

マルチステークホルダーによる相互データ提供に基づいた意思決定支援システム

The Decision Support System Based on Mutual Data Provision among Stakeholders.

大知 正直^{*1}
Masanao Ochi

前田 ニコラス 高志^{*2}
Takashi Nicolas Maeda

榎 剛史^{*1}
Takeshi Sakaki

浅谷 公威^{*1}
Kimitake Asatani

森 純一郎^{*1}
Junichiro Mori

鳥海 不二夫^{*2}
Fujio Toriumi

坂田 一郎^{*1}
Ichiro Sakata

^{*1}東京大学工学系研究科技術経営戦略学専攻

Graduate School of Technology Management for Innovation, The University of Tokyo

^{*2}東京大学工学系研究科システム創成学専攻

Graduate School of Systems Innovation, The University of Tokyo

In recent years, various devices existing in society are transformed into IoT, which enables companies to accumulate vast amounts of data. However, they have difficulties how to use such a bunch of data. As one of the solutions to this problem, the companies have tried to acquire new knowledge by providing data each held, integrating and analyzing them. In this paper, to facilitate this solution more, we created a system that integrates multiple data provided by six railway companies in Japan Kansai region. The companies cooperate with one another to provide data and also compete to manage railway in the same region. So, our system secures their confidential information and enhances the knowledge by integrating and analyzing multiple data. We confirmed that there is a new and valuable knowledge that can be obtained for the first time through data integration by data analysis staffs of each company. Our proposed system can promote data provision between competitors and decision making by multiple data.

1. はじめに

近年、社会に存在する様々なデバイスのIoT化が進み、あらゆるデバイスが一種のセンサーとして機能し始めている。これによって、人、モノの移動に伴って生じる様々な情報がデータベース上に大規模に蓄積されるようになった。しかし、各企業が持つこうした大規模なデータはそれ自身では活用が難しい面がある。なぜならば、企業に蓄積されるデータは関連する環境や、別の原因によって生じたものであることが多いからである。例えば、鉄道の乗降に関するデータを蓄積していても、ある駅で降車する理由を知ることは難しい。そこで、乗降データに加えて、駅周辺で人々が行った経済活動に関するデータ(PoSデータ等)があれば、降車理由をある程度類推できるだろう。そして、駅周辺での人々の経済活動に関するデータもPoSデータに限らずさまざまな場所、形式で蓄積されている。周辺の他社路線の駅へ乗り換えであったり、駅周辺のソーシャルメディアのログデータであったりと組み合わせて分析することで有用な知見を得られそうなものは数多く想像できる。

このような大規模なデータの蓄積に伴って、それを活用しようと関連するデータを保有する企業間で提携を行い、お互いにデータを提供することで、人、モノの移動を大規模に捉えようという試みが少しずつなされてきている。しかし、いまだ事例としては少数で、多くの企業ではあまり取り組まれていない。

これまで、異なる情報源から生じるデータの統合に関する研究がなされてきた。代表的なものとして、データ統合に関する理論的背景を与える研究[Ullman 00]が考えられる。また、一方で、企業間のデータ提供の試みに関しては、「気象ビッグデータを活用した需要予測精度向上によるサプライチェーン

の全体最適化」[経済 15]という事例が報告されている。本研究では、データ統合スキームを設計し、それに基づいたデータベース作成と分析システムを提案する。本稿では、実際の企業間の提携の際に生じる障害も含めたシステム設計を行い、今後のデータによる企業間提携を促進させる狙いがある。

複数の企業で個別に蓄積しているデータを提供しあい、複合的に分析することは有用である。これに異論を唱える人はいないだろう。しかし、実際にはこの試みはあまり行われていない。なぜならばデータを提供することには障害があるためである。例えば、自社のデータを他社に提供することで、自社の機密情報を知られてしまうのではないかと、といった懸念である。また、一方でデータ提供によって便益を得るのは特定の会社であって、提供した会社自身には何の便益も無いという懸念もある。こうした複数の要因によって、相互にデータを提供し、複合的に分析を行う事例があまり増加していない。

そこで本論文では、企業間のデータ提供の促進を図るためにステークホルダー同士のデータ提供を意思決定に役立てるためのフレームワークを提案する。提案では、データの機密性を守るために第三者の調停者を設置することで、入力クエリや分析結果の検閲を行うようにしている。

提案するフレームワークは、データ統合部と分析システム部の2つの機能に分類される。データ統合部では、それぞれの競合企業のデータを調停者(Mediator)に提供してもらい、ユーザの秘匿化を行う。そして、提携の目的に合わせたレベルにまでデータの抽象度をあげる処理を行い、統合DBの作成を行う。分析システムは複数の企業間を移動したデータを対象にした分析を行うもので、競合企業の機密部分を分析できないように調停者による認証を必要とする。

提案したシステムを関西の鉄道企業6社局の提携データを元に実装した。そして、実際の分析担当者に利用してもらい、彼らの持つ自社内でのデータ分析、運営を元に得ている経験知

連絡先: 大知 正直, 東京大学工学系研究科技術経営戦略学専攻, 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, masanao.ochi@gmail.com

の検証を行ってもらった。結果として、彼らの持つ経験知を社局間を横断するデータベースを用いることで定量的に分析できることがわかった。利用者自身のアンケート結果においても社局間を横断するデータ分析のメリットをすべての担当者が感じていることがわかった。また、自社の機密情報の漏洩についても71.4%の担当者が障害とならないことを感じていることがわかった。

本稿の貢献を以下にあげる。

1. 競合企業間で相互データ提供に基づく戦略的提携を効率的に解決する分析フレームワークを提案した。
2. データ提携により各企業にとって定量的に便益があることを示した。
3. 調停者による秘匿化、ユーザ認証によって、企業の機密情報の保護を担保したシステムであることを示した。

2章で関連研究について述べ、本稿の論点を明確にする。次に、本稿で提案するシステムについて説明を行う。その後、システム構築に使用するデータについて説明を行う。そして、実験と結果を示し、提案手法が効果を発揮する条件、応用可能性について考察する。最後に結論と今後の展望について述べる。

2. 関連研究

ここでは、本研究に関連する研究と本稿で提案する手法に関連する研究について説明する。

ステークホルダーに関する研究は、Freemanによって始められたと言って良いだろう。ステークホルダーという定義は様々な文献で多種多様に定義されており、範囲が明確でない。本稿では、Freemanが著書の中で定義した「ステークホルダーは、組織体の目的の遂行に影響するか影響を受けるグループまたは個人である」[Freeman 83]という定義を採用する。したがって本稿でさすステークホルダーは、株主、従業員、顧客だけを指すのではなく、競合関係にある企業、メディア等も含まれる。そしてこれら複数のステークホルダー間でデータを共有し、意思決定支援を行うシステムについて議論を行う。

一方で、それぞれの企業間でデータの提供を行う行為は、相手方の知識を移転させる [Mariti 83] という意味において企業間の戦略的提携の1つと捉えることも可能であろう。戦略的提携は、企業間の部分的結合を伴う場合（資本提携）と伴わない場合（契約提携）に大別できる [公正 10]。戦略的提携は、企業同士で共通の目標を達成するために、知識や技術の移転のために行われることが多い。しかし、単にデータを相互に共有する場合に、企業間で共通する目標を持つことは難しいことが多い。なぜならばそれぞれの企業の置かれる立場、経営環境は異なっており、提供されたデータをどう利用するかは各企業が決定するためである。そこで、本稿ではこのデータ提携という企業間の結びつきが比較的弱い契約提携の中でも、結びつきの弱いデータ提供を元にそれぞれの企業がそれぞれの目的を達成できるように意思決定支援システムの構築を目指す。これによって、共通の目的意識を持ちにくい企業間においてもデータ提供によるメリットがわかりやすくなり、データ提供による企業間提携がより一層促進されるだろう。

3. マルチステークホルダーによる相互データ提供に基づいた意思決定支援のフレームワーク

本章では提案するフレームワークとその詳細について説明する。

3.1 概要

提案するフレームワークの概要を図1に示す。このフレームワークは3つの部分から成り立っている。すなわち、ステークホルダー、分析部、ラッパーとデータソースの部分である。まず、図中のステークホルダーは複数のステークホルダーのうち、分析を行おうとしている人（または法人）を表している。次に、データソースは様々なステークホルダーから提供されているものである。このデータソースは、提供者の都合によって、新たに提供されたり、提供されなくなったりする。そのため、これらのデータソースを一体化したデータベースを作る (Global as View approach: 以下、GaV とする) のではなく、個別のデータソースへアクセスするためのクエリに変換するラッパーを経由して利用する (Local as View approach: 以下、LaV とする) データベースを利用する。そして、それぞれのデータからの返信を分析部への入力とする。分析部の詳細については次節で説明を行う。

このフレームワークにおいて、分析を行うステークホルダー自身が分析するための問い合わせをする。そして分析部で、この問い合わせを解釈し、各データソースに向けてクエリを発行する。各データソースに向けたクエリはそのデータソースに向けた形式にラッパー部分で解釈し直される。各データソースではクエリに対する返信を送信する。返信内容はラッパーで変換され分析部で統合、解釈され、ステークホルダーの問い合わせに応答する内容を返信する。

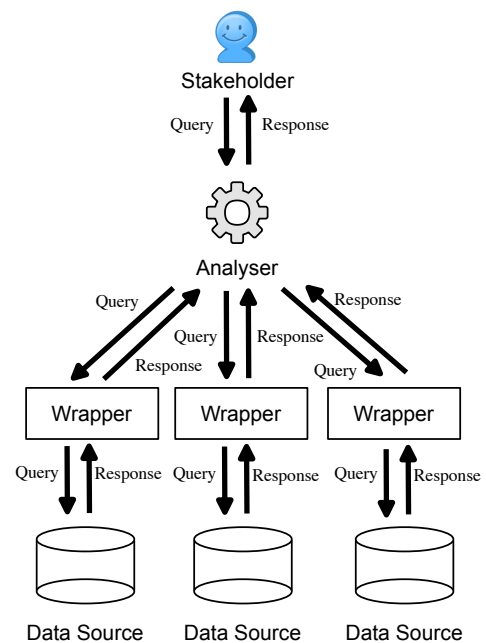


図1: 提案するフレームワーク。

3.2 分析部分の詳細と調停者の役割

分析部の詳細を図2に示す。分析部分は4つの部分から成り立っている。すなわち、調停者、ネットワーク生成部、知識抽出部、フィルターの部分である。まず、ネットワーク生成部は、提供されたデータソース群から分析対象となるデータを抽出し合成する機能を担っている。次に知識抽出部は、入力されるネットワークデータに対し、分析の主体となるステークホルダーの目的にあった手法を用いて、知識抽出を行う。フィルターは主に分析の主体以外のステークホルダーにとって損失となるようなデータ漏洩や分析が行われないようにするものであ

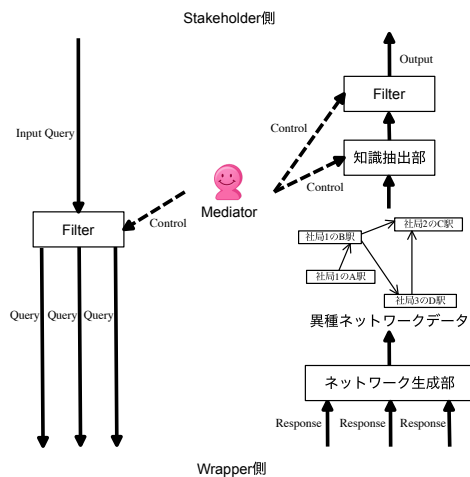


図 2: 分析部分の詳細。

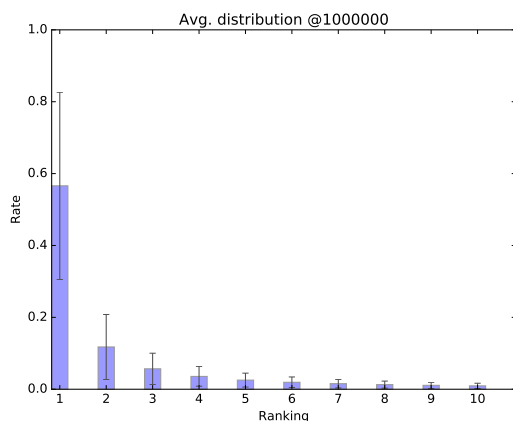


図 3: ランダムに選択した日常的に利用するユーザ 100 万人の往復の経路の分布。

る。最後に、調停者は本フレームワークにおいて大きな役割を担う。調停者は人とは特定せず、電子的な制御装置を用いても構わない。調停者は、主に他のステークホルダーと主体となるステークホルダーの利害関係を調整する役割と、主体者の目的と合致した知識抽出手法を選定する役割を担っている。

4. 試作システムによる検証

本章では、3. 章で提案したフレームをシステム上に試作し、検証を行う。

4.1 使用するデータ

使用するデータは関西圏の鉄道事業者 6 社局から提供された、非接触型 IC カードユーザの乗降ログを利用する。本データは事業者側でデータの匿名化を行っており、復元できない形になっている。データの内容は、各ユーザの性別、年代と乗降日時、乗降駅となっている。今回は 2013 年 04 月 01 日～2016 年 05 月 31 日の乗降データを利用した。

4.2 提案フレームワークの具現化

この鉄道事業者から提供されたデータを元に、3. 章で提案したフレームワークに則って分析システムの試作を行った。このシステムは主に 3 つの部分から成り立っている。それは、WEB サーバ、DB サーバ、端末である。端末は、ステークホルダー

の分析を行う担当者が利用し、分析するための問い合わせを送信したり、受信した内容の表示、ネットワーク描画処理を行う。WEB サーバは、4 つの機能を担当している。それは、認証機能、フィルター、クエリ変換処理、分析結果出力処理である。認証機能は端末を操作している担当者を認証する。担当者の認証は、クエリの入力や出力結果のフィルター機能と連携しており、他のステークホルダーとの利害の衝突の回避を行う調停者の機能も担っている。クエリ変換処理は、端末から送信されてきたクエリを DB へ問い合わせるための具体的なクエリへ変換する。分析結果出力処理は、DB サーバから送信されてきた返信内容を端末で表示するのに適した形式へ変換する。DB サーバは、複数の鉄道事業者から提供されたデータを元に集計した人の移動に関する DB を保持している。

4.3 分析機能と調停者機能の実装

提案したフレームワークでは、分析機能はステークホルダーのクエリに合わせて調停者が選択することになっている。今回のシステム試作にあたり、各ステークホルダーに個別にヒアリングを行い、共通に関心のある分析内容の選定をした。その結果、自社局が運営する路線内の駅での乗降客と他社局の路線との関係性について、すべての社局が興味を持っていることが判明した。そこで、筆者らが調停者となり、分析機能として自社局内の利用者の他社局内での利用状況を検索できる機能を実装することとした。また、フィルター機能として、他社局路線内の利用状況の分析結果は他社への秘匿情報となるため、認証機能によって、他社局の運営する路線情報は選択、表示をできないように実装を行った。

さらに詳細なヒアリングの結果、特に外国人観光客、日常的に利用するユーザの動向に関心が強いことが判明したので、国際空港のある駅で初めて／最後の利用があった短期利用者を外国人旅行者と判定し、また、長期利用者が 40% 以上の割合で利用している往復の経路を日常的な利用経路として判定を行い、ユーザごとに推定を行い、結果としてそれぞれの推定結果も合わせて表示するようにした。日常的に利用するユーザをランダムに 100 万人選択し、それぞれのユーザの往復の経路の分布を調べたものを図 3 に示す。図に示した通り、多くのユーザは主となる往復経路を日常的に利用している。約 66% のユーザが主となる往復経路となる 40% をしきい値として選定した。

5. 検証結果

本章では、検証結果について説明する。4. 章で述べたシステムを実際に分析を行う担当者に使用してもらい、アンケート結果を取得した。アンケート取得方法は以下のとおりである。アンケートに回答した担当者は、関西の鉄道会社 6 社局の担当者で、2016 年 09 月 05 日に全員に集まってもらい、約 2 時間試作したシステムを使い、分析をするワークショップを行った。ワークショップ前にシステムの使用方法についての説明を 30 分で行い、全員に使用方法を理解してもらった上で使用してもらっている。ワークショップを行ったあと、アンケート用紙を配布し、個別に記入をしてもらった。本章では、この取得したアンケートについて説明を行い、その集計結果、各分析担当者によって行われた分析の結果について説明を行う。

5.1 分析担当者へのアンケートの内容

各担当者へ質問したアンケート内容は大きくわけて以下の 3 つである。

1. 日常的にデータを用いた分析を行っているか。
2. 他社データを含めた分析に利用価値を感じるか。

3. 試作システムに有効性を感じるか。

4. 自社の機密は守られていると感じるか。

このアンケート内で、質問2,3に関しては5段階で回答してもらった。5段階は、5:非常に価値が／有効である、4:十分に価値が／有効である、3:価値が／有効である、2:あまり価値が／有効でない、1:全く価値が／有効で無い、とした。よって、3以上の回答の場合、質問に対して肯定的な意見となる。また、質問1,4は「はい」、「いいえ」の選択方式とした。

ワークショップには6社局の担当者計14名が参加した。アンケートへの回答は7であった。

5.2 分析担当者へのアンケート結果

分析担当者へのアンケート結果は以下の通りである。まず、質問1の普段からデータを用いた分析を行っているかについては、6/7が「はい」という回答であった。よってアンケートの回答の大半は社内で普段から分析、レポート業務を行っている人の意見である。

次に質問2の他社データを含めた分析に利用価値を感じるか、という質問について、まずすべての回答が3以上の価値があるという回答であった。平均では、3.86であった。これらの結果から自社内のデータだけでなく、他社局のデータを利用できるようになることに大きなメリットを感じていることがわかった。特に担当者からは「従前のアンケートに基づいたデータと比較し、客観性のある乗降客数のデータは信頼性が高く、非常に価値を感じる」という感想があった。

質問3の試作システムの有効性に関する質問について、すべての回答が3以上の有効であるという回答であった。平均では、3.57であった。今回は、システム設計者が調停者として、個別に担当者からヒアリングを行い、「駅での乗降者数と経路」に関する分析を行うシステムを設計した。この結果から調停者としての役割が有効に働いていることがわかった。また、一方で「出力した情報の加工が困難」という意見があり、試作システムの機能不足も指摘されている。

最後に質問4の自社の機密が保持されていると感じるかどうかについては、5/7が保持されているという回答であった。「いいえ」と答えた担当者の意見を確認すると、情報の開示範囲については相互に合意を得ておく必要があるという認識であった。今回は試作システムであるので、社局間で公式な合意を結んでいないため、このような回答となったことがわかった。よって、調停者が適切に機能すれば機密は十分に保持されていることが確認された。

6. 考察

5.章で示した結果について、考察を行う。

6.1 各社局の分析担当者に行ったアンケート結果について

本システムは日常的にデータ分析を行っている方、鉄道の運営に携わっている方向けのシステムである。その点で、アンケート回答者の全員が評価を行う対象者として適切であった。また、今回他社局のデータを確認できるようにしたことに関しても、すべての評価者にとって有用であることが認められている。特に、評価者の一人からは「従前からある公的データは、利用者の恣意的なアンケートと拡大係数によるものであり、本データは比較にならないほど信頼性が高く、利用価値があると考えます。」という意見を頂いた。これまで、鉄道各社は他社局での自社の利用客の統計データを国内で数年に一回国家的

に行われているパーソントリップ調査という大規模なアンケート調査に依拠していた。今回試作したシステムによってこの調査の一部を代替し、しかも日常的に確認できるようになる点を評価していることがわかる意見である。試作システムの有効性については、データの価値と比較すると平均点は低いが、有効であると認められている。評価者からの意見によると、試作システムでは分析結果の加工、集計が煩雑であるというものがあつた。業務効率の向上という観点からの意見だと思われる。最後に自社の機密に関する質問結果では、一部の社局から担保できていないという指摘をされた。前章で説明したように指摘内容は開示範囲に関する議論のものであつた。今回、調停者機能をシステム内に組み込んだが、合意が十分に取れていなかったことが原因と考えられる。今後、各社局の担当者と調停者を含めた形で対話を行い合意を形成することで解決するだろう。

7. 結論と今後の展望

本稿では、マルチステークホルダーによる相互データ提供に基づいた意思決定支援システムについての提案を行った。提案したフレームワークに基づいた試作システムによって、以下のことが検証された。提案したフレームワークによって、相互データ提供時に起こりやすい、便益の不均衡を解消できることがわかった。また、それによって、各企業にとって定量的な便益を得られることがわかった。最後に調停者が適切に機能することで、提携社間での情報の開示範囲、機密の保護を担保できることがわかった。以上のことから提案した意思決定支援システムが有効に機能し、企業間のデータ提携がより促進されることが期待できる。

今回のワークショップに参加した担当者からは、日々の出来事に関する分析とともに将来起こるべき事象における需要予測に関する要請も大きかった。今後は本システムの実務への運用を目指すとともに、需要予測分析に関しても取り組んでいきたい。

参考文献

- [Freeman 83] Freeman, R. E.: Strategic management: A stakeholder approach, *Advances in strategic management*, Vol. 1, No. 1, pp. 31–60 (1983)
- [Mariti 83] Mariti, P. and Smiley, R. H.: Co-operative agreements and the organization of industry, *The Journal of industrial economics*, pp. 437–451 (1983)
- [Ullman 00] Ullman, J.: Information integration using logical views, *Theoretical Computer Science* (2000)
- [経済 15] 経済産業省:「需要予測の精度向上による食品ロス削減及び省エネ物流プロジェクト」の最終報告, 官公庁環境専門資料, Vol. 50, No. 3, pp. 91–94 (2015)
- [公正 10] 公正取引委員会競争政策研究センター, 穂高 森田, 秀弥 林, 弘毅 荒井, 元宏 西村: 企業の提携・部分的結合に関する研究, 競争政策研究センター共同研究, No. CR03-10, Competition Policy Research Center, Japan Fair Trade Commission (2010)