

《論文》

翻訳連続過程としてのモデル構築のプロトタイプ †
A Prototype of Modeling as a Continuum of a Translation Process

黒野 宏則*

Abstract

Forrester, the founder of System Dynamics insisted that the industrial dynamics would help expand the automatic decisions. It is expected that management science should gradually expand its area from art to science. For this aim, it is important to understand the complexity about processing an event. This paper will show a simple prototype of modeling as a continuum of translating each stage, using some simple examples.

〈キーワード〉 システムダイナミック、モデル構築、翻訳連続過程、プロトタイプ

*広島県立大学

1. はじめに

システムダイナミックスの創始者フォレスターは、インダストリアルダイナミックスが意思決定の自動化の領域を広げていくことに役立つであろうと述べている。マネジメントサイエンスが、その領域をアートからサイエンスへと次第に拡張していくことが期待される。

今日、STELLAやPowersimやVenisimなどの多くのソフトウェアによってダイアグラムの作成は容易になってはいるが、それでもなお、日常言語による自らの思考をシステムダイナミックスのダイアグラムに自分で翻訳（あるいは変換：translation）していかなければならない。この翻訳過程では、モデル構築過程でなすべき多くのことがいまだにアートに依存している。

確かに、一般的モデル(generic model: Richmond)やアーキタイプ(原型、Archetypes: Kim, Senge)は、現実の事象の学習においても、また、モデル構築においても、非常に役に立つビルディングブロックである。しかし、これらでは、人間の抱く事象についてイメージ、自然言語によるイメージの表現、さらには、その因果ループとダイアグラム、そして、数式モデルが、連続的な過程をなす一体的な連続体(continuum)としては認識されてはいない。もしモデル構築過程を各段階から次の段階の形式へと変換される翻訳連続過程として理解すれば、システムダイナミックスの初学者でさえもこの連続体の発端から最終端まですばやくたど着くことも可能であろう。本稿は、このような認識に立って、連続過程としてモデルを構築していくプロトタイプをいくつかの簡単な例を用いて説明する。

2. モデル構築過程の連続性

モデル構築過程は、事象についてのイメージから始まる。このイメージは、図1のステップ1に示すように、まず、自然言語による言葉での表現に翻訳される。この言葉での表現は、ステップ2で因果ループを用いたいくつかの因果ループ図に翻訳される。こうして得られた因果ループ図は、ステップ3での論理的な図形記号を用いたダイアグラムへと翻訳される。最後に、ダイアグラムは、ステップ4において、計算のための数式モデルに翻訳される。こうして、これらの一連の過程は、前者の表現形式を後者の表現形式へと次々と翻訳していく翻訳連続過程として認識される。

今日、グラフィカルインターフェイスを活用したSTELLAやPowersimやVenisimなどの多くのソフトウェアにより、図1に示すステップ4でのダイアグラムの作成は容易になってはいるが、その他のステップはいまだに専ら人間に依存している。一方、一般的モデルやアーキタイプは、ステップ1・ステップ2・ステップ3での処理を高めるために事象の理解に焦点を合わせており、これらのステップを自動化するところまでには至っていない。本稿は、モデル構築における翻訳連続過程の自動化という観点からの知見を得るために、これらのステップの相互関係に焦点を当てる。

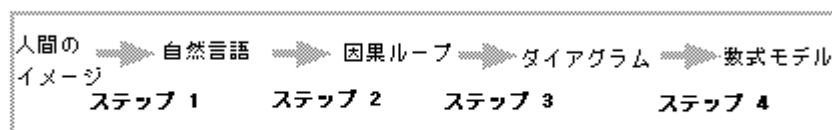


図1 事象についてのモデル構築の連続過程

3. 連続過程としてのモデル構築のプロトタイプ

本節では、翻訳連続過程としてのモデル構築のプロトタイプを説明するために、1) 正のフィードバックの例、2) 負のフィードバックの例、3) 正と負のフィードバックの例、の3例を示す。各例で、因果ループのいくつかの重要な特徴を自然言語と関係付けて考察する。

1) 正のフィードバックのプロトタイプとして、それ自体で成長する“もの(thing)”について考える。このようなイメージは、ステップ1で自然言語に翻訳され、「“もの”の増加は、この“もの”をさらに増加させる」という複合過程(Compounding Process)として表現される。この表現は、図2.1のループIに示すような因果ループに翻訳される。続いて、このループIの“もの”に“行動(Action)”が追加され、ループIIへと精微化されていく。この新しいループIIを、システムダイナミックスのストックとフローを用いて表わすならば因果ループIIIのようになる。具体的に銀行口座残高をこれに当てはめると、因果ループIVaに示すように、ストックは銀行口座残高となり、フローは利子収入となる。ここで利子率は、ループの一部ではなく利子収入に対する補助変数である(因果図IVb)。こうして作成された因果ループIVcは増加し続ける銀行口座残高の因果関係を示しており、ダイアグラムDへと容易に翻訳される。

特徴：正のフィードバックの因果ループやダイアグラムには、少なくとも1つのストックと1つの単方向フロー(Uni-Flow)および任意の数の補助変数がある。

2) 負のフィードバックのプロトタイプとして、一定に保たれる“もの(thing)”について考える。このようなイメージは、ステップ1で自然言語に翻訳され、「目標を持続する」あるいは「“もの”に対して設定された目標を持続する」という目標追求過程あるいはストック調整過程として表現される。この表現は、図2.2のループIに示すような因果ループに翻訳される。続いて、このループIの“もの”に“差(Difference)”と“目標(Goal)”と“行動(Action)”とが追加され、ループIIへと精微化されていく。この新しいループIIを、システムダイナミックスのストックとフローを用いて表わすならば因果ループIIIのようになる。具体的にサーモスタットコントロールをこれに当てはめると、因果ループIVに示すように、ストックは温度となり、フローは調整となる。続いて、温度を目標に保つこのループIVは、ダイアグラムDへと容易に翻訳される。但し、ここでの調整は、STELLAの双方向フロー(Bi-Flow)として表わされている。

特徴：負のフィードバックの因果ループやダイアグラムには、少なくとも1つのストックと1つの目標と1つの差と1つの双方向フロー(Bi-Flow)とがある。

3) 正と負のフィードバックのプロトタイプとして、それ自体で成長しつつ停滞する“もの(thing)”について考える。このようなイメージは、ステップ1で自然言語に翻訳され、「“もの”の増加は、この“もの”を停滞させる限界に行き着く」という成長の限界として表現される。この表現は、図2.3のループIに示すような因果ループに翻訳される。続いて、このループIの正のフィードバックの“もの”に“行動”が追加され、このループIの負のフィードバックの“もの”に“差(Difference)”と“目標(Goal)”と“行動(Action)”とが追加され、ループIIへと精微化されていく。この新しいループIIを、システムダイナミックスのストックとフローを用いて表わすならば、因果ループIIIのようになる。ここで、ある「状態」を想定してこれに当てはめると、因果ループIVに示すように、ストックは「状態」に対応し、正のフィードバックにおけるフローは「成

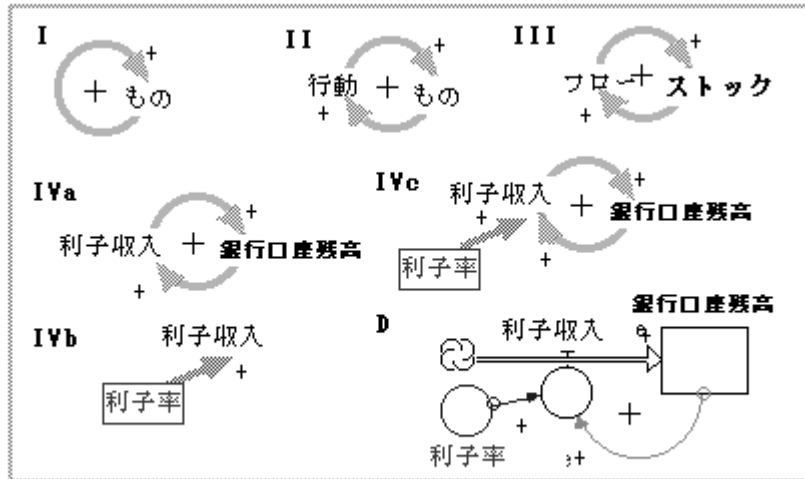


図2.1 正のフィードバックのプロトタイプ

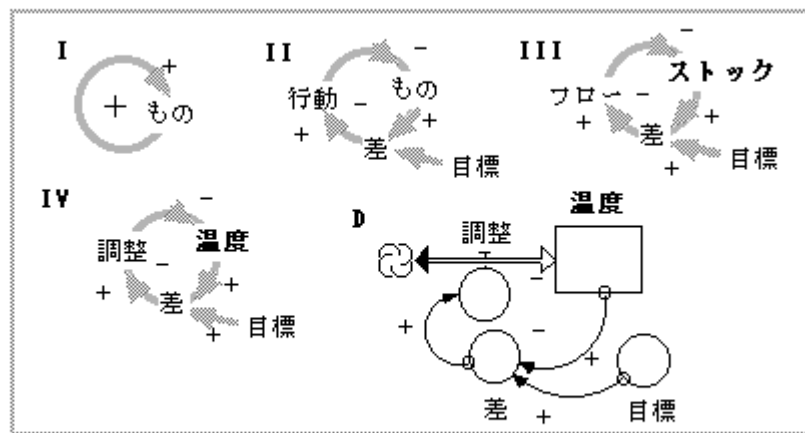


図2.2 負のフィードバックのプロトタイプ

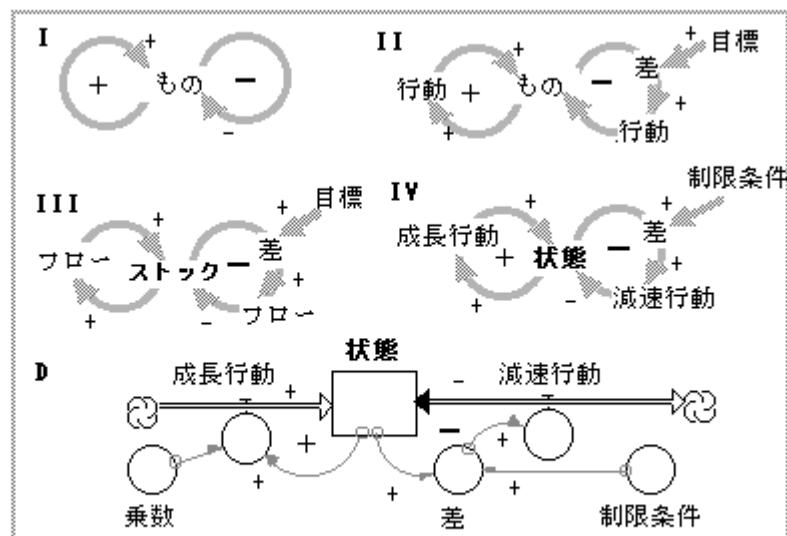


図2.3 正と負のフィードバックのプロトタイプ

長行動」に対応し、負のフィードバックにおけるフローは制約条件からの差によって起動される「減速行動」に対応する。こうして作成された因果ループIVは、正負の2種類のフィードバックループによってコントロールされる「状態」を示しており、ダイアグラムDへと容易に翻訳される。特徴：正と負のフィードバックでは、2種類の因果ループに対して共通の要素がある。上述の場合では、因果ループもダイアグラムにも共通の要素はストックである。また、正のフィードバックには、1つの単方向フロー(Uni-Flow)がある。負のフィードバックには、少なくとも1つのストックと1つの目標と1つの差と1つの双方向フロー(Bi-Flow)がある。

4. まとめ

3つのプロトタイプの場合から、各因果ループは、ストックとフローを用いて明確に描かれる段階にまで精微化されて初めて、ダイアグラムへの変換が容易になることが明らかである。この過程を通じて、事象についてのイメージやそれについての表現が次第に明らかになっていく。そうすると、図1の翻訳連続過程は、図3のように改訂できよう。図3に示すステップ2は、前段階へのフィードバックから多くの変数が因果ループに追加されていく。こうして複雑化して多重因果ループから構成されるモデルについての翻訳連続過程を自動化するためには、その特徴をさらに研究していく必要がある。

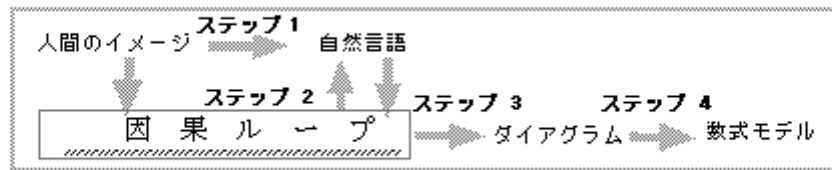


図3 事象についてのモデル構築の連続過程 (改訂)

† 本稿は、ISDC'97発表論文を翻訳加筆した。

<参考文献>

- Coyle, R. G. *Management System Dynamics*, John Wiley & Sons, 1977.
 Forrester, Jay W. *Industrial Dynamics*, Cambridge, Mass: MIT Press, 1961.
 Kim, Daniel H. *Systems Archetypes*, Pegasus Communications Inc., 1992.
 Richmond, B. *STELLA User's Guide*, High Performance Systems Inc., 1987.
 Senge, M. Peter. *The Fifth Discipline*, Doubleday/Currency, 1990.

