含む、標本からの観察ビームを受信する測光機器の部分。

**反射率:**物体または「ターゲット」が反射する光の量。入射光に対する割合で表されます。反射率は、物体またはターゲットの色と構成、および反射される光の波長によって異なります。

**反射照度、ER:**観測軸に垂直な平面で測定された受光器での照度。

**屈折:**光線が、ある媒体(空気など)から速度が異なる別の媒体(ガラスなど)に斜めに通過するときに、直線経路から受ける偏向。

**応答時間:**ターゲット位置の変化の時間とセンサーの出力の変化の時間との間の遅延。センサーが前のサンプルを送信して次の測定を行う間に中間サンプルを処理または校正している場合、これは1つのサンプル間隔よりも長くなる場合があります。

**屈折率(RI):**特定の材料の場合、屈折率は真空中の光の速度と材料を通過する光の速度の比に等しくなります。光波が空気からガラスへ、またはその逆に通過するときにガラスが「光を曲げる」特性を表します。

**再帰性反射面の再帰性反射係数、RF:**面積「A」を持つ平面の再帰性反射面の光度係数と、同じ照明および観察条件下での同じ面積の完全反射拡散板の光度係数の無次元比。

**再帰反射:**物体または「ターゲット」からの光が、入射光線のさまざまな角度または方向に対して、来た方向へ反射されること。再帰性反射は、再帰性反射器内での複数の反射によって実現されます。再帰性反射器には、コーナーキューブまたはマイクロスフィアが含まれます。高品質のコーナーキューブ再帰性反射器は、入射するほぼすべての光をその光源に戻します。一部のタイプの再帰性反射器は、一般的な表面またはターゲットから返される光の1000倍以上を返します。地球から月までの距離を正確に測定できるように、コーナーキューブ再帰性反射器アレイが月面に残されました。

**再帰性反射:**光を光源に戻すことができます。

**再帰性反射要素:**屈折または反射、あるいはその両方によって再帰性反射現象を生み出す単一の光学ユニット。

**再帰性反射材:**露出面上またはその近くで変化する小さな再帰性反射要素の薄い連続層を持つ素材(例:再帰性反射シート、ビーズ塗料、高速道路標識の表面、舗装の線引き)。

**再帰性反射シート:**すぐに使用できるように薄いフィルムとしてあらかじめ組み立てられた再帰性反射材。

**再帰性反射率:**高速道路の標識が光を元の方向に戻す効率。夜間の視認性を表す場合は、単に運転者に見える光と舗装道路に入る光の比率。

**反射率計:**ターゲットの反射率を測定するために設計された機器。通常、反射率計はレーザー光線をターゲットに照射し、ガラスビーズまたはコーナーキューブによって光が反射(光源に向かって反射)されます。内部センサーが反射された光を測定します。

**再帰性反射器:**方向性を持って照射された場合、反射された光線が入射光線の反対方向に近い方向に優先的に返され、この特性は入射光線の方向の広い変化にわたって維持される反射面または装置。

**反射鏡軸:**反射鏡の中心から指定された線分で、反射鏡の角度位置を表すために使用されます。

**反射鏡の中心:**反射鏡の性能を指定する目的でデバイスの中心として指定された、反射鏡上またはその近くの点。

**回転角度:**反射軸を中心に回転したときの試料の向きを示す角度。

**サンプルレート:**センサーが距離出力を更新する頻度。距離センサーのサンプルレート機能は、測定方法とデバイスの設計に応じて大きく異なります。サンプルレートは、数秒ごとに1つのサンプルという低いものから、1秒あたり数百万のサンプルまであります。

**感度:**暗いターゲットや低レーザー出力で読み取りを行う能力の尺度。感度は長距離では低下します。

**シリカ:**二酸化ケイ素は、ガラスビーズの製造に使用されるガラスの主要な酸化物成分の1つです。

**ソース:**光またはその他の放射束を生成する物体。

**単位面積あたりの比強度(SIA):**再帰性反射係数RAに置き換えられた古い用語。再帰性反射係数は、平面の再帰性反射面の光度係数(RI)とその面積(A)の比として定義され、1平方メートルあたり1ルクスのカンデラで表されます。

**鏡面反射:**鏡面反射は、光が光沢のある表面または鏡のような表面に当たり、ある角度で反射されるときに発生します。ガラス、液体の表面、磨かれた金属は鏡面反射性があり、通常は鏡面反射用に特別に構成されたセンサーが必要です。

**ステラジアン:**立体角を測定する単位。完全な球には  $4\pi$  ステラジアンあります。

**ターゲット:**光源が当たる、または放射する表面。そこから光が反射され、光学センサーの検出器に送られます。

**しきい値コントラスト:**ターゲットの輝度とそのターゲットの背景の輝度の最小差で、ターゲットが見える状態。

**視野角:**反射鏡の軸と観測軸の間の角度。

**可視性:**視覚環境内で相互作用する光波と物体の特性と動作により、視覚感覚を呼び起こす光信号が生成されます。

**可視スペクトル領域:**人間の目が光を検出できる範囲(ナノメートル単位)。光は360 ~ 830ナノメートルの範囲で目に見えるようになります。

**波長:**波の進行方向における、任意の1つの点から対応する位相の次の点までの距離。

## Laserlux® G7 車載型舗装反射計



舗装マーキングの視認性、再帰性反射と道路の安全性には重要な相関関係があることを各機関は認識し続けています。

Laserlux®G7はこの課題を解決する安全でスマートかつシンプルなソリューションです。Laserlux G7は、交通の流れの中で継続的に舗装マーキングを評価・査定することができます。専用車両や車両の改造を必要としない唯一の市販装置です。

## 現場で実証されたプラットフォームの汎用性

### 作業や運転者の安全性

- 静的作業ゾーンや路上での足踏み禁止
- 日中または夜間の測定
- 高速道路での連続測定

### 最新のレーザー&光学技術

- 固体レーザーは毎秒400回以上スキャンします。
- 反射率、コントラスト、線幅、位置、回転数、その他多数
- 連続測定と形状管理のための自動位置決めシステム

### 簡単なセットアップからレポートまで

- ほぼすべてのハンドヘルドデバイスまたはコンピュータで動作  
- ソフトウェアやアプリをインストールする必要はありません。
- ほぼすべての車両に数分で取り付け可能
- USBフラッシュドライブによる簡単なデータ保存と転送





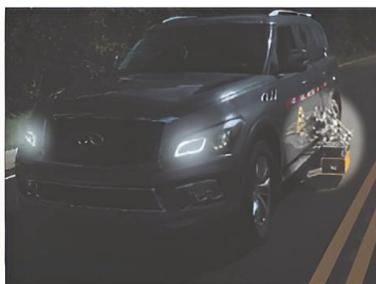
**SQUID-MOUNT™**

ほぼすべての車両にしっかりと取り付けられます



**Wi-Fi 操作**

あらゆるハンドヘルドデバイスまたはコンピューターから



**夜間の色評価**

オプションで夜間の色評価も可能



**実証済みのレーザーダイオードシステム**

舗装を毎秒400回以上スキャン

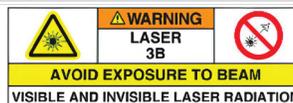
	再帰性反射率	幅	コントラスト	RPM	赤外線	カラー
LLG7	✓	✓	✓	✓		
LLG7-Vision	✓	✓	✓	✓	✓	
LLG7-Color	✓	✓	✓	✓		✓

仕様		
ジオメトリー	CEN 30メートル	15メートル
入射角	88.76° ± 0.01° (ASTM E1710)	86.50° ± 0.01°
照明角	1.24° ± 0.01° (EN 1436)	該当なし
観測角	1.05° ± 0.01° (ASTM E1710)	1.50° ± 0.01°
観測角	2.29° ± 0.01° (EN 1436)	該当なし
受光器の開口	0.24°	0.33°
測定距離	6メートル	4.2メートル
測定幅	1メートル (39.4インチ)	
測定の縦方向の解像度	> 7.6cm、時速 110 kmで > 3.5cm、時速 50 kmで	
動作温度	-7° ~ 50°C	
動作湿度	5% ~ 95% RH 非結露	
サイズ	255 mm x 265 mm x 505 mm)	
重量	LLG7: <11 kg LLG7-Vision: <12.3 kg LLG7-Color: <14.1 kg	
GPS	72チャンネル WAAS対応、デッドレコニング付き 位置精度 < 2 m CEP	
複数のプラットフォームを介したワイヤレス制御	iPad、Android、Windows など	
車両プラットフォーム	取り外し可能な真空マウントブラケットを使用して、ほぼすべての車両に取り付け可能	

## パフォーマンス

- ソリッドステートレーザー ベース - メンテナンス不要
- 反射性舗装マーカーをカウントして一覧表示
- ラインコントラストを自動的に提供
- 二重線を個別に測定
- 夜間のライン幅を測定
- 電話、コンピューター、タブレットなど、あらゆるワイヤレスデバイスで使用可能
- ソフトウェアやアプリのインストールは不要
- 連続測定/ジオメトリー管理のための自動ポジショニングシステム
- 高解像度ビデオ録画
- ほぼすべての車両にSquid-Mount™を取り付け可能
- 高速道路での連続反射率測定を提供
- 取り外し可能な USB ドライブによるオンボードデータストレージ
- 標準の12ボルト車両電源コンセントで操作
- 高速、簡単、正確なキャリブレーション
- 距離を測定したり、平らな地面を探したりする必要はありません

ASTM E1710 および EN1436 に準拠 - 30メートルジオメトリー  
15メートル ジオメトリーはオプションで利用可能



仕様は予告なく変更される場合があります

## StripeMaster®3 舗装マーキング再帰性反射測定器



StripeMaster 3 再帰性反射測定器は、オールインワンの舗装標示資産管理システムで、道路、高速道路、飛行場の安全性を高めるために、機関や請負業者が舗装標示を迅速かつ確実に把握できるようにします。現場で実証された使いやすい機能により、道路標示の反射と視認性を迅速に測定して、オペレーターの安全性が向上します。

軽量で、引き込み式ハンドルで簡単に操作できます。ハンドルをクリックするだけで開き、設置、撮影、読み取り、記録ができ、道路の縞模様の再帰性反射率を総合的にテストし、完全に識別できます。大型で直感的なタッチスクリーンインターフェイスにより、オペレーターは現場ですぐにデータを取得でき、現場測定後のデータ検索も可能であるため、トレーニングはほとんど必要ありません。

## 現場で実証されたプラットフォームの信頼性と精度

### 作業や運転者の安全性

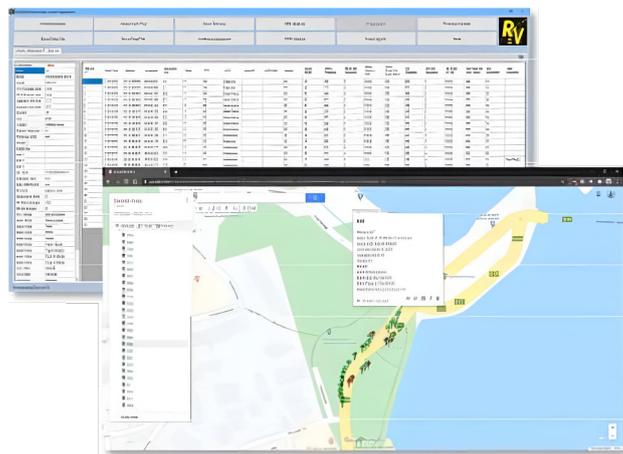
- 軽量でバランスのとれた操作で、オペレーターがかがむ必要はありません
- 道路上での作業時間を短縮しながら、反射率の値をゼロエラーで判定する方法を提供します

### 簡単なセットアップと使用方法

- 7インチのタッチスクリーンディスプレイを備えた自動昇降式格納式ハンドルで簡単に操作できます
- 現場ですぐに記録できる GPS とプリンターが内蔵されています
- 舗装標示に関する追加情報を入力するためのデータフィールドを備えた完全な資産管理ツールで、合格/不合格基準を含みます。
- データ管理用の使いやすいソフトウェアが付属しており、表形式のデータレポート、KML、およびShapeファイルを作成して簡単に視覚化したり、GIS管理したりできます
- 交換可能なバッテリーパック、充電器、および校正標準が付属しています

### 堅牢で信頼性が高く、現場で実証済み

- 耐久性の高い光源と商用グレードの充電式バッテリー
- 包括的なデータ管理
- 現場でのデータ管理とオンデマンド印刷が可能
- 完全な文書化と追跡のための簡単なデータエクスポート
- USBまたはBluetooth接続により、収集したデータを簡単にコンピューターにアップロードできます。



データパラメーター	SM3	SM3C	SM3Q	SM3QC
ASTM E1710およびEN1436に従って再帰性反射率RLを測定	✓	✓	✓	✓
ASTM E2302およびEN1436に従って昼間の視認性Qdを測定			✓	✓
ASTM D6628およびEN1436に従って夜間の再帰性反射CIE色度を測定		✓		✓
ASTM E2832 に従って連続湿潤(雨)における再帰性反射率を測定	✓	✓	✓	✓
ASTM E2177 に従って濡れた状態での再帰性反射率を測定	✓	✓	✓	✓
2.5メートル未満の位置固定不確実性に対応する56チャンネル WAAS、EGNOS、MSAS を利用して各測定で GPS 座標を記録します。	✓	✓	✓	✓
複数の測定の平均化(オプション)	✓	✓	✓	✓
ジョブ名/タイプ/ユーザーを保存するためのカスタム ファイル情報	✓	✓	✓	✓
低精度から高精度まで正確な測定範囲	✓	✓	✓	✓
データのダウンロード間の大規模プロジェクトに対応できる大容量メモリ	✓	✓	✓	✓
データ転送と機器構成用のUSBコンピューターインターフェイス	✓	✓	✓	✓
ExcelおよびGoogleマップと互換性のあるデータ統合ソフトウェア	✓	✓	✓	✓
校正証明書	✓	✓	✓	✓
各測定で記録される温度と湿度	✓	✓	✓	✓
ユーザーがカスタマイズしたデータフィールド - 道路上の場所、設置日、材料の種類など	✓	✓	✓	✓
ユーザーがカスタマイズした合格/不合格基準の設定	✓	✓	✓	✓

## 設計パラメーター

必要に応じて現場で紙の記録が可能な内蔵プリンター
必要に応じて現場でデジタル記録が可能な内蔵USBフラッシュドライブポート
自動で持ち上げられる格納式ハンドルで操作と保管が簡単
左右の片手で簡単に操作できる、便利な位置にある2つのトリガーボタン
急速充電バッテリーチャージャー
7インチカラータッチスクリーンインターフェイス
現場での簡単かつ迅速なキャリブレーションが可能な認定キャリブレーションブロック
保管と輸送に便利な耐久性のあるキャリングケース
業界標準のすべての色を正確に測定
ワイヤレス操作用のBluetoothインターフェイス
12 ボルト、4.5 Ah 充電式 LiFePO4

## 基本仕様

検出器の応答性	ASTM E1710 パラグラフ 6.3.2 に準拠した明所視応答
RL 範囲 (mcd/m <sup>2</sup> /lx)	0 ~ 8000
Qd 範囲 (mcd/m <sup>2</sup> /lx)	0 ~ 400
入射角	ASTM E1710 による 88.76°
照明角	EN1436 による 1.24°
観察角	ASTM E1710 による 1.05°
観察角	EN1436 による 2.29°
照明角 Qd	拡散
照明エリア	6cm x 20cm、120cm <sup>2</sup>
プロファイル マーキング測定	最大 15mm
測定時間	RL のみ: <1 秒、RL とカラー: <1 秒、RL と Qd: <2 秒、RL、カラー、および Qd: <2 秒
充電器オプション	100 ~ 240 VAC、50 ~ 60 Hz 電源壁充電器。12 VDC シガレットライター
データ メモリ	25000 回の測定
コンピューター インターフェイス	USBおよびBluetooth
動作温度	0°C ~ 50°C
動作湿度	0 ~ 95% 非結露
寸法	ハンドルを収納した状態で、長さ73.0cm x 幅18.1cm x 高さ20.3cm、ハンドルを延長した状態で65.4cm
重量	機器:6.8kg

仕様は予告なく変更される場合があります



## ハンディ型 再帰性反射測定システム Model 922



信頼性が高く現場で実証済みのModel 922は、反射率データと在庫管理制御をエラーなしで評価する手段を提供することで、道路の安全性を向上および維持するためのシンプルで経済的なソリューションを提供します。

付属のソフトウェアを使用すると、ExcelスプレッドシートやGoogleマップでデータを管理したり、内蔵Bluetooth経由でGISソフトウェアに簡単にアップロードができます。内蔵バーコードリーダーとGPSにより、既存の在庫管理システムに再帰性反射率の読み取り値を簡単に追加できます。多くのGISシステムは、箱から出してすぐに922ファームウェアを認識します。

### 現場で実証されたプラットフォームの汎用性

#### 作業員や運転者の安全性

- 独自の環状検出器開口部により、1回の読み取りで全方向から正確かつ瞬時に測定できます
- 作業員の道路上での時間を短縮すると同時に、US MUTCDなどの最小反射率要件を満たすゼロエラー方式を提供します

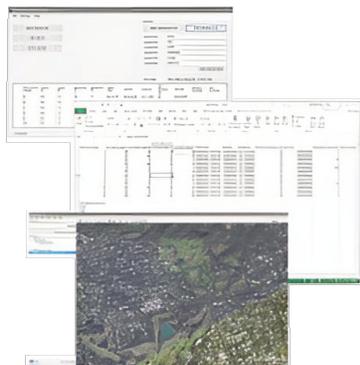
#### 簡単なセットアップと操作

- トリガーを引くだけで 10 個の正確なデータポイントを自動的に記録します
- 7つのユーザー定義データポイントがカラータッチスクリーンに表示され、Excel、Google、GIS ソフトウェアに転送できます

#### 堅牢で信頼性が高く、現場で実証済み

- 耐久性の高い光源、環状光学系、GPS、バーコードリーダー、商用グレードの充電式バッテリー
- 現場で実証済みのコンパクトで軽量のケースに収納されており、1,000台以上が使用されています





**ユーザーフレンドリーな操作**  
フルカラータッチスクリーン

**総合データ**  
17の重要なデータポイント

**実証された耐久性**  
1000台を超える納入実績

**超高精度光学系**  
全方向測定

## 仕様

モデル	922	922D
適用規格	ASTM E1709 ASTM E2540 AS/NZS 1906.1	EN 12899-1 DIN 67520
入射角:	-4°	+5°
観測角:	0.2° および 0.5°	0.33°
光源の角度開口	0.1°	0.1°
受光器の角度開口 (環状)	0.1°	0.1°
測定範囲	直径1インチ(25mm)のスポット	直径1インチ(25mm)のスポット

## 基本仕様

検出器の応答性	ASTM E1709パラグラフ6.4.2および ASTM E2540パラグラフ6.4.2に準拠 した明所視応答
範囲 (cd/lx/m <sup>2</sup> )	0 ~ 2000
データメモリー	5600回の測定 (通常使用で2~3か月分)
コンピュータインターフェイス	USB および Bluetooth
GPS	位置固定の不確かさが3メートル未満の 12チャンネル WAAS 対応
バーコードリーダー	プログラム可能なシンボルーザーズキャナー
電源	取り外し可能な12VDC、2.4Ah/バッテリー (DeWalt P/N DC9071)
充電器	100~240VAC、50/60Hz (モデル番号に -1 を追加) 12VDCシガレットライター (モデル番号に -2 を追加)
動作温度	0°C ~ 50°C
動作湿度	0 ~ 95% 非結露
寸法	290mm L x 115mm W x 325mm H バッテリーを含む
重量	バッテリー込みで2.7kg

## パフォーマンス

- ビーズ型および角柱型の標識を測定
- 調整やフィルターなしで、あらゆる標識の材質の色に対応
- 現在および将来のニーズに対応する、0.2° と 0.5° (または0.33°)の2つの観測角度を同時に測定
- 設置された標識とMUTCD準拠の凡例と背景を別々に自動平均化
- 測定は全方向で行われるため、正確な分析に必要な測定回数が減ります
- バーコードを読み取って記録し、在庫管理を簡素化
- グローバルポジショニング(GPS)を決定して記録し、明確な位置とマッピングを実現
- Trimbleおよびその他のGPSシステムで使用するために、Bluetooth 経由で他のデバイスと通信
- 視認性の高いフルカラータッチスクリーンディスプレイ
- 充電式12ボルトバッテリー2個で終日使用可能
- 軽量で耐久性のある保護ケースが付属
- ASTM、CIE、CEN、DIN 仕様に準拠

仕様は予告なく変更される場合があります



## ハンディ型再帰性反射測定器 Model 932



再帰性反射材料の用途は、交通標識や道路標識を超えて拡大しています。安全服からスポーツウェア、緊急車両から鉄道車両にいたるまで、視認性の向上は安全の鍵となります。

Model 932は、持ち運びが便利のため現場での検証作業などのフィールドアプリケーションと工場・研究所での検査および評価、研究開発などのラボアプリケーションの両方に最適です。調整可能な入射角度および観測角度と校正されたフォトピック補正センサーを備え、ASTM・CIE・ANSI・BS・EN および DIN 仕様に準拠した測定が可能です。最大32000回分の測定データを保存する本体ストレージ、Bluetooth接続、マルチチャンネルGPSが標準で付属しています。

### 現場で実証されたプラットフォームの信頼性

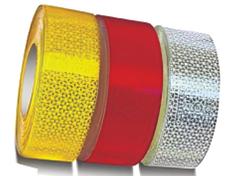
#### 作業員や運転者の安全性

- 標識や車両のマーキング、建設・土木作業着、スポーツウェアなどに使用される非常に重要な再帰反射材料における可視性を正確に測定します。



#### 簡単なセットアップと操作

- ボタンを押すだけで、再帰性反射性能と色の検証の両方をテストします。
- 追加オプションの必要性を排除したオールインワン測定システム
- 内蔵カラータッチスクリーンによる操作、BluetoothおよびUSBインターフェースを付属



#### スマートな光学系と分析方法

- 高精度測定のために集約された測光フィルター
- 内部メモリは最大 32,000 の測定データを保存可能
- 夜間の測定項目に適した三刺激値センサー





**角度調節が可能**  
入射角・観測角の調節



**多目的用途での使用**  
幅広い反射材料の精密測定



**直感的な操作**  
簡単なメニュー方式の  
タッチスクリーン操作



**工場/研究所、現場での機能**  
単体で必要な機能がすべて  
備わった携帯型測定器

## 仕様

入射角:	-45° ~ +45°、電子フィードバック付き
観測角:	0.2° ~ 2.0° ステッパー制御により連続調整可能
光源の角度開口	0.1°
受光器の角度開口(環状)	0.1°
測定範囲	1インチ(25mm)の直径スポット - 付属の絞りリデューサーで0.59インチと0.39インチ(15 mm と 10 mm) に縮小可能

## 基本仕様

適用規格	ASTM E1709、ASTM E2450、EN12899-1のすべての要件を満たしています。ASTM D4956、ISO 20471、ANSI/ISEA107に準拠したテストを実施
検出器の応答性	ASTM E1709パラグラフ6.4.2およびASTM E2540パラグラフ 6.4.2 に準拠した明所視応答
範囲 (cd/lx/m <sup>2</sup> )	0 ~ 10000
色測定	ASTM D4956、表13に従ってCIE 1931 x、y 反射夜間色座標を測定
データメモリー	>32000測定
コンピュータインターフェイス	USBおよびBluetooth
GPS	位置固定の不確かさが2メートル未満の56チャンネルWAAS 対応
電源	取り外し可能な 12 VDC、3.3 Ah バッテリー (DeWalt P/N DC9071)
充電器	100-240VAC、50/60Hz(モデル番号に-1を追加) 12VDCシガレットライター(モデル番号に-2を追加)
動作温度	0°C ~ 50°C
動作湿度	0 ~ 95% 結露なし
寸法	長さ380mm x 幅115mm x 高さ325mm (バッテリーを含む)
重量	機器:2.20kg バッテリーパック:0.66kg)

## パフォーマンス

- 1回の測定であらゆる種類の反射材に対応
- ASTM、CIE、ANSI、BS、EN、DIN 仕様に準拠
- 0.2° ~ 2.0° の連続可変観測角度
- -45° ~ +45° の連続可変入射角度
- 「Illuminant A」光源を備えた世界クラスの明所補正検出器
- 夜間の反射色測定用の三刺激補正検出器
- 補正係数のない単一の参照標準のみが必要
- 標準化された市販のバッテリーパックまたは主電源からの操作による自己完結型
- 直感的なTFTカラータッチスクリーンディスプレイ
- Bluetoothワイヤレス機能内蔵
- USBコンピューターインターフェイス
- 平均化機能内蔵
- 最大32000件の測定値を内部保存
- キャリングケース、バッテリーパック2個、充電器、校正標準、アパーチャーポートリデューサー2個、校正証明書が付属

米国特許7,961,328

仕様は予告なく変更される場合があります



## ゴニオメーターシステム Model 940D



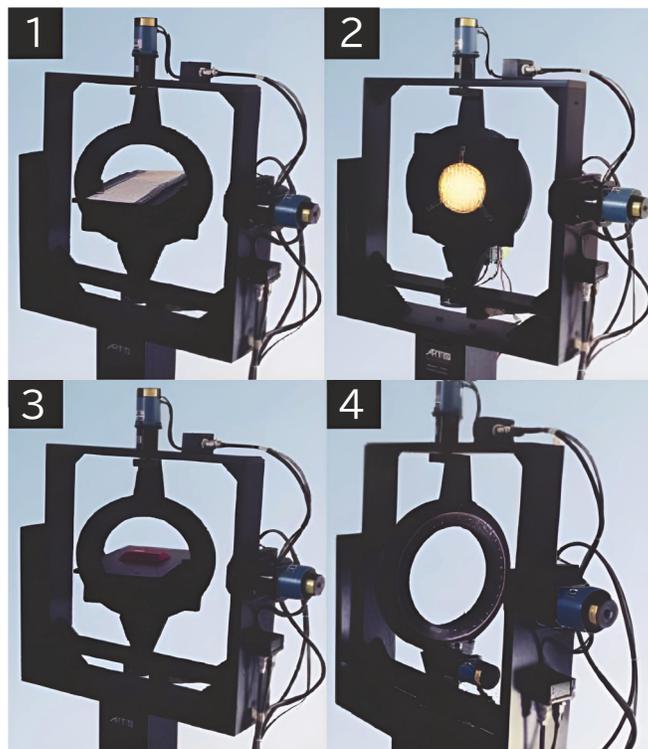
RoadVista Model 940D ゴニオメーターシステムは、再帰性反射材、デバイス、自動車の照明、光源の測光テストが行える究極のシステムです。

再帰性反射の場合、Model 940Dソフトウェアは、再帰性反射材のASTM E809手順AおよびBに準拠したデフォルトの測定シーケンスを可能にします。直感的なソフトウェアにより、警告標識、隆起舗装マーカー(RPM)、舗装マーキング、ポストデリネーターなどのデバイスの測定が簡素化されます。

このシステムは、Gamma Scientific RadOMA 分光放射計システムを使用して構成し、再帰性反射材の夜間の色測定や、自動車の照明と光源の空間色と光度測定を実行することもできます。

### 国際標準の基準器

- 完全かつ正確な反射測定を提供します
- 0.002°の解像度を持つ3軸ゴニオメーター -  $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\epsilon$  は国際規格に準拠しています。
- 0.0008°の解像度を持つ観測角度ポジショナー(OAP)はASTMおよび国際勧告に準拠しています。
- 明所補正シリコン検出器を備えた受光器、 $f1' < 2\%$
- 安定かつ均一な標準A投影光源
- 5軸オプションで5~30メートルの可変間隔
- あらゆる種類の反射性材料の測定機能
- 光源の光度と有効強度
- オプションのGamma Scientific RadOMA 分光放射計システムによる夜間の反射色、ランプ、LED色測定



1. 路面標示線の測定
2. ヘッドランプの測定
3. 隆起した路面標示の測定
4. さまざまなデバイスを取り付けるためのオープン構成

## 概要

RoadVistaの精密な実験室用測光範囲システムは、材料の再帰性反射特性とランプの光度を測定するための国際基準を満たしています。完全なシステムは、オプションの色測定システムとともに、ASTM E809、E810、E811に必要なすべての測定コンポーネントを提供します。このシステムは、ASTM、CIE、AASHTO、SAE、FMVSS、FHWA、CENなどの機関によって発行された標準に準拠し、テストを実行します。

## システムコンポーネント

Model 940DG または 940DGS 3軸ゴニオメーター	ゴニオメーターとの距離が15メートルの場合、観測角度範囲は $0.1^{\circ} \sim 2.0^{\circ}$ です。角度分解能は 3 秒角 ( $0.0008^{\circ}$ ) です。
Model 940OAP 観察角度ポジションナー	2つの異なるサイズのゴニオメーター。CIE Geometry Beta1 および Beta2 軸の角度範囲は $\pm 90^{\circ}$ 、角度分解能は 6.5 秒角 ( $0.002^{\circ}$ )。回転(イプシロン)軸の角度範囲は $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 、角度分解能は36秒角 ( $0.01^{\circ}$ )。940DGは、最大36x36インチ(91x91cm)のサンプルサイズに対応します。940DGSは、最大12x12インチ(30x30cm)のサンプルサイズに対応します。
Model 940LUPR フォトレセプター	V( $\lambda$ ) f1' <2% の光学補正シリコン光センサーと観察光学系 迷光を減らす6つの異なるアパーチャーを備えた観察システム 入射瞳径 = 25mm(15mの測定距離で $0.1$ 度) 80度の動的応答を備えた自動レンジング
Model RS-50VF (RS-4投影光源付き)	投影光源(A光源) 射出瞳径 = 25 mm 照明径 - 15メートルの距離で15cmから100cmまで調整可能。 直径100cmを超える照度均一性 $\pm 3\%$ 相関色温度 = 2856 $\pm 20$ K
Model 940IC インデクサーコントロールユニット	ステッピングモーター用のクローズドループインデックスコントローラーが含まれています PCインターフェイスとGS940D5 Windowsソフトウェアによって制御されます。

## オプション

RadOMA RRC スペクトル測色システム	RadOMA RRCは、940Dシステムと組み合わせると、ASTM E811の推奨に従って夜間の条件下で反射鏡の色特性を測定するために世界中で使用されています。RadOMA RRCは、高解像度のCCDアレイ分光放射計構成されています。このシステムは、あらゆる種類の反射鏡の高速測定を提供します。また、SAEおよびその他の機関の仕様に準拠した交通信号、ヘッドランプ、テール ライト、およびその他の光源の色測定要件を上回っています。
940D5 5軸	940OAPに傾斜軸を追加して、さまざまなテスト距離に合わせて感光体の移動弧を自動的に調整します。

仕様は予告なく変更される場合があります

