

たがって、逆にこれらの流行が全くみられず、マスコミにワクチン接種が取り上げられなければ、予測を下回ることもありえよう。

以上のように、ワクチン需要には様々な不確定要素があり、本研究の予測はあくまでも2003/04年シーズン中のインフルエンザをとりまく状況に基づくものであることに留意する必要がある。

なお、第8回インフルエンザワクチン需要検討会<sup>5)</sup>によれば、同検討会時点での2004/05年シーズンにおけるワクチンのメーカーの製造予定量は1996.5万本（その後2061万本に変更）となっており、需要に見合うだけの供給がなされるものと考えられている。

#### 謝辞

本研究は平成15年度厚生労働科学研究費補助金（医薬品等医療技術リスク評価研究事業）により実施したものであり、調査にご協力いただいた施設の方々および関係者の皆様に深謝いたします。また、第8回インフルエンザワクチン需要検討会の医療機関等調査の結果は、本研究によるものである。

本論文の要旨は、第63回日本公衆衛生学会総会（松江市）で発表した。

#### 文 献

- 1) 高見沢昭久. インフルエンザワクチンの供給. 診断と治療 2000 ; 88(12) : 2199-203.
- 2) 奥野良信. インフルエンザワクチンの製造と課題. 日本胸部臨床 2000 ; 59(9) : 645-52.
- 3) 牧角啓一, 城野洋一郎. 現行ワクチンの製造上の問題点. 小児科臨床 2000 ; 63(12) : 2123-6.
- 4) 延原弘章, 渡辺由美, 三浦宜彦, 他. 2003/04年シーズンにおけるインフルエンザワクチンの需要予測. 厚生指標 2004 ; 51(6) : 23-30.
- 5) 厚生労働省医薬食品局血液対策課. 第8回インフルエンザワクチン需要検討会の検討結果について. 2004年6月30日. [<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/06/s0630-4.html>]
- 6) 厚生労働省医薬食品局血液対策課. 平成15年度予防接種法に基づく高齢者のインフルエンザワクチン予防接種状況調査報告. 2004. [[http://www.wam.go.jp/wamappl/bb01Mhlw.nsf/0/fe5ced6dea9e18d349256e94001b788e/\\$FILE/siryoul.pdf](http://www.wam.go.jp/wamappl/bb01Mhlw.nsf/0/fe5ced6dea9e18d349256e94001b788e/$FILE/siryoul.pdf)]
- 7) 世界保健機関 (WHO), 監訳 厚生労働省健康局核感染症課. 重症急性呼吸器症候群 (SARS) 集団発生の状況と近い将来に対する教訓. Communicable Disease Surveillance and Response. 2003年5月20日. [<http://idsc.nih.go.jp/disease/sars/sars03w/03sars.body.pdf>]
- 8) 森島恒雄, 富樫武弘, 横田俊平, 他. インフルエンザに合併する脳炎・脳症に関する全国調査. 日本医事新報 2000 ; 3953 : 23-8.
- 9) 日本小児感染症学会運営委員会. インフルエンザ関連脳症についての見解. 小児感染免疫 1999 ; 11(4) : 429-31.
- 10) 谷口清州. 高齢者のインフルエンザの実態と問題点. 日本胸部臨床 2000 ; 59(9) : 653-61.
- 11) 堀内清. インフルエンザ対策のミレニアム. 小児科診療 2000 ; 63(12) : 2029-32.

## 2005/06年シーズンにおける インフルエンザワクチンの需要予測

ノハラ ヒロアキ ワタナベ ユミ ミウラ ヨシヒコ ナカイ キヨヒト  
延原 弘章\*1 渡辺 由美\*1 三浦 宜彦\*2 中井 清人\*3

**目的** インフルエンザワクチンの計画的な供給に資することを目的として、2005/06年シーズンのインフルエンザワクチンの需要予測を行った。

**方法** インフルエンザワクチン供給に実績のある医療機関など5,083施設を対象として、2004/05年シーズンのインフルエンザワクチンの購入本数、使用本数、接種状況および2005/06年シーズンの接種見込人数について調査を行い、2005/06年シーズンのインフルエンザワクチン需要見込本数の推計を行った。

**結果** 2005/06年シーズンのインフルエンザワクチン需要は、約2087万本から約2155万本と推計された。

**結論** 2005/06年シーズンのワクチンメーカーの製造予定数は最大で2150万本であり、ほぼ需要に見合う量の供給が行われるものと推測された。

**キーワード** インフルエンザワクチン、需要予測

### I はじめに

1998/99年シーズン以降、インフルエンザワクチン（以下「ワクチン」）の不足がたびたび発生しているが、ワクチンは、通常、製造に最低6カ月程度、ワクチン製造のための受精卵を産む鶏の準備から考えれば1年以上を要する<sup>1)2)</sup>とされており、実際にワクチン不足が発生してからでは対応できない。そのため、次シーズンのインフルエンザの流行株のみならず、需要についても的確な予測が必要となっている。

そこで筆者らは、2000/01年シーズン以降、医療機関などに対してワクチンの接種状況と次シーズンの接種見込人数の調査を行うことにより、次シーズンのワクチン需要の推計を継続的に行っているが、本稿では、2005/06年シーズ

ンの需要予測の結果について報告する。

### II 研究方法

（社）日本医薬品卸業連合会の協力を得て、全国と同連合会加盟の医薬品卸売業者が2003/04年シーズンにワクチンを1本以上供給した医療機関、老人保健施設、福祉施設75,997施設から、都道府県を層として供給本数で系統抽出した5,083施設に対して調査を実施した。調査票の発送は、2004/05年のインフルエンザシーズンに入る直前の2004年9月末までに行うよう計画したが、実際には10月上旬にずれ込んだ。返送はシーズン終了後に行うよう対象施設に依頼した。

調査項目は、2004/05年シーズンのワクチンの購入本数、使用本数、接種状況、次シーズン

\*1 高崎健康福祉大学健康福祉学部教授 \*2 埼玉県立大学保健医療福祉学部教授

\*3 厚生労働省保険局医療課課長補佐

(2005/06年)の接種見込人数等である。接種状況は原則として接種ごとに接種者の年齢区分、接種回数、接種日などを記入したリストの作成を求め、提出されたリストに基づき施設ごとに属性別接種者数の集計を行ったが、一部施設か

らは属性別に集計された接種者数の提供を受けた。なお、接種状況に関する項目は、後述の次シーズンワクチン需要見込本数の推計に使用する、世代別接種回数割合を求めるためのものである。これらのデータをもとに、ワクチンの購

入本数、使用本数、次シーズンの世代別接種見込人数の集計を行い、母集団に対する回収率から母数の推計を行った。

推計された接種見込人数からは、都道府県別世代別見込接種率も算出したが、接種率の算出に当たっては、2000年国勢調査の総人口を用いた。直近の人口としては、2004年人口推計も利用できるが、人口推計では都道府県別の各歳別人口が得られないためである。なお、全国の世代別見込接種率については、別に2004年人口推計の総人口による接種率も示した。

需要見込本数の推計に当たっては、ワクチンの接種回数が1回または2回となっていることを考慮して、接種回数の仮定を変えて需要量の最小値と最大値を推計した。

接種回数は原則として13歳未満の者には2回、13歳以上の者には1回または2回とされている。そのため最小値の推計では、世代別接種見込人数の推計値に対して、13歳未満は2回接種、13歳以上では1回接種と仮定し、接種見込延べ人数の推計値を求めた。最大値の推計では、13歳未満は同様に2回接種と仮定し、13歳以上では接種状況の調査により求められた実際の世代別接種回数の割合を当てはめて、推計値を求めた。なお、1回当たりの接種量はすべて0.5mlと仮

表1 都道府県別購入・使用本数

	調査対象母数(施設)	購入本数			使用本数		
		回収数(施設)	集計数(本)	推計数(本)	回収数(施設)	集計数(本)	推計数(本)
全 国	75 997	1 594	420 519	19 783 744	1 594	383 220	18 002 420
北 海 道	2 751	69	20 834	830 623	69	19 492	777 138
青 森	841	29	5 390	156 310	29	5 026	145 754
岩 手	760	14	3 483	189 050	14	3 253	176 564
宮 城	1 212	46	12 844	338 398	46	11 880	312 999
秋 田	638	7	1 433	130 608	7	1 387	126 415
山 形	765	18	5 183	220 278	18	4 645	197 413
福 島	1 163	34	12 883	440 674	34	11 536	394 582
茨 城	1 286	34	14 371	543 562	34	13 131	496 642
栃 木	1 164	30	9 283	360 161	30	8 231	319 363
群 馬	1 227	22	6 008	335 055	22	5 542	309 065
埼 玉	2 817	53	12 113	643 791	53	11 233	597 045
千 葉	2 663	55	16 787	812 772	55	14 439	699 086
東 京	8 307	114	25 681	1 871 297	114	22 736	1 656 736
神 奈 川	4 401	92	21 489	1 027 944	92	20 018	957 600
新 潟	1 283	32	7 440	298 298	32	7 271	291 522
富 山	733	18	5 266	214 423	18	4 810	195 874
石 川	729	20	7 564	275 708	20	6 200	225 990
福 井	487	12	3 988	161 846	12	3 847	156 104
山 梨	519	10	2 670	138 573	10	2 297	119 214
長 野	1 166	28	6 899	287 273	28	6 285	261 705
岐 阜	1 158	28	11 254	465 413	28	10 293	425 689
静 岡	2 084	40	12 421	647 108	40	11 276	587 454
愛 知	3 685	58	18 395	1 168 717	58	16 836	1 069 667
三 重	1 117	28	7 329	292 355	28	6 522	260 181
滋 賀	702	15	4 815	225 342	15	4 517	211 396
京 都	1 852	33	8 015	449 812	33	7 308	410 134
大 阪	6 223	118	21 132	1 114 418	118	19 131	1 008 917
兵 庫	3 716	72	16 112	831 558	72	13 846	714 607
奈 良	881	15	4 624	271 554	15	4 459	261 863
和 歌 山	873	21	3 519	146 269	21	3 028	125 878
鳥 取	446	7	3 274	208 569	7	3 096	197 228
島 根	536	13	3 038	125 259	13	2 880	118 745
岡 山	1 241	29	8 237	352 465	29	7 508	321 269
広 島	2 146	44	11 252	548 791	44	10 771	525 331
山 口	1 114	24	6 348	294 630	24	5 929	275 181
徳 島	686	12	3 564	203 742	12	3 226	184 391
香 川	724	18	3,096	124 508	18	2,739	110 149
愛 媛	1 074	27	6 663	265 019	27	6 489	258 118
高 知	514	11	3 279	153 195	11	2 986	139 504
福 岡	3 583	87	17 310	712 893	87	15 880	654 000
佐 賀	639	19	5 543	186 403	19	4 906	164 980
長 崎	1 233	23	7 969	427 208	23	7 164	384 053
熊 本	1 324	25	6 575	348 212	25	5 853	309 948
大 分	872	33	11 280	298 052	33	10 736	283 691
宮 崎	790	24	5 858	192 826	24	5 438	179 001
鹿 児 島	1 215	21	4 397	254 369	21	4 059	234 813
沖 縄	657	12	3 624	198 414	12	3 095	169 424

注 1) 集計数は0.5mlバイアルを1mlバイアルに換算して本数を算出し、小数点以下を四捨五入しているため、都道府県の合計が全国と一致しない場合がある。  
 2) 推計数は小数点以下を四捨五入しているため、都道府県の合計が全国と一致しない場合がある。

定し、ワクチン1本当たりの用量を1mlとした。したがって、接種見込延べ人数の推計値を2で除して需要見込本数の推計値とした。

以上の推計は、すべて都道府県ごとに行い、これを合計して全国の推計値とした。

ところで、本研究では使用本数についての推計を行っているが、同シーズンにおけるワクチ

ン使用量は約1643万本であることが、厚生労働省から公表されている<sup>3)</sup>。そこで、両者の比によって、接種見込人数および需要見込本数の推計値に対して補正を行い、2005/06年シーズンの最終的な需要見込とした。

表2 都道府県別世代別接種見込人数(集計値)

	調査対象母数(施設)	1歳未満		1～6歳未満		6～13歳未満		13～65歳未満		65歳以上	
		回収数(施設)	人数(人)	回収数(施設)	人数(人)	回収数(施設)	人数(人)	回収数(施設)	人数(人)	回収数(施設)	人数(人)
全 国	75 997	1 576	6 162	1 576	92 319	1 576	82 074	1 577	300 759	1 577	297 922
北 海 道	2 751	69	347	69	5 444	69	4 970	69	16 232	69	12 987
青 森	841	29	71	29	1 511	29	1 477	29	3 761	29	4 279
岩 手	760	14	16	14	489	14	717	14	2 115	14	3 526
宮 城	1 212	45	160	45	3 092	45	2 295	45	8 110	45	8 965
秋 田	638	7	12	7	178	7	161	7	985	7	1 298
山 形	765	18	0	18	231	18	505	18	3 546	18	5 495
福 島	1 163	34	198	34	1 335	34	1 213	34	7 001	34	12 221
茨 城	1 286	32	153	32	2 592	32	2 630	32	9 367	32	10 635
栃 木	1 164	30	75	30	1 435	30	1 666	30	5 939	30	6 279
群 馬	1 227	22	70	22	1 576	22	970	21	3 396	21	4 126
埼 玉	2 817	53	248	53	2 951	53	2 765	53	9 449	53	8 431
千 葉	2 663	55	355	55	3 216	55	2 986	55	12 184	55	12 806
東 京	8 307	113	661	113	6 530	113	4 470	113	22 004	113	13 600
神 奈 川	4 401	90	334	90	5 894	90	5 079	90	17 711	90	13 412
新 潟	1 283	32	26	32	941	32	1 265	32	5 282	32	7 489
富 山	733	18	139	18	1 749	18	1 405	18	3 462	18	4 170
石 川	729	20	97	20	1 203	20	1 149	20	5 260	20	5 265
福 井	487	12	25	12	385	12	440	12	2 841	12	3 351
山 梨	519	9	0	9	374	9	365	9	1 165	9	1 945
長 野	1 166	28	77	28	1 129	28	975	28	4 612	28	5 774
岐 阜	1 158	28	559	28	2 995	28	3 255	28	7 189	28	6 664
静 岡	2 084	40	228	40	3 130	40	2 343	40	8 954	40	8 345
愛 知	3 685	55	131	55	4 617	55	4 317	55	12 031	55	11 379
三 重	1 117	28	74	28	2 004	28	1 543	28	4 824	28	4 389
滋 賀	702	14	57	14	1 397	14	1 153	14	3 592	14	1 853
京 都	1 852	32	66	32	1 461	32	1 250	32	8 223	32	3 927
大 阪	6 223	118	309	118	4 967	118	4 239	118	17 129	118	14 281
兵 庫	3 716	72	168	72	3 761	72	3 147	72	10 198	72	12 816
奈 良	881	15	59	15	1 588	15	1 452	15	3 519	15	3 233
和 歌 山	873	21	29	21	665	21	675	21	2 290	21	2 650
鳥 取	446	7	37	7	635	7	766	7	2 589	7	2 087
島 根	536	13	10	13	182	13	165	13	2 295	13	3 699
岡 山	1 241	28	31	28	1 390	28	1 228	29	7 032	29	4 948
広 島	2 146	42	262	42	2 621	42	2 430	42	7 795	42	7 082
山 口	1 114	24	95	24	2 132	24	1 741	24	3 603	24	2 674
徳 島	686	11	3	11	225	11	340	11	3 000	11	1 402
香 川	724	18	0	18	234	18	233	18	2 243	18	2 856
愛 媛	1 074	27	82	27	1 231	27	907	27	4 464	27	6 723
高 知	514	11	55	11	815	11	551	11	2 800	11	2 017
福 岡	3 583	87	234	87	3 728	87	3 018	87	12 961	87	12 088
佐 賀	639	19	80	19	1 120	19	1 163	19	3 122	19	4 689
長 崎	1 233	23	130	23	2 040	23	2 522	23	4 348	23	7 394
熊 本	1 324	24	44	24	848	24	844	24	3 991	24	4 075
大 分	872	33	155	33	3 084	33	2 160	33	8 256	33	9 248
宮 崎	790	24	75	24	1 700	24	1 611	24	4 361	24	4 516
鹿 児 島	1 215	20	50	20	518	20	677	21	2 832	21	4 649
沖 縄	657	12	75	12	976	12	841	12	2 696	12	2 184

あった。

### Ⅲ 研究結果

#### (1) 回収数、回収率

調査票回収施設数は1,594で、調査票送付施設(5,083)に対する回収率は31.4%、調査対象母集団(75,997)に対する回収率は2.1%で

#### (2) ワクチン購入本数と使用本数

表1は、回答のあった施設の2004/05年シーズンのワクチン購入本数と使用本数を都道府県別に集計し、母集団に対する回収率によって母数の推計を行ったものである。

表3 都道府県別世代別接種見込人数(推計値)と見込接種率

	全年齢		1歳未満		1～6歳		6～13歳		13～65歳		65歳以上	
	人数(人)	率(%)	人数(人)	率(%)	人数(人)	率(%)	人数(人)	率(%)	人数(人)	率(%)	人数(人)	率(%)
全 国	37 080 565	29.3	298 088	25.4	4 438 406	74.8	3 928 418	45.5	14 496 406	16.3	13 919 247	63.3
北 海 道	1 593 985	28.2	13 835	30.3	217 050	89.2	198 152	52.1	647 163	16.4	517 786	50.2
青 森 県	321 871	21.8	2 059	16.6	43 819	64.2	42 833	39.9	109 069	10.9	124 091	43.2
岩 手 県	372 563	26.3	869	7.1	26 546	41.3	38 923	37.8	114 814	12.3	191 411	63.0
宮 城 県	609 286	25.8	4 309	19.8	83 278	75.8	61 812	37.0	218 429	13.2	241 457	59.0
秋 田 県	240 070	20.2	1 094	12.2	16 223	33.4	14 674	18.5	89 776	11.6	118 303	42.3
山 形 県	415 523	33.4	0	0.0	9 818	17.3	21 463	23.9	150 705	18.8	233 538	81.8
福 島 県	751 435	35.3	6 773	34.1	45 665	43.7	41 492	25.4	239 475	17.0	418 030	96.8
茨 城 県	1 019 838	34.2	6 149	21.9	104 166	72.6	105 693	48.8	376 436	17.9	427 394	86.2
栃 木 県	597 287	29.8	2 910	15.6	55 678	58.4	64 641	44.5	230 433	16.5	243 625	70.7
群 馬 県	585 401	29.0	3 904	20.2	87 898	88.7	54 100	37.6	198 423	14.3	241 076	65.7
埼 玉 県	1 267 331	18.3	13 181	20.0	156 848	46.6	146 962	30.8	502 223	9.7	448 116	50.4
千 葉 県	1 527 448	25.8	17 188	31.5	155 713	56.8	144 577	37.0	589 927	13.5	620 043	74.1
東 京 都	3 474 605	28.9	48 592	49.8	480 042	101.3	328 604	50.5	1 617 586	18.2	999 781	52.3
神 奈 川 県	2 074 827	24.5	16 333	19.9	288 217	71.8	248 363	46.1	866 068	13.8	655 847	56.1
新 潟 県	601 527	24.3	1 042	4.8	37 728	33.3	50 719	29.1	211 775	12.9	300 262	57.1
富 山 県	444 890	39.7	5 660	55.8	71 223	139.9	57 215	78.8	140 980	18.7	169 812	73.0
石 川 県	472 902	40.2	3 536	31.1	43 849	77.2	41 881	51.3	191 727	23.8	191 909	87.4
福 井 県	285 788	34.5	1 015	12.7	15 625	37.8	17 857	29.1	115 297	21.0	135 995	80.2
山 梨 県	221 959	25.0	0	0.0	21 567	49.1	21 048	32.2	67 182	11.3	112 162	64.6
長 野 県	523 326	23.6	3 207	15.2	47 015	43.6	40 602	25.9	192 057	13.2	240 446	50.6
岐 阜 県	854 521	40.6	23 119	114.1	123 865	119.9	134 618	88.9	297 317	20.5	275 604	71.9
静 岡 県	1 198 300	31.8	11 879	33.2	163 073	90.0	122 070	45.8	466 503	17.8	434 775	65.3
愛 知 県	2 175 825	31.0	8 777	11.8	309 339	84.8	289 239	58.8	806 077	15.9	762 393	74.7
三 重 県	511 985	27.6	2 952	17.0	79 945	89.2	61 555	46.0	192 443	15.2	175 090	49.9
滋 賀 県	403 750	30.1	2 858	20.3	70 050	98.8	57 815	56.4	180 113	19.2	92 915	43.1
京 都 府	863 900	32.8	3 820	16.2	84 555	71.6	72 344	43.5	475 906	25.5	227 275	49.5
大 阪 府	2 158 274	24.6	16 296	18.9	261 946	61.7	223 553	39.5	903 337	14.1	753 141	57.3
兵 庫 県	1 552 978	28.0	8 671	16.2	194 109	72.1	162 420	42.1	526 330	13.5	661 448	70.4
奈 良 県	578 582	40.2	3 465	26.8	93 269	137.8	85 281	84.5	206 683	20.3	189 885	79.3
和 歌 山 県	262 274	24.5	1 206	12.8	27 645	56.0	28 061	37.0	95 199	13.4	110 164	48.7
鳥 取 県	389 549	63.6	2 357	43.4	40 459	144.0	48 805	107.9	164 956	41.4	132 972	98.5
島 根 県	261 857	34.4	412	6.3	7 504	22.3	6 803	12.6	94 625	19.8	152 513	80.7
岡 山 県	630 069	32.3	1 374	7.5	61 607	65.8	54 427	40.2	300 921	23.0	211 740	53.8
広 島 県	1 031 613	35.9	13 387	50.1	133 921	97.3	124 161	62.0	398 287	20.1	361 856	68.1
山 口 県	475 539	31.1	4 410	34.2	98 960	149.0	80 811	80.1	167 239	16.6	124 118	36.5
徳 島 県	309 947	37.6	187	2.7	14 032	39.1	21 204	38.0	187 091	34.4	87 434	48.4
香 川 県	223 877	21.9	0	0.0	9 412	20.0	9 372	13.6	90 218	13.2	114 875	53.6
愛 媛 県	533 301	35.7	3 262	25.3	48 966	72.2	36 078	34.6	177 568	18.0	267 426	83.6
高 知 県	291 485	35.9	2 570	39.4	38 083	110.2	25 747	48.4	130 836	24.8	94 249	49.2
福 岡 県	1 319 079	26.3	9 637	20.8	153 534	65.4	124 293	35.7	533 785	15.2	497 831	57.2
佐 賀 県	342 168	39.0	2 691	31.5	37 667	85.4	39 114	57.2	104 998	18.2	157 698	88.0
長 崎 県	881 005	58.1	6 969	50.1	109 362	149.4	135 201	115.3	233 091	23.4	396 383	125.5
熊 本 県	540 744	29.1	2 427	14.5	46 781	53.2	46 561	33.6	220 170	18.1	224 804	56.8
大 分 県	605 194	49.6	4 096	38.2	81 492	146.8	57 076	67.0	218 159	27.2	244 371	91.9
宮 崎 県	403 657	34.5	2 469	23.0	55 958	97.3	53 029	59.1	143 550	18.6	148 652	61.5
鹿 児 島 県	508 463	28.5	3 038	19.0	31 469	37.9	41 128	30.0	163 851	14.3	268 978	66.7
沖 縄 県	370 767	28.3	4 106	25.1	53 436	64.1	46 045	36.7	147 606	16.4	119 574	65.5

注 人数は小数点以下を四捨五入しているため、都道府県の合計が全国と一致しない場合がある。

購入本数の全国合計は集計数が420,519本で、推計値は19,783,744本であった。また、使用本数の全国合計は集計数が383,220本で、推計値は18,002,420本であった。

(3) 次シーズンワクチン接種見込人数(集計値・推定値)と見込接種率

表2は、2004/05年シーズンの接種見込人数を都道府県別世代別に集計したものである。回収ベースで1歳未満が6,162人、1～6歳が92,319人、6～13歳が82,074人、13～65歳が300,759人、65歳以上が297,922人であった。

表4 都道府県別世代別需要見込本数(最小値)

(単位 本)

	需要見込推計本数(最小値)					
	総数	1歳未満 (2回)	1～6歳 (2回)	6～13歳 (2回)	13～65歳 (1回)	65歳以上 (1回)
全 国	22 872 739	298 088	4 438 406	3 928 418	7 248 203	6 959 624
北海道	1 011 511	13 835	217 050	198 152	323 581	258 893
青森	205 291	2 059	43 819	42 833	54 535	62 046
岩手	219 450	869	26 546	38 923	57 407	95 706
宮城	379 343	4 309	83 278	61 812	109 215	120 729
秋田	136 031	1 094	16 223	14 674	44 888	59 152
山形	223 401	0	9 818	21 463	75 353	116 769
福島	422 682	6 773	45 665	41 492	119 738	209 015
茨城	617 923	6 149	104 166	105 693	188 218	213 697
栃木	360 258	2 910	55 678	64 641	115 217	121 813
群馬	365 651	3 904	87 898	54 100	99 212	120 538
埼玉	792 162	13 181	156 848	146 962	251 112	224 058
千葉	922 463	17 188	155 713	144 577	294 964	310 022
東京都	2 165 922	48 592	480 042	328 604	808 793	499 890
神奈川県	1 313 870	16 333	288 217	248 363	433 034	327 923
新潟	345 508	1 042	37 728	50 719	105 888	150 131
富山	289 494	5 660	71 223	57 215	70 490	84 906
石川	281 084	3 536	43 849	41 881	95 864	95 955
福井	160 142	1 015	15 625	17 857	57 649	67 997
山梨	132 287	0	21 567	21 048	33 591	56 081
長野	307 074	3 207	47 015	40 602	96 028	120 223
岐阜	568 061	23 119	123 865	134 618	148 658	137 802
静岡県	747 661	11 879	163 073	122 070	233 252	217 387
愛知県	1 391 590	8 777	309 339	289 239	403 039	381 197
三重	328 218	2 952	79 945	61 555	96 222	87 545
滋賀	267 236	2 858	70 050	57 815	90 057	46 457
京都	512 310	3 820	84 555	72 344	237 953	113 638
大阪	1 330 034	16 296	261 946	223 553	451 669	376 571
兵庫県	959 089	8 671	194 109	162 420	263 165	330 724
奈良	380 298	3 465	93 269	85 281	103 341	94 942
和歌山	159 593	1 206	27 645	28 061	47 599	55 082
鳥取	240 585	2 357	40 459	48 805	82 478	66 486
島根	138 288	412	7 504	6 803	47 312	76 256
岡山	373 738	1 374	61 607	54 427	150 461	105 870
広島	651 541	13 387	133 921	124 161	199 144	180 928
山口	329 860	4 410	98 960	80 811	83 620	62 059
徳島	172 685	187	14 032	21 204	93 545	43 717
香川	121 330	0	9 412	9 372	45 109	57 437
愛媛	310 804	3 262	48 966	36 078	88 784	133 713
高松	178 942	2 570	38 083	25 747	65 418	47 124
福岡	803 272	9 637	153 534	124 293	266 892	248 916
佐賀	210 820	2 691	37 667	39 114	52 499	78 849
長崎	566 269	6 969	109 362	135 201	116 545	198 191
熊本	318 257	2 427	46 781	46 561	110 085	112 402
大分	373 929	4 096	81 492	57 076	109 079	122 186
宮崎	257 556	2 469	55 958	53 029	71 775	74 326
鹿児島	292 048	3 038	31 469	41 128	81 926	134 489
沖縄	237 177	4 106	53 436	46 045	73 803	59 787

注 小数点以下を四捨五入しているため、都道府県の合計が全国と一致しない場合がある。

表3は、表2の集計値を母集団に対する回収率で除して都道府県別世代別に接種見込人数を推計するとともに、その推計値を当該年齢の2000年国勢調査総人口で除して見込接種率を推計したものである。

接種見込人数は、1歳未満が298,088人、1～6歳が4,438,406人、6～13歳が3,928,418人、13～65歳が14,496,406人、65歳以上が13,919,247人で、合計37,080,565人であった。都道府県別にみると、1歳未満では山形県、山梨県、香川県の0人から東京都の48,592人に、1～6歳では島根県の7,504人から東京都の480,042人に、6～13歳では島根県の6,803人から東京都の328,604人に、13～65歳では山梨県の67,182人から東京都の1,617,586人に、65歳以上では徳島県の87,434人から東京都の999,781人に、全年齢合計では山梨県の221,959人から東京都の3,474,605人に分布していた。

見込接種率は、1歳未満が25.4%、1～6歳が74.8%、6～13歳が45.5%、13～65歳が16.3%、65歳以上が63.3%で、全体では29.3%であった。都道府県別にみると、1歳未満では山形県、山梨県、香川県の0.0%から岐阜県の114.1%に、1～6歳では山形県の17.3%から長崎県の149.4%に、6～13歳では島根県の12.6%から長崎県の115.3%に、13～65歳では埼玉県の9.7%から鳥

取県の41.4%に、65歳以上では山口県の36.5%から長崎県の125.5%に、全年齢合計では埼玉県の18.3%から鳥取県の63.6%に分布していた。

なお、2004年人口推計の総人口により全国の世代別見込接種率を求めると、それぞれ26.7%、76.7%、46.9%、16.6%、56.0%で、全年齢合

計では29.0%であった。

(4) 次シーズンワクチン需要見込本数

表4と表5は、表3の接種見込人数から需要見込本数を推計した結果で、表4が最小値、表5が最大値である。

表5 都道府県別世代別需要見込本数(最大値)

(単位 本)

	需要見込推計本数(最大値)					
	総数	1歳未満 (2回)	1～6歳 (2回)	6～13歳 (2回)	13～65歳 (1, 2回)	65歳以上 (1, 2回)
全 国	23 607 261	298 088	4 438 406	3 928 418	7 817 866	7 124 483
北海道	1 040 462	13 835	217 050	198 152	350 810	260 616
青森	217 988	2 059	43 819	42 833	60 342	68 934
岩手	226 346	869	26 546	38 923	62 769	97 240
宮城	384 569	4 309	83 278	61 812	112 865	122 305
秋田	141 376	1 094	16 223	14 674	49 504	59 881
山形	229 381	0	9 818	21 463	80 885	117 217
福島	443 099	6 773	45 665	41 492	135 051	214 118
茨城	633 943	6 149	104 166	105 693	203 042	214 894
栃木	384 379	2 910	55 678	64 641	135 221	125 929
群馬	374 181	3 904	87 898	54 100	104 718	123 561
埼 玉	813 318	13 181	156 848	146 962	264 066	232 260
千 葉	966 462	17 188	155 713	144 577	329 102	319 882
東 京	2 242 702	48 592	480 042	328 604	867 800	517 664
神 奈 川	1 339 159	16 333	288 217	248 363	452 264	333 982
新 潟	346 054	1 042	37 728	50 719	106 052	150 512
富 山	294 138	5 660	71 223	57 215	74 310	85 729
石 川	291 470	3 536	43 849	41 881	103 968	98 237
福 井	172 984	1 015	15 625	17 857	65 943	72 545
山 梨	133 598	0	21 567	21 048	34 617	56 365
長 野	316 468	3 207	47 015	40 602	101 648	123 997
岐 阜	584 700	23 119	123 865	134 618	161 878	141 221
静 岡	770 255	11 879	163 073	122 070	250 587	222 646
愛 知	1 459 150	8 777	309 339	289 239	456 209	395 587
三 重	336 816	2 952	79 945	61 555	104 245	88 119
滋 賀	269 518	2 858	70 050	57 815	92 163	46 632
京 都	528 867	3 820	84 555	72 344	251 428	116 720
大 阪	1 384 560	16 296	261 946	223 553	496 431	386 333
兵 庫	988 219	8 671	194 109	162 420	289 284	333 734
奈 良	397 187	3 465	93 269	85 281	114 173	101 000
和 歌 山	162 293	1 206	27 645	28 061	49 588	55 794
鳥 取	248 555	2 357	40 459	48 805	87 008	69 926
島 根	140 228	412	7 504	6 803	47 354	78 154
山 梨	378 120	1 374	61 607	54 427	153 035	107 677
広 島	677 856	13 387	133 921	124 161	216 775	189 612
山 口	337 559	4 410	98 960	80 811	91 215	62 162
徳 島	178 589	187	14 032	21 204	99 257	43 910
香 川	134 646	0	9 412	9 372	55 615	60 247
愛 媛	313 697	3 262	48 966	36 078	90 892	134 498
高 知	179 300	2 570	38 083	25 747	65 697	47 204
福 岡	821 389	9 637	153 534	124 293	282 043	251 882
佐 賀	221 060	2 691	37 667	39 114	60 498	81 091
長 崎	578 480	6 969	109 362	135 201	124 029	202 919
熊 本	333 225	2 427	46 781	46 561	125 001	112 454
大 分	379 158	4 096	81 492	57 076	113 630	122 863
宮 崎	275 124	2 469	55 958	53 029	83 919	79 750
鹿 児 島	298 896	3 038	31 469	41 128	86 760	136 502
沖 縄	237 741	4 106	53 436	46 045	74 176	59 978

注 小数点以下を四捨五入しているため、都道府県の合計が全国と一致しない場合がある。

全国の需要見込本数の最小値は、1歳未満が298,088本、1～6歳が4,438,406本、6～13歳が3,928,418本、13～65歳が7,248,203本、65歳以上が6,959,624本であり、総数は22,872,739本となった。都道府県別にみると、1歳未満では山形県、山梨県、香川県の0本から東京都の48,592本に、1～6歳では島根県の7,504本から東京都の480,042本に、6～13歳では島根県の6,803本から東京都の328,604本に、13～65歳では山梨県の33,591本から東京都の808,793本に、65歳以上では徳島県の43,717人から東京都の499,890本に、全年齢合計では香川県の121,330本から東京都の2,165,922本に分布していた。

最大値の推計には、13歳以上に対して実際の接種回数割合を当てはめた。全国値では、13～65歳の2回接種割合が7.8%、65歳以上では2.3%となっていた。都道府県別の最大値の推計には、都道府県別の接種回数割合を用い、その合計を全国の最大値の推計とした。

最大値は、13歳未満では接種回数の仮定が同じなので最小値と同じで、13～65歳が7,817,866本、65歳以上が7,124,483本であり、総数は23,607,261本となった。都道府県別にみると、13～65歳では山梨県の34,617本から東京都の867,800本、65歳以上では徳島県の43,910本から東京都の517,664本、総数では山梨県の133,598本から東京都の

2,242,702本に分布していた。

(5) 次シーズン推計値の補正

表1のように2004/05年シーズンのワクチン使用本数は約1800万本と推計されたが、同シーズンにおけるワクチン使用量は約1643万本とされており、9.6%程度過大に推計していた。そこで、接種見込人数および需要見込本数の最大値と最小値に対して、この分の補正を行ったところ、表6に示すように、接種見込人数は全年齢合計で3384万人、見込接種率は26.5%となった。また、需要見込本数は最小値が2088万、最大値が2155万本となった。なお、この見込接種率は2004年人口推計によるものである。

IV 考 察

2005/06年シーズンのワクチンの需要見込本数は、補正前の値で2287万～2361万本と推計された。しかし、本調査の調査票回収率は31.4%とあまり高くなく、ほぼ同様の方法で行った前々シーズン、前シーズンの調査における回収率の40.2%<sup>4)</sup>、42.2%<sup>5)</sup>と比較しても低いものであった。その理由としては、2002年11月に中国広東省で重症急性呼吸器症候群(SARS)が発生し、前々シーズンの終盤に医療関係者の関心が高まったり、また、前シーズンにおいては、SARSに関連してインフルエンザワクチンの接種勧奨がマスコミ等を通じて広く行われ、ワクチン不足を起こすような状態だったのに対して、今シーズンは、ワクチン供給量が大幅に引き上げられるとともに、深刻なSARSの流行もなかったことから、前2シーズンと比較して関係者の関心が薄まったことが影響しているのではないと思われる。

いずれにせよ、この回収率のため、回収施設に偏りが生じている可能性は否定できない。施設の規模や標榜診療科などによって回収率に違いがある場合、需要量の推計に偏りが生じる。本調査では、回答施設の2004/05年シーズンのワクチン使用本数を調査しており、そこから同シーズンの全国のワクチン需要本数は、約

表6 偏り補正後のワクチン需要予測値

	人数	接種率 <sup>1)</sup> (%)	本数 (最小値)	本数 (最大値)
総 数	33 840 000	26.5	20 880 000	21 550 000
1歳未満	270 000	24.3	270 000	270 000
1～6歳	4 050 000	70.0	4 050 000	4 050 000
6～13	3 590 000	42.8	3 590 000	3 590 000
13～65	13 230 000	15.1	6 620 000	7 140 000
65歳以上	12 700 000	51.1	6 350 000	6 500 000

注 1) 接種率算出には2004年人口推計の総人口を用いた。

1800万本と推計された。厚生労働省の第9回インフルエンザワクチン需要検討会の資料<sup>3)</sup>によれば、同シーズンの製造量は約2074万本、未使用量は約431万本となっており、この差、約1643万本を実際の使用量とすれば、筆者らの推計値はこの109.6%に当たり、本研究全体では9.6%程度過大に推計しているものと思われる。そこで、結果で得られた世代別接種見込人数、接種率、需要見込本数の全国値に対してこの偏りの補正を行った。その結果、最終的な需要見込本数を2088万～2155万本とした。

ただし、都道府県別の使用実績については不明であるため、都道府県ごとの回答施設の規模の偏りについては不明である。また、都道府県別の回答施設数はかなり少ないところもあるため、これらの回答施設には施設規模と標榜診療科の偏りが比較的大きい可能性がある。したがって、都道府県別の推計値、特に13歳未満の年齢区分における推計値については、あまり信頼性が高いとは言えない。さらに、医療機関あるいは担当医のワクチン接種への熱心さといった、客観的な評価の困難な要素が偏りを生じさせている可能性も否定できない。

筆者らは本研究と同様の方法で、2000/01年シーズン分から継続してワクチンの需要予測を行っており、2000/01年～2002/03年シーズンの予測は、実際の使用実績に照らしてほぼ妥当なもの<sup>4)</sup>であったが、2003/04年シーズンについては、過小に予測していた<sup>5)</sup>。2004/05年シーズンについては、1817～1898万本の需要があるものと推計<sup>5)</sup>したが、前述のように同シーズンの使用量は1643万本とされており、推計値の下

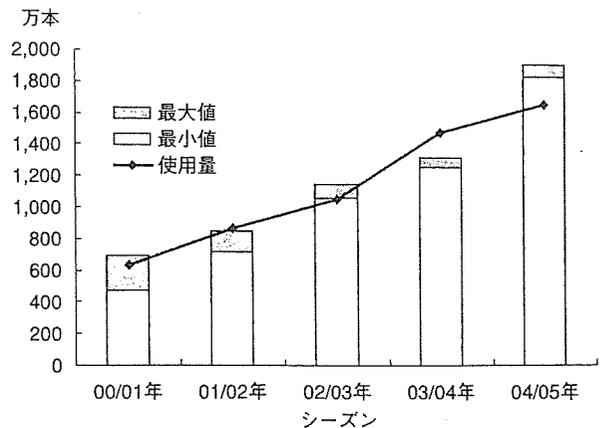
限でみても約10.6%過大に予測したことになる(図1)。

1つの原因としては、2004/05年シーズンの予測では、2003/04年シーズンの使用本数の推計値と厚生労働省の公表している使用実績からみて、3.1%程度過大に推計している可能性があったが、比較的偏りが小さいため、今回のような補正を行わなかったことがある。また、接種見込人数全体としての予測はほぼ適切なものであったが、世代別で13歳未満の接種者数を過大に予測していた。13歳未満では接種回数が原則として2回であるほか、本推計に際しては1回当たりの接種量をすべて0.5mlと仮定したため、予測がかなり過大となったものと思われる。

そこで、2005/06年シーズンの接種見込人数に対して、接種回数については同じ仮定で、1回当たりの接種量を薬事法の用量どおり、1歳未満0.1ml、1～6歳0.2ml、6～13歳0.3ml、13歳以上0.5mlとした場合の同シーズンの需要見込本数を試算してみたところ、最小値は18,399,857本、最大値は19,134,380本と推計された。ただし、バイアル当たりの容量は1mlまたは0.5mlであるため、開封後当日中に使用しきれない端数が廃棄されることになる。そこで、本調査の回答施設における2004/05年シーズンの世代・接種回数別接種者数から必要量を算出し、使用本数との差から廃棄量を推定したところ、実際の接種量の約5.6%が廃棄されているものと考えられた。したがって、需要見込本数にこの分を上乗せするとともに、回答施設の偏りで補正すると、最終的に最小値は1773万本、最大値は1844万本となった。

この試算は、接種の実態をかなり忠実に反映しており、接種者数の予測が正しければ、この程度の需要見込となる可能性もある。しかしながら、これまでの需要予測を接種者数で詳細に検討すると、13～65歳については、一貫して接種者数をかなり過小に予測しており、さらにこの世代は接種率が2005/06年シーズンの予測においても15%台と、他の世代に比べてまだ伸びる余地が大きいことなどからみて、同シーズンの接種者数もかなり過小に見積もっている可能

図1 ワクチン需要予測と使用実績



性がある。また、この世代の人口は、2004年人口推計の総人口で87,528,000人おり、すべてが1回接種と仮定しても、接種率1ポイントの増加が約44万本の増加となる。さらに、65歳以上の接種率については、そろそろ頭打ちになりつつあるが、この世代の人口は毎年約50万人ずつ増加していることから、需要本数そのものとしては、ある程度の増加が見込まれる。したがって、これらの世代の動向次第では、やはり2000万本程度の需要になる可能性が見込まれる。

これらの需要予測は、あくまで2004/05年シーズン中における現場の医師の予測を集約したものであり、ワクチン接種の動向に影響を与える可能性のある調査票回収後の出来事については、当然、考慮されていない。したがって、ワクチン接種シーズンに向けての、あるいはシーズン初期の高病原性鳥インフルエンザやSARSの動向によっては、想定を超えたワクチン需要が引き起こされる可能性もある。また、ワクチン需要がインフルエンザそのものの流行に左右されることは言うまでもない。さらに言えば、これらの出来事がマスコミによってどのような扱い方をされるかということも影響するだろう。また、これらの流行が全くみられず、マスコミにもワクチン接種が取り上げられることなく世間の関心が薄ければ、予測を下回ることもありえよう。

以上のように、ワクチン需要には様々な不確定要素があり、本研究の予測はあくまでも2004

/05年シーズン中のインフルエンザをとりまく状況に基づくものであることに留意する必要がある。

なお、第9回インフルエンザワクチン需要検討会<sup>3)</sup>によれば、同検討会時点での2005/06年シーズンにおけるワクチンのメーカーの製造予定量は最大で2150万本となっており、ほぼ需要に見合うだけの供給がなされるものと考えられている。

#### 謝辞

本研究は平成16年度厚生労働科学研究費補助金（医薬品等医療技術リスク評価研究事業）により実施したものであり、調査にご協力いただいた施設の方々および関係者の皆様に深謝いたします。また、第9回インフルエンザワクチン需要検討会の医療機関等調査の結果は、本研究によるものである。

本論文の要旨は、第64回日本公衆衛生学会総会（札幌市）で発表した。

#### 文 献

- 1) 奥野良信. インフルエンザワクチンの製造と課題. 日本胸部臨床 2000; 59(9): 645-52.
- 2) 牧角啓一, 城野洋一郎. 現行ワクチンの製造上の問題点. 小児科臨床 2000; 63(12): 2123-6.
- 3) 厚生労働省医薬食品局血液対策課. 第9回インフルエンザワクチン需要検討会の検討結果について [http://www.mhlw.go.jp/shin-gi/2005/06/s0616-5.html] 2005年7月12日.
- 4) 延原弘章, 渡辺由美, 三浦宜彦, 他. 2003/04年シーズンにおけるインフルエンザワクチンの需要予測. 厚生指標 2004; 51(6): 23-30.
- 5) 延原弘章, 渡辺由美, 三浦宜彦, 他. 2004/05年シーズンにおけるインフルエンザワクチンの需要予測. 厚生指標 2005; 52(13): 30-7.



# Policy evaluation for the subsidy for influenza vaccination in elderly

Yasushi Ohkusa\*

National Institute of Infectious Disease, 1-23-1 Toyama Shinjuku, Tokyo, Japan

Available online 18 January 2005

## Abstract

**Objective:** In Japan, the subsidy of influenza vaccination for the elderly was introduced in November 2001. This paper examines its policy evaluation from the viewpoint of cost–benefit analysis.

**Materials:** The data of copayment of influenza vaccination, population and shot rate of the elderly are surveyed by telephone interview to the correspondents in the local governments of Tokyo metropolitan and other 12 big cities in Japan. The mortality due to pneumonia or influenza is obtained from Vital Statistics of Population.

**Method:** At first, I examine the impact of amount of copayment, through its effect on shot rate, on the percentage of elderly receiving influenza vaccinations. Using these estimation results, benefit–cost ratio (BCR) is calculated.

**Results:** The estimated coefficient of copayment on shot rate is  $-0.007$  and statistically significant. Shot rate significantly reduces pneumonia and influenza mortality and its magnitude is  $-0.0028$ . The obtained net benefit (NB) is 134.9 million yen or US\$ 1.08 billion and benefit–cost ratio is 22.9 and its 95% confidence interval is [2.2, 43.7].

**Discussion:** If copayment would be cut by a 1000 yen (US\$ 8), it could avoid about 400 deaths in average big city. The benefit–cost ratio is quite high compared with the other countries or other vaccinations.

**Conclusion:** We found the strong evidence in a sense of cost–benefit analysis in the subsidy for influenza vaccination in the elderly.

© 2005 Elsevier Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Influenza; Cost-benefit analysis; Vaccination; Subsidy for the elderly

## 1. Objective

In 7 November 2001, the vaccination law was reformed and it started to subsidize influenza vaccination for the elderly. This policy should be confirmed by the cost–effectiveness perspectives because it costs very much. This paper examines to evaluate this policy from the viewpoint of the cost effectiveness.

## 2. Material

The data of copayment of influenza vaccination, population and shot rate of the elderly in 2001/2002 and 2002/2003 seasons are surveyed by telephone interview to the correspondents in the local governments of metropolitan and other

12 big cities in Japan. This survey was performed by the author.

Copayment is determined by these local governments in every year and the excess cost more than the copayment is subsidized by the central and local governments directly to the medical institutions. Total cost of vaccination, which is charge by the medical institution to the elderly and local governments, is decided through the negotiation among local governments and physicians' association in each cities. Unfortunately, it is not informed publicly. In other words, we can only know the copayment in every year and in each city, while the total cost and, thus, the amounts of the subsidy are unknown. In this sense, total cost includes all components of items for the vaccination and the profit of medical institutions.

The mortality due to pneumonia or influenza is obtained from Vital Statistics of Population in 2002 and 2003. The data of total population is obtained from National Population Census in 2000.

\* Tel.: +81 3 5285 1111x2057; fax: +81 3 5285 1129.

E-mail address: [ohkusa@nih.go.jp](mailto:ohkusa@nih.go.jp).

### 3. Method

#### 3.1. Estimation

Estimation is performed with the following two parts. At first, we examine the impact of the variation of copayment on shot rate. Let  $R_{i,t}$ ,  $C_{i,t}$  and  $T_t$ , respectively, denote shot rate and copayment in  $i$  area and  $t$  year, and year variable for 2002/2003 season that captures the difference between sample seasons keeping constant all other aspects. The estimation equation is:

$$R_{i,t} = \alpha_i + \alpha_c C_{i,t} + \alpha_T T_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

The second part is to estimate the relationship between shot rate and mortality rate due to pneumonia or influenza. The estimation equation is:

$$D_{i,t} = \beta_i + \beta_R R_{i,t} + \beta_T T_t + \nu_{i,t} \quad (2)$$

where  $D_{i,t}$  is pneumonia and influenza mortality rate. Unfortunately, since pneumonia and influenza mortality rate of the elderly by area and season is not reported, we use the mortality rate of the total population irrelevant to the age.

Estimation method is the weighted least square with the elderly population and the total population as a weight, respectively, in the first and the second estimation.

Note that we have to remark, if  $\varepsilon_{i,t}$  and  $\nu_{i,t}$  are correlated, estimated coefficient  $\beta_R$  certainly has bias. Moreover, the direction of bias may be positive or negative depending on  $E[\varepsilon_{i,t}, \nu_{i,t}]$ . For example, increase in the number of weak elderly and residents in institutions, shot rate of them usually are higher than dwelling elderly and mortality rate may be still higher due to their weakness even if shot rate are the same. This correlation may lead to the upper bias in the coefficient. Conversely, shot rate may represent overall welfare spending or situation of the elderly in that area controlled out copayment. If these spending or situation improve the elderly's health condition and reduce mortality rate, this relationship make the lower bias in the coefficient.

In both case, these are very well known as the simultaneous bias and we have to adopt the method that corrects such bias. The method, called instrumental variable method, uses the fitted variables of  $R_{i,t}$  in the first estimation as an explanatory variable in the second estimation rather than the observed raw  $R_{i,t}$  [1].

#### 3.2. Benefit–cost ratio

Using these estimation results, we can evaluate the policy by net benefit (NB) and benefit–cost ratio (BCR). NB is defined simply by the difference of benefit and cost due to the policy, and BCR is defined by its ratio.

NB can be calculated as follows: the perspective is of the society and time horizon is set to be 1 year because the effect

of vaccination is lower than 1 year and vaccination can extend their life 1 year at maximum. The effectiveness of vaccination is limited to the prevention of the mortality due to data limitation.

Vaccination cost is defined as the sum of copayment and subsidy, but the opportunity cost for shot is not taken into consideration because they are typically retired. Moreover, side effects of vaccination are also ignored for simplicity.

Vaccination cost is assumed to be 4500 yen (US\$ 36) and benefit of 1 year increasing in life expectancy is assumed to be 6 million yen (US\$ 50,000). These numbers are widely used number in US [2] and it is confirmed to be plausible even in Japan [3].

Then NB is

Monetary value of avoidance in mortality by rising shot rate

- additional cost by rising shot rate = rising shot rate due to subsidy × reduction in mortality rate due to rising hot rate × million yen
- rising shot rate due to subsidy × 4500 yen =  $\frac{4000}{3} \times$  reduction in mortality rate due to rising shot rate

Similarly, BCR is

$$\frac{\text{monetary value of avoidance in mortality by rising shot rate}}{\text{additional cost by rising shot rate}} = \frac{\text{rising shot rate due to subsidy} \times \text{reduction in mortality rate due to rising shot rate}}{\text{rising shot rate due to subsidy}} \times \frac{6 \text{ million yen}}{4500 \text{ yen}} = \frac{4000 \times \text{reduction in mortality rate due to rising shot rate}}{3}$$

### 4. Result

#### 4.1. Estimation result

Summary statistics are shown in Table 1. Estimation results are summarized in Table 2.

The first and second columns in Table 2 show that the increasing in copayments significantly reduces shot rate. As its coefficient is  $-0.007$ , since it means the shot rate would rise by 0.007% point in every 1 yen subsidy, if copayment is subsidized by 1000 yen (8), then shot rate rise by 7% point. Since the coefficient for 2002/2003 season is significantly positive, shot rate rise by 8.8% point in 2002/2003 season compared with the 2001/2002 season where other situations are completely the same. All area dummies, which indicate difference from Sapporo, are insignificant. Since degree of freedom adjusted  $R^2$  is high, it fits quite well.

The third and fourth columns in Table 2 summarize estimation results of crude weighted least square about mortality

Table 1  
Summary statistics

	Average	S.D.	Minimum	Maximum
Shot rate (%)	29.6695	6.067872	18.4074	45
Copayment (yen)	1171.429	427.618	1000	2200
Mortality rate (%)	0.0409995	0.0315513	0.0033683	0.1753567

rate and they indicate that the shot rate is negatively affect mortality rate but it is not significant. On the other hand, the fifth and sixth columns in Table 2 show the results for the instrument variable method. They show significant effect of shot rate on mortality rate and its estimated coefficient is  $-0.003$ , i.e. if shot rate is raised by 10% points, mortality rate of pneumonia and influenza would decrease by 0.03% point.

#### 4.2. Net benefit and benefit–cost ratio

Suppose calculation of the net benefit and BCR of the policy change, which raise 1000 yen (8) in subsidy. At first, this policy increase the shot rate by 7% point as mentioned above and this reduces the mortality rate of the ehold population by 0.0196 (= 7 times 0.0028)% points. It means to avoid 23,520 (= 0.000196 times 120 million) death. This benefit can be evaluated as 141.2 billion yen (US\$ 1.13 billion) (=23,520 times 6 million yen) if value of life is assumed to be 6 million yen or US\$ 50,000.

On the other hand, additional cost of this policy change must be the product of 7% point rise in the shot rate, 4500 yen (cost of vaccination in social per one elderly) and 20 million (population of the elderly). It expends 6.3 billion yen

or US\$ 50.4 million. Therefore, the net benefit must be the difference of benefit and cost and it is 134.9 million yen or US\$ 1.08 billion.

Following the similar way, we can calculate its BCR easily, i.e.

$$\frac{0.0028(-1000)(-0.007) 6 \text{ million yen}/(2000/12000)}{-1000(-0.007)4500 \text{ yen}} = 22.4 \quad (5)$$

where 2000/12,000 in the numerator is adjustment factor for the elderly because potential population of the numerator is the whole population but the counterpart in the denominator is of the elderly. Moreover, its 95% confidence interval is calculated as [2.2, 43.7] and we can confirm that this BCR is significantly greater than 1.

## 5. Discussion

### 5.1. Evaluation of estimation results

From Table 1, showing the average shot rate and average copayment, we can see that the price elasticity of shot rate is  $-0.2606$ . It appears to be higher than the results of the pre-

Table 2  
Estimation result

Explanatory variable	Estimator	p-Value	Estimator	p-Value	Estimator	p-Value
Copayment shot rate (instrument)	-0.0066561	0.002	-0.0006669	0.304	-0.0027877	0.034
2002/2003 season	8.757308	0.000	0.0112177	0.088	0.0295542	0.015
Sendai	1.208579	0.727	-0.0047122	0.500	-0.0021133	0.780
Chiba	5.458579	0.153	0.0057438	0.475	0.0173561	0.141
Tokyo	-1.674325	0.300	0.0023957	0.727	-0.0144918	0.090
Yokohama	-0.6914208	0.781	-0.0021031	0.682	-0.0035337	0.464
Kawasaki	-5.184099	0.123	0.0056449	0.442	-0.0053089	0.455
Nagoya	-3.341421	0.222	0.0034983	0.561	-0.0035525	0.502
Kyoto	-4.723365	0.113	0.0073267	0.297	-0.0026762	0.680
Osaka	-4.441422	0.095	0.012161	0.065	0.0027774	0.618
Kobe	-4.691421	0.117	0.0034541	0.614	-0.0064597	0.325
Hiroshima	4.058578	0.225	0.0061583	0.394	0.0148015	0.141
Kitakyuushuu	-5.79142	0.076	0.0122467	0.137	0.0263081	0.548
Fukuoka	-2.991421	0.350	0.0009681	0.883	-0.0053403	0.376
Constant	34.46885	0.000	0.0437944	0.030	0.1028622	0.005
Sample size	28		26		26	
F statistics	10.81		2.53		2.60	
p-Value for F statistics	0.0001		0.0639		0.0537	
$\bar{R}^2$	0.8357		0.4622		0.4548	

Note: Coefficients for 2002/2003 season indicate the structural difference of it from 2001/2002 season keeping constant all other aspects. Positive coefficient means that the average is larger in 2002/2003 season than in 2001/2002 season if the situation which is represented by figure of explanatory variables are the same in both season.

vious study. That is, the study based on the conjoint analysis which is the most reliable technique with hypothetical questionnaire indicates  $-0.02$  to  $-0.04$  of the elasticity, and actual behavior in 2001/2002 season indicates  $-0.1$  of the elasticity [4]. Hence, the result in this paper shows that the shot rate is very elastic against price.

There may be mainly two reasons for these differences. Firstly, this study focus on the metropolitan and big cities and so it may bias toward extremely urban areas, whereas the previous studies cover the whole Japan. If the residents in the urban areas have higher price elasticity to vaccination than rural areas, our results here may be reasonable. In this sense, the previous studies seem to be more general than this research.

Conversely, the data in this paper covers all residents in an area, while the previous study relied on survey by mail and it did not cover all the residents, of course, and they may not be representative. If the respondents of the questionnaire tend to have inclination toward to vaccination for influenza compared with non-respondents, shot rate may be insensitive to price. In this sense, the result in this study seems to be more reliable than the previous one. Though, it is not sure which estimate and reasoning is more reasonable, we have to remind that our final goal, namely the analysis with the BCR, is independent of price elasticity of shot as explained the before.

On the other hand, the shot rate elasticity of mortality rate is  $-2.48$  and, thus, mortality is elastic against shot rate. Combining with these two estimation results, if copayment would be cut by a thousand yen (US\$ 8), it raises shot rate by 7% points and reduce the mortality rate due to pneumonia and influenza by 0.029% point. It seems very small number, but since the average mortality rate due to pneumonia and influenza is very small, the effect certainly is quite high. In fact, this means that this policy can reduce about 423 death in an average big city.

Since  $F$  statistics in the first equation is higher than 10, the fitted variables seems to be good instrument [5]. In other words, the reason of insignificance of shot rate in the crude weighted least square can be inferred as positive simultaneous bias, which offsets the shot rate effect on the mortality. Therefore, the instrument variable can solve this bias and it is more appropriate method for this problem.

### 5.2. Evaluation for BCR

The obtained BCR, 22.4, is quite high compared with the other countries or other vaccinations. In some other countries, since it is 1.93 [6] for children before school and 1.81 [7] or 2.92 [8] for healthy adults, the obtained IBCR is much higher. Comparing with the other diseases, it is 2.5 [9] in measles in Japan and it is just 1.4 [10] in the case of hepatitis B for all infants in Chinese where epidemic area. Overall, the policy of subsidy to the elderly's shot is quite cost-effective and it has concrete evidence for it.

### 5.3. Problem and limitation in this analysis

At first, there are some differences in the definition of population among areas for the policy targeting or/and for the shot rate calculation. Especially, this policy also subsidize the non-elderly, i.e. between 60 and 64 years old, who has heart, kidney and respiratory problem or HIV career. Moreover, each city sometimes extend targeting population more than the national policy requirement. Typically, some cities subsidize the institutionalized elderly even if they are younger than 65. These additional target populations are included in the denominator in some cities, but are not in other cities. The subsidized number in the numerator of shot rate include, such additional targeting populations and, thus, the shot rate may be different whether the denominator include such additional targeting populations or not. However, these additional targeting population is quite small compared with the elderly, and it is less than just one percentage. Therefore, such an inconsistency in the denominator of shot rate may not affect substantially on the result.

Moreover, the starting dates of subsidy are not the same among areas. In particular, it is remarkable in the first season of this policy, i.e. 2001/2002 season. Our data of shot rate only include those who received the subsidy, and does not include those who did not receive subsidy but shot. So shot rate may be lower than the actual rate in the area where subsidy was delayed to start. In this sense, data of shot rate is always lower than the actual shot rate among the elderly. This measurement error may leads upper bias of the estimated coefficient of shot rate in the second estimation. Hence, it also lead upper bias in IBCR. However, it is not sure how many elderly receive shot but are not subsidized and so we cannot evaluate this effect in detail.

On the other hand, it is questionable that our sample in the metropolitan and big cities represent whole Japan. The coverage of the elderly population in our data is 21% of whole Japan, but it may not be the average population. Especially, there may be big differences from those in the rural areas as mentioned before. So as to check the robustness of the obtained result, we should extend our analysis to the other areas.

Additionally, the effect of influenza epidemic on the mortality is measured by excess mortality which is defined by the difference between the actual number of death and the hypothetical one if there is no influenza epidemic [11–14]. Therefore, we have to replace the mortality definition from crude number of death to the excess mortality. In particular, excess death should be defined regardless of the cause of death [14] because it is very well known that influenza epidemic raises the mortality from the other causes than pneumonia or influenza and these deaths can be prevented by the vaccination and control of the influenza epidemic. Moreover, if we can limit the number of death to those of more than 65 years old, it would be more precise measure. In this sense, excess mortality of more than 65 years old in all death causes is the best measure to evaluate the vaccination effect.

At the same time, we also need more explanatory variables which affect shot rate or mortality. For example, hortative measure for vaccination may be much different among local governments and it may affect the shot rate. Even in this case, if such a measure did not change in an area in the two seasons, this effect can be controlled out by the area dummies completely and it does not affect the estimated coefficient.

On the other hand, there are many implicit assumptions in BCR. First of all, since we limit the effect of vaccination to the prevention of the mortality and, thus, it is certainly finer measurement than the prevention of the severe conditions like hospitalization as emphasized. Since it is difficult to obtain the data of the number of patients and the hospitalized, these numbers would be based on the similar estimation. Hence, these are far less precise than the number of death. In other words, we choose preciseness than broadness in the definition of effectiveness. Obviously, this limitation lower BCR. If we take the effects of vaccination on the number of patients and the hospitalized into consideration, BCR definitely become higher than that in this paper. It strengthens our conclusion in favor of the subsidy and has never change it.

Conversely, the ignorance of opportunity cost for vaccination or side effects certainly rise BCR. However, almost all of them are retired and suffered from chronic disease and, thus, they usually visit a doctor, their additional opportunity cost for vaccination seems to be small. Concerning side effects, on 28 August 2003, Ministry of health and welfare reported only 2 fatal cases and 18 severe side effects from 1998 to 2003. Therefore, we can safely ignore these costs and the obtained conclusion is probably not affected by the introduction of these costs.

Finally, we can extend the effectiveness of vaccination to the number of patients or the medical cost. The data limitation of these variables are already mentioned. Moreover, since the primary purpose of vaccination is the prevention of severe cases, if we extend to these aspects, the results may not be clear and BCR may decline. In extreme case, the fatal case may use less medical resources compared with the severe but survival case. In this sense, the limitation of effectiveness on the number of death seems to be more appropriate for considering the vaccination policy. Nevertheless, the research of the number of patients and medical cost are unambiguously important and we need to overcome the data limitation.

## 6. Conclusion

We find subsidy of influenza vaccination for the elderly greatly reduce mortality rate due to pneumonia and influenza. Since BCR is more than 20, we can conclude that there is

strong evidence, in a sense of cost–benefit analysis, supporting the subsidy for influenza vaccination among the elderly.

## Acknowledgements

This paper is a part of the outcome of 2003 grant for the research of emerging and re-emerging infectious disease by Ministry of Health, Labor and Welfare, “Policy Evaluation for Influenza Vaccination based on EBM,” represented by Prof. Yoshio Hirota, Osaka City University). We appreciate deeply the cooperation for this research by the correspondents of the section of infectious disease in metropolitan and 12 city governments. Moreover, Dr. Kiyosu Taniguchi, Dr. Yuki Tada, Dr. Mika Shigematsu and Dr. Kazuki Masuda of National Institute of Infectious Disease, Dr. Masayo Sato of National Institute of Social Security and Population, and Ms. Tamie Sugawara, doctoral student of Tsukuba University. Ms. Kazuko Matsumoto is also thanked for her help.

## References

- [1] Greene WH. *Econometric analysis*. London: Prentice Hall; 1997.
- [2] Goldman L, Gordon DJ, Rifkind BM, et al. Cost and health implications of cholesterol lowering. *Circulation* 1992;85(5):1960–8.
- [3] Ohkusa Y. Empirical research for the critical value of expenditure per QALY. *J Health Care Soc* 2003;13(3):121–30 (in Japanese).
- [4] Ohkusa Y. An analysis of the demand for influenza vaccination among the elderly in Japan. *Nippon Koshu Eisei Zasshi* 2003;50(1):27–38 (in Japanese).
- [5] Staiger D, Stock JH. Instrumental variables regression with weak instruments. *Econometrica* 1997;65(3):557–86.
- [6] Cohen GM, Nettleman MD. Economic impact of influenza vaccination in preschool children. *Pediatrics* 2000;106(5):973–6.
- [7] Nichol KL. Cost–benefit analysis of a strategy to vaccinate healthy working adults against influenza. *Arch Intern Med* 2001;161(5):749–59.
- [8] Nichol KL, Lind A, Margolis K, et al. The effectiveness of vaccination against influenza in healthy. *N Engl J Med* 1995;333:889–93.
- [9] Takahashi K, Ohkusa Y. Cost benefit analysis for measles vaccination. Presented at Annual Research Meeting of Japanese Public Health Association, 2002.
- [10] Asian Regional Study Group/Sung JL. Hepatitis B virus eradication strategy for Asia. *Vaccine* 1990;8(3):S95–9.
- [11] Assad F, Cockburn WC, Sundaresan TK. Use of excess mortality from respiratory diseases in the study of influenza. *Bull WHO* 1973;49:219–33.
- [12] Serfling RE. Methods for current statistical analysis of excess pneumonia–influenza deaths. *Public Health Rep* 1963;78:494–506.
- [13] Choi K, Thacker SB. An evaluation of influenza mortality surveillance, 1962–1979. *I Am J Epidemiol* 1981;113:215–26.
- [14] Ohkusa Y, Shindo N, Taniguchi K. A newly developed Japanese pneumonia and influenza mortality model and statistical analysis influenza excess mortality by stochastic frontier estimation. Institute of Social and Economic Research Discussion Paper, 2000. p. 501.