

# 知的生産性向上のためのアプリケーションの構築

山田 幸史朗

## 1 はじめに

近年、室内環境の改善により Work Place Productivity(プロダクティビティ)を向上させ、経済指標を向上させようとする取り組みが世界的に行われている。これまでオフィスにおいては、省エネルギー化によるコスト削減に重点が置かれていた。これは空調、照明に用いられる電力量の削減が単純かつ効率的であったためである。しかし、オフィスにおける生産性は、部屋の環境に大きく依存すると考えられる。一般に企業における人件費は大きな割合を占めており、ビルの保全、建造や管理費などと比べても遥かに大きい支出となっている。そのため、プロダクティビティを数%向上させることで起こる金額的メリットは莫大なものとなる。これらの事から、単なるコスト削減を目的とした省エネルギー化は経済指標としても企業としても不十分であり、より良い環境改善を行う事が必要であると考えられる。<sup>1)</sup> その際、オフィスにおける生産性を定義し、定量的に評価する指標の確立が必要とされている。

そこで、本研究ではプロダクティビティを定量的かつ客観的に測る事を目的としたテストアプリケーションの構築を行った。そして、主観的評価の観点から生体負荷を推測し、テスト結果との相関性を調べた。

## 2 プロダクティビティの向上

### 2.1 プロダクティビティ評価モデル

プロダクティビティとは、短期的なパフォーマンスとワーカの肉体、精神状態を統合したものと考えるべきである。眼精疲労、肩こり、腰痛、眠気など肉体的機能が低下している状態で作業効率が減少する事は周知であろう。また、やる気が起きない等の心理的問題でも同じように作業効率が減少する。そして室内環境においては、暖かくて眠い、うるさくて集中できないといった事が考えられるため、肉体・精神的に影響を与えると考える。また、照明が暗くて字が読めないといった事からパフォーマンスにも影響すると考えられる。<sup>2)</sup> よって、これらの事をまとめるとプロダクティビティの評価モデルは Fig. 1 のようになる。

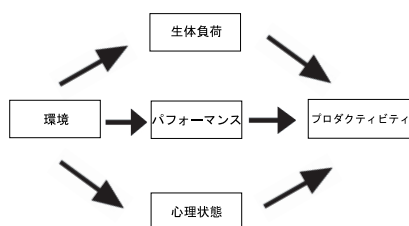


Fig.1 プロダクティビティ評価モデル (参考文献<sup>2)</sup> より引用)

### 2.2 オフィスワークに必要な能力

オフィスワークにおける人の知的活動の分類として、Handbook of Human Abilities<sup>3)</sup> を用いた。このハンドブックは、様々な業種における仕事の分析を基に仕事に必要な能力の分類を行っている。このハンドブックによると、人の能力は次の4種類に大別されている。

- Cognitive Abilities (認知能力)
- Psychomotor (精神運動能力)
- Physical Abilities (物理的能力)
- Sensory/Perceptual Abilities (感性)

これらは更に細かく分類され、全52種類に及ぶ。既存の研究<sup>2)</sup>において、Cognitive Abilitiesがオフィス作業に必要な割合が高いとされている。そこで、本研究でもTable 1に示すCognitive Abilitiesに含まれる能力に焦点を当てることとした。

Table1 ヒューマンアビリティによる知的能力分類 (出典:参考文献<sup>3)</sup>より引用)

能力名	能力の説明
書面理解能力	書かれた言葉や文を理解する能力
記憶能力	言葉や数字、手順など情報を覚える能力
問題への感受性	何かが間違っている事を知る能力
認知速度	文字、数字等を素早く正確に比較する能力

### 2.3 テスト設計における指針

本テストは、オフィスワークの作業効率を定量的に測り、環境やパフォーマンスの変化を測定、評価することを目的とする。そのため、テストは以下の要求を満たす必要がある。

- オフィス活動に準じていること  
作業効率を測る際、測定基準が実作業と似ている方がそうでない場合に比べ、オフィス作業に対しての能力を引き出しやすく、そのため、テストはオフィス活動に近い作業であることが望まれる。
- 難易度が均一であること  
難易度にばらつきがある場合、環境やパフォーマンスによる変化以外の要因によって結果が変わる恐れがある。そのため、問題によって難易度にばらつきがあってはいけない。
- 難易度が適切であること  
テストが簡単すぎるとパフォーマンスが低い時でもできたり、または難しすぎると良好な状態でもできないといったことが起こる。そのため、作業効率を評価できない恐れがある。よって、難易度はパフォーマンスによって結果に差異が表れる必要がある。
- 測定時間を短くすること  
実際のオフィス環境で測定を行う際、可能な限りテストの所要時間を減らすことが望まれる。

### 3 テストアプリケーション

#### 3.1 認知・敏捷テスト

本テストは、指定された色と同じブロックをマウスクリックによって制限時間以内に行われるだけ速く消していくものである。指定される色は毎回ランダムで割り振られる。評価はテスト終了直前に行われた試行のブロック数によって与えられる。これにより、認知速度を測定することができると考えた。評価の方法を Table 2 に、また実行画面を Fig. 2 に示す。

Table2 評価方法（認知・敏捷テスト）（出典：自作）

項目	内容
制限時間	1 試行につき 20 秒とする
初期ブロック数	初期のブロック数は 12 個とし、評価に応じて次の試行のブロック数が +2 から -2 の間で変化する。
ランク	試験開始後 1 試行毎に 8 秒から 3 秒毎に 6 段階評価する。
終了条件	制限時間を越えるか、1 試行で 2 回間違えた場合、テストを終了する。
得点	終了時のブロック数とする。

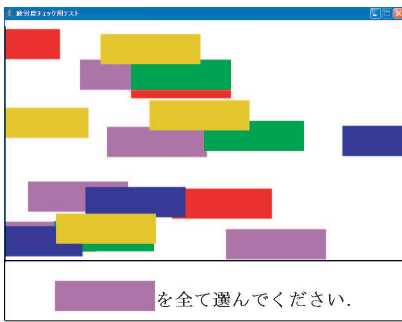


Fig.2 テスト画面（認知・敏捷）（出典：自作）

#### 3.2 記憶テスト

本テストは、右から左へ流れていく数字を記憶し指定された順番に通った数字を当てるものである。3 回正解する毎に流れる数字の個数が増える。記憶できなくなる個数を最終的な得点とする。これにより、記憶能力を判定できると考えた。評価の方法を Table 3 に、また実行画面を Fig. 3 に示す。

Table3 評価方法（記憶テスト）（出典：自作）

項目	内容
数字の種類	0~9 までの 10 種類
覚える数字の数	初期 3 個で 3 回正解する毎に 1 個ずつ増加（最大 12 個）する。
終了条件	解答を間違えた時とする。
得点	覚えられた数字の個数とする。

### 4 一般的な疲労度測定方法

#### 4.1 自覚症状調べ

疲労評価、作業評価において、主観的に身体・精神影響を見るため、自覚症状調べが非常によく用いられている。

4) 自覚症状調べは Table 4 に示す 30 個の項目から成り、

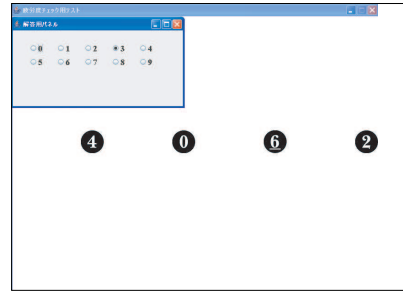


Fig.3 テスト画面（記憶）（出典：自作）

それぞれ感じる項目に丸印を付ける。質問は眠気とだるさ、注意集中の困難、身体的違和感の三種に分類され、各群毎もしくは全体で評価する事が可能である。

Table4 自覚症状調べ（参考文献<sup>4)</sup>より引用）

(I群)	(II群)	(III群)
1.頭がおもい	11.考えがまとまらない	21.頭がいたい
2.全身がだるい	12.話をするのがいやになる	22.肩がこる
3.足がだるい	13.いらいらする	23.腰がいたい
4.あくびがでる	14.気がちる	24.いきが苦しい
5.頭がぼんやりする	15.物事に熱心になれない	25.口がかたく
6.ねむい	16.ちよつとしたことが思い出せない	26.声がかすれる
7.目がかれる	17.することに間違いが多くなる	27.めまいがする
8.動作がぎこちない	18.物事が気になる	28.まぶたや筋肉がピクピクする
9.足もたがたよりない	19.きちんとしていられない	29.手足がふるえる
10.横になりたい	20.根気がなくなる	30.気分がわるい

#### 4.2 生理的指標

生理的指標による疲労評価、作業評価として、大脳皮質の活動状態を測定を行う脳波を調べる方法、視覚の疲労度を調査するフリッカー値（Critical Flicker Frequency:CFF）の測定などが用いられている。フリッカー測定器を Fig. 4 に示す。フリッカー値とは、点滅する光を見たとき、それを連続光と見えるか、断続光として見えるかの境目の値を周波数 (Hz) で表したものである。<sup>5)</sup> この値が大きいほど、作業効率が高いと言える。

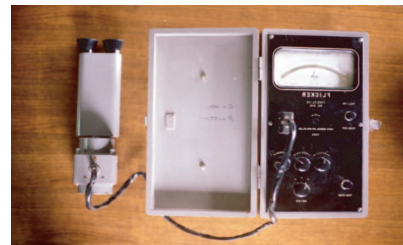


Fig.4 フリッカー測定器（参考文献<sup>5)</sup>より引用）

### 5 基礎実験

#### 5.1 概要

疲労度によって、パフォーマンスが変化する事を確認するため、自覚症状調べにおける疲労状態の平均値を基準に二種類に分割し、それぞれのテストにおいて評価を行った。

#### 5.2 実験結果

Fig. 5 に認知・敏捷テスト、Fig. 6 に記憶テストの結果を示す。なお、それぞれの図において左に疲労度が低いとき、右に疲労度が高いときを示している。

Fig. 5 から、認知・敏捷テストにおいては、平均値が 29 と 27、標準偏差が約 2 となっていた。これより、疲労度により差異が出ていたが、その差は小さい事がわかる。また、Fig. 6 から、記憶力テストにおいては、平均値が

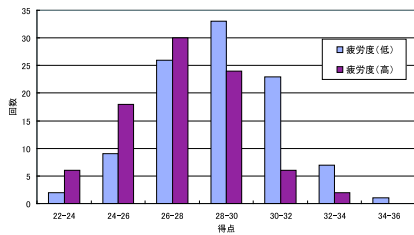


Fig.5 疲労度の差による比較 (認知・敏捷テスト) (出典: 自作)

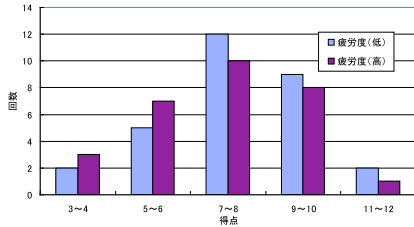


Fig.6 疲労度の差による比較 (記憶テスト) (出典: 自作)

両者とも7, 標準偏差が約1となっていた。これより, 疲労度によってほとんど影響を与えていないことがわかる。

### 5.3 考察

このテストアプリケーションでは負荷が小さく, 難易度が適切ではなかった為, パフォーマンスを測るテストとしては不十分であるといえる。改善点としては, 負荷が高く長期的に集中力を使うテストにする事が挙げられる。また, 記憶テストにおいて, 記憶力はパフォーマンスには依存せず, 環境における短期集中力に依存していると考えられる。

## 6 テストアプリケーションの改良

基礎実験の結果を基に, 認知テストを負荷が重く, かつ実際のオフィス作業に近い動作を行うテストを新たに作成した。

### 6.1 認知速度テスト改良版

本テストは, 50個ある自己紹介文(全3500文字前後)の中から特定の条件を含む文章を全て抜き出すものである。問題は全部で3問用意される。評価はテストを終わるまでにかかった時間に加え, 問題の難易度は等価であると考え, 1問間違える度に, かかった時間の3分の1を加えた時間とした。評価の方法をTable 5に, テスト画面をFig. 7に示す。

Table5 評価方法 (認知テスト改良版) (出典: 自作)

機能	詳細
文章	70文字程度50個用意される。
問題	特定の条件が含まれるものを選ぶ。
終了条件	解答を全て終えた段階で終了する。
ペナルティ	間違えた問題1問につき 解答終了時間の3分の1を加える。
得点	解答時間にペナルティを加えたものを得点とする。

文章  
A:私の趣味はテニスです。  
B:私の趣味はバスケットです。  
C:私は休日は読書をしています。  
問題  
趣味がテニスの人を選びなさい。

Fig.7 テスト画面 (認知テスト改良版) (出典: 自作)

## 7 改良実験

### 7.1 概要

前回と同じく, 自覚症状調べから疲労度の変化によるテスト結果の違いの検出を行った。

### 7.2 実験結果

Fig. 8にその結果を示す。

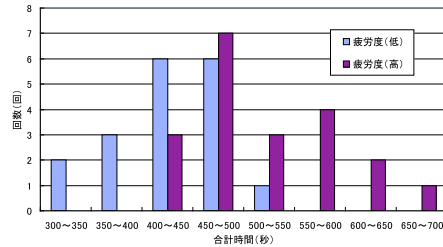


Fig.8 疲労度の差による比較 (認知テスト改良版) (出典: 自作)

Fig. 8より, 疲労度によって大きな差が出ていることがわかる。合計時間の平均値はそれぞれ420と514となっており, 標準偏差が共に60前後である事からも同様に差が出ていると言える。したがって, これはパフォーマンスを測るテストとして適していると考えられる。

## 8 まとめ

本報告では, オフィス環境の改善として注目されているプロダクティビティを測る指標としてアプリケーション二種類を作成した。しかし, 認知・敏捷テストおよび記憶テストのいずれにおいても, 疲労度による変化はほとんど見られなかった。これらの事から, 疲労度を測るためには, 長時間の試行を要し, 時間密度が高い負荷の強いテストである必要があると言える。そこで, この結果を基に新たに認知速度を測るアプリケーションを作成した。その結果, 疲労度の状態によってテスト結果に差が出る事が確認された。

現在, プロダクティビティを測るテストとしてCognitive Performance Tests for Office Productivity(CPTOP)がよく用いられている。CPTOPにおける認知テストは二種類存在するため, それらの結果と比較を行う。また, CPTOPの二種類の認知テストをこのテスト一つに置き換える事が可能か検討を行う。更に生理的指標の一つであり, 作業評価に影響を与えると考えられる眼精疲労を測るフリッカー値との相関性を調べる事が今後の課題として, 挙げられる。

### 参考文献

- 1) オフィスワーカーのプロダクティビティ評価のためのパフォーマンステストの改良と評価  
<http://hydro.energy.kyoto-u.ac.jp/Lab/ronbun/P-2005/hattori.pdf>
- 2) 生理心理指標を用いたワークプレースプロダクティビティの総合的評価に関する基礎研究  
<http://hydro.energy.kyoto-u.ac.jp/Lab/ronbun/P-2004/kawauchi.pdf>
- 3) Edwin A.Fleishman, Maureen E. Reilly.Handbook of Human Abilities,Consulting Psychologists Press, pp1-37(1992)
- 4) 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会(編). 労働基準調査会(1988), 産業疲労ハンドブック
- 5) 加藤, 大久保. 日本出版サービス, 初学者のための生体機能の測り方