

# 学習者の生理状態をフィードバックする学習支援環境

## Pedagogical Agent System featured with Biofeedback Technology

田村芳明<sup>\*1</sup>  
Yoshiaki Tamura

清水友明<sup>\*2</sup>  
Tomoaki Shimizu

田村恭久<sup>\*1</sup>  
Yasuhisa Tamura

<sup>\*1</sup> 上智大学理工学部  
Sophia University, Faculty of Science and Technology

<sup>\*2</sup> 日本アイ・ビー・エム  
IBM Japan

Abstract: In this paper the authors propose a pedagogical agent system featured with biofeedback technology, which monitors a learner's physiological condition relating to mental condition. The aim of this system is to enhance a learner's understanding effectively than using paper-based materials or WWW-based materials consisting of texts, pictures, sounds, or movies. When a learner encounters an impasse, his/her mental condition changes, and the proposing system perceives a change in his/her physiological condition by the use of biofeedback equipment. On this occasion, the system is designed to ask him/her to take a short brake. After the brake, the system gives him/her a clue to solve the problem. By exploiting the biofeedback information, the system is able to call a learner's attention effectively, and consequently develop his/her learning performance.

### 1. はじめに

コンピュータの普及とインターネット技術の発展によって学習支援システムの主流は WBT(Web Based Training)へと変遷し、ブラウザを利用することで遠隔的に学習支援が可能となり、時間や場所による制限が解消される。さらに、音声や動画といったマルチメディアを利用することで効果的な学習を支援することが可能である。しかし、多くの学習支援システムでは学習者とのインタフェースが貧弱なため、学習者の状態を客観的に判断することが難しい。そこで、[小孫 99]では、連立方程式の解答時における課題困難度の指標として、瞬目、心拍、呼吸の生理指標の有効性を検討している。[河崎 99]では、局所発汗量連続記録装置を用いて、精神性発汗量の直接的な学習評価の指標としての可能性を検討している。また、[大林 99]では試作した対話型 CAI システムの効果を確認し、生理指標を含む、多角的な評価方法を併用してユーザビリティ評価実験による総合的な CAI 評価を試みている。[永岑 02]では、暗算課題遂行課程における心拍数変化と主観的評価との関連性を解答時間の変化も含めて検討している。

本研究では生理指標として、額周辺における筋の動きを反映する前頭筋 EMG(ElectroMyoGraph)を用いた。学習者の前頭筋 EMG の変化に着目し、得られた生理指標をシステムにフィードバックすることによって、より学習者の状態に適応した学習支援システムを開発することを本研究の目的とした。

### 2. 生理指標

#### 2.1 生理心理学とバイオフィードバック

身体の状態を適切に調節する生理反応を測定した生理指標と、それを引き起こす心理的な刺激との関係に着目したのが生理心理学であり、生理指標を用いて、人間の心理的な負担を客観的に捉えることが可能になると考えられている。生理反応を測定し、対象の人間にフィードバックを行い、結果として身体の調整を意識的に行わせることを“バイオフィードバック”という。生理心理学やバイオフィードバックでは、自律神経系の活動を反映

していると考えられている筋電位、皮膚電気活動、心拍数、血圧、皮膚血流量、顔面皮膚温度等が生理指標として用いられている。

#### 2.2 前頭筋 EMG

前頭筋は、眉毛から頭蓋の後頭骨にかけて頭蓋骨を覆う前頭後頭筋の、前頭部分である[Gray 95]。前頭筋は顔面神経の支配を受けており、振幅の大きさを表す EMG レベルの平均値がストレスと関係があると報告されている[Denkowski 83, Passhier 81, Pritchard 83]。

#### 3. 前頭筋 EMG による学習者の分類

前頭筋 EMG の平均振幅は学習者の個人差や検出する時のさまざまな環境が影響する可能性があるため、リラックスした状態の前頭筋の EMG レベル平均値を基準として、システム利用中の前頭筋の EMG レベル平均値の変化率を用いて学習者を分類することにした。また、学習者の教材にかかる時間を用いて学習者をグループ分けし、これらを組み合わせることで、学習者を9つのカテゴリに分類できると考えた。図1に推定した9つの学習者の状態を示す。

		EMGレベルの変化率		
		小		大
時間	$p_e$	A	Average	B
短	X	1.1 極めて熟達 or やる気なし	1.2 即答	1.3 慌ててる or 焦り
	Average	2.1 Expertの可能性 or 知っている	2.2	2.3 ストレスは あるが
長	Y	3.1 ポーっとしている 集中力なし	3.2 熟考	3.3 行き詰まり

図1 学習者の状態推定テーブル

本研究では、この学習者状態推定テーブルに対応した学習支援を設計し、学習支援エージェントシステムへの実装を行った。

## 4. 学習支援

### 4.1 動機付けと学習効果

教育の中では、学習者の内発的動機付けを高めるということが、重要と考えられている。つまり、学習を行う動機付けが報酬を得るためとしてではなく、学習そのものに興味を感じられるようになることが重要であるとされる。これは、外発的動機付けによる学習は、賞罰という外発的動機付けが与えられないと学習を行わなくなる可能性があるためと考えられている。また、外的な賞罰のみに学習者の意識が向けられた状態の場合、学習に対する情緒的姿勢低くなり、結果的には、学習効果が低くなってしまふことが考えられる。しかし、学習において内発的動機付けが必要である一方、学習者が学習する内容を決定してしまう、あらゆる知識の探求をも認めてしまう危険性があるという点に注意しなければならない。

### 4.2 動機付け理論の応用

[市川 95]では、学習者から多くの回答を収集して、それを整理していくというボトムアップ的なアプローチで、学習動機について考え、学習動機を以下の6つの種類に分類している。

- 報酬志向:報酬と罰による外発的な動機
- 関係志向:広い意味での親和動機
- 充実志向:知的好奇心,理解欲求,向上心の内発的な動機
- 実用志向:実用を意識した動機
- 自尊志向:自尊心に関わる動機
- 訓練志向:学習を通じて間接的に知的能力を伸ばすという動機

### 4.3 教材開発

本研究で構築するシステムに実装する教材として、初級システムアドミストラータ試験の教材を選択した。教材は個人学習用を作成する目的があり、また、学習者の動機付けの観点から、充実志向、訓練志向、実用志向を持つ学習者を支援することを目的とした。ただし、初級システムアドミストラータ試験を受験する学習者の最大目的は、試験に合格することで資格という報酬を得ることもある。つまり、実用という観点からすれば、報酬志向を最大限優先する必要もあるが、今回は研究用の教材として、個別学習用の教材を選択する必要があるという制限があった。従って、本研究で用いる教材は、初級システムアドミストラータ試験に合格することを最大の目的とするのではなく、この試験を題材としてコンピュータに関する基礎知識とその応用方法について学習を支援することを最大の目的とした。

## 5. おわりに

本研究では、学習を行っているユーザの生理反応とストレスの関係に着目し、ユーザの生理反応から判断される学習者の状態をフィードバックする学習支援システムの開発を目的とした。発汗や心拍などの生理指標を用いたストレス推定に関する先行研究を調査した。特に、前頭筋 EMG(electromyogram)とストレスに関する先行研究の調査を行い、生理指標から推定される学習者の状態を考察し、これをもとに学習の動機付けや学習意欲を高めるための学習支援を設計し、学習者の生理状態をフィードバックする学習支援エージェントシステムを設計・実装した。

今後は、生理指標計測装置から送信される複雑なデータ構造の解析を行い、クライアントコンピュータとの連携させ、生理指

標及び教材にかかる時間の測定・統計から閾値の定め、アンケートやインタビューを活用する事により、状態の推定方法の検証を行い、さらに実装する教材の質を高め、実験に必要な教材数の充実を計ることで、システムを利用することによって得られる学習効果を測定する必要がある。

## 参考文献

- [Denkowski 83] Kathryn M. Denkowski, George C. Denkowski, Micheal M. Omizo: The Effects of EMG-Assisted Relaxation Training on the Academic Performance, Locus of Control, and Self-Esteem of Hyperactive Boys, *Biofeedback and Self-Regulation*, Vol. 8, pp. 363-375 (1983)
- [Gray 95] Henry Gray: Gray's Anatomy, Barnes & Noble, 1995, 'The muscles and fascia, cranial region', pp. 270-272, (1995)
- [市川 95] 市川伸一: 現代心理学 3 学習と教育の心理学, 岩波書店, pp. 1-33 (1995)
- [河崎 99] 河崎雅人, 小西忠孝, 高島征助, 坂口正雄, 亀井智成, 中島浩二, 大橋俊夫: 連立方程式解答時の精神性発汗量の測定, 電子情報通信学会研究報告, MBE94-68 (1999)
- [小孫 99] 小孫康平, 田多英興: 連立方程式の解答に伴う瞬目と心拍の変化, 日本教育工学会論文誌, 23(1), pp. 45-57 (1999)
- [永岑 02] 永岑光恵, 室田真男, 井源信, 清水康敬: 繰り返しの暗算課題遂行における緊張感と心拍数の変化, 日本教育工学会論文誌 25(4), pp. 237-245 (2002)
- [大林 99] 大林史明, 下田宏, 吉川榮和: 多角的評価手法の適用による対話型 CAI システムユーザビリティ評価実験, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 3, No. 2, pp. 87-96 (2001)
- [Passhier 81] J. Passhier, and H. v. d. Helem-Hylkema: The Effect of Stress Imagery on Arousal and Its Implications for Biofeedback of Frontalis Muscles, *Biofeedback and Self-Regulation*, Vol. 6, pp. 295-303 (1981)
- [Pritchard 83] D. W. Pritchard and M. M. Wood: EMG Levels in the Occipitofrontalis Muscles Under an Experimental Stress Condition, *Biofeedback and Self-Regulation*, Vol. 8, pp. 165-175 (1983)