

自動運転システムとルールベースシステム

2016年5月9日

キャッツ株式会社 渡辺政彦

1. 自動運転システム

ブレーキやステアリングなどいわゆる手足を電子的に制御してきた時代から、ドライバ（運転手）という頭脳の代わりをする時代になってきました。自動運転システムを作るという事は、熟練したドライバの臨機応変な運転スキルを制御システムに組み込むということです。[参考1] 「モノ」を対象にする制御工学から「ヒト」を対象にする人間工学・認知科学・情報工学にモデルが移っていくことになります。

熟練ヒューマンオペレータを3つの振舞（行動）レベルに分類した認知学者ラスムッセンのSRK(Skill-Rule-Knowledge)モデルを図1に示します。[参考2]

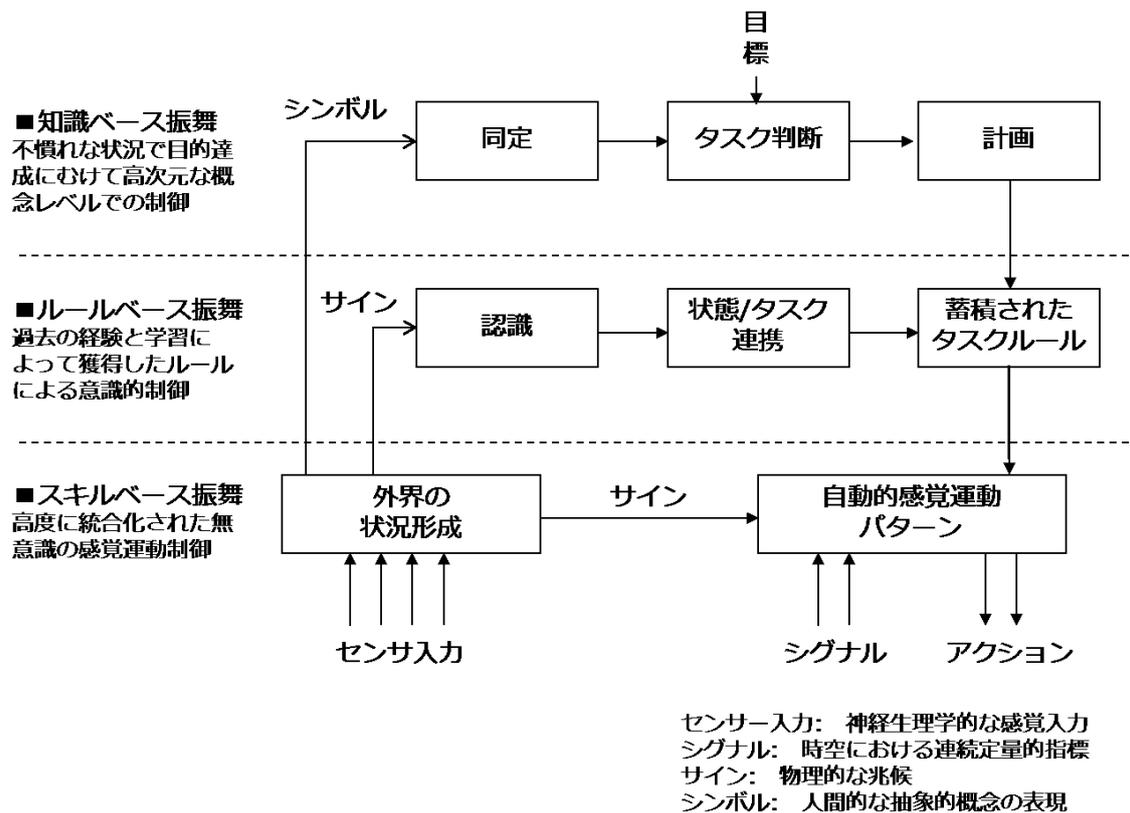


図1 熟練ヒューマンオペレータレベル

自動運転システムは「認知」「判断」「操作」という処理に分かれます。認知とは歩行者や車両を的確に検出します。判断とは認知の結果から実行すべき行動を決定します。操作は自車の走行を制御します。[参考3]

判断に関しては、今までの経験値から導出できるルールによる判断と、ルールでは想定していなかった状況での判断との2種類があります。内閣府 SIP-adus[参考 4]では自動走行システムを準自動走行システムと完全自動走行システムに分けています。SIP-adus レベル 3 は加速・操舵・制動を全て自動車がいき、緊急時のみドライバーが対応する状態を準自動走行システムと定義しています。SIP-adus レベル 4 は加速・操舵・制動を全てドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態を完全自動走行システムと定義しています。

レベル 3 は SRK モデルのルールベース振舞で、過去の経験と学習によって獲得したルールによる意識的制御です。ルールでは想定していなかった場合に、ドライバーに判断を委ねるのがレベル 3 です。レベル 4 は SRK モデルの知識ベース振舞で不慣れな状況で目的達成に向けて高次元な概念レベルで行う制御です。ルールでは想定していなかった場合でも何らかの手段により自動運転できるのがレベル 4 になります。自動運転システムと SRK モデルとの関係を図 2 に示します。

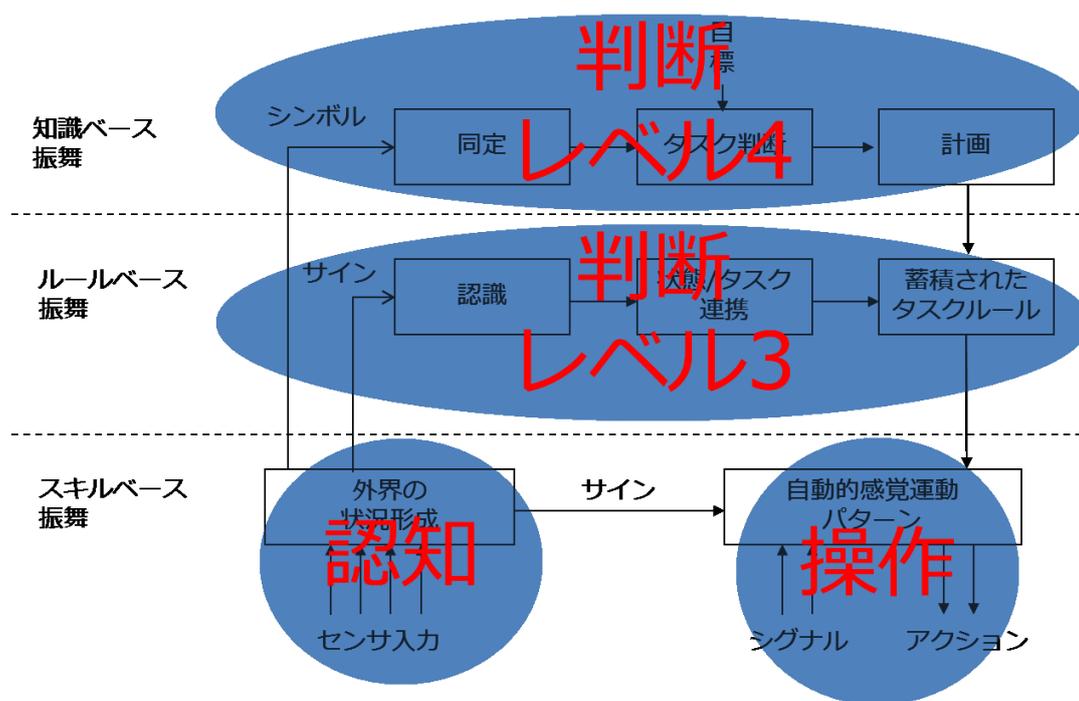


図 2 自動運転システムと SRK モデルとの関係

2. ルールベースシステム

ルールベースシステムはエキスパートシステムまたはプロダクションシステムとも呼ばれ、if-then 形式のルールを用いて問題解決を行うシステムのことです。古典的なルールベースではルール解析のオーバーヘッドが問題になります。古典的ルールベースでは、既知の事実とルール群を順次照合し、適合するルールを実行していくため、処理性能は期待できません。

古典的ルールベースを改善するために、効率的にルールマッチングを行う Rete アルゴリズムが提唱されました。Rete アルゴリズムは新たな事実が表明、更新されると、その事実に関連したルールだけを呼び出すようにして処理性能を上げます。[参考 6] Rete アルゴリズムを実装したルールベースをプロダクションシステムと呼ぶことが多いです。プロダクションシステムの基本構成を図 4 に示します。[参考 7]

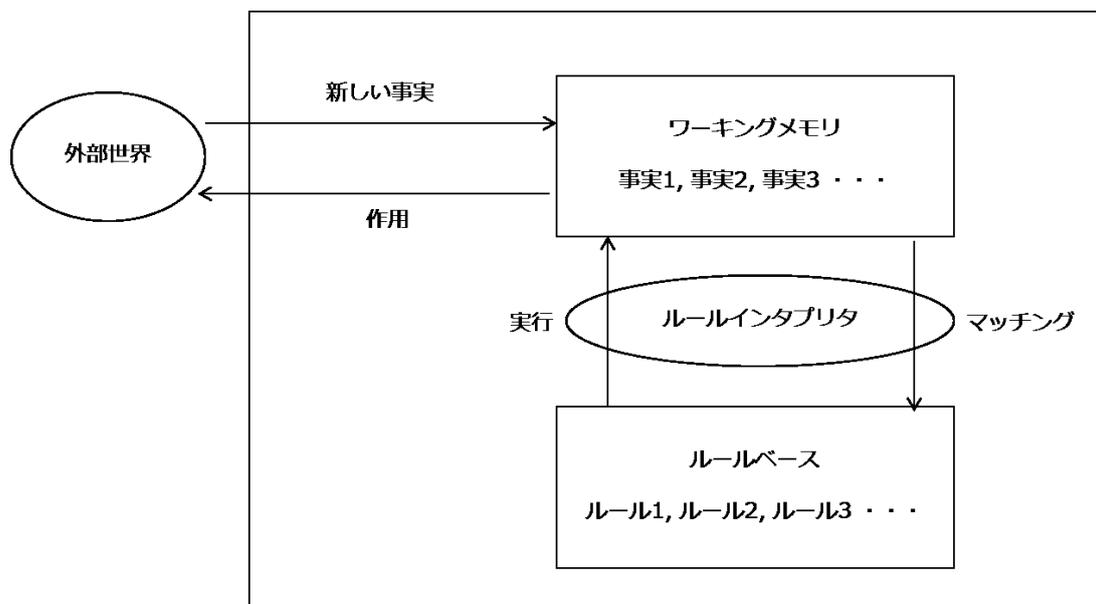


図 4 プロダクションシステムの基本構成

ルールベースシステム (プロダクションシステム) は、エンタープライズ分野では BRMS (Business Rules Management System) として実務に適用されています。例えば、規則の組み合わせが複雑な保険の審査や保険料の算定、あるいは携帯電話の割引条件や料金算定など、ルール変更が頻繁な業務システムに使われています。[参考 8]

古典的エキスパートシステムではルールの設定にはナレッジエンジニアと呼ばれる専門家が必要とされていましたが、BRMS は決定表 (デシジョンテーブル) によりプログラミングすることなしに、ルールの登録・変更ができ、一般の担当者でも運用できるようになっています。さらに BRMS では、ビジネスルールをアプリケーションから切り離して管理することによってビジネス上の規則変更や価格改定に機敏に対応でき、かつ既存の会計処理システムとの独立性を高めたアーキテクチャにすることで、ルールの更新で全システムのリグレッションテスト工数を削減できます。[参考 9]

3. 自動運転システムへのルールベース適用の課題

ルールベースシステムを自動運転システムに適用する際の問題の 1 つに、リアルタイム性能があります。最近の BRMS では、金融取引や、クレジットカード不正検知、ネットワークへのサイバーテロ検出など、リアルタイムで処理結果が得られなければ意味がないシ

システムにルールベースが適用されています。この実現を支える技術の1つに CEP(複合イベント処理)があります。[参考 10]

CEP はある一定時間内で発生するイベントを複合的に解釈して、ある意味のある事実としてワーキングメモリに登録します(図 5 参照)。大量に発生し続けるイベント「センサ入力(神経生理学的な感覚入力)」、「シグナル(時空間における連続定量的指標)」を複合的に処理して、「サイン(物理的な兆候)」を抽出します(図 1 参照)。

抽出された意味あるイベント(サイン)を受け取った判断系は、「走る」「曲がる」「止まる」「つながる」それぞれのタスクの状態を調停し、必要なルールを決めます。必要なルールは CEP によって格納された意味あるイベントに応じて操作系を発火(実行)させます。

ルールベースと CEP を装備したシステムは、エンタープライズ分野ではエッジ側に配備されることが多いです。しかしエンタープライズ分野のエッジと組み込み分野の ECU(Electronic Control Unit)では使えるリソースが違います。例えば Drools はルールベースと CEP の両方を装備したシステムです。しかしながら Drools は JAVA 環境が動作するリッチなリソースを要求しますので、この点が ECU に実装する際の課題になります。

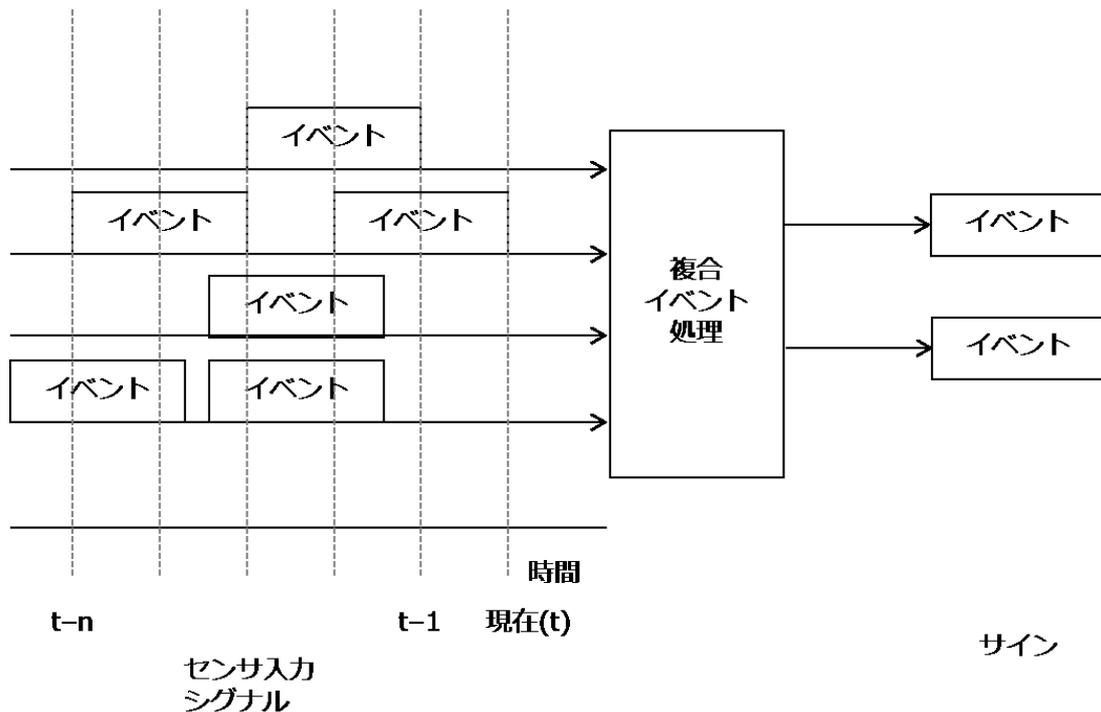


図 5 複合イベント処理動作概要

もう1つの問題としてメモリ問題があります。BRMS に用いられるルールベースシステムには、OPS5、CLIPS、Drools など多くのものがあります。これらのシステムではワーキングメモリの事実上の動的メモリを採用するため、メモリ枯渇やガベージコレクションが問題となります。この問題を解決するには静的メモリ構造を持つルールベースシステムが必要になります。

現在、キャッツ社ではルールベースシステムによる DRMS(Driver Rule Management System)を研究中です。

参考 1： 竹垣盛一・石岡卓也：知的制御システム：海文堂出版：1990

参考 2： JENS RASMUSSEN：Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models：IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. smc-13, No.3, MAY/1983

参考 3： 加藤真平：自動運転システムにおける情報処理技術の最新動向：情報処理 Vol.57 No.5 May 2016

参考 4： SIP-adus メディアミーティング 平成 27 年 3 月 9 日 内閣府 プログラムディレクター(PD)渡邊浩之

参考 5： <https://ja.wikipedia.org/wiki/Rete> アルゴリズム

参考 6： <http://www.ownway.info/Home/cpp/ps/small/1.html>

参考 7： 太原育夫：人工知能の基礎知識：近代科学社：2014 年 9 月 30 日

参考 8： コレ 1 枚で分かる「人工知能の 3 つのアプローチ」：ITmedia エンタープライズ：2016 年 4 月 11 日

<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1604/11/news037.html>

参考 9： 情報システム用語辞典:BRMS：ITmedia エンタープライズ：2008 年 3 月 18 日

<http://www.itmedia.co.jp/im/articles/0803/18/news146.html>

参考 10： ビッグデータ時代のキーテクノロジー、「CEP」とは何か：ITmedia エンタープライズ：2012 年 8 月 22 日

<http://www.itmedia.co.jp/im/articles/1208/22/news133.html>