

RB-001

## 進捗管理のための頭部の動きに着目した集中度判定 Measurement of Concentration Based on Head Movement to Manage Progress

林 利毅<sup>†</sup>  
Toshiki Hayashi

原田 史子<sup>‡</sup>  
Fumiko Harada

島川 博光<sup>‡</sup>  
Hiromitsu Shimakawa

### 1. はじめに

プロジェクトには、決められた期限内に、目標どおりの効果をもたらす品質のよいシステムを構築することが必要である。プロジェクトでは、ある作業に遅れが出ると後の作業に影響がでることが多い。そのため、特定のメンバの作業の進捗に遅れが生じるとプロジェクト全体に多大な影響を与えてしまう。プロジェクトを成功に導くために、プロジェクトマネージャは進捗の遅れを早期に発見し、スケジュールの修正や人員交代などの対策を講じることが必要になる。

進捗の遅れの原因には、作業者の力量不足や体調不良、精神疾患などがある。作業者の身体的・精神的状態を把握することができれば、これらが原因の遅延を事前に発見し、対策を講じて遅延を防止できる。

人間が作業中に集中度を高く保てられる時間は限られている。その時間は、作業者の身体的・精神的状態によって変化する。集中度を高く保てられる時間から、作業者の身体的・精神的状態を推定できると考えられる。一般に、人間は集中すると、頭部や手足に特徴のある動きを示すことが多い。

本論文では、作業者の身体的・精神的状態を把握することを目的とした、集中度の高さを判定する手法を提案する。本手法では、プログラミングや資料作成のデスクワークといった作業を想定する。作業中の頭部の動きと、事前に単純作業を繰り返すテストによって取得した集中度が高いときの頭部の動きとを比較することで、作業者の集中度が高いかどうかを判定する。

本手法で集中度が判定できるかを検証するために、被験者に計算問題を解いてもらい、解答中の頭部の動きと正答数に相関があるか評価実験を行った。その結果、すべての被験者に相関がみられ、0.8以上の高い相関をしめした被験者もいた。つまり、この手法で作業者の集中度が高いかどうかを判定できることが確認できた。

### 2. スケジュール管理における作業者の状態

#### 2.1 スケジュール管理の問題点

現状の開発プロジェクトでは、期限を越えることが日常茶飯事である [1]。この原因としては、スケジュールの管理に問題があることが多い。

現在のスケジュール管理は、作業の進捗度で行っている。この進捗度を数値化・可視化することで客観的にスケジュールを管理し、スケジュールを立てるときや修正するときの間違いを減少させる研究がされている [2]。このように進捗度を客観的に管理できれば、スケジュール管理の質の向上につながる。

しかし、進捗度だけのスケジュール管理には、限界がある。進捗度だけの管理では、進捗に遅れが生じてか

ら対策を講じるため、疲労の蓄積などが原因の遅延の発見が遅れてしまい、遅延を予測し早期に対処することができない。そのため、プロジェクトマネージャの対策が遅れ、最終的に期限を越えてしまう1つの要因になっている。

より良いスケジュール管理を行うには、健康状態や精神状態といった、作業者の状態を示す指標が必要である。

#### 2.2 集中時間と作業者の状態

作業者が集中して作業できる時間は限られている。その時間は作業者によって異なっており、その作業者の状態によっても変化する。また、人間は、体調不良や精神疾患によって、集中度が高い時間が普段より短くなることもある。そのため、作業中に集中度が高い時間を取得することで、作業者の状態を推定できると考えられる。

作業者の集中度が高い時間から、作業者の状態を推定し、適切な対策を講じることで作業効率の向上や遅延の防止につながる。集中度が高い時間を取得するには、集中度が高いかどうかを判定する手法が必要である。

#### 2.3 既存研究

作業者の集中度が高いかどうかを判定する研究として、以下の2つを挙げる。

作業中の椅子の動きから集中度を判定する手法 [3] では、椅子に加速度センサを取りつけることで、作業中の作業者の動きを取得し、集中度を判定するので作業者が被監視感をあまり感じることがなく、手法によって受けるストレスの影響が少ない。しかし、椅子の動きのみを取得するので、計測できる動きは限定される。集中度が高いときの動きは作業者によって異なり、その動きの大きさも作業者によって異なる。そのため、この手法では、集中度を判定できない作業者が存在すると考えられる。

カメラで作業者の動きや姿勢を取得し、そのデータから集中度を判定する手法 [4] では、作業者の体全体のデータを取得できるので、作業者の集中度を示すあらゆる動きに対応できる。しかし、カメラに撮られているという被監視感があり、作業者にはストレスがかかってしまう。そのため、この手法自体が作業者の集中できない要因になってしまうと考えられる。

集中度を判定するためには、より細かな作業者の動きを取得でき、作業者にストレスをかけないような手法が必要である。

### 3. 加速度センサによる集中度の判定

#### 3.1 作業者の状態検知のための集中度判定

本研究では、人間は集中すると頭部に個人に依存した特徴的な動きが現れると仮定する。図1のように、加速度センサを頭部に装着することにより、集中度が高いときの頭部の動きを取得できる。本論文では、開発プロジェクトにおける遅延防止のために、図1に示すような、

<sup>†</sup>立命館大学大学院 理工学研究科

<sup>‡</sup>立命館大学 情報理工学部

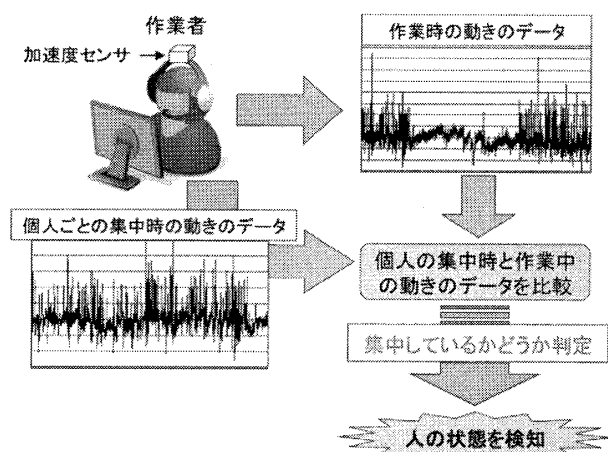


図1: 手法の概要

作業者が作業中に集中度が高いかどうかを判定する手法を提案する。集中度が高いかどうかの情報は、良好時と比較し作業者の身体的・精神的な作業状態に変化がないかを確認するための指標となる。

本手法では、個人ごとの特徴に応じて、取得した頭部の動きから、作業者の集中度が高いかどうかを判定する。本手法を使用して、集中度が高い時間を取得することにより、作業者の身体的・精神的状態をある程度把握できると考えられる。集中度が高い時間が普段より極端に短いとき、作業者は体調が悪い、精神状態が悪いといった状態にあると考えられる。作業者がこのような状態にあるとき、行っている作業の正確性や速度が低下してしまう可能性が高い。つまり、集中度が高い時間の変化を認識できるようになると、プロジェクトマネージャはいち早く体調や精神の状態の悪い作業者を発見でき、対策をとれるようになるので、遅延を防止できる。集中度が高い時間が普段と変わらない場合でも、集中度が低くなったと判断されたところで休憩を薦めることで、無理な作業で発生するミスの減少が期待できる。

### 3.2 集中時の動きの取得

作業者は、プログラミングや資料作成といったデスクワークに集中しているとき、頭部を動かさない場合や、リズムに乗った動きをする場合といった特徴的な動きを見せる。作業中の頭部の動きから、この特徴的な動きを発見することで、作業者が集中度が高いかどうかを判定できる。本手法では、この特徴的な動きのデータを取得するために、加速度センサを用いる。加速度センサを用いることにより、図2のグラフのように、特徴的な動きを判別できる。この集中度が高いときの特徴的な動きを、集中時の動きと呼ぶ。

作業中の集中度が高いかどうかの判定は、集中時の動きのデータと作業中の動きのデータとの比較により行う。集中時の動きのデータは、事前にテストで取得しておく。このテストの例として、計算問題を挙げる。集中度が低いときに計算を行うと、簡単な問題でも、間違えてしまったり、計算速度が低下したりしてしまう。そのため、一定時間中の答えられた問題数や正解率から、その作業者が集中度が高いかどうかを判断できると考えら

れる。つまり、作業者に計算問題を行ってもらい、解答数、正解率が高い値を示したときの動きのデータを、集中時の動きのデータとして利用できる。

作業者が行う作業はさまざまであり、その作業ごとに集中時の動きも異なっている。そのため、行う作業ごとに集中時の動きのデータを取得する必要がある。作業中に行う動作が少ない単純な作業の場合は、作業中の動作に合わせたテストを実施し、その作業の集中時の動きのデータを取得する。多くの動きが組み合わされている複雑な作業では、単純な作業のデータを複数組み合わせることで集中時の動きのデータとして扱う。本手法を用いて作業を続けていく中で、多くの動きのデータが取得できる。このデータを分析していくことで、テストだけでは発見できなかった集中時の動きのデータを発見できる可能性がある。

### 3.3 頭部の動きからの集中度判定

カメラで撮影することで、作業中の動きのデータを取得しようとしても、作業者は、監視されているような気分になるため、作業に集中できなくなる。作業者に被監視観がない状態で、動きを取得することが必要である。

加速度センサを体に装着することにより、被監視観がなく動きを取得できる。集中度が高いときの人間の特徴的な動きは、体のさまざまな箇所に現れる。貧乏ゆすりや、机を指でたたき、リズムを刻むような動きなど、その動きの種類もさまざまである。本研究では、特にプログラミングや資料作成などの、デスクワークにおける集中度に着目している。デスクワークでは、椅子に座り、PCのディスプレイを見て作業を行う。そのため、特徴的な動きは、頭部や足、腕に現れると考えられる。腕や脚は作業中に動かすことが多いため、集中時の動きを発見するのは難しいと考えられる。こういったことから、本手法では頭部の動きに着目し、集中度を判定する。

### 3.4 加速度データの分析

本手法では、事前に取得した集中時の頭部の動きと、作業中の頭部の動きとを比較することで、作業中に集中度が高いかどうかを判定する。動きを比較するには、どれだけ頭部が動いているかを示す指標が必要である。そこで、本手法では、頭部の加速度の分散と、取得した加速度とその直前に取得した加速度の差を求め、一定時間分合計した値である加速度の変化量の和の2つの値を指標として用いる。

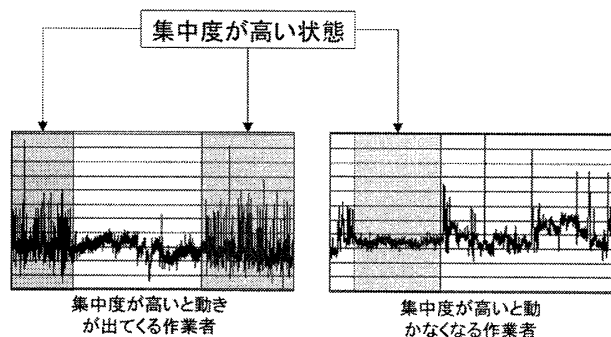


図2: 集中度が高いときの加速度のグラフ

本手法で用いる加速度センサは3軸の加速度を測定できるものである。上記2つの値は、それぞれの軸ごとにもとめる。さらに、各軸の加速度の絶対値の和である総加速度でも、この2つ値をもとめる。これらの値を用いることで、集中度を判定する。集中度が高いときに頭部が動かない作業であれば、どちらかの値が小さいときに集中していると判断する。集中度が高いときに頭部に特徴的な動きがでてくる作業であれば、どちらかの値が大きいうちに集中していると判断する。

分散と変化量の和の2つの値のうち、集中度が高いときに特徴的な動きを示す値は、作業によって異なる。さらに、集中度が高いときに現れる特徴的な動きは、加速度の3軸、総加速度のうちどの軸の値で顕著になるかも、作業によって異なっている。そのため、事前に行うテストの結果から、どの軸のどの値を確認すればその作業者の集中度を判定できるか判断する。

#### 4. 実験・評価

##### 4.1 実験目的

本手法では、事前に単純作業を繰り返すテストを行い、その結果から集中度が高いときの動きを取得する。このテストで、集中度が高いときの動きを取得できれば、作業中の集中度が高いかどうか判定できる。そのため、実際にテストを行ってもらい、頭部の動きのデータを取得し、その中から、集中度が高いときのデータを抽出できるかを実験により検証する。

今回の実験では、PCのディスプレイに向かって行う、単純な作業についてデータを収集する。一般的に、集中力が低下すると、作業の正確性や速度が低下すると考えられる。そこで、本手法で用いる、加速度の分散や変化量の和が、作業の正確性や速度との相関係数を求める。この相関係数が、相関がある値を示すと、分散や変化量の和の変化に伴って作業の正確性や速度も変化するといえるので、頭部の動きから集中期間を同定できると判断できる。

##### 4.2 実験内容

本実験の被験者は20代の男性12名、女性1名の計13名を対象とする。本実験で用いるテストには100マス計算を用いる。被験者に、100マス計算をしてもらい、その作業中の加速度と正答数を収集する。正答数は、正確にかつ、多く計算をしないと増加しないため、正確性と速度の指標となる。

本検証で用いる100マス計算の問題は、2桁の自然数同士の足し算とする。PCのディスプレイに向かって行う作業を対象としているため、問題の解答は、マイクロソフト社のエクセル上でしてもらう。問題の例を図3に示す。1枚の100マス計算につき、5分という制限時間を設け、1枚毎の正答数を取得する。被験者には、この100マス計算を18枚、合計1時間30分行ってもらった。

被験者に、加速度センサを取り付けたヘッドホンを装着した状態で実験し、加速度を収集する。加速度センサは、サンマイクロシステムズ社のSUNSPOTを用いた。加速度の軸の向きは、体の左右方向がx軸、体の前後方向がy軸、体の上下方向がz軸となっている。装着した状態は図4のようになる。データの収集は、500msに1

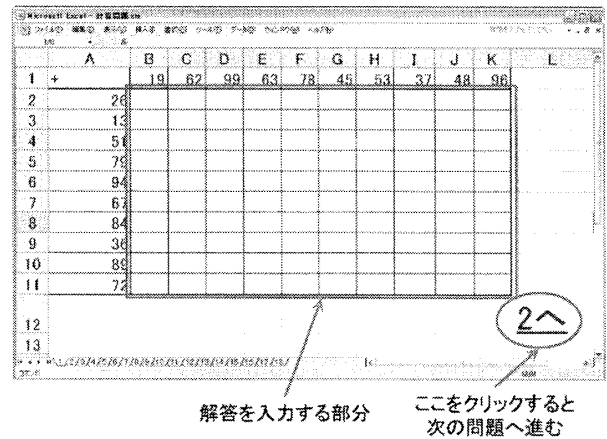


図3: 100マス計算の問題例



図4: 加速度センサ付きヘッドホンを装着した状態

回の間隔で行った。取得した加速度から、1問ごとの分散と変化量の和をもとめる。作業中の頭部の動きと集中度との関連性を示すために、1問ごとのそれらの値と正答数との相関係数をもとめた。

##### 4.3 実験結果・評価

被験者は、100マス計算に解答する際、最初は、計算自体や解答の入力方法に慣れておらず、集中度が高い場合でも、正答数が上昇しないと考えられる。このことから、最初の3問を相関係数をもとめる対象から除外した。また、実験をした結果、最後の3枚では、すべての被験者について正答数が多くなっていた。これは、被験者が最後だという開放感を持ったことにより、解答することに意欲がでた結果だと考えられる。プロジェクトで実施される作業で問題が発生するのは終了が近づいたことによる開放感がない場合に多い。このため、最後の3枚も相関係数をもとめる対象から除外した。

実験の結果を表1、表2にそれぞれ示す。表1が、加速度の各軸の分散と問題の正答数との相関係数をまとめたものである。また、表2が、加速度の各軸の変化量の和と問題の正答数との相関係数をまとめたものである。結果として、すべての被験者にいずれかの項目で相関を

表 1: 加速度の分散と正答数の相関係数

被験者	x 軸の分散	y 軸の分散	z 軸の分散	総加速度の分散
A	-0.15350	0.27598	0.32010	-0.01647
B	-0.52014	-0.07083	0.02200	-0.41473
C	-0.22029	0.08860	-0.01564	0.03702
D	0.25952	0.35928	0.24833	0.35566
E	0.04880	0.53397	0.27338	0.53024
F	-0.74235	-0.81986	-0.49378	-0.83868
G	-0.34522	-0.61080	-0.24152	-0.54671
H	0.27233	0.07157	0.07042	0.22669
I	0.04012	-0.30317	-0.24124	-0.26861
J	-0.45993	-0.44263	-0.42490	-0.53362
K	0.40586	0.20300	0.18418	0.26632
L	0.49629	0.56749	0.57543	0.55387
M	-0.20350	-0.17227	-0.07200	0.33181

表 2: 加速度の変化量の和と正答数の相関係数

被験者	x 軸の変化量の和	y 軸の変化量の和	z 軸の変化量の和	総加速度の変化量の和
A	0.02170	-0.20371	-0.04576	-0.26522
B	-0.31889	-0.33286	0.16247	-0.28551
C	0.34224	0.63013	0.10152	0.64640
D	0.15928	-0.22541	-0.04811	-0.11854
E	0.68622	0.74617	0.44805	0.75720
F	-0.80576	-0.74771	-0.76077	-0.87760
G	-0.39776	-0.55514	-0.34924	-0.56039
H	-0.18163	-0.17949	-0.43656	-0.03352
I	0.11454	0.04970	0.22426	-0.01823
J	-0.64553	-0.56715	-0.56715	-0.58653
K	0.14409	0.12335	-0.14894	0.04675
L	-0.25416	0.39800	0.42257	0.26193
M	-0.30475	-0.00417	-0.33547	0.21677

確認できた。しかし、2つの指標を通して弱い相関しかない被験者がいた。

#### 4.4 考察

すべての被験者について、加速度の分散、変化量の和のどちらかに、最低でも弱い相関を持つ項目が1つ以上あった。つまり、その作業者にとって最も相関の強い項目をみることで、頭部の動きから作業中の集中度の高さを判定できる。

相関係数の最も高い被験者もいたが、弱い相関しか示さない被験者もいた。このことから、頭部の動きと集中度の間に関連性が少ない作業者がいると考えられる。このような被験者の場合、集中時の特徴的な動きが、頭部以外の箇所に現れる可能性がある。その場合、頭部以外の箇所の動きのデータを測定することで、こういった被験者でも集中度が高いかどうかの判定が可能であると期待できる。しかし、本手法のような加速度センサでの測定でも、装着する部位やセンサの数によっては、作業者に負担がかかってしまうことがあるため、測定により生じるストレスを考慮する必要がある。

あるいは、集中時の動きを取得するためのテストの難易度に問題があったとも考えられる。テストの難易度に偏りがあると、集中度が高いときと低いときの結果に差ができず、集中時の特徴的な動きが取得できない。そのため、テストを適切な難易度にする必要がある。

疲労は、作業を進めるなかで、進捗を妨げる要因である。本論文で述べた集中度も、疲労の影響を受ける。疲労が蓄積していると、集中度が高い時間が短くなり、作業の遅延につながる。この疲労検知については、すでに研究されている [5]。本手法の集中力という指標に疲労という指標を加えることにより、作業者の状態や特徴がより把握できると考えられる。たとえば、疲労が蓄積していても無理に頑張れる作業員は、過労によって倒れてしまう可能性がある。このような特徴の作業者は、疲労が蓄積している状態でも集中度が高い時間に変化が見られず、本手法だけでは発見できない。そのため、疲労という指標を加えることで、こういった作業者を過労状態になる前に発見でき、休息をとらせることで、後の作業での遅延を防止できると期待している。

#### 5. おわりに

本論文では、作業者の身体的・精神的状態を把握するために、作業者の集中度を高く保っていられる時間に着目し、集中度が高いかどうかを判定する手法を提案した。頭部の加速度を用いて集中度が高いかどうかを判定することにより、集中度を高く保っていられる時間を測定できる。集中度を高く保っていられる時間は、作業者の身体的・精神的状態によって変化するため、これを用いることにより、作業者の身体的・精神的状態を推定できる。作業者の身体的・精神的状態がわかると、より良いスケジュール管理が可能になる。

本手法の有用性を検証するため、作業者の集中度が高いかどうかを判定できるか実験した。被験者に計算問題を解いてもらいその正答数と頭部の動きに相関があるか確認した。その結果、すべての被験者に相関がみられたため、本手法を用いることにより、集中度が高いかどうかを判定できることが確認できた。相関が低い被験者もいたが、このような被験者は頭部以外に集中時の特徴的な動きが現れると考えられる。そのため、体の頭部以外の部位の動きを取得することで、相関が低かった被験者でも対応できると期待している。

今後は、実際の作業に適用することで、手法の有用性を検証していく予定である。

#### 参考文献

- [1] 梅田弘之：実践！プロジェクト管理入門—プロジェクトを成功に導く 62 の鉄則，翔泳社 (2006)
- [2] 武智英記：プロジェクト進捗管理における定量化及び可視化とそのコントロール方法について，プロジェクトマネジメント学会誌，vol.6, no.3, pp.50-53(2004)
- [3] 大久保雅史，藤村安耶：加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案，WISS2008 予稿集 (2008)
- [4] 鷺見 和彦，田中 宏一，松山 隆司：三次元姿勢計測を用いた人の動作特徴の記述，画像の認識理解シンポジウム MIRU2004, vol.1, pp.660-665(2004)
- [5] 近藤 暉：作業疲労の測定：視・聴覚的方法による，バイオフィードバック研究，vol.35, no.1, pp.3-10(2008)