

多灯分散照明と単位光束法

— 器具光束編 —



松下進建築・照明設計室 松下 進

はじめに

“多灯分散照明”という照明方式をご存知でしょうか。

光環境の向上と省エネルギーを両立することのできる照明方式です。

これまでは、天井中央にシーリングライトが一つという一室一灯照明が主流でした。

しかし一室一灯照明は、さまざまな生活行動に対して光環境を変えられないという致命的な欠点を持っており、暗くてよい状況においても明るいままであることからエネルギーの浪費につながっていました。

これに対して、多灯分散照明は消費電力の小さい照明器具を部屋の中に分散配置させるという照明方式であり、部分的に明るさを減らすことができ、生活行動によって光環境を変えられるという特長を持っています。

また、部屋の大きさに応じて消費電力の上限値を設定することで、省エネルギー性も確保しています。

このように優れた照明方式ですが、実際に照明計画を行う上ではそれほど簡単ではありません。

部屋の大きさに応じて消費電力の上限値が決まっているので、採用する照明器具の合計電力を決めることはできるのですが、どのように照明器具を選択してよいか分からないのです。

そこで、照明計画の手助けとなるように、“単位光束法”という照明設計法を考案しました。

この照明設計法は、室内の光束（光の量）に着目し、まず室内全体でどれくらいの量の光束があれば標準的な室内の明るさを得ることができるかを算出し、次いでその光束を生活行動から導かれた明るさのゾーニングに応じて分配するという照明設計の方法です。

これにより、室内の各ゾーンにおいて、どの程度の器具光束を持つ照明器具を選択すればよいか分かります。

では、詳しく見ていきましょう。

目次

1. 多灯分散照明	3
1.1 多灯分散照明とは	
1.2 生活行動と多灯分散照明	
1.3 LED と多灯分散照明	
2. 単位光束法	9
2.1 単位光束法とは	
2.2 単位光束法の考え方	
2.3 単位光束表の例	
2.4 単位光束法の設計手順	
2.4.1 室内全体の最大光束と最大消費電力の算出	
2.4.2 部分光束と部分消費電力の算出	
2.5 単位光束法の設計例	
2.5.1 室内全体の最大光束及び最大消費電力の算出	
2.5.2 明視照明用の部分光束及び部分消費電力の算出	
2.5.3 雰囲気照明用の部分光束及び部分消費電力の算出	
2.5.4 照明器具の選定	
3. これからの住宅照明	20

1. 多灯分散照明

1.1 多灯分散照明とは

住宅の照明計画では、大きく分けて3つの照明方式が用いられます。一つの部屋の天井中央にシーリングライトを一灯設置する一室一灯照明と、一つの部屋に複数の照明器具を設置する一室多灯照明、そして多灯分散照明です。多灯分散照明についてはこれから詳しく紹介しますが、一室多灯照明に省エネルギーの考え方を付加した照明方式と捉えて頂くと分かりやすいです。

一室一灯照明に対して一室多灯照明は、生活行動やライフスタイルの変化に光環境を対応させやすいことは言うまでもないですが、照明器具の数を増やすということが消費電力量の増加につながるというイメージがあり、また単純にインシヤルコストが上がるという理由から広く普及することはありませんでした。しかし国土交通省において研究を進めるうちに、一室多灯にしていくつかの点に注意すれば実は省エネルギーになるということが分かってきました。その研究成果を多灯分散照明と呼んでいます。

ではどのようにすれば省エネルギーになるのでしょうか？

通常は高ワット数で高効率の器具を一灯だけ天井中央に設置する方法が最も省エネルギーになると考えられています。もちろん器具を高効率にすることは省エネルギーに直結し、それだけでも従来の住宅照明の消費電力量を30%程度削減できるという試算もあります。但しこの方法では、照明器具が一灯しかないために、光環境を変えることができません。このことは光環境の質を低くするだけでなく、実はエネルギーの浪費にもつながっていることが分かってきました。リビングルームを想像してみてください。一室一灯照明では寝る直前まで煌々（こうこう）と照明が点灯しています。しかし本当に部屋の隅々まで常に明るくしておく必要があるのでしょうか。ここで普段の生活における生活行動を考えてみると、家族で団らんする時は空間全体の明るさが必要ですが、テレビを見る時などは、天井照明はそれほど明るくする必要はないですし、一人で読書をする時などは手元だけの光の方が集中できる場合もあります。音楽を聴く時などはスタンドなどの低位置照明だけで空間を暗めにした方がリラックスできると思われれます。つまり複数

の照明を配置して必要な照明だけを点け、それ以外は消すということを行えば、一日のトータルの消費電力量を抑えることができるようになるのです。

しかしこの方法で問題となるのは、省エネルギーの程度が住まい手の意識にかかっているという点です。もし複数の照明を配置しても、その全てを常に最大のワット数で点灯すれば、結局消費電力量の増加につながることも考えられます。これを回避するには、住まい手に対する啓蒙が必要ですが、それだけでは不安が残ります。

そこで新築時（あるいはリニューアル時）の設計段階で、複数の照明器具を配置する際に、その合計ワット数を算出しておくことが重要となるのです。その合計ワット数が、一室一灯で考えた場合の照明器具のワット数を超えないようにすれば、少なくとも一室一灯の場合の消費電力量を超えることはなくなります。これが一室多灯照明と多灯分散照明の大きな違いで、一室一灯照明を想定した場合の照明器具（通常は拡散配光のシーリングライト）のワット数を目安とした上限値を定め、設計時の照明器具の合計ワット数をその上限値以下に収まるように計画します。このように、一つの部屋で用いる照明器具のワット数の合計を上限値以下になるように、複数の低ワット数の照明器具を分散配置させるという方法が多灯分散照明です。

つまり多灯分散照明とは、設計時に設計者が照明器具の合計ワット数を抑え、運用時に住まい手が生活行動に合わせて照明器具の点滅をコントロールすることで、光環境の質の向上と省エネルギーを両立させる照明方式といえます。もちろん設計時には生活行動に合わせた照明配置にしておく必要があります。



来客シーン



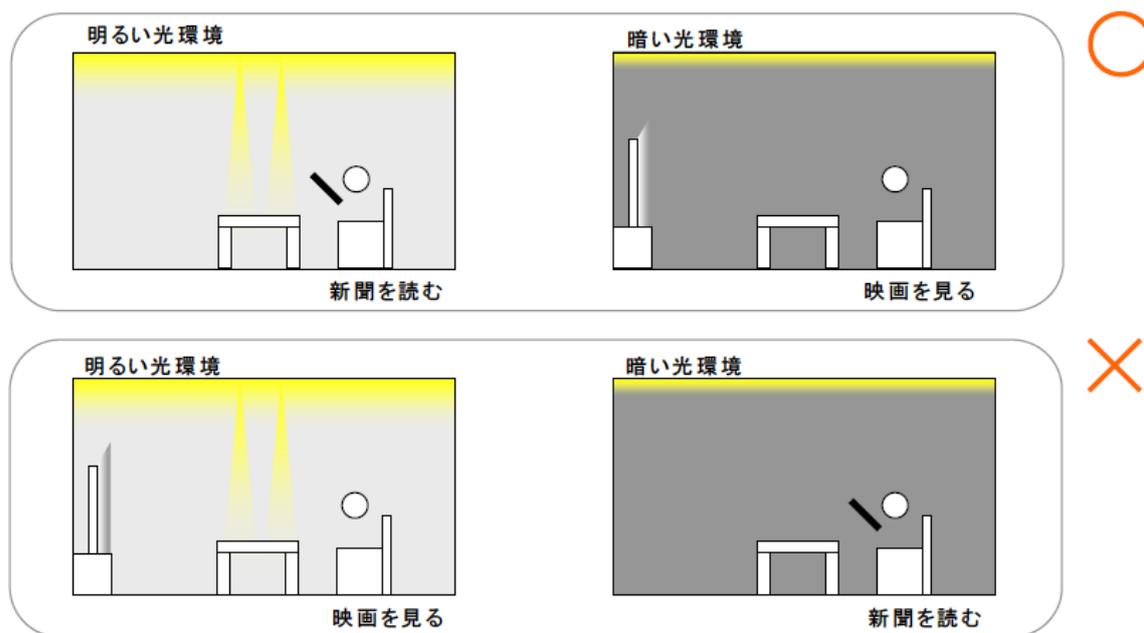
4 だんらんシーン



映画鑑賞シーン

1.2 生活行動と多灯分散照明

前述の通り、多灯分散照明とは、光環境の質の向上と省エネルギーを両立させることを目的とし、消費電力の小さい照明器具を室内に分散配置させる照明方式です。ここでの光環境の質とは、ある光環境がそこで行われる生活行動に適しているかどうか(適している場合は光環境の質が高い)という意味で用いています。



新聞を読むのに適した光環境はTVの映画鑑賞には不適切であり、逆にTVの映画鑑賞に適した光環境は新聞を読むのに適さない。

これは同じ光環境でもそこで行う生活行動によって、良い(質の高い)光環境になったり、悪い(質の低い)光環境になったりすることを意味している。

多灯分散照明は、生活行動に必要な照明を消灯させることが省エネにつながるため、その部屋での生活行動を明確にし、その生活行動に合った光環境を作り出せるように照明器具の配置を計画することが肝要です。生活行動を明確にすることにより、必要な明るさも明確になります。必要な明るさには明視照明(視作業を行うための照明)用の明るさと雰囲気照明(雰囲気を創るための照明)用の明るさがありますが、まず視作業用の明視照明を検討し、その後に空間の雰囲気を作る雰囲気照明を検討します。その際、明視照明用の光の量を減らすことは

難しいですが、雰囲気照明の検討時には、人の明るさの感じ方を活用して、できるだけ少ない光の量で明るさ感を高めるような工夫が望ましいと考えられます。具体的には、部屋全体の明るさは低く設定し、明るさ感を得るのに効果的と考えられる部分を明るくするなどの方法が取られます。一般的に視線方向の先にある面が明るいと感じると明るさ感が高まるため、壁面を明るくすることが多いです。また、まぶしい部分があると順応輝度（順応している明るさのレベル）が高くなってしまいうため、できるだけ光源を直接見せないようにします。但し、暗すぎる部分は陰気な印象をつくり出すことがあり、暗すぎる部分がないように、明るさのバランスに配慮することも重要です。

また多灯分散照明は、対象となる部屋での生活行動が複数あり、かつ生活行動に応じて光環境を変えたい場合に省エネルギー効果が高まる照明方式であることから、生活行動がほぼ単一であるトイレなどにおいては採用してもあまり意味がありません。その場合は一室一灯照明を用いた方が、省資源の点からは有利です。多灯分散照明を用いる場合でも変化させる光環境の種類を過剰に設定してしまうと、ほとんど使わない照明器具を設置してしまうことになります。そのため多灯分散照明においても、設置する照明器具の個数を必要最低限に抑えることは今後重要と考えられます。光源や照明器具は運用時に使用されるエネルギー（電力）がほとんどですが、LCCO₂（ライフサイクル CO₂）^{*1}を考慮するようになると、それらの製造や廃棄に使用されるエネルギーも無視できなくなるためです。

例えば、LCCO₂を考慮した LCCM デモンストレーション住宅^{*2}においては、全ての照明に LED 照明を採用して省電力を図るとともに、無駄に明るい部分と過剰な照明器具をなくしています。これは照明器具を生活行動に合わせて配置するというだけでなく、各部屋の生活行動の種類をできるだけ絞ることで実現しました。このように、LED 照明を主体として省電力を実現するこれからの照明設計では、天井に光量の大きい照明器具を設置して空間全体を照明する手法は不適切であり、消費電力の低い照明器具を必要な場所に分散配置させる多灯分散照明が適しているといえます。



※1 製造から廃棄までライフサイクルを通して排出する炭素量を合計した数値

※2 国立研究開発法人建築研究所が主体となって、つくば市に建築した実験住宅。

LCCM はライフサイクルカーボンマイナスを意味し、住宅の建設から解体までのライフサイクルトータルで CO₂ 排出量 がマイナスになることを目的とする。

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/lccm/index.html>

1.3 LED と多灯分散照明

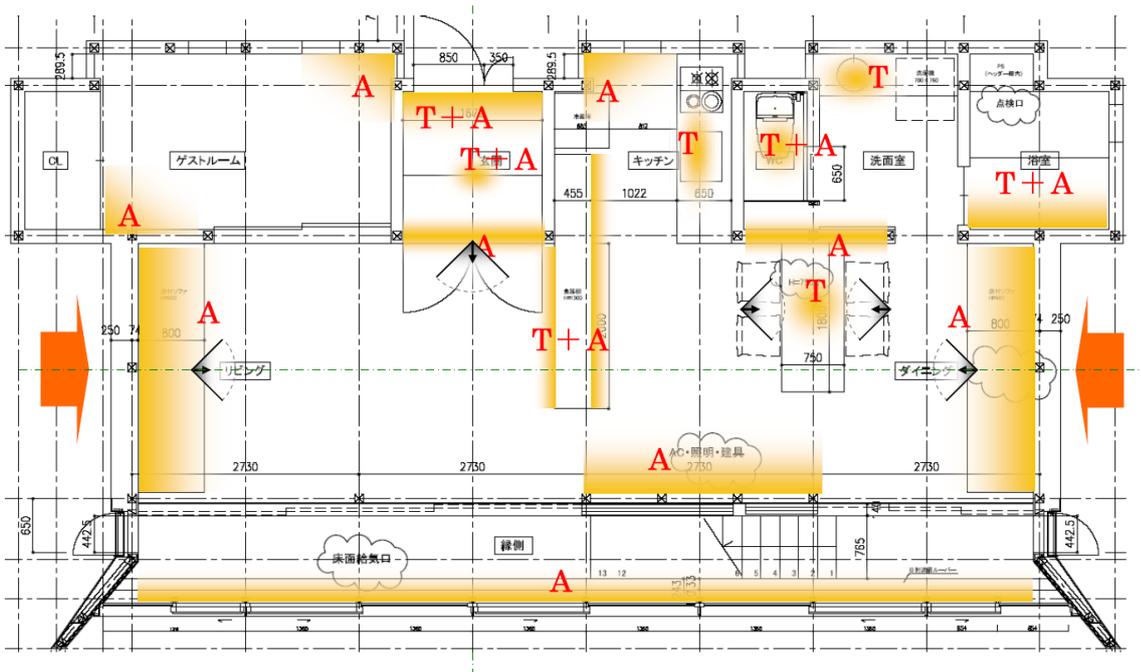
住宅照明の省電力化を実現するためには、光環境の検討と同時に、光源や照明器具といった照明機器の高効率化を図ることが必要です。LED や有機 EL は発展途上ですが、今後さらなる効率化が期待できることから普及が速まっています。特に LED 照明は、すでに多くの製品がラインアップされており、従来の照明機器に取って替わりつつあります。

前述の LCCM デモンストレーション住宅では、省電力が最重要課題であったために、全ての照明に LED 照明を採用しました。また最適な光環境を検討するため、多灯分散照明を採用しています。実は LED 照明は小型で低電力であるため、多灯分散照明との相性が良いのです。

光環境を検討する際には、エリアごとに必要な照明をまず明視照明と雰囲気照明に分け、その後空間機能に適した照明器具を選択していきました。

例えば、ダイニングエリアにおいては、テーブル用の明視照明としてペンダントライトを吊り下げ、空間全体の雰囲気照明として壁面のブラケットライトと天井面を照らす間接照明を設置しました。壁面のブラケットライトは視線の先にあ

る壁面を明るくすることで、少ない光量ながら明るさ感を高めています。



1F Lighting Plan

T : 明視照明 A : 雰囲気照明



ダイニングでの食事シーン



リビングでのくつろぎシーン

結果的に、この住宅では、オール LED による照明機器の効率化と生活行動に適した照明配置、およびライフスタイルに合った点灯スケジュールの設定を行うことで、照明による一日の消費電力量を、蛍光灯を用いたシーリングライトを主体とする一室一灯照明による照明プランと比べて、1/2 以下とすることができました。

2. 単位光束法

2.1 単位光束法とは

これまでは多灯分散照明の考え方をお話ししてきましたが、実際に照明計画を行う際には、少し照明設計の知識が必要になります。一室一灯照明を採用する場合は、部屋の大きさに応じてシーリングライトのワット数を選択するだけですから、ほとんど照明設計の知識を必要としませんが、多灯分散照明を採用する場合は、部屋の明るさ（照度）を設計者が決めなくてはならないためです。通常、照度を算出するためには、照明設計の専門知識と照度計算ソフトが必要になります。住宅の場合はオフィスなどと比べてそこまで厳密な照度計算は必要ありませんが、それでも目安の照度は必要となります。そこで考案したのが、“単位光束法”です。単位光束法は、測光量の一つである“光束^{※3}”に着目し、専門的な照明設計を行わなくても、室内を概ね問題のない明るさにすることを目的とした照明設計法です。

具体的には、単位光束法はまず室内全体でどれくらいの量の光束があれば標準的な室内の明るさを得ることができるかを算出し、次いでその光束を生活行動から導かれた明るさのゾーニングに応じて分配するという方法です。明るいゾーンには多くの光束を分配し、暗いゾーンには少ない光束を分配することができる点が最大の特徴となっています。ゾーンに分割することによって、部分的に暗くして消費電力の浪費を防いだり、生活行動によって光環境を変えることができるといった多灯分散照明の特長を活かすことが可能となります。

※3 光の量のこと。光源や照明器具の光束は照明メーカーのカタログに明記されているため、計算する必要がない。単位光束法では、照明器具の光束（器具光束）を用いる。

2.2 単位光束法の考え方

ある大きさのゾーンに必要な器具光束を求めるには、ある単位空間（例えば 1m^3 ）ごとに、設計照度を得るために必要な器具光束が分かっていなければなりません。ただし、一つの単位空間に必要な光束が分かったとしても、対象とするゾーンに

必要な光束は、ゾーンの形状や室内反射率の影響によりゾーンの大きさとは完全には比例しません。従って、それらの条件を変えた複数の単位空間を設定して、それぞれの単位空間に必要な光束を算出した一覧表を作成しました。その際、各単位空間に必要な光束を“単位光束”と呼び、複数の単位光束の一覧表を“単位光束表”と呼んでいます。設計者は、単位光束表において設計の対象となるゾーンの条件に近い単位空間から単位光束を選択します。この単位光束は室内のあるゾーンの必要光束を算出する際だけでなく、室内全体の必要光束を算出する際にも用います。

住宅では様々な照明器具が使用されますが、単位光束法では、照明器具は天井照明のみとし、照明器具は比較的光が広がるタイプを選んでいきます。これは照明器具の設置高さまで考慮すると単位光束表の数が非常に多くなってしまうことと、空間全体の明るさを検討することを前提としているために、スポット的な光による局所照明は対象でないためです。また住宅は空間が小規模であるため、単位空間における器具配置は天井中央に一灯を配置する形を想定しています。これらを踏まえながら簡易化にも配慮して、表の形式においては以下を前提条件としました。

- 1) 照明器具は単位空間の天井中央に一灯設置するものとする。
- 2) 照明器具は、比較的光が広がるタイプとする。
- 3) 部屋の天井高さは、2.4mとする。
- 4) 単位空間の面積の単位は畳とする。
- 5) 天井面の反射率は70%、床面の反射率は10%で固定とする。
- 6) 壁面の反射率は、70%、50%、30%の三種類とする。
- 7) 保守率^{*4}は、0.7とする。
- 8) 基本となる設計照度は、床面平均照度50(1x)とする。

ここで、基本となる設計照度の50(1x)は、JISの照度基準におけるリビングの一般照明程度（最低限の明るさ）を想定しており、明るいゾーンでは、その設計照度が50(1x)の何倍になっているかを計算し、基本となる設計照度をその数値倍することで必要な光束を得ます。例えば床面照度を200(1x)に設定した明るいゾーン

においては、単位光束表の単位光束を4倍することで、そのゾーンに必要な光束が算出できるということです。

※4 照明器具を長期間使用すると、ランプの光束低下や照明器具の汚れ等によって照度が低下するため、その低下分を見込んで予め掛けておく安全係数。保守率が0.7の場合は、照明器具の新設時は明るさが1.4 ($1/0.7 \doteq 1.4$) 倍になる。そのため単位光束法を用いて採用した照明器具を用いる場合も、初期は明るさが4割程度高くなる。

2.3 単位光束表の例

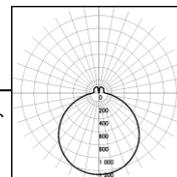
住宅においては、照明器具の種類が多岐に渡り、それぞれの照明器具の単位光束表を作成すると、膨大な数になります。しかし前提条件にあるように、単位光束表を作成する照明器具は、ある程度の光の広がりを持つ天井照明器具が望ましく、また住宅用照明器具はそのような配光を持つものが多いです。そこで比較的光の広がりの大きい照明器具の中から代表的な三種類を選出しました。LED一体型シーリングライトを想定した拡散配光器具、LED電球を用いたダウンライトを想定した広照配光器具、LED一体型ダウンライトを想定した中照配光器具です。それらの単位光束表を代表的な例として表1に示します。これらの単位光束表の値は、照明計算ソフトを用いて、基本となる床面の設計照度から計算条件ごとに算出しました。但しその値は、設計者の利便性を重視して、拡散配光器具および広照配光器具は丸め幅が50(1m)となるように、中照配光器具は丸め幅が10(1m)となるように丸めています。

表1 単位光束表 (単位: lm(ルーメン))

① 拡散配光器具



光束算出用器具: 47W LED シーリングライト
器具光束: 4500 lm



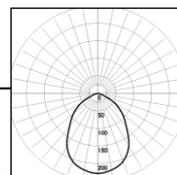
面積(畳)		2	4.5	6	8	10	12.5
間口(m)×奥行(m)		1.82 × 1.82	2.73 × 2.73	2.73 × 3.64	3.64 × 3.64	3.64 × 4.55	4.55 × 4.55
拡散配光	室内反射率(%) 天井 70 壁 30 床 10	1350	1700	1950	2200	2500	2850
	室内反射率(%) 天井 70 壁 50 床 10	1100	1450	1700	1950	2250	2600
	室内反射率(%) 天井 70 壁 70 床 10	850	1250	1450	1700	2000	2350

表注1: 2畳から12.5畳の範囲に適用する

② 広照配光器具



光束算出用器具: 9.4W LED 電球ダウンライト
器具光束: 450 lm



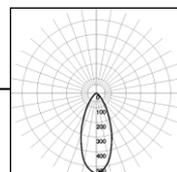
面積(畳)		1	2	4.5	6	8	10
間口(m)×奥行(m)		0.91 × 1.82	1.82 × 1.82	2.73 × 2.73	2.73 × 3.64	3.64 × 3.64	3.64 × 4.55
広照配光	室内反射率(%) 天井 70 壁 30 床 10	750	850	1100	1300	1500	1700
	室内反射率(%) 天井 70 壁 50 床 10	650	700	1000	1150	1400	1600
	室内反射率(%) 天井 70 壁 70 床 10	500	600	900	1050	1250	1500

表注2: 1畳から10畳の範囲に適用する

③ 中照配光器具



光束算出用器具: 6.9W LED 一体型ダウンライト
器具光束: 370 lm



面積(畳)		0.5	1	2	4.5	6	8
間口(m)×奥行(m)		0.91 × 0.91	0.91 × 1.82	1.82 × 1.82	2.73 × 2.73	2.73 × 3.64	3.64 × 3.64
中照配光	室内反射率(%) 天井 70 壁 30 床 10	300	360	440	700	870	1070
	室内反射率(%) 天井 70 壁 50 床 10	270	330	410	670	840	1040
	室内反射率(%) 天井 70 壁 70 床 10	230	290	370	640	810	1020

表注3: 0.5畳から8畳の範囲に適用する

2.4 単位光束法の設計手順

では、具体的な単位光束法の設計手順について説明します。

2.4.1 室内全体の最大光束と最大消費電力の算出

まず、室内全体を均一な明るさに照明すると仮定して、室内の条件（大きさ、室内反射率）に合わせ、室内全体の光束 F_{\max} を以下の式(1)により算出します。これがこの室内全体の最大光束となります。

$$F_{\max} = F_{\text{unit}} \times E / E_b \quad \dots (1)$$

F_{\max} ：室内全体の最大光束 (lm)、 F_{unit} ：単位光束 (lm)、 E ：設計照度 (lx)、 E_b ：基本照度 (lx)

単位光束 F_{unit} は、拡散配光器具の単位光束表（表1）の値を用います。設計面積が表中にある面積に当てはまらない場合は、表中にあるその前後の面積における光束を用いて内分^{※5}し、必要な光束を求めます。設計照度 E は室内全体の床面平均照度を適用します。この床面平均照度は現在一般的に適用されている100 (lx)を標準とします。これは現在標準と考えられる拡散配光のシーリングライトを使用した一室一灯照明を採用した際に得られると考えられる室内の平均的な床面照度値であり、室内の空間的な明るさにおいても標準と考えられます。基本照度 E_b は、単位光束表において基本となる床面平均照度50 (lx)です。

次に、この室内全体の最大光束を明るさのゾーニングに応じて分配するということとなりますが、その前にこの部屋において、全体を均一な明るさに照明する想定での室内全体の最大消費電力を式(2)により算出しておきます。

$$W_{\max} = F_{\max} / L_{\text{er}} \quad \dots (2)$$

W_{\max} ：最大消費電力 (W)、 L_{er} ：照明器具の固有エネルギー消費効率 (lm/W)

式(2)は、多灯分散照明において部屋の大きさに対応した消費電力の上限値の設定が必要であり、その上限値を算出するためのものです。多灯分散照明は複数の照明器具を設置するため、本来、固有エネルギー消費効率は複数の照明器具の固有エネルギー消費効率を考慮すべきですが、平均的にある値を上回ればよいと考え、簡素化して一種類としています。現時点では、固有エネルギー消費効率 L_{er} は標準で100 (lm/W)を想定しています。

※5 内分の例：表1の拡散配光器具において室内反射率が天井70% 壁30% 床10%で、面積が3畳の場合の単位光束 F_{unit} (lm)は、2畳と4.5畳を3畳で2:3に内分するので、 $F_{unit}=(3 \times 1350 + 2 \times 1700) / (2+3) = 1490$ (lm)となる。

2.4.2 部分光束と部分消費電力の算出

消費電力の上限値の算出後、室内全体の最大光束を明るさのゾーニングに応じて分配します。生活行動に応じて明るさのゾーニングを行います。視作業を伴う明視照明を想定するゾーンは明るくし、それ以外の雰囲気照明を想定するゾーンは暗くします。

ゾーニングに応じた光束の分配方法ですが、まず明視照明用に明るくしたいゾーンの光束（部分光束 F_{task} ）及びそのゾーンの消費電力（部分消費電力 W_{task} ）を算出します。具体的には、視作業を伴う生活行動を行うゾーンを想定し、そのゾーンの面積から採用予定の照明器具に近い仕様の照明器具の単位光束表（表1）を用いて単位光束を選択します。ゾーンの面積が小さい場合には、中照配光器具を用いると効率的に床面照度を得ることができます。ゾーン位置は室内壁面と離れている場合が多いため、部分光束算出のための壁面反射率は低め（30%）を選択します。実際には壁面を持たないゾーンに壁面反射率を設定した単位光束を用いることは、ゾーンの範囲内だけでみると明るさの不足を生じさせるようですが、住宅のような小規模な空間では、ゾーン外の照明器具から到達する光束や室内壁面からの反射光束による照度増加分が期待できるため、明るさが大きく不足することはないと考えられます。

次に、生活行動からJIS照度基準（P21の別表）を参照して設計照度を決定すると、式(3)より明視照明用部分光束 F_{task} が算出できます。JIS照度基準では、明視照明を伴う生活行動における設計照度として高照度の場合がありますが、それらの生活行動に対しては照明範囲のフレキシビリティおよび省エネルギー性からデスクスタンドなどの補助照明の使用を想定しています。天井照明を対象とする単位光束法においては、明視照明を伴う生活行動における設計照度としてはゾーン内における平均で200(lx)程度が最大値の目安であると考えています。さらに式

(4)を用いて、明視照明用部分光束 F_{task} から明視照明用部分消費電力 W_{task} も算出しておきます。

$$F_{task} = F_{unit} \times E / E_b \quad \dots (3)$$

F_{task} ：明視照明用部分光束 (lm)、 F_{unit} ：単位光束 (lm)、 E ：設計照度 (lx)、 E_b ：基本照度 (lx)

$$W_{task} = F_{task} / L_{er} \quad \dots (4)$$

W_{task} ：明視照明用部分消費電力 (W)、 L_{er} ：照明器具の固有エネルギー消費効率 (lm/W)

明視照明用部分光束は、明るくしたいゾーンが複数の場合は、それぞれに算出して合計した値となります。

明視照明用部分光束の算出後、雰囲気照明用部分光束を算出するため、室内全体の最大光束 F_{max} から、明視照明用部分光束 F_{task} を差し引きます (式(5))。これにより得られた雰囲気照明用部分光束 $F_{ambient}$ が、雰囲気照明用の単一もしくは複数の照明器具による合計光束の上限値となります。そして、式(6)で室内全体の最大消費電力から明視照明用消費電力を減じて算出した雰囲気照明用部分消費電力 $W_{ambient}$ が、雰囲気照明用の単一もしくは複数の照明器具の合計消費電力の上限値となります。

$$F_{ambient} = F_{max} - F_{task} \quad \dots (5)$$

$F_{ambient}$ ：雰囲気照明用部分光束 (lm)、 F_{max} ：室内全体の最大光束 (lm)、 F_{task} ：明視照明用部分光束 (lm)

$$W_{ambient} = W_{max} - W_{task} \quad \dots (6)$$

$W_{ambient}$ ：雰囲気照明用消費電力 (W)、 W_{max} ：室内全体の最大消費電力 (W)、 W_{task} ：明視照明用消費電力 (W)

住宅においては部屋の大きさが小規模であるため、明視照明と雰囲気照明を明確に区別できない場合があります。そのため、まず明視照明用器具の検討を行い、その照明器具が雰囲気照明を兼ねることも想定しながら、雰囲気照明用器具の検討を行います。例えば、テーブル面を照らすための明視照明用のダウンライトが壁面も明るくしている場合などは、ダウンライトが雰囲気照明の一部を担当して

いると考えられるため、ダウンライトで照らされていない壁面を雰囲気照明用器具であるフロアスタンドで補うといった考え方です。

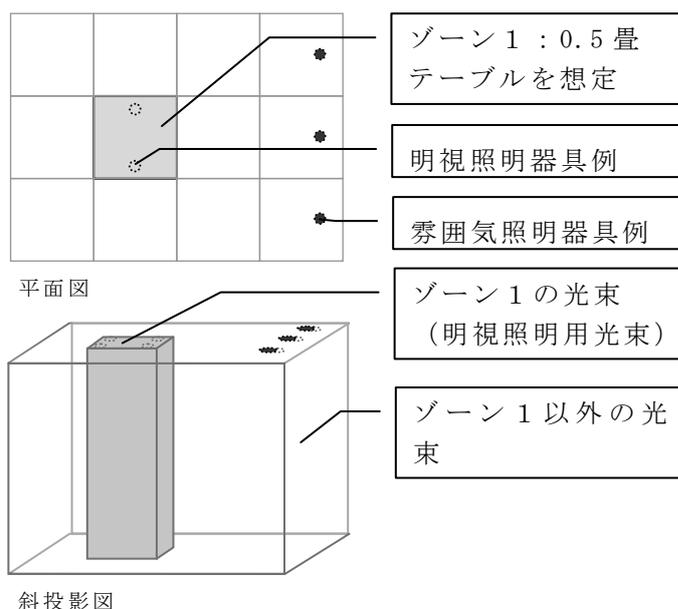
なお、明視照明用部分消費電力 W_{task} 及び雰囲気照明用部分消費電力 $W_{ambient}$ においては、実際に採用する照明器具の合計消費電力が室内全体の最大消費電力 W_{max} 以下になっていればよいため、それぞれの部分消費電力は目安となります。また、省エネルギー性を優先して、雰囲気照明用部分消費電力を少なくするなど、各ゾーンにおける部分消費電力を低減することで、部分的に消費電力を削減することも可能となります。

2.5 単位光束法の設計例

前述の単位光束法の考え方と設計手順に沿い、ある部屋を設計してみましょう。

2.5.1 室内全体の最大光束及び最大消費電力の算出

想定した部屋は、天井高さ 2.4m で広さが 6 畳、室内反射率が天井 70%、壁 70%、床 10% の個室です。



まず、この室内全体の最大光束及び最大消費電力を算出します。拡散配光器具を用いるとし、表 1 から、この条件における単位光束は 1450 (lm) となります。こ

ここで床面設計照度を 100 (lx) とすると、室内全体の最大光束 F_{\max} 及び最大消費電力 W_{\max} は以下のように算出できます。

$$F_{\max} = 1450 \times 100 / 50 = 2900 \text{ (lm)}$$

$$W_{\max} = 2900 / 100 = 29 \text{ (W)}$$

2.5.2 明視照明用の部分光束及び部分消費電力の算出

次に明視照明用部分光束及び部分消費電力を算出します。

ここで例えば、この部屋における主たる生活行動としてテーブルの使用を想定し、テーブル周辺のやや明るくしたいゾーン（面積 0.5 畳程度）をゾーン 1 と設定すると、JIS 照度基準から設計照度は 200 (lx) 程度となります。中照配光形ダウンライトを用いるとすると、表 1 から、この条件における単位光束は、300 (lm) となります。この時、ゾーン 1 は部屋の中央付近に位置しており、壁面がない状態であることから、室内反射率が最も低い値を採用します。これよりゾーン 1 における明視照明用の部分光束 F_{task} 及び部分消費電力 W_{task} は以下のように算出できます。

$$F_{\text{task}} = 300 \times 200 / 50 = 1200 \text{ (lm)}$$

$$W_{\text{task}} = 1200 / 100 = 12 \text{ (W)}$$

ここで算出された値は、この光束があれば、ゾーン 1 に必要な床面照度を得ることができるということを意味しており、この部分光束は多少増加しても問題ありません。

また、室内全体の最大光束 2900 (lm) に対し、ゾーン 1 の部分光束は 1200 (lm) ですので、ゾーン 1 とは別に明視照明用のゾーンをさらに設定することも可能ですが、ここでは、その他の明視性が求められる生活行動を想定していないことから、明視照明用の部分光束及び部分消費電力の算出は、ゾーン 1 のみとしました。

もし、複数の明視照明用のゾーンを設定する場合は、部分光束や部分消費電力の合計が室内全体の上限値を超えてしまわないように注意する必要があります。

2.5.3 雰囲気照明用の部分光束及び部分消費電力の算出

さらに、雰囲気照明用の部分光束及び部分消費電力を算出します。

今回は、ゾーン1以外のゾーンは雰囲気照明器具を用いるとし、雰囲気照明用の部分光束 F_{ambient} 及び部分消費電力 W_{ambient} は以下のように算出されます。

$$F_{\text{ambient}} = F_{\text{max}} - F_{\text{task}} = 2900 - 1200 = 1700 \text{ (lm)}$$

$$W_{\text{ambient}} = W_{\text{max}} - W_{\text{task}} = 29 - 12 = 17 \text{ (W)}$$

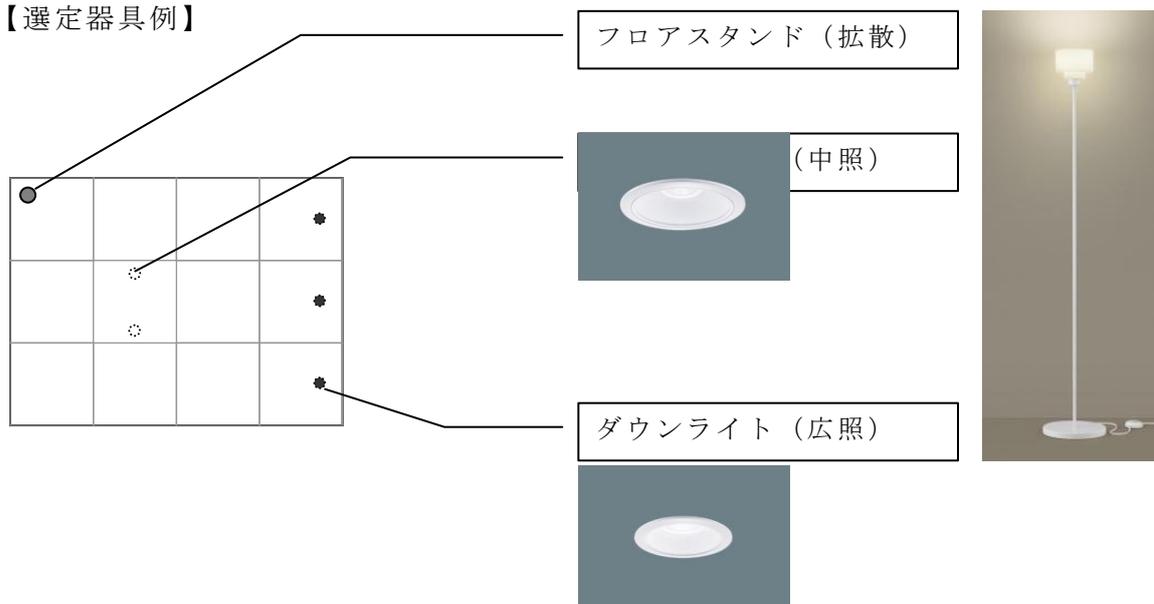
これより、雰囲気照明器具は合計で 1700 (lm) 及び 17 (W) まで、使用可能となります。

2.5.4 照明器具の選定

算出した明視照明用及び雰囲気照明用の部分光束と部分消費電力を参照し、実際の照明器具を選定します（選定器具例参照）。

最後に選定した全ての照明器具の消費電力が、室内全体の最大消費電力以内であることを確認します。

【選定器具例】



選択器具一覧表

	器具種類	配光の型	ランプ種類	器具光束 (lm)	消費電力 (W)	灯数
ゾーン1	ダウンライト	中照	LED一体型	510	5.0	2
ゾーン1	ダウンライト	広照	LED電球	515	5.0	3
以外	フロアスタンド	拡散	LED電球	320	3.4	1

光束および消費電力比較表

	器具光束合計 (lm)	消費電力合計 (W)	【算出値】器具光束 合計上限値 (lm)	【算出値】消費電力 合計上限値(W)
ゾーン1	1020	10	1200	12
ゾーン1 以外	1865	18.4	1700	17
室内全体	2885	28.4	2900	29

3. これからの住宅照明

多灯分散照明と単位光束法の考え方は、お分かり頂けたでしょうか。最初は少し難しいかもしれませんが、慣れれば問題ありません。今後 LED 照明や有機 EL 照明が普及すれば、照明器具の存在感はどんどん小さくなっていき、家具や内装材が発光するようになります。そうすると、もはや多灯分散照明（複数の照明器具を分散配置する照明方式）でなく、多光分散照明（複数の光を分散配置する照明方式）ということになるかもしれません。いずれにしても室内に複数の光が分散配置されるインテリアが主流になってくれば、単位光束法の考え方がさらに重要になります。そして単位光束法自体もさらなる進化を遂げることになるでしょう。

以上

参考文献：

- 1) 松下進，三木保弘：単位光束法の提案 住宅における多灯分散照明方式に適した簡易照明設計法に関する研究，日本建築学会環境系論文集，686号，pp.325-331，2013.4
- 2) 松下進，三木保弘，上谷芳昭：住宅におけるランプ分離型および一体型照明器具に対応する器具光束を用いた単位光束法の提案，日本建築学会環境系論文集，719号，pp.57-64，2016.1
- 3) 松下進，三木保弘，上谷芳昭：単位光束法の照明器具高さによる補正とその適用範囲，日本建築学会環境系論文集，739号，pp.779-787，2017.9
- 4) 『自立循環型住宅への設計ガイドライン エネルギー消費 50%削減を目指す住宅設計 準寒冷地版』(2012年7月、発行：(財)建築環境・省エネルギー機構、監修：国土交通省国土技術政策総合研究所、(独)建築研究所)

別表 JIS 照度基準

領域、作業または活動の種類		維持照度 (lx)	領域、作業または活動の種類		維持照度 (lx)	
居間	手芸	1000	家事室・作業室	手芸	1000	
	裁縫	1000		裁縫	1000	
	読書	500		ミシン	1000	
	団らん	200		工作	500	
	娯楽 ^{※1}	200		VDT 作業	500	
	全般	50		洗濯	200	
書斎	勉強	750	浴室・脱衣室・化粧室	全般	100	
	読書	750		ひげそり ^{※2}	300	
	VDT 作業	500		化粧 ^{※2}	300	
	全般	100		洗面	300	
子供室・勉強室	勉強	750	便所	全般	100	
	読書	750		全般	75	
	遊び	200	階段・廊下	全般	50	
	コンピュータゲーム	200		深夜	2	
	全般	100		納戸・物置	全般	30
応接室（洋間）	テーブル	200	玄関（内側）	鏡	500	
	ソファ	200		靴脱ぎ	200	
	飾り棚	200		飾り棚	200	
	全般	100		全般	100	
座敷	座卓	200	門・玄関（外側）	表札・門標	30	
	床の間	200		新聞受け	30	
	全般	100		押しボタン	30	
食堂	食卓	300	車庫	通路	5	
	全般	50		防犯	2	
台所	調理台	300		庭	全般	50
	流し台	300			パーティー	100
	全般	100		食事	100	
寝室	読書	500	テラス	テラス	30	
	化粧	500		全般	30	
	全般	20		通路	5	
	深夜	2		防犯	2	

注記 1：それぞれの場所に応じて全般照明と局部照明を併用することが望ましい。

注記 2：居間、応接室及び寝室については調光を可能にすることが望ましい。

維持照度：ある面の平均照度を、試用期間中に下回らないように維持すべき値。

※ 1 軽い読書は娯楽とみなす。

※ 2 主として人物に対する鉛直面照度

著者紹介

松下進(まつした・すすむ)

1966年奈良県生まれ

京都大学大学院工学研究科建築学第二専攻修了後、大手照明メーカーにて照明設計に従事

2000年松下進建築・照明設計室を設立

国土交通省総合技術開発プロジェクト自立循環型住宅開発委員会、照明学会住宅照明基準改正委員会、日本建築学会光環境デザインWGなど学会等における委員を多く務め、改正省エネ法における住宅省エネ性能検討委員会照明SWGの協力委員も務める

照明学会日本照明賞など多数受賞

主な著書に『図解入門よくわかる最新照明の基本と仕組み』(2008年、秀和システム)

博士(工学)、一級建築士



☆☆

多灯分散照明と単位光束法 —器具光束編—

発行日 2017年12月1日

著者 松下進

発行 松下進建築・照明設計室

E-mail webmaster@matsushitas-lighting.com

URL <http://www.matsushitas-lighting.com/>

定価 1,000円(税込)

☆☆

無断で複製、転載、頒布を禁ず。