

道路照明支援システムの開発

東京都土木技術研究所 ○ 正会員 鈴木 清 美
東京都土木技術研究所 正会員 山 村 博 孝

1 まえがき

道路照明の設置目的は夜間における道路交通の安全及び円滑を図ることである。そのためには道路状況及び交通状況を的確に把握するための良好な視覚環境を確保する必要がある。特に、最近は交通事情の変化に伴い道路照明の質の向上が求められている。

このような状況の中で、道路照明の設計及び維持管理をこれまで以上に高いレベルで実施するために、各種の対策が実施されている。その一つに道路照明支援システムの開発がある。ここでは道路照明に対する全体的なシステムを構想し、そして現在の業務の中で実施可能な部分について順次システム化を図るものである。本報告は道路照明支援システムの一部である設計とシミュレーションの概要である。

2 道路照明のフロー

道路照明の業務のフローを主に設計と維持管理についてまとめると図-1に示すとおりである。

始めに道路照明に関する基本計画があり、その必要性等から事前調査が行われる。これを基に各種の設計素案が作成される。ここでは、照明設計、配線設計等の技術計算や、各種器具の選択、その他、それらに伴う費用の積算等が行なわれる。最近はこのような基本的な仕様の外に、道路照明施設を道路景観の一部とした検討も行なわれている。これら素案に対して各種の検討が行われ、実施設計が決定される。

施設の施工・竣工に伴い、各種検査を経て施設は維持管理へと引継がれる。ここでは、各照明灯について台帳等が整備され、その後の維持管理のための基礎資料となる。維持においては、各種の点検業務を実施しつつ、施設を良好の状態に管理することが行なわれる。点検によって修理が必要な場合は、その計画を立案し、補修を実施する。

このような業務を対象にシステム化を構想しているが、その中で設計業務の一部プログラム化と設計・維持管理に利用可能なシミュレーション・プログラムについて述べる。

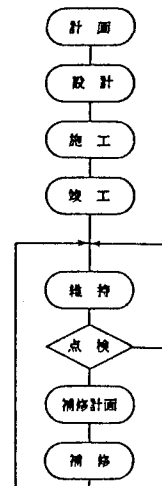


図-1 業務のフロー

3 道路照明の設計

車道照明の目的は夜間の自動車交通のための良好な視覚環境を整備するものであり、特に自動車走行時の障害物の認識を第一としている¹⁾。

そこで、設計の際は、路面の平均輝度と均斉度、グレア及び適切な誘導性について考慮している。

外 部 条 件	平均路面輝度
放射、現状などの主要幹線道路で外部条件がAの区間	1.6 cd/m ²
同上の主要幹線道路で外部条件がA以外の区間	0.7 cd/m ²
幹線、補助幹線道路で外部条件がAの区間	0.7 cd/m ²
幹線、補助幹線道路で外部条件がA以外の区間	0.5 cd/m ²

表-1 基準輝度

東京都の道路工事設計基準²⁾では、表-1に示すように、道路周辺の外部条件によって0.5 cd/m²から1.0 cd/m²の平均路面輝度を確保することとしている。このための具体的な設計諸元としては、照明灯の高さ、

光源、灯具配光及び設置間隔等である。この基準には、道路形状及び周辺状況を考慮しつつ、各諸元を選択する方法が記されている。そこで、この基準を基に設計業務のシステム化を試みた。

4 照明設計システム

道路照明の主たる設計は、照明灯の明るさに関するものである。そこで現在の基準を基に、その手法のシステム化を図ったが、現在の基準は計算機を用いることを考慮していないため、その内容総てのシステムを構築するには至らなかった。そこで、今後のシステムの拡張性、柔軟性を考慮しエキスパートシステムを用いることとした。そのため、基準に記述されている条件の中から if then の形式になる条件のみを採用している。このような条件の中で構築されたシステムは全体的な統制がとれておらず、条件を総て用いることができなかった。しかし、その中でまとまったものもある。その一つがこのシステムであり、これは道路照明における照明灯の配列形式及び光源の種類等を選択するものである。以下にその概要を述べる。

プログラム開発に用いたツールは市販のパソコン用のものである。ここで採用したルール数は19であり、変数の数は8である。必要入力変数は3種類であり、これによって4種類の出力が得られる。

なお、作成したルールによるナレッジ・ツリーの一部は図-2に示すとおりである。このツリーのゴール変数は照明灯の設置間隔である。なお、このツリーはプログラム作成後に開発ツールによって表示されたものであり、これを意図して作成したものではない。

次に実行例を示すと、プログラムの起動によって図-3に示す車線数、ポールの高さ及び路肩の3変数に対する質問が表示される。

これに応答することで図-4に示すように、条件に適合する照明灯の間隔、ランプの光束、照明灯の出幅、配列形式及びランプの規格が表示される。すなわち、このような諸元で設計することによって、路面の平均輝度は前出の基準を満足することが可能となる。

このシステムはまだ試作段階であるが、これを拡張することで、より有効なシステムの構築が可能と考える。しかし、現在は基準のルールのみで作成しているため、妥当な入力に対しては問題はないが、入力条件に偏りがある場合、本システムでは入力条件のエラーとして処理をしている。そのためどの入力が必要か否かは不明であり、まだ改良の必要がある。

5 照度シミュレーション

道路照明の設計により各諸元が決定された場合に、それによって路面の輝度は基準を満足するはずであ

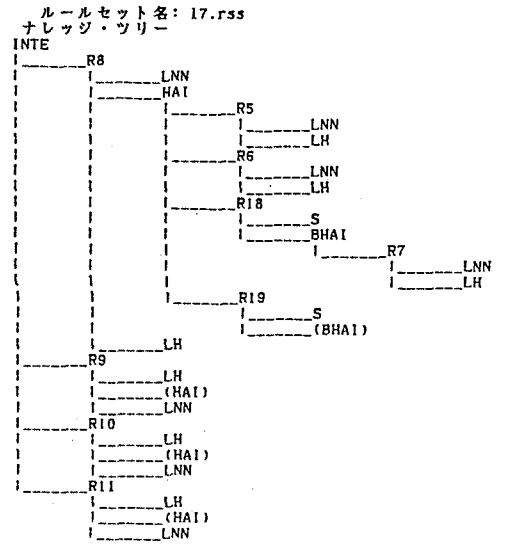


図-2 ナレッジ・ツリー

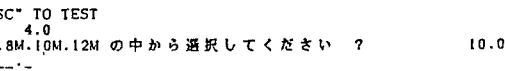


図-3 入力画面

条件設定は次のとおりです

車線数は	4.0	車線
街路灯の高さは	10.0	M
路肩は	2.0	M

道路工事設計基準によれば設計内訳は次のとおりです

街路灯の間隔は	35.0	M
ランプの光束は	5.0	
街路灯出幅は	2.1	M

街路灯の配列は向い合わせ配列です
一灯の光束は15000lm-20000lm以上30000lm未満です。
ランプの形式については高圧ナトリウムランプの場合はNH180FLで
蛍光水銀ランプの場合はHF300Xです。

図-4 出力画面

る。しかし、現在はその状況についてはあまり考慮がされていない。そこで、設計諸元を基に路面の状況をシミュレーションするプログラムの開発を試みた。道路照明の設計は輝度を用いることとなっている。しかし、路面の輝度は路面の光学的特性の把握が必要なこと、またその測定方法も大変複雑であり、一般には照度から推定することが多い。その際の相互関係は表-2の平均照度換算係数が利用される。そこで、ここでも照度を用いたシミュレーション・プログラムを開発した。

プログラムの概要は図-5に示すとおりである。データ入力部分は主に道路形状と照明灯の位置関係及び照明灯の規格等である。照度計算では路面上の計算地点に対する照明灯の光源*i*による直射照度(*I_x*)を下式で計算する³⁾。

$$E_i = I_i \cdot \cos \theta / l^2$$

ここで *I_i* は光源 *i* の計算方向への光度 (cd) であり、これは灯具の配光特性と呼ばれ灯具の規格毎に異なる。 θ は光源 *i* の方向と計算面の法線方向のなす角度 (度) である。*l* は光源 *i* と計算点の距離 (m) である。なお、配光特性とは照明灯の種類毎に決定される方向別光度のデータである。この計算結果は路面に格子状に設定された計算地点の照度である。

この結果と平面図データを用いて路面照度の等分布曲線の作成と表示をするのがコンタ作成である。次に、このプログラムを用いた照度シミュレーションの結果と過去の調査結果の比較について述べる。

調査した道路は途中に交差点を含んだ片側3車線の往復6車線で道路幅員25m、延長80mの区間である。照明灯は高さ10m、灯具取付傾斜角度は15度、また設置間隔は25mで、その配列は千鳥配列である。灯具はKCS-7型と呼ばれる規格であり、計算にはその配光特性を用いた。照度の測定点は各車線及び歩道の中心軸に沿って3.1mピッチである。

測定結果から作成した路面の等照度分布は図-6に示すとおりである。都道の照明灯は規格化されているが、この結果では同じ規格の照明灯でありながら、その明るさには相違が認められる。全体的な傾向は、車道端に設置されている照明灯に依存している。

一方、このプログラムを用いたシミュレーションによる路面の等照度分布は、図-7のとおりである。ここでは、照明灯直下の測定照度から各照明灯の光度を仮定している。測定による分布と比較すると、その傾向はほぼ同様である。

路面の種類	(単位 lx/cd/m ²)	
	連続(局部)照明	トンネル照明
アスファルト	15	18
セメントコンクリート	18	13

表-2 平均照度換算係数

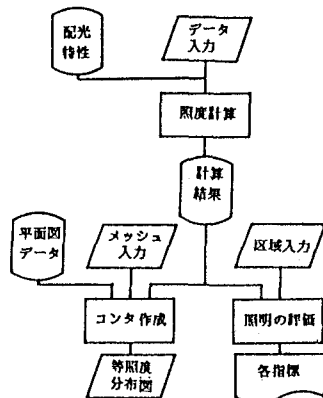


図-5 シミュレーション・プログラムの概要

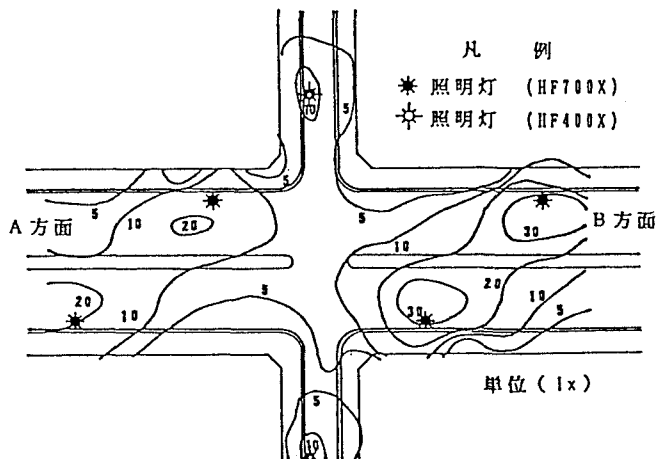


図-6 測定値による路面の等照度分布

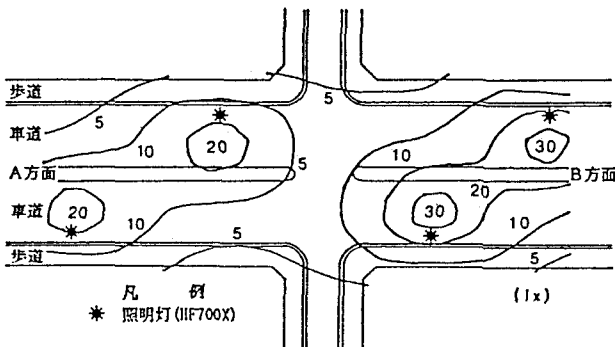


図-7 シミュレーションによる路面の等照度分布

また、このプログラムを用いた照明灯新設時の路面の等照度分布曲線は図-8に示しておりである。すなわち照明灯の経年変化による照度の減少がこれからも読み取れる。

次に照明の評価の内容について述べる。

道路照明を良好な状態で維持管理するためには照明灯の状態を評価する必要がある。しかし、現在、設計及び維持管理を含んだ評価のための指標はまだ確立されていない。国際照明委員会の国際勧告では、道路規格をその交通量と周辺状況から5種類に分類し、それぞれについて平均路面輝度、総合均斉度、車線軸均斉度、グレアコントロールマークG及びしきい値増加率の5つの指標を用いて基準値を示している⁴⁾。そして、この指標はそれぞれ独立しており、相互の関係についてはまだ不明であるとしている。

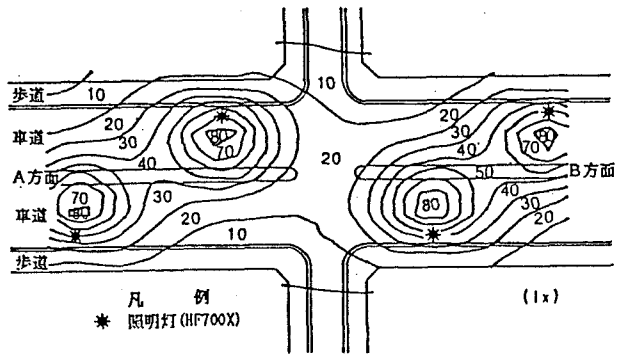


図-8 シミュレーションによる
竣工時における路面の等照度分布

そこで、これら評価指標の一部を照度分布の結果から計算するプログラムが照明の評価である。ここでは格子状に設定された計算地点の照度から、各車線毎の基礎統計値を求めるものである。すなわち、評価の対象区間を入力することで各指標が計算される。なお、輝度に関する指標は、前出の平均照度換算係数を用いて照度から輝度に換算し、それから各種指標を算出する。これを用いて道路照明の基本である前出調査箇所の各車線毎の路面平均輝度は、シミュレーションによれば 0.9 cd/m^2 から 1.1 cd/m^2 であり、一方、測定値では 0.7 cd/m^2 から 1.1 cd/m^2 である。その他の評価値については表-3のとおりである。

なお、しきい値増加率は、観測者の視線における照度を必要とするため、求められない。

方 法	水 平 面 照 度 lx				換 算 平均輝度 cd/m ²	換 算 総 合 均 斉 度	換 算 車 線 軸 均 斉 度	グレアコン トロール マークG
	データ数	平均値	最大値	最小値				
測 定	111	11.4	11.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
シミュレーション	111	11.1	11.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-

表-3 道路照明の評価値

シミュレーション及び測定による各指標はほぼ同様であり、道路照明の評価に十分利用可能と考える。

すなわち、ここで開発したシミュレーション・プログラムによって、設計時における竣工時の予測及び維持管理における照明灯の状況の評価等がこれまで以上に効率的となる。

6 あとがき

道路照明支援システムを開発するために現在の業務を分析し、その中からシステム化可能な部分について各種プログラムの作成等を行った。これによって、道路照明の設計業務の一部及び維持管理における評価指標の算出等が可能となり、効率的な業務遂行に役立つと考えられる。

しかし、現在の基準等はその分野の専門家が利用するために作成されており、今後システムの拡張にあたってはより多くの手順を追加する必要がある。また、シミュレーションは立体を扱うためパソコンでは限界があり、今後は汎用機を用いてその機能の拡張を図る予定である。

参 考 文 献

- 1) 道路照明施設設置基準・同解説(1981):日本道路協会
- 2) 道路工事設計基準(1989):東京都建設局
- 3) 平田貢(1988):CGによる照明シミュレーション、松下電工技報、No36、40-43
- 4) 成定康平、井上猛(1977):道路照明、National Technical Report、Vol 23 No4、616-634