

Nutritional Epidemiology

栄養疫学

食と健康の
データサイエンス

栗木清典 編著

後藤千穂・飯坂真司・小西香苗 共著

建帛社

KENPAKUSHA



まえがき

日本の国民健康づくり政策は、1978年の第一次対策「成人病予防のための一次予防の推進」に始まり、2000年の第三次対策では「健康日本21」として、具体的数値目標を設定し、PDCAサイクルにより推進され、現在、第五次に至る。この50年間で、日本人の主要死因である悪性新生物（がん）、心疾患、脳血管疾患は、生活習慣の改善による予防が可能であるとの科学的根拠に基づく医療（EBM）により、従来の成人病ではなく「生活習慣病」として提唱された。さらに、人口の高齢化に伴い、老衰が脳血管疾患を抜いて死因の第3位となっている。大きく変化した日本人の食事との関連を説明する必要がある。

Society 4.0では、PCやスマートフォンを通じて最新の食と健康の情報を即座に入手できた。現在のSociety 5.0では、AIがビッグデータを解析し、社会問題を解決しつつ、現実空間への高付加価値なフィードバックを通じて人びとの健康向上と豊かな社会の実現につながることを期待されている。

栄養疫学の専門書は少なく、教科書も長らく作成されてこなかった。その要因の1つとして、疫学研究における因果関係の評価は、実験室研究の「決定論」と異なり、統計指標を用いた「確率論」に基づくため、再現することが難しいことに加え、不確実性が高く、理解が難しいとされてきた点があげられる。さらに、個人の「習慣的」な食品や栄養素等の摂取量の評価があいまいであることから、人間集団の食習慣の解析は科学的厳密性に欠けると見なされてきたことも影響しているように思う。このような認識が、栄養疫学の発展と教育の機会を制約してきたといえよう。そこで、「Society 5.0の栄養疫学」を志向し、学生や保健・医療・介護の専門家が、科学的根拠に基づく栄養学（EBN）とデータサイエンスを理解できる教科書の作成を進めた。食品開発者にとっても、機能性表示食品等の開発に有用な内容となっている。

本書は、保健・医療・介護の現場における疑問を解決するため、「疑問の構造化」から解説を始めている。観察疫学研究と実験疫学研究、サンプルサイズの見積もりについて具体例を用いて説明し、量反応関係の統計解析は図解を交えて解説している。難しい統計指標や「確率論」の理解に取り組みなくとも、因果関係の理解が深まるように工夫している。栄養疫学の中心となる食事調査については、「第4章 食物摂取の変動要因」、「第5章 食事調査の方法」、「第6章 食物摂取頻度調査法」、「第7章 エネルギー調整」の4つの章で詳述している。さらに、ライフステージ別の検討、大規模ゲノムコホート研究、サブリメントを用いた実験疫学研究の安全性、欠測値の取り扱いなど高度な専門的内容も扱う。本書は、保健・医療・介護における栄養疫学の教育に加え、デー

タサイエンスやプログラミング技術を備えた栄養疫学の専門人材の育成に貢献する内容となっている。

最後に、本著の出版にあたり、多大なるご尽力をいただいた建帛社の加藤義之氏をはじめ関係者各位に御礼申し上げます。

2025年4月

編著者 栗木清典



目次

第1章 食と健康を明らかにする栄養疫学の重要性

1. はじめに	1
2. 保健分野における重要性	2
3. 臨床分野における重要性	2
4. 中食・外食における重要性	3
5. 食品の生産業・販売業における重要性	3
6. データヘルス改革	5

第2章 栄養疫学を学ぶために

1. 疫学の歴史	7
2. 健康の定義と疫学の概要	9
3. 生物心理社会モデルと医学生物モデル	10
4. 健康問題の課題解決のための戦略	11
5. クリニカルクエスチョン (CQ) とリサーチクエスチョン (RQ)	13
6. 文献検索	15
7. 健康情報の科学的根拠	16
1) システマティックレビュー	16
2) メタアナリシス	16
3) メタアナリシスの方法	17
4) 科学的根拠に基づく医療 (EBM), 栄養学 (EBN), 公衆衛生活動 (EBPH), 判断学 (EBDM)	17

第3章 ヘルスデータサイエンスとしての栄養疫学

1. 公開されているヘルスデータ	19
2. 現在のヘルスデータサイエンス	19
1) ヘルスデータ (ビッグデータ) の「見える化」の5つのステップと留意点	21
3. ヘルスデータサイエンスの推進	22
4. ヘルスデータを活用する栄養疫学	23

5. 情報リテラシーとヘルスリテラシー	24
1) 情報リテラシー	24
2) ヘルスリテラシー	25
6. これからのヘルスデータサイエンス	29
1) 医療ビッグデータ	29
2) ヘルスデータサイエンス	31
3) 保健・医療・介護のビッグデータによるヘルスデータサイエ ンス	33

第4章 食物摂取の変動要因

1. 食事調査における注意点	37
1) 食品・栄養素摂取量の推定にあたって	37
2) 食品・栄養素摂取量の推定方法	37
2. 誤差と変動要因	38
1) 系統誤差 (systematic error) と偶然誤差 (random error)	38
2) 申告漏れと誤差	39
3) 食品, 食事, 調理に由来する申告漏れ	39
4) 食事の評価方法に由来	39
5) 変動 (分散, ばらつき) 要因の種類と寄与率	40
6) 短期間の食事調査で集団の特性を把握する際の問題点	42
7) 長期間の平均的な摂取量を知るために必要な食事調査の日数	42

第5章 食事調査の方法

1. 食事調査の目的, 意義	46
2. 食事記録法	47
1) 秤量食事記録法	50
2) 目安量食事記録法	50
3) 写真食事記録法	52
4) 食事記録法の長所	52
5) 食事記録法の短所	52
3. 24時間思い出し法	53
1) 24時間思い出し法の長所	53
2) 24時間思い出し法の短所	53
4. 食物摂取頻度調査法	55
1) 食物摂取頻度調査法の長所	55

2) 食物摂取頻度調査法の短所	55
5. 食事歴法	55
1) 食事歴法の長所	56
2) 食事歴法の短所	56
6. 陰膳法	56
1) 陰膳法の長所	56
2) 陰膳法の短所	56
7. 生体指標	57
8. その他の調査法	57
1) 併用法	57
2) マーケットバスケット調査	57
3) 消費や流通データ	58
9. 栄養素等摂取量の算出と食品成分表	58
10. 食事調査結果の比較	59

第6章 食物摂取頻度調査法

1. 調査票の種類	61
2. 調査票の開発	62
1) 食物リスト	62
2) 摂取頻度	64
3) 目安量（ポーションサイズ）	65
4) 食品成分表	65
5) 栄養素等の算出方法	65
3. 調査票の妥当性と再現性	66
4. わが国の食物摂取頻度調査票	67
5. ライフステージなどに応じた調査票	68
6. 調査の実際	68
1) 調査票の選択	68
2) データ収集の方法	68
3) データの処理	69
4) 他の調査データとの比較	69

第7章 エネルギー調整

1. エネルギー調整を行うことの意味	71
2. エネルギー調整の方法	72

1) 栄養素密度法	72
2) 残差法	73
3) エネルギー調整した栄養素摂取量を用いた解析	74

第8章 栄養疫学の基本事項

1. 因果関係の考え方	75
1) 因果関係とは	75
2) 系統誤差・偶然誤差	75
2. 疾病頻度の数え方	77
1) 有病率	77
2) 累積罹患率・罹患率	78
3) 死亡率	79
3. 関連の強さの示し方	79
1) 寄与危険（絶対リスク，リスク差）	79
2) 相対危険（相対リスク，リスク比）	80
3) 寄与危険と相対危険の違い	80
4) オッズ比	80
5) 曝露要因の寄与を示す指標	81
4. 研究デザインの概要	81
1) 記述疫学と分析疫学	81
2) 観察研究	82
3) 介入研究	83

第9章 食と健康の関連を評価する統計学

1. 統計解析の手順	85
1) 記述統計	85
2) 二変量解析	85
3) 多変量解析	86
4) 代表的な統計解析パッケージ	86
2. 記述統計	86
1) 平均値，中央値，最頻値	86
2) 標準偏差，四分位範囲	87
3) 確率分布，正規分布	87
3. 推定：信頼区間	88
4. 検定	89

1) P 値とは	89
2) 代表的な二変量検定	89
5. 回帰分析	91
1) 回帰分析の目的と基本	91
2) 回帰係数の意味	92
3) 重回帰分析	93
4) ロジスティック回帰分析	93
5) 生存時間解析	93
6. 主成分分析・因子分析	94
1) 主成分分析	94
2) 因子分析	95
3) 因子分析の手順	95

第10章 科学的根拠に基づく栄養学 (EBN) : 観察疫学研究

1. 栄養疫学の研究	97
2. 記述疫学	98
3. 観察疫学 (分析疫学)	101
1) 地域相関研究 (geographic correlation study) と生態学的研究 (ecological study)	102
2) 横断研究	104
4. 症例対照研究 (後ろ向き研究)	107
5. 前向きコホート研究	110

第11章 科学的根拠に基づく栄養学 (EBN) : 実験疫学研究

1. 実験疫学研究	114
1) 介入研究 (シングルアーム)	114
2) 介入研究 (並行群間比較とクロスオーバー試験)	115
3) ランダム化比較試験	116

第12章 ライフステージ

1. 母子・乳幼児	125
1) DOHaDの疫学	125

2) 妊娠前・妊娠中の栄養摂取	126
3) 妊娠中体重増加量	128
4) 妊娠中や授乳中の食事および母乳栄養とアレルギー発症	129
5) 母乳栄養の長期的影響	130
2. 学童期・思春期	130
1) 肥満と不健康やせの栄養疫学研究	130
2) 摂食障害の栄養疫学研究	132
3) 学童期・思春期の保健事業と疫学研究	132
3. 高齢者の栄養疫学	133
1) 高齢者の低栄養の疫学	133
2) 高齢者のフレイルの疫学	133
3) フレイル予防の栄養学	134

第13章 栄養疫学研究の安全性の確保

1. β -カロテンにおける介入研究	140
2. 観察研究と大規模臨床試験の結果の不一致	141
1) 介入群への投与量	141
2) 食事性 β -カロテンと合成カロテン	142
3) 緑黄色野菜の有効成分	142
4) 肺がん発症のメカニズム	143
3. β -カロテンの大規模臨床試験からの教訓	143
4. 食品の機能性	144
5. 食事性栄養素とサプリメント由来栄養素の健康影響	145

第14章 栄養疫学の展望

1. 大規模コホート	147
1) 出生コホート	147
2) 循環器疾患・がんのコホート	150
2. 疫学研究と臨床研究における国際ルール	154
1) STROBE 声明	154
2) CONSORT 声明	155
3) PRISMA 声明	155
3. ゲノムコホート研究	160
1) ゲノムを活用した医療と予防	160
2) 遺伝子要因と環境要因の交互作用	163

3) 大規模ゲノムコホート研究の取り組み	165
4) ゲノムコホート研究をサポートする食事調査	167
4. 食事を全体的に評価する	169
1) 食事を全体的に評価する理論的根拠	169
2) 食事の全体的な評価法	169
3) 演繹法アプローチ	170
4) 帰納法アプローチ	172
5) ハイブリッドアプローチとその他の評価法	173

第15章 欠測に対する対処

1. 欠測に伴う問題	177
1) 完全にランダムな欠測	178
2) ランダムな欠測	178
3) ランダムでない欠測	179
2. 欠測値代入補完の処理方法	180
索引	183

第1章 食と健康を明らかにする 栄養疫学の重要性

● 栄養疫学の目的は、さまざまな健康医療分野の従事者が抱く日常のクリニカルクエスチョンから科学的解決を図るリサーチクエスチョンにブラッシュアップして設定される。蓄積された多くの研究・調査の結果は、システマティックレビューやメタアナリシスにより、科学的根拠に基づく栄養学（EBN）、医療（EBM）、公衆衛生活動（EBPH）、政治的判断（EBDM）の礎となる。今日のデータヘルス改革により、食と健康の関連を検討する栄養疫学はますます重要になっている。

Keywords 科学的根拠に基づく医療（EBM）、システマティックレビュー、メタアナリシス、データヘルス改革

1. はじめに

わが国の健康づくり政策である「健康日本21（第三次）」は、「全ての国民が健やかで心豊かに生活できる持続可能な社会の実現」をビジョンに掲げている。そして、健康寿命の延伸と健康格差の縮小のため、集団や個人の特性を踏まえた健康づくりの多様なアプローチによって「誰一人取り残さない健康づくり」を目指している。アクションプランを提示することにより、また、ウェアラブル端末やアプリなどICTを利活用することで、「より実効性をもつ取組」が推進されている。個々人の生活の質（quality of life：QOL）の改善や、地域間の健康格差の是正だけでなく、それらの解決を促進する社会環境の質の改善も推進されている。食と健康の関連を検討する栄養疫学の目的は、さまざまな保健分野、教育分野、医療分野、産業分野の従事者が抱く日常のクリニカルクエスチョン（CQ）を科学的に解決するリサーチクエスチョン（RQ）にブラッシュアップすることで設定され、研究・調査の計画（Plan）と実行（Do）により問題を解決（Check）して改善（Action）（PDCAサイクル）が図られている。また、さまざまな疾患の病態、対象者の特性（年齢、性別など）に応じて、個々人の体質も考慮したうえで、栄養指導や食生活のアドバイスの実務を行うには、科学的根拠に基づく医療（Evidence Based Medicine：EBM）や栄養学（Evidence Based Nutrition：EBN）構築が重要である。医療従事者のCQとRQは症例対照研究やランダム化比較試験などで検討されている。それらのエビデン

健康日本21

国民健康づくり運動を進める上での基本方針。

ICT

Internet Communication Tool
情報通信技術。

症例対照研究

p.83, 107参照。

ランダム化比較試験

p.84, 116参照。

❑システマティックレビュー
p.16, 155, 156参照。

スは、システマティックレビュー (SR) やメタアナリシス (MA) において、それらのエビデンスは、EBM, EBN, 公衆衛生活動 (Public Health: EBPH), 政治的判断 (Decision Making: EBDM) の礎になっている。

❑メタアナリシス
p.16, 155, 158参照。

2. 保健分野における重要性

① **健康づくり対策**：生涯を通じる健康づくりの推進，国民や地域住民の保健医療水準の指標となる具体的目標の設定および評価に基づく健康増進事業の推進，個人の健康づくりを支援する社会環境づくりを行う。

② **日本人の食事摂取基準**：健康増進法に基づいて，国民の健康の保持・増進を図るうえで摂取することが望ましいエネルギーおよび栄養素の量の基準が定められており，5年ごとに改訂される。

③ **地域保健**：地域保健活動や健康づくり政策のPDCAサイクル，地域における健康危機管理の役割を果たす。

④ **母子保健**：ある期間に出生した子の成長（**出生コホート**），母親の妊娠時から出産後の親子環境化学物質の曝露による影響（例：三世代コホート）など。

⑤ **成人保健**：特定健診・特定保健指導，生活習慣病の一次予防や増悪予防（三次予防）における栄養指導のあり方（減塩教室など），食習慣が生活習慣病の発症に及ぼす影響（コホート研究）など。

⑥ **高齢者保健**：要支援・要介護の予防，低栄養や**フレイル**の予防，老化や老年病の予防（老化に関する長期縦断疫学研究）など。

⑦ **産業保健**：生活習慣病の予防やメンタルヘルスの不調を軽減するなど健康増進を図る**トータルヘルスプロモーションプラン**，**データヘルス計画**など。

⑧ **学校保健**：栄養教育・食育，朝食の欠食率が学力や健康に及ぼす影響，思春期における瘦身（やせ）と過体重・肥満，運動・スポーツと体力など。

⑨ **国際保健**：欠乏症，世界の食料問題（食の不均衡：食料生産，再分配，食品ロス）と飢餓など。

⑩ **その他**：災害時（短期，中長期）の家庭や避難所における食料備蓄（乳幼児，高齢者，糖尿病や心臓病など食事療法が必要な慢性疾患がある人，食物アレルギーのある人などに向けた特殊栄養食品の備蓄を含む）など。

❑出生コホート
p.147, 149参照。

❑フレイル
p.133参照。

❑トータルヘルスプロモーションプラン
すべての労働者を対象とした「心とからだの健康づくり運動」の総称。

❑データヘルス計画
レセプト（医療機関が保険者に医療費を請求するために発行する診療報酬明細書）や健診結果などのデータ分析に基づいて，効率的かつ効果的に保健事業を実施するための計画。

3. 臨床分野における重要性

次のライブラリは，質の高いSRやMA，EBMを入手するのに役立つ。

① **食事の摂取基準**：厚生労働省の「日本人の食事摂取基準（2025年版）」をはじめ，各々の学会は，動脈硬化性疾患，動脈硬化性疾患予防のための脂質異常症，高血圧症，慢性腎臓疾患，糖尿病，肥満症などの予防，治療，診療に

について、エネルギーや各種の栄養素の摂取量についてガイドラインを公表している。

② **Mindsガイドラインライブラリ**：厚生労働省の委託事業として、公益財団法人日本医療機能評価機構が、各々の学会より公表されているさまざまな疾患のガイドラインを紹介している。

③ **コクラン (Cochrane) ライブラリ**：さまざまな疾患の治療や予防について、医療関係者や医療政策決定者、さらには消費者に向け、合理的な意思決定に役立つことを目的に、国際的非営利団体コクランが作成し、Wileyが提供する国際的に最高水準のEBMの情報源である。オンライン版は、数千件のSRや、MAなどエビデンスの統合における新手法について閲覧できる。

◆コクランライブラリ

本章の参考文献(p.6)参照。

4. 中食・外食における重要性

中食（弁当や惣菜を購入して家庭や職場で喫食すること）や外食を利用して、健康的で栄養バランスの優れた食事に改善することは、生活習慣病を予防する**ポピュレーションストラテジー**である。中食、外食、事業所給食の店舗や事業所、は、ICTを活用するなどして継続的で多様な健康プログラムの提供を始めており、消費者や利用者の一人ひとりが、それぞれの選択により、健康への第一歩を踏み出す契機になっている。「健康な食事・食環境」認証制度では、

- ① 科学的根拠に基づいて、主食・主菜・副菜を組み合わせ、かつ、エネルギー量や食塩相当量、エネルギー産生栄養素バランスを配慮した食事を提供し、
- ② 栄養情報の提供や完全禁煙に取り組むなど、基準を満たす店舗や事業所は「スマートミール」（通称）を提供する店として認証されている。複数の学会で構成されている「健康な食事・食環境」コンソーシアムが認証の審査をしている。

◆ポピュレーションストラテジー

p.12参照。

5. 食品の生産業・販売業における重要性

特定保健用食品は、生理学的機能などに影響を与える保健機能成分を含む食品である。消費者庁による有効性及び安全性審査、および、査読付きの研究雑誌での公表、関与成分の含有量の分析試験を経た後、消費者庁長官の許可（図1-1）を得て特定の保健の用途に適する旨を表示できる食品である。



図1-1 特定保健用食品

栄養機能食品は、人の生命や健康の維持にかかわる特定の栄養素を補給するための食品で、科学的根拠が十分にある栄養機能を表示することができる。「日本人の食事摂取基準」に基づいた1日の摂取目安

量（上限・下限量）や摂取上の注意事項も表示する義務がある。現在、規格基準が定められている栄養素は、ビタミン（ナイアシン、パントテン酸、ビオチン、ビタミンA、B₁、B₂、B₆、B₁₂、C、D、E、K、葉酸）、ミネラル（亜鉛、カリウム、カルシウム、鉄、銅、マグネシウム）、n-3系多価不飽和脂肪酸である。

機能性表示食品
p.158参照。

機能性表示食品は、食品の保健機能について、最終製品を用いた臨床試験、または、最終製品や機能性関与成分に関するSRに基づいて、科学的根拠や安全性などの情報を事業者の責任で消費者庁に「届け出」する。消費者庁による個別の審査や消費者庁長官の許可はない。届け出られた情報は、消費者庁のウェブサイトで確認できる。

特定保健用食品、栄養機能食品、機能性表示食品はいずれも医薬品ではない（図1-2）ため、疾病の予防や治療などを目的として摂取するものではない。特別用途食品は、**健康増進法**に基づく表示制度において、乳児の発育や、妊産婦、授乳婦、えん下困難者、病者などの健康の保持や回復などに適した食品であると販売することについて消費者庁長官の許可（図1-3）を得る必要がある。

健康増進法
国民の健康増進を総合的に推進するための基本事項を定めた法律（2002年公布）。

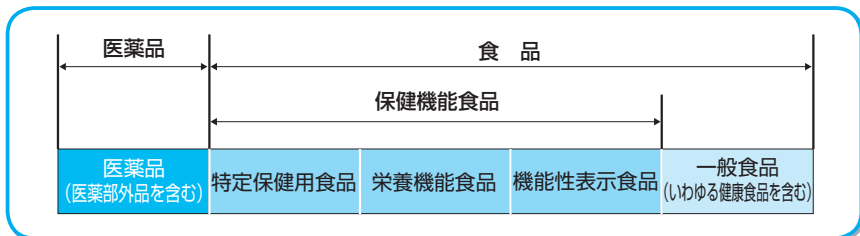


図1-2 医薬品と食品の分類および表示内容

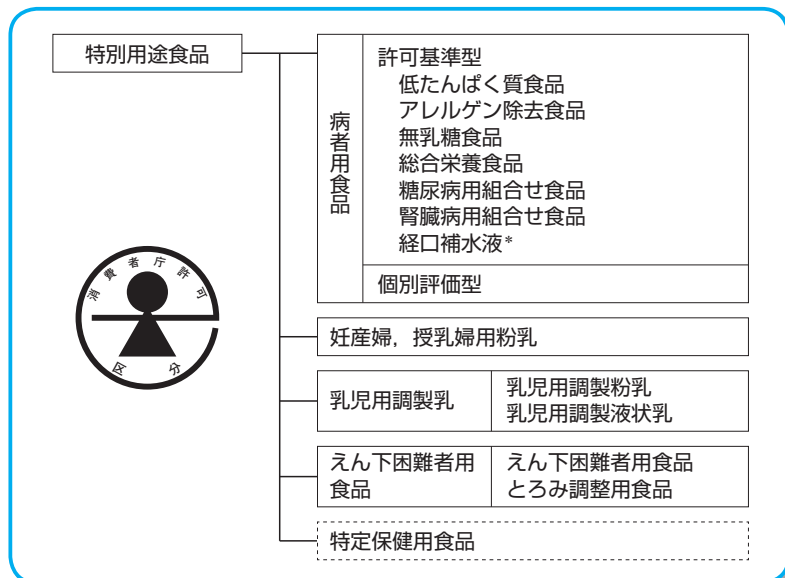


図1-3 特別用途食品

*：2023年5月19日から追加。
出典）消費者庁：「特別用途食品とは」特別用途食品に関するリーフレット，2023。

る。アレルギーを含む食品や加工食品に関する表示については、**食品表示法**により特定原材料を定め、表示することが義務付けられている。

6. データヘルス改革

今日、**レセプト**の電子化、健診データの電子的標準化の実現により、被保険者は全国のどこで特定健診を受けても、統一された基本項目と健診結果が、保険者によって蓄積されている。健康寿命の延伸に向けたデータヘルス改革が推進されている(図1-4)。保健分野では、個々人の健康やQOLの向上、健康寿命の延伸、医療費の適正化を同時に目指すため、保険者による健康医療情報の分析(健康診断、医療、介護の経年推移や相互関連など)に基づいたPDCAサイクルに沿った効率的で、効果的な保健事業が展開されている(図1-5)。

医療関連分野では、効率的な臨床試験の実施に向けて、医療関連における**リアルワールドデータ**利活用のための政策が施行されている。例えば、レセプトや電子カルテ情報、疾患レジストリなどが利用可能である。本来、臨床試験では、死亡、退院、(治療薬の)奏効ありなどエンドポイントまで経時的にデータ

◻食品表示法

食品の表示に関する基本的な規定を定めた法律。2020年4月1日から新たな食品表示制度が完全施行された。

◻レセプト

診療報酬明細書。
p.19参照。

◻リアルワールドデータ

通常の診療業務などで得られる医療ビッグデータのことで、日々蓄積されているデータのこと。臨床試験とは異なるデータのこと。

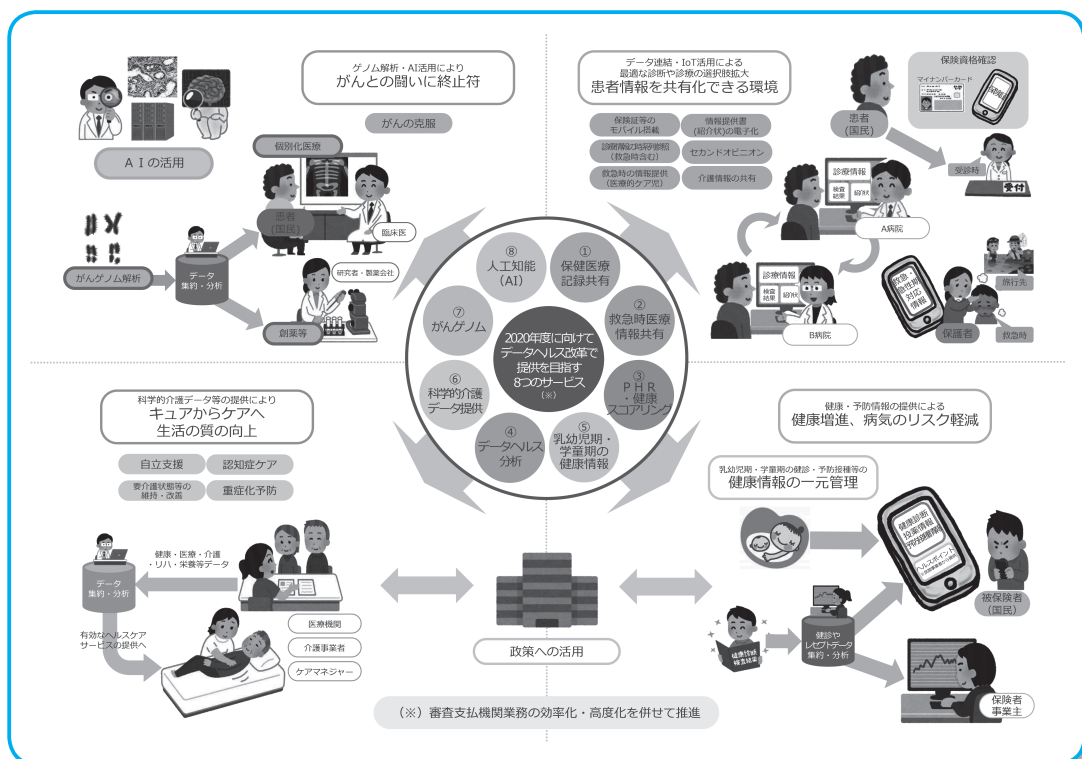


図1-4 健康寿命延伸に向けたデータヘルス改革

出典) 厚生労働省: 健康寿命延伸に向けたデータヘルス改革, 第4回データヘルス改革推進本部資料, 2018.
<https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000344379.pdf> (最終閲覧: 2023/02/20)

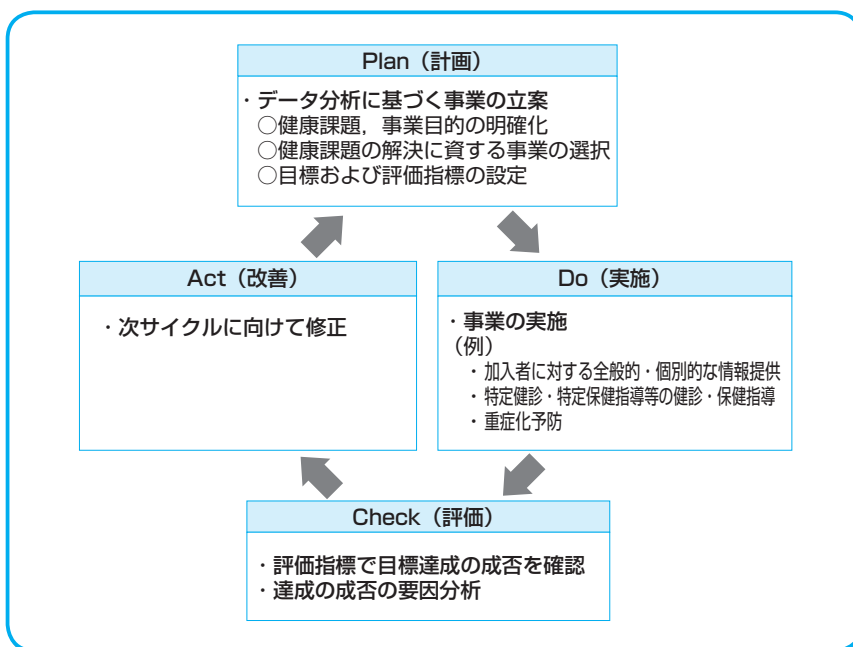


図1-5 保健事業のPDCAサイクル

出典) 厚生労働省 保健局 健康保険組合連合会：データヘルス計画作成の手引き (改訂版), p.13, 2017より作成.
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12400000-Hokenkyoku/0000201969.pdf> (最終閲覧：2023/02/20)

を収集する。しかし、リアルワールドデータでは、日常の診療などで集積されるデータを二次利用するため、データベースの種類と特性に応じてデータを取り扱って解析する。

●参考文献

- ・ Minds : <https://minds.jcqh.c.or.jp/> (最終閲覧：2023/02/20)
- ・ Cochrane : <https://www.cochrane.org/ja/evidence> (最終閲覧：2023/02/20)
- ・ 市川陽子：「健康な食事・食環境」の認証制度, 「スマートミール」, 日本調理科学会誌. 2019 ; 52 (6).
- ・ 食品表示法 (平成25年法律第70号). https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/pdf/food_labeling_cms101_200415_01.pdf (最終閲覧：2023/02/20)