

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 年度～2010 年度

課題番号：20360258

研究課題名（和文） 室内環境が知的生産性に及ぼす影響と評価に関わる研究

研究課題名（英文） Studies on the effect and evaluation of indoor environment toward peoples' productivity

研究代表者

川瀬 貴晴（Takaharu KAWASE）

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70361441

研究成果の概要（和文）：

室内環境とそこに在室する人の知的生産性に関して国内外の文献によるデータベースを作成した。また、知的生産性を把握するための主観および客観評価手法の開発として、それぞれの調査手法を対象とする環境要素を様々に組み合わせた実験を実オフィスや実験室および模型を対象として実施し、それぞれの手法の適用性についての知見を得た。

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
平成 21 年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
平成 22 年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

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：知的生産性、室内環境、主観評価、客観評価

1. 研究開始当初の背景

少子高齢化を迎える我国において国際競争力を維持するには、オフィス環境の快適性や省エネルギー性がそこで働く人々の知的生産性の向上に結びつくことが強く期待されている。室内の温熱環境や物理環境がそこで働く人々の生産性に及ぼす影響を定量化しようとする研究は古くから国内外で行われているものの、これらの関係を明らかにするためにはなお一層の広範な研究の蓄積が求められるのが現状である。欧米においては研究の最終的な結論を待たずに、個別の成果を適用したガイドブックが発行される段階に来ている。わが国においてもこの姿勢は見習うべき状況にあり、より広範な研究の実施とその結果を計画に結びつける手法の開発が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、室内環境の様々な要素が執務者の知的生産性に及ぼす影響に関して広範な知見を蓄積すると同時に、室内環境が人々

の知的生産性に及ぼす影響を把握・評価するためにどのような手法を用いていくのが望ましいのかという観点も検討に加え、最終的にはより知的生産性の高い建築空間の設計や評価法に資することを目的とする。

3. 研究の方法

① 既往研究の精査

欧米を中心とした知的生産性に関係する既往研究を収集・精査し、主要文献の日本語訳やデータベース化を行う。

② 主観評価法研究

室内環境の知的生産性を主観的に評価するための調査手法の開発を行う。主観調査票を作成し、様々な環境要素に着目したオフィス等の空間において調査や実験を実施し、環境要素との対応関係の検討により、主観調査手法の留意点や解析方法を検討する。

③ 客観評価法研究

室内環境の知的生産性を在室者の主観ではなく何らかの客観的な調査方法で評価する手法の研究を実施する。生理指標などの調

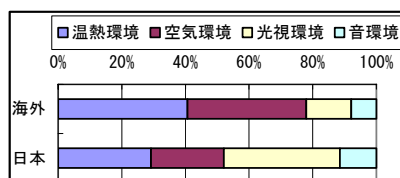
査方法によってオフィス等における実験を実施し、環境要素と対応を検討により、その調査手法の留意点や解析方法を検討する。

4. 研究成果

4.1 既往研究の精査とデータベース化

欧米の知的生産性研究 344 件を収集した。要約文を和訳化し、出版情報に加えて、目的、対象とする建築空間、着目環境要素（音・熱・光等）と検討水準、研究の対象とした空間、対象とした人の属性、研究方法と具体的な手法、主観（心理）調査法や客観（生理や行動）調査法および得られた成果に関するキーワードを日本語として抽出し、データベース化を行った。また我国の既往研究についても実施し、建築学における知的生産性に関連するものとして 74 件を収集し、同様にデータベース化を行った。

収集した文献において着目している環境要素を比較すると下図ようになる。海外の文献では温熱環境や空気環境に関するものが大半になる。



4.2 主観調査手法と客観調査手法の研究

様々な環境条件のオフィスや知的作業を模した実験空間を対象として、実際の執務者や被験者に空間を体験させる調査を実施した。調査においては環境要因に対応した評価項目からなる主観調査手法や、生理状態や行動を測定する客観調査手法を個別ないしは組み合わせて実施した。その個別の結果と、結論としての主観調査手法と客観調査手法のあり方に関するまとめを以下に示す。

4.2.1 ブラインドの開閉

(1) 目的

現代の多くのオフィスでは日射遮蔽の観点からブラインドを窓面に設けることが一般的であるが、日光との連動制御がされていない多くのオフィスでは直射日光の侵入やグレアの発生を防ぐために終日ブラインドを閉じていることが多い。日光の作業面への侵入を防ぎつつブラインド越しに外部眺望を得ることが出来る環境は、作業中に外部の眺望に目をやることで覚醒や発想といった知的生産性に貢献することが期待される。このことを実際のオフィススペースで実証する実験を実施した。

(2) 方法

南東面に窓がある実際に執務者が作業しているオフィスにおいて、ブラインドを終日閉

じた状態と、直射日光が窓面に届かない午後にはブラインドを開放した条件を日を変えて設定した。そのオフィスに勤務する執務者延べ 74 名にこれらの条件の空間印象について光環境に関係する項目による主観調査票によって評価をしてもらった。項目としては窓からの光のまぶしさ、照明のまぶしさ、机上面の明るさ、PC の映り込みなどの光環境評価項目と、窓の眺望・大きさ・位置関係の満足度といった視環境評価項目を用いた。

(3) 結果

主観調査票の各項目についてブラインドの開閉条件による違いを検討したところ、項目「窓のまぶしさ」についてのみ差が見られるに留まり、眺望も含む他の項目についてはブラインド条件の違いの影響を見出せなかった。部屋の面積 (432m²) に対する窓の大きさや窓までの距離がブラインドの開閉を意識するに至らなかったことや、実験期間の短さなどがその原因として考えられる。一方、光環境満足度を机上面の明るさ、窓の光のまぶしさ、他人の視線などへの気になり感などで予測することはある程度の高さで出来たため項目そのものの妥当性は確認できた。

4.2.2 窓のグレアと眺望

(1) 目的

窓からの日光によるグレアは明視性の観点からは室内環境にとって好ましくない要素であるが、窓の遮光の操作はグレアと眺望のトレードオフの関係にもなる。また、適度な直射日光の存在は覚醒や気分転換の観点から執務者の知的生産性に貢献することも考えられる。そこでこれらの関係性を実験室実験で検討した。

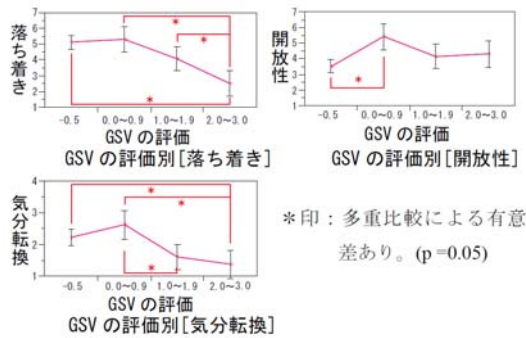
(2) 方法

実験室の窓のすぐ側に机を設置し、被験者の着座位置・ブラインドのブラケット角および実験を行う時間帯の操作により、眺望の有無や窓からのグレアの程度を操作した実験条件を設定した。被験者には客観評価法の一つとしての作文課題を行わせ、最後にその環境条件に対する主観評価を実施した。窓からのグレア評価は GSV(グレア感申告値)を用いた。被験者数は 17 名である。

(3) 結果

知的生産性に密接な関係がある落ち着き、開放感、気分転換の項目と GSV の関係を検討したところ、グレアが許せる程度に存在する条件のほうが全くグレアを感じない (つまりブラインドを閉じた) 状態に比べて評価が同等ないしはよりよくなる結果が得られた。つまり、全くグレアのない空間よりも若干のまぶしさの存在は知的生産性を向上させるといえる。また、主観評価項目としてアイデアの湧く程度や考えがまとまる程度についても評価を行っているが、室内環境の快適性な

どと若干の相関は見られており、このような高次の知的作業の主観評価も環境性能と野関係が示せることが示された。



4.2.3 変動する照明光

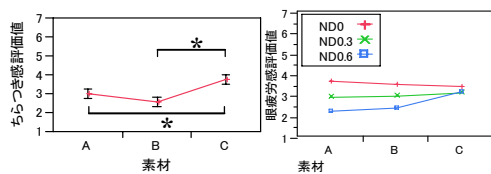
(1) 目的

我々が日常体験する自然の光の中には焚き火の裸火や水面の煌きや木漏れ日のように揺らぎが存在している。このような変動をする自然光は心地よさや癒しを与えるものであり、人工照明商品にも時間変動を取り入れたものも発売されている。そこで、窓近傍の樹木の存在がもたらす木漏れ日を想定した照明により、在室者に与える影響を検討した。

(2) 方法

木漏れ日の投影された窓面を模した照明刺激を実験室において被験者による主観調査を行った。照明刺激としては、木漏れ日そのものの映像ではなく、拡散スクリーンに揺れる葉とその周囲の直射日光を投影したものを映像として取り込み、その映像を調節して擬似窓を模した透過型スクリーンに投影した。照明刺激としては元画像のちらつきの程度の3種類を映像の明るさ3種類と組み合わせた。被験者はその印象について、明るさ・眩しさ・ちらつき・落ち着き・眼疲労感等の項目によって評価を行う。被験者は40名を用いた。

(3) 結果



印象評価を分析したところ、ちらつき感が強い刺激は弱い刺激に比べて、その映像が明るいほど開放的になり、一方、ちらつき感が弱い場合は眼疲労感に明るさが影響するがちらつき感が高い場合は明るさの違いは影響しないことが示された。また、快適感や気分転換の印象の関係においては、被験者の中で元の映像のちらつきの程度の違いによって傾向が異なっていた。照明刺激としては実

際の樹木を見ている条件ではなかったが、単なる時間変動や明るさの強弱という照明光という以前の木漏れ日の認識についての検討課題が示された。

4.2.4 照明の光色

(1) 目的

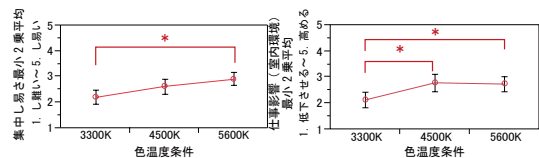
近年 LED 照明が急激に普及している。LED 照明は従来の蛍光灯照明とは異なり、光色の異なる光源を組み合わせる照明器具としており、光色の調節に多様性が増えているのもその特徴の一つである。オフィスにおける照明の光色は従来は昼白色・白色が一般的であったが、LED 照明の普及に伴い、オフィスにおける照明の光色の選択肢も増えることになる。そこで、実際のオフィスにおいて天井照明とタスク照明の光色を組み合わせた状況を設定し、執務者の主観印象の調査を実施し、光色の組合せの影響を検討した。

(2) 方法

あるオフィスビルの大部屋オフィスの一部 (10.8m×10.8m、執務机数 30) の執務スペースを調査対象とした。本スペースには既に LED による調光可能な天井照明 (色温度 5000K) が設置済みである。この照明に更に色温度変換フィルターを設置することで、通常 4500K に加えて 5600K、3300K の光色も設定する。天井照明による机上面照度は 350lx と 450lx の二段階とし、6つの天井照明条件はそれぞれ2つずつ連続させた。タスク照明としては 6500K、3700K、2700K の三色の切り替えが可能なものを各机に設置し、光色の選択は執務時間中はその机の執務者の任意に設定してもらった。執務者による評価は天井照明の組合せ条件の二日目の終業時に行うものとした。また、評価の際にはタスク照明の各色を一時的に選択させてそれぞれの状態での評価も行った。主観調査の項目は他の照明調査に用いたものと同様である。

(3) 結果

天井照明の光色がオフィスの室内印象に及ぼす主観的な影響を比較したところ、集中しやすさという観点では光色に青みのある 5600K の条件が 3300K に比べて高くなる結果となった。また、知的生産性への影響の程度については、光色の黄色みが強い 3300K が他の二つの光色に比べて悪影響が強いことが示された。一方、タスク照明の光色については、光色が温白色の 3700K の設定が天井照明の光色や明るさの違いによらず常に最も違和感が少ないものと評価された。



4.2.5 空間内の照度分布

(1) 目的

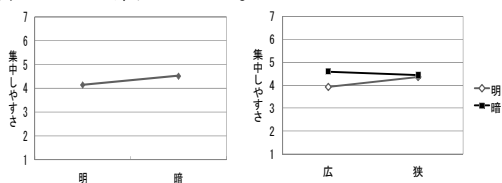
大部屋のオフィスでは室内の均斉度が高いことが求められているのが一般的であるが、休憩スペースや実際のカフェまたはカフェを模したような小ブースなども発想の場としての効果が期待されている。そこで、そのような空間に特徴的な室内の不均一な照度分布と室内よりも明るい窓外眺望の存在が在室者に及ぼす影響について検討する。

(2) 方法

カフェを模した縮尺 1/5 の室内模型を作成し、その窓の外側に 50 インチのプラズマディスプレイを設置した。ディスプレイに映像を提示することで窓眺望のある空間を設定した。模型の覗き口から被験者が観察することによって空間内の印象を主観調査する手順によって検討した。室内の光は LED 照明を天井に 3 灯設置し、その点灯パターンと照明の配光パターンを組み合わせることで 8 種類の照明条件とした。更に窓外眺望を 2 種類用意して合計 16 パターンの空間条件を設定した。主観調査は、カフェ的な空間における知的生産性評価という観点から、好ましさや集中しやすさに加えて長居のしやすさも含めた。また、光環境の印象に関する項目も複数用意した。

(3) 結果

空間側の要因と主観調査のそれぞれの項目の関係を検討したところ、長居のしやすさと落ち着き感は環境要因との関係を説明できず、縮尺模型でこのような項目を評価することは難しいと解釈された。一方、集中のしやすさは外部眺望の明暗設定の主効果および外部眺望の明暗と照明器具の配光の交互作用による影響が確認された。外部眺望が暗いほうが明るいよりも集中はしやすく、この違いは室内照明の配光が広い時に顕著になる。つまり、床面に広く照明が当たっているとき、窓の外の眺望が暗いほうが集中しやすくと判断されている。なお、落ち着き感は環境要因との対応は見出せなかったが、落ち着き感は集中しやすさと有意な関係になっており、今回取り上げた要因以外の影響を受けて落ち着き感が判断され、更に集中しやすさに繋がると解釈される。



4.2.6 他者の存在

(1) 目的

室内環境の光視環境要因は内装や什器表面の明るさなどの光環境要素のみならず、他者の存在などの変動要因も含まれる。オフィ

ス等で集中を要する作業を行う際には他者を含む周辺視環境が作業の妨げになることがある。そこで、机上面で作業を行っている人の周囲を人影が行き来することによって作業に及ぼす影響に着目し、客観評価法としてはクレペリンテストと、作業を行う PC に対する注視時間や瞬目数および作業成績によって検討した。

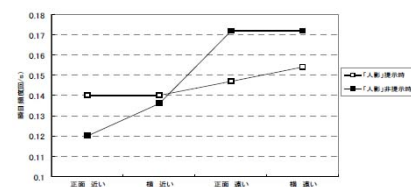
(2) 方法

被験者 6 名による実験室実験を行った。被験者の前方と側方に大きさや速度を組み合わせることで人影を映像として提示した。被験者は実験室内の PC 上でクレペリンテストを行う。同時に瞬目数や視線などを計測する。

(3) 結果

クレペリンテストでは、人影を提示した時間のほうが無提示の条件よりもその回答時間が増えることが示された。また、人影の速度は今回の提示水準中の中速度の場合が最も回答時間が長いすなわち集中の妨げになることが確認された。

瞬目数については人影に近い方が増加する傾向が見られている。



4.2.7 パーソナル吹き出しによる熱環境

(1) 目的

クールビズ運動として夏期のオフィス口調温度を 28 度に設定することは省エネルギーの観点から推進されているが、温熱感のストレスは執務者の知的生産性を損なうことが指摘されている。そこで、空調の夏期設定温度は高く保ちつつ快適な温熱環境および作業効率を維持するために、パーソナル吹き出し空調方式を実際のオフィスに導入し、その設定条件と執務者の知的生産性に及ぼす影響について主観調査によって検討を行った。

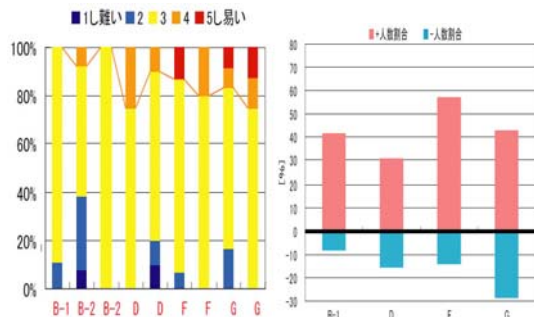
(2) 方法

オフィスビルの執務室の一角 (10.8m × 10.8m) にあるそれぞれの執務机の上に天吊型のパーソナル吹き出し口を従来の全般空調吹き出しとは別途設置した。パーソナル吹き出しはその風の当たる席の執務者が風量を 3 段階で任意に選択できる。またパーソナル吹き出しからの気流の温度は室温と冷風の二種類の設定とする。空調の設定は全般空調温度とパーソナル吹き出しの温度設定を組み合わせることで 5 条件として 7 月下旬から 8 月上旬の期間に 2 日ずつ設定を切り替えた (B1 は 1 日のみ)。設定条件は以下の通りである: B1 (全般のみ 26.0°)、B2 (全般のみ 27.5°)、D (全般 27.5°、

パーソナル室温)、F(全般 27.5 度、パーソナル冷風)、G(パーソナル冷風のみ)。執務者は作業効率と集中し易さの知的生産性に関する項目に加えて温熱感の評価も毎回行った。

(3) 結果

パーソナル吹出しを行わない条件 B1, B2 に比べるとパーソナル吹出しのある条件のほうが集中しやすいと回答する割合が 10~20% 程度増加した。また、一般的なクールビズのオフィス空調条件に対応する条件 B2 と比較して作業効率の回答が上がった人と下がった人の割合をみたところ、条件 F が最も向上の割合が多い。一方、条件 G は向上の割合は上限 F に次ぐ高さであるが、条件 B2 に比べて悪化した回答を行った執務者の割合は最も多くなる。パーソナル空調のみで全般空調を行わない条件は、室内の温度分布に偏りが生じているため、不満側に転じた回答も増えたと推察される。



4.2.8 生体リズムと高照度 I

(1) 目的

執務者が執務時間中に十分に覚醒して作業に集中できることは知的生産性に寄与する。そのためには執務時間外に十分に良質な睡眠をとることが必要となるが、それをもたらすための生体リズムは日中に執務者が体験する光環境に影響されていることが知られている。これはサーカディアン照明として自然光の明るさの変化を模した照明として導入されている。これを簡略化し、執務の合間の休憩中に高照度を浴びることだけでも同様の効果をもたらす可能性について検討することし、人間側の状況を把握するための客観調査法としてコルチゾールなどの生理指標を取り上げて、実験により検討した。

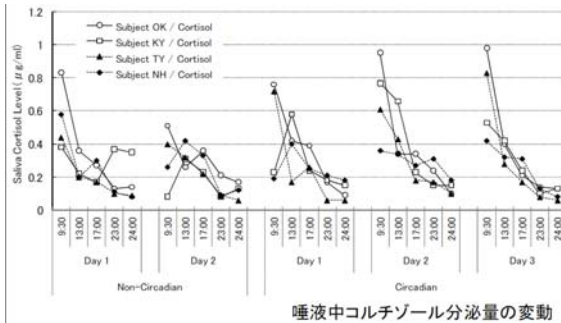
(2) 方法

健全な大学生 4 名による実験室実験を行った。執務室を想定した実験室に 5 日間毎日滞在し PC による作業を行った。作業の合間の休憩時間のみ高照度の照明で被験者を照らすサーカディアン条件と通常の照明のみの非サーカディアン条件を日を分けて設定した。照明条件の違いが被験者の生体リズムに及ぼす影響を探る客観調査法としては、コルチゾールとメラトニンによる生理指標を日中 3 回と夜間 2 回の唾液採取によって把握

した。また、睡眠効率の指標として睡眠中の体の動きを記録する三次元加速度センサーによる記録を行った。

(3) 結果

休憩時間のみ高照度の照明を執務者に照射するサーカディアン条件により被験者の生体リズムに影響を及ぼすことが確認された。光を浴びた翌日の就業時のコルチゾール分泌量は非サーカディアン条件より増加していた。また、就寝前の 24 時のメラトニン分泌量は二日目から増加する。睡眠中の体の動きによる睡眠効率も高照度の光を浴び始めた初日に限って増加する結果となった。



4.2.9 生体リズムと高照度 II

(1) 目的

前述の実験結果を踏まえ、より確度の高いデータを得ることを目的に、脳波センサーや瞬目計測などの計測条件を追加した実験を実施した。また、執務作業中の被験者のパフォーマンスを数的に計測するため、オフィスワークに必要なとされる能力を個別に測定することができるタスクセットプログラムを用意した。これらの複数の指標による測定結果を時間経過を参照しながら総合的に検証することによって、休憩時における周囲光条件が、執務中の覚醒度やパフォーマンスに与える影響、そして定期的・短時間の高照度光曝露が人体の生体に与える影響を明らかにする。

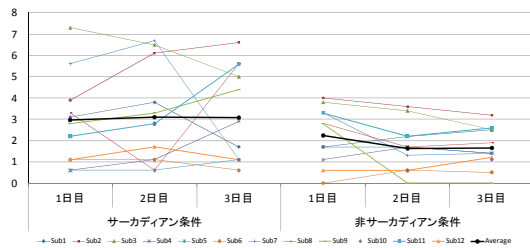
(2) 方法

健全な大学生 12 名による実験室実験を行った。執務室を想定した実験室に 6 日間毎日滞在し、PC 上で実行する一時間のタスクセットプログラムを 1 日に 5 回ずつ行った。前述の実験同様、執務時間の合間に 30 分程度の休憩時間を設定し、この休憩時間のみ高照度の照明で被験者を照らすサーカディアン条件での計測と、執務時間と休憩時間を通して一定の照度の照明を照らし続ける非サーカディアン条件での計測を、3 日ずつに分けて実施した。コルチゾールとメラトニンによる生理指標を日中 3 回と夜間 2 回の唾液採取によって把握した。また、睡眠効率の指標として三次元加速度センサーによる記録を行った。また、瞬目計測、脳波センシング、タスクセットプログラムを実施し、それぞれに

よって執務中の覚醒度や集中度、作業成績を計測することとした。

(3) 結果

就寝前の 24 時のメラトニン分泌量の変動から、休憩時間のみに高照度の照明を照射するサーカディアン条件により被験者の生体リズムが改善することが確認された。また、正午前に時間帯での執務中において、非サーカディアン条件よりもサーカディアン条件の方が、瞬目計測によって計測した群発瞬目発生頻度は低下し（すなわち覚醒度が増大し）、脳波センサーによって計測した集中度も増加する結果となった。



メラトニン分泌量の変動 (pg/mL)

4.2.10 主観調査法と客観調査法のみまとめ

以上の実験を通して、室内環境の知的生産性を主観的および客観的に調査する方法について得られた知見をまとめる：

①主観的調査をどのように空間利用者に質問するかという点は、単に環境の総合的な知的生産性を問うだけではなく、オフィスの設備等に起因する環境性能に対する知覚、空間認知および集中や落ち着き感等の知的生産性に関する深い印象を同時に問う方法が有用であることが確認された。

②一方、個々の項目については、着目する環境要因や調査の方法との組合せによって不適があることも示唆された。特に高度の思考作業を伴う知的生産性に関する調査では、模型実験では回答が困難な項目もあることが示された。

③客観的方法については、計算や文章作成の擬似タスクを課す方法、瞬目数の測定や三次元加速度計による運動記録から判断する方法およびメラトニンやコルチゾール等の生理指標から覚醒や睡眠効率を調べる方法などを検討し、それぞれに長短があることが確認された。擬似タスクは単純作業においては比較的環境性能との対応を付けやすいが、ひらめきなど高次の思考作業との対応をつけるには困難がある。また、環境要因との関係については主観調査法程、環境の違いによる影響が顕著には把握できない。運動記録計測は機器の所要数という点で大規模な調査に利用するには難しいものの、加速度ロガーの所持程度であれば他の生理指標よりも被験者の負担も少ない。唾液の頻繁な採取を必要とする生理指標は執務者の生理条件を把握

するには有効性が高い。実際のオフィスでの調査での適用としては、4.2.2 節で示した実オフィスにおける調査を実施した際に協力を依頼したところ、業務および私生活への影響という点から協力者の確保に困難な点があることが課題となった。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 6 件)

- ①川瀬、宗方、他、ブラインドのある窓が知的生産性に与える影響、日本建築学会全国大会 (仙台)、2009.8
- ②吉岡、宗方、川瀬、休憩室での短時間の高照度光照射が生体リズムに与える影響、日本建築学会全国大会 (仙台)、2009.8
- ③川瀬、宗方、他、オフィスにおけるブラインド条件の変化が執務者に及ぼす影響、日本建築学会全国大会 (仙台)、2009.8
- ④川瀬、宗方、吉岡、他、周囲の人影が机上面での作業に対する集中度に与える影響、日本建築学会全国大会 (仙台)、2009.8
- ⑤Y. Yoshioka, J. Munakata, T. Kawase, Biological effects of Short time exposure of Bright light in Resting Place, Healthy buildings (Syracuse, USA) 2009.9
- ⑥Yoshioka, J. Munakata, T. Kawase, Biological effects of Short time exposure of Bright light in Human health, 21. IAPS Conference (Leipzig, Germany), 2010.6

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川瀬 貴晴 (Takaharu KAWASE)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70361441

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

中山 茂樹 (Shigeki NAKAYAMA)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80134352

岩永 光一 (Kohichi IWANAGA)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70160124

宗方 淳 (Jun MUNAKATA)

千葉大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：80323517

吉岡 陽介 (Yohsuke YOSHIOKA)

千葉大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：00361444