

博士学位論文
システムエンジニアリング学

オープン・データを用いた
システムズ・アプローチによる健康維持
事業計画立案支援プロセスの設計と評価

Design and evaluation of a process
to assist planning of health maintenance business
by applying a systems approach
using open data

指導教員 神武 直彦 准教授

2018年3月

慶應義塾大学大学院

システムデザイン・マネジメント研究科

中島 庸介

Yosuke Nakajima

目次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景.....	1
1.1.1 健康維持事業.....	4
1.1.1.1 各省庁が実施・計画する健康維持事業の例.....	6
1.1.1.2 健康維持事業を実施するNPO法人と活動内容の例.....	7
1.1.1.3 健康維持事業計画立案者の課題.....	9
1.1.2 システムズ・アプローチ.....	9
1.1.3 オープン・データとその活用の領域.....	11
1.2 本研究の目的.....	12
1.3 本論文の構成.....	15
第2章 関連研究	19
2.1 政策・施策の企画・立案の方法論に関する研究.....	19
2.2 オープン・データの分析にテキスト・マイニングを適用した研究.....	20
2.3 健康維持の取り組みにシステム・ダイナミクスを適用した研究.....	21
2.3.1 システム・ダイナミクス.....	21
2.3.2 システム・ダイナミクスの起源.....	21
2.3.3 システム・ダイナミクスの適用の領域と特徴.....	22
2.3.4 システム・ダイナミクスのモデル構築において生じる問題と解決法.....	23
2.3.4.1 共通構造の再利用による解決.....	25
2.3.4.2 実行可能なモデルを素早く構築するプロセスの利用による解決.....	29
2.3.5 糖尿病への取り組みを題材にシステム・ダイナミクスを適用した研究...	29
2.3.5.1 Shabestari and Roudsari による関連研究.....	30
2.3.5.2 Homer らによる関連研究.....	31
2.3.5.3 関連研究の特徴.....	32

第3章 健康維持事業計画立案支援プロセスの設計.....	33
3.1 健康維持事業計画立案を支援するプロセスの目的.....	33
3.2 健康維持事業計画立案支援プロセス設計の着想.....	34
3.2.1 システム・アプローチの適用.....	34
3.2.2 システム・ダイナミックスの適用.....	35
3.2.3 オープン・データとテキスト・マイニングの適用.....	39
3.2.4 テキスト・マイニングによる分析結果とシステム・ダイナミックスモデル の統合.....	39
3.3 オープン・データを用いたシステムズ・アプローチによる健康維持事業計画 立案支援プロセス.....	40
第4章 テキスト・マイニングによる当該領域の問題の把握と解決策の抽出.....	45
4.1 本章の目的.....	45
4.2 製薬業界の2010年問題におけるM&A動向分析への適用.....	45
4.2.1 分析の流れ.....	45
4.2.2 分析に用いるデータ.....	47
4.2.3 テキスト・マイニング手法による分析.....	48
4.2.4 特集記事の要約.....	57
4.2.5 結果の解釈.....	57
4.3 本章のまとめ.....	60
第5章 健康維持事業計画立案支援へのシステム・ダイナミックスの適用.....	62
5.1 本章の目的.....	62
5.2 日本におけるポリオワクチンの政策の検討支援への適用.....	62
5.2.1 分析の流れ.....	64
5.2.2 モデルの構築.....	64
5.2.3 シナリオに基づく分析.....	70
5.2.4 考察.....	73
5.3 医薬品開発の臨床試験データ解析プロセス評価への適用.....	75
5.3.1 分析の流れ.....	75

5.3.2	モデルの構築.....	76
5.3.3	シナリオに基づく分析.....	83
5.3.4	考察.....	88
5.4	本章のまとめ.....	89
第6章	糖尿病予防への健康維持事業計画立案支援プロセスの適用.....	91
6.1	本章の目的.....	91
6.2	糖尿病予防への適用と評価.....	91
6.2.1	糖尿病.....	92
6.2.2	糖尿病予防への健康維持事業立案支援プロセスの適用手順.....	92
6.2.3	モデルの構築.....	93
6.2.4	テキスト・マイニング手法による糖尿病予防における介入選択肢の抽出	106
6.2.4.1	分析の流れ.....	108
6.2.4.2	分析に用いたデータ.....	109
6.2.4.3	データ分析.....	109
6.2.4.4	糖尿病予防のための介入選択肢の抽出.....	111
6.2.5	シナリオに基づく分析.....	115
6.2.6	糖尿病予防への本研究が提案するプロセス適用の評価.....	129
6.3	本章のまとめ.....	130
第7章	考察と評価.....	132
7.1	本章の目的.....	132
7.2	本研究の考察.....	132
7.2.1	健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるテキスト・マイニング活用の メリットと限界.....	133
7.2.2	健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるシステム・ダイナミクス活 用のメリットと限界.....	136
7.2.3	健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるそれぞれの手法の位置づけ..	139
7.2.3.1	テキスト・マイニング手法の位置づけ.....	139
7.2.3.2	システム・ダイナミクス手法の位置づけ.....	140

7.2.4 健康維持事業計画立案支援プロセス全体における考察.....	141
7.3 評価.....	148
第8章 まとめ.....	154
参考文献.....	158
業績一覧.....	168
謝辞.....	170
別紙.....	171

目次

図 1.1	日本の人口と 15-64 歳の人口（共に公表値）	3
図 1.2	健康維持事業の範囲.....	5
図 1.3	15-64 歳の日本の人口における減少抑制効果のイメージ.....	13
図 1.4	本論文の構成.....	18
図 2.1	政策・施策の企画・立案に問題の列挙から政策を論じるアプローチ...	19
図 2.2	システム・ダイナミックスのモデル構築の典型的なプロセス.....	24
図 2.3	共通構造として利用可能な感染症モデル.....	27
図 2.4	共通構造として利用可能なリワーク（戻り作業）モデル.....	27
図 2.5	共通構造として利用可能な漁業モデル.....	28
図 2.6	共通構造として利用可能なビジネス戦略モデル.....	28
図 2.7	Shabestari and Roudsari による研究の SD モデルの骨格.....	30
図 2.8	Homer らによる研究の SD モデルの骨格.....	31
図 3.1	疾病への罹患のシステム.....	35
図 3.2	糖尿病の進行プロセス.....	37
図 3.3	糖尿病進行プロセスにおける予防の介入のポイント.....	38
図 3.4	健康維持事業計画立案支援プロセス.....	44
図 4.1	オープン・データ分析の流れ.....	46
図 4.2	テキスト・マイニングの分析の流れ.....	47
図 4.3	分析対象となる用語の時系列発現頻度.....	48
図 4.4	発現率の傾向（発現率が減少傾向にある用語）	49
図 4.5	発現率の傾向（一時的に増加がみられた用語）.....	49
図 4.6	発現率の傾向（発現率が増加傾向にある用語）.....	50
図 4.7	共起ネットワーク（用語）の結果（2000 年代前期）	51
図 4.8	共起ネットワーク（用語）の結果（2000 年代中期）	52
図 4.9	共起ネットワーク（用語）の結果（2000 年代後期）	52
図 4.10	共起ネットワーク（用語+企業名）の結果（2000 年代前期）	53
図 4.11	共起ネットワーク（用語+企業名）の結果（2000 年代中期）	53

図 4.12	共起ネットワーク (用語+企業名) の結果 (2000 年代後期)	54
図 4.13	特記記事の要約.....	59
図 5.1	共通構造として利用可能な感染症モデルの因果関係図.....	64
図 5.2	共通構造として再利用可能な感染性モデル (図 2.3 を再掲)	65
図 5.3	感染症モデルをベースとしたポリオウイルスの伝播のモデル.....	66
図 5.4	日本におけるポリオウイルスの伝播の SD モデル.....	67
図 5.5	人口 100 万人規模の集団でポリオウイルスが伝播するリスク.....	68
図 5.6	50 人規模の小さな子供の集団でポリオウイルスが伝播する様子.....	69
図 5.7	日本におけるポリオウイルスの伝播の SD モデルへの介入のポイント..	71
図 5.8	人と人の接触率を 0.5 人/日としたシミュレーションの結果.....	72
図 5.9	人と人の接触率を 1.0 人/日としたシミュレーションの結果.....	72
図 5.10	人と人の接触率を 2.0 人/日としたシミュレーションの結果.....	73
図 5.11	医薬品開発のアウトライン.....	76
図 5.12	臨床試験から承認申請までのアウトライン.....	77
図 5.13	臨床試験データ解析のアウトライン.....	78
図 5.14	医薬品開発の当該工程に共通構造を適用する SD モデルの概念図.....	78
図 5.15	共通構造であるリワークモデルの適用事例.....	80
図 5.16	デフォルト値による算出結果(図表 (数)).....	82
図 5.17	デフォルト値による算出結果(工数 (時間)).....	82
図 5.18	シナリオ 1 に基づく分析結果(図表 (数)).....	85
図 5.19	シナリオ 1 に基づく分析結果(工数 (時間)).....	85
図 5.20	シナリオ 2 に基づく分析結果(図表 (数)).....	86
図 5.21	シナリオ 2 に基づく分析結果(工数 (時間)).....	86
図 5.22	シナリオ 3 に基づく分析結果(図表 (数)).....	87
図 5.23	シナリオ 3 に基づく分析結果(工数 (時間)).....	87
図 6.1	糖尿病進行プロセス(図 3.2 を再掲).....	94
図 6.2	糖尿病の進行プロセスに基づくシステム・ダイナミックスモデルと予 防としての介入のポイント.....	95
図 6.3	不慮の事故などによる死亡率 (表関数の設定値)	97
図 6.4	疾患の悪化方向への移行率 (表関数の設定値)	99

図 6.5	疾患の悪化方向への移行率(外来→入院) (表関数の設定値)	99
図 6.6	疾患の改善方向への移行率(表関数の設定値)	100
図 6.7	糖尿病の外来患者群 (人数) の比較.....	102
図 6.8	糖尿病の入院患者群 (人数) の比較.....	104
図 6.9	糖尿病の治療群 (人数) の比較.....	105
図 6.10	糖尿病の非治療群 (人数) の比較.....	105
図 6.11	日本の15-64歳の人口の比較.....	106
図 6.12	糖尿病進行プロセスにおける予防の介入のポイント(図3.2を再掲).....	107
図 6.13	テキスト・マイニングの分析の流れ(図4.2を再掲)	108
図 6.14	KH Coderによる共起ネットワーク図.....	110
図 6.15	共起ネットワークにおける媒介中心性の高い用語.....	113
図 6.16	スマートヘルス活用のモジュール.....	116
図 6.17	スマートフォン普及率(表関数の設定値)	117
図 6.18	スマートヘルスのユーザー数の推移.....	120
図 6.19	新規ユーザーの獲得率(10%)による非治療群への影響.....	124
図 6.20	新規ユーザーの獲得率(20%)による非治療群への影響.....	125
図 7.1	健康維持事業計画立案における設計したプロセスに基づく支援の内容 と計画時のフェーズ.....	147
図 7.2	健康維持事業計画立案支援プロセス(図3.4を再掲)	153

(以下、「別紙」にて)

図 A	入院患者数(公表値)(表関数の設定値)	172
図 B	外来患者数(公表値)(表関数の設定値)	173
図 C	日本の人口で15-64歳が占める割合(公表値)(表関数の設定値)	176
図 D	日本の人口(公表値)(表関数の設定値)	176
図 E	糖尿病非治療群の合計(ベース)(表関数の設定値)	178
図 F	糖尿病の進行プロセスに着目したシステム・ダイナミックスのモデル...	179

表目次

表 1.1	各省庁が実施・計画する健康維持事業の例.....	7
表 1.2	特定非営利活動法人(NPO)による健康維持事業の例.....	8
表 2.1	Warren によるモデル構築のタイプ別の特徴とその結果の比較.....	25
表 2.2	糖尿病を対象にシステム・ダイナミックスを適用した関連研究の特徴....	32
表 4.1	クラスター分析の要約の例(2000 年代後期).....	55
表 5.1	疫学研究による感染症の再生産数と集団免疫の閾値.....	66
表 5.2	ポリオウイルス伝播 SD モデルのデフォルトのパラメータと変更可否...	70
表 5.3	臨床試験データ解析の SD モデルにおけるデフォルト値.....	81
表 5.4	3つのシナリオにおけるパラメータの設定値.....	84
表 6.1	シミュレーション実施時のシナリオごとのパラメータ値.....	123
表 6.2	シミュレーション結果のまとめ (2014 年時点)	127

第1章 序論

1.1 研究の背景

日本では本格的な少子高齢化を迎え、医療・介護をはじめとした社会保障制度の持続可能性の確保と共に、国民が健康で働けるよう生活習慣の改善に向けた取り組みなどが重要視されている。それでも、生活習慣病や認知症の増加に起因するおよそ100万人を超える人々が健康上の理由で就業できていない[1][2]。日本における少子高齢化の進展などを踏まえると、今後も生産年齢人口の減少傾向は継続すると推測できる。そこで、健康を維持し、生涯に渡って元気に働きたいという人がそうあり続けられるようなさらなる取り組みを立案し、実施していくことが求められている。一方で、行政や企業に所属し、健康維持などを目的とした事業計画を立案する人々は、事業の実施には立案した事業の価値をその事業の実施前に提示することが必要であり、そこに難さしさがあると課題を呈している。事業の価値を事業実施前に提示するためには、問題の把握と課題の設定および具体的な解決策に基づく事業計画が必要であり、加えて、課題解決策の効果を定量化する工夫が必要である。このように、人々の健康維持のためのさらなる取り組みへの期待があり、この医療・介護や医療福祉という社会保障制度に係る大規模で複雑な問題を適確に捉え、課題解決に向けた具体的な解決策をもって人々の健康維持に貢献する事業を計画立案し、事業計画立案に際しては事前に事業の価値を定量的に提示するプロセスが求められている。

総務省による2016年の「労働力調査年報」[3]によれば、仕事があればすぐにつくことができる完全失業者は約208万人である。一方で、就業を希望しているがすぐには就業することができない人は約308万人である。このうちの3割が「健康上の理由のため」に就業できていない。したがって、日本において推計でおよそ100万人の人が就業を希望しているが健康上の理由で働くことができていない。朝日生命保険相互会社による20～69歳までの721名を対象とした2017年におけるアンケート調査によれば、健康上の理由により働けなくなった人の原因の内訳は、疾病によるものが全体の81%と最も多く、つづいてケガ16%およびその他3%となっている。原因となる疾病の内訳は、メンタル（精神）疾患によるものが36%、生活習慣病によるものが26%となっている。また、働

けなくなった原因が発生した年齢は、30歳代および40歳代でそれぞれ20%を超えており、20~40歳代では全体の59%を占める結果となっている[2].

厚生労働省による患者調査（2014）によれば、日本のメンタル（精神）疾患の患者数の1位はうつであり、その後に統合失調症、不安障害、認知症などが続いている。また、生活習慣病の患者数では、1位が高血圧性疾患となっており、つづいて糖尿病、心疾患、悪性新生物となっている[1]. このような疾患に罹患した場合、治療により回復するというアプローチに加え、予防という取り組みがあり、健康上の理由で働けなくなる人の減少の抑制を目的とするため手段のひとつとなる。メンタル（精神）疾患の罹患の原因は物理的な環境や人間関係の影響など複雑で、これに対する予防のアプローチも同様に複雑である[4]. 現状での取り組みは個々の状況に応じたアプローチが重要となっている[5][6]. 一方で、生活習慣病への罹患は普段の生活習慣による影響が大きく、運動や食生活の見直しによる生活習慣の改善などによる予防の効果が大きい[7]. 生活習慣病の中でも特に糖尿病は予防の効果が高いといわれている[8][9].

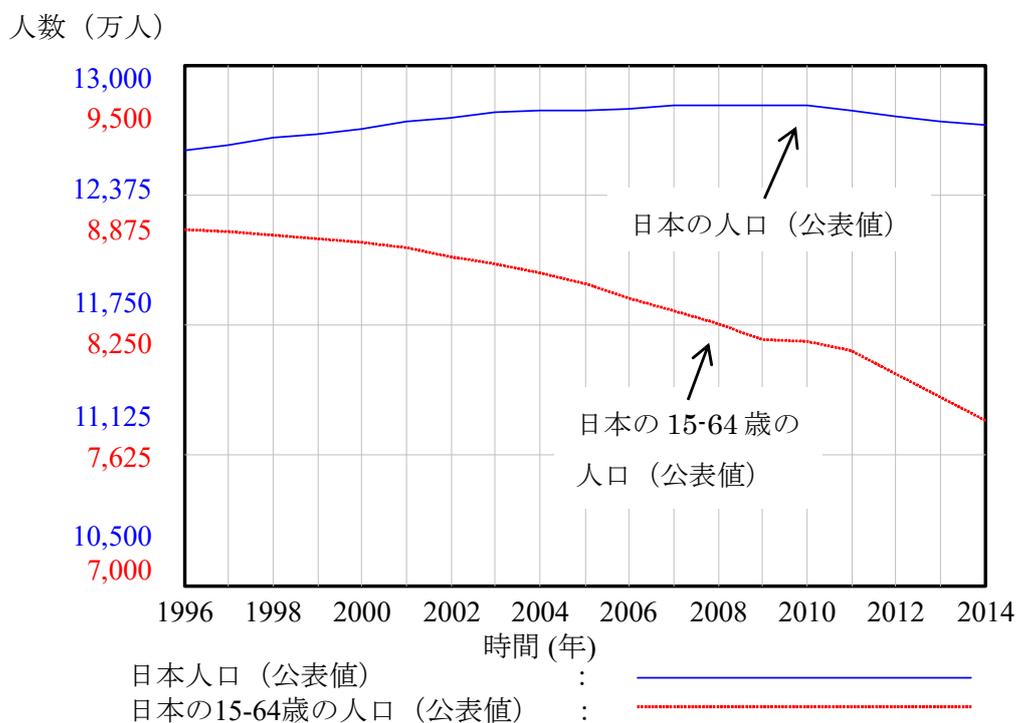
健康維持を目的とした事業として、たとえば、行政による定期健康診断がある。しかし、日本における少子高齢化の進展などを踏まえると、今後も生産年齢人口の減少傾向は継続すると推測できるため、健康を維持し、生涯に渡って元気に働きたいという人がそうあり続けられるようなさらなる取り組みが求められる。

一方で、行政や企業に所属し、健康維持などを目的とした事業計画を立案する立場の人々は、事業の実施には立案した事業の価値をその事業の実施前に提示することが必要であるが、そこに難さしさがあるとの課題を呈している。

このように、健康維持を目的としたさらなる事業を計画立案し、事業の価値を事業実施前に提示することが求められているが、既存の事業に加え、さらなる事業計画を立案するために具体的な解決策をどのように発見し、その課題解決策の効果をどのように定量化するかという点において工夫が必要である。

以上から、人々の健康維持に向けたさらなる取り組みへの期待があり、この医療・介護や医療福祉という社会保障制度に係る大規模で複雑な問題を適確に捉え、課題解決への具体的な解決策をもって人々の健康維持に貢献する事業を計画立案し、事業計画立案に際しては事前に事業の価値を定量的に提示するプロセスが求められている。たとえば、日本における労働人口の中核を成す15-64歳の人口の減少を、ある取り組みによってその現象を抑制する効果を定量的に示すことである。日本の人口は2008年の1億2,808万

人をピークに全体として減少に転じている。なかでも生産年齢人口は 1995 年の 8,726 万人をピークに減少に転じ、その後の減少幅も日本の総人口に比べて大きい (図 1.1)。ここに、人々の健康を維持するためのなにかしらの工夫 (介入) をすることで、人口の減少を抑制し、日本における元気で働ける人々を確保する必要がある、その工夫 (介入) の効果を、その取り組みの実施前に定量的に提示することが求められている。



出典：総務省「労働力調査年報」 [3]、総務省「人口推計」 [82]から筆者が作成
 図 1.1 日本の人口と 15-64 歳の人口 (共に公表値)

1.1.1 健康維持事業

生活習慣病の進行は、糖尿病における肥満のような初期段階の所見から、医師による診断を経て糖尿病そのものに対する治療、そして腎不全などの合併症への治療が必要な末期に至る。医師による「診断」より前の対処としては、糖尿病への罹患を回避するための予防がある。具体的には、生活習慣の改善や自身の身体の状態を定期的・定量的に計測する健康診断や人間ドックなどがある。「診断」より後の対処としては、疾患に罹患した患者への「治療」がある。ここでは、症状の緩和や重症度化を防止するための対症療法が行われる。「診断」より後の「治療」の領域は、既存の医療の事業としての取り組みがあり、病院や医療施設での治療に加え、セルフメディケーション、緩和ケア、訪問介護および在宅ケアなどがある。これら「治療」の領域は、疾患に罹患した人を救済するというその必要性の高さから、国の財政、医療従事者などの人材、医薬品や医療機器など多くのリソースがここに向けられている[10][11][12][13]。一方で、前者の「予防」の領域への取り組みとしては、その規模や効果が大きい健康診断事業がある。その他にも健康診断事業と付随する形にあり肥満傾向にある成人を対象とした取り組みで認知度の高い「保健指導」や、特にインフルエンザ流行の季節における「予防接種」や近年では若いうちからもその重要性が認識されている「がん検診」などがある。この領域では、定期健康診断など有用な事業が実施されているものの、生活習慣病への対策としては高い効果が知られている「予防」へ期待がある一方で、今後も糖尿病罹患者が増加する傾向が見込まれていることから、この「予防」の領域におけるさらなる取り組みが必要である（図 1.2）。

健康診断事業は、「診断」より前の「予防」領域における取り組みの代表であるが、その特徴はこの医師に診察を求める適切なタイミングを国民ひとりひとりに知らせていることである。普段の生活でなにかしらの身体の異変を感じた場合、皆が必ずしもすぐに医療施設に駆け込むということはない。多くの人は、しばらく様子を見て、やはりそれでもおかしいなと感じたときに医師に助けを求める。具体的には、医師の診察を受けるわけであるが、仕事や家の用事で忙しく、自身の身体の維持・管理を優先させる時間がない。本来であれば、疾患の進行や重症度に合わせて異変を感じた適切なタイミングで医師の診察を受けるべきであるが、実際には、状態が悪化してから医療施設の外来を訪れ、後になってあの時もっと早く受診や治療をしておけばよかったと後悔する。

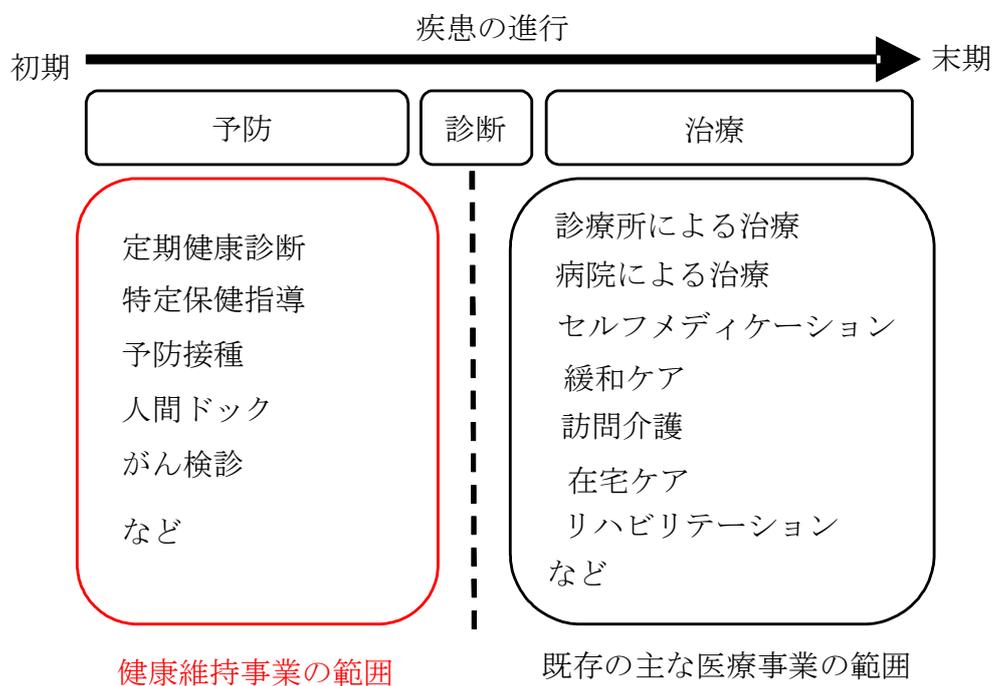


図 1.2 健康維持事業の範囲

健康診断事業は、具体的な数値として健康に関する結果をもって、普段の生活からは知ることのできない自身の身体の状態を定量的に知らせることで、その数値や判定の結果をもって、その後の受診にかかるか否かの自身の判断はあるにしろ、多くの場合は比較的適切なタイミングで医師による診察と適切な指導を受けることへ人々を向かわせている。これは、健康診断が人々に行動変容を起こさせているということであり、この行動変容が起きることで自身が健康を維持することができるだけでなく、企業にとっては社員に健康で元気に働いてもらうことができ、国としても多くの生活習慣病への罹患後の医療費の支出を軽減することが期待できる。

これまでの医療リソースの多くは医師による診断後の治療に向けられ、生活習慣病など人々の健康や経済的な負担を強いている疾病に対して有効性が確認されている予防についてはまだまだ取り組む余地がある。次に、健康維持事業の大きな役割は、国民一人ひとりに健康維持に良い影響を与える行動変容を起こすことである。たとえば、糖尿病は生活習慣病の代表であり、罹患率はいまだ増加傾向にある[1]。糖尿病は、ひとたび発症すると治癒することはなく、放置すると合併症を併発し患者の QOL (Quality Of Life)

を著しく低下させるのみでなく、医療経済的にも大きな負担を社会に強いる。今後も社会の高齢化にしたがって増大するものと考えられる。糖尿病に対しては発症の予防・早期発見・合併症の予防が重要であるが、予備群と呼ばれる人の受診や治療率が低い[8]。これらの人々が糖尿病を発症し、状態が悪くなってから医師の診断を求めるという事態を避けるため、予防に意識を向かわせ国民一人ひとりが実際に行動変容を起こすことが求められる。

以上から、「診断」より前の「予防」の領域における取り組みで、人々が健康維持・改善に向けた行動変容起こすことを意図した事業を本研究では「健康維持事業」とよぶ。「予防」の領域で、人々の行動変容を起こすことが健康診断事業の特徴である。

1.1.1.1 各省庁が実施・計画する健康維持事業の例

厚生労働省やその他省庁および市町村による健康維持を目的とした事業を調査した。労働安全衛生法に基づく定期健康診断などの他にも各省庁により実施・計画されている健康維持事業がある。各省庁ホームページのトップページから「健康 維持 保険 事業 計画」をキーワードに用いた検索を行い、健康維持事業に関する施策・事業計画に関する情報を入手した。参考までにその一部を表 1.1 に示した。各省庁から、厚生労働省、経済産業省、総務省および農林水産省の取り組みの一部をここに示している。厚生労働省では、前出の提供健康診断事業やビックデータの活用推進による国民の健康確保への取り組みなどがある[11]。経済産業省では、健康寿命や生涯現役社会をテーマに健康で長く働くことができる取り組みを推進している。総務省では、情報を活用した健康関連の取り組みがある。農林水産省では、食を中心に健康への取り組みを実施している。

表 1.1 各省庁が実施・計画する健康維持事業の例

法人名称	各省庁が施策・計画する健康維持事業の例
厚生労働省	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生法に基づく定期健康診断 ・国民の健康確保のためのビッグデータ活用推進に関するデータヘルス改革推進計画 ・事業場における労働者の健康保持増進のための指針 など
経済産業省	<ul style="list-style-type: none"> ・健康寿命の延伸 ・QOL を最大化する医療 ・生涯現役社会の実現 など
総務省	<ul style="list-style-type: none"> ・疾病管理普及事業 ・地域情報化の推進 ・ICT 利用ハンドブック など
農林水産省	<ul style="list-style-type: none"> ・地産地消法に基づく事業計画 ・食品の安全確保 ・生産資材（農薬・肥料など）の安全確保 など
国土交通省	<ul style="list-style-type: none"> ・スマートウェルネス住宅・シティの推進 ・既存住宅・リフォーム市場の活性化 ・ヘルスケアリートの活用 ・コンパクト・プラス・ネットワークの推進

出典：各省庁のホームページより筆者作成

1.1.1.2 健康維持事業を実施する NPO 法人と活動内容の例

また、特定非営利活動法人（NPO 法人）により実施・計画されている健康維持事業がある。内閣府の NPO ホームページのトップページから「健康維持」をキーワードとしてキーワード検索を実施し、省庁以外での健康維持に向けた取り組みを調査した。

表 1.2 特定非営利活動法人（NPO 法人）による健康維持事業の例

法人名称	定款に記載された目的
特定非営利活動法人医療と食事と健康を考える会	この法人は、医療従事者や健康管理者及び一般市民に対し、生活習慣病や疾病の予防・改善、健康維持増進に関し、栄養学を中心とした栄養医療、西洋医学及び東洋医学などの統合医療を実践・研究する機関とのネットワークを構築し、相互に学習しながら健康情報の共有と食生活の改善を通して健康づくり運動を行うとともに、カウンセリングの指導、研究に関する事業を行い、アドバイザーを育成する。これらによって、広く社会全体に栄養学や医療に関する啓蒙活動と最善の治療や療養のできる環境の改善に寄与することを目的とする。
生活習慣病予防学術委員会	この法人は、広く国民に対して、「生活習慣病予防」など健康維持に対する情報や教育機会を提供することにより、国民の健康と充実した社会作りに寄与することを目的とする。
特定非営利活動法人日本地域健康支援機構	この法人は、広く国民に対して、健康支援と障害者ケアに関する事業を行い、国民の健康維持、増進および医療費・介護費の軽減に寄与することを目的とする。
特定非営利活動法人健康増進技術協会	この法人は、広く一般市民に対して、健康維持・増進に関する事業を行い、人々が健康的で豊かにすごせる社会の実現に寄与することを目的とする。

出典：内閣府 NPO ホームページ(<https://www.npo-homepage.go.jp/>)より筆者作成

全 NPO 法人 52,736 団体から 325 団体の該当した。該当した NPO 法人の名称と定款に記載された目的を一部であるが表 1.2 としてまとめた。たとえば、医療と食事と健康を考える会では、医療従事者や健康管理者及び一般市民に対し、生活習慣病や疾病の予防・改善、健康維持増進に関し、栄養学を中心とした栄養医療、西洋医学及び東洋医学などの統合医療を実践・研究する機関とのネットワークを構築し、相互に学習しながら健康情報の共有と食生活の改善を通して健康づくり運動を行うとともに、カウンセリングの指導、研究に関する事業を行い、アドバイザーを育成する活動を通じて、広く社会全体

に栄養学や医療に関する啓蒙活動と最善の治療や療養のできる環境の改善に寄与することを目的として掲げている。

1.1.1.3 健康維持事業計画立案者の課題

2017年1月に健康維持事業を計画立案する立場にある行政と企業の担当者にヒアリングを行った。省庁に勤務する行政にかかる事業計画立案者の立場では、その事業にどの程度の強制力をもたせるべきかという判断に苦慮しているとのことであった。また、健康維持事業の推進者として製薬企業に勤務し、オープン・イノベーションなど新規事業の計画立案に取り組む部門の管理者の立場では、新規事業をさらにシニアなマネジメント層に提案するにあたりその事業がどの程度の価値があるかを示すことが重要であるとのコメントがあった。そこで、計画する事業の価値が事前に見込むことができれば、省内や関係者との計画立案のための議論の中で有用な判断材料になる。また、一般企業においても本業に関わる既存事業との相乗効果を定量的な価値判断の基準として示すことが必須である。事業計画立案における困難を中心にヒアリングを実施したため、他にも網羅しきれていない課題があることが予想されるが、健康維持事業を計画立案者の課題のひとつは指標の選定を含む事業価値の定量化であることが示唆された。

1.1.2 システムズ・アプローチ

本研究で扱う健康維持事業は、人が生活する上で、生活する場である社会環境や食生活における食物、健康面での生活を支援する医師や医療従事者、医薬品や医療施設などの医療のインフラおよび疾患に対する教育や知識レベルなど複数の要素が複雑に絡み合い相互に作用し合いながら、結果として、たとえば生活習慣病への罹患の予防という目的を達成するという点からシステムとして捉えることができる。そこで、本研究で議論する健康維持事業計画立案の支援にシステムズ・アプローチを適用する。システムズ・アプローチを用いることで、当該領域をシステムと捉え構成する要素を分析しつつ、全体としても機能するような解決策を導くことが期待できる。

システムズ・アプローチは、システム思考に関する文献を広範に調査し、整理している研究[14][15]でその特徴をみることができる。システム思考とは、システムを構成する複数の要素のそれぞれの最適化と他の要素とのインタフェースを整えるシステムティックな視点と、個々の要素が全体として機能するようなシステムミックな視点である[14]。このシステムティックな視点とシステムミックな視点を兼ねたアプローチがシステムズ・アプローチであり、大規模で複雑なシステムを構成要素に分解し、これを局所的に分析しつつも、一方でそれら要素が全体として機能するような俯瞰的な視野で検討することで、そのシステムで生じている問題の課題解決に向けた取り組みを検討する場合などに有用な手段である。また、システム思考の発展において、明確な目標、システム思考の要素、およびこれらの要素間の相互接続の記述を含む定義が必要だという立場を発端としている研究[16][17]では、同様の研究においてシステムズ・アプローチは、システム思考アプローチやシステム分析アプローチという用語で登場し、システムを構成する複数の要素のそれぞれの最適化と他の要素とのインタフェースを整えるシステムティックな視点と、個々の要素が全体として機能するシステムミックな視点を兼ねたアプローチのことであり、これにより構成する要素のそれぞれの最適化と、システム全体の最適化を行うことを目的とするものと定義される。システムとは一般に、複数の要素から成り、これらが互いに作用し合う中で、ある目的を成し遂げるひとつのまとまりと定義されるが、本研究で扱う健康維持事業も同様に、人が生活する上で、生活する場である社会環境や食生活における食物、健康面での生活を支援する医師や医療従事者、医薬品や医療施設などの医療のインフラおよび疾患に対する教育や知識レベルなど複数の要素が複雑に絡み合い相互に作用し合いながら、結果として、たとえば生活習慣病への罹患の予防という目的を達成するという点からシステムとして捉えることができる。そこで、生活習慣病のひとつである糖尿病の予防を対象とした健康維持事業の計画立案にシステムズ・アプローチを用いることで、糖尿病予防に向けた構成要素を分析しつつ、全体としても機能するような解決策を導くことが期待できる。したがって、本研究においてシステムズ・アプローチを軸として検討した。

1.1.3 オープン・データとその活用の領域

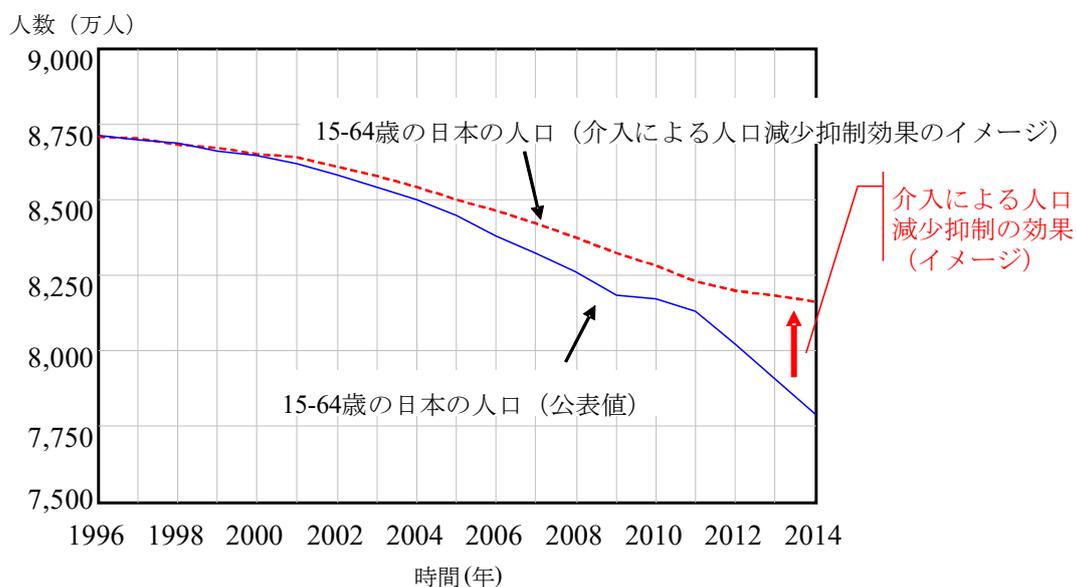
ある課題解決を目的とした事業を計画立案する際に、そこで生じている問題やそこで何が起きているのか、また何が原因なのかを特定する必要がある[18]。現在では、広くコンピュータやインターネットが普及していることから、新聞や雑誌などの記事もインターネット上で閲覧できる。これにより、紙ベースで閲覧していた時代に収集可能であった情報量以上の情報を容易に電子データとして入手することが可能となっている。このインターネットなどを通じて入手可能な公開情報を本研究ではオープンなデータという意味としてオープン・データと呼ぶ。このオープン・データとその活用に着目し、よりよい計画立案のためにこれらを活用するプロセスを検討する。

オープン・データとは、総務省など政府機関などが定めた厳格な定義による2次利用を目的としたデータを指すものがある[19][20]。これらは、政府や行政がアンケートや公的な機関を通じて入手した情報を統計データ等としてインターネット上に公開するものである。政府や行政の透明性が求められ現代のニーズに対応した取り組みである一方、市民や企業にとってもその活用次第で非常に有益な情報となり得ることがからその公開と利用が各所で推進されている。翻って、「オープン」という言葉を世間に公開されたという意味で捉え、オープンなデータとして新聞記事や専門誌記事などとして世間に公開されている情報や文書データを指すこともある。本研究では、こちらのオープンなデータという意味での「オープン・データ」の定義を用いる。現在では、これら文書データは主にテキスト・マイニングという文書データ解析の手法により大量に処理され、目的に応じた分析がなされることが多い。文献や専門誌記事、および新聞記事やソーシャル・ネットワーク・サービス（SNS）などの公開されているさまざまな種類の情報から、目的に合致した文書データを収集し、それらの情報からある「意味合い」を抽出し、たとえばビジネスにおける企業間の競争などにおいてコンペティティブ・インテリジェンス(CI)において有効に活用されることの重要性を説いている研究[21][22][23]があり、また、製薬業界におけるCI活用能力と研究開発の関係を分析した研究[24][25][26]においても引用されるなど、企業における製品戦略策定やマーケティングの分析フェーズにおいてだけでなく、これらに通じるアカデミアでの研究にも利用されている。

1.2 本研究の目的

本研究の目的は、健康を維持し、生涯に渡って元気に働きたいという人がそうあり続けられるように、行政、企業や NPO などにおける健康維持を目的とした事業の計画立案者が、健康・医療や医療福祉という社会システムの中で特に人々の健康維持に関わる問題の課題解決を目的とし、事業価値の定量的な提示を伴う事業計画の立案を支援する有効なプロセスを提案し、これを評価することである。

日本では、本格的な少子高齢化を迎え、医療・介護をはじめとした社会保障制度の持続可能性の確保と共に、国民が健康で働けるよう生活習慣の改善に向けた取り組みなどが重要視され、たとえば、行政による健康診断のような健康維持を目的とした事業があるが、日本における少子高齢化の進展などを踏まえると疾病への罹患および発症などによる元気で働ける人の減少傾向は今後も継続すると推測できるため、これに対処するさらなる取り組みが必要である。生産年齢人口は、総務省による統計データなどにおいて年齢別人口のうち 15 歳以上 65 歳未満の人口層を指し、労働力の中核を成すと考えられている。本研究でもこの生産年齢人口に該当する人々を主に元気で働ける人々の対象として議論する。図 1.3 は、15-64 歳の日本の人口が 1996 年から 2014 年にかけて減少している様子とある取り組みによる人口の減少の抑制効果をイメージしたものである。ここでは、なにかしらの健康維持を目的とした事業（介入）により、本来であれば減少していただろうはずの人々の健康を維持することで、人口の減少を抑制し、日本における元気で働ける人々を確保することができるというその事業の効果のイメージを示したものである。この図が示す「介入」とは、現状の既存の取り組みに加え、さらなる取り組みを指しているが、これをどのように立案していくかという点も課題として大きい。事業の対象とする領域の問題を把握し、課題解決に向けた具体的な解決策を特定するためには、事業の計画立案者の個人や所属するグループの知識や経験に加え、疾患の罹患や発症の機序に関する最新の科学知識や専門家らによる取り組みも参考になる。そこで、これらの情報を収集し、分析する必要があるが、新聞記事や専門家によりまとめられた専門誌記事に着目し、これら大量の文書データをオープンなデータ（オープン・データ）として活用する。



15-64歳の日本の人口 (公表値) : —————
 15-64歳の日本の人口 (介入による人口減少抑制効果のイメージ) : - - - - -

図 1.3 15-64 歳の日本の人口における減少抑制効果のイメージ

本研究は、健康維持を目的とした事業が対象とする範囲を予防の領域とする。個人の健康状態の切り口として、医師による診断による「病名付与」の有無がある。病名付与とは、医師がある個人を診察し、臨床的な視点から専門的で総合的な判断を経て特定の病名を付与することである。ひとたび医師の診断による病名付与がなされると、それより後ではその個人は「患者」と呼ばれ、対処として当該疾患への「治療」が行われる。反対に、病名付与の前であれば、「健常人」などと呼ばれ、疾病の罹患および発症を回避するための「予防」が中心となる。これまで「治療」の領域は、疾患に罹患した人を救済するというその必要性の高さから、国の財政、医療従事者などの人材、医薬品や医療機器など多くのリソースがここに向けられている。一方で、「予防」の領域への取り組みとしては定期健康診断事業などがさまざまな取り組みがあるが、わが国における本格的な少子高齢化が進行する中では、この予防の領域における健康を維持し生涯に渡って働き続けたいと願う人を支援する一層の取り組みが期待されている。

ちなみに、健康上の理由により働けなくなった人の原因の内訳は、疾病によるものが全体の81%と最も多く、原因となる疾病の内訳は、メンタル（精神）疾患によるものが36%、生活習慣病によるものが26%となっている [2]。メンタル（精神）疾患の罹患の原因は物理的な環境や人間関係の影響など複雑で、これに対する予防のアプローチも同様に複雑であり [4]、現状での取り組みは個々の状況に応じたアプローチが主体となっている [5][6]。一方で、生活習慣病への罹患は普段の生活習慣による影響が大きく、運動や食生活の見直しによる生活習慣の改善による予防の効果に期待が大きい [7]。生活習慣病の中でも特に糖尿病は予防の効果が高いといわれている [8][9]。糖尿病は、人が生活する上で、生活する場である社会環境や食生活における食物、健康面での生活を支援する医師や医療従事者、医薬品や医療施設などの医療のインフラおよび疾患に対する教育や知識レベルなど複数の要素が複雑に絡み合い相互に作用し合い、結果として罹患および発症するというプロセスを経るシステムとして捉えることができる。また、糖尿病は、社会環境やインフラ、また生活や仕事などにおけるストレスなどの影響を大きく受け、それらから受ける影響やストレスも様々な要因から成るものであることから糖尿病は複雑で大規模なシステムのひとつである。

一方で、行政や企業に所属し、健康維持などを目的とした事業計画を立案する人々は、事業の実施には立案した事業の価値をその事業の実施前に提示することが必要であり、そこに難しさがあると課題を呈している。したがって、人々の健康を維持するための事業のさらなる計画立案が必要である一方、そのような事業を計画立案する立場においては、事業を提案する際のその事業の価値を定量的に事業の実施前に提示することの難しさがある。本研究では、この事業価値の定量化を支援するプロセスを議論する。

以上から、本研究では、糖尿病のような大規模で複雑なシステムに係る問題を複合的な視野をもって捉え、罹患および発症を予防する具体的な解決策をもって人々の健康維持に向けて行動変容を促進するようなさらなる事業計画の立案を支援し、事業計画立案に際しては事前に事業の価値を定量的に提示することができるプロセスとして提案し、この有用性を評価する。議論においては、オープン・データの活用とシステムズ・アプローチに基づく考え方・手法を採用する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を図 1.4 に示す。本論文は第 1 章から第 8 章で構成する。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章 医療・介護をはじめとした社会保障制度の持続可能性の確保と共に、国民が健康で働けるよう生活習慣の改善に向けた取り組みが実施されている。それでも、生活習慣病や認知症の増加などにも起因するおよそ 100 万人を超える健康上の理由で就業できていない人々が存在し、現在の日本における少子高齢化の進展などを踏まえると、今後もこのような傾向が継続していくことが見込まれる。そこで、健康を維持し、生涯に渡って元気に働きたいという人がそうあり続けられるように、さらなる取り組みを立案し、実施していくことが求められている。また、健康維持事業計画立案において、その立案する事業の価値を事前にどのように評価するべきかという課題があり、この課題を克服するプロセスが必要となっている。本章では、本研究の背景と目的を述べ、本論文の構成を示した。

第 2 章 健康維持事業計画に関する既存の取り組みやシステムズ・アプローチによる健康維持事業計画立案の研究、およびシステムズ・アプローチにおける手法のひとつであるシステム・ダイナミックスを糖尿病へ適用した関連研究についてサーベイした。

第 3 章 健康維持事業計画の立案を支援するプロセスを設計した。日常生活における疾病への罹患を大規模で複雑なシステムとして捉え、人々の健康維持を目的とした事業計画の立案を支援するためのプロセスにシステムズ・アプローチの視点を取り入れ、この分野におけるモデリング&シミュレーション手法のひとつであるシステム・ダイナミックスを適用した。また、さらなる解決策を抽出に、オープン・データを活用したテキスト・マイニングによる分析を用いるプロセスを設計した。

第4章 製薬業界の2010年問題に起因する国内外でのM&Aを題材に、オープン・データとしての文書データを用いてテキスト・マイニングによる分析から当該領域の問題の把握とその課題解決策の抽出が可能であることを確認した。また、文書データとして新聞記事と専門家により記載された専門誌記事を用いて、テキスト・マイニングによる新聞記事の分析結果と専門誌記事の要約を比較し、それぞれの内容の整合性を確認した。テキスト・マイニングによる分析の過程における発見や工夫についても述べた。

第5章 システム・ダイナミクスによる当該システムの構造の可視化により、問題が生じているシステム構造の把握とシナリオに基づくシミュレーションによる課題解決策の影響度を経時的な定量値の変動として認識できることを確認し、これにより当該領域における問題の解決策の議論の促進を支援することが可能であることを確認した。題材は、日本のポリオワクチン政策立案の支援と医薬品開発における臨床試験データの解析プロセスの評価の2つを扱う。日本のポリオワクチン政策立案支援では、システム・ダイナミクスの再利用可能な共通構造をもつモデルから感染症モデルを適用し、モデリング&シミュレーション手法の特徴である既存のモデルの再利用の有用性についても考察を行った。構築したモデルを用いてシナリオに基づく経時的な定量値の変動の認識が政策立案の議論の根拠となることを確認した。また、医薬品開発における臨床試験データの解析プロセスの評価を対象に、共通構造をもつリワーク（戻り作業）のモデルを適用し、同様にその有用性を確認している。ここでも構築したモデルを用いて、シナリオに基づくシミュレーションを実施し、その結果が当該領域の課題に対する解決策を議論する上での定量的な根拠となることを確認した。

第6章 本研究で提案した健康維持事業計画立案支援プロセスを糖尿病の予防へ適用し、実際に有用であるか確認した。糖尿病の進行プロセスを骨格としたシステム・ダイナミクスのモデル（SDモデル）を構築し、実存する政府などによる統計データを用いて構築したモデルの整合性を確認した。そして、オープン・データとして新聞記事を用い、これをテキスト・マイニングによる分析を

行い, 糖尿病の予防に着目した健康維持事業における解決策と成り得る選択肢を抽出した. この選択肢を先に構築した糖尿病の進行プロセスの SD モデルに代入し, シナリオに基づくシミュレーションを実施した. 得られた結果が健康維持促進のための事業計画立案のための議論の根拠となることを確認した. 本章では, テキスト・マイニングとシステム・ダイナミックスの2つ手法を繋ぐ具体的な方法についても説明した.

第7章 本研究の全体の考察と評価を述べた. システム・ダイナミックスの位置づけと絡めて, モデリング&シミュレーション手法の特徴である既存のモデルの再利用の有用性についても再考した.

第8章 本研究を総括し, まとめを記載した. また, 提案する健康維持事業計画立案プロセスの応用と展開方法についての展望も述べた.

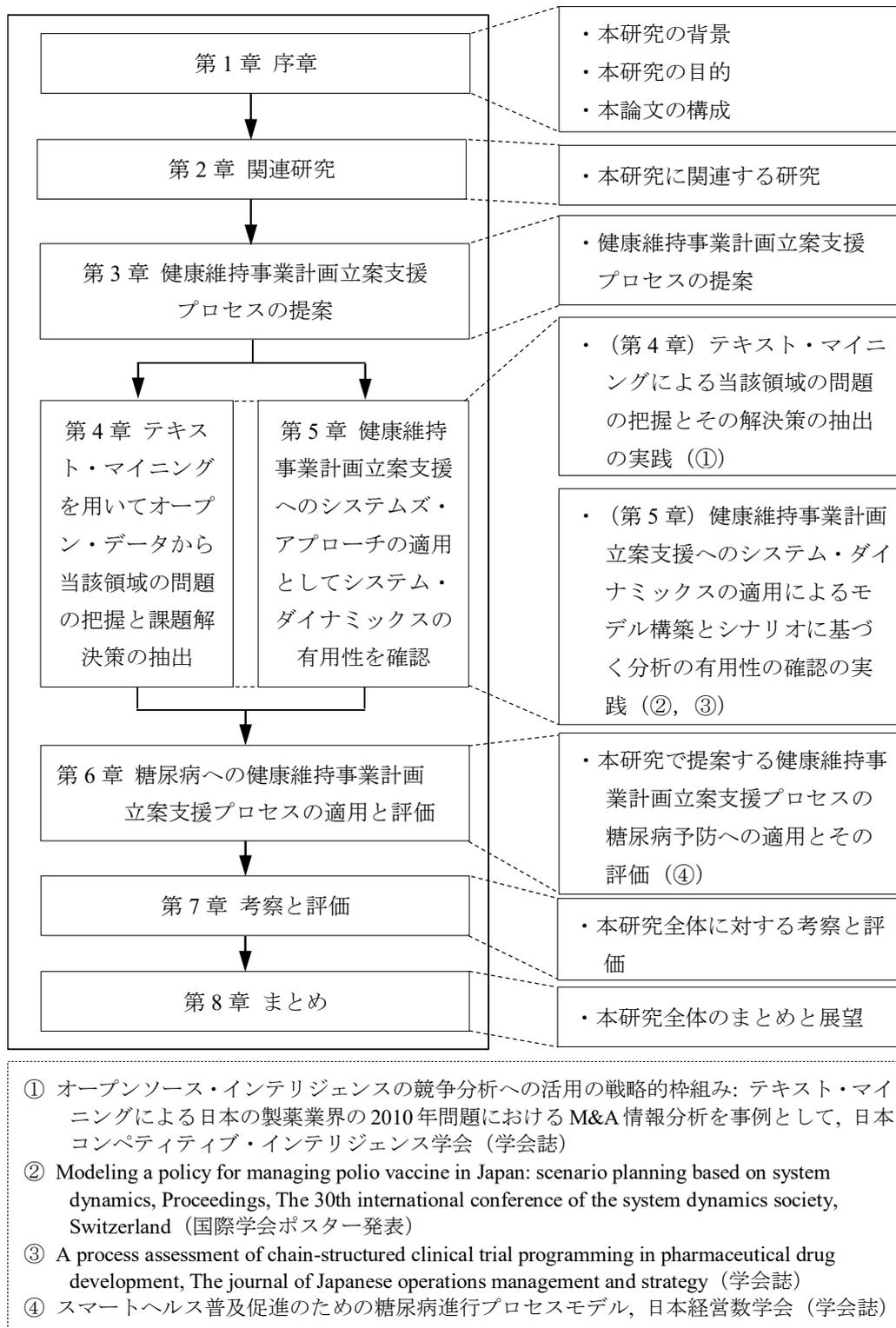
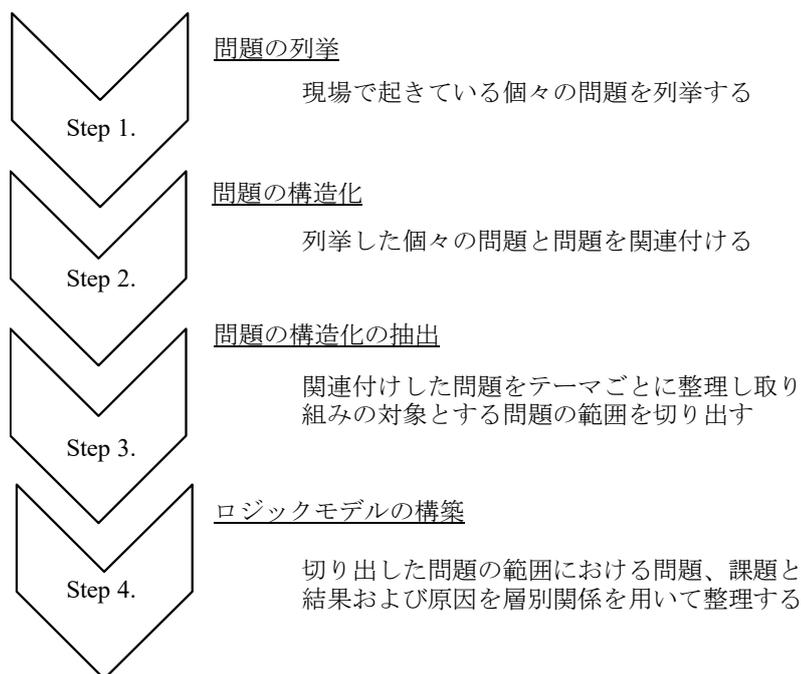


図 1.4 本論文の構成

第2章 関連研究

2.1 政策・施策の企画・立案の方法論に関する研究

政策・施策の企画・立案方法に問題の列挙から政策を論じるアプローチを提案している研究がある。特に刈谷ら[29]の研究では、政策・施策の企画・立案に際し、問題の列挙から政策ロジックモデルを構築する方法論を示している。政策・施策の企画・立案に際し、実務にかかわる担当者らによる問題の列挙からこれらの因果関係を整理し、問題を構造化、課題を洗い出し、複数のレイヤーを用いて施策・事業に関するロジックモデルを構築することで、定量的な数値目標の設定が可能となり、さらにモニタリングに基づくシステムメンテナンスが可能となるアプローチである（図 2.1）。



出典：刈谷ら[29]から筆者作成

図 2.1 政策・施策の企画・立案に問題の列挙から政策を論じるアプローチ

この研究では、行政の政策・施策の企画・立案の立場から、実際の立案者であるこの研究の著者らによる取り組みをまとめている。提案する現場における問題の列挙からその課題や原因を分析し、問題の範囲を定めた上でこれらを層別に整理することで行政として適切な解決策を創出するというアプローチをとっている。これらの検討には現場のスタッフや行政の立場から専門家が参画することで議論を適切に進めるという工夫がされている。

2.2 オープン・データの分析にテキスト・マイニングを用いた研究

テキスト・マイニングが社会システムの文脈分析をも行えるツールとして近年脚光を浴びている。本研究では、新聞記事のような文書データを公開された情報という意味でオープンなデータとしてオープン・データと呼ぶが、テキスト・マイニングはこの大量の文書データ（オープン・データ）を処理することで、当該領域の問題の把握やその課題を明らかにすることが可能な手法であるが、例えば、坪井塑太郎ら[30]は、ある情報収集テーマに関する考え方と事実を単位化し、グループ化と抽象化を繰り返すことで、問題を明確化・構造化する手法としてテキスト・マイニングの手法としての適性を挙げている。また、インテリジェンスとテキスト・データ分析に関する研究として、富田準二[31]によるビジネスインテリジェンスをめぐる特にテキストを集約し、分析につなげる技術的な面についても言及した研究がある。さらに文書データの分析に時間情報という視点を加えて、問題領域に関する分析をおこなった櫻井茂明ら[32]による研究がある。この研究では、営業日報の文書データを用いた時系列のイベント発生パターンを抽出する手法を扱っている。このように、テキスト・マイニングという言葉やツールは普及しており、研究の範囲は広範に行われているものの、一方では、それに比ベインパクトを与えている活用の成功事例は少ないとの指摘がある[33]。

2.3 健康維持の取り組みにシステム・ダイナミクスを適用した研究

2.3.1 システム・ダイナミクス

システム・ダイナミクス（以下、SD）は、ものごとをシステムと捉え、大規模で複雑な問題を分解し、局所的な分析を行い、考察を積み上げ、またシステム全体をみることを可能にする手法である[34]。このように、システム思考やシステムズ・アプローチの立場と親和性が高く、同様の文脈で語られることが多い。

2.3.2 システム・ダイナミクスの起源

システム・ダイナミクス（SD）は J. W. Forrester (マサチューセッツ工科大学名誉教授・故人) がヒト・モノ・カネ・情報の推移を、一般性を持った形式で記述し、コンピュータ・シミュレーションにより社会科学の分野の問題解決をするための手法として開発した [34]。Forrester は、1961 年に経営資源と情報の流れに着目し、産業のビジネスサイクルを分析した Industrial Dynamics (インダストリアル・ダイナミクス:以下, ID) [44]をはじめとして、1969 年に地域問題を扱った Urban Dynamics (アーバン・ダイナミクス:以下, UD) [45]を出版した。そして、1970 年のベルンのローマクラブ会議の後に世界モデルの構成に着手し、1971 年 World Dynamics (ワールド・ダイナミクス:以下, WD) [46]を出版した。ローマクラブは、Forester の門下生である Dennis L. Meadows が主査を務めるチームに研究プロジェクトを委託し、それに対する Meadows の報告が The Limits to Growth (『成長の限界』) [47]として 1972 年に出版した。このように産業における問題の課題解決 (ID) から出発して、UD, WD と広がり、更に、国家レベルの問題を扱うナショナル・ダイナミクス (ND)、健康医療問題を扱うヘルス・ダイナミクス (以下, HD) など、社会システム全般を扱うに至っている。そこでこれらを総称してシステム・ダイナミクス (SD) と呼ばれている。『成長の限界』は世界中で大きな反響を呼んだが、偶然にも、その直後に第一次石油ショックが勃発した。『成長の限界』は天然資源の使用率を下げようと警告をしていたため、これが評判となり SD に著

しい注目が集まった。現在もその俯瞰的な視点から、課題解決への支援の有用性が評価され、意思決定の支援ツールなどとして活用されている[35]。

2.3.3 システム・ダイナミックスの適用の領域と特徴

ビジネス・政治・環境など、社会的なテーマについて因果関係に基づいたシステム構造を考え、コンピュータ・シミュレーションにより問題分析と解決のための適用されている[37]。例えば、欧米では糖尿病やその他の生活習慣病におけるコストの問題に対する介入効果の評価を目的とし、SD を適用した関連研究がある[38] [39]。プロジェクトマネジメント[40]や医薬品開発や医療機器の開発の領域においてもシステム・ダイナミックスの活用事例がある[41][42]。また、記述された言語を用いてシステム・ダイナミックスのモデリングを行っている研究[43]などもある。

Forrester は Industrial Dynamics[44]の中で、モデルによって企業経営のためのシステム分析を行う 1 つの方法として、「本書において、都市域の特殊なシミュレーション・モデルが考察される。このようなモデルは、都市構造とその内部関係を扱う theory である」と述べている。これについて島田[35]は、モデルが theory であるというのは誤解を招きやすい文章であるが、Forrester の真意は、SD はシミュレーション・モデルによってシステムの構造と成分相互関係を扱う理論であると解釈している。一方で、島田は、SD を「変動するシステムのシミュレーション・モデルによって、そのシステムの動特性を明らかにしようとする方法が SD である。システムの動特性を研究し、それを理論化するのが目標」と述べた上で、SD の方法論として特徴にも次のように触れている。

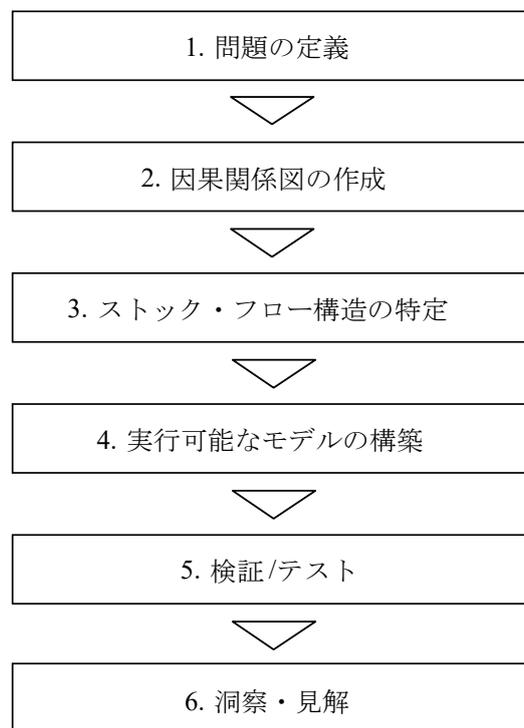
システム・ダイナミックス (SD) の特徴[35]

1. レベル変数(状態量)とレート変数(流れの量)の区別が明確である
2. フィードバック・ループの解析が容易である
3. 遅れ(delay) の扱いが容易である
4. 非線形方程式を扱うのが容易である
5. 一過現象を扱うことができる

2.3.4 システム・ダイナミックスのモデル構築において生じる問題と解決法の例

社会システムのモデリングについて論じている鈴木[48]によれば、一般に社会システムを扱う場合には、目的をモデリングの問題としてできるだけ明確に定義しなければならない。問題の定義に際しては問題範囲を限定することが重要であり、範囲には時間、空間そして扱う局面がある。つぎに対象の社会システムの主要な要素を抽出する。些細で重要でない要素はできるだけ除くように努めなければならない。問題の範囲内で何がシステムへのインプットで、何がアウトプットであるかも考えておくことが重要である。主要な要素が抽出されたなら、つぎは要素間の相互関係あるいは相互干渉を言葉で記述することが重要である。

システム・ダイナミックスにおいても同様な手順を経る。モデル構築の典型的なプロセス[49]は次の通りである（図 2.2）。モデル構築に着手するには問題の定義が必要である。問題の範囲や要素を特定する。モデルの確かさを確認するための参照する既存の情報やデータなども特定する。次に、因果関係図作成を作成する。システムにおける因果関係にある関係を調査し、そのフィードバック・ループに注目する。そして、先に特定したフィードバック・ループを基にモデルの骨格となるストックとフローの構造を描写する[50]。そして、実行可能なモデルの構築である。コンピュータ上で動作するソフトウェアを用いて既存のデータやモデルに含む要素と要素の関係をモデル化する。検証/テストにて、作成した実行可能なモデルの確かさを確認するため、問題が生じている状況やデータの振舞いの確からしさを確認する。モデルの確かさを確認するために参照する既存の情報やデータとの整合性を確認する。そして、洞察・見解を解釈する。これらの過程で最初に構築したモデルを用いて、シナリオに基づく分析[51][52]を繰り返し、有益な発見やソリューションとしての施策の試案を行う。医療福祉のような社会システムの問題にシステム・ダイナミックスを適用する際も同様である。当該領域をシステムとして捉え、目的を明確に定め、問題の範囲を限定し、これをモデル化することになるが、この手順に従うことにより、この時点で自ずと問題に対する解決策の範囲や方向性が定められることとなる。したがって、解決策を見据えて SD モデルの骨格を構築する際には、この点を十分に踏まえた検討が必要である。



出典：Richardson and Pugh [49]から筆者が一部抜粋し翻訳

図 2.2 システム・ダイナミックスのモデル構築の典型的なプロセス

システム・ダイナミックスには、他のモデリング&シミュレーション手法と同様に、汎用性あるモデルが存在する[53]。これらから適切な汎用モデルを選択することで、当該領域の問題に適した SD モデルの骨格を構築することが可能である。

システム・ダイナミックス手法の利用において課題となっているのはそのモデル構築における難しさである[53]。モデルの構築はその構築する者に依存する部分が大きく、特にモデルの構築者の習熟度による部分が多い。そこで、どのようにモデル構築者の習熟度をあげ、習熟度による問題を回避するのかという課題がある。この課題に対し、既往研究[53][54]による解決策を参照した。まず実際にどのような問題が起きているのか確認した。ここでは例として2つのタイプを取り上げた(表 2.1)。

表 2.1 Warren によるモデル構築のタイプ別の特徴とその結果の比較

モデルのタイプ	構築したモデルの特徴	得られる結果
最適化を目指したモデル	対象範囲が絞られがちで、必要な要素が組み込まれていない傾向がある	当然得られるものがない
対象が大きく、漠然としているモデル	無駄な要素を採用し、大規模で複雑化する傾向がある	何を改善すればどんな効果があるのかを知ることが難しい

出典：Warren[53]から筆者が作成

ひとつめとして、モデル構築者が最適化を目指したモデルのケースである。構築されたモデルは、対象とする範囲が絞られがちで、必要な要素が組み込まれていないという特徴がある。適切な範囲を漏らしていないことから、このようなモデルから得られる結果は当然得られるものがないということになる。反対に、範囲とする対象が大きく漠然としているモデルを構築した場合には、不要な要素を採用し、大規模で複雑化する。このため、ここから得られる結果は、何を改善すればどんな効果があるか知ることが難しい[53].

システム・ダイナミクスでは、モデル構築における問題解決の方法の例として、次の2つが知られている。

SD モデル構築における問題解決の方法の例

- 1) 共通構造の再利用による解決[53]
- 2) 迅速で効果的なモデル構築のプロセスの利用による解決[54]

2.3.4.1 共通構造の再利用による解決

SD モデルの構築には、既往研究の成果として、厳格なモデル構造を再利用することに利点があることが知られている。プロジェクトマネジメント、サプライチェーン、水力資源、漁業、感染症、またその他のモデルとして、エアラインモデル、工場（生産ライン）モデル、IT 支援会社モデル、レストラン起業モデルなど数多くの領域で共通構

造があり，再利用可能なモデルとして利用され，知識が蓄積されている．これら再利用可能な共通構造を SD モデルの構築に用いることで，システム・ダイナミクス手法の利用において課題となっているモデル構築の難しさを回避する助けとなる．モデルの構築はその構築する者に依存する部分が大きく，特にモデルの構築者の習熟度による部分が大きいいため，既往研究の成果としての共通構造の再利用は有用である[53]．後述する第 5 章では幾つかの観点からシステム・ダイナミクスの有用性の確認を行うが，目的のひとつとして，共通構造をもつ SD の典型的なモデルを再利用することでよりスムーズな SD モデルの構築が可能となるという点も含む．具体例には，ひとつは，日本におけるポリオワクチン問題への SD の適用を事例に既往研究による典型的な SD モデルである感染症モデルを利用する．ふたつめとして，医薬品開発における臨床試験データ解析プロセスの評価へ SD の典型的な共通構造であるリワーク（戻り作業）のモデルを適用し，その有用性を確認する．なお，共通構造を利用せずに，最初から最後までフルスクラッチで SD モデルを構築することも当然あるため，すべての SD モデルの構築において共通構造の再利用がされるというわけではない．

SD の典型的な再利用可能なモデルの例

たとえば，感染症モデルは広く知られた SD の典型的な再利用可能なモデルである（図 2.3）．感染症にかかっていない人，その時点で感染している人の集団，そして一度は感染したが，現在は回復している集団という 3 つのストックに人が流れる形の感染症の典型的な進行プロセスに基づくモデルである．感染症なので，一度は感染したがいまは回復している集団をストックするというのがこのモデルのひとつの特徴であり，現実の感染症においても，この集団の人たちはすでに感染し回復しているため，体内に抵抗ができており，まだ感染症にかかっていない集団と区別されている．

次に，共通構造として利用可能なリワーク（戻り作業）のモデルがある（図 2.4）．たとえば，ある製品が工場において製造開始から完成までに複数の工程を経るような場合では，個々の製品における品質のバラつきなどからエラーが発生し，戻り作業が生じるような場合がある．ここではこれをリワークと呼ぶが，そのエラーが認知されるまでの流れも含めてそのプロセスをモデル化している．

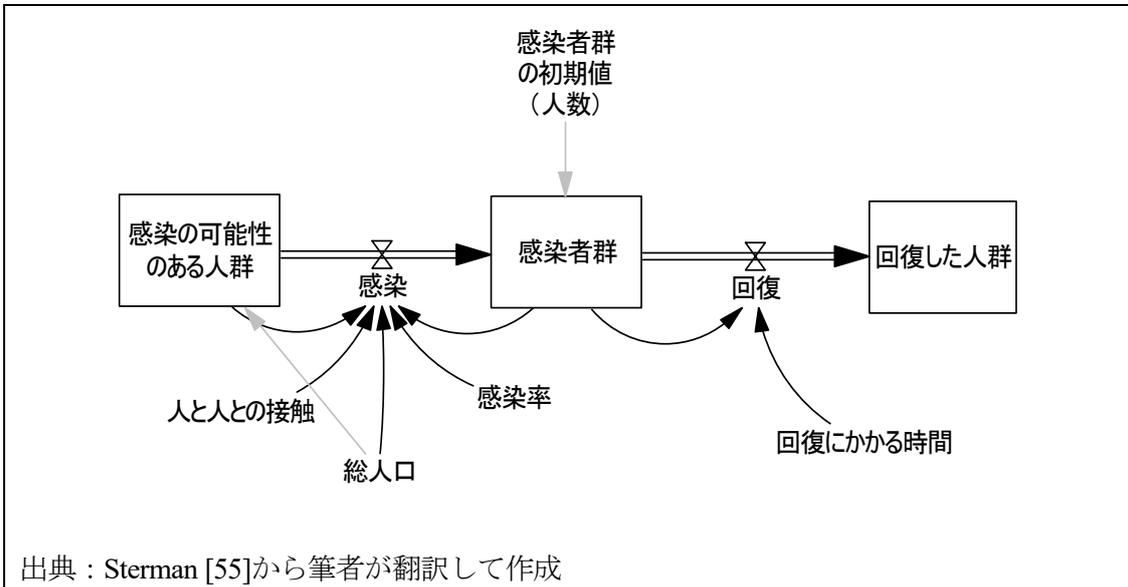


図 2.3 共通構造として利用可能な感染症モデル

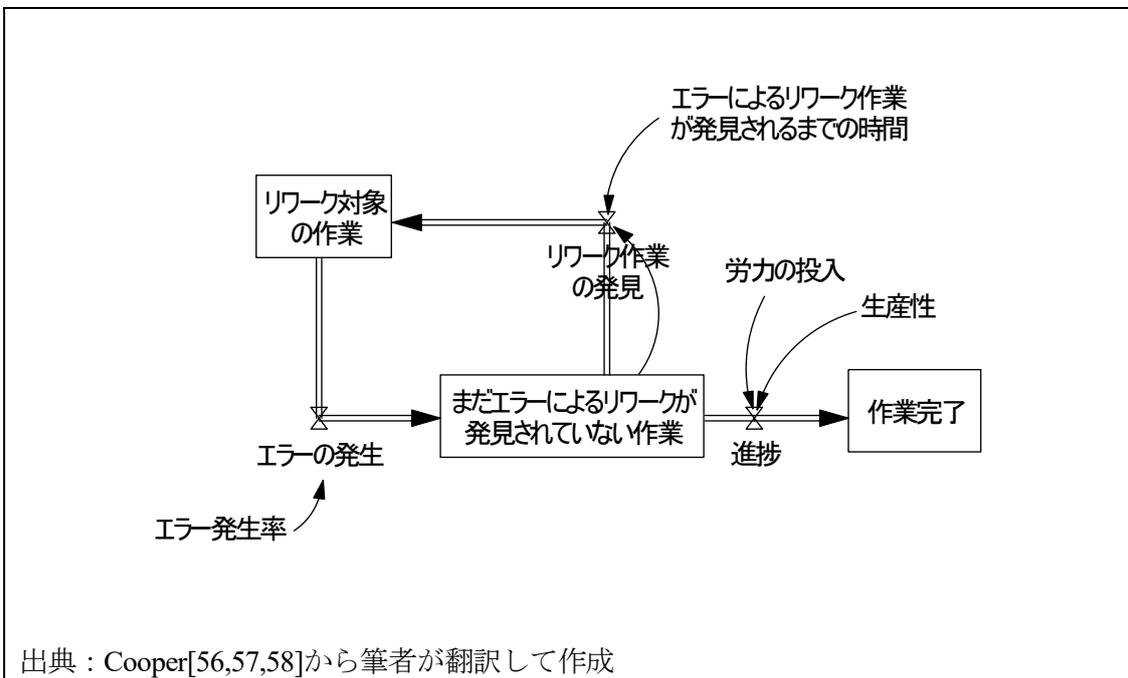


図 2.4 共通構造として利用可能なリワーク（戻り作業）モデル

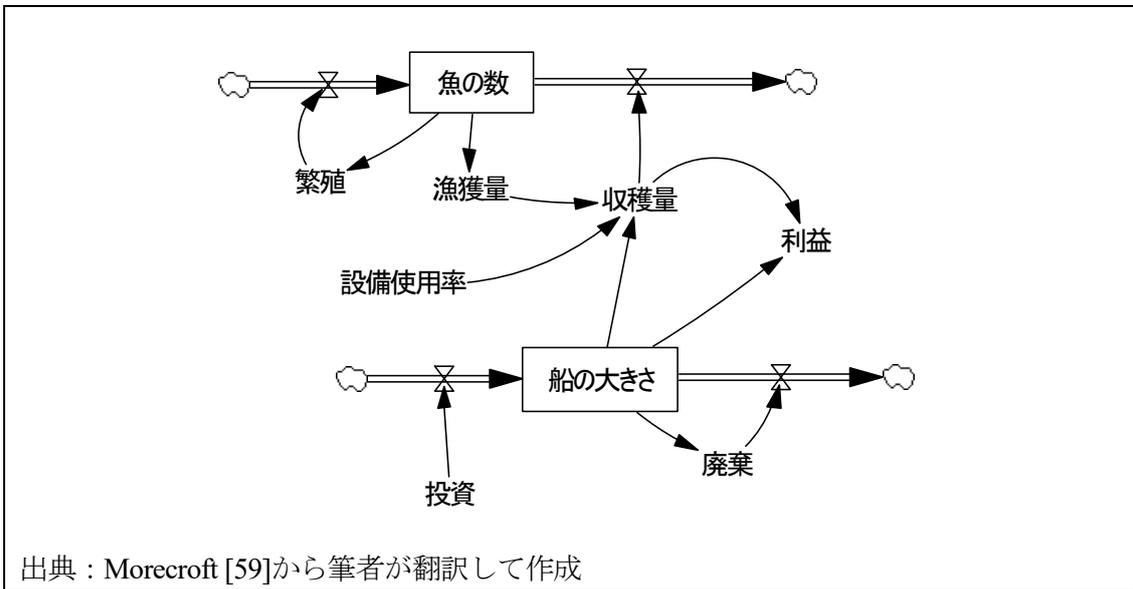


図 2.5 共通構造として利用可能な漁業モデル

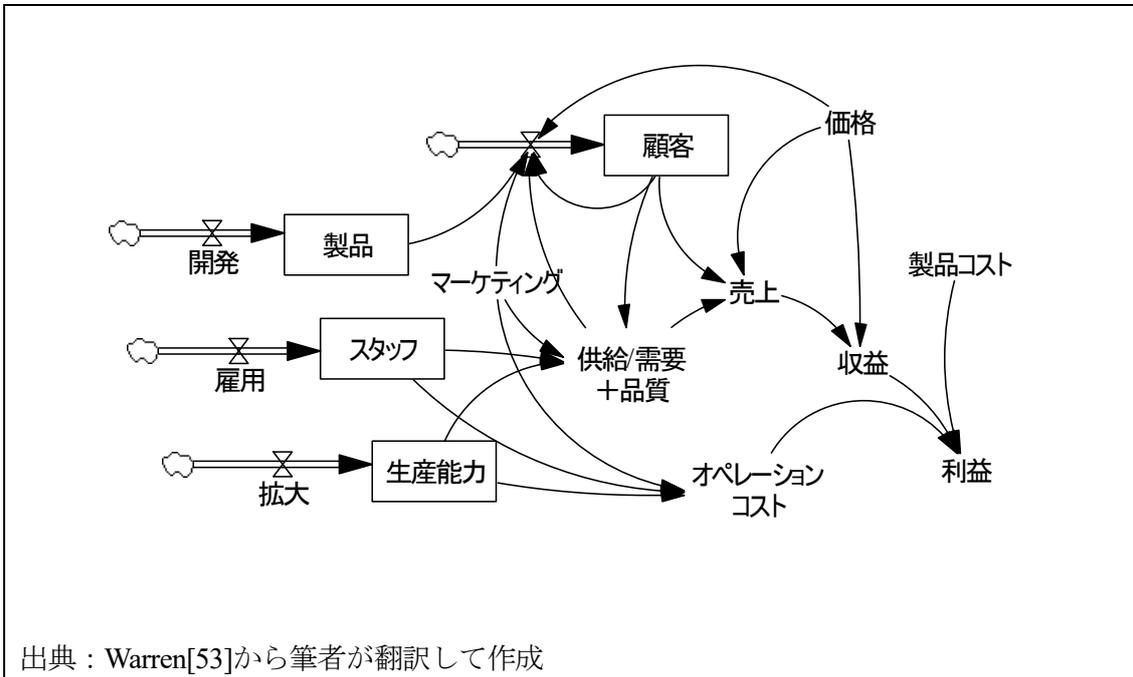


図 2.6 共通構造として利用可能なビジネス戦略モデル

また、再利用可能な共通構造をもつモデルとして漁業のモデルなどもある（図 2.5）。魚の数と船の大きさをストックとして、そこに漁獲量や繁殖，設備使用率や投資などのパラメータを投入することで収穫量を算出し，利益が決まるというプロセスをモデル化している。

図 2.6 は共通構造として利用可能なビジネス戦略モデルである。製品を開発し，スタッフを雇用し，生産能力を拡大するなどした上で，マーケティングや価格など複数の要素がそれぞれに相互作用をしながら最終的に利益と繋がるプロセスをモデル化している。

これら共通構造をもつシステム・ダイナミックスのモデルは，さまざまな場面で再利用が可能であり，当該領域のシステムに利用可能な共通構造をもつモデルが存在する場合には，モデルを構築する上で一から作成する手間が省けるため，非常に有用である。

2.3.4.2 実行可能なモデルを素早く構築するプロセスの利用による解決

また，アジャイル・プロセスによるシステム・ダイナミックスモデルの構築も解決策のひとつである。因果関係図を必要としない進行形の要因分析から，データに基づき，時間軸をもって定量化されたモデリングのアプローチを採用する。ここで使用するデータは，ひとまずは推測値を用いる場合もある。アジャイル・プロセスの利用により，短時間，少ない労力，モデルの再利用による継続なベネフィットおよび低いコスト（少ない資源の消費）でモデルが構築できるという利点がある。導かれる結果としては，早い段階から関係者を踏まえた実行可能なモデルでの議論が可能になるため，その議論の範囲において信頼できるモデルとその結果を得ることができる。また，こうして構築したモデル自体の再利用が可能であるため長期に渡り利用できるモデルとなり繰り返しの利用が可能であることから，専門的な検討を推し進めることができる。なによりも適用までが早いことは大きなメリットである[54]。

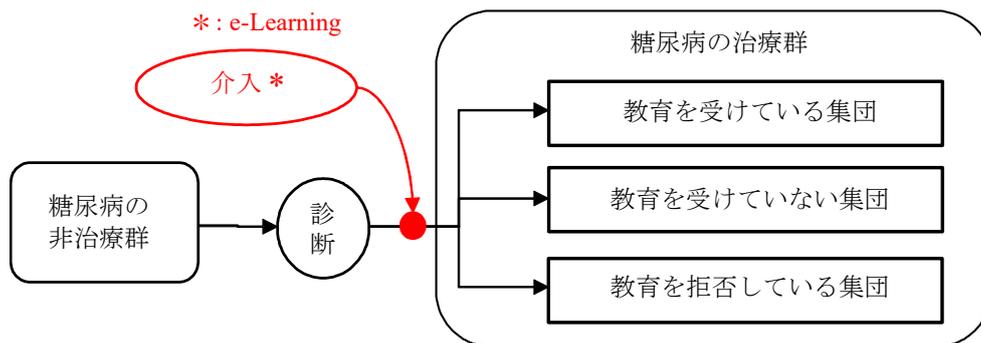
2.3.5 糖尿病への取り組みを題材にシステム・ダイナミックスを適用した研究

ビジネス・政治・環境など社会的なさまざまなテーマにおいて，システム・ダイナミックスを適用し，当該領域の因果関係に基づくシステム構造を考え，コンピュータ・シ

ミュレーションによって問題の分析から解決策の議論を行っている研究[36][56][57]があるが、ここでは特に糖尿病をテーマにシステム・ダイナミクスを適用した研究[38][39]について議論する。これら研究の特徴は、システム・ダイナミクスにおけるモデルの骨格となるストック&フローがそれぞれの研究において異なる点である。

2.3.5.1 Shabestari and Roudsari による研究

Shabestari and Roudsari[38]は、英国の糖尿病治療費は一日あたり 5 百万ポンドのコストがかかると述べた上で、SD を用いてデジタル技術を活用した Web ベースの疾患教育が既存の疾患教育と比べ有意にコスト・ベネフィットがあることを示している。彼らは、糖尿病患者を対象に、Web ベースの e-Learning が糖尿病の教育として既存の教育方法と比べてコスト・ベネフィットの観点から有用であることを SD を用いて示している。この研究のモデルでは、糖尿病教育の観点から患者群を「教育を受けている集団」、「教育を受けていない集団」および「教育を拒否している集団」の 3 つに分けて検討を行っている (図 2.7)。

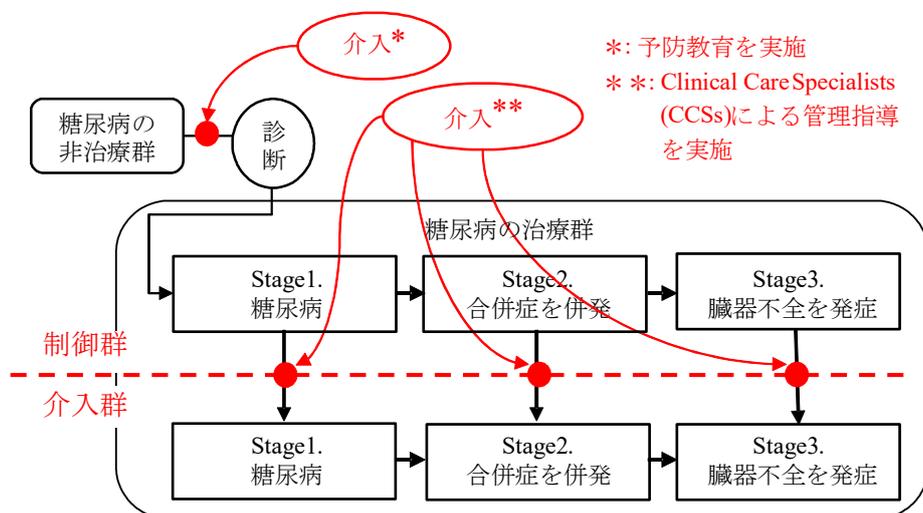


出典：Shabestari and Roudsari[38]から筆者作成

図 2.7 Shabestari and Roudsari による研究の SD モデルの骨格

2.3.5.2 Homer らによる研究

Homer ら[39]は、慢性疾患対策としての施策立案に SD を用いて糖尿病にかかる教育が費用の面でベネフィットがあることを分析している。この研究では構築した SD モデルを用いて糖尿病患者である治療群と診断前の非治療群の両群を対象に介入を実施している。この研究の SD モデルは、非治療群に対しては予防教育を介入の施策として、また治療群に対しては医療従事者による管理指導を介入の施策としている。さらに、医療従事者による管理指導では、管理指導が行われていない群として制御群と、また管理指導が実施された群を介入群として2つの集団に分け、糖尿病の進行ステージ別に3つに分けた集団に対するそれぞれに介入ポイントを明示した構造としている。最終的に、非治療群および治療群に対する複合的な介入（この場合は、管理指導）による施策の効果として総合的なコスト・ベネフィットがあることを述べている（図 2.8）。



出典：Homer ら[39]から筆者作成

図 2.8 Homer らによる研究の SD モデルの骨格

2.3.5.3 関連研究の特徴

Shabestari ら[38]と Homer ら[39]らのそれぞれの研究には、そのモデルの骨格の構造において、解決策ベースを中心にモデルしたモデル[38]と、解決策と糖尿病の進行プロセスを組み合わせたモデル[39]という違いがある。解決策ベースの研究[38]では、介入のポイントを診断後に設定し、治療群に照準を合わせてその介入による解決策の影響を議論している。Shabestari ら[38]の研究は、特に治療群への解決策の効果によるコスト・ベネフィットへの影響に興味がある。また、Homer ら[39]による研究は、予防としての教育と治療群への管理指導という2つの介入を行っており、糖尿病という疾患への包括的な介入の効果に焦点を当てていることから解決策ベースの骨格と糖尿病の進行プロセスを組み合わせたモデルである。また、治療群においてはもともと医師が行っている患者への指導や薬の処方の効果を含めた複合的な検討を行っている点は特徴的である。これらの点を表2.2としてまとめた。

しかしながら、健康維持事業計画立案の対象としている予防のみを扱うものを見つけることはできなかった。疾患の予防の効果の確認を目的とした場合、医師により当該疾病と診断される前の状態にある人々である非治療群のみに対する介入の影響度に着目したモデルのデザインが必要である。

表 2.2 糖尿病を対象にシステム・ダイナミクスを適用した関連研究の特徴

関連研究	介入の対象	モデリングの目的
Shabestari and Roudsari[38]	糖尿病と診断された患者 (治療群)	糖尿病患者に対する介入の影響を確認する
Homer ら[39]	糖尿病患者を含む全ての人	既存の治療効果も含めた介入の影響を包括的に確認する

第3章 健康維持事業計画立案支援プロセスの設計

3.1 健康維持事業計画立案を支援するプロセスの目的

健康維持事業は、行政、企業やNPOの事業の計画立案者が、健康・医療や医療福祉という社会システムで、特に人々の健康維持に関わる問題を把握し、そこで生じている課題を解決するものである。医療・介護をはじめとした社会保障制度の持続可能性の確保と共に、国民が健康で働き続けるよう生活習慣の改善に向けた取り組みなどが実施されている。しかしながら、健康上の理由で就業できていない人々が多く存在し、現在のわが国における少子高齢化の進展などを踏まえると、今後もこのような傾向が継続していくことが見込まれる。そこで、健康を維持し、生涯に渡って元気で働きたいという人がそうあり続けられるように、この課題に対するさらなる取り組みを立案し、実施していくことが求められている。一方、行政や企業に所属し、健康維持などを目的とした事業計画を立案する人々は、立案する事業の価値をその事業の立案時に提示することの難さしさがある。

本研究では、これらの状況を踏まえ健康維持事業の計画立案を支援する枠組みを提案し、評価した。本章では、健康維持の事業計画立案を支援することを目的とした健康維持事業計画立案プロセスの設計について述べる。

本研究では、糖尿病の予防を題材とするが、糖尿病を大規模で複雑なシステムと捉え、健康維持事業立案支援のアプローチの検討において、人々の健康維持に向けて行動変容を促進し、事業計画立案に際しては事前に事業の価値を定量的に評価することができるような問題の全体を捉えながら複合的な視点をもって議論するアプローチを検討した。また、この取り組みのプロセスを整理し、行政や企業、NPOにおける健康事業計画立案者が利用しやすい形で提示する。以下では、システム・ダイナミクスとテキスト・マインディングという2つの異なる手法を組み合わせるプロセスを提案するが、これがどのような手順でどのように自身の担当する問題の解決に繋がるのかという点にも注意して議論を進めた。

3.2 健康維持事業立案支援プロセスの着想

3.2.1 システムズ・アプローチの適用

健康維持事業計画立案を支援することを目的にそのプロセスを議論する。本研究では、具体的な健康維持事業として、生活習慣病の代表である糖尿病への予防を題材とした。糖尿病は、社会環境やインフラ、また生活におけるストレスなどの影響を大きく受ける生活習慣病の一つである。糖尿病は発症の予防・早期発見・合併症の予防が重要であることが知られており、人が生活する上での社会環境、食生活、健康面での医療のインフラおよび疾患に対する教育や知識レベルなど複数の要素が複雑に絡み合い相互に作用し合いながら、結果として生活習慣病へ罹患するというプロセスを経る。これらインフラに依存する割合が大きいのであれば個人が容易に変えることができない。また、生活や仕事から受けるストレスも様々な要因から成るものであることから糖尿病は複雑で大規模なシステムのひとつとして捉えることができる（図 3.1）。大規模で複雑なシステムの問題を構成要素に分解し、これを局所的に分析しつつも、一方でそれら要素が全体として機能するような俯瞰的な視野で検討することで課題の解決に向けた有用な手段としてシステムズ・アプローチがある。したがって、この議論にシステムズ・アプローチに基づく考え方・手法を採用した。システムズ・アプローチは、システム思考の文脈に登場する考え方であるが、ものごとをシステムと捉え、大規模で複雑な問題を分解し、局所的な分析的な考察を積み上げ、またシステム全体をみることを可能にするアプローチである[58]。

政策・施策の企画・立案を論じた刈谷ら[28]の研究の方法論は、健康維持事業の計画立案において、問題の把握、課題の特定、施策実施後の数値目標の設定、企画・立案した政策・施策のモニタリングとシステムメンテナンスにおいて貢献することが期待できる。一方で、健康維持事業の立案にかかる有識者へのヒアリングから、事業の価値を事前に定量的に評価することが望まれているため、数値目標の妥当性に関する事前評価が健康維持事業の計画立案を支援する上で重要なポイントとなる。



複数の要素が複雑に絡み、相互に作用し合い、やがて、
罹患・発症するプロセスを経るシステムと捉える

図 3.1 疾病への罹患のシステム

3.2.2 システム・ダイナミックスの適用

そこで、数値目標の事前評価への解としてシミュレーションの活用がある。また、システムズ・アプローチやシステム思考の文脈において、問題の把握、その問題を引き起こす要因の特定から課題の設定を行う必要がある点をふまえ、問題となっているシステムをモデル化し、これを用いて定量的なシミュレーションを実施することのできるシステム・ダイナミックスという手法がある。糖尿病を複雑で大規模なシステムと捉えることでシステムズ・アプローチに基づく取り組みに期待ができる。手法として、システムズ・アプローチと親和性の高いシステム・ダイナミックスを用いた。

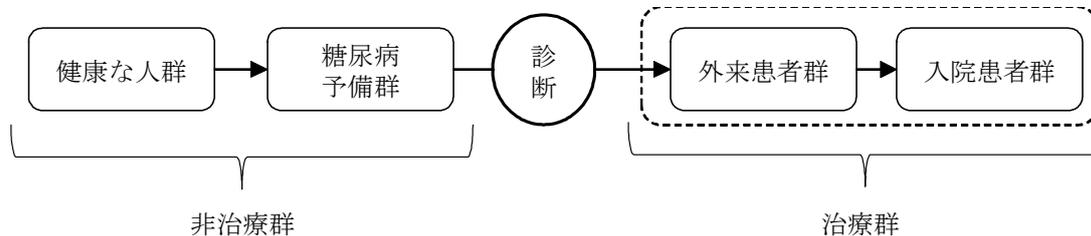
システム・ダイナミックスはモデリング&シミュレーション手法のひとつであるが、これらの手法で社会システムを扱う際には、問題の範囲とモデリングの目的を事前に明確にする必要がある。ここでの問題の範囲とは、時間、空間そして扱う局面である[34]。医療福祉のような社会システムの問題にシステム・ダイナミックスを適用する際も同様であることから、モデリングの目的を明確に定め、問題の範囲を特定し、これをモデル化する。糖尿病を題材として、議論を進めるが、中でも対象は糖尿病の予防である。糖尿病は、ひとたび発症すると治癒することがなく、放置すると合併症を併発し患者の

QOL を著しく低下させる[27]が、一方で積極的な適切な運動習慣や食生活にかかる生活改善などによりその予防効果が高いと認知されている。また、糖尿病においては予防が重要であることに加え、既存の医療で多くのリソースが向けられる治療の領域ではなく予防に着目するという観点から、糖尿病と診断された治療群ではなく、健康な人や予備群と呼ばれる人たちから成る非治療群への取り組みに着目した。したがって、糖尿病の進行プロセスに注目することは重要である。そこで、システム・ダイナミクスによるモデルの構築に、そのモデルの骨格として糖尿病の進行プロセスをベースに議論を進めた。

糖尿病の進行プロセスは、臨床ガイドラインに沿った主に医療従事者による視点や行政と深く関わる医療費の視点あるいはこちらも主に行政などによって収集されるデータで患者数の統計データなど幾つかの切り口があるが、本研究では厚生労働省による患者調査の概況[1]と生活習慣病対策[11]の切り口を参照した。この切り口を参照し、進行のステージを4つとした。そして、矢印を用いて健康な人の集団である「健康人群」、糖尿病への罹患が疑われる「糖尿病予備群」、そして診断を経て糖尿病患者としての「外来患者群」から「入院患者群」と変遷する様子を図 3.2 に示した。「診断」を境に糖尿病と診断を受けていない「健康人群」と「糖尿病予備群」を「非治療群」とし、「診断」を境に糖尿病と診断を受けている糖尿病の「外来患者群」と「入院患者群」を「治療群」とした。

健康維持事業計画立案の対象は、糖尿病の予防であるため主な対象は糖尿病と診断される前の非治療群となる。非治療群とは図 3.2 における「健康な人群」と「糖尿病予備群」を足し合わせた人の集団を指し、治療群とは図 3.2 における「外来患者群」と「入院患者群」を足し合わせた人の集団を指す。

先に示した糖尿病にシステム・ダイナミクスを適用した関連研究では、治療群のみ、または治療群と非治療群の両方に対して介入を行っている。それぞれの関連研究の SD モデルの骨格は、解決策ベースを中心にモデルを構築した研究と、解決策と糖尿病の進行プロセスを組み合わせたものである。解決策ベースのモデルを構築した研究[38]では、介入のポイントを診断後の治療群に照準を合わせている。糖尿病においては、疾患特有の治療のステージにおいて治療方針や治療に係るコストに大きな違いがあるため、研究の興味に応じて、治療のコストを疾患の進行ステージのような区分を設けて検討することも可能である。



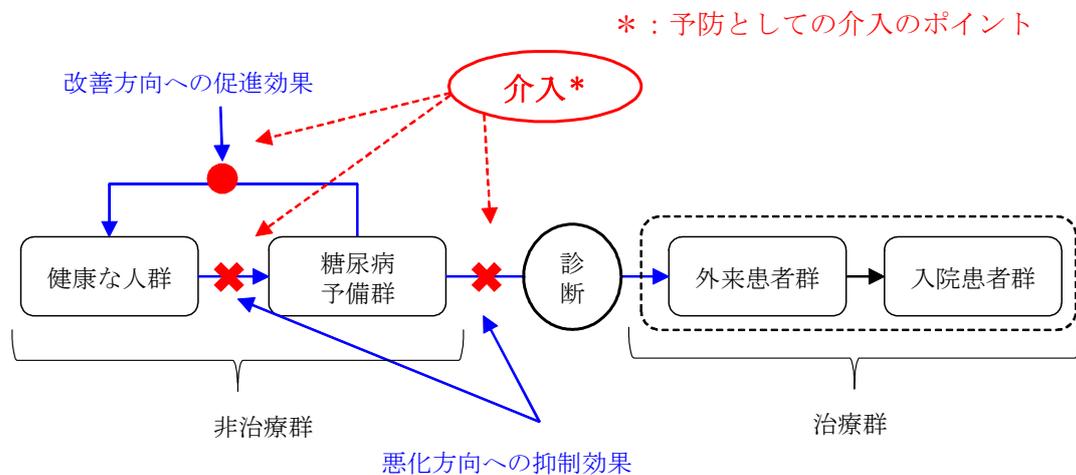
出典：厚生労働省による患者調査の概況[1]と生活習慣病対策[11]から筆者が作成

図 3.2 糖尿病進行のプロセス

また、解決策ベースの骨格と糖尿病の進行プロセスを組み合わせたモデルを構築した研究[39]では、予防教育と管理指導という 2 つの介入と、治療群においてはもともと医師が行っている患者への指導や薬の処方の効果を含めた複合的な検討を行っている。本研究では、予防を対象として非治療群のみを対象とするが、こうした検討は上記 2 つの関連研究では実施されていない。

非治療群に対する予防の介入の効果に焦点をあてるのであれば、SD モデルの構造が簡略化できる可能性がある。さらに糖尿病進行プロセスという既知の枠組みを利用することで実行可能なモデルの構築までの時間と労力の省力化が期待できる。加えて、焦点を予防のみに絞っているため結果の解釈も容易となるメリットも期待できる。

これらを踏まえ、糖尿病進行プロセスを SD モデルに見立て構造的に理解しようと試みた (図 3.3)。糖尿病進行プロセスの特に非治療群に着目し、予防を前提とした糖尿病予防の介入のポイントを検討した。糖尿病進行プロセスでは、「健康な人」が生活習慣やストレスなどによるなんらかの理由で「糖尿病予備群」と悪化方向への移行がある。同様に、「糖尿病予備群」から「診断」を経て「外来患者群」と悪化方向への移行がある。反対に、「糖尿病予備群」に属しているが積極的な適切な運動習慣や食生活の改善などによる生活習慣の改善から「健康な人」へ進行プロセスとは逆の方向に戻る人もいる。そして、この状態の変遷過程に介入のポイントがある。つまり、糖尿病進行プロセスにおける悪化方向への抑制効果と改善方向への促進効果がそれである。ここが糖尿病予防を目的とした介入のポイントである。



出典：厚生労働省による患者調査の概況[1]と生活習慣病対策の資料[11]に「介入」部分を筆者が加筆し作成

図 3.3 糖尿病進行プロセスにおける予防のための介入のポイント

システム・ダイナミクスによるシミュレーションはモデルとして示されたある条件下においてのみ、その値が経時的にどのように振る舞うかを視覚的に認識するために有用であることが知られている。ある条件下とは、モデリングの開始前に問題の範囲とモデリングの目的を設定する際にかかなりの割合で決定するものである。このとき、当該領域の問題に対する課題解決策までの含む場合があり、この場合はそれ以上のなにか新しいものを取り込むような発想はない。しかし、健康維持事業の計画立案においては、その背景から、既存の取り組みに加え新たな発想を取り入れて、これまでになかったさらなる取り組みを提案する必要がある。ここでいう新しい提案の候補をこの介入のポイントに代入することで事前にその評価が実施できる。また、システム・ダイナミクスと他の手法を組み合わせることも視野に入れることで新たなアプローチとなることが期待できる。

3.2.3 オープン・データとテキスト・マイニングの適用

この時点では介入のポイントにどのような介入のオプションがあるのかはまだ定かではない。そこで、オープン・データとテキスト・マイニングの活用を試みる。テキスト・マイニングは、オープン・データとしての大量の文書データ処理し、当該領域の問題の把握と課題への解決策の明確化に役立つことが知られている。例えば、新聞記事のような広範囲に渡る大量の文書データを処理・分析することにより、当該領域の問題の把握や課題に関する然るべき情報を効率的に抽出することが期待できる。文章データをコンピュータなどに取り込み、ツールなどを用いてテキスト・マイニングを実施することで、膨大な量のデータから調査の目的とする意味のある情報を得ることができる。ある時点で注目されている時事的な話題を扱う新聞記事のような大量の文字データを用いることで、時間軸に沿った問題の把握とそのときの状況、およびその時点での登場人物（ステークホルダー）などを情報として得ることができる。最新的话题を扱う記事を分析にかけることで、調査すべき問題を知り得る情報の中から網羅的な情報をタイムリーに入手できるというメリットが期待できる。

3.2.4 テキスト・マイニングによる分析結果とシステム・ダイナミクスモデルの統合

次に、テキスト・マイニングによるどのような分析結果を、どのように構築した SD モデルに反映させるかであるが、糖尿病の進行プロセスを骨格とした SD モデルの介入のポイントへ代入するというプロセスを試みた。こうすることで、テキスト・マイニングとシステム・ダイナミクスの2つの手法が繋がるという着想である。

テキスト・マイニングにより、新聞記事のような広範囲に渡る大量の文書データを処理・分析し、当該領域の問題の把握や課題に関する然るべき介入の選択肢を抽出した。これを糖尿病の進行プロセスを骨格とした構築した SD モデルの介入のポイントに代入するというアプローチである。

本研究で提案するプロセスは、第三者が利用できるようにそれぞれの手法の利用方法は、当該手法の基本的な手順や思想に準ずることとする。また、テキスト・マイニングにより抽出した解決策としての選択肢を SD モデルの介入ポイントへ代入する工程にお

いても同様に、それぞれの手法の基本的な手順や思想に準ずることで可能となるようものとする。

3.3 オープン・データを用いたシステムズ・アプローチによる健康維持事業計画立案支援プロセス

ここでは、本研究で提示する健康維持事業計画立案を支援するプロセスを設計し、その理想的な手順についても記載する。システムズ・アプローチと親和性の高いシステム・ダイナミクス手法の視点を通じて、糖尿病の進行プロセスをみてみると、その構造の理解から改善方向への促進効果、悪化方向への抑制効果に解決策の介入ポイントを認めることができる。一方で、ここにどのような介入のオプションがあるのか別途検討が必要である。そこで、本研究ではテキスト・マイニングによるオープン・データの活用を試みる。テキスト・マイニングによる大量の文書データ処理・分析による当該領域の問題や課題の明確化から介入の選択肢を抽出し、これを糖尿病の進行プロセスを骨格とした SD モデルの介入のポイントとして代入するプロセスである。これにより、一般にモデリング&シミュレーション手法の特徴としてモデル構築を開始した時点で当該領域の問題解決の方向性や範囲が定まってしまう課題に対し、本研究では、テキスト・マイニングによる大量の文書データ（オープン・データ）処理を活用することにより、新聞記事のような広範囲に渡る大量の文書データを処理・分析する。ここから当該領域の問題の把握や課題に関する然るべき情報を効率的に抽出し、これを解決策として構築した SD モデルに反映するプロセスとなっている。本研究の対象とする期間は 1996 年から 2004 年の約 20 年程度を想定している。このため、本研究での方針として、構築する SD モデルにおける介入のポイント、解決策およびシナリオの対象から現実の社会で変更が容易ではない値（外生変数）、つまり現実の世界で決まってくる要素は除外する。たとえば、日本の出生率を高めましょうという解決策はあるとしても、生産人口年齢に達し、効果を発揮するまでに 20 年とかそれ以上の期間が必要であるため今回のソリューションには当然該当しない。したがって、現実の世界においても変更ができそうな要素を対象とする。また、構築する SD モデルの骨格には糖尿病の進行プロセスをベースにしているため、共通構造の再利用で紹介した疾患プロセスをベースにした感染症モデルの利用と

同様にシステム・ダイナミクス手法の利用において課題となっているモデル構築の難しさを回避する助けとなることが期待できる。

糖尿病の予防に着目し、システムズ・アプローチとオープン・データ活用の視点から、システム・ダイナミクスとテキスト・マイニングという2つの手法に着目し、オープン・データの活用も踏まえ議論を進める。これら2つの手法に着目する理由は、システム・ダイナミクスでは、糖尿病における予防を対象とした健康維持事業計画立案に必要な解決策の影響を定量的に事前に議論できる形で提示し、さらなる健康維持事業計画立案を支援することが期待できることであり、テキスト・マイニング手法にてオープン・データによる大量なデータを処理し、分析することで当該領域の問題の把握と課題に対する解決策を抽出することである。

健康維持のための事業計画の立案のような大規模な社会システムをデザインするためには、そこで起きている問題の把握と課題を設定する必要がある、その問題がどのようなものであるかという把握とその問題を解決するための課題の設定が重要である。既存のシステムデザイン、システムエンジニアリングやプロジェクトマネジメントなどの分野で利用されている手法の活用が有用であることが知られているが、システム・ダイナミクスを健康維持のための事業計画の立案支援に適用し、そのプロセスの設計と評価を行った。そして、その介入のポイントへは新聞や専門誌からのオープン化されたデータをテキスト・マイニングにて分析し、当該領域の問題の把握と課題に対する解決策として抽出された選択肢を代入する。

本研究におけるこれら2つの手法を用いることのそれぞれの有用性について事例を用いて確認した。次章以降で詳細に説明する。概要としては、4章にてテキスト・マイニングの有用性の確認を行った。健康・医療の領域から製薬業界の2010年問題[62][63]に起因する国内外でのM&Aを題材に、オープン化されたデータである新聞記事を用いた。これによりオープン・データにテキスト・マイニング手法を適用することが当該領域の問題の把握と解決策の選択肢の抽出に有用であることを確認した。また、5章にてシステム・ダイナミクスを、日本におけるポリオワクチン政策の意思決定支援と医薬品開発における臨床試験データ解析プロセスの評価に適用し、問題が生じているシステムをモデル化することでその構造の理解と要点し、解決策をベースとしたシナリオに基づく定量的な影響の確認が当該領域における問題への施策策定を支援することに有用であることを確認した。そして6章では、この2つの手法を組み合わせた本研究で提案する健

健康維持事業計画立案支援プロセスを、糖尿病予防への取り組みに適用し、糖尿病の進行プロセスをベースとしたシステム・ダイナミックスのモデルにおける介入のポイントにテキスト・マイニング手法により導かれる結果を解決策として代入し、本研究で提案する事業計画立案支援プロセスの有用性の評価を行った。

また、着想に基づく健康維持事業計画立案支援プロセスの評価は、以下の点に注意しながら検証を行った。システム・ダイナミックスは、ものごとをシステムと捉え、大規模で複雑な問題を分解し、局所的な分析的な考察を積み上げ、またシステム全体をみることを可能にする手法である[34]が、問題が生じているシステムをモデル化することでその構造の理解と要点し、解決策をベースとしたシナリオに基づく定量的な影響の確認が当該領域における問題への施策策定の支援に有用であることを確認した。テキスト・マイニング手法が得意とする当該領域の問題や課題の明確化から当該領域の課題解決の選択肢を抽出するが、この過程において健康維持事業計画立案にとってなにが要点であるかを確認した。また、2つの手法を統合するパートでは、テキスト・マイニング手法による分析の結果として抽出した解決策の選択肢を疾患の進行プロセスに基づくSDモデルの介入のポイントに代入することで健康維持事業計画立案の支援にどのように寄与するのかを確認し、その有用性を議論する必要がある。

設計したプロセスを図3.4に示した。テキスト・マイニングとシステム・ダイナミックスという2つの異なる手法を組み合わせ、それをを用いる流れを示したものである。図3.4からは、まずテキスト・マイニングのパートから着手するよう見えるかもしれない。しかし、健康維持を目的とした事業の対象としてはたとえば糖尿病のような大規模で複雑なシステムを扱うことから、当該領域の問題の範囲とモデリングの目的を先に実施するほうがスムーズである。したがってシステム・ダイナミックスのパートから着手し、当該領域の問題とモデリングの目的を明確化した後に、たとえば、共通構造の再利用の可否を検討し、もし利用可能なモデルがあればこれを利用する。健康維持事業の計画立案においてある疾患を対象として定めた場合には、その疾患の進行プロセスを基にSDモデルの骨格となるストック&フローの構築に着手する。この場合、因果ループ図を補助的に利用することも有用である。当該領域のSDモデル構築後に、行政などによる統計データを用いて現実の値との整合性を確認し、構築したモデルの確からしさを確認した。SDモデルにて算出した値と現実の値が完全に一致しない場合でも、次のステップであるシナリオに基づくシミュレーションに移行することも可能であるが、この場合は

その後一緒に検討にあたる関係者にその値が妥当である範囲内であることを明示して合意を得ておくことなどが望ましい[64]。構築したモデルから、当該領域で生じる問題の構造的把握から介入のポイントを特定する。次に、当該領域のオープン・データを入手し、テキスト・マイニングの手順にしたがって実施する。テキスト・マイニングによる分析から課題の解決策を抽出し、これを先に構築した SD モデルの介入のポイントに代入する。ここで、シミュレーションを実施することになるが、SD モデル構築の目的に合致した幾つかのシナリオを事前に用意する。シナリオは、先に代入した介入の選択肢における値を何段階かに分けたものを用意する。このとき、その値はそれぞれ意味のあるものであればシナリオに基づくシミュレーションの結果の解釈に役立つ。このように、本研究で提案するプロセスではテキスト・マイニングやシステム・ダイナミクスを用いた分析のパートでは、基本的にそれぞれの手法の通常プロセスに従う。ただし、テキスト・マイニングの分析から課題の解決策を抽出し、糖尿病の進行プロセスを骨格とした SD モデルの介入のポイントに代入するという工程では注意が必要である。特にこの工程に着目し、詳細をこのプロセスの全体を通した検証と共に第 6 章で解説する。

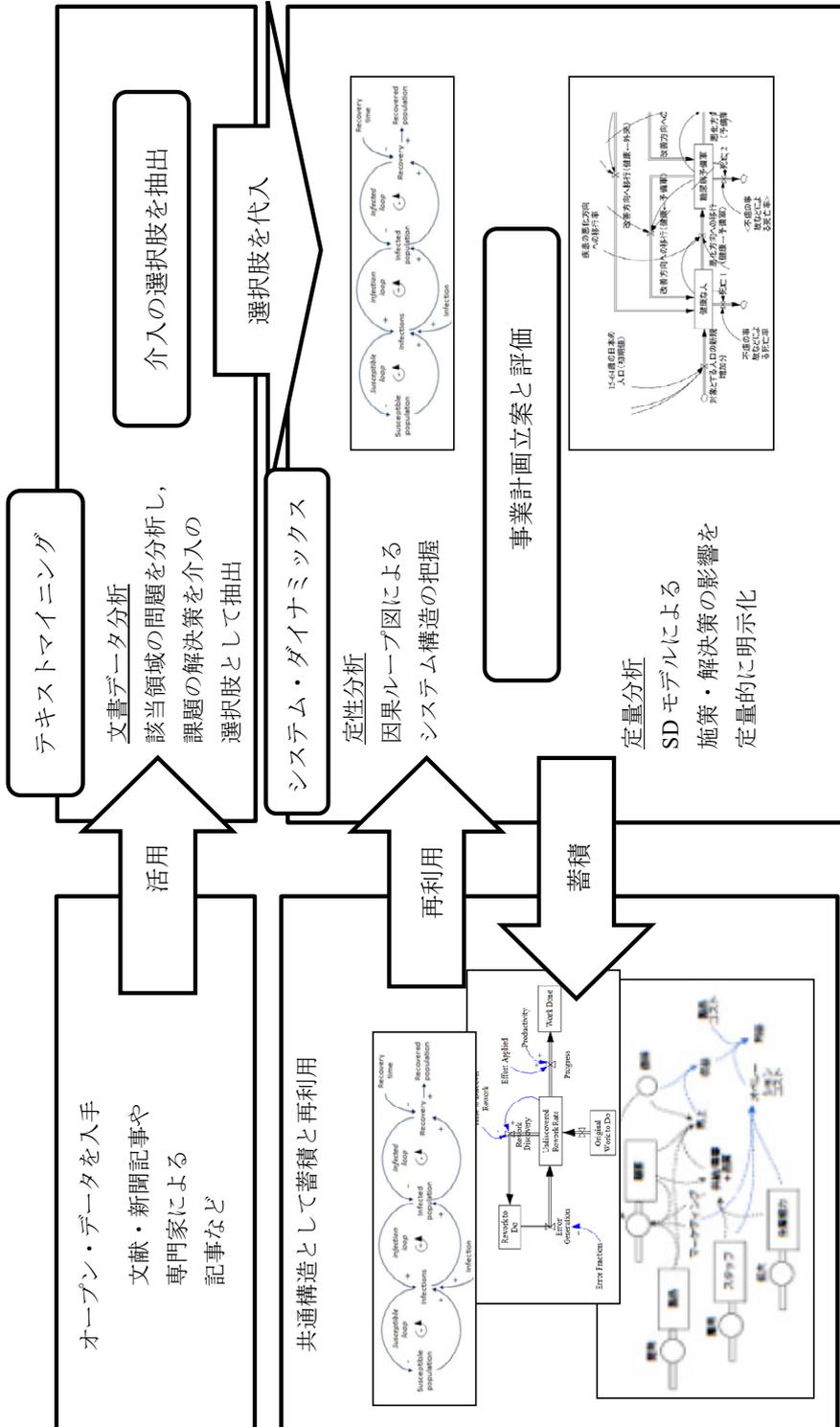


図 3.4 健康維持事業計画立案支援プロセス

第4章 テキスト・マイニングによる当該領域の問題の把握と解決策の抽出

4.1 本章の目的

本章では、健康維持事業の問題把握におけるテキスト・マイニング手法の有用性の検証を行った。既存の研究成果を踏まえて本研究では、オープン・データの活用に着目し、新聞記事をテキスト・マイニング手法に用いて、既知となっている製薬業界の2010年問題におけるM&A動向の分析を専門誌などで専門家がまとめている知見と比較し、テキスト・マイニング手法によりこの領域における問題や課題の明確化における有用性を確認した。なお、本研究においてオープン・データとオープンソースは同義語として扱う。

4.2 製薬業界の2010年問題におけるM&A動向分析への適用

テキスト・マイニングにより、分析対象の文書データに含まれる用語の構成や用語間の関係が可視化できる。この分析に時間軸を加えることで、ある一定の時間の中で頻発する用語の推移から生じている事象の時間的な動向や、特徴語としてある時点で注目すべき用語、また、共起ネットワークのハブとなる用語からある用語群と別の用語群がどのような関係にあるのかが可視化され示される。これにより、分析結果に基づく考察と解釈から対象領域の問題や課題を明確化することができる。本節では、製薬業界の2010年問題におけるM&A動向分析への適用を事例に実際にこれが可能であることを示した[65]。

4.2.1 分析の流れ

まず、分析計画を検討した。図4.1のような分析の流れをまとめたものでもひとまずは良い。次にオープン・データを入手した。

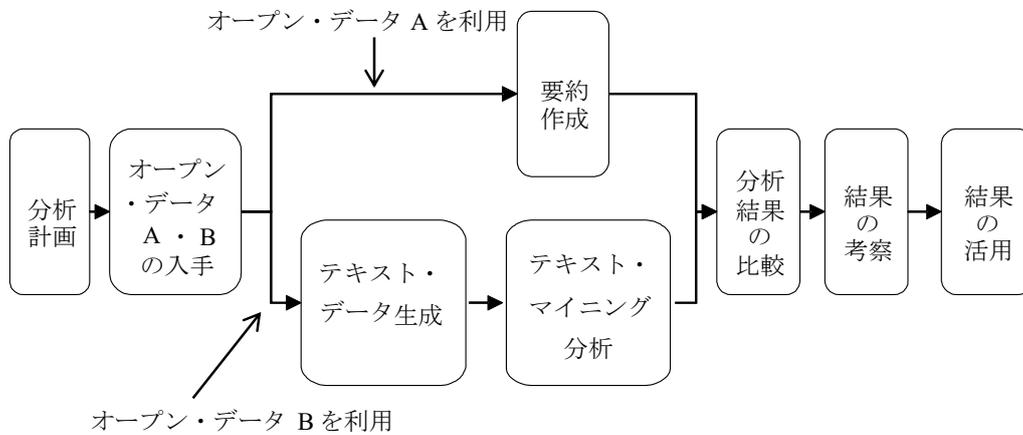
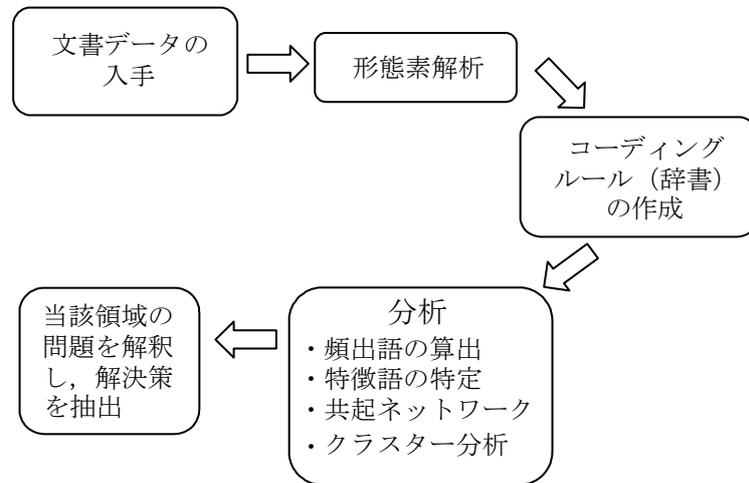


図 4.1 オープン・データの分析の流れ

本研究では、2種類のオープン・データを利用した。オープン・データ A の特集記事を利用して、これまでの経緯に注目して要約図を作成した。オープン・データ B は、テキスト・マイニング手法を用いて分析を行った。そして、最後にこれら A と B の分析結果を比較しその内容の整合性を確認した（図 4.1）。

また、テキスト・マイニングにおける一般的な分析の流れを図 4.2 に示した。本研究におけるオープン・データ B を用いた分析では、オープン・データ B を文章データとして入手した後、この文章データに対して形態素解析を実施した。この作業には、現在ではほとんど場合、コンピュータで動作するソフトウェアなどで実施可能である[66]。形態素解析したデータをそのまま次のステップである分析にかけることもできるが、通常は辞書のようなコーディング・ルールを作成する。コーディング・ルールとは、例えば、研究の「テーマ」という単語と「題材」や「主題」という単語を「テーマ」としてまとめることである。これにより、単語の出現頻度を比較したいときなど、文脈にあった意味を踏まえて分析の対象とする文書データごとにルールを定めることで、より抽出結果の精度を高めることができる。分析では、頻出語の算出やカイ二乗検定を用いた特徴語の特定、共起ネットワーク図の作成やクラスター分析を行った。



出典: 中島ら[65], 樋口[66] から筆者が作成

図 4.2 テキスト・マイニング手法における分析の流れ

最後に分析結果から当該領域の問題の把握とその課題を明確化し, この問題の解決すべき課題に対する解決策としてどのようなものが浮き彫りになったかなどについて考察を行った. この考察では, 当該領域の問題や背景についての知識が必要になることがある.

4.2.2 分析に用いたデータ

本稿では, 新聞記事や専門誌記事のような公開されたデータという意味でのオープン・データを2種類用意して利用した. オープン・データ A として2010年の日経ビジネスの2010年問題に関する特集記事(日経ビジネス)および日経マネーに掲載された専門記事(日経マネー)を, オープン・データ B として国内の主要新聞3紙(朝日新聞, 毎日新聞, 読売新聞)の2011年5月を起点として過去10年分(2001年6月~2011年5月)のテキスト・データを分析用データとして用いた. 先の主要3紙に対し「(製薬 or 医薬 or ファーマ) and M&A」という条件にて記事検索を行った. 3紙合計で705の記事が検索条件に合致し, これらを分析に用いた.

4.2.3 テキスト・マイニング手法による分析

オープン・データ B の新聞記事より抽出した単語を組み合わせ「2010 年問題」、「特許切れ」、「敵対的買収 (TOB)」および「提携」の 4 用語を抽出する簡単なコーディング・ルールを作成し、時系列発現頻度を確認した (図 4.3)。これら 4 語を対象とした理由は、今回の主要な分析対象用語であり、まずはこれらの用語の発現の分布状況を確認するためである。

また、用語の時系列別、発現傾向別の集計を行う。これにより視覚的に発現傾向に違いがあることがわかる(図 4.4, 4.5, 4.6)。データの概要を把握するため形態素解析や構文解析という自然言語処理における基礎的な技術で実現可能な分析を実施した。これらの処理もフリーソフトを利用することで可能である[66]。

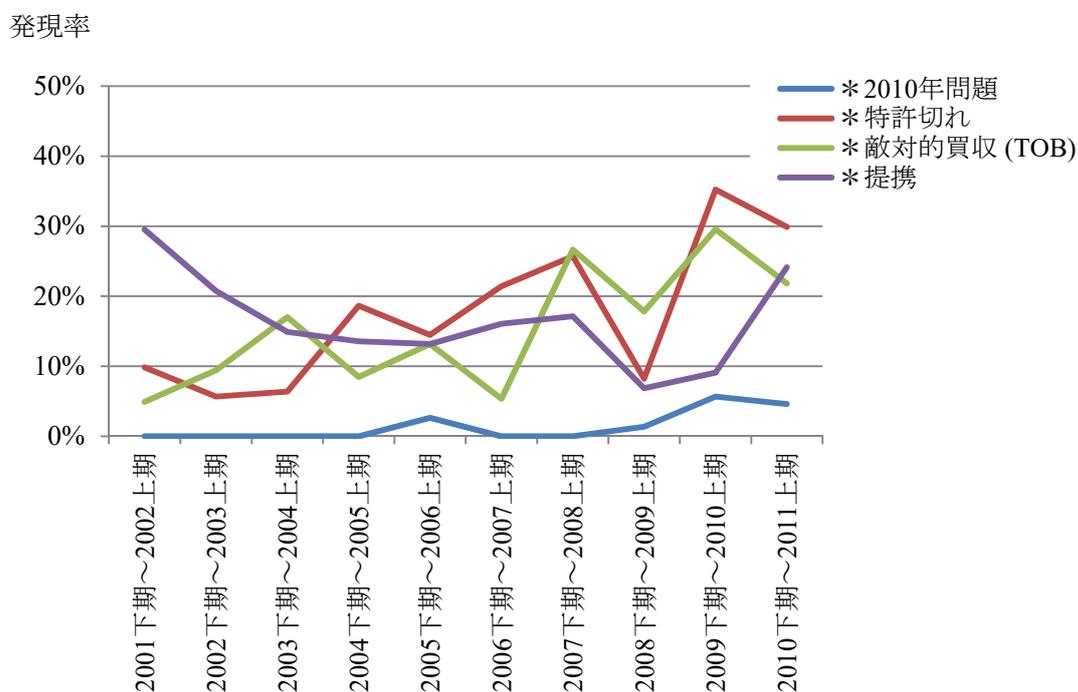


図 4.3 分析対象となる用語の時系列発現頻度

発現率

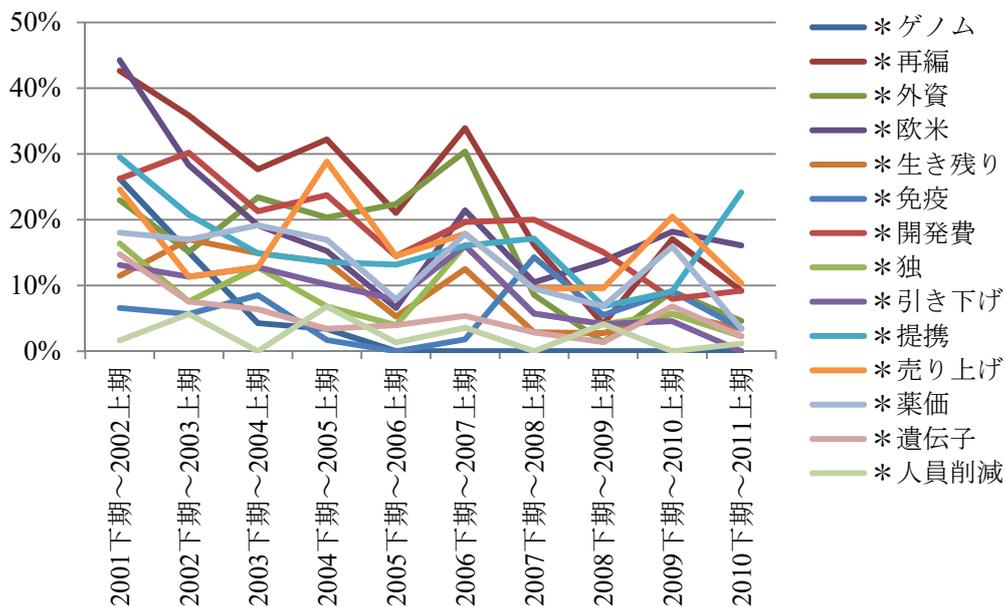


図 4.4 発現率の傾向（発現率が減少傾向にある用語）

発現率

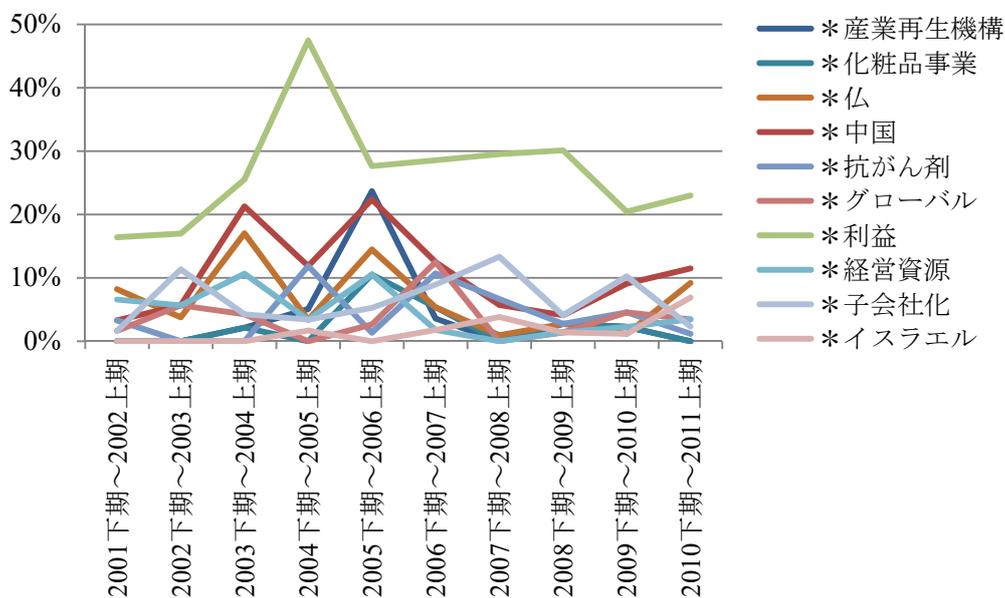


図 4.5 発現率の傾向（一時的に増加がみられた用語）

発現率

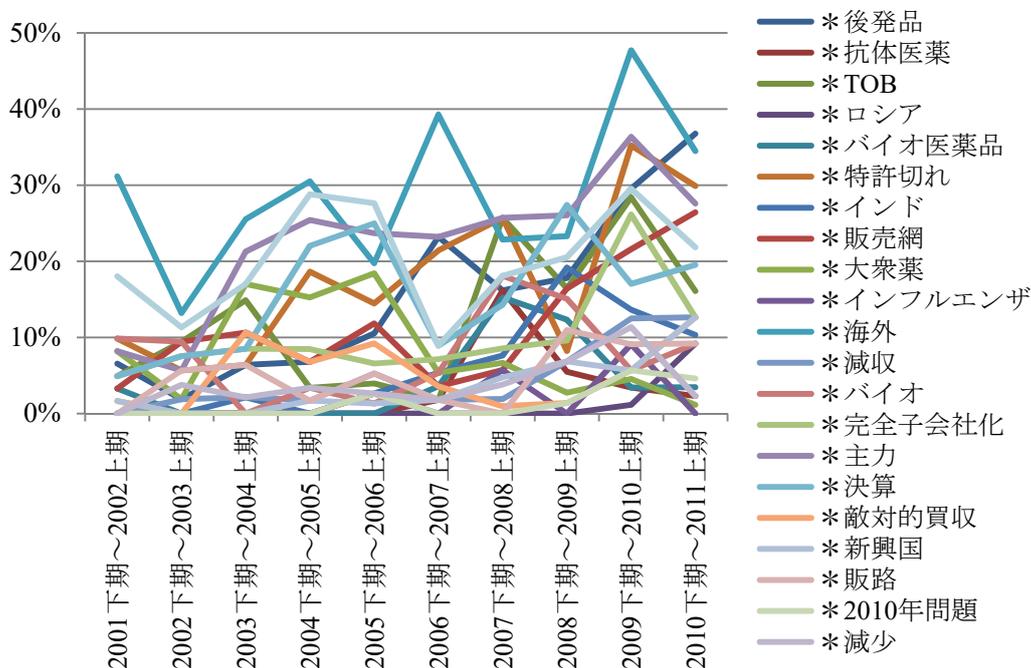


図 4.6 発現率の傾向（発現率が増加傾向にある用語）

次に分析結果の解釈を試みた。オープンソース B にテキスト・マイニングを適用し、共起ネットワークにより発現時期別の用語間の関係を可視化し、ハブとなっている用語とその周辺にある用語に違いがあるか確認した。経時的に増加傾向または減少傾向にある用語やある一時期に発現する用語が存在した。その時々で話題となるトピックスの潮流があり、これが用語の発現率として分析結果に現れていた。図 4.7 以降では、先の利用語の発現率から、情報の過多を避けるため、企業名を除くそれぞれの期間に発現する特徴語を特定し、これらに用いて共起ネットワーク図を作成した。たとえば、2000 年代前期の図からは「開発費」、「薬価」、「再編」、「生き残り」、「世界」、「経営」および「引き下げ」などの用語がハブの役割を果たしている。ハブとなっている用語とそれ以外の用語の特定ができ、各期間別の用語間の関係を視覚的に確認することができた。しかし、ここでは企業名のデータを用いていないため、製薬企業の M&A にかかるプレイヤー（企業など）と特徴語の関係は見ることはできない。そこで、図 4.10 以降では先の共起ネットワーク図を用いた分析から、ハブとなっている用語に企業名のデータを合わせて再度

共起ネットワーク図を作成した。そうすると、たとえば、2000年代前半の分析では先の分析でハブとなっていた「開発費」、「薬価」および「引き下げ」などの用語が、企業名と繋がり、この分析でもハブとなっていることが確認できた。先の共起ネットワーク図でハブとなっていた用語は、企業名データと合わせた共起ネットワーク分析においてもハブとなることが示され、これらの用語がその周辺に現れる用語や企業名の関係性を示唆することを確認した。

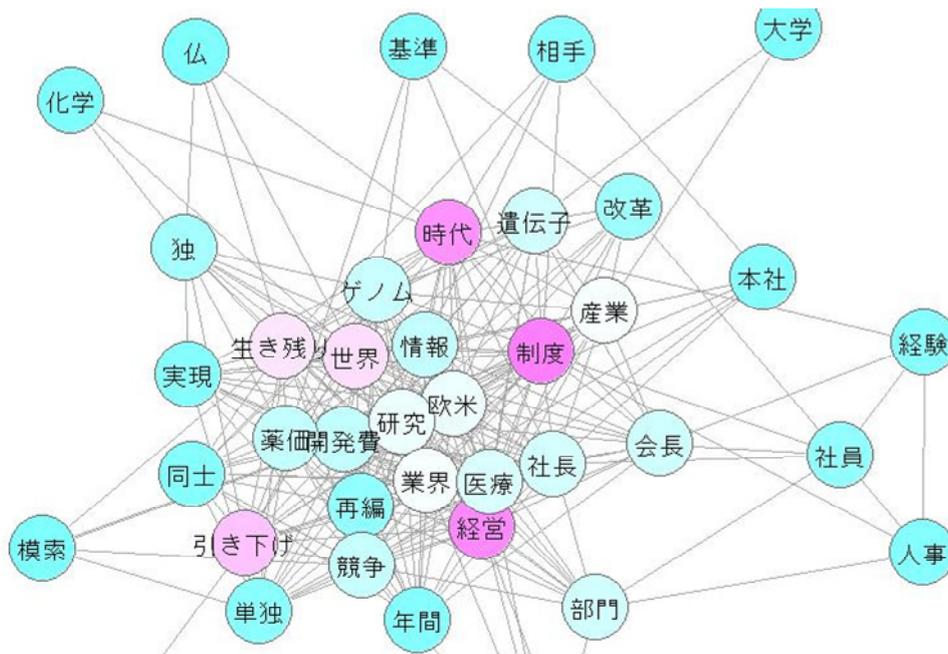


図 4.7 共起ネットワーク(用語)の結果 (2000 年代前期)

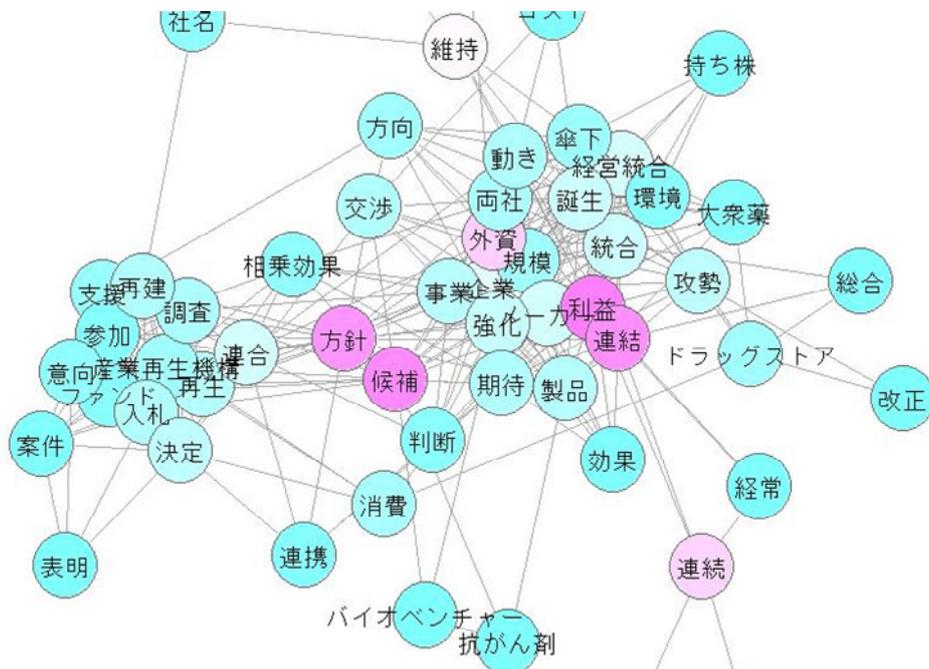


図 4.8 共起ネットワーク(用語)の結果 (2000 年代中期)

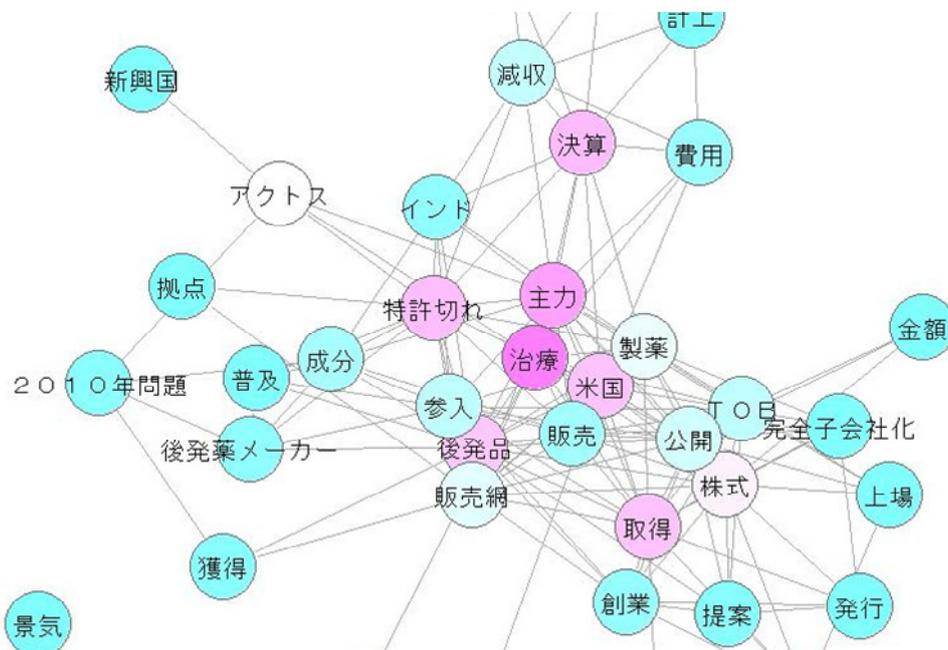


図 4.9 共起ネットワーク(用語)の結果 (2000 年代後期)

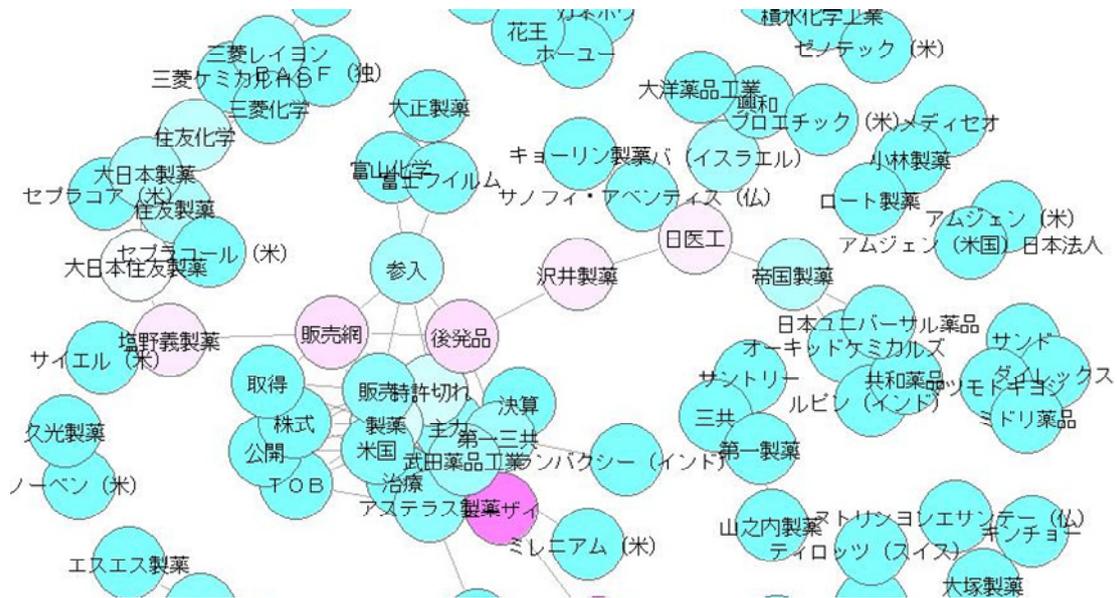


図 4.12 共起ネットワーク(用語+企業名)の結果 (2000 年代後期)

次に、階層的クラスター図を用いて企業名と記事中の企業名以外の用語の関係を確認した。各クラスターに含まれる用語と隣り合うクラスターの関係を確認することができる。また、クラスターのまとまりごとにどのような内容でそれぞれの用語が隣接しているのか示唆を得ることができる。クラスター分析の結果は、大量のデータ（用語の種類）を分析したとしても、共起ネットワーク図のように結果の表示データが重なり合ってしまうということがないため、表示上のデータの制限がないというメリットがある。以下では、データ量が多いため分析の結果をすべて表示することはしないが、その一部を示した（表 4.1）。

表 4.1 クラスタ分析の要約の例 (2000 年代後期)

区分	用語
特許切れによる決算への影響を意識した国内大手新薬メーカーのM&A	武田薬品工業, 特許切れ, 主力, 治療, 販売, 米国, 製薬, 費用, 計上, 決算, 減収, 増収, 減収, ランバクシー, インド, 第一三共など
TOB 関連	TOB, 公開, 株主, 上場, 株式, 取得, 完全子会社化, 発行
新薬メーカーの後発品市場への参入をめぐる動き	沢井製薬, 後発薬メーカー, 普及, 成分, 後発品, 参入, 大洋薬品工業, テバ (イスラエル), 興和, 三菱ウェルファーマ, 田辺製薬, 帝国製薬, キョーリン製薬, サノフィ・アベンティス (仏), 日医工
バイオ, 抗体医薬などの技術背景を絡めた国内外の M&A	バイオ, バイオ医薬品, 抗体医薬, ロシュ (スイス), ファイザー (米), ワイス (米), 協和発酵キリンなど
2010 年問題と販売網/拠点の獲得	アミリン (米), 2010 年問題, アクトス, 新興国, ナイコメッド (スイス), 拠点, 販売網, 獲得など

ここまで、共起ネットワークと階層別クラスタ分析を実施した。共起ネットワークの分析では、用語と企業名データをそれぞれ3 期間別に分析を行い、用語のデータで共起ネットワーク図を作成した場合にハブとなっていた用語の幾つかは、企業名による共起ネットワーク図のデータに組み入れた場合でもハブとして機能していることが確認した。またこれら用語を企業名の共起ネットワーク分析に組み入れることにより、これら用語が繋がり合う企業間の関係を理解する補足情報としての役割を担っていることがわかった。共起ネットワークの用語別、企業名別の分析に用いたすべてのデータをまとめてそれぞれの期間別に企業名とそれぞれの用語との関係を確認するため階層別クラスタ分析を実施した。階層的クラスタ分析でもそれぞれの用語と企業名が関係性をもとにクラスタ化され、さらに高い水準でクラスタを眺めることでそれらが意味する

ものが解釈可能な用語の集合として示されていた。これら分析から、分析に用いたデータに発現する記事中の企業名と企業名以外の用語が関係の強い順に可視化されていることを確認した。そこには企業名だけで構成された用語のまとまりと用語だけで構成されたまとまり、記事中の企業名と企業名以外の用語が組み合わさって示されたまとまりの3種類をみることができた。これらをより高次の視点でみることにより、これらの用語のまとまりの意味を解釈することができる。例えば、表 4.1 でクラスター分析の結果を要約した「区分」として示した「TOB 関連」に関する記事中の企業名以外の用語のまとまりでは、TOB に関連する用語が並んでおり、TOB という言葉をはじめて聞く人でもある程度の想像ができるほどの情報を示している。共起ネットワークによる分析結果も総じて同様の傾向であった。たとえば、図 4.12 は 2000 年代後期の記事中の企業名と企業名以外の用語に対する分析の共起ネットワーク分析の結果であるが、図の中央に「参入」という用語が出現しており、その周辺には「後発品」や日本における後発薬メーカーの代表でもある「沢井製薬」といった企業名が出現している。同様に、同時期の分析を実施したクラスター分析の結果の要約（表 4.1）においても「新薬メーカーの後発品市場への参入をめぐる動き」に関するまとまりの中で「後発薬メーカー」や「沢井製薬」といった用語が含まれており、それぞれの分析結果が同じことを意味していることがわかる。

さらに、共起ネットワーク（図 4.12）における「参入」という用語が関連ある用語のハブとなっているが、先のクラスター分析の結果における「新薬メーカーの後発品市場への参入をめぐる動き」を照らし合わせてみると、2010 年を迎えるにあたって多くの新薬の特許が切れてしまうことの影響を懸念した新薬メーカーが自社の売上の減少を少しでも軽減しようと、政府が推し進め、今後市場のシェアの増加が見込める後発医薬品の事業に参入するという、いわば経営上の課題に対する解決策を浮き彫りにしていることが示唆された。

以上から、テキスト・マイニング手法によるオープンソース B の分析から製薬業界の M&A に関するもので業界再編の解説のような常に新聞記事として掲載されるものと、その時々で変化する業界の潮流や企業の戦略が M&A や提携のような実際の動きとなり記事となりそれが記事中の用語に反映され、テキスト・マイニングの手法を用いることで視覚的にこれを確認することが可能である。

4.2.4 特集記事の要約

特集記事のオープンソース A からは要約図を作成した。オープンソース A の特集記事の内容は、過去数年間の幾つかの企業の動向を解説したものであり、これを図として要約することで製薬業界自体の変遷を時系列に概要としてみることができる。オープンソース A はもともと特集記事や専門家が業界に詳しい読み手向けにある程度内容をまとめたものであるため、製薬業界再編の経緯を解説する内容のものであり、これを図として要約することで変遷の概略を明示的に時系列にみることができる (図 4.13)。

4.2.5 結果の解釈

テキスト・マイニングの手法を用いたオープンソース B の分析結果の確かさを確認するため、特集記事のオープンソース A から作成した要約図と比較を行う。オープンソース A のテキスト・データの内容は、過去数年間の幾つかの企業の動向を解説したものであり、これを図として要約することで製薬業界自体の変遷を時系列に概要としてみることができる。オープンソース B を用いた共起ネットワーク分析では、記事中に発現した企業名や企業名以外の用語のそれぞれの関係を視覚的にみることができる。しかし、製薬業界における 2010 年問題と M&A が頻発した背景に関する知識がないまま、オープンソース B の共起ネットワーク分析の結果からそれがなにを意味するのかを解釈することは容易なことではない。10 年間に渡る新聞記事を前期・中期・後期の 3 期間のデータに分け、これを階層的クラスタ分析し、それぞれの期間の分析結果を要約し、おしなべて見ることで業界の変遷の概略をみることできたものの、業界の知識や薬剤開発および M&A などが起きた背景の情報なしでは、その解釈もまた容易ではない。翻って、オープンソース A は特集記事や専門家が業界に詳しい読み手向けにある程度内容をまとめて製薬業界再編の経緯を解説したものであるため、これを要約した図は変遷の概略を明示的で時系列に読み取ることができる。

以上を踏まえ、改めてオープンソース A の要約図を作成した後にオープンソース B の分析結果を見直した。すると、オープンソース A から得た情報が業界の概要を説明する背景情報となり、オープンソース B の分析結果の解釈を助ける働きをしていることが

わかった。たとえばオープンソース A の要約図からは、2000 年後期において幾つかの製薬企業の M&A 戦略が国外や自社以外の販売網や販路の拡大のために行われているということが読み取れる。そして、オープンソース B のクラスター分析の同時期の分析結果においても「販売網/拠点」として幾つかの用語と企業名が発現しており、共起ネットワーク図においても「販売網」がハブとなりその周辺に関係する用語と企業が名を連ねている。これは 2000 年代中期、2000 年代前期にはみられない関係であり、時間的にも内容的にも 2 つの分析結果が合致していることがわかる。また反対に、オープンソース B がオープンソース A を補足する関係にあることもわかった。共起ネットワークによるオープンソース B の要約では、2000 年代前期に海外の製薬企業間の M&A に関する話題が多く発現している。これに対しオープンソース A では 1990 年代の低分子医薬品の最盛期から 2000 年前後の規模拡大を目指した業界の再編を示唆する文脈となっており、実際にオープンソース A では登場しない海外企業同士の M&A を示唆するデータをみることができる。このような関係からこの 2 つのオープンソースの要約内容が広く整合しており、さらにはオープンソース A では記述されなかった情報をオープンソース B の要約で見ること確認できる。該当事象の動向を理解するのに役立っている。しかしながら、当該領域に不慣れである場合には、単位化した用語やそれら用語の繋がりにある文脈や背景を読み取ること難しく、分析結果が意味するものを解釈することが困難な場合がある。

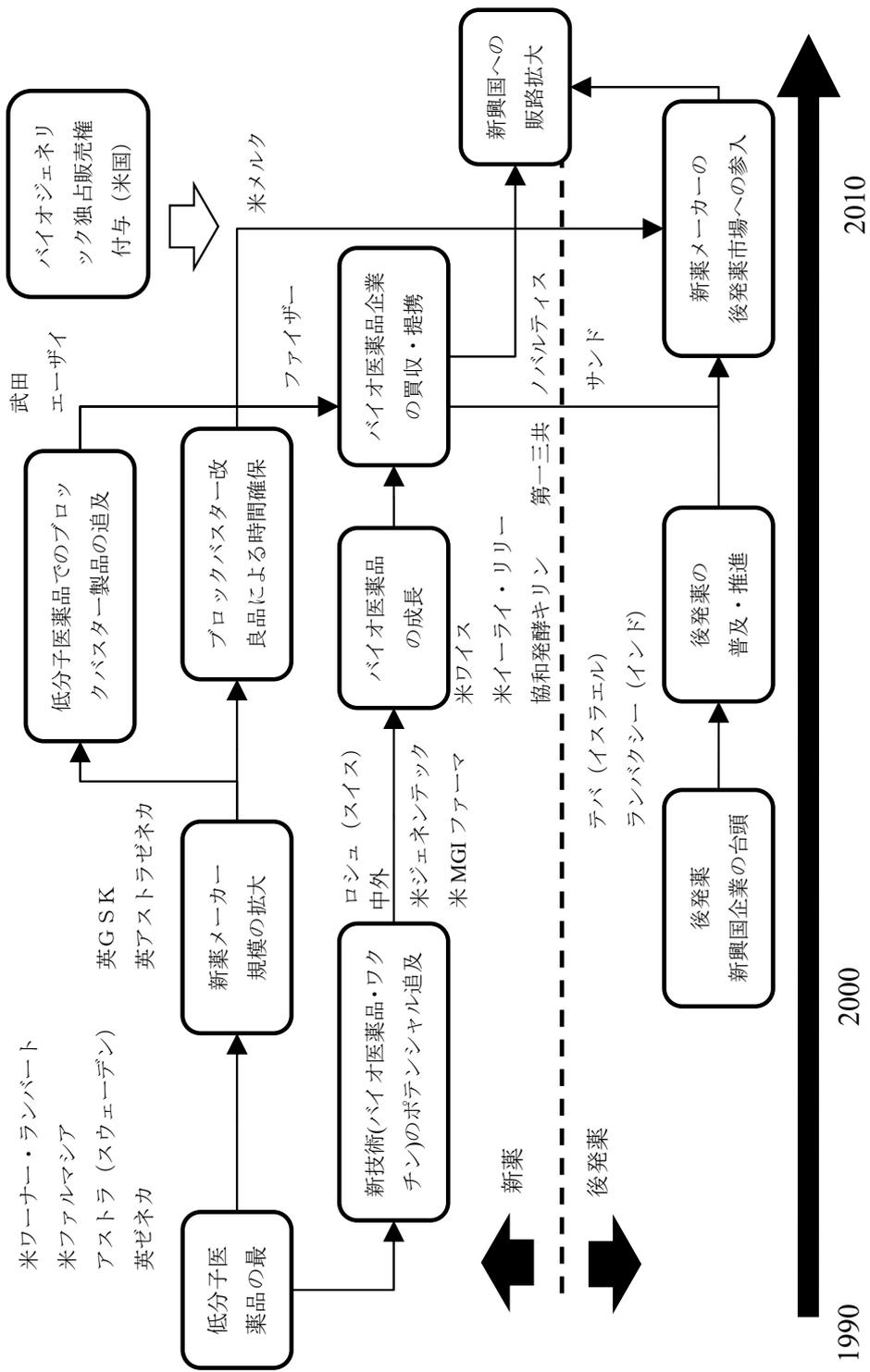


図 4.13 特記記事の要約

4.3 本章のまとめ

オープン・データとしての文書データを用いたテキスト・マイニングによる分析が、対象とする領域の問題や課題を明確化することにおいて有用であることを確認した。また、分析結果の解釈から、特に共起ネットワークにおいてハブとなって表示される用語が当該の問題における課題の解決策となっていることが浮かび上がってくることを示された。

本章では、製薬業界の2010年問題におけるM&Aに関する分析を事例として、時間情報をもつテキスト・データとして主要3紙の新聞記事と経済誌などで特集としてまとめられた記事の2つを用意した。はじめに、新聞記事に対しテキスト・マイニングの手法を用いて分析を行い、この分析結果を経済誌などで特集としてまとめられた記事の要約と比較し内容の合致性を検証した。検証ではこれら2つの結果の一致を確認し、加えて特集記事の要約とテキスト・マイニング手法を用いた分析結果の相互補完的な関係性を確認した。経済誌の特集記事などの要約を、テキスト・マイニング手法を用いた新聞記事の分析結果を解釈する際に背景情報として用いることで新聞記事の分析結果の解釈が容易にできることがわかった。反対に、新聞記事のテキスト・マイニング手法による分析結果が特集記事の要約を補足する関係にあることで分析対象をより理解するのに役立つということも確認できた。分析を行う手順は4.1に示した。

今回はテキスト・マイニングの手法としてテキスト・データからの企業名を含む単語の抽出から分析対象とする用語の特定、次にこれら用語を用いて共起ネットワーク図の作成と階層的クラスタ分析および要約のための発現頻度集計をグラフとして作成し、大量のテキスト・データを要約すると同時に用語同士の関係性を可視化する目的でこのような分析をおこなった。

オープン・データとして対象領域の問題を扱った新聞記事などの文書データを用いてテキスト・マイニングによる分析を行うことで、対象領域で生じている問題や課題を明確化できることを確認した。また、文書データ中の用語で、例えば本事例では2000年後期の「参入」や「販売網」のような共起ネットワークにおいてハブとなっている用語が当該の問題における課題の解決策[67]として浮かび上がってきた。

本事例では、同様の問題を扱った新聞記事と専門家による特集記事を要約し、テキスト・マイニングによる分析結果と比較してそれらの内容が一致していることを確認し、テキスト・マイニングの分析結果の確かさを確認した。

第 5 章 健康維持事業計画立案支援へのシステム・ダイナミックスの適用

5.1 本章の目的

本章では、システム・ダイナミックスの有用性の確認を行う。確認したいポイントは、既往研究を参照し、共通構造をもつ SD の典型的なモデルの再利用によりスムーズな SD モデルの構築が可能となるかという点、また、シナリオに基づく分析を実施し、その結果が当該領域の問題に対する課題解決の定量的な根拠に基づく議論に貢献するかという点である。既存の研究成果を踏まえて本研究では、健康維持事業計画立案の支援プロセスへのシステム・ダイナミックス手法の適用について実例を用いて議論する。具体例には、ひとつは、既知となっている日本におけるポリオワクチン問題への SD の適用を事例に、既往研究による典型的な SD モデルである感染症モデルを利用し、シナリオに基づく分析から、シミュレーションの結果が政策検討の議論を支援するものであるかを確認した[68]。また、医薬品開発における臨床試験データ解析プロセスの評価への SD の適用において、こちらも SD の典型的な共通構造であるリワーク（戻り作業）のモデルを適用し、シナリオに基づく分析を経て、シミュレーションの結果が施策立案の議論を支援するかどうかを確認した。これらの事例から、本研究で提示する健康維持事業計画立案支援プロセスの検討のための示唆を得た。

5.2 日本におけるポリオワクチン政策の検討支援への適用

日本におけるポリオワクチン問題の把握を事例に、既往研究による典型的な SD モデルである感染症モデルを適用し、シナリオに基づく分析から、シミュレーションの結果が政策検討の議論を支援するものであるかを確認した。

1960 年のポリオウイルスの大流行を急速に収束させたのはワクチンの功績である。その後、日本では 1980 年から 30 年以上、野生のポリオウイルスによる小児まひの患者は出ていない。それは、日本の定期接種では 2012 年 8 月まで約 30 年以上に渡りポリオワクチンが指定されているためである。しかし、ここで使用されていたのは経口生ポリオ

ワクチンである。生ワクチンは腸の中で増える間に病原性(毒性)を強めることがあり、そのため、稀に生ワクチンを接種した人や周囲の保護者などにワクチンの副作用として小児まひが生じることがある。現在では、ワクチンによる小児まひが決して起こることがない不活性化ワクチンがあり、日本と同じように野生のポリオウイルスの流行していない国々では、ワクチンによる小児まひを防ぐために1990年代後半から経口生ワクチンから不活化ワクチンに切り替えている。日本でも2012年9月1日から不活化ワクチンに切り替わった。ポリオウイルスに感染すると、小児まひや急性灰白脊髄炎という症状が起きる。しかし、このウイルスに感染しても、多くの場合は症状が出ないか、出てもかぜのような症状のみである。しかし、稀に約1,000~2,000人に1人に手足にまひが出ることがある。ポリオワクチンの推奨される接種時期と回数は、生後3か月から7歳5か月までに2回の接種である。1回目と2回目の間隔は、6週間以上で数年間空いてもかまわないとされている。日本では30年以上ポリオにかかった人はなく、ポリオワクチンの接種率も高いためポリオに感染する可能性はほぼないことから、ポリオワクチンの接種に先立ち、他の三種混合(DPT)やBCG、麻しん(MRワクチン)、水痘(みずぼうそう)、おたふくかぜなどを優先することが推奨されている。このような背景から日本では2012年9月の不活性化ワクチンへの切り替えを前に、経口生ポリオワクチンの接種を控えた保護者たちが経口生ポリオワクチンによる接種を控えるという事態が生じ新聞やメディアでも報道され大きくとりあげられた。さらにこの報道が小さい子をもつ他の保護者たちの経口生ワクチンの接種を控える行動を誘発し、前年の接種率に比べ17.5%も減少した。これを受けて、一部の市町村では不活性化ワクチンが定期接種として指定される2012年9月を待たずに独自に不活性化ポリオワクチンを定期予防接種に採用する考えがあることを示すなど議論をよんだ。そこで、本研究ではこのポリオワクチンの接種率が減少している問題にSDを適用し、日本において接種率の減少が続いた場合にどこにどのような影響があるのかを時系列のグラフとして示し、課題に対する解決策の議論において定量的な根拠と成り得るかを確認した。

5.2.1 分析の流れ

問題の範囲と SD モデル構築の目的は、日本におけるポリオの経口生ワクチンの接種控えによるポリオの感染の影響を SD 手法によるシミュレーションの結果として時系列のグラフとして示すことである。そして、最後にこの結果の考察を行った。

SD モデルの構築では、課題を生じるシステムの構造的な理解を深め、そのシステムの要点を把握した。その要点に対する施策をシナリオとして作成し、これを構築したモデルを用いてシミュレーションを実施した。最後に、経口生ポリオワクチンの接種を控えた影響を感染が進む時系列のグラフとして示し、最後に課題に対する解決策としての議論における定量的な根拠と成り得るかを考察した。

5.2.2 モデルの構築

システム・ダイナミクス手法で広く知られている感染症の因果関係図を図 5.1 に示した。因果関係図を流れるのは人（人数）である。まず、感染に罹患していない人の集団があり、感染によって感染した集団への移動する。そして回復にかかる一定期間を経て免疫をともなった回復した人の集団へと移動する。ポリオウイルスもこの因果関係図と同様の流れになることからこの因果関係図が利用可能である。

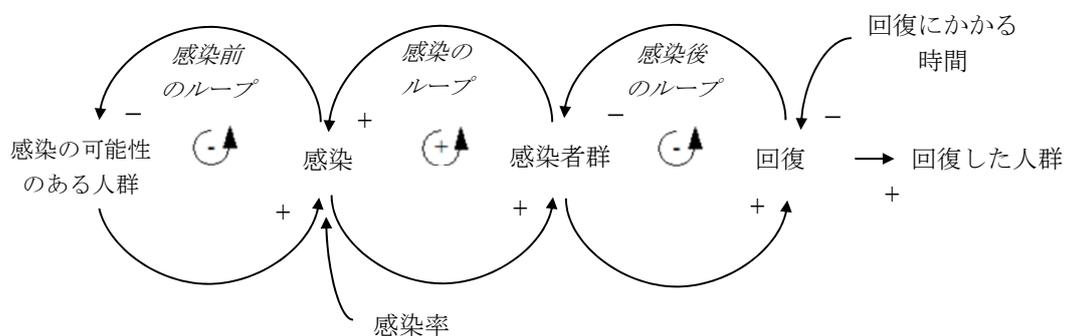


図 5.1 共通構造として利用可能な感染症モデルの因果関係図

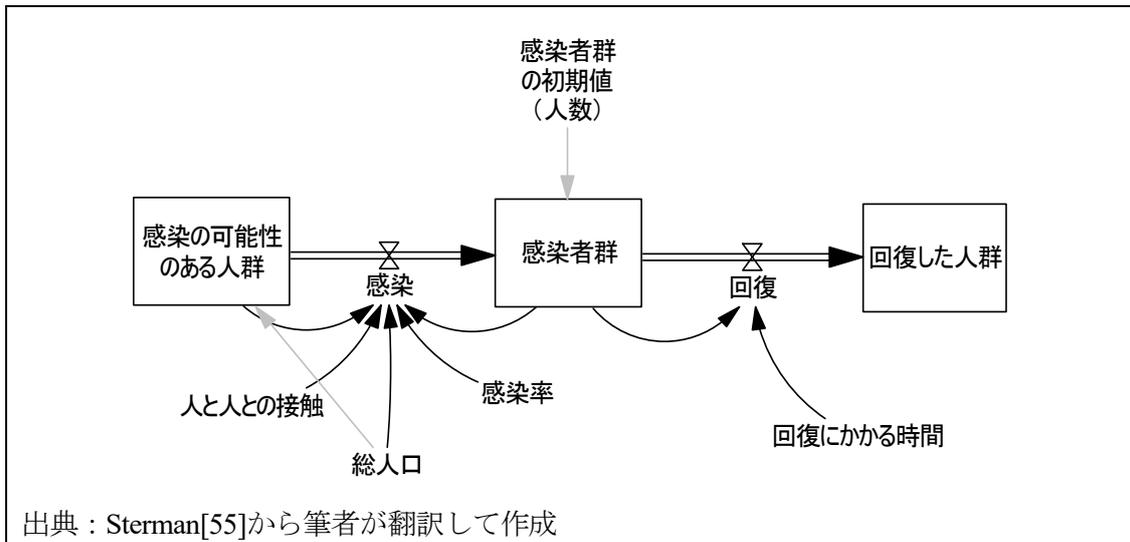


図 5.2 共通構造として利用可能な感染症モデル (図 2.3 を再掲)

また、共通構造として利用可能な感染症モデル (ストック・フロー図) を図 5.2 に示す。このストック・フロー図は、感染症の伝播の影響をみることを目的に構築されたものである。この分野での利用において汎用性が高く、そしてわかり易い。このストックとフローを流れるのは人である。ウイルスに感染する可能性がある集団と感染した集団、そして回復した集団というように先の感染症の因果関係図と同様の変遷を経る。ポリオウイルスの感染の伝播の影響をみることにしてもこのストック・フロー図は有用であることから、これを基に日本におけるポリオワクチン政策の検討支援を目的とした日本におけるポリオウイルス伝播の SD モデルを構築した (図 5.3)。このストック&フロー図では先の共通構造をもつ再利用可能な感染症のストック・フロー図をベースにそこで流れる人の数が「総人口」として明示的に確認できるようにした。構築した SD モデルは、共通構造を再利用可能な感染症モデルをベースとしており、患者の感染症への感染前の状態から、感染、回復という疾患の進行プロセスにおける変遷に沿った骨格となっている。先に述べたように、ここに流れるのは人 (人数) である。感染症の種類ごとに人から人への感染の強さ (再生産数, R_0 : Basic Reproduction Number) や感染症の伝播リスク (H: Herd Immunity thresholds) が高まる集団免疫の閾値などは異なることが知られている [69][70][71]。

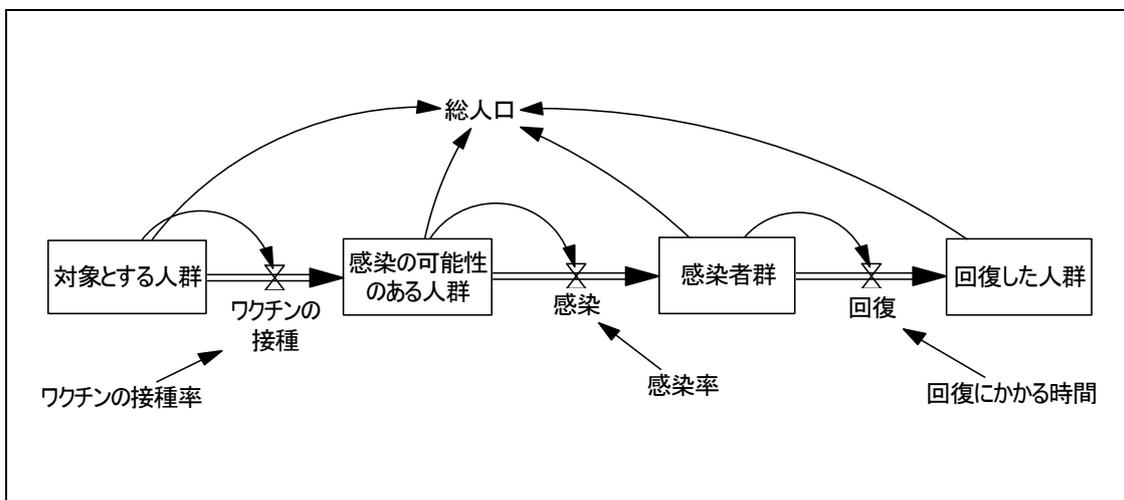


図 5.3 感染者モデルをベースとしたポリオウイルス伝播のモデル

これらは感染症の疫学研究などで明らかになっている[72][73][74][75]. 表 5.1 にその一部を示す.

表 5.1 疫学研究による感染症の再生産数と集団免疫の閾値

感染症の種類	再生産数(人), R0:Basic Reproduction Number	感染症の伝播リスクの閾値 (%), H: Herd Immunity thresholds
流行性耳下腺炎症 (おたふく風邪)	4-7	75-86
ポリオ	5-7	80-86
麻疹 (はしか)	12-18	83-94
マラリア	5-100	80-90

$$H=(1-1/R0)*100$$

出典 : Fine[72]から筆者が翻訳し作成

たとえば、ポリオの感染力は R_0 が 5-7 人であることが表から読み取れるが、これはある人がポリオに感染した際に平均 5 人から 7 人の他の人にポリオを感染する力があることを示している。また集団免疫としての感染症伝播リスクの閾値は、たとえばマラリアであれば、80-90%であることわかるので、ワクチンの事前接種などによりその集団における 80%から 90%以上の人がその感染症に対する免疫をもっている場合には、その集団における誰かがマラリアに感染したとしても集団としては感染の伝播（パンデミック）が起こらないということを意味している。

共通構造をも感染症モデルでは、このように取り扱う感染症に応じて SD モデル中の変数の値を変更することで再利用が可能である。図 5.4 の SD モデル中の「ワクチン接種率」、「感染率」や「回復にかかる時間」といった変数がこれに該当する。ここでは、ポリオウイルスを扱うため、図 5.4 の SD モデルでは、変数「ワクチン接種率」に 0.9 (90%)、「感染率」に 6.0、そして「回復にかかる時間」には 28 (日) をデフォルトの値として設定した。

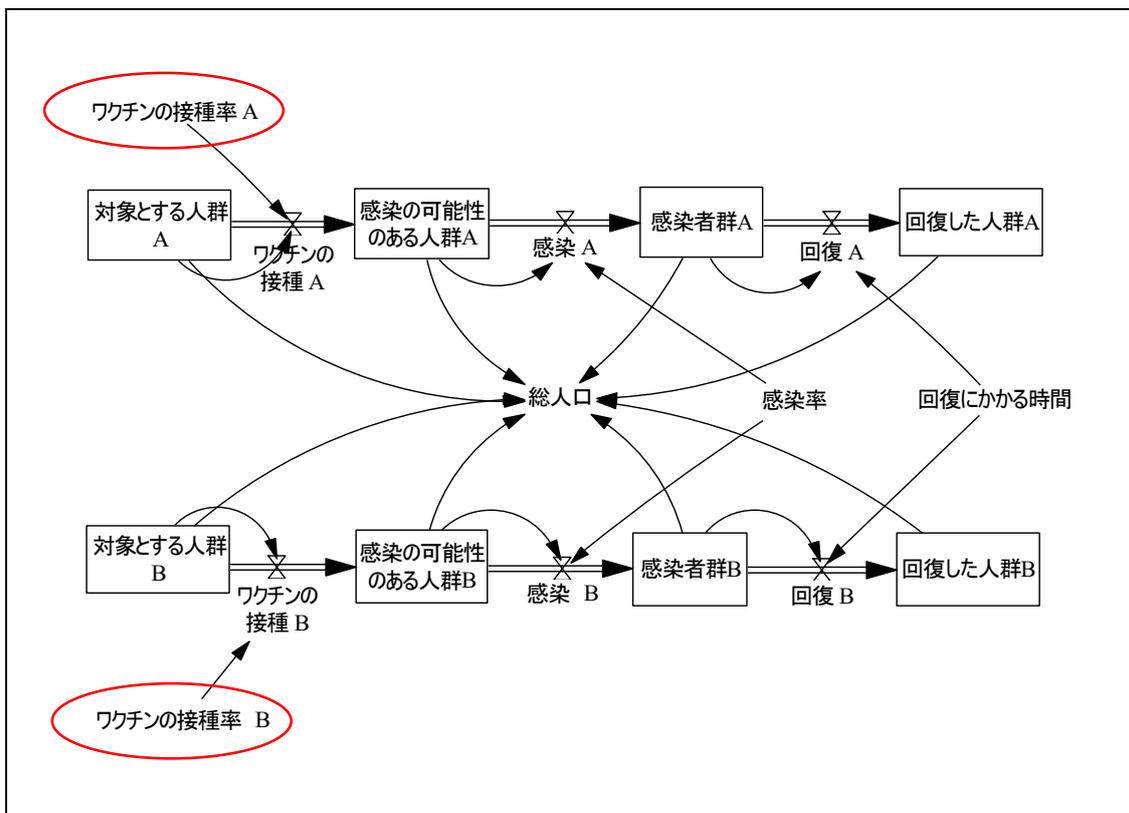


図 5.4 日本におけるポリオウイルス伝播の SD モデル

続いて、この感染症のストック・フロー図を上下に組み合わせ日本におけるポリオウイルスの伝播のSDモデルとした(図5.4)。ポリオウイルスの接種を控える行動は短期には子供だけに影響する。したがって、ここで検討するグループは大人のグループ(対象とする人群A)と子供だけからなるグループ(対象とする人群B)の2つのグループが存在すると仮定した。モデル中の「対象とする人群A」はすでに免疫を獲得している小学生以上の大人から成る集団で、「対象とする人群B」は、生後から幼児期までの小さな子供の集団をイメージしている。対象とする人群Bへの感染は、保育園や保育施設、或いは医療施設の小児科などの外来に通うことで起きる。このため、それぞれグループでの感染のリスクを考慮したモデルとしている。上記の2つの集団の総合的な影響もみることができるよう、感染症のモデルをベースに上下に2つ組み合わせた形とした。

構築したSDモデルを用いてポリオワクチンの接種を控えることの影響として、日本におけるポリオウイルスの伝播が生じるかどうかを試みた(図5.5)。

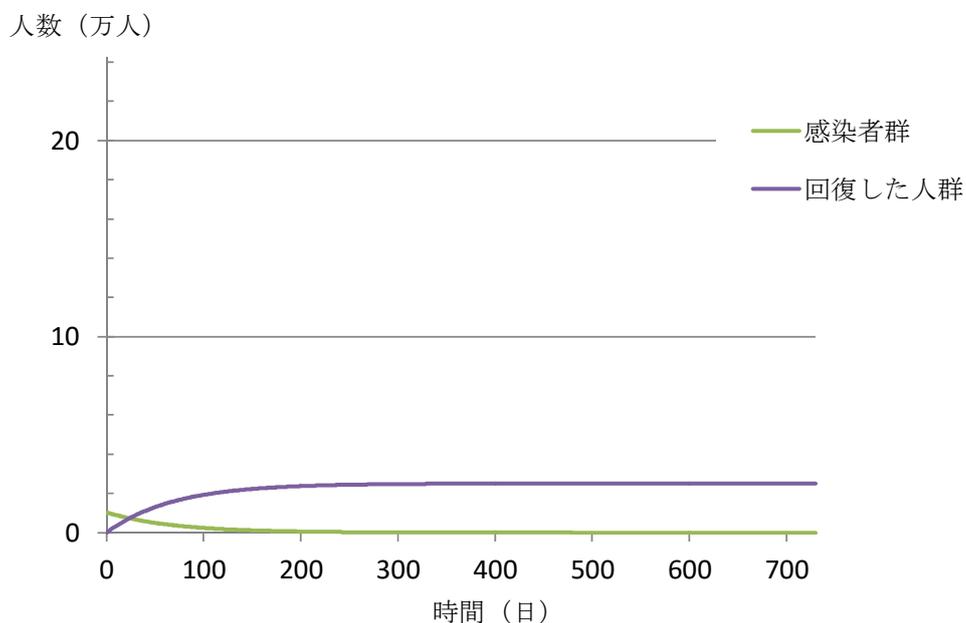


図 5.5 人口 100 万規模の集団でポリオウイルスが伝播するリスク

図 5.5 では、日本における 2011 年の 100 万人規模の市町村を仮定して、小学生以下の子どもたちの経口生ポリオワクチンの接種率が 17.5%/年で 2 年間に渡って減少した場合に人から人への感染が拡大するかどうかをみている。この条件下ではポリオウイルスの影響は対象とした人口の 1%程度と軽微であった。理由は、日本の人口構成をもとに算出した小学生未満の子供の数は全体からみれば非常に少なく、これら子どもたちの経口生ポリオワクチンの接種率が 17.5%/年で 2 年間に渡って減少したとしてもその影響は相対的に非常に小さいからである。

次に、生後から幼児期までの小さな子供の集団が集まる、たとえば保育園や保育施設或いは医療施設の小児科外来の待合室などを仮定して感染のリスクや伝播の影響をみる(図 5.6)。ここでは 50 人の小さな子供の集団を設定し、この中には 2011 年に日本で起きた経口生ポリオワクチンの接種を控えた子供も含むと仮定した。図 5.6 は生後から幼児期までの小さな子供の集団でのポリオウイルスの感染のリスクや伝播の影響を示している。この集団には 2011 年に日本で起きた経口生ポリオワクチンの接種を控えた子供も含むと仮定しており、経口生ポリオワクチンの接種率は 74.25%の 50 人の小さな子供の集団である。

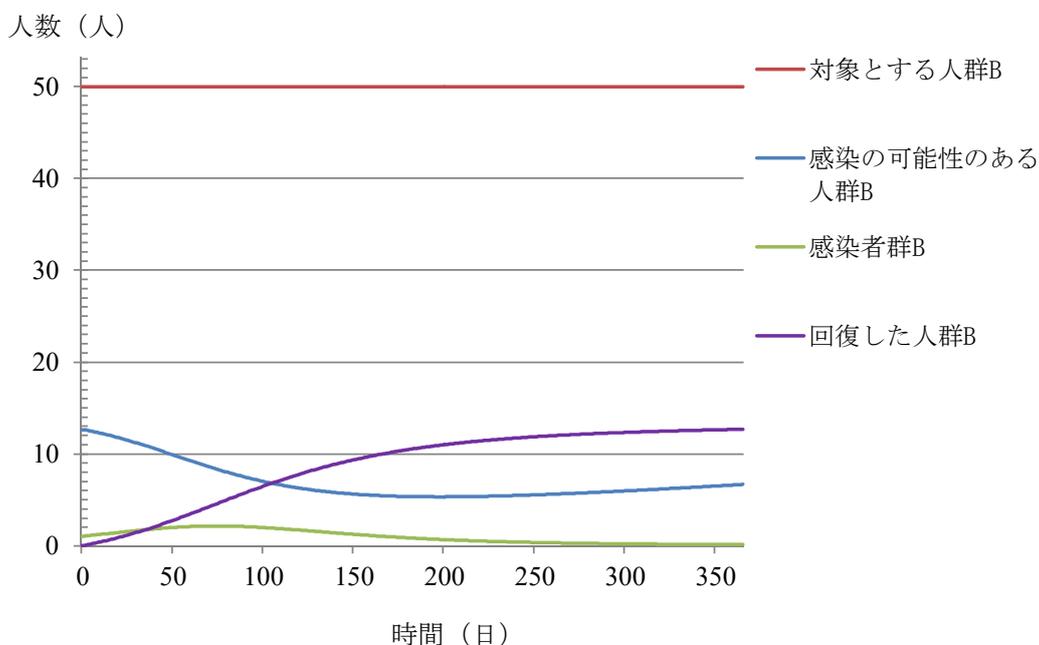


図 5.6 50 人規模の小さな子供の集団でポリオウイルスが伝播する様子

5.2.3 シナリオに基づく分析

ポリオウイルス伝播の SD モデルの構築を経てポリオウイルスの伝播のプロセスを構造的に理解することで、健康維持事業計画のための2つの要点が明らかになった。ひとつは、感染後の伝播の影響を抑える方法、或いは、人から人への感染率を低減する方法である。現実において実行する場合の案としては、ポリオワクチンの接種により感染の影響を抑える方法か、或いは感染率を抑制するために人と人との接触を低く抑えるという施策になる。これらを SD モデルに反映した場合には、変動可能なパラメータなることからシナリオに基づくシミュレーション結果による定量的な政策検討の選択肢と成り得る。ちなみに、ポリオウイルスに関するパラメータは既存の疫学調査研究などにて既知であり、これらを変動可能なパラメータとしては設定することができない。本研究の SD モデルへはデフォルト値として使用する（表 5.2）。SD モデルを用いたシミュレーションによる分析の目的は、日本におけるポリオウイルスの伝播が生じるかどうかの確認と伝播が生じる条件とその定量データの提示である。

表 5.2 ポリオウイルス伝播 SD モデルのパラメータとその変更可否

モデル中の変数名	実際に取り得る値の 範囲（単位）	変更の可否
回復にかかる時間	28（日）	不可能
ワクチン接種率	90（%）	不可能
人と人との接触率	0（人/日）以上	可能
手洗いの回数	0（回/日）以上	可能

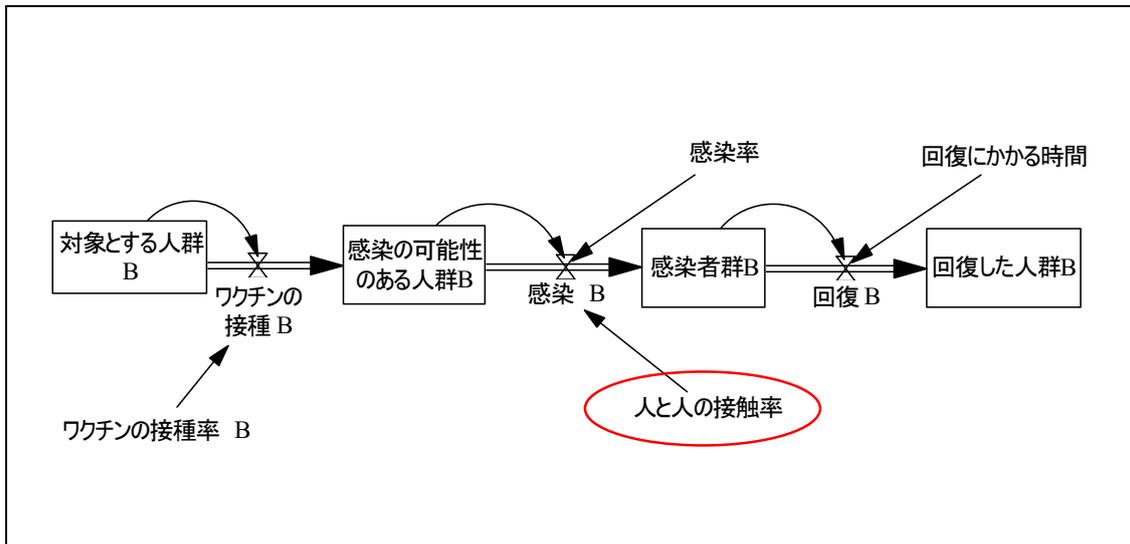


図 5.7 日本におけるポリオウイルス伝播の SD モデルへの介入のポイント

シミュレーションでは、同じく 50 人の小さな子供の集団に、ポリオウイルスの伝播に対する施策として人と人との接触を制限するアプローチを仮定し、この効果を確認した。人と人の接触を制限するとは、具体的には、風の流行による小中学校の学級閉鎖などがある。または、小学生以下の子供の外出を一定期間控えるような施策も考えられる。ここでは、人と人との接触を 0.5 人/日、1 人/日および 2 人/日とした 3 つのシナリオを用意してシミュレーションを実施した。人と人との接触を変化させることにより、ポリオウイルスの伝播が起きるのか、起きる場合は感染の速度や感染者の数は時経列にどのような振る舞いになるのかを確認した。

小さな子供の 50 人の集団においてポリオウイルスの伝播が発生したことを受けて、これを抑制するための施策として人と人の接触を変化させた 3 つのシナリオに基づくシミュレーションを実施した (図 5.8, 5.9, 5.10)。

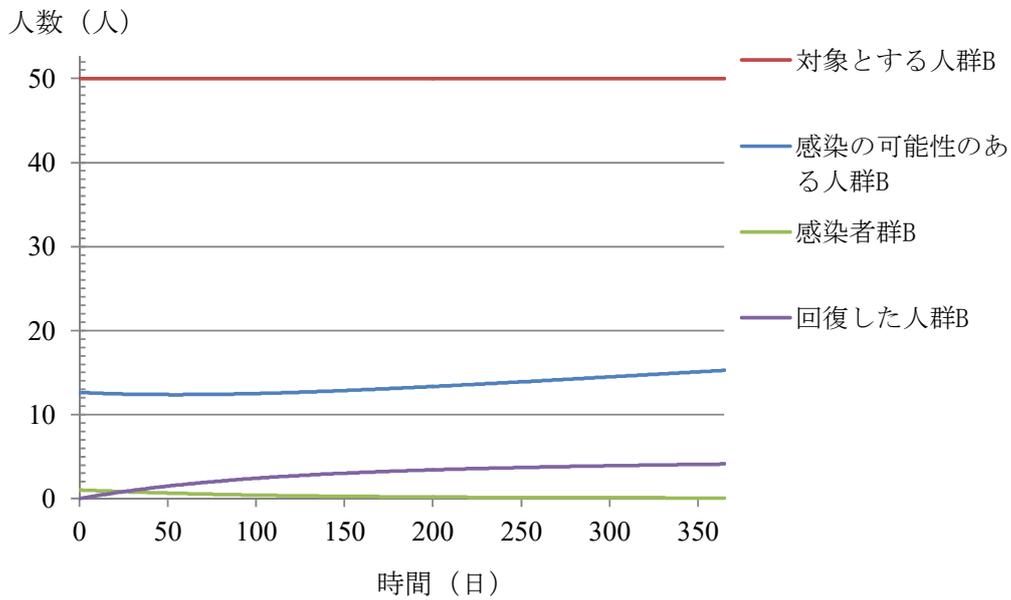


図 5.8 人と人の接触率を 0.5 人/日としたシミュレーションの結果

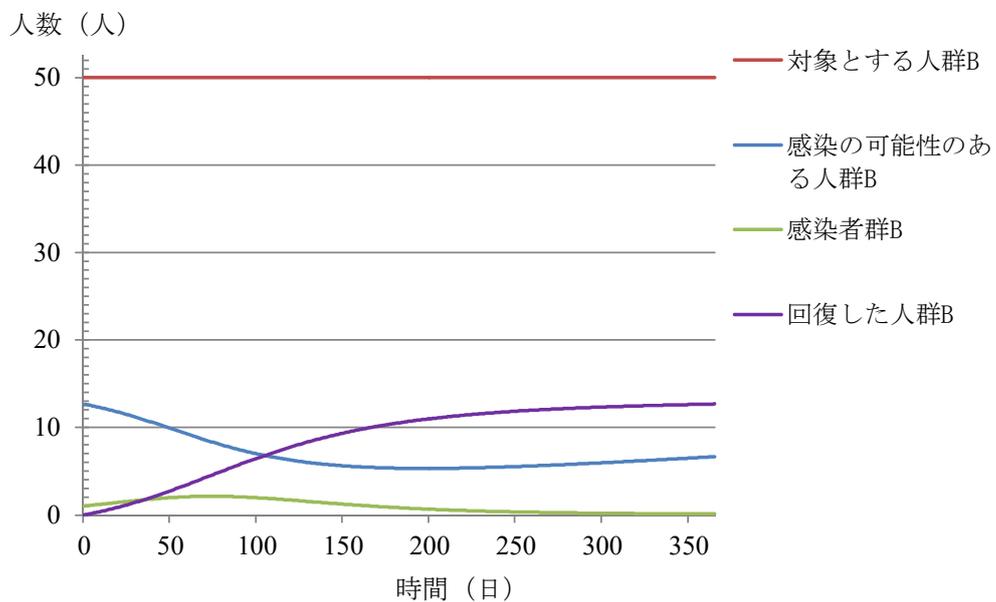


図 5.9 人と人の接触率を 1.0 人/日としたシミュレーションの結果 (図 5.6 を再掲)

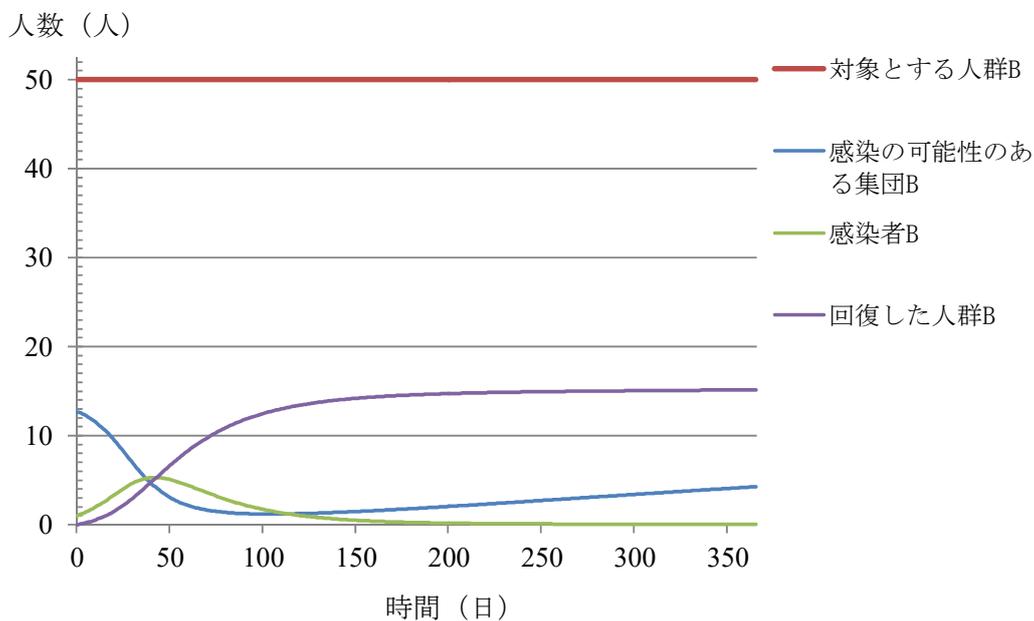


図 5.10 人と人の接触率を 2.0 人/日としたシミュレーションの結果

人と人の接触を 0.5 人/日に制限するシナリオでは、ポリオウイルスの伝播は認められず、効果があることがわかった。また、1 人/日とした場合でも、2 人/日とした場合よりも伝播の速度が遅く、また合計の感染者も少なかった。人と人の接触割合を低減すればするほどその効果が期待できる傾向がみてとれた。

5.2.4 考察

日本における経口生ポリオワクチンの接種控えの問題に SD 手法を適用し、SD モデルを用いてシミュレーションを実施し、シミュレーションの結果として定量データを示すことで、この問題の社会的リスクの確認とそれに対する施策立案の議論を促進することに有用であるかを考察した。

本研究では、2011年に日本で起きたポリオワクチンの接種率が減少している問題にSDを適用し、日本において接種率の減少が続いた場合にどこにどのような影響があるのかを時系列のグラフとして示し、課題に対する解決策の議論において定量的な根拠と成り得るかを確認した。本取り組みでは、ポリオという感染症を題材としたが、SDにはすでにこの分野の既往研究があり、共通構造として汎用性のある感染症のモデルがある。これを本研究にも再利用することでスムーズに目的に合致したSDモデルの構築ができた。当該問題のSDモデルの構築により、問題が生じるシステムの構造とその要点の理解により、シナリオに基づくシミュレーションの実施が可能であった。

シミュレーションの結果より、大人を含む100万人規模の集団では2011年の経口生ポリオワクチンの接種控えが2年間続いたとしてもポリオウイルスの伝播は生じないことがわかった。しかし、小学生以下の50人規模の保育施設などを仮定した集団では、人と人の接触を0.5人/日とした場合には感染の伝播は生じないが、接触を1.0人/日とした場合には緩やかではあるが感染が生じることがわかった。この場合、長期に渡り感染が続き、約80日後には合計で約10名への感染が認められた。ひとりあたりの接触を2.0人/日とした場合、急速に感染が生じることがわかった。短期集中で感染が発生し、約40日後にピークに達し合計で15名超への感染が認められた。

日本における2011年のポリオワクチン問題の政策検討にSDを適用した。ポリオウイルスの伝播をシステムとして捉え、既往研究の成果として共通構造をもつ感染症モデルを再利用し、当該問題のSDモデルを構築した。モデル化によりシステムの構造的な理解が進み、課題解決の要点を明らかにすることができた。課題解決の要点に基づきシナリオを用意して、シナリオに基づくシミュレーションの結果を提示し、これを用いた定量的な施策の議論が推進される示唆を得た。SDの適用が健康維持のための政策議論の推進に役立つことを確認した。

5.3 医薬品開発の臨床試験データ解析プロセス評価への適用

次に、医薬品開発における臨床試験データ解析プロセスの評価に SD 手法とその汎用性のある共通構造であるリワーク（戻り作業）モデルを適用し、医薬品開発における臨床試験データの解析プロセスの評価とワークモデルの有用性を確認した。

リワークは、プロジェクトマネジメントの典型的な問題である。リワークの発生により当初見積ったプロジェクトの工数は見直しが必要となり、プロジェクトの成功を導く道のりの弊害となる。このため、リワークを起こさない取り組みが検討する一方で、実際にリワークが起きたときの影響を定量的に分析することも意義がある。たとえば、医薬品開発における臨床試験データの解析のように複数の工程が鎖状につながった構造のプロジェクトでは、リワークは当初見積もった以上の工数が必要になるばかりでなく、ともすると解析結果に基づく臨床試験をまとめた資料の作成が遅くなり、このため新薬の申請のタイミングが当初の計画から遅れることにより、結果として患者さんに新薬が届くのが遅くなるといった連鎖の影響がある。

そこで、本研究では、医薬品開発における臨床試験データの解析プロセス評価にシステム・ダイナミクスを適用し、複数の工程が鎖状につながった構造のプロジェクトをシステムと捉え、SD モデルを構築し、リワークが生じる構造とその影響を調査した。そして、プロジェクトマネジメントの視点から、このプロセスのどこに注目すべきかをシミュレーションを通じて議論した。最後に、医薬品開発における臨床試験データの解析プロセス評価の議論への SD の適用が有用であったかを確認した。

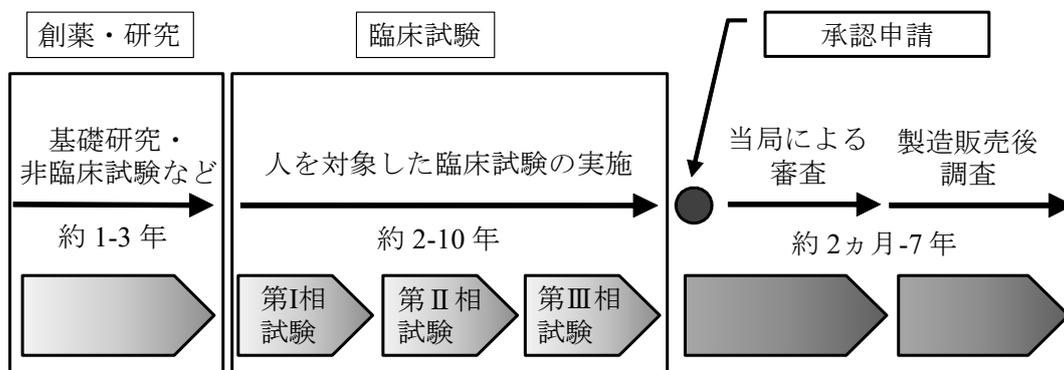
5.3.1 分析の流れ

システムの問題にシステム・ダイナミクスを適用する際も同様であることから、当該領域をシステムとして捉え、目的を明確に定め、問題の範囲を限定し、これをモデル化することになるが、先の手順に従うことにより、この時点で自ずと問題に対する解決策の範囲や方向性が定められる。したがって、解決策を中心に SD モデルの骨格を構築する際には、この点を十分に踏まえた検討が必要である。また、システム・ダイナミク

クスには汎用性あるモデルが存在する[53]. これらから適切な汎用モデルを選択することで, 当該領域の問題に適した SD モデルの骨格を構築することが可能である.

5.3.2 モデルの構築

最初に目的をモデリングの問題として明確に定義する. 問題の定義に際しては問題範囲を限定することが重要である. 範囲とは, 時間, 空間そして扱う局面を言う. ここでは, 医薬品開発における臨床試験データ解析プロセスの評価に SD 手法とその汎用性のある共通構造であるリワークモデルを適用する. 医薬品開発の流れを図 5.11 に示した.



出典 : Paul[76]より作者が翻訳し作成

図 5.11 医薬品開発のアウトライン

モデリングの目的は医薬品開発における臨床試験のデータ解析プロセスの評価とワークモデルの有用性の確認である。医薬品開発におけるデータ解析の位置づけを、臨床試験のフローとして図 5.12 に示す。医薬品開発において臨床試験は第 I 相試験～第 III 相試験が繰り返し行われ、化合物によってはさまざまな適用にも応用が効く場合もあるため、さらに複数の臨床試験が計画され実施される[77]。臨床試験データ解析は、そのようなそれぞれの試験ごとに繰り返し実施される[76]。

臨床試験データの流れを図 5.12 に示す。臨床試験データを解析するためのドキュメントの準備が必要であり、図表を作成するプログラミングを開始する際には、解析図表の体裁や仕様が決められている。期間はひとつの臨床試験データの解析を行う一般的な期間であるおよそ 3 か月間（100 日）とし、局面は医薬品開発における複数の工程の中における臨床試験データの解析プロセスを扱う。

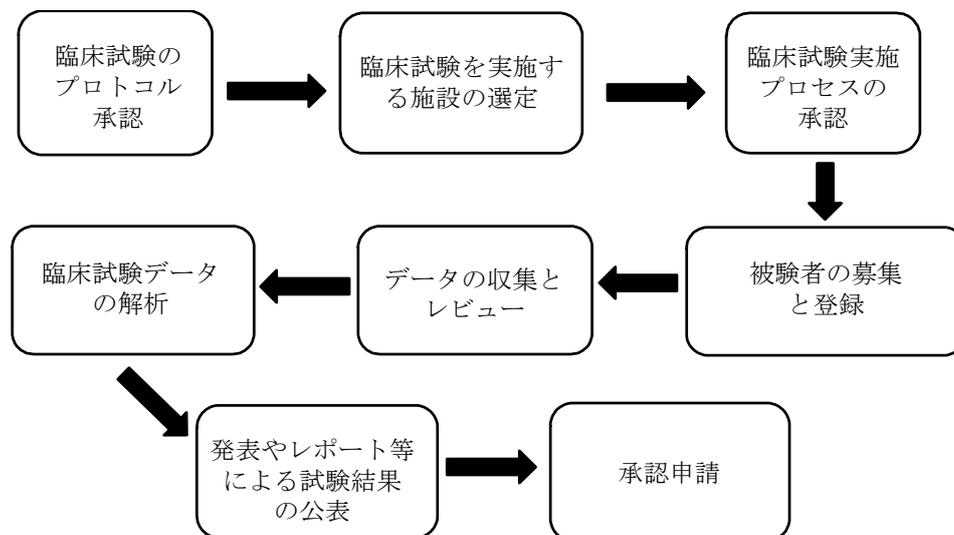


図 5.12 臨床試験から承認申請までのアウトライン

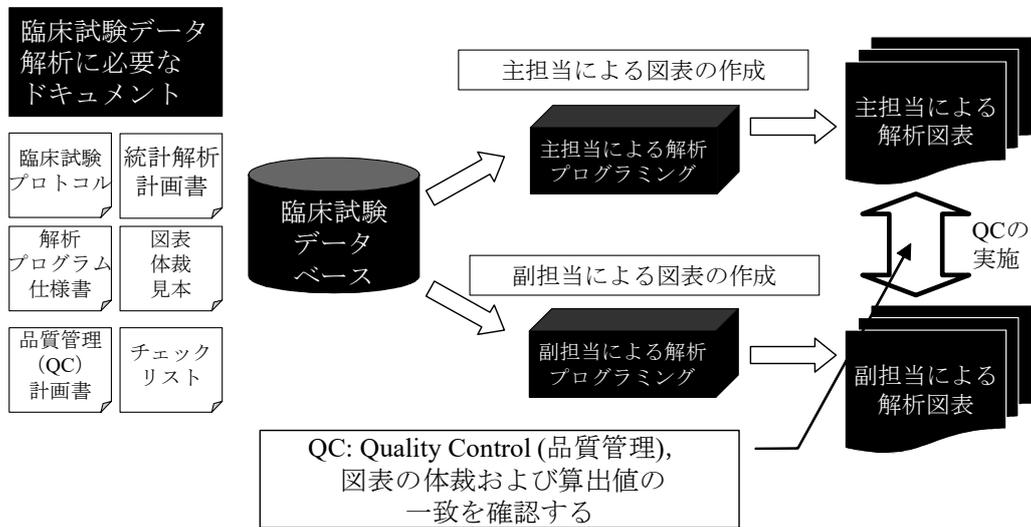


図 5.13 臨床試験データ解析のアウトライン

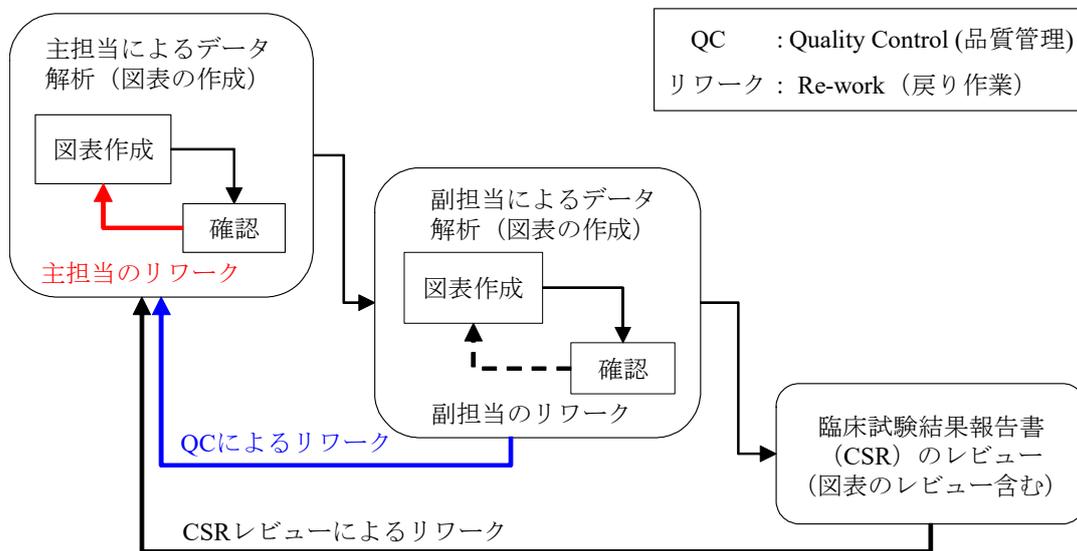


図 5.14 医薬品開発の当該工程に共通構造を適用する SD モデルの概念図

臨床試験データの解析プロセスで生じるリワークのモデリングには、システム・ダイナミックスの既往研究の成果であり、共通構造をもつリワークモデルを再利用した。当該システムの主要な要素を抽出するには、些細で重要でない要素はできるだけ除くように努めるべきであることから、問題の範囲内で何がシステムへのインプットで、何がアウトプットであるかも考えておくことが重要であるここでは、臨床試験データの解析プロセスを SD のストック&フローの骨格として据え、このストック&フローに流れるものはデータ解析のアウトプットである図表（数）である。Time step は 1 日で、期間は 0 から 100 日間とした。臨床試験データ解析のプロセスでは複数のリワークが発生することが知られている[78]。このモデル概念図からも同様に複数個所にリワークが発生することがわかる（図 5.14）。ここに共通構造をもつリワークのモデルを再利用することで、スムーズに現実の作業の流れを反映したシステム・ダイナミックスのモデルを構築することができる。図 5.15 に共通構造であるリワーク SD モデルの適用事例を示す。図 5.15 では、主担当による作表のリワークと QC による値の不一致によるリワークの流れをそれぞれ赤線と青線で示した。現実の作業の流れと照らし合わせても違和感がない。臨床試験データの解析の SD モデルにおける主なパラメータ値を表 5.3 として示した。計画された図表は 100 図表、期間は 100 日で、これはひとつの臨床試験における試験結果報告書の図表数と期間としては適当である。ちなみに、筆者は製薬企業にてこの臨床試験データ解析の実務を 16 年以上に渡り担当していることからこの分野の知識がある。主担当による 1 表あたりの作表の平均時間、副担当による同様の作業の時間は担当者の経験やスキル、および解析のシステム環境による部分が大きいが、平均するとだいたいこの辺りに落ち着く。各リワーク率については提示することができないが、筆者の経験からほぼこの辺りではないかという値を採用している。図表は計画された図表のほとんど（99.99%）完成した時点で次の工程（試験結果報告書（CSR）への掲載）へ移行するという設定についても表中に記載した。変数「作表開始までの遅れ」については、Delay 関数を使用した。表中の記載の「Delay N(作表開始, 主担当による 1 表あたりの作表の平均時間, 0, 5)」の意味は、作表開始時の図表数は 0 で、主担当による作表の時間を踏まえて、5 工程の遅れが生じると意味である。実際の作業の流れとして、図表作成までに解析担当者のアサインと、アサインされた解析担当者が確認するドキュメントが数種類あること、解析システム環境のセットアップを行い、解析に用いるデータの入手とその受け入れ確認など大きく 5 工程ほど存在することを踏まえるとこの設定で妥当とした。

変数「リワーク（QC での不一致による作表）による遅れ」についても同様に Delay 関数を用いた。

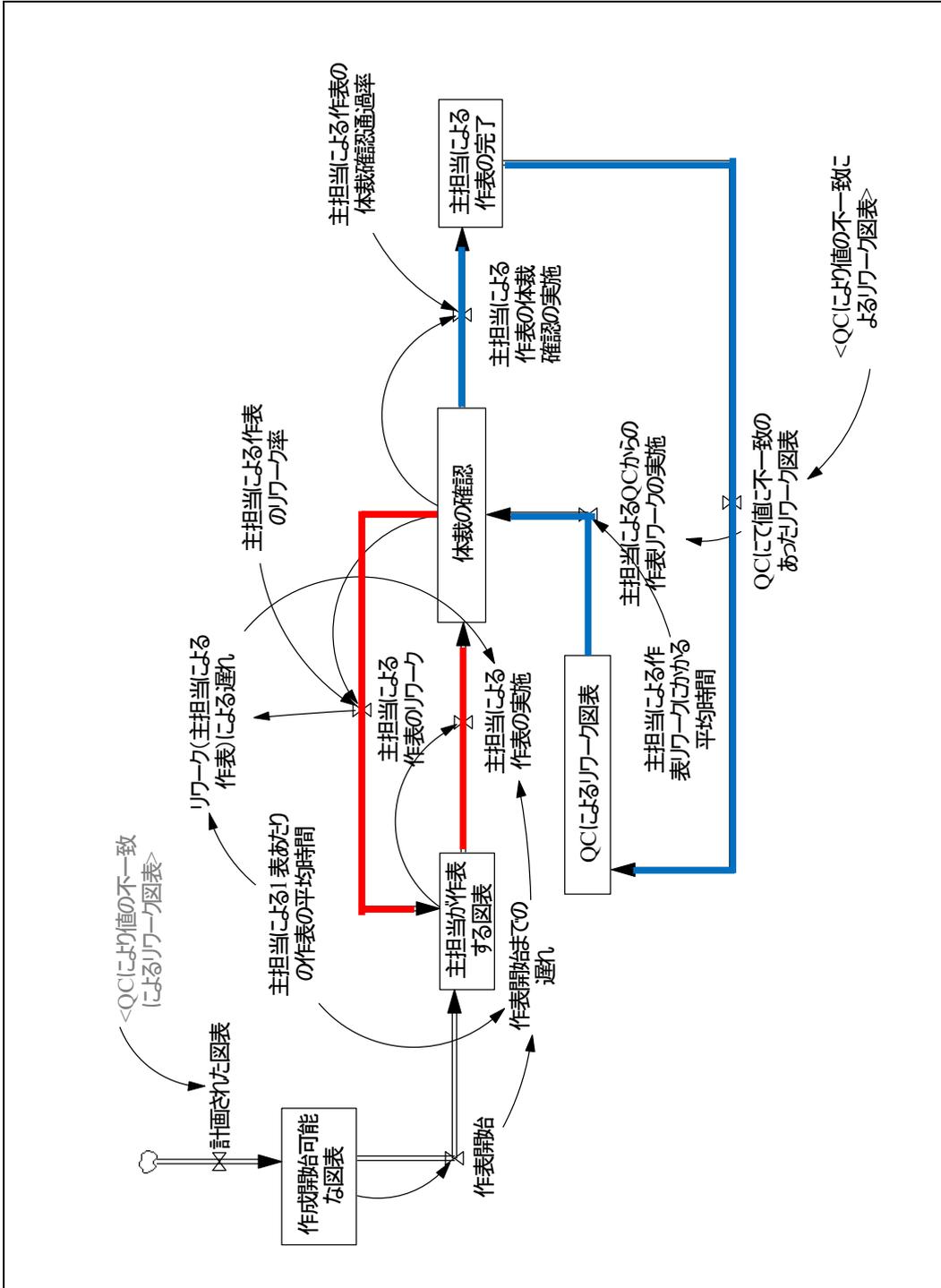


図 5.15 共通構造であるリワークモデルの適用事例

表 5.3 臨床試験データ解析の SD モデルにおける主なパラメータのデフォルト値

モデル中の変数名	値	単位・他
計画された図表	100	図表数
主担当による 1 表あたりの作表の平均時間	2.3	時間 (hours) /表
作表開始までの遅れ	Delay N(作表開始, 主担当による 1 表あたりの作表の平均時間, 0, 5)	
主担当による作表のリワーク率	0.2	
リワーク (主担当による作表) による遅れ	Delay N(主担当による作表のリワーク, 主担当による 1 表あたりの作表の平均時間, 0, 5)	
副担当による 1 表あたりの作表の平均時間	2.5	時間 (hours) /表
リワーク (QC での不一致による作表) による遅れ	Delay N(QC での不一致による作表のリワーク, 副担当による 1 表あたりの作表の平均時間, 0, 5)	
副担当による作表のリワーク率	0.2	
試験結果報告書 (CSR) への掲載	IF THEN ELSE(主担当による作表の進捗>0.9999):AND:(図表の完成> 0.9999), 図表の完成 /TIME STEP, 0)	図表は計画された図表のほとんど (99.99%) 完成した時点で次の工程 (試験結果報告書 (CSR) への掲載) へ移行する
試験結果報告書 (CSR) レビューによるリワーク率	0.05	

図表 (数)

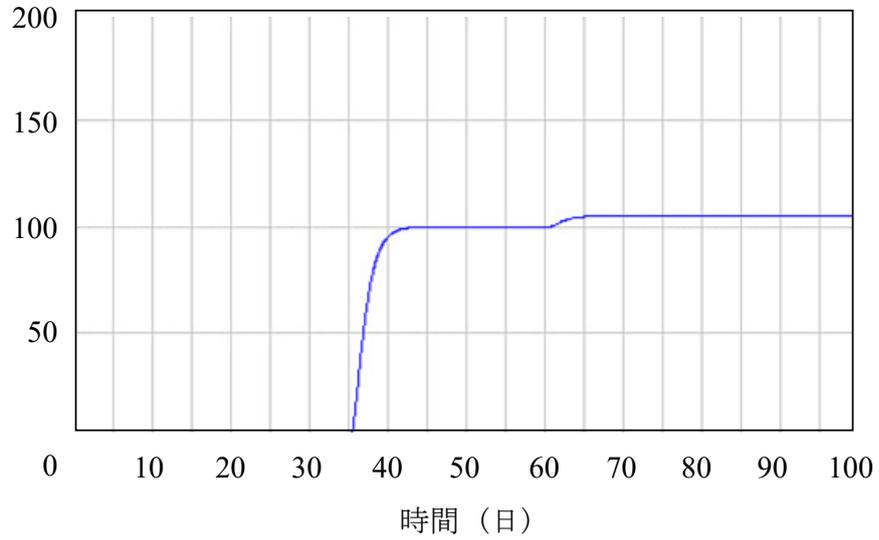


図 5.16 デフォルト値による算出結果(図表 (数))

工数 (時間)

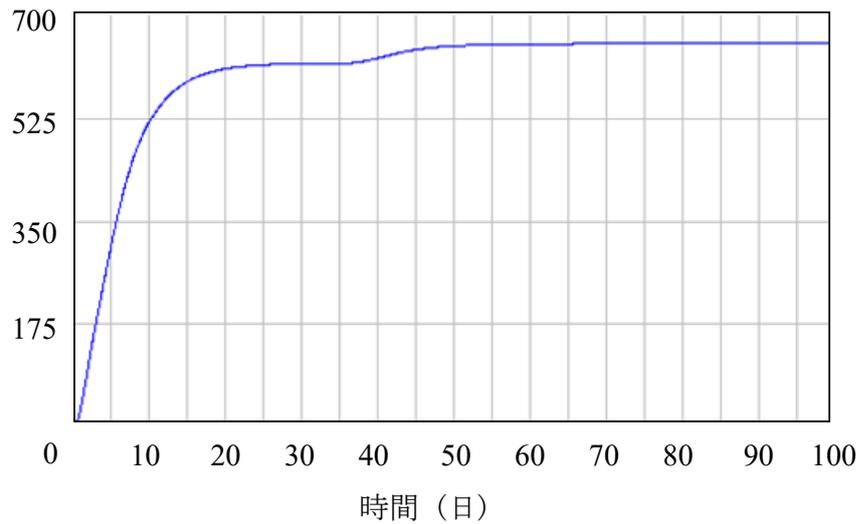


図 5.17 デフォルト値による算出結果(工数 (時間))

図 5.16 および図 5.17 は、このデフォルト値を用いて算出した結果である。実際に臨床試験データの解析を行っている実務担当者およびそのマネジャーにこの結果を提示し、ヒアリングを実施した。この規模のデータの解析としては、実際に図表が形となってくるタイミング、図表がすべて完成する時期、図表作成に必要な時間（工数）などが妥当であるとのコメントがあった。

5.3.3 シナリオに基づく分析

プロジェクトマネジメントの視点から、リワークによる図表作成の遅れでどこをどれくらい注意するべきかという観点は重要である。そこで、構築した SD モデルを用いてリワークが発生する箇所のリワーク率を変動させ、最終の図表作成時期およびリソース(工数) に与える影響を感度分析した。

表 5.4 に 3 つのシナリオにおける設定値を示した。感度分析にはモンテカルロ手法を用い、設定したリワーク率の範囲において 200 回の一様乱数 (Random uniform) が発生する設定とした。一様乱数とは、すべての値の出現確率が等しい乱数のことである。

つづいて、それぞれのシナリオに基づくシミュレーション結果を示す。図 5.15 と図 5.16 は、表 5.4 のシナリオ No.1 に基づくシミュレーション結果である。図 5.15 からは、主担当による作表のリワーク率の変動することで、図表の作成にばらつき (幅, Range) が出ていることがわかる。順調に進んだ場合は、図表の作成開始から 30 日目ほどで最初の図表が完成するが、遅い場合には 45 日目あたり (Range : 約 15 日) となり、約 2 週間ものばらつきが生じる。また、工数を算出した図 5.16 においても同様に大きなばらつきが確認できる。

図 5.17 と図 5.18 は、表 5.4 のシナリオ No.2 に基づくシミュレーション結果である。図 5.17 からは、QC での値の不一致による作表のリワーク率の変動することで、図表の作成にばらつきが出ていることがわかる。順調に進んだ場合は、図表の作成開始から 25 日目あたりで最初の図表が完成するが、遅い場合には 48 日目あたり (Range : 約 13 日) となり、こちらも約 2 週間ものズレが生じる。また、工数を算出した図 5.18 においても同様にばらつきが確認できる。

図 5.19 と図 5.20 は、表 5.4 のシナリオ No.3 に基づくシミュレーション結果である。図 5.19 からは、試験成績報告書のレビューによる作表のリワーク率の変動することで、図表の作成に幅が出ていることがわかるが、これらは図表の作成開始から 35 日目ほどで最初の図表が完成し、60 日目あたりでばらつきが生じる。これは、シナリオに基づく設定のためでもあるが、上の 2 つのシミュレーション結果は異なった結果とっているため、考察が必要である。また、工数を算出した図 5.20 においても同様に作業の後半にばらつきが確認できる。

表 5.4 3 つのシナリオにおけるパラメータの設定値

シナリオ No.	変数名	デフォルトの値	シナリオでの設定値	SD モデルでの設定 (方程式)
1	主担当による作表のリワーク率	0.2	0~0.5	=RANDOM UNIFORM(0,0.5)
2	QC での不一致による作表のリワーク率	0.2	0~0.5	=RANDOM UNIFORM(0,0.5)
3	試験結果報告書 (CSR) レビューによるリワーク率	0.05	0~0.125	=RANDOM UNIFORM(0,0.125)

図表 (数)

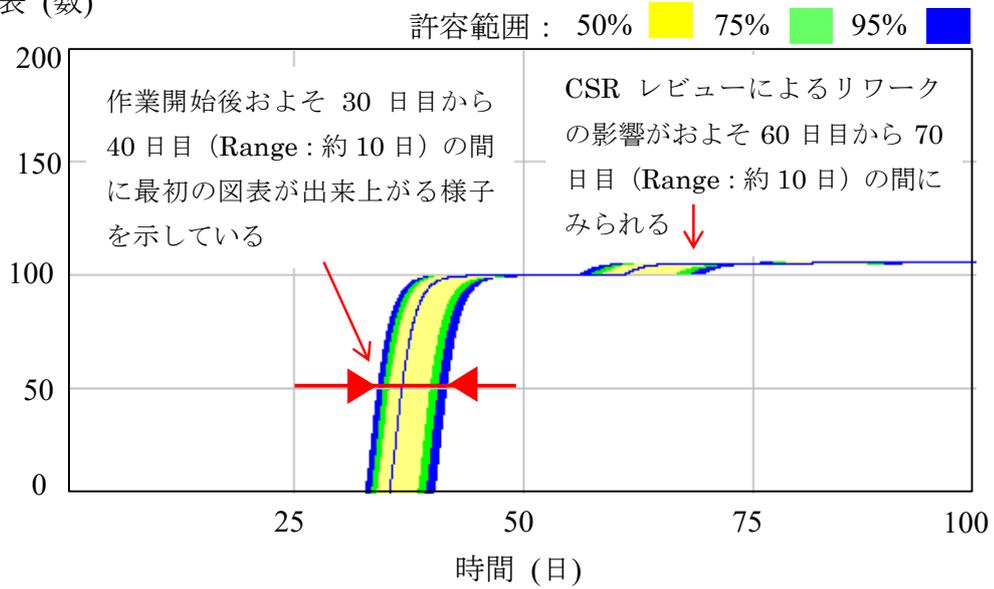


図 5.18 シナリオ 1 に基づく分析結果(図表 (数))

工数 (時間)

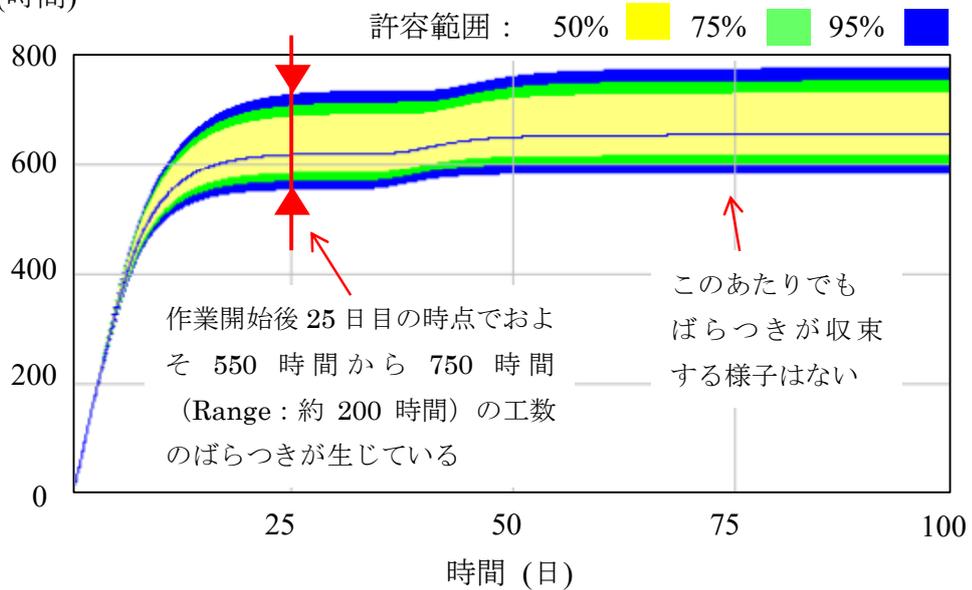


図 5.19 シナリオ 1 に基づく分析結果(工数 (時間))

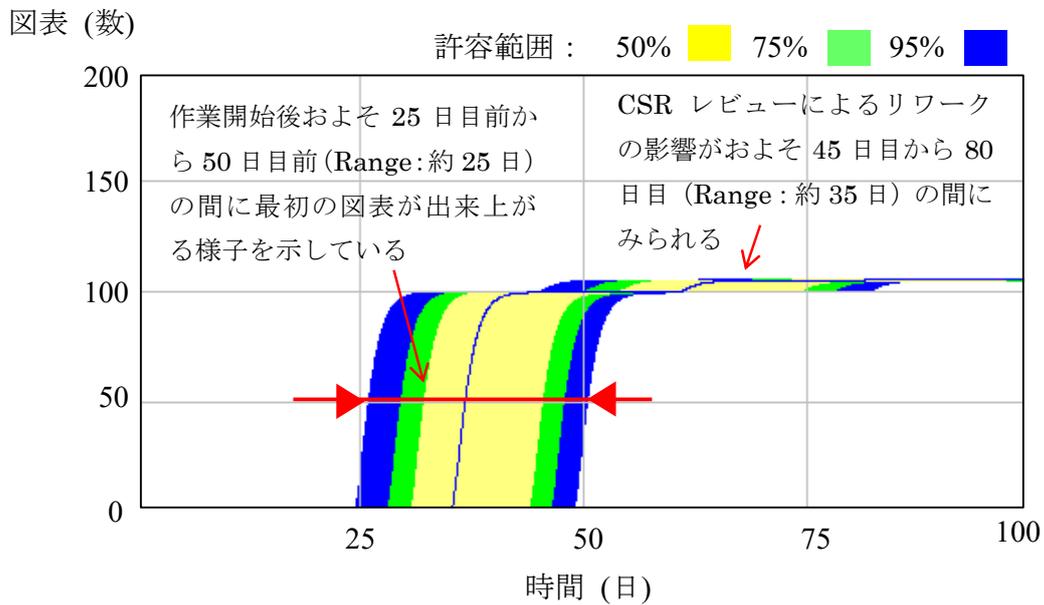


図 5.20 シナリオ 2 に基づく分析結果(図表 (数))

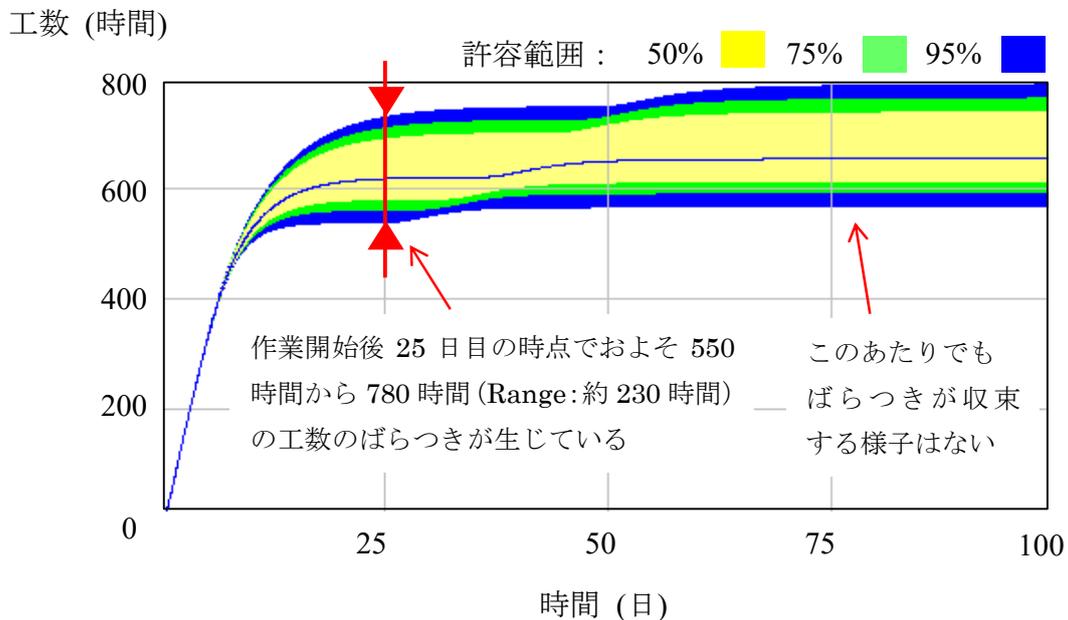


図 5.21 シナリオ 2 に基づく分析結果(工数 (時間))

図表 (数)

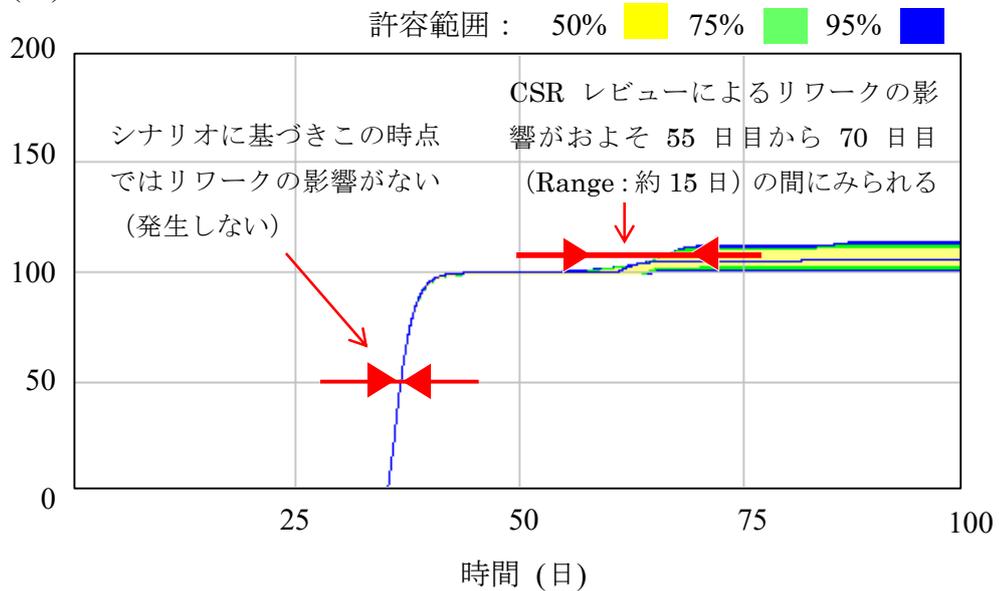


図 5.22 シナリオ 3 に基づく分析結果(図表 (数))

工数 (時間)

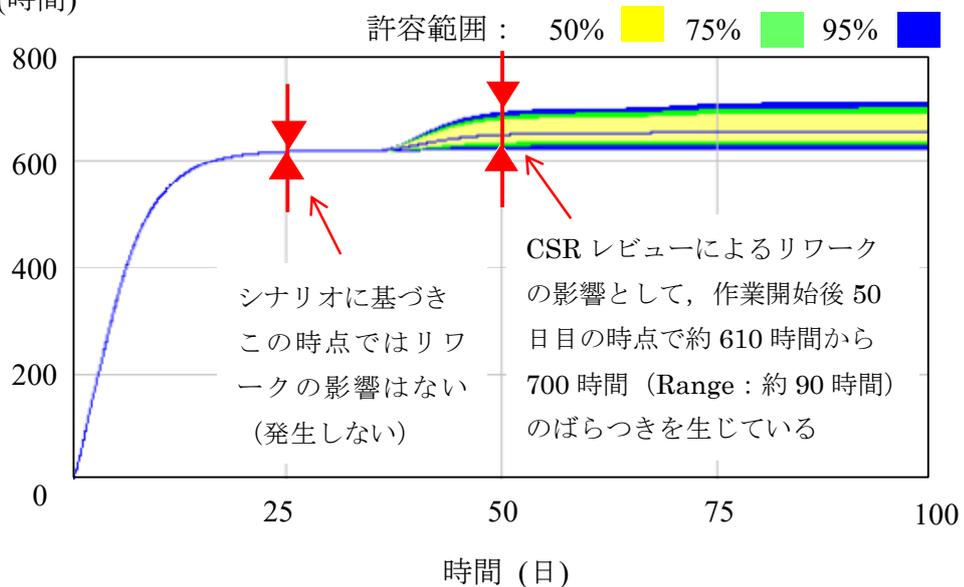


図 5.23 シナリオ 3 に基づく分析結果(工数 (時間))

5.3.4 考察

シミュレーションで得られた結果は大きく異なった。シミュレーションでは、シナリオに従い「フィードバック率」、「リワーク率」および「再作業率（試験結果報告書（CSR レビュー）からリワーク）」の3つの要素の影響について考察した。プログラマは、シミュレーション1, 2, 3それぞれでプロジェクトを開始してからおよそ40日後に100近くのテーブル（図表）を生成する必要があるが、それ以外の場合は、プロジェクトは順調ではない。累計リソースにおいては、シミュレーション1の場合では約580～770時間（Range：約190時間）、シミュレーション2の場合では560～785時間（Range：約225時間）、シミュレーション3の場合では620～705時間（Range：約85時間）という違いがあった。シミュレーション2のばらつき（Range：約225時間）は他のシミュレーションの範囲よりも広いが、実際にはシミュレーション3の影響が他のものよりも強い。なぜなら、シミュレーション3はCSRレビューによるリワークとして、約85時間で最大12のテーブルを作成する結果となっている。シミュレーション1と2のプロジェクトでは、もともと予定されている100のテーブルとCSRレビューによるリワークとして最大5つのテーブルを作るために、それぞれ最大で195時間と225時間が必要であり、1表あたり約1.8～2.1時間の時間が必要である。一方で、シミュレーション3のプロジェクトでは、CSRレビューによるリワークとして最大12個のテーブルを作成するためにおよそ85時間が必要となっている。1表あたりの作成時間は約7時間である。つまり、シミュレーション3のリワークが他のものよりも単位時間当たりにおいてはるかに多くの時間を必要とすることを示している。これは、シミュレーション3のリワークは、シミュレーション1および2のリワークよりも変動性があることを示している。大きな変動性は、プロジェクト管理の観点から問題である。各タスクのばらつきが小さい場合は、プロジェクト管理は容易となる傾向にある。しかし、構築したSDモデルを用いたシミュレーション3から全体プロセスの後半にある変数「再作業率（CSRレビュー）」が大きな影響力をもつことがわかった。大きな影響力をもつ変数の管理は、プロジェクトマネジメント観点からも注力しなければならない。一方、リワークを引き起こすそれ以外の変数である「フィードバックレート」と「再作業レート」は、プロセスの初期段階に位置する。シミュレーション結果をみても、プロセスの初期段階では、リソース全体の挙動に影響を与える変数の不安定性を最小限に抑えることが重要であることがわかる。

しかしながら、やはり、プロジェクトがリワークとチェーン構造を持っている場合、プロセスの後半に不安定性を最小限に抑えることが重要であることがわかる。チェーン構造を持つプロセスの場合、後工程で発生する、構築したモデルでは変数「再作業（CSRレビュー）」にて生じるリワークはプロセスの最初に戻らなければならないからである。また、シミュレーション1と2は、同じ部署のメンバーで実施されている作業である。しかし、シミュレーション3は異なる部署間で起きたリワークである。したがって、これら部署を跨ぐリワークが発生する場合、これによりプロジェクトが多大な影響を受ける可能性がある[79][80]ため、プロジェクトの早い段階から2つの部署間のより良いコミュニケーションが必要である。2つ異なる部署間におけるより良いコミュニケーションは、より効率的な業務を遂行することが知られている[81][82]。例えば、後工程に関わる人々が、後から要求されるテーブル（表）およびグラフ（図）などの体裁（フォーマット）変更にかかる情報を、前工程のメンバーに事前に通知することができるのであれば、前工程のメンバーにとってその対応は容易であることがある。反対に、直前までこの情報が共有されていない場合は、修正自体は技術的に容易であっても、幾つもの確認作業などの複数の工程をやり直す必要があることにより、当然リワークの影響が大きくなる。筆者によるこの分野の有識者へのヒアリングでも、このような異なる2つの部署間での情報の共有の失敗という事例が度々みられるとのコメントがあった。プロセスの後期段階で何が発生するのかという点に着目し、その要点を管理することは極めて重要である。これら後期段階にある変数値を効率的に管理するためには、現実的に2つの部署間の良好なコミュニケーションを保つということも肝要である[83][84]。

5.4 本章のまとめ

本章では、感染症モデルの日本におけるポリオワクチン政策の検討支援の適用とリワークモデルの医薬品開発の臨床試験データ解析プロセス評価への適用を試みた。システム・ダイナミックスのプロジェクトで問題が生じる課題に対し、共通構造である既存のモデルの再利用と手順をプロセス化することの有用性を確認した。

日本における2011年のポリオワクチン問題の政策検討にSDを適用した。ポリオウイルスの伝播をシステムとして捉え、既往研究の成果として共通構造をもつ感染症モデル

を再利用し、当該問題の SD モデルを構築した。モデル化によりシステムの構造的理解が進み、課題解決の要点を明らかにすることができた。課題解決の要点に基づきシナリオを用意して、シナリオに基づくシミュレーションの結果を提示し、これを用いた定量的な施策の議論が推進される示唆を得た。SD の適用が健康維持ための政策議論の推進することを確認した。

第6章 糖尿病予防への健康維持事業計画立案支援プロセスの適用

6.1 本章の目的

本章では、健康維持事業計画立案プロセスを実際の事例を用いてその有用性を確認する。日本では本格的な少子高齢化が進展し、これによる就業世代の減少と彼らが支える高齢人口が増加している。このような状況で、社会保障制度の持続可能性の確保に向けた取り組みが一層重要視されている。また、健康維持事業の立案にかかる有識者へのヒアリングにあったように、事業の価値を事前に定量的に評価することが望まれている。そこで、ここでは健康維持事業計画立案支援プロセスを糖尿病の予防というひとつの題材に対して適用を行い、その有用性を確認した。これまで、健康維持のための事業計画の立案を支援するプロセスを設計において以下の2つの手法の適用に着想し、そのプロセスを提示した。個々の手法の分析事例を通じて、オープン・データを用いて問題が生じている状況を理解し、問題に関するステークホルダーを把握した上で課題に対する解決策を抽出するためにはテキスト・マイニングの手法が有用であることを確認し、また、問題が生じている構造的な理解とその要点の可視化、およびシナリオに基づくシミュレーションの実施することで定量的な議論の根拠を提示することで施策立案を支援することにシステム・ダイナミクスが有用であることを確認した。この取り組みの中で2つ手法が事業計画立案の支援においてメリットとなる特徴とその限界についても知見を得た。

6.2 糖尿病予防への適用と評価

本研究で設計した健康維持事業計画立案を支援するプロセスの具体的な適応事例として糖尿病を題材とした。糖尿病は、健康上の理由で働きたくても働けない状況にある人々の原因となっている生活習慣病の代表であり、社会的にも注目を集めていることから行政などによる調査が実施され、公表されているデータが豊富である。また、関連研究でも糖尿病を題材としたものが複数認められるため研究の観点からも有用である。

6.2.1 糖尿病

糖尿病は、ひとたび発症すると治癒することではなく、重度の合併症を併発し、最終的には透析など働く人たちにとって時間的にも経済的にも負担の多い治療が必要となる[27]. 糖尿病は生活習慣病の代表であり、日本の糖尿病の患者数は2014年に316万6,000人で、2011年の270万人から46万6,000人増えて、過去最高となった[1]. 糖尿病は、ひとたび発症すると治癒することではなく、放置すると網膜症・腎症・神経障害などの合併症を引き起こし、末期には失明や透析治療が必要となることがある。これらの合併症は患者のQOL (Quality Of Life) を著しく低下させるのみでなく、医療経済的にも大きな負担を社会に強いており、今後も社会の高齢化にしたがって増大するものと考えられる。健診で血糖値が高く「要治療」と判定されたにもかかわらず、医療機関で受診や治療を受けていない人の割合が約4割にのぼり、30歳代では約6割に達する[4]. この疾患の対策としては、発症の予防・早期発見・合併症の予防が重要である[7]. また、糖尿病予備群と呼ばれる人々の受診や治療率は低い[8]. 糖尿病は、社会環境やインフラ、また生活におけるストレスなどの影響を大きく受ける生活習慣病の一つである[5]. 日々の生活で口にする料理に含まれる食物・調味料の含有物や大気汚染などの影響は、社会環境や生活する地域のインフラに依存する割合が大きく個人が容易に変えることができない。生活や仕事から受けるストレスも様々な要因から成るものであることから、糖尿病は複雑で大規模なシステムのひとつとして捉えることができる。一方で、糖尿病の要因のひとつである肥満への予防対策としては、日々の運動による適切な体重の管理や食事量の調整など個人の気づきで改善できる部分もある。

6.2.2 糖尿病予防への健康維持事業立案支援プロセスの適用手順

糖尿病に対しては発症の予防・早期発見・合併症の予防が重要であるが、これらの人々が糖尿病を発症し、状態が悪くなってから医師の診断を求めるという行動を回避するため、予防に意識を向かわせ国民一人ひとりが実際に行動変容を起こすことが重要である。

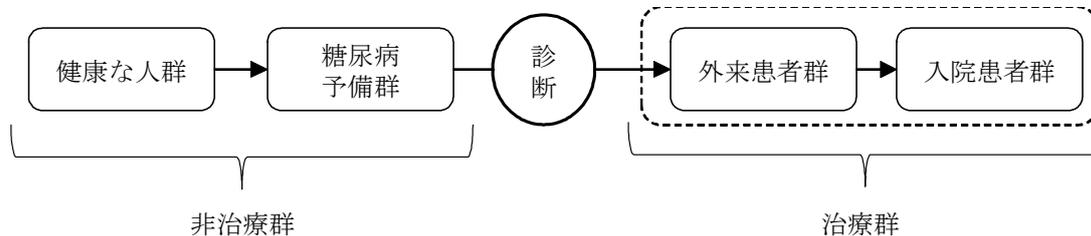
そこで、健康維持に関する領域における問題として糖尿病の予防に着目し、第3章で設計した事業計画立案支援プロセスをこれに適用した。手順としては、まず糖尿病の進

行プロセスに基づき実行可能な SD モデルを構築した。そして、課題解決となる要点をその問題の構造的観点から把握した上で、テキスト・マイニングによるオープン・データの分析から当該の問題領域における着目すべき選択肢を抽出し、この選択肢を構築した SD モデルの課題解決の介入のポイント（要点）に代入し、その解決策の影響をシミュレーションの実施により定量的に明らかにした。これが健康維持事業の計画立案の支援としての議論を活性化することに有用であるかを確認した。

加えて、本章では、テキスト・マイニングとシステム・ダイナミックスの2つ手法を組み合わせること、これら2つ手法が事業計画立案の支援においてメリットとなる部分とその限界について認識することも意識した。事業計画立案の支援において貢献できる部分とそうでない部分を考察し、たとえば、個々の手法だけではカバーできない部分があるのか、ある場合にはこれを相互に補完することが可能なのか、或いはそうではないのか。また、それぞれの手法が事業計画立案の問題の把握とその問題を解決するための課題設定のための分析プロセスにおいてどのような位置づけなのかについても注意した。

6.2.3 モデルの構築

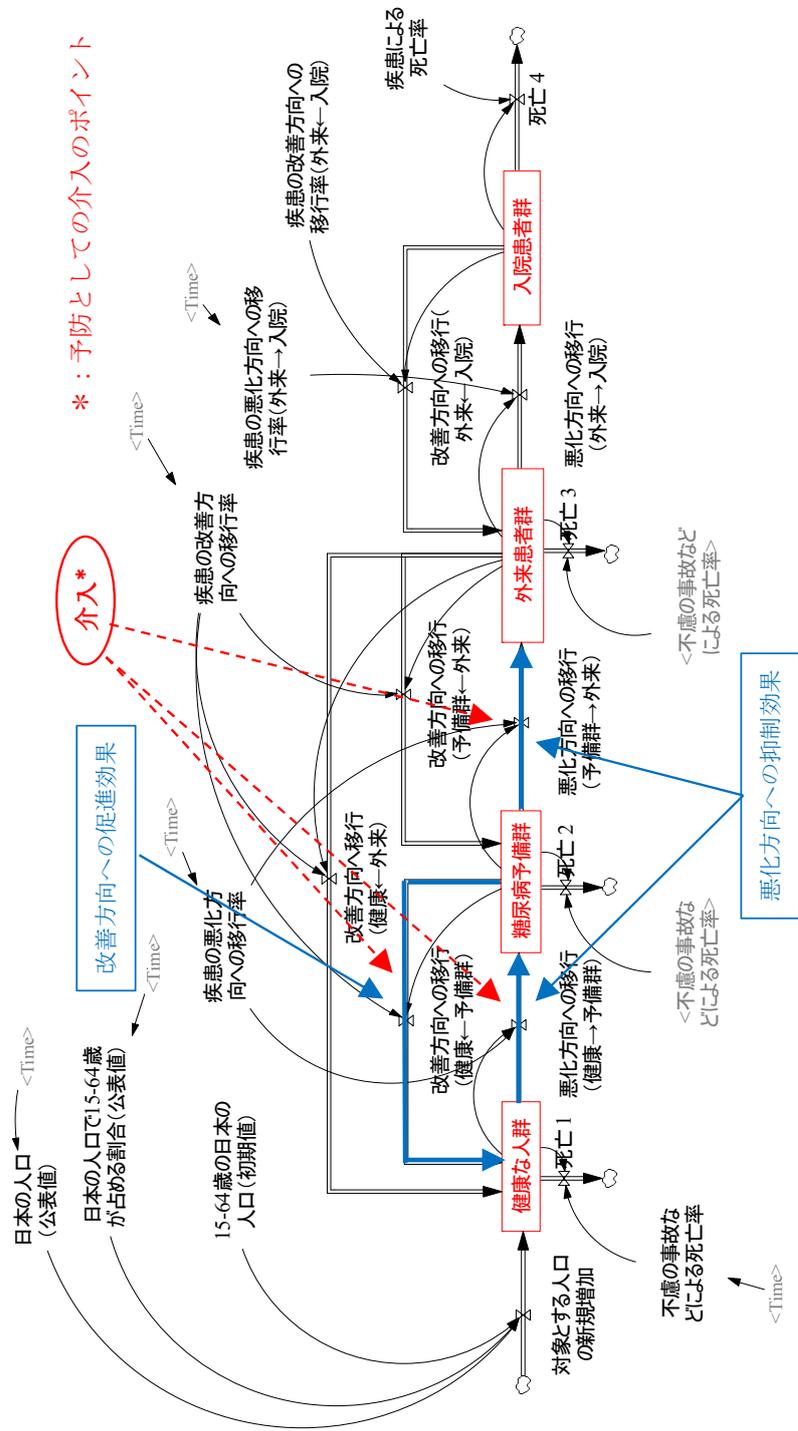
SD モデルの骨格には糖尿病の進行プロセスをベースに基づく。図 6.1 (図 3.2 の再掲) として、SD モデルの骨格となる糖尿病進行プロセスに予防の介入ポイントと補足説明を記した。図 6.1 は、厚生労働省による患者調査の概況[1]と生活習慣病対策[11]における病態の区分を参考に糖尿病疾患の進行ステージを4つの区分で表現したものである。各ステージをつなぐ矢印は一般的な病態の進行のプロセスの向きを示している。このプロセスを流れるのは人である。ここでは、糖尿病の病態のステージは4つで「健康な人群」、「糖尿病予備群」、「外来患者群」を経て「入院患者群」となる変遷を経るが、これを SD モデルとして表現し、その周辺に必要なパラメータを組み込み、モデルを構築した。モデルの構築にはシステム・ダイナミックスのソフトウェアのひとつである Vensim を用いた。



出典：厚生労働省による患者調査の概況[1]と生活習慣病対策[11]から筆者が作成

図 6.1 糖尿病進行のプロセス (図 3.2 を再掲)

本研究の SD モデルは、この糖尿病進行プロセスをベースに、糖尿病の病態を示した 4 つのストックとそれらを繋ぐフローで構成した(図 6.2)。「健康な人」、「糖尿病予備群」、「外来患者」および「入院患者」の 4 つストックをフローで繋ぎ、健康な状態から糖尿病における疾患の進行に応じた状態の変遷を表現している。本モデルを流れるのは人である。単位は「人数」で、対象は日本における 15-64 歳の人口である。期間は、厚生労働省による平成 26 年 (2014) 患者調査の概況[1]より糖尿病の入院および外来に掛かる推計患者数 (公表値) が入手可能な 1996 年から 2014 年の 18 年間とした。また、Time step は 1、単位は「年」とした。日本における 15-64 歳の人口を対象とした理由は、本研究は健康を維持し、生涯に渡って元気に働きたいという人がそうあり続けられるようなさらなる取り組みの計画立案を支援することを目的としていることから、日本における年齢別人口のうち 15 歳以上 65 歳未満の人口層で労働力の中核を成すと考えられている生産年齢人口に該当する人々に着目しているためである。人口に係る初期値や各ストックの初期値には、公官庁による統計データとして入手可能な公表値をできる限り用いた。日本の人口および日本の人口における 15-64 歳の人口は、総務省統計局による人口推計の結果の概要[85]から我が国の推計人口 (大正 9 年～平成 12 年) と長期時系列データ (平成 12 年～27 年) を参照している。4 つのストックの初期値には、厚生労働省による患者調査の概況[1]における糖尿病患者数の推移や人口の推移や人口動態[86][87]などの公表データを参照し、基本的にこれらの値を利用し、それぞれの値を設定した。



* : 予防としての介入のポイント

図 6.2 糖尿病の進行プロセスに基づくシステム・ダイナミクスモデルと予防としての介入のポイント

4つのストックにおける初期値の設定では、まず、公表値での年齢人口別の患者数が明確であった「外来患者群」の値を設定した。ここでは糖尿病患者数の推移[1]から2014年の糖尿病の外来患者の総数と15-64歳の患者数の割合を算出し、さらに、この割合を利用して1996年の糖尿病の外来患者数の総数から約58万4千人を算出し、これを「外来患者群」の初期値として設定した。次に、「入院患者群」においても同様の方法で算出し、約9万人を初期値として設定した。続いて、「糖尿病予備群」の初期値には、厚生労働省による平成24(2014)年国民健康・栄養調査結果の概要[28]における1997年の「糖尿病が強く疑われる人」(約690万人)と「糖尿病の可能性を否定できない人」(約680万人)の合計約1,370万人を参考に、2014年までの増加傾向から遡り、1996年の値として約1,320万人を算出し、さらにこの値から当該の統計データの解析対象者の年齢構成を考慮して15-64歳の日本の人口における「糖尿病予備群」を約1,153万人として算出し、初期値として設定した。「健康な人群」は、1996年の15-64歳の日本の人口(約8,712万人)から糖尿予備群(約1,153万人)と外来患者群(約58万4人)および入院患者群(約9万人)を引いた約7,492万人を1996年の日本における15-64歳の人口として初期値に設定した。ちなみに、「健康な人群」と「糖尿病予備群」は図6.1における「診断」の前に該当し、これらを足し合わせた人々を「非治療群」とよぶ。また、反対に「診断」の後に該当する「外来患者群」と「入院患者群」を足し合わせた人々を「治療群」と呼ぶ。なお、本研究の糖尿病予備の対象となるのは「健康な人群」と「糖尿病予備群」からなる「非治療群」である。

次に、これら4つのストックの状態に影響を与える値をパラメータとしてモデルに組み込んだ。パラメータとは、単項式・多項式または方程式の各項において、ある変数に着目した際、その変数から成る単項式にかけられている数または文字に該当し、割合や比率が多く用いられる。このモデルのインフローは「対象とする人口の新規増加分」であるが、これは「日本の人口(公表値)」と「日本の人口で15-64歳が占める割合(公表値)」から求めた「15-64歳の日本の人口(公表値)」と「日本の人口(公表値)」の差分である。そして、これが以降の4つのストックを流れる。ただし、本研究では、インフローとなる「対象とする人口の新規増加分」は、対象とする日本における15-64歳の人口は1990年前半をピークにその後は減少に向かっており、このモデルで扱う1996年から2014年の期間においても減少を続けているため結果としてモデルへの影響は与えていない。

反対に、本モデルのアウトフローは死亡である。「死亡 1」、「死亡 2」、「死亡 3」および「死亡 4」の影響により各ストックの人口が変動（減少）していく。この死亡による各ストックの人口の減少は、「死亡 1」、「死亡 2」および「死亡 3」にかかるパラメータである「不慮の事故などによる死亡率」と「死亡 4」へのパラメータ「疾病による死亡率」によって決まる。加えて、それぞれのストックにおける人口の変化は、死亡による影響の他に、「健康な人群」に滞在する人々が「悪化方向への移行（健康→予備群）」を経て「糖尿病予備群」への疾患の悪化方向へ移行するルートがある点に注意しなければいけない。また、「健康な人群」において言えば、悪化方向だけでなく、「糖尿病予備群」に留まる人々が「改善方向への移行（健康←予備群）」を経て「健康な人群」に戻るルートがある。本研究では、特に非治療群におけるストック間の悪化方向や改善方向への人々の移動への介入が議論の焦点となることから、ストックを流れる人の数は慎重に扱う必要がある。したがって、日本の 15 歳から 64 歳までの健康な人を含む糖尿病の非治療群に対する介入の影響を観測するためにも、そのわずかな効果をも見逃さないよう、モデルから得られる値はできるだけ公表値に近いものである必要があり、表関数 (Lookup 関数) を用いてこれを実現した。そこで、死亡による各ストックからの人の流出についても慎重に検討が必要である。

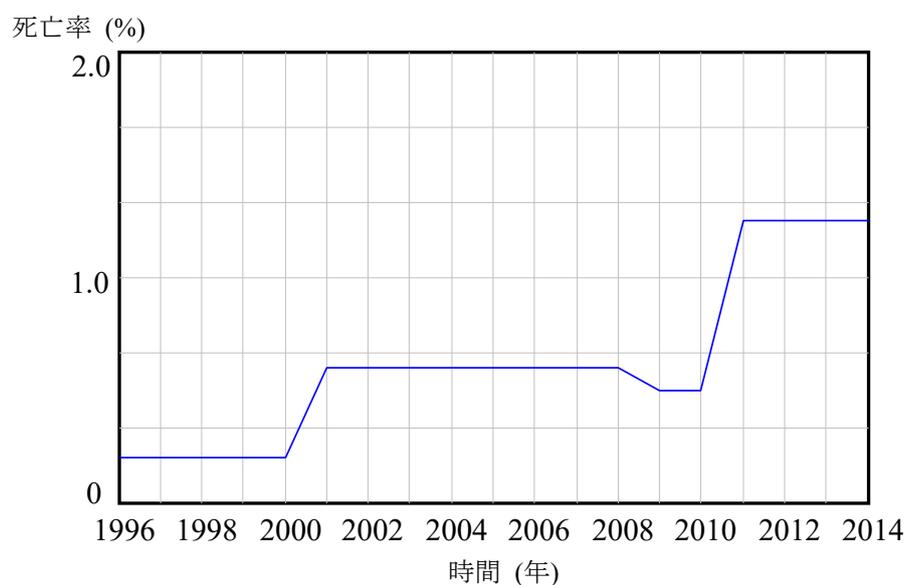


図 6.3 不慮の事故などによる死亡率 (表関数の設定値)

たとえば、パラメータ「不慮の事故などによる死亡率」の設定には、一定期間の平均値のような一律の値ではなく、1996年から2014年の実際の値を使用することを検討した。厚生労働省による人口動態統計[87]から不慮の事故を死因とする死亡率を参照し、死亡率の推移を経年で通して確認すると死亡率はその年ごとに変動していることが確認できた。この公表値を参考にパラメータ「不慮の事故などによる死亡率」には、年度ごとに変動する値を算出し、これを設定した(図 6.3)。なお、Vensim ではこのような設定は表関数の機能を利用することで可能である。一方で、「死亡 4」にかかる「疾病による死亡率」についても同様に厚生労働省による人口動態統計[87]から糖尿病を死因とする死亡率を参照したが、65 歳以上に比べ 15-64 歳における糖尿病を死因とした死亡率は少なく、経年変化もみられなかった。したがって「疾病による死亡率」にはパラメータ値として 0.0333 を設定した。

死亡のパラメータ値以外にも表関数を用いて経年の変化を考慮した値の設定が必要になるものがあった。たとえば、糖尿病が進行する割合や、逆に健康な状態に戻る割合に相当する値である。「外来患者群」と「入院患者群」の経年の実際の推移を公表値[1]より確認した。すると、今回対象とした期間を通した外来患者数は公表値で増加傾向にある一方で、入院患者数は減少傾向にあった。入院患者が減少傾向にあった理由は、この傾向は糖尿病だけに限らないのだが、近年の医療費の高騰等を背景にむやみに入院患者を増やさないという政府の取り組みなど、さまざまな施策の影響が考えられた[88]。そこで、この状態を再現するために「疾患の悪化方向への移行率」、「疾患の悪化方向への移行率(外来→入院)」、「改善方向への移行率」の幾つかのパラメータにはその値として公表値を基に算出した値を Vensim の機能のひとつである表関数を用いて設定した。

まず、パラメータ「疾患の悪化方向への移行率」では、社会的な課題として糖尿病への関心が年々高まっているなかで、さまざまな取り組みがなされており、疾患への悪化方向への移行率も影響を受けている[27]ことを考慮し、移行率は健診後の受診率・受領率調査結果[4]に基づき表関数を用いて値を設定した(図 6.4)。

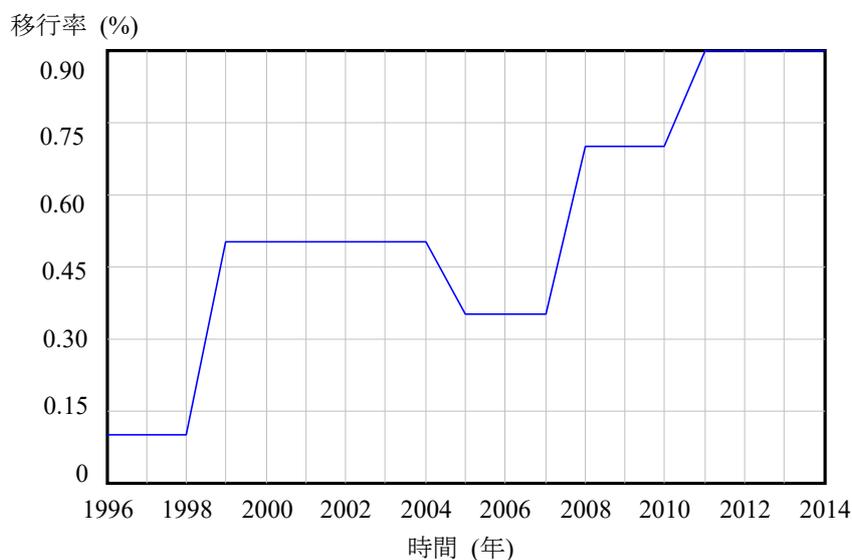


図 6.4 疾患の悪化方向への移行率 (表関数の設定値)

同様に、「疾患の悪化方向への移行率 (外来→入院)」についても、医療費の高騰を背景とした政府による病床数の削減[13]や包括医療費支払い制度 (DPC 制度) の導入[12]の影響が考えられた。そこで、「疾患の悪化方向への移行率 (外来→入院)」は患者調査の概況[1]に基づき設定した。これを図 6.5 に示した。

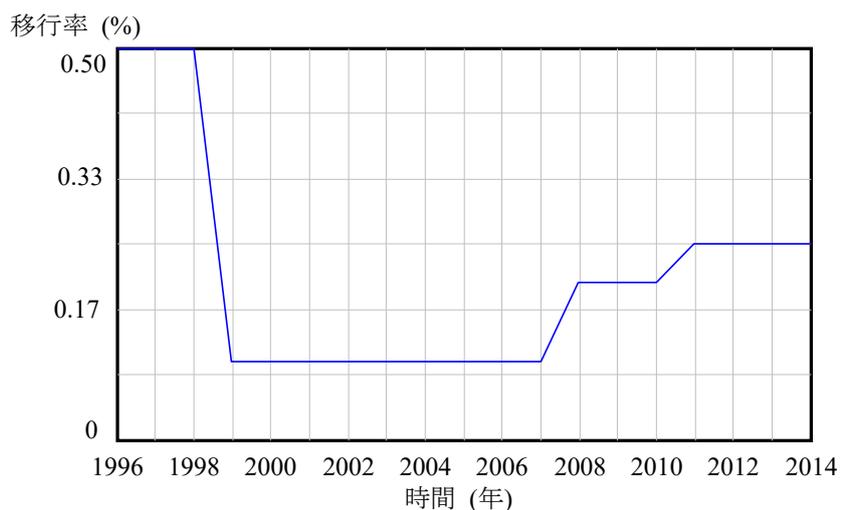


図 6.5 疾患の悪化方向への移行率 (外来→入院) (表関数の設定値)

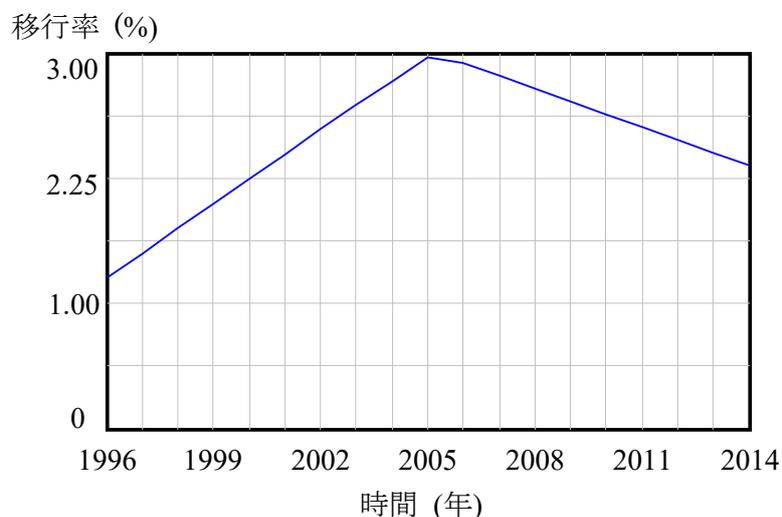


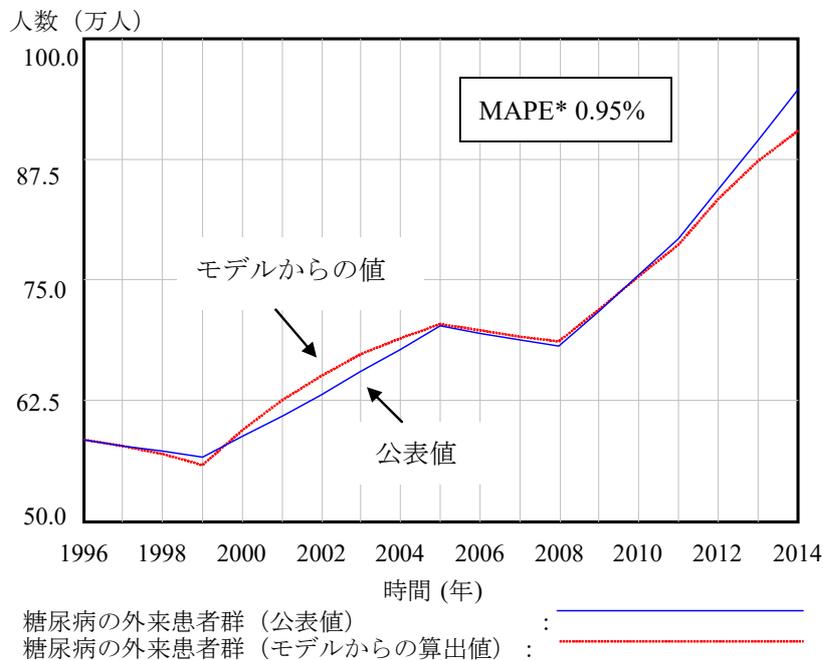
図 6.6 疾患の改善方向への移行率（表関数の設定値）

「疾患の改善方向への移行率」については、2000年代に入ってから政府や医療従事者等による生活習慣改善に向けた取り組みが功を奏している[4][11][21]。これらも同様に公表値を参照し推定値を表関数にてモデルに組み込んだ（図 6.6）。これらの表関数を用いたパラメータ値の設定についてはひきつづき今後の調査で詳しいデータを入手し再定義することで精度の向上が期待できる。

なお、パラメータ値として「入院患者数（公表値）」、「外来患者数（公表値）」、「日本の人口（公表値）」、「日本の人口で 15-64 歳が占める割合（公表値）」においても表関数を用いているが、モデルを実行し得られる算出値を確認するために公表値を再現するために用いており、モデルから独立しているためモデルへの直接的な影響はない。同じく、「糖尿病非治療群の合計（ベース）」は、後述のシナリオに基づくシミュレーション実施時の比較対象の値となるベースの値をグラフとして明示するためにモデル構築時におけるデフォルトの設定から算出される糖尿病の非治療群の経年の値を表関数化したものである。こちらも独立しているためモデルへの影響はない。これらのパラメータについての詳細を文末の別紙に示した。表関数を使用したパラメータはその値をグラフとして示している。

次に、デフォルト値を設定し構築した糖尿病進行プロセスに着目した SD モデルから得られる結果と公表値などによる入手可能な現実の値を比較し、その整合性を確認した。この整合性の確認の工程は、Richardson and Pugh[49]のモデル構築のプロセスにおける構築した SD モデルの「5. 検証/テスト」に該当する。現実の値との整合性の確認には、モデルの構築と同様に公官庁等による公表値を用いた。日本の人口と糖尿病患者数の確認には、1996 年から 2014 年までの日本の人口推計値[85]や人口の推移[86][87]、糖尿病患者にかかる情報[1][4][27]も参照した。糖尿病の外来・入院患者数の比率の推移などは国民医療費の動向[88]から、非治療群における健康な人と糖尿病が疑われる人の人数やその推移については国民健康・栄養調査の結果[28]を参照した。死因別の死亡者数とその割合については人口動態統計[87]を参照した。本稿で構築したモデルを通じて得られる値は、この SD モデルを用いて実施する糖尿病予防に対するさらなる解決策の効果を敏感に読み取る必要性から、モデルの構築時にできるだけ精緻に現実の値を再現できるように公表値を参照し、表関数を用いて設定した。図 6.7 から 6.11 は、1996 年から 2014 年までの公官庁などによる公表値と、本稿で構築したモデルを通じて得た数値をグラフにて比較している。ここでは、ストック「外来患者群」(図 6.7)、「入院患者群」(図 6.8)における人口の推移と、変数「治療群」(図 6.9)や「非治療群」(図 6.10)および「15-64 歳の日本の人口」(図 6.11)におけるモデルを通じた包括的な人口の推移についても整合する傾向を確認した。

まず、ストック「外来患者群」であるが、インフローとして「悪化方向への移行(予備群→外来)」があり、アウトフローとして「悪化方向への移行(外来→入院)」がある。構築した SD モデルにおける「疾患の悪化方向への移行率」はストック「健康な人」から「糖尿病予備群」へ移行するフローである「悪化方向への以降(健康→予備群)」と、ストック「糖尿病予備群」から糖尿病の「外来患者群」へ移行するフロー「悪化方向への移行(予備群→外来)」に影響を与えており、この「悪化方向への移行(予備群→外来)」がストック「外来患者群」のインフローとなっている。またアウトフローである「悪化方向への移行(外来→入院)」も先に表関数を用いて値を設定した「疾患の悪化方向への移行率(外来→入院)」の影響を受けている。この「外来患者群」において、構築した SD モデルから得られる値と 1996 年から 2014 年までの糖尿病の外来患者数の公表値を比較した(図 6.7)。



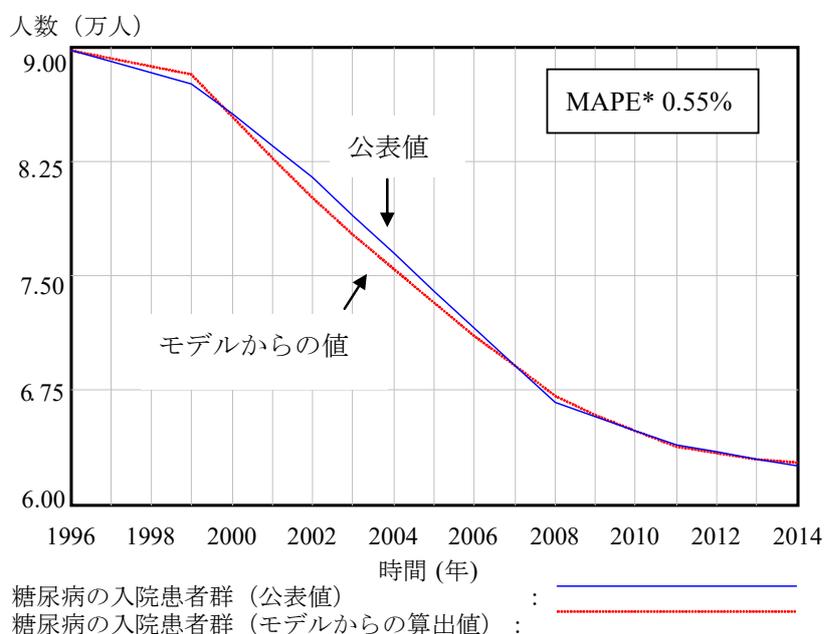
*: Mean Absolute Percent Error (MAPE)

図 6.7 糖尿病の外来患者群(人数)の比較

糖尿病の外来患者群の人数における構築したSDモデルと通じて得られる値と1996年から2014年までの公表値における差を比較し、その誤差の大きさを Mean Absolute Percent Error (以下、MAPE)にて示した。MAPEとは、誤差の絶対値の差を実測値で割り、それを期の数で割ったものに100を掛けてパーセントにしたものである[55]。たとえば、MAPE 20%はMAPE60%よりも誤差が小さいということを示す。時系列分析には複数の精度を見積もる手法がある。モデル構築のアプローチがうまくいっているのかどうかは、その精度の大きさを見ることになる。精度は、過去の実測値とモデルから得られる値の近さを表す「適合度」とも呼ばれ、実測値とモデルから得られる値との差、つまり誤差が小さければ精度が良いということになる。単に引き算にて差を求めると、プラスの値とマイナスの値との相殺によって、ほとんどゼロに近い値になるため、実際には、MAPE (Mean Absolute Percentage Error), MAD (Mean Absolute Deviation), および MSD (Mean

Squared Deviation) などの方法を用いて誤差の大きさを計算する。MAPE は、平均絶対パーセント誤差、もしくは平均絶対誤差率を表す。先の説明の通り、誤差の絶対値の差を実測値で割り、それを期の数で割った値に 100 を掛けてパーセントにしたものである。パーセントに置き換える処理を行っているため、相対的な精度の大きさとして利用することができる。このため、この 3 種類の中では一般によく利用されている。MAD (Mean Absolute Deviation) は、平均絶対偏差を表す。誤差の絶対値の差を期の数で割った値である。実測値やモデルから得られる値と同じ単位で計算されるため、その大きさを見ることで誤差を頭の中でイメージしやすいという利点がある。MSD (Mean Squared Deviation) は、平均平方偏差を表す。誤差の差の二乗を計算し、それを期の数で割った値である。誤差の差を二乗しているため、誤差が大きい場合にはより強調されて計算されることになる。統計でよく利用される分散や標準偏差に近い計算式となっているため、それらと本質的に類似した値として捉えることができる。他にも誤差の大きさ（精度）を見積もる方法があるが、どの計算式が優れているのかという基準はなく、適用する時系列分析の手法、もしくは想定する事象によって使い分ける必要がある。本研究では MAPE を精度の確認方法として利用した。糖尿病の外来患者数の公表値と構築した SD モデルを通じて得られる値における MAPE は 0.95% であった。

次に、糖尿病の入院患者数のストック「入院患者群」に関してモデルから得られる値と公表値について確認した。表関数を用いて設定した「疾患の悪化方向への移行率（外来→入院）」が、「外来患者群」における外来患者が入院へと移行する割合を制御しており、これが「悪化方向への移行（外来→入院）」となって「入院患者群」のインフローとなっている。また、アウトフローは「死亡 4」であるが、これは「疾患による死亡率」により制御されているが、この「疾患による死亡率」は、一度は厚生労働省による人口動態統計[87]から糖尿病を死因とする死亡率を参照し表関数の利用も検討されたものの、65 歳以上に比べ 15-64 歳における糖尿病を死因とした死亡率は少なく、経年変化もみられなかったことから値として 0.0333 が一定のパラメータ値として設定している。SD モデルを通じて得られるストック「入院患者群」の人数と 1996 年から 2014 年までの公表値における入院患者数を比較すると図 6.8 のようになった。このとき、構築した SD モデルを通じて得られる糖尿病の入院患者群の人数と公表値における誤差の大きさ (MAPE) は 0.55% であった。

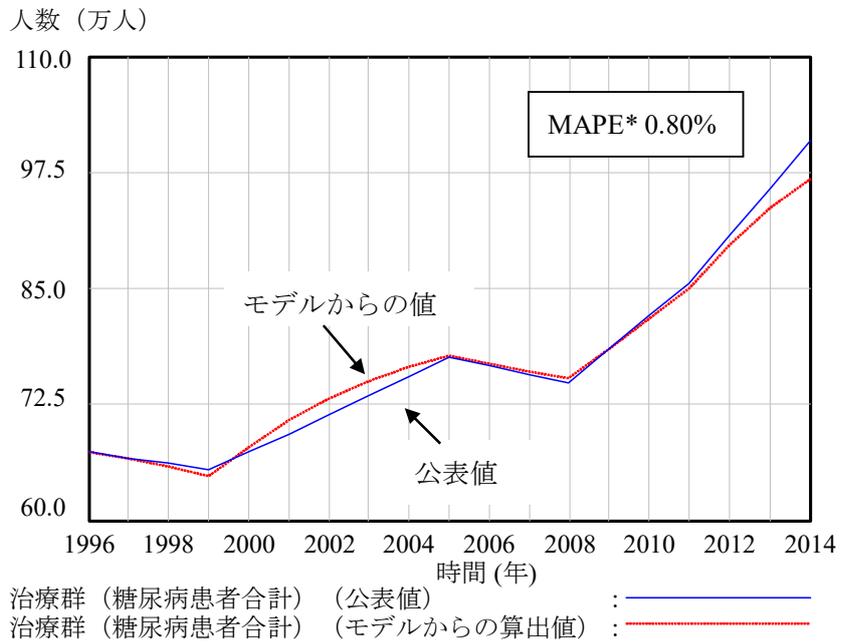


*: Mean Absolute Percent Error (MAPE)

図 6.8 糖尿病の入院患者群 (人数) の比較

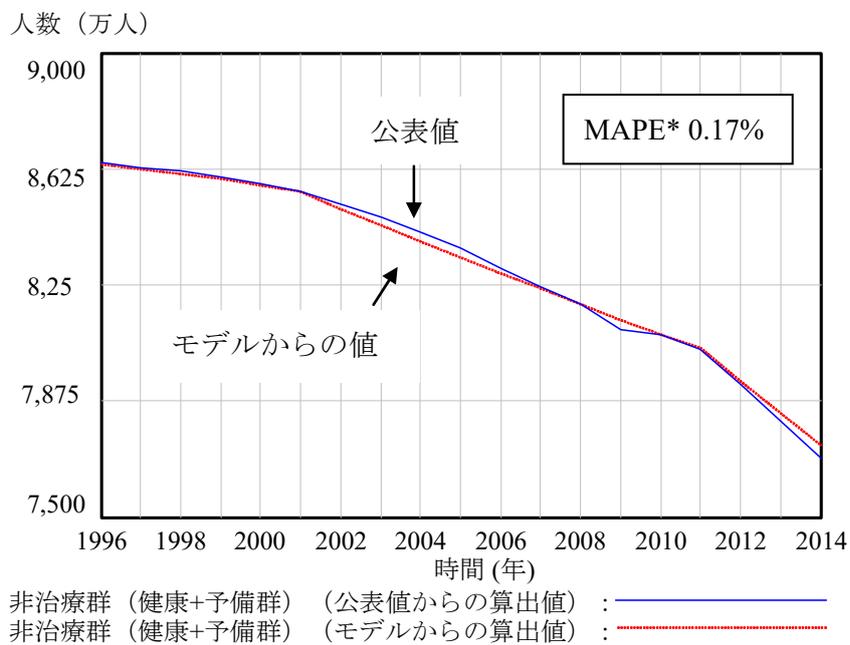
続いて、治療群の人数の比較を行った。ここでは、構築した SD モデルにおけるストック「外来患者群」と「入院患者群」から成る「糖尿病の治療群 (患者数) 合計 (モデル)」と、「外来患者数 (公表値)」と「入院患者数 (公表値)」から成る「糖尿病の治療群 (患者数) 合計 (公表値)」を比較し、図 6.9 に示した。このときの誤差の大きさ (MAPE) は 0.80%であった。

同様に、非治療群の人数の比較を行った。ここでは、構築した SD モデルにおけるストック「健康な人群」と「糖尿病予備群」から成る「糖尿病非治療群の合計 (モデル)」と、「糖尿病の治療群 (患者数) 合計 (公表値)」と「15-64 歳の日本の人口 (公表値)」から算出した「糖尿病非治療群の合計 (算出値)」を比較し、図 6.10 に示した。このときの誤差の大きさ (MAPE) は 0.17%であった。



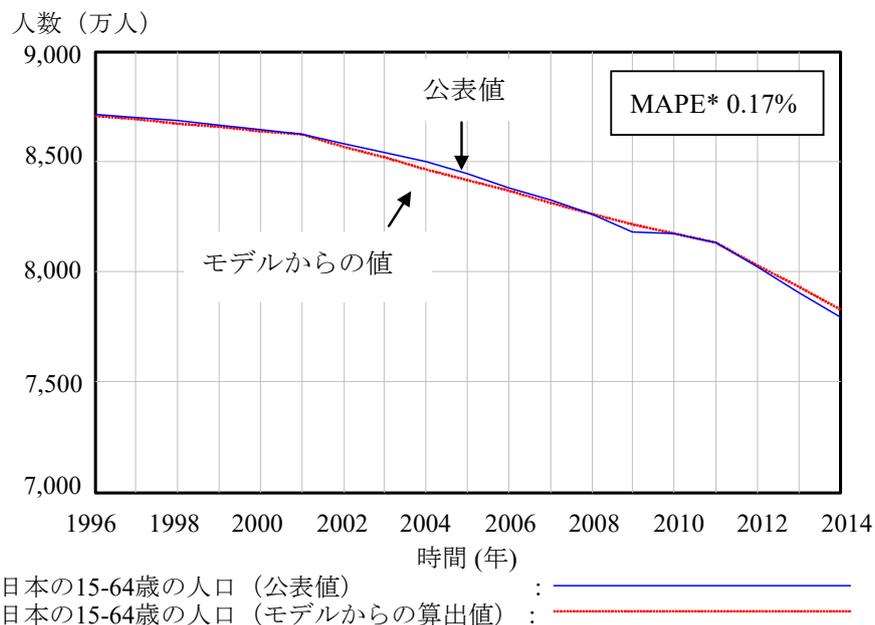
*: Mean Absolute Percent Error (MAPE)

図 6.9 糖尿病の治療群 (人数) の比較



*: Mean Absolute Percent Error (MAPE)

図 6.10 糖尿病の非治療群 (人数) の比較



*: Mean Absolute Percent Error (MAPE)

図 6.11 日本の 15-64 歳の人口の比較

最後に、本研究における主要な集団である日本の 15-64 歳の人口の比較を行った。構築した SD モデルにおける「糖尿病非治療群の合計 (モデル)」と「糖尿病の治療群 (患者数) 合計 (モデル)」と、公表値である「日本の人口 (公表値)」と「日本の人口で 15-64 歳が占める割合 (公表値)」から算出した「15-64 歳の日本の人口 (公表値)」を比較し、図 6.11 に示した。このときの誤差の大きさ (MAPE) は 0.17% であった。

このように、糖尿病の進行プロセスに基づいて構築した SD モデルから得られる値と公表値との比較し、誤算の大きさを MAPE にて確認した。

6.2.4 テキスト・マイニング手法による糖尿病予防における介入選択肢の抽出

以上まで、糖尿病の進行プロセスに基づく SD モデルの構築を行った。しかし、この時点では、具体的な解決策としての選択肢がない。そこで本節では、オープン・データをテキスト・マイニングにて分析し、当該領域の問題における課題への解決策の選択肢の抽出を試みた。

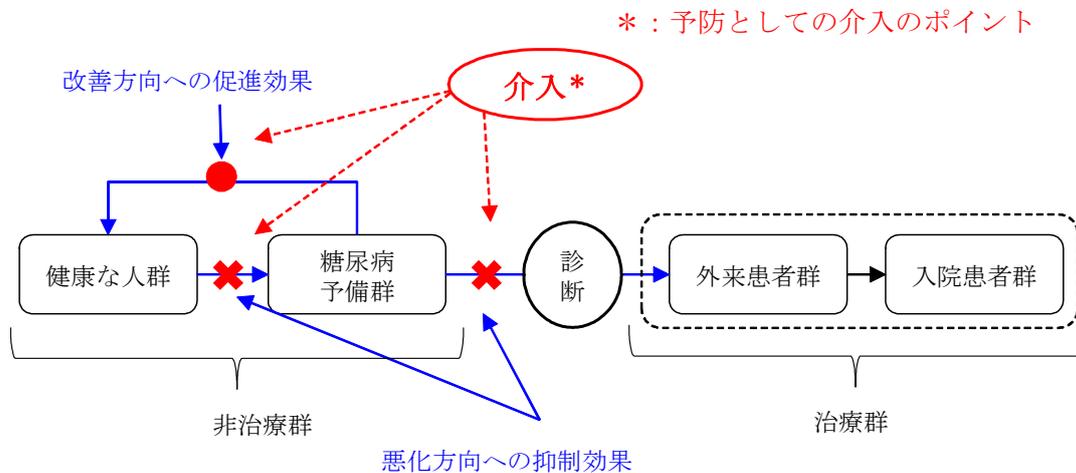


図 6.12 糖尿病進行プロセスにおける予防の介入のポイント (図 3.3 を再掲)

図 6.12 は、厚生労働省による患者調査の概況[1]と生活習慣病対策[11]における病態の区分を参考に糖尿病疾患の進行ステージを 4 つの区分で表現し、各ステージをつなぐ矢印は一般的な病態の進行のプロセスの向きを示したものであるが、ここに介入のポイントを×印と●印で示した。介入のポイントは、糖尿病の非治療群を対象に病態の悪化を抑制する効果に関する介入のポイントが 2 点、病態の改善を促進する効果として 1 点の計 3 点である。これら介入のポイントに、健康維持を目的とした事業の計画立案において糖尿病の予防の解決策となる選択肢を代入する。この解決策の選択肢を、オープン・データをテキスト・マイニングにて分析することで抽出するという流れである。

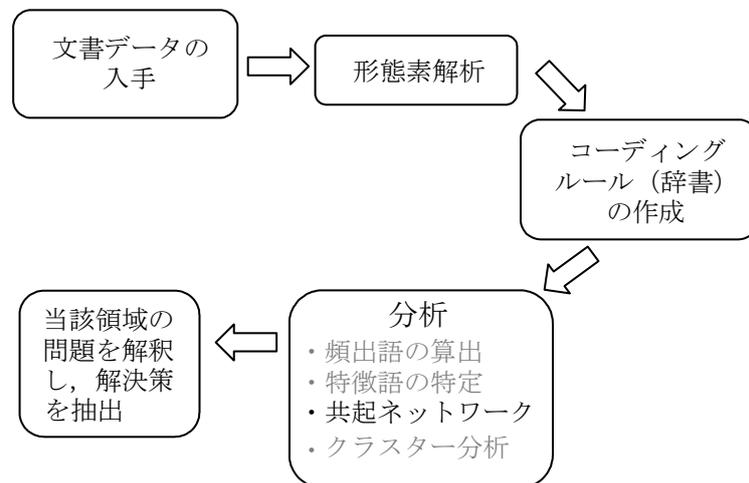
繰り返しになるが、糖尿病の進行プロセスに基づき構築した SD モデルへの介入のポイントは次の 3 点である。

介入のポイント

- ・病態の悪化を抑制する効果 (健康な人群から糖尿病予備群へ)
- ・病態の悪化を抑制する効果 (糖尿病予備群から外来患者群へ)
- ・病態の改善を促進する効果 (糖尿病予備群から健康な人群へ)

6.2.4.1 分析の流れ

テキスト・マイニングにおける一般的な分析の流れは、第4章と同様に図6.13に示した流れに従い実施した。まず、分析対象となる当該領域の問題に関する文章データを入手した。この文章データに対して形態素解析を実施する。形態素解析には、ほとんど場合はコンピュータで動作するソフトウェアなどを用いる。本研究では、KH Coder [66]を用いた。形態素解析したデータをそのまま次のステップとして分析にかけることもできるが、通常は辞書のようなコーディング・ルールを作成する。コーディング・ルールとは、例えば、研究の「テーマ」という単語と「題材」や「主題」という単語を「テーマ」としてまとめることである。これにより、単語の出現頻度を比較したいときなど、文脈にあった意味を踏まえて分析の対象とする文書データごとにルールを定めることで、より抽出結果の精度を高めることができる。そして、頻出語の算出やカイ二乗検定を用いた特徴語の特定、共起ネットワーク図の作成やクラスター分析などを期間別の集計などといった工夫を加えながら繰り返し行うことが多い。最後に、当該領域の課題についての分析結果の考察を行った。



出典: 中島ら[65], 樋口[66] から筆者が作成

図6.13 テキスト・マイニングにおける分析の流れ (図4.2を再掲)

6.2.4.2 分析に用いたデータ

健康維持のための事業計画立案支援に用いる新聞記事を調査した。本章での対象は、健康維持にかかる領域から、具体的には糖尿病とその予防に関する問題を扱う。そこで、Web ブラウザから 2017 年 11 月 29 日時点における日本経済新聞（電子版）において、検索用語を「糖尿病 生活習慣病 予防」として検索し、該当した 229 件の記事を文書データとして用いた。検索にてヒットした記事には、該当の領域における問題を俯瞰的にまとめ、その要点と展望を述べるものもあれば、そうでないものもあった。また、専門家らによる調査報告書や発表資料などを簡潔に紹介するものから、日常の生活において一般消費者の直面する当該領域の問題や課題について個人の意見をまとめた記事などがみられた。これらの記事を詳細に選別することなく、そのまま文章データとして用いた。

6.2.4.3 データ分析

入手した文章データから当該領域の問題や課題の把握を試みた。テキスト・マイニングの標準的な手順に従い、文書データを自然言語解析にかけ、コーディング・ルールの作成を経て共起ネットワーク分析を実施した。

コーディング・ルールでは、まず「メタボリックシンドローム」や「人口知能」を強制抽出語（タグ）として設定し、つづいて、「メタボリック」、「メタボリックシンドローム」、「内蔵脂肪型症候群」や「肥満症」などを「メタボ」とした。一方で、「生活」および「習慣」は「生活習慣病」としてひとまとめとすることも検討したが、新聞記事中での文脈からひとまとめにすることは適切でなかったため、それぞれをまとめずにそのまま残すなどの処理を行った。KH coder にて分析に用いる語は、名詞、サ変名詞、およびコーディング・ルールで設定した強制抽出語（タグ）とした。

文書データの分析では、先に述べたように、通常では頻出語の算出やカイ二乗検定を用いた特徴語の特定、共起ネットワーク図の作成やクラスター分析などを期間別の集計などといった工夫を加えながら繰り返し行うことが多いが、本節での分析の目的は、糖尿病の疾患進行のプロセスを骨格として構築した SD モデルにその介入ポイントに代入

6.2.4.4 糖尿病予防のための介入選択肢の抽出

糖尿病の予防の解決策としての選択肢となる用語を共起ネットワーク（図 6.14）から抽出する。分析に用いた文書データ内である語と他の語と一緒に出現することを共起といい、共起する語を線で結んだものが共起ネットワークである。共起ネットワークでは、線で結ばれているかどうか重要であり、近くに付置されているだけで、線で結ばれていなければ共起関係はない[89]。KH Coder の共起ネットワークは、出現パターンの似通った語、すなわち共起の程度が強い語を線で結んだ共起ネットワークを描いている。共起ネットワークは、中心性に基づいて、語の出現頻度や語と語の結びつきの程度を、円の大きさや色あるいは円を結ぶ線の大きさによって表示する。KH Coder では、共起ネットワークによる語と語のネットワークの表示方法として 6 種類が用意されている。最初の 3 つは、「中心性（媒介）」、「中心性（次数）」、「中心性（固有ベクトル）」である。これらは、中心性に基づいて、それぞれの語がネットワーク構造の中でどの程度中心的な役割を果たしているかを表す。次の 3 つは、比較的強くお互いに結びついている部分を検出してグループ分けを行うものである。「サブグラフ検出」において共起関係の媒介性、randomwalks および modularity に基づいた方法である [90]。

本研究の第 4 章で実施した共起ネットワークにおいても、ハブとなっている用語が当該領域の問題の解決策として示されていた。共起ネットワークでハブとなっているものは、「中心性（媒介）」または媒介中心性と呼ばれ、共起ネットワークでそれを認めることができる。媒介中心性は、さまざまなネットワークにおいて、他の頂点との間にあって、それらをつなぐ働きをする頂点を見出そうとする中心性座標である[91]。つまり、他の頂点同士をつなぐ最短距離上に位置する頂点は、頂点間の仲介や情報のコントロールが可能な点で有力であり、より多くの頂点間の最短距離上にあるほど影響力が大きい。たとえば、頂点間の移動において中継地点になるという意味では交通の要衝、情報の迅速な伝達にかかわる点では情報通の個人を指す[90]。中心性座標は、KH Coder のバックグラウンドで稼働する解析ソフトウェアの R で算出され、中心性得点とクラスター番号からそれぞれの用語の位置づけを定量的に確認できる[92]。R では中心性得点として、媒介中心性は「betweenness」として、次数中心性は「degree」として、固有ベクトル中心性「evcent」が算出され、クラスター番号として、サブグラフ検出（媒介）は

「community_betweenness」, サブグラフ検出 (modularity) は「community_modularity」
はに, サブグラフ (randomwalks) は「community_randomwalk」として算出される.

図 6.14 では「習慣」, 「改善」や「指導」などが語と語のつながりの中心であることを示している. これらの用語は, 共起ネットワークの「中心性 (媒介)」から中心性の高い用語であることを示しており, 第 4 章ではハブとなっていた用語と同じ位置づけである. ここでもハブとなっている「中心性 (媒介)」の高い用語に着目する. KH Coder では, 中心性の高さに基づいて色分けが行われており, ピンク, 白, 水色の順に中心性が高いことを表している. それぞれの語がネットワーク構造の中でどの程度中心的な役割を果たしているかを色で表現している[89]ことから, KH coder では, 共起ネットワークにおけるピンク色にて表示された用語に注目すればよい.

そこで, 糖尿病の予防を題材とした健康維持を目的とした事業計画立案における具体的な解決策を抽出することを目的に共起ネットワークでの検討を行うが, 整理するために, 文章データの検索に用いた「糖尿病」, 「生活習慣病」, および「予防」という用語を起点として, 共起ネットワーク上において線で繋がっている媒介中心性の高い用語とそれら媒介中心性の高い用語の一つ先に位置する用語のみを残して図 6.15 とした.

図 6.15 では, 検索用語である「糖尿病」, 「生活習慣病」, および「予防」が水色の丸で表示されているため, これらの用語は媒介中心性としての位置づけは高くないことがわかる. しかしながら, ここから共起が生じ (線で繋がって), 媒介中心性の高い (ピンク色で示された) 用語が幾つかあるのでこれに注目する.

ひとつめは, 比較的媒介中心性の高い (白色で表示された) 「生活」から「リスク」と繋がり「発症」, 「予測」を経て, 「遺伝子」, 「解析」や「診断」となっているまとまりである. 近年の遺伝子解析や診断・予測の技術の進展を背景に, 糖尿病などの生活習慣病の発症予測やそのリスク解析などへのこれらの利用が高まっている. 糖尿病の予防の解決策としてはひとつのアプローチであるが, 生活習慣病や糖尿病は既にしっかりしたエビデンスが確立された領域であり, 診断・予測という視点では, 既に健康診断事業がある.

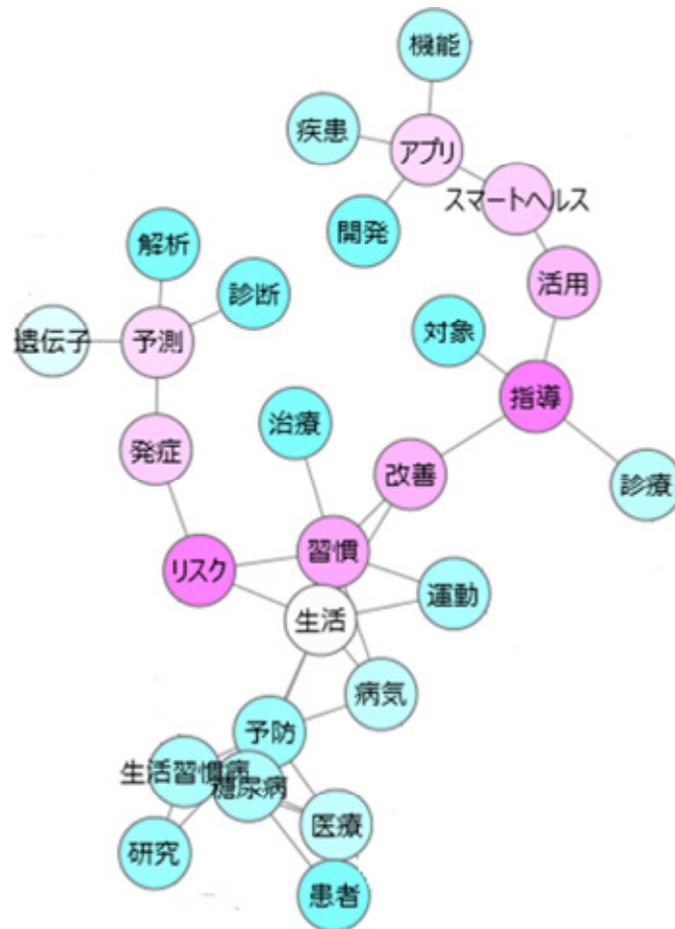


図 6.15 共起ネットワークにおける媒介中心性の高い用語

もうひとつは、「生活」から「習慣」、「改善」、「指導」となり、さらにその先に「活用」、「スマートヘルス」や「アプリ」といったまとまりである。「アプリ」の先には「開発」、「疾患」や「機能」といった用語が表示されている。これらの意味を読み解いてみると、「アプリ」と「スマートヘルス」の組み合わせから、ここでいう「アプリ」はスマートフォンで利用するアプリケーションの「アプリ」であることが推測でき、これらを「活用」して、生活習慣の改善から生活習慣病である糖尿病を予防するという文脈であることがわかる。これらは、健康維持を目的とした事業におけるさらなる取り組みとして検討に値する。これらについて情報を収集してみると、健康・医療の分野における課題解決にデジタル技術やICT（Information and Communication Technology）を活用する取り組み

があった。近年では、デジタル技術や ICT が発展し、他のさまざまな分野でその効果が明らかになる中で、医療等の分野でもこれらを活用しようというメッセージが発信されている。たとえば、経産省は健康な人をより健康にというコンセプトのもとに健康寿命延伸といったいわゆる予防へのデジタル技術の活用注目している[93]。こうした健康・医療の課題解決にデジタル技術や IoT を活用する取り組みはデジタルヘルス (Digital health)、ヘルス・テック (Health tech) や m-Health などと呼ばれ[94][95][96]、まだ一般化はされていないが、スマートヘルスケアと呼ばれることもある。これら取り組みの中で特に、人の生体データから得られる情報をユーザーに還元し、広報変容を生じさせる取り組みである。このような取り組みを、本研究では「スマートヘルス」 (Smart health) と呼ぶ。共起ネットワーク中の「スマートヘルス」という表示は、新聞記事に現れた「デジタルヘルス」や「ヘルス・テック」という用語などをテキスト・マイニングのコーディング・ルール作成の過程で「スマートヘルス」としている。コーディング・ルールでは他にも「メタボリック」、「メタボリックシンドローム」、「内蔵脂肪型症候群」や「肥満症」などを「メタボ」とするといった処理も行っている。平成 28 年の総務省による情報通信白書[103]では、スマートヘルスの活用ではウェアラブル端末の利用がみられるが、日本におけるウェアラブル端末の普及率は 2014 年に 0.5%、2015 年は 0.9% とまだ少ない。しかし、健康や医療の課題に対する ICT や IOT の活用への期待は高く、社会保障制度を支える予算を大きく圧迫している医療にかかる費用の削減への言及もある[98][103]。社会保障制度の疲弊という問題の領域では、生活習慣病や認知症への罹患、そして介護などによる健康な働き手の離職という状況がある[97]、一方で、健康や医療の課題解決にデジタル技術や ICT を活用する取り組みへの期待があり[98][99]、海外では既にデジタル IoT 製品やサービスの効果をたとえば糖尿病などの実際の疾患へ適用し、その効果を定量的に計測し、評価を行った研究が存在する[100][101][103]。

このような手順を経て、また、選択肢の抽出の検討から本研究ではスマートヘルスの活用を、オープン・データをテキスト・マイニングにより分析した結果より、解決策として抽出した。この解決策としてのスマートヘルスの活用を先に構築した SD モデルの介入のポイントへ代入し、現在の日本における糖尿病の予防としての効果が、就業世代の減少という社会的問題にどのような影響を与えるのかという視点でその有用性を確認した。

6.2.5 シナリオに基づく分析

前節で抽出したデジタル・ICT 等を健康や医療の課題解決に活用する取り組みのひとつであるスマートヘルスを介入の選択肢として、日本において健康な働き手が減少している現象を SD モデルに組み込む。そして、これが課題解決に向けて有用であるかを評価した。

図 6.16 は、糖尿病が進行するプロセスに基づく SD モデルにスマートヘルスのモジュールを追加したものである。前章で構築した SD モデルにおける介入のポイントに、スマートヘルスの活用をモジュールとして追加した。このスマートヘルスのモジュールは、ストック「スマートヘルスのユーザー」を中心としてスマートヘルスのユーザー数が増減するものである。スマートヘルスのユーザー数は 1996 年時点では iPhone やその他スマートフォンの発売前にあたるため初期値を 0 人とした。スマートヘルスのユーザー数は、インフローとしての変数「糖尿病非治療群の合計 (モデル)」, 「スマートフォンの普及率」および「新規ユーザー獲得率」により決まる。変数「スマートフォン普及率」の値は総務省の公表値[103]による普及率をそのまま用いた。スマートフォンの利用は 2008 年の日本での iPhone の発売開始に伴い急速に拡大し、その推移は成長曲線[104][105]を描いている (図 6.17)。

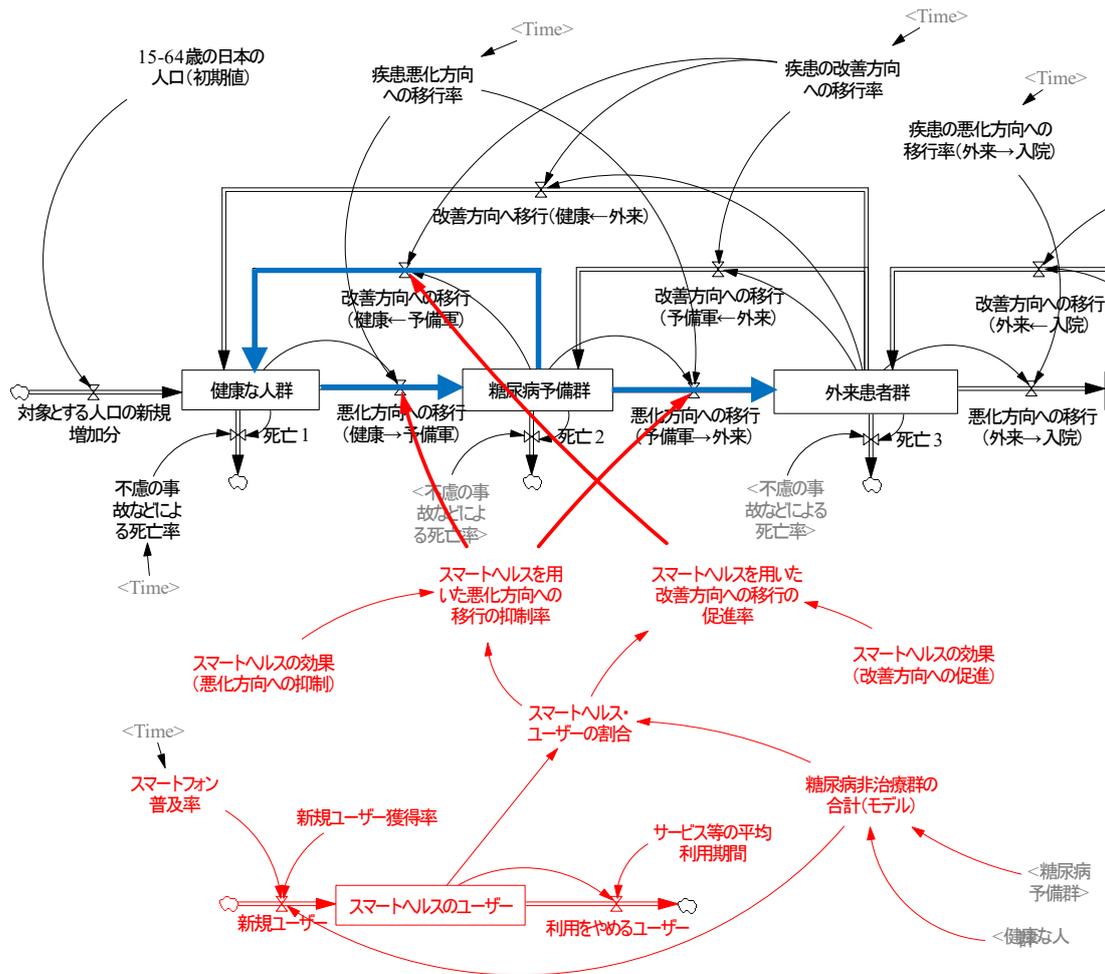


図 6.16 スマートヘルス活用のモジュール

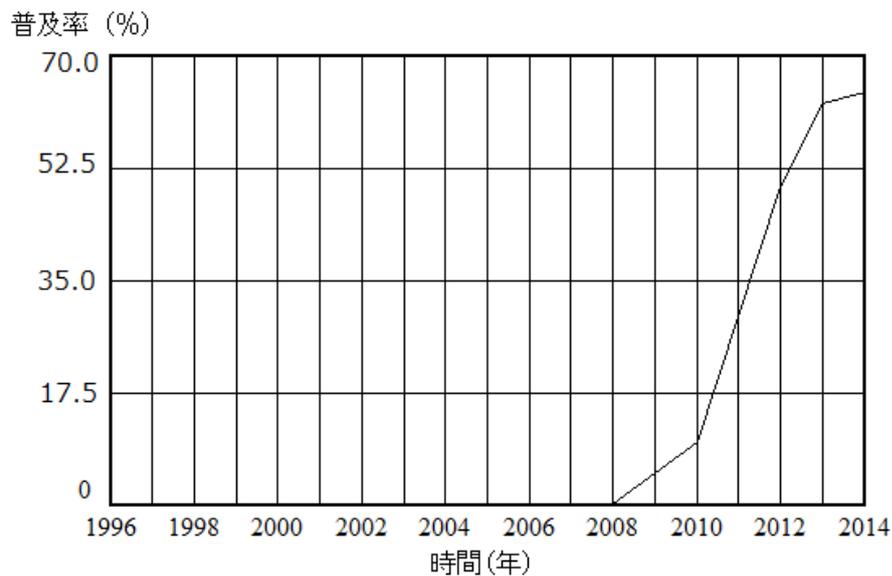


図 6.17 スマートフォン普及率 (表関数の設定値)

一方，平成 28 年の総務省による情報通信白書[103]では，スマートヘルスの活用に不可欠であるウェアラブル端末の日本での普及率は 2014 年に 0.5%，2015 年は 0.9%と少ないため，「新規ユーザー獲得率」の設定については議論が必要である．ストック「スマートヘルスのユーザー」のアウトフローは，「利用をやめるユーザー」で，スマートヘルスの代表的なサービスや製品であるスマートフォン上で稼働するアプリ・やウェアラブル・デバイスなどをユーザーが実際に利用・着用する期間を表現している．たとえば，リストバンド型のセンサーのようなウェアラブル・デバイスなどは，一度利用を開始したユーザーでも一定期間を経ると使用しなくなることが知られており．このため，スマートヘルスの効果を判断するためにも，その時点でなにかしらのスマートヘルスのサービスを利用しているユーザー数に変動が生じる．本モデルでは変数「サービス等の平均利用期間」にデフォルト値として 2 年を設定した．この値の根拠についてはひきつづき調査する必要があるが，ひとまずここではこの値を採用した．スマートヘルス活用のモジュールと，糖尿病の進行プロセスに基づき構築した SD モデルの接点は，糖尿病予防のための介入ポイントとなる．糖尿病の進行プロセスに基づき構築した SD モデルでの介入ポイントは，「悪化方向への移行 (健康→予備群)」，「悪化方向への移行 (予備群→外来)」および「改善方向への移行 (健康←予備群)」の 3 箇所であり，ここにスマート

ヘルス活用のモジュールから、スマートヘルス活用により期待される糖尿病の悪化を抑制する効果である「スマートヘルスを用いた悪化方向への移行の抑制率」と糖尿病を改善する効果である「スマートヘルスを用いた改善方向への移行の促進率」が入る。これらの値は、スマートヘルス活用のモジュールにて、本研究で主に対象とする人々の集団である「糖尿病非治療群の合計（モデル）」と「スマートヘルスのユーザー」との割合を「スマートヘルス・ユーザーの割合」として算出し、これにスマートヘルスのサービスや製品ごとによって決定する「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」や「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」を掛け合わせ「スマートヘルスを用いた悪化方向への移行の抑制率」と「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」をそれぞれ算出している。「スマートヘルスを用いた悪化方向への移行の抑制率」は介入ポイントの「悪化方向への移行（健康→予備群）」と「悪化方向への移行（予備群→外来）」に、「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」は「改善方向への移行（健康←予備群）」に影響を与える。

前出のスマートヘルスのユーザー数に大きく影響するパラメータである「新規ユーザー獲得率」、スマートヘルスのサービスや製品ごとによって決まる「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」や「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」については、考察が必要である。糖尿病の進行プロセスに基づくSDモデルに介入ポイントを通じて結合したスマートヘルス活用のモジュールにおけるスマートヘルスのユーザー数の増減は、糖尿病の悪化の抑制や改善の促進に影響を与える。また、スマートヘルスのサービスや製品ごとによって決定する「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」や「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」も同様に糖尿病の悪化の抑制や改善の促進に影響を与える。そこで、これらの影響を知るために、これらのパラメータ値を変化させるシナリオに基づくシミュレーションを実施することにする。

そこで、まずスマートヘルスのユーザー数に大きく影響するパラメータである「新規ユーザー獲得率」における値の変動に関するシナリオを検討する。スマートヘルスの新規ユーザーの獲得率とは、その時点でスマートヘルスを活用していない人々を、スマートヘルス・サービスや製品の利用に向かわせる割合のことである。実際に新規ユーザー獲得への取り組みとして、たとえば、サービスや製品の設計や開発当初から医師や医療機関と協業し、臨床に基づくエビデンスがあるサービスや製品であればぜひ利用してみたいと思うユーザーは多いかもしれない。実際に、医療機関の社会からの信頼は高く、

自衛隊に次いで第2位[106]である。また、企業における健康保険組合などが中心となり、定期健康診断などの結果に基づきメタボ予備群と呼ばれる社員を対象としてスマートヘルス活用のひとつの手段であるウェアラブル・デバイスなどを用いたサービスの利用を促進し、社員の行動変容を生じさせ生活改善を促すようなことが考えられる。このような取り組みを全国展開することで、新規ユーザー獲得率の目標値を10%と設定することができるかもしれない。また、スマートヘルスを活用しているユーザーへのインセンティブの提供なども考えられる。航空会社のマイレージのように、スマートヘルスのサービスや製品の利用頻度などに応じてコンビニエンスストアなどで利用可能なポイントの付与をインセンティブとして提供することも有用かもしれない。企業における健康組合による取り組みなどに加え、このようなインセンティブの付与との組み合わせにより目標値を20%と設定することも考えられる。このような議論から、たとえば、「新規ユーザー獲得率」を10%あるいは20%とするシナリオを検討した。構築したSDモデルのスマートヘルス活用のモジュールを用いて「新規ユーザー獲得率」を10%あるいは20%とした場合、ユーザー数の増減の推移がどのような振る舞いになるのかを確認した(図6.18)。この工程は、検討中のシナリオをモデルの一部で試すことで、その影響の一部を局所的に確認し、全体でのシミュレーション実施前の準備段階として、段階的にその影響を確認しながら、全体への影響を予測したり理解することに役立つ。「新規ユーザー獲得率」を10%および20%と設定した場合、ストックである「スマートヘルスのユーザー」は2009年以降に急速に立ち上がる傾向を示した。これは、インフローにおける図6.11で示した「スマートフォンの普及率」に追随する傾向を示している。「新規ユーザー獲得率」と10%と20%の違いは、図6.18における立ち上がり速度(角度)と2014年時点のユーザー数(高さ)に現れている。この図から、獲得率10%に比べて20%を設定したほうが、糖尿病予防におけるスマートヘルス活用の効果を高めることが期待できる。そこで、スマートヘルスの活用はスマートフォンの普及に伴い増えていくことが示されたが、これが、SDモデル中のどの値にどの程度影響しているのかという点をさらに考察する必要がある。たとえば、SDモデル構築時に疾患の悪化方向への促進を抑制する効果(移行率)を、表関数(Lookup関数)を用いて設定しているが、これらシナリオによる影響が、この値にどの時点でどれくらいの影響を与えたのかを確認する必要がある。

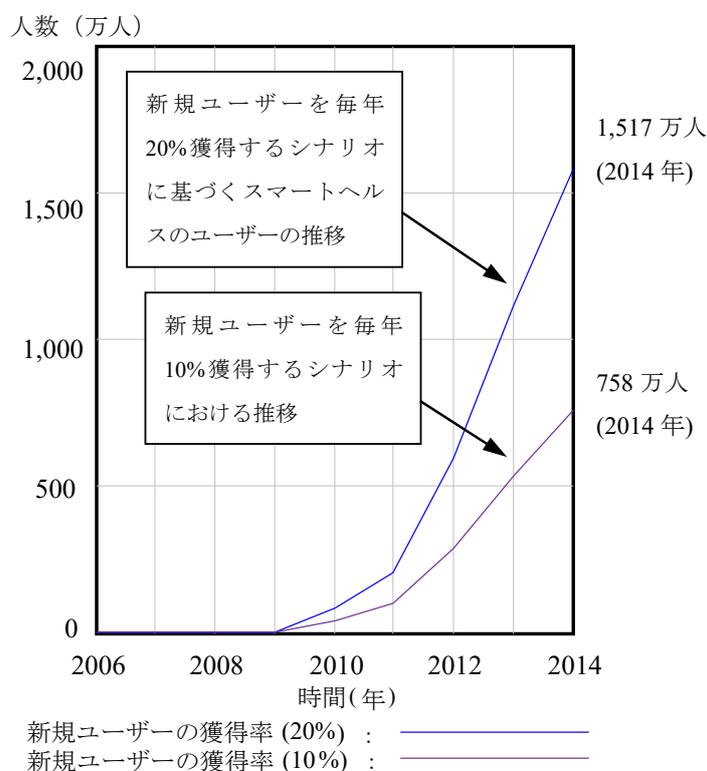


図 6.18 スマートヘルスのユーザー数の推移
(新規ユーザーの獲得率 10%と 20%のとき)

モデルの中でどのようなことが起きているのかを理解し、解決策がどこにどの程度の影響を与えるのか知り得るためにも、感度分析は必要である。ここでは、シナリオに基づくスマートヘルスの新規ユーザー数の普及が、構築した SD モデルにおける重要なパラメータのひとつである「疾患悪化方向への移行率」に対してどのような影響を与えたかを確認した。結果は、スマートヘルスの活用の介入前のデフォルト設定の状態に対し、新規ユーザー獲得率を 10%とした場合には、パラメータ「疾患悪化方向への移行率」において表関数で設定した値における 2008 年以降 2014 年にかけて徐々に減少させ、2014 年時点では約 38%の減少であった。同様に、新規ユーザー獲得率を 20%とした場合では 2014 年時点でその 2 倍となる約 76%を減少させるという影響力を示していた。これを「健康な人群」における人数ベースでみると、なにもしなければ「健康な人群」から「外来

患者群」に移行していたと考えられる「健康な人群」における人々の約 0.7%および約 1.4%を、それぞれの設定値において、そこに留まらせたという影響力があったことを確認した。

つづいて、パラメータ「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」や「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」を用いたシナリオを検討した。これらのパラメータ値は、健康維持を目的としたサービスや製品ごとに異なることを意味している。スマートヘルスの領域で健康や医療の課題解決にデジタル技術やICTを活用した海外の取り組みがあり、デジタル IoT 製品やサービスを実際の疾患へ適用し、その効果を定量的に計測し、評価を行った研究が存在する。たとえば、携帯電話とそこで稼働するアプリケーションを用いて、ユーザーの行動変容を促すことで疾患コントロールに効果があることを確認した研究がある[100]。この研究では、無作為化試験にて糖尿病の主要な評価指標である HbA1C の数値管理への効果を確認している。そして、この研究で用いられた WellDoc 社製のアプリケーションは、米国の医薬品や医療機器等の承認機関である FDA (Food and Drug Administration, 食品医薬品局) から医療機器カテゴリにおける規制の対象となる初めてのモバイル・アプリケーションとして承認を取得 (Class II) している。FDA とは日本では厚生労働省や独立行政法人医薬品医療機器総合機構 (PMDA)に該当する。この他にモバイル・アプリケーションの効果を明らかにした研究として、先の研究に比べ治験対象の人数と観察期間を拡大し、糖尿病の幾つかの指標への効果を検証した研究[97]がある。さらに、同様のデジタル技術を用いて糖尿病コントロールへの効果を検証した計 7 ヶ国 13 の研究にて発表されたデータを統合し、1,022 名の患者のデータを用いて解析した研究 [102] があり、このようにモバイル・アプリケーションの効果が示唆されるとともに効果をより正確に検証しようとする取り組みが世界中で行われている。そこで、スマートヘルス活用による非治療群の病態の進行を妨げる効果（悪化方向への抑制）である「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」のパラメータ値を 10%と 20%と設定するシナリオと、スマートヘルス活用による非治療群の病態を改善の方向に戻す効果（改善方向への促進）である「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」をこちらも 10%と 20%と設定するシナリオを作成した。糖尿病進行の抑制と改善効果率を 10%あるいは 20%とするということは、現実社会においては、たとえば、それぞれのサービスや製品の効果をその程度にするということであるが、上述した研究のよ

うに医師や医療従事者との協業し、それらサービスや製品のひとつずつについて効果を、医療機関などの施設などにおける実際の臨床現場による観察を経て確認する必要がある。

本稿のモデルには上述の他にも工夫をすることでシナリオとして考えられるパラメータがある。たとえばスマートヘルスの「サービス等の平均利用期間」はサービスの工夫や技術進歩によりで延長する方向に向かうことが十分に考えられるが、現時点では具体的な検討や根拠となる取り組みをみつけられなかったため、ここではシナリオの対象のパラメータとはしない。また、「外来患者群」と「入院患者群」からなら治療群を対象とした、たとえば、外来患者を予備群へと改善の方向に寄与するパラメータについては、医療機器のようなものが該当のサービスや製品として考えられるが、本稿での主眼は非治療群への予防であるため今回のシナリオの対象とはしなかった。

スマートヘルスの活用を考慮したシナリオは次の通りである。いずれのシナリオは、糖尿病の予防の対象となる「健康な人群」と「糖尿病予備群」の合計である糖尿病の非治療群における取り組みである。

シナリオ

- 1) 新規ユーザーの獲得を推進する（10%と 20%を設定）
- 2) スマートヘルス活用による病態の進行を妨げる効果を設定する（10%と 20%を設定）
- 3) スマートヘルス活用による病態を改善方向に戻す効果を設定する（10%と 20%を設定）

スマートヘルス活用のモジュールにおける3つのシナリオを作成し、それぞれのシナリオに基づくシミュレーションを実施した。シナリオに基づく日本の15-64歳の人口減少に与える影響は、先に公表値との整合性を確認したSDモデルにおける介入前の状態をベース値として、また、それぞれのシナリオに基づく介入の後のシミュレーション結果の値を比較した。ここでは、介入前の状態として各シナリオで一定の条件下に保つため、構築時に入手可能な公表値との整合性を確認したSDモデルにおける介入のポイントにスマートヘルス活用のモジュールを反映し、スマートヘルス活用のモジュールにおいてそれぞれのシナリオで共通となるよう一定の値を設定して算出した値をベースとした。これをベースとして、介入後の状態として算出した各シナリオに基づくシミュレーション結果とを比較した。

シミュレーション実施時のデフォルト値とシナリオにて特定してパラメータのシナリオごとの値を表 6.1 に示した。シミュレーション実施時のベースとなる値の算出には、シナリオ番号 0 として、「新規ユーザーの獲得率」、「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」および「スマートヘルスの効果（改善方向への促進）」のパラメータ値としてそれぞれ 5%を設定した。これは、2008 年の日本における iPhone の発売以来のスマートフォンの普及とそれに伴いスマートヘルスのサービスや製品を活用している人々が 0（ゼロ）ではないという考えに基づいた。シミュレーションの目的は、スマートヘルスの活用により生産年齢人口の減少の抑制の効果を定量的に確認することである。スマートヘルスの活用において具体的な解決策として 3 つのシナリオが考えられたため、それぞれのシナリオごとにその影響の大きさを確認した。

シミュレーションでは、それぞれのシナリオが非治療群の人口の増減に与える影響を確認すればよいので、シミュレーションの期間の最後の年である 2014 年を確認のポイントとし、表 6.1 に示したシミュレーション実施のベースとなるシナリオ番号 0 の条件で算出される 2014 年の日本における 15-64 歳の非治療群の値（人数）と 3 つのそれぞれのシナリオから算出される 2014 年の値を比較した。

表 6.1 シミュレーション実施時のシナリオとそのパラメータ値

シナリオ番号	条件	新規ユーザー獲得	病態の進行を妨げる効果	病態を改善方向に戻す効果
0	シミュレーション実施時のベースとなるデフォルト値	5%	5%	5%
1	新規ユーザーの獲得率（10%）	10%	5%	5%
2	新規ユーザーの獲得率（20%）	20%	5%	5%
3	進行を妨げる効果（10%）	5%	10%	5%
4	進行を妨げる効果（20%）	5%	20%	5%
5	改善方向に戻す効果（10%）	5%	5%	10%
6	改善方向に戻す効果（20%）	5%	5%	20%

シミュレーション 1： 新規ユーザーの獲得を推進する（10%と 20%を設定）

スマートヘルス・ユーザーを常に 10%の割合で獲得するというシナリオにてシミュレーションを実施した。モデルの変数「新規ユーザー獲得率」に 0.1（表 6.1 のシナリオ番号 1 の設定）を入力し、シミュレーションを実行した。表 6.1 におけるシナリオ番号 1 の結果では、新規ユーザーを常に 10%で獲得した場合、2014 年時点で約 3 万人の健康で働くことができる人口を確保できる可能性が示された（図 6.19）。

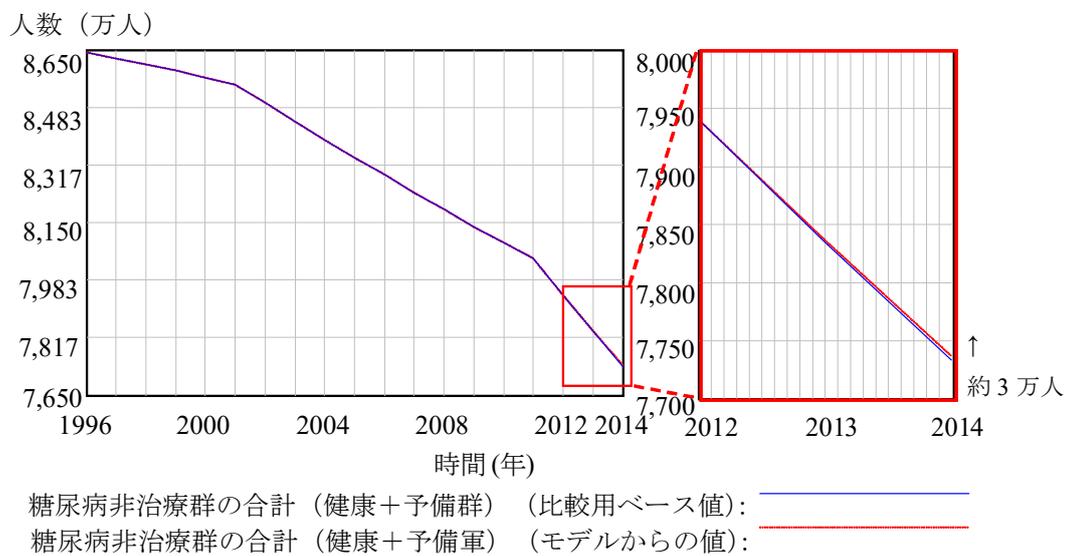


図 6.19 新規ユーザーの獲得率（10%）による非治療群への影響

次に、スマートヘルス・ユーザーを常に20%の割合で獲得するというシナリオにてシミュレーションを実施した。先に示した手順と同様に変数「新規ユーザー獲得率」に0.2（表6.1のシナリオ番号2の設定）を入力し、シミュレーションを実行した。結果は次の通りであった（図6.20）。

シナリオ番号2の結果からは、新規ユーザーを常に20%で獲得した場合、2014年時点で約10万人の健康で働くことができる人口を確保できる可能性が示された。糖尿病の非治療群の人数は、人口の減少に比例して減少傾向にあるが、一方で糖尿病への罹患のリスクは年々高まっているため、減少傾向にあるからといって油断はできない。シミュレーション1によるスマートヘルスの活用は2008年の日本でのiPhone発売を経て急速に普及しているスマートフォンの活用と関係しているため、2008年から2014年までにスマートヘルスが与える影響として約10万人というのは少なくない。

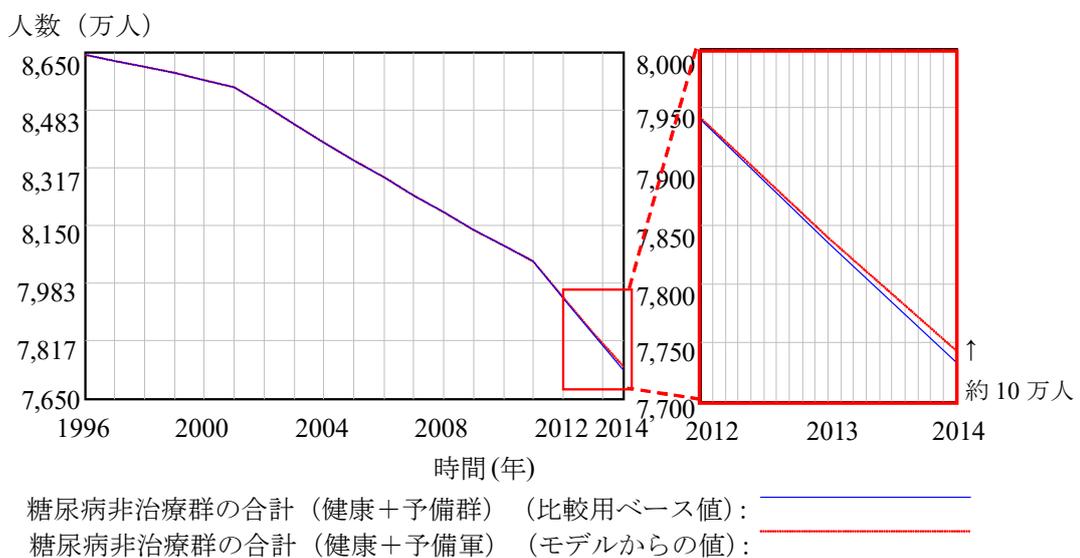


図 6.20 新規ユーザーの獲得率（20%）による非治療群への影響

シミュレーション 2：スマートヘルス活用による病態の進行を妨げる効果を設定する（10%と 20%を設定）

次に、スマートヘルス活用による非治療群の病態の進行を 10%と 20%の割合で妨げるというシナリオに基づくシミュレーションを実施した。モデルの変数「スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）」へ 0.1（シナリオ番号 3 の設定）と 0.2（シナリオ番号 4 の設定）を入力しシミュレーションを実行した。結果の数値を表 6.2 で示す。シナリオ番号 3 の非治療群の病態の進行を 10%の割合で妨げると仮定したシナリオでは、スマートヘルス活用による効果はほとんど見られなかった。一方、シナリオ番号 4 の非治療群の病態の進行を 20%の割合で妨げると仮定したシナリオでは、2014 年時点で約 10 万人の健康で働くことができる人口を確保できる可能性が示された。

シミュレーション 3：スマートヘルス活用による病態を改善方向に戻す効果を設定する（10%と 20%を設定）

スマートヘルス活用による非治療群の病態を 10%と 20%の割合で改善の方向に戻すというシナリオに基づくシミュレーションを実施した。手順は同じく、モデルの変数「スマートヘルスの効果（改善方向への抑制）」に 0.1（シナリオ番号 5）と 0.2（シナリオ番号 6）をシナリオ実行ごとに入力し実行した。この非治療群の病態を 10%と 20%の割合で改善の方向に戻すと仮定したそれぞれシナリオでは、2014 年時点でのスマートヘルス活用による効果はほとんど見られなかった。

以上 3 つのシナリオに基づくシミュレーションの結果を数値にて示す（表 6.2）。

シミュレーションの結果からスマートヘルスの活用により、健康な人と糖尿病予備群から成る非治療群の人々がスマートヘルスの活用で、糖尿病の進行を抑制し、健康で働ける人の減少を妨げる可能性があることがわかった。特に、新規ユーザーの獲得率と進行を妨げる効果が健康で働ける人の減少を妨げる感度が高いことがわかった。逆に、改

善方向に戻す効果は外来患者数を減らすことに若干の効果があったものの、健康で働ける人の減少の抑制には今回の対象期間では効果がないことがわかった。これについては長期の期間での検証が必要である。

表 6.2 シミュレーション結果のまとめ (2014 年時点)

シナリオ番号	条件	外来患者数 (単位：人)	入院患者数 (単位：人)	非治療群合計 (単位：百万人)
0	シミュレーション実施時のベースとなるデフォルト値	904,006	62,776	77.33
1	新規ユーザーの獲得率 (10%)	870,092	62,720	77.36
2	新規ユーザーの獲得率 (20%)	803,395	62,610	77.43
3	進行を妨げる効果 (10%)	870,143	62,718	77.36
4	進行を妨げる効果 (20%)	803,376	62,604	77.43
5	改善方向に戻す効果 (10%)	903,836	62,776	77.33
6	改善方向に戻す効果 (20%)	903,497	62,775	77.33

以上より、スマートヘルス活用のための要点とその目標値として以下の2つの施策を提案する。理由はどちらの施策も比較的短期間で成果を得ることができるからである。

施策1：シナリオ番号2に基づく施策

- ・常に新規ユーザーを獲得する（新規ユーザー獲得率：20%以上）
- ・非治療群の病態の進行を妨げる効果のあるサービスを活用（悪化方向への抑制：5%以上）
- ・非治療群の病態を改善方向に戻す効果のあるサービスを活用（改善方向への促進：5%以上）

施策2：シナリオ番号4に基づく施策

- ・常に新規ユーザーを獲得する（新規ユーザー獲得率：5%）
- ・非治療群の病態の進行を妨げる効果のあるサービスを活用（悪化方向への抑制：20%以上）
- ・非治療群の病態を改善方向に戻す効果のあるサービスを活用（改善方向への促進：5%以上）

上記2つのシミュレーション結果では、施策1と2ともに、約10万人程度の元気に働ける人の減少を抑制する効果がみられた。

施策による結果を現実社会で検証しようとした場合、施策1の新規ユーザー獲得率であれば、総務省が実施している情報通信白書のような調査等により検証を実施する時点のスマートヘルスのユーザー数から施策開始時から調査時点までの新規ユーザーの獲得率を算出できる。このため、主要な目標値に達しているかどうかを比較的確認し易いかもしれない。また、施策2のように悪化への抑制効果の検証については、その確認方法は現実的には難しい。たとえば、臨床研究などにてパイロット的な研究をする形でひとつひとつのスマートヘルスのサービスや製品の効果を検証していくような形も考えられるが、医師や資料従事者および医療機関の協力が必要で、人材の確保やその研究にかかる時間やその費用を考えると、現時点では難しいのではないかと考えられる。今後さらに議論が必要である。このため現時点においては、施策1に示した「新規ユーザー獲得率」の目標値を20%に設定するという選択肢が解決策として現実的である。

本研究では、健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるオープン・データを用いたテキスト・マイニングによる分析から糖尿病予防の介入の選択肢としてスマートヘルス

の活用が示され、さらに糖尿病の進行プロセスをベースに構築した SD モデルを用いたシミュレーションの結果から現状の日本においてはスマートヘルスの新規ユーザーを獲得し、スマートヘルスを普及するというシナリオがスマートヘルス活用の効果を得ることが確認できた。新規ユーザーの獲得率は 20% を目標とすることが望ましい。新規ユーザーを 20% 獲得するためにこれを計画立案し実行する当事者は、たとえば、スマートヘルスに関するサービスや製品の設計や開発当初から医師や医療機関と協業し、臨床に基づくエビデンスを構築し、医療機関の社会からの信頼は高いので、ぜひ利用してみたいとユーザーが思うようなサービスや製品を提供すること、企業の健康保険組合などが中心となり、定期健康診断などの結果に基づきメタボ予備群と呼ばれる社員を対象としてスマートヘルスの活用を推奨し、社員の行動変容を生じさせ生活改善を促すような取り組みを全国展開すること、および航空会社のマイレージのように、スマートヘルスのサービスや製品の利用頻度などに応じてコンビニエンスストアなどで利用可能なポイントの付与し、スマートヘルス・ユーザーにインセンティブとして提供することなどが考えられる。

6.2.6 糖尿病予防への本研究が提案するプロセス適用の評価

糖尿病領域の健康維持事業の計画立案において、テキスト・マイニング手法を用いて文書データを分析することで当該領域の問題や課題を明確化することができた。テキスト・マイニングによる分析の結果として抽出した、その文章データにおける特徴語で且つハブになっている用語の中から当該領域の問題における課題の解決策となるものを選択し、これを対象となる糖尿病の進行プロセスを骨格としたシステム・ダイナミックスのモデルにおける介入のポイントに代入することで、健康維持事業計画の計画立案に寄与する SD モデルを構築することができた。この SD モデルを用いて、シナリオに基づく分析を繰り返すことで、テキスト・マイニングにて抽出した解決策の効果を事業計画時に定量的にみることができる。

このプロセスにおいて、テキスト・マイニングに用いるデータ量や範囲、選択の仕方、また特徴語やその抽出前に実施するコーディング・ルールを作成においては今後さらにシステマティックなプロセスの提示が必要であるが、例えば、複数の事業計画立案者に

よるレビューを実施するなどの工夫を必要に応じて取り入れることで、さらに透明性の高い結果を導くことができる。また、本研究では糖尿病の進行プロセスを骨格としたシステム・ダイナミックスのモデルを構築し、さらにモデルの効果的な構築方法における既往研究でも述べているように既存のモデルの再利用した。本研究のモデルではリワークのSDモデルを再利用したが、これにより当該問題領域のSDモデルの構築をとともスムーズに行うことができた。糖尿病の進行プロセスを骨格とすることで、予防を対象とした健康維持事業計画立案における解決策となり得る介入のポイントが明確であったため、構築したSDモデルが現実の入手可能な政府の統計データなどとの整合性が確認した後、このモデルにテキスト・マイニング手法から得られた解決策の選択肢を代入し、シナリオに基づく分析、具体的にはシミュレーションの実施となるが、これを実施してその効果や影響を事業計画立案時に定量的に提示することが確認できた[107]。

6.3 本章のまとめ

生活習慣の代表である糖尿病を対象に、健康維持事業計画立案のプロセスを適用し、システム・ダイナミックスを構築し、そのモデルの評価とシミュレーションに基づく施策立案の支援の貢献という視点を確認した。テキスト・マイニングの分析から抽出した糖尿病の予防の解決策の選択肢からスマートヘルスの活用を選択し、これを糖尿病の進行プロセスに基づき構築したSDモデルの介入のポイントに投入し、その影響度を確認した。糖尿病の進行プロセスにおける診断を境として、治療を必要とする患者から成る集団を治療群、それ以外を非治療群とした場合、特にスマートヘルスの活用は非治療群から治療群への移行を抑制する効果が比較的早期に現れることがわかった。非治療群は主に働き盛り世代で構成されているため、少子高齢化の進行、介護の増加、生活習慣病や認知症の増加、介護施設の不足等から生じる健康で働ける人の減少という課題に貢献することが期待できる。

健康維持のための事業計画の立案を支援するプロセスを設計する上で、テキスト・マイニングとシステム・ダイナミックスの2つの手法の特徴を整理した。テキスト・マイニング手法は、オープン・データを用いて問題が生じている状況の理解、および問題に関するステークホルダーの把握に有用である。問題が生じている構造的理解とその要点

の可視化，およびシナリオに基づくシミュレーションの実施による施策立案の支援を可能にすることにシステム・ダイナミクス手法が有用である．これら2つ手法が事業計画立案に貢献できる部分とそうでない部分などを確認し，それぞれの手法が事業計画立案の問題の把握とその問題を解決するための課題設定のための分析プロセスの位置づけを明らかにした．

本研究では，糖尿病の進行プロセスにおける診断を境として治療を必要とする患者の集団を治療群，健康な人に加え糖尿病が疑われる人の集団を非治療群とした．糖尿病に対しては予防が重要であるということから，スマートヘルス活用の対象ユーザーを糖尿病の非治療群とする．糖尿病の進行プロセスの中で，スマートヘルスの活用が介入できる具体的なポイントを非治療群のフローに注目して特定した．介入ポイントとして，悪化方向への抑制効果として健康な人から糖尿病予備群へ移行する箇所と予備群から外来患者へ移行する箇所の2箇所，また改善方向への促進効果として糖尿病予備群から健康な人へ戻るフロー1箇所の計3箇所を特定した．

整合性の確認には次のような公官庁等による公表値をできるだけ用いる．日本の人口と糖尿病患者数には1996年から2014年までの日本の人口推計値や人口の推移，同じ期間の糖尿病患者の情報を用いた．糖尿病の外来・入院患者数の比率の推移などは国民医療費の概況等を，非治療群における健康な人と糖尿病が疑われる人の人数やその推移については国民健康・栄養調査の結果等を用いた．死因別の死亡者数と割合については人口動態統計等を参照した．この条件において本研究で構築したモデルは公官庁等が公表した日本の人口推移や糖尿病患者数の推移と整合する傾向がみられた．

オープン・データを用いて問題や課題を明確化し，システム・ダイナミクス手法を用いて課題の設定および課題設定における定量的な数値を用いた検討ができることを確認した．

行政や企業の健康維持事業計画立案に係る実務者へのヒアリングにおいて，事業の価値を示すことに難しさを述べている．行政の実務者からは，どの程度の強制力をもたせるかが悩みであるとのコメントがあったが，本研究で構築した糖尿病を対象としたモデルの条件下において，健康維持事業における施策の定量的な影響を事前にみることができると確認した．

第7章 考察と評価

7.1 本章の目的

人々の健康維持や医療という大規模で複雑なシステムにおいて、日本は特に本格的な少子高齢化の進展を迎えており、医療や介護をはじめとした社会保障制度の持続に向けた取り組みが一層重要視されている。なかでも、少子高齢化の進行、介護の増加、生活習慣病や認知症の増加、および介護施設の不足等に起因する働き手の減少という問題があり、さまざまな分野で改善に向けた議論がある。将来の健全な国家維持のためには、健康維持を目的としたさらなる事業計画立案し、実施する必要がある。行政や企業においてこれら事業を計画立案する立場にある人々は、その事業の価値を事業実施前に提示することに難しさがあると課題を呈していることから、本研究では健康維持事業の計画立案を支援するプロセスを設計し、これを糖尿病の予防を題材に適用し、その有用性を評価した。糖尿病の予防を題材とした事例であるため、評価の範囲としては限定的ではあるものの、本研究で設計した健康維持事業計画立案支援プロセスは、健康・医療という大規模で複雑なシステムで生じている課題の要点を顕在化し、そこに健康維持事業計画における重要な施策を提示し、この影響を定量的な根拠として提示し、健康維持事業計画立案の議論を活性化することを確認した。そこで本章では、本研究で用いた手法のメリットと限界という視点を軸として考察を行うとともに、本研究の過程で得た知見を述べると共に、設計したプロセスを実際にどのように利用するのかという点からも考察を行った。最後に、研究全体としての評価を行った。

7.2 本研究の考察

オープン・データを用いたテキスト・マイニングによる分析から問題が生じている状況の把握と解決策の抽出、システムズ・アプローチとしてシステム・ダイナミックスの適用により課題が生じている問題の構造的な理解とその要点の特定、およびシナリオに基づくシミュレーションの実施による施策立案の支援する点において設計したプロセスが

有用であることを確認した。設計したプロセスおよび適用した手法についての気づきに加え、設計したプロセスを実際にどのように利用するのかという考察を行った。

7.2.1 健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるテキスト・マイニング活用のメリットと限界

テキスト・マイニングを用いてオープン・データとしての文書データを分析することで、大量な情報から当該システムで生じている問題の状況を確認できた。また、本研究においては、問題が生じている領域における状況を把握した上で、共起ネットワークにおける媒介中心性の高い用語から、健康維持事業計画立案の具体的なさらなる解決策としてスマートヘルスの活用を抽出した。今回は、大量の文書データとして新聞記事を用いたが、新聞記事の特徴であるタイムリーな情報提供という点が活きる形で解決策を抽出することができた。現時点では、スマートヘルスの活用と糖尿病の予防という関係がそれほど多く知られていない状況で実施した分析であったが、共起ネットワークよりさらなる解決策の選択肢としての分析結果が示され、そこで注目したスマートヘルスの活用という周辺情報をあらためて精査してみると、すでに米国では携帯電話で稼働するアプリケーションが糖尿病の主要評価指標である HbA1C の数値管理への効果が臨床試験により認められ、医療機器として承認を得ているなど、スマートヘルスと糖尿病との繋がりがみえてきた。このように、テキスト・マイニングによるオープン・データとしての新聞記事を用いた分析から、さらなる解決策として妥当なものが抽出できたことはひとつの気づきであった。一方、オープン・データを用いたテキスト・マイニングの手法におけるテクニカルな課題として、テキスト・マイニングを実施する際に、コーディング・ルールを作成する工程で、たとえば、分析者が取り出したいと思う用語を恣意的にデータ中から取り出し、自由に特定のカテゴリに分類するなどしてデータを分析することが図らずも可能となってしまう可能性がある。つまり、コーディング・ルールを作成する工程で、意識的であるにしろないにしろ、結果として恣意的なバイアスが入る余地があるため、たとえば、第三者による公平な視点によるコーディング・ルールのレビューや、別の枠組みでの標準的なコーディング・ルールの管理などといった工夫が必要で

あることがわかった。また、当該領域に不慣れである場合には、分析を通じて単位化した用語やそれら用語の繋がりにある文脈や背景を理解すること難しい場合があり、このような場合には、分析の結果が意味するものの解釈が困難であり、有用な結果を得ることが不確かになる可能性も示唆された。

メリット

文章データをコンピュータに取り込み、分析ツールを用いてテキスト・マイニングを実施することで、膨大な量のデータから調査の目的とする意味のある情報を得ることができた。ある時点で注目されている時事的な話題を扱う新聞記事のような大量の文書データを用いることで、たとえば、時間軸に沿った問題の把握とそのときの状況、およびその時点での登場人物（ステークホルダー）などを情報として得ることができる。最新の話題を扱う記事を分析に用いることで、調査すべき問題を、その時点で入手し得る情報の中から網羅的でタイムリーに入手できるという利点がある。

近年ではテキスト・マイニング手法の利用を支援するフリーソフトが複数公開されており、専門家でなくても手軽とはいかないまでも、興味があれば試してみることが容易になっている。文書中に記載されている内容（文書データ）を分析するのであれば、テキスト・マイニングはその分析を可能にする強力なツールである。自然言語による表現は多種多様なため、同じような内容を示す複数の言い回しをひとつの内容として捉えるためには文を構成する要素に分解し、要素間の関係を解析する必要がある。これは形態素解析や構文解析という自然言語処理における基礎的な技術で実現できるが、近年では、これらの処理を実現するツールがフリーソフトとして公開されているため、導入コストが少なく、自然言語処理の専門家でなくてもこれらの技術を比較的簡単に利用することができる。さらに、必要であれば語句の連携パターンを分析し、その文章が好意的な内容であるかそうでないかといった分析を支援してくれるプログラム・コードやこの機能を内蔵したソフトウェアが公開・提供されているので、分析対象や目的に応じて利用が可能である。

限界

那須川ら[33]によれば、テキスト・マイニングは、自然言語処理やデータマイニングなどの多様な技術を組み合わせた複合技術であることから自然言語処理や膨大な量のデータから有用なパターンを発見するためのデータマイニングの技術、テキスト分類などの機械学習のようなアルゴリズムが必要となる場合があり、単にこれらの技術を組み合わせただけでは有効な結果は得られないとしている。確かに、著者が本研究で実施した製薬業界のM&Aの動向分析においても、形態素解析や構文解析といった自然言語処理とデータマイニングの手法を用いて膨大な量のデータから特定のパターンを抽出することができたが、そこまでの過程において言語処理のための辞書の作成やデータ解析における抽象度の設定などトライ・アンド・エラーを何度も繰り返す作業をマニュアルで実施するという経験をした。この手作業による工程は、ただ単に膨大な量のデータをテキスト・マイニングのツールに取り込めば、瞬時に意味のある有用な情報が得られるというわけではなく、膨大な量の文章データから有用な意味のある情報を取り出すためには、現時点ではどうしても人間による作業が介在する必要があることを示している。テキスト・マイニングのツールは大変有用であるが、現時点ではその過程で人間が介在する余地があり、具体的には自然言語処理における辞書の作成などにおいて人間の判断が入ることで、データ解析の過程で人間によるバイアスが入る可能性があることを示唆している。なお、この人間によるバイアスを最小限に抑えるために、自然言語処理に使用する辞書やデータ解析の詳細な設定を該当領域の専門家などにレビューを依頼し、専門的な観点から公平性を保つというアプローチもある。或いは、コーディング・ルールや辞書をプロジェクトごとの分析者とは別の枠組みで管理するような工夫も検討すべきである。

テキスト・マイニング手法は、新聞記事のような大量の文字データから問題の把握とその状況、およびその問題にかかわる登場人物（ステークホルダー）をタイムリーに情報として得ることができるが、当該領域に詳しくない分析者が、分析結果から生じている問題がどこでどのように生じているかという点を読み解くことは、事前の知識として新聞記事や専門誌記事の中で既に分析が行われ課題が明示されている場合を除き、困難な場合がある。

7.2.2 健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるシステム・ダイナミックス活用のメリットと限界

システム・ダイナミックスは、システムをモデル化し、当該システムを視覚化、構造化して図のように明示することが可能である。社会システムへの適応では、それぞれの要因の因果関係を明示的に記述していくことから、モデルの構築段階において該当領域の専門家などからモデル化の過程で意見を得やすく、モデル化したシステムに影響を与える外部要因についても貴重な意見も得やすい。これにより、複雑なシステムを過度な簡略化を行わずに推論で、モデルを用いたシミュレーションによる定量的な分析を行うことができる[55]。

システム・ダイナミックスによるシミュレーションは、モデルとして示されたある条件下においてのみである点に注意しなければいけないが、分析の対象となる事象の値が経時的にどのように変動するか、つまりどのような振る舞いをするかを視覚的に認識することが、コンピュータ上で可能となる。また、システム・ダイナミックスにおいては、たとえば、購買活動などにおいて個人が「均質的な個人」として仮定されるという酒井ら[108]指摘があるが、分析の対象に応じて別の手法との組み合わせによる解決案も示されている。

メリット

Sterman[55]は、システム・ダイナミックスの利点として、社会システムにおけるそれぞれの要因の因果関係を明示的に記述するモデルを作り、これを用いたシミュレーションによる定量的な分析を行うことで、複雑なシステムを過度な簡略化を行わずに推論できると述べている。システム・ダイナミックス手法によるシステムのモデル化は図として明示するものであることから、モデルの構築段階において該当領域の専門家などからモデル化の過程で意見を得やすいという特徴があり、モデルに本来含むべきステークホルダーやシステムを構成する要素、モデル化したシステムに影響を与える外部要因についても貴重な意見を得ることができる。これにより思わぬ副作用の的な要因によって推論を誤ってしまうことを抑えることができる。著者が、本研究においてシステム・ダイナ

ミックスを疾病への罹患という社会システムへ適用する手法として選んだ理由のひとつもここにある。

著者が本研究で実施した日本におけるポリオ感染の政策立案の研究において、ポリオ感染のプロセスを図として明示化したことで、ポリオ感染のリスクに曝される人々の中に、ポリオワクチンを摂取するグループとそうでないグループがあることに気づいた。ポリオ感染のバンドミックスを抑制するためには、ポリオワクチンの摂取率が要点であるため、この2つのグループを明示的に分けてモデルを構築することは、ポリオ感染が生じる過程の全体を把握しその構造を理解することに有用であったと共に、問題を生じているシステムの全体像を構造化されたモデルにて具体的にイメージし、その中でどの要素が現実的に変更か或いはそうでないかを理解した上で、その後の政策立案のためのシナリオの作成やシミュレーションを実施した際に大変役に立った。

また、意思決定を行うのは人間であるが、人間の複雑性に対する思考や、その思考による推論には限度があり、誤った結論を導きやすいという指摘がある[109][110]。Richmond[111]によれば、この原因は、(1) 人間の近視眼的、直線的な思考、(2) 思考を行なうための前提や一般的な仮定における現実との不一致、(3) 過去の誤った推論を改善するための体系的なプロセスの欠如による。システム・ダイナミックスにおいても個々の思考がベースとなっはいるが、モデル化などによりこれを可視化することで多くの他者から具体的な意見を得やすい。また、システム・ダイナミックスの特徴のひとつであるフィードバック・ループによる「遅れ」の表現は、人間の思考では、健康維持のための事業計画のような大規模社会システムにおいてもさまざまな要素が複雑に絡み合うことは想像できても、それ以上の定量的なシミュレーションを行うことは不可能である。また、数理モデルによっても多くの複雑な要因による影響を受ける社会システムを推論することは可能であるが、様々な要因がどのように影響しあって結果が提示されたのか理解しがたい。システム・ダイナミックス手法によりモデル化では、複雑に影響し合う様々な要因を分解し紐解くことが可能である。

限界

システム・ダイナミクスは、多くのシミュレーションがそうであるように、ある結果を予想することを期待するツールではない。シミュレーションを伴う定量分析の結果は、モデルとして示されたある条件下で、その値が経時的にどのように振る舞うかを視覚的に認識するためのものである。シミュレーションを実施する意義は、ある条件を表現したモデルにおいて、現実的に可変可能な要素のパラメータ値を変更することで、当該のシステムで起こり得る変化を定量的にみることができるといえる点である。繰り返しになるが、現実には起こり得るすべての可能性を予測することを意図した手法ではない。

また、システム・ダイナミクスよりも他のシミュレーション手法と組み合わせることで、シミュレーションの精度を向上することができるという指摘がある。酒井ら[108]は、システム・ダイナミクスによる新製品普及のモデル化とそのシミュレーションの過程を通じて、モデルで仮定している購買者およびその予備群個々人の特定が捨象されており、システム・ダイナミクスにおいて暗黙のうちに「均質的な個人」というものが仮定されることを指摘している。また、そうすることでシステム・ダイナミクスに用いられる方程式への定式化が可能になっていると述べる一方で、この「均質的な個人」問題に対応するため、エージェント・ベース・モデルを用いて購買者とその予備群の特性が不均一である場合を考慮した新製品普及モデルを考察している。

著者が本研究で実施した日本におけるポリオ感染の政策立案の研究において、ポリオワクチンを摂取するグループとそうでないグループを明示的に分けてモデルを構築したが、たとえばエージェント・ベース・モデルの手法を組み合わせ、各グループにおける個々人の動向を考慮することができれば、さらに精度の高いシミュレーション結果を得ることができるかもしれない。また、本研究において糖尿病予防を目的としたさらなる解決策の影響を確認したシミュレーションにおいても、たとえば、医師による診断のプロセスを SD モデルに組み込み、解決策としてのスマートヘルスの活用とその結果としてユーザーが医師のもとへ足を運ぶことがあれば、そこで医師による診断を経て、健康を維持する、或いは症状の改善を目的に医師からの専門的で具体的なアドバイスを得ることで、スマートヘルスの活用による効果以上の効果を発揮する可能性があり、相乗効果が期待できる。この仮説を構築した SD モデルに組み込む場合には、どのような傾向をもつ人がそのようなケースに該当しやすいかなどを考慮し、エージェント・ベース・

モデルなど他の手法と組み合わせた形も有用であるか検討する価値がある。システム・ダイナミクスと他の手法との組み合わせという点では、筆者が仮説としたテキスト・マイニングとシステム・ダイナミクスの組み合わせによる事業計画における問題の把握と課題の設定の検討をより深く行えるかもしれないという着想と類似している。

7.2.3 健康維持事業計画立案支援プロセスにおけるそれぞれの手法の位置づけ

健康維持事業計画立案において、テキスト・マイニング手法は問題の把握と解決策の選択肢を抽出することにおける貢献が確認できた。システム・ダイナミクス手法は、問題が生じているシステムの構造的な把握が可能であり、ここから課題解決のポイント、つまり介入のポイントを明示的に確認することが可能であった。また、介入として採用した解決策によるシステムへの影響をシミュレーションにより定量的に示すことができるという用途で貢献できることを確認した。たとえば、大量の文書データから解決策となる選択肢の抽出といったシステム・ダイナミクスでは網羅し得ない部分をテキスト・マイニングが補うことができ、解決策の影響を定量的に示す点においてなど、その逆も然りとなっていた。このように、解決策の抽出にはテキスト・マイニングによる文書データの分析が必要であり、解決策の影響をシミュレーションにて定量的に明示するにはシステム・ダイナミクスが不可欠である。このように双方を捕捉しあう関係として本研究で採用した2つの手法は、健康維持事業の計画立案を支援するプロセスにおいて、互いを補完し合う関係にあることがわかった。

7.2.3.1 テキスト・マイニング手法の位置づけ

システム・ダイナミクスにおけるモデル化の前にテキスト・マイニングを用いることで、入手し得る文書データから対象とするシステムを網羅的に分析しその問題の把握とステークホルダーなどの確認ができ、システム・ダイナミクスを当該領域に適用する際の問題の把握を促しシステムのモデル化への着手を支援することが期待できる。

テキスト・マイニングは、新聞記事のような大量の文字データから問題の把握とその状況、およびその問題にかかわる登場人物（ステークホルダー）をタイムリーに情報と

して得ることができるという特徴がある。健康維持を目的とした大規模な社会システムにおける事業計画立案の支援においても、タイムリーな問題の把握とステークホルダーの特定という点で貢献できることを確認した。

したがって、システム・ダイナミクスとの組み合わせを考えると、システム・ダイナミクスにおけるモデル化による問題の構造的な理解から、具体的な介入ポイントを定めた後にテキスト・マイニングを用いることで、入手し得る文書データから対象とするシステムを網羅的に分析しその問題の把握とステークホルダーなどが確認でき、テキスト・マイニングはシステム・ダイナミクスにおけるシステムのモデル化を支援する関係となっていた。

一方で、テキスト・マイニングにおいては当該システムで生じている問題がどこで生じているかという点については、基となる新聞記事や専門誌記事の中で既に分析を行われ課題が明示されている場合を除き、分析結果からそれを読み取ることは難しい。このため、課題の設定へのアプローチとしての活用は難しい。

7.2.3.2 システム・ダイナミクス手法の位置づけ

システム・ダイナミクスによるモデルの構築の過程で、問題を生じているシステムの構造的な理解から問題の把握が可能となり、構築したモデルを用いて、現実的に可変可能な要素のパラメータ値を変更することで、その影響を定量的に把握できる。システム・ダイナミクスは、本研究で対象とする健康維持のための事業計画立案においては問題の構造的な把握と解決策の影響を定量的に明示するという2つの用途で貢献できる。システム・ダイナミクスの特徴は、当該問題が生じているシステムをモデル化することによりその構造的な理解ができる点にあり、モデル化を行う際に現実の登場人物（ステークホルダー）や要素間の関わりをよく考慮することが必須であるため、当該領域の専門家などの意見を反映させることもひとつの手である。SDモデルがひとつおりの完成した際には、自然と問題が生じるシステムの把握ができていくことになる。さらに、構築したモデルを用いて、現実的に可変可能な要素のパラメータ値を変更することで、その影響を定量的に把握できる点も有用である。シナリオを構築し、検討目的にあったシミュレーションを実施することで、問題解決のための課題が明確になり、同時にどこをど

れくらい変えれば、ある条件下において、どの程度どこに影響があるかを推論することができる。社会システムへの応用においては大規模になりがちな社会実験を実施する前にある程度関係者でモデルを用いた議論ができる点に有用性が認められた。

7.2.4 健康維持事業計画立案支援プロセス全体における考察

第3章のプロセスの設計で示した健康維持事業計画立案支援プロセス（図3.4）では、テキスト・マイニングとシステム・ダイナミックスを上下に示しているが、これは必ずしも実施の順番を示しているものではない。第6章における糖尿病を題材にこれを適用した事例では、先に糖尿病の進行プロセスに基づくSDモデルを構築し、ここから問題を構造的に把握し、課題解決の要点となる介入ポイントを明らかにした上で、テキスト・マイニングによるオープン・データ（文章データ）の分析を別途行い、この分析から解決策を抽出した。さらに、抽出した解決策を先のSDモデルの介入ポイントに反映し、この解決策をもとにSDモデルを見直し（スマートヘルス活用のモジュールを追加し）、ここから幾つかのシナリオを作成した後に、シナリオに基づくシミュレーションを実施した。システム・ダイナミックスだけでなく、一般的にモデリング&シミュレーションにおけるモデルの構築時において、問題の定義とともにその時点でその問題における課題の解決策が示されている場合には、この解決策の影響をみることを念頭においたモデルが構築されることが起こり得る。このようなSDモデルの構築が良くないということではないが、恣意的なバイアスが入る可能性は否定できない。本研究では、さらなる解決策を提示し、健康維持事業計画立案を支援することを目的にしていることから、できるだけ公平な目線で、恣意的なバイアスが入る余地を避けたかったため、問題が生じているシステムの構築時には解決策を意識せずにSDモデルを構築した。これにより、純粋に問題が生じているシステムの構造的把握から課題の解決策となる要点としての介入ポイントを特定することが可能であった。その後、テキスト・マイニングによるオープン・データの分析から解決策を抽出し、さらにこれを構築したSDモデルに再度戻すという手順で実施した。この手順で、テキスト・マイニング実施前に構築したSDモデルは、人口統計や糖尿病患者の推移にかかわる公表値などをもとに糖尿病の進行プロセスに基づき構築したため、SDモデルの確からしさを現実の社会における公表値との整合

性の確認が非常にやりやすく、また、疾患プロセスにおける人の流れが明確であったため、問題の課題となっている要点、つまり解決策を代入するための介入のポイントの特定が容易であった。反対に、今回の題材では先にテキスト・マイニングによるオープン・データの分析を実施するという手順での確認はしていない。この順序での実施が適切な題材がある可能性は否定できないが、分析の目的や状況など考慮する必要がある。

第6章の6.2.4節では、SDモデル構築について述べた。ここでは構築したSDモデルの各種設定をできるだけわかりやすく解説するために検討して設定した値の結果のみを記載したが、実際にSDモデルを構築した際にはさまざまな取り組みと気づきがあった。たとえば、SDモデルを構築する上で、まずはその骨格のベースとなるのはなにであるか、また、そこを流れる単位はなにかなどを決めなければならない。ここでは周辺情報として行政が公表する統計の値などをもとに、骨格には糖尿病の進行プロセスを、単位には人を採用することとした。なにをどのように採用するかは、SDモデル構築に入るに、問題の範囲と定義を定めておく必要がある。つまり、対象とする問題が生じているシステムをどの切り口で捉えるかということであるが、この点をよく考察しておくことがまず肝要である。逆に言えば、対象とする問題の範囲と定義が定まっていれば、SDモデルの骨格とそこを流れる単位が自ずと定まってくることから、それにかかわる周辺の情報を収集し、特に骨格となる、ここでは糖尿病の進行プロセスにおける4つの病態であるが、これらストックへのインフローとアウトフローに注意しながら構築を進めていくことができる。注意点としては、このとき構築するSDモデルを後に検証/テストすることを念頭に置き、現実の値としてなにがどの程度、どこから入手可能かできる限り調査しておくことが重要である。なぜならば、SDモデル自体は、ストックとフローを中心にパラメータ値などを配置することで自由に構築することが可能であり、どのような理論や背景などで構築されたかにかかわらず、コンピュータ上で実行することで、なにかしら値を返してくれる。しかし、この値が現実の社会とどのように繋がっているのかは、その構築したSDモデルが返す値と、現実の社会の値（データ）との関係のみしか確認の方法がないためである。しかも、通常は構築するSDモデルには複数のストックとそれに対するインフロー、アウトフロー、およびフローを調整する役割であるパラメータなどが存在する。これら、ひとつひとつにできるだけ現実の社会におけるデータをその根拠として入手し、検証/テストに備えることは重要である。そのため、問題が生じているシステムをSDモデルとしてモデル化する際には、入手可能なデータを調査

しながら、そのモデルの検証/テストを意識し、そのシステムの切り口、つまり、範囲と定義、および SD モデルの骨格と単位に注意して進めることが肝要である。しかしながら、実際には SD モデルのパラメータの設定において、理論的には当然発生するデータではあるが、現実の社会において計測あるいは収集されていないか、または何かの理由で公開されていない場合もある。本研究においても、たとえば、糖尿病の悪化方向への移行率や改善方向への移行率において、そのものずばりという値は見つけることができなかった。また、対象を 15-64 歳としているため、このような集団を対象にするかにおいても、必ずしも必要なデータが入手できるとは限らない。先に述べた通り、本研究において 15-64 歳の非治療群における糖尿病の悪化方向への移行率は SD モデルの構築の上で重要な値ではあるが、公表されたデータからはそのものは見つけられなかった。しかし、治療群における外来患者群や入院患者群の推移や、糖尿病の予備群とされる人々の推移、また人口全体における 15-64 歳の人口の割合などは複数の根拠資料 [1][24][27][85][86][87][88]を参照することで入手が可能であった。これらの参照データから、悪化方向への移行率はこういう推移になるだろうという値を算出し、これを Vensim にて構築した SD モデルに表関数の機能を利用して設定した。これによりストック「健康な人群」から「糖尿病予備群」へ、また「糖尿病予備群」から「外来患者群」へ移行する人の数が決定された。ただし、先に述べたように、ひとつのストックにはひとつ以上のインフローとアウトフローがある。図 6.2 では「健康な人群」のアウトフローは「糖尿病予備群」に向かうフローと「死亡 1」のフローであるが、これらにかかる「疾患の悪化方向への移行率」のパラメータ値と「不慮の事故などによる死亡率」のパラメータ値によってここを流れる人の量が変わってくる。通常、ひとつのストックは複数のパラメータの影響を受けているため、ひとつのパラメータについて確からしい値を得ただけでは設定が済んだということにはならない。また、全体への影響も後々ではあるが考慮しなければならない。Vensim にはパラメータ値の自動最適化の機能もあるが、SD モデルの構築の初期でこの機能を使用することはほとんどない。なぜなら、SD モデルの構築は、必要な現実の社会におけるデータをもとに、対象とする問題が生じているシステムの構造的な理解を深めることも目的のひとつであるためである。現実の社会との関係を踏まえ、先の「死亡 1」にかかる「不慮の事故による死亡率」について検討した。ストック「健康な人群」にかかる「不慮の事故などによる死亡率」は、「糖尿病予備群」における「死亡 2」およびそのとなりの「死亡 3」にも採用した。これらのストックから流

出する、つまり人口が減少する理由として死亡を採用したということである。これは公表値を参照し、日本の 15-64 歳における死亡の理由で最も影響力の大きいものが不慮の事故などによるものであったためである。この公表値では、65 歳以上では病気の影響が大きくなっていた。15-64 歳の人口層の人々は相対的に健康で、行動が活発であるため不慮の事故などによる死亡のリスクが高いということが理解できる。このひとつのパラメータ値を「健康な人群」、「糖尿病予備群」および「外来患者群」に反映させて良いかどうかという検討が必要であるが、糖尿病の基礎情報から罹患だけではすぐに死亡に至ることがなく、また、死亡と病態の悪化方向への移行以外に 15-64 歳という人口層から流出する他の主な理由はみつけられなかったため、「死亡」をそれぞれのストックのアウトフローに設定し、「不慮の事故などによる死亡率」として、これらに同様のパラメータ値を設定した。一方で、ストック「入院患者群」における「死亡 4」には別のパラメータとして「疾病による死亡利率」を設定した。こちらは、糖尿病が進行し、重篤な合併症を発症した患者は入院による治療が必要になるが、入院により活動も極端に制限されることから不慮の事故などによるリスクは低減し、アウトフローとしては疾病による死亡のリスクが高くなるということが理解できる。これは実際に、公表値[1][4][27]にてこの根拠となる裏づけを得ることができた。このようにしてその他のパラメータ値もひとつひとつ現実の社会における値の入手とその適用の可否および適用の範囲を確認しながら積み上げ式に設定していくプロセスを経ている。しかしながら、積み上げたものが最終的に全体として現実の社会における値（データ）の推移を再現しているかという点については、やはり検証/テストにおいて必ず確認しなければならない。もし、整合性が見られない場合は、どこでどのような違いがでているのかを詳細に確認していく必要がある。まとめると、第 6 章での糖尿病の進行プロセスに基づく SD モデルの構築を通じて、健康維持事業計画立案にかかる SD モデルの構築には、現実の社会における値（データ）の入手が必須であり、全体から細部まで詳細な検討を繰り返しながら目的に応じた適切なメッシュでの SD モデルを構築し、構築したモデルが、ある側面からではあるが、現実の社会と繋がっていることを確認するために検証/テストの実施は必須である。

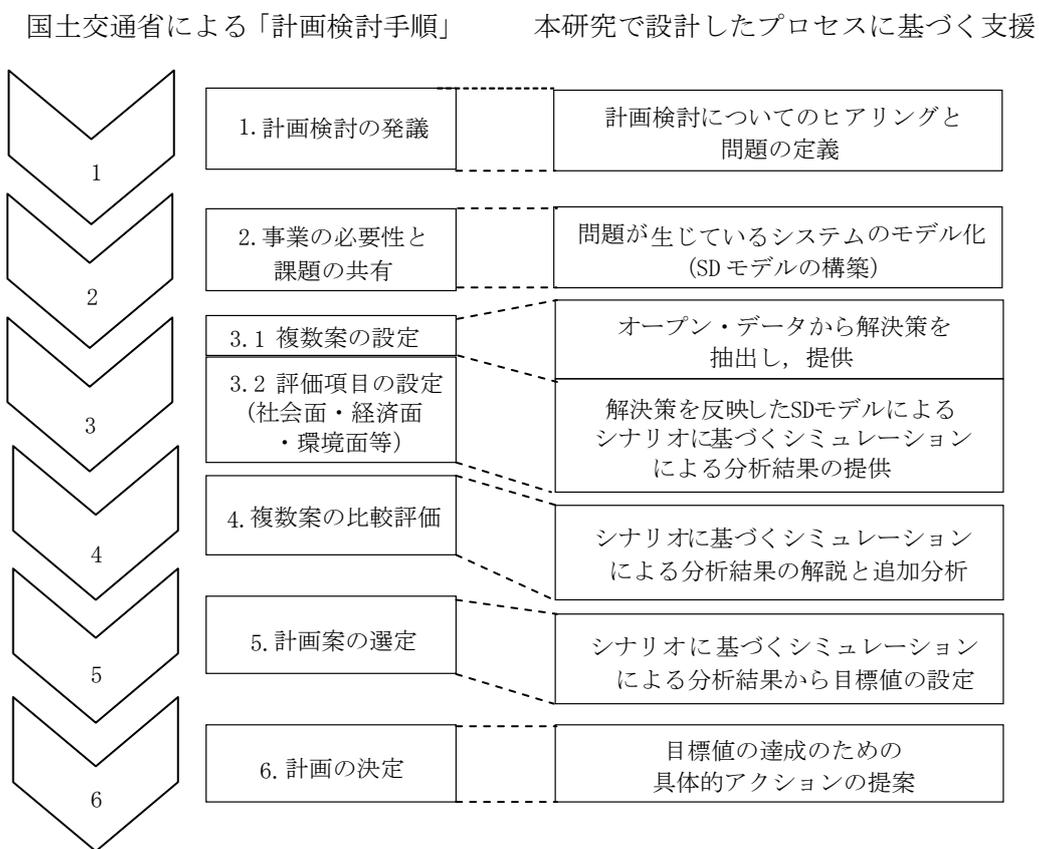
このように、本研究の成果のひとつとして、第 6 章で構築した糖尿病の進行プロセスに基づく SD モデルの確からしさを公表値など入手可能な現実のデータを用いて慎重に検証することがとても重要かつ有意義であることがわかった。これは、その後のシナリオ作成とそのシナリオに基づくシミュレーションの結果が意味を持つてくるという点で

も非常に重要であることがわかった。まず、問題が生じているシステムの SD モデルの確からしさを、公表値などを用いて慎重に検証することで構築した SD モデルが現実の社会をどの切り口から捉えているのか再確認できる点である。本研究では、糖尿病の進行プロセスに基づく切り口にて現実の社会を捉えたが、関連研究の Shabestari and Roudsari[38]や Homer ら[39]のようにその切り口はさまざまであるが、いずれも対象とする問題や課題および目的に応じて適切に切り口を設定し、そして、どの切り口からでも現実の社会との整合性を確認することが必要で、現実の社会との接点を確認するという意味でも公表値などを用いて構築した SD モデルを慎重に検証することは有用である。この現実の社会との整合性を確認する中で、当初の構想では気づかなかった要素間のつながりや、重要であるとおもった要素が全体としてはそれほど影響力を持たない、或いはその反対でのなどの気づきがあった。こうして検証した SD モデルは、ある条件下においてではあるが、現実の社会の一面を表している。そして、どの SD モデルにおいても問題が生じているシステムで課題となっている要点をその構造から特定することが可能となるが、現実の社会との接点を確認できている SD モデルにおいては、この要点が現実の社会のどことどのようにつながっているのかを現実味をもって確認することができる。具体的には、特定したパラメータなどを、感度分析を用いて、その周辺への影響度をみてることで、その影響が公表値などと比べて納得感があるものなのか、そうでないのかという確認が即時に可能となる。ここで特定した要点は、本研究では介入のポイントと呼んだが、ここに解決策としての介入を加えることで、構築した SD モデルを用いて既存のシステムのどこにどれくらい影響を与えるのかという検討を行うことが可能である。この場合も基本的には感度分析を行う。ただし、解決策をただ機械的に反映するのではなく、現実の社会に立ち戻って、この解決策はどのようなシナリオに基づいて実行されるのかという点もシナリオ構築時に同時に検討されるべきである。こうしたアプローチが、構築した SD モデルを用いてシナリオに基づくシミュレーションを実施して得られた結果の解釈とその議論に役立つことは明らかである。本研究においても、スマートヘルス・ユーザーの新規獲得率を 20%とするということは現実の社会において具体的になにを行動として起こすことなのかという点について検討し、これが現実の社会において妥当な案であることを提示した。このアプローチは、他の大規模で複雑なシステムにおける問題解決に SD モデルを用いて検討する場合においても同様に利用可能であると共に、SD モデルを適用する大きな利点となり得る。

また、本研究の対象とする期間は1996年から2004年の約20年程度を対象とした。このため、本研究での方針として、構築するSDモデルにおける介入のポイント、解決策およびシナリオの対象から、現実の社会で変更が容易ではない値（外生変数）、つまり現実の世界で決まってくる要素は除外した。これは、たとえば、日本の出生率を高めましようという解決策はあるとしても、生産人口年齢に達し、効果を発揮するまでに20年とかそれ以上の期間が必要であるため今回のソリューションには当然該当しない。したがって、現実の世界においても変更ができそうな要素を対象とした。本研究では、解決策としてスマートヘルスの活用を選択し、シナリオとしては、新規ユーザーの獲得率、糖尿病への介入による悪化方向への移行率の抑制、および改善への促進率などをシナリオの対象としたが、このように、現実の社会において実際になにかしらの施策により介入が可能であり、対象とする期間内でその影響を計れるものを扱うことが肝要である。本研究は、まさにそこに取り組んだ研究である。

本研究で設計したプロセスは、さらなる解決策を提示し、事業実施前にシナリオに基づく定量的な影響を確認することができるため、健康維持を目的とした事業の計画立案の支援に役立つことが期待できる。一方で、このプロセスはシステム・ダイナミクスとテキスト・マイニングという手法を用いるため、専門家でなければ必ずしも利用できないということではないが、実際に利用するようになるまでにはそれなりに時間を要する可能性がある。行政、企業やNPOにおいて健康維持を目的とした事業を計画立案する立場にある人々に本研究で設計したプロセスを有効活用していただくためには、まずは、筆者のような領域を研究する者が、具体的な課題に取り組む人々から当該領域の問題と課題などを伺い、このプロセスを通じて得られた結果をひとつの案として提示する方法がある。具体的には、健康維持を目的とした事業の着想から事業実施までのスケジュールの中で、特に、計画立案の立場にある担当者の着想から組織的な計画を意思決定までに至る、全体のスケジュールとしては初期のフェーズにおいて設計したプロセスに基づく支援が特に期待できる。そこで、国土交通省における公共事業の構想段階における計画策定プロセスに関する取り組みから、計画策定の基本プロセスにおける基本的な考え方を参照し、本研究で設計したプロセスに基づく支援が期待できる内容とフェーズを図7.1として示す。なお、図7.1で示した国土交通省の公共事業の構想段階における計画策定プロセスにおける基本的な考え方の「6.計画の決定」以降は、より詳細な計画案を作成し、所要の方に基づく手続きを実施後、着手という流れとなる[112]。本研究で設計し

たプロセスは、シミュレーションにより課題に対する解決策の影響を事業実施前に定量的に示すことができるが、一方で、これを実際に事業を開始した後の評価にも活用することができる。もし、事前のシミュレーション結果と整合性が確認できない場合は、構築した SD モデルに立ち戻り、どこがどのように違っているのかを関係者らと議論する中で、より現実の社会を反映した SD モデルの構築が可能となり、これをもってさらなる取り組みなどの議論が可能となり、このような事業のライフサイクル・マネジメントのツールとしても利用可能である。



出典: 国土交通省「計画策定の基本プロセス」[112]から筆者が作成し、

「本研究で設計したプロセスに基づく支援」を加筆した

図 7.1 健康維持事業計画立案における設計したプロセスに基づく支援の内容と計画時のフェーズ

7.3 評価

健康維持を目的とした事業は、既に定期健康診断などに代表される取り組みがある。それにもかかわらず、日本の労働力の中核を成す 15-64 歳の人口はいまだに減少傾向にある。また一方で、健康維持事業の計画立案にかかわる人々は、その健康維持を目的とした事業の価値を事前に定量的に示すことが重要であると認識しているが、ここに難しさがあると課題を呈している。本研究では、健康維持事業の計画立案を支援するプロセスを提示し、これらの課題に取り組み、どう貢献できるのかを確認した。システム・ダイナミックスを中心に問題の生じている当該システムをモデル化し、このシステムにおいて解決策を取り込むことが可能となる要点（介入のポイント）を構造的に把握し、また、具体的な課題解決策の影響を定量的に示すことに取り組んだ。このとき、介入のポイントへの具体的な解決策を大量の文書データからテキスト・マイニングを用いて抽出するという試みにも取り組んだ。本研究が提案した健康維持事業計画立案支援プロセスは、テキスト・マイニングにより議論の対象とする領域の問題の把握と課題が生じている状況を分析・解釈し、課題の解決策となる選択肢としてスマートヘルスの活用を抽出し、これを糖尿病の進行プロセスを骨格としたシステム・ダイナミックスのモデルへ介入のポイントとして代入し、シナリオに基づくシミュレーションの分析を実施することで、構築したモデルの条件下において、事業の実施前にその解決策の効果を定量的にみることを確認した。

一方で、設計したプロセスはシステム・ダイナミックスとテキスト・マイニングという手法を用いた。これら手法の利用においては幾つかの注意点が明らかになった。また、専門家でなければ必ずしも利用できないということではないが、実際に利用可能になるまでにはそれなりに時間を要する。そこで、本研究で設計したプロセスを有効活用していただくためには、たとえば、筆者のような領域を研究する者が具体的な課題に取り組む人々から当該領域の問題と課題などを伺い、このプロセスを通じて得られた結果をひとつの案として、行政、企業や NPO において健康維持を目的とした事業を計画立案する立場にある人々に提示するようなアプローチが考えられる。

医療・介護をはじめとした社会保障制度の持続可能性の確保と共に、国民が健康で働けるよう生活習慣の改善に向けた取り組みが実施されている。それでも、生活習慣病や認知症の増加などにも起因するおよそ 100 万人を超える健康上の理由で就業できていな

い人々が存在し、現在の日本における少子高齢化の進展などを踏まえると、今後もこのような傾向が継続していくことが見込まれる。そこで、健康を維持し、生涯に渡って元気に働きたいという人がそうあり続けられるように、さらなる取り組みを立案し、実施していくことが求められている。また、健康維持事業計画立案において、その立案する事業の価値を事前にどのように評価すべきかという課題があり、この課題を克服するプロセスが必要となっている。

健康維持事業計画に関する既存の取り組みやシステムズ・アプローチによる健康維持事業計画立案の研究をサーベイし、システムズ・アプローチに関する手法を糖尿病へ適用した関連研究に触れつつ、本研究の位置づけを示した。

本研究で提案した健康維持事業計画立案支援プロセスは、大規模で複雑なシステムである健康維持を推進するための事業計画の立案を支援するためのプロセスである。本研究の着想と提案するプロセスが期待される背景および目的を述べ、糖尿病の予防に着目し、システムズ・アプローチの視点から本研究へのシステム・ダイナミックスの適用とオープン・データとしての大量の文書データの分析におけるテキスト・マイニングの活用にも触れ、さらなる健康維持事業計画の立案を支援するプロセスを提案した。

テキスト・マイニングによる当該領域の問題の把握とその課題解決策の抽出を製薬業界の2010年問題に起因する国内外でのM&Aを題材に行った。新聞記事と専門家により記載された専門誌記事を用いて、テキスト・マイニングによる分析結果と専門誌記事の要約を比較し、それぞれの内容の整合性を確認した。テキスト・マイニングによる分析の過程における発見や工夫についても言及した。テキスト・マイニング手法における分析担当者のデータ操作におけるバラツキのさらなる低減の必要性、コーディング・ルールの作成や分析におけるデータの取扱いに担当者ごとの違いが生じる可能性への改善、システム・ダイナミックス手法の利用におけるモデル化に必要な表関数の設定の正しさの担保、たとえば本研究で仮として設定したスマートヘルスの「サービス等の平均利用期間」やその他デフォルト値について精査の向上についてはひきつづき研究において検討を重ね対応策の構築や精度を高める取り組みが必要である。事業計画立案のための分析を行う過程で注意すべき点もあった。テキスト・マイニングの手法としてテキスト・データからのある単語の抽出から分析対象とする用語の特定、次にこれら用語を用いて共起ネットワーク図の作成と階層的クラスター分析および要約のための発現頻度集計をグラフとして作成した。これは、大量のテキスト・データを要約すると同時に用語同士

の関係性を可視化する目的であったが、分析の過程で分析対象とする各期間における特徴的な用語の選択において、客観性の確保と再現性を担保する必要性が生じる。共起ネットワーク分析をおこない、また企業名に幾つかの特徴語を組み入れて分析をおこなった。この手順で、用語間の意味のある関係性を視覚的に確認することができ、その関係もテキスト・マイニング手法による新聞記事の要約を支持するものであった。一方で、選択した特徴的な用語すべてと企業名すべてを入れておこなった階層的クラスタ分析では、用語と企業名が同じクラスタに入ること、そのクラスタが意味するものを容易に解釈することができるものがあったものの、これとは別に企業名のみで構成されたクラスタもみられた。この企業名のみで構成されたクラスタの意味するものを解釈するには、経済誌の特集記事などの要約から背景情報を得ることで解釈可能であったが、今後さまざまな分析をおこなうには、その分析の性格に応じて用語の抽出方法の工夫が必要であることが示唆された。

システム・ダイナミクスによる当該システムの構造の可視化により、問題が生じているシステム構造の把握とシナリオに基づくシミュレーションによる課題解決策の影響度を経時的な定量値の変動として認識できることを確認し、これにより当該領域における問題の解決策の議論の促進を支援することが可能であることを確認した。題材は、日本のポリオワクチン政策立案の支援と医薬品開発における臨床試験データの解析プロセスの評価の2つを扱った。日本のポリオワクチン政策立案支援では、システム・ダイナミクスの再利用可能な共通構造をもつモデルから感染症モデルを適用し、モデリング&シミュレーション手法の特徴である既存のモデルの再利用の有用性についても考察を行った。構築したモデルを用いてシナリオに基づく経時的な定量値の変動の認識が政策立案の議論の根拠となることを確認した。また、医薬品開発における臨床試験データの解析プロセスの評価を対象に、共通構造をもつリワーク（戻り作業）のモデルを適用し、同様にその有用性を確認した。ここでも構築したモデルを用いて、シナリオに基づくシミュレーションを実施し、その結果が当該領域の課題に対する解決策を議論する上での定量的な根拠となることを確認した。

本研究で提案した健康維持事業計画立案支援プロセスを糖尿病の予防へ適用し、実際に有用であるか確認した。糖尿病の進行プロセスを骨格としたSDモデルを構築し、実存する政府などによる統計データを用いて構築したモデルの整合を確認した。そして、オープン・データとして新聞記事を用い、これをテキスト・マイニングによる分析を行

い、糖尿病の予防に着目した健康維持事業における解決策と成り得る選択肢を抽出した。この選択肢を先に構築した糖尿病の進行プロセスの SD モデルに代入し、シナリオに基づくシミュレーションを実施した。得られた結果が健康維持促進のための事業計画立案のための議論の根拠となることを確認した。テキスト・マイニングとシステム・ダイナミックスの2つ手法を繋ぐ方法も明らかにした。

本研究が提案した健康維持事業計画立案支援プロセスは、テキスト・マイニングにより議論の対象とする領域の問題の把握と課題が生じている状況を分析・解釈し、課題の解決策となる選択肢の抽出を経て、これを糖尿病の進行プロセスを骨格としたシステム・ダイナミックスのモデルへ介入のポイントとして代入し、シナリオに基づくシミュレーションの分析を実施することで事業計画立案時にその解決策の定量的な効果をみることを可能にすることが確認できた。行政や企業の健康維持事業計画立案に係る立案者へのヒアリングでは、事業の価値を示すことに苦慮している、どの程度の強制力をもたせるかが悩みであると課題の提示があったが、構築したモデルの条件下において、事業の実施前に効果を定量的にみることができた。これらの議論に役立つことが期待できる。

翻って、本研究で扱う2つの手法の利用において主にテクニカルな課題が幾つかみられた。たとえば、オープン・データを用いたテキスト・マイニングのテクニカルな問題として、テキスト・マイニングを実施する際に分析者が取り出したいと思う用語をデータ中から取り出して、あるカテゴリとして自由に分類したり、データを分析することができ、これを別の第三者が評価する工程を取り入れるなど工夫が必要である。コーディング・ルールを作成する工程などでも恣意的なバイアスが入る余地があることが示唆された。また、結果の解釈においても、当該領域に不慣れである場合には、分析を通じて単位化した用語やそれら用語の繋がりがある文脈や背景を読み取ること難しく、分析結果が意味するものを読み解くことが困難な場合がある可能性が示唆された。システム・ダイナミックスによるシミュレーションはモデルとして示されたある条件下においてのみ、その値が経時的にどのように振る舞うかを定量的に算出できることを認識しておくべきである。また、表関数などを用いて設定したパラメータ値の利用については慎重に考慮すべきであり、入手可能なデータを根気よく調査し、その値が生じる理由や過程等についても精査する必要があることから、今後も議論する必要がある。本研究で用いたデータについて、さらに詳細で新しいデータを入手し再定義することで、それぞれの事例における施策の精度向上が期待できる。シナリオに基づくシミュレーションでは、スマー

トヘルスがユーザーの行動変容を促進するとの考えに基づき検討を進めた。本研究では、スマートヘルスとスマートデバイスの普及率も同じであると仮定したが、これらについてはひきつづき議論が必要である。シミュレーションで仮として設定したスマートヘルスの「サービス等の平均利用期間」やその他の値についてもひきつづき調査と検討が必要である。また、スマートヘルスの糖尿病の病態の改善方向への効果等については、今回実施したシミュレーションで設定した期間では確認できなかった。データを収集し、対象とする期間を長期に再設定するなどして検討する必要がある。

本研究で設計したプロセス(図 7.2)は、健康維持を目的とした事業の計画立案を支援することが期待できる。一方で、このプロセスはシステム・ダイナミクスとテキスト・マイニングという手法を用いるため、専門家でなければ必ずしも利用できないということではないが、実際に利用するとなるまでにはそれなりに時間を要する。行政、企業や NPO において健康維持を目的とした事業を計画立案する立場にある人々に本研究で設計したプロセスを有効活用していただくためには、まずは、筆者のような領域を研究する者が、具体的な課題に取り組む人々から当該領域の問題と課題などを伺い、このプロセスを通じて得られた結果をひとつの案として提示する方法がある。

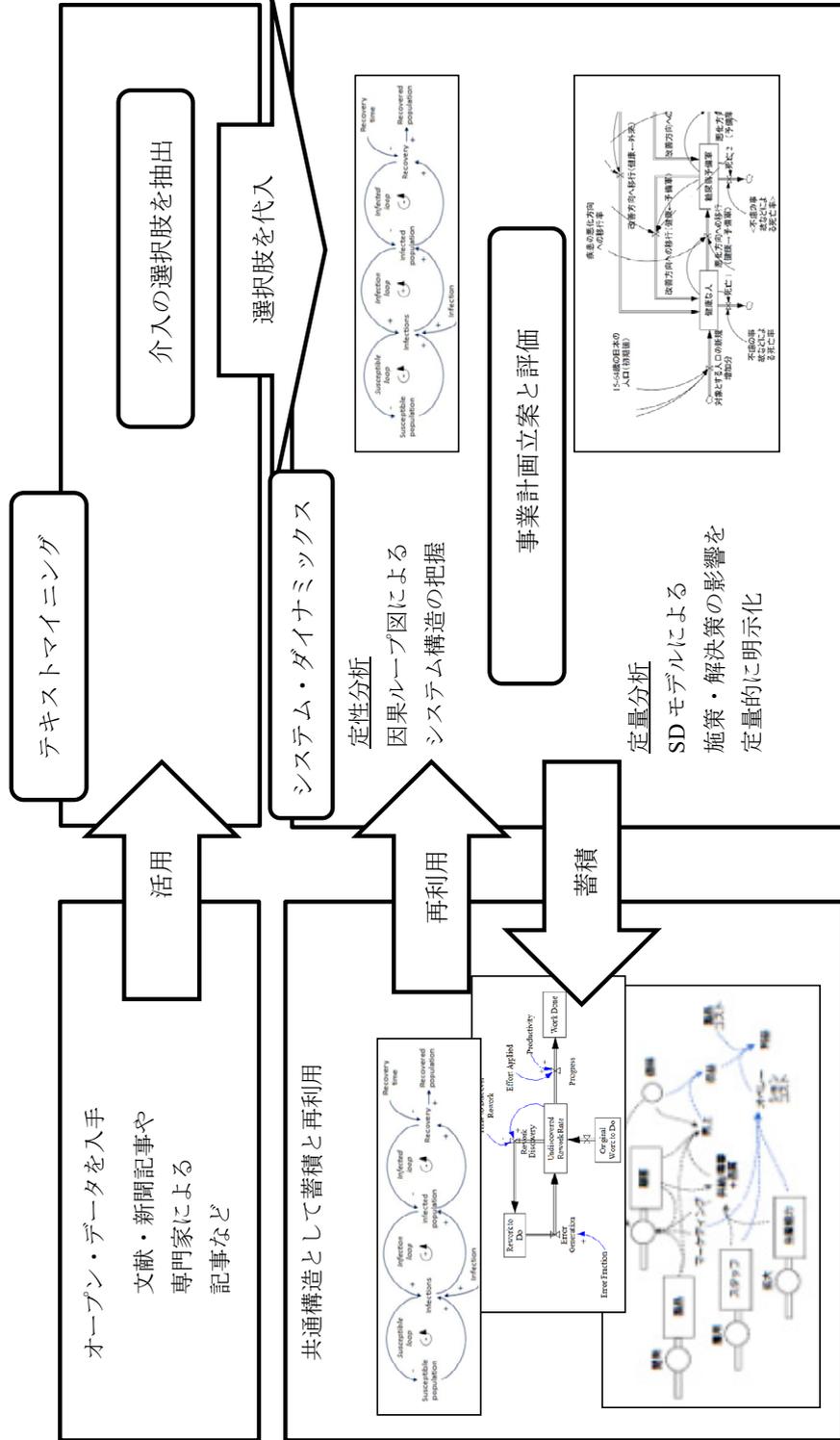


図 7.2 健康維持事業計画立案支援プロセス (図 3.4 を再掲)

第8章 まとめ

医療・介護をはじめとした社会保障制度の持続可能性の確保と共に、国民が健康で働き続けるよう生活習慣の改善に向けた取り組みなどが実施されている。しかしながら、生活習慣病や認知症の増加などに起因するおよそ100万人を超える健康上の理由で就業できていない人々が存在し、現在の日本における少子高齢化の進展などを踏まえると、今後もこのような傾向が継続していくことが見込まれる。そこで、健康を維持し、生涯に渡って元気で働きたいという人がそうあり続けられるように、この課題に対するさらなる取り組みを立案し、実施していくことが求められている。また一方で、行政や企業に所属し、健康維持などを目的とした事業計画を立案する人々は、立案する事業の価値をその事業の立案時に提示することの難さしさがあると課題を呈している。

本研究は、健康・医療や医療福祉を複雑で多様性のある社会システムと捉え、ここで生じる問題の課題解決策を提示し、その解決策の効果を定量的に示すことで健康維持を目的とした事業の計画立案を支援するプロセスを設計し、その有用性を評価した。プロセス設計には、システムズ・アプローチの分野からモデリング&シミュレーション手法のひとつであるシステム・ダイナミクスを用いた。設計したプロセスは、問題を生じているシステムを、システム・ダイナミクスにてモデル化し、これを構造的に捉え、課題解決のための介入のポイントを特定する。問題を生じているシステムへの具体的な解決策の抽出には、オープン・データとして新聞記事などの文書データを用い、文書データをテキスト・マイニングにより分析し、解決策を抽出する。抽出した解決策を構築したSDモデルにおいて特定した介入ポイントに代入し、シミュレーションの実施によりこれが当該領域の課題に与える影響を定量的に提示するものである。

糖尿病の予防を題材として、このプロセスを適用し、当該領域の問題を構造的に把握し、課題解決策を提示する。そして、解決策の影響を事業実施前に定量的に示すことができることを確認した。具体的には、日本の労働力の中核を成す15-64歳の人口の減少を抑制するという課題の解決策として、糖尿病の進行プロセスに基づくSDモデルを構築し、課題の解決の要点を特定し、ここを解決策の介入のポイントとした。次に、新聞記事による文書データをテキスト・マイニングにて分析し、スマートヘルスの活用を解決策として抽出した。これをSDモデルの介入のポイントへ反映し、幾つかのシナリオに基づくシミュレーションを実施した。そのひとつであるスマートヘルス・ユーザー獲

得率を 20%に設定するというシナリオにおいて、日本の 15-64 歳の人口の減少をおよそ 10 万人程度抑制するという定量的な結果を提示することを確認した。ある条件下におけるシミュレーション結果ではあるが、このように事業の効果を事業実施前に提示することで、健康維持を目的とした事業の計画立案時における議論を支援することを確認した。

本研究では、健康維持に関わる健康・医療や医療福祉という社会システムを扱い、これにシステムズ・アプローチを適用し、特に人々の健康維持に関わる領域での問題把握とその課題への解決策を導き、その解決策による影響をシミュレーションの実施を通じて事前に定量的に提示する方法を議論した。当該領域の問題において、人々の健康に影響する重要な要素はなにか、課題に対してどのような解決策があるのかという点を明確にし、健康維持につながる事業計画の立案を支援するプロセスを提案した。当該領域に関する問題の把握と解決策の抽出には、新聞記事などのオープン・データにテキスト・マイニング手法を適用した。問題が生じている社会システムの構造的な理解とその課題解決のための要点の特定、および施策立案を議論するための定量的根拠の提示には、システムズ・アプローチの分野からシステム・ダイナミクス手法を適用した。これら 2 つの手法を組み合わせた健康維持事業計画立案を支援するプロセスを提示し、これを糖尿病への予防を題材として適用し、その有用性を確認した。本研究が提案した健康維持事業計画立案支援プロセスは、テキスト・マイニングにより議論の対象とする領域の問題の把握と課題が生じている状況を分析・解釈し、課題の解決策となる選択肢の抽出を経て、これを糖尿病の進行プロセスを骨格としたシステム・ダイナミクスのモデルへ介入のポイントに反映し、シナリオに基づくシミュレーションの分析を実施することで事業計画立案時にその解決策の影響を定量的に提示する。行政や企業の健康維持事業計画立案に係る立案者へのヒアリングで課題として示された計画立案した事業の実施前にその事業の価値を示すことに対する難しさに対しても、提案した健康維持事業計画立案支援プロセスを適用することが解決策のひとつとなることを確認した。

システム・ダイナミクスだけでなく、一般的にモデリング&シミュレーションにおけるモデルの構築時には、すでにソリューションが示され、これの影響をみるためのモデルを構築する際に、恣意的なバイアスが入る可能性がある。健康維持事業計画立案を支援する際には、この点を、できるだけ避けるために、問題が生じているシステムの構築は、ソリューションを意識せずに構築し、課題の特定と介入ポイントを探るという工程を先に実施する。本研究においても、先に SD モデルを構築し、その後にテキスト・

マイニングにより解決策を抽出し、これを構築した SD モデルに戻すという手順にて実施した。

糖尿病予防を目的としたさらなる解決策をオープン・データから抽出し、これを構築した SD モデルに反映し、その影響をシミュレーションにて確認した。今回の研究で構築した SD モデルでは、医師による診断のプロセスは SD モデルに組み込んでいない。しかし、現実には、解決策としてのスマートヘルスの活用が促進されると、その結果としてスマートヘルスのユーザーが行動変容のひとつとして、医師のもとへ足を運ぶ可能性がある。そして、図 3.2 で示した糖尿病の進行プロセスにおける医師による「診断」を通じて、健康を維持する、或いは症状の改善を目的とした医師による専門的で具体的なアドバイスを得ることが想像できる。このような場合、スマートヘルスの活用による効果だけでなく、医師との相乗効果が期待できる。このような仮説も今後、構築した SD モデルに組み込み、さらなる検討を進める。

テキスト・マイニングによる分析にて、共起ネットワークから解決策を抽出する際には、媒介中心性の高い用語に着目すればよいことがわかった。テクニカルな課題としては、テキスト・マイニングにおけるコーディング・ルールを作成する際に、この工程で恣意的なバイアスが入る余地があることがわかった。この工程には改善の余地があり、引き続き検討を行いたい。

システム・ダイナミクスにおいては、SD モデル構築時のパラメータ値の設定については慎重に考慮すべきである。入手可能なデータを根気よく調査し、その値が生じる理由や過程等についても精査することを推奨する。一度構築した SD モデルも、再度利用する際には、前回の利用からの期間を考慮するなどし、必要に応じてアップデートも検討する必要がある。

設計したプロセスはシステム・ダイナミクスとテキスト・マイニングという手法を用いる。このため、行政、企業や NPO において健康維持を目的とした事業を計画立案する立場にある人々が本研究で設計したプロセスを活用するためには、まずは、筆者のような領域を研究する者と一緒に取り組むアプローチがある。筆者のような研究する者が、このプロセスを用いて具体的な事例に取り組み、結果を示すことが近道である。計画立案の着想から組織的な検討を経て意思決定までに至る全体のスケジュールにおける特に初期のフェーズにおいて設計したプロセスに基づく支援が期待できる。ここでの支援の内容については図 7.1 として示した通りである。シミュレーションにより課題に対

する解決策の影響を定量的に示すことができることから、理論的には事業を開始した後の進捗確認や事業の評価にも活用することができる。このように、事業のライフサイクル・マネジメントのツールとしても利用可能であることが示唆されることから、実際に健康維持事業を計画立案する立場の方々と具体的な取り組みを行い、本研究で設計したプロセスの有用性を確認していきたい。

メリットと利用上の注意点を持ち合わせたプロセスではあるが、総合的に判断すれば、注意点を補うメリットが本研究で設計したプロセスにはある。本研究で設計した健康維持事業計画立案支援プロセスは、健康維持を目的とした事業の計画立案に、さらなる解決策を提示し、また、その価値を定量的に事業実施前に提示することができることから、事業の計画立案における議論を推進する一助となる。加えて、理論的には事業のライフサイクル・マネジメントへの寄与への期待もある。

本研究で設計した健康維持事業計画立案支援プロセスは、糖尿病以外でも予防の効果が確認されている生活習慣病やその他疾患への応用が期待できる。この場合、構築したモデルに用いたパラメータ値を対象とする疾病の値に置き換えることで基本的には利用可能である。予防の効果がある生活習慣病には高血圧や脂質異常症などがある。高血症の有病者は約 3,100 万人で予備群は約 2,000 万人、高脂血症の有病者は約 3,000 万人との推計がある[1]。高血圧性疾患や心疾患などの他の生活習慣病への適用においても健康維持事業計画立案の支援が期待できる。

参考文献

- [1] 厚生労働省. "平成 26 年 (2014) 患者調査の概況." (2015). (www.mhlw.go.jp/toukei/list/10-20.html, 2017 年 11 月 1 日閲覧)
- [2] 朝日生命保険相互会社, "インターネット調査." (2017). (<http://www.asahi-life.co.jp/company/pressrelease/cq6g7o0000050sdp-att/20170303.pdf>, 2017 年 11 月 30 日閲覧)
- [3] 総務省統計局. "平成 28 年 労働力調査年報." (2016). (<http://www.stat.go.jp/data/roudou/report/index.htm>, 2018 年 1 月 5 日閲覧)
- [4] 健康日本 21 推進フォーラム. "健診後の受診率・受療率調査～糖尿病の合併症対策のために～." (2011).(www.kenko-nippon21forum.gr.jp/free/prerelease/contents033.pdf, 2017 年 1 月 5 日閲覧)
- [5] 森本寛訓. "医療福祉分野における対人援助サービス従事者の精神的健康の現状と、その維持方策について-職業性ストレス研究の枠組みから." 川崎医療福祉学会誌 16.1 (2006): 31-40.
- [6] 藤井千枝子, 増田真也. "パーキンソン病患者の在宅療養生活と介護サービス利用についての現状調査." 日本公衆衛生雑誌 54.5 (2007): 338-347.
- [7] 森口 次郎, 松尾 福子, 江島 桐子, 井手 陽子, 奥田 友子, 櫻木 園子, 武田 和夫, 池田 正之. "特定保健指導プログラムのメタボリックシンドローム予防における効果の検討." 人間ドック (Ningen Dock) 26.1 (2011): 75-79.
- [8] 厚生労働省. "生活習慣病健診・保健指導の在り方に関する検討会 第 1 回資料." (2005). (www.mhlw.go.jp/shingi/2005/07/s0725-7d.html, 2017 年 1 月 7 日閲覧)
- [9] 富田早苗, 二宮一枝, 福原弘子. "糖尿病予防のための特定保健指導プログラムの効果に関する取組み." 日本公衆衛生雑誌 57.10 (2010): 921-931.
- [10] 豊嶋英明. "疫学的知識のまとめと予防医学のこれからのあり方: 循環器学の進歩 (< 特集 II> 冠動脈疾患)." 循環器専門医: 日本循環器学会専門医誌 2.1 (1994): 31-39.
- [11] 厚生労働省. "厚生労働省における生活習慣病対策について, 首相官邸 高度情報通信ネットワーク社会推進本部 第 11 回医療情報化に関するタスクフォース 資料 8." (2011). (<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/iryoujyohou/dai11/siryou8.pdf>, 2017 年 2 月 10 日閲覧)

- [12] 厚生労働省. "DPC 制度 (DPC/PDPS) の概要と基本的な考え方. 中央社会保険医療協議会総会 (第 185 回) 議事次第総-3-1." (<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000105vx-att/2r9852000010612.pdf>, 2017 年 2 月 10 日閲覧)
- [13] 厚生労働省. "医療施設動態調査 (平成 28 年 10 月末概数)." (2016). (http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/m16/dl/is1601_01.pdf, 2017 年 2 月 10 日閲覧)
- [14] Arnold, Ross D., and Jon P. Wade. "A definition of systems thinking: a systems approach." *Procedia Computer Science* 44 (2015): 669-678.
- [15] Dominici, Gandolfo. "Why does systems thinking matter?." *Business Systems Review* 1(1) (2012):1-2.
- [16] Stave, Krystyna with Megan Hopper. "What Constitutes Systems Thinking? A Proposed Taxonomy." In *25th International Conference of the System Dynamics Society* (2007), Boston, USA.
- [17] Dori, Dov. *Object-process methodology: A holistic systems paradigm*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [18] 保井俊之. "金融インテリジェンスの誕生と発展." *インテリジェンス・マネジメント* 1.1 (2009): 23-34.
- [19] 総務省. "平成 25 年版情報通信白書 (PDF 版) 第 3 節 超高齢社会における ICT 活用の在り方." (2013). (www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/pdf/n2300000.pdf, 2017 年 9 月 28 日閲覧)
- [20] US Department of Army, Headquarters, Open Source Intelligence, the Federation of American Scientists Website (<http://www.fas.org/irp/doddir/army/fmi2-22-9.pdf>) (2011 年 7 月 14 日閲覧)
- [21] 高橋義仁, 下村博史. "事例研究 製薬企業とバイオベンチャーの戦略的提携--R&D モジュール化の視点から." *ベンチャーズ・レビュー* 5 (2004): 81-88.
- [22] 北岡元. *インテリジェンス入門: 利益を実現する知識の創造*. 慶應義塾大学出版会 2009.
- [23] Gilad, Ben. *Early warning: Using competitive intelligence to anticipate market shifts, control risk, and create powerful strategies*. AMACOM Div American Mgmt Assn, 2003.

- [24] Fleisher, Craig S., and Babette E. Bensoussan. Strategic and competitive analysis: methods and techniques for analyzing business competition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- [25] 高橋義仁. "製薬とインテリジェンス: CI 能力は製薬企業の研究開発に影響を与えるか (< 特集> 戦略的意志決定とインテリジェンス)." 研究技術計画 23.1 (2008): 36-42.
- [26] 高橋義仁. "主要医薬品企業における研究開発能力と研究開発特性: 情報収集・分析・活用能力の重要性 (技術経営 (2), 一般講演, 第 22 回年次学術大会)." (2007).
- [27] 厚生労働省. 健康日本 21 (糖尿病) (www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/b7.html#A73, 2018 年 1 月 8 日閲覧)
- [28] 厚生労働省. 平成 24 年国民健康・栄養調査結果の概要 2013. (www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750.../0000099296.pdf, 2017 年 11 月 1 日閲覧)
- [29] 刈谷剛, 中川善典, 那須清吾. "政策・施策の立案に関する方法論と行政経営システムの構築." 社会技術研究論文集 5 (2008): 68-77.
- [30] 坪井塑太郎, 萩原清子. "テキストマイニングによる自由回答の構造分析." 環境情報科学論文集 22 (第 22 回環境情報科学学術研究論文発表会). 一般社団法人環境情報科学センター (2008).
- [31] 富田準二. "ビジネスインテリジェンスをめぐる展望: 意思決定を支援するテキスト集約技術 (ビジネスインテリジェンス及び一般)." 電子情報通信学会技術研究報告. OIS, オフィスインフォメーションシステム 103.707 (2004): 51-58.
- [32] 櫻井茂明, 植野研, 酢山明弘, 折原良平. "時系列イベントパターンマイニングにおける時間制約の導入." Proc. of DEWS2005, 6C-o1 2005.
- [33] 那須川哲哉. "テキストマイニングの普及に向けて: 研究を実用化につなぐ課題への取り組み." 人工知能学会誌 24.2 (2009): 275-282.
- [34] 田中伸英, 高橋裕. システム・ダイナミクス: フィードバック思考による問題解決. サンウェイ出版 2017.
- [35] 島田俊郎. "SD の歴史と SD モデルの信頼性 (< 特集> システム・ダイナミクス)." オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学 21.3 (1976): 122-128.

- [36] Pruyt, Erik. "Dealing with uncertainties? combining system dynamics with multiple criteria decision analysis or with exploratory modelling." Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society 2007, Boston, Massachusetts.
- [37] 高橋裕, 田中伸英. "システム・ダイナミクス: コンピュータを利用した問題分析とデザイン." 日本経営数学会誌 37.1 (2017): 29-45.
- [38] Shabestari, Omid, and Abdul Roudsari. "Potential Return on Investment (RoI) on web-based diabetes education in UK." Stud. Health Technol. Inform 143 (2009): 258-263.
- [39] Jack Homer, Gary Hirsch, Mary Minniti, and Marc Pierson. "Models for collaboration: How system dynamics helped a community organize cost - effective care for chronic illness." System Dynamics Review 20.3 (2004): 199-222.
- [40] Lyneis, James M., and David N. Ford. "System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research." System Dynamics Review 23.2 - 3 (2007): 157-189.
- [41] Kuwashima, Kenichi. "Organizational capability and competitive advantage in pharmaceutical product development." Annals of Business Administrative Science 2.2 (2003): 21-28.
- [42] Kato, Tsugiko, Umezu, Mitsuo, Iwasaki, Kiyotaka, Kasanuki, Hiroshi, and Takahashi, Yutaka. "Preliminary study on the development of a system dynamics model: the case of EVAHEART." Journal of Artificial Organs 16.2 (2013): 242-247.
- [43] Takahashi, Yutaka. "Dynamic simulation modelling using descriptive information in natural language." International Journal of Simulation and Process Modelling 4.3-4 (2008): 215-222.
- [44] Forrester, Jay W. Industrial Dynamics, MIT. Press, 1961. (訳) 石田晴久, 小林秀雄. インダストリアル・ダイナミクス. 紀伊国屋書店 1971.
- [45] Forrester, Jay W. Urban Dynamics, MIT Press, 1969.
- [46] Forrester, Jay W. World Dynamics, MIT Press, 1971.
- [47] Meadows, Donella H., et al. The limits to growth: a report for the club of rome's project on the predicament of mankind. New American Library, 1972.
- [48] 鈴木胖. "社会システムのモデリング." 計測と制御 25.3 (1986): 217-222.
- [49] Richardson, George P., and Alexander I. Pugh III. Introduction to system dynamics modeling with DYNAMO. Productivity Press Inc., 1981.

- [50] Sterman, John D. "Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment." *Management science* 35.3 (1989): 321-339.
- [51] Andrea, Marta Bassi. "Strategic Analysis Evolution: scenario planning and simulation based on the methodology of System Dynamics." *Proceedings of the 22th International Conference of the System Dynamics Society* (2004), Oxford, England, UK.
- [52] Van der Heijden, Kees. *Scenarios: the art of strategic conversation*. John Wiley & Sons, 2011.
- [50 53] Warren, Kim. "Standard cases: Standard structures: Standard models." *Proceedings of the 32rd International Conference of the System Dynamics Society* (2014).
- [54] Warren, Kim. "Agile SD: Fast, effective, reliable." *Proceeding of the 32nd International Conference of the System Dynamics Society* (2014).
- [55] Sterman, John D. *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. No. HD30. 2 S7835 2000.
- [56] Cooper, Kenneth G. "The Rework Cycle: Why Projects Are Mismanaged." *PM Network*: (1993):5-7.
- [57] Cooper, Kenneth G. "The rework cycle: How it really works... and reworks." *PM network* (1993): 25-28.
- [58] Cooper, Kenneth G. "The rework cycle: Benchmarks for the project managers." *Project Management Journal* 14.1 (1993): 17-21.
- [59] Morecroft, John DW. *Strategic modelling and business dynamics: a feedback systems approach*. John Wiley & Sons, 2015.
- [60] Homer, Jack B., and Gary B. Hirsch. "System dynamics modeling for public health: background and opportunities." *American journal of public health* 96.3 (2006): 452-458.
- [61] Wagner, Edward H., et al. "Effect of improved glycemc control on health care costs and utilization." *Jama* 285.2 (2001): 182-189.
- [62] 中野目純一, 瀧本大輔. "特集 武田も揺るがす 「2010 年問題」 --大激変の医薬業界, 勝利の方程式は." *日経ビジネス* 1548 (2010): 94-108.
- [63] 第1 特集 第一三共V S. エーザイ 収益ダウンに向けた取り組みの行方は? 正念場を迎える 2010 年問題, *日経マネー* 2010/10 号 (2010): 56-57.
- [64] 八巻直一. "グループ AHP を用いた人事評価に対する合意形成手法." *日本オペレーションズ リサーチ学会秋季研究発表会講演論文集* (1995): 218-219.

- [65] 中島庸介, 保井俊之, 神武直彦. “オープンソース・インテリジェンスの競争分析への活用の戦略的枠組み: テキスト・マイニングによる日本の製薬業界の2010年問題におけるM&A情報分析を事例として.” 日本コンペティティブ・インテリジェンス学会 『インテリジェンスマネジメント』 3.1 (2011):15-26.
- [66] 樋口耕一. "テキスト型データの計量的分析." 理論と方法 19.1 (2004): 101-115.
- [67] 桑江良昇. "産学連携学会平成25年度シンポジウム 『ライフイノベーション実現に向けての産学連携~ 他の製造業からの新規参入~』 の報告." 産学連携学 10.2 (2014): 2_6-2_13.
- [68] Nakajima, Yosuke, Takahashi, Yutaka, and Kohtake, Naohiko. "Modeling a policy for managing polio vaccine in Japan: scenario planning based on system dynamics." Proceedings of the 30th international conference of the system dynamics society Paper#1139 (2012), St.Gallen, Switzerland.
- [69] Kermack, William O., and Anderson G. McKendrick. "A contribution to the mathematical theory of epidemics." Proceedings of the Royal Society of London A: mathematical, physical and engineering sciences. 115.772(1927).
- [70] Stave, Krystyna A. "Using system dynamics to improve public participation in environmental decisions." System Dynamics Review 18.2 (2002): 139-167.
- [71] Nishiura, Hiroshi, Masayuki Kakehashi, and Inaba, Hisashi. "Two critical issues in quantitative modeling of communicable diseases: Inference of unobservables and dependent happening." Mathematical and Statistical Estimation Approaches in Epidemiology (2009): 53-87.
- [72] Fine, Paul EM. "Herd immunity: history, theory, practice." Epidemiologic reviews 15.2 (1993): 265-302.
- [73] Pruyt, Erik, and Caner Hamarat. "The influenza A (H1N1) v pandemic: an exploratory system dynamics approach." Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society 2010, Seoul, Korea.
- [74] Thompson, Kimberly M., et al. "Development and consideration of global policies for managing the future risks of poliovirus outbreaks: insights and lessons learned through modeling." Risk Analysis 26.6 (2006): 1571-1580.

- [75] Yang, Yang, et al. "The transmissibility and control of pandemic influenza A (H1N1) virus." *Science* 326.5953 (2009): 729-733.
- [76] Paul, Steven M., et al. "How to improve R&D productivity: the pharmaceutical industry's grand challenge." *Nature reviews Drug discovery* 9.3 (2010): 203-214.
- [77] 後澤乃扶子. "新たな治験活性化 5 カ年計画の中間見直しに基づく現状と課題." *保健医療科学* 60 (2011): 3-7.
- [78] Shiralkar, Parag. "Performance Evaluation of Clinical SAS® Programmer." Conference proceedings of SAS® (2009).
(http://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiUy7H0i5HZAhVDkpQKHxuKBPgQFgg2MAI&url=http%3A%2F%2Fwww.lexjansen.com%2Fpharmasug%2F2008%2Fma%2FMA04.pdf&usq=AOvVaw2TRSiZGI6HasqyQIY0c_q7, 2017年2月6日閲覧)
- [79] Amasaka, Kakuro. "Development of 'Science TQM', a new principle of quality management: effectiveness of strategic stratified task team at Toyota." *International Journal of Production Research* 42.17 (2004): 3691-3706.
- [80] Amasaka, Kakuro. "New Japan Production Model, An Advanced Production Management Principle-Key To Strategic Implementation Of New JIT." *International Business & Economics Research Journal (IBER)* 6.7 (2011).
- [81] Lawrence, Paul R., and Jay W. Lorsch. "Organization and environment: managing differentiation and integration (Harvard Business School Classics)." (1986).
- [82] Lyneis, James M., Kenneth G. Cooper, and Sharon A. Els. "Strategic management of complex projects: a case study using system dynamics." *System Dynamics Review* 17.3 (2001): 237-260.
- [83] Nakajima, Yosuke, Takahashi, Yutaka, and Kohtake, Naohiko. "A process assessment of chain-structured clinical trial programming in pharmaceutical drug development." *The Journal of Japanese Operations Management and Strategy* 5.1 (2014): 56-73.
- [84] Nakajima, Yosuke, Takahashi, Yutaka, and Kohtake, Naohiko. "System dynamics applied to oversight of ongoing project: a case of clinical trials programming" *Proceedings of the asia-pacific system dynamics conference of the system dynamics society (APSDC2014) Paper#1016* (2014), Tokyo, Japan.

- [85] 総務省統計局. "人口推計 人口推計の結果の概要 IV.長期時系列データ." (2017).
(<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2.htm#series>, 2018年1月21日閲覧)
- [86] 国立社会保障・人口問題研究所. "日本の将来推計人口(平成24年1月推計)." (2012).
(http://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjpsJ7rlsfYAhULmpQKHGXGIC7gQFggguMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.ipss.go.jp%2Fsyoushika%2Ftohkei%2Fnewest04%2Fgh2401.pdf&usg=AOvVaw1nyfTwHkH6wN_4MEsdqa2R, 2017年1月8日閲覧)
- [87] 厚生労働省. "平成26年(2014)人口動態統計(確定数)の概況." (2015).
(www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei14/dl/00_all.pdf, 2017年9月28日閲覧)
- [88] 厚生労働省. "医療費の動向調査:結果の概要." (2016).
(www.mhlw.go.jp/bunya/iryohoken/database/zenpan/iryuu_doukou_b.html, 2017年9月29日閲覧)
- [89] 樋口耕一. "KH Coder 2.x リファレンス・マニュアル." (2013).
([http://jaist.dl.sourceforge.net/project/khc/Tutorial/for KH Coder 2.x/khcoder_tutorial.pdf](http://jaist.dl.sourceforge.net/project/khc/Tutorial/for%20KH%20Coder%202.x/khcoder_tutorial.pdf), 2013年8月1日閲覧)
- [90] 田中京子. "KH Coder と R を用いたネットワーク分析." 久留米大学コンピュータジャーナル 28 (2014): 37-52.
- [91] 鈴木努. R で学ぶサイエンス 8—ネットワーク分析—. 共立出版 2009.
- [92] 樋口耕一. "KH Coder 掲示板 (フォーラム)." (2013).
(http://koichi.nihon.to/cgi-bin/bbs_khn/khcf.cgi, 2018年2月8日閲覧)
- [93] 経済産業省. "平成27年度健康寿命延伸産業創出推進事業 ヘルスケア産業の最前線." (2016). (www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/downloadfiles/healthcarePamphlet.pdf, 2017年1月7日閲覧)
- [94] 大下 淳一. "ノバルティス×Microsoft, 製薬とITの巨人が組む 製薬最大手が語る“デジタルヘルスへの旅”." 日経デジタルヘルス (2016). (http://techon.jp/atcl/feature/15/060300031/101700014/?n_cid=nbptec_ndhtml, 2017年11月1日閲覧)
- [95] 大下 淳一. "フィンテックよりもデジタルヘルスを." 日経デジタルヘルス (2016).
(<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/feature/15/060300031/062700005/?ST=health>, 2017年11月1日閲覧)

- [96] 稲垣聡, 辻正次. "地域医療機関が実施する m-Health の推進に関する一考察 (JTTA 2014 NAGASAKI 第 18 回日本遠隔医療学会学術大会: 地域医療と在宅医療の融合を支援する)--(システム, 技術開発)." 日本遠隔医療学会雑誌 10.2 (2014): 246-249.
- [97] 石塚優. "人口構造の変化と介護需要の推移—北九州市の場合." 都市政策研究所紀要 (2006): 43.
- [98] 厚生労働省. "健康・医療・介護分野における ICT 化の推進について." (2014).
- [99] 辻正次. "遠隔医療をいかに推進するか--日米欧の比較から (特集 医療と ICT)." ネットコム 6 (2011): 4-11.
- [100] Quinn, Charlene C., et al. "WellDoc™ mobile diabetes management randomized controlled trial: change in clinical and behavioral outcomes and patient and physician satisfaction." Diabetes technology & therapeutics 10.3 (2008): 160-168.
- [101] Quinn, Charlene C., et al. "Cluster-randomized trial of a mobile phone personalized behavioral intervention for blood glucose control." Diabetes care 34.9 (2011): 1934-1942.
- [102] Cui, Mingxuan, et al. "T2DM self-management via smartphone applications: A systematic review and meta-analysis." PloS one 11.11 (2016): e0166718.
- [103] 総務省. 情報通信白書 (平成 28 年版) 情報通信端末の世帯保有率の推移, (2016). (www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/excel/n5201010.xls, 2017 年 1 月 7 日閲覧)
- [104] Ohishi, Koji, Okamura, Hiroyuki, and Dohi, Tadashi. "Gompertz software reliability model: Estimation algorithm and empirical validation." Journal of Systems and Software 82.3 (2009): 535-543.
- [105] Satoh, Daisuke. "A discrete Gompertz equation and a software reliability growth model." IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems 83.7 (2000): 1508-1513.
- [106] 中央調査社. "議員, 官僚, 大企業, 警察等の信頼感調査 (第 8 回)." (2015). (<http://www.crs.or.jp/data/pdf/trust15.pdf>, 2017 年 1 月 9 日閲覧)
- [107] 中島庸介, 高橋裕, 神武直彦. "スマートヘルス普及促進のための糖尿病進行プロセスモデル." 日本経営数学会誌 37.1/2 (2017): 1-27.
- [108] 酒井博章, 河合勝彦. "システム・ダイナミクスによる新製品普及のモデル化とその限界." 桃山学院大学総合研究所紀要 31.3 (2006): 115-195.

- [109] 新谷虎松. "ルールに基づく代替案選択支援機構の実現." 人工知能学会誌 7.3 (1992): 463-474.
- [110] Yamada, Shigeru, Ohba, Mitsuru, and Osaki, Shunji. "S-shaped reliability growth modeling for software error detection." IEEE Transactions on reliability 32.5 (1983): 475-484.
- [111] Richmond, Barry M. Introduction to System Thinking. isee systems, inc. 2004.
- [112] 国土交通省. "公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン." (2008). (<http://www.mlit.go.jp/tec/kanri/process.html>, 2018年2月18日閲覧)

業績一覧

学術雑誌掲載論文

- 1 中島庸介, 高橋裕, 神武直彦. “スマートヘルス普及促進のための糖尿病進行プロセスモデル.” 日本経営数学会誌 37.1/2 (2017): 1-27.
- 2 Nakajima, Yosuke, Takahashi, Yutaka, and Kohtake, Naohiko. “A process assessment of chain-structured clinical trial programming in pharmaceutical drug development (製薬企業による医薬品開発におけるチェーン構造型の臨床試験データ解析プログラミングのプロセス評価).” The journal of Japanese operations management and strategy 5.1 (2014): 56-73.
- 3 中島庸介, 保井俊之, 神武直彦. “オープンソース・インテリジェンスの競争分析への活用の戦略的枠組み: テキスト・マイニングによる日本の製薬業界の 2010 年問題における M&A 情報分析を事例として.” 日本コンペティティブ・インテリジェンス学会 『インテリジェンスマネジメント』 3.1 (2011):15-26.

国際会議論文 (査読付きの Full-length papers)

- 1 Nakajima, Yosuke, Takahashi, Yutaka, and Kohtake, Naohiko. “The relationship between a cost reduction in medical expenses and utilizing smart health, and a driving factor in Japan (日本におけるスマートヘルスの活用と医療費削減の関係およびその活用促進の要点).” Proceeding of the 2nd asia-pacific region system dynamics conference of the system dynamics society (APSDC2017) Paper#1019 (2017), Kent Ridge, Singapore.
(<http://rc4.nus.edu.sg/wp-content/uploads/2017/05/P1019.pdf>, 2018 年 1 月 6 日閲覧)
- 2 Nakajima, Yosuke, Takahashi, Yutaka, and Kohtake, Naohiko. “System dynamics applied to oversight of ongoing project: a case of clinical trials programming (進行中のプロジェクト管理へのシステム・ダイナミックスの適用: 臨床試験データ解析プログラミングを事例に).” Proceedings of the asia-pacific system dynamics conference of the system dynamics society (APSDC2014) Paper#1016 (2014), Tokyo, Japan.
(<http://j-s-d.jp/en//2014APCProceedings/papers/P1016.pdf>, 2018 年 1 月 6 日閲覧)

- 3 Nakajima, Yosuke, Yasui, Toshiyuki, Kohtake, Naohiko, and Ohkami, Yoshiaki. "Modeling a policy for managing polio vaccine in Japan: scenario planning based on system dynamics (日本におけるポリオワクチン政策モデリング：システム・ダイナミックスによるシナリオ・プランニングを用いて).“ Proceedings of the 30th international conference of the system dynamics society Paper#1139 (2012), St.Gallen, Switzerland. (ポスターによる発表)
(<http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1139.pdf>, 2017年11月30日閲覧)
- 4 Nakajima, Yosuke, and Yasui Toshiyuki. "Constructing the integrated social-research system to get ro-bust results (堅牢な結果を得るための統合的社會調査システムの構築).“ Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Systems Engineering (APCOSE2010) Paper#281 (2010), Keelung, Taiwan. (CD-ROM)
- 5 Nakajima, Yosuke, and Yasui, Toshiyuki. "Resolution of drug-lag problem using point program (ポイント・プログラムを用いたドラッグ・ラグの解消).“ Proceeding of Tenth Global Conference on Flexible Systems Management (GLOGIFT) Paper# 1569319551 (2010), Yokohama, Japan.
([http://glogift.net/download/GLOGIFT%2010/GLOGIFT%2010%20\(Proceedings/papers/1569319551%20Resolution%20of%20drug-lag%20problem%20using%20point%20program.pdf](http://glogift.net/download/GLOGIFT%2010/GLOGIFT%2010%20(Proceedings/papers/1569319551%20Resolution%20of%20drug-lag%20problem%20using%20point%20program.pdf), 2018年1月6日閲覧)

その他 (学会賞受賞)

- 1 中島庸介, 保井俊之, 神武直彦, 日本コンペティティブ・インテリジェンス学会 2011年度「論文賞」, 2011年9月

謝辞

本研究を行うにあたり、本当に多くの方々から温かく厚いご指導をいただきました。お世話になりました全ての皆様に心より感謝を申し上げます。

本論文は筆者が慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科（SDM 研究科）の神武直彦准教授のご指導のもとで行った研究をまとめたものである。本研究を進めるにあたり、終始あたたかい眼差しと適切なご助言を賜りました神武直彦准教授に深く感謝の意を表します。また、長期に渡り研究の機会を与えてくださったことに心より御礼申し上げます。本論文の審査の過程で多くの貴重で適切なご助言、ご指導を賜りました。慶應義塾大学大学院 SDM 研究科の初代研究科委員長の狼嘉彰教授には、修士課程に入学したときから宇宙を含む世界を見渡す視野と将来へのビジョンの重要性や心構えなど本当に多くのことをご指導いただきました。同じく SDM 研究科の西村秀和教授には、モデリングにおける専門的な貴重なご助言とともに、研究者としてひとつひとつ思考や言葉を大切に、真実を追求する姿勢を教えてくださいました。これからも心に留めて努力して参りたいと思います。専修大学の高橋裕教授には、2012年のスイスでのシステム・ダイナミックスの国際学会にてはじめてお話をさせていただき、それ以来、本当に多くのお時間をご指導のために割いていただきました。また、同じく SDM 研究科の保井俊之特別招聘教授には、特に社会システムや政策設計に関し、ご自身のご経験に裏付けされた大変示唆に富む適確なご助言をいただきました。理論やテクニカルな観点だけでなく、ものごとの本質を捉える姿勢も教えてくださいました。心から御礼を申し上げます。SDM 研究科の学生の皆さんや多くの皆様にも御礼を申し上げます。セミナーや研究室のミーティングなど様々な機会において貴重なコメントや刺激をいただきました。SDM 研究科の先生方、学生部の皆様にも大変お世話になりました。心より感謝を申し上げます。最後に、何年にも渡り研究のために多くの時間を割くことを快く許してくれた妻と、家に帰るといつも笑顔で迎えてくれた子供たちに心から感謝します。

2018年3月
中島 庸介

別紙

本研究で構築したモデルの式(テキスト形式)を以下に示す。表関数については値をグラフにて示す。

以下では、ストックの定義式は

INTEG (インフロー (単位時間当たりの流入量) -アウトフロー (単位時間当たりの流出量), 初期値) と表している。また、他の定義のうち、ストックの定義式でフローとして使われているものはフローの定義式で、他は補助変数の定義式である。

新規ユーザー= 糖尿病非治療群の合計 (モデル) *新規ユーザー獲得率*スマートフォン普及率

スマートフォン普及率= WITH LOOKUP (

Time, (([(1995,0)-(2014,1)],(1995,0),(2008,0.001),(2010,0.097),(2011,0.293),(2012,0.495),(2013, 0.626), (2014, 0.642)))

備考： 平成 22 年から 26 年までのスマートフォンの世帯保有率の公表値 (総務省_平成 27 年版_情報通信端末の世帯保有率の推移_図表 7-2-1-1) をそのまま 15-64 歳におけるスマートフォン保有率として用いた。

疾患の悪化方向への移行率= WITH LOOKUP (

Time, (([(1995,0)-(2020,0.1)],(1995,26,0.001),(1998,0.001),(1998,0.005),(2004,0.005),(2004,0.0035),(2007,0.0035),(2007,0.007),(2010,0.007),(2010,0.009),(2020,0.009)))

備考： 社会的な課題として糖尿病への関心が年々高まっているなかで、さまざまな取り組みがなされており、疾患への悪化方向への移行率も影響を受けていると仮定した。

疾患の悪化方向への移行率 (外来→入院) = WITH LOOKUP (

Time, (([(1995,0)-(2020,0.01)],(1995,0.005),(1998,0.005),(1998,0.001),(2007,0.001),(2007,0.002),(2010,0.002),(2010,0.0025),(2020,0.0025)))

備考： 社会的な課題として糖尿病への関心が年々高まっている。さまざまな取り組みがなされており、その一環として、近年の入院患者数の減少傾向から推測した上で、医療費の高騰等を背景に安易に入院させないなどの施策などが効いていると仮定した。

悪化方向への移行 (外来→入院) = $\max(\text{外来患者} * \text{疾患の悪化方向への移行率 (外来→入院)}, 0)$

15-64 歳の日本の人口 = 日本の人口 (公表値) * "日本の人口で 15-64 歳が占める割合 (公表値) "

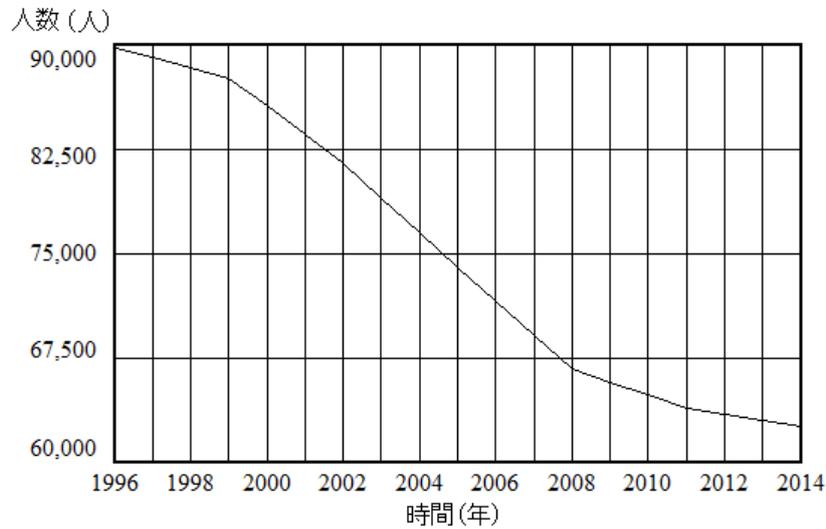


図 A : 入院患者数 (公表値) (表関数の設定値)

糖尿病非治療群の合計 (算出値) = "15-64 歳の日本の人口"-糖尿病の治療群 (患者数) 合計 (公表値)

改善方向への移行 (健康←予備群) =
 糖尿病予備群*(疾患の改善方向への移行率+スマートヘルスを用いた改善方向への促進率)

糖尿病非治療群の合計 (モデル) = 健康な人+糖尿病予備群

スマートヘルス・ユーザーの割合= スマートヘルスのユーザー/糖尿病非治療群の合計 (モデル)

15-64 歳の日本の人口 (モデル) =
 健康な人+糖尿病予備群+糖尿病の治療群 (患者数) 合計 (モデル)

悪化方向への移行 (健康→予備群) =
 $\max(\text{健康な人} * (\text{疾患の悪化方向への移行率} + \text{スマートヘルスを用いた悪化方向への移行の抑制率}), 0)$

悪化方向への移行 (予備群→外来) =
 $\max(\text{糖尿病予備群} * (\text{疾患の悪化方向への移行率} + \text{スマートヘルスを用いた悪化方向への移行の抑制}), 0)$

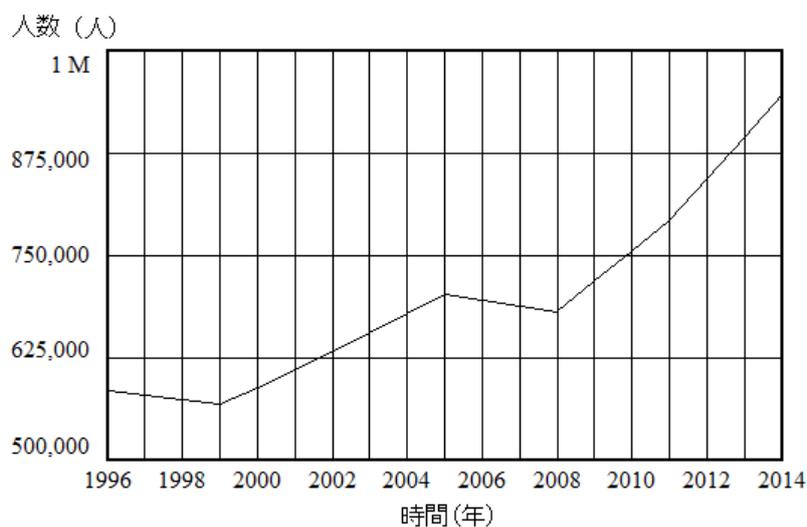
糖尿病の治療群（患者数）合計（モデル） = 入院患者+外来患者

糖尿病の治療群（患者数）合計（公表値） = 入院患者数（公表値）+外来患者数（公表値）

改善方向への移行（外来←入院） = 入院患者*疾患の改善方向への移行率（外来←入院）

入院患者数（公表値） = WITH LOOKUP(
Time, ([[1996,0)-(2014,500000)],(1996,89767),(1999,87604),(2002,81462),(2005,73943),(2008,66702),(2011,63864),(2014,62552))
備考： 厚生労働省_患者調査の概況[1]の統計表 2,3,9 を参考に算出値を設定した（図 A）。

外来患者数（公表値） = WITH LOOKUP(
Time, ([[1996,0)-(2014,5e+006)],(1996,583900),(1999,567055),(2002,631051),(2005,702236),(2008,680484),(2011,792103),(2014,945924))
備考： 厚生労働省_患者調査の概況[1]の統計表 2,3,9 を参考に算出値を設定した（図 B）。



（単位「人数」の「M」はMillionを意味する）

図 B : 外来患者数（公表値）（表関数の設定値）

疾患の改善方向への移行率（外来←入院） = 0.005

備考： 糖尿病関連の疾患で入院している方で改善方向に向かう割合を 0.5%と仮定した。

15-64 歳の日本の人口（初期値） = 1.2557e+008*0.695

備考： 1995 年の総人口（125,570 人）。 1995 年の 15-64 の割合（69.5%）。ただし，対象期間は 1996 年から 2014 年である。

疾患の改善方向への移行率= WITH LOOKUP (

Time, ((1995,0)-(2020,0.1)],(1995,0.01),(2000,0.02),(2005,19,0.03),(2010,0.06,0.025),(2015,0.02),(2019.87,0.02))

備考： 社会的な課題として糖尿病への関心が年々高まっている。政府や医師を中心にさまざまな取り組みがなされており，疾患への改善方向への移行率は年々変動していると仮定した。

改善方向へ移行（健康←外来） = 外来患者*疾患の改善方向への移行率

改善方向への移行（予備群←外来） = 外来患者*疾患の改善方向への移行率

対象とする人口の新規増加分= max((日本の人口（公表値）*"日本の人口で 15-64 歳が占める割合（公表値）")-"15-64 歳の日本の人口（初期値）",0)

日本の人口で 15-64 歳が占める割合（公表値） = WITH LOOKUP (

Time, ((1995,0)-(2014,1)],(1995,0.695),(2000,0.681),(2005,0.661),(2006,0.655),(2007,0.65),(2008,0.645),(2009,0.639),(2010,0.638),(2011,0.636),(2012,0.629),(2013,0.621),(2014,0.613))

備考： 15 歳以上 64 歳以下の糖尿病患者/予備群を対象とする。総務省統計局_日本の人口の推移（平成 26 年まで）を参照した（図 C）。

外来患者群= INTEG (悪化方向への移行（予備群→外来）+改善方向への移行（外来←入院）-死亡 3-改善方向へ移行（健康←外来）-改善方向への移行（予備群←外来）-悪化方向への移行（外来→入院）,583900)

備考： 糖尿病患者数の推移[1]から 2014 年の糖尿病の外来患者の総数と 15-64 歳の患者数の割合を算出し，さらに，この割合を利用して 1996 年の糖尿病の外来患者数の総数から 583,900 人を算出し，初期値として設定した。

糖尿病予備群= INTEG ((悪化方向への移行 (健康→予備群) +改善方向への移行 (予備群←外来)) -
 (悪化方向への移行 (予備群→外来) +改善方向への移行 (健康←予備群) +死亡 2),
 1.153e+007)

備考： 平成 24 (2014) 年国民健康・栄養調査報告 (厚生労働省) から 1997 年の「糖尿病が強く疑われる人」(690 万人) と「糖尿病の可能性を否定できない人」(680 万人) の合計約 1370 万人から 1996 年を約 1320 万人と推計値を用いた。これに当該の統計データの解析対象者の年齢構成を考慮し、約 1,153 万人を 1996 年の 15-64 歳の日本の人口における糖尿病予備群の人数として設定した。

健康な人群= INTEG (改善方向への移行 (健康←予備群) +改善方向へ移行 (健康←外来)
 +対象とする人口の新規増加分-死亡 1-悪化方向への移行 (健康→予備群) ,
 (1.25841e+008*0.692)-(1.153e+007)-(583900)-(89770))

備考： 1996 年の 15-64 歳の日本の人口は (1.25841e+008*0.692) -予備群 (1.153e+007)
 -外来患者 (5.839e+005) -入院患者(8.977e+004)にて算出。1996 年の 15-64 歳の日本の人口 (1.25841e+008*0.692) は推計値を用いた。

日本の人口 (公表値) = WITH LOOKUP (

Time, ([[(1995,0)-(2025,1.3e+008)],(1995,1.2557e+008),(1996,1.25859e+008),(1997,1.26157e+008),
 (1998,1.26472e+008),(1999,1.26667e+008),(2000,1.26926e+008),(2001,1.27316e+008),
 (2002,1.27486e+008),(2003,1.27694e+008),(2004,1.27787e+008),(2005,1.27768e+008),
 (2006,1.27901e+008),(2007,1.28033e+008),(2008,1.28084e+008),(2009,1.28032e+008),
 (2010,1.28057e+008),(2011,1.27799e+008),(2012,1.27515e+008),(2013,1.27298e+008),
 (2014,1.27083e+008),(2015,1.2711e+008),(2016,1.266e+008),(2016.87,1.26e+008),
 (2017.8,1.257e+008),(2019,1.248e+008),(2019.93,1.24e+008),(2021,1.233e+008),(2022,1.
 228e+008),(2023.07,1.2222e+008),(2024,1.215e+008),(2025,1.207e+008)))

備考： 総務省統計局_我が国の推計人口 (大正 9 年～平成 12 年), 総務省統計局_長期時系列データ (平成 12 年～22 年) および総務省統計局_日本の人口の推移 (平成 26 年まで) を参照した (図 D)。

スマートヘルスの効果 (悪化方向への抑制) = -1e-008

備考： (整合性確認時のデフォルト値) -0.00000001.

スマートヘルスを用いた改善方向への移行の促進率=

スマートヘルス・ユーザーの割合*スマートヘルスの効果 (改善方向への促進)

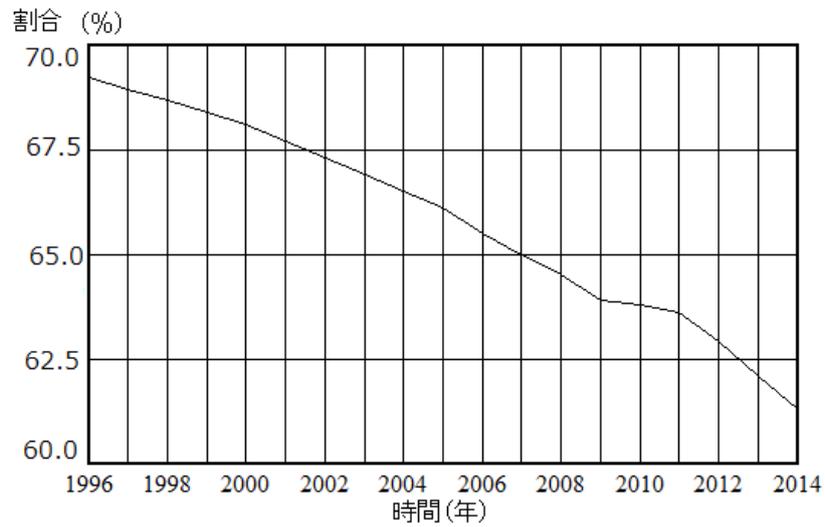
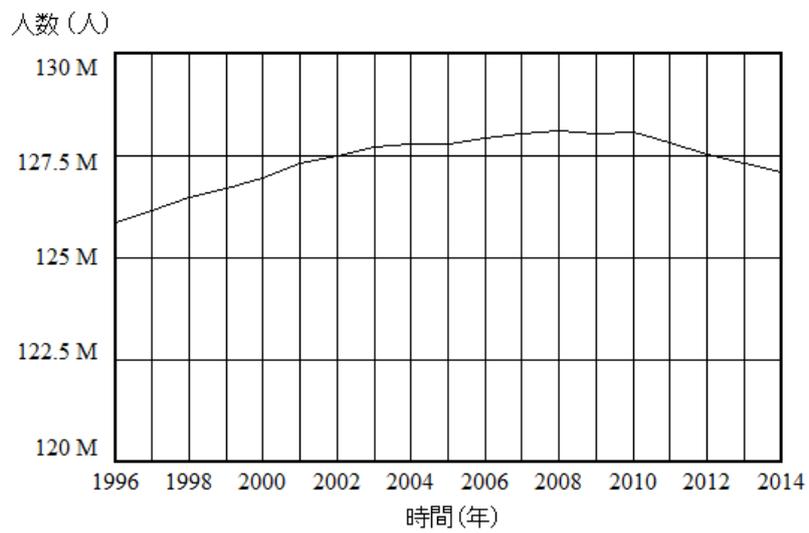


図 C : 日本の人口で 15-64 歳が占める割合 (公表値) (表関数の設定値)



(単位「人数」の「M」はMillionを意味する)

図 D : 日本の人口 (公表値) (表関数の設定値)

スマートヘルスの効果（改善方向への促進）= 1e-008

備考：（整合性確認時のデフォルト値）0.00000001.

スマートヘルスを用いた悪化方向への移行の抑制率=

スマートヘルス・ユーザーの割合*スマートヘルスの効果（悪化方向への抑制）

利用をやめるユーザー= スマートヘルスのユーザー/サービス等の平均利用期間

サービス等の平均利用期間= 2

備考： デフォルトとして2（年間）を設定した.

スマートヘルスのユーザー= INTEG (新規ユーザー-利用をやめるユーザー,0)

備考： デフォルトとして0人.

新規ユーザー獲得率= 0.0001

備考：（整合性確認時のデフォルト値）0.0001

入院患者群= INTEG (悪化方向への移行（外来→入院）-改善方向への移行（外来←入院）-死亡 4, 89770)

備考： 平成26年人口動態統計（確定数）_厚生労働省から統計表2,3,9を参考に算出した1996年の値を設定した.

不慮の事故などによる死亡率= WITH LOOKUP (

Time, (((1995,0)-(2020,0.05)),(1995,0.002),(2000,0.002),(2000,0.006),(2008,0.006),(2008,0.005),
(2010,0.005),(2010,0.0125),(2020,0.0125)))

備考： 平成26年の日本の人口の総数に対する死亡率は人口10万人に対して1014.9人、糖尿病関連は10.9人（平成26年人口動態統計 厚生労働省）であった。一方で、公表値による死亡率の推移を経年で通してみると死亡率はその年々で変動することが確認されたため、パラメータ値も公表値を参考に設定した。

死亡 1= 健康な人*不慮の事故などによる死亡率

死亡 2= 糖尿病予備群*不慮の事故などによる死亡率

死亡 3= 外来患者*不慮の事故などによる死亡率

死亡 4= 入院患者*疾患による死亡率

備考： 平成 26 年人口動態統計（厚生労働省）から糖尿病による死亡総数は 13669 人。

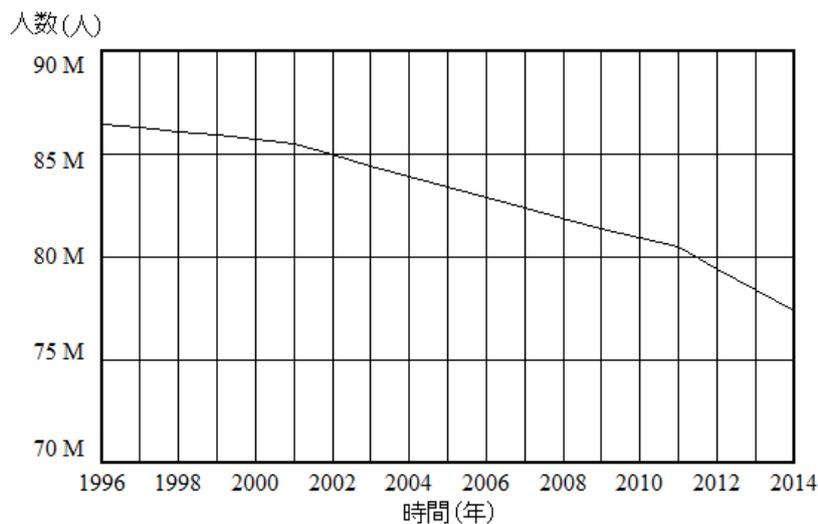
疾患による死亡率= $5/100*2/3$

備考： 平成 26 年人口動態統計（厚生労働省）第 7 表から平成 26 年の糖尿病による死亡患者数は 13699 人を参考とした。高齢者も含めて糖尿病関連の疾患で亡くなる方は入院患者数の 5/100 人程度とした。このうち 14-64 歳で亡くなる方はその 2/3 程度とした。

糖尿病非治療群の合計（ベース） = WITH LOOKUP (

Time, (([1996,1e+007)-(2014,1e+007)],(1996,8.641e+007),(1997,8.624e+007),(1998,8.607e+007),(1999,8.591e+007),(2000,8.57e+007),(2001,8.549e+007),(2002,8.495e+007),(2003,8.442e+007),(2004,8.389e+007),(2005,8.336e+007),(2006,8.287e+007),(2007,8.237e+007),(2008,8.188e+007),(2009,8.135e+007),(2010,8.09e+007),(2011,8.046e+007),(2012,7.94e+007),(2013,7.835e+007),(2014,7.733e+007))

備考： シミュレーションのベース値をグラフにて明示するために表関数とした（図 E）。



(単位「人数」の「M」は Million を意味する)

図 E：糖尿病非治療群の合計（ベース）（表関数の設定値）

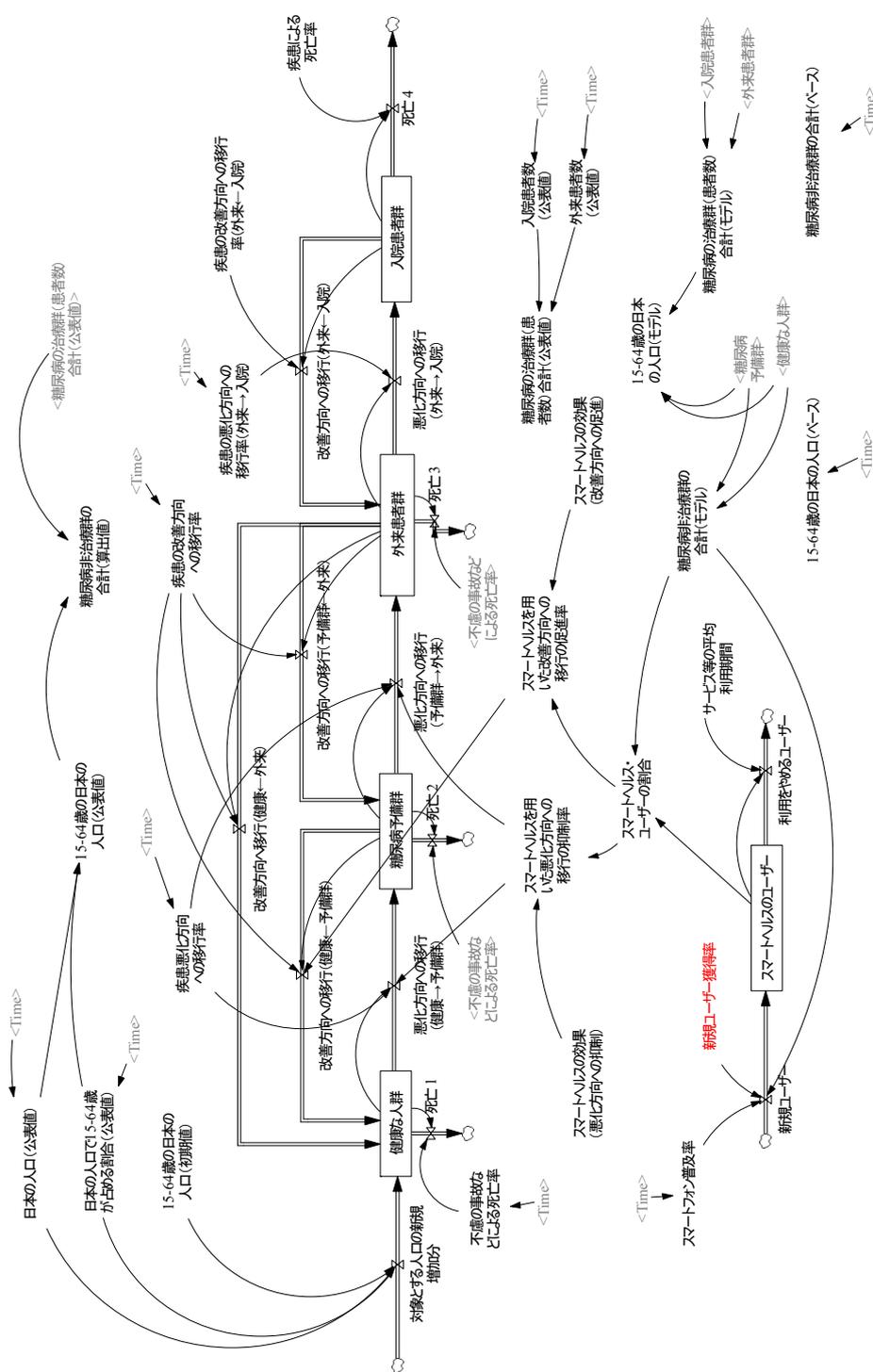


図 F: 糖尿病の進行プロセスに基づくシステム・ダイナミクスモデル