平成20年度～21年度

「行動・環境モニタリングによるワークプレイスの省エネルギーと知的活動の活性化技術開発」

2011.08.29

学校法人　加計学園岡山理科大学
国立大学法人　京都大学
国立大学法人　千葉大学
株式会社　竹中工務店
株式会社　日立製作所

本研究の背景・目的、概要

【背景・目的】

省エネルギーの強化が必要

各種手段の導入

- ワークスタイルの変更 — クールビズ、人の行動、他
- パーソナル空調等の導入 — タスク空調他
- 新しい照明技術の導入 — LED照明

本研究の目的

行動環境モニタリング等によって生産性をチェック

センサーの開発、計測、空調照明制御への連動

知的生産性への影響

低下すると省エネは推進しない

維持向上すると省エネが推進する

【技術開発の概要】

20年度の主な実施内容

①開放された空間における人の位置情報に基づく行動、活動状態の計測
②クールビズ・ダークビズの組合せ環境における知的生産性調査
③人の位置（在席）とLED照明連動による省エネ制御技術実験

21年度の主な実施内容

①間仕切られた空間と開放空間との比較、ワークプレイス以外の行動パターン計測
②空調制御への連動実験、温熱環境計測、温熱感の満足度・知的生産性に関する主観調査
③光色の調節可能なLEDタスク照明実験

技術開発成果の先導性

人の位置情報に基づく行動、活動状態の計測センサーネットワークを実稼働ワークプレイスに適用し、ワーカーの知的活動の計測並びに照明・空調制御との連動実験を行い、省エネと知的生産性につながる満足度の関係について多くの知見を得た。

人の行動計測センサーネットワーク

・人の位置情報に基づく行動、活動状態
(インフォーマルコミュニケーション、作業の種類の特定、会話の有無、在席状況)の計測センサーネットワークの技術開発)

基準階ワークプレイス

間仕切り有り

間仕切りなし

その他の場所

エントランスホール

リフレッシュコーナー

エレベーターホール

食堂

技術開発の効率性

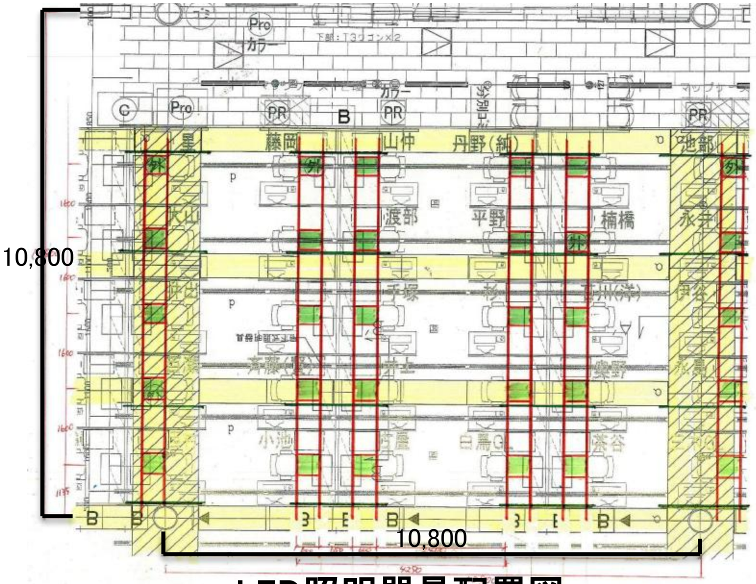
約100㎡のエリアに限定して、照明制御、空調制御実験並びに被験者アンケートを実施することで資金を抑えた。

ワークプレイスにおける照明実験

①人の行動と位置計測
②照明制御への連動実験
③視環境・光環境の計測

凡例 LED照明

・人の位置（在席）とLED照明連動による省エネ制御技術
（測位データをLED照明制御PCに接続し照明制御情報を提供）



LED照明器具配置図

LED照明器具

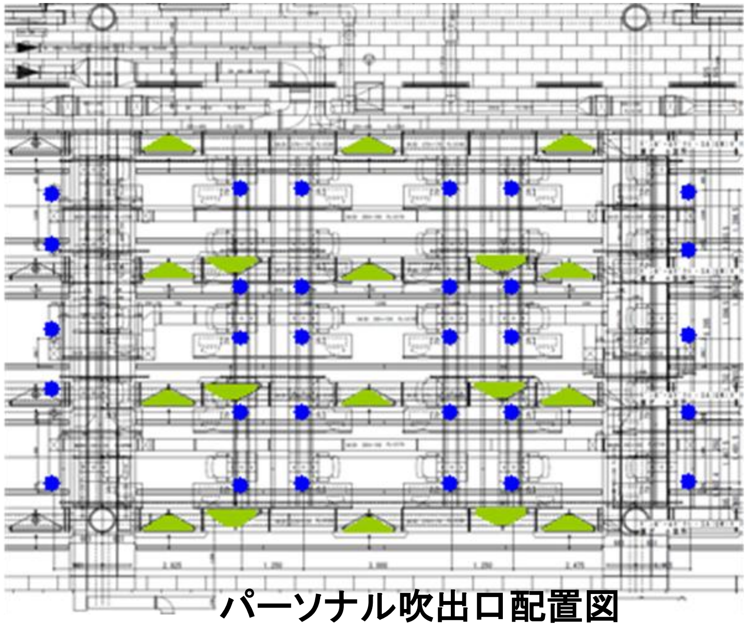
LED照明器具設置状況

ワークプレイスにおける空調実験

①人の行動と位置計測
②空調制御への連動実験
③物理環境評価・知的生産評価の計測

凡例
アンビエント吹出口
パーソナル吹出口

・人の位置（在席）とパーソナル吹出口連動による省エネ制御技術
（測位データをパーソナル吹出口制御PCに接続し制御情報を提供）



パーソナル吹出口配置図

パーソナル吹出口

パーソナル吹出口設置状況

実用化・市場化の状況、技術開発の完成度、目的達成度

【実用化・市場化の現況】

◆ワーカーのシームレスな移動軌跡から行動パターンを見出し、行動パターンからワークスタイルを見出す技術は今回、実用化の目処がたった。

◆省エネに関しては、知的生産性と省エネセンサー技術の高度なシステム化（ネットワーク）が必須であり、人の位置に対応する照明・空調制御技術の実用化をパーソナル制御に着目して実施した。省エネと知的生産性につながる満足度の関係については多くの知見が得られ、今後のシステム開発に参考になる情報を得た。

◆今回の開発により実用化への方向性が明確になり、市場化を見通す上で大変重要な位置づけの技術となった。

◆また一方で、今回の技術開発の結果、実用化に向け以下の課題が抽出された。

①人に負担なく装着する上でのセンサタグの小型化、軽量化

②効率的なパーソナル制御を実施する上での、位置検出精度の向上：
今後はUWB無線単体での位置検出機能に加えて振動情報を付加することで、精度誤差を減少する必要がある。

③受信基地局の細分配置化→設置方法簡素化（照明機器への実装など）と低コスト化

【技術開発の完成度、目的達成度】

UWBセンサーネットワークを利用した人の行動把握技術、照明・空調省エネ制御技術を開発した。さらに、これらを用いた実験により省エネと知的生産性につながる満足度の関係について多くの知見が得られ、所期の目標を達成した。

技術開発に関する結果(成功点)

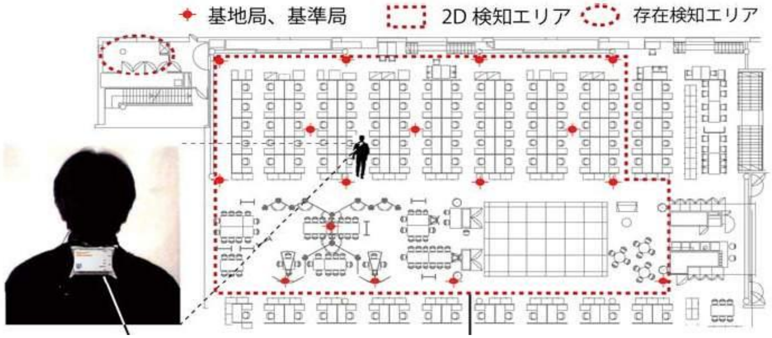
UWBセンサーネットワークを利用した人の行動把握技術、照明・空調省エネ制御技術を開発した。

①人の位置(オフィス内での着座時間、共有スペース利用時間等)の把握技術:
UWBセンサーネットワークと3軸加速度計を使用したオフィス内での人の位置測位技術及び移動軌跡解析技術を開発した(静止時、移動時の状態判定と移動予測フィルタリング)。

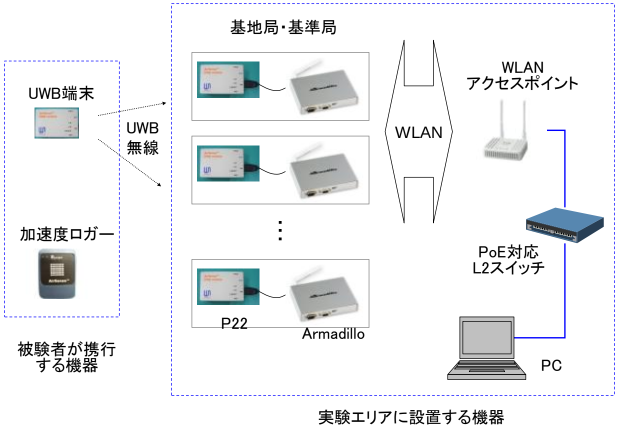
②人の位置とマイク接続による会話有無検知の把握技術:
UWBセンサーネットワークと音声有無判定を使用してコミュニケーションを把握した。

③人の位置(在席)とLED照明連動による省エネ制御技術:測位データをLED照明制御PCに接続し照明制御情報を提供した。

④人の位置(在席)とパーソナル吹出連動による省エネ制御技術:測位データをパーソナル吹出制御PCに接続し制御情報を提供した。



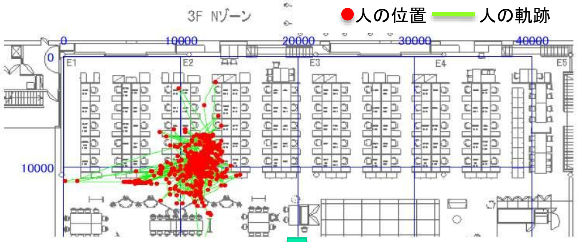
基準階オフィス 基地局配置



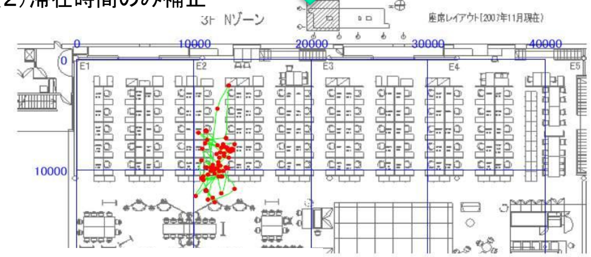
システム構成

移動軌跡解析の精度向上

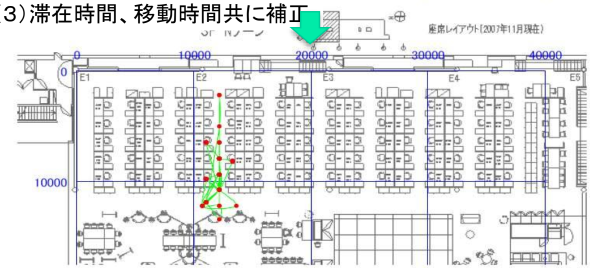
(1)補正なし



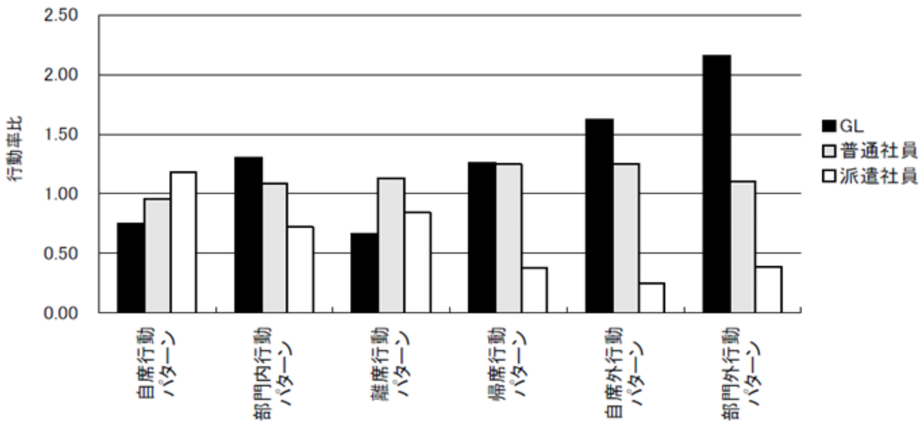
(2)滞在時間のみ補正



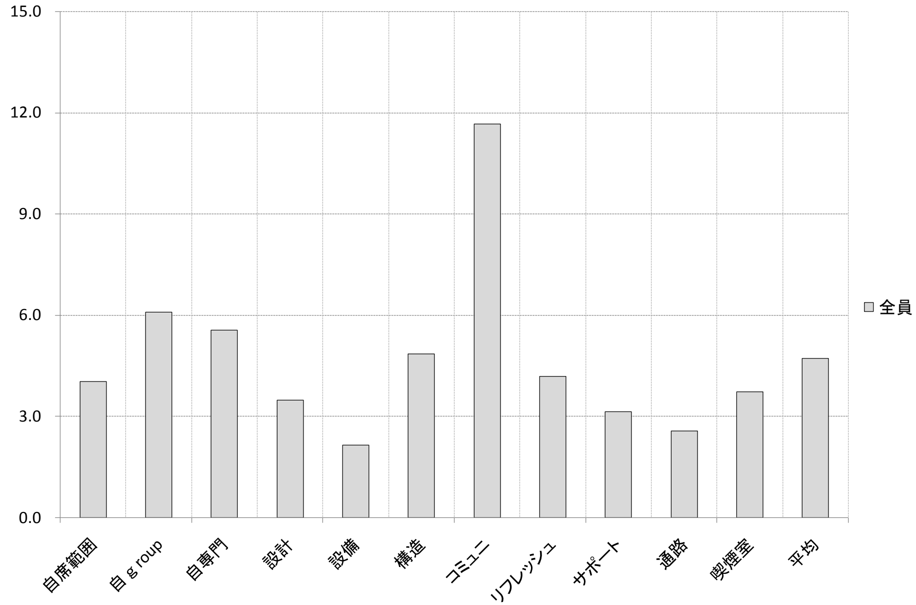
(3)滞在時間、移動時間共に補正



技術開発に関する結果（成功点　行動計測の結果）



行動パターンの種類と行動率比



各領域における一回当たりのコミュニケーション行為の平均時間

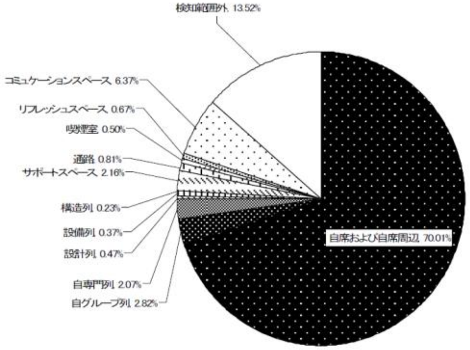


表 3-5　滞在時間と滞在率（全調査対象者）

場所の種類	滞在時間	滞在率 TA_i (%)
自席および自席周辺	1090:04:44	70.01
自グループ列	43:55:24	2.82
自専門列	32:14:53	2.07
設計列	7:20:08	0.47
設備列	5:44:50	0.37
構造列	3:34:57	0.23
サポートスペース	33:40:58	2.16
通路	12:33:26	0.81
喫煙室	7:47:14	0.50
リフレッシュスペース	10:29:21	0.67
コミュケーションスペース	99:11:18	6.37
検知範囲外	210:28:26	13.52
合計	1557:05:39	100

全調査対象者滞在率

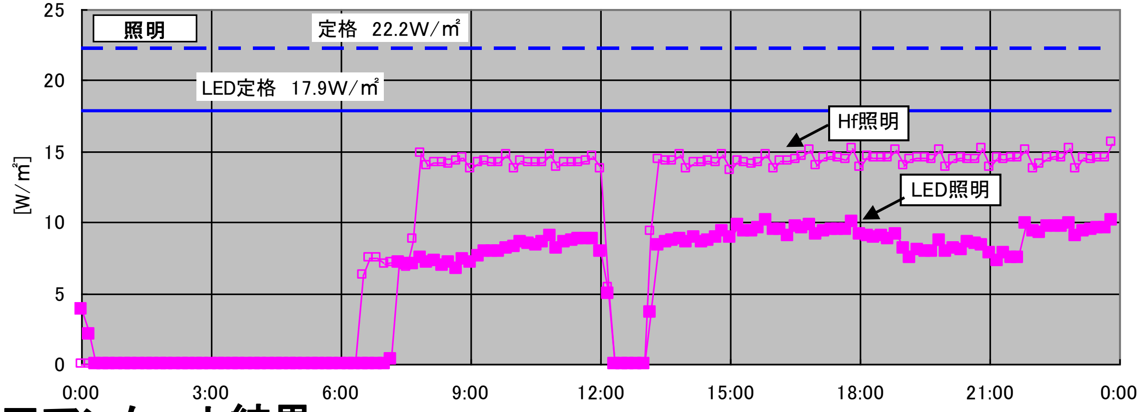
	全調査対象者	GL	普通社員	派遣社員
データ取得時間	1661:22:28	158:45:35	1033:19:34	469:17:19
滞在時間	1551:54:40	148:58:48	959:15:32	443:40:20
移動時間	109:27:48	9:46:47	74:04:02	25:36:59
滞在時間率(%)	93.4	93.8	92.8	94.5

全対象者と職位別滞在時間率

① 全ワーカーの自席及びその他の場所への滞在時間は勤務時間の90%以上である。
② 滞在時間のうち、自席及び自席周辺への滞在率は70%以上を占めていた。
③ 自席及び自席周辺での滞在時間の比率は、派遣社員＞一般社員＞グループリーダーの順に大きい。グループリーダーはその他の社員よりも、部門内および部門外での滞在行動を多く行っていた。
④ 会話時間や会話回数を計測分析し、コミュニケーションスペースや自グループでコミュニケーション行為が多く発生していることが数値化され、確認された。

技術開発に関する結果(成功点　照明実験結果)

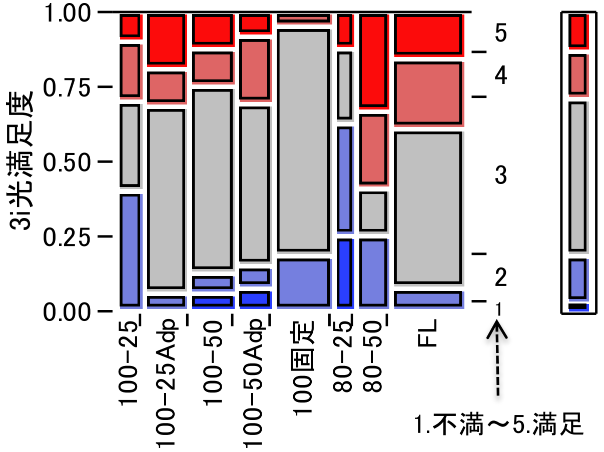
■消費電力量



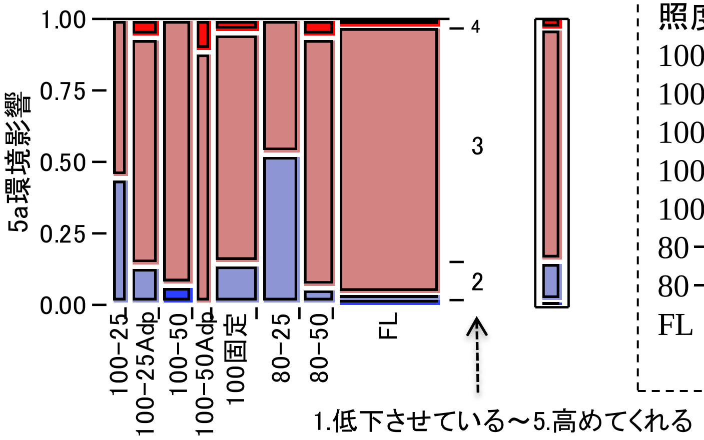
上限値	上限想定照度	下限値	下限想定照度	調光方式
100%	800Lx	25%	180Lx	自動調光+上限値個別設定

■アンケート結果

.本日の光環境について満足しておられますか？



総合して、本日の室内環境は、あなたの仕事の効率に対し、どのような影響を与えましたか？



照度設定の凡例

100−25	:上限100%～下限25%
100−25Adp	:上限は個別設定～下限25%
100−50	:上限100%～下限50%
100−50 Adp	:上限は個別設定～下限50%
100固定	:100%固定
80−25	:上限80%～下限25%
80−50	:上限80%～下限50%
FL	:既存蛍光灯

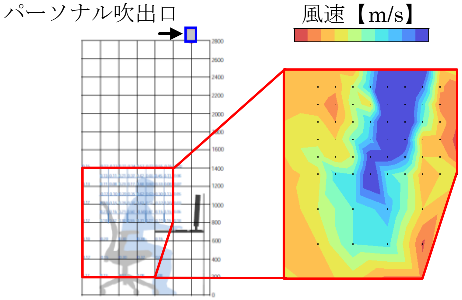
① 在席に連動する調光制御は、調光設定を行わないLED照明に比べて消費電力が大きく低下する
② 調光設定の上限値と下限値が下がるにつれ評価は低下する傾向がある
③ 主観評価においては、固定制御に比べ個別制御の満足度評価が増加する傾向が見られる
④ 上限値80%下限値50%よりも設定を低くしつつ上限値については個別制御とすると、エネルギー消費量を大きく削減しつつも、満足度を維持できることが示唆された。

技術開発に関する結果(残された課題)、今後の見通し

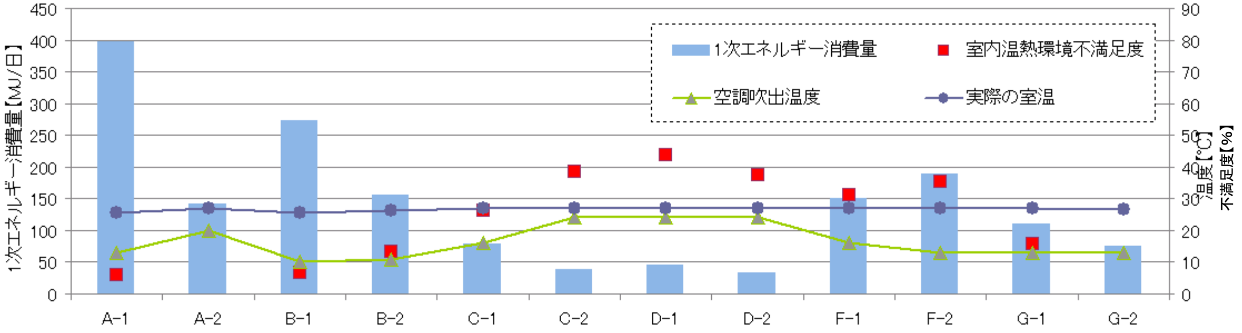
【残された課題】　ワークプレイスにおける空調実験結果より

◆冷風のパーソナル吹出しを用いてアンビエント風量を最小にすることは、省エネと満足度の向上を両立させる可能性があることが示唆されたが、パーソナル吹出の個別制御による満足度向上については改善の余地がある。

◆UWBセンサーによるパーソナル吹出制御は、リアルタイムの座標情報精度の問題から、必ずしも風量の最小化が行われていない。今後その精度向上を図ることによって、更に大幅な省エネを図ることが可能と推察される。



パーソナル吹出口と風速分布



実験ケース		実験ケース		実験ケース	
A-1	Ambient(CAV)	C-1	Personal(在席連動+等温+風量固定)+Ambient(VAV)	F-1	Personal(在席連動+冷風+個別制御)+Ambient(VAV)
A-2	Ambient(CAV)	C-2	Personal(在席連動+等温+風量固定)+Ambient(VAV)	F-2	Personal(在席連動+冷風+個別制御)+Ambient(VAV)
B-1	Ambient(VAV)	D-1	Personal(在席連動+等温+個別制御)+Ambient(VAV)	G-1	Personal(在席連動+冷風+個別制御)
B-2	Ambient(VAV)	D-2	Personal(在席連動+等温+個別制御)+Ambient(VAV)	G-2	Personal(在席連動+冷風+個別制御)

注)　在席連動…パーソナル吹出口の範囲に人の位置情報が検出された場合、該当する吹出口をONとする制御。不在信号時はOFFとする。
個別制御…自席PCによってパーソナル吹出口からの風量を強中弱及びON/OFFを調整可能とする。

空調実験ケース別エネルギー消費量と不満足度

【今後の見通し】

◆人の行動をセンシング技術によりリアルタイムに把握し、照明や空調の省エネ制御に有効に活用する技術は、今後も飛躍的に向上していくものと思われる。現時点では、人への負担、位置検出の精度、基地局やコストの課題があり普及技術までには至っていないが、応用の実用化の可能性は本技術開発にて十分確認された。今後は上記のような課題の改善をセンサーネットワーク等に加え、あるいはスマートフォンなどの個別端末にその機能を持たせ、また高精度の基地局の開発が行われていくものと思われる。

◆人の行動把握は、知的生産性やコミュニケーションの活性化を表わす有力な一方法であると共に、個人の健康把握等にもメリットをもたらすものであり、このような側面からも今後、開発技術が活用され実用化されていくことが期待される。