

多様な働き方を想定したオフィス空間に適した 昼光利用評価に関する研究

- 小林 光 東北大学・教授
- 川口 朱里 東北大学大学院(卒業)
- 朱 昱吉 東北大学大学院

研究背景

- ・ 今日、働き方の多様化の重要性が認識され、多様な「執務空間の環境」と「ノンエナジーベネフィット：健康性、快適性、生産性、etc.」の関係が注目されている。
- ・ 従来、昼光の評価は 机上面照度「エナジーベネフィット（省エネ）」と不快感「グレア(まぶしさ)」の回避が中心である。
- ・ 今後、昼光利用による「ノンエナジーベネフィット」を獲得するためには **リスク回避ではなく、環境向上を意図した積極的な評価が必要になる。**

昼光利用評価の課題

- ・ グレア指標の評価が必要以上に厳しいと、昼光利用を制限する可能性がある。
- ・ 使い易いグレア評価指標DGP (Daylighting Glare Probability)と評価プログラムの普及により、グレアに関する知見を持たずに定量評価できる状況が生じた。
- ・ 環境設計者は**グレアとその評価に関するより深い理解を必要としている。**

本研究の目的

本研究は**被験者実験によるグレア申告とグレア指標DGPを比較**。各種条件によるグレアへの影響を検討し、これをどのように計画に利用可能か検討する。また、**グレアに対する採光装置の効果を確認**することを目的とした。

実験①

昼光利用した空間における「**被験者の多様な行為に応じたグレア申告**」と「**DGP計算値**」の比較による、グレア評価指標の妥当性検討

実験②

採光ブラインドで「**積極的に昼光利用を行う執務空間でのグレア申告**」と「**DGP計算値**」の比較による、採光装置がグレアに与える影響の検討

実験③

空間の**光の色に注目した光環境とグレア評価、快・不快**の関係を検討

実験① 被験者の多様な行為に応じたグレア

空間

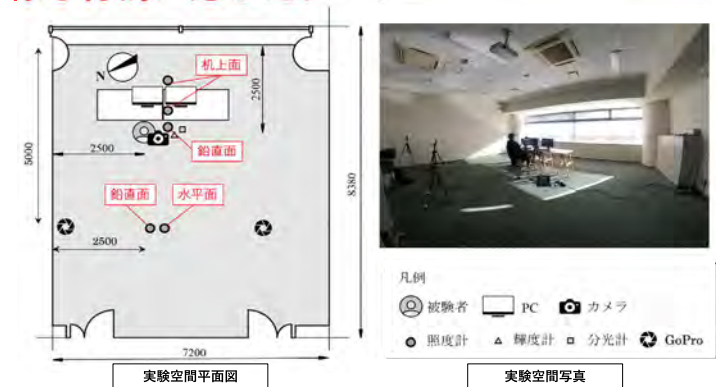
- ・ オフィス環境を模した教室に窓向きに机を設置。
- ・ 被験者はPCを使った作業を行なう。

被験者の行為

- ① **CON：執務状態**
PCによる文章入力作業
- ② **R(A)：リラックスA**
PCによるブラウジング
- ③ **R(B)：リラックスB**
景色や室内を見る

取得データ

- ・ 被験者による**2分毎の主観評価**
- ・ 輝度画像の取得と、**輝度画像によるDGP計算値**
- ・ 水平面、鉛直面照度
- ・ 被験者は**アイトラッカー**で視線行動、瞳孔径を記録



実験①

被験者

- 12名の大学生(20代男性7名、女性5名、眼の持病無)

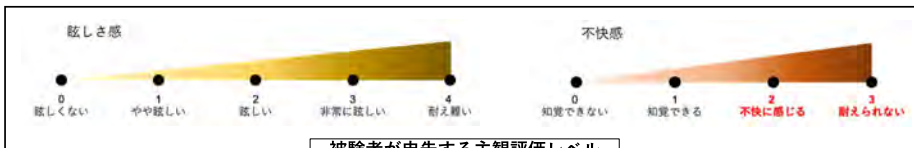
スケジュール

- 2022/12/5~12/28 AM
- 前半時間帯：7:50~9:40
- 後半時間帯：10:10~12:00



主観評価とレベル

- 被験者は眩しさ感と不快感を2分ごとに主観評価
- 眩しさ感5段階・不快感4段階
- 不快感4段階中、不快側の2 or 3 評価を「不満」とした

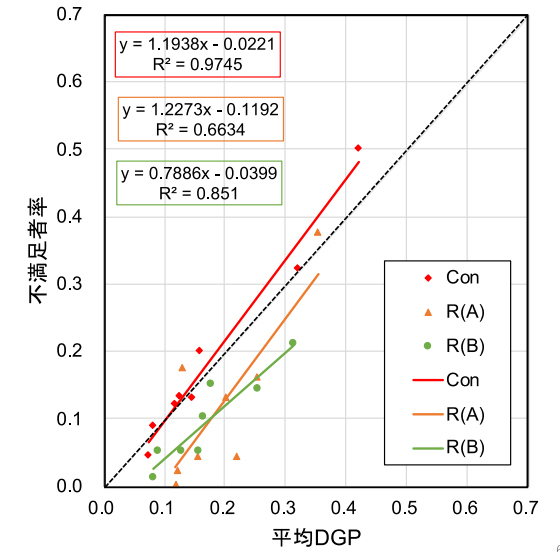


実験①結果

- 執務状態の評価を行うDGPと、行為CONは良い対応を示す。
- R(A), R(B) 共に不満足者率の緩和が確認される。

→ 行為はグレアに影響する。DGPは執務行為に最適化されている。

→ 執務以外へのDGP適用は、積極的な昼光利用を抑制する可能性がある。

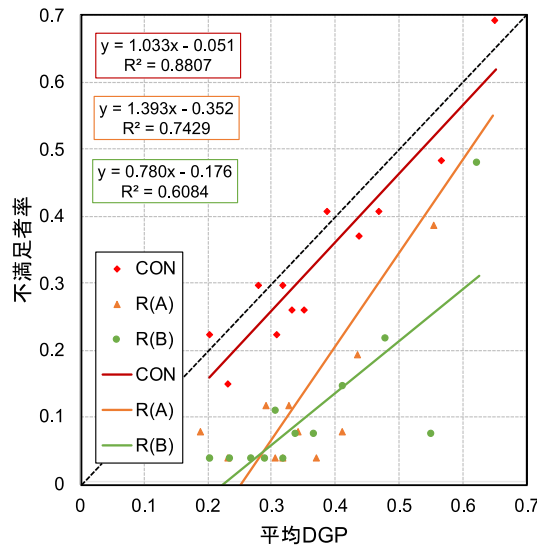


実験①

参考：予備実験の結果

- DGPの提唱者、Jangらの実験に近い条件の予備実験。
- 個室的な細長の小居室で、被験者のデスクを窓に対して45°に配置。

→ 予備実験時は、行為による緩和がより明確に確認された。



実験② 昼光利用を行う執務空間のグレア

空間

- 実験①の空間に、採光装置(採光ブラインド)を設置。
- 通常のブラインドを水平で固定。
- 採光ブラインド開・閉による影響を確認。

被験者の行為、取得データ

- 実験①と同じ

実験②は一般ブラインド全開、採光ブラインド開・閉



実験②

被験者

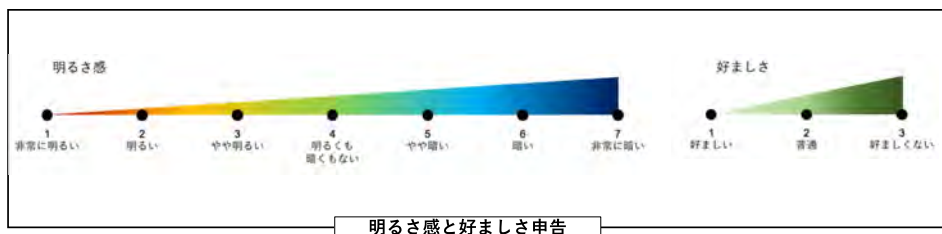
- 12名の大学生(20代男性7名、女性5名、眼の持病無)

スケジュール

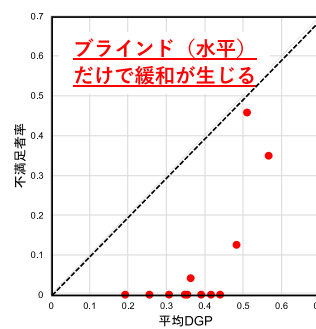
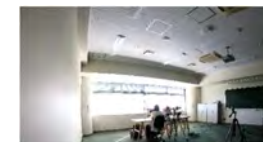
- 2023/10/4~11/16 AM (前半時間帯: 7:00~10:10, 後半時間帯: 10:40~11:40)

主観評価とレベル

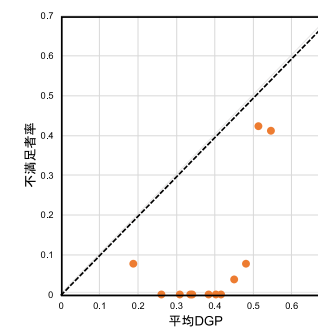
- 被験者は眩しさ感と不快感: 実験①と同じ
- 追加: 明るさ感と好ましさを休憩毎に主観評価



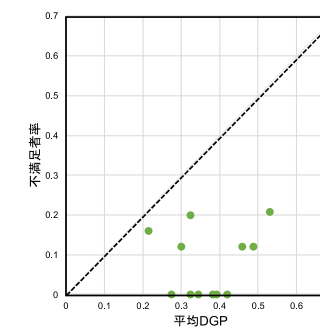
実験②結果 一般ブラインド開(水平) + 採光装置なし(採光ブラインド閉)



CON: 執務状態
PCによる文章入力作業

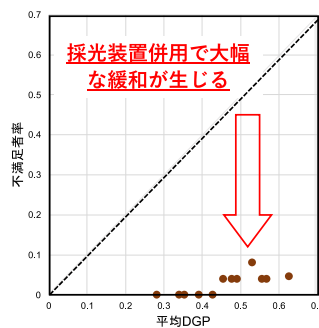


R(A): リラックスA
PCによるブラウジング

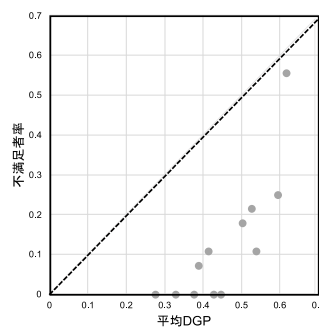


R(B): リラックスB
景色や室内を見る

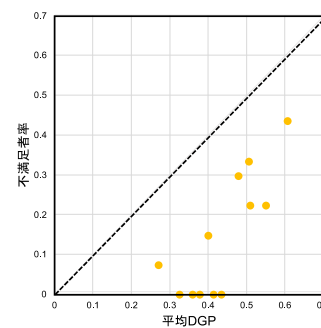
実験②結果 一般ブラインド開(水平) + 採光装置あり(採光ブラインド開)



CON: 執務状態
PCによる文章入力作業



R(A): リラックスA
PCによるブラウジング



R(B): リラックスB
景色や室内を見る

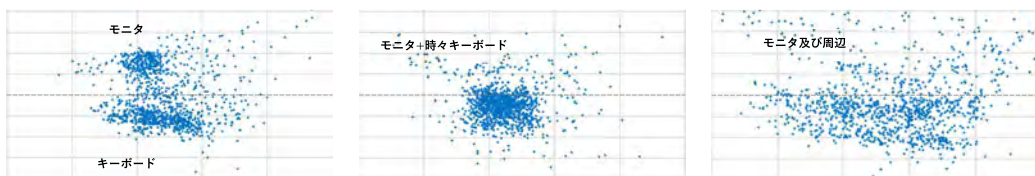
被験者実験 考察

- CON: 執務状態の視線行動
明暗の差のある手元と画面の間を視線が頻繁に往復する。

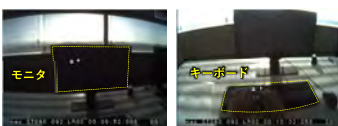


被験者実験 考察

- 視線行動は行為に依存。注視点の輝度変化(明↔暗)が大きいと煩わしい。
- 採光装置は室内の明るさを向上し、室内の輝度変化を緩和する。



眼鏡中心に対する視点座標 (右目)



CON: 執務状態
PCによる文章入力作業
(視点往復)



R(A): リラックスA
PCによるブラウジング
(画面に集中、手元は時々)



R(B): リラックスB
景色や室内を見る
(画面やその周りを見る)

左・右視点(口+)記録画像

被験者実験①② まとめ

- CON (執務状態) の申告は、DGP計算値と一致
- R(A)、R(B) 条件で、CON(執務状態)に比べ、グレア申告が緩和
- ブラインド+採光併用でグレア申告が大きく緩和
- 被験者の視線行動で、視野内の輝度分布が異なる。
CONはタイピング時に手元を見ることで、眩しさを感じ易いと考えられる。
- ブラインドと採光装置の採用は、背景輝度を下げ、手元の輝度を上げる。
その結果、グレア申告が大幅に緩和された可能性がある。
- DGPの評価は執務に特化。その他行為で不満足率を過大評価。
- 採光装置は光環境(特に輝度)調整でグレアを緩和する可能性がある。

実験③ 光の色に注目した光環境とグレア評価

被験者の行為

- CON: 執務状態で固定

光環境条件

- 採光条件: 実験①と同じ(ブラインド、採光装置無)

- 光色条件: 青色、黄色、ブルーライトカット+コントロール
(カラーフィルムを適用したメガネを着用)



青色環境



黄青色環境



ブルーライトカット環境



普通環境
(コントロール)

実験③

被験者

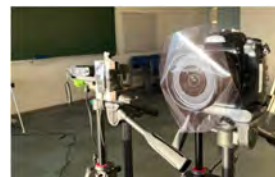
- 8名の大学生(メガネをかけない、眼の持病無)

スケジュール

- 2023/9/20 -11/30 AM

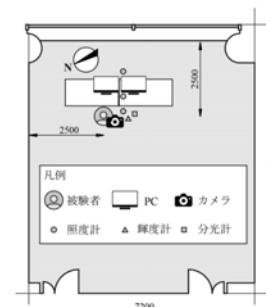
主観評価とレベル

- 明るさ感: 5段階
「暗い/普通より暗い/普通/普通より明るい/明るい」
- 不快感: 4段階
「知覚できない/知覚できる/不快に感じる/耐えられない」



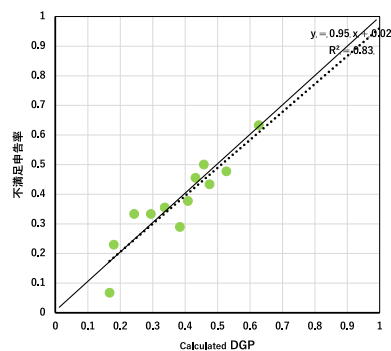
実験機器(カラーフィルムで覆う)

- デジタル一眼レフ (Nikon D-300S)
- + 魚眼レンズ (SIGMA4.5mm F2.8 EX DC FISHEYE HSM)
- 照度計 (T&D RTR-74)
- 輝度計 (TOPCOM Bm-9)
- 視線計測機 (nac EMR-9)
- 分光計測機 (MK3 5 0N)

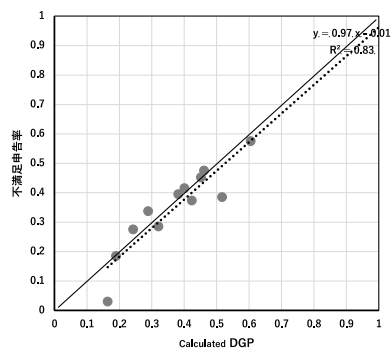


実験③結果 光色に変化のないケースのグレア

- グレア申告とDGP計算値は一致する



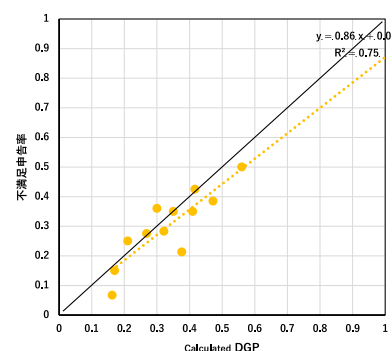
普通環境
(コントロール)



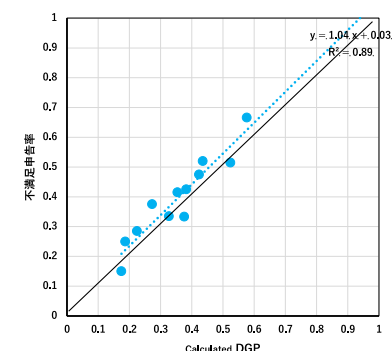
ブルーライトカット環境

実験③結果 黄色環境、青色環境によるグレア

- 黄色環境で不満申告が減少、青色環境で不満申告が増加。



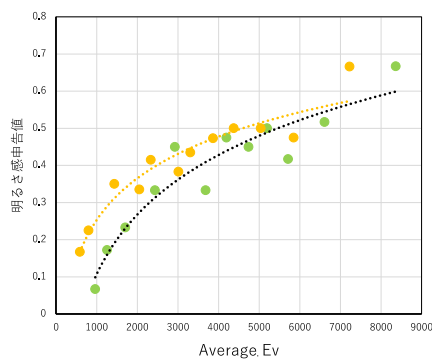
黄色環境



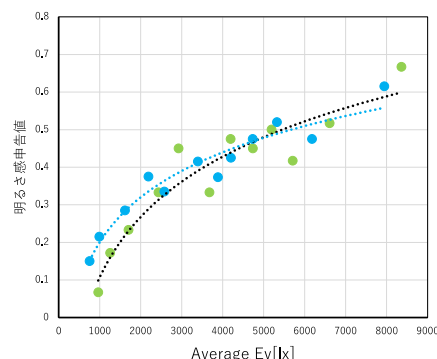
青色環境

実験③結果 明るさ感申告の比較

- 黄色環境、青色環境ともに明るさ感は上昇。



普通環境
(コントロール)



黄色環境

青色環境

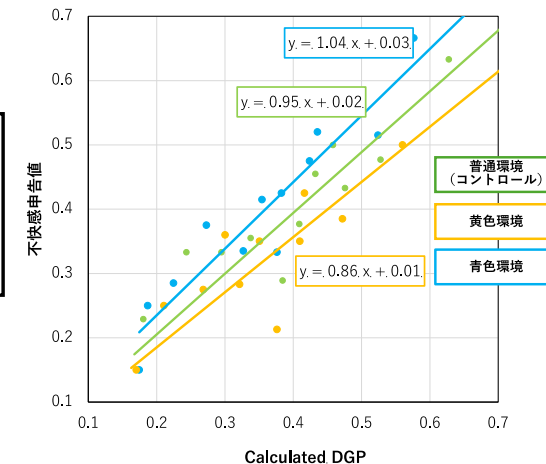
グレアの緩和効果を環境計画に反映する試み

- 実験結果よりDGPを光色によって補正したDGP colorを提案。

$DGP(color)$

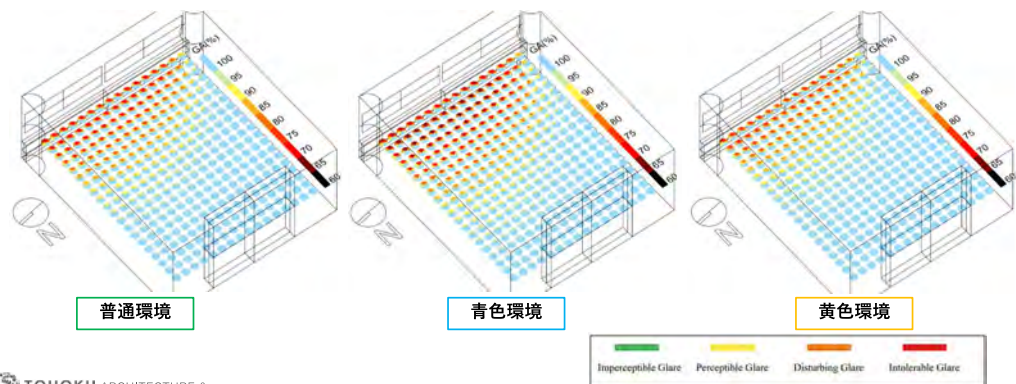
$$= \begin{cases} 1.04 \times DGP + 0.03 & (blue) \\ 0.86 \times DGP + 0.01 & (yellow) \end{cases}$$

- 光色に限らず、行為の影響などを評価しDGPを補正するアプローチも考えられる。



グレアの緩和効果を環境計画に反映する試み

- 適用例として、本研究の被験者実験室を対象として、年間グレアの比率を評価するGlare Autonomyを算出し、補正を適用した。青色環境でグレアが上昇し、黄色環境でグレアが減少。設計時の評価などに適用可能となる。



まとめ

- ✓ 昼光利用を推進する立場で **グレアに対する人の行為、採光装置、光色の影響を被験者実験**で評価した。
- ✓ 光環境の物理計測に基づいて算出可能な、グレア評価指標DGPを基準として、**行為、光色はグレア申告に作用する**ことを確認した。
- ✓ 実験を通じ、**採光装置の適切な利用はグレアを緩和する**可能性を確認した。
- ✓ グレアに関するより深い理解を得ると共に、**グレアの緩和効果を計画の評価等に反映する試案**を提示した。

ご清聴ありがとうございました。