

子宮頸癌ワクチン接種義務化の
費用便益分析

東京大学公共政策大学院

「公共政策の経済評価」 2010 年度

内田 暁

丹呉 允

細川 敬太

安井 伸一郎

2011 年 4 月 15 日

目次

Executive Summary	5
1. はじめに.....	7
2. 子宮頸癌と子宮頸癌ワクチンについて.....	8
2.1. 子宮頸癌.....	8
2.1.1. 子宮頸癌とヒトパピローマウイルス (HPV)	8
2.1.2. 子宮頸癌の罹患状況	8
2.2. 子宮頸癌ワクチン	10
2.2.1. 子宮頸癌ワクチンの概要	10
2.2.2. ワクチンの副作用.....	10
2.2.3. ワクチン接種の現状	11
3. 子宮頸癌ワクチン接種義務化の費用便益分析.....	12
3.1. 政策案の概要	12
3.2. 分析のフレームワーク	12
3.2.1. With ケースと Without ケースの設定.....	12
3.2.2. 本研究のモデルの説明.....	13
3.2.3. 分析期間と社会的割引率の設定.....	13
3.3. 子宮頸癌罹患患者数の予測.....	14
3.3.1. 先行研究と本分析の特徴	14
3.3.2. モデルの概要.....	14
3.3.3. パラメータの設定.....	15
3.3.4. 推計結果.....	18
3.4. 便益の推計.....	19
3.4.1. 死亡数の減少.....	19
3.4.2. 医療費の減少.....	20
3.4.3. 子宮頸癌検診費の減少.....	22
3.4.4. 入院による逸失所得の減少.....	22
3.4.5. 癌による不効用の減少.....	23
3.5. 費用の推計.....	24
3.5.1. ワクチン接種費用.....	24
3.5.2. 副作用の増加.....	25
3.6. 費用と便益の比較.....	25
4. 感度分析.....	26
4.1. 社会的割引および分析期間	26

4.2. ワクチン接種費用	29
4.3. 統計的生命価値.....	30
4.4. Without ケースのワクチン接種率	30
5. 代替案の分析.....	31
5.1. 最適なワクチン接種率	32
5.1.1. 14歳女子を対象とした最適なワクチン接種率	32
5.1.2. 14歳男子・女子を対象とした最適なワクチン接種率.....	32
5.2. 検診政策との組み合わせ.....	33
6. 政策提言.....	35
7. 今後の課題	35
7.1. 新型ワクチンの開発可能性	35
7.2. 他の高リスク型 HPV による子宮頸癌の増加の可能性.....	35
7.3. 他の癌に対するワクチン効果.....	36
7.4. 推定されたパラメータの妥当性の検証と感度分析	37
7.5. ワクチン接種の限界費用.....	37
謝辞	39
付録	40
付録 1. 性行動の活発度の分類	40
付録 2. 子宮頸癌罹患者数の予測モデル	41
付録 3. パラメータのカリブレーション	46
付録 4. With-Without ケースの年齢別の罹患者数の推移	47
付録 5. 予測モデルの推計値の定義式.....	48
付録 6. 年齢階級別の VSL と VLY の算出.....	48
付録 7. 検診受診率の補正係数	49
付録 8. HUI-2 効用指標を用いた効用水準の算出方法	50
参考文献一覧	52

図表一覧

- 図 1. 医療費の推移
- 図 2-1. 女性 10 万人あたりの子宮頸癌罹患患者数
- 図 3-1. 健康グループ間の移行過程
- 図 3-2. 新規子宮頸癌罹患患者数の推計値と実績値の比較
- 図 3-3. 子宮頸癌による死亡者数の推計値と実績値の比較
- 図 3-4. 新規罹患患者数と死亡者数の推移
- 図 3-5. 政策による子宮頸癌による死亡者数の減少
- 図 4-1. 各年を分析最終期とした場合の NPV
- 図 4-2. 各期における割引後の便益と費用
- 図 4-3. 社会的割引率の部分感度分析
- 図 4-4. 各時点を分析最終期とした場合の NPV
- 図 4-5. 1 人あたりワクチン接種費用の部分感度分析
- 図 4-6. 統計的生命価値の部分感度分析
- 図 4-7. Without ケースの 14 歳ワクチン接種率の部分感度分析
- 図 5-1. 14 歳女子のワクチン接種率による NPV・B/C の変化
- 図 5-2. 14 歳女子のワクチン接種率による罹患患者の減少数の変化
- 図 5-3. 14 歳男女のワクチン接種率による NPV の変化
- 図 5-4. 設定した検診受診率の推移
- 図 5-5. 検診受診率のトレンドの変化による政策の効果
- 図 7-1. ウイルスの競合性についての概念図
- 図 A4-1. With-Without ケースの年齢別の罹患患者数の推移
- 表 2-1. 25~39 歳の女性で罹患患者数の多い癌（人/10 万人）
- 表 2-2. 子宮頸癌ワクチンの副作用の症例
- 表 3-1. 年齢階級別の子宮頸癌検診受診率
- 表 3-2. ワクチン接種の便益と費用
- 表 3-3. 予測モデルにおけるパラメータ
- 表 3-4. 年齢階級別の VSL
- 表 3-5. 各前駆病変状態・子宮頸癌罹患状態における医療費
- 表 3-6. 子宮頸癌ステージの年齢別分布
- 表 3-7. 癌のステージに応じた効用水準
- 表 3-8. インターネット調査に基づくワクチン価格
- 表 3-9. 子宮頸癌ワクチン接種義務化の費用便益分析の結果
- 表 4-1. 2 つの時間逡減割引率の設定
- 表 A1-1. 1 年間に性交渉をした相手の人数
- 表 A1-2. 性的活動性の分布

- 表 A2-1. 状態遷移方程式の状態変数
- 表 A2-2. 状態遷移方程式のパラメータ
- 表 A2-3. 感染確率関数の変数とパラメータ
- 表 A3-1. カリブレーションの結果と下限値・上限値
- 表 A8-1. 癌のステージ別の健康因子のレベル
- 表 A8-2. HUI2 多変数効用関数

Executive Summary

①行うべき政策

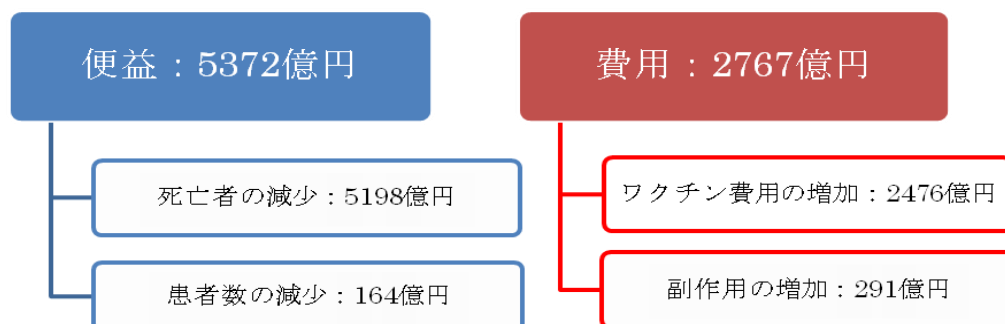
14歳女子全員に子宮頸癌ワクチンの集団接種を義務付ける。

②政策の必要性

- 子宮頸癌ウイルスは性交渉によって感染する。よって、ワクチン接種による感染防止は、接種した本人だけでなく、社会全体に便益をもたらす。
- 子宮頸癌ワクチンは製造販売会社が独占状態にあるため、価格が高く、自発的な接種は望みにくい。
- 定量的な分析をした結果、社会的な便益が政策を実施する費用を上回ることが判明した。

③分析の結果

政策の便益と費用を以下に示す。



純便益は2604億円、B/Cは1.94となった。

人口を性別と健康状態に応じて分けた各グループ間の時系列における移行確率を設定し、各期における各グループ内の人数を推計するモデルを作成し、ワクチン接種を義務付けたことによる子宮頸癌患者数の減少数を推計した。その人数の変化と各項目の金銭的価値を掛け合わせることで便益と費用を算出した。



④分析の限界

ワクチンが独占状態であり、ワクチンの製造コストが不明である。そのため、ワクチン接種の社会的限界費用を正確に推計することが困難である。ただし、費用について幅を持たせて計算した場合も、純便益は正の値であった。よって結論は変わらず、本政策は実施すべきである。

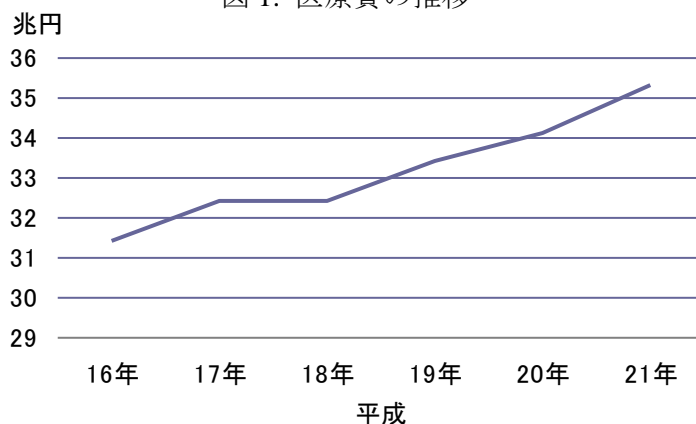
1. はじめに

2010年8月、厚生労働省は「元気な日本復活特別枠」に「子宮頸がん予防対策強化事業」として150億円の予算請求をし、同年12月の評価会議では最高のA評価を受けた¹。

政府の負債が高まり、効率的な財政運営が求められている現在の日本において、子宮頸癌対策に150億円を使う意義があるのか、定量的に分析する意義は大きい。また、高齢化とともに医療費の増大が著しく（図1）、予防医療への関心が高まっており、予防医療にどれほどの便益があるのか分析することも時宜にかなっている。ワクチン接種の便益について公共政策の経済評価の観点から分析を行うことは、今後の保健政策の分析にひとつの方向性を提供すると考え、本稿の執筆に至った。

なお、本稿は以下のように構成されている。次章では、子宮頸癌と子宮頸癌ワクチンについて説明する。3章では、本分析における便益と費用をリストアップし、分析に用いたフレームワーク、並びにデータについて説明し、便益と費用を推計する。4章では、分析結果の不確実性を考慮するために感度分析を行う。5章では、最適なワクチン接種率と、政策代替案である子宮頸癌検診政策について述べる。6章では分析の結果にもとづいた政策提言を行う。7章では今後の課題と分析の限界について述べる。

図1. 医療費の推移



出典：厚生労働省(2009a)より作成

¹ 元気な日本復活特別枠に関する評価会議（第3回）

<http://seisakucontest.kantei.go.jp/article/wp-content/uploads/2010/12/101201_3rd_hyokakaigi.pdf>
(2011年1月31日アクセス)

2. 子宮頸癌と子宮頸癌ワクチンについて

2.1. 子宮頸癌

2.1.1. 子宮頸癌とヒトパピローマウイルス (HPV)

子宮頸癌とは子宮頸部（子宮の入り口）に発生する癌である。すべての子宮頸癌はヒトパピローマウイルス（human papillomavirus：HPV）の持続感染によって発生することが Harper *et al.*(2004)によって明らかにされている。HPVは男女ともに感染する。感染経路は接触感染であり、主に性交渉によって感染する。子宮頸癌ワクチンはHPVの感染を防ぐ効果を持つ。したがってワクチン接種によって子宮頸癌を予防することができる。

HPVには100以上の型があり、癌を起こす高リスク型HPVと、癌以外の良性病変（いぼ等）を起こす低リスク型HPVに大きく分類される。子宮頸癌の原因になっている上位2つの型は16型（HPV-16）と18型（HPV-18）であり、世界的にはこれらが子宮頸癌の原因の70%を占めている。日本においても、HPV-16およびHPV-18を原因とする子宮頸癌は50-70%であるとされている（国立感染症研究所(2010)）。本稿で分析対象とするワクチンは、この2つの型に対する免疫効果を持っている。本稿では、日本の子宮頸癌の原因の70%がHPV-16とHPV-18に占められているという前提で分析を行なう。

2.1.2 子宮頸癌の罹患状況

今日において子宮頸癌の新規罹患患者数は全世界で毎年およそ50万人であり、そのうち27万人が死亡している²。地域別に見てみると、子宮頸癌の発生頻度はアフリカ、南アジア、中南米などの発展途上国において多い。欧米や日本に代表される先進国では子宮頸癌検診による細胞検査が導入されているために発展途上国の罹患患者数よりは比較的少ない³。

国立感染研究所(2010)によると、日本における子宮頸癌の罹患患者数（新規に子宮頸癌と診断される人数）は年間約8,500人である。子宮頸癌による死亡者は年間約2,500人である。全国的に見ると、近年の罹患患者数はほぼ横ばいである。

年齢別に見てみると、中高年齢層の罹患患者が減少傾向にあるのに対し、20代から30代の若年層の罹患患者数が急激に増えている。1978年には、50・60歳代の人口10万人あたりの子宮頸癌発生者数⁴は約50人であったが、1998年に約20人にまで減少している。これに対して20・30歳代の人口10万人あたりの子宮頸癌発生者数は、1978年時点では約20人であったが、1998年には約35人にまで増えている。全年齢層の中で発

² World Health Organization(2007)

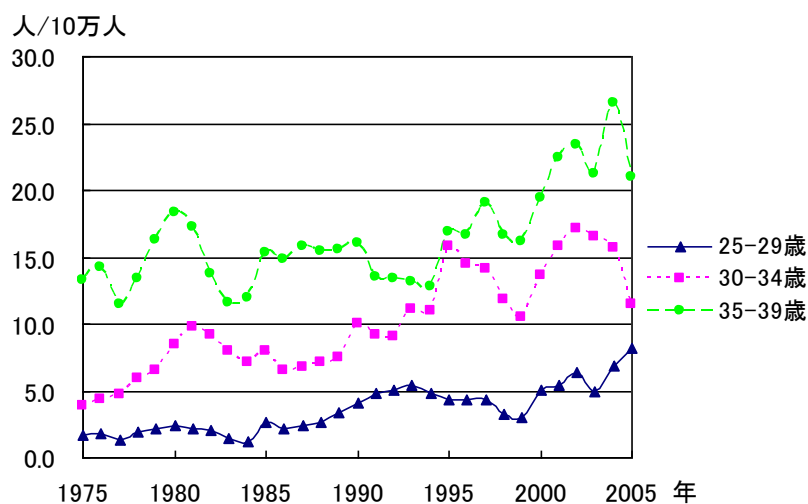
³ 国立感染症研究所(2010)

⁴ 「地域がん登録」研究班（主任研究者：津熊秀明）による全国推計値を利用した。

生者数が多い世代になっている。25~39歳の女性の罹患者数の上昇傾向には図2-1.に示す。また、0~39歳の女性が罹患する癌の第2位は子宮頸癌である（表2-1.）。

若年層における罹患者数の増加の原因は様々あるが、近年日本において性行為開始年齢が早まっていることが主要な原因ではないかと指摘されている。即ち、性行為開始時期が早まることにより、HPVに感染する時期も早まるため、その結果として子宮頸癌の罹患者数が若年層で増加するということである⁵。

図2-1. 女性10万人あたりの子宮頸癌罹患者



出典：Matsuda *et al.*(2011)より作成

表2-1. 25~39歳の女性で罹患者数の多い癌（人/10万人）

1位	乳癌	68.9
2位	子宮頸癌	40.6
3位	甲状腺癌	17.9
4位	胃癌	16.0
5位	卵巣癌	14.9
6位	大腸癌	12.9
7位	子宮体癌	10.4

出典：Matsuda *et al.*(2011)より作成

⁵ 今野良(2008)

2.2. 子宮頸癌ワクチン

2.2.1. 子宮頸癌ワクチンの概要

現在世界で販売されている子宮頸癌ワクチンは2種類ある。GlaxoSmithKline社製のサーバリックス (Cervarix) と Merck & Co.社製造のガーダシル(Gardasil) である。サーバリックスは日本では2009年10月に認可されたが、ガーダシルは日本では認可されていない。サーバリックスはHPV-16とHPV-18の2種類のウイルスに対して免疫効果があるが、ガーダシルはHPV-16とHPV-18に加えて、HPV-6とHPV-11に対しても免疫効果がある。本稿では接種するワクチンがサーバリックスであるという前提で分析を行う^{6,7}。

子宮頸癌ワクチンの接種方法であるが、サーバリックスを販売しているGlaxoSmithKline社は半年間に3回接種するという方法を推奨している⁸。具体的には、初回に接種してから1ヵ月後に2回目を、5ヵ月後に3回目を接種するという方法である。本稿では、この接種方法を前提とする。

ワクチンの免疫効果の持続期間は、現状では明らかになっていない。子宮頸癌ワクチンが世界で初めて認可されたのは2007年であり、効果が長期的に持続するかどうかは今後明らかになる。David(2009)の行った分析では、子宮頸癌ワクチン接種後20年間は一定レベルの免疫効果が持続することが予想されている。そのため本稿では20年をワクチンによる免疫効果の持続期間とする。

2.2.2. ワクチンの副作用

日本では2009年12月以降、およそ40万人が子宮頸癌ワクチンを接種され⁹、81例の副作用が報告されている(2010年10月末現在)。多くは軽症であるが、アナフィラキシーショックといった重症例も小数報告されている。なお、日本では死亡例は報告されていないが、アメリカでは12,424件の副作用のうち32件(副作用中0.26%)が死亡例であった¹⁰。

⁶ 子宮頸癌患者に検出される高リスクHPVで上位を占めるものはHPV-16, 18以外ではHPV-31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 68, 73, 82であり、仮にGardasilを接種したとしても本分析の便益に与える影響は軽微である。費用に関しても大きな変化はない。

⁷ なお、2010年10月14日付け日本経済新聞によると「武田薬品工業は10月13日、子宮頸(けい)がん予防ワクチンに参入すると発表した。(中略) 今後製品化に向け研究に着手する。同ワクチンは子宮頸がんの主な原因である高リスク型ヒト・パピローマウイルス (HPV) 15種類すべてに有効となる可能性がある。」とある。こうしたワクチンが開発されると、子宮頸癌患者数がより多く減るため便益が大きくなるだろう。

⁸ GlaxoSmithKline社ウェブページ

⁹ 厚生労働省(2011)

¹⁰ Barbara *et al.*(2009)

表 2-2. 子宮頸癌ワクチンの副作用の症例

副反応名	件数	副反応名	件数
発熱	11	不正子宮出血	3
失神	11	疼痛	3
意識消失	10	冷汗	3
注射部位疼痛	9	嘔吐	3
関節痛	7	喘息	3
頭痛	7	血圧低下	3
浮動性めまい	6	感覚鈍麻	2
痙攣	6	アナフィラキシーショック	2
悪心	5	気胸	2
蕁麻疹	5	ショック	2
筋肉痛	5	注射部位紅斑	2
神経原性ショック	5	蒼白	2
筋力低下	4	全身性皮疹	2
下痢	4	口唇腫脹	2
アナフィラキシー様反応	4	失神寸前の状態	2
倦怠感	3	その他各 1 件の報告	51
総計			189

出典：厚生労働省(2010)

2.2.3. ワクチン接種の現状

日本におけるサーバリックスの出荷数量は 2010 年 10 月現在で 60 万本であり、およそ 40 万人が接種していると考えられている¹¹。性的に活動的な女性が一様に接種していると仮定すると接種率は 2%弱であり¹²、まだ普及段階であるといえる。東京都渋谷区、杉並区、栃木県大田原市などの一部の自治体は、1 万円～全額の補助を行っているが、こうした補助を行っている自治体は少ない。

¹¹ 厚生労働省(2011)

¹² 日本では 2009 年 12 月から 2010 年 10 月までの 10 ヶ月間でワクチンが 60 万本出荷された。接種者の一人あたり平均接種回数を 1.5 回とするとこの 10 カ月で 40 万人がワクチンを接種したことになる。1 年あたりに換算すると年間 48 万人が接種したことになる。この間にワクチン接種をしたのが 15 歳～49 歳の女性だと仮定すると、15 歳～49 歳女性の年間平均接種率は約 1.8%と非常に小さな値となる。

3. 子宮頸癌ワクチン接種義務化の費用便益分析

3.1. 政策案の概要

本稿で分析する政策案は、すべての14歳女子に対してワクチン接種を義務付けるというものである。HPVは感染症であるため、感染者数が増えると感染率が高まるという負の外部性をもっている。このことは逆に、ワクチン接種による感染予防が、感染率の低下を通じて接種した本人だけでなく社会全体に便益をもたらすということの意味している。これがワクチン接種を政策的に促進する根拠である。感染後にワクチン接種をしても効果がないため、初交前であると予想される14歳女子を接種対象者とした。

具体的には、毎年中学2年生（本稿では単純化のため全員14歳とする）を対象にワクチンの集団接種を行うことを想定している。毎年、全国の中学校で集団接種を行えば、中学2年生のワクチン接種率は100%となる¹³。

3.2. 分析のフレームワーク

3.2.1. With ケースと Without ケースの設定

Without ケースと With ケースにおける違いは、14歳女子のワクチン接種率のみである。Without ケースとして、全年齢のワクチン接種率が0%である状況を想定している。With ケースとして、14歳のワクチン接種率が100%、その他の年齢層の接種率が0%である状況を設定している。実際には、子宮頸癌ワクチンの接種率は政策介入がなくとも将来的に増加していくと予想される。そのため Without ケースにおけるワクチン接種率を0%とすることは現実的ではない。しかしながら、日本で子宮頸癌ワクチンが導入されてからまだ1年余りであり、現在の接種率を示す正確なデータを得られずに Without ケースの接種率について適切な値を設定することが困難であった。そのため、単純化のために Without ケースにおけるワクチン接種率は将来にわたって0%であると設定する¹⁴。この設定については4.4.で感度分析の対象とする。

また、ワクチン同様に子宮頸癌を予防するものとして子宮頸癌検診がある。子宮頸癌検診受診率については With ケース、Without ケースともに、現在から将来にわたって2007年時点での年齢別受診率が続くものと仮定する¹⁵（表3-1.）。検診受診率が本政策の純便益に与える影響については5.2.で考察する。

¹³ 現実には、集団接種日に欠席する女子がいるなどの理由で、接種率は100%にはならないだろうが、以下の分析では簡単のため接種率100%とする。

¹⁴ 脚注12で述べたように、現状の接種率は1.8%と非常に小さな値である。

¹⁵ 入手可能な最新の子宮頸癌検診受診率が2007年時点のものであったため、2007年と設定した。

表 3-1. 年齢階級別の子宮頸癌検診受診率

年齢階級 (歳)	20 ~ 24	25 ~ 30	30 ~ 34	35 ~ 39	40 ~ 44	45 ~ 49	50 ~ 54
受診率 (%)	5.6	16.3	24.9	28.7	31.9	33.6	30.6
年齢階級 (歳)	55 ~ 59	60 ~ 64	65 ~ 69	70 ~ 74	75 ~ 79	80 ~ 84	85 ~
受診率 (%)	26.2	22.2	18.4	13.9	8.9	4.2	1.5

出典：厚生労働省(2007)より作成

3.2.2. 本研究のモデルの説明

政策における便益と費用の項目を表 3-2. に列挙する。

表 3-2. ワクチン接種の便益と費用

便益の項目	費用の項目
① 死亡者数の減少	① ワクチン接種費用の増加
② 医療費の減少	② 副作用の増加
③ 癌検診費用の減少	
④ 入院による逸失所得の減少	
⑤ 癌による不効用の減少	

便益・費用の推計方法は下記の通りである。まず、3.3.で詳述するモデルによって With ケースと Without ケースの毎年の子宮頸癌罹患患者数や死亡者数など、表 3-2.の各項目の算出に必要な人数を推計する。次に、両ケースの差を取ることで、政策によるそれらの人数の変化を算出する。そして、それらを金銭的価値に換算し、現在価値化することによって項目ごとの便益および費用を算出する。最後に、各項目を足し合わせることで政策のもたらす総便益と総費用を算出する。

3.2.3. 分析期間と社会的割引率の設定

本稿では、分析期間を 2010 年から 2105 年までとする。そして、その間は政策を実施し続ける場合を分析する。ワクチン接種政策のもたらす便益は遠く将来まで発生し続けるため、約 100 年の長期間を分析対象とする。最終期を 2105 年と設定したのは、分析に必要な人口推計データをその時点まで得ることができたからである。厳密にはそれ以降の分析も必要であるが、不確実性が大きいこと、現在価値に割り引くと分析結果に大きな影響をもたらさないことから本章では対象外とする。より長期間を対象とした分析については、4.1.で扱うことにする

社会的割引率には時間逓減割引率を用いる。本政策は現在世代だけでなく将来世代に対しても費用と便益を発生させるからであり、こうした場合、時間逓減割引率が望ましいからである (Boardman *et al.*(2006))。具体的には、現在から 50 年後までは 3.5%、

50年後以降は2.5%と設定する。社会的割引率の設定によっても分析結果は変わり得るため、4.1.にて感度分析を行う。

3.3. 子宮頸癌罹患患者数の予測

3.3.1. 先行研究と本分析の特徴

HPV感染者数あるいは子宮頸癌罹患患者数を推計している先行研究は数多くあり、その多くは感染や癌の発症を確率的な事象として表現した数理モデルを用いて推計を試みている¹⁶。そうした推計モデルは、HPV未感染状態から感染状態への移行確率を外生的に扱うか内生的に扱うかによって2つに大別される。すなわち、感染確率を一定とするモデル (cohort model)¹⁷と、感染確率を現在の感染者数に依存させるモデル (dynamic model)¹⁸である。本稿では、政策介入の必要性の根拠として感染症のもつ外部不経済を挙げているため、後者のモデルを用いて分析を行なう。

日本における子宮頸癌ワクチンの費用効用分析を行なった研究として Konno *et al.*(2010)がある。日本の子宮頸癌ワクチン接種政策の効率性を検証するという点では、Konno *et al.*(2010)も本稿も共通した目的を持っている。しかし、本稿は、dynamic modelを用いてワクチンの集団免疫効果を考慮している点、便益や費用として癌患者の不効用や入院による逸失所得、さらには子宮頸癌検診費用やワクチン接種による副作用を考慮している点で、より精緻で包括的な分析を行なっている。

3.3.2. モデルの概要

本稿では、フィンランドにおける子宮頸癌ワクチン接種の効果について分析した Bamadas *et al.*(2006)を参考に予測モデルを構築した。

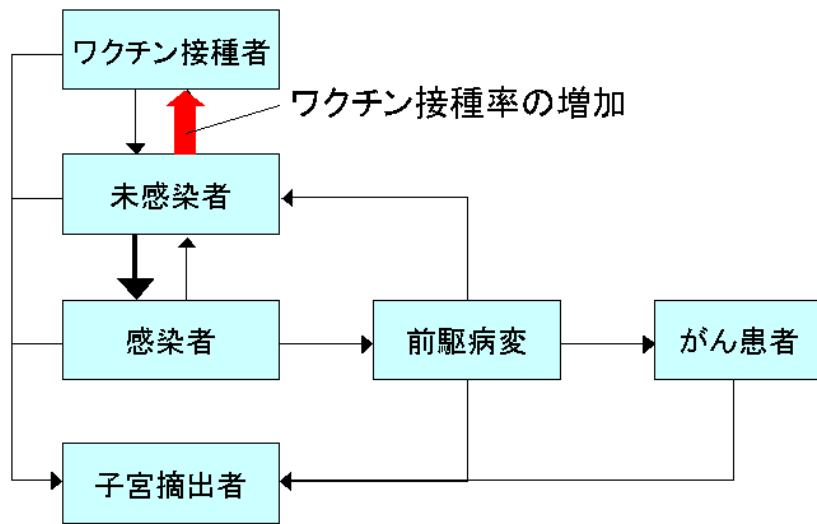
モデルの概要は次の通りである。まず、人口を性別と健康状態に応じてグループ分けする。これを健康グループと呼ぶ。女性の健康グループは、①HPV未感染状態、②ワクチン接種状態、③HPV感染状態、④前駆病変状態、⑤子宮頸癌罹患状態、⑥子宮摘出後状態である。男性の健康グループは、①~③である。各人は必ずいずれかの健康グループに属し、毎年、確率的に状態が変化する。グループ間の移行過程は、図3-1のように表現される。

¹⁶ Dasbach *et al.*(2006)は、HPVを分析するための数理モデルに関する先行研究をレビューしている。

¹⁷ たとえば、Sanders and Taira(2003) や Debicki *et al.*(2008)がある。

¹⁸ たとえば、Bamadas *et al.*(2006) や Kim *et al.*(2007)がある。

図 3-1. 健康グループ間の移行過程



次に、人口を5歳年齢階級に区分する。これを年齢グループと呼ぶ。年齢グループは、0～4歳、…、80～84歳、85歳以上の18分類である。

さらに、人口を性行動の活発度に応じてグループ分けする。これを活発度グループと呼ぶ。このグループ分けは、HPV感染が主に性交渉によるものであり、感染確率がその活発度に大きく依存することから必要となる。すなわち、性交渉を不特定多数とする人の感染リスクは高く、全く性交渉をしない、あるいは、性交渉の相手が互いに固定的である人の感染リスクは極めて低くなる。付録1にて詳述するが、本分析では性行動の活発度を4段階に設定した。なお、分析の都合上、各人は生涯を通じて同じ活発度グループに属すると仮定し、活発度グループ間の移行はないものとする。

以上のすべてのグループを組み合わせた上で、各グループ間の移行確率を設定し、各期における各グループ内の人数を推計するというのが、本モデルの概要である。モデルの詳細については、付録2に記す。

3.3.3. パラメータの設定

グループ間の移行確率を表すパラメータ¹⁹は、その性質に応じて次の5つのカテゴリに分けられる。(A)人口統計学的パラメータ、(B)HPV・子宮頸癌パラメータ、(C)ワクチンパラメータ、(D)行動パラメータ、(E)政策パラメータである。各パラメータは、性別・年齢・活発度・時間に応じて異なる値をとる。パラメータの設定は、第1に先行研究の値をそのまま援用し(プラグイン)、第2に過去の統計データからモデルを規定するパラメータを推定した(カリブレーション)。本モデルで用いたパラメータ

¹⁹ 各パラメータは、個人にとっては状態が変化する平均的な「確率」であるが、マクロな視点からはその確率に直面する人々のうち実際に状態を変化させる人数の「割合」と解釈できる。

をまとめると、表 3-3. のようになる。なお、具体的な数値については、付録 3 に掲載する。

表 3-3. 予測モデルにおけるパラメータ

	パラメータ	依存する変数	設定方法
(A)	出生率	性別・時間	カリブレーション
	死亡率	性別・時間	カリブレーション
(B)	HPV への感染率	性別・年齢・活発度・時間	内生変数
	不顕性感染の状態から前駆病変への進行率	性別	カリブレーション
	不顕性感染の状態の自然治癒率	性別	カリブレーション
	前駆病変から子宮頸癌への進行率	性別	カリブレーション
	前駆病変の自然治癒率	性別	カリブレーション
	子宮頸癌の完治率	性別	カリブレーション
	子宮頸癌による死亡率	性別・年齢	カリブレーション
(C)	ワクチン効果が切れる確率 ²⁰	一定	プラグイン
(D)	検診受診率	性別・年齢・時間	プラグイン
	性的活発度 ²¹	性別・年齢・活発度	プラグイン
(E)	ワクチン接種率	性別・年齢・時間	政策案に従う

次に、(B) HPV・子宮頸癌パラメータのカリブレーションについて概要を述べる²²。パラメータのカリブレーションは、統計データから得られた実績値とモデルによる推計値との差の二乗和が最小となるように行った。具体的には、各年における年齢別の新規子宮頸癌罹患患者数および死亡者数について、実績値を $y_{t,age}$, $d_{t,age}$ 、推計値を $\hat{y}_{t,age}$, $\hat{d}_{t,age}$ 、新規罹患患者数の推計パラメータセットを \mathbf{p}_1 、死亡者数の推計パラメータセットを \mathbf{p}_2 と表すと、最適なパラメータセット \mathbf{p}_1^* , \mathbf{p}_2^* を式(1)~(2)により推定した。なお、 \mathbf{p}_1 , \mathbf{p}_2 の多くは HPV の疫学的特性を表すパラメータであり、相当程度、医学の分野で解明が進んでいる。この点を考慮して、先行研究を参考にしながら各パラメータの取り得る範囲を設定した上で推定を行った。また、過去の死亡者数がその後の新規罹患患者数に及ぼす影響は微小であると考え、第 1 段階で \mathbf{p}_1^* を推定し、第 2 段階で \mathbf{p}_2^* を推定するという手順を踏んだ。

²⁰ 予測モデルでは、ワクチンの効果切れを確率的な事象として扱う。本稿では持続期間を 20 年と設定しているため、1 年間に効果が切れる確率を 5%としている。

²¹ 移行確率を表すパラメータではないが、感染率の大きさを決定する重要なパラメータであるため掲載した。付録 1 に詳述するが、具体的には 1 年間に新規に性的関係を持つ異性の数である。

²² (A) 人口統計学的パラメータのカリブレーションの方法は、付録 4 に掲載してある。

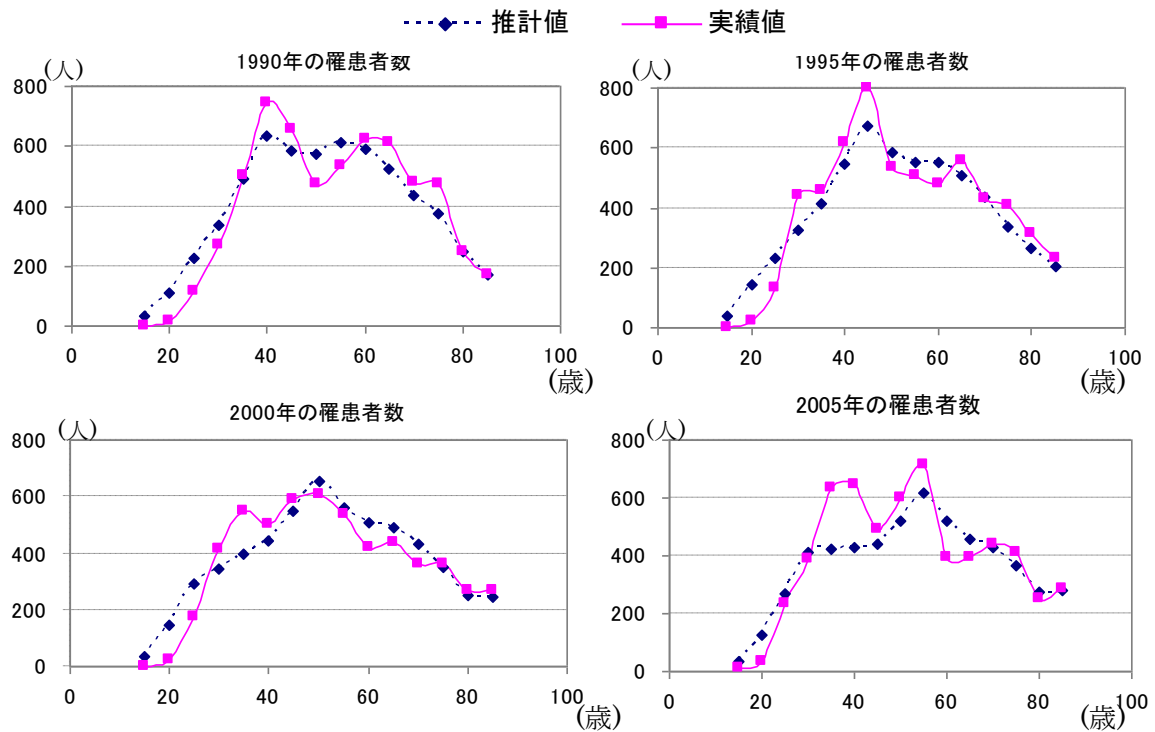
$$\text{第1段階：} \min_{\mathbf{p}_1} \sum_t \sum_{age} (y_{t,age} - \hat{y}_{t,age}(\mathbf{p}_1))^2 \quad s.t. \underline{\mathbf{p}}_1 \leq \mathbf{p}_1 \leq \bar{\mathbf{p}}_1 \quad (1)$$

$$\text{第2段階：} \min_{\mathbf{p}_2} \sum_t \sum_{age} (d_{t,age} - \hat{d}_{t,age}(\mathbf{p}_2, \hat{y}_{t,age}(\mathbf{p}_1^*)))^2 \quad s.t. \underline{\mathbf{p}}_2 \leq \mathbf{p}_2 \leq \bar{\mathbf{p}}_2 \quad (2)$$

ここで、 t は1985~2005年の各年度²³、 age は5歳おきの年齢階級、 \mathbf{p} および $\bar{\mathbf{p}}$ は先行研究を基に設定した各パラメータの上限値および下限値を表す。また、新規子宮頸癌罹患患者数および死亡者数の実績値は、Matsuda *et al.*(2011)と厚生労働省(2011)から得た。本稿では、HPV-16とHPV-18の高リスク型HPVを分析対象とし、これらの型による子宮頸癌が全体の70%を占めると仮定している。したがって、上記の統計データの70%を罹患患者数および死亡者数の実績値として用いている。

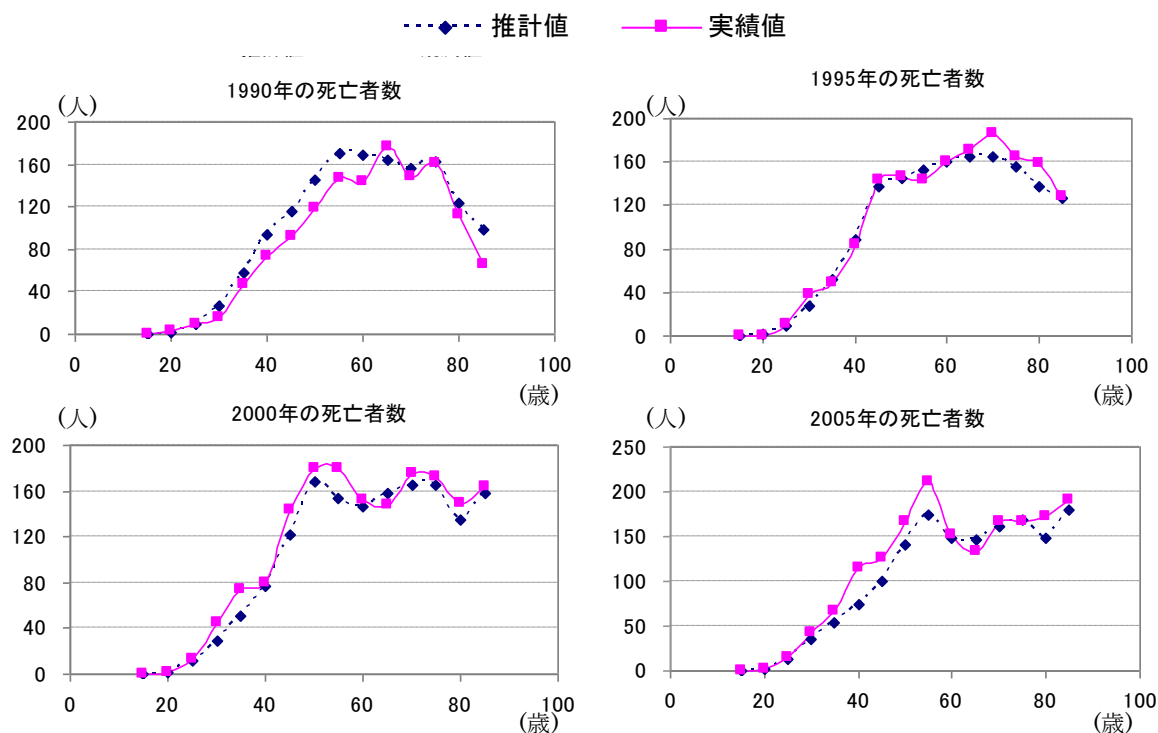
以上のカリブレーションによって、HPVのウイルス学的特性あるいは子宮頸癌の医学的特性と整合性を持ちつつ最も再現性の高いパラメータセット $\mathbf{p}_1^*, \mathbf{p}_2^*$ が求まる。これらの $\mathbf{p}_1^*, \mathbf{p}_2^*$ の下での推計値と実績値を比較すると図3-2および図3-3のようになり、予測モデルは費用便益分析を行なう上で十分な有用性を持っていると考えられる。

図3-2. 新規子宮頸癌罹患患者数の推計値と実績値の比較



²³ 予測モデルによる推計は1975年から行っているが、恣意的に設定した初期値の影響を緩和するため、最小二乗法の初期時点は1985年とした。

図 3-3. 子宮頸癌による死亡者数の推計値と実績値の比較



3.3.4. 推計結果

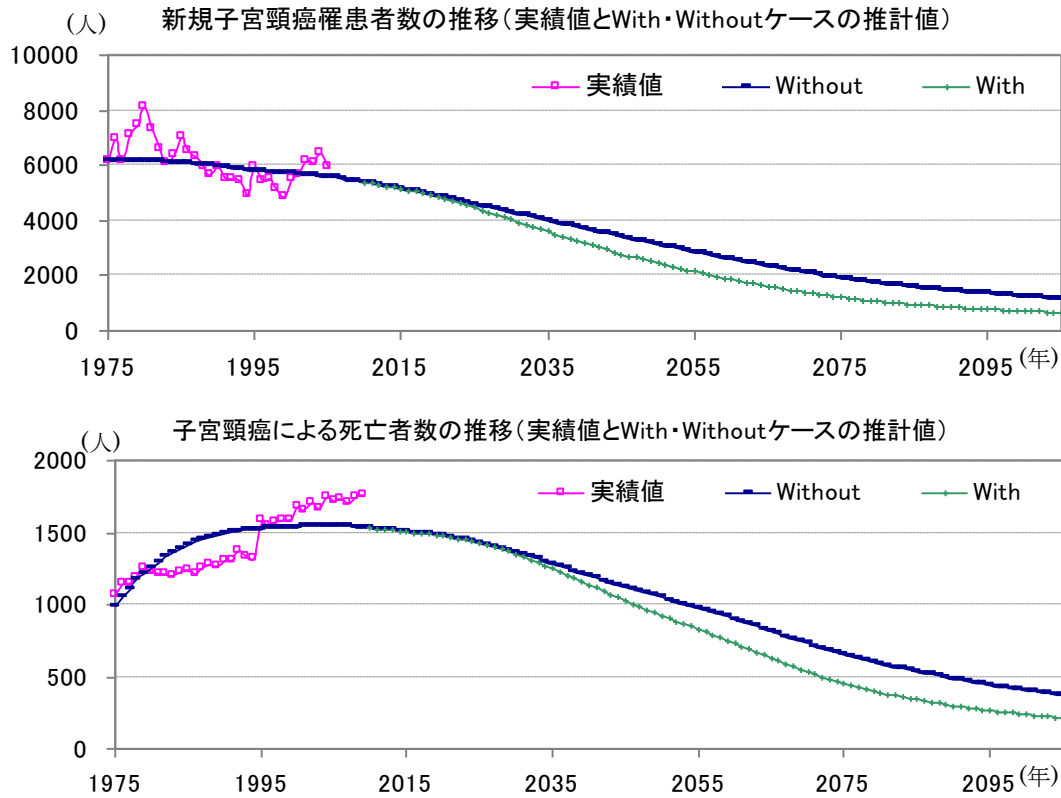
以上のように構築した予測モデルおよびカリブレーションしたパラメータを用いて、新規子宮頸癌罹患患者数や死亡者数などの将来予測を行なった。

将来予測のベースとなるのは、性別・年齢別の人口推計データである。この将来人口推計データには、国立社会保障・人口問題研究所の出生中位・死亡中位推計を用いた²⁴。With ケース、Without ケースともに 2010 年の推計値を初期値とし、両者の違いはそれ以降のワクチン接種率のみである。3.2.1.で述べたように、Without ケースにおけるワクチン接種率は全年齢で 0% である。With ケースにおけるワクチン接種率は、14 歳女子のそれを 100% とする。具体的には、14 歳から 15 歳に移行する際にすべての女子がワクチン接種を受けるものとする。

推計結果の代表例として、With ケース、Without ケースにおける新規子宮頸癌罹患患者数および死亡者数の推移を図 3-4. に掲載する。なお、付録 4 にて年齢別の新規子宮頸癌罹患患者数の推移を掲載している。次節以降では、これらの推計結果を金銭的価値に換算することによって政策のもたらす便益と費用を算出していく。便益と費用の算出式は式(3)~(10)として表現されるが、各式で使われている文字は付録 2 ならびに付録 5 にて定義されている。

²⁴ 国立社会保障・人口問題研究所ウェブサイト
 <http://www.ipss.go.jp/pp-newest/j/newest02/3/t_4.html> (2011 年 2 月 11 日アクセス)

図 3-4. 新規罹患患者数と死亡者数の推移



3.4. 便益の推計

3.4.1. 死亡数の減少

ワクチン接種の義務化によって子宮頸癌による死亡者数が減少する。その便益を下式により算出すると 5,197.7 億円である。なお、本項目が便益項目の中で最大の便益となっている。

$$\sum_t \left[\delta(t) \sum_a VSL(a) \{d^{wo}(a,t) - d^w(a,t)\} \right] \quad (3)$$

ここで、 a は 5 歳おき年齢階級 ($a = 0 \sim 4, \dots, 80 \sim 84, 85 \sim$) である。 $VSL(a)$ は年齢階級 a の女性の統計的生命価値であり、その値を表 3-4. に示す²⁵。 $d^w(a,t)$ と $d^{wo}(a,t)$ は With ケースと Without ケースの各ケースにおける t 期の年齢階級別の子宮頸癌による死亡者数である。また、 $\delta(t)$ は t 期の割引因子であり、社会的割引率は 3.2.3. で設定した値を用いている。

With ケースおよび Without ケースの毎年の死亡者数 $\sum_a d^w(a,t)$ および $\sum_a d^{wo}(a,t)$ 、政策によって減少する毎年の死亡者数 $\sum_a d^{wo}(a,t) - \sum_a d^w(a,t)$ は、予測モデルにより図

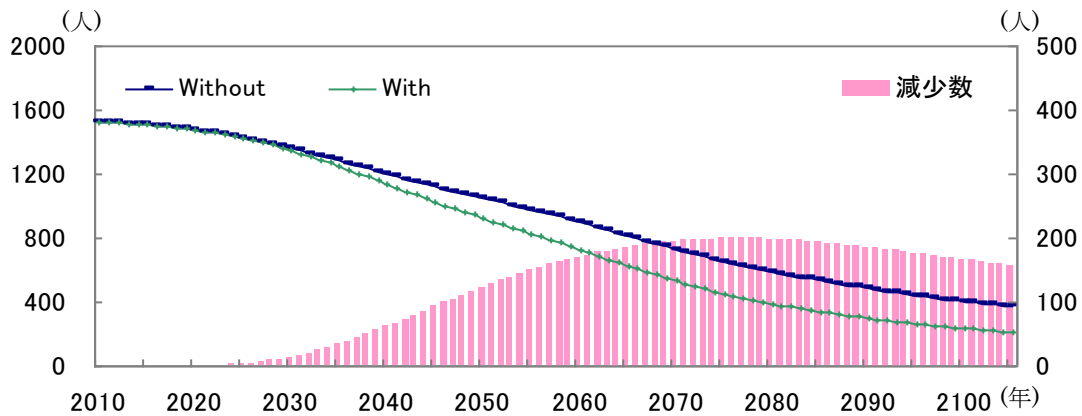
²⁵ 年齢階級別 VSL の算出方法は、付録 6 に示す。

3-5.のように推計された。図 3-5.は、横軸が年、左縦軸が With ケースおよび Without ケースの毎年の死亡者数、右縦軸が政策によって減少する毎年の死亡者数である。

表 3-4. 年齢階級別の VSL

年齢階級 (歳)	VSL (億円)	年齢階級 (歳)	VSL (億円)
15 ~ 19	4.62	55 ~ 59	3.32
20 ~ 24	4.53	60 ~ 64	3.02
25 ~ 29	4.43	65 ~ 69	2.68
30 ~ 34	4.31	70 ~ 74	2.30
35 ~ 39	4.17	75 ~ 79	1.90
40 ~ 44	4.00	80 ~ 84	1.49
45 ~ 49	3.81	85 ~	1.11
50 ~ 54	3.58		

図 3-5. 政策による子宮頸癌による死亡者数の減少



3.4.2. 医療費の減少

ワクチン接種の義務化によって前駆病変状態および子宮頸癌の罹患者数が減少する。罹患者数の減少による医療費の減少は、下式により 165.9 億円と推計される。

$$\text{前駆病変の医療費} : \sum_t \left[\delta(t) \sum_{s_1} P_{s_1} \left\{ \text{treated}_{s_1}^{wo}(t) - \text{treated}_{s_1}^w(t) \right\} \right] \quad (4)$$

$$\text{子宮頸癌の医療費} : \sum_t \left[\delta(t) \sum_a \sum_{s_2} P_{s_2} \left\{ \text{cancer}_{s_2}^{wo}(a,t) - \text{cancer}_{s_2}^w(a,t) \right\} \right] \quad (5)$$

ここで、 s_1 と s_2 は前駆病変と子宮頸癌の進行度合いを表し、 $s_1 = \text{CIN1}, \text{CIN2/3}$ ²⁶、 $s_2 = \text{I} \sim \text{IV}$ 期である。 P_s は進行度別の 1 人あたり医療費であり、その値を表 3-5.に示す。

²⁶ CIN は前駆病変のことであり、英語表記の Cervical Intraepithelial Neoplasia の頭文字をとった

$treated_{s_1}^{wo}(t)$ と $treated_{s_1}^w(t)$ は、Without ケースと With ケースの各ケースにおいて t 期に前駆病変の治療を受ける人数である。なお、前駆病変の治療は、前駆病変罹患者が子宮頸癌検診を受診した場合にのみ行われると仮定する。 $cancer_{s_2}^{wo}(a,t)$ と $cancer_{s_2}^w(a,t)$ は、Without ケースと With ケースの各ケースにおける t 期の進行度別・年齢階級別の新規子宮頸癌罹患患者数である²⁷。進行度別・年齢階級別の新規子宮頸癌罹患患者数は、予測モデルから推計される年齢階級別の新規罹患患者数および子宮頸癌ステージの年齢別分布（表 3-6.）から算出する。表 3-6.の子宮頸癌ステージの年齢別分布は、発見時点における癌の進行度合いが年齢とともに高くなる傾向にあることを示している。

表 3-5. 各前駆病変状態・子宮頸癌罹患状態における医療費

前駆病変の 1 人あたり医療費		子宮頸癌の 1 人あたり医療費	
状態	1 人あたり医療費 (万円)	状態	1 人あたり医療費 (万円)
CIN1	0 ²⁸	I 期	100
CIN2/CIN3	8.6	II 期	155
		III 期	322
		IV 期	442

出典：Konno *et al.*(2010)

表 3-6. 子宮頸癌ステージの年齢別分布

年齢	ステージ			
	I 期	II 期	III 期	IV 期
15 ~ 29	81.2 %	12.5 %	5.0 %	1.3 %
30 ~ 39	78.7 %	13.3 %	5.3 %	2.7 %
40 ~ 49	65.9 %	20.5 %	9.1 %	4.5 %
50 ~ 59	45.5 %	27.2 %	15.9 %	11.4 %
60 ~ 69	38.7 %	30.6 %	19.4 %	11.3 %
70 ~ 79	29.2 %	29.2 %	29.2 %	12.4 %
80 ~	18.9 %	28.4 %	31.6 %	21.1 %

出典：上坊敏子(2008)

ものである。

²⁷ 本稿では単純化のため、子宮頸癌の医療費は新規罹患者が生じた時点においてその総額が発生するものとする。治療が数年にわたる場合には将来の費用を現在価値に割引く必要があるため、本仮定は医療費の減少による便益を過剰推計する要因となる。

²⁸ CIN1 は自然治癒し得るため経過観察が行われる。故に治療は行われなため 0 万円である。

3.4.3. 子宮頸癌検診費の減少

子宮頸癌ワクチン接種義務化によって子宮頸癌検診の精密検査の実施数が減少する。子宮頸癌検診には初期検査と精密検査がある。初期検査では、子宮頸部の細胞を取り出して細胞に異常があるかどうかを検査する。異常が見つかった場合、精密検査を受けることになる。ワクチン接種によって HPV の感染者が減少すると、初期検査において細胞異常が発見される者が減少するので、精密検査の実施数が減少する。精密検査の実施費用の減少が便益となる。本項目の便益は、下式により 3.3 億円と推計される。

$$\sum_t \left[\delta(t) \sum_{i=1,2} P_{screening} \{screening_i^{wo}(t) - screening_i^w(t)\} \right] \quad (6)$$

ここで、 $screening_1(t)$ は t 期の初期検査受診者数、 $screening_2(t)$ は t 期の精密検査受診者数である。 $P_{screening_1}$ は初期検査費用、 $P_{screening_2}$ は精密検査費用であり、それぞれ 1,500 円、6,000 円である²⁹。また、 $\delta(t)$ は t 期の割引因子である。

本稿では、子宮摘出者および子宮頸癌罹患者を除く 20 歳以上の女性を子宮頸癌検診の対象者とした³⁰。毎年の検診受診者数は、上記の検診対象者数に検診受診率を掛けることによって算出される。検診受診率には表 3-1. で示した値に、受診頻度の偏りによる影響の補正係数を掛け合わせた値を用いている。補正係数については、付録 7 にて詳述する。また、精密検査の対象者は、初期検査で前駆病変 CIN2 より病状が進んでいると診断された者である。ただし、該当する細胞異常があるにもかかわらずそれが診断されない偽陰性者が 20% 存在すると仮定して分析を行っている³¹。

3.4.4. 入院による逸失所得の減少

癌で入院する患者は、罹患しなければその期間中に得られたはずの所得を失っている。これが逸失所得である³²。ワクチン接種の義務化によって子宮頸癌による入院患者数が減少し、逸失所得が減少する。本項目の便益は、下式により 0.0 億円と推計される。

$$\sum_t \left[\delta(t) \sum_a Wage(a) \cdot Days \cdot \{cancer^{wo}(a,t) - cancer^w(a,t)\} \right] \quad (7)$$

ただし、 $Wage(a)$ は年齢階級別の 1 日あたり平均賃金³³、 $Days$ は子宮頸癌による入院の平均在院日数 (17.1 日)³⁴、 $cancer^w(a,t)$ と $cancer^{wo}(a,t)$ は With ケースと Without

²⁹ Konno *et al.*(2010)の値を参考にした。

³⁰ 既に子宮頸癌にかかっている者も子宮頸癌検診を受診することはあるが、前駆病変の状態で見診を受ける者と比較すると極めて規模が小さい。そのため、With ケース、Without ケース間における追加的な精密検査を受ける者の人数の比較においては彼らの存在は大きな影響を与えないと判断した。

³¹ 大村峯夫(2003)の表 7 の値を参考に仮定をおいた。

³² 入院により、所得が得られる労働だけでなく、家事労働や余暇の機会も失われる。本稿の逸失所得には、これらの機会費用も含まれている。

³³ 厚生労働省(2009a)の、「学歴計・企業規模計(10人以上)」一覧において、{(きまって支給す

ケースにおける t 期の年齢階級別の新規子宮頸癌罹患患者数である。また、 $\delta(t)$ は t 期の割引因子である。

本稿では、子宮頸癌罹患患者の逸失所得を入院期間中の機会費用のみに限定して推計を行っている。しかし、癌の罹患によって労働時間を短縮したり職を辞したりするケースも少なからず存在する。それらの逸失所得を含めていないという点で、本稿は政策の便益を過小評価している可能性がある。

3.4.5. 癌による不効用の減少

癌患者には、健康時と比べて精神的・身体的な負担が生じる。本稿では、それらを癌による不効用と呼ぶ。政策によって癌の不効用が減少することの便益は、以下の式により 4.94 億円と推計される。

$$\sum_t \left[\delta(t) \sum_a (1-\alpha) VLY \{ CC^{wo}(a,t) - CC^w(a,t) \} \right] \quad (8)$$

ここで、VLY (Value of a Life-Year) は 1 年あたりの統計的生命価値³⁵、 α は癌の進行度に応じた効用水準である。したがって、 $(1-\alpha)VLY$ は癌患者に 1 年間に生じる不効用の金銭的価値である。 $CC^{wo}(a,t)$ と $CC^w(a,t)$ は、Without ケースと With ケースにおける t 期の年齢階級別の子宮頸癌状態にある患者数である。また、 $\delta(t)$ は t 期の割引因子である。(8)式は、癌が完治するまで不効用が継続するという仮定に基づいている。

α として、HUI-2 という健康に関する効用指標 (Torrance *et al.* (1996)) を用いている。 α のとりうる値は $0 \leq \alpha \leq 1$ であり、 $\alpha = 1$ が健康を、 $\alpha = 0$ が死亡を表す。したがって、癌の進行とともに α の値は小さくなっていく。本稿では、癌の I 期(軽症)~IV 期(重症)のステージに応じて、 α を表 3-7. のように設定した。詳細については付録 8 に示す。

表 3-7. 癌のステージに応じた効用水準

癌のステージ	効用水準 α	不効用の金銭的価値 (万円/年) $(1-\alpha)VLY$
健康	1	0
I 期 (軽症)	0.81	403.9
II 期	0.56	938.3
III 期	0.35	1405.5
IV 期 (重症)	0.12	1884.6

現金給与額) $\times 12 +$ (年間賞与その他特別給与額) $\} \div 365$ の式で算出。

³⁴ 厚生労働省統計表データベースシステム・政府統計の総合窓口「平成 20 年患者調査」
<<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001031167>> (2011 年 2 月 3 日アクセス)

³⁵ VSL が一生の価値だとすると、VLY は 1 年生存することの価値に相当する。VLY は年齢によらず一定とした。算出方法等は、付録 5 に詳述する。

3.5. 費用の推計

3.5.1. ワクチン接種費用

本政策における最大の費用は、ワクチン接種にかかる費用である。この費用には、ワクチンの製造費用や接種する医師の人件費など、ワクチン接種に係わる費用全般が含まれる。14歳女子全員に対するワクチン接種の費用は、以下の式により2476.4億円と推計される。

$$\sum_t \delta(t) \cdot \text{Pop14}(t) \cdot \text{VacCost} \quad (9)$$

ここで、 $\text{Pop14}(t)$ は t 期の14歳女子人口、 VacCost は1人あたりのワクチン接種費用、 $\delta(t)$ は t 期の割引因子である。(9)式はワクチン接種の限界費用がその供給量に依らず一定であるという仮定を前提としている。また、Without ケースにおけるワクチン接種はないものとし、その費用は0円と仮定している。

1人あたりのワクチン接種費用は、19,822円と設定している。本稿ではこれを他のワクチン価格を参考にすることによって推計している。具体的には、まず、5種類のワクチン価格を調査してそれらの平均価格を子宮頸癌ワクチン1本あたりの接種費用とする(表3-8)。次に、子宮頸癌ワクチンは1人あたり3回の接種が必要となるため、3を掛けることによって1人あたりのワクチン接種費用を算出する。

ワクチン接種の費用としてその市場価格を用いない理由は、独占による市場価格と限界費用の乖離である。現在、日本では子宮頸癌ワクチンを供給している企業は1社のみで、市場は独占状態にある。独占的な市場では限界費用を上回る価格で財が供給されるため、追加的に財を供給する費用として市場価格を用いることは適切ではない。具体的には、接種方法として推奨されている3回のワクチン接種にかかる費用は計5万円であるが、それをもって1人あたりのワクチン接種費用とすることは費用を過剰に推計することになる。

ワクチン接種の費用として他のワクチン価格を参考にした理由は、ワクチンの種類によって製造費用が大きく異なる可能性は低いと考えたからである。子宮頸癌ワクチンと同様に任意接種である5種類のワクチンの価格を調査した結果、表3-8.に示す通り、それらの接種費用は狭い範囲に収まっている。調査では、おたふくかぜワクチン・水痘ワクチン・肺炎球菌ワクチン・A型肺炎ワクチン・B型肺炎ワクチンについて³⁶、全国の様々な診療所・病院等がインターネット上に掲載している価格データを収集した。

ただし、上記の方法により推計されたワクチン接種費用には大きな不確実性があると考えられるため、4.2.において感度分析を行う。

³⁶ 任意接種の代表的なワクチンとしてインフルエンザワクチンがある。インフルエンザワクチンは毎年接種する必要があるが、他の5つのワクチンに比べて需要が大きいと考えられる。子宮頸癌ワクチンと市場の構造が異なると判断して価格の参考にはしなかった。

表 3-8. インターネット調査に基づくワクチン価格

	サンプル数	平均 (円)
おたふく	32	5,275.97
水痘	31	6,971.42
肺炎球菌	31	7,771.29
A 型肝炎	23	7,589.65
B 型肝炎	29	5,429.24
5 つの平均	—	6,607.51

3.5.2. 副作用の増加

本政策によってワクチン接種により発生する副作用が増加する。具体的な副作用症例は表 2-2. に示した通りであるが、費用の算出においてはアナフィラキシーショックによる死亡のみを考慮することとする。これは、ワクチン接種により発生する副作用として最も重大な症状である。その他の副作用については、症状が一時的かつ死亡確率が極めて低いことから、その社会的費用は最終的な分析結果に対して無視できる大きさであると判断して単純化のために省略した³⁷。この仮定の下、政策により増加する副作用を金銭的価値に換算すると、290.9 億円となる。具体的には、下式により推計した。

$$\sum_t \{ \delta(t) \cdot VSL_{14} \cdot Pr_{death} \cdot Pr_{ana} \cdot Pop14(t) \} \quad (10)$$

ここで、 VSL_{14} は 14 歳女子の統計的生命価値であり、付録 5 の方法により、4.66 億円と設定している。 Pr_{ana} はワクチン接種によるアナフィラキシーショックの発現確率 (=0.000005)³⁸、 Pr_{death} はアナフィラキシーショックによる死亡率 (=0.05)³⁹ である。 $Pop14(t)$ は t 期における 14 歳女子の人口であり、ワクチン接種者数を意味する。

3.6. 費用と便益の比較

14 歳女子に対する子宮頸癌ワクチン接種の義務化政策が 2010 年から 2105 までにもたらす社会的な便益と費用は、便益が 5,371.8 億円、費用が 2,767.3 億円と推計された。また、純便益の割引現在価値 NPV は 2604.4 億円、便益費用比 B/C は 1.94 である。便益と費用について表 3-9. にまとめて示す。

³⁷ Neugut AI *et al.* (2001)によると、アナフィラキシーショックは、症状の継続時間が数分～30 分以内と極めて短時間であり、後遺症はほとんど残らない。そのため、死亡には至らないアナフィラキシーショックの社会的費用も省略した。

³⁸ 「アナフィラキシーショック」の症例数が 2 件であり、この期間にワクチン接種をした人数が 40 万人であることから、発現確率は 2/40 万となる。

³⁹ Neugut AI *et al.* (2001)

表 3-9. 子宮頸癌ワクチン接種義務化の費用便益分析の結果

便益の項目	割引現在価値（億円）
死亡者数の減少	5197.7
医療費の減少	165.9
検診費の減少	3.2
入院による逸失所得の減少	0.0
癌による不効用の減少	4.9
合計	5371.8

費用の項目	割引現在価値（億円）
ワクチン費用の増加	2476.4
副作用の増加	290.9
合計	2767.3

4. 感度分析

予測モデルや便益・費用の推定には多くの不確実性が存在する。それらの不確実性が費用便益分析の結果にもたらす影響を明らかにするために、感度分析を行なう。本稿では、結果に特に影響を及ぼすと考えられる要素について部分感度分析を行なう。以下では、前章までの分析を基本ケースと呼ぶ。

4.1. 社会的割引および分析期間

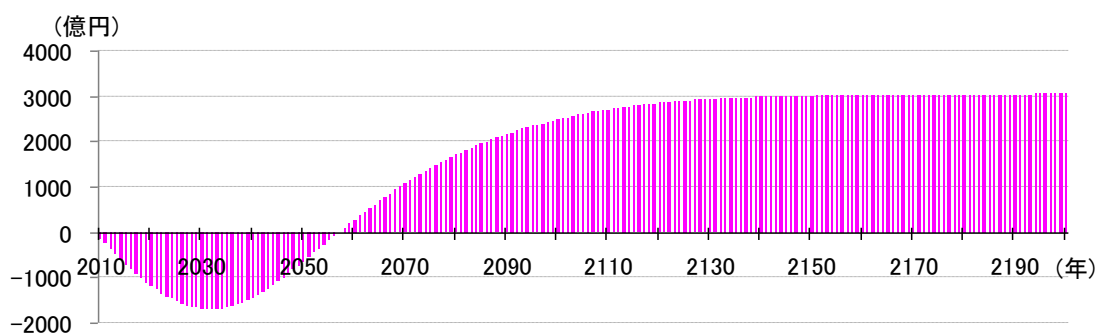
子宮頸癌ワクチンの接種者がその恩恵を享受するのは、接種から数年ないし数十年を経てからである。したがって、政策費用は即時的に発生する一方で、便益は遅れて発生することになる。便益と費用の発生にタイムラグが存在する場合、社会的割引率の設定の仕方が分析結果を大きく左右する。また、分析期間の設定の仕方によっても異なる分析結果が得られる。これらの影響を見るために、以下の3ケースについて分析を行う。第1に、分析期間の設定を変えた場合を分析する。第2に、社会的割引率として基本ケースと異なる時間逓減割引率を設定した場合を分析する。第3に、社会的割引率と分析期間の両方を変化させた場合を分析する。

4.1.1. 分析期間の設定を変えた場合

基本ケースでは、2010～2105年を分析期間として設定し、その間は政策を実施し続けるという仮定の下で分析を行った。すなわち、分析初期は2010年、分析最終期は

2105年である。本項では、分析期間の設定がNPVにもたらす影響を見るために分析最終期を変化させ、それぞれの場合のNPVを推計した。図4-1は、横軸を分析最終期（年）、縦軸をNPV（億円）としたグラフである。政策の便益が費用に遅れて発生するため、当初NPVは負の値をとる。そして、徐々に増加して正の値をとる。2105年以降の変化を見るとNPVの増加は小さく、基本ケースで設定した期間を分析すれば十分に政策の効果を捉えることができると考えられる。

図4-1. 各年を分析最終期とした場合のNPV



なお、本分析では基本ケースと同様に、分析期間中は政策を実施し続けるという仮定の下で分析を行っている。しかし、約200年という長期にわたって本政策が施行されるという仮定は現実的ではない。また、この仮定を緩和してある時点で政策を打ち切るといった状況を想定した場合には、感染率の低下を通じてその後も社会的な便益が発生するという点を考慮する必要がある。これらの点を考慮した分析を行っていないことは、本稿の課題である。

4.1.2. 異なる時間逓減割引率を設定した場合

基本ケースでは社会的割引率として、0～50年は3.5%、50～100年は2.5%とする時間逓減割引率を用いた。これは Boardman *et al.*(2006)の最適成長率アプローチに基づく推計値である⁴⁰。しかし、日本においてこの値をそのまま採用することには問題がある。最適成長率アプローチに基づく時間逓減割引率は、1人あたりの消費の成長率に依存している。今後の日本では1人あたりの消費の成長率は特に低いことが予想され、Boardman *et al.*(2006)の値では高すぎる割引率を設定している可能性がある。そこで、本項では異なるアプローチから推計された時間逓減割引率を用いたケースの分析を行う。Boardman *et al.*(2006)の Market-based Interest Approach に基づく推計値であり、具体的には、0～50年は1.5%、50～100年は1.0%、100～200年は0.5%、200～300年は0%、300年以降は0%である。表4-1は2つのアプローチに基づく時間逓減割引率をまとめ

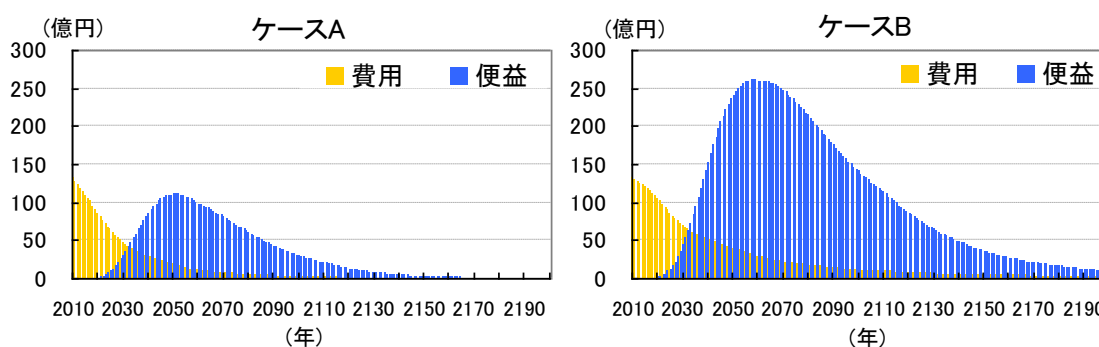
⁴⁰ 民間投資をクラウドファンディングアウトしないという判断の下、本割引率を設定した。

たものである。ケース A は最適成長率アプローチに基づく割引率、ケース B は Market-based Interest Approach に基づく割引率である。各ケースにおける分析結果は、図 4-2.の通りである。

表 4-1. 2つの時間逓減割引率の設定

	0～50年	50～100年	100～200年	200～300年	300年以降
ケース A	3.5 %	2.5 %	1.5 %	0.5 %	0 %
ケース B	1.5 %	1.0 %	0.5 %	0 %	0 %

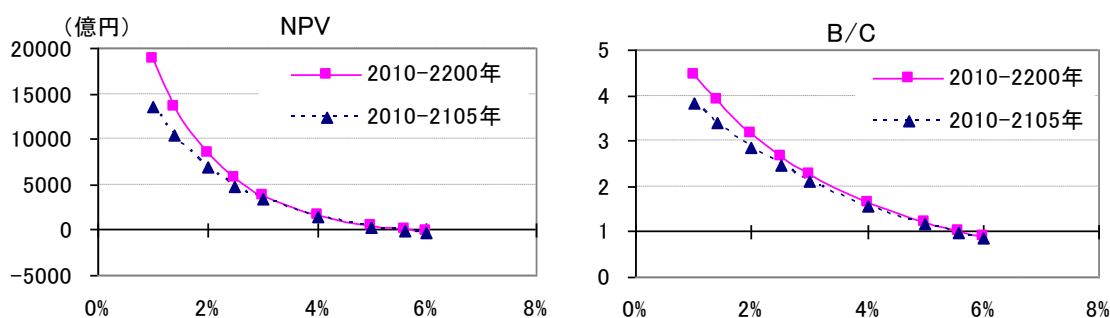
図 4-2. 各期における割引後の便益と費用



4.1.3. 割引率と分析期間を変化させた場合

分析期間として 2010～2105 年および 2010～2200 年を設定し、各ケースについて社会的割引率を 1～6% の範囲で変化させた場合の分析を行う。本項では、分析期間にわたって一定の社会的割引率を設定している。各ケースにおける分析結果を図 4-3. に示す。グラフの横軸は社会的割引率、縦軸は左グラフが NPV (億円)、右グラフが B/C である。NPV および B/C が 0 となる内部収益率は 5.6% となっている。

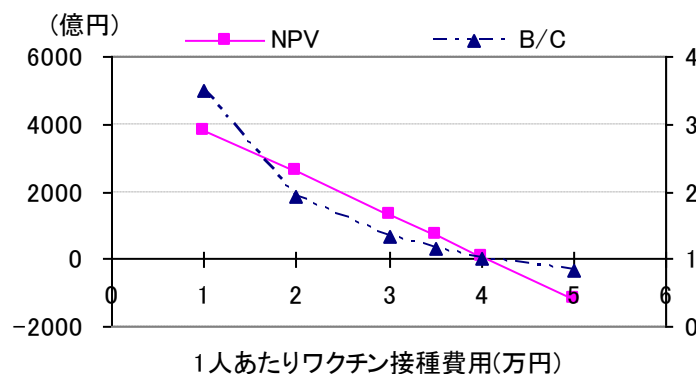
図 4-3. 社会的割引率の部分感度分析



4.2. ワクチン接種費用

基本ケースでは、1人あたりワクチン接種費用を19,822円と設定した。本節では、それを1~5万円の範囲で変化させた場合の分析を行う。各ケースにおいて推計されたNPVおよびB/Cを図4-5.に示す。

図 4-5. 1人あたりワクチン接種費用の部分感度分析



1人あたりワクチン接種費用の下限値を1万円と設定している。この値はインフルエンザワクチン価格を参考にしている。理由は、インフルエンザワクチンの市場は競争的で、その価格は限界費用に近いと考えられるからである。一般に、ワクチンの製造会社は寡少であるため、ワクチン価格は高止まりする傾向にある。しかし、インフルエンザワクチンについては、日本では4社が製造販売しており、その1本あたりの価格は任意接種のワクチンの中で最も安価である。子宮頸癌ワクチンについてもその製造販売が競争的になったとしたら、価格はインフルエンザワクチンに近づくと考えられる。現在のインフルエンザワクチンの費用は病院によって様々であるが、国は接種1回目を3,600円、2回目を2,550円にするよう推奨している⁴¹。そこで、2回の平均である3,075円をワクチン1本あたりの限界費用とすると、子宮頸癌ワクチンの接種費用は3本1セットであるから $3,075 \times 3 = 9,225$ 円 \approx 1万円と推定できる。この1万円をワクチン接種費用の下限値として用いる。

1人あたりワクチン接種費用の上限値は5万円と設定している。この値は現在のワクチン接種価格であり、独占価格である。したがって、限界費用がこの価格を上回ることは考えにくく、上限値として妥当な値であると判断した。

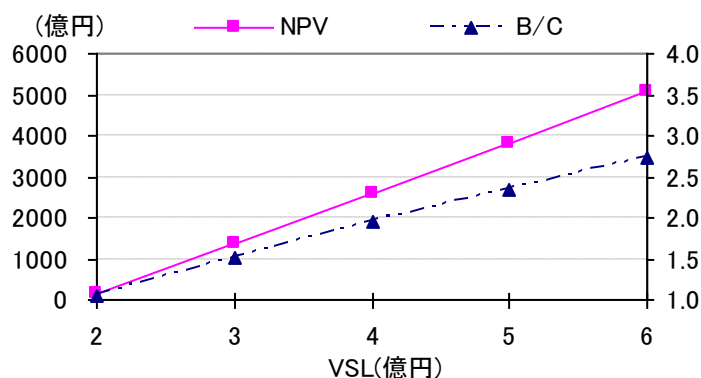
⁴¹ 厚生労働省「新型インフルエンザ（A/H1N1）ワクチン接種実施要綱」
 <<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekkaku-kansenshou04/pdf/youmou.pdf>> (2011年3月14日アクセス)

4.3. 統計的生命価値

本分析では、VSL の値が結果を大きく左右し得る。政策のもたらす最大の便益である死亡者数の減少、さらには、癌の不効用の減少や副作用の増加を金銭的価値に換算する際に直接的に関わってくるからである。そこで本節では、VSL の値を変化させる部分感度分析を行う。

本稿では平均的な女性の VSL を基準値として設定し、その値から年齢階級別の VSL を算出している。算出方法の詳細は付録 6 で述べるが、基準となる VSL は 4 億円⁴²と設定している。本節ではその値を変化させる。具体的には、下限値を 2 億円、上限値を 6 億円⁴³と設定し、1 億円刻みで変化させる。分析結果は図 4-6 の通りである。グラフの左縦軸は NPV (億円)、右縦軸は B/C、横軸は VSL (億円) である。

図 4-6. 統計的生命価値の部分感度分析



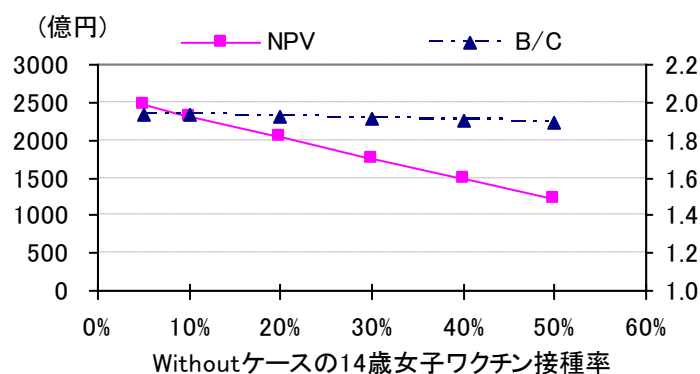
4.4. Without ケースのワクチン接種率

3.2.1.では Without ケースでの 14 歳女子のワクチン接種率を 0%とした。すなわち、政策を導入しない場合には将来にわたってワクチン接種が行われないという仮定である。しかしながら前述のとおり、この仮定の妥当性には疑問が残る。そこで本節では、Without ケースの接種率を 5 ~ 50%の範囲で変化させ、それぞれの場合における NPV と B/C を算出する。分析結果は図 4-7 の通りである。なお、モデルの限界上、ワクチン接種率は毎年同じ値が続くものとして分析している。

⁴² Boardman *et al.*(2006)

⁴³ Boardman *et al.*(2006)

図 4-7. Without ケースの 14 歳女子ワクチン接種率の部分感度分析



Without ケースのワクチン接種率の下限值は 5% と設定している。現在の 14 歳女子のワクチン接種率は約 2% である。今後も同程度の低い接種率が続く場合を想定して下限を 5% とした。

Without ケースのワクチン接種率の上限値は 50% と設定している。これは、インフルエンザワクチンの接種率を参考にしている。インフルエンザワクチンは任意接種のワクチンの中で比較的接種率が高いものであり、その接種率は 43% である⁴⁴。今後、子宮頸癌の認知度が上がっていった場合に、これと同程度まで子宮頸癌ワクチンの接種率が上昇する可能性がある。

5. 代替案の分析

本稿では、すべての 14 歳女子にワクチン接種を義務付ける政策について分析を行った。しかし、ワクチン接種の促進策として本政策が最適である保証はない。また、子宮頸癌の予防策にはワクチン接種だけでなく子宮頸癌検診という手段も存在するため、両者の関係性を分析する必要もある。そこで本章では、いくつかの論点から政策代替案を分析し、効率性の観点からより望ましい政策を模索していく。

本稿の当初の目的は、複数の政策代替案について分析し、それらを比較するなかで最も効率的な政策案を具体的に提示することであった。しかし、本稿の予測モデルを用いて「14 歳のワクチン接種」という枠を超えた分析を行うことには限界がある。そこで本章では、ワクチン接種の対象者を 14 歳に限定して議論を行う。また、検診受診率については、定量的な結果を結論とはせず定性的な議論に止めることにする。

⁴⁴ OECD(2005)

5.1. 最適なワクチン接種率

5.1.1. 14歳女子を対象とした最適なワクチン接種率

ワクチン接種対象者を14歳女子に限定した場合、効率性の観点から最適なワクチン接種率は100%であるという結論が得られた。なお、政策の効率性の指標にはNPVを用いた。

14歳女子のワクチン接種率を変化させた場合、減少するNPV・B/Cおよび罹患者数は図-5.1および図-5.2のように推計された。

図 5-1. 14歳女子のワクチン接種率によるNPV・B/Cの変化

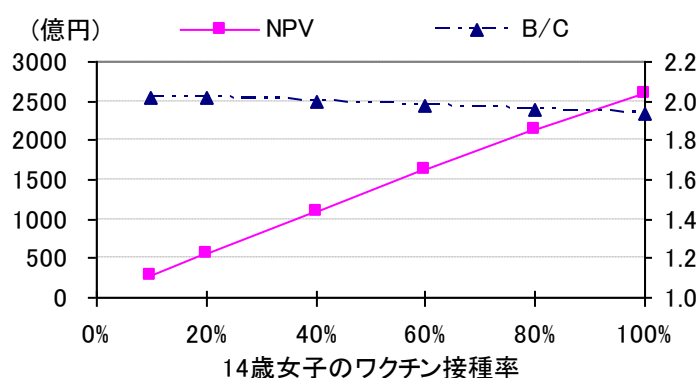
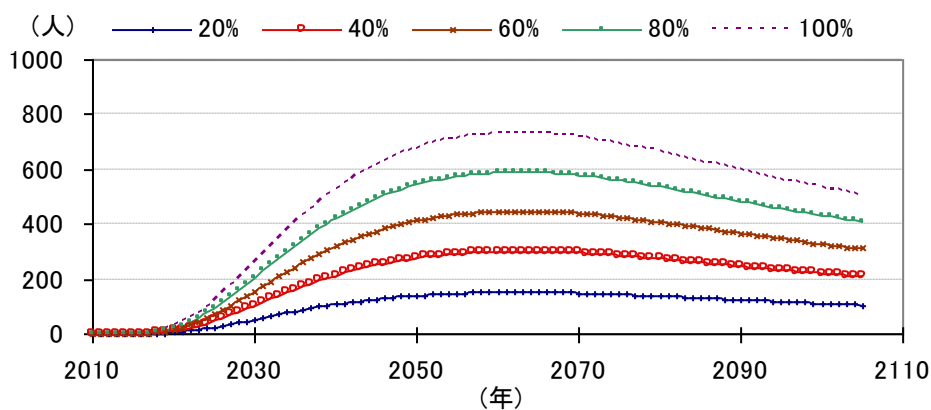


図 5-2. 14歳女子のワクチン接種率による罹患者の減少数の変化

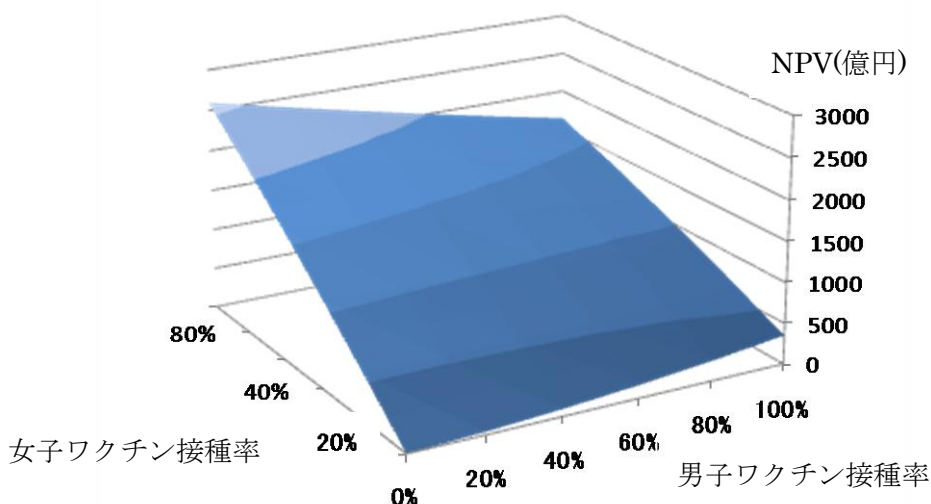


5.1.2. 14歳男子・女子を対象とした最適なワクチン接種率

女性は、主に感染した男性を経由してHPVに感染する。したがって、男性がワクチンを接種することによっても感染の拡大を抑えることができる。そこで、14歳女子に加えて14歳男子もワクチン接種の対象者とする場合を分析する。

図 5-3 は、右向き横軸を 14 歳男子のワクチン接種率 (%)、左向き横軸を 14 歳女子のワクチン接種率 (%)、縦軸を NPV (億円) としたグラフである。この図から、14 歳女子のみを対象者とする場合と同じく、14 歳女子のワクチン接種率を 100% (14 歳男子の接種率は 0%) とすることが最も望ましいという結論が得られた。その理由として、次の 2 つが考えられる。第 1 に、男性よりも女性に対するワクチンの効果が高いということである。ワクチンの効果には、罹患する可能性のある女性の数を減らすという直接的な効果と、男性感染者と比べて感染状態が長い女性感染者を減らすことで感染率をより低下させるという効果の 2 つがある。図 5-3 から、女子のワクチン接種の効果は男子に比べて高いことが読み取れる。第 2 に、同年代の男性・女性の両方への接種は、過剰である可能性が高いということである。男女どちらか一方のみがワクチン接種をしていれば、性交渉による感染拡大を防ぐことができる。性交渉の相手は同年代の異性である可能性が高い⁴⁵ため、14 歳の男女ともにワクチン接種をする必要性は低い。

図 5-3. 14 歳男女のワクチン接種率による NPV の変化



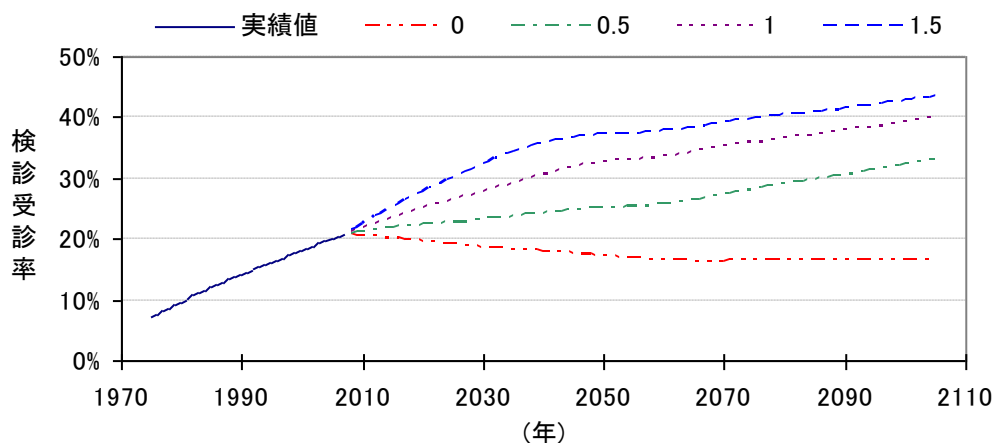
5.2. 検診政策との組み合わせ

本節では、子宮頸癌の検診受診率が増加する下での子宮頸癌ワクチン接種の効果を分析する。基本ケースでは、年齢別検診受診率を 2007 年時点から将来にかけて一定とした。以下では、現在から将来にわたる年齢別検診受診率のトレンドを複数ケース設定し、各ケースにおけるワクチン接種の効果を比較する。各ケースのトレンドは、過去のトレンドと比較して何倍かというかたちで設定する。具体的には、図 5-3 のよう

⁴⁵ 本分析では、性的関係を持つ相手が同じ 5 歳おき年齢グループである確率を 0.8、異なる年齢グループである確率を 0.2 としている。

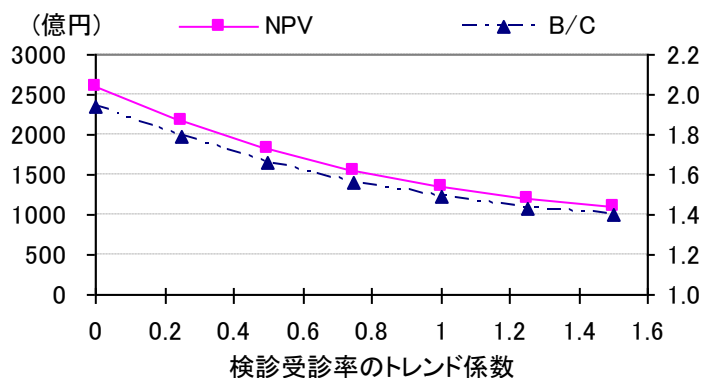
に設定する。なお、上記の設定は年齢別検診受診率であり、女性全体の平均受診率ではない。人口構成の変化に伴って平均受診率はトレンドとは異なる変化をする

図 5-4. 設定した検診受診率の推移



以上の設定の下で分析を行うと、ワクチン接種義務化政策の効果は図 5-5 のように推計された。図 5-5 は、左縦軸が NPV (億円)、右縦軸が B/C、横軸が年齢別検診受診率が過去のトレンドと比較して何倍かを表している。

図 5-5. 検診受診率のトレンドの変化による政策の効果



検診受診率が増加すると政策の効果は低下するが、それでもワクチン接種の義務化は行うべきという結論が得られた。しかし、この結論は検診受診率の補正係数を一定とする仮定の下で導かれたものであり、定量的な結果の信頼性は高くない。検診受診率の補正係数は、検診を受診する頻度の個人差を補正するものである。受診率が高まると、その差異は小さくなり、補正係数の値は1に近づくことが予想される。したがって、上記の仮定は検診の効果を大幅に過小推計している。この点を考慮すると、図 5-5 はより右下がりの傾向を示して、受診率の増加がある水準以上の場合にはワクチン

接種義務化政策は正当化されないという結論が得られる可能性もある。本項の結論として、ワクチン接種義務化政策を実施する場合には検診政策も同時に考慮すべきということを強調しておく。

6. 政策提言

以上の分析を踏まえて、以下の政策を行なうことを提案する。

- いますぐ 14 歳女子に対して子宮頸癌ワクチンの集団接種を義務付けるべきである。
- 男子へのワクチン接種は行なうべきではない。なぜなら費用に見合った便益が期待できないからである。
- 子宮頸癌検診はワクチン接種の効果を減少させるため、ワクチン接種と検診促進を同時に行うことは効率的ではない。
- 仮に将来、子宮頸癌検診率が上昇した場合には、ワクチン接種義務化の継続について再度検討すべきである。

7. 今後の課題

7.1. 新型ワクチンの開発可能性

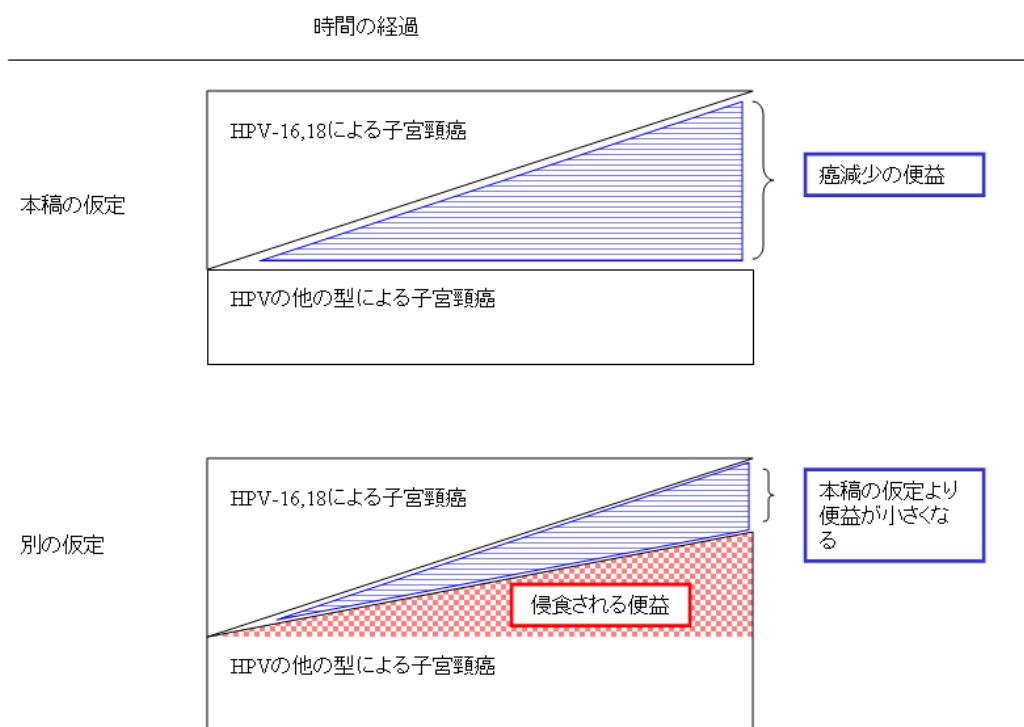
本稿では、接種する子宮頸癌ワクチンは HPV-16 および HPV-18 に対して予防効果を持つと仮定している。これは、子宮頸癌ワクチンとして日本で販売されている Cervarix を想定しているからである。将来世代が接種するワクチンについても同様である。しかしながら、将来のワクチンの研究開発を考慮すると、この仮定の妥当性は低い。

将来的に、HPV-16 および HPV-18 に加えて他の高リスク型 HPV に対しても有効なワクチンが開発される可能性がある。その場合、ワクチン接種の子宮頸癌予防効果が高まることになるため、本政策による便益は増加することになる。このような新型ワクチンの開発可能性を考慮していない点は本稿の課題である。

7.2. 他の高リスク型 HPV による子宮頸癌の増加の可能性

本稿では、HPV-16, HPV-18 への感染が減少すると、その分だけ子宮頸癌罹患者数が減少するとして分析を行った。しかしながら、HPV-16, HPV-18 の減少に伴って他の高リスク型 HPV を原因とする子宮頸癌が増加する可能性は否定できない。以下の概念図を用いて説明する。

図 7-1. ウイルスの競合性についての概念図



上図は本稿における仮定を表した概念図である。時間の経過とともに、ワクチン接種によって HPV-16, HPV-18 を原因とする子宮頸癌が減少し、便益が発生している。HPV-16, HPV-18 以外の型により引き起こされる子宮頸癌の数は変化しないと仮定している。一方、下図は、HPV-16, HPV-18 の減少に伴って他の高リスク型 HPV による子宮頸癌が増加することを示している。HPV の各型が言わば互いに競争的な状態にあると表現することができる。

下図のケースを検討していない点を、本稿の課題点として指摘することができる。しかしながら、現時点ではこうした事態が起こる可能性について十分に明らかになっているとは言えない。本稿では、子宮頸癌を引き起こすウイルス型に占める HPV-16, HPV-18 の割合が高いことから他の高リスク型の HPV の感染力は強くないと考え、上図のケースが妥当であると判断した。本仮定の妥当性の検証については、今後の感染症分野・医学分野の発展が俟たれる。なお、7.1.で述べたような新しい子宮頸癌ワクチンが開発された場合には、本節で述べた問題は生じなくなる。

7.3. 他の癌に対するワクチン効果

高リスク型 HPV は子宮頸癌以外の癌にも関連していると考えられている（国立感染症研究所, 2010）。アメリカでは肛門癌の 90%に関連している推定されており、また、膣癌・外陰部癌・陰茎癌にも関連していると考えられている。子宮頸癌ワクチンは、こ

これらの癌に対する予防効果を持っている可能性がある。この子宮頸癌ワクチンの副次的な効果について本稿では考慮しなかったが、考慮した場合には政策の便益は増加すると考えられる。

7.4. 推定されたパラメータの妥当性の検証と感度分析

本稿では、カリブレーションにより推定したパラメータについてその妥当性を十分に検討していない。ある程度の妥当性を確保するためにパラメータが取り得る値の範囲を設定しているが、モデルの再現性を高めることを優先して緩い制約条件としている。その結果、先行研究と乖離したり必ずしも現実と整合的でなかったりするパラメータが存在する。モデルの再現性とパラメータの数値の妥当性の両方を満足するためには、更なる工夫が必要となる。また、パラメータ推定における不確実性を考慮し、感度分析を行うことも今後の課題である。

7.5. ワクチン接種の限界費用

現在の子宮頸癌ワクチン接種の市場価格は、私的限界費用と一致しないと考えられる。なぜなら子宮頸癌ワクチンの市場は独占状態にあり、ワクチン製造の限界費用に研究開発費用が上乗せされて販売価格が設定されている可能性が高いからである。そこで本稿では、他のワクチン接種の市場価格を参考にして子宮頸癌ワクチンの限界費用を推計した。しかしながら、その推計値の妥当性については大きな疑問が残っており、本稿の課題点として指摘できる。

改善方法のひとつとして、ラーナーの公式を用いた推計手法が考えられる。独占市場におけるラーナーの公式とは、独占価格から限界費用を求める方法である。

$$(P - MC) \div P = \frac{1}{\varepsilon} \quad (11)$$

P は価格、 MC は限界費用、 ε は価格弾力性である。ただし、本公式には条件があり、価格の弾力性の絶対値が 1 よりも小さいと限界費用を求めることが出来ない。一般に、医療サービスの価格弾力性は低いとされており、多くの先行研究(Jeanne(2002))で価格弾力性の絶対値がゼロに近い値を取っている。予防医療に限った価格弾力性についても(たとえば Jeanne(2002))、価格弾力性の絶対値は 0.17 ~ 0.43 であり、(11)式からは限界費用を求めることができない。

しかしながら、最新の研究においては、医療サービスの価格弾力性が高いことが示されつつある。例えば Kowalski(2010)の Censored Quantile Instrumental Variable Estimator を用いた実証分析によると、医療の価格弾力性の絶対値は 2.0 ~ 2.5 であるとされ、従来の諸研究よりも 1 桁大きい。この値と上の(11)式を用いてワクチン製造の限界費用を算出し、それに人件費を足し合わせると、ワクチン接種の限界費用は 32,000 ~ 35,600 円と推計される。(ここで算出された限界費用に幅があるのは、価格弾力性自体に幅が

あることによる。) 本稿ではこの値を限界費用とはしなかった。理由は、日本とアメリカでは医療制度に大きな違いがあり消費者の行動が異なる可能性が高いからである。また、Kowalski の分析は子宮頸癌ワクチンの価格弾力性を求めたものではなく、そのまま日本の子宮頸癌ワクチンに適応することの妥当性は低いと考えられるからである。ただ、医療の価格弾力性が 1 以下ではないという Kowalski の結果は、この手法による限界費用の算出に期待を持たせる。すなわち、子宮頸癌ワクチンの販売が普及して幅広い価格データとその需要量のデータを収集できれば、子宮頸癌ワクチンの価格弾力性を求めることができ、それが 1 以上であれば、上述した方法により限界費用を推定することができる。これにより、分析はより精緻なものになると期待できる。

限界費用の推計方法として、ラーナーの公式を用いる以外にも、市場が独占状態から競争状態へと変化した医薬品の価格を参考にする方法が考えられる。具体的には、ジェネリック医薬品が市場に参入することによって生じる医薬品の価格変化の動態から独占状態の価格と競争状態の価格の比を求め、そこから子宮頸癌ワクチンの限界費用を推計するという方法である。しかし、治療用の医薬品と予防用のワクチンの価格構造が同じであると仮定することについては一層の吟味が必要である。

謝辞

本稿の作成にあたっては、多くの方々のご指導をいただいた。

指導教授である東京大学公共政策大学院教授の金本良嗣先生には大変お世話になった。アイデア段階の見通しから細かい技術的なアドバイスに至るまで、幾度にわたりさまざまなアドバイスをしてくださった。東京大学公共政策大学院特任研究員の畑中綾子先生には数多くの有益な資料の提供や分析のアドバイスなどをしていただいた。東京大学大学院経済学研究科前期博士課程の遠山祐太氏からは第7章で述べた需要の価格弾力性とワクチンの社会的限界費用の関係についてのアドバイスをいただいた。さらに、財団法人日本性教育協会の方々には日本人の性行動に関する様々な資料を提供していただいた。また、途中経過の発表においては同級生や先輩諸氏から数々の有益なコメントをいただくことができた。彼らの指導なくしては本稿の完成は実現しなかったことであろう。厚く御礼申し上げる。

なお、本稿で示した見解は全て筆者たち個人の見解であり、筆者たちの所属する組織としての見解を示すものではない。また、言うまでもなく本稿にあり得る全ての誤りは筆者たちに帰するものであることを付け加えておく。

付録

付録 1. 性行動の活発度の分類

活発度グループ別に感染確率を求めるためには、「1年間で新規に性的関係を持つ異性の数」が必要となる。そこで本稿では、厚生労働科学研究班による「第4回男女の生活と意識に関する調査」にある「この1年間に性交渉をした相手の人数」を基に当該データを作成した。年齢別に「1年間に性交渉をした相手の人数」の割合を示したのが以下の表である⁴⁶。

表 A1-1. 1年間に性交渉をした相手の人数

男	0人	1人	2人	3人	4人	7人	15人
15~19	0.752	0.108	0.067	0.015	0.015	0.030	0.015
20~24	0.434	0.274	0.101	0.065	0.040	0.070	0.015
25~29	0.547	0.200	0.086	0.043	0.019	0.086	0.019
30~34	0.671	0.088	0.081	0.047	0.034	0.059	0.019
35~39	0.766	0.012	0.066	0.022	0.027	0.079	0.027
40~44	0.796	0.000	0.067	0.043	0.017	0.043	0.033
45~49	0.781	0.000	0.079	0.061	0.022	0.039	0.018

女	0人	1人	2人	3人	4人	7人	15人
15~19	0.745	0.170	0.033	0.033	0.007	0.000	0.013
20~24	0.537	0.276	0.080	0.042	0.015	0.038	0.011
25~29	0.606	0.228	0.058	0.034	0.017	0.044	0.014
30~34	0.795	0.074	0.036	0.029	0.010	0.036	0.019
35~39	0.885	0.005	0.035	0.022	0.012	0.020	0.020
40~44	0.921	0.000	0.026	0.018	0.008	0.016	0.010
45~49	0.932	0.000	0.032	0.010	0.007	0.012	0.007

出典：厚生労働科学研究班(2008)「第4回男女の生活と意識に関する調査」より作成

以上の表を基に、性活発度を4種類に分類し、その割合を高い順に4%、16%、30%、50%としたのが以下の表である⁴⁷。

⁴⁶ 申告人数を「1人」と回答したグループに関しては、新規の性交渉相手の人数を、既婚者→0人、未婚者1人と振り分けた。「2人」以上と回答したグループに関しては申告値をそのまま新規の性交渉相手の人数とカウントした。「15人以上」のグループは外れ値補正としてすべて「15人」とカウントした。50歳以上のデータは存在せず。

⁴⁷ 50歳以上の値に関して、一般には年齢を重ねるに従って性活動は衰退すると考えられるため、45-49歳の値を5歳ごとに順次0.8倍した。また、女性の過少申告バイアスを是正するために、

表 A1-2. 性的活動性の分布

男	最高	高	中	低	女	最高	高	中	低
	4%	16%	3%	5%		4%	16%	3%	5%
15~19	9.96	2.05	0.16	0.00	15~19	12.17	2.33	0.32	0.00
20~24	10.02	4.33	1.30	0.13	20~24	15.88	4.55	1.50	0.00
25~29	10.89	4.54	1.02	0.00	25~29	16.62	4.73	1.11	0.00
30~34	10.75	3.91	0.56	0.00	30~34	18.62	4.05	0.03	0.00
35~39	12.46	4.56	0.18	0.00	35~39	18.75	2.96	0.63	0.00
40~44	13.69	3.63	0.03	0.00	40~44	13.55	2.26	0.24	0.00
45~49	10.58	3.19	0.12	0.00	45~49	11.16	2.02	0.05	0.00
50~54	8.47	2.55	0.10	0.00	50~54	8.93	1.61	0.04	0.00
55~59	6.77	2.04	0.08	0.00	55~59	7.14	1.29	0.03	0.00
60~64	5.42	1.63	0.06	0.00	60~64	5.71	1.03	0.03	0.00
65~69	4.34	1.31	0.05	0.00	65~69	4.57	0.83	0.02	0.00
70~74	3.47	1.05	0.04	0.00	70~74	3.66	0.66	0.02	0.00
75~79	2.77	0.84	0.03	0.00	75~79	2.93	0.53	0.01	0.00
80~84	2.22	0.67	0.03	0.00	80~84	2.34	0.42	0.01	0.00
85~	1.78	0.54	0.02	0.00	85~	1.87	0.34	0.01	0.00

出典：厚生労働科学研究班(2008)「第4回男女の生活と意識に関する調査」より作成

付録 2. 子宮頸癌罹患患者数の予測モデル

子宮頸癌罹患患者数の予測モデルは、大きく 2 つの要素から構成される。1 つは各期の各グループの人数を算出する状態遷移方程式、もう 1 つは各期の感染率を決定する感染確率関数である。まず、状態遷移方程式について述べ、次に感染確率関数を説明する。

状態遷移方程式は以下の式(A1)~(A15)として表現される。各式は、各期における各グループの人数(ストック)とグループ間の移行人数(フロー)の関係を表している。すなわち、ストックの一定割合が次期に他のストックへと移行し、そのフロー分だけ各ストックが変化するということを表している。数式の記述に先立って、それを解釈する上で重要な仮定を説明する。本モデルは、時間軸を 1 年おきに区切った離散時間モデルである。一方、年齢グループについては 5 歳区切りとしている。そのため、年齢グループ間の移行を緻密に取り扱うことができず、次のような近似的な方法を採用

女性の申告数の総和が男性の申告数の総和に等しくなるよう、女性の申告数は一律に 1.71 倍してある。

した。それは、各年齢グループの 1/5 が 1 年後に次の年齢グループに移行し、残り 4/5 は今年と同じ年齢グループに留まるという方法である。この近似は、「年齢グループ内における各年齢の人数および状態の分布はすべて等しい」という仮定と同等である。実際には、同じ年齢グループ内であっても年齢によって人数は異なり、また感染・未感染という状態にも偏りがある。この仮定は分析結果に誤差をもたらす要因となるが、決定的ではなく、分析の簡便さを優先させた。

(a) 女性の状態遷移方程式

・定義式

$$W_i(a,t) = XW_i(a,t) + VW_i(a,t) + Y1W_i(a,t) + Y2W_i(a,t) + Y3W_i(a,t) + Y4W_i(a,t) + CC_i(a,t) + ZW_i(a,t) \quad (\text{A1})$$

・境界条件

$$XW_i(0,t+1) = \frac{4}{5}(1 - \mu W(0,t)) \cdot XW_i(0,t) + bW(t) \cdot \sum_a W_i(a,t) \quad (\text{A2})$$

・状態遷移方程式

$$XW_i(a+1,t+1) = \frac{4}{5} \{ \phi(a+1) \cdot VW_i(a+1,t) + \gamma_1 \cdot Y1W_i(a+1,t) + \gamma_2 \cdot Y2W_i(a+1,t) + ((1 - \rho(a+1,t)) \cdot \gamma_3 + \rho(a+1,t)) \cdot Y3W_i(a+1,t) + \rho(a+1,t) \cdot Y4W_i(a+1,t) + (1 - \nu W(a+1) - \lambda W_i(a+1,t) - \sigma(a+1) - \mu W(a+1,t)) \cdot XW_i(a+1,t) \} \quad (\text{A3})$$

$$+ \frac{1}{5} \{ \phi(a) \cdot VW_i(a,t) + \gamma_1 \cdot Y1W_i(a,t) + \gamma_2 \cdot Y2W_i(a,t) + ((1 - \rho(a,t)) \cdot \gamma_3 + \rho(a,t)) \cdot Y3W_i(a,t) + \rho(a,t) \cdot Y4W_i(a,t) + (1 - \nu W(a) - \lambda W_i(a,t) - \sigma(a) - \mu W(a,t)) \cdot XW_i(a,t) \}$$

$$VW_i(a+1,t+1) = \frac{4}{5} \{ \nu W(a+1) \cdot XW_i(a+1,t) + (1 - \phi(a+1) - \sigma(a+1) - \mu W(a+1,t)) \cdot VW_i(a+1,t) \} + \frac{1}{5} \{ \nu W(a) \cdot XW_i(a,t) + (1 - \phi(a) - \sigma(a) - \mu W(a,t)) \cdot VW_i(a,t) \} \quad (\text{A4})$$

$$Y1W_i(a+1,t+1) = \frac{4}{5} \{ \lambda W_i(a+1,t) \cdot XW_i(a+1,t) + (1 - \text{prog}_1 - \gamma_1 - \sigma(a+1) - \mu W(a+1,t)) \cdot Y1W_i(a+1,t) \} + \frac{1}{5} \{ \lambda W_i(a,t) \cdot XW_i(a,t) + (1 - \text{prog}_1 - \gamma_1 - \sigma(a) - \mu W(a,t)) \cdot Y1W_i(a,t) \} \quad (\text{A5})$$

$$Y2W_i(a+1,t+1) = \frac{4}{5} \{ \text{prog}_1 \cdot Y1W_i(a+1,t) + (1 - \text{prog}_2 - \gamma_2 - \sigma(a+1) - \mu W(a+1,t)) \cdot Y2W_i(a+1,t) \} + \frac{1}{5} \{ \text{prog}_1 \cdot Y1W_i(a,t) + (1 - \text{prog}_2 - \gamma_2 - \sigma(a) - \mu W(a,t)) \cdot Y2W_i(a,t) \} \quad (\text{A6})$$

$$Y3W_i(a+1,t+1) = \frac{4}{5} \{ \text{prog}_2 \cdot Y2W_i(a+1,t) + (1 - (1 - \rho(a+1,t)) \cdot \text{prog}_3 - (1 - \rho(a+1,t)) \cdot \gamma_3 - \rho(a+1,t) - \sigma(a+1) - \mu W(a+1,t)) \cdot Y3W_i(a+1,t) \} + \frac{1}{5} \{ \text{prog}_2 \cdot Y2W_i(a,t) + (1 - (1 - \rho(a,t)) \cdot \text{prog}_3 - (1 - \rho(a,t)) \cdot \gamma_3 - \rho(a,t) - \sigma(a) - \mu W(a,t)) \cdot Y3W_i(a,t) \} \quad (\text{A7})$$

$$\begin{aligned}
Y4W_i(a+1, t+1) &= \frac{4}{5} \{ (1 - \rho(a+1, t)) \cdot prog_3 \cdot Y3W_i(a+1, t) \\
&\quad + (1 - (1 - \rho(a+1, t)) \cdot prog_4 - \rho(a+1, t) - \sigma(a+1) - \mu W(a+1, t)) \cdot Y4W_i(a+1, t) \} \\
&\quad + \frac{1}{5} \{ (1 - \rho(a, t)) \cdot prog_3 \cdot Y3W_i(a, t) \\
&\quad + (1 - (1 - \rho(a, t)) \cdot prog_4 - \rho(a, t) - \sigma(a) - \mu W(a, t)) \cdot Y4W_i(a, t) \}
\end{aligned} \tag{A8}$$

$$\begin{aligned}
CC_i(a+1, t+1) &= \frac{4}{5} \{ (1 - \rho(a+1, t)) \cdot prog_4 \cdot Y4W_i(a+1, t) \\
&\quad + (1 - \gamma_{cc} - \alpha(a+1) - \sigma(a+1) - \mu W(a+1, t)) \cdot CC_i(a+1, t) \} \\
&\quad + \frac{1}{5} \{ (1 - \rho(a, t)) \cdot prog_4 \cdot Y4W_i(a, t) \\
&\quad + (1 - \gamma_{cc} - \alpha(a) - \sigma(a) - \mu W(a, t)) \cdot CC_i(a, t) \}
\end{aligned} \tag{A9}$$

$$\begin{aligned}
ZW_i(a+1, t+1) &= \frac{4}{5} \{ \sigma(a+1) \cdot W_i(a+1, t) + \gamma_{cc} \cdot CC_i(a+1, t) + (1 - \mu W(a+1, t)) \cdot ZW_i(a+1, t) \} \\
&\quad + \frac{1}{5} \{ \sigma(a) \cdot W_i(a, t) + \gamma_{cc} \cdot CC_i(a, t) + (1 - \mu W(a, t)) \cdot ZW_i(a, t) \}
\end{aligned} \tag{A10}$$

(b) 男性の状態遷移方程式

• 定義式

$$M_i(a, t) = XM_i(a, t) + VM_i(a, t) + YM_i(a, t) \tag{A11}$$

• 境界条件

$$XM_i(0, t+1) = \frac{4}{5} (1 - \mu M(0, t)) \cdot XM_i(0, t) + bM(t) \cdot \sum_a M_i(a, t) \tag{A12}$$

• 状態遷移方程式

$$\begin{aligned}
XM_j(a+1, t+1) &= \frac{4}{5} \{ \phi(a+1) \cdot VM_j(a+1, t) + \gamma \cdot YM_j(a+1, t) \\
&\quad + (1 - \nu M(a+1) - \lambda M_j(a+1, t) - \mu M(a+1, t)) \cdot XM_j(a+1, t) \} \\
&\quad + \frac{1}{5} \{ \phi(a) \cdot VM_j(a, t) + \gamma \cdot YM_j(a, t) \\
&\quad + (1 - \nu M(a) - \lambda M_j(a, t) - \mu M(a, t)) \cdot XM_j(a, t) \}
\end{aligned} \tag{A13}$$

$$\begin{aligned}
VM_j(a+1, t+1) &= \frac{4}{5} \{ \nu M(a+1) \cdot XM_j(a+1, t) + (1 - \phi(a+1) - \mu M(a+1, t)) \cdot VM_j(a+1, t) \} \\
&\quad + \frac{1}{5} \{ \nu M(a) \cdot XM_j(a, t) + (1 - \phi(a) - \mu M(a, t)) \cdot VM_j(a, t) \}
\end{aligned} \tag{A14}$$

$$\begin{aligned}
YM_j(a+1, t+1) &= \frac{4}{5} \{ \lambda M_j(a+1, t) \cdot XM_j(a+1, t) + (1 - \gamma - \mu M(a+1, t)) \cdot YM_j(a+1, t) \} \\
&\quad + \frac{1}{5} \{ \lambda M_j(a, t) \cdot XM_j(a, t) + (1 - \gamma - \mu M(a, t)) \cdot YM_j(a, t) \}
\end{aligned} \tag{A15}$$

表 A2-1. 状態遷移方程式の状態変数

状態変数	説明
$W_i(a,t)$	t 期における年齢 a 、性的活発度 i (以下、 (a,i) と表記) の女性の人数
$XW_i(a,t)$	t 期に未感染状態にある (a,i) 女性の人数
$VW_i(a,t)$	t 期にワクチン接種による免疫を持っている (a,i) 女性の人数
$YW_i(a,t)$	t 期に不顕性感染の状態にある (a,i) 女性の人数
$Y2W_i(a,t)$	t 期に CIN1 状態にある (a,i) 女性の人数
$Y3W_i(a,t)$	t 期に CIN2/3 状態にある (a,i) 女性の人数
$Y4W_i(a,t)$	t 期に persistent CIN2/3 状態にある (a,i) 女性
$CC_i(a,t)$	t 期に子宮頸癌を発症している (a,i) 女性の人数
$ZW_i(a,t)$	t 期に子宮頸癌の発症可能性のない (a,i) 女性の人数 (子宮摘出あるいは子宮頸癌治療後の女性の人数)
$M_j(a,t)$	t 期における年齢 a 、性的活発度 j (以下、 (a,j) と表記) の男性の人数
$XM_j(a,t)$	t 期に未感染状態にある (a,j) 男性の人数
$VM_j(a,t)$	t 期にワクチン接種による免疫を持っている (a,j) 男性の人数
$YM_j(a,t)$	t 期に不顕性感染の状態にある (a,j) 男性の人数

表 A2-2. 状態遷移方程式のパラメータ

パラメータ	説明	値
$bW(t), bM(t)$	t 期における女性と男性の出生率	0.0047 - 0.0079
$\mu W(a,t), \mu M(a,t)$	t 期における年齢 a の女性と男性の死亡率	-0.1389 - 0.1879
$\lambda W_i(a,t)$	t 期に (a,i) 未感染女性が感染する確率	内生変数
$\lambda M_j(a,t)$	t 期に (a,j) 未感染男性が感染する確率	内生変数
$prog_1$	不顕性感染の状態から CIN1 への進行確率	0.1996
γ_1	無症状の感染が自然治癒する確率	0.1700
$prog_2$	CIN1 から CIN2/3 への進行確率	0.2277
γ_2	CIN1 が自然治癒する確率	0.2500
$prog_3$	CIN2/3 から persistent CIN2/3 への進行確率	0.0500
γ_3	CIN2/3 が自然治癒する確率	0.3256
$prog_4$	persistent CIN2/3 から子宮頸癌への進行確率	0.0302
$\alpha(a)$	年齢 a の子宮頸癌罹患患者が子宮頸癌により死亡する確率	0.0023 - 0.0446

γ_{cc}	子宮頸癌が完治する確率	0.0500
$\sigma(a)$	年齢 a の女性が子宮を摘出する確率	0.0000 - 0.0308
$vW(a), vM(a)$	年齢 a の女性と男性のワクチン接種率	政策案に従う
$\phi(a)$	ワクチン効果が切れる確率	0.0500
$\rho(a,t)$	t 期における年齢 a 女性の子宮頸癌検診受診率	2007 年の受診率で一定 (表 3-1)

次に、感染確率関数を説明する。感染確率関数は、性交渉により感染が拡大するという HPV の特性を明示的に表現したものである。感染確率関数の直感的な解釈は、ある女性が 1 年間に感染する確率は 1 年間に新規に性的関係を持つ男性の人数および現在の男性感染者数に比例するというものである。これに、相手男性の年齢や性的活発度などの情報を加えて、より詳細な分析を可能としている。女性の感染確率関数は、式(A16) ~ (A17)のように定式化される。なお、男性の感染確率関数も同様に定式化できるため、本稿では省略する。

$$\lambda W_i(a,t) = \sum_{u=0}^{17} \sum_{j=1}^4 \left[cW_i(a,t) \theta W_{iju}(a,t) \frac{\beta W \cdot YM(u,t)}{M_j(u,t)} \right] \quad (A16)$$

$$\theta W_{iju}(a,t) = \left[\varepsilon W_1 \frac{\sum_{k=1}^4 M_k(u,t) cM_k(u,t)}{\sum_{w=0}^{17} \sum_{k=1}^4 M_k(w,t) cM_k(w,t)} + (1 - \varepsilon W_1) \omega_{au} \right] \left[\varepsilon W_2 \frac{M_j(u,t) cM_j(u,t)}{\sum_{k=1}^4 M_k(u,t) cM_k(u,t)} + (1 - \varepsilon W_2) \omega_{ij} \right] \quad (A17)$$

表 A2-3. 感染確率関数の変数とパラメータ

パラメータ	説明	値
$\lambda W_i(a,t)$	t 期に未感染状態の (a,i) 女性が感染する確率	内生変数
$cW_i(a,t)$	(a,i) 女性が 1 年間に性的関係を持つ男性の人数	付録 1 参照
$\theta W_{iju}(a,t)$	(a,i) 女性の性交渉相手に占める (u,j) 男性の割合 ⁴⁸	内生変数
βW	感染した男性と性的関係を持ったときに感染する確率	0.8
$YM_j(u,t)$	感染状態にある (u,j) 男性の人数	内生変数
$M_j(u,t)$	(u,t) 男性の人数	人口推計データ ⁴⁹ を基に作成

⁴⁸ 本分析では簡単のため、 $\theta W_i(a,t) = \theta W_i(a,0)$ 、 $cW_i(a,t) = cW_i(a,0)$ と初期値のまま一定と使用した。

⁴⁹ 国立社会保障・人口問題研究所ウェブサイト

< http://www.ipss.go.jp/pp-newest/j/newest02/3/t_4.html > (2011 年 2 月 11 日アクセス)

εW_1	性交渉相手が異なる年齢グループである確率	0.8
εW_2	性交渉相手が異なる性的活発度グループである確率	0.5
ω_{au}	$a=u$ のとき 1、 $a \neq u$ のとき 0 をとる変数	0 または 1
ω_{ij}	$i=j$ のとき 1、 $i \neq j$ のとき 0 をとる変数	0 または 1

付録 3. パラメータのカリブレーション

(a) HPV・子宮頸癌パラメータのカリブレーション

3.3.3.で述べたパラメータのカリブレーションの結果および各パラメータの上限値・下限値は、表 A2-1 の通りである。

表 A3-1. カリブレーションの結果と下限値・上限値

パラメータ	推計値	下限値	上限値
$Prog_1$	0.1996	0.02	0.2
γ_1	0.1700	0.17	0.7
$Prog_2$	0.2277	0.05	0.4
γ_2	0.2500	0.25	0.6
$Prog_3$	0.0500	0.1	0.5
γ_3	0.3256	0.1	0.4
$Prog_4$	0.0302	0.03	0.3
$\alpha(a)$	0.0023–0.0446	0	0.8
γ_{CC}	0.050	0.05	0.5

予測モデルによる計算では、各状態変数に初期値を与える必要がある。しかし、状態変数の多くは観測できない未知の変数であり、恣意的に設定せざるを得ない。そこで、初期時点から十分に遠い将来では状態変数間の関係がほぼ一定に収束するというモデルの性質を利用して、統計データ等により既知の変数から未知の変数の初期値を推定した。しかし、それでも初期値の不確実性や、その初期値の下で得られた分析結果の妥当性を精査する必要性は残る。第 1 の理由は、本モデルでは定常状態を求めることができないことである。人口構成の変化に加えて、感染確率や検診受診率などのパラメータも時間変化するからである。したがって、推定した初期値に大きな不確実性が存在することは否定できない。第 2 の理由は、推定されるパラメータが初期値に依存し、そのパラメータの下で将来予測をするからである。初期値の設定が最終的な結果にどのような影響をもたらすかは、感度分析によって検証する必要がある。

(b) 人口統計学的パラメータのカリブレーション

式(A1)~(A10)より、以下の式が導出される。

$$\frac{1}{5}W(0,t) = bW(t-1)\sum_a W(a,t-1) \quad (A18)$$

$$W(0,t) = \frac{4}{5}(1-\mu W(0,t-1))W(a,t-1) + bW(t-1)\sum_a W(a,t-1) \quad (A19)$$

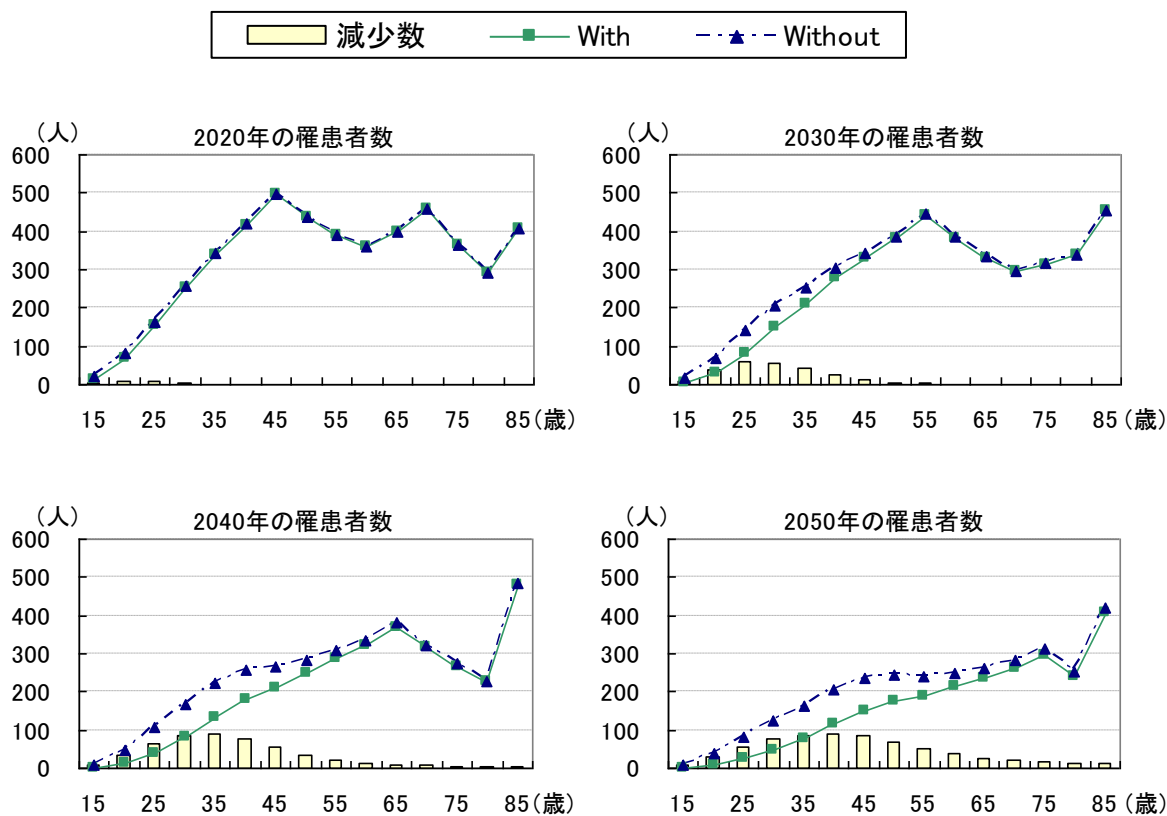
$$W(a,t) = \frac{4}{5}(1-\mu W(a,t-1))W(a,t-1) + \frac{1}{5}(1-\mu W(a-1,t-1))W(a-1,t-1) \quad (A20)$$

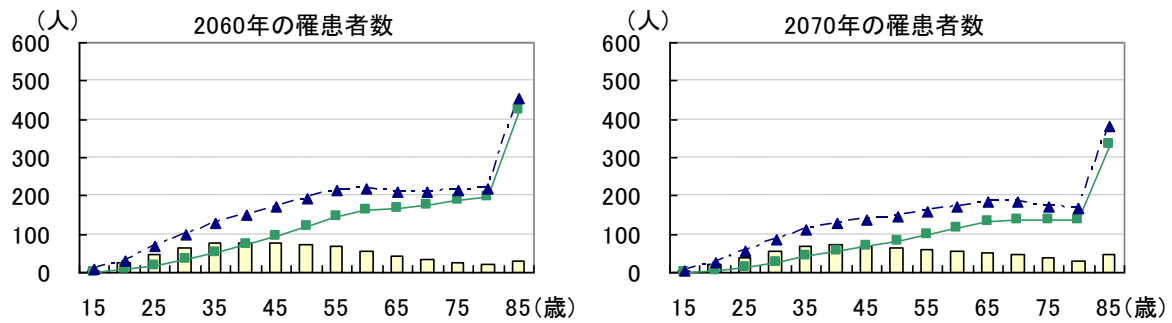
上式を $bW(t)$ と $\mu W(a,t)$ について解き、 $W(a,t)$ に人口推計データを代入することにより女性の出生率と死亡率を算出した。男性の出生率と死亡率も同様である。

付録 4. With-Without ケースの年齢別の罹患者数の推移

With ケースと Without ケースの各ケースにおいて予測された罹患者数の推移を年齢別に示す。図 A4-1.は、横軸が 5 歳おきの年齢、左縦軸が With ケースと Without ケースにおける子宮頸癌の新規罹患者数、右縦軸が政策により減少する罹患者数である。

図 A4-1. With-Without ケースの年齢別の罹患者数の推移





付録 5. 予測モデルの推計値の定義式

3.4.および3.5.で用いた各推計値は、予測モデルにおいて下式により定義されている。各変数は、 t 期における年齢 a の人数を表している。

- ・新規子宮頸癌罹患者数： $cancer(a,t) = (1 - \rho(a,t)) \cdot prog_4 \cdot Y4W_i(a,t)$ (A23)

- ・子宮頸癌による死亡者数： $d(a,t) = \alpha(a) \cdot CC_i(a,t)$ (A24)

- ・CIN1の治療者数： $treated_{CIN1}(a,t) = \rho(a,t) \cdot Y3W_i(a,t)$ (A25)

- ・CIN2/3の治療者数： $treated_{CIN2/3}(a,t) = \rho(a,t) \cdot Y4W_i(a,t)$ (A26)

- ・初期検診受診者数： $screen_1(a,t) = \rho(a,t) \{W_i(a,t) - CC_i(a,t) - ZW_i(a,t)\}$ (A27)

- ・精密検診受診者数： $screen_2(a,t) = \rho(a,t) \{Y2W_i(a,t) + Y3W_i(a,t) + Y4W_i(a,t)\}$ (A28)

- ・ワクチン接種者数： $v(a,t) = vW(a) \cdot XW_i(a,t) + vM(a) \cdot XM_i(a,t)$ (A29)

付録 6. 年齢階級別の VSL と VLY の算出

まず、年齢階級別の統計的生命価値 $VSL(a)$ の算出方法について述べる。 $VSL(a)$ は、 VLY (Value of a Life-Year: 1年あたりの統計的生命価値) を当該年齢の女性の平均余命期間分だけ足し合わせるにより算出する。

$$VSL(a) = \sum_{t=1}^{T(a)} \frac{VLY}{(1+r)^t} \quad (A21)$$

ここで、 $T(a)$ は年齢階級 a 女性の平均余命である⁵⁰。 r は割引率で、 $r = 3.5\%$ とした⁵¹。

次に、 $VSL(a)$ の算出において必要となる 1年あたりの統計的生命価値 VLY の算出方法について述べる。本稿では、2010年の平均年齢である 44.3 歳の女性⁵²の VSL が 4 億

⁵⁰ 以下の厚生労働省ウェブサイトにおける 10 歳おき年齢階級別の平均余命を基に、5 歳おき年齢階級の平均余命を作成した。

厚生労働省ウェブサイト <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life09/01.html>> (2011 年 2 月 11 日アクセス)

⁵¹ 簡単のため VLY 導出においては、社会的割引率は 3.5% で一定とした。3.2.3. で設定した時間逓減割引率ではない。

⁵² 国立社会保障・人口問題研究所ウェブサイト

円⁵³であるとして、下式により VLY を算出した。 VLY は年齢に依らず一定で、 VSL と VLY には(A21)式の関係があるという仮定を置いている。

$$VLY = \frac{4\text{億}}{\sum_{t=1}^{T_{44.3}} \frac{1}{(1+r)^t}} = 1,720\text{万円} \quad (\text{A22})$$

ここで、 $T_{44.3}$ は 44.3 歳の女性の平均余命であり、平均寿命（86.4 歳）から平均年齢（44.3 歳）を差し引いて $T_{44.3} = 42.1$ としている。

付録 7. 検診受診率の補正係数

本稿で用いている検診受診率は、表 3-1. で示される受診率の実績値に補正係数を掛け合わせたものを用いている。補正係数は、検診の受診頻度の偏りによる影響を補正するためのものである。具体的には、以下の式により検診受診率の補正を行っている。

$$\rho(a, t) = k\hat{\rho}(a, t) \quad (\text{A23})$$

ここで、 $\rho(a)$ は t 期における補正後の年齢階級別の検診受診率、 $\hat{\rho}(a)$ は t 期における年齢階級別の検診受診率の実績値あるいは実績値を基に推計された受診率、 k は補正係数である。

本稿の予測モデルでは、その構造上、人々は設定された受診率に従ってランダムに検診を受けると仮定されている。言い換えれば、検診対象者の間に受診頻度の差はなく、平均的にすべての人が同じ回数だけ検診を受ける状況が想定されている。例えば受診率が毎年 20% の場合、検診対象者のうち毎年 20% の人が検診を受けることになる。このとき、ある個人が検診を受診する確率は毎年 20% であり、平均的に 5 年に 1 度だけ受診することになる。しかしながら、現実には検診の受診頻度には個人間で大きな差異がある。すなわち、毎年受診する人もいれば全く受診しない人もいるのである。こうした受診頻度の偏りがもたらすのは、検診効果の過大推計である。

具体例として、毎年の検診受診率が 20% で、HPV 感染から子宮頸癌の発症までに平均的に 5 年間かかる場合を想定する。単純化して考えれば、各人の受診頻度が等しいという予測モデル上の設定では、5 年に 1 度は検診を受けるためにほとんどすべての人が癌を発症前の状態で発見して治療を受けることが可能となる。一方、20% の人が毎年受診して残り 80% はまったく受診しないという場合には、80% の人は変わらず癌を発症するリスクに直面しており、検診による罹患者数の減少効果は限定的となってしまう。

<http://www.ipss.go.jp/pp-newest/j/newest02/3/t_4.html> (2011 年 2 月 11 日アクセス)

⁵³ VSL を 4 億円としたのは Boardman *et al.* (2006) による。Boardman *et al.* (2006) は VSL を 400 万ドルとすることを推奨している。本稿では単純化のため 1 ドル = 100 円で換算した。 VSL については 4.3. で感度分析を行った。

受診頻度の偏りによる以上の影響を緩和するために、検診受診率に補正係数を掛け合わせて割引くという方法を採用した。補正係数は、他の予測モデルのパラメータと同様に、(1)式で示されるカリブレーションにより推定した。カリブレーションの結果、補正係数は $k=0.17$ と推定された。

付録 8. HUI-2 効用指標を用いた効用水準の算出方法

3.4.5.において癌による不効用を推計した。ここでは、HUI-2 効用指標を用いた癌患者の効用水準の算出方法を説明する。

まず、癌患者を癌の進行度を表す I ~ IV 期のステージにより分類し、ステージ別にその健康状態を判定する。具体的には、知覚・移動・感情・認知・日常動作・痛み・妊娠可能性の 7 つ状態 ($i=1, 2, \dots, 7$ の健康因子) を判断する。

次に、各健康因子に対してレベル付けをする。レベル 1 が完全な健康状態を表し、レベルが上がるほど不効用があることを意味する。本稿では、各ステージの癌患者の健康因子レベルを表 A8-1. のように設定した。なお、各健康因子レベルは x_i と表記し、健康状態と健康因子レベルの対応については Torrance *et al.*(1996)を参照している。

そして、各 x_i につき効用への寄与率 b_i を設定し、下式により効用水準を算出する。 x_i と b_i の対応関係は表 A6-2. の通りである。

$$U^* = 1.06 \prod_{i=1}^7 b_i - 0.06 \quad (\text{A24})$$

(A24)式により求めたステージ別の癌患者の効用水準は表 3-7. に示してある。

最後に、年齢による癌の進行度の違いを考慮して、年齢階級別の平均的な効用水準を算出する。各年齢階級の癌患者の平均的な効用水準は、各ステージの効用水準をそのステージの割合で重み付けすることにより求める。子宮頸癌ステージの年齢分布は、表 3-6. で示した上坊敏子(2008)のデータを基にしている。

表 A8-1. 癌のステージ別の健康因子レベル

ステージ	知覚 x_1	移動 x_2	感情 x_3	認知 x_4	日常動作 x_5	痛み x_6	妊娠可能性 x_7
健康	1	1	1	1	1	1	1
I 期	1	1	2	1	2	2	1 または 3
II 期	1	1	3	1	2	3	3
III 期	1	1	4	1	2	4	3
IV 期	1	1	5	1	2	5	3

表 A8-2. HUI2 多変数効用関数(x_i と b_i の対応)⁵⁴

知覚 x_1 b_1	移動 x_2 b_2	感情 x_3 b_3	認知 x_4 b_4	日常動作 x_5 b_5	痛み x_6 b_6	妊娠可能性 x_7 b_7
1 1.00	1 1.00	1 1.00	1 1.00	1 1.00	1 1.00	1 1.00
2 0.95	2 0.97	2 0.93	2 0.95	2 0.97	2 0.97	2 0.97
3 0.86	3 0.84	3 0.81	3 0.88	3 0.91	3 0.85	3 0.88
4 0.61	4 0.73	4 0.70	4 0.65	4 0.80	4 0.64	
	5 0.58	5 0.53			5 0.38	

⁵⁴ Torrance *et al.*(1996), p.716

参考文献一覧

日本語文献

- ・大村峯夫(2003)「子宮頸がん検診の有用性と問題点」『日本産科婦人科学会雑誌』日本産科婦人科学会
- ・厚生労働省(2007)「国民生活基礎調査」
- ・厚生労働省(2009a)「平成 21 年賃金構造基本統計調査」
- ・厚生労働省(2009b)「医療費の動向」
- ・厚生労働省(2010)「子宮頸がん予防ワクチンの副反応報告状況」
- ・厚生労働省(2011)「人口動態統計」
- ・国立感染症研究所(2010)「ヒトパピローマウイルス (HPV) ワクチンに関するファクトシート (平成 22 年 7 月 7 日版)」
- ・国立社会保障人口問題研究所(2002)「日本の将来推計人口」
- ・今野良(2008)「子宮頸がんは 100% 予防できる 検診の最新情報と今後の課題」『月刊・ナーシング vol.28 No.7』学研マーケティング
- ・細菌製剤協会(2010)「ワクチン類製造販売業者別品目一覧表」
- ・上坊敏子(2008)「なぜ受けないの？子宮がん検診」『医学のあゆみ Vol.225 No.12』医歯薬出版
- ・知覧俊郎・望月聡子(2009)『子宮頸がんはみんなですべて予防できる』日本評論社
- ・内閣府(2007)「がん対策に関する世論調査」
- ・松浦祐介他(2009)「日本における子宮頸がん検診の現状と課題」『産業医科大学雑誌』産業医科大学学会

外国語文献

- ・ Barnabas, Ruanne V. *et al.*(2006) “Epidemiology of HPV 16 and Cervical Cancer in Finland and the Potential Impact of Vaccination: Mathematical Modelling Analyses” *PLoS Medicine vol.3*, Public Library of Science.
- ・ Boardman, Anthony E. *et al.*(2006) “Cost-Benefit Analysis Concept and Practice Third Edition” Prentice Hall.
- ・ Dasbach, Erik J. *et al.*(2006) “Mathematical Models for Predicting the Epidemiologic and Economic Impact of Vaccination against Human Papillomavirus Infection and Disease” *Epidemiologic Reviews vol.28*, Advance Access Publication.
- ・ David, M.P. *et al.*(2009) “Long-term Persistence of Anti-HPV-16 and -18 Antibodies Induced by Vaccination with the AS04-adjuvanted Cervical Cancer Vaccine Modeling of Sustained Antibody Responses” *Gynecol Oncol*.
- ・ Debicki, D. *et al.*(2008) “Comparison of detailed and succinct cohort modelling approaches

in a multi-regional evaluation of cervical cancer vaccination” *Vaccine vol.26*, BioMed Central.

- Jeanne, S. Ringel *et al.*(2002)”The Elasticity of Demand for Health Care” *Rand monograph*, RAND Health.
- Kim, J.J. *et al.*(2007)”The value of including boys in an HPV vaccination programme: a cost-effectiveness analysis in a low-resource setting” *British Journal of Cancer*, Nature Publishing Group.
- Kowalski, A.(2010) “Censored Quantile Instrumental Variable Estimates of the Price Elasticity of Expenditure on Medical Care” NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH.
- Konno, R. *et al.*(2010)”Cost-effectiveness analysis of prophylactic cervical cancer vaccination in Japanese women” *Int’l Journal of Gynecological Cancer*, the European Society of Gynecological Oncology.
- Matsuda, T. *et al.*(2011),The Japan Cancer Surveillance Research Group. “Cancer Incidence and Incidence Rates in Japan in 2005: Based on Data from 12 Population-based Cancer Registries in the Monitoring of Cancer Incidence in Japan (MCIJ) Project” *Japanese Journal of Clinical Oncology*, Japanese Association of Cancer Registries.
- Neugut, Alfred I. *et al.* (2001) “Anaphylaxis in the United States an Investigation into Its Epidemiology” *Internal Medicine*, The Journal of the American Medical Association.
- OECD(2005)”Health at a Glance 2005” OECD Indicators.
- Ohkusa, Y.(2005)”Policy evaluation for the subsidy for influenza vaccination in elderly” *Vaccine vol.23*, ScienceDirect.
- Philipson, T.(1996)”Private Vaccination and Public Health: An Empirical Examination for U.S. Measle” *The Journal of Human Resources*, The University of Wisconsin Press.
- Sanders, Gillian D. and Al V. Taira(2003)”Cost Effectiveness of a Potential Vaccine for Human papillomavirus” *Emerging Infectious Diseases*, Centers for Disease Control and Prevention.
- Slade, Barbara A. *et al.*(2009)”Post licensure Safety Surveillance for Quadrivalent Human Papillomavirus Recombinant Vaccine” *The Journal of the American Medical Association*.
- Torrance, G. *et al.*(1996)”Multiattribute Utility Function for a Comprehensive Health Status Classification System” *Medical Care Vol.34 No.7*, Lippincott-Raven Publishers .
- World Health Organization(2007)”Cervical cancer, human papillomavirus (HPV), and HPV vaccines-key points for policy-makers and health professionals” WHO press.