

原 著

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

橋本 修二¹⁾, 福富 和夫²⁾, 山口 拓洋¹⁾, 松山 裕³⁾
 中村 好一⁴⁾, 木村 博和⁵⁾, 市川 誠一⁶⁾, 木原 正博⁷⁾

¹⁾ 東京大学大学院医学系研究科健康科学・看護学専攻, ²⁾ 国立公衆衛生院特別研究員, ³⁾ 京都大学大学院医学研究科医療統計学, ⁴⁾ 自治医科大学公衆衛生学, ⁵⁾ 横浜市立大学医学部公衆衛生学, ⁶⁾ 神奈川県立衛生短期大学衛生技術科公衆衛生学研究室, ⁷⁾ 京都大学大学院医学研究科国際保健学

緒言: 性的接触による日本国籍の HIV 感染者数について, 今後の対策による効果をシナリオとして書き, システムモデルを用いて 2010 年末まで試算した。

対象及び方法: 1999 年末までのエイズ発生動向調査を基礎資料とした。2000 年以降のパラメータが不変の場合(基本ケース)と対策により変化を与えるシナリオ(対策ケース)を設定し, システムモデルに基づいて, 2010 年末までの HIV 時点有病数を算定した。対策ケースのシナリオは, ① 性行為の頻度が 5% 減, ② コンドーム使用割合が 50→55%, ③ 活発から不活発への移行率が 10%, ④ HIV 発見率が 20→30%, ⑤ 発見 HIV の性行為頻度が 20→10% とした。感度分析として, 初期状態とパラメータの変化による試算値への影響を評価した。

成績: 基本ケースにおける 2010 年末の HIV 時点有病数は, 異性間の男で 8,700 人, 異性間の女で 3,500 人, 同性間 35,000 人と試算された。対策ケース(①~⑤の全体)における 2010 年末の HIV 時点有病数は, 基本ケースに比べて, 異性間の男で 81%, 異性間の女で 77%, 同性間で 66% と試算された。感度分析では, 有病数の試算値はきわめて不安定であったが, その値の基本ケースに対する対策ケースの比は安定していた。

結論: シナリオの下で, 2010 年末までの日本国籍 HIV 時点有病数の試算値を示した。

キーワード: HIV, AIDS, 将来予測, システム分析

日本エイズ学会誌 4 : 8-16, 2002

はじめに

HIV/AIDS の将来予測の重要性はいうまでもない。将来予測にも 5 年程度先の近未来予測と 10 年あるいはそれ以上先のもの(以下, 中長期展望と呼ぶ)がある¹⁻³⁾。HIV/AIDS の近未来予測としては, 日本でもいくつかの研究が行われており^{2,4)}, 最新の予測では 2003 年末までの HIV 感染者数と AIDS 患者数が提示されている。中長期展望については, 方法面の検討が中心であり^{5,6)}, 日本での研究は少ない^{7,8)}。

近未来予測と中長期展望では, 基本的な考え方に大きな違いがある¹⁾。近未来であれば, 現在の状況が今後も変わらないという仮定が近似的に成り立つと考えることもできる^{2,4)}。一方, 中長期では, そのような仮定の成立を期待できず, むしろ, 対策などによる状況の変化が想定されるこ

とになる。

本研究では, 異性間と同性間の性的接触による日本国籍の HIV 感染者数と AIDS 患者数について, 今後の対策による効果をシナリオとして書き, システムモデルを用いて 2010 年末まで試算した。

資料と方法

1. 基礎資料

基礎資料として, エイズ発生動向調査の 1999 年末までの HIV 感染者の報告状況を用いた⁹⁾。国籍, 感染経路ごとに, 1985~1999 年までの HIV 感染者罹患数を, (HIV 感染者報告数)/(HIV 感染報告の捕捉率)で推計した。感染経路は異性間性的接触の男と女, 同性間性的接触の男(以下, それぞれ異性間の男, 異性間の女, 同性間と呼ぶ)とそれ以外の経路とした。HIV 感染報告の捕捉率は先行研究^{4,10)}に基づいて 1/5.1 と仮定した。なお, 感染経路不明の報告数は, 各感染経路の報告数に, 年次と性ごとに比例配分して加えた。また, 1995~1999 年における HIV 感染者報告の感染場所に基づいて, 日本国籍 HIV 感染者の海外感染割合を感染経路ごとに算定した。

著者連絡先: 橋本修二 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
 東京大学大学院医学系研究科健康科学・看護学専攻
 疫学・予防保健学)
 FAX : 03-3814-2779, E-mail : hasimoto@epistat.m.
 u-tokyo.ac.jp

2001 年 4 月 16 日受付 ; 2001 年 9 月 28 日受理

2. 中長期展望方法の概要

中長期展望の概要を示す。対象は日本国籍の異性間の男と女、同性間とした。異性間と同性間ごとに、1999年末の初期状態とパラメータを設定した。パラメータが2000年以降も不変というシナリオ（基本ケースと呼ぶ）について、中長期展望モデルに基づいて、2000～2010年末までのHIV時点有病数とAIDS累積数を算定した。なお、HIV時点有病数とはAIDS未発病のHIV感染者数、AIDS累積数とはある時点までのAIDS患者の累積数を指す。対策による2000年以降のパラメータの変化をシナリオとして書き（対策ケースと呼ぶ）、基本ケースのHIV時点有病数とAIDS累積数に対する低下率を算定した。また、感度分析として、初期状態とパラメータを変化させて、これらの算定値への影響を評価した。以下、中長期展望モデル、初期状態とパラメータの設定、算定方法と感度分析の詳細を示す。

3. 中長期展望モデル

中長期展望モデルの構造を図1に示す。このシステムモデルの状態はHIVの未感染者（「非HIV」と呼ぶ）からはじまり、HIV検査で未発見のHIV感染者（「未発見HIV」）、発見されたHIV感染者（「発見HIV」）を経て、AIDS患者（「AIDS」）とした。図2に、異性間におけるモデルのHIV感染部分の構造を示す。異性間では、非HIVの男は未発見・発見HIVの女との危険な性行為（コンドームなしの性行為と規定）により、未発見HIVの男への移行（感染）が生じ、非HIVの女は未発見・発見HIVの男との危険な性行為により未発見HIVの女への移行が生ずるとした。同性間では、非HIVは未発見・発見HIVとの危険な性行為により未発見HIVへの移行が生ずるとした。また、異性間、同性間ともに、非HIVは国内または海外での外国国籍のHIV感染者との危険な性行為により未発見HIVへの移行が生ずるとした。非HIV、未発見HIVと発見HIVはそれぞれ性的に活発と不活発の2群に分け、

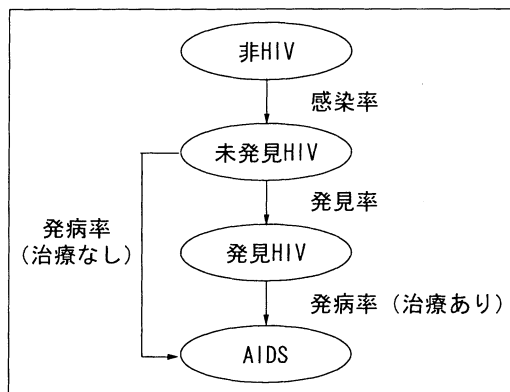


図1 中長期展望モデルの全体構造

また、未発見HIVと発見HIVは感染からの経過年数で分けた。活発者とは不特定多数との性行為の多い者（性行為の頻度が多い、外国国籍者との性行為あり）とし、不活発者とは不特定多数との性行為の少ない者（性行為の頻度が少ない、外国国籍者との性行為なし）と規定した。

非HIVから未発見HIVへの移行は、「性行為の頻度」、「コンドーム使用割合」、「感染確率」と「発見HIVの性行為低下率」のパラメータで規定した。ここで、感染確率とは、非HIVとHIVの間におけるコンドーム未使用の性行為1回あたりのHIV感染確率を指す。性行為の頻度は活発者の間、不活発者の間および活発者と不活発者の間で異なるとした。非HIVと未発見HIVでは性行為の頻度は同じと仮定し、発見HIVの性行為の頻度は発見HIVの性行為低下率の分だけ低下するとした。非HIV（日本国籍）が国内または海外で外国国籍のHIV感染者を相手とする性行為の頻度は、日本国籍の活発者との間のそれと同じと仮定した。また、コンドーム使用割合と感染確率はこれらの場合ですべて同じと仮定した。

未発見HIVから発見HIVへの移行は、感染経過年数別の「HIV発見率」で規定した。各感染経過年数のHIV発見率は、全体のHIV発見率を与えた上で、感染から5年間で全体の3/4、5年以降で全体の1/4が発見され、各々の期間では1年あたりの発見率が一定と仮定して計算した。未発見HIVからAIDSへの移行は、感染経過年数別の「発病率（治療なし）」、発見HIVからAIDSへの移行は「発病率（治療なし）」と「発病率の治療による低下」の積で規定した。また、非HIV、未発見HIVと発見HIVにおける活発から不活発への移行は「活発・不活発の移行率」で規定した。

4. 初期状態の設定

表1に、モデルの初期状態と関連指標を示す。集団全体としては、性的な活動性から15～59歳を想定し、異性間の男と女の人数は同年齢の人口からそれぞれ4,000万人、同性間は50万人と仮定した。その中の活発者は異性間の男では100万人、異性間の女では50万人、同性間では10万人と仮定した。1994年末の各状態の人数を、1985～1994年

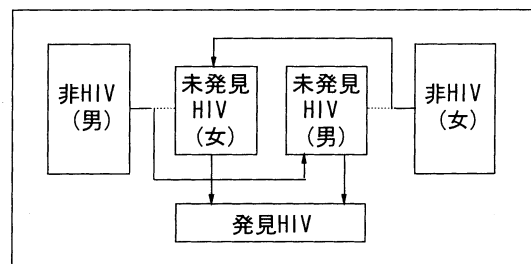


図2 中長期展望モデルの感染部分の構造（異性間）

表 1 モデルの初期状態と関連する指標

	異性間		同性間	
	男	女		
全集団	活発者数	100 万人	50 万人	10 万人
	不活発者数	3,900 万人	3,950 万人	40 万人
	計	4,000 万人	4,000 万人	50 万人
HIV 感染者罹患数 (1995~1999 年)	2,600 人	830 人	3,410 人	
国内の外国国籍 HIV 感染者数	150 人	350 人	80 人	
日本国籍 HIV 感染者の海外感染割合	23%	14%	3%	

表 2 基本ケースのパラメータ

		異性間	同性間
性行為の頻度 : 活発 (回/年)	相手が活発	64.8	137.1
	相手が不活発	6.5	13.7
	相手が活発	2.4	—
	相手が不活発	32.4	68.6
コンドーム使用割合 :		50 %	50 %
活発・不活発の移行率 :		0 %	0 %
HIV 発見率 :		20 %	20 %
発見 HIV の性行為低下率 :		20 %	20 %
感染確率 :		0.3%	0.5%
発病率 (治療なし) :		累積発病率が 5 年で 15%, 10 年で 50%, 20 年で 90%	
発病率の治療による低下 :		50%	50%

異性間の値は男女で共通 (性行為の頻度は男の値)

の HIV 感染者罹患数の推計値, HIV 発見率と発病率 (治療なし) から設定した。HIV 感染者の活発者割合は 80% と仮定した。1999 年末の各状態の人数は, 1994 年末の各状態, 後述のパラメータとモデルを用いて設定した。

非 HIV (日本国籍) が国内で性行為の相手とする外国国籍の HIV 感染者数は, 1995~1999 年で一定という仮定の下で, 外国国籍の HIV 感染者罹患数推計値の平均とした。非 HIV (日本国籍) が外国で性行為の相手とする外国国籍の HIV 感染者数は, 1995~1999 年におけるモデルに基づく日本国籍 HIV 感染者罹患患者での海外感染割合が, エイズ発生動向調査のそれに一致するように設定した。非 HIV (日本国籍) が国内または外国で相手とする外国国籍の非 HIV 感染者数は, HIV 感染者の有病率を 3% と仮定して, 外国国籍の HIV 感染者数から算定した。これらの外国国籍の非 HIV 感染者数と HIV 感染者数は 2000 年以降も一定と仮定した。

5. パラメータの設定

表 2 に, 基本ケースのパラメータの概要を示す。基本ケースは, 1995~1999 年のパラメータがその後も不変と想定したシナリオである。1995~1999 年のパラメータは, 期間内で一定 (発病率の治療による低下は 1995~1997 年でなし, 1998 年以降一定) と仮定したものである。パラメータ設定については, 以下に概要を示し, 詳しくは後で考察する。

感染確率は先行研究^{11,12)}を参考にして異性間 0.3%, 同性間 0.5% とした。全国¹³⁾, 男性同性愛者¹⁴⁾, 受療中の HIV 感染者¹⁵⁾の各性行動調査結果を参考にして, コンドーム使用割合は 50%, 活発・不活発の移行率は 0%, 発見 HIV の性行為低下率は 20% とした。HIV 発見率は 20%, 発病率 (治療なし) は累積発病率が 5 年で 15%, 10 年で 50% などとし, 発病率の治療による低下率は 50% としたが, いずれも最新の近未来予測⁴⁾で使用された値である。

性行為の頻度は同様の性行動調査結果を参考とすると

表 3 対策ケースのシナリオ

① 性行為の頻度	5% 減	: キャンペーン効果
2000~2004 年は 1% 減/年, その後は一定		
② コンドーム使用割合	50→55%	: キャンペーン効果
2000~2004 年は 1% 増/年, その後は一定		
③ 活発から不活発への移行率	10%	: キャンペーン効果
2000~2004 年は 2% 減/年, その後はなし		
④ HIV 発見率	20→30%	: 検査体制の整備などの効果
2000~2004 年は 2% 増/年, その後は一定		
⑤ 発見 HIV の性行為頻度	20→10%	: カウンセリング効果
2000~2004 年は 2% 減/年, その後は一定		

もに、モデルに基づく 1995~1999 年の HIV 感染者罹患数がエイズ発生動向調査に基づく推計値に一致するように調整した。異性間では、男の活発者 1 人あたりの頻度は女の活発者と 64.8 回/年、女の不活発者と 6.5 回/年とし、男の不活発者の 1 人あたり頻度は女の活発者と 2.4 回/年、女の不活発者と 32.4 回/年とした。同性間では、活発者 1 人あたりの頻度は活発者と 137.1 回/年、不活発者と 13.7 回/年とし、不活発者 1 人あたりの頻度は不活発者と 68.6 回/年とした。なお、異性間における女の性行為の頻度は、男の性行為の頻度と男の人数から得られる性行為の総回数および女の人数から計算し、同性間における不活発者が活発者を相手とする場合の性行為の頻度は両者の性行為の総回数と人数から計算した。

表 3 に、対策ケースのシナリオを示す。2000 年以降に、キャンペーン、検査体制の整備、カウンセリングなどの対策により、「① 性行為の頻度が 5% 減」、「② コンドーム使用割合が 50→55%」、「③ 活発から不活発への移行率が 10%」、「④ HIV 発見率が 20→30%」、「⑤ 発見 HIV の性行為頻度が 20→10%」と設定した。対策ケースとしては、①~⑤ のそれぞれの場合、および、すべてが組み合わされた場合の 6 つとした。なお、それ以外のパラメータは基本ケースと同じと設定した。

6. 算定方法と感度分析

基本ケースについて、モデルとパラメータに基づいて、1999 年末の初期状態から 2010 年までの各年の状態を求め、HIV 時点有病数と AIDS 累積数を算定した。その際、毎年、集団 (15~59 歳) の 1/45 が 60 歳以上となると想定し、各状態の 1/45 が性行為を行わなくなり (状態の人数は減少しない)、また、集団の 1/45 の人数が新たに非 HIV に加わるものと仮定した。対策ケースについては、基本ケースと同様に、2010 年末までの HIV 時点有病数と AIDS 累積数を求め、基本ケースに対する比を算定した。

感度分析では、初期状態・パラメータを変化させて、HIV 時点有病数と AIDS 累積数について、基本ケースの 2010 年末の値への影響、基本ケースに対する対策ケースの比への影響を評価した。初期状態の変化としては、異性間では、男の活発者を 100→120 万人、女の活発者を 50→60 万人、HIV 感染者の活発者割合を 80→90% とした。同性間では、集団全体を 50→60 万人、活発者を 10→12 万人、HIV 感染者の活発者割合を 80→90% とした。また、異性間、同性間ともに、パラメータ設定に用いた 1995~1999 年の HIV 感染者罹患数推計値を 1.1 倍に増加させ、それに対応するようにパラメータ (性行為の頻度) を調整した。

結 果

1. 基本ケース

図 3 に、基本ケースにおける HIV 時点有病数の推移を示す。なお、1999 年末までの推移は、パラメータの調整により、エイズ発生動向調査に基づく推移に一致させている。HIV 時点有病数はいずれの感染経路も急激に増加し、とくに同性間で増加が著しかった。2010 年末の HIV 時点有病数は異性間の男 8,700 人 (1999 年末の 2.6 倍)、異性間の女 3,500 人 (同, 2.9 倍)、同性間 35,000 人 (同, 8.4 倍) であった。2010 年末の AIDS 累積数は異性間の男 4,100 人 (1999 年末の 8.8 倍)、異性間の女 1,600 人 (同, 7.3 倍)、同性間 7,500 人 (同, 14.1 倍) であった (図示していない)。

2. 対策ケース

図 4 に、対策ケースにおける 2010 年末の HIV 時点有病数の基本ケースに対する比を示す。異性間の男では、この比は「① 性行為の頻度が 5% 減」で 94%、「② コンドーム使用割合が 50→55%」で 89%、「③ 活発から不活発への移行率が 10%」で 99%、「④ HIV 発見率が 20→30%」で 98%、「⑤ 発見 HIV の性行為頻度が 20→10%」で 99% で

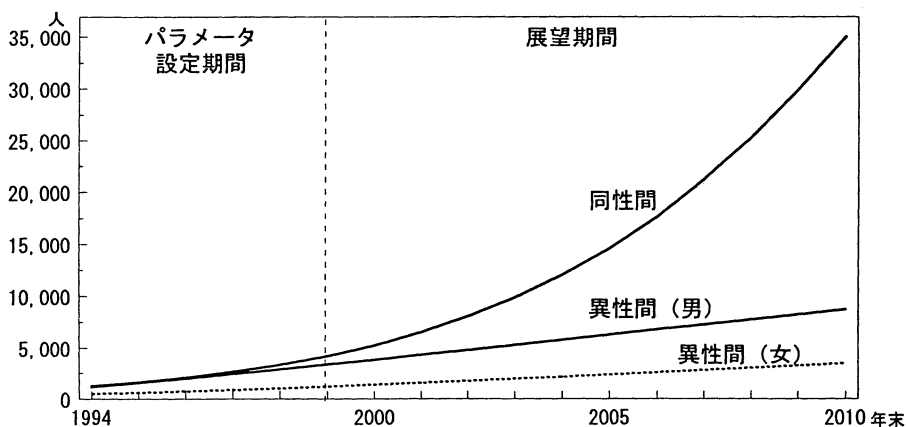


図 3 基本ケースにおける HIV 時点有病数の推移

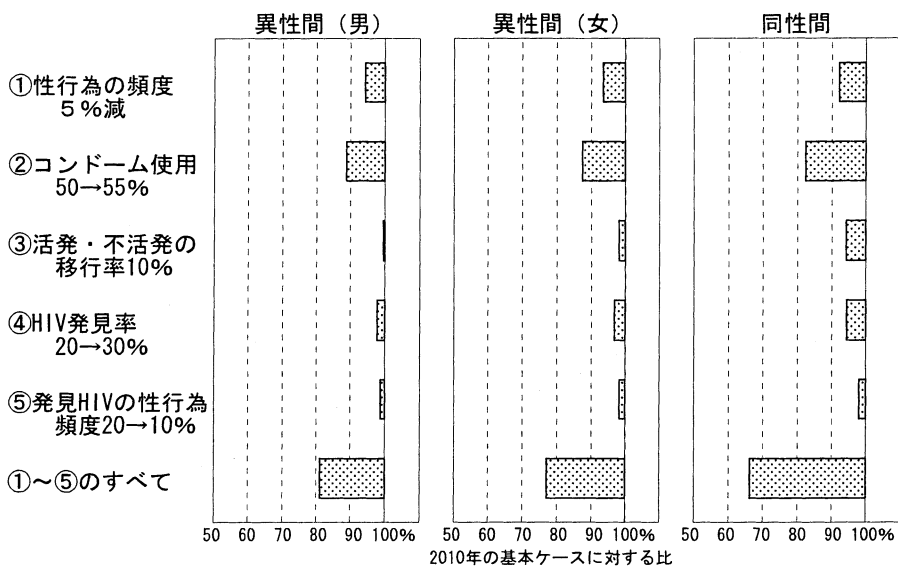


図 4 対策ケースにおける 2010 年末の HIV 時点有病数の基本ケースに対する比

あり、①～⑤の全体で81%であった。異性間の女では①94%、②87%、③98%、④97%、⑤98%、①～⑤の全体で77%であった。同性間では①92%、②82%、③94%、④94%、⑤98%、①～⑤の全体で66%であった。

対策ケースにおける2010年末のAIDS累積数の基本ケースに対する比は、HIV時点有病数での低下よりも小さかった(図示していない)。異性間の男では①～⑤の各々で97～100%、全体で93%であった。異性間の女では①～⑤の各々で97～100%、全体で92%であった。同性間では①～⑤の各々で94～99%、全体で86%であった。

3. 感度分析

表4に、基本ケースにおける2010年末のHIV時点有病数の感度分析結果を示す。異性間の男では、2010年末のHIV時点有病数は、初期状態の活発者の男を100→120万

人に変更すると1.14倍、活発者の女を50→60万人に変更すると0.80倍、HIVの活発者割合を80→90%に変更すると1.04倍となり、1995～1999年のHIV感染者罹患数を1.1倍に増加すると1.26倍となった。異性間の女では、それぞれの変更により1.11倍、0.86倍、1.04倍、1.29倍となった。同性間では、2010年末のHIV時点有病数は、初期状態の集団全体を50→60万人に変更すると1.06倍、活発者を10→12万人に変更すると1.06倍、HIVの活発者割合を80→90%に変更すると1.06倍となり、1995～1999年のHIV感染者罹患数を1.1倍に増加すると1.30倍となった。

対策ケースにおける2010年末のHIV時点有病数の基本ケースに対する比は、異性間の男と女、同性間ともに、これらの変更により、①～⑤の各々および全体で0.98～1.01倍の範囲内であった(表に示していない)。なお、AIDS累

表 4 基本ケースにおける 2010 年末の HIV 時点有病数の感度分析結果

	異性間		同性間
	男	女	
初期状態の活発者の男 100→120 万人	1.14倍	1.11	—
初期状態の活発者の女 50→60 万人	0.80	0.86	—
初期状態の集団全体 50→60 万人	—	—	1.06
初期状態の活発者 10→12 万人	—	—	1.06
初期状態 HIV の活発者割合 80→90%	1.04	1.04	1.06
1995～1999 年の HIV 感染者罹患数 1.1 倍	1.26	1.29	1.30

変化前に対する比

積数においても、HIV 時点有病数と同様に、基本ケースの 2010 年の人数は上記の変更により大きく変化した。一方で、対策ケースの基本ケースに対する比はほとんど変化しなかった。

考 察

1. 中長期展望の基本的考え方

中長期展望方法の基礎となった基本的な考え方の概要を述べる。一般に、将来予測はデータ、モデルとそのパラメータで規定される。近い先の予測はデータの依存性が大きいことから、信頼できるデータを限定して用い、モデルを単純化することが重要と考えられる¹⁾。パラメータが不変という仮定に基づいて、外挿法による予測がよく用いられ^{2,4)}、データの変動に基づく信頼区間の算定も行われる⁴⁾。一方、遠い先の予測はモデルの依存性が大きいことから^{5,6)}、モデルには現実を模した構造化が求められ、システムモデルが基礎となると考える。パラメータが不変という条件の成立は期待できず、むしろ、対策によるパラメータの変化をシナリオとして設定することになる。中長期の HIV 時点有病数などの絶対値にはあまり確実性を期待できないことから、シナリオ間の絶対値の差による対策の影響評価が予測のねらいの中心となろう。また、予測値の安定性はパラメータの不確実性を考慮した感度分析により吟味されることになる。

2. 中長期展望モデル

本モデルの構造としては、感染から発病に至る HIV/AIDS の自然史に基づき、その流れの中に HIV 検査による「発見」を加えた。発見 HIV には、抗 HIV 治療による AIDS 発病率の低下、カウンセリングによる危険な性行為の低下が想定される。本モデルでは、HIV の根治薬や有効なワクチンなどを考慮しなかった。これは、それらの開発・普及がそれほど早く進むとは考えにくいためであり¹⁶⁾、見通しがある程度立った段階で、構造の中に組み込

むことは可能である。

本モデル構造には現実の性行動とは大きく異なる点がある。現実の性行動を考えると、多くの小集団（たとえば 2 人）があり、集団内では性行為が頻回であるが、集団外ではさほど頻回でないという構造が想定される。たとえば、ある HIV 感染者は特定のパートナー 1 人との性行為が頻回であるとする、そのパートナーを感染させた後の性行為は、ほとんど HIV 感染者同士の間ゆえ新たな感染に寄与しないことになる。本モデルでは活発と不活発の 2 群に分けただけで、そのような性行動の構造までは考慮していない。これは、モデルが複雑になり過ぎてパラメータの設定ができないためである。HIV 感染者の有病割合が十分低ければ、HIV 感染者同士の性行為の総回数が小さいことから、上記の性行動構造を考慮しないことに伴う本モデルの過大評価は大きくないであろうが、HIV 感染者の有病割合の上昇とともに過大評価が大きくなると考えられる。

3. 初期状態とパラメータの設定

1999 年末の初期状態は、1985～1999 年のエイズ発生动向調査に基づいて設定した。主な仮定は、異性間では活発者の人数、同性間では集団全体と活発者の人数であり、いずれも感度分析で取り上げた。また、外国国籍の HIV 感染者数については、国内はエイズ発生动向調査によって推計し、非 HIV（日本国籍）が外国で相手とする人数は、モデルに基づく海外感染割合がエイズ発生动向調査のそれと一致するように設定した。なお、エイズ発生动向調査にも届出などの問題があるものの^{4,10,17,18)}、現在、これ以外に将来予測の基礎となる情報は見あたらない。

パラメータは文献を参考にしたもの、その不確実性はきわめて大きい。感染確率を異性間 0.3%、同性間 0.5% と仮定したのは、感染確率が 0.1～1%、同性間で異性間よりも高いという報告^{11,12)}を参考にしたものである。異性間のコンドーム使用割合を 50% と仮定したのは、全国の性行動調査¹³⁾によると、膈性交時にコンドームをあまり使用しなかった者が 50% 前後であったこと、および、決まった相

手、不定期の相手ともその割合が大差なかったことを参考にしたものである。同性間のコンドーム使用割合も50%と仮定したが、これは、イベント・サークルに参加した男性同性愛者における肛門性交時のコンドーム使用割合60%程度という報告¹⁴⁾を参考に、対象者の偏りを考慮して、それよりもやや低めに設定したものである。

不活発者の間の性行為の頻度は、異性間の男32.4回/年、同性間68.6回/年と仮定した。異性間では、全国の性行動調査¹³⁾による回答分布から換算した平均回数約30回/年を参考にしたものである。同性間では、イベント・サークルに参加した男性同性愛者において性行為を目的とする施設を比較的多く利用したと回答した割合が30%余りであることを考慮して¹⁴⁾、異性間よりも頻度を多くしたものである。活発者の性行為の頻度は不活発者の2倍と仮定したが、これは活発者の規定に関係し、活発者の人数とのバランスに依存する。前述の通り、性行為の頻度は、モデルに基づく1995～1999年のHIV感染者罹患数がエイズ発生動向調査に基づく推計値に一致するように調整した。本モデルのHIV罹患率は、性行為の頻度、コンドーム使用割合と感染確率の積に依存することから、性行為の頻度の調整は、この3者の積を調整したことに相当する。したがって、この3つのパラメータの不確実性は、この調整によってある程度軽減できたものと考えられる。

発見HIVの性行為低下率は元の性行為の頻度の20%と設定したが、これは、受療中のHIV感染者における性行動に変化あり(性行動をしない、コンドームを常に使用など)が約80%という調査結果¹⁵⁾を参考にしたものである。また、HIV発見率、発病率(治療なし)と発病率の治療による低下はいずれも最新の近未来予測⁴⁾で使用された値を用いたが、それぞれ文献10)と11)、文献2,3)、文献19-21)を参考にしたものである。

基本ケースとして、2000～2010年のすべてのパラメータが不変というシナリオを画いた。これは、今後の対策などの効果が全く生じないというものであり、ある意味では、最悪のシナリオとも考えられる。一方、対策効果としては、①性行為の頻度5%減、②コンドーム使用割合50→55%、③活発から不活発への移行率10%、④HIV発見率20→30%、⑤発見HIVの性行為頻度20→10%とした。これらは、いずれも、今後の対策で期待し得るシナリオである。この内、①～③は米国における最近の性行動の推移を参考に²²⁾、実現可能性を考慮した。これらのシナリオについては、今後の対策目標が設定されれば、それに応じて変更することも必要となろう。

4. 中長期展望結果

HIV時点有病数とAIDS累積数について、基本ケースを2010年末まで試算した。中長期展望の基本的考え方で示し

た通り、これらの絶対値を目標とすることは無理で、実際、感度分析でもきわめて不安定であることが示された。したがって、これらは1つの試算値に過ぎず、きわめて大きな不確実性があることを強調しておく。なお、異性間の感度分析において、HIV時点有病数は、初期状態における男の活発者の増加で増加したのに対し、女の活発者の増加で減少した。これは、男の性行為の頻度を与え、女のそれを男女の性行為の総量から計算したために、女の活発者(HIV有病率が高い)の1人あたり性行為の頻度は男の活発者の増加では上昇し、女の活発者の増加では逆に低下するためである。

同性間では、異性間に比べてHIV時点有病数の増加が著しかった。これは、エイズ発生動向調査における1995～1999年のHIV感染者報告数の増加が同性間で大きかったことを反映している⁹⁾。また、エイズ発生動向調査によると、国内の外国国籍のHIV感染者数は、同性間では異性間よりもかなり少なく、しかも、日本国籍HIV感染者の海外感染割合も同性間では異性間よりもきわめて小さかった。これらは、本中長期展望には以下のように反映された。すなわち、危険な性行為の全体から生ずる新たなHIV感染者の中で、同性間では、そのほとんどが日本国籍者として新たな感染源に追加されることから、HIV/AIDSの増加が大きくなった。一方、異性間では、新たな感染者の中には一定の外国国籍者が含まれ、この多くが国外へ出国して感染源には追加されないことから、HIV/AIDSの増加が比較的小さくなった。

中長期展望のシステム分析は、対策の影響評価に焦点がある。5つの対策効果シナリオの各々においては、2010年末のHIV時点有病数の基本ケースに対する比が、異性間の男で89～99%、異性間の女で87～98%、同性間で82～98%であり、5つの全体では、異性間の男で81%、異性間の女で77%、同性間で66%となった。また、これらの値は、感度分析により、かなり安定していることも示された。モデルやパラメータの不確実性を考慮に入れても、この対策効果影響の試算値は、今後の対策の立案や推進上、重要な参考資料になるといえよう。

謝辞：本研究は平成12年度厚生科学研究費補助金(エイズ対策研究事業)による「HIV感染症の動向と予防介入に関する社会疫学的研究班」の研究の一環として実施した。

文 献

- 1) 橋本修二, 福富和夫, 大村外志隆, 濃沼信夫: 患者調査に基づく傷病量の推計. 厚生指針 36 (7): 16-21, 1989.
- 2) 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.
- 3) Chin J, Lwanga SK : Estimation and projection of adult AIDS cases : a simple epidemiological model. Bull WHO 69 : 399-406, 1991.
- 4) 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.
- 5) Anderson RM, Medley GF, May RM, Johnson AM : A preliminary study of the transmission dynamics of the human immunodeficiency virus (HIV), the causative agent of AIDS. IMA J Math Appl Med Biol 3 : 229-263, 1986.
- 6) United Nations, World Health Organization ed. : The AIDS Epidemic and its Demographic Consequences. UN Pub, New York, 1991.
- 7) 森尾眞介, 曾田研二, 橋本修二, 福富和夫, 中山英明: 男性同性愛者間の AIDS 流行に対する対策へのシステム分析的検討. 日本衛生学雑誌 46 : 965-975, 1991.
- 8) Morio S, Soda K, Hashimoto S, Fukutomi K, Ichikawa S, Kamakura M, Nakayama H : Simulation of the heterosexual HIV/AIDS epidemic in Japan by a fuzzy mathematical model. Yonago Acta Medica 39 : 83-98, 1996.
- 9) 厚生省エイズ動向委員会: 平成 11 年エイズ発生動向年報. 厚生省, 2000.
- 10) 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.
- 11) Vernazza PL, Eron JJ, Fiscus SA, Cohen MS : Sexual transmission of HIV : infectiousness and prevention. AIDS 13 : 155-166, 1999.
- 12) Holmberg SD, Horsburgh CR, Ward JW : Biological Factors in the sexual transmission of human immunodeficiency virus. J Infect Dis 160 : 116-125, 1989.
- 13) 木原正博, 木原雅子, 内野英幸, 石塚智一, 尾崎米厚, 島崎継雄, 杉森伸吾, 土田昭司, 中畝菜穂子, 簗輪眞澄, 山本太郎: 日本人の HIV/STD 関連知識, 性行動, 性意識についての全国調査. 平成 11 年度厚生科学研究費補助金 (エイズ対策研究事業) HIV 感染症の疫学研究報告書 HIV 感染症の疫学研究, 東京, p 565-p 583, 2000.
- 14) 風間孝, 河口和也, 菅原智雄, 市川誠一, 木原正博: 男性同性愛者の HIV/エイズについての知識・性行動と社会・文化的要因に関する研究 (第一報). 日本エイズ学会誌 2 : 13-21, 2000.
- 15) 松田重三, 伊藤章, 高松純樹, 松本孝夫, 大西健児, 角田隆文, 河合伸, 倉根修二, 藤田明: HIV 感染者/エイズ患者の行動疫学的研究. 平成 10 年度厚生科学研究費補助金 (エイズ対策研究事業) HIV 感染症の疫学研究報告書 HIV 感染症の疫学研究, 東京, p 164-p 170, 1999.
- 16) 中村好一, 松山裕, 城所敏英, 梅田珠実, 岡慎一, 木村博和, 鎌倉光宏, 市川誠一, 橋本修二, 福富和夫, 木村哲, 木原正博: デルファイ法による調査結果からみた HIV 感染/AIDS 疫学像. 日本エイズ学会誌 2 : 127-133, 2000.
- 17) 橋本修二, 福富和夫, 市川誠一, 森尾眞介, 新村和哉, 曾田研二: HIV 感染者数と AIDS 患者数の推移とその検討—1994 年までのエイズサーベイランス報告に基づく—. 日本公衆衛生雑誌 42 : 1091-1098, 1995.
- 18) 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.
- 19) Hammer SM, Squires KE, Hughes MD, Grimes JM, Demeter LM, Currier JS, Eron JJ, Feiberg JE, Balfour HH, Deyton LR, Chodakewitz JA, Fischl MA : A controlled trial of two nucleoside analogues plus didanosine in persons with human immunodeficiency virus infection and CD4 cell counts of 200 per cubic millimeter or less. N Engl J Med 337 : 725-733, 1997.
- 20) Hogg RS, Heath KV, Yip B, Craib KJP, O'Shaughnessy MV, Schechter MT, Montaner JSG : Improved survival among HIV-infected individuals following initiation of antiretroviral therapy. JAMA 279 : 450-454, 1998.
- 21) Cameron DW, Heath-Chiozzi M, Danner S, Cohen C, Kravcik S, Maurath C, Sun E, Henry D, Rode R, Potthoff A, Leonard J : Randomised placebo-controlled trial of zidovudine in advanced HIV-1 disease. Lancet 351 : 543-549, 1998.
- 22) CDC : Trends in sexual risk behaviors among high school students—United States, 1991-1997. MMWR 36 : 749-752, 1998.

Attempt at Long-term Prediction of the Numbers of HIV-infected Persons and AIDS Cases in Japan Using System Analysis

Shuji HASHIMOTO¹⁾, Kazuo FUKUTOMI²⁾, Takuhiro YAMAGUCHI¹⁾,
Yutaka MATSUYAMA³⁾, Yosikazu NAKAMURA⁴⁾, Hirokazu KIMURA⁵⁾,
Seiichi ICHIKAWA⁶⁾ and Masahiro KIHARA⁷⁾

¹⁾ School of Health Sciences and Nursing, University of Tokyo

²⁾ National Institute of Public Health

³⁾ Department of Biostatistics, Kyoto University School of Public Health

⁴⁾ Department of Public Health, Jichi Medical School

⁵⁾ Department of Public Health, Yokohama City University School of Medicine

⁶⁾ Faculty of Hygienic Sciences, Kanagawa Prefectural College of Nursing and Medical Technology

⁷⁾ Department of Global Health and Socio-Epidemiology, Kyoto University School of Public Health

Objective : A prediction of the number of HIV-infected persons through sexual contacts in Japan until the end of 2010 was attempted under the scenarios of future parameters using a system model.

Material and Methods : HIV/AIDS surveillance reports until 1999 in Japan were available. A system model was based on one of two scenarios : one is that the parameters after 2000 in the system model will be constant (basic scenario), and the other is that those will be changed due to countermeasures against HIV/AIDS (countermeasure scenario). In the countermeasure scenario, the frequency of sexual contacts will decrease by 5 percent, condom use will increase from 50% to 55%, 10% of sexually active persons will be non-active, detection rate of HIV infection will increase from 20% to 30%, and, the decrease in the rate of sexual contact due to the diagnosis of HIV infection will be from 20% to 10%.

Results : Under the basic scenario, the prevalence of Japanese HIV-infected persons at the end of 2010 was predicted to be 8,700 among males and 3,500 among females through heterosexual contacts, and 35,000 through homosexual contacts. The ratio of the prevalence under the countermeasure scenario to under the basic scenario was 81% among males and 77% among females through heterosexual contacts, and 66% through homosexual contacts. The sensitivity analysis showed that the prevalence under the basic scenario was unstable, and that the ratio of the prevalence under the countermeasure scenario to under the basic scenario was stable.

Conclusion : The predicted prevalence of Japanese HIV-infected persons through sexual contacts at the end of 2010 under the scenarios was shown.

Key words : HIV, AIDS, future prediction, system analysis