

第 2 章

2.5 アルコールの吸収と事故危険率

01ca0125 鈴木 藍
2002 年 6 月 11 日

目 次

概要	3
レポートの目的	3
1 仮定の式	3
1.1 34 ページのグラフの式	3
1.2 モデルの解	4
2 単位の整理	4
2.1 ポンド	4
2.2 オンス	4
2.3 ブルーフ	5
3 血中アルコール濃度の計算	5
4 プログラムの作成	6
4.1 ソース	6
4.2 実行結果	6
まとめ・結論	8
感想	8
参考文献	9

概要

第2章 2.5にあるアルコールの吸収と事故危険率でアルコールの血中濃度と事故危険率をモデル化した式の解を導きだす。また、このモデルを使ってプログラムを描き、それぞれの定数を変えてプロットし、比較した。

レポートの目的

微分方程式で使われている変数を現実世界の言葉に置き換えながら式を解く事を意識する。

1 仮定の式

ここでは、アルコールの吸収と事故危険率の関係を、自動車事故の危険率を R 、血中アルコール濃度を b 、としてこのモデルの仮定である微分方程式をたてている。

1.1 34 ページのグラフの式

このページの図 2.8 上のグラフの点は 広範な調査から分かったものであり、曲線は アルコールの吸収と事故危険率をモデル化した仮定の式

$$\frac{dR}{db} = kR$$

で描かれている。これを解いて

$$\begin{aligned}\frac{dR}{db} &= kR \\ \frac{1}{R} \frac{dR}{db} &= k \\ \int \frac{1}{R} \frac{dR}{db} db &= \int k db \\ \int \frac{1}{R} dR &= kb + A\end{aligned}$$

ここで、 A は積分定数である。公式 $\int \frac{1}{x} dx = \log x$ であるから

$$\log R = kb + A$$

もし、 $b = 0$ (アルコールの血中濃度が 0) で、事故の危険率が 1% として、 $R_0 = 1$ とすると $\log 1 = A$ となるので $e^A = 1$ である。

$$\begin{aligned}R &= e^{kb+A} \\ &= e^{kb} \cdot e^A \\ &= e^{kb} \cdot 1 \\ &= e^{kb}\end{aligned}$$

よって、

$$R(b) = e^{kb}$$

となり、この仮定の解となる。ここで 定数 k がでて来るが、これはアルコールを体内にある量吸収した時の意識の不確かさ、一般的に言う「酒に弱いかどうか」であり、値が大きいほど酒に弱いと考えられる。何故なら、この式は k の値が大きいほど (酒に弱いほど) 事故危険率は上昇するようなモデルであり、一定量酒を飲んだ時の (血中アルコール濃度 b の時の) 事故危険率 R からこの k が求められるからである。

1.2 モデルの解

このモデルの解を求めるために、定数 k を求める。 k を求める式は

$$\begin{aligned} R(b) &= e^{kb} \\ \log R &= kb \\ \frac{\log R}{b} &= k \end{aligned}$$

である。ここで、 $b = 0.14\%$ で $R = 20\%$ とすると k は

$$\begin{aligned} \frac{1}{0.14} \log 20 &= k \\ 7.1428571 \times 2.9957 &= k \\ 21.397857 &= k \end{aligned}$$

となり、 k は 21.4 である。よって、このモデルの解は

$$R(b) = e^{21.4b}$$

である。

2 単位の整理

34 ページには、使い慣れない単位がでて来るので、これを整理した。

2.1 ポンド

1 ポンドは $453.6g$ の事である。

2.2 オンス

1 オンスは $28.4cc$ 、ここで cc は cubic centimeter。 $1cc = 1ml = \frac{1}{1000}ml$ である。

2.3 プルーフ

日本では酒のアルコール分を表示するのに容量パーセント (Percent by Volume) 方式を採用していて、ヨーロッパの大部分の国も日本と同じ容量パーセント方式である。これは気温 15℃で、100ml の液体中に何 ml のエチルアルコールが含まれるかを指している。よって、100ml 中 1 ml のエチルアルコールが含まれていればアルコール度数 1 度になります。

しかし、アメリカやイギリスのように重量パーセント (Percent by Weight) 方式を採用している国もあり、この場合に使っている単位がプルーフ (Proof) である。プルーフ表示では 100g の液体に含まれるエチルアルコールの重量で表わす。

同じプルーフ表示でも、アメリカのプルーフ (American Proof) とイギリスのプルーフ (British Proof) では基準が違いため大きく異なり、アメリカン・プルーフでは華氏 60 度 (摂氏 15.6 度) の純水を 0 プルーフ、純エチルアルコールを 200 プルーフと規定している。100 % のエチルアルコールは 200 プルーフとなり、容量パーセントを用いる日本のアルコール度数を 2 倍したものがアメリカン・プルーフである。

イギリスのプルーフは 基準が複雑との事。

3 血中アルコール濃度の計算

アルコールの血中濃度は、以下の式で計算が出来る。

$$\text{アルコールの血中濃度 (\%)} = \frac{\text{飲酒量 (ml)} \times \text{アルコール度数}}{833 \times \text{体重 (kg)}}$$

例として、34 ページの 図の観測対象となっている男性で計算してみると、飲酒量は 5 オンス飲んだとして、 28.4×5 で 142ml、酒のアルコール度数は 42%、体重は 453.6×160 で 72.57kg となる。この時のアルコールの血中濃度は 0.10% で、酔い加減は「ほろ酔い」くらいである。以下は、血中アルコール濃度に対する 酔い加減 の関係を表した表である。

表 1: 血中アルコール濃度と酔態

血中濃度 (%)	酔いの状態
0.02 ~ 0.04	爽快期。判断が少し鈍くなる。
0.05 ~ 0.10	ほろ酔い期。体温上昇、脈が速くなる。
0.11 ~ 0.15	酩酊初期。立つとふらつく。
0.16 ~ 0.30	酩酊期。千鳥足、吐き気、呼吸が速くなる。
0.31 ~ 0.40	泥酔期。まともに立てない、意識混濁。
0.41 ~ 0.50	昏睡期。揺り動かしても起きない。死亡の恐れあり。

4 プログラムの作成

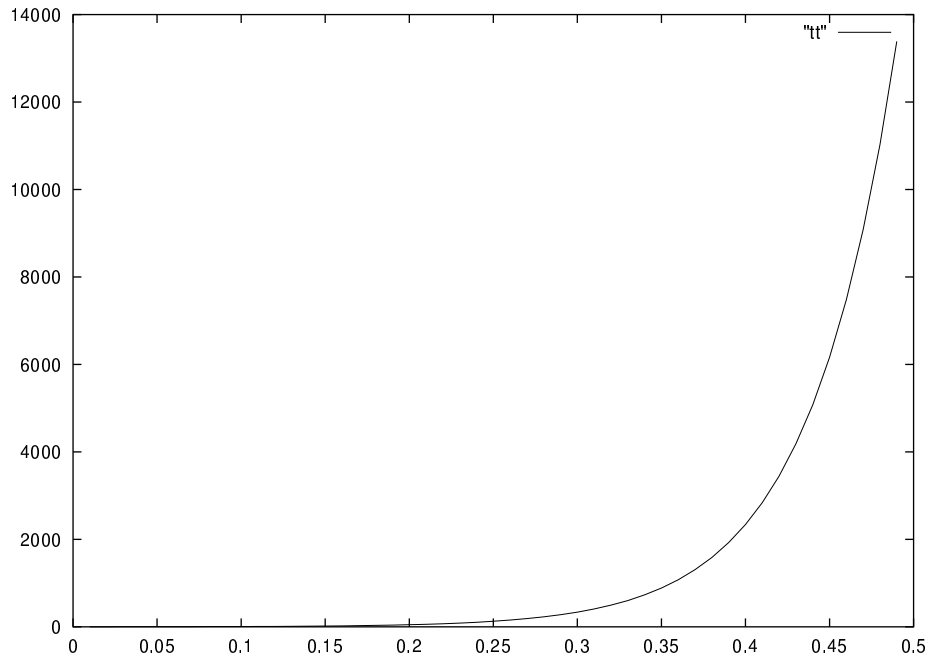
実際に このモデルの式を表すプログラムを作成した。ここで $k = 21.4$, b は 表 1 から、飲む前の状態 0.01 から 死亡する程の状態 0.5 までの間 0.01 ずつ 増加し、 R の 初期状態は 1.0 とした。

4.1 ソース

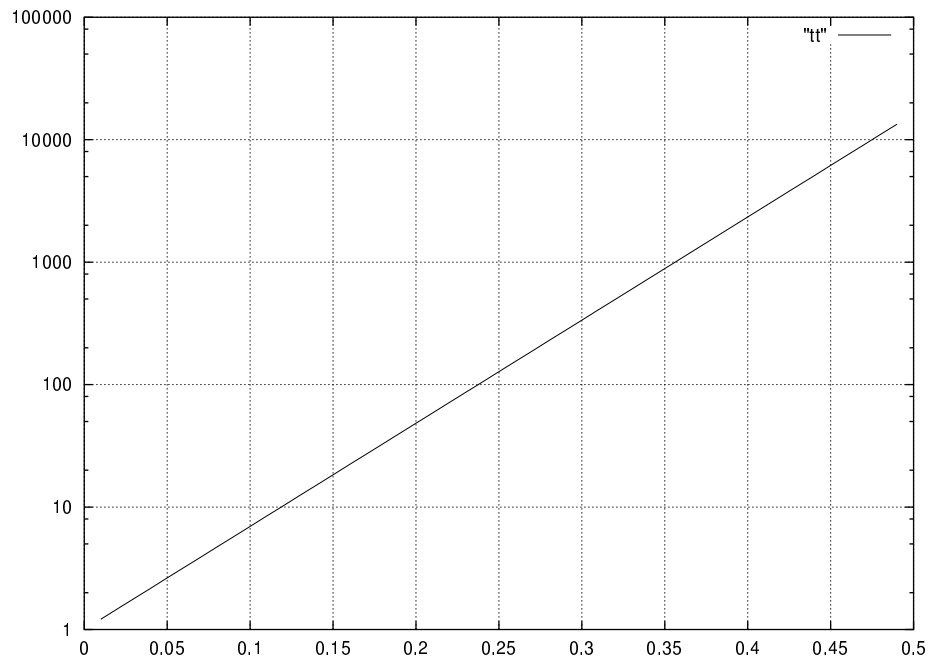
```
#include <stdio.h>
main()
{
    double R, b, db, k;
    db = 0.01;
    R = 1.0;
    k = 21.4;
    for (b=0.01; b<0.5; b+=db) {
        printf("%f %f\n", b, k*R*db+R);
        R = k*R*db+R;
    }
}
```

4.2 実行結果

以下は、このプログラムの実行結果であるデータをそのままプロットした結果である。横方向の軸が b 、縦方向の軸が R である。

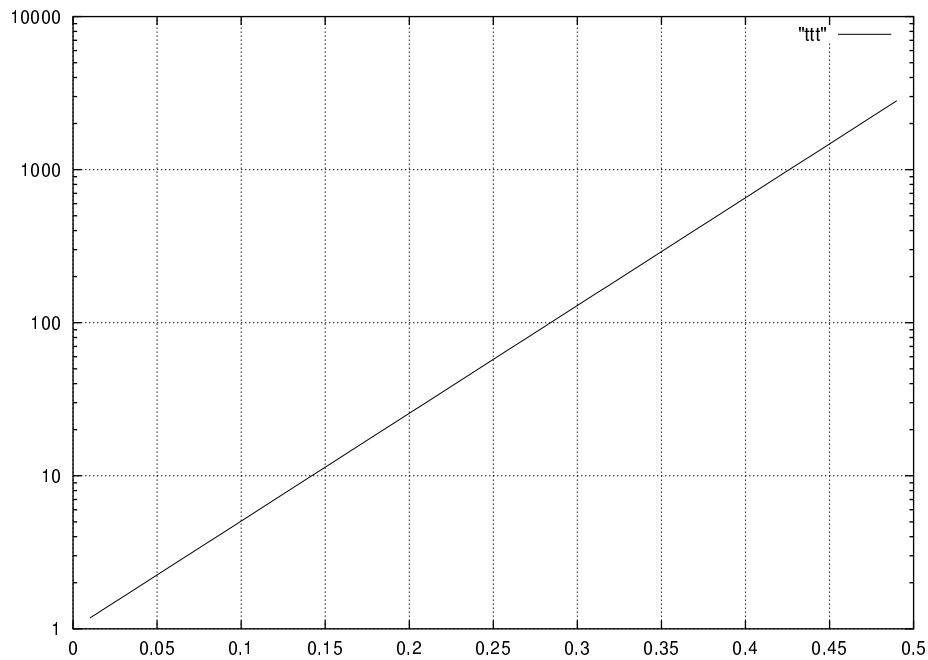


モデルの解の式通り、指数関数的に増加している。しかし、これだとなんだか分かりにくいので、y 軸を log scale にしてみた。以下がそのグラフである。



見やすくなった。35 ページでは 血中アルコール濃度が 0.22 % の時に 事故率が 100 % であるという結果がでているが、このグラフを見ると、やはり 0.2 ~ 0.25 の間で R (縦軸) が 100 になっている。

ここで、もうすこし酒に強い体質の人を実験してみる。血中アルコール濃度が $b = 0.17$ の時に 事故率 $R = 20$ として、 $k = 17.6$ にして プロットしてみる。



この体質の人は、血中アルコール濃度が 0.28～0.29 の間で 事故率が 100 % になる。

まとめ・結論

この微分方程式の定数 k は 酒の弱さを表し、値が大きいほど血中アルコール濃度が低いうちに、事故率が大きくなる。しかし、本の意図はこの題名にある「アルコールの吸収」が k と考えていたかもしれない。なぜなら、吸収の速さ k が大きいほど b の値が小さいうちに 事故率が上るとも考えられるからである。しかし、アルコールを多く吸収しても抑制がある程度利く人もいるし、アルコールを少し吸収しただけで前後不覚になる人もいるので、 k は「吸収の速さ」ではなく、「酒の弱さ」が妥当ではないかと考える。

感想

はじめて微分方程式を使って現実のモデルを解いてみたが式の意味が理解できて面白かった。しかし、なんでも この式で解決するのは無理があるような気がするが、まだよくわからない。

参考文献

[1] 酔ってなに？

<http://www.suntory.co.jp/arp/what.html>

2002 年 6 月 10 日 参照

[2] 「お酒と楽しくつき合うために」

<http://www.suntory.co.jp/health/library/001203.html>

2002 年 6 月 10 日 参照

[3] ウィスキー雑学

http://homepage1.nifty.com/stylish_gallery/top/thebar.html

2002 年 6 月 10 日 参照