

パソコンによる死亡率の視覚的観察システムの試み

根岸 聖一* 横山 英明*

目的 年齢および年次に関して死亡率をさまざまな視点から観察するための方法を工夫し、実際にその方法を実現するシステムを作成した。その方法とシステムについて検討することが目的である。

方法 年次別・年齢階級別死亡率をさまざまなグラフ表現で観察可能にするシステムを作成した。そのグラフ表現方法として、鳥瞰図・等高線図や線グラフを用いた。システムは、Windows パソコンに Visual Basic を用いて作成した。各グラフは随時表示して観察可能にした。また、死亡率の年次変動などの特徴を把握しやすくするために、データに平滑化を行えるようにした。我国の最近45年間の悪性新生物死亡率データに対してこのシステムを適用した。

結果 本システムを用いることにより、年齢と年次推移に対する死亡率の傾向や特徴を容易に観察できることを示した。またこのシステムは、鳥瞰図により概観を把握してから等高線図で詳細を観察し、更に3種類の死亡率曲線を観察する探索的システムとなった。

結論 死亡率を年齢と年次に関して連続であるとみなし、それらの関係をさまざまなグラフを用いて表現する方法を工夫した。本法は死亡状況を観察する上で有用であると考えられた。

Key words : 年齢階級別死亡率, 死亡率傾向, 鳥瞰図, 等高線図, 死亡率曲線

I 緒 言

死亡率は国民の健康状態を反映する重要な指標である。したがって、その年次推移等の特徴を分析することは、将来予測や医療保険計画の策定に有益な情報を与える。

人口動態統計¹⁾には、毎年の死亡数を性・年齢階級・傷病などにより分類した詳細な集計結果が記載されている。しかし表形式の集計結果から対象集団が持つ特徴や変動傾向を直接把握することは困難である。そのため従来より、データを加工集約した指標が用いられたり、グラフ表現が使われている。例えば、年齢を調整した指標²⁾、コホート死亡率曲線、年次毎の年齢階級別死亡率曲線などのグラフなどである^{3~5)}。

ところで死亡率は年齢と年次の影響を受けて連続的に変化するものとみなすのが自然である。それで、死亡率を観察する方法として、年齢と年次

に対しどのような状況になっているかということ、よく表現し得るものが求められる。その観点からすると従来のみでは、以下のような不十分な点もあるように思われる。

年齢調整死亡率は集団全体としての死亡水準を表すのに有効な指標である⁶⁾。しかし加齢に伴う死亡率の変化を把握することは、その目的ではない。例えば、直接法年齢調整死亡率は基準集団の年齢階級人口による重み付き平均だから、各年齢階級別死亡率は明示的ではなくなる。また、加齢に伴い発生頻度が急激に増加する疾患では、高年齢層の影響を強く受けてしまい、実際には壮年層以下において死亡率の増減があったとしても、そのことは指標にあまり反映されない⁶⁾。そこで特定の年齢階級の死亡率を用いた指標などが提案されているが⁷⁾、年齢階級の選択は恣意的である。

グラフ表現法では年齢と年次による死亡率変化を捉えるためにいろいろな工夫がなされている。例えば、複数の年齢階級別の死亡率の年次推移を一図に表して比較観察するグラフなどである^{5,8)}。しかし、それによって曲線間の関係、すなわち加齢による死亡率変化を把握することは必ずしも容

* 自治医科大学医学情報学研究室
連絡先：〒329-0498 栃木県河内郡南河内町薬師寺
3311-1 自治医科大学医学情報学研究室 根岸聖一

易ではない。また、複数の年次別死亡率曲線を一図上に描き、それらの変化を観察することも行なわれている⁵⁾。しかし、この場合、年次間の変化が少ない年齢の付近では曲線が交差することもあり、見通しが良いとは言えないケースも多い。

以上のことを踏まえて、死亡率は年齢と年次の双方に依存して連続に変化するとみなすことができる傷病を対象に、全体の様相を観察するための方法を工夫した。それは年齢・年次と死亡率の関係を3次元グラフによって表示する方法である。この3次元的な表現方法は死亡率と年次・年齢の関係を一望することができるので、従来のグラフ表現方法が持つ先述した欠点を補うことが可能である。さらに、従来の方法と併用すれば、死亡率の観察に、より有用であると考えた。そこで、これらのグラフを随時切り替えて表示できるパソコンシステムを作成して、悪性新生物の死亡率データに適用し、このシステムの特徴と利点および問題点を検討した。

II 資料と方法

死亡率データは、1950年～1994年の人口動態統計¹⁾を用いた。これには性・年齢階級別（5歳年齢階級）の死亡数と人口が記載されている。これらから5歳年齢階級の死亡率を改めて計算した。ここで85歳以上は1階級とした。これら5歳階級別死亡率を本システムに適用するデータとした。そのデータフォーマット例を表1に示しておく。先頭行は“タイトル”と“性別”である。次の行は年齢階級数（18）と年次数（39）であり、その次は各年齢階級（5歳年齢階級）である。4行以降に、年次に続けて0歳階級からの死亡率（人口10万人対）が順に並べてある。

次に本方法と本システム機能の概要を述べる。「I 緒言」で述べたように死亡率は年齢と年次に対して連続的な曲面（死亡率曲面）をなすと考えて、5歳階級年齢別死亡率はその階級値年齢の死亡率であるとし、残りの1歳階級の死亡率は線形補間して求めた。

また、死亡数あるいは死亡率のデータが入手できなかった年次（1951年～1954年と1956年、1957年）の死亡率も、各年齢毎に前後の年次の死亡率から線形補間した。

死亡率は年齢と年次に対し滑らかに変動すると

表1 入力データのフォーマット
悪性新生物死亡率（男：人口10万人対）の例

“悪性新生物（男性）” “M”	
18 39	
0 5 10 15 20 .. 80 85	
1950	5.6 2.7 2.9 4.1 4.6 .. 519.9 445.1
1955	6.9 4.4 3.9 5.3 5.7 .. 721.5 501.5
1958	7.9 4.8 4.3 5.5 6.5 .. 966.5 676.5
1959	7.2 4.3 5.0 6.3 6.5 .. 974.1 722.6
1994	4.2 3.9 3.8 5.2 6.1 .. 2,228.4 2,708.4

みなすとき、次のような問題が浮かんでくる。それは、死亡率が低い場合、死亡数のわずかな増減で死亡率は相対的に大きく変動し、年次傾向を把握するには障害となることである。そこで死亡率を年次と年齢による滑らかな“真値”と、偶然変動との和であると考え、その偶然変動を減じるために次のような平滑化を行うことにした。

年次と年齢階級で指定されるある格子の死亡率に対して、その格子と最近接の4格子の死亡率を使い重み付け平均を取る。その重みの相対値は、図1の平滑化ダイアログボックスに入力されているものとした。ただし、0歳階級や85歳階級のように近接格子がいくつか欠けているデータ周辺部の格子では、欠けている格子の重みを中心の格子の重みに足すとした。これはひとつの隣接格子からの寄与率を一定（1/8）にするためである。例えば0歳階級の対象格子の重みは1ではなく辺上では1+1/4、角では1+1/4+1/4などとする。

このように平滑化した死亡率データを3次元的に表現する方法として鳥瞰図と等高線図を用いた。そして、各方法には以下のような工夫をした。

鳥瞰図では俯角と回転角を任意に選択して、死亡率曲面を任意の方向から観察できるようにした。また年次軸と年齢軸に垂直な平面で死亡率曲面を切断し、そこに現れる曲線を観察することができるようにした。その平面は、年次軸のどこと交わるか（切片）と、年齢軸となす角度（傾き）で指定する。実際には以下の意味がある3種類の死亡率曲線を作ることになる。①切断面が年次軸と平行な『年齢階級別死亡率』、②切断面が年齢の軸と平行な『年次別死亡率曲線』、および③平

図1 システム操作画面の一部
平滑化ボタンを選択した場合のダイアログボックスと重み係数の入力例

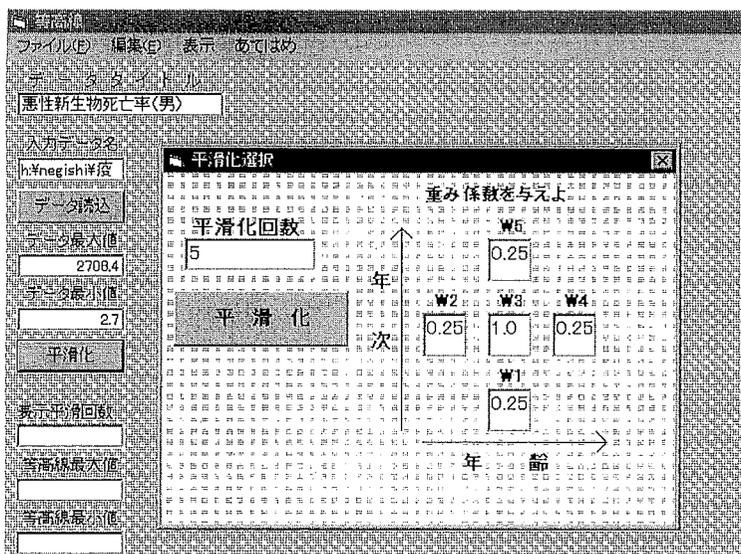


表2 システムの主な機能とその内容

A, Bはデータの加工, I~IIと①~③は基本表示機能である。

Cはデータ間の加工による応用表示機能

項 目	機 能 内 容
A 死亡率データ	ファイルを指定して読込。5歳年齢階級を線形補間により、1歳年齢階級にする。欠落した年次があれば線形補間する。
B データの平滑化	平滑化の重みは任意に指定可能、回数は無制限。
I 鳥瞰図	回転角と俯角を任意に指定して望みの視点から俯瞰できる。死亡率曲線を任意の垂直面で切断して、切断面を追加記入できる。
II 等高線地図	等高線の最大値、最小値、等高線間隔を指定可能。また、等高線の線種、色、太さを指定できる。等高線の最大値、最小値、等高線間隔を変更して描画できる。
① 年齢階級別死亡率曲線	年齢階級別死亡率曲線を任意の複数年次について描く(例:図5)。
② 年次別死亡率曲線	年次別死亡曲線を複数の年齢階級別に描く。
③ 出生コホート死亡率曲線	出生コホート別に、年齢階級別死亡率曲線を任意の複数の出生年について描く(例:図6)。
C 2つの死亡率の比較図	男女差や男女比などの2死亡率の比較を表示する(例:図7)。

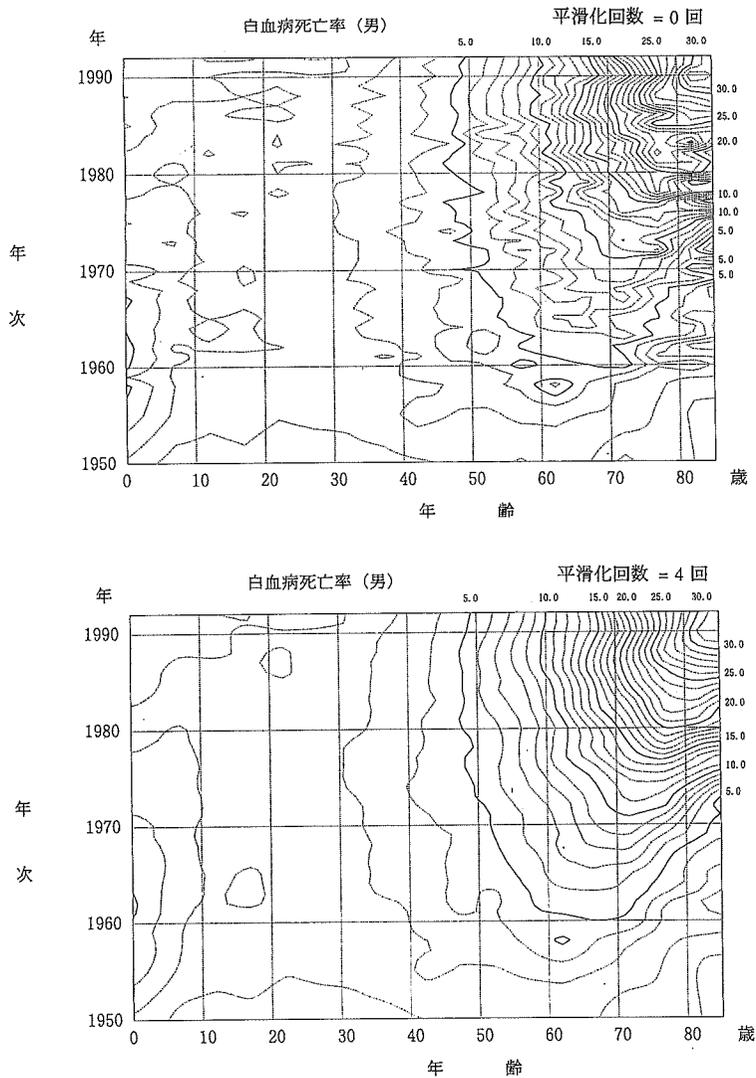
面が年次軸と年齢軸の対角線(その直線上では推移年数と加齢数が等しい)に平行な『出生コホート死亡率曲線』の各ケースである。これら3曲線を詳細に観察するための表示機能も付け加えた。

次に、等高線図の表現には以下のような工夫を行った。等高線の最大値、最小値と間隔は任意の値を指定できるようにした。何も指定しなければ、死亡率データの最大値と最小値から、等高線

数が適当となるような等高線間隔を求めるようにした。さらに等高線の線種は、実線・点線などの5種類を、色は8種類を選べるようにした。等高線図作成のアルゴリズムは森⁹⁾および塩野¹⁰⁾らの方法を用いた。本システムで採用した諸機能を表2にまとめて示す。そこに示されている各表現方法は、随時切替えて表示することができる。

システム開発はWindowsパソコン(Windows

図2 平滑化の効果：年齢および年次に関する白血病死亡率（男：10万人対）の等高線図



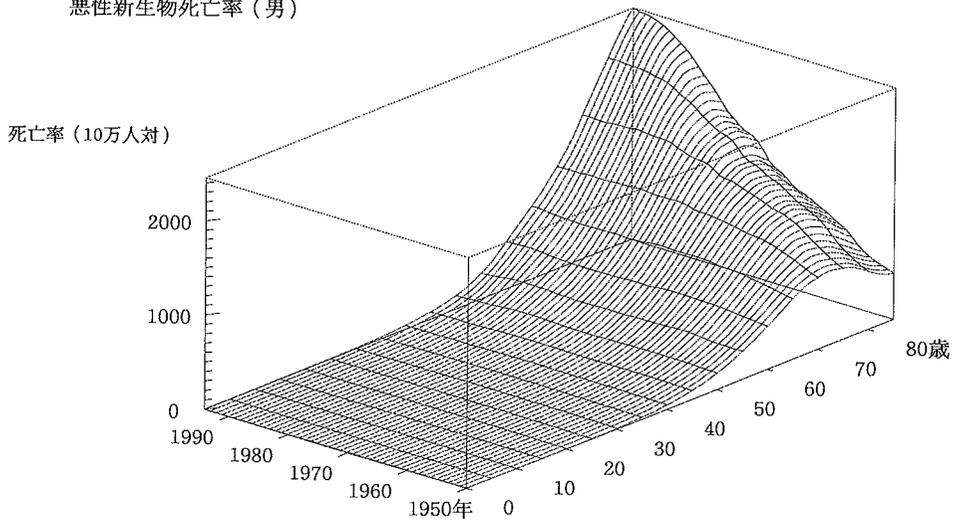
NT主記憶48MB)で行い、プログラミングは Visual Basic 5.0を使用した。なお、Windows 98 上でもこのシステムは動作可能である。Visual Basic の特性を活かし、操作性が容易なシステムを目指した。すなわち、ファイルの呼び出しやグラフ種類の指定など、多くの作業をマウス操作により可能とすることである。その操作画面例の一部を図1に示す。

Ⅲ 結 果

1. 平滑化の効果

本方法の主な特徴である平滑化の効果を、白血病の例を通して試みる。これは頻度が少ないため死亡数のわずかな増減で死亡率が相対的に大きく変動する例である。図2の上図は平滑化なし、下図は平滑化を4回繰り返した結果である。平滑化なしでは、死亡数増減の影響を敏感に受けて等高線がジグザグになっていたり、島のような領域が所々に生じている。一方、平滑化を行った下図

図3 3次元鳥瞰図(年次, 年齢, 死亡率)表現による悪性新生物死亡率(男:人口10万人対)
悪性新生物死亡率(男)



では、ジグザグや島様領域の多くは消えている。したがって全体の傾向をつかむためには、見通しがよくなっている。そのため次のような特徴が容易に把握できる。1950～1970年にかけて最大死亡率(人口10万人対)の年齢が60歳から70歳へと移行しているが、死亡率の変化は5から10へとわずかである。それが1970年以降は急増しながら、さらに高齢側へ移行している。例えば、1970年までは10未満だったが、1990年には80歳階級で30以上にもなっている。

このように平滑化によって全体的な特徴を観察することが容易になり、特に死亡数が少ない死因ではその効果は大きい。以降に示す死亡率グラフは、すべてこの平滑化を行ったものである。

2. 悪性新生物

図3は男の悪性新生物死亡率に鳥瞰図の方法を適用したものである。これによると1950年頃には死亡率が最大となる年齢は70歳であった。それが年次推移とともに、次第に高齢方向に移動しており、1980年頃には80歳付近で最大となっている。また最大値は一貫して増加してきているが、1950年～1970年にかけてはその増加は緩やかだったが、それ以降は1970年の1000程度から1990年には2500程度とかなり急激である。一方、65歳以下では、死亡率の年次変動には目立った変化はみられない。さらに図4に示す等高線図と併用し観察し

てみると、40～70歳では等高線が年次軸とほぼ平行になっていること、したがって、この年齢階級では悪性新生物死亡率の年次変化がほとんどみられないことがわかる。

上述した3種類の死亡率曲線を描くこともできる。これらにより、鳥瞰図や等高線図で着目した点をより詳細に観察することが可能となる。①年齢階級別死亡率を年次別に示す(図5)。これから、85歳では死亡率の増加が顕著で、1980年頃に80歳の死亡率を越えている、などが観察される。次に、②年次別死亡率曲線については、紙幅の都合で図を省略するが、それにより1960年から1980年にかけては65歳以上の年齢で増加し、1980年から1990年にかけては75歳以上で増加している、等の事実が観察できた。③出生コホート死亡率曲線を示す(図6)。ただし、データの年次範囲が限られているので全年齢階級にわたる出生コホート死亡率はない。例えば1890年出生コホートは60歳から85歳までしかない。また、この場合は若年層と高齢層で死亡率が大きく異なるので片対数表示とした。これから、1910年出生コホートは1890年出生コホートに比べ高年齢での死亡が増加している、30歳付近で1930年出生コホートと1950年出生コホートが交わり、20歳から30歳では1950年が、30歳から40歳では1930年がやや高めになっている、等が観察できる。

図4 3次元等高線図(年次, 年齢, 死亡率)表現による悪性新生物死亡率(男:人口10万人対)

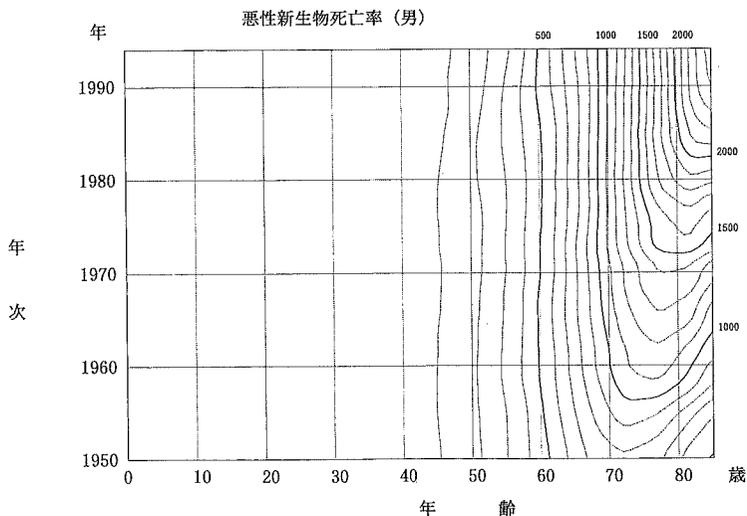
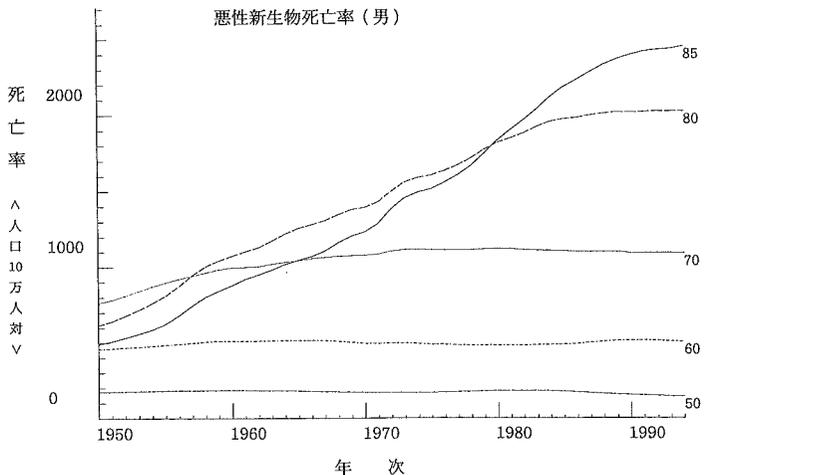


図5 年齢別の悪性新生物の年次別死亡率曲線(男:人口10万人対)



2つの死亡率曲面を比較する方法として、それらの差や比を表示観察することも容易である。ここでは「性比(男/女:以下Rと記述)」の例を示す(図7)。全年次にわたって、20歳前後と40歳付近の2個所で $R=1$ となっており、その間の年齢層では男性の方が低くなっていることがわかる。また、 $R=1$ となるそれら2つの年齢の間隔は年次推移とともに狭まってきている。40~50歳以上の年齢では全般に男性の方が高く、それは年次が進むほど著しくなっており、1990年には55歳の男性死亡率は女性の2倍になっている。そして

Rが最大となる頂点(尾根)は70歳付近となっている。このようにRを観察することによって、男女間の死亡構造の差異を知ることができる。

なお、ここで行った4回の平滑化では、20歳以下での比の不安定をまだ解消できず、島のような領域が認められる。このように死亡率が低い場合の性比などでは不安定性が増大し、特徴を観察するためには、平滑化回数をもっと多くする必要があるかもしれない。こういったケースでは、平滑化が特に重要であるといえる。

図6 出生コホート別の悪性新生物の年齢階級別死亡率曲線（男：人口10万人対）

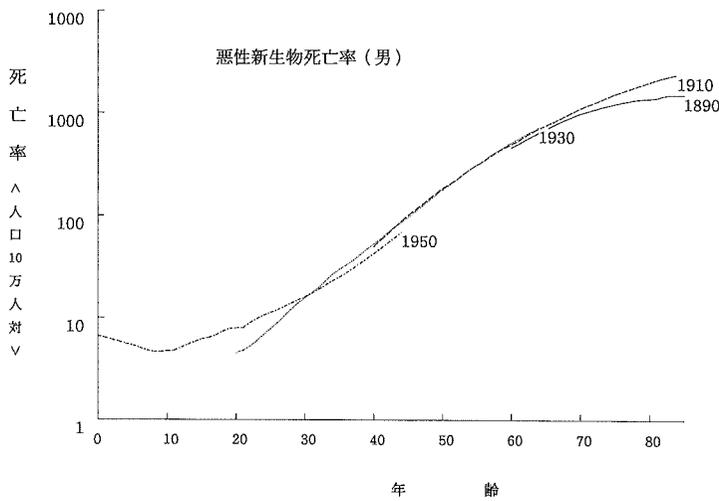
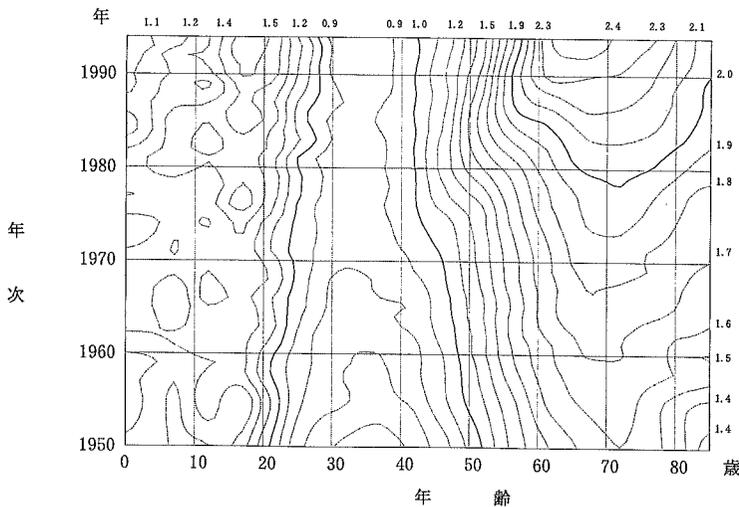


図7 年齢および年次に関する悪性新生物死亡率の性比（男/女）の等高線図



IV 考察

本システムを死亡率データに適用するに当たって、まず問題となった点は、必要なデータを収集して入力する作業であった。すなわち37年分の死亡率データを作成するためには、37冊の人口動態統計から当該死亡データを抽出し、本システム用のフォーマットに合わせた入力作業が必要であり、全作業に占めるその割合はかなりものであった。

従来は汎用機などの大型コンピュータを必要としたデータ解析作業が、パソコンでも容易に行えるようになった。したがってデータ収集や入力に伴う煩雑な作業を減じることが一層重要になってきている。本報告で必要としたデータに限らず、疫学や公衆衛生分野で頻繁に使用されるグラフなどに使われるデータは、パソコンで使用可能なCD-ROMなどの大容量媒体で提供されることが望まれる。人口動態統計はCD-Rで提供されているが、汎用的な利用を目指しているゆえに掲載

情報が多く、特定データの抽出は煩瑣となる。さらに、本報告のように数年にわたる同種データを利用する場合には、データの抽出と整理がより困難となる。主要な傷病については、数年分をまとめて掲載するなど、色々の観点から整理した資料が提供されれば、それは研究者にとって非常に有益である。

次に本報告で採用した表現方法について考察を加える。鳥瞰図と等高線図とは両方とも3次元データを観察するための方法であるが、互いに異なる特徴を持っている。まず、鳥瞰図は曲面の全体的な形状を把握するのに適している。そのため、年次を延長した場合について想像し易いなどの利点がある。しかし、離れた2点間の死亡率の大小を比較することは困難な場合も多い。一方、等高線図は慣れないと立体的に見ることは難しいが、注目したい年次・年齢の死亡率を、鳥瞰図よりも詳しく知ることができる。また、ある等高線がどのような曲線となっているのかなどの特徴も見て取れる。同じ3次元表現であっても、鳥瞰図は総合的であり等高線図は分析的であるといえる。

さらに、年齢階級別死亡率の年次推移の様子などを、より詳細に分析したいときは、①年齢階級別死亡率曲線②年次死亡率曲線③コホート曲線などの線グラフが有効である。

以上述べたような特徴を持つ各種グラフを、随時に切り替えて表示可能とした。したがって、本システムを用いることによって、観察の段階に応じた表現方法で死亡率を観察することができる。それは例えば、鳥瞰図で全体の傾向をつかんでから等高線図で注意すべき点を探し、その詳細を死亡率曲線で観察する、あるいは、死亡率曲線を観察してから、その周辺を把握するために等高線図を使う、などである。

次に、ここで採用した平滑化の方法について述べる。ある格子点の平滑化は自身と最近接の4格子点を用いて行った。これは年次・年齢平面で最近接点の影響のみを受けるとしたものである。しかし平滑化を繰り返すことにより、遠くの点の影響も取り入れることができる。なお、平滑化対象とする点と、最近接4点とを同等として、それらの重みの比が1:1になるようにした(図1)。もちろん、この重みの取り方は一意的なものではなく、別な重みも考えられる。システムでは5つの

各格子点に任意の重みを与えられるようにしてある。しかし、これら重み係数の取り方や妥当な平滑化回数については稿を改めて報告する予定である。

年齢、年次およびコホートの関係を観察する方法としてJolley等により等高線図表示を使用することが提案されている¹¹⁾。ここでは統計ソフトSを使用して等高線図を描いている。本報告の方法は、以下に示す特徴を有することでJolley等の方法とは異なる:(1)死亡率には、偶然変動の影響を取り除くために平滑化をおこなった;(2)鳥瞰図、等高線図そして3種類の死亡率曲線などを適宜切り替えて用いることにより、探索的な観察方法を可能とした;(3)上の二つのことを実現するために、システムを作成した。

なお本方法は、対象を死亡率に限るものではなく、年齢と年次の関係で捉えられる量、例えば受療率にも適用し得る。実際、地域住民のBMI中央値の年次変化を観察するために、35歳~75歳の住民検診受診者を10歳年齢階級に分けて等高線図表示をおこなった例もある¹²⁾。その他にも、学年毎の児童の平均身長年次変化などに適用してみるなど、多くの応用例が考えられよう。

最後に、さらに望ましい機能として次のようなことが挙げられる。

- (1)等高線図に死亡率に応じて濃淡を付ける。
- (2)鳥瞰図も色を付ける。濃淡表示と同様に立体感を出す効果があり、最近のパソコンの色彩表現の精細さを用いれば微妙な高低差を表現できる。また、カラープリンタの普及と相俟って、そのハードコピーを得ることも可能であろう。これらは今後の課題である。

IV 結 語

年齢と時間に関して連続的な死亡率を表示するグラフィカルな方法を工夫した。実際にパーソナルコンピュータで動作するソフトをVisual Basicを用いて作成し、悪性新生物死亡率データをそれに適用して検討した。その結果、本方法は鳥瞰図により死亡構造の全体的な状況をつかみ、さらに、着目する点を等高線図や①年齢階級毎の死亡率年次推移曲線②年次別死亡率曲線③出生コホート別死亡率曲線で詳細に観察したりすることにより、死亡率の観察に有用な方法の一つであること

を示した。

本報告は文部省科学研究費補助金による「疫学情報の視覚的高度表現・解析システムの開発に関する研究(一般奨励研究B 課題番号01480209)」の成果を継続発展させたものである。

(受付 '98.11.25)
(採用 '99. 6.29)

文 献

- 1) 人口動態統計. 厚生省大臣官房統計情報部, 編. 東京: 厚生統計協会, 1963-93.
- 2) 福富和夫. 死亡指標の意味と性格. 日本公衛誌. 1984; 31: 289-295.
- 3) 厚生統計協会, 編. 国民衛生の動向. 東京: 厚生統計協会, 1986; 47-57.
- 4) 厚生統計協会, 編. 厚生統計テキストブック. 東京: 厚生統計協会, 1996; 203.
- 5) Lin Y, Tamakoshi A, Kawamura T, et al. Descriptive Epidemiology of Pancreatic Cancer in Japan. *Journal of Epidemiology* 1998; 8: 52-59.
- 6) 福富和夫, 橋本修二. 標準化死亡比に関する研究. 日本公衛学誌 1989; 36: 155-160.
- 7) 柳川 洋, 橋本 勉, 横山英明, 他. 循環器疾患死亡率の地域差を測定する指標について. 日本公衛誌 1979; 26: 693-699.
- 8) 富永祐民, 大野良之. 臨床のための疫学入門, 東京: 日本医事新報社, 1989; 88.
- 9) 森 正武. 曲面と曲線. 東京: 教育出版, 1974; 7-76.
- 10) 塩野清弘, 升本眞二, 引原海清. BASICによるコンターマップ. 東京: 共立出版, 1988; 29-34.
- 11) Jolley D, Graham G. G. Visualizing Age-Period-Cohort Trend Surfaces A Synoptic Approach. *Int J Epidemiology* 1992; 21: 178-182.
- 12) 竹内徳男, 望月吉勝, 山口 亮, 他. 農村住民のBody Mass Indexの経年的観察. 日本公衛生誌 1995; 42: 815-819.

A PERSONAL COMPUTER SYSTEM PROVIDING VARIOUS GRAPHS OF MORTALITY RATES

Seiichi NEGISHI*, Hideaki YOKOYAMA*

Key words: Age-specific mortality, Trend in mortality, Bird's eyes view, Contour map, Mortality curves

Purpose

We devised observational methods for showing relations of mortality rates to age and period in various ways. And we contrived a personal computer system to realize the methods. The purpose of this report is to evaluate the methods and the system.

Method and Materials

We contrived the system which provides some graphs useful for observing age-period-specific mortality rates. The program was written in Visual Basic on a Windows personal computer. The graphs provided by the system are bird's-eye view, contour map and mortality curves. The system is also made to present any graph desired for any specific required time. A smoothing method is also provided with the system to diminish random error, therefore the characteristics of mortality can be grasped easily. The system was applied to the mortality rates of malignant tumor for the last 45 years (1950–1994) in Japan.

Results and Conclusion

Examples which show that one could easily observe the trend and structure of mortality rates by using the method were presented. Because the system can present any of the graphs instantly, so we can observe mortality step-by-step; we can see the mortality graphs as a whole from a bird's eye view, then observe it in detail by a contour map graph, and furthermore look into the point of interest by mortality curves. Thus, the system will be useful to observe mortality rates.

* Department of Medical Information Science, Jichi Medical School