

自動走行ソフトウェアスキル標準  
(2018 年度検討成果)

2019 年 3 月 29 日

自動走行ソフト開発スキル標準策定作業部会

 株式会社三菱総合研究所

## 改訂履歴

| 版数      | 発行日             | 改訂履歴 |
|---------|-----------------|------|
| 第 1.0 版 | 2019 年 3 月 29 日 | 初版発行 |

## 目次

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>1. 自動走行スキル標準の主旨</b> .....           | <b>1</b>  |
| 1.1 経緯と目的 .....                        | 1         |
| 1.2 スキル標準策定の意義 .....                   | 2         |
| 1.3 スキル標準の検討方法 .....                   | 2         |
| <b>2. スキル標準に係る用語の定義</b> .....          | <b>4</b>  |
| <b>3. スキル標準</b> .....                  | <b>6</b>  |
| 3.1 新しいスキル標準の基本コンセプト .....             | 6         |
| 3.2 スキル標準の構成 .....                     | 7         |
| 3.3 スコープ（対象範囲） .....                   | 8         |
| 3.4 第1階層の構成と考え方 .....                  | 9         |
| 3.5 スキル項目の体系化の対象選定 .....               | 18        |
| 3.6 スキル項目の体系化 .....                    | 18        |
| 3.6.1 スキル体系化のアプローチ .....               | 18        |
| 3.6.2 自動運転認知技術 .....                   | 21        |
| 3.6.3 システムズエンジニアリング .....              | 24        |
| 3.6.4 新しい安全性評価技術 .....                 | 28        |
| 3.7 スキル項目のレベル定義 .....                  | 31        |
| 3.8 スキル標準策定部会における主な論点と意見 .....         | 32        |
| 3.9 スキル標準の体系化メンテナンス体制の方向性 .....        | 33        |
| <b>4. 今後に向けて</b> .....                 | <b>34</b> |
| <b>5. 付録</b> .....                     | <b>35</b> |
| 5.1 自動走行ソフト開発スキル標準策定作業部会 .....         | 35        |
| 5.1.1 作業部会の開催概要 .....                  | 35        |
| 5.1.2 作業部会の議事要旨 .....                  | 38        |
| 5.2 タスク＝スキル対応表 .....                   | 43        |
| 5.2.1 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表 .....    | 43        |
| 5.2.2 認知システム開発タスク＝自動運転認知技術スキル対応表 ..... | 55        |
| 5.3 関連スキル標準の策定経緯 .....                 | 58        |

## 図目次

|       |                                             |    |
|-------|---------------------------------------------|----|
| 図 3-1 | 自動運転時代に求められる新しいスキル標準の基本コンセプト.....           | 6  |
| 図 3-2 | 自動走行スキル標準と JASPAR 版 ETSS の関係（全体像） .....     | 7  |
| 図 3-3 | 想定する自動運転システムの構成とスキル標準の範囲（検討範囲） .....        | 8  |
| 図 3-4 | ライフサイクルプロセスにおけるスキル標準の範囲.....                | 9  |
| 図 3-5 | 自動走行スキル標準の第 1 階層の構成 .....                   | 11 |
| 図 3-6 | タスクの視点に基づくスキルの整理（全体像） .....                 | 19 |
| 図 3-7 | タスクとスキルの全体構成と具体化範囲 .....                    | 20 |
| 図 3-8 | スキル標準の普及促進に向けたステップ .....                    | 33 |
| 図 5-1 | 関連スキル標準、自動車分野の変革の関係と JASPAR 版 ETSS の位置付け .. | 58 |

## 表 目 次

|        |                                             |    |
|--------|---------------------------------------------|----|
| 表 2-1  | 本スキル標準における用語の定義 .....                       | 4  |
| 表 3-1  | スキル標準第1階層のスキル定義とその考え方.....                  | 12 |
| 表 3-2  | スキル標準具体化の対象項目とその理由 .....                    | 18 |
| 表 3-3  | スキル体系表と図 3-7 における名称の対応関係 .....              | 19 |
| 表 3-4  | タスク＝スキル対応表と図 3-7 における名称の対応関係 .....          | 20 |
| 表 3-5  | 自動運転認知技術のスキル体系表 .....                       | 22 |
| 表 3-6  | 自動運転開発に必要な技術システムズエンジニアリングに関するスキル体系<br>..... | 25 |
| 表 3-7  | 新しい安全性評価に関するスキル体系 .....                     | 29 |
| 表 3-8  | スキル項目のレベル定義（スキルレベル） .....                   | 31 |
| 表 3-9  | スキル項目のレベル定義（知識レベル参考） .....                  | 31 |
| 表 3-10 | スキル標準策定部会における主な意見・議論.....                   | 32 |
| 表 5-1  | スキル標準策定作業部会開催概要 .....                       | 37 |
| 表 5-2  | 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表（1/5） .....          | 44 |
| 表 5-3  | 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表（2/5） .....          | 46 |
| 表 5-4  | 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表（3/5） .....          | 49 |
| 表 5-5  | 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表（4/5） .....          | 51 |
| 表 5-6  | 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表（5/5） .....          | 53 |
| 表 5-7  | 認知システム開発タスク＝自動運転認知技術スキル対応表.....             | 56 |

## 1. 自動走行スキル標準の主旨

### 1.1 経緯と目的

我が国の自動車産業は、長年に渡り高い国際競争力を維持し、日本の経済・雇用を支えてきた「屋台骨」<sup>1</sup>として重要な産業に位置付けられる。このような中で、コネクテッドサービス、自動運転、シェアリング、EV 化といった個々に大きな変革が同時に進行し、100 年に 1 度と言われる自動車分野の大変革（CASE 革命）が進展している。このような劇的な変化に直面し、IT ビッグ企業なども参入するなどして、自動車産業の過去の成功モデルだけでは通用しない競争時代を迎え、自動車業界の枠を越えた産業横断的な開発協力（新たな共創）が不可欠となり、それに伴い、AI、ビッグデータ解析、サイバーセキュリティなどこれまで自動車業界には少なかったソフトウェア人材を業界横断で育成・獲得していくことが急務となっている。

このような中、経済産業省製造産業局と国土交通省自動車局は、2015 年 2 月に「自動走行ビジネス検討会」を設置し、我が国が自動走行において競争力を確保し、世界の交通事故の削減をはじめとする社会課題の解決に積極的に貢献するため、現状の課題を分析し、必要な取組みを検討することを目的に、産学官オールジャパンで検討が必要な取組みを検討し、2017 年 3 月に「自動走行の実現に向けた取組方針」を策定した<sup>2</sup>。

「自動走行の実現に向けた取組方針」においては、「ソフトウェア人材」を含む重要 10 分野を定め、国を挙げた重点的な取組みが進められている。

自動車ソフトウェア人材の育成・確保の取組みとしては、2010 年に、自動車ソフトウェアのスキルを体系化したものとして、JASPAR 版 ETSS（JASPAR 版組込みスキル標準）が策定された。JASPAR 版 ETSS は、オフショア開発分業を想定して、プラットフォームベースのマルチベンダー型開発を前提としたスキルを体系化したものである<sup>3</sup>。CASE 革命が進行する中で、10 年前に策定された JASPAR 版 ETSS に対して、技術の進展を見据えた新たなスキル標準が不可欠となっている。

本スキル標準は、「自動走行の実現に向けた取組方針」に基づき、自動走行に焦点を当て自動車ソフトウェア人材に求められる新しいスキルを体系的に整理するもので、策定したスキル標準の具体的な活用法と合わせて提供するものである。自動走行ソフトウェアの技術は進化の過程にあり、それに応じてスキル体系も変化することが想定されるため、今年度は、自動走行ソフトウェアスキルの上位階層の全体像を特定し、特定したスキル領域のうち、自動車産業界において緊急の必要性が高く、技術が成熟していることから選定した特定の領域について具体的なスキル標準を策定した。

---

<sup>1</sup> 経済産業省 自動車新時代戦略会議資料

<sup>2</sup> 自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組方針」

<sup>3</sup> JASPAR 版 ETSS ガイド

## 1.2 スキル標準策定の意義

自動走行スキル標準は、自動走行システム全体の技術が未だ確立していないながらも、国際的な開発競争が激化している中で、サプライチェーン・エコシステムにおける様々なステークホルダーにとって大枠で共通認識の持てるようなスキル体系としての共通語彙を整理することで、人材の獲得、育成、活用の検討に寄与することを目的として策定された。スキル標準は、技術やツールの具体的な教材などの事例とは異なり、一般化、抽象化が求められることから、具体的に得られるメリットが分かりにくいという難点はあるが、関連分野を広く見渡してバランス良く人材の獲得、育成、活用の方策を検討する上で参考となる第 1 ステップと位置付けられ、世界に先駆けて自動走行に関するスキル標準を策定したことは意義深い。

## 1.3 スキル標準の検討方法

自動走行スキル標準は、有識者委員会、技術動向調査、有識者ヒアリングの結果に基づき取りまとめられた。

有識者委員会が検討の中心と位置付け、自動車業界（OEM、サプライヤ）、組込みソフトウェアベンダー、自動車業界内外の関連団体、大学等の有識者から成る自動走行ソフト開発スキル標準策定作業部会（以下、「スキル標準策定部会」と呼ぶ）を設置し、検討を行った。なお当該作業部会の詳細は 5.1 に記した。

スキル標準策定部会は、4 回開催され、各回に先立ち、有識者へのヒアリング、技術文献調査に基づき、議論のたたき台を用意し、論点を明確にしてから開催し、スキル標準策定部会における議論、検討結果をスキル標準に反映するというプロセスで検討を進めた。

本スキル標準検討法の特徴として、スキル標準を作成してからその使い方を考えるというのではなく、そもそも、スキル標準は、誰にとってどのようにすると有効に活用できるのかという点について部会委員、有識者ヒアリングによりアイデアを抽出しユースケースとして整理し、それらの中から重要度が高いと見なされるユースケースからゴールを明確にして、そのゴールに向けて有効なスキル標準となるように具体化を行った。

スキル標準の最上位のスキル階層においては、自動走行ソフトウェアのスキル全体を網羅しつつ、JASPAR 版 ETSS からの差分を対象として、技術動向調査、有識者意見を参考に主要なスキル項目を特定し、スキル標準策定部会での議論、有識者ヒアリングに基づき網羅性の検証、スキルの粒度設定などの妥当性を検証した。

得られたスキル標準最上位の第 1 階層に対して、技術の成熟度、緊急性、必要性に基づき 3 領域を特定して具体化を行った。技術動向、有識者ヒアリングに基づいて策定した技術体系について部会での議論、妥当性の確認を行い改訂したものをスキル標準の成果として取りまとめた。

一方、スキル標準策定部会の初期の検討から得られたユースケースをもとに、スキル標準の具体的な活用法についても例をまとめた<sup>4</sup>。活用法についても、スキル標準策定部会での議論を経て、意見に基づき改訂することによりとめた。

---

<sup>4</sup> 「自動走行ソフトウェアスキル標準の活用法」





## 2. スキル標準に係る用語の定義

スキルを理解する上で必要な用語について定義する。ソフトウェアに係るスキル標準だけでも、ITSS、UISS、ETSS、ITSS+、JASPAR 版 ETSS、ETSS-JMAAB など多数あり、そこで用いられる用語は、必ずしも相互に整合性が取れているわけではない<sup>5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15</sup>。これらにおいて用いられる用語を参考としつつ、本スキル標準の目的に即して定義した用語を示す。

表 2-1 本スキル標準における用語の定義

| 区分      | 用語           | 定義・説明                                                                                   |
|---------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎概念    | 知識           | 技術を知っていること。解説書や手順書などにより文書化することで多くの人に伝達できるもの                                             |
|         | スキル<br>(技能)  | 技術を使いこなして開発できる能力<br>(要求に対する結果を導くタスク全体あるいはタスクの一部を実行する個人の作業遂行能力)                          |
|         | キャリア<br>(職種) | 人材の育成や有効活用のため、組織によって定義された職掌や責任 (組織視点)                                                   |
|         | タスク          | 製品・サービス等を実現するために組織や個人に求められる仕事 (業務) の構成要素                                                |
| スキル標準関連 | スキル標準        | スキル基準、キャリア基準、教育研修基準 (下記定義) などを含む産業分野において標準的な定義をまとめたもの (個社独自の定義を超えて、業界等で一定の共通認識が得られるもの)。 |
|         | スキル基準        | スキル項目を体系化し、スキルのレベル基準を定義したもの                                                             |
|         | キャリア基準       | キャリア (職種) ごとに必要とされるスキル集合と、キャリア (職種) のレベルに応じて各スキルのレベル定義したもの。                             |

<sup>5</sup> 組込みスキル標準 ETSS2008

<sup>6</sup> IT スキル標準 V3 2011

<sup>7</sup> IoT ソリューション領域へのスキル変革の指針 (ITSS+)

<sup>8</sup> アジャイル領域へのスキ変革指針 (ITSS+)

<sup>9</sup> データサイエンス領域 (ITSS+)

<sup>10</sup> セキュリティ領域 (ITSS+)

<sup>11</sup> 情報システムユーザースキル標準 (UISS) Ver 2.2

<sup>12</sup> 共通キャリア・スキルフレームワーク (CCSF) 第一版・追補版

<sup>13</sup> i コンピテンシディクショナリ解説書 (iCD)

<sup>14</sup> JASPAR 版 ETSS ガイド ver 1.0

<sup>15</sup> JMAAB MBD エンジニアスキル標準 Version 1.1

主要な概念として、知識とスキルの区別が重要である。ベースとなる技術について、技術を知っていることが知識、技術を使いこなすことがスキルという対比関係にある。なお、技術については一般的な用語として、ここでは定義しない。キャリアとキャリア基準の違いにも注意が必要である。キャリアは組織において一般的に用いられるもので、キャリア基準はスキル標準分野で用いられる用語である。

### 3. スキル標準

スキル標準策定部会での検討を経て策定した自動走行ソフトウェアスキル標準を示す。本スキル標準では、検討の結果であるスキル体系がなぜそのような体系となったのかについて理解できるように検討アプローチや体系化の考え方にも重点を置いて示す。

#### 3.1 新しいスキル標準の基本コンセプト

新しいスキル標準を策定するにあたり、大きな視点から目指すべき方向性を定めることが重要であるため、スキル標準部会において、基本コンセプトの検討を行った。その結果、整理された基本コンセプトが図 3-1 である。

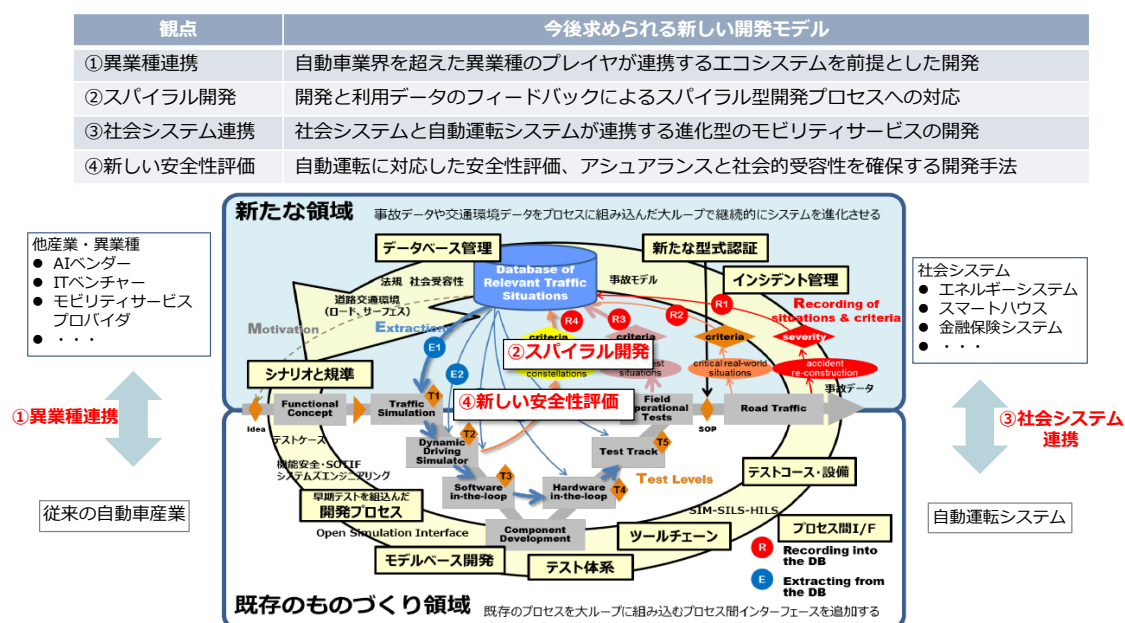


図 3-1 自動運転時代に求められる新しいスキル標準の基本コンセプト  
(出所)「自動走行の実現に向けた取組方針」Version2.0 を元に作成

自動走行に焦点を当てた新しいスキル標準において求められる重要な観点として、従来の自動車業界を越える産業横断的なエコシステムによる総力が求められるということである。AI、ビッグデータ解析を専門とするベンダー、ベンチャーや、サイバーセキュリティを専門とするベンダーなど自動車業界にとどまらない、全産業に渡り中で最先端の企業と連携することが不可避と考えられる。また、自動走行システムにおいては、製品出荷後の運用・保守フェーズにおける走行データ、事故データ、セキュリティ情報などを常時蓄積するデータベースを活用し、自動運転システムの開発進化にフィードバックするスパイラル型開発が求められる。また、自動車システムにとどまらず、エネルギーシステム、スマートハウス、金融システムなど、異なる領域の社会システムとの連携も求められるようになる。さらには、自動運転システム以前の従来の安全性評価法では、莫大な検証コストが求められることになり、運用・保守フェーズにおいて蓄積されるデータベースを活用し、シミュレーション技術を活用したバーチャルテスト、フィジカルテストの両方を

総合した現実的なコストで実現できる新しい安全性評価基準が求められる。

これらの要求に対応した新しい開発モデルに対応したスキルを体系化することを基本コンセプトとしてスキル標準を策定することとした。

### 3.2 スキル標準の構成

様々なスキル標準がある中で、その構成要素はまちまちである。自動走行ソフトウェアスキル標準は、先行する JASPAR 版 ETSS を参考としてその構成要素を検討した。JASPAR 版 ETSS のベースとなっているのは、IPA 版組込みスキル標準 (ETSS) である。ETSS は、スキル基準、キャリア基準、教育研修基準の 3 つから構成されるフレームワークである。スキル基準は、必要なスキルを体系化し、全体共通としてスキルを 4 段階に分けたスキルレベルを定義している。キャリア基準は、アーキテクトなど職種ごとに必要なスキル集合とそれぞれのスキルレベルを定義したものである。教育研修基準は、教育や研修などの構成や仕組みを定義する。JASPAR 版 ETSS では、これらの 3 要素のうち、主にスキル基準を定義している。

自動走行スキル標準と JASPAR 版 ETSS の関係をもとに全体像を示したものが図 図 3-2 である。

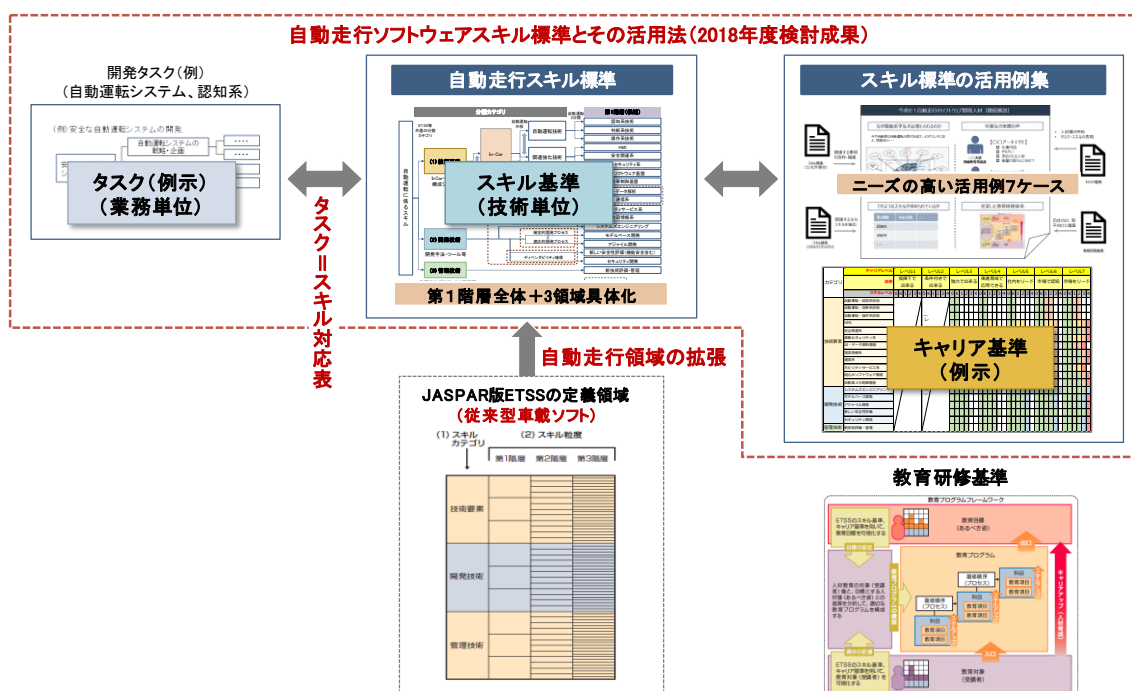


図 3-2 自動走行スキル標準と JASPAR 版 ETSS の関係 (全体像)

自動走行スキル標準は、JASPAR 版 ETSS から新たに求められるスキルの差分について自動走行に焦点を当てスキルを体系化したスキル基準を定義するとともに、それらの活

用法については別冊としてまとめた<sup>16</sup>。キャリア基準については、一般化することは現時点では難しいため、活用法の中で、特定の職種について具体例として必要とされるスキル集合それらのスキルレベルの定義を示している。

また、自動走行スキル標準の特徴として、自動運転システム開発で求められる具体的な業務を体系化した例をタスク体系として示し、タスク体系を構成するこのタスクを遂行するために必要なスキルとの関係性をまとめている。タスク体系は、個社ごとに固有の競争領域に相当するため標準化は難しいため、ここではあくまでも例として位置付けている。

### 3.3 スコープ（対象範囲）

自動車システムは、車外の環境インフラも含む大規模な複合システムであり、スキル標準を策定するにあたりスコープ（対象範囲）を明確化することが重要である。

スコープは、システム構成および開発プロセスの両面から定義する。

本スキル標準は、自動運転システムを中心としたスキル領域を対象範囲とし、自動運転に係る周辺領域は、知識領域として一部カバーする。

想定する自動運転システムの構成は図 3-3 の通りである。このシステム構成は、自動運転に係る各種検討<sup>17,18,19</sup>やスキル標準策定部会での検討に基づき整理したものである。自動運転システムを実現するためには、車両内システム（In-Car）と車外システム（Out-Car）の全体の総合システムをカバーすることが重要である。

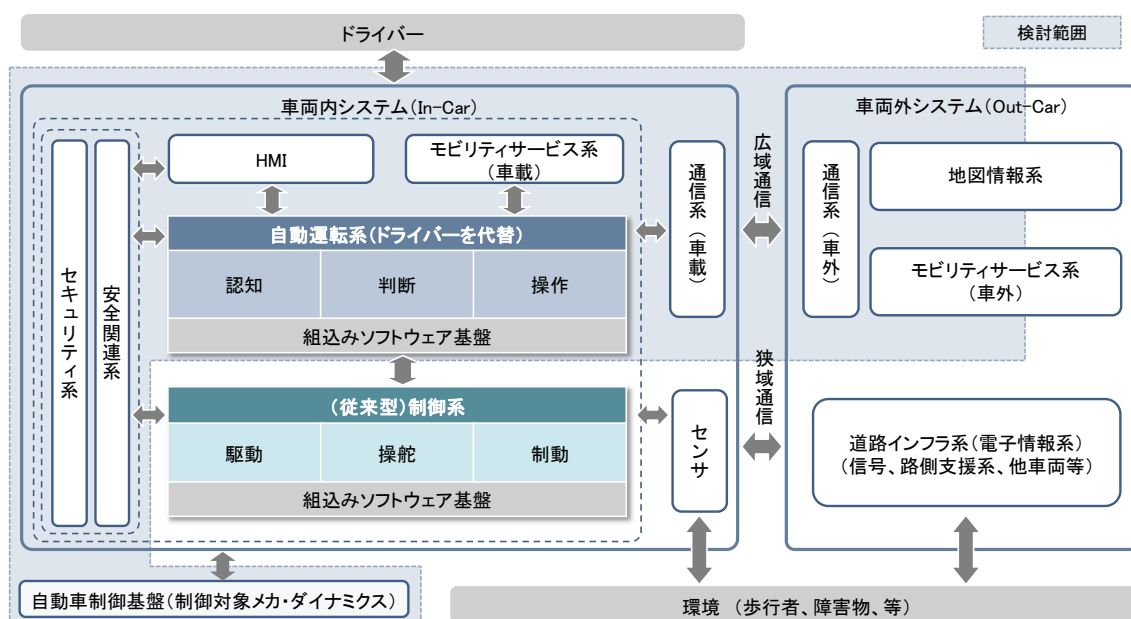


図 3-3 想定する自動運転システムの構成とスキル標準の範囲（検討範囲）  
（出所）三菱総合研究所作成

<sup>16</sup> 「自動走行ソフトウェアスキル標準の活用法」

<sup>17</sup> 内閣府、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム 研究開発計画

<sup>18</sup> 内閣官房 IT 総合戦略室、自動運転の実現に向けたデータ基盤整備の方向（「自動運転データ戦略」）

<sup>19</sup> V2X 等車外情報の活用にかかるセキュリティ技術の研究・開発プロジェクト、JARI

In-Car においては、自動運転の中核となる自動運転系は、従来の制御系の基本となる駆動系、操舵系、制動系の上位に位置し、従来、人が担っていた認知、判断、操作を代替する統合的なシステムとなる。これらのシステムは、通信系を経由して、Out-Car の地図情報系、モビリティサービス系などとも連携して統合的な機能を実現する。また、自動運転モード転換や乗員の快適性を向上させるなどの必要性から HMI はこれまで以上に重要となる。Out-Car との連携が重要となることから、システム全体に係る安全関連系、セキュリティ系も不可欠となる。また、自動車固有のメカ・ダイナミクス制御や組込みソフトウェア基盤は、従来の自動車においても必要であったが、自動運転においても性能品質の確保、開発生産性の向上などのため不可欠であるためスキル標準のスコープに含める。

開発プロセスの観点から見ると、図 3-4 に示す通り自動車システム全体のライフサイクルプロセス<sup>20</sup>のうち、少数のトップ人材ではなく、開発規模を伴う量産開発および、自動運転において比重が高まるとみられる保守サービスのフェーズ（図中のオレンジ色）をスコープとする。

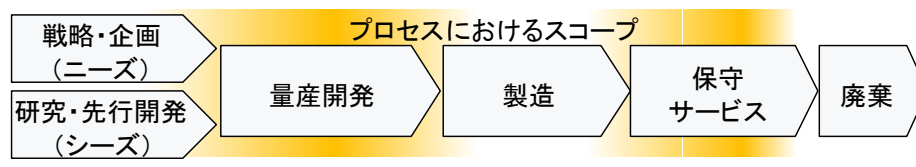


図 3-4 ライフサイクルプロセスにおけるスキル標準のスコープ

### 3.4 第 1 階層の構成と考え方

スキル標準を策定するにあたり、図 3-3 について自動運転システム全体をカバーし、JASPAR 版 ETSS に含まれない領域を対象に、技術の洗い出しを行い、有識者ヒアリングとスキル標準策定部会における検討の結果、図 3-5 のようにスキル第 1 階層をまとめた。

スキル標準の大分類を示すカテゴリは、ETSS、JASPAR 版 ETSS を踏襲し、(1) 技術要素、(2) 開発技術、(3) 管理技術に分ける。(1) 技術要素は、搭載されるシステムに係るスキルであり In-Car、Out-Car の双方に渡るものである。(2) 開発技術は、技術要素を開発するための手法やツールに関するスキルである。(3) 管理技術は、汎用的なプロジェクト管理に係るスキルである。これらのカテゴリには、技術という用語が用いられるが、技術そのものではなく、それらの技術を使いこなして開発することができるスキルを対象としている点に留意が必要である。

技術要素は、In-Car と Out-Car に大きく分けられる。In-Car は、自動運転の中核である認知系、判断系、操作系から構成される自動運転技術、自動運転の実現により影響を受ける重要技術として HMI、安全関連系、車載セキュリティ系、および基盤技術から構成される。Out-Car は、汎用基盤技術と応用技術に分かれ、汎用基盤技術は、自動運転に限定されない汎用技術としての AI・データ解析、通信系があり、応用技術は、自動運転を支える地図情報系とモビリティサービス系から構成される。

<sup>20</sup> 自動走行ソフト開発スキル標準策定作業部会による。

開発技術は、開発手法・ツールと関連して体系化が進むアプローチを単位として、自動運転の新領域をカバーするように設定した。複雑化が進むシステム全体の要求と設計を重視したシステムズエンジニアリング、モデルの活用を中心として上流における検証を重視したモデルベース開発、要求が確定しない中で俊敏に開発を進めるアジャイル開発の他、安全性とセキュリティを確保するスキルを含めている。これらはいずれも幅広いスキルを含んでおり、相互に重なりを持つが、スキルとしてそれぞれが体系立てられているため採用した。

管理技術に関しては、AI・データ解析など新技術を特定し、有効性を評価検証するとともに、既存の開発プロセスに導入するために必要な技術を、新技術評価・管理技術として含めた。

これらのスキル第 1 階層により基本コンセプトに示した①～④をカバーすることができその対応関係を図中右側に示している。



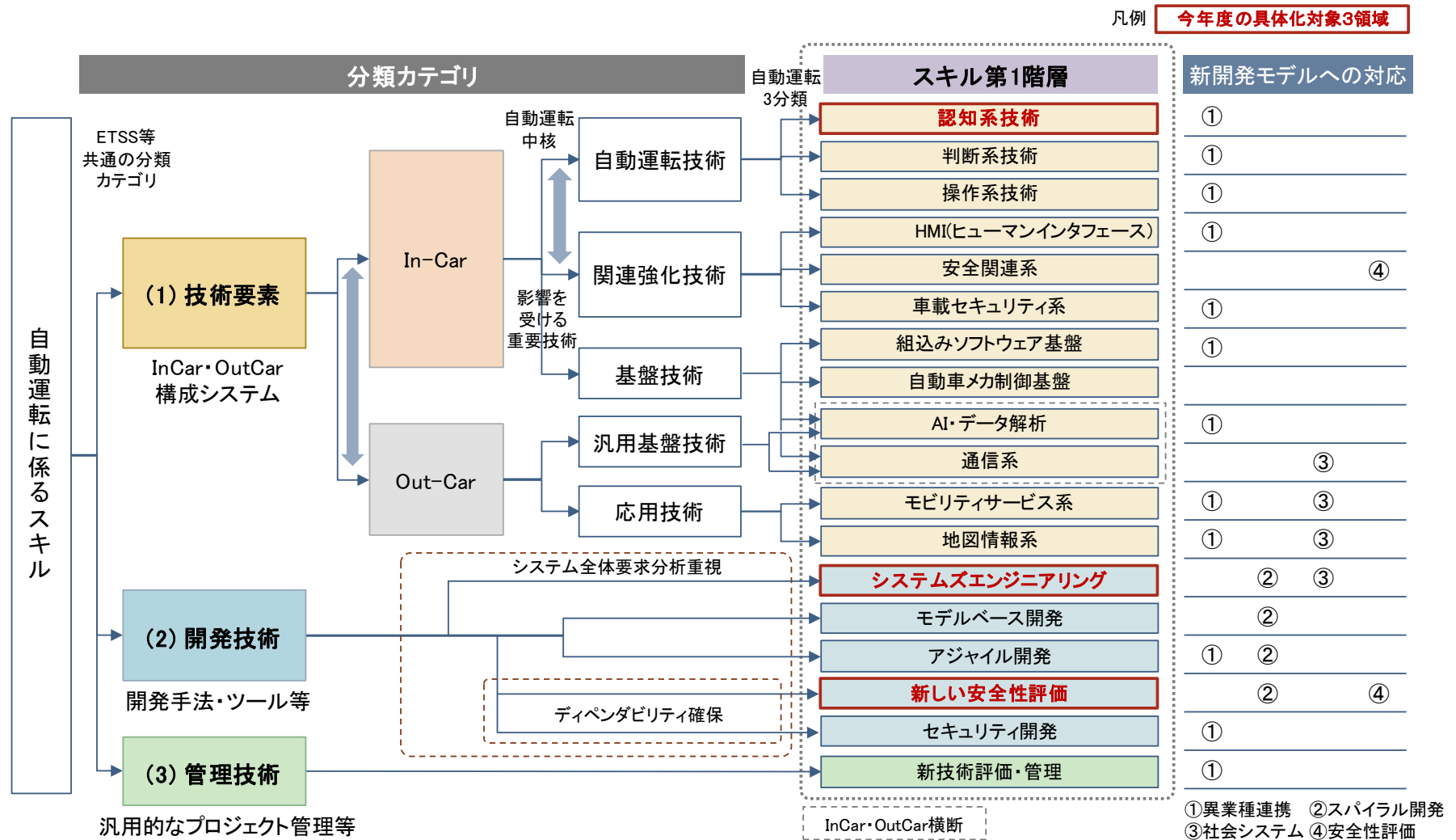


図 3-5 自動走行スキル標準の第1階層の構成



スキル標準の第1階層について定義、第2階層の例、第1階層の考え方を示す。

表 3-1 スキル標準第1階層のスキル定義とその考え方

| カテゴリー | 第1階層                 | スキル定義                                                                                                                                                                              | 第2階層（例）                                                                                                                                                                          | 第1階層設定の考え方                                                                                                                     |
|-------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 技術要素  | 自動運転                 | 認知系技術<br>カメラ、LIDAR などを含むセンサーデータや地図情報系等の外部から取得するデータを組み合わせて、周辺環境の対象物の認識や車両と周辺環境の位置関係の認識を行う機能を開発できる。<br>認識すべき対象を特定し、それに必要十分なセンサーデータ、外部データを特定し、自動運転に必要な精度、性能について要件等を定義することで上記の機能を実現する。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサー技術（カメラ、LIDAR、レーダ、GPS、慣性航法ユニット（INU）、レーザ、超音波）</li> <li>・センサーフュージョン環境認識木銃（障害物認識・検出、走路認識）</li> <li>・自車位置特定技術（衛星測位航法技術、自己位置推定）</li> </ul> | 自動運転の中核技術として、認知、判断、操作による分類は業界のコンセンサスが形成されつつある。官民 ITS ロードマップ、国内外の OEM、SAE, Udacity, nVIDIA 等のアーキテクチャを参考として、自動運転構成要素技術要素を元に分類した。 |
|       |                      | 判断系技術<br>人や他の車両の動きを予測しながら、どの車線を選択し、どこへ移動させるか、障害物との間にどれだけ空間があるかといったことを判断し、車両にとって安全な走行経路を決定する機能を実現できる。                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・障害物・周辺状況予測（予測機能）</li> <li>・経路計画・パスプランニング</li> <li>・戦略プランニング</li> </ul>                                                                   |                                                                                                                                |
|       |                      | 操作系技術<br>認知系、判断系から入力される状況判断を基に想定進路を実際に走行するための統合的な制御を行う機能を開発できる。これは、ハンドル、アクセル、ブレーキに対する人の操作を代替するもので、操舵、駆動、制動に関する従来型の制御系に対して統合的に制御指令を与える機能を実現できる。                                     | アクセル、ブレーキ、ハンドル操作等の統合制御                                                                                                                                                           |                                                                                                                                |
|       | HMI（ヒューマンマシンインタフェース） | ヒューマンマシンインタフェースのうち、自動運転に係る乗員の意思と車両の間で、情報のやりとりする機能を開発できる。自動運転と手動運転のモード切替えが安全に                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・乗員モデル・歩行者モデル構築</li> <li>・エンゲージメント認識（乗員の覚醒状況把握）</li> <li>・自動運転・手動運転モード切替判断</li> </ul>                                                     | HMI は、自動運転の操作系、認知系などに関連するが、自動運転の快適性、満足感や、自動・手動モード切替え時の安全性などに関する重要技術であ                                                          |

| カテゴリー | 第1階層       | スキル定義                                                                                                                                                                                                           | 第2階層（例）                                                                                                                                                                                                                             | 第1階層設定の考え方                                                               |
|-------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 技術要素  |            | 行えるように自動運転時の乗員の意識状態を監視する機能、他のドライバーや歩行者など車両とその外部にいる人間とのコミュニケーションを実現する機能も含まれる。                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>対話インタフェース</li> <li>AR/VR/MR インタフェース</li> </ul>                                                                                                                                               | るため、第1階層に特出する。                                                           |
|       | 安全関連系      | フェールオペレーショナル、冗長化など機能安全を実現するための車載側の安全関連系を開発することができる。（安全性評価、検証ツールなど開発のための技術とは区別する。）                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>フェールオペレーショナル</li> <li>冗長化・多重制御</li> </ul>                                                                                                                                                    | 安全関連系は、認知系、判断系、操作系を含め多くのスキルと関連するが、自動運転において特に重要性が増すため、第1階層として特出する。        |
|       | 車載セキュリティ系  | 車載ゲートウェイ、暗号モジュールなどセキュリティを実現する車載側の機能を開発することができる。（車載セキュリティ系を開発する手法ツールは、開発技術カテゴリに位置付ける。）                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>車載ゲートウェイ、アクセス制御、認証</li> <li>暗号モジュール TPM</li> <li>CAN 監視</li> <li>脆弱性アップデート</li> </ul>                                                                                                        | 自動運転においては、Out-Car との接続連携を前提とするため、セキュリティ機能は特に重要性を増すため、第1階層に特出する。          |
|       | AI・データ解析基盤 | 自動運転にも活用できる汎用的な人工知能（AI）、データ解析を用いて自動運転系（認知、判断、操作）の要求に基づく機能を開発することができる。これは、ルールをベースにしたシステム（例えば自動運転車が一時停止の標識をセンシングし、あらかじめルール知識としてプログラムされた停止の命令に従うなど）を介して行われる場合や、自転車とクルマを区別するためにシステムが大量のデータに基づき機械学習により実現するスキルに分けられる。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ニューラルネットワーク、ディープラーニング</li> <li>データマイニング（ベイジアンネットワーク、SVM、クラスタリング、決定木分析等）</li> <li>統計的学習</li> <li>ルールベース推論、ナレッジベースシステム、ファジー制御、論理プログラミング</li> <li>自然言語処理</li> </ul>                             | 「技術要素」内の「自度運転」カテゴリの認知系、判断系、操作系の基盤となるスキルで、自動運転に限定しない汎用的なスキルであるため、基盤に分類する。 |
|       | 地図情報系      | 自動運転に必要な地図情報や機能要件について明確化し、地図情報の取得、生成、管理、提供機能を開発できる。必要に応じて外部企業と連携して要件定義、開発を行うこと                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○取得系 <ul style="list-style-type: none"> <li>計測技術（MMS:Mobile Mapping System 等）</li> </ul> </li> <li>○生成・管理系 <ul style="list-style-type: none"> <li>地図情報と準静的・準動的・動的情報のマ</li> </ul> </li> </ul> | 地図情報系は、自動運転以外の情報提供サービスにも活用される汎用の技術であるため基盤技術に分類する。                        |

| カテゴリー | 第 1 階層         | スキル定義                                                                                           | 第 2 階層 (例)                                                                                                                                                                                                                                                    | 第 1 階層設定の考え方                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 技術要素  |                | ができる。                                                                                           | ッピング技術（車道単位・車線単位の準動的<br>情報等の生成等）<br>・ 自動図化技術<br>・ 地図更新技術（更新箇所の抽出等）<br>○提供系<br>・ 地図情報配信 API                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|       | 通信系            | 自動運転に必要なとなる外部からの入力情報<br>やサービスの通信基盤となる In-Car 通信系<br>および Out-Car 通信プラットフォーム技術<br>を開発できる。         | ISO21217/ETSI EN 302 665 の参照モデルの 4<br>つの分類をベースとして以下に分類される<br>（ここではセキュリティを除く）：<br>・ ネットワーク通信（通信プロトコル、車載<br>Ethernet, CAN 通信、V2X(V2V, V2I, V2P,<br>V2N)、DSRC, 5G)<br>・ 通信インタフェース（アクセス制御技術、<br>TCU, ODB)<br>・ 管理技術（インタフェース管理、通信網管<br>理、通信サービス管理、アプリケーション管<br>理等） | ・ 自動運転以外にも使われる汎用技<br>術であるため基盤に入れる。<br>・ ISO21217/ETSI EN 302 665 で示され<br>た ITS 通信に関する参照モデルに基<br>づき、DSRC により直接通信が可能な<br>車車間（V2V）、路車間（V2I）、歩車間<br>（V2P）5G を利用して情報配信を行<br>う車-ネットワーク間（V2N : vehicle<br>to network）に分類。これらの V2V、<br>V2I、V2P 通信は、目視や車載センサ<br>ーだけでは確実な認識が困難な交通<br>信号、標識、路面状態、他車両、歩行<br>者に関する情報を共有し、運転者に接<br>近してくる車両、周辺の歩行者、赤信<br>号、前方の停止低速車両の存在を喚起<br>する。<br>・ V2N 通信は、地図情報の生成、更新、<br>各種情報の配信、遠隔操作等に活用さ<br>れる。 |
|       | モビリティサービス<br>系 | 自動運転において活用される地図情報系以<br>外のモビリティサービスを開発することが<br>できる。MaaS、シェアリングサービスなど<br>を提供するための Out-Car 側のスキルが含 | ・ MaaS<br>・ OTA<br>・ SaaS/PaaS/IaaS<br>・ WebAPI、REST(REpresentational State<br>Transfer)                                                                                                                                                                      | 自動運転の実現において、OutCar 側の<br>サーバ機能の重要性が高まるため第 1<br>階層とする。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| カテゴリー | 第 1 階層                      | スキル定義                                                                                         | 第 2 階層 (例)                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 第 1 階層設定の考え方                                                                                                |
|-------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 技術要素  |                             | まれる。                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                             |
|       | 組込みソフトウェア基盤                 | 自動運転機能を実現する基盤ソフトウェアとして、GPU 等の並列処理、自動運転ソフトウェアプラットフォームなどを活用した基盤の設計・開発ができる。組込みソフトウェア工学に係るスキルである。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動運転プラットフォーム (nVIDIA DRIVE、AUTOSAR Adaptive, Autoware)</li> <li>・並列処理技術 (GPU、マルチコア、メニーコア、FPGA 等)</li> <li>・仮想マシン、ハイパーバイザ技術、デバイスドライバ</li> </ul>                                                                                                                                   | 自動運転機能においてはマイコンとソフトウェアを効率的に動作させるための組込み開発のスキルが重要である。                                                         |
|       | 自動車メカ制御基盤<br>(ダイナミクス、メカ制御等) | 自動車のダイナミクスやメカなどの制御対象の理解に基づく制御ソフトウェアの開発ができる。自動車制御工学に係るスキルである。                                  | <p>自動運転の開発に必要な自動車技術の基礎・理論に係る技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エンジン</li> <li>・動力伝達系</li> <li>・電動化パワートレイン</li> <li>・制動性能</li> <li>・操縦安定性</li> <li>・電気動力 (モータ制御、パワーコントロールユニット、電池システム、充電など)</li> <li>・統合制御システム (制御システム開発、ECU)</li> <li>・ステアリング</li> <li>・ブレーキ</li> <li>・設計支援コンピュータ技術 (3D CAD、CAE 活用)</li> </ul> | 自動車技術会によるハンドブックに示される基礎的な知識と、パワートレインやシャシの電子制御に係るスキルが自動運転では重要である。ハンドブックには自動運転機能までは反映されていないが ADAS 機能まで網羅されている。 |

| カテゴリー | 第1階層          | スキル定義                                                                                                                                                                                                                                            | 第2階層（例）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 第1階層設定の考え方                                                                                 |
|-------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 開発技術  | システムズエンジニアリング | In-Car, Out-Carを含む大規模なシステム全体を理解し要求分析、アーキテクチャ設計を重点化しかつ、システムを実現するための複数の専門分野にまたがるアプローチを理解して開発プロセス全体を管理・実施することができる。（開発のライフサイクルの初期段階で顧客のニーズを明確化し、機能要求を分析し、関連する問題全体を考慮しながら設計のための総合とシステムの妥当性確認を行い、ユーザーニーズに合致した品質の実現を目的とし、ビジネスとすべての顧客の技術的要求を反映する）        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ビジネス構築、デジタルプロデュース</li> <li>・システム全体の要求分析・アーキテクチャ設計</li> <li>・インテグレーション（検証の終わったサブシステムを統合する作業）</li> <li>・評価・解析（エンジニアリング活動における解析および検証・妥当性確認等の活動）</li> <li>・システムズエンジニアリング管理</li> <li>・MBSE、システムモデリング言語 SysML</li> <li>・言語処理系、コンパイラ</li> <li>・開発環境構築</li> <li>・形式手法（モデル検査、形式仕様記述・検証）</li> </ul>                                                                                | システム全体の理解に基づく要求分析等の上流技術は重要であり、自動車開発のプロセスとしてOEM各社で取り組みを開始している。Daimlerなど欧州では必須のプロセスとして公開している |
|       | モデルベース開発      | モデルに基づく設計・検証を行いながら開発を行うことができる。制御対象のメカおよび制御ソフトの両方をモデリングし、コンピュータ上でシミュレーション検証、論理検証、コード生成を行うスキルを含む。制御モデルをプロトタイプの制御装置へ実装して制御対象を動作させて検証する方法（RCP）、制御モデルから自動コードを生成して制御装置へ実装する方法、また制御対象のモデルを高速なコンピュータで動作させ、あたかも実際の対象物のように動作させて開発した制御装置を接続する方法（HILS）が含まれる。 | <p>JMAAB モデルベースエンジニアスキル定義、FMI（Functional Mockup Interface）等をベースとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデリングツール、設計・検証ツール、自動コード生成、ラピッドコードプロトotyping、クロス開発環境</li> <li>・MILS（Model In the Loop Simulation）（実際のハードウェアを使用せず、モデルのみでシミュレーションを行う）</li> <li>・HILS（Hardware In the Loop Simulation）（実際のハードウェアを使用する）</li> <li>・SILS（Software In the Loop Simulation）（C言語などソースコードを用いソフトウェアで実行するシミュレーション）</li> </ul> | モデルベース開発は、上流に重点を置いた効率的な開発手法として、自動車分野での導入が進んでいる重要技術である。JASPAR 版 ETSS には含まれていなかった。           |

| カテゴリー | 第1階層     | スキル定義                                                                                                                                                                  | 第2階層（例）                                                                                                                                                                                                                                        | 第1階層設定の考え方                                                                                                                                                                          |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 開発技術  | アジャイル開発  | 自動運転に関するすべての機能仕様を最初から決定することが困難なため、実現する機能を分割し、順次機能を追加するソフトウェア開発手法を使いこなすことができる。自動運転においては、センサーや地図情報系など技術進化に応じて素早く機能を反映し動くソフトウェアを成長させながら作り、OTAによるソフトウェア・アップデートを実現することができる。 | ○技術スキル <ul style="list-style-type: none"> <li>・アジャイル開発プロセス</li> <li>・アジャイル開発プロダクト</li> <li>・アジャイル開発プラクティス</li> </ul> ○以下のヒューマンスキルは管理技術 <ul style="list-style-type: none"> <li>・継続的改善、勇気、リーダーシップ、チームビルディング。顧客接点マネジメント、ファシリティ・ワークスペース</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・IPA アジャイル開発の進め方で定義されているスキル</li> <li>・OEM、サプライヤでアジャイル開発に対する開発手法の必要性が高まっている</li> <li>・BMW ではウォーターフォール開発の手法を廃止し、全面的にアジャイル開発に移行している。</li> </ul> |
|       | 新しい安全性評価 | 機能安全および自動運転に対応した新しい安全性評価手法に基づきソフトウェアを開発できる。<br>（「技術要素」カテゴリの車載側の「安全関連系」と対になっている）                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性評価データベース構築技術</li> <li>・検証シナリオ生成技術</li> <li>・シナリオ検証技術</li> <li>・安全関連ソフトウェア技術</li> <li>・機能安全</li> <li>・STAMP、検証分析</li> <li>・セーフティ・アシュアランスケース</li> <li>・トレーサビリティ</li> </ul>                            | システムズエンジニアリング、モデルベース開発等と関連するが、自動運転システムにおいては、新しい安全性の確保・検査に係るスキルの重要性が高いため第1階層に位置付ける。                                                                                                  |
|       | セキュリティ開発 | セキュリティを確保するためのセキュリティ機能要求分析、セキュリティアーキテクチャ設計・詳細設計、実装、セキュリティ検証などの手法、開発ツールを使いこなすことができる。                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・Common Criteria（ISO 15408）</li> <li>・セキュリティ機能要求、セキュリティ保証要求の定義</li> <li>・脆弱性検査、ファジング</li> </ul>                                                                                                         | システムズエンジニアリング、モデルベース開発等と関連するが、自動運転システムにおいて外部システムとの接続が増えることにより重要性が高いため第1階層に位置付ける。                                                                                                    |
| 管理技術  | 新技術評価・管理 | AI、データ解析、衛星画像解析技術などの新技術を発掘し、新技術の評価、開発プロセスへの導入のための管理を行うことができる。また、各国法制度に対応した技術の管理が行える。                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・新技術評価</li> <li>・開発プロセスへの新技術導入手法</li> <li>・知財マネジメント</li> <li>・各国法制度対応（知識）、GDPR等個人情報保護法対応</li> </ul>                                                                                                     | AI、セキュリティ等の新技術導入においては、導入コスト、便益効果などの評価や導入手法が重要であるため第1階層とする。                                                                                                                          |



### 3.5 スキル項目の体系化の対象選定

図 3-5 自動走行スキル標準の第1階層の構成に示すスキル項目は、それぞれ技術の成熟度、人材確保の緊急性が異なる。スキル標準策定部会では、技術の成熟度、緊急性、重要性に基づき、スキル第1階層のうち具体化するスキル項目を選定することとした。自動運転においては技術が成熟していない領域が存在するが、技術が成熟しておらず進化の過程にあると、具体化したスキルはすぐに陳腐化する可能性がある。また、技術情報や文献がそろっていない場合には、業界として標準的なコンセンサスを確立することが難しい可能性がある。スキル標準策定部会の検討の結果、今年度のスキル標準の具体化対象として表 3-2 の3領域を対象とすることとした。

表 3-2 スキル標準具体化の対象項目とその理由

| 対象スキル<br>(第1階層)   | 選定理由                                                   | 参考事例・情報                                                                                                       |
|-------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 認知系技術             | ADAS 等の実用化により技術が成熟しており、具体的な議論・検討が進め易い。                 | Udacity SELF-DRIVING CAR ENGINEER、Autoware、SAE Autonomous Mode Functional Flow 等                              |
| システムズ<br>エンジニアリング | スキル部会委員のニーズが高く、OutCar・InCar のシステム全体の複雑化への対応において重要性が高い。 | INCOSE ガイドブック、ISO15288、NASA ガイドブック、SERA MBSE ハンドブック、The New INCOSE Systems Engineering Competency Framework 等 |
| 新しい安全性評価          | 自動運転の実用化に不可欠で、新しい考え方の導入が必要であり重要性が高い。PEGASUS 等の材料がある。   | PEGASUS、Ko-HAF、SOTIF、SAE J.3114 Human Factors Definitions                                                     |

### 3.6 スキル項目の体系化

スキル標準第1階層のうち、前節において選定したスキル第1階層3項目を対象に、スキルの体系化の結果を示す。

#### 3.6.1 スキル体系化のアプローチ

スキルの具体化においては、技術動向調査に基づき関連するスキルを抽出し、それらを階層的に体系化するとともに、自動運転システムを開発するためのタスク（仕事・業務）

の具体例を想定して、それらとの関連性の高さからスキル要素を選択することで、共通して求められる主なスキルを体系整理した。

タスク（仕事）の視点からスキルを整理するアプローチは、i コンピテンシディクショナリ（iCD）において実績がある方法である<sup>21</sup>。

タスクの視点からスキルを整理するために、具体例としてタスクの体系化を行うとともに、技術動向、先行事例、i コンピテンシディクショナリ（iCD）等に基づきボトムアップにスキル項目を抽出整理する。

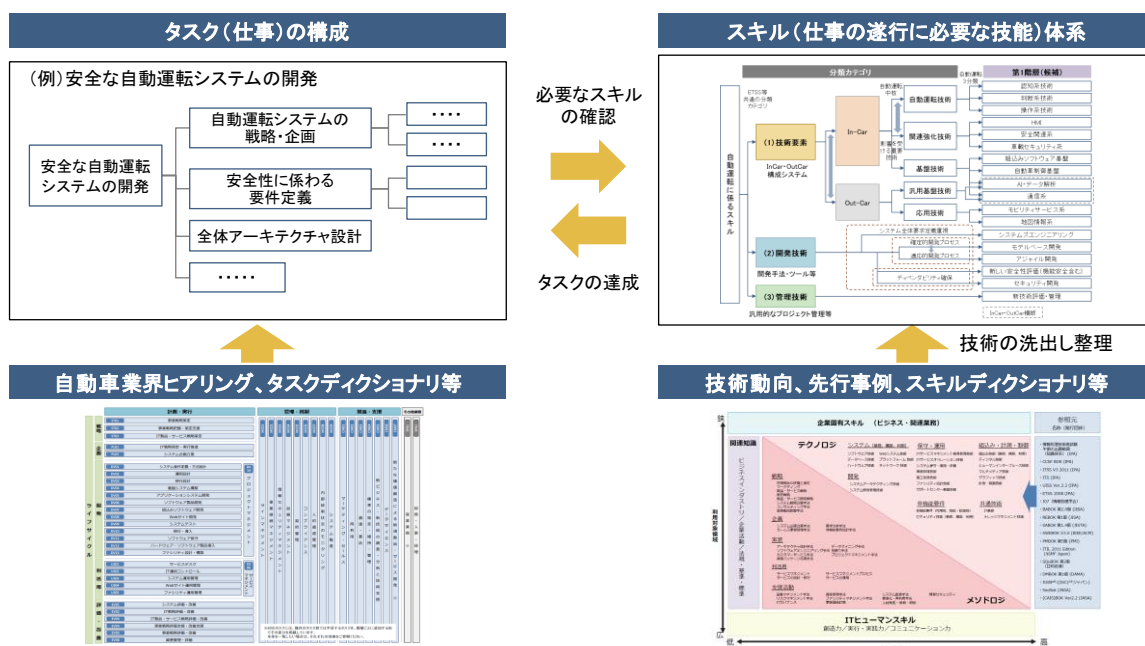


図 3-6 タスクの視点に基づくスキルの整理（全体像）

階層構造として体系化したタスクと求められるスキルの対応関係は、表形式で行方向にタスクを体系化したもの、列方向にスキルを体系化したものを示し、タスクに対して必要なスキルをタスク＝スキル対応表として整理している（5.2 タスク＝スキル対応表）。

スキル標準策定においては、以下の体系表を作成した。

表 3-3 スキル体系表と図 3-7 における名称の対応関係

| スキル体系表名             | 表番号   | 図 3-7 における名称 |
|---------------------|-------|--------------|
| 認知系技術スキル体系表         | 表 3-5 | スキル体系表 1     |
| システムズエンジニアリングスキル体系表 | 表 3-6 | スキル体系表 2     |
| 新しい安全性評価技術スキル体系表    | 表 3-7 | スキル体系表 3     |

<sup>21</sup> i コンピテンシディクショナリ（iCD）では、IT 分野を対象としているが、企業においてビジネスに求められるタスク（業務）と、それを支える IT 人材のスキル（能力や素養）を「タスクディクショナリ」、「スキルディクショナリ」として体系化している。



表 3-4 タスク=スキル対応表と図 3-7 における名称の対応関係

| タスク=スキル対応表                 | 表番号   | 図 3-7 における名称 |
|----------------------------|-------|--------------|
| 自動運転システム開発タスク=SE スキル対応表    | 表 5-2 | タスク=スキル対応表 1 |
| 認知システム開発タスク=自動運転認知技術スキル対応表 | 表 5-7 | タスク=スキル対応表 2 |

作成したスキル体系表とタスク=スキル対応表は相互に関係があり、それらの表の関係を示した全体像は図 3-7 の通りである。スキル体系表 1～3 は赤枠で示したものでスキルのみの体系を示したものである。タスク=スキル対応表 1 は、自動運転システム全体のタスク体系とそれに必要なシステムズエンジニアリングのスキル体系とその他のスキル第 1 階層の対応関係を示したもので、タスク=スキル対応表 2 は、認知システム開発タスクの体系と認知系技術のスキル体系の対応関係を示したものである。

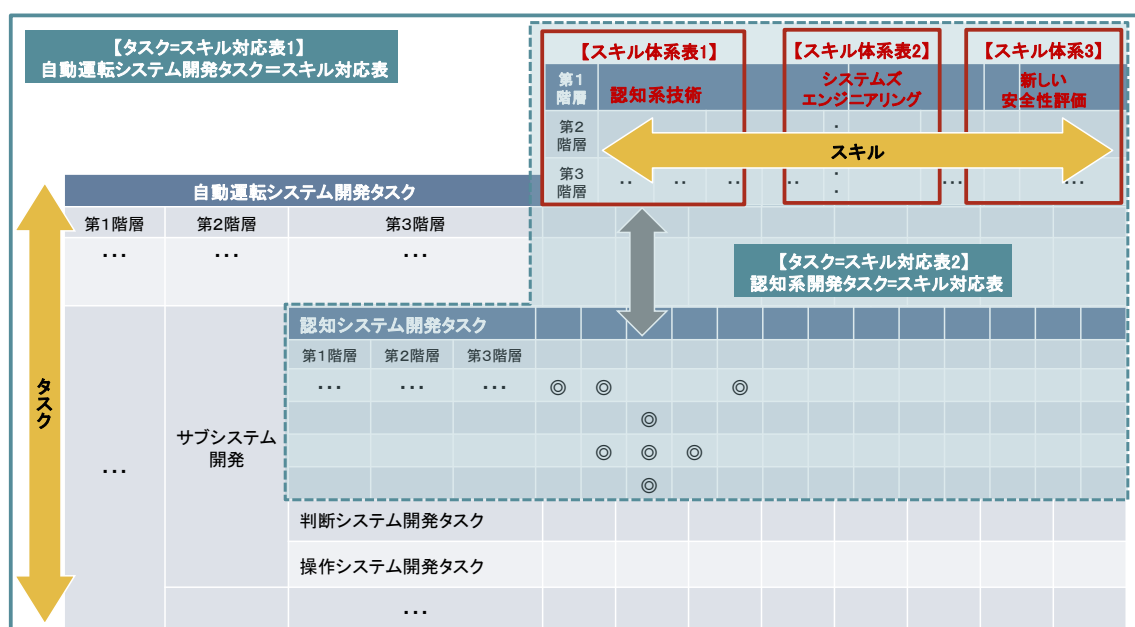


図 3-7 タスクとスキルの全体構成と具体化範囲

### 3.6.2 自動運転認知技術

#### (1) スキル体系化の考え方

自動運転の構成要素や実現方式に関しては各社や業界団体などが取り組んでいるが、一般にその技術は標準化されていない。しかしながら、自動運転・認知系技術に関しては、ADAS 等の実装が進んでいることから、技術が成熟化しており、アーキテクチャや利用するセンサーの種類や活用方式などが公開されている。その中で、アーキテクチャとして一般に示されているものは、SAE の Autonomous mode Functional Flow diagram がある。また自動運転の開発スキルの教育カリキュラムとして米国 Udacity によるオンライン教育コンテンツは認知系技術について体系的に示されている。Udacity はダイムラーやマツダなどの OEM や、nVIDIA などの GPU ベンダー、さらには自動運転プラットフォーム Autoware のオープン化されている認知系技術のプログラムも教材として利用され、実用性を重視した教育コンテンツとなっている。

自動運転認知システムを開発する上で求められるタスクを具体的に体系整理したものが表 5-2 である。それらのタスクを遂行するために必要となるスキルについて、SAE が示す技術体系や Udacity の教材構成、nVIDIA DRIVE プラットフォーム、Autoware プラットフォームなどを参考として、スキル標準策定部会において検討した結果整理されたスキル体系が表 3-5 自動運転認知技術のスキル体系である。

自動運転・認知系技術については、当初、H/W、S/W について設計できる能力を中心として整理していたが、スキル標準策定部会において、特に H/W については個別のセンサーの H/W を選択できるというスキルにすべきとの意見があり改訂を行っている。

#### (2) スキル体系

自動運転・認知系技術のスキルとして、第2階層は、センサー技術（個別のセンサーの H/W を選択できる、S/W、信号処理などを理解し設計開発または選定できる）、センサーフュージョン環境認識技術（個別センサーの処理結果を統合的に処理して、自動運転に必要な周辺環境の対象物を認識する機能を開発することができる）、自車位置特定技術（環境認識結果と地図情報系等のデータをもとに自車位置を特定する機能を開発することができる）として定義した。第3階層は、センサー技術については主要なセンサー種別ごとの技術として分類定義し、センサーフュージョン環境認識技術については、それぞれのセンサーを利用し統合化する自車運動量の推定、走行車線検出、信号機・交通標識検出などの要素を定義し、自車位置特定技術については、環境認識結果と地図情報系等のデータをもとに自車位置を特定する GNSS 等による衛星測位航法や自己位置検出などを定義している。

表 3-5 自動運転認知技術のスキル体系表

| 第1階層                                                                                                                                                            | 第2階層                                                                       | 第3階層          | 第3階層スキルの説明                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>認知系技術</p> <p>(認識すべき対象を特定し、それに必要十分なセンサーデータ、外部データを特定し、自動運転に必要な精度、性能について要件等を明確化できる。センサーデータや地図情報系等の外部から取得したデータを組み合わせ、周辺環境の対象物の認識や車両と周辺環境の位置関係の認識を行う機能を開発する。)</p> | <p>センサー技術</p> <p>(個別のセンサーの H/W を選択できる、S/W、信号処理などを理解し設計開発または選定できる)【C-1】</p> | カメラ画像認識処理     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・前方を撮影した画像・映像の解析を行うために必要な要求仕様を決定することができる。</li> <li>・複眼カメラではずれた視点から同時に撮影を行うことによって、距離を計測することができる。</li> <li>・夜間や逆光に加え、濃霧、豪雨、豪雪などの悪天候の場合の検出能力低下を考慮してトレードオフ設計などを行うことができる。</li> </ul> |
|                                                                                                                                                                 |                                                                            | LIDAR による計測処理 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・レーザ光（赤外線）をパルス状に照射し、対象物に反射されて戻ってくる時間によって距離を計測する方式を設計することができる。</li> <li>・電波の反射率の低下、変動などの要素なども含めて設計することができる。</li> </ul>                                                           |
|                                                                                                                                                                 |                                                                            | ミリ波レーダによる測定処理 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・対象物に照射されて戻ってきた電波を検出し、対象物までの距離や方向を検出することができる。</li> </ul>                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                 |                                                                            | 超音波センサーによる計測  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・周囲に超音波を発しながら障害物を検知するセンサーとして、走行中の車線周辺の車両の検知、または駐車時の障害物検知として機能する設計を行うことができる。</li> </ul>                                                                                          |
|                                                                                                                                                                 | センサーフュージョン環境認識技術（個別センサ                                                     | 自車運動量の推定【C-2】 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーフュージョン技術を用いて自社の運動量を推定することができる。</li> </ul>                                                                                                                                  |

| 第1階層 | 第2階層                                                       | 第3階層           | 第3階層スキルの説明                                                                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 一の処理結果を統合的に処理して、自動運転に必要な周辺環境の対象物を認識する機能を開発することができる。)       | 走路車線検出処理       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路上の車線を見つける機能を開発することができる。</li> <li>・各センサーの検出データを統合して空間を認識する機能を開発することができる。</li> </ul>                    |
|      |                                                            | 信号機・交通標識の検出処理  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路上の信号機・標識を認識することができる。</li> <li>・信号の色を認識することができる。</li> </ul>                                            |
|      |                                                            | 物体の認識とトラッキング処理 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・障害物の認識し、車両・オートバイ・自転車・歩行者などの移動体を認識し、それぞれの動きをトラッキングすることでどの方向に移動するかを予測する機能を開発することができる。</li> </ul>          |
|      |                                                            | フリースペース検出処理    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・画像やLIDARの検出データをもとにセンサーフュージョンを行って得た空間を認識し、自車両の走行に応じて逐次更新し走行が危険な領域と安全に走行できるフリースペースを認識することができる。</li> </ul> |
|      | 自車位置特定技術<br>(環境認識結果と地図情報系等のデータをもとに自車位置を特定する機能を開発することができる。) | GNSS等による衛星測位航法 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・GNSS等による衛星測位航法を利用し、車両の位置を確定することができる。</li> </ul>                                                         |
|      |                                                            | 自己位置推定処理       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・各種のマッチングを行い自己位置測定できる。(ナビ地図道路マッチング、高精度地図マッチング、3D高精度地図マッチング、地図鮮度管理など)</li> </ul>                          |

### 3.6.3 システムズエンジニアリング

#### (1) スキル体系化の考え方

汎用的なシステムズエンジニアリングについては、INCOSE (The International Council on Systems Engineering) Systems Engineering Handbook や、ISO/IEC15288 : 2015 - Systems and Software Engineering において体系的に整理されている。これらを参考として自動運転システムにカスタマイズすることで、システムズエンジニアリングのスキル体系化を行った。自動運転システム開発において求められるタスクは、INCOSE (The International Council on Systems Engineering) の Competency Framework の「Complete Listing of Competencies in the Systems Engineering Competency Framework」におけるコンピテンシリストを元に整理し (5.2.1)、それに必要となるスキルとして必要な要素を抽出し自動運転分野で求められるスキル体系を表 3-6 に定義した。

スキル標準策定部会においては、自動運転システムを構築するシステムズエンジニアのタスクとして定義する上で、全体を俯瞰した最適化能力が求められるプロジェクト管理、ファイナンス、ロジスティクス、品質などのすべてについて専門的なスキルまでは持つ必要はなく、それぞれの成果を統合する能力があればよいとの意見があり、それぞれの専門的な活動領域の成果を統合し一貫した全体システムを創造する能力として定義した。

#### (2) スキル体系

自動運転システムの開発に必要なシステムズエンジニアリングに関するスキル体系を表 3-6 に示す。INCOSE の Competency Framework は、2 階層であったが、システムズエンジニアリングスキル定義は 2 階層目を 2 つに分け第 3 と第 4 階層としてカテゴリ分けした。自動運転システム開発への応用としては、システムズエンジニアリングに基づきシステム開発する場合、システム思考、デザイン思考などの方法論も上位で利用される場合もあるので、この方法論の成果を用いる能力が求められる。

システムズエンジニアリングは、包括的なスキルであるため、システムズエンジニアリングの下位の第 2 階層にある「管理スキル」とスキル基準全体の最上位の「管理技術」スキルカテゴリは、関連する部分がある。そのため将来的には、システムズエンジニアリングを「開発系」と「管理系」に分け、後者は将来的には、「管理技術」スキルカテゴリに移動することを予定する。

表 3-6 自動運転開発に必要な技術システムズエンジニアリングに関するスキル体系

| 第1階層                                                                                                                                                                                                                                                                             | 第2階層                                                              | 第3階層         | 第4階層         | 第4階層スキルの説明                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| システムズエンジニアリング<br>(自動運転機能は、システムオブシステムと呼ばれるように複数のシステムが連携して一つの機能を実現する。システムズエンジニアリングは、その実現のために、システム全体俯瞰とシステムを実現するための複数の専門分野にまたがるアプローチおよび手段である。開発のライフサイクルの初期段階で顧客のニーズを明確化し、機能要求を定義し、関連する問題をすべて考慮しながら設計のための総合とシステムの妥当性確認を進めユーザーニーズに合致した品質の製品を供給することを目的とし、ビジネスとすべての顧客の技術的要求を考慮する必要がある。) | コアスキル<br>(エンジニアリングとシステムズエンジニアリングを支える核となる能力)                       | 対象システムの工学的理解 | 対象ドメインの理解    | システム全体において関心のあるシステムが果たす役割を理解することができる。(自動車の自動運転システムを開発する場合、基本的な自動車の基礎知識、運転方法に関する理解が必要である)                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   | 方法論と分析スキル    | システム思考【E-1】  | システム思考の基本的な概念を理解して使用することができる。ここではシステム思考を課題解決へ適用したのがシステムズアプローチ、それをさらにエンジニアリングに適用したのがシステムズエンジニアリングであることを理解できていることが望ましい。さらにデザイン思考についても理解していることが望ましい。【E-2】 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   |              | ライフサイクル      | システムの実現における適切なライフサイクル全体を俯瞰し選択することができる。【A1】(ライフサイクルを検討適用することができる。保守、モデルチェンジなども検討する)                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   |              | クリティカルシンキング  | 判断を形成するためのトピックの客観的分析と評価ができる。(自動運転機能について評価、分析を行うことができる)                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   |              | システムモデリングと分析 | 技術的な理解と意思決定をサポートするためのモデリングの利用を含む、厳密なデータと情報の提供を行うことができる。                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | プロフェッショナルスキル<br>(人的資源において優秀な成果を発揮する行動特性(コンピテンシー)を有しており実行することができる) | パーソナルスキル     | ネゴシエーション     | 相違点が存在する有益な結果に達することを意図した2人以上の当事者間の対話を行うことができる。                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   | リーダスキル       | テクニカルリーダーシップ | 適切な専門能力と持ち、システムズエンジニアリングにおける技術知識と経験の応用ができる。                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   |              | チームダイナミクス    | チームの行動とパフォーマンスの方向性に影響する行動をスムーズにとることができる。                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   |              | ファシリテーション    | 他の人がプロセスに対処したり、問題を解決したり、直接関わることなく目標に達するのを手助けすることができる。                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                   |              | コーチングとメンタリング | 個人のスキル、知識または仕事のパフォーマンスを向上させるために1対1の会話を行うことができる。                                                                                                        |

| 第1階層 | 第2階層                                         | 第3階層       | 第4階層             | 第4階層スキルの説明                                                                 |
|------|----------------------------------------------|------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|      | 管理スキル<br>(システムズエンジニアリング活動の管理と関連するタスクを実行する能力) | 対象システム管理能力 | 計画               | 複数の分野にわたって効果的かつ実行可能な計画を作成、調整、維持することができる。                                   |
|      |                                              |            | 監視と制御            | 現在の計画が問題なく実行可能かどうかを確認するための進行中のプロジェクトの評価ができる。                               |
|      |                                              |            | 意思決定管理           | 代替案の組合せを客観的に特定し、評価し、評価するための構造化された分析フレームワークを使用することができる。                     |
|      |                                              |            | 同時エンジニアリング       | タスクの並列化を目的とする方法論を適用できる。                                                    |
|      |                                              | 運用管理能力     | ビジネスとエンタープライズの統合 | システム開発の一環としての他の社内ステークホルダーのニーズと要件の考察ができる。                                   |
|      |                                              |            | 購入と供給            | 要件に従って製品またはサービスを手または提供することができる。                                            |
|      |                                              |            | 情報管理             | 指定されたステークホルダーに適切なレベルの適時性、正確性、およびセキュリティを提供するため、情報のあらゆる側面に関連する活動に取り組むことができる。 |
|      |                                              |            | 構成管理             | システムの機能、性能、および物理的特性のライフサイクル全体に渡る一貫性を保証することができる。                            |
|      | 技術的スキル<br>(一連の技術プロセスに関連するタスクを実行する能力)         | 設計能力       | リスクと機会の管理        | 不確実なイベントの可能性の特定と削減、またはそのイベントが提供する機会の可能性の最大化を行うことができる。                      |
|      |                                              |            | 要件定義             | ステークホルダーのニーズとシステムの要件を確立するための期待を分析することができる。(認知機能の要件を定義することができる)             |
|      |                                              |            | システムアーキテクチャ設計    | 実装可能な解決策を作り出すためのシステム構造、インタフェース、関連する派生要件の定義ができる。(認知機能のシステム設計を行うことができる)      |
|      |                                              |            | システム設計のための能力     | すべてのライフサイクルステージの要件がシステム設計の正しい時点で解決されていることを保証することができる。                      |

| 第1階層 | 第2階層                                                                 | 第3階層              | 第4階層      | 第4階層スキルの説明                                                                                                             |
|------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                      |                   | 統合        | 実現されたシステム、製品またはサービスに一連のシステム要素と集約を組み立てるための論理プロセスを実施することができる。（認知機能のシステムを全体システムと統合することができる）                               |
|      |                                                                      |                   | インタフェース   | システムまたはシステム要素の境界を越えた相互作用の識別、定義、制御を行うことができる。（認知機能のシステムのインタフェース要件が満足できる）                                                 |
|      |                                                                      |                   | ベリフィケーション | システムが特定の要件と特性を満たすという客観的証拠を得る正式なプロセスを実施できる。（認知機能の開発結果が要求仕様書通りにできているかを確認することができる。また、テスト環境として HILS/MILS による自動テスト機能を構築できる。 |
|      |                                                                      |                   | バリデーション   | システムが意図された運用環境で意図された使用を達成したという客観的証拠を得る正式なプロセスを実施できる。（認知機能の開発結果が利用時の運用に適用できるかを評価することができる）                               |
|      |                                                                      |                   | 適合        | 検証されたシステムをその稼働環境に統合することができる。（認知機能の開発結果が自動運転機能全体で機能するかを確認することができる）                                                      |
|      | 統合スキル【E-3】<br>（システムズエンジニアリングとして他の分野の専門家的な活動領域を統合し、一貫した全体システムを創造する能力） | 保守運用<br>全体俯瞰最適化能力 | 運用とサポート   | システムがその機能を提供するために使用され、その存続期間にわたって維持することができる                                                                            |
|      |                                                                      |                   | プロジェクト管理  | 満足すべきシステム、製品、適切な品質のサービスを提供するための活動の特定、計画、調整ができる。                                                                        |
|      |                                                                      |                   | ファイナンス    | プロジェクトに関連するコストを見積り、トラッキングできる。                                                                                          |
|      |                                                                      |                   | ロジスティクス   | エンドユーザーに出荷した製品のサポートと維持ができる。                                                                                            |
|      |                                                                      |                   | 品質        | 主要な製品特性の管理を通じて顧客満足を達成することができる。                                                                                         |



### 3.6.4 新しい安全性評価技術

#### (1) スキル体系化の考え方

新しい安全性評価技術は、従来の安全性評価技術では、自動運転システム開発への対応はコスト的、工数的に実現困難となるため走行データ、事故データ、シミュレーションデータなどを蓄積し仮想検証を含む方法により社会的に受容される評価基準を定めるものである。ドイツにおける自動運転システムに対する新しい安全性評価の標準化プロジェクト PEGASUS や性能限界に係る SOTIF 等をベースに、検証シナリオに基づくシミュレーション等の仮想検証を含む評価手法に関するスキル体系を整理したものである。

#### (2) スキル体系

新しい安全性評価技術に関するスキル体系をまとめたものが表 3-7 である。PEGASUS の安全性評価手法の構成を参考に、第 2 階層は、安全性要求分析と検証のためのデータベース技術、検証シナリオ生成技術、検査実行・評価、安全関連ソフトウェア技術に分類定義、それぞれの構成要素には、PEGASUS、SOTIF 等から抽出した技術要素を体系化している。

表 3-7 新しい安全性評価に関するスキル体系

| 第 1 階層       | 第 2 階層                 | 第 3 階層（技術要素）       | 第 3 階層スキルの説明                                                                                                                                      |
|--------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 新しい<br>安全性評価 | 安全性要求分析と検証のためのデータベース技術 | 検証データベース構築とデータ処理技術 | 検証シナリオ、テストケースを生成するために必要となる法制度等の知識、自動運転関連データ（テスト運転、シミュレーション、FOT、事故）を基に、柔軟なデータ管理に適した NoSQL、ビッグデータ解析等の技術を活用したデータベースを構築し、安全性評価に必要なデータ処理機能を開発することができる。 |
|              |                        | 安全性要求分析            | データベースを用いて自動運転システムに求められる安全性の要件を定義することができる。STAMP/STPA 等による安全分析、走行データ、事故データに基づき要件分析を行うことで開発へのフィードバックを行うことができる。                                      |
|              |                        | システム性能限界評価         | センサーや要素モジュールの性能限界について影響評価を行い、影響を受けるコンポーネットの要求分析・設計に反映することができる。【S1】                                                                                |
|              |                        | 技術要求分析             | 安全性要件に対応した技術要件を定義することができる。                                                                                                                        |
|              | 検証シナリオ生成技術             | 機能シナリオ作成技術         | 安全性評価のコンセプトフェーズにおいて、評価すべきシナリオを構造的に自然言語で記述できる。                                                                                                     |
|              |                        | 論理シナリオ作成技術         | 情報系のオントロジーやセマンティクス技術を活用し、機能シナリオのデータフォーマット等のパラメータを特定し、安全性評価で用いるシナリオを作成できる。                                                                         |
|              |                        | 具体シナリオ作成技術         | パラメータに特定の値の組合せを設定することでテストおよび妥当性確認で用いるシナリオを作成できる。                                                                                                  |
|              |                        | 人間行動モデル作成          | 人間中心設計等の技術を活用し、人間振る舞いモデルを理解し、人間系と係る検証シナリオを開発することができる。                                                                                             |
|              | 検査実行・評価                | テストケース生成           | テストシナリオや検査基準に基づきテストケースを作成することができる。                                                                                                                |
|              |                        | テストケース実行技術         | テストケースに基づきシミュレーションと実検証によりテストを実行しテストデータを評価に必要な取得することができる。                                                                                          |
|              |                        | テストシミュレーション構築      | 情報系（UML、形式手法等）や物理系（ダイナミクス）のモデリング技術を用いて、要求定義や検証シナリオに基づきシミュレーションテストに必要なモデルや環境を構築することができる。                                                           |

| 第1階層 | 第2階層         | 第3階層（技術要素）        | 第3階層スキルの説明                                                                               |
|------|--------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |              | テスト評価             | テスト結果データに基づき、評価と分類を行うことができる。                                                             |
|      |              | 安全性評価と安全性保証       | テスト評価と分類結果に基づき総合的な評価を行い、安全性に関する宣言を示すことができる。セーフティ・アシュアランスケースの考え方に基づき安全性を論証するドキュメントを作成できる。 |
|      |              | 安全性論証             | オントロジーによるシーンの関連性に基づく追加シナリオの生成、深刻度の決定、未知のシナリオの追加などのシナリオベースの安全性論証を行うことができる。                |
|      | 安全関連ソフトウェア技術 | システムティックフォルト対応技術  | systematic fault を考慮した分析、設計により fail-operational、fallback に対応したソフトウェア機能を開発することができる。       |
|      |              | ソフトウェア・アップデート機能開発 | フィードバック開発に基づき自動運転ソフトウェアの更新機能の開発を行い、OTA 等により脆弱性情報の管理とソフトウェア・アップデートを行うソフトウェアを開発することができる。   |
|      |              | 機械学習の安全関連技術       | ディープラーニング等の機械学習アルゴリズムの安全性を確保する機能を開発することができる。                                             |

### 3.7 スキル項目のレベル定義

体系化したスキルについて各スキル項目のレベル定義について示す。ETSS スキル標準においては、個々のスキル項目について具体的にレベル定義するのではなく、すべてのスキル項目に対応した一般化したレベル定義が示されている。

本スキル標準では、一般化したレベル定義に加え、典型的なスキル項目について具体的なレベル定義の仕方が分かるように例を示す。実際の運用においては、これらの例を参考に、個々のスキル項目についてレベルを診断するための基準となる定義を与えることもできる。

スキル標準策定部会での議論から、スキルレベル定義は以下のような点に基づき定めた。

- 先行する ETSS スキル標準の汎用的なレベル 1～4 については整合性を確保する。
- 技術要素、開発技術ともに技術に対する能力を示す基準として定義する。すなわち、「～できる。」という形式で定義する。
- 技術要素については、アルゴリズムに関する能力を基準として定義する。
- スキル項目のベースとして技術を位置付け、技術を使って開発できることをスキルとし、技術を知っていることを知識として、スキルと知識を区別して定義する。
- スキルレベル 1 以下についても、学習者のモチベーションを高めるため知識レベルを定義する。

以上のような条件に基づきスキル項目のレベルを定義したものを表 3-8、表 3-9 に示す。

表 3-8 スキル項目のレベル定義（スキルレベル）

| スキル<br>レベル | 汎用的な定義                              | 備考          | 基準（例）                                          |                                             |
|------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|            |                                     |             | 技術要素の例<br>「物体の認識とトラッキング」                       | 開発技術の例<br>「システムモデリングと分析」                    |
| レベル4       | （最上級）[業界トップ水準]<br>新たな技術を開発できる       | ETSS<br>ベース | 「物体の認識とトラッキング」について本質的に新しいアルゴリズムを開発する能力がある。     | 「システムモデリングと分析」の新たな手法またはツールを開発することができる。      |
| レベル3       | （上級）[指導者レベル/メンター]<br>作業を分析し改善・改良できる |             | 「物体の認識とトラッキング」の既存アルゴリズムをデテラリング、改良することができる。     | 「システムモデリングと分析」の既存の手法やツールの改良を指導することができる。     |
| レベル2       | （中級）[一人前/プロフェッショナル]<br>自律的に作業を遂行できる |             | 「物体の認識とトラッキング」適切なアルゴリズムを選び、支援なしでソフトウェアを開発できる。  | 「システムモデリングと分析」の代表的な手法、手順に基づき自律的に開発することができる。 |
| レベル1       | （初級）[半人前/チャレンジャー]<br>支援のもとに作業を遂行できる |             | 「物体の認識とトラッキング」主要なアルゴリズムについて支援を受けてソフトウェアを開発できる。 | 「システムモデリングと分析」手法を用いて、指導者の下で開発することができる。      |

表 3-9 スキル項目のレベル定義（知識レベル参考）

| 知識<br>レベル         | 汎用的な定義                      | 基準（例）                               |                                     |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                   |                             | 技術要素の例<br>「物体の認識とトラッキング」            | 開発技術の例<br>「システムモデリングと分析」            |
| レベル K<br>(レベル0.5) | （知識のみ）<br>知識を持っているが、実践経験はなし | 「物体の認識とトラッキング」に関する代表的なアルゴリズムを知っている。 | 「システムモデリングと分析」の代表的な手法、手順、ツールを知っている。 |
| レベル無し<br>(レベル0)   | （知識も無し）<br>知識、経験共になし        | 「物体の認識とトラッキング」アルゴリズムの知識がない。         | 「システムモデリングと分析」の手法の知識がない。            |

### 3.8 スキル標準策定部会における主な論点と意見

スキル標準策定部会における主な議論・意見を以下に示す。これらの意見は、3.6 章スキル項目の体系化、5.2 章に示すスキル標準成果物に反映している。

表 3-10 スキル標準策定部会における主な意見・議論

| 区分 [記号]                 | 主な意見                                                                                                                                 |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| スキルレベル定義                | スキル項目のベースとして技術の体系があり、技術を知っていることを知識とし、技術を使いこなせることがスキルとして区別する。                                                                         |
| スキルレベル定義 [L-1]          | レベル 1～4 は ETSS を踏襲すべき。レベル 0 は知識のみ、未定義は知識すら無し。                                                                                        |
| スキルレベル定義 [L-2]          | スキルカテゴリの技術要素と開発技術は、共に能力を示す定義とすべきである。技術要素については、アルゴリズムを実装できること、新たに考案できることなどアルゴリズムをベースに能力を定義するとよい。                                      |
| スキル基準（全体） [S-1]         | 知識、技術、スキル、タスク、人材について定義を明確にする必要がある。                                                                                                   |
| スキル基準（全体） [S-2]         | タスクについて、V 字の左半分はよいが、右半分はやや不足。右半分に、オープンループでの認識性能検証、クローズドループでの制御性能検証、タフネスの制御性能検証などが入るとよい。                                              |
| スキル基準（自動運転認知技術） [C-1]   | 「センサーフュージョン」に、自車運動量の推定、道路境界部の検出、道路標識の認識を追加提案                                                                                         |
| スキル基準（自動運転認知技術） [C-2]   | ・認知系技術：センサー技術について、ソフトウェアスキルという観点で、H/W は選択できる、S/W を開発できるとしてはどうか。                                                                      |
| スキル基準（自動運転認知技術） [C-3]   | 「自車位置特定」は、5 つのフェーズに分けられる。1: GNSS 等による衛星測位航法、2: ナビ地図道路マッチング、3: 高精度地図マッチング、4: 3D 高精度地図マッチング、5: 地図鮮度管理。                                 |
| スキル基準（SE）               | ・ STAMP/STPA は分析手法と改訂すべき                                                                                                             |
| スキル基準（SE） [E-1]         | システムズエンジニアリングについては、設計、実装、計測・適合、HILS/MILS 設計、構築などもう少し分類すべき。                                                                           |
| スキル基準（SE） [E-2]         | システムズエンジニアリングを成功させるためには、システム思考のスキルだけではなく、デザイン思考の知識も重要                                                                                |
| スキル基準（SE） [E-3]         | 第 1 階層システムズエンジニアリングの下位の第 2 階層にある「管理スキル」とスキル基準全体の最上位の「管理技術」スキルカテゴリには重複する部分があるため、システムズエンジニアリングを将来的には、「開発系」、「管理系」に分け、後者は「管理技術」カテゴリに移動する |
| スキル基準（新しい安全性評価技術） [S-1] | 「新しい安全性評価」については、システム限界、苦手部分を捉える技術を入れるとよい。                                                                                            |
| スキル基準（新しい安全性評価技術） [S-2] | 新しい安全性評価では、従来の機能安全からの差分を対象と捉えるべきか。                                                                                                   |
| キャリア基準 [K-1]            | ・タスク×スキルで整理することはよいが、他産業、学生への魅力訴求のためには、活用事例として具体化し分かり易い表現とすべき。                                                                        |

### 3.9 スキル標準の体系化メンテナンス体制の方向性

1. ～3.8 章までに示した通り自動走行ソフトウェアに関する技術とスキルは、進化の途上にあるものが多い。それらのスキルについては、技術の成熟度に応じてスキル体系化を行い、一旦策定したスキル体系は、技術の進化とともに改訂・メンテナンスが必要となる。また、それらのスキル標準を用いたスキル診断・教育研修サービスなど民間の自立したビジネス化を推進することで、社会への普及促進が期待される。このようなスキル標準の普及促進に向けたステップを図示したものが図 3-8 である。

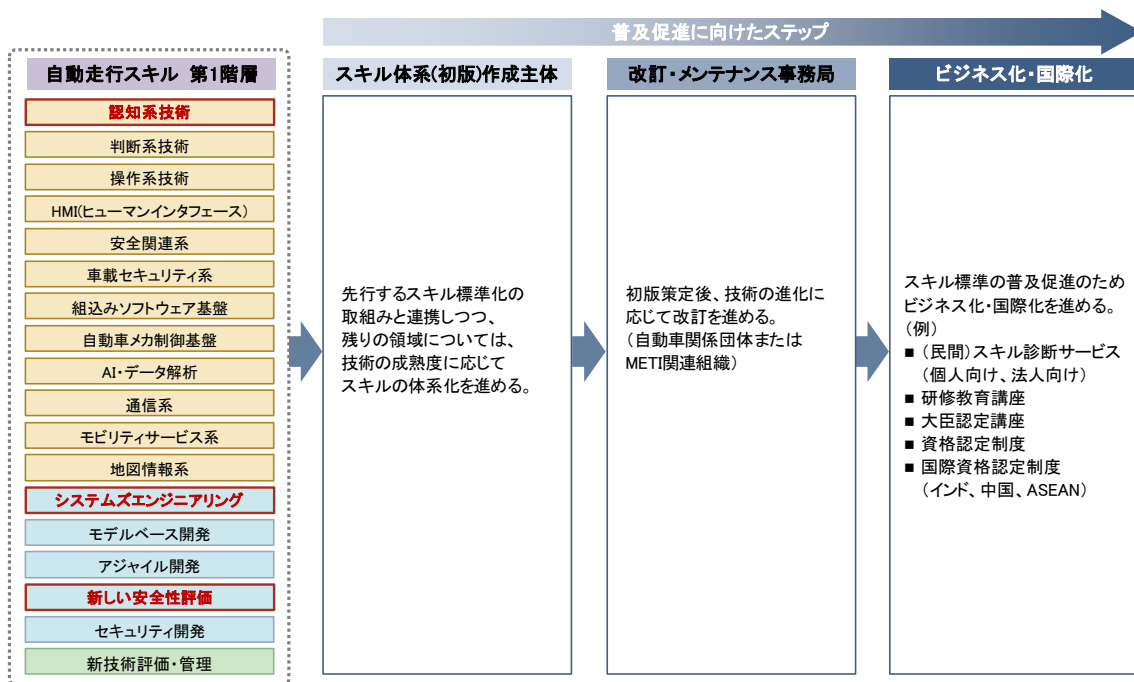


図 3-8 スキル標準の普及促進に向けたステップ

#### 4. 今後に向けて

自動車産業の大変革（CASE 革命）が進展する中、世界に先駆けて、自動走行ソフトウェアにフォーカスしたスキル標準の策定に取り組んだ。自動車ソフトウェアの開発は、技術の進歩と人材の育成が両輪のように求められるもので、いずれか一方だけでは健全な発展は望めない。自動走行ソフトウェアスキル標準は、その両面にまたがる重要な要素である。自動走行ソフトウェア分野は、急速な進化の途上にあるため、技術の成熟度を見極めながらスキルの体系化を進めることが妥当である。

2018 年度の検討においては、自動走行ソフトウェアスキルの上位の全体像を特定するとともに、技術の成熟度が高く、自動車業界のニーズが高く、緊急性の高い第 1 階層スキル領域を特定しスキルの体系化を行った。

今後は、残されたスキル第 1 階層の体系化と、初版が策定されたスキル領域を対象としてメンテナンスを行うとともに、スキル標準を活用した民間診断サービスなどの新市場を立上げ、自立的にスキル標準の活用促進が進むことが期待される。

## 5. 付録

### 5.1 自動走行ソフト開発スキル標準策定作業部会

#### 5.1.1 作業部会の開催概要

スキル標準やスキル標準の活用法等について、有識者の意見を収集するため、学識経験者や自動車業界関係者等で構成される、スキル標準策定作業部会を計4回開催した。

##### (1) 開催趣旨

自動車分野では、自動運転、コネクテッドサービスなど100年に一度とも言われる変革を迎えつつある。それに伴い、新たなソフトウェア人材の不足感が高まっているため、それらの人材の発掘、確保、育成に向けた取組みが必要となる。

取組みの方向性として、本作業部会においては、自動運転ソフト開発において求められるソフトウェア人材の新たなスキルに焦点を当てて整理したスキル標準を策定する。成果は、人材育成に関わる施策の検討、自動車業界における人材の活用、育成の指標として活用できるものとする。

##### (2) 主な論点

- スキル標準の活用方法、目指すべき方向性
- 自動運転に係るスキル標準
- スキル標準のユースケース事例集

##### (3) 委員名簿

| 「自動走行ソフト開発スキル標準策定のための作業部会」委員名簿（案） |       |                                                                                               |
|-----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 委員                                | 伊藤 直紀 | 株式会社デンソー AI 研究部 AI 応用研究室 室長                                                                   |
| 委員                                | 井野 淳介 | 日産自動車株式会社 電子技術・システム技術開発本部<br>ソフトウェア開発部 ソフトウェア設計グループ 主管<br>一般社団法人 JASPAR 運営副委員長                |
| 委員                                | 益 啓純  | 株式会社ジェイテクト 研究開発本部 上席研究員                                                                       |
| 委員                                | 河野 文昭 | 株式会社アドヴィックス 技術統括部 主査                                                                          |
| 委員                                | 末吉 雅弘 | パナソニック株式会社<br>オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社<br>オートモーティブ開発本部 プラットフォーム開発センター<br>基本ソフト開発3部 ADAS 開発課 課長 |



|                              |        |                                                                         |
|------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------|
| 委員                           | 菅沼 賢治  | 公益社団法人 自動車技術会 電子・電装部会長<br>株式会社 デンソー 技術開発推進部 国際標準推進室<br>シニアアドバイザー        |
| 座長                           | 高田 広章  | 名古屋大学大学院情報学研究科 教授                                                       |
| 委員                           | 谷川 浩   | 一般財団法人 日本自動車研究所 ITS 研究部 部長                                              |
| 委員                           | 田丸 喜一郎 | 独立行政法人 情報処理推進機構 社会基盤センター 調査役                                            |
| 委員                           | 丹羽 実   | ルネサスエレクトロニクス株式会社<br>オートモーティブソリューション事業本部<br>車載ソフトウェア開発統括部 主管技師長          |
| 委員                           | 長谷川 勝敏 | イーソル株式会社 代表取締役社長                                                        |
| 委員                           | 平野 洋之  | トヨタ自動車株式会社 自動運転・先進安全統括部<br>第2 自動運転技術開発室 室長                              |
|                              |        | 10 月より<br>Toyota Research Institute Advanced Development, Inc. (TRI-AD) |
| 委員                           | 藤原 正樹  | 日立オートモティブシステムズ株式会社<br>技術開発本部 技術プラットフォーム室 主管技師                           |
| 委員                           | 三木 誠一郎 | 富士ソフト株式会社 ASI 事業部 常務執行役員                                                |
| 委員                           | 母里 佳裕  | 株式会社本田技術研究所 四輪 R&D センター<br>統合制御開発室 AD ブロック 主任研究員                        |
| (平成 30 年 8 月 2 日現在 敬称略 五十音順) |        |                                                                         |

#### (4) 開催概要

各作業部会の開催日時や開催場所、主な議題を

表 5-1 に示す。

表 5-1 スキル標準策定作業部会開催概要

| 開催回数 | 開催日時                          | 開催場所                        | 議題                                                                                                                                                                       |
|------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第1回  | 平成30年8月2日(木)<br>16:00～18:00   | 三菱総合研究所<br>4階 大会議室<br>A     | ①スキル標準策定について<br>②実施計画、第1回作業部会<br>論点<br>③スキル標準検討の進め方<br>④スキル標準に関するニーズ<br>⑤重要なスキル領域                                                                                        |
| 第2回  | 平成30年10月4日(木)<br>10:00～12:00  | 三菱総合研究所<br>4階 CR-D・E<br>会議室 | ①ユースケースに関する意見<br>整理とスキル標準の方向性案<br>②スキル標準の第1階層の考<br>え方と構成案<br>③PEGASUS と安全性評価<br>④システムズエンジニアリン<br>グと機能安全<br>⑤ユースケースに関するニー<br>ズとスキル標準の方向性(議<br>論)<br>⑥スキル標準に関するニーズ<br>(議論) |
| 第3回  | 平成30年11月20日(火)<br>16:00～18:00 | 三菱総合研究所<br>4階 CR-D・E<br>会議室 | ①スキル標準の具体化<br>②スキル標準の活用法(まと<br>め方)                                                                                                                                       |
| 第4回  | 平成30年12月20日(木)<br>16:00～18:00 | 三菱総合研究所<br>4階 CR-D・E<br>会議室 | スキル標準の具体化<br>スキル標準の活用法(まとめ<br>方)                                                                                                                                         |

### 5.1.2 作業部会の議事要旨

スキル標準策定作業部会の議事要旨を以下に示す。

#### (1) 第1回作業部会議事要旨

##### 【議事概要】

##### ①スキル標準策定について

(三菱総合研究所からプレゼンテーション)

- 自動走行ビジネス検討会において、ソフトウェア人材の確保・育成・発掘のため、“スキル標準”の策定で合意した。
- 日本企業とソフトウェア人材の双方にとって羅針盤となるスキル標準を策定することで、ソフトウェア人材にとって魅力ある人材育成・評価の仕組みづくりを促し、ソフトウェア×自動車コミュニティの人材プールを強固にしていく。
- ソフトウェア人材の確保・育成・発掘にかかる戦略的取組を議論するため、自動走行ビジネス検討会の下に人材戦略WGを設置し、本部会の検討状況を報告する。

##### ②実施計画、第1回作業部会論点

(三菱総合研究所からプレゼンテーション)

- 自動運転に係る新しい領域を中心としたスキル標準を策定する。少数のトップ人材ではなく、開発規模の伴う量産開発に係るスキル領域とする。
- 新しい領域であるため、議論が発散しないように、共通の土台として PEGASUS 開発プロセスをベースに検討する。
- 部会の最初の段階で、スキル標準のユースケースとそのベネフィットについて議論し、それに基づき、目指すべき方向性（ゴール）を設定する。
- スキル標準のゴールの事務局案としては、AI 等の新しいスキルを持った人材を、早急に確保するため、自動車業界の外部の人材の獲得、活用（分業、協業）、育成に有効なスキル標準を候補に挙げる。

##### ③スキル標準検討の進め方

- 本事業では、最終的なゴールとしてスキル標準策定を掲げているが、業界で有効に活用されるものとなるように、ユースケースやベネフィットの議論から始め、課題をクリアにして方向性を絞り込み明確化する。
- 議論の共通の土台として、従来のV字モデルに限定せず、AIやデータの取得、活用等に適した開発プロセスについて考慮が必要である。
- 従来のソフトウェア開発経験者だけでなく、ヒアリング、講演などにより新しい技術開発者を巻き込んで議論を進める。

##### ④スキル標準に関するニーズ

- スキル要素の網羅性を追及するのではなく、日本の強み、弱みを考慮して重要な部分が分かるように焦点を当て、第1階層では網羅性を確保し、第2階層等で絞

り込むなど考慮する。スキルの重要性から選択と集中の検討に使えるスキル標準が期待される。

- AI等の新領域は緊急性があり、育成が難しいため外部獲得の戦略が必要で、AI等の不足する人材はOEM、サプライヤー等の外部を含むサプライチェーンの中で確保することを想定する
- ソフトはハードの付属としての位置付けではなく、ソフトの価値を適切に評価し価格付けできることが重要
- 外部企業や電気電子学科、情報工学科の学生などの外部の人材に自動車業界の魅力を感じてもらうような外部発信が重要
- スキル標準により獲得したい人材のスキルと報酬が把握できるとよい

#### ⑤重要なスキル領域

- AI等の新しいスキルだけではなく、自動運転を支え、活かす技術の検討も重要である。特に、システムの複雑化に対応したシステムズエンジニアリングや自動運転に対応して変化が求められる機能安全など量産技術が重要。
- AIや自動運転のうち、ドメイン固有の知識である技術要素は増やしていけばよいが、ドメインに共通する開発技術等について、機械学習によりプログラムが自動的に改善されていく中で変化する部分への対応が重要
- モノを前提にしていた JASPAR 版 ETSS に対して、サービスや運用のデザインなど新しい視点を考慮して第一階層の見直しが必要

### (2) 第2回作業部会議事要旨

#### 【議事概要】

##### ①ユースケースに関する意見整理とスキル標準の方向性案

(三菱総合研究所からプレゼンテーション)

- スキル標準のユースケースに対する委員からのニーズとしては、人材のスキル把握・可視化、自動車業界の外部からの人材獲得、外部との協業、自動車業界への人材の惹きつけ・PRなどが強かった。
- ユースケース意見をスキル標準作成に活かすとすれば、重点分野の選定がある。例えば、新領域における他業界の人材獲得については、AIデータ解析分野の具体化、大学情報系、他産業へのアピールについては、情報系人材と親和性の高い認知系などの具体化が重要と言える。
- ユースケース意見をスキル標準の活用法の参考とするとすれば、例えば、新領域における他産業の人材獲得については、自社スキルと新領域のスキルギャップ分析の活用が挙げられ、スキルの定量化・資格試験については、コアコンピタンスを対外的に示したいソフトウェアベンダーのスキル診断サービスの提供などが挙げられる。

##### ②スキル標準の第1階層の考え方と構成案

(三菱総合研究所からプレゼンテーション)

- 自動運転時代に求められる新しい開発モデルとして、①異業種連携を前提とした開発、②走行データを開発にフィードバックするスパイラル開発、③エネルギーシステムなど社会システムと自動車と連携するモビリティサービスの創出、④自動運転に対応した社会的受容性を確保した安全性評価手法、が挙げられる。
- InCar、OutCar の連携を前提に、委員から意見の強い、認知・判断・操作、AI・データ解析、システムズエンジニアリング、安全性評価などのスキルを網羅するようにスキル標準第1階層を整理し、新しい開発モデルとの関係性を整理した。
- 技術要素については、自動運転システムの構成との対応関係が明確となるように第1階層を整理した。

### ③PEGASUS と安全性評価

- ドイツ PEGASUS プロジェクトにおける自動運転機能の安全性評価法の標準化動向について説明した。
- 想定されるすべてのテストケースの目安としては、故障、ミスユース、性能限界があるが、AIについては今後作成予定。
- 品質管理の ISO9000、機能安全の ISO26262 は最小要求であり、各社は ISO を踏まえた基準を検討する必要がある。

### ④システムズエンジニアリングと機能安全

- Systems Engineering の概要とその目指すもの、ISO 26262 自動車機能安全の概要と必要性について示し、Systems Engineering と自動車機能安全の関係性について説明した。

### ⑤ユースケースに関するニーズとスキル標準の方向性（議論）

- 自動車業界において IT 人材の獲得は急務であるが、社内の IT 人材の有効活用（人員転換・組織再編）はできているか検討したほうがよい。
- OEM のシステム開発者は、“コンセプトを決めて仕様に落とすことが自身の仕事の範囲であり、ソフトウェア技術者はその仕様をそのまま実装すればよい”という社内の意識を改革する説得材料としてスキル標準を活用できるのではないか。
- 自動車業界の IT 技術者の働き方が具体的にイメージできるようにターゲットを明確にした人物像を示すことは PR につながる。

### ⑥スキル標準に関するニーズ（議論）

- スキル標準をどのような目的に対してどのように活用するかで粒度が変わる。先行開発、プロトタイプ開発、量産開発など焦点を決めなければならない。議論を発散させないため一つの例で詳細化すべき。
- 技術要素の認知、判断、操作の個々の要素をまとめて自動運転全体を仕立てるスキルとして、開発技術に位置付けられるシステムズエンジニアリングの他、技術要素に位置付けられる自動運転プラットフォームやアーキテクチャがある。
- スキル標準は、自動車業界以外の IT 技術者、学生にもイメージでき、魅力的なものに見えるように用語も検討すべき。

### (3) 第3回作業部会議事要旨

#### 【議事概要】

##### ①スキル標準の具体化

(三菱総合研究所からプレゼンテーション)

- スキルレベル定義は、診断される人の意欲が上がるような名称などの工夫があるとよい。スキルレベル定義は、中央値ではなく、昇格基準とすると分かり易い。
- 開発技術のスキル基準が、3回以上の実績というのは、経験則的に適切である。習熟度を測るには1回だけでは安定的に遂行できるとは限らない。
- 経験回数で診断するのは適切ではない場合もあり、新しいモデルやアルゴリズムの開発など研究能力に関するレベルも考えられる。
- レベル3とレベル4は連続的ではなく、回数を診断基準とするのは難しい。
- スキルレベルの定義は、個々の技術要素だけでなく、複数のスキルの組合せでしか定義できないものもある。
- ITSSは経験の有無で評価し、ETSSでは何ができるのかを重視している。レベル1から4については、先行するETSSの考え方に沿った方がよい。
- レベル0またはレベルKは、知識はあるがスキルは無いという定義、レベル無しは知識もスキルも無しとしてはどうか。

##### ②スキル標準の活用法(まとめ方)

- スキル標準の活用法として挙げられた候補6案は妥当だが、規模感や重要性もわかるとよい。今年度の検討範囲を超えるが重要である。
- キャリア基準の精密な定義は実際の運用では難しい。むしろ、スキル標準の活用法の例として整理すべき。キャリア基準の検討は、人材育成方策(キャリアパス)の検討と、人材獲得(求めている人材のスキルセットの明確化)の2つがある。
- 人材獲得について新卒と中途採用でも求めるスキルや用語は異なるため、活用事例の中では、誰向けの活用法であるかオーディエンスの焦点を絞るとよい。

### (4) 第4回作業部会議事要旨

#### 【議事概要】

##### ①スキル標準の具体化

(三菱総合研究所からプレゼンテーション)

- スキルレベル定義において、開発技術は「経験がある」となっているが、技術要素と同じく「できること」とし、それを証明するものとして実績や試験が挙げられるのではないか。
- スキル標準第1階層におけるモデルベース開発とアジャイル開発は、確定的プロセスと適応的プロセスというふうに明確に分けられるものではないため、1つにまとめてよいのではないか。
- 第1階層SEの下位の第2階層にある「管理スキル」とスキル基準全体の最上位の

「管理技術」スキルカテゴリには重複感がある。SE を「開発系」、「管理系」に分け、後者は将来的には、「管理技術」カテゴリに移動するとコメントを付す。

- 用語の定義とスキル具体化において概念を明瞭にするため、現在のスキル基準第1 階層としているものは技術項目とし、それに対してレベルに応じてスキルまたは知識が定義されるとしてはどうか。

## ②スキル標準の活用法（まとめ方）

- スキル標準が開発力を適切に判断できる基準であることおよび、スキル標準が人事評価、給与体系に連動させることが実効性の点で重要。ただし、給与連動の良し悪しは結論付けるのは難しいため、報告書では部会の意見を両論併記する。
- スキル目標を踏まえた人件費予算の確保や、スキルの向上と生産性の向上に時差があることを意識した適切なマネジメントが必要。
- ソフトウェアが組込まれたメカ全体の価格において、従来、適切にソフトウェアの価値が評価されていなかったが、スキル標準の活用によりソフトウェアの価値も高く評価される可能性がある。
- 活用例においては、大学生のみならず、高校生や、ゲームクリエイターなどになりたい若者も視野に入りたい。
- 活用例では、IT 人材が持っている技術を自動走行のソフトウェア開発に活かせるシーンがあることを示し積極的に引き込む言い方をしたい。
- 今回のスキル標準は海外の人材獲得も視野に入れていることに触れるべき。欧米と ASEAN では人材は異なるが本スキル標準を活用できる可能性がある。

## 5.2 タスク＝スキル対応表

開発における具体的なタスク（業務）の例に対して、必要なスキルを対応づける一覧表を整理する。

### 5.2.1 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表

SE スキルの体系化においては、自動運転システムを開発するときに必要なタスクを定義し、その開発に必要なスキルに基づきマップする。タスクの定義については、INCOSEで示されているシステムズエンジニアリングプロセスやシステムズエンジニアリング研究会版（SERA）で作成したMBSEハンドブックを参考にして、自動運転システムの開発のタスクとして構成した。各タスクを実施してくためには、それぞれシステムズエンジニアリングのスキル体系で示されたスキルを持って実施を行う事例を示した。その事例を付録「12.3.1 自動運転システム開発タスク＝SE スキル対応表」に示す。



表 5-2 自動運転システム開発タスク=SE スキル対応表 (1/5)

凡例：◎タスクに必要な主なスキル、□状況によりタスクに必要なスキル

| タスク（自動運転システムの開発）※                 |                                                                    |                                                  | スキル（横軸） |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|-------------|-----|-------|-----------|------------|-------|-----|------------|--------------|---------|
| 第1階層                              | 第2階層                                                               | 第3階層                                             | カテゴリ    | 技術要素        |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第1階層    | 認知系,判断系,操作系 | HMI | 安全関連系 | 車載セキュリティ系 | AI・データ解析基盤 | 地図情報系 | 通信系 | モビリティサービス系 | 組み込みソフトウェア基盤 | 自動車制御基盤 |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第2階層    |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第3階層    |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第4階層    |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
| システムドメインの理解                       | [システム概念定義]<br>要求されるシステムの概念を決定し、利用イメージ、カタログに記載する内容レベルでシステムの仕様を決定する。 |                                                  |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   | システムの説明                                                            | [システム構成]<br>システムの要求を実現するための構成を定義する。              | ◎       | ◎           | ◎   | ◎     | □         | □          | □     | □   | □          | □            |         |
|                                   |                                                                    | [運用定義]<br>日常点検、保守サービスなどの運用の流れを定義する。              |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   | [システム要求定義]<br>システムの問題点と改善に関する要求事項を定義する。                            |                                                  |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
| ソリューションの策定                        | [課題、問題の原因分析]<br>解決すべき課題や問題の原因を分析する。                                |                                                  | ◎       | ◎           | ◎   | ◎     | □         | □          | □     | □   | □          | □            |         |
|                                   | [ゴールの設定]<br>課題、問題の原因を解決することで達成されるゴールを設定する。                         |                                                  |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   | [ソリューションの決定]<br>設定したゴールに対して解決法を決定する。                               |                                                  |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
| To-Be システムに対するニーズ分析               | システム制約と効果指標の分析                                                     | [原因分析の整理]<br>原因分析の結果に基づきニーズを整理する。                | ◎       | ◎           | ◎   | ◎     | □         | □          | □     | □   | □          | □            |         |
|                                   |                                                                    | [効果指標とシステム制約の整理]<br>目指すシステムの効果指標とシステム制約について整理する。 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   | [システム構成の分析]<br>システム制約と効果評価の分析に基づきシステム構成を整理する。                      |                                                  |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
| 開発対象システムに対するエンジニアリング（認知系・判断系・制御系） | システム要求分析                                                           | [システム分析]<br>自動運転システムを構成する要素を分析する。                | ◎       | ◎           | ◎   | ◎     | □         | □          | □     | □   | □          | □            |         |
|                                   |                                                                    | [システム機能の詳細化]<br>システムを構成する機能を詳細化する。               |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   |                                                                    | [外部システムとのインタフェースを定義]<br>外部システムとのインタフェースを定義する。    |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   |                                                                    | [システム設計制約の分析]<br>システム設計上の制約を分析する。                |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   |                                                                    | [システム要求の整理]<br>システム要求分析の結果を整理する。                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                                   | 安全性分析                                                              | [安全性の分析概要]<br>安全性の分析結果を概要レベルで整理する。               | □       | □           | □   | □     | □         |            |       |     |            | □            |         |
|                                   | [システムアーキテクチャに基づく安全分析]<br>システムアーキテクチャに基づいて安全性を分析する。【A3】【A4】         |                                                  |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |

| タスク（自動運転システムの開発）※         |                                                                                                                                                    |                                 | スキル（横軸） |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------|-------------|-----|-------|-----------|------------|-------|-----|------------|--------------|---------|
| 第1階層                      | 第2階層                                                                                                                                               | 第3階層                            | カテゴリ    | 技術要素        |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 | 第1階層    | 認知系,判断系,操作系 | HMI | 安全関連系 | 車載セキュリティ系 | AI・データ解析基盤 | 地図情報系 | 通信系 | モビリティサービス系 | 組み込みソフトウェア基盤 | 自動車制御基盤 |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 | 第2階層    |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 | 第3階層    |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 | 第4階層    |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           | 論理アーキテクチャの設計                                                                                                                                       | [構造の設計]<br>論理アーキテクチャ構造を設計する。    | ◎       | □           | □   | □     | ◎         | ◎          | ◎     |     | ◎          | ◎            |         |
|                           |                                                                                                                                                    | [振る舞いの設計]<br>振る舞いを実現するための設計を行う。 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
| 物理アーキテクチャの設計              | [実現手段のトレードオフ分析]<br>実現手段のトレードオフについて分析を行う。                                                                                                           | ◎                               | □       | □           | □   | ◎     | ◎         | ◎          |       | ◎   | ◎          |              |         |
| サブシステムの開発<br>（メカ、ハード、ソフト） | [認知系の開発]<br>・統合システム要求分析<br>・統合アーキテクチャ設計<br>・コンポーネント開発<br>（走行環境認識系開発、障害物認識系開発、自車位置認識系開発）<br>・各種検証（オープンループでの認識性能検証、クローズドループでの制御性能検証、タフネスの制御性能検証）【H4】 | ◎                               | □       | □           | □   | ◎     | ◎         | ◎          |       | ◎   | ◎          |              |         |
|                           | [判断系の開発]<br>判断系の開発を行う。                                                                                                                             |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           | [操作系の開発]<br>操作系の開発を行う。                                                                                                                             |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           |                                                                                                                                                    |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
| システムアシュランス                | [システムアシュランス、GSN]<br>GSNなどを用いて安全性を保証する文書を作成する。                                                                                                      |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           | [論証全体構造]<br>論証全体の構造を整理する。                                                                                                                          |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           | [リスク抽出]<br>リスク抽出の妥当性・網羅性を保証する                                                                                                                      | ◎                               | □       | ◎           | □   | □     | ◎         | ◎          |       | □   | □          |              |         |
|                           | [リスク要求保証]<br>リスクから抽出される要件を保証する                                                                                                                     |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |
|                           | [安全要求保証]<br>安全要求設計への反映を保証する                                                                                                                        |                                 |         |             |     |       |           |            |       |     |            |              |         |

表 5-3 自動運転システム開発タスク=SE スキル対応表 (2/5)

| タスク（自動運転システムの開発）※                 |                                                                    |                                                                                                                                                               | スキル（横軸） |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-----------|---------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------|
| 第1階層                              | 第2階層                                                               | 第3階層                                                                                                                                                          | カテゴリ    | 技術要素          |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|                                   |                                                                    |                                                                                                                                                               | 第1階層    | システムズエンジニアリング |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|                                   |                                                                    |                                                                                                                                                               | 第2階層    | コアスキル         |           |         |             |              | プロフェッショナルスキル |              |           |           |              |
|                                   |                                                                    |                                                                                                                                                               | 第3階層    | 対象システムの工学的理解  | 方法論と分析スキル |         |             |              | パーツナールスキル    | リーダースキル      |           |           |              |
|                                   |                                                                    |                                                                                                                                                               | 第4階層    | 対象ドメインの知識     | システム思考    | ライフサイクル | クリティカルシンキング | システムモデリングと分析 | ネゴシエーション     | テクニカルリーダーシップ | チームダイナミクス | ファシリテーション | コーチングとメンタリング |
| システムドメインの理解                       | [システム概念定義]<br>要求されるシステムの概念を決定し、利用イメージ、カタログに記載する内容レベルでシステムの仕様を決定する。 |                                                                                                                                                               |         | ◎             | ◎         | ◎       | ◎           | ◎            | □            | □            | □         | □         | □            |
|                                   | システムの説明                                                            | [システム構成]<br>システムの要求を実現するための構成を定義する。                                                                                                                           |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|                                   |                                                                    | [運用定義]<br>日常点検、保守サービスなどの運用の流れを定義する。                                                                                                                           |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|                                   | [システム要求定義]<br>システムの問題点と改善に関する要求事項を定義する。                            |                                                                                                                                                               |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
| ソリューションの策定                        | [課題、問題の原因分析]<br>解決すべき課題や問題の原因を分析する。                                |                                                                                                                                                               |         | ◎             | ◎         | ◎       | ◎           | ◎            | □            | □            | □         | □         | □            |
|                                   | [ゴールの設定]<br>課題、問題の原因を解決することで達成されるゴールを設定する。                         |                                                                                                                                                               |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|                                   | [ソリューションの決定]<br>設定したゴールに対して解決法を決定する。                               |                                                                                                                                                               |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
| To-Be システムに対するニーズ分析               | システム制約と効果指標の分析                                                     | [原因分析の整理]<br>原因分析の結果に基づきニーズを整理する。                                                                                                                             |         | ◎             | ◎         | ◎       | ◎           | ◎            | □            | □            | □         | □         | □            |
|                                   |                                                                    | [効果指標とシステム制約の整理]<br>目指すシステムの効果指標とシステム制約について整理する。                                                                                                              |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
|                                   | [システム構成の分析]<br>システム制約と効果評価の分析に基づきシステム構成を整理する。                      |                                                                                                                                                               |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |
| 開発対象システムに対するエンジニアリング（認知系・判断系・制御系） | システム要求分析                                                           | [システム分析]<br>自動運転システムを構成する要素を分析する。<br>[システム機能の詳細化]<br>システムを構成する機能を詳細化する。<br>[外部システムとのインタフェースを定義]<br>外部システムとのインタフェースを定義する。<br>[システム設計制約の分析]<br>システム設計上の制約を分析する。 |         | ◎             | ◎         | ◎       | ◎           | ◎            | □            | □            | □         | □         | □            |

| タスク（自動運転システムの開発）※      |                                               |                                                                                                                                                | スキル（横軸） |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-----------|---------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------|--|--|
| 第1階層                   | 第2階層                                          | 第3階層                                                                                                                                           | カテゴリ    | 技術要素          |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               |                                                                                                                                                | 第1階層    | システムズエンジニアリング |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               |                                                                                                                                                | 第2階層    | コアスキル         |           |         |             |              | プロフェッショナルスキル |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               |                                                                                                                                                | 第3階層    | 対象システムの工学的理解  | 方法論と分析スキル |         |             |              | パーソナルスキル     | リーダースキル      |           |           |              |  |  |
|                        |                                               |                                                                                                                                                | 第4階層    | 対象ドメインの知識     | システム思考    | ライフサイクル | クリティカルシンキング | システムモデリングと分析 | ネゴシエーション     | テクニカルリーダーシップ | チームダイナミクス | ファシリテーション | コーチングとメンタリング |  |  |
|                        |                                               | [システム要求の整理]<br>システム要求分析の結果を整理する。                                                                                                               |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        | 安全性分析                                         | [安全性の分析概要]<br>安全性の分析結果を概要レベルで整理する。                                                                                                             | ◎       |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               | [システムアーキテクチャに基づく安全分析]<br>システムアーキテクチャに基づいて安全性を分析する。【A3】【A4】                                                                                     |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               | [ミスマネジメントによる分析]<br>誤った利用や不正利用の可能性を分析する。                                                                                                        |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               | [安全要求の反映]<br>システム要求に対して、安全要求を反映する。                                                                                                             |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        | 論理アーキテクチャの設計                                  | [構造の設計]<br>論理アーキテクチャ構造を設計する。                                                                                                                   | ◎       |               |           |         | ◎           |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               | [振る舞いの設計]<br>振る舞いを実現するための設計を行う。                                                                                                                |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        | 物理アーキテクチャの設計                                  | [実現手段のトレードオフ分析]<br>実現手段のトレードオフについて分析を行う。                                                                                                       | ◎       |               |           |         | ◎           |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        | サブシステムの開発<br>（メカ、ハード、ソフト）                     | [認知系の開発]<br>・統合システム要求分析<br>・統合アーキテクチャ設計<br>・コンポーネント開発（走行環境認識系開発、障害物認識系開発、自車位置認識系開発）<br>・各種検証（オープンループでの認識性能検証、クローズドループでの制御性能検証、タフネスの制御性能検証）【H4】 | ◎       |               |           |         | ◎           |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               | [判断系の開発]<br>判断系の開発を行う。                                                                                                                         |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
| [操作系の開発]<br>操作系の開発を行う。 |                                               |                                                                                                                                                |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        |                                               |                                                                                                                                                |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
| システムアシュランス             | [システムアシュランス、GSN]<br>GSNなどを用いて安全性を保証する文書を作成する。 | ◎                                                                                                                                              |         | □             |           | □       |             |              |              |              |           |           |              |  |  |
|                        | [論証全体構造]<br>論証全体の構造を整理する。                     |                                                                                                                                                |         |               |           |         |             |              |              |              |           |           |              |  |  |

| タスク（自動運転システムの開発）※ |        |                                 | スキル（横軸） |               |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |
|-------------------|--------|---------------------------------|---------|---------------|-----------|---------|-------------|--------------|----------|--------------|-----------|-----------|--------------|--|
| 第 1 階層            | 第 2 階層 | 第 3 階層                          | カテゴリ    | 技術要素          |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |
|                   |        |                                 | 第 1 階層  | システムズエンジニアリング |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |
|                   |        |                                 | 第 2 階層  | コアスキル         |           |         |             |              |          | プロフェッショナルスキル |           |           |              |  |
|                   |        |                                 | 第 3 階層  | 対象システムの工学的理解  | 方法論と分析スキル |         |             |              | パーソナルスキル | リーダースキル      |           |           |              |  |
|                   |        |                                 | 第 4 階層  | 対象ドメインの知識     | システム思考    | ライフサイクル | クリティカルシンキング | システムモデリングと分析 | ネゴシエーション | テクニカルリーダーシップ | チームダイナミクス | ファシリテーション | コーチングとメンタリング |  |
|                   |        | [リスク抽出]<br>リスク抽出の妥当性・網羅性を保証する   |         |               |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |
|                   |        | [リスク要求保証]<br>リスクから 抽出される要件を保証する |         |               |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |
|                   |        | [安全要求保証]<br>安全要求設計への反映を保証する     |         |               |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |
|                   |        |                                 |         |               |           |         |             |              |          |              |           |           |              |  |

表 5-4 自動運転システム開発タスク=SE スキル対応表 (3/5)

| タスク（自動運転システムの開発）※                 |                                                                    |                                                  | スキル（横軸） |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|---------------|-------|--------|------------|------------------|--------|------|------|-----------|
| 第1階層                              | 第2階層                                                               | 第3階層                                             | カテゴリ    | 技術要素          |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第1階層    | システムズエンジニアリング |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第2階層    | 管理スキル         |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第3階層    | 対象システム管理能力    |       |        |            |                  | 運用管理能力 |      |      |           |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第4階層    | 計画            | 監視と制御 | 意思決定管理 | 同時エンジニアリング | ビジネスとエンタープライズの統合 | 購入と供給  | 情報管理 | 構成管理 | リスクと機会の管理 |
| システムドメインの理解                       | [システム概念定義]<br>要求されるシステムの概念を決定し、利用イメージ、カタログに記載する内容レベルでシステムの仕様を決定する。 |                                                  |         | □             | □     | □      | □          | □                | □      | □    | □    | □         |
|                                   | システムの説明                                                            | [システム構成]<br>システムの要求を実現するための構成を定義する。              |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    | [運用定義]<br>日常点検、保守サービスなどの運用の流れを定義する。              |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   | [システム要求定義]<br>システムの問題点と改善に関する要求事項を定義する。                            |                                                  |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
| ソリューションの策定                        | [課題、問題の原因分析]<br>解決すべき課題や問題の原因を分析する。                                |                                                  |         | □             | ◎     | □      | □          | □                | □      | □    | □    | □         |
|                                   | [ゴールの設定]<br>課題、問題の原因を解決することで達成されるゴールを設定する。                         |                                                  |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   | [ソリューションの決定]<br>設定したゴールに対して解決法を決定する。                               |                                                  |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
| To-Be システムに対するニーズ分析               | システム制約と効果指標の分析                                                     | [原因分析の整理]<br>原因分析の結果に基づきニーズを整理する。                |         | □             | □     | □      | □          | □                | □      | □    | □    | □         |
|                                   |                                                                    | [効果指標とシステム制約の整理]<br>目指すシステムの効果指標とシステム制約について整理する。 |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   | [システム構成の分析]<br>システム制約と効果評価の分析に基づきシステム構成を整理する。                      |                                                  |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
| 開発対象システムに対するエンジニアリング（認知系・判断系・制御系） | システム要求分析                                                           | [システム分析]<br><b>自動運転システムを構成する要素を分析する。</b>         |         | □             | □     | □      | □          | □                | □      | □    | □    | □         |
|                                   |                                                                    | [システム機能の詳細化]<br>システムを構成する機能を詳細化する。               |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    | [外部システムとのインタフェースを定義]<br>外部システムとのインタフェースを定義する。    |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    | [システム設計制約の分析]<br>システム設計上の制約を分析する。                |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    | [システム要求の整理]<br>システム要求分析の結果を整理する。                 |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |
|                                   |                                                                    | [安全性の分析概要]<br>安全性の分析結果を概要レベルで整理する。               |         | □             | □     | □      | □          |                  |        | □    | □    | ◎         |
|                                   | 安全性分析                                                              | [システムアーキテクチャに基づく安全分析]                            |         |               |       |        |            |                  |        |      |      |           |

| タスク（自動運転システムの開発）※ |                           |                                                                                                                                                    | スキル（横軸） |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|-------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------|--------|------------|------------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 第1階層              | 第2階層                      | 第3階層                                                                                                                                               | カテゴリ    | 技術要素          |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第1階層    | システムズエンジニアリング |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第2階層    | 管理スキル         |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第3階層    | 対象システム管理能力    |       |        |            |                  | 運用管理能力 |                          |                          |                          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第4階層    | 計画            | 監視と制御 | 意思決定管理 | 同時エンジニアリング | ビジネスとエンタープライズの統合 | 購入と供給  | 情報管理                     | 構成管理                     | リスクと機会の管理                |
|                   |                           | システムアーキテクチャに基づいて安全性を分析する。<br>【A3】 【A4】                                                                                                             |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [ミスユーズケースによる分析]<br>誤った利用や不正利用の可能性を分析する。                                                                                                            |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [安全要求の反映]<br>システム要求に対して、安全要求を反映する。                                                                                                                 |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   | 論理アーキテクチャの設計              | [構造の設計]<br>論理アーキテクチャ構造を設計する。                                                                                                                       |         |               |       |        |            |                  |        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
|                   |                           | [振る舞いの設計]<br>振る舞いを実現するための設計を行う。                                                                                                                    |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   | 物理アーキテクチャの設計              | [実現手段のトレードオフ分析]<br>実現手段のトレードオフについて分析を行う。                                                                                                           |         |               |       |        |            |                  |        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
|                   | サブシステムの開発<br>(メカ、ハード、ソフト) | [認知系の開発]<br>・統合システム要求分析<br>・統合アーキテクチャ設計<br>・コンポーネント開発（走行環境認識系開発、障害物認識系開発、自車位置認識系開発）<br>・各種検証（オープンループでの認識性能検証、クローズドループでの制御性能検証、タフネスの制御性能検証）<br>【H4】 |         |               |       |        |            |                  |        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |
|                   |                           | [判断系の開発]<br>判断系の開発を行う。                                                                                                                             |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [操作系の開発]<br>操作系の開発を行う。                                                                                                                             |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [システムアシュランス、GSN]<br>GSNなどを用いて安全性を保証する文書を作成する。                                                                                                      |         |               |       |        |            |                  |        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|                   | システムアシュランス                | [論証全体構造]<br>論証全体の構造を整理する。                                                                                                                          |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [リスク抽出]<br>リスク抽出の妥当性・網羅性を保証する                                                                                                                      |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [リスク要求保証]<br>リスクから抽出される要件を保証する                                                                                                                     |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |
|                   |                           | [安全要求保証]<br>安全要求設計への反映を保証する                                                                                                                        |         |               |       |        |            |                  |        |                          |                          |                          |

表 5-5 自動運転システム開発タスク=SE スキル対応表 (4/5)

| タスク（自動運転システムの開発）※                 |                                                                    |                                                  | スキル（横軸） |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|---------------|--------|------------|----|---------|-----------|---------|----|---------|
| 第1階層                              | 第2階層                                                               | 第3階層                                             | カテゴリ    | 技術要素          |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第1階層    | システムズエンジニアリング |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第2階層    | 技術的スキル        |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第3階層    | 設計能力          |        |            |    |         |           |         |    | 保守運用    |
|                                   |                                                                    |                                                  | 第4階層    | 要件定義          | システム設計 | デザインのための能力 | 統合 | インタフェース | ペリフィケーション | バリデーション | 適合 | 運用とサポート |
| システムドメインの理解                       | [システム概念定義]<br>要求されるシステムの概念を決定し、利用イメージ、カタログに記載する内容レベルでシステムの仕様を決定する。 |                                                  |         | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | ◎         | ◎       | ◎  | ◎       |
|                                   | システムの説明                                                            | [システム構成]<br>システムの要求を実現するための構成を定義する。              |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    | [運用定義]<br>日常点検、保守サービスなどの運用の流れを定義する。              |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   | [システム要求定義]<br>システムの問題点と改善に関する要求事項を定義する。                            |                                                  |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
| ソリューションの策定                        | [課題、問題の原因分析]<br>解決すべき課題や問題の原因を分析する。                                |                                                  |         | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | ◎         | ◎       | □  | ◎       |
|                                   | [ゴールの設定]<br>課題、問題の原因を解決することで達成されるゴールを設定する。                         |                                                  |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   | [ソリューションの決定]<br>設定したゴールに対して解決法を決定する。                               |                                                  |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
| To-Be システムに対するニーズ分析               | システム制約と効果指標の分析                                                     | [原因分析の整理]<br>原因分析の結果に基づきニーズを整理する。                |         | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | ◎         | ◎       | □  | ◎       |
|                                   |                                                                    | [効果指標とシステム制約の整理]<br>目指すシステムの効果指標とシステム制約について整理する。 |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   | [システム構成の分析]<br>システム制約と効果評価の分析に基づきシステム構成を整理する。                      |                                                  |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
| 開発対象システムに対するエンジニアリング（認知系・判断系・制御系） | システム要求分析                                                           | [システム分析]<br><b>自動運転システムを構成する要素を分析する。</b>         |         | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | ◎         | ◎       | □  | ◎       |
|                                   |                                                                    | [システム機能の詳細化]<br>システムを構成する機能を詳細化する。               |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    | [外部システムとのインタフェースを定義]<br>外部システムとのインタフェースを定義する。    |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    | [システム設計制約の分析]<br>システム設計上の制約を分析する。                |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    | [システム要求の整理]<br>システム要求分析の結果を整理する。                 |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   |                                                                    |                                                  |         |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                                   | 安全性分析                                                              | [安全性の分析概要]<br>安全性の分析結果を概要レベルで整理する。               |         | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | ◎         | ◎       | ◎  | □       |



| タスク（自動運転システムの開発）※ |                           |                                                                                                                                                 |      | スキル（横軸）       |        |            |    |         |           |         |    |         |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------|--------|------------|----|---------|-----------|---------|----|---------|
| 第1階層              | 第2階層                      | 第3階層                                                                                                                                            | カテゴリ | 技術要素          |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           |                                                                                                                                                 | 第1階層 | システムズエンジニアリング |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           |                                                                                                                                                 | 第2階層 | 技術的スキル        |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           |                                                                                                                                                 | 第3階層 | 設計能力          |        |            |    |         |           |         |    | 保守運用    |
|                   |                           |                                                                                                                                                 | 第4階層 | 要件定義          | システム設計 | デザインのための能力 | 統合 | インタフェース | バリフィケーション | バリデーション | 適合 | 運用とサポート |
|                   |                           | [システムアーキテクチャに基づく安全分析]<br>システムアーキテクチャに基づいて安全性を分析する。<br>【A3】 【A4】                                                                                 |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [ミスユースケースによる分析]<br>誤った利用や不正利用の可能性を分析する。                                                                                                         |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [安全要求の反映]<br>システム要求に対して、安全要求を反映する。                                                                                                              |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   | 論理アーキテクチャの設計              | [構造の設計]<br>論理アーキテクチャ構造を設計する。                                                                                                                    | ◎    | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | ◎         | ◎       | ◎  | ◎       |
|                   |                           | [振る舞いの設計]<br>振る舞いを実現するための設計を行う。                                                                                                                 |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   | 物理アーキテクチャの設計              |                                                                                                                                                 | ◎    | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | □         | □       | ◎  | ◎       |
|                   | サブシステムの開発<br>(メカ、ハード、ソフト) |                                                                                                                                                 | ◎    | ◎             | ◎      | ◎          | ◎  | ◎       | □         | □       | ◎  | ◎       |
|                   | システムアシュランス                | [認知系の開発]<br>・統合システム要求分析<br>・統合アーキテクチャ設計<br>・コンポーネント開発（走行環境認識系開発、障害物認識系開発、自車位置認識系開発）<br>・各種検証（オープンループでの認識性能検証、クローズドループでの制御性能検証、タフネスの制御性能検証） 【H4】 |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [判断系の開発]<br>判断系の開発を行う。                                                                                                                          |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [操作系の開発]<br>操作系の開発を行う。                                                                                                                          |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [システムアシュランス、GSN]<br>GSNなどを用いて安全性を保証する文書を作成する。                                                                                                   | □    | □             | □      | ◎          |    | □       | ◎         | ◎       | ◎  | ◎       |
|                   |                           | [論証全体構造]<br>論証全体の構造を整理する。                                                                                                                       |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [リスク抽出]<br>リスク抽出の妥当性・網羅性を保証する                                                                                                                   |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [リスク要求保証]<br>リスクから抽出される要件を保証する                                                                                                                  |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |
|                   |                           | [安全要求保証]<br>安全要求設計への反映を保証する                                                                                                                     |      |               |        |            |    |         |           |         |    |         |

表 5-6 自動運転システム開発タスク=SE スキル対応表 (5/5)

| タスク（自動運転システムの開発）※                     |                                                                    |                                                  | スキル（横軸） |               |        |         |    |         |          |          |          |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|---------------|--------|---------|----|---------|----------|----------|----------|
| 第1階層                                  | 第2階層                                                               | 第3階層                                             | カテゴリ    | 技術要素          |        |         |    |         | 管理技術     |          |          |
|                                       |                                                                    |                                                  | 第1階層    | システムズエンジニアリング |        |         |    | アジャイル開発 | 新しい安全性評価 | セキュリティ開発 | 新技術評価・管理 |
|                                       |                                                                    |                                                  | 第2階層    | 複合スキル         |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       |                                                                    |                                                  | 第3階層    | 全体俯瞰最適化能力     |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       |                                                                    |                                                  | 第4階層    | プロジェクト管理      | ファイナンス | ロジスティクス | 品質 |         |          |          |          |
| システムドメインの理解                           | [システム概念定義]<br>要求されるシステムの概念を決定し、利用イメージ、カタログに記載する内容レベルでシステムの仕様を決定する。 |                                                  | □       | □             | □      | □       | □  | □       | □        | ◎        |          |
|                                       | システムの説明                                                            | [システム構成]<br>システムの要求を実現するための構成を定義する。              |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       |                                                                    | [運用定義]<br>日常点検、保守サービスなどの運用の流れを定義する。              |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       | [システム要求定義]<br>システムの問題点と改善に関する要求事項を定義する。                            |                                                  |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
| ソリューションの策定                            | [課題、問題の原因分析]<br>解決すべき課題や問題の原因を分析する。                                |                                                  | □       | □             | □      | □       | □  | □       | □        | ◎        |          |
|                                       | [ゴールの設定]<br>課題、問題の原因を解決することで達成されるゴールを設定する。                         |                                                  |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       | [ソリューションの決定]<br>設定したゴールに対して解決法を決定する。                               |                                                  |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
| To-Be システムに対するニーズ分析                   | システム制約と効果指標の分析                                                     | [原因分析の整理]<br>原因分析の結果に基づきニーズを整理する。                | □       | □             | □      | □       | □  | □       | □        | ◎        |          |
|                                       |                                                                    | [効果指標とシステム制約の整理]<br>目指すシステムの効果指標とシステム制約について整理する。 |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       | [システム構成の分析]<br>システム制約と効果評価の分析に基づきシステム構成を整理する。                      |                                                  |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
| 開発対象システムに対するエンジニアリング<br>（認知系・判断系・制御系） | システム要求分析                                                           | [システム分析]<br>自動運転システムを構成する要素を分析する。                | □       | □             | □      | □       | □  | □       | □        | ◎        |          |
|                                       |                                                                    | [システム機能の詳細化]<br>システムを構成する機能を詳細化する。               |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       |                                                                    | [外部システムとのインタフェースを定義]<br>外部システムとのインタフェースを定義する。    |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       |                                                                    | [システム設計制約の分析]<br>システム設計上の制約を分析する。                |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                                       |                                                                    | [システム要求の整理]<br>システム要求分析の結果を整理する。                 |         |               |        |         |    |         |          |          |          |

| タスク（自動運転システムの開発）※ |                           |                                                                                                                                                    | スキル（横軸） |               |        |         |    |         |          |          |          |
|-------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|--------|---------|----|---------|----------|----------|----------|
| 第 1 階層            | 第 2 階層                    | 第 3 階層                                                                                                                                             | カテゴリ    | 技術要素          |        |         |    |         | 管理技術     |          |          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第 1 階層  | システムズエンジニアリング |        |         |    | アジャイル開発 | 新しい安全性評価 | セキュリティ開発 | 新技術評価・管理 |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第 2 階層  | 複合スキル         |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第 3 階層  | 全体俯瞰最適化能力     |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    | 第 4 階層  | プロジェクト管理      | ファイナンス | ロジスティクス | 品質 |         |          |          |          |
|                   | 安全性分析                     | [安全性の分析概要]<br>安全性の分析結果を概要レベルで整理する。                                                                                                                 |         | □             |        |         |    |         | ◎        | ◎        | ◎        |
|                   |                           | [システムアーキテクチャに基づく安全分析]<br>システムアーキテクチャに基づいて安全性を分析する。【A3】 【A4】                                                                                        |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           | [ミスマネジメントによる分析]<br>誤った利用や不正利用の可能性を分析する。                                                                                                            |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           | [安全要求の反映]<br>システム要求に対して、安全要求を反映する。                                                                                                                 |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   | 論理アーキテクチャの設計              | [構造の設計]<br>論理アーキテクチャ構造を設計する。                                                                                                                       |         | ◎             |        |         | ◎  | ◎       | ◎        | ◎        | ◎        |
|                   |                           | [振る舞いの設計]<br>振る舞いを実現するための設計を行う。                                                                                                                    |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   | 物理アーキテクチャの設計              | [実現手段のトレードオフ分析]<br>実現手段のトレードオフについて分析を行う。                                                                                                           |         | ◎             |        |         | ◎  | ◎       | ◎        | ◎        | ◎        |
|                   | サブシステムの開発<br>（メカ、ハード、ソフト） | [認知系の開発]<br>・統合システム要求分析<br>・統合アーキテクチャ設計<br>・コンポーネント開発<br>（走行環境認識系開発、障害物認識系開発、自車位置認識系開発）<br>・各種検証（オープンループでの認識性能検証、クローズドループでの制御性能検証、タフネスの制御性能検証）【H4】 |         | ◎             |        |         | ◎  | ◎       | □        | □        | □        |
|                   |                           | [判断系の開発]<br>判断系の開発を行う。                                                                                                                             |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           | [操作系の開発]<br>操作系の開発を行う。                                                                                                                             |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           |                                                                                                                                                    |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   | システムアシュランス                | [システムアシュランス、GSN]<br>GSN などを用いて安全性を保証する文書を作成する。                                                                                                     |         | ◎             |        |         | ◎  | □       | ◎        | ◎        | ◎        |
|                   |                           | [論証全体構造]<br>論証全体の構造を整理する。                                                                                                                          |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           | [リスク抽出]<br>リスク抽出の妥当性・網羅性を保証する                                                                                                                      |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           | [リスク要求保証]<br>リスクから 抽出される要件を保証する                                                                                                                    |         |               |        |         |    |         |          |          |          |
|                   |                           | [安全要求保証]<br>安全要求設計への反映を保証する                                                                                                                        |         |               |        |         |    |         |          |          |          |

### 5.2.2 認知システム開発タスク＝自動運転認知技術スキル対応表

自動運転認知システムの開発タスクとしては、統合システム要求定義、統合アーキテクチャ設計、コンポーネント開発、システム統合化などが挙げられる。これらを3階層のタスクとして分解し、個々のタスクに必要なスキルについて技術動向などから抽出されたスキル要素を体系的に対応づけたものが6.2.2 認知システム開発タスク＝自動運転認知技術スキル対応表である。

特に統合システム要求定義を行うタスクについては、認知系に関する全般的なスキルとしてセンサーの利用、センサーフュージョン環境認識技術、自車位置確定技術など総合的な知識とスキルが求められる。これらのタスクとスキルの関係を付録「12.3.2 認知システム開発タスク＝自動運転認知技術スキル対応表」に示す。

表 5-7 認知システム開発タスク＝自動運転認知技術スキル対応表

凡例：◎タスクに必要な主なスキル、□状況によりタスクに必要なスキル

| タスク（縦軸）                                                                                            |             |                    | スキル（横軸） |                                        |                  |        |             |              |           |                    |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|---------|----------------------------------------|------------------|--------|-------------|--------------|-----------|--------------------|--------------|
| 第1階層                                                                                               | 第2階層        | 第3階層               | カテゴリ    | 技術要素                                   |                  |        |             |              |           |                    |              |
|                                                                                                    |             |                    | 第1階層    | 認知系技術                                  |                  |        |             |              |           |                    |              |
|                                                                                                    |             |                    | 第2階層    | センサー技術                                 | センサーフュージョン環境認識技術 |        |             |              |           | 自車位置確定技術           |              |
|                                                                                                    |             |                    | 第3階層    | カメラ、ステレオカメラ、LIDAR、レーダ、超音波、GPS、慣性航法ユニット | 自車運動量の推定【H2】     | 走路車線検出 | 信号機・交通標識の検出 | 物体の認識とトラッキング | フリースペース検出 | GNSS等による衛星測位航法【H2】 | 自己位置推定処理【H2】 |
| 認知系の開発<br>（課レベル）<br>（認知システムに関して与えられた目標、要求に従い、サブシステムの要求定義、アーキテクチャおよび方式設計、体制構築、総合調整を行い、プロジェクトを推進する。） | 統合システム要求定義  | システム要求分析           |         | □                                      | □                | □      | □           | □            | □         | □                  | □            |
|                                                                                                    |             | ソリューションの策定         |         |                                        |                  |        |             |              |           |                    |              |
|                                                                                                    |             | ゴールの設定、構成・機能・要求    |         |                                        |                  |        |             |              |           |                    |              |
|                                                                                                    | 統合アーキテクチャ設計 | 実現手段のトレードオフ分析      |         | ◎                                      | □                | ◎      | ◎           | ◎            | ◎         | ◎                  | ◎            |
|                                                                                                    |             | 実現手段決定             |         |                                        |                  |        |             |              |           |                    |              |
|                                                                                                    | コンポーネント開発   | 走行環境認識システム開発（係レベル） |         | ◎                                      | ◎                | ◎      | ◎           |              | ◎         | ◎                  | ◎            |
|                                                                                                    |             | 障害物認識システム開発（係レベル）  |         | ◎                                      | ◎                |        |             | ◎            | ◎         | ◎                  | ◎            |
|                                                                                                    |             | 自車位置認識システム開発（係レベル） |         | ◎                                      | ◎                | □      |             |              |           | ◎                  | ◎            |
|                                                                                                    |             |                    |         |                                        |                  |        |             |              |           |                    |              |
|                                                                                                    | システム統合化     | テスト・評価             |         | □                                      | □                | □      | □           | □            | □         | □                  | □            |

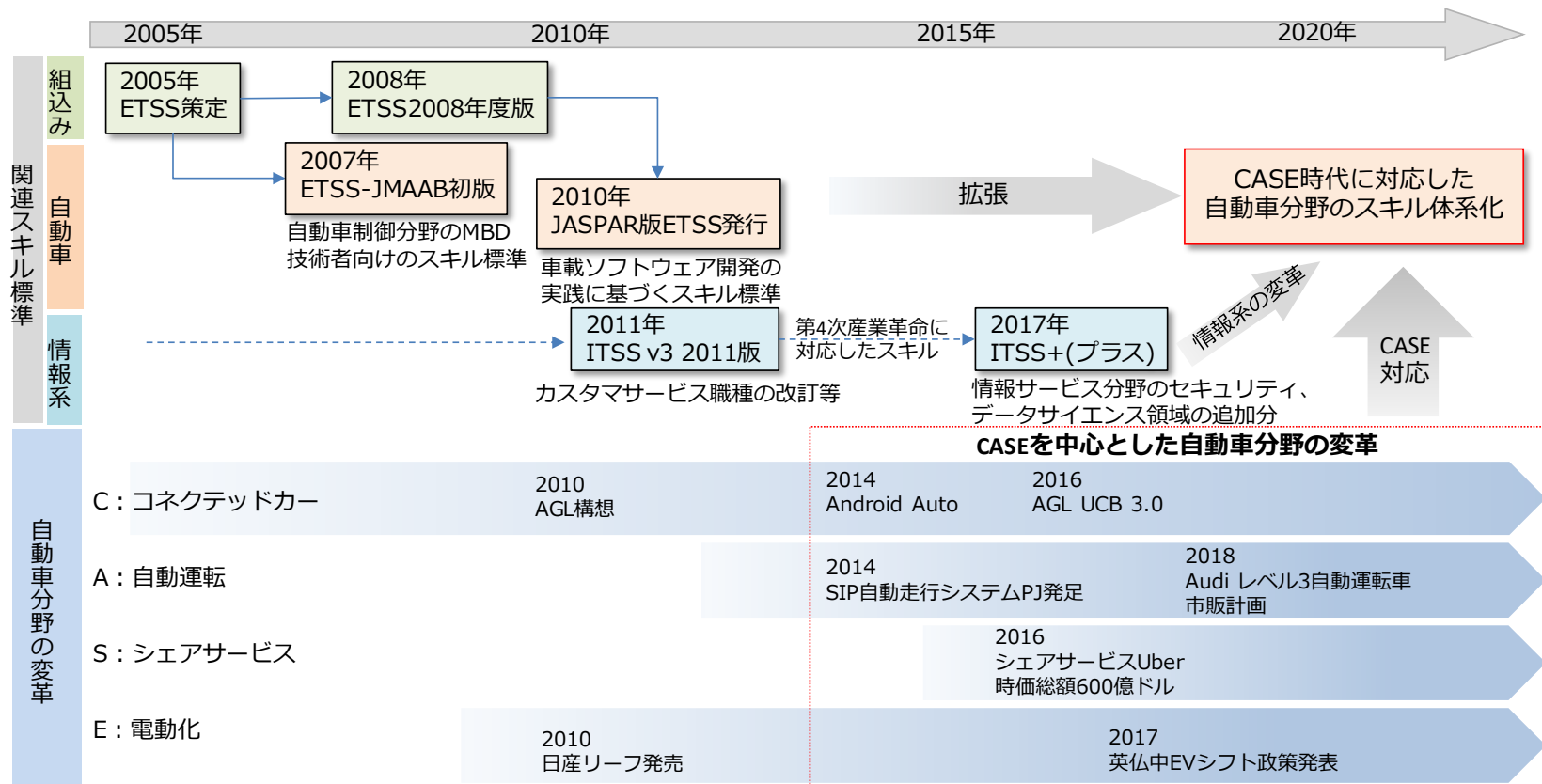
|                    | スキル（横軸） | スキル（横軸）         |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
|--------------------|---------|-----------------|-----|-------|-----------|------------|-------|-----|------------|-------------|---------|
| 第3階層               | カテゴリ    | 技術要素            |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
|                    | 第1階層    | 判断系技術、<br>操作系技術 | HMI | 安全関連系 | 車載セキュリティ系 | AI・データ解析基盤 | 地図情報系 | 通信系 | モビリティサービス系 | 組込みソフトウェア基盤 | 自動車制御基盤 |
|                    | 第2階層    |                 |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
|                    | 第3階層    |                 |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
| システム要求分析           |         | □               | ◎   | □     | □         |            | ◎     | □   |            |             | □       |
| ソリューションの策定         |         |                 |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
| ゴールの設定、構成・機能・要求    |         |                 |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
| 実現手段のトレードオフ分析      |         | □               | □   | ◎     | ◎         |            | ◎     | ◎   |            | ◎           | ◎       |
| 実現手段決定             |         |                 |     |       |           |            |       |     |            |             |         |
| 走行環境認識システム開発（係レベル） |         | □               |     | □     | □         | ◎          | □     |     |            | ◎           | □       |
| 障害物認識システム開発（係レベル）  |         | □               |     | □     | □         | ◎          | □     |     |            | ◎           | □       |
| 自車位置認識システム開発（係レベル） |         | □               |     | □     | □         | ◎          | ◎     | ◎   |            | ◎           | □       |
| テスト・評価             |         | ◎               | □   | ◎     | ◎         | ◎          | ◎     | ◎   |            | ◎           | □       |

|                    |         |               |          |         |          |          |          |
|--------------------|---------|---------------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                    | スキル（横軸） | スキル（横軸）       |          |         |          |          |          |
| 第3階層               | カテゴリ    | 開発技術          |          |         |          |          | 管理技術     |
|                    | 第1階層    | システムズエンジニアリング | モデルベース開発 | アジャイル開発 | 新しい安全性評価 | セキュリティ開発 | 新技術評価・管理 |
|                    | 第2階層    |               |          |         |          |          |          |
|                    | 第3階層    |               |          |         |          |          |          |
| システム要求分析           |         | □             |          |         | ◎        | ◎        | ◎        |
| ソリューションの策定         |         |               |          |         |          |          |          |
| ゴールの設定、構成・機能・要求    |         |               |          |         |          |          |          |
| 実現手段のトレードオフ分析      |         | ◎             |          |         | ◎        | ◎        | ◎        |
| 実現手段決定             |         |               |          |         |          |          |          |
| 走行環境認識システム開発（係レベル） |         | ◎             | ◎        | ◎       | ◎        | ◎        | ◎        |
| 障害物認識システム開発（係レベル）  |         | ◎             | ◎        | ◎       | ◎        | ◎        | ◎        |
| 自車位置認識システム開発（係レベル） |         | ◎             | ◎        | ◎       | ◎        | ◎        | ◎        |
| テスト・評価             |         | ◎             | ◎        | □       | ◎        | ◎        | ◎        |

### 5.3 関連スキル標準の策定経緯

関連するスキル標準、自動車分野の変革の関係と JASPAR 版 ETSS の位置付けを示したものが下図である。

図 5-1 関連スキル標準、自動車分野の変革の関係と JASPAR 版 ETSS の位置付け



(出所) 三菱総合研究所

自動走行ソフトウェアスキル標準

2019 年 3 月 29 日  
株式会社 三菱総合研究所