

# 情報コモンズのための信頼ネットワークに関する研究

076792 亀田 堯宙  
指導教員 岩田 修一 教授

In this paper, we describe problems of information commons associated with the networks of people and resources. From those networks, we can extract some kind of features and feed back those features to users as recommendation of people to collaborate with and resources to make use of. By implementing the application, we provide the solution of problems of information commons. Different commons have different types of network and its dynamics corresponding to the difference among confidence, trust and reliability one of which is mainly functional in each common. Each application is designed with those differences took into account.

Key words: Information commons, trust, reliability, network analysis, identity, design of human environment

## 1 緒言

本研究では、様々な情報リソースを人々が共有し活用する情報コモンズの実現のためのシステムについての研究を行った。その際に、リソースや人の関係で形成されるネットワークに着目し、また、そのネットワークの形成を特徴付けるようなシステムをネットワークシステムと呼び、信頼の観点からデザインを考察した。人は、他人を信頼することで協力関係を築き、情報を信頼することでそれを活用して意思決定を行い、円滑な社会生活を送っている。また、信頼できる情報の発信者は信頼され、信頼できる人によって発信された情報もまた信頼されるといった双方向的なダイナミクスの中で信頼は構築される。この信頼のメカニズムを組みこんだネットワークシステムによって形成、維持もしくは変化していく信頼ネットワークは、情報コモンズにおいてリソースの有効な活用を行うために非常に重要である。

コモンズについては、イベント情報の共有と活用を目的としたコモンズ、科学データベースの共有と活用を目的としたコモンズの2つを取り扱った。これら2つはコモンズの中でも必要とされる信頼の性質が異なり、また後者は、前者では自明だったリソースや人のアイデンティティの不明という新たな問題が現れる。本研究ではこれらの違いを反映したデザインによってネットワークシステムを実装した。

また、各コモンズにおいて具体的に起こっている問題を例として挙げ、実装したシステムによっての解決を示すことでシステムの評価を行った。

## 2 信頼とネットワーク

### 2.1 信頼とは何か

私たちは信頼という言葉でいくつかの概念を包括的に指している。そこで、分類を行いたい。はじめに、信頼を信頼される側の性質（これを「信頼性」と表現する）と区別し、信頼する側のものとして考える。「信頼性」は観測する主体に関わらず存在するので客観的な性質といえることができる。そして、対象としている事象の不確実性の有無によってその信頼を「信頼」と「安心」に分ける。不確実性のある状態とは、その信頼が期待外れに終わる可能性があり、その場合に自分が被害を受ける、そのような状態のことである<sup>1) 2)</sup>。

### 2.2 「安心」・「信頼」・「信頼性」と信頼ネットワーク

「安心」は不確実性が無いか十分に低い場合であって、システムの方に不確実性を低くするような特性—例えば

人と人の契約における不確実性においては、裏切り者が損をするようなフィードバックをかけることが相当する—があることが重要になってくる。これだけではネットワークの形は分からないが、実際の社会では閉鎖的なコミュニティという形で現れることが指摘されている<sup>2)</sup>。これは、コミュニティが閉鎖的である場合にコミュニティ内での期待に外れるような行為があれば、他の構成員から多大な不利益を受ける上に、他のコミュニティに移ることが難しくなるからであり、この環境による人の行動の制約が不確実性の低下をもたらし、「安心」を支配的な信頼様式にするのである。よって、人のネットワークにおいてクラスタ状に密な部分での関係を維持するのが「安心」のネットワークということになる。

「信頼」は不確実性がある場合に必要とされ機能する。これは実際の社会において、「安心」とは対照的に開かれた流動的なコミュニティという形で現れることが指摘されている<sup>2)</sup>。新しい関係を築いていく場合には不足した情報を補う「信頼」が必要になるからである。また、ただ新しい関係を作り続けるのではなく、関係を醸成することも重要である。なぜならば「信頼」の機能は新しい関係をつくることそのものではなく、不確実性を乗り越えて新しい関係を作り始めることで、機会コストを減らし利益を享受することだからである。これがコモンズにおいてリソース活用のために「信頼」が必要である所以である。よって、リソースをメディアとして人が結びついたネットワークにおいて、密な結びつきが適度に流動的に変化するのが「信頼」のネットワークということになる。

「信頼性」は既に述べたとおり、客観的に量られる信頼である。「信頼性」の高いリソースは多くの人から利用され、多くの人から利用されているものは客観的に「信頼性」が高いと見積もられる。よって、ネットワークにおいて度数中心性が高いものが「信頼性」の高いリソースや人であることを示し、ネットワークとしては度数分布が指数関数的になるようなものとなる<sup>3)</sup>。

### 2.3 「安心」・「信頼」・「信頼性」とネットワークシステム

本研究において、ネットワークシステムはリソースの活用を目的とした行為の対象としての人やリソースを推薦することによって、信頼ネットワークを形成、維持もしくは変化させるというアプローチをとった。

「安心」のネットワークに対応するのは、人にとって最も密に繋がっているクラスタの内部の人やその人によって生成もしくは活用されているリソースを推薦するネットワークシステムとなる。

「信頼」のネットワークに対応するのは、人にとって密

に繋がっている人やその人によって生成もしくは活用されているリソースだけではなく、リソースを介してのつながりが多い人やその人に関わっている未知のリソースをも推薦することで、関係の広がりを支援するようなネットワークキングシステムとなる。また、このダイナミックさから、過去のつながりが現在と同等に表現されるのではなく、現在のほうに重みをつけて表現されるようなネットワークに基づいた推薦が望ましいと考えられる。

「信頼性」のネットワークに対応するのは、ネットワーク全体から見て次数中心性が高いリソースを推薦するネットワークキングシステムとなる。

## 2.4 信頼とネットワークに関する関連研究・関連システム

森ら<sup>4)</sup>は山岸<sup>2)</sup>の議論を参考にネットワークからの信頼の定量を行っているが、それは「安心」に相当するものであった。重みなし無向グラフにおけるエッジクラスタリング係数を計算することでネットワークで互いに安定的な構造をもつノードを探すアルゴリズムだからである。ユーザのタスク共有を支援した大向らの研究<sup>5)</sup>も人のネットワークにおいて完全部分グラフという安定的なクラスタをタスク共有の相手として推薦しているので「安心」に相当するものといえる。リソースについての信頼を定量するものには Amazon (<http://www.amazon.com/>)<sup>6)</sup>における協調フィルタリングがある。商品は一度買ってしまえばそれ以上の関係の醸成はほとんど行われないので、「密な結びつきが適度に流動的に変化する」という定義からは外れるが、人を介したリソースの関係付けを用いて人にまだ知らないリソースを推薦するものであり、アルゴリズムとしては「信頼」に相当するネットワークキングシステムに近いといえる。また、Google(<http://www.google.com/>)の PageRank はリソース同士の有向のリンクの中で単純に入次数の中心性を見るよりも、重要なリソースに参照されているものは重要でないリソースに参照されているものよりも重要性が見込まれるということを反映しており、「信頼性」の判別の補助として用いられるものになっている<sup>7)</sup>。関連研究として挙げたが、本研究でもサイエンスコモンズにおける信頼性の推定としてそのまま用いている。

## 3 イベント情報のコモンズ

### 3.1 イベント情報のコモンズにおける課題

日々、様々な場所・様々なテーマで、シンポジウムや展覧会などのイベントが開かれ、インターネットを通じてその情報が公開されている。しかし、それらの情報は特定の団体のサイトで更新されるに留まることも多く、ユーザ同士がその情報に集まってコミュニケーションを行ったり、お互いに誘って参加したりといったようなことが実現できていない。その結果、イベントの開催者側にとっても参加者側にとっても情報がウェブ上という開かれた場所に公開されていることによる恩恵が十分に受けられていないのではないかと考える。イベントを介したユーザ同士のインタラクションによって、集まった参加者のイベント体験が豊かになり、イベント全体も盛り上がるといった価値の共創が行われることが望ましい。

そのためには、次のような具体的な課題が解決されなけれ

ばならない。

(1)大量の情報の中でユーザにとって有益な情報を見つけるのが困難である。

(2)情報の共有がイベントについてのコミュニケーションなどに繋がらず共有するメリットが薄い。

(3)イベントを介した人のつながりとその活用が支援されていない。

### 3.2 本研究でのアプローチ

既存のアルゴリズムでは、「安心」な相手に相当する人を推薦するシステムしかなく、出会いの場としての機能を有するイベントでは新しいつながりを作るために「信頼」に対応するアルゴリズムによる支援が必要だと考えた。イベントへの参加やスケジュールへ登録という行為を用いてイベントと人を結びつけ、その情報を用いてイベント情報の推薦を行うと共に、イベントへの勧誘という行為に着目し、イベントをメディアとして人と人の関係を醸成するために勧誘行為の推薦を行った。

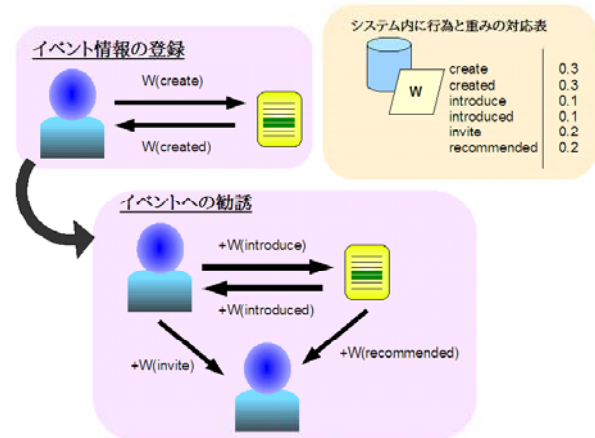


Fig 1:Recording of Interaction

ネットワークは行為に対応した重みと行為の方向を反映した重み付け有向グラフによってあらわされ (Fig 1), リソースや人への「信頼」はその向きのエッジの全パス積和による関係強度で推量される。まず、あるノード間を間接的につなげるルートを見つけ、そのルート上のエッジの重みの積をルート全体の重みとする。そして、求めたいノード間の全ルートの重みの和をノード間の最終的な重みとする。この値を全パス積和による関係強度と呼ぶ。ノード A からノード B へのルート数を  $route(A,B)$ ,  $i$  個目のルートに含まれるエッジ数を  $length(i)$  で表し、さらに  $i$  個目のルートの  $j$  個目のエッジの重みを  $w_{ij}$  と表すと、AB 間の全パス積和  $W_{AB}$  は式 1 のように表される。

$$W_{AB} = \sum_{j=1}^{route(A,B)} \prod_{j=1}^{length(i)} w_{ij} \quad (1)$$

イベントの推薦は

- 推薦を受けるユーザ→他ユーザ→イベント
- 推薦を受けるユーザ→過去のイベント→他ユーザ→イベント

という 2 通りのパスの全パス積和の関係強度を計算することでイベント情報をランキングし、推薦している。

勧誘するユーザの推薦は

- ・ 推薦を受けるユーザ→過去のイベント→勧誘するユーザ
  - ・ 推薦を受けるユーザ→勧誘するユーザ
- という2通りのパスの全パス積和にさらに、
- ・ 勧誘するユーザ→他ユーザ→勧誘するイベント
  - ・ 勧誘するユーザ→過去のイベント→他ユーザ→勧誘するイベント

という2通りのパスの全パス積和の関係強度を計算することでイベント情報をランキングし、推薦している。

### 3.3 実装したシステム

#### 3.3.1 イベント情報管理のための基礎的な機能

ユーザ認証、イベントの登録、スケジュールの閲覧といった基本的な機能をプラットフォームとして提供している。

#### 3.3.2 イベントの推薦

検索ポータルのようにランキングで表示している (Fig 2)

#### 3.3.3 勧誘するユーザの推薦

イベントページにおいて自分のスケジュールへの登録と共に勧誘を行えるようなインタフェースを提供している (Fig 3)。



Fig 2: Recommendation of events



Fig 3: Recommendation of participants to go to event with

### 3.4 課題の解決

3.1 節で挙げた具体例が 3.3 節で示したシステムによってどのように解決できるかを示す。

(1) ユーザにパーソナライズされたイベントの推薦を行った。

(2) 勧誘というイベントの活用に関与した行為を推薦することで、人とのコミュニケーションを通じてイベントの活用を促進した。

(3) 勧誘する人の推薦において、多くのイベントと共に参加したが直接面識が無い人を推薦することで新しいつながりを促進すると共に、一度面識ができた人とは、その繋がりを介してイベントの推薦や勧誘する人の推薦が実現された。

### 3.5 まとめ

イベント情報のコモンズにおける課題について「信頼」のネットワーキングシステムを用いて解決できることを

示した。さらに、実際のシステムの運用で、推薦された人やイベント情報の活用率やネットワークのダイナミックな変化を見ることで定量的な検証がおこなえると考えている。

## 4 科学データベースのサイエンスコモンズ

### 4.1 サイエンスコモンズにおける課題

近年、科学技術の研究においては、飛躍的に向上したコンピュータ・ネットワークの能力によって情報・データの収集・活用が行われている。そして、科学データの検証と協同によるさらなる価値創造のためにその利用・生産される科学技術データ・情報の共有が望まれている。しかしながら、科学技術データ・情報の生産・流通・活用に関わる技術的・法律的な課題が顕在化の中で、多様かつ膨大な量のデータ・情報は、個別の領域・組織において互いに独立に生成・収集・蓄積され、必ずしも社会において有効的に活用されているとは言い難い。大量に蓄積された多様な情報・データを公共財として捉え、異なる背景・役割を持つ人々の間で共有し共創的に活用していくための知的基盤を構築していく必要がある。

そのためには、次のような具体的課題が解決されなければならない。

(1) 発信した/得たデータの内容を証明する手立てが無い場合、学術利用ができないと共に権利の主張ができない。

(2) 価値を生む利用法が分からないために、データベースの有効活用がなされていない。

(3) データの「信頼性」が分からないために学術的に活用できない。

### 4.2 本研究でのアプローチ

科学データについて問題になる信頼は客観的な「信頼性」である。それを推量するためには、PageRankのようなアルゴリズムが適切だと考えられる。しかしながら、科学データについては変化するデータベースのリソースのアイデンティティやそれらを結びつけるための基盤が無い。前章のように閉じたシステムではなく、ウェブ全体に散在するリソースについてリソースと人のアイデンティティおよびその関係を記録する必要がある。そこで、アイデンティティを記録するためのメタデータのデータベース (以下 URI Context Database と呼ぶことにする) とリソースの関連付けのためのシステムをデザインし、実装した。データ内容と一対一対応する長さの決まった記号列であるハッシュ値でデータのアイデンティティを提供し、OpenID (<http://openid.net/>) と呼ばれる仕組みで URL を用いてユーザのウェブ上でのアイデンティティを提供し、リソースの URL, アクセス日時, アクセスに付随する情報をメタデータベースに記録する。そしてリソースの関連付けのためのメタデータ編纂システムとそのシステム上で蓄積されたデータを用いて PageRank と同様のアルゴリズムを適用しリソースの「信頼性」を推量した。

### 4.3 実装したシステム

#### 4.3.1 アイデンティティ提供のための URI Context Database

URI Context Database は次の機能を有す。

##### (1) Record

外部の Reporter から投げられたリソースと人のアイデンティティに関する情報を記録する。JSON による API (Application Programming Interface) を備えており、

サービス提供者が新たな Reporter を作成することも可能になっている。例えば、Reporter には、URI Context Database が持つウェブ上のインタフェース、外部のデータベースシステムなどが協力的に発信するもの、ユーザがブラウザの拡張機能として利用するものなどがある。

### (2)Show

Record 機能で記録したものを検索し、データとして返す。これによって外部のアプリケーションは、リソースに対しての関連する利用法を提示したり、同じリソースを有する人を検索したり、ある URL におけるリソースの変遷を確認したりすることができる。

### (3)Resolve

このメタデータベースで一意に定められたリソースを指すことができるように、各レコードに ID が振られている。Show 機能でこれを用いた検索もできるほか、その ID を用いて元の URL にアクセスすることができるようになっている。また、ハッシュ値から URL に結びつけて解決する URL も提供されている。これは、URI Context Database 自体はアイデンティティの提供のためにアクセシビリティから切り離されて設計されているので、外部のアプリケーションやデータが URI Context Database によるアイデンティティをできる限りアクセスのために用いられるようにするための機能である。また、URL の形式でアイデンティティを簡便に統一的に記述することができるというメリットがある。

#### 4.3.2 リソースの関連付けのためのメタデータ編纂システム

自らがアクセスしたリソース同士の関連を記述できるようにしている。これは各人の知識の体系化をインセンティブとした活動である。体系化された知識は、本人の思い出しや知識の利用を促進すると共に、他人の知識を参照する場合もその体系を通して理解しやすくするのに役立つ。

また、外部のデータベースなどからデータを引き受けて処理を行うアプリケーションは、元のデータと自らが生成したデータの間の関連を知っているので、自動的にその関係をメタデータ編纂システムの方へ送ることができる。

そして、これらの活動を通じて生成されたデータがリソースの関連付け情報として蓄積され、全体としてリソースのネットワークを表現することができる。

#### 4.3.3 リソースのネットワークからの信頼性推定

4.2 節で述べたようにサイエンスコモンズで問題にされる信頼の種類は「信頼性」に相当し、それに相当するネットワークシステムのアプローチとして PageRank を用いた。

### 4.4 課題の解決

4.1 節で挙げた具体例が 4.3 節で示したシステムによってどのように解決できるかを示す。

(1)発信した/得たデータの内容に関して外部のデータベースに改竄不可能な記録が残るため、学術利用のための証明として利用できるとともに、権利の問題になっているリソースのハッシュ値を照らし合わせることで権利の確認もできるようになった。

(2)URI Context Database の Show 機能により同じデータベースの他の利用法が分かると共に、そのデータが外部の論文などで利用されているといった情報を取得することで、価値を生む利用法を知り、データベースを有効活用することができるようになった。

(3)PageRank によって推定された「信頼性」を目安として学術的な利用を行うことができるようになった。

### 4.5 まとめ

科学データベースのサイエンスコモンズにおける課題について「信頼性」のネットワークシステムを用いて解決できることを示した。さらに、実際のシステムの運用で、URI Context Database を利用したアクセスやネットワークのスケールフリー性を見ることで定量的な検証がおこなえると考えている。

## 5 まとめ

本研究では、イベント情報についてのコモンズとサイエンスコモンズに対して、それぞれに求められている信頼の様式を考慮し、対応したネットワークシステムを構築することで、それぞれのコモンズで起こっている問題を解決する手段を提供した。これが実際に有効に機能するためには、ネットワークシステムの中に十分なリソースを用意し、人々に参加してもらうことが必要になってくる。今後、その上で定量的な検証を行いたいと考えている。

### 文献

- 1) ニクラス・ルーマン著、大庭健、正村俊之訳：『信頼—社会的な複雑性の縮減メカニズム』、勁草書房、1990。(N. Luhmann: Vertrauen—ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität, Ferdinand Enke Verlag, 1973.)
- 2) 山岸俊男：『信頼の構造—こころと社会の進化ゲーム』、東京大学出版会、1998。
- 3) アルバート＝ラズロ・バラバシ著、青木薫訳、『新ネットワーク思考—世界のしくみを読み解く』、NHK 出版、2002。
- 4) 森純一郎、武田英明、石塚満：信頼の構造—社会ネットワークの構造に基づく Trust モデル、2006 年度人工知能学会全国大会(第 20 回) 論文集、3D4-5、2006。
- 5) 大向一輝、武田英明：人間関係ネットワークに基づく情報フィルタリングを用いた協調的タスクスケジューラ、Vol. J87-D-I, No. 11, pp. 1020-1029, 社団法人電子情報通信学会、2004。
- 6) G. Linden, B. Smith & J. York: Amazon.com Recommendations: Item-to-Item Collaborative Filtering, IEEE Internet Computing 7, pp. 76-80, 2003。
- 7) L. Page, S. Brin, R. Motowani & T. Winograd: The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web, Stanford Digital Library Technologies Project, 1998。