

技術開発成果報告書

事業名 住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	課題名 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
1. 技術開発のあらまし	
(1) 概要 本研究は、知的生産性の向上とワークプレイスの省エネルギー（以下省エネ）を同時に実現する技術開発を目的としている。20年度は試作品の開発、行動調査方法の開発、解析ソフトの開発等多くの案件を同時に解決すると共に、照明の省エネと知的生産性につながる光環境に関する満足度との関係等の成果が得られた。21年度は空調の省エネと知的生産性につながる温熱環境に関する満足度との関係、間仕切られた空間と開放空間の行動計測と比較、光色の調節可能なLEDタスク照明実験結果等の成果が得られた。	
(2) 実施期間 平成20年度～平成21年度	
(3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 91,443千円 補助金の額 43,625千円	
(4) 技術開発の構成員 学校法人 加計学園岡山理科大学（工学部建築学科 宗本研究室 教授 宗本順三） 国立大学法人 京都大学（大学院工学研究科 吉田研究室 准教授 吉田 哲） 国立大学法人 千葉大学（大学院工学研究科 川瀬研究室 教授 川瀬貴晴） 株式会社 竹中工務店（技術企画本部本部長 岡本達雄） 株式会社 日立製作所（ワイヤレスインフォ ベンチャーカンパニーCEO 木下泰三）	
(5) 取得した特許及び発表した論文等 【取得した商標】 1. ライトビズ（商標登録第5310946号） 【発表した論文】 1. 平成21年8月 日本建築学会（京都大学大学院工学研究科 河野 直） ワークプレイスにおける行動調査方法とデータベースの作成 UWBセンサーネットワークを用いた行動調査 その1 2. 平成21年8月 日本建築学会（京都大学大学院工学研究科 立岡優介） 固定席における滞在行為の分析 UWBセンサーネットワークを用いた行動調査 その2 3. 平成21年8月 日本建築学会（京都大学大学院工学研究科 石川真美） 滞在行動のシーケンスの作成と分析 UWBセンサーネットワークを用いた行動調査 その3 4. 平成21年8月日本建築学会（竹中工務店 環境・エネルギー本部 鈴木厚志） 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に関する研究（その2） 人の位置情報に基づくLED照明の調光制御と光環境満足度・省エネ効果の把握実験その1 5. 平成21年8月日本建築学会（竹中工務店 設計部 平野克彦） 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に関する研究（その3） 人の位置情報に基づくLED照明の調光制御と光環境満足度・省エネ効果の把握実験その2 6. 平成21年9月 空気調和・衛生工学会（千葉大学大学院工学研究科 渡部剛士） 設定温度・照度を変化させたときの省エネルギー・知的生産性への影響 ライトビズの提案 7. 平成21年9月 HealthyBuilding2009（千葉大学大学院工学研究科 准教授 宗方 淳）	

Interactive effects of lighting and thermal environment on the subjective impression of office space in summer

8. 平成 22 年 8 月 日本建築学会 (京都大学大学院工学研究科 張 昕楠)
Study on Knowledge Workers' Staying and Talking Behavior in Workplace Investigation on Working Behavior by using UWB Sensor Network Part5
9. 平成 22 年 8 月 日本建築学会 (千葉大学大学院工学研究科 宮下秀雄)
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に関する研究 (その 4) 人の位置情報により制御される天井照明と光色可変タスク照明に対する光環境満足度
10. 平成 22 年 8 月 日本建築学会 (竹中工務店 環境・エネルギー本部 鈴木厚志)
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に関する研究 (その 5) 人の位置情報に基づくパーソナル吹出口の連動制御と温熱環境満足度・省エネ効果の把握実験その 1
11. 平成 22 年 8 月 日本建築学会 (千葉大学大学院工学研究科 佐藤祐樹)
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に関する研究 (その 6) 人の位置情報に基づくパーソナル吹出口の連動制御と温熱環境満足度・省エネ効果の把握実験その 2
12. 平成 22 年 9 月 空気調和・衛生工学会 (千葉大学大学院工学研究科 佐藤祐樹)
人の位置情報に基づくパーソナル吹出口の連動制御と温熱環境満足度・省エネ効果の把握実験
13. 平成 23 年 8 月 日本建築学会 (京都大学大学院工学研究科 張 昕楠)
Comparison of Workers' Verbal Communication in Big Open Plan Workplace with and without Partition Walls-Investigation by using UWB Sensor Network Part6
14. 平成 23 年 8 月 日本建築学会 (千葉大学大学院工学研究科 伊藤健太)
パーソナル吹出口による温熱環境満足度向上と省エネ化について
15. 2011 年 11 月号 日本建築学会計画系論文集 2011 年 11 月号、第 76 巻、第 669 号
(京都大学大学院工学研究科 張 昕楠)
A STUDY ON WORKERS' PATTERNS OF SPACE USE AND VERBAL COMMUNICATION IN WORKPLACES WITH AND WITHOUT PARTITION WALLS
-An Investigation Using a UWB Sensor Network

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

ワークプレイスにおいては、空間、環境・設備制御が、ワーカーの行動や知的活動を刺激し、知的生産性に大きな影響を与えている。しかしこれらの実証的な研究開発は現在までになく、重要な課題である。また、より少ないエネルギー消費で知的生産性を高めることは極めて重要である。本研究では、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が得られた。

(2) 技術開発の効率性

約 100 m²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。また、人の行動計測、環境計測、SAP 調査、エネルギー計測、センサーの技術開発を、京都大学、岡山理科大学、千葉大学、竹中工務店、日立製作所が適切に役割分担し、効率的に技術開発を進めた。

(3) 実用化・市場化の状況

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。このように、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

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

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。

(5) 技術開発に関する結果

1. 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。

2. 残された課題

空調制御への連動実験においては、各座席の上部にパーソナル吹出口を設置し、UWBセンサーとの連動によるパーソナル吹出しの在席・不在席制御、自席PCによる風量の個別設定を加えた。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。一方で、パーソナル吹出し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。また、UWBセンサーによるパーソナル吹出し制御は、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。従って、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。

3. 対応方針

(1) 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。

また、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。