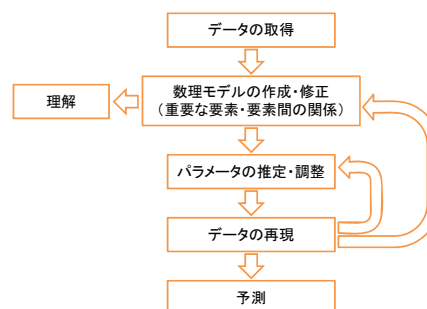


第8回 情報教育講習会 情報教育コース Excelによるシミュレーション (人口変動・携帯電話普及)

2007/08/21
情報科学部 情報科学科 仲 隆

シミュレーションの目的と方法



2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

2

その1) 人口変動

- 方法
 - 1970～1971年のデータでパラメータ推定
 - その後(～2006)をそのモデルで推定
- 仮定
 - マルサスのモデル: 出生数と死亡数は人口に比例する。
 - ヴェアフルストのモデル: 死亡の比例定数自体も人口に比例する。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

3

人口変動データの取得

- 総務省
(<http://www.soumu.go.jp/>) / 政策・統計情報 / 統計局の統計
→ 総務省統計局ホームページ
- 総務省統計局ホームページ
(<http://www.stat.go.jp/>)
- 分野別一覧 / 人口・世帯
- 総合統計書等 / 日本の長期統計系列 / 第2章 人口・世帯
- 2-1 男女別人口・人口増加及び人口密度(明治5年～平成18年)(エクセル: 84KB)
(<http://www.stat.go.jp/data/chouki/02.htm>)



2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

4

人口変動のデータ(単位千人)

1950	84115	1960	94302	1970	104665	1980	117060	1990	123611	2000	126926
1951	84541	1961	94287	1971	106100	1981	117902	1991	124101	2001	127316
1952	85808	1962	95181	1972	107595	1982	118728	1992	124567	2002	127486
1953	86981	1963	96156	1973	109104	1983	119536	1993	124938	2003	127694
1954	88239	1964	97182	1974	110573	1984	120305	1994	125265	2004	127787
1955	90077	1965	99209	1975	111940	1985	121049	1995	125570	2005	127768
1956	90172	1966	99036	1976	113094	1986	121660	1996	125859	2006	127770
1957	90928	1967	100196	1977	114165	1987	122239	1997	126157		
1958	91767	1968	101331	1978	115190	1988	122745	1998	126472		
1959	92641	1969	102536	1979	116155	1989	123205	1999	126667		

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

5

人口変動の数理モデル

- マルサスのモデル
 - 英国の経済学者(1766～1834)
 - 人口論(1798)
 - 出生数と死亡数は、人口と時間区間に比例する。

$$N(t): \text{時刻} t \text{での人口}, \Delta t: \text{時間間隔}$$

$$\text{出生数} = \alpha N(t) \Delta t$$

$$\text{死亡数} = \beta N(t) \Delta t$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

6

マルサスのモデル

$$\begin{aligned}
 N(t + \Delta t) - N(t) &= \text{出生数} - \text{死亡数} \\
 &= \alpha N(t)\Delta t - \beta N(t)\Delta t \\
 &= (\alpha - \beta)N(t)\Delta t \\
 &= \lambda N(t)\Delta t \\
 \text{ただし、} \lambda &= \alpha - \beta \\
 N(t + \Delta t) &= N(t) + \lambda N(t)\Delta t \\
 &= (1 + \lambda\Delta t)N(t)
 \end{aligned}$$

マルサスモデルのパラメータ

$$\begin{aligned}
 N(t + \Delta t) &= (1 + \lambda\Delta t)N(t) \\
 \text{時間間隔} \Delta t &= 1\text{年} \\
 N(1971) &= (1 + \lambda)N(1970) \\
 1 + \lambda &= N(1971) / N(1970) \\
 \lambda &= N(1971) / N(1970) - 1 \\
 &= 105145000 / 103720000 - 1 \\
 &= 0.0137389
 \end{aligned}$$

演習：人口変動データの入力

1. タイトル行を入力。
※年のタイトルはなし。
2. 1970～2006の年と人口変動データを入力する。

演習：人口変動の予測

1. λの下のセルに「=C3/C2-1」と入力。
2. 予測の行の1970に「=C2」と入力。
3. 予測の行の1971に「=(1+\$F\$2)*B2」と入力。
4. B3の内容を残りの予測行(B4～B38)にコピー。

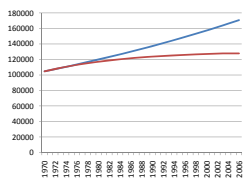
演習：誤差の計算

1. 誤差のセル(D2)に「=ABS(B2-C2)/C2」と入力。
2. D2の内容を残りの誤差行(D3～D38)にコピー。

演習：人口変動グラフの作成

1. データ範囲(A1～C38)を選択。
2. 折れ線グラフを指定。

人口変動グラフ(マルサスモデル)



$$N(t + \Delta t) - N(t) = \text{出生数} - \text{死亡数}$$

$$= \alpha N(t)\Delta t - \beta N(t)\Delta t$$

$$= (\alpha - \beta)N(t)\Delta t$$

$$= \lambda N(t)\Delta t$$

ただし、 $\lambda = \alpha - \beta$

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \lambda N(t)\Delta t$$

$$= (1 + \lambda\Delta t)N(t)$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

13

マルサスモデルの修正

- ヴェアフルストのモデル
 - オランダの数理生物学者
 - 人口過密の影響を導入(1837)
 - 出生数と死亡数は、人口と時間区間に比例する。死亡の比例定数は人口に比例する。

$$N(t): \text{時刻} t \text{での人口}, \Delta t: \text{時間間隔}$$

$$\text{出生数} = \alpha N(t)\Delta t$$

$$\text{死亡数} = \beta N(t)\Delta t = \varepsilon N(t) \cdot N(t)\Delta t$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

14

ヴェアフルストのモデル

$$N(t + \Delta t) - N(t) = \text{出生数} - \text{死亡数}$$

$$= \alpha N(t)\Delta t - \beta N(t)\Delta t$$

$$\beta \Rightarrow \varepsilon N(t)$$

$$= \alpha N(t)\Delta t - \varepsilon N(t) \cdot N(t)\Delta t$$

$$= (\alpha - \varepsilon N(t))N(t)\Delta t$$

$$N(t + \Delta t) = N(t) + (\alpha - \varepsilon N(t))N(t)\Delta t$$

$$= (1 + \alpha\Delta t - \varepsilon N(t)\Delta t)N(t)$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

15

ヴェアフルストモデルのパラメータ

$$N(t + \Delta t) = (1 + \alpha\Delta t - \varepsilon N(t)\Delta t)N(t)$$

時間間隔 $\Delta t = 1$ 年

$$N(1971) = (1 + \alpha - \varepsilon N(1970))N(1970)$$

$$N(1981) = (1 + \alpha - \varepsilon N(1980))N(1980)$$

$$\alpha = 0.0687452$$

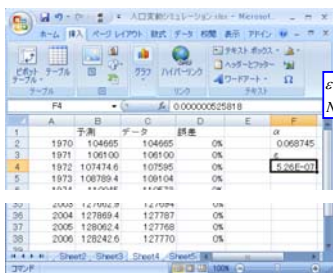
$$\varepsilon = 5.25818 \times 10^{-7}$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

16

演習: 人口変動の予測の修正



$$\varepsilon = 5.25818 \times 10^{-7}$$

$$N(t + \Delta t) = (1 + \alpha\Delta t - \varepsilon N(t)\Delta t)N(t)$$

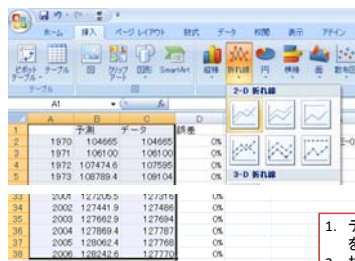
1. ε の下のセルに「5.25818E-7」と入力。
2. 予測の行の1971 (B3) に「 $= (1 + \$F\$2 - \$F\$4 * B2) * B2$ 」と入力。
3. B3の内容を残りの予測行 (B4~B38) にコピー。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

17

演習: 人口変動グラフの作成2



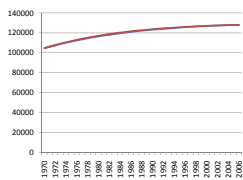
1. データ範囲 (A1~C38) を選択。
2. 折れ線グラフを指定。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

18

人口変動グラフ (ヴェアフルストモデル)



$$\begin{aligned}
 N(t + \Delta t) - N(t) &= \text{出生数} - \text{死亡数} \\
 &= \alpha N(t)\Delta t - \beta N(t)\Delta t \\
 \beta &\Rightarrow \varepsilon N(t) \\
 &= \alpha N(t)\Delta t - \varepsilon N(t) \cdot N(t)\Delta t \\
 &= (\alpha - \varepsilon N(t))N(t)\Delta t \\
 N(t + \Delta t) &= N(t) + (\alpha - \varepsilon N(t))N(t)\Delta t \\
 &= (1 + \alpha\Delta t - \varepsilon N(t)\Delta t)N(t)
 \end{aligned}$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

19

その2) 携帯電話の普及

- 方法
 - 1988~1995年のデータでパラメータ推定
 - その後をそのモデルで推定
- 仮定
 - 1993まではロコミのみ。
 - 1994からはマスメディアの影響を考慮する。
 - 携帯電話を所有する可能性のある年齢層の人口を適当に設定した。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

20

携帯電話普及データの取得

- 総務省
(<http://www.soumu.go.jp/>)
政策・統計情報／情報通信統計データ
→情報通信統計データベース
- 情報通信統計データベース
(<http://www.johotsusintok.ei.soumu.go.jp/>)
- 分野別データ／通信・契約数／携帯・PHSの加入契約数の推移
(<http://www.johotsusintok.ei.soumu.go.jp/field/tsuushin02.html>)



2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

21

携帯電話普及のデータ(単位千人)

1988	243	1995	10,204	2002	75,657
1989	490	1996	20,877	2003	81,520
1990	868	1997	31,527	2004	86,998
1991	1,378	1998	41,530	2005	91,792
1992	1,713	1999	51,139	2006	96,718
1993	2,131	2000	60,942		
1994	4,331	2001	69,121		

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

22

商品普及の数理モデル

- ロコミとマスメディアの影響
 - ロコミの影響は、商品の所有者数に比例する。
 - ロコミの影響は、未所有者数にも比例する。
 - マスメディアの影響は、未所有者数のみに比例する。

$$\begin{aligned}
 N(t) &: \text{時刻}t\text{での所有者数}, \Delta t: \text{時間間隔} \\
 \text{ロコミによる増加} &= \alpha N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t \\
 \text{マスメディアによる増加} &= \beta(\bar{N} - N(t))\Delta t
 \end{aligned}$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

23

商品普及の数理モデル

$$\begin{aligned}
 N(t + \Delta t) - N(t) &= \text{ロコミ} + \text{マスメディア} \\
 &= \alpha N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t + \beta(\bar{N} - N(t))\Delta t \\
 &= (\alpha N(t) + \beta)(\bar{N} - N(t))\Delta t \\
 N(t + \Delta t) &= N(t) + (\alpha N(t) + \beta)(\bar{N} - N(t))\Delta t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &: \text{ロコミの影響係数} \\
 \beta &: \text{マスメディアの影響係数} \\
 \bar{N} &: \text{携帯電話購買層の人口}
 \end{aligned}$$

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

24

商品普及モデルパラメータの決定

$$N(t + \Delta t) = N(t) + (\alpha N(t) + \beta)(\bar{N} - N(t))\Delta t$$

$\beta = 0$ とすると

$$\alpha = (N(t + \Delta t) - N(t)) / (N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t)$$

$$\beta = (N(t + \Delta t) - N(t)) / ((\bar{N} - N(t))\Delta t) - \alpha N(t)$$

演習：携帯普及データの入力

年	予測	データ	誤差	α	β	総人口
1988		243				87,000
1989		490				87,000
1990		868				87,000
1991		1,378				87,000
1992		1,713				87,000
1994		2,131				87,000
2000		85,102				87,000
2004		86,225				87,000

1. タイトル行を入力。
※年のタイトルはなし。
2. 1988～2004の年と人口変動データを入力する。

演習：モデルパラメータ α の推定

年	予測	データ	誤差	α	β	総人口
1988		243		1.172E-06		87,000
1989		490		8.917E-06		87,000
1990		868		6.822E-06		87,000
1991		1,378		2.839E-06		87,000
1992		1,713		2.981E-06		87,000
1994		2,131				87,000

携帯電話購買層の人口を設定： $\bar{N} = 87000$

$$\alpha = (N(t + \Delta t) - N(t)) / (N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t)$$

$$\beta = (N(t + \Delta t) - N(t)) / ((\bar{N} - N(t))\Delta t) - \alpha N(t)$$

1. H2に「87000」を入力。
2. E2に「=(C3-C2)/(C2*(H\$2-C2))」と入力。
3. E2の内容をE3～E6にコピー。
4. H3に「=AVERAGE(E2:E6)」と入力。

演習：モデルパラメータ β の推定

年	予測	データ	誤差	α	β	総人口
1988		243		1.172E-06		87,000
1989		490		8.917E-06		87,000
1990		868		6.822E-06	0.02706	87,000
1991		1,378		2.839E-06		87,000
1992		1,713		2.981E-06		87,000
1994		2,131		0.011791		87,000
1994		4,321		0.042323		87,000

携帯電話購買層の人口を設定： $\bar{N} = 87000$

$$\alpha = (N(t + \Delta t) - N(t)) / (N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t)$$

$$\beta = (N(t + \Delta t) - N(t)) / ((\bar{N} - N(t))\Delta t) - \alpha N(t)$$

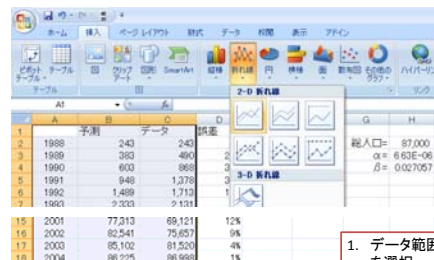
1. F7に「=(C8-C7)/(H\$2-C7)-H\$3*C7」と入力しF8にコピー。
2. H4に「=AVERAGE(F7:F8)」と入力。

演習：携帯電話普及の予測

年	予測	データ	誤差	α	β	総人口
1988		243		0%	1.172E-06	87,000
1989		490		22%	8.92E-06	87,000
1990		868		31%	6.82E-06	87,000
1991		1,378		31%	2.84E-06	87,000
1992		1,713		12%	2.98E-06	87,000
1994		2,131		0%		87,000
1994		5,524		37%		87,000
2000		85,102		4%		87,000
2004		86,225		1%		87,000

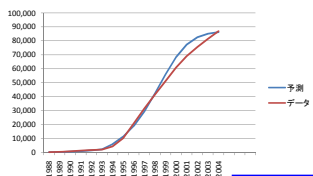
1. 予測 (B2)に「=C2」と入力。
2. 予測 (B3)に「=B2+\$H\$3*B2*(H\$2-B2)」と入力。
3. B3の内容をB4～B7にコピー。
4. 予測 (B8)に「=B7+(\$H\$3*B7+\$H\$4)*(H\$2-B7)」と入力。
5. B8の内容をB9～B18にコピー。
6. 誤差 (D2)に「=ABS(B2-C2)/C2」と入力。
7. D2の内容をD3～D18にコピー。

演習：携帯電話普及グラフの作成



1. データ範囲 (A1～C18) を選択。
2. 折れ線グラフを指定。

携帯電話普及グラフ



1998~1993
 $N(t + \Delta t) = N(t) + \alpha N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t$
 1994~2004
 $N(t + \Delta t) = N(t) + (\alpha N(t) + \beta)(\bar{N} - N(t))\Delta t$

演習：携帯電話普及データの追加

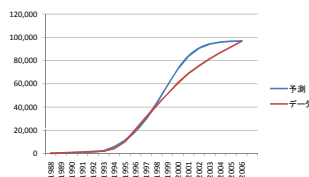
年	予測	データ	誤差	α	β	総人口
1988	243	243	0%	1.051E-05		97,000
1989	383	490	22%	7.993E-06		97,000
1990	602	868	31%	6.112E-06		97,000
1991	948	1,378	31%	2.542E-06		97,000
1992	1,489	1,713	13%	2.581E-06		97,000
1993	2,333	2,131	9%		0.0102259	97,000
1994	5,926	4,301	37%		0.037638	97,000
2004	95,964	98,998	10%			97,000
2005	96,538	91,792	5%			97,000
2006	96,814	96,718	0%			97,000

- 2005年と2006年のデータ (B19, B20)を追加。
- 総人口 (B3)を97000に変更。

演習：携帯電話普及グラフの作成2

- データ範囲 (A1~C20) を選択。
- 折れ線グラフを指定。

携帯電話普及グラフ2



$\bar{N} : 87000 \Rightarrow 97000$
 1998~1993
 $N(t + \Delta t) = N(t) + \alpha N(t)(\bar{N} - N(t))\Delta t$
 1994~2004~2006
 $N(t + \Delta t) = N(t) + (\alpha N(t) + \beta)(\bar{N} - N(t))\Delta t$

演習：Excelでスクロールバー(フォームコントロール)の有効化

演習：スライダーの追加1

演習: スライダーの追加2

1. リンクするセルとして#I\$13を設定。
2. スライダーを移動してI13セルの内容が変わることを確認。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

37

演習: スライダーの追加3

1. Bのスライダーも作成。
2. リンクするセルとして#I\$15を設定。
3. スライダーを移動してI15セルの内容が変わることを確認。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

38

演習: モデルパラメータの調整

1. I12に「=10^((I13-50)/50)」を入力。
2. I14に「=10^((I15-50)/50)」を入力。
3. H7に「=AVERAGE(E2:E6)」を入力。
4. H8に「=AVERAGE(F7:F8)」を入力。
5. H3に「=H7*I12」を入力。
6. H4に「=H8*I14」を入力。
7. α と β のスライダーを動かしてパラメータを調整する。

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

39

商品普及モデルのさらなる改良

- 置いていた仮定
 - 1993まではロコモのみ。
 - 1994からはマスメディアの影響を考慮する。
 - 携帯電話を所有する可能性のある年齢層の人口を適当に設定した。
- 改良のアイデア
 - 購買人口の推定: 人口変動モデルとの合体
 - マスメディアの影響の推定: TV、インターネット普及データを利用したモデルの作成と合体
- 参考文献
 - 三井和夫著: Excelコンピュータシミュレーション、森北出版、2007年

2009/8/21

第8回情報教育講習会・情報教育コース

40