

3Y-09

WE-AL: 作業状態に適した室内環境を提供する自動制御システム

藤埴 洗輝[†] 諸戸 貴志^{††} 濱川 礼^{†††}

中京大学 情報理工学部 情報システム工学科[†] 中京大学大学院 情報科学研究科^{††} 中京大学 工学部^{†††}

1. 概要

本論文では、ユーザの作業状態に適した室内環境を提供する自動制御システム『WE-AL』について述べる。照明の調光と作業中の音楽は、作業効率に影響を与えていることが判明している。その為、ユーザの作業状態に合わせて照明の照度や色温度、音楽を変化させることができれば、ユーザの作業効率を上昇させることができる。そこで、本研究では、ユーザの行動状態を分析して、作業に適した照明と音楽を提供するシステム『WE-AL』の開発を行い、その評価を行った。

2. 背景・目的

近年では、ノマドワーカーと呼ばれるオフィスの無い会社や働く場所を自由に選択する会社員が増えている。oDesk の顧客 847 名に対して行った調査では、顧客の約 74% が職場を自由に選択しており、顧客の約 67% はフリーランスとして働くようになった[1]。また、ノマドワーキングをする場所の調査では、自宅以外の場所を一番利用する人が 8 割以上を占めている[2]。従って、ノマドワーカーは作業環境を変えることを強く望んでいる。

そこで、本研究では照明の照度や色温度、作業中の音楽を変えることで、自宅でも集中して作業に取り組みると仮定した。例えば、[3] ではユーザに照明の照度・色温度を選択させることによって、リラックスし易い環境や作業に集中しやすい環境を実現させている。[4] では、ユーザが眠気を感じた時にコーヒーの香りや喫茶店の雑音を発生させることによって、ユーザに作業へ集中させる環境を実現させている。

本研究では[3]、[4] を踏まえ、ユーザの作業状態を分析することによって、作業に適した室内環境をリアルタイムで提供し、ユーザの作業効率を向上させるシステム『WE-AL』を開発した。

3. システム概要

『WE-AL』は、ユーザの行動から作業状態を分析した後、室内環境を制御することでユーザに適した作業環境を提供する処理を繰り返すシステムである(図 1)。

『WE-AL』では、特定のユーザにとって最適な環境を実現させる為に、1 人のユーザを対象にしている。

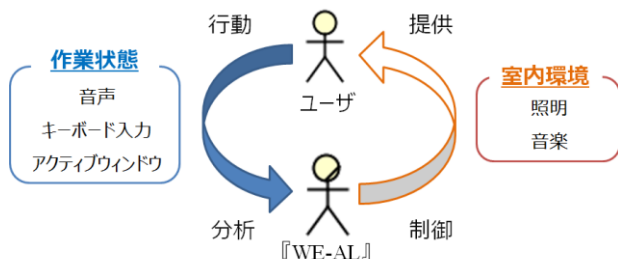


図 1 『WE-AL』のシステムイメージ

3.1. 作業状態の分析

マイクから音声の取得、ユーザの PC からキーボード入

WE-AL: Automatic control system that provides the indoor environment that is suitable to the user's work state.

[†]Koki Fujitsuka, ^{††}Takashi Moroto, ^{†††}Rei Hamakawa

力とアクティブウィンドウの識別を行う。その後、それらの結果を元にユーザの作業状態を分析する。

3.2. 室内環境の提供

ユーザの作業状態に基づいて、Philips 社が開発した hue[5] と呼ばれる LED ランプの照度と色温度、スピーカーから流れる音楽を変更する。それによって、ユーザの作業に適した室内環境を提供することができる。

4. デバイス構成

『WE-AL』では、管理者とユーザの PC、Raspberry Pi、USB マイク、USB スピーカー、hue を使用している(図 2)。

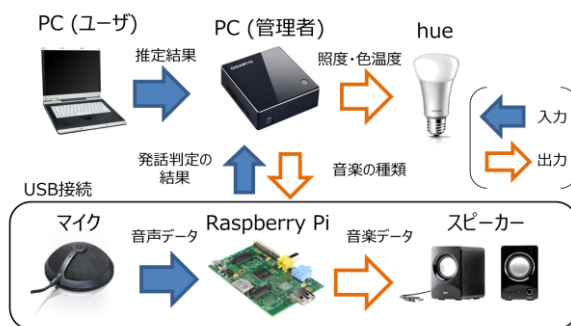


図 2 『WE-AL』のデバイス構成

4.1. 各デバイスの処理

『WE-AL』では、管理者の PC で作業状態の分析と室内環境の提供を管理している。管理者の PC では、マイクと USB 接続している Raspberry Pi から発話判定、ユーザの PC から作業推定の結果を受信して、スピーカーと USB 接続している Raspberry Pi には作業に適した音楽の種類、hue には作業に適した照明の照度と色温度を送信している。この時、管理者の PC にデータを送信しているデバイスはユーザの状態を得る度に送信処理を繰り返している。

5. システム構成

『WE-AL』では、環境認識管理部、環境提供管理部の順で処理を繰り返している(図 3)。

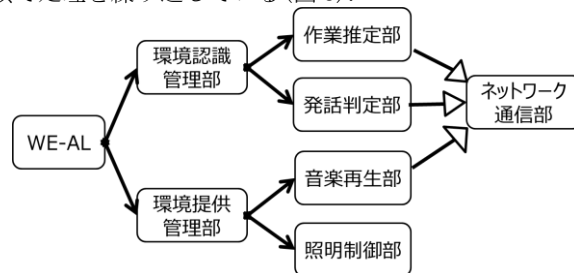


図 3 『WE-AL』のシステム構成

5.1. 環境認識管理部

環境認識管理部は、作業推定部から受け取った作業推定の結果、発話判定部から受け取った発話判定の結果を元に、ユーザの作業状態を分析している(図 4)。

5.1.1. 作業推定部

キーボードやマウスの入力判定とアクティブウィンドウのタブ名を取得すると、ユーザがどんなソフトウェア、web ページを利用して、現在は何をしているのかが分かる。

作業推定	音声判定	作業状態
作業中		作業中
勉強中		勉強中
総業中	発話中	会話中
	非発話中	総業中

図4 作業状態の分析方法

そこで、作業推定部では、キーロガーとアクティブウィンドウを活用して、ユーザがどんな状態で、何を行っているのかを推定している(図5, 6)。その後、作業推定の結果をネットワーク通信部に渡し、Raspberry Pi から管理者のPCに送信する。

『WE-AL』では、[4] で定義されている作業推定の条件に元に、分析対象の作業を追加した。

キー判定	キーロガー	アクティブウィンドウ	キーロガー	推定結果
右クリック 左クリック	マウス操作	プログラミング	マウス操作	作業中
		デスクワーク	書き込み中 キーボード操作	
アルファベット Enter Backspace Space Tab	書き込み中	Webブラウジング	キー入力無し	総業中
		文章執筆	書き込み中 キーボード操作	作業中
			マウス操作 キー入力無し	総業中
ファンクション Ctrl Alt ↑, ←, ↓, →	キーボード操作	プログラミング	マウス操作 書き込み中 キーボード操作	作業中
		関連サイト	キーボード入力無し	勉強中
		総業		総業中

図5 キーロガー

図6 作業推定の条件

5.1.2. 発話判定部

発話判定部では、Raspberry Pi に USB 接続されているマイクで室内の音声を取得して、ガウス混合モデルを用いて環境音識別を行い、ユーザが会話しているかどうかを識別する。その後、発話判定の結果をネットワーク通信部に渡し、Raspberry Pi から管理者のPCに送信する。

5.2. 環境提供管理部

環境提供管理部は、音楽再生部と照明制御部で構成されている。環境提供管理部では、環境認識部で識別したユーザの作業を元に、照明の照度や色温度、スピーカーから流れる音楽を変更して、ユーザに適した室内環境を提供する(図7)。

作業状態	照明	音楽	人体への影響
作業中	昼光色	β波	集中力の向上
勉強中	昼白色	β波	集中力の向上
会話中	電球色	α波	会話の活性化 リラックス効果
総業中	昼白色		通常の作業環境

図7 作業に適した室内環境の提供

5.2.1. 音楽再生部

ユーザの作業状態をネットワーク通信部の処理を通じて、管理者のPCからRaspberry Piに送信する。その後、Raspberry PiにUSB接続されているスピーカーを使って、作業状態に適した音楽を提供する。スピーカーの音量は個人で調節することができ、かつヘッドホンを装着することで外部に音を漏らすことなく作業に取り組める。

『WE-AL』では、ユーザの作業状態に影響を与える為に豊かな発想を生み出せる状態であるα波の脳波、作業に集中した状態であるβ波の脳波を誘う音楽を使用する。

5.2.2. 照明制御部

照明制御部では、hueの照度・色温度を制御することで作業状態に適した照明に変化させている。

『WE-AL』では、単純作業への集中力を向上させる昼光色、読書に適している昼白色、リラックス効果が得られる電球色を使用した。

5.3. ネットワーク通信部

ネットワーク通信部では、PC同士、PCとRaspberry Pi間におけるデータの送受信を行う為、UDPを活用する。

6. 実験・考察

6.1. 実験内容

情報工学を専攻する大学生19名を対象として、20分間のプログラミングテストを『WE-AL』利用時、非利用時の2回に渡り、実施した。本実験では、ギノ株式会社が提供するpaizaのプログラミングスキルチェックを活用した[6]。

本実験では、作業の慣れや疲れによって作業効率が変化してしまう可能性がある。その為、『WE-AL』利用時、非利用時の順に実験したパターンをA、非利用時、利用時の順に実験したパターンをBとして、AとBの順番をランダムに変えて実験を行った。(図8)。

実験パターン	1回目	2回目	被験者
A	『WE-AL』利用	『WE-AL』非利用	10人
B	『WE-AL』非利用	『WE-AL』利用	9人

図8 実験パターン

6.2. 実験結果

被験者が制限時間内にどれくらい時間がかかる作業を終わらせることができたのかを調べる為に、正解を導き出した問題の平均解答時間を被験者の得点として、作業効率の比較を行った。その結果を図9に示す。

『WE-AL』利用時にテストを実施した時の方が非利用時にテストを実施した時よりも高い得点を出した被験者は全体の約68%を占めていた。また、パターンA, Bにおいて、『WE-AL』利用時の方が非利用時よりも高い得点を出した人はAでは被験者10人の60%、実験Bでは被験者9人の約78%を占めており、どちらのパターンでも点数が向上していた。従って、『WE-AL』利用時の室内環境で作業を行えば、作業への慣れや疲れに左右されることなく、作業効率を向上させることができる。

		実験パターン		合計
		A	B	
作業効率	向上	6	7	13
	悪化	4	2	6
合計		10	9	19

図9 評価実験の結果

7. 展望

本研究では作業効率の向上という目的に対する評価の観点が少ないので、ユーザがどの作業をする時、どんな室内環境に変化したかまで評価していきたい。

また、照明と音楽について取り扱ったが、他にも作業状態に影響を与える要因として室内の温度やにおい等が挙げられる。今後はユーザにとって最適な室内環境を実現させる為に、これらを制御する機能も開発していきたい。

8. 参考文献

[1] oDesk, “New oDesk Survey Shows That The Digital Nomad Lifestyle Is Here to Stay” (2014. 2).
 [2] 実践ノマドワーキング・ラボ, “ノマドワーキングの効率調査” (2013. 10).
 [3] 三木 光範, 本谷 陽, 長野 正嗣, “知的照明システムにおける光度・色温度連動型照明の効果”, 人工知能学会 全国大会(2013. 6).
 [4] 三井 健史, 大橋 省吾, 小林 拳人, 志津野 之也, 濱川 礼, “個々のユーザの集中度に応じた室内環境を演出するシステム〜ヴァーチャル・スタバ〜”, 情報処理学会 全国大会(2015. 3).
 [5] Phillips 社, hue, <http://www2.meethue.com/ja-jp/>.
 [6] ギノ株式会社, ITプログラマー・エンジニア転職のpaiza.