第27回年次大会予稿

花粉症と他のアレルギー疾患に関する医学・生物学の知識を
RDFデータとセマンティックWeb技術を用いて一般者に提供する
情報リソース
— その現状と課題 —

**Information resources of knowledge in medical science and
biology about pollinosis and other allergic diseases for people
using RDF data and semantic Web technology
— Current status and challenges —**

ソロビヨワ イェレナ¹, 石塚 英弘^{2*}
Elena SOLOVIEVA¹, Hidehiro ISHIZUKA^{2*}

1 情報知識学会正会員, 博士(情報学) 筑波大学, ロシアでは小児科医師

2 筑波大学名誉教授

〒305-0821 茨城県つくば市春日1-2 筑波大学 春日地区 庶務課 気付

E-mail: ishizuka.hidehiro.gm@u.tsukuba.ac.jp

*連絡先著者 Corresponding Author

アレルギー疾患の患者と家族の向上を支援する目的で、本著者は、アレルギー全般に関する情報と知識を得られるアプリケーションを、セマンティックWeb技術を用いて開発し、2008・2009年に論文として発表した。日本では、2014年にアレルギー疾患対策基本法が成立して公布され、医師だけでなく、一般者もアレルギー疾患に関する知識を知る必要があるとされた。しかし、患者と家族のためのアレルギー関連のRDFベースの情報リソースはほとんど見当たらない。そこで、生物医学研究者と臨床医師を対象として、アレルギー関連の情報を記載している無料で利用可能なオントロジーとデータ・リポジトリの調査を行い、現状を把握した上で、課題を考えた。その結果、本論文では、一般者のヘルスリテラシーの向上を支援する情報提供システムの実装のために、セマンティックWeb技術の適用性、セマンティックWeb技術の中でOWLとSKOSの組み合わせの適用性、一般者向けのグラフィカルユーザインタフェースの必要性などの課題について検討する。

キーワード: アレルギー疾患, ヘルスリテラシー, セマンティックWeb, オントロジー, RDF, OWL, SKOS

1 はじめに

1.1 アレルギー疾患とヘルスリテラシー

アレルギー疾患の場合、治療は医療者が行うが、疾患の予防、軽減は患者と家族による寄与が必要となる。そのため、患者と家族のヘルスリテラシーの向上が期待される。

ヘルスリテラシー (health literacy) は、米国の保健福祉省とNIH(National Institute of Health)が2000年に発表した定義: "The degree to which individuals have the capacity to obtain, process and understand basic health information and services needed to make appropriate health decisions." [1] が有名である。これを日本語に訳せば「個人が健康上の課題に対して適切に意思決定するために必要となる健康に関する基本的な情報やサービスを獲得、整理、理解する能力の程度」となる。2000年に保健福祉省が健康政策の指標として"Healthy People 2010"も出版し、health literacyの有用性を示したため、health literacyは米国市民に広まった。

米国の状況を知った本論文の著者: ソロビヨワは「特にアレルギー疾患の場合、患者と家族はヘルスリテラシーが必要。医師でない一般者がアレルギー疾患に関する情報と知識を得られるWebシステムの開発研究を私は行う。」と決意し、その成果を2008~2010年に論文[2], [3], [4]として発表した。

ソロビヨワは、この研究を開始する前の文献調査に基づいて、ヘルスリテラシーについて、次に示す認識を持っていた。

- ・欧米では一般市民のヘルスリテラシーの必要性が指摘されている。ヘルスリテラ

シーが注目されている理由は、医師が患者に対する医療を決定していた時代からinformed consentを経て、近年では、患者・家族と医師が情報と意志を交換し、お互いの知識、背景を基に患者にとって最良の医療を選択するSDM (shared decision making) へと変化しているためである。

- ・医師による説明を患者が理解するには、ヘルスリテラシーの中のconceptual knowledgeが重要とされている。従って、開発するWebシステムでは、ontology技術を使用して知識を表現する。

日本のヘルスリテラシーについては、厚生労働省が2015年に発表した「保健医療2035」[5]の中で、「子どもから高齢者に至る生涯を通じた予防・健康づくりを、社会を挙げて支える必要がある。このため、保育・幼児教育から職場やコミュニティ等のあらゆる場で、世代を超えた健康に関する教育の機会を提供し、ヘルスリテラシーを身につけるための取組みを促進する」と方針を示した。

ヘルスリテラシーに関する江口による総説[6] (2018年出版)では、(1)近年、「ヘルスリテラシー」が医療や保健、教育等の分野で注目されている。(2)世界的にヘルスリテラシーに関する研究が飛躍的に増加。(3)厚生労働省の「保健医療2035」が用語「ヘルスリテラシー」を紹介。(4)しかし、ヘルスリテラシーの理解者はまだ決して十分とは言えない。と述べている。

1.2 アレルギー疾患の急増とその対策

ライフスタイルや生活環境の変化に伴

い、20世紀後半からアレルギー疾患は世界的に急増しており、日本の全人口の約2人に1人がアレルギー疾患に罹患していることが報告されている。特に、気管支喘息、アトピー性皮膚炎、アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎、花粉症、食物アレルギーの患者が多数存在している。アレルギー疾患は生活環境での様々な要因で発生し、生活に多大な影響を及ぼしていることから、アレルギー疾患対策を総合的に推進するために、アレルギー疾患対策基本法が2014年6月20日に成立した。その法律では、医療の提供体制を整備するとともに、患者が科学的知見にもとづく適切な情報を入手できるよう環境を整備することを求めている[7]。その法律にもとづいて、2016年に厚生労働省が基本指針を発表した。

厚生労働省が2015年に発表した「保健医療2035」[5]の中では、「子どもから高齢者に至る生涯を通じた予防・健康づくりを、社会を挙げて支える必要がある。このため、保育・幼児教育から職場やコミュニティ等のあらゆる場で、世代を超えた健康に関する教育の機会を提供し、ヘルスリテラシーを身につけるための取組みを促進することを目的としている。」と述べている。

現在、アレルギー関連の医療関係者向けのコンテンツと一般者向けのコンテンツが数多く存在している。例えば、一般社団法人日本アレルギー学会のホームページには、医学生・若手医師向けと一般の皆様向けのコンテンツがあり、「一般の皆様へ」のページ[8]には、「アレルギーを知ろう」、「アレルギーの病気のQ&A」、「専門医とは？」などの情報が記載されている。茨城県庁のホームページには、「アレルギー疾患対策」というコンテンツ[9]があり、「花

粉症集」には、「総論」、「花粉症の予防」、「花粉症の症状がでたら」などの花粉症についての情報が記載されている。また、環境省の「花粉情報サイト」[10]には、花粉症に関する情報が提供されている。花粉症対策として、環境省で実施されている花粉飛散量の予測及び観測、関連する調査研究等の報告書が記載されている。環境省が作成した花粉症環境保健マニュアルも公表している[11]。“花粉症に関する新しい知見や関連情報を紹介する”ために作られたそのマニュアルには、「花粉について」、「花粉症とは」、「花粉症を防ぐためには」などの情報が記載されている。現状では、インターネット上で公開されているアレルギー関連のコンテンツのほとんどは、HTMLかPDFの形式で作成されている。

その一方で、生物医学分野におけるセマンティックWeb技術の利用が進展しており、データベースなどの情報リソースのRDF (Resource Description Framework) 化、知識の記述に用いるオントロジーの作成などが進められている。本著者は以前の研究で、アレルギー関連知識を表現するためにセマンティックWeb技術を用いて、オントロジーを構築し、2008年に論文[2]として発表した。その時点でのアレルギー関連システム（欧米のシステムと日本のシステムを含む）の利点と問題点も検討した。

その研究から10年が経ち、本発表の元になった調査では、花粉症に関する医学・生物学の知識を提供しているRDFベースのオントロジーとデータ・リポジトリの現状と課題の検討を行った。本論文では、一般者を対象とする情報リソースだけではなく、生物医学研究者と臨床医師を対象とした情報リソースのデータの範囲・利用目的・

使われている技術・インタフェースなどを比較しながら、アレルギーに関する情報の提供における最近の進歩について検討する。

2 アレルギー学分野における研究の方向性

ソロビヨワらは以前の研究論文[2]で、アレルギー学分野での研究の範囲と課題を、次のとおり記述した。

- アレルギー性疾患の世界的な増加
- アレルギー性疾患の発生に関連するリスク要因
- アレルギー性疾患の発生に影響を及ぼす環境と生活習慣の要因
- アレルギー性疾患の予防に関する要因
- アレルギー疾患が生活の質(QOL)に与える影響

アレルギー疾患に影響を及ぼす要因：

- 遺伝的要因
- 環境要因
- 社会経済的要因
- 個人の生活習慣の要因

今回の調査で学術文献を検討した結果、近年のアレルギー学分野で注目を集めている研究の対象と課題については以下のように考える。

- アトピー性疾患における疾患特異的遺伝的リスク要因と共通の遺伝的リスク要因の確定
- アトピー性疾患における分子レベルでの要因の確定
- アトピー性疾患（アレルギー感作）に関与する遺伝的変異の推定
- 遺伝的変異とアトピー性疾患との関連の分子メカニズムを理解するための統合分析

それらの研究のために次に示す方法が用いられている。

- ◇ Genome-Wide Association Studies (GWAS) and meta- analysis of GWAS data
- ◇ Case-control association study
- ◇ Multi-omics analysis

また、次のような目的の研究も行われている。

- アトピー性疾患の病因に関与する遺伝的要因*と社会的環境因子**の相互作用の推定
- アトピー性疾患に関する人種や民族などの遺伝的背景の推定

* アトピー素因：家族歴・既往歴（気管支喘息、アレルギー性鼻炎・結膜炎、アトピー性皮膚炎のうちいずれか、あるいは複数の疾患）；免疫グロブリンE (IgE) が高値

** 社会的環境因子：環境要因、社会経済的要因、生活習慣要因

上記の研究で得られたデータは、データリポジトリなどの情報リソースに掲載され、公開され、他の研究、医療などで利用されている。その科学的なデータを一般者に提供することはあまりないが、研究成果に基づいてアレルギー関連分野における知識が進歩しているため、その進歩につれて、一般者にも正確な知識を普及させることは大いに重要と考えられる。

3 花粉症に関する医学・生物学の知識を提供しているRDFベースのオントロジーと データ リポジトリの現状と課題

3.1 生物医学研究者と臨床医師を対象と

した情報リソースのデータの利用目的・範囲・使用されている技術・インターフェースに関する概要

現在は、世界中で生物医学関連の多種多様なデータベースとデータリポジトリが公開されている。その中には、アレルギー関連の情報も含む情報リソースが数多く存在している。生物医学研究者と臨床医師がアレルギー関連の情報リソースを利用する目的は次に示すように多種多様である。

- アレルギー性疾患などの複合遺伝性疾患*の分子メカニズムを解明するための解析
- 予測された遺伝子型と疾患の関連性の生物学的な検証
- 治療の効果の予測と潜在的な副作用の予測
- 遺伝子と環境との相互作用**の解析
- アレルギーの有病率と関連するリスク要因における人種/民族差の解析
- 個別化医療
 - ◇ 疾患の調節における遺伝的変異と分子の表現型の役割
 - ◇ 遺伝子と環境との相互作用の個人差
 - ◇ 薬物応答性の個人差

* 複数の遺伝的要因と複数の環境要因の影響による疾患を複合遺伝性疾患と言う。

** 遺伝的要因と環境要因の両方が組み合わさって表現型や疾患の発症につながる。

アレルギー疾患に関する情報リソースは多種多様で膨大なため、アレルギー疾患の代表の一つであり、患者の数が年々増えている花粉症を選んで具体的な事例を調査した。その際に、Amaral et al.[12]の論文

を参考にして、花粉症の発症に関与する複数の遺伝子の中の一つの遺伝子(C11ORF30, EMSY)を選んだ。その遺伝子の遺伝子座(C11ORF30)とSNP(single nucleotide polymorphism)(rs2155219)も検索キーワードとして選択した。それらの検索キーワードに該当するコンテンツを検出した。その結果は次に示すとおりである。

多様なタイプのデータがRDFで記述され、公開されている。特に、分子生物学の実験で得られたデータが多い。アメリカのNCBI(National Center for Biotechnology Information)も含めて、国内外の研究機関などで情報リソースのRDF化が行われているが、The European Bioinformatics Institute(EMBL-EBI)で開発されたデータベースやデータリポジトリなどの情報リソースのRDF化が特に進んでいる。

殆どの場合、セマンティックWeb技術として使われているのはRDFとWeb Ontology Language(OWL)であり、オントロジー等の開発のためにSimple Knowledge Organization System(SKOS)が使用されている事例は少ない。そのうちの一つは、Ontotext社で開発されているLinked Life Data(LLD)[13]のプラットフォーム(<http://linkedlifedata.com/sources.html>)である。

インターフェースでは、RDF filesのダウンロード、SPARQL Endpointの提供など様々なインターフェースが用意されているが、グラフィカルユーザインターフェースが用意されている事例は少ない。

3.2 一般者を対象とする情報リソースの現状と課題

現状としては、3.1節で述べたように、一般者向けのアレルギーを対象とした専用の情報リソースが数多く存在している。し

かし、ほとんどの場合、データの形式は HTML であり、RDF ベースのコンテンツは国内外に見当たらない。

アレルギーの概念を扱うオントロジーに関しては、前節で述べたような科学的なデータを記述するために使われているオントロジー以外に、アレルギーに関連する概念を含む、多様なトピックを統合的に対象とするオントロジーもある。そのようなオントロジー等は、国民に情報を提供する上で重要な役割を果たしているそれぞれの国の国立図書館のサービスのためにも使用されている。アメリカ合衆国の国立図書館と欧州のいくつかの国の国立図書館で開発された Subject Headings、Thesauruses、Ontologies などがある。その例を下記に示す。

- ID.LOC.GOV – Linked Data Service; Library of Congress Subject Headings (LCSH); Publisher: The Library of Congress (SKOS/RDF)

✧ Allergy:

<http://id.loc.gov/authorities/subjects/sh85003662.html> (Instance of SKOS Concept)

✧ Hay fever:

<http://id.loc.gov/authorities/subjects/sh85059408.html> (Instance of SKOS Concept)

- The National Agricultural Library's Agricultural Thesaurus; Publisher: National Agricultural Library (Download in RDF-SKOS)

✧ H Health and Pathology, hay fever:

<https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?k=default&l=60&n=1&s=5&t=2&w=199143>

- General Finnish Ontology (YSO); Publisher: National Library of Finland

✧ allergy:

<https://finto.fi/ysa/en/page/p342>
(Download in RDF/XML, SKOS)

✧ pollinosis:

<https://finto.fi/ysa/en/page/p27671>
(Download in RDF/XML, SKOS)

- The data.bnf.fr project; Publisher: French National Library (BnF)

✧ Médecine, Allergie:

<https://data.bnf.fr/11930868/allergie/>
(Download in RDF/XML, SKOS)

- Catalogue of the German National Library; Publisher: The German National Library

✧ Allergy:

<https://portal.dnb.de/opac.htm?method=simpleSearch&cqlMode=true&query=nid%3D4001257-8> (Download in RDF/Turtle)

上記の図書館では、多様な概念がオントロジーの形で記述され、「Documents on this topic」などのプロパティの使用で、それらの図書館の情報リソースのトピックが明確に記述されており、ユーザーのニーズに合わせて探しやすい形で情報リソースが提供されている。例を挙げると、The German National Library[14]では「The Subject Headings Authority File」も含めて「The Integrated Authority File (GND)」が作成されており、ライセンスに基づいて無料で、様々な方法でユーザーが利用可能となっている。たとえば、RDF/XML formatで Linked Data Serviceに提供されている。GNDのデータは、カタログ化を単純化し、明確な検索アクセスポイントと、異なる情報リソース間のリンクを提供する。

図1 国立国会図書館サーチ[15]を用いた「花粉症」の文献の検索
検索結果は花粉症の関連語群(上位語、関連語)を用いて判定した適合度順に表示

日本の国立国会図書館のサーチサービスなどでも、RDF/XMLベースのダブリンコアメタデータが作成され、それらのメタデータの使用で、それぞれのトピックに関する多様な情報が、構造化された分かりやすい形で提供されている。花粉症のキーワードで行った検索の結果を図1に示す[15]。

各図書館で独自開発されたオントロジーが利用されるだけでなく、“Exactly Matching Concepts”、“Closely Matching

Concepts from Other Schemes”、“Narrower Concepts from Other Schemes”などのRDF/SKOSのプロパティによって、オントロジーが互いにつながっているため、他の図書館の情報リソースも効率的に利用できるようになっている。

3.1節で述べたように、生物医学データを記述するために開発されたオントロジーの実装はほとんどがOWLベースのものであり、OWLとSKOSの組み合わせ（SKOS in

combination with OWL)で実装されたオントロジーの事例 (Linked Life Data [13o16] (<http://linkedlifedata.com/sources.html>))は少ない。

その一方で、図書館の情報資源を記述するために開発されたオントロジーの実装に、SKOS が広く利用されている。なぜなら、SKOS は thesauri、taxonomies、classification scheme、subject heading systems などの knowledge organization systems を構築するために開発された RDF ベースの技術だからである。また SKOS は、知識ベースなどの複雑なタイプのオントロジーの実装にも適している。

ソロビヨワらは糖鎖代謝異常症に関するオントロジー論文[16]の中で、[SKOS in combination with OWL]の利点について検討し、SKOS の重要な機能と利点として、“concept scheme”の概念と“skos:closeMatch”と“skos:exactMatch”などの SKOS mapping properties を挙げて、次のように述べている。

- ・“SKOS concept scheme”の概念は、2つ以上の異なる“knowledge organization systems”を扱うときに役立つ。
- ・“SKOS mapping properties”は、異なるスキームからの2つの概念が同等の意味を持つことを示し、これらの意味を指定するときに役立つ。このアプローチは、さまざまな情報リソースの統合を通じて発生する可能性がある分類上の競合を回避するのに役立つ。

以上の観点から、一般者にアレルギー疾患に関する情報を提供するためには、セマンティック Web 技術が未だ十分活用されていない点に問題があると考えられる。

3.3 アレルギーに関する情報の提供にお

ける新しい取り組み

新しいサービスの提供のため、新たなアプローチを提案する研究が進んでいる。以下に、2つの研究事例を示す。

3.3.1 天気やユーザーの健康状態に応じた料理のレシピを提案するシステム

Gyrard et al. [17] の論文には、次のように書かれている。Machineto-Machine (M2M) standardにより、人手を介さずにセンサーなどのマシンとデバイスが互いに通信可能になる。M2Mデバイスは大量のM2Mデータを提供し、天気予報、ヘルスケアなどの特定のM2Mアプリケーションに使用される。

大きな課題は、これらの異種ドメインによって提供されたM2Mデータを組み合わせることである。論文の著者らは、有望なクロスドメインのM2Mアプリケーションを提供するためにsemantic-based approachを実行した。具体的には、M2Mデータを自動的に組み合わせるためにセマンティックWebテクノロジーを使用した。そのアプローチを検証するために、クロスドメインのM2Mデータを組み合わせて、天気やユーザーの健康状態に応じたレシピを提案するシステムを実現した。

システムには、アレルギー関連の情報も含まれ、“Milk contains lactose?”や“Allergic to lactose?”の質問に答えるためにHealth ontologyも使用されている。

このような研究が進めば、専門知識を持たない一般者もアレルギーに関する情報の取得が簡単になることが期待される。

3.3.2 自然言語質問文からSPARQLクエリを自動生成する手法の提案

現在、RDF で記述された情報リソースから必要な情報を取得するために広く使われている方法は、SPARQL クエリ言語で問い

合わせする方法である。その方法を用いるには、SPARQL に関する知識が必要になる。そこで、SPARQL 文ではなく、自然言語で与えられた質問文を SPARQL クエリに変換して、知識への問い合わせを可能にする研究も進んでいる。日本では、DBCLS をはじめとして、研究機関と大学などで、RDF 形式の情報の処理を支援する自然言語の応用に関する研究が行われ、その中に、アレルギーに関する情報を対象とした研究もある。

例えば、村山友理 et al. の論文[18]では、自然言語質問文から SPARQL クエリを自動生成する手法が提案され、提案手法の有効性を検証するためにアレルギー関連の質問「カルボナーラはどんなアレルギー食材を含みますか？」と「どんなアレルギー食材がカルボナーラに含まれますか？」に適用され、成功した。

RDF によって表現された知識への問い合わせを自然言語文で行う方法が普及すれば、アレルギーに関する多種多様な情報が簡単に得られるようになる。

4 結論

既に公開されているアレルギー関連の RDF ベースの情報リソースについて、今回調査を行った。その結果、現状と課題に関する結論として、以下のことが言える。

RDF ベースの情報リソースの対象者に関しては、生物医学研究者と臨床医師を対象とした情報リソースが多く存在するにも拘らず、一般者を対象とした RDF ベースの情報リソースは少なく、不十分である。

利用目的に関しては、研究目的の方が多い。患者とその家族、一般者のヘルスリテラシーの向上を支援するための情報リソ

ースは未だ未だ少ない。この問題を解決するには、情報の概念を明確に表現できることや多様なトピックの情報を統合化することなど、多くの利点を持つセマンティック Web 技術を用いて、一般者向けに情報を提供する情報リソースを作成することが有効である。データの RDF 化とオントロジーの使用で、患者とその家族に役に立つ豊かな内容のコンテンツを提供できると考えられるからである。

データの範囲に関しては、分子レベルのデータが数多く存在している。しかし、RDF 形式での臨床データ (Clinical data)、薬に関連するデータ (Drug related data)、環境データ (Environmental data) などのデータは少ない。そのデータの RDF 化が重要である。

オントロジーに関しては、3.1 節と 3.2 節で述べたように、アレルギー関連のコンセプトが多様なオントロジー (Experimental Factor Ontology (EFO)、Human Phenotype Ontology (HPO)、Monarch Disease Ontology、Mesh など) に入っているが、アレルギーを対象とした専用のオントロジーがまだ存在していない。その意味で、ソロビヨワらが以前の研究[2]で開発したオントロジーのようなアレルギー関連のオントロジーのニーズがあると考えている。

インターフェースに関しては、RDF files のダウンロード、SPARQL Endpoint の提供などの開発者向けのインターフェースが多いが、interactive user interface based on SPARQL queries などのグラフィカルユーザインターフェース(GUI)は少ない。研究者と臨床医師向けに情報提供を行う場合にも GUI が重要であるが、一般人向けに情報提供システムを構築する場合は、GUI の開

発が必須である。

1.2 節の中でアレルギー関連の情報リソースとして挙げた日本アレルギー学会、茨城県庁と環境省で作成されたコンテンツは、それぞれの独自のリソースであり、ユーザーがそれらの情報を見るためにハイパーリンクか検索エンジンを使用し、それぞれのサイトに行って閲覧する必要がある。しかし、それらの情報を RDF 形式で記述し、その上、関連オントロジーを用いることで、異なった機関によって作成されたコンテンツ、更に異なったタイプの情報を対象にしたコンテンツの間で、アプリケーションレベルでの連携と統合が可能になる。また、3.3.1 節や 3.3.2 節で紹介した手法も有効かと思われる。情報リソースに関する新しい技術が新たな道を切り開いてきた歴史がある。今後の展開・進展に期待したい。

謝辞

本研究の元になった調査は著者であるソロビヨワが JST：国立研究開発法人 科学技術振興機構 NBDC：バイオサイエンスデータベースセンターに勤務していた時に実施した調査であり、その機会を頂いた JST (NBDC) に深く感謝する。

参考文献

- [1] Health Literacy, Clear Communication, <https://www.nih.gov/institutes-nih/nih-office-director/office-communications-public-liaison/clear-communication/health-literacy> (2019年4月10日参照)
- [2] E. Solovieva; H. Ishizuka: "An application of the Semantic Web technologies in the knowledge domain related to the allergy",

Journal of Japan Society of Information and Knowledge (情報知識学会誌), Vol. 18, No. 1, pp. 22-46, 2008.

[3] ソロビヨワ イェレナ; 石塚英弘: 「アレルギー性疾患に関する一般者向けの基本情報を提供するWebシステムの設計と開発」, Health Sciences (日本健康科学学会誌), Vol. 25, No. 4, pp. 235-48, 2009.

[4] E. Solvieva: 「アレルギー関連知識の構造化及びオントロジー構築に基づく情報提供システムの研究」, 博士論文, 2010. <https://ci.nii.ac.jp/naid/500000530025> (2019年4月10日参照)

[5] 厚生労働省: 「保健医療 2035」, https://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000088647.pdf (2019年4月10日参照)

[6] 江口 泰正: 「健康教育の新しいキーワードとしてのヘルスリテラシー」, Journal of The Japan Dietetic Association, Vol. 61, No. 10, pp. 557-565, 2018.

[7] 一般社団法人 日本アレルギー学会: アレルギー疾患対策基本法, 「アレルギー疾患対策基本法とはどのような法律なのか」, https://www.jsaweb.jp/modules/law/index.php?content_id=1 (2019年4月10日参照)

[8] 一般社団法人 日本アレルギー学会: 一般の皆様向けコンテンツ, 「一般の皆様へ」, <https://www.jsa-pr.jp/> (2019年4月10日参照)

[9] 茨城県庁: アレルギー疾患対策, 「花粉症について」, <https://www.pref.ibaraki.jp/hokenfukushi/yobo/shitpei/yobo/kafun/kafun-joho-top.html> (2019年4月10日参照)

[10] 環境省：保健・化学物質対策，「花粉情報サイト」，

<https://www.env.go.jp/chemi/anzen/kafun/>

(2019年4月10日参照)

[11] 環境省：保健・化学物質対策，「花粉症環境保健マニュアル 2014年1月改訂版」

<https://www.env.go.jp/chemi/anzen/kafun/manual.html> (2019年4月10日参照)

[12] A.F. Amaral; C. Minelli; S. Guerra; et al.: “The locus C11orf30 increases susceptibility to poly-sensitization”, *Allergy*, Vol.70, No.3, pp. 328-333, 2015.

[13] Linked Life Data : Sources, Repository overview

<http://linkedlifedata.com/sources.html> (2019年4月11日参照)

[14] The German National Library : Integrated Authority File (GND)

https://www.dnb.de/EN/Standardisierung/GND/gnd_node.html (2019年4月10日参照)

[15] 日本の国立国会図書館のサーチサービス，花粉症のキーワードで行った検索

の結果

https://iss.ndl.go.jp/books?ar=4e1f&any=%E8%8A%B1%E7%B2%89%E7%97%87&op_id=1 (2019年4月10日参照)

[16] E. Solovieva; T Shikanai; N Fujita; H. Narimatsu: “GGDonto ontology as a knowledge-base for genetic diseases and disorders of glycan metabolism and their causative genes”, *J. Biomedical Semantics*, Vol.9, No.14, 2018.

[17] A. Gyrard; C. Bonnet; K. Boudaoud: “Enrich Machine-to-Machine Data with Semantic Web Technologies for Cross-Domain Applications”, 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), DOI: 10.1109/WF-IoT.2014.6803229.

[18] 村山友理；小林一郎；森田武史；中野有紀子；山口高平：「自然言語の SPARQL クエリ変換に基づく大規模知識へのアクセス手法の基礎的検討」，言語処理学会 第24回年次大会 発表論文集 (2018年3月)。