

インフルエンザ流行による超過死亡の範囲の推定

年間死亡率と季節指数を用いた最小超過死亡の推定モデルの応用

タカハシ ミホコ
高橋美保子*

目的 わが国におけるインフルエンザ流行による超過死亡を明らかにするための一法として、超過死亡の範囲を推定し、記述すること。

方法 1987～2003年の人口動態統計から不慮の事故（ICD-9：E800-E949，ICD-10：V01-X59）を除く総死亡の月別死亡数を得て、年間死亡率と季節指数を用いたモデルを適用し、インフルエンザの流行がない場合の死亡数の期待値と95%範囲（基準範囲）を求めた。実際の死亡数（観察値）と期待値との差から超過死亡の点推定値を求め、観察値と基準範囲限界値（上限値，下限値）との差から超過死亡の範囲を求めた。なお、インフルエンザ流行月は、感染症発生動向調査の結果を考慮しつつ、「インフルエンザ死亡率0.9（人/10万人年）以上の月」とした。

結果 超過死亡の点推定値が最も大きかったのは1999年、次いで95年、そして、93年、97年、2000年、および2003年の流行期であった。1999年の超過死亡は約4万9千人と点推定されたが、その年の超過死亡は約3万7千人～約6万人の範囲とも推定された。同様に、95年の超過死亡は約3万8千人と点推定されたが、約2万7千人～約4万8千人の範囲とも推定された。また、93年、97年、2000年、および2003年の超過死亡の点推定値は、それぞれ約2万1千人～約2万5千人のほぼ一定の範囲内にあったが、超過死亡の範囲（最小値，最大値）はそれぞれ、約1万5千人～約3万6千人，約1万8千人～約3万1千人，約1万4千人～約2万8千人，そして約1万1千人～約3万4千人と年によって異なることが示された。超過死亡の範囲を比較し、95年の超過死亡が観察期間中で最大であった可能性もあることが分かった。

結論 インフルエンザの流行がない場合の死亡数のばらつきの範囲を考慮した上で、その年のインフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の範囲（最小値，最大値）を把握することができた。超過死亡の範囲の推定は、インフルエンザによる健康影響を把握する上で、有用な方法の1つであると考えられる。

Key words：インフルエンザ流行，超過死亡，範囲，推定

1 緒 言

インフルエンザが流行するとき、呼吸器系疾患をはじめとする各種死因の死亡数が、非流行期の死亡数と比べて高くなるという現象は超過死亡と呼ばれ、古くから注目されてきた。死因がインフルエンザと診断されたものだけでなく、増加する死亡のうちの大部分は他の死因に分類されたもの

であるという現象は、十九世紀半ば、William Farrによりすでに観察されている¹⁾。その後、超過死亡の推定方法（統計的手法）には改善が加えられ、世界的規模でのインフルエンザ監視（発生動向と影響評価）に超過死亡を用いることが、1973年、WHOにより提案されている^{2,3)}。我が国においても、新型インフルエンザ対策報告書の中でインフルエンザの健康影響を総合的に評価する指標として超過死亡が提案されている⁴⁾。わが国では現在、インフルエンザ関連死者数迅速把握事業等において超過死亡の観察が行われているところである⁵⁾。

* 山梨県立大学看護学部統計保健情報学
連絡先：〒400-0062 山梨県甲府市池田 1-6-1
山梨県立大学看護学部統計保健情報学
高橋美保子

超過死亡の推定方法としては、これまで、Serfling らの方法^{6,7)}、Choi らの方法^{8,9)}、河合・福富らの方法^{10,11)}、および国立感染症研究所(感染研)の方法^{12~14)}、著者らの方法¹⁵⁾、そして Simonsen らの方法¹⁶⁾などが提案されている。表 1 に、それぞれの方法で採用している超過死亡の表現法と推定に用いる統計的手法を示した。Serfling らの方法、Choi らの方法、そして河合・福富らの方法はいずれも、インフルエンザ流行による超過死亡を、「インフルエンザの流行がない場合(非流行時)の死亡数の期待値とインフルエンザ流行時の死亡数との差」と表現し、非流行時の死亡数の期待値をモデルから算定し、これを実際の死亡数から減じることで超過死亡を求めるものである。それぞれの方法の違いは、非流行時の死亡数の期待値の算定にあたり、Serfling らの方法では月数と三角関数(sin, cos)を用いた回帰曲線モデルを採用し、Choi らの方法では季節 ARIMA モデル(自己回帰集積移動平均モデル)を採用し、そして河合・福富らの方法では年間死亡率と季節指数を用いたモデルを採用している点である。また、Serfling らの方法ではインフルエンザ流行月を除いたデータにモデルを適用し、Choi らの方法、河合・福富らの方法ではインフルエンザ流行月(週)に非流行月(週)のデータを代入した上でモデルを適用している点である。Serfling らの方法、Choi らの方法、そして河合・福富らの方法ではいずれも非流行時の死亡数を点推定し、実際

の死亡数との差から超過死亡の点推定値を求めている。Simonsen ら(米国疾病対策センター: CDC)の方法は、Serfling らの方法と同様の回帰曲線モデルを用いて、過去 5 年間の死亡数に基づき非流行時の死亡数の期待値を算定し、実際の死亡数との差から超過死亡の点推定値を求め、さらに非流行時の死亡数の 95% 予測区間を求めた上で、その上限値、下限値と実際の死亡数との差から超過死亡の範囲も求めるものである¹⁶⁾。Simonsen らは、Serfling らと同様、インフルエンザ流行月を除いたデータにモデルを適用している。一方、感染研の方法は、インフルエンザによる超過死亡を、「非流行時の死亡数の 95% 予測区間上限値(閾値)と実際の死亡数との差」と表現し、非流行時の死亡数の 95% 予測区間をモデルから算定し、その上限値を実際の死亡数から減じることで超過死亡の点推定値を求めるものである。著者らの方法は、「非流行時の死亡数の 95% 範囲上限値と実際の死亡数との差」と表現し、非流行時の死亡数の 95% 範囲をモデルから算定し、その上限値を実際の死亡数から減じることで超過死亡の点推定値を求めるものである。ここで言う、非流行時の死亡数の 95% 予測区間、あるいは非流行時の死亡数の 95% 範囲とは、「インフルエンザの流行がない場合の死亡数(観測値)が 0.95 の確率でとると考えられる値の範囲」のことである(以下、「非流行時の死亡数の 95% 範囲」と表現を統一する)。感染研の方法、著者らの方法はいずれ

表 1 超過死亡の推定方法の例

	超過死亡の表現法	採用しているモデル
Serfling らの方法	インフルエンザの流行がない場合の死亡数の期待値と実際の死亡数との差	月数と三角関数 sin, cos を用いた回帰曲線モデル
Choi らの方法	〃	季節 ARIMA モデル
河合・福富らの方法	〃	年間死亡率と季節指数を用いたモデル
感染研の方法	インフルエンザの流行がない場合の死亡数の 95% 予測区間*1 上限値と実際の死亡数との差	確率的フロンティア推定モデル
著者らの方法	インフルエンザの流行がない場合の死亡数の 95% 範囲*1 上限値と実際の死亡数との差	年間死亡率と季節指数を用いたモデル
Simonsen らの方法	インフルエンザの流行がない場合の死亡数の 95% 予測区間*1 限界値(下限値, 上限値)と実際の死亡数との差	月数と三角関数 sin, cos を用いた回帰曲線モデル

*1: インフルエンザの流行がない場合の死亡数(実現値)が 0.95 の確率でとると考えられる値の範囲

も、その範囲を非流行時の死亡数の誤差変動範囲とみなし、その範囲から超過した死亡数をインフルエンザによる超過死亡として求めるものである^{15,17)}。それぞれの方法の違いは、非流行時の死亡数の95%範囲の算定にあたり、感染研の方法では確率的フロンティア推定モデルを採用し、著者らの方法では年間死亡率と季節指数を用いたモデルを採用している点である。また、感染研の方法では流行月を除かないすべてのデータにモデルを適用し、著者らの方法ではインフルエンザ流行月を除いたデータにモデルを適用している点である。ここで、インフルエンザの流行がない場合の死亡数は、「非流行時の死亡数の95%範囲」の値をとると考えられるので、その範囲の上限値と実際の死亡数との差として表現される超過死亡は、「インフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の最小量（最小超過死亡）」を意味すると考えられる。ここで、非流行時の死亡数の95%範囲上限値と実際の死亡数との差を求めるだけでなく、下限値との差も求めると、Simonsenらと同じ、超過死亡の範囲が得られる。その下限値、上限値はそれぞれ、「インフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の最小量、最大量」を意味すると考えられるので、超過死亡の範囲を推定することで、インフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の範囲（最小値、最大値）を把握することができる。しかし、わが国ではこれまで超過死亡について、そのような観察が行われたことはなかった。

本研究では、最近のわが国におけるインフルエンザ流行による超過死亡の現状を明らかにする一法として、比較的簡便な方法である年間死亡率と季節指数を用いるモデルを応用し、超過死亡の範囲の推定を試みた。その結果、わが国の超過死亡の現状について新しい知見が得られたので報告する。

II 研究方法

1. 資料

1987年から2003年までの17年間の人口動態統計¹⁸⁾から総数および死因が不慮の事故（ICD-9：E800-E949，ICD-10：V01-X59）の月別死亡数を得た。さらに、総務省統計局の「推計人口」に基づく月初人口（日本人人口）¹⁹⁾を得た。

2. 分析方法

1987～2003年の総死亡に、河合・福富らの方法（年間死亡率と季節指数を用いるモデル）¹¹⁾を適用し、超過死亡の点推定値を求めた。さらに、著者らのモデル（年間死亡率と季節指数を用いるモデル）¹⁵⁾を適用して、非流行時の死亡数の95%範囲（基準範囲）を算定し、実際の死亡数と基準範囲の上限値、下限値それぞれとの差から超過死亡の範囲を求めた。ただし、1995年の阪神・淡路大震災による影響²⁰⁾等を考慮して、不慮の事故を除く総死亡とした。また、インフルエンザ流行月を除いたデータにそれぞれのモデルを適用した。モデルの算定にあたり、インフルエンザ流行月を、「インフルエンザ死亡率が0.9（人/10万人年）以上の月」と規定した。

III 研究結果

1. インフルエンザ流行月

観察期間（17年間，204月）中で、合計23月がインフルエンザ流行月（流行月）と判定された。表2のように、流行月は2月に最も多く、4～12月に流行月は認められなかった。季節指数の平均、分散の推定に用いることのできる非流行月の数は1月，2月，3月がそれぞれ10，8，10と少なく、その他の月は17となった。

表2 インフルエンザの流行月数，非流行月数

	流行月数	非流行月
1月	7	10
2月	9	8
3月	7	10
4月	0	17
5月	0	17
6月	0	17
7月	0	17
8月	0	17
9月	0	17
10月	0	17
11月	0	17
12月	0	17
計	23	181

注) 1987年1月～2003年12月（17年間，204月中）の流行月数，非流行月数

2. t年のうち流行があった月を除いた期間の年間死亡率 r_t 、季節指数 Q_i の平均、標準偏差の推定値

図1に年間死亡率 r_t の年次推移を示した。年間死亡率 r_t (人/10万人年) は、1987年の573.4から2003年の708.6へとほぼ直線的な増加傾向を示した。

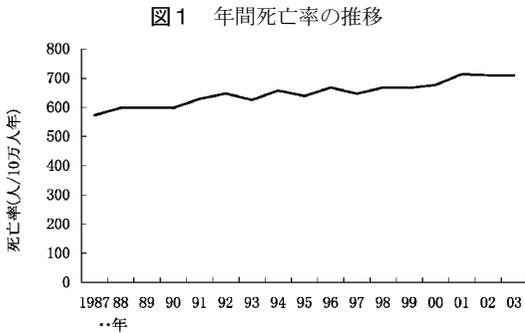


図1 年間死亡率の推移

表3 季節指数の分布

	平均±標準偏差
1月	1.131 ± 0.026
2月	1.105 ± 0.026
3月	1.082 ± 0.030
4月	1.030 ± 0.027
5月	0.975 ± 0.020
6月	0.926 ± 0.019
7月	0.925 ± 0.014
8月	0.924 ± 0.022
9月	0.918 ± 0.015
10月	0.977 ± 0.020
11月	1.045 ± 0.024
12月	1.104 ± 0.023

表3に季節指数 Q_i の分布 (平均±標準偏差) を示した。季節指数は、冬季(12~2月)に高く、最も高いのは1月、最も低いのは9月で、それぞれ1.13, 0.92であった。季節指数の標準偏差は、1~4月に大きく、7月, 9月に小さい傾向がみられた。

3. 超過死亡の観察

図2に、流行月に観察された死亡数(観察値: ×印)、インフルエンザの流行がない場合の死亡数の期待値(期待値: 実線)と95%範囲(基準範囲: 点線)を示した。期待値と観察値との差が超過死亡の点推定値、基準範囲の上限値、下限値と観察値との差がそれぞれ、超過死亡の範囲の下限値、上限値となる。

表4に超過死亡の点推定値、範囲を示した。超過死亡の点推定値は1999年に最も大きく、次いで95年、さらに、93年、97年、2003年、および2000年に大きかった。1999年の流行期について、超過死亡は約4万9千人と点推定されたが、超過死亡の範囲を併せて観察すると、約3万7千人~約6万人の範囲の超過死亡があったとも考えられることが分かった。同様に、95年の流行期について、超過死亡は約3万8千人と点推定されたが、約2万7千人~約4万8千人とも考えられることが分かった。また、93年、97年の超過死亡の点推定値はそれぞれ約2万5千人、2000年、2003年の超過死亡の点推定値はそれぞれ約2万2千人とほぼ同じであったが、超過死亡の範囲は、93年は約1万5千人~約3万6千人、97年は約1万8千人~約3万1千人、そして2000年は約1万4千人~約2万8千人、2003年は約1万1千人~約3万4千人と、年によって異なることが示された。各流行期

図2 流行月に観察された死亡数とインフルエンザの流行がない場合の死亡数(期待値と基準範囲)の推移

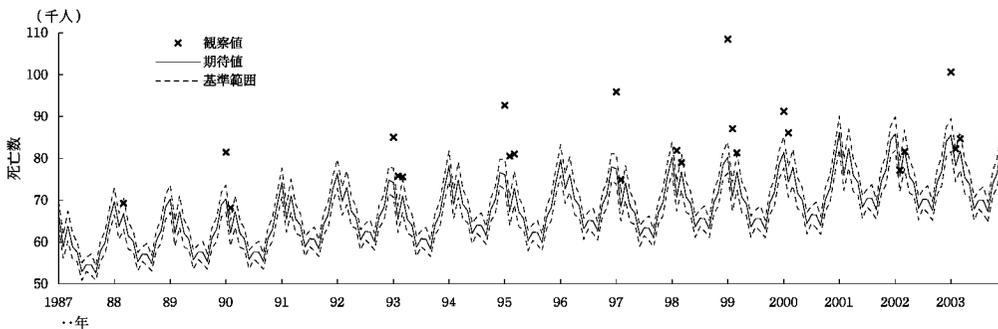


表4 各流行期における超過死亡の推定値

流行年	超過死亡		流行ウイルスの型 ^{*2}
	点推定値	範囲 (下限値-上限値)	
1987			
1988	2,534	(0- 6,270)	B, A(H3N2)
1989			
1990	17,227	(10,972-23,482)	6,369 A(H3N2), B
1991			
1992			
1993	25,658	(15,080-36,235)	9,540 A(H3N2), B
1994			
1995	38,007	(27,153-48,861)	22,446 A(H3N2), B
1996			
1997	25,006	(18,120-31,893)	14,431 A(H3N2), B
1998	13,292	(7,618-21,038)	A(H3N2)
1999	49,128	(37,696-60,560)	32,758 A(H3N2), B
2000	21,618	(14,258-28,979)	13,846 A(H1N1), A(H3N2)
2001			913 B, A(H1N1), A(H3N2)
2002	1,432	(0- 9,203)	1,078 A(H1N1), A(H3N2), B
2003	22,044	(11,462-34,364)	11,215 A(H3N2), B

*1: 本研究で言う超過死亡の範囲の下限値に相当する

*2: 病原微生物検出情報月報による

における超過死亡の範囲を比較すると、99年の超過死亡は93年、97年、2000年、および2003年のそれよりも大きかったと考えられるが、95年の超過死亡が最大であった可能性もあることが示された。

IV 考 察

Serfling らの方法、河合・福富らの方法に対応する超過死亡の推定方法では、インフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の点推定値が得られる。感染研の方法、著者らの方法に対応する超過死亡の推定方法では、インフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の最小値が得られる。本研究では、これらの方法を応用して、インフルエンザ流行による超過死亡の範囲を推定し、その年のインフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の範囲(最小値, 最大値)を推計した。ただし、ここで言う超過死亡の範囲は、インフルエンザの流行がない場合の死亡数の95%範囲限界値(上限値, 下限値それぞれ)と実際の死亡数との差として求めたものであり、不確実性の区間(uncertainty interval)である。本研究では、超過死亡の範囲を従来の超過死亡の点推定値と併せて観察することにより、

たとえば、1999年の流行期には約4万9千人の超過死亡があったという従来の知見に加えて、約3万7千人~約6万人の範囲の超過死亡があったという新しい知見を得ることができた。また、観察期間中で最も大きな超過死亡があったのは1999年の流行期であったという従来の知見に加えて、95年の超過死亡が最大であった可能性もあるという新しい知見も得ることができた。さらに、超過死亡の点推定値はほぼ同じであっても、超過死亡の範囲は年によって異なることが明らかになった。

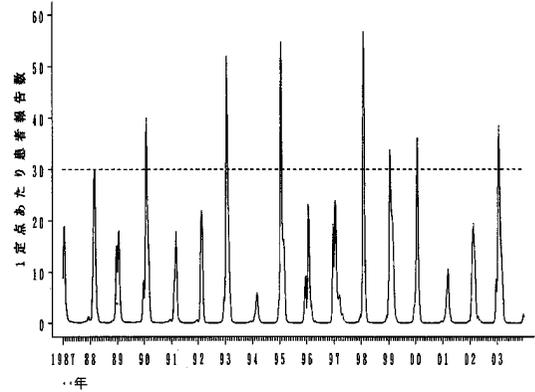
超過死亡の範囲は、Simonsen らのモデルを用いて、あるいは感染研のモデルを応用して求めることも可能である。Simonsen らのモデル、感染研のモデルは Simonsen らの提案するインフルエンザによる健康影響(発生病動向)の迅速な把握に適する利点がある²¹⁾。しかし、ここでは、インフルエンザ流行による健康影響の実態把握を目的としたことから、比較的簡便に超過死亡を推定できる著者らのモデル(年間死亡率と季節指数を用いるモデル)を用いた。また、今回の分析では、総死亡(不慮の事故を除く)について超過死亡を観察したが、「肺炎およびインフルエンザ死亡数」について超過死亡が観察されることも一般的である。わが国では現在、肺炎の死亡統計に1995年の死亡分類の修正に伴う死亡推移の急激な変化がみられることから、総死亡についてのみ超過死亡を観察されている¹³⁾。著者らのモデルは死亡分類の変更による影響がみられる死因別死亡統計への適用も可能であることから²²⁾、今後、肺炎等の死亡について今回と同様の分析を試みたい。

超過死亡の推定にあたり必要となる流行期の判定方法は研究によって様々である。たとえば、わが国では、橘らが、1980年から1994年までの流行期を、インフルエンザ罹患率(伝染病統計)、インフルエンザ様疾患定点当たり患者報告数(感染症サーベイランス事業年報)、インフルエンザウイルス分離数(伝染病流行予測報告書)、そしてインフルエンザ死亡率から、それらの総合的関連性を考慮した上で、インフルエンザ死亡率が2.0以上の月、および86年1月、90年1月、93年1月と規定している²³⁾。一方、感染研では、流行期を規定しないでモデルの算定を行っている¹⁴⁾。米国の Simonsen ら(米国疾病対策センター: CDC)は、1972年から1992年の流行期を、「121市のサー

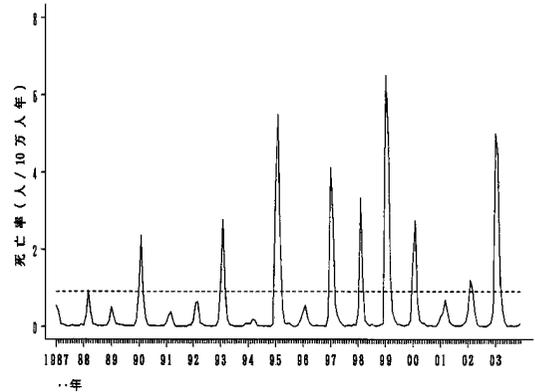
ペイランス定点から集められた週単位の肺炎およびインフルエンザ死亡数が、過去5年間の死亡データに基づき算定した死亡数の95%予測区間上限値を2週以上続けて上回ったとき、その最初の週を流行の開始週とし、死亡数の95%予測区間上限値を2週間以上続けて下回ったときを流行の終息週とする」と規定している²¹⁾。わが国においても2000/01年シーズンから、14大都市における「肺炎およびインフルエンザ死亡数」を週単位で把握するシステムが開始されている⁵⁾。しかし、これではそれ以前の流行が判定できない。わが国では、1987年から、感染症サーベイランス事業（現在の感染症発生動向調査）によるインフルエンザ様患者の発生動向調査が行われている。村上らは、その調査から得られた定点あたり患者報告数の分布に基づき、インフルエンザ流行週を、「インフルエンザ流行の開始基準値を30以上（定点あたり報告数の分布の95%点と99%点の間で切りの良い値）とし、終息基準値を10（90%点前後の値）とする」として流行を規定している²⁴⁾。しかし、インフルエンザ流行による超過死亡の推定では、インフルエンザに罹患し死亡に至るまでの時間経過を考慮するのが良いように思われる。村上らの方法では、（罹患の）流行があった時期を把握することができるが、それによって死亡が起こるまでの時間を考慮することができない。また、1999年4月の感染症新法施行以前は大部分が小児科定点での患者報告数であったが、インフルエンザ流行による死亡数は高齢者に多いこと、定点あたり患者報告数とインフルエンザ死亡数では流行を示す時期が必ずしも一致しないことも報告されている²³⁾。そこで、本研究では、罹患から死亡に至るまでの時間経過等を考慮し、次のように流行期を判定することとした。すなわち、インフルエンザ患者定点あたり報告数が30を越えた週の属する月およびその翌月を流行月と判定できるインフルエンザ死亡率の値を流行月の判定基準とすることとした。1987年から2003年までの17年間について観察したところ、図3-aのようにインフルエンザ様患者定点あたり報告数が30を越えた年は88年（10週：2, 3月）、90年（3～5週：1, 2月）、93年（3～6週：1, 2月）、95年（3～6週：1, 2月）、98年（4～7週：1, 2月）、99年（2, 3週：1月）、2000年（4～5週：1, 2月）、2003年（4～5週：1,

図3 インフルエンザ患者定点あたり患者報告数とインフルエンザ死亡率

a インフルエンザ患者定点あたり報告数



b インフルエンザ死亡率



2月)であった。図3-bのように、インフルエンザ死亡率の基準値を概ね0.9（人/10万人年）とすると、これらすべての年（その週の属する月、またはその翌月）を流行月として判定することができたことから、ここではインフルエンザ死亡率が0.9（人/10万人年）以上の月をインフルエンザ流行月と判定することとした。

国立感染症研究所（感染研）では1987/88年シーズンからのわが国の総死亡における超過死亡を観察している。感染研が観察している超過死亡は、本研究で言う超過死亡の範囲の下限値（最小超過死亡）に相当する。今回の分析結果と感染研の結果を比較すると、各流行期における超過死亡の範囲の下限値は、感染研の結果よりも5千人程度大きい値であった。わが国では、1995年1月、阪神・淡路大震災が原因で、死亡数が増加したこと

が認められている。そのため、本研究では、不慮の事故を除く総死亡にモデルを適用した。一方、感染研では総死亡数について、流行、非流行を問わないすべてのデータにモデルを適用している¹⁴⁾。モデルの算定に流行月のデータを用いると、ある程度の増加があった死亡数が加わることになり、非流行期の死亡数の95%範囲の幅は広く(上限値は高く)なる。また、1995年1月のように系統的な変動を含む死亡データを用いた場合も同様である。そのため、感染研の結果は今回の結果(超過死亡の範囲下限値)よりも若干小さい値となっているのかもしれない。

著者らは先に、1975～1999年(25年間)の死亡統計に、年間死亡率と季節指数を用いるモデルを適用し、超過死亡(最小超過死亡)を求めて報告した²⁵⁾。流行月の判定基準は今回の基準値と同じであった。結果を比較すると、ここで得られた超過死亡の範囲の下限値は、先に報告した結果(最小超過死亡)よりも5千人程度大きい値であった。ここには詳細を示さないが、1987年以降とそれ以前の1975～1986年の季節指数の分布を観察すると、最近17年間の総死亡の季節指数の分布はそれ以前と比較して、主として、インフルエンザの流行期にあたる冬季(1月, 2月)の季節指数について平均値, 標準偏差がともに小さくなった傾向がみられた。超過死亡の範囲は、各月の季節指数の分布(平均とばらつきの大きさ)に依存する。そのため今回の結果は前回の結果よりも各流行期について5千人程度値が大きくなったものと考えられた。わが国の総死亡の季節変動が小さくなる傾向にあることについては、永田や本間らによっても報告されており^{26,27)}、今回の結果が実態を示していると考ええる。

V 結 語

本研究では超過死亡の点推定値と範囲の推定値を併せて観察し、次の3つの知見を得た。

1) 1999年の流行期には約4万9千人の超過死亡があったという従来の知見に加えて、約3万7千人～約6万人の範囲の超過死亡があったという新しい知見が得られた。同様に、95年の流行期には約2万7千人～約4万8千人、さらに、93年、97年、2000年、および2003年の各々の流行期には約1万人～約3万人の範囲の超過死亡があったこ

とが分かった。

2) 観察期間中で最も大きな超過死亡があったのは1999年、次いで95年、そして93年、97年、2000年、および2003年の流行期であった。ただし、95年の超過死亡が最大であった可能性もある。

3) 超過死亡の点推定値はほぼ同じであっても、超過死亡の範囲の大きさは年によって異なることが示された。

インフルエンザの流行がない場合の死亡数のばらつきの範囲を考慮した上で、その年のインフルエンザの流行によって増加したと考えられる死亡数の範囲(最小値, 最大値)を新たに把握することができた。超過死亡の範囲の推定は、インフルエンザによる健康影響を把握する上で、有用な方法の1つであると考ええる。

本研究の遂行にあたり、国立保健医療科学院技術評価部丹後俊郎先生には貴重なご意見を頂きました。また、埼玉医科大学公衆衛生学教室永井正規先生には、終始ご指導を頂きました。心から感謝を申し上げます。

(受付 2005.11.18)
(採用 2006. 7.27)

文 献

- 1) Langmuir AD, William Farr: Founder of modern concepts of surveillance. *International Journal of Epidemiology* 1976; 5: 13-18.
- 2) Assaad F, Cockburn WC, Sundaresan TK. Use of excess mortality from respiratory diseases in the study of influenza. *Bulletin of the World Health Organization* 1973; 49: 219-233.
- 3) Standardization and improvement of influenza surveillance: Memorandum from a WHO/GEIG meeting. *Bulletin of the World Health Organization* 1992; 70: 23-25.
- 4) 新型インフルエンザ対策検討会. 新型インフルエンザ対策報告書(下). 週刊保健衛生ニュース第927号. 東京: 社会保険実務研究所, 1997; 18-37.
- 5) 大日康史. インフルエンザの流行状況把握システム. *インフルエンザ* 2005; 6: 51-60.
- 6) Serfling RE. Methods for Current Statistical Analysis of Excess Pneumonia-Influenza Deaths. *Public Health Reports* 1963; 78: 494-506.
- 7) Serfling RE, Sherman IL, Housworth WJ. Excess pneumonia-influenza mortality by age and sex in three major influenza A2 epidemics, United States, 1957-58, 1960 and 1963. *American Journal of Epidemiology* 1967; 86: 433-441.

- 8) Choi K, Thacker SB. An evaluation of influenza mortality surveillance, 1962-1979. I. Time series forecasts of expected pneumonia and influenza deaths. *American Journal of Epidemiology* 1981; 113: 215-226.
- 9) Choi K, Thacker SB. Mortality during Influenza Epidemics in the United States, 1967-1978. *American Journal of Public Health* 1982; 72: 1280-1283.
- 10) 河合 道, 福富和夫, 杉浦 昭. インフルエンザと超過死亡 (1966~1978). *臨床とウイルス* 1980; 8: 53-56.
- 11) 福富和夫, 橋本修二. 季節変動の観察—インフルエンザによる超過死亡. *保健統計・疫学*. 東京: 南山堂, 2005; 56-57.
- 12) 国立感染症研究所感染症情報センター. インフルエンザ流行に伴う超過死亡について. *病原微生物検出情報* 2000; 21: 265-267.
- 13) 国立感染症研究所感染症情報センター. インフルエンザ超過死亡「感染研モデル」2002/2003シーズン報告. *病原微生物検出情報* 2003; 24: 288-289.
- 14) Shindo N, Ii M, Ohkusa Y, et al. A Newly Developed Japanese Pneumonia and Influenza Mortality Model and Statistical Analysis of Excess Mortality by Stochastic Frontier Estimation. Discussion paper No. 501, The Institute of Social and Economic Research, Osaka University 2000.
- 15) 高橋美保子, 丹後俊郎. インフルエンザによる超過死亡の新しい定義とその推定方法の提案. *日本公衛誌* 2001; 48: 402-408.
- 16) Simonsen L, Clarke MJ, Williamson GD, et al. The impact of influenza epidemics on mortality: introducing a severity index. *American Journal of Public Health* 1997; 87: 1944-1950.
- 17) 大日康史. 超過死亡. 大日康史編. *健康経済学*. 東京: 東洋経済新報社, 2003; 86-88.
- 18) 厚生省 (厚生労働省). 死亡数, 性・死亡月・死因 (簡易分類) 別. 厚生省 (厚生労働省) 大臣官房統計情報部編. *人口動態統計下巻 昭和62年~平成15年*, 厚生省 (厚生労働省) 大臣官房統計情報部, 1989~2005.
- 19) 厚生省 (厚生労働省). 付録 基礎人口 月別推計人口 (各月1日現在), 厚生省大臣官房統計情報部編. *人口動態統計上巻 昭和50年~平成15年*, 厚生省 (厚生労働省) 大臣官房統計情報部, 1989~2005.
- 20) 河内章明, 加藤誠実, 八木ナツ子, 他. 人口動態統計からみた阪神・淡路大震災による死亡の状況. *厚生指標* 1996; 43: 8-15.
- 21) Simonsen L, Clarke MJ, Williamson GD, et al. A Method for Timely Assessment of Influenza-Associated Mortality in the United States. *Epidemiology* 1997; 8: 390-395.
- 22) 高橋美保子, 丹後俊郎. 過去23年間の死亡統計を用いてのインフルエンザによる超過死亡の新しい推定方法と従来の方法との比較研究. *日本公衛誌* 2001; 48: 816-826.
- 23) 橋とも子, 川南勝彦, 箕輪真澄. インフルエンザの流行と超過死亡 1980年—1994年. *日本公衛誌* 1999; 46: 263-274.
- 24) 村上義孝, 橋本修二, 谷口清洲, 他. 感染症発生动向調査に基づく感染症流行の特徴の評価. *日本公衛誌* 2000; 47: 925-935.
- 25) 高橋美保子, 丹後俊郎. 我が国におけるインフルエンザ流行による超過死亡の評価—年齢階級別, 死因別死亡による推定—. *日衛誌* 2002; 57: 571-584.
- 26) 永田久紀, 石樽清司. 死亡率の季節変動の年次推移. *日本気象学会雑誌* 1987; 24: 51-57.
- 27) 本間善之, 川口 毅. 主要死因の季節変動. *厚生指標* 1991; 38: 34-37.

ESTIMATION OF THE RANGE OF EXCESS DEATH ASSOCIATED
WITH INFLUENZA EPIDEMICS:
APPLICATION OF A MODEL USING ANNUAL MORTALITY RATES
AND THE SEASONAL INDEX FOR DETERMINING MINIMUM
EXCESS MORTALITY ESTIMATES

Mihoko TAKAHASHI*

Key words : Influenza epidemics, excess death, range, estimation

Objective To determine the range of excess death associated with influenza in Japan.

Methods The monthly rates for mortality from all causes other than accidents (ICD9: E800-E949, ICD-10: V01-X59) were determined from the Japanese national vital statistics for 1987–2003. By employing a model using the annual mortality rates and the seasonal index, the number of expected deaths and the 95% range of mortality in the absence of influenza-associated deaths (normal range) were obtained. Point estimation of excess mortality during an influenza season was performed by calculation of differences between the number of deaths observed and the number of deaths expected. The range of excess death was defined: the lower limit of the excess death was performed by calculation of difference between the number of deaths observed and the upper limit of the normal range. The upper limit of the excess death, on the contrary, was performed by calculation of difference between the number of deaths observed and the lower limit of the normal range. Based on the results of a survey of tendencies in the occurrence of infectious diseases, months showing a high prevalence of influenza and associated deaths were regarded as “months when the rate of death from influenza was 0.9 deaths/100,000 person-years or higher”.

Results The excess death determined by point estimation was largest in 1999, followed by 1995, 1993, 1997, 2000, and 2003. The point estimation (range of excess death) in 1999 was approximately 49,000 (approximate range, 37,000–60,000). Correspondingly, the excess death in 1995 was approximately 38,000 (approximate range, 27,000–48,000). While values in 1993, 1997, 2000, and 2003 were in the approximate range of 21,000 to 25,000, the range of excess death of each year showed the differences: approximate range from 15,000 to 36,000 in 1993, from 18,000 to 31,000 in 1997, from 18,000 to 28,000 in 2000, and from 11,000 to 34,000 in 2003, respectively. From comparison of the range of excess deaths by year, that in 1995 appeared to be the largest among the examined years.

Conclusion By considering the range of variation in the number of deaths in the years when no influenza epidemics occurred, the increase (the largest number and smallest number of deaths) associated with elevation the prevalence of influenza could be determined. Estimation of the range of excess deaths can be considered a useful method for understanding the influence of influenza on public health.

* Division of Human and Science, Faculty of Nursing, Yamanashi Prefectural University