

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 26 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21560612

研究課題名（和文） 時間的・空間的不均一視野における個人の視能力に配慮した明視性評価システムの開発

研究課題名（英文） Development of the assessment system which considered individual visual acuity in the non-uniformity visual field with time or space .

研究代表者 井上 容子 （ INOUE YOUKO ）

奈良女子大学・生活環境学部・教授

研究者番号：70176452

研究成果の概要（和文）：

設計者や環境管理者が平易に明視性を診断することのできるツールを提供することを目的として、実効輝度理論を適用し、「視野輝度分布とその時間的変化」「光源および視対象の分光特性」「観察者の年齢や視力」ならびに視野輝度や照明光色の「空間的・時間的変動に対する視的快適性」に配慮した明視性評価システムを提案している。影響要因の関係と重要度を、我々を取り巻いている視野の実態に基づいて整理し、要因間関係を関数化・標準化し、条件入力から評価出力までの流れを具体的に示している。

研究成果の概要（英文）：

The research purpose is for a designer and an environmental manager to of the evaluation system which can judge visibility easily. The base of the system is Effective Luminance Theory. The evaluation variables to the luminance distribution, its temporal response, the spectrum characteristic, age, the visual acuity and also visual comfortable are included in the system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：建築環境学

科研費の分科・細目：建築学 建築環境・設備

キーワード：視環境計画、明視性、実効輝度、不均一輝度視野、分光分布、時間的変動、視力、年齢

## 1. 研究開始当初の背景

生活空間は多彩になり、多様な色や光で構成された複雑な視野の中で、必要な情報を的確に捉えていくことが、安全確保のために重要である。情報量の増加とともに、視野の複雑化は加速されてきた。一方、その中で、人々は高齢化し視覚的に衰えた人たちが多くな

ってきたため、人々の視覚情報収集力を環境計画の中で保証しておくことが一層重要になってきている。

そのため、時間的、空間的に変化する複雑な視野における視対象の見え方（明視レベル）が予測・診断できる方法の構築が求められる。文書、サイン、交通標識、夜間の交差

点での歩行者、博物館・美術館における展示物など、明視レベル診断を要する対象は多岐に渡っている。

明視性確保は安全性や作業効率確保のための最重要項目である。にもかかわらず、設計条件から一連させた明視レベル推定手順が整理されていない（マニュアル化されていない）ため、チェック方法そのものが不明瞭で、設計者や環境管理者からは敬遠されてきた。しかし、評価の過程を部分的に取り上げた（断片的な）研究が蓄積され、研究代表者も必要な知見はほぼ一通り揃えてきたため、一連の過程をツール化して設計者や環境管理者が容易に利用できる形で提供したい。

## 2. 研究の目的

明視性の検討には専門的知識が必要であり、更に、現状では輝度分布把握から明視レベル算出までにはかなりの時間と労力を必要とするため、環境計画上の重要項目であるにもかかわらず、検討不十分なまま放置されがちである。そこで、この研究の目的は、この一連の過程をツール化して設計者や環境管理者が容易に利用できる形で提供することにある。

研究は「実効輝度理論を適用し、視野輝度分布とその時間的変化・光源の分光特性・観察者の年齢や視力に配慮した＜明視性評価システム＞の提案」と、カメラ撮影画像から明視レベルを算出することのできる「明視レベル計測器」の開発からなり、期間内では前者を達成目標とする。

提案システムは以下の特色を持つ。

- (1) 視野輝度の不均一さと視対象の大きさ・輝度対比の変化に実効輝度理論を適用して、統一的に解析する。
- (2) 視野輝度の時間的不均一さ（順応の時間変化）に対応できる
- (3) 光量だけでなく光色のチェック機能を有する
- (4) 利用者の視覚特性に応じて評価することができる

空間的・時間的不均一は、明視性は確保されたとしても視覚的不快感を招くことがあり、これは視環境計画時に第一に回避すべき事項である。そのため、当初計画には無かったが、不均一時の視的快適範囲（許容性）についても明らかにし、視的快適性が保証された明視性評価システムを提案する。

尚、提案システムは正常視覚者に対して適用され、ロービジョン者や色弱・色盲者は本システムの適用外とする。

## 3. 研究の方法

研究代表者は、視認能力の統一的解明のために実効輝度理論を提案しており【1989】、

これを用いると任意の輝度分布視野について、視認のための実刺激と順応輝度を求めることができる。視対象の大きさ・形の違いによる見え方の変化から視野内の高輝度源による視対象の見え方の変化まで全て分析可能である。更に、年齢や個人の視力を考慮した視認能力の推定方法、視野輝度の変等動の非定常時の視認能力推定方法（動的評価法）も提案している。これら研究成果を組み合わせることで、視対象条件、視野条件、観察者の条件を組み込んだ（配慮した）明視レベルの推定方法（視認能力の予測法）を提案する。

研究は以下の手順で、既存データの活用と新規視認実験・調査によって展開している。

視認実験被験者は、若齢者は大学生、壮齢者は会社員、高齢者はシルバー人材センター登録者である。加齢に伴う視覚の老化現象以外の視覚障害はなく、白内障や視力低下に対しては適切な処置を行っている。

- (1) 我々を取り巻く視野の輝度分布の実態を視野事例の収集を実施して把握し、その時間的・空間的な変化を分析
- (2) (1)で得られる視野の実態に基づいて、全視野の輝度分布から明視レベル算出までのシステム構成を整理・確認
- (3) 申請者自身の研究も含め、既往研究を調査・整理し、有用な視認実験データを収集（既往知見の活用）
- (4) 要因間の関係を、(3)で整備されるこれまでのデータと必要に応じて新たに実施する実験に基づいて標準化
- (5) (4)で得られた各関数・特性を組み合わせ、全視野の輝度分布から明視レベル算出し、更に視的快適性のチェックまでの過程の明示

## 4. 研究成果

日常生活の中で、我々を取り巻く視野の実態を視野事例の収集・分析を通して把握した結果、明視性を決定する重要要因として、明視三要素（視対象の大きさ・輝度対比、背景輝度）に加えて、以下の「光」と「ヒト」に関する要因を評価システムの中に組み込むこととし、各要因の影響について検討した。

- (1) 視野輝度の空間的不均一
- (2) 視野輝度の時間的不均一
- (3) 色・光色
- (4) 視力
- (5) 年齢

以下に、各項目について得られた主要な知見を紹介する。最終的には各要因の影響を実効輝度関数に組み込むことで視認性が評価される。尚、視的快適性については、視野輝度の空間的不均一さと、視野輝度と照明光色の時間的不均一さについて、解明している。

(1) 視野輝度の空間的不均一の影響

ここでは、まず、提案システムの第一の特色であり、独自性である実効輝度理論による明視性解明のために、実効輝度関数を定量化している。

視野輝度が不均一であることに依る視認能力への影響を中心窩刺激量（実効輝度）の変化で捉えるために、輝度差弁別閾値（視認能力指標）の変化、順応輝度の変化を定量的に把握し、これらの予測関数を求めている。

また、視的快適性をチェックするために、作業面と周辺との照度バランスの許容率の評価図を提示している。

① 実効輝度関数

半視野光源実効輝度関数

$$F(\theta) = e^{a+b\cdot\theta} + e^{c+d\cdot\theta}$$

$\theta$  : 単位輝度の半視野境界からの距離 [min]

点光源実効輝度関数

$$F\omega(\theta) = e^{a'+b'\cdot\theta} + e^{c'+d'\cdot\theta}$$

$\theta$  : 単位輝度の点光源からの距離 [min]

e : 自然数、a~d、a'~d' : 定数

② 輝度差弁別閾値と順応輝度増加量

$$\log\Delta L_{th}(\alpha)$$

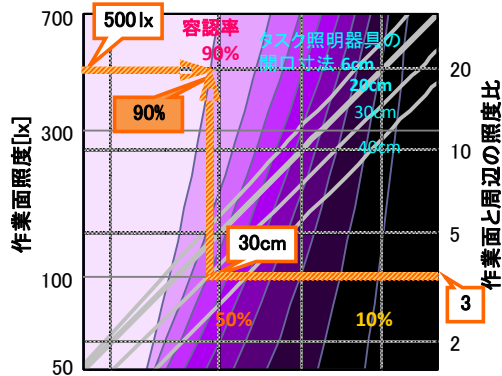
$$= a \cdot (\log(Lb + \Delta La))^2 + b \cdot \log(Lb + \Delta La) + c(\alpha)$$

Lb : 近接背景輝度、 $\alpha$  : 視標の大きさ

$\Delta L_{th}$  : 輝度差弁別閾値、 $\Delta La$  : 順応輝度増加量

a, b, c( $\alpha$ ) : 定数

③ 適正照度バランスの評価図



(2) 視野輝度の時間的不均一の影響

明視性評価において空間的な分布だけでなく、時間的な分布、即ち順応の時間変化をシステムに組み込むことは他に類を見ない本課題の特色である。

この視野輝度の時間的変動による輝度差弁別閾値（視認能力指標）の時間変化に関しては、研究代表者の過去の代表的成果の一つである動的順応輝度関数（当時は評価図のみ）を、視認能力の回復率として関数化して組み込むことで対応している。加えて、変動の視的快適性を保証するための適正変化速度評価図の求め方を示している。

① 視認能力の回復率

暗順応 :

$$R(T) = 1.1 / \{1 + 10^{(-0.7 \log \frac{T^{2.44} \cdot L_2}{L_1} - 0.67)}\}$$

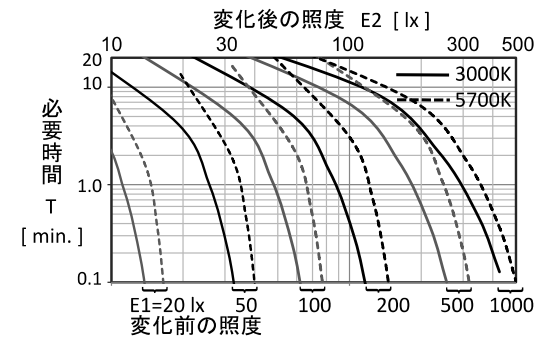
明順応 :

$$R(T) = 1.04 / \{1 + 10^{(0.445 \log \frac{L_2}{T^{5.5} \cdot L_1} - 0.643)}\}$$

T : 変化後の時間(秒)、L1 : 前順応輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

L2 : 変化後の視野輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

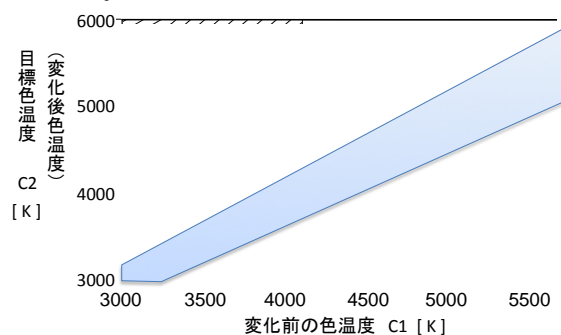
② 許容変化速度の例（許容率 80% の場合）



(3) 色の影響

色の明視性への影響を、視対象、グレア源（視野内の散乱検討部位のこと）、照明光について、それぞれ検討し、いずれの場合も青で明視性が低下し、赤では向上することを明らかにしている。また主観色ではなく、視対象や照明光の分光特性、特にピーク波長と明視性との関連が強いことも示している。

更に、照明光色の時間的変動の視的快適性をチェックするための評価図の求め方を得ている。下図はその一例（許容率 80% の場合）である。



(4) 視力の影響（屈折力の個人差）

本項の視力と次項の年齢は、視認能力に個人差をもたらす主要要因である。誰がその空間を利用するのかという使用者属性（視覚特性）を明視性評価システムに組み込むために必要不可欠な要因であり、これらヒトの視覚特性を組み込むことも、本課題の特色である。

視力により水晶体の屈折率が異なることから、低視力では輝度差弁別閾値が高く、指

標が小さい場合にその傾向がより明確に現れる。また、中心部における屈折率の違いは、周囲への眼球内散乱光量に変化をもたらし、低視力では視野中心部における眼球内散乱光量が多くなることを、視認実験データに基づいて数量的に明示している。

輝度差弁別閾値ではなく、視力を個人の視認能力指標として用いるのは、利用者の属性としての把握が容易なためである。

#### (5) 年齢の影響（散乱性能の個人差）

水晶体の混濁（白内障）、角膜や水晶体の高次収差の変化など、加齢に伴う視機能変化（散乱性能の老化現象）を総括し、これを評価対象者の属性として把握が容易な年齢を指数として表す。

年齢による散乱特性の違いを、年齢によるポジションインデックスの変化として求めている。白内障の自覚症状が見られない正常視覚者を被験者としたことから、同一視力であれば、視野中心部近傍での散乱光量に年齢差は認められない。一方、視野周辺からの散乱光量は高齢者の方が多いことを確認している。これは、水晶体の混濁が皮質周辺部分から生じるという加齢に伴う視機能変化と一致している。

また、加齢に伴う散乱特性の変化の明視性への影響は、評価メカニズムが異なる不快グレアにみる加齢の影響と類似しているという新知見を得ている。

#### (6) 明視性の評価フロー

視野輝度の時間的・空間的分布、視対象の分光反射率および照明光の分光分布、利用者の視力と年齢を入力とし、実効輝度関数から順応輝度増加量を得ることで、順応輝度、輝度差弁別閾値の順に求まる。同時に実効輝度関数から視対象の実効輝度差を得る。実効輝度差と輝度差弁別閾値との比率から明視性が判定される。更に、今回求めた不均一時の視的快適性データに基づいて、空間的・時間的変動に対する視的快適性が判定される。

視野輝度分布からスタートして、必要条件を入力することで、明視レベルを算出する流れと、評価に必要な関数や評価図を定量的に具体的に提案しており、当初目標を達成している。更に空間的・時間的不均一に対する視的快適性の判定も可能としている。

これを実用化するためには、視野情報を取得し、これから明視レベルを算出することのできる明視レベル計測システムの開発が必要である。既存のデジタルカメラ等による輝度分布計測システムに、今回の成果（各影響要因の関数）を組み込む。そして、その予測精度を検証する。引き続きこれらについて研究を進め、視的快適性を保証した明視レベル

計測システムの実用化を目指したい。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計 31 件）

- ①池上陽子, 井上容子, 原直也: 実効輝度による順応輝度予測法に関する研究、一高齢者と若齢者における順応輝度増加量の方位性について一、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, 2012. 9. 12 (名古屋)
- ②丸山悠, 井上容子: タスク&アンビエント照明に関する研究 (その 2) 一複数のアンビエント照明を用いた効果的な壁面照明手法一、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, 2012. 9. 12 (名古屋)
- ③大江由起, 井上容子: 若齢者と高齢者の快適照明用件に関する研究(その 1)、行為別の適正な照度と調光速度、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, 2012. 9. 12 (名古屋)
- ④池上陽子, 井上容子, 原直也: 実効輝度を用いた視環境評価法に関する研究 その 3、高齢者と若齢者における順応輝度増加量の方位性について、日本建築学会近畿支部研究報告集 第 51 号・環境系, 2012. 6. 16 (大阪)
- ⑤丸山悠, 井上容子: タスク&アンビエント照明に関する研究、一アンビエント照明の配光が容認される周辺照度に与える影響一、日本建築学会近畿支部研究報告集 第 51 号・環境系, 2012. 6. 16 (大阪)
- ⑥大江由起, 上埜亜由美, 井上容子: 若齢者と高齢者の快適照明用件に関する研究(その 1)、調光・調色の適正速度、日本建築学会近畿支部研究報告集 第 51 号・環境系, 2012. 6. 16 (大阪)
- ⑦井上容子, 上埜亜由美, 大江由起: 若齢者と高齢者の快適照明用件に関する研究(その 2)、各種生活行為に適した光量と光色、日本建築学会近畿支部研究報告集 第 51 号・環境系, 2012. 6. 16 (大阪)
- ⑧Maruyama Haruka, Inoue Youko: THE STUDY ON THE TASK AND AMBIENT LIGHTING -THE EFFECTS OF TASK LIGHTING AREA AND THE FRONT WALL ILLUMINANCE-, 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROCEEDINGS, pp. 355-358, 2011. 9. 22 (Dalian, China)
- ⑨井上容子, 石原美香: 快適性を保証する照明光の調節速度に関する研究 (その 1)、一調光速度について一、照明学会全国大会講演論文集, pp. 272-273, 2011. 9. 16 (愛媛)
- ⑩石原美香, 井上容子: 快適性を保証する照明光の調節速度に関する研究 (その 2)、一

- 調色速度について－, 照明学会全国大会講演論文集, pp.171-172, 2011.9.15 (愛媛)
- ⑪池上陽子, 工藤瑠美, 井上容子: 複雑な輝度分布視野の順応輝度に関する研究－グレアの実態調査－, 照明学会全国大会講演論文集, pp.104-105, 2011.9.15 (愛媛)
- ⑫丸山悠, 井上容子: 作業面と周辺の照度バランスに関する検討(その3)－タスク照明の照射範囲と壁面照度の影響－, 照明学会全国大会講演論文集, pp.96-97, 2011.9.15 (愛媛)
- ⑬池上陽子, 井上容子: 輝度差弁別閾値と視力との関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.477-478, 2011.8.23 (東京)
- ⑭丸山悠, 井上容子: タスク&アンビエント照明に関する研究－タスクの照射範囲と壁面照度がタスクアンビエント比の容認率に与える影響－, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.487-488, 2011.8.23 (東京)
- ⑮石原美香, 井上容子: 快適性と消費エネルギーに配慮した照明方法－調光・調色速度に関する検討－, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.495-496, 2011.8.23 (東京)
- ⑯Inoue, Y. Maruyama, H.: STUDY ON ILLUMINANCE BALANCE BETWEEN WORKING AREA AND AMBIENT-EFFECTS OF THE DISTRIBUTION OF LUMINOUS INTENSITY OF TASK LIGHTING AND SUPPLEMENTARY LIGHTING TO FRONT WALL-, 27th Session of the CIE South Africa 2011 PROCEEDINGS Volume 1 Part 2, pp.1116 - 1126, 2011.7.10 (Sun City, South Africa)
- ⑰池上陽子, 工藤瑠美, 井上容子: 夜間街路照明によるグレアの実態と住民意識に関する調査, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第50号・環境系, pp.1-4, 2011.6.19 (大阪)
- ⑱石原美香, 井上容子: 生活リズムと消費エネルギーに配慮した快適照明、－調光・調色に関する検討－, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第50号・環境系, pp.5-8, 2011.6.19 (大阪)
- ⑲丸山悠, 井上容子: タスクアンビエント照明に関する研究－器具の配光がタスクアンビエント比の容認率に与える影響－, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第50号・環境系, pp.57-60, 2011.6.19 (大阪)
- ⑳Youko INOUE, Yoko Ikegami, Naoya HARA: EFFECTS OF CHROMATIC LIGHT ON VISIBILITY-DISTINCTION THRESHOLD AND EQUIVALENT VEILING LUMINANCE-, AIC 2011 MIDTERM MEETING, ZURICH - INTERACTION OF COLOUR & LIGHT IN THE ARTS AND SCIENCES Conference Proceedings, pp.430 - 434, 2011.6.7 (Zurich, Switzerland)
- ㉑池上陽子, 井上容子, 原直也: 不均一輝度視野における視認性の解明－高齢者と若齢者の眼球内散乱光への光源方位の影響－, 日本家政学会大会研究発表要旨集, pp.170, 2011.5.30 (千葉)
- ㉒Ikegami Yoko, Inoue Youko, Hara Naoya: Evaluation Method of Visibility by Effect Luminance Considered Individual Visual Ability: The Influence of Age Visual Acuity on Intraocular Scattering Light, 3rd Lighting Symposium of China, Japan and Korea PROCEEDINGS, pp.71 - 74, 2010.9.29 (Seoul, South Korea)
- ㉓池上陽子, 井上容子, 原直也: 実効輝度による順応輝度予測法に関する研究－実空間における視認閾への視力と加齢の影響－, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.509-510, 2010.9.11 (富山)
- ㉔井上容子: 有彩色光照明下の視認性と明るさ感, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.503-504, 2010.9.11 (富山)
- ㉕池上陽子, 井上容子, 原直也: 複雑な輝度分布視野の順応輝度に関する研究－有彩色高輝度面の輝度差弁別閾値への影響－, 照明学会全国大会講演論文集, pp.141, 2010.9.7 (大阪)
- ㉖井上容子, 松井千佳: 作業面と周囲の照度バランスに関する検討(その2)、－照明空間の印象と作業性－, 照明学会全国大会講演論文集, pp.110, 2010.9.7 (大阪)
- ㉗池上陽子, 井上容子, 原直也: 実効輝度を用いた視環境評価法に関する研究 その1－輝度差弁別閾値、順応輝度増加量への視力と加齢の影響－, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第50号・環境系, pp.21-24, 2010.6.19 (大阪)
- ㉘井上容子, 池上陽子, 原直也: 実効輝度を用いた視環境評価法に関する研究 その2－実空間に存在する視対象の視認閾への視力と加齢の影響－, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第50号・環境系, pp.25-28, 2010.6.19 (大阪)
- ㉙池上陽子, 鈴木恭子, 井上容子, 原直也: 不均一輝度視野における視認性の解明、視認性への加齢と視力の影響, 日本家政学会大会研究発表要旨集, pp.121, 2010.5.30 (広島)
- ㉚Y. Inoue: STUDY ON ILLUMINANCE BALANCE BETWEEN WORKING AREA AND AMBIENT-CONSIDERATION OF INITIAL LIGHTING CONDITION, VISUAL TASK PERFORMANCE AND IMPRESSION OF LIGHTING-, PROCEEDINGS of CIE 2010 Lighting Quality and Energy Efficiency,

pp. 776-782, 2010. 3. 15 (Vienna, Austria)  
③池上陽子, 井上容子: 不均一輝度視野の明  
視性評価法に関する研究－視対象の分光  
分布の眼球内散乱光量への影響－, 日本  
人間工学会関西支部論文集, pp. 157-160,  
2009. 12. 5 (奈良)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

井上 容子 (INOUE YOUKO)  
奈良女子大学・生活環境学部・教授  
研究者番号：70176452

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

原 直也 (HARA NAOYA)  
関西大学・環境都市工学部・准教授  
研究者番号：00330176  
秋月 有紀 (AKIZUKI YUKI)  
富山大学・人間発達科学部・准教授  
研究者番号：00378928