

高齢者におけるインフルエンザ予防接種の需要分析とその検証

オオクサ ヤスシ*
大日 康史*

目的 リスクグループである高齢者のインフルエンザ予防接種に対する需要を分析する。そこから予防接種法改正の政策評価および補助によってどの程度需要が喚起されるかを明らかにする。

方法 同居世帯における高齢者と、独居・老夫婦世帯における高齢者に対して別々の調査を行い、高齢者自身の属性、世帯の属性、インフルエンザ罹患経験、予防接種経験等に加えて、仮想的な状況における接種希望を尋ねた。分析は、実際の接種、仮想的な状況でのコンジョイント分析、両者を融合させた結合推定を行う。

成績 3つの推定方法においても頑健的であるのは、費用感応的であること、接種回数、夜間・休日での接種、法的勧奨に強く影響を受けること、過去のインフルエンザ罹患経験、予防接種経験が接種率を高めることが明らかにされた。また、結合推定が安定的であり、もっとも信頼できる。

結論 予想接種率に人口を乗じた需要に直すと、最低は法的勧奨がなく費用も6,000円である場合の321.8万人、最高は法的勧奨があり無料である場合の893.2万人である。最低をほぼ現状であると考え、最高の場合の接種率は'00/'01シーズンの3倍弱に達する。他方で、500円でも有料化すると160万人分の需要が落ち込む。また、法的勧奨だけでも200万人分の需要を喚起する事が明らかになった。

Key words : インフルエンザ予防接種, 高齢者, コンジョイント分析, 結合推定, 需要予測

I 序 文

インフルエンザが、直接、間接に死亡の主要な要因になっていることはよく知られている。これは総死亡における超過死亡という概念で捉えられており、アメリカのCDCをはじめ、世界的にもインフルエンザの猛威を示す指標として監視されている¹⁻³⁾。日本においても単純な定義によるものが従来から研究されているが^{4,5)}、より有効な指標を作成する試みがなされている⁶⁾。これによれば、'97年2月に12,405人、'98年2月に6,569人、'99年1月に22,503人の超過死亡を観察している。

インフルエンザに対する対応としては、近年アマンタジンやザナミビルといった特効薬の開発、認可が行われているが、予防、重症化阻止という観点、あるいは費用対効果という観点からも、予

防接種が最も有効な対応策であることは論を待たない。その有効性は、従来は費用対効果の観点から、単純にインフルエンザ治療による医療費あるいは超過死亡と、予防接種の製造、接種費用とを比べた単純な分析であった⁷⁻¹⁰⁾。これらは、強制的に接種を義務づけられるような環境においては有効な議論と言えよう。日本においても'94年までの強制接種の時代には必要量は単に人口からの導出で十分であったであろう。しかしながら、現在の任意接種の時代においてはむしろ、自発的に接種するような政策的誘導を議論の方が実際的に有効な議論である。ところが、自発的な行動を想定した時点で、予防接種の振興はもはや医学的あるいは公衆衛生上のみの問題ではなく、人々の判断、意思決定を扱う経済学的な問題と変質している。

さらにインフルエンザの流行株は毎年変異するため大量生産し保管することができないこと、またワクチンの生産に一定の期間を有するために

* 大阪大学社会経済研究所
連絡先: 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 6-1
大阪大学社会経済研究所 大日康史

流行シーズンの遙か以前の段階で需要量を予測し、生産を開始しなければ間に合わない。こうした事情も、ワクチン需要予測を公衆衛生上、非常に重要な課題としている。

残念ながら、そうした意思決定もしくは需要という観点から、予防接種をみつかった研究は国際的にも多くはない。日本においては独自に実施したアンケートを用いて実際の行動とコンジョイント分析の2つのアプローチからの研究がなされている¹¹⁾。

本稿ではそうした研究を踏まえて、これまでの研究が20歳以上70歳未満を対象に行われたのを、リスクグループである高齢者に焦点を当てて分析する。そのことによって'01年の予防接種法改正の効果を事前に評価する。

II 対象と方法

1. データ

本稿では、同居世帯と独居・老夫婦世帯という二つの異なる対象に対して調査を行い収集したデータを用いる。両調査とも、著者が調査会社に委託し実施したもので、調査協力者には事前にはがき(同居世帯)、もしくは訪問(独居・老夫婦世帯)して同意を得た上で、調査票を郵送法にて送付した。

まず同居世帯における調査は、'01年5月に首都圏(東京、神奈川、埼玉、千葉)と関西地区(大阪、京都、奈良、兵庫)において行われた調査から得られたもので、調査対象は調査会社とモニター契約を結んでいる世帯である。調査票の総配布数は1,300、有効な回収は1,024世帯である。モニターは二層化抽出法により、まず地域が無作為抽出され、次にその地域の全人口から対象者が無作為抽出されている。標本世帯において65歳以上の高齢者は265世帯、338人である。調査では家族構成、世帯所得、資産、持ち家といった世帯の情報と、年齢、性別、主観的な健康状態、自覚症状・疾患の有無・期間、インフルエンザ予防接種の状況、'99/'00シーズンおよび'00/'01シーズンにおけるインフルエンザ罹患の状況の情報が含まれている。インフルエンザ罹患は自覚による判断と受診した際の診察とを両用する。なお、診察も医師によって患者に告げられた病名がインフルエンザであったか否かを患者に調査しているので、

その診断は診察所見によるものであり、必ずしも抗体検査の結果ではない。さらにコンジョイント分析に用いるための仮想的な質問が調べられている。なお、仮想的質問は70歳以上の高齢者についてのみ尋ねられており、同居家族の意向として高齢者の接種希望を尋ねている。

次に、独居・老夫婦世帯における調査は、'01年6月に全国において行われ、やはり調査対象は調査会社とモニター契約を結んでいる世帯である。この場合同居家族はいないので、回答能力に疑問が残るが、調査票の総配布数800の内、有効な回収は737である。モニターは前述したように二層化抽出法により全人口から抽出されているが、今回の調査では回答能力を勘案して70歳以上および郡部に偏った標本抽出を行っている。言うまでもなく、分析に際しては抽出率で復元している。

調査内容は同居世帯とはほぼ同様であるが、回答負担への配慮から全体的に粗い情報収集となっている。また、コンジョイント分析に関する設問も非常に単純となっている。そのために両者の単純な比較はできない。

具体的には、同居世帯における調査と独居・老夫婦世帯における調査とはコンジョイント分析で用いた仮想的な状況の設定が以下のように異なる。同居世帯では、回数、費用、流行、接種場所という4つの軸を設定し、それぞれ

回数 1回でよい、2回必要

費用 一回3,000円、一回1,500円、無料

流行 流行していない、流行している

接種場所 日中に医療機関・デイケアのみで接種、休日夜間でも医療機関や保健所で接種できる、幼稚園・保育所や小学校・老人福祉施設で接種できる、自宅で接種できる

という状況を想定している。都合48通りのシナリオが定義されるが、回答負担も考慮し、一人の調査対象には10シナリオを提示し回答を求め、その組み合わせを5パターン作成し、都合50パターン(一部重複)を尋ねている。

他方、独居・老夫婦世帯における調査では次のような仮想的な状況が設定されている。

シナリオ1 政府が高齢者の接種を法的にすすめている場合に、費用が5,000円

- シナリオ2 政府が高齢者の接種を法的にすすめている場合に、費用が2,000円
- シナリオ3 政府が高齢者の接種を法的にすすめている場合に、費用が500円
- シナリオ4 政府が高齢者の接種を法的にすすめている場合に、費用が無料
- シナリオ5 政府が高齢者の接種を法的にすすめていない場合に、費用が5,000円
- シナリオ6 政府が高齢者の接種を法的にすすめていない場合に、費用が2,000円
- シナリオ7 政府が高齢者の接種を法的にすすめていない場合に、費用が500円
- シナリオ8 政府が高齢者の接種を法的にすすめていない場合に、費用が無料

としている。

2. 分析方法

1) 実際の接種

分析方法は、先行研究¹⁾とおなじで世帯類型で共通であるが、説明変数が若干異なる。被説明変数は第*i*個人が'00/'01シーズンに予防接種を受けた場合 $J_i=1$ 、受けていない場合 $J_i=0$ となる二値変数である。説明変数は年齢 A_i の5歳刻みのスプライン関数 $f(A_i)$ 、性別(女性の場合1, 男性の場合0) G_i 、慢性疾患ダミー C_i 、世帯所得(対数値) H_i 、世帯純金融資産 N_i 、持ち家(一戸建て) M_i^1 、持ち家(マンション) M_i^2 、'99/'00シーズンにインフルエンザに罹患している場合に1, そうでない場合に0となる F_i 、また'98/'99シーズンに予防接種を受けた場合に1, そうでない場合に0となる W_i である。

推定式は、

$$J_i = \alpha_0 + \alpha_A f(A_i) + \alpha_G G_i + \alpha_H H_i + \alpha_C C_i + \alpha_N N_i + \alpha_{M^1} M_i^1 + \alpha_{M^2} M_i^2 + \alpha_F F_i + \alpha_W W_i + \varepsilon_i$$

$$J_i = \begin{cases} 1 & \text{if } J_i^* > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

である。推定方法はいずれも不均一分散に頑健なプロビット推定法を用いる。

ところで上式の係数の推定値 α は直感的な解釈はできない。直感的には、説明変数が変化した場合に、接種確率がどの程度変化するかであり、それは係数の推定値ではなく、マージナル効果である。マージナル効果は、説明変数が連続変数で

あればその変数が限界的に増加した際に接種確率がどの程度変化するかを示している。また、ダミー変数であれば、ダミー変数が0である場合と1である場合での接種確率の差を示している。例えば、表の数値が x であれば、連続変数の場合にはその説明変数の増加によって $100x\%$ ポイントだけ接種確率が変化することを意味し、ももとの接種確率を $y\%$ であるとする、説明変数の変化によって接種確率が $100x+y\%$ になる。また、説明変数がダミー変数の場合には、ダミー変数が0である場合と1である場合での接種確率の差が $100x\%$ ポイントである事を意味する。つまり、そのダミー変数が0である場合の接種確率が $y\%$ であるとする、1である場合での接種確率は $100x+y\%$ になる。

2) コンジョイント分析

コンジョイント分析に関する詳しい説明は先行研究^{11,14,15)}に譲るとして、具体的には次のとおりである。被説明変数は予防接種希望の有無 $J_{i,j}$ である。添え字 j は第 j 番目の仮想的状況における予防接種希望の有無を示している。説明変数は(1)式と同じものに加えて、仮想的状況を示す価格 P_j 、夜間・休日に接種できる場合に1, そうでない場合に0となる R_j^1 、施設・学校で接種できる場合に1, そうでない場合に0となる R_j^2 、自宅で接種できる場合に1, そうでない場合に0となる R_j^3 、流行している場合に1 そうでない場合に0となる K_j 、政府が法的に勧奨している場合に1, そうでない場合に0となる L_j 、が加えられる。つまり、推定式は、

$$J_{i,j} = \beta_i + \beta_P \log P_j + \beta_{R^1} R_j^1 + \beta_{R^2} R_j^2 + \beta_{R^3} R_j^3 + \beta_K K_j + \beta_L L_j + \beta_A f(A_i) + \beta_G G_i + \beta_H H_i + \beta_N N_i + \beta_C C_i + \beta_{M^1} M_i^1 + \beta_{M^2} M_i^2 + \beta_W W_i + \beta_F F_i + \beta_E E_i + \varepsilon_i^j$$

$$J_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if } J_{i,j}^* > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

となる。ここで β_i は $N(0, \alpha_{\beta}^2)$ に従う確率変数で、固有効果を示す。これを変量効果を伴うプロビット推定法を用いて推定を行う。仮想的な質問は2つの世帯類型でそれぞれ10あるいは8種類あるので j の最大数は10あるいは8であるが、回答者によっては無回答も有りうるので、すべての回答者に関して10あるいは8個の標本が観察されるわけではない。

3) 結合推定

実際の行動とコンジョイント分析とは、両者は一長一短である。つまり、実際の行動による分析は、本来的には最も好ましいものであるが、価格や政策変数の影響を捉えることができないし、また、実際の接種率が低いためにその代表性には疑問が残る。さらに、変量効果で表されている固有效果を制御することもできない。他方、仮想的な質問は、価格や政策変数を自由に設定できるためにその影響を捉えることができるし、また、その代表性には問題が無い。反面、あくまでも仮想的であるためにそれが実現した際に回答通りの行動をとるかは保障されていない。つまり回答はあくまで接種希望であり、接種希望者が全員接種するわけではない。そうしたお互いの欠点を補う方法として開発されたのが、Joint Estimation (結合推定)^{12,13)}である。具体的には、両者で共通の説明変数(例えば年齢や慢性疾患)に関しては共通の係数を与え、その上で仮想的な設問への反応を明らかにする。そのことによって、仮想的な質問による過剰な反応を制御しつつ、価格や政策変数の影響についてより信頼できる係数を得ることができる。さらに、実際の行動によるデータかあるいはコンジョイント分析によるデータかを表すコンジョイント分析ダミーを説明変数に加える。変量効果はコンジョイント分析と同様であるが、今回は実際の行動によるデータも含まれている点異なる。

$$J_{i,j,k} = \gamma_i + \gamma_P \log P_j + \gamma_{R^1} R_j^1 + \gamma_{R^2} R_j^2 + \gamma_{R^3} R_j^3 + \gamma_K K_j + \gamma_L L_j + \gamma_{Af} (A_i) + \gamma_G G_i + \gamma_H H_i + \gamma_N N_i + \gamma_C C_i + \gamma_{M^1} M_i^1 + \gamma_{M^2} M_i^2 + \gamma_W W_i + \gamma_F F_i + \gamma_E E_i + \gamma_{CJ} C_{Jk} + \varepsilon_{i,j,k}$$

$$J_{i,j,k} = \begin{cases} 1 & \text{if } J_{i,j,k}^* > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

である。ここで k は、実際の行動によるデータかあるいはコンジョイント分析によるデータかを表す添え字で、 C_{Jk} はコンジョイント分析によるデータである場合には1、実際の行動によるデータである場合には0となるダミー変数である。 γ_i は(2)式の β_i と同じ変量効果であるが、今回は実際の行動によるデータにおいても含まれている点が(2)式と異なる。

4) プール推定

次に、結合推定を世帯類型計に行う。こ

れによって、世帯類型間の違いを議論することができる。また、次節の需要予測に際しても、同じ基準で論じることが可能とする。具体的には、結合推定の説明変数に加えて、同居世帯では0、独居・老夫婦世帯では1となる世帯類型ダミー変数と、それと他の説明変数との交差項を加えた推定を行う。これは、費用以外の仮想的な状況に関してのみ両世帯類型で係数が共通であるとする制約をかけた上で、その他の係数に関しては両世帯類型で異なることを許容した推定式である。

推定式は、 t を世帯類型として、以下のように表される。つまり、 Z_t を同居世帯では0、独居・老夫婦世帯では1となるダミー変数として、

$$J_{i,j,k,t} = \eta_i + \eta_P \log P_j + \eta_{R^1} R_j^1 + \eta_{R^2} R_j^2 + \eta_{R^3} R_j^3 + \eta_K K_j + \eta_L L_j + \eta_{Af} (A_i) + \eta_G G_i + \eta_H H_i + \eta_N N_i + \eta_C C_i + \eta_{M^1} M_i^1 + \eta_{M^2} M_i^2 + \eta_W W_i + \eta_F F_i + \eta_E E_i + \eta_C C_k + \eta_{Af} (A_i) + \eta_G G_i + \eta_H H_i + \eta_N N_i + Z_t (\eta'_1 + \eta'_P \log P_j + \eta'_C C_i + \eta'_{M^1} M_i^1 + \eta'_{M^2} M_i^2 + \eta'_W W_i + \eta'_F F_i + \eta'_E E_i + \eta'_C C_k) + \varepsilon_{i,j,k,t}$$

$$J_{i,j,t} = \begin{cases} 1 & \text{if } J_{i,j,k,t}^* > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

とする。上式は、費用以外の仮想的な状況に関してのみ両世帯類型で係数が共通であるとする制約をかけた上で、その他の係数に関しては両世帯類型で異なることを許容した推定式である。

3. 需要予測

得られた推定結果を評価するために、需要予測を行う。パラメーターは最も信頼性が高い結合推定での推定結果を用いる。変数は多岐に渡るので、有意でかつ関心の強い費用と法的勧奨についてのみ、需要予測を行う。なお、年齢や慢性疾患等、高齢者の分布は、調査されたデータが代表的であるとし、その分布に従うと仮定する。他の政策変数は、回数は一回、接種場所は平日の医療機関、流行していない状態を想定している。

具体的には以下ようになる。

1) 法的勧奨の有無、費用を与え、高齢者の属性、その他の政策変数に基づいて各個人の予想接種確率を求める。推定されたパラメーターベクトルを $\hat{\theta}$ 、個人の属性を X_i 、仮想的な状況を Z_j で表すとし、第 i 個人の第 j 状態における予想接種確率は $f(X_i, Z_j | \hat{\theta})$ とする。

2) 予想接種確率を、同居の有無、性別、年齢

階層に基づく抽出率の逆数を乗じる。その抽出率の逆数を w_i とする。

3) それを合計したものが特定の法的勧奨、費用の状況における予防接種需要者数である。つまり、第 j 状態における日本全体での予想接種確率は $\sum_j w_j f(X_i, Z_j | \hat{\theta})$ で表される。

III 成績

1. 基礎的な分析

まず、2つのデータにおける記述統計量が表1にまとめられている。分析に使用できる標本数は同居世帯で338個、独居・老夫婦世帯で668個である。ただし、分析で使用する変数によって標本数が異なるので留意されたい。独居・老夫婦世帯での'99/'00シーズンと'00/'01シーズンでの予防接種率はそれぞれ7.5%、16.1%となっている。一方、罹患率は自覚ベースでそれぞれ15.2%、11.0%、診断ベースで6.8%、3.7%となっている。

同居世帯においても、予防接種率、罹患率のいずれもほとんど差がない。ただし、'99/'00シーズンの診断ベースでは3.0%と独居・老夫婦世帯の約半分である。いずれにしても、高齢者の状況や世帯の状況を無視した分析は意味が無いので、以下で精査する。

予防接種の有無による罹患率の差を、自覚ベース、診断ベースで検討した結果が表2にまとめられている。表から明らかのように、年、罹患の定義にかかわらず、すべての場合で有意な差が確認されない。

2. 実際の接種に関する分析

推定結果は表3にまとめられている。表から有意な変数は少ないものの、予防接種経験は両方の世帯類型で有意である。しかもそのマージナル効果は76~83%ポイントも接種確率を増加させる。インフルエンザ罹患経験も同居世帯では有意であるものの、独居・老夫婦世帯では有意ではない。同居世帯では28%ポイント接種確率を増加させる。年齢、慢性疾患をはじめとする他の変数はほとんど有意でなく、わずかにその他慢性疾患と老夫婦世帯で負で有意である。つまり、その他慢性疾患を持っている高齢者はそうでない高齢者よりも6.7%ポイント接種確率が低く、老夫婦世帯は独居世帯よりも8.5%ポイント接種確率が低い。

表1 記述統計量

	同居世帯	独居・老夫婦世帯
予防接種 ('99/'00)	0.076	0.075
予防接種 ('00/'01)	0.145	0.162
インフルエンザ罹患経験		
自覚 ('99/'00シーズン)	0.162	0.153
自覚 ('00/'01シーズン)	0.140	0.110
診断 ('99/'00シーズン)	0.030	0.068
診断 ('00/'01シーズン)	0.031	0.037
年齢	71.109	70.159
女性ダミー	0.457	0.497
呼吸器系慢性疾患	0.121	0.056
消化器系慢性疾患	0.111	0.145
循環器系慢性疾患	0.333	0.256
精神神経系慢性疾患	0.098	0.026
筋骨格系慢性疾患	0.344	0.148
泌尿器系慢性疾患	0.072	0.060
内分泌系慢性疾患	0.261	0.202
感覚器系慢性疾患	0.233	0.204
その他慢性疾患	0.323	0.026
要介護状態		0.050
世帯所得 (対数)	5.992	5.121
純金融資産	676.6	1,413
持ち家 (一戸建て)	0.819	0.828
持ち家 (マンション)	0.093	0.076
独居世帯		0.111
老夫婦世帯		0.868
同居世帯	1.000	0.021
その他世帯		0.008
政令指定都市	0.375	0.255
県庁所在地	0.031	0.149
その他市	0.550	0.452
町	0.044	0.134
村		0.010

3. コンジョイント分析に関する分析

推定結果は表4にまとめられている。なお、同居世帯と別居・高齢者世帯では仮想的質問が異なるため、設問がない場合表中の該当箇所は空白としている。費用に関してはいずれも負で有意であり、現行の6,000円が仮に無料になった場合には22~32%ポイントの接種率向上になる。2回接種が1回接種になれば14%ポイントの接種拡大に寄与する。休日・夜間での接種が可能になった場合には34%の接種拡大につながるが、施設・学校や自宅接種は接種拡大に寄与しない。また、流行の

表2 予防接種と罹患率

世帯形態	シーズン	定義	インフルエンザ罹患		合計
同居	'99/'00	自覚	罹患せず	罹患	
		非接種	248	47	295
		接種	12	5	17
		合計	260	52	312
		P値			0.175
同居	'00/'01	自覚	罹患せず	罹患	
		非接種	235	36	271
		接種	31	7	38
		合計	266	43	309
		P値			0.451
同居	'99/'00	診断	罹患せず	罹患	
		非接種	287	8	295
		接種	16	1	17
		合計	303	9	312
		P値			0.400
同居	'00/'01	診断	罹患せず	罹患	
		非接種	263	8	271
		接種	36	2	38
		合計	299	10	309
		P値			0.354
独居・ 老夫婦	'99/'00	自覚	罹患せず	罹患	
		非接種	515	88	603
		接種	39	8	47
		合計	554	96	650
		P値			0.669
独居・ 老夫婦	'00/'01	自覚	罹患せず	罹患	
		非接種	506	64	570
		接種	92	11	103
		合計	598	75	673
		P値			1.000
独居・ 老夫婦	'99/'00	診断	罹患せず	罹患	
		非接種	568	35	603
		接種	42	5	47
		合計	610	40	650
		P値			0.199
独居・ 老夫婦	'00/'01	診断	罹患せず	罹患	
		非接種	548	22	570
		接種	100	3	103
		合計	648	25	673
		P値			0.784

Note : Pは、Fisherの正確な検定におけるP値を示す。

有無は有意な差をもたらさない。政府による法的な勧奨は9.5%ポイントの増加をもたらす。

その他の変数では、実際の行動と同じく過去2

表3 実際の予防接種の推定

	同居世帯		独居・老夫婦世帯	
	マージナル効果	P値	マージナル効果	P値
年齢	0.007	0.562	0.010	0.240
(年齢-70)・70歳以上ダミー	-0.017	0.469	-0.014	0.367
(年齢-75)・75歳以上ダミー	0.001	0.978	0.018	0.363
(年齢-80)・80歳以上ダミー	0.012	0.769	-0.011	0.592
(年齢-85)・85歳以上ダミー	-0.032	0.463	-0.011	0.592
女性ダミー	-0.003	0.937	0.037	0.191
呼吸器系慢性疾患	-0.044	0.440	0.038	0.476
消化器系慢性疾患	-0.006	0.913	0.004	0.916
循環器系慢性疾患	0.045	0.255	0.052	0.102
精神神経系慢性疾患	-0.013	0.793	0.037	0.680
筋骨格系慢性疾患	-0.011	0.767	0.044	0.223
泌尿器系慢性疾患	0.047	0.451	0.088	0.108
内分泌系慢性疾患	-0.015	0.692	0.100	0.003
感覚器系慢性疾患	-0.034	0.447	0.007	0.810
その他慢性疾患	0.000	0.990	-0.067	0.079
要介護状態			-0.008	0.907
インフルエンザ罹患経験	0.278	0.000	0.036	0.357
予防接種経験	0.755	0.000	0.834	0.000
世帯所得(対数)	0.004	0.593	-0.004	0.682
純金融資産	0.000	0.846	0.000	0.273
持ち家(一戸建て)	0.079	0.131	0.017	0.706
持ち家(マンション)	0.053	0.639	0.111	0.136
老夫婦世帯			-0.085	0.070
同居世帯			0.035	0.688
県庁所在地	0.036	0.692	-0.020	0.564
その他市 町	0.006	0.880	-0.013	0.675
			0.017	0.684

Note : 同居世帯におけるすべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。対数尤度は-82.791で疑似R²は0.3031である。独居・老夫婦世帯におけるすべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。対数尤度は-151.54で疑似R²は0.3657である。

年間の予防接種経験とインフルエンザ罹患経験がいずれも正で有意で、接種経験は43~62%ポイントと非常に大きな効果を有する。他方で罹患経験は12%ポイント程度接種を増加させるが、同居世帯では有意ではない。

また、同居世帯の75歳以上の年齢と独居・老夫婦世帯の呼吸器系慢性疾患が負で有意である。また、特筆すべきは要介護状態にあると12%ポイント程度接種を増加させる。

4. 結合推定を用いた需要分析

推定結果は、表5にまとめられている。費用や他の仮想的な状況における反応はコンジョイント分析とほぼ同じである。その意味で、コンジョイ

表4 予防接種のコンジョイント分析

	同居世帯		独居・老夫婦世帯	
	マージナル効果	P値	マージナル効果	P値
費用 (対数)	-0.025	0.000	-0.037	0.000
回数 (2回ダミー)	-0.143	0.000		
休日・夜間接種	0.343	0.000		
施設・学校接種	0.009	0.814		
自宅接種	-0.044	0.224		
流行ダミー	0.005	0.891		
法的勧奨ダミー			0.095	0.000
年齢	0.036	0.164	0.001	0.940
(年齢=70)・70歳以上ダミー			-0.010	0.604
(年齢=75)・75歳以上ダミー	-0.079	0.091	0.013	0.674
(年齢=80)・80歳以上ダミー	0.046	0.387	0.023	0.637
(年齢=85)・85歳以上ダミー	0.063	0.317		
(年齢=90)・90歳以上ダミー	-0.081	0.261		
女性ダミー	-0.001	0.990	0.030	0.345
呼吸器系慢性疾患	-0.096	0.452	-0.117	0.063
消化器系慢性疾患	-0.079	0.391	0.022	0.627
循環器系慢性疾患	0.067	0.306	0.009	0.796
精神神経系慢性疾患	-0.110	0.150	0.271	0.034
筋骨格系慢性疾患	0.113	0.148	-0.008	0.855
泌尿器系慢性疾患	0.078	0.422	0.065	0.308
内分泌系慢性疾患	0.029	0.711	0.007	0.846
感覚器系慢性疾患	-0.112	0.150	0.051	0.210
その他慢性疾患	-0.043	0.561	0.191	0.176
要介護状態			0.120	0.098
インフルエンザ罹患経験	0.016	0.885	0.116	0.005
予防接種経験	0.620	0.000	0.436	0.000
世帯所得 (対数)	0.007	0.714	-0.006	0.647
純金融資産	0.000	0.505	0.000	0.294
持ち家 (一戸建て)	-0.125	0.332	-0.084	0.136
持ち家 (マンション)	0.000	0.999	-0.100	0.180
老夫婦世帯			-0.005	0.931
同居世帯			0.034	0.780
その他世帯			-0.162	0.402
県庁所在地	0.155	0.437	0.038	0.465
その他市	0.060	0.372	0.061	0.118
町	0.354	0.049	0.013	0.813
村			-0.042	0.601

Note: 同居世帯における標本数は144個人, 1,283個ですべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。独居・老夫婦世帯における標本数は700個人, 2,557個で, すべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。

表5 実際の行動とコンジョイント分析の結合推定

	同居世帯		独居・老夫婦世帯	
	マージナル効果	P値	マージナル効果	P値
費用 (対数)	-0.024	0.000	-0.036	0.000
回数 (2回ダミー)	-0.134	0.000		
休日・夜間接種	0.332	0.000		
施設・学校接種	0.013	0.723		
自宅接種	-0.037	0.276		
流行ダミー	0.010	0.786		
法的勧奨ダミー			0.095	0.000
年齢	0.008	0.736	0.002	0.812
(年齢=70)・70歳以上ダミー	0.015	0.669	-0.010	0.596
(年齢=75)・75歳以上ダミー	-0.052	0.204	0.017	0.538
(年齢=80)・80歳以上ダミー	0.016	0.754	-0.020	0.615
(年齢=85)・85歳以上ダミー	0.053	0.391		
(年齢=90)・90歳以上ダミー	-0.055	0.402		
女性ダミー	0.064	0.290	-0.008	0.778
呼吸器系慢性疾患	-0.096	0.313	-0.060	0.335
消化器系慢性疾患	-0.097	0.252	0.020	0.637
循環器系慢性疾患	0.085	0.097	0.037	0.251
精神神経系慢性疾患	-0.071	0.349	0.276	0.000
筋骨格系慢性疾患	0.081	0.173	-0.011	0.780
泌尿器系慢性疾患	0.147	0.114	0.086	0.127
内分泌系慢性疾患	0.045	0.441	0.042	0.228
感覚器系慢性疾患	-0.040	0.522	0.065	0.069
その他慢性疾患	-0.036	0.540	0.150	0.069
要介護状態			0.110	0.070
インフルエンザ罹患経験	0.016	0.017	0.124	0.000
予防接種経験	0.369	0.000	0.221	0.000
世帯所得 (対数)	0.005	0.755	-0.005	0.658
純金融資産	0.000	0.633	0.000	0.534
持ち家 (一戸建て)	-0.037	0.702	-0.074	0.149
持ち家 (マンション)	-0.062	0.624	-0.062	0.365
老夫婦世帯			-0.025	0.629
同居世帯			0.031	0.794
その他世帯			-0.222	0.282
県庁所在地	0.089	0.565	0.027	0.575
その他市	0.035	0.538	0.053	0.134
町	0.155	0.250	0.008	0.868
村			-0.071	0.301
コンジョイントダミー	0.273	0.000	0.595	0.000

Note: 同居世帯における標本数は328個人, 1,590個ですべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。独居・老夫婦世帯における標本数は718個人, 3,185個で, すべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。

ント分析のみでも仮想的な設問に対する反応は適切に捉えられているといえよう。

逆に予防接種経験とインフルエンザ罹患経験がいずれも正で有意であることは従来通り以上に明確な結果であるが, 接種経験は37~22%ポイントとその影響力が低下しており, 3種類の推定の中

で最低である。また, インフルエンザ罹患経験では初めて両方の世帯類型で有意であり12~19%ポイントという影響は, 同居世帯では実際の行動, 独居・老夫婦世帯ではコンジョイント分析に近い結果で, 極端な影響を避ける結合推定の特徴が現

れている。

慢性疾患に関しても3つの推定方法の中で最も有意な場合が多く、同居世帯の循環器、独居・老夫婦世帯での精神神経、感覚器、その他慢性疾患では有意に高い。これらも、データを別々に推定していた際には明らかになっていなかった部分であるので、結合推定の優位性による。要介護状態は、11%ポイントの接種率向上と、コンジョイント分析での結果と同じである。

最後のコンジョイントダミーは両世帯類型で正で有意であり、同居世帯では27%ポイント、独居・老夫婦世帯では59%ポイントも高い。しかしながら、この係数は実際の行動と仮想的な質問による誤差という側面に加えて、その世帯が直面している費用あるいは流行情報等に関する状況を強く反映しているが、それらの情報は利用できない。したがって、この大小だけでコンジョイント分析の有効性を議論することはできない。その面でも、結合推定を用いることの方が適切であると言えよう。

5. プール推定

推定結果は表6にまとめられている。表では従来の見方と異なり、独居・老夫婦世帯の欄は独居・老夫婦世帯と同居世帯との差を示している。表から、費用に関してはさらに非弾力的となり、同居世帯でマージナル効果が-0.022、独居・老夫婦世帯ではさらに0.014、同居世帯を下回っている。その他の傾向はこれまでの別々の推定結果とはほぼ同じである。つまり、世帯類型のみの違いによる差は有意ではないものの、慢性疾患やコンジョイントダミーでは有意な差が認められる。特に後者は結合推定と同様に独居・老夫婦世帯の方が仮想的質問による回答のずれは小さい。

6. 需要予測

結果は表7にまとめてある。これによると最低は法的勧奨がなく費用も6,000円である場合の321.8万人、最高は法的勧奨があり無料である場合の893.2万人である。最低をほぼ現状であると考え、最高の場合の接種率は'00/'01シーズンの3倍弱に達する。他方で、500円でも有料化すると160万人分の需要が落ち込む。また、法的勧奨だけでも200万人分の需要を喚起する。

表6 世帯累計合計での結合推定

	同居世帯		独居・老夫婦世帯	
	マージナル効果	P値	マージナル効果	P値
費用(対数)	-0.023	0.000	-0.014	0.003
回数(2回ダミー)	-0.123	0.000		
休日・夜間接種	0.306	0.000		
施設・学校接種	0.012	0.708		
自宅接種	-0.034	0.282		
流行ダミー	0.010	0.774		
法的勧奨ダミー			0.097	0.000
年齢	0.008	0.703	-0.006	0.797
(年齢-70)・70歳以上ダミー	0.013	0.722	-0.022	0.579
(年齢-75)・75歳以上ダミー	-0.049	0.206	0.066	0.165
(年齢-80)・80歳以上ダミー	0.014	0.765	-0.034	0.590
(年齢-85)・85歳以上ダミー	0.050	0.390		
(年齢-90)・90歳以上ダミー	-0.052	0.408		
女性ダミー	0.066	0.245	-0.075	0.238
呼吸器系慢性疾患	-0.086	0.334	0.024	0.827
消化器系慢性疾患	-0.099	0.220	0.119	0.191
循環器系慢性疾患	0.080	0.101	-0.042	0.468
精神神経系慢性疾患	-0.066	0.359	0.346	0.001
筋骨格系慢性疾患	0.075	0.178	-0.086	0.212
泌尿器系慢性疾患	0.147	0.098	-0.060	0.570
内分泌系慢性疾患	0.043	0.436	-0.001	0.992
感覚器系慢性疾患	-0.032	0.589	0.097	0.161
その他慢性疾患	-0.034	0.548	0.185	0.069
要介護状態			0.113	0.064
インフルエンザ罹患経験	0.310	0.001	-0.046	0.648
予防接種経験	0.165	0.013	-0.040	0.593
世帯所得(対数)	0.005	0.755	-0.010	0.596
純金融資産	0.000	0.710	0.000	0.929
持ち家(一戸建て)	-0.039	0.673	-0.033	0.758
持ち家(マンション)	-0.073	0.535	0.012	0.933
老夫婦世帯			-0.024	0.643
同居世帯	0.585	0.709	0.035	0.772
その他世帯			-0.228	0.275
県庁所在地	0.081	0.574	-0.055	0.718
その他市	0.030	0.578	0.024	0.711
町	0.135	0.290	-0.129	0.346
村			-0.069	0.314
コンジョイントダミー	0.257	0.000	0.348	0.000

Note: 標本数は1,046個人, 4,775個ですべての係数が0であるという帰無仮説との尤度比検定は有意水準1%で棄却される。

IV 考 察

1. 標本設計

前述したように、標本は二層化抽出法により抽出されている。したがって、標本抽出の段階では偏りはない。しかしながらモニター契約を結ぶか否かは世帯の判断なので偏りが生じる可能性がある。実際に、失業世帯が含まれない、自営業者が少ない、比較的高所得世帯に若干偏る事が知られ

表7 需要予測 (万人)

費用	法的勸奨なし			法的勸奨あり		
	下限	平均	上限	下限	平均	上限
同居世帯						
無料	268.7	300.6	334.4	361.7	398.5	436.6
500	147.2	200.5	227.4	213.4	280.3	312.9
1,000	136.6	190.9	216.9	199.6	268.4	300.3
1,500	130.7	185.4	211.0	191.9	261.6	293.1
2,000	126.5	181.6	206.8	186.5	256.9	288.0
2,500	123.4	178.6	203.6	182.4	253.2	284.1
3,000	120.9	176.3	201.0	179.1	250.3	280.9
3,500	118.8	174.3	198.9	176.3	247.8	278.3
4,000	117.0	172.6	197.0	173.9	245.6	276.0
4,500	115.5	171.1	195.3	171.9	243.7	273.9
5,000	114.1	169.7	193.9	170.0	242.1	272.1
5,500	112.9	168.5	192.6	168.4	240.5	270.5
6,000	111.7	167.5	191.4	166.9	239.2	269.0
独居・老夫婦世帯						
無料	362.4	396.7	431.8	459.2	494.7	530.1
500	158.9	211.3	238.6	227.7	291.3	323.1
1,000	142.1	194.3	220.3	206.5	271.0	301.8
1,500	132.8	184.7	210.0	194.6	259.4	289.7
2,000	126.5	178.1	202.8	186.5	251.4	281.2
2,500	121.8	173.1	197.4	180.3	245.2	274.7
3,000	118.0	169.1	193.0	175.4	240.2	269.4
3,500	114.8	165.7	189.3	171.3	236.1	265.0
4,000	112.2	162.8	186.2	167.8	232.5	261.2
4,500	109.9	160.3	183.5	164.7	229.4	257.9
5,000	107.8	158.1	181.1	162.0	226.6	254.9
5,500	106.0	156.1	178.9	159.6	224.1	252.3
6,000	104.3	154.3	176.9	157.4	221.9	249.9

ている。しかしながら後で説明するようにデータは直接比較されるものではなく、推定式を通じて解析されるので、そうした偏りの多くは年齢や世帯所得といった説明変数でコントロールされると考えられる。

また、独居・老夫婦世帯では前述したモニター契約による偏りの恐れに加えて、高齢者に直接尋ねているという意味での回答能力というもう一段の偏りが生じている恐れがある。ただし、調査対象がモニター契約を結ぶ際に調査対象者の回答能力は確認された上で、謝礼の金額も含めて契約がなされているので、今回の調査内容程度の質問であれば十分に回答能力があると判断される。

いずれにしても、今回は調査方法として郵送法

を用いたために、特に独居・老夫婦世帯でより脆弱な高齢者よりも健康な高齢者に偏った恐れがある。また、より脆弱な入院・入所高齢者も調査対象から定義上除かれている。そうした脆弱な高齢者のサンプリングも含めて、より真の高齢者の分布にしたがって、調査が必要である。その為には郵送法によらない方法、例えばインタビューによる調査が必要であろう。それには膨大な費用がかかるために、将来の課題としたい。

2. 罹患率

表2では、予防接種の有無による罹患率の有意な差は確認されなかったのは、一見予防接種が無効であるような印象を与える。以前にワクチン接種を受けていない60歳以上の人を対象にして、無作為化二重盲験を行った研究¹⁵⁾ではその有効率を17～50%とされているが、70歳以上では有為な効果を認められていない。ここでの標本とは条件設定（以前の接種経験や年齢）が異なるので、この結果からワクチンの罹患率の影響を結論づけることは短絡的すぎる。また、そもそも予防接種需要自身が高齢者もしくは家族の意思決定の結果であり、無作為に割り当てられたものではないことに留意しなければならない。例えば、観察可能な変数（例えば、年齢や基礎疾患といった推定で用いられる説明変数）は同じであるがより脆弱な高齢者に予防接種を需要する傾向があり、また脆弱故に罹患確率が高ければ、そうした分析者にとって観察不可能な変数によって偏りが生じる可能性がある。また、診断ベースであれば、罹患してからさらに受診するという意思決定が必要であり、もう一段の偏りが持ち込まれる可能性がある。いずれにしても、意思決定の結果である変数によって分類された差の検定は、留意が必要である。この様な問題は選択バイアスとして経済学では非常に知られた現象である。

また、そうした内生性の問題に加えて、そもそもここでの罹患率の定義にもその精度に関して問題が残る。前述したように、家計を対象として調査方法から明らかな様に自覚、診断のいずれにおいても、高齢者が回答している。そのために、自覚であれば正確にインフルエンザ疾患と風邪様疾患とを区別されているわけではない。また、診断ベースにおいても、診察所見から判断され患者に伝えられた疾患名としてインフルエンザ罹患とし

ているので、抗体検査が行われているかどうかは不明である。少なくとも、インフルエンザに診断される条件として抗体検査は求められていない。それ故に、ここでの結果は予防接種の有効性を検定する目的には適切なデータではないことは明らかである。しかしながら本稿の目的は前述しているように、予防接種の需要であるので、本当にその高齢者がインフルエンザに罹患したか否かではなく、その高齢者がインフルエンザに罹患したと考えているか否かであることに留意しなければならない。それ故に、罹患率も自覚ベースで定義する方がより合目的的である。

3. 需要予測

本稿では高齢者のみを対象として詳しく議論したが、幼児・児童、成人といったすべての年齢階層において同様の分析を行い、またそこでの需要予測を日本の人口分布に引き戻し、日本全体でのワクチン需要量を推定した¹⁶⁾。その結果、予防接種法が改正されかつ高齢者の予防接種費用が無料である場合には990万本、1,500円程度であれば800万本という予測がなされた。これに基づき、厚生労働省インフルエンザワクチン需要検討委員会は'01年6月に'01/'02シーズンのワクチン需要予測として1,000万本を見込んだ。'01/'02シーズン終了後の実際の購入、使用の調査¹⁷⁾によれば、実際の使用本数は950万本であった。現時点においては公費補助の実態に関する調査はなされていないのでその全体像を把握することはできないものの、本稿に基づく予測は十分に正確であったと評価できよう。本稿の分析が予防接種法改正前で公費補助の程度も不明であった段階で行われていることを考え合わせると、本稿のアプローチが実用的で、かつ有効であることが強く支持される。逆に、本稿でのアプローチ以外の手法ではこのような大きな政策変更の予測、評価にはまったく無力であることにも留意が必要であろう。

4. 今後の課題

本稿では結合推定が、現在の用い得る手法としては最善の推定法であることを示したが、なお仮想的質問によるバイアスが完全に除去されているとは断言できない。さらに、より信頼できる推定値を得るために、来年度以降も同じ調査対象に対して、継続的調査する必要がある。それによっ

て、仮想的質問法によるバイアスを評価し、とり除くことができるであろう。

本稿は、2つの独立した研究プロジェクトを統合している。独居・老夫婦世帯の調査・研究は'01年度厚生科学研究医薬安全総合研究事業「インフルエンザワクチン需要予測に関する研究」（代表：三浦宜彦埼玉県立大学保健医療福祉学部教授）の研究成果の一環である。同居世帯の調査・研究は、文部科学省科学研究補助金特定研究領域「家計行動の実証分析に基づいた経済制度の評価」（課題番号12124207）（代表：林文夫東京大学経済学部教授）による。2つの事業のメンバーの有益な議論に感謝する。また、この研究は厚生労働省インフルエンザワクチン需要検討委員会で報告された承された。同委員会の神谷齋委員長（国立三重病院病院長）、廣田良夫委員（大阪市立大学医学部教授）を初め多くの委員から適切な助言をいただいたことを感謝する。最後に、松本和子さんから研究補助を頂いた事に感謝する。

（受付 2002. 2. 6）
（採用 2002.10.16）

文 献

- 1) Serfling RE. Methods for Current Statistical Analysis of Excess Pneumonia-Influenza Deaths. Public Health Rep 1963; 78: 494-506.
- 2) Assad F, Cockburn WC, Sundaresan TK. Use of excess mortality from respiratory diseases in the study of influenza. Bulltin of WHO.1973; 49: 219-233.
- 3) Choi K, Thacker SB. An Evaluation of Influenza Mortality Surveillance, 1962-1979. I. Am J Epidemiology.1981; 113: 215-226.
- 4) 橋とも子, 川南勝彦, 箕輪眞澄, 他. インフルエンザの流行と超過死亡. 日本公衆衛生雑誌. 1999; 46-4: 263-273.
- 5) 橋とも子, 箕輪眞澄. インフルエンザによる超過死亡. Journal of National Institution of Public Health. 1999; 48-4: 291-297.
- 6) Shindo N, Ii M, Ohkusa Y, et al. A Newly Developed Japanese Pneumonia and Influence Mortality Model and Statistical Analysis Influenza Excess Mortality by Stochastic Frontier Estimation. ISER DP. 2000; 501.
- 7) Nichol K. L, Margolis K. L, Wuorena J, et al. The Efficiency and Cost Effectiveness of Vaccination Against Influenza among Elderly Persons Living in the Community. The New England Journal of Medicine. 1994; 778-784.
- 8) Gross P. A, Hermogenes A. W, Sacks H. S, Lau J., The Efficiency of Influenza Vaccine in Elderly Persons:

- A Meta-analysis and Review of Literature. *Annals of Internal Medicine*. 1995; 123: 519-527.
- 9) Levy E. French Economic Evaluations of Influenza and Influenza Vaccination. *PharmacoEconomics*. 1996; IX, Supple. III: 62-66.
 - 10) Scott G. W., Scott H. M. Economic, Evaluation of Vaccination Against Influenza in New Zealand. *PharmacoEconomics*. 1996; IX: 51-60.
 - 11) 井伊雅子, 大日康史. インフルエンザ予防接種の需要分析. *日本公衆衛生雑誌*. 2001; 48-1, 16-27.
 - 12) Ben-Akiva, Morikawa T. Estimation of Travel Demand Models from Multiple Data Sources. *Transportation and Traffic Theory*. 1990 :461-476.
 - 13) Johnson F. R., Banzhaf M. R., Desvousges W. H. Willingness To Pay For Improved Respiratory and Cardiovascular Health: A Multiple-Format, Stated-Preference Approach. *Health Economics* 2000: 9, 295-317.
 - 14) 井伊雅子, 大日康史. 医療サービス需要の経済分析. *日本経済新聞社*. 2001.
 - 15) Grovaert, Th. ME, et al. The Efficacy of Influenza Vaccination in Elderly Individuals—A Randomized Double blind Placebo-Controlled Trial. *JAMA*. 272. 1661-1665, 1994.
 - 16) 大日康史. 高齢者におけるインフルエンザ予防接種の需要分析. 2001年度厚生科学研究医薬安全総合研究事業「インフルエンザワクチン需要予測に関する研究」報告論文, 2001.
 - 17) 三浦宜彦. インフルエンザワクチンの需要に関する研究. 2002年度厚生科学研究医薬安全総合研究事業「インフルエンザワクチン需要予測に関する研究」報告論文, 2002.
-

AN ANALYSIS OF THE DEMAND FOR INFLUENZA VACCINATION AMONG THE ELDERLY IN JAPAN

Yasushi OHKUSA*

Key words : vaccination of influenza, demand for vaccination, elderly, conjoint analysis

Purpose This paper will discuss an analysis of the demand for vaccination for the elderly as a high-risk group. Influence of the governmental endorsement and/or subsidy on these demand is, then, evaluated from the estimation results.

Methods Original data were obtained from two surveys conducted by the author for the elderly living with and without descendents. Information was collected about the elderly themselves, the household, experience of influenza and immunization in the last season, and the hypothetical questionnaire about immunization was answered by each respondent to be applied for Conjoint Analysis. Three estimations are performed for the actual behavior, Conjoint Analysis and the joint estimation of these two methods.

Results Experience of influenza and immunization in the last season, proved to be two of the most important determinants. Among the others estimated parameters, cost of immunization, the number of immunization to complete for effectiveness, availability of the immunization at night or on a weekend, and the governmental endorsement greatly affected the immunization demand. Moreover, the superiority of the statistical properties of the joint estimation was confirmed.

Conclusions The estimation results imply that about 8.9 million elderly people would demand vaccination if there was no cost and there was a governmental endorsement. This would be reduced to be 3.2 million if the cost was 6,000 yen (about 50 dollars) and there was no governmental endorsement. Governmental endorsement alone would increase the number by 2.0 million. The change from no cost to only 500 yen (about 4 dollars) would depress the demand by 1.6 million.

* ISER, Osaka University