

平成 21 年 6 月 6 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006 年度～2008 年度

課題番号：18560582

研究課題名（和文） 昼光利用のための「まぶしさ - 明るさ」メカニズムの解明

研究課題名（英文） Analysis of “glare and brightness” perception mechanisms for daylight utilization

研究代表者 岩田 利枝（IWATA TOSHIE）

東海大学・情報デザイン工学部・建築デザイン学科・教授

研究者番号：80270627

研究成果の概要：窓はまぶしさを引き起こすことがある。「まぶしさ」には「背景と光源の対比」によって引き起こされるものと「目に入る光の総量（総量）」によって引き起こされるものがある。本研究では「対比」によるまぶしさと「総量」によるまぶしさの起こり方について検討した。視野内の平均輝度でまぶしさが予測できる範囲を「総量によるまぶしさ」としてその範囲を示し、窓の天空部分と地表部分をその平均値でまぶしさを評価できる範囲を示した。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,400,000	0	1,400,000
2007 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	480,000	3,480,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：光環境

## 1. 研究開始当初の背景

環境配慮型建築として「昼光利用」を掲げる建物が多く見られる。「昼光利用」は日射による冷房負荷の増大や照度の変動という問題を伴うが、これらの対策としてエアフローウィンドウ、ダブルスキンのような熱的性能を向上させた窓や、ブラインド・人工光照明の自動制御、さらに自律応答型調光窓、光ダクトなどの技術が用いられるようになってきた。しかし、それらの技術（ハードウェア）開発に比べソフトウェア、特に光環境評価が不十分である。実際、窓の計画（窓装置を含む）は意匠面あるいは熱的性能の面から

決定されており、在室者の光環境に対する予想外の不満のために、計画どおりの省エネルギー効果や快適性が得られないことも多い。

不快グレアは昼光利用光環境の大きな問題の一つに挙げられる。昼光による不快グレアはグレア源が変化するので、人工照明のための評価方法では対応できない。

これまで不快グレア評価の研究では、実用的な指標を提案することが重視され、グレア感のメカニズムを明らかにすることは後回しになってきた。しかし限られた実験結果に合わせて作られた評価式では、適用できる範囲が狭く、昼光利用空間ではグレア源を特定

することができない。何をグレア源と感ずるか、というメカニズムを明らかにしなければ、技術の後追いにしかならない。

## 2. 研究の目的

人工光照明を対象とした不快グレア評価指標として Unified Glare Rating (UGR) が JIS 基準になっているが、窓のような大きい光源については、国内外とも基準として認められている指標がない。不快グレアは通常、視野内の輝度対比が大きすぎることによって起こるが、昼光照明の場合は対比より目に入る光の総量によって引き起こされることも多い。

不快グレア評価の基本式では、対比効果を評価しているため背景輝度が増加すると不快グレアは減少する。しかし、光源が大きい場合や背景輝度が高い場合には対比より目に入る光の総量によってグレアが引き起こされることがある。

本研究では、窓面不快グレア評価方法の提案のために以下の2つを目的とする。

対比効果(ある部分がまぶしいと感じる不快感)と総量効果(全体が明るすぎると感じる不快感)の関係を明らかにする

窓のように不均一な輝度分布を持つグレア源からの不快グレア評価を明らかにする。

## 3. 研究の方法

研究全体のフローを以下に示す。

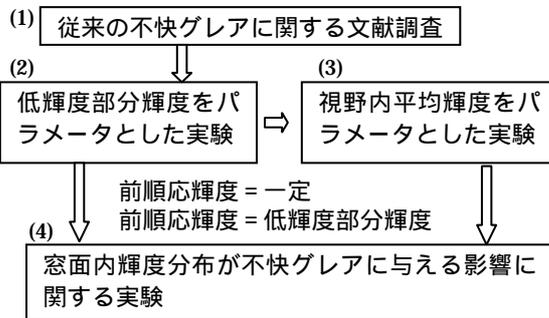


図1 研究のフロー (( ) 内番号は以下のに対応)

(1) 従来のグレア評価文献調査 (2006 年度)  
これまで提案されてる不快グレア評価方法について実験方法、実験条件、提案式を整理した。

(2) 低輝度部分輝度をパラメータとした実験 (2006 年度)  
前順応輝度を一定とした実験  
実験室および装置は(2)の  
と(3)で共通している。実験

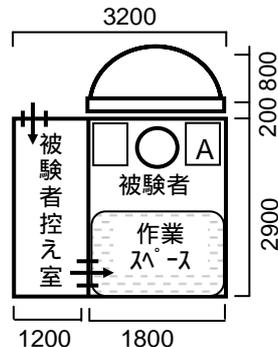


図2 実験室

室は図2に示すような前室と評価室の2つからなる。前室は間接照明で目の位置の鉛直面照度が約7lxになっている。評価室には順応視野と評価視野を設置した。

順応視野装置は半径500mm、高さ630mmの半円筒面を内蔵した幅700mm、奥行き500mm、高さ630mmの箱で、被験者からは光源が見えないように作られている。目の位置の鉛直面照度300lxとした。

評価視野は直径1600mmの半球で、中央に高輝度部分がある。図3に装置の断面図を示す。

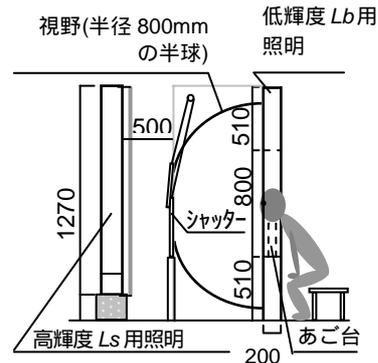


図3 実験装置概要

輝度比の条件を作るため、高輝度部分と低輝度部分の調光を独立して行えるようにした。高輝度部分は、視野の後方から照らし被験者に対して直接照明とし、低輝度部分は被験者側から半球面を照らし、被験者に対して間接照明とした。半球内部に光を拡散させるためにラシャ紙を貼った。ラシャ紙の反射率は輝度比条件によって変化させた。不快グレアは0:感じ始める、1:気になり始める、2:不快だと感じ始める、3:ひどすぎると感じ始める、を連続スケール上で評価した。視野全体からの刺激を評価対象とした。

被験者は順応視野で順応した後に、評価視野の不快グレアを評価した。

低輝度部分と高輝度部分の輝度比9条件×高輝度部分の立体角2条件×高輝度部分の輝度3条件の54条件について行った。被験者は平均年齢22.3歳の学生9名とした。

前順応輝度を低輝度部分輝度とした実験

上記と同様の装置を用いたが、順応視野を用いず、シャッターを閉めて低輝度部分に順応したのち、シャッターを開くことによって高輝度部分が現われるようにした。光源を指定した時間(約2秒、2分間)見た後、不快グレアを評価した。低輝度部分と高輝度部分の輝度比5条件×評価時間2条件×高輝度部立体角2条件の計20条件に順応視野(均一輝度視野)5条件での評価を加え計25回の評価とした。またシャッターが開く前の評価も行った(均一輝度順応時の評価)。被験者は平均年齢22.0歳の学生16名とした。

(3) 視野内平均輝度をパラメータとした実験 (2007年度)

視野内平均輝度をパラメータとして不快グレア評価を行い、均一輝度視野の評価との差から総量グレアが支配的な範囲の抽出を試みることにした。従来の光源輝度、背景輝度、光源の立体角それぞれを変化させてべき指数を求める方法に対して、3つのパラメータを視野内平均輝度として1つにまとめてしまうことにもなるが、式(式1)を仮定して、第1項の影響の大きさから総量グレア範囲を探すことにした。また、第2項に対する光源の大きさの影響についても検討した。

$$\text{グレア感} = m \log Ls/Lb + n \log \{Ls\phi_s + Lb(1 - \phi_s)\} \quad (\text{式 1})$$

ここで  $m, n$  は係数、 $Ls$  は高輝度部分輝度、 $Lb$  は低輝度部分輝度、 $\phi_s$  は高輝度部分の立体角投射率

低輝度部分に順応したのち、シャッターを開くことによって高輝度部分が現われる第1実験と、順応視野で順応後に、被験者が評価視野に移動する第2実験を行った。被験者は第1実験が平均年齢22.1歳の学生20名、第2実験が平均年齢22.0歳の学生10名とした。

(4) 窓面内輝度分布が不快グレアに与える影響に関する実験 (2007年度)

本実験では、対向建物と天空の2つの部位によって構成される窓面内の輝度分布を扱い、窓面内の輝度対比が不快グレアに与える影響を明らかにする。

図4に示す実験室を用いた。実験室の前方には、窓面(縦1,260mm、横1,600mm)を想定した光源装置(以降、模擬窓面と記す)が床上600mmの高さに設置してある。模擬窓面は、最大約10,000 cd/m<sup>2</sup>まで調光可能である。被験者の位置から見た模擬窓面の立体角は0.445 srである。

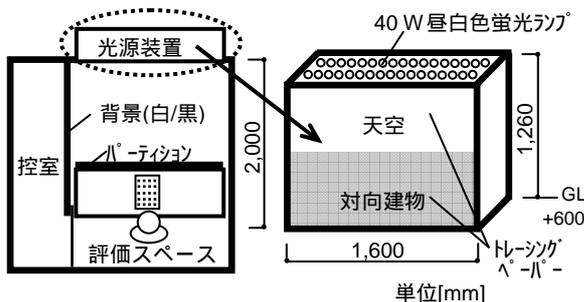


図4 実験室および光源装置

対向建物が十分に離れており、スカイラインが被験者の目線にある場合(スカイラインの床上高さ1,200mm、天空の立体角=0.265 sr、対向建物の立体角=0.180 sr)と、対向建物が近接しスカイラインが被験者の目線よりも上にある場合(スカイラインの床上高さ1,400mm、天空の立体角=0.191 sr、対向建

物の立体角=0.254 sr)の2条件に設定した。模擬窓面平均輝度2条件、天空と対向建物部分の輝度比5条件、背景輝度2条件とした。窓面全体をグレア源とした場合と、天空部分のみをグレア源とした場合のグレア感予測値PGSVを算出した。窓面内の輝度対比が比較的大きい条件では、窓面内の輝度比の方が、対向建物と室内表面の輝度比より小さいにも関わらず、対向建物を背景として扱った方が、安全側の予測値となった。被験者は平均年齢22.1歳の学生16名とした。

4. 研究成果

方法に対応させて成果を示す。

(1) 従来の不快グレアに関する文献調査

既往の大きい光源(UGRの適用範囲以上)のグレア式を「対比効果を緩和して対比を評価」「対比効果に総量効果を加算」「総量効果と順応効果を評価」に分類し、それぞれの対比効果と総量効果の扱いを明らかにした。実際の窓を用いた実験から回帰によって評価式を導くと「対比効果に総量効果を加算」となり、人工視野装置などを用いて個々の係数を決定する方法では「対比効果を緩和して対比を評価」となることを示した。

(2) 低輝度部分輝度をパラメータとした実験

前順応輝度を目の位置の鉛直面照度300lxで一定とした場合では、高輝度部分立体角0.1sr、1.0srで、グレア感低輝度部分輝度の影響を受けなかった。均一輝度視野との結果を比較すると、図5に示すように、高輝度部分が小さい場合には、輝度比1/5程度で視野内平均輝度による予測値と近い値となり、光源が大きい場合には、低輝度部分の違いによる視野内平均輝度の差が小さいため、グレア感に与える視野内平均輝度の影響が大きくなった。低輝度部分輝度を前順応輝度とした場合では、前順応輝度が低い条件では経過時間によるグレア感の減少が見られたが、高い条件ではグレア感が経過時間によって増加し、2分経過後には低輝度部分輝度の影響がみられなかった。結論として、総量グレアの存在は確認されたが、低輝度部分輝度を変化させるという方法では、対比から総量に移る条件を明らかにすることはできなかった。

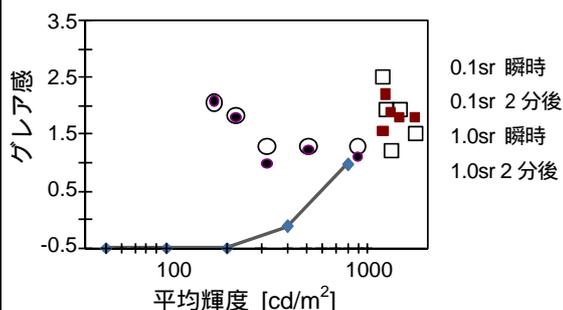


図5 平均輝度とグレア感

(3) 視野内平均輝度をパラメータとした実験

図6のような均一輝度視野のグレア評価曲線を示した。この曲線は平均輝度が 800 ~ 4000 cd/m<sup>2</sup> の範囲で、平均輝度を用いて計算した PGSV と 10% 以下の誤差で一致した。

低輝度部分輝度に順応しシャッターを用いた第1実験では、同じ平均輝度でも輝度比によって評価が異なり、輝度比が1に近い方がグレア感が有意に低くなった。また、輝度比が1に近い条件では同じ平均輝度となる均一輝度視野よりグレア評価が低くなった。一定輝度に順応し被験者の移動によって視野を変化させた第2実験では、輝度比による評価の差が見られず、平均輝度が等しい均一輝度視野のグレア評価と一致した。前順応輝度の影響の検討では、シャッターを用いた場合には前順応輝度が高い場合でも、順応輝度が低い場合より、グレア感を高く評価する場合があることを示した。

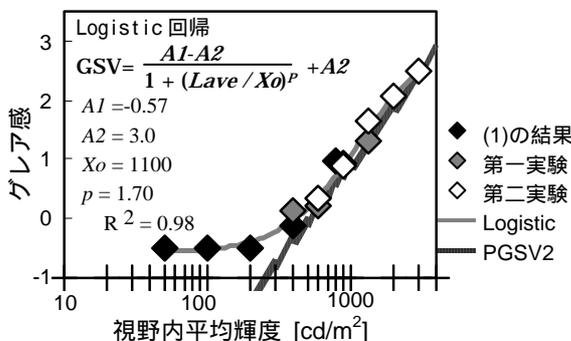


図6 均一輝度視野のグレア感

(4) 窓面内輝度分布が不快グレアに与える影響に関する実験

背景輝度が普通の条件 (100 ~ 200 cd/m<sup>2</sup>) では、光源内の輝度が均一の場合を除いて、光源全体をグレア源として予測したグレア感予測値 PGSV と申告値が概ね一致した(図7)。背景輝度が低い (10 ~ 30 cd/m<sup>2</sup>) 条件では、全体的にグレア感予測値よりも低い評価となった。安全側の設計、制御を行う場合、窓面内の輝度比が 1/2 ~ 1/20 程度であれば、窓面全体をグレア源とし窓面内平均輝度でグレアを評価して問題ないことが示された。

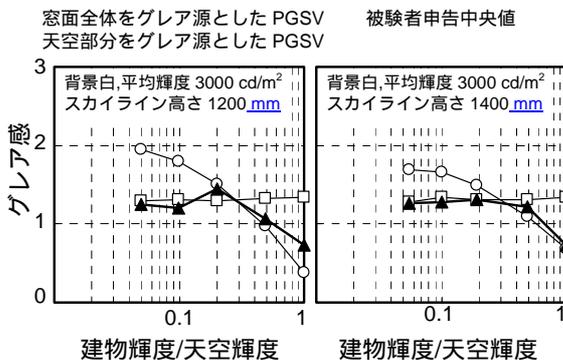


図7 均一輝度視野のグレア感

(5) まとめ

総量グレアの存在を明らかにし (2006 年度) 均一輝度視野のグレア感を示した (2007 年度)。また平均輝度で不快グレアを予測できる範囲について明らかにした (2008 年度)。輝度分布のある模擬窓では、通常背景輝度 (100 ~ 200 cd/m<sup>2</sup>) の場合、窓面内の輝度比が 1/2 ~ 1/20 程度であれば、窓面全体をグレア源とし窓面内平均輝度でグレアを評価できることを示した (2008 年度)。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. 望月悦子、伊藤大輔、岩田利枝、窓面内輝度分布が不快グレアに与える影響、日本建築学会環境系論文集、査読有、第 74 巻、2009 年、pp.277-282
2. 岩田利枝、佐々木良和、伊藤大輔、望月悦子、視野内平均輝度による総量グレア範囲の抽出、日本建築学会環境系論文集、査読有、第 74 巻、2009 年、pp.25-31
3. 岩田利枝、伊藤大輔、平野祐介、不快グレアの対比効果と総量効果、日本建築学会環境系論文集、査読有、第 622 号、2007 年、pp.13-23

〔学会発表〕(計 6 件)

1. Etsuko Mochizuki, Effects on discomfort glare of contrast between luminance of sky and that of ground, Balkan Light 2008, 2008.10.9, Ljubljana(Slovenia)
2. Toshie Iwata, Evaluation of contrast glare and saturation glare by using average luminance of the visual field, Balkan Light 2008, 2008.10.9, Ljubljana(Slovenia)
3. 岩田利枝、視野内平均輝度を用いた総量グレア範囲の検討、日本建築学会大会、2008 年 9 月 18 日、広島
4. 岩田利枝、不快グレアの総量効果に関する実験、日本建築学会大会、2007 年 8 月 30 日、福岡
5. 望月悦子、輝度分布が不均一な光源からのグレア、日本建築学会大会、2007 年 8 月 30 日、福岡
6. Toshie Iwata, Border between contrast glare and saturation glare, 26th Session of CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), 2007.7.6, Beijing

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

岩田 利枝、東海大学・情報デザイン工学部・教授、80270627

(2) 研究分担者

望月 悦子、千葉工業大学・工学部・助教、80458629