

# 予測の限界 ver.0.0.1

未来を予測することの難しさ

真鍋 周平

The Publisher なし



# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>仮説と予測</b>	<b>7</b>
1.1	指数関数による予測 . . . . .	7
1.2	一次関数による予測 . . . . .	9
1.3	ロジスティック関数による予測 . . . . .	11
1.4	最新の人口予測法 . . . . .	13
1.5	予測精度は仮説に依存する . . . . .	14
<b>第 2 章</b>	<b>人口の予測</b>	<b>15</b>
2.1	日本の人口の予測 . . . . .	15
<b>第 3 章</b>	<b>需要の予測</b>	<b>19</b>
3.1	思わぬ溝 (キャズム) . . . . .	21
3.2	新製品の需要予測 . . . . .	22
3.3	学問としての需要予測の限界 . . . . .	23
3.4	専門家の予測 . . . . .	24
<b>第 4 章</b>	<b>相場の予測</b>	<b>25</b>
4.1	相場を予測する . . . . .	25
<b>第 5 章</b>	<b>天気の予測</b>	<b>27</b>
5.1	天気の予測限界 . . . . .	27
5.2	身近なカオス . . . . .	28
	<b>関連図書</b>	<b>31</b>



## 前書き

この読み物は読書感想文がてら暇つぶしに書いたものである。ここでは恐れ多くも参考文献に挙げている名著の数々を紹介したい。

最初に文献に挙げている「FACTFULNESS」はビル・ゲイツが大学生に無料で提供したことで話題になった本だ。ビル・ゲイツは2018年にアメリカの大学を卒業した学生の希望者全員にこの本を配った。

「10の思い込みから解放されれば、癒され、世界を正しく見るスキルが身に付く」という受け売り通りの大変な名著である。私もこの本から多いに刺激を受け、癒された。

次に挙げている本は「非線形ダイナミクスとカオス」である。昔から気になっていた本で、日本語版が出たということで誕生日に嫁さんに買ってもらった本だ。数学的にハードコアな内容をエンジニアでも分かるように書いた傑作と言ってよい本だと思う。本を読めば物理学や情報工学を修めた人間が非線形な方程式に対してぼんやりと抱いている「モヤモヤ」が少しはすっきりすることだろう。

需要の予測の章では「イノベーションのジレンマ」「オープンイノベーション」を参考文献に挙げている。理系の人間には馴染みの薄い経営学という視点からイノベーションを分析したもので、今でこそイノベーションに関する著書が巷に溢れているが、古典にして外せない名著と言ってよいだろう。

「プラットフォームの経済学」も面白い本だ、プラットフォーム達のネットワーク効果を経済学的視点で分析したもので、未来の予測に頼る古典的な経営者を壮快にこき下ろし、機械（計算機）が人と企業の未来をどう変えていくかについて深い洞察を与えてくれる。

経済学の本は面白い本が多くて何を挙げようか迷ったが「マイクロ経済学の力」という本を紹介している。理系の人間であってもこの程度の経済学の知識はあってもよいだろうと思う。

相場の予測については本気で書き始めるとあっという間に5年は経ってしまうので、あっさりとした内容にまとめた。数多くの本を紹介したいところだが今や投資の世界では大人気となっているインデックスファンドの生みの親であるマルキール教授の書いた「ウォール街のランダムウォーカー」を紹介している。これも投資分野の伝説的名著と言ってよいだろう。



## Chapter

# 1

## 仮説と予測

数理モデルとは、現実世界のそれぞれ異なる側面や状況に焦点を当てた上で、物事の間を数学的に単純化したものである。

通常は数理モデルを作成する場合にまず仮説（根拠のようなもの）を考える。そして、その仮説が正しいとすると、次に何が起きるかを予測する。

数理モデルを予測に使う例として、これから3枚のグラフを使った3つの仮説と3つの数理モデルを使った予測を示す。

### 1.1 指数関数による予測

一枚目のグラフ（図 1.1）は世界の人口の過去1万年の推移を表したグラフである。

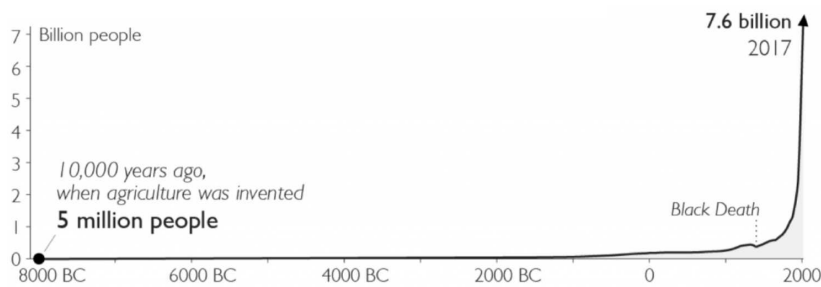


図 1.1: 世界の人口推移（過去1万年） [1]

このグラフを見ると世界も人口増加のスピードに戦慄を感じるかもしれない。特に20世紀以降の世界の人口は指数関数的に増加しており、こんなペースで人口が増加していけば将来どうなるのだろうか心配になるだろう。

21世紀は環境問題が深刻になり食料や水の争奪戦が起きるだろうとか、それが原因で戦争が起きるかもしれないとか、地球はもうすぐ住めなくなるので宇宙ビジネスをやろうとか、そんなことを考えるかもしれない。実際、このグラフは環境問題を扇動する人々に利用されることがある。

では世界の人口がこのまま指数関数的に増加するとどうなってしまうのか予想してみよう。ここでは、これまでと同様に、これからも指数関数的に人口が増加するという仮説を置いた数理モデルを使って2100年の世界の人口を推計してみる。

指数関数的に増加する生物の個体数増加の最も簡単な数理モデルは  $\dot{N} = rN$  で与えられる。ここで  $N(t)$  は時刻  $t$  における個体数であり  $r \geq 0$  は増加率である。この数理モデルは指数関数的な増加  $N(t) = N_0 e^{rt}$  を示す ( $N_0$  は時刻  $t = 0$  での個体数を表している)。

図 1.2 の中央列に 20 世紀以降の人口の推移を示す。次に、この人口の推移に  $N(t) = 20e^{0.015(t-1927)}$  の数理モデルを当てはめて計算した人口を図 1.2 の最右列に示す。ただし、 $t$  は西暦の年数を表すものとする。

西暦	人口 [億人]	数理モデル [億人]
1927	20	20
1959	30	32
1974	40	40
1987	50	49
1999	60	59
2011	70	71
2100	?	(予測) 268

図 1.2: 指数関数で予測する世界の人口推移

図 1.2 を見ると、確かに  $N(t) = 20e^{0.015(t-1927)}$  で計算された値と実際の人口の推移はよく一致している。つまり、20 世紀以降の世界の人口は指数関数的に増加していると言ってよいだろう。

こうした単純な指数関数的増加の人口のモデルを最初に提唱したのは 1789 年のマルサスだと言われている。マルサスは人口増加に比べて食料生産の増加率は低いので、このままでは早々に食料不足で人類は危機に瀕するだろうと 200 年以上前に警告した (が食料不足は発生しなかった)。

もしこのままの勢いで指数関数的に人口が増え続ければ、2100 年の人口はどのようになるだろうか?。この数理モデルを使って 2100 年の世界の人口を予測すると 268 億人という結果になる。



## 1.2 一次関数による予測

二枚目のグラフ（図 1.3）は一枚目のグラフをもう少し最近の限られた期間（1200 年以降）で拡大したものである。これを見ると人口はずっと指数関数的に増えているわけではなく、最近はある割合で線形に増加しているように見える。

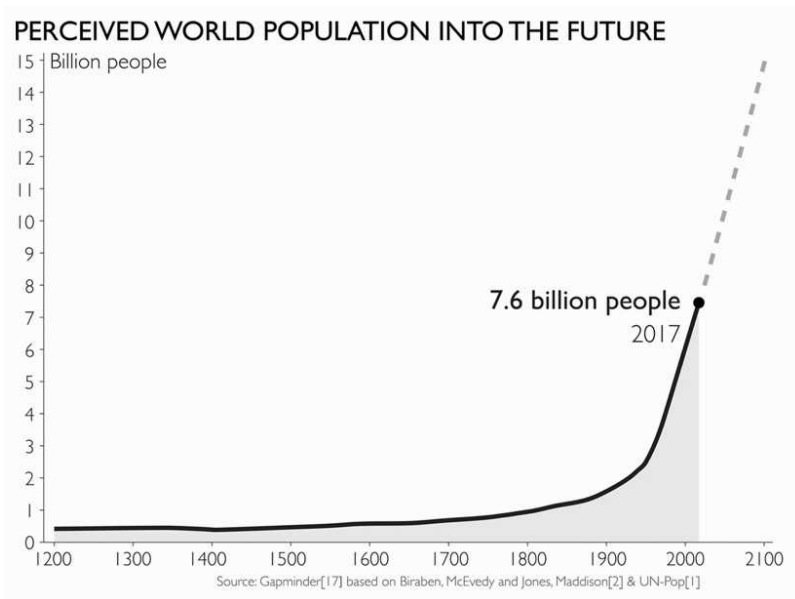


図 1.3: 世界の人口推移（1200 年以降） [1]

このグラフを見ると、どうやら今すぐ地球を脱出する必要はなさそうだと安心することだろう。少なくとも我々が生きている間は地球はなんとか持ちこたえられそうだと思うだろう。

今後、世界の人口は順調に増えるので海外にどんどん工場を作ろうとか、人口増加を前提とした年金制度を貧しい国に新設しようとか、環境問題が深刻になることには変わりはないから今すぐ手を打とうとか、そんなことを考えるかもしれない。

では世界の人口は今後、線形に増加するという仮説をもとに数理モデルを使って2100年の人口を予測してみよう。先ほどと違って数理モデルは  $N(t) = at + b$  とシンプルな形になる。ここで  $N(t)$  は時刻  $t$  における個体数であり  $a$  は変化率である。  $b$  は時刻  $t = 0$  での個体数を表している。

図 1.4 の中央列に 2000 年以降の人口の推移を示す。次に、この人口の推移に  $N(t) = 0.829(t - 2000) + 61$  の数理モデルを当てはめて計算した人口を図 1.4 の最右列に示す。ただし、  $t$  は西暦の年数を表すものとする。

西暦	人口[億人]	数理モデル[億人]
2000	61.43	61
2001	62.23	61.83
2002	63.02	62.66
2003	63.81	63.49
2004	64.61	64.32
2005	65.42	65.15
2006	66.24	65.97
2007	67.06	66.8
2008	67.89	67.63
2009	68.73	68.46
2010	69.57	69.29
2011	70.41	70.12
2012	71.26	70.95
2013	72.11	71.78
2014	72.95	72.61
2015	73.8	73.44
2016	74.64	74.26
2017	75.48	75.09
2100	?	(予測) 143.9

図 1.4: 一次関数で予測する世界の人口推移

図 1.4 を見ると、確かに  $N(t) = 0.829(t - 2000) + 61$  で計算された値と実際の人口の推移はよく一致している。つまり、2000 年以降の世界の人口は一次関数的に増加していると言ってよいだろう。

こうした一次関数による予測は人口予測の分野ではあまり利用されないが、その他の予測の分野ではよく利用される。人間にとって直線的に変化するものは分かりやすいし、「変化は直線的に続く」と思い込んでしまう本能（直線本能）[1] があるから、この式を見た人は「正しい式だ」と信じ込みやすい。

もしこのままの勢いで一次関数的に人口が増え続ければ、2100 年の人口はどのようになるだろうか？。この数理モデルを使って 2100 年の世界の人口を予測すると 144 億人という結果になる。

### 1.3 ロジスティック関数による予測

三枚目のグラフ（図 1.5）は国連が出している今後の人口推移の予測（2017年現在）である。これを見ると人口は今後増加の勢いが無くなり緩やかに収束していくことが分かる。

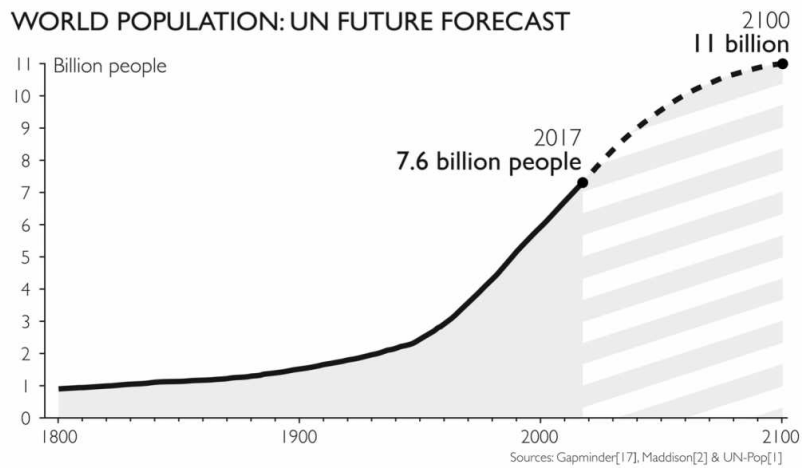


図 1.5: 世界の人口推移（国連予測） [1]

このグラフを見ると、これまでとは違った心配事が出てくる。

今後、世界の人口は伸び悩み急速に高齢化が進むのだからシニア世代をターゲットにしたヘルスケア事業や医薬品の事業が伸びるだろうとか、このままでは人口増加を前提とした世界中の社会保障制度が破綻してしまうとか、医療介護や認知症の問題が深刻になるだろうとか、そんなことを考えるかもしれない。

次に人口の過密さや、限りある資源の影響を考慮するために、個体数  $N$  が十分に大きくなると 1 個体あたりの増加率  $\frac{\dot{N}}{N}$  が  $N$  の大きさとともに線形に減少するという仮説をもとに数理モデルを使って 2100 年の人口を予測してみよう。

このとき数理モデルは  $\dot{N} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right)$  と少し複雑な形になる [2]。この数理モデルの解析解は  $N(t) = \frac{N_0 K}{N_0 + (K - N_0)e^{-rt}}$  となることが知られている。ただし、 $N_0$  は時刻  $t = 0$  での個体数を表している。先ほどの指数関数による予測のときと同様に  $N(t)$  は時刻  $t$  における個体数であり  $r \geq 0$  は増加率である。 $K$  は環境収容力と呼ばれて、人口が  $K$  に近づくほど増加率が鈍化するよう調整する係数である（人口が  $K$  を超えると増加率は負となることに注意してほしい）。

図 1.6 の中央列に 20 世紀以降の人口の推移を示す。次に、この人口の推移に  $N(t) = \frac{61.43 \times 115}{61.43 + (115 - 61.43)e^{-0.03(t-2000)}}$  の数理モデルを当てはめて計算した人口を図 1.6 の最右列に示す。ただし、 $t$  は西暦の年数を表すものとする。

西暦	人口 [億人]	数理モデル [億人]
2000	61.43	61.43
2001	62.23	62.29
2002	63.02	63.14
2003	63.81	64
2004	64.61	64.85
2005	65.42	65.69
2006	66.24	66.54
2007	67.06	67.37
2008	67.89	68.21
2009	68.73	69.04
2010	69.57	69.87
2011	70.41	70.68
2012	71.26	71.5
2013	72.11	72.31
2014	72.95	73.11
2015	73.8	73.91
2016	74.64	74.69
2017	75.48	75.48
2100	?	(予測) 110.21

図 1.6: ロジスティック関数で予測する世界の人口推移

図 1.2 を見ると、 $N(t) = \frac{61.43 \times 115}{61.43 + (115 - 61.43)e^{-0.03(t-2000)}}$  で計算された値と実際の人口の推移はよく一致している。また、最終的な 2100 年の人口の予測値は国連の予測値と一致していることが分かる。

こうした人口のモデルを最初に提唱したのは 1838 年のヴェアフルストであり、ヴェアフルストモデルと呼ばれている。この数理モデルを使って 2100 年の世界の人口を予測すると 110 億人という結果になる。

## 1.4 最新の人口予測法

ロジスティック関数についてやや補足的な説明をしておく、この関数は一定の気候と食物の供給があり、捕食者のいない状況における、単純な生物（バクテリアや酵母）の個体数の予測については効果を発揮することが知られている [2]。一方でハエなどの卵、幼虫、さなぎ、成虫からなる複雑なライフサイクルを持つ生物については、予測があまり一致しないことが知られている [2]。

一見、万能な予測モデルに見えるかもしれないが人のように複雑なライフサイクルを持つ生物の人口の予測に使うには少し無理があると言える。

第1章では簡単な数式で人口予測を行う例を扱っているが、実際の人口予測はコーホート要因法と呼ばれる手法が用いられることが多い。コーホート要因法では男女年齢別に区分された基準人口に対して、将来の出生率、将来の生存率、将来の国際人口移動率を仮定して人口の予測を行う。こうした最新の人口予測法の結果については第2章で取り上げる。

## 1.5 予測精度は仮説に依存する

ここで紹介した予測式では2100年の人口について268億人、144億人、110億人という3つの予測が示されている。あなたが将来の人口予測についてきかれたら、どの予測結果を示すだろうか？

「人類にとって最悪のケースは急激な人口増加がそのまま続くことなのだから、最悪のケースを予測して行動すべきだ」という理由で268億人という結果を示す人もいるだろう。

「いやいや最も妥当な仮説はロジスティック関数によるものだ。権威ある国連の出した予測と同じ結果なので最も正解に近いだろう」という理由でロジスティック関数の人口予測結果を示す人もいるだろう。

「複雑な世界の未来を単純な数式で予測することなどできるはずがない。数理モデルは物事を単純化しすぎている、私は未来の予測なんか一切信じない」という人もいるだろう。

既にお気づきのように、数理モデルの予測精度は、仮説の良し悪しに大きく依存している。しかし残念ながら「正しいと言える仮説」が存在するのは学問の世界のごく一部の分野に限られており、それ以外の多くの仮説は十分に検証されていないか、既に誤りが分かっているか、発表者の都合のいいように調整されたものであることが多い。

世の中のほとんどの未来予測はその根底となっている仮説について議論されることがない。権威ある期間が出した予測が独り歩きを始めて、誰もその根拠となった仮説に見向きもしないのである。

多くの予測は根拠（仮説）を示さずに一方的に未来を示す、一種の占いになってしまっている。

## 人口の予測

人口の予測は正確にできると考えている人がいるかもしれないがそれは間違いだ。こうした勘違いをする人は多くいると思う。

「未来を予測することは不可能である」と著書のあちこちで熱弁しているドラッカーでさえもこう書いている [3]。

人口構造は、購買力、購買習性、労働力に影響を与えるというだけの理由で重要なのではない。それは、人口構造だけが未来に関する唯一の予測可能な事象だからである [3]。

では人口予測はどのくらい当たるのだろうか？

### 2.1 日本の人口の予測

厚生省人口問題研究所（現厚生労働省社会政策・人口問題研究所）が 1969 年に出した全国将来推計によると 2015 年の人口は 1 億 3103 万人（予想低位置）から 1 億 4647 万人（同高位置）の間と予測されている。日本の人口は増加し続けるという仮説をもとにした予測だ。

この予測に対して実際の 2015 年の実際の日本の人口は 1 億 2520 万人だった。実際の 2015 年の人口は 35 年前の予想の最小値を大幅に下回っている。

ちなみに 1975 年の予測では 2050 年の日本の人口は中間値で 1 億 4482 万人となっている。これに対して最新の 2012 年の予測（国立社会保障・人口問題研究所）では、2050 年の日本の人口の予測値は 9604 万人となっている。

2050年の人口予測値は1975年から2012年の間に5000万人も減少したことが分かる(図2.1)。よく当たると思われている人口予測でも実はこの程度の予測精度しかない。

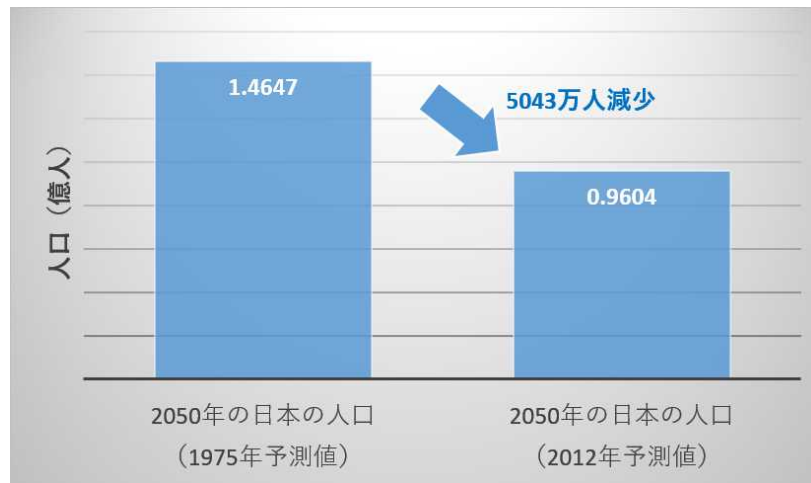


図 2.1: 2050 年の日本の人口予測値

これだけ人口予測の結果が変わってしまった原因は、想定以上に子供が生まれなかったからだ。図 2.2 に 1975 以降の出生率とその予測の推移を示す。少子化に対する 1975 年以降の予測がいかに楽観的だったかが分かる。

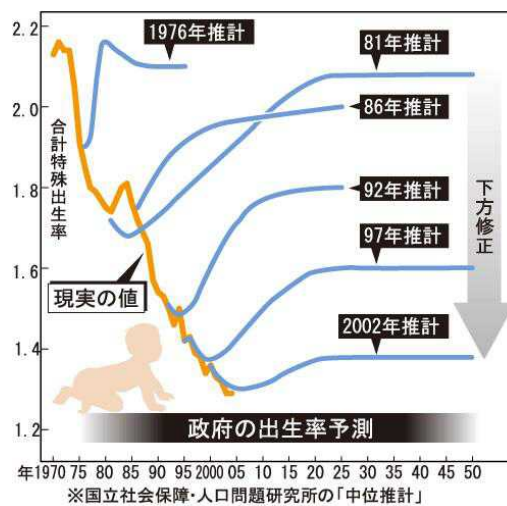


図 2.2: 日本の出生率とその予測の推移



生まれてくる子供の数を予測するのは専門家でも難しいことが図 2.2 の推計の歴史からよく分かると思う。新しく生まれてくる子供の数が正しく予測できなければ、数十年先の人口を正しく予測することなど不可能だ。

同じことは死亡する人の数の予測にも言える。深刻な感染症や大規模な災害が起これば、予測は大きく外れる。

2012 年の予測はかなり少なくなった出生率が今の水準でしばらく続くという仮説をもとに計算されたものである。この予測はある程度正確だろうと思う人もいるかもしれないが、筆者はかなり怪しいと思う。日本の出生率は歴史上、大きく変動してきたからだ。

都市化と少子化は江戸時代も問題になっており、江戸時代の日本の人口は 300 年間でほとんど変動しなかった。その後は大きな戦争と近代化を経て、急激な多子化時代に突入している。今はたまたま変化の少ない泰平の世で、少子化傾向が続いているだけで将来どうなるかは分からない。

当たらないからと言って、人口予測が無駄であるわけではない。他の予測に比べれば精度の高い予測ができるし（数十年の長期の予測であっても、誤差はせいぜい 100% 以内だ）、ビジネスに与える影響も大きいので予測結果を知っておいて損はないだろう。ただし、期待したほどの予測精度ではないと思っておいたほうがよい。



## 需要の予測

ビジネスマンになって仕事をスタートすると、「需要予測」の名のつくグラフをよく見かける。

2007年に自動車会社に入社した筆者がよく目にしたのは、当時、破竹の勢いで普及し始めていたエコカーに関する需要予測だった。

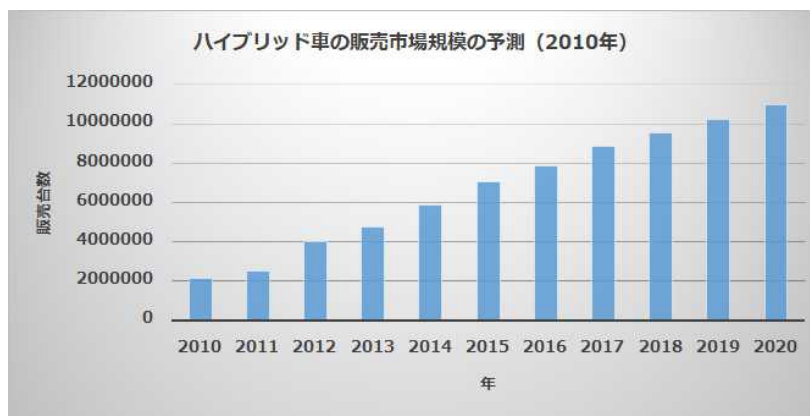


図 3.1: ハイブリッド車の販売市場規模の予測 (2010 年)

図 3.1 は 2010 年に野村総研が出したハイブリッド車の販売市場規模の予測である。ハイブリッド車時代の幕開けを期待させる強気の予測内容だった。

2019 年現在、この予測を振り返ると、残念ながらハイブリッド車はそれほど多くは売れなかった。2018 年の市場規模は 233 万台であり、2010 年から販売量はほぼ横這いで推移した。予測は大きく外れた。

ハイブリッド車の販売台数が伸び悩んだ要因はいくつか考えられる。内燃機関の改良が進んでハイブリッド車でなくても各国の厳しい規制値が突破できるようになったこと、中国政府の新エネルギー車の優遇策からハイブリッド車が外れてしまったこと、石油価格が安く推移したことで低燃費車の需要が伸び悩んだことなどが要因が考えられる。

代わりに 2019 年現在、よく見かけるようになったのが *IEA*（国際エネルギー機関）が 2012 年に出した図 3.2 のグラフである。

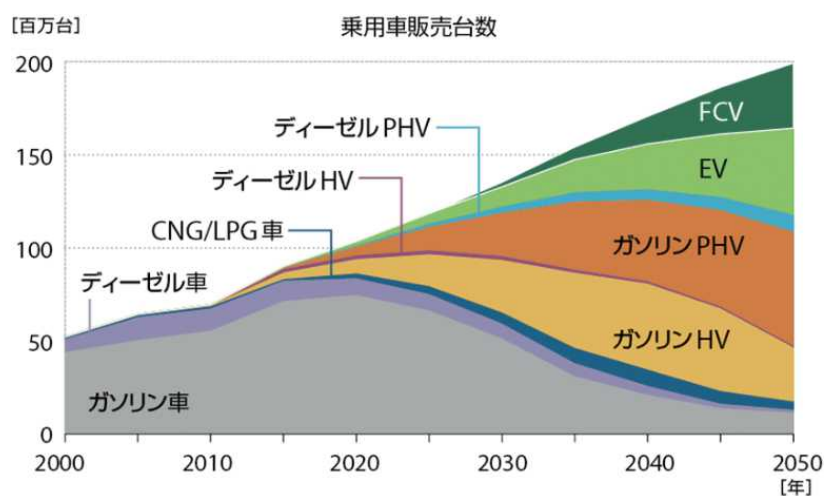


図 3.2: 世界の車種別シェアの予測 (2012 年)

*PHV* や *EV*, *FCV* の時代の幕開けを期待させる強気の予測である。この予測が正しかったかどうかは 2030 年頃に明らかになるだろう。どんな結果になるか自動車メーカーの社員としては楽しみだ。

### 3.1 思わぬ溝（キャズム）

こうした需要予測のグラフというのは車に限らずありとあらゆる製品で作られている。しかし、予測が当たることは少ない。特に市場に存在していない新製品の需要予測ほど予想が外れやすい。

ほとんどの新製品（やサービス）は出荷直後に販売数が加速的に伸びるので、出荷直後に「このままの勢いで伸びていけば大きな市場に育つ」と景気の良い需要予測が出されることが多い。

しかし、キャズム理論で言うところの「容易には超えられない大きな溝（普及率16%の壁）」を超えることができない商品が大多数であるため、出荷直後に勢いのあった商品の多くは売れ行きが伸び悩む。

こうした現象はハイテク業界でよく見られる現象であり、製品は一部のマニアに売れるだけで、多数派である慎重で合理的に考える購買層には売れることなく消えていく。

名称	市場での割合	特徴
イノベーター	2.5 [%]	誰も使っていない段階でどんどん使う
アーリーアダプター	13.5 [%]	新しく将来性を感じた時点で使う
アーリーマジョリティー	34 [%]	経済合理性や機能性に納得したら使う
レイトマジョリティー	34 [%]	ほとんどの人が使うなら使う
ラガード	16 [%]	基本的に使わない

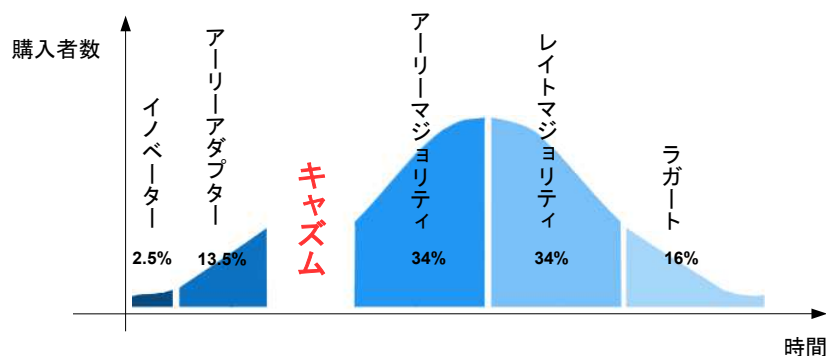


図 3.3: イノベーター理論とキャズム

「エコカー」と呼ばれる *HEV*, *PHV*, *EV*, *FCV* がこの壁を突破できるかは、今のところ未知数である。もしかしたら、10年後も今と販売台数は同じかもしれないし、販売数を大幅に伸ばしているかもしれない。

## 3.2 新製品の需要予測

市場が存在しない新しい製品の需要予測をすることは無駄だとする意見も多い（経営学の世界では特に多い）。このことはイノベーションに関する有名な著作「イノベーションのジレンマ」でも指摘されている [4]。

存在しない市場は分析できない。企業と顧客がともに市場を見出す必要がある。破壊的技術の用途となる市場は、開発時点では単にわからないのではなく、知り得ない。

（中略）

市場の将来が分かっていると思い込んでいるマネージャーと、発展途上の市場の不透明性を認識しているマネージャーとでは、計画や投資のしかたがまったく異なるため、このことは理解しておくべき重要なポイントである [4]。

特に欧米ではこうした考え方が主流になっており、

イノベーションの歴史では、テクノロジーの最終的な使用方法は、当初想定された使い道とは大きく異なっているものが多い [5]。

との前提をもとに、とりあえず最初の製品を作って、様々なマーケットにアプローチして、新しいテクノロジーの「使い道」を探ることが重要であるとする考え方が強い。

新しい市場を開拓するイノベーション技術について正確な将来の需要予測を行う方法は今のところ存在しないし、おそらくはこれからも存在しないだろう。もしそのような方法が開発されれば、イノベーションは誰でも起こせる世の中のありふれた出来事となり、もはやイノベーションとは呼ばれなくなっているだろう。

### 3.3 学問としての需要予測の限界

ありとあらゆる需要予測は外れる。それは需要予測の学問の分野では常識として語られる。需要予測に関する入門書にはこう書かれている [6]。

需要予測のコンサルタントをしていると、お客様から次のような質問を受けることがよくあります。「需要予測って当たるんですか？」そのとき我々は笑顔で次のように答えます。「もちろん当たりませんよ。」

(中略)

現在ある情報だけを使って将来どれだけ売れるか予測するのは、当たったらおかしいと思いませんか？「当社の需要予測パッケージはすごく当たりますよ」などと売り込んでくる業者があれば、ちょっと疑ってみたほうがいいでしょう [6]。

筆者も様々な過去の需要予測のスクラップを集めて、その需要予測がどのくらい正確だったか検証しているが、結果は惨憺たるものだ。

需要予測に用いられる数学モデルの多くは、工学的には単なる時系列信号のフィルタリングモデルである。簡単に言えば過去の信号から傾向（トレンド）を掴み将来を予測するというものだ。エンジニアから見れば、フィルタリングして計算した線を伸ばしていけば未来が予測できるという考え方はあまりにも楽観的すぎる。

### 3.4 専門家の予測

専門家の予測がいかに外れるかについては経済学，経営学，心理学の分野で数多くの研究結果があるので，筆者から改めて示すまでもないことだが一例を挙げよう。

政治心理学者のフィリップ・テトロックが率いるチームは，政治，経済，国際情勢など多くの分野での予測精度を評価する長期プロジェクトを1984年にスタートさせた。

(中略)

8万2千件の予測を調べた結果，「専門家の予測精度はチンパンジーのダーツ投げ並み」だというのである。これは由々しきことである。なにしろ企業では，将来予測に直接絡む仕事が多い[7]。

勿論，こうした予測を示す人間も，予測が外れることが分かって示している(と思う)。そんなに儲かると分かっているなら自分で投資するはずだが，そうした話はあまりきいたことがない。

人口予測に比べれば需要予測の予測精度はサイコロを振るのと同程度である。だからと言って，需要予測が無駄であるわけではない。今後どのような商品が売れる可能性があるか，その場合どのような開発のシナリオが考えられるのか，事前に知って準備しておくことは大切である。

専門家の出すレポートには需要予測の他にも，市場調査の結果や，業界のプレイヤーの分析結果，業界が抱えている課題やその解決方法などが書かれていることが多い。こうした情報はこれからビジネスを始めようとするときに大変有意義な情報となる。こうした情報は一見の価値がある。



## 相場の予測

市場経済のもとでは放っておけば、資源は最適に配分され（誘因整合性）、モノの値段はそのときどきの適正価格に直ちに収束する（情報効率性）。市場経済ではモノの値段は常に適正価格に調整されており、「割高」とか「割安」な値段で放置されることはない [8]。

こうした思想は、古くはアダム・スミスによって「神の見えざる手」と呼ばれ、現在のミクロ経済学の根幹を為す法則となっている。この法則は十分に検証された普遍的な法則であり、市場経済以上に優れた市場価格を決める方法は今のところ存在しない。

市場経済は新しい情報を速やかに織り込む能力に長けている。例えば為替や株の世界では、多数のプロがより高いリターンを上げようとする結果、全ての新しい情報はたちどころに為替や株価に織り込まれる。

為替や株の価格調整機能は凄まじく、2019年現在で為替は1日で4兆ドル程度（1年ではなく1日である）、株は1年間で50兆ドル程度の取引で価格が調整されている。

では「神の手」とも称される市場価格（相場）を予め予測することは可能なのだろうか？

### 4.1 相場を予測する

結論から言えば相場の未来を予測することは不可能だ。

相場を予測することに関してはメジャーリーガー級と言える欧米のファンドマネージャーの平均的な成績は市場平均を若干下回っており、長期に渡って市場平均を上回り続けるファンドはほとんど存在しない（存在しないと言ってもよい）ことが知られている。

これはファンドマネージャーが相場の未来を全く予測できていないことを示しており、ほとんど全てのファンドは長期的に見れば高い手数料分だけ市場平均を下回る運用成績となる。

投資関連の伝説的な名著「ウォール街のランダム・ウォーカー」の中でマルキールはこう述べている。

壁にウォールストリート・ジャーナル紙の株式欄を貼り、それに目掛けてサルにダーツを投げさせる。ダーツの刺さった銘柄を買ってポートフォリオを構成する。

(中略)

人間のファンドマネージャーが運用するアクティブファンドの運用成績は、このサルのダーツ投げファンドと何ら変わりはない [9]。

この意見に対して十分な反証を持った研究は今のところ存在していない。逆に多くの研究結果がこの意見の正しさを証明している。

日本の個人向けの代表的な金融商品である投資信託では、2019年に初めて市場の指数に連動する「パッシブ投信」の純資産が、銘柄選別をして高い収益を狙う「アクティブ投信」の純資産を上回った。

米国でもパッシブ投信に資金が流入しており、同じく2019年に初めて米国株を投資対象とする投信でパッシブが過半となった。投資家の多くもマルキールの意見に賛同していることが分かる。

#### パッシブ投信がアクティブ投信の純資産を初めて逆転した



図 4.1: 投信の割合

もしあなたが十分に説得力のある方法で市場価格（相場）を予測する方法を示せればノーベル賞受賞は間違いないだろう。1日で4兆ドルのお金が動く為替の世界で黙ってその方法を使えば世界一の（おそらくは人類史上一の）大金持ちになれるだろう。そしてその予測方法（投資の世界では「聖杯」と呼ばれる）を探すのであれば人生の多くの時間を無駄にすることだろう。

## 天気の子測

今では数日先までの天気はある程度正確に予測できるようになった。これは大気の動きを表す非線形連立方程式が確立され、その解を高速で計算するスーパーコンピューターが実用化されたためだ。

このままコンピューターの計算能力と観測精度が上がっていけば一週間先や半年先の天気が正確に予測できるはずだ。そうなれば「地球規模の農業革命が起こる」などと一昔前（50年ほど前）の科学者達は興奮した。

しかし、そうした科学者の夢物語を打ち砕いたのはMITの気象学者のローレンツだった。ローレンツは1960年代にカオス理論によって2週間を超える大気の動きの長期予測は不可能であることを示した。これは長期の天気予報の不可能性を示す衝撃的な出来事だった。

### 5.1 天気の子測限界

カオス理論とはある種の力学系では「ほんのわずかな初期値の差」が、時間が経つほどに予測不可能な結果の差を生み出すとする理論である。

ローレンツは大気の運動を解析するために単純化した以下の式を作成し、その式（ローレンツ方程式）がカオス的な振る舞いをすることを示した。

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -px + py \\ \frac{dy}{dt} &= -xz + rx - y \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz\end{aligned}$$

ローレンツの発見は大気循環モデルの式が完璧なものであっても、大気を持つ非線形性特有の性質によって、初期値（観測値）の極めてわずかな違いが長期的な予測結果に大きな影響を及ぼすことを意味している。

気象観測は数十キロメートル間隔でしか行えないし、観測誤差も大きい。しかも観測行為そのものによって大気の状態も微妙に変化してしまう。このた

め、正確な初期値を観測することはできず、よって長期の予報は不可能ということになる。

ローレンツの予言から50年経った今でも2週間を超える長期予報を実現する方法は見つかっていない（半球規模の予測であり、晴れの多い砂漠の天気を予報するといったものではないので注意）。また、多くの学者が長期の天気予報は本質的に不可能だと考えているようだ。

## 5.2 身近なカオス

カオスは気象学だけに見られる特別な現象ではない。身近な例でいうと二重振り子が有名である。

振り子の先端にもう一つの振り子を連結すると、振り子の動きはカオスとなる。大学でカオスの講義を受けるとこの例がよく紹介される。2つの玉が2本の紐で繋がっているだけでこうした現象が発生するのは大変興味深い。他にも病気やウワサ、新製品の流行などの社会モデルに利用されるSEIRモデルもカオス的な挙動を示すことが知られている。

第1章で紹介したロジスティック方程式の離散時間版であるロジスティック写像もカオス的な挙動を示す。ロジスティック写像はシンプルな仮説に基づいて作成した

$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n)$$

という極めて単純な非線形写像にも関わらず、非常に複雑なダイナミクスを示す。単純な仮説に基づくシンプルな非線形式でさえもカオス的な挙動を発生させるということだ。

こうして見ると複数のものが関連し合う世の中の非線形な現象（つまり、我々が予測したいと思っているほぼ全ての現象）はカオス的な要素を含んでいて本質的に予測不可能なのではないかしら？という疑問が湧いてくる。我々の未来を予測しようとする努力の多くは本質的に報われないものなのかもしれない。

## 後書き

数々の「予測」についての本を読んできたが、「予測」を学術的に扱った著書（まともな本）の多くは「長期の未来予測はできない」「人の予測は猿がダーツを投げて予測するのと同程度だ」ということで意見が一致している。

ここで紹介したような「未来の予測問題」は本質的に科学で扱うことのできない問題だ。

科学で扱うことができる問題は再現可能な問題だけである。誰が調べてみてもいつでも同じ結果になる「再現性」こそが科学の信頼性を担保しているからだ。

こう考えると物理学や数学のように、「個別の現象の厳密な再現性が取れる学問以外は科学的ではない」という話になりがちだがそうではない。

大勢の人間の全体の考え方を調べる学問である経済学や、非常に複雑な世界を扱う生命科学であっても、同じ実験（調査）をして同じ結果が得られるなら十分に科学的と言える。

逆に言えば同じことを繰り返せば同じ結果にならないもの、あるいは同じような条件の実験（調査）を二度とできないようなものは科学で扱うことはできない [10]。皆が未来を予測したいと思っているものの多くは、本質的に科学で扱うことはできない問題の部類に入る。

私も仕事で未来の予測をよく目にするが

- 仮説の分からないものは信じない
- 非線形な予測は信じない
- 線形な予測も信じない（笑）
- 遠い未来の予測は信じない

ということにしている（つまり何も信じていないということだ）。

昭和のビジネスマンは「先見の明」を重要視していたようだが、平成のビジネスマンは予測不能な未来を前提として、どうすれば仲間が増えるか「ストーリー」を考えることに四苦八苦ししてきた。時代は変わったなと思う。

令和のビジネスマンがどうなるか今から楽しみだ。



## 関連図書

- [1] ハンス・ロスリング, オーラ・ロスリング, アンナ・ロスリングロンランド. FACTFULNESS 10の思い込みを乗り越え, データを基に世界を正しく見る習慣. 日経 BP 社, 2020.
- [2] Steven H. Strogatz (田中久陽, 中尾裕也, 千葉 逸人訳). ストロガッツ非線形ダイナミクスとカオス. 丸善出版, 2015.
- [3] P.F. ドラッカー (上田 惇生訳). マネジメント 基本と原則. ダイアモンド社, 2010.
- [4] クレイトン・クリステンセン (玉田 俊平太監修, 伊豆 原弓訳). イノベーションのジレンマ. 翔泳社, 2014.
- [5] Henry Chesbrough (大前 恵一郎訳). *OPEN INNOVATION*. 産業能率大学出版部, 2013.
- [6] 浅田克暢, 岩崎哲也, 青山行宏. 在庫管理のための需要予測入門. 東洋経済新報社, 2016.
- [7] アンドリュー・マカフィー, エリック・ブリニユルフソン (村井 章子訳). プラットフォームの経済学. 日経 BP 社, 2018.
- [8] 神取道宏. ミクロ経済学の花. 日本評論社, 2018.
- [9] バートン・マルキール. ウォール街のランダム・ウォーカー. 日本経済新聞社, 1999.
- [10] 中谷宇吉. 科学の方法. 岩波新書, 2006.