

# 作業への集中に着目した知的生産性評価ツールの提案

大石 晃太郎<sup>\*1</sup> 宮城 和音<sup>\*1</sup> 國政 秀太郎<sup>\*1</sup> 石井 裕剛<sup>\*1</sup> 下田 宏<sup>\*1</sup>  
大林 史明<sup>\*2</sup> 岩川 幹生<sup>\*2</sup> 斎藤 孝<sup>\*2</sup>

## Proposal of evaluating tool for intellectual productivity based on work concentration

Kotaro Oishi<sup>\*1</sup>, Kazune Miyagi<sup>\*1</sup>, Shutaro Kunimasa<sup>\*1</sup>, Hirotake Iahii<sup>\*1</sup>, Hiroshi Shimoda<sup>\*1</sup>,  
Humiaki Obayashi<sup>\*2</sup> Mikiyo Iwakawa<sup>\*2</sup> and Takashi Saito<sup>\*2</sup>

**Abstract** – An evaluation tool for intellectual productivity based on work concentration has been proposed in this study. Base on the fact that the cognitive state of intellectual work is expressed as the transition among (1)work state, (2)short term rest and (3)long term rest, the tool consists of (a)two cognitive tasks and (b)analysis tool to estimate the cognitive states. Here the state (1) and (2) means a concentration state while the state (3) means a non-concentration state. As an experimental result under two illumination conditions, it was found that there was no significant difference of task performance but significance of concentration keeping time by the result of the analysis tool.

**Keywords:** Productivity, Task Performance, Analytical Method, Concentration

### 1. はじめに

今日、オフィスでの作業は書類作成や情報管理といった知的作業が大半を占めており、知的生産が大きな価値を持つ現在では、知的作業の能率を上げることは重要である。このため企業では、知的能力を用いたオフィス作業の効率、すなわち知的生産性を上げることが急務となっている。

知的生産性の向上を測定するためには、これを評価する指標が必要である。従来、知的生産性を測定することを目的とした様々なツールが開発されてきた<sup>[1-4]</sup>。しかし、これらのツールには、評価が主観的なため、基準があいまいであることや、作業成績のみに着目するため得られる情報量が少ないという欠点がある。

そこで、本研究では、様々な知的作業の生産性を定量的に測定する手法として、知的作業への集中と休息に着目した知的生産性評価ツール・分析手法を提案し、これを目的とする。ここでは、作業中の執務者の状態を(1)作業へ集中、(2)無意識に作業が停滞、および(3)意識的な休息の三つに分類し、これらの比率から知的生産性の客観的かつ定量的な測定を試みた。

### 2. 知的生産性評価の課題

#### 2.1 既存の評価手法

知的生産性の評価手法としては、大きく2種類の方法がある。一つ目の手法は、主観評価を用いたものである。

例えば、橋本らの開発した SAP (Subjective Assessment of workplace Productivity)<sup>[1]</sup> は、その作業空間での知的生産性を、作業者に主観的に評価してもらうアンケートであり、簡便で実施が容易という利点がある。一方で、主観と客観の不一致や、やはり知的生産性の定量評価が困難という欠点があるため、補助的な測定指標として用いられることが多い。二つ目の手法は、行動指標を用いたもので、一定時間にわたって知的作業を実施させ、その作業成績から評価を行うものである。具体的には、加算、テキストタイピングなどの作業を作業者に実施してもらい、得られた解答速度、正答率などを利用することが多い。知的生産性評価のために開発された指標としては、著者らの CPTOP<sup>[2]</sup>、Walter Reed の PAB(Performance Assessment Battery)<sup>[3]</sup>、田辺らの P-Tool<sup>[4]</sup>などがある。これらは、オフィスで用いられる知的能力の調査結果をもとに、それらの能力を用いるタスク群からなる評価ツールであり、知的生産性の定量評価を目指している点に特徴があるが、このツールが様々なオフィス作業を反映できているかには疑問の余地がある。また、測定にかかる時間に対して、得られる情報量が少ないという欠点がある。

#### 2.1 開発ツールの指針

実オフィス環境での実用を目的とし、定量評価が可能な測定ツールを作成する。そのため、作業者にタスクを実施させ、その作業成績を計測する行動指標をベースとし、実用にあたっては主観評価などと併用して用いることを考える。

既存の評価ツールでは、タスクの作業成績を知的生産性として評価していることが多かったが、ここでは、タ

\*1: 京都大学大学院 エネルギー科学研究科

\*2: パナソニック株式会社

\*1: Graduate School of Kyoto University

\*2: Panasonic Corporation

スク時の操作記録に着目する。具体的には、作業中の集中-非集中時間の比率の抽出を行う。そのための手法は後述する通りである。分析手法とセットで用いることで、評価ツールとして機能するものを目指す。

### 3. 評価ツールと分析手法の設計

#### 3.1 集中と非集中

宮城らは、知的生産性変動の過程を数理的機構として説明するモデルとして、複数の被験者実験を参考に、3状態モデルを作成した<sup>[5]</sup>。これは、知的生産を実施している際には、

- (1) 作業状態：作業に取り組んでおり、作業の処理が進行している状態
  - (2) 短期休息：作業に取り組んでいるが、精神疲労により、無意識に作業の処理が短時間停止している状態
  - (3) 長期休息：疲労の回復などを目的として、意識的に長時間にわたって休息をとっている状態
- の3つの状態があり、仮想的な精神疲労値を媒介変数として、図1のように作業状態が確率的に遷移するというモデルである。



図1 集中-非集中の遷移の概念

Fig.1 Transition between concentration and non-concentration.

さらにこのモデルでは、実際にかかる解答時間の頻度分布が対数正規分布に似た形状を持っていたことから、図2のように2つの対数正規分布の重ね合わせで近似できることを経験的に導き出した。さらに、長期休息への状態遷移の確率が一定ではなく、疲労が大きいほど長期休息に移行しやすいという遷移確率関数を設定して計算機シミュレーションを行うことで、より精度の高い分布形状の近似が可能であることが明らかになっている。

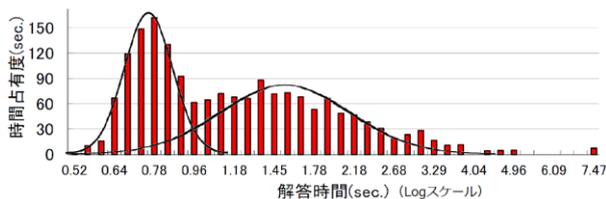


図2 解答時間ヒストグラムの例

Fig.2 A histogram of answering time.

このモデルにおいて、

- ・作業への集中 = 作業状態 + 短期休息 の合計時間
- ・作業への非集中 = 長期休息の合計時間

と考える。この比率を求めることで、タスク成績によら

ない知的生産性の指標にできると考えられる。

#### 3.2 評価ツール全体の構成

本研究で提案する知的生産性評価ツールは、知的生産性を定量的に評価すると同時に、上記で述べた作業中の集中-非集中の状態推移を分析可能なように最適化して設計する。図3に評価ツール全体の構成を示す。これにより、単純な作業パフォーマンスではなく、集中の状態に着目した知的生産性の評価が可能になる。また、集中の状態の時系列的な変化を捕えることで、集中力の持続などの分析が可能となると考えられる。

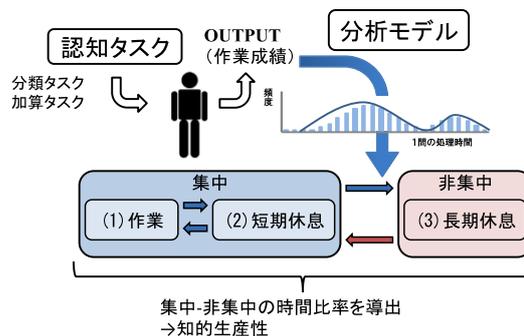


図3 評価ツール全体の構成

Fig.3 Framework of assessment tool.

#### 3.3 認知タスク

以下のような要件を満たすタスクを作成する。

1. 執務者自身のペース配分で、設問を連続してこなしていく形式の認知タスクである
2. 設問ごとの難易度がほぼ一定である。つまり、被験者の疲労などの状態が同じであれば、設問の解答に要する時間がほぼ一定となる。
3. タスク実施中の操作記録を記録可能である。
4. 作業への習熟にかかる時間が短い。
5. オフィスにおいて、容易に実施可能である。

これらの要件を満たすツールとして、下記の暗算加算タスクと、単語分類タスクを提案する。いずれも、PCやタブレットなどの身近な電子機器上で実施可能なように設計した。また、短期的に記憶した内容を操作するワーキングメモリを用いるタスクは、記憶の減衰が起こった場合に、作業を最初からやり直す必要があり、長期休息にもたらす影響や知的生産性に与える影響が異なることから、ワーキングメモリを用いるタスクと、用いないタスクの2種類のタスクを設計した。また、これらのタスクは、オフィスでよく用いられる、言語系の能力と、数字系の能力をそれぞれ用いる。具体的なタスクの内容は以下のとおりである。

#### 単語分類タスク

単語分類タスクは、提示された単語を3種類の要素に

よって計 27 通りに分類するタスクである。分類の 1 つ目の要素は先頭文字の種類で、「ひらがな」「カタカナ」「漢字」の 3 種類に分類する。視覚的に判断されるため、もっとも認知的な負荷が低い。2 つ目の要素は先頭文字の母音であり、「い」「う」「お」の 3 種類である。「あ」が省かれている理由は、他の母音に比べて視覚的な判断が容易であるためである。また、「え」が省かれている理由は、ここに属する単語数が他と比較して少ないためである。先頭文字があ行の単語も、判断の難易度が低下するために設問からは除外する。この要素は復唱が必要なため、文字種類よりも認知負荷が高い。最後は単語のカテゴリーで、「動物/植物」「地名」「もの（人工物）」に分類させた。意味理解が必要なため、もっとも認知負荷が高い。

文字の提示には紙面や電子ペーパーを用い、分類には図 4 に示すようなタブレット上の入力インターフェースを用いた。例えば、このタスクで「にんじん」という設問が表示された場合は、「ひらがな・母音い・動物/植物」に位置するボタンを押す。なお、入力部には、漢字が読めない、知らない単語であるなどの理由から、判別できない問題をスキップするためのボタンも用意した。

個人差はあるが、休息を挟まない場合には、設問毎の解答には 5-10 秒程度の時間を要する。

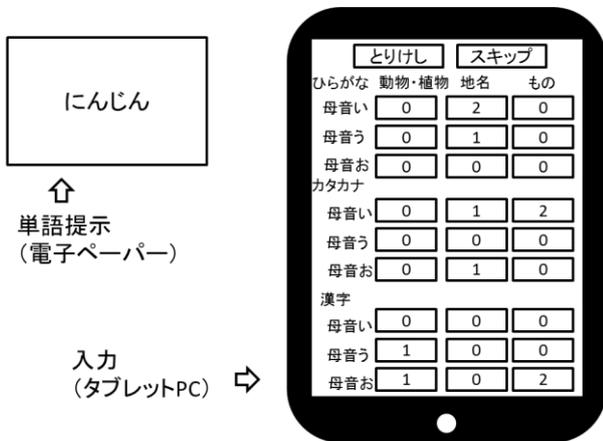


図 4 単語分類タスク

Fig. 4 Image of classification task.

### 暗算加算タスク

暗算加算タスクでは、図 5 のように最初に提示された被加算数を記憶して Enter キーを押し、次に提示された加算数を加算し足し合わせる。再び Enter キーを押すと解答入力画面が表示されるので、ここで解答を入力し、Enter キーを押すと新たな被加算数が表示されるので、これを繰り返す。提示される数は、繰り返り上がりのない 2 桁+2 桁を基本とした。これは、難易度を高くしすぎることによって解答に時間がかかりすぎることを防ぐためである。実際の運用にあたっては、桁数や繰り返り上がりの有無を変更することで、作業執務者の計算能力に依存せずに、適切な負

荷を与えることが可能であると考えられる。

個人差はあるが、2 桁繰り上がりなしでは、休息を挟まない場合には、設問毎の解答には 2-5 秒程度の時間を要する。

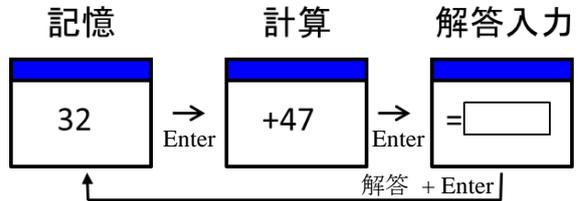


図 5 暗算加算タスク

Fig.5 Image of mental addition task.

### 3.4 分析手法

設問毎の解答時間のヒストグラムを式(1)で表される対数正規分布の重ね合わせとして近似する。ヒストグラムの各区間の二乗和が最小値となるように、2 つの対数正規分布のパラメータ  $\mu_1, \sigma_1, \mu_2, \sigma_2$  と、二つの式の分布の高さ  $\alpha_1, \alpha_2$  を、最適化問題として導出する。なお、 $\mu$  と  $\sigma$  は対数を取ったあとの、平均値と標準偏差を表す。

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1 t} \exp\left[-\frac{(\ln(t) - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right] \cdot \alpha_1 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2 t} \exp\left[-\frac{(\ln(t) - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2}\right] \cdot \alpha_2 \quad (1)$$

得られた二つの対数正規分布のうち、長期休息を含まない方について、長期休息が皆無の場合、つまり常に集中していた状態での解答時間の期待値は式(2)で表される。

$$\exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2)$$

従って、全体で T 秒の試行を実施し、解答数が n 問であった場合、集中時間は式(3)で、非集中時間は式(4)で表され、集中-非集中の時間比を求めることができる。

$$\text{集中時間} = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times n \quad (3)$$

$$\text{非集中時間} = T - \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times n \quad (4)$$

## 4. 提案ツールを用いた知的生産性評価実験

### 4.1 実験の目的

本実験は、提案した知的生産性評価ツールと分析手法を用いて低照度環境が知的生産性に与える影響を評価することを通して、評価ツール・分析手法の有効性と課題点を検討することを目的とする。また、本ツールを用いた計測の手順の検討も実施する。

### 4.2 実験方法

作業環境として 750lux の通常照度環境条件と、50lux の低照度環境条件を設定した。低照度環境条件は、節電の一環としてオフィスの照明を落とす試みが多く行われていることから、その影響を確認するために行ったもの

である。なお、実際のオフィスでは節電で照度を低下させた場合にも、50lux よりも高い 200lux 程度の照度環境であることが多いと考えられるが、本実験は評価ツールについて検討することが目的であるため、作業成績に差が出やすいように 50lux と設定した。

実験は照度制御が可能な京都大学内の実験室(W7.4m×D7.4m×H3.5m)で行った。室温は平均 25℃、湿度は平均 55%となるようにエアコンで調整をした。また、CO<sub>2</sub>濃度は 800ppm 以下、騒音レベルは 55dB 以下となるようにした。部屋の窓は、実験中は外光が入り込まないように黒い遮光カーテンで覆った。被験者は健康な大学生 8 名（男性 7 名、女性 1 名、平均年齢 21.6 歳）で、被験者を 2 つのグループに分けて実験を行った。いずれの実験参加者も練習日に加えて、連続する 2 日間にわたって参加した。実験は各日 12 時から 16 時半で行い、食事や飲食物は実験者側で配給し、カフェインの摂取などを控えさせた。実験では、暗算加算タスクと単語分類タスクを各 30 分ずつ実施し、照度条件を変更して両タスクを再び 30 分ずつ実施した。初日を 750lux ではじめ 50lux で始めたグループは、次の日を 50lux で開始とした。もう一方のグループは順序を逆にした。

#### 4.3 実験結果

図 6 に各タスクの作業成績の、全被験者平均値を示す。作業成績が照度条件により差があるかどうかを、一対比較の t 検定で比較したところ、有意差は得られなかった。

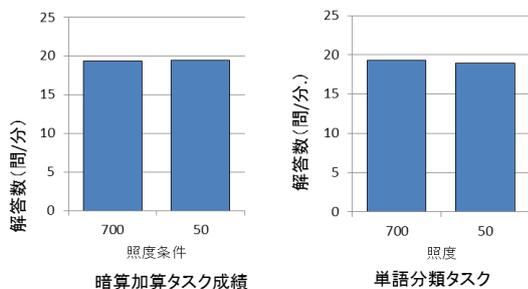


図 6 各タスクのタスク成績  
Fig.6 Result of task performance.

#### 4.4 評価ツールによる分析

3.4 節で述べた手法を用いて、各被験者、各タスク、各照度条件での試行について、集中-非集中の時間を導出した。そして、照度条件毎に、全被験者の平均値を導出した。また、その比率に照度条件有意差があるかを一対比較の t 検定で比較した。その結果を表 1 に示す。

表 1 集中時間の比率

Table 1 the percentage of concentrate time

タスク名	集中時間の比率		両側 p 値
	750lux	50lux	
暗算加算	78.8%	75.7%	P=0.039
単語分類	76.6%	73.8%	P=0.259

#### 4.5 考察

実験結果からは、低照度環境がタスク成績に与える影響には有意差がみられなかった。しかし、本研究で提案した分析手法を用いることで、実験結果に対して集中-非集中の時間比率を導出することができ、その結果の比較によって、暗算加算タスクにおいては各照明条件での特徴が導出できた。従って、本研究で提案した評価ツールと分析手法は、タスク成績のみによらず、集中-非集中の時間比率という概念から、知的生産性を評価するための有用であると考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では、知的生産性を定量評価するための指標を開発することを目的とし、集中-非集中の時間比率の導出に最適化された評価ツールとその分析手法を提案した。そして、低照度の 50lux 環境条件と、通常照度の 750lux 環境条件で、提案したツールを用いた知的生産性評価実験を行った。実験の結果、単純なタスク成績からは照度環境の影響が評価できなかったが、集中に着目した分析からは、低照度環境では集中が持続しにくいという結果が得られた。従って、本評価ツール・分析手法は新しい知的生産性の指標として、有用な可能性が高い。今後はタスクの詳細などが、本分析手法にとって最適であるかを確認し、修正していくとともに、時間経過による集中の変化などを分析可能なように、分析手法を発展させていく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 橋本, 寺野, 杉浦, 中村, 川瀬, 近藤: 室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究第 5~6 報, 平成 16 年度空気調和・衛生工学学術講演論文集 (2004).
- [2] 下田, 服部, 富田, 河内, 石井, 大林, 寺野, 吉川: オフィスワークのプロダクティビティ改善のための環境制御法の研究 - プロダクティビティ評価法 CPTOP の開発 -, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006,(2006).
- [3] David R. Throne, Sander G. Genser, Helen C. Sing and Frederick W. Hegge: The Walter Reed Performance Assessment Battery, Neurobehavioral Toxicology and Teratology, Vol.7, pp.415-418, (1985).
- [4] 西原, 田辺, 柳井, 多和田, 高橋, 野崎, 加藤, 伊藤: 知的生産性に関する研究 その 8 職業別認知能力バランスおよびパフォーマンス評価ツールの検討, 日本建築学会学術講演梗概集 2011,D-2, 1133-1134, (2011)
- [5] 宮城, 河野, 石井, 下田: 短時間の作業中断に着目した知的生産性変動の分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011,(2011).