



日本システム・ダイナミクス学会 (JSD) の紹介

石坂 哲宏*

Introduction of Japan Society of System Dynamics

Tetsuhiro ISHIZAKA*

Abstract– Japan Society of System Dynamics was established in 1990 as the Japan chapter of the System Dynamics Society (SDS), an international academic organization. In order to promote the utilization of system dynamics in various fields in Japan, the society conducts various activities such as publishing journals and organizing research meetings and conferences.

Keywords– System Dynamics, System Dynamics Society (SDS)

1. はじめに

日本システム・ダイナミクス学会 (JSD) は、国際学術団体 System Dynamics Society (SDS) の日本支部として、日本オペレーションズ・リサーチ学会の中の研究部会を母体として 1990 年に発足した。日本におけるシステム・ダイナミクスの様々な分野での利活用を促進するために、学会誌の発行、研究会・カンファレンスの開催などの諸活動を実施している。

学会が主題とするシステム・ダイナミクス (SD) は、1956 年にマサチューセッツ工科大学のジェイ・フォレスター教授により開発されたシミュレーション手法が源流である。システム内のフィードバックを含む時間とともに変化する性質を長期にシミュレーションすることができ、非線形微分方程式を扱うことができるなど汎用性に富み、企業経営から地球規模の環境問題の解析まで様々な解析に適用されている。本稿では横幹連合会員の皆様の研究に適用、応用することへの一考につながることを狙いとして、システム・ダイナミックの利便性・

汎用性を説明する。

2. 学会の紹介

2.1 設立の経緯 [1]

Fig. 1 に SD が創設され、JSD が発足するまでの出来事を簡単に整理した。SD は先ほど述べた通り 1956 年にフォレスター教授によって提案され、当初はインダストリアル・ダイナミクス (ID) と呼ばれていた。ID は企業活動の動的な特性をフィードバックループも含めて解析できる手法であり、様々な場面で適用された。同手法は、1967 年に渡辺一司氏・坂倉省吾氏の「インダストリアルダイナミッ

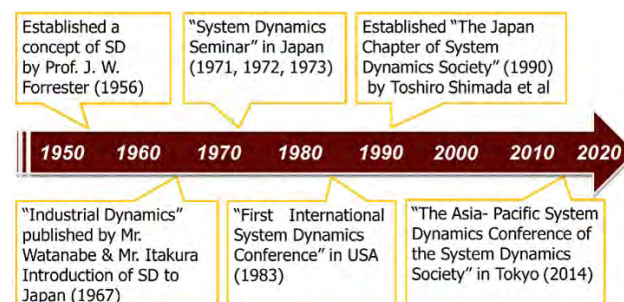


Fig. 1: History of SD [2].

*日本大学理工学部 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

*College of Science and Technology, Nihon University, 7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba

Received: 2 February 2024.

クス」が出版したことによって、広くもたらされた。同書の副題は「経営戦略のための動的的手法」であることから、企業内の多様な部門間や経営環境をモデルに要素として内在し、それらの時間的な変化をフィードバックを含めて追うことで、様々な結果をシミュレートし、経営判断の一つの情報源となることを意図していた。

一方、1967年にフォレスター教授はSDを地域問題に適用し、1969年にUrban Dynamics (UD)を出版するに至った。同書は、小玉陽一氏によって翻訳され、副題には「都市のシステム構造と動的挙動モデル」が付記され、日本でも1970年に出版された。その後フォレスター教授はローマクラブのメンバーと会談し、人口、食糧生産、産業発展、汚染、天然資源の利用可能性、生活の質などの関係をモデルとして構築し、さまざまな仮定のもとでシミュレーションを行った。フォレスター教授はこのモデルを1971年の著書『ワールド・ダイナミクス』で解説している。このモデルは1972年にメドウズらによる『成長の限界』World3モデルの最初の基礎となっている。

このようにSDは、その汎用性の高さから約10年で世界規模の環境問題への適用から、経営などの領域に至るまで広く活用できる手法として、その応用への期待が高まった。

このような流れの中で、日本オペレーションズ・リサーチ学会の研究部会の一つとして、1973年にSD部会が発足した。更に1990年にはSDSの日本支部として、JSDが発足して、現在に至っている。よって、学会員の構成は、理工系、経済・商学系、文科系など、専門分野は非常に多様であり、大学などの教育・研究者だけでなく、実務での応用を行っている企業・行政の研究者・実務家など多岐にわたっている。加えて、SD自体のモデルの開発を目指す研究、SDを活用して問題解決や新たな価値の創造を目指す研究など、理論から実践まで幅広く展開されているのが本学会の特徴である。現在、田中伸英会長（学習院大学教授）のもと、医学、経済、理工学の様々な分野からの理事で構成される理事会と学会員とが距離感なく密になり活動している。

2.2 主な活動

本学会は、次の4点を目的と定めて活動を行っている。1990年の設立より変わっていないが、その1つ目に「フィードバックシステム」と冒頭に明記されていることが、本会の最大の特徴といえる。フィードバックに関しては次の章で説明する。加えて、3つ目には「教育プログラム」と記述がある。これは、システム思考という言葉との関連性が強いといえる。これは現在においてさらに複雑化・多様化する問題を対処するための手法・コンセプトであるが、これらの思考をより活性化することにSDによるシミュレーションが多いに貢献できる。学会においても創設以来、大学教育でのSDを活用した著書[3]やビジネスにおける著書[4]など、本学会員が人間の思考を柔軟にさせることの一つの手段として、SDの役割の重要性を認識して、活動してきたといえる。

- フィードバックシステムの理解に貢献する知識を特定し、拡張し、統合する。
- システム・ダイナミクス分野の発展と、すべての関連分野における学習と研究の自由な交流を促す。
- システムの動作に関する教育プログラムを奨励し、開発する。
- 日本にとって重要な政治的、経済的、社会的問題を調査するために、モデル開発に関する調整を行う。

本学会では上記の目的を達成するために次の活動を行っている。

(1) 学会誌「システム・ダイナミクス」の発行

学会誌「システム・ダイナミクス」は1995年より発行しており、査読者による厳正な査読が行われ掲載される“研究論文”，事例的紹介・実践報告を主とする“研究ノート”，体系的に研究課題を整理する“総論”などの原稿区分がある。Fig. 2の通りJ-Stageでも掲載され、国内で唯一のSDを専門とする学術誌として、広く他分野からも参照されている。

(2) 研究発表会「JSD カンファレンス」の実施

研究発表会「JSD カンファレンス」は例年6月ごろに本学会の総会に合わせて、発表会形式で行われている。研究の進捗状況の様々な過程での有効かつ自由な発表と討議を広く会員と共有するために、成果の充実した研究には“研究発表スタイル（予稿有）”，及び、研究の途上で幅広く討議を期待したい研究には“討議スタイル（予稿無）”の2つのスタイルを用意している。

(3) JSD 講演会などの開催

JSD 講演会は、国内外の著名な研究者・実務者に講演いただき、最新のトピックスを広く学会員に供することを旨として開催している。

(4) 会員による研究活動のサポート

研究分科会、研究活動奨励制度などを設けている。

(5) SDS との連携に伴う諸活動

SDS との連携では、SDS 主催で毎年開催される国際大会 The International System Dynamics Conference (ISDC) で日本に関連するセッションを設けるなど、世界各国の研究者・実務者と繋ぐ活動を行っている。

本学会に関する最新の情報や本学会への入会は適宜受け付けているので、本学会 HP (Fig. 3) をご覧いただきたい。(https://j-s-d.jp/)

3. システム・ダイナミクス

本章ではシステム・ダイナミクスで特徴的な要素を簡単に説明する。詳細は本章の記述に参考にした文献 [3-5] をご覧いただきたい。

3.1 フィードバックループ

SD では、システムを構成する様々な要素を変数としてデータで表し、その要素間の関係を数式で記述することでそのシステムを表現する。この関係を変数と矢印で図示して、システムの構造を理解しやすく表現したのが因果ループ図である。Fig. 4



Fig. 2: Journal on J-Stage.



Fig. 3: Website of JSD.

は、変数 A と B の関係性を表している。フィードバックループとは、最初の現象によって発生した影響が色々な要因に影響を与え、まわりまわり最初の現象にも影響を与えるつながりのことである。図における自己強化型ループ（正のフィードバック）は、構成する要素の値がスピードを増しながら一方向に変化する振る舞い（発散）を生む構造である。一方、バランス型ループ（負のフィードバック）は、ループに含まれる要素をある値に収束させるように変化させる構造である。Fig. 5 で、成長の限界でも用いられた人口増減の簡潔なフィードバックループの構成を例示した。

3.2 ストックとフロー

SD では、因果ループ図から、変数の変化をストックとフローを用いて Fig. 6 のように図示をして、数式を当てはめモデルを構築する。

ストックはシステムの中で集積される量を表し、それはフローによって変化されると定義される。フローは、単位時間当たりのストックの変化量を表

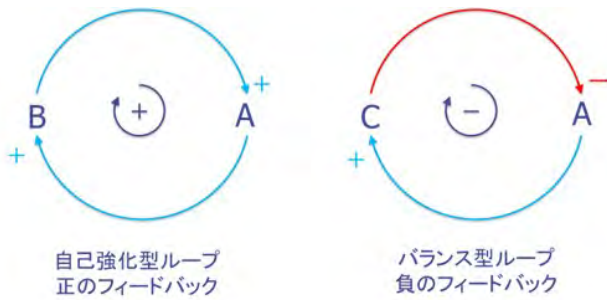


Fig. 4: Feedback Loop.

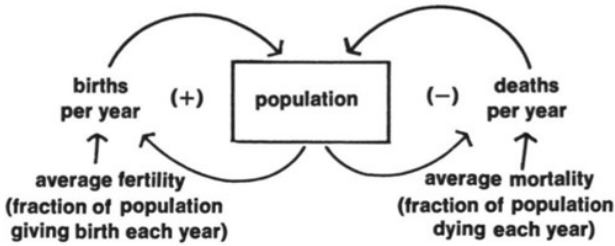


Fig. 5: Example of Feedback Loop for Population. (Reference from “The Limits of Growth” by Donella Meadows et al.).

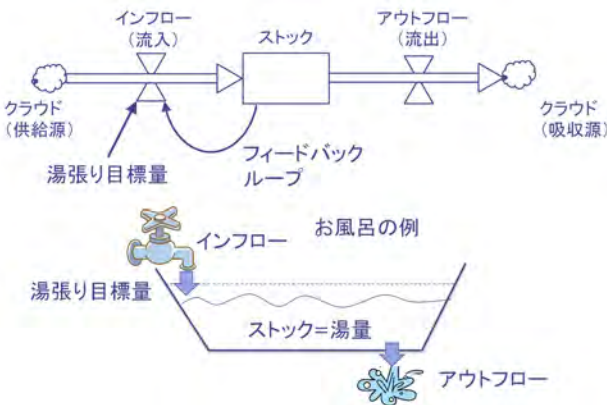


Fig. 6: Stock and Flow.

し、ストックの変化のスピードを示している。

Fig. 7 に SD のモデルの例 [6] を示す。これは、ウィーン工科大学の Guenter Emberger 教授らが構築した MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) を用いて、菊池らが構築した新潟都市圏における居住者数の変化を表した土地利用モデルである。これは Vensim と呼ばれる SD のソフトウェアの一つで構築されたものであるが、多様な変数間の関係性を矢印で表して、居住者数の変化を表現していることが読みとれるだろう。

3.3 遅れ

SD におけるダイナミクスを表現する一つの要素として、遅れがある。システムが時間経過とともに動いていくと、何か変化が起きた時にそれを認識するまでに時間がかかることやモノやことを生産・創造するまでに時間がかかることがある。様々な遅れをシステムの中で表現し、システムの動的な振る舞い（変化）に時間的な要素を付加して考慮できるようになっている。

先ほどの菊池ら [6] の研究の一部では、住居開発モデルを次の数式で表しており、遅れを含めて住居需要の変化量を算出していることが読み取れるだろう。

$$\Delta D_j(t) = P^D(t-T) * \frac{a^D * \frac{R_j^D(t-T)}{LP_j(t-T)} + b^D}{\sum_j a^D * \frac{R_j^D(t-T)}{LP_j(t-T)} + b^D}$$

ここで、 $P^D(t-T)$: $t-T$ 年における新しく建設された住居の需要量、 T : 住居の計画と建設のタイムラグ、 $R_j^D(t-T)$: $t-T$ 年におけるゾーン j での賃料または住宅ローン (円)、 $LP_j(t-T)$: $t-T$ 年におけるゾーン j での土地価格 (千円 / m^2)、 a^D, b^D : パラメータ

4. おわりに

日本システム・ダイナミクス学会 (JSD) は、多様な分野の研究に資する汎用性の高いシステム・ダイナミクスを中心に、マルチディシプリナリーな集合体である。2023 年に横断型基幹科学技術研究団体連合に加盟させていただいた。横幹連合の設立趣旨にもある通り、それぞれの分野に横の軸をもたらしより新しい社会的価値の創出を目指す理念の一助になりえるように本学会も参画していく予定である。本学会としては多くの会員の方に SD を触れて頂けることに期待するとともに、SD 自体も他の学会員の英知に触れて更に発展させていくことを目指したい。

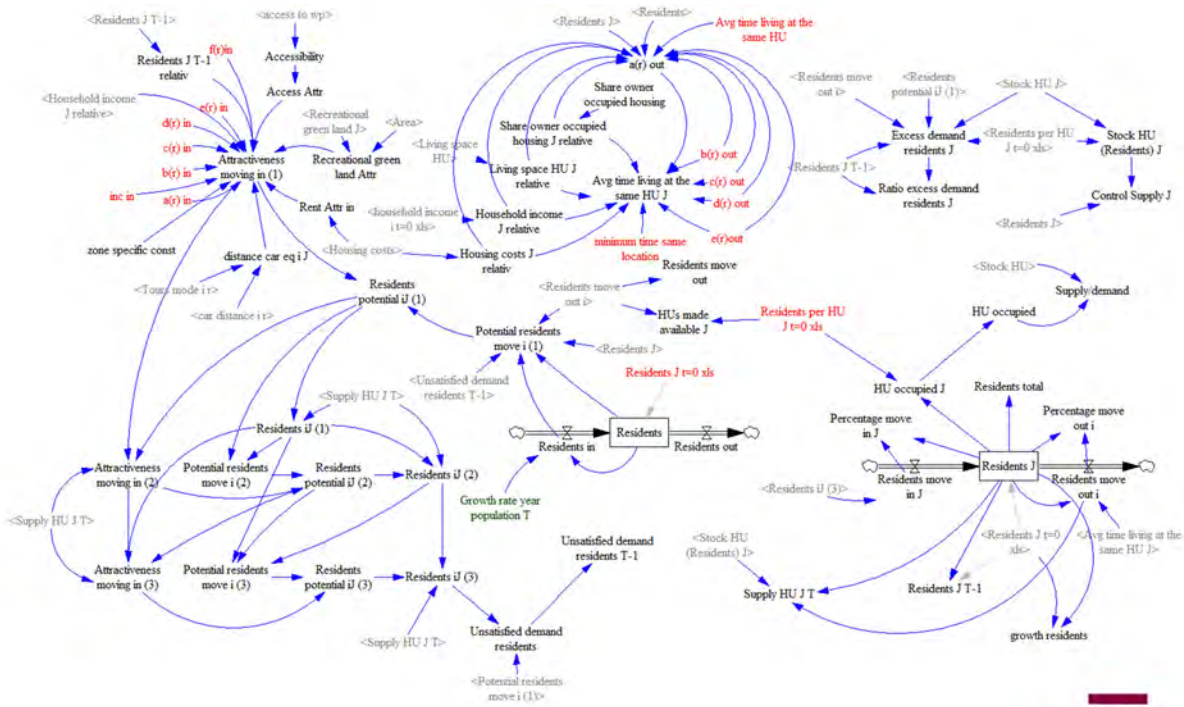


Fig. 7: Example of SD Model [6, 7]. 「MARS モデルにおける土地利用サブモデル (居住者数)」

参考文献

- [1] 島田敏郎, SD の歴史と SD モデルの信頼性, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 23, No. 3, pp. 122-128, 1976.
- [2] 石坂哲宏, 「我が国の都市分析における システムダイナミックスモデルの系譜」, 持続可能な都市開発のモデル分析に関するシンポジウム, 講演資料, 2014.
- [3] 岡野道治, 福永吉徳, 福田 敦, 吉江 修, 理工系システムのモデリング学習—STELLA によるシステム思考, 牧野書店, 1997.
- [4] 稗方和夫, 高橋 裕, システム思考がモノ・コトづくりを変える, 日経 BP, 2019.
- [5] 田中伸英, 高橋 裕, システム・ダイナミクス—フィードバック思考による問題解決—, サンウェイ出版, 2017.
- [6] 菊池浩紀, Sathita Malaitham, Guenter Emberger, 福田 敦, 石坂哲宏, 都市再配置モデル (MARS) を用いた新潟都市

圏における長期的交通政策の評価, システム・ダイナミクス, No. 13・14 (合併号), 2015.

- [7] Research Center of Transport Planning and Traffic Engineering, Vienna University of Technology: MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator), <https://www.tuwien.at/en/cee/transport/planning/services/mars>, 2024.

石坂 哲宏



1978年8月11日生。76年日本大学大学院理工学研究科博士後期課程社会交通工学専攻修了。2015年日本大学理工学部准教授、現在に至る。交通計画、交通工学の分野で交通状態の観測手法、マイクロ交通シミュレーションによる評価などの研究に従事。博士(工学)。日本システム・ダイナミクス学会理事(研究担当)、土木学会、交通工学研究会などの会員。