

# センサネットワークを用いた 実世界ルールベースの構築

松橋 徹\*

佐竹 聡†

今井 倫太‡

慶應義塾大学 理工学部§ \* † ‡

## 1 序論

本研究では、セマンティックセンサネットワーク（以下 SS）[1] を用いて日常生活を記述したルールベースの構築を行う。SS とは、センサから得られるデータそのものである数値をそのまま扱うのではなく、センサと物体の取り付け関係とセンサデータの記号的解釈によって環境記述を行うシステムである。これにより、センサデータを意味のある情報にできる。さらに SS では、物体の種類等のメタデータによる階層構造（クラス）と推論規則を持ち、物体の種類と物理的状況から、将来に起こり得る事象を推論することができる。

SS の推論機構を有効に活用するためには、その環境を記述した多数の具体的なルールが必要不可欠である。現状では、SS を適用する環境に応じてルールを作成しているが、それでは環境が少し変化してしまっただけでルールが正常に動作しなくなる可能性があり、非常に効率が悪い。SS で用いるルールは異なる設置環境に対して、柔軟なものである必要がある。

そこで本研究では、ルールの作成・管理を容易にすることを目的とする。これにより、ルールを抽象化させることができ、さまざまなアプリケーションで再利用可能にやすくなると思われる。

## 2 ルールの実装

### 2.1 書式

ルールの書式を以下の例で説明する。

$$\text{cup}(X):-\text{mug}(X). \quad (1)$$

$$\text{desk}(X):-\text{wooddesk}(X). \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{dangerDrop}(X) \\ :-\text{cup}(X)\&\text{desk}(Y)\&\text{edge}(X, Y). \end{aligned} \quad (3)$$

(1)、(2) はセンサを取り付ける物体の内容を表す。この場合では mug は cup クラスに、wooddesk は desk クラスに属する物体であるということの意味する。(3) は状態の推論に用いるルールである。コロンの左部は推論結果を、右部はその推論が成り立つ条件を示す。cup クラスのインスタンスを「X」、desk クラスのインスタンスを「Y」という変数で表し、X と Y の間に edge という関係があれば、dangerDrop という状態にあると推論される。edge はセンサの位置情報から物体が机の端

にあることを記述する論理表現であり、dangerDrop は机からのコップの落下の危険性を警告する述語である。

### 2.2 階層構造

推論結果を他の条件での述語に適用することでルールに階層構造を持たせる。

$$\text{stoveON}(X):-\text{stove}(X)\&\text{hot}(X). \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{dangerStoveON}(X) \\ :-\text{room}(X)\&\text{stove}(Y) \\ \&\text{in}(Y, X)\&\text{lock}(X)\&\text{stoveOn}(Y). \end{aligned} \quad (5)$$

(5) のルールは (4) のルールの推論結果を使用している。このようにルールに階層構造を持たせることで、より詳細に日常生活の状態を推論できるようになる。

### 2.3 異なる設置環境に対する管理

アプリケーションを環境の変化に対して柔軟なものにするためには、環境が変化しても作成したルールがそのまま無駄なものにならないようにしておくことが重要である。そのためルールベースには、環境が変化したときにアプリケーション内のルールが正常に動作するのかどうかを判定できるようにするとよい。さらにルールが動作しないのであれば、そのルールを使用するために、どんなセンサをどの物体に取り付ける必要があるのかということも判定できるようにするとよいと考えられる。

## 3 アラータ

上記の内容をもとに、実際に多数のルールから成るルールベースを作成した。また、作成したルールベースをもとにしてアプリケーションを作成した。作成するアプリケーションは日常生活において人間が気づきにくかったり、つい忘れてしまいがちな危険な状態を警告するアラータとした。アラータはセンサが付けられた物体の状態から推論された危険を警告として発令する。

以下にコップの落下の危険性を警告するアラータの挙動を示す。実装したルールは前の推論結果を次の推論の述語として扱う多段のルールである。さまざまな周辺の環境の変化によって、前段階の危険を内包しながら、コップが落下する危険の度合いが大きくなっていく。また環境の変化に対してルールに柔軟性を持たせる方法を考えた。

\*Tohru Matsuhashi

†Satoru Satake

‡Michita Imai

§Faculty of Science and Technology, Keio University

### 3.1 推論システム

作成したルール全てについて、物体にセンサを設置し実際に動作を確認することは非常に手間がかかる。ルールを一つずつ作って、そのルールに必要なセンサを用意し一つずつ動作を確認していたのではルールベースの作成という本研究の趣旨が達成されない。そこで作成したルールの動作を確認するために推論システム JUSTO[2]を使用した。JUSTO は物体にセンサが取り付けられているという前提の下で、得られたセンサ値から物体の状態を推論できるシステムである。よって JUSTO 上でルールを作成すれば、それが論理的に正しいのか、センサが設置されれば正常に動くものであるのかという判定が可能である。作成したすべてのルールについては JUSTO で正しく動くことを確認した。

### 3.2 状態遷移に対するアラータのルール

まずルールを使用する環境にある物体についての情報を以下に示す。

$$\text{cup}(X) :- \text{mug}(X). \quad (6)$$

$$\text{desk}(X) :- \text{wooddesk}(X). \quad (7)$$

$$\text{book}(X) :- \text{science}(X). \quad (8)$$

$$\text{object}(X) :- \text{bag}(X). \quad (9)$$

$$\text{object}(X) :- \text{notebook}(X). \quad (10)$$

コップが机の端にあると落下しやすい (*dangerDrop*)、本をたくさん積み上げると倒れやすい (*dangerBookFall*)、乱雑した場所にコップを置くとこぼれやすい (*dangerSpill*) というルールがある。

$$\begin{aligned} & \text{dangerDrop}(X) \\ & :- \text{cup}(X) \& \text{desk}(Y) \& \text{edge}(X, Y). \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \text{dangerBookFall}(X) \\ & :- \text{book}(X) \& \text{book}(Y) \& \text{book}(Z) \\ & \& \text{on}(X, Y) \& \text{on}(Y, Z). \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & \text{dangerSpill}(X) \\ & :- \text{cup}(X) \& \text{object}(Y) \& \text{object}(Z) \\ & \& \text{near}(X, Y) \& \text{near}(Y, Z) \& \text{near}(Z, X). \end{aligned} \quad (13)$$

今 *dangerSpill* の状態にあるコップの近くに本をたくさん積み上げたとする。すると、*dangerSpill* よりも危険の度合いが大きい *dangerEasySpill* という警告がなされる。

$$\begin{aligned} & \text{dangerEasySpill}(X) \\ & :- \text{cup}(X) \& \text{book}(Y) \& \text{dangerSpill}(X) \\ & \& \text{dangerBookFall}(Y) \& \text{near}(X, Y). \end{aligned} \quad (14)$$

さらにそのコップが机の端にあると落下の危険もあり、よりこぼれやすいので、危険の度合いが大きい警告を出す必要がある。

$$\begin{aligned} & \text{dangerTooEasySpill}(X) \\ & :- \text{cup}(X) \& \text{dangerEasySpill}(X) \\ & \& \text{dangerDrop}(X). \end{aligned} \quad (15)$$

### 3.3 ルールの管理方法

動作しないルールがあるときには、そのルールを動作させるために何が必要であるかを判定できるとよい。ルールが動作しない理由としてまず考えられるのはセンサと物体の関係が成り立っていないということである。例えばコップが机から落ちるといった危険を警告するルールが現在の環境では使用できないとする。このようなときには、コップと机に位置情報を取得できるセンサを取り付ける必要があるという判定をすることができればユーザにとってルールを実用的なものにできると考えられる。そこで以下のような判定を可能にした。現在動作していない *dangerDrop* というルールを動作させるために、必要なセンサと物体の関係を判定し出力する。Name of danger は動作していないルールの名称、Data はルールの動作に必要なデータの種類、Object はセンサを取り付ける必要のある物体、そして Sensor は必要なデータを取得できるセンサの種類を表示する。

Name of danger	Data	Object	Sensor
<i>dangerDrop</i>	location	cup, desk	U3D

## 4 考察

ルールベースから作成したアラータは正常に動作した。よって SS に対応したアプリケーションに有効なルールベースの構築がなされたと考えられる。また異なる環境下で、あるルールが動作不能となったときに、そのルールに必要なセンサと物体の状態を判定することで、環境の変化に対して柔軟なルールベースの構築がなされたと考えられる。

## 5 結論

SS を用いた日常生活に対するルールベースを作成した。ルールベースには日常生活に対するさまざまなルールを記述し、その中から必要なルールを選択して日常生活の危険を発令するアラータを作成した。それが正常に警告を出すことを確認し、作成したルールが実際に動作することを検証した。環境の変化に対する柔軟性を持たせるために、アラータが設置された環境が変化したときに使用できないルールに対して必要なセンサと物体の関係を判定させた。

## 参考文献

- [1] 広田裕, 川島英之, 佐竹聡, 梅澤猛, 今井倫太: セマンティック・センサネットワークの実現に向けた実世界指向メタデータ管理システム MeT の設計. 情報処理学会報告, 2005-ICS-141, pp.29-36, 2005.
- [2] 神田武, 佐竹聡, 川島英之, 中村学, 今井倫太, "セマンティック・センサネットワークにおける推論機構 JUSTO の研究," 人工知能学会第 20 回全国大会論文集, June 2006