

**研究評価委員会**  
**「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」(終了時評価) 分科会**  
**議事録及び書面による質疑応答**

日 時：2025年12月19日（金）13:00～16:50

場 所：NEDO川崎本部2101～2103会議室（オンラインあり）

出席者（敬称略、順不同）

＜分科会委員＞

分科会長	倉爪 亮	九州大学 大学院システム情報科学研究院 教授
分科会長代理	長谷川 泰久	東海国立大学機構 名古屋大学 未来社会創造機構 ナノライフシステム研究所 所長/教授
委員	有木 俊博	アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社 パートナー
委員	國土 晋吾	一般社団法人 TX アントレプレナーパートナーズ 代表理事
委員	田中 真美	東北大学 大学院医工学研究科 医工学専攻 教授
委員	富永 誠	株式会社ヒロテック neXt 事業部 FA システム部 部長
委員	山下 淳	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 人間環境学専攻 教授

＜推進部署＞

高田 和幸	NEDO AI・ロボット部 部長
土井 浩史	NEDO AI・ロボット部 チーム長
細谷 克己(PM)	NEDO AI・ロボット部 統括調査員
三浦 一幸(PM)	NEDO AI・ロボット部 主査
齊藤 洋和	NEDO AI・ロボット部 主査
渡会 岳	NEDO AI・ロボット部 主事
佐藤 知正	NEDO AI・ロボット部 アドバイザー
杉村 正史	NEDO AI・ロボット部 専門調査員
芝田 兆史	NEDO AI・ロボット部 主査
西尾 勇佑	NEDO AI・ロボット部 主任
安江 麻帆子	NEDO AI・ロボット部 主事

＜実施者＞

原田 研介(PL)	大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授
横小路 泰義(SPL)	神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 教授
遠藤 玄(SPL)	東京科学大学 教育研究組織 工学院 教授
榎原 伸介	ROBOCIP 理事長
泉田 直樹	ROBOCIP 研究部 部長
馬場 裕康	ROBOCIP 株式会社デンソー 社会イノベーション事業開発統括部 先進自動化開発課 課長
蓮沼 仁志	ROBOCIP 川崎重工業株式会社 技術開発本部 システム技術開発センター システム基盤技術開発部 特別主席研究員
武原 純二	ROBOCIP 三菱電機株式会社 FA システム事業本部 機器事業部 ロボット・センサ部 Chief Expert

東島 勝義 パナソニック ホールディングス株式会社 総括担当

<オブザーバー>

武藤 圭亮	経済産業省 ロボット政策室 室長補佐
梁島 拓郎	経済産業省 ロボット政策室 室長補佐
山本 知宏	経済産業省 ロボット政策室 調査員
野地 俊紀	経済産業省 ロボット政策室 係長
工藤 さやか	経済産業省 商務・サービスグループ物流企画室 室長補佐
谷本 旭	経済産業省 商務・サービスグループ物流企画室 係長
小仁所 直輝	経済産業省 商務・サービスグループ物流企画室 係長
山中 悠揮	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐
金子 貴光	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課
三浦 ヨヒアム	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課
堀 宏行	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐
根上 友美	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐
木村 貴之	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課
白木 茜	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 係長
菱本 貴康	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 研究開発専門職
柴尾 優一	経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課

<評価事務局>

薄井 由紀	NEDO 事業統括部 研究評価課 課長
松田 和幸	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
中島 史夫	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員

議事次第

(公開セッション)

1. 開会
2. プロジェクトの説明・詳細説明
  - 2.1 プロジェクトの説明
    - 2.1.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
    - 2.1.2 目標及び達成状況
    - 2.1.3 マネジメント
  - 2.2 プロジェクトの詳細説明
  - 2.3 質疑応答

(非公開セッション)

3. プロジェクトの補足説明
  - 3.1 研究開発項目①～④要素技術に係る基礎・応用研究
  - 3.2 研究開発項目⑤自動配送ロボットによる配送サービス実現
4. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

5. まとめ・講評
6. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

### 1. 開会、出席者紹介

・開会宣言（評価事務局）

・出席者の紹介（評価委員、評価事務局、推進部署）

【倉爪分科会長】 分科会長を仰せつかりました九州大学の倉爪と申します。専門はフィールドロボット、あるいはXRなどのシステムになります。よろしくお願ひいたします。

【長谷川分科会長代理】 分科会代理を拝命しました名古屋大学の長谷川と申します。私自身の専門分野は、人支援であるとか遠隔操作のロボットの研究になります。今日はよろしくお願ひします。

【有木委員】 アーサー・ディ・リトルジャパン(ADL)の有木と申します。ロボットに関わる事業技術戦略を見ております。今日はどうぞよろしくお願ひいたします。

【國土委員】 TXアントレプレナーパーナーズの代表をしております國土です。私のもともとの専門は半導体ですが、弊社ではあらゆるディープテックの支援をやっております。よろしくお願ひいたします。

【田中委員】 東北大学の医工学研究科の田中と申します。工学研究科も兼任しており、ロボティクス専攻の教授をしております。専門は医療福祉工学分野ということで、特に触診のロボット、センサシステムなどに従事しております。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

【富永委員】 株式会社ヒロテックのFAシステム部を担当しております富永と申します。弊社はロボットを活用して手作業の生産活動を自動化するシステムインテグレーターを一つの事業としてやっている企業です。自動車業界、非自動車業界を含め様々な自動化に携わっております。今日は、そういう立場から評価をさせて頂きたいと思いますので、よろしくお願ひいたします。

【山下委員】 東京大学の山下と申します。私はセンシングを中心としたロボットに興味を持っており、その研究を進めております。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

### 2. プロジェクトの説明・詳細説明

(1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料3-1に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

(2) プロジェクトの詳細説明

PLより資料3-2に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【倉爪分科会長】 御説明ありがとうございました。

それでは、ここからは事業全体についての質疑応答となります。意義・アウトカムの達成までの道筋、目標及び達成状況、マネジメントに関する御意見、御質問等をお受けします。長谷川委員お願ひします。

【長谷川分科会長代理】 名古屋大学の長谷川です。まず、配送ロボットについて質問します。事前の質問において別の委員から質問されていたと思いますが、1人で10台以上達成できたとの報告がありました。実際にはサポート員であるとか、それはよいとしても、実際には「10台できた」というのは、恐らく同時という話ではなく、例えば15台であればどうなるのかというと、多分稼働率は下がってくると思うのです。要するに、様々な人が介入しなければいけない頻度は、台数が増えれば当然増えると思います。そうすると、リカバリする動作というのはゼロではないものですから、そこに時間がかかると2台目の介入も必要なときも出てくると思います。そうすると、通常は台数を増やしていくと稼働率が100%からどんどん下がっていく。そうしたグラフを大体書けるとは思います。そういうグラフの下、

何パーセントになったことにより 10 台以上ができたという評価を下されたのか。その点がまだ分からずおります。そういう何をもって 10 台ができたのかについて、もう少ししっかりと評価いただけること、そういうバックアップのデータがあれば、そういうものを示していただけとありがたいです。

【三浦 PM】 三浦から回答します。まず 10 台に関して、御指摘のとおり介入が増えていくと実際の細かなパーセンテージが変わっていくと認識しております。そのあたりは、個別事業者様の考え方という意味では非公開セッション 3-2 において必要あればお答えします。そうしたところで、NEDO 全体の考え方としては、今回はある一連の配送の実証実験の中で、1 人のオペレータープラス補助のオペレーターをつけた状態で 10 台運用するというところで、停止時間は極力少なくするといった制限の下になりますが、具体的に何パーセント以上というところまでは定義していない状況です。ただし、基本的に 1 台に介入するときには必ず 1 人のオペレーターであれば、ほか全台止めなければいけないという前提の下で進めていますので、実際 1 対 10 の運用を達成したという扱いにしている事業者様は、おおむね補助を、介入専用のオペレーターを 1 人つけるという形で、1 台の介入中に他の 9 台は運用を進めるという形の実証実験を進め、それをもって 1 対 10 達成したという扱いにしています。よろしいでしょうか。

【長谷川分科会長代理】 要するに、1 対 10 を達成したというときの基準はどういった基準だったのでしょうか。まだその点を理解し切れずしております。

【三浦 PM】 細かな内容としますと、例えば 1 回の実証実験だけではなく、10 台全体で例えば合計 240 時間程度は走行実験を続けるという条件であるとか、あとは公道の中で最低 6 台以上走らせる。私有地 4 台くらいは走ってもいいが、公道の中では 6 台以上走らせるという条件など、全ではこの場でお伝えできませんが、10 項目程度の制約条件をつけ、それを一応達成条件としています。

【長谷川分科会長代理】 1 対 10 で大体コスト的にも合うというコメントは既にいただいている、内容はすばらしいと思っております。その点に対し、どのように評価されたかという部分が明確になっていなかつたように思い質問した次第です。それから 2 点目ですが、自動化率になります。原田先生から、確かに 3-2 の資料で 8 ページだったと思います。最初の部分はもう当たり前のところですが、こちらの自動化率は多分 30% 「向上」 でしょうか。「削減」 ではないですね。最初のタイトルの部分です。

【原田 PL】 おっしゃるとおりです。申し訳ございません。

【長谷川分科会長代理】 ここは多分「向上」だと思います。それで、今回の報告の中では、このようなスーパー等のドライの商品を扱うところが 33% 等などといった話でした。また、コンビニというのもあったと思います。実際、産総研のほうのコンビニの模擬環境でされたということで、実際は、要するにスーパーでは様々なものがある中のドライは 33%、ここを自動化すると。逆に、そうではないハンドリングがもっと難しい、ドライではないものといった難しいものが当然あると思います。そこへの効果というのは何か一石といいますか、もう完全に捨ててしまうのか。それとも、そこにもそれなりの知見がありまして、何パーセントかなんか向上できる余地があったのか。このあたりを教えていただきたいと思います。

【原田 PL】 これに関しては、今回資料には載っていない話ではあるものの、大阪大学の我々のほうでは、データベースにあるそのものでないとつかめないというのは困るため、なるべくそのデータベースにあるモデルとどれくらい似ているかというのをもって、どれくらい似ていたらつかめるといった感じのことをずっとやっています。ですので、ここに今 30% と書いているものの、例えば酒でも、似たペットボトルがあったらつかめるということには当然なってくると思いますので、そういう意味では、もつとこれが上がる余地はあると思っています。

【長谷川分科会長代理】 多分 30% よりもっと期待できるでしょうし、そのあたりも実際に評価に入れていただけと、よりインパクトがあるものになると思います。30% 達成しているのは全く問題ありませんが、本当はより潜在的にもっと可能性があるのではないかと考え、指摘を行った次第です。以上にな

ります。

【倉爪分科会長】 ありがとうございます。それでは、有木委員お願ひします。

【有木委員】 ADLの有木と申します。よろしくお願ひします。アウトプット目標のところで2点伺います。25ページですけれども、まずSIコストの低減と書かれているところのコストの定義の確認になります。これはSIに関わる労務費だけを見られているのか、試作品の開発によって再度部品の調達が必要になるなど、ハードウェア製造やソフトウェアの製造の手戻りの部分、実際の物としてロスが出る部分があれば、その部分も含んでいるのか。どういう概念のものなのかをお聞かせいただきたいというのが1つです。それからもう1つは、このページの成果全般に関するところです。この成果、いずれも目標を達成しているように見えますが、一方で、本来的には制約条件としてこの成果以上に導入コストがかかってしまうものであるとすれば、それは実用化のめどが立たないものなので、あまり意味がないと思っています。この導入成果を達成する上で、しっかり制約を考えられた上でこの成果が生まれているのかどうかをお聞かせください。分かりやすい例でいうと、ロボットの消費電力のところです。コスト制約がなければどんな材料でも何でも使ってしまうので、この30%目標というのは達成し得ると思いますが、この30%の消費電力削減効果以上にコストがかかるものだとすると、それはユーザー側がなかなか使えないものですから、そういうものの削減コストの部分も勘案した材料費の制約を入れているのかどうか。こうしたポイントなどから御説明いただけすると幸いです。

【原田PL】 基本的に労務費で考えていたと記憶しています。また、制約条件に関しては、今回計算したときに、やはり一番かかってくるのがハンドの設計、ハンドリングのための動作をつくるという部分です。基本的には扱うワークの数が多くなれば多くなるほど削減率は高くなるということになっています。逆に、扱うワークの数が減ってくると削減率は少なくなってくるというような今回は計算になっています。そういう中で、大体これぐらいのワークの数であれば50%削減できると考えながら、それは課題設定にも関係してくるのですけれども、そのような計算になっています。

【有木委員】 ありがとうございます。2点目はNEDOにお伺いしたほうがいいのかもしれません、いかがでしょうか。

【細谷PM】 樹脂のほうは、実際にコストまでしっかり考えて、採用できるという樹脂で評価できればよかったです。ですが、本事業ではそこまでに至らず、樹脂の加工性、組立方法、構造、基本的な機械特性についての評価を実施しました。そして、次につなげるためのデータベースができたと認識しております。実際にコストが高い樹脂を使ってできましたというのは違うのではないかという御指摘はごもっともで、今後も、ロボットに適した樹脂の研究開発については、引き続き違う事業で進めています。そこで引き続き艇コストでしっかり使えるというものを開発したいと考えています。

【有木委員】 ありがとうございます。位置づけについて理解いたしました。少しコメントになるかもしれません、原田先生のおっしゃったSIコストのところは、もしかすると労務費だけではなく、実際の部材のロスなども含めて積み上げると、もう少しコスト削減効果が出る可能性もあると思いましたので、余剰ポテンシャルとして見てもよいと感じました。そして、細谷様から御説明いただいた研究成果の取扱いの位置づけについて理解しましたので、あくまで実用性のある制約というのを過剰に課すというよりは、それをまず目標とした中での実現可能性のあるアプローチを見るというところでの成果達成指標になっているという意味で判断すればよいと捉えた次第です。それからもう1点、細かな質問になるかもしれません、アウトプット目標とアウトカムの連動性がまだ少し分からずおります。アウトカムのところで省エネが非常にハイライトされている一方、SIコストの低減というのは、どちらかというとコスト削減によるロボットの普及という方向性のドライバーで、場合によってはエネルギーという意味だと消費量の上がる方向にもいきます。ここのアウトプットとアウトカムの目標の連動性の部分で、SIコストなどはどのように、低減のものはどう理解したらよいでしょうか。

【細谷 PM】 最終的には広がったことまで試算をしなくてはいけませんが、この事業の中での評価の考え方として、こういう成果でそういう可能性が出たと。それを広げるためにはSIコストを削減しないところが進まないという観点で、今回は直接SIコストをここに入れるというよりは、これを広げるための手段として必要だという捉え方をして評価しています。

【有木委員】 分かりました。ありがとうございます。以上になります。

【倉爪分科会長】 ありがとうございます。それでは、田中委員お願いします。

【田中委員】 東北大学の田中です。御説明ありがとうございました。NEDOに伺いますが、NEDOの実施する意義において、スピード感を持ち、そしてリスク回避を行いながらというところで、それというのは、37ページなど進捗管理で様々会議を行われていることによって、情報交換等をすることですぐうまくできたという捉え方でよろしいでしょうか。このスピード感であるとかリスクをうまくできたということはどうやって評価するのだろうかと考え、NEDOの意義について教えていただければと思います。

【細谷 PM】 ありがとうございます。スピード感について、定量的には評価できませんでしたが、実際、要素技術開発は非常にハードルが高く、当初は成果が出る・出ないの話もありました。この事業はステークホルダーが多くいますので、まとめるために強制的に皆様を集めて、NEDOがROBOCIP様と協力し、皆様、大学の方々も含め一致団結するような形で成果に向けて取り組めたという点では、マネジメント的にはうまく行えたと考えます。本当はもっと自主的に進んで「もっとより高みを目指そうよ」という取組であればさらによかったのですが、開発当初はコロナ禍でもありましたので、初めの3年間はなかなか難しいところもございました。言い訳になってしまふかもしれません、そこをキャッチアップするのに若干翻弄させられた部分はあります。ROBOCIP様、名だたるロボットメーカー9社が入っていますので、本当はコンペティターでもありますから、経産省とNEDOで協力してまとめるというところで、ROBOCIP様と協力してできたというところは、個人的には評価できると思っています。

【田中委員】 ありがとうございます。

【倉爪分科会長】 それでは、國土委員お願いします。

【國土委員】 TXアントレプレナーパートナーズの國土です。2点伺います。まずは25ページのアウトプット目標の達成状況です。生産ライン自動化率ということで達成されていると書かれていますが、実際にロボットでやっていくときに様々な条件があると思います。今回は、ある一定条件の中で達成されたものと理解しております。事前に送られてきた成果発表ビデオ等も拝見しますと、実際に現場に導入する部分とのギャップは大きいにあります。スピードであるとか、それから若干思考する時間があるといった印象です。こうしたスピードや導入現場とのギャップ、これはもちろんこの後、実用化にあと3年、実際の事業化に2年、要は5年ありますので、その間にやろうということだとは思いますが、現行の下、実際の実用化のところにはまだ大きなギャップがあると感じます。このあたりは、実際今回プラスアルファの部分でやられていくのでしょうかけれども、この辺をどうしていくかというそこの部分の整理みたいなものは、今回の事業を行った成果として何か出されていると思ってよろしいのでしょうか。

【原田 PL】 このプロジェクトの問題でもあり、我々ロボット全体の問題でもあるというような御質問であったと理解します。私も、このプロジェクトもそうでありましたし、今までのプロジェクトもそうですが、やはり人ってもうむちゃくちゃ早いですし、正確度もむちゃくちゃ高いです。そういう中で、ロボットがゆっくり動いて取って、籠（かご）に入れてまたゆっくり動いて取ってといつても、効率も全く違うわけです。そういう中で、では、どのようにすればよいか。これから動作などファインチューニングをしていくと正確性とか動作速度も上げていくとは思いますが、それがどこまでいくかということは、やはりこれから考えていかなければいけない問題です。そして、どこまで速度を上

げられるのかを見ると同時に、人だったら1人でやるわけですが、ロボットだったら2台、3台用意できるわけです。そのときに何台ロボット用意をすればペイするか。本当の意味でも自動化が達成できるかということを、これから計算していかなければいけないと思いますし、今回のプロジェクトに関しては、正確なところはまだやっていないということになりますが、これからやります。

【國土委員】 ありがとうございます。それからもう1つ、これは多分NEDO側に聞いたほうがいいと思いますが、23ページの本事業における研究開発項目の位置づけに関して伺います。ここで、今回大きく2つのプロジェクトといいますか、事業としてやられており、1つが要素技術開発、もう1つが自動配送のほうという形になっています。この間、様々な技術を共有し、このロボットの普及に努めていくというような形で計画されていると思います。要素技術のほうに遠隔操作というものがありまして、もちろん自動配送のほうも先ほど10対1という話がございました。この間、事業の中でそのあたりの共通する部分についてどの程度本当に技術のやり取りがなされたのか。その部分について御説明いただければと思います。

【土井チーム長】 では、私のほうから回答します。おっしゃるように、両方の事業において「遠隔操作」あるいは「遠隔」という言葉がございまして、革新ロボで遠隔を担当いただいた横小路先生と、自動配送ロボットを進めていただいている事業者の方と交流会のようなものを実際にやりました。情報交換も行っています。その中で議論として出てきたのは、遠隔という言葉は一緒でしたので、例えば「操作する人の疲労度といったところで何か交流できるところはないか」など要素ごとの技術的な情報交換は行っており、そこは有意義だったと思います。一方で、やはり見ていくと、自動配送ロボットの場合は、先ほど御質問のあった遠隔の監視と遠隔の操作があり、大半のところはこの遠隔の監視になります。基本的には、10台を常時監視するような形で行うところに主眼がある。一方で、産業用ロボットは、これはどちらかというと何か起こるとアラートが起り、それに対して遠隔操作会議介入という形で入るということで、分析していくと動作のイメージが大分異なってくるところになります。分解していくと、なかなか同一の技術というわけでもないというところもありました。ですので、初めの入り口の部分ではいろいろな技術交換、情報交換を行いましたが、そこからは個別の研究開発になったというのが実態です。

【國土委員】 ありがとうございます。

【倉爪分科会長】 ありがとうございます。富永委員お願いします。

【富永委員】 御説明ありがとうございました。幾つか伺いますが、1つは予算及び受益者負担に関するところです。5年間で25億円ほど、ここ最近2年間でも10億円余りであると34ページに紹介されています。合計幾ら使われたという紹介はありますが、やはり企業でこういう開発などをするときにも、先ほどもあったかと思いますけれども、細かい内訳でなくとも、大枠でもどの様なモノを購入したのか。それからどのくらいの工数やコストがかかったのか。このぐらいは紹介されたほうがよいと考えます。これだけかかったというのは分かりますが、それが何にどう使われたからこういう成果なのかというつながりについて、なかなか理解し難いところがあるのではないかと思います。そういうところを少し公開されるという思いはおありなのでしょうか。

【細谷PM】 思いと申しますか、コメントをいただきまして、今回はそういう細かいデータなどはまとめていないことから集計していませんが、今後そういうことができるかどうかも踏まえて検討できればと思います。ただ、あまり細かいものを出せるかどうかは定かでありませんが、そういうものも回答できるよう今後の終了時等に生かしたいと思います。

【富永委員】 分かりました。次に、アウトカムがすごく高い目標であり、この目標だけを見ると、これができたら世の中や、社会が変わるというイメージできる事やモノものに取り組んでおられます。それに対しての24、25ページで報告された達成度ですが、「え、本当なの?」とどこか無理やり感のあると

ころも見受けられます。やはり高い目標に対して開発しようと思うと、「やろうと思ったけれどもここまでしかできなかつた」とか、「やりたいのはこういうことです」というような視覚的理能のできる3D画像シミュレーションでもいいので、実物を作らなくても「こういうところまでできる可能性がある」というような表現をされることも成果として大事だと思いますが、いかがでしょうか。

【原田 PL】 おっしゃるとおりです。実際、例えばSIコスト50%削減というのは本当に野心的な目標だと思っています。それに対し、今回データベースの中にデータがある。そして動作が自動的にてくれるという過程の下の50%というわけです。やはり、実際に全く新しいことをしようと思うと、データベースにデータがないとかそういうことも往々にして起こります。本当はこういう話というのは、もっともっと大きく大きくやってみんなで取り組んでいくような課題であると思っているところで、今回はこのスマートセットに対して50%削減という目標が達成できたという理解をいただけたらと思っています。

【富永委員】 分かりました。ありがとうございます。

【倉爪分科会長】 それでは、山下委員お願いします。

【山下委員】 ありがとうございます。東京大学の山下と申します。まず、全体の感想としては全ての項目で非常にすばらしい内容を達成されたのではないかと思っています。その上で少し伺いますが、ほかの委員の方からも御質問があったかと思いますけれども、例えば自動化率が30%であるとかコストが50%など、ほかの項目も1対10であるとか、これは非常にすばらしい内容かと思います。定義について、これは公表していただくことはできないのでしょうか。それというのは、NEDOあるいは様々な団体の方がこういう定義でやった上で何パーセントという情報をここで残していただくと、後につながる人もそれを非常に参考でき、考え方として日本のこういうものを進める上で、非常に重要な知見になると思い伺う次第です。

【細谷 PM】 ありがとうございます。私の一存ではあれですけれども、世の中になるためにここまでだつたら参考として出せるという部分は、十分吟味して出せる範囲で検討したいと思います。今ここまで出しますというのは、非常に細かい話もありますので、公開・非公開の部分も含めてここまでだつたら出せるといったところの検討を行いたく思います。

【山下委員】 ありがとうございます。よろしくお願ひいたします。以上です。

【倉爪分科会長】 ありがとうございます。時間がちょうど来たところですが、最後に私からも1点お願ひいたします。今回、副次的効果のところでも御説明ありましたが、やはりデータベースをメーカーの垣根を超えてつくられたところが1つ大きな成果になると個人的には思った次第です。そういう意味で、このデータベースを誰がどのように維持管理していくのか、アップデートしていくのかについて、質問票でも伺いましたが、改めて御説明いただきたいと思います。

【細谷 PM】 こちらについて、ROBOCIP様からお答えいただけますか。

【馬場課長】 株式会社デンソーの馬場です。データベースに関しては、まずROBOCIPのほうでメンテ・維持をしていきます。一部のデータベースに関しては、弊社においても導入しており、例えば自動車部品のデータ化といったところは、うちのほうで追加しています。ですので、データベース自身においては、しばらくはROBOCIPのほうで維持・メンテをしつつ、新しいデータに関しては組合企業で使っていきまして、徐々にデータを増やしていくたいと思っています。ほかにもデータベースの連携をしたいという話はいただいているので、そういう新しい連携先についても徐々に増やしていくければと思う次第です。

【倉爪分科会長】 ありがとうございます。仕組みができたことは大変すばらしいと思いますので、これをぜひ発展させるという形で、このプロジェクトは成功だと後世に見られるように尽力していただければと思っています。それでは、時間になりましたので、以上で議題2を終了といたします。

(非公開セッション)

3. プロジェクトの補足説明

省略

4. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

5. まとめ・講評

**【山下委員】** 東京大学の山下と申します。本日いろいろと話を伺いまして、全ての項目において適切な目標の設定をされ、かつ、その目標を適切に達成されていたものと理解しております。マネジメントについても非常に適切に管理されていたと思います。個々については、研究開発項目 1 から 4 の要素技術に関わる基礎・応用研究に関して、特に題目にあるように、基礎・応用研究も踏まえてこのような事業を行われたとのことで、立派な論文なども非常に多く出されており、まさにタイトルどおりの内容で適切に行われていると感じました。項目 5 の自動配達ロボットによる配達サービス実現につきましても、これもまさにタイトルどおりで、しっかりと配達サービスの実現に向けた取組をされていました。かつ、それを様々な報道などでも積極的にアピールされていたということで、こちらもすばらしい内容であると感じた次第です。以上になります。

**【中島専門調査員】** 山下委員ありがとうございました。続きまして、富永委員お願いいたします。

**【富永委員】** ヒロテックの富永です。今日は長時間にわたり御説明をいただき、ありがとうございました。

13 時から始まって 17 時までの 4 時間、成果報告と審査に本当にこんなに時間が必要なのだろうかと思っていましたがあつという間に時間が経過した気がします。それというのも、やはり皆様が長期間にわたって行われた成果を熱意をもって一生懸命説明していただいたからだと思います。私も 2 年ほどこちらに携わらせていただいているが、これまでの経過報告とは違って本日の最終報告は非常に伝わってきた次第です。今後大事なのは、この成果をどのようなつなげ方をしていくのかというスキームになります。「いつまでに」というのは言いにくいのかも分かりませんが、「誰がどのように今後つなげていくのか」という点と、技術的には今回の報告頂いたとおり概ね出来、アウトカム達成されたというところですけれども、本当に今後使ってもらえるのか。実用化できるのか。という視点に立ったときには、コスト感というのは避けて通れないと考えています。その点も含め、今後取り組んでいくときには、そういう視点も置きながら取り組んでいただきたいと思います。それから、42~45 ページで成果の普及及び取組について報告がありました、「成果発表した」という一方向だけでなく、その発表に対して「どういうフィードバックがあった」、「ニーズがどうだった」など、取組の方向性や成果に対する意見を取られることも大事だと思います。こちらからはシーズを発信、それに対するニーズを・・・といった双方向で発展させていく取組も必要ではないかと感じた次第です。以上になります。

**【中島専門調査員】** 富永委員ありがとうございました。続きまして、田中委員お願いいたします。

**【田中委員】** 東北大学の田中です。本日はどうもありがとうございました。いろいろと話を伺い、全て達成されたところはすばらしいと思いました。個々の技術においても、昨今の AI であるとかいろいろと発展していく中で対応していく部分もあるのだろう、現時点から考えていたことと異なりながらも進めていただけたのだろうと思っています。特に汎用動作、ハンドリング、全てありますけれども、いろい

ろなことを皆様でデータベース化及び共有しながら使っていけるようになっていることは非常に有効ではないかと思っています。また、やはり社会にどのように貢献していただけるのか、ロボットが身近になって、特に自動配送なんかはもうすぐなのではないかと非常に期待される部分だと思いますが、小さな中小企業様などでも、ロボットをどんどん使っていけるようなことに今後もぜひ貢献していただければよいと思っているところです。以上になります。ありがとうございました。

【中島専門調査員】 田中委員ありがとうございました。続きまして、國土委員お願ひいたします。

【國土委員】 TX アントレプレナーパートナーズの國土です。今日は長時間、御説明いただきましてありがとうございました。私からは、まず要素技術開発にしろ、自動配送のプロジェクトにしろ目標を達成されており、そういう意味では、意味のある事業だったのではないかと思います。ただ、この分野というのは本当にありとあらゆる要素が、もう毎日のように新しい技術が出てきています。こういったものをどのようにして本当に活用していくかという視点も大事だと思います。そういうことを取り込むことにより、実際に使えるロボットが出来てくると考えます。それと、この分野が非常に難しいと思うのは、1つのロボット側の技術開発要素だけでも成り立ちませんし、実際に自動配送のようなプロジェクトで動かして様々な現場のフィードバックを得るだけでも動かないと。実は、この中で中間評価からSIの視点も必要だということで、それは実際にやられて非常に有意義なフィードバックがあったと伺っています。ロボットメーカーであり、それからSIer（エスアイヤー）であり、今度は「サービス」といわれるサービスを提供する側、こういうプレーヤーがそれぞれニーズであるとか、もしくは要素技術を持たれ、それがかみ合わないとなかなか事業化に進んでいきません。こうした点からは、今後このあたりのキープレイヤー3つのコミュニケーションが非常に大事になってくるように思います。今回の事業で、公道を走るということで、警察庁であったり国交省であったり経済産業省の様々な業界の取りまとめといったところが進んだのは非常によかったです。

【中島専門調査員】 國土委員ありがとうございました。続きまして、有木委員お願ひいたします。

【有木委員】 ADL の有木です。今日は皆様、長時間ありがとうございました。この革新ロボット研究開発基盤構築事業ですが、5か年という非常に長い時間をかけながら、かつ、いろいろなプレーヤー、それから大学も巻き込みながら、非常に広範な範囲をカバーする複雑度の高い事業であったと思います。そういうテーマの中で、事業者様、それから大学の先生方が非常に的確に連携いただきながら、有用な成果をしっかりとついていただけたプロジェクトだったと今回感じています。ただ一方で、非常に複雑なテーマであり、時代変化も激しい領域での研究開発になりますので、より明確な目標定義を行うにおいて、初期の段階からもう少ししっかりすべきだったとも思います。そして、周辺変化を踏まえたときに、テーマの改廃というのもスピードで進めていくような取組が必要な領域の研究だったとも思いますので、少しその部分は各課題の経緯も含め、今後の取組方について少し見直しも必要ではないかと感じたところです。そういう中でも非常に難しいテーマを取りまとめていただいたNEDO様、それからPLの皆様には大変貢献いただいたと思いますので、その点を大いに評価したいと思います。ありがとうございました。

【中島専門調査員】 有木委員ありがとうございました。続きまして、長谷川分科会長代理お願ひいたします。

【長谷川分科会長代理】 名古屋大学の長谷川です。今回、終了時評価ですが、前回の中間評価の際にもいろいろと意見がありました。その意見に対して、例えば各グループの共同による相乗効果等についても、原田PLがリーダーシップを取られ対応されているのは大変評価できると思います。また、進捗管理も複数回、成果報告会議など開かれており十分であったと思います。その結果としても、論文の発表、特許申請についても申し分ない成果が出されていますので、十分評価できるプロジェクトであったと捉えます。また、特に配送ロボットでは走行距離であるとか同時の稼働台数など、そういうロボッ

トの運用、さらには事業化に向けた複数の実証実験 PoC なども評価できますし、さらに警察などを巻き込んで社会変革へ向けたアウトリーチ活動というのは、大変すばらしい内容でありました。そしてハンドリング分野も、対象物体はドライの商品だけでしたが、ハンドリング困難な物体である例えは不定形の物体のハンドリングなどへの波及効果も検討されており、今回報告いただいた以上の成果が出ているのではないかと理解しています。また、近年のAIなどの新技術がどんどん出てきていますが、その活用を見越した取組も既に始まっているということで、その辺の対応も十分できています。今回のプロジェクトは、協調分野と競争分野のバランスが大変難しいプロジェクトであったと思いますし、このバランスはまだ答えはないかと思いますが、内容に合わせてどのようなバランスで行うかについて引き続き検討され、よりすばらしいプロジェクト運用につなげていけたらと思います。大変すばらしいプロジェクトがありました。今日はありがとうございました。

【中島専門調査員】 長谷川分科会長代理ありがとうございました。それでは最後に、倉爪分科会長お願ひいたします。

【倉爪分科会長】 今日は、長時間ありがとうございました。この事業は2020年に始まっていますので、皆様もう忘れてはいますが、コロナが始まったときに始まった事業であり、従来のプロジェクトの管理が、恐らく常識が通用しないことも多々あったのではないかと思います。第2部でもございましたが、特にE2E (End to End) フィジカルAI、その台頭が後半にガッと来まして、それへの対応についても非常に御苦労されたのではないかと考えています。その中でも、この協調領域であるデータベースの作成や新素材技術、あるいは配送ロボット実験など着実な成果が出ているということは、これはもう賞賛に値すると心から思います。特に作成された物品データベースですが、繰り返しになりますけれども、いろいろなところで使えます。例えばE2EのフィジカルAIでも十分使える技術ですので、着実に利用することを考えただければと思っていますし、貴重な技術だと確信しています。それから中間評価への反映ですが、先ほど委員の方からもコメントありましたが、SIerをメンバーに加える点、あるいは要素技術の相関図の作成もお願いして作成いただいた点もあります。中間評価への反映についても適切に行われたと考えています。今回の事業で構築された知見、特に私としては、データベースについて確実にアップデート及び運用、それから更新をされ、これが貴重な財産となるように引き続き取り組んでいただければと思っています。以上になります。

【中島専門調査員】 倉爪分科会長、委員の皆様、御講評をありがとうございました。それでは、ただいまの御講評を受けまして、まずはオンラインで御参加の経済産業省ロボット政策室の梁島室長補佐から一言お願いしたく思います。

【梁島室長補佐】 経済産業省ロボット政策室の梁島です。本日は、室長の石曾根、補佐の武藤が政務の都合で参加できず、申し訳ありませんでした。僭越ながら、私からコメントをいたします。まず本事業、終了時評価分科会を開催いただき、また御参集いただきまして誠にありがとうございます。本事業は、ハンドリング、遠隔制御、新素材、汎用動作計画、そして自動配送ロボットという5つの領域で研究開発を進めていただきまして、従来ロボット導入が難しかった分野において、新たな可能性を示す取組がありました。産学官が連携して技術開発だけでなく標準化や安全性評価、社会実装に向けた制度面の検討まで進められたことは、今後のロボット政策にとって非常に意義深いものであると思います。今回の取組では、テーマ1のほうでは、エネルギー効率の目標や要素技術開発研究において当初の目標を上回る成果が得られたことも確認されていますけれども、重要なのは、こうした成果が次のステップにつながることだと思っています。分科会長や評価委員の先生方からも御指摘いただいたように、実用化に向けては、コストの制約や現場での適用性といった課題を十分に考慮し、伴走型で取り組んでいくことが不可欠です。こうした視点を踏まえ、今後の政策や事業運営に反映してまいりたいと思っています。また、評価会中にNEDOの細谷様からも御説明ありましたように、その副次的な効果として

期待できるものとして、今年度始動しました委託事業である「ロボティックス分野におけるソフトウェア開発基盤構築」との連携により、社会実装を加速するための開発が期待できると思っています。この両事業、成果が融合することでロボットの使いやすさ、拡張性、そして安全性が向上して、製造業や物流、サービス分野でのロボットの活用が広がるものと思っています。これに向けた取組で、日本の産業競争力の強化に直結する取組だと思っていますので、さらに国際標準化や中小企業への波及効果も視野に入れ、ロボット技術のオープン化、共通化を進めることでグローバル市場での競争力を高めていきたいと考えています。最後に、5年間という長期間にわたり本事業に御尽力いただきました企業、大学、研究機関、そして評価委員の皆様に心より感謝申し上げます。今後も産業界、学術界、行政が一体となり、日本のロボット産業の未来を切り開いてまいりたいと思いますので、引き続きよろしくお願ひします。本日は誠にありがとうございました。

【中島専門調査員】 梁島室長補佐ありがとうございました。続きまして、原田PLから一言お願ひいたします。

【原田PL】 委員の皆様、本日は遠い中、また御多用のところお集まりいただきまして、どうもありがとうございました。またNEDOの皆様、このような場を開いていただきまして、いろいろと準備は大変だったと思います。皆様にまず御礼を申し上げたいと思います。私は後半からプロジェクトリーダーになりましたが、前半からずっと研究担当者としては携わってきております。このプロジェクトには2つのチャレンジがあったと思っています。まず1つのチャレンジは、倉爪分科会長から言われたように、最初のところがコロナと重なってしまい、プロジェクトのスタートアップのところで対面がかなわなかつたというのは非常に大きなチャレンジとなりました。それからもう1つチャレンジがありまして、私はROBOCIPと一緒にずっとやっていましたが、ROBOCIPはロボットメーカーが一緒になった技術組合であり、もともとはコンペティターなわけです。そのコンペティターが一緒になって1つのプロジェクトでみんなそろってやるというのは非常にチャレンジングなことだったと、今になっても思っています。そういう中で、みんなでどうにかしてプロジェクトを進めていくことやったわけです。評価に関してはいろいろとできた部分もあれば、できなかつた部分もあるとは思いますが、ただし、少なくとも言えることは、今回このテーマ設定をしたことは、SIの問題、自動化率の問題、遠隔操作の問題、ロボットの軽量化の問題も全て、ロボットの本当に核心を突くような根源的な問題であったと思っております。今回のプロジェクトを受けて、どのようにこれから進めていくかというのが非常に大事だと思っている次第です。皆様ありがとうございました。以上です。

【中島専門調査員】 原田PLありがとうございました。それでは最後に、AI・ロボット部の高田部長からお願ひいたします。

【高田部長】 改めまして、今日はお忙しいところ長時間評価をいただきまして、委員の皆様ありがとうございました。御指摘もありましたとおり、やはりサプライサイドの開発をする人たちに資金提供をしてプロジェクトを進めているのが我々NEDOの立場になってしまい、なかなか始める際の目標設定であるとか、それを評価するという視点がどうしてもそちら寄りになってしまします。こうした点について、よりデマンドサイドのしっかりととしたその時々の実ニーズであるとか、はたまた外部要因、変化をしっかりと踏まえて対応する、こういったことの必要性・重要性を日々御指摘いただいたと認識しています。特に今日、経産省のロボット政策室様から代表に御挨拶いただきましたが、ロボット政策室様に加え、物流企画室様も⑤のテーマの所掌であり、そういう意味では目指している政策、それから扱っているフェーズの違いがあるものを1つにまとめて、今日御評価いただいたところの難しさに大変御苦労があつたのではないかと思っています。それに対し、しっかりと御指摘をいただきまして大変感謝申し上げます。ロボット政策室様からも話のあったとおり、今このプロジェクトの後には、ソフトウェア開発のウエートが高まっているロボットについて、そのプラットフォームを構築し、よりユーザーが自ら

のニーズに沿って形づくる、そういう環境を構築するためのプラットフォーム事業というのが始まっています。そこには引き続き ROBOCIP 様も入っています。加えて所掌の役所の原課は異なりますが、今まさしく基盤モデルに基づく個別モデルの開発、これを強力に推し進める施策というのも私ども AI・ロボット部で進めています。その中には「フィジカル AI」という文脈も出てきていますし、これを追及する取組の支援のための予算が非常に大きくついているところです。こういったところともしっかりと連携しながら、この成果をしっかりと生かしていくような運営というのも、今この我々の部、「AI・ロボット」と言っていますが、いつまでこの真ん中の「・(ポツ)」が要るのだというところも意識しながら、しっかりと一体的に回していく中で、こういった今日御評価いただいたプロジェクトの成果が世に出ていくということを強力に進めてまいりたいと思います。重ね重ね、本日はお忙しいところを御評価に時間を割いていただきまして誠にありがとうございました。

【中島専門調査員】 高田部長ありがとうございました。それでは、以上で議題5を終了いたします。

## 6. 閉会、今後の予定

配布資料

番号無し	議事次第
資料 1	分科会委員名簿
資料 2	評価項目・評価基準
資料 3-1	プロジェクトの説明資料（公開）
資料 3-2	プロジェクトの詳細説明資料（公開）
資料 4	プロジェクトの補足説明資料（非公開）
資料 5	事業原簿（公開）
番号無し	評価コメント及び評点票
番号無し	評価スケジュール

以上

公開可

## 「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」（終了時評価）分科会

## 質問・回答票（公開）

No.	資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可 /非公開
1	資料3-1 P17、P18	データ著作権を考慮したデータ、データベース、ソフトウェアなどの研究成果の活用の仕組みについて、オープン戦略、クレーズ戦略に従い実際にどのように取り組まれのか、特にデータ共有で重要な役割を担うROBOCIPが実施した具体的な取り組みについて説明してください。さらに期間終了後、どのように維持管理されているのかについても、説明をお願いいたします。	倉爪 亮	一例として、ハンドDBにおけるカスタム爪データ登録の仕組みがあります。データ登録したSlrがそのデータの公開可否を指定できる機能を実装しており、公開時はシステムにインした全員が参照・使用できますが、非公開時は当該Slrさんの範囲での活用に限定することができます。今後、システムのセキュリティ確保検討・実装を経て提供できるよう準備していきます。ワークの3Dデータの著作権管理については、産総研にも相談しながら引き続き検討していきます。	公開可
2	資料3-1 P9、P16、 P22、P23、P24、P25 資料4 P8	「コスト削減に繋がる要素技術の統合した実証実験成功」(P25)からSIコスト削減目標である50%削減を実証した(P16、P22、P25)とされています。これについて、事業原簿 P60では「産総研の模擬コンビニでの商品ハンドリングを事例とした要素技術適用によるコスト削減効果を数値化し、50%削減が可能であることを検証した」とされ、さらに非公開資料P8ではこれらとは異なる表現が使われています。すなわち論述が一致していない印象を受けますが、何をもってSIコストを評価し、どのような結果から実証したと判断したのか、検査手順・評価結果について具体的に説明してください。さらに、ロボット導入比率が低い「未活用領域」への導入を目標とするのであれば、それらの領域（例えば三品産業である食品・医薬品・化粧品）におけるSIコストも検討されるべきと思うですが、上記コンビニでの効果検証はどの程度の一般性を持つ「未活用領域」に対する評価が可能でしょうか。また、コンビニ品出しなどの直接的な評価対象以外の「未活用領域」に対しても、本プロジェクトの成果がどのように利用されていくのか、導入戦略があれば示してください。	倉爪 亮	ご指摘の説明資料の「50%削減を実証した」の表現は、事業での最終目標の条件を実現場を模した環境での実証実験といふため、この条件下では達成したとの表現においてますが、本當の意味では、事業原簿や非公開資料に記載の通り、実際の現場でのSIコスト50%削減については可能性を示した、という表現が正しいかと存じます。説明資料の表現は変えずに、補足説明の追加と説明での補足をさせていただき、適切な表現があればご指導賜れば存じます。SIコスト評価については、実際のラインが構築できなため、産総研の模擬コンビニおよびROBOCIP組合企業の生産ラインを題材として、そこの工程での削減率の計算となっております。詳細につきましては、公開セッションのPL説明および非公開セッションのROBOCIPで説明していただきます。また、ご指摘の通り未活用領域への導入であれば例えは三品産業でのSIコスト検証などをしていく必要があります。実際に小売りスーパーにご協力を頂き、作業内訳(開店前補充・廃棄)をピアリング・数値化をしましたが、実際の実証実験までにはいたりませんでした。本プロジェクトの成果は今度から開始されました「ロボティクス分野におけるソフトウェア開発基盤構築(委託)」により未活用領域での導入促進にアプローチするNEDO事業へ展開(ROBOCIP)も参考して行きます。	公開可
3	資料3-1 P38	中間評価結果への対応において、[2]目標達成に必要な要素技術の関係図を示し、各機関での研究開発および成果報告会などにおいて、作成した図に基づいてどのような取り組みが行われたのかについて説明してください。	倉爪 亮	要素技術の関係図については、各要素技術が多岐にわたり、関係性を簡単に説明できる図にならなかったため、発表資料に含めますご説明しておりませんでした。関係図につきましては、本回答票の補足資料としてお送りいたしますのでまずはご確認いただければ幸いです。また関係図については、説明資料の末尾に追加し、分科会で簡単にご説明させていただければと存じます。	公開可
4	資料3-1 22ページ	アウトカムにて設定されました「エネルギー効率を1.5」にするととなっておりますが、プロジェクト終了時(2024年)に達成したエネルギー効率と、その後の効率向上に向けた具体的な値の算出をお示し頂きたい。既に資料では、ロボットの消費電力が53%削減が達成されているなか、アウトカムに対する見直しは行われたのか、ご説明頂きたい。	長谷川泰久	設定時では、消費電力削減30%、汎用動作計画ハンドリングによる最適動作(無駄ないロボット動作)で効率アップ分は5%以上と考えられるので下限で設定)とし、トータル効率は1.5倍(=1÷(1-0.30) * (1+0.05))と設定しました。成果では、消費電力削減35%が示せたこと、汎用動作計画の実証ができたことによりトータル効率1.62倍(=1÷(1-0.35) * (1+0.05))の見通しが得られたと考えています。目標達成が残り数か月で達成させたこと、また、要素技術開発のため成果によるアウトカムは正確に直接算出できないため、見直しは実施しませんでした。	公開可
5	評価コメント表2(2)	プロジェクトのアウトプットにおいて、副次的成果や波及効果について教えて頂きたい。	長谷川泰久	波及効果としては、要素技術で構築されたロボットデータベース(ROBOCIPのUROBOROS)が、今年度からスタートしたNEDO事業の「ロボティクス分野におけるソフトウェア開発基盤構築(委託)」でのベースの一つとして取り込まれています。また、WRS2025の競技で、本データベースを利用した競技設定となり、広く展開していく流れになっています。自動配送ロボット研究開発項目⑤においては、革新ロボ事業に組み込まれた2022年度以降は公道を走行する自動配送ロボットの研究開発に限定した取り組みとさせていただいております。その観点から、事業者における屋外私有地や屋内を含むエリアでの取り組みは波及効果の1つと考えています。具体的にはROBO-HI株式会社(当時は株式会社ZMP)における、長崎スマートシティにおける牽引型ロボットの取り組み、TAKANAWA GATEWAY CITYにおける敷地内のモバイルオーダーシステムの商品配達などが挙げられます。	公開可
6	資料3-1 17ページ	成果として、安全基準や運用ガイドラインなど策定したものがあれば、ご説明頂きたい。	長谷川泰久	本回答後半の【背景】のものと、NEDOプロジェクトに直接的に係る成果ではない点にご留意願います。資料3-1の該箇所で言及させていただいた「安全基準・運用ガイドライン」は、資料3-1のP.41で言及している道交法の改正に伴う「届出制」の運用で必要となる「安全基準適合審査」にかかる内容となり、ロボットデリバリー協会にて運用を行っております。下記URLをご参照願います。 <a href="https://robot-delivery.org/safety/">https://robot-delivery.org/safety/</a>	公開可
7	資料3-1, p.16,22	アウトカム目標として掲げるエネルギー効率について、既存ロボットとの比較では、経路計画や新材料で改善が期待されるが、SIコスト低減や新ハンド導入によるロボット活用拡大効果は、どうエネルギー効率改善と紐づけるのか？(SIコスト低減や新ハンドはロボット活用用途拡大の観点は大変に有意義であるとは認識しているが、エネルギー効率向上の大目的との関係性を理解したい)	有木	SIコスト低減や新ハンド導入によるロボット活用拡大効果は、エネルギー効率改善には重要な影響と考えますが、直接的な影響ではないため、エネルギー効率計算の中では加味していません。計算式については、本票No.4の回答をご参照いただければ幸いです。	公開可
8	資料3-1, p.16,22	新素材の利用は、コスト増大を招きうるが、いかにコスト負担の壁を乗り越えてユーザーに利用させる仕組みを作っていく計画か？(製品化、事業化後の普及に向けた対策は？)	有木	ロボット自身の軽量化は、ロボットの設置や載せ替えの容易化や、更にその設置架台の軽量化にも寄与し、装置の使用材料の削減にも貢献が出来ます。ロボットのユーザーもその観点も評価対象としているため、ロボットの購入後の設置から保守、廃棄に渡るリサイクルを訴求できると考えます。一方で、まだ技術の進歩途中ではあるものの、3DプリンターによるCFRP造形も、金型を不要とし、設置場所を選び方針として、将来の適用が期待されています。またコスト面では、素材(炭素繊維)の普及に伴う価格低下が今後の鍵と言えます。	公開可
9	資料3-1, p.16,22	現段階で、各取り組み検討結果を踏まえて、エネルギー効率1.5倍は達成する見通しか？その場合の各研究成果の貢献寄与度はどの程度か？	有木	各研究成果の貢献寄与度は、研究開発項目④新素材87%、①+②汎用動作計画・ハンドリング 12%となります。項目③遠隔制御は、導入を促進する側面で大きく貢献できるものの、エネルギー効率に対しては直接関わるものではないため、寄与度は無しとしています。 ①+②については、下限と考えられる5%で計算しているため寄与度は高くなる方向と考えます。ロボットシステム構築の期間や工数なども考慮すればさらに上がると考えます。	公開可

## 質問・回答票（公開）

No.	資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可 /非公開
10	資料3-1, p.25	SIコスト低減の対象となる実証対象は汎用性・再現性があり、技術実証として適切なテストケースになっているか？	有木	これからの中自動化の対象は「変化がある作業」の自動化が中心となり、「変化」には対象・環境・作業の3種類があるとされています。今回のテストケースは対象物の変化に対する技術実証と位置付け、従来のティーチングベースの導入では品物が変わるのでティーチングをする必要があることに対して、開発したハンドリング技術を用いることでティーチングレスとなることを検証しました。	公開可
11	資料3-1, p.25	生産ラインの自動化率は削減人員数比率と理解したが、実証対象は汎用性・再現性があり、技術実証として適切なテストケースになっているか（特異的な事例ではないと理解してよいのか）？	有木	今回技術実証したケースは、パートタイムなど特定の時間で働く人がいる、1日の内で作業内容が変わる職場でした。作業人員の母数が時間帯によって変わるために、作業内容と作業時間の内訳から自動化可能な作業を抽出し、自動化率として計算しました。このような事例は特にサービス業においては特異的な事例でないと考えています。	公開可
12	資料3-1, p.25	ロボットの消費電力は実用性のある価格・強度の部材で実現できているのか？	有木	従来の産業用ロボットは、比較的安価で軽量なアルミ合金が多用されており、その機械特性（強度等）に見合ったアーム設計がなされています。これを実用性も含めて消費電力のベンチマークとしました。今回は炭素繊維の適用により強度面は十分ではあるものの、弾性率はアルミ合金に比べてやや劣り、また現時点では素材の価格が採用を進めるレベルに達していないと見えています。	公開可
13	資料3-1, p.45	成果普及の取り組みでは、具体的に事業者からの反響はえられているか？実用化につながる問い合わせはあったか？	有木	現在、組合員企業での実用化・事業化に向けての基礎評価にて課題の抽出と解決策の検討に取り組んでいます。一例として、一般回線での遠隔制御において複数のカメラ映像によるロボット操作ができるようになつたが、厳密な作業を行なうには空間認知における改善が必要なことがあります。これら課題解決に向けての検討を開始しています。	公開可
14	資料3-1 16ページ「アウトカム達成までの道のり」	本事業の成果が事業化されることが重要だと考える。 要素技術開発においては、事業終了後から3年後の実用化や5年目での事業化を掲げているが、3年間で実用化に至る道筋が明確なかを確認したい。  例えば、研究開発項目④の各種CFRPのテストピース試作して特性を評価しているが、実用化には近年注目されている熱可塑複合材を含む様々な材料を網羅した構造解析シミュレーターなどのツールが必要ではないかと思われる。実用化に向けてどの様に取り組んでいるのか伺いたい。  また、研究開発項目③の遠隔制御技術における遅延時間はまだまだ大きく、適応可能なアプリケーションが限られると思われる。具体的に有効なアプリケーションを想定して実用化を進めているのかを伺いたい。  NEDOとして、事業終了から実用化までの3年間、および事業化まで期間におけるフォローアップ体制などはあるのかを伺いたい。また、有るとするならば、それほどのような体制であり、どのような方法でフォローアップするのかも合わせて伺いたい。	國土	資料4(非公開)研究開発①～④ROBOCIP資料の「アウトカム達成に向けた戦略・具体的な取組」に現時点で記載可能な範囲で記載します。 遠隔制御は自動・自律制御と組み合わせることで、ロボットの自動化による作業遂行率を向上させることや、現場導入コスト・運用保守コストを低減することです。また、指摘の通り、遅延時間の低減は難しいので力加減が必要な作業よりも、ハンドリングなど主に非接触作業が有効と考えています。これらの作業は中小企業や多品種少量生産の流れ作業（工程間搬送・箱詰め・検査など）にも多いと考えています。 NEDOとしては、研究要素の多い研究開発項目④については、成果をベースに2025年度から「新産業・革新技術創出に向けた先導研究プログラム／熱溶融積層造形による樹脂製超軽量ロボットの研究開発」の事業(3DプリンターによるCFRP造形にて、実用化に資する研究開発に取組んでいます。また、他の成果の実用化、事業化まで、必要に応じてフォローアップができる様、交流を継続したいと考えております。	公開可
15	事業原簿p60	インテグレーションコスト50%削減検証について、～～大きなコスト削減が可能であるとあるが、曖昧な表現であると感じた。どのように考えると良いのか示していただきたい。	田中真美	今回検証した事例での多品種の取り扱いでは、従来手法では特に現場調整時に必要な商品の位置を表示するティーチングやそれに伴う動作のプログラミング作業が品数毎に必要となると考えています。組合員企業のロボット技術者がティーチングした場合、1商品当たり約200秒の時間がかかるており、今回開発した技術を活用すると商品把持まで約10～15秒に短縮可能であり従来比1/20の効果がありました。	公開可
16	事業原簿p61	自動化率30%向上についての検証についても削減可能な時間を算出したはあるが、結論は分からない。こちらもどのような値だったのか、示していただけます。	田中真美	小売リースパーーにご協力を頂き、1週間の作業内訳(開店前補充～廃棄)をヒアリング・数値化しました。合計9,050時間の内、ドライの定番商品(飲料等)の補充作業が2,530時間あり、今回構築した自律的ハンドリング手法により33%が自動化可能な時間として算出しました。	公開可
17	事業原簿p70	弾性率が低いことが、どれだけ課題であるのか、あるいは、どういう場面ならば対応可能利用可能など、具体的に示してほしい。	田中真美	従来の産業用ロボットは高速で指令通りに追従して動き、いち早くピッタリと振動なく停止することが求められていました。弾性率が下がるということは、振動を誘発し停止時の位置精度の低下の影響を伴います。したがって利用する影響も抑制されますので、有力な候補となります。	公開可
18	全体	本プロジェクトによって、今回の内容がどれだけ進んだのか、加速したのか、などが分かる良いと思います。(行わなかった場合の通常の伸びから傾きが上がった?といった感じでしょうか。そのようなことを表していただけると良いと思いました。)あるいは、行われなければどの時点で止まっているのでしょうか?	田中真美	非公開の説明資料に下記のような説明を追加します。 ・汎用動作計画:最適なロボット軌道の自動生成(従来:マニュアルでの教示作業) ・ハンドリング閾値:対象物に応じた把持動作の自動生成(従来:対象物ごとにカスタム設計・調整) ・遠隔制御応用:一般回線での遠隔操作を可能に(従来:専用回線を使用)、現場作業頻度の大幅削減 ・ロボット新素材:軽量化開発の為の知見・データの取得し、新素材適用のしきいを下げる ・センサ応用:汎用化技術により応用領域を拡大	公開可
19	プレゼン資料2ページ	成果の確実な社会実装…の効果は？	富永 誠	成果の確実な社会実装を促進するために、助成事業として民間企業等の主体性に基づいて事業を推進しました。効果としては、本事業に対して参画企業が主体的に研究開発に取組みが行われ、また最終年度には、各企業が成果受けるプラットフォームが開始され、現在は社会実装に向けた実用化、事業化の開発を実行しています。	公開可
20	非公開自動配達補足 説明3ページ	遠隔監視〇人で〇台運用で省力化効果…の根拠は？ 遠隔監視の費用に対し操作1台の効果をどのようにお考えでしょうか？	富永 誠	①の目標はNEDOのアウトプット目標から個社目標にブレイクダウンしていただいている目標となります。 資料3-1P.24記載の「オペレータ対ロボット1:10の遠隔操作・監視」がNEDO側の目標に該当します。 NEDO内の具体的な設定根拠としては下記となります。 ・ラストマイルを担うドライバー数を23[人]と見込み、宅配便取扱個数22.9[億個]から、ドライバー1人当たりの荷物の取り扱い個数を99,600[個/人]と試算 ・ロボット配達を1台/日、10[台/配達]を365[日]実施する仮定して、 配達ロボットにて18,250[個/年/台]の配達能力があると試算 ・これにより、ドライバー1人が扱う荷物を同じ人のリソースで対応するためには最低でも6[台/人]の運用が必要 以上より、各種の安全率を見込み、遠隔オペレータ1人に対し10台の同時運用が必要と目標設定いたしました。 一方で、実施者では、1人10台のシステムで運用することが損益分岐ラインと判断しており、ロボット1台あたりの想定収入に対し、必要なコストを試算した結果、同様に1:10運用が必要と考えております。試算のより詳細につきましては、必要に応じて非公開セッション中でご質問いただきたく存じます。	公開可

## 「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」（終了時評価）分科会

## 質問・回答票（公開）

No.	資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可 /非公開
21	非公開革新ロボ補足 説明4ページ6ページ	実現場を模した実証実験…は、本当の意味では疑問が残る。実現場を自動化する為に改善やルール付けをする…という事でもよいのではないか?	富永 誠	ご指摘の通り、社会実装の為には現場での検証が必要だと思います。今回は、要素技術の研究開発に対し「実現場を模した環境」での検証を行いました。今後の実用化・事業化のタイミングで実現場での検証に取り組んでいきます。	公開可
22	非公開革新ロボ補足 説明7ページ	スーパー対象商品〇%とはどのような対象物の事なのでしょうか? 得意不得意な形態があるのでしょうか?	富永 誠	スーパーの商品は主に日配(毎朝納入される生鮮食品など)とドライ品(飲料など)に分類できますが、ドライ品を今回自動化対象としました。検証用システムでは2指ハンドとしていた為、得意な形態は平行把持できる商品(柔軟物を含む)で、不得意な形態は衣服などの変形物です。	公開可
23		全案件に対して、従来の人作業が若しくは従来やっていた作業が今回開発したロボット自動化作業との相対的な違いを単純に表現できないのでしょうか?	富永 誠	ROBOCIP説明資料に下記のような説明を追加します。 ・汎用動作計画:最適なロボット軌道の自動生成(従来:マニュアルでの教示作業) ・ハンドリング関連:対象物に応じた把持動作の自動生成(従来:対象物ごとにカスタム設計・調整) ・遠隔制御応用:一般回線での遠隔操作を可能に(従来:専用回線を使用)、現場作業頻度の大幅削減 ・ロボット新素材:軽量化開発の為の知見・データの取得し、新素材適用のしきいを下げる ・センサ応用:汎用化技術により応用領域を拡大	公開可
24	非公開革新ロボ補足 説明4ページ6ページ	汎用動作計画とハンドリングは、いきなり各論に入っているように思え理解できないままになってしまいます。汎用動作計画とはどんなことなのか?これをができると現状の何に対しどのように良いことがあるのか?の説明が必要ではないでしょうか?	富永 誠	ROBOCIPからのテーマ説明の中で概要を説明します。内容的には以下のようないを考えていました。 ・汎用動作計画:ロボットの動作計画を自動生成すること 従来はSIer・顧客がディーニング作業により設定・調整を実施	公開可
25	非公開革新ロボ補足 説明8ページ	連携表現より先に一つ一つの説明をしたのち技術連携の表現をするべきではないでしょうか?	富永 誠	全体の説明時間の関係から、全体像の説明スライドを用意しました。個々の要素技術で代表的な成果については説明に組み込むことを検討します。	公開可
26	非公開革新ロボ補足 説明9ページ	資料だけではコスト半分になる実感がわからないが、なぜなるのか解り易くできませんか?	富永 誠	資料を改善・修正します。公開セッションで全体の削減についての説明しますので、それを受けた各要素技術との関係を示します。	公開可
27	非公開革新ロボ補足 説明10ページ	『非定形作業』という表現は一般的には使わないと思うが、どのような作業の事でしょうか?	富永 誠	非定形作業とは、毎回状況が異なりマニュアルやルール化しにくい作業のことを表現しています。具体的には取り扱う物が多い多品種生産・商品補充や一人で何度もこなす多能工が非定形作業の例になります。他には点検作業なども作業手順は決まっていますが、環境が異なる(見る場所が変わる)作業も含まれます。	公開可
28	非公開革新ロボ補足 説明18ページ	知財成果の『理解しやすい事例を数件』紹介できないでしょうか?	富永 誠	知財のうち、取得特許についてスライドに追加します。汎用動作計画関連では最適化関連で、遠隔制御では特異点回避手法等で、ロボット新素材では歯車機構への新素材適用等で特許を取得しています。 論文についてはトータルで15あります。かつ要素技術ですので、理解しやすいとの観点では事前送付させていただいたハンドブックのROBOCIPに関するページ:P.14-29に説明を記載していますので、ご覧頂ければ幸いです。	公開可
29	全体を通して	成果ばかりでなく、達成課題もあるのではないかと思われる所以今後企業や研究機関が継続する場合の課題報告はないでしょうか?	富永 誠	実用化・事業化に向けての基礎評価にて課題の抽出と解決策の検討に取り組んでいます。一例として、 ・一般回線での遠隔制御において複数のカメラ映像によるロボット操作ができるようになったが、厳密な作業を行うには空間認知における改善が必要などがあります。	公開可
30	非公開革新ロボ補足 説明14ページ	今回的新素材で現物を模した試験機での効果推測は粒度が荒い(言い換えれば乱暴な推測)と思え、もし引き続き開発継続の為、実ロボットをこの材料成形で製作する場合、コストはどのくらいかかるのか。また、その際の課題は既に推察されるのでしょうか?	富永 誠	ロボットのような多軸を組合せてサーボモータを駆動させた場合は制御の要素が重なり、軽量素材による電力削減の寄与分が見えなくなると考えました。そこで単軸ではあるが実ロボットの詳細の負荷分布と動作を試算しそれと等価の試験機で検証しました。 また、例えは実ロボットをこの材料で製作する場合は、環境整備(人材等)・開発費・設備費・製品費用などがかかります。実ロボットの全体の製品コストは当初は大幅に増加するが、ロボットの量産や素材の市場価格低下により現状コストに近くなるものと期待しています。実ロボット全体に今回の素材を適用する際は、今回成果として示せていない形状(中空や直交方向の型抜き)などの課題解決とあわせて対応する想定です。	公開可
31	非公開革新ロボ補足 説明6ページ	今後、この3D登録を行っていくには、追加登録をする際『シンプルに簡単に』がキーワードとなると思うが、どのように使い勝手を考慮されているのでしょうか?	富永 誠	現時点では撮像装置を使用した対象物の撮像作業(裏面があるので2回)はマニュアル作業になりますが、3Dモデル化については撮像データのアップロード以降はほぼ自動化できています。ただし、ハンドリング情報登録の為の対象物の重量や動摩擦係数測定などはマニュアル作業が残っており、使い勝手改善は引き続き取り組んでいます。	公開可
32	全体を通して	長期に渡り取り組まれた方から、この開発成果を今後関連企業やSI企業、ひいては研究機関に、本当の実機設計製作、現場実証を通じた今回の効果を実感してもらう為に継続してもらう場合、どのような事を申し送るのでしょうか?	富永 誠	事業当初から、組合員企業の研究員がROBOCIP研究員として参加し、ともに各テーマに従事しています。 また、2024年度から全組合員企業に対し研究開発でのアウトプット共有(データ・ソフト等)・説明と企業での再現支援を行ってきております。	公開可
33	【質問1】資料3-1・21 ページ【要素技術開発】	自動化率とコストの具体的な定義と算出方法を改めてご説明頂けませんでしょうか?	山下淳	今回、「作業内容と作業時間に対する自動化可能な作業時間」を自動化率として定義しました。作業員の人数が1日の中で変化する主にサービス業では作業人員比率ではなく、このような定義での自動化率算出が妥当だと考えました。具体的には、検証ケースでの1週間の作業内容と作業時間をピアリングし、その中で今回開発した要素技術により自動化可能な作業を抽出し、自動化可能な時間と総時間の比率から自動化率を計算しています。 また、SIコストはロボットシステムを導入するため必要な設計～現場調整までの総費用として定義しました。具体的には、組合員企業の事例における設計～現場調整までの費用の内訳を元にコストモデル(バンド運送時間などを係数とした1次式)を構築し、本プロジェクトのテストケースとした商品補充作業の従来手法(ディーニングなど)を用いた場合のSIコストと本プロジェクトの成果を導入した場合のSIコストを計算比較しました。	公開可
34	【質問2】資料3-1・21 ページ【自動配送】	「10台以上のロボットを遠隔監視・操作可能」の具体的な定義と達成できたと判断する基準を改めてご説明頂けませんでしょうか? 運搬10台同時に遠隔監視操作者の介入が必要な事象が発生した場合にも、確実に同時に介入して、10台同時に問題となっている事象を適切に解決できることを意味していますでしょうか? 検証実験としては10台かもしれません、例えば同時に1台しか介入が必要な事象が発生しないなどの条件を想定しているとしますが、原理的には1000台でも10000台でも同様に可能と主張できるようにも思考いたします。	山下淳	本事業では1名の遠隔監視操作者が同時に10台以上のロボットを運用することを達成の基準としておりますが、下記背景も鑑みてサポート員を設けることを許容しております。自動配達ロボットの遠隔監視操作につきましては、少なくとも2024年度末時点では前方注意義務が課されおり、1名の遠隔監視操作者が特定の1台に介入(遠隔監視操作による手動操作)している際には他のロボット全ての走行を停止させる必要がある状況です。本事業ではロボットが全台停止する時間を極力短くするよう努めることを前提に、特定ロボットへの介入時に他ロボットの遠隔監視の継続するためのサポート員を付けることを許容しています。サポート員の存在により介入が必要なロボットのみの停止に留めることが可能となります。 そのため、「運搬10台同時に介入…」のご質問に関しては、回答は「不」となりますが、現状のルール上では複数台同時に介入するためには台数分の遠隔監視操作者が必要となります。 また、「原理的には1000台でも…」のご懸念に対しましては、定量的な指定はしておりませんが「全台停止する時間を極力短く」の前提にて極端な台数の同時運用であるとの主張は退ける前提となっていると考えております。	公開可

## 質問・回答票（公開）

No.	資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可 /非公開
35	【質問3】資料3-1・41 ページ	「何らかの成果が出るまでには至らなかつたが、多くの課題が明確になり、今回の知見を基盤として研究活動につなげて」、どうなりましたでしょうか？	山下淳	成果が出るまでは至らなかつたが、課題抽出と知見獲得ができた例としては、 ・未知物体に対する把持戦略におけるLLM活用 ・ロボット動作手順生成におけるLLM活用 などがあり、引き続き取り組んでいきます。	公開可
36	【質問4】資料4①～ ④・9ページ	コストと把持成功率の具体的な定義と算出方法を改めてご説明頂けませんでしょうか？ 【質問1】と関連しますが、資料3-1においてコストの定義は金銭的な内容だと認識したのですが、資料4では金銭的な内容に加えて計算の大変さも考慮した内容のようにも捉えることができるようを感じました。複数の資料の多くの箇所で「コスト」という言葉が使われていますが、すべての資料・箇所において同じ意味で使用されていますでしょうか？ コスト低減効果という言葉についても、意味を正確に把握できませんでしたので、具体的な定義と算出方法を改めてご説明頂けませんでしょうか？ 以上につきまして、資料の読み方を勘違いしている可能性を危惧いたしましたが、【質問1】とあわせて改めてご説明をお願いする次第です。	山下淳	資料3-1は金銭の意味でのインテグレーションコスト（費用）になります。 資料4のコストは計算コストを加味しています。他技術に対する優位性として性能と計算コストで比較しています。計算コストが低減でき、ロボットのタクトタイム（動作時間）が短くなることで適用範囲を広くすることができます。また、計算コスト低減により計算機を低スペック化でき、計算機のコスト（費用）低減につながります。	公開可
37	【質問5】資料4①～ ④・10ページ	どのような内容に関して「ロバスト」でしょうか？様々な変化があると予想しますが、どのような変化に対する性能のことを意味しているかご説明頂けないでしょうか？ 「プログラミングレス」につきましても、もう少し詳細な説明をお願いできませんでしょうか？	山下淳	経路探索において、従来のランダムサンプリングベースの手法では始点と終点をランダムに探索をするため、予め定めた計算時間では解けないことがあります。 一方、本手法では人が作業した経路をベースに途中に探索範囲を広げる事から比較的短い時間で解を求める事ができます、資料P9の左図に記載のように従来手法では解けない経路を解くことができます。この意味で、周辺環境の変化（機器配置等）に対してロバストであると表現しています。 プログラミングレスについて、これから自動化が進む領域はロボットの専門家がいらないことが変化であり、簡単に使えるロボットにすることが重要と考えています。配置などの環境が変わった際にロボットが環境を認識し、汎用動作計画により動作生成することでユーザーはプログラムせずに作業変更が可能になることを目指しています。	公開可