

# 生体情報によるストレス計測・分析システムの 検討 —コンピュータベース学習環境において—

櫻井美咲<sup>†</sup> 矢島邦昭<sup>†</sup>

本稿では、ICT 使用時のストレスとストレス負荷時の集中力を生体情報から測定し、ストレスと集中力の変化について実験を行った。実験結果から気分（ストレス）と皮膚温の一定時間当たりの変動の大きさが関係していることが予測された。また、GSR（皮膚電気反応）は、インターネット依存傾向が高い人は興奮状態になりやすい可能性が示唆された。

## Consideration of Stress Measurement and Analysis System by Biological Information -In the computer-base learning environment-

Misaki Sakurai<sup>†</sup> and Kuniaki Yajima<sup>†</sup>

In this paper, we report of the analysis of the stress use of ICT using biological information. For the preceding study, a change of GSR is deeply related of concentration ratio. We revealed the tendency about the stress and the change in concentration from measurement of Biological Information. As a results, we could get the tendency by which dependence of the internet tends to be an expensive people in an excited state at the time of ICT use.

### 1. はじめに

光ファイバー通信に代表される高速通信の普及により、情報通信技術(Information and Communication Technology: 以下 ICT と略す)は急速に発展し、我々の生活に広く浸透し、変化をもたらした。そして様々な分野における ICT 利活用のあり方も、大きく変わってきた。遠隔業務支援システムのひとつとしてスマートグラスの実用化や、3D バーチャルリアリティシミュレーションによる実体験と同様の学習効果が得られるトレーニングシステム、教育・学習の場面での e-learning など、技術・知識の習得や学習形態も多種多様である。

総務省「平成 25 年通信利用動向調査」によると、スマートフォンの世帯普及率は平成 25 年末時点で 6 割を超え、このスマートフォンの普及によってインターネットがより身近なものになっている一方、こうした端末やソーシャルメディアの利用時間の増加に伴い、常にインターネットに触れていないと不安に感じるといった「ネット依存」と呼ばれる課題など、新たな課題とインターネットリテラシーの重要性やそれに伴う現実の社会生活への影響も指摘もされている[1]。コンピュータを使用することにより引き起こされる精神的な健康障害であるテクノストレスもその一つである。

テクノストレスにはテクノ不安症とテクノ依存症という 2 つのタイプに大別される。[2]。このうち、テクノ不安症は、コンピュータ操作がうまく出来ない、コンピュータに適応できないといったことから生じる不安感などが原因で起こり、それが精神疾患を引き起こす病態のことをさす[3]。一方、テクノ依存症は、コンピュータに没頭することによって時間のコントロールが出来ない、社会的不適応状態になるといった病態を作り出す[3]。テクノ不安症は精神的な苦痛があるので自覚があるが、テクノ依存症は自覚や苦痛がないため、対処が遅くなるという懸念がある。現在では、インターネットの急激な普及に伴い、「テクノストレス」よりも「インターネット依存」としての知名度が高く、特に高校生など若年層は他の年代と比較して依存度が高いという報告がある[4]。このことは社会的な重要な問題であり、早くから様々な方法で研究が行われているものの、未だ、ICT 使用に付随したストレス検出には決定的な手法が少なく、解決には至っていない[5]。また、ストレス耐性には個人差があるため、ストレス検出を困難にしている。

ICT 使用時のストレス状態を正確に検出し、早く自覚することで、ストレス削減のための対策を講じ、ストレス状態を維持することなく課題に取り組むことができる。過度のストレス状態では作業ミスや作業効率の低下にもつながる[6]。このような ICT を使用することによる負の状況を回避するため、本研究の目的は ICT 使用時のストレ

<sup>†</sup> 仙台高等専門学校  
National Institute of Technology, Sendai College

スとストレス負荷時の課題に対する集中度を測定し、ストレス状態を迅速に検出することとともに、そのときの集中力がどのように変化しているのか、もしくは変化しないのかを調査することとした。このことにより、ICT使用が引き起こす精神的な失調を未然に防ぐことが可能になり、より快適にかつ効率的なICT使用に貢献できると考える。

## 2. ストレスと集中度の計測

### 2.1 生理情報の計測

課題に集中している場合には、潜在意識の状態にあるため、ストレスの大きさに対する主観的評価は困難である。そこで生理指標データを用いて、ストレスの推定を試みることにした。

ストレスと生理反応に関する研究はこれまで多くなされており、ストレスに反応する生理指標として、唾液中のアマラーゼ、心拍数、発汗、瞬目などが有効であることが報告されている[7]。発汗は、緊張、ストレス、不安などの心理的な動揺によって、自律神経の交感神経が活発になり手や足の末梢に発汗する。このような精神的要因による発汗のことを『精神性発汗』と呼び、不安感や緊張感が高まっている時に精神性発汗が起きやすくなる。精神性発汗は、galvanic skin response：皮膚電気反応(以下GSRと略す)によって測定できる[8]。精神性発汗を引き起こすのは『交感神経系の興奮』であるが、GSRは交感神経系の興奮による汗腺の活動によって発生する『皮膚電気抵抗(皮膚電位変容)』である。GSRを測定する場合には、精神性発汗を生じやすい身体部位(手掌部・指先・手首)に電極を装着し、そこに微細電流を流してその電気抵抗の値を測定する。皮膚に多くの汗をかけば、皮膚上の物理的な電気抵抗が減って流れる電流の量が増加する。また、皮膚温に関して、体幹部皮膚温(左右の手足を除く胴体)はストレスにともなう変化がほとんどない一方、末梢部皮膚温は、環境温の変化の他に、不安、緊張などの情動や、課題実行時などの精神負荷時のような心理的要因によって低下することが報告されている[9]。

ウェアラブル端末は、ユビキタス・コンピューティング実現の取組みの一つで、1990年代から開発されているが、近年、個々の製品の技術的な進歩に加えて、スマートフォンと連携することで機能強化を実現し、実用的な製品が数多く出てきた。パソコン使用時のストレスを計測することを考慮した場合、ウェアラブル端末での発汗(皮膚電気反射:GSR)の計測は、パソコン使用者への負担が小さく有用である。また、連続装着が可能であり、長時間かつ連続的に計測ができる。

以上のことから、パソコン使用時のストレス状況とその時点での集中度を、ウェアラブル端末を用いて定量的に推定することを目的とした。生理指標を用いることで、

ストレス状態および集中度の変化に関するより詳細な情報が得られることが期待された。

### 2.2 主観的評価(質問紙)

#### (1) インターネット依存傾向尺度(Kimberly S. Young, 1998, 日本語版: 小田嶋)

インターネットの利用状況とネット依存の傾向について、Young(1998)のインターネット依存傾向尺度を用いて評価した(20項目、5件法)。この質問紙は、20項目の質問に対して「全くない」から「いつもある」の5つの回答から最もあてはまる番号を1つ選び○を付けてもらう。それを「全くない」(1点)「まれにある」(2点)「ときどきある」(3点)「よくある」(4点)「いつもある」(5点)として得点化し、20項目の合計得点を算出する。付録A.1に質問項目をしめす。

#### (2) 気分評価スケール

VAS(Visual Analogue Scale)やNRS(Numerical Rating Scale)は、本来「痛み」に対する評価スケールの一つであるが、主観的な気分の評価としても可能である。今回は、評価が非常に簡単であるという理由から、これらの評価スケールを模した評価を使用した。そのときの気分を1から10の10段階に分け、「全くない」を0点、「大いにある」を10点として得点を算出した。付録A.2に質問をしめす。

### 2.3 ガルバニック皮膚反応(Galvanic skin response: GSR)

生体情報の測定には、maxim integrated<sup>TM</sup>の腕時計型のGSR測定装置MAXREFDES73#を用いた。これを用いて、腕の皮膚インピーダンスと体温の両方を測定した。GSR装置からの情報は、Bluetooth low-energy(BLE)ワイヤレスインタフェースを介して20m以内の距離でGSRと体温の監視が可能であり、装置は1秒に1回、インピーダンスおよび温度測定を開始し、Android端末に送信している。

## 3. 予備実験

はじめに、パソコンを使用しての課題遂行時に、GSRおよび皮膚温はどのような周期で変動するのか、言い換えれば、どのような周期で集中と非集中を繰り返すのかを調べることを目的として実験を行った。集中力とストレスは、GSRおよび皮膚温では、交感神経系の興奮として同じように検出され、その区別は困難であることが予想される。そこで質問紙の得点を用いて得点の高低でグループを作り、グループ同士の比較によりその切り分けができるかどうかを検討した。

実験参加者は仙台高専の学生6名(男性4名、女性2名)であった。

### 3.1 実験手順

実験は個室で1人ずつ行った。実験を始める前に、実験者は実験の趣旨と手順を実験参加者に説明し、実験を行うことに対する同意を口頭で得た。

実験環境を一定にするために、実験室の室温を 26°C に設定した。

GSR 測定装置の装着は利き手と反対側の手首の手のひら側にセンサが当たるように装着した。これを図 1 に示す。



図 1-1 GSR 測定装置装着の様子



図 1-2 GSR 測定装置裏側の様子

GSR 測定装置の装着にあたって、接触抵抗を下げるため、ケラチンクリームを適量腕に塗布した。測定中にセンサと皮膚が離れないようにするために、センサと皮膚の接触部に導電ジェルシートを用いた。

パソコンで行う実験課題は、あらかじめ英語で書かれた文章をパソコンのディスプレイに表示しておき、その文章を見ながら別の word ファイルに 5 分間でなるべく多く入力する（書き写す）という、英文入力課題であった。

GSR 装置の装着後、実験参加者に「インターネット依存傾向尺度」に記入してもらった。その後、パソコンで行う英文入力課題を行った。その際、課題への集中を促すために「5 分間で、できるだけたくさん入力してください」と教示し、実験者が 5 分間時間を計測して、終了時刻にアラームで知らせた。英文入力課題の後、気分評価スケールに現在の気分を記入してもらい、実験は終了した。実験に要した時間は、1 人当たり、20 分程度であった。

### 3.2 分析

インターネット依存傾向尺度は、「全くない」(1 点)「まれにある」(2 点)「ときどきある」(3 点)「よくある」(4 点)「いつもある」(5 点)として得点化し、20 項目の合計得点を算出した。

気分評価スケールは、項目ごとに、気分(すごくイライラする: 1 点~全くイライラしない: 10 点)、眠気(すごく眠い: 1 点~全く眠くない: 10 点)、集中(全くできなかった: 1 点~よくできた: 10 点)、緊張(すごく緊張した: 1 点~全くしない: 10 点)として得点化した。

分析には R3.1.1 を使用した。2 変数間の関係は相関分析を行い、有意水準 5% 未満を有意とした。

### 3.3 実験結果

#### ● 英文入力課題

パソコンで行った英文入力課題の結果を表 1 に示す。

表の修正回数は、入力し直しのあった回数である。

入力文字数は標準偏差が大きく、個人差が大きいことがわかるが、今回の実験ではそのことによって分析から除いた人はいなかった。

表 1 英文入力課題の結果

	修正回数	入力文字数 (スペースを含む)
平均	7.2	433.7
標準偏差	3.7	206.2
範囲	2 - 11	290 - 848

皮膚温と GSR との関係を判断するため、相関分析を行った。その結果、有意な相関はみられなかった( $r = -0.27$ )。

質問紙と実験結果との相関分析を行う際、皮膚温と GSR の値は 30 秒毎に値を抽出し、その変動係数(標準偏差/平均値)を求めた。変動係数を用いることにより、平均値が異なるデータのばらつきの関係を相対的に評価する。この値が大きいほどばらつきが大きいことを表し、今回の実験ではその時間での皮膚温もしくは GSR の値が大きく変動しているということを意味する。

表 2 質問紙と実験結果の相関

	インターネット依存度	気分	眠気	集中	緊張	temperature_mean	GSR_mean	T_CVmean
気分	-0.048							
眠気	-0.249	0.919						
集中	-0.489	0.484	0.780					
緊張	-0.496	0.602	0.651	0.392				
temperature_mean	-0.053	<b>-0.763</b>	-0.528	-0.001	-0.292			
GSR_mean	0.220	0.194	0.184	-0.079	0.406	-0.269		
T_CVmean	-0.042	<b>-0.883 *</b>	-0.639	-0.068	-0.485	0.872	-0.077	
G_CVmean	<b>0.803 +</b>	-0.512	-0.516	-0.359	<b>-0.736</b>	0.422	0.131	0.545

\* :  $p < .05$ (5%有意), + :  $p < .1$ (有意傾向) 相関係数の高い値を太字にした.

T\_CVmean : 皮膚温の変動係数の平均値

G\_CVmean : GSR の変動係数の平均値

皮膚温と気分（イライラするかしないか）との間に有意な負の相関がみられ、皮膚温の変動係数が大きくなると、気分得点が低くなりイライラする（ストレスが大きくなる）ことがしめされた。また有意傾向ではあるが、インターネット依存度と GSR の変動係数の平均値の間には正の相関の傾向がみられ、インターネット依存度が高いと GSR の変動係数が大きくなる傾向がみられた。これらの結果からインターネット依存度と GSR、気分（ストレス）と皮膚温に関連があると予測し、インターネット依存傾向尺度得点の高低で 2 グループに分け、GSR の移動平均を算出し、グラフ化した。同様に気分（ストレス）得点の高低でグループ化し、皮膚温の移動平均を算出し、グラフ化した。それを図 2 にしめす。

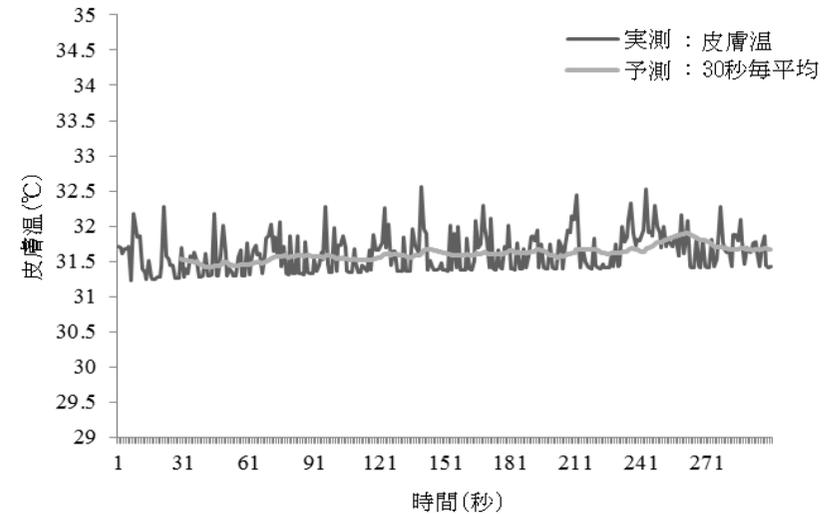


図 2-1 気分(ストレス)の得点の高群(イライラしない)と皮膚温の予測と実測値

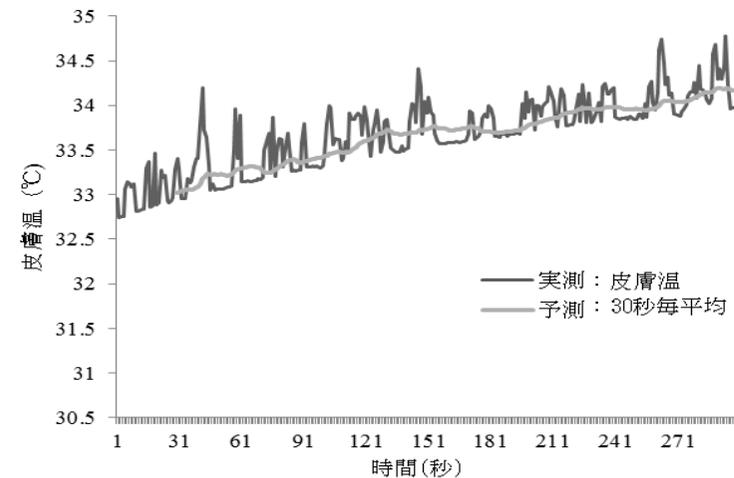


図 2-2 気分(ストレス)の得点の低群(イライラする)と皮膚温の予測と実測値

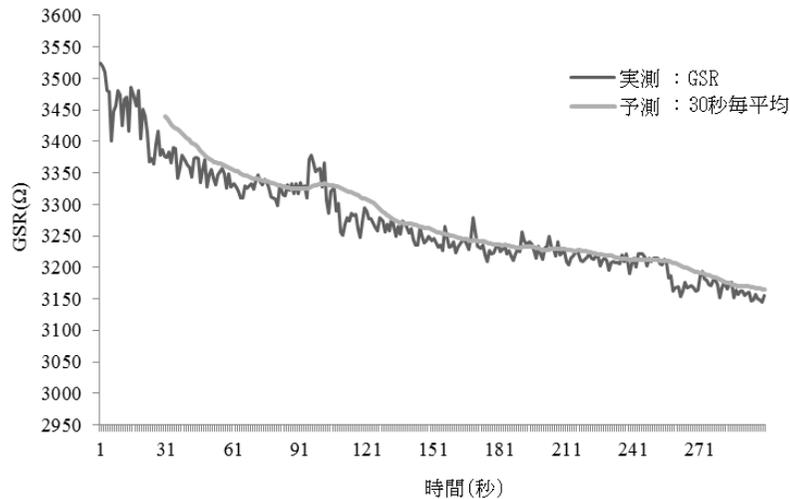


図 2-3 インターネット依存傾向尺度得点の高群(依存度が高い)と GSR の予測と実測値

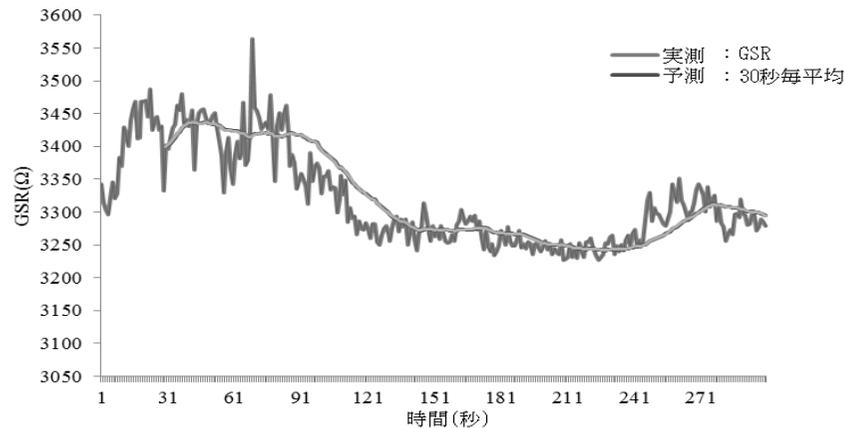


図 2-4 インターネット依存傾向尺度得点の低群(依存度が低い)と GSR の予測と実測値

気分(ストレス)の得点の高群(イライラしないグループ)(平均得点 9.3)の皮膚温は、課題の始まりから終了までの間、ほぼ一定の値を示したのに対し、気分(ストレス)の得点の低群(イライラするグループ)(平均得点 5.0)の皮膚温は、始まりよりも終わりの方が  $1^{\circ}\text{C}$ 程度高くなっている。気分得点高群(イライラしないグループ)の変動係数の平均値は 3.22 であり、気分得点低群(イライラするグループ)の変動係数の平均値は 9.93 であった。このことからイライラしないグループの方がイライラするグループよりも変動係数の平均値は小さく、ばらつきが小さいことがわかる。また、インターネット依存傾向尺度の得点の低群(依存度が低いグループ)(平均得点 31.7)の GSR は始まりよりも終わりの方が  $150\Omega$ 程度低くなっている。インターネット依存傾向尺度の得点の高群(依存度が高いグループ)(平均得点 48.7)の GSR は始まりよりも終わりの方が  $200\Omega$ 程度低くなっている。インターネット依存傾向尺度の得点の低群(依存度が低いグループ)の変動係数の平均値は 4.25 であり、インターネット依存傾向尺度の得点の高群(依存度が高いグループ)の変動係数の平均値は 7.19 であった。このことから依存度が低いグループよりも依存度が高いグループの方が変動係数の平均値は大きく、ばらつきが大きいことが示された。

#### 4. まとめ

本稿では、ICT 使用時のストレスとストレス負荷時の集中力を生体情報から測定し、ストレスと集中力がどのように変化するか、もしくは変化しないのかを調査することを目的として予備実験をした。実験結果から気分(ストレス)と皮膚温の一定時間当たりの変動の大きさが関係していることが得られた。一方、集中力や眠気との関連を示す結果を得られなかった。しかし本報告では、気分(ストレス)や集中力の測定を主観的評価(質問紙)のみで行っており、結果の妥当性を評価することは困難であると考えられる。インターネット依存傾向尺度と GSR の関係性で、GSR は交感神経系の興奮を測定しているのでインターネット依存傾向が高い人は興奮状態になりやすいと考えられる。また、課題の難易度やパソコン操作(入力)の習熟度に個人差があることから、英文入力課題の得点が予測される。本実験での目的は 2 つあった。1 つ目はどのような周期で集中と非集中を繰り返すのかを調べることであった。ストレス状況下では抹消の皮膚温は低下するということがわかっている[9]。今回の結果から、ストレスが高い(イライラする)グループの変動係数は 30 秒という短い周期でのばらつきが大きかったため、気分の変動が大きいということがわかった。しかし移動平均の結果から、5 分間では皮膚温が緩やかに上昇していることから、課題によるストレスはあまり感じていないということがわかった。2 つ目の目的は、生体情報である GSR と皮膚温は、主観的評価によってストレスと集中力の結果を区別できるかであった。相

関結果からストレスと皮膚温の関係は得られたが、集中と関係する結果は得られなかった。

今後は ICT 使用時の状態を生体信号を用いた客観的な評価を進めるに当たり、提示する課題の難易度、測定時間の長さ、質問紙に回答するタイミングを考慮する必要がある。また、分析に用いる生体信号についても検討する必要がある。計測する生体信号の種類を増加することは、比較的容易であるが、分析の複雑さが増加する。また、実験参加者に対して、計測時のストレスを増加することになり、本来のストレス計測に強く影響を与える可能性が出てくるため、注意が必要である。

#### 4.1 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K0043601 の助成を受けたものです。

#### 4.2 付録

課題実施前に使用した質問紙を A.1 に、課題実施後に使用した質問紙を A.2 に示す。

### 参考文献

- 1) 総務省 平成 25 年通信利用動向調査の結果 別添 2 1-32 (2013)
- 2) クレイグ・ブロード テクノストレス, 池 央耿・高見 浩 (翻訳), 新潮社, p.131, 251, 281, 279-280. (1984)
- 3) 坂部 創一, 山崎 秀夫 テクノ依存症傾向の新型うつ傾向に及ぼす影響に関する研究, 第 27 回環境情報科学学術研究論文発表会, Vol.27, 341-346. (2013)
- 4) 下野 太海, 大須賀 美恵子, 寺下 裕美 心拍・呼吸・血圧を用いた緊張・単調作業ストレスの評価手法の検討, 人間工学 Vol.34, No.3, 107-115. (1997)
- 5) 伊比 健児 テクノストレス眼症と眼調節, 日職災医誌, No.50, 121-125. (2003)
- 6) 渡辺由貴子・渡辺 覚 長嶋 洋治 (監修) 図解雑学 ストレス, 株式会社ナツメ社, p.196. (2000)
- 7) 八谷百合子 生体疲労信号解析および疲労度推定手法に関する研究 第 2 章 精神疲労の評価方法に関する従来研究と考え方, 早稲田大学大学院情報生産システム研究科 博士論文, 13-30. (2012)
- 8) 中垣紀子, 石沢敦子, 青山正征, 星野美穂, 設楽利二, 武田淳史 子どもの採血によるストレスと皮膚性状変化との関連, 群馬パース大学紀要 No.2, 221-231. (2006)
- 9) 野澤昭雄, 三澤裕樹, 水野統太, 田中久弥, 井出英人 顔面熱画像解析による会話形態に関する運転者のメンタルワークロードの評価 Vol.126, No.8, 412-418 (2006)

### 付録

#### 付録 A.1 インターネット依存傾向尺度

インターネットの利用状況について、お聞きします。質問を読んで右側のあてはまるところに一つだけ丸を付けてください。質問はぬかさず順番に答えて、すべての質問に答えてください。

1. 気がつくと思っていたより、長い時間インターネットをしていることがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
2. インターネットをする時間を増やすために、家庭での仕事や役割をおろそかにすることがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
3. 配偶者や友人と過ごすよりも、インターネットを選ぶことがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
4. インターネットで新しい仲間を作ることがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
5. インターネットをしている時間が長いと周りの人から文句を言われたことがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
6. インターネットをしている時間が長くて、学校の成績や学業に支障をきたすことがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
7. 他にやらなければならないことがあっても、まず先に電子メールをチェックすることがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある
8. インターネットのために、仕事の能率や成果が下がったことがありますか。  
全くない まれにある ときどきある よくある いつもある

