

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K06608

研究課題名(和文)高齢者の視覚支援のための新規な明視性向上照明技術の構築

研究課題名(英文)Development of new lighting technology to enhance luminance contrast for older people to read better

研究代表者

明石 行生 (Akashi, Yukio)

福井大学・学術研究院工学系部門・教授

研究者番号：10456436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：紙面に印刷された文字の読み易さは、文字サイズ、輝度コントラスト、順応輝度により決まる。現在の照明基準は、順応輝度を高めることを推奨している。しかし、ヒトの目は加齢によりコントラスト感が低下するため、高齢者に対しては順応輝度を高めるよりも、輝度コントラストを高めることが重要である。従来の照明技術は、輝度コントラストを高めることはできなかった。そのため、今回、映像を照射対象物の形状に合わせて重畳するプロジェクションマッピング技術を応用し、黒い文字には照明せず、背景の白い紙の輝度を高めることにより、文字と背景の輝度コントラストを高めるといった新規の方法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、視対象とその背景とを別々に照明できる最新のプロジェクションマッピング(以降、PMと呼ぶ)技術と読み易さモデルを用いて、作業者に眩しさを感じさせないで視対象の輝度コントラストを向上する手段を提供し、個人差が大きい高齢者とロービジョン者の個人の視覚特性に応じて最適な視環境を提供するという独創性と新規性の高い特徴を有する。

科学的に効果が認知されていないが、これまで具現化手段が無かった知見をシステム工学の最新のPM技術を用いて実現することを特長とする。建築環境の構成要素として不可欠な照明器具に応用することにより、生活形態を変革し、持続可能な社会の構築に貢献する。

研究成果の概要(英文)：Readability of letters printed on a paper is determined by the letter size, luminance contrast, and adaptation luminance. Current lighting standards recommend increasing adaptation luminance. However, the contrast sensitivity of the human eye deteriorates while light scatters in eyeballs increase with aging. Therefore, it is more important to increase luminance contrast than adaptation luminance for the elderly. Conventional lighting techniques have not been able to enhance luminance contrast. Therefore, we proposed to apply the projection mapping technology that superimposes the image according to the shape of the irradiation target object to improve the luminance contrast. We have developed a new method that enhances the luminance contrast between the characters and the background by increasing the luminance of the background white paper without illuminating the black letters.

研究分野：建築環境工学

キーワード：輝度コントラスト 明視性 順応輝度 高齢者 ロービジョン グレア プロジェクションマッピング  
光幕

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

### 1. 研究開始当初の背景

印刷された文字の読み易さを高めるためには、文字サイズ、輝度コントラスト、順応輝度を適切に制御する必要がある。従来の照明は、このうち順応輝度を高めて文字の読み易さを向上する技術である。しかし、順応輝度がある程度の値に達すると、それ以上順応輝度を高めても、文字の読み易さは向上しなくなる。さらに、眩しさのために読み易さが低下する場合がある。この傾向は、眼球内の光散乱が増える高齢者ほど顕著である。眩しさを生じさせずに、文字の読み易さを向上させるためには、順応輝度だけでなく輝度コントラストを高めることが重要である<sup>1)</sup>。

周知のように従来の照明技術は、印刷された文字の輝度コントラストを高められない。しかし、Amano と Kato は、プロジェクションマッピング(PM)技術を用いて、リアルタイムで視対象の輝度コントラストを制御してロービジョン者の視覚支援するシステムを開発した<sup>2)</sup>。これは、黒い文字を照明せず、背景輝度を高めることにより、文字と背景の輝度コントラストを高める技術である。しかし、文字の読み易さを向上するためには、上述のように、順応輝度と輝度コントラストのバランスを考慮する必要がある。

### 2. 研究の目的

また、高齢者とロービジョン者の視覚特性には個人差が大きい。そのため、久野らは、個人の視覚特性に応じて高齢の被験者を分類して読み易さモデルを構築し、それに基づき順応輝度と輝度コントラストを最適化するアルゴリズム(図1)を考案した。そのシステムをPM技術に基づいて具現化することにより、その効果を実証した<sup>3)</sup>。

今回の実験では、読み易さモデルに基づいて高齢者とロービジョン者の視覚支援のために、図1の輝度画像を作成する工程と輝度コントラスト強調画像をプロジェクターで重畳投影する工程にAmano と Kato のPM技術<sup>2)</sup>を導入することにより、図1の処理をリアルタイムで行う機能モデルを開発した。

なお、今回の実験目的は、システムの効果を確認することであるため、評価の個人差が大きい高齢者ではなく、若齢者に評価していただいた。

### 3. 研究の方法

#### 3.1. 若齢者の読み易さモデルの構築

今回、久野らが高齢者を対象として行った実験と同じ実験装置、実験条件、実験手順<sup>3)</sup>を用いて、明視三要素を独立変数として文字の読み易さ評価実験を行なった。実験には、13名の被験者(平均年齢23歳)に参加していただいた。その結果に基づき、若齢者の読み易さモデルを構築した(図2)。(図2において等高線上の数値は読み易さの視標を示す。)

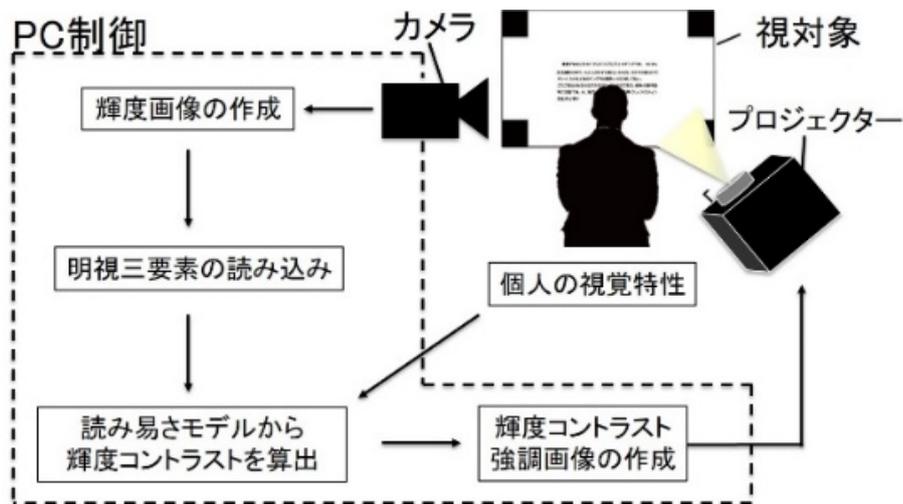


図1 システム構成図

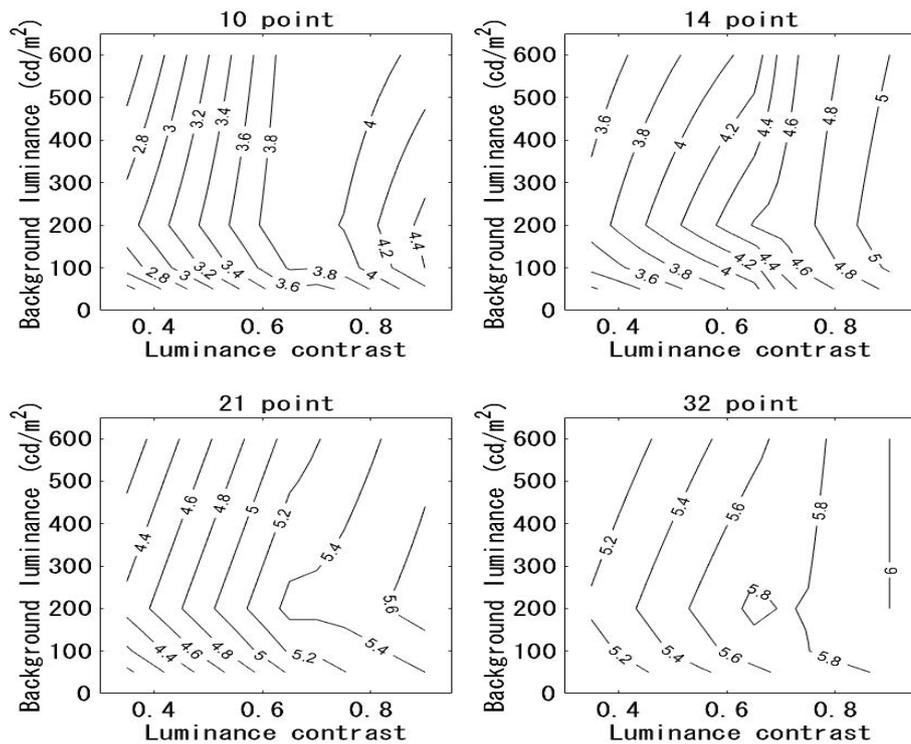


図2 若齢者の読み易さモデル

### 3.2. 実証実験

#### 実験装置

図3に実験装置を示す。プロジェクターにカメラを取り付け、被験者の斜め上方から視標に向けて照明した。この実験装置は、図1のシステムをPM技術の導入により実現した機能モデルである。視標は、白い紙面に印刷した明朝体（文字寸法：12.8ポイント）の縦書き日本語文（1枚当り500文字程度）とした。個人毎に文章を読むスピードが異なるため、内容が違う3枚の視標を用意した。ただし、いずれの視標も文字の背景に対する輝度コントラストは、0.45で一定にした。

#### 実験条件

顎台により、視標から40cm離れたところに被験者の眼の位置を固定した。表1に独立変数（輝度対比4水準×順応輝度4水準＝計16条件）を示す。上述のように、印刷した文字と背景の輝度コントラストは、常に0.45であったため、これらの独立変数は、上述の機能モデルを活用することにより、文字通り独立して制御できるようにした。なお、輝度コントラスト0.15と0.30は、効果の確認のために基準とした0.45から敢えて低下させた条件である。表2に従属変数（読み易さ評価6段階、眩しさ評価9段階）を示す。



図3 実験装置

表1 独立変数

独立変数の種類	水準
輝度コントラスト	0.15, 0.30, 0.45, 0.60
順応輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	150, 300, 450, 600

表2 従属変数

読み易さ評価		眩しさ評価	
1	読めない	1	ひどすぎる
2	やっと読める	2	ひどすぎると感じ始める
3	多少読みにくいを読める	3	不快である
4	苦勞せずに読める	4	不快であると感じ始める
5	読み易い	5	気になる
6	非常に読み易い	6	気になると感じ始める
		7	感じる
		8	感じ始める
		9	感じない

#### 実験手順

実験は次の手順で行った。①被験者は指定された座席に座り、5分間室内の明るさに順応した。②被験者は、プロジェクターで照明された3枚の視標の文章を1分間黙読した。その間、被験者は、自分のペースで読み、1枚目の視標が終わると用紙を捲って、次の視標の文章を読んだ。③その後、読み易さ評価と眩しさ評価をした。④輝度コントラストまたは順応輝度を変化させた条件下で②~③までを繰り返した。

#### 4. 研究成果

図4に各輝度条件に対する読み易さ評価の結果を示す。図4より、読み易さ評価は、すべての順応輝度において、輝度コントラストを低下させると読み易さ評価は低くなり、輝度コントラストを高めると読み易さも向上した。一方、ほぼ全ての輝度コントラストにおいて、順応輝度を高くしすぎると読み易さ評価は低下する傾向が見られた。眩しさの評価結果と考え合わせると、眩しさが指標を見にくくしたためと考える。

図5に一例として順応輝度150 cd/m<sup>2</sup>、輝度コントラスト0.45の視標を順応輝度300 cd/m<sup>2</sup>で輝度コントラスト0.60まで変化させた時に、モデルから予測される読み易さの変化を示す。図から、読み易さ評価は4.6から5.2まで向上すると予測されることがわかる。図4の実験結果に照らし合わせると、この条件下では5.0まで評価が高くなっていることがわかる。このことから、今回、コントラスト向上照明の機能モデルを使い、リアルタイムで視標の輝度コントラストを調整したことで、概ね予測値と同程度だけ読み易さが向上したことが分かった。

本実験では撮影画像から重畳投影する画像を生成する工程にAmanoらの技術<sup>2)</sup>を用いたが、処理速度、投影画像による残像などのリアルタイム特有の問題は生じなかった。そのため被験者には撮影した重畳画像の解像度の低下、また文字輪郭のボケなどが読み易さに影響しなかったことが考えられる。

本システムの本来の目標である高齢者の視覚支援の効果を実証するためには、今後、高齢者に評価していただく必要がある。

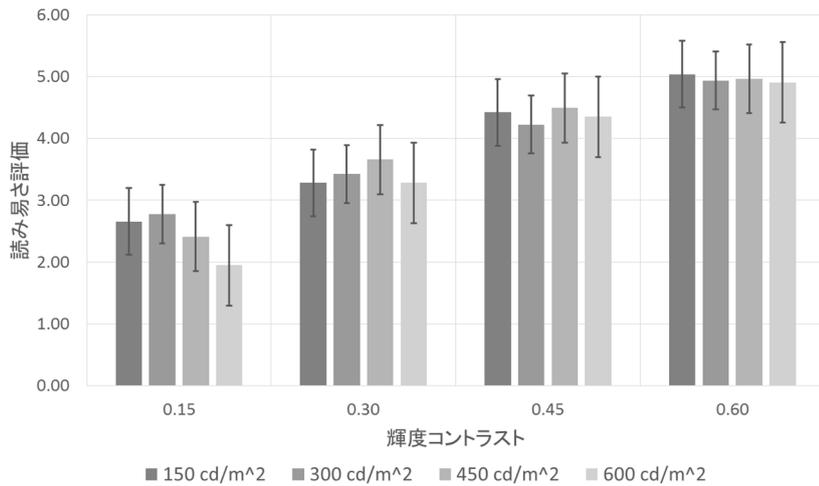


図4 読み易さ評価の結果

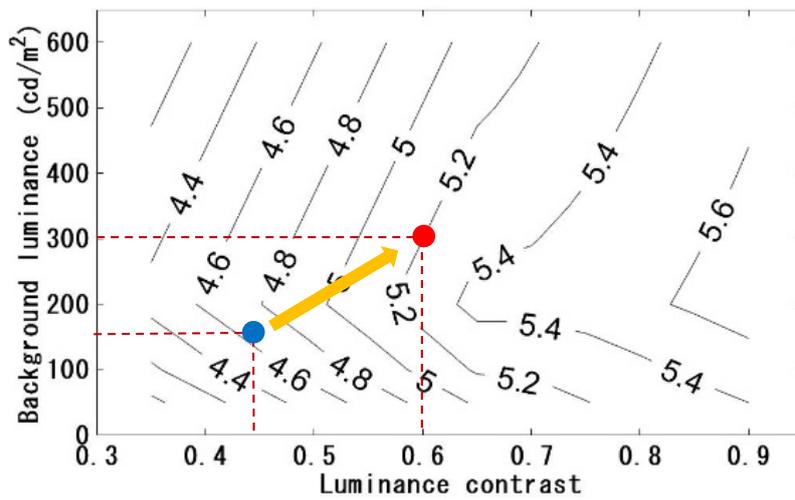


図5 諸条件間での読み易さ評価の変化予測

参考文献

- 1) CIE. 2017. CIE 227: 2017. *Lighting for older people and people with visual impairment in buildings.*
- 2) Amano T, Kato H. *Proceedings of CVPR 2010: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – Workshops.* June 2010: 57-63.
- 3) 久野悠太, 村上香織, 明石行生. 2019. *2019年度照明学会全国大会梗概集*, 発表番号 6-p-0

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Terai Norifumi, Iwamoto Kazushi, Akashi Yukio	4. 巻 41
2. 論文標題 Veiling Luminance Caused by a Peripheral Glare Source on Extra-Foveal Vision	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Science and Technology in Lighting	6. 最初と最後の頁 186-194
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2150/jstl.IEIJ170000605	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 久野悠太、明石行生、村上香織
2. 発表標題 高齢者のコントラスト感度に応じた文字の読み易さ
3. 学会等名 照明学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akashi, Y., Kojima, S., Aoki, T., Inatani, M.
2. 発表標題 AGEING EFFECTS ON DISCOMFORT GLARE SENSATION AND THEIR MECHANISMS
3. 学会等名 Conference on "Smarter Lighting for Better Life" at the CIE Midterm Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Murakami, K., Yuta, K., Akashi, Y., Aoki, T., Inatani, M.
2. 発表標題 Senescent changes in readability of letters with various sizes, luminance contrasts, and background luminances
3. 学会等名 Lux Pacifica 2018 in Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Akashi, Sayuri Kojima, Tomoe Aoki, Masaru Inatani
2. 発表標題 AGEING EFFECTS ON DISCOMFORT GLARE SENSATION AND THEIR MECHANISMS
3. 学会等名 Proceedings of the CIE Midterm Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Akashi Y, Akizuki Y, Cobham M, Itoh N, Miller N. J, Schlangen L-J.M, van den Broek Cools J.H.F	4. 発行年 2017年
2. 出版社 International Commission on Illumination	5. 総ページ数 67
3. 書名 CIE 227:2017 Lighting for older people and people with visual impairment in buildings	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 照明装置、照明方法および照明システム	発明者 明石行生、久野悠太、村上香織、稲谷大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-052179	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	天野 敏之 (Amano Toshiyuki) (60324472)	和歌山大学・システム工学研究科・教授	
研究協力者	稲谷 大 (Inatani Masaru) (40335245)	福井大学・医学系部門・教授	