

【はじめに】

がんの罹患状況は人口構成や社会環境の変化に応じて変わります。かつては罹患者が最も多く、日本人のがんの代表的存在だった胃がんが近年、漸減しています（全国がん罹患モニタリング集計より）。男女合わせて死亡数の最も多い肺がんですが、昭和の終わりごろから顕著になった若い男性の喫煙率の減少もあって、現在、50歳未満の男性では検診で発見される肺がんが減少しています（日本対がん協会・がん検診年次報告より）。

日本のがん検診（住民検診）は、胃、肺、大腸、乳、子宮頸の5つのがんについて、一定年齢以上を対象に、1年に1回（肺、大腸）、2年に1回（乳、子宮頸、胃＝内視鏡検査・X線検査は当分の間1年に1回でも可）実施するのを基本としています（厚生労働省「がん予防重点健康教育及びがん検診実施のための指針」）。

財源が限られた中で、罹患状況や社会状況の変化に応じて、がん検診を効果的・効率的に行うには、どのような形がふさわしいか、また受診率を向上させるにはどのような働きかけが効果的なのか。検診機関は検診の実施主体である市区町村や保険者や事業者等とともに検討していく必要があります。

日本対がん協会グループでは、全国の道府県で提携関係を結ぶ支部のうち42支部が検診にかかわっています。年間の受診者は延べ1100万人で、1万3千人のがんを発見しています（日本対がん協会・がん検診年次報告2017年度版）。

この度、日本アイ・ビー・エム株式会社（以下、日本IBM）社会貢献活動の一環として、ヘルスケア・アナリティクスに従事する社員の方に無償で同社のノウハウを提供していただき、がん検診年次報告や内部資料を基に、がん検診データの分析を「試行」しました。また、公表されている他の統計資料と照らし合わせ、効率的な受診勧奨を考えるための基礎データをとりまとめました。がん検診のあり方を考える参考となれば幸いです。

御礼

この報告書のとりまとめにあたり、日本IBMの皆様にご多大なご支援をいただきました。日本対がん協会が各支部の協力でまとめたがん検診年次報告等の資料を読み解き、分析していただいた皆様にはその分析の方向性を示唆していただいたほか、他の統計資料の収集・照合等も実施していただきました。

深く感謝申し上げます。

《お断り》 報告書にまとめたのは、各支部のがん検診データに加えて、各種の統計情報等、既存のデータを分析することでどのようなことが浮かび上がるかを「模索」した内容です。科学的にデザインした前向きな調査で得られたものではありません。

【概要】

■ 目的

- ① 効果的で効率的ながん検診のあり方の提言・推進
- ② がん検診料金に基づきがん発見に関するアウトカムを最大化する予算配分の提言

■ 対象：日本対がん協会グループの 12 支部の受診者数、検診費用、発見がん数

- ・ 12 支部は、地域性などに配慮しつつ任意に選定
- ・ 受診者数等はがん検診年次報告（2017 年度版）、内部資料（運営資料集）より

■ 方法：AsIs 分析（1 人のがん発見あたりにかかるコスト等の分析）

ToBe 分析（遺伝的アルゴリズム等を用いた「あるべき姿」の模索）

打ち手の検討（各地における平均労働時間、15 歳未満の子ども数、喫煙率、平均収入等による受診状況の比較＝効果的な受診勧奨のためのデータ抽出）

限られた予算の中でより効果的・効率的ながん検診をどのように進めるかは、常に考えていかなければならないことです。対がん協会の資料を用いて検討してみよう——これが今回、日本 IBM の皆様との取り組みのスタート点でした。

まず現状の課題を、「がん検診予算の配分が適切か」「がんの発症が一般的に高齢者に多いことから、検診の目的である死亡率減少、すなわち寿命の伸長に結び付いているか」と設定。「がん検診の種類によって、予算を傾斜配分した場合に発見数がどう変化するか」という仮説を設けて分析を進めました。

また目的を「効果的で効率的ながん検診のあり方についての提言・推進」と「がん発見に関するアウトカムを最大化する予算配分の提言」に置きました。

分析の全体像は図 1 の通りです。

A：AsIs 分析、B：ToBe 分析、C：打ち手の検討の 3 つを実施しました。

C：打ち手の検討については、他の統計データも用いて分析しました。

	A : AsIs分析	B : ToBe分析	C : 打ち手の検討
問題提起	がん検診の費用はどの領域にいくら使われているのか？	もし無駄が改善された場合、どのような結果が出るのか？	無駄を削減するために、何をすれば良いのか？
分析内容	現状可視化	遺伝的アルゴリズムによる費用最適化シミュレーション	GLMによる検診理由分析
結果	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 検診区別がん発見あたり費用は、①低コスト群②高コスト群③低発見数に分類できる。 ✓ ②高コスト群は、がん発症に対し検診受診者人数が多いことが原因であると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 検診区分間の費用分配を最適化することで、がん発見人数を増加させることができる見込み。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 受診者数を増やすには、育児率や高齢化率といった指標に配慮する必要がある可能性がある。

4

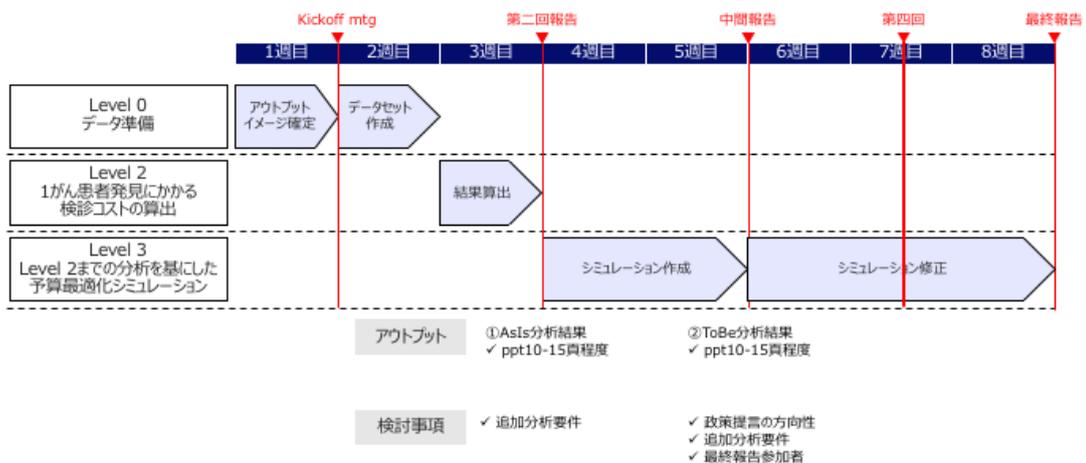
© 2018 IBM Corporation

図 1:分析の全体像

今回の分析のスケジュールを図 2 に示しました。

この報告書は、図 2 の「最終報告」を基に、日本対がん協会、日本 IBM それぞれの担当者がディカッションしてまとめています。

分析要件の確認 プロジェクトスケジュール



5

© 2018 IBM Corporation

図 2:プロジェクトスケジュール

【結果】

A : AsIs 分析

図3に示すように、まず、がん検診（胃、肺、大腸、乳、子宮頸の各がん検診）ごとに受診者を年代別、手法別に分け、要精検者数、精検受診者数、がん発見数等を分類しました。

分析要件の確認_今回の分析内容

IBM

■2017年のがん検診受診者数データとその費用データを結合し、分析を行いました。

検診受診者数データ

検診種別	年代別	性別	検診手法	要精検者数	精検受診者数	がん発見数
胃がん検診	40-44歳	男性	胃がん検診	100	100	10
胃がん検診	40-44歳	女性	胃がん検診	100	100	10
肺がん検診	40-44歳	男性	肺がん検診	100	100	10
肺がん検診	40-44歳	女性	肺がん検診	100	100	10
大腸がん検診	40-44歳	男性	大腸がん検診	100	100	10
大腸がん検診	40-44歳	女性	大腸がん検診	100	100	10
乳がん検診	40-44歳	女性	乳がん検診	100	100	10
子宮頸がん検診	40-44歳	女性	子宮頸がん検診	100	100	10

都道府県、検診区分、検診手法、年齢区分、男女区分ごとデータを作成し、がん検診の現状可視化と費用最適化分析を行う。

検診区分	年齢区分	性別区分	検診手法区分	県名	要精検者数	精検受診者数	がん発見数
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	北海道	5160	244	258
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	千葉県	12042	887	831
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	宮城県	5841	270	265
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	茨城県	27	4	3
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	岩手県	3005	87	85
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	愛媛県	2342	74	73
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	石川県	2814	258	225
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	群馬県	1127	87	87
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	宮城県	2844	146	120
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	高知県	120	11	10
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	香川県	28	3	3
胃がん検診	40-44歳	女性	X線のみ	鹿児島県	2127	158	148
胃がん検診	40-44歳	女性	検診部とX線	北海道	2484	179	178
胃がん検診	40-44歳	女性	検診部とX線	千葉県	913	89	26
胃がん検診	40-44歳	女性	検診部とX線	宮城県			
胃がん検診	40-44歳	女性	検診部とX線	茨城県			

費用データ

検診種別	年代別	性別	検診手法	費用
胃がん検診	40-44歳	男性	胃がん検診	100
胃がん検診	40-44歳	女性	胃がん検診	100
肺がん検診	40-44歳	男性	肺がん検診	100
肺がん検診	40-44歳	女性	肺がん検診	100
大腸がん検診	40-44歳	男性	大腸がん検診	100
大腸がん検診	40-44歳	女性	大腸がん検診	100
乳がん検診	40-44歳	女性	乳がん検診	100
子宮頸がん検診	40-44歳	女性	子宮頸がん検診	100

図3:分析対象データ

がん検診の効率性の指標として、がん発見あたりの費用を用いました。つまり、1人のがん発見あたりのコストが低いものを効率的と考えました（費用の計算方法は図4）。

AsIs分析の前提

IBM

■今回の分析は、がん発見あたり費用をがん検診の効率性の指標として用いた。

■がん発見あたり費用は、以下のように計算した。

$$\begin{aligned}
 \text{がん発見あたり費用} &= \frac{\text{検診費用合計}}{\text{がん発見者数}} \\
 &= \frac{\sum \left(\text{経路別*受診者数} \times \text{検診費用} \right) + \left(\text{精検受診者数} \times \text{精検費用} \right)}{\text{受診者数} \times \text{要精検率} \times \text{精検受診率} \times \text{陽性反応的中率}}
 \end{aligned}$$

*がん検診の受診経路：職域、住民、個別検診

図4:分析の前提 - がん検診の効率性を表す指標

AsIs 分析の結果を図 5 に示します。子宮頸がん検診での「発見」については、浸潤がんになる前の段階（前がん病変）である CIN3 を含む場合と、浸潤がんだけの場合の 2 つを記載しました。

1 人のがん発見あたりのコスト（精密検査を含む。精密検査は標準的な方法における保険点数を基に計算した）は、低コスト群、中コスト群、高コスト群に 3 分類できました。

低コスト群は、大腸がん、乳がん、それと CIN3 を含めた子宮頸がん。1 人のがん発見あたりのコストは 500 万円を下回っていました。

中コスト群になるのが、胃がんと肺がんで、1 人につき 500 万～800 万円程度でした。

最も高かったのは、浸潤がんのみとした場合の子宮頸がんで、1 人のがん発見あたり 2400 万円ほどかかっている計算になりました。

今回の指標を用いた場合は、罹患の多いがん種を対象にした検診で、検診費用自体が相対的に安いものが効率的、という結果になりました。

検診区分ごとがん発見あたり費用

IBM

- 検診区分別に、がん発見一人当たりの費用と、費用合計・がん発見数を図示した。
- 検診区分別がん発見あたり費用は、①低コスト群②高コスト群③低発見数に分類できる。
- ②高コスト群は費用合計が、③低発見数群はがん発見数が、費用対効果悪化の原因になっていると考えられる。

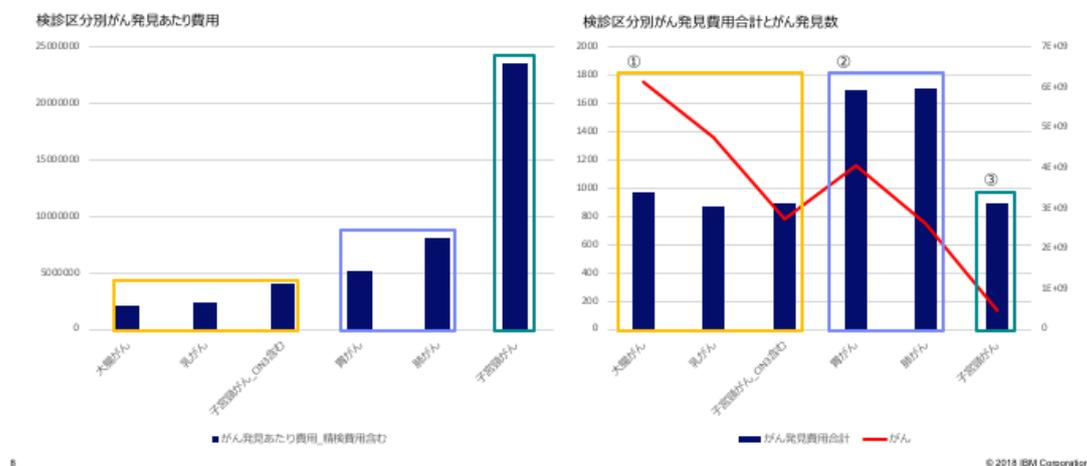


図 5:検診区分ごとがん発見あたり費用

検診ごとにごがん発見率、受診者数とがん発見数を比較してみますと(図6)、発見率が最も高いのが乳がんで、0.0024 (0.24%)。次いで大腸がんの 0.0018 (0.18%) という結果が得られました。

大腸がん検診は、受診者数も多く、がん発見率も高いため、結果として今回の指標 (1人のがん発見あたりの費用) をもとにしますと、効率的な検診と考えられました。乳がんについても、発見率が高いことから、「効率的」と判断されています。

一方、子宮頸がんの場合は効率性の基準となる「がん発見」に、CIN3を含めて考えるか否かによって大きな差が出ています。

検診ごとにごがん発見率



- ③低発見数群の理由を特定するため、検診区分ごとに受診者数とがん発見率を図示した。
- 子宮頸がんは、乳がんや子宮頸がん(CIN3含む)と同水準の受診者数があるにもかかわらず発見率が低い。CIN3をがんと扱うか否かで、費用対効果の結果が大きく変動している。



図6:検診ごとにごがん発見率

B : ToBe 分析

「あるべき姿」を探るため、ここでも 1 人のがん発見あたりのコストを指標とし、遺伝的アルゴリズムを用いてシミュレーションしました (図 7)。

遺伝的アルゴリズム処理概要



■ 遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて、費用の最適化シミュレーションを実施した。GAは、制約条件下で評価を最大化する結果を導出するための手法である。



図 7: 遺伝的アルゴリズム概要

12 地域のデータのうち、1 人のがん発見あたりのコストが最も低い (今回の分析では、最も効率的な検診を実施していると判断された) 地域を対象としました (図 8)。

ToBe分析



■ もっともがん発見あたり費用が安く、効率の良い検診を行なっている都道府県について、費用の最適化を行った。

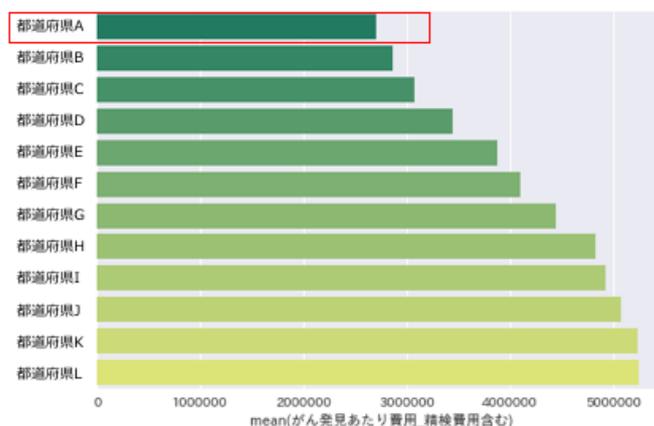


図 8: 地域別がん発見あたり費用

現状の費用配分は、胃がん検診や肺がん検診の費用の割合が高い傾向にあります。その配分から、大腸がん検診と乳がん検診に傾斜配分してみると、がんの発見数が2倍になる見込みがあることがわかりました（図9）。

ToBe分析 A県



■発見あたりの費用が低い乳がんや大腸がんにかかる費用を増やすことで、全体の費用は変えずに倍以上のガン患者を発見できる見込みがあることがわかった。

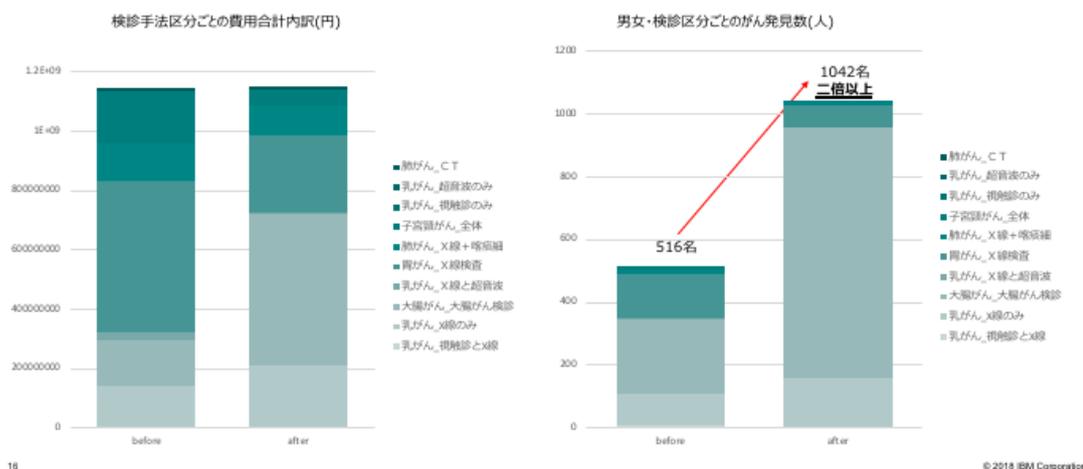


図9:シミュレーション結果

つまり一定の費用の中でより多く「がん患者」を発見するには、大腸がん検診と乳がん検診を重点的に進めるのが効率的と判断され、さらに突き詰めると大腸がん検診だけに予算を集中すると、供給面の観点から考えれば最も多くのがんが見つかるということになります（傾斜配分した分、受診者が増えることが欠かせません）。

今回はあくまでもシミュレーションに過ぎませんが、多くの示唆を含んでいると思われます。がん種による予算配分の変更もさることながら、同じがん種でも、世代によって罹患率が異なりますから、罹患の少ない年代から多い年代への配分変更も検討できることとなります。

また労働等、他の要因もあわせて考えることで、重点的にがん検診を実施する年代を検討することもできます。

肺がん検診を例にすると、年代による予算の配分を変更することで、受診枠を増やせることが考えられます。その枠通りに受診者が増えるかどうかは別の課題であり、ここでは不明ですが、仮に、対象を罹患の少ない若い世代から罹患の多い60代以上への予算を増やし、60代の受診勧奨を強めたとすると、がん発見が増えることが考えられます。

住民検診の場合、原資となるのは税金ですので、少ない費用で多くのがんを発見する効率性も今後は検討する必要があると思われます。また、がん検診の効果を考えるうえでも、多くのがんを発見することのほうが将来的な死亡率の減少が見込めます。

対がん協会グループ支部のがん検診データからは、その地域における当該のがんの罹患率はわかりません。しかし、がんの発見状況は罹患状況に影響を受けるため、罹患状況の変化の推測につながると期待できます。何より、当該年度の検診の実績が翌年度にはわかりますので、ほぼリアルタイムで発見状況が把握できるメリットがあります。

胃がんや肺がんのように、今後、罹患状況が大きく変化することが見込まれるがん種もあります。その変化に応じたがん検診のあり方を考えるうえでも、全国的な検診データを把握することは参考になると思われます。

C：打ち手の検討

がん検診の目的は、一定集団における死亡率（罹患率）の減少です。そのために、死亡率減少効果が科学的に証明された方法を、適切な精度管理の下で実施することが欠かせません。しかし、その2つがなかったとしても、多くの人を受診しなければ目的は達成できません。日本のがん検診の最大の課題が、この受診率問題であることは「はじめに」で述べた通りです。

国をはじめ自治体や検診機関では、受診者を増やすため様々な取り組みを進めていますが、これという解決策が見つかっていないのが実情です。

そこで、今回、受診者数に影響を与える要因を探ってみました。

ただ、現状で入手可能なデータをもとに分析を実施し、今後のデータ収集の方針を明らかにするという位置付けであるため、分析の統計的妥当性に関しては、課題も残っています。方法は以下図 10 に示す通りです。

がん検診受診者数に関わる因子の探索



■以下4つの切り口で、がん検診受診者数を目的変数として回帰分析を行い、受診者数の変動に関係する因子候補を選出した。

■今回作成したモデル

#	目的変数	集計単位
①	受診者数	がん種類、県、性別で集計
②	男女別受診者数	①のデータを男女ごとに分割
③	住民・職域別受診者数	がん種類、県で集計

*住民・職域の受診者数データが男女別でなかったため、男女を分けてモデルを作成した。

■モデル作成手順

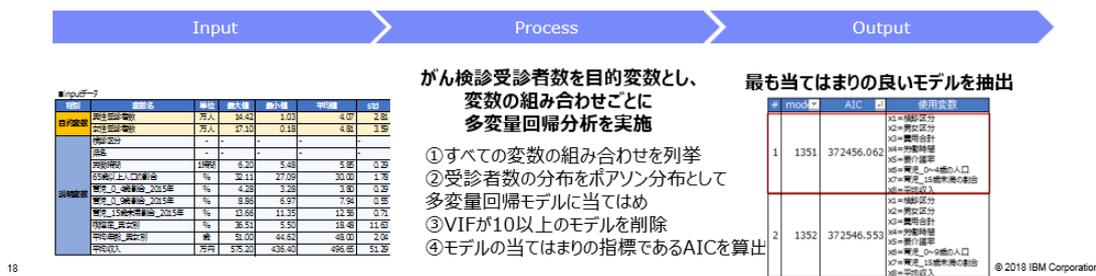


図 10:がん検診受診者数に関連する因子の探索手法

検診受診に影響を与える要因として、それぞれの地域における労働時間や高齢化率、子どもの割合、喫煙率、平均年齢、平均収入を考えてみました*1。今回は、それぞれの自治体で公表されている統計を基に、12 支部間の受診者数を使って分析しました（結果は図 11～図 13）。

図 11 は、男女あわせて全体としてどのような因子と相関しているかを分析した結果を示したものです。労働時間、高齢化率、育児の割合が高いと受診者数が低くなる傾向がありました。

なお、図 11 の上段に示した 2 つの表のうち x1 は、胃がん検診を基準として、変数 x1 から x7 のうち、x1 のみが増加した場合（その変数以外が同じである場合）、受診者数が平均的にどの程度変化するかを示しています（右表の x2 も同様）。

①がん種別、県別、男女別データを用いた回帰分析



- offset項として対象年齢人口を含めたモデルと、そうでないモデルを比較した。
- offset項なしのモデルでは、労働時間や高齢化率、育児割合が高いと受診者数が低く、これらの影響に対処する必要が示唆される。

offset項あり					Offset項なし				
#	変数名	単位	%ポイント		#	変数名	単位	%ポイント	
x1	■子宮頸がん検診	-	29.80		x1	■子宮頸がん検診	-	71.41	
x1	■大腸がん検診	-	72.98		x1	■大腸がん検診	-	85.32	
x1	■乳がん検診	-	48.25		x1	■乳がん検診	-	63.05	
x1	■肺がん検診	-	-2.38		x1	■肺がん検診	-	0.42	
x2	費用合計	-	0.00		x2	男性	-	-13.79	
x3	労働時間	1時間	77.91		x3	費用合計	万円	0.00	
x4	65歳以上人口の割合	%	26.82		x4	労働時間	1時間	-38.16	
x5	育児_15歳未満割合_2015年	%	53.04		x5	65歳以上人口の割合	%	-2.47	
x6	喫煙率_男女別	%	-0.20		x6	育児_0_4歳割合_2015年	%	-51.80	
x7	平均収入	万円	0.30		x7	平均収入	万円	-0.13	

inputデータ						
種別	変数名	単位	最大値	最小値	平均値	std
目的変数	受診者数	万人	17.10	0.18	4.53	3.32
説明変数	検診区分	-	-	-	-	-
	男女区分	-	-	-	-	-
	歳合	-	-	-	-	-
	労働時間	1時間	6.20	5.48	5.85	0.29
	65歳以上人口の割合	%	32.11	27.09	30.00	1.78
	育児_0_4歳割合_2015年	%	4.28	3.28	3.80	0.29
	育児_0_9歳割合_2015年	%	8.86	6.97	7.94	0.55
	育児_15歳未満割合_2015年	%	13.66	11.35	12.56	0.71
	喫煙率_男女別	%	36.51	5.50	18.48	11.63
	平均年齢_男女別	歳	51.00	44.62	48.00	2.04
	平均収入	万円	575.20	436.40	496.65	51.29
offset	対象年齢人口	万人	263.30	31.20	77.17	55.48

19

© 2018 IBM Corporation

図 11:男女を合わせた因子探索結果

これを男女別にみると、女性のほうへの相関がより強くなっていました（図 12）。

労働時間が 1 時間長くなると、受診者数の減少が男性の 26%ポイントに比べて、女性では 37%ポイントと、相関が強くなっています。

育児に関しては男女とも相関があるとみられたものの、男性では 4 歳以下の子どもがいる場合に 32%ポイントの減少となっていたのみだったのに対し、女性では子どもが 15 歳未満になるまで減少が続いていました（28%ポイント減少）。

②男女別分割データを用いた回帰分析

IBM

■男女のモデルの比較により、女性の方が労働・育児・介護の影響により、がん検診に行く機会が減少する可能性が高いことが示唆された。

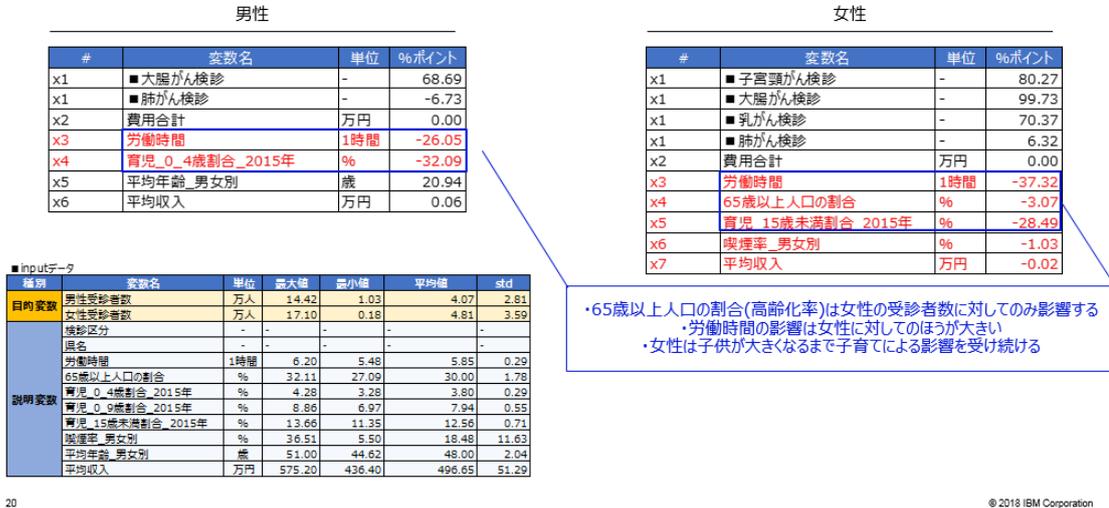


図 12:男女別の因子探索結果

住民健診、職域検診別にみますと、労働時間、育児ともに、職域検診の受診との相関が大きくなっていました(図 13)。労働時間との相関は住民検診の場合が 27%ポイントの減少だったのに対し、職域では 61%ポイントと、その影響が倍以上もありました。

育児(4歳以下)も住民検診では 13%ポイント減少であるのに対し、職域では 44%ポイントの減少です。住民検診に比べ、職域検診の受診者のほうが比較的若いことから、こうした傾向が出ていると考えられます。

③受診経路(住民・職域)別分割データを用いた回帰分析

IBM

■住民検診・職域検診別のモデルの比較により、労働者のがん検診受診率に対する労働時間、育児の影響が大きいことが示唆された。

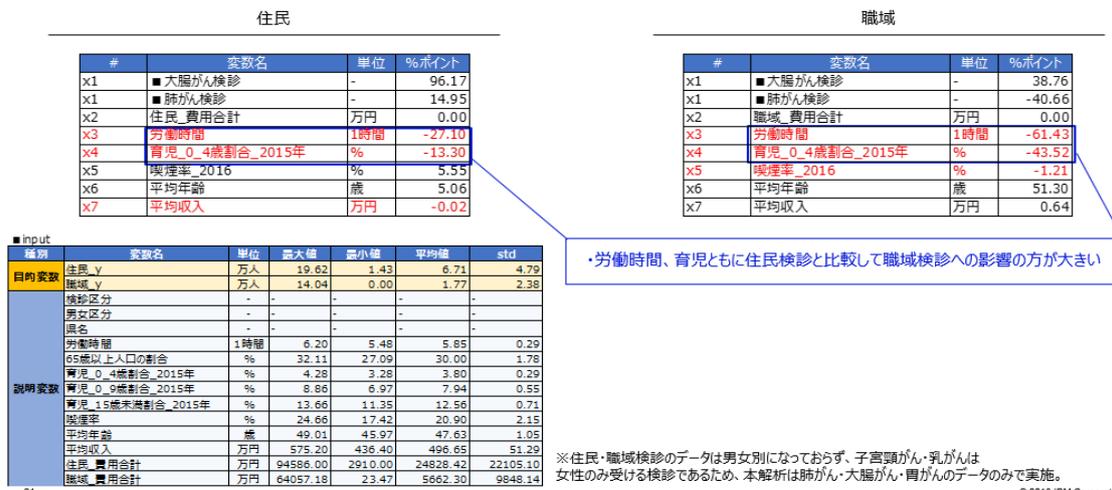


図 13:住民検診・職域検診別の因子探索結果

以上の分析から、受診者を増やすには、職場への働きかけが重要だと示唆されました。事業所もしくは保険者等に働きかけ、検診の受診に配慮してもらう（検診受診のための休みをとりやすくする等）ことで受診者の増加が見込めるのではないかと考えられます。

日本対がん協会ではここ数年、ソーシャルマーケティングの手法を用いた受診勧奨に詳しい企業の協力を得て各支部の受診者拡大を図っています。しかし、受診を阻む要因に関する調査分析は行っていませんでした。

今回、日本IBMの協力で得られた知見は、現在の取り組みに欠けた点を補完する以上の示唆に富んでいると受け止めています。罹患状況等に応じて配分を見直すことで同じコストでもより多くのがんを発見できることが明らかになったのに加え、受診を阻む因子も複数浮かび上がったことで、受診勧奨の対象とその方法も検討できるようになりました。今後、より効果的・効率的な受診勧奨につながると期待できる。

*1 各外部データの出典は以下の通りです。

<人口>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<65歳以上人口の割合>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<0~4歳人口の割合>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<0~9歳人口の割合>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<15歳未満人口の割合>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<男女別喫煙率>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<男女別平均年齢>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）

<平均収入>

平成26年全国消費実態調査 全国 家計収支に関する結果 総世帯

<平均労働時間>

平成27年国勢調査人口等基本集計（総務省統計局）