

# 交差点照明のLED化について

## —既設照明柱を利用する場合の設計手順—

事業振興部 機械課 ○小澤 利行

道路照明の既設灯具を同等規格のLED灯具に更新する場合、従来灯具とLED灯具との配光の違いから道路照明設置基準を満足しないことがある。このため交差点照明のLED化について、特に既設照明柱の位置を変えずにそのまま利用する場合を例に採り、照明設計手順の整理検討を行った。

キーワード：交差点照明、LED照明、照明設計

### 1. 導入

道路照明において、LED照明は従来照明よりも省電力かつ長寿命であることから、老朽した照明の更新ではLED化が積極的に進められている。LED照明の具体的な導入手順については「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン（案）」<sup>1)</sup>（以下「ガイドライン」という）が示され、照明灯具製造各社はそれに沿ったLED照明を次々と製品化していることから、その導入は急速に進んでいる。

しかし、交差点照明のLED化、特に既設照明柱を利用して灯具のみをLED化する場合には、照明灯具の取付位置が固定されるため、照明配置が自由に設定できる新設の場合よりも設計上留意すべき点が多い。以上のことから、本論ではそれらについて整理検討を行った。

### 2. 交差点照明の明るさの基準

交差点照明の明るさの基準は「道路照明施設設置基準・同解説」<sup>2)</sup>に示され、「ガイドライン」も、その内容に従っている。つまり交差点の範囲が定義され、その範囲内の明るさの基準は、平均路面照度（20 lx 程度、場合により15または10 lx程度）と、最小照度を平均路面照度で除した値で定義される照度均斉度（0.4程度）という2つの数値で規定され、それら数値を満足するよう交差点照明を設計する必要がある。

「ガイドライン」では、理想的な交差点形状を「設計条件タイプ」として類型化し、それに対応するLED照明を「設計条件タイプ及び適応表」として提示し、設計の利便性を図っている。例えば局部照明の内、交差点照明については「十字路（2車線×2車線）20 lx」は「設計条件タイプ m」とし、その交差点形状及び灯具の配置が図で示されており、同様にして設計条件タイプ m から u までが示されている。

従って、LED化を考えている交差点照明では、例え

ば、交差点形状及び灯具の配置が「設計条件タイプ m」と同様であるならば、照明灯具製造各社の仕様から、タイプ m 適合品であるLED照明を選択すれば、その交差点照明の明るさの基準である平均路面照度と照度均斉度は、設計上は満足していることになる（実際に照度が基準を満足しているかは、照明更新後に実測により確認する必要がある）。

このことを単純化して解釈し、LED照明の灯具選択を誤る場合がある。例えば「設計条件タイプ及び適応表」の既設交差点の車線数と平均路面照度のみに着目し、対応する「設計条件タイプ」に従ってLED照明の型式を決定する場合である。或いは、製造各社のカタログには、照明更新の際の参考資料として、従来照明からLED照明への置換表が掲載されているものもあり、交差点の既設照明の型式を、この表に単純に当てはめてLED照明の型式を決定する場合である。

この誤りの原因は、(1) 従来照明とLED照明との配光の違い、(2) 現実とガイドラインとの交差点形状の違い、の2点にあり、次にその理由を示す。

#### (1) 従来照明とLED照明との配光の違い

LED照明は、多くのLED素子の集合体で形成されており、その素子の形状や配置は製造各社の製品で異なるため、「ガイドライン」で同じ設計条件タイプであるLED照明でさえも、配光は異なる。また、発光体が1個（または複数）のランプである従来照明に比べて、LED照明は発光体の配置を工夫する余地が大きく配光設計は容易であり、照明対象箇所に特化した製品が製造各社から販売されていることから、LED照明の配光は、従来照明より多種多様であることが分かる。

同じ製造会社で、同程度の交差点用照明として販売されている従来照明とLED照明との配光の例を図-1<sup>3)</sup>に示す。この図では、両者の配光が大きく異なり、特にLED照明では、交差点内の横歩道をカバーするため、

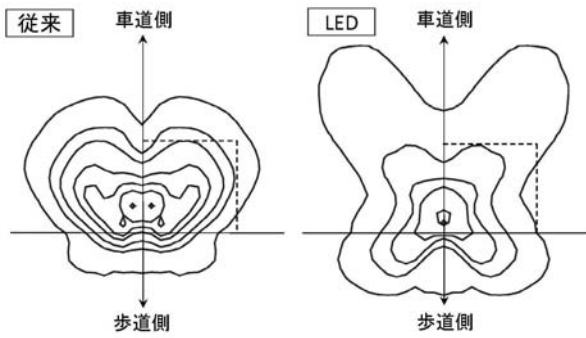


図-1 従来照明とLED照明との配光の一例

左図が従来照明、右図がLED照明の等照度曲線の一例である。実線交点が照明器具の位置、破線の四角は一辺30mである。等照度曲線は、外側から内側に向かって、それぞれ左図で3、5、10、15、20lx、右図で0.25、2.5、7.5、12.5、25lxである。照明器具は、従来照明がKSH-2C(NHT180LS)・20,000lm、LED照明がタイプs・6,600lmであり、双方とも取付高10m、取付角度0°である。

その方向に大きく伸びたV字型の特徴的な配光となっている。

つまり従来照明とLED照明との配光の間には、単純な一対一の対応関係は無く、従来照明からLED照明に変更した場合には必ず更新前と配光が異なり、その結果、交差点内の明るさの基準である平均路面照度と照度均斉度も付随して変化する。配光に依っては、それらの値が基準値を外れることもあるので、注意を要する。

## (2) 現実とガイドラインとの交差点形状の違い

「ガイドライン」では「設計条件タイプ」毎に、その交差点形状及び灯具の配置が図示されているが、例えば同じ「十字路(4車線×4車線)15lxタイプs」でも、現実の交差点は、「ガイドライン」の理想的な交差点形状及び灯具の配置に完全に一致することは稀である。

仮に「ほぼ」同じ形状、同じ灯具配置との理由で単純に「ガイドライン」に示されるタイプのLED照明に更新したとしても、交差点内の明るさの基準を満足するとは限らない。

例えば、図-2<sup>4)</sup>は「設計条件タイプs」を満足するLED照明の照度分布計算の一例であり、交差点四隅の照明から最も遠い交差点中央付近に10lx以下の領域がある。照度均斉度は0.46であり、基準の0.4程度を上回っているものの、仮に四隅の灯具の位置が少しでも交差点外側に移動した場合には、交差点中心は照度が数lx程度に低下し、照度均斉度が大きく下がる可能性がある。

実際に「ガイドライン」の理想的な交差点であっても照度均斉度0.41と、基準値に極めて近い製品もあること、更にはLED照明の配光は製造各社の製品で大きく異なることも考慮すると、「ガイドライン」の設計条件タイプ

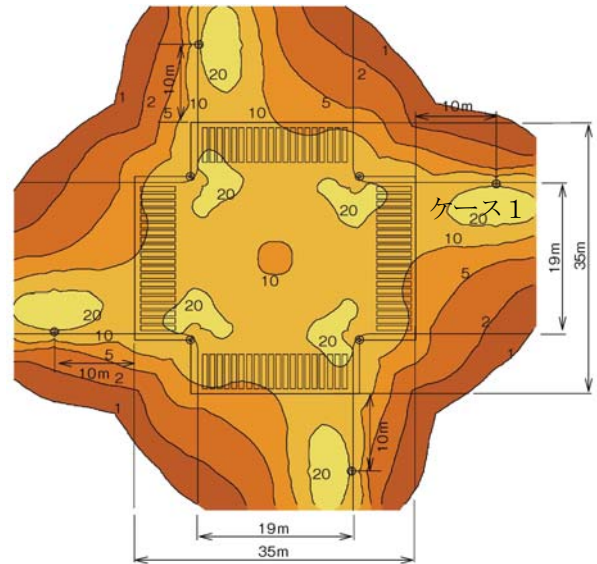


図-2 LED照明の照度分布計算の一例

ガイドラインのタイプs十字路(4車線×4車線)に従った灯具配置における、等照度曲線の一例である。等照度曲線の数字はlxを表し、交差点内の平均路面照度が15.6lx、照度均斉度が0.46である。交差点内では、中心付近の照度が周囲よりも低い。

ブに少しでも合致しない交差点では、照度均斉度が基準値を満足しないことが懸念される。

## 3. 交差点照明更新の設計手順の整理検討

以上の考察を踏まえて、交差点照明の既設照明柱を流用して灯具のみをLED化する場合の具体的な設計手順を整理検討する。

最終的には、導入予定のLED照明の配光特性から照度分布を逐点法で計算し、交差点内の明るさの基準を満足するかを確認する必要があるが、現実の設計ではLED照明の型式を決定する前段階として、そもそも既設照明をLED化すること自体が可能なかを検討する必要がある。

つまり単純な十字路や丁字路ではない変形交差点で、既存のLED照明では交差点内の明るさの基準を満足する製品がない場合に、既設照明柱を流用する前提条件で設計業務を発注することが無駄となるためである。このため、概略設計としてのLED照明更新の可否判断を行い、次に簡易な詳細設計としての照度分布の計算の手順を整理する。

概略設計としてのLED照明更新の可否判断において、まず把握すべき項目は「交差点形状」「既設照明柱の位置」であり、更には「既設灯具の型式」である。

### (1) 計算によらない可否判断

「交差点形状」「既設照明柱の位置」が「ガイドライン」の設計条件タイプと全く同じである場合は、それに

従った更新が当然に可能である。

一方で「交差点形状」「既設照明柱の位置」が「ガイドライン」の設計条件タイプに合致しない場合は、先ず「既設灯具の型式」に対応する照度分布の図面を完成図書から用意する。図面が無い場合でも、従来照明ではLED照明とは異なり、各社製品でほぼ同様な配光であることと、等照度曲線や正弦等光度曲線の配光データが製造各社のホームページにて公開されており、そこから照度分布を得られる。

次に、その従来照明の照度分布と、ほぼ同様の分布を持つLED照明が存在するかを調査する。もし従来照明とほぼ同様の照度分布を示すLED照明があれば、当然にそのLED照明への更新が可能と推定されるので、この製品を候補として正式な設計業務を発注し、照度計算等の詳細設計を実施する。

或いは、従来照明の照度分布と、ほぼ同様の分布を持つLED照明が存在しない場合には、既設照明柱を流用してのLED照明への更新が不可能と推定される。その場合は、従来照明と同規格のものを他の箇所から移設する方法も考えられる。つまりバス停や駐車帯等の局部照明で既設の従来照明と同規格の照明があれば、その照明をLED化し、撤去した照明を移設する方法である。

極めて単純な方法ではあるが、老朽した道路照明の更新には早急な対応が必要であることから、この方法は簡単かつ確実な方法である。

## (2) 等照度曲線による簡易な照度計算

従来照明の照度分布と、ほぼ同様の分布を持つLED照明が存在しない場合でも、照度分布が従来照明の範囲をカバーする製品がある場合には、等照度曲線を用いた簡易な照度計算により、更新の可否判断をすることが可能である。

OHPシート等の透明なシートに等照度曲線を転写し、その図の灯具の位置と、既設照明柱の位置とを合わせ、それら等照度曲線の数値を交差点内の各点で足し合わせて行く方法である。等照度曲線は、特定の値の灯具取付高さで描かれているので、目的とする灯具取付高さに応じて照度を換算する必要がある。

この方法は、等照度曲線の細かさに応じて照度計算の精度も変わるので、必要な精度に応じたデータを用いることが必要となるが、極めて単純な作業のため、誰にでも計算可能なのが利点である。

## (3) 逐点法による照度計算

以上の簡単な照度計算法を用いても、最終的には逐点法による計算によって平均路面照度と照度均斉度とを算出し、候補であるLED照明の採用可否を判断する必要がある。

逐点法は、交差点内各点の照度について、照明の正弦等光度曲線（或いは角度毎の光度表）を元に、各照明か

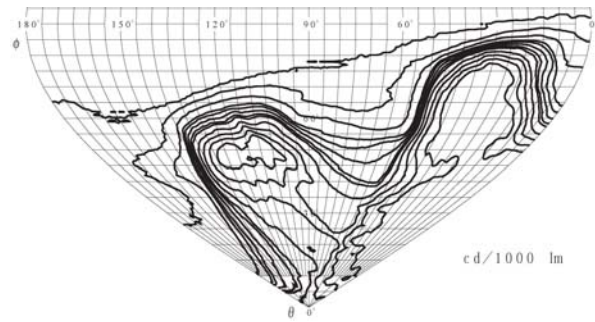


図-3 正弦等光度曲線の一例

図-1 のLED照明での正弦等光度曲線を示す。灯具からの方向を極座標の角度成分( $\theta$ ,  $\phi$ )で表し、その方向に対する光度を示している。元の図では等光度曲線毎にcdの値が記載され光度が読み取れるようになっているが、ここでは煩瑣となるため省記している。

らの寄与を計算する方法である。図-3<sup>3)</sup>は正弦等光度曲線の一例として、図-1のLED照明での正弦等光度曲線を示している。計算方法は、照度を計算しようとする交差点内の各点について、各照明に対する距離と角度( $\theta$ ,  $\phi$ )とを算出することで、各照明から入射する光束を図-1の正弦等光度曲線から決定し、更に距離の逆2乗則を用いて照度を計算する方法である。

現在では、図-3のような正弦等光度曲線を用いなくとも、製造各社により灯具の配光データをIES (Illuminating Engineering Society) 標準ファイル形式の数値データとして公開されているので、それを利用して計算する方が簡単かつ正確である。

照度の計算式は広く知られているので、ここでは触れないが、極座標の角度成分が計算式に入ることと、計算する交差点内の箇所数や照明の数、及び正弦等光度曲線の角度分解能に応じて計算量が大きくなるので、電卓や表計算ソフトを用いた計算では、多大な労力を要する。

そのため、製造各社から照度計算ソフトが提供されているが、既設照明柱を流用する照明更新の場合には、問題点も多い。

一つは、製造各社で提供している照度計算ソフトの多くは、自社製品の照明灯具の配光データにしか対応していないことである。例えば既設交差点照明で、既設のA社製品の灯具4個のうち1個だけを更新する場合、A社製品に限らず、BからZ社製品まで広く候補として照度計算を検討したくても、A社が提供する照度計算ソフトでは、他社であるBからZ社製品が混入する照度計算には対応できないものが多い。

更には、計算をしても等照度曲線が描画されるが、数値データとしての平均路面照度と照度均斉度は出力されないものや、或いは多くの製品候補を様々な向きや取付角度で検討したい場合に、それら多数の場合を自動で連

続計算する機能を持つものは少ない。

既設照明柱を流用する照明更新の場合には、照明柱位置が固定されているので、照明柱新設の場合よりも検討すべき変数や計算量は少ないが、一方で、照明柱の位置が自由にならない分だけ、明るさの基準を満たす灯具を求めて、より多数の製品候補で照度計算を行う必要がある。このことから、灯具の製造会社に依存しない照度計算ソフト、しかも複数の灯具で、配光、位置、取付高さ、取付角度、向きを変数として、自動で照度を連続計算できる照度計算ソフトの開発が、今後の課題である。

#### 4. まとめ

本論文では、交差点照明のLED化について、特に既設照明柱の位置を変えずにそのまま流用する場合を例に採り、照明設計手順の整理検討を行った。

まず、従来照明とLED照明との配光の違いと、現実の交差点形状が「ガイドライン」の想定する形状とは違うことを踏まえて、既設交差点照明のLED化において、「ガイドライン」を表面的に適用してLED照明の型式を決定するのは誤りである理由を示した。

次に、交差点照明のLED化における設計手順の整理検討を行った。既設交差点照明のLED化においては、交差点形状、既設照明柱の位置や高さ、既設灯具の型式

を把握した上で、まずは既設照明柱を流用してLED照明への更新が可能かを判断する。その可能性が高い場合には、候補となるLED照明を選定し、それに対して照度計算による適否検討に移るという一連の手順を整理した。

照度計算についても、等照度曲線から簡易に計算する方法から、逐点法による計算までを概略的に触れた。逐点法による照度計算では、その計算量の多さから専用の照度計算ソフトが必要となるが、既製の計算ソフトの問題点を整理し、簡便な計算ソフトの開発の必要性を示した。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室ほか：LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案) (平成23年9月)。
- 2) 社団法人 日本道路協会：道路照明施設設置基準・同解説 (平成19年10月)。
- 3) パナソニック(株)：照明器具検索HPにて2014年12月時点公開の配光データより。
- 4) 東芝ライテック(株)：LED道路灯パンフレット(平成25年10月)より。