

利用者品質の確保に向けたユーザモデリング技術

実用化調査

2013年1月

はじめに

独立行政法人情報処理推進機構 技術本部ソフトウェア・エンジニアリング・センター(以降、IPA/SEC と略す)では、製品開発において利用者品質を確保するための技術分野の1つであるユーザモデリング技術について、導入が進んでいるモデルベース開発との連携を実用化するために整理しておくべき手法・技術について調査を行い実用化のための課題と対策についてとりまとめました。

本調査は、「2011年度 システムエンジニアリング実践拠点事業」として、株式会社三菱総合研究所に委託し実施しました。

掲載されている会社名・製品名などは、各社の登録商標または商標です。

利用者品質の確保に向けたユーザモデリング技術実用化調査
【調査報告書】

独立行政法人情報処理推進機構

Copyright© Information Technology Promotion Agency, Japan. All Rights Reserved 2013

目次

1. 調査の背景と目的.....	1
1.1. 背景と目的.....	1
1.2. 調査項目.....	2
2. 調査内容.....	3
2.1. ユーザプロフィール手法・技術に関する調査.....	3
2.1.1. ユーザプロフィール手法・技術に関する調査について.....	3
2.1.2. ユーザプロフィール手法・技術.....	4
2.1.3. 公開情報に基づく調査.....	6
2.1.4. インタビュー調査.....	17
2.1.5. ユーザプロフィール手法・技術に関する調査結果のまとめ.....	32
2.2. モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査.....	35
2.2.1. モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査について.....	35
2.2.2. モデルベース開発手法・技術.....	36
2.2.3. 公開情報に基づく調査.....	37
2.2.4. インタビュー調査.....	43
2.2.5. モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査のまとめ.....	57
2.3. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査.....	60
2.3.1. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査について.....	60
2.3.2. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術について.....	61
2.3.3. 公開情報に基づく調査.....	63
2.3.4. インタビュー調査.....	82
2.3.5. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査のまとめ.....	109
3. 調査のまとめ.....	113
3.1. 調査結果の現状・課題及び対策からの各手法・技術の提案.....	113
3.2. ユーザプロフィールの構築手法・技術の提案.....	113
3.3. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術の提案.....	117
3.4. モデルベース開発で利用できるユーザモデル手法・技術の提案.....	120
3.5. 利用者品質の確保に向けたユーザモデリング技術の実用化について.....	122

1. 調査の背景と目的

1.1. 背景と目的

製品利用者にとっての品質、つまり、製品の利用者品質が問われる時代となってきた。しかし、わが国製造業において「開発者が理解する利用者像と実際の利用者の実像との間のギャップが拡大」しており、より利用者を意識した製品開発による利用者品質の向上が課題となっている。また、「仕向地¹毎の利用者に合わせた製品展開を図る海外企業との競争が激化」しており、仕向地毎に違う利用者品質に対応する製品開発が課題となっている。そして、「企業のグローバル化に伴う各開発拠点の開発技術者が理解する利用者像間に乖離」が生じており、この利用者像の乖離の解消による製品の利用者品質の低下の回避と向上が課題となっている。

現状の課題と必要とされる手法・技術は下記(1)から(3)のとおりである。

(1)開発者が理解する利用者像と実際の利用者の実像との間のギャップが拡大：

製品・システムの高度化・複雑化、そして、ユーザやその製品利用シーンの多様化に伴って広がった、開発者が理解する利用者像と実際の利用者の実像との間のギャップを解消するためにユーザをモデル化する手法・技術が必要

(2)仕向地毎の利用者に合わせた製品展開を図る海外企業との競争が激化：

仕向地毎に異なるユーザニーズに対応した海外製品に対して、わが国製品の競争優位性の確保のためにユーザ指向開発の強化が必要

(3)企業のグローバル化に伴う各開発拠点の開発技術者が理解する利用者像間に乖離：企業のグローバル化に伴い複数の国・地域にまたがる開発拠点の技術者間でターゲットユーザ像を共有する手法・技術が必要

これらの課題を解決するためには、製品の利用地域やユーザの利用シーン毎に、ユーザとその利用環境、動作、振舞いなどをモデル化し、それを「ユーザモデル」として活用した製品開発を行うことが必要となってきた。

組込み製品開発ではモデルベース開発が主流となりつつあり、ユーザモデルを取り入れたモデルベース開発への移行が可能な状況になっている。また、ユーザ情報を収集・分析し、製品・サービスを提供する対象ユーザの特徴を抽出し、ユーザプロファイルを作成する手法・技術は存在しており、人体の寸法や形状、動作をモデル化した人間系モデルの研究や実用化も一部では始まっている。しかし、ユーザプロファイルを基に、利用者のモデルであるユーザモデルを構築する手法・技術は実用レベルに至っていない。

¹ ここでは製品が出荷され消費される地域のこと。文化等の違いにより開発地とは異なる使い方をされることもあるので製品開発時考慮する必要がある。

本事業においては、「ユーザプロフィール手法・技術」、及び、「ユーザモデルを取込み可能なモデルベース開発手法・技術」を調査して現状を整理した上で、「ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術」の実用化に向けた調査と課題抽出を行うことを目的とする。

1.2. 調査項目

ユーザデータから作成されたユーザプロフィールから、ユーザモデルを構築し、モデルベース開発で活用することでソフトウェア、組み込みソフトウェアを開発する手順について、図 1 に示す。様々なデータよりユーザ（製品の利用者）に関するデータを取り出し、データの処理を通して、ユーザプロフィールを作成する。ユーザプロフィールを活用できるユーザモデル構築技術によりユーザモデルを生成する。このユーザモデルをモデルベース開発において利用することで、ユーザの特性を反映した製品開発が可能になる。

図 1 に示すようなユーザモデル構築の全体フローを完成させることを目指して、調査を以下の 3 つに分けて実施する。

- ユーザプロフィール手法・技術に関する調査
- モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査
- ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査

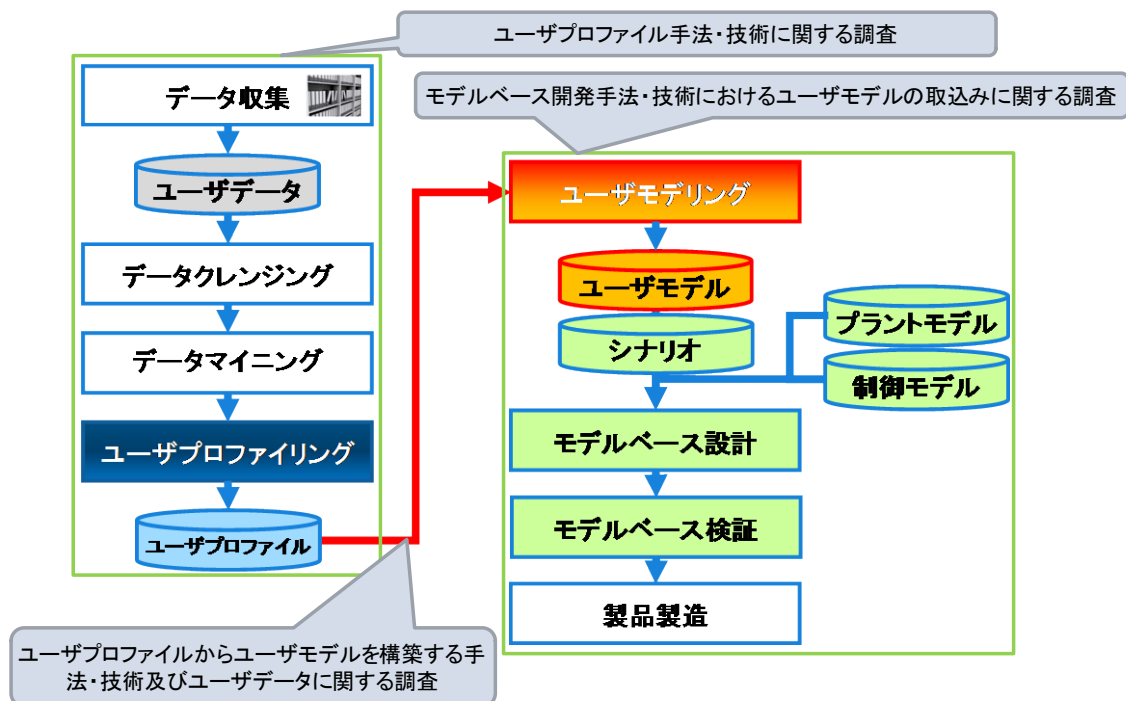


図 1 調査の全体像

2. 調査内容

2.1. ユーザプロフィール手法・技術に関する調査

2.1.1. ユーザプロフィール手法・技術に関する調査について

ユーザプロフィール手法・技術に関する調査においては、以下の観点で調査を行った。

- ユーザプロフィール作成に関する手法・技術で利用可能なユーザデータの調査
- ユーザプロフィール作成に関する手法・技術の種類と特徴に関する調査
- ユーザプロフィール作成に関する手法・技術におけるユーザプロフィールの人間系モデルへの応用調査

ここで、ユーザデータとユーザプロフィールの定義とその関係を述べる。

ユーザデータ：ユーザ（製品の利用者）に関するデータであり、国籍や性別・年齢、身体的データなど静的なものから、ユーザの行動の履歴データのような時系列のデータも含まれる。

ユーザプロフィール：ユーザデータ等から、データクレンジング、データマイニング等の手法を使って、目的に応じてデータを加工し、ユーザの特性を抽出したものである。ユーザがある状況下でどのような行動をとったか、という情報もユーザプロフィールに影響する。ユーザの行動に関するデータはユーザデータであるが、周囲の状況や環境などに関するデータは、ユーザデータではない。

調査内容と調査対象を、図 2 に示す。

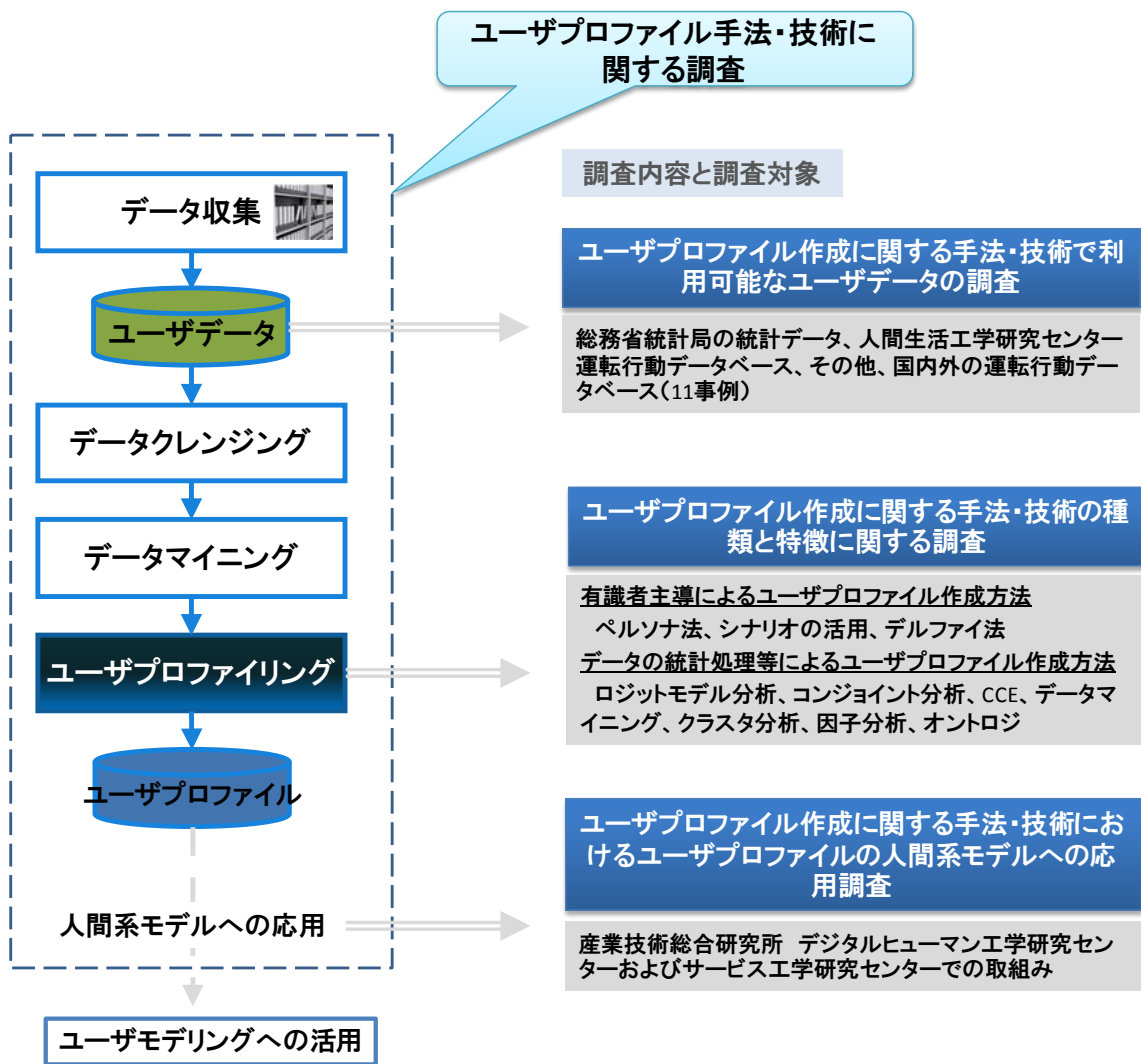


図 2 ユーザープロフィール手法・技術に関する調査の内容

ここでいう人間系のモデルとは、その他のモデルや情報システムと人間のモデルであることを区別している。

2.1.2. ユーザープロフィール手法・技術

ユーザープロフィール作成のための手法・技術については、図 3 に示すとおり主に有識者が中心となってユーザープロフィールを作成するトップダウン方式とデータを基に統計処理等によりユーザープロフィールを作成するボトムアップ方式がある。このような方式により、ユーザープロフィールを決定する。

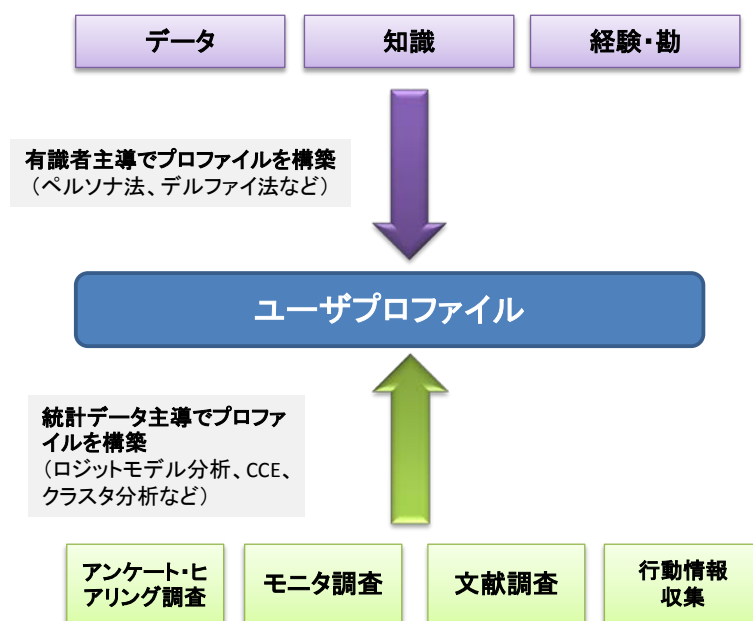


図 3 ユーザプロフィールの作成方法

ユーザプロフィール作成の有識者主導による方法と統計データ主導による方法には次のような技術・手法がある。

- ・ 有識者主導によるユーザプロフィール作成方法
 - ペルソナ法
 - シナリオの活用
 - デルファイ法
- ・ データの統計処理等によるユーザプロフィール作成方法
 - ロジットモデル分析
 - コンジョイント分析
 - 認知的クロノエスノグラフィ CCE (Cognitive Chrono-Ethnography)
 - データマイニング
 - クラスタ分析
 - 因子分析
 - オントロジ

これら手法・技術の特徴を表 1 にまとめた。

表 1 ユーザプロフィール作成方法手法・技術の特徴

手法・技術	特徴
ペルソナ法	製品やサービスを利用する顧客を仮想ユーザとして考え、名前・性別・年齢・仕事・性格などの条件を詳細に設定してターゲット分析を行う手法。

手法・技術	特徴
シナリオの活用	製品やサービスを利用するシナリオを作成し、利用のシナリオから製品・サービスの開発に適用する手法。
デルファイ法	ある特定の分野の専門家が持つ意見や判断を活用する。意見を出す作業を何回も実施し、意見を収れんさせていく方法。
ロジットモデル分析	ロジスティック回帰モデルのこと。回帰分析に際して、対数を活用する方法で、多変数間の関係を明らかにすることができる。
コンジョイント分析	マーケティングなどで利用される分析方法。回答者にランク付けしてもらい、その選好を分析する方法。
認知的クロノエスノグラフィ CCE(Cognitive Chrono-Ethnography)	サービス受容者の行動を認知行動 (Cognitive)、時間軸上での行動選択の変容過程 (Chronology)、認知行動現場での利用行動の観測 (Ethnography) という3つの観点で理解する手法。
データマイニング	大量のデータの中から、統計学等の様々な手法によりデータに隠されたルールや知識を見出す手法。
クラスタ分析	データの中から類似しているデータをいくつかのクラスターにまとめる統計的手法。
因子分析	多変量のデータから、いくつかの共通因子を推定する方法。
オントロジ	対象となる世界における概念と概念との関係を体系的にまとめて記述したもの。概念の階層構造を明らかにすることができる。

2.1.3. 公開情報に基づく調査

(1) ユーザデータに関する事例

(ア) 総務省統計局の統計データ

事例まとめ	ユーザプロフィールを抽出することが期待できるデータの事例であり、日本国内のユーザの特性、ユーザのプロフィールを想定する支援が可能となる。
-------	--

総務省統計局では表2のような統計データを公表している。これら統計データを活用することにより、日本国内のユーザの特性、ユーザのプロフィールを想定する支援が可能となる。ユーザデータを抽出するためのデータとして活用することができる。例を挙げれば、日本の平均的な家庭像などから、家族のプロフィールなどを推定できる。

表 2 総務省統計局の統計データ

分野	統計データ
人口・世帯に関する統計	国勢調査
	人口推計
	住民基本台帳人口移動報告
住宅・土地統計調査	住宅・土地統計調査
家計に関する統計	家計調査
	家計消費状況調査
	全国消費実態調査
	全国単身世帯収支実態調査
物価に関する統計	小売物価統計調査
	消費者物価指数
	全国物価統計調査
労働に関する統計	労働力調査
	就業構造基本調査
文化・科学技術に関する統計	社会生活基本調査
	科学技術研究調査
企業活動・経済に関する統計	経済センサス
	事業所・企業統計調査
	サービス業基本調査
	個人企業経済調査
	サービス産業動向調査
経済構造・波及効果分析や各種経済統計の基準値となる統計	産業連関表
経済・金融に関する統計	主要経済・金融指標
地域に関する総合統計	社会・人口統計体系
	日本統計地図
	地域メッシュ統計

(出典：総務省 統計局・政策統括官・統計研修所
<http://www.stat.go.jp/index.htm> を参考に作成)

(イ) 一般社団法人人間生活工学研究センター 運転行動データベース

事例まとめ	自動車のドライバモデルを構築できるデータの事例であり、実際に活用されている。収集されたデータを基に、ある状況下でドライバがどのような行動をとるかをモデル化する。
-------	--

平成 11 年度～15 年度の経済産業省「人間行動適合型生活環境創出システム技術」プロジェクトの一環で、ドライバの運転行動を収集しデータベースとして整備した。

- ・ 計測時期：平成 13 年～平成 15 年
- ・ ドライバ：20～71 歳の男女、計 97 名（男性 61 名、女性 36 名）
- ・ 運転ルートと走行方法：茨城県つくば市、土浦市に設定した 9 つのルート（1 周約 30 分）。一人のドライバは、5～40 回（1 日 1 回）の同一ルートでの繰り返し走行を実施
- ・ データの種類
 - 前方映像・計測データ（車両に装備したセンサから読み取ったデータ、自車両状況、交通環境、走行位置、速度、加速度、ハンドル操舵角、ウィンカ操作、ワイパ操作、シフト操作、ブレーキ・アクセルペダル踏み量、GPS によるマクロ的な自車両走行位置など）
 - 運転者の心理的側面に着目した「運転者特性チェックシート」のデータ（運転の取組み態度や志向、考え方に関する質問紙「運転スタイルチェックシート」と、運転に関する負担の感じ方に関する質問紙「運転負担感受性」の結果）
 - 運転コースに関するデータ（地図、緯度経度情報など）

（出典：一般社団法人人間生活工学研究センター
<http://www.hql.jp/database/drive/index.html>）

- ・ 運転行動データベース
 - このデータベースでは、運転時の操作行動（ハンドル、ブレーキ、アクセル等の操作量）を他車の状況（車間距離、前方車車速等）や運転視野像（前方視野像等）との関係で収録するとともに、本テーマの研究開発の中で開発した運転行為・動作の自動判定技術を利用し、全データを運転行為・動作によりタグ付けし、運転行為・動作をキーとした検索・出力を可能にした。
 - また、運転者の属性に関しても、単純属性（年齢、性別、運転暦等）に加え、経歴運転スタイル、運転負担感受性など運転者自身の運転特性分析データが付加され、運転者行動に影響を及ぼすと考えられるほとんどの要因に関わるデータを集約した形で構成されている。

（出典：経済産業省 人間行動適合型生活環境創出システム技術の開発に関する事後評価書（要旨）、別紙「人間行動適合型生活環境創出システム技術の開発」に関する政策評価（事後評価）結果
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g50121d400j.pdf>）

(ウ) 国内外の実車両を用いた運転データの収集の事例

事例まとめ	自動車のドライバモデルを構築できるデータの事例であり、実際に活用されている。収集されたデータを基に、ある状況下でドライバがどのような行動をとるかをモデル化する。
-------	--

一般社団法人人間生活工学研究センターにおける運転行動データベースの他に、表3のような国内外での運転データの収集事例がある。

表3 国内外の実車両を用いた運転データの収集

研究機関名・車種等	収録項目
ルレア工科大学 (スウェーデン) (Volvo Express)	生体信号 (皮膚電位、心拍数、筋電位)、ハンドル操舵角、ブレーキ圧力、速度、3軸加速度、走行距離、参照通過位置の時刻、イベントの記録
米国高速道路交通安全局 (Chevrolet Impala)	映像×3 (前方・後方の車外、ドライバの顔が写ったリアミラー)、生体信号 (心拍数、筋電位、皮膚電位、脳波)、アクセルペダル位置、ブレーキ圧力、ハンドル操舵角、速度、慣性センサ情報 (3軸加速度、車体角度等)、機器操作情報 (ウィンカ、ワイパ、クラクションなど)
ミシガン交通研究所 (Honda Accord)	映像×4 (前方車外、ドライバ、右・左車線の追跡)、車間距離、速度、ハンドル操舵角、スロットル位置
マサチューセッツ工科大学 SmartCar(Volvo V70XC)	映像×4 (前方・後方車外、ドライバの顔、ドライバからの映像 (眼鏡装着カメラ))、車速、ハンドル操舵角、アクセル操作量、ブレーキ信号、ギア (収録人数: 70名以上、各約75分)
名古屋大学 CIAIR データベース (Toyota Regius)	映像×3 (前方車外、右前方・左前方から見たドライバの顔)、音声×8 (最大16)、GPS、車速、エンジン回転数、ハンドル操舵角、アクセル・ブレーキペダル踏力 (収録人数: 344名、各1回×約20分)
一般社団法人人間生活工学研究センター 運転行動データベース (Toyota Progres)	映像×1 (前方車外映像)、走行距離、車速、加速度、ハンドル操舵角、アクセルペダル操作量、ブレーキ信号、ウィンカ操作、ワイパ操作、シフト操作 (収録人数: 97名、各5~40回×30分)
東京大学生産技術研究所 MAESTRO (Toyota Harrier)	映像×4 (前方・後方・右斜め前方・後方の車外)、走行位置、車速、車間距離 (前方、後方)、ハンドル操舵角・操舵力、アクセルペダル操作量、ブレーキ信号、3軸ジャイロ情報 (3軸加速度、ロール・ピ

研究機関名・車種等	収録項目
	タッチ・ヨー角+角速度)
カリフォルニア大学 サンディエゴ校 LISA-Q (Nissan Infiniti Q45)	映像×8 (前方車外 2・後方車外 2・ドライバの顔、ドライバ視点 (頭部装着カメラを利用))、ドライバ足元、全方位)、音声、走行位置、車速、前方加速度、ハンドル操舵角、ギア状態、ペダル操作量など
名古屋大学 NUDrive データベース (Toyota Hybrid Estima)	映像×5 (前方車外、右・左前方からのドライバの顔、ドライバの足元、全方位)、音声×12、走行位置、車速、車間距離×5 (前方直線型×2、前方スキャン方式×2、後方スキャン方式)、ハンドル操舵角、アクセル・ブレーキペダル踏力、生体信号 (心拍数、皮膚電位、発汗量×2 (掌、踵)) (収録人数：約 500 名、各約 1 時間)
テキサス大学ダラス校 UTDrive データベース (Toyota RAV4)	映像×2 (前方車外、ドライバ正面)、音声×6、走行位置、アクセル・ブレーキペダル踏力、車間距離、車速、ハンドル操舵角、ブレーキペダル位置、エンジン回転数等、生体信号 (心拍数、血圧) (収録人数：約 100 名、各約 50 分)
サバンチ大学 (トルコ) UYANIK データベース (Renault Megane)	映像×2 (前方車外、ドライバ正面)、音声×3、走行位置、アクセル・ブレーキペダル踏力、車速、エンジン回転数、アクセル開度、ブレーキ信号、ハンドル操舵角・角速度、クラッチ・リアギア状態、車間距離、ヨーレート、生体信号 (脳波) (収録人数：108 名、各 45 分)

(出典：宮島千代美・武田一哉、運転行動データベースの構築とその応用システム/制御/情報 Vol.55, No.1, pp.20-25, 2011

http://ci.nii.ac.jp/els/110008440916.pdf?id=ART0009682845&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1328579703&cp=)

(2) ユーザプロファイル手法・技術に関連する事例

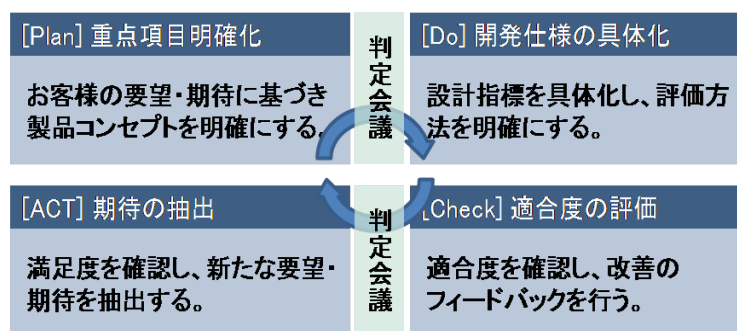
(ア) 人間中心設計による OA 機器の設計・品質管理

手法・技術	デルファイ法
事例まとめ	人間中心設計の概念に基づき、デルファイ法により、OA 機器の設計・品質管理を行っている事例である。顧客のユーザプロファイルを考慮に入れている。

人間中心設計とは、利用者の立場・視点にたつて製品の設計を行う手法である。本事例においては、この考え方に基ついて、デルファイ法のような手法で OA 機器の設計・品質管理を行っている。

富士通株式会社では、1980 年代から OA 機器での事務作業を想定し人間工学による知見を開発に取り入れるなど、要件定義や検証工程での積極的なユーザモデルの利用が図られている。

近年では、図 4 に示すとおり人間中心設計の考え方に基つき、製品が満たすべき感性的な満足度に関する品質として「感性品質」を定義し、設計・品質管理の PDCA サイクルでその向上を図っており、この感性品質管理プロセス上で製品ごとの利用場面や各利用者に対応した感性品質のチェックリスト化と、それを満たすような設計とその評価（判定会議）が行われている。



（出典：浅輪武生 「製品設計における感性品質の管理」雑誌富士通 59 号を参考で作成 <http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol59-6/paper04.pdf>）

図 4 設計・品質管理の PDCA サイクル

(イ) 城崎温泉来訪者を対象とした認知的クロノエスノグラフィ調査

手法・技術	認知的クロノエスノグラフィ (CCE)
事例まとめ	認知的クロノエスノグラフィ (CCE) により、観光地を訪れる観光者の行動特性を把握する事例である。ユーザデータ (観光地での行動データ) からユーザプロファイル (観光地での行動特性) を抽出した事例である。

日常生活における人間の行動選択のモデル化技術である認知的クロノエスノグラフィ (CCE: Cognitive Chrono-Ethnography) を適用して、観光地を訪問する観光者像を探る。

CCE は、特定の個人が、現時点における行動選択特性を獲得するに至った経緯に関する成長プロセスのモデルを、行動選択の仕組みに基ついて、以下を実施する。

- ① その行動が実行される現場における現場観察調査（エスノグラフィ的調査）をデザイン
- ② 行動データを記録・収集
- ③ その記録を基に回顧的インタビューを実施
- ④ 成長プロセスを明らかにする（クロノロジー）
- ⑤ その現場における行動選択特性の変容過程を時間軸上で明らかにする

兵庫県城崎温泉を調査の対象とした。

温泉地訪問者がどのように多様化しているのかを客観的に理解するための調査を実施、調査結果に基づき、温泉地訪問属性の異なる者（モニタ）を 21 名選出。城崎温泉を普段通りに訪問してもらい、温泉地旅行を実施してもらった。

各モニタの城崎温泉観光の初日の行動を記録し、その翌日、宿をチェックアウト後にその記録を利用したインタビューを行った。

インタビューにより明らかとなったモニタの活動内容は、「湯」「宿」「食」「街」「遊」「買」の 6 項目である。各アクティビティは以下のとおりである。

湯：外湯巡りのアクティビティが高い。

宿：宿選びにこだわる、宿でゆっくり、内湯を楽しむ。

食：宿の夕食、外食を楽しむ、こだわる。

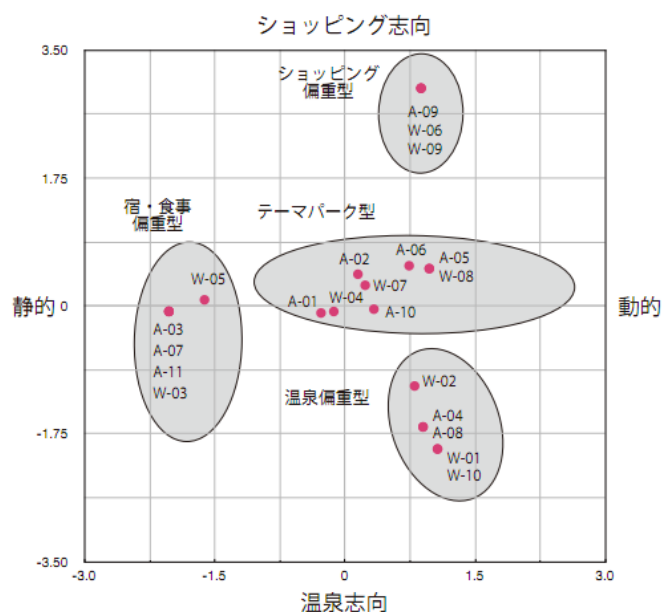
街：街を散策する、街に関心が高い。

遊：サービス施設を利用する。城崎の外を周遊する。

買：お土産屋を巡る、購入する、食べ歩きをする。

これら 6 項目のアクティビティの違いを表した行列表を用い、数量化Ⅲ類で処理し、以下のような 4 グループの訪問者像に分類されることが分かった。

- I. テーマパーク型：食べたり、買ったり、温泉に入ったりするなど、温泉旅行をバランスよく満喫。
- II. ショッピング偏重型：どちらかという、外湯に使う時間よりも相対的にショッピングに時間を費やす。
- III. 温泉偏重型：ショッピングや食べ歩きよりも外湯に入ることに時間を費やす。
- IV. 宿・食事偏重型：外湯巡りが活発ではなく、宿の内湯や、夕食を楽しむことを重視する。



(出典：北島宗雄・田平博嗣・高橋祥、城崎温泉来訪者を対象とした認知的クロノエスノグラフィ調査、
<http://www.city.toyooka.lg.jp/www/contents/1277359354602/files/ronbun-wabun.pdf>)

図 5 温泉地の楽しみ方のタイプの 2 次元布置

(ウ) 車載システム高度化支援技術

手法・技術	データの統計処理
事例まとめ	自動車のドライバの行動特性を把握し、通常運転からの逸脱行動を検知する技術を実現し、事故回避を支援する技術を開発する。そのため運転データベースを構築し、運転行動を予測するモデルを開発している。ユーザプロファイルも考慮に入れている。

交通事故の原因分析によれば、自動車事故の 90%以上が運転者自身の運転行動のミス、ヒューマンエラーによるものであるとされている。運転行動のミスを防止するためには、個々人の行動特性を把握し、通常からの逸脱行動を検知する技術を実現し、検知した結果を運転者に伝え事故を回避するための支援技術を開発することが必要である。

経済産業省「人間行動適合型生活環境創出システム技術」では、「車載システム高度化支援技術」に関する研究を実施した。運転行動データベースもその一環として構築されたものである。

「車載システム高度化支援技術」の達成目標と達成状況は表 4 に示すとおりである。

運転スタイル及び負担感受性からなるチェックシートによる行動特性からみた運転者属性指標は、ドライバのプロファイルに相当するものであると考えら

れる。

表 4 「車載システム高度化支援技術」の達成目標と達成状況

達成目標	達成状況
<p>①運転行動計測手法と個人差指標の開発</p> <p>行動特性から見た運転者属性指標の開発と運転操作状態を測定する運転行動計測手法を開発する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・運転スタイル（8項目）及び負担感受性（10項目）からなるチェックシートを作成し、行動特性から見た運転者属性指標を開発した。 ・運転者状態として、緊張状態及び視認状態を計測する技術を開発した。 ・車両状態（速度、加速度など8項目）及び運転操作状態（アクセルスロットル、ハンドル角など6項目）を計測する実路運転行動計測用車両を開発した。
<p>②運転行動データベースの構築</p> <p>実路、40名以上、1500トリップ以上の運転行動データベースを構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実路にて、92名、2300強トリップ（運転した回数）の運転行動データベースを構築した。
<p>③通常運転/異常運転の識別評価技術の開発</p> <p>個人の加速・減速、右・左折、車線変更の運転行動を計測・モデル化し、アクセル・ブレーキの踏み替えタイミングやハンドルの回旋速度等の尺度から通常運転/異常運転を識別する評価技術を開発する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・計測された運転行動データを用いて、運転行為を推論・判定するモデルを開発した。 ・交差点近傍の運転操作行動を計測し、減速度の累積分布によるモデル化技術、ベイジアンネットワークなどの確率的手法によるモデル化技術による逸脱判定技術を開発した。 ・発生確率分布の推定値に基づいた逸脱度を判定する技術を開発した。
<p>④個人特性に応じた情報提示技術の開発</p> <p>疲労度を座位姿勢等から判定する技術を確立する。また危険運転行動や疲労度を3段階で識別し、個人特性に応じて警報等の情報提示する技術を開発する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・シート座面圧に基づく疲労度指標を開発した。 ・先行車との状態、車両状態、運転者状態を3段階の危険度合いで識別し、判定する技術を開発した。 ・運転者の個人状態や個人差に応じて警報等の情報提示する技術を開発した。

（出典：経済産業省 人間行動適合型生活環境創出システム技術の開発に関する事後評価書（要旨）、別紙「人間行動適合型生活環境創出システム技術の開発」に関する政策評価（事後評価）結果
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g50121d400j.pdf>

(エ) ドライバ個人特性指標の開発

手法・技術	因子分析
事例まとめ	ドライバと運転支援システムの不マッチを解消するために、チェックシートを活用し、ドライバの運転スタイル、運転負担感受性の主要因を明らかにした。ユーザデータ（チェックシート）からユーザプロファイル（ドライバの運転特性）を抽出した事例である。

事故低減や負担軽減のための運転支援システムの研究が進められているが、ドライバとシステムの不マッチという課題があり、その課題解決のために、システムをドライバの個々の特性に合わせるための個人適合化が重要である。

運転支援の個人適合化に向けた基盤技術として、ドライバ個人特性の評価指標を質問紙（「運転スタイルチェックシート」、「運転負担感受性チェックシート」）方式で開発した。

一般ドライバ（首都圏、及および大阪市近郊在住で、日頃から自動車を運転する 20～60 歳代の男女 222 名（男性 114 名、女性 108 名）を対象に調査を実施した。

この評価指標の開発に際しては、運転支援を目的としたときに運転行動や負担軽減に関与が大きいと考えられるドライバ特性として 2 つの心理的な側面に着目した。「運転スタイル」と「運転負担感受性」である。

「運転スタイル」：運転に取り組む態度や志向、考え方

「運転負担感受性」：「こういった種類の負担が続いたら疲れるから運転したくないか」という感じ方

「運転スタイル」については、運転志向や態度に関する質問を 58 項目に絞り込んだ。

「運転負担感受性」については、質問として 116 項目に絞り込んだ。

「運転スタイル」については、主成分分析により、以下の 8 主成分が抽出された。

- ① 運転スキルへの自信
- ② 運転に対する消極性
- ③ せっかちな運転傾向
- ④ 几帳面な運転傾向
- ⑤ 信号に対する事前準備的な運転
- ⑥ ステイタスシンボルとしての車
- ⑦ 不安定な運転志向
- ⑧ 心配性的傾向

さらに、「運転負担」については、因子分析により、以下の 10 因子が抽出さ

れた。

- ① 「交通状況把握」 周囲交通との関わり合いや情報の取り込みの煩雑さ
- ② 「道路環境把握」 車外環境（道路、天候、明るさ）の変化、複雑さ、悪さ
- ③ 「運転への集中阻害」 社内の人（自分も含む）やモノに対する配慮
- ④ 「身体的活動度の低下」 運転に際しての心身状態（体調、生活リズム）の悪さ
- ⑤ 「運転ペース阻害」 自分に合った運転ペースの阻害
- ⑥ 「身体的苦痛」 身体的苦痛の発生、長時間拘束
- ⑦ 「経路把握や探索」 自車位置や行先情報の取り込み、位置関係の把握
- ⑧ 「車内環境の悪さ」 車室内の環境（寒暖、空気質等）の悪さ
- ⑨ 「制御操作の煩雑さ」 運転操作の煩雑さ
- ⑩ 「運転姿勢の悪さ」 シートやレイアウトのフィット性の悪さ

以上から、18問で構成される「運転スタイルチェックシート」と38問で構成される「運転負担感受性チェックシート」を作成した。

運転支援の一事例として経路誘導を対象とし、この評価指標の妥当性を確認した。

（出典：石橋基範他、ドライバ個人特性の評価指標の開発、マツダ技報、No.22,2004、http://www.mazda.co.jp/philosophy/gihou/pdf/2004_No030.pdf）

2.1.4. インタビュー調査

ユーザプロフィール作成手法・技術について、表 5 のとおり国内外の研究機関、有識者等にインタビューを実施した。

表 5 国内外のインタビュー調査先

	インタビュー先
国内	独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター／サービス工学研究センター
	株式会社 U'eyes Design
	A 社（ペルソナ法等の手法を活用しているマーケティングコンサルティング企業）
国外	THEMATIX(アメリカ)
	Edinburgh 大学(イギリス)

以下は、ユーザプロフィール作成手法・技術に関する主なインタビュー項目である。

- ・ ユーザデータ収集の目的
- ・ ユーザデータの種類
- ・ ユーザデータの利活用について
- ・ ユーザデータからユーザプロフィールへの変換
- ・ ユーザプロフィールの利用目的
- ・ ユーザプロフィールの種類
- ・ ユーザプロフィールの生成方法
- ・ ユーザプロフィールの利活用について
- ・ ユーザプロフィール利用の効果
- ・ ユーザデータとの関係

インタビュー結果を以下のようにまとめた。

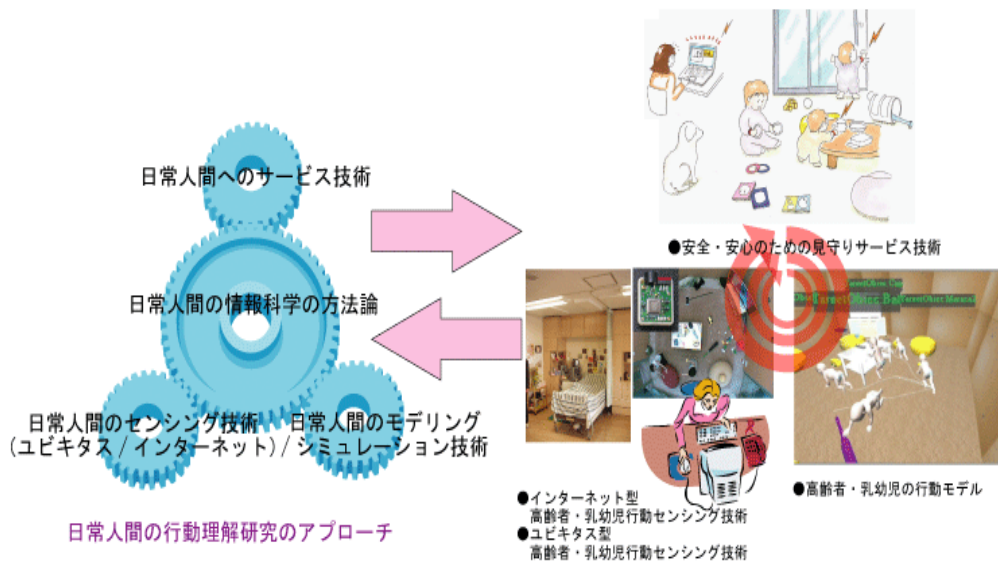
(1) 国内事例

(ア) 独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター／サービス工学研究センター

インタビュー先	独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター／サービス工学研究センター
主な内容	<ul style="list-style-type: none">・デジタルヒューマンデータと適用事例・サービス工学と適用事例
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none">・デジタルヒューマン工学研究センターでは、子供の事故情報などを扱っており、メーカーに製品の問題箇所をフィードバックしている。身体データを活用している。・サービス工学研究センターでは、認知的クロノエスノグラフィの研究を行っている。POSデータの分析などを行っている。・ユーザの行動情報を製品・サービスの改善へとつなげている。

【インタビュー調査項目】 ユーザデータ収集の目的

- ・ ユビキタスセンサやウェアラブルセンサを用いた生活における物理現象のセンシング、事故情報収集 DB 等インターネット型センサを用いた社会現象のセンシングによって、日常行動を定量的に評価し、このようなデータからシミュレーション可能なモデルを構築する計算論を開発している。
- ・ さらに得られた知見を生かし、乳幼児の家庭内での事故予防など、社会システム技術やサービスの開発／検証が、企業・病院・一般ユーザとの連携とともに進められている。



(出典：独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター
<http://www.dh.aist.go.jp/jp/research/enabling/>)

図 6 独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センターの取組み

【インタビュー調査項目】ユーザデータの種類、ユーザデータの利活用について

- ・ ユーザには3種類のイメージがある。
 - コモディティ：ある種の典型的なものからバリエーションをつくっていくもの。車の設計などで使われる。
 - サービス工学：カテゴリに分けるもの。カテゴリに応じて商品を作りだす。または、ユーザにどのカテゴリに所属するかを知らせる、カテゴリをレコメンデーションする、など。
 - インディビジュアル：マスカスタマイゼーションであり、例としては、靴が合わないときに中敷きを入れる、など。
- ・ 産業技術総合研究所では、統計的な集団データを扱っている。サービスの際にとった個人データを再び統計データに加工して戻すというサイクルがまわるのが理想的である。
- ・ デジタルヒューマン工学研究センター
 - 身体データとして、寸法、形、運動、行動などがある。
 - 主に子供の事故情報を扱っている。事故を引き起こす製品は千種類近くある。メーカーに製品の問題箇所をフィードバックする。
 - 自動車の開発では、コンセプト設計、機能設計、生産準備設計がある。
 - 自動車の開発の機能設計においては、CADの中で自動車に乗り込むときの動作をデジタルヒューマンを用いてシミュレーションしている。
 - 生産準備設計は、コスト内での機能を考える設計なので、サブミリの

オーダーの精度が求められる。デジタルハンドルのシミュレーションなどを実施している。

- コンセプト設計、プロモーションなどにおいても、デジタルヒューマンの展開を考えている。
 - 健康関連での適用事例もある。体形データは数百種類あり、統計処理をすることで15の主成分が抽出できる。フィットネスクラブで、目標に向かってモチベーションコントロールすることができる。歩き方にも個人差がある。歩き方を変えることでダイエットに効果がある。
 - 人体寸法は地域差・人種差が大きいので、如何に海外データを入手するかが課題である。特に現在では、BRICs：B（ブラジル）・R（ロシア）・I（インド）・C（チャイナ=中国）の4カ国のデータにニーズがある。
- ・ デジタルヒューマン工学研究センターにおける主な取組みは、表6のとおりである。

表6 デジタルヒューマン工学研究センターにおける主な取組み

研究テーマ	研究内容
健康増進技術研究	健康増進サービスやスポーツ用品の設計支援を目的として、人の生理・体形・運動機能をモデル化し、日常生活状態で人の健康状態の変化をモニタリングし可視化する技術、日常的に身体を活動させるための技術、これらの健康プログラムを生活に定着させるための技術を研究するとともに、これらの研究基盤となる人間特性と健康状態データを関連づけた健康データベースを構築していく。
生活・社会機能デザイン研究	人間の生活機能と計算機や人工物による生活支援機能とを有機的に組み合わせ再構成することで、人の日常生活をデザイン可能にする技術体系及び社会体系を開発する研究（生活機能構成学の研究）を推進している。
身体機能中心デザイン研究	衣服や眼鏡、カメラ、自動車など人が扱う製品を使いやすく・分かりやすく設計するため研究を行っている。 人間のかたちや動きを計測し、製品を使う人の「あり得る」かたちや動きをコンピュータ上に再現する研究。

研究テーマ	研究内容
スマートアシスト技術研究	人間の生活行動とその環境及び人が利用する物が計算機から分かれば、その人の意図や習慣に応じた適切なサービスが可能となります。そこで行動や環境の認識機能、得られた行動や環境のデータベース構築とそれを利用する計画機能について研究し、自律的でディペンダブルなアシスト機能として実現する。
障害予防工学研究	不慮の事故に起因する傷害を科学的アプローチによって予防するための科学技術を開発するのみならず、医療機関・関係省庁・産業界と連携をとることで、開発された科学技術が社会から利用可能なように社会システム化することを目標としている。

(出典：独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター
<http://www.dh.aist.go.jp/jp/research/>)

【インタビュー調査項目】ユーザプロファイルの利用目的、ユーザプロファイルの利活用について、ユーザプロファイル利用の効果

- ・ サービス工学研究センター
 - 認知的クロノエスノグラフィ CCE(Cognitive Chrono-Ethnography)の研究、人間の日常生活における行動選択をモデリングする調査手法の研究を行っている。
 - データのセンシングの実施。サービス工学では、サービス拠点でのセンシングを実施する。現場でデータをとる場合には、計測項目が限定的で、精度が低い。
 - エスノグラフィは、仮説をある程度たてて、その情報を最低限とるための現場でのセンシングを実施する。本人も気づかないようなものを引き出す。
 - POS データをカテゴリ分けし、需要予測や商材の選択、廃棄を減らす、店員のシフトを変えるなど経営の合理化が可能になる。顧客のセグメントに対して施策をうつことができる。
 - カテゴリーマイニングには、ベイジアンネットワークを利用している。
 - 日本ハムファイターズの事例では、2、3 試合、観戦に来ている人を10 回来てもらえるようにしたいというニーズがあった。何が好きかはどの試合に来ているか、どの席に座るかで分析できる。今まではマスイベント中心で、ビール無料券などを配布していたが、ターゲットを

明確にして、そのターゲットがくるきっかけを増幅するような策を打つ方が効果的である。

【インタビュー調査項目】 ユーザプロファイルの生成方法

- ・ 認知的クロノエスノグラフィの概要
 - CCE では、サービスにはモノとして触ることができないこと（無形性）、サービスが存在するのは、提供者から受容者への授受があるときのみであること（同時性、消滅性）、受け取る相手によって価値が異なること（異質性）といった特徴があるとしている。そしてこれらを踏まえ、サービス受容者の行動を認知行動（Cognitive）、時間軸上での行動選択の変容過程（Chrono-logy）、認知行動現場での利用行動の観測（Ethnography）という 3 つの観点で理解する。この手法が他のモデリング手法と大きく異なっているのは、サービスを受ける人間の平均的な行動モデルを導出するのではなく、ある特定の場面・状況での行動モデルを調査するところである（図 7 参照）。



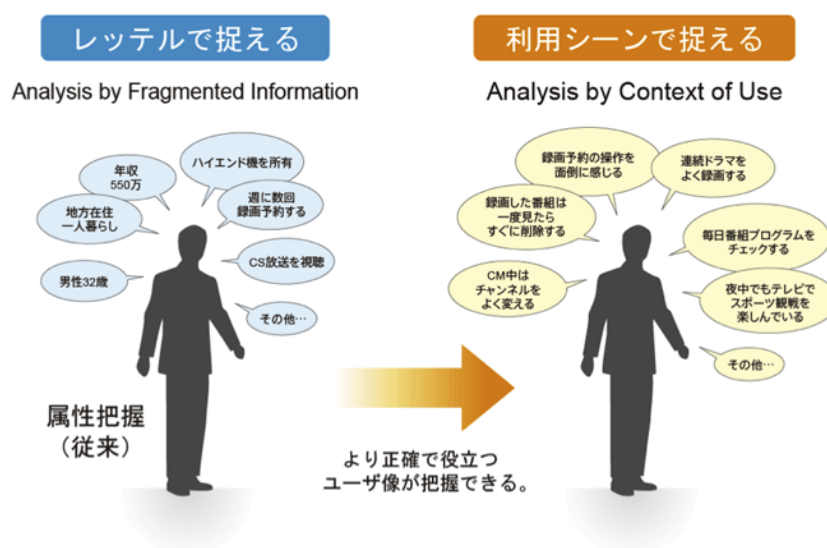
(出典：北島宗雄、中島真人 (独立行政法人産業総合研究所) CCE:認知的クロノエスノグラフィ～ 日常の行動選択を理解するための調査方法 ～から作成 http://staff.aist.go.jp/kitajima.muneo/Japanese/PAPERS%28J%29/JSKE_2010.html)

図 7 認知的クロノエスノグラフィの概要

(イ) 株式会社 U'eyes Design

インタビュー先	株式会社 U'eyes Design
主な内容	・株式会社 U'eyes Design でのユーザプロフィール作成・活用事例
インタビューのまとめ	・アンケート調査とそのデータの統計処理により、ユーザの属性を抽出する。事例としては、カーナビユーザを対象としている。

- ・ 取組みの背景には、ユーザニーズの多様性がある。多様なニーズに対して、平均値をとる、個別に対応する、セグメント分析による、などが考えられる。
- ・ ユーザエクスペリエンスやユーザビリティについては、タイプで分けないと役に立たないということが経験上分かった。
- ・ セグメント分析から、人とモノ・コトの関わり方尺度をつくる。
- ・ 「レットテルで捉える」から「利用シーンで捉える」へ（図 8 参照）
- ・ 「使いづらい」から「普通に使える」、そして「魅力を感じる」まで。



(出典：株式会社 U'eyes Design <http://www.ueyesdesign.co.jp/rd/ceatec2009.html>)

図 8 ユーザをレットテルではなく利用シーンで捉える

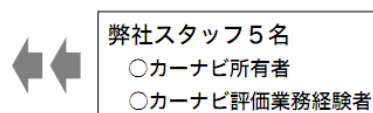
【インタビュー調査項目】ユーザデータからユーザプロフィールへの変換、ユーザプロフィールの利用目的、ユーザプロフィールの種類、ユーザプロフィールの生成方法、ユーザプロフィールの利活用について、ユーザプロフィール利用の効果、ユーザデータとの関係

- ・ 利用シーンで捉えることは、不完全でしか捉えられない。10 問程度の少ない質問で正確な分類ができる。
- ・ ユーザセグメンテーションの活用例
 - 市場の分析とラインナップの最適化：市場におけるユーザセグメントを明確化することで、ターゲット市場の特定や規模を把握することができる。また、商品ラインナップや商品仕様の設定に役立つ。
 - レコメンデーションやサービスの最適化：顧客をタイプ判定して、特性や人間像を把握することで確度の高いレコメンデーションを行うことが可能。また、接客や情報提示の仕方を最適化できる。
 - 調査モニタの選定：商品やサービスのテストやインタビューの際に、調査目的に合わせた適切な調査対象者を選定することが可能。
- ・ カーナビのドライバタイプの抽出
 - ユーザ利用状況の基礎情報を収集する。(300~500 の利用シーン、エピソードを集める。過去のデータとブレインストーミングによる。)

■ブレインストーミング

- 1) ナビのルート案内よりも自分のほうが道に詳しくなると優越感がある。
- 2) ナビのルート案内が怪しいと感じても、とにかくナビの指示通りに運転をする。
- 3) ナビを必要とする外出がそもそも少ない。
- 4) ルート案内より、むしろ混雑や渋滞回避のためナビを利用することが多い。
- 5) 行ったことのある場所でも、経路があいまいな場所はルートを探索する。
- 6) ナビの画面でこの先の道路線形、交差点、踏切の有無などを確認しながら走っている。
- 7) 道はよく知っているので、むしろ店舗や施設の情報源として重要している。
- 8) 車を走らせた後で、ナビの設定しないとルートが分からないことに気づくことがある。

⋮
⋮
約100項目抽出
⋮
⋮



- 109) よく行く場所は事前にナビに登録している。
- 110) 運転中でもナビの機能をいろいろ操作することがある。
- 111) 知らない所に行く場合でも、ナビを使わないときがある。

(出典：田平 博嗣、峯 淳子、製品との関わり方でユーザを分類する尺度-カーナビゲーション版の開発- <http://www.ueyesdesign.co.jp/rd/thesis/his2003ppt.pdf>)

図 9 ドライバタイプ抽出のためのブレインストーミング (カーナビの事例)

- 300~500 の利用シーン、エピソードから、専門家により 100 項目程度に集約して、アンケート調査項目を作成する (図 9 参照)。
- アンケート調査項目を用いて Web を活用した定量調査 (調査対象者数 250 名) を実施し、その結果に対して因子分析を実施することで 10 程度の重要な質問項目 (尺度) を抽出する (図 10 参照)。

	因子の解釈	寄与率	各因子における因子負荷量の大きい質問項目
第1因子	ナビの存在意義を実感している	7.68%	▶ ナビがあると、どこに行くにも安心感がある。
第2因子	運転中、ナビのやり取りが活発	6.46%	▶ ナビの地図画面の縮尺（詳細-広域）を頻繁に変える。
第3因子	ルート設定が思い通りにならない	4.75%	▶ 出発時にナビのルート設定で悪戯音聞することが多い。
第4因子	運転に気を取られがちな傾向	3.87%	▶ 気づかないうちにナビのルート案内をはずれて走っていることがある。
第5因子	ルート案内に対する不信感	3.82%	▶ 意図的にナビのルート案内を無視して走ることがある。
第6因子	音声入力に対する期待感	2.99%	▶ 音声認識は完璧ではないが便利な機能だと思う。
第7因子	ナビ機能に対する購入時のこだわり	2.67%	▶ ナビを選ぶときは使えるかどうかは別として機能の多さを重視した。
第8因子	多重タスクが苦手な傾向	2.37%	▶ 運転中、ナビの画面を見ることができず、音声の指示に頼っている。
第9因子	ナビをまめに活用しようとする姿勢	2.25%	▶ 近い場所、知っている場所へ行くときも、まめにルートを引き回している。
第10因子	ナビの機能を把握しようとする姿勢	2.15%	▶ マニュアルでナビの機能を詳細に確認した。
第11因子	ルート機能中心の割り切った使い方向向	2.06%	▶ 知らないところへ進出するときだけルートを探索する。

累積寄与率 41.06%

(出典：田平 博嗣、峯 淳子、製品との関わり方でユーザを分類する尺度-カーナビゲーション版の開発- <http://www.ueyesdesign.co.jp/rd/thesis/his2003ppt.pdf>)

図 10 ドライバタイプ抽出のための尺度の作成 (カーナビの事例)

- ▶ ユーザ属性の分類・特定には定量調査の結果に対してクラスタ分析を実施する (図 11 参照)。

■ユーザ属性の特徴

G1 16.4%

道に明るく、運転スキル、カーナビリテラシーともに高い、ナビのルート案内に不信感を持つ **ヘビーユーザ**



G2 13.2%

いろいろ便利に使いたい。まめに使いこなそうとする **機能活用型ユーザ**

G3 31.2%

運転中、ナビとのやり取り活発。音声認識に期待感。多重課題が苦手な **ちょっと危険なユーザ**

G4 39.2%

カーナビリテラシーが低い、割り切った使い方の **関心薄いユーザ**



(出典：田平 博嗣、峯 淳子、製品との関わり方でユーザを分類する尺度-カーナビゲーション版の開発- <http://www.ueyesdesign.co.jp/rd/thesis/his2003ppt.pdf>)

図 11 カーナビユーザ属性の抽出結果

(ウ) A 社 (ペルソナ等の手法を活用しているマーケティングコンサルティング企業)

インタビュー先	A 社 (ペルソナ法等の手法を活用しているマーケティングコンサルティング企業)
主な内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ ユーザデータ収集について ・ ペルソナ²の作成と活用
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ フィールドワークによるユーザデータの収集からペルソナの構築、そしてそれに基づいて製品に対する仮説を抽出する。

【インタビュー調査項目】 ユーザデータからユーザプロフィールへの変換、ユーザプロフィールの利用目的、ユーザプロフィールの生成方法、ユーザプロフィール利用の効果

- ・ デザインリサーチにより人間中心イノベーションを支援する。
- ・ フィールドワーク (製品の利用時を観察、またはインタビュー) を行う。
 - フィールドワーク時には、明確な仮説がなく、利用時に困っていること、失敗していること、想定外の使われ方をしていないか、を観察する。
 - インタビューでは、ユーザの価値観、過去の経験・スキル、利用時の感情を確認する。
- ・ フィールドワークの結果を断片化し、再構成する。
 - ユーザパターンを絞り込み、ペルソナに仕上げる。
 - 隠れていたゴールを見つけ出す。仮説を抽出することがゴールとなる。
- ・ ペルソナは複合的なシステムで初期に何が必要であるかを考えるときに必要である。一つ一つのエレメントを整理していくには、人間工学的手法がよいだろうが、それでは解決できない部分をペルソナで実施している。
- ・ 年齢、性別なども要素として入れているが、ペルソナでは重要ではない。
 - 主観的、恣意的、行き当たりばったり、状況に応じてデータを収集する。網羅的にデータを収集するわけではない。
- ・ ペルソナは利用品質の向上には役立たない。利用品質の向上には、人間中心設計が役立つ。ペルソナはサービスの設計には向いている。

(2) 海外事例

² ペルソナとは、製品やサービスをデザインする際にターゲットとして想定する架空のユーザ像のこと。実在の人々を調査・観察し、得られたデータに基づいて典型的ユーザ像を定義することにより適切な製品・サービス企画が行える。

(ア) THEMATIX(アメリカ)

インタビュー先	THEMATIX(アメリカ)
主な内容	・オントロジによるユーザデータの分類・活用 ・オントロジの利用をしたユーザデータの利用事例
インタビューの まとめ	・旅行者向けにオントロジを活用し、分類・分析することでユーザにあったサービスを提供する仕組みを構築している。

- ・ オントロジを使いユーザデータをクラスタ化し、分類し、自動推論エンジンを使い分析することで、ユーザ要求に適した製品やサービスを提供できる。
- ・ ユーザ情報はオントロジ言語である OWL(Web ontology language)により記述されることで、様々な解析エンジンを利用し、ユーザをモデル化できる。またオントロジの UML による記述、OWL から UML への変換も可能である。

【インタビュー調査項目】ユーザデータ収集の目的、ユーザデータの種類、ユーザデータの利活用について、ユーザデータからユーザプロフィールへの変換、ユーザプロフィールの利用目的

- ・ 旅行関連での活用例
 - AVIS Budget グループ（レンタカー会社）ではより快適なユーザサービスを提供するために、オントロジを利用してユーザ情報を、分類、分析することで、顧客要求に沿ったサービスを提供している。例えば、個人のビジネス旅行者にレンタカーを SUV 車へアップグレードすることを勧めても受け入れられない。これに対し、家族旅行の旅行者には SUV 車へのアップグレードは大歓迎だろう。Open Travel Alliance（旅行業界のビジネスやテクノロジーの課題を扱っている業界団体）では、顧客のトランザクション情報を共有する仕組みを開発しており、これにより、航空会社、レンタカー会社、ホテル、旅行会社、鉄道会社などがユーザ（顧客）の情報を共有している。この仕組みで共有されたユーザ（顧客）情報をオントロジを活用して、分類、分析することでユーザ（顧客）に合ったサービスを提供する仕組みを構築している。航空会社が出た、顧客の荷物数の情報、車椅子の持込み情報、旅程などはホテルやレンタカー会社にとっても重要な情報となる。
- ・ 投票データ利用の例

- ある政党が、投票データを政府から購入し、外部のデモグラフィック情報や市場情報、調査データなどと組合せ、投票者（ユーザ）を分類し、投票行動の分析を行った。この結果を政党のプロモーション戦略や献金の徴収の戦略に役立てた。投票データだけでなく、外部の複数のデータを組み合わせ、投票者（ユーザ）のモデルを作成した。
- ・ システムメーカーでのオントロジ利用によるユーザモデル
 - 携帯端末や様々な電子機器を開発する企業で、オントロジを利用し、ユーザデータを分類、分析し、製品開発にフィードバックしている例がある。
- ・ オントロジだけでは、ユーザの行動を分析することはできない。ユーザデータを収集し、分析する下流からの分析と、ユーザ行動やシナリオなどの仮定に基づく上流からの分析、その他の外部データの組合せによりユーザモデルを作成することが考えられる。

(イ) Edinburgh 大学(イギリス)

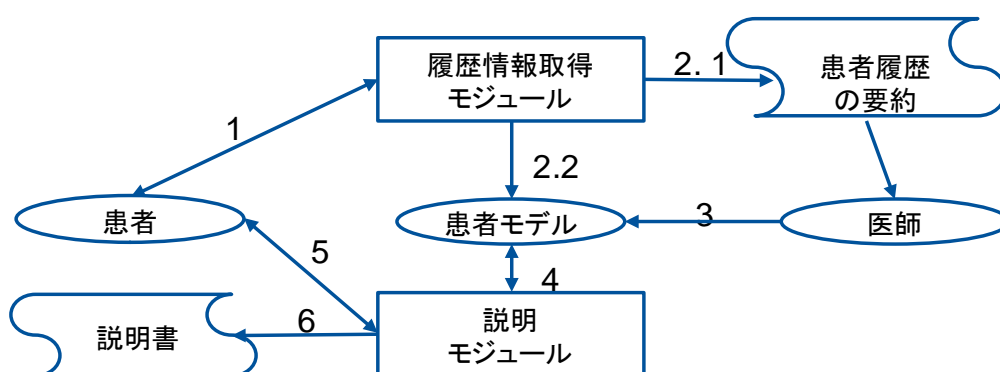
インタビュー先	Edinburgh 大学(イギリス)
主な内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 偏頭痛原因分析システムにおけるユーザモデル ・ フライトの推奨システムにおけるユーザモデル
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 偏頭痛原因分析システムにおいては、ユーザモデルの考え方を導入し、患者の属性（プロフィール）を基に効率よく問診を行い、適切な処方を与えることを支援する。 ・ フライトの推奨システムにおいては、会話履歴、ユーザモデル、ドメインモデルを基に、最適なフライトを最も効率的な順番で特定ユーザ向けにカスタマイズされた方法で提供する。

【インタビュー調査項目】 ユーザデータ収集の目的、ユーザデータの種類、ユーザデータの利活用について、ユーザデータからユーザプロフィールへの変換、ユーザプロフィールの利用目的

- ・ 偏頭痛原因分析システムにおけるユーザモデル
 - 患者へのインタビューや会話の結果を基に偏頭痛の原因を分析するためのシステムの研究においてユーザモデルの考え方が採用された。偏頭痛の原因を得るための質問項目を患者の属性によりカスタマイズする。ここでは、医師と患者との会話を基に患者（ユーザ）モデルが生成され、患者（ユーザ）モデルに基づいて、カスタマイズされた質問

を患者にすることで、効率よく、患者の状況を取得する。これにより、患者へ適切な処方を与えることができる。

- システムは、履歴情報取得モジュールと説明モジュールからなる。履歴情報取得モジュールは、来院の前に、患者から収集した情報を基に、患者モデル（ユーザモデル）を作成し、医師のために患者の状態を要約する。
- 説明モジュールは、患者モデルから得られる患者の状態を基に、各患者向けカスタマイズされ、日常言語で説明される問診表を作成し、問診表でカバーする項目についてのフォローアップの質問に应答する。
- このように、ユーザモデルの考え方を導入することで、患者の属性（性別や年齢などのプロフィール、病歴、生活習慣などの属性）を基に効率よく問診を行い、適切な処方を与えることを支援する。
- 図 12 にシステムアーキテクチャを示す：情報は、患者とドクターの間で行き来する。情報の流れが矢印で示されている。数字のついた矢印では、コンピュータシステムが直接関与する。患者は、履歴情報取得モジュールとやり取り(1)し、やり取りの記録は、医師のためにサマライズ(2.1)され、システムの患者モデルに記録(2.2)される。分析と処方は、医師あるいは看護師により、システムの患者のモデルに入力(3)される。説明モジュールは、患者モデルにアクセス(4)し、患者の質問に(5)答える。偏頭痛についてのカスタマイズされた情報と処方された治療法がスクリーンに表示され、患者が家に持ち帰る説明書が印刷(6)される。



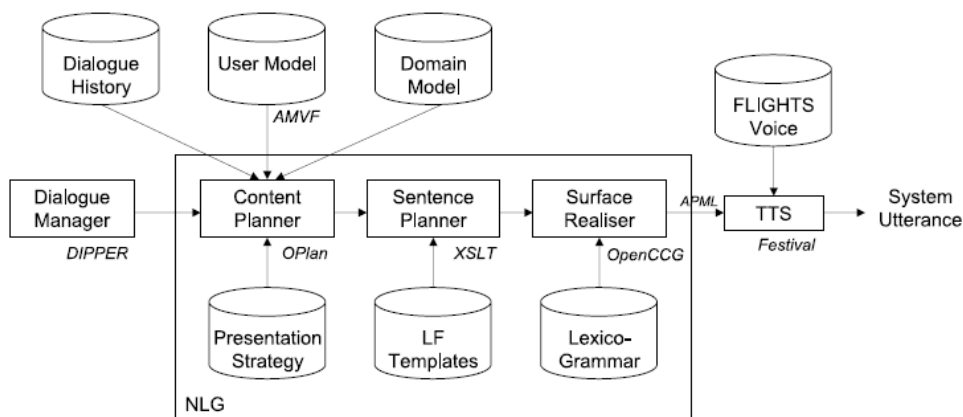
(出典：Johanna D. Moore University of Edinburgh、An intelligent interactive system for delivering individualized information to patients)

図 12 偏頭痛原因分析システムアーキテクチャ

【インタビュー調査項目】 ユーザデータ収集の目的、ユーザデータの種類、ユー

ザデータの利活用について、ユーザデータからユーザプロフィールへの変換、ユーザプロフィールの利用目的、ユーザプロフィールの種類、ユーザプロフィールの生成方法、ユーザプロフィールの利活用について、ユーザプロフィール利用の効果、ユーザデータとの関係

- ・ フライトの推奨システム (図 13 参照)
 - フライトの特徴を決める属性を抽出し、ユーザの嗜好に応じて属性の重みを決める。属性の重みから推奨するフライトを選択する。ユーザの嗜好を基に、属性の重みを決める手法として多属性効用理論 (MAUTE : Multi-attribute utility theory) を採用している。ここで求められたユーザの嗜好に応じた属性の重みをユーザモデルとして最適なフライト情報を得る。
ユーザモデルの属性の重みを決めるために、多属性効用理論が用いられている。
多様な選択枝の中から何かを選択する意思決定 (価格、性能、品質などの違いといった多属性をもった選択対象から何か1つを選択すること) を多属性意思決定と呼び、これを数値的に計算する理論を多属性効用理論と呼ぶ。
 - フライトの推奨システムでは、会話履歴、ユーザモデル、ドメインモデルを基に、最適なフライトを最も効率的な順番で、特定ユーザ向けにカスタマイズされた方法で提供する。ここでユーザモデルが重要な役割を果たす。



(出典 : Johanna D. Moore University of Edinburgh、Generating Tailored, Comparative Descriptions with Contextually Appropriate Intonation)

図 13 フライトの推奨システムの構成

- ・ フライトの推奨システム : ユーザモデルの作成 (図 14 参照)

- ユーザ要求に合致するフライトを特定：最初のステップでは、ユーザの要求する出発地、目的地、到着、出発時間に合致するフライトを特定する。
- フライトを評価する属性の特定：フライトの評価をするための到着時間、出発時間、乗換え数、全行程時間、価格、航空会社、クラス、乗り換え空港などの属性を決定する。
- ユーザ情報の取得：ユーザモデルを作成するために、2種類のユーザ情報を必要とする。
 - 1)ユーザが決める属性の重要性の順番の情報
 - 2)航空会社、乗り換え空港、クラスの属性についての好き嫌いの情報
- ユーザの属性の重みを算出：ユーザの決めた属性の重要性の順位付に基づき、各属性に重みが与えられる。ここでは、ROC (Rank Order Centroid) weights を利用した。これにより、ユーザの要求（重要性の順位）に対する各属性の重みは下記の式で計算され、合計が1となる。合計 K 個の属性の k 番目の重み w_k は以下の式で計算される。

$$w_k = \frac{1}{K} \sum_{i=k}^K \frac{1}{i}$$

(出典：Johanna D. Moore University of Edinburgh, Generating Tailored, Comparative Descriptions with Contextually Appropriate Intonation)

Student (S):
A student who cares most about price, all else being equal
Frequent Flyer (FF):
A business traveler who prefers business class, but cares most about building up frequent-flyer miles on KLM
Business Class (BC):
Another business traveler with a slight preference for KLM, but who wants, above all, to travel in business class

	重み							好き嫌い		
	到着時間	乗り換え回数	全行程時間	価格	航空会社	乗換え空港	クラス	航空会社	乗換え空港	クラス
S	.11	.11	.11	.37	.11	.11	.11	----	----	+Econ
FF	.16	.16	.07	.03	.37	.03	.16	+KLM	-LHR	+Bus
BC	.16	.16	.16	.03	.07	.03	.37	+KLM	-LHR	+Bus

(出典：Johanna D. Moore University of Edinburgh, Generating Tailored, Comparative Descriptions with Contextually Appropriate Intonation)

図 14 フライトの推奨システム ユーザモデルの例

- ・ フライトの推奨システム：推奨フライトの選択手順

- フライトの属性の価値を求める価値関数を定義する。
- 各属性の価値は 0 から 1 の間で表され、0 は最も不適切、1 は最も適切であることを示す。
- 到着時間と出発時間の属性はユーザが記載した時間に近いフライトの属性に高い点数が与えられる。もし、到着時間や出発時間が記載されない場合、該当する属性はユーザモデルで無効となる。
- 全行程時間の属性の価値は到着時間と発着時間の差で計算され、スケールリングし 0～1 の間の価値評価を得る。航空会社、乗り継ぎ空港、クラスの属性は、ユーザが記載した好き嫌いの情報を利用し、好きの場合を 0.8、嫌いの場合を 0.2、その他を 0.5 で表す。
- 評価されるフライト f の評価は $v(f)$ 、 K を属性の数、 w_i は属性 i の重み、 v_i は属性 i の価値評価とすると、フライト f の評価は下記の式で算出される。

$$v(f) = \sum_{i=1}^K w_i v_i(f)$$

(出典 : Johanna D. Moore University of Edinburgh、Generating Tailored, Comparative Descriptions with Contextually Appropriate Intonation)

2.1.5. ユーザプロファイル手法・技術に関する調査結果のまとめ

ユーザプロファイル手法・技術を調査、適用または研究している企業・組織に対し、インタビュー調査を実施した。

インタビュー先で実施されているユーザプロファイル手法・技術については、以下のとおりである。

ペルソナ法 (A 社)、シナリオの活用 (Edinburgh 大学)、CCE (独立行政法人産業技術総合研究所)、データマイニング (独立行政法人産業技術総合研究所)、クラスタ分析 (株式会社 U'eyes Design)、因子分析 (株式会社 U'eyes Design)、オントロジー (THEMATIX)

以上の調査結果により、ユーザプロファイル手法・技術に関する現状・課題を抽出し、それに対する対策を検討した (図 15 参照)。

ユーザプロファイリング技術には、静的なプロファイリング技術と動的なプロファイリング技術が考えられる。

静的プロファイリング技術とは、ペルソナ法やデータの統計処理などにより、生年月日、性別、居住地域、購買データといった変化しない属性の情報から、プロファイルを抽出する技術であり、動的プロファイリング技術とは、時間的な変化、変容を考慮に入れ、時間的な変化を伴うデータの特徴をプロファイルとして表現する技術である。

動的プロファイリング技術については、現在確固たる技術が存在しない。動的プロファイリング技術を確立できれば、自動車のドライバーの時間軸上での振舞いを表現することができる可能性がある。

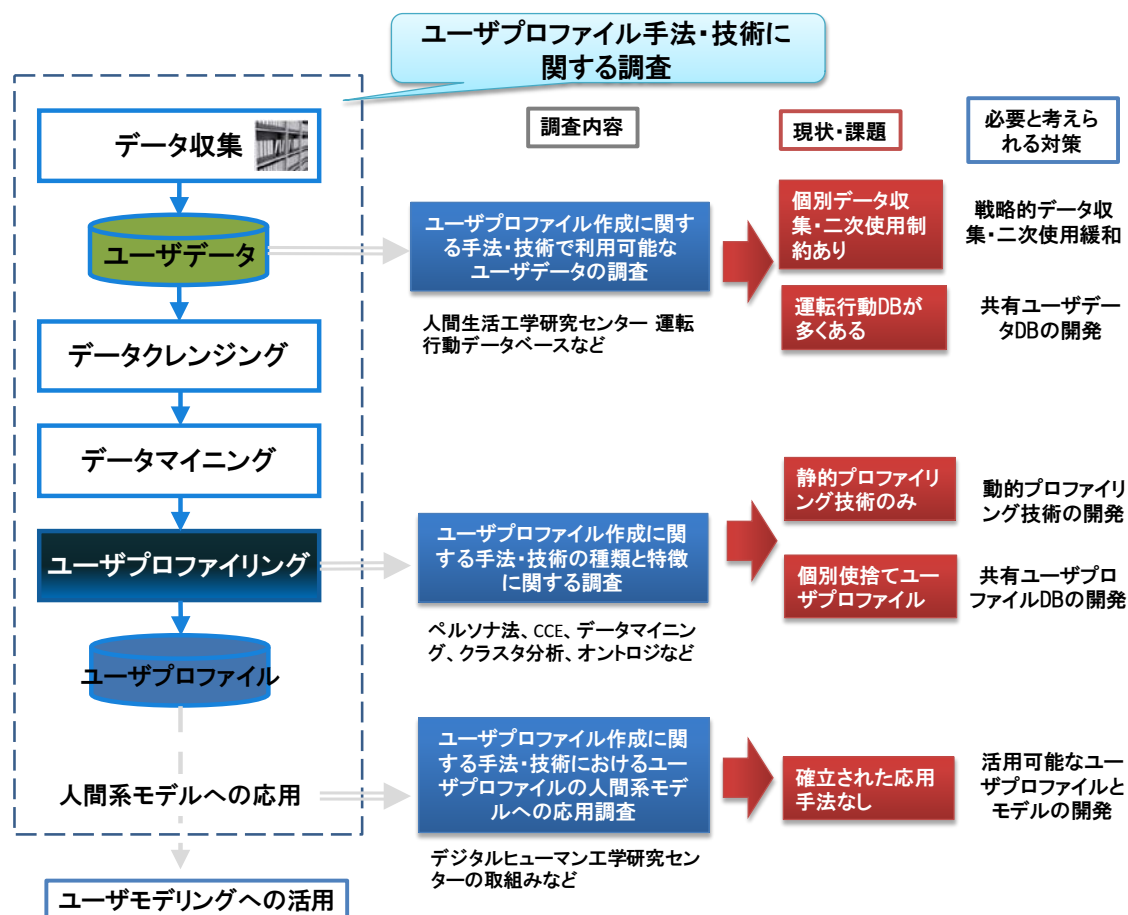


図 15 ユーザープロフィール手法・技術に関する現状・課題及び対策

調査結果から明らかになった現状・課題及びそれに対する対策を、以下のようにまとめた。

- ・ ユーザープロフィールで利用できる運転データの収集など、ユーザーデータの収集の困難さ及び現時点で利用できるデータが少ないこと。そのため、共有DBの開発や戦略的なデータの収集方法が求められている。
- ・ ユーザープロフィールの作成については、静的プロファイリング技術が中心であり、自動車のドライバーデータ等にも応用できる動的プロファイリング技術が求められている。
- ・ ユーザープロフィールの人間系モデルへの応用については、確立された応用手法がない。そのため、活用可能なユーザープロフィールとモデルの開発が求められる。

調査の結果とそれから考えられる現状、現状の評価と今後の展開を図 16 に示す。

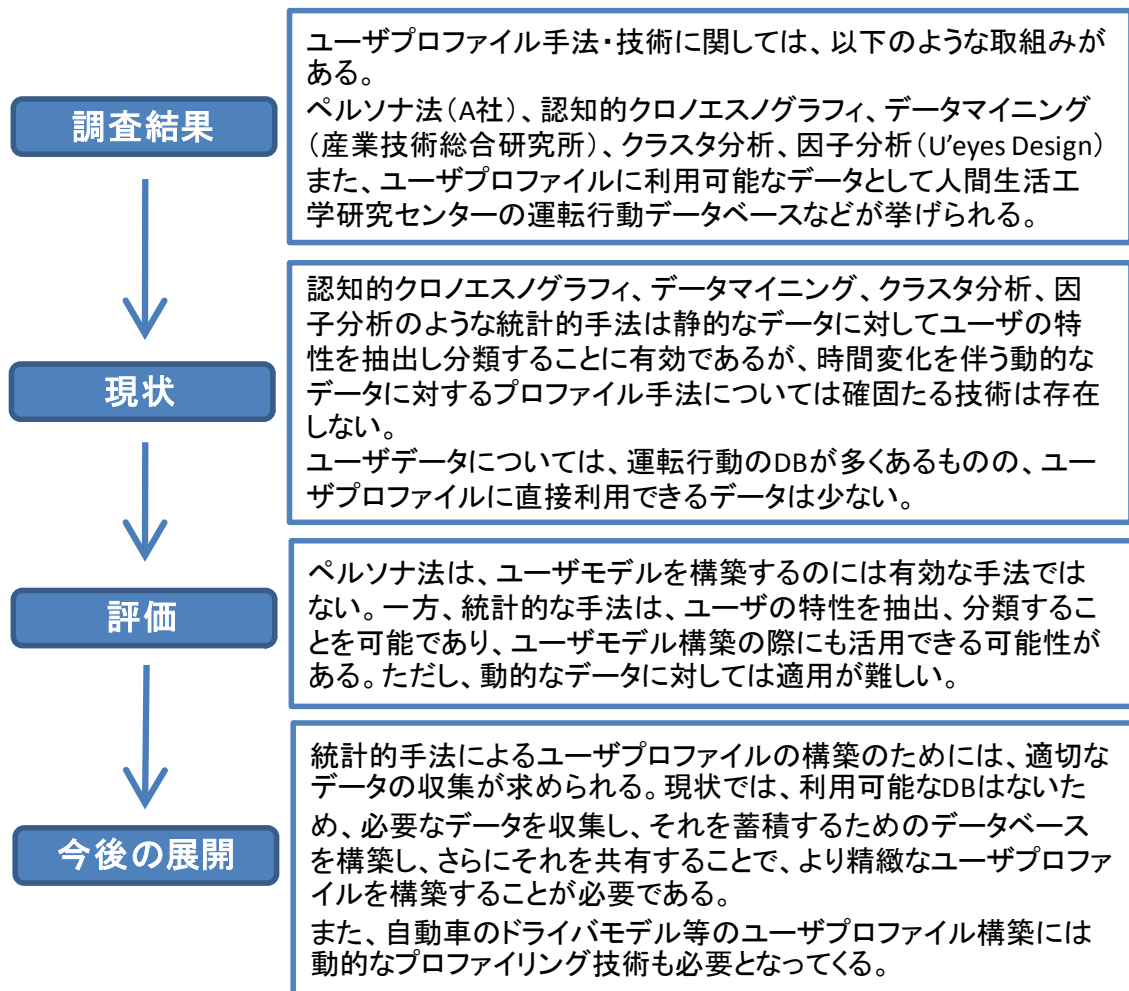


図 16 ユーザプロフィール手法・技術に関する調査の結果、現状、評価及び今後の展開について

2.2. モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査

2.2.1. モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査について

モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査においては、以下の観点で調査を行った。

- 人間系を扱えるモデルベース開発手法・技術の種類と特徴に関する調査
- 人間系を扱えるモデルベース開発手法・技術における人間系モデルの調査
- 人間系を扱えるモデルベース開発手法・技術における人間系モデルのユーザモデルへの適用性の調査
- 人間系を扱えるモデルベース開発手法・技術に対応する開発ツールにおける人間系モデルの作成手法の調査

ここでのユーザモデルとは、モデルベース開発において、人間を表現するためのモデルであり、その他のモデル、例えばプラントモデル等とを区別している。

調査内容と調査対象を、図 17 に示す。

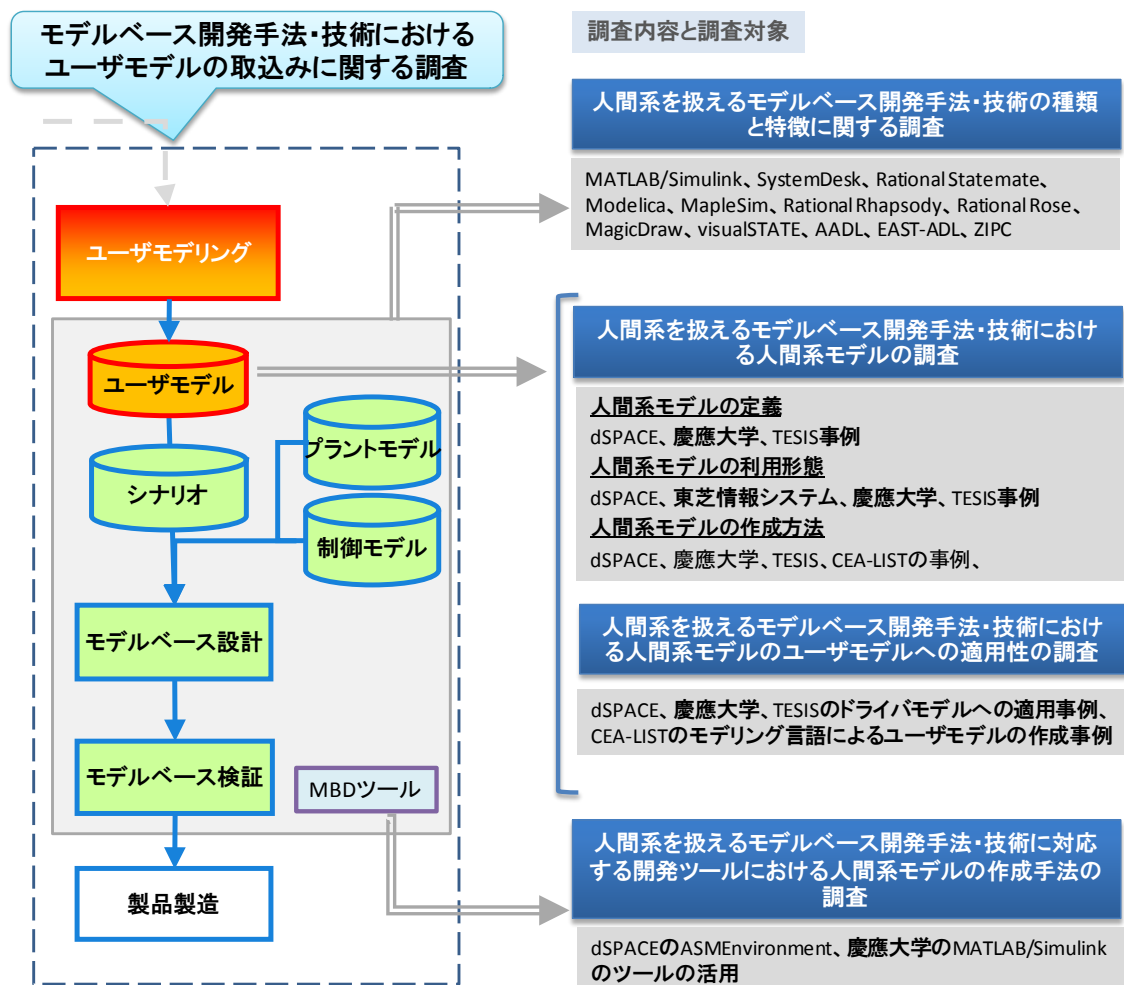


図 17 モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査の内容

2.2.2. モデルベース開発手法・技術

主なモデルベース開発手法・技術を表 7 に整理する。モデルベース開発をするためのモデルやツール、手法をシミュレーション系とアーキテクチャ系に分けて整理した。

表 7 主なモデルベース開発手法

大区分	小区分	ツール/手法の例
シミュレーション系	制御モデル	MATLAB/Simulink、SystemDesk、Rational StateMate 等
	プラントモデル	Modelica、MapleSim 等
アーキテクチャ系	UML、SysML	Rational Rhapsody、Rational Rose、MagicDraw、visualSTATE、MARTE 等
	ADL	AADL、EAST-ADL 等
	状態遷移図	ZIPC 等

このようなモデルベース開発に適用可能なユーザモデルについて調査を実施した。

上記に関連して、モデルベース開発で利用されるツールには表 8 のようなものがある。

表 8 モデルベース開発で利用されるツール・手法の特徴

ツール名・手法	開発元	特徴
MATLAB/Simulink	MathWorks	通信、制御等の分野において、時間依存システムの設計、シミュレーション、実装、テストが可能なプラットフォームである。
SystemDesk	dSPACE	車載ソフトウェアを対象とし、グラフィカルなシステムモデリングをサポートする。AUTOSAR 規格に準拠したモデリングシステムを提供している。
Rational StateMate	IBM	複雑な組込みシステムを対象とし、グラフィカルなモデリング、シミュレーション、プロトタイピングを可能にする。
Dymola	Dassault Systemes	Modelica 言語に対応し、電気駆動、弾塑性ボデー、油圧、空気圧、パワートレイン、空調等のライブラリを提供する物理系のモデリング及びシミュレーションプラットフォームである。
MapleSim	Maplesoft	Modelica 言語に対応し、電気回路、機構系、1次元メカニカル、伝熱等、複数の物理領域にわたる物理システムのモデリング及びシミュレーションプラットフォームである。

ツール名・手法	開発元	特徴
Rational Rhapsody	IBM	UML や SysML に基づいて、組込みシステム開発やテスト等を行うためのモデル駆動開発環境である。
ZIPC	キャッツ株式会社	状態遷移表に基づいて状態と入力のコラボレーションを網羅的に設計することにより、異常ケースや例外ケースの抜け漏れを防ぐ。また、モデルからコードを自動生成することが可能である。

2.2.3. 公開情報に基づく調査

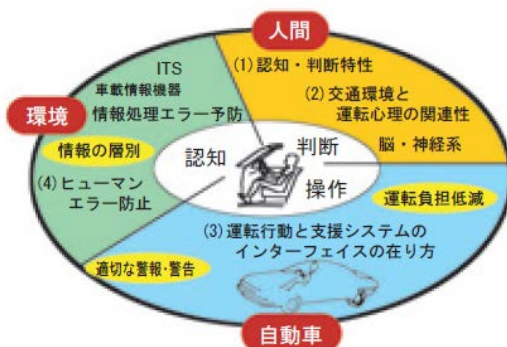
(1) モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込み事例

(ア) 運転支援システム (図 18 参照)

手法・技術	シミュレーション系のモデルベース開発
事例まとめ	運転支援システムの開発事例である。ドライビングシミュレータ等を用いた特性データの観測・分析、それらに基づく動作パラメータの最適化を通し、運転支援システムを設計している。シミュレーション系のモデルベース開発が活用されている。

運転行動は、外部の環境や車体状態の入力情報に基づきドライバが認知・判断・操作する1つのフィードバックする人間・自動車・環境システムとしてみることができる。したがって、運転支援技術の開発には、人間・自動車・環境の3つの視点からのアプローチが重要となる。

事故低減に必要な運転支援システムの課題として、(1)ドライバの認知や判断特性、(2)交通環境と運転心理の関連性の理解、(3)運転行動と支援システムのインターフェースの在り方、(4)ヒューマンエラー防止からの解決策などが挙げられる。



(出典：土居俊一 「ドライバ特性を踏まえた運転支援」
デンソーテクニカルレビュー Vol.12 No.1

http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/technology/dtr/v12_1/files/02.pdf)

図 18 運転支援システムの技術戦略領域

運転行動を一連の行動連鎖と考えると、まず状況の認識があり、次に意思決定と反応選択があり、最後に個々の操作が実行され、運転状況（外界情報と車両情報）が時々刻々と変化する。各運転プロセスで運転支援システムへのアプローチは、(1)現象計測、(2)理解解析、(3)システム応用の3段階となる（図19参照）。

プロセス	状況の認識 認知・知覚	意思決定 反応選択	操作・実行	共通課題
アプローチ 1) 現象計測	生体・生理計測 認知心理計測 接近距離検知 知覚感受特性	停止および通過判断 ディレンマ計測 メンタルワークロード 運転心理分析	緊急操作挙動解析技術 制動操作特性解析技術 追従走行運転行動解析 フィジカルワークロード	非侵襲計測 リアルタイム計測 運転模擬技術
2) 理解解析	視覚的ヒューマンエラー 視覚的注意特性 交通環境の定量化 情報呈示判読性	行動文脈把握技術 疲労と 運転パフォーマンス 意識低下時と 運転パフォーマンス	行動構造技術 (行動モデル) ワークロードが 運転行動に及ぼす影響 漫然挙動解析技術	メカニズム解析 ヒューマン エラー発生機構
3) システム 応用	夜間・薄暮時視覚支援 認知・知覚支援 路側標識の 判読性・視認性向上	疲労運転事故防止 ぼんやり運転防止 出会い頭事故防止 注意喚起、警報警告	緊急回避操舵操作支援 追突防止支援技術 支援装置適合化技術 運動安定化制御	システム過信 注意散漫 リスク マネジメント
運転支援	安全な道路標識 情報提示装置	ドライバサポート 運転支援装置	走行支援装置 車両制御装置	

（出典：土居俊一 「ドライバ特性を踏まえた運転支援」

デンソーテクニカルレビュー Vol.12 No.1

http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/technology/dtr/v12_1/files/02.pdf

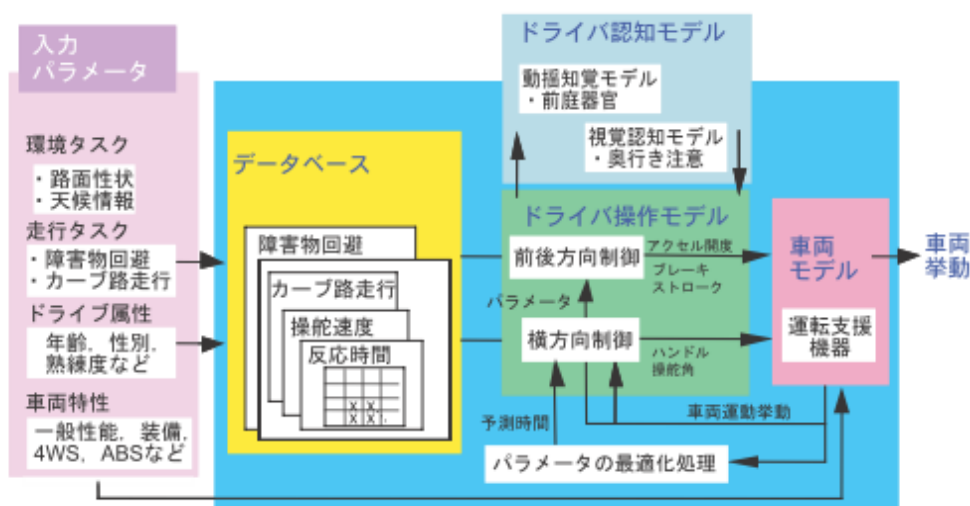
図 19 運転プロセスと運転支援システムへのアプローチ

車両の運転支援や走行支援装置の開発においては、ドライバの操作行動パターンをはじめ緊急時の回避操作行動や若年から高齢者、あるいは小柄な人から体格の大きい人までの個人差を含めた広範囲な運転行動特性が評価される。

ユーザモデルは、状況の認識や知覚に関する特性、特定状況下での意思決定や反応に関する特性、特定の運転タスクに対する操作特性に特に着目してモデル化が行われる。具体的には、図 20 に示すように、入力を走行環境（環境タスク）、道路形状（走行タスク）やドライブ属性などとし、ドライバの認知・知覚（ドライバ認知モデル）及び操作特性（ドライバ操作モデル）と車両運動（車

両モデル) を一体化したモデルとして表現される。

ドライビングシミュレータ等を用いた特性データの観測・分析、それらに基づく動作パラメータの最適化を通し、運転支援システムが設計されている。



(出典：土居俊一 「ドライバー特性を踏まえた運転支援」
 デンソーテクニカルレビュー Vol.12 No.1

http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/technology/dtr/v12_1/files/02.pdf)

図 20 人間・自動車系としての運転支援性能予測の流れ

(イ) 運転支援システムの分類

手法・技術	—
事例まとめ	運転支援システムに関連して、その開発の難易度を整理したものであり、参考情報である。

運転支援システムは、その内容・難易度によって以下のように 6 段階 (数値が高いほど難易度高) に分類することができる (表 9 参照)。

レベル 1~3 は既に導入済みのシステムが普及しており、レベル 4 に関しては技術的な課題は多いものの実証実験が進んでいる。レベル 5~6 に関してはその基礎研究・一部機能の実装が進められている。

表 9 運転支援システムの分類

レベル	システム	内容／代表例
1	ドライバの操作補助に関わるシステム	【例】シンクロ、AT(Automatic Transmission)、燃料噴射、ブレーキ倍力装置、パワーステアリング、クルーズコントロール、レーンキーピング、ACC など
2	ドライバの能力補助に関わるシステム	【例】4WD、アンチロックブレーキシステム、トラクションコントロールシステム、4WS、スタビリティコントロール、ブレーキアシストシステム、暗視装置など
3	ドライバの情報提供に関わるシステム	【例】故障診断・故障警報、ナビゲーションシステム、VICS、側方車両情報、前方路面情報、特定路における道路情報など
4	ドライバの状態監視に基づくシステム	【例】追突警報システム(防止システム)、居眠り警報システム、衝突速度低減システムなど
5	ドライバの意思推定に基づくシステム	ドライバ運転特性からの意思推定方法確立
6	ドライバの情報処理能力に基づくシステム	ドライバの情報処理過程の推定とそれを用いた個々のドライバの低下能力の推定・補助、ドライバの過去の情報処理過程をベースとしたドライバの意思決定補助

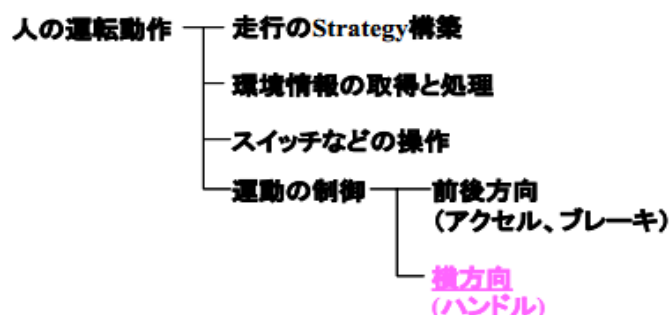
(出典：景山一郎 「運転支援システム構築に向けた MATLAB によるドライバの特性解析」 MATLAB EXPO 2005 モデルベース制御系設計カンファレンス より作成

http://www.mathworks.com/tagteam/58428_LN375_Driver_Characteristic_Analysis_via_ML_for_Driving_Support.pdf)

(ウ) 人 - 自動車系のモデル

手法・技術	シミュレーション系のモデルベース開発
事例まとめ	自動車のドライバのモデルについて考察した事例である。人・自動車系のモデルでは、人のモデル化は伝達関数モデル、知識ベースモデル、ニューラルネットワークモデルが考えられ、ここでは、伝達関数モデルで若年ドライバと高齢ドライバの特性の比較をしている。シミュレーション系のモデルベース開発を適用している。

人の運転動作の分析をすると図 21 のように整理できる。



(出典：安部正人 (神奈川工科大学)「人-自動車系のモデル」

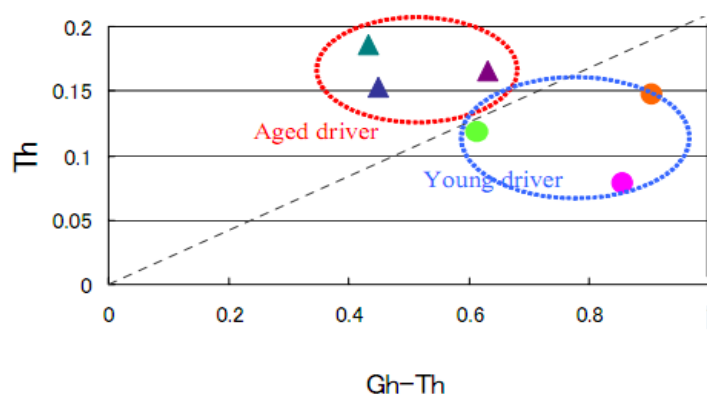
<http://www.jsae.or.jp/~dat1/mr/motor20/mr20042012.pdf>)

図 21 人の運転動作

人のモデルを整理すると、次のようなモデル化が考えられる。

- 伝達関数モデル：微分方程式という論理の記述形式をとる。
- 知識ベースモデル：数式に限らず、合理的な判断を組み合わせて入出力関係を構成する。既知の事柄以上の結果は期待できない。ファジー制御モデル、プログラム制御モデルなど。
- ニューラルネットワークモデル：多数の入出力データからその関係を決めるモデル。入出力データとして分かっていること以上に分かる手段を提供しない。

伝達関数モデルにより、若いドライバと高齢なドライバとの間の差が操舵ゲイン G_h と応答遅れ T_h の間によく現われていることが明らかになった (図 22 参照)。



(出典：安部正人 (神奈川工科大学)「人-自動車系のモデル」

<http://www.jsae.or.jp/~dat1/mr/motor20/mr20042012.pdf>)

図 22 ドライバパラメータの同定

(エ) 制御モデルにおけるドライバモデル

手法・技術	シミュレーション系のモデルベース開発
事例まとめ	自動車の制御モデルにおけるドライバモデルの位置付けである。 ドライバモデルを考える際の参考事例である。

制御モデルにおけるドライバモデルを図 23 に示す。ドライバモデルは、数式（伝達関数）で表される制御モデルであり、その研究には比較的長い歴史がある。そのモデルには「非線形モデル」「準線形モデル」「クロスオーバーモデル」がある。

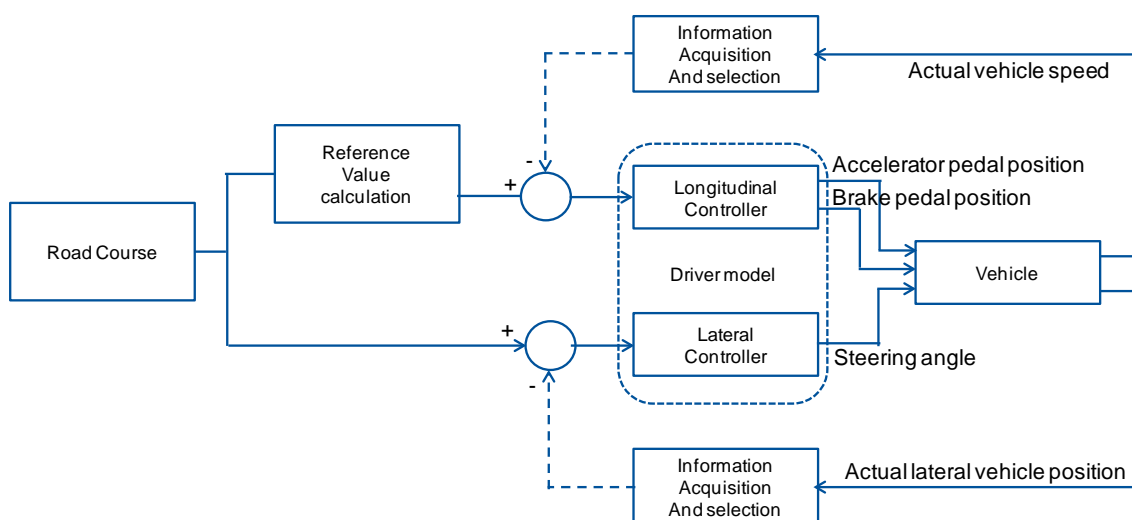
非線形モデル：ドライバへの入力と出力が線形ではないもの。線形であるとは、入力と出力が比例関係にあること。

準線形モデル：ドライバへの入力と出力が線形と非線形の混合であるもの。

クロスオーバーモデル：車両の特性や走行条件に応じてドライバの特性が変化するモデル。

一般的にドライバと車両のモデルは、走行方向の制御 (longitudinal control) と操舵方向 (lateral control) の制御で構成される。

ドライバモデルによるシミュレーションは、ほとんどがこのモデルとほぼ同じものである。



(Kiencke and Nielsen' model を基に作成)

図 23 制御モデルのドライバモデル

2.2.4. インタビュー調査

モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みについて、表 10 に示すとおり国内外の研究機関、有識者等にインタビューを実施した。

表 10 国内外のインタビュー調査先

	インタビュー先
国内	dSPACE Japan 株式会社
	東芝情報システム株式会社
	慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科
国外	TESIS DYNAware GmbH 社(ドイツ)
	SAF Consulting(アメリカ)
	CEA-LIST(フランス原子力・代替エネルギー庁システム統合技術研究所)
	VOLVO Technology Corporation(スウェーデン)

以下は、モデルベース開発手法・技術に関する主なインタビュー項目である。

<ul style="list-style-type: none"> ・ ユーザモデルの構造 ・ ユーザモデルへの入力情報 ・ ユーザの制御対象 ・ 制御パラメータ ・ ユーザモデルの出力情報 ・ ユーザプロファイルの取込み
--

インタビュー結果を以下のようにまとめた。

(1) 国内事例

(ア) dSPACE Japan 株式会社

インタビュー先	dSPACE Japan 株式会社
主な内容	・ ASM(Automotive Simulation Models)Environment のドライバモデル
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動車のシミュレーション環境において、ドライバが制御するアクセル、ブレーキ等の操作に、ある程度のドライバ特性を考慮することができる。 ・ dSPACE 独自のツールと Simulink モデルの利用

- ・ ASM : Automotive Simulation Models

- 自動車の標準的な要素（ディーゼルエンジン、ガソリンエンジン、ビークルダイナミクスなど）に対する制御ソフトウェアをリアルタイムでシミュレーションするための、オープンな Simulink モデルである。
- ASM が使われる主な場面としては、dSPACE シミュレータ上で電子制御ユニット(ECU)の HIL(hardware-in-the-loop)テストを実施する場合や、初期の設計フェーズで制御アルゴリズムの妥当性検査を実施するためにオフラインシミュレーションを行う場合などがある。

(出典：dSPACE Japan 株式会社 自動車用シミュレーションモデル (ASM))

http://www.dspace.jp/ja/jpn/home/products/sw/automotive_simulation_models.cfm

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ ASM のドライバ（運転手）の模擬機能には以下がある
 - 縦方向のスピードコントローラ（ブレーキ・アクセルペダル）
 - 横方向（ステアリング）
 - 設定速度の追従（基準速度）
- ・ ドライバモデルへの入力情報は以下である（図 24 参照）。
 - 現在の車両スピード
 - 指示速度
 - 道路の位置（座標）
- ・ ドライバはアクセル、ブレーキ、クラッチ、ギアを操作する。

【インタビュー調査項目】 ユーザプロファイルの取込み

- ・ ドライバの特性としてパラメータで設定できそうなものは以下である。このようなドライバの性格を少しは考慮に入れることができる。
 - 速度の速い人と遅い人
 - 先読みをする人としない人
 - 現在のエラーに敏感（センシティブ）であるか、将来のエラーに敏感であるか
- ・ これらのドライバ特性を考慮することで燃費の計算などが可能になる。

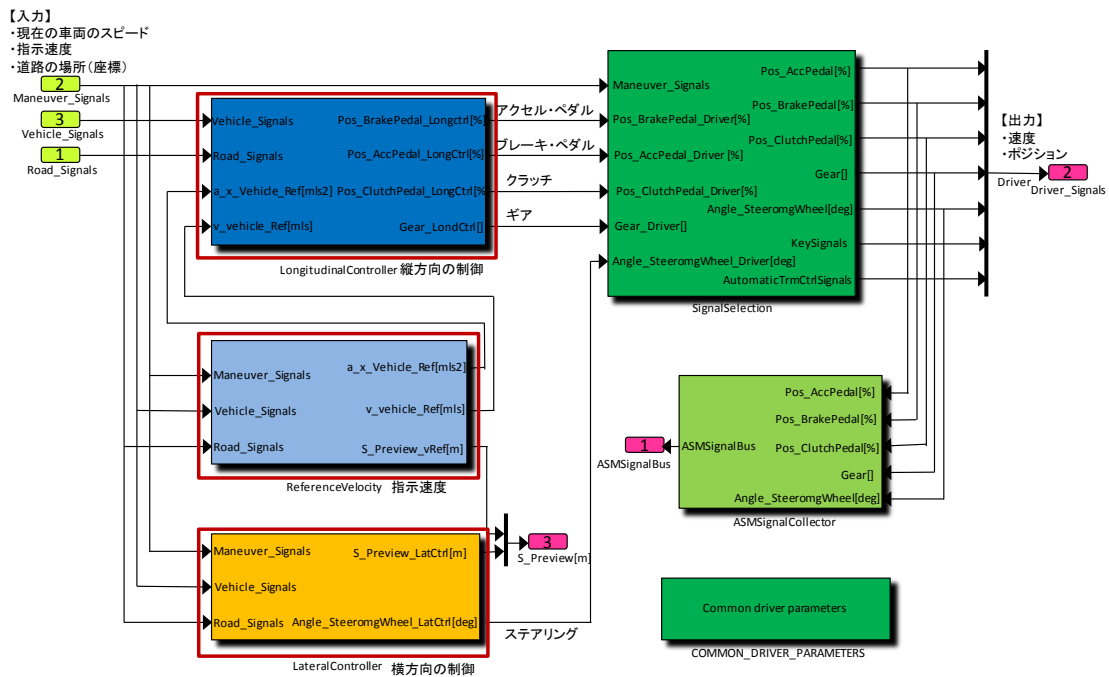


図 24 ドライバモデルへの入出力

【インタビュー調査項目】ユーザモデルへの入力情報、ユーザの制御対象、制御パラメータ、ユーザプロファイルの取込み

- ・ ドライバへの入出力情報をまとめると表 11 のようになる。

表 11 自動車（ドライバ）の制御モデル

対象	自動車（ドライバ）	
モデルへの入力情報	現在の車両のスピード	
	指示速度	
	道路の位置（座標）	
ユーザが制御するもの	縦方向（進行方向）制御	アクセルペダル
		ブレーキペダル
		クラッチ
		ギア
	横方向制御	ステアリング
制御パラメータ	Controller gain for position error(proportional)	
	Controller gain for position error(integral)	
	Controller gain for previewed position error	
	Controller gain for yaw angle error	

対象		自動車（ドライバ）
		Preview time for lateral controller
		Delay time for lateral control signal
出力情報		速度
		ポジション

(イ) 東芝情報システム株式会社

インタビュー先	東芝情報システム株式会社
主な内容	・ 東芝情報システム株式会社で利用している自動車のドライバモデルと現状の課題
インタビューのまとめ	・ 自動車のシミュレーション環境においてドライバモデルに対し、運転パターンなどのシナリオを取り入れている。 ・ 独自ツールの開発と MATLAB/Simulink の利用

- ・ 自動車の ECU ソフトウェアの開発を行っている。開発に際しては、プラントモデルを HILS(Hardware in the Loop Simulation)に載せて検証を行うというところから始めた。
- ・ ソフトウェア開発もモデルから自動生成を行うというところから始めた。
- ・ リアルタイムシミュレータ M-RADSHIPS(Model-based Rapid Application Development Simple & High cost Performance Simulator)の開発・販売を行っている。
 - MATLAB/Simulink で開発したモデルをリアルタイムに実際の信号をシミュレートさせることができる。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ ドライバモデルは、一定の速度で走るようなモデルで、アクセルだけフィードバック制御をしている。
- ・ 一定の動きをするドライバモデルを HILS に組み込んで利用することはある。
- ・ ユースケースのシナリオをプラントモデルに組み込んでしまうのも 1 つのユーザモデルと考えることができる。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルへの入力情報、ユーザの制御対象、制御パラメータ、ユーザモデルの出力情報

- ・ シミュレーションでは、ドライバがハンドルをきったりアクセルを踏んだ

りはする。

- 速度、位置が入力情報であり、目標速度、シナリオ（どこを通るか）があつて、アクセル、ハンドル、ブレーキで制御し、速度と位置が出力情報となる（図 25 参照）。

【インタビュー調査項目】 ユーザプロファイルの取込み

- ・ 反応速度やブレーキの踏み方などにユーザプロファイルを考慮することが考えられる。
- ・ 運転パターン、どこでブレーキを踏むか、目標速度、どこを通るかというシナリオを与えて評価している。
- ・ 要求分析の段階でシナリオがでてくる。妥当性検証の段階で、要求分析からのシナリオが抽出され妥当性が検証される。
- ・ 想定内と想定外の事象を技術者が決めているが、ユーザプロファイルから想定外が出てくるようになるとよい。想定することは結構大変な作業となる。
- ・ フィードバック制御ではシナリオだけでは不十分であり、パラメータの設計が必要となる。ユーザモデルからパラメータの設計ができるようになるとよい。

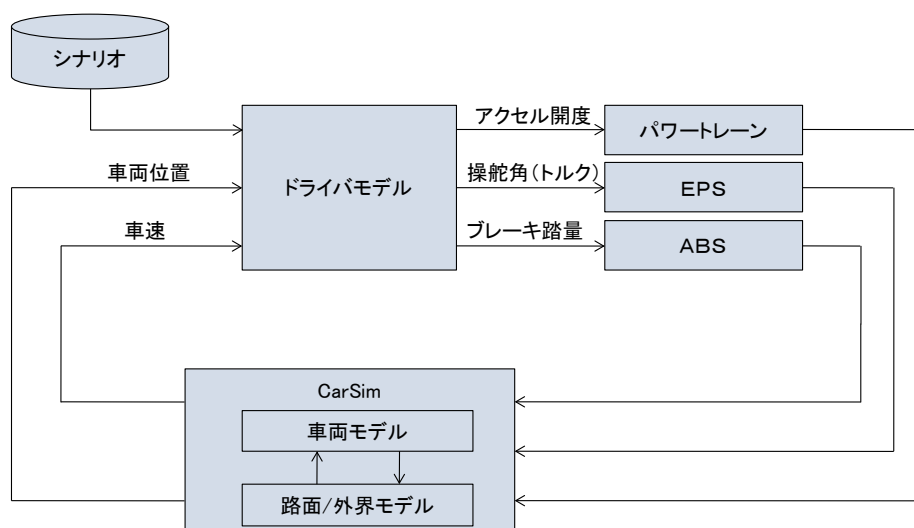


図 25 ドライバモデル

(ウ) 慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科

インタビュー先	慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科
---------	------------------------------

主な内容	<ul style="list-style-type: none"> ・バイクのライダーモデルの研究事例
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・バイクのシミュレーション環境においてドライバの身体的挙動や、バイクの制御方法などをモデル化している。 ・ツールとして MATLAB/Simulink でモデリングを実施している。シーケンス図、ブロック定義図、ユースケース等において、SysML も利用している。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ バイクのライダーモデルの研究を実施。
- ・ ユーザモデルとしては、ユーザ=ライダーのみではなく、メンテナンスする人などもステークホルダーとして捉える必要がある。
- ・ ファンクションレベルでのモデリングも必要である。フィジカルレベルのモデリングでは、バイクの場合は上体の質量や慣性モーメントが重要である。
- ・ 二次前方予測誤差修正モデルを利用する。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルへの入力情報、ユーザモデルの制御情報、制御パラメータ、ユーザモデルの出力情報

- ・ バイクの場合は、自分の姿勢もそれに応じて変える。ステアリングするなど多くのパラメータがある。
- ・ 車線・軌道の情報が入力となり、バイクの状態も含めて二次予測モデルによりハンドル操作と身体を倒す角度というのが出力になる。
- ・ ユースケースが重要であり、開発対象に対してその関係性などが分かる。そこでどのようなユーザモデルが必要であるかが判明する。
- ・ ツールは、MATLAB/Simulink でモデリングする。シーケンス図、ブロック定義図、ユースケース等は SysML を利用している。

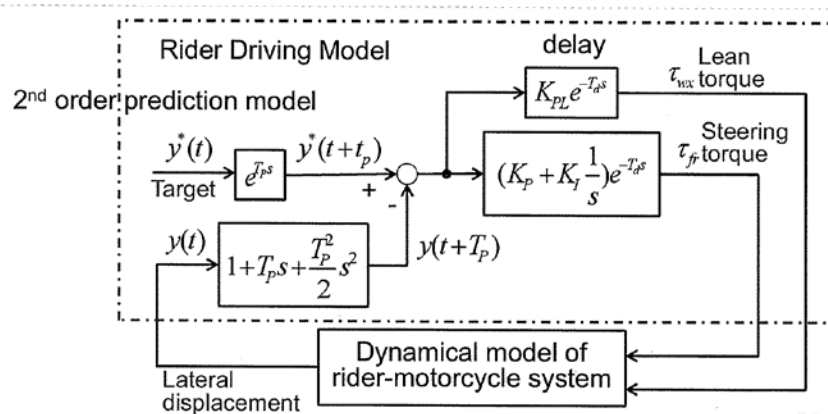


図 26 ライダードライビングモデル(慶應義塾大学大学院西村教授資料より作成)

- ・ ドライバへの入出力情報をまとめると表 12 のようになる。

表 12 バイク（ドライバ）の制御モデル

対象	バイク（ドライバ）
ユーザモデルへの入力情報	軌道
	バイクの状況
ユーザが制御するもの	ハンドル操舵
	リーン（身体を倒す）
制御パラメータ	T_d ：操作するまでの遅れ
	T_p ：先読み時間
	K_p, K_I ：ステアリングの切り具合
	K_{PL} ：身体を倒す
	ドライバの質量
	ドライバの慣性モーメント
	ドライバの腕のダンパ
出力情報	軌道
	バイクの状況

(2) 海外事例

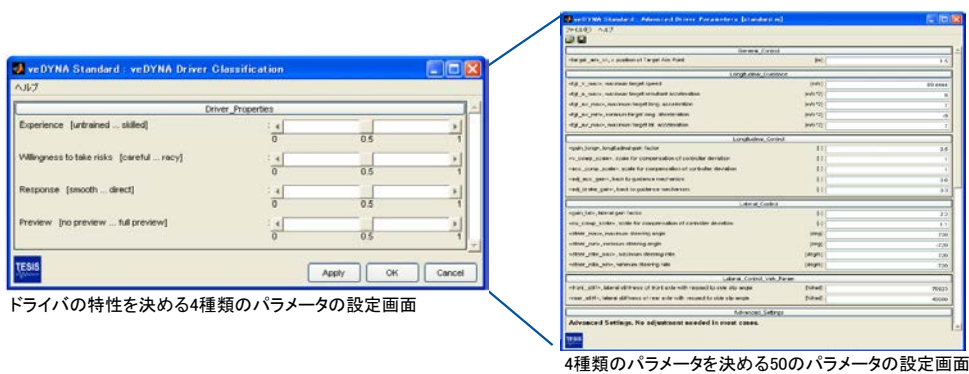
(ア) TESIS DYNAware GmbH 社(ドイツ)

インタビュー先	TESIS DYNAware GmbH 社(ドイツ)
主な内容	・ 車両挙動シミュレータ(veDYNA)のドライバモデル
インタビューのまとめ	・ 車両挙動シミュレータ(veDYNA)において、ドライバの特性（経験、注意深さ、反応、前方注視点）を設定することで、シミュレーションを可能としている。

【インタビュー調査項目】ユーザモデルの構造、ユーザプロファイルの取込み

- ・ ドイツの TESIS DYNAware 社が開発した車両挙動シミュレータでは、ドライバの特性を 4 種類のパラメータで設定できる。4 種類のパラメータの裏には、さらに、4 種類のパラメータを決める 50 種類のパラメータがある(図 27 参照)。これにより例えば、スキルはあるが注意深く、コース取りはスムーズで、視力が悪く前をあまり見ない（年配者のモデル）などのドライバモデルを設定できる。以下の 4 種類のパラメータが設定できる。

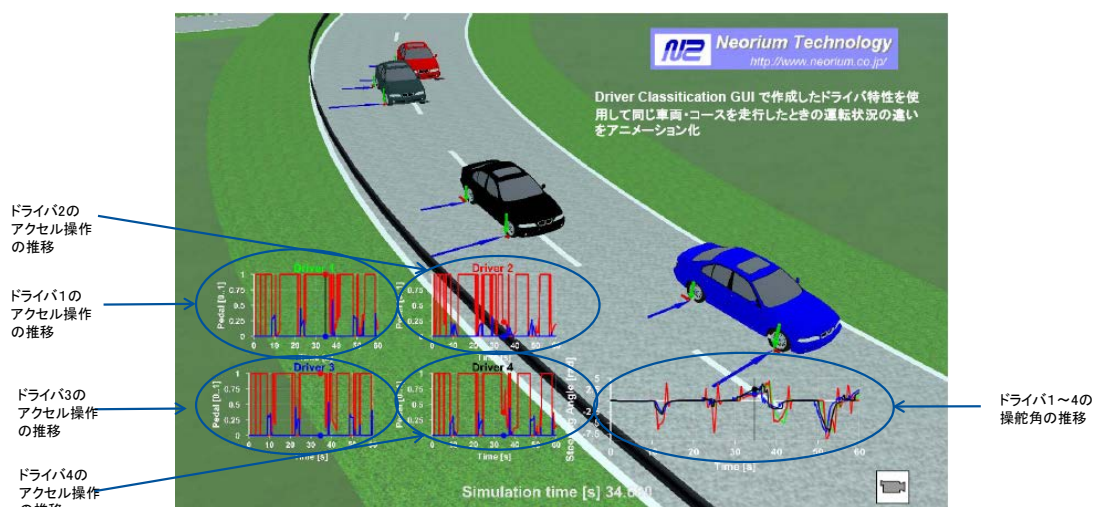
- ① Experience (untrained <----> skilled) 経験
免許とりたてのドライバか熟練ドライバか。
- ② Willingness to take risks (careful <----> racy) 注意深さ
ゆっくりめのアクセル操作のドライバか、急加減速を行うドライバか。
- ③ Response (smooth <----> direct) 反応
スムーズなコース取りのドライバか、ダイレクトなコース取りのドライバか。
- ④ Preview (no preview <----> full preview) 前方注視点
視点の距離をどれくらいにおくか。



(出典：ネオリウム・テクノロジー株式会社提供の資料（画面）より作成
<http://www.neorium.co.jp/vedyna/index.html>)

図 27 veDYNA のドライバ特性のパラメータ設定画面

- ・ パラメータの設定が異なる 4 名のドライバが、同じコースを運転した結果をシミュレーションした結果を示す (図 28 参照)。同じ道路状況にも関わらず、ドライバの特性の相違により、アクセル操作やハンドル操作の反応が異なるため、コースどりや走行順に差が生じている。



(出典：ネオリウム・テクノロジー株式会社提供の資料（画面）より作成
<http://www.neorium.co.jp/vedyna/index.html>)

図 28 veDYNA のシミュレーション

(イ) SAF Consulting(アメリカ)

インタビュー先	SAF Consulting(アメリカ)
主な内容	・ SysML のユーザモデルへの適用について
インタビューのまとめ	・ SysML によりユーザをモデル化するにはどのような可能性が考えられるかについて、その概念を説明している。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ SysML はドメイン特定のモデル言語ではなく、どちらかと言えば、汎用のモデル言語である。SysML をフレームワークとして他のツールを併用、システムモデルと分析モデルの組合せをしていくのがよいのではないかと。
- ・ ユーザモデルは、様々な側面がある、例えば、資料にあるようなドライバモデルを見ても、戦略レベル、操作レベル、振舞いレベル、心理モデルなど様々なレベルでのモデルがある。パラメトリックなモデル、戦略モデル、リクワイアメントモデルなど複数の要素があるように思える
- ・ これらのモデルを組合せることでユーザモデルになるとすれば、SysML は、そのためのハブ、フレームワークあるいはアーキテクチャを提供できる。抽象概念から詳細表現までを 1 つのモデルとして、連結できる。また、モデルの分析をする様々なツールを連結することができる。MBD (Model Based Development ; モデルベース開発) のアーキテクチャで言えば、コントロールモデルとプラントモデルと分析モデルを SysML のアーキテク

チャで連結できる。CADの人体モデルやその分析（シミュレーション）などの連結もできるだろう。

【インタビュー調査項目】 ユーザプロファイルの取込み

- ・ ユーザモデルに関連する開発としては、例えば NASA の ORION プロジェクトでは、クルーのタスクを記述し、分析することが行われている。同様に、航空機の開発では、パイロットのタスクモデルを作成しシミュレーションすることが行われている。パイロットがある環境に置かれた場合、ストレス環境にある場合にどのような行動や意志決定をするかを見るなどもシミュレーションされている。これはどちらかと言えばアクティビティモデルと言える。
- ・ INCOSE (International Council on Systems Engineering ; システムエンジニアリング国際評議会) では、関連する活動に Human Factor Group (人間工学グループ) での人間工学を考慮したシステム開発についての活動がある。

(ウ) CEA-LIST(フランス原子力・代替エネルギー庁システム統合技術研究所)

インタビュー先	CEA-LIST(フランス原子力・代替エネルギー庁システム統合技術研究所)
主な内容	・ MARTE(Modeling and Analysis of Real-Time & Embedded Systems ; リアルタイム組込みシステム向けのモデリング言語)のユーザモデリングへの適用について
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ユーザをモデリングするにはユーザのリアルタイム性を考慮する必要があり、そのため、MARTE は、ユーザのモデリングに適している。 ・ ユーザモデルの構築には、MARTE と UML、SysML との組合せを推奨している。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ MARTE(UML Profile for Modeling and Analysis of Real-Time & Embedded Systems ; リアルタイム組込みシステム向けのモデリング言語) は、ユーザモデリングに適している。
 - ユーザをモデリングすることは、リアルタイム組込みシステムのモデリングと多くの類似点がある。ユーザをモデリングするにはユーザのリアルタイム性を表現する必要がある。この意味で、MARTE はリア

ルタイムシステムのモデルに適しているが同時にユーザモデリングにも適している。

- ・ MARTE は、非機能属性 (NFP : Non Functional Property) の表現と時間表現に優れている。
 - MARTE は非機能属性の表現と時間表現に優れており、ユーザの表現が可能である。MARTE は非機能属性の値や時間に関わる制限値などをモデル上で厳密に表現できる。非機能属性とは、いわば機能属性のメタ情報であり、機能属性を明確化するためのものとも言える。

【インタビュー調査項目】ユーザプロファイルの取込み

- ・ ユーザモデリングには、MARTE と UML、SysML の組合せを推奨する (図 29 参照)。
 - ユーザモデルの機能属性に非機能属性を加えることで、ユーザの振舞いの表現が完成する。UML は非機能属性を表現するには設計されておらず、MARTE は UML を補完し、非機能属性を表現する方法を提供する。
 - したがって、VSL (Value Specification Language ; テキスト形式の構文書式) で記述されたユーザの非機能属性 (NFP) を、SysML で記述されたユーザのパラメトリックダイアグラムに注釈(アノテーション)したり、VSL で記述されたユーザの時間に関わる特性を、UML や SysML 等で記述されたユーザのシーケンスダイアグラムに注釈(アノテーション)したりすることができれば、SysML のパラメトリック機能と MARTE の非機能属性を表現する機能や時間に関わる表現を利用することでユーザの継続的動作の表現に利用することができる。このように、非機能属性の表現に優れる MARTE と SysML や UML を組合せることにより、ユーザモデリングへの応用が期待できる。
 - また、VSL で記述されたユーザの非機能属性のモデルライブラリを、UML や SysML で記述されたユーザの機能属性が参照できれば、さらにユーザモデリングへの応用の可能性が広がる。

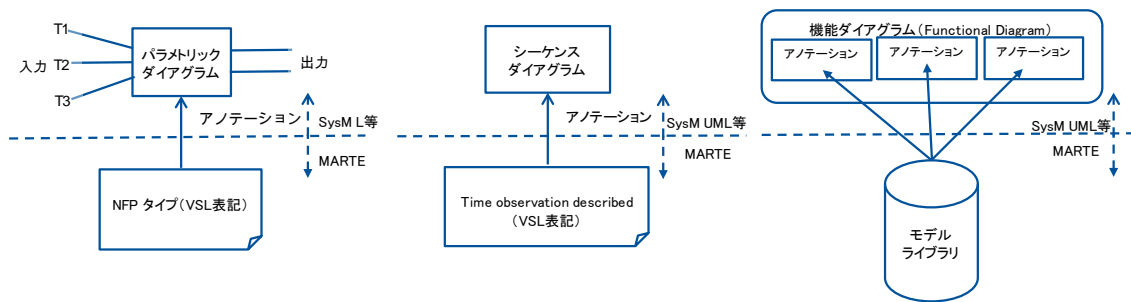


図 29 MARTE のユーザモデリングへの応用の可能性

(エ) VOLVO Technology Corporation(スウェーデン)

インタビュー先	VOLVO Technology Corporation(スウェーデン)
主な内容	・ EAST-ADL (車両の電子/組込みシステムを表現するコア構造モデル) と VOLVO Technology の取組み
インタビューのまとめ	・ EAST-ADL は Simulink、Modelica、Statemate(Rational Statemate)等の外部ツールとオープンな接続環境があるため、これらのツールでユーザモデルを表現することが可能である。

・ EAST-ADL

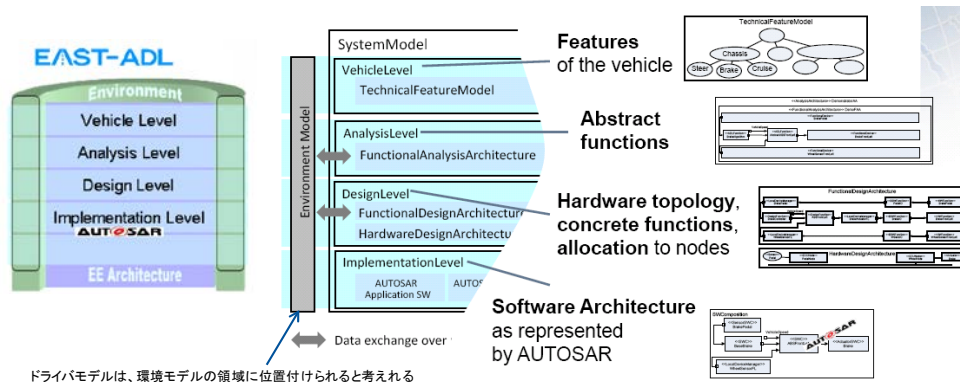
- EAST-ADL は車両の電子/組込みシステムを表現するコア構造モデルである。電子/組込みシステムに接続される分離された環境モデルがある。エンジンやブレーキなどの電子/組込みシステムではない要素と同様に、ドライバも環境モデルの一部として位置付けられると考えられる。
- EAST-ADL は、Simulink、Modelica、statemate などの外部のツールとオープンな接続環境があり、それらのツールでユーザモデルを表現することができる。EAST-ADL は、それらのモデルのための構造フレームワークを提供する。EAST-ADL に関連するプロジェクトにおいてドライバの位置付けを示すものはあるが、ドライバの振舞いを取り扱うモデル (ドライバモデル) についての明確な記述や定義はない。
- しかしながら、EAST-ADL に派生するいくつかのプロジェクトに、安全をテーマにするプロジェクトやテレマティクスをテーマにするプロジェクトがあり、ドライバの位置付けが示されている。安全をテーマにするプロジェクトである ATESSST (Advancing Traffic Efficiency and Safety through Software Technology ; EU 委員会支援による自

動車技術関連プロジェクト)では、クルーズコントロールやブレーキシステムなどが EAST-ADL2 によりモデル化され、ドライバのユースケースを定義しシミュレーションを行っている。

- また、PReVENT プロジェクト (欧州の ITS(Intelligent Transport Systems ; 高度道路交通システム)プロジェクト)では、道路や交通情報システムを遠環境モデル、他の車両を近環境モデル、車両とドライバを車両環境モデルに位置付けている。
- VOLVO Technology では、欧州の EUCAR (European Council for Automotive R&D;「自動車と関連サービスに関する検討」の研究主体)のプロジェクトにおいて車両環境パターンを提案した。ここでは近環境(near environment)と遠環境(far environment)を定義しており、ドライバモデルは近環境モデルの一部として位置付けられている。
- VOLVO Technology グループでは、トラック、バスなどの商用車が中心であり、乗用車は開発していない。ドライバモデルは、一般のドライバを対象とする乗用車の開発において利用される可能性が高いと思う。但し、もう 1 つの考え方として、商用車のドライバのタスクは乗用車のドライバのタスクに比べ、限定的 (タスクを業務によりルーティン化しやすい) であるため、ドライバモデルの導入に適しているとも言えるかもしれない。
- ドライバの情報は、事故情報データとして、保険会社にあると思われるが、その情報をユーザモデル開発に利用していることはない。

・ EAST-ADL 概観 (図 30 参照)

- EAST-ADL のシステムモデルは車両の電子/組込みシステム (ソフトウェア、電子制御系、アクチュエータ) からなり、エンジン、ブレーキなどの電子/組込みシステム以外の部分やドライバ (ユーザ) は環境の一部となる。
- EAST-ADL は車両の電子/組込みシステムを表現するコア構造モデルであり、車両レベル (車両の特徴を表現)、分析レベル (抽象レベルでの機能表現)、設計レベル (ハードウェアとトポロジ、具体的機能、ノードアロケーション)、ソフトウェアアーキテクチャからなる。

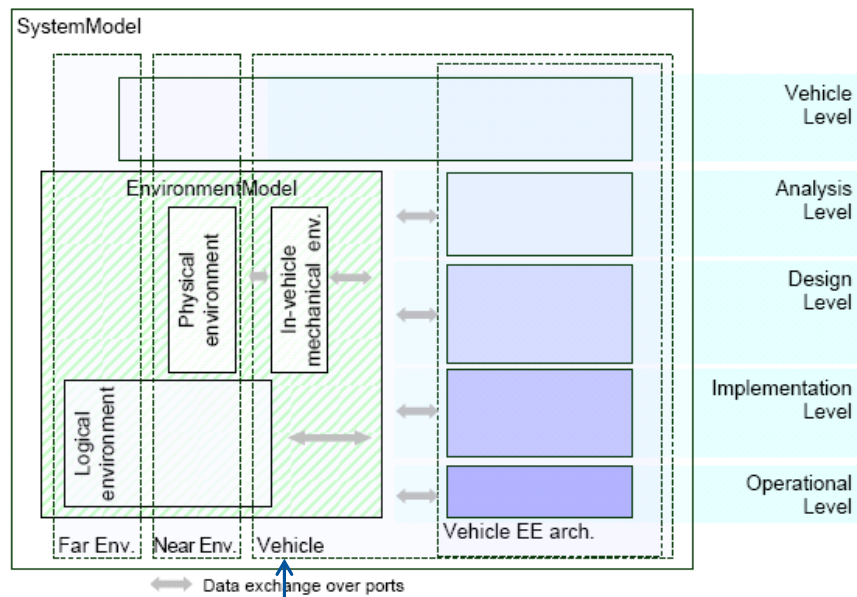


(出典：EAST-ADL Abstraction Levels/VOLVO)

図 30 EAST-ADL 概観

【インタビュー調査項目】ユーザモデルの構造

- ・ EAST-ADL におけるドライバの位置付け
 - 図 31 で、車載 EE アーキテクチャ (Vehicle EE arch.) は、車両の電子制御システムとアクチュエータからなる。車両の EE アーキテクチャと環境モデルの関係において、ドライバモデルは、環境モデルの車両環境に位置付けられる車両機構環境 (In vehicle mechanical environment) は、電子制御システムとアクチュエータ以外の車両機構からなり、車両環境に位置付けられる。物理環境 (Physical environment) は、近傍の車両からなり、近環境 (Near Env.) に位置付けられる。論理 (Logical environment) は、交通システムインフラからなり、遠環境 (Far Env.) に位置付けられる。



ドライバモデルは、車両環境の領域に位置付けられる

(出典：Evaluation report EAST-ADL2 behavior support)

図 31 EAST-ADL におけるドライバの位置付け

2.2.5. モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査のまとめ

人間系を扱えるモデルベース開発手法・技術を調査し、手法・技術を適用または研究している企業・組織に対し、インタビュー調査を実施した。

モデルベース開発手法・技術を活用している企業・組織は、以下のとおりである。

- MATLAB/Simulink (dSPACE Japan 株式会社、東芝情報システム株式会社、慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科、TESIS DYNAware GmbH 社、VOLVO Technology Corporation)
- SysML (慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科、SAF Consulting)
- MARTE (CEA-LIST)
- EAST-ADL (VOLVO Technology Corporation)
- Modelica(VOLVO Technology Corporation)
- Rational Statemate(VOLVO Technology Corporation)

以上の調査結果により、ユーザプロファイル手法・技術に関する現状・課題を抽出し、それに対する対策を検討した (図 32 参照)。

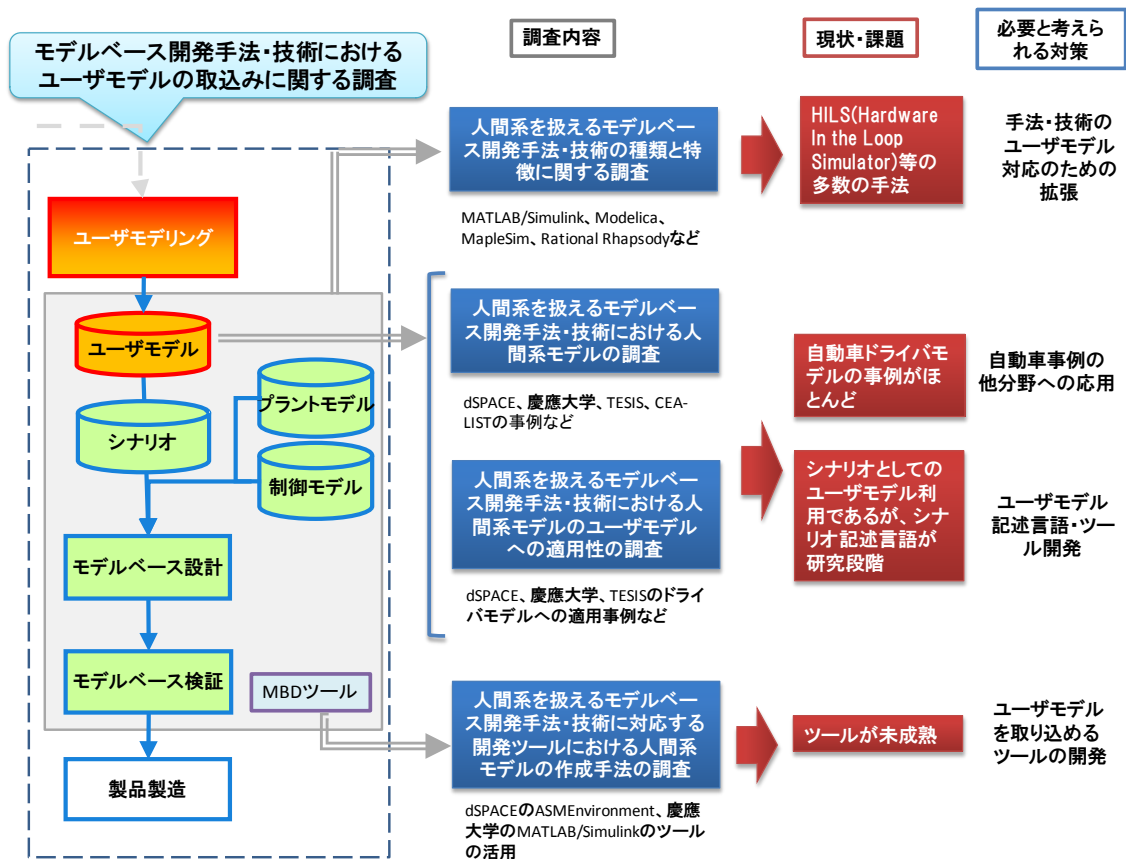


図 32 モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する現状・課題及び対策

調査結果から明らかになった現状・課題及びそれに対する対策を、以下のようにまとめた。

- ・ モデルベース開発手法・技術については、多数の手法が存在している。モデルベース開発手法・技術において、ユーザモデルを利用するためには、モデルベース開発のモデルとユーザモデルのインタフェースを構築することが求められる。
- ・ モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みについては、事例としては、自動車のドライバモデルが多い。利用者品質の確保のためには、自動車開発で使われているユーザモデルの自動車分野以外への応用が求められる。
- ・ ユーザモデルを取込むにはモデルベース開発のツールが未成熟である。ユーザモデルを取込めるツールの開発が求められる。

調査の結果とそれから考えられる現状、現状の評価と今後の展開を図 33 に示す。

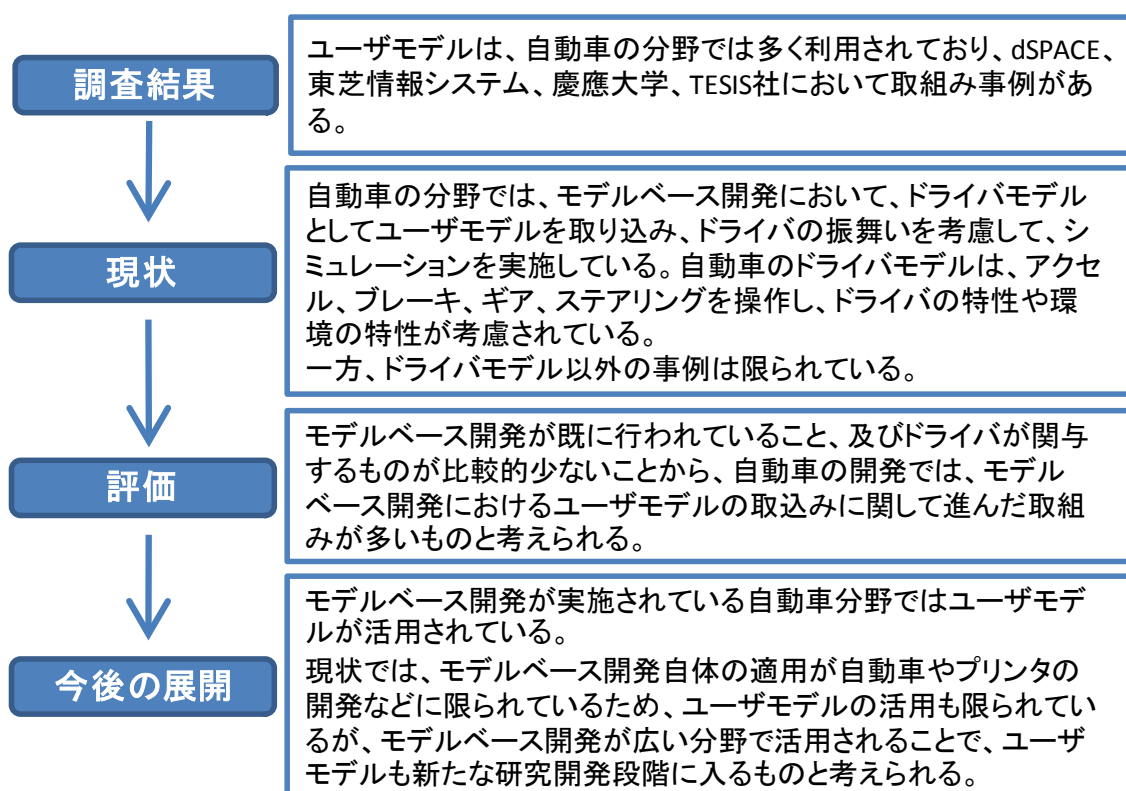


図 33 モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査の結果、現状、評価及び今後の展開について

2.3. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査

2.3.1. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査について

ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査においては、以下の観点で調査を行った。

- ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術の種類と特徴に関する調査
- ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術で利用可能なユーザデータの調査
- ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術におけるユーザモデル妥当性検証に必要な技術・手法の調査
- ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術におけるユーザモデルの再利用（メンテナンス）に必要な技術・手法の調査

調査内容と調査対象を、図 34 に示す。

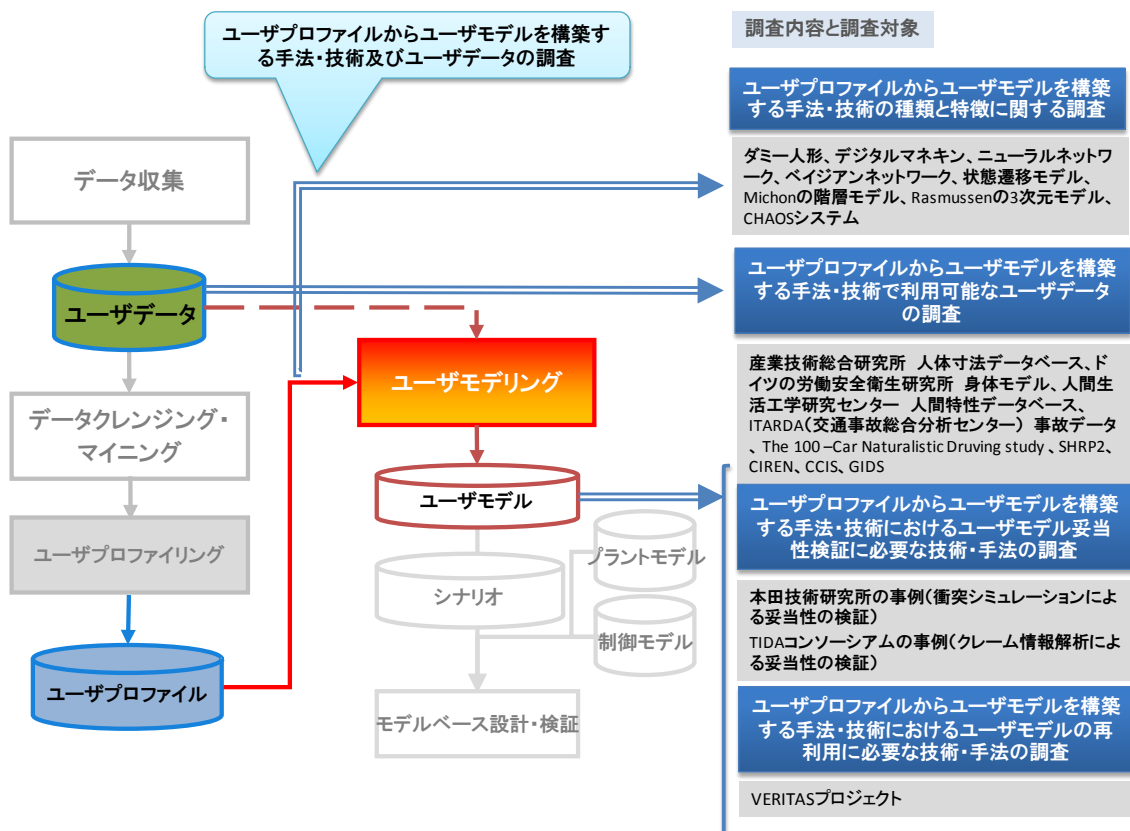


図 34 ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査の内容

2.3.2. ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術について

ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術については、人体のモデルのように直接ユーザデータからユーザモデルを構築するものから、ユーザプロファイルからユーザモデルの構築を可能にすることができそうな手法・技術について調査を実施した。

ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術については以下のようなものが適用できる可能性がある（表 13 参照）。

- ・ 人間の行動特性のモデル化を可能にする技術
 - ニューラルネットワーク
 - ベイジアンネットワーク
 - 状態遷移モデル

表 13 ユーザプロファイルからユーザモデルを構築できる可能性のある手法・技術の特徴

手法	特徴
ニューラルネットワーク	人間の神経網をコンピュータ上でモデル化したものであり、学習能力を有する。
ベイジアンネットワーク	確率的知識を表現したグラフィカルモデルの 1 つである。確率事象の連鎖を表現することを可能とする。
状態遷移モデル	複数のノードとノード間の状態の遷移を表現することを可能にするモデルである。

ユーザデータから直接ユーザモデルを構築する方法としては、人体寸法データより、人体のモデルを構築する方法がある（表 14 参照）。

- ・ 人間の身体的特性、身体データモデル化するもの
 - ダミー人形
 - デジタルヒューマン（ヒューマンモデリング）

表 14 ユーザデータから直接ユーザモデルを構築する手法・技術の特徴

手法	特徴
ダミー人形	人体の物理的なモデルで、実環境でのシミュレーションにより、人体への影響等を把握する。
デジタルヒューマン （ヒューマンモデリング）	コンピュータ上で人体のモデルを生成し、シミュレーションにより、人体への影響等を把握する。

これら手法・技術の位置付けを図 35 に示す。

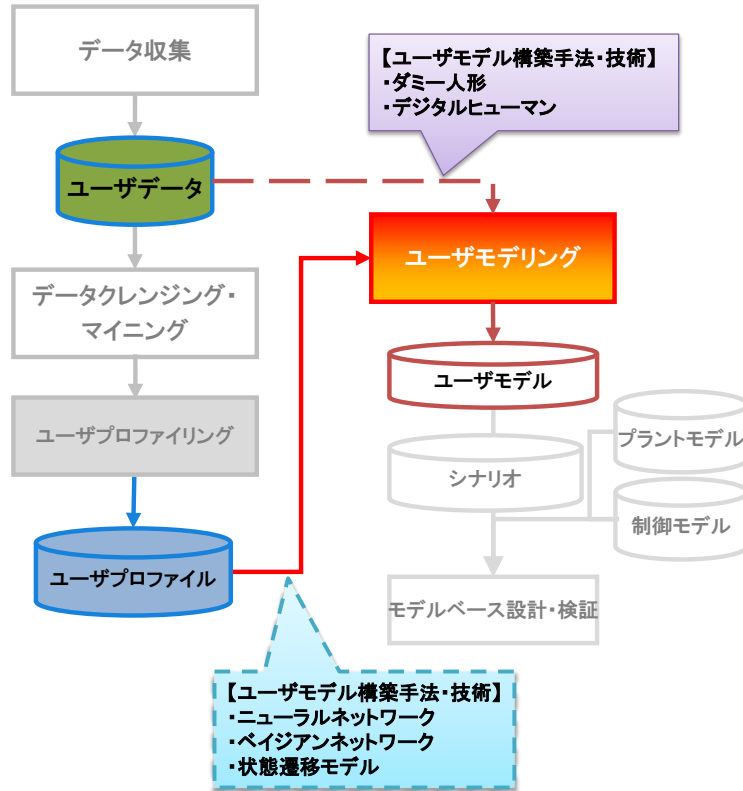


図 35 各ユーザモデル構築手法・技術の位置付け

その他、ユーザモデルを構築する上で重要な概念・考え方について調査を実施した。

- ・ ユーザモデル化の考え方
 - Michon の階層モデル
 - Rasmussen の 3 次元モデル
 - CHAOS (Capability-based Human-performance Architecture for Operational Simulations) システム

これら手法・技術の特徴を表 15 にまとめた。

表 15 ユーザモデルを構築する手法・技術の特徴

手法	特徴
Michon の階層モデル	ユーザを、振舞いレベル、戦略レベル、戦術レベル、操作レベルの階層構造で示したモデルである。
Rasmussen の 3 次元モデル	汎用タスクの実行モデルで、(戦略、戦術、操作) と (認識、処理、行動)、(スキルベース、ルールベース、知識ベース) の 3 次元で構成される。
CHAOS システム	仮想的なパンデモニウム (伏魔殿) と呼ばれるアリーナにおいて、

手法	特徴
	「デーモン」と呼ばれるエージェントが人間への入力（刺激）に対して反応することで人間の認知行動をモデル化する。

2.3.3. 公開情報に基づく調査

(1) ユーザデータに関する事例

(ア) 独立行政法人産業技術総合研究所 人体寸法データベース

事例まとめ	製品・サービスを提供するのに人体の寸法データが活用されることがある。このデータに基づく人体モデル（ユーザモデル）を使って、最適な製品・サービスを設計する。人体の寸法に関するデータは、そういう意味でも、重要なユーザデータである。この場合、ユーザデータから直接、人体モデルのようなユーザモデルが構築される。
-------	---

産業技術総合研究所では、日本人成人男女約 500 名を対象に、1991～1992 年に工業技術院製品科学研究所が行った計測結果をデータベース化している。計測の目的は、設計支援システムを構築するための基礎データを取得するためである。

計測期間は、1991 年から 1992 年までで、被験者は青年層（18-29 歳）の男性 217 名、女性 204 名と高齢層（60 歳以上）の男性 50 名、女性 50 名である。

計測項目は、以下のとおりである。（AIST 人体寸法データベース 1991-92）

- A 頭部
- B 立位高さ
- C 上肢・下肢の長さ
- D 立位幅径
- E 立位矢状径、厚径
- F 立位周長
- G 立位体表長
- H 皮下脂肪厚
- I 座位高さ
- J 座位幅径・前後径
- K 座位周長
- L 手の項目
- M 足の項目
- N 体重

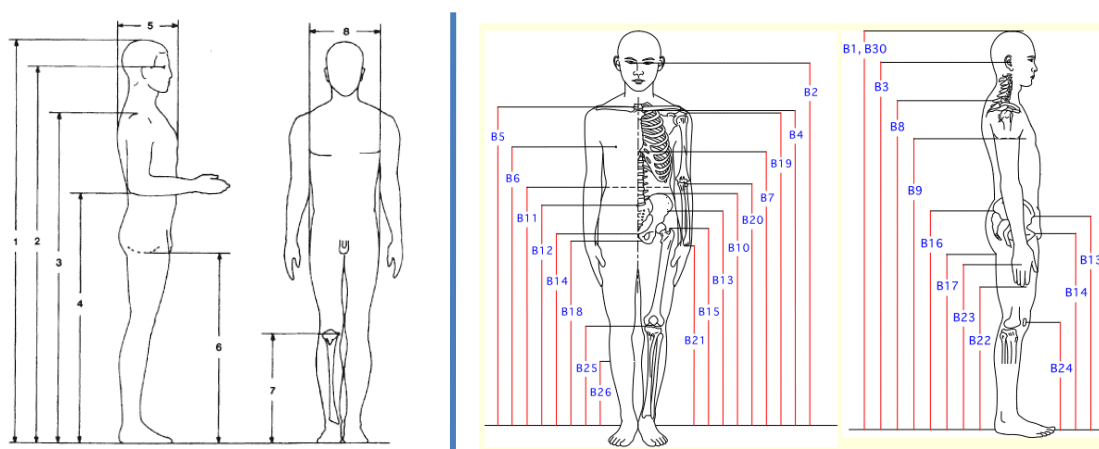
（出典：独立行政法人産業技術総合研究所 AIST 人体寸法データベース 1991-92
<http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/91-92/>）

(イ) ドイツ連邦労働安全衛生研究所 (Federal Institute for Occupational Safety and Health) 身体モデル

事例まとめ	独立行政法人産業技術総合研究所の人体寸法データと同じく、独 における人体寸法データの例である。
-------	--

ドイツの連邦労働安全衛生研究所が発行している身体モデルの情報がある。
計測対象とした年齢は、18歳から60歳までである。

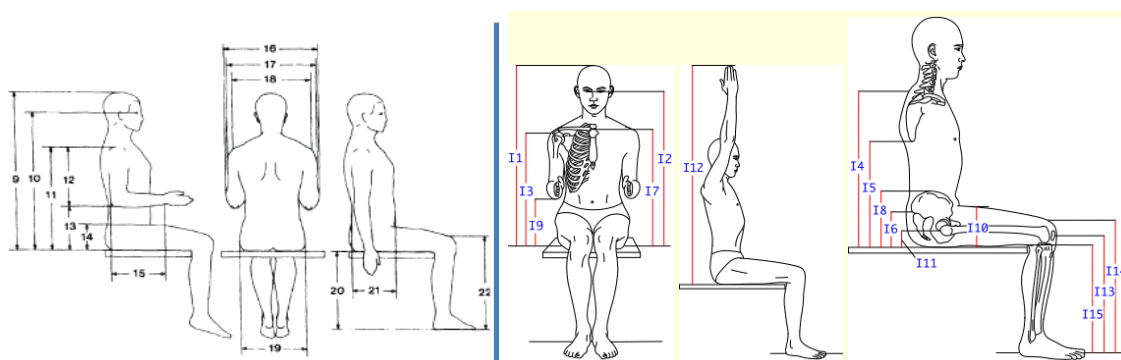
参考までに計測した項目を産業技術総合研究所のデータベースと比較してみ
る。産業技術総合研究所のデータの方が、項目が多い (図 36、図 37、図 38 参
照)。



(出典 : Federal Institute for Occupational Safety and Health 及び
AIST 人体寸法データベース 1991-92

<http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/91-92/>)

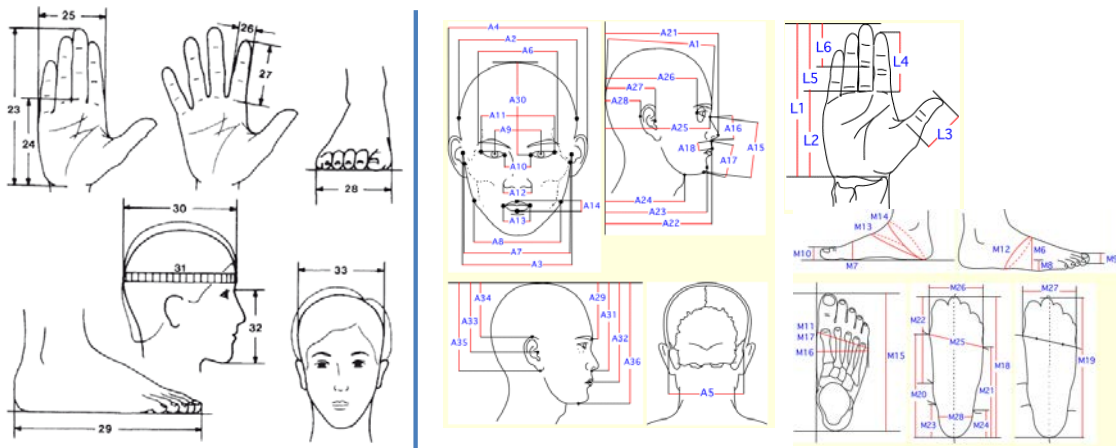
図 36 立位 (左がドイツ連邦労働安全衛生研究所、右が産業技術総合研究所)



(出典 : Federal Institute for Occupational Safety and Health 及び
AIST 人体寸法データベース 1991-92

<http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/91-92/>)

図 37 座位 (左がドイツ連邦労働安全衛生研究所、右が産業技術総合研究所)



(出典：Federal Institute for Occupational Safety and Health 及び
 AIST 人体寸法データベース 1991-92
<http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/91-92/>)

図 38 頭部、手、足 (左がドイツ連邦労働安全衛生研究所、右が産業技術総合研究所)

(ウ) 一般社団法人人間生活工学研究センター 人間特性データベース

事例まとめ	人間生活工学研究センターにおける人体寸法のデータベースである。ユニバーサルデザインのためのデータとして活用されている。人体寸法は直接人体モデルのようなユーザモデルを構築するのに利用できる。運転行動データベースもあり、こちらは、ユーザプロファイルを構築することを可能とする。いずれも、ユーザデータとみなすことができる。
-------	--

人間生活工学研究センターでは、人体の部位の寸法や、運転行動におけるドライバや車両の特性、高齢者の IT 利用特性に関するデータベースが構築されている。子供や高齢者の利用に特化したデータ収集も行われており、ユニバーサルデザインを行うためのデータとして活用されている (表 16 参照)。

表 16 人間特性データベース

データベース	データベースの内容
日本人の人体計測データベース 1992-1994	1992 年から 1994 年の間の 7 歳から 90 歳代 3 万 4 千人の体格の計測データ
日本人の人体寸法データベース 2004-2006	2004 年から 2006 年の間の約 6,700 人の身長や手足の長さなどの計測データ
日本人の手の寸法データベース 2010	日本人の手の寸法(56 項目)のデータ

データベース	データベースの内容
	ベース
子供の身体寸法データベース	日本人の満年齢 0～12 歳までの児童（男女）の身体寸法データベース
在日外国人の人体寸法データベース 2011	在日外国人の手部、頭部、身長寸法の寸法（68 項目）のデータベース
高齢者身体機能データベース	高齢者の生活行為の留意点、身体機能・特性のデータ
高齢者対応基盤整備データベース	高齢者対応機器の設計のための高齢者特性の解明に関する調査研究
運転行動データベース	運転中の前方映像やハンドル、ブレーキ、アクセルなどの計測データ、運転コースに関するデータなど

（出典：一般社団法人人間生活工学研究センター <http://www.hql.jp/>を参考に作成）

表 17 に、高齢者の利用場面等で整理されたデータ項目を示す。

表 17 高齢者身体機能データベース データ整理項目

データ整理項目	内容
生活行為	家庭内の行為と外出先の行為を単位動作に展開し、各単位動作に対応した留意点を示している。
身体機能・特性	JSTPlus ³ ファイル文献情報（視覚、動作、聴覚、体性感覚）及び計測結果（視覚、動作、聴覚、体性感覚）を参照する事ができる。

（出典：一般社団法人人間生活工学研究センター <http://www.hql.jp/>を参考に作成）

(エ) ITARDA（公益財団法人交通事故総合分析センター）事故データ

事例まとめ	交通事故情報データベースの事例である。事故状況のデータを基に、ユーザデータの収集(どのようなデータを収集したらよいか、など) や、運転支援システムの開発に役立っている。事故データにはユーザプロフィールに相当するデータ項目も含まれている。自動車のシミュレーション時のドライバモデル構築に活用でき
-------	--

³ JSTPlus：独立行政法人科学技術振興機構(JST)が提供している、科学技術（医学を含む）全分野に関する文献情報のデータベース。JST 文献検索サービス JDream II からアクセスできる。

	る可能性がある。
--	----------

ITARDA では、実際に発生した交通事故について警察署等からの通報によって現場に行き事故関係者の同意の下、運転者や道路、車両の状況など幅広い項目にわたってデータを収集している。ユーザモデルへの利用では、センシングすべきパラメータの選定や、運転支援システム評価のための状況設定に用いられている。

表 18 に ITARDA で収集されている事故データの項目を示す。

表 18 ITARDA で収集されている事故データ

調査項目	手法例
生活行為から	事故内容、発生日時・場所、事故類型
人に関する項目	当事者（運転者、同乗者、歩行者等）の年齢・性別、運転経歴、心身状態、ヒューマンエラー、危険回避行動等
道路環境に関する項目	道路形状、道路幅員、道路線形、路面状況、交通安全施設、交通状況等
車両に関する項目	車両の諸元、衝突方向・部位、車体・車室内の変形状況、シートベルトの使用状況、エアバックの作動状況等
傷害（医療）項目	負傷部位、負傷程度、死亡原因、損傷主部位、手術・入院の有無等

（出典：公益財団法人交通事故総合分析センター
<http://www.itarda.or.jp/>を参考に作成）

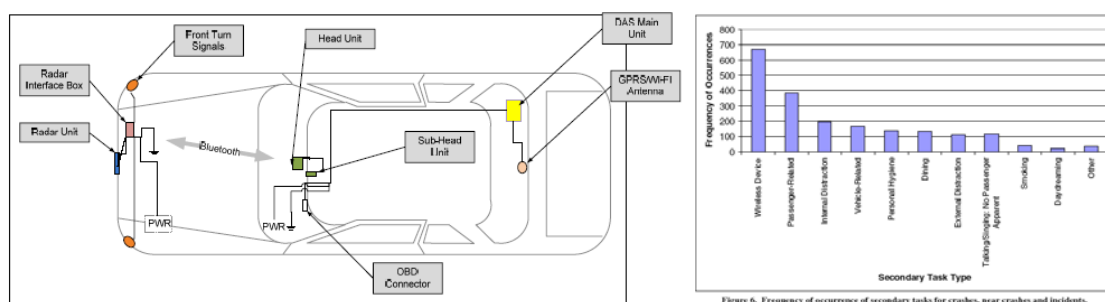
(オ) The 100-Car Naturalistic Driving Study（米国 VTTI：Virginia Tech Transportation Institute）

事例まとめ	ITARDA と同様、自動車事故に関するデータを収集している事例である。自動車シミュレーション時のドライバモデル構築に活用できる可能性がある。
-------	---

衝突に対する効果的な防止策となる鍵は、衝突前の原因となる要素の理解である。この研究では今までにないレベルで、重大な衝突、軽微な衝突、衝突に近い状況に関連するドライバの振舞い、環境、運転のシチュエーションを提供するために、100人のドライバを対象に1年の間データの収集が行われた。

主な目的は、衝突の原因を理解するために必要な致命的な要因や衝突前のデータを提供し、衝突防止策の開発と改良を支援し、それらの可能性を評価することで、それらの結果である衝突を削減することである。The 100-Car Naturalistic Driving Study のデータベースには、運転の振舞いと動作の多くの極端な例があり、極度の疲労、障害者、判断エラー、リスクテイク、副次的

動作の願望、アグレッシブな運転、交通ルール違反が含まれる。データセットは、約 2,000,000 マイル、43,000 時間の走行データ、241 人の主ドライバと副ドライバ、各車両での 12~13 ヶ月のデータ収集、5 チャンネルのビデオ、車両運動の高機能計測機器のデータからなる。データから、疫学的衝突データベースの分類構造に似ているが、ビデオと電子的ドライバ車両動作データがある、「イベント」データベースが作成された (図 39 参照)。



(出典 : AN OVERVIEW OF THE 100-CAR NATURALISTIC STUDY AND FINDINGS)

図 39 100 Car study

(カ) SHRP2 (米国 VTTI : Virginia Tech Transportation Institute)

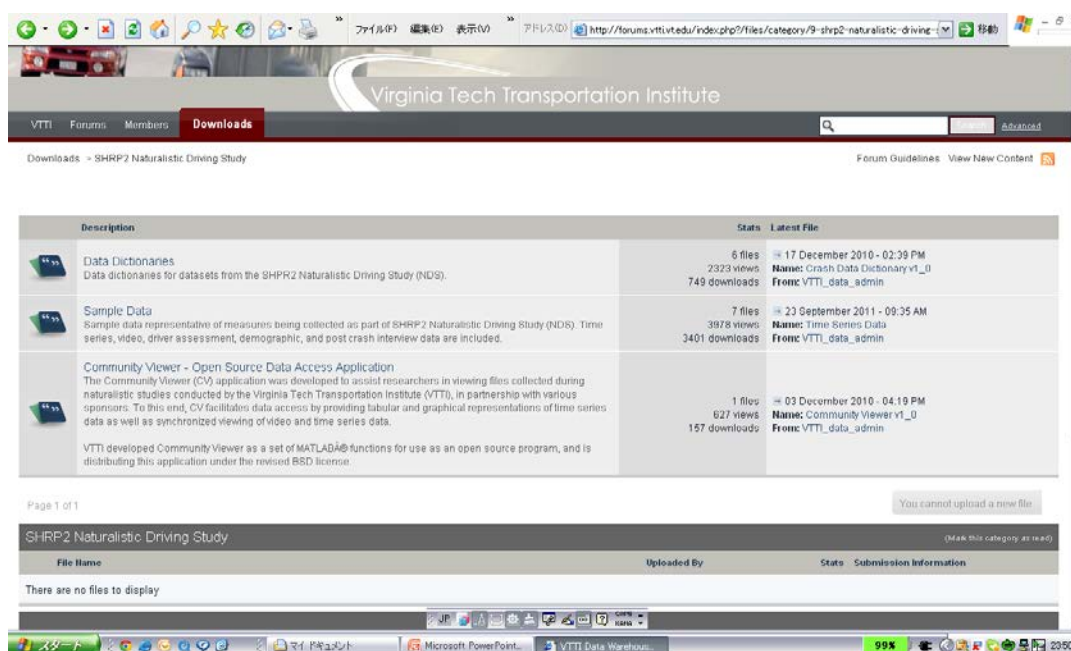
事例まとめ	ITARDA と同様、自動車事故に関するデータを収集している事例である。自動車シミュレーション時のドライバモデル構築に活用できる可能性がある。
-------	---

自然な運転の研究は、米国科学アカデミー (National Academies of Science) の戦略的ハイウェイ研究 (SHRP2 : Strategic Highway Research Program 2) の支援を受けており、その目的は、交通安全におけるドライバの動作と振舞いの役割を研究することにある。この研究は、ドライバがどのように車両、交通環境、道路特性、交通制御機器とやり取りをして適応していくかの理解からなる。また、それらの各要素とやり取りに関連する衝突のリスクの変化も取り扱う。これにより効果的な対策の新規開発と改善を支援する。

車両に取り付けられたビデオでドライバの振舞いを、2 年間にわたり、3,100 人のボランティアドライバから収集した。2010 年の秋/冬に始まり、トータルで時間にして 3,900 年分にあたるデータを収集した。加えて、人口統計データ、車両登録、ドライバ評価、衝突研究データも収集された。6 地域がこのデータ収集のサイトとして選ばれ、広範な地域の天候、州法、道路形式、道路利用のデータが可能な限り集められた。

これらプロジェクト (The 100-Car Naturalistic Driving Study, SHRP2) の

データは、図 40 に示すサイトより登録することで確認することが可能である。



(出典 : VTTI Data warehouse

図 40 VTTI Data warehouse

(2) ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術の事例

(ア) デジタルマネキン

手法・技術	デジタルヒューマン
事例まとめ	ユーザデータから直接、仮想的なユーザモデルを構築する事例である。ユーザプロファイルという観点からは、ユーザの性別、年齢などが考慮に入れられる。

ユーザモデルの1つとして、デジタルマネキンを取り上げる。

デジタルヒューマン技術協議会⁴ではユーザの身体的特徴等を仮想的に再現し、設計・検証工程等での製品試作コストを低減する取組みが行われている。CADやCAEを用いて製品をデジタルデータとしてシミュレーションする「デジタルモックアップ」という手法と、人間の動きをコンピュータ上に再現した「デジタルマネキン」を組み合わせ、製品と人間との整合性評価が行われている。

⁴ デジタルヒューマン技術協議会は、独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センターにより、デジタルヒューマン技術に関連する情報の共通認識を図り、デジタルヒューマン技術の研究開発を産学官が連携して推進するため平成15年7月に設立された団体
<http://www.dh.aist.go.jp/dh-conso/about.html>



(出典：持丸正明「デジタルヒューマン技術協議会について」独立行政法人産業技術総合研究所 <http://www.dh.aist.go.jp/dh-conso/ws/01/images/Mochimaru.pdf>)

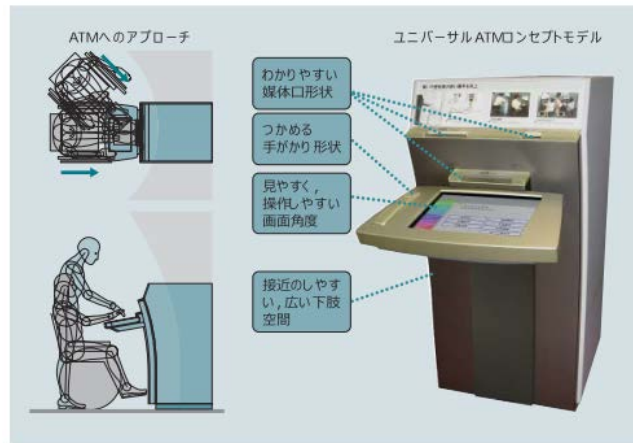
図 41 自動車設計とデジタルマネキン

(イ) 自動機のユニバーサルデザイン

手法・技術	デジタルヒューマン
事例まとめ	ユーザデータから直接、仮想的なユーザモデルを構築する事例である。ユーザプロフィールという観点からは、ユーザの性別、年齢などが考慮に入れられる。

ユニバーサルデザインにおけるユーザモデルの活用事例である。

銀行の ATM や自治体での情報キオスク端末、交通機関等の券売機等といったサービス利用の対象範囲が幅広い製品に対して、ユーザの年齢・性別・身体の状態に関わらず使いやすいユニバーサルデザインへの取組みが行われている。様々な操作モデルの想定・検討とプロトタイプモデルの検証を通して製品開発が行われている (図 42 参照)。



(出典：矢住和行 他、自動機のユニバーサルデザイン

日立評論 2006年11月号

http://digital.hitachihyoron.com/pdf/2006/11/2006_11_04.pdf)

図 42 自動機のユニバーサルデザイン

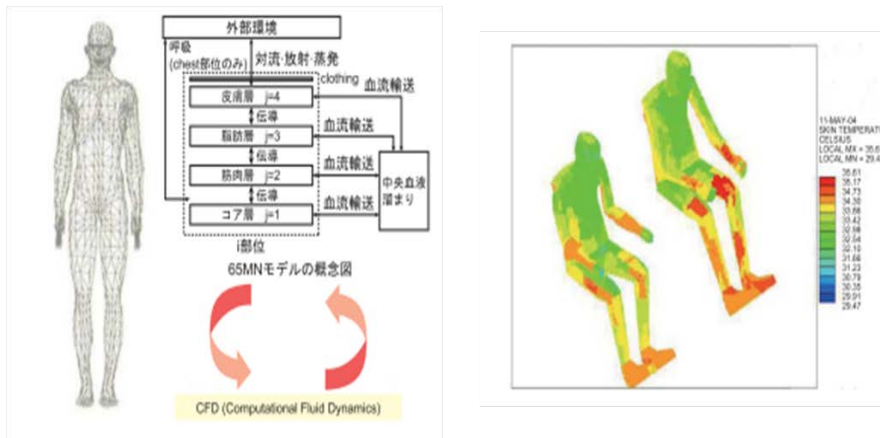
(ウ) 人間の体温調節モデル

手法・技術	デジタルヒューマン
事例まとめ	ユーザデータから直接、仮想的なユーザモデルを構築する事例である。ユーザプロファイルという観点からは、ユーザの性別、年齢などが考慮に入れられる。

人体のモデルを活用した車室内の空調の設計の事例である。

株式会社デンソーでは人間の体温調節モデルを作成し、CAD/CAE による車体モデルと組み合わせ、車室内の快適な空調のシミュレーション技術の研究を進めている。

人体を 65 部位に分割したモデルであり、環境に合わせた体温調節、皮膚層からの発熱・発汗・呼吸熱損失の計算が可能となっている。このモデルは、市販の CFD (Computational Fluid Dynamics ; 数値流体力学) ソフトに組み込まれ活用が始まっている (図 43 参照)。



(出典：浅野秀夫、ここまでできる社内環境数値シミュレーション
 デンソーテクニカルレビュー Vol.15 2010

<http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/technology/dtr/v15/files/22.pdf>

図 43 仮想マネキンと人体温度分布

(エ) ベイジアンネットワークドライバモデル

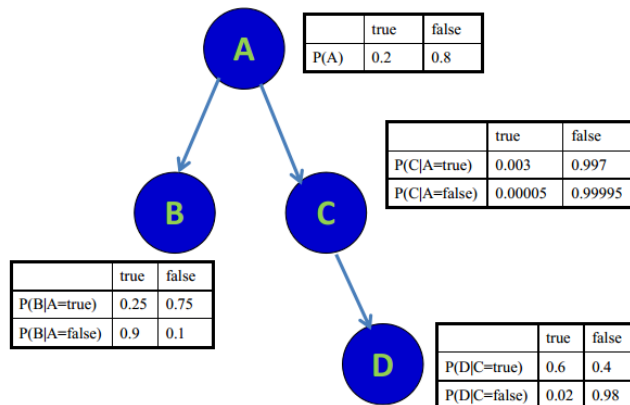
手法・技術	ベイジアンネットワーク
事例まとめ	ベイジアンネットワークを活用したドライバモデル構築の事例である。ベイジアンネットワークは、データを学習し、確率的な推論を行うことを可能にする。様々なデータを学習することが可能である。ユーザプロファイルもモデルに取込むことができる可能性がある。

ドライバの運転操作を考慮してベイジアンネットワークによってドライバモデルを構築する研究がある (図 44 参照)。

ベイジアンネットワークは、確率的知識を表現したグラフィカルモデルの 1 つである。ある事象が起こる確率が別の事象が起こるか否かに依存するとき、その依存関係を有向グラフで表現する。これを用いて、ある事象 C の起こる確率が分からないときに、その前の事象である A と B の事象が起こる確率から事象 C が起こる確率を求めることができる。これにより、例えばある条件下で特定の運転行動が行われない確率を求めるなど、確率的な推論を行うことが可能となる。

(出典：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 独立行政法人産業技術総合研究所
 研究評価委員会「人間行動適合型生活環境創出システム技術開発」事後評価報告書

<http://www.nedo.go.jp/content/100096316.pdf>



(出典：佐藤 亮、他、ベイジアンネットワークを用いた確率的データストリーム処理システムの提案 日本データベース学会論文誌 Vol.7,No.1 <http://www.dbsj.org/journal/vol7/no1/papers/sato.pdf>)

図 44 ベイジアンネットワークの例

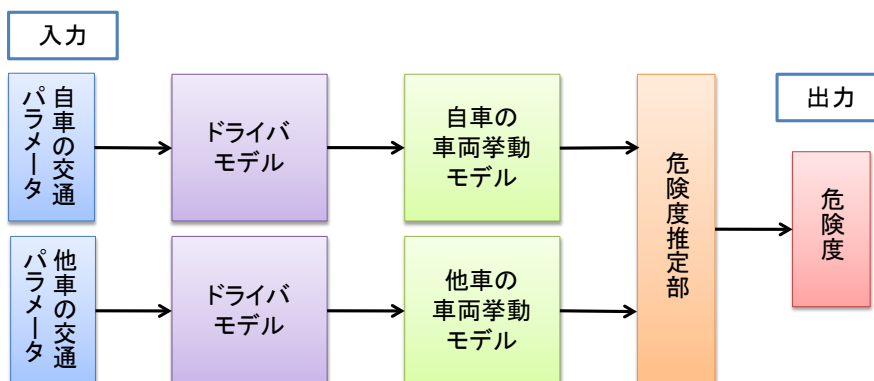
・ 危険度推定システム

自動車の安全運転支援システムの構築のため、ベイジアンネットワークに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システムが提案されている。

自動車の車両の挙動を決めるのは、アクセル・ブレーキ・操舵の3つの運転操作であるため、危険推定を行った後に、危険回避を行う車両自動制御をするには、危険回避が可能な運転操作を知る必要がある。

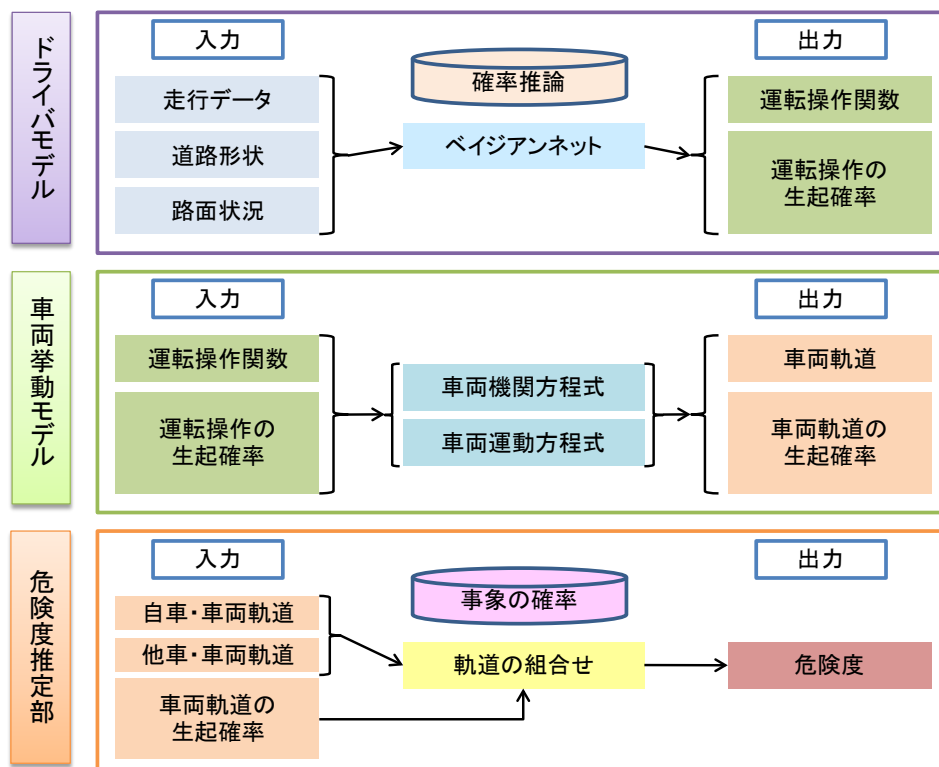
対象車1台に対しての自車の衝突可能性の危険度を交通状況から推定し、自車が対象車を回避する運転操作を行うための回避軌道を複数提示するシステムである。

図 45、図 46 に危険度推定システムの構成と処理過程を示す。



(出典：伊賀広章 他、ベイジアンネットワークに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌) Vol.20,No.3 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/20/3/20_3_357/pdf)

図 45 危険度推定システムの構成



(出典：伊賀広章 他、ベイジアンネットに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム 知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）Vol.20,No.3 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/20/3/20_3_357/_pdf)

図 46 危険度推定システムの処理過程

安全運転支援システムにおいて重要となる交通状況の危険推定機能と衝突回避機能の 2 つの機能を実現するためのベイジアンネットワークによるドライバモデルを用いた危険度推定システムである。

アクセル開度・ブレーキ開度・操舵角に対して、生起確率を与えるドライバモデルを構築する。

ドライバモデルへの入力となる交通パラメータとその状態値を表 19 に示す。

表 19 交通パラメータと状態値

入力ノード状態 (交通パラメータ)	状態値
速度[km/h]	0~10,10~20,⋯,90~100
相対速度[km/h]	0~20,20~40,⋯,180~200
相対距離[m]	0~10,10~20,⋯,90~100
視界	poor,fair,good,very good,excellent

入力ノード状態 (交通パラメータ)	状態値
他車認知度	poor,fair,good,very good,excellent
ウィンカ	右 ON,左 ON,OFF
足の位置	アクセル、ブレーキ、置いていない
路面状況	乾いている、濡れている
道路経常	直線道路、交差点付近、交差点内（前）、交差点内（奥）
アクセル開度 初期値[%]	0~10,10~20,⋯,90~100
ブレーキ開度 初期値[%]	0~10,10~20,⋯,90~100
操舵角 初期値[deg]	-400~-360,⋯,-40~0,0~40,⋯,360~400

(出典：伊賀広章 他、ベイジアンネットに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム 知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）Vol.20,No.3
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/20/3/20_3_357/pdf)

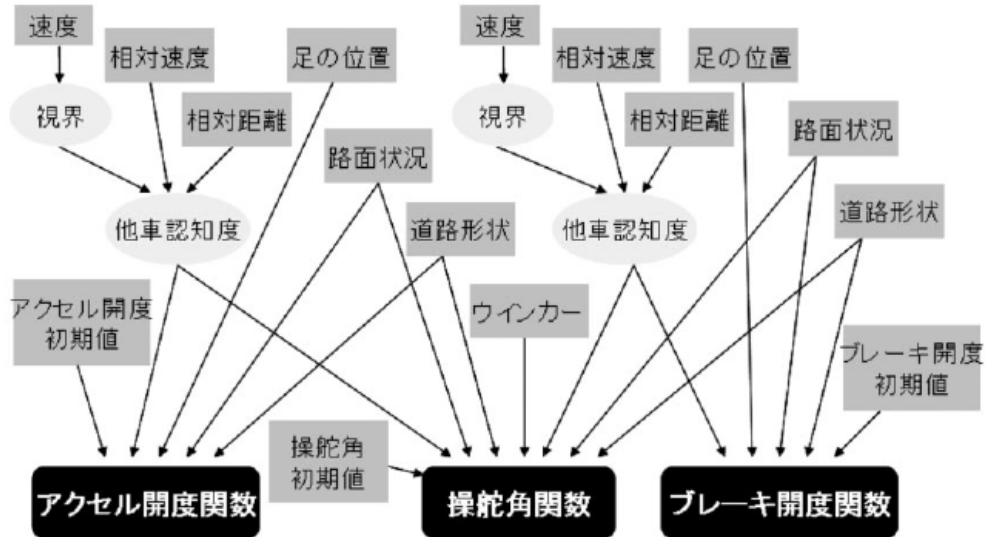
ドライバモデルの出力となる運転操作関数とその状態値を表 20 に示す。

表 20 運転操作関数と状態値

出力ノード状態値 (運転操作関数)	状態値
アクセル開度関数	$a_1(t), a_2(t), \dots, a_{21}(t)$
ブレーキ開度関数	$b_1(t), b_2(t), \dots, b_{21}(t)$
操舵角関数	$s_1(t), s_2(t), \dots, s_{21}(t)$

(出典：伊賀広章 他、ベイジアンネットに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム 知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）Vol.20,No.3
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/20/3/20_3_357/pdf)

ドライバモデルは、図 47 に示すベイジアンネットワークで構築する。



(出典：伊賀広章 他、ベイジアンネットワークに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム 知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）Vol.20, No.3
https://www.istage.jst.go.jp/article/jsoft/20/3/20_3_357/pdf)

図 47 ベイジアンネットワークの構築図

ベイジアンネットワーク構築時に用いた変数間の依存関係は、表 21 に示すとおりである。

表 21 変数間の依存関係

1)速度→視界 ・速度が上昇すれば、視界が悪い確率が上がる。
2)視界→他車認知度 ・視界が悪くなれば、他車を認識する度合いが減少する。
3)相対速度→他車認知度 ・相対速度が上昇すれば、他車を認識する度合いが減少する。
4)相対距離→他車認知度 ・相対距離が遠くなれば、他車を認識する度合いが減少する。
5)他車認知度→アクセル開度、ブレーキ開度操舵角 ・他車認知度が減少すれば、アクセルを踏む確率が上がり、ブレーキを踏む確率が減少し、操舵を操作する確率が減少する。
6)ウィンカー→操舵角

・ウィンカを出した方向に、操舵を操作する確率が上がり、ウィンカが OFF であれば、操舵を操作する確率が減少する。

7)足の位置→アクセル開度、ブレーキ開度

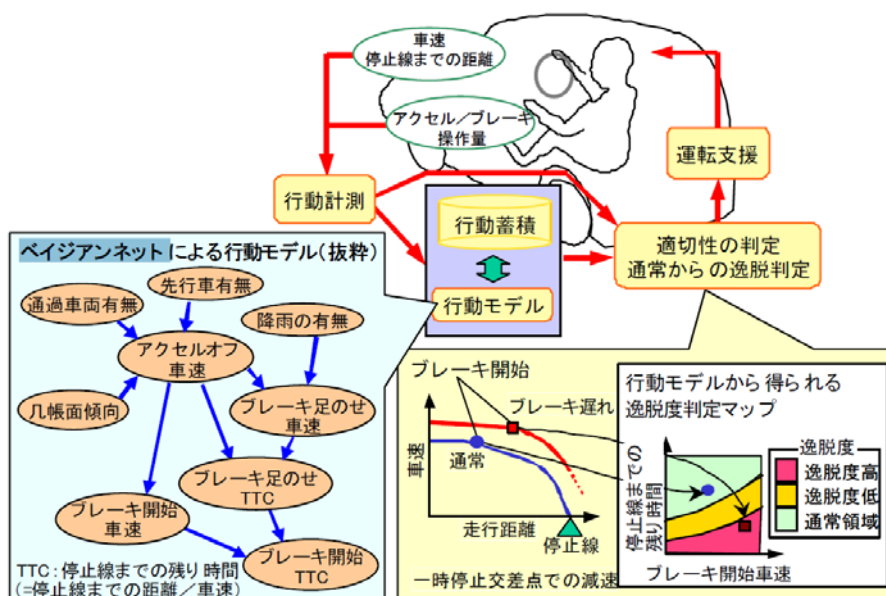
・足の位置がアクセルに置かれている場合、アクセルを踏む確率が上がり、ブレーキに置かれている場合ブレーキを踏む確率が上がり、どちらにも置いていない場合は、等確率となる。

(出典：伊賀広章 他、ベイジアンネットに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌) Vol.20,No.3 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/20/3/20_3_357/_pdf)

・ 出会い頭安全性評価技術 (一時停止減速操作逸脱判定) の開発

出会い頭衝突は、交通事故の原因として追突の次に多く発生する。この事故の原因の1つは、信号のない交差点での一時停止側の不停止と考えられる。そこで不停止などのうっかりミスを防ぐために、減速動作の遅れを検出して運転支援を行うための技術を開発した (図 48 参照)。

対象となる運転者の減速停止時の行動パターン (普段なら行う行動) を規範に、そこから逸脱した行動に対して支援を行う。



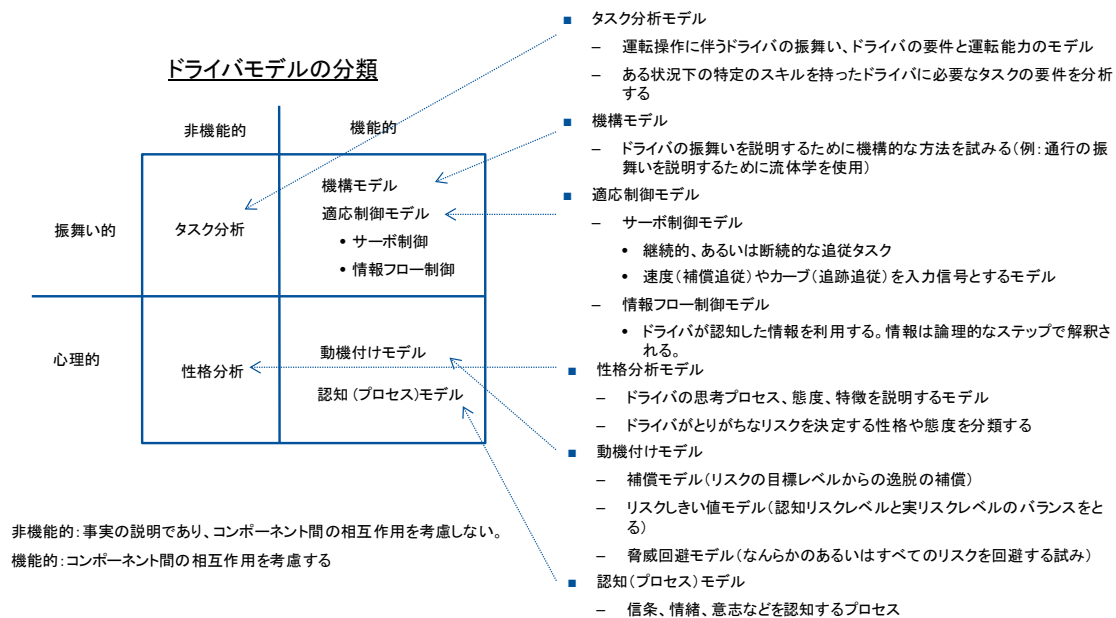
(出典：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 独立行政法人産業技術総合研究所 研究評価委員会「人間行動適合型生活環境創出システム技術開発」事後評価報告書 <http://www.nedo.go.jp/content/100096316.pdf>)

図 48 運転行動のモデル化と一時停止原則逸脱判定

(オ) ドライバモデルの構築

手法・技術	Michon の階層モデル、Rasmussen の 3 次元モデル
事例まとめ	ユーザモデルの 1 つであるドライバモデルについて、Michon によるドライバモデルの分類と、ドライバモデルの階層構造及び Rasmussen の 3 次元モデルの考え方を示す。これらのドライバモデルの概念に基づき、ドライバモデルを構築している事例も存在する。

- ・ Michon のドライバモデルの分類 (図 49 参照)

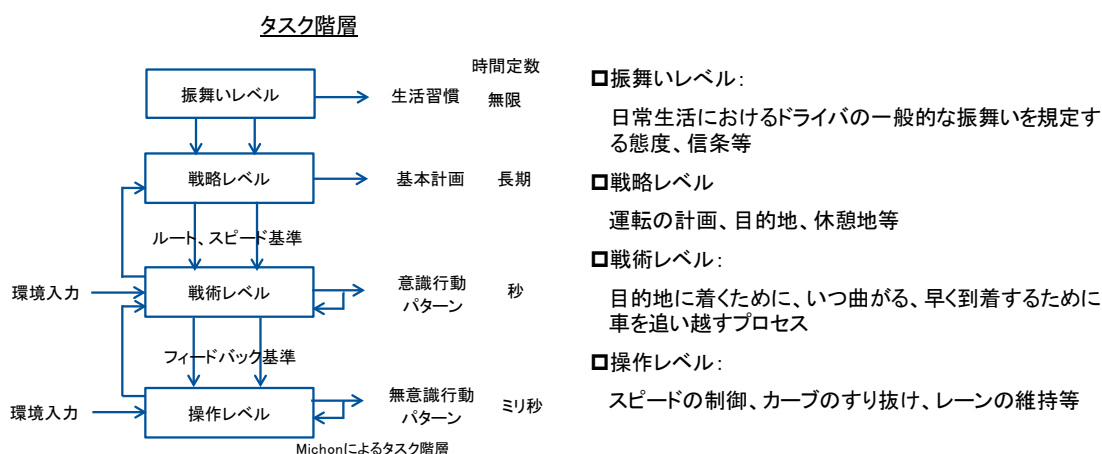


(出典 : State of the art of Driver Model Development/University of Windsor の論文を基に作成)

図 49 Michon のドライバモデルの分類

- ・ Michon のドライバモデルの階層構造
 - 車の運転は、マルチタスクのスキルである。道路で車両を制御している間、ドライバは、ミラーを確認し、前の車に注意を向け、交通標識や信号を見ながら、特定の道順に従い走行する。同時に個人の性格、動機、態度、意志、が運転に影響を与える。Michon (1971) などは、運転タスクの階層モデルを定義し、戦略、戦術、操作(制御)のレベルに階層化している。
 - 図 50 に Michon により提唱されたドライバのタスク階層を示す。

- 戦略レベルは、ナビゲーションモデルとも呼ばれ、計画の側面、例えば、どこに行くか、どんな手段で行くか、どんなルートをとるかなどがある。戦術レベルはガイダンスレベルとも呼ばれ、道路（環境）とのインタラクション、カーブ、レーン、交通標識、信号、その他の道路ユーザとの関係などからなる。最下層の操作（制御）レベルでは、ハンドル、ブレーキ、アクセルなどにより直接車両を操作する。
- ドライバ（ユーザ）をモデル化する場合、どの階層を対象にするかにより、必要となるデータ、収集方法、分析方法は異なる。どの階層でドライバ（ユーザ）をモデル化するのかを意識しなければならない。これまでに研究されているドライバモデルの階層は主に操作レベルであると考えられる。

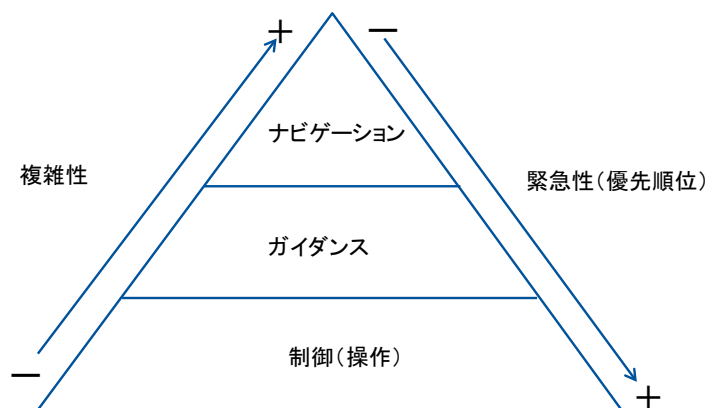


(出典：State of the art of Driver Model Development/University of Windsor の論文を基に作成)

図 50 Michon のドライバモデルの階層構造

- ・ 複雑性と緊急性のモデル (図 51 参照)
 - Alexander と Lunenfeld (1986)は、このモデルに複雑性のレベルと緊急性のモデルを加えた。知らない街でルートを探す（戦略あるいはナビゲーション）では、良く知っている道でハンドル操作をする（制御レベル、複雑性は低い）よりも、より大きな注意力（複雑性が高い）が要求される。
 - Alexander と Lunenfeld によると、最も緊急性の高いタスク（高い優先順位）で、最も早い反応が要求される。例えば、パンクをした際に、すべての注意力は、車の制御に向けられ、低レベルのタスクが、高いレベルのタスクよりも高い優先順位を持つ。したがって、緊急性

の高い処理項目が発生した場合、ルートを見つけるために道路標識を読むタスクは中断される。



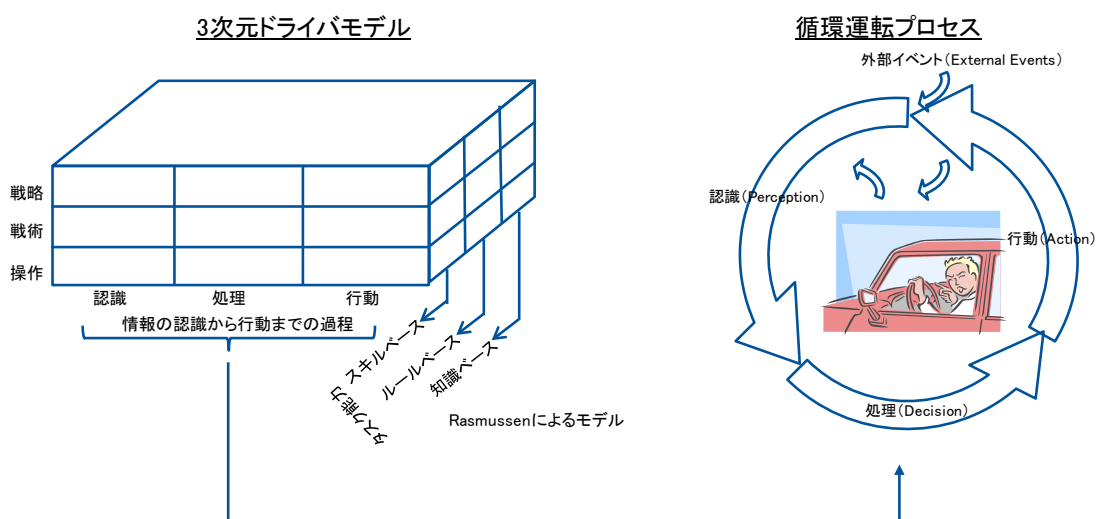
(出典 : Distraction and Inattention in the Driver Model Library/TNO
を基に作成)

図 51 複雑性と緊急性モデル

- ・ Rasmussen の 3 次元ドライバモデル
 - Rasmussen (1986)はタスクを実行する場合のスキルのレベルを記述している。Rasmussen のモデルは、汎用タスク実行モデルだが、様々な分野のタスクにも適用可能で、運転のタスクにも適用できる。
 - Rasmussen が区別する 3 つのレベルの振舞いに、知識ベース、ルールベース、スキルベースがある。
 - Rasmussen により提唱された 3 次元ドライバモデルと循環運転プロセスを図 52 に示す。
 - 対象とする階層 (戦略、戦術、操作) により、ドライバが情報を取得、処理し、行動を起こすプロセスと、そのために必要となる能力が異なることを示している。
 - 知識ベース : 知識レベルベースの振舞いは、新しい状況、新しい場所に適用される。論理的思考のより進んだレベルであるので、3 つの中で最も要求の大きなレベルである。運転の流れの例では初心者のドライバがどのようにギアを変えるかを考えなければならない場合、あるいは、経験のあるドライバが今までに行ったことのない街中を運転する場合などがある。情報の処理は非常に意識的な方法となり、要求のレベルが高いため、過負荷のタスクになるリスクがある。
 - ルールベース : ルールベースの振舞いの特徴は、ルールと手順に従い、慣れ親しんだ状況で行動のパターンを選択する。ルールは一連の指示、

例えば、. if... then...、であり、経験によって得られるか、他者から教えられる場合もある。例えば、運転の流れの中では、他の道路ユーザに道を譲ることを、ドライバが他を優先するという道路標識や信号などで得る場合などがある。ルールベースの振舞いは、交通ルールや規制に従うことと同様に、日常的な状況やシナリオにも適用される。

- スキルベース：最後にスキルベースの振舞いは、必要とする注意力は非常に小さくて済み、行動をするために意識的な制御を必要としない。スキルベースの行動は、自動タスク行動と深く関係している。例えば、経験のあるドライバが良く知っている道で運転する場合がある。ドライバは、タスクについて考える必要はなく、横方向のブレは少なく、自動的に反応しハンドルを操作する。



(出典 : Distraction and Inattention in the Driver Model Library/TNO を基に作成)

図 52 Rasmussen の 3次元ドライバモデルと循環運転プロセス

2.3.4. インタビュー調査

ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータについて、表 22 に示すとおり国内外の研究機関、有識者等にインタビューを実施した。

表 22 国内外のインタビュー調査先

	インタビュー先
国内	株式会社本田技術研究所
	TIDA(Testing Islands of Design Architecture)コンソーシアム
国外	Fraunhofer-IAO(ドイツ フラウンホーファー協会 労働経済・組織研究所)
	オランダ応用科学研究機構(TNO)
	Windsor 大学(カナダ)

以下は、ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する主なインタビュー項目である。

- ・ ユーザデータ収集の目的
- ・ ユーザデータの種類
- ・ ユーザデータの利活用について
- ・ ユーザデータからユーザプロファイルへの変換
- ・ ユーザモデルの取込み
- ・ ユーザモデルの構造
- ・ ユーザモデルへの入力情報
- ・ ユーザの制御対象
- ・ 制御パラメータ
- ・ ユーザモデルの出力情報
- ・ ユーザプロファイルの取込み
- ・ ツールの中でのユーザモデルの位置付け
- ・ ユーザモデルをプラントモデルとして扱う可能性について

インタビュー結果を以下のようにまとめた。

(1) 国内事例

(ア) 株式会社本田技術研究所

インタビュー先	株式会社本田技術研究所
主な内容	・ 自動車の衝突実験のためのダミー人形モデルと人体モデルによるシミュレーションについて
インタビューのまとめ	・ 自動車の衝突実験においてダミー人形を活用することで法的基準を満足することを確認している。 ・ ダミー人形は規格で定められており、また仮想的なシミュレーションのための有限要素モデル、また人体を忠実に再現した人体モデルも開発している。

【インタビュー調査項目】 ユーザデータ収集の目的

- ・ 衝突安全技術の研究。ドライバ、歩行者の傷害、ケガの低減のメカニズムの解析を実施している。
- ・ 自動車を販売しているかどうか、法的基準に従っているかどうかを確認する。
 - 法的基準としては、次がある。車両保安基準、FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards ; 米国連邦自動車安全基準)

【インタビュー調査項目】 ユーザデータの種類、ユーザデータの利活用について

- ・ 頭部、胸部、大腿部に荷重、加速度指標などの基準がある。ダミー人形で衝突実験する際の基準である。
- ・ 第三者検証 NCAP (New Car Assessment Program ; 新車アセスメントプログラム)、メーカーに依存しない自動車の安全性能評価プログラムがある。JNCAP、ユーロ NCAP、US NCAP などがある。スターレーティングを実施。JNCAP は NASVA (National Agency for Automotive Safety and Victim's Aid ; 独立行政法人自動車事故対策機構) が実施している。
- ・ シミュレーションを行い、実験は最後の確認のために実施する。シミュレーションは有限要素法のソフトを利用している。
- ・ ダミー人形は規格で定められている (大人や子供のダミー人形も規格で定められている)。シミュレーションのための中身も含めた全身の有限要素モデルができつつある。ダミー人形のモデルは、市販のものを各社が利用している。

表 23 交通事故例調査体制の国際比較

国名	組織・機構名	支援組織		病院 基地	調査事例 数	備考
		公的	民間			
アメリカ	CIREN (Crush Injury Research and Engineering Network)	NHTSA	GM Ford Daimler-Chrysler ホンダ トヨタ	有り	330 例/年	1996 年発 足 8 外傷セン ター
イギリス	CCIS (Co-operative Crush Injury Study)	DfT TRL	Autoliv Ford 日産 トヨタ	無し	1200 台/年	1983 年発 足 3 つの調査 チーム 車両乗員障 害を対象
ドイツ	GIDAS (German In-Depth Accident Study)	BAST	FAT (Ford,VW, Daimler,BMW, Porsche,Autoliv, TRW,JCD)	有り	2000 件/年	1973 年発 足 ハノーファ ーとドレス デン 歩行者事故 も対象
日本	ITARDA (交通事故総合分析センター)	警察庁 国土交通 省	自動車工業会 損害保険協会 その他	無し	250 件/年 (69%は軽傷 事故)	1992 年発 足 つくば市中 心にミクロ 調査

(出典：益子邦洋、国土交通省 自動車安全に関する医工連携システムの提案

<http://www.mlit.go.jp/common/000132664.pdf>)

【インタビュー調査項目】ユーザデータの利活用について

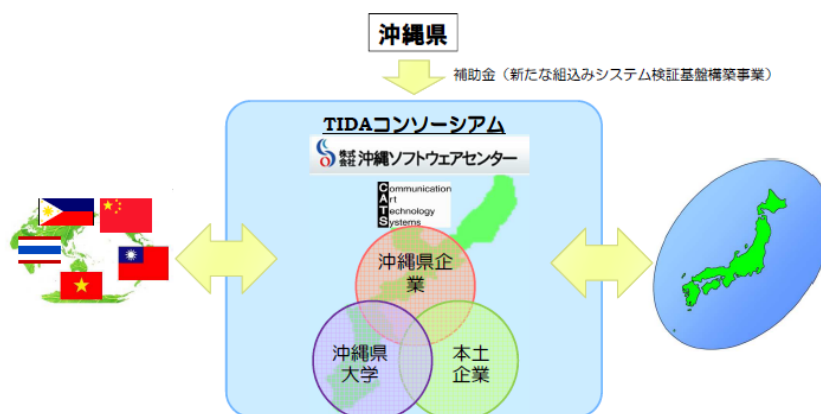
- ・ データは人体モデルの確からしさを評価するために利用している。事故のパターンを抽出して、次に何をすべきか検討をする。安全機器（エアバッグ、シートベルトなど）がどのように作用したかも確認をする。
- ・ シミュレーションは最初に考える道具として利用している。法的基準ではないものの、組織内での“物差し”として利用している。最後にはバーチャルでの法的要求基準合致の確認として利用している。

- ・ ダミーではすべての人体の要素をカバーしきれていないため、ホンダでは人体モデルを開発している。人体モデルは人体忠実性（骨、内臓、など）、スケーリング（体格差、年齢差、など）などにメリットがある。実際の設計・開発ではほとんど使われておらず、唯一使われているのは歩行者のモデリングである。
- ・ ダミー人形と人体モデルではシミュレーションで差が出ている。人体モデルの方がよりの確に交通事故を再現できるはずだが、すべてを再現できていない。限られた条件で再現できるようになってきたという段階である。歩行者のように、立っているところに衝突させるというように境界条件がはっきりしているものだと可能である。

(イ) TIDA(Testing Islands of Design Architecture)コンソーシアム

インタビュー先	TIDA(Testing Islands of Design Architecture)コンソーシアム
主な内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ TIDA コンソーシアムにおけるユーザモデルの構築について ・ 状態遷移モデルを利用したユーザモデル
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 状態遷移モデルを利用したユーザモデルは、製品のマニュアル情報から作成している。 ・ クレーム情報の分析からユーザモデルを検証している。

- ・ TIDA コンソーシアムの目的：沖縄県の補助の下、製品のユーザ視点の信頼性と品質を向上させるための基盤技術（ツール）を構築することを目的とした沖縄県を中心とした産官学横断のコンソーシアムである（図 53 参照）。

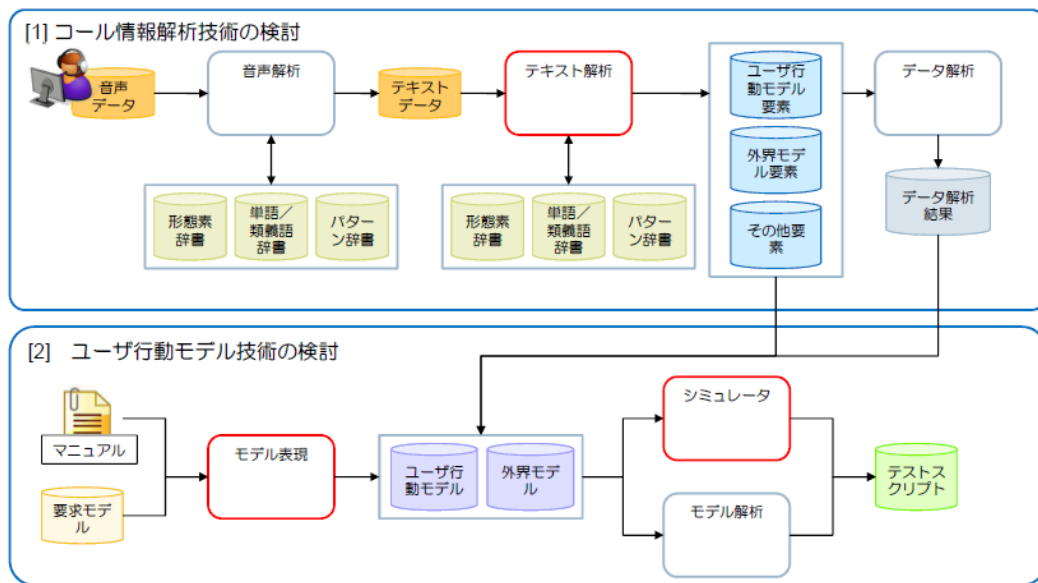


(出典：独立行政法人情報処理推進機構
組込み製品のユーザ視点の信頼性／品質向上に向けた取組み
<http://sec.ipa.go.jp/users/seminar/2011/b102.pdf>)

図 53 TIDA コンソーシアム

【インタビュー調査項目】ユーザモデルの取込み、ユーザモデルの構造、ユーザモデルへの入力情報、ユーザモデルの出力情報

- ・ ユーザモデルへの取組みについて（図 54 参照）
 - ユーザモデルについては、モデル化する要素が多すぎ、難しい割には実用性があるのかどうか分からない。
 - テストに特化したユーザモデルを開発している。
 - 基本的なユーザのモデルは、マニュアルにあるユーザの操作モデルが基本である。
 - 作成したユーザモデルは、ユーザがどう操作したかの遷移モデルとなっている。対面式で操作するような製品（家電など）を想定したモデルである。
 - クレームデータだけからでは偏ったモデルになるため、マニュアルから基本部分をとっている。
 - マニュアルから基本モデルを作成し、想定できないデータをクレームからとるという発想である。

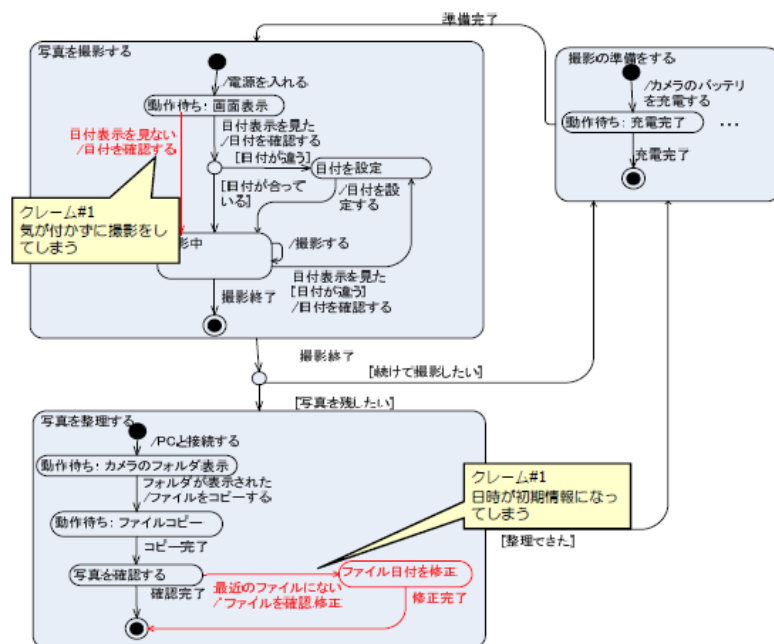


(出典: 独立行政法人情報処理推進機構 組込み製品のユーザ視点の信頼性/品質向上に向けた取組み

<http://sec.ipa.go.jp/users/seminar/2011/b102.pdf>)

図 54 コール情報解析技術とユーザ行動モデル技術の検討

- ユーザモデルからテスト仕様書はできるようになっている。
- ユーザモデルには、状態遷移モデルを利用している。図 55 に示す画面遷移図のようなイメージである。



(出典: 独立行政法人情報処理推進機構 組込み製品のユーザ視点の信頼性/品質向上に向けた取組み <http://sec.ipa.go.jp/users/seminar/2011/b102.pdf>)

図 55 ユーザ行動モデル技術の検討

- ・ ユーザモデルの試作
 - 表現方法：ユーザの要求を状態にして、状態遷移モデルにユーザ行動モデルを試作。
 - モデル作成方法：コール情報だけでは、クレームとなったときの情報しか得られないため、マニュアルから基本的な操作パターンを抽出する。
 - モデルとクレーム情報：クレーム間の関連が不明なため、クレーム毎にモデルを作成する。
- ・ コールセンター情報の分析：機能に対するクレーム、質問、といったカテゴリに機械的に分類する。また、コールセンターのデータは予めある程度人手で分類してある。
- ・ 期待される効果
 - コール情報解析技術：コール情報解析技術は、ユーザの利用環境、利用方法を抽出する技術を構築した。これにより、従来、人手で分析していた情報を分析しやすい情報に分類して解析することが可能になる。また、利用環境や利用方法などの情報に分類できるため、今後の技術を強化することにより、商品企画や製品開発に活用できる。
 - ユーザ行動モデル技術：ユーザ行動モデル技術は、ユーザの振舞いを

モデル化する技術を検討した。これにより、ユーザの振舞いを可視化でき、シミュレーションすることができる。また、今後の技術を強化することにより、コール情報等から、ユーザ行動モデルを蓄積することで、製品出荷後のユーザに振舞いと、製品の仕様を比較することで、妥当性検証等に活用できる可能性がある。

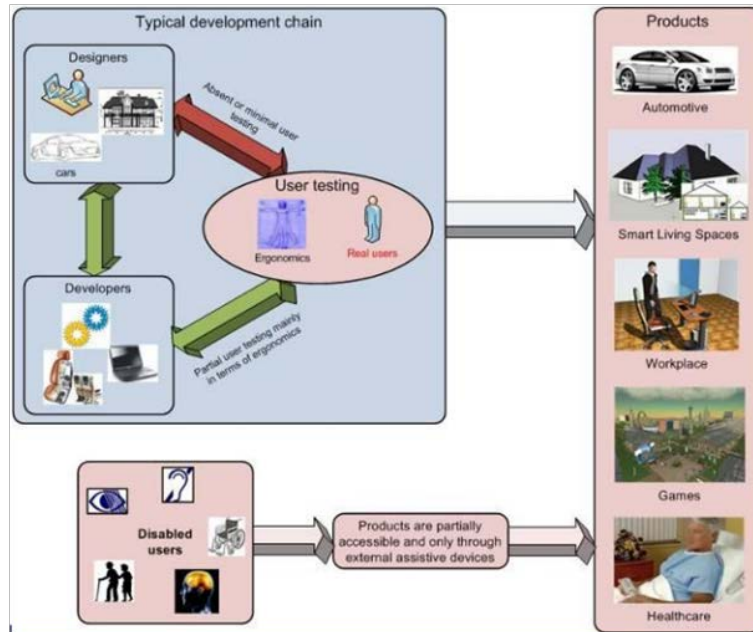
(出典:独立行政法人情報処理推進機構 組込み製品のユーザ視点の信頼性/品質向上に向けた取組み
<http://sec.ipa.go.jp/users/seminar/2011/b102.pdf>)

(2) 海外事例

(ア) VERITAS プロジェクト(Fraunhofer IAO)

インタビュー先	VERITAS プロジェクト(Fraunhofer IAO) 【IAO: Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (労働経済・組織研究所)】
主な内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ VERITAS の概要 ・ VERITAS におけるユーザモデルの構築について ・ ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational)
VERITAS プロジェクト基本情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ VERITAS(Virtual and augmented Environments and Realistic user Interactions To achieve embedded Accessibility designs) ・ EU の FP7(Framework Programme)プロジェクト ・ 期間: 48 ヶ月 (2010 年 10 月~2013 年 12 月) ・ パートナーシップ: 11 ヶ国の 31 パートナー ・ 予算: 合計 11.7 百万ユーロ/ファンド 8 百万ユーロ
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ VERITAS プロジェクトでは、ユーザテストに仮想ユーザモデルを導入することで、ユーザ (ここでは特に障害者) の特性を考慮した製品の設計・開発・テストを可能にすることを目的としたものである。

- ・ 従来の製品の開発は、障害者向けには、外部補助装置などにより、製品を使えるようにしていたため、設計・開発・テストでは、障害者のことは考慮されていなかった (図 56 参照)。

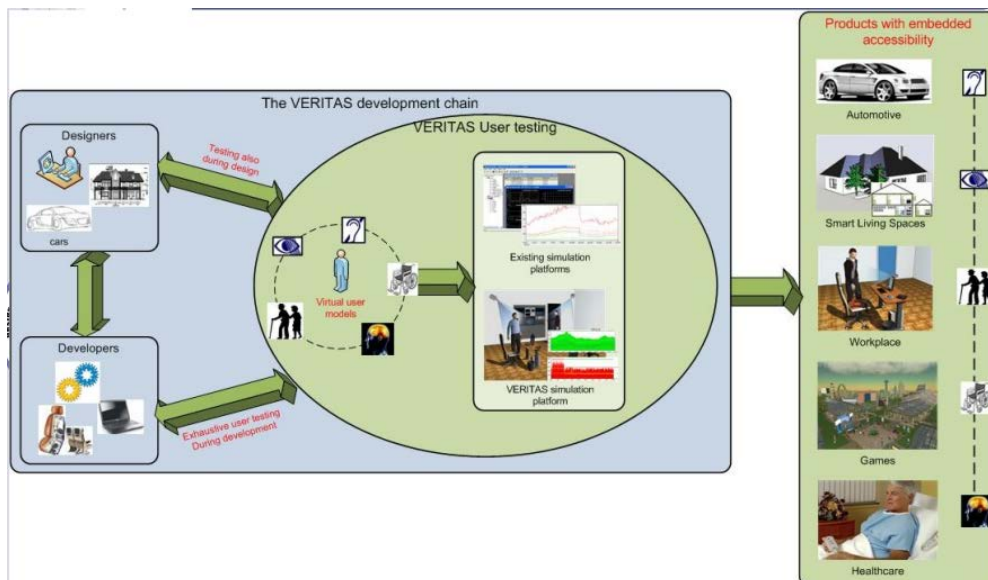


(出典 : VERITAS overview

http://www.epr.eu/aegis/wp-content/uploads/2011/12/VERITAS_ITI_AEGIS_conf.pdf)

図 56 従来の製品設計・開発・テスト

- ・ VERITAS では、ユーザテストに仮想ユーザモデルを導入することで、障害者の特性を考慮した製品の設計・開発・テストを可能にする(図 57 参照)。



(出典 : VERITAS overview

http://www.epr.eu/aegis/wp-content/uploads/2011/12/VERITAS_ITI_AEGIS_conf.pdf)

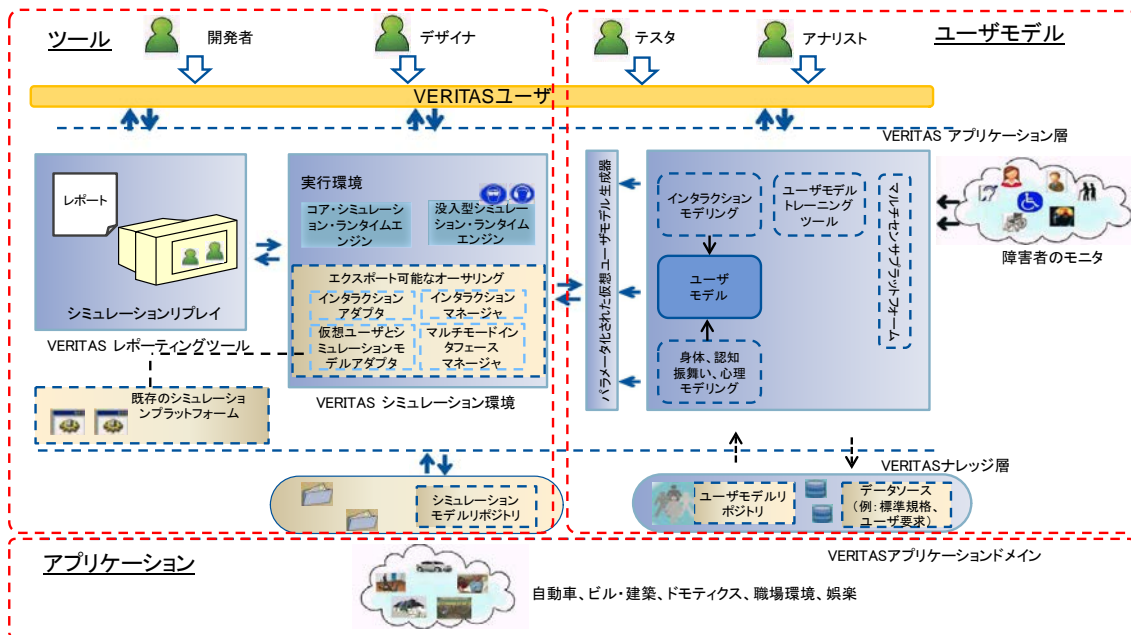
図 57 VERITAS での製品設計・開発・テスト

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ VERITAS アーキテクチャは理論的にはユーザモデルの要素を多く含んでいるが実現には克服しなければならないことも多い。
- ・ Michion のモデルはユーザモデリングの議論ではしばしば使われる。
- ・ ドメインは自動車だけではない（スマートリビング、職場、健康管理）。
- ・ コントロールレベル主体であり、従来の間工学的なアプローチ主体である。
- ・ 認知科学の領域では、ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational ; 認知機能をシミュレーションするアーキテクチャ) の利用を検討しているが、現状のユーザモデルの枠組みに取り入れるには困難な部分もある。

【インタビュー調査項目】 ユーザデータ収集の目的

- ・ ユーザデータについて
 - 人間工学に基づく人体の寸法については、ARMY や NAVY のデータがある。また大学の研究データがある。これらのデータでは、平均値、5 パーセントイル、95 パーセントイルのデータが得られる。
 - このようなデータは、更新されているわけではないので、現状にデータを合せ込む必要がある。
 - ユーザデータの収集には、同様の方法と基準で測定する国際的なアプローチが必要だが現状ではそのような取組みはない。
- ・ VERITAS は、3つのサブプロジェクトから構成される。
 - SP1 ユーザモデル
 - SP2 ツール (Fraunhofer が担当している。)
 - SP3 アプリケーション
- ・ VERITAS アーキテクチャ
 - VERITAS のアーキテクチャは、図 58 に示すとおりである。



(出典：VERITAS overview

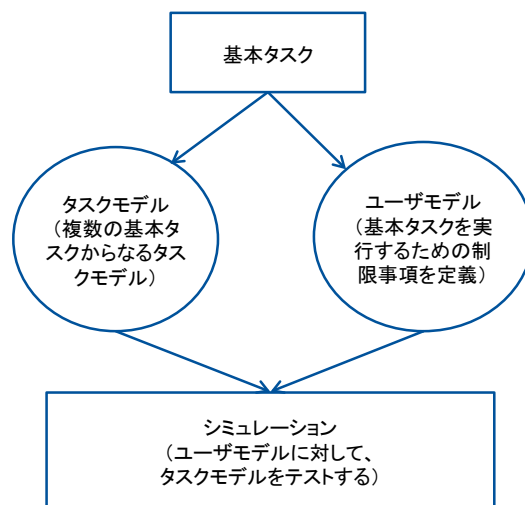
http://www.epr.eu/aegis/wp-content/uploads/2011/12/VERITAS_ITI_AEGIS_conf.pdf

より作成)

図 58 VERITAS アーキテクチャ

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルへの入力情報、ユーザの制御対象、制御パラメータ、ユーザモデルの出力情報

- ・ VERITAS のシミュレーション原則 (図 59 参照)
 - 障害者 (ユーザ) のタスクの基本タスクを定義。
 - ユーザモデルで、基本タスクを実行するための障害となる制限事項を記述する。
 - タスクモデルは、基本タスクを組合せで定義する。
 - シミュレーションは、制限事項 (障害) が定義されたユーザモデルを、定義したタスクモデルを用いてテストする。
 - タスクは、サブタスク、基本タスクに分解される。例えば、“Operating Car” (自動車の運転) がタスク、“Handbreake” (ハンドブレーキ) がサブタスク、“Handbreake” に必要な動作が基本タスクとなる。



(出典 : The VERITAS Project at a Glance/Manfred Dangelmaier Fraunhofer)

図 59 VERITAS シミュレーションの原則

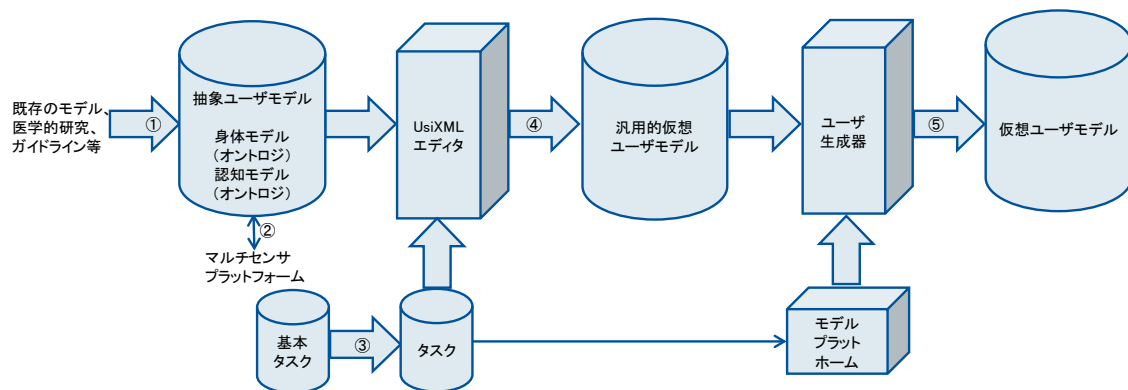
- ・ VERITAS のユーザモデルの種類 : VERITAS のユーザモデルには、障害の要素を表す抽象ユーザモデル、特定の障害を持つユーザを表す汎用的仮想ユーザモデル、汎用ユーザモデルを特定のユーザにカスタマイズした仮想ユーザモデルがある (表 24 参照)。

表 24 VERITAS のユーザモデルの種類

抽象ユーザモデル	身体的障害の要素をオントロジで記述した身体抽象モデルと認知障害の要素をオントロジで記述した認知抽象モデル
汎用ユーザモデル	特定の障害の記述、障害の影響を受ける基本タスクとそのパラメータからなる汎用的な仮想ユーザのモデル (抽象ユーザモデルとタスクから作成)
仮想ユーザモデル	特定の障害の記述、障害の影響を受ける基本タスクとそのパラメータからなる特定の仮想ユーザのモデル (汎用的仮想ユーザモデルに特定のユーザの情報を加え作成)

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの取込み

- ・ ユーザモデルの作成手順：VERITAS の汎用ユーザモデル作成プロセスは図 60 の手順で行われる。



(出典：A New Approach Parameterization of Cognitive Disabilities/ Instituto ITACA, Universidad Politécnica de Valencia を基に作成)

図 60 VERITAS ユーザモデルの作成手順

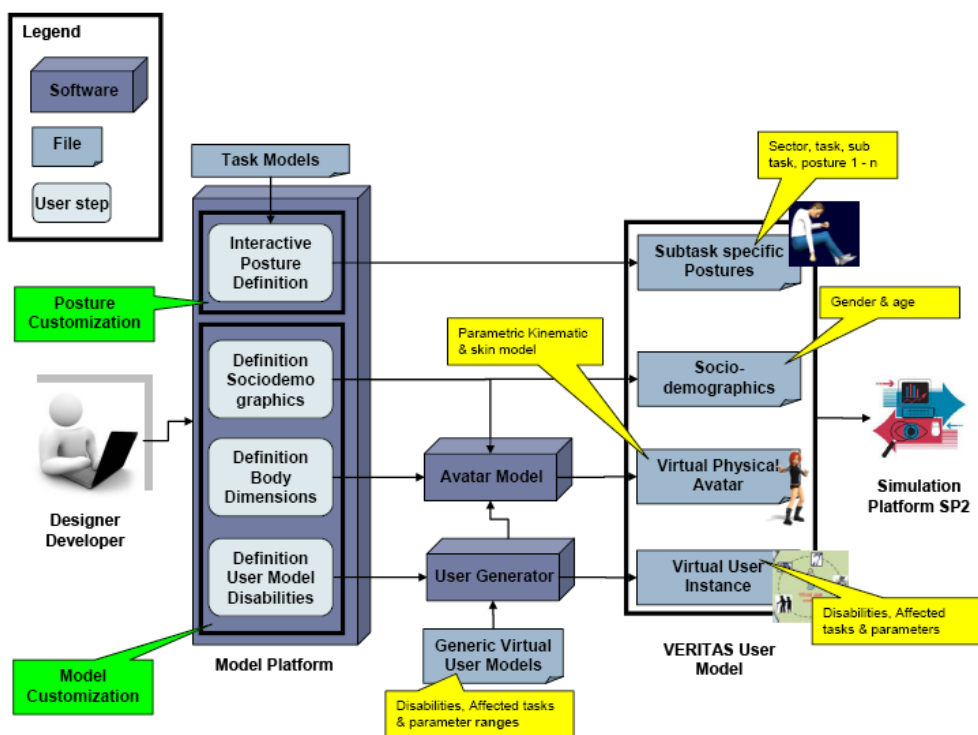
- ① 既存のモデル、医学的研究、ガイドライン、方法論、標準等を基に抽象ユーザモデルが実装される。抽象ユーザモデルでは障害の様々な要素が表現される。認知モデルの作成には、ACT-R の利用が検討されている。
- ② マルチセンサプラットフォームを使い、モデルの検証と更新を繰り返し行う。
- ③ 基本タスクモデルから、UIML/UsiXML 言語により、障害者（ユーザ）のタスクモデルを実装する。
- ④ 抽象ユーザモデルと障害の影響を受ける障害者のタスクをマージして汎用ユーザモデルを生成する。
- ⑤ 汎用モデルとモデルプラットフォームからのカスタマイズ情報により仮想ユーザモデルのインスタンスを生成

【インタビュー調査項目】 ユーザデータの収集の目的、ユーザデータの種類、ユーザデータの利活用について、ユーザデータからユーザプロフィールへの変換、ユーザモデルの取込み

- ・ VERITAS ユーザモデルのカスタマイズフロー：モデルのカスタマイズと姿勢のカスタマイズのワークフローがあり、開発者と設計者がモデルプラ

ットフォーム GUI から対話式に情報入力することで、ユーザモデルに必要なデータを生成する。このワークフローを図 61 に示す。

- モデルのカスタマイズ：モデルプラットフォーム GUI で、設計者/開発者は、ユーザの社会人口学的データ（性別、年齢）、身体の寸法、障害状況を入力する。生成された仮想ユーザの身体は外部のアバタモデルに変換され、VERITAS ユーザモデルファイルに組み込まれる身体アバタを生成する。さらに、ユーザ生成器で、障害者ユーザモデルで定義された特定の障害情報が、インポートされた汎用ユーザモデルに、障害パラメータを加え仮想ユーザモデルを生成する。
- 姿勢のカスタマイズ：モデルプラットフォーム GUI で、設計者/開発者は、対話式に、一連の姿勢を定義し、それらをタスクモデルファイル（タスク分析の結果）から抽出されたサブタスクにアサインする。この姿勢情報は、VERITAS ユーザモデルファイルに組み込まれる。

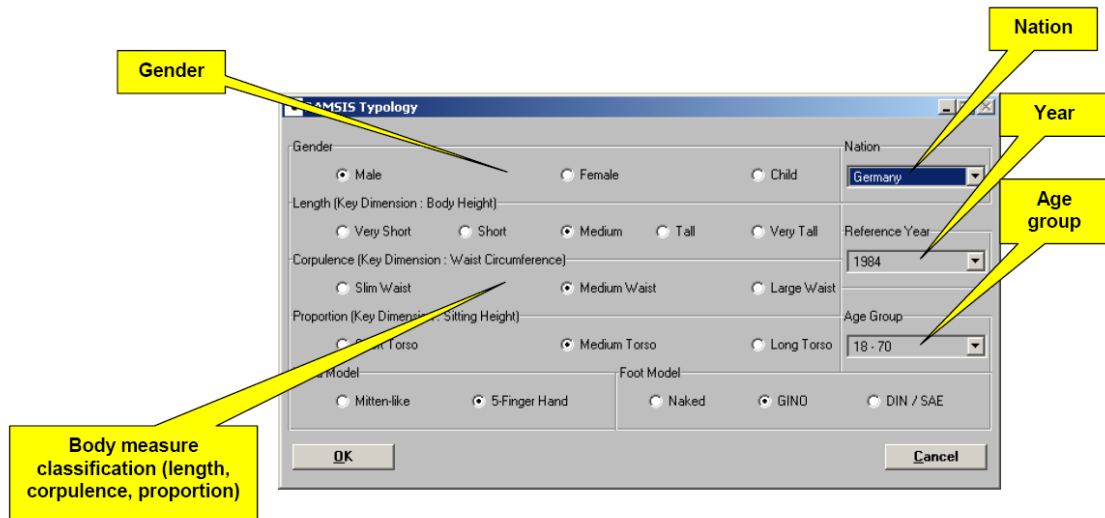


(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

図 61 VERITAS ユーザモデルのカスタマイズフロー

【インタビュー調査項目】 ツールの中でのユーザモデルの位置付け

- モデルのカスタマイズ (図 62 参照)
 - 性別、年齢等と身体測定データパラメータは、モデルプラットフォームの GUI から入力できる。



(出典 : Implementation of VERITAS virtual user model platform)

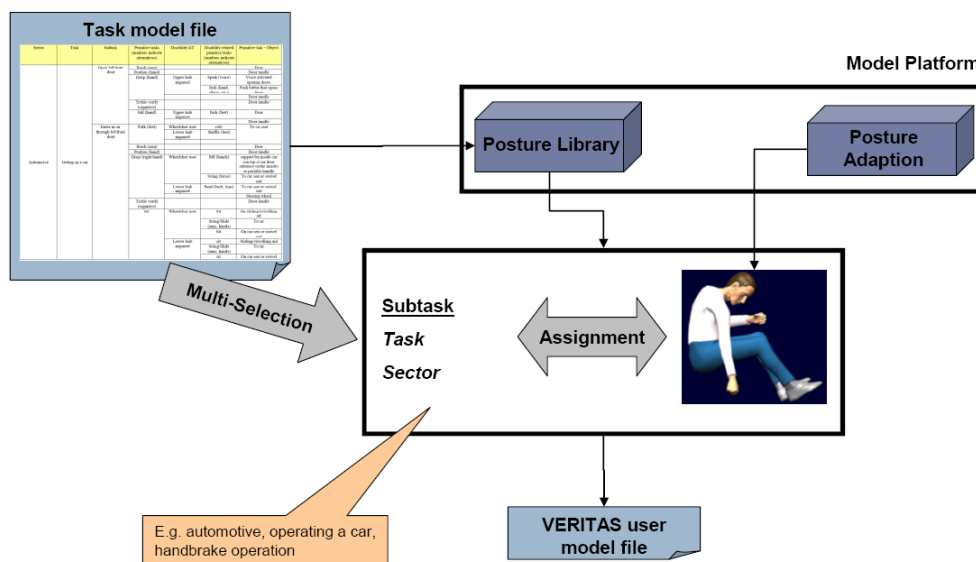
図 62 VERITAS ユーザモデルのカスタマイズ

- 姿勢のカスタマイズ
 - サブタスクに事前に定義された姿勢のカスタマイズは次のように行われる (表 25、図 63 参照)。

表 25 姿勢のカスタマイズ

タスクの選択	ユーザは、姿勢が定義されているサブタスクを選択する。サブタスクは、タスクモデル・マトリックスから選択される。このマトリックスには、サブタスクとタスク、セクタ、基本タスクが関連付けられている。サブタスクを選択する際に、関連するタスクとセクタが選択される。例：“Handbrake”（ハンドブレーキ）のサブタスクに対し、“Automotive”（セクタ）と “Operating Car”（タスク）が選択される。
基本姿勢の選択	姿勢のカスタマイズは、基本姿勢を調整することで行われる。基本姿勢は、複数の基本姿勢（例：自動車の運転、バイクの運転あるいは立っている状態）から選択される。
姿勢の調整	選択された基本姿勢は、身体要素の位置付け（例：頭、手、足と胴体）

	と基準面からの身体の距離（例：手から地面までの距離）を特定することで調整する。
タスク依存姿勢データの保存	最後に姿勢データとタスクデータがアバタモデルに保存される。



(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

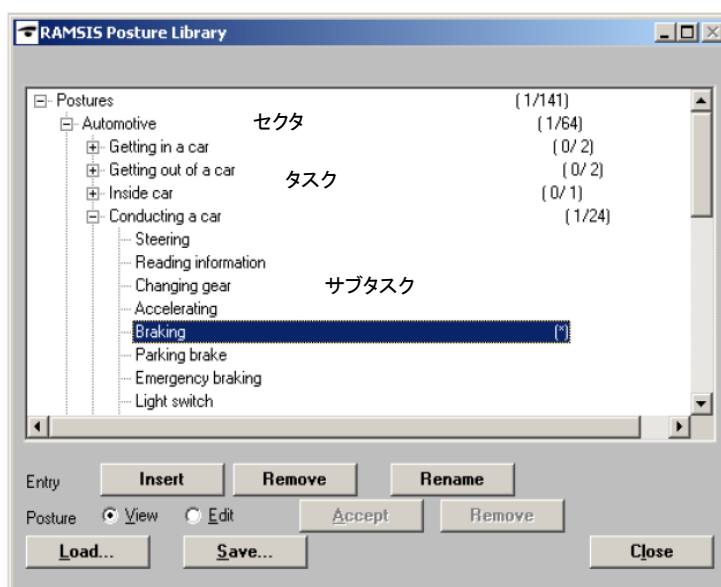
図 63 姿勢のカスタマイズ

- ・ タスクの選択と基本姿勢の選択/変更
 - タスクの選択と基本姿勢の選択/変更は次のように行われる（表 26、図 64、図 65 参照）。

表 26 タスクの選択と基本姿勢の選択/変更

セクタ、タスク、サブタスクの選択	VERITAS タスクモデルマトリクスからサブタスク、タスク、セクタが選択される。サブタスクはツリー構造の関連するセクタ、タスク、サブタスクの階層から対話式に選択される。サブタスクが姿勢情報を保持している。
タスクモデルデータに割り当てられた姿勢の表示	“Posture”（姿勢）の設定が“view”となっている場合、サブタスクの姿勢を表すマネキンが表示される。姿勢の表示には RAMSIS（エルゴノミクスツール、3次元 CAD マネキンでコンピュータ上に人間の姿勢を再現するシステム）が利用される。
タスクモデルデータへ	“Posture”（姿勢）の設定が“Edit”となっている場合、“Accept”

の新しい姿勢の割り当て	と“Remove”のボタンが有効になる。“Accept”ボタンは現在のマネキンの姿勢を選択されたサブタスクに割り当てる。“Remove”ボタンは選択されたサブタスクから姿勢情報を消去する。
タスクモデルデータに割り当てられた姿勢の変更	変更は3ステップで行われる。まず姿勢をディスプレイのワークスペースに表示する。次に姿勢調整機能で姿勢を変更する。最後に姿勢をサブタスクに割り付ける。
ファイルから姿勢とタスクデータをロードあるいは保存	姿勢ライブラリの内容（タスクモデルデータと姿勢情報）は“Save”ボタンでファイル(.plb)に保存できる。これらのデータは、“Load”ボタンで再ロードできる。姿勢ライブラリは、xmlベースで構成される。

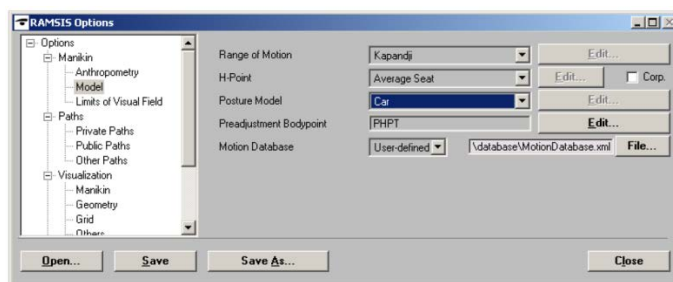


(出典 : Implementation of VERITAS virtual user model platform)
 図 64 タスク選択画面



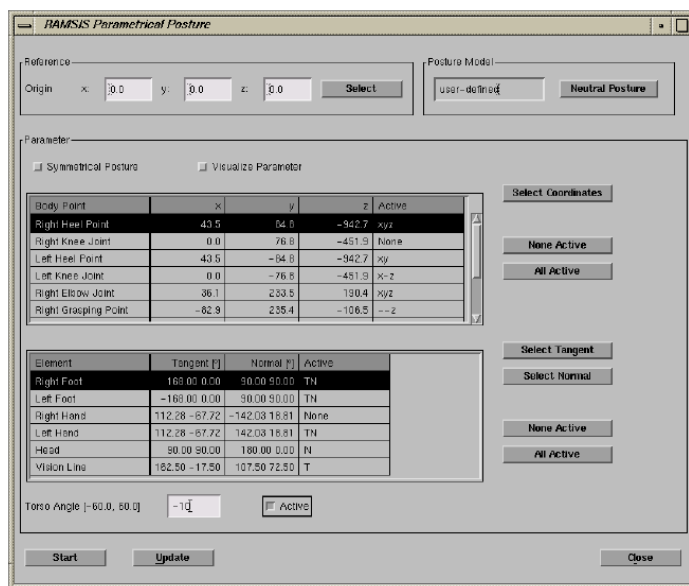
(出典 : Implementation of VERITAS virtual user model platform)
 図 65 姿勢表示画面

- 基本姿勢の変更方法
 - 基本姿勢が姿勢モデルリストから選択される。姿勢の変更機能では、ユーザが定義した身体要素の方向と距離に基づき、基本姿勢の定義と調整を行う。現在、車とバイク、直立の姿勢モデルが用意されている（図 66、図 67、図 68、図 69 参照）。



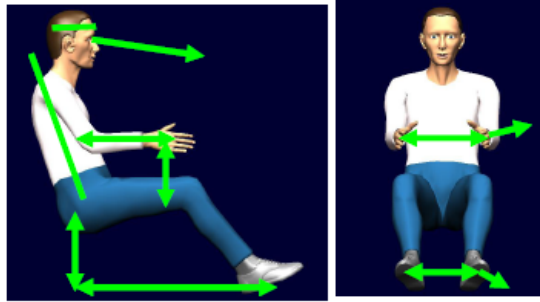
(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

図 66 基本姿勢の選択画面



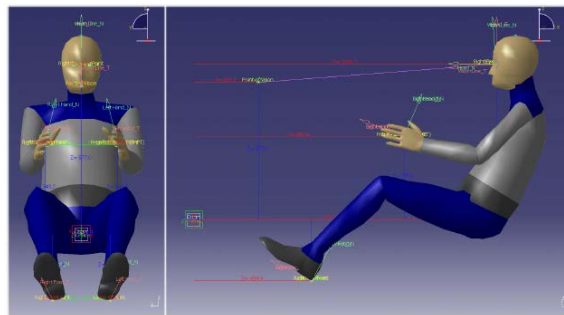
(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

図 67 姿勢調整パラメータ設定画面



(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

図 68 姿勢調整画面



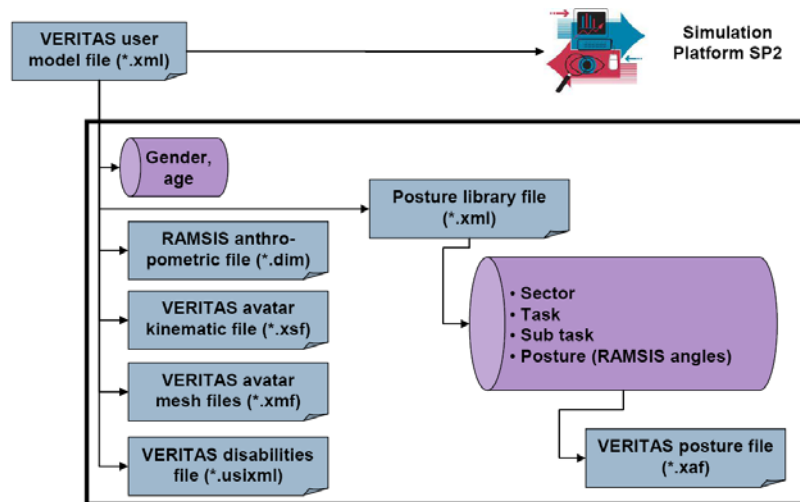
(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

図 69 姿勢パラメータの可視化画面

【インタビュー調査項目】 ユーザプロファイルの取込み

- ・ ユーザモデルのファイル構造 (図 70 参照)
 - VERITAS 仮想ユーザモデルファイルは、下記の情報からなる XML ファイル形式になっている。ファイルは、シミュレーションプラットフォームに読み込まれ、解釈される。
 - 性別と年齢データがユーザファイルに含まれる。
 - 姿勢ライブラリファイルへのリンク：サブタスク特有の姿勢データは、XML 形式で姿勢ライブラリに保存される。姿勢データは、RAMSIS ジョイントアングル規約で保存される。さらに、姿勢データは VERITAS アバタ規約に変換された後、VERITAS 姿勢ファイル (xaf 拡張子) に供給され、姿勢ライブラリファイルにリンクされる。
 - RAMSIS 身体ファイルへのリンク：モデルのカスタマイズの結果がネイティブの RAMSIS 身体フォーマット (dim ファイル) に供給される。このファイルでは、シミュレーションプラットフォームの外部 RAMSIS アプリケーションで利用される物理 3D アバタモデルが定義される。

- VERITAS アバタキネマチックファイルへのリンク：モデルのカスタマイズの結果は、コアシミュレーションプラットフォーム向けに、VERITAS アバタモデル形式で提供される。この中の一部は、キネマチック情報として、キネマチックファイル（xsf ファイル）に保存される。
- VERITAS アバタメッシュファイルへのリンク：モデルのカスタマイズの結果は、コアシミュレーションプラットフォーム向けに、VERITAS アバタモデル形式で供給される。この中の一部が、外部スキンメッシュ情報として、メッシュファイル（xmf ファイル）に保存される。
- VERITAS 障害ファイルへのリンク



(出典：Implementation of VERITAS virtual user model platform)

図 70 ユーザモデルのファイル構造

【インタビュー調査項目】 ツールの中でのユーザモデルの位置付け

- ・ VERITAS シミュレーションツール
 - 仮想ユーザモデルの情報（ユーザモデルファイル）を受け取り、ユーザの情報とタスクの情報を基に、ユーザの利用環境のシミュレーションを行う。システム構成は、ユーザの利用環境を作成する環境モデル、環境モデルにユーザモデルとタスクモデルを取り込んだり、触覚機能（ハプティクス）を提供するシミュレーションプラットフォーム、シミュレーション結果をビジュアル化する没入システムとディスプレイから構成される（図 71 参照）。
 - ユーザモデルの RAMSIS のモデルを Softimage（3次元コンピュータ

グラフィックスのソフトウェア) に取込み、Fraunhofer で開発した VR-System (VR は Virtual Reality ; 仮想現実) である Lighting で表示するデモを行っている。

- シミュレーション機能を提供するコアシミュレーションプラットフォームは、没入型 VR を使い、ユーザ (開発者) にシミュレーションのシナリオを提供する。
- 同ツールはシミュレーションツールやモデリングツールとの接続性、主要なシミュレーション、モデリング形式、標準への準拠、多言語サポート、ドキュメンテーションサポートなどの特徴を有する。

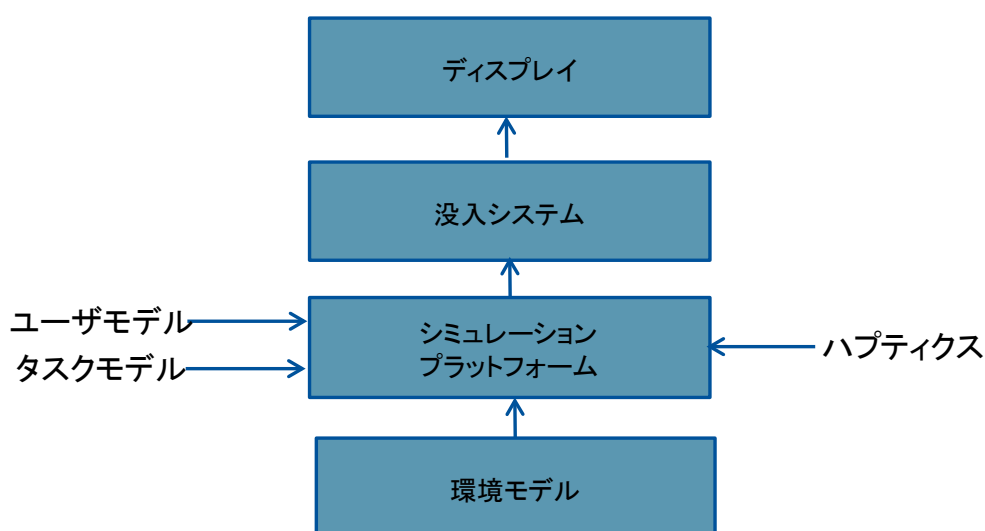
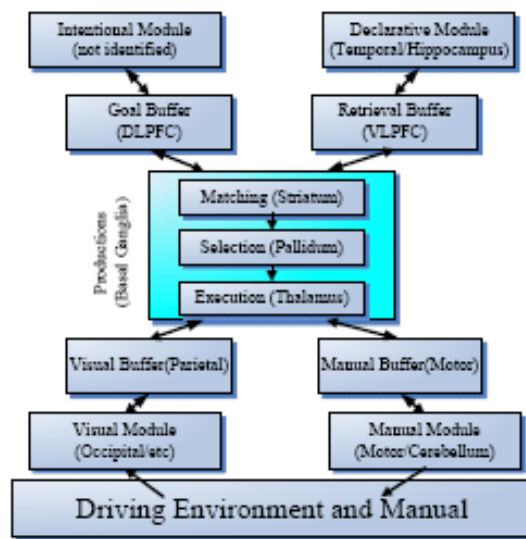


図 71 VERITAS シミュレーションツール

・ ACT-R

- ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) は Carnegie Mellon 大学の John Anderson 等が開発した人間の認知機能をシミュレーションするアーキテクチャである。
- ACT-R は人間の認知機能をシミュレーションし、理解するための理論である。ACT-R の研究者は、人間がどのように知識を構成し、知的な振舞いをするかを理解することに注力している。研究が継続するにつれ、ACT-R は、人間の認知タスク全般を実行するシステムに進化し、世界を認識、思考、行動する方法の詳細の理解のために活用されるようになってきている。

(出典 : ACT-R Research Group Department of Psychology,
Carnegie Mellon University)



(出典 : URGENT DRIVER BEHAVIOR MODELING IN COGNITIVE ARCHITECTURE
 YANFEI LIU, ZHAOHUI WU College of Computer Science, Zhejiang University)

図 72 ACT-R ドライバモデル

(イ) オランダ応用科学研究機構(TNO)

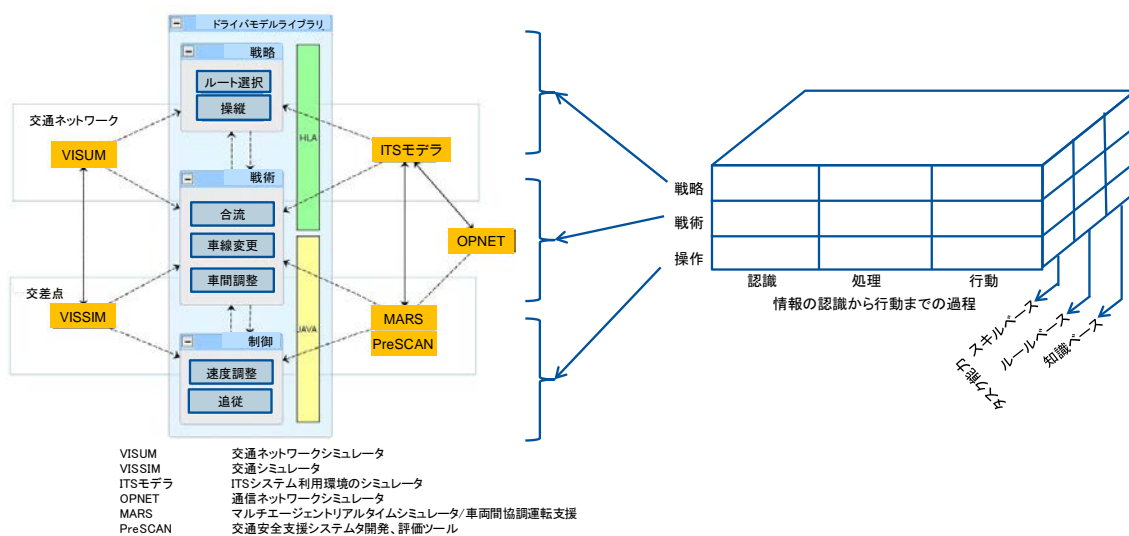
インタビュー先	オランダ応用科学研究機構(TNO)
主な内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドライバモデルライブラリ (Driver Model Tool Box Library) ・ CHAOS のドライバモデル
インタビューのまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドライバモデルのタスク階層 (戦略、戦術、操作) ごとに作成されたドライバモデルライブラリを作成している。各種シミュレータを活用している。 ・ ドライバモデルとして CHAOS 振舞いモデルを活用している。

【インタビュー調査項目】 ツールの中でのユーザモデルの位置付け

- ・ TNO では、運転環境のシミュレーションを行うシミュレータの開発実績があり、それらが資産となっている。
 - VISUM (交通ネットワークシミュレータ)、VISSIM (交通シミュレータ)、ITS Modeler (ITS システム利用環境のシミュレータ)、MARS (マルチエージェントリアルタイムシミュレータ)、PreSCAN (交通

安全支援システム開発、評価ツール)、OPNET (通信ネットワークシミュレータ) 等

- ・ 上記シミュレータに利用できるドライバモデルライブラリ (DML ; Driver Model Tool Box Library) を 3次元ドライバモデルの階層に従い開発している (図 73 参照)。
- ・ ドライバの階層モデルを提案した Michon は、TNO に在籍した研究者である。ドライバモデルの開発には、パンデモニウム理論に基づく CHAOS (Capability-based Human-performance Architecture for Operational Simulations, Ubink, Aldershoff, Lotens, & Woering, 2008; Ubink, Lotens, Woering, 2010) 振舞いモデルを採用している。
- ・ 米国や欧州において安全やテレマティクスに関連して、ドライバの振舞いを収集するプロジェクトがある。
 - 米国の VTTI (Virginia Tech Transportation Institute) が実施しているリサーチ : 100 Car Study、SHRP-2
 - EU FP7 プロジェクト : PROLOGUE (Promoting real Life Observations for Gaining Understanding of road user behaviour in Europe)、euroFOT (The first large-scale European Field Operational Test on Active Safety Systems)
 - 企業による取組み : DriveCam
 - TNO では現在、ドライバモデルライブラリ (DML) を開発している。ドライバモデルライブラリはドライバのタスク階層ごとに作成される。ドライバモデルは、各種シミュレータに対応する。



(出典 : Distraction and Inattention in the Driver Model Library/TNO を基に作成)

図 73 Driver Model Tool Box Library

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ Selfridge のパンデモニウム理論 (図 74 参照)
 - ドライバモデルライブラリのドライバモデルは、認知心理学の権威である Selfridge (1959) の提唱した文字認識の理論であるパンデモニウム (伏魔殿) の理論を基に、TNO で考案された CHAOS と呼ばれる考え方にに基づき開発されている。
 - パンデモニウム理論では、脳にある複数のエージェント (デーモン) が協調作業によって文字を認識する。下記の模式図ではデータデーモンが文字を確認し、フィーチャーデーモンが文字を構成する形状を検知 (関知する形状に対しシュリーク (叫ぶ))、認識デーモンが形状を文字として認識 (認識した文字のデーモンがシュリーク) し、デシジョンデーモンが文字を決定する。

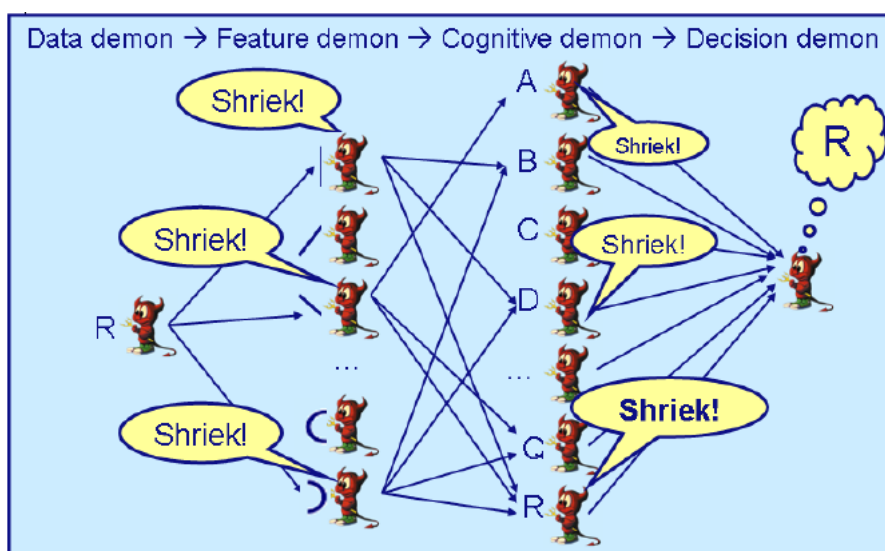


図 74 パンデモニウムの理論

- ・ CHAOS システム
 - ドライバモデルライブラリ (DML) は、CHAOS に基づいている。このフレームワークは TNO で開発され、TNO の様々なシミュレータに利用されている。その中には、消防士のシミュレーションなどがある。
 - CHAOS システムは、Selfridge のモデルに基づき複数の「デーモン」から構成される。パンデモニウム (伏魔殿) と呼ばれるアリーナで環境や目的に応じて「デーモン」が反応する様子で人間の行動をモデル化する。
 - CHAOS モデルは、「振舞いデーモン」、「資源デーモン」、「ストレスデ

「デーモン」と呼ばれる 3 種類のデーモンで人間の行動をモデル化する (表 27、図 75 参照)。

表 27 CHAOS モデルにおけるデーモン

振舞いデーモン	目的を達成するための振舞い (トップダウンの振舞い) を司るデーモンと、環境やイベントに反応する振舞い (ボトムアップの振舞い) を司るデーモンからなる。それぞれのデーモンは、目的達成のため、あるいは環境やイベントに反応してシュリークする。振舞いデーモンはシュリークの大きさで、振舞いの優先順位を表現する。トップダウンの振舞いでは、振舞い (タスク) の重要性に基づき、静的に優先順位が決まる。ボトムアップの振舞いでは、優先順位 (シュリークの大きさ) は、環境からの刺激の重要性に応じて動的に調整される。
資源デーモン	振舞いデーモンの振舞いのために消費される資源である。振舞いデーモンが必要とする資源は、振舞いのタイプにより異なる。複数の振舞いデーモンが同じ資源を必要とする場合は、最も重要 (最も大きなシュリーク) な振舞いデーモンが資源デーモンにアクセスする。振舞いモデルの振舞い (動作) は、それが必要とする資源の供給度合いにより決まる。
ストレスデーモン	ユーザが外部から受けるストレスを表すデーモンであり、ストレスの大きさ (シュリークの大きさ) を基に、資源のレベル (資源デーモンのシュリークの大きさ) を調整する。その結果、振舞いデーモンが司る行動がどれくらいうまく実行されるかに、間接的な影響を与える。

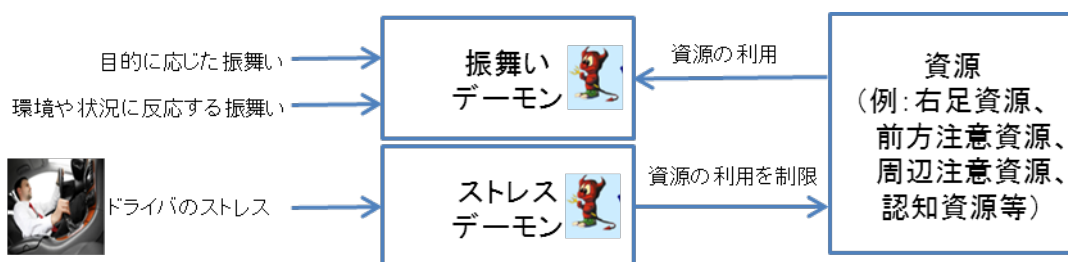


図 75 CHAOS システムにおけるデーモン

【インタビュー調査項目】ユーザモデルへの入力情報、ユーザの制御対象、制御パラメータ、ユーザモデルの出力情報

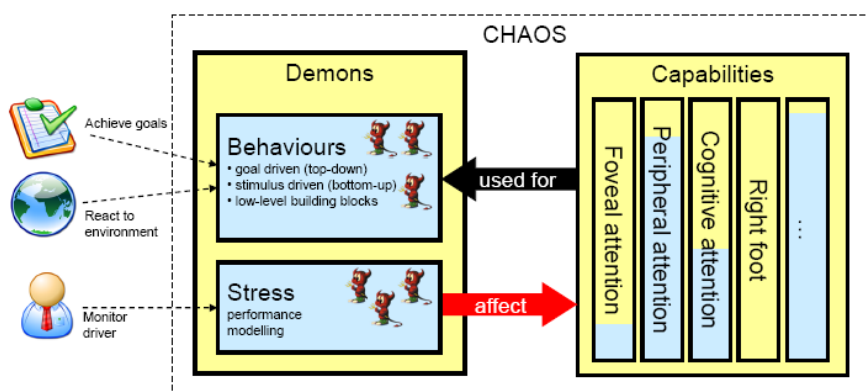
- CHAOS のドライバモデル
ドライバモデルでの「振舞いデーモン」、「ストレスデーモン」、「資源デー

モン」は下記のように定義される。

- 振舞いデーモン：振舞いデーモンには例えば、ルーティング、アクセル操作、ブレーキ操作などがあり、タスクレベルでは、戦略レベル、戦術レベル、操作レベルに分類される。
- ストレスデーモン：ドライバモデルに組込まれるもう1つの要素にドライバストレスがある。可能性のあるストレスとして、睡眠不足、怒り（運転中の激怒）などがある。これらのストレスも同様にデーモンで表現される。これらのデーモンのシュリークレベルは、睡眠不足モデルのような専用のサブモデルにより管理される。これらのストレスデーモンがシュリークを始めると資源を奪い始める。例えば、睡眠デーモンは、注意資源に影響を与え、眠気に襲われたドライバは、十分に休息をとったドライバよりも、集中力が低くなる。
- 資源デーモン：注意の散漫や不注意をドライバモデルで実装するために、振舞い（運転と運転以外の振舞い）が、資源として定義される必要がある。資源はどの振舞い（デーモン）が同時に実行されるか、その振舞い（デーモン）が衝突するかどうかを決定する。

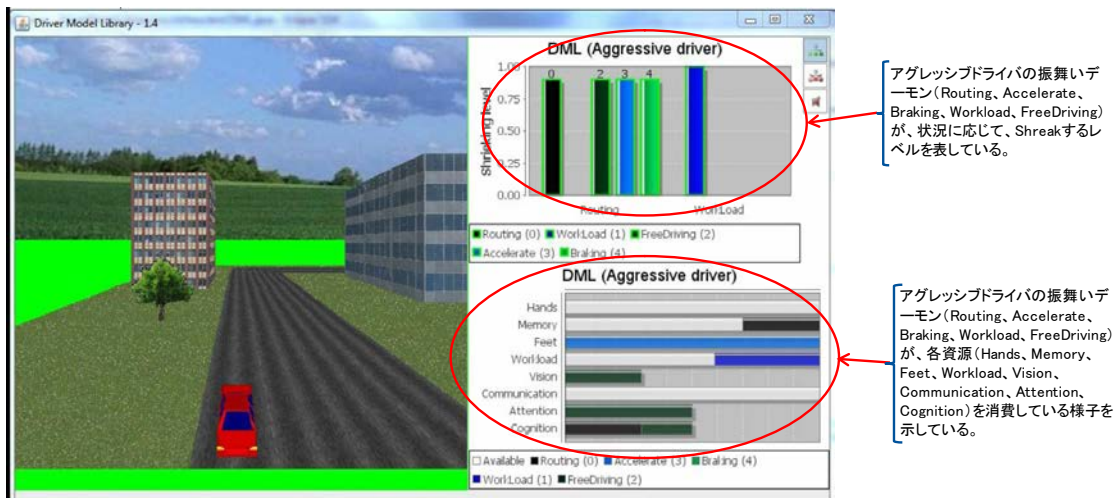
・ CHAOS ドライバモデルの例

- 振舞いデーモンは、目的に向けた振舞いと外部あるいは内部の刺激による振舞いを司り、資源を消費する。
- ストレスデーモンは、ドライバをモニタし、資源に影響を与え、資源を調整する。
- 図 76 では、ドライバが右足を使い、アクセルペダル、あるいはブレーキペダルを踏んでいる右足の資源が完全な使用状態となっている。
- 注意資源は、実行中の振舞いに消費されている。



(出典：Distraction and Inattention in the Driver Model Library/TNO)

図 76 CHAOS ドライバモデル



(出典 : Distraction and Inattention in the Driver Model Library/TNO を基に作成)

図 77 CHAOS ドライバシミュレータの画面

(ウ) Windsor 大学のニューラルネットワークドライバモデル研究

インタビュー先	Windsor 大学(カナダ)
主な内容	・ニューラルネットワークによるドライバモデル
インタビューのまとめ	・ニューラルネットワークにドライバの操作記録を学習させ、これをドライビングシミュレーション上で利用する。

- ・ニューラルネットワークによるドライバモデルを作成(MATLAB のニューラルネットワークパッケージを活用)
 - 30名の被験者に運転シミュレータを操作させて記録。
 - 操作記録をニューラルネットワークに学習させる。(入力と出力の関係を一致させる)
 - 30名のモデルを類型化しドライバモデルを作成。

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの構造

- ・ニューラルネットワークモデル (図 78 参照)
 - ニューラルネットワークモデルとは、神経細胞 (ニューロン) が刺激を受けると、神経細胞は信号を発し、次の神経細胞へ情報を伝達するという人間の神経組織の信号伝達処理を模したモデルである。ニューラルネットワークは、神経細胞に例えられる様々な関数 (伝達関数) の集合であり、伝達関数の組合せやパラメータ設定、重み付けを設定

することにより、入力 (P1、P2----) と出力 (y1---) の関係を決める。実際の値 (例えばドライブシミュレータで得た入力値、出力値) とニューラルネットワークの入力、出力を合わせ込む、いわばトライアンドエラーの作業でモデルをトレーニングする (学習させる)。

- これにより、あるモデル (例えばドライバ) への入力情報 (速度、道路情報等) に対し、モデル (ドライバ) がどのような出力 (例えば、アクセルペダル位置、ブレーキペダル位置、操舵角など) をするかを予測する。

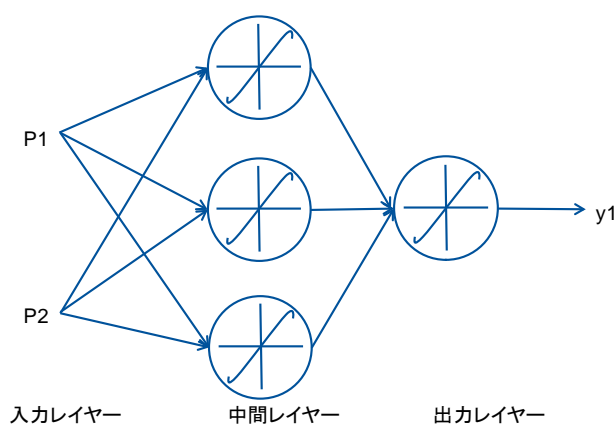


図 78 ニューラルネットワークモデル

【インタビュー調査項目】 ユーザモデルの取込み、ユーザモデルへの入力情報、ユーザの制御対象、制御パラメータ、ユーザモデルの出力情報、ユーザプロフィールの取込み

- ニューラルネットワークドライバモデル (図 79 参照)
 - 被験者にドライビングシミュレータを操作させて得たドライバへの入力とドライバ出力の関係をニューラルネットワークのドライバモデルで再現する。
 - ドライバへの入出力の関係とドライバモデルの入出力の関係を一致させるために、ニューラルネットワークをトレーニングする。
 - この作業を 30 名の被験者に対して行い、ドライバのモデルを類型化する (例、初心者、中級者、熟練者)。
 - これにより、類型化されたドライバによる運転の予測モデルができる。

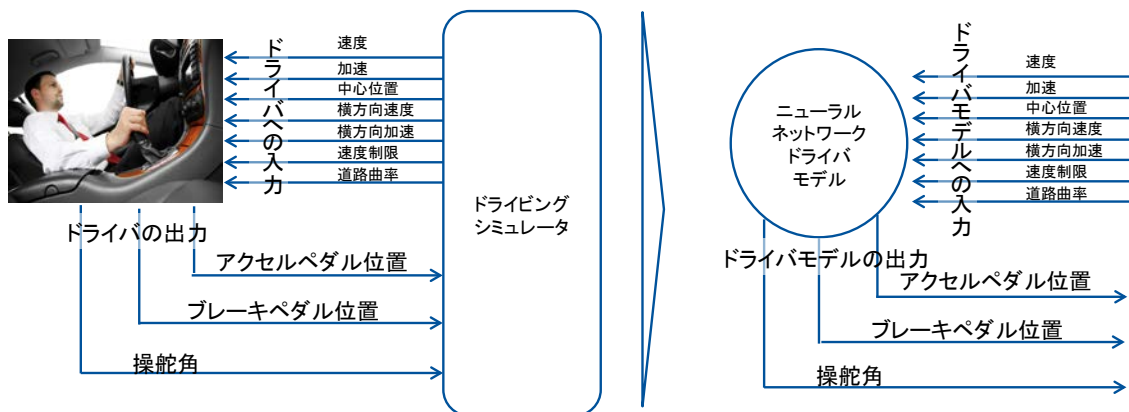


図 79 ニューラルネットワークドライバモデル

2.3.5. ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査のまとめ

ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータの調査を実施し、手法・技術を適用または研究している企業・組織に対し、インタビュー調査を実施した。

ユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータは次のとおりである。

ユーザモデルを構築する手法・技術に関する調査：

ダミー人形の代替となる人体モデル（株式会社本田技術研究所）、デジタルヒューマン、ニューラルネットワーク（Windsor 大学）、ベイジアンネットワーク、状態遷移モデル（TIDA コンソーシアム）、Michon の階層モデル、Rasmussen の 3 次元モデル、CHAOS システム（オランダ応用科学研究機構 TNO）

ユーザデータに関する調査：

独立行政法人産業技術総合研究所 人体寸法データベース、連邦労働安全衛生研究所（ドイツ） 身体モデル、一般社団法人人間生活工学研究センター 人間特性データベース、ITARDA（公益財団法人交通事故総合分析センター） 事故データ、100 Car study プロジェクト（アメリカ）、SHRP2（アメリカ）、CIREN（アメリカ）、CCIS（イギリス）、GIDAS（ドイツ）

ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術におけるユーザモデル妥当性検証に必要な技術・手法については以下の調査により明らかになった。

株式会社本田技術研究所の事例（衝突シミュレーションによる妥当性の検証）

TIDA コンソーシアムの事例（コール情報解析による妥当性の検証）

ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術におけるユーザモデルの再利用（メンテナンス）に必要な技術・手法については以下の調査によって明らかになった。

VERITAS のシステムにおいてはユーザモデルの再利用が可能である。

調査結果より、ユーザプロフィールに対する、ユーザモデル構築に必要な要件については、以下が考えられる。

ユーザモデルは、ユーザの振舞いを表すものであり、ユーザプロフィールはこの振舞いに影響する。ユーザモデル構築に必要な要件は、ユーザプロフィールがユーザの振舞いに反映できるものでなければならない。
そのため、シナリオを活用して、状況に応じたユーザの振舞いを定義する手法などが考えられる。

調査結果より、モデルベース開発手法・技術に対するユーザモデル構築プロセスについては、以下が考えられる。

ユーザモデル構築プロセス

- ①ユーザデータ等から、利用者の特性を抽出し、ユーザプロフィールを作成する。
- ②利用者品質の検討より、製品の要求定義を作成する。
- ③ユーザプロフィール及び製品の要求定義から、製品の利用環境等を考慮に入れたシナリオを作成する。
- ④製品利用の状況より、利用者すなわちユーザのユーザ仕様を作成する。
- ⑤ユーザ仕様から、利用シナリオにおいてユーザの振舞いがどう変化するか、ユーザの振舞いを定義する。
- ⑥シナリオとユーザ振舞い定義をモデルベース開発に組込む。

以上の調査結果により、ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する現状・課題を抽出し、それに対する対策を検討した(図 80 参照)。

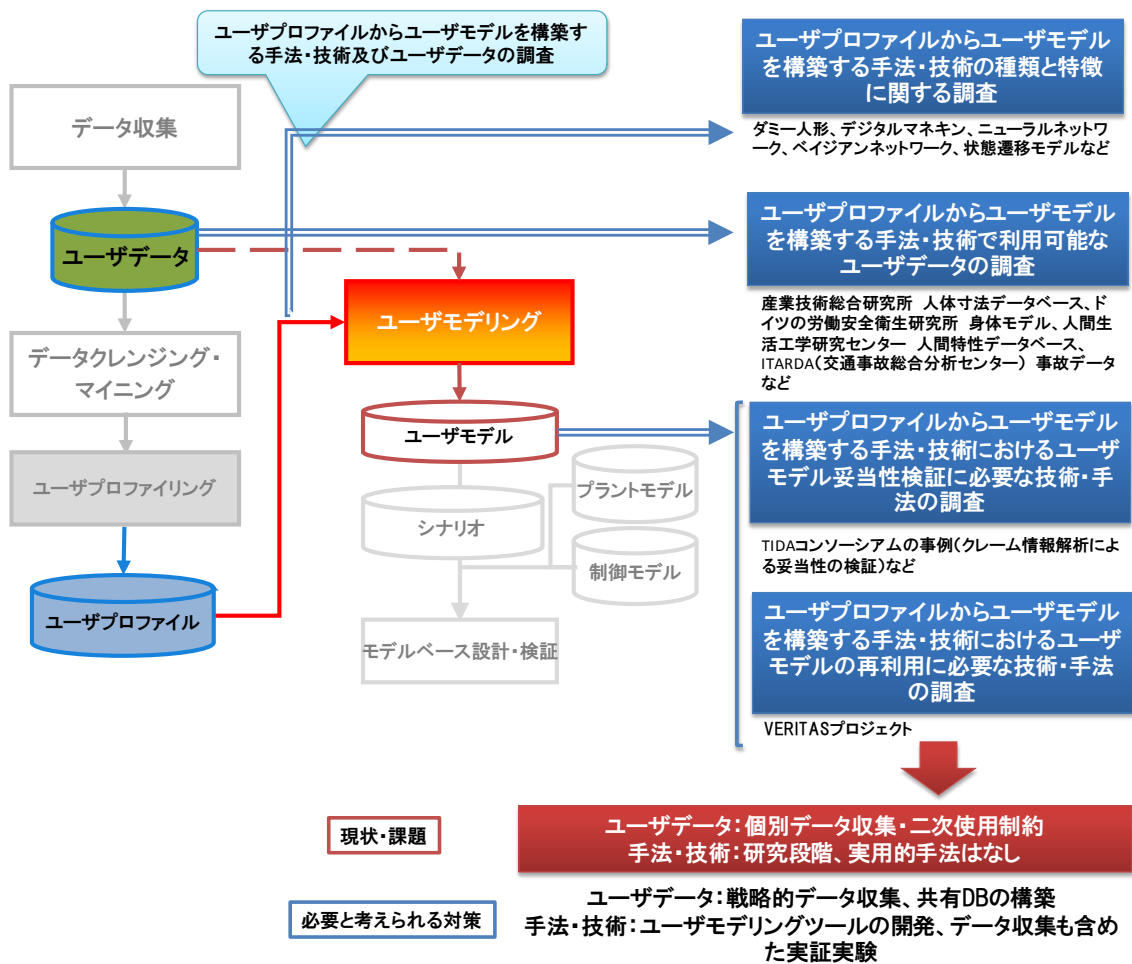


図 80 ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する現状・課題及び対策

調査結果から明らかになった現状・課題及びそれに対する対策を、以下のようにまとめた。

- ・ ユーザデータに関しては、その収集方法や使用に関する制約がある。そのため戦略的なデータの収集や、共有DBの構築が求められる。
- ・ ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術については、研究段階であり、実用的な手法は存在しない。そのためユーザモデリングツールの開発や実証実験の実施などが求められる。

調査結果より、ユーザモデル自体を構築する手法・技術また考え方や概念はあるものの、実際にユーザプロフィールをユーザモデルに反映させる手法・技術については発展途上であることが明らかになった。

ただし、本調査で明らかになったネットワーク型のユーザモデルを構築する技術については、未成熟ではあるものの、今後の技術の進展によっては、ユーザプロフィールを反映したユーザモデルを構築するための技術となる可能性がある。

調査の結果とそれから考えられる現状、現状の評価と今後の展開を図 81 に示す。

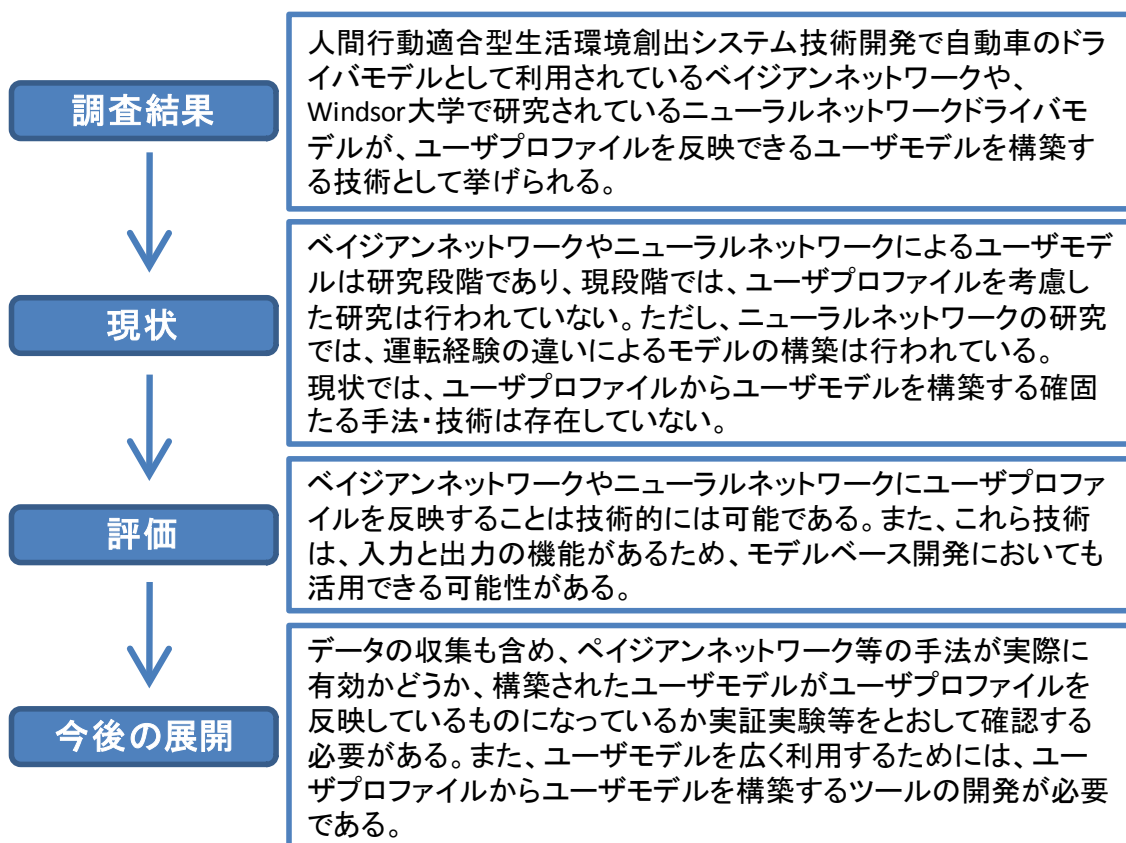


図 81 ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査の結果・現状、評価及び今後の展開について

3. 調査のまとめ

3.1. 調査結果の現状・課題及び対策からの各手法・技術の提案

以下の調査より、各手法・技術の現状・課題及びその対策を抽出した。

- ◆ ユーザプロファイル手法・技術に関する調査
- ◆ モデルベース開発手法・技術におけるユーザモデルの取込みに関する調査
- ◆ ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術及びユーザデータに関する調査

現状・課題及びその対策より、有効と考えられる各手法・技術を提案した（図 82 参照）。

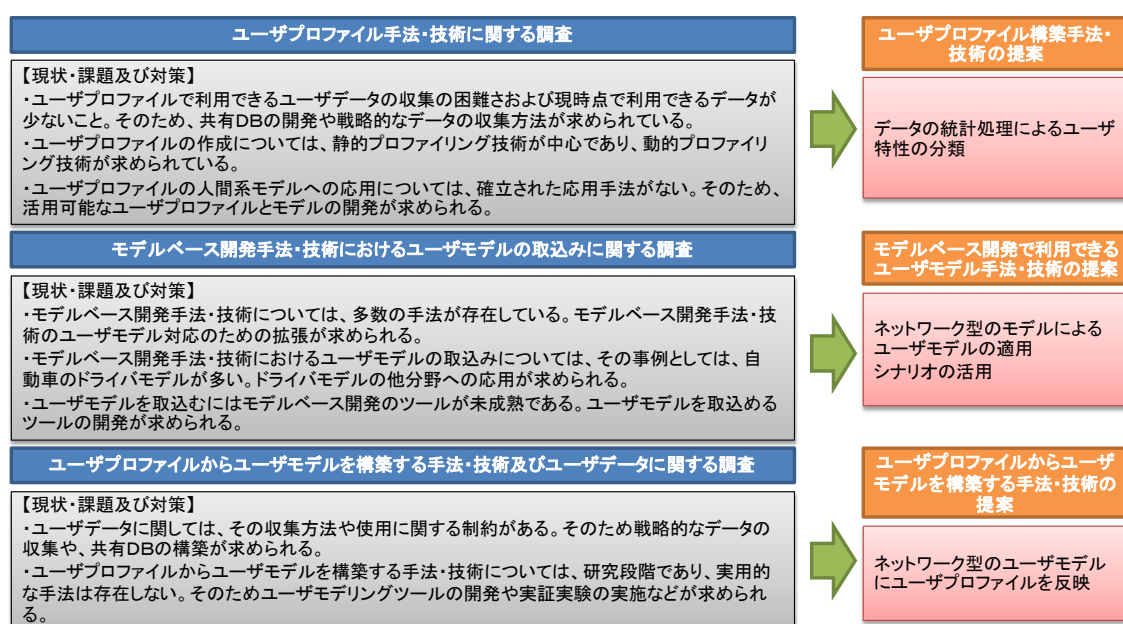


図 82 手法・技術の提案

以下、その詳細について述べる。

3.2. ユーザプロファイルの構築手法・技術の提案

ユーザプロファイルの手法や技術に関して調査を実施した。

ユーザ情報を収集・分析し、製品・サービスを提供する対象ユーザの特徴を抽出したものをここでのユーザプロファイルと定義する。その場合、ユーザ（人間）の情報処理の流れを、入力（知覚）→認知→出力（運動）としたとき、ユーザプロファイルにより最も影響する部分は認知であると考えられる（図 83 参照）。

ユーザプロファイルが認知に影響するので本来は、認知の部分をモデル化することでユーザモデルの構築が可能になると考えられる。しかしながら、認知のモデル化は非常に困難であるため、認知の部分をブラックボックスとして、入力と出力の情報からユーザモデルを構築することを考える。

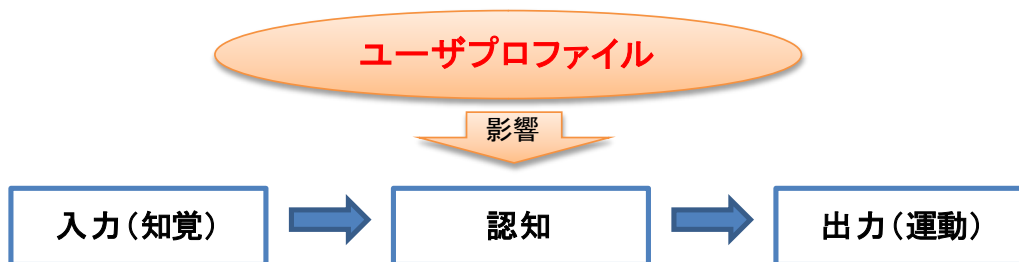


図 83 ユーザの情報処理の流れとユーザプロフィール

調査の結果より、現状では、ユーザプロフィールの構築には、認知の部分の分析を行わずに、目的に応じて収集するデータを絞り込むことにより、目的に応じた入力情報と出力情報のデータを収集し、それらを統計処理することでユーザプロフィールを構築することが有効である（図 84 参照）。（独立行政法人産業技術総合研究所サービス工学研究センターの認知的クロノエスノグラフィ（CCE）や株式会社 U'eyes Design のアプローチ）

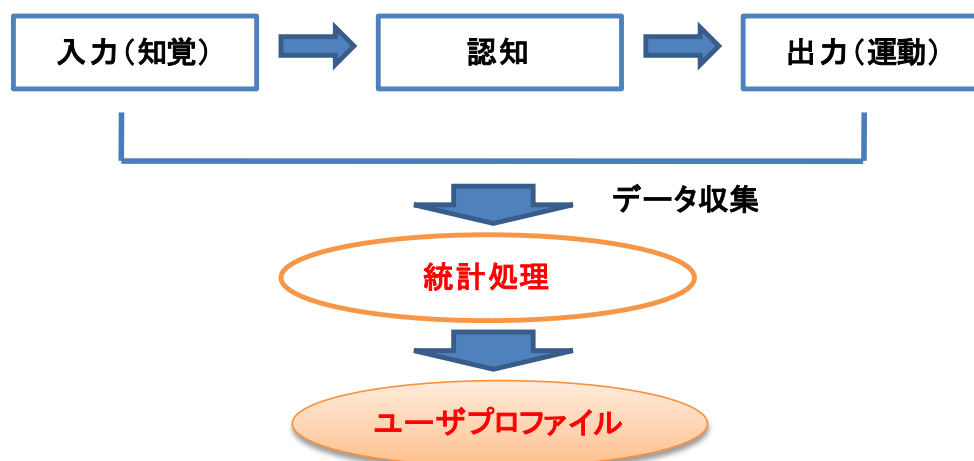


図 84 統計処理によるユーザプロフィールの構築

ユーザの認知の過程は、非常に複雑であると考えられる。Card ら(1983)は、コンピュータ・ユーザのモデルと行動の背景となっている人間の情報処理モデルを考案した。

Card の考案した人間情報処理モデルは、知覚システム、認知システム、運動システムにより構成され、ユーザの認知の時間的特性に着目している（図 85 参照）。

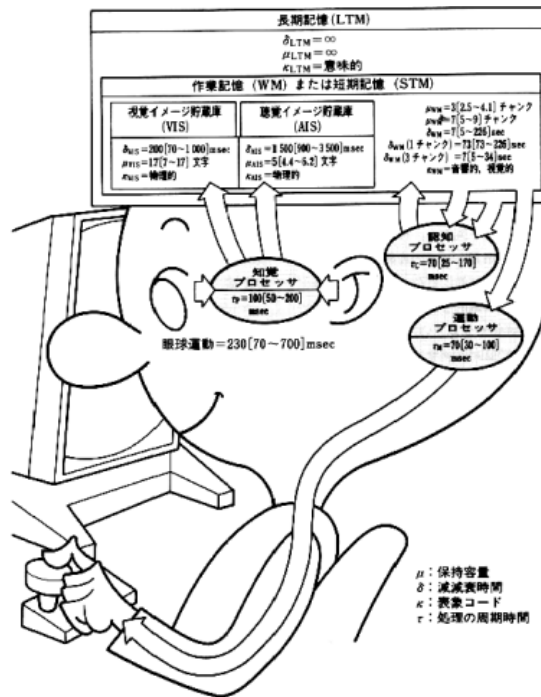
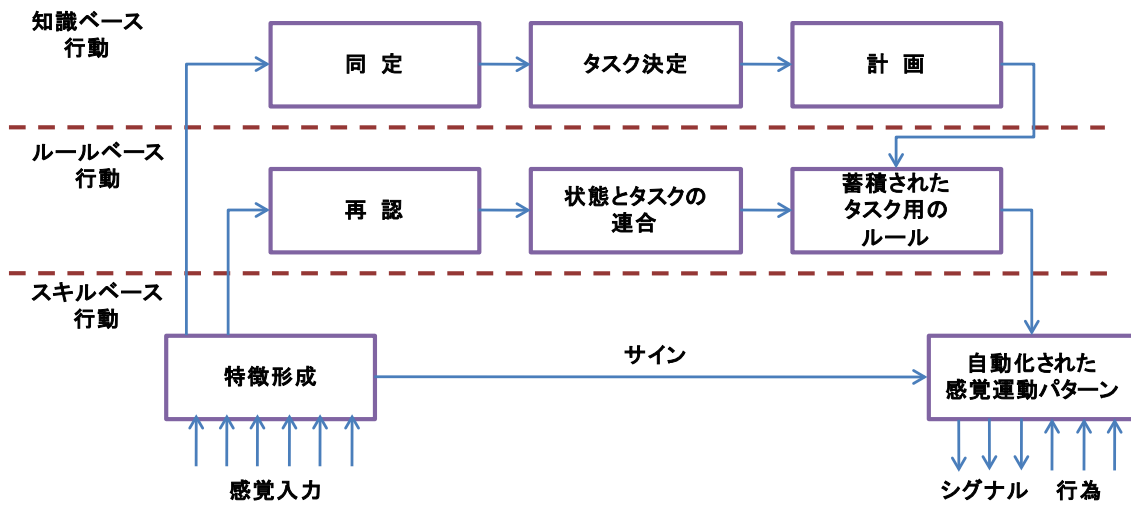


図 85 Card による人間情報処理モデル

本調査においては、このユーザの情報処理モデルにまでは立ち入らずにユーザプロファイルを構築する手法や技術について調査を実施した。ペルソナや認知的クロノエスノグラフィなどの調査を実施したが、それらの手法では分析の目的に応じて経験則により収集するデータを選択・決定し、統計処理によりユーザプロファイルを構築している。

また、特にドライバモデルを構築する際の考え方として、Michon のドライバモデル、Rasmussen のドライバモデル、Selfridge のパンデモニウム理論など、認知と出力についてモデル化したものを取り上げた。

ここでは、Rasmussen のモデルをさらに詳細に図 86 に示す。ユーザの情報処理における入力から出力までが、スキルベース、ルールベース、知識ベースに分かれて処理されている。Rasmussen のモデルで考えた場合でも、現状ではすべての層のデータの分析を行い、特徴を抽出して完全なユーザプロファイルを構築するという事は困難である。目的に応じて収集するデータを適切に選択する。Rasmussen のモデルで言えば、どの層でどのようなデータをプロファイルするのかを明確にすることが必要である。



(出典：Rasmussen,1983)

図 86 Rasmussen の SRK (Skill (スキル)、Rule (規則)、Knowledge (知識)) モデル

現状のプロファイル手法は、Rasmussen のモデルで言えば、単一の層のみのプロファイルに留まっているものの、厳密に言えば、Rasmussen のモデルの各層はそれぞれ隣り合う層の影響を受けており、各層をつなぎ合わせることができれば、より認知のモデルに近づくと考えられる。ペルソナのような上位の層をプロファイルする手法も、シミュレーションで用いられるような比較的下位層をモデリングしたドライバモデルと連携させて活用できるのではないかと考えられ、今回調査を実施したペルソナなどのアプローチで上位層をプロファイルし、下位層のドライバモデルへの1つの入力として利用するなどのアプローチが考えられる。

3.3. ユーザプロフィールからユーザモデルを構築する手法・技術の提案

ユーザモデルの構築に際しては、ユーザ（人間）の物理的側面と精神的側面のモデル化が考えられる。

ユーザの物理的な側面とは、身体的な特徴や、身体的能力などで、直接測定することが可能なものである。

ユーザの精神的な側面とは、ユーザの内面的なことで、性格や思考方法など直接測定することが困難なものである。

ユーザをモデル化するに際しては、このどちらかをモデル化するかによって、その方法や技術が変わってくるものと考えられる。

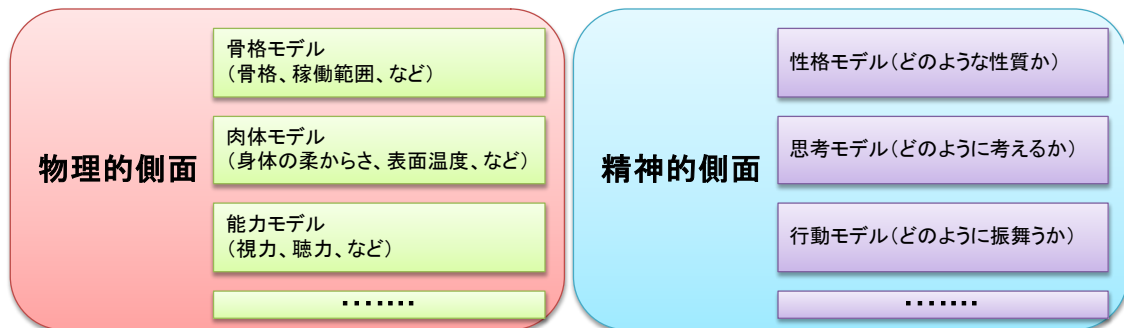


図 87 ユーザのモデル化に際しての考慮すべき側面

ユーザモデルは、制御システムからみると外部モデルの一要素として捉えることができるため、同じ外部モデルであるプラントモデルのモデリング手法を参考にすることができるだろう。

表 28 は、プラントモデルのモデリング手法の分類を示したものである。

表 28 プラントモデルのモデリング手法

モデリング手法	内容
ホワイトボックスモデリング	第 1 原理モデリングや、物理モデリングといわれるもので、運動方程式などを作って物理的にモデリングする方法。モデリングの基本である。システム全体を表現する数式が明らかである必要がある。対象の内部を解析するため、「ホワイトボックスモデリング」といわれる。
ブラックボックスモデリング	実験などで得られた対象から大量の入出力データを基に、統計的にモデリングする方法である。対象の内部について知る必要がないため、「ブラックボックスモデリング」といわれる。

モデリング手法	内容
グレーボックスモデリング	第1原理モデリングをベースに、一部の未知なパラメータをブラックボックスモデリングの手法で推定するモデリング方法である。ホワイトボックスモデリング、ブラックボックスモデリングを併用するため、「グレーボックスモデリング」といわれる。

(出典：組み込みシステム開発における“モデル”とは？－@IT MONOist,
http://monoist.atmarkit.co.jp/fembedded/articles/mbdmdd/01/mbdmdd_01.html)

人間の骨格モデルや肉体モデルなど、物理的側面については、古くから様々な研究が行われており、実際の関節の動作の仕組みや肉体の構成物質の種類などが判明しているため、運動方程式などを利用したホワイトボックスモデリングも可能であると考えられる。

だが、性格モデルや行動モデルなどの精神的側面についてのモデル化については、その仕組みを論理的に組み立てることが困難であるため、ブラックボックスモデリングを実施する必要があるだろう。

本調査においては、ユーザプロファイルからユーザモデルを構築する手法・技術を調査することを目的としていたが、現時点においては、そのような手法・技術は発展途上である。

しかしながら、シナリオなどを活用すれば、ユーザプロファイルを取り入れたユーザモデルの構築が可能であると考えられる。シナリオの中でユーザがどのように振舞うか、ユーザプロファイルを考慮に入れて定義できる可能性がある。

あるユーザプロファイルを持つユーザがあるシナリオの下で、入力に対して、どのように振舞う（出力）かというパターンを収集し分類することで、モデルベース開発でも利用可能なユーザモデルが構築できると考える。

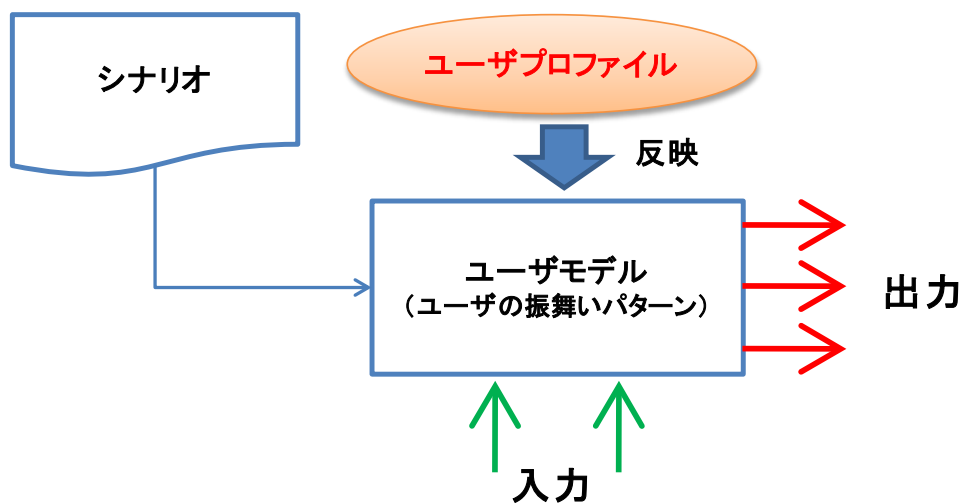


図 88 シナリオによるユーザモデル

その他、ドライバのモデルとしては、ベイジアンネットワークやニューラルネットワークを活用した事例があることが調査により判明した（図 89 参照）。このようなネットワークモデルはユーザプロフィールを反映できる可能性があるので、技術が発展すればユーザモデルとして活用できる可能性がある。

ただし、ニューラルネットワークの場合、学習域外では、正確な予測ができないことや、結果に対する説明が困難であるなど、現時点では様々な問題があり、実用にはまだ適切な技術であるとは言えない。

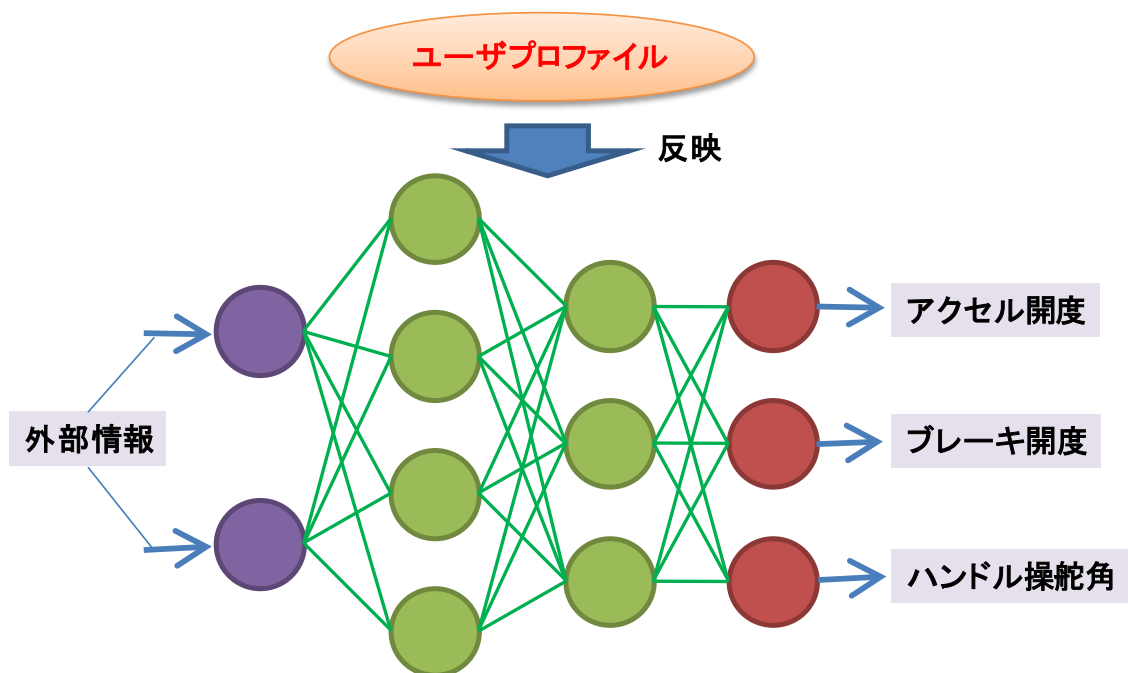


図 89 ネットワークモデルを活用したドライバモデルの構築

3.4. モデルベース開発で利用できるユーザモデル手法・技術の提案

自動車の組込みソフトウェア開発においては、モデルベース開発が行われている。

モデルベース開発においては、制御対象（プラント）と制御機器（コントローラ）をモデル化し、シミュレーションによりモデルの妥当性を検証し、検証されたモデルをベースにして製品を開発する（図 90 参照）。

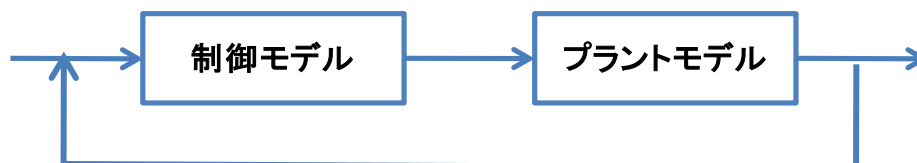


図 90 フィードバック制御

このようなモデルベース開発でユーザの特性（ユーザプロファイル）を反映したユーザモデルが活用できることが理想的な開発であろう。

現在のところ、ユーザプロファイルを反映したユーザモデルというものは構築されたという事例は本調査では明らかにすることはできなかった。しかしながら、本調査におけるこれまでの調査事例から、いくつかを組み合わせることで実現の可能性はありそうである。

図 91 は、自動車のドライバモデルとプラントモデル（車両モデルと外界モデル）の関係を簡単に示したものである。

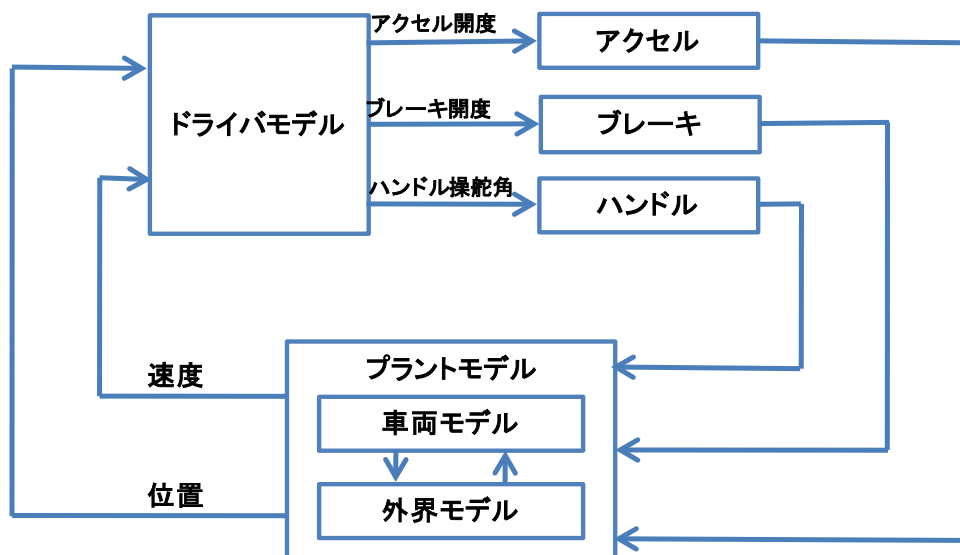


図 91 自動車のドライバモデルとプラントモデル

シナリオに対するユーザプロファイルを反映したユーザの振舞いパターンをドライバモデルとして、図 92 のようにモデルベース開発に組み入れることができるであろう。

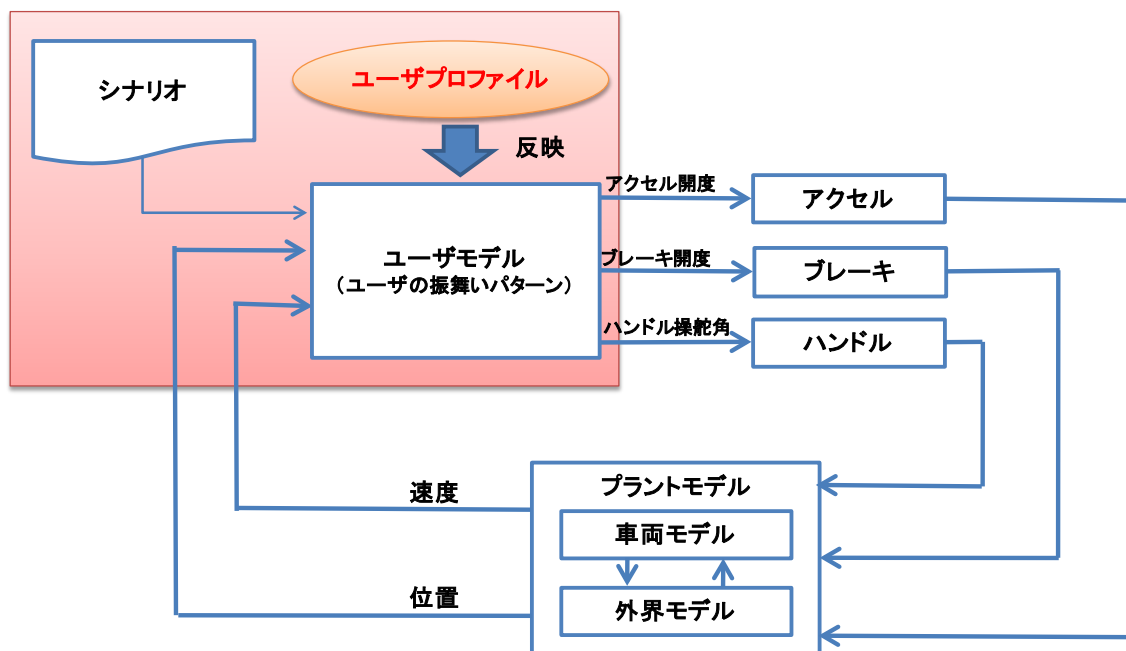


図 92 ユーザの振舞いパターンによるドライバモデル

その他、ネットワークのモデルを活用して、図 93 のようなモデルベース開発のためのシミュレーションを実施することができるであろう。

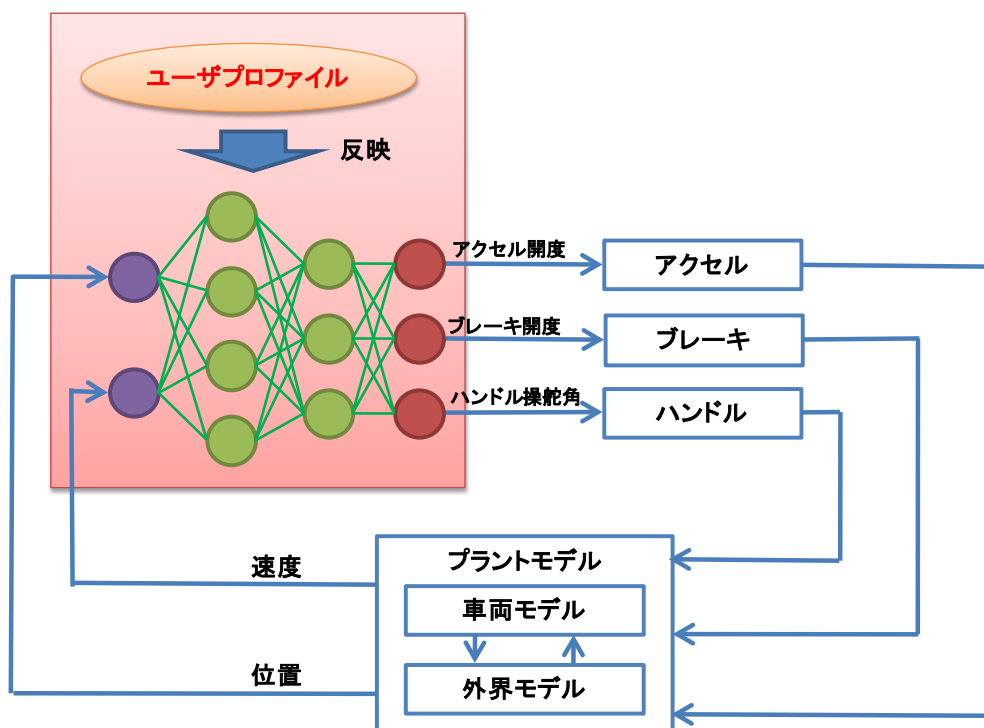


図 93 ネットワークモデルによるドライバモデルの例

3.5. 利用者品質の確保に向けたユーザモデリング技術の実用化について

調査結果に基づき、利用者品質確保のためのユーザモデリング技術の実用化について検討し、調査結果をまとめる。

ユーザプロフィール構築のために有望そうな手法・技術は、実環境における実験やアンケート調査等からデータを取得し、データを統計処理することで、ユーザプロフィールを抽出することである（図 94 参照）。

抽出されたユーザプロフィールを反映したユーザモデルを構築する。ユーザプロフィールを反映したユーザモデルを構築するための技術として確実なものは今のところ存在しないと考えるが、例えばベイジアンネットワークやニューラルネットワークなどが活用できる可能性がある。ただし、先にも述べたようにニューラルネットワークは、実用にはまだ適切な技術であるとは言えず、ベイジアンネットワークも発展途上な技術である。

ユーザプロフィールを反映したユーザモデルが構築できれば、このユーザモデルをモデルベース開発に組込むことで、制御ソフトウェアの開発が可能になる。

また、ユーザプロフィールは、製品の企画段階で、どのようなユーザをターゲットにして製品を開発するかを決めるのに役立ち、ユーザプロフィールを反映したユーザモデルを構築することで、モデルベース開発のシミュレーション環境で、どのように製品を開発したらよいかを検討することを可能にする。さらに、ユーザ特性を考慮した製品の開発を可能にするものと考えられる。

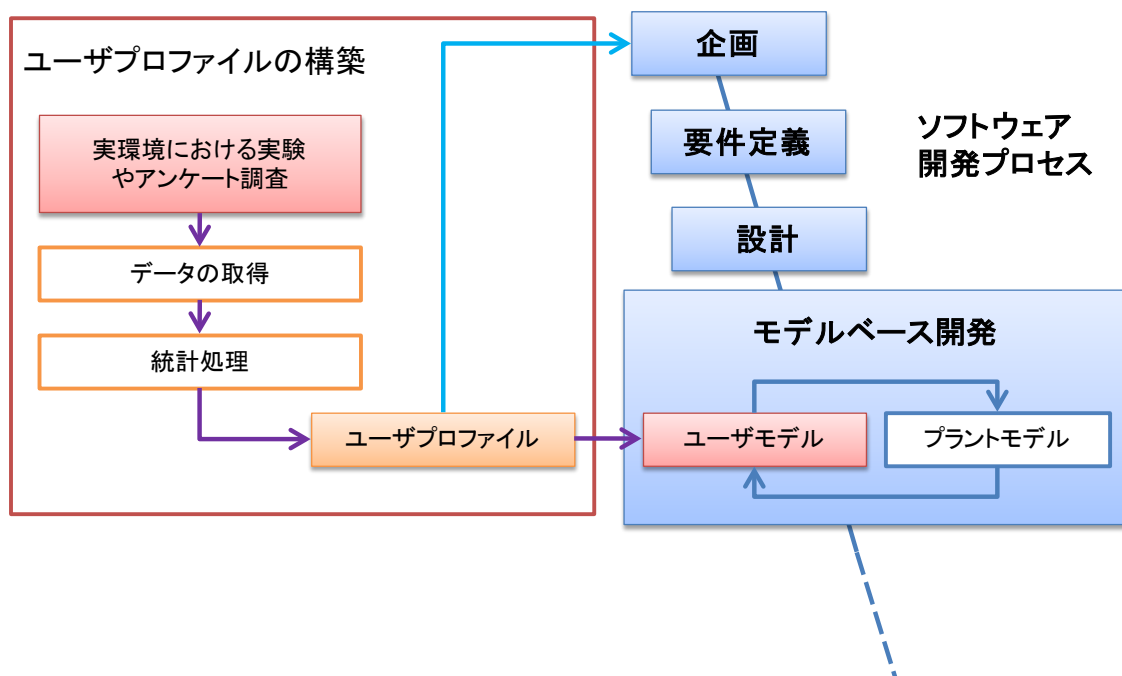


図 94 開発におけるユーザプロフィールの活用