

# チョコっと頑張るマシン：機械学習を利用した動機付けマシン

川井 彩耶† 的場 やすし‡ 椎尾 一郎†

†お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科 ‡お茶の水女子大学 理学部 情報科学科

## 1 はじめに

多くの人々が「勉強をしなければならないがやる気が出ない」ことに悩んでいる。特に小学生は、計算や漢字ドリルといった単調な勉強をつまらなく感じている。その原因として内発的動機付けが無い、つまり、計算や漢字ドリルに喜びを感じられないことが挙げられる。もともと興味の高い勉強に対しては、外発的動機付け（例えば、報酬を与えること）が内発的動機付けを抑制する効果があることに対し、興味の低い勉強に対しては、外発的動機付けが内発的動機付けを促進する効果があると言われている [1]。そこでドリルのような単調な勉強には報酬による動機付けが有効である。一方、報酬の与え方にも注意が必要であり、頑張っていない内に与えられる報酬は逆効果であると言われている [2]。したがって、頑張ったことを正確に評価して報酬を出す必要がある。筆者らは、勉強における筆記状態や筆記量に応じて報酬を与えるシステムがあればユーザの勉強意欲が向上すると考えた。そこで、勉強するユーザのペンの動きを機械学習により分析し、勉強量に応じてキャンディマシンからチョコレートボールの報酬を出す「チョコっと頑張るマシン」を提案・開発した（図1）。

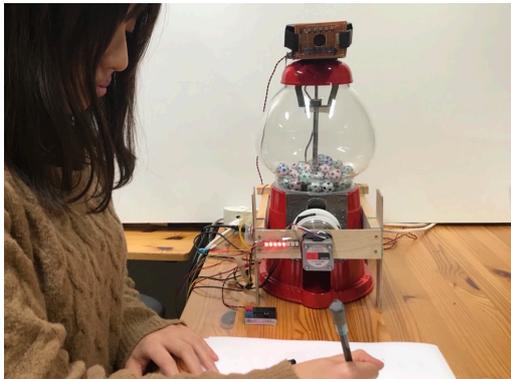


図1: チョコっと頑張るマシンの概要

## 2 関連研究

大久保ら [3] は、椅子に加速度センサーを取り付け、着席中の状態を取得することで、デスクワーク時における作業状態を推定している。また、加速度センサーを内蔵したアタッチメントをペンに取り付けることで、勉強量を把握するしゅくだいやる気ペン [4] という製品も開発されている。本研究では、勉強状態をより正確に測定するため、再帰性反射材をカメラで認識し、機械学習で分析することとした。

元良ら [5] はPC作業の休憩を促すために、また、須賀ら [6] はエコ活動の動機付けとして、キャンディやチョコレートの報酬を与えるシステムを開発した。本

A Smart Candy Machine That Motivates Children to Concentrate Homework

†Aya KAWAI ‡Yasushi MATOBA †Itiro SIO

†Graduate School of Human and Social Sciences, Ochanomizu University ‡Department of Information Sciences, Ochanomizu University

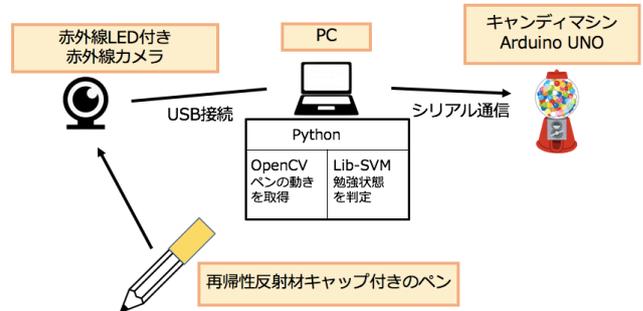


図2: システム構成

研究では、筆記勉強に対して、チョコレートの報酬を与えることで、勉強動機の維持・向上を目指した。

## 3 実装

### 3.1 システム概要

本システムは紙とペンを使って行う計算ドリル、漢字ドリル、外国語単語学習などの、内発的動機付けが発生しにくい単調な勉強を対象とした。全体構成を図2に示す。PC<sup>1</sup>、赤外線LED付き赤外線カメラ（15fps）<sup>2</sup>、再帰性反射材キャップ付きのペン、Arduino UNO、キャンディマシン、各種電子部品で構成される。PC上でのプログラムはPythonを用いて開発し、画像処理ライブラリOpenCVを利用してペンの動きデータを取得する。チョコレートを自動放出するためにキャンディマシンにはモーターを取り付けリレー制御した。

システムの大まかな使用の流れは以下の通りである。

1. ユーザはペンに再帰性反射材キャップを取り付け、勉強をする。
2. ペンの動きを赤外線カメラで取得し、OpenCVで画像処理を行う。
3. ペンの動きのデータを機械学習を用いて作成した識別器で分類することでユーザの勉強状態を判定する。
4. 判定の結果をもとに、一定量の勉強状態が得られたら、キャンディマシンのモーターが回りチョコレート（報酬）を与える。

### 3.2 ペンの動き検出

本システムは再帰性反射材テープを巻いたキャップをペン先に取り付け、赤外線カメラでペンの動きを取得する。キャップは軽く、邪魔にならないのでユーザへの負担が少ない。赤外線カメラはキャンディマシンの上部に固定し、一体化しており、設置の手間が不要である。赤外線カメラのレンズ近傍には赤外線LEDを設置したため、再帰性反射材を高い輝度で検出できる。カメラ画像は、OpenCVを使って2値化し、フレームごとに反射材部分の領域の重心位置と傾きを検出した。

<sup>1</sup>Apple社 MacBook Air, macOS 10.11.2

<sup>2</sup>Logicool C920の内部の赤外線カットフィルタを除去し、レンズ部に可視光カットフィルタを貼り付け、赤外線カメラに改造したものである。

### 3.3 勉強状態の判定

ペンで筆記の動作を機械学習で判定することで、勉強しているかどうかの判定を行った。機械学習には Lib-SVM (Support Vector Machine) (RBF カーネル) を用いた。機械学習を SVM で行う理由は、2 値分類の学習の中で扱いやすく、かつ精度の高い学習が行えるからである。学習データには、前フレームの重心座標からの  $x$  座標と  $y$  座標の変位、傾き  $\theta^3$  をフレームごとに算出し、これを 1 組のデータとした。このデータを 10 組、すなわち過去 10 フレーム分 (0.67s) のデータを 1 つのリストとし学習データとして集めた<sup>4</sup>。各リストに対して、勉強している状態を [1]、勉強していない状態を [-1] としてラベル付けをした。ここでは、「勉強している状態」は筆記を行っている状態、「勉強していない状態」はペンを持つ手が止まっている、もしくはペン回しなどを行っている状態を表す。

二人の被験者 A, B の学習データ ([1] とラベル付けしたリストを各 100 個, [-1] とラベル付けしたリストを各 200 個) を用いて識別器を作成し、同じ被験者の未学習データに適用した認識率を表 3.3 に示す。その結果、被験者 A は 90 % 以上と高い精度で認識したものの、被験者 B は 70 % 台にとどまり、精度に影響が出た。本研究では、全てのユーザに対応できる識別器を用意し、誰でも使用できることを目指したが、ユーザによっては正しく識別されないことがあるため、今後の課題としたい。

表 1: 未学習データの認識率 (%)

	被験者 A	被験者 B
勉強している状態 [1]	98% (98/100)	98% (141/150)
勉強していない状態 [-1]	93.5% (187/200)	71.3% (214/300)

### 3.4 キャンディマシンの自動射出の仕組み

キャンディマシンは Arduino UNO で制御される。キャンディマシン部分の構成を図 3 に示す。機械学習の判定結果がシリアル通信で Arduino に送られ、勉強しているとの判定結果が一定量溜まると、LED による棒状メーターが 8 段階で順に点灯していく。メーターの LED が全て点灯すると、リレー<sup>5</sup>が作動し、キャンディマシンのハンドルに固定された AC モーター<sup>6</sup>に電力を供給し回転させる。これによりチョコレートボールが取り出し口に出てくる。チョコレート通路下に設置したフォトリフレクタ<sup>7</sup>がチョコレートの通過を検知すると、リレーが OFF になり、モーターの回転が停止し、メーターのカウントもリセットされる。チョコレートの出る頻度 (メーターが上昇する速度) はキャンディマシン前に設置した「欲しいボタン」と「いらないボタン」で調整できる。

## 4 評価と考察

動作、有用性の確認を目的に、11 名の被験者に本システムを利用してもらい、アンケートを実施した。被験者は 20 代~50 代で、現在は筆記を伴う勉強を行うことはほとんどない。そのため、自分が筆記を伴う勉強をしていた頃を想起しながら、本システムを 5~10 分程度利用してもらった上で、表 4 のアンケートに回

<sup>3</sup> 二次モーメントを利用し、カメラ映像の  $x$  軸と再帰性反射材部分の長軸のなす角とする。

<sup>4</sup> 1 つのリストに入れる組の数を 10 個にした理由は、組の数を 5 個、10 個、20 個として予備実験を行ったところ、10 個の場合が最も精度が良かったからである。

<sup>5</sup> 大電流大型リレー (953-1C-12DG-1) モジュールキット

<sup>6</sup> シンクロナスモーター SMK014A-A

<sup>7</sup> 反射タイプ LBR-127HLD

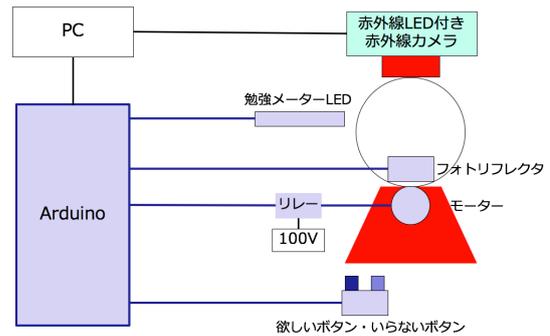


図 3: キャンディマシン部分の構成

答してもらった。また、子どもがいる被験者には子どもがどう思うかも回答してもらった。Q1 では被験者の全員が、Q2 では 9 名が「とてもそう思う」または「そう思う」と回答をし、マシンからチョコレートが得られることは効果的だとわかった。Q3 は被験者により回答が様々であったため、今回の短期的な実験では必要性を判断することが難しかった。Q4 では漢字や計算といった反復練習を伴う作業に向いているという意見が多くみられた。また、「ご褒美がチョコレートばかりでは飽きる」、「時々サプライズが欲しい」といった意見が得られた。長期的な利用のためには、単純にチョコレートを出すだけではなく、飽きさせない工夫が必要だと考えられる。

表 2: アンケート項目

Q1	子どもや学生にとって、「チョコっと頑張るマシン」から勉強によってチョコレートが得られることは嬉しいか。(5 段階評価)
Q2	子どもや学生にとって、勉強状態や勉強量に応じてチョコレートが得られることはモチベーションの向上または維持につながると思うか。(5 段階評価)
Q3	「欲しいボタン」と「いらないボタン」についてどう思うか。(自由記述)
Q4	本システムはどのような勉強に使いたいと思うか。(自由記述)
Q5	本システムの使いやすい部分・使いにくい部分はあるか。(自由記述)
Q6	本システムに関するコメント (自由記述)

## 5 まとめと今後の課題

勉強状態や勉強量に応じて、ユーザーに報酬を与えるシステム「チョコっと頑張るマシン」を提案・実装した。勉強状態の取得には、赤外線カメラを使用し、勉強状態の判断には機械学習を用いることでユーザの勉強を評価し、ご褒美を与える。本システムの利用実験とアンケートを通して、勉強に対してチョコレートを与えることが効果的であることを確認した。今後、実際に勉強を行う状況での長期的な利用を通して評価を行いたい。

## 参考文献

- [1] 鹿毛雅治. 内発的動機づけ研究の展望. 教育心理学研究, 第 42 巻, pp. 345-359, 1994.
- [2] Judy Cameron. Negative effects of reward on intrinsic motivation—a limited phenomenon: Comment on deci, koestner, and ryan. In Research Article, 第 71 巻, pp. 29-42, 2001.
- [3] 大久保雅史, 藤村安耶. 加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案. WISS, 2008.
- [4] <https://www.gemate.co.jp/blog/data-for-romance/few-conversations/> (2015).
- [5] 元良龍太郎, 安村通晃. ベリーマウス: 日常生活に とけ込む正の報酬による継続支援システムの提案と試作. EC, 2010.
- [6] Chihiro Suga and Ted Selker. The sweetfeedback: The platform for persuasive technology. In Proceedings of the 2014 Companion Publication on Designing Interactive Systems, DIS Companion ' 14, pp. 105-108, New York, NY, USA, 2014. ACM.