

建築空間の作業環境制御における研究

○ 陳 紹華^{*1}
渡辺 仁史^{*2}

キーワード：POMS 人間行動 作業 センシング 照明 姿勢

1. はじめに

1.1. 研究背景

先のリーマンショックでは日本も不景気の煽りを受け、より強いプレッシャーの中を、多くの人がストレスにさらされながら生活を送っている。

人がストレスを受けるとストレス反応と呼ばれる現象が起きる。本来この反応は適応的、生体防御的なメカニズムである。しかし、十分なストレス対処が行われないと、様々な異常をきたす可能性がある¹⁾。例えば、長期間ストレスが続いた場合、免疫機能の低下が起こり体内に侵入したウイルスに対する免疫の成立が阻害される。また、水痘などストレスによって再燃する感染症も指摘されている²⁾。さらに、ストレスが進行した場合、うつ病になる可能性がある。うつ病の患者は世界中で約3億4000万人のいるといわれている。うつ病は希死念慮を抱くことも多く、うつによる自殺で亡くなる人は、日本では年間1万人以上いるとされ、交通事故の死亡者より多いとされている。うつ病は早期に発見され、適切な治療を受ければ、大部分が改善する。そのため、早期発見の必要性があるとされるが、うつ病の症状の多くは発症発見が難しく、軽度うつ病の患者の大部分は治療を受けていないのが現状である。従って、抑うつ気分や制止、興味喪失などの様々な症状が長期間続くため、日常生活に支障をきたすことが多い³⁾。

ここで、これらの現代社会におけるストレスに関する問題を解決するべく、日常生活における戸建・集合住宅を含んだ住宅・生活行動全体とストレスの関係性に着目した大規模な調査は行われている。しかし、オフィスや作業空間といった非住居についての研究は積極的に行われていない。近代オフィスの成立以来、オフィス環境は基本的に人工的環境のなかに成立し、一定の快適性が設定されている。この環境を、主体に対する影響という観点から考えた場合、否定的環境、保全的環境、積極的環境の3つの環境が存在する。否定的環境は、主体の健康を損ね、存在をも否定しかねない環境である。保全的環境とは、否定的環境下において方策を施し、環境からの影響に対し主体の保全を図るものである。積極的環境と

は、逆に環境から良い影響を受け、主体が活性化する環境である⁴⁾。

独立行政法人労働政策研究研修機構は「職場におけるメンタルヘルス対策に関する調査」⁵⁾で、近年の仕事量の増加、特に係長、課長の負担増を指摘した。また、「従業員のメンタルヘルスと労働時間」⁶⁾は、長時間労働とメンタルヘルスの因果関係を調査し、メンタルヘルス維持のために心身疲労をリセットする制度を組織に導入することを提言している。

仕事の負担が増加する現代社会では、身体と心の健康維持のために休息やストレス・マネジメントが必要だが、その時間を持つことすらなかなか難しい場合がほとんどである。⁶⁾

従って、人口知能によるオートマチックな積極的環境を提供するシステムが、この状況を打破する一案になるのではないかと期待している。

1.2. 本研究が目指す建築空間の制御について

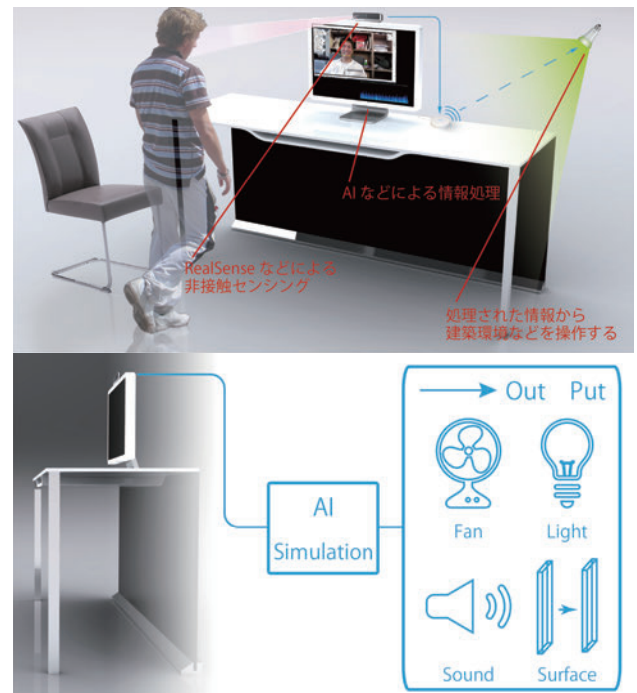


図1. 本研究が目指す建築空間の制御のイメージ

1.1. 研究背景より、人の状況を定量的に長期にわたって細かく観測する必要があると考えられる。人の心理や行動の変化を捉えることによって適切なフィードバックが可能になる。しかし、常に身体にセンサーを装着することは非常に困難であり、自ら観測したデータを理解し状況把握を積極的に行うことはあまり期待できない。従って、人が活動する空間において、図1のような非接触センシング技術とその人工知能の開発及び実装が必要である。

本研究において非接触センシングが測定する内容は主に人の感情と動作についてである。動作については既にKinectなどで非接触が実現しているが、感情や心理についてはアンケートや脳波計を利用する手法がほとんどである。そこで、人の表情を的確に捉え、その情報を建築空間に応用することによって、感情の非接触センシングが可能になると仮定した。この観測が確実な技術になることによって、人口知能などと連携した実装システムの開発が可能になる。

2. 研究目的

現代社会は様々なストレスの発生源となっている。この社会に生きる人々は常にこのストレスを被っていることに気づくことは少なく、改善する余裕もあまりない。この状況を解決するための住居に関する研究は多く行われているが、ストレスを軽減する空間は必ずしも住居だけとは限らない。本研究では、ストレスを無意識に軽減する積極的環境を提供するために、非接触センシングで得られる作業空間内における人間の定量的データを利用し、比較の実装における工夫が容易な照明の色への応用を提唱すること、建築空間における非接触センシング技術の有用性の確認を目的とする。

3. 実験方法

3.1. 実験概要

実験日程は2015年9月29日、及び、2015年10月6日の09:00～17:00の間に実施した。被験者1人あたりの所用時間は約3.0時間程度である。実験場所は早稲田大学理工学術院55S棟渡辺仁史研究室の別室を使用した。被験者は、一般大学生(20代、男性1人、女性1人)合計2人である。

3.2. 実験器具

本研究では幾つかの特殊な機材を利用した。人の表情測定にはRealSenseを使用した。この装置を稼働させるためのノートPCも用意した。このノートPCは被験者が行う作業用のPCと併用した。また、表情の観測と同時に脳波も測定した。脳波計は米NeuroSky社モジュール搭載の脳波測定ヘッドバンド「B-Bridge製のB3 Band」を使

用した。さらに、各実験の前後にはPOMSによる記述式アンケートを行い、被験者の主観的感情変化を読み取った。これにより、被験者の主観的感情変化と生理反応の差が分析可能になった。建築空間の作業環境の操作にHueと呼ばれる照明を利用した。また、姿勢の変化を促すために、3種の作業台を用意した。

3.3. 実験手順

本研究では「立位作業実験」、「座位作業実験」、「床面作業実験」の3種類の実験を実施した。被験者は上記の順番で実験を行った。また、各実験は、Hueの色を白、青、赤、緑の順に従いそれぞれ4回行った。従って、一人あたりの実験回数は合計12回行った。さらに、各実験前後にPOMSによる調査を行った。従ってPOMSを行った回数は全24回である。実験空間は2600mm×2600mm×2800mmの範囲にカーテンを天井から吊した場所とした。また床面には畳2畳分を引き詰めた。実験室内のレイアウト及び被験者の動線は、図2の通りである。

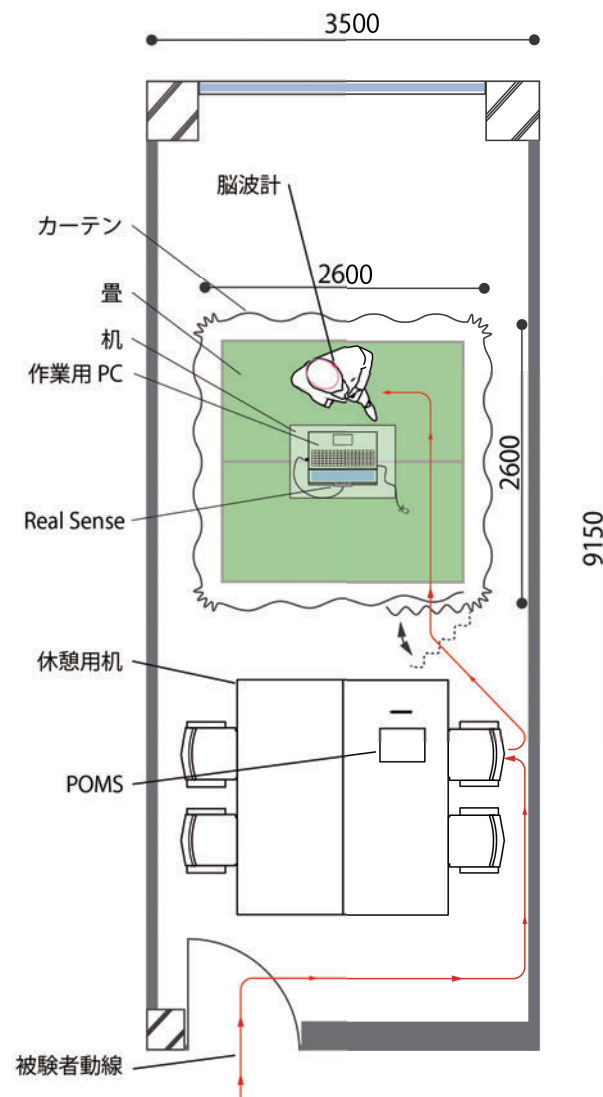


図2. 実験空間のレイアウト

実験全体の手順は以下の通りである。

- ①実験教示→② POMS 記入→③実験空間に移動→④実験開始→⑤実験終了→⑥ POMS 記入→⑦休憩インターバル
(実験終了まで、2～7を繰り返す)

3.4. 実験詳細

本実験の主な内容は2桁の加算問題50問回答である。問題は作業台の上に設置されたノートPC上に表示され、被験者自ら操作し回答する。各問題はランダムに表示され、問題が重複しないように考慮している。

この時、RealSenseによって、頭部の三軸回転角度及び顔の表出情報や、その時の動画などを記録した。動画を除いたこれらの情報はCSVデータとして書き出した。また、同時に脳波計による記録も行った。この脳波計は脳波波形(原波形)と、Attention, Meditation 値を保持し、同様にこの情報をCSVデータとして書き出した。

今回使用したPOMS⁷⁾は30項目の評価項目を要する短縮版である。ところでPOMSとは気分を評価する質問紙法のひとつであり、1種類5項目、全体で6種類{緊張-不安 (Tention-Anxiety), 活気 (Vigor), 抑うつ-落ち込み (Deperssion-Dejection), 疲労 (Fatigue), 怒り-敵意 (Anger-Hostility), 混乱 (Confusion)}の項目がある。この項目よりT得点を導きだした。T得点とは標準化得点のことである。導き方は $[T得点 = 50 + 10 \times (素得点 - 平均値) / 標準偏差]$ である。

各実験の略図及び様子を写した図3～5を以下の通りである。

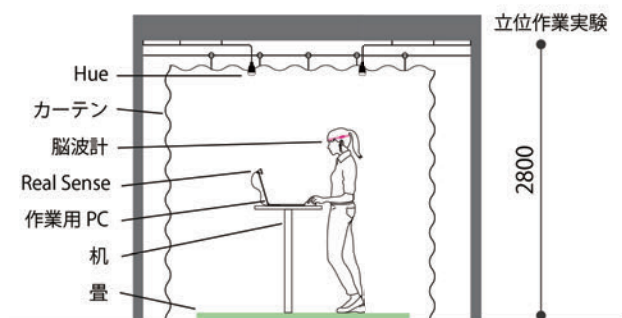


図3. 立位作業実験

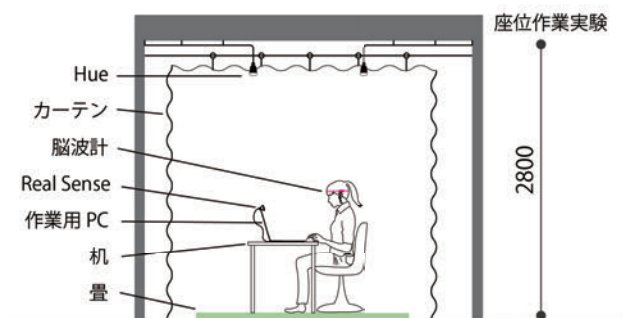


図4. 座位作業実験

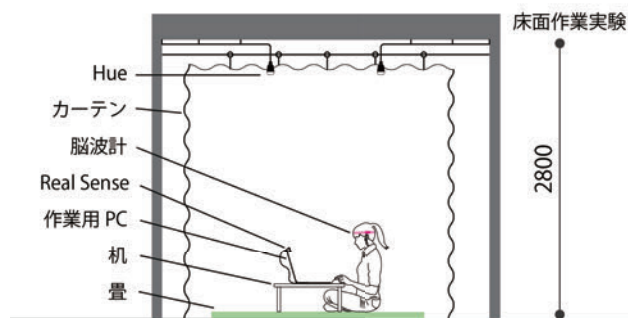


図5. 床面作業実験

4. 実験結果とまとめ

本書では実験で行った一部の結果のみを掲載する。(男性被験者, 座位作業実験, Hueの色が白色の時, 実験開始後2分から3分の一分間を対象とする) また、本実験で利用した技術が建築空間で応用可能か判断する。すべての実験結果及びその分析については、本シンポジウムの発表会と、別途報告書にて発表する。

4.1. RealSense

本実験で使用したRealSenseでは、主に録画、三軸回転角度、表出情報、顔の特徴位置などを記録した。顔の三軸回転角度は主に頭部のX, Y, Z軸に対しての角度に反応する。例えば図7より、この被験者はyawの値が上下に激しく左右している。これは作業中に顔が頻繁に左右に動いている事を示している。また、rollの値が常に負の値であることがわかる。従って、顔面の角度が常に傾いていること判断できる。Pitchの値も同様に負の値が連続している。これは顔面の角度が常に下に向いていることが予想できる。⁸⁾

表出情報は主に顔にある各部位の変化をとらえている。図8はその変化率を示しており、100に近いほど変化が大きいことを意味する。このように、RealSenseは顔の微妙な変化を敏感に読み取り、記録することが可能であるとわかった。

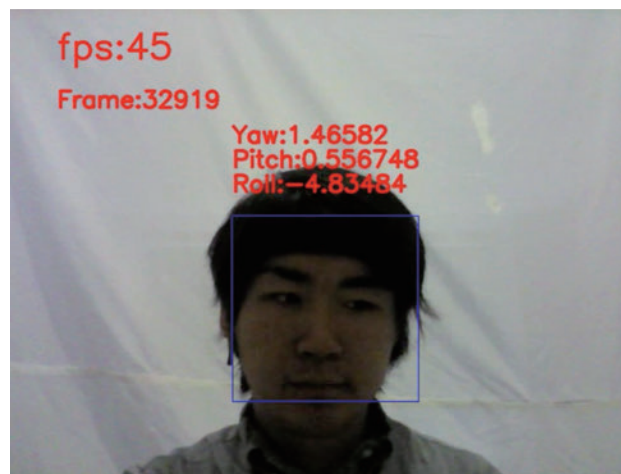


図6. RealSenseによる録画

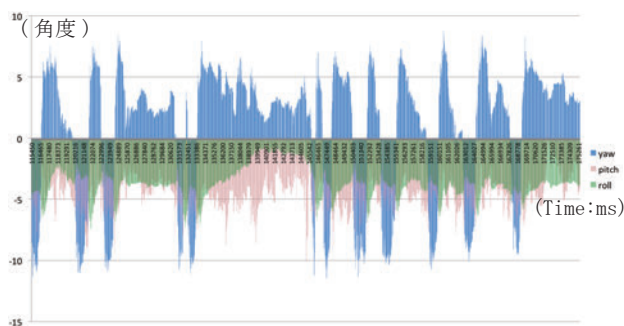


図 7. 三軸回転角度

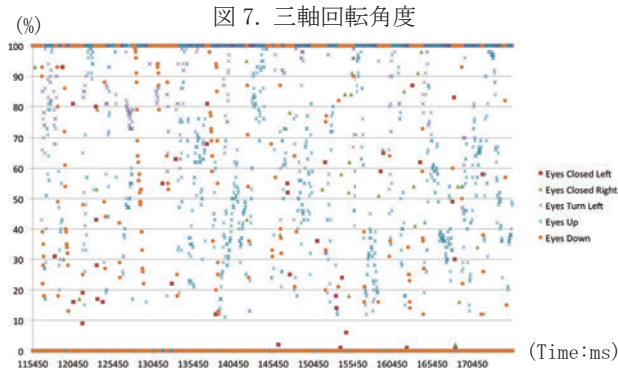


図 8. 主な表出情報

4.2. B3 Band

本実験での観測は RealSense をメインとするが、補助的に脳波計「3B Band」を使い、脳波を測定した。この理油として、脳波計などの接触型センシングと、RealSense などの非接触センシングを比較するためである。

3B Band はあらゆる脳波の測定が可能であるが、本実験ではこの脳波計の Android タブレットのアプリケーション LMM と連携させ、主に脳波の「原波形」, 「Attention (集中力)」, 「Meditation (安らぎ)」の三種を抽出した。特に Attention と Meditation は心理変化を示している。図 9 より、Attention に比べて Meditation の値が上昇していることがわかる。これにより、被験者が作業に足して慣れ始めた可能性があると示唆できる。このように、脳波を RealSense が観測した各値と比較することが可能である。

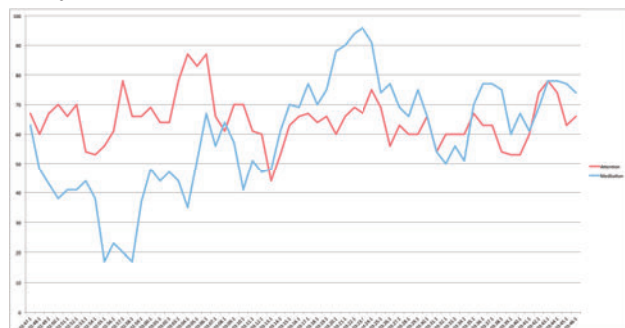


図 9. Attention と Meditation

4.3. POMS

POMS を活用することにより、実験前と実験後の被験者の主観的な心理変化を捉えることが可能になる。この手法を利用した理由として、主観的心理変化と生理的变化

との差を捉え、建築空間の環境に不足な要素を見つけ出すことを目的としている。図 10 より、活気 (V) の値が著しく向上しており、4.1., 4.2. の生理変化には見られなかった。従って、被験者自身は実験に対して非常に積極的な態度になった感覚があった可能性があるが、身体の変化は考えている感覚ほど変化しなかったと考えられる。

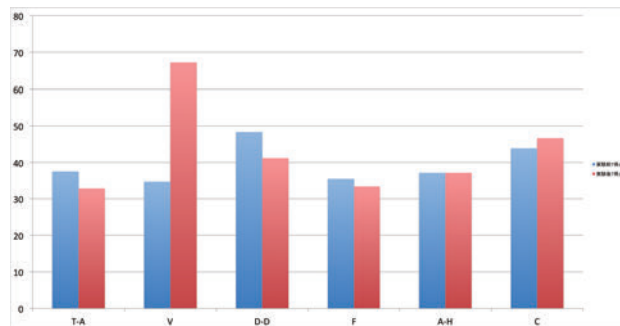


図 10. 実験前と実験後の T 得点

5. 今後について

本研究は建築空間を非接触センシングで制御する為の初期研究である。本書ではすべての結果及び分析を記述していない。従って、次の段階として、被験者のサンプル数を増やし、分析と考察まで盛り込んだ研究を発表する。さらに、この研究結果を利用し、より高度な建築環境の制御木漏れ日の演出や季節感を表現する室内環境など) を行う人工知能を提案し、実証することを展望とする。

6. 謝辞

本研究を始めるにあたり、東京理科大学理工学研究科経営工学専攻博士課程西山研究室の斎藤裕佑様及び学部四年の柴崎俊輝にご協力いただいた。特に RealSense の扱いに関して積極的にご指導いただき、建築の新たな可能性を見出すきっかけを与えていただいた。心より感謝申し上げます。

[参考文献]

- 1) 野村 忍, 「ストレスとバイオフィードバック」, 早稲田大学 (バイオフィードバック研究・2014年・41巻・第2号), 2014
- 2) 堤 仁美 その他「住環境満足度と居住者のストレス・健康感の関連分析」, 日本建築学会環境系論文集・第78巻・第686号, 2013
- 3) 川又 崇 その他, 「表情認知を利用したうつ状態の早期検出」, 電子情報通信学会信学技法, 2002
- 4) 五藤 寿樹, 「オフィス環境における積極的環境効果とその実験調査についての研究」, 聖徳大学短期大学部研究論文日本都市情報学会会誌, 1995
- 5) 労働政策研究研修機構調査解析部, 「職場におけるメンタルヘルス対策に関する調査」, 労政時報, 2012
- 6) 尾崎 健一, 「ストレス・マネジメント くつろぐ時間を持つことから」, 日経ストラテジー,
- 7) 横山 和仁, 「POMS 短縮版 手引きと事例解説」, 金子書房, 2005
- 8) 中村 薫 その他, 「Intel RealSense SDK センサープログラミング」, 翔永社, 2015

*1 早稲田大学大学院創造理工学研究科建築学専攻 修士課程二年

*2 早稲田大学理工学術院 教授 (工学)