

## 自動二輪の技術革新シミュレーション

菅田紘介<sup>1</sup>、伊東啓<sup>1</sup>、上原隆司<sup>2</sup>、守田智<sup>1</sup>、吉村仁<sup>2</sup>、泰中啓一<sup>2</sup><sup>1</sup> 静岡大学大学院工学研究科システム工学専攻<sup>2</sup> 静岡大学創造科学技術大学院

## 1. はじめに

技術革新とは生産性が画期的に向上されるなど、経済において利益をもたらす技術上の発明を指す。最近の技術革新が起こった工業製品としては、スマートフォンやハイブリットカー、液晶テレビなどが挙げられる。このような製品が発明されると、様々な企業が製造し、多様にその製品が作られ、最終的には最も良い物を製造した企業が残る。本研究では、格子上のシミュレーションモデルを用いて解析を行う。このような手法を用い技術革新について研究した例は過去にほとんどなく、本研究は新たな試みである。

## 2. 自動二輪の歴史

戦後の2輪産業において起きた技術革新をシミュレーション対象としている。この時期に技術革新が起きた理由として、第二次世界大戦終戦後、日本の軍用機や軍用車を製造していた企業が航空機や自動車の製造を禁じられ、代わりにオートバイを製造販売するようになった事が挙げられる。終戦直前には、一社のみがオートバイ製造を続けていた状態であったが、その後多数のメーカーが乱立した。メーカー同士の競争が起きた事で、技術が進歩していったと考えられる。結果としては、ほとんどのメーカーが技術開発と市場競争で遅れをとり、次々と脱落していった。最終的には国内でのオートバイメーカーは現在知られている4社程となっている。

図1は、オートバイの馬力（排気量別）の時間的推移を表したグラフで、図2は企業数を示す。

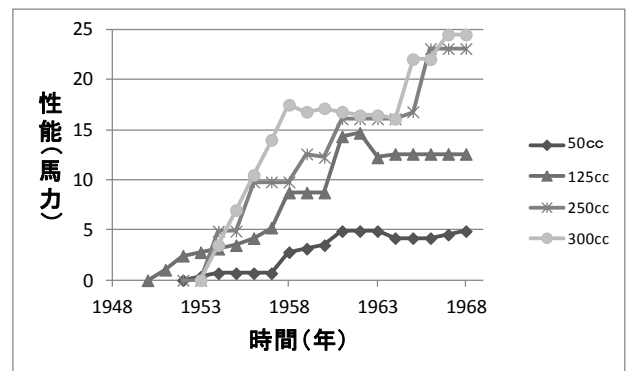


図1. 排気量ごとの戦後のオートバイの性能（馬力）の推移（出水力1991より改変）。

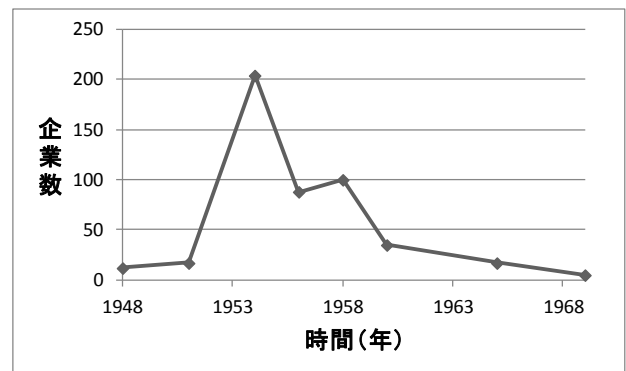


図2. 戦後のオートバイ製造企業数の推移。

## 3. モデル及びシミュレーション方法

## ・モデル

2次元格子空間上の製品モデルを用いる。格子空間は「仮想的」である。仮想的とは、空間の情報は無視するという意味である。各格子点は、オートバイ（車）が存在するか、存在しないか

の 2 状態とする。生産ラインによって、新しい車がつぎつぎと再生産される。また、不要となった車は、廃棄される。再生産と廃棄プロセスをコンタクトプロセス (Harris, 1974; Remenik et al. 2008) で表現する。まず発明された製品  $X_a$  を格子状に配置し、空地を  $O$  とする。製品が流通する時、製品  $X_a$  は流通 (複製) 率  $r_a$  で増加する。また製品が改良され、より良い製品となった場合、改良率  $\varepsilon_a$  で改良された製品  $X_{a+1}$  が増殖する。また、売れなくなり、使われなくなった製品は廃棄率  $m_a$  で廃棄される。この 3 つをまとめ、以下のモデル式を構築した。

$$X_a + O \xrightarrow{r_a(1-\varepsilon_a)} X_a + X_a \quad (1)$$

$$\xrightarrow{r_a\varepsilon_a} X_a + X_{a+1} \quad (2)$$

$$X_a \xrightarrow{m_a} O \quad (3)$$

(1)式は流通 (生産) プロセス、(2)式は改良プロセス、(3)式は廃棄プロセスをそれぞれ表している。

・シミュレーション方法

まず下図のような格子状に  $X_a$  を配置する。格子状からランダムに 1 点を選び、この点  $X_a$  だったならば、 $r_a(1-\varepsilon_a)$  の確率で流通し、ランダムに選ばれた 1 点に  $X_a$  が流通する。(図 3(a)) また、 $X_a$  は  $r_a\varepsilon_a$  の確率で改良が加えられ、ランダムに選ばれた 1 点に改良された  $X_{a+1}$  が流通する。(図 3(b)) さらに  $X_a$  は廃棄率  $m_a$  で廃棄され、空地  $O$  となる(図 3(c))。

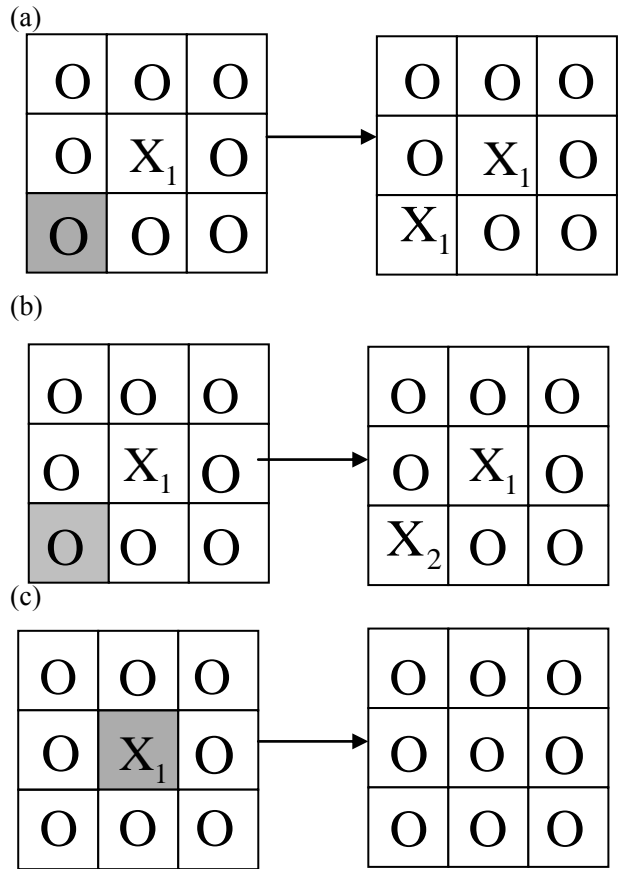


図 3. シミュレーション方法の模式図。(a). 流通プロセス。製品  $X_1$  の左下の空き地が選ばれ、流通確率  $r_1(1-\varepsilon_1)$  で  $X_1$  が流通する。(b). 改良プロセス。製品  $X_1$  の左下の空き地が選ばれ、改良確率  $r_1\varepsilon_1$  で改良された製品  $X_2$  が流通する。(c). 廃棄プロセス。製品  $X_1$  は廃棄率  $m_a$  で廃棄される。

ここで  $a$  は製品のレベルを表す指標として用いており、(4) 式のように定義する。

$$a = \frac{r_a}{m_a} \quad (4)$$

今回、モデルを簡素化する為、 $r_a$  と  $\varepsilon_a$  については一定の値をとっている。その為、製品レベル  $a$  と廃棄率  $m_a$  は反比例し、廃棄率の減少は製品

レベルの向上を意味する。

また、今回のモデルでは製品が改良される際、製品レベルは上昇するのみで減少する事はない。これは製品レベルの減少を加えたシミュレーションを行った結果、無視できる物と考えた。さらに、製品レベルの上昇にも制限を設けた。これは、現在のオートバイ市場にも見られるようにある程度市場が成熟化すると、数社による市場の寡占が生じる。その後、新たな技術革新が起きるまで工業製品のレベルに大きな上昇が見られないと考え、シミュレーション上でも  $a=100$  を上限とし、計算を行った。

### 3. 結果

シミュレーション開始直後、製品の種数が爆発的に増えている。その後、製品レベルの平均値が最大値に近づくにつれて、種数は淘汰されていっている。図 4 の結果は、図 1 と図 2 のデータとうまく対応している。

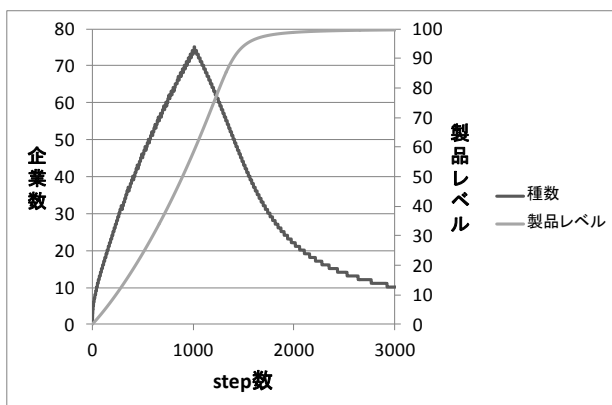


図 4. シミュレーション結果。製品レベルの平均値と製品の種数の時間変化。

### 4. 考察

図 4 は、実際のデータ (図 1 と図 2) をうまく説

明する。エンジン出力については多少のずれが見受けられるが、同等な外観をとっており、シミュレーション結果は有効であると考えられる。

現実のデータとシミュレーション結果とで違いが出た理由としては、シミュレーションの中では製品レベルが単純に廃棄率の逆数に比例していることが考えられる。本研究で用いたデータでは製品レベルは馬力としているが、実際には馬力に反比例して製品の廃棄率が限らない。実際には法規制や、需要の変化、景気の動向なども、企業数やエンジン出力へ影響していると考えられる。このような細かな定義や歴史的背景などを加味することで、より現実に即したモデルに近づけることができる。

### 5. 今後の展望

今回のシミュレーション結果では、細かな定義ができていなかった点から、現実のデータと結果との誤差が生じた。今後は歴史的な背景を踏まえ、さらに正確なシミュレーションを行う事を目標とする。また、オートバイだけでなく、他の工業製品にも適応できるのではないかと考え、テレビや自動車のシミュレーションも行う事も目標とする。また、用語を置き換えることで生物の適応放散など、他分野の研究にも応用が可能である。

### 引用文献

- Daniel Remenik 2008. The Annuals of Applied Probability, 18: 2392-2420.
- 出水力. 1991. オートバイの王国 (日本の技術) 第一法規出版.
- Harris, T. E. 1974. Contact interaction on a lattice. Ann Prob. 2: 969-988.