

研 究 報 告 書

「多様な情報源から人間の行動解釈を行う目的達成支援システム」

研究タイプ： 通常型

研究期間： 平成26年10月～平成30年3月

研 究 者： 坂本 一憲

1. 研究のねらい

本研究では、人々が「意欲が出ない→行動できない・続けられない→スキルや知識を習得できない→成果が出ない→意欲が出ない→…」という負のサイクルに陥りがちな現状を打破して、「意欲が出る→行動できる・続けられる→スキルや知識を習得できる→成果が出る→意欲が出る→…」という正のサイクルを回せるように支援する仕組みを確立することを目指した。上記仕組みを確立することで、「誰もが自らの意志で意欲的に行動できる世界を作る」こと、その結果、人類の幸福度を高めることが究極的な狙いであった。

意欲の問題はあらゆる場面で起こりうるが、特にやられているという感覚が強い教育場面で問題となりやすい。そこで本研究では、主に教育場面を対象として、行為者の行動の始動および継続を支援するための仕組みの開発に取り組んだ。行動の始動および継続において、主に意欲と自制心が重要であると考え、また、できる限り多くの人が利益を享受できることを目指して、意欲および自制心を高めることを目的としたソフトウェアを開発した。

本研究の背景として、自己決定理論、および、制御焦点理論、自制心(短期的な誘惑に耐えて長期の目標を追求できる能力)に関する既存研究がある。DeciとRyanは自己決定理論 [1] を提唱しており、内発的動機づけを高める上で人間の自律性・有能感・関係性に関する欲求を充足させることが重要と主張している。Higgins は制御焦点理論 [2] を提唱しており、目標の捉え方には個人差があり、さらに、捉え方に対して適切なフィードバックが異なることが分かっている。また、自制心はスキルや知識の習得において重要であることが示唆されており、将来の学業成績 [3] ・肥満指数・健康状態・経済状況・家庭状況など [4] を予測できる因子であることが分かっている。自制心を補強する手法として、Mental Contrasting and Implementation Intentions [5] など、いくつかの手法が存在する。本研究では、以上のような心理学研究における知見に基づき、万人が利用できる形式のソフトウェアを開発して、フィールド実験を通して研究成果の評価および普及を進めることとした。

[1] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2010). Self-determination. John Wiley & Sons, Inc..

[2] Higgins, E. T. (1998). Promotion and prevention: Regulatory focus as a motivational principle. *Advances in experimental social psychology*, 30, 1–46.

[3] Duckworth, A. L., & Seligman, M. E. (2005). Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents. *Psychological science*, 16(12), 939–944.

[4] Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... & Sears, M. R. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693–2698.

- [5] Duckworth, A. L., Grant, H., Loew, B., Oettingen, G., & Gollwitzer, P. M. (2011). Self-regulation strategies improve self-discipline in adolescents: Benefits of mental contrasting and implementation intentions. *Educational Psychology*, 31(1), 17-26.

2. 研究成果

(1) 概要

本研究は、行為者の情報を収集して、収集した情報に基づいて効果的なフィードバックを与え、行動の始動・継続を支援する仕組みの開発を目的としていた。

行為者の情報を収集する手段として、1) Web ページから特定の情報を継続的に抽出する技術の開発に取り組んだ。また、効果的なフィードバックを与える手段として、2) 学習量を高めるために個性に応じて適切な情報を提示する機能を備えた学習用スマートフォンアプリケーションの開発、3) 学習の質を高めるためのプログラミング学習方法の開発、4) ゲーミフィケーションや金銭インセンティブを活用した行動継続支援ソフトウェアの開発に取り組んだ。

1) Web ページから特定の情報を継続的に抽出する技術

SNS サービスやウェアラブルデバイスの普及に伴い、行為者の情報(個性や行動の傾向など)が様々な Web サービス上に点在している。行動の始動・継続を促す上で有用な情報を集約するため、Web ページから特定の情報を継続的に抽出する技術の開発に取り組んだ。その結果、同技術のソフトウェア化および特許化に成功して[特許 1-2]、民間企業 1 社に対して有償でソースコードおよび特許のライセンスを提供した[その他 1-2]。また、同技術をベースとして技術について、民間企業 1 社と受託開発研究開発を行うに至った。

2) 学習用スマートフォンアプリケーションの開発

既存研究で学習者の個性に応じて適切なフィードバックが異なることが明らかになっている。そこで、心理アンケートを通して学習者の個性に関する定量的な情報を収集して、機械学習を用いて各学習者に提示すべき情報および提示方法を推薦する技術、また、同技術を搭載した学習用スマートフォンアプリケーション(スマモチ)を開発した[その他 3]。さらに、様々な教育機関にスマモチを提供して、スマモチの洗練を行い、その結果、日本 e-learning 大賞における AI・人工知能特別部門賞を受賞した[その他 4]。

3) プログラミング学習方法の開発

学習においては量と質の両方が重要であり、学習成果を高めることが行動の継続を促す上でも重要である。そこで、プログラミング学習に特化して、質の高い学習方法や学習支援の技術の開発に取り組んだ[論文 1-4]。

4) 行動継続支援ソフトウェアの開発

行動の始動・継続が必要な領域、および、効果的な行動の促進方法を明らかにするため、様々な領域で様々な試験的ソフトウェアを開発した[その他 5]。

(2) 詳細

特に成果の大きい、1) Web ページから特定の情報を継続的に抽出する技術と 2) 学習用スマートフォンアプリケーションの開発について研究成果の詳細を説明する。

1) Web ページから特定の情報を継続的に抽出する技術

【背景】 Web 上に多様な情報が蓄積されていく一方で、情報を表現する規格の標準化は進んでおらず、サイトごとに構造の異なる Web ページに情報が掲載されている。しかし、Web 上に存在する情報の利用価値は高く、例えば、天気情報などの公共情報、健康管理情報など個人のライフログ情報、金融機関の預金情報などを Web 上から情報を抽出して、ユーザに提示するサービスが増えてきている。

【問題】 Web アプリケーションは変化が早く、デザインの変更や細かい仕様変更の影響を受けて、Web ページの構造が変化する頻度が高い。上述のようなサービスでは Web ページから情報を抽出するプログラムを作成して、情報を継続的に抽出し続ける。しかし、ある時点で正常に情報を抽出できるプログラムが、時間が経ち Web ページの構造が変化することで、抽出できなくなるケースが多い。その場合、抽出プログラムの修正が必要となり、コストの増大とサービスの品質低下を引き起こす。

【解決】 本研究では、構造が等しく内容の異なる Web ページを複数収集することで、正確かつ定常的に Web ページから情報を抽出する技術を開発した。図 1 で本技術の概要を示す。一般に、情報抽出の対象となる情報は、構造が等しく内容の異なる複数の Web ページに存在することが多い。例えば、SNS サービスにおけるプロフィールページや、EC サービスにおける商品ページが該当する。そこで、本技術は構造が等しく内容の異なるページ間で差分を計算して、ページ間で変化する情報を抽出候補として絞り込み、ユーザに抽出したい情報を選択してもらう。その後、時間経過とともに情報の掲載位置が変化した場合でも、過去に抽出した情報と、最新の候補となる情報の内容や周囲に存在する情報の類似度を計算することで、高い精度で定常的に過去の抽出情報と同じ情報を抽出できる。

【成果】 同技術のソフトウェア化および特許化に成功して、株式会社ルーターに対して有償でソースコードおよび特許のライセンスを提供した。その際、株式会社ルーターおよび国立情報学研究所においてプレスリリースを行い、日刊工業新聞にも記事が掲載された。また、同技術をベースとした新技術について、民間企業 1 社と受託開発研究開発を行い、最終的には同社のソフトウェアに新技術が搭載される予定である。

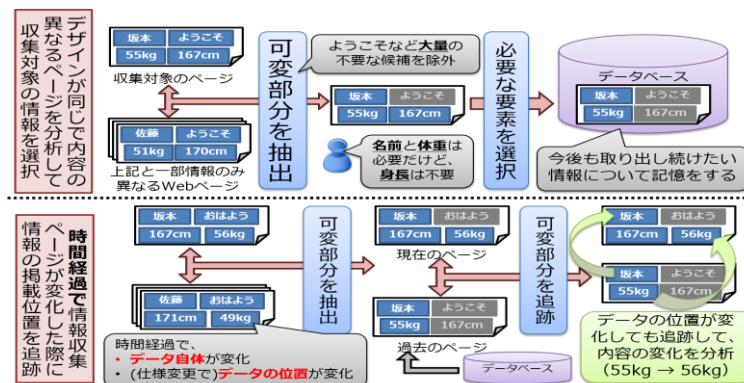


図 1. 情報抽出技術の概要図

2) 学習用スマートフォンアプリケーションの開発

【背景】 制御焦点理論では、人が行動する際に、ポジティブな行動結果に焦点を当てる場合（促進焦点）と、ネガティブな行動結果に焦点を当てる場合（予防焦点）があると整理している。また、促進焦点が優勢になりやすい人と、予防焦点が優勢になりやすい人がいることが分かっている。さらに、焦点とフィードバックが適合すると（つまり、促進焦点が優勢な場合にポジティブなフィードバックを、予防焦点が優勢な場合にネガティブなフィードバックを与えると）、意欲を高められることが分かっている。

【問題】 制御焦点理論において、個性に応じて効果的な情報の内容および提示方法が異なることが分かっているが、学習者に応じて意欲の引き出し方を変える学習方法や学習ソフトウェアは稀である。また、制御焦点理論の関連性の高い達成目標理論においては、人が持つ目標を（絶対的・個人的・相対的）×（接近・回避）の6種類に分類しており、制御焦点理論以外の理論でも個性について分類している理論が複数存在する。

【解決】 制御焦点理論や達成目標理論など、様々な理論に着目して人の個性を定量的な情報で表現するための心理アンケートを開発して、機械学習を用いて心理アンケートの入力から効果的な情報の内容および提示方法を推薦する技術を開発した。さらに、同技術を搭載したスマモチを開発して、様々な学校法人および民間企業に提供した。

スマモチは、主に制御焦点理論、達成目標理論、暗黙の知能観を参考に、12通りの情報提示の設定を提供する。図2で達成目標理論に基づいてスマモチが表示する3種類の画面を示す。相対的な目標を持つ学習者には他者と比較するための画面、個人的な目標を持つ学習者には自己ベストを表示するための画面、絶対的な目標を持つ学習者にはシンプルに現状と次の目標を表示するための画面を表示する。

【成果】 20-30代の被験者118名を集めて、28日間の英単語学習を依頼して、スマモチとスマモチから意欲を引き出すための機能を全て取り除いた版で比較を行ったところ、前者は後者よりも学習量（解いた問題数）の中央値が約1.94倍に高い結果となった。そのため、スマモチは学習者の学習量を増加させる効果があることが検証されている。また、専門学校・高専・通信制高校・塾・通信教育企業の11組織と契約を結び、スマモチの改善および有効性検証のためにスマモチを提供している。また、スマモチの対外的評価として、日本e-learning大賞におけるAI・人工知能特別部門賞を受賞した。



図 2. 達成目標理論に基づいてスマモチが表示する3種類の画面

3. 今後の展開

Web ページからの情報抽出技術およびスマモチについて、研究成果を民間企業等が利用しやすい形でまとめることで、研究成果の普及および社会実装を進める予定である。

情報抽出技術では、既にソースコードおよび特許のライセンス提供が実現しており、さらに、同技術をベースとした新技術の開発も進んでいる。当初は同技術を用いた事業化を検討していたが、事業を起こすには適用可能な事業領域が広くなく、社会的なインパクトに欠けると判断した。そのため、今後も技術開発を継続して、新技術も含めて主に民間企業にライセンス提供を続けることで社会実装を進める予定である。

スマモチでは、既に11 組織へのソフトウェア提供が実現しており、教育現場において利用が進んでいる。スマモチも同様に事業化を検討しており、事業化することもほぼ可能な状況ではあるが、研究のねらいで述べた目的を実現する上で必ずしも事業化は必要ではないと判断したため、早急に特許化した上で、情報抽出技術と同様にライセンス提供およびソフトウェアの配布を行う予定である。情報抽出技術と異なり、スマモチは利用者を増やすことでスマモチを改良することが可能であるため、有償／無償に拘らず、できる限り多くの学習者に使ってもらえるように社会実装を進める予定である。

4. 評価

(1) 自己評価

(研究者)

本研究では特定の行動に限定せず、幅広い行動を対象として、行動促進手法を確立することを目的としている。学習行動については、スマモチの開発および評価を通して、学習量を増加させることに成功しており、達成できたと考えている。ただし、学習量を増加させた結果、実際に学習効果が高まったかどうかの検証ができておらず、研究の狙いで述べた正のサイクルを回す上では、さらなる研究活動が必要である。また、スマモチのアプローチは、学習以外の行動に対しても提供可能だと考えてはいるが、実際にソフトウェア化および評価を行ったわけではないため、その点についてもさらなる研究活動が必要である。以上から、いくつか課題は残っている者の、概ね主要な目的を達成できたと考えている。

本研究を進める上で、研究者の研究バックグラウンドを離れて、幅広い研究者と連携を行ってきた。特に、スマモチの開発には心理学の知見が必要となったことから、様々な心理学者のもとを訪れ、研究促進のための議論を行った。また、スマモチの開発には研究的な困難さに加えて、ソフトウェア開発における技術的な困難さが伴った。そのため、研究費の大半は技術的な補佐員の雇用に充て、できる限り迅速に高品質なソフトウェア開発を行えるように取り組んだ。スマモチというソフトウェアの形にたどり着くまでに、数え切れないほどの試作ソフトウェアの開発に取り組んだが、結果的には民間企業にライセンス提供を行ったり、教育機関にソフトウェアを利用してもらったりするほどの成果となった。今振り返れば、より効率的な進め方は発見できるであろうが、妥当な研究の進め方であり、十分な波及効果があると考えている。

研究者が参加した領域は、ビジネスモデルまでも含めた総合的な議論と実践を行う場であった。そこで、研究成果の事業化を目標の一つに掲げて研究活動を行ってきた。情報抽

出技術については、JST の大学発新産業創出プログラムにおいて、ベンチャーキャピタル企業とマッチングするところまでは達成できたが、事業化のための具体的な支援を得るにいたらなかったこと、また、事業領域の広がりがありなかったことから、事業化を断念した。スマモチについては、JST の社会還元加速プログラムに採択され、また、民間企業から事業化に向けた投資を持ちかけられたこともあったが、研究のねらいで説明した目的を達成する上では、事業化よりも良い手段があると判断したため断念した。以上から、研究成果の事業化は達成できなかったと考えている。

(2) 研究総括評価(本研究課題について、研究期間中に実施された、年2回の領域会議での評価フィードバックを踏まえつつ、以下の通り、事後評価を行った。)

(研究総括)

利用者が努力をしながら目的を達成する活動を支援するシステムの構築を目標として、様々な試行を行い、複数の実用可能なプログラムを開発したことは高く評価する。様々な Web ページから特定の情報を継続的に取得するシステムは、特許も取得し民間企業へのライセンスも行っており、実用化が進められており、今後、標準的なソフトウェアとしてより広い情報ソースにも適用できるツールとなる可能性が高い。学習用のスマートフォンアプリケーションである「スマモチ」は、スマートフォンで学習の継続を支援するシステムであり、教育機関にも配布して、日本 e-learning 大賞での特別部門賞も受賞して、この分野の研究者として大きく飛躍した。今後、教育効果の測定などを行い、改良を重ねて Society5.0 時代の標準的な教育ツールとしてほしい。さらに、教育支援のためのソフトウェアを幅広い社会基盤とする検討を続けて、今後のこの分野のシステム開発を主導してほしい。情報デバイスが大衆化し、ネットワークによって世界が繋がった Society5.0 社会における教育改革の先導者としてのさらなる飛躍を期待する。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. R. Ishizue, K. Sakamoto, H. Washizaki, Y. Fukazawa, "PVC: Visualizing Memory Space on Web Browsers for C Novices," 2018 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 2018, pp.245-250, Core Rank A.
2. R. Ishizue, K. Sakamoto, H. Washizaki, Y. Fukazawa, "A Student Placement Predictor for Programming Class Using Class Attitude, Psychological Scale, and Code Metrics," The 25th International Conference on Computers in Education, pp.40-49, 2017.
3. J. LI, K. Sakamoto, H. Washizaki, Y. Fukazawa, "Promotion of Educational Effectiveness by Translation-based Programming Language Learning Using Java and Swift", Hawaii International Conference on System Sciences, 2017, pp.134-143, Core Rank A.
4. 鴨志田亮太, 坂本一憲, "MALSS: 未習熟者の機械学習によるデータ分析を支援するツール," 電子情報通信学会論文誌, J99-D(4), 2016, pp.428-438.

(2)特許出願

研究期間累積件数:2 件

1.

発 明 者: 坂本 一憲、本位田 真一
発明の名称: 情報抽出装置、情報抽出方法、及び情報抽出プログラム
出 願 人: 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構
出 願 日: 2014/12/15
出 願 番 号: 特願 2014-253058

2.

発 明 者: 坂本 一憲、本位田 真一
発明の名称: 情報抽出装置、情報抽出方法、及び情報抽出プログラム
出 願 人: 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構
出 願 日: 2015/12/14
出 願 番 号: PCT/JP2015/084974

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. e-Learning Awards 2017 フォーラム実行委員会ならびに日本工業新聞社
第 14 回日本 e-Learning 大賞(2017 年 10 月)
<http://www.elearningawards.jp/e-learning.html>
2. International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA 2015)
Best Artifact Award(2015 年 7 月)
3. COMPUTING RESEARCH & EDUCATION Australasian Computing Education
Conference 2015 BEST STUDENT PAPER(2015 年 1 月)
4. 日本ソフトウェア科学会 高橋奨励賞(2014 年 11 月)
5. スマモチの著作物(ソースコード)
個性に応じて効果的な情報の内容および提示方法を推薦する技術を搭載した、
Android および iOS 上で動作する学習用スマートフォンアプリケーション。学習で利用す
る問題データは差し替えや追加が可能であり、11 組織にソフトウェアを提供している。