小児期の予防接種実施における臨床疫学的解析

第2報　ムンプスワクチン予防接種プログラムの費用便益分析

新潟労災病院小児科　西　原　　亨

Benefit-Cost Analysis of Mumps Vaccination Clinical Epidemiological Evaluation of Mumps Vaccination Part 2

Tooru NISHIHARA

Department of Pediatrics, Niigata Rosai Hospita

The immunization program for mumps in Japan was examined by cost benefit analysis. The figures, used in the analysis are acutual study results obtained in Japan and foreign countries except some, which were based on an assumption. The figures, which might greatly affect the results were examined by sensitivity analysis. The results of the analysis showed: (1) Mumps vaccination was found not to be beneficial in comparison to its direct cost and direct benefit; (2) when its indirect cost and indirect benefit were compared, the benefit to cost ratio was 2.72 with 5% of annual discounting rate; (3) the manifest infection rate was the major determinaing factor of direct benefit; and (4) the value of the mother's work was the most influential factor in determining the indirect benefit, and when the value was reduced by half in the present examination with a 5% of annual discounting rate, the B/C ratio was decreased from 2.72 to 1.56.

Key words: mumps vaccination, cost benefit analysis, benefit to cost ratio, sensitivity analysis, discounting rate
ムンプスワクチン，費用便益分析，便益/費用比，感度分析，割引率

Reprint requests to: Tooru NISHIHARA, Department of Pediatrics, Niigata Rosai Hospital, 1-7-12, Touncho, Joetu City, 942, JAPAN.

別刷請求先：〒942 上越市東雲町1-7-12 新潟労災病院小児科　西原　亨

1. 緒　　言

ムンプスワクチンが開発されて久しく，その効果も明かになってきている．しかし，まだ任意接種であり，MMR としては定期接種扱いではあるが，最近副反応の報告が相継ぎ，それほど普及していない．筆者はムンプスワクチンを定期接種した場合の，ワクチン接種プログラムの経済効果を検討した．

経済的評価の方法にはいくつかあるが，健康管理プログラムの為に消費された資源にたいする結果は，効果（死亡率などの自然単位），効用（生活の質に焦点），あるいは便益としてあらわされる[1]．今回は，すべての価値を貨幣価値に換算して検討する費用便益分析をおこなった．

2. 研 究 方 法

(A) 基本的な考え方

この研究では，あるモデル集団に対して，予防接種法に基づく定期接種として，ムンプスワクチン接種を実施したと仮定して計算した費用および便益と，同一の集団でワクチン接種を実施しなかったと仮定して計算した費用および便益を比較して検討した．

計算に使用した変数は，直接費用として，

a) ムンプスワクチン買い上げの費用（C1）

b) 予防接種実施のための人件費（C2）

c) 予防接種副反応に対する補償（C3）

直接便益として，

d) 予防接種によって防ぎ得た，ムンプス罹患者の医療費（B1）

e) 防ぎ得た後遺症，死亡による経済的損失（B2）

間接費用として，

f) 予防接種に付き添う母親の賃金損失（C4）

間接便益として，

g) 予防接種により防ぎ得たムンプス罹患による本人の賃金損失（B3）

h) 防ぎ得たムンプス罹患時の，付き添う母親の賃金損失（B4）

年間の費用の合計は Cj＝Cj1＋Cj2＋Cj3＋Cj4

年間の便益の合計は Bj＝Bj1＋Bj2＋Bj3＋Bj4

としてあらわされる．

費用便益比の計算は次の計算式でおこなった．

$$\sum_{j=0}^{n} \frac{B_j}{(1+X)^j} \div \sum_{j=0}^{n} \frac{C_j}{(1+X)^j}$$

（Bj：年間の便益の合計．Cj：年間の費用の合計．X：割引率．n：計算する年数．j：計算する年度）

費用は，予防接種を実施した年にのみかかるが，便益は永年にわたってあらわれてくる．そこで次の仮定として，1歳で接種し30歳までの経過で検討した．式のXで示されている割引率は，現在の価値は未来の同等の価値よりも優れているという概念で，通常5％を用いることが多いが[2]，今回は0％，5％，10％で検討した．

予防接種を実施した場合に起こりうる健康状態の変化は，副反応が起きるかどうか，予防接種により免疫を獲得するかどうか，ムンプスに罹患するかどうか，罹患した場合軽症か重症かなどを考慮した．また予防接種を実施しなかった場合は，ムンプスに罹患するかどうか，罹患後重症化するかどうかを考慮した．

これらのことが起きる確率は日本の過去の諸疾患の成績に基づいたが，得られない場合は外国の報告を用い，それもない場合は推定値を用いた．

経済的項目の単価はなるべく1988年のものを用いたが，一部は1988年に換算して用いた．また対象1歳児の数を10万人モデルで計算したが，これはあくまで計算の簡便のためで，わが国の現在の出生率にあわせるには単純に12倍すれば120万人での値になる．

(B) ムンプスワクチン接種にかかわる費用

ムンプスワクチンは1人あたり1,400円で市販されており，これに注射器代として100円加算した．人件費として接種対象者100人あたり医師1人，看護婦1人，事務職員1人必要とし，合計で30,000円とした．接種率は80％，抗体の獲得率は90％[3]とした．またこの率では流行は起こり得ると仮定した．予防接種には母親が徒歩で付き添い，2時間の休業を必要と仮定した．副反応は軽度のものが3％出現し[4]し，そのうち半数が1回の外来受診を必要とし，母親の休業を4時間必要と仮定した．副反応のうち重篤なものは，MMR ワクチンで知られている値を用い髄膜炎が2,000人に1人発症し[4]，入院費と母親の休業7日が必要で，「予防接種健康被害救済制度」により27,500円追加で支払われると仮定した．ただし後遺症，死亡はないものとした．

(C) ムンプス罹患にかかわる項目

ワクチン未接種者の感染率は90％で各年齢における抗体陽性率は報告[5)6)]にもとづいた理論式を作成した．

ムンプス抗体陽性率

$=1-0.95\times(1-A)^{年齢-1}$

A＝0.1235（ただし1歳から15歳）

抗体陽性率＝0.85＋0.0033×（年齢－1）

（ただし15歳から30歳）

顕性感染は70％で，その0.26％[7]に医療を必要とする髄膜炎が発症．脳炎および死亡はそれぞれ10万人に3人[8]と仮定した．

死亡による経済的損失は大井らによる「修正方式による日本人の生命の経済的価値」[9]を男女平均して用いた（図1）．実際の計算では平均賃金の伸びに対応して1.39倍して用いた．脳炎は死亡に準じた経済的損失と，さら

表1　検討に用いた諸変数

項　目	頻　度	費　用
一般的項目		
外来受診		1000円／1回
入院		10000円／1日
母親賃金（昭和63年）6時間／日		899円／時（パート642円）
男子賃金（同上）8時間／日		1503円／時
ムンプス罹患に関する項目		
ワクチン未接種者の感染率	90％	
顕性感染	70％	
家庭治療	20％	母親（20歳以上本人）5日休業
外来1回受診	50％	医療費＋同上
外来2回受診	30％	医療費＋同上
髄膜炎	0.26％	
入院1週間	50％	医療費＋母親／本人7日休業
外来3回受診	50％	医療費＋同上
脳炎（後遺症）	3/10万	死亡準＋250万円／年×10年
死亡	3/10万	別表参照
難聴	1/20000	
軽度　90％（外来2回＋検査）		6千円／2回＋母／本人2日休業
中等度 9％		10万円＋同上
高度　1％		120万円×10年
睾丸炎（15歳以上男子）		
1週間入院（付き添いなし）	25％	医療費
20歳以上		医療費＋7日休業
ムンプスワクチン接種に関する項目		
コスト（ワクチン＋注射器）		1400＋100円
人件費		30000円
（医師1人，看護婦1人，事務1人／100人）		
接種率	80％	
有効率	90％	
副作用		
軽度	3％	
1回外来受診	50％	医療費＋母親休業4時間
髄膜炎	5/10000	
1週間入院		入院費＋27500円 ＋母親休業7日
母親付き添い2時間		休業2時間

に10年間にわたり年間250万円の経費が各個人に必要と仮定した．難聴は2万人に1人発症し90%は軽症で，外来受診2回必要で，検査も含めて1回の医療費として6,000円を要し，9%は中等症で，軽症と同額の負担に，補聴器等の代金として10万円さらに必要で，残り1%が高度の聴力障害を残し[8]年間120万円を10年間にわたって必要とするものとした．睾丸炎は15歳以上の男子に25%に発症[10]し，1週間の入院が必要で，20歳以上は7日間の休業による経済的損失も考慮した．他の合併症は無視できるものと考えた（**表 1**）．

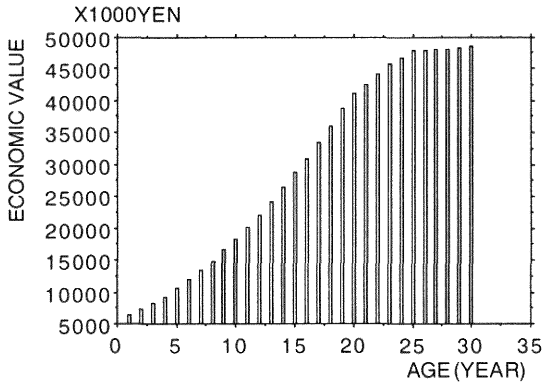


図 1　修正方式による日本人の生命の価値
大井の論文より男女を平均して図示した．

(D)　一般的項目

母親の労働時間の損失は，一律にパート勤務として賃金は642円／時間と評価し[11]，1日労働時間は6時間とした．男子の場合は1503円／時間[11]で1日8時間労働で評価した．外来受診1回に要する費用は1,000円，入院は1日10,000円と見なした．

3. 結　　果

今までの条件で10万人モデルでムンプスワクチン予防接種プログラムを行なった場合，ワクチン接種に直接かかわる費用は14,400万円，副反応の費用は510万円になる．間接費用（母親の労働損失）は10,724万円になり合計で25,334万円になった．

ムンプスに罹患した場合はまず割引率0%では，予防接種した場合の罹患に関する直接の費用は4,942万円，間接の費用（母親の労働損失と本人の労働損失）は30,987万円になる．

表 2　ムンプス罹患及びワクチン接種に係わる費用
（昭和63年，対象者10万人モデル）

項　目	接種プログラム（＋）	接種プログラム（－）
割引率0%		$\times 10^4$ 円
ムンプス罹患直接費用	4942	17650
間接費用	30987	110669
合　計	35929	128319
割引率5%		
ムンプス罹患直接費用	3357	11989
間接費用	23419	83638
合　計	26776	95627
割引率10%		
ムンプス罹患直接費用	2383	8511
間接費用	19279	68853
合　計	21662	77364
ワクチンプログラム		
ワクチン接種の費用	14400	0
副作用の費用	510	0
間接費用	10724	0
合　計	25334	0

割引率0%におけるB／C比＝3.65：1
割引率5%におけるB／C比＝2.72：1
割引率10%におけるB／C比＝2.20：1

予防接種をしなかった場合は，直接の費用は17,650万円，間接の費用は110,669万円になり，その差の直接便益は12,808万円，間接便益は79,682万円となった．

一般に用いられる5％の割引率では予防接種した場合の罹患に関わる直接の費用は3,357万円，間接の費用は23,419万円であった．予防接種をしない場合は，直接の費用は11,989万円．間接の費用は83,638万円になる．従って直接便益は8,632万円，間接便益は60,219万円になる．

割引率10％では，予防接種した場合の直接費用は2,383万円，間接の費用は19,279万円になり，予防接種しなかった場合の直接の費用は8,511万円，間接の費用は68,853万円で，直接便益は6,128万円間接便益は49,574万円になる（**表 2**）．

以上より便益費用比（B/C 比）は割引率0％では3.65，割引率5％では2.72，さらに割引率10％では4.20と計算された．

4．考　　案

（A） 罹患数，接種率，その他の値について

残念ながら，わが国にはムンプスのようなごく一般的な疾病に関しても統計資料は極めて少なく，年間の発症数についても正確な値は不明である．サベーランス事業も行なわれてはいるが，すべてを把握しているとは言い難い．抗体陽性率については，いくつかの報告[5)6)]がある．しかしわが国における，各年齢毎のものは無く，計算の容易さから考えて，理論値を使わざるを得なかった．合併症の率，副反応の率は，報告されている中でも予防接種実施に不利になる方の値を用いた．それらの値はおおむね妥当なものと考えているが，今回の検討に一番影響を与える因子として顕性感染の割合，外来受診率については，後で検討する医療費と共に感度分析を行なった（結果はつぎの費用に関連して述べる）．

（B） ワクチンにかかわる費用，罹患にかかわる医療費，などについて

ワクチン接種は集団接種のかたちで行なわれると仮定した．最近では個別接種が推奨されているが，わが国全体で考えればまだ集団接種が主流であり，今回は集団接種を行った場合で検討した．人件費を受診料に置き換えれば，個別接種についても同様に検討可能である．

人件費は直接費用のうちの16％をしめている．副作用による外来受診が100％になり，死亡が10万人に1人出現した場合は副作用にかかわる直接費用は510万円から3,174万円（予防接種法による死亡一時金を含む）に増加し，間接費用も77万円増加する．そのため費用全体では2,741万円（9.8％）の増加になり，割引率5％における B/C 比は，2.72から2.49に減少する．

先に述べた顕性感染率，受診率と外来医療費の関係について割引率5％での感度分析を行なった（**図 2**）．もとの仮定は「平均1.1回受診して，1回に1,000円支払っている」つまり「1回受診で1,100円の支払い」と同じ意味になる．支払い額を変化させても変動はあまり無く，

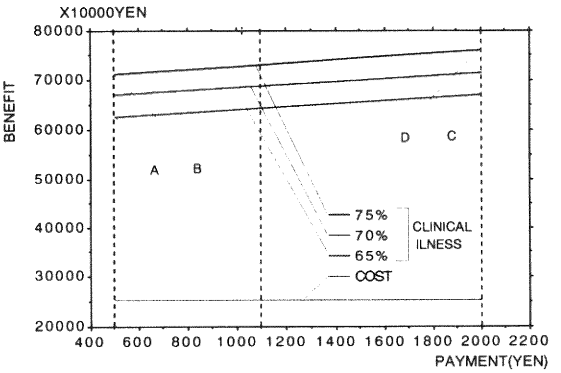


図 2　感度分析（便益に対する発病率，外来医療費の影響）

A 点：顕性感染率65％，1人当り平均医療費500円の便益費用比：2.48
B 点：顕性感染率75％，1人当り平均医療費500円の便益費用比：2.81
C 点：顕性感染率65％，1人当り平均医療費2,000円の便益費用比：2.65
D 点：顕性感染率75％，1人当り平均医療費2,000円の便益費用比：3.01

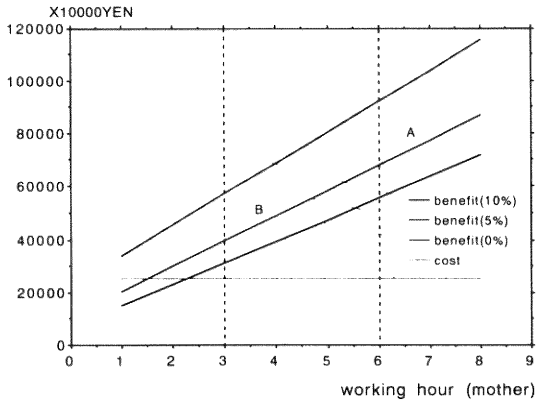


図 3　感度分析（母親労働時間変動の影響）

A 点：割引率5％，労働6時間の便益費用比：2.72
B 点：割引率5％，労働3時間の便益費用比：1.56

それ以上に顕性感染率の変化のほうが大きく影響した．

つぎに母親の1日労働時間について検討した（**図 3**）．母親の労働の検討はかなり複雑である．父親が付き添うことの有無，母親全員が働いているのかなど，時代，国などでかなり多様，変動あるが，今回は家内労働も含めての意味で一律パート6時間として検討した．この母親の労働の経済的評価こそ便益の大部分を占めるものである．例えば母親の労働の経済的評価を半分に見積もれば，割引率5％での B/C 比は 2.72 から 1.56 に減少する．

(C) 数学モデルについて

直接費用と直接便益相互の検討では，ムンプスワクチン接種の経済的効果は無いどころか，割引率の考えを用いればかえってかなりの損失になる．つまりムンプスの様な重篤な経過をとることが少ない疾患では，直接的経済効果はかえってマイナスになることが考えられる．このことはインフルエンザワクチンにおいても同様な結果がでている[12]．しかし間接費用，間接便益までを含めて検討すれば，かなりのメリットがあることが推測された．

また今回用いた変数以外にも多くの社会的要因があるが，本研究ではもっとも一般的な数学モデルを用いた．数学モデルを用いたため再現性に問題が無いとは言えない，しかし現在のわが国においては，多くの疾患について十分な統計資料が無く，もともと推定値を使わざるわ得ないし，実際に大規模な野外実験を行なうことも不可能である．そこで数学モデルを使う意義が生まれる．ムンプスワクチンに関する欧米の従前の結果と比較して，ほぼ同様の結果をえている[8)13)14)]．

(D) 倫理問題について

最後にこのような検討の倫理面について述べる．今回の推論立場はムンプス（あるいは MMR）ワクチンを推進して行く側からのアプローチであり，社会福祉の面を中核に考案を進めたものである．経済価値という一面からではあるが公正に検討したものと思っている．また人間の命に値段を付けること自体に問題は無いか，小児の罹患そのものには経済的価値を認めないのは問題な無いか，との疑問がでる．残念ながら，筆者自身これに関して，充分な解答はできない．しかしこのような検討を他の保健サービス，例えば，他のワクチン接種，乳児の先天代謝異常スクリーニング検査にもおこない，同じ土俵の上で検討することは可能であろう．それにより，より有効なサービス，より有効な資源の利用が可能になり，社会福祉の立場による限り，倫理的には問題は無いと考えられた．

5. 要　　約

ムンプスワクチン単独を定期接種として集団接種を実施した場合を仮定しての経済効果について，費用便益分析で検討した．分析に用いた数値は，過去における日本または外国の研究結果を用いたが，一部は推定値を用いた．結果に大きく影響する数値について感度分析をおこなった．

分析の結果は

1) ムンプスワクチン接種にかかわる直接費用，直接便益の検討ではワクチン接種は不利である．

2) 間接費用，間接便益までを検討すれば，割引率5％で B/C 比は 2.72 になった．

3) 直接便益に一番影響するものは顕性感染率であった．

4) 間接便益に一番影響するものは，母親の労働の評価であり，割引率5％の今回のモデルにおいて労働の評価を半分に計算すると，B/C 比は 2.72 から 1.56 に減少した．すなわち母親の労働の経済的評価の重さを評価し得た．

稿を終るに当り，御指導御校閲を賜りました，新潟大学医学部小児科学教室堺薫教授に深く感謝致します．

参 考 文 献

1) **Drummond, M.F., Stoddart, G.L. and Torrnce, G.W.:** Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programes Oxford Uiversity Press, 1988（**繁哲　徳, 西村周三, 監訳:** 臨床経済学, pp. 7～21, 篠原出版, 1990）.

2) **Drummond, M.F., Stoddart, G.L. and Torrnce, G.W.:** Methods for the Economic Evaluation of Health Care Prorames Oxford Uiversity Press, 1988（**繁哲　徳, 西村周三, 監訳:** 臨床経済学, pp. 61～62, 篠原出版, 1990）.

3) **杉浦　昭:** 麻疹・ムンプス・風疹（MMR）混合ワクチン．最新医学, **43**: 494～497, 1988.

4) **厚生省保健医療局　結核・感染症対策室:** 乾燥弱毒生麻しんおたふくかぜ風しん混合（MMR）ワクチンの概要．日本医師会雑誌, **103**(5) 付録, 1990.

5) **春山長治:** ムンプスに対する中和抗体測定の簡便法とその疫学への応用について．感染症学雑誌, **58**: 173～180, 1984.

6) **磯村思无**: ムンプスの疫学：全国的な傾向. 臨床とウィルス, **8**: 45～49, 1980.

7) **Begg, N.T. and Noah, N.D.**: Mumpus, measles, and rubella vaccination and encephalitis, Brit Med J, **229**: 978, 1989.

8) **Koplan, J.P. and Preblud, S.R.**: A Benefit-Cost Analysis of Mumps Vaccine, Am J Dis Child, **136**: 362～364, 1982.

9) **大井 玄, 甲斐一郎, 武長脩行**: 費用便益, 費用効果分析と保健事業（その1）. 公衆衛生, **48**: 53～62, 1984.

10) **Immunization Practices Aavisory Committee (ACIP)**: Mumps prevention. MMWR, **38**: 388～400, 1989.

11) **労働省大臣官房政策調査部編**: 賃金統計総覧（90年度版）, 総合労働研究所, 1989.

12) **森尾真介, 熊谷富士雄, 能勢隆之**: 学童インフルエンザ予防接種プログラムの経済的効果の分析. 日本公衆衛生学会雑誌, **33**: 617～623, 1986.

13) **Wiedermann, G. and Ambrosch, F.**: Cost and benefits of measles and mumps immunization in Austria, Bulletin of World Health Organization, **57**(4): 625～629, 1979.

14) **White, C.C., Koplan, J.P. and Orenstein, W.A.**: Benefits, risk and costs of immunization for measles, mumps and rubella, Am J Public Health, **75**(7): 739～744, 1985.

（平成3年6月21日受付）