

**戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 第3期**  
**スマートモビリティプラットフォームの構築**  
**リ・デザインに資するサイバニック・スマートモビリティ**

**2025年3月**

**CYBERDYNE 株式会社**

## 目次

I. 背景・目的、研究開発の全体概要、工程表、実施体制、目標設定	3
1. 背景・目的	3
2. 研究開発の全体概要	3
3. 工程表	5
4. 実施体制	7
5. 目標設定	8
II. 令和6年度(2024年度)成果・進捗状況(含：XRL、KPI)	10
1. サイバニック・スマートモビリティ仕様開発	10
1-1. 基本性能要件およびコンセプト開発	10
1-2. 要素技術開発	13
(1) 要素技術としての基本性能要件開発・コンセプト開発(移動機能検証用機体)	13
(2) モータ出力検討およびサスペンションの開発	13
(3) センチメートル級測位技術開発	14
(4) ステアリング機構およびソフトウェア検証シミュレーション	15
(5) 変形機能検証用機体	15
(6) 物理シミュレーション技術の導入	16
2. サイバニック・スマートモビリティ HW 開発	16
3. サイバニック・スマートモビリティ SW 開発	16
4. サイバニック・スマートモビリティ検証	16
4-1. 基本性能要件およびコンセプト開発	16
4-2. 実証実験計画および準備(ユーザーレビュー計画・フィールド選定等)	17
4-3. 他研究開発項目と連携した実証実験	18
5. サイバニック・スマートモビリティの社会実装に関する検討	18
III. 社会実装に向けた取組状況、社会実装及び波及効果の見込み、対外発信状況、その他	19
1. 社会実装に向けた取組状況	19
2. 社会実装及び波及効果の見込み	20
3. 対外発信状況	21
4. その他	22

# I. 背景・目的、研究開発の全体概要、工程表、実施体制、目標設定

## 1. 背景・目的

高齢化が進み人口減少が加速する現代社会において、モビリティディバイドのない社会の実現は喫緊の課題となっている。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期「スマートモビリティプラットフォームの構築」課題では、「自由に自立して安全・快適に環境・他人・まちに優しく皆が、モノが、サービスが移動できるモビリティディバイドのない社会」の実現を目指している。特に、高齢者や障害者を含むすべての人々が社会活動に参画し、協働、貢献、成長していくための基盤としてのモビリティサービスの意義は大きい。

現在、地域の公共交通サービスは乗客数の減少や運転手不足、ビジネスモデルの硬直性など多くの課題に直面している。また、物流分野においても人力に依存したシステムとなっており、持続可能性の観点から課題が山積している。加えて、個人情報活用の活用前提となるデータガバナンスや、データコミュニティの構築も急務である。さらに、道路インフラにおいても、幹線道路中心の整備が進む一方で、生活に密着した「小さな道路」(生活道路等)への対応が看過されている等、種々の問題が「戦略及び計画」で掲げられている。

こうした背景のもと、本研究開発事業「リ・デザインに資するサイバニック・スマートモビリティ」では、Society5.0時代のモビリティサービスのあるべき姿を実現する次世代型の移動体(車両)を開発し、その社会実装に向けた車両・インフラ等の要件抽出を行うことを目的としている。具体的には、高齢者や障害者を含むすべての人々が安全・安心に移動できるよう、屋外と屋内をシームレスに移動でき、エレベータ移動も可能で、屋外での物の搬送機能も併せ持つ「サイバニック・スマートモビリティ」を開発する。これにより、従来の小型モビリティにはない多機能性と利便性を実現し、公道(生活道路を含む)、私有地、建物内部といった領域を越えた移動を可能にする。さらに、都市・建物OS等との連携機能も実装することで、サイバー空間とフィジカル空間が融合した新しいモビリティの姿を提案する。

こうした取り組みを通じて、「移動する人・モノ・サービスの視点から、地域に存在する伝統的な公共交通手段に加えて、自家用車、貨物車などの広範なモビリティ資源や新しいモビリティ手段の活用を可能にするようなハードとソフト双方のインフラとこれらを包み込むまち・地域をダイナミックに一体化し、安全で環境にやさしく公平でシームレスな移動を実現するプラットフォーム(スマートモビリティプラットフォーム)構築に資する要件を抽出する」という本事業のミッションの達成を目指す。到達レベルとしては、2027年度末までにTRL:7、BRL:6、GRL:6、SRL:6、HRL:6の達成を目標とする。

## 2. 研究開発の全体概要

本事業では、「現在、種々の小型モビリティが開発されている状況であるものの、航続時間や車両重量、持ち運びのしやすさ等、社会実装に向けては技術面での課題がある」「既存の取組では、公園内通路や空港の旅客ターミナルなど、限られた用途・外部環境での利用シーンにおいては実証実験が行われているものの、あらゆる状況での利用シーンを想定した包括的な走行については、実装に向けた法的位置づけの検討やインフラの整備が十分になされていない」等の問題点を解決するため、リ・デザインを推進する新たな電動車両(サイバニック・スマートモビリティ)を開発・実証し、車両の要件を整理する。さらに、今後の社会実装に向けたモビリティ資源(広義のインフラ等)の要件の抽出を目指す。必要に応じて論文投稿等を含めた対外的な情報発信を行う。具体的には、以下の5つの実施項目に取り組む。

### ① サイバニック・スマートモビリティ仕様開発

サイバニック・スマートモビリティは、以下のスペックを有する新たな電動車両(移動体)である:

- 定員:1名(最大)

- 耐荷重: 約 100kg(+20kg 積荷、物だけの場合には 120kg)
- 走行速度: 約 0~20km/h
- 航続時間: 日常的な活用に大きな支障が出ない航続時間
- 車両重量: 乗用車等に人間が積み降ろしできる重量(目標 30kg 程度)
- その他: 折りたたみ可能、屋外と屋内をいずれも走行でき、特別な装置等をエレベータに取り付けることなく人が関与しなくても多様なエレベータを利用可能

さらに、このスペックに加えて、利用シーンに応じて以下の機能を備える:

- 移動センサ: 障害物検知(例: カメラ、LiDAR)、GPS、音圧、照度、気圧、湿度、温度情報
- SW 連携: BIM、都市 OS、建物 OS、デジタルツイン、地理情報・センサ情報等との連携
- 情報提示 IF: 集約し整理された先見情報を画像情報や音情報として搭乗者に提示
- 制御: 遠隔操作・遠隔監視、衝突防止、落下防止、緊急停止、自律的な速度制限
- オプション: 搭乗者の生理情報取得機能、生理的異常検出に安全に減速停止する機能および登録連絡先への通知機能

「基本性能要件およびコンセプト開発」と「要素技術開発」を実施し、サイバニック・スマートモビリティの仕様を定義する。

## ② サイバニック・スマートモビリティ HW 開発

HW 開発では、実証実験プロトタイプ機体を開発する前段階の取組として、移動機能(基本機能)検証用機体、および、変形機能(スイッチ操作による自動変形機能)検証用機体の開発を実施する。移動機能検証用機体の開発では、駆動部・旋回部の機能検証、各種センサの設置位置の検証、ロボットアームの開発等を実施する。旋回を可能とする駆動系の開発では、エレベータ内などの狭所で旋回できるよう各車輪ごと方向を変える機構(4WS: 4-Wheel Steering)を設計・試作する。エレベータのボタン操作を実現するロボットアームの開発では、必要な機能を満たす自由度を持つアームを設計・試作する。変形機能検証用機体開発では、乗車モード(Low/Middle/High-speed mode, Stand mode)、物の搬送モード(Cargo mode)、積み込みモード(Transfer mode)にスイッチ操作で自動で変形する機構を設計・試作する。

これらの検証用プロトタイプ機体による検証結果を踏まえ、「実証実験プロトタイプ開発」・「実証実験プロトタイプ改良」を実施する。

## ③ サイバニック・スマートモビリティ SW 開発

マニュアル操作による運転機能、屋内外自律ナビゲーション機能、仮想連結機能、車道・歩道検知機能、自動変形機能・速度制限機能・バイタル連動機能、ロボットアームによるボタン操作機能、遠隔操作・監視機能、都市 OS や建物 OS 等との連携機能など、サイバニック・スマートモビリティの制御・連携に必要なソフトウェアの開発を行う。

特に、SIP 人協調ロボティクス課題と連携し、その試作物・成果物となる小型バイタルセンサを用いて搭乗者の生理情報を取得し、モビリティとバイタルセンサを連動させる機能も実装する。これにより、搭乗者の生理状態の異常を検知した際に段階的な減速と安全停止を行い、登録された連絡先へ自動通知できる機能を実現する。

また、SW 改良および検証を継続的に実施し、各機能の安定性向上とバグ修正、ユーザビリティの改善を行う。

## ④ サイバニック・スマートモビリティ検証

ハードウェアおよびソフトウェアの各種機能を統合した車両としての基本性能を評価・検証する。

繰り返し動作試験による信頼性の確認や、搭乗者の安全性と快適性の検証、障害物の検知機能の評価や回避動作の適切性の評価等を実施する。

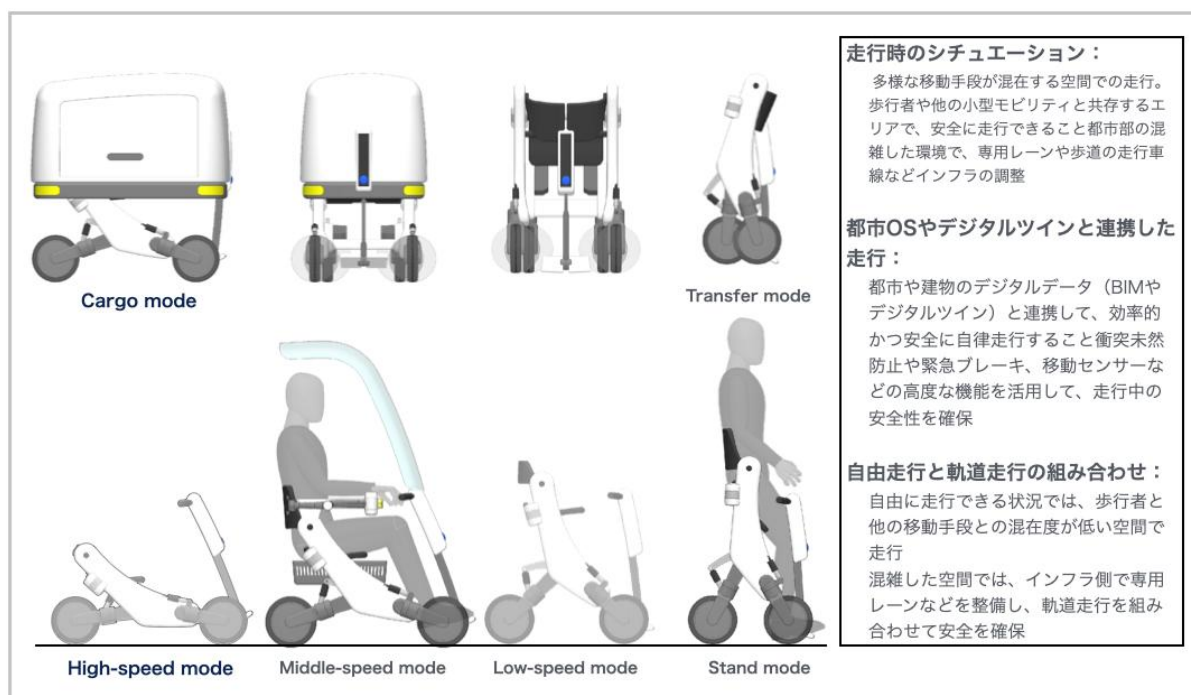
実証実験の計画および準備では、スーパーシティに選定されているつくば市内の実フィールド（CYBERDYNE つくば本社、つくば市役所、イーアスつくば（ショッピングモール）を結ぶ想定ルート）での走行実験を計画する。つくばスーパーシティの統括者である筑波大学鈴木健嗣教授と連携し、つくば研究学園都市の公共空間の実環境での技術課題について助言を得て計画を立案する。

実証実験は、サイバー空間（デジタル空間）でのシミュレーションと実環境での検証を組み合わせ、効率的に実施する。

#### ⑤ サイバニック・スマートモビリティの社会実装に関する検討

実証実験から得られたデータや知見を基に、車両の仕様および関連インフラの要件を整理する。人の移動と物の搬送の両用途に対応する車両の技術要件、および、充電設備の配置、保険制度、運行管理体制、現行の法規制等との整合や新たな法的枠組みの検討などを含む広義のインフラ要件などを抽出する。

また、当該事業による新たなコンセプトの車両の社会実装に向けた安全基準の策定や、社会実装・社会受容されやすい環境整備に資する取り組みを実施しながら、実証地域での事業モデル検証（経済性の検討・検証）を行い、サイバニック・スマートモビリティの社会実装に必要な要件を多面的に整理し、リ・デザインに資する車両、インフラ等の要件抽出を達成する。



図表 1-1. サイバニック・スマートモビリティのコンセプトイメージ

### 3. 工程表

本研究開発プロジェクトは、令和6年度下期（2024年度下期）から令和9年度（2027年度）までの約4年間を予定しており、年度ごとの主要マイルストーンは以下の通りである。

- 2024 年度(令和 6 年度):
- サイバニック・スマートモビリティの基本性能要件およびコンセプト開発
  - 要素技術開発の着手(試作用インホイールモータ、モータドライバ、サスペンション、センチメートル級測位用アンテナ、GPS/GNSS L6 処理基板等)
  - 実証実験のフィールド検討・ユーザー検討の着手
- 2025 年度(令和 7 年度):
- 要素技術開発の完了
  - 開発検証プロトタイプ(移動機能検証用機体、および、変形機能検証用機体等)を用いた機能検証
  - 実証実験プロトタイプ開発(開発検証プロトタイプでの検証結果を反映した開発)
  - SW 機能の開発(仮想連結、車道・歩道検知、自動変形、バイタル連動等)
  - フィールド検証・ユーザーレビューの実施
- 2026 年度(令和 8 年度):
- 実証実験プロトタイプ開発
  - 実環境(つくば市内)での検証開始
  - 社会実装に向けた安全基準・性能基準の検討の開始
  - ビジネスモデルの検証開始
- 2027 年度(令和 9 年度):
- 実証実験プロトタイプの改良完了
  - 実証実験データの分析完了
  - 車両および関連インフラの要件整理完了
  - 社会実装に向けた課題と解決策の整理

具体的な実施項目を含む工程表は以下の図表 I-2 の通りである。

実施項目	2024 年度		2025 年度				2026 年度				2027 年度			
	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①サイバニック・スマートモビリティ仕様開発														
1-1.基本性能要件およびコンセプト開発	→													
1-2.要素技術開発	→													
②サイバニック・スマートモビリティHW開発														
2-1.変形機能プロトタイプ開発			→											
2-2.移動機能開発			→											
2-3.ロボットアーム開発			→											
2-4.実証実験プロトタイプ開発							→							
2-5.実証実験プロトタイプ改良												→		

(実験実験プロトタイプ機体は移動機能検証用機体と変形機能検証用機体を統合した機体  
4-1. 基本性能検証と連動)

実施項目	2024年度		2025年度				2026年度				2027年度			
	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
③サイバニック・スマートモビリティSW開発														
3-1.マニュアル運転機能開発														
3-2a.屋内自律ナビゲーション基本機能開発														
3-2b.屋内自律ナビゲーション拡張機能開発														
3-3.屋外自律ナビゲーション機能開発														
3-4.仮想連結機能開発														
3-5.車道・歩道検知機能開発														
3-6.自動変形・速度制限・バイタル連動機能開発														
3-7.ロボットアームによるボタン操作機能開発														
3-8.ロボットアーム連携機能開発														
3-9.遠隔操作・監視機能														
3-10.都市・建物OS等連携機能開発														
3-11.SW改良および検証														
④サイバニック・スマートモビリティ検証														
4-1.基本性能検証 (2-4.の車両を用いた試乗でのフィールド検証、及び、ユーザーレビューを含む)														
4-2.実証実験計画および準備 (ユーザーレビュー計画・フィールド選定等)														
4-3.他研究開発項目と連携した実証実験														

実施項目	2024年度		2025年度				2026年度				2027年度			
	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
⑤サイバニック・スマートモビリティの社会実装に関する検討														
5-1.実証実験結果に基づく仕様等の改良、詳細化														
5-2.社会実装に向けた標準化の検討・提案														

図表 I-2. 工程表(実施項目、および、スケジュール)

#### 4. 実施体制

本研究開発プロジェクトは、CYBERDYNE 株式会社を中心とする産学官連携体制(研究推進法人からの委託先は CYBERDYNE 社のみ)で推進する。

主な役割分担：

CYBERDYNE 株式会社 (委託先)：

- リ・デザインに資する車両とインフラ等の要件抽出
- サイバニック・スマートモビリティのハードウェア・ソフトウェアの開発
- 実証実験の設計・実施
- 社会実装に向けた要件抽出

筑波大学 (連携・協力機関：鈴木健嗣教授)：

- つくばスーパーシティ構想との連携調整、各種協力等

WILLER 株式会社 (連携・協力機関)：

- 実証実験フィールドの選定支援
- ビジネスモデル検証における協力

- 事業展開に向けた可能性検討

その他の連携・協力機関：

- UTMS 協会コンソ：信号情報提供関連の連携（令和7年度から連携予定）
- SIP 他課題（人協調ロボティクス課題）実施機関：試作物・成果物等の試用協力

## 5. 目標設定

本研究開発プロジェクトにおける目標設定と達成基準は以下の通りである。

SIP 期間中の最終目標(2027 年度末時点)：

- リ・デザインに資するサイバニック・スマートモビリティの車両およびインフラ等の要件抽出の完了
- 成熟度レベル:TRL7(実運用環境下での実証完了)、BRL6(事業モデルの実証)、GRL6(導入計画策定)、SRL6(普及計画策定)、HRL6(実施計画策定)の達成

各開発項目における KPI:

① サイバニック・スマートモビリティ仕様開発:

- 基本性能要件および機能要件の策定
- 要素技術の実施

② サイバニック・スマートモビリティ HW 開発:

- 車両重量:30kg 以下
- 車両サイズ:1,000mm×600mm×850mm 程度(折りたたみ時はさらにコンパクト)
- 変形機能:乗車モード、物の搬送モード、積み込みモードの変形が可能
- 旋回機能:エレベータ内(幅 1.5m 程度)での旋回が可能
- ロボットアーム機能:エレベータのボタン操作が可能

③ サイバニック・スマートモビリティ SW 開発:

- マニュアル操作による運転機能の実現
- 屋内外自律ナビゲーション機能の実現
- 都市 OS・建物 OS 等との連携機能の実現等

④ サイバニック・スマートモビリティ検証:

- 基本安全性の確認
- 実証実験計画(フィールド・ユーザー)の策定と実施

⑤ サイバニック・スマートモビリティの社会実装に関する検討:

- 法的位置づけの検討
- 安全基準の策定
- 社会実装に向けた課題の抽出

2024 年度(令和6年度)の達成目標(提案・計画としての本年度末までに達成すべき目標)：

- サイバニック・スマートモビリティの基本コンセプト確立
- 開発検証プロトタイプ(移動機能検証用機体、および、変形機能検証用機体)の基本性能要件の策定

- 要素技術開発の実施
- 実証実験のフィールド検討・ユーザー検討の着手
- 成熟度レベル:TRL3~4(要素技術の基本的な機能・性能の実証)、BRL3(事業モデルの仮説検証)、GRL2~3(求める性質の整理と評価)、SRL2~3(施策の検証)、HRL3(人材要件の検証)の達成

## II. 令和 6 年度(2024 年度)成果・進捗状況(含: XRL、KPI)

### 1. サイバニック・スマートモビリティ仕様開発

#### 1-1. 基本性能要件およびコンセプト開発

サイバニック・スマートモビリティは、高齢者や障害者を含む多様な利用者が安全・安心に移動できるパーソナルモビリティとして位置づけ、本年度の取り組みとして以下のコンセプトを開発した。

コンセプト：

- 物理的境界（屋外/屋内、階層間）を越える
- 利用者の境界（高齢者、障害者、健常者）を越える
- 用途の境界（人の移動、物の搬送）を越える
- サイバー空間とフィジカル空間の境界を越える（都市・建物 OS 等連携、シミュレーション活用）

このコンセプトの実現に向けて、以下の基本性能要件を定めた。

基本性能要件：

- 定員：1 名（最大）
- 耐荷重：約 100kg（+20kg 積荷、物だけの場合には 120kg）
- 走行速度：約 0～20km/h
- 航続時間：日常的な活用に大きな支障が出ない航続時間（20km 程度）
- 車両重量：30kg 以下（乗用車等に人間が積み降ろし可能）
- 車両サイズ：1,000mm×600mm×850mm 程度
- その他：折りたたみ可能、屋外と屋内をいずれも走行可能、特別な装置等をエレベータに取り付けることなく人が関与しなくても多様なエレベータを利用可能

これらの基本性能要件は、既存の小型モビリティの分析結果に基づいて設定した。以下の表に現在の主な小型モビリティの特性比較を示す。

名称および類型	外観	製造元	主な仕様	制限や安全面の取り扱い	法制度の位置づけ
e-FREE 01 荷物カゴ付き電動2輪車（車輪を回転させるペダルがないタイプの電動自転車）		株式会社 カーメイト	重量: 22kg, サイズ: 展開時 - 全長1250×全幅570×全高1020mm, 折りたたみ時 - 全長1250×全幅320×全高620mm, 航続距離: 最大30km, 最高速度: 約20km/h, 耐荷重: 最大85kg	耐荷重が85kgまで。重量が22kgとやや重い。車への積み込みには工夫が必要。2輪車であるため転倒しないように運転する運転技術が必要。	(特例)特定小型原動機付自転車の法規制に従う。
ELEMOs4MAX 電動4輪車（座って乗る4輪の特定小型原動機付自転車）		ELEMOs 合同会社	重量: 53kg, サイズ: 全長1150×全幅590×全高1110mm, 航続距離: 最大40km, 最高速度: 約20km/h, 耐荷重: 最大120kg	車への積み込みには工夫が必要。	(特例)特定小型原動機付自転車の法規制に従う。
SCOO XT（立ち乗り型） 4輪の移動用小型車		株式会社 キュリオ	重量: 31kg, サイズ: 全長980×全幅550×全高1180mm, 航続距離: 最大13km, 最高速度: 約5.5km/h, 耐荷重: 最大100kg	立ち乗り型のハンドルは折りたたみ可否は不明（座り乗り型は折りたたみが可能）	特定小型原動機付自転車（キックボード）と形状が類似しているが移動用小型車に分類され、道交法上は「歩行者」の扱い。
WHILL Model S 電動シニアカー（ハンドル型の電動車いす）		WHILL 株式会社	重量: 67kg, サイズ: 全長1190×全幅640×全高920mm, 航続距離: 最大33km, 最高速度: 約6km/h, 耐荷重: 100kg	車への積み込みには工夫が必要。	身体障害者用の車の法規制に従う。道路交通法上の歩行者として扱われるため、ナンバープレートは不要・自賠責加入も不要。
COMS 第一種原動機付自転車（ミニカー）		トヨタ車体 株式会社	重量: 420kg, サイズ: 全長2395×全幅1095×全高1500mm, 航続距離: 最大57km, 最高速度: 約60km/h, 最大積載量: 45kg(1人乗りP-COM)	自動車専用道路や高速道路は通行できない。	道路交通法上の普通自動車、道路運送車両法上の第一種原動機付自転車に該当し、これに応じた法規制に従う。
リ・デザインに資する本事業の移動体（コンセプトイメージ） （現時点では存在していない分類となる可能性も含む）		CYBERDYNE 株式会社	重量: 約30kg, サイズ: 全長約1,000×全幅約600×全高約850, 航続距離: 最大約20km, 最高速度: 約20km/h, 耐荷重: 約100kg(+20kg積載, 物だけの搬送では120kg)	新たな分類の移動体となる可能性があるため、普及に向けた社会受容性を高める取り組みが必要。	(公募要領より) 関連する可能性のある道路交通法、道路運送車両法、軌道法等との整合性をふまえながら[...]、新たな分類を創設することも含め[...]位置づけを明確化することが必要

図表 III-1. 比較表

本事業では、上記の比較分析結果から、既存の小型モビリティにはない特長として、特に以下の点を重視したコンセプト開発を行った。

1. 多様な環境への対応： 屋外と屋内の双方を走行可能とし、エレベータ利用も可能とすることで、シームレスな移動体験を実現
2. 用途の拡張： 人の移動と物の搬送の両方に対応することで、活用シーンを拡大
3. デジタル連携： 都市・建物OS等との連携により、スマートシティインフラの一部として機能
4. 搭乗者の生理情報モニタリング： サイバニクス技術を活用し、利用者の生理情報をリアルタイムでモニタリングして安全性を向上

また、上記のコンセプト・基本性能要件を満たすために必要となる HW・SW の技術開発内容について下記の通り検討を進めた。

変形機能：

サイバニクス・スマートモビリティの多機能性を実現するため、以下の 6 つのモードに変形可能な機構（図表 I-1）とするコンセプトを設計した。

1. Low-speed mode： 歩行者空間（歩道等）での走行モード
2. Middle-speed mode： 自転車道等での中速走行モード
3. High-speed mode： 車道等での高速走行モード
4. Stand mode： 立ち乗りモード
5. Cargo mode： 物の搬送モード

## 6. Transfer mode : 車両への積み込みモード

これらのモードは、車高の調整と座席の配置変更により実現する設計とした。特に、Middle-speed mode、High-speed mode ではシート高を低くすることでユーザーの重心を低く保ち、安定性を向上させる設計とした。また、物の搬送モード (Cargo mode) では、荷物の固定が容易な構造とし、120kg までの荷物を安全に搬送できるようにする。

### その場旋回機能 :

サイバニック・スマートモビリティはエレベータ内などの狭所での旋回が求められるため、4WS (4-Wheel Steering) 方式を採用し、各車輪ごとに方向を変えられる機構とする。この機構により、従来の三輪・四輪型の小型モビリティでは困難だった超信地旋回 (その場での旋回) が可能となり、エレベータ内 (幅 1.5m 程度) での方向転換が実現できる。

### ロボットアーム機能 :

エレベータのボタン操作を可能にするため、着脱可能なロボットアームを設計する。このアームは、多関節機構により各階へのボタンや開ける・閉めるボタンの操作に対応できる設計とする。また、不使用時には車体に収納できる構造とし、携帯性も考慮する。アームの端部にはカメラを搭載し、ボタンの位置を認識してピンポイントの操作を可能とする設計とする。

### センシング技術 :

安全性と自律走行機能を実現するため、以下のセンサ類を統合した設計を行う。

- LiDAR : 障害物検知、自己位置推定
- カメラ : 周囲環境認識、標識・信号認識
- GPS : 屋外での位置推定
- IMU (慣性計測ユニット) : 姿勢・加速度・角速度検出
- 環境センサ : 温度、湿度、気圧、照度等の検出
- バイタルセンサ : 搭乗者の生理情報計測 (オプション)

これらのセンサ情報を統合処理することで、周囲環境の正確な把握と安全・安心な走行を実現する設計とする。

### 通信技術 :

都市・建物 OS 等との連携および遠隔操作・監視を実現するため、以下の通信機能を実装する設計を行う。

- 5G/LTE : モバイルネットワーク経由での高速通信
- Wi-Fi : 固定ネットワークでの通信
- Bluetooth : 搭乗者のスマートフォン等との連携
- 近距離無線通信 : 信号機や路側インフラとの通信 (必要に応じて)

これらのセンサ・通信モジュールは統合制御基板に接続され、制御される設計となっている。特に、リアルタイム性が求められる障害物検知や自己位置推定などの処理は GPU など専用のプロセッサで行うことで、処理の安定性を確保する設計とする。

特に、V2N (Vehicle to Network) 方式による交通信号情報の取得機能について、UTMS 協会コンソとの連携により、研究開発テーマ「V2N 方式による汎用的な交通信号情報提供プラッ

トフォームに関する研究開発」の成果を活用できればと想定している。

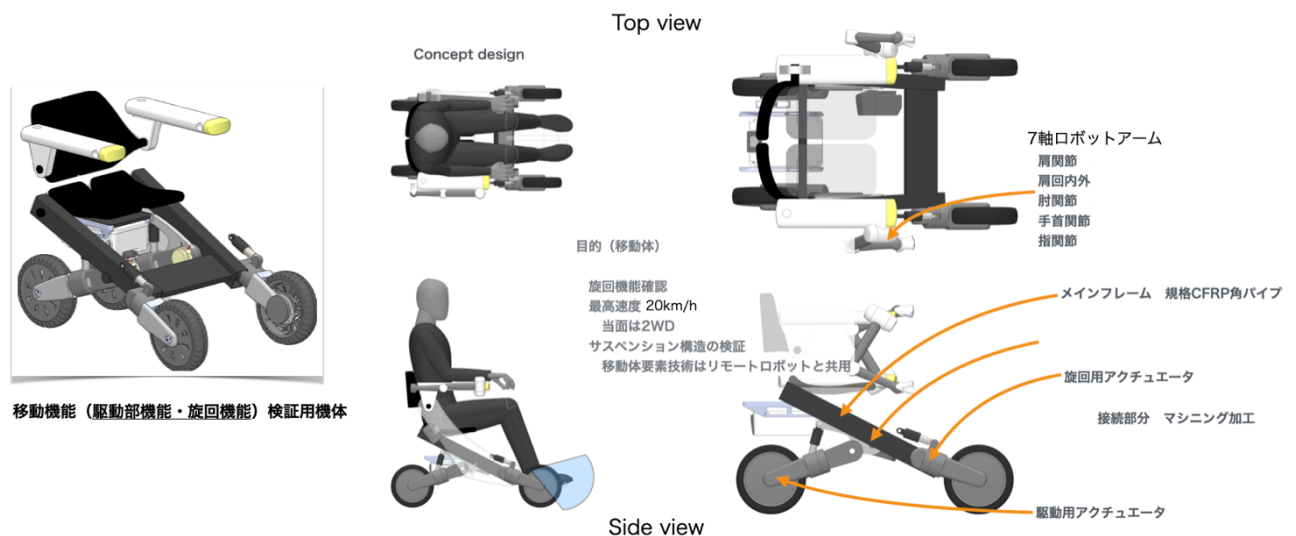
上記より、これらサイバニック・スマートモビリティの開発検証プロトタイプ（移動機能検証用機体、および、変形機能検証用機体）のコンセプト設計を実施した。

## 1-2. 要素技術開発

コンセプトに基づき、以下の要素技術の開発を進めた（要素技術開発は令和6年度および令和7年度の実施項目）。

### (1) 要素技術としての基本性能要件開発・コンセプト開発(移動機能検証用機体)

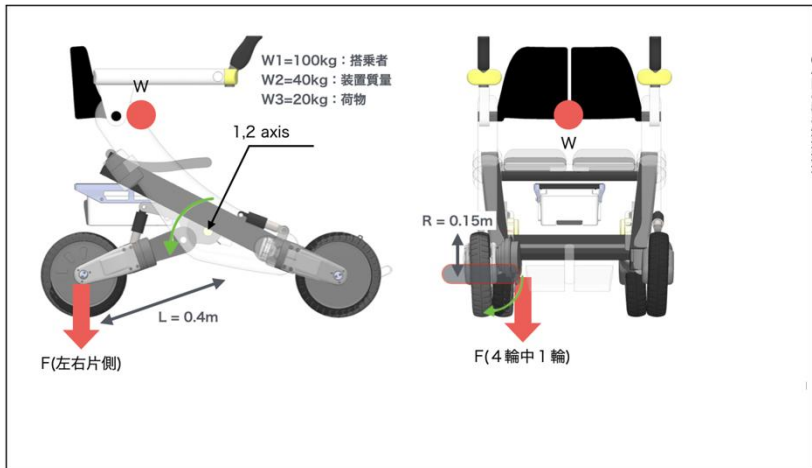
移動機能(駆動部および旋回機能)の検証用試作機体の開発を本年度実施した。この試作機は、最高速度 20km/h を想定している。地面上・近距離・機体高さ付近の障害物検知能力向上を目指し、LiDAR およびカメラ等のセンサ配置を検討した。手動での変形(ハイスピードモードからスタンディングモードへの形態変更)による旋回機能の確認は来年度の実施予定であり、本年度はこの移動機能検証用機体の設計を実施した。



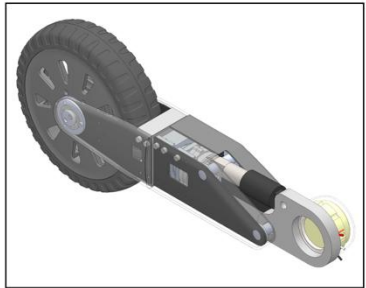
図表 III-2. 移動機能検証用機体

### (2) モータ出力検討およびサスペンションの開発

移動機能(最高速度 20km/h での移動)の担保を目的として、モータの出力性能評価およびサスペンションの開発を実施した。坂道などの高負荷環境に対応するため 600W×2 基での駆動輪配置を検討し、600W の試作用インホイールモータ(駆動輪用)を開発した。モータドライバは 1kW 出力対応型を試作した。



モータ出力の検討

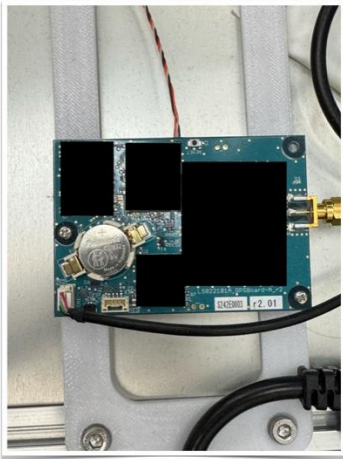


サスペンション開発

図表 III-3. モータ出力検討およびサスペンション開発

(3) センチメートル級測位技術開発

精密な測位を可能にするため、センチメートル級測位アンテナ(×2 個)からの GPS/GNSS L6 信号の処理基板を開発した。この基板は位置情報(緯度・経度・標高)および速度データの高精度処理を可能とするものである。



処理基板 (L6帯信号処理/緯度・経度、標高、速度等)

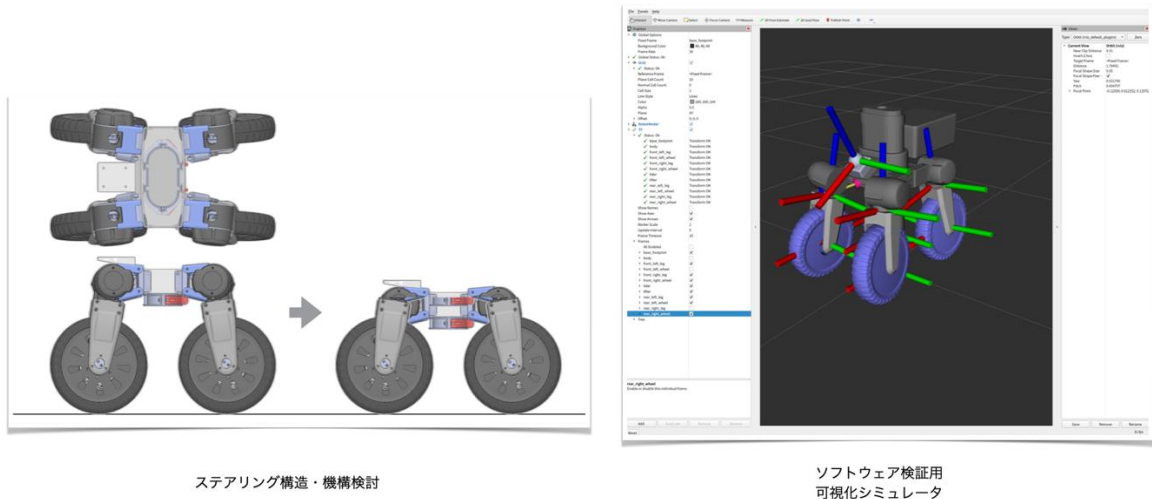


GPS/GNSSアンテナ

図表 III-4. センチメートル級測位アンテナ信号処理基板およびアンテナ

#### (4) ステアリング機構およびソフトウェア検証シミュレーション

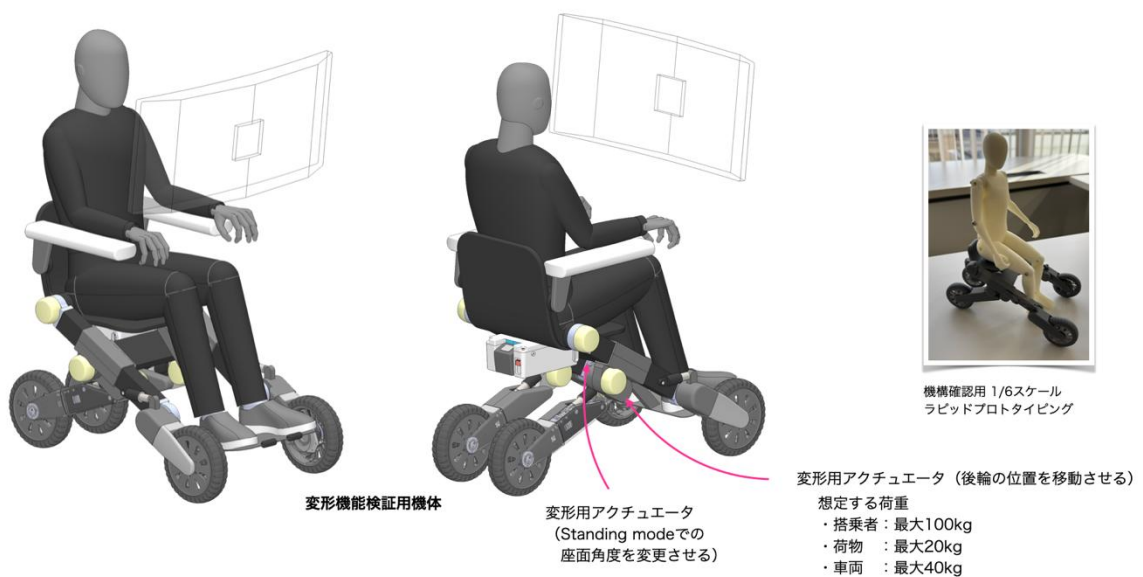
安全かつ効率的な移動制御を目指し、ステアリング機構の詳細設計を進めるとともに、ソフトウェアの挙動を可視化するシミュレータを導入し、実環境での制御アルゴリズムの事前検証を行った。



図表 III-5. ステアリング機構およびソフトウェア検証用可視化シミュレータ

#### (5) 変形機能検証用機体

変形(車両形状変化)を可能にするため、1/6スケールのラピッドプロトタイピングモデルを用いた機構確認を実施した。特に後輪位置を調整するアクチュエータと、座面角度を変更可能なアクチュエータの配置や性能の計算機内での検証を実施した。搭乗者重量は最大100kg、荷物積載重量は最大20kg、車両重量は機能検証のために最大40kgを想定し、変形機構が機能するよう設計した。



図表 III-6. 変形機能検証用機体

## (6) 物理シミュレーション技術の導入

実際の機体試験に先立ち、Gazebo および ROS2 を利用した物理シミュレータを構築した。このシミュレータは床との摩擦、段差乗り越え性能、制動距離、実トルクに基づく機体変形動作の精度を検証するための基礎検証環境として重要な役割を果たす。



物理シミュレータ (Gazebo, ROS2) : 床との摩擦、乗り越え段差、制動距離等の検証や、実トルクでの変形機能の確認等

図表 III-7. 物理シミュレータ

### XRL 評価

サイバニック・スマートモビリティ仕様・要素技術開発の成熟度レベルを以下の通り評価した。

TRL (技術成熟度レベル) : 3~4

基本コンセプトの実現可能性検証と要素技術の基本設計を完了した段階である。要素技術の機能・性能の基本的な部分については、シミュレーションや部分モックアップにより検証を行い、技術的な実現可能性を確認した。

#### 2. サイバニック・スマートモビリティ HW 開発

工程表の通り、2024 年度の実行計画が無いため割愛。

#### 3. サイバニック・スマートモビリティ SW 開発

工程表の通り、2024 年度の実行計画が無いため割愛。

#### 4. サイバニック・スマートモビリティ検証

##### 4-1. 基本性能要件およびコンセプト開発

工程表の通り、2024 年度の実行計画が無いため割愛。

## 4-2. 実証実験計画および準備(ユーザーレビュー計画・フィールド選定等)

サイバニック・スマートモビリティの実証実験に向けて、実験計画の策定とフィールドの選定を実施した。実証実験は、開発した技術の有効性検証だけでなく、社会実装に向けた課題抽出と解決策の検討を目的としている。

実証フィールドの選定:

実証実験を行うフィールドとして、以下の2箇所を選定した。

### 1. CYBERDYNE つくば本社および周辺エリア:

- 目的: 屋内外シームレス移動、エレベータ利用、物の搬送機能等の基本性能検証
- 特徴: 管理された私有地環境であり、初期的な実証に適している
- 実施項目: 基本移動機能試験、変形機能試験、自律走行試験、エレベータ連携試験等

### 2. つくば市役所および周辺施設:

- 目的: 公共施設・屋外・周辺施設(ショッピングモール)内を通じたマニュアル運転(障害物検知機能あり)、および、自律走行、高齢者・障害者の搭乗者による移動支援等の実用性検証
- 特徴: 公共施設内部と屋外、および、周辺施設を含み、実際の利用シーンを想定した検証が可能
- 実施項目: 施設間移動試験、高齢者・障害者による評価試験、荷物搬送試験

これらのフィールドを結ぶルートを含め、つくば市内での包括的な実証実験を計画している。特に、つくばスーパーシティの統括者である筑波大学鈴木健嗣教授との連携により、スーパーシティ構想と整合する形での実証実験を計画する予定である。

ユーザーレビュー計画:

サイバニック・スマートモビリティの社会受容性と使いやすさを評価するため、以下のユーザーレビュー計画を策定した。

### 1. 高齢者・障害者向けユーザーレビュー:

- 対象: 高齢者施設入居者、施設介護従事者等
- 方法: 実機を用いたデモンストレーションと試乗、アンケート・インタビュー調査
- 評価項目: 乗り心地、操作性、安心感、利便性、改善希望点、施設内運営の課題、導入メリット等
- 実施時期: 2026年度第3四半期を予定

高齢者による評価に先立って、当該高齢者が入居する施設の職員による事前評価を行い、安全性と適切な利用方法の確認を行う。

実証実験の準備について:

実証実験に向けて、以下の準備を進めていくことを計画した。

### 1. 許認可関係:

- つくば市との協議を実施し、公共空間での実証実験に必要な許可申請を行う
- 法的位置づけの明確化に向けて関係省庁との協議を行う

### 2. 設備・環境整備:

- つくば市役所、イーアスつくば、高齢者施設等との実証実験協力体制を構築する

### 3. 評価方法の整備:

- 技術的検証項目の評価指標と測定方法の策定
- 社会的検証項目の評価方法(アンケート、インタビュー等)の設計
- ビジネス的検証項目の評価方法の構築

令和 6 年度は、2026 年度からのつくば市内での本格的な実証実験を想定し、必要となる検討を進めた。実証実験では、実験実験プロトタイプ機体を用いて、屋内外シームレス移動、エレベータ利用による階層間移動、物の搬送機能等、要求性能を満たすことができるかの検証を実施する計画である。

### XRL 評価

実施項目:サイバニック・スマートモビリティ検証の現時点での成熟度レベルは以下の通り評価した。

BRL(ビジネス成熟度レベル):3

事業モデルの仮説を立てている段階である。2026 年度の実証実験における初期ユーザーフィードバックを通じて、BRL3~4 への向上を目指している。

GRL(ガバナンス成熟度レベル):2~3

制度に求める性質の整理と既存制度の確認等を実施している段階である。特に、サイバニック・スマートモビリティの法的位置づけの整理と、実証実験に必要な許認可要件の検討等を進めている。

SRL(社会受容性成熟度レベル):2~3

利用者の理解度や受容性を高めるための施策に関する仮説を立て、初期的な検証準備を進めている段階である。2026 年度の実証実験におけるユーザーレビューを通じて、SRL3~4 への向上を目指している。

HRL(人材成熟度レベル):3

必要となる人材のスキル要素の仮説検証を行っている段階である。特に、サイバニック・スマートモビリティの運用・メンテナンスに必要な要件を整理していく。

### 4-3. 他研究開発項目と連携した実証実験

2026 年度に予定する実証実験の実施項目であり、2024 年度の実証実験が無いため割愛。

## 5. サイバニック・スマートモビリティの社会実装に関する検討

工程表の通り、2024 年度の実証実験が無いため割愛。

### III. 社会実装に向けた取組状況、社会実装及び波及効果の見込み、対外発信状況、その他

#### 1. 社会実装に向けた取組状況

サイバニック・スマートモビリティの社会実装に向けて、以下の取組を進めている。

##### 実証実験の準備・推進：

前述の実証実験計画に基づき、つくば市内での実証実験を行うことを計画する予定である。まずは、CYBERDYNE 本社内での初期的な機能検証を開始しており、2026 年度からの本格的な実証実験に向けた準備を着実に進める。また、実証実験に必要な許認可取得に向けて、つくば市および関係省庁との協議を行う。

##### 法的位置づけの検討：

サイバニック・スマートモビリティの法的位置づけについて、経済産業省、国土交通省、警察庁等との協議を行う想定をしている。特に、関連法令等における位置づけの明確化と、実証実験段階でスーパーシティ特区制度の活用可能性についても検討を進める。現時点では、サイバニック・スマートモビリティは、新たな分類の創設も視野に入れた検討が求められるのではないかと想定している。

##### 事業推進のための外部組織との連携：

サイバニック・スマートモビリティの社会実装に不可欠な外部組織との連携は必須であると考えている。特に、WILLER 株式会社との事業化に向けた検討、UTMS 協会コンソとの交通信号情報連携について具体的な協議を実施する予定である。また、つくば市内の公共施設、商業施設等との実証実験協力体制の構築も実施する予定である。

##### 環境整備活動：

サイバニック・スマートモビリティの社会実装を促進するための環境整備活動として、以下の取組を行う。

##### 1. 技術標準化：

- 当該新型モビリティが新たなカテゴリーの認証制度が必要となる場合には、これの整備に向け、国際会議などに知見を提供し、実証で得たデータに基づいて、安全性等に関する規格作りを支援し、社会実装・社会受容されやすい環境整備に資する取り組みを実施する。
- 必要に応じ、モビリティと都市・建物 OS 間の通信のインターオペラビリティの策定への貢献

##### 人材育成：

サイバニック・スマートモビリティの社会実装に必要な人材育成として、以下の取組を行う。

##### 1. 開発人材の育成：

- ハードウェア開発、ソフトウェア開発、システム統合等の専門人材の育成

##### 2. 運用人材の育成：

- 実証実験を通じた運用ノウハウの蓄積と標準化
- 運用管理者、保守点検者等の育成プログラムの検討（外部組織とも連携し実施を想定）

##### 3. サポート人材の育成：

- 利用者向け講習会の実施と講師人材の育成
- 高齢者・障害者向けサポート体制の構築と人材育成

これらの人材育成を通じて、サイバニック・スマートモビリティの社会実装を担う人材基盤の強化を

図る。

## 2. 社会実装及び波及効果の見込み

サイバニック・スマートモビリティの社会実装による波及効果として、以下を見込んでいる。

市場展開の見込み：

サイバニック・スマートモビリティの市場展開について、以下の計画を策定している。

### 1. 国内市場：

- 2027 年度(SIP 期間終了時点)：国内シェア 0.5%(約 4,884 百万円市場の 0.5%)
- 2028 年度(終了後 1 年目)：国内シェア 1.0%(約 5,372 百万円市場の 1.0%)
- 2032 年度(終了後 5 年目)：国内シェア 3.0%(約 7,865 百万円市場の 3.0%)

### 2. 海外市場：

- 2027 年度(SIP 期間終了時点)：海外シェア 0.1%(約 537,246 百万円市場の 0.1%)
- 2028 年度(終了後 1 年目)：海外シェア 0.2%(約 590,071 百万円市場の 0.2%)
- 2032 年度(終了後 5 年目)：海外シェア 0.6%(約 864,878 百万円市場の 0.6%)

市場展開の初期段階では、国内市場特にスマートシティ指定都市や高齢化が進む地方都市を中心に展開し、実績を積み上げた上で海外市場への本格展開を図る計画(事業化計画書での計画)である。海外市場については、高齢化が進む先進国(欧州、アジア等)を中心に展開を図りつつ、ASEAN など新興国市場への展開も視野に入れている。

社会的波及効果：

サイバニック・スマートモビリティの社会実装による社会的波及効果として、以下を見込んでいる。

### 1. 高齢者・障害者の移動支援：

- 高齢者・障害者の外出機会の増加による社会参加の促進
- 介護負担の軽減による社会コストの削減
- QOL(生活の質)向上による健康寿命の延伸

### 2. 交通安全の向上：

- 高齢ドライバーの自動車運転から当該モビリティへの転換による交通事故削減
- 先進センシング技術による歩行者保護と事故防止
- リスクの早期検知による事故の未然防止効果

### 3. 地域活性化：

- 地方都市・過疎地域における移動手段の確保
- 観光地における移動支援による観光振興
- 地域コミュニティの活性化と社会的包摂の促進

### 4. 環境負荷の軽減：

- 自動車利用の削減による CO2 排出量の削減
- 環境に配慮した持続可能な移動手段の普及

技術的波及効果:

サイバニック・スマートモビリティの開発・社会実装を通じた技術的波及効果として、以下を見込んでいる。

1. モビリティ技術(新たなコンセプトの車両)の発展:

- 変形機能を有する次世代モビリティの技術基盤の確立
- 屋内外シームレス移動を実現する測位・ナビゲーション技術の進化
- 4WS等の高度な操縦性を実現する小型モビリティ技術の普及

2. サイバックス技術の発展:

- 人・AI・ロボットの融合による次世代モビリティの発展
- 生体情報センシングと連動した移動体の安全制御技術の進化

3. スマートシティへの貢献:

- モビリティとインフラの連携による都市OSの発展
- 動くセンサであるモビリティからの情報が集約されたデジタルツインを活用した都市計画・交通計画手法の進化
- データ駆動型の都市サービス創出基盤の構築

これらの技術的波及効果を通じて、我が国の次世代モビリティ技術の国際競争力強化と、スマートシティ・スーパーシティ構想の実現加速にも貢献可能であると想定している。

### 3. 対外発信状況

サイバニック・スマートモビリティの研究開発成果の対外発信として、以下の活動を行っている。

- 2025年2月開催の「LEAP 2025」(リヤド、サウジアラビア)にて、サイバニック・スマートモビリティを含む「Cybernic City: An innovative future where Humans and AI-Robots live in Health & Harmony」をテーマとした講演を実施。

発表者	所属	タイトル	イベント名	発表年月	備考
Yoshiyuki Sankai	CYBERDYNE, Inc., / Institute of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba, / SIP, Cabinet Office of Japan	Cybernic City: An innovative future where Humans and AI-Robots live in Health & Harmony	LEAP 2025	2025年2月	サウジアラビアにて開催された、グローバルテック展示会「LEAP 2025」(2025年2月9日～12日)のスマートシティセッションにおいて、当該サイバニック・スマートモビリティの取り組みを含むサイバックスによるイノベーションの情報発信を行った。

対外発表を通じて、サイバニック・スマートモビリティの技術的新規性と有用性を社会に発信し、スマートシティ関連のコミュニティとの連携強化を図った。

## 4. その他

他の SIP 課題との連携:

サイバニック・スマートモビリティの研究開発において、他の SIP 課題との連携を積極的に進めている。

・SIP 人協調ロボティクス課題との連携:

- 小型バイタルセンサを用いた生理情報モニタリング機能の連携開発

連携を通じて、SIP 課題間のシナジー効果を最大化し、当課題のミッション達成への貢献を目指している。

知財戦略:

サイバニック・スマートモビリティの研究開発成果の保護と活用のため、以下の知的財産戦略を進めている。

1. 特許出願戦略:

- 変形機能、4WS 機構、自律走行システム等に関する特許出願準備
- 国内出願に加え、市場性の高い海外(米国、欧州、アジア等)への出願計画

2. オープン・クローズ戦略:

- コア技術(モータ設計、ドライバ設計、制御アルゴリズム等)はクローズ戦略
- インターフェース部分(API、通信規格等)はオープン戦略により普及促進

これらの知的財産戦略を通じて、サイバニック・スマートモビリティの技術的優位性の確保と社会実装の加速を両立する計画である。

SIP 終了後の計画:

SIP 終了後のサイバニック・スマートモビリティの研究開発と社会実装の継続・事業化に向けて、以下の取り組みを想定している。

1. 研究開発の継続:

- CYBERDYNE 自社予算による継続的な研究開発の実施
- 他の公的研究資金の獲得による発展的研究の推進
- 企業間連携・産学連携による共同推進体制の構築

2. 事業化の推進:

- 2028 年度からのプレ量産モデルの販売開始を目指した計画の策定
- 初期市場として高齢者施設、商業施設等の業務用途を重点的に開拓
- 段階的な市場拡大と製品ラインナップの拡充

3. エコシステムの構築:

- 関連サービス事業者(保守、運用支援、教育等)との連携体制の構築
- 地域の社会実装パートナー(自治体、地域企業等)との協力関係の確立
- 継続的な HW・SW の改良とサービス拡充を可能とする新モビリティの事業者コミュニティ形成

これらの事業継続計画を通じて、SIP 終了後も持続的な研究開発と社会実装を進め、サイバニッ

ク・スマートモビリティの社会的・経済的価値を最大化する計画である。