

原 著

エイズ発生動向調査の報告・未報告の HIV 感染者数と
AIDS 患者数における近未来予測の試み

橋 本 修 二, 川 戸 美 由 紀

藤田保健衛生大学医学部衛生学講座

目的: エイズ発生動向調査へ報告された HIV 感染者数とともに、未報告の HIV 感染者数とそこからの AIDS 発病者数（初回報告 AIDS 患者数）について、2012 年までの予測を試みた。

方法: 1985～2007 年のエイズ発生動向調査データを基礎資料とした。報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数について、外挿法を用いて 2012 年まで予測した。これらと未報告 HIV 感染者数について、システムモデルを用いて 2012 年まで予測した。

結果: 外挿法による予測では、報告 HIV 感染者数は 2007 年の 969 人から 2012 年の 1,380 人に、初回報告 AIDS 患者数は 2007 年の 365 人から 2012 年の 560 人に増加した。2008～2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年と同じという仮定の下で、システムモデルによる予測では、2012 年の報告 HIV 感染者数は 1,420 人、初回報告 AIDS 患者数は 590 人、2012 年末の未報告 HIV 感染者数は 10,100 人であった。2008～2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年の 1.5 倍という仮定の下では、それぞれ 2,160 人、440 人、6,700 人であった。

結論: 報告・未報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数について、2012 年までの予測値を示した。今後の HIV 感染者捕捉率によって、いずれも大きく変化することが示唆された。

キーワード: HIV, AIDS, サーベイランス, 予測

日本エイズ学会誌 11 : 152-157, 2009

緒 言

HIV/AIDS の発生動向を把握するために、エイズ発生動向調査が実施されている^{1,2)}。診断された HIV 感染者の報告率はかなり高いと指摘されていることから^{3,4)}、報告された HIV 感染者数の動向は診断された HIV 感染者数をおおよそ反映していると考えられる。一方、HIV 感染者の多くは特異的な症状がなく、AIDS を発病するかあるいは HIV 検査によってその感染が分かることから、未診断・未報告の HIV 感染者がかなり多く、HIV 感染者全体の捕捉率は高くはないと考えられる^{5,6)}。未報告の HIV 感染者が AIDS を発病すると初回報告の AIDS 患者として報告され、初回報告 AIDS 患者数の動向は未報告の HIV 感染者数がある程度反映していると考えられる⁷⁾。

現在、HIV 検査の普及が進められつつあり⁸⁾、それにより、HIV 感染者の捕捉率を向上させ、未診断の HIV 感染者数とそこからの AIDS 発病者数を減少させることが期待される。今後、HIV 対策の立案と効果評価を行う上で、診断 HIV 感染者数とともに、未診断 HIV 感染者数とそこからの AIDS 発病者数の近未来予測を行うことが重要であろう^{6,9)}。

著者連絡先: 橋本修二 (〒470-1192 愛知県豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98 藤田保健衛生大学医学部衛生学講座)

2008 年 10 月 3 日受付; 2009 年 3 月 25 日受理

本研究では、2007 年までのエイズ発生動向調査データと統計モデルを用いて、報告と未報告の HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数について、2012 年までの予測を試みるとともに、HIV 感染者捕捉率の変化による影響を試算した。ここで、血液製剤による HIV 感染者はエイズ発生動向調査の報告対象外のため、また、外国国籍者は出入国がその動向に関係するため、本研究では予測の対象外とした。

方 法

1. 基礎資料

エイズ発生動向調査データから、日本国籍者における、年次別の報告された HIV 感染者数および初回報告の AIDS 患者数を基礎資料とした。以下、それぞれを報告 HIV 感染者数の観察値と初回報告 AIDS 患者数の観察値と呼ぶ。年次は 1985～2007 年の各年とし、報告年を用いた。初回報告 AIDS 患者とは、前述の通り、HIV 感染者として報告されず、AIDS 患者としてはじめて報告された者である。なお、HIV 感染者として報告された者がその後に AIDS を発病した場合、病変報告の AIDS 患者として報告される。ここでは、病変報告 AIDS 患者数を予測しないため、そのデータを使用しない。

2. 外挿法による予測

報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数について、外挿法により 2012 年までの予測値を算定した。すなわち、

1985～2007年の年次別の観察値に年次の二次関数（1984年の推計値を0とする）を最小二乗法で当てはめて、回帰係数を推定した。その推定した回帰式において、年次を2012年まで延長してその値を求め、予測値とした。

3. システムモデル

システムモデルの状態としては、エイズ発生動向調査への未報告 HIV 感染者、報告 HIV 感染者、初回報告 AIDS 患者を設定した¹⁰⁾。状態間の移行確率としては、HIV 感染者捕獲率（未報告 HIV 感染者→報告 HIV 感染者）と AIDS 発病率（未報告 HIV 感染者→初回報告 AIDS 患者）を設定した。

AIDS 発病率は、未報告 HIV 感染者が有効な抗 HIV 治療を受けていないと仮定して、過去の文献の値を使用した^{7,11)}。すなわち、累積 AIDS 発病率は HIV 感染からの経過年数が1～20年ごとにそれぞれ0%, 0.5%, 3%, 9%, 15%, 22%, 29%, 36%, 43%, 50%（経過年数10年）、54%, 58%, 62%, 66%, 70%, 74%, 78%, 82%, 86%, 90%（経過年数20年）と仮定した。

HIV 感染者捕獲率は HIV 感染からの経過年数別とした。生涯全体を通した値（生涯捕獲率と呼ぶ）に対する比が全期間を通して一定と仮定し、過去の文献を参考にして定めた¹²⁾。すなわち、HIV 感染者捕獲率の生涯捕獲率に対する比は、HIV 感染からの経過年数が1年未満で62%、1～2年未満で14%、2～3年未満で7%、3～4年未満で6%、4～5年未満で6%、5～10年未満で5%（各年1%）、10年以上で0%と仮定した。HIV 感染者生涯捕獲率が1990年以前、1991～1996年、1997～2002年、2003～2007年の各期間内で一定と仮定した上で、システムモデルにおいて、HIV 感染者生涯捕獲率を推定し（推定方法は後述）、これに上記の比を乗じて、HIV 感染からの経過年数別の HIV 感染者捕獲率を算定した。

4. システムモデルの初期状態の推計

システムモデルにおいて、2007年の報告 HIV 感染者と初回報告 AIDS 患者の人数はそれぞれ観察値を用いた。2007年の未報告 HIV 感染者における HIV 感染からの経過年数別の人数は、以下のように推計した。

1990年以前において、システムモデルに基づいて、年次別の報告 HIV 感染者数の観察値と AIDS 発病率を用いて、HIV 感染者生涯捕獲率の値（この期間内で一定と仮定）を変化させて初回報告 AIDS 患者数を計算し、1990年の計算値がその観察値に一致したとき、HIV 感染者生涯捕獲率の推定値とした。この HIV 感染者生涯捕獲率の推定値を用いて、1990年以前における年次別の新規 HIV 感染者数と未報告 HIV 感染者数（HIV 感染からの経過年数別）を推計した。

次に、これらの推計値を用いて、1991～1996年、1997～

2002年と2003～2007年において、同様に、それぞれ1996年、2002年と2007年の初回報告 AIDS 患者数の計算値を観察値に一致させることにより、それぞれの期間の HIV 感染者生涯捕獲率の推定値（それぞれの期間内で一定と仮定）、および、年次別の新規 HIV 感染者数と未報告 HIV 感染者数（HIV 感染からの経過年数別）を推計した。なお、年次別の報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数の観察値の変動が大きかったため、システムモデルでは、観察値の代わりに、3項移動平均法で平滑化した値を用いた。たとえば、報告 HIV 感染者数の1996年の観察値としては、前後の年次を加えた1995～1997年のその平均値を用いた。

5. システムモデルによる予測

2008～2012年の新規 HIV 感染者数については、前述の2003～2007年の推計値に、一次関数による外挿法を適用して予測した。2008～2012年の HIV 感染者捕獲率については、前述の2003～2007年の推定値と同じ、または、その1.5倍という2通りの仮定を設定した。

この2通りの仮定の下で、2008～2012年の新規 HIV 感染者数の予測値を用いて、2008～2012年の報告 HIV 感染者数、未報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数を予測した。

結 果

1. 外挿法による予測

報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数において、外挿法による回帰係数、寄与率と2012年の予測値を表1に、外挿法による推計・予測値の推移を図1と図2に示す。なお、以下、すべて日本国籍者のみの結果である。

報告 HIV 感染者数をみると（図1）、1985～2007年において、外挿法による推計値は観察値によく一致した。その寄与率は0.99であった。2007年の観察値969人から、外挿法による2012年予測値は1,380人であり、1.4倍に増加した。

表1 外挿法における報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数の回帰係数、寄与率と2012年予測値

	報告 HIV 感染者数	初回報告 AIDS 患者数
回帰係数 ^{#1}		
年次	-3.504	2.670
年次の2乗	1.881	0.622
寄与率	0.99	0.99
2012年予測値（人）	1,380	560

^{#1}: 1984年の推計値を0とした。

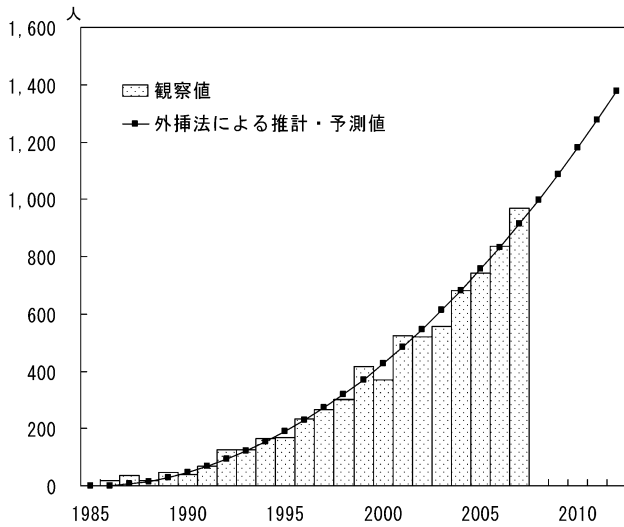


図 1 報告 HIV 感染者数の観察値と外挿法による推計・予測値

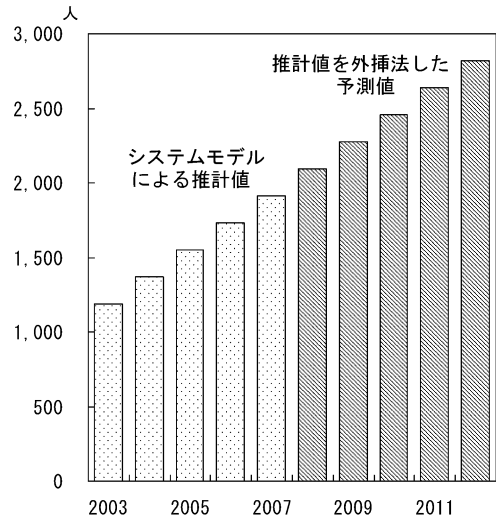


図 3 新規 HIV 感染者数の推計・予測値

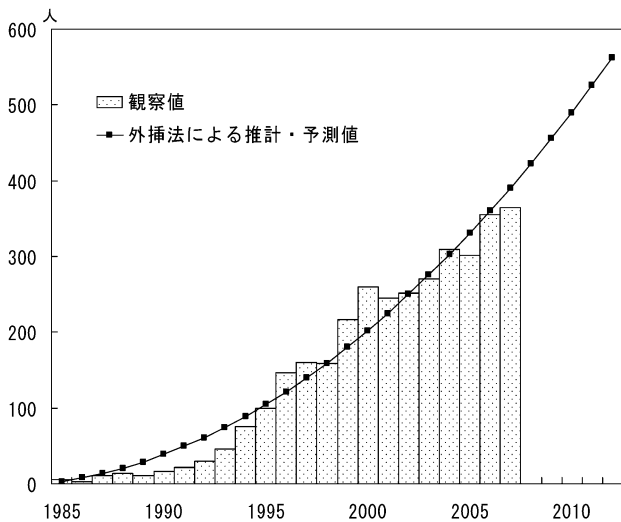


図 2 初回報告 AIDS 患者数の観察値と外挿法による推計・予測値

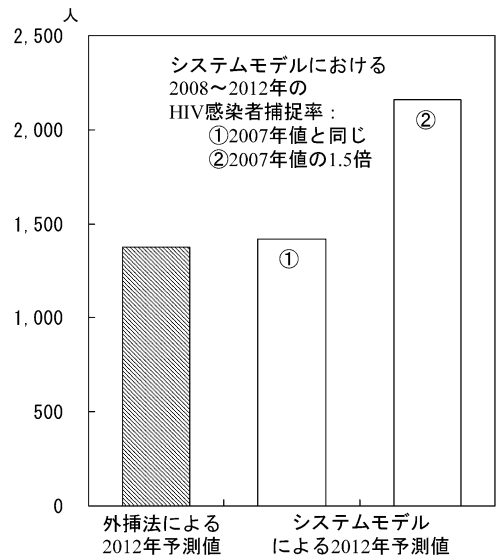


図 4 報告 HIV 感染者数の 2012 年予測値

初回報告 AIDS 患者数をみると (図 2), 1985~2007 年において, 外挿法による推計値は観察値によく一致した。その寄与率は 0.99 であった。2007 年の観察値 365 人から, 外挿法による 2012 年予測値は 560 人であり, 1.5 倍に増加した。

2. システムモデルによる予測

システムモデルにおいて, 2003~2007 年の新規 HIV 感染者数の推計値は 1,190~1,900 人で直線的に増加し, それを外挿した予測値は 2008~2012 年で 2,090~2,820 人であった (図 3)。2003~2007 年の HIV 感染者捕捉率の推定値は, HIV 感染からの経過年数が 1 年未満で 34%, 1~2 年未満

で 8%, 2~3 年未満で 4%, 3~4 年未満, 4~5 年未満と 5 年以上でいずれも 3% であり, 生涯全体で 55% であった。未報告 HIV 感染者全体に対する 2007 年 1 年間の HIV 感染者捕捉率の推定値は 13% であった。

システムモデルによる報告 HIV 感染者数の 2012 年予測値については (図 4), 2008~2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年の推定値と同じと仮定すると 1,420 人であり, 外挿法による予測値 (1,380 人) に近かった。2008~2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年の推定値の 1.5 倍と仮定すると 2,160 人であり, 1.5 倍に増加した。

初回報告 AIDS 患者数の 2012 年予測値については (図 5),

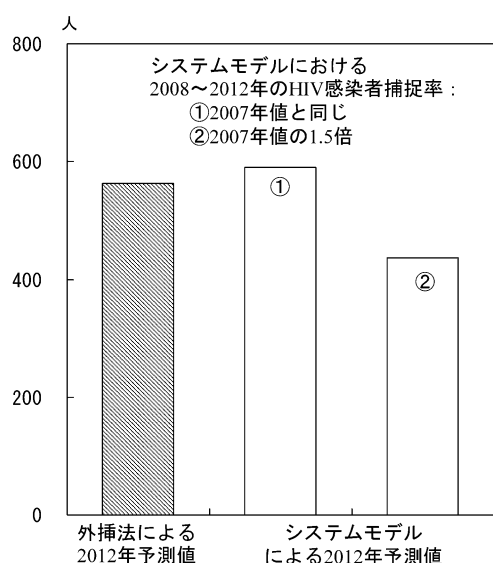


図5 初回報告 AIDS 患者数の 2012 年予測値

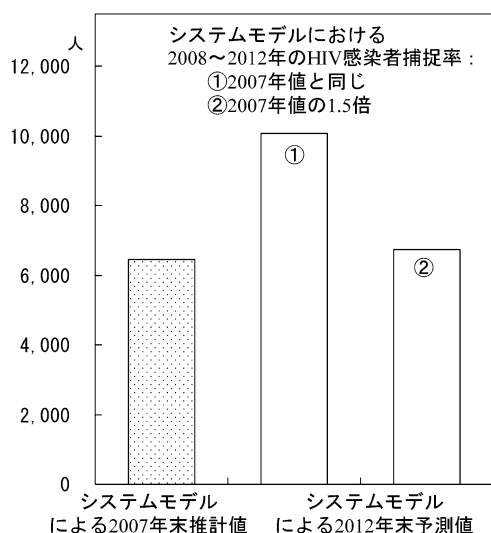


図6 未報告 HIV 感染者数の推計・予測値

2008～2012年の HIV 感染者捕捉率が 2007年の推定値と同じと仮定すると 590 人であり、外挿法による予測値 (560 人) に近かった。2008～2012年の HIV 感染者捕捉率が 2007年の推定値の 1.5 倍と仮定すると 440 人であり、0.75 倍に減少した。

未報告 HIV 感染者数の 2012 年末予測値については (図 6)、2008～2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年の推定値と同じと仮定すると 10,100 人であった。2008～2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年の推定値の 1.5 倍と仮定すると 6,700 人であり、2007 年末の推計値 (6,400 人) に近かった。

考 察

報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数の予測において、外挿法を用いた。外挿法は現在までの傾向を将来に延ばすことから、近未来の予測に比較的好く用いられている¹³⁾。以前に実施された 2 つの近未来予測でも外挿法が用いられており^{9,13)}、また、観察期間 (8 年と 14 年) があまり長くないことから報告 HIV 感染者数の年次推移に一次関数が適合されていた。本研究では観察期間 (23 年) が長く、図 1 からみて一次関数は当てはまらない。そこで、年次の二次関数を適合させたが、それによる推計値は観察値によく一致した。また、年次の 3 乗の項を追加した三次関数については、二次関数での寄与率が十分大きいこと、および、高次の項では回帰係数の推定値が低次のそれより不安定性が大きいと考えられることから使用しなかった。

外挿法によれば、報告 HIV 感染者数は 2007 年の 969 人から 2012 年の 1,380 人へ 1.4 倍に増加すると予測された。初回報告 AIDS 患者数は 2007 年の 365 人から 2012 年の 560 人へ 1.5 倍に増加すると予測された。これらは、現在までの傾向が今後も続くという仮定の下での予測であり、その点に留意することが重要であろう¹³⁾。

ここでは、システムモデルによる予測を試みた。これは、今後の HIV 感染者捕捉率の向上について、外挿法で考慮できず、システムモデルでは考慮できるためである。ただ、情報の不足と不正確性などのため、本システムモデルの方法には大きな制限と問題がある。以下では、まず、システムモデルによる結果を考察し、最後にその方法について議論する。

システムモデルによる結果として、2003～2007 年の HIV 感染者捕捉率は HIV 感染からの経過年数が 1 年未満で 34%、生涯全体で 55% と推定された。また、未報告 HIV 感染者全体に対する 2007 年 1 年間の HIV 感染者捕捉率は 13% と推定された。HIV 感染者捕捉率に関する研究報告はきわめて乏しく^{7,12)}、また、最近の状況を報告したものは見あたらない。この推定値については妥当性が不明であり、あくまでも、モデルと仮定の下での試算値であることに留意する必要がある。

2008～2012 年の HIV 感染者捕捉率が 2007 年と同じという仮定の下で、システムモデルによる報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数の 2012 年予測値は、前述の外挿法による予測値に近かった。これは、報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数における最近の動向からみると、HIV 感染者捕捉率がそれほど大きく上昇していないことを示唆する。また、外挿法による予測値について、おおよそ、HIV 感染者捕捉率が不変という仮定の下でのものとみなせることを示唆する。今後、HIV 感染者捕捉率の向上に

伴う、初回報告 AIDS 患者数の低下効果の評価において、この予測値を効果なしに相当する基準値として使用することが考えられるであろう。

2008～2012年の HIV 感染者捕捉率が 2007年の 1.5倍という仮定の下では、報告 HIV 感染者数の 2012年予測値は 1.5倍に増加し、初回報告 AIDS 患者数のそれは 0.75倍に減少した。また、未報告 HIV 感染者数の 2012年末予測値は 2007年末推計値に近かった。これらは、あくまでも、モデルと仮定の下での試算値であるが、今後の HIV 感染者捕捉率の向上によって、報告と未報告の HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数が大きく変化することを示唆している¹⁰⁾。

最後に、システムモデルの方法について議論する。状態として未報告 HIV 感染者、報告 HIV 感染者と初回報告 AIDS 患者を、状態間移行確率として HIV 感染者捕捉率と AIDS 発病率を設定した。これは、基本的に、報告 HIV 感染者数と HIV 感染者捕捉率から未報告 HIV 感染者数が求められ、また、それに AIDS 発病率を乗ずれば初回報告 AIDS 患者数となるためである¹⁰⁾。

初期状態として、2007年の各状態の人数を推計するとともに、HIV 感染者捕捉率を推定した。この推計・推定には様々な問題がある。基礎資料とした報告 HIV 感染者数と初回報告 AIDS 患者数の観察値については、その正確性が推計・推定結果に強く影響するが、エイズ発生動向調査には報告の漏れ以外にも、報告の重複、誤り、遅れなどが指摘されている^{1,2,7)}。AIDS 発病率については、未報告 HIV 感染者が有効な抗 HIV 治療を受けていないと仮定して、過去の文献の値を使用した¹¹⁾。診断された HIV 感染者の報告率が高いと指摘されていることから^{3,4)}、未報告 HIV 感染者の多くは未診断のために有効な抗 HIV 治療を受けていないと考えられる。したがって、この仮定はおおよそ成り立っていると考えられるが、さらに検討・確認することが重要であろう。

HIV 感染者捕捉率については、HIV 感染からの経過年数が 1 年未満で高く、その後、急激に低下し、10 年以降で 0%と仮定した。これは過去の文献を参考にしたものであるが¹²⁾、その妥当性はさらに検討を要する。以前の近未来予測では^{9,13)}、HIV 感染者捕捉率は全期間で一定と仮定されていたが、ここでは、1985～2007年における 5 または 6 年間隔の期間内で一定と仮定した。これは、1997 年以降、日本では、多剤併用療法などのきわめて有効な抗 HIV 療法が普及し^{7,14)}、また、HIV 検査体制が大幅に整備されてきたことから⁸⁾、HIV 感染者捕捉率が向上したと考えられるためである。

2008～2012年の新規 HIV 感染者数の予測値は、2003～2007年の推計値を外挿して求めた。HIV 感染者捕捉率が

向上すると、未診断の HIV 感染者が減少する。これにより、新たな HIV 感染の感染源が減少することになり、それに伴って、新規 HIV 感染者数が減少する可能性がある。したがって、HIV 感染者捕捉率が向上するという仮定の下で、新規 HIV 感染者数の本予測値は過大評価しているかもしれない。このような状況を考慮するためには、システムモデルに HIV 感染に関わる部分を追加することになるが、その場合、必要な情報や仮定が増えることになろう^{10,13)}。

2008～2012年の HIV 感染者捕捉率としては 2007年と同じ、または、1.5倍と仮定した。HIV 感染者捕捉率は HIV 対策によって変化する⁸⁾。これらの仮定はかなり極端なケースを想定したものであり、今後、HIV 対策が大幅に強化されないと、実際の HIV 感染者捕捉率は 2つの仮定の間に入ることになるであろう。

以上、本予測方法には様々な制限と問題があるが、今後の HIV 対策の立案や効果評価において、本予測結果は参考になるものと思われる。ただし、再三述べた通り、あくまでも、モデルと仮定の下での試算値であり、その解釈には慎重さが求められる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金 (20790426) の助成を受けた。

文 献

- 1) 厚生労働省エイズ動向委員会：平成 19 年エイズ発生動向年報 (平成 19 (2007) 年 1 月 1 日～12 月 31 日)。2008。
- 2) Kihara M, Ono-Kihara M, Feldman MD, Ichikawa S, Hashimoto S, Eboshida A, Yamamoto T, Kamakura M : HIV/AIDS surveillance in Japan, 1984–2000. JAIDS 32 (Suppl 1) : S55–S62, 2003.
- 3) Hashimoto S, Matsumoto T, Nagai M, Matsuyama Y, Nakamura Y, Umeda T, Kamakura M, Ichikawa S, Kimura S, Fukutomi K, Kihara M : Delays and continuation of hospital visits among HIV-infected persons and AIDS cases in Japan. J Epidemiol 10 : 65–70, 2000.
- 4) 谷原真一, 中村好一, 橋本修二 : エイズ診療拠点病院担当医師の HIV/AIDS 患者届出状況に関する調査一届出に影響を及ぼす因子の解析を含めて一。日本エイズ学会誌 5 : 27–32, 2003.
- 5) Matsuyama Y, Hashimoto S, Ichikawa S, Nakamura Y, Kidokoro T, Umeda T, Kamakura M, Kimura S, Fukutomi K, Ikeda C, Kihara M : Trends in HIV and AIDS based on HIV/AIDS surveillance data in Japan. Int J Epidemiol 28 : 1149–1155, 1999.
- 6) 橋本修二 : わが国の HIV 感染症/AIDS の動向。医療

- 59 : 641-646, 2005.
- 7) Hashimoto S, Kawado M, Murakami Y, Ichikawa S, Kimura H, Nakamura Y, Kihara M, Fukutomi K : Numbers of people with HIV/AIDS reported and not reported to surveillance in Japan. *J Epidemiol* 14 : 182-186, 2004.
- 8) 今井光信, 須藤弘二, 嶋貴子, 西澤雅子, 近藤真規子 : 日本の HIV 感染の Epidemiology と検査体制. *泌尿器外科* 16 : 156-162, 2003.
- 9) 橋本修二, 福富和夫, 市川誠一, 松山裕, 中村好一, 木原正博 : HIV 感染者数と AIDS 患者数の将来予測. *日本エイズ学会誌* 2 : 35-42, 2000.
- 10) 橋本修二, 福富和夫, 山口拓洋, 松山裕, 中村好一, 木村博和, 市川誠一, 木原正博 : HIV 感染者数と AIDS 患者数のシステム分析による中長期展望の試み. *日本エイズ学会誌* 4 : 8-16, 2002.
- 11) Chin J, Lwanga SK : Estimation and projection of adult AIDS cases : a simple epidemiological model. *Bull WHO* 69 : 399-406, 1991.
- 12) 橋本修二, 井上洋土, 川戸美由紀, 村上義孝, 木村博和, 市川誠一, 中村好一, 木原正博, 福富和夫 : HIV 感染からその自覚と医療施設の受診までの時間的遅れ. *日本エイズ学会誌* 7 : 31-36, 2005.
- 13) 橋本修二, 福富和夫, 森尾真介, 市川誠一, 山本尚子, 苗村光廣, 曾田研二 : HIV 感染者数と AIDS 患者数の将来推計. *日本公衆衛生雑誌* 40 : 926-933, 1993.
- 14) 山口拓洋, 橋本修二, 岡慎一, 吉崎和幸, 木村哲, 福武勝幸, 白阪琢磨 : 血液製剤による HIV 感染者の CD4 値, HIV-RNA 量と抗 HIV 治療の推移, および, それらの関連. *日本エイズ学会誌* 3 : 23-30, 2001.

Attempt at Short-term Prediction of the Numbers of HIV/AIDS Cases Reported and Not Reported to Surveillance in Japan

Shuji HASHIMOTO and Miyuki KAWADO

Department of Hygiene, Fujita Health University School of Medicine

Objective : We attempted to predict the number of HIV/AIDS cases reported and not reported to the surveillance in Japan until the end of 2012.

Method : Data from the HIV/AIDS surveillance in Japan until the end of 2007 were available. The number of reported HIV cases and AIDS cases who were initially reported as having AIDS without having been previously reported as HIV-infected (initially reported AIDS cases) until 2012 was predicted using an extrapolation method. The number of those and unreported HIV cases in 2008-2012 was predicted using a system model.

Results : The number of reported HIV cases and initially reported AIDS cases predicted using an extrapolation method increased from 969 in 2007 to 1,380 in 2012 and from 365 in 2007 to 560 in 2012, respectively. Under the assumption that the coverage of HIV cases reported to the surveillance in 2008-2012 was equal to that in 2007, the number of reported HIV cases and initially reported AIDS cases in 2012, and the prevalence of unreported HIV cases at the end of 2012 were predicted to be 1,420, 590 and 10,100 using a system model, respectively. Under the assumption that the coverage in 2008-2012 was 1.5 times higher than that in 2007, those were predicted to be 2,160, 440 and 6,700, respectively.

Conclusion : The predicted numbers of reported and unreported HIV cases and initially reported AIDS cases in Japan until 2012 were shown. Those would change greatly by the future coverage of HIV cases reported to the surveillance.

Key words : HIV, AIDS, surveillance, prediction