

## クッション型デバイスを用いた自律学習支援システムの評価

Ambient System for Encouraging Autonomous Learning Using Cushion Shaped Device

鶴岡秀樹\*<sup>1</sup> 小山健太\*<sup>2</sup> 白樺陽太郎\*<sup>1</sup> 矢入郁子\*<sup>1</sup>  
 Hideki Tsuruoka Kenta Koyama Yotaro Shirakashi Ikuko Yairi

\*<sup>1</sup>上智大学大学院理工学研究科理工学専攻情報学領域 Graduate School of Science and Engineering, Sophia University  
 \*<sup>2</sup>上智大学理工学部情報理工学科 Science and Engineering, Sophia University

Our study has proposed an autonomous learning support system that connects learners virtually in remote place with united feelings to learn together. In experiment with elementary school students, it has been clarified that our system had a effect for producing the united feelings to learn together and the improving the learner's motivation. This paper describes the effect of the learning experience through experiment with university students.

## 1. はじめに

近年 e-learning の普及により自律学習への注目が高まっている。しかし、学習動機の継続的維持は難しく、自律学習を断念してしまう人も少なくない。一般にポジティブな友人関係は、学習意欲向上や学業目標達成に有効であることが明らかにされており [Berndt 99]、学習場面における友人関係の重要性が指摘されている。基本的に学習の動機付けは、学習によって得られる報酬を目的とする外発的動機付けと、学習そのものを学ぶことを目的とする内発的動機付けの2種類に分けられる。Deciらは、外発的動機付けから内発的動機付けへと変遷するプロセスの存在を指摘し、図1のようなモデルを提唱した [Ryan 00]。本研究では、図1の Extrinsic Motivation (外発的動機付け)のうち、External Regulation (外的調整)・Introjected Regulation (取り入れ調整)の2つに着目し、遠隔地にいる他者と共に学習することで自律学習を促進するクッション型センシング・情報提示デバイスを用いたアンビエントシステムを提案してきた。外的調整は報酬などの外的圧力によって行動が調整される動機で、「学習を強制されるから」というケースが挙げられる。取り入れ調整は自尊心に関連し内的圧力によって行動が調整される動機で、「他者が学習しているから」というケースが挙げられる。本研究で提案するクッション型センシング・情報提示デバイスを用いたシステムでは、発光により学習機の椅子への着座を促す方法により外的調整が、ネットワークを介して異なる時間・場所で学習する友人と自分の互いの学習状況を共有する方法により取り入れ調整が、それぞれ支援される。これらの支援により自律学習の継続と深化が見込まれ、結果的に外発的な動機付けが内発的な動機付けに変遷(図1の左側から右側)していくことが期待される。

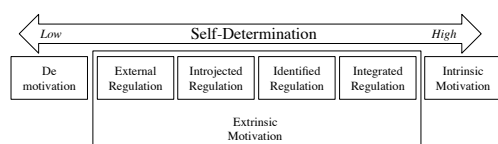


図1: Deciらによる自己決定理論

連絡先: 〒102-0081 東京都千代田区四番町 4-7 上智大学市ヶ谷キャンパス本館 401A

渡辺らは家族や恋人など親しい関係における、動きや気配など明示的に提示されていない情報によって生み出される心理的な距離を「つながり感」と定義した。本研究では、クッション型のデバイスを用いて遠隔地にいる他者と学習状況をリアルタイムに共有することで、この「つながり感」を自律学習の場に応用する。児童を対象とした評価実験では、当システムによって学習者同士に競争・協調の意識が生まれ、つながり感を醸成したことがわかっている [Tsuruoka 15]。本稿では、学習経験が豊富である大学生学習者を対象に同様の評価実験を行い、学習経験の違いが当システムによるつながり感、ひいては学習意欲促進に与える効果を検証する。以降、2章で提案システムの概要および児童を対象とした実験結果を、3章で大学生学習者を対象とした評価実験、4章に考察を述べ、5章を本稿の結びとする。

## 2. 遠隔地にいる他者との学習状況共有システム

## 2.1 提案システムの概要

当システムは複数の地点にいる複数の学習者が互いに遠隔地で親しい友人1名の学習状況を共有しながら自律学習を支援することを想定している。図2のAとBを例に、親しい友人同士の自律学習支援を例に説明すると次のようになる。

- (1) Aが学習を開始すると、センシングデバイスがAの学習状況を取得しネットワークを介してサーバにデータを保存。
- (2) サーバがセンシングデータを元にAの学習状況を算出。
- (3) サーバがネットワークを介してBの情報提示デバイスにAの学習状況を通知し、Bの自律学習を支援。
- (4) Bが同時に学習を開始した場合にはリアルタイムの学習状況を提示。Bが学習を開始しなかった場合には、AにBの学習状況を提示し自律学習を支援。

Bに対しても同様である。このように双方の学習者に対して、学習状況の共有・提示を行うことでつながり感を醸成し、自律学習を支援する。センシング・情報提示およびサーバ通信は全てクッション型のデバイスによって実現されている。学習者は椅子の上にクッション型デバイスを置き、その上に着座して学習を行う。

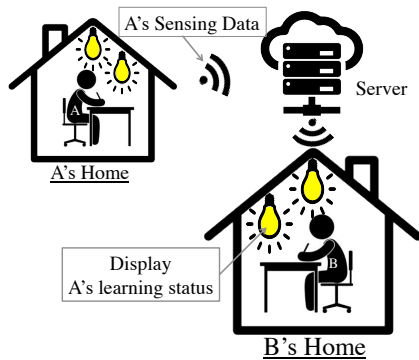


図 2: 提案システムの概要

・着座姿勢のセンシング

着座姿勢のセンシングは、当システムのクッション型デバイスに内容されているフォトリフレクタによって実現された。杉浦らはフォトリフレクタを用いて、赤外光照射時の綿の散乱現象を利用し、綿の密度計測を実現した [Sugiura 11]。本研究はこの綿密度を元に着座位置や姿勢、さらには動きを検出することで学習者の学習状況を推定する。クッションにはフォトリフレクタで構成されたセンサモジュールが6つ内包されており、前部・中央部・後部にそれぞれ2つずつ配置されている。当クッション型デバイスでは、筆記学習において学習に集中している時は「前傾姿勢である」「動きが少ない」という2つの特徴が着座姿勢から読み取れることが明らかとなっている [Tsuruoka 15]。本稿では、姿勢を示す値として posture 値、動きを示す値として movement 値と表記する。posture 値は、前部・中央・後部の3箇所それぞれにおいて、2つのセンサ値の和を示した値であり、movement 値は、6つのセンサ各々に対して直前の値との差分絶対値をとり平均を算出した値である。

・学習集中度の算出

本研究では共有する学習状況として学習集中度を用いている。学習集中度とは、センシングによって取得された posture 値・movement 値の2つのパラメータから、学習に集中して取り組んでいる度合いを定量化した値であり、 $POSTURE[2 \text{ 段階}] \times MOVEMENT[5 \text{ 段階}]$  の10段階で表現される。POSTURE は posture 値を元に前傾姿勢か否か、MOVEMENT は movement 値に閾値を設けて分類されており、値が大きいほど静止状態であることを示している。以上より学習集中度が大きいほど、学習に集中して取り組んでいることを意味しており、この情報が学習者に伝達される。

・学習集中度の提示

遠隔地にいる相手の学習集中度を提示する方法として、学習の妨げにならないようなアンビエントな情報提示が求められる。アンビエントルームと呼ばれる空間では光・影・音等によってアンビエントな情報提示が実現されている [Ishii 98]。本研究は光に着目し、クッション内にLEDを内包することで浮かび上がる光による情報提示を実現した。図3に、学習集中度とLED色彩パターンとの関係、及びその一例を示す。学習集中度が高いほど赤色に発光し、低いほど青色に発光する。

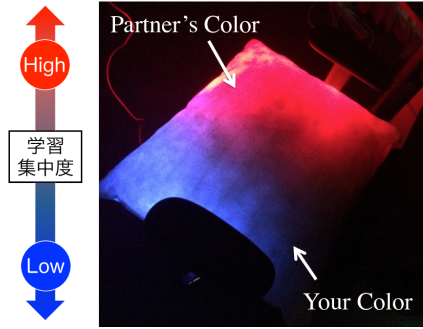


図 3: 学習集中度のLED提示

2.2 児童を対象とした評価実験

筆者らはこれまで、児童4名を対象としたシステム効果の評価実験を行った。実験後のヒアリングでつながりを抱いたと回答した学習者は1名のみであったが、相手に対する競争・協調の意識が現れており当システムにおけるつながり感の醸成効果が確認された。また当システムが与えるつながり感の醸成・学習意欲促進効果において、つながる相手との関係性が重要な要素であることが明らかとなった。親しい友人同士のペアではセンサの movement 値も小さくかつ、つながりを抱いたと回答しており、当システムによるつながりによって学習意欲が促進され、集中して学習に取り組んでいる様子であった。また、つながりを抱かなかったと回答した学習者においても、当システムによる学習時では movement 値が小さく、集中して学習に取り組んでいた様子であり、その傾向は親しい友人ほど大きかった。筆者らはこれを無意識的なつながりと考察した。

3. 大学生を対象とした評価実験

3.1 実験概要

本節では、学習経験が豊富で既に内発的な動機を所持している大学生学習者において、当システムによるつながり感・学習意欲促進に与える効果を検証することを目的に実験を行った。実験では、本研究に関する事前知識を持たない大学生18名(9ペア)が参加した。男性学習者を  $U_m$ 、女性学習者を  $U_f$  とする。実験ペアおよび各々における学習者間の関係を図4に示す。pair1は同じ学科に所属する女性同士であり、週に4回程度の頻度で会う親しい関係である。pair2は同じ部活の男性同

pair	sex	relationship	time
1	Uf1-Uf2	familiar	30m
2	Um1-Um2	senior and junior	30m
3	Uf3-Uf4	stranger	30m
4	Um3-Um4	stranger	1h
5	Uf5-Uf6	familiar	2h
6	Um5-Um6	familiar	2h
7	Uf7-Uf8	familiar	2h
8	Uf9-Uf0	familiar	2h
9	Uf11-Uf12	stranger	2h

図 4: 大学生学習者間の友人関係

士であり先輩後輩の関係である。pair5,7,8 は同じサークルに所属する女性同士, pair6 は同じ学科に所属する男性同士でありいずれも親しい関係である。pair3,4,9 はいずれも面識はない。また 4.3 節では学習時間を 30 分として実験を行ったが, これは自律学習において想定される学習時間としては考えにくい。本実験ではさらに, 長時間の自律学習において集中が途切れた際に及ぼす当システムの効果を検証するため, pair5-pair9 の学習時間を 120 分とした。pair1-pair4 に関しては 4.3 節同様 30 分で行った。学習内容は学習者に一任した。大学生 9 ペアの実験結果を以下に記述する。

### 3.2 結果

#### ・センサデータ

学習時間, および友人関係に着目した大学生学習者 4 名のセンサ波形データを図 5 に示す。Uf2, Um6 といった仲の良い友人ペアの学習者は movement 値が小さい傾向があり集中して学習に取り組んでいた様子であった。面識のない pair9 の Uf12 の movement 値は全体的に大きく算出され, 頻繁に動いていることが伺えた。一方, 短時間学習を行った pair3 の Uf3, Uf4 は movement 値が小さく, 集中して学習に取り組んでいる様子であった。これは 30 分という短時間であったこと, 元々内発的な動機を所持しており自発的に学習できる大学生であったためであるといえる。

#### ・ヒアリング

本実験 9 ペアのヒアリング結果を図 6 に示す。仲の良い友人同士のペアでは全ての学習者がつながりを抱いたと回答した。また, つながりを抱いた学習者の過半数が学習意欲を促進できたと回答していた。面識のない pair3,4,9 のうちつながりを感じたと回答した学習者は Um3 のみであり, 学習意欲促進の効果を実感した学習者も少なかった。

#### ・まとめ

仲の良い大学生学習者同士において, 当システムによるつながり感の醸成, それに伴う学習意欲促進の効果が確認された。長時間の自律学習において, 学習者の集中が途切れた際に与える当システムの効果を検証したが, 学習者全体で目立った特徴は確認されなかった。しかし, 図 5 の学習者 Um6 の movement 値に着目すると, 学習を開始してから 3000-4000 秒という 1 時間付近から学習時間後半で際立って集中している様子が伺える。一般に学習の集中が途切れる時間は約 50 分と言われており, 動機の維持に有効であった可能性がある。また, 学習者 Uf8

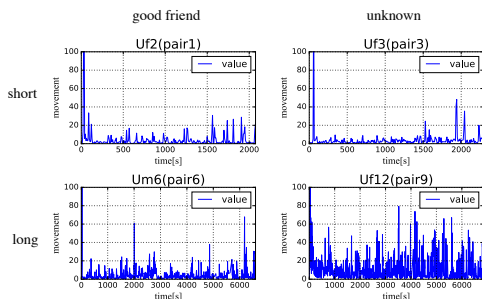


図 5: 大学生学習者のつながりによる動きデータの比較

	pair1		pair2		pair3	
	Uf1	Uf2	Um1	Um2	Uf3	Uf4
つながり	○	○	○	○	×	×
学習意欲促進	○	○	○	△	×	×
	pair4		pair5		pair6	
	Um3	Um4	Uf5	Uf6	Um5	Um6
つながり	○	×	○	○	○	○
学習意欲促進	○	△	△	△	○	○
	pair7		pair8		pair9	
	Uf7	Uf8	Uf9	Uf10	Uf11	Uf12
つながり	○	○	○	○	×	×
学習意欲促進	○	○	○	×	×	△

※ △・・・学習意欲は促進されたがつながりによるものではないと回答

図 6: 大学生学習者 9 ペアのヒアリング結果

が「相手も頑張っているから自分も頑張ろうと思った」と回答しており, 当システムが大学生, 長時間学習においても協調意識を促し自律学習を支援できたことがわかる。ヒアリングでつながりを抱かなかったと回答した学習者においても, 「競争」や「対抗心」というワードや「普段より集中して学習できた」という回答が見受けられ, 競争的なつながりが抱いている様子であった。

## 4. 考察

### 4.1 児童と大学生を対象とした実験比較

学習経験が豊富であるということは, 自らの学習方法を確立し学習に対して自発的に取り組むことができることである。これは, 図 1 の内発的動機付けが既に定着しており, 自己決定レベルの段階が高いことを意味する。自己決定性の高い学習者では, 他者を気にかけず学習に専念できることから当システムが与える効果は弱いと予想されていたが, 他学習者とのつながりが学習意欲促進に有効であった。これは, 既に定着している内発的動機に加え, 当システムによる外発的動機を無意識的に取り入れ結合することで, 学習者自身で学習動機を制御していた可能性が高い。このように学習者の自己決定レベルに関わらず当システムが有効である可能性も示された。以上より, 他の教育過程である中学生や高校生においても同様に当システムのポジティブな効果が期待でき, 様々な学習の場においても当システムが有用である可能性が高い事が示された。

### 4.2 着座姿勢の推定手法

本研究では, 6 つのフォトフレクタから構成されるセンサモジュールを内包したクッションによって着座者の着座姿勢の推定を行ってきた。具体的にはフォトフレクタで得られるセンサ値と対応する配置から前傾や後傾といった基本姿勢を推定していた。一方で推定には, 着座者の体型や初期着座位置の影響を受けやすく個人によって推定精度が落ちてしまうことも少なくない。また, センサの配置が推定精度に大きく影響している可能性も高い。Tan[Tan 01] や Mota[Mota 03] らはパターン認識技術を用いてセンサによる着座姿勢の推定を実現してきた。当デバイスにおいてもパターン認識をはじめとした機械学習技術の適用は効果的であることが予想される。より正確な着座姿勢の推定が実現されれば, 学習の場だけでなく医療や介護など着座を必要とする現場での応用が期待される。

1	着座	8	右傾姿勢
2	前傾姿勢	9	左傾姿勢
3	通常姿勢	10	左右に伸びをする
4	後傾姿勢	11	机にうつ伏せになり寝る
5	後傾姿勢から前傾姿勢へ	12	貧乏ゆすりをする
6	前傾姿勢から後傾姿勢へ	13	何度か座り直す
7	後傾姿勢で足を組む	14	立ち上がる

図 7: 検証に用いた姿勢と行動

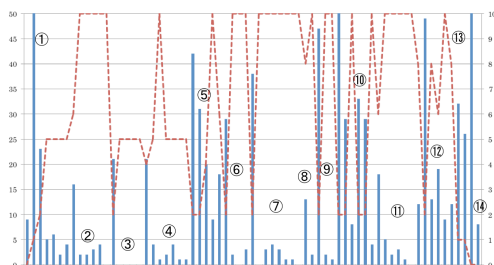


図 8: 各姿勢・行動における出力結果

#### 4.3 着座姿勢と学習集中度

本研究における学習集中度とは、学習者の着座姿勢 (posture 値) と動き (movement 値) の 2 要素によって定量化された値であった。以下の図 7, 8 は、当デバイスを用いて計測された、学習における姿勢・行動 14 パターンに対する検証実験である。検証には大学生 1 名が参加した。着座者は 14 パターンの姿勢・行動を一定間隔で順に行い、動作時に出力されるセンサ値を計測した。各姿勢・行動に対する出力結果を図 8 に示す。実線が movement 値であり、点線は 10 段階の学習集中度を示している。グラフより movement 値が小さい時に集中度が高く算出されていることが確認でき、前傾姿勢かつ動きが少ない状態を学習に集中していると定義していた本稿の手法は十分妥当であったと言える。加速度センサから得られた着座姿勢から集中度を推定した研究 [Matsumoto 15] においても同様に、学習者の動きが少ないことが集中状態と定義されており、本稿の実験を加味しても「集中状態では体の動きが少なくなる」という特徴は全学習者共通であるといえる。一方で、「7. 後傾姿勢で足を組む」「8. 机にうつ伏せになり寝る」の特異な 2 姿勢は、本来集中が途切れた際の行動であるが、当システムでは集中状態と推定する結果となった。着座姿勢から着座者の状態を推定する研究では、ドライバーの疲労度推定を行うシステム [Furugori 03] などがある。これは実験によって得られた特徴量をラベル付けし、SVM を用いることで状態推定を実現している。

当デバイスに同様なパターン認識技術や機械学習が適用されることで、着座者の姿勢や動きパターンの学習が可能になるといえる。これにより、足組みや睡眠といった特異な姿勢の推定が実現される可能性があり、汎用性の高いシステムの実現が期待できる。

## 5. おわりに

本稿では、学習経験が豊富である大学生学習者 18 名を対象とした評価実験を行った。実験結果から、大学生においても児童同様つながりを抱くことが明らかとなり、学習意欲に対してもポジティブな結果が多くみられた。当システムは学習経験の

違い、すなわち自己決定性の段階にかかわらず学習意欲の促進に効果的であったといえる。児童・大学生双方で効果的であった当システムは、他の義務教育課程である中学生や高校生においても効果的である可能性が高く、今後は多様な学習者に与える当システムの効果を検証していきたい。

謝辞

本実験に御協力下さった児童とご家族の皆様、上智大学生の皆様へ感謝致します。本研究は東京都千代田区による研究助成によって遂行されました。

## 参考文献

- [Berndt 99] Berndt, T. J.: Friends' influence on students' adjustment to school, *Educational Psychologist*, Vol. 34, No. 1, pp. 15–28 (1999)
- [Furugori 03] Furugori, S., Yoshizawa, N., Iname, C., and Miura, Y.: Measurement of driver's fatigue based on driver's postural change, in *SICE 2003 Annual Conference (IEEE Cat. No. 03TH8734)*, Vol. 1, pp. 264–269 (2003)
- [Ishii 98] Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbet, M., Ullmer, B., and Yarin, P.: ambientROOM: Integrating Ambient Media with Architectural Space, in *CHI 98 Conference Summary on Human Factors in Computing Systems*, pp. 173–174 (1998)
- [Matsumoto 15] Matsumoto, S., Wataya, R., Iwai, D., and Sato, K.: Writing-State Classification by Ambient Sedentary Behavior Sensing in Desk Work, *Electronics and Communications in Japan*, Vol. 98, No. 1, pp. 15–22 (2015)
- [Mota 03] Mota, S. and Picard, R. W.: Automated posture analysis for detecting learner's interest level, in *Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2003. CVPRW'03. Conference on*, Vol. 5, pp. 49–49IEEE (2003)
- [Ryan 00] Ryan, R. M. and Deci, E. L.: Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions, *Contemporary educational psychology*, Vol. 25, No. 1, pp. 54–67 (2000)
- [Sugiura 11] Sugiura, Y., Kakehi, G., Withana, A., Lee, C., Sakamoto, D., Sugimoto, M., Inami, M., and Igarashi, T.: Detecting Shape Deformation of Soft Objects Using Directional Photorefectivity Measurement, in *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 509–516 (2011)
- [Tan 01] Tan, H. Z., Slivovsky, L., Pentland, A., et al.: A sensing chair using pressure distribution sensors, *Mechanics, IEEE/ASME Transactions on*, Vol. 6, No. 3, pp. 261–268 (2001)
- [Tsuruoka 15] Tsuruoka, H. and Yairi, I. E.: Ambient system for encouraging autonomous learning using cushion device, *The 29th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence* (2015)