

# システム・ダイナミクス入門

## 第1回目:概論編

1. システム・ダイナミクスとは(仮定義)
2. 方法論(概要)
3. 問題とは
4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

### 1. システム・ダイナミクスとは(仮定義)

2. 方法論
3. 問題とは
4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

## 1. システム・ダイナミックスとは(仮定義)

システム・ダイナミックスとは:

- 定量モデルと定量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)
- 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)
- ただ、私個人はこの理解は間違っていると思う。
- 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るらば、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・ダイナミックス」と定義し、講義を進める。
  - また、「システム思考」と呼ばれているものは、システム・ダイナミックスの中の定性分析の部分を目指すとする。

## 1. システム・ダイナミックスとは(仮定義)

モデルとは:

- 対象の持つ性格を抽象化し、簡略化したもの。
- モデル＝対象ではない
- いろんなモデルがありうる。モデルを作った人の解釈による。
- 全体像を把握するために使う。
- 全体像＝第3者の見た姿ではない。

1. システム・ダイナミクスとは(仮定義)

2. 方法論

3. 問題とは

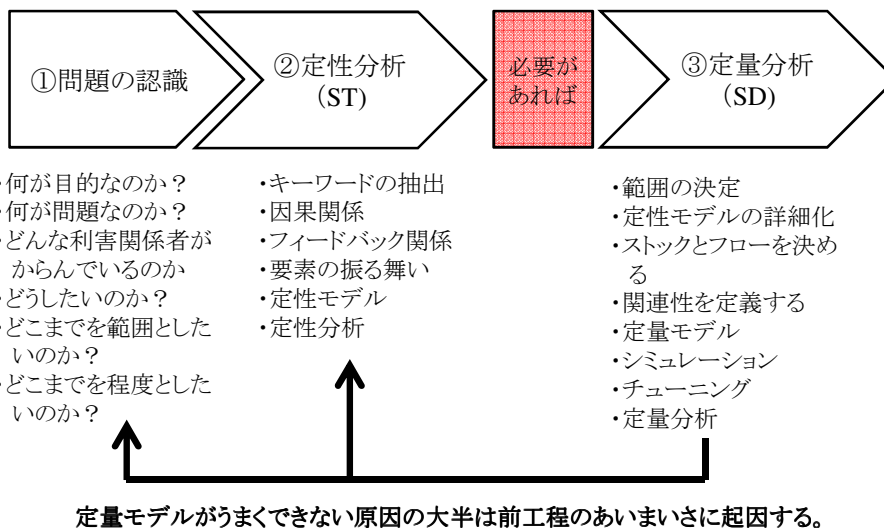
4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

## 2. 方法論

- 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、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。
- 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す。
- 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ない。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。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。

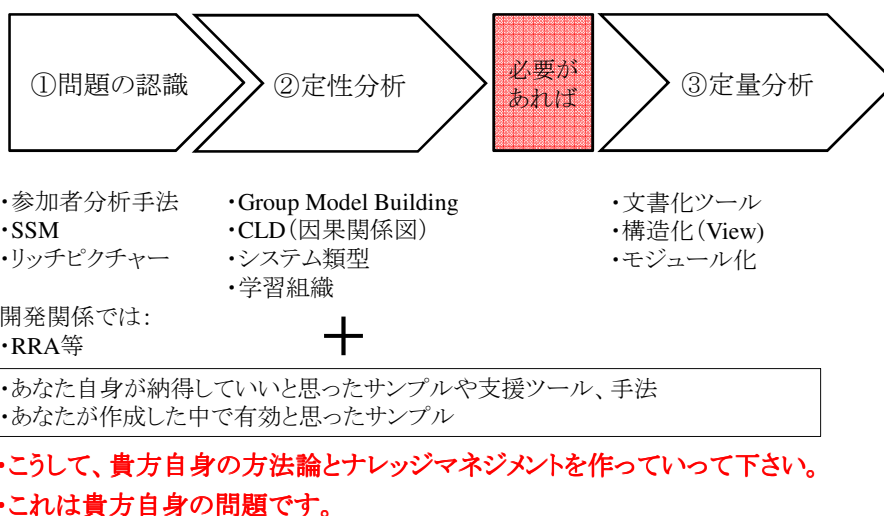
## 2. 方法論

どうシステム・ダイナミクスで分析を進めていくか：



## 2. 方法論

どんな支援ツールや手法があるのか？：



## 2. 方法論

- 自分のモデル・ライブラリーを作っていくしかない。
- 良いモデルは、次の仕事でのモデル作りで、コアとして使える。
- 良いモデルは、次に作るモデルでの部品として使える。
  
- 必ず自分で作った、自分が納得したモデルを収集していくこと。
  
- モデルは記述した文章と同じと考えて欲しい。
- うまく文章表現したものは、後の報告書でも使えるのと同じ。

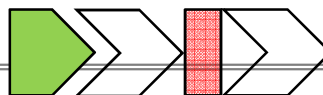
## 2. 方法論

- 定量モデルがうまくできない理由は主に3つ：
  - 前工程での結果(定性モデル等)が定量モデルを作る上で  
いまいすぎる
  - 定量モデルでの表現技術が未熟
  - 知識不足・理解不足
    - 知識や理解が不十分だと表現できない。
    - システムとして考える習慣が必要
    - われわれは、一般にあまりにも表面的にしか理解していない
  
- 知識不足という、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だが、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る。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る。

## 2. 方法論

- 定性分析(システム思考)で良く、定量分析まで進める必要がなければ、わざわざ定量分析をする必要はない。
- 費やす労力のレベルが圧倒的に違う
- 定量モデルを作る立場から見て、いかげん、曖昧なものでも、定性モデル側でいいのであれば、それでいいと思う。トップなどに説明する場合は単純化した方がいいことも多い。
- ただ、定量モデルを作る前に、定性分析を行うことは、問題を理解する上で有効。
- 例え、定性モデルが定量モデルを構築する上で使えるようなしるものではなくとも、問題の性格を理解する上で非常に役立っている。

## 2. 方法論



### ①問題の認識

- 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？

等

- これを先にある程度明確にしておかないと路頭に迷いかねない。
- もっとも、私は酒を飲むと(そして飲まない時も時々)いつも路頭で迷っていますが、、
- 場合によっては、事項によっては、後で決めてもいいこともある。

## 2. 方法論

### ①問題の認識

- ・何が目的なのか？
- －何を目的としてST・SDをやるのか？
- －問題の構造を探るため？
- －ソリューションを発見するため？
- ・では：
- －ある特化した問題の構造を示すモデル作りでいいのですね？
- －汎用的に問題や分野に応えられるモデルでなくていいのですね？
  
- ・ソリューションを発見する目的でありながら、汎用的な(そして複雑で大きな)モデルを作ろうと試みる人が多い。
- ・間違っているわけではないが、労力の大きさが違う。
- ・考え方も少し違う。何でも要素に取り込むのと、吟味して取り込まなければならぬのでは、考えるという労力でも違ってくる。

## 2. 方法論

### ①問題の認識

- ・何が問題なのか？
- ・これも結構曖昧なことが多い。
- ・問題は複合的なことが多いが、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」を尋ねているのだが、コミュニケーションの問題なのか、理解するのは大変。
- ・相手が問題だと言っていることが、違う人には、問題とまでは言えないことが多い。
- ・逆も真。インドに行くと、道でリキショーに轢かれそうになったり、水をぶっかけられたり、不良品をつかまされたりといろいろ小さな事故に合うが、そんな時、相手から、“no problem”と言われて済まされてしまう。
- ・芥川の作品で、映画化もされた「羅生門」という小説があるが、みんな、それぞれ見ている見方や、問題と思っているものが少しずつ違っているので、「藪の中」になりやすい。そういった違った見方を統合し、第3者的に見る理解が要求される。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る。

## 2. 方法論

### ①問題の認識

- ・何が問題なのか？(続き)
- ・チェックランドのSSM(ソフト・システムズ・メソドロジー)が問題を明確化するには有効なことも多い。
- ・財務のコンサルティングの話のつもりがいつのまにかICT(情報技術)の問題になっていたり、マーケティングの問題になっているように聞こえてしまうことがある。「売上が伸び悩んでいる」といった曖昧な話から経営コンサルに相談が持ちかけられる。「売上の伸びが鈍化している」のは問題だが、もっと突き詰めて、顧客やマーケットの問題なのか、製品の問題なのか、販売体制の問題なのか、、、
- ・中小企業ならばともかくも、ある程度大きな組織になると、少なくとも、開始点だけははっきりしないと、進められない。いつもみんなに集まってもらうわけにはいかない。出発点を間違えると、作業も理解も手戻りになってしまう。
- ・先にも触れたが、汎用モデルでない限り、コアとなる、あるいは対象とする問題を示す定量モデルを作るのであって、コアではないものや、直接対象ではないものために定量モデルを作ることは、少なくとも私はやらない。

## 2. 方法論

### ①問題の認識

- ・どんな利害関係がからんでいるのか？
- ・これは、作るモデルの対象分野によっては関係ないこともある。
- ・主に、問題の背景を理解するためにこの質問を行う。
- ・前にも述べたが、立場が違くと対象としている、問題を違うように見ていることが多い。
- ・問題を理解するために、インタビューで情報収集するが、見ている見方や世界観の違いを十分認識しないと、誤解してしまうことが多い。例:会社の経営戦略の問題は、社長と社員では見方が異なる。ただ、会社の経営戦略の問題は、社員にも関係してくることである。
- ・Stakeholder(利害関係者の性格、態度、行動、強み、弱み、可能性、脅威などを先に分析することで、モデル表現のための背景を理解しておくことが有効
- ・関係者分析(テキスト74頁～76頁、表6-1参照)
- ・SWOT分析



## 2. 方法論

### ①問題の認識

- どうしたいのか？
- 問題に対してどうしたいのか？
  
- 場合によっては後でもいいこともある。
- もちろん、分析して、ソリューションを出して、効果を計算するのだが、そういったプロセスを聞いているのではなくて、私はコミュニケーションが下手で、うまく言えないのだが、何をどうしたいからST/SDを使うのか？
  
- 例えば問題解決には：
  - － 根本的措置
  - － 対処的措置
- 分析して理解する程度でいいのか？（聞くとそうではないと言うにきまっているが、実際には、ふーん、そうかで終わってしまうことが多い。）

## 2. 方法論

### ①問題の認識

- どこまでを範囲としたいのか？
- 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？
- 汎用モデル
  - － 多くの問題を分析できる
  - － 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
  - － 大きなモデルになるので、モデル作成には労力が必要
  - － ただ、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
  - － しかし、だからと言って、本当に将来の問題に対応できる保証はない
  
- 特殊モデル
  - － 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
  - － 小さなモデルなので、モデル作りにはあまり労力はかからない
  - － 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する。
  - － 汎用的なモデルにするにしても、私はこちらが先(原型)と考えている。

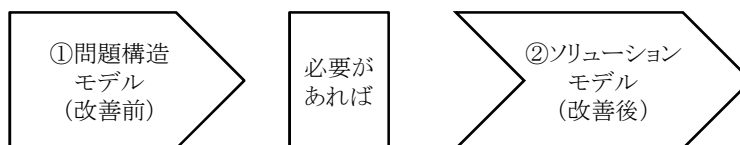
## 2. 方法論

### ①問題の認識

- どこまでを程度としたいのか？
- かなり正確な数字が必要なのか？
- 松本さんによれば、3つのモデルがある：
  - －定性モデル
  - －定量モデルだが、傾向を知ることを目的としたモデル
  - －定量モデルで、精度をある程度要求されるモデル
- どれにするかで労力が大きく違ってくる。
- 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と  
思っている。
- Starmanは、「全てのモデルはどこか必ず間違っている」と言っている。
- 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。でも、実態に合わないと言われ批判する人は多い。

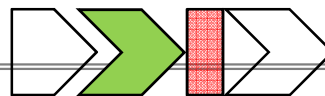
## 2. 方法論

これはSDの方法論ではないが：



- 問題がある現状の状況を表したもの
- As-Isモデルと呼ぶ
- ソリューションを導入し、問題が解決された理想的な状況を表したもの
- To-Beモデルと呼ぶ
- 経営コンサルティングでは、問題がある現状の状況を表したものと、提案するソリューションを導入し、問題が解決された(解決され)理想的な状況(に改善されていく)を表したものの2つのモデルを用意することが多い。
- この2つで、期待する改善効果などを論じることが多い。
- ただ、SDでは、一つのモデルで改善の前後を示すことができることも多いので、必ずという意味ではない。

## 2. 方法論



### ②定性分析:キーワードの抽出

- モデルを作る要素(キーワード)を探し出す
- 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
- 経営問題とか社会問題をモデルとして扱う際には、先に関係者社分析を行い、背景の共通理解を行っておくことも有効。
- 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
  
- 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。
- 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する。
- テキスト76頁の図6-2、73頁の図6-3参照

## 2. 方法論

### ②定性分析:因果関係

- 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。
- 正の関係
  - －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する。減少すると、結果側の因子の値も減少する。
  - －「+」、「S」などの記号を矢印の先に目印としてつける
  - －矢印を青にする。
- 負の関係
  - －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する。減少すると、結果側の因子は増加する。
  - －「-」、「O」などの記号を矢印の先につけて目印にする。
  - －矢印を赤にする。

## 2. 方法論

### ②定性分析:因果関係

- ・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6-5参照

## 2. 方法論

### ②定性分析:フィードバック・ループ関係

- ・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。
- ・次のような関係があります:

#### 正

ー ループ内の「ー」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。

ー 「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。

#### 負

ー ループ内の「ー」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。

ー 「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が、因子が合成因子であり、分解できる可能性があります。

## 2. 方法論

### ②定性分析:要素の振る舞い

- 要素の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、分解できる可能性があります。

## 2. 方法論

### ②定性分析:定性モデル

- 定性モデルにします。
- テキスト80頁、図6-6参照

## 2. 方法論

### ②定性分析: 定性分析

- 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6-7参照
- 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、6-9参照
- 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い
- 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
- 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。
- その先の別の因子の改善によってボトルネックの一つ先の因子を改善し、ボト  
ルネックに迫るという手法もある。
- 例: 82頁の図6-9では農村部からの人口流出が問題だが、これは解決しにくい。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。

## 2. 方法論

### ②定性分析: 定性分析

- 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。
- 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  
ことが多い。
- 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。
- 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く。
- 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する。

## 2. 方法論

### ②定性分析:定性分析

- 定量分析に近い方法だが、Vensimではグラフ関係だけでもモデルが作成できるので、重要でないかどうかを、ループを消去して結果を見ながら決めるという手法を採択できることもある。
- Vensim関連製品で、Molecureという製品があり、メイン・ループを見出す機能がある。

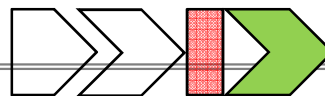
## 2. 方法論

### ②定性分析:

以下は、以降の講習会で取り上げますので、ここでは省略します。

- システム類型
- 一応、テキスト13頁～43頁

## 2. 方法論



### ③ 定量分析: 範囲の決定

- 非常に悲しい現実だが、いわゆるシステム思考と呼ばれている方法で作られた定性モデルは、それを忠実に定量モデル化できないことが多い。
- できても、モデルが大きく複雑になってしまうことが多い。
- 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る。
- 「何でも」はできないと最初から思った方がいい。
- メインのループに絞ったものを範囲とするのが妥当。

## 2. 方法論

### ③ 定量分析: 定性モデルの詳細化

- 定性モデルを、定量モデルにできるように詳細化する。
  - 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る。定量モデル作成には、さらなる分解が必要なことが多い。
- 例: 売上は、売掛金と現金収入に分解される。
- 後で述べるが、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む。
- 例: 「売上」だけだと、フローなのかストックなのか区別ができない。ストックになるような、各支店からの売上が流れ込み、費用が流れ出す「売上」、フローになるような、各支店からの売上を単純に合計しただけの「売上」の区別が必要。
- 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。これができれば、あとは詳細化していくだけ。



## 2. 方法論

### ③定量分析:ストックとフローを決める

- 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く。
- 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ない。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う。
- 最初から明確にストック、フローの区別がつくものもあるが、どっちとも言えない、モデルの作り方によるものもある。例えば、例に挙げた「売上」もそう。
- 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。

## 2. 方法論

### ③定量分析:関連性を定義する

- これ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る。関連があれば矢印で結び付ける。
- そして、関連について数式で定義する。
- ストックに関しては、Vensimが自動的に定義してくれ、定義式が出てくる。それを修正することも可能。
  
- フローを取り巻くストックの一連のモジュールができるので、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る。

## 2. 方法論

### ③定量分析: 定量モデル、シミュレーション、チューニング

- 定性モデルとして完成させる。  
テキスト90頁図7-1参照
- ただ、シミュレーションを行い、結果の表やグラフを見て、妥当性を検討する。
- 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修正していく。これをチューニングという。
- 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る。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。

## 2. 方法論

### ③定量分析: 設計論

- いきなり定量モデルに取り掛からない。
- 目的が明確ではないものを設計しない。
- 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。
- コンセプトモデルでコンセプトを十分確認しておく。
- 複雑かつ詳細なモデルは、このコンセプト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。

注: 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。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る。モデルは必要かつ十分であればいい。それ以上である必要はない。

## 2. 方法論

### ③定量分析: 定量分析

- ・シミュレーション結果を基に結論を導き出す。
- ・因子の値を離れたシミュレーションを行ってみて、結果を比較する。
- ・因子の値を変化させてみて、関連する因子の振る舞いの変化を分析する。

## 2. 方法論

### ③定量分析:

以下は、後の講習会で取り上げる予定ですので、ここでは省略します。

- ・文書化
- ・構造化
- ・モジュール化

1. システム・ダイナミクスとは(仮定義)
2. 方法論
3. 問題とは
4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

### 3. 問題とは

- 問題が、違う立場の人間にはどう見えているか？
  - 違う立場の人には違うように見えていることが分かればいい。
  - リッチ・ピクチャーで把握することで理解できることもある。
  - モデルは解釈をした人の見た姿。
- ProblemとIssueの違い
  - 今ある問題なのか、将来発生しうる問題なのか
- ST・SDでは問題は構造を持っていると考える。
  - 因果関係で構成されている。
  - 悪循環構造が存在することがある
  - ボトルネックが問題を引き起こしていることが多い
  - リバレッジが存在する可能性がある



1. システム・ダイナミクスとは(仮定義)

2. 方法論

3. 問題とは

4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

- ・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。
- ・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が、著者から翻訳及び利用許可を取っていないので、取扱いには注意して下さい。SDの定量モデルの作成方法がこんな感じで進められる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。

#### 4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

- 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。
- 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。
  - －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。

#### 4. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

- 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。
- 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。
  - －ここでは生誕率の決め方に注目して下さい。
- 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. 簡単なモデルをとりあえず作ってみよう(演習1)

- 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。
- 以下の点に注目してください。
  - 観光客は測定可能な値です。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。
- 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。

