

「わが国の慢性透析療法の現況」報告の コンピュータ解析における有用性と限界

阿岸鉄三*¹ 佐藤敏夫*²

*¹ ふれあい町田ホスピタル血液浄化センター *² 桐蔭横浜大学医用工学部臨床工学科

key words: 維持透析患者数, コンピュータ解析

要 旨

(社)日本透析医学会統計調査委員会は、毎年「わが国の慢性透析療法の現況」を発表している。そのデータをもとに、コンピュータを用いて患者数推移の近似式を導き出し、ついで外挿した式を求め、さらに微分係数の変動から患者数推移の将来予測を行った。結果的に、透析患者数は近い将来、減少に転じることが推算された。また、年末患者数と導入患者数・死亡患者数・その他の患者数との関係が数学的に表現された。

はじめに

わが国の維持透析患者数は、維持透析療法が定着したと考えられ、日本透析医学会が統計調査を開始した1968年から最近にいたるまで一貫して増加を示し、日本透析医学会発表の統計調査の結果でも、2005年末まで直線的な増加を示していると表現されてきた¹⁾。しかし、われわれは、日本透析医学会の2005年末時点での統計調査報告における年度(X)と透析患者数(Y)との関係を多項式近似式として表し、さらにその多項式近似式の一次微分・二次微分係数を求めることによって、患者数の推移をより数学的に表す方法を用いた。その結果、患者数の増加傾向は一転して、もはや直線的増加傾向ではなく、頭打ち状態にいたったことを報告した^{2, 3)}。

本報告は、得られた多項式近似式を利用して、さら

に未来的な維持透析患者数推移を予測し、それに及ぼす因子についても検討した結果である。

1 方 法

日本透析医学会の2005年末時点での統計調査報告を利用し、年度(X)と透析患者数(Y)との関係をコンピュータを用いて多項式近似式として表した。さらに2006年以降にまで延長(外挿)した数式を求め、さらに、その一次微分・二次微分係数を求めて、患者数が減少に転じる時点を数学的に推算した。

日本透析医学会の2005年末時点での統計調査報告を利用して得られた、透析患者数に影響を及ぼす因子について検討を試みた。統計調査に表されているのは、年末患者数・導入患者数・死亡数であるが、年末患者数=前年度患者数+導入患者数-(死亡数+D)と考えられる。Dはこの統計調査報告には記載されていないが、なんらかの原因、例えば、腎移植・腎機能の自然回復などによって維持透析から離脱した患者が含まれるものと考えられた(以下、“その他の患者数”と表現する)。

まず、これらの4個の数値の関係を、重回帰分析を用いて回帰式として求めた。統計調査報告に表れている導入患者数・死亡数・その他の患者数は、1983年以降なので、この検討は、1983年から2005年までに限って行われることになったものである。さらに、要因となっていると考えられる4個の各々の数値につい

て、過去の推移から直交多項式回帰分析による近似式を求め、将来の年末患者数を、それら個々の要因の近似式から求められる将来予測数の和で求めることを試みた。

2 結果

1) 近似式より得られた結果

年度 (X) と透析患者数 (Y) との関係は、次式で表された。

$$Y = -0.0127X^5 + 1.1069X^4 - 34.673X^3 + 643.47X^2 - 1884.6X + 1293.6 \quad (R=0.9996)$$

一次微分係数、および二次微分係数は、それぞれ下記の式で表された。

$$Y' = -0.0635X^4 + 4.4276X^3 - 104.019X^2 + 1286.94X - 1884.6$$

$$Y'' = -0.254X^3 + 13.2828X^2 - 208.038X + 1286.94$$

これらの式を用いた計算によると、患者数推移速度を表すと考えられる一次微分係数が減少に転じ、二次

微分係数が陰性に転じた時期は1999年であった²⁾。

これまでに計算に用いたコンピュータソフトは、Microsoft Excelであったが、統計調査については、より信頼性が高いとして繁用されている別のソフト JUSE-StatWorks/V 4.0 (The Institute of JUSE) を採用することとした。それによると、多項式近似式として5次式を採用すると、透析患者数が減少に転じるのは2008年からであるが、4次式を採用すると2017年からと算定された⁴⁾ (表1, 図1)。この推算研究をするに当たって、以後は、JUSE-StatWorks/V 4.0 のみを適用することとした。

2) 透析患者数推移に影響を及ぼす因子

統計調査報告に表れている導入患者数・死亡数・その他は、1983年以降である。それらの数の関係は、重回帰分析を用いて求めた回帰式では下記のように表された。

$$\begin{aligned} & \text{理論値患者数 (A)} \\ & = -0.285X \text{ 導入患者数 (B)} \end{aligned}$$

表1 4次多項式近似式と1次微分式・2次微分式

4次多項式近似式	$Y = -0.134 \times X^4 + 8.633 \times X^3 - 2.906 \times X^2 + 1911.113 \times X - 4539.099$
4次多項式近似式の1次微分式	$Y' = -0.536 \times X^3 + 25.899 \times X^2 - 5.812 \times X + 1911.113$
4次多項式近似式の2次微分式	$Y'' = -1.608 \times X^2 + 51.798 \times X - 5.812$

1次微分式で、 $y' < 0$ となるのは、2016年と2017年の間。

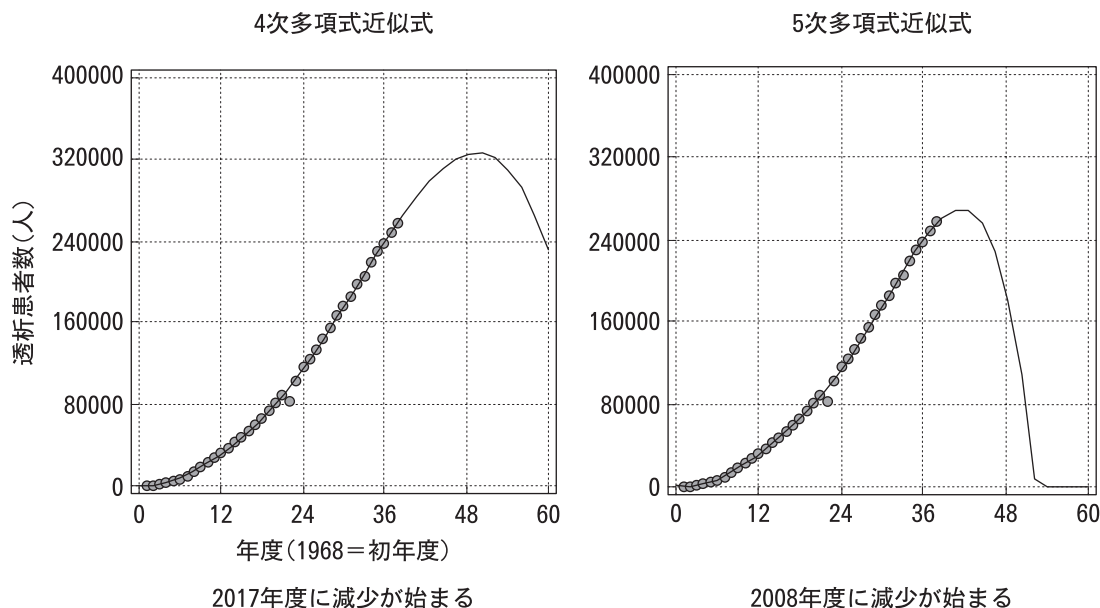


図1 わが国の維持透析患者数推移の将来予測

表2 年末患者数・導入患者数・死亡数・その他の患者数と年末患者数理論値の関係

年	年末患者数：A	導入患者数：B	死亡数：C	その他の患者数：D	変数	年末患者数(理論値)
1983	53,017	11,348	4,538		1	56,041.987
1984	59,811	12,606	5,000	812	2	60,716.415
1985	66,310	13,416	5,770	1,147	3	68,860.59
1986	73,537	14,175	6,296	652	4	74,355.986
1987	80,553	14,699	6,581	1,102	5	77,310.731
1988	88,534	16,470	7,765	724	6	89,672.346
1989	83,221	14,174	6,766	12,721	7	79,622.538
1990	103,296	18,411	8,939	-10,603	8	101,734.464
1991	116,303	20,877	9,722	-1,852	9	109,657.41
1992	123,926	22,475	11,621	3,231	10	129,912.088
1993	134,298	23,874	12,143	1,359	11	135,163.699
1994	143,709	24,296	13,187	1,698	12	146,397.16
1995	154,413	26,398	14,406	1,288	13	159,044.509
1996	167,192	28,409	15,174	456	14	166,809.486
1997	175,988	28,870	16,102	3,972	15	176,812.097
1998	185,322	29,641	16,687	3,620	16	182,947.321
1999	197,213	31,483	18,524	1,068	17	202,359.202
2000	206,134	32,018	18,938	4,159	18	206,747.504
2001	219,183	33,243	19,850	344	19	216,263.136
2002	229,538	33,710	20,614	2,741	20	224,466.646
2003	237,710	33,966	21,672	4,122	21	235,913.157
2004	248,166	35,084	22,715	1,913	22	246,904.263
2005	257,765	36,063	23,983	2,481	23	260,417.06

$$A(\text{理論値}) = -0.285B + 10.871C + 0.013D + 9943.569$$

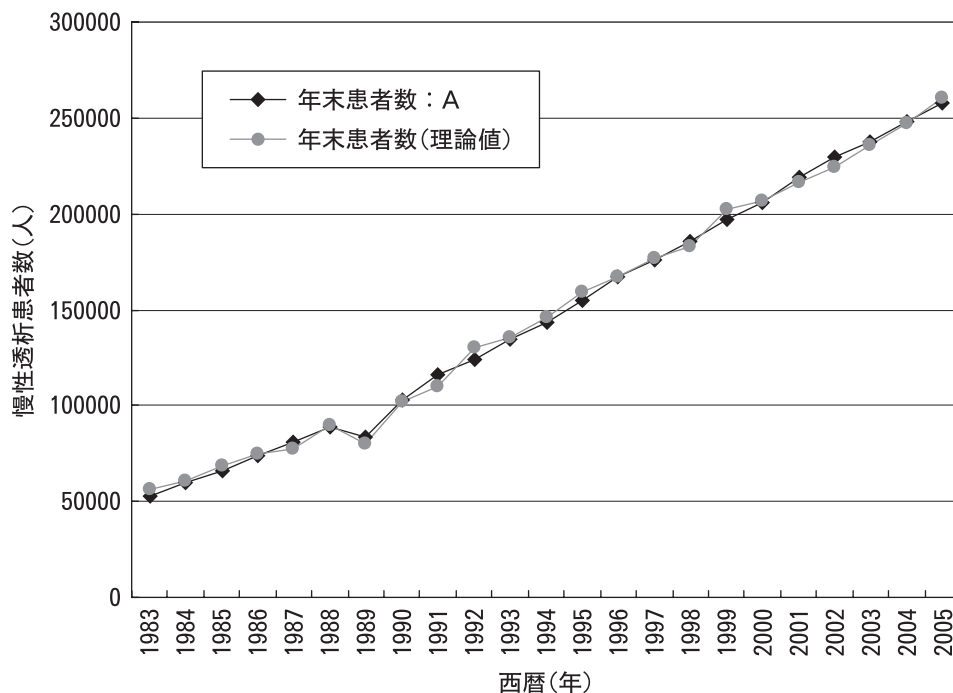


図2 年末患者数の理論値と実測値

+10.871X 死亡患者数 (C)

+0.013X その他の患者数 (D)+9943.569

これまでに報告されている年末患者数・導入患者数・死亡数・その他の患者数, および, この回帰式によって得られた(理論)年末患者数の関係は表2, 図2の

ようである.

3 考察

1) わが国における維持透析患者数の近未来的推算
日本透析医学会統計調査委員会による, 1968年か

ら 2005 年までの維持透析患者数についての報告をもとに、報告年度と透析患者数との関係を多項式近似式によって表し、その微分係数から患者数が減少し始めると推算される時期を求めた。その結果、近似式として 5 次式を採用すると 2008 年、4 次式を採用すると 2018 年からと推算された。

ここでいえることは、近い将来、維持透析患者数は減少し始めると推算されたことである。近似式の次数の選択によっても異なる結果が得られた。このような結果が得られたことについて考えてみると、この種の計算にコンピュータを用いることの宿命的な問題であると考えられた。また、きわめて数学的に考えると、この近似式は、1968 年から 2005 年までの患者数について、わずかな誤差の可能性を持ちながらも妥当するものである。それ以外の年度について、例えば、ここで行ったように、外挿して患者数を求めること自体が適切でないと指摘されれば、そうなのかも知れない。これから先は科学哲学の問題になると考えられる。採用すべきコンピュータソフト、および採用すべき多項式近似式次数の選択の妥当性を数学的に検証することも必要であると考えられた。

いずれにしても、維持透析患者数は、直線的な増加をすると報告されていたのに対し頭打ち状態にあること、さらに近い将来、減少に向かうことを予測できたことは、一つの成果であったと考えられる。

2) 透析患者数推移に影響を及ぼす因子

透析患者数推移に影響を及ぼす因子を検討するため、1983 年以降の統計調査報告に表れている導入患者数・死亡数・その他の患者数が、年末透析患者数とどのような関係にあるかを数学的に表現することを試みた。その他の患者数は、実際には統計調査報告には記載されていないが、先に述べたように患者数推移を検討するのに際して算術的に求められたものである。このその他の患者数は、本来統計調査報告に記載されてあるべきであるが、それがなければ算術的に整合性がなくなり、統計調査報告自体の意味が失われてしまうと考えられる。得られた数式的関係は、さきに示した通りであるが、導入患者数・死亡数・その他の患者数を年度との関係で表す近似式の次数によって異なることが再び確認された。

すなわち、各要因に対して直交多項式回帰分析を行

表 3 透析患者数の将来予測に影響すると考えられる要因の近似式次数の組み合わせ

No.	導入患者数	死亡患者数	その他の患者数
1	3	3	2
2	3	3	1
3	3	6	2
4	3	6	1
5	6	3	2
6	6	3	1
7	6	6	2
8	6	6	1

い、6 次までの近似多項式を求めた結果、まず、導入患者数については、6 次と 3 次多項式が将来予測を行うには適していると考えられた。それは、6 次と 3 次多項式は、将来的に導入患者数が減少するという結果を示しているのに対し、5 次と 4 次多項式は、急激に増加する結果を示しているからである。同様の原因で、死亡患者数についても、6 次と 3 次多項式を将来予測に用いた。次にその他の患者数については、データそのもののバラツキが大きく、6 次・3 次多項式による近似はそれぞれ急激に増加したり減少したりで、適切に近似しているようには考えられなかった。そこで、その他の患者数に関しては、2 次と 1 次多項式も求めてみたところ、どちらの式も穏やかに増加していくという結果を示し、将来予測には適していると考えられた。

以上の分析の結果、年末患者数の将来予測を行うための各要因の組み合わせとして、表 3 のような組み合わせが得られた。この分析結果をみると、まず、その他の患者数については、2 次式も 1 次式もほとんど結果に大きな違いがないことがわかった。

次に、結果は大きく分けて 2013 年ころをピークに減少に転ずるグループ、2008 年ころをピークに減少に転ずるグループ、将来へわたり増加し続けるグループ、というように 3 通りに分類できることがわかった。また、各要因に対する直交多項式回帰分析の結果、将来予測には不適切と思われる導入患者数 (4 次式)、死亡患者数 (4 次式)、その他の患者数 (2 次式) といった組み合わせに対する分析結果をみると、将来にわたって急激に増加し続ける結果となり、やはり不適切であることがわかった。

その他の患者数は統計調査報告には記載されていないが、年末患者数・導入患者数・死亡患者数の推移を見たときの数学的整合性から計算されたものであるが、

推移の経過におけるバラツキが不自然に感じられるほど大きい。本報告のような、きわめて数学的な扱いをするときに、推算の精度を損なう要因になると考えられた。

4 結 論

日本透析医学会統計調査委員会による「わが国の慢性透析療法の現況」には、30万人近い維持透析患者についての情報が盛り込まれている。この研究を始めるとあたっては、情報量が多いことから、コンピュータによって近似式を求めて推算する方法は精度の高いことが期待された。実際に、数学的な妥当性の問題はあるが、近似式を外挿して計算することにより、これまでのように「維持透析患者は増加し続ける」ことから一転して「近い将来、減少し始める」ことが推算された。また、年末透析患者数・導入患者数・死亡患者数・その他の患者数の間の関係を数学的に表現することも可能であった。

しかし、コンピュータを利用することからの必然性ではあるが、採用するソフトによって異なる結果が得られることが明らかとなった。また、当然のことであ

るが、基本的なこととして、統計調査報告の精度が高くなければ、結果的にこの推算の精度も高くないと考えられた。

この研究は、日本透析医会平成19年度公募助成事業によって行われた。

文 献

- 1) 日本透析医学会統計調査委員会：わが国の慢性透析療法の現況 2005年12月31日現在，日本透析医学会，2006.
- 2) 阿岸鉄三，佐藤敏夫：頭打ちになった透析患者の増加傾向。透析会誌，40(4)；347-350，2007.
- 3) Agishi T, Kikuchi S, Sato T, et al. : An increase in a number of Japanese maintenance hemodialysis patients is approximating to a plateau. *ASAIO Journal*, 53(2); 62 A, 2007.
- 4) Agishi T, Kikuchi S, Sato T, et al. : Usefulness and limitation in prediction of a shift in a future number of Japanese maintenance hemodialysis patients by applying a dynamic analysis of computer approximation mathematical models. *International Journal of Artificial Organs*, 30(8); 725, 2007.