グリーンイノベーション基金事業

「電動車等省エネ化のための車載コンピューティング・シミュレーション技術の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画（案）

令和３年○月○日

経済産業省

製造産業局

目次

1. 背景・目的 3

2. 目標 10

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援 19

4. 実施スケジュール 22

5. 予算 25

1. 背景・目的

- 車載コンピューティング・シミュレーション分野の重要性と課題解決の方向性
  - 自動車産業は日本の基幹産業として現在 62 兆円の市場規模を有している。引き続き、2030 年時点で 140 兆円と言われる世界の電動車市場や、2030 年時点で約 45 兆円、2040 年時点で約 150 兆円[1]と言われる世界の自動運転・コネクテッドカー市場において、我が国自動車産業の競争力を維持することが重要である。
  - グリーン化の観点からも、パワートレインの電動化への対応に加え、自動車がコネクテッド・自動運転機能を有することで、平常走行時における高度なエコドライブ、サグ部（下り坂から上り坂への変化点）・トンネルに起因する渋滞の解消、事故に起因する渋滞の解消など、交通流の最適化を通じ、CO_2削減（ポテンシャルとして 2030 年に国内で 168.7 万 t-CO_2、2050 年に国内で 1,320 万 t-CO_2）に貢献することが見込まれている。
  - その際、自動運転に必要な情報処理をネットワーク・クラウド側に依存すると、今後自動車分野以外でもデータ量の増大が見込まれるネットワーク・クラウドに追加の電力負荷を与えることとなり、トータルでの CO_2削減効果を減殺する可能性がある。
  - そのため、データセンターのグリーン化（次世代デジタルインフラ）の取組とともに、そもそも自動車からクラウドに至るネットワークへの負荷を減少させるべく、自動運転を含む高度な情報処理について、可能な限りエッジ側にて実施できるアーキテクチャとそれを支える要素技術が重要となる。
  - 他方で、電動車内では、電池容量に対して、パワートレインだけでなく、車室内空調・車載コンピューティング等でも電力を消費しながら走行しているところ、自動車側にて自動運転に必要となる膨大な情報処理を実施した場合、航続時間・距離がカタログ値（パワートレインのみで走行し、車室内空調や車載コンピューティングを使用しない場合）に対して 35%以上減少する可能性がある。
  - そのため、自動運転機能等の本格的な社会実装が見込まれる 2030 年代以降に向けては、電動車の利活用に問題ない航続時間を確保するための徹底した車載コンピューティングの省エネ化技術が、グリーンの観点からも、製品競争力の観点からも重要となる。
  - なお、グリーン成長戦略においても「2050 年カーボンニュートラルの実現に当たっては、2050 年のモビリティ社会の在り方の変革も見据え、単に電動化のみを射程とするのではなく、「電動・自動走行車」をターゲットとして取り組んでいく」とされているところ、本プロジェクトを通じて、自動車内での電動化と自動化の両立を達成することを目指す。
  - 同時に、電動化への対応は、自動車メーカーだけではなく、広く我が国の自動車サプライチェーン全体にとっての課題であり、今後自動化の進展とともにその開発が高度化することも踏まえ、

---

[1] 現在の市場規模については自動車工業会 HP より、2018 年製造品等出荷額（62.3 兆円）。将来の市場規模については、民間統計（富士キメラ総研「2019 自動運転・AI カー市場の将来展望」）を参考に経済産業省にて試算（後述の「経済波及効果」を参照）

これまでの我が国自動車産業の強みであったすり合わせ型開発手法から一定程度、デジタル・アジャイル開発へと転換を図り、もって電動車等開発サイクル全体の加速化・高度化を実現することが重要である。

- 本プロジェクトでは、上記のような問題意識を踏まえ、分散型アーキテクチャ（エッジ処理志向）を前提にしつつ、車載コンピューティング（自動運転ソフトウェア・センサーシステム）について、レベル４自動運転を実現するため性能を担保しながら、徹底した省エネ化を進めるための研究開発を実施するとともに、サプライチェーン全体で電動車等開発の加速化・高度化を実現するためのシミュレーション基盤の構築のための研究開発を実施する。

- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的方策
  - 将来的に電動車への実装が見込まれる自動運転システムは、これまで人間が行っていた認知・判断・操作をシステムが代替するというもの。これを支える車載コンピューティングの主な機能の構成としては、センサー（カメラ・ミリ波レーダー・ライダー等）が外界から情報（画像・点群データ等）を取得し、それをハーネス・イーサネット等の車載ネットワークを通じて AI 半導体へと伝達する。AI 半導体の上で動作するソフトウェアでは、センサーから送られた情報から外界状況を「認識」し、自車と他車の相対位置等から進路等を「判断」し、車両「制御」（走る・曲がる・止まる）へとフィードバックする。
  - 自動運転システム全体としての成熟度については、極めて限定的な条件下（高速道における 60km/h 以下での自動レーンキープ）で SAE レベル[2] 3 の社会実装が進んでいる段階。当面は、引き続き限定的な状況下におけるサービスカー（商用車：乗用車よりも走行環境を限定可能）での SAE レベル４の社会実装と、オーナーカーにおける安全運転支援機能の普及が並行して進むと見込まれる。他方で、2030 年代から 2050 年にかけては、レベル３・４のオーナーカーまでも含めた普及が見込まれることから、急拡大が見込まれる市場における優位を目指し、自動車メーカー・IT 事業者などを中心に、米欧中日で、広範な走行環境におけるレベル４実現のための開発競争が加速し、その中には、自動運転システムの開発をソフトウェアからハードウェア（AI 半導体・ネットワーク）まで垂直統合的に進めるプレイヤーも存在する。
  - ソフトウェアによりハードウェアがロックインされてしまう（例えばある一定の AI 半導体やネットワーク構成を前提とするソフトウェアのみが市場競争力を有した場合、その他の AI 半導体やネットワーク構成が、技術的に優位であっても社会実装断面での競争力が喪失してしまう等）と、今後、物理アーキテクチャレベルから様々な技術可能性が存在する AI 半導体・ネットワークの分野において、省エネ化を含む更なる技術発展の多様性・可能性を閉ざしてしまう恐れがあるため、ソフトウェアによるハードウェアのロックインを防止し、ソフトウェアレイヤーのオープン性やハー

---

[2] SAE International J3016 (2016)において定められている自動運転レベルの定義。レベル３：システムが全ての動的運転タスクを限定領域において実行。作動継続が困難な場合は、システムの介入要求等に適切に応答。レベル４：システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域において実行。

ドウェアとの互換性を担保できるように取り組むことが重要である。

- したがって、本プロジェクトにおいては、まずは、ハードウェアとのオープン性を確保できる自動運転の基盤ソフトウェアの省エネ化と、同時に、ソフトウェアの性能・計算量に大きく影響するセンサーシステムの省エネ化・高性能化に注力的に取り組むこととする。
- さらに、その他の車両技術も併せて、電動化・自動化に伴うアーキテクチャ変更や要求仕様変化にもアジャイルに対応できるようにし、電動車の開発サイクルプロセス全体を加速するため、広くサプライヤーに流通可能な形式で、今後の電動車開発に求められる SOTIF（ISO21448）[3]やレベル４自動運転にも対応可能な電動車両シミュレーション基盤（モデル）の構築が重要となる。
- 現状で数千 kW と言われる自動運転システムの消費電力を削減し、電動車内における自動化との両立を実現することは各国ともに重要な技術課題であるが、車載コンピューティングに関する省エネ目標を明示している主要国は確認できない。この点において、我が国が電動車としての必要な走行性能を確保するために十分な省エネ目標値として、「現行技術比 70%」という値を世界に先駆けて設定し、これに向けて、電動車内における車載コンピューティングの高性能化と省エネ化の同時追求、またそれらの恩恵を広くサプライヤーに浸透させるシミュレーション基盤の研究開発を実施することは、2030 年以降の競争力確保に向けた大きなアドバンテージとなり得る。
- 上記のような観点を踏まえ、本プロジェクトにおいては、具体的に以下の①～③までの取組を実施する。
  - ① 主要な走行環境におけるレベル４自動運転機能を担保しつつ、現行技術比で 70%以上の消費電力削減に寄与する、高性能・低消費電力なオープン型自動運転基盤ソフトウェアの研究開発
  - ② 主要な走行環境におけるレベル４自動運転機能を知覚・認識面から担保しつつ、現行技術比で 70%以上の消費電力削減に寄与する、高性能・低消費電力な自動運転センサーシステムの研究開発
  - ③ 電動・自動運転車の早期社会実装のため、国内自動車メーカー・部品メーカーが共通的に利用可能な形式で、SOTIF に対応し、レベル４自動運転を実現するために必要なデジタル・ツインでの電動車両全体のシミュレーション・モデルを、動力学シミュレーション精度 90%以上として、実機を用いた性能検証期間の半減を実現できるレベルで構築するための手法確立
- これらの取組を通じ、電動車市場はもちろんのこと、自動運転・コネクテッドカー市場においても、我が国自動車産業の競争力を維持・強化することを目指す。

---

[3] 自動車に必要とされる性能について定めた国際標準（ISO26262・機能安全）を補完するべく、2019 年に公開仕様書が発行された国際標準規格で、実現を意図した機能の性能不足に起因する危険、または合理的に予見できる範囲での機能の誤使用を原因とするリスクをなくすための安全策の担保を規定

- 関連基金プロジェクトと既存事業
  - 関連基金プロジェクト

○ 自動車に関連するプロジェクトとして、基金事業において別途想定している「次世代蓄電池・次世代モータの開発」「スマートモビリティ社会の構築」がある。前者では、パワートレインシステムの効率性向上や電池容量の増加を目指しており、本プロジェクトの取組と併せて推進することで、電動車としての航続距離の増加が見込まれる。また、後者との関係では、本プロジェクトにて社会実装を促す自動運転技術が併せて導入されることで、いっそうその効果を確実ならしめ、モビリティ社会全体としてエネルギーの効率的な使用を実現することが期待される。

  - 既存事業

○ 自動運転関連での既存事業として、「自動走行システムの安全性評価基盤構築に向けた研究開発プロジェクト」がある。自動運転では、運転者による運転を前提とした従来の安全に対する考え方に加え、自動走行システムが車両の操作を行うことに対応した新たな安全性評価手法を策定する必要がある。当該事業では、公道・テストコース・シミュレーション評価に関わらず、自動運転車として評価すべき、安全性評価シナリオの策定を進めている。本プロジェクトにおいても、必要に応じ、上記既存事業で開発中の安全性評価手法を参照・活用して、効果測定・検証や全体システム構築を行うことが期待される。

○ 自動運転関連の別の既存事業として、「仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発事業」がある。当該事業では、自動運転のシミュレーション評価に必要な実現象と一致性の高い反射特性等を有する環境モデル（他車両、歩行者、自転車、路面等）やセンサーモデル（カメラ、ミリ波レーダー、ライダー）を開発している。本プロジェクトにおいても、必要に応じ、上記既存事業で開発中のモデルを参照・活用して、効果測定・検証や全体システム構築を行うことが期待される。

【予算事業】

○ 自動走行システムの安全性評価基盤構築に向けた研究開発プロジェクト[4]（2021～2025年度、2021 年度予算額 46.0 億円の内数）

○ 仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発事業[5]（2018～2022 年度、2021 年度予算額 7.0 億円）

- グリーン成長戦略の実行計画における記載（抜粋）

（５）自動車・蓄電池

① 電動化の推進・車の使い方の変革

＜現状と課題＞

---

[4] SAKURA プロジェクト：https://www.sakura-prj.go.jp/

[5] DIVP プロジェクト：https://sip-cafe.media/info/6240/

電動車の普及に向けては、車両価格の低減等による社会的受容の拡大、充電インフラ・水素ステーション等のインフラ整備といった課題がある。また、蓄電池・燃料電池・モータ等の電動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーンの強化も課題となる。・・・

・・・自動走行技術についても、米国や中国に比べて、日本では公道実証を通じた走行データ収集は容易ではなく、デジタル技術を活用した開発・評価環境の整備が急務である。

＜今後の取組＞

エ）車の使い方の変革

2030 年頃の Beyond 5G のデジタル社会に向けて、情報処理量とともに増加するネットワーク・クラウドデータセンターの消費電力を最小化するため、ネットワークに対するエッジデバイスとしての自動車の側で、自動走行を含む高度な情報処理等を可能な限り実施することが求められる。同時に、電動車は電気系で駆動するため制御の面で自動走行との相性がよく、2050 年に向けた電動車の普及は、自動走行・安全運転支援技術の実装とともに進むものと見込まれる。他方で、車内の情報処理の高度化に伴うエッジにおける電力消費量の増加は、蓄電池容量の限界との関係で、電動車の航続距離等へ影響を与えることも指摘されている。自動走行と電動化を両立するべく、自動走行系を中心に先端半導体等を用いた高度なセンサー・コンピュータ類、さらにそれらの次世代デバイスを支える新たな車載ネットワークシステムやデジタル開発基盤等について、その性能向上と徹底した省エネ化を同時に実現するための研究開発に取り組む。

キ）2050 年のモビリティ社会（電動・自動走行車がもたらす社会変革と生活の理想像）

2050 年カーボンニュートラルに向けた自動車分野でのイノベーションは、単に CO_2排出を削減することのみに資するものではなく、「ヒトとモノの移動」そのものを活性化させ続け、また、あらゆる人のモビリティに係るニーズの充足や課題解決につながる社会変革を促すものを目指すべきである。いかなる新たな技術・サービスも日本社会や人々の生活にとって、より大きな新しい付加価値を提供すればするほど、より円滑に社会に受容されていくことになると考えられるからである。その意味で、電動車についても、環境負荷が低く、持続可能性が高いというだけでなく、例えば、それらが合わせて自動化されることを通じて、より安全で快適、また自由で魅力的といった新たな付加価値を提供するものであることが適切である。このため、2050 年カーボンニュートラルの実現に当たっては、2050 年のモビリティ社会の在り方の変革も見据え、単に電動化のみを射程とするのではなく、「電動・自動走行車」をターゲットとして取り組んでいく。

この際、新たなモビリティ社会の構築に向けて、電動車のインフラ構築を、2035 年を一つの目途として行うことは当然であるが、これと並行して、自動走行車についても可能な限りに早期に社会実装できるように、必要なインフラ等の環境整備や普及策の検討に取り組んでいく。

自動車の電動化と並行して、自動走行・デジタル技術の電動車への実装を進めるべく、2030 年、2040 年と段階的にイノベーションを起こしながら、最終的に 2050 年には、下記に挙げるような新たな移動サービスを創出できるよう、今後のイノベーション促進策やその社会実装に向けた環境整備にあたって、強く留意することとする。

A）移動の安全性・利便性の向上

a）「事故ゼロ」に向けて

安全運転支援・自動走行技術の普及・高度化に加えて、高度なデジタル・通信技術を通じて自動車が車車間・路車間・歩車間で連携することにより、自動車単体としての人為的ミスを防止するだけではなく、周辺の自動車や歩行者にとっても安全・安心な環境を創出することが可能となる。運転者はもちろん、歩行者についても、移動時の安全性が向上し、交通事故ゼロへの大きなステップとなる。そのためには、こうした自動走行・デジタル技術の確実な社会実装を促進し、必要なセキュリティや信頼性をシステム全体で確保できるようなものとすべきである。

b）「移動弱者ゼロ」に向けて

公共交通機関が不十分な地方圏域を中心に、自力での運転が困難あるいは不安な高齢者や子供の移動手段の確保は、ライフラインそのものとなる。また、都市部にあっても少子高齢化の進展とともに、例えばベッドタウンにおける移動弱者の移動手段の確保や、新型コロナウィルスの感染終息後には再度増加しうる訪日外国人向けの円滑な移動手段の確保はますます重要な課題となる。2050 年に予想される人口偏在や、労働力不足の一環としての公共交通機関のドライバー不足は、こうした状況に拍車をかける。移動弱者ゼロに向けては、電動車が自動走行化することが重要であり、その結果として、公共交通機関の人手不足の解消に貢献するとともに、あらゆる人にとって必要な移動手段の確保が可能となる。

c）「交通渋滞ゼロ」に向けて

交通渋滞ゼロに向けて、デジタル技術を活用して交通情報をリアルタイムに解析し、自動で最適な移動経路・交通手段を提案するほか、ITS・自動走行技術を活用した交通需要管理、整流化によって、人流や物流における時間的ロスが大きく削減され、生産性が向上する。

B）移動時間の活用の革新（移動時間の有効活用）

自動走行によって、ドライバーは、例えば渋滞時の煩わしい低速運転や業務上の長時間の運転等の運転操作の負担から解放される。また、高度な安全運転支援技術は、これまで以上に安全・安心なドライビング体験を可能とする。結果的にあらゆる人々にとって、モビリティの新たな体験を提供し、さらに移動の時間をより自由に使うことが可能となる。

また、電動化に合わせて高度な自動走行技術が実装されれば、車内スペースや内装が、現行車を前提としない可能性、いわば「動く居住・サービス空間」となる可能性も十分に考えられる。これにより、車内空間の有効活用が容易になり、車による移動の時間を有効活用し、移動とサービスを掛け合わせた様々な価値の創出が期待される。例えば、自動走行技術とテレワーク技術を組み合わせて、移動しながら場所を問わずに快適に仕事をすることが可能となる。必ずしもオフィスへの出勤の必要性がなくなり、また仕事をしながら行楽地等の余暇に移動する

ことが当たり前になり、これまでの「通勤」の概念がなくなる。こうなると「最短時間」で移動する必要性すら飛躍的に低減し、ある時点・場所に行き着くための「最適化」が重要になることから、経路の選択肢、経由地点の自由度が増し、次項で述べる後述する交通流の最適化にも必然的につながることとなる。また、電動車の静粛性も活用して、宿泊等の生活機能や映画等のエンターテイメント機能を備えるなど、ホーム・アイデンティティとしての「自宅」と合わせて、居住空間の概念が拡大し、ライフスタイルの幅も拡張されることによる、新たなビジネスの展開も期待される。

さらに、ポストコロナで新たに高まる価値として、移動せずに様々なサービスを受けられるということが挙げられる。あるいは、地方圏を中心に、医療・買い物といった生活上必須のインフラまでのアクセスが困難な地域はますます増加することが予想される。例えば「動くサービス空間」としてのモビリティが、より低廉かつ便利な形であらゆる場所でサービスを提供できるようになれば、これまで必要なインフラまでの移動に要していた時間から人々を解放し、また稼働率の低い固定インフラの維持に要していた社会的コストの低減も可能となる。その結果として少子化・過疎化の中にあっても、一定のインフラ等の集約・効率化を引き続き実施しつつ、あらゆる人々の生活の快適性を引き続き確保する。インフラは固定のものという常識を覆して、動くインフラとしてのモビリティを日本社会として最大限活用できるよう、また中長期的に移動インフラが固定インフラを代替する可能性を念頭におきながら、制度面を含め必要な環境整備を引き続き推進する。

2. 目標

- アウトプット
  - 研究開発の目標

1. 自動運転のオープン型基盤ソフトウェア

様々な方式がありうることから、申請者が目標提案。ただし、下記の省エネ・性能等に関する目標は必須。

① 研究開発に取り組む範囲の中で、ネットワーク・クラウドへの負荷も加味しながら、現行技術比で、70%以上の車載コンピューティングの消費電力削減に寄与すること

② 主要な走行環境における、レベル４自動運転機能の担保

※ 東京臨海部を含む、標準的な交通環境５種類以上、標準的な交通参加者４種類以上を網羅のこと

なお、様々な走行環境へと対応すべく、H/W の性能向上や、分散型コンピューティングの技術進捗に併せて、 2030 年以降もアジャイルに更新・拡張が可能なオープン型アーキテクチャを構築することを条件とする。

2. 自動運転センサーシステム

様々な方式がありうることから、申請者が目標提案。ただし、下記の省エネ・性能等に関する目標は必須。

① 研究開発に取り組む範囲の中で、ネットワーク・クラウドへの負荷も加味しながら、現行技術比で、 70%以上の車載コンピューティングの消費電力削減に寄与すること

② 主要な走行環境における、レベル４自動運転機能の知覚・認識面からの担保

※ 東京臨海部を含む、標準的な交通環境５種類以上、標準的な交通参加者４種類以上を網羅のこと

なお、上記目標との関係で、S/W の認識性能向上・計算負荷低減につながることが認められる範囲において、 センサー機器（H/W）の開発支援を認めることとする。

3. 電動車両シミュレーション基盤

電動・自動運転車の早期社会実装のため、国内自動車メーカー・部品メーカーが共通的に利用可能な形式で、SOTIF に対応し、レベル４自動運転を実現するために必要なデジタル・ツインでの電動車両全体のシミュレーション・モデルを、動力学シミュレーション精度 90%以上として、実機を用いた性能検証期間の半減を実現できるレベルで構築するための手法を確立すること

（目標設定の考え方）

1. 自動運転のオープン型基盤ソフトウェア
 ユースケースごとに電動車の使用環境・走行条件は異なり、それに応じて車載コンピューティングに求められる性能も異なる。そのため、国において一義的に絶対値としての目標を設定するのではなく、現行技術においてパワートレイン・車室内空調・車載コンピューティングが消費することが想定されている電力消費量から、グリーンイノベーション基金の他プロジェクトの取組成果等も勘案して、電動車全体で十分な走行時間・距離を確保するために必要とされる車載コンピューティングの省エネ水準として、「現行技術比 70%」という相対的な省エネ目標を設定し、研究開発に取り組む範囲の中で現行技術比 70%以上の消費電力削減に寄与することを大目標に、主要な走行環境におけるレベル４自動運転に必要な性能目標と併せ、申請者が定量目標を提案することとする。
2. 自動運転センサーシステム
 上記と同様に、ユースケースごとに電動車の使用環境・走行条件は異なり、それに応じて車載コンピューティングに求められる性能も異なる。そのため、国において一義的に絶対値としての目標を設定するのではなく、現行技術においてパワートレイン・車室内空調・車載コンピューティングが消費することが想定されている電力消費量から、グリーンイノベーション基金の他プロジェクトの取組成果等も勘案して、電動車全体で十分な走行時間・距離を確保するために必要とされる、車載コンピューティングの省エネ水準として、「現行技術比 70%」という相対的な省エネ目標を設定し、研究開発に取り組む範囲の中で現行技術比 70%以上の消費電力削減に寄与することを大目標に、主要な走行環境におけるレベル４自動運転に必要な性能目標と併せ、申請者が定量目標を提案することとする。
3. 電動車両シミュレーション基盤
 電動車両全体のシミュレーション・モデルを構築するにあたっては、そのモデルが現実における車両の挙動と高い精度で一致することが求められる。そのため、動力学シミュレーション精度（デジタルにおける車両の挙動とフィジカルにおける実際の車両の挙動にどの程度のずれがあるか）を通じて、その精度が車両全体レベルで 90%以上となることを通じ、実機を用いた性能検証期間の半減を実現できるレベルであることを求めることとする。
 また、本研究開発の成果を幅広くサプライヤーを含めた自動車関連産業へと裨益させるため、特定の車両アーキテクチャだけで機能するのではなく、国内自動車メーカー・部品メーカーが共通的に利用可能な形式でシミュレーション・モデルを構築することを求めることとした。

（目標達成の評価方法についての考え方）

1. 自動運転のオープン型基盤ソフトウェア

   研究開発に取り組む範囲の中で、主要な走行環境（東京臨海部を含む、標準的な交通環境 5 種類以上、標準的な交通参加者 4 種類以上を網羅すること）におけるレベル 4 自動運転機能の実現に必要な消費電力原単位量を、自社製品の計測・公開情報等を通じた他社の動向等も踏まえて現行技術における消費電力として設定する。その上で、提案者が設定した原単位に従って、その実際の削減量との関係で 70%の消費電力削減との関係を評価する。

   なお、本研究開発はソフトウェアに関する取組であることから、その消費電力原単位としては、TOPS 値[6]（平均 TOPS 値等）で代替して表現することを想定しているが、合理性が認められるのであれば、提案者自身が原単位・測定方法を提案することを妨げるものではなく、案件採択時に具体的に評価指標を決定することとする。

2. 自動運転センサーシステム

   研究開発に取り組む範囲の中で、主要な走行環境（東京臨海部を含む、標準的な交通環境 5 種類以上、標準的な交通参加者 4 種類以上を網羅すること）におけるレベル 4 自動運転機能の実現に必要な消費電力原単位量を、自社製品の計測・公開情報等を通じた他社の動向等も踏まえて現行技術における消費電力として設定する。その上で、提案者が設定した原単位に従って、その実際の削減量との関係で 70%の消費電力削減との関係を評価する。

   なお、本研究開発はソフトウェアに関する取組とハードウェア（センサー）の改良の両方を含むことから、その消費電力原単位としては、ソフトウェアについては TOPS 値（平均 TOPS 値等）で代替して表現し、センサー機器については W 値を用いて表現、そのうえで固定値として一定のハードウェアのうえで動作することを前提にソフトウェアについては TOPS/W の変換等を行い、全体として評価することを想定しているが、合理性が認められるのであれば、提案者自身が原単位・測定方法を提案することを妨げるものではなく、案件採択時に具体的に評価指標を決定することとする。

3. 電動車両シミュレーション

   評価については、原則として、動力学シミュレーション精度で実施することとする。提案者は、SOTIF や自動運転の場合の評価に必要な環境モデルについて、例えば一般社団法人 日本自動車工業会「自動運転の安全性評価フレームワーク Ver1.0」等を参照して予め規定したうえで、その環境下において典型的に生じ得る事象（例えば高速走行時における横車両の割り込みや、低速走行時における歩行者の飛び出し等）を事業終了までに定義のうえ、その事象の評価に際して仮想空間における車両の挙動と、現実空間における車両の挙動との物理的なずれを測定し、事象ごとのずれの平均値で動力学シミュレーション精度を評価することを想定

[6] Tera Operations Per Second： 1 秒あたり 1 兆回演算処理が実施可能というコンピューティングの性能値

していることが、合理性が認められるのであれば、提案者自身が追加的・補足的に指標を設定することは妨げるものではなく、案件採択時に具体的に評価指標を決定することとする。

インセンティブについては、以下の方法にて、計算を行うこととする。
（事業者が達成した性能 a）/（事業者が設定した性能目標 A）
×（事業者が達成した性能 b/（事業者が設定した性能目標 B）
× ・・・（設定した目標の分だけ乗ずる）
×インセンティブ（満額（10%）分） ＝ インセンティブ（実際の支払い）

※達成度が 100%を超える個別目標の達成度については、100%として計算する（過剰達成は計算に反映しない）ことを原則とするが、過剰達成することに価値があるものと認められる個別目標については、応募時に申請をし、採択審査時に認められれば、過剰達成分をそのまま計算式の要素として用いることを認める。また、計算の結果、インセンティブの支払額の計算が、満額（10%）を超える場合には、満額の支払いし、超過分は支払わない。

（目標の困難性）

- ○ 走行環境（走行エリア、時間帯等）を極めて限定することなく、主要な走行環境におけるレベル４自動走行を実現するためには、一般道を含めた様々な走行環境を想定し、歩行者・自転車等の飛び出しや雨・霧等の悪天候、信号や交通標識等による複雑な交通ルールにも対応する必要がある。同時にこれらのシステムは自動車に必要な高度な機能安全・サイバーセキュリティ等を満たすべく、必要な冗長性等を確保しなければならず、一般道におけるレベル４自動運転の実現にはより高度な自動運転システムの構築が必要である。
- ○ 世界的にも、幅広い走行環境におけるレベル４の自動走行は実証実験レベルを超えておらず、またその消費電力も数千 kW に上る点が電動化と自動化の両立の課題として指摘されている。
- ○ 主要国の中でも車載コンピューティングに関する省エネ目標を明示している主要国は確認できていないところ、我が国が電動車としての必要な走行性能を確保するために十分な省エネ目標値として現行技術比 70%という値を世界に先駆けて設定し、これに向けて、電動車内における車載コンピューティングの高性能化と省エネ化の同時追求、またそれらの恩恵を広くサプライヤーに浸透させるシミュレーション基盤の研究開発を実施することは、極めて困難な目標設定であるといえる。
- ○ また、シミュレーション基盤については、従来の自動車の性能を規定していた ISO26262（システムが故障した際、危害を及ぼすリスクを許容可能な範囲まで低

減させるための安全方策（フェイルセーフ）を担保）だけではなく、それを補完するために新たに規定されたSOTIF（ISO21448）やレベル４自動運転の評価にも対応する電動車両全体のシミュレーション基盤とすることを求めている。

○　車両全体のシミュレーション・モデルを構築するためには、タイヤ・パワートレイン・制御系等の様々なサブモデルを相互に組み合わせて、車両全体としての再現性を担保する必要があり、SOTIFや自動運転対応を含めて動力学シミュレーション精度で90%以上を目指すことは、諸外国の定量目標と比較しても、極めて困難な目標設定である。

- アウトカム

電動自動運転車の普及を通じて、期待される日本、及び世界のCO_2削減効果、及び予想される市場規模について、交通流の最適化の観点から実現可能な平常走行時における高度なエコドライブ、サグ部・トンネルに起因する渋滞の解消、及び事故に起因する渋滞の解消に基づき試算した。日本企業の国際競争力、民間投資誘発額の状況も随時モニタリングしつつ、世界市場の付加価値の相当程度の割合を我が国に還流させ、世界及び日本の脱炭素化に貢献することを目指す。

➢　CO_2削減効果（ポテンシャル推計）

○　約169万トン/年（日本）（2030年）

○　約1320万トン/年（日本）、約3.4億トン/年（世界）（2050年）

計算式：１）＋２）＋３）

【算定の考え方】

◆日本と世界の保有台数、日本7,440万台、世界190,000万台で計算

◆2030年は、1）の改善効果のみ、2050年は更に2)、3)改善効果を追加

１）　平常走行時における高度なエコドライブ

　2030年では、自動的に加減速の支援を行う機能が高速道路で稼働、2050年には一般道での稼働も実現し、周辺状況を踏まえ、システムが車両を最適制御。不必要なブレーキ操作の防止により、少なくとも7%の走行性能改善

○約169万トン/年（日本）（2030年）

○約769万トン/年（日本）、約2.0億トン/年（世界）（2050年）

【算定の考え方】

○2030年平常走行時における高度なエコドライブ

①システムによる車両最適制御(小型車)　28.1万kl

※下記の４項目を積算

燃料消費量（小型車） = 3,514 万 kl

システムによる車両最適制御による燃費削減率 = 7%

走行中システムによる車両最適制御稼働率（小型車） = 15%

システムによる車両最適制御普及率（小型車） = 76.3%

②システムによる車両最適制御(大型車) 34.456 万 kl

※下記の４項目を積算

燃料消費量（大型車） = 2,298 万 kl

システムによる車両最適制御による燃費削減率 = 7%

走行中システムによる車両最適制御稼働率（大型車） = 34%

システムによる車両最適制御普及率（大型車） = 63%

③単位当り CO_2 排出量 = 2.7 トン-CO_2/kl（2030 年 NDC 策定時の排出係数）

計算式：(①＋②)×③ = 169.0 万トン/年（日本）

○2050 年平常走行時における高度なエコドライブ

◆システムによる車両最適制御の稼働率は、高速道路と一般道での 70%の稼働を想定

①システムによる車両最適制御(小型車) 172.2 万 kl

※下記の４項目を積算

燃料消費量（小型車） = 3,514 万 kl

システムによる車両最適制御による燃費削減率 = 7%

走行中システムによる車両最適制御稼働率（小型車） = 70%

システムによる車両最適制御普及率（小型車） = 100%

②システムによる車両最適制御(大型車) 112.602 万 kl

※下記の４項目を積算

燃料消費量（大型車） = 2,298 万 kl

システムによる車両最適制御による燃費削減率 = 7%

走行中システムによる車両最適制御稼働率（大型車） = 70%

システムによる車両最適制御普及率（大型車） = 100%

③単位当り CO_2 排出量 = 2.7 トン-CO_2/kl（2030 年 NDC 策定時の排出係数）

計算式：(①＋②)×③　=　768.9 万トン/年（日本）

2）　サグ部・トンネルにおける渋滞の解消

人間操作に起因する高速道渋滞の 52%を占めるサグ部・トンネルでの渋滞の解消

○　約 418 万トン/年（日本）、約 1.1 億トン/年（世界）

※世界の効果については、日本の削減効果に対して日本 7,440 万台で割り戻し、世界 190,000 万台を乗じて試算

【算定の考え方】

＜基準条件＞

◆③高速上の渋滞のうち、サグ部・トンネルに起因する渋滞の割合　は　52%

※渋滞発生要因〔内：交通集中　76%（内サグ部、トンネル 69%）〕 0.76×69% ＝52.4%

◆④10km/h で 1km 走行した場合の CO_2排出量　　504.1 g-CO_2／台　とする時

①渋滞損失時間（人ベース）　=　2.3 億人・時間／年

※NEXCO3 社及び本四高速における 2019 年の渋滞損失時間の合計

②①の渋滞損失時間（台ベース）　＝1.8　　億台・時間／年

※1 台当たり平均乗車人数　　1.31　　人／台

⑥サグ部に起因する渋滞損失時間（台ベース）　＝0.9　億台・時間／年

⑦サグ部・トンネルに起因する渋滞による損失走行延長　　＝82.9　億台・km／年

※⑤平常時 100km/h、渋滞時 10km/h と仮定

⑧サグ部・トンネルに起因する渋滞による CO_2排出量　＝418 万 t-CO_2/年

となる。

計算式：⑧＝⑦×④

⑦＝⑥×⑤（100）－⑥×⑤（10）

⑥＝②×③%

②＝①÷1 台当たり平均乗車人数

3）　事故に起因する渋滞の解消

高速道での渋滞は 16%が事故に起因。一般道の死傷事故（43 万件）のうち 9%が渋滞を招く。事故防止を通じて、事故による渋滞の解消

○　約 133 万トン/年（日本）、約 0.3 億トン/年（世界）
※世界の効果については、日本の削減効果に対して日本 7,440 万台で割り戻し、世界 190,000 万台を乗じて試算

・高速道路における算出方法

【算定の考え方】
◆事故による渋滞では通常走行 100km/h のところ 10km/h で走行と仮定
◆10km/h で 1km 走行した場合の CO_2排出量　504.1 g-CO_2／台　とする。

①渋滞損失時間（年間）　　：　2.3　h・億人/年
※NEXCO3 社及び本四高速における 2019 年の渋滞損失時間の合計
②車 1 台あたりの平均乗車人数：　1.31　人/台
→渋滞損失時間（年間）　：①/②= 2.3/1.31=1.8 h･億台/年　…　②′
③渋滞中事故起因の割合：１６％
→事故による渋滞損失時間：　②′×③　1.8×16% = 0.28 h･億台/年　…　③′
③　事故渋滞による損失走行延長
100km/h　で走行していたときの距離と 10km/h で走行していたときの走行距離の差
=　渋滞損失時間×(100km/h - 10km/h)
=③′x (100km/h - 10km/h)＝25.3 km･億台/年　･･･④′
⑤時速 10km/h で 1km 走行した際の CO_2排出量（大型車から小型車まですべての車種の平均）504.1 g-CO_2/km/台

事故に起因する渋滞による CO_2排出量（高速道路）
計算式
①/② x ③ x (100km/h-10km/h) x ⑤
=12,744 g･億/年　= 12.744 kg 億/年　= 0.012744　億トン/年　= 127 万トン/年

・一般道路における算出方法

【算定の考え方】
◆一般道での事故渋滞発生件数および事故渋滞 1 件あたりの CO_2排出量から算出
①H30 全国の一般道の死傷事故件数：430,601 件/年
②事故起因渋滞発生確率　：9.5%
③事故起因渋滞発生件数　：①×②＝40,966　件/年
④事故に起因する CO_2排出量（平均値）：1,337.8kg/件

※事故に起因する渋滞 1 件あたりの CO_2排出増加量を参照
※東京都２３区の国道・主要地方道による３つの事故類型（歩行者事故・車線逸脱・追突）の平均値　H30 報告書より
※全国で同レベルの事故渋滞が発生すると仮定

事故に起因する渋滞による CO_2排出量
掲載式：①ｘ②×④＝40,966 x 1,337.8kg ＝＝5.5 万トン/年

高速道路の CO_2排出量と一般道での排出量の和
127 万トン/年　＋　5.5 万トン/年＝　約 133 万トン/年

- 経済波及効果（世界市場規模推計）

○　約 43 兆円（2030 年）

【算定の考え方】

民間統計（富士キメラ総研「2019 自動運転・AI カー市場の将来展望」）を参考に、2030 年時点の自動運転車市場を 40 兆円、加えて関連部品産業市場を 3 兆円と推計。

※　同統計の自動運転車市場規模の台数予測に、車両価格をレベル 3：500 万円、レベル 4 以上：1 千万円として乗じ、経産省にて試算。

※　関連部品産業市場としては、同統計の市場予測（販売価格）のうち、センサー類（カメラ・ミリ波レーダー・ライダー）に関連する部品のみ抜粋して積算して試算。

○　約 148 兆円/年（2040 年）

【算定の考え方】

民間統計（富士キメラ総研「2019 自動運転・AI カー市場の将来展望」）を参考に、2040 年時点の自動運転車市場を 143 兆円、加えて関連部品産業市場を 5 兆円と推計。

※　同統計の自動運転車市場規模の台数予測に、車両価格をレベル 3：3 百万円、レベル 4 以上：600 万円として乗じ、経産省にて試算。

※　関連部品産業市場としては、同統計の市場予測（販売価格）のうち、センサー類（カメラ・ミリ波レーダー・ライダー）に関連する部品のみ抜粋して積算して試算。

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

- 【研究開発項目 1】自動運転のオープン型基盤ソフトウェア【補助】
  - ➢ 目標：様々な方式がありうることから、申請者が目標提案。ただし、下記の省エネ・性能等に関する目標は必須。
    - ① 研究開発に取り組む範囲の中で、ネットワーク・クラウドへの負荷も加味しながら、現行技術比で、70%以上の車載コンピューティングの消費電力削減に寄与すること
    - ② 主要な走行環境における、レベル 4 自動運転機能の担保
    - ※ 東京臨海部を含む、標準的な交通環境 5 種類以上、標準的な交通参加者 4 種類以上を網羅のこと

    なお、様々な走行環境へと対応すべく、H/W の性能向上や、分散型コンピューティングの技術進捗に併せて、 2030 年以降もアジャイルに更新・拡張が可能なオープン型アーキテクチャを構築することを条件とする。

  - ➢ 研究開発内容：

    【（2/3 補助→1/2 補助→1/3 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

    本事業では、自動運転ソフトウェアについて、ネットワーク・クラウド側への負荷を低減するアーキテクチャを前提に、必要な性能（主要な走行環境でのレベル４自動運転）を担保しつつ、ハードウェアに対するソフトウェアの計算負荷を低減（70%削減に寄与）するための研究開発を実施する。

    具体的には、プログラムを簡素化・合理化するため、例えば、機械学習（ディープラーニング）の改善・補完や、すべての走行に必須のタスク（コア部分）と、走行環境に応じて短縮（省略）可能なタスク（周辺部分）の切り分け、更に周辺部分を組み替え可能なプログラム構成の開発など、様々な方法を組み合わせて、単純な機械学習の繰り返しでは、例外状況に対応すべく複雑・冗長化するプログラムの命令数を削減し、省エネ化と高性能化の同時追求のための研究開発を実施することが想定される。

    更に、最低限の機能を有するどのようなハードウェア（センサー・AI 半導体）に接合しても動作を保証できるよう、オープン型のソフトウェア・アーキテクチャを構築する。

    ただし、研究開発の目標の達成に向けては、このほかにも様々な手法が考えられるため、具体的な達成方法は提案者の創意工夫に委ねることとする。

（委託・補助等の考え方）

- ➢ 自動運転に係る技術はまだ発展途上にあるだけでなく、将来の国内外市場の動向によりその事業性が左右されることから、長期かつ高リスクの研究開発投資となるため、当初の補助率は 2/3 とする。他方、実証段階では、そのリスクに応じて、補助率を 1/2、1/3 へと逓減させる。

- 【研究開発項目 2】自動運転センサーシステム【補助】
  - 目標：様々な方式がありうることから、申請者が目標提案。ただし、下記の省エネ・性能等に関する目標は必須。
    - ① 研究開発に取り組む範囲の中で、ネットワーク・クラウドへの負荷も加味しながら、現行技術比で、70%以上の車載コンピューティングの消費電力削減に寄与すること
    - ② 主要な走行環境における、レベル４自動運転機能の知覚・認識面からの担保
    - ※ 東京臨海部を含む、標準的な交通環境 5 種類以上、標準的な交通参加者 4 種類以上を網羅のこと

    なお、上記目標との関係で、S/W の認識性能向上・計算負荷低減につながることが認められる範囲において、 センサー機器（H/W）の開発支援を認めることとする。

  - 研究開発内容：

    【（（2/3 補助→1/2 補助→1/3 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

    本事業では、自動運転に係る情報処理の中でも大半の処理時間を占める「認識系」の情報処理ついて、認識手法の改善（効率的処理）や、それと連携したセンサー機器の性能向上（入力値改善）を通じて、必要な性能（主要な走行環境でのレベル４自動運転）を満たしながら、徹底した省エネ化（70%削減に寄与）を行うための研究開発を実施する。

    具体的には、各センサーで認識処理を実施したものを統合処理するという現行手法に伴う各センサーの過度に冗長的な稼働や認識アルゴリズム（機械学習）の非効率を改善する手段として、センサーの RAW データを直接「統合認識処理」するという方法などが悪環境下における高い認識ポテンシャルを有するものとして想定されているが、本手法にも AI 半導体に伝送する情報量が増加することにより、計算負荷低減効果が相殺されてしまう、従来と同様に、センサー構成を変更すると認識処理機能（ニューラルネットワーク）を再構成（実験車両走り直し）する必要があるなどの課題が存在し、それらの課題を解決すべく、統合処理認識の中でセンサーごとに削減可能な情報の特定を通じた伝送情報量の削減や、各センサー単体での知覚性能のパラメータ化を実施することなどが考えられる。

    ただし、研究開発の目標の達成に向けては、このほかにも様々な手法が考えられるため、具体的な達成方法は提案者の創意工夫に委ねることとする。

（委託・補助の考え方）

- 自動運転に係る要素技術はまだ発展途上にあるだけでなく、将来の国内外市場の動向により事業性が左右されることから、長期かつ高リスクの研究開発投資となるため、当初の補助率は 2/3 とする。他方、実証段階では、そのリスクに応じて補助率を 1/2、1/3 へと逓減させる。

- 【研究開発項目 3】電動車両シミュレーション基盤【委託】
  - 目標：電動・自動運転車の早期社会実装のため、国内自動車メーカー・部品メーカーが共通的に利用可能な形式で、SOTIF に対応し、レベル４自動運転を実現するために必要なデジタル・ツインでの電動車両全体のシミュレーション・モデルを、動力学シミュレーション精度 90%以上として、実機を用いた性能検証期間の半減を実現できるレベルで構築するための手法を確立すること。

  - 研究開発内容：

    【（委託（企業等の場合はインセンティブ 1/10）】

    自動車部品開発の一部においては MBD（モデルベース開発）の導入が進められているが、電動・自動走行車の評価に活用できる水準の、電動車両全体のシミュレーション・モデルについては、未だ世界的にもその構築は実現されていない。

    そこで、極めて高い精度で現実の車両の挙動と一致する、標準的なシミュレーション・モデルを構築するべく、そのための要件定義・各サブモデル間のＩ／Ｆ定義・フィジカルとの一致性を確認するためのデジタル・ツイン評価手法の構築等を通じ、2030 年以降の電動・自動走行車の MBD 開発を可能とするための、シミュレーション基盤の構築手法を開発する。

（委託・補助の考え方）

  - 様々な自動車メーカー・部品サプライヤーが共通的に利用可能な形式とすることを成果においても求めており、共通基盤的な技術開発であるため、受託者自身の裨益が小さい協調領域の取組として、委託形式で事業を実施する。

- 【社会実装に向けたその他の取り組み】

  本プロジェクトの取組と並行して、経済産業省・国土交通省合同で実施する自動走行ビジネス検討会[7]等を通じて、レベル４自動運転の社会実装に向けた協調領域の深化・拡大や、国際・国内基準への貢献、国際標準化の推進、サービス実証の実施等により、早期の電動・自動走行車の社会実装・普及に努める。

[7] https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jido_soko/index.html

４．実施スケジュール

- プロジェクト期間

  - 【研究開発項目１】自動運転のオープン型基盤ソフトウェアの開発

    2030 年代以降に普及が見込まれる電動・自動走行車を想定し、確実な目標達成のために十分な研究開発と検証のための時間を確保する観点から 2021 年度から 2030 年度までの最大 10 年間を想定する。以下のスケジュール例は、あくまで一例であり、早期の目標達成等のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

  - 【研究開発項目２】高性能かつ低消費電力を実現する自動運転センサーシステムの開発

    2030 年代以降に普及が見込まれる電動・自動走行車を想定し、段階的に検証範囲を拡大していく。確実な目標達成のために十分な研究開発と検証のための時間を確保する観点から 2021 年度から 2030 年度までの最大 10 年間を想定する。以下のスケジュール例は、あくまで一例であり、早期の目標達成等のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

  - 【研究開発項目 3】電動車両シミュレーション基盤の構築

    2030 年代以降に普及が見込まれる電動・自動走行車を想定し、その開発期間（本取組により開発サイクル加速を通じポテンシャルとして２年程度と想定）に間に合わせることを目安としつつ、確実な目標達成のために十分な研究開発と検証のための時間を確保する観点から、2021 年度から 2028 年度までの最大８年間を想定する。以下のスケジュール例は、あくまで一例であり、早期の目標達成等のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

- ステージゲート設定等

  研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法・スケジュール・キーマイルストーン・ステージゲートの時期は提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下の通り、事業化段階の切れ目において、キーマイルストーン及びステージゲートを設定し、事業の進捗を見て、継続可否を判断する。

  特に研究開発項目１・２については、個別に設定した目標との進捗状況のみならず、その分野における提案者の手法・目標設定自体のグローバルでの優位性（社会実装断面における優位性）を提案者が提示したうえ、引き続き同アプローチを採用することが妥当かどうかを検証・判断し、次のステージへの継続可否を決めることとする。

  - 【研究開発項目１】自動運転のオープン型基盤ソフトウェアの開発

    ○　要素技術開発・動作性検証（下表の例では 2024 年末頃に事業継続判断）

- ○ ラボ・個別環境での全体的な検証・実証（下表の例では 2027 年末頃に事業継続判断）
- ○ 標準的環境下での全体検証・実証（下表の例では 2029 年末頃に事業継続判断）

- 【研究開発項目 2】自動運転センサーシステムの開発
  - ○ 要素技術開発・検証（下表の例では 2024 年末頃に事業継続判断）
  - ○ ラボ全体検証（下表の例では 2026 年末頃に事業継続判断）
  - ○ 標準的環境下での検証・実証（下表の例では 2029 年末頃に事業継続判断）

- 【研究開発項目 3】電動車両シミュレーション基盤の構築
  - ○ 全体システム設計（下表の例では 2023 年末頃に事業継続判断）
  - ○ 全体モデル構築・改良（下表の例では 2026 年末頃に事業継続判断）
  - ○ 全体モデル精緻化検証・実証

表１：プロジェクトの想定スケジュール

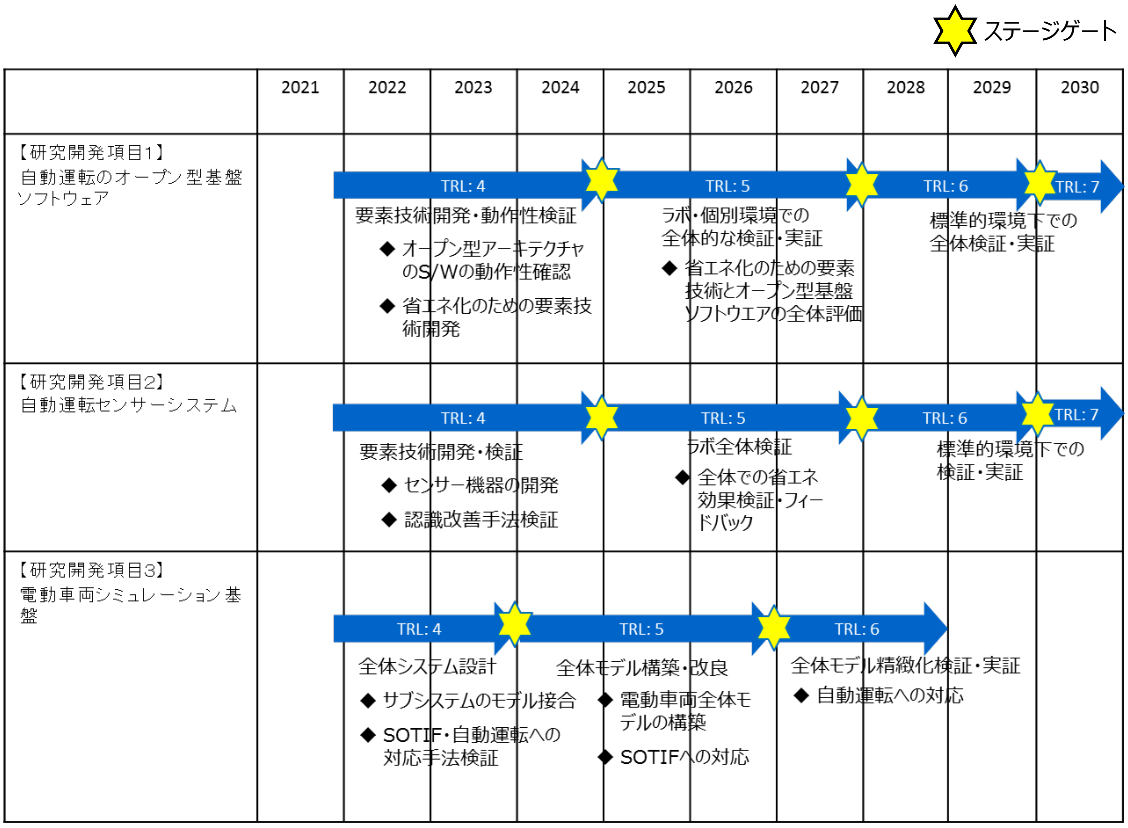
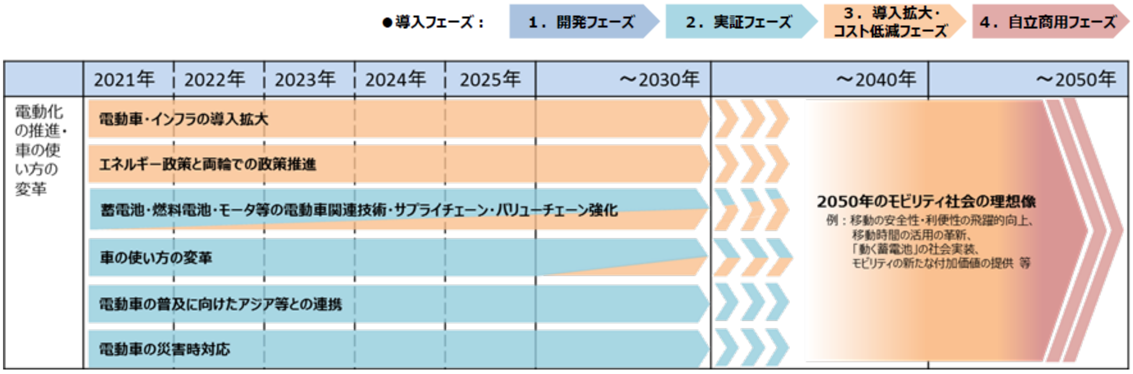


表２：社会実装スケジュール



5. 予算

（分野別ワーキンググループでの審議結果を踏まえ、研究開発項目及び研究開発内容等を必要に応じて修正した後、今後の分野別ワーキンググループにおいて、各項目の予算額と予算根拠を提示予定）

（参考）改訂履歴

・2021 年○月 制定