

# 学習時の姿勢と行動の計測による集中度合いの推定

## Estimation of Degree of Concentration Based on Behavior Analysis in Learning

中央大学大学院理工学研究科経営システム工学専攻

博士課程前期課程 13N7100004B 亀井 諭

### 1.はじめに

近年,学生の学力低下が問題として注目され,議論されている。その原因として,学生の増加から教員がひとり一人の学生に対して意識を傾けて指導することが困難になってきていることが挙げられている。

多くの大学で大学院生を TA として学生の学習指導する取り組みが増えている[1]。

TA 制度を導入する目的として,大学院生に人に説明する力を身につけ,学習者ひとりひとりにあった学習指導を行うことが挙げられる。しかし,TA は学生に対して問題の解き方や学習方法についてアドバイスはできるが,指導については初心者である。そのため指導方法や指導内容についてはマニュアルなどがあるが,学習時の意欲や集中度といった心理的側面までは支援されていない。

学習への集中度の低下は,学習者の理解力の低下に影響を及ぼすといわれており,また集中度が高いときにはより良いパフォーマンスができるといわれている。このことから集中度が高い状態を維持,または低い状態の際に集中度を上げるような刺激を外部から与えることで,学習者の理解度やパフォーマンスにより良い影響を与えることができると考えられる。これらのことから,学習時の集中度が変化することで,解答するまでにかかる時間や正答率も変化すると仮定した。

本研究では,学習時の集中度に着目し,解答までの時間や正答率と集中度の関係を検証,学習者の集中度を判断するシステムを想定した計測手法の定義,作成した指標を基にした集中度合いの推定システムの提案を目指す。

### 2.従来研究

これまで,学習時における集中度の計測方法や集中度に影響を与える要因について検討された研究が多く存在する。学習者が課題に取り組んでいる様子を映像に記録する方法で集中度の計測をしている研究では,第三者が観察し,主観評価で集中度を評価している[2]。しかし,主観評価による評価方法では,第三者の主観が評価結果に影響してしまう。

また,行動観測指標を作成し,観察した学習者の行動から集中状態を示す行動と非集中状態を示す行動の回数を計測,その結果から集中度の推移を求めている研究がある[3]。しかし,行動の回数だけで集中度を計測する方法では,被験者の癖や疲労感を考慮しておらず,また観察者の主観による評価も含まれるため,行動したという基準が観察者によって異なってしまう評価結

果に影響してしまう。

本研究では,学習時の集中度合いの変化によって,解答までにかかる時間や正答率に影響を与えるという仮定のもと,学習時の姿勢や行動,正答率などから集中度合いを測定,より客観的に評価を行うための指標作成や測定手法の提案を目指す。

### 3.本研究のアプローチ

直接,学習時の集中度を計測することは難しく,アンケートなどを用いて学習者本人に取り組んでいるときの集中度を評価しても,主観評価であるため妥当な評価結果であると見込めない。また,学習している様子を映像に記録し,第三者による評価方法でも,評価者の主観が入ってしまうことからより客観的な評価方法を用いる必要があると考えられる。このことから,kinect for Windowsを使用する。kinect for Windows を図1に示す。kinectは深度センサーを用いて人体を検出し,また動きを認識しコンピュータを操作することが可能である。本研究では,座っている状態の学習姿勢の認識を想定しているため,人体を20の関節で認証し,その動きを自動計測するSkeletonトラッキング機能を活用することで,被験者の座った状態を計測することが可能になる。kinectで検出可能な関節を図2に示す。kinectを用いて客観的に学習者の姿勢,行動を計測し,集中度を測定,学習者それぞれの行動指標を作る。



図1: kinect for Windows

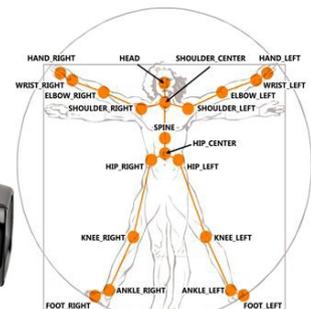


図2: 検出可能な関節

### 4.観測する行動指標の作成

学習者が課題に取り組む際の行動,姿勢として様々なものが考えられるが,その中から高い集中度に関係するもの,低い集中度に関するものを挙げる必要がある。そのため指導者が,学習者の行動から集中度合いを客観的に評価するための行動指標を作成した。

#### 4.1.行動の洗い出し

中央大学理工学部感性工学研究室の学生の中でTAを経験している学生を対象に、学習者が学習時におこす行動、姿勢を自由記述で挙げさせた。この中から客観的に学習時の集中度合いを判断する上で有意な行動、姿勢を絞り込む必要がある。中央大学の学生を対象に、洗い出された行動、姿勢を質問項目に設けてアンケート調査をおこなった。どの程度の集中度合いのときにその行動をおこなうかを明確にするために、各行動に対する集中度合いを主観評価で2~2の5段階評価で評価させた。そして挙げられた行動の中から、主成分分析を行い、負荷量平方和が70%までの成分を対象にし、行動数を42個から25個まで絞り込み、姿勢と行動に分けて指標を作成した。その結果を表1に示す。

表1：集中度合いを計測するための指標

番号	姿勢	番号	行動	番号	行動
1	肘をつく	11	背筋を伸ばす	21	上を向く
2	椅子の上で正座する	12	顔を紙に近づける	22	伸びをする
3	首を傾げる	13	あたりを見回す	23	貧乏揺すり
4	寝たまま問題を解く	14	座り直す	24	椅子を動かしてつつ解く
5	足を組む	15	顔に手を持つてく	25	問題を声に出す
6	寄りかかったまま解く	16	ペンをまわす		
7	前のめりになる	17	指をのばす		
8	あくびをする	18	時間を気にする		
9	腕を組む	19	頭を抱える		
10	頬杖をつく	20	問題を凝視する		

### 5.個人を対象にした行動指標の作成

本実験では、仮指標をもとに被験者ひとりひとりの行動指標を作成することを目的とする。

#### 5.1.実験場面・環境統制

本研究では集中度合いの計測する場面として、学習している場面を想定する。学習する場面として個人学習する場面と授業中など周りに複数人の学習者がいる中で学習する場面が考えられる。しかし、複数人での学習場面では他人の行動などの影響を受けてしまい、計測が困難であると考えられる。そのため個人学習の場面を想定し、観測するための行動指標を作成した。また、学習者が一人で学習課題に取り組んでいる場面を想定しているため、学習者以外のお出入りが無い部屋で実験をおこなった。被験者には椅子から離れなければ、自由な行動を許可し、飲み物や携帯など、各被験者が普段一人で学習する際に使用するものを持参させた。学習課題として、SPI (Synthetic Personality Inventory) の非言語能力問題の7科目35問を作成した。これは学習課題に対する学習者の知識統制するためにSPIの非言語能力問題を使用することとした。SPIは就職や転職における採用選考テストの一つとして用いられており、非言語能力問題は計算力の能力を計測するために用いられる。個人による知識の差をなくすために、被験者はSPIを勉強したことのある学生を対象とした。被験者は就職活動を経験した、または就職活動中の中央大学法学部と商学部所属する男子学生15名を対象におこなった。学習課題にかかる時間を正確に把握するために、それぞれの科目を解き終えたと判断した後に、解き終えた科目にもう一度取り組むことを禁じた。また、学習課題の順序効果をなくすために各被験者で取り組む学習課題の順序をランダムに入れ

替えた。

### 5.2.実験方法

20~23歳の学生15人に、学習課題7科目35問を取り組ませた。また取り組んでいる際の被験者の行動を観測するためにビデオカメラで撮影した。問題の中で次の科目に移る際には科目のタイトルが書かれている紙をカメラの方に提示してもらい、取り組んでいる学習課題を把握するようにした。各被験者が学習課題を修了した後に、学習課題における各科目にかかった時間と正答率を撮影した映像から求めた。実験に取り組んでいる様子を図3に示す。



図3：学習課題に取り組む被験者

### 5.3.実験結果

まず各被験者が課題に取り組んでいた際の集中度を課題の正答率と解答にかかった時間から定義した式(1)を用いて計算した。 $a_i$ は科目中にその行動をおこした回数とする。 $x_i$ は実験前のアンケート調査から得られた各行動に対する集中度合いの値とする。被験者の実験結果の一部を表2に示す。

$$\text{集中度} = \left( \sum a_i x_i \right) \times \frac{\text{正答数}}{\text{問題数}} \times \frac{\text{平均解答時間}}{\text{所要解答時間}} \quad \text{式(1)}$$

表2：二人の被験者の実験結果

被験者	科目	正答率	平均時間	所要時間	時間	行動変数	集中度
A	速度算	0.40	16.07	17.00	0.95	-8.00	-3.02
	仕事算	0.80	8.14	10.17	0.80	9.00	5.76
	年齢算	0.80	13.46	11.00	1.22	10.00	9.79
	複率	0.20	14.06	11.17	1.26	-7.00	-1.76
	鶴亀算	0.40	11.35	10.50	1.08	2.00	0.86
	損益算	0.60	9.22	15.50	0.59	6.00	2.14
	濃度算	0.60	10.51	12.33	0.85	9.00	4.60
	複率	0.80	14.06	16.00	0.88	3.00	2.11
	速度算	0.80	16.07	15.67	1.03	4.00	3.28
	年齢算	1.00	13.46	13.17	1.02	9.00	9.20
B	損益算	1.00	9.22	10.83	0.85	-2.00	-1.70
	仕事算	0.60	8.14	7.83	1.04	-5.00	-3.12
	鶴亀算	0.60	11.35	11.83	0.96	3.00	1.73
	濃度算	0.80	10.51	10.00	1.05	5.00	4.20

### 5.4.行動指標の作成

各被験者は課題を進めるにつれて集中度が大きく変化していることがみられ、科目の変化によっておこす行動や回数、時間経過とともに姿勢の変化がみられた。姿勢においては、同じ姿勢を取り続けることが考えられるため、同じ姿勢を30秒間取り続けることで回数を1回増やすこととした。この結果から集中度の大きな変化と行動との関係を明らかにするために、それぞれの被験者の各行動の最大の回数と全被験者の各行動の最大の回数の平均に標準偏差を足したものとを比較し、その値よりも大きいものを集中度に影響を及ぼす行動であるとした。またその

行動の中から集中度合いの変化による行動指標を作成した。被験者Aの集中度合いを反映する行動と考えられる行動指標を表3に示す。また集中度合いが高いときの行動指標を表4に、集中度合いが低い時の行動指標を表5に示す。

表3：被験者Aの集中度合いを反映する行動指標

番号	姿勢	番号	行動	番号	行動
1	肘をつく	11	背筋を伸ばす	21	上を向く
2	椅子の上で正座する	12	顔を紙に近づける	22	伸びをする
3	首を傾げる	13	あたりを見回す	23	貧乏揺すり
4	寝たまま問題を解く	14	座り直す	24	椅子を動かして解く
5	足を組む	15	顔に手を持ってく	25	問題を声に出す
6	寄りかかったまま解く	16	ペンをまわす		
7	前のめりになる	17	指をのぼす		
8	あくびをする	18	時間を気にする		
9	腕を組む	19	頭を抱える		
10	頬杖をつく	20	問題を凝視する		

表4：集中度合いが高いときの行動指標(被験者Aの場合)

番号	姿勢	番号	行動	番号	行動
1	肘をつく	11	背筋を伸ばす	21	上を向く
2	椅子の上で正座する	12	顔を紙に近づける	22	伸びをする
3	首を傾げる	13	あたりを見回す	23	貧乏揺すり
4	寝たまま問題を解く	14	座り直す	24	椅子を動かして解く
5	足を組む	15	顔に手を持ってく	25	問題を声に出す
6	寄りかかったまま解く	16	ペンをまわす		
7	前のめりになる	17	指をのぼす		
8	あくびをする	18	時間を気にする		
9	腕を組む	19	頭を抱える		
10	頬杖をつく	20	問題を凝視する		

表5：集中度合いが低いときの行動指標(被験者Aの場合)

番号	姿勢	番号	行動	番号	行動
1	肘をつく	11	背筋を伸ばす	21	上を向く
2	椅子の上で正座する	12	顔を紙に近づける	22	伸びをする
3	首を傾げる	13	あたりを見回す	23	貧乏揺すり
4	寝たまま問題を解く	14	座り直す	24	椅子を動かして解く
5	足を組む	15	顔に手を持ってく	25	問題を声に出す
6	寄りかかったまま解く	16	ペンをまわす		
7	前のめりになる	17	指をのぼす		
8	あくびをする	18	時間を気にする		
9	腕を組む	19	頭を抱える		
10	頬杖をつく	20	問題を凝視する		

実験結果から被験者によって行動指標に挙げられた行動の数が大きく異なっていた。この結果は行動を著しく多くおこす被験者がいたため、各行動をそこまでの回数おこさない被験者の結果に大きな影響を与えたと考えられる。また、撮影した映像からおこした行動を計測する際の基準が評価者の目によるものだったため行動回数に影響したと考えられる。このことから、行動基準を明確にすることで、行動指標に挙げられる行動の数の差が少なくなると考えられる。

## 6. kinectを使用した行動観察

5.4で得られた実験結果から行動の基準を明確にするため、kinectを使用し行動を観測することとした。しかし、kinectでは観測できない細かい行動が指標の中に存在する。そのため本実験ではkinectで観測することができるものを観察対象とする。またkinectで観測できる行動、姿勢の中で全ての被験者において、行動3(首を傾げる)、行動7(前のめりになる)の行動が各被験者の集中度合いを反映する行動として挙げられた。このことからこの2種類の行動をkinectで観測することとした。実験の際に、Skeletonトラッキング機能を用いて観測するが、被験者の正面から撮影していると、行動7のときに点になってしまうため、

実験の途中で身体を認識しなくなることがあった。また、横から観測することで障害物を挟むことなく全身をカメラで捉えることができるため、学習者の横からkinectで撮影した。他の行動の回数を計測するためにビデオカメラでの観測もおこなった。

### 6.1. 環境統制

行動指標を作成するためにおこなった実験と同様、個人学習する場面を想定し、被験者以外の出入りがない部屋で実験をおこなった。また学習課題もSPIを使用し、科目数と問題数は変えずに7科目35問で、問題内容だけを変え実験をおこなった。ただ学習する上でkinectの観測範囲から外れてしまうと、その後人物だと認識しなくなってしまう場合が考えられるため、椅子に座ったままの移動など、観測範囲から外れる行動を禁じた。被験者は先ほどの実験をした中央大学法学部と商学部所属する男子学生10名を対象におこなった。

### 6.2. 実験方法

5.3と同様の実験方法で実験をおこない、かつkinectで観察した。kinectを使用した実験の様子を図4に示す。前のめりに解いているときには全身を赤色に表示し、首を傾げたときには、首の部分に赤い丸を表示し、その回数を計測することとした。

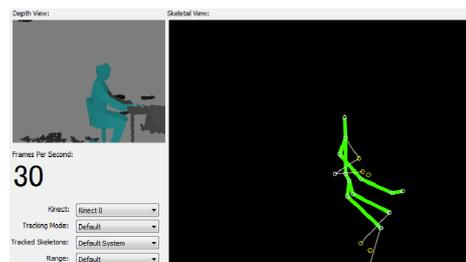


図4：実験中のkinectの画像

### 6.3. 実験結果

撮影した映像から行動指標内の行動回数を計測し、kinectでも対象とした行動の回数を計測した。その結果を5.3と同様、定義した式を用いて課題に取り組んでいる際の集中度を計算した。kinectで行動を観察した様子を図5,6に示す。

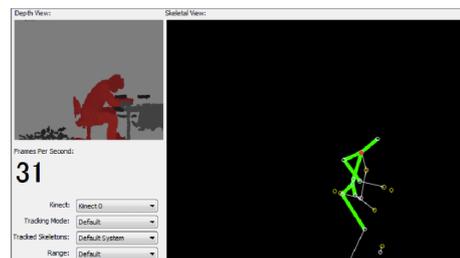


図5：行動3のkinectの画像

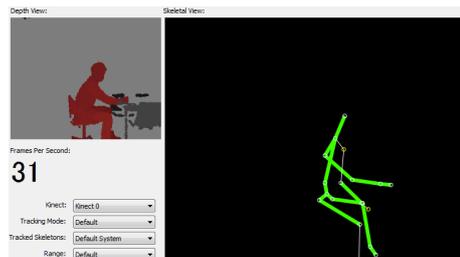


図6：行動7のkinectの画像

図5のように首の部分に赤い点が表示された回数を行動3の行動回数,全身が赤く表示された回数を行動7の行動回数として計測した. 5.3で定義した式を用いて2種類の行動の回数だけ集中度合いを計算した.ビデオカメラでの行動回数の計測,集中度合いの計算は5の実験と同じ方法でおこなった.

実験結果,計測方法の違いにより行動の計測回数にも変化が生じた.その結果の一部を表6に示す.

表6: 被験者の行動回数の変化

被験者	集中度合い	ビデオカメラ		kinect	
		行動3	行動7	行動3	行動7
A	高い	3	9	1	4
	低い	8	3	5	2
B	高い	3	10	2	8
	低い	8	5	6	2

撮影した映像から評価者の感覚で行動回数を計測した結果とkinectを用いて計測した結果を比較すると全ての値が減少している.行動回数が少ないものは少なく,多く計測されている行動はkinectでも多く計測されている.この結果から,集中度合いの変化に合った,行動回数をkinectから計測出来ていると考えられる.kinectだけで実験をおこなったときに計測される集中度合いと,ビデオカメラを用いて実験をおこなったときに計測される集中度合いとの関係をはかるために,集中度合いの計算結果を表7に,相関係数を導きだした結果を表8に示す.

表7: ビデオとkinectから計算された集中度合い

被験者	集中度合い	ビデオ	kinect
A	高い	4.94	5.93
	低い	-1.65	-1.98
B	高い	2.07	2.76
	低い	-1.77	-3.53
C	高い	6.5	7.58
	低い	-2.37	-2.85

表8: ビデオ観察とkinectからの集中度合いの相関係数

	ビデオ	kinect
ビデオ	1	
kinect	0.913842748	1

この結果から強い相関関係にあり,比例関係にあるとわかった.よってkinectを用いて実験をおこなうことで,集中度合いを計算できると考えられる.

## 7.考察

実験結果から,被験者によってその被験者に影響力が大きい行動が異なることがわかった.この結果から学習者に指導する上で,学習者それぞれが集中しているかどうかを判断するために,その被験者の集中度合いを反映する行動を把握することが必要だと考えられる.また,それぞれの行動指標から集中度合いが高いときにみられる姿勢・行動の多くは被験者に共通しており,集中度合いが低いときにみられるものは各被験者異なっ

ている.この結果は,集中度合いが低くなったと感じたときに,被験者それぞれが自分なりに行動して集中度合いの向上を試みているため,それぞれ異なると考えられる.よって集中度合いが低いときの行動をしっかりと理解することで,指導者は行動からその被験者の集中度合いが低下しているかを予測することが可能であると考えられる.しかし,高い集中度合いのときには多くの行動が共通しているため,行動から集中度合いを予測することは難しいと考えられる.kinectを用いた実験から行動回数の変化が大きくみられた.この結果から姿勢を大きく変化させる行動はkinectを用いることで行動回数を計測できるが,「ペンをまわす」といった行動,「寝たまま問題を解く」と「前のめりになる」などの似た状態での行動の変化に関しては,他のセンサーを用いる必要があると考えられる.また,実験結果よりkinectを使用して,行動3と行動7の行動回数を計測することで,集中度合いを算出できると考えられる.しかし,この方法では学習に取り組み終わった後に集中度合いを算出しているため,フィードバックなどには用いることができるが,実際に解いている最中の集中度合いを計算するためには,式を見直す必要があると考えられる.

## 8.おわりに

本研究では,学習時の行動と姿勢,課題に対する正答率や解答時間を計測した結果から学習者の集中度合いの測定,各被験者における集中度合いに影響力が大きいと考えられる行動指標の作成を目的とした.ビデオカメラで撮影した映像から行動を計測する方法とkinectを用いて計測する方法を試み,行動指標を作成した.行動の一部をkinectで計測することで,被験者の集中度合いに影響を与える行動を絞り込むことができた.

この行動指標に基づき,課題に取り組んでいる際の学習者の集中度合いをより客観的に計測するため,他のセンサーを用いて実験する必要があると考えられる.また細かい時系列で集中度合いを測定するために,課題の結果からだけでなく課題を解いている過程とその時の行動を記録する必要があると考えられる.また今回は学習課題の正答率や所要時間などから集中度合いを求めたが,これからは疲労度などの内定要因も考慮していくべきだと考えられる.

## 謝辞

日頃より,熱心な研究討論や実験へのご協力を戴く,中央大学理工学部ヒューマンメディア工学研究室の皆様,感性ロボティクス研究センターの皆様へ深謝します.

## 参考文献

- 1) ティーチング・アシスタントについて  
<[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo/04/003/gijiroku/07011713/001/002.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo/04/003/gijiroku/07011713/001/002.htm)>
- 2) 山本朋弘,清水康敬: IT を活用した学習場面における集中度と行動分析に関する検討,日本教育工学会論文集
- 3) 舩山祐亮,北川頌悟,加藤俊一: 学習者に達成感を与える適切な指導タイミングの調査