

ST/SD 入門セミナー・ワークショップ (第1回)

2014年3月26日実施

1. 目的等

本セミナー・ワークショップは、ST/SD の紹介、入門、そして、ST/SD に関心のある方が集まって、情報交換を行ったり、教え合ったりできる場として実施することにしました。ただ、このコースで使う SD のソフトは、ithink/Stella、Powersim、SimTaKN、Anylog などいくつかある中で、Veism PLE に限定しています。

無料ですので、それなり、つまり、講師が無料でできる範囲、無料でやっていいと思っている範囲内での提供となります。

2つのコースのうち「SD 入門コース」は、システム・ダイナミクスのモデリング技法習得が目的で、講義中心の内容です。習得目標レベルとして：

- －簡単な問題をシステムとして把握できる
- －簡単な定性モデルを作成して定性分析できる
- －簡単な定量モデルを作成し、シミュレーションできる

を目指しています。講義内容としては以下のようなものを考えていますが、ただし、講義の進捗や参加者の要望等によって、項目やトピックスに変更や追加、削除があるかも知れません。

- －問題の把握
- －問題の構造
- －システム類型
- －システムの振る舞い
- －ストックとフロー
- －ストックが複数あるモデル
- －コントロール構造があるモデル
- －シミュレーション
- －モデル類型
- －文書化

もう一方の、「システム思考入門コース」は、「システム思考」で考える思考方法の習得が目的で、議論中心に進めたいと考えています。習得目標レベルとしては：

- －簡単な問題の性格が把握できる
 - －簡単な問題の解決方法が発見できる
- を考えていて、講義内容としては、以下のようなものを考えていますが、こちらに関しては、トピックスを例に「考え方」を紹介する、議論すると言うやり方なので、参加者の関心や講師の関心などから、このテーマに拘らず進める予定です。また、できれば、私以外の講師を呼んできて話してもらうことも考えています。
- －初等教育で使われているシステム思考入門書を使ったシステム思考の紹介
 - －新聞記事、雑誌記事を使ったシステム思考
 - －参加型モデル開発手法
 - －産業開発
 - －組織能力と組織改革
 - －リーダーシップ
 - －問題解決技法とシステム思考、システム・ダイナミクス
 - －評価
 - －イースター島モデルと古代マヤ文明モデル
 - －シェクスピアの戯曲、ロミオとジュリエットの SD モデル

- －東アフリカの歴史をモデルにする
- －大航海時代と植民地時代のモデル
- －紛争予防のモデル

2.SD コース

今回は：

- ・SD とは何かの定義
- ・SD モデル開発方法論
- ・問題とは
- ・演習-1

の4つのテーマを取り上げます。

(1)SD とは何かの定義

世の中では、なんとなく、「システム・ダイナミクス」とは、定量モデルと定性モデルを用いて行うシミュレーションを基に定量分析を行う方法と了解されているように思えます。これに対して、「システム思考」というのが存在し、こちらは、システム類型などを用いて定性分析を行う方法と了解されているのではないかと思います。ただ、私個人はこの理解は間違っていると思っています。少なくとも、SD 関係者は、定性モデルも定量モデルも SD のモデルであると考えているし、SD モデルのコンセプトを説明するために ST モデルと呼ばれる定性モデルをよく使います。SD 関係者は、「システム思考」は、対象をシステムとして見る見方のことと考えています。

ここでは、定性モデルによって定性分析を行い、次いで、定量分析を行う必要があれば、定性モデルを基に、定量モデルを構築して、定量分析を行う一連のやり方を「システム・ダイナミクス」と定義し、話を進めたいと思います。また、「システム思考」と呼ばれているものは、システム・ダイナミクスの中の定性分析の部分を目指すとしてします。後で、「システム思考」のコースになった時にこの定義は変わるかも知れません。

ここで、「モデル」という言葉が出てきましたので、モデルについても定義しておきましょう。モデルとは、「対象の持つ性格を抽象化し、簡略化したもの」です。モデルは、対象の特徴を表現したもので、従って、「モデル＝対象」ではありません。

また、いろんなモデルがありうることとなります。モデルは、モデルを作った人の解釈を表現したものなので、解釈が違えば同じ対象を扱っていても、モデルは違ってきます。

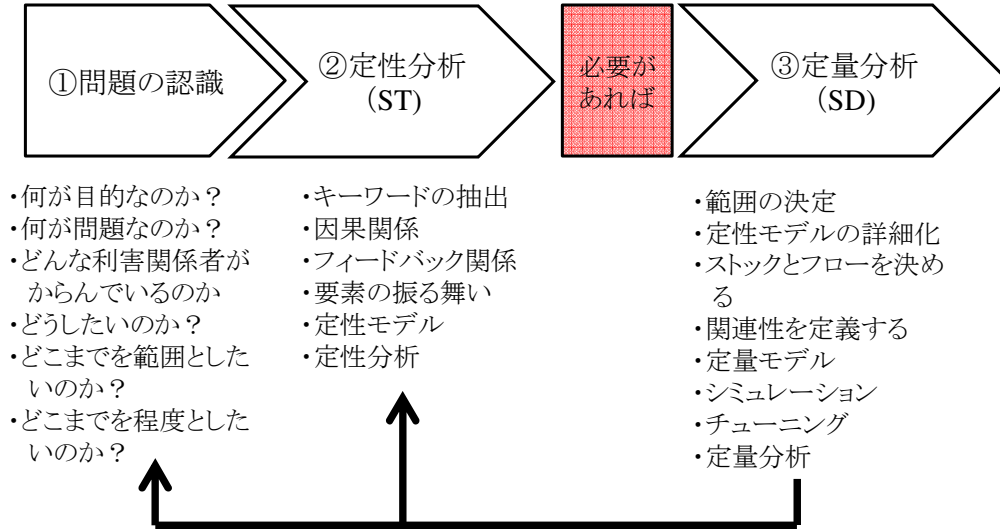
モデルは全体像を把握するために使うものですが、「全体像＝第3者の見た姿」ではありません。なるべく客観的に、なるべく全体を捉えたものがモデルですが、人が作ったものである限り、完全に客観的に捉えることは難しいし、全体を完全に捉えることも難しいので、モデルが完全なものであるという意味ではありません。このことを、システム思考の主張者であったバリー・リッチモンドや、SD の権威者である MIT のスターマンなどは、「モデルは完全に正しいものではなく、仮説である」、「あらゆるモデルは必ずどこか間違っている」と言った言い方をして、モデルの限界性に常に留意するよう警告しています。

(2)SD モデル開発方法論

SD モデルの開発の方法の概要を説明するために、このコースの最初に方法論を取り上げます。「SD モデル開発方法論」とは、SD でモデルを作って分析する進め方のことです。初めての人には、ちんぷんかんの部分もあるでしょう。でも、これを心に泊めて作業を進めていくことは重要なことです。多分、最初は、ほとんど理解できないかも知れないけれども、こんなことを聞いた程度に覚えておいて下さい。後で、モデル構築で行き詰った時に、これを思い出してもらえば、多分、やり方が拙かったのだと気がつくでしょう。テキストの 53 頁から 66 頁に対応していますが、ここでは簡略化しています。

2. 方法論

どうシステム・ダイナミクスで分析を進めていくか：



定量モデルがうまくできない原因の大半は前工程のあいまいさに起因する。

図 2-1：方法論

2. 方法論

何がアウトプットか：

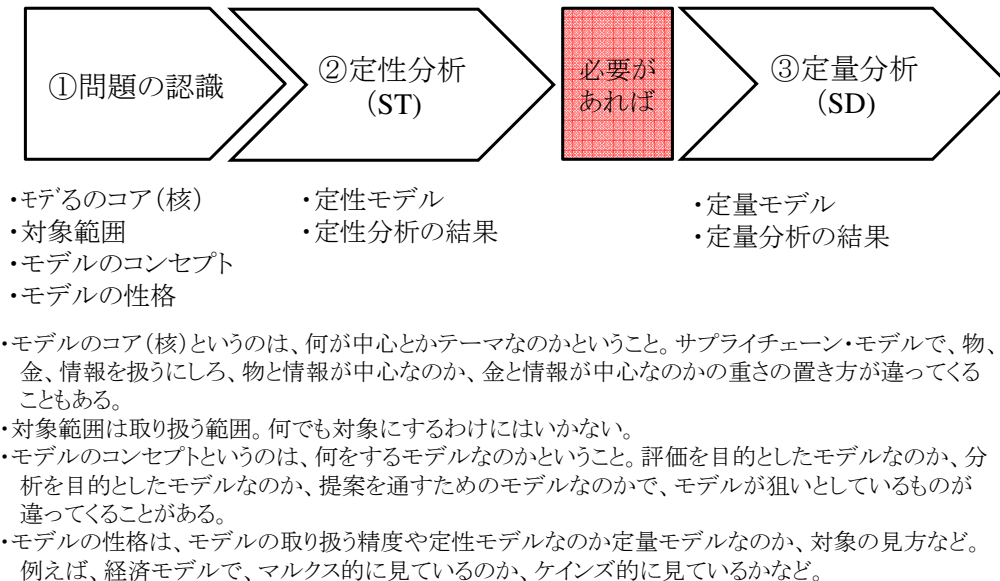
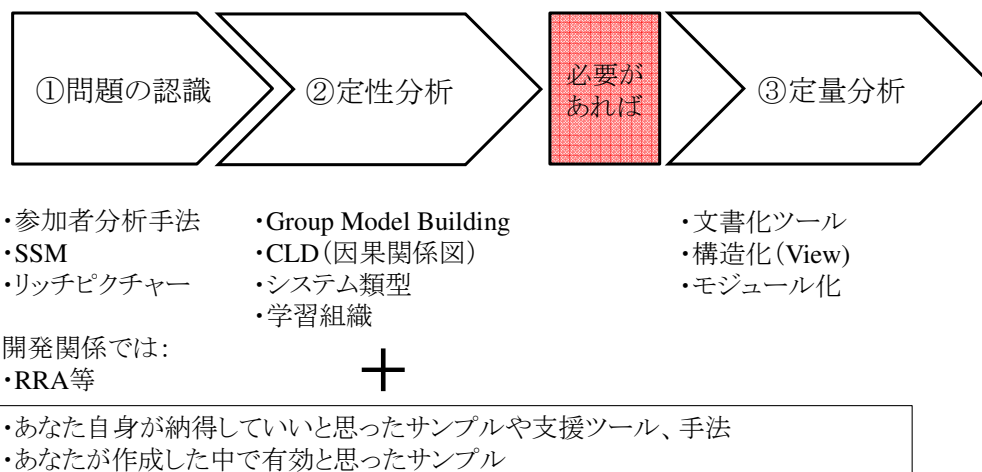


図 2-2：方法論

2. 方法論

どんな支援ツールや手法があるのか？：



- こうして、貴方自身の方法論とナレッジマネジメントを作っていくして下さい。
- これは貴方自身の問題です。

図 2-3 : 方法論

方法論及びナレッジ・マネジメントは、各個人が自分に合うものを構築していく必要がある性格のもので、また、ここで紹介しているものは、経営コンサルの方法論を基にしているので、分野が違ってくれば、これとは違うものになるかもしれないし、こんな方法論などは不要なのかも知れません。例えば、社会科学の研究用にSDモデルを作る際には、こんな方法論は不要でしょうし、簡単な問題に取り組む際や小さなモデルを構築する際には不要でしょう。

図 2-1 から 2-3 の 3 つに分けて SD のモデル開発方法論を示しています。テキストの 53 頁から 66 頁に対応していますが、テキストでは、経営コンサルタントが使っている方法論をベースに記載しているのに対し、ここではそれをさらに簡略化しています。

この方法論では、3つのフェーズに分けてモデル開発を進めていくことを想定しています。まず、フェーズ1では問題の認識で、モデルの対象を決め、モデルの取り扱う範囲や、モデルの性格などを決めていきます。ただ、後のフェーズでの作業で、不都合があれば、取り扱う範囲を変えたり、対象にするものを変えたりといったことも発生しますので、ここで決めたことが確定され、後で変更がないという意味ではありません。ただ、このフェーズ1で、モデルの対象や、モデルの取り扱う範囲、性格などをある程度明確に決めておくと、作業の手戻りが少なくなると思います。

フェーズ2では、定性モデルの構築と定性分析を行い、さらに定量分析が必要な場合は、フェーズ3に進み、定量モデルの開発と定量分析を実施します。

これは、定量モデルを作る立場から見ての話ですが、定量モデルを作成しようとして困難に直面する原因の大半は、前工程のあいまいさが原因です。通常、定性モデルと定性分析を基に、定量モデルを構築しますが、その際に前提とする定性モデルは、定量モデルから見て、あまりにも曖昧すぎて、そのままの形ですっきり定量モデルに置き換えることは

不可能です。また、範囲も広すぎて、定量モデルにその範囲を全て取り込むことが難しいこともよくあります。これは私の意見ですが、定性モデル構築と定性分析だけでいいのであれば、無理に定量モデルを構築する必要はないと思います。定量モデルを構築する労力は、それまでの労力と比べけた違いに多いので、無駄なことはやめた方がいいでしょう。

ただ、私は定性モデル構築や定性分析が、定量モデル構築の上で無駄と主張しているわけではありません。定性モデルと定性分析によって、モデルの対象や性格を分析し、理解しておくことは非常に重要で、すつとばしていい作業ではありません。

定量モデルがうまくできない理由は主に3つあり、前工程での結果（定性モデル等）が定量モデルを作る上であいまいすぎるか、定量モデルでの表現技術が未熟であるか、あるいは、モデルの対象に対する知識不足・理解不足に起因します。知識不足というと、分かっていない問題を理解するためにSDで分析するのではないかと反論されそうですが、ここで言っている意味は、SDモデルはストック変数、フロー変数、変数、定数のたった4種類だけで、モデルが対象としているものを記述することでモデルを作るので、比喩的に言えば、どう対象を理解して、どう表現したかが問われます。また、理解には、モデル作成において必要かつ十分な、対象に対する知識が必要となります。SDモデルは、報告書と同じく、対象を、作成者が理解した通りに記述したもので、理解していないとモデルはできないし、理解が変だとモデルも変になります。

方法論には、豊富な支援ツールや参考例なども含まれます。あなた自身が、これは有効だと思ったツールや良いと思ったモデルを、こういった方法論の体系に沿って蓄積し、あなた自身のナレッジ・マネジメントを構築していくことを推奨します。

1)フェーズ1：問題の認識

モデルのコア（核）、対象範囲、モデルのコンセプト、モデルの性格を決める作業をここで行います。そのため、以下のような一連の問を設け、それに答える形でこれらを確定していきます。

- ・何が目的なのか？
- ・何が問題なのか？
- ・どんな利害関係者がからんでいるのか
- ・どうしたいのか？
- ・どこまでを範囲としたいのか？
- ・どこまでを程度としたいのか？

「何が目的なのか？」は、モデルの目的を尋ねている問ですが、分析するといったプロセスを聞いているわけではありません。「どうしたいか」という後の問とも関連しますが、モデルの性格、つまり、報告書に付けるモデル程度でいいのか、それとも、改善のために、費用効果なども含めてかなり緻密なモデルを構築する必要があるのかを聞いています。また、モデルの性格として、汎用的なものなのか、ある事項に絞ったものなのかを聞いています。

「何が問題なのか」は、相手が「何が問題の本質と思っているか」という、相手の「見ている姿」を尋ねているのですが、これも、人によって立場の違いによって、見ている対象の姿が違うので、場合によっては理解することが大変です。芥川龍之介の作品で、映画化もされた「羅生門」という小説がありますが、みんな、それぞれ見ている見方や、問題とと思っているものが少しずつ違っているので、「藪の中」になりやすく、それがモデル化を難しくしています。モデル化には、そういった違った見方を統合し、第三者的に見る理解が要求されています。あるいは、そうやって解釈したものが全体像をとらえたモデルになり

ます。この問いで、モデルにするもののコアを仮決めします。

「どんな利害関係がからんでいるのか？」は、作るモデルの対象分野によっては関係ないこともあります。主に、問題の背景を理解するためにこの質問を行い、これに関しては、「関係者分析」、SWOT分析、リッチピクチャーなど、いくつか支援ツールがあります。モデルを作るために、いろんな関係者にいろんなことを質問すると思います。人によって違うのですが、相手は思惑を持って回答するので、場合によっては、回答そのものが本音や真実ではないことがよくあります。利害関係を十分理解した上で質問を行い、利害関係を十分理解した上で、回答を解釈することが重要です。

「どうしたいのか」は、場合によっては問わなくともいい質問です。問題に対してどうしたいかを尋ねていて、「何をどうしたいからST/SDを使うのか？」という質問の方が適切かも知れません。うまく表現できないのですが、例えば問題解決には、根本的措置と対処的措置があり、どちらなのかとか、「分析して理解する程度でいいのか？」ということを知っているのですが、もちろん、「そうではない」と言うにきまっています、しかし、実際には、「ふーん、そうか」で終わってしまうことが多く、疲れる質問と結果です。私の場合、相手の言葉による回答よりも、相手の態度を回答にしています。

「どこまでを範囲としたいのか？」は、対象にするのは、会社の全部の問題なのか、ある程度絞られた問題なのかといった範囲のことを聞いていて、さらには、作成するモデルの性格のことを聞いています。作成するモデルの性格というのは、汎用モデルなのか特殊モデルなのかということで、汎用モデルは、多くの問題を分析でき、当対象にしている問題だけでなく、将来の問題にも対応できるのですが、大きなモデルになるので、モデル作成には労力が必要である反面、何でも要素をぶち込むので、あまり考えなくともモデルができるという、「考える労力」という意味では楽なものです。しかし、汎用モデルにしたからと言って、本当に将来の問題に対応できる保証はありません。(まあ、その時になると、なんでこんな要素を見逃したのだ、使えないモデルだと思うことが多々あるでしょう。)

一方、特殊モデルは、対象としている問題に特化したモデルなので、他の問題には必ずしも対応しないものです。ただ、一般に小さなモデルなので、モデル作りにはあまり労力がかからない反面、モデルに取り込む要素を絞り込むので、考えることを必要とします。いずれにしても、汎用的なモデルにするにしても、私はこちらが先(原型)と考えています。汎用なんて嘘で、ただ、あまり考えずに、思いついた要素を全部取り込んだだけとしか見ていません。

「どこまでを程度としたいのか？」は、「かなり正確な数字が必要なのか？」という質問です。松本憲洋氏によれば、①定性モデル、②定量モデルだが、傾向を知ることを目的としたモデル、③定量モデルで、精度をある程度要求されるモデルの3つのモデルがあると、モデルを3分類しています。どれにするかでデータ収集などの労力が大きく違ってきます。私個人としては、全てのSDモデルは2番目のもので、3番目とは程度の問題、つまり、いくら精度を上げてても正確ではなく、傾向しか分からないと思っています。Starmanは、「全てのモデルはどこか必ず間違っている」と、モデルには限界があることを常に認識すべきであると言っています。モデルは対象の中から見たい要素を抜き出して作った人工物なので、実態と違ってくるのはむしろ当たり前だと私自身は思っていますが、でも、実態に合わない批判する人は多いのが現状です。

こうした一連の設問を介して、次のフェーズで開発するモデルのコア(核)、対象範囲、モデルのコンセプト、モデルの性格などを規定します。

2)フェーズ2：定性モデル構築と定性分析

このフェーズでは：

- ・キーワードの抽出
- ・因果関係でキーワードを結び付ける
- ・フィードバック関係を発見する。
- ・要素の振る舞いを分析し、フィードバック・ループの性格を決める

という作業によって、定性モデルを構築し、構築した定性モデルを使って定性分析を行います。

「キーワードの抽出」では、モデルを作る要素（キーワード）を探し出します。ここが曖昧さの始まりになりやすいので、十分定義、あるいはキーワードの持つ意味を理解しておくことがキーポイントです。経営問題とか社会問題をモデルとして扱う際には、先に関係者分析を行い、背景の共通理解を行っておくことも有効です。人によってキーワードが意味していることが違うので注意が必要です。グループ・モデル・ビルディングで実施する場合は、提出した人に説明させて、議論を行うことで、言葉の定義を明確化するという手法も有効です。そして、キーワードを抽出し終わったら、似たようなものを集めてグループ化します。テキスト 76 頁の図 6-2、73 頁の図 6-3 を参照して下さい。

「因果関係」では、まず、グループ内で、抽出されたキーワードの原因と結果での因果関係を見出していきます。この際、正の関係と負の関係があり、正の関係は、原因側の因子の値が増加すると結果側の因子の側が影響を受けて増加し、減少すると、結果側の因子の値も減少するという関係です。正の関係は、「+」、「S」などの記号を矢印の先に目印としてつけるとか、矢印を青にするといったことで区別します。一方、負の関係は、原因側の因子の値が増加すると結果側の因子の側が影響を受けて減少し、減少すると、結果側の因子は増加するという関係です。この関係には、「-」、「O」などの記号を矢印の先につけて目印にするとか、矢印を赤にするといったことで区別を行います。

グループ内の因果関係の決定が終わったら、グループ間の相関を付けます。グループ間の相関を担う因子を特定し、その因子どうしを結び付けます。テキスト 79 頁、図 6-5 を参照して下さい。

「フィードバック・ループ関係」では、結びつきを見ながら、フィードバック・ループ構造にならないか考えます。やはり、正、負の関係があり、正はループ内の「-」の数が偶数であればフィードバックは増加、あるいは正の性格を持ち、フィードバックは増加すれば増加の一途を、減少すれば減少の一途をたどります。こういったフィードバック・ループに対し、「R」、「+」などの記号、あるいは青でこのフィードバック・ループに印を付けます。一方、負は、ループ内の「-」の数が奇数であれば、フィードバックは均衡に落ち着く性格を持ちます。「B」、「-」などの記号、あるいは赤でこのフィードバック・ループに印を付けます。もし、この規則と考えているフィードバックの性格が合わない場合は、因子の見落としがあるか、因子が合成因子であり、分解できる可能性があります。

「要素の振る舞い」では、要素の時間的振る舞いを簡単なグラフで描いてみて、要素の横に貼り付けてみます。要素の振る舞いを辿ってみて、概ねフィードバック・ループの性格に合致しているかチェックします。もし合わなければ、要素を見落としているか、要素が合成要素になっていて、さらに分解できる可能性があります。例えば、「+」の性格を持つ因子が次の因子に「+」に影響し、その因子が、次の因子に「+」に影響すれば、フィードバック・ループはここまでは増強してきたはずですが、ここでその因子が、次の因子に「-」に影響すれば、ここで均衡（バランス）します。こうして、トレースしていきます。

これらの作業の最後に、定性モデルを完成します。テキスト 80 頁、図 6-6 を参照して下さい

さい。

「定性分析」では、まず目的に合わせて、定性モデルを変形します。テキスト 81 頁、図 6-7 を参照して下さい。目的に合わせて、定性モデルを簡略化、あるいは精緻化します。テキスト 82 頁、図 6-8、6-9 を参照して下さい。こうすることで、定性分析がやりやすくなるはずで

ある因子の矢印の先が多くの因子に関係を持つような因子は、影響を与えるビバレッジ因子である可能性が高く、ある因子が多くの因子の矢印の先を受ける関係を持つような因子は、問題でボトルネックになっている因子である可能性が高いのですが、ただ、経営資源等の制約で、ボトルネックになっていると思われるその因子の改善が可能かどうかはまた別のことも多いので、これが改善可能なボトルネックという意味で、必ずというわけではありません。リバレッジも同じです。従って、改善可能という点からのリバレッジも、必ずしも、矢印の出が多い因子ではなく、ボトルネックの一つ先の因子を改善し、ボトルネックを改善するという手法もあります。例として、82 頁の図 6-9 では、「農村部からの人口流失」が問題ですが、これは直接的な方法では解決しにくい問題です。そこで、「農民の収入向上」で「農村の生活向上」を図っていくことで人口流出の問題を解決していくという方法がこのプロジェクトでは採択されています。

ボトルネックやリバレッジの発見は、定性モデルで、因子の振る舞いをトレースしていくことで発見していただけますが、ボトルネックの発生が、ビジネス・プロセス上で発生する性格のものであれば、業務フローチャートや PERT などによる分析の方が確実に発見できるでしょう。定性モデルは通常かなりあいまいなので、ボトルネックやリバレッジの可能性がある因子を発見する程度で、改善できるまで特定できる精度での発見までは難しいのが現状です。逆に、定性モデルで発見されたリバレッジやボトルネックは、改善のためにさらに詳細化するためには、業務フローチャートや PERT などによる分析が必要になってきます。

複数フィードバック・ループがある場合は、どのフィードバック・ループがメインなのかを、見出していきます。一番重要な因子が含まれているフィードバック・ループがメインのループである可能性が高いのですが、しかし、こういった因子に限って、複数のフィードバック・ループの要になっていることが多くあります。重要な因子が多く含まれているフィードバック・ループがメインのループであることが多いので、こういったループに絞って、先の因子の振る舞いをトレースして、メインなのかサブなのかを見出していきます。そして、サブのループを落として、メインだけのモデルにして、問題をうまく表現できているかどうかを確認します。

3) フェーズ 3 : 定量モデル構築と定量分析

このフェーズでは：

- ・ 範囲の決定
- ・ 定性モデルの詳細化
- ・ ストックとフローを決める
- ・ 関連性を定義する

ということで定量モデルを構築し、シミュレーションを行い現実との合致度合をチェックし、必要であればチューニングを行ってモデルを完成します。完成したモデルを使って定量分析を行います。

先のフェーズで完成された定性モデルは、それを忠実に定量モデル化できないことが多く、また、できても、モデルが大きく複雑になってしまうことが多くあります。そこで、分析する対象や範囲を定性モデル上で絞り込むことが必要になってきます。「何でも」はできないと最初から思った方がいいでしょう。定量モデル化の範囲としては、メインのルー

ブに絞ったものとするのが妥当です。これが、「範囲の決定」と呼ばれている第一作業です。

「定性モデルの詳細化」では、定性モデルを、定量モデルにできるように詳細化します。特に、定性モデルで安易に使われている合成因子には十分注意を払う必要があります。定量モデル作成には、さらなる分解が必要なことが多くあります。ここでは、フローとストックの区別がつくぐらいまで因子を細かくした定性モデルに落とし込みます。メインのストックを中心に、あとは単純化した、定性モデルと定量モデルの中間のようなものを作ることも有効で、これができれば、あとはそれを詳細化していくだけの作業になります。

「ストックとフローを決める」では、定性モデルが詳細化できたら、ストックとフローの区別をつけていきます。ただ、何がストック、何がフローと言われても最初は難しいかも知れないし、間違えることも多いかも知れません。モデルを作りながら考える、あるいは変えていくことでも最初は構わないと思います。最初から明確にストック、フローの区別がつくものもありますが、どっちとも言えなく、モデルの作り方によるものもあるので、まずは、定性モデルのメインループの中で一番キーとなる因子から考え始め、それがストックであれば、そこから定量モデルの作成を開始するのがいいでしょう。

「関連性を定義する」では、ストックを中心にフローになる因子を決め、次いで変数及び定数の関連を決めていきます。関連があれば矢印で結び付け、そして、関連について数式で定義します。ストックに関しては、Vensim が自動的に定義してくれ、定義式が出てきます。通常は初期値の設定だけですが、Vensim が自動定義した式を修正することも可能です。こうしてストックをフローが取り巻く形のモジュールのようなものができるので、それらのモジュール間の関連を次に考え、関連があれば、関連する因子どうしを結び付けていきます。

こうして、定性モデルとして完成させます。テキスト 90 頁図 7-1 を参照して下さい。完成したモデルを使い、シミュレーションを行い、結果の表やグラフを見て、妥当性を検討します。おかしければ、妥当と思われるシミュレーション結果になるまでモデルを修正していきます。これをチューニングと呼んでいます。チューニングには、初期値や係数を微調整するものと、因子や変数を追加、あるいは削除して、モデル構造を変えるものがあります。モデル作成に慣れない間は、シミュレーション結果がおかしいのは、因子を見落としていること、あるいは因子の分解が不十分なことが多いので、後者の場合はモジュール追加が必要になってきます。

4)設計論

よく、定性モデル構築や定性分析のステップを抜いて、定量モデル構築を行う人がいます。小さなモデルや簡単な構造のものではこれでもいいのですが、通常は、いきなり定量モデルに取り掛からない方がいいでしょう。

また、目的が明確ではないものを設計しないことも重要です。これも良くあることですが、分析をすることが目的だなどとプロセスを目的と誤解している人がいますが、ここで言っている意味は、前のフェーズ 1 で述べたことです。

複雑かつ巨大なモデルを作る前に、コンセプトとなる簡単なモデルを作り、大ざっぱなシミュレーションを行い、大ざっぱに結果を確かめておくことも有効な方法です。コンセプト・モデルでコンセプトを十分確認しておきましょう。複雑かつ詳細なモデルは、このコンセプトチュアルなモデルの設計コンセプトを基にただ複雑化、巨大化させただけであるはずなので、振る舞いやシミュレーション結果は概ね合致しないとおかしいはずですが、ただ、私は、大きなモデルや複雑なモデルの構築に反対しているのではなく、目的やコンセプトが不明確なものやあやふやなものを作ることに反対している点、誤解がないように願

います。目的も、汎用的とか広く対応できるとか言うのは嘘だと思っています。モデルは必要かつ十分であればいいのであり、それ以上である必要はないと思っています。

以上の、SD モデルを作成する手順や心構えについての説明で、SD モデル構築の概要説明に代えたいと思います。ただ、モデル構築の手法、技術については説明していませんので、それは次回以降に順を追って説明していきます。

(3)問題とは

すでにモデル開発方法論で述べていますので、繰り返しになりますが、ここでは3点ばかり問題とは何かについて述べます。

1)問題が、違う立場の人間にはどう見えているか？

対象としている問題が、違う立場の人には違うように見えていることが分かっているか、いいと思います。立場の違いで見えている姿が違うこと、どのように見えているかを把握するには、リッチピクチャーを使うことで可能なこともあるので、リッチピクチャーは有効なツールです。モデルは解釈をした人の見た姿だということを常に念頭に置いておいてください。私の場合は、海外で仕事をしている関係上、言葉が通じないという事態に遭遇することがあり、絵でのコミュニケーションとして、リッチピクチャーを使っていますが、考えてみれば、同じ日本語でコミュニケーションを図って、意志や意味が通じているはずなのに、実は通じていないのではないかと思う人と会うことがあります。同じ日本人同士でも、リッチピクチャーのようなツールを使ったコミュニケーションが必要なのかも知れません。でも、「言葉明確、意味不明確」な人はどんなリッチピクチャーを描くのでしょうか？

2) Problem と Issue の違い

これは今ある問題なのか、将来発生しうる問題なのかの区別をしておいて下さいという意味です。

3) ST/SD では問題は構造を持っていると考える。

ST/SD では問題は、因果関係で構成されていると考えます。また、悪循環構造が存在することがあり、ボトルネックが問題を引き起こしていることが多く、リバレッジが存在する可能性があると考えています。

(4)演習

今回は、私が優れた教材と思っている、Diana Fisher のイースター島の悲劇の教材を取り上げます。ここで使っているものは、彼女の作成した教材を基に、このコース用にかつ Vensim PLE 用に変えたものです。SD の定量モデルの作成方法はこんな感じで進めていくものだという感触をつかんでいただければと思います。簡単なモデルなので、今回は、定性分析にはあまり重きを置いていません。定性分析は、「システム思考」の方で主に取り上げる予定です。

この演習及びモデルでは、この3つの学習ポイントに注目して下さい。

1)アプローチ。

設問という形でリードしていますが、要素や関係を仮定したり、定義する進め方、考えの展開に注意して見て下さい。モデルはこういった自問自答を行いながら構築していくものです。逆に、こういった自問自答ができれば、モデルは構築できます。モデル構築ができないとすれば、それは、前工程での結果（定性モデル等）が定量モデルを作る上であまいすぎるか、定量モデルでの表現技術が未熟であるか、あるいは、モデルの対象に対する知識不足・理解不足に起因します。

妥当と考えられる範囲で決めた仮定をベースに大胆に進めています。例えば、イースター島にやってきた人の数を 200 人としています。これが 4,000 人だと大移動で、ちょっとした民族移動になります。未開の土地に開拓に行くのにこんな大人数は考えにくいですね。逆に 40 人だと、繁殖しにくいと思われます。200~400 人が妥当と思われる数で、そのうち保守的な数を選んでいきます。

2)人口の取り扱い方。

人口モジュールは、モデルのエンジン（推進分）の一つに組み込まれることが多いものです。例えば人口をベースに地域の総生産を計算するなど、人口をベースに計算することが多いので、是非習得しておいて下さい。後でパイプライン構造という別の人口モデルを取り上げます。このモデルでは、生誕率の決め方に注目して下さい。女性の結婚率、女性が生涯に産む子供の数といった情報で生誕率を決めています。

3)テーブル変数の取り扱い方

関数などで簡単に因子を決められない場合、よくテーブル変数を使います。SD モデル構築技術で一つのキーとなる項目です。

4)余裕のある人のための復習：

演習で余裕がある人は、私の小樽商大で実施したチュートリアルの観光モデルを作成してみてください。このモデルでは、以下の点に注目して下さい。

観光客は測定可能な値です。しかし、さらに、このモデルでは、印象、サービスなどの、計測しにくい変数も取り扱っています。

さらなるチャレンジとして、このモデルでは、町役場の観光担当職員としています。さらに余裕がある人は、町役場の職員ではなく、別の人になったつもりでモデルを再構築してみてください。例えば、この町でお土産を製造販売する会社の社長、ホテルの経営者など。

2.システム思考入門

今回は、以下の 3 項目を取り上げます。

- ・いろいろな人が言っているシステム思考-1（バリー・リッチモンド）
- ・初等 SD 教材「変化の形」
- ・演習-1

(1)いろいろな人が言っているシステム思考-1（バリー・リッチモンド）

昔から、いろいろな人が「システム思考」について言っています。「システム思考」という言葉は昔からあり、私が最初に「システム思考」だとして習ったのは、ブラックボックスと入力、出力として見る分析方法でした。久しぶりに日本の書店で、「システム思考」を解説した本を見てびっくりしたのですが、私には、悪循環構造の問題に対し、システム類型を当てはめて問題を分析する方法がシステム思考と考えられているように見えました。私自身は、これは少し違っているように思えるし、こういった理解をさせることには弊害もあると思います。まず、システム類型のような定性モデルになっても、そうシステムが振る舞うとは限らないし、さらには、そこがそう振る舞っても、他のループによって振る舞いが干渉を受けることはよくある話なので、システム類型を使って、ループがそういった動きをしていないかどうか、システムがそういった振る舞いをしていないかどうかを見ることは有効ですが、そうでないこともあるということ念頭に置いて考えるべきだと思います。また、これは分析ツールというか分析手法であり、システム思考は考え方や態度の話だと思います。考え方や態度がツールに置き換えられてしまうとそこで考え方や態度は終わってしまうように思います。

いろいろなシステム思考が存在しますが、共通しているのは、対象を「システム」、「メカニズム」で理解しようという点だけです。あとはまちまちです。今回は、バリー・リッチモンドの言っている「システム思考」を紹介します。彼は、センゲなど同世代の「システム思考」主張者の一人であり、彼の主張する「システム思考」は、いろいろな人が主張しているシステム思考の定義の中で一番バランスが取れていると私自身は思っています。バリー・リッチモンドは *ithink/Stella* の開発者で *isee system* 社初代社長です。もともと、当時は *High Performance Solution* という社名だったと記憶しています。米国で初等・中等教育に *ST/SD* を使おうという動きが、高校の先生を中心に起きた時、フォレストと共に支援を行い、初等・中等教育で、システム思考ができる人材を育てようとなりました。*isee system* で月間広報誌を出していて、そこで、*ST/SD* を使って、時事、例えば、銃を学校に持ち込み級友を殺害するといった事件や麻薬などの問題を取り上げ、どう考えるのかといったことを訴え続けたことが私には印象的でした。まだ *SD* でシミュレーションできるソフトは、*PC* ではアップルのマッキントッシュしか無かった時代でしたが、日本にも来て、*SD* 学会で *Stella* のことをいろいろ話してくれました。2002年に急逝し、その時に、彼の業績について私が *SD* 学会日本支部の研究会で発表したものをベースに、彼の主張する「システム思考」を説明します。

彼は、システム思考を、

- ・対象となる事象の持つ問題、あるいは課題を特定化し、
- ・その問題の原因を説明する仮説、あるいはモデルを構築し、
- ・そのモデルを使ってシミュレーションを行い、作成した仮説を検証するというやり方であり、
- ・もし、構築されたモデルで、同定した問題と同じ現象が再現できれば、その仮説を正しいものとして受け入れることができ、もし、現象が再現できなければ、モデルを改善し、再度テストを行い、正しいものとして受け入れられるまでに精度を高めていき、
- ・一旦、正しいと受け入れられる仮説が完成したならば、その仮説を使って、他人とコミュニケーションを行うことができ、変化を起こすことができる。
- ・こういった「考え方」や「態度」で物事を進めていくやり方を「システム思考」と呼ぶとしています。つまり、仮説をモデルとして表現し、モデルで仮説の正しさを確かめながら他人とコミュニケーションを行い、変化を起こしていくとする「考え方」と「態度」を「システム思考」としています。あくまで、「考え方」と「態度」であり、システム類型の話ではないのです。

この定義の上で、「システム思考」を進めていくには以下の7つのスキルが必要であると主張しています。

1)問題や課題を明確化し、モデル（あるいは仮説）で表現する範囲を決めるに際して：

- ・動的な思考
- ・因果システムの思考
- ・森を見る思考

2)モデルを構築するに際して：

- ・オペレーショナルな思考
- ・閉鎖ループの思考
- ・定量的思考

3)モデルを検証するに際して：

- ・科学的思考

「動的な思考」は、問題や課題を、行動や現象の時間に対する変化のパターンとして把握する見方のことで、イベントが発生した前後に注目し、イベントが突然発生したわけではないと考え、イベント発生の背後に存在する作用の関係性を理解し、イベントの発生を、

信頼できる精度で予測できないか考え、それが望ましいものでなければ、何か予防する方法がないかと考えます。このためには、BOT: behavior over time（挙動図）でトレースしていくことが有効です。

「因果システムの思考」は、システム内のメカニズムで問題が起きると考える思考で、問題を外部のせいにはしないという態度です。もちろん、「外部の力」でその問題となる状況が起きたということは間違いではないし、そのような外部の力は確かに存在するし、そのような外部の力でその問題が起きたということ自体も間違っているわけではないのですが、しかし、「そういった力に対して、何か緩和できないか、そういった力からの影響を抑えられないか」と自問してみることは可能で、問題は、システム内のメカニズムにあり、外部の力はきっかけにしすぎないと考えます。もし、システム内のメカニズムが健全であれば、外部のそういったきっかけがあっても、問題にまでは発展しなかったと考える考え方です。

「森を見る思考」は、何かを理解するには、その対象を内容と関係で理解できるとする思想で、そのために、全体像と必要かつ十分な詳細で対象を把握する姿勢のことで、諺に、「木を見て森を見ず、森を見て木を見ず」というのがありますが、木も見て森も見るという態度です。

「オペレーショナルな思考」とは、因果関係に注目し、因果関係によってどのようにふるまいが生成されるかに注目する思考で、メカニズムやシステムとして対象を理解し、プロセスとして理解するという態度です。

「閉鎖ループの思考」は、因果をプロセスの進行の中で考え、結果がフィードバックし、因果が相互作用すると考える思想です。

「定量的思考」は、計測できなくとも定量化が可能であり、計測を伴わない定量データも含めて、対象を定量的に把握しようとする思考で、定性ではなく定量で把握するという態度のことで、定量と言っても正確でなくともいいと思います。「多い少ない」といったいかげんなことではなく、「100 に対し 60 ぐらいなのか 30 ぐらいなのか」といった数量的感覚で知ることであり、仮定に数値を入れて推論することです。

「科学的思考」とは、全てのモデルは単に仮説に基づき動いているだけであり、常に限界があり、その限界の上で対象に取り組んでいくという考え方のことです。従って、モデルの構造が妥当かということを常に問う必要があります：

- －モデル対象の解釈、理解、視点が妥当か？
 - －必要かつ十分な要素が取り込まれているか？
 - －必要かつ十分な厳密さの水準でデータを取り扱っているか？
 - －モデルでの計算結果が妥当か？
 - －妥当な誤差範囲で過去の実績とモデル計算値が合っているか？
 - －モデルでの計算値は妥当な水準か？
 - －極端な場合を当てはめて、それでもモデルの構造は妥当と言えるか？
- という問いを常に仮説であるモデルで検証していく必要があります。

モデルを使って未来を予測することも重要だが、未来をどう変えていけるのかというレバレッジポイントを発見することが重要で、ST/SD は未来予測ではなく、仮定に基づく計算結果だということを念頭に置いておく必要があります。

以上が、バリー・リッチモンドが言っている「システム思考」です。私も同感で、「シス

テム思考」は、先のような「考え方」と「態度」のことだと思います。システム類型は、定性分析を行う上でのツールだと思っています。次回は、センゲの「システム思考」を取り上げたいと思います。

(2) 初等SD教材「変化の形」

これは、初等教育でST/SDを教えるために開発された教材で、変化ということに焦点を合わせています。初等教育用教材なので、ゲームなどを取り入れて、楽しく学ばせるという観点で、そのゲームの中で、生徒に、変化を体験させ、驚かせる、変化を予測する、議論する、実験で確かめてみるという立場で開発されています。また、数学とか社会といった縦割りの科目で教えるのではなく、総合的な学習という立場で開発されている点も注目すべき点です。

(3) 演習-1

ここでは、「変化の形」の中から、マンモス・ゲームとポテトフライを取り上げ、実施してみます。マンモス・ゲームでは、人間の関与というわずかな変化がマンモスの集団の絶滅をいかに早めるかを子供にどう体験させているかを子供の立場で体験してみてください。

ポテトフライは雑誌の記事ですが、記事からこんな風にキーワードを抜きだし、こういう風に定性モデルを作り、理解するのだと言う体験をしてみてください。

さらに余裕がある人は、「2つの島」にチャレンジしてみてください。こちらは、カムチャッカ沖に浮かぶ同じような2つの島のうち、一方には生物が満ち溢れ、もう一方にはあまり生物がないという謎に迫った本の一章です。本からも、先の記事と同じく、キーワードを抜きだし、定性モデルを作ってシステム思考的に理解を進めることができますし、米国では、初等教育でそういったことが行われています。

(以上)