

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 25 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24300248

研究課題名(和文) 日中韓の住生活スタイルに基づいた快適性と省エネルギーに配慮した照明計画の検討

研究課題名(英文) Suggestion of the illumination plan considered in comfort and energy saving based on a living style in Japan China and South Korea

研究代表者

井上 容子 (Inoue, Youko)

奈良女子大学・副学長

研究者番号：70176452

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円

研究成果の概要(和文)：経済・産業や生活圏がグローバル化する中、アジアの一員としての日本という視点に立ち、日本・中国・韓国と米国を検討対象とし、欧米型照明基準への追随ではなく、東アジアの風土と文化に根ざした東アジア型照明を考究し、生活の質的向上と省エネルギー化の両立を実現させるための資料を提供している。分析は、照明に関する意識・知識、住宅照明環境ならびに生活行為に関する実態調査、実験室および居住空間における照明環境評価実験、および照明基準などに関する文献調査に基づいている。さらに、LED光源の出現により、照明激変期ともいえる今日の照明環境の変化と居住者意識の5年間の変遷を記録している。

研究成果の概要(英文)：Economy and industry are globalized, so we have to research about residential lighting at a viewpoint as an Asian member. Lighting rooted in the climate and the culture of East-North Asia, not imitation to Europe and America type lighting standard is considered. The knowledge to make energy saving compatible with living quality improvement by lighting is offered.

Japan, China and Korea located in East-North Asia are researched and USA is taken up as a comparative target. It's analyzed based on following: (1)Survey of recognition, satisfaction and knowledge about lighting, (2)Survey of residential lighting and a life activity by a questionnaire and a measurement, (3)Experiment about Lighting evaluation in a laboratory and a home, and (4) Literature search about lighting standard.

Further, a yearly change in residential lighting environment is recorded in research duration for 5 years because lighting environment changes suddenly today by an appearance of an LED lamp.

研究分野：建築環境工学

キーワード：照明計画 住生活スタイル 省エネルギー 東アジア 照明基準 LED照明 実態調査 日中韓米

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 照明基準

2011年1月に従来の推奨照度だけの規程に照明の質的要件を加えた JIS Z 9110:2010 照明基準総則として改正されたが、その直後の東日本大震災（2011年3月）による電力不足に対処するための追補の発行（2011年5月）が契機となり、「JIS 照度基準値は高すぎないか」という論が再燃し、多様化した人々の諸活動が、安全、容易、かつ快適に行える視環境を作り出すために、生活文化に即した照明要件の究明が求められていた。

### (2) 適所適光

快適・節エネを前提とし、適所適光を掲げて提唱される多灯分散型照明が定着せず、その原因として照明スタイルと日本人の生活スタイルとの乖離が指摘されていた。また超高齢社会における自立した生活維持のための安全・快適な照明設計が希求されていた。

### (3) 照明技術

新光源 LED の照明界への目覚ましい台頭により、照明への社会的関心が高まり、快適・節エネを実現するための新しい照明を提唱する好機であると共に、照明技術のめざましい進歩により多様な照明手法が可能となり、照明による生活の質的向上と省エネルギー化の両立を実現する照明手法の提供が可能となってきた。

## 2. 研究の目的

経済・産業や生活圏がグローバル化する中、アジアの一員としての日本という視点に立ち、近隣の中国・韓国までを調査対象とし、推奨値に疑義の出されている現行 JIS 照明基準、および生活スタイルとの乖離故に十分に機能しない分散照明方式の見直しを、生活スタイル・省エネ意識・照明環境に関する実態調査に基づいて行う。

更に、LED 光源や調光・分散照明方式の実験室実験および一般住宅でのモニター実験、ならびに東北アジア各国の照明基準の変遷と社会背景に基づいて、欧米型照明基準への追従ではなく、東北アジアの風土と文化に根ざした東北アジア独自の近未来照明の提案を目指し、生活の質の向上と省エネルギー化の実現に資する知見を提供する。

また、固体光源（LED や EL）の出現により照明が激動している今を捉えて、住宅照明と居住者意識の変化を記録に残すことも重要な目的である。

## 3. 研究の方法

### (1) 照明環境の実態調査

日本（北海道から九州までの全域 2438 住宅、うち 832 住宅はネット調査）と中国（大連を中心とした 506 住宅）・韓国（大邱・ソウル・蔚山の 183 住宅）の主要都市の住宅照明を対象とした実態調査を実施している。これら東北アジアに対する比較対象として米

国（42 住宅）の調査も実施している。日本におけるネット調査を除くと、何れの国に於いても、大学生（老人大学を含む）の居る家庭や大学関係者の家庭が主たる調査対象である。

①住宅の照明の照明器具調査：住宅内の照明器具、使用光源、その使用状況、満足度などを調査し、住宅照明設備を把握するとともに、新光源 LED 器具の導入率を把握している。

②住宅内の照度測定：家族の共有空間である住宅居間を中心に、年齢・性の異なる家族各人の行為別照度を実測し、生活照度および照明点灯パターンの実態を把握している。

③居住者の意識調査：生活行為別の光環境の満足度および室の雰囲気評価、照明の改善希望とその理由および改善方法、省エネギ一行動、照明に関する知識について年齢別に分析し、居住者の生活スタイル・省エネギ一意識と照明環境の関わりを把握している。

### (2) LED 照明の評価実験

日本人を対象として、LED の高操作性を利用した一灯多機能照明やタスク & アンビエント照明方式による照明の質の変化や生活行為のしやすさを一般家庭等におけるモニター実験ならびに実験室実験に基づいて把握している。幅広い年齢層に対応できる設計用資料を提供するために、若齢者から後期高齢者までを対象としている。各実験の被験者数は 26 名～86 名である。

①モニター実験：日常のプライベートな生活空間で使用している光源や照明器具を、LED 光源や LED の高操作性を利用した照明器具に取り替え、変更前から変更後数週間～半年の間継時的に室の雰囲気、リラクセス度、生活の質の変化を 27 世帯 57 名の幅広い年齢層の居住者に評価してもらい、生活スタイルに見合う照明方法を検討している。

②実験室実験：明るさの空間分布や照明の調節方法を検討し、基礎資料を得るために、照明光の時空間分布に対する評価実験を高齢者と若齢者について行っている。

③実験室実験とモニター実験の整合性の検討：実験室実験結果を基に照明設計用資料を提案するにあたって、その適用可能範囲をモニター実験結果を基に検証している。

### (3) 照明環境・意識の経年変化の把握

住宅照明調査のうち、照明器具、満足度、照明知識について、日本国内では先行研究も含め 2011 年度からほぼ 1 年毎に調査を行い、LED 光源が住宅用照明として普及していく様と、その流れの中での居住者意識・照明知識の変化を捉えている。尚、この調査は、補助期間終了後も継続していく予定である。

### (4) 各国の照明基準調査

照明設計のあり方を考究し、東アジア地域の住宅照明基準の新しい方向付けを行うために、日中韓の照度基準等を調査し、その国際比較を行っている。東北アジア諸国（日中韓）に対する比較対象として米国の調査も実施している。

#### 4. 研究成果

##### (1) 居間の照明

##### ①東北アジア（日中韓）の実態

##### i) 照明器具

図1、図2に、居間の照明器具と使用ランプの調査結果を示す。3ヶ国とも天井直付け器具、即ち全般照明が主流であり、日本と韓国では吊下げ型の併用も多い。ブラケットやスポットライトなどの局部照明器具やスタンドなどの可動式器具の使用率は3ヶ国とも極めて低い。表1に、日本における居間の照明器具の組合せについての調査結果を示す。居住者は自宅の居間照明に概ね満足している。特に、ダウンライト、壁照明、スタンドを併用している場合に満足度が高い。

居間での使用ランプは、2012年時点では蛍光灯が主流であるが、4-(3)に述べているように、LEDの導入は着実に進んでいる。なお、今日の新築分譲住宅の既設照明器具は、殆どの場合でLED器具である。

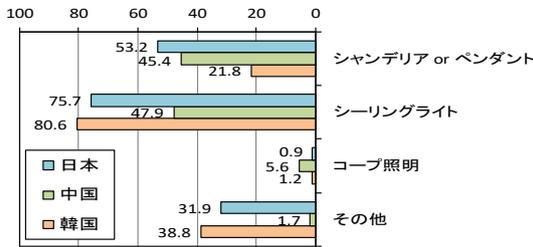


図1 居間の照明器具 (2011-2012)

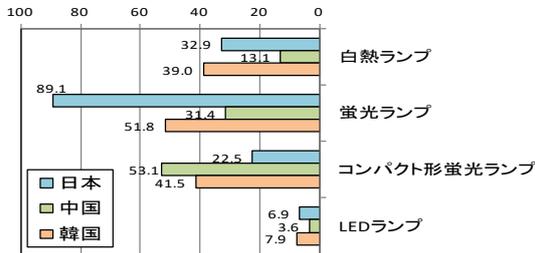


図2 居間照明のランプ (2011-2012)

表1 居間の照明器具の組合せ (2013 日本)

照明器具の組合せ	件数		満足率	
	住戸数	%		
天井1灯	直付け	243	32.2	85.9
	吊下げ	125	16.6	
天井多灯 (吊下げ含む)	ダウンライト有	124	16.4	91.1
	ダウンライト無	199	26.4	
天井+壁		17	2.3	88.2
天井+スタンド		16	2.1	87.5
その他		30	4.0	83.3
全体	754	100		84.4

##### ii) 夜間の生活行為と照度および満足度

3ヶ国とも夜間の居間では、TV・PC、会話、飲食、勉強・読書・書き物、裁縫・アイロン・洗濯物片付け、休息など多様な行為が行われている。しかし、全般照明が主流である事から、日本における分析結果 (N=517) では、生活行為に応じて照明点灯パターンを3種類以上に変更するのは18%にすぎず、2パターンが30%、変更無が53%である。そのため、生活行為による室内平均水平面照度に大差はない。しかし国による違いはあり、中国が

70 lx と低く、日本や韓国の約1/2である。

図3は居間における行為別照度の実測結果の一例であり、日本と中国の比較である。平均水平面照度や後述の照度基準値と同様に、作業照度は日本≧韓国≧中国である。照度値の違いだけでなく、図3に示すように、中国では作業面照度≒顔面照度(順応照度)であるのに対し、日本では作業面照度≧顔面照度である。一般に作業面照度≧顔面照度であるほど明視性は良く、照明の質が高いといえる。しかし、JIS照明基準では読書の推奨照度は500lx(300-750lx)、中国の照度基準は300lxであるが、実際にはかなり低い照度で行為が行われており、それぞれ基準を上回る事例は数パーセントにすぎない。

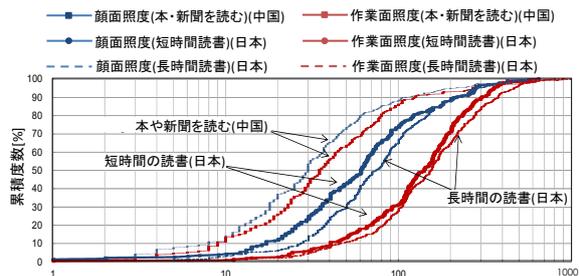


図3 生活行為別照度 (日本、中国)

中国では他の行為の場合も作業面照度、顔面照度ともに平均照度は100lx未満である。日本でも勉強、裁縫など読書と同等以上に明るさが必要な行為であっても200lx未満である。図4に示すように、日本の場合、このような居間照明の改善希望は約40%あるものの、82%が現在の照明環境に満足している。

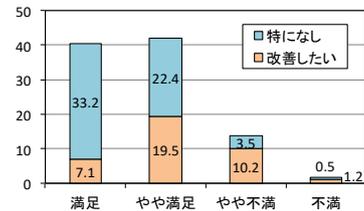


図4 居間照明の満足度 (日本)

##### iii) 居間照明の改善希望

図5に日韓の居間照明の改善希望を、図6に中国における住宅照明の問題点を示す。

明るさに対する改善希望や問題意識が3ヶ国共に高いが、日本で最も高いのはランプ種類の52.7%であり、消費電力や掃除のしやすさへの要望もそれぞれ37.8%、29.8%と高い。韓国では、明るさ58.7%に次いで調光機能52.3%、操作性36.7%、消費電力34.9%、器具デザイン33.9%となっている。中国では明るさ以上に調光機能への要望が高く40.8%であり、次いで掃除34.6%、明るさ29.2%、消費電力29.0%、寿命22.6%調色機能21.9%となっている。これら調光・調色、操作性、高効率・長寿命に対する要望や問題意識は、LEDへの変更に繋がっていく。

##### ②東北アジア(日中韓)と欧米(米国)の比較

照明様式、照度、照明の改善希望に日中韓と米国で大きな違いが見られている。ただし、

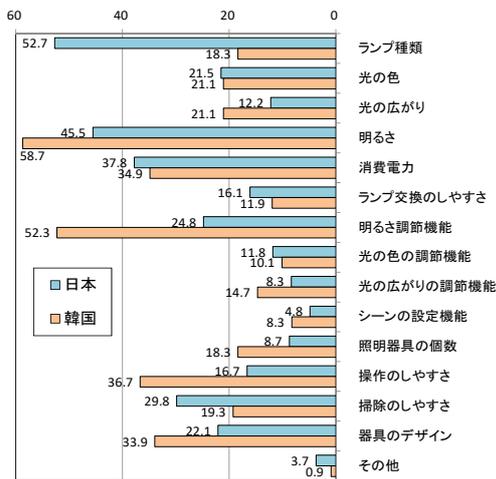


図5 居間照明の満足度 (日本、韓国)

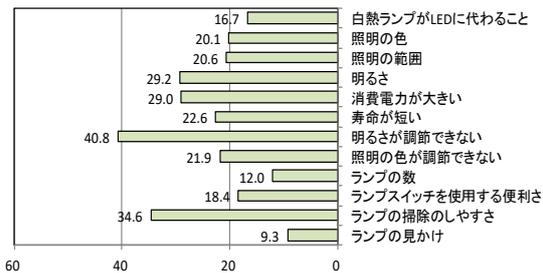


図6 住宅照明の現状の問題点 (中国)

日中韓各国と米国とは、取得データ数にかなりの差がある。

居間空間の照明様式は、日本、中国、韓国では若干の違いはあるが、前述のように天井照明を中心とした部屋全体を照らすあかりが中心となっており、テーブルスタンドやフロアスタンドは殆ど使用されていない。一方、米国では、日中韓の主流である天井直付け照明1灯は全く見られず、スタンド照明が中心のコントラストのある空間を構成している。米国の居間のスタンド使用率は73%であり、スタンドのみが16%、1件のみではあるが居間空間に照明器具のない住宅もある。

居間照明の改善希望として、ランプ種類、明るさ調節機能、消費電量が高いことは米国も共通している。他には、器具個数と明るさ増が高い。日本では調光機能付器具が約60%の住宅に備えられているが、米国では30%程度である。また、米国住宅の2013年におけるLED導入率は、同時期の東北アジアのおよそ1/2(約24%)である。

### (2) 住宅照明の適正条件

各種生活行為に対する適正な照度・色温度とその時空間分布(時間変化と空間的分布)を若齢層と高齢層について、照明環境を統制した実験室実験により明らかにしている。図7、図8に若齢者39名、高齢者26名による結果の一例を示す。

また、評価者の居住空間において、決められた照明環境下で一週間～数週間生活後の評価(モニター実験)から、受け入れられる照明環境(照度・色温度とその時間変化)を把握し、これに基づいて実験室実験結果の実空間への適用性を確認している。図9に結果

の一例を示す。実験室・居住空間ともに現在のIJS照度基準以下の照度でも高い満足度が得られる場合があることが確認されている。

モニター実験に於いては、照明の睡眠やストレスをはじめとする生理心理的影響も把握している。種々の他の要因が作用するにもかかわらず、ストレス指標である唾液アミラーゼと照明環境(照度・色温度)に、52名中17名(32.7%)で相関が見られている。光による生活の質改善作用の活用が期待される。

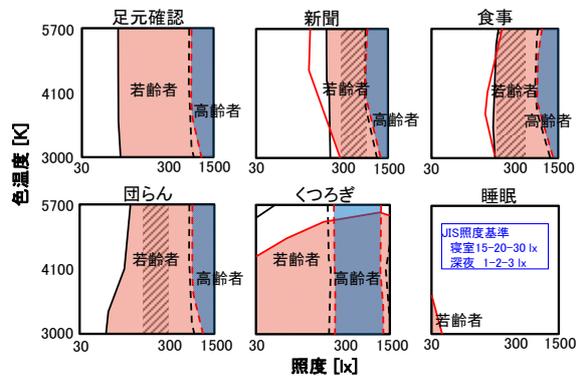


図7 生活行為別の照度と色温度

(許容率90% 黒線:明るさ感 赤線:色味感 斜線:JIS)

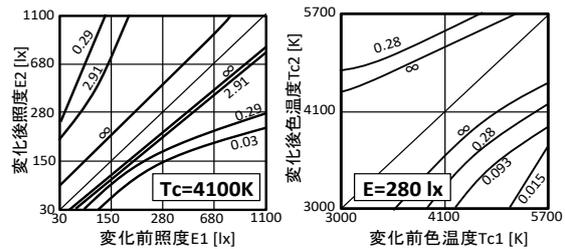


図8 調光調色速度(許容率95% 高齢者)

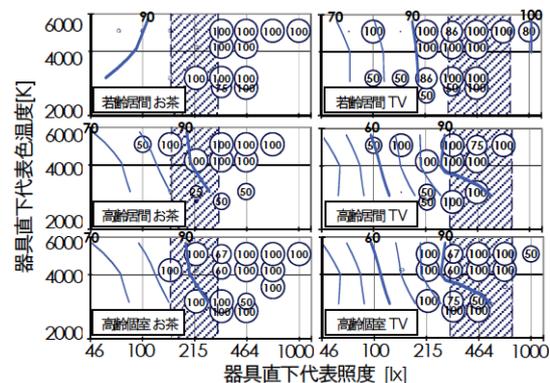


図9 明るさ感申告とJIS

(等高線:実験室許容率、パブル:モニター満足率、斜線:JIS)

### (3) 照明環境・意識の変化

LED住宅照明の普及状況と照明知識・意識の変遷について、先行調査を含めて、2011年度～2016年度の間継続的に調査し、照明に関する知識等の実態を年齢層、LED照明の導入、および導入希望別に分類して検討している。

#### ①LEDの普及率と導入による満足度

図10は、日本人大学生(生活科学系および工学系)の実家延べ2049戸の調査結果である。LED照明導入住戸は、2011年～2016年の6年間で26%から67%と、2.6倍の増である。

使用開始時期は2013年度では1年未満15%、

1年以上3年未満が59%で最も多く、3年以上26%である。一方、2015年度は1年未満が僅か5%と少なく、1年以上3年未満17%、3年以上前が51%で最も多く、LED導入が進んだ結果、直近の使用開始率は飽和している。

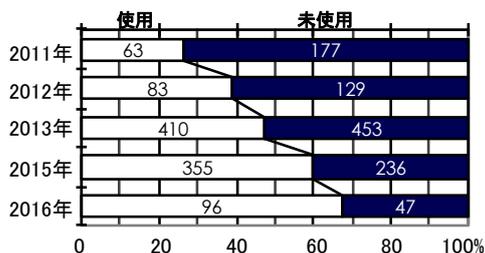


図10 LED住宅照明の普及（日本）

韓国住宅へのLED導入率は2011年26.0%、中国は、2013年44.4%であり、同時期の日本と同等の普及状況である。米国は調査数が少ないが2013時点で23.8%である。住宅へのLED照明の普及はアジアが先行している。

導入理由は、各国共通して、省エネルギー・長寿命である。特筆すべき点は、米国で、LEDの白っぽい光が導入理由に挙げられていることである。これまで住宅では白熱電球（低色温度光、赤っぽい）が中心に使われてきた米国で高色温度（白っぽい）光への関心がみられることは興味深い。

図11はLEDへの変更の有無と満足度の関係である。日本における2013-2015年の調査結果であり、過去2年以内に照明の変更を行った住宅が対象である。変更時にLEDを導入した住宅の方が満足度が高く、LED照明の住宅への導入推進に問題は無いと考えられる。LED照明には高性能の自動調光・調色機能を実装できるため、一日の暮らしを通じた調光・調色による健康・快適と省エネの両立をリードする照明の提案・普及が可能である。

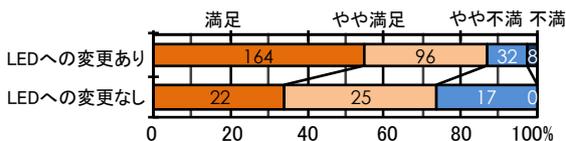


図11 照明変更時におけるLEDの導入と満足度

## ②LED照明の導入方法

2011-2012年には、LED照明の導入はランプのみ取替83.3%、器具の取替6.3%であり、従前のランプは電球67.5%、電球型蛍光ランプ32.5%であり、電球をLEDランプに取り替えることが主流であった。

一方、2013-2015年には、器具の取替が58.2%と急増し、2013年には蛍光ランプからLEDへの取替が61.7%、2015年には75.5%となり、電球が姿を消していく様が伺える。また、この変化の中で、ペンダント照明が天井直付け照明に変更され、年々ペンダント照明が減少している。

## ③照明知識・意識

照明に関する知識は日本≧韓国≧中国となっており、韓国と日本では特に各種ランプに対する知識に差が見られた。また、消費エ

ネルギーへの感心は中国が高いが、作業に合った調光や明るさが必要などの局部照明、例えばスタンド使用などの省エネ行動を実践する割合は日本が高い。

2011年度～2016年度における変化としては、LED使用群は、照明用語をはじめ照明に関する諸知識の認知率が僅かながら増加傾向にあり、継続的使用を含みLED使用希望群でその傾向がより明瞭なことである。

## (4) 住宅照明基準

国による相違は、主に基準値（照度レベル）と基準設定対象項目数にある。いずれも生活文化と社会経済が背景となっている。

設定箇所の分類は、日本では、作業場所で大分類がなされ、更にその中の室種、生活行為で分類されている。照度段階は1.5倍を原則とし、作業面照度で推奨値が定められ、前後1段階が条件による適用範囲とされている。韓国の基準照明は、日本を参考にして作られている。そのため、分類方法は、類似している。照度段階は日本よりもやや粗く、1.5～2倍で設定されている。基準値そのものには大きな差異はみられない。中国の分類も同様であるが、分類数が非常に少なく、基準値も日本や韓国と比べ低い。

これら東北アジア（日中韓）に対する比較対象として米国について調べた結果、米国の照度基準が日本の照明基準作成時に参考とされており、そのため分類方法はほぼ同等であるが日本よりも細かい。また、日本の基準にはない年齢要素が組み込まれている。3つの年齢層（25才未満、25-65歳、65歳超）別に水平面照度と鉛直面照度の各々について基準値が定められており、年齢による照度比は1:2:4である。

表2に、日中韓米の4ヶ国比較ができる項目について、各国の基準値を示す。基準照度レベルは、概ね日本≧韓国>中国となっており、中国の基準値は日本と韓国の1/2程度である。米国は、上述のように年齢層によって異なるため、25才未満では中国よりも低くなり、65歳超では日本よりも高くなる。

表2 日中韓米の照度基準

場所/行為	日本	中国	韓国	米国 *1
	推奨照度	照度標準値	標準基準照度	推奨照度
居間 読書	500	300	400	200 *2
寝室 読書・化粧	500	150	400	200
台所 調理台	300	150	400	300
全般	100	100 *3	100	50

\*1) 水平面 25-65歳 \*2) カジュアルな椅子 \*3) 一般活動

## (5) むすび

実態調査を通じて、住宅における生活照度の実態と照度基準との乖離が明確になり、各国の共通点と相違点についても把握された。また、実験室実験やモニター実験からも、JIS推奨照度より低い条件であっても、高い満足度が得られる場合が多いことが検証された。

本成果を活用して、快適性を損なわない必要十分な照明推奨値の提案、更には、照明に

よってアジアの健康・快適・安全な生活をリードする施策が希求される。また、OLEDやレーザーなどの新しい照明の台頭も予測されるため、引続き照明動向を把握し、新技術の客観的評価を発信することが重要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

① Sun Mingming, He Xiaoyang, Zou Nianyu, Zhang Yuncui, Inoue Youko, Miyamoto Masako, Kunishima Michiko: The Contrast and Analysis on the Residential Lighting in China and Japan, 照明工学報(中国照明学会誌), Vol.23, No.6, pp.24-29, 2012.12

〔学会発表〕(計 87 件)

①宮本雅子, 井上容子他2名: 住宅照明の実態—日本、韓国、中国、アメリカの事例研究—, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第57号・環境系, pp.93-96, 2017. 6

②宮本雅子, 井上容子他2名: 住宅居間の照明パターンの実態, 日本建築学会大会学術講演梗概 D-1 環境工学 I, pp.579-580, 2016. 9

③ Inoue Youko, Ikegami Yoko et al.2: Influence of Installing LED Lighting into One's Home on Recognition Ratio for Knowledge about Lighting, 9th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROC., pp.429-432, 2016. 8

④ MIYAMOTO Masako, INOUE Youko et al.3: ACTUAL CONDITION OF RESIDENTIAL LIGHTING IN JAPAN AND THE UNITED STATES, PROC. of CIE Lighting Quality and Energy Efficiency Conference, pp.P11, 2016. 3

⑤ KUNISHIMA Michiko, INOUE Youko et al.3: FACIAL ILLUMINANCE, WORKING SURFACE ILLUMINANCE AND SPACE EVALUATION AT VARIOUS ACTS IN JAPANESE RESIDENTIAL LIGHTING, PROC. of CIE Lighting Quality and Energy Efficiency Conference, pp., 2016. 3

⑥ Ikegami Yoko, Inoue Youko et al.2: AGE DIFFERENCE IN COMFORTABLE LIGHTING STUDY ON ILLUMINANCE AND CORRELATED COLOUR TEMPERATURE SUITABLE FOR EVERY ACTIVITY OF DAILY LIVING FOR INDIVIDUAL'S PRIVATE ROOM, 8th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROC., pp.105-108, 2015. 8

⑦大江由起, 井上容子: 加齢による視覚特性の変化に配慮した快適照明に関する研究—実空間での適正な調光・調色速度の検証, 照明学会大会講演論文集, pp.14-4, 2014. 9

⑧池上陽子, 大江由起, 井上容子他3名: 若齢者と高齢者の快適照明要件に関する研究作業面の明るさ感評価に関する実空間と実験室の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.413-414, 2014. 9

⑨井上容子他4名: 日本各地の住宅照明環境に関する実態調査(その1)~(その3), 照明学会大会講演論文集, 6-2, 6-3, 5-20, 2013. 9

⑩ INOUE Youko et al.4: Comfortable Energy

Saving Lighting of Residence by utilizing LED Lighting Technology - Preliminary Studies on Residential Evaluation to Changing Illuminance and Correlated Color Temperature -, 6th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROC., pp.67-68, 2013. 8

⑪ MIYAMOTO Masako, INOUE Youko, AN Ok-hee, ZOU Nianyu, et al.3: Comparison of lighting equipment in the living room of Korea, China and Japan, 6th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROC., pp.59-62, 2013. 8

⑫ KUNISHIMA Michiko, INOUE Youko, ZOU Nianyu, AN Ok-hee et al.3: Comparison of facial illuminance and working surface illuminance at various acts in Japan and China, 6th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROC., pp.73-76, 2013. 8

⑬ Youko INOUE, Yuki OE: The Suitable Relation between Correlated Color Temperature and Illuminance for Life Activities and those Control Speeds considering Visibility Decrease with Age, PROC. of THE 12TH CONGRESS OF THE INTERNATIONAL COLOUR ASSOCIATION, pp.127-130, 2013. 7

⑭ Inoue, Y., Maruyama, H.: STUDY ON ILLUMINANCE BALANCE BETWEEN WORKING AREA AND AMBIENT, EFFECTS OF DISTRIBUTION OF LUMINOUS INTENSITY OF AMBIENT LIGHTING AND THE ORDER AND SPEED OF ADJUSTMENT, PROC. of CIE Centenary Conference Towards a New Century of Light, pp.133-141, 2013. 4.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

井上 容子 (INOUE Youko)

奈良女子大学・副学長

研究者番号: 70176452

### (2) 研究分担者

①宮本 雅子 (MIYAMOTO Masako)

滋賀県立大学・人間文化学部・教授

研究者番号: 70161916

②國嶋 道子 (KUNISHIMA Michiko)

京都女子大学・家政学部・教授

研究者番号: 10178014

③池上 陽子 (IKEGAMI Youko)

奈良女子大学・生活環境学部・特任助教

研究者番号: 20713928

④岩田 朋子 (IWATA Tomoko)

奈良女子大学・生活環境科学系・助教

研究者番号: 50221792

(平成26年度まで研究分担者として参画)

### (3) 研究協力者

①鄒 念育 (Zou Nianyu, Zhang)

大連工業大学光学研究所・所長・教授

②安 王姫 (An Okhee)

嶺南大学校・教授 (~2015.1)

韓国公営住宅管理公団・社長 (2015.2~)