

# 光環境制御の可能性

立命館大学

本間 睦朗

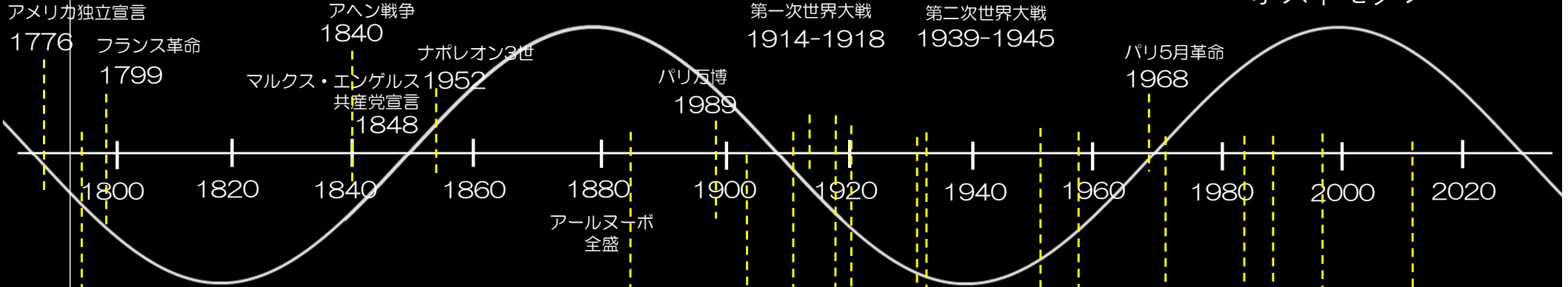
装飾様式

新古典主義

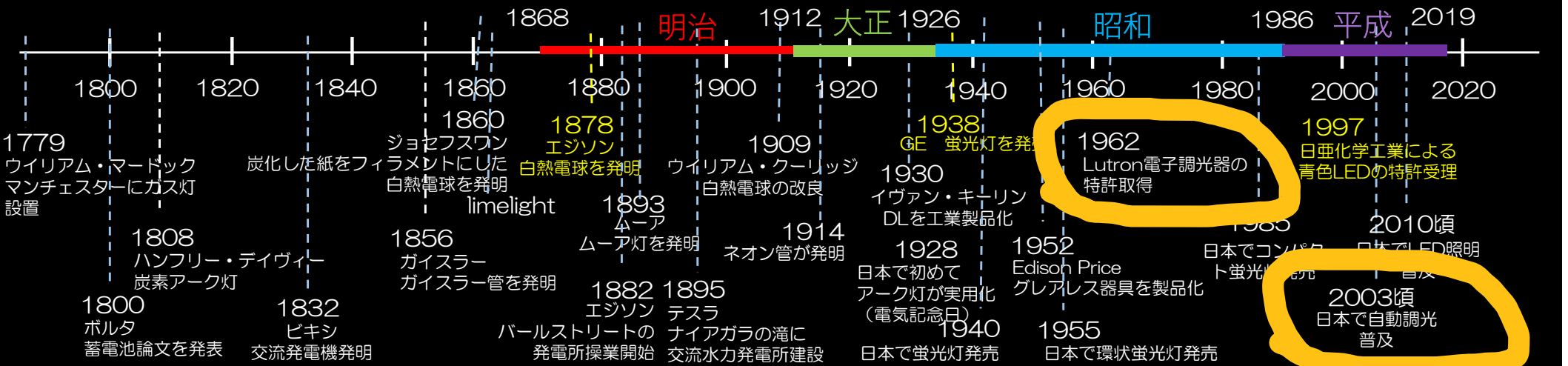
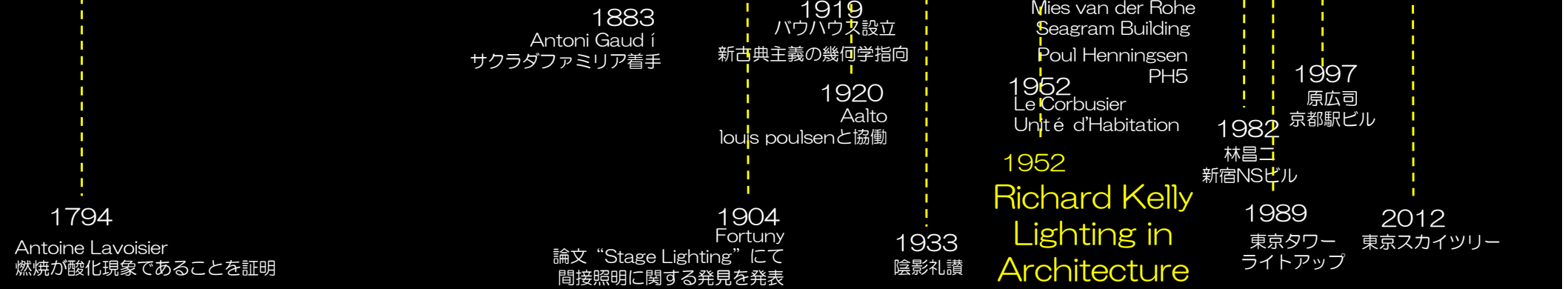
ロマン主義

モダニズム

ポストモダン

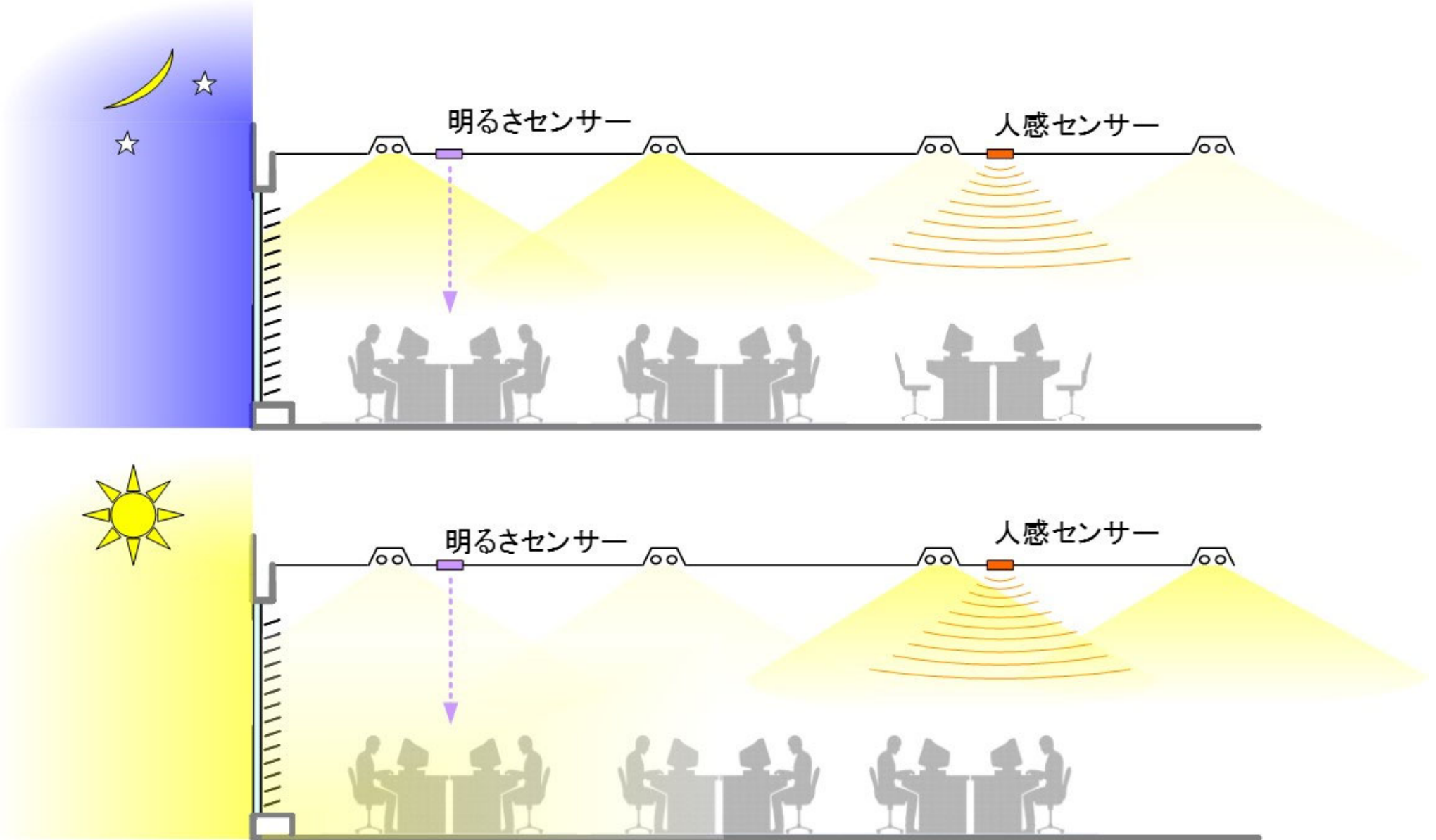


古典様式

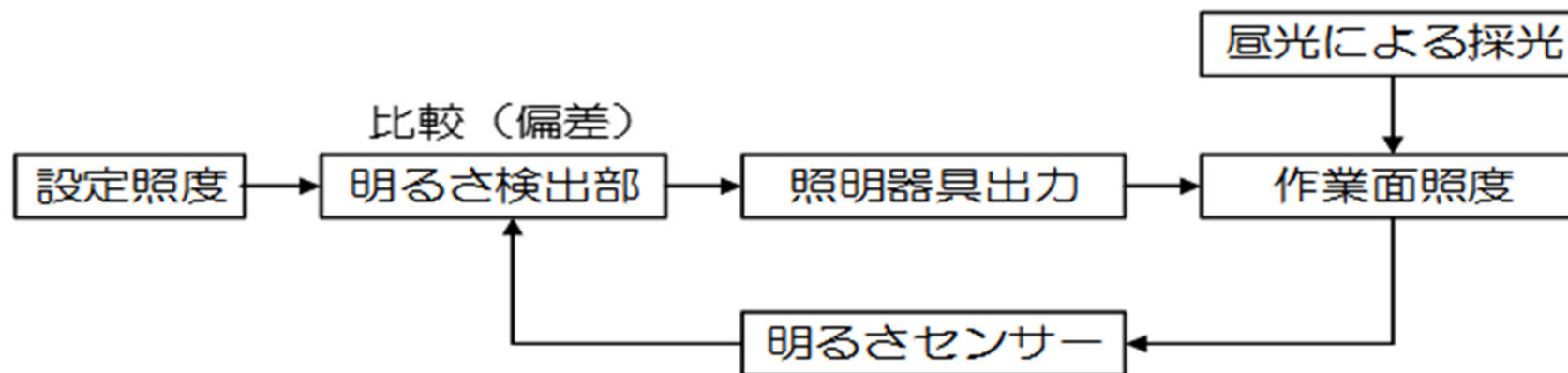
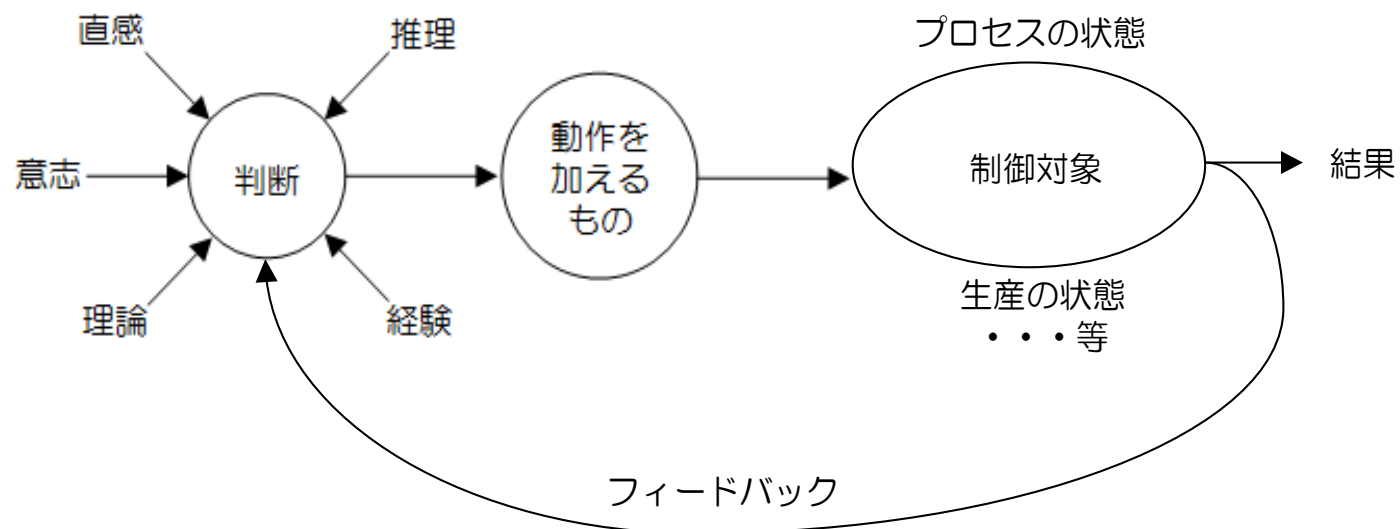


# 調光制御とは

必要に応じて出力制御することでのエネルギー削減



# フィードバック制御システム



# タスク・アンドアンビエント照明（TAL）

タスク・アンドアンビエント照明とは、  
視作業を行うための光と  
周辺の環境を整える光を分離する照明方式です。

本来、執務室に最適な照明方式とされ  
高い省エネ性も期待できることから  
照明学会の「オフィス照明基準」でも  
TALをベースに基準の策定がなされています。



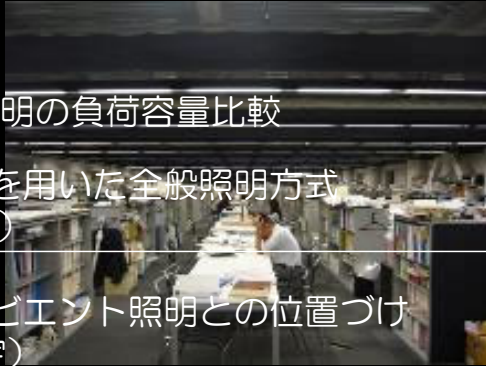
# タスクアンドアンビエント照明の省エネルギー論理

## 1. アンビエント照明を低出力に設定可能

アンビエント照明から、視作業のための照度確保の機能を除くとその出力を思い切って低減させることができる。

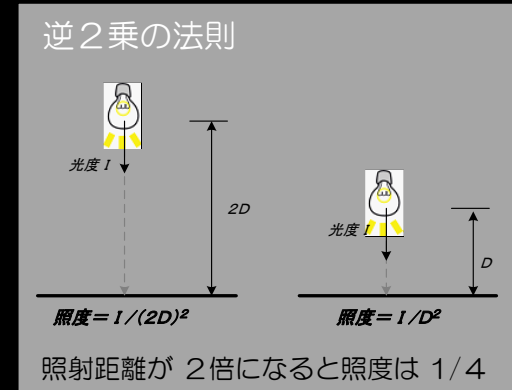
### パブリックな照明の負荷容量比較

- ・ 高効率蛍光灯を用いた全般照明方式 (750 Lx 設定)  $12\text{W}/\text{m}^2$
- ・ 節電後：アンビエント照明との位置づけ (300 Lx 設定)  $7\text{W}/\text{m}^2$



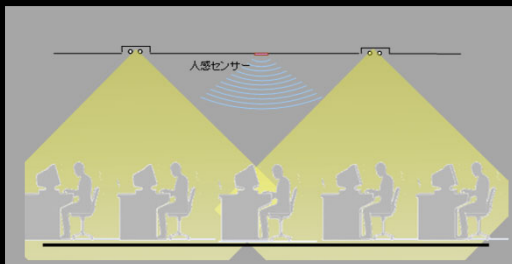
## 2. タスク照明は視対象の近くから照射可能

同じ照度を得るためには近距離のほうが高効率なので、視対象の近くから照射可能なタスク照明は高効率となる。



## 3. タスクライトは執務者の離席状態を反映させやすい

パブリックな照明に居住者の離席情報を展開しても、制御エリア内の居住者が複数であれば、同時離席率は低減。



一般的なオフィスにおける居住者の離席率は概ね60%

パーソナルな照明器具 (タスクライト) に展開した場合 : 消灯率 60%

パブリックな照明器具 (天井照明等) に展開した場合  
エリア内の居住者数 5人の場合 同時離席率は  $0.6^5 \approx 0.04$  : 消灯率 4%

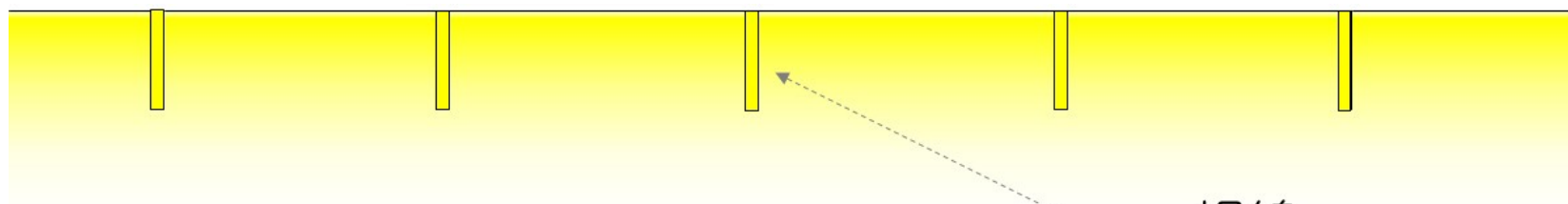
## 4. アンビエント照明に昼光を利用しやすい

昼光利用は照明エネルギーの削減に効果的！  
しかし、昼光は変動が激しい



視作業照明として、昼光利用率を高めると不快となる可能性が高い  
アンビエント照明として、昼光利用率を高めると快適

# 明るさ感を高めた照明計画



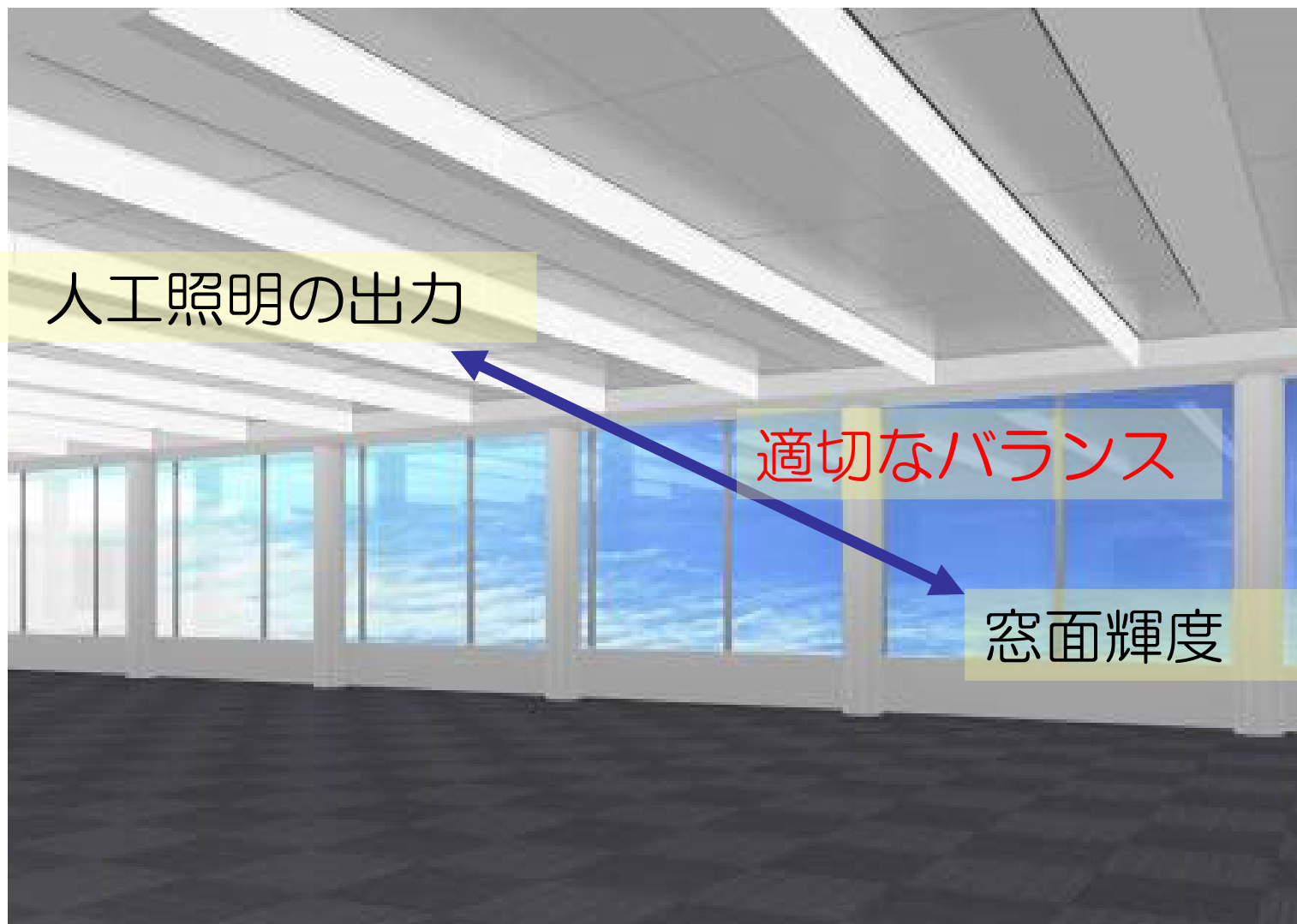
視線



# 窓面輝度をトリガーとして設定

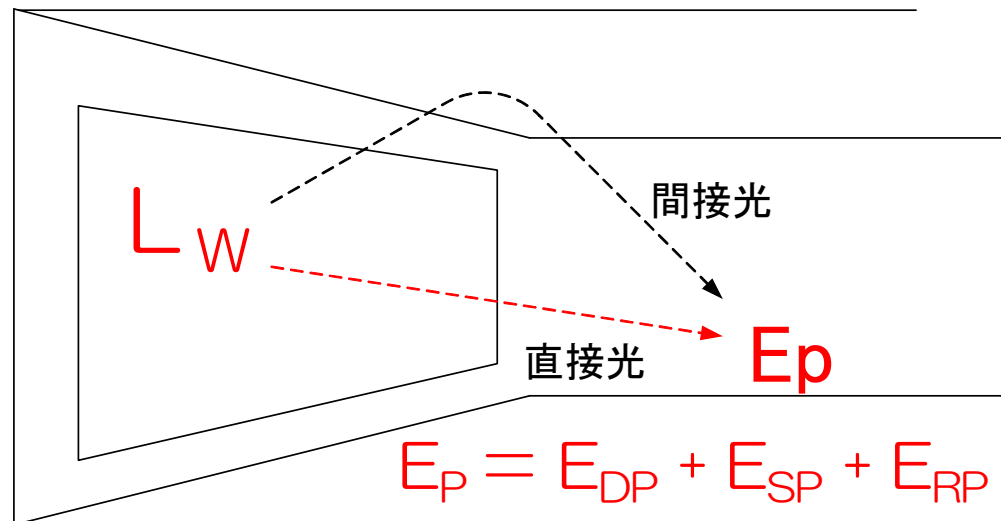
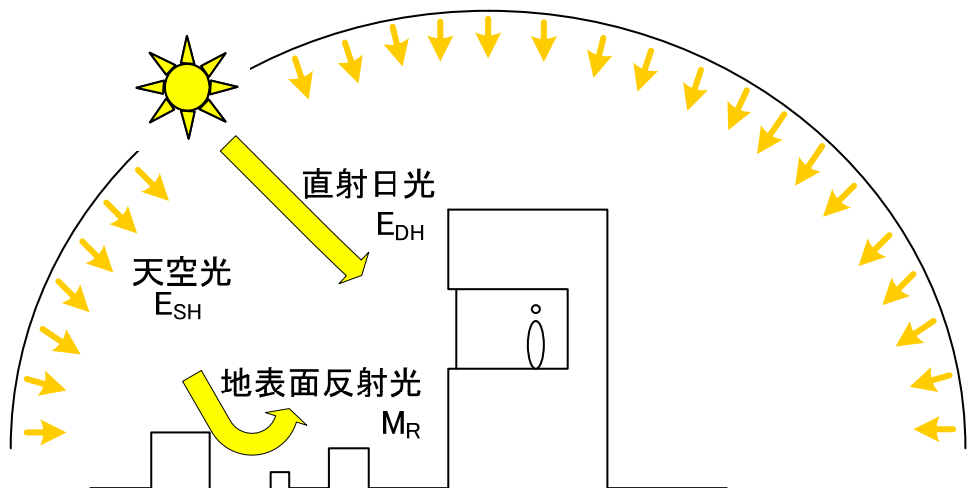
各窓面輝度に応じてアンビエント照明の出力をミニマムに設定

窓面輝度 =  $f$  (昼光照度、ブラインド角度)



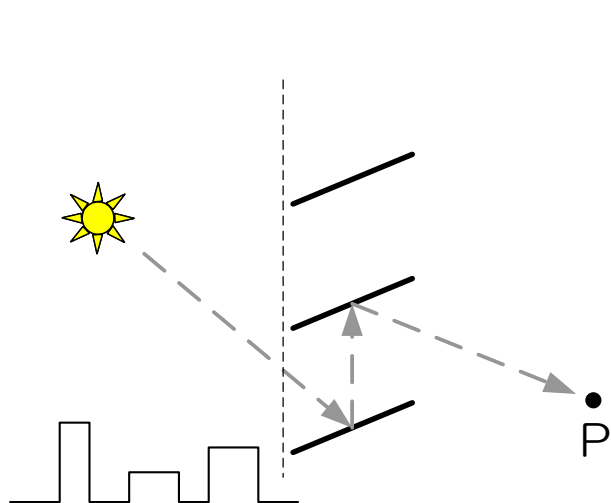


# 基準点への直接光照度

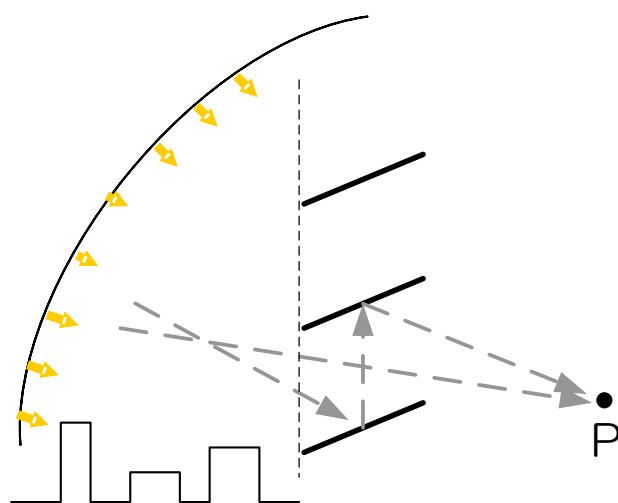


窓の光束発散度  $M_W = E_p / F_{PW}$

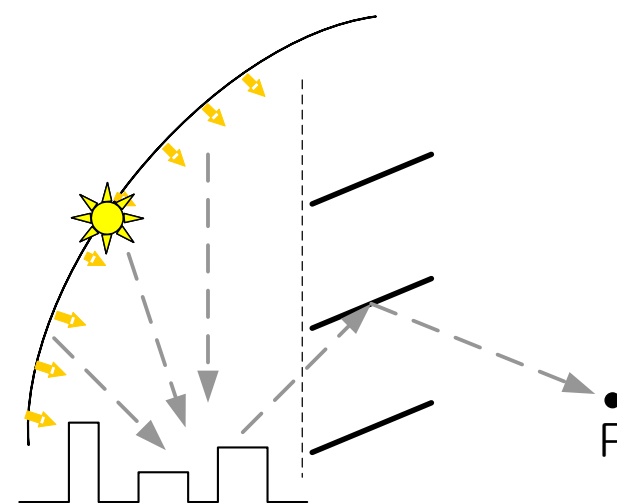
窓面輝度  $L_W = M_W / \pi$



直射日光  $E_{DP}$

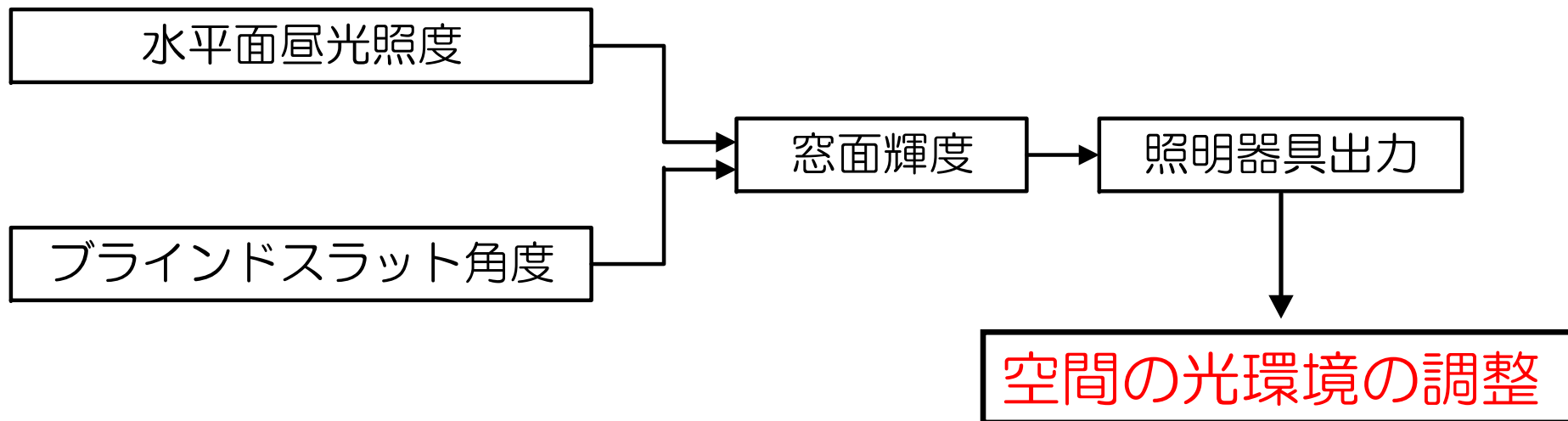
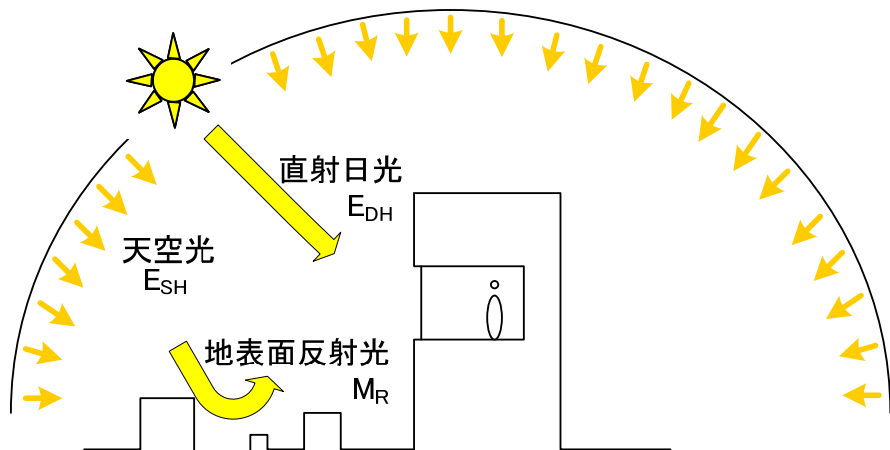


天空光  $E_{SP}$

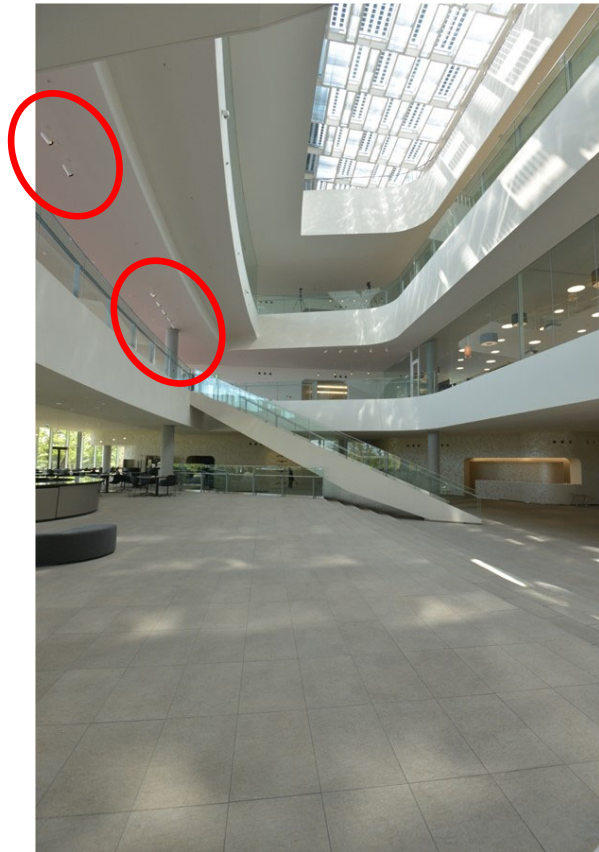
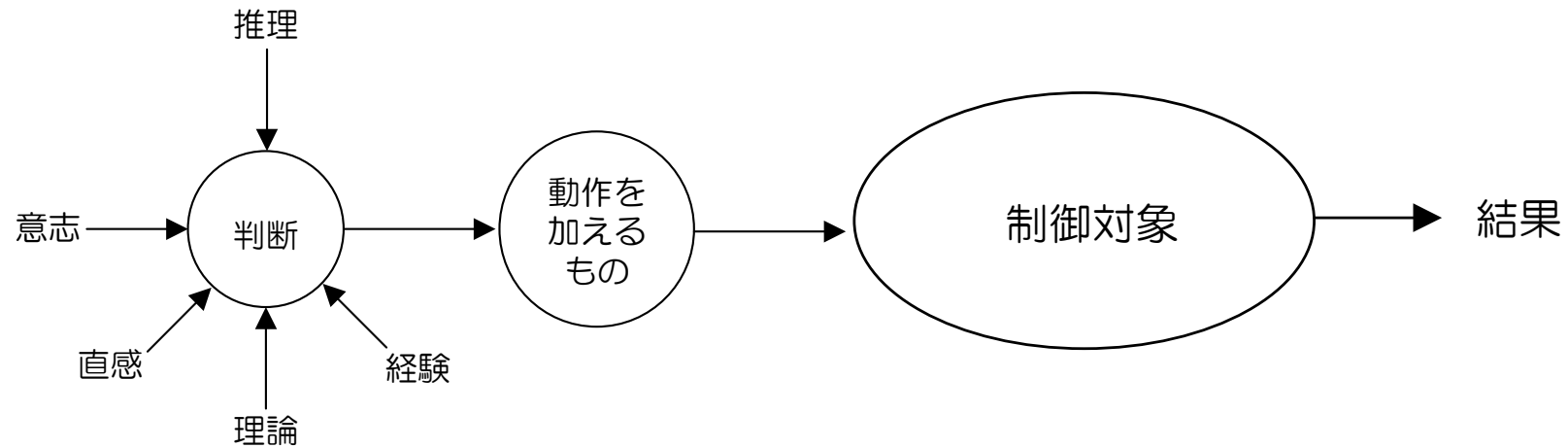


地表面反射光  $E_{RP}$

# フィードフォワード制御



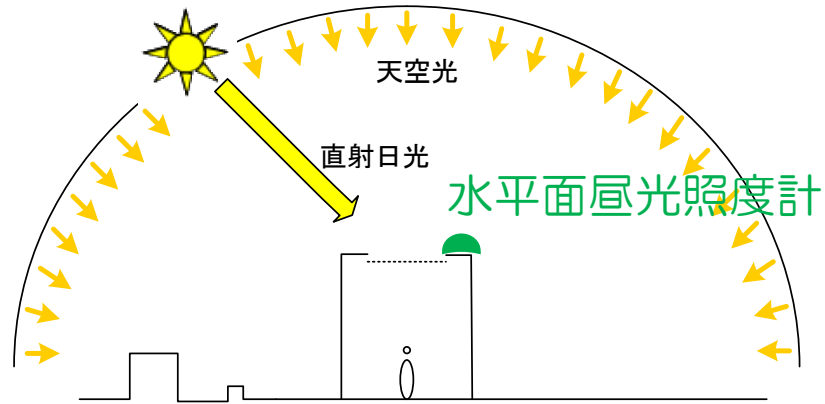
# フィードバック制御



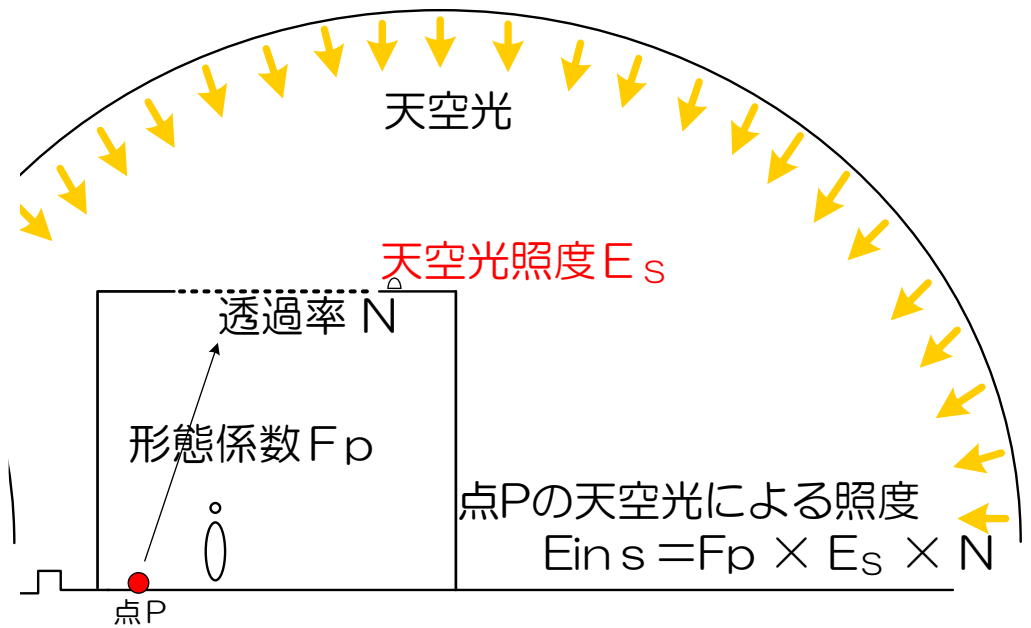
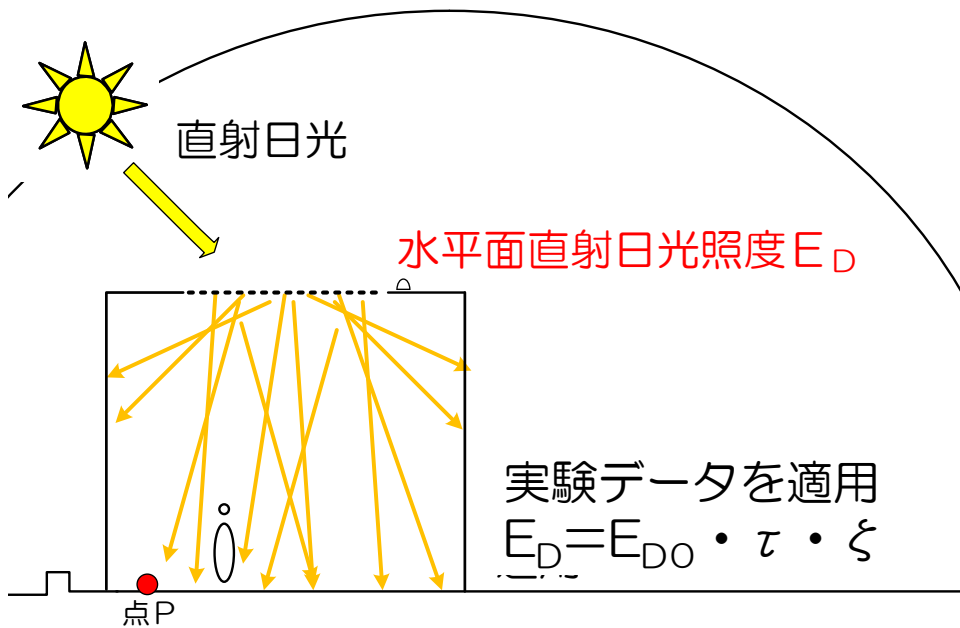
結果をみながら常に修正を繰り返すというフィードバック制御の考え方は、逆説的に制御アルゴリズムの放棄

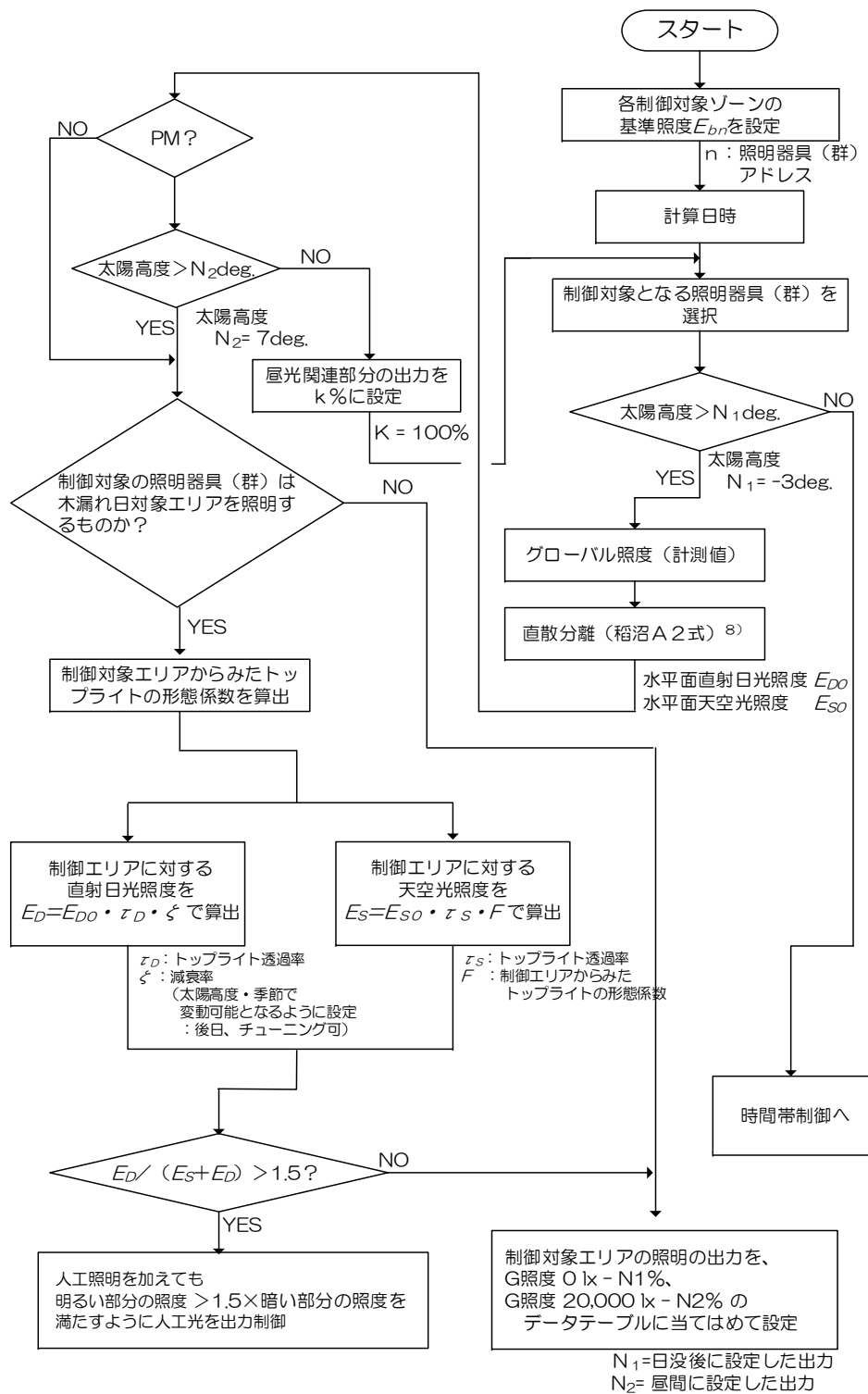
制御アルゴリズムの構成は今後の環境設計において重要

# 直射日光、天空光による照度の算定方法



計測した昼光照度を  
直散分離式（稲沼A2式）で  
直射日光照度と天空光照度に分割

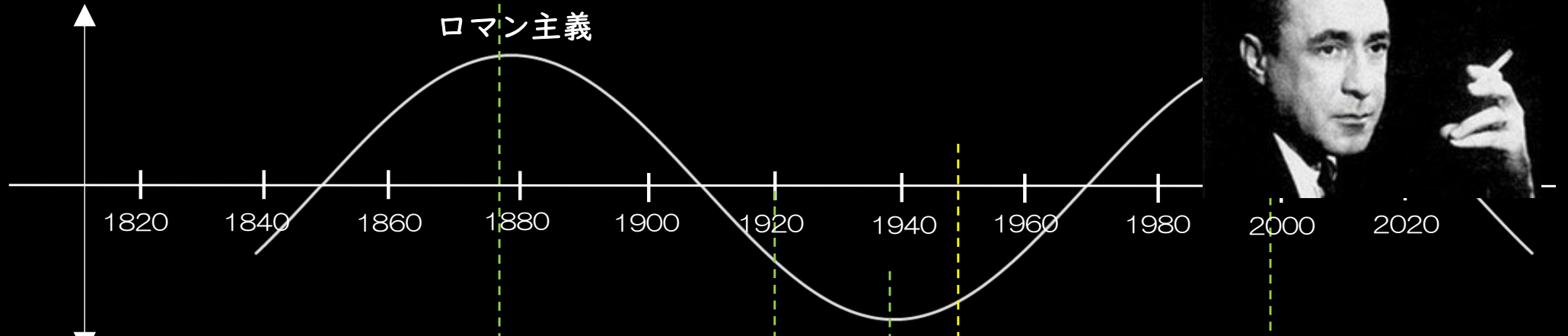




N<sub>1</sub>=日没後に設定した出力  
N<sub>2</sub>= 昼間に設定した出力

装飾様式  
複雑  
感性

Richard Kelly



ロマン主義

モダニズム

1920  
Aalto  
louis poulsenと協働

1952  
Lighting in Architecture

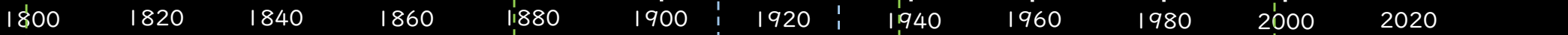
- \* Focal glow
- \* Ambient luminescence
- \* Play of brilliants

明治

大正

昭和

平成



1779  
ウィリアム・マードック  
マンチェスターにガス灯  
設置

1878  
エジソン  
白熱電球を発明

1909  
ウィリアム・クーリッジ  
白熱電球の改良

1938  
GE  
蛍光灯を発売

1930  
イヴァン・キーリン  
DLを工業製品化

1997  
日亜化学工業による  
青色LEDの特許受理

・・・事実、日本座敷の美は全く陰翳の濃淡に依って生れているので、それ以外に何も無い。西洋人が日本座敷を見てその簡素なのに驚き、たゞ灰色の壁があるばかりで何の装飾もないと云う風に感じるのは、  
・・・それは陰翳の謎を解しないからである。・・・

空間内の光源の色温度を統一

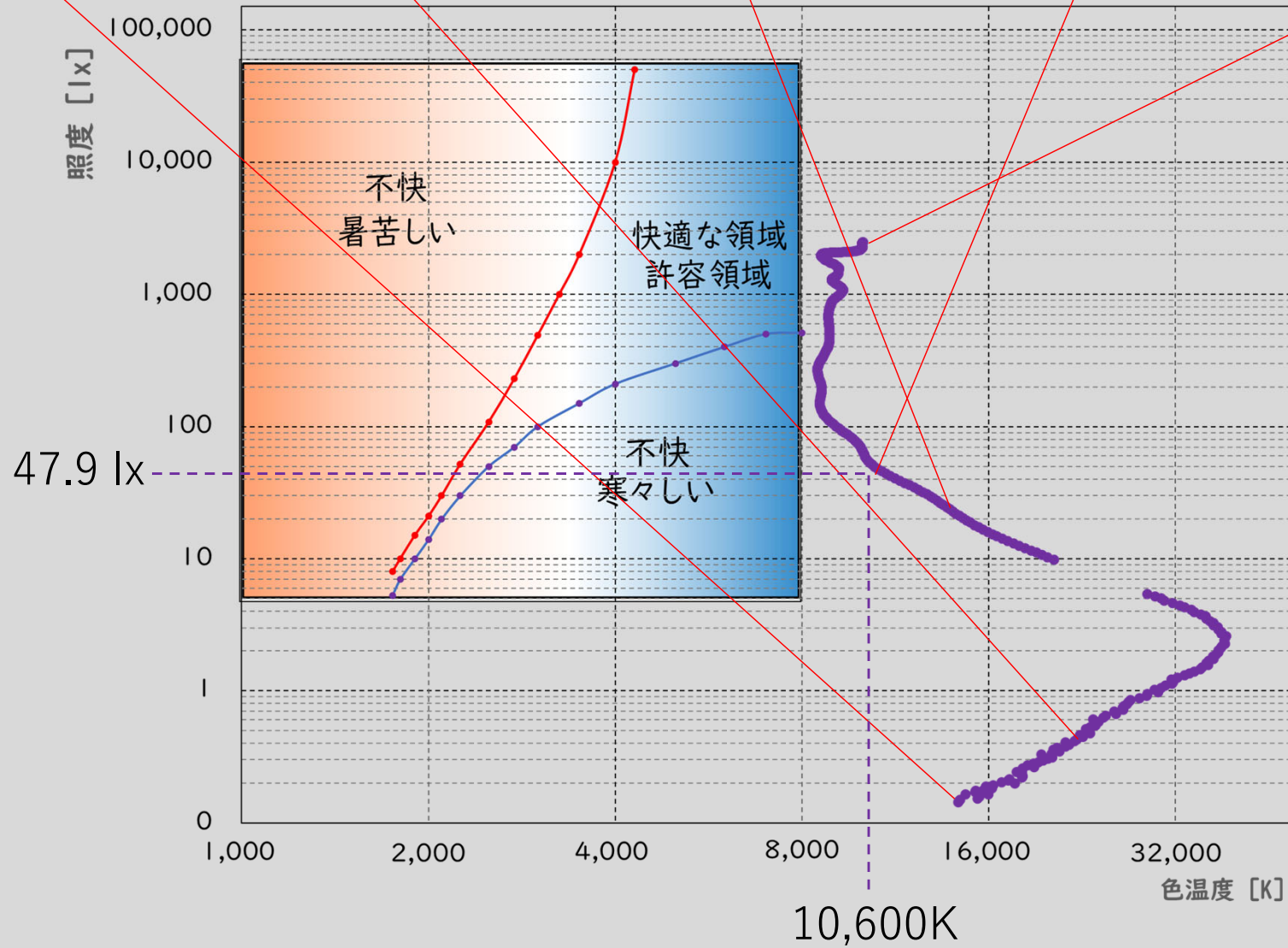


8月17日 4:37 ~ 6:26

京都

晴れ

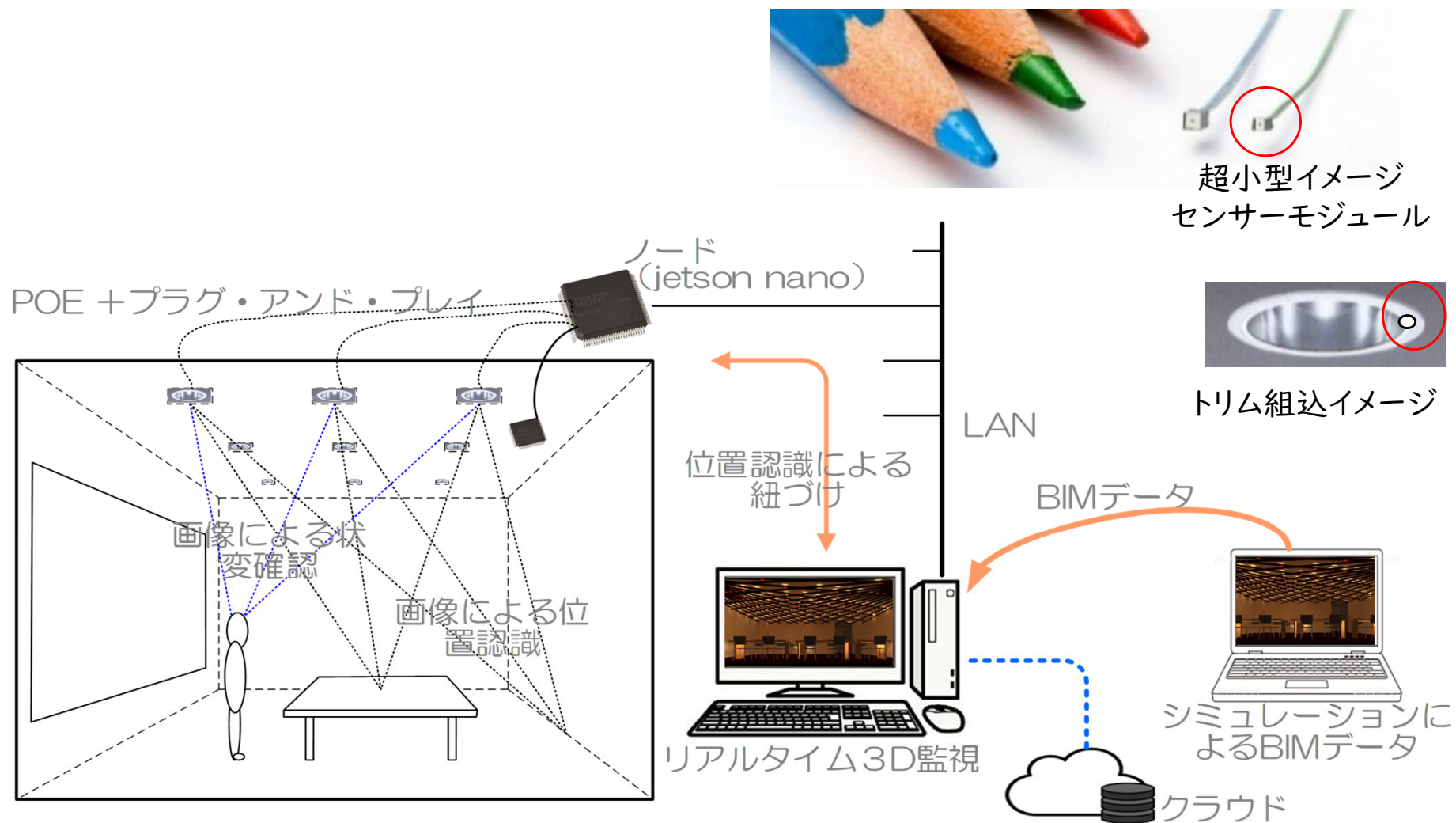
日の出時間 5:19







内視鏡用に開発された超小型イメージセンサーを内蔵した照明器具が作成する3Dデータにより、多様な情報がフィードバックされ、リアルタイムで詳細な制御が可能となる「3Dマッピング管理制御システム」と「建物内プラットフォーム」の構築。



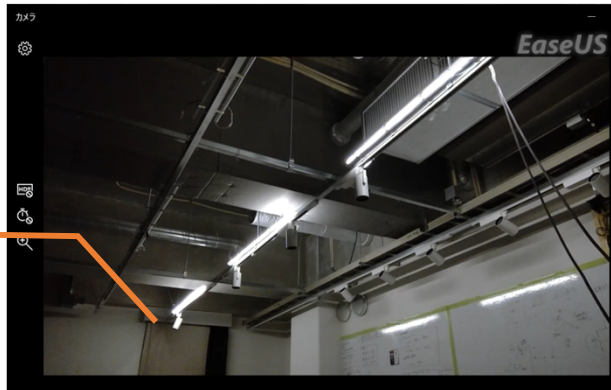
# ソフトウェアの選定



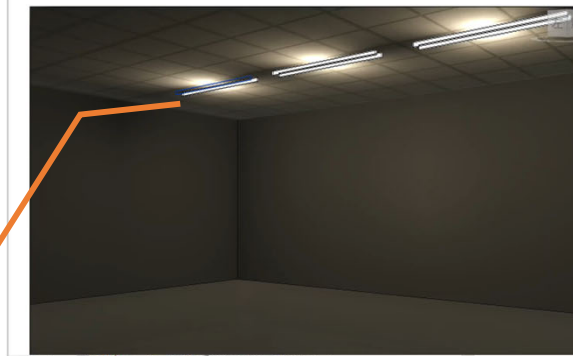
<https://www.autodesk.co.jp/products/revit/overview>  
<https://parametricmonkey.com/2015/02/21/what-is-dynamo/>  
<https://www.food4rhino.com/app/firefly>  
[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Arduino\\_Logo.svg](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Arduino_Logo.svg)

# 実空間とレンダリングの同時制御

実空間



レンダリング



点灯シーン  
調光シーン

図面

The screenshot shows the Revit software interface with a 'タイプ プロパティ' (Type Properties) dialog box open for a lighting fixture. The dialog box contains various parameters and a table of technical specifications.

パラメータ	値
皮相負荷	27.60 VA
固有エネルギー消費効率	123.90 lm/W
消費電力	27.60 W
寸法	
Length	1500.0
Width	25.0
識別情報	
イメージタイプ	
キーワード	
モデル	AH50554
製造元	コイズミ照明株式会社
コメント(タイプ)	
URL	https://webcatalog.koizumi-it.co.jp/kensaku/api/search
説明	
アセンブリ コード	28800.00
価格	
アセンブリ コード	
マーキング	
OmniClass 番号	
OmniClass タイトル	
コード名	
フォトメトリック	
保守率	0.95
初期輝度	3420.00 lm
初期の色	4500 K
カラーフィルタ	白色
調光ランプの色温度変化	<なし>
フォトメトリック Web ファイル	L AH50554@80_50K_27.IES
傾斜角	-90.00°
光源設定(アレイ)	点+フォトメトリック ウェブ

## ◆本技術の効果・課題解決

### 1. 低コストで簡易なプラットフォーム構築が可能

- ・イメージセンサーをカメラとして設置する際に必須となる取付部材をLED照明器具と一体化し、実装コストの一元化に伴う削減により、発光・画像取得が可能なデバイスを低価格化で構成可能。
- ・低価格で構成可能なデバイスは建物内で必須の存在である照明器具でもあるので、画像取得という新たな機能の追加を、従来設備で実現できるというお得感から導入促進が期待できる。
- ・照明器具デバイスのプラグアンドプレイ方式と自動位置認識とにより、システム構成時のエンジニアリング人工（にんく）の削減により、低価格化が可能。
- ・カメラは数万画素程度で、通信負担も軽く、フリートポロジーによる配線施工の簡易化が可能。

### 2. 様々なサービスアプリケーションの構成が可能

- ・設計時に作成したBIMデータを反映させたりリアルタイム監視制御。BIMデータ上の照明器具と空間内の照明器具の紐付けは、アドレス認識・自己位置識別を活用して、システムが自動的におこなう。
- ・多様なデータによる詳細な制御。人数検知、密集度合による調光制御、換気制御、各種誘導制御など。
- ・AIを活用することによる異常検知による、連動調光、火報補助、防犯補助
- ・監視制御とデバイス（カメラ付照明器具）間のプロトコルなどは公開を前提としたオープンなもので構成し、追加のサービスを導入可能とする。

## まとめ

- ・ 光環境デザインにおける制御の重要性が向上
- ・ 同一空間での複数の色温度によるデザインの一般化
- ・ 複数化した制御の設計では包括的なシステムが有効

