

ユーザモデルを利用したルールの自動的な学習・推論による プライバシー保護手法の提案

金子 浩平[†], 内田 達人[‡], 敷田 幹文[‡]

概要

近年, ユビキタス環境の発展に伴い, 作業環境が分散されたことから, 相手の状況を考慮したコミュニケーションが必要とされている. この流れを受け, 状況情報を利用した研究が数多く行われている. そのなかで, 状況情報を利用し, 相手の状況に適した通信メディアの選択に関する方式が研究されているが, 通信メディアの選択とプライバシー保護に必要なルールは複雑であり, ユーザが記述するのは困難である. そこで本稿では, 通信メディアを利用したコミュニケーションの履歴から, 自動的にその状況におけるプライバシー保護に対するルールを学習・推論する方式を提案し, 参照者ごとに最適な通信メディアを提示することで, 円滑なコミュニケーションの実現を目指す.

Method of Protecting Privacy by Automatic Learning and Inference of Rule

Kouhei KANEKO[†], Tatsuhito UCHIDA[‡], Mikifumi SHIKIDA[‡]

Abstract

In recent years, the working environment is distributed as an ubiquitous environment develops, and communications that consider other party's context are needed. As a result, a lot of researches using context information are done. The method concerning the selection of appropriate communication media to other party's context is researched by using context information. However, it is difficult for the user to be complex, and to describe the needed rule in the selection and the privacy protection of the communication media. This text proposes the method automatically to study and to infer the rule to the privacy protection in the context from the history of communications using the communication media. And, appropriate communications are supported by presenting a communication media the best in each those who refer.

1 はじめに

近年, 作業環境が分散され, 相手の状況を把握することが難しい環境になった. それにより, 不適切なコミュニケーションが発生することなどから, 相手の状況に合わせたコミュニケーションが必要となってきた.

この流れを受け, 状況情報を共有することで, 相

手の状況に合わせたコミュニケーションを支援する研究が行われており, 状況情報が有効であることが確認されている [1, 2, 3]. また, 複数の通信メディアが混在する現在の環境において, 状況情報を利用し, 通信メディアの選択を支援している研究も行われており, 状況情報を利用した通信メディアの選択が有効であることも確認されている [4, 5, 6, 7]. これらの方式ではユーザが記述したルールを用いることで通信メディアの選択とプライバシー保護を実現している. しかし, 通信メディアを選択する際に必要となるユーザのプライバシーを反映させたルールは, 各個人でポリシーも違えば, 状況により制御の程度も異なる. また, これらをすべて記述

[†]北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

[‡]北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センター

[†]School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

[‡]Center for Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

するには大変複雑になり、かつ膨大な量に及ぶため、すべてを網羅することは困難であることが指摘されている [8].

この問題を解決するために、本稿では、通信メディアを利用したコミュニケーションの履歴から、自動的にその状況におけるルールの学習と推論する方式を提案する。そして、参照者ごとに適切な通信メディアを提示することで、分散された環境下での円滑なコミュニケーションの実現を目指す。

以下、2章では従来の方式について述べ、3章でユーザモデルを利用したプライバシー保護手法の提案方式について説明する。4章では具体例を用いた検証を行い、5章で本稿の方式の有効性に関する議論を行う。

2 従来の方式

従来の方式では、状況情報を利用した通信メディアの選択を支援する様々な方式が提案されている。この章では、関連する研究の紹介を行った後、提案されている方式の共通点と課題点について述べる。また、本稿で、通信メディアの利用可能性を提示する人を**被参照者**、情報を参照する人を**参照者**と呼ぶ。

2.1 関連研究の紹介

まず、被参照者が事前に、行き先や連絡手段を登録することにより、参照者が WWW 上に公開された行き先ボードから、被参照者の状況に合わせた利用可能な通信メディアを直接選択できる研究 [4] がある。次に、位置情報とスケジュール情報から状況を推測し、被参照者の状況に合わせてメッセージを動的に配信する研究 [5, 6] がある。また、被参照者の状況だけではなく、参照者ごとに提供する情報を制御させた研究 [7] は、被参照者・参照者の意向を考慮し、それに状況情報を加えることによって導き出される、その状況での最適な通信メディアを提供する。

一方、複数資源からの情報を一元管理し、統合をすることで、明確な状況情報として参照者に提供する研究 [8] では、参照者ごとに提供する状況情報を被参照者のポリシーに適合するように制御している。また、被参照者・参照者の状況に基づいてプレゼンス情報を変化させるプライバシーフィルタリング方式の研究 [9] もある。

2.2 関連研究の共通点

従来の研究 [4, 5, 6] で提案されている方式は、ある状況で適切な通信メディアを被参照者がルールとして記述する点と、被参照者の状況情報のみで、利用可能な通信メディアの選択を支援している点で共通している。

また、研究 [7, 9] は、被参照者の状況情報だけを考慮して情報を提供するだけではなく、各参照者ごとに提供する情報を制御する点で共通している。一方、提供する情報を制御するルール記述の方法において、研究 [8, 9] は IF-THEN 形式で記述する点で共通している。

2.3 課題点

既存の方式では、設定によって適切なメディアが提示されるものの、被参照者がルールを記述しなければならないため、複雑な状況を想定して記述するのは困難である。また、状況毎に提供する通信メディアを設定しなくてはいけないので、ユーザに負担がかかってしまう。一方、IF-THEN 形式でルールを記述した際、複雑な状況を想定してルールを記述できるが、ユーザにプログラミングスキルが求められてしまう。

3 ルールの自動的な学習・推論によるプライバシー保護手法

この章では、本稿で提案するユーザモデルを利用したルールの自動的な学習・推論によるプライバシー保護手法について述べる。

3.1 ルールとユーザモデル

まず、本提案方式で用いられるルールとユーザモデルについて定義する。

ルール 本稿で用いるルールとは、通信メディアの利用可能性を判断する条件となる状況情報の集合 (以下、**条件**) と、通信メディアの利用可能性に関する情報 (以下、**アクション**) から構成されている。図 1 にルールの構成図の例を示す。



図 1: ルールの構成図の例

ユーザモデル 本稿で用いるユーザモデルとは、ユーザの全ての状況に対する条件とアクションの因果関係を表したモデルである。

本提案方式では、ベイジアンネットワークを用いてユーザモデルを作成する。ベイジアンネットワークとは、複数のノードの確率的な因果関係をモデル化する手法であり、各ノードの依存関係を有向グラフで表現し、その強さを条件付確率で表す。状況情報のような不確定な要因を含む観測情報を取り扱えることや、状況情報の一部の変数を観測したときの、その他の任意の変数について確率分布を求められる利点がある。

ベイジアンネットワークにおいて、ルールを構成する条件とアクションをノードとして定義する。また、各ノード内には、そのノードを構成する変数が定義されている。条件とアクションの因果関係を全て網羅したユーザモデルを作成することにより、ルールを学習していない状況に対しても、条件とアクションの因果関係からルールを推論し、提示することが可能となる。図 2 に例として、各状況情報から参照者毎に通信メディアの利用可能性を推論するユーザモデル図を示す。

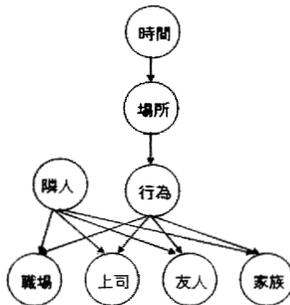


図 2: ユーザモデル図の例

3.2 提案方式の概要

本稿では、以下の手順によりルールの自動的な学習・推論を行いプライバシーを保護する手法について提案する。

1. 通信メディアを使ったコミュニケーションの履歴から、ルールを自動的に学習する。
2. ユーザモデルを利用し、ユーザの各状況に合わせてルールを推論する。
3. 推論結果から、参照者ごとに最適な通信メディアを提示することによりプライバシーの保護を支援する。

3.3 ルールを学習する場面と方法

提案する方式で、ルールを学習する場面は以下の項目がある。

1. コミュニケーションがとれた時
参照者がシステムから提示された通信メディアを用いて被参照者の意に添ったコミュニケーションがとれた時。
2. コミュニケーションがとれなかった時
参照者がシステムから提示された通信メディアを用いてもコミュニケーションがとれなかった時。

システムが取得する情報はその条件と通信メディアの利用状況であり、1 の場合は利用可、2 の場合は利用不可という情報である。システムはその場面と通信メディアの利用状況を、その場面に対するルールの重み付けとして学習する。重み付けを行うことにより、参照者に提示される通信メディアの利用可能性が更新される。

3.4 ルールの推論

学習したルールは、ユーザモデルに対し、条件とアクションの関係の強さとして重み付けされる。3.3 で述べたように、ユーザモデルはベイジアンネットワークにより全ての状況に対する条件とアクションの因果関係を表している。つまり、学習によって重み付けされたその条件とアクションの関係の強さは、その他の状況にも影響がある。よって、学習していない状況のルールの推論が可能である。

3.5 アクションの提示

従来の利用可・不可といった表示ではなく、利用可能性を数値で提示する。それにより、参照者に対し選択の自由を与えることができる。また、導き出された推論値に評価値を設けることで、評価値が高い場合は詳細な情報を提示し、低い場合は、状況情報の抽象化や隠蔽をすることも可能である。

4 提案方式の適用例

この章では、本稿で提案する方式を適用した具体例について述べる。

4.1 提案方式を適用する場面とルール

通信メディアを選択するにあたって考慮しなければならない状況情報の総体は、複雑である。本章では、具体例を交えて説明するため、会議中の通信メディアの選択についての例を挙げる。

想定している場面 オフィス内での会議中における、通信メディアによるコミュニケーションを考える。オフィスでは、部長や課長といった役職別のユーザがいる。また、場所や被参照者の行為、隣人といった状況情報や、参照者によっても利用可能な通信メディアは変化する。また、利用可能性を推論する通信メディアは携帯電話のみとする。

利用する状況情報例 利用する状況情報の例として被参照者の場所、時間、行為、隣人、参照者、また、隣人や参照者の役職に着目する(表1)。

表 1: 利用する状況情報とアクション

状況情報	詳細
場所	会議室
行為	会議中
隣人	A(一般社員),B(課長),C(部長),D(部長)
隣人の役職	一般社員, 課長, 部長
参照者	E(一般社員),F(課長),G(部長)
参照者の役職	一般社員, 課長, 部長
アクション	詳細
携帯電話の利用可能性	5段階提示

想定している連絡の対応 会議中での通信メディアの利用可・不可は隣人や参照者、そして、それらの人の役職によっても変化すると考えられる。表2に、ある被参照者から見た想定している連絡の対応を記述する。

表 2: 想定している連絡の対応

隣人	参照者		
	一般社員	課長	部長
一般社員	○	○	○
課長	×	○	○
部長 (C)	×	×	○
部長 (D)	○	○	○

会議中、近くに一般社員がいたら、携帯電話は利用でき、近くに部長Cが来たら、携帯電話は利用不可とする場合や、通信メディアの利用に対し寛容な部長Dだったら、利用を許可してくれる場合もある。課長Bが近くにいるときは携帯電話は利用不可としておき、参照者が課長職以上だったら利用できる、といったポリシーを想定した。

4.2 ルールの学習と推論

4.1節で述べた場面で、以下の例から、本稿で提案するルールの自動的な学習・推論により、学習していない状況や、役職や人物を含めた複雑な状況にもプライバシー保護が行われる事を説明する。

また、各場面で学習したルールから導き出した推論値は、3.1節のユーザモデルの説明や、3.4節で述べたペイジアンネットワークにより、各状況情報の因果関係から算出した値である。

CASE1: 参照者が同じで、隣人が異なる場合 会議中、被参照者の近くに部長Cがいる場合と、部長Dがいる場合で、一般社員Eから着信があった時のルールの学習について、以下の順序でコミュニケーションが行われたとして説明する。

(学習前) 近い状況に対するルールを学習していないと仮定し、利用可能性は50%とした。

- (1) 部長Dが近くにいる時、一般社員Eから着信があり、電話に出た。
- (2) 部長Cが近くにいる時、一般社員Eから着信があったが、電話に出なかった。
- (3) 部長Cが近くにいる時、再度、一般社員Eから着信があったが、電話に出なかった。

表 3: 学習による推論値の変化

各種面	隣人	
	部長 C (可/不可)	部長 D (可/不可)
学習前	50 % / 50 %	50 % / 50 %
(1) の場面後	58 % / 41 %	66 % / 33 %
(2) の場面後	33 % / 66 %	66 % / 33 %
(3) の場面後	25 % / 75 %	66 % / 33 %

各場面での学習による推論値の変化を、表 3 に示す。各場面ごとに記されている数値は、その場面でルールを自動学習し、隣人ごとに導き出した推論値である。また、(2) の部長 C の推論値は、“人物 C” と “人物 E” が同時にルールが学習されたことが無いので、“人物 E” という情報をペイジアンネットワークにおいて不確定な要因として考え、(1) での学習結果から導き出された。

CASE2: 参照者が異なり、隣人が同じ場合 隣人が同じ場面で違う参照者に対し、既に学習したルールから、学習していない参照者に対するプライバシー保護について、以下の順序でコミュニケーションが行われたとして説明する

(学習前) 近い状況に対するルールを学習していないと仮定し、利用可能性は 50 % とした。

- (1) 課長 B が近くにいる時、一般社員 E から着信があったが、電話に出なかった。
- (2) 課長 B が近くにいる時、課長 F から着信があり、電話に出た。

表 4: 推論による他の状況への影響

各種面	参照者		
	一般社員 E (可/不可)	課長 F (可/不可)	部長 G (可/不可)
学習前	50 % / 50 %	50 % / 50 %	50 % / 50 %
(1) の場面後	33 % / 66 %	44 % / 56 %	44 % / 56 %
(2) の場面後	33 % / 66 %	66 % / 33 %	49 % / 51 %

各場面での学習による推論値の変化を、表 4 に記す。各場面で記されている数値は、その場面でルールを自動学習し参照者ごとに導き出した推論値である。また、(1) の課長 E と部長 G の推論値は、学習されていない“課長”と“人物 E”、“部長”と“人物 G”という情報をペイジアンネットワークにおいて不確定な要因として考え、(1) での学習結果から各参照者ごとに導き出した。また、(2) の部長 G の推論値は、“部長”と“人物 G”という情報

をペイジアンネットワークにおいて不確定な要因として考え、(2) までの学習結果から導き出した。ここで、表 4 より、被参照者が会議中、近くに課長 B がいる時、部長 G が、被参照者への携帯電話の利用可能性を確認したところ、「利用可 49 % / 利用不可 51 %」と提示されることが分かる。

5 議論

この章では、4 章での適用例による推論の結果を元に、本稿で提案した方式の有効性について議論を行う。

プライバシー保護の範囲 4 章で述べた提案方式の適用例で、ユーザモデルを利用したルールの推論を行った。例えば、4 章 CASE2 での学習前の状況から、(1) の場面での学習後の推論値を確認してみると、一般社員からの着信に出なかったことから、ルールを学習し利用不可が 66 % になった。その結果に影響され、他の参照者にも被参照者にとってその状況では利用不可の可能性のあることを、他の参照者の利用不可が 56 % という推論値で表している。これにより、学習していない状況に対するプライバシー保護が可能である結果を得た。

既存の方式は、ルールを記述した状況にのみ限定してプライバシーが保護される。本提案方式は、コミュニケーションが発生しないとルールを学習しないが、近年の分散された環境下でコミュニケーションをとるために通信メディアを利用しないことは考えられない。本提案方式は、CASE2 の推論値の推移が行われたように、コミュニケーションを重ね、様々な状況へのルールを学習し、推論していくことで、範囲の広いプライバシー保護を行うことが可能である。

また、時間や場所、行為や近くにいる人、参照者によっても適切な通信メディアが変わるのは一般的である。よって、様々な通信メディアが混在する現在の環境において、各場面での通信メディアの利用からルールを学習し、推論によるルールを学習していない状況に対するプライバシーの保護は有効である。

プライバシー保護に伴うユーザの負担 4 章での各 CASE の推論値の推移をみると、学習前の状態から、各場面での通信メディアを利用したコミュニケーションにより、ルールを学習したことが分か

る。既存の方式は、各状況情報にルールを記述するが、プライバシーを保護したい状況が多々ある場合や、複雑な場合はユーザに負担が掛かる。また、IF-THEN方式でルールを記述する方式の場合、ユーザのプログラミングスキルによるが、一般的なユーザが複雑な状況を記述するのは困難である。しかし、例えば、“会議中は携帯電話の利用は不可”という単純なルールを記述する場合、IF-THEN方式の場合はユーザにほとんど負担を掛けずに記述することができる。本提案方式の場合は、記述しなくてもよいが、会議中に適したルールを学習するため、会議中での通信メディアを利用したコミュニケーションが複数回行われる必要がある。しかし、実際の社会での状況に対するポリシーは複雑であり [8]，“会議中は携帯電話の利用は不可”のように単純ではない。よって、コミュニケーションが行われた場面からルールを学習していく本提案方式は、より実際の社会での利用に有効である。

参照者に提示する通信メディアの利用可能性 既存の方式は、利用可能な通信メディアのみを参照者に提示しているので、通信メディアの選択の自由は狭い。また、各状況に記述したルールにより利用可能な通信メディアは一意に決まるので、複雑に変動する状況には対応していない。本提案方式は、支援の対象となっている全ての通信メディアについて利用可能性を提示する。それにより、参照者に対し、通信メディアの選択の自由を広げることができる。また、通信メディアの利用状況により、提示される利用可能性は更新される。よって、変動する状況に対応することができ、よりユーザ指向の通信メディアを提示することが可能である。

6 まとめ

本稿は、通信メディアを利用したコミュニケーションの動向から、自動的にその場面におけるルールを学習することでプライバシー保護を行う方式を提案した。これにより、最適な通信メディアを選択させるためのルール記述に伴う負担は解消し、ルールの推論により、事前にルールを記述することが困難であった複雑な状況にも対応することができる。よって、ユーザに負担をかけることなく、その場面に適した通信メディアを利用した円滑なコミュニケーションを支援することを実現した。

今後の課題は、システムの実装と評価実験を行い、本提案方式の有用性を検証する。

参考文献

- [1] 丸野普治, 伊藤淳子, 宗森純. “アウェアネス情報を利用したコミュニケーションの場の提供”. 情報処理学会研究報告 GN, No. 59, pp. 49–54, 2006.
- [2] Yukihiisa Tsuchimochi, Shin Takahashi, and Jiro Tanaka. “Extended Destination Board: Supporting Awareness for Cooperation working and Informal communications”. In *proceedings of Knowledge Information and Creativity Support Systems*, pp. 59–65, 2006.
- [3] 平田敏之, 國藤進. “プライバシー保護を可能とする状況情報共有システムの開発と運用実験”. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 189–199, 2007.
- [4] 中山良幸, 野中尚道, 星徹. “WWW上に公開された行き先ボードから最適な通信メディアを直接選択できるコンタクト支援システム”. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2811–2819, 1998.
- [5] 中西泰人, 辻貴孝, 大山実, 箱崎勝也. “ContextAwareMessagingService: 位置情報とスケジュール情報を用いたコミュニケーションシステムの構築および運用実験”. 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, pp. 1847–1857, 2001.
- [6] Yasuto Nakanishi, Kazunari Takahashi, Takayuki Tsuji, and Katsuya Hakozaaki. “iCAMS: A Mobile Communication Tool Using Location and Schedule Information”. *Pervasive Computing*, Vol. 3, No. 1, pp. 82–88, 2002.
- [7] Tatsuhiro Uchida and Mikifumi Shikida. “Method of selecting media that consider the sender’s demand by use of context information”. In *proceedings of Knowledge Information and Creativity Support Systems*, pp. 53–58, 2006.
- [8] 敷田幹文, 大西健治. “複数情報の一元管理による状況アウェアネス提供機構の提案と評価”. 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 1, pp. 80–88, 2005.
- [9] 渡部正文, 伊東直子. “状況に基づいたプレゼンス通知ポリシー”. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 105, No. 86, pp. 25–28, 2005.