

政策科学と分析ツール

佐原 寛二

論旨

政策科学は日本で新しい学問分野であるが、アメリカでは既に1951年にラスウェルが提唱している。公共部門の問題解決を科学的な根拠に基づいて分析し政策を検討する。事件や災害が発生したあとに講ずる対策とは大きく異なる。政策科学はおこりうる問題を事前に予測し、解決方法や対策を検討していく学問である。前もって問題への対応策や解決を検討することは公共部門だけでなく、民間企業でも経営科学として必要な考え方である。

しかしながら、事前に問題の所在を把握しその分析や対応策を行っておくことは容易ではない。その学問領域を科学的に進め政策科学をなりたさせるツールの開発がもめられる。ここでは政策科学を考える上で基本的な分析ツールを紹介する。第一は定性的分析で対象領域のデータベースの構築であり、第二は数量分析であり、第三はデータの得られない場合の分析ツールのシステム・ダイナミクスである。

1. リレーショナル・データベース

(1) データベース

データベースという言葉はよく使われる言葉であるが、使う人によってその意味は様々である。一般的にはパソコン通信等の市販のデータベース・システムにどのようにアクセスするかについての意味である。アクセスの仕方や情報の提供者や情報の形態などの説明である。第2は専門家が情報システムを構築するシステム・エンジニアの人たちの使う意味である。第3は情報をファイルに整理していつでも使えるようにする方法を論じる際に使う意味である。第4はノウハウの蓄積から知的所有権の対象として使う場合の意味である。このようにデータベースと言う言葉は、情報と言う言葉よりもより専門的立場で使う場合が多く、注意して意味を考えなくてはならない。

ここでは専門的立場からデータベースのモデルの変遷を考えていく。コンピュータの発展とデータベースは非常に関係が深く、データベースはコンピュータ内に構築された実世界のモデルであるといえる。その際、情報でなくデータベースと呼ぶにはデータベース中のデータが統合されていることが必要である。さらに組織としてデータベースを持つ場合には、データベースは組織体の共有資源となる。組織で統合したデータベースを所有して、様々な質問や応用にデータベースを利用していくことから、どのようなデータベースを構築するかは大きな問題である。コンピュータの立ち上がりからデータベースの技術は歴史的にネットワークデータモデル、ハイアラキカルデータモデル、リレーショナルデータモデルとして研究されてきた。

ネットワーク・データ・モデル

ネットワークデータモデルはデータの基本単位であるレコードを網の目状にポインターで結合する方法である。1963年にアメリカのGE社がIntegrated Data Store(IDS)として商用のデータベース管理システムとして開発した。その後COBOLを生み出したアメリカの団体のDBTGがCOBOL用のデータモデルを開発したのでDBTGネットワークモデルとも呼ばれる。

ハイアラキカル・データ・モデル

1968年にIBM社がデータベース・マネジメント・システムで商品化したInformation Management Systems(IMS)で最初に使った方法である。親レコードと子レコードとが木(トリー)状の階層構造になるようにポインターで結ばれている。この方式は長い間基幹業務システムで使われた。

リレーショナル・データ・モデル

ネットワーク・データ・モデルもハイアラキカル・データ・モデルもリレーショナル・データ・モデルが台頭するにつれて次第に使われなくなっていった。リレーショナル・データ・モデルはすべてのデータを数学的リレーションで表わしその関係を表(テーブル)にして表わす。考え方も数学の集合論をもとにしたもので理論として確立したモデルである。1988年にIBM社がハイアラキカル・データ・モデルをリレーショナル・データ・モデルに変更したことからリレーショナル・データ・モデルはデータベース・モデルの中心となっている。

(2) リレーショナル・データベース

リレーショナル・データ・モデルは、アメリカのE.コッド(Edgar F. Codd)によって1969年にIBMのリサーチレポートに発表された。この論文はデータモデルだけを示した論文であって、データベース管理システムは理論に含まれなかった。しかし、その内容は

- ・ 応用プログラムとデータは切り離さなければならない
- ・ データモデルは単純で明快でないといけない
- ・ データモデルは理論的基盤を持たなくてはならない

ことを提唱しており、今日のデータベースの発展に大きく寄与している。データベースの構築と管理を経験と勘による方法から理論的な方法に転換させた理論となった。また1970年代前半に、実現させる元となるリレーショナル・データ・モデルのデータベース管理システムの研究が始まった。ひとつはカリフォルニア大学バークレー校の開発したINGRESであり、もうひとつはIBMサンノゼ研究所の開発したSystem Rであった。INGRESは70年代中頃にデモンストレーション可能な段階となり、70年代後半にシステムとして完成された。System Rは1974年に着手し、1979年暮れにシステムを完成させた。こうした研究が実り80年代からリレーショナル・データベースが一般に普及した。

リレーションとは何か

コードによるとリレーショナル・データベースは数学の集合で使われるリレーション(関係)の集合であると定義された。

例えば下の表は何を意味しているのでしょうか。

表1. 具体的リレーション

失われゆく大気	エスポジート	坂本藤良グループ	講談社
大気汚染と自動車排気ガス	景山 久		技術書院
公害と住民運動	宮本 憲一編著		自治体研究所
公害の理論	木村 恒行		朝倉書店
固定廃棄物と公害対策	前田慶之助		理工図書

これは出版された書籍に関わる情報についての記載であろうと読みとることができる。このリレーション名はいわば「70年代の環境問題に関する書籍」である。属性を列として書籍名, 著者, 翻訳者, 出版社(以上属性名)を表にしてリレーションで示した。

表2. 70年代の環境問題に関する書籍

書籍名	著者	翻訳者	出版社
失われゆく大気	エスポジート	坂本藤良グループ	講談社
大気汚染と自動車排気ガス	景山 久		技術書院
公害と住民運動	宮本 憲一編著		自治体研究所
公害の理論	木村 恒行		朝倉書店
固定廃棄物と公害対策	前田慶之助		理工図書

第一正規形

リレーションを構成する元は他のいくつかの元の合成物でなければ単純であるとして、元は単純であることを求めている。単純化のために上記の例では著者と翻訳者を区別している。しかし翻訳本でない翻訳者は存在しないので同一の列で処理することもできる。事実出版され社会で売られている本では翻訳でない本の方が中心である。そこで一緒にして列を減らすようにすると著者・翻訳者の合成物となり、データの独立性が損なわれる。コードの理論ではこれらをすべて単純に属性を分割することをもとめている。このようなリレーションの関係は行と列で表現でき第一正規形と呼ぶ。こうすることによって、著者ごとに書籍があらわれ、同時に翻訳者にも書籍があらわれることになる。

ほかにも著者ごとのデータを参考にしてみよう。例えば著書を1冊書いた人と3冊書いた人の場合を考えてみよう。3冊の本を書いた人は、リレーショナル・データベースでは本ごとに3回登場してくることになり冗長や繰り返しにつながる。つまり著者が3回もでてる。一方で本を書いていない人は空値をとることで書いていないことを示す。

著者 A	著書 X, Y, Z
著者	著書名
著者 A	X
著者 A	Y
著者 A	Z
著書名 X	著者 A
	Y 著者 A
	Z 著書 A
著者 B	著書 - (空値)

空と空値

上記の例でわかるように翻訳されない書籍には翻訳者は存在しない。あるいは本を書いていない人がいる等では項目の内容や数値が入らない。このようにリレーショナル・データベースでは空や空値といった (バー) で示されるセルが存在してくる。さらにデータベース上で不都合が発生する場合には、等のような記号や数値を代わりに挿入することが起こってくる。

主キー

上記の書籍の例でリレーションとして取り上げられている書籍はひとつであることが求められる。他の本と識別するのに本の名前で分類していくと、例えば題名が「電子計算機」のような書籍は複数存在する。そこで書籍に番号をとっていきその番号で書籍を分けていくことが重複を防ぐ。社員は社員番号で分けていけば、他の社員と区別できる。このように唯一の識別子を設けていくことを主キーの設定という。

主キー	書籍名
00001	失われゆく大気
00002	大気汚染と自動車排気ガス
00003	公害と住民運動
00004	公害の理論
00005	固定廃棄物と公害対策

以上のような基本的な考え方を基にして一貫性のあるデータベース(同じものが主キーで別々に示されたりしない)、意味のあるデータベース(月の表示で13月等といった記載がない)を構築していくことが信頼できるリレーショナル・データベースとなる。

2. 数量分析 (データによる数量分析)

数量分析はパソコンの進歩によって非常に簡単になった。データである数値がわかればあとはグラフ操作は用途に応じて作ればよい。下記は日本の自動車の登録台数がどのように増加したかをしめしており、グラフ作成よりも数値を求める作業のほうが大変である。このような手法では、データの出所や出典がデータの信頼性を示すといって差し支えない。

(1) 自動車の増加の例

データベースによって分析された文献の示すところでは、環境問題と自動車保有台数とは大

きな関係がある。リレーショナル・データベース分析では自動車の台数の増加が大きな問題であることが時系列でしめされている。

図1よりあきらかなように、日本の自動車保有は極めて一本調子で増加してきたことが読みとれる。

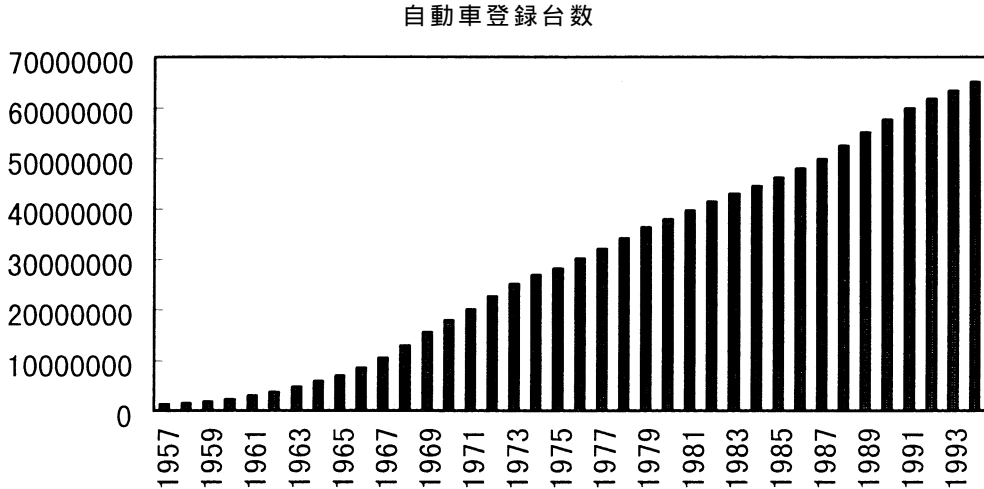


図1. 自動車登録台数
〔出典〕 自動車産業ハンドブック

(2) 二酸化硫黄の例

イオウ分の高い石油や石炭等を燃やすと二酸化硫黄が発生する。発展途上の国々が工業化を推進するうえでよく発生する問題である。二酸化硫黄は大気に混ざってやがて酸性の雨を降らすもとなる。

図2は、日本の工業化により汚染がすすんだが、環境規制の結果おおきな効果があったことを示している。

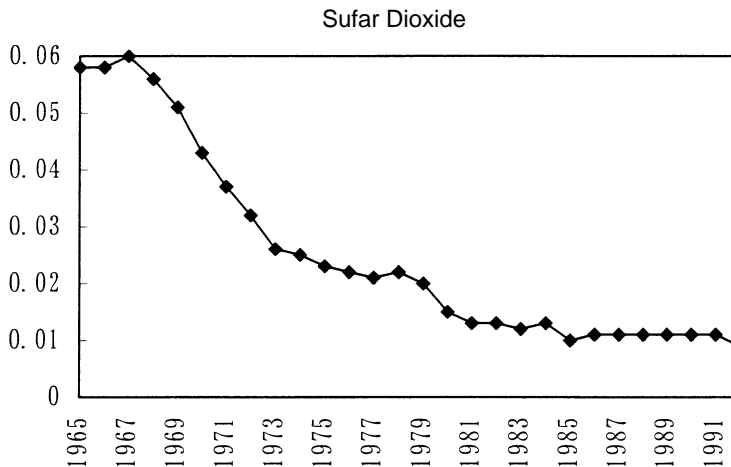


図2. 二酸化硫黄の大気中濃度 (単位 ppm)
〔出典〕 環境庁資料より作成

(3) 一酸化炭素の例

一酸化炭素は自動車などの排気や不完全燃焼により発生することがわかっており、人体に極めて有害である。70年代に高い濃度であったが、次第に改善されていることがわかる。

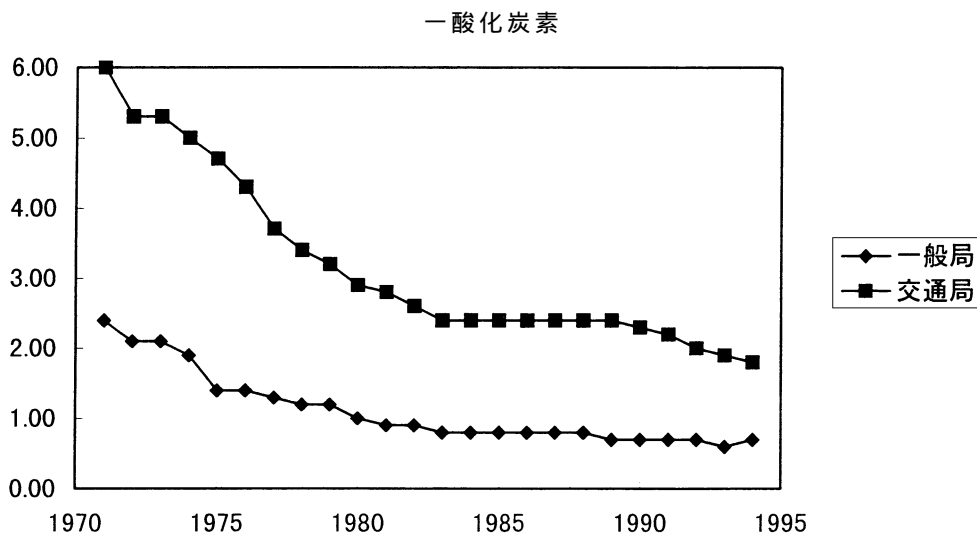


図3. 一酸化炭素の大気中濃度 (ppm)
〔出典〕 環境庁資料より作成

以上のように数値のあたえられた対象を分析するには、パソコンは便利な分析ツールになっている。

3. システム・ダイナミクス(SD)による分析

政策科学でもっとも問題になるのは、データや資料のない場合どうしたらよいかということである。それには因果関係を数式であてはめてシミュレーションで結果を予測していくシステム・ダイナミクスの手法が有効である。図4は一酸化炭素の大気濃度がどのような関係から減少してきたかをSDでしめしたフロー・ダイアグラムである。

SDでは方程式を組んでいくのに、レート変数とレベル変数とにわけて考えていく。レート変数とは関係をフローで示すものである。レベル変数は蓄積してたまっていく変数として考えるものである。例えば、自動車は保有台数がレベル変数であり、販売による新車登録と廃車によるスクラップがレート変数である。図4ではレベル変数に自動車の保有台数と汚染水準のふたつに絞ったフロー・ダイアグラムである。

フロー・ダイアグラムを作成して、次の段階は矢印で結んだ因果関係をひとつひとつ方程式で結んでいく。時系列での分析であることから差分方程式や統計の図表を使う。それらを埋めて初期値をいれて関係をシミュレーションしていく。自動車の台数の初期値は1970年の17,825,777台で統計データから適用した。

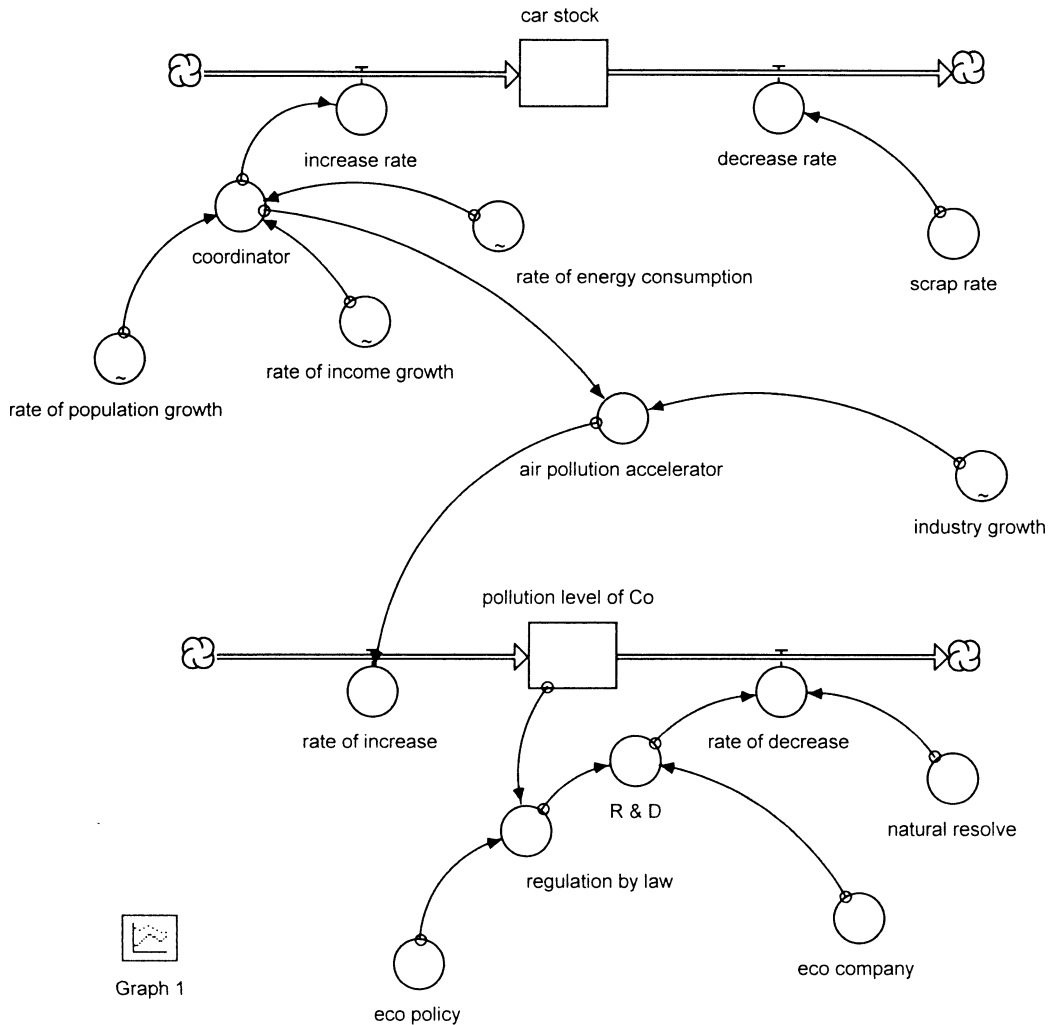


図4. 大気中の一酸化炭素の濃度のモデル分析

[参考]

$$\text{car_stock}(t) = \text{car_stock}(t - dt) + (\text{increase_rate} - \text{decrease_rate}) * dt$$

INIT car_stock = 17825777

INFLOWS:

$$\text{increase_rate} = 17825777 * \text{coordinator}$$

OUTFLOWS:

$$\text{decrease_rate} = 17825777 * \text{scrap_rate} \quad (\text{続く})$$

統計の図表の数値と方程式ですべて関係をいれてシミュレーションをしたのが図5の一酸化炭素の大気中の濃度の変化である。

1: pollution level of Co

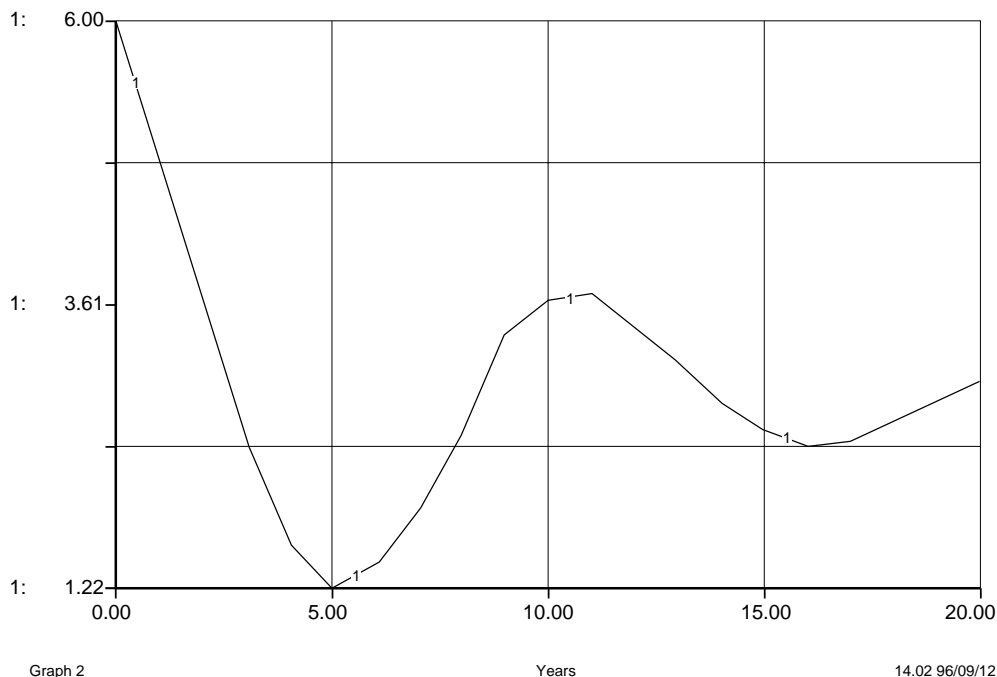


図5. 一酸化炭素の推移

以上、一酸化炭素がどのような関係で増減しているかのSDでのシミュレーションである。また数値を個別に操作することから、それにしたがって結果がどのように変化するかを検討することができる。このモデルを発展途上国に適用することで、自動車の増加と環境汚染を予測することができる。一度モデルとして考えればモデルベースの応用の範囲は拡大していく。政策担当者は気になる要因について、詳細に図を追加し方程式を組んでみる事ができる。

このようなシステム・ダイナミクスによる分析は、60年代の後半にローマ・クラブにより提唱された「成長の限界」で初めて多くの人の知るところとなった。当時はコンピュータのメインフレームを駆使してシミュレーションしたが、現在はパーソナル・コンピュータで分析できるツールにまで進歩している。

参考文献

- 増永良文 1991、『リレーショナル・データベース入門』サイエンス社。
 増永良文 1990、『リレーショナル・データベースの基礎』オーム社。
 宮川公男・小林秀徳 1988、『システム・ダイナミクス』白桃書房。
 島田俊郎(編著) 1994、『システム・ダイナミクス入門』日科技連。
 Dror, Yehezkel 1971, *Design for Policy Science* American Elsevier Publishing Co..