

行動理解研究はなぜ難しいのか

～ 研究を加速するための知識共有システム ～

Difficulty of Behavior Understanding Research and A Knowledge Sharing Framework

本村陽一^{*1},

西田佳史^{*1}

Yoichi Motomura,

Yoshifumi Nishida

^{*1} 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, DHRC

We are aiming to realize human behavior understanding method and applying to daily-life support system. However there are big challenges in this field. In this paper we introduce some difficulties about this research. One solution is a graphical modeling and statistical learning with real world data. In particular, graphical models that have complex structures can handle prior knowledge involved in everyday life. In order to collect and distribute real world data, we construct a web site, <http://www.openlife.jp>. It provides not only databases, but also web services functions like probabilistic reasoning, match making and trans-disciplinary communications.

1. はじめに

センサの小型化、省電力化、低価格化により人に装着できるウェアラブルセンサや普通の環境に埋め込むことのできるユビキタスセンサが簡単に利用できるようになってきている。そこでこうしたセンサを複合的に利用し、人間の行動をシステムが理解できるようにする行動理解研究への期待が高まっている。行動理解研究が進むことによって、ユーザの意図や要求を汲み取る知的情報システム、明示的な操作を必要としない自然なインタラクションを可能にするインタフェース、人間の日常行動から有益な知見を獲得するデータマイニング、人間の日常行動を知識化して常識が判断できる知的システムの実現などが期待できる。

しかしながら、人間の行動理解研究を進めるためには、まだ多くの課題や各要素技術を組み合わせるだけでは済まない問題があることがわかってきた[1]。本稿では、人間行動理解研究を進める上での困難、その障害となる要因、そしてそれらを解決し、人間行動理解研究を加速するための試みについて述べる。

2. 人間行動理解研究の難しさ

人間の行動分析の人工知能研究の文脈でとらえる場合には、そのプロセスは手段目的分析(means-ends chain analysis)により考えられる。これは現在の状態とゴールとなる状態の差を求め、その差をもっとも効果的に減らすよう行動を選択する、というものである。しかし、タスクとなる問題の状態空間が陽に定義できる場合には一般問題解決器として実行可能であるものの、我々の日常生活の中における有意識・無意識の行動や、タスクを状態空間として陽に記述すること自体が困難であるという大問題がある。つまり、我々の日常生活における状態空間をどのように定義すればよいか一つの重要課題と言える。

次に、行動をセンサや画像によってシステムが観測するものとして問題を考えると、これは一種のパターン識別の問題として定式化することもできる。実世界の日常において生成されるデータは人間の生活行動や生活環境を背景にしているのである

から、データが発生する状態空間や頻度の偏りなどの性質は当然人間にとって解釈される意味が強く反映したものになっている。このようなデータが生成される空間に特有な制約や発生頻度の偏りを事前知識と呼ぶことにする。例えば単語や文字が生成される確率は言語として我々が良く使うものほど大きくなる。

この事前知識を数理的に定式化し、システムが明示的に扱うためのより効率的な表現はどのようなものであるか。状態空間は変数として明示化し、その中の制約条件は扱う変数がとりえる値の値域、離散値であれば集合として定義する。また発生頻度の偏りは確率分布として扱うことが自然である。物理法則のようにその世界で成り立っている因果構造を全て列挙することは記述量の点で困難であるが、その中の重要なものを条件付き確率として表現することは近似的に有効な手段である。

ベイズ推定の枠組みではデータへの当てはまり具合は尤度で表し、事前知識は事前確率分布によって表される。そしてこの両者の積である事後確率によって最終的な決定を行うことで、データからの学習と事前知識が自然に統合できる。

複数のクラスラベルを C_i とし、信号パターン x に対する尤度 $P(x|C_i)$ と事前分布 $P(C_i)$ の両者を組み合わせた事後確率、

$$P(C_i|x) = P(x|C_i)P(C_i) / \sum_j P(x|C_j)P(C_j) \quad (1)$$

を最大化するクラスラベル C_i を決定することがパターン認識問題におけるベイズ推定であり、これはベイズ誤り確率を最小にする最適な識別を可能にする。

ここで一つの問題は、文字認識などでは、パターン信号とクラスの間関係が比較的密であり、適切な特徴抽出を用いて、特徴空間にマッピングすることで、ベイズ誤り確率は十分小さくすることができる。一方、人間の生活行動をクラスラベルとすると、それを観測したセンサデータや画像との間関係は直接的な対応は希薄であり、従来のパターン認識手法ではベイズ誤り確率を小さくすることが困難である。

3. ベイズ推定における事前知識の活用

一つの解決策は、ベイズ推定における事前分布の中に日常生活空間における事前知識を導入することである。事前確率分

布の中に因果的な構造を導入することはグラフ構造を持つ確率分布(グラフィカルモデル)によって行える。

(1)式の中の $P(C_i)$ の代わりに状況依存性や因果的な関係(S)により条件づけられた $P(C_i|S)$ を用いて, 事前知識を導入する。条件付き確率 $P(C_i|S)$ を表すためには適切な説明変数 S を見つけ, それによる依存関係をモデル化する必要がある。グラフ構造により変数間の依存関係を表すベイジアンネットワークと, 構造学習を用いると, 複数の変数の交互作用も含めて多様な依存性を持つ条件付き確率を大量の観測データからの統計的学習によってモデル化することが可能である[3]。

4. Research as a service

グラフィカルモデリングや統計的学習は最近の計算機性能の向上により十分現実的になってきた。これにより問題解決手段としての条件は揃い始めている。しかし, なお先にあげた状態空間を陽に規定することが困難であるという本質的な問題は解決していない。一つには統計的学習のためには大量なデータを必要とするが, 十分大量のデータを調査のためだけにとることはコストの面からも見合わないという現実的な問題である。また表層的なデータはセンサなどから獲得できるが, 手段目的連鎖の状態空間をモデル化するためには, サブゴールも含めた暗黙的な状態を得る必要がある。こうした人間行動の内部的状態は心理的なものであるため, 被験者を用いたアンケート調査が必須になる。これも単に研究目的のためでは協力が得られにくいという現実的な問題が生じる。またたとえ外部的な要因であったとしても実際に使う場面を前提にして状況依存性の高い説明変数を包括的に収集する必要がある。

こうした問題に対して我々は Software as a service (SAAS)からのアナロジーとして「サービスとしての研究(Research as a service)」を提唱する。これは, 人間の行動の手段目的連鎖を明らかにし, 状況依存性も含めて包括的にモデル化するためには, 調査・モデル化の段階とそのモデルを用いた応用を切り離すことなく, 応用サービスを実行しながら, そこで得られる観測や評価アンケート, 利用者のフィードバック(心理的調査)の結果を網羅的に収集する, という枠組みである。

その一つの例として子供の事故予防コンテンツをインターネット配信することで, 保護者の事故に対する意識調査を実現し5万人を超える保護者の意識構造をモデル化した例がある[2,4]。

5. 日常生活環境における知識の獲得と共有



図1 生活行動観測施設



図2 生活行動観測施設の3Dモデル

日常生活における人間行動理解の研究を実現するための「サービスとしての研究」を進めるためには, リアルな生活の中でシステムが観測と生活支援サービスを自然に行い, 知識の獲得とその共有が必要である。そこで生活行動観測施設(図1,2)を構築し, またこの中で超音波センサによるリアルタイム位置計測, 生活空間内に存在するモノの情報・属性を記録したデータベース, 生活行動を被験者自身が記録・編集するライフログ入力・検索システム, 生活中に利用されたモノや情報コンテンツを登録し, これを行動理解研究のための知識共有システムとしてWebサイト(<http://www.openlife.jp>)から公開する。また, 行動記録データや, 状況とコンテンツのマッチング機能, 状況に応じたリコメンデーションや確率推論機能を PHP, ZOPE により Web サービスとして外部にも提供できるよう API の実装を開始している。

まとめ

人間行動理解の研究, 「サービスとしての研究」を実践するためには, 手法の開発や研究者の視点だけでなく, 実際のサービスの利用や, そのサービスや機能を必要としているユーザの視点などトランスディシプリナリなコミュニケーションが必要である。人工知能学会近未来チャレンジの場と, 我々の Web サイトである <http://www.openlife.jp> における知識の共有・循環と再生産を通じてこの活動をより良く推進していきたい。

文献

- [1] 本村陽一, 西田佳史: 因果確率構造モデリングによる行動理解と日常生活支援, ニューロコンピューティング研究会, 信学技報, NC2005-46, (2005).
- [2] 本村陽一, 西田佳史: ベイズ推定における事前分布のグラフ構造モデリングと実生活行動理解, 情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア, 第18号(2007).
- [3] 本村陽一, 岩崎弘利 “ベイジアンネットワーク技術”, 東京電機大学出版局, 2006.
- [4] 本村, 西田, 山中, 北村, 金子, 柴田, 溝口: 知識循環型事故サーベイランスシステム, 統計数理, vol.54, no.2, pp.299-314 (2006).
- [5] Y.Motomura, Y.Nishida: “Computational Intelligence in Everyday Life”, IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence, Hawaii (2007).