

カーナビゲーションシステムの知能化

Intelligence for car navigation system

関口 実 *Minoru Sekiguchi*
高山 訓晴 *Kuniharu Takayama*
前田 芳晴 *Yoshiharu Maeda*
内藤 宏久 *Hirohisa Naito*

知能化メニューを選択



知能化メニューを選択



ショートカットキーの自動生成

知能化メニューの一例

要 旨

カーナビ市場が急激に拡大し、一般ユーザもカーナビを利用するようになったため、豊富な機能を使いこなせないといった弊害が生まれている。今やカーナビ開発の焦点はいかに操作性を向上できるかに移ってきている。本論では、カーナビにおける操作性の向上をテーマに、機械に知能を持たせることによって、機械がどこまで賢くなれるのかを紹介する。

Abstract

The market of car navigation systems is expanding rapidly, and it makes people difficult to use such variety of functions for car navigation systems. The main target of development for car navigation is shifting how easily can use the system. In this paper, we focused on the improvement of usability of car navigation systems. By means of giving the intelligence to the system, we introduce how the machines get intelligence.

1. はじめに

Windows95の登場によって、世界がまたたく間に情報化の波に飲まれてしまった。通信インフラの整備や携帯機器の普及、パソコンの低価格化などもその一役を担っている。一方で、高度な機器が一般に普及するにしたがって、それを使いこなせないといった弊害も生まれている。多くの家電製品がそうであったように、新商品の普及段階にあっては商品の多機能性が差別化の第一要因になっている。そして、低機能、高価格な初期段階の商品から、高機能、低価格な商品へと開発が進むのが常である。その過程で商品の操作性はどんどん失われていく。さらに商品が一般に広まると、操作が難しいといったユーザーの声に答えて、高機能であるが操作は簡単といった商品が登場してくる。

転じて、カーナビ市場を見てみると、現在は高機能化が一段落して、操作性を簡略化したことを特色とする商品の開発競争に移りつつある。これまで一部のマニアだけが使っていたカーナビが急激に普及し、カーナビが持つ豊富な機能を使いこなせない人が出てきている。今や、操作が簡単なカーナビを開発することは、他社との差別化の重要なポイントとなっている。

操作を簡単にするには、機能を省略する他に、インタフェースをわかりやすいものに変えるという方法と、人が行う操作をできるだけ機械側にやらせてしまう自動化という二つの方法が考えられる。使う人が意図した通りに機械が動くよう、使う人の目的を理解でき、自動的に処理してくれる自動機械を用意するか、使う人の意図をあらかじめ考慮したユーザインタフェースを作るのである。これが実現すれば、もっと使いやすい機械を作ることができる。使う人の意図や目的といったものを考慮したカーナビが作れば、その操作性は飛躍的に向上すると考えられる。

一方で、機械に知能を持たせようという人工知能の研究や、使う人の意図を理解するようなインタフェースに関する研究が行われている。機械に知能を持たせるということは、何よりもまず、人間とのインタフェースにおいてこそ役に立つものと考えられる。なぜなら、人間が実行することには多くの曖昧性を含んでいるので、機械のような曖昧性を完全に除去したものとのインタフェースには、多くの類推や判断、解釈が必要となるからである。機械同士なら、規定のプロトコルによっていくらかでも正確なデータ交換が可能なので、このようなことは起こらない。しかし、人間の場合には機械のように厳密な

データ交換機能を持たないので、そのインタフェースにおいて重大な誤解を招くことがよくあることは誰でも経験があることと思う。

したがって、機械を智能化する目的は、人間と簡単にコミュニケーションできる機械を作ることにある、それは知的なインタフェースを作ることに他ならない。本論では、カーナビにおける操作性の向上をテーマに、機械に知能を持たせることによって、機械がどこまで賢くなれるのかを述べる。そして、この機能の一部を実現した知的カーナビの開発内容を紹介する。このカーナビを使った人が「おっ！賢いじゃないか！」と使うたびに感嘆の声を発することがあれば本プロジェクトは成功と言える。

2. 知能とは

機械の知能化を考える前に、知能というものがどういうものなのかを考える必要がある。いままで「知能」という言葉を気軽に使ってきたが、知能というものを定義することは非常に難しい。誤解を恐れずにあえて定義するならば、知能というものは、端から見てそれが賢いと思えることだと言えるのではないだろうか。たとえ、本人がばかなことをやっていると自覚していても、端から見てそれが賢そうにみえれば、それは知能があると言えるのではないかと思う。

では、この考えに沿ったときの機械にとっての知能とは何なのか、次のいくつかの例を見ながら考えることにする。さて、ここに挙げた機械たちは、果たして知能を持っていると言えるだろうか？

2.1 電化製品

最近では、自動販売機や電子炊飯器、冷蔵庫までもが「いらっしゃいませ」、「ありがとうございました」、「ご飯が炊けました」、「ドアが開いています」などと言葉を発する家電製品が登場しはじめたのは、多少なりともその機能に驚かされたかもしれないが、最近では誰も驚いてくれない。それどころか、いちいちうるさいと思われるようである。なぜそう感じるのだろうか？最初は、これは賢いと思っていたのではないのだろうか？この機械が賢くないと思われる理由は、人間の状況をまったく無視して、いつでも決まったときに決まったことしかしゃべらないからである。

では、「うるさい」と言われて、発声の途中で即座に黙ったとしたらどうだろうか？「すみません」と謝ったと

したらどうだろうか？次からは少し小さな声でしゃべるようになったら賢いと感じるだろうか？

次の例を紹介しよう。ここに一つの最新自動販売機があり、「いらっしゃいませ」と「ありがとうございました」という音声を発声することができる。この自動販売機で毎朝、ほぼ決まった時間にジュースを買う人がいたとしよう。いつものようにジュースを買おうとすると、自動販売機が「いらっしゃいませ。今日は早いですね。」と話した。またあるとき、何も買わずに自動販売機を通りすぎようとして、「おはようございます。今日はジュースは買わないんですか？」と尋ねた（図-1）。

さて、この自動販売機は、知能があると言えるだろうか？型どおりに挨拶を繰り返すだけの従来型自動販売機に比べれば、随分知能レベルが高いと言えるのではないだろうか？



図-1 話す自動販売機



図-2 Microsoft OfficeのOffice Assistant

2.2 Microsoft Office

Microsoft OfficeにはOffice Assistantというユーザ支援機能がついており（図-2）、ユーザが困ったときに、その問題の解決を支援してくれる。場合によっては、大変有り難いものではあるが、もうやめてくれと言いたくなるほどのお節介な代物でもある。

まず、第一にやたらと出てきて、その入力制御を奪っていく。OKボタンなどを押さないと、これまでやってきた作業に戻れないのである。ユーザの作業をいちいち妨げたのでは、アシスタントではない。

第二に、ユーザが既に知っていることでさえも、何度でも教えようとする。一度教えて、それでも間違えるようなら再度提示するとか、重要で間違えそうなら再度教えるとかの学習機能や推論機能を備えるべきである。

第三にコンピュータが知っているはずの諸設定を、ユーザにすべてやらせようとする。現在の設定がどうなっているかは、コンピュータ自身が知っているはずである。にもかかわらず、コンピュータの設定がどうなっているかをいちいちユーザに聞いてくる。何度やっても最初から聞いてくる。変えなければならぬ設定のみを変更要求すれば十分なのである。

2.3 カーナビ

最後に、われわれのターゲットであるカーナビを例に取ろう。ここに一つのカーナビがある。このカーナビは、時間指定によって、休憩を提案できる機能を持っている。たとえば、運転開始から2時間経過したら、休憩しましょうと提案してくれる。さて、これは知能を持っていると言えるだろうか？答えは否である。適応機能や推論機能がないからである。あなたがこの休憩推奨機能付きカーナビをつけた車で、高速道路を運転しているとしよう。ちょうど、運転開始から2時間が経過し、カーナビがそろそろ休憩しましょうと言ったとする。きっとあなたは、「え？なんだって！」と憤慨することになるだろう。なぜなら、休憩しましょうと言われたちょうどそのとき、サービスエリアを通過したばかりだったからである。

さて、あなたは、このカーナビが知能を持っていると言えるだろうか？周囲の状況を理解せずに、このような機能を搭載すると、お節介かまったく役に立たない機能となって、時にはユーザを憤慨させてしまうこともありうるのである。

では、このカーナビを知的と思わせ、ユーザにありがとうと言わせるくらい賢く、使えるものにするにはどう

すればよいのだろうか？それは、休憩を推奨する際に、「連続運転時間が2時間くらいで、休憩場所の近くなら、休憩場所を推薦する」というようにすればよい。この休憩案内条件を拡張したカーナビを持っているあなたは、運転開始から2時間くらいすると、「もうすぐサービスエリアです。そろそろ休憩しましょうか？」というカーナビのアドバイスをもらえる。あなたがそのアドバイスを受け入れるなら、OKを選択し、サービスエリアへとカーナビは案内してくれるだろう。もし受け入れず、もう少し先へ行きたいならNOを選択するか、アドバイスを無視すればよい。

「休憩場所の近くなら」というたったこれだけの条件拡張だけで、十分賢く見えるシステムになるのではないだろうか？しかもこれは、現在のカーナビでも十分に実現できるのである。さらに、あなたのカーナビは、とても賢いので、「先へ急ぐのですね。では、もう少し先のサービスエリアが近づいたら、またお知らせします。」などとあなたの意図を推論してくれるかもしれない。

さらにこのカーナビを賢くするためには、このユーザは、連続2時間で休憩するのではなく、もっと長い、3時間とかで休憩するということを学習できる機能を付加することである。そうすれば、カーナビはあなたのことを理解してくれ、休憩時間はあなたのペースにあった間隔で提案され、あなたはお節介と感ずることや提案に対する違和感が減ってくるであろう。

3. 機械の知能化

3.1 知能化に必要な技術

以上述べたことから機械の知能化に必要なポイントをまとめると次のようになる。

- (1) ユーザの状況を把握すること
- (2) ユーザの作業を妨げないこと
- (3) 何度も同じことをしない、またはさせないこと
- (4) コンピュータができることをユーザにやらせないこと

さらに、知能というものには、その場の状況に応じて対応を変える機能を有することが不可欠だということがわかる。システムが知的に見えるためには、ユーザの状態に合わせて、処理が変わることが不可欠であり、そのためには、センサ信号処理、学習、適応、推論などの各種機能が必要である。

3.2 知能化の問題点

ただし、この種の知能化には欠点もあることがわかつ

た。それは機械が非常にお節介なものになってしまう危険性を持っているということである。機械にそこまで指図されたくないと思う人も少なからずいる。そういう声に答えるためにも、情報を出すタイミングや情報量を適切に調整する技術が必要になってくる。さらに、どこまで機械が自動的に実行するかを個人ごとに決めておく必要がある。次節では、この自動化レベルの調整方法について述べる。

3.3 自動化レベル調整

上記のような個人ごとに異なる要求をうまく処理するには、自動化レベルを調整する手法が有効である。Sheridan[1]は、自動化レベルを次の10段階に分類している。

- (1) コンピュータは支援せずにすべて人間が行う
- (2) コンピュータが代替案を提示する
- (3) コンピュータが代替案をいくつかに絞り込む
- (4) コンピュータが最善案を提案する
- (5) 人間の承認を取った上でコンピュータがその最善案を実行
- (6) コンピュータが自動実行する前に人間に拒否権発動の猶予時間を与える
- (7) コンピュータが自動実行後必ず人間にそれを報告する
- (8) 自動実行後に人間が問うた時だけ報告する
- (9) 自動実行後、コンピュータが必要と判断したときだけ人間に報告をする
- (10) 人間を無視してコンピュータが全てを自動的に決めていく

「コンピュータ」の部分は「機械」に置き換えてもよい。現在の機械はレベル1～5あるいはレベル10でそれ以外の段階のものはほとんどない。これが人間に対して不親切で、知的でないと思われる一つの理由ではないかと思われる。特にレベル5のインタフェースでは、必要以上にユーザに確認を取ってしまい、なんとも鬱々としたシステムになってしまっていることがよくある。

この自動化レベルをカーナビでルート設定する処理に当てはめると次のようになる。

- (1) ユーザに処理をすべて任せ、システムは何もしない。
- (2) 考えられるすべての目的地を列挙し、実際の目的地の設定はユーザが行う。
- (3) ユーザの種別やまわりの環境などに応じて目的地を自動的にいくつかに絞り込んでユーザに提示する。

ユーザはその提示されているものから選んで目的地の設定を行う。

- (4) ユーザの種別やまわりの環境などに応じて目的地の最善案を絞り込んでユーザに提示する。ユーザはその案に賛同すれば、自分でその場所を目的地として設定する。
- (5) ユーザの種別やまわりの環境などに応じて目的地の最善案を絞り込んで、その場所を目的地に設定するかとユーザに尋ねる。ユーザが承認をすればシステムが自動でその場所を目的地としてルート設定を行う。
- (6) 最善案を決定し、「○○の場所を目的地にしてルート設定します。よろしいでしょうか？」のように提案し、一定期間ユーザに賛同するかどうか求める時間を与え、賛同するとユーザが答えした場合実行し、ある一定期間反応がなければその提案を取りやめる。
- (7) 目的地の最善案を決定し、その場所を目的地として自動的にルート設定を行い、「○○の場所を目的地にしてルート設定しました」と事後報告する。
- (8) 目的地の最善案を決定し、その場所を目的地として自動的にルート設定を行い。ユーザに問われたときのみ報告する。
- (9) 目的地の最善案を決定し、その場所を目的地として自動的にルート設定を行い。必要と判断したときのみ報告する。たとえば毎日行っている場所のような場合には報告せず、今まで行ったことがないような場所を提案するときのみ報告する。
- (10) 目的地の最善案を決定し、その場所を目的地として自動的にルート設定を行い、ユーザには何も連絡しない。

これを応用すれば、目標地の設定を初心者から上級者までのさまざまなレベルのユーザに柔軟に対応できるカーナビが実現する。自動化レベル調整には、ユーザの種別などのデータ、様々なセンサから得られるそのときの周囲の状況、過去のユーザの選択履歴や反応などといったものを利用する。たとえば、同じ操作を繰り返すようなら自動化レベルを上げ、逆に自動化したときのユーザの反応が悪かったら、自動化レベルを下げるような操作を行う。

4. カーナビにおける知能

さて、カーナビにおいてこのような賢いと思われるカ

ーナビというのは実現できるだろうか？カーナビはCD-ROMやDVDの中に膨大な量の情報が詰まっている。さらに、MONET等の情報サービス、インターネット連携等によって世界中の情報が簡単に取得できるようになった。この膨大な情報をいかにうまく利用するかが知的といわれ、役に立つと言われるカーナビを実現するための鍵となる。カーナビは実はわれわれが知らないことも知っているのである。数万件の電話番号を知っているし、どこに何があるかを知っている。道路の先が急カーブで危険なことを知っている。この豊富な情報をユーザに負担をかけることなく教えてくれることこそが、カーナビの知能化に他ならないと思う。ただし、知っているといっても、情報が書かれているというだけにすぎない。持っている知識を問われたときに答えられることが真の意味での「知っている」ことである。

この知能化についてはカーナビ以外でも十分あてはまるが、カーナビにとって幸いなのは、そのタスクが道案内に限られていることである。たとえば、「コピーを取りたい」といった要望をドライバーが出したとき、カーナビができることは、コピーを取れる場所に行くことだということさえ知っていればよい。コピー機をどう操作すればよいかは人間に任せればよい。したがって、カーナビは道案内するというタスクに限定したことさえ知っていればよいので、それに必要な情報が限定でき、それによって比較的容易に知的になりうる。

4.1 カーナビの知能化

われわれは、賢いカーナビを実現するため、

- 適応的なカーナビ
- 能動的なカーナビ

の二段階で知能化を図ることとした。

適応的なカーナビとは、ユーザに応じて、メニューや探索機能、案内内容が変わることである。能動的なカーナビとは、ユーザが必要とする情報をカーナビ自ら推定して提供、推薦するというものである。

このようなカーナビでは、ユーザの状態に応じて処理を変えるため、ユーザの状態検出手段が必要である。現在、TVカメラを用いたユーザの状態認識技術が盛んに研究されているが、まだ十分実用になるとは言いがたい。そこで、最も簡単にユーザの状態を知ることができるユーザの操作履歴を用いることにした。

たとえば、操作法についてアドバイスしたければ、ユーザがどんなミスをしているのかを操作履歴から推測

し、アドバイスする。また、いつどこでどんな操作をしたかという履歴から、ユーザがどんな場所でどんな情報を欲しがることが推測できる。これらのデータをたくさん集めると、一般にどのような場面において、どのような情報が欲しいのか、何をアドバイスして欲しいのかが推測でき、ユーザの意図を反映した、より知的なカーナビが実現できる。

4.2 適応的なカーナビ

カーナビが適応できる場所は、たとえば、次のようなものが考えられる。

- ルート探索において、ユーザが所望するさまざまな条件を考慮する。
- 案内する内容やタイミングをユーザの状況によって変える。
- メニューをユーザの習熟度によって変更する。

ここでいう適応とは、カーナビがユーザに適応することであって、ユーザに応じて、メニューや経路探索手法、表示内容、案内内容、案内する場所、タイミングなどをさまざまに変えることである。

今回開発したのは、このうちメニューを適応的にすることである。ユーザがよく使う機能をできるだけ簡単に使えるようにするため、インタフェースを改良し、人間が機械を操作するときの意図とできるだけ近い操作手法を採用した。そのため、従来のカーナビの機能を人間の言葉に置き換えて、すべてのカーナビの操作を「～を～する」という目的語と動詞の組み合わせ形式に分類した。図-3にその分類に基づく階層型メニューの一部を示す。カーナビは、リモコンではなく、カーナビのディスプレイ画面下に設けられた八つのボタンを押して操作する。

目的語と動詞の組み合わせによる操作の分類をもとに





図-5 能動的なカーナビのイメージ

りにもったいなさすぎるし、知能があるとは言いがたい。「知能」とは、文字どおりに読むならば、「知」の「能力」のことであり、知っている情報を有効に利用できてこそ、発揮される能力だと考えられる。そこで、カーナビが持っている情報をできるだけ有効利用するための方法を開発した。情報を有効に利用するにはどうすればいいか？それは、ユーザの状況に応じて、情報を自動的に提示することであり、ユーザに積極的に情報提示することによって、カーナビが持っている情報を有効に利用してもらえる。

図-5は、その能動的カーナビのイメージ図である。休日の朝、車に乗るとカーナビが、「おはよう。天気も良いし、遊園地に行きましょうか？」と提案してくれる。その提案を受け入れるなら、OKを選択し、いやなら無視するか、別の目的地を選べばよい。ここでは、遊園地に行くことを選んだとすると、その途中で、ガソリン残量が減れば、ガソリンスタンド情報を表示し、ラジオで好きな番組をやっていれば、聞きますか？と提案してくれる。食事時になれば、近くのレストランを紹介してくれる。目的地の遊園地に近づいたら、駐車場を案内してくれる。

われわれは、この機能を自動情報提示機能と呼んでおり、この機能を実装したプロトタイプシミュレータを開発した。図-6はシミュレータのブロック構成図、図-7はシ

ミュレータ起動時の画面を示している。シミュレータは、運転状況シミュレータ、カーナビシミュレータ、運転操作ダイアログ、ルールベース、ルールチェッカ、ルール実行部、ルールビューワから構成される。

運転状況シミュレータは、初期設定の他、ユーザが車を運転している場合の時間、場所、操作状況などをシミュレートする。

カーナビシミュレータは、先に開発した目的語と動詞による階層型メニューを採用している。カーナビで目的地選択等の操作をすると、その操作内容が運転状況シミュレータに送られる。そして、車が移動するにしたがって、各種の運転状況を生成する。逆に運転状況シミュレ

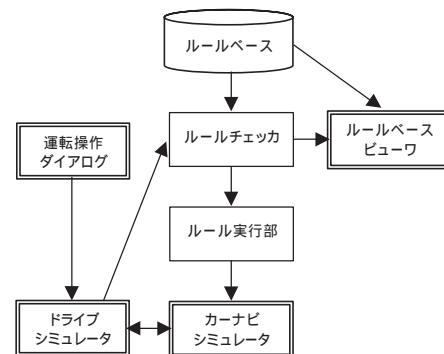


図-6 能動的なカーナビシミュレータのブロック構成図



図-7 能動的カーナビプロトタイプシミュレータ

ータによって生成された各種の状況にしたがって、ルール実行部から状況に適した情報提示時のアクションを受け取り、自動的に推薦項目が一発選択メニューに登録されたり、各種情報が出力されたりする。ユーザは気に入ったものだけを選択すればよい。

運転操作ダイアログは、車の運転操作を擬似的に入力するためのダイアログで、乗車・下車、運転開始、ハンドル操作、アクセル・ブレーキなどの操作を入力する。ここで入力された運転操作は運転状況シミュレータに送られ、運転状況を変化させる。

情報提示ルールは、情報提示条件とアクションの組からなり、ルールベースに貯えられている。ルールチェックにおいて、情報提示条件と運転状況シミュレータで生成された状況とを比較し、情報提示条件が成立したかどうかをチェックする。条件が成立した情報提示ルールは、ルール実行部で実行され、カーナビシミュレータに該当するアクションが送られる。これらの情報提示ルールの一覧や、情報提示条件の適合度は、ルールベースビューワに表示される。

情報提示ルールは、たとえば、次のようなものである。

- 目的地に近づいたら、周辺の駐車場を表示
- ガソリン残量が少なくなったら、近くのカソリンスタンドを表示
- 平日の朝だったらニュースを表示
- 平日の朝だったら会社への道を案内

もちろん、これらのルールはユーザに応じて変化するので、必ずしも平日の朝だったら会社へ行くとは限らない。ある人は、水曜が休みかもしれないので、そのような人は過去の履歴から、それ以外の日を会社に案内するように学習する。

ただし、この手法にはリスクを伴うことは前に述べた通りである。つまり、提示したルールがユーザの好みに合わなかったときに、大きな不満を感じるということである。このため、学習機能は必須である。最初に実装されるルールは一般的なルールにしておき、ユーザがどのような操作をどのような状況に応じて実行したかを収集し、この操作履歴から、ユーザが期待する情報を提示できるように学習する必要がある。

5. おわりに

カーナビは、ITS(Intelligent Transportation System : 高度道路交通システム)の進展の鍵を握っているといっても過言ではなく、将来は車対車、車対インフラ、車対人などのさまざまなインタフェースを受け持つことになるであろう。そのため、カーナビをさらに進化させたカーコンピュータをめざして、知能化技術はますます重要になってくると思われる。

本論文では、知能化とはどういうことか、さまざまな例を挙げながら論じてきた。できあがったカーナビは果たして、知的に見えるだろうか？中身を知ってしまえば、なんだそんなのどこも知的ではないではないか、単なるルールのよせ集めではないかと思われるだろう。その通り、中身はいたって簡単である。要するに知能というのは、わかってしまえばあたりまえ、わからないから何か賢いそうに見えるという代物なのかもしれない。でもそこに知能はなくなってしまったのだろうか？そんなことはないと思う。

なぜなら知能化されたカーナビと対話すると、きっと日々新しい発見があるはずだから。

参考文献

- [1] T. B. Sheridan: Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control, MIT Press(1992)

筆者紹介



関口 実(せきぐち むのる)

1983年(株)富士通研究所入社。以来、ロボット、人工知能、ニューラルネットワークの研究に従事。現在、マルチメディアシステム研究所情報科学研究部主任研究員。



前田 芳晴(まえだ よしはる)

1989年富士通株式会社入社。1990年(株)富士通研究所出向。ロボット、情報処理の研究に従事。現在、マルチメディアシステム研究所情報科学研究部研究員。



高山 訓晴(たかやま くにはる)

1986年富士通株式会社入社。1990年(株)富士通研究所出向。ロボット、情報処理の研究に従事。現在、マルチメディアシステム研究所情報科学研究部研究員。



内藤 宏久(ないとう ひろひさ)

1995年(株)富士通研究所入社。以来、人工知能、情報処理の研究に従事。現在、マルチメディアシステム研究所情報科学研究部研究員。