

セマンティック Web とリンクトデータ

博士(情報科学) 兼岩 憲 著

コロナ社

ま え が き

セマンティック Web は、未来の Web として、現在のドキュメント中心の Web を本質的に拡張して「データ中心」の Web を実現する構想である。具体的には、Web ドキュメントを人が読むという従来の枠組みを超えて、構造化された Web データを機械が読んで処理する Web データ空間（データの Web と呼ぶ）が構築される。それにより、増大する Web 上で意味的に融合された膨大な知識群が出現しコンピュータの知能を飛躍的に高めるであろう。

リンクトデータは、データの Web を実現する上での最も重要な要素である。HTML による従来 Web ではドキュメントがハイパーリンクでつながっているが、データの Web はリンクトデータ（コンピュータが解釈できる構造化データ）によって「もの」や「こと」（これらをリソースと呼ぶ）を意味的リンクでつなげる。現在、セマンティック Web 技術によって多種多様なデータセットがリンクトデータとして公開されている。

Web の発明者ティム・バーナーズ＝リーの構想から始まったセマンティック Web は、その実現のために多くの関連技術が提案されている。従来 Web 技術と同じように、W3C（WWW コンソーシアム）の標準化団体によって基本技術の普及が促されている。W3C の標準化では、多くの専門家が参加することで従来 Web 技術との整合性を保ちながら仕様が策定されている。その中でも本書で紹介する RDF、RDF Schema や SPARQL などは、セマンティック Web の入門としてまず学ばなければならない。

本書では RDF データ、共通語彙やオントロジーを説明する際に、（自作の例よりも）Web で公開されている実データを使うように心掛けた。これはかなりたいへんな作業であったが、実データの存在はリンクトデータの有用性に説得力を与えてくれる。実データを見ると、よく使われる語彙とそうでない語彙が

ある。これは使われるものだけが生き残るという、いかにも Web らしい技術の普及ともいえる。現在の Web からは想像もできないが、Web の黎明期^{れいめいき}には限られた Web ページしかなく誰が作成していくのか心配されていたが、現在その心配は無用である。同様に、すでにリンクトデータが Web 上に膨大に存在することは、かつての Web と同じようにデータの Web が普及段階に入る証である。

本書の構成は、以下のとおりである。本書では Web の基本技術から始まって、その延長線上においてセマンティック Web の基幹技術を説明していく。1 章では、セマンティック Web に対する背景や目的、データの Web、オントロジー、セマンティックス（意味論）や巨大データベースに関して言及する。また、リンクトデータをはじめとするセマンティック Web 技術の応用例について、Rich Snippets、ナレッジグラフや IBM ワトソンを簡単に説明する。

2 章では、インターネット環境において HTML（ハイパーリンク）、HTTP、URL の三つの要素から実現される従来の Web 技術について丁寧に説明する。その後、Web 上でデータを記述するための XML や JSON のデータ形式について述べ、XML データベースの技術を説明する。

3 章では、Web 上でリソースとその属性、リソース間の関係を記述するための RDF (resource description framework) の技術を詳しく説明する。RDF はリソースに関して記述するリンクトデータのデータモデルであり、セマンティック Web の中核技術である。まずは RDF データモデルの基本的概念を説明し、その後に XML や JSON などによる RDF のデータ形式を解説する。

4 章では、セマンティック Web の共通語彙をいくつか紹介する。人のネットワークを記述する FOAF 語彙、知識構造を記述する SKOS 語彙、Web メタデータを記述する DC 語彙を説明する。さらに、ビジネス、e-コマース、ソーシャルネットワークの共通語彙についても述べる。

5 章では、RDF によって作成されたリンクトデータの実例を紹介する。さまざまな専門分野のリンクトデータが存在し、それはデータの Web を実現しているコンテンツそのものである。LOD プロジェクトにおいて多くのリンクトデータが公開されており、クロスドメイン、地理、マスメディア、図書、医療な

どのリンクトデータを詳細に説明する。

6章では、関係データベースのSQLにも似たRDFデータを検索するクエリ言語SPARQLの仕様を説明する。SPARQLクエリの実例として、ベンチマークで使われるクエリ文を用いて記述方法と検索プロセスを述べる。加えて、SPARQLを利用する際に、RDFデータを大量に蓄積しかつ高速に検索する役割を担うRDFデータストアについても言及する。

本書は、読者によって以下のような順序で読み進むことを想定している。

Web技術の基本から勉強する方：大学生などこれからWeb技術を勉強する読者は、1章 2章 3章 6章の順で読むことをお勧めする。1章を軽く読んだ後に、2章でWebの基本技術について理解を深める。その後に、3章と6章でセマンティックWebの専門技術について読み進めてほしい。

セマンティックWeb技術のみ勉強する方：すでにWebの基本技術について理解している読者は、2章を飛ばして1章 3章 4章 5章 6章の順で読んでも構わない。3章がセマンティックWeb技術の中核であり、4章で共通語彙、5章でリンクトデータ、6章でクエリ検索について学ぶ。

リンクトデータの実例に関心がある方：セマンティックWebやオープンデータの専門家でもリンクトデータの実例について特に関心がある場合は、4章と5章だけ読んでもよい。これらの章では、他書では見られない共通語彙やリンクトデータの内容をページが許すかぎり詳細に説明している。

最後に、本書によってセマンティックWeb技術の理解が深まり多くの方が未来のWeb構想に参加し、Webの発展に寄与できれば幸いである。本書の出版にあたり、武田英明教授（国立情報学研究所）、神崎正英氏からは専門家ならではの有益なコメントを頂いた。溝口理一郎教授（北陸先端科学技術大学院大学）には共同研究を通してオントロジーの知識を授かった。この場を借りてお礼申し上げたい。また、本書出版の機会を与えて下さったコロナ社に感謝する。

2016年12月

目 次

1. セマンティック Web とは

1.1	データとセマンティクスによる Web 空間	3
1.1.1	データの Web	3
1.1.2	オントロジーと共通語彙	4
1.1.3	セマンティクス (意味論)	5
1.1.4	巨大データベースと Web	6
1.2	セマンティック Web の応用	8
1.2.1	リンクトデータ	8
1.2.2	Rich Snippets	9
1.2.3	ナレッジグラフ	12
1.2.4	IBM ワトソン	14
1.2.5	ライフサイエンス	15

2. Web と データ

2.1	Web 技 術	16
2.1.1	インターネット	17
2.1.2	URL と URI	20
2.1.3	HTTP	22
2.1.4	ハイパーテキストとマークアップ	26
2.1.5	HTML	27
2.2	Webデータ技術	32

2.2.1	XML	36
2.2.2	DTD	41
2.2.3	整形 XML と妥当 XML	45
2.2.4	XML Schema	45
2.2.5	JSON	51
2.3	XML データ抽出と XML データベース	53
2.3.1	XPath	53
2.3.2	XQuery	57

3. セマンティック Web 技術と RDF

3.1	データモデリングとメタデータ	65
3.1.1	関係データベースの欠点	66
3.1.2	セマンティックデータモデル	68
3.2	RDF データモデル	70
3.2.1	RDF の特徴と必要性	70
3.2.2	RDF グラフ	72
3.3	RDF シリアライズ	77
3.3.1	N-Triples	77
3.3.2	N3 と Turtle	78
3.3.3	RDF/XML	84
3.3.4	JSON-LD	88
3.4	RDF(S) 語彙	91
3.4.1	基本語彙	91
3.4.2	オントロジー記述の語彙	93
3.4.3	リストや言明の語彙	94
3.4.4	クラス語彙	97
3.4.5	RDF/XML で用いる語彙	98

3.5	セマンティックマークアップ	100
3.5.1	独立した RDF データの付与	100
3.5.2	RDF データの HTML への埋込み	102

4. セマンティック Web の共通語彙

4.1	FOAF	118
4.1.1	人, 組織やものを表す語彙	118
4.1.2	個人情報を表す語彙	119
4.1.3	人や組織の文書などを示す語彙	120
4.1.4	社会ネットワークを構成する語彙	121
4.2	SKOS	124
4.2.1	概念を説明する語彙	124
4.2.2	概念間の関係を定義する語彙	126
4.2.3	スキーマを定義する語彙	127
4.2.4	スキーマ間で二つの概念をリンクする語彙	128
4.3	DC	130
4.3.1	DC メタデータの基本要素	130
4.3.2	DCMI メタデータの基本要素	132
4.3.3	DCMI メタデータの拡張要素	133
4.4	vCard	135
4.4.1	名刺情報に関する基本クラス語彙	135
4.4.2	名刺情報を記述するプロパティ語彙	136
4.4.3	構造化された属性を示すプロパティ語彙	136
4.5	Schema.org	138
4.5.1	ものに関するクラス階層	139
4.5.2	ものに関するプロパティ語彙	141
4.5.3	データ型階層	143

4.6	GoodRelations	144
4.6.1	e コマースの基本クラス語彙	144
4.6.2	製品に関するクラスとプロパティ	146
4.6.3	開店時間に関するクラスとプロパティ	147
4.6.4	支払いに関するクラスとプロパティ	148
4.6.5	顧客に関するクラスとプロパティ	150
4.7	VoID	151
4.7.1	データセットに関するクラス	151
4.7.2	データセットに関するプロパティ	152
4.7.3	リンクセットのクラスとプロパティ	153
4.8	OGP	155
4.8.1	基本プロパティ語彙	155
4.8.2	その他のプロパティ語彙	156

5. リンクトデータ

5.1	リンクトデータとは	157
5.2	リンクトデータの実現	158
5.2.1	URI による名前づけ	159
5.2.2	RDF によるリンクトデータの作成	161
5.2.3	URI へのアクセス	162
5.2.4	リンクされたデータ	166
5.3	LOD プロジェクト	171
5.3.1	百科事典・クロスドメインデータ	173
5.3.2	地 理 デ ー タ	184
5.3.3	マスメディアデータ	188
5.3.4	公共・政府データ	192
5.3.5	図書館・博物館データ	195

5.3.6	オントロジーデータ	196
5.3.7	医療・生命科学データ	200
5.3.8	日本版 LOD プロジェクト	204

6. SPARQL

6.1	クエリ形式	206
6.1.1	トリプルパターン	208
6.1.2	SELECT	209
6.1.3	CONSTRUCT	210
6.1.4	DESCRIBE	210
6.1.5	ASK	211
6.2	SPARQL クエリの記述例	212
6.2.1	変数クエリ	212
6.2.2	ORDER BY , LIMIT , OFFSET	215
6.2.3	FILTER	216
6.2.4	UNION	218
6.2.5	OPTIONAL	219
6.2.6	プロパティパス	221
6.3	SPARQL と RDF データストア	222
6.3.1	SPARQL エンドポイント	222
6.3.2	実システム	222
6.3.3	RDF データストアの実装技術	224
	引用・参考文献	225
	索引	227

1

セマンティック Web とは

ネットワーク上で分散された情報を多数の専門家が共有するために、ティム・バーナーズ＝リーによって Web の基礎が発明された。その後、Web サービスは爆発的に普及して専門家から一般人まであらゆる情報を Web から入手でき、テキスト、画像、音声や動画などのさまざまな形式で情報を入手したり発信したりできるようになった。しかし、現在でも Web 情報の中心はドキュメントである。言い換えると、Web の基本技術は HTML によってテキストや付随する画像などをハイパーリンクでつないでその内容を効果的に表示する方法なのである。こうしたドキュメントベースの Web は人間が読んで理解する分には問題ないが、コンピュータが Web ページを巡ってその内容を解釈し自動的にデータ処理するには高い壁が存在する。例えば、12 という数値があったときコンピュータはそれが人の年齢なのか出張回数なのか、もしくは 1 年間の月数なのかを人間のように文脈から判断するのは難しい。また、ドキュメント中の「猫」という単語が近所にいる特定の野良猫を表しているのか、猫というクラス（猫の個体集合を意味する概念）を表しているのか判断できないかもしれない。

ドキュメント内の情報がコンピュータにとって扱いやすい構造的なデータとして Web 上に存在すれば、少ない計算コストで高度なデータ処理ができる。この構造的なデータは機械学習やデータマイニングの手法によってドキュメントから抽出されたものでも構わないし、従来のデータベースから自動作成したものでも構わない。

セマンティック Web はデータの Web とも呼ばれるように、ドキュメントの Web を超えてデータ中心の Web を実現しようという構想である。データ中心

の Web は、大きく二つの方法で実現される。一つは、従来のドキュメントベースの Web 内に意味データを内在的に組み込むことで、コンピュータがドキュメントに関する意味データを獲得できるようにする方法である。もう一つは、Web ページのドキュメント以外に、リンクトデータと呼ばれるグラフ構造データを別途 Web サーバで管理して、Web 上に分散した多くのデータセットをたがいにリンクさせる方法である。近年、後者の方法によって数百億規模のトリプル(リンクトデータ内の単位をトリプルという)からなるメディア、地理、政府、出版、ライフサイエンス、ユーザコンテンツなどのさまざまな分野のリンクトデータが Web 上に展開されている。このようなリンクトデータの増加は明るいニュースであり、今後データの Web (セマンティック Web) が普及する上で最も重要であることは間違いない。

このように、セマンティック Web は Web 規模のデータベースを実現しようという考え方もできる。Web 上でデータを扱う難しさは、異なる人や組織によって作成されたデータセットをどうやってグローバルな Web 環境で管理し利用するかにある。まず、Web だけではなく世の中に存在するすべてのリソース^{†1}を URI でグローバルに名前づけする。その結果、URL が一意にリソースの場所を表していたように、URI が一意にリソースの名前を示す。さらに、HTML のタグのように皆が共通で使う語彙を決めてメタデータ^{†2}を記述することにより、世界中のデータの属性や意味がわかるようになる。その上、RDF というグラフ構造のデータモデルにより、データベース設計がスキーマレスになり別々につくられたデータでも容易に統合可能となる。この結果、Web がもつグローバルで世界中に分散された情報共有の枠組みを損なわずに、コンピュータが分散データを融合し活用する大規模なデータ空間が実現される。

^{†1} Web 上の文書や情報とともに Web 上にない人やものなどを含めて対象物すべてをリソースという。

^{†2} メタデータは、データについて記述するデータのことをいう。

1.1 データとセマンティクスによる Web 空間

セマンティック Web は、新たな Web を生み出すわけではなく、従来の Web を残しながら拡張させた結果といえる。その構想から十年以上経過してさまざまな技術や標準化が提案されてきたが、既存の Web と同様に必然的な技術だけが生き残っている。すなわち、データを中心とした未来の Web に不可欠な要素を考えれば、それがセマンティック Web を実現する。

1.1.1 データの Web

セマンティック Web は一言でいうと、ドキュメントの Web からデータの Web への進化といえる。現在の Web は画像や動画など視覚的な情報を視聴できて昔とは比べものにならないが、基本的には人間が読むためのテキスト情報のままである。一方、統計データや顧客データなどのブラウザで表示しきれない情報、もしくは表示せず内部的に保持したい情報は Web サーバが SQL などのデータベースで保持している。そのデータベースから必要に応じてクエリ検索をして、HTML 文書に反映して表示させる。

データの Web は、(i) これまで人間しか解読できなかった（または人間用の）テキストをコンピュータが処理できる構造化データにする側面と、(ii) Web サーバに閉じていたデータベースをオープンなデータにする側面、をもつ。

Web ページは紙媒体の書籍などに比べれば、タグやハイパーリンクによってドキュメント内容が一部構造化されている。そうした Web の構造情報を利用して知識獲得などの研究も行われている。例えば、Wikipedia の Infobox は構造化データであり機械可読性が高い。データの Web はさらに一歩進んで、データ構造化の規約を定めて Web 共通の方法でデータを作成する。それにより、データの獲得や解釈が効率的になり再利用と統合が容易になる。このとき、構造的にデータを記述する技術が RDF (resource description framework) である。この結果、Web が大きなデータ空間に変貌し、Web 規模でデータ内容を解釈

して処理する有用性は計り知れない。例えば、これまでの検索エンジンのようにユーザがほしい情報の場所を示すだけでなく、超大規模データから意味的に正しい情報や質問の回答などを提示できる。

さらに、個人、企業や公共機関が構築してきたデータベース資産をオープンな形で Web に公開することができる。このとき重要なのが、RDF のような共通のデータモデルへ変換することである。加えて、Web 上の多くのデータが意味的にリンクしていることが推奨される。これがデータの Web を実現しているリンクトデータである。

1.1.2 オントロジーと共通語彙

データベースに格納された実データは、それがなにを意味しているかわからなければ情報や知識として利用できない。例えば、数値 19 は年齢や日付かもしれないし商品の在庫数かもしれない。その他に、名前「太郎」は人やペットの名前かもしれないし、商品名かもしれない。人間ならば文脈である程度判断できるが、コンピュータが意味を判断するにはデータに属性、型やクラスの付与が必要である。そうしなければなんのデータを扱っているかわからず、データ処理に致命的な誤りを生じさせる。

オントロジーは、属性、型やクラスなどの語彙を矛盾なく定義するのに有用である。本来オントロジーとは、人間が現実世界をとらえ事物を解釈してそれらの概念を体系化したものである。コンピュータ科学や情報学の分野では、概念や語彙の意味を定義するためにオントロジーが用いられる。オントロジーを構築するとき、最もよく使われているのが概念階層である。この概念階層は、概念間の関係を ISA 関係や PART-OF 関係でつなげてできた構造といえる。例えば、概念「犬」は概念「ほ乳類」との間に ISA 関係があり、「ほ乳類」は「犬」の上位概念となる。

Web 上でデータを扱うために、オントロジーで属性、型やクラスの名前を定義して皆が共通語彙として用いる。閉じたデータベースならば属性、型やクラスの名称が独自でも構わないが、データの Web を実現するリンクトデータでは

標準化された語彙を使ったほうがよい。そうすれば、例えば見知らぬ人や組織が作成した Web データであっても意味を解釈できるようになる。

実際に公開されているオントロジーには、シソーラスや概念辞書のように語彙数が非常に豊富なものから、特定用途に必要なクラスやプロパティを選んで数十個の共通語彙を定義しているものまである。WordNet は、辞書的な位置づけで幅広く単語間の関係を定義しているオントロジーである。YAGO は、DBpedia や WordNet から抽出された大規模オントロジーである。また、Schema.org は人、組織、商品、イベントなどのクラスやプロパティを定義した共通語彙である。その他に、専門性に特化したオントロジーとして、遺伝子オントロジー (gene ontology) などがある。

従来の Web ではドキュメントに含まれる数値や文字列の意味を推定するしかなかったが、セマンティック Web ではオントロジーで定義した属性、型やクラスを付与してデータの意味を明確にする。Web のドキュメント空間をデータ空間へ拡張させるには、こうしたオントロジーの利用は必然である。現在では、軽量オントロジーと呼ばれる比較的の意味構造が単純なものが Web でよく使われている。

1.1.3 セマンティクス (意味論)

セマンティクス (意味論) は、古くは言語学において言葉の意味を研究する分野である。まず日本語や英語などにおいて、単語から自然言語文を構成する規則や特性を対象にする統語論がある。それに対比して、同じ文構造であっても意味が違うように単語や文の意味解釈を対象にする意味論がある。論理学の分野では、命題論理や述語論理などの言語を導入するときに、論理式の統語論 (構文) と意味論を形式的に定義する。コンピュータ科学の分野では、最近のプログラミング言語は統語論 (構文) だけでなく意味論を定義して理論的基盤を保証している。このとき、構文はプログラムを書くための表現規則であり、意味論はプログラムが意味している操作や動作を数学的な方法で定義する。

セマンティック Web の名称は、ティム・バーナーズ＝リーが情報の意味を考

索引

【あ】	クエリ	206	セマンティクス	5
アイテム	109	クラス	1, 93, 170	セマンティックデータ
【い】	グラフ構造モデル	71	モデル	68
意味定義リンク	169	クロスドメイン	173	セマンティックマーク
意味論	5	【け】	アップ	100
インスタンス	170	限定子	183	セマンティック Web
インターオペラビリティ	66	【こ】	セマンティック Web	65
インターネット	17	公共データ	192	技術層
【え】	コレクション	82, 94	【そ】	相互運用性
エンティティ	138	コンテナ	94	66
エンドポイント	206	【さ】	【た】	大規模オントロジー
【お】	サードレベルドメイン	19	代 入	208
オブジェクト	52	最上位クラス	139	タキシノミー
オントロジー	4, 93, 188	【し】	妥当 XML	45
【か】	シソーラス	124	ダブリンコアメタデータ	
解 決	208	実体リソース	159, 160	イニシアティブ
概念階層	124	修飾名	76	130
概念スキーマ	127	主 語	72	【ち】
概念リソース	124	述 語	72	地理データ
型付きリテラル	73	上位オントロジー	198	184
関係データベース	33, 66	情報リソース	159	【て】
【き】	シリアライズ	77	定 数	208
機械可読性	65	【す】	ティム・バーナーズ＝	
記述論理	124	スキーマ設計	68	リー
逆プロパティ	221	スキーマレス	2, 69	1, 65, 158
共通語彙	4, 5, 71, 76	【せ】	データ型階層	143
【く】	整形形式 XML	45	データセットリソース	151
空ノード	75, 81	生命科学分野	200	データの Web
		セカンドレベルドメイン	19	1, 3, 65
				データベーススキーマ
				66
				テストクエリ
				212
				【と】
				トップレベルドメイン
				19

トピック	179				
ドメインネーム	18				
トリプル	2				
トリプルパターン	208				
		【な】			
名前空間	41, 63				
名前空間接頭辞	76				
ナレッジグラフ	12				
		【に】			
日本語版 LOD クラウド	205				
		【は】			
ハイパーテキスト	26				
ハッシュ URI	162, 164				
ハブデータ	173				
		【ひ】			
		否定プロパティ	221		
		【ふ】			
		ブレーションリテラル	73		
		プロパティ	73, 93		
		プロパティ値	73		
		プロパティパス	221		
		文書型定義	41		
		【へ】			
		変数	207, 208		
		ベンチマーク	212		
		【ま】			
		マークアップ言語	26		
		マスメディア	188		
		【み】			
		三つ組	68		
		【め】			
		メタ言語	36		
		メタデータ	2, 66		
		【も】			
		目的語	72		
		【り】			
		リソース	2		
		リテラル	73		
		リンクセット	153		
		リンクトデータ	8, 157, 158, 166		

		【A】					
ARQ	223		DCMI メタデータ	132	GO (gene ontology)	201	
ASK 文	211		DC (Dublin core)	130	GraphDB	224	
		【B】	DESCRIBE 文	210	gTLD	19	
BBC	188		DISTINCT	219		【H】	
BIBFRAME	195		DOM (document object model)	29	HTML	16, 27	
Bio2RDF	203		DrugBank	203	HTML 5.0	28	
BMDB ベンチマーク	213		DTD	41	HTTP	16, 22, 162	
		【C】		【E】		【I】	
ccTLD	19		e コマース	144		IBM ワトソン	14
CONSTRUCT 文	210			【F】		【J】	
CSS	28		FILTER	216	JavaScript	28	
CSV	33		FLWOR 式	58	Jena	222	
		【D】	FOAF	118	JSON	51, 88	
DBLP	196		for 句	59	JSON-LD	10, 88	
DBpedia	5, 173, 181		FreeBase	178		【L】	
DBpedia オントロジー	176		Fuseki	223	let 句	61	
DC メタデータ	130			【G】	LinkedGeoData	186	
DCMI	130		GeoNames	184	LOD	8	
			GoodRelations	144	LOD クラウド図	172	

LOD プロジェクト	171	RDF データセット	151	URL	16, 20
LUBM ベンチマーク	212	RDF トリプル	72	URN	20
		RDF リンク	76		
【M】		RDFa	9, 10, 103	【V】	
Microdata	9, 10, 109	RDFa Lite	108	vCard	135
Microformats	9, 113	RDF(S) 語彙	91	vCard オブジェクト	135
MID (machine-generated ID)	179	RDF/XML	84	Virtuoso	223
		rdf:type 語彙	91	VoID	151
【N】		RDF4J	223		
New York Times	190	Reification	96	【W】	
N-Triples	77	Rich Snippets	9	Wikidata	181
N3	78			Wikipedia	173
		【S】		window 句	61
【O】		sameAs リンク	168	WordNet	5, 200
OBO 形式	201	Schema.org	5, 138	WWW	16
OGP	155	SELECT 文	207, 209		
OpenCyc	198	Sesame	223	【X】	
OpenLibrary	195	SKOS	124	XHTML	30
OpenStreetMap	186	SLD	19	XML	32, 36
OPTIONAL	220	SPARQL	206	XML データ	33
OWLIM	224	SPARQL エンドポイント	222	XML データベース	57
				XML 文書	38
【Q】		【T】		XML Schema	45, 73
QName	76	TLD	19	XPath	54
		TRREE エンジン	224	XQuery	57
【R】		Turtle	78		
RDF	70			【Y】	
—の基本語彙	91	【U】		YAGO	5, 196
RDF グラフ	74	UNION	218		
RDF データストアシス		UniProt	203	【数字】	
テム	222, 224	URI	20, 71, 75, 159	3LD	19
				303 URI	162