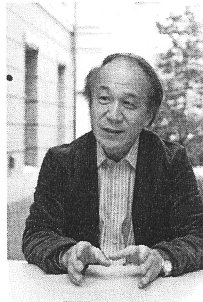


日本オフィス学会誌 Vol.1 No.2
2009年9月 4-9
特別寄稿

オフィスの新しいコンセプト：知的オフィス環境

A New Concept: Smart Office Environment



同志社大学大学院 工学研究科
教授
三木 光範

1. はじめに

オフィスに新しい風を吹き込んで、各企業の知的生産性を上げようという試みはオフィス学会や経済産業省、あるいはニューオフィス推進協議会などで盛んに議論されている。その議論の中心はワークスタイルの革新的な変更であり、それに基づくオフィスレイアウトやオフィス家具の新たな提案である。

そうした中でも「仕事するのにオフィスはいらない」(光文社新書)が提案する仕事場は、もはや従来のオフィスではなく、自分の都合、体調、あるいは好みなどに合わせて、ベストな環境を選択したものである。

私は、オフィス研究の専門家ではなく、情報科学における最適化という研究分野で仕事をしており、特に進化的最適化や並列分散最適化という手法について研究している。この進化的最適化の観点からいえば、重要なことは「可変性、選択制、(個別)適応性」であり、これらのキーワードがおおくの分野で新たなコンセプトを導出する。これらのキーワードから上で述べた本で述べられているノマドワーキングの場所を考えると、従来のオフィスが「固定的、強制的、平均的」であり、「可変性、選択制、(個別)適応性」の全く逆の概念となる。

ここでは、「可変性、選択制、(個別)適応性」というキーワードをオフィスの照明、空調、そして視環境や音環境などにも適用した新たなオフィスのコンセプトを述べたい。

2. オフィスの照度基準

オフィスの照明環境を考えよう。一般的なオフィスにおける照度基準はJIS規準により机上上面照度750ルクス以上と規定されている。私はこのことの正当性を確認するため、実執務空間において業務に適正な照度を検証した[1]。

図1はこの検証に用いた実験システムである。



図1 仮設天井を用いた照明実験装置

このシステムは床上高さ2mのトラス構造を用いて同志社大学理工学部の知的システムデザイン研究室の学生執務室に設置したものであり、10名の学生(大学院生、学部4年生)の頭上に各10台の白色蛍光灯と電球色蛍光灯がコンピュータ制御で任意の照度と色温度の光を被験者に提供することができる。

このシステムを用いて約2ヶ月間、被験者の学生は、仕事をもっとも効率的に行える照度と色温度を選択した。自分がどのような照度や色温度なら快調に仕事ができるかどうかについては、最初は不明であり、徐々に試行錯誤で発見することになる。この実験における各被験者の選好照度は図2のようになった。ここでは10名の被験者のデータのうち典型的な6名分を示した。

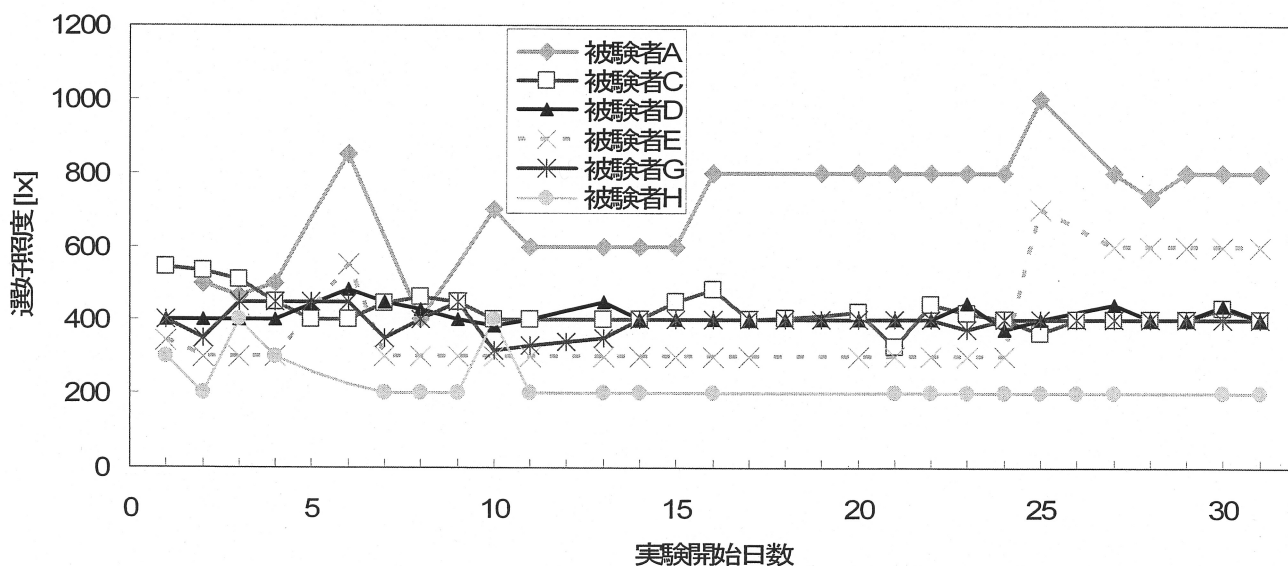


図2 選好照度の長期的変化

最も高い照度である 800 ルクスを最適と考えた被験者は 10 名中 2 名であった。また、最も低い照度である 200 ルクスが最適と考えた被験者も 10 名中 2 名であった。そのほかの 6 名は 400 から 600 ルクスを適正照度と考えた。なお、被験者の執務の内容は、主としてパソコン操作と文献調査である。また、ここで示した選好照度は、1 日の中で変化する目標照度の内、最も長い時間設定されていた照度である。

この結果は衝撃的であった。すなわち、オフィスの適正照度は 750 ルクスといわれており、むしろ高い照度が望ましいと考えられていることが多いと多くの建築デザイナーや照明関係者が述べていたからである。

この実験を通して我々は次の結論を得た。

- 1) 執務に最適な照度は 200 ルクスから 800 ルクスであり、個人によって大きく異なる。
- 2) 同じ個人でも、時刻、執務の内容、あるいは体調などによって希望する照度は異なる。

上記 2) で述べた結論は、具体的には次のような事例が多く存在した結果として得られた。すなわち、風邪気味や寝不足などで体調が悪いときには、多くの学生が照度を下げているという事実である。私も実験してみたが、体調の悪いときに照度を下げると気分が良くなった。実際には、後に述べるように、照度を下げただけでなく色温度も下げることがさらに効果的であった。

この結果から一般的なオフィスを考えて、750 ルクス以上という照度基準は、最も高い照度を望む人に合わせたものであると言える。蛍光灯の保守率は 70%といわれているから、新しい蛍光灯を入れた照明器具の下では 1100 ルクスぐらいの照度が出ていることになり、これは明らかに高すぎる照度である。

もちろん、最新の照明システムでは、照明器具に取り付けられた照度センサが机上面照度 750 ルクスを満たすように光度を制御しており、むやみに明るすぎることはなくなったが、それでももっと低

照度で執務したいと考える人には明るすぎることになる。

被験者の主観評価によると、個人の適正照度より高い照度は、疲れる、気分が悪い、あるいは集中できない、という結果となる。逆に、個人の適正照度より低い照度は、目が疲れる、あるいは気分が沈む、というものであった。200 ルクスが適正と考える被験者にとっては 600 ルクスでさえ明るすぎるという評価となった。

こうした結果から、オフィスの照度基準は次の原理から出たものであると考えることができる。

- 1) 明るいことは良いことだ。
- 2) 750 ルクス以下は暗いという人が存在する。

私はこの二つの原理のうち、2) は正しいと思うが、1) については「明るいことは良いことであるが、人によってその限度が異なる」に変更すべきであると思う。

結局、最初に述べたキーワード「可変性、選択制、(個別) 適応性」を考えれば、個人毎に望ましい照度を選択できるのが良い。我々が研究・開発している知的照明システム[2]は、まさにこのコンセプトを実現するシステムである。

3. オフィスの色温度

オフィス照明の色温度は 4000~5000K (ケルビン) が一般的である。蛍光灯の種類でいえば白色 (4200K) あるいは昼白色 (5000K) が用いられている。これについては JIS 規準はないが、慣用的にこれらの色温度が用いられており、これより高い色温度 (たとえば昼光色 6000K) や、これより低い色温度 (たとえば温白色 3500K や電球色 2800K) が用いられることはほとんどない。

これについても照度と同様、執務に好ましい色温度を調べるため、先に紹介した照明システムを用いて実験を行った。その結果得られた選好色温度が図 3 である。

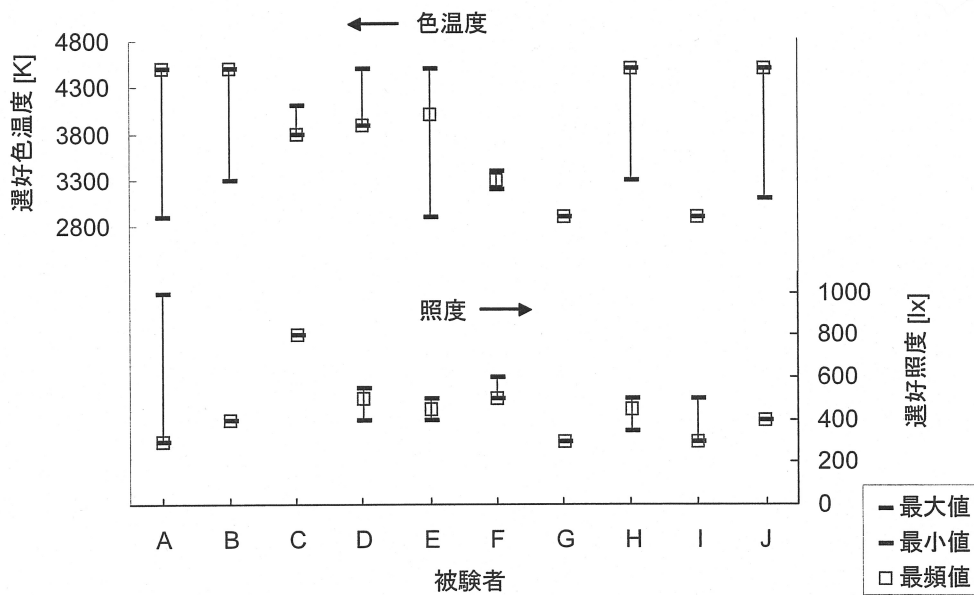


図3 選好照度と選好色温度

照明の色温度と人間の生理的反応については、九州大学の大河内先生が多くの実験をされており、高い色温度は人間の交感神経を刺激して緊張を高め、低い色温度は副交感神経を刺激してリラックスさせる効果があることがわかっている[3]。このため、従来は、オフィスにおいては執務の効率化のためにワーカーを緊張させることが重要であり、低い色温度は眠気を誘うとして採用されなかった。

しかしながら、図3の結果から明らかなことは、低い色温度の重要性である。人間は、そのときの気分や体調、あるいは執務の内容などに依存して、好きな色温度が選択できることが大切なことである。たとえば、単なるデータ入力や会計帳簿の記載など、単調で疲れる業務に対しては緊張を維持させるために高い色温度と高い照度が必要であろう。しかしながら、企画やデザインなど、その仕事自身が創造的で楽しい場合には、緊張はその仕事の中に本質的に存在し、外からの余計な緊張はむしろ邪魔となる。こうした場合には低い照度と低い色温度が望ましいと言える。

このため、高い照度と高い色温度が必要なオフィスとは、実は単純な知的作業が多い職場であると考えられる。創造的な仕事場の照明は本質的に変えるべきである。ただし、個人差が大きく、創造的な業務でも高い照度と高い色温度を好む人も多くいると思われ、均一にオフィスを低照度および低色温度にすることはできない。まさしくキーワード「可変性、選択制、(個別)適応性」がポイントである。

4. 空調のパーソナル化

照明とともにオフィスの環境を構成している大切な要素は空調である。空調に関しても、これまでのコンセプトは「固定的、強制的、平均的」というキーワードで表されるものであり、これが多くのワーカー達から不評を買っていた。

実は、照明の照度と色温度に関する不満は少ないらしい。これは、そういう設問でアンケートを実施した例がないと思われることにも起因している。人は「固定的、強制的、平均的」であることが当然と思っている環境に対してあまり不満を感じない。しかしながら、空調に関してはオフィスワーカーの不満は多いといわれている。

このため、空調の吹き出し口をパーソナル化すればある程度は温度分布に「可変性、選択制、(個別)適応性」を持たせることができる。図4aは一般的な天井からのダクト吹き出し方式による暖房時の温度分布であり、図4bは床吹き出し方式で、吹き出しの調節を個人が制御できるようにした場合の温度分布である。

このため、空調の吹き出し口をパーソナル化すればある程度は温度分布に「可変性、選択制、(個別)適応性」を持たせることができる。図4aは一般的な天井からのダクト吹き出し方式による暖房時の温度分布であり、図4bは床吹き出し方式で、吹き出しの調節を個人が制御できるようにした場合の温度分布である。

このような工夫により、ある程度は空調においても「可変性、選択制、(個別)適応性」を持たせることができるが、照明と異なり、温度分布は非常に複雑で、個人毎の温度制御は容易でない。

そこで、我々は自動車の空調や、工場の空調の方式をオフィスにも採用することを考えている。すなわち、自動車や工場では、もはや全体を均一の温度に制御することをやめ、スポット的に暖房や冷房を行えば良い。自動車では各シートの上左右に空調の吹き出し口があり、それを人が制御することで各自の好みの空調環境を得ている。オフィスのワーカーの席を自動車の運転席のようにすれば空調の不満はなくなるだろう。

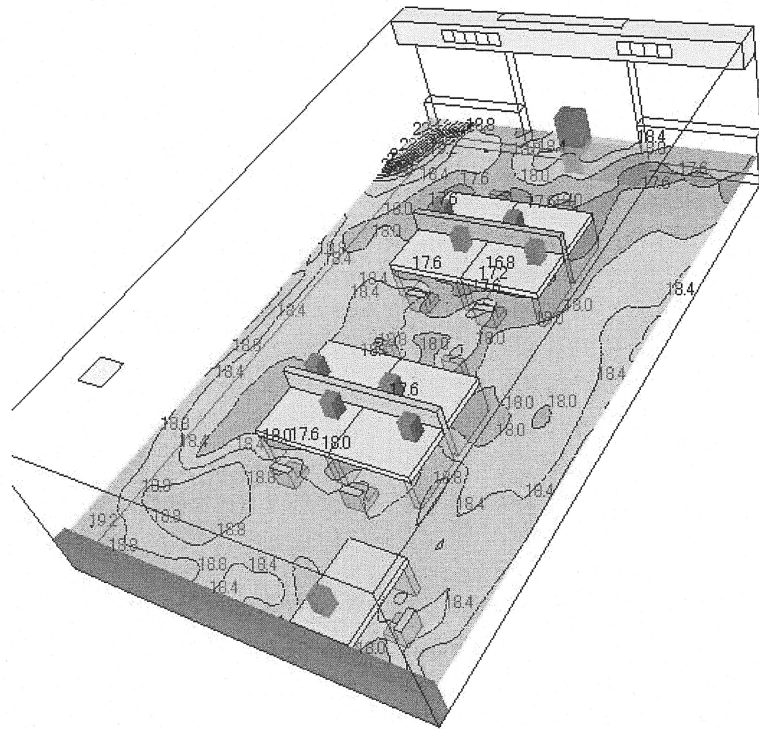


図4a 天井ダクト吹き出し方式の空調

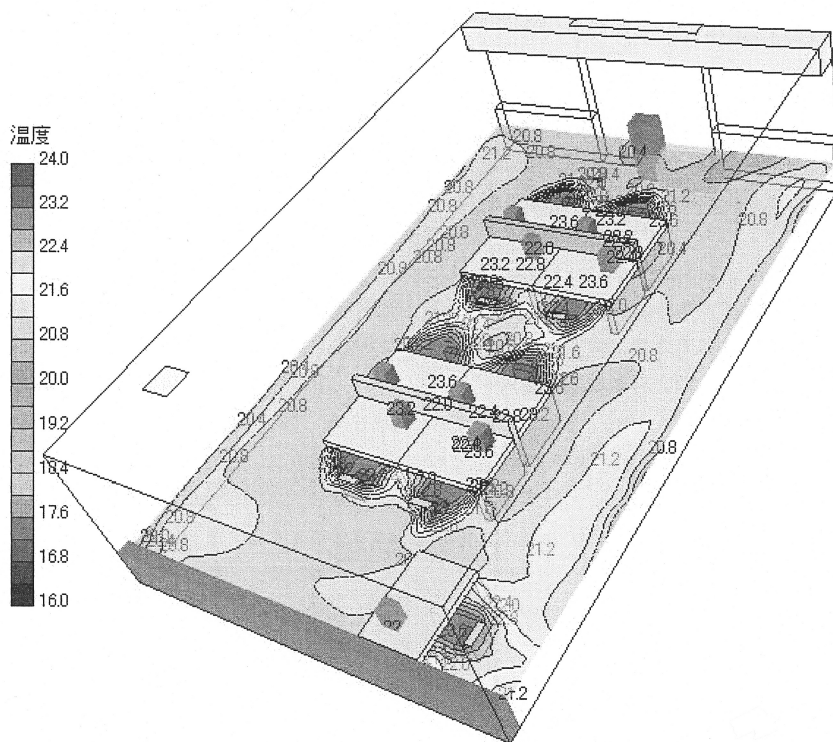


図4b 床下個別吹き出し方式での空調による温度分布

5. 視環境、音環境、そして匂い環境のパーソナル化

照明や空調が「可変性、選択制、(個別) 適応性」を持つのなら、視環境、音環境、そして匂い環境も「可変性、選択制、(個別) 適応性」という性質を持つのが望ましい。

図5はオフィスの音環境、視環境、そして匂い環境に「可変性、選択制、(個別) 適応性」を導入したものである。

仕事中に好きな音楽や好きな背景音を聞きたいと思っている人は多いだろう。それは超指向性を持つスピーカーを天井やデスクに設置すれば実現できる。他人に迷惑をかけずに自分だけがその音環境を楽しみ、仕事はかどる。しかも、他からの声や音も同時に聞こえ、他人が不快な思いをすることもない。

パーソナル視環境も重要だと思われる。照明の色温度を変えても、目の前のデスクやパーティションの色がうまく合わないと快適さは失われる。また、自分の周りの環境が閉鎖的か、あるいは開放的かという状況も執務の効率化に大きな影響を与えらると思われる。すなわち、集中度を増して一気に仕事を片付けたいときは閉鎖的環境が良いと思われるが、普段は開放的な環境が好ましい。

これらのことを考えると、周りを好きな色で囲まれ、そのときの執務内容に応じて周りの解放度合いを変化できるパーティションがあれば良い。これは有機 EL パネルや液晶を組み込んだ可変透明度のガラスなどを用いれば容易に実現可能である。また、周りの解放度合いはパーティションの高さに大きく依存するため、高さが変化できるパーティションも有向であろう。こもって仕事をしたときにはパーティションの高さを上げ、普段は低い高さにする。

一方、匂いのパーソナル化はきわめて重要である。なぜなら、匂いの好みは非常に個人差が大きく、オフィスに大多数の人が好きな香りを流しても、数名の人が嫌いで、頭が痛くなると訴えればその匂いは流せない。

そこで、匂いのパーソナル化を実現するには、匂いをその場で合成し、かつ、匂いの持続時間が数秒程度の香料を開発すれば良い。これで自分だけが楽しみ、他人に迷惑をかけないパーソナルな匂い環境が実現できる。

6. 疑似窓

窓はオフィスにとって非常に重要な存在であるが、これまではあまり注目されてこなかった。その証拠に、多くのオフィスでは窓のブラインドが閉じられ、折角の良い景色を見る機会を奪っている。

これは日差しを避けるという意味と、仕事に専念してもらおうという配慮からだと思われる。

しかしながら、窓のない地下室やビルのコア側の部屋で仕事をすると、疲れが溜まりそうな気がする。人は窓から外を眺めることで、大きくリフレッシュできると思われる。

窓の効用についてはすでに海外に研究報告があり、次のことが述べられている[4]。

- 1) 時刻を知る。
- 2) 天候を知る。
- 3) 居場所を知る。

時刻は時計で知ることができるが、地下室のような閉鎖環境で仕事をしていると、たとえ時計を見て時刻が論理的に認識できたとしても、窓の外を眺めて得られる時間感覚にはまったく及ばない。同様に、「雨が降ってきた」とか「風が強いなあ」ということが窓の外の景色を見て感じることができ、それは心理的にも大切なことだと思われる。居場所も同じであり、閉鎖環境に長くいると、自分はいったいどこにいるのか不安になってくる。これは長く目を閉じていると感じる不安とも似ている。

こうして、窓は人間の快適な生活になくはならないものである。住居では窓から見える景色によってその家の価値が決まり、ホテルでは眺望が良い部屋は値段が高くなる。窓があっても隣のビルの壁しか見えないホテルに宿泊するのと、高層階からすばらしい夜景を眺めることができるホテルに宿泊するのでは、気分は全く異なり、事実上窓がないホテルなどに宿泊すると気分は最悪となる。逆に、眺望の良い部屋に泊まると活力が出る。

しかしながら、オフィスでは次の二つの理由から窓が活用されていない。

- 1) 日差しが入ると仕事ができないのでブラインドを閉めている。
- 2) 窓の外を眺めることができる座席はオフィスに非常に少ない。窓のない部屋も多い。

そこで我々が提案するのが図6に示した疑似窓である。

これはライブカメラでビルの外を撮影し、その映像をディスプレイに映し出すものである。図6では分かりやすいように壁面にプロジェクターで撮影画像を投影している。図6の中で地球が写っているが、これは疑似窓ではない。右側の道路と植栽が写っているのが疑似窓である。

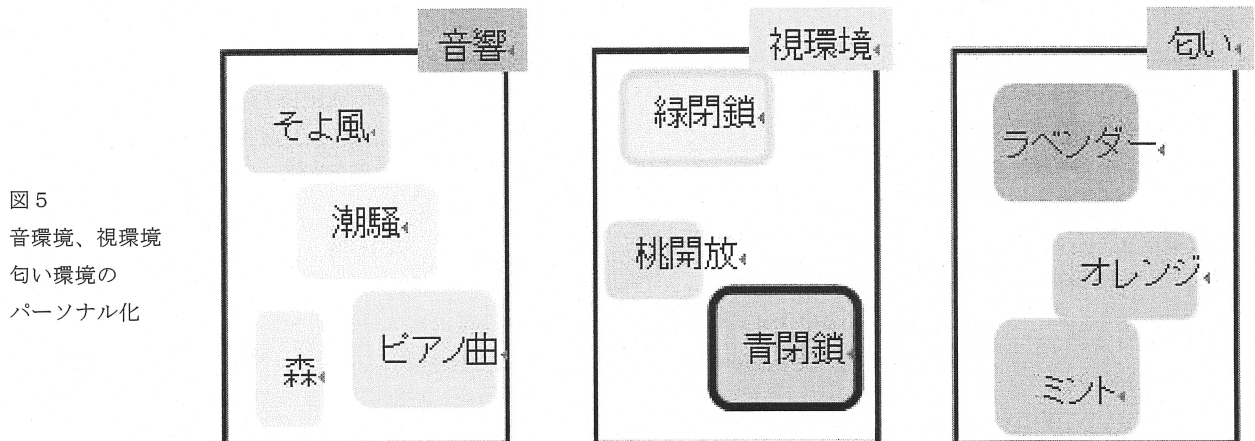


図5
音環境、視環境
匂い環境の
パーソナル化

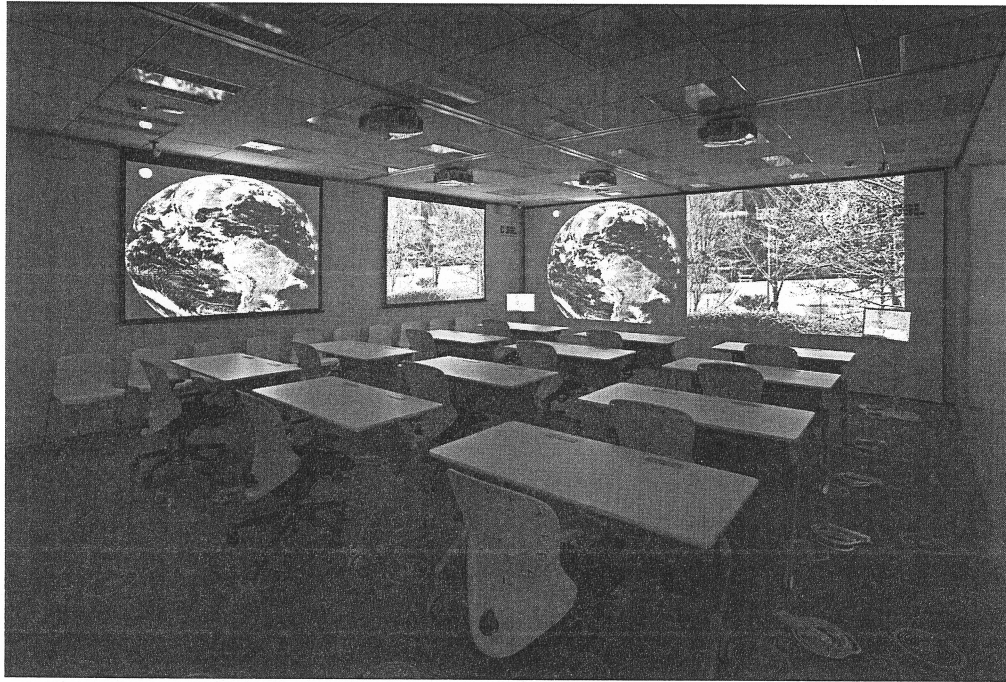


図6 疑似窓システム

このシステムを実験室に導入して現在研究を進めているが、その効果は非常に大きいと思われる。すなわち、先に述べた3つの窓の効用が完全に実現され、この画像を見ることで気分は大いにリフレッシュする。

大切なことは、そのビルのすぐ外の、リアルタイムの画像を映し出すことであり、これによって窓の3つの効用が出現する。いくら綺麗だからといって、富士山の画像やハワイのワイキキの風景を映し出しても何の意味もない。人は、綺麗なだけで窓の効用が感じられない画像には何の興味も示すことができないと思われる。私は、何の変哲もないリアルタイム画像の持つ意味がこんなに大きいとは思わなかった。こうした疑似窓を、さらに窓らしく見せる液晶ディスプレイの開発が期待される。

7. おわりに

ここでは我々が取り組んでいる研究の一端を披露して、新しいオフィスのコンセプトを述べた。キーワードは「可変性、選択制、(個別) 適応性」であり、こうした特性を持たないオフィスを改善する努力が必要となる。必要な場所に必要照度と色温度を提供する知的照明システムはその試みの一つであり、すでにコクヨ株式会社の品川オフィス[5]や三菱地所株式会社本社の都市計画事業室とビル管理企画部に導入され[6]、実証実験が始まっている。実オフィスでの長期間の実験結果については今後詳細な解析を行って報告する予定であるが、平均年齢が大学の実験と比較して15歳以上高い実オフィスにおいても、すでに選好照度は300~600ルクスに下がっており、色温度も4000K以下が好まれていることがわかっている。こうした結果がオフィスの照度基準を変えるのみならず、新しいオフィスの到来を感じさせている。

- [1] 平成19年度~平成20年度成果報告書 エネルギー使用合理化技術戦略的開発 エネルギー使用合理化技術戦略的開発(F S 事業) 創発オフィスシステム開発の事前調査
- [2] 三木光範、「知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム」、人工知能学会誌、22(3) pp.399-410, 2007.
- [3] 岩切, 綿貫, 安河内, 栢原「光源色とその暴露中と暴露後にCNVの早期成分に及ぼす影響」, 日本生理人類学会誌, Vol.2, No.3 (1997)
- [4] 松原, 蔵澄, 西田ら, 「京都市内の大学生を対象とした窓の心理的効果に関する調査研究」, 日本建築学会技術報告集, 第10号, 169-172, 2000
- [5] <http://www.kokuyo.co.jp/press/news/20081118-889.html>
- [6] <http://www.mec.co.jp/j/news/pdf/mec090331.pdf>

執筆者略歴など

三木光範

1978年大阪市立大学大学院工学研究科博士課程修了。大阪市立工業研究所、金沢工業大学、大阪市立大学工学部航空宇宙工学科助教授を経て現職。複合材料の研究に始まり、航空宇宙構造の最適設計手法を確立し、並列コンピュータによる進化的最適化技法を開発し、近年はオフィス環境の知的化に取り組んでいる。3年前に知的オフィス環境コンソーシアムを設立し、大手企業30社と共に次世代のオフィス照明と空調を研究・開発している。論文・著書多数。産経新聞「正論」執筆委員。情報処理学会、人工知能学会、システム制御情報学会、日本機械学会、電子情報通信学会、電気学会、空気調和衛生学会、建築学会各会員。

受理年月日 2009年8月31日