

## 論文の内容の要旨

論文題目 行動決定を変容させるサイバネティックループの理論と実装

氏 名 竹内 俊貴

人は日常生活を営む中で、大小様々な行動を連続的に行っている。何の行動を実行するかという行動決定の過程は、記憶、状況、予測、判断、行動、評価の6要素からなるフィードバックループであらわすことができる。人はある状況を目前としたとき、その状況とこれまでの記憶から、何が起こるかを予測する。どのような行動をとればどのような結果になるかを、これまでの経験に照らし合わせて判断を行い、そして実際の行動に移す。行動を取った段階で終わりではなく、行動後にその行動の結果がどうであったかを評価し記憶される。更新された記憶をもとに、また次の行動決定が行われるという、行動決定フィードバックループである。

行動決定フィードバックループのそれぞれの部分は、これまでも技術を用いてその拡張が行われてきた。ライフログは人間の脳の外部記憶装置であり、記憶の拡張と呼ばれる。行動決定フィードバックループにおける記憶にあたる部分に対応する工学技術が、ライフログ技術であるといえる。状況と記憶の情報から、どのような行動を行うべきかを予測する段階は、あらかじめ定められたモデルから系の振る舞いを予測するという点において、シミュレーション技術にあたる。予測結果から行動を選択し、実際に行動を起こす過程は、行動科学という学問分野において研究されている。特に人間の行動を変容させたり、誘発させたりするという点において、これは行動誘発技術にあてはめることができる。

このように、ループを構成する要素を対象として技術開発はこれまでも盛んに進められてきたが、継続的に個人行動を改善するためには、系をループとして捉える必要がある。そこで本論文では、ライフログ、シミュレーション、行動誘発技術をつないで、行動決定フィードバックループを情報工学的に拡張するサイバネティックループを提案する。サイバネティックループの特徴としては、ライフログをベースにしたシミュレーションを利用するため個人的かつ自律的である点、認知科学的アプローチを用いたフィードバックであるため被強制的かつ間接的である点、フィードバックのタイムスケールが小さいためさほど精度を必要としない点があげられる。本論文では、サイバネティックループを制御論的にモデル化して理論立て、精度を必要としない点を説明した。

サイバネティックループが行動決定フィードバックループに介入する点として、行動の事前判断過程および事後評価過程が考えられる。本論文ではまず、単純な行動として購買行動、食事行動、運転行動を対象に事前判断過程、事後評価過程に介入するサイバネティックループを実装する。さらに、より高次の行動としてタスク処理行動を対象にサイバネティックループの構築を試みる。これらの実装は、研究室内等の限定的環境下のみならず実世界環境下の実験を通してその効果を実証する。

事前判断過程とは、行動を行う前に、どのような行動を行うかの予測をして、実際にとる行動を取捨選択する過程である。行動を判断するタイミングで情報を提示するため、効果的に人の行動変容を引き起こすことができる。未来予測を提示することで、事前判断過程への介入を行うことができる。ここでは、レシートを利用した購買行動ログから、未来の購買行動を提示するスマートフォンアプリケーション「消費予報」を開発し、被験者を用いて、予測が日常行動に与える影響について評価を行った。実験結果からは、購買行動に関する未来予測がユーザに対して、消費金額を増やすあるいは控える、という変化をもたらしたことがわかった。さらに自由意見からは、実行動だけではなく、ユーザの消費行動に対する意識の変化も見られた。購買行動を対象とし、未来予測を事前に与えることで行動を変容させるサイバネティックループを構築することができた。

事後評価過程は、行動の後に存在し、実際の行動の結果から、その善し悪し等を評価する過程になる。この過程は行動の後にあるため、そのループにおける行動に影響を与えることはできないが、行動の結果の評価をするときに情報を提示することで、評価を変化させ、次回以降のループにおける行動決定に影響を与える。人は客観的事実のみならず、他者にどう思われているかといった外部情報によって、日々の行動の善し悪しを決めている。他者評価を活用すると、事後評価過程への介入を行うことができる。ここでは、食事写真を他者と共有し、他者からの食事への評価を食事中にリアルタイムに提示するソーシャルメディアシステム「Yumlog」を構築した。食事に対する満足度は食事内容だけでなく様々な外部情報に左右される。Yumlogは、食事に対する他者からのヘルシー評価および美味しそう評価を操作することで、自然と健康的な食事を摂るように設計されている。小規模なユーザスタディを行い、他者からのヘルシー評価を美味しそう評価にすり替えてユーザに提示したところ、ユーザの食事満足度を変化させられることを示した。また、10名中5名のユーザにYumlogの使用による食事のヘルシーさの改善傾向が見られ、食事満足度の操作による食行動の改善可能性が示された。さらに、一般公開されているアプリケーションに機能を統合して、実社会のコンテキスト上でユーザスタディを行い、提案手法の有効性を確かめた。食事行動を対象とし、他者評価を操作して与えることで行動を変容させるサイバネティックループの構築を行うことに成功した。

さらに、事後評価予測に基づいた事前判断過程への介入という方法が考えられる。これは、本来行動後に行われる評価を、シミュレーション技術を利用して行動前に提示することによって実現される。事後の評価を行動に移す前に考慮できるため、効果的に行動変容を引き起こすことができる。本介入方法では事後評価を事前に与えるために、未来予測を用いることとなる。ここでは、高速道路上のサービスエリア（SA）およびパーキングエリア（PA）に滞在するドライバーに対して、運転行動の未来予測を提示することにより、ドライバーのSA/PA出発時刻を変化させるシステムを構築した。この際、複数の未来予測を一覧して表現可能なインタフェースを開発した。アンケート実験においては、提案システムの予測提示は、15分程度の出発時刻の行動誘発に効果的であるという知見が得られた。実際の高速道路上における使用実験では、元々長時間休憩する意思のあったドライバーに対して、SA/PA休憩時間を減らすような行動変化を引き起こした。SA/PA出発時刻を延ばすだけでなく、早める行動誘発を行っており、個々のドライバーへの運転行動予測提示は交通需要分散に有用である可能性を示した。

といえる。高速道路における運転行動に着目し、未来の運転行動・状態を一覧しながら、インタラクティブに複数の予測を提示するサイバネティックループを構築した。

次に、より複雑な行動を対象として、サイバネティックループ構築を試みた。ここでは具体的な行動として、タスク処理行動を対象とした。タスク処理行動とは、たとえばプレゼンテーションやミーティングの資料作りや、資格試験に向けた勉強などを指す。実際にはタスク処理行動は複数の行動が組み合わさって構成される、高次の行動項目である。また、タスク処理行動は1日以内に完了するものから、1週間以上かかるものまであり、フィードバックループのタイムスケールが大きい。高次行動に対しては、当該行動をより低次の行動に分解することで、同様にサイバネティックループを構築できる。ここでは、ライフログとスケジュールに基づいたタスク状況の未来予測によりタスク管理を行う手法を提案し、スマートフォンを利用したシステム「未来日記」として構築した。未来日記ではタスク行動を、1日のうちの睡眠や食事行動といった低次の行動要素に分解した。ライフログと現在のタスク状況、スケジュールから、未来のタスク状況を予測する。未来日記により、ライフログを分析して未来のタスクの進捗を予測し、予測を提示することでタスクを円滑に進めるようユーザを促すことができた。実際、1週間後などのタスク状況を伝えることで、ユーザは余暇や睡眠を減らすなど、日常行動に変容をもたらすことに成功した。未来の情報は日常生活においてタスクを進める上で効果的に働き、未来日記の有効性は高いという評価を得た。高次の行動についてサイバネティックループを構築する際には、当該行動をより低次の行動に分解することで対処可能であることを示した。

そして、以上の具体的なサイバネティックループ実装をまとめ、制御論的サイバネティックループモデルの観点から整理した。その結果として、フィードバックループが高速であれば、予測精度が高くなくても、行動変容を引き起こせることがわかった。実際、本論文の実装では簡単な予測モデルを用いているが、効果がみられた。また、サイバネティックループをシステム設計に落とし込む構成法を導いた。具体的には、改善したい行動の選定から始まり、ループのスケールや、改善すべき行動が後悔によるものか満足によるものかといった性質から、行動誘発手法を変えてサイバネティックループを構成するフローを構築した。さらに、本研究を通して明らかとなった社会実験的な研究手法の課題と可能性について考察した。

以上の成果を通じて本論文では、人間の持つ認知的フィードバックループ過程をライフログ技術、シミュレーション技術、行動誘発技術を用いて拡張したサイバネティックループを提案し、それを具体的に利用するシステムを実現したことで、これまで個別に扱われてきた技術課題をシステム設計論的課題に昇華することができたと考えている。