



RIETI Discussion Paper Series 19-J-025

Power transformation tobit model による 健康診断・レセプトデータを使った医療費と生活習慣病の関連の分析

縄田 和満

経済産業研究所

森野 雄貴

野村證券株式会社

木村 もりよ

一般社団法人パブリックヘルス協議会



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<https://www.rieti.go.jp/jp/>

Power transformation tobit model による健康診断・レセプトデータを使った医療費と生

活習慣病の関連の分析¹

縄田 和満 (経済産業研究所 / 東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻)

森野 雄貴 (野村證券株式会社)

木村 もりよ (一般社団法人パブリックヘルス協議会)

要 旨

我が国においては医療費の高騰が続いており、2015年度は42兆円を超えるまでになっている。人口高齢化や医療の高度化によってさらにこれらが急増することが予想されている。これに対応するためには、医療資源の効率的な利用が必要不可欠となっている。このためには、患者ばかりでなく、健康な人間を含めた日本人全体の健康状態を長期的に観察する必要がある。しかしながら、健康な人間は、自主的には病院へ行かないため、通常その健康状況を調べるのは困難であり、諸外国の例をみても多額の費用をかけて調査を行っているのが実情である。また、これらの調査数も精々数万人程度、調査項目も限られたものとなっている。一方、我が国では40歳以上の労働者は労働安全衛生法によって原則年一度の健康診断の受診を義務付けられており、数千万といったこれまでに分析されたデータとは比較にならない大きさのデータがすでに存在する。

本論文では、ある健康保険組合から提供された健康診断とレセプトのデータを統合したのべ15,580人分のデータベースを使い、医療費の分析をpower transformation tobit modelを用いて行った。特に、代表的な4つの生活習慣病(糖尿、高血圧、脂質異常、高尿酸血)の医療費への影響についての分析を4つの異なったモデルModel A-Dを用いて行った。この結果、4つの生活習慣病を除く、一般的な変数に関しては、「年齢」、「既往歴」、「他覚症状」、「心血管疾患」、「腎不全・人工透析」、「一年間の体重変化」、「夜間間食」がすべてのモデルで1%の水準で有意で正值であった。「性別」、「最高(収縮時)血圧」、「LDLコレステロール」、「喫煙」、「歩行運動」、「朝食を3回以上抜くことがある」の5つの変数の係数は、4つのモデルで1%の水準で有意で、かつ、その係数が負であった。これらの変数以外で、5%以下の水準で有意であったのは「BMI」、「GOT値」、「健康指導の希望」であり、いずれの変数の係数も正值であった。「最高(収縮時)血圧」、「LDLコレステロール」については、これまでの通説とは逆の結果となった。

生活習慣病に関しては、対象者が生活習慣病を有する場合、予想通り、医療費が高くなることがほとんどのモデルにおいて認められた。また、生活習慣病の患者がその治療薬を服用している場合においても医療費が高くなっている。

「糖尿病」の場合、他の3つの生活習慣病より医療費が高くなる傾向が認められた。さらに、これらの患者が「脳血管疾患」、「心血管疾患」、「腎不全・人工透析」を既存症として有した場合、特に医療費が高額になることが認められた。特に、「糖尿病」を含む複数の生活習慣病を有し、かつ「腎不全・人工透析」である患者の場合、医療費は著しく高額になり、平均でも100,000点を超え、健常者の13.6倍もの水準となる場合があることが示された。医療資源の有効な利用のためには、生活指導等を通じた生活習慣病の防止と共に、早期治療の実施により生活習慣病患者がより重篤な疾患となるのを防ぐための施策の重要性が示唆された。

キーワード：国民医療費、生活習慣病、国民医療の将来、power transformation tobit model

JE: Classification Number: I10, I12, C24

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所

¹本稿は、独立行政法人経済産業研究所(RIETI)におけるプロジェクト「エビデンスに基づく医療に立脚した医療費適正化策や健康経営のあり方の探求」の成果の一部である。本稿の原案に対して、甲斐倫明教授(大分看護大学)ならびに経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。データの提供を頂いた健康保険組合には大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表したい。本研究は、日本学術振興会、科学研究費基盤(B)「健康データと医療費削減余地に関する研究(代表研究者:縄田和満17H22509)」の研究費補助を受けて行っている。また、本研究は東京大学大学院工学系研究科倫理審査委員会の承認(「エビデンスに基づく医療に立脚した医療費削減策や健康経営のあり方の探求:JSTAR(Japanese Study of Aging and Retirement)を使った研究(KE17-30)」のもとに行われている。なお、森野の研究参加は東京大学所属期間のみであり、現在の所属先とは無関係である。本研究においては利益相反関係等の問題はない。

1. はじめに

我が国においては、1958年に国民健康保険法が制定され、国民はいつでもどこでも保険医療を受けることが可能となり、国民は医療を受ける機会を平等に保障され、大きな恩恵を受けてきた。しかしながら、人口動態の変化・医療のニーズの増加・多様化・高度化などの要因のために近年、国民医療費が増加の一途を辿っており、2015年度は42兆円[1]を超えるまでになっている。人口の高齢化や医療の高度化によってさらにこれらが急増することが予想されている。現状の仕組みのままでは皆保険医療制度の維持が困難になるだろうと予想されており、医療費構造の改革が大きな社会的課題となっている[2][3]。

これに対応するためには、医療資源の効率的な利用が必要不可欠となっており、患者ばかりでなく、健康な人間を含めた日本人全体の健康状態を長期的に観察する必要がある。例えば、ある病院で、血液型がA型の患者が多く、AB型の患者数が少なかったとしよう。これから、A型はより病気になり易いとの結論することは出来ない。なぜなら、母集団(日本人全体)においてA型が多く、AB型が少なければ、A型の患者が多くAB型が少ないのは当然である。しかしながら、健康な人間は自主的には病院へ行かないため、通常その健康状況を調べるのは困難であり、諸外国の例をみても多額の費用をかけて調査を行っているのが実情である。

このため、多くの研究において対象者の数は限られたものとならざるを得ない。例えば、主要な健康指標の1つである血圧についてみると、Joffres et al. [4]はカナダと米国におけるThird National Health and Nutrition Survey (NHANES III)とCanadian Heart Health Survey (CHHS)のデータを使って分析したが、分析に使われた観測値数はカナダで23,111、米国で15,326である。我が国においても、「循環器病の予防に関する調査ニッポンデータ2010 (NIPPON DATA 2010)」[5]が厚生労働省の指定研究として行われているが、対象者は2,891人である。Fujiyoshi et al. [6]は心血管疾患(Cardiovascular Disease, CVD)と血圧の関係を分析しているが対象者は68,309人である。

一方、我が国では40歳以上の労働者は労働安全衛生法によって原則年1度の健康診断の受診を義務付けられており、数千万といったこれまでに分析されたデータとは比較にならない規模のデータがすでに存在する。(我々の知る限り、主要国においてそのような制度があるのは我が国だけである。)民間企業および中央・地方政府は健康保険組合等を従業員およびその扶養家族のために設置しており、2015年6月時点で、被保険者およびその扶養家族を含め、協会けんぽに3,830万人、健康保険組合に2,850万人、共済組合に860万人が加入している[7]。さらに、これらの健康保険組合等は、構成員のために診療報酬の支払いをしており、医療機関等から毎月の医療費請求であるレセプトが送られてくる。我が国の自由診療体制のもとでは、各医療機関は他の医療機関で行われた医療行為について直接知ることはできない。すなわち、健康組合等はその構成員の健康状態・治療内容および支払金額等の医療情報を長期に渡り保有している唯一の機関であることになる。したがって、その情報の有効利用により、国民の健康状況の改善、医療資源の有効利用に繋がると考えられる。すなわち、我が国においては、諸外国とは異なり、健常者を含む健康状態、医療の実態に関するビッグデータがすでに存在し、データ収集のためにこれ以上のコストを掛けることなく、長期間に渡る国民の健康状態・医療に関するデータベースの作成が可能となっている。しかしながら、現状ではその有効利用はほとんどなされずに、5年間の法定保存期間が終了すると破棄されてきたのが実情である。

ここで、死因別死亡割合・疾病別医療費割合をみると生活習慣病(life style related disease)に分類される項目が非常に大きく、国民の健康に対し大きな問題となっている。生活習慣病は、病気が進行すると合併症のリスクが高まり治療に多大な医療費が伴う。Nawata and Kimura [8]は、年度ごとの一人当たり医療費(歯科・介護を除く)を分析した。医療費は、右側の裾の厚い偏った分布となっている。19%が医療費を使っていない。一方、1.7%が10万点以上の医療費を使っており、全体の30%の医療費を使っていることになる。ジニ係数を計算すると、0.86となり、医療費の使用においては大きな不均一性があることが分かる。個別の疾病についてみると、腎不全・人工透析の患者は全体の0.23%に過ぎないのに医療費総額の3.5%、すなわち、平均の15倍の医療費を使っている。特に50万点以上医療費を使った患者のうち、腎不全・人工透析の患者は35%を占めており、その予防の重要性を強く示唆している。そして患者にとっても重症化・合併症の影響により、生活の質(quality of life, QOL)、労働生産性の低下、最悪の場合死亡といった事態を招きかねない。また、生活習慣病は生活指導や初期治療によりその予防や重篤化の防止可能な疾病でもある。

本研究では、ある健康保険組合の協力により得た2015年度・2016年度の従業員の健康診断およびデータ・レセプトデータを用いて、健常者と傷病者を同時に含めた医療費と健康診断項目の構造分析を行った。なお、データの扱いに関しては、個人情報保護規定に従い、匿名化を健康保険組合で実施し、個人の特定ができないようにしている。医療資源の効率的な利用のためには、正確なエビデンスに基づいたデータ分析の重要性が指摘されている[9][10]。本論文では、健康診断・レセプトのデータの統合を行い、それらを踏まえて医療費の構

造がどうなっているか、またその中でも代表的な生活習慣病がどれくらい定量的な影響があるかといったことを考察し、国民健康の増進、医療資源の有効利用を行うことを目的とする。

現在我が国は医療費が高騰し、現状のままでは国民皆保険制度が成立しなくなるといった状況に直面していることを先に述べた。また、健康保険組合においても赤字化する組合が多く、解散に追い込まれる健康保険組合も存在する。健康保険組合からの拠出金が国民健康保険・後期高齢者医療制度に回されていることを考えると持続可能な社会的な仕組み作りと健康保険組合の安定した運営がより重要性を帯びている。健康保険組合等では健康診断やレセプトといった医療分野での解析に用いることができるビッグデータが蓄積されている一方で、それらの解析がほとんど行われず、有効活用されていない現状がある。

本研究では、すでに述べたように、健康診断とレセプトのデータを統合したデータベースを作成し、その解析を行った。健康保険組合の蓄積データにより、健康な者と医療を受診している者を同時に対象として分析するのは今までほとんど行われてこなかった試みである。レセプトで計測される医療費をアウトカムとし、健康診断から得られる各個人の健康状態・生活習慣などのデータとの関係を power transformation tobit model により解析した。このデータベース、モデルによって医療費に健康診断データ上のどのような要因が影響を与えているのか、生活習慣病の影響がどうなっているのかに関する解析を行った。

2. 日本の国民医療費と生活習慣病

2.1 国民医療費

図1に、厚生労働省[1]から作成した国民医療費と一人当たり医療費の推移を示す。これによると、平成27年度の国民医療費は42兆3,644億円となっている。人口一人当たりの国民医療費は33万3,300円、前年度の32万1,100円に比べ1万2,200円、3.8%の増加となっている。国民医療費の国内総生産(GDP)に対する比率は7.96%(前年度7.88%)、となっている。なお、世界保健機関(World Health Organization, WHO)[11]によると2014年における主要国の医療(健康関連を含む)支出の主要国における対GDP比は、オーストラリア9%、カナダ10%、フランス11%、ドイツ11%、日本11%、英国10%および米国が17%であり、この時点における日本の医療支出が際立って高いわけではない。

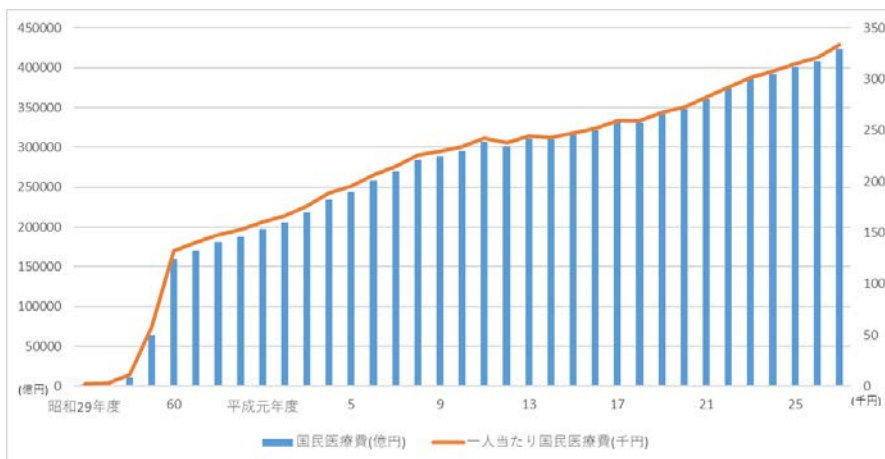


図1：国民医療費と一人当たり国民医療費の推移 (厚生労働省[1]に基づき作成)

図2は平成27年度における年齢区分別国民医療費の一人当たり推移である。若年層を除き、年齢別国民医療費・一人当たり国民医療費ともに高齢化するにしたがって上昇していることが分かる。今後、高齢化が進むことが予想され、それに伴いさらなる医療費の増加が予想されている。例えば、上田・堀内・森田[12]は2050年度には医療費の6割弱を後期高齢者の医療費が占めるというシミュレーション結果を発表している。

医療費（点数）

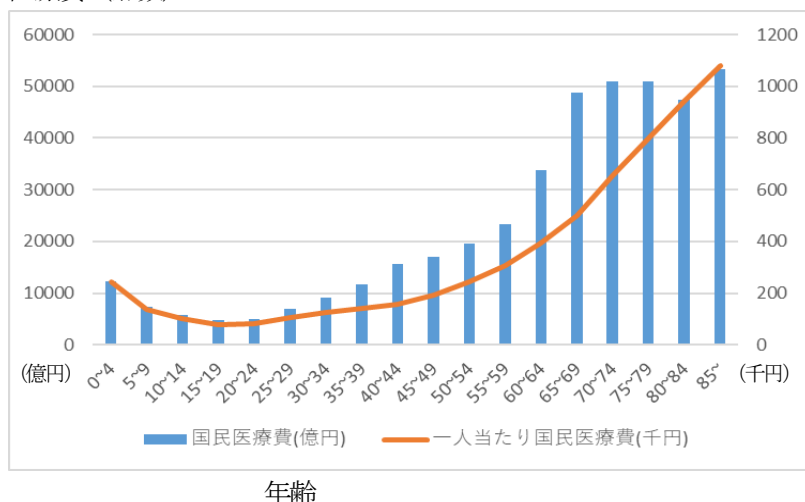


図 2：年代別国民医療費と一人当たり国民医療費（厚生労働省[1]に基づき作成）

2.2 生活習慣病

生活習慣病はかつて成人病と呼ばれており、非感染性の慢性疾患が代表的なものである。以前は40歳前後から60歳代の人々の間で発症率の高かった疾患であったが、近年これらの発症が低年齢化し、遺伝的要因・食生活・運動・飲酒・喫煙などが大きく関与すると考えられていることから、1997年に厚生労働省が生活習慣病と改称した。図3は平成27年度における死因別死亡数の割合を示している。新生物・心疾患・脳血管疾患・腎不全・糖尿病・高血圧性疾患はいずれも生活習慣病の代表的なものである。これらの疾患で全死因の約57%を占めており、現代の死因として非常に大きな影響を与えている。

図4は平成27年度における傷病別の医科診療医療費に占める割合である。これより代表的な生活習慣病関連の医療費に占める割合は44%と、医療費においても大きな割合となっている。厚生労働省[13]によると、生活習慣病の進行モデルは以下に示す図5のように考えられている。不健康な生活習慣を繰り返すことにより、肥満・高血糖・高血圧・高コレステロール状態を招き、肥満症・糖尿病・高血圧症・脂質異常症（高脂血症）といった生活習慣病に繋がる。これらの病気が重症化・合併化することにより、さらに重い疾患につながっていく可能性がある。重症・合併ステージになると、回復が困難になる場合が多く、慢性的に病院で治療を受けることになる。これらの患者に対する直接の医療費が長期に渡り高くなるばかりでなく、生活機能の低下や慢性的な通院は患者の労働生産性やQOLを大きく下げる要因となり、大きな間接コストを生じる。

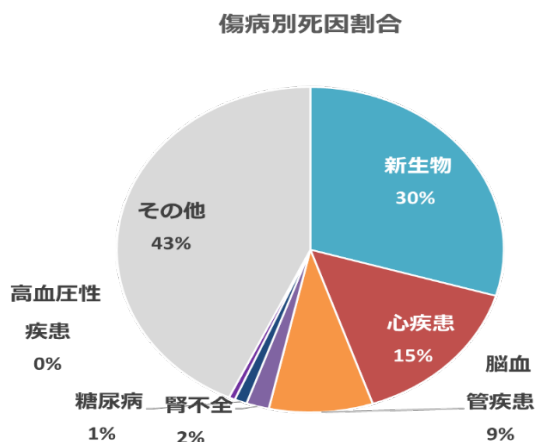


図 3：平成27年度死因別死亡数の割合（厚生労働省[1]に基づき作成）

傷病別医療費割合

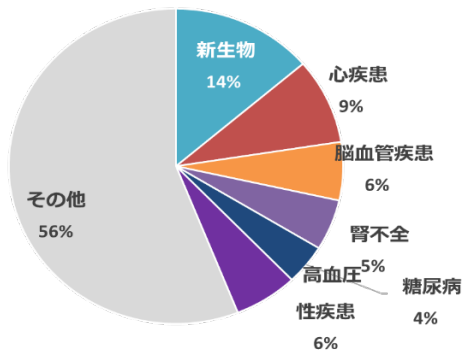


図 4：傷病別医療費に占める割合（統計表の分類により、心疾患は虚血性心疾患を、腎不全は糸球体疾患、腎尿細管間質性疾患を含む。厚生労働省[1]に基づき作成。）

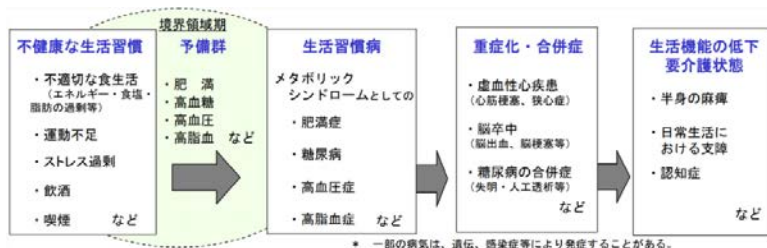


図 5：生活習慣病の進行モデル（出典：厚生労働省[13]）

また、通常、複数の生活習慣病は組み合わせることで同時に進行することが多いとされている。すなわち、肥満症・糖尿病・高血圧症・高脂血症といった病気は別々に進行するのではなく、複数が組み合わせられ重症化・合併化に繋がる場合が多い。そのため、個々の治療法（例えば血糖を下げる投薬のみなど）を取るのではなく、全体に効果がある生活習慣自体の改善が望ましいとされる。図5は生活習慣病の進行モデル[13]であるが、重症化・合併化でのステージにたどり着いてしまうと完全に回復することは現状の医療では困難とされており、重症化・合併化の前段階である境界領域期・生活習慣病ステージにおける健康状態の改善が非常に重要である。重症化・合併化を予防することで、医療費の高騰を防ぐとともに患者のQOLを向上することに繋がると考えられている。以下、本研究で主な分析対象とする代表的な4つの生活習慣病(糖尿病、高血圧、脂質異常症、高尿酸血症)についての説明を行う。

i) 糖尿病(diabetes)

糖尿病とは「インスリン作用不足による慢性高血糖を主徴とする代謝疾患群である。」[14]とされている。本来血液中のグルコース濃度は様々なホルモンにより一定範囲内に調節されているが、この調節機構が破綻することがあり、これにより血液中の糖分が異常に増加し糖尿病になる。WHO[15]は糖尿病を世界のリーダー達が取り組む必要のある公衆健康上の最も重要な問題の1つとしている。WHO は、2014 年において4億 2,200 万人の成人(全体の 8.5%)が糖尿病の問題を抱えているとしており、1980 年の 1 億 800 万人から増加していることを指摘している。150 万人が糖尿病で死亡しており、さらに、220 万人が高血糖レベルによる心臓血管やその他の疾病のリスクの上昇のため死亡しているとしている。国際糖尿病連合(International Diabetes Federation, IDF) [16]は 20-79 歳の糖尿病を有する人口が 2015 年の 4 億 1,500 万人から 2040 年には 6 億 4,200 万人に増加すると予想している。IDF は、2015 年において糖尿病による死者が 500 万人、糖尿病のコストは 6,730 億から1兆 1,970 億(米)ドルに上るとしている。NCD Risk Factor Collaboration [17] は世界における患者数に基づく直接費用は 8250 億ドル、米国糖尿病学会(American Diabetes Association, ADA) [18]は 2012 年の米国における糖尿病の総コストが 2420 億ドルになると推定している。さらに、Bommer et al. [19]は糖尿病の世界全体の総コストが 1 兆 3,100 億ドルで、そのうち 2/3(8,570 億ドル)が直接の医療費、1/3 が生産性の低下等による間接的なコストと推定している。糖尿病のコスト・経済負担は世界的な問題であり、多くの研究が行われている[20]-[42]。糖尿病は多くの合併症の原因となる。WHO [15]は、「Possible complications include heart attack, stroke, kidney failure, leg amputation, vision loss and nerve damage.」としている。また、がんのリスクが高まることも指摘されている [43] [44]。

日本においては、厚生労働省[45]によると、定期的に治療を受けている糖尿病の患者数は 2014 年時点で 316 万

人(男性:177万人、女性140万人)となっており、2011年より46万人の増加となっている。国民栄養調査[46]では、2015年時点で男性の19.5%、女性の9.2%が糖尿病の可能性があるとされており、糖尿病の医療費は2016年度で1兆2,356億円[1](医療費全体の約3%)となっているが、日本においてもより高額な費用が掛かっていることが示唆されている[47]。糖尿病は、1型と2型に分けられる[14][48]。1型は遺伝的要因が大きいと考えられ若くして発症する。2型糖尿病は遺伝的要因と生活習慣が関与して比較的高年齢で発症することが多い。糖尿病のうち、その90%またはそれ以上が2型とされている[14][48]-[50]。なお、我が国における2型糖尿病の医療費と在院日数の関連についてはNawata and Kawabuchi [51]-[54]が分析を行っている。

2型糖尿病は、遺伝的に糖尿病になりやすい人が糖尿病になりやすい生活習慣を繰り返すことにより発症すると考えられている。しかし、糖尿病はいずれもその原因が完全には明らかになっていない。糖尿病患者は自覚症状がないことが多く、気づきにくいという特徴があり、結果として糖尿病が治療等を受けずに進行してしまっている例も多く、糖尿病に伴う合併症も多い。鈴木ほか[55]は、合併症の内、特に糖尿病性腎症、糖尿病性網膜症、脳血管障害、心疾患が医療費に影響を及ぼしているとしている。また、Nawata and Kimura [56]は、糖尿病が最も医療費のかかる疾病の1つである腎不全・人工透析に影響する要因である可能性を指摘している。

ii) 高血圧症 (hypertension)

高血圧も最も重要な健康要因であると考えられている。WHO [57]は、「Worldwide, raised blood pressure is estimated to cause 7.5 million deaths, about 12.8% of the total of all deaths. This accounts for 57 million disability adjusted life years (DALYS) or 3.7% of total DALYS. Raised blood pressure is a major risk factor for coronary heart disease and ischemic as well as hemorrhagic stroke.」と述べている。国際的には最高血圧(収縮期血圧systolic blood pressure, SBP、本稿では一般的に広く使われている最高血圧を用いるが変数名等に関しては一般的な英語表記であるSBPを用いる)が140 mmHg以上、または、最低血圧(拡張期血圧diastolic blood pressure, DBP)が90 mmHg以上(以下140/90と記す)の場合、対象者は高血圧症とされている[58]。我が国においても日本高血圧学会[59]では高血圧管理の対象を140/90を高血圧患者の基準としているとしている。なお、血圧の測定に関しては、いわゆる白衣効果(white-coat effect)等による測定誤差やその場合の高血圧の基準が問題となるが、これらに関しては[61]-[64]を参照のこと。

高血圧は発展途上地域を含む世界的な問題となっている[65]-[69]。WHO [57]は、25歳以上の世界人口中約40%が高血圧問題に直面しており、制御されていない高血圧の人々は1980年の6億から2008年には10億近くになっていると推定している。高血圧はしばしば、心臓疾患と関連している[70]。また、日本高血圧学会[60]は「高血圧は脳卒中(脳梗塞、脳出血、くも膜下出血など)、心臓病(冠動脈疾患、心肥大、心不全など)、腎臓病(腎硬化症など)および大血管疾患の強力な原因疾患である。」としている。Chaobanian et al.[70]は、60-74歳の米国人の最高血圧の中央値が1960年から1991年にかけて16 mmHg低下し、年齢補正後の脳卒中および環状血管に関する心臓疾患による死亡率がそれぞれ50%、60%減少したとしており、かれらは“These benefits occurred independent of gender, age, race or social status.”と結論付けている。

国立心肺血液研究所(National Heart, Lung and Blood Institute) [71]は高血圧症をステージ1(SBPが140-159 mmHg または DBPが90-99 mmHg)およびステージ2(SBP \geq 160 または DBP \geq 100)に分けている。心臓疾患リスクはすべての年齢において血圧が高くなるほど大きくなるとしている[72][73]。WHO および国際高血圧学会(International Society of Hypertension, ISH) [74]は疫学研究および臨床試験から高血圧症をコントロールするガイドラインを与え、心臓血管疾患、血圧に影響する要因、および治療の効果について述べている。WHO-ISHの分類によれば、高血圧症は次の3つのカテゴリーに分けられる。グレード1(軽度)、SBPが140-159 または DBPが90-99、グレード2(中程度)SBPが160-179 または DBPが100-109、グレード3(重大)SBP \geq 180 または DBP \geq 110とし、これらの高血圧症のグレードおよびその他のリスクファクターや病状等に基づき、患者は低、中、高、非常に高いリスクグループに分けられている。次の10年間における重大な心臓疾患の割合は高リスクグループで20-30%、非常に高いリスクグループで30%以上とされている。

日本では、高血圧症および関連する疾病への支出が1.85兆円を占めている[1]。高血圧も糖尿病同様それ自体では自覚症状がないことが多く、さらに、糖尿病のような他の併存症を有している患者の医療費を高くすることが報告されており結果として医療費に大きな影響を与えている[75]。高血圧症は、QOLを下げることも報告されており[76][77]、真の高血圧症のコストは、直接のコストよりかなり高いことが推定される。なお、高血圧症とはその名の通り、血圧が正常範囲を超えて高い状態を継続している症状を指す[78]が、人間集団の血圧値はほぼ正規分布であり、高血圧の定義は人為的なものであり、医学的な知見の累積等によって、ここで述べた各種の基準が変更されることも予想される。また、人種、遺伝及び環境要因、健康行政その実施実態が血圧に対する重大な要因であることが指摘されている[62][69][79]。たとえば、Rose [79]はSBPの分布においてケニアの遊牧人とロンドンの公務員間で大きな差があり、前者が後者よりかなり低いことを指摘している。したがって、国別のデータ分析が必要となる。

Joffres et al. [4] はカナダと米国における血圧について Third National Health and Nutrition Survey (NHANES III) と Canadian Heart Health Survey (CHHS)のデータを使って分析した。得られた観測値数は カナダで 23,111、米国で 15,326 である。彼らは年齢に関して両者の調査が似たようなトレンドを示し、高血圧症の対象者が(18-74 歳において) NHANES III で 20.1% および CHHS で 21.1%であると報告している。また、両国において約半数の糖尿病患者が高血圧症であり、非常に貧弱な管理しか受けていないとしている。

日本においては、循環器病の予防に関する調査 ニッポンデータ 2010 (NIPPON DATA 2010)[5]が厚生労働省の指定研究として行われている。この研究では、2,891 人の血圧が解析されている。平均の SBP は男性が 137.4mm Hg、女性が 130.8mmHg であった。全国調査によると、過去 50 年間に SBP の減少トレンドがすべての年齢・性別で認められている。DBP については女性に関しては同様な減少傾向が認められるが、男性に関しては明確なトレンドは認められていない。Fujiyoshi et al. [6] は心臓血管(循環器)関連の疾患(CVD) と血圧の関係を 68,309 人を年齢および性別のコーホートに分けて分析をした。彼らは 10.2 年間に於いて CVD による 1,944 の死亡を観測したが、すべてのコーホートにおいて CVD と血圧には正の相関を見出している。中村,岡村,上島[80]の研究においても、高血圧は循環器疾患の危険因子であるとされている。高血圧においても現代の医学では原因が特定できていない場合の方が多く、その場合は糖尿病と同様に遺伝的要因と塩分過剰摂取などの生活習慣要因が複雑に絡み合っていると考えられている。

iii) 脂質異常症(dyslipidemia)

脂質異常症は、血清脂質値が異常値(過剰または過不足)を示す状態である[81]。血清脂質値とは、血液の中の脂肪分の濃度のことであり、日本生活習慣病予防協会[82]では、健康な人間の値としては、LDL-コレステロール(low-density lipoprotein cholesterol)が 140mg/dL 未満、HDL-コレステロール(high density lipoprotein cholesterol)が 40mg/dL 以上、トリグリセリド(中性脂肪,triglyceride)が 150mg/dL 未満としている。いずれかがその範囲を超えた状態を「脂質異常症」としている。また、これらの値が境界値にあっても、動脈硬化を引き起こすおそれのある高血圧や糖尿病などの病気がある場合などは、治療の必要性が高くなるとされている。HDL-コレステロールは善玉コレステロールとされ、高いほうが良いとされるため高脂血症(hyperlipidemia)から脂質異常症に名称が変更された。

WHO [83]は、高コレステロールは心臓病や脳卒中のリスクを高め、「Overall, raised cholesterol is estimated to cause 2.6 million deaths (4.5% of total) and 29.7 million disability adjusted life years (DALYS), or 2.0% of total DALYS.」としており、先進・発展途上地域の両地域において大きな負担となっているとしている。10%の血清脂質を減少させることによって、40 歳時点での 5 年以内の心臓病を 50%、70 歳男性において 20%減少することが報告されているとしている。2008 年における総コレステロールが高い(≥ 5.0 mmol/l)成人は 39%(37% 男性、40% 女性)としている。

米国心臓学会(American Heart Association)[84]は、高コレステロールが、慢性心臓病、心臓発作、脳卒中の制御可能なリスク要因としている。このリスクは特に喫煙、高血圧、糖尿病等の他のリスク要因があると更に高まるとしている。また、LDL コレステロールを悪玉、HDL コレステロールを善玉コレステロール(「There are actually two types of cholesterol: "bad" and "good." LDL cholesterol is the bad kind. HDL is the good kind.」)としている。また、Center for Disease Control and Prevention (CDC)[85]は 2011-2012 年において 7,800 万人の米国成人(約 37%) の LDL レベルが心臓病・脳卒中のリスクを高くする範囲にあり、55%のコレステロール治療薬を必要とする成人のうち 55%が薬を飲んでいる[86]としている。20 歳以上の米国人の 9,500 万人の総コレステロールレベルが 200 mg/dL より、2,900 万人が 240 mg/dL より高いこと[87]、および、6 歳から 19 歳までの青少年の 7%が高コレステロールであるとしている[88]。また、CDC [89] は高コレステロールの防止方法を示している。

脂質異常症はさらに4つに分類される。高コレステロール血症・高 LDL コレステロール血症・低 HDL コレステロール血症・高トリグリセリド血症の4つである[81]。善玉の HDL コレステロールは高い方がよいとされることもあり[84]、高脂血症という名称は過去に総コレステロール値を参照していたことからきている。高 LDL コレステロール血症とは LDL コレステロールが血液中に多く存在する(140mg/dL 以上)タイプの脂質異常症である。LDL コレステロールは血管を通じ肝臓で生成されたコレステロールを体内の細胞に運ぶ働きをしているが、LDL コレステロールが過剰になると血管の壁にたまり、動脈硬化を進行させてしまうので悪玉と呼ばれている。低 HDL コレステロール血症とは、血液中の HDL コレステロールが少ない(40mg/dL 未満)タイプの脂質異常症である。HDL コレステロールは様々な臓器で使い切れず余分となったコレステロールを回収し肝臓に戻す働きをし、動脈硬化を抑制するため善玉と呼ばれている。高トリグリセリド血症とは血液中に中性脂肪が多く存在する(150mg/dL)タイプの脂質異常症である。脂質異常症は高血圧・糖尿病との合併で血管が傷つくことで動脈硬化の進行が早まるというリスクがあり、最終的に心疾患・脳疾患という疾患に繋がりがやすい。脂質異常症は過食・運動不足・肥満・喫煙・アルコールの過剰摂取・ストレスなどが原因であるといわれている。ただし遺伝的な要因による家族性脂質異常症も存在する。脂質異常症も糖尿病や高血圧と同様に自覚症状を伴わず、気が付かずに動脈硬化が進むことが多い。

iv) 高尿酸血症(hyperuricemia)

高尿酸血症 [90][91][92]は血液中に存在する尿酸の血中濃度が異常に高い状態のことである。高尿酸血症のために体内で結晶化した尿酸は、関節や腎臓などに溜まり、関節に溜まった尿酸の結晶が痛風発作の原因となる。プリン体の産生過剰あるいは排泄低下が原因とされる高尿酸血症は、体内の尿酸結晶はそのまま存在し、再度の痛風発作、腎臓中の尿酸結晶を原因とする腎臓病(慢性腎臓病)、尿路結石などを引き起こす。一般に血中尿酸濃度が7mg/dLを超えると高尿酸血症とされ、特に8以上は多くの場合、薬物治療が必要とされる。

日本医療評価機構[93]のガイドラインでは、i)肥満、特に内臓脂肪の蓄積と血清尿酸値との間には正の相関関係が認められること[94]、ii)肥満者をエネルギー制限食で治療すると、体重減少に伴って血清尿酸値が低下することが多いこと[95]、iii)プリン体と血清尿酸値の関係では症例によって異なった結果が報告されていること、などが記述されている[96]-[98]。また、高尿酸血症は生活習慣との関連性が高く、日本痛風・核酸代謝学会ガイドライン改訂委員会[99]は高尿酸血症・痛風の生活指導に関連して4つ声明を発表している。高尿酸血症は肥満、高血圧、高脂血症、心血管障害、脳血管障害、尿路結石、慢性腎臓病などの合併症のリスクが指摘されている[100]。Wu et al. [101]は、高尿酸血症(男性7mg/dL、女性6mg/dLの基準)が心血管障害に影響する要素であることを報告している。Li et al. [102]は高尿酸血症が中国の就学前児童(3-6歳)に広がっていることを指摘している。

3. 健康診断とレセプトデータについて

生活習慣病の進行モデルにおいて、境界領域期における健康状態の改善が重要であることを示した。次は生活習慣病を診断する上で重要となる、健康診断の仕組み、またレセプト・医療保険制度、健康保険組合について述べる。

3.1 健康診断

事業者は、労働安全衛生法第66条に基づき、労働者に対して医師による健康診断を実施しなければならない、労働者はその健康診断を受けなければならない[103]とされている。健康診断は以下の表1のように分類されている[104]。(なお、2015年からは「ストレスチェック及び面接指導の実施」(労働者50人未満の事業場については当分の間努力義務)[105]が行われるようになっている。)

表1：一般健康診断の分類

	健康診断の種類	対象となる労働者	実施時期
一般健康診断	雇入時の健康診断(安衛則第43条)	常時使用する労働者	雇入れの際
	定期健康診断(安衛則第44条)	常時使用する労働者(次項の特定業務従事者を除く)	1年以内ごとに1回
	特定業務従事者の健康診断(安衛則第45条)	労働安全衛生規則第13条第1項第2号 ^(※1) に掲げる業務に常時従事する労働者	左記業務への配置替えの際、6月以内ごとに1回
	海外派遣労働者の健康診断(安衛則第45条の2)	海外に6ヶ月以上派遣する労働者	海外に6月以上派遣する際、帰国後国内業務に就かせる際
	給食従業員の検便(安衛則第47条)	事業に附属する食堂または炊事場における給食の業務に従事する労働者	雇入れの際、配置替えの際

出典：厚生労働省[103]

表2に示す通り、これらの客観的指標が健康診断において測定されることが労働安全衛生規則に記されている。健康診断のデータではこのような客観的指標にアクセスすることができる。そしてその結果の保存期間は5年間であると労働安全衛生法第66条によって定められている。

表 2：健康診断における項目（雇入れ時健康診断・定期健康診断）

雇入れ時の健康診断（安衛則第43条）	定期健康診断（安衛則第44条）
1 既往歴及び業務歴の調査	1 既往歴及び業務歴の調査
2 自覚症状及び他覚症状の有無の検査	2 自覚症状及び他覚症状の有無の検査
3 身長、体重、腹囲、視力及び聴力の検査	3 身長 ^(※2) 、体重、腹囲 ^(※2) 、視力及び聴力の検査
4 胸部エックス線検査	4 胸部エックス線検査 ^(※2) 及び喀痰検査 ^(※2)
5 血圧の測定	5 血圧の測定
6 貧血検査(血色素量及び赤血球数)	6 貧血検査(血色素量及び赤血球数) ^(※2)
7 肝機能検査(GOT、GPT、γ-GTP)	7 肝機能検査(GOT、GPT、γ-GTP) ^(※2)
8 血中脂質検査(LDLコレステロール、HDLコレステロール、血清トリグリセライド)	8 血中脂質検査(LDLコレステロール、HDLコレステロール、血清トリグリセライド) ^(※2)
9 血糖検査	9 血糖検査 ^(※2)
10 尿検査(尿中の糖及び蛋白の有無の検査)	10 尿検査(尿中の糖及び蛋白の有無の検査)
11 心電図検査	11 心電図検査 ^(※2)

出典：厚生労働省[103]

2008 年には労働安全衛生法の定期健康診断に関わる部分が改正され[106]、特定健康診査・保健指導が開始された。特定健康診査(特定健診)とは、医療保険者(国保・被用者保険)が実施主体となり、40～74 歳の加入者(被保険者・被扶養者)を対象として、メタボリックシンドロームに着目して行われる健診である[103]。特定保健指導では、生活習慣病予防効果が大きいと見込まれる対象者に対し生活習慣を見直すサポートが提供される。これはリスクに応じて、動機付け支援・積極的支援が行われ、面接・電話・メールにより生活習慣が改善されたかを6か月後に確認するという制度である。前述の通り、生活習慣病の予防が近年重要視されたことから、メタボリックシンドローム症候群に着目した特定健康診断が開始された。

3.2 医療保険制度

我が国における医療保険[108]は、サラリーマン等被用者を対象とした被用者保険制度と自営業者等を対象とした国民健康保険制度(約3,600万人)、後期高齢者保険制度(1,600万人)[107]に分けられる。主な被用者保険は全国健康保険協会管掌健康保険(旧政管健保、3,600万人)、組管管掌健康保険(2,900万人)、共済組合(900万人)である。我が国の医療保険制度はすべての国民が何らかの公的保険に属す皆保険制度である。

日本における保険診療の流れは、1)被保険者は保険者に保険料を納入し、保険者は被保険者証を発行する。2)被保険者(以下、その被扶養者を含む)は、被保険者証を提出し、保険医療機関は、被保険者に対し診療サービスを行う。3)被保険者は、保険医療機関等において医療費の一部を支払う。4)保険医療機関等は、被保険者の1月分の診療費をまとめてレセプト(医療費の請求明細のことで、保険医療機関等が保険者に医療費を請求する際に使用する)[109]を作成し、審査支払機関(社会保険診療報酬支払基金・国民健康保険団体連合会)へ請求する。5)審査支払機関では、保険医療機関等からのレセプトを審査し、妥当なレセプトを各保険者に送付する。6)保険者は請求されたレセプトを確認し、審査支払機関へ支払いを行う。7)審査支払機関は、各保険医療機関に対して支払いを行う。なお、医療費の家計に対する医療費の自己負担が過重なものとならないよう、月ごとの自己負担限度額を超えた場合に、その超えた金額を支給する高額療養費制度も存在する。(被保険者の診療における自己負担額の詳細については、厚生労働省[108]を参照せよ。)

3.3 レセプト(receipt)

2006年から電子化され、保険医療機関等、審査支払機関、保険者の医療保険関係者すべての事務の効率化の観点から「レセプト電算処理システム」が構築され[109]、現在では、ほとんど電子レセプトによる請求となっている。レセプトとはすでに述べたように患者が受けた保険診療について医療機関等が保険者に請求する月単位の医療報酬明細書のことであり[109]。原則として実施された診療行為に基づき、点数がつけられ、1点10円といった単価で計算される。レセプトは医科・DPC・薬科・歯科・訪問看護に分類され、定められた形式によって作成される[110]。レセプトは、分類別に個人情報、患者の健康保険加入情報、請求元の医療機関名、診療科、病名、診療月に行った投薬、注射、処置、手術、検査、画像診断、リハビリ等の点数等で構成される。

4. 使用データ

4.1 使用データの概要

本研究ではある健康保険組合の協力により、2015～2016年度の従業員の特定健康診断データとレセプトデータを統合したデータベースを作成して分析を行った。健康診断データは従業員とその被扶養者のデータとなっているが、このうち、健康保険組合に健康診断を送った従業員とその被扶養者のデータである。一方で、レセ

プトデータは前述した特性上、全従業員とその被扶養者のデータが月単位で存在する。健康診断のデータ数は、2015年度が17,077件、2016年度が11,267件の合計28,344件となっている。ただし、今回は扱う変数をできるだけ多くするため異常値・欠損値のあるデータを除き、サンプル数は2015年度・2016年度両年で15,880件となった。

本研究では、レセプトデータ・健康診断データにランダムに個人ごとに割り当てられたIDを作成した。それに基づき、レセプトデータから得られる情報と健康診断データから得られる情報を突合し、健康診断・レセプトデータの両者を統合した年度別のデータセットを作成した。なお、個人が特定されないよう、匿名化作業は当該健康保険組合で行い、分析には匿名化後のデータを使用した。

4.2 特定健康診断データ

特定健康診断データは、XML規格が採用されている[111]。こうした構造の中から、ヘッダ部の受診者情報からランダムに発生させたIDを個人ごとに割り当て、匿名化を行った。このIDを用いてレセプトデータとの結合を行った。そしての検査問診セクションから以下の表3に示す項目のデータを得た。

表3：特定健康診断のデータ項目

特定健診項目	特定健診項目	特定健診項目
資格区分(コード)	(所見)	既往歴1(脳血管)
性別(コード)	収縮期血圧(※)	既往歴2(心血管)
健診の目的(コード)	拡張期血圧(※)	既往歴3(腎不全・人工透析)
健診の実施日時	採血時間(食後) (コード)	貧血
健診実施機関番号	中性脂肪 (トリグリセリド)	喫煙
健診実施機関名称	HDLコレステロール	20歳からの体重変化
メタボリックシンドローム判定(コード)	LDLコレステロール	30分以上の運動習慣
保健指導レベル(コード)	γ-GT(γ-GTP)	歩行又は身体活動
年齢(年度)(※)	空腹時血糖	食べ方1(早食い等)
身長	HbA1c (NGSP 値)	食べ方2(就寝前)
体重	尿糖	食べ方3(夜食/間食)
BMI	尿蛋白	食習慣
腹囲(実測)	赤血球数	飲酒
既往歴(コード)	ヘマトクリット	飲酒量
(具体的な既往歴)	血色素量	睡眠
自覚症状(コード)	服薬1(血圧)	生活習慣の改善
心電図検査	服薬2(血糖)	保健指導の希望
他覚症状(コード)	服薬3(脂質)	医師の診断(判定)
所属事業所名称		

出典：厚生労働省[112]

表3の灰色で表示した項目の具体的な質問内容は表4の通りである。

表 4：特定健康診断における質問項目とその内容

服薬1（血圧）	血圧を下げる薬の使用の有無
服薬2（血糖）	インスリン注射又は血糖を下げる薬の使用の有無
服薬3（脂質）	コレステロールを下げる薬の使用の有無
既往歴1 （脳血管）	医師から、脳卒中(脳出血、脳梗塞等)にかかっているといわれたり、治療を受けたことがある。
既往歴2 （心臓血管）	医師から、心臓病(狭心症、心筋梗塞等)にかかっているといわれたり、治療を受けたことがある。
既往歴3 （腎不全・人工透析）	医師から、慢性の腎不全にかかっているといわれたり、治療(人工透析)を受けたことがある。
貧血	医師から、貧血といわれたことがある。
喫煙	現在、たばこを習慣的に吸っている。
20歳からの体重変化	20歳の時から体重が10kg以上増加している。
30分以上の運動習慣	1回30分以上の軽く汗をかく運動を週2日以上かつ1年以上実施している。
歩行又は身体活動	日常生活において歩行又は同等の身体活動を1日1時間以上実施している。
歩行速度	ほぼ同じ年齢の同性と比較して歩く速度が速い。
1年間の体重変化	この1年間で体重が±3kg以上あった。
食べ方1（早食い等）	人と比較して食べる速度が速い。
食べ方2（就寝前）	就寝前の2時間以内に夕食をとることが週に3回以上ある。
食べ方3（夜食/間食）	夕食後に間食（3食以外の夜食）をとることが週に3回以上ある。
食習慣	朝食を抜くことが週に3回以上ある。
飲酒	お酒（焼酎・清酒・ビール・洋酒など）を飲む頻度。
飲酒量	飲酒日の1日当たりの飲酒量。
睡眠	睡眠で休養が十分とれている。
生活習慣の改善	運動や食生活等の生活習慣を改善してみようと思う。
保健指導の希望	生活習慣の改善について保健指導を受ける機会があれば、利用するか。

出典：全国健康保険協会[109]

4.3 レセプトデータ

先述した通り、レセプトデータは「医科（MED）」「入院（DPC）」「歯科（DEN）」「訪問看護（NUR）」「調剤（PHA）」の五科目から構成され、それぞれが月ごとにCVSデータとしてまとめられている[109]。

本研究では、データを月ごと項目ごとに一行に整理した上で、同じIDを保有する個人を結合することで各科目別とその合計の年間医療費（2015・2016年度別）を算出した。また、レセプト科目・「医科（MED）」の診断から医師が判断を下した傷病名を得ることができるため、先述した代表的な生活習慣病（高血圧症・高尿酸血症・糖尿病・脂質異常症）に該当するかという変数（0：なし、1：あり）を分析に加えた。

4.4 分析に用いた変数

以上の健康診断データとレセプトデータから変数を作成したが、本研究の分析に使用した変数（変数名、定義）を表5に示す。

表5：分析に用いた変数の定義

変数名	定義	変数名	定義
total_score	年度別合計医療費	aman_kidney	既往歴 3(腎不全・人工透析)
log scale	事業所規模	anemia	貧血
year	年度	change_weight_20	20歳からの体重変化
gender	性別	exercise	運動習慣(30分以上)
age	年齢	walk	歩行又は身体活動
BMI	Body Mass Index =体重(kg)/身長(m) ²	walk_vel	歩行速度
anamnesis	既往歴	change_weight_1	1年間の体重変化
SBP	最高(収縮期)血圧 mmHg	eat_fast	食べ方1(早食い)
DBP	最低(拡張期)血圧 mmHg	eat_sleep	食べ方2(就寝前)
TG	中性脂肪 mg/dL	night_snak	食べ方3(夜間間食)
HDL	HDL コレステロール mg/dL	no_breakfast	食習慣
LDL	LDL コレステロール mg/dL	drinking	飲酒
GOT	GOT 値 U/L	amount_drinking	飲酒量
GPT	GPT 値 U/L	sleep	睡眠
γ-GTP	γ-GTP U/L	h_guidance	保健指導の希望
BS	血糖(blood suga)値 mg/dL	dyslipidemia	脂質異常症
HbA1c	Hb(hemoglobin)A1c %	diabetes	糖尿病
US	尿糖 (urine suga)	hyperuricemia	高尿酸血症
UP	尿蛋白 (urine protein)	hypertension	高血圧症
hematocrit	ヘマトクリット g/dL	Num_LSRD	生活習慣病併発数
Hb	血色素量(hemoglobin) g/dL	no_dyslipidemia	3 生活習慣病(dyslipidemia 以外)
RBC	赤血球数(red blood cell) 10,000/μL	no_diabetes	3 生活習慣病(diabetes 以外)
e-cardiogram	心電図の有無	no_hyperuricemia	3 生活習慣病(hyperuricemia 以外)
sub_symptom	自覚症状	no_hypertension	3 生活習慣病(hypertension 以外)
obj_symptom	他覚症状	dyslip_diab	2 生活習慣病(脂質異常・糖尿)
med_BP	服薬(血圧)	dyslip_uricemia	2 生活習慣病(脂質異常・高尿酸血症)
med_BS	服薬(血糖)	dyslip_tension	2 生活習慣病(脂質異常・高血圧)
med_chol	服薬(脂質, cholestrol)	diab_uricemia	2 生活習慣病(糖尿・高尿酸血症)
smoking	喫煙	diab_tension	2 生活習慣病(糖尿・高血圧)
aman_brain	既往歴 1(脳血管)	dricemia_tension	2(高尿酸血症・高血圧)
aman_heart	既往歴 2(心臓血管)	blood_ind	血液指標合成尺度

GOT:glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase, γ-GTP: γ-glutamyltransferase
U/L:ユニット/L

表5のオレンジの変数が、健康診断・レセプトから得られるデータから変数として作成したものである。青色で塗りつぶされた項目は質的データである。これらの変数の内容は以下の通りである。合計医療費(total_score)は、レセプトの各科目(医科・歯科・入院・調剤・訪問看護)から個人ごとに年間の合計点数である。事業所規模(log scale)は事業所の従業員並びにその被扶養人の規模の対数値である。年度(year, 4月から翌年3月までは2015年度、2016年度である。有効範囲はその年のである。性別(gender)は質的データであり元データの方で男女区分がされていた。「男性」を1「女性」を0とした。年齢(age)から赤血球数(RBC)までの塗りつぶされていない項目に関しては、尿糖・尿蛋白を除き量的データであり基本的に健康診断データから得られるそのままの値を採用した。ただし、これらの項目の内いくつかの計測手法は、健康診断機関により異なる場合がある。計測手法は異なるものの同じ指標なので一つの値にまとめた。例としては、中性脂肪は、視吸光度法(酵素比色法・グリセロール消去)・紫外吸光度法(酵素比色法・グリセロール消去)・その他、といった三種類の測定方法が存在する。HDLコレステロール、LDLコレステロール、GOT、GPT、γ-GTP、空腹時血糖、HbA1c、尿糖、尿蛋白も同様に複数の手法により計測されているが、測定方法の違いは考慮せずに分析を行った。ただし血圧(最高血圧、最低血圧)に関しては、2回計測されている場合[64]があるが、その平均を測定値として採用した。尿糖・尿蛋白に関しては、健康診断データにおいて段階的に「-」「+-」「1+」「2+」「3+」「E」を取っている。「E」は異常値として削除し、順に「1」「2」「3」「4」「5」と変更した。

次に青色で塗りつぶされた項目（生活習慣に関する質問・質的データ）に関する説明をする。食べ方1、飲酒、飲酒量を除いた変数はすべて「はい」「いいえ」で構成されている。具体的な質問内容は前述の表を参照せよ。この二値データに関しては「はい」を1、「いいえ」を0と変換し、二項の質的データとした。一方で、食べ方1は「早い」を1、「ふつう」を2、「遅い」を3とした。飲酒は「ほとんど飲まない」を0、「時々」を1、「毎日」を2とした。飲酒量は「飲まない」を0、「1合未満」を1、「1～2合未満」を2、「2～3合未満」を3、「3合以上」を4とした。

さらに本研究では生活習慣病に関する変数を以下のような手順で作成した。レセプトデータ（医科）より、個人ごとにどのような傷病を診断されているかがわかるため、前述の代表的な生活習慣病4つの疾病を持つものを年度別で抜き出し、それを表す個別ダミー変数（0：診断なし、1：診断あり）dyslipidemia～hypertensionを作成した。また、各生活習慣病のダミー変数を作成後、2つ（以下の6変数：dyslip_diab, dyslip_uricemia, dyslip_tension, diab_uricemia, diab_tension, dricemia_tension）および3つの生活習慣病（以下の4変数：no_dyslipidemia, no_diabetes, no_hyperuricemia, no_hypertension）を同時に有することを表すダミー変数を作成した。また、Num_LSRD(併発数)はこの4つの生活習慣病の内いくつ持っているかを示している。そのためこの変数に関しては0～4までの数値を取る。

blood_ind は hematocrit(ヘマトクリット)・Hb(ヘモグロビン)・RBC(赤血球数)を主成分分析によりまとめた指標である。以下の表は hematocrit(ヘマトクリット)・Hb(ヘモグロビン)・RBC(赤血球数)の相関行列を示している。これら3つの指標はいずれも血液系の指標であり[114]、これらの検査は、血液中の赤血球の状態を調べるために用いられ、これらの検査を総合判断し貧血に関しての診断が行われる。また表6の通りこの3つの指標はそれぞれ相関係数が高い。またそれに加え医学的見地からも赤血球の状態を表すといった似通った性質を持っている。こうした3点から、これら3つの指標に対して主成分分析を行い、第一主成分のみを使い（寄与度88.6%）、その平均が0となるように

$$\text{blood_ind} = 0.5929 \text{ hematocrit} + 0.5892 \text{ Hb} + 0.549 \text{ RBC} - \text{平均値} \quad (4.1)$$

として、1つの指標とし、多重共線性の影響を抑えながらデータセットに血液系の指標を組み入れた。

表6：血液系指標間の相関係数

	hematocrit	Hb	RBC
hematocrit	1	0.942382	0.778284
Hb	0.942382	1	0.760791
RBC	0.778284	0.760791	1

4.5 各変数の基本統計量

表7に上記の各変数の基本統計量を示す。また、前述したとおり標本数は、異常値・欠損値を含む行の削除により分析対象とした観測値数はN=15,580である。なお、Reference Range は健康診断での基準範囲[115]とされているものである。

表7：各変数の基本統計量、Reference Range [115]、N=15,580

Variable	Mean	SD	Reference Range	Variable	Mean	SD
total_score	13631	32414		anemia	0.102	0.303
logscale	1.941	0.552		change_weight_20	0.411	0.492
year	2,015	0.498		exercise	0.255	0.436
gender	0.694	0.461		walk	0.394	0.489
age	49.96	8.827		walk_vel	0.443	0.497
BMI	23.55	3.805	18.5~24.9	change_weight_1	0.304	0.46
anamnesis	0.409	0.492		eat_fast	1.788	0.597
SBP	123.4	16.77	~129	eat_sleep	0.436	0.496
DBP	76.5	11.9	~84	night_snak	0.132	0.338
TG	118.6	108.7	30~149	no_breakfast	0.309	0.462
HDL	62.35	17.14	40~119	drinking	1.121	0.824
LDL	124.7	33.09	60~119	amount_drinking	1.797	0.915
GOT	23.83	11.17	~30	sleep	0.566	0.496
GPT	24.97	18.32	~30	h_guidance	0.313	0.464
γ-GTP	45.9	52.83	~50	dyslipidemia	0.0641	0.245
BS	96.67	21.31	~99	diabetes	0.217	0.412
HbA1c	5.556	0.734	~5.5	hyperuricemia	0.0685	0.253
US	1.095	0.558	1	hypertension	0.2	0.4
UP	1.124	0.475	1	blood_ind	0	1.63
hematocrit	44.51	4.151		Num_LSRD	0.55	0.906
Hb	14.54	1.524		dyslip_diab	0.041	0.198
RBC	474	43.44		dyslip_uricemia	0.0149	0.121
e-cardiogram	0.238	0.426		dyslip_tension	0.0316	0.175
sub_symptom	0.477	0.499		diab_uricemia	0.0423	0.201
obj_symptom	0.0283	0.166		diab_tension	0.113	0.317
med_BP	0.14	0.347		uricemia_tension	0.0437	0.204
med_BS	0.0372	0.189		no_dyslipidemia	0.0293	0.169
med_chol	0.0692	0.254		no_diabetes	0.00938	0.0964
smoking	0.418	0.493		no_hyperuricemia	0.0232	0.151
aman_brain	0.0107	0.103		no_hypertension	0.0105	0.102
aman_heart	0.0209	0.143				
aman_kidney	0.00157	0.0396				

SD: Standard Deviation

hematocrit(ヘマトクリット)・Hb(ヘモグロビン)・RBC(赤血球数)は性別ごとに基準範囲が異なるので、次表にその値を示す。

表8：hematocrit(ヘマトクリット)・Hb(ヘモグロビン)・RBC(赤血球数)性別ごとの基準範囲 (Reference Range)

項目	基準範囲
男性 赤血球	432-528
女性 赤血球	387-478
男性 血色素	13.7-16.3
女性 血色素	12.0-14.5
男性 ヘマトクリット	40.8-47.9
女性 ヘマトクリット	36.3-43.3

[115]

5. 医療費の分布および分析モデル

本章では、医療費と健康診断の各データがどのように相関があるのかを医療費を被説明変数、健康診断・レセプトから得られたデータを説明変数とし回帰分析を行った。またその結果を元に、各変数につき代表的な値などを代入したケースを対象として、医療費がどのくらいかかるのか、生活習慣病や既存症の影響はどの程度かに関して試算を行い、その影響の定量的評価を行った。

5.1 医療費の分布

前章で説明した医療費(点数)を被説明変数とする。また、これは医科(MED)、入院(DPC)、歯科(DEN)、訪問看護(NUR)、薬科(PHA)の一年間(年度ごと)の合計である。この分布は、図6の通りである。医療費の平均は13,631点、標準偏差は32,413点である。分布は、右側に裾の厚い分布、すなわち、少数ではあるが非常に高額な医療費を使う対象者がいることを示している。0点が全件数の内16.2%と大きい一方で、10万点を超える医療費のデータも存在し、その全医療費に占める割合は22.26%と大きな割合を占めている。

対象数(件)

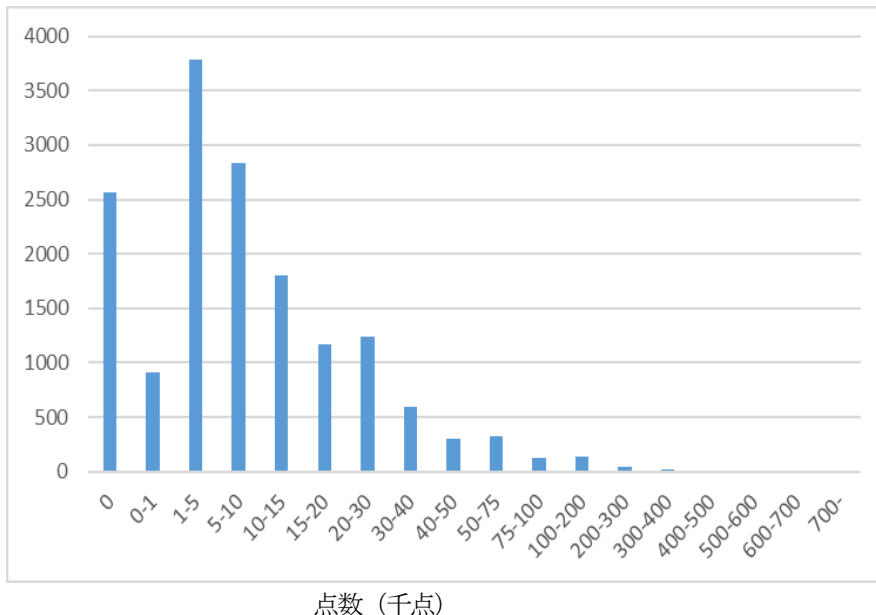


図6：医療費の分布

5.2 Power transformation tobit model

多くの先行研究で患者を対象とした医療費の分析において重回帰分析が用いられている。例えば、稲田・西村・清野ほか[116]や Shuyu, Toh, Ko et al. [117]は医療費の分析に重回帰分析を用いている。しかしながら、医療費が負の値をとらず、また、右に裾の厚い分布で分散も非常に大きく、最小二乗法による分析が適当ではない可能性がある。また、被説明変数である医療費が多くの対象者において0を取っている。このため、対数

変換を行うことはできない。すなわち、医療費は負の値をとらず、医療費を全く使わない（医療費0の）対象者が数多くいる、分布の裾が右に長くなっているといった特徴がある。そのため本研究では、Nawata and Kimura [8]によって用いられた被説明変数にべき乗変換(power transformation)を施したのちに tobit model を使った power transformation tobit model（べき乗変換トービットモデル）による推定を行うが、以下モデルの簡単な説明を行う。

i) Tobit model

標準 tobit model（または censored regression model）について簡単に説明する。Tobit model は

$$y_i^* = x_i' \beta + u_i, \quad u_i \sim N(0, \sigma^2), \quad i = 1, \dots, n \quad (5.1)$$

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{if } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \end{cases}$$

で与えられるモデルである。 y_i^* が負の場合、その値は観測されない。 x_i は説明変数のベクトル、 β は次元の未知パラメータのベクトル、 u_i は誤差項であり、平均0、分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定する。詳細は Amemiya[118]、縄田[119]を参照せよ。

ii) Power transformation

前述した tobit model では、誤差項が正規分布であることを仮定している一方で、医療費は右に裾の厚い分布であり、誤差項が正規分布に従っているとは言えない。北澤・坂巻・武藤[120]、Sittig, Friedel and Wasem [121]は、医療費の分布が正規分布でなく、本研究と同様に、右に裾の厚い分布となっていることを見出し、対数変換を行って分析を行っている。しかしながら、本研究で用いたデータは多くの0値を含むため対数変換を行うことはできない。

本研究では、誤差項を正規分布に近づけることを目的として、(5.2)のように power transformation を行った。

$$y = t^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (5.2)$$

iii) Power transformation tobit model

本論文では、tobit model と power transformation を統合した power transformation tobit model を用いた。ここで、

$$y = t^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (5.3)$$

$$\frac{dy}{dt} = \alpha t^{\alpha-1}$$

したがって、べき乗変換トービットモデルにおいて、最大化すべき対数尤度関数は、

$$\log L(\theta) = \sum_{t>0} \log \left\{ 1 - \Phi \left(\frac{x_i \beta}{\sigma} \right) \right\} + \sum_{t=0} \left\{ -\frac{1}{2} \log 2\pi - \log \sigma - \frac{(y_i - x_i)}{2\sigma^2} + (\alpha - 1) \log t_i + \log \alpha \right\} \quad (5.4)$$

となる。なお、最大尤度の計算においては、 α を固定すると単純な tobit model となるため、Nawata [123]で使用された次のような scanning method を用いた。

- i) α の値を(0,1)の区間で0.01間隔で増加させていき、対数尤度を最大にする α の値を求める。
- ii) その値の周りで、 α を0.0001間隔で増加させ、対数尤度を最大にする α の値を求める。

図7は次項で述べる Model Bにおける対数尤度と α の関係を示したものである。

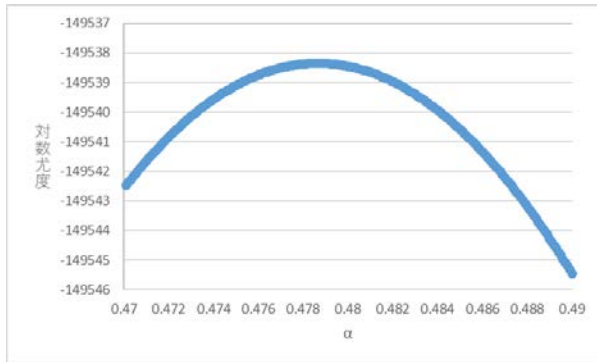


図7：対数尤度と α のグラフ (Model B)

5.3 推定モデルおよび説明変数

本研究では健康診断またはレセプトデータから得られるどの項目が有意な影響があるかを調べることを目的としているため、前章で説明した変数のうちできるだけ多くのものをモデルに組み込むこととした。多重共線性の影響を極力小さくするために関連性が強いと考えられる変数の取り扱いには注意が必要である。このため、独立変数間の多重共線性を検出するための指標の一つである VIF (Variance Inflation Factor, VIF) 値を計算した。その結果、VIF が 10 以上となったのは、Num_LSRD (21.33)、Hb(10.32)、hematocrit(10.25)の 3 変数であった。(Num_LSRD は dyslipidemia, diabetes, hyperuricemia, hypertension のダミー変数の合計であるため、hypertension はこの段階で説明変数から除いた。)生活習慣病に関する変数と Hb、hematocrit などの血液系指標の項目において VIF 値が比較的高い水準にある。

このため、生活習慣病に関しては、1) 各生活習慣病を表す 4 つのダミー変数 (dyslipidemia, diabetes, hyperuricemia, hypertension) を含む Model A、2) 2 つ生活習慣病を持つ場合を表す 6 つのダミー変数 (dyslip_diab, dyslip_uricemia, dyslip_tension, diab_uricemia, diab_tension, uricemia_tension) を含む Model B、3) 3 つの生活習慣病を持つ場合を表す 4 つのダミー変数 (no_dyslipidemia, no_diabetes, no_hyperuricemia, no_hypertension) を含む Model C、4) 併発数(Num_LSRD)のみを含む Model D、の 4 つの異なる変数のグループを用いるモデルによる分析を行った。また、すでに述べたように血液系指標は、主成分分析により指標をまとめ blood_ind として分析で使用する。

4 つのモデル (Model A-Model D) の具体的なモデルは以下の式 (5.5) - (5.8) の通りである。ただし、 $Y = (\text{total_score})^\alpha$ である。

Model A :

$$\begin{aligned}
 Y = & \beta_0 + \beta_1 \text{logscale} + \beta_2 \text{year} + \beta_3 \text{gender} + \beta_4 \text{age} + \beta_5 \text{BMI} + \beta_6 \text{anamnesis} + \beta_7 \text{SBP} + \beta_8 \text{DBP} + \beta_9 \text{TG} \quad (5.5) \\
 & + \beta_{10} \text{HDL} + \beta_{11} \text{LDL} + \beta_{12} \text{GOT} + \beta_{13} \text{GPT} + \beta_{14} \gamma\text{-GTP} + \beta_{15} \text{BS} + \beta_{16} \text{HbA1c} + \beta_{17} \text{US} \\
 & + \beta_{18} \text{UP} + \beta_{19} \text{blood_ind} + \beta_{20} \text{e-cardiogram} + \beta_{21} \text{sub_symptom} \\
 & + \beta_{22} \text{obj_symptom} + \beta_{23} \text{med_BP} + \beta_{24} \text{med_BS} + \beta_{25} \text{med_chol} + \beta_{26} \text{smoking} \\
 & + \beta_{27} \text{aman_brain} + \beta_{28} \text{aman_heart} + \beta_{29} \text{aman_kidney} + \beta_{30} \text{anemia} \\
 & + \beta_{31} \text{change_weight_20} + \beta_{32} \text{exercise} + \beta_{33} \text{walk} + \beta_{34} \text{walk_vel} + \beta_{35} \text{change_weight_1} \\
 & + \beta_{36} \text{eat_fast} + \beta_{37} \text{eat_sleep} + \beta_{38} \text{night_snak} + \beta_{39} \text{no_breakfast} \\
 & + \beta_{40} \text{drinking} + \beta_{41} \text{amount_drinking} + \beta_{42} \text{sleep} + \beta_{43} \text{h_guidance} \\
 & + \delta_1 \text{dyslipidemia} + \delta_2 \text{diabetes} + \delta_3 \text{hyperuricemia} + \delta_4 \text{hypertension} + u.
 \end{aligned}$$

Model B:

$$\begin{aligned}
 Y = & \beta_0 + \beta_1 \text{logscale} + \beta_2 \text{year} + \beta_3 \text{gender} + \beta_4 \text{age} + \beta_5 \text{BMI} + \beta_6 \text{anamnesis} + \beta_7 \text{SBP} + \beta_8 \text{DBP} + \beta_9 \text{TG} \quad (5.6) \\
 & + \beta_{10} \text{HDL} + \beta_{11} \text{LDL} + \beta_{12} \text{GOT} + \beta_{13} \text{GPT} + \beta_{14} \gamma\text{-GTP} + \beta_{15} \text{BS} + \beta_{16} \text{HbA1c} + \beta_{17} \text{US} \\
 & + \beta_{18} \text{UP} + \beta_{19} \text{blood_ind} + \beta_{20} \text{e-cardiogram} + \beta_{21} \text{sub_symptom} \\
 & + \beta_{22} \text{obj_symptom} + \beta_{23} \text{med_BP} + \beta_{24} \text{med_BS} + \beta_{25} \text{med_chol} + \beta_{26} \text{smoking} \\
 & + \beta_{27} \text{aman_brain} + \beta_{28} \text{aman_heart} + \beta_{29} \text{aman_kidney} + \beta_{30} \text{anemia} \\
 & + \beta_{31} \text{change_weight_20} + \beta_{32} \text{exercise} + \beta_{33} \text{walk} + \beta_{34} \text{walk_vel} + \beta_{35} \text{change_weight_1} \\
 & + \beta_{36} \text{eat_fast} + \beta_{37} \text{eat_sleep} + \beta_{38} \text{night_snak} + \beta_{39} \text{no_breakfast} \\
 & + \beta_{40} \text{drinking} + \beta_{41} \text{amount_drinking} + \beta_{42} \text{sleep} + \beta_{43} \text{h_guidance}
 \end{aligned}$$

$$+\delta_1 \text{dyslip_diab} + \delta_2 \text{dyslip_uricemia} + \delta_3 \text{dyslip_tension} + \delta_4 \text{diab_uricemia} + \delta_5 \text{diab_tension} \\ + \delta_6 \text{uricemia_tension} + u.$$

Model C:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{logscale} + \beta_2 \text{year} + \beta_3 \text{gender} + \beta_4 \text{age} + \beta_5 \text{BMI} + \beta_6 \text{anamnesis} + \beta_7 \text{SBP} + \beta_8 \text{DBP} + \beta_9 \text{TG} \quad (5.7) \\ + \beta_{10} \text{HDL} + \beta_{11} \text{LDL} + \beta_{12} \text{GOT} + \beta_{13} \text{GPT} + \beta_{14} \gamma\text{-GTP} + \beta_{15} \text{BS} + \beta_{16} \text{HbA1c} + \beta_{17} \text{US} + \beta_{18} \text{UP} \\ + \beta_{19} \text{blood_ind} + \beta_{20} \text{e-cardiogram} + \beta_{21} \text{sub_symptom} \\ + \beta_{22} \text{obj_symptom} + \beta_{23} \text{med_BP} + \beta_{24} \text{med_BS} + \beta_{25} \text{med_chol} + \beta_{26} \text{smoking} \\ + \beta_{27} \text{aman_brain} + \beta_{28} \text{aman_heart} + \beta_{29} \text{aman_kidney} + \beta_{30} \text{anemia} \\ + \beta_{31} \text{change_weight_20} + \beta_{32} \text{exercise} + \beta_{33} \text{walk} + \beta_{34} \text{walk_vel} + \beta_{35} \text{change_weight_1} \\ + \beta_{36} \text{eat_fast} + \beta_{37} \text{eat_sleep} + \beta_{38} \text{night_snak} + \beta_{39} \text{no_breakfast} \\ + \beta_{40} \text{drinking} + \beta_{41} \text{amount_drinking} + \beta_{42} \text{sleep} + \beta_{43} \text{h_guidance} \\ + \delta_1 \text{no_dyslipidemia} + \delta_2 \text{No_hyperuricemia} + \delta_3 \text{No_hypertension} + \delta_4 \text{no_diabetes} + u.$$

Model D:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{logscale} + \beta_2 \text{year} + \beta_3 \text{gender} + \beta_4 \text{age} + \beta_5 \text{BMI} + \beta_6 \text{anamnesis} + \beta_7 \text{SBP} + \beta_8 \text{DBP} + \beta_9 \text{TG} \quad (5.8) \\ + \beta_{10} \text{HDL} + \beta_{11} \text{LDL} + \beta_{12} \text{GOT} + \beta_{13} \text{GPT} + \beta_{14} \gamma\text{-GTP} + \beta_{15} \text{BS} + \beta_{16} \text{HbA1c} + \beta_{17} \text{US} + \beta_{18} \text{UP} \\ + \beta_{19} \text{blood_ind} + \beta_{20} \text{e-cardiogram} + \beta_{21} \text{sub_symptom} \\ + \beta_{22} \text{obj_symptom} + \beta_{23} \text{med_BP} + \beta_{24} \text{med_BS} + \beta_{25} \text{med_chol} + \beta_{26} \text{smoking} \\ + \beta_{27} \text{aman_brain} + \beta_{28} \text{aman_heart} + \beta_{29} \text{aman_kidney} + \beta_{30} \text{anemia} \\ + \beta_{31} \text{change_weight_20} + \beta_{32} \text{exercise} + \beta_{33} \text{walk} + \beta_{34} \text{walk_vel} + \beta_{35} \text{change_weight_1} \\ + \beta_{36} \text{eat_fast} + \beta_{37} \text{eat_sleep} + \beta_{38} \text{night_snak} \\ + \beta_{39} \text{no_breakfast} + \beta_{40} \text{drinking} + \beta_{41} \text{amount_drinking} + \beta_{42} \text{sleep} + \beta_{43} \text{h_guidance} \\ + \delta_1 \text{Complica} + u.$$

6. Power transformation tobit model の医療費の分析結果

6.1 各モデルの推定結果

モデルごとの power transformation tobit model、Model A-D の推定結果は以下の表の通りである。

表9：Model Aにおける推定結果 ($\alpha=0.4770$, SE:0.002121)

Variable	Estimate	SE	t-value	Variable	Estimate	SE	t-value
Constant	-381.3	1489.6	-0.204	med_BS	28.5206	2.1555	9.887**
logscale	-1.4743	0.6760	-1.743	med_chol	13.4928	1.6550	6.665**
year	0.2257	0.7383	0.243	smoking	-8.8151	0.8616	-8.406**
gender	-11.7957	1.1612	-8.031**	aman_brain	8.2061	2.6738	1.827
age	0.5446	0.0525	8.567**	aman_heart	11.4150	2.1664	3.436**
BMI	0.3861	0.1279	2.227*	aman_kidney	51.8182	4.5883	4.471**
Anamnesis	10.6232	0.8316	10.122**	anemia	0.3333	1.2654	0.199
SBP	-0.3864	0.0377	-8.118**	change_weight_20	-1.8028	0.9473	-1.546
DBP	0.0978	0.0513	1.476	exercise	-0.0688	0.9380	-0.059
TG	0.0092	0.0034	1.857	walk	-3.6648	0.8218	-3.542**
HDL	-0.0415	0.0272	-1.189	walk_vel	-0.3387	0.7756	-0.350
LDL	-0.0729	0.0123	-4.733**	change_weight_1	5.4362	0.8438	5.074**
GOT	0.1641	0.0562	2.221*	eat_fast	-0.3008	0.6473	-0.376
GPT	-0.0745	0.0389	-1.571	eat_sleep	-1.8340	0.7951	-1.807
γ -GTP	0.0087	0.0084	0.774	night_snak	4.7473	1.0807	3.421**
BS	-0.1280	0.0219	-4.343**	no_breakfast	-7.1824	0.8618	-6.678**
HbA1c	0.5338	0.9679	0.448	drinking	-0.8453	0.5467	-1.213
US	1.9479	0.7997	1.863	amount_drinking	-0.7807	0.4951	-1.275
UP	1.5957	0.7213	1.603	sleep	0.6232	0.7627	0.649
blood_ind	-1.8283	0.8813	-1.660	h_guidance	2.2374	0.8025	2.237*
e-cardiogram	1.0373	0.8721	0.938	dyslipidemia	10.5281	1.5239	5.364**
sub_symptom	2.0449	0.7821	2.095*	diabetes	35.2667	1.1477	26.097**
obj_symptom	13.7053	1.8928	4.928**	hyperuricemia	12.2336	1.4915	6.283**
med_BP	5.6874	1.5795	2.579**	hypertension	26.8948	1.4599	13.508**

SE: Standard Error; *:5%で有意、**:1%で有意.

表 10 : Model B における推定結果 ($\alpha=0.4790$, SE:0.002107)

Variable	Estimate	SE	t-value	Variable	Estimate	SE	t-value
Constant	1439.1	1571.6	0.727	med_chol	21.0363	1.8499	9.895**
logscale	-1.3382	0.7097	-1.495	smoking	-9.7637	0.9112	-8.798**
year	-0.6878	0.7789	-0.701	aman_brain	10.7069	2.8099	2.248*
gender	-12.4999	1.2209	-8.052	aman_heart	14.5604	2.3074	4.134**
age	0.7733	0.0561	11.549**	aman_kidney	54.7632	5.1552	4.465**
BMI	0.4572	0.1365	2.490*	anemia	0.8975	1.3315	0.507
anamnesis	13.8243	0.8966	12.480**	change_weight_20	-1.9174	1.0041	-1.554
SBP	-0.3577	0.0396	-7.133**	exercise	-0.1076	0.9926	-0.087
DBP	0.1315	0.0541	1.876	walk	-4.0423	0.8692	-3.692**
TG	0.0120	0.0037	2.291*	walk_vel	-0.5935	0.8215	-0.580
HDL	-0.0572	0.0289	-1.548	change_weight_1	7.0678	0.8946	6.238**
LDL	-0.0758	0.0129	-4.653**	eat_fast	-0.5241	0.6844	-0.618
GOT	0.1955	0.0609	2.498*	eat_sleep	-2.4500	0.8428	-2.281*
GPT	-0.0651	0.0413	-1.297	night_snak	5.0252	1.1354	3.421**
γ -GTP	0.0135	0.0090	1.140	no_breakfast	-7.8097	0.9081	-6.861**
BS	-0.0632	0.0227	-2.034*	drinking	-1.2908	0.5756	-1.751
HbA1c	0.6765	1.0211	0.536	amount_drinking	-0.2594	0.5216	-0.401
US	2.2403	0.8341	2.024*	sleep	0.3668	0.8062	0.361
UP	1.6850	0.7673	1.597	h_guidance	2.8964	0.8473	2.736**
blood_ind	-2.1296	0.9319	-1.827	dyslip_diab	20.1008	2.6162	6.067**
e-cardiogram	1.6592	0.9239	1.418	dyslip_uricemia	1.2524	3.9784	0.256
sub_symptom	1.5877	0.8248	1.536	dyslip_tension	-2.9740	2.8050	-0.773
obj_symptom	14.3514	1.9814	4.873**	diab_uricemia	11.5379	2.8938	3.290**
med_BP	27.1939	1.7059	14.331**	diab_tension	18.4479	1.5625	8.563**
med_BS	40.0949	2.3364	13.157**	uricemia_tension	6.6962	2.8509	1.963*

SE: Standard Error; *:5%で有意、**:1%で有意.

表 11 : Model C における推定結果 ($\alpha=0.4794$, SE:0.002102)

Variable	Estimate	SE	t-value	Variable	Estimate	SE	t-value
Constant	2065.8	1588.6	1.032	med_BS	45.8034	2.4048	15.085**
logscale	-1.2545	0.7147	-1.386	med_chol	24.2787	1.8956	11.378**
year	-1.0025	0.7874	-1.011	smoking	-10.1172	0.9193	-9.020**
gender	-12.2049	1.2274	-7.785**	aman_brain	12.8110	2.8021	2.661**
age	0.8180	0.0563	12.103**	aman_heart	16.5085	2.3129	4.643**
BMI	0.5184	0.1384	2.793**	aman_kidney	54.5137	4.8112	4.403**
anamnesis	14.2306	0.9088	12.714**	anemia	1.2402	1.3443	0.692
SBP	-0.3489	0.0399	-6.887**	change_weight_20	-1.7092	1.0124	-1.370
DBP	0.1286	0.0545	1.816	exercise	0.0926	0.9992	0.074
TG	0.0140	0.0037	2.651**	walk	-4.1051	0.8771	-3.708**
HDL	-0.0602	0.0292	-1.613	walk_vel	-0.6413	0.8286	-0.620
LDL	-0.0761	0.0131	-4.624**	change_weight_1	7.4388	0.9045	6.496**
GOT	0.2137	0.0604	2.702**	eat_fast	-0.5732	0.6920	-0.669
GPT	-0.0688	0.0416	-1.357	eat_sleep	-2.6488	0.8506	-2.440*
γ -GTP	0.0161	0.0091	1.347	night_snak	5.2901	1.1476	3.563**
BS	-0.0368	0.0226	-1.175	no_breakfast	-8.0473	0.9173	-6.994**
HbA1c	0.6917	1.0288	0.543	drinking	-1.4073	0.5801	-1.888
US	2.2667	0.8414	2.026*	amount_drinking	-0.0923	0.5244	-0.141
UP	2.1581	0.7749	2.023*	sleep	0.2864	0.8156	0.279
blood_ind	-2.2687	0.9389	-1.925	h_guidance	3.0794	0.8523	2.878**
e-cardiogram	1.9973	0.9325	1.689	no_dyslipidemia	16.7175	2.6139	5.038**
sub_symptom	1.4966	0.8312	1.433	no_hyperuricemia	16.8959	3.0396	4.485**
obj_symptom	14.1097	2.0098	4.738**	no_hypertension	16.8849	4.6391	2.506*
med_BP	34.4323	1.6575	20.247**	no_diabetes	-12.2812	6.5193	-1.695

SE: Standard Error; *:5%で有意、**:1%で有意.

表 12 : Model D における推定結果 ($\alpha=0.4770$, SE: 0.00203)

Variable	Estimate	SE	t-value	Variable	Estimate	SE	t-value
Constant	-68.0	1495.3	-0.036	med_BP	8.6397	1.3691	4.938**
logscale	-1.2397	0.6759	-1.459	med_BS	32.8253	2.1598	11.451**
year	0.0693	0.7411	0.074	med_chol	12.5267	1.6506	6.180**
gender	-12.3583	1.1601	-8.400	smoking	-8.8379	0.8645	-8.391**
age	0.5897	0.0529	9.247**	aman_brain	8.1851	2.6604	1.814
BMI	0.3680	0.1288	2.113*	aman_heart	13.2497	2.1607	3.975**
anamnesis	10.7366	0.8369	10.180**	aman_kidney	46.9325	4.5080	4.038**
SBP	-0.3801	0.0379	-7.985**	Anemia	0.6324	1.2688	0.376
DBP	0.0851	0.0515	1.279	change_weight_20	-1.8795	0.9517	-1.604
TG	0.0072	0.0034	1.460	Exercise	-0.1490	0.9421	-0.127
HDL	-0.0458	0.0272	-1.306	Walk	-3.5260	0.8255	-3.392**
LDL	-0.0770	0.0123	-4.985**	walk_vel	-0.5055	0.7797	-0.521
GOT	0.1623	0.0540	2.186*	change_weight_1	5.5274	0.8466	5.133**
GPT	-0.0717	0.0384	-1.505	eat_fast	-0.3096	0.6499	-0.385
γ -GTP	0.0077	0.0084	0.680	eat_sleep	-1.8953	0.7995	-1.859
BS	-0.0998	0.0218	-3.385**	night_snak	4.7656	1.0818	3.418**
HbA1c	0.5176	0.9728	0.432	no_breakfast	-7.1257	0.8645	-6.593**
US	1.9331	0.8022	1.840	Drinking	-1.1019	0.5469	-1.575
UP	1.4399	0.7195	1.439	amount_drinking	-0.7259	0.4937	-1.180
blood_ind	-1.7746	0.8855	-1.603	sleep	0.5400	0.7670	0.560
e-cardiogram	1.2044	0.8752	1.084	h_guidance	2.2777	0.8027	2.266*
sub_symptom	2.1255	0.7836	2.167*	NUM_LSRD	24.0580	0.7006	34.120**
obj_symptom	13.8954	1.8807	4.971**				

SE: Standard Error; *:5%で有意、**:1%で有意.

6.2 推定結果の概要

すべてのモデルにおいて変換パラメータ α の推定値はいずれのモデルにおいてもほぼ 0.48 と 0.5 に近い同程度の値が得られた。また、その標準誤差 (Standard Error, SE) もすべてのモデルにおいてほぼ 0.002 となっている。

Model A において有意性が確認された変数は、1%水準では「gender」「age」「anamnesis」「SBP」「LDL」「BS」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「smoking」「aman_heart」「aman_kidney」「walk」「change_weight_1」「night_snak」「no_breakfast」「dyslipidemia」「diabetes」「hyperuricemia」「hypertension」、5%水準では、「BMI」「GOT」「sub_symptom」「h_guidance」という結果となった。また有意である変数の内、回帰係数が正であった変数は「age」「BMI」「anamnesis」「GOT」「sub_symptom」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「aman_heart」「aman_kidney」「change_weight_1」「night_snak」「dyslipidemia」「diabetes」「hyperuricemia」「hypertension」であり、係数が負である変数は「gender」「SBP」「LDL」「BS」「smoking」「walk」「no_breakfast」であった。

Model B において有意性が確認された変数は、1%水準では「gender」「age」「anamnesis」「SBP」「LDL」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「smoking」「aman_heart」「aman_kidney」「walk」「change_weight_1」「night_snak」「no_breakfast」「h_guidance」「dyslipidemia」「Diab_uricemia」「Diab_tension」、5%水準では「BMI」「TG」「GOT」「BS」「US」「aman_brain」「eat_sleep」が有意であるという結果となっ

た。また有意性がある変数の内、回帰係数が正であった変数は「age」「BMI」「anamnesis」「TG」「GOT」「US」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「aman_heart」「aman_brain」「aman_kidney」「change_weight_1」「night_snak」「h_guidance」「dyslip_diab」「Diab_uricemia」「Diab_tension」「Uricemia_tension」であり、係数が負である変数は「gender」「SBP」「LDL」「BS」「smoking」「walk」「eat_sleep」「no_breakfast」であった。

Model C において有意であった変数は、1%水準では「gender」「age」「BMI」「anamnesis」「SBP」「TG」「LDL」「GOT」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「smoking」「aman_heart」「aman_brain」「aman_kidney」「walk」「change_weight_1」「night_snak」「no_breakfast」「h_guidance」「no_dyslipidemia」「no_hyperuricemia」、5%水準では「US」「UP」「eat_sleep」「no_hypertension」という結果となった。また有意性がある変数の内、回帰係数が正であった変数は「age」「BMI」「anamnesis」「TG」「GOT」「US」「UP」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「aman_heart」「aman_brain」「aman_kidney」「change_weight_1」「night_snak」「h_guidance」「no_dyslipidemia」「no_hyperuricemia」「no_hypertension」であり、係数が負である変数は「gender」「SBP」「LDL」「smoking」「walk」「eat_sleep」「no_breakfast」「no_diabetes」であった。

Model D において有意であった変数は、1%水準では「gender」「age」「anamnesis」「SBP」「LDL」「BS」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「smoking」「aman_brain」「aman_kidney」「walk」「change_weight_1」「night_snak」「no_breakfast」「Num_LSRD」、5%水準では「BMI」「GOT」「sub_symptom」「h_guidance」という結果となった。また有意であった変数の内、回帰係数が正であった変数は「age」「BMI」「anamnesis」「GOT」「sub_symptom」「obj_symptom」「med_BP」「med_BS」「med_chol」「aman_heart」「aman_kidney」「change_weight_1」「night_snak」「h_guidance」「Num_LSRD」であり、係数が負である変数は「gender」「SBP」「LDL」「BS」「smoking」「walk」「no_breakfast」であった。

7. 推定結果のまとめと考察

「医療費」が健康尺度を量的に表す重要な尺度であることは、特に国民皆保険制度を導入している我が国にとって論を待たない事実であると考えられる。さらに国民の健康状況の向上は、日本の国民皆保険制度の維持といった財政的な面のみならず、国民の QOL の向上による国民福祉、労働生産性の向上による経済への影響といった大きな貢献がある。以下、本研究の結果に関する考察を加える。

7.1 生活習慣病以外の変数の影響

Model A~D の推定結果より、その分析を行う。まず、4つの生活習慣病に関する変数を除く、すべてのモデルにおいて共通する変数についての考察を行う。これらのモデルで共通して影響の大きいと考えられる変数を抜き出す。4つのモデルすべてにおいて1%水準で有意でありその係数が正であった変数は、(なお、分かりやすいように変数の説明を加えた)「age」(年齢)「anamnesis」(既往歴)「obj_symptom」(他覚症状)「med_BP」(服薬、血圧)「med_BS」(服薬、血糖)「med_chol」(服薬、糖質)「aman_heart」(既往歴、心疾患)「aman_kidney」(既往歴、腎不全・人工透析)、「change_weight_1」(1年間の体重変化)「eat_3」(食べ方、夜間間食)である。また、次の変数は4つのモデルで1%の水準で有意であり、かつその係数が負であった変数であった変数は、「gender」(性別)「SBP」(最高(収縮時)血圧)「LDL」(LDL コレステロール)「smoking」(喫煙)「walk」(歩行運動)「no_breakfast」(食習慣、朝食を3回以上抜くことがある)である。これ以外の変数で、すべてのモデルにおいて5%以下の水準で有意であったのは、「BMI」(Body Mass Index)「GOT」(glutamic oxaloacetic transaminase)「h_guidance」(保健指導の希望)であり、いずれの係数値も正であった。

ここで、係数が正である「age」以下の変数はこれらの値が高い(数値の場合)または存在する(ダミー変数の場合)医療費が高くなり、予想通りの結果である。特に、既往歴として、腎不全・人工透析がある場合、その係数は、46.9~54.7といずれのモデルにおいても他の変数の値より著しく大きく、Nawata and Kimura[8]が指摘した通り、腎不全・人工透析が非常にコストのかかる疾病であることを示している。次いで、心疾患の既往歴の係数が11.4~16.5と大きくなっている。さらに、大きな値を示すものが、血糖治療薬の服薬であり、29~46の数値を示している。これは直接の薬代に加え、高血糖が糖尿病等の疾病に繋がる可能性があるため、医療費が高くなることが考えられる。また、一年以内の体重の大きな変化は生活状態や健康状態の大きな変化を示している可能性があり、そのような対象者に対する健康指導を重点的に行う必要性が示唆される。また、BMI は肥満を表す代表的な指標であり[123]、肥満の防止が健康状態の改善につながることを示唆していると考えられる。

係数が負となった変数では、「gender」「walk」は予想通りの符号であったが、「SBP」「LDL」「smoking」

「no_breakfast」は予想と反する結果となった。「SBP」と「LDL」に関しては、モデルに服薬や生活習慣病に関する変数が含まれている。当然のことながら、最高血圧の高い患者は高血圧症と診断され、薬を服用する確率が高いため、その影響を受けている可能性がある。これは、「LDL」に関しても同様であり、脂質異常症・その治療薬の服用が推定結果に影響を与えている可能性がある。今後はこれらの影響を考慮した分析、例えば、高血圧や LDL コレステロールが本当に有害なのか、本研究の結果は高血圧・脂質異常症やその治療薬の服用の影響を受けた見かけ上のものなのか、さらなる大規模なデータを使った調査・研究が必要である。また、これらの健康基準（例えば血圧の場合 140/90）は年齢や性別といった個人の特性を考慮せずに一律に定められている。Nawata et al. [124]は、血圧が年齢や性別によって大きく変化することを示している。例えば、最高血圧についてみると、個人の各種特性を取り除いた場合において、平均的にみて、40歳と60歳では約10mmHg、男女間では4mmHgの差がある。これからも一律の基準でよいのか、年齢・性別を考慮した基準が必要なのかについても今後検討していく必要があるであろう。

「smoking」に関しては、質問項目が「たばこを吸うかどうか」となっており、喫煙量に関しては質問項目にない。1日1本でも数十本吸ってもでも喫煙となる。一方、飲酒に関しては、飲酒の有無だけでなく、飲酒する場合は飲酒量についても質問を行っている。喫煙に関する質問項目の改善の必要性が示唆される。

「no_breakfast」に関しては朝食を抜くことがなぜ、医療費の減少につながるか、現在のところ不明である。本研究で用いたデータは2年間のみであり、これらの変数の真の影響を調べるためにはさらに長期のデータを使った解析が必要であろう。

「walk」は、対象者本人が簡単にでき、ほとんど費用もかからない。比較的軽い運動をある一定時間以上続けて行うことによって、健康水準の向上・医療費の削減に繋がることが考えられる。これは、比較的高負荷の「exercise」で有意がすべてのモデルにおいて有意でなかったことと対照的であり、低負荷の運動を毎日続けることは高負荷の運動を時々行うよりも効果的であることを示唆していると考えられる。さらに、「walk」は、「BMI」の減少を通して、肥満の解消に役立つことも考えられ、この効果も期待できる。このため、国民健康の増進を通じた医療費の抑制に有効な方法であり、より一層推進が求められることが示唆される。

7.2 生活習慣病に関する変数

次に、それぞれのモデルで個別に組み込まれた生活習慣病に関する変数についての考察を行う。まず、単独のダミー変数（「dyslipidemia」（脂質異常）「diabetes」（糖尿）「hyperuricemia」（高尿酸血症）「hypertension」（高血圧））を説明変数に加えた Model A においては、いずれも、1%の水準で有意であり、その係数も 10.5~35.3 と大きな値となっている。特に、「diabetes」の係数は 35.3、「hypertension」の係数は 26.9 と大きなものとなっている。また、糖尿病患者が血糖治療薬（係数 28.5）、高血圧症患者が血圧治療薬（係数 13.5）を服用しているとすると、その影響はさらに大きなものとなる。

次に、2つの生活習慣病を保有する6つのダミー変数（「dyslip_diab」（脂質異常・糖尿）、「dyslip_uricemia」（糖尿・高尿酸血症）、「dyslip_tension」（脂質異常・高血圧）、「diab_uricemia」（糖尿・高尿酸血症）、「diab_tension」（糖尿・高血圧）、「uricemia_tension」（高尿酸血症・高血圧））を含む Model B についてみると、脂質異常・糖尿の患者の係数が 20.1、糖尿・高血圧が 18.4、糖尿・高尿酸血症 11.5 と糖尿を含む生活習慣病ダミーの係数がすべての場合において、1%の水準で有意でありかつその値も大きくなっている。一方、高尿酸血症・高血圧の係数は正值で 5%で有意であるものの、他の2つは 5%水準でも有意でない。また、このモデルでは、脂質、血糖、血圧に関する薬の係数が 1%水準で有意であり、その値も 27.2、40.1、21.0 と大きな値となっている。すなわち、このモデルでは、糖尿を含む組み合わせにおいて、医療費が著しく高くなっていることが分かる。

3つの生活習慣病に関するダミー変数（「no_dyslipidemia」脂質異常以外、「no_hyperuricemia」高尿酸血症以外、「no_hypertension」高血圧以外、「no_diabetes」糖尿以外）を含む Model C においては、脂質異常以外、高尿酸血症以外、高血圧以外の係数は正であり、1%または 5%（高血圧以外）の水準で有意である。一方、糖尿以外の係数は -12.3 と負で 1%である。糖尿を含まない場合は、医療費は（次に述べる薬の服用を考慮しない場合）減少することを意味している。薬の服用に関しては、Model B と同様脂質、血糖、血圧に関する薬の係数が 1%水準で有意であり、その値も 34.1、45.8、24.3 と大きな値となっている。すなわち、生活習慣病としての医療費への影響を考えた場合「糖尿」が非常に重要なものとなっていることが分かる。

生活習慣病の数（「Num_LSRD」）のみを含む Model D においては、当然のことながら生活習慣病の数の影響は大きく 1%の水準で有意であり、その係数値も 24.1 と非常に大きい。（他のモデルは生活習慣病およびその組み合わせをダミー変数で表しているため、変数値は 0 また 1 であるが生活習慣病の数は 0~4 を取る変数である。）また、薬の服用に関する係数もこれまでのモデルと同様に 1%の水準で有意であり、その係数値も 8.6（高血圧）、32.8（血糖）、12.6（高血圧）と大きな値となっている。

以上より、生活習慣病が医療費に大きな影響をあたえることが、すべてのモデルにおいて示された。とくに、糖尿病の影響が大きく、これに対する対策の重要性が確認された。

7.3 医療費の試算

次に、今回の推定モデルを用いて、いくつかのケースを想定し、年間医療費の額の試算を行った。Powor transformation tobit model は非線形変換を行っているため、100,000回のコンピュータ・シミュレーションによってこれまでの推定結果を用いて次の対象者について求めてみた。基準とした対象者は次表の通りである。

表 13：シミュレーションの基準とした対象者

logscale	1.94	HbA1c	5.56	exercise	0
year	2015	US	1	walk	0
gender	0	UP	1	walk_vel	0
age	50	e-cardiogram	0	change_weight_1	0
BMI	23.55	sub_symptom	0	eat_fast	2
kiou	0	obj_symptom	0	eat_sleep	0
SBP	123.35	med_BP	0	night_snak	0
DBP	76.50	med_BS	0	no_breakfast	0
TG	118.60	med_chol	0	drinking	1
HDL	62.35	smoking	0	amount_drinking	2
LDL	124.66	aman_brain	0	sleep	1
GOT	23.83	aman_heart	0	h_guidance	0
GPT	24.97	aman_kidney	0	blood_ind	0
γ-GTP	45.90	anemia	0		
BS	96.67	change_weight_20	0		

変数が数値で与えられているものについては平均値、(順序で与えられている整数変数を含む) 質的変数については、その平均値に一番近い値を採用したため、全体を代表する平均的な対象者であると考えられる。また、これらの値は人間ドック協会のおおむね基準値内であり、一般的に健常者に分類されると考えられるため、以後、この対象者を「健常者」と呼ぶ。

表 14：医療費の試算結果

		既存症			
		服薬	脳血管	心血管	腎臓不全・人工透析
健常者	8223				
糖尿	19259	29324	32873	34088	54823
高血圧	16738	18388	20935	21979	38333
高尿酸	12819		14924	15849	29441
脂質異常	12596	15873	18236	19253	34532

まず、個々の生活習慣病をダミー変数として用いた Model A に基づく、医療費の試算を行う。推定の概要は表 14 の通りである。この表に示す健常者の年間医療費は、平均 8,223 点である。もし、この対象者が生活習慣病であった場合の年間医療費は、糖尿：19,259 点、高血圧：16,738 点、高尿酸：12,819 点、脂質異常：12,596 点となる。(生活習慣病となることによって、当然他の変数値も変化することが予想されるが、その影響は比較的小さいため、anamnesis の値を 1 に変更した以外、その他の変数の値は一定とした。) 生活習慣病によって医療費は大きく増加するが、特に、糖尿病となると医療費が 2.3 倍となっている。また、糖尿、高血圧、脂質異

常の患者はその治療薬を服用していることが予想される。糖尿病患者が血糖薬を服用していた場合医療費は 29,324 点、高血圧の患者が血圧治療薬を服用していた場合 16,738 点、脂質異常の患者が脂質治療薬を服用していた場合は 15,873 点となり、特に血糖薬服用影響が大きい。さらに、この対象者が既存症として、脳血管疾患の場合 32,873 点、心血管疾患の場合 34,088 点、準腎不全・人工透析の場合は 54,823 点である。糖尿病は、それ自体の費用に加えて、他の重大疾病になった場合、特にコストがかかることが分かる。

高血圧の患者が心血管の疾患、脳血管の疾患、腎不全・人工透析であった場合の医療費はそれぞれ、20,935 点、21,979 点、38,333 点である。高尿酸血の患者が高血圧の患者が心血管の疾患、脳血管の疾患、腎不全・人工透析であった場合の医療費は、14,924 点、15,849 点、29,441 点である。脂質異常の患者が心血管の疾患、脳血管の疾患、腎不全・人工透析であった場合の医療費はそれぞれ 18,236 点、19,253 点、34,532 点であり、脂質異常の治療薬を服用している場合は 20,935 点、21,979 点、38,333 点である。(なお、高尿酸血には対応する服薬の情報が健康診断データにないため、実際の医療費はこれ以上となっていることが予想される。)

次に、生活習慣病を 2 つ併せ持つ患者についての Model B の結果についての分析を行う。煩雑さを避けるため、ダミー変数の係数の大きい糖尿・高血圧および糖尿・脂質異常の患者のみを試算の対象とし、いずれも対応する治療薬を服用しているものとした。糖尿・高血圧の患者の医療費は 21,875 点で Model A の糖尿病の患者が服薬している場合より小さな値となった。しかし、脳血管疾患、心血管疾患腎不全・人工透析の場合は 51,701 点、57,861 点、87,601 点と Model A より大幅に医療費が高くなった。同様に糖尿・脂質異常の患者の場合の医療費は 22,475 点、脳血管疾患、心血管疾患腎不全・人工透析の場合 49,284 点、57,423 点、84,416 点で糖尿・高血圧の患者の場合とほぼ同等の医療費となった。

生活習慣病を 3 つ持つ患者は、糖尿病を有する患者の場合、Model C のダミー変数の値は 16.7~16.9 とほぼ同一の推定結果となった。一方、糖尿病を有しない場合は、-12.3 と負の値となった。このため、高尿酸血を有しない(糖尿、高血圧、脂質異常)患者で対応する薬を服用している患者について医療費を試算する。この患者の医療費は 66,177 点、脳血管疾患、心血管疾患腎不全・人工透析を有する場合 74,619 点、77,282 点、106,553 点となっている。また、Model D で 4 つの生活習慣病すべてを有する場合を試算すると、(治療薬は服用しているとする) 78,374 点、脳血管疾患、心血管疾患腎不全・人工透析を有する場合 84,314 点、87,964 点、111,576 点となり、健常者の 13.6 倍の高額の医療費を必要とすることが分かる。

これらの結果は、生活習慣病を有すること自体が医療費を高額にするが、さらに心血管疾患、脳血管疾患、腎不全・人工透析の患者となると医療費が高額になることを示していると考えられる。特に、糖尿病で腎不全・人工透析である患者の医療費が著しく高額(健常者に比較して)となることが分かる。したがって、医療資源の有効な利用のためには、生活指導等を通じた生活習慣病の防止と共に早期治療の実施(例えば、糖尿病に関しては日本糖尿病学会[125]のガイドライン等を参考せよ)によりこれらの生活習慣病患者がより重篤な疾患となるのを防ぐための施策の重要性が示唆される。

8. まとめ

本論文では、ある健康保険組合から提供された健康診断とレセプトのデータを統合したデータベースを使い、医療費の分析を power transformation tobit model を用いて行った。特に、代表的な 4 つの生活習慣病(糖尿、高血圧、脂質異常、高尿酸血)の影響についての分析を 4 つの異なったモデル Model A-D を用いて行った。この結果、4 つの生活習慣病を除く変数に関しては、「年齢」、「既往歴」、「他覚症状」、「心血管疾患」、「腎不全・人工透析」、「一年間の体重変化」、「夜間間食」がすべてのモデルで 1% の水準で有意であり、その符号は正であり、予想通りの結果となった。「性別」、「最高(収縮時)血圧」、「LDL コレステロール」、「喫煙」、「歩行運動」、「朝食を 3 回以上抜くことがある」の 5 つの変数の係数は、4 つのモデルで 1% の水準で有意であり、かつその係数が負であった変数であった。「最高血圧」、「LDL コレステロール」、「喫煙」に関しては、予想と異なる結果となったが、「最高血圧」、「LDL コレステロール」に関してはモデルに生活習慣病およびそのための薬剤服用が説明変数として取り入れられていること、「喫煙」は喫煙の有無だけが質問されており具体的な喫煙本数の調査

を行っていないことなどが、影響している可能性が考えられ、さらに詳細な分析が必要であろう。「朝食を3回以上抜くことがある」については原因が不明であり、さらなる調査研究が必要であろう。これらの変数以外で、5%以下の水準で有意であったのは「BMI」、「GOT 値」、「健康指導の希望」であり、いずれの変数も正で予想通りの影響が認められた。

生活習慣病に関しては、対象者が生活習慣病を有する場合、予想通り、医療費が高くなることがほとんどのモデルにおいて認められた。また、生活習慣病の患者がその治療薬を服用している場合においても予想通り医療費が高くなっている。一般的には、「糖尿病」の場合、他の3つの生活習慣病より医療費が高くなる傾向が認められる。さらに、これらの患者が(健康診断において具体的に調査されている)「脳血管疾患」、「心血管疾患」、「腎不全・人工透析」を既存症として有した場合、医療費が高額になることが認められた。特に、「糖尿病」を含む複数の生活習慣病を有し、かつ「腎不全・人工透析」のある患者の場合、医療費は著しく高額になり、平均でも100,000点を超え、健常者の13.6倍もの水準となることが示された。すでに述べたように、医療資源の有効な利用のためには、生活指導等を通じた生活習慣病の防止と共に、早期治療の実施により生活習慣病患者がより重篤な疾患となるのを防ぐための施策の重要性が示唆される。

本論文では、医療費の分析に重点を置き、どの病気がどの程度のコストをもたらすかを中心に分析を行った。この結果、医療コストを疾病別に具体的に求めることが可能となり、予防すべき疾病の重要度を具体的に示すことが可能となった。しかしながら、どのような生活習慣の改善がどの程度、生活習慣病を予防するか、それにより脳血管疾患、心血管疾患、腎不全・人工透析等の重篤な疾患を防ぐことができるかの評価は行っていない。また、治療薬・治療方法の効果についての分析も行われていない。このためには、対象者の健康診断・レセプトに含まれる治療情報を長期に渡り分析する必要がある。しかしながら、現状では、得られるデータの期間が短くそのような分析は行えていない。また、対象者も限られたものになっている。対象者を増やし観察期間を長くすることなどを行った、さらなる研究が必要となるが、これらは今後の課題であり本研究がその一助となれば幸いである。

参考文献

- [1] 厚生労働省(2017)「平成27年度国民医療費の概況」.
- [2] 厚生労働省(2015)「保険医療 2035 Japan Vision: Health Care 2035」.
- [3] Nawata, K., "Is Japanese medical system sustainable?," *Journal of Health & Medical Economics*, 2015, Vol.1, No1:3.
- [4] Joffres, M. R., P. Mamet, D. R. MacLean et al. (2001) "Distribution of blood pressure and hypertension in Canada and the United States," *American Journal of Hypertension*, 14, 1099-1105.
- [5] 滋賀医科大学社会医学講座公衆衛生学部門 (2018) NIPPON DATA 2010 循環器病予防に関する調査.
<https://hs-web.shiga-med.ac.jp/Nippondata/NIPPONDATA2010/research/index.html>
- [6] Fujiyoshi, A., T. Ohkubo, K. Miura et al. (2012) "Blood pressure categories and long-term risk of cardiovascular disease according to age group in Japanese men and women," *Hypertension Research*, 35, 947-953.
- [7] 厚生労働省 (2017)「平成29年版厚生労働白書 一社会保障と経済成長」.
- [8] Nawata, K. and Kimura, M. (2017b) Evaluation of Medical Costs of Kidney Diseases and Risk Factors in Japan. *Health*, 9, 1734-1749.
- [9] 関沢洋一 (2017)『エビデンスに基づく医療 (EBM) 探訪 第4回「がん検診は効果があるか?」』コラム・寄稿、独立行政法人経済産業研究所.
<https://www.rieti.go.jp/users/sekizawa-yoichi/serial/004.html>
- [10] 関沢洋一 (2017)『エビデンスに基づく医療 (EBM) 探訪 第5回「エビデンスに基づく医療がハイジャックされている?」』コラム・寄稿、独立行政法人経済産業研究所.
<https://www.rieti.go.jp/users/sekizawa-yoichi/serial/005.html>
- [11] World Health Organization (WHO) (2017) *Global Health Expenditure Database*.
<http://apps.who.int/nha/database>
- [12] 上田淳二,堀内義裕,森田健作(2010)「医療費及び医療財政の将来推計」、KIER Discussion Paper Series No.0907.
- [13] 厚生労働省(2005)「生活習慣病とは」
<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2005/09/dl/s0915-8c04.pdf>

- [14] 花房俊昭(2010)「新しい診断と治療のABC 18/代謝2 糖尿病」最新医学社.
- [15] WHO (2016) *Global report on diabetes*.
<http://www.who.int/diabetes/global-report/en/>
- [16] International Diabetes Federation (IDF) (2015) *Diabetes atlas, Seventh edition*.
<https://www.idf.org/e-library/epidemiology-research/diabetes-atlas.html>
- [17] NCD Risk Factor Collaboration (2016) “Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4.4 million participants,” *Lancet*, 387, 1513–30.
- [18] American Diabetes Association (ADA) (2013) “Economic costs of diabetes in the U.S. in 2012,” *Diabetes Care*, 36, 1033-1046.
- [19] Bommer C., Heeseemann E. C. N., Sagalova V. et al. (2017) “The global economic burden of diabetes in adults aged 20–79: a cost-of-illness study,” *Lancet Diabetes Endocrinol*, 5, 423–430.
- [20] Zhang P. and E. Gregg (2017) “Global economic burden of diabetes and its implications,” *Lancet Diabetes Endocrinol*, 5, 404-405.
- [21] Sohmiya M., S. Yonehara, M. Sumikawa et al. (2004) “Tounyoubyou no nyuuin nissuu ni eikyou wo oyobosu youin ni kansuru kentou (Review of the Factors Influencing the Diabetic Patients’ LOS in the Hospital),” *Rinsyou to Kenkyuu* (The Japanese Journal of Clinical and Experimental Medicine), 81, 1031-1033 (in Japanese).
- [22] Cook, C.B, J. G. Hentz, W. J. Miller et al. (2007) “Relationship of diabetes with cardiovascular disease-related hospitalization rates, length of stay, and charges: analysis by race/ethnicity, age, and sex,” *Ethnicity & Disease*, 17, 714-20.
- [23] Kudo, T, Y. Fujino, A. Matsuura et al. (2011) “Prevalence of type 2 Diabetes among acute inpatients and its impact on length of hospital stay in Japan,” *Internal Medicine*, 50, 405-411.
- [24] Nirantharakumar K., T. Marshall, A. Kennedy et al. (2012) “Hypoglycaemia is associated with increased length of stay and mortality in people with diabetes who are hospitalized”, *Diabetic Medicine*, 29 (12), pp. e445-448.
- [25] Nirantharakumar K., M. Saeed, I. Wilson et al. (2013) “In-hospital mortality and length of stay in patients with diabetes having foot disease,” *Journal of Diabetes and its Complications*, 27, 454-458.
- [26] Nirantharakumar K., K. A. Toulis, H. Wijesinghe et al. (2013) “Impact of diabetes on inpatient mortality and length of stay for elderly patients presenting with fracture of the proximal femur,” *Journal of Diabetes and its Complications*, 27, 208-210.
- [27] Sharma A., R. Muir, R. Johnston et al. (2013) “Diabetes is predictive of longer hospital stay and increased rate of complications in spinal surgery in the UK,” *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 95, 275-279.
- [28] Centers for Disease and Prevention (2014) “Average Length of Stay (LOS, in Days) of Hospital Discharges with Diabetes as First-Listed Diagnosis, United States 1988–2009.”
<http://www.cdc.gov/diabetes/statistics/dmfirst/fig2.htm>
- [29] Ncube-Zulu, T. and M. Danckwerts (2014) “Comparative hospitalization cost and length of stay between patients with and without diabetes in a large tertiary hospital in Johannesburg, South Africa,” *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 34, 156-162.
- [30] Dall, T. M., Y. Zhang, Y. J. Chen et al. (2010) “The economic burden of diabetes,” *Health Affairs*, 29, 297-303.
- [31] Minor, T. (2011) “The effect of diabetes on female labor force decision: New evidence from the national health interview survey,” *Health Economics*, 20, 1468-1486.
- [32] Chereches, R. M., C. M. Litan, A. M. Zlati et al. (2012) “Does comorbid depression impact diabetes related costs? Evidence from a cross-sectional survey in a low-income country,” *Journal of Mental Health Policy and Economics*, 15, 127-138.
- [33] Condliffe, S., C. R. Link, S. Parasuraman et al. (2013) “The effects of hypertension and obesity on total health-care expenditures of diabetes patients in the United States,” *Applied Economics Letters*, 20, 649–652.
- [34] Minor T. (2013) “An investigation into the effect of type I and type II diabetes duration on employment and wages,” *Economics and Human Biology*, 11, 534–544.

- [35] Sørensen J. and U. J. Ploug (2013) “The cost of diabetes-related complications: Registry-based analysis of days absent from work,” *Economic Research International*, Volume 2013, 1-8.
- [36] Alva, M., A. Gray, B. Mihayalov et al. (2014) “The effect of diabetes complications on health-related quality of life: The longitudinal data to address patient heterogeneity,” *Health Economics*, 23, 487–500.
- [37] Lesniowska J., A. Schubert, M. Wojna et al. (2014) “Costs of diabetes and its complications in Poland,” *European Journal of Health Economics*, 15, 653–660.
- [38] Yeaw, J. (2014) “Direct medical costs for complications among children and adults with diabetes in the US commercial setting,” *Applied Health Economics and Health Policy*, 12, 219-230.
- [39] Zhuo X., P. Zhang, L. Barker et al. (2014) “The lifetime cost of diabetes and its implications for diabetes prevention,” *Diabetes Care*, 37, 2557–2564.
- [40] Public Health Agency of Canada (2015) “The health and economic impacts of diabetes,” Chapter 3, Diabetes in Canada: Facts from a public health perspective.
<http://www.phac-aspc.gc.ca/cd-mc/publications/diabetes-diabete/facts-figures-faits-chiffres-2011/chap3-eng.php>
- [41] Png M. E., T. P. Phan and H. L. Wee (2016) “Current and future economic burden of diabetes among working-age adults in Asia: conservative estimates for Singapore from 2010-2050,” *BMC Public Health*, 16, 589.
<https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-016-2827-1>
- [42] Schofield D., R. N. Shrestha and M. M. Cunich et al. (2017) “The costs of diabetes among Australians aged 45–64 years from 2015 to 2030: projections of lost productive life years (PLYs), lost personal income, lost taxation revenue, extra welfare payments and lost gross domestic product from Health&WealthMOD2030,” *BMJ Open* 7:e013158.
- [43] Inoue M., M. Iwasaki, T. Otani et al. (2006) “Diabetes mellitus and the risk of cancer: results from a large-scale population-based cohort study in Japan,” *Archives of International Medicine*, 166, 1871-1877.
- [44] Pandey A., V. Forte, M. Abdallah et al. (2011) “Minerva diabetes mellitus and the risk of cancer,” *Endocrinologica*, 36,187-209.
- [45] 厚生労働省 (2016) 「患者調査の概要 平成 27 年度」 .
- [46] 厚生労働省 (2017) 「(平成 27 年度) 国民健康・栄養調査」 .
- [47] Nawata, K. and M. Kimura, 2017, “An analysis of the medical costs of and factors affecting diabetes using the medical checkup and payment dataset in Japan: Can we reduce the prevalence of diabetes?,” *Health*, 9, 1113-1127.
- [48] ADA (2014) “Diagnosis and classification of diabetes mellitus,” *Diabetes Care*, 37 (supplement 1): S81–S90.
- [49] ADA (2015) *Diabetes basic*. <http://www.diabetes.org/>
- [50] IDF (2014) *About diabetes*.
<https://www.idf.org/about-diabetes/what-is-diabetes.html>
- [51] Nawata. K. and K. Kawabuchi (2015) “Evaluation of length of hospital stay joining educational programs for type 2 diabetes mellitus patients: can we control medical costs in Japan?” *Health*, 2015, 7, 256-269.
- [52] Nawata. K. and K. Kawabuchi (2015) “Financial sustainability of the Japanese medical payment system: analysis of the Japanese medical expenditure for educational hospitalization of patients with type 2 diabetes,” *Health*, 7, 1007-1021.
- [53] Nawata K. and K. Kawabuchi (2016) “Comparison of the length of stay and medical expenditures among Japanese hospitals for type 2 diabetes treatments: The Box-Cox transformation model under heteroscedasticity,” *Health*, 8, 49-63.
- [54] Nawata K. and K. Kawabuchi (2016) “Did the revision of the Japanese medical payment system work properly? - An analysis of averages and variances of length of hospital stay for type 2 diabetes patients by individual hospital,” *Health*, 8, 505-517.
- [55] 鈴木寿則,坪野吉孝,栗山進一他(2005)「レセプト全傷病登録による糖尿病の合併症の医療費分析」日本公衆衛生雑誌 52、652-663.
- [56] Nawata, K. and M. Kimura (2017) “Evaluation of medical costs of kidney diseases and risk factors in

Japan,” 2017, *Health*, 9, 1734-1749.

[57] WHO (2016) *Raised blood pressure*.

http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/blood_pressure_prevalence_text/en/

[58] Blood Pressure Association, UK (2008) *Blood pressure chart for adults*.

<http://www.bloodpressureuk.org/BloodPressureandyou/Thebasics/Bloodpressurechart>

[60] 日本高血圧ガイドライン作成委員会 (JSH2014) (2014) 「高血圧ガイドライン2014」.

[61] Wohlfahrt P., R. Cifková, N. Movsisyan et al. (2016) “Threshold for diagnosing hypertension by automated office blood pressure using random population,” *Journal of Hypertension*, 2180-2186.

[62] Omiboni, S., D. Aristizabal, A. De la Sierra, et al. (2016) “Hypertension types defined by clinic and ambulatory blood pressure in 14142 patients referred to hypertension clinics worldwide. Data from ARTEMIS study,” *Journal of Hypertension*, 34, 2187-2198.

[63] AACN Practice Alert (2016) “Obtaining Accurate Noninvasive blood pressure measurements in Adults,” *Critical Care Nurse*, 36, e12-e16.

[64] Nawata, K. and M. Kimura (2017) “Reliability of blood pressure measurements: An analysis of the white coat effect and its fluctuations,” *Health*, 9, 506-519.

[65] Keyarney, P. M., M. Whelton, K. Reynolds et al. (2005) “Global burden of hypertension: analysis of worldwide data,” *Lancet*, 365, 21-223.

[66] GBD 2013 Risk Factors Collaborates (2015) “Global, regional, and national risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for Global Burden of Disease Study 2013,” *Lancet*, 386, 2287-2323.

[67] Gupta, R., A. K. Sharma, V. P. Gupta (2003) “Increased variance in blood pressure and changing hypertension prevalence in an Indian population,” *Journal of Human Hypertension*, 17, 535-540.

[68] Alleyne, D. (2010) “The impact of user fees on health costs and health burdens in Jamaica: The cases of diabetes and hypertension,” *Social and Economic Studies*, 59, 91-121.

[69] Ibrahim, M. M. and A. Damasceno (2012) “Hypertension in developing countries,” *Lancet*, 380, 611-619.

[70] Chaobanian, A. V., G. L. Bakris, H. B. Black et al. (2003) “Seventh report of the joint national committee on prevention, detection, Evaluation, and treatment of high blood pressure,” *Hypertension*, 42, 1206-1252.

[71] National Heart, Lung and Blood Institute, U.S. Department of Health & Human Services (2015) *Description of High Blood Pressure*.

<https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hbp>

[72] Vasan, S. R., M. G. Larson, E. P. Leip et al. “Impact of high-normal blood pressure on the risk of cardiovascular disease,” *New England Journal of Medicine*, 345, 1291-1297.

[73] Prospective Studies Collaboration (2002) “Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies,” *Lancet*, 360, 1903-13.

[74] Guidelines Subcommittee (1999) “1999 World Health Organization – International Society of Hypertension guidelines for management of hypertension,” *Journal of Hypertension*, 17, 151-183.

[75] Codliffe, S. and C. R. Link (2014) “Racial differences in the effects of hypertension and obesity on health expenditures by diabetes in the US,” *Applied Economics Letters*, 21, 280-283.

[76] Blanchflower, D. G. and A. J. Oswald (2008) “Hypertension and happiness across nations,” *Journal of Health Economics*, 27, 218-233.

[77] Mojon-Azzi, S. and A. Sousa-Pazo (2011) “Hypertension and life satisfaction: an analysis using data from the Survey of Health, Aging and Retirement in Europe,” *Applied Economics Letters*, 18, 183-187.

[78] 猿田享男(2009) 「新しい診断と治療のABC 20/循環器3 高血圧」最新医学社.

[79] Rose, G. (2001) “Sick individuals and sick populations,” *International Journal of Epidemiology*, 30, 427-432.

[80] 中村幸志,岡村智教,上島弘嗣(2007) 「高血圧症と医療費」日本内科学会雑誌, 96, 101-5.

[81] 山下静也(2008) 「新しい診断と治療のABC 13/代謝1 脂質異常症」最新医学社.

[82] 日本生活習慣病予防協会(2018) 「脂質異常症 (高脂血症)」.

<http://www.seikatsusyukanbyo.com/guide/dyslipidemia.php>

[83] WHO (2018) *Raised cholesterol*.

http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/cholesterol_text/en/

[84] American Heart Association (2017) *About Cholesterol*.

http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Cholesterol/AboutCholesterol/About-Cholesterol_UCM_001220_Article.jsp#.Wtrw2ojFKUk

[85] Center for Disease Control and Prevention (CDC, 2017) *High Cholesterol Facts*.

<https://www.cdc.gov/cholesterol/facts.htm>

[86] Mercado C, DeSimone AK, Odom E et al. (2015) “Prevalence of cholesterol treatment eligibility and medication use among adults—United States, 2005–2012.” *Morbidity and Mortality Report (MMWR)*, CDC, 64, 1305–11.

[87] Benjamin, E. J. , M. J. Blaha, S. E. Chiuve et al (2017). Heart disease and stroke statistics—2017 update: a report from the American Heart Association, *Circulation*, 135:e1–e458.

[88] Nguyen D.T. , Kit BK, Carroll MD (2015) “Abnormal Cholesterol Among Children and Adolescents in the United States, 2011–2014” *NCHS Data Brief*, No 228.

[89] CDC (2017) *Preventing High Cholesterol*

<https://www.cdc.gov/cholesterol/prevention.htm>

[90] 寺井千尋(2015)「診断と治療のABC 105/高尿酸血症・痛風」最新医学社.

[91] 日本生活習慣病予防協会(2018)「高尿酸血症／痛風」.

<http://www.seikatsusyukanbyo.com/guide/hyperuricemia.php>

[92] Yamanaka, J. (2012) “Essence of the Revised Guideline for the Management of Hyperuricemia and Gout” *Japan Medical Association Journal*, 55, 324–329.

[93] 日本医療評価機構(2017)「高尿酸血症・痛風の治療ガイドライン 第2版」.

<https://minds.jcqh.or.jp/n/med/4/med0052/G0000210/0033>

[94] Takahashi S, Yamamoto T, Tsutsumi Z, et al. (1997) “Close correlation between visceral fat accumulation and uric acid metabolism in healthy men,” *Metabolism*, 46, 1162-1165.

[95] Yamashita S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, et al. (1986) “Studies on the impaired metabolism of uric acid in obese subjects; Marked reduction of renal urate excretion and its improvement by a low-calorie diet,” *International Journal Obesity*, 10, 255-264.

[96] Yü T.F., L. Berger (1982) “Impaired renal function gout; Its association with hypertensive vascular disease and intrinsic renal disease,” *American Journal of Medicine*, 72 95-100.

[97] Seegmiller J.E., A. I. Grayzel, L. Laster, et al (1961) “Uric acid production in gout,” *Journal of Clinical Investigation*, 40, 1304-1314.

[98] Emmerson B.T. (1991)“Identification of the causes of persistent hyperuricaemia,” *Lancet*, 337, 1461-1463.

[99] 浜口朋也・森脇優司(2010)「高尿酸血症・痛風の生活指導に関連して」*痛風と核酸代謝*, 34, 238-241.

[100] 痛風財団(2014)「痛風にはどんな合併症がありますか?」.

<http://www.tufu.or.jp/gout/gout1/47.html>

[101] Wu, J. G. Lei, X. Wang et al. (2017) “Asymptomatic hyperuricemia and coronary artery disease in elderly patients without comorbidities,” *Oncotarget*, 8, 80688–80699.

[102] Li N. , S. Zhang, W. Li, et al. (2017) Prevalence of hyperuricemia and its related risk factors among preschool children from China, *Scientific Reports*, 7, Article number: 9448.

[103] 中央労働災害防止協会・安全衛生協会「労働安全衛生法 第七章 健康の保持増進のための措置（第六十四条―第七十一条）」.

<https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-1/hor1-1-1-7-0.htm>

[104] 厚生労働省(2013)「健康診断を実施しましょう」.

<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyouku/0000103900.pdf>

[105] 厚生労働省労働基準局安全衛生部(2015)「労働衛生課産業保健支援室改正労働安全衛生法に基づくストレスチェック制度について」.

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/pdf/150422-1.pdf>

[106] 労働厚生省 (2016)「労働安全衛生法に基づく定期健康診断等の健診項目の改正に伴う 二次健康診断等給付の見直しについて」.

<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/01/dl/s0128-8f.pdf>

- [107] 厚生労働省(2006)「高齢者医療制度」.
http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuu/hoken/koukikourei/index.html
- [108] 厚生労働省(2017)「我が国の医療保険について」.
http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuu/hoken/iryuu/hoken01/index.html
- [109] 社会保険診療報酬支払基金(2017)「レセプト電算処理システム」.
<http://www.ssk.or.jp/smph/seikyushiharai/rezept/index.html#top>
- [110] 厚生労働省(2012)「レセプトの提供形式について」.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000029hp2-att/2r98520000029hso.pdf>
- [111] 厚生労働省(2007)「特定健診の電子的なデータ標準様式 特定健診情報ファイル仕様説明書 Version 1.27」.
http://www.mhlw.go.jp/bunya/shakaihoshou/iryouseido01/dl/info02j_3-1a.pdf
- [112] 厚生労働省(2007)「XML 用特定健診項目情報」.
http://www.mhlw.go.jp/bunya/shakaihoshou/iryouseido01/dl/info02j_fuzoku2.pdf
- [113] 健康保険組合連合会(2016)「平成 28 年度健保組合予算早期集計結果の概要」.
<https://www.kenporen.com/include/press/2016/20160421.pdf>
- [114] 日本衛生検査所協会(2013)「検査項目と疾患 (2)」.
http://www.jrcla.or.jp/atoz/rexm/rexm_02_01.html
- [115] 篠原幸人(2017)「人間ドック健診の実際 -基礎知識から判定・事後指導までのすべてがわかる-」日本人間ドック学会監修、文光堂.
- [116] 稲田扇,西村周三,清野裕,津田謹輔(2005)「2 型糖尿病における外来医療費の研究—医療改革が糖尿病科に与える影響—」 *糖尿病*, 48, 677-683.
- [117] Ng C.S., M.P.H.S.Toh, Y. Ko et al. (2015) “Direct Medical Cost of Type 2 Diabetes in Singapore,” *PLoS ONE* 10(3): e0122795.
- [118] Amemiya T (1985) *Advanced Econometrics*, Harvard University Press, Cambridge
- [119] 縄田和満 (1997)「Probit, Logit, Tobit」 牧厚志, 宮内環, 浪花貞夫, 縄田和満著「応用計量経済学 II」第 4 章、多賀出版.
- [120] 北澤健文,坂巻弘之,武藤孝司(2007)「政府管掌健康保険データを用いた健康診断結果と 10 年後の医療費発生状況との関係」 *日公衛誌* 54, 368-377.
- [121] Sittig, D.T., Friedel, H. and Wasem, J. (2015) “Prevalence and Treatment Costs of Type 2 Diabetes in Germany and the Effects of Social and Demographical Differences,” *European Journal of Health Economics*, 16, 305-311.
- [122] Nawata, K. (1994) "Estimation of Sample Selection Bias Models by the Maximum Likelihood Estimator and Heckman's Two-Step Estimator," *Economic Letters*, 45, 33-40.
- [123] Wahba I. M. and R. H. Mak (2007) “Obesity and Obesity-Initiated Metabolic Syndrome: Mechanistic Links to Chronic Kidney Disease,” *Clinical Journal of American Society of Nephrology*, 2, 550-562.
- [124] Nawata, K., A. Matsumoto, K. Kajihara et al. (2017) “Evaluation of the distribution of and factors affecting blood pressure using medical checkup data in Japan.” *Health*, 2017, 9, 124-137.
- [125] 日本糖尿病学会(2016)「糖尿病ガイドライン 2016」 江南堂.