

【人工知能間の交渉・協調・連携による 社会の超スマート化】

～それぞれの目的の円滑な達成と互惠関係の形成～

2017年2月15日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エクゼクティブサマリ】

1. 本プロジェクトの基本的な考え方

第4次産業革命（日本再興戦略）や Society5.0、新産業構造ビジョン等に掲げられるように、実世界の様々なシステムを人工知能（AI）によりうまく制御することによって、社会価値の増大と産業競争力の向上を狙う動きが活発になっている。また、AI ネットワーク社会推進会議（総務省）等における議論・提言にある通り、自動運転やマス・カスタマイゼーション等、目指すとされている多くの将来像においては、複数の人工知能がうまく協調・連携して働くことが追加的価値を生むとしている（図1）が、これらの人工知能は異なるオーナーの下で異なる目的のために動作しているのが通常であり、挙動調整に必要な統合制御（単一の上位AIから集中制御する等）を行うことは現実的ではない。

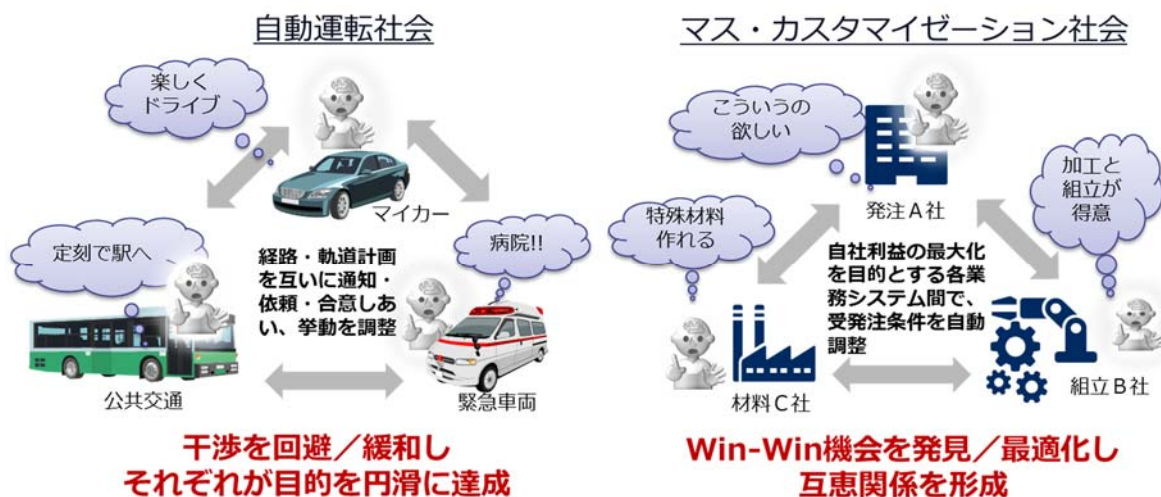


図1 複数の人工知能間の挙動調整

本プロジェクトは、統合制御されていない人工知能間でも自動交渉により挙動調整を行える仕組みを社会実装することで、それら目指す将来像を実現することを目的とする。中間報告においては、Society5.0への貢献可能性として10以上のユースケースを挙げてきたが、人工知能技術戦略会議が公表した、生産性、健康/医療・介護、空間の移動の各分野における産業化のロードマップを分析することで、「製造バリューチェーン自動接続」「スマートシティ：電力・水」「スマートシティ：交通・人流」、そして「自動運転車・移動体」の四つを「特に早急な取り組みが重要なユースケース」として選定した。

2. 検討の視点と範囲

本プロジェクトの検討と視点の範囲は、産業化ロードマップの分析と重点ユースケースの選定（2章）、それらの社会実装に必要な要件の洗い出しと対応方針の策定（3章）、その実行における官民の役割分担と政策提言（4章）である。

3. 産業競争力強化のための提言および施策

- 相互接続性・運用性が本質になるアイテム群を戦略的大型NPで一気に一体開発
- 複数ユースケースを同時実装する特区等の指定により、必要な実証実験、詳細制度設計と改善、社会受容性の醸成、ネットワーク外部性に起因する普及の壁の突破
- 国際協調の場での議論を牽引し、標準や制度を日本のニーズに合った形に国際的に収斂を柱とした提言を行っている。図2はこれらの提言と施策、およびスケジュール概略を示している。

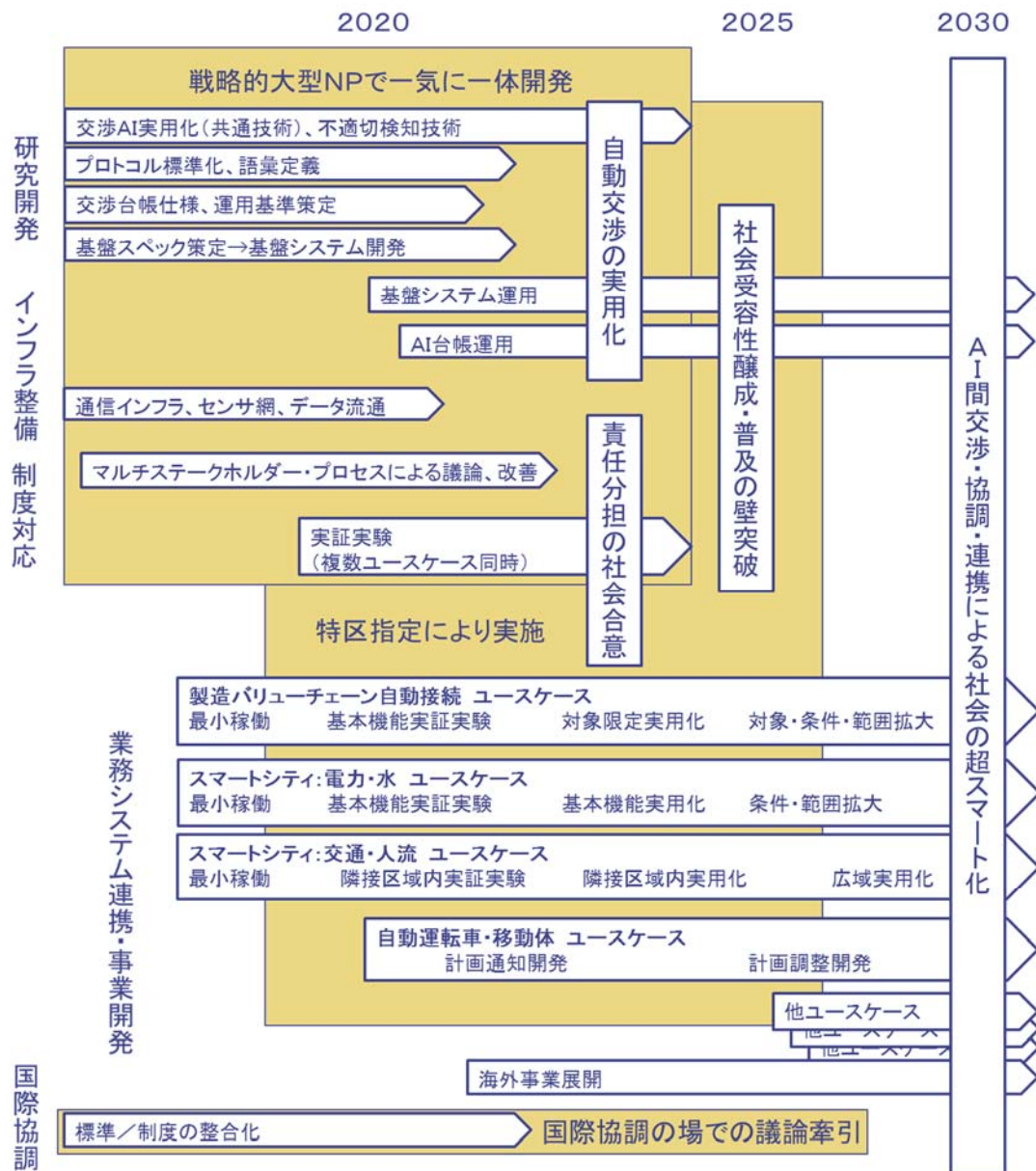


図2 提言の柱と施策

4. 今後の課題と展開

ユースケースのさらなる優先順位づけ、NPの具体化、官民体制づくりを来年度活動とする。

【目 次】

1章 本プロジェクトの基本的な考え方	6
本プロジェクト提案の背景・理由	6
関連動向における位置づけ	8
実現を目指す産業競争力強化上の目標・効果:	11
検討の視点と範囲	15
2章 実現を目指すユースケース	16
人工知能技術戦略会議の産業化ロードマップ	16
生産性分野の産業化ロードマップ	20
健康／医療・介護分野の産業化ロードマップ	20
空間の移動分野の産業化ロードマップ	20
特に早急な取り組みが重要なユースケース	21
製造バリューチェーン自動接続	21
スマートシティ: 電力・水	22
スマートシティ: 交通・人流	23
自動運転車・移動体	24
ユースケース群の体系的・効率的な社会実装	26
3章 社会実装のための要件分析と対応方針	27
社会実装において満たすべき要件	27
調整原理	29
ユースケース毎の標準化	30
交渉エージェントAIの開発	30
業務システムとの連携	31
不適切な交渉動作の検知技術の開発	32
調整制度	32
交渉台帳の導入と運用	32
交渉結果に対する使用者責任、不具合に対する製造者責任の原則の社会合意	34
制度に関する議論を広く実施する場の組成	35
調整基盤	35
その他の要件	38
社会受容性	38
人との共存	39
初期普及の壁の突破	39
国際競争力	39
実現ロードマップ	40
4章 官民の役割分担と政策提言	43

官民の役割分担	43
研究開発・事業開発	43
インフラ整備	43
制度対応	43
国際協調	43
政策提言	44
一気に一体開発する戦略的大型NPの実施	44
特区等(Regulatory Sandboxを含む)の指定、広く制度の議論を行う場の設定	44
インフラ整備と運用	44
制度対応に関するホワイトリストの策定	45
国際協調	45
今後の課題と展開	46
別添1：各ユースケースの内容	47
物理的挙動の協調・連携に関するユースケース	47
経済的挙動の協調・連携に関するユースケース	49
物理的挙動と経済的挙動の両方の協調・連携に関するユースケース	51
別添2：ユースケースの詳細議論	52
無人建設機械	52
自動バリューチェーン接続	55
スマートシティ 交通・人流：	59
スマートシティ 電力、水	64
相対融資マッチング	68
複数人工衛星システム間の協調地球観測	74
別添3：SDGsへの貢献	78

【はじめに】

実世界の様々なシステムを人工知能によりうまく制御することによって、社会価値の増大と産業競争力の向上を狙う動きが世界中で大変活発になっています。日本再興戦略 2016 においては「官民戦略プロジェクト 10」が定められ、自動走行社会やサプライチェーン全体での在庫ゼロ、即時オーダーメイド生産等を目指すこととされ、また、第 5 期科学技術基本計画においては Society5.0 のコンセプトのもと、高度道路交通システムやスマート・フードチェーンシステムの実現を目標とすることが閣議決定されています。さらに、新産業構造ビジョンにおいては目指す将来像としてエネルギーのデマンドレスポンス等があげられています。

総務省の「AI ネットワーク社会推進会議」等において議論・提言されている通り、これらの多くの将来像においては、自動走行車どうしが危険回避行動をとったり、各製造工程間が連携しあったりといった、複数の人工知能がうまく協調・連携動作できることが想定されていますが、統合制御されていない人工知能の間ではそのような動作を実現することは容易ではありません。各車両の自動走行を司る人工知能や、サプライチェーンを構成する各社の業務管理人工知能は、別々のオーナーの下で異なる目的のために動作しているため、統合制御されていないのが通常であり、これらの将来像を実現するにあたり解決が必要な課題となります。

そのような課題に対して、本プロジェクト「人工知能間の交渉・協調・連携による社会の超スマート化」では、人工知能間の自動交渉により協調・連携動作を実現するしくみの社会実装を目標としています。これにより、人工知能間の連携動作を前提としている多くの将来像が達成可能となりますが、3 省連携の「人工知能技術戦略会議」が公表した生産性、健康/医療・介護、空間の移動の各分野における「産業化のロードマップ」を分析することで、「製造バリューチェーンの自動接続」「スマートシティにおける電力・水」「スマートシティにおける交通・人流」、そして「自動運転車・移動体」の四つを「特に早急な取り組みが重要なユースケース」として本プロジェクトでは選定しています。「産業化ロードマップ」は我が国における取組が重要であるものとして官民合同で策定されたものであり、その実現に寄与する本プロジェクトは積極的に進めるべきであると認識しております。また 2016 年後半において、欧米での同様な取り組みに加速が見られました。我が国としても早急な方針の決定と実活動の開始が必要と考えております。

日本再興戦略 2016 においては、名目 GDP600 兆円に結びつく新たな有望成長市場の創出・拡大に向けて、第 4 次産業革命の実現により 30 兆円の付加価値を創出するとされています。本プロジェクトは、それを確実に実現するために必要な活動の一つであり、日本経済の活性化と産業競争力の向上、海外へのグローバル展開を含めた我が国の発展を下支えするものとなります。

産業競争力懇談会
理事長
小林 喜光

【プロジェクトメンバー】（メンバー組織は 50 音順 敬称略）

プロジェクトリーダー	森永 聡	日本電気株式会社
メンバー	落合 孝文	渥美坂井法律事務所・外国法共同事業
	三部 裕幸	
	稲場 典康	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
	佐藤 勝	
	内藤 一郎	
	竹内 晃一	沖電気工業株式会社
	辻 弘美	
	村田 稔樹	
	本村 陽一	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	岩爪 道昭	国立研究開発法人情報通信研究機構
	工藤 裕子	中央大学
	杉本 英樹	株式会社デンソー
	和泉 潔	東京大学
	加藤 真平	
	津村 幸治	
	原 辰次	
	藤田 桂英	東京農工大学大学院
	岡田 隆三	株式会社東芝
	沖野 剛史	
	渡辺 友樹	
	粟島 亨	豊田通商株式会社
	伊藤 孝行	名古屋工業大学
	上田 修功	日本電信電話株式会社
	東 博暢	株式会社日本総合研究所
	石田 宏一	
	西口 健二	
	森 正和	
	劉 磊	
	高橋 由泰	株式会社日立製作所
	守屋 俊夫	
	小倉 英之	富士電機株式会社
	鈴木 聡	
	山口 佳子	三菱電機株式会社
	笠原 裕	国立研究開発法人理化学研究所

メンバー	橋本 和夫	早稲田大学
	松島 裕一	
	荒川 隆行	
	荒木 壮一郎	
	石垣 亜純	
	石川 雅巳	
	伊藤 晃徳	
	井上 浩明	
	岩田 太地	
	江川 尚志	
	江藤 力	
	大月 暁生	
	岡田 義昭	
	岡山 義光	
	加美 伸治	
	酒井 淳嗣	
	櫻井 均	
	清水 智久	
	下西 英之	
	関 啓一	
	芹沢 昌宏	
	高石 友博	
	高梨 伸彰	
	竹村 俊徳	
	谷 幹也	
	谷口 暢夫	
	田村 彰史	
	千葉 雄樹	
	中台 慎二	
	平田 恭二	
	福田 健二	
	藤巻 遼平	
	細見 格	
	望月 康則	
	山田 昭雄	
	山田 勲	
		日本電気株式会社

メンバー	若目田 光生	日本電気株式会社
オブザーバー／ アドバイザー	布施田 英生	内閣府 総合科学技術・イノベーション会議事務局
	武田 朋大	総務省 情報通信国際戦略局
	福田 雅樹	総務省 情報通信政策研究所
	植木 健司	経済産業省 産業技術環境局
一般社団法人 産業競争力懇談会 (COCN)	小豆畑 茂	担当実行委員(株式会社日立製作所)
	江村 克己	実行委員(日本電気株式会社)
	中塚 隆雄	事務局長
	寺田 透	担当企画小委員(富士通株式会社)
	五日市 敦	企画小委員(株式会社東芝)
	金枝上 敦史	企画小委員(三菱電機株式会社)
	佐藤 桂樹	企画小委員(トヨタ自動車株式会社)
	田中 克二	企画小委員(株式会社三菱ケミカルホールディングス)
	武田 安司	企画小委員(日本電気株式会社)
事務局	中込 直幸	日本電気株式会社
	本田 雄士	
	島田 東子	
	増田 幸一郎	
	服部 美里	

【用 語 定 義】（本文中での出現順、本文中での意味）

交互条件提示型交渉	一方から合意内容案の提示、他方は当該案の受諾（合意）／拒否／交渉決裂（終了）を回答、を繰り返して行う交渉。
交渉エージェント A I 交渉 A I	利用者から指定された効用関数（どのような内容で合意に至ると、どれくらい利益があるか）をできるだけ大きくするように、自動的に交互条件提示型の交渉を行う A I 化されたエージェント。
「V C」	製造バリューチェーン自動接続ユースケースの略記。
「電力・水」	スマートシティ（電力・水）ユースケースの略記。
「交通・人流」	スマートシティ（交通・人流）ユースケースの略記。
「車」	自動運転車・移動体ユースケースの略記。
交渉台帳	制度的要件の対応のために導入する、A I 台帳、履歴台帳、手順台帳、物件台帳。
A I 台帳	交渉に参加する資格のある個別 A I を特定する I D と、それぞれの交渉に参加する立場（どのユースケースにおいて、どのような内容での提示や回答の可能性はあるか）のリスト。
履歴台帳	交渉 A I 間でやり取りされた内容、各 A I の合意成否判断に用いられた情報、および合意事項の遵守状況を検証するために必要な情報のログ。
手順台帳	各ユースケースにおける標準プロトコルや語彙定義の内容。
物件台帳	売買等される部品や機材の個体識別に必要な情報。
「要件群」	3 章で掲げた「A I 間交渉による協調・連携」の社会実装のための要件群の略記。本テーマの社会実装におけるハイレベルな状態目標を、A I ネットワーク社会推進会議が議論している「A I 開発原則」と「利活用原則」の観点から分解したもの。
ネットワーク外部性	（電話や F A X のように）普及が進むほど利用者の利益が増す現象。

【本 文】

1 章 本プロジェクトの基本的な考え方

本プロジェクトの基本的な考え方は以下のとおりである。

- ・ 日本再興戦略 2016 の第 4 次産業革命や第 5 期科学技術基本計画の Society5.0、経済産業省の新産業構造ビジョン等に掲げられるように、実世界の様々なシステムを人工知能(AI)によりうまく制御することによって、社会価値の増大と産業競争力の向上を狙う動きが活発になっている。
- ・ AIネットワーク社会推進会議(総務省)の「影響度評価」や、人工知能技術戦略会議(3省連携)の「産業化ロードマップ」等でも議論・提言されている通り、目指すとされている多くの将来像においては、AI間でうまく協調・連携動作ができることを想定している。
- ・ 統合制御されていないAI間での連携動作は容易ではないが、実社会においては、オーナーが異なるAI間や、通信や処理量の問題で集中制御が難しいAI間の連携動作こそ有益である場合が多い。
- ・ 本プロジェクトでは、それを解決する方策として「AI間での自動交渉による協調・連携のしくみ」を提唱し、日本再興戦略 2016 が定める「第 4 次産業革命の実現による 30 兆円の付加価値創出」に貢献することを目指す。特に、「産業ロードマップ」の実現にキーとなる、四つのユースケース「製造バリューチェーン自動接続」「スマートシティ（電力・水）」「スマートシティ（交通・人流）」「自動運転車・移動体」に関しては、早急な取り組みが重要である。
- ・ これらの社会実装においては、1)うまく交渉・調整するためのアルゴリズム(調整原理)の確立、2)合意違反を排除する仕組みや、交渉・調整の結果としておきた事象の責任分担(調整制度)の遵守、3)交渉に必要な通信や合意事項を記録するインフラ(調整基盤)の稼働、そして、4)社会受容性の醸成やネットワーク外部性の突破等、普及環境の整備、の四つが必要となる。
- ・ 「交渉が巧みなAI」の開発や新サービスの創出等に関しては基本的に個別企業が独自性を競うべき競争領域である。一方、調整原理に関する相互接続性・相互運用性の確保や自動交渉共通基礎技術の開発、公共の利益が本質である調整制度の整備、公共性の高い調整基盤の稼働等は、基本的に企業がばらばらに独自性を追求すべきでない協調領域であり、企業の枠を超えた推進の仕組みや、政府の関与が必要となる。
- ・ 官民の役割を整理したうえで、社会実装のための具体的な政策提言を行う。

本プロジェクト提案の背景・理由

ビッグデータ処理技術や機械学習アルゴリズムの進展により、AIの能力が大幅に向上し、実世界の多くの場面に適用されていくことが想定される。特に、いろいろなシステムをAIにコントロールさせることにより、新たな価値が生み出されることが期待されている。例として、クルマの自動運転、工場設備等の自動機器制御、家庭・オフィス・店舗におけるロボット、および水道・電気等のインフラの自動運用等が挙げられる。

このような、個別システムのAI化による社会価値の増大に関しては、国内外を問わず盛んに取り組ま

れているが、さらにこれらをコントロールするAI間が協調・連携動作を行うことができれば、非常に大きな追加的社会価値を実現することができる。自動運転社会の例でいえば、交差点に複数の自動運転車が進入する場合や、高速道路での合流などにおいて、関係するAI間で適切な協調・連携動作ができれば、安全性・効率性の向上を期待することができる。

これらの関係するAIどうしが統合制御されている場合には、協調や連携の動作は比較的容易である。すなわち、各AIが単一の上位AIから集中制御を受けていたり、あらゆるシーンでの協調動作について事前に各AIにプログラムできる場合は、安全かつ全体として効率的になるように各AIの動作を決定することで、適切な協調・連携動作が実現される。しかしながら、現実世界においては協調・連携が必要なAIどうしが必ずしも統合制御されているとは限らない。かえって統合制御されていないAI間での協調・連携こそが社会価値増大に貢献するための重要な要素であるシーンも多く想定される。

例えば、自動運転されているマイカー・バス・救急車が、ある一つの交差点に近いタイミングで進入しようとしているシーンを想定する(図1-1左)。これらの車両は、それぞれ個別のシステムとして異なるオーナーの下で異なる目的をもって動作しているAIにより制御されており、単一の上位AIから集中制御を受けていないのが通常である。また、このシーンにおけるこの三車両の協調動作について、事前にそれぞれの車両をコントロールしているAIにプログラムしておくことも現実的ではない。さらに、もしそのように事前にプログラムされていたとしても、この交差点で出会ったときに「相手がそのようにプログラムされ、こちらが期待する協調動作をする」と各AIが互いに確信できない限り、どのように相手が動くか結局わからない。このようなシーンにおいてAI間で協調・連携ができないと、不必要に長時間のデッドロック等によって、周辺まで含めた交通の非効率が発生することが想定される。

なお、この自動走行車の例では、各AIのオーナーが異なることが、統合制御ができない主たる原因となっているが、同じオーナーの下で動作するAIであっても、上位AIによる集中制御を受けることが通信や計算量の問題で困難な場合(後述の無人建設機械や製造機器連携ユースケース等)は、やはり統合制御を行うことは難しくなる。



図1-1 統合制御されていないAI間の協調・連携

本プロジェクトにおいては、統合制御されていないAI間でも、自動交渉による合意の形成によって、協

調・連携動作を可能とするしくみを社会実装することを目標とする。調整コストが大幅削減された経済パラダイムを実現することで、より高度なレベルで超スマート社会を実現し、AI化による産業競争力の優位性の源泉とする。

例えば、前述の三車両の例であれば、「マイカーは10秒間交差点進入を待機し、バスは5秒間待機し、救急車、バス、マイカーの順で通る」等をAI間で交渉により合意し、各AIがそれを順守して動作することで、協調・連携動作を実現することができる。これにより長時間のデッドロック等に比して、どのAIにとっても効率よく当該交差点を通行し、自己の目的をより円滑に達成できることになる。自動運転に限らず、AIにより制御されている機器やロボットが実空間で干渉する場合において、相手と協調・連携する機能を持つことによって、非効率を回避／緩和し、AI普及の利点を十分に享受できる社会の実現を目指す¹。

さらに本プロジェクトにおいては、AIどうしが実世界で干渉することのマイナス面の回避だけではなく、積極的に実世界でのAI間での出会いを増加させ、様々な経済主体に対して利益の機会を創出・拡大することも目指す。例えば、ある製品の調達を検討しているA社、加工と組立てが得意なB社、必要な特殊材料が作れるC社のそれぞれのAIの間で、取引先候補としてのお互いの発見と、必要な材料の提供や加工・組立に関する納期・金額等の条件交渉を自動化するしくみを社会実装することにより(図1-1右)、各会社ともに商機の発見や契約条件の最適化といった利益を実現することができる。このような交渉の仕組みを標準化し、各経済主体ともに同時に多くの相手といろいろな案件に関して交渉できるようにすることで、Win-Win機会の発見と互惠関係の形成を容易にし、経済全体に対してもプラスの作用を及ぼすことを目標とする。

一方、交渉・調整機能を持たないAIシステムとの混在、AI化されていないシステムとの混在、人との共存の問題についてもできる限り緩和し、個別にシステムがAI化されることのみによる超スマート社会に比して、さらにその価値レベルをあげるということも目標とする。

関連動向における位置づけ

日本政府が策定した「第4次産業革命（日本再興戦略 2016）」（日本経済再生本部）、「Society 5.0（第5期科学技術基本計画）」（内閣府 総合科学技術・イノベーション会議）、「スマートIoT推進戦略」（総務省）、「新産業構造ビジョン」（経産省）、「産業化のロードマップ」（3省連携 人工知能技術戦略会議）、ドイツ政府が策定した「Industrie 4.0」など、各国からAI活用による社会価値拡大に関連する戦略やビジョンがうちだされている。

これらにおいては、介護ロボット活用、サプライチェーン在庫ゼロ、即時オーダーメイド、自動走行、ドローン物流、スマートハウス／コミュニティ／エネルギー、シェアリング・エコノミー、マスカスタマイゼーション等が将来像として掲げられているが、高いレベルでの実現には統合制御されていない人工知能間の協調・連携動作を社会実装することが必要であると我々は考え

¹ 自動車の例であれば「相手が交通に関するルール違反をしない」と確信できれば、交渉等を行わなくても協調・連携が可能になるシーンも多くあるが、「その確信を強めたい」や「そのシーンに該当するかが微妙」、「ルール違反でない動作もいろいろ想定できる」シーンはさらに多く、交渉と合意による協調・連携は非常に有益である。

ている。「Society 5.0」においては、「サービスや事業のシステム化、システムの高度化、複数のシステム間の連携協調が必要であり、産学官・関係府省連携の下、共通的なプラットフォーム（超スマート社会サービスプラットフォーム）構築に必要となる取組を推進」するとうたわれている。超スマート社会の例に含まれる「エネルギーバリューチェーン」「新たなモノづくりシステム」「インフラ維持管理・更新」「自然災害に対する強靱な社会」「スマート生産システム」「スマート・フードチェーンシステム」「高度道路交通システム」などは、本プロジェクトで取り上げているユースケースが直接的に適用されるサービスである（図1－2）。

「日本再興戦略2016」が目指す名目GDP600兆円の実現に大きく貢献する経済波及効果を持ち、特にAIによる大きな貢献が期待できる分野に対して策定するとされた「産業化ロードマップ」（2章：図2－1、図2－2、図2－3）においては、生産性、健康／医療・介護、空間の移動それぞれの分野で、「AIによる需給マッチング」や「ロボットの活用」「自動走行（陸／空）」等が目指す姿として示されている。本プロジェクトにおいては、これらに貢献すべく特に早急な取り組みが重要なユースケースとして、「製造バリューチェーン」「スマートシティ（電力・水）」「スマートシティ（交通・人流）」「自動運転車」の四つを選定し、その社会実装に関する政策提言を行っている。

これら政府策定のビジョン群の多くにおいては、異なる経済主体間での連携や、事前にプログラムしきれない多様なシーンでの協調動作、技術的に集中制御が困難な環境での連携動作が、大きな追加的価値の根源となり、統合制御されていないAI間での自動交渉による協調・連携が社会として実装されることが極めて重要である。

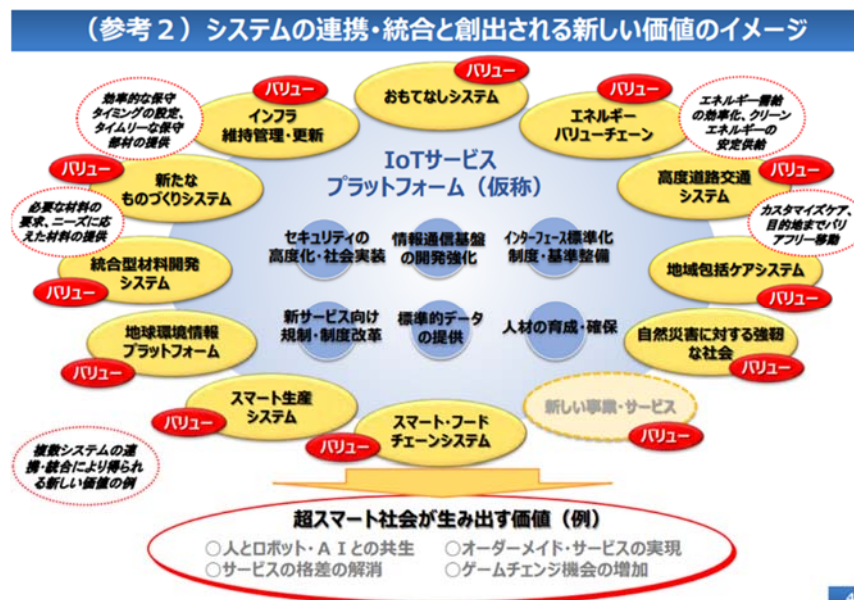


図1－2 Society 5.0 の目指す超スマート社会

基盤技術の推進の在り方に関する検討会（内閣府） 第三回資料
「超スマート社会の姿と超スマート社会に向けた取組について」より

総務省の「A I ネットワーク社会推進会議」は、「A I 開発ガイドライン」（仮称）の策定に向けた国際的な議論の用に供すべき素案の検討、A I ネットワーク化が社会・経済の各分野にもたらす影響とリスクの評価、社会全体におけるA I ネットワーク化の推進に向けた社会的・経済的・倫理的・法的課題に関連する事項を検討するとしており、「A I ネットワークシステム利活用ガイドライン」として利用者側が留意すべき点に関する検討も行うとしている。主題となっている「A I ネットワーク社会の推進」自体が本プロジェクトの活動意図を完全に包含するものであり、本プロジェクトとしてもオブザーバー参加をしている。分科会での活動紹介の機会もいただくなど、連携して活動を行っている。

また、内閣府の「人工知能と人間社会に関する懇談会」は、検討項目として、倫理的論点・法的論点・経済的論点・社会的論点・研究開発的論点をあげており、本プロジェクトの調整制度、特に交渉結果に関する責任の観点から参考にしている。

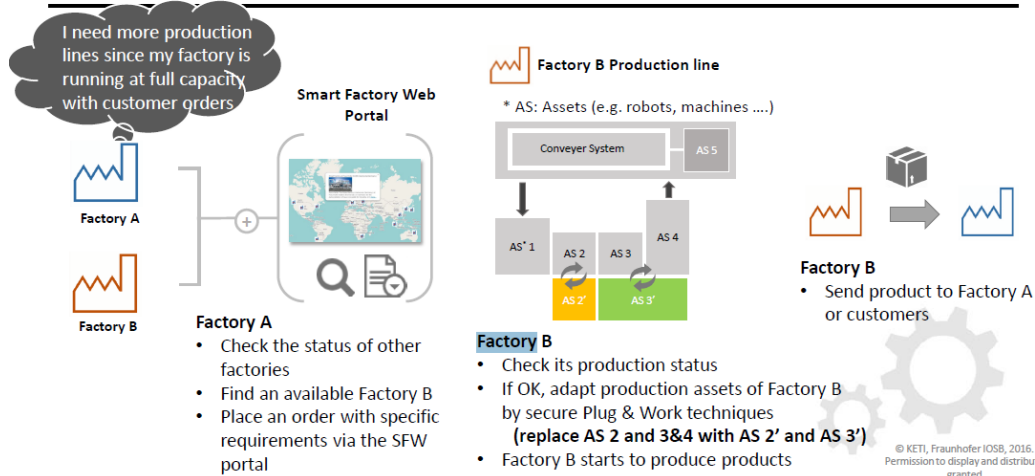
北米の活動である Industry Internet Consortium は、G E らが主導となって設立した団体で、インターネットを活用した消費者へのサービス提供に注力すると提唱している。産業上のインターネット活用に関する様々な部会の活動と、先進的なテストベッド構築の活動を主体としている。多くのアイデアが提案・実証されている場であることに加え、I o T エージェント間の相互運用性確保のための標準化活動についても積極的に議論されている。また、2016年後半において、Connected Vehicle Mobility と Smart Factory Web という本プロジェクトと極めて近いビジョンを掲げるテストベッドが正式承認されるという動きがあった。ここにきて**海外の関連動向が加速してきている**。前者は自動走行車どうしのやりとりによる Cooperative movement を目指しており、簡単な動作²に関して 2018 年にアメリカで実験を行うとしている。後者はスマート工場間のやりとりによる受発注成立³を目指しており（図 1-3）、ドイツと韓国にまたがる連携動作（今のところそれぞれ 2 工場ずつ）を 2019 年に実験するとしている。どちらの提案においてもリファレンスアーキテクチャの確立や標準化についても活動するとされていること、Smart Factory Web はドイツ政府の「Industori4.0」との連携を深めることをテーマとしていること、今後とも A I 間の連携を主題としたテストベッド提案は継続的になされるだろうことを考えあわせると、**A I 間の交渉・協調・連携の社会実装に関する日本としての対応方針を早急に定め、実活動を開始する必要がある。**

² 危険回避や渋滞抑制等

³ <http://smartfactoryweb.com/>



Usage Scenario and View: Order driven, flexible adaption of production value chains



Phased Approach Overview

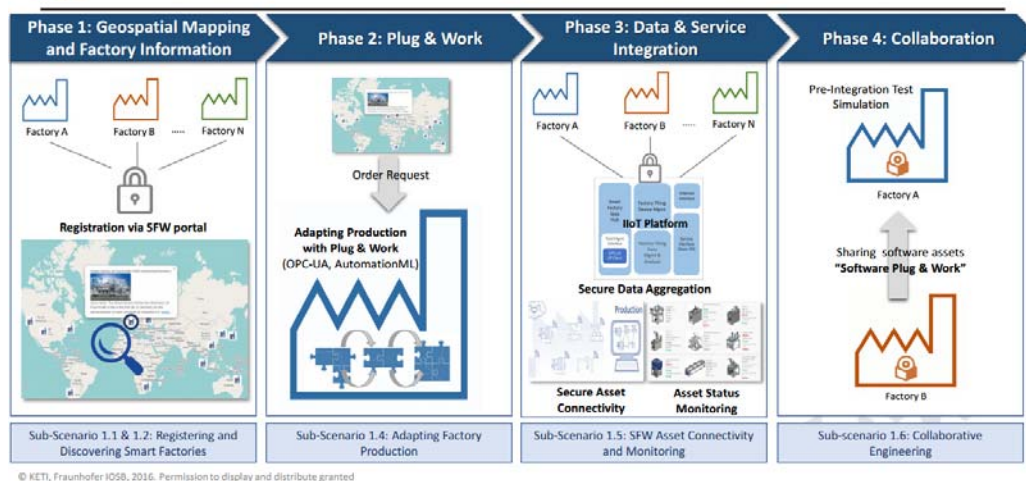


図 1-3 Smart Factory Web テストベッド (IIC公開資料より)

国内においては、官民データ活用推進基本法が2016年12月7日成立、12月9日公布・施行された。同法は、国や地方公共団体、民間事業者などが保有するデータを適正かつ効果的に活用し、活力ある日本社会の実現に寄与することを基本理念としている。また、AI、IoT、クラウド等の先端技術を活用していくことも明記されている。今後、IT戦略本部の下に官民データ活用推進戦略会議が設置され、政府による官民データ活用推進基本計画を策定するなど、本プロジェクトが目指す社会の実現を大きく後押しするものである。

実現を目指す産業競争力強化上の目標・効果：

「AI間の自動交渉による協調・連携」を社会実装し、AIシステム間の挙動調整コストが大幅削減された超スマート社会を実現することを、本プロジェクトの第一義的な産業競争力強化上の目標とする。

表1-1は、中間報告書で検討したユースケースと、政府が策定した目指すべき将来像との関係を

Society5.0 を中心にまとめたものである(ユースケースの中身は別添参照)。本プロジェクトのユースケースは多くの業種、多くの政府ビジョンに関連している。本最終報告書においては、人工知能技術戦略会議が策定・発表した産業化ロードマップに対して、その実現に必要／大きく寄与するユースケースのピックアップを行い、さらにそこから幾つかのケースを「特に早急な取り組みが重要である」として選定する。

また、AI間交渉による協調・連携は広い分野にわたって多くのシーンで有益であるが、ユースケース別に独立に社会実装を行うと、規格の乱立や混乱、無駄や無理の生じる可能性が大きい。逆に、経済的に相乗効果の関係にあるユースケースも多く、本プロジェクトにおいては、各ユースケース群が体系的にかつ効率よく社会実装されることも目標とする。

表1-1 人工知能間の自動交渉による協調・連携のユースケースと「目指すべき将来像」

注1：総務省はユースケース間連携としても想定する関連省庁

ユースケース		主な交渉内容	業種 (大分類)	想定する 関連府省庁 (注1)	Society5.0 において関連する 「目指すべき将来像」
物理的挙動の協調・連携	無人建設機械	動作計画	建設業 水産業 農林業 鉱業	総務省 経済産業省 国土交通省	インフラ維持管理・更新 自然災害に対する強靱な社会
	製造機器連携	危険回避動作 協調動作	製造	総務省 経済産業省	新たなものづくりシステム スマート生産システム
	居住空間内 ロボット連携	危険回避動作 協調動作	製造 サービス 医療	総務省 厚生労働省 経済産業省 国土交通省	地域包括ケアシステム おもてなしシステム
	自動運転車 ・移動体	危険／非効率 回避動作	運輸	警察庁 総務省 経済産業省 国土交通省	高度道路交通システム
	複数人工衛星システム間の 協調地球観測	動作計画 ミッション補完	宇宙 情報通信	総務省 文部科学省 経済産業省	地球環境情報プラットフォーム 新しい事業・サービス
経済的挙動の協調・	製造バリューチェーン 自動接続	仕様・納期 ・金額	製造業 運輸業 情報通信業	総務省 経済産業省 国土交通省	新たなものづくりシステム スマート生産システム スマート・フードチェーンシステム
	スマートシティ	消費計画・料金	電気・水道	総務省	エネルギーバリューチェーン

	電力・水			厚生労働省 経済産業省 国土交通省	スマート生産システム
	相対融資マッチング	融資条件	金融・保険 不動産	内閣官房 金融庁 総務省 農林水産省 中小企業庁	FinTech（日本再興計画より）
	金融自動取引管制	悪意オペレーション排除	金融・保険	金融庁 総務省	FinTech（日本再興計画より）
	医療・介護リソース マッチング	専門家・設備・救 急搬送等の運用 計画	医療 福祉	総務省 消防庁 厚生労働省 経済産業省	地域包括ケアシステム
	短納期 リテールロジスティクス	仕入・配送計画	小売 サービス	警察庁 総務省 経済産業省 国土交通省	スマート・フードチェーンシステム おもてなしシステム
両方	スマートシティ 交通・人流	流入・流出計画	運輸業 サービス業 不動産	警察庁 総務省 国土交通省	自然災害に対する強靱な社会 おもてなしシステム 高度道路交通システム

これらのユースケースを社会実装した場合の産業競争力上の効果は

- ・AI間干渉における非効率の緩和・回避（マイナス面の排除・緩和）
- ・経済主体間のWIN－WIN機会の発見・最適化（プラス面の増大・創出）

の観点と

- ・既存の産業の競争力を向上
- ・新たなビジネスの創出・拡大

の観点から、図1－4のように整理される（この図では、Society 5.0 の関連するアジェンダについてもプロットしている）。

日本再興戦略 2016 においては、名目 GDP 600 兆円に結びつく新たな有望成長市場の創出・拡大に向けて、第4次産業革命の実現により30兆円の付加価値を創出するとされている。人工知能間の自動交渉による協調・連携を社会実装することで、その規模の付加価値が確実に創出されることを本プロジェクトは目指す。例えば、国土交通省の資料によると、平成24年度では一人あたりの年間渋滞損失時間は約40時間で、乗車時間（約100時間）の約4割に相当する

とされている⁴。平成17年度時点では一人あたり30時間の損失で貨幣価値換算で約12兆円に上ると試算している⁵ことから、依然として大きな社会的損失となっている。ユースケースのスマートシティ（交通・人流）と自動運転車はこの課題解決に直接寄与し、平均1割の改善でも1兆円を超す経済的効果を生むことができる。また、ネット通販の進展等による小口貨物の増加に伴いトラックの積載率が5割を切っており⁶、物流の総合的な効率化も必要とされている。ユースケースの製造バリューチェーン自動接続は、この課題解決にも寄与するものである。

また、本テーマ「統合制御されていないAIシステム間の協調・連携動作」を社会実装する動きは、前述のとおり最近になって海外の動向が加速しており、日本がこの分野でグローバルで不利な立場におかれぬことも目指す。

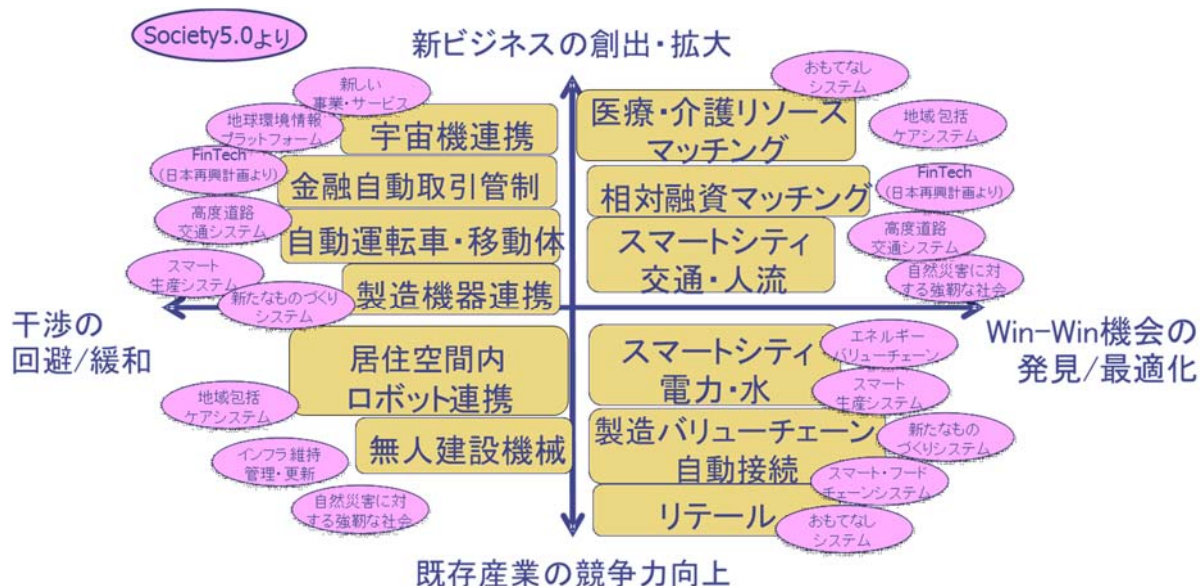


図1-4 各ユースケースの産業競争力上の効果

⁴ 「交通流対策について」国土交通省 道路局（平成27年3月5日） 中央環境審議会地球環境部会 2020年以降の地球温暖化対策検討小委員会 産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会約束草案検討ワーキンググループ合同会合（第5回）での資料より

http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/sangyougijutsu/chikyu_kankyo/yakusoku_souan_wg/pdf/005_07_00.pdf

⁵ 国土交通省 道路行政の評価 平成17年度達成度報告書／平成18年度業績計画書

<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-perform/ir-perform.html>

<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-perform/h18/07.pdf>

⁶ 平成28年2月2日 改正物流総合効率化法案を閣議決定

http://www.mlit.go.jp/report/press/tokatsu01_hh_000248.html

<http://www.mlit.go.jp/common/001122344.pdf>

検討の視点と範囲

本プロジェクトにおける検討の視点と範囲は

- 実現を目指すユースケース（2章）
- 社会実装のための要件分析と対応方針（3章）
- 官民の役割分担と政策提言（4章）

とする。

中間報告書においては、インパクトの大きさ、技術／社会動向、政府の掲げるビジョン、COCNの過去のテーマ、検討メンバーの専門性などを考慮して、10件程度のユースケースを抽出した（別添）。本最終報告書においては、人工知能技術戦略会議で産業化ロードマップ策定の対象とされている、生産性、健康／医療・介護、空間の移動、の各領域に該当するものをピックアップしたうえで、産業競争力強化への貢献インパクトと、体系的で効率的な社会実装、および海外も含めた関連動向の進捗の観点から「特に早急な取り組みが重要なユースケース」として四つを選定し、詳細な議論の対象とした。

社会実装のための要件は、1)自動交渉・調整するためのアルゴリズム（調整原理）、2)実社会で運用するための制度や社会的合意（調整制度）、3)交渉に必要な通信や合意事項を記録するインフラ（調整基盤）、4)初期普及の壁の突破等、の四つ観点から分析を行い、対応方針を述べた。

最後に、これらの対応方針に対して官民の役割分担の分解を行ったうえで、政策提言を行った。

なお、本プロジェクトにおいては、議論の範囲を「AI間の自動交渉による協調と連携」に限るものとし、個別システムにおけるAI活用や、統合制御による協調・連携に関しては範囲の外とした。これは、個別AI活用や統合制御の有益性を否定するものでは全くない。これらは、本プロジェクトで提言するまでもなく既に多くの取り組みがなされていることに加え、比較的協調領域の比率が小さい（交渉に必要な標準化や制度整備等よりも、個別AIや統合制御技術の性能のほうが重要である）、後述する初期普及の壁となるネットワーク外部性の要因が少ない（自分一人だけ持っていて也十分有益である）ことが、本プロジェクトのような企業横断活動における議論の範囲外とした理由である。

2章 実現を目指すユースケース

中間報告書においては、Society5.0 において掲げられている「目指すべき将来像」群に対して、「AI間の交渉・協調・連携」が貢献するユースケース例を10程度抽出して掲げた。本最終報告書においては、人工知能技術戦略会議が策定した生産性、健康／医療・介護、空間の移動の分野の「産業化のロードマップ」を分析し、その実現に貢献するユースケースをピックアップする。さらにその上で、特に早急な取り組みが重要なユースケースを選定する。

人工知能技術戦略会議の産業化ロードマップ

人工知能技術戦略会議では、AI技術の潮流と出口の可視化として産業化ロードマップの策定を行うとしており、生産性、健康／医療・介護、空間の移動の領域に関して「中間まとめ案」が公表された(図2-1、2-2、2-3)。

その領域選定の考え方は

- ・社会課題の解決への挑戦:

成長戦略に掲げられる等、社会課題として喫緊に解決への挑戦が求められる分野

- ・大きな経済波及効果:

GDP600 兆円の実現に大きく貢献する分野であること

- ・AI による寄与:

特に AI による大きな貢献が期待できる分野であること

であるとされている(第2回人工知能技術戦略会議 資料1)。また、作成後の出口としては、(国の or3 機関の)研究目標・重点化への反映と、製品・サービスの社会実装の実現・促進のために必要な環境整備(規制改革・制度整備)項目の洗い出し、規制改革会議などへの働きかけ・フォローアップとされている(第1回産業連携会議 資料4)。

我々は、産業化ロードマップが官民対話の下で策定された産業界と政府の共通目標であると理解・想定し、その実現に必要なあるいは大きく寄与する本プロジェクトのユースケースのピックアップと、特に早急な取り組みが必要なユースケースの選定を行った。

- 生産システムの自動・最適化、サービス産業の効率化・最適化、物・サービスへのニーズとのマッチングによりハイパーカスタマイゼーションを実現することにより、ものづくり・流通・サービスの融合が進み、エネルギー・食料なども含めた社会全体としての生産性を高めた究極のエコシステムを構築する。
- 人が創造力を増幅することにより、次々と新しいサービス・製品が生み出される社会を構築する。

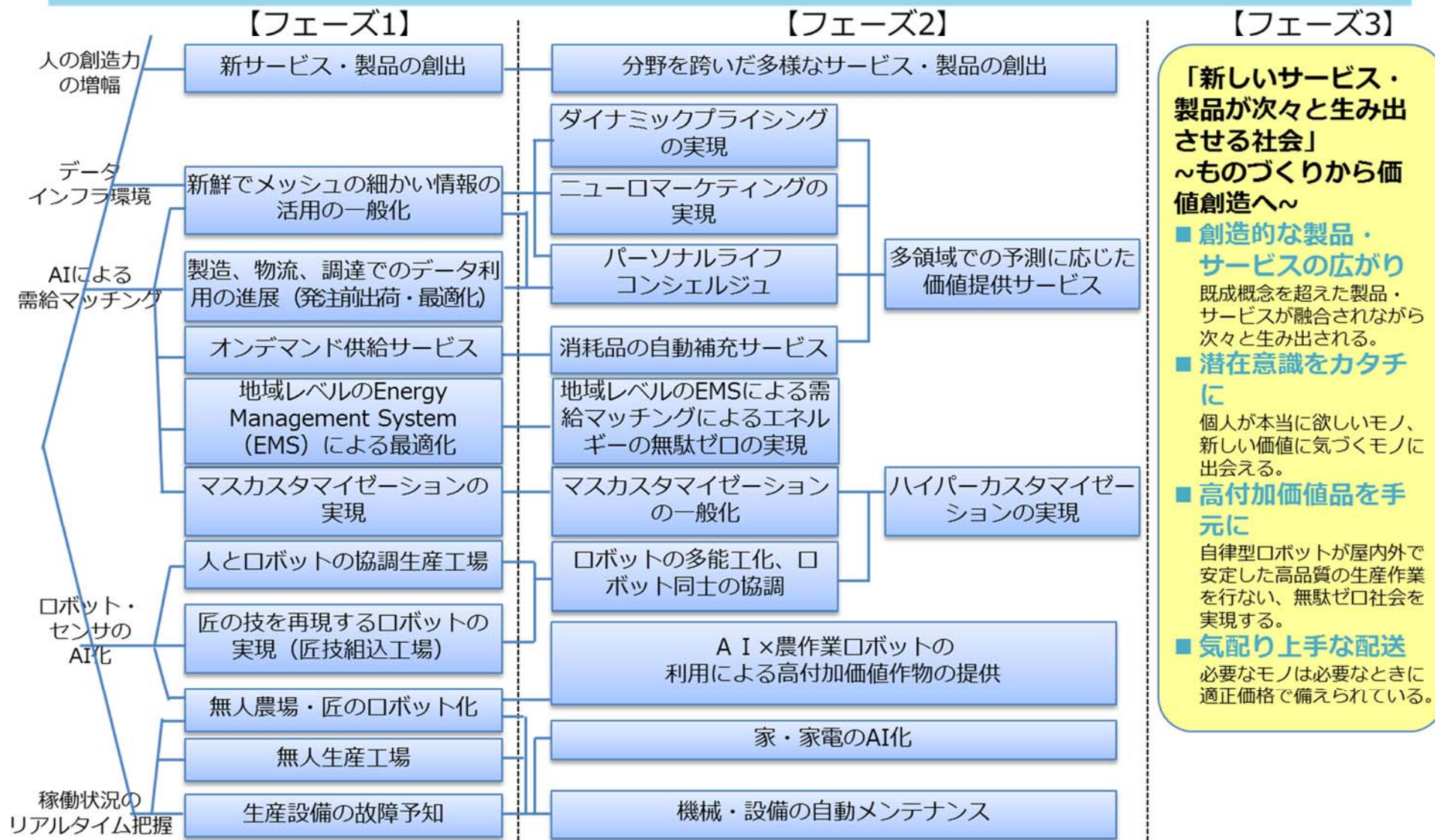


図2-1 生産性分野の産業化ロードマップ（第4回人工知能技術戦略会議より）

- 世界で最初に急激な高齢化社会を迎えている日本において、医療・介護の膨大な情報をビッグデータ化し、AIを使って世界の医療技術先進国・介護技術先進国を構築する。
- 予防医療の高度化により、病気にならないヘルスケアを実現する健康長寿産業大国を構築する。2030年には人口の40%以上が高齢者となる中で、80歳でも就業を希望する高齢者が元気に働いている社会を実現する。これにより、個人としての満足度を上げるだけでなく、社会保障費の軽減を図ると同時に労働人口の減少という課題への対応の方策ともなる。

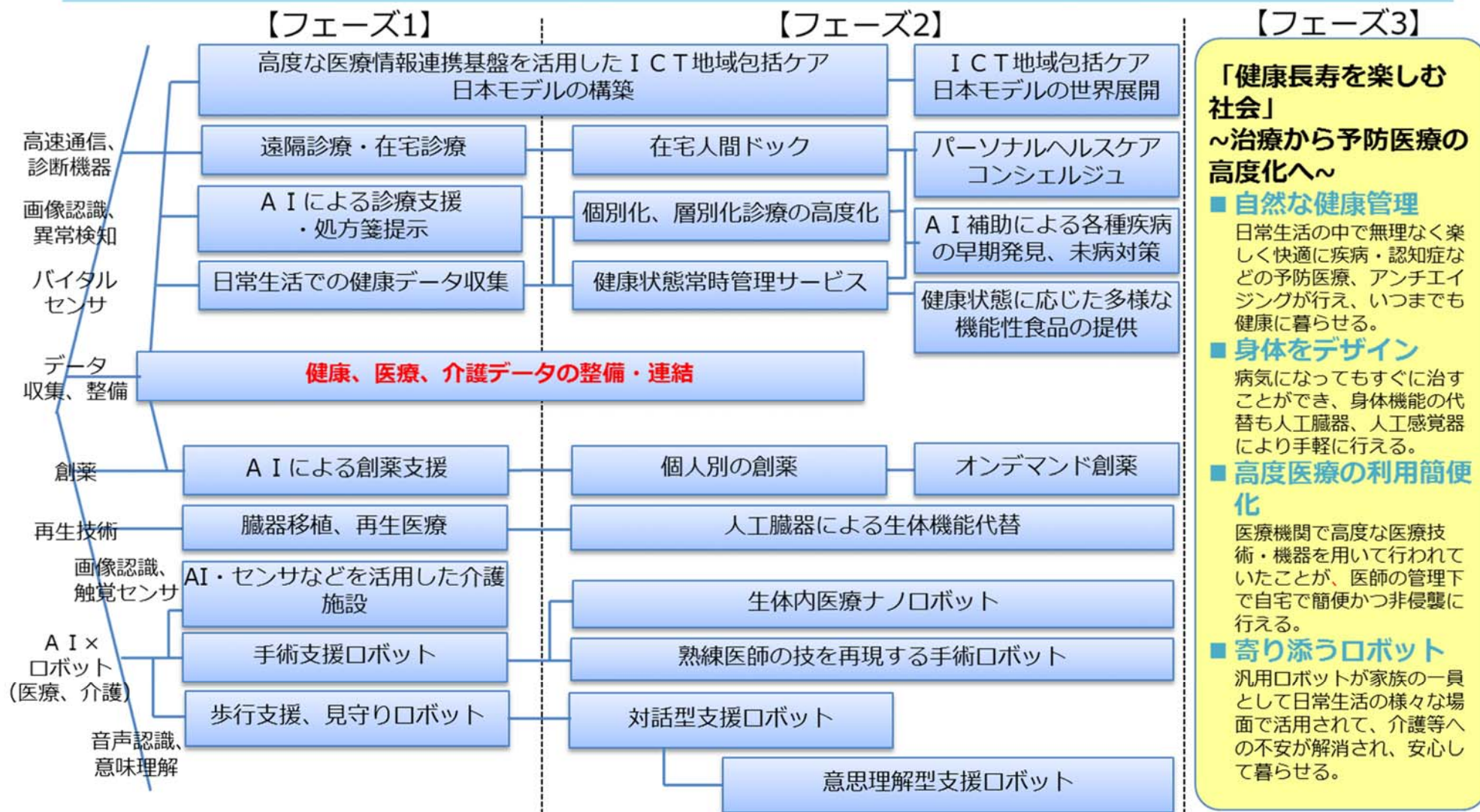


図2-2 健康／医療・介護分野の産業化ロードマップ（第4回人工知能技術戦略会議より）

- 人の移動時間・移動空間を、「移動」そのものではなく、その他の「作業」、「生活」、「娯楽」を行う時間・空間にする。
- 全ての人に自由で安全な空間の移動を確保する社会を構築する。人・物の移動にかかる移動手段のシェアリングエコノミーを構築することにより、移動のエコ社会を実現する。これらにより、人的要因による事故を減らし、「移動」に伴う社会コストを最小化する。
- 移動の高付加価値化、無人輸送配送、バーチャル移動も完成し、移動そのものに価値が生まれる社会を実現する。

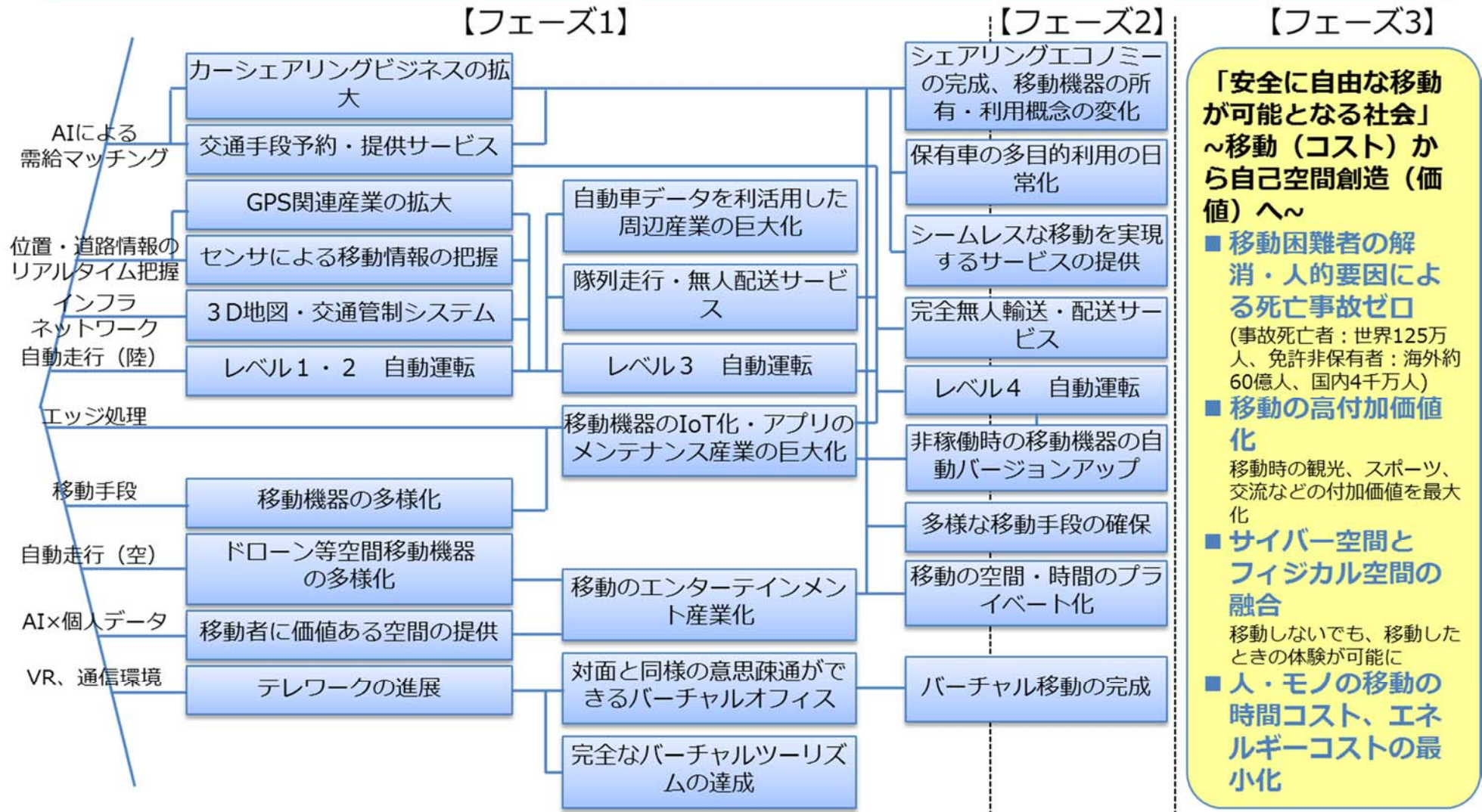


図2-3 空間の移動分野の産業化ロードマップ（第4回人工知能技術戦略会議より）

生産性分野の産業化ロードマップ

本分野のロードマップで「AIによる需給マッチング」としてくられているアイテム群は、製品や原料・部品、用力や輸送サービス等に関して、基本的に買い手(候補)事業者と売り手(候補)事業者の間での受発注／契約条件交渉をAI化することがキーとなる。これにより、各企業ともに多くの相手との精緻な条件交渉を低コストで行うことが可能になり、より好条件での売買や効率化余地の拡大、リソースの有効活用等を実現できる。該当するユースケースは「製造バリューチェーン自動接続」「スマートシティ:電力・水」「スマートシティ:交通・人流」「短納期リテールロジスティクス」となる。また「相対融資マッチング」や「複数人工衛星システム間の協調地球観測」もこの一つとみなせる。

「ロボット・センサのAI化」としてくられているアイテム群、特に「ロボット同士の協調」「人とロボットの協調生産工場」に関しては、ロボット側が統合制御されていない場合でも、ロボット同士あるいはロボットと人との間での交渉による干渉の回避や緩和を可能とすることにより、ロボット・人間ともにより効率的で安全な動作が可能となる。該当するユースケースは「製造機器連携」「無人建設機械」「居住空間内ロボット連携」「自動運転車・移動体」となる。

健康／医療・介護分野の産業化ロードマップ

本分野のロードマップにおいては、診療や治療行為の高度化・ロボット化に焦点が当たっているが、「地域包括ケア」や「パーソナルヘルスケアコンシェルジュ」等のアイテムにおいては、複数の種類の有限のリソースを、各需要者が必要とする組み合わせで、うまくと供給者との間でマッチングをとることがキーの一つとなる。生産性分野における需給マッチングと同様、受発注／契約条件交渉をAI化することにより、各主体ともに多くの相手との精緻な条件交渉を低コストで行うことが可能になり、限られたリソースのより有効な活用を実現できる。該当するユースケースは「医療・介護リソースマッチング」となる。

治療や介護行為のロボット化においても、ロボット一台が完全に単独ですべてを成すことは想定できず、やはり生産性分野と同様に、「人とロボットの協調」「ロボット同士の協調」がキーの一つとなる。ロボット間あるいはロボットと人との間で干渉の回避や緩和を行うことにより、ロボット・人間ともにより効率的で安全な動作が可能となる。該当するユースケースは「居住空間内ロボット連携」である。

空間の移動分野の産業化ロードマップ

「自動走行」(陸と空の両方)に関しては、移動体間での自動交渉により干渉の回避や緩和をすることで、より高いレベルでの効率性や安全性が実現できる。これは緊急回避や交差点進入、高速道路合流といった短時間での挙動調整にとどまらず、混雑道路の回避や渋滞緩和といった長時間での挙動調整も含む。該当するユースケースは「自動運転車・移動体」「スマートシティ:交通・人流」となる。

「AIによる需給マッチング」とくくられている範囲や「交通管制システム」に関しては、移動希望者と移動手段提供者あるいは交通管制者の間での、移動手段の利用条件、特定地域への流入／流出条件の交渉をAI化することにより、各主体ともに多くの相手との精緻な条件交渉が可能になることに加え、特に交通管制者にとっては大域的に最適な管制を行う助けになる情報がより多く入手できるようになるため、移動者個別／移動インフラ全体の両方で、より効率的な交通を実現することができる。該当するユース

ケースは「製造バリューチェーン自動接続」「スマートシティ:交通・人流」となる。

特に早急な取り組みが重要なユースケース

前節でピックアップしたユースケースに対して、産業競争力強化への貢献インパクト、体系的で効率的な社会実装、海外も含めた関連動向の進捗の観点から、「製造バリューチェーン自動接続」、「スマートシティ:電力・水」、「スマートシティ:人流・交通」、そして「自動運転車・移動体」を、特に早急な取り組みが重要なユースケースとして選定する。以下に各ケースの概要と選定の理由を述べる(ユースケースの中身自体は別添参照)。本最終報告書においては、これらの重要ケース群を中心に、社会実装要件やアプローチ方針、提言する政策等を議論する。

製造バリューチェーン自動接続

図2-4は、製造バリューチェーン自動接続のユースケースについて表したものである。各会社・業務システム間での自動交渉を行わない場合(図左)では、受発注先の選定や条件交渉は人が担い、比較的少数の取引先候補との粗い条件(仕様・価格・納期等)の調整となる。その結果、高い調整コスト、ラインナップ硬直化、取引機会減少、資産・設備の遊休の可能性が考えられる。一方、本ユースケースの実現により会社・業務システム間で自動交渉を行う場合(図右)では、多数の取引先候補との素早く精細な受発注条件の調整が行われ、調整効率化、少量・短納期・低コスト生産、新規Win-Win関係の発見や稼働率の向上が期待できる。(関連府省:総務省、経済産業省、国土交通省など)

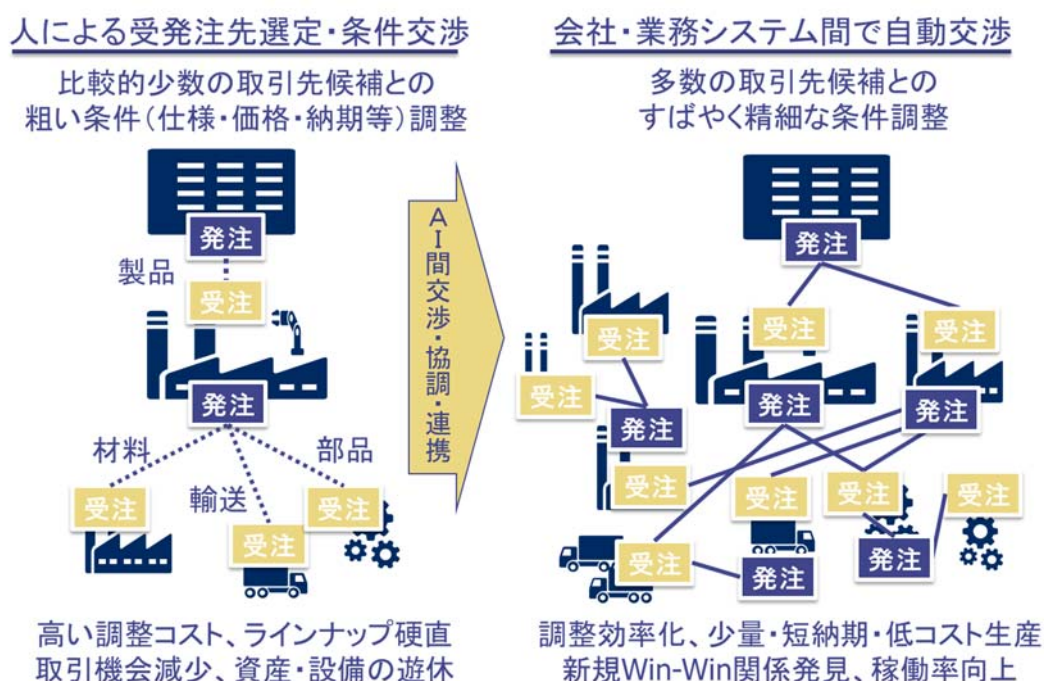


図2-4 製造バリューチェーン自動接続のユースケース

このユースケースへの早急な取り組みを重要であるとした理由は以下の通りである。

- Industrial Internet Consortium (IIC)、Industrie 4.0、Society 5.0 の全てで掲げられていることに加え、多くの中小企業のエコシステムとして成立している日本の製造業に対して、産業競争力向上のインパクトが大きい。
- 受発注条件の自動交渉を行う「経済的挙動の協調・連携」の典型ケースであり、本ケースをリファレンスとして、商取引型のユースケース群（「スマートシティ：電力・水」「短納期リテールロジスティクス」「相対融資マッチング」「複数人工衛星システム間の協調地球観測」「スマートシティ：交通・人流」「医療・介護リソースマッチング」等）の社会実装を体系的に進めることが可能となる。
- ドイツと韓国が組んだ Smart Factory Web テストベッドの IIC 正式承認等、海外での取り組みが加速中で、我が国に不利な標準化やプラットフォーム形成がなされるリスクへの対処が必要。

なお、本ケースは協調動作に失敗に対するリスクコントロール（不適切な条件で受発注合意をしようとした場合のフェイルセーフ処理等）が自動運転車等に比すると比較的容易である一方、成功した時の利得は確実に得られるため、実証実験や普及の社会的障壁が比較的低いと考えられる。

スマートシティ：電力・水

図2-5は、スマートシティ：電力・水のユースケースについて表したものである（この図は電力を例にとった説明となっている）。電力の供給者と需要家の間で自動交渉による柔軟な契約変更を行わない場合（図左）では、供給者においては電力消費ピークへの対応等、需要家においては固定的な料金体系等に起因する、自助努力による効率化に限界がある。本ユースケースの導入により事業者間での柔軟な契約変更を行う場合（図右）では、「ピーク時間帯 ** における最大電力消費を ** に制限する代わりに、別の時間帯 ** の料金を ** に割り引く」等を自動交渉により契約することによって、供給者・需要家の双方において効率化の余地を拡大し、互惠関係を形成することが可能になる。（関連府省：総務省、厚生労働省、経済産業省、国土交通省など）

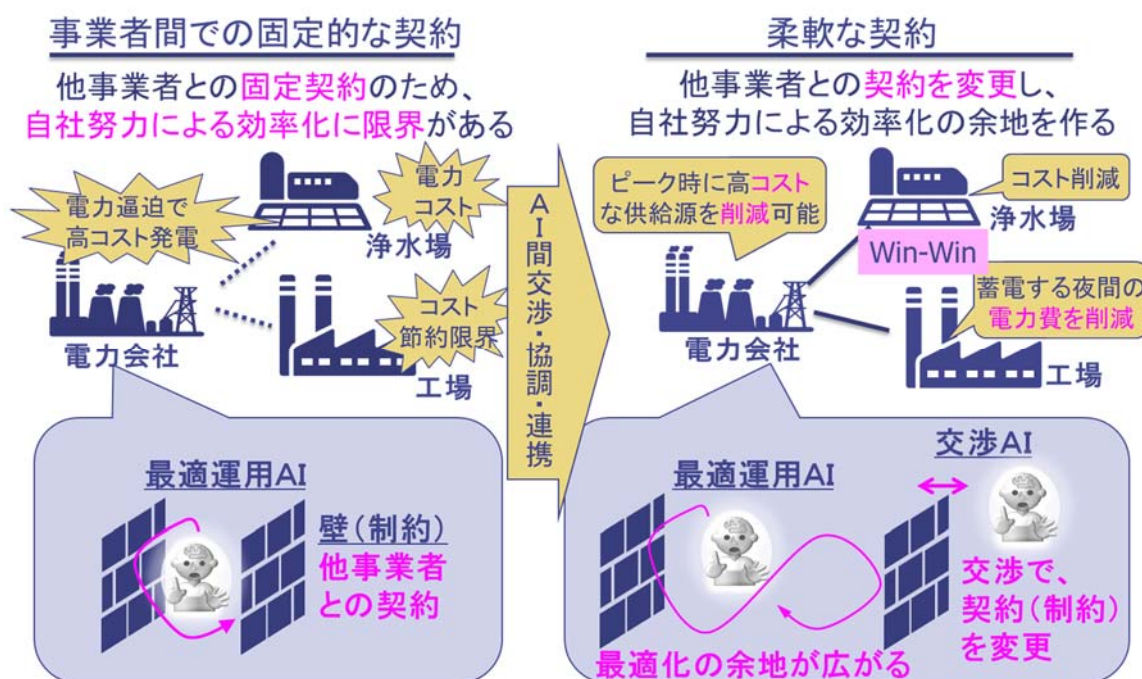


図2-5 スマートシティ：電力・水のユースケース

このユースケースへの早急な取り組みを重要であるとした理由は以下の通りである。

- 電力や水といった一般用力のため需要家が非常に多く、経済的インパクトが大きい。
- (交渉型ではない)スマート化／大域的最適化に関して既に実証実験が実施・計画されていることに加え、交渉型のスマート化／大域的最適化に関しても学术界を中心に基礎研究が進んでおり、海外を含め加速の可能性が大きい。

なお、このケースも協調動作の失敗に対するリスクコントロールが比較的容易であることに加え、交渉内容が電力(あるいは水)の使用計画と供給条件に限られており問題が単純であるため、実証実験等の障壁は比較的低いと考えられる。

スマートシティ：交通・人流

図2-6は、スマートシティ：交通・人流のユースケースについて表したものである。移動者や交通管制システムの間での移動計画の調整や、隣接管制システム間での流入計画の調整を行わない場合(図左)は、多くの移動者が同一経路を選択したり、隣接する管制システムから予測を超えた流入が生じたりすることにより、所々に非効率・ボトルネックが発生する可能性がある。一方、本ユースケースの導入により、移動計画や流入計画の調整を行う場合(図右)は、経路分散や流入量の不確実性の低減が可能になるので、各主体が全体最適に近い挙動をとることが可能になり、ボトルネックを解消することができる。(関連府省：警察庁、総務省、国土交通省など)

全体最適を図るメカニズム無し

各システムは個別に動いて
所々にボトルネック発生



AI間交渉・協調・連携

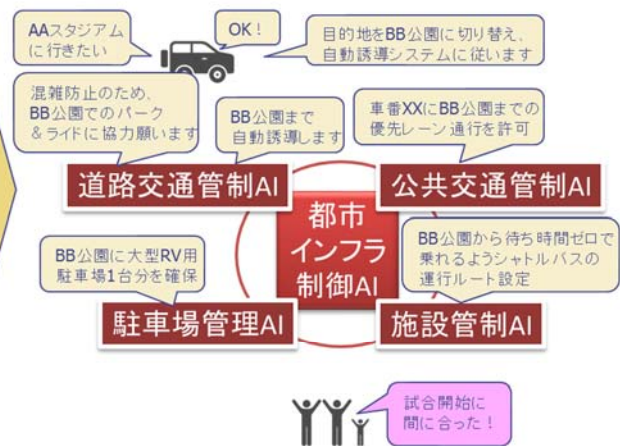


試合開始に
間に合わない！

渋滞・行列・駐車待ち等に伴う
時間的・経済的損失が発生

都市インフラAI連携で全体最適化

各システムのAIが連携して
ボトルネックが発生しないように調整



連携によって全体最適を図り
時間的・経済的損失を最小化

図2-6 スマートシティ:交通・人流のユースケース

このユースケースへの早急な取り組みを重要であるとした理由は以下のとおりである。

- 経済的利益、産業競争力上のインパクトが絶大である(P10: 平均1割改善で1兆円強)。
- 2020年東京オリンピックにあわせれば、象徴的な実証実験が可能。
- Connected Vehicle テストベッドの IIC 正式承認等、海外での取り組みが加速中である。

なお、本ケースにおいては協調動作の失敗が社会的に大きな影響を及ぼす可能性がある(一部区域の交通マヒ等)。また、個別の移動者に合意事項を遵守させることや、遵守状況の確認をすることが容易でない等の問題もある。一方、渋滞や混雑を勘案したナビアプリの利用を「アプリサーバーから提示された経路計画に合意するか」の交渉ととらえると、プラットフォームも含めて既に一部実現しているとも言える。当該アプリを交通管制システムと連携することで、海外を含め一気に加速する可能性がある。

自動運転車・移動体

図2-7は、自動運転車・移動体のユースケースについて表したものである(この図は高速道路等での合流を例にとった説明になっている)。自動運転車間で経路計画や軌道計画を調整しない場合(図左)は、各車は互いに他車の経路や軌道の計画を予測し、それに基づいて自車の経路を計画するため、高い不確実性への対処のための両車減速による合流遅れや、場合によってはデッドロック等の非効率

が生じる可能性がある。一方、本ユースケースの導入により、車間で経路や軌道の計画に関して表明や調整を行う場合(図右)は、相手の軌道計画は予測ではなく合意事項となる。不確実性が大きく削減された情報を活用することができるので「相手が自分の前に入ってくるのがわかっているので自車は減速する」等の動作が可能になり、(結局は減速した側も含めて)スムーズな合流を実現することが可能になる。(関連府省：警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省など)

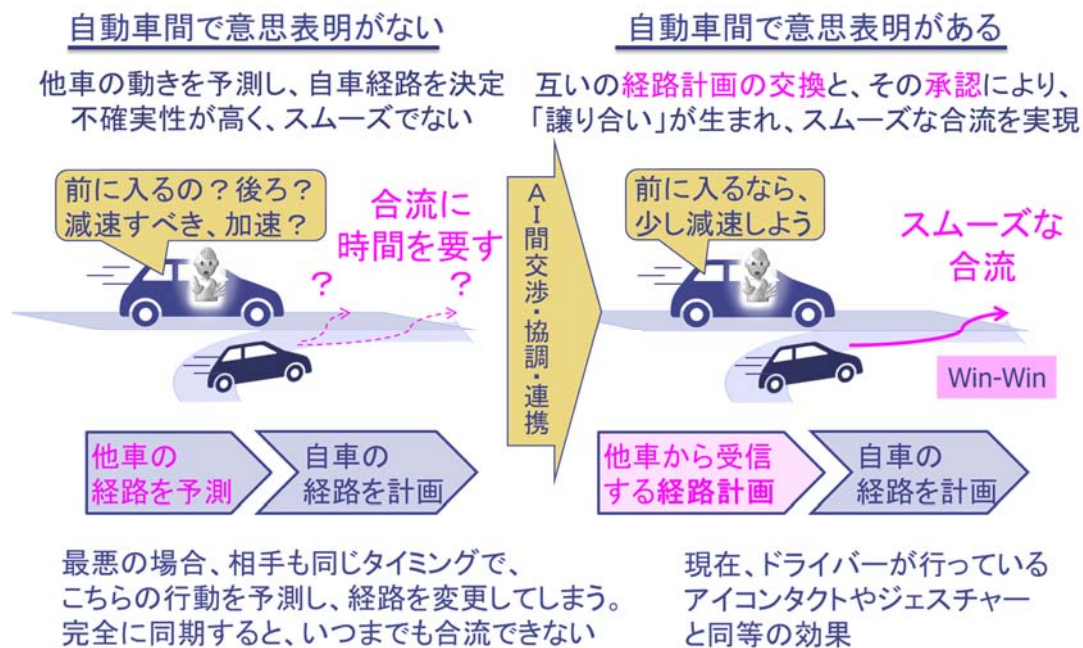


図2-7 「自動運転車・移動体」ユースケースによるスムーズな合流

このユースケースへの早急な取り組みを重要であるとした理由は以下のとおりである。

- 自動車産業に限らず、移動や輸送を要素として含む多くの産業へのインパクトが大きい。
- 「物理的挙動の協調・連携」の典型ケースであり、本ケースをリファレンスとして、2-1節でピックアップしたユースケース群の中で物理動作型のもの(「製造機器連携」「無人建設機械」「居住空間内ロボット連携」「スマートシティ:交通・人流」)の社会実装を体系的に進めることが可能となる。
- Connected Vehicle テストベッドの IIC 正式承認等、海外での取り組みが加速中。

本ケースに関しては、協調動作に失敗した時のダメージが大きい(事故等)、対応するための制度設計が複雑になる可能性がある、といった問題がある。だからこそ、成功時の競争優位性の源泉になるといえるので、社会実装に長期間かかることも見越して、早急に取り組むべきである。

また、そのような問題に対処するために、本ケースに関しては他の3ケースと違った社会実装へのアプローチをとるべきである。すなわち、最初は「自分の経路/軌道計画を相手に通知する」ことを社会実装し、後に「互いの経路/軌道計画を交渉により調整し合意する」を社会実装するという、段階的

なアプローチを目指すべきである。前者は、現在盛んに取り組まれている自動運転技術の置き換えではなく、利用する情報の追加(他車の軌道計画に関して、不確実性の大きい「予測結果」に加えて、不確実性の小さい「通知された内容」を利用)ですむため、問題はかなり単純化される一方、それでも交通の効率化には一定の効果を期待することができる。

ユースケース群の体系的・効率的な社会実装

Society5.0、産業化ロードマップ等に掲げられている多くの将来像でAI間交渉が有効だが、これらは体系的・効率的に社会実装する必要がある。複数のユースケースで共通する技術や基盤、制度等がばらばらに設計され実装されるのは、重複投資による損失以上に、ユースケース間での協調・連携を難しくするという不利益があり、産業競争力の向上に十分貢献することが難しくなる。

また、いくつかのユースケースの間には強い相乗効果の関係が成立している。例えば、製造業者を想定した場合、「製造バリューチェーン接続」のユースケースにより納期の調整が可能になると、その自由度を活用して「スマートシティ」のユースケースにおける用力調達や輸送計画の条件交渉の幅が広がり、より大きな追加利益獲得の可能性がある。輸送事業者やスタジアム等の施設管制者を想定した場合でも、前節で挙げた四つのユースケースが同時に社会実装されていると、やはり、より大きな追加利益獲得の可能性が生じる。

上記の理由により、まず、これらの重点ユースケースを特区等で集中的に先行実装し、それらをリファレンスとして関連ユースケースを設計・実装していくべきである。

なお、表記の簡単のために以下、「製造バリューチェーン接続」「スマートシティ:電力・水」「スマートシティ:交通・人流」「自動運転車・移動体」の各ユースケースを、「VC」「電力・水」「交通・人流」「車」と表記することにする。

3章 社会実装のための要件分析と対応方針

中間報告書でも述べたとおり、AI間の交渉による協調・連携の社会実装においては、1)うまく交渉・調整するためのアルゴリズム(調整原理)の確立、2)合意違反を排除する仕組みや交渉・調整の結果としておきた事象の責任分担に関する社会的合意(調整制度)の遵守、3)交渉に必要な通信や合意事項を記録するインフラ(調整基盤)の稼働、そして、4)社会受容性の醸成やネットワーク外部性の突破等の普及環境の整備、の四つが必要になる。

本章ではまず、目指す状態目標をハイレベルに述べたうえで、AIネットワーク社会推進会議が検討中の「AI開発ガイドライン」における開発原則、および「AIネットワークシステム利活用ガイドライン」における利活用原則⁷の観点から、AI間交渉・協調・連携の社会実装が満たすべき要件にブレークダウンする。

次に、調整原理、調整制度、調整基盤、普及環境の整備の観点から各要件への対応方針を述べる。そこでは、前章で提唱した四つの「特に早急な取り組みが重要であるユースケース」について、それぞれを念頭においた議論を行っている。

最後に、これらの要件・対応方針のカバー範囲・依存関係を整理したうえで、実現ロードマップ案の提示を行う。

社会実装において満たすべき要件

AI間交渉による協調・連携の社会実装において目指す状態をもっとも高いレベルで表現すると

「広く必要な相手との円滑な調整が行われ、利用者および社会全体の利益を拡大している」となる(誰と何を調整し、どのような利益を拡大するのが各ユースケースの定義であり、前章で早急に取り組むべき四つを指定した)。これを「AI開発ガイドライン」における開発原則の観点から要件に分解すると以下ようになる。

① 連携の原則: 相互接続性や相互運用性など

- 必要な時に必要な速さで、交渉相手の発見から合意／決裂までのやりとりが成立する。
- 交渉内容に関する双方の解釈が共通している。
- 合意した内容に関しては、互いに相手が想定される挙動をとることを期待できる。

② 透明性の原則: AIネットワークシステムの動作の検証可能性及び説明可能性を確保すること。

- 交渉の過程、合意内容、合意事項の遵守状況が後からでも検証できる。
- 合意成否の判断理由を後からでも説明できる。
- 違反した場合も含め、合意事項に関係する動作の実行理由を後からでも説明できる。

③ 利用者支援の原則: AIネットワークシステムが利用者を支援し、利用者に選択の機会を適切に提供するように配慮すること。

⁷ http://www.soumu.go.jp/main_content/000456706.pdf

両ガイドラインともに、分野共通と分野別に分けられるとされており、前者はAIネットワーク社会推進会議で議論を進め、後者は策定の要否も含め、分野ごとの国際機関を含む関係ステークホルダー自身による検討と議論に委ねることとはどうかとされている。本報告書では、議論が公開されている分野共通の観点から課題をまずはブレークダウンし、分野個別性の高い課題については追加的に述べることにする。

- 利用者の利益(効用関数)を大きくするように交渉が行われる。
 - 利用者が、交渉しないことも含めて、交渉方針や条件を指定できる。
 - 利用者が、交渉結果に合意するかどうかの判断をできる(AIは条件調整まで)。
- ④ 制御可能性の原則: 人間によるAIネットワークシステムの制御可能性を確保すること。
- 不適切な動作(虚偽申告、結託・カルテル等)を機械学習等で勝手に獲得しない。
 - 不適切な動作をするAIを検出し、交渉に参加させない措置をとることができる。
- ⑤ セキュリティ確保の原則: AIネットワークシステムの頑健性及び信頼性を確保すること。
- 交渉に参加するAIは、責任能力を有する実世界の実体との対応が保証されている。
 - 交渉や検証・説明機能等の乗っ取りや改ざん等をされない。
- ⑥ 安全保護の原則: AIネットワークシステムが利用者及び第三者の生命・身体の安全に危害を及ぼさないよう配慮すること。
- 挙動調整による動作の結果、交渉参加者及び第三者に危害を及ぼさない。
- ⑦ プライバシー保護の原則: AIネットワークシステムが利用者及び第三者のプライバシーを侵害しないように配慮すること。
- 交渉過程、および上記の検証可能性・説明可能性のための情報から、交渉参加者及び第三者のプライバシーを侵害しない。
- ⑧ 倫理の原則: AIネットワークシステムの研究開発において、人間の尊厳と個人の自律を尊重すること。
- 実証実験等において倫理の問題に十分配慮する。
- ⑨ アカウンタビリティの原則: AIネットワークシステムの研究開発者が利用者など関係するステークホルダーに対しアカウンタビリティを果たすこと。
- 交渉相手の選定方法や、交渉動作(特に提案内容や合意受理の基準)の決定方法、合意事項の実施方法等について、研究開発者が利用者などに説明する⁸。

また、「AIネットワークシステム利活用ガイドライン」の利活用原則の観点からは

- 交渉・調整の結果生じた事象の責任は利用者が負い、不具合の責任は製造者が負う。
- 利用者は責任範囲を理解したうえで、交渉・調整機能の利用可否を判断する。

が挙げられる。

表記の簡単のために、上記に掲げたAI間交渉による協調・連携の社会実装における要件群を、単に「要件群」と略記することにする。次節以降で、これらを満足するための対応方針を、調整原理、制度、基盤、その他の観点から述べる。これらの対応を組み合わせることにより、「要件群」全体を満足することができる。

⁸ ただし、交渉動作については交渉相手に知られてしまうと、直接的に利用者の不利益を引き起こすので注意が必要。

調整原理

「要件群」へ対応するための、調整原理の観点からの基本方針を、「ユースケース毎に標準化されたメッセージングによる、交互条件提示型の自動交渉をベースとした社会実装」とする。

交互条件提示型の交渉とは

- 一方から、合意内容案の提示
- 他方は、当該案の受諾(合意)／拒否、あるいは交渉決裂(終了)を回答

することを繰り返して交渉を行うというものである。一方が大きく利益を得る合意内容は、他方にとって利益が小さいのが通常であるため、最初の提示案は拒否され、少しずつ妥協を進めながらの修正案の繰り返し提示が行われた結果、回答側が折り合えると判断すればそこで合意が成立するといった様子になる。なお、拒否した側が次の修正案を提示することや、合意か決裂に至るまで継続する等を条件とする場合もあるが、それらを条件化するかも含めてユースケース毎にプロトコルを標準化すべきである。バリューチェーン自動接続のユースケースであれば、例えば

- 発注者から、欲しい部品の「仕様、数量、価格、納期」を売買条件案として提示
- 受注者は、当該条件の受諾／拒否、あるいは交渉終了を回答

等を繰り返して交渉を行うことになる。もちろん、受注者から売買条件案を提示し、発注者が回答することもあり得る。

このような交渉を自動化する技術が、マルチエージェントシステムやゲーム理論等の分野で研究されている。合意内容案を提示する際のデータフォーマットや語彙の意味が規程されている場合には、効用関数と呼ばれるKPI(どのような内容で合意に至ると、どれくらい利益があるか)をできるだけ大きくするように、自動的に交互条件提示型の交渉を行うエージェントAIが開発されている⁹。すなわち、上記のバリューチェーンのユースケースの例においては、

- 発注者が自分の交渉エージェントAIに対して、どのような「仕様、数量、価格、納期」で発注できたらどれくらい利益があるか(発注者側の効用関数)を提示
- 受注者も自分の交渉エージェントAIに対して、どのような「仕様、数量、価格、納期」で受注できたらどれくらい利益があるか(受注者側の効用関数)を提示

することによって、当該AI間のメッセージ交換(案の提示や受諾／拒否等の回答)により、自動的に交互条件提示型の交渉を実行することが可能である。

交互条件提示型の自動交渉をベースとして「要件群」を満たすためには、ユースケース毎の標準化、交渉エージェントAIの実用化、業務システムとの連携、不適切動作の検知技術開発等の対応が必要である。以下、それぞれの主な論点と、重点4ユースケースに対するブレイクダウンを述べる。

⁹ 国際ワークショップ ACAN(International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations)と、国際自動交渉エージェント競技会 ANAC(Automated Negotiating Agents Competition)が重要な研究成果の発表の場になっている。毎年、米国、欧州、アジア、および豪州から多数の参加者を集めており、エージェント自動交渉の研究開発を世界的にリードしている。

ユースケース毎の標準化

前節の①連携の原則、②透明性の原則にかかる要件を満たすためには、交渉手順やメッセージ、関連データ等に関して、プロトコルやデータ・フォーマット、語彙定義を標準化する必要がある。またその内容はユースケース毎に異なってくる。以下に、各ユースケースへのブレイクダウンを述べる。

なお、各ユースケースを構成する業務システム自体の標準化が必要となる場合は当然あるが(例えば、交渉機能の有無によらずに自動運転車のAIが満たすべき規格や標準)、本報告書においてはそれらは重要としつつも議論のフォーカスとはしないこととする(1章末:「検討の視点と範囲」参照)。

プロトコルの策定

「VC」、「電力・水」に関しては、回答×切時間の設定や、提示側からの宣言による交渉終了も可能なプロトコルを策定する。

さらに「交通・人流」「車」に関しては、提示内容に対して、受諾／拒否／決裂以外に受信という回答も可能なプロトコルを策定する。これにより、自分の移動計画や軌道計画を相手に知らしめることの確定が実現できる。

データフォーマット・語彙定義の策定

「VC」に関しては、取引の対象とする製品やサービスの仕様、数量や価格、納期や納品方法、保証などの受発注条件を表現できるフォーマットと語彙定義の策定を行う。また、部品や製品の個体を特定した加工や輸送等へも対応するために、後述の交渉台帳導入と合わせて個体特定も可能な語彙定義の策定を行う。

「電力・水」に関しては、何時間後に最大どれくらい消費するかといった使用計画の表現と、何時間後の料金をいくらにするかといった供給条件の表現が可能になるように策定を行う。気温や降水量といった外部変数が合意内容に表れることが想定されるので、それらの情報を提供するサービスへの参照ができる必要もある。

「交通・人流」に関しては、希望する移動先やとるべき経路・手段の表現、何時間後にどこでどれくらいの流出入が生じるかといった管制システム間の調整に必要な情報の表現が可能になるように策定を行う。また、交通や人流の流出入量は本質的に不確定性を含むため、確率分布の表現も可能になるように策定を行う。

「車」に関しては、今から5秒後までの各時刻での自車の予定位置といった軌道計画の表現が可能になるように策定を行う。特に、本ユースケースにおいては交渉参加者間で「時刻」や「位置」に関する認識が非常に高い精度で整合していることが必須であるので、絶対時刻や位置の情報を提供するサービス等への参照を可能とする語彙定義の策定を行う。

交渉エージェントAIの開発

現時点での自動交渉技術は研究室レベルのものであるので、交渉エージェントAI技術の実用レベ

ルへの押上げを行う必要がある。前節の要件群を満足するためには、各ユースケースが必要とするレベルに応じた改良と新規開発が必要になり、それらを簡単にまとめたものが表3-1である。

表3-1 各要件を満足させるための交渉エージェントAI実用化における対応事項

社会実装のための要件	交渉エージェントAIの対応事項
①連携の原則 ・必要な速さで全やりとり完了	速度・スケーラビリティ向上
②透明性の原則 ・合意判断／動作理由を検証可能	理由の出力機能を開発
③利用者支援の原則 ・交渉方針を利用者が決定可能	利用者が、エージェントAIの交渉方針等を簡単に指定できる機能を開発
③利用者支援の原則 ・最終合意の可否は利用者が決定可能	条件調整までをAIが行い、合意判断は人間にゆだねるモードを追加
④制御可能性の原則 ・不適切な交渉挙動を獲得しない	外部からの動作制限機能を開発
⑥安全保護の原則 ・危険な連携動作をしない。	安全性を勘案した効用関数の採用 フェイルセーフ機能を開発
⑦のプライバシー保護の原則	プライバシー優先交渉モードの開発

どのユースケースにおいて、これらをどのレベルで実現するべきかは非常に複雑な議論となり、実証実験等を通じたその特定自体が、本分野での研究開発における主たるテーマとなる。重点4ユースケースにおける各アイテムの実現レベル概略の特定を本プロジェクトの来年度の活動とし、研究開発を通じた詳細の仕様策定と実現は次章で提案する大規模NPのメインの活動とする。

業務システムとの連携

前節の③利用者支援の原則における利用者の利益拡大に関する要件、⑥安全保護の原則に関する要件を満たすためには、交渉エージェントAIと各ユースケースを構成する業務システムが適切に連携することが非常に有効である。

例えば「VC」であれば、発注側はERP等の社内業務システムの情報を利用して「どのような条件で発注できるとどれくらい有益か」を見積もることになるが、これらの業務システムと交渉AIが適切に連携することにより、利用者の利益を精緻に表した効用関数を効率よく交渉AIにインプットすることができるようになる。部品の受注側であれば、SCMや生産管理等の業務システムと交渉AIとの連携である。Society5.0 が目指す超スマート社会においては、各経済主体内部の業務システムのAI化が広く進むことを想定しているので、「VC」以外のユースケース、「電力・水」「交通・人流」「車」に関しても同様に、交渉AIと計画系業務システムとの連携により、効用関数を効率よく伝える方法の開発を行うべきである。

また、ユースケースを構成する制御系の業務システムがAI化されている状況においては、交渉AIと

の連携によって合意内容の実行も効率的になる。例えば「電力・水」では、交渉AIと需要者側の設備制御システムを連携させることによって、合意された用力使用計画にしたがった設備制御の実行等が効率的に行えるようになる。さらに、連携機能／インターフェースを適切に構成し、業務システムの安全確保機能を交渉による合意事項の遵守に優先させる（合意遵守より安全優先）ことで、安全保護の原則にかかる要件をより高いレベルで満足することができるようになる。

不適切な交渉動作の検知技術の開発

④制御可能性の原則における不適切動作の検出に関する要件の解決のためには、不適切な交渉動作を行うAIの検知技術の開発を行う必要がある。交渉の過程や合意事項の遵守状況、関連データなどを入力とし、ユースケース毎に関連法制などによって定まる「不適切動作」に該当するかを判断する技術の開発になるが、想定される入力データ量や判断の複雑さを鑑みると、それ自体がAI化されている必要がある。

調整制度

調整原理の観点のみでは「要件群」のすべてに対応することはできない。各種ルールの規定や運用等の調整制度の観点で対応すべきものもある。例えば、各種標準に従って交渉を行うことや、合意事項の遵守、説明に必要な各種情報の保存、不適切な動作に対する罰則や結果事象の責任分担等に関しては、制度による対応が必要になる。

これらの制度設計にあたっては、既存の法制度（例えば、「車」であれば「道路交通法」）と整合性をとる必要がある。既存の法制度はあくまで人間が業務を行うことを前提としているため、AI が人間の業務を置き換える事によって法制度面でどのような影響があるのかを見極めなければならない。特に、AI は人間と違って責任能力がないため、交渉の結果として起きた事象に対する責任・義務は誰が担うのか明確化する必要がある。また、人間であれば当然記憶や説明というスキルを持っており、改めてそれを明文化する必要はないが、AI はそうではないため、記憶・説明可能なように義務として明文化し、制度とする必要がある。

「要件群」を満足するための調整制度の観点からの基本方針を、「交渉台帳の導入と運用」、および「交渉結果に対する使用者責任、不具合に対する製造者責任の原則の社会合意」とする。また、制度設計に関しては極めて議論の収束が難しいことから、「制度に関する議論を広く実施する場を組成する」と自体も基本対応方針とする。マルチステークホルダー・プロセスを通して社会的合意を図りつつ、特区等で実験を通して経験を積みながら継続的に改善していくことが有効である。

交渉台帳の導入と運用

交渉台帳とは、交渉に参加する資格のあるAI、交渉過程のログ、プロトコルや語彙定義、交渉対象となる特定の事物等の情報を蓄積したデータベース群を指すものとする。これらを導入し、適切に運用・管

理することによって、「要件群」に対して制度的に対応する。

AI台帳

交渉に参加する資格のある個別AIを特定するIDと、それぞれの交渉に参加する立場(どのユースケースにおいて、どのような内容での提示や回答の可能性があるか)のリストとする。AI台帳の管理・運用を厳密に行い、交渉の相手をAI台帳に登録されているAIに限定することにより、「要件群」の多くを満足させることができる。

まず、標準に従っての交渉や合意内容の遵守に関する誓約、交渉過程等の記録への同意、実世界での責任実体との対応、交渉過程で得られた情報の定められた目的以外での利用の禁止への同意等が確認された場合のみ、当該AIをAI台帳に登録する¹⁰という運用で、①連携の原則にかかる要件、②透明性の原則にかかる要件、⑤セキュリティ確保の原則における責任実体との対応保証の要件、⑦プライバシー保護の要件に対応することができる。

また、不適切動作が確認されたAIに関しては台帳からの抹消等を行う運用により、④制御可能性の原則における不適切動作をしたAIの退出要件に対応することができる。

なお、各要件をどのレベルで達成すべきかによって、AI台帳登録時に確認すべき内容が大きく変わってくる。各ユースケースに関連する既存の法制度と照らし合わせて、詳細な設計が必要になる。また、当該台帳の管理者は内容の正当性確保に大きな負荷と社会的責任を負うこと、交渉相手の検索サービスを高いレベルで提供(複雑な検索条件に対して高速に回答)する必要があることから、何らかの認定制度、あるいはクリティカルなユースケースにおいては、公的な機関が主体となる必要がある可能性がある。

履歴台帳

交渉AI間でやり取りされた内容、各AIの合意成否判断に用いられた情報、および合意事項の遵守状況を検証するために必要な情報のログとする。これらに関して基本的にすべて残すとしておくことで、②透明性の原則にかかる要件に対応できる。

履歴台帳に残すべきログの内容は、当該ユースケースにおいて、どのレベルの事後検証・説明を可能とすべきかによって大きく変わってくる。また、履歴台帳はその更新頻度や量の問題から、技術的に各交渉参加AIが(ドライブレコーダーのように)独自管理する可能性が想定されるが、その場合には虚偽のログ記録の排除に関する追加的な制度対応が必要になる。

手順台帳

各ユースケースに対する標準プロトコルやデータ・フォーマット、語彙定義等の内容(標準に関する原本)とする。①連携の原則にかかる要件への対応。

物件台帳

¹⁰ 「電力・水」で、地域全体参加等の社会実装になると、交渉参加AI台帳への登録意思の確認を条件とする等、参加しない権利を保障することになるか。

売買等される部品や機材の個体識別に必要な情報とする。「VC」「交通・人流」等のユースケースにおいては、合意内容の表現(①連携の原則にかかる要件への対応)に必要なになる。

交渉結果に対する使用者責任、不具合に対する製造者責任の原則の社会合意

交渉を行った者は、AI を利用した交渉の結果に関する権利義務が帰属する。ただし、ソフトウェアないしアプリケーションとしての AI に「欠陥」があった場合に限り、製造者及び販売者に対し責任と義務が帰属するという、現行法の延長線上での整理を原則とすることを、利活用原則にかかる要件への基本対応方針とする。満たされない場合は、事業者としての参入は極めて難しくなり、大きな産業競争力の向上は期待できない。しかしながら、その実現のためには下記を含む多くの論点に関して検討し対応する必要がある。

- 使用者、製造者、提供者の定義も重要である。AIが広くサービス形態で普及するにつれ、意識的にAIを購入し使用するのではなく、利用したサービスの一部に知らずに埋め込まれているケースも多くなると考えられる。その場合でも交渉結果の事象の責任を負うのか等に関しては議論が必要である。AIを利用する場合には、そもそもデータの提供者、学習を行わせた者、出来上がった学習済みのシステムをソフトウェアやアプリケーションに組み込んだ者等が出てくることが想定されるが、単純にユーザーに対してシステム又はシステムを組み込んだ物品を提供した者も加え誰が責任を負うべきかという点に議論が必要になる。
- 事故や不正があったが原因が究明できない場合、ネットワーク途絶の場合、一部の人工知能が乗っ取られた場合等の権利関係も制度的な対応が必要になる。
- 「VC」等の、交渉の相手が複数になるユースケースに関しては、結果事象の影響が極めて大きくなる可能性があり、何らかの制度が必要である¹¹。
- 「VC」等で、AI を利用した交渉・協調・連携の過程においては、例えば価格競争を避けて利潤を確保するために一定の事業者がカルテル的な調整を行えるような AI が作られることや、不当に競争者を排除するためのふるまいを行いうる AI が、事業者間の公正な競争を阻害する可能性がある。資本主義経済においては、事業者間の競争を通じて、適切な価格形成がなされ、もって経済にも資する環境を整備するという観点が重要であるので、データの流通や AI による自動的な交渉といった、現在と異なる前提が生じる社会の中においても実質的な意味での事業者間の競争ができるように、適切に法整備と競争ルールの周知が行われることが必要である。
- 「交通・人流」や「車」といった致命的事象が発生しうるユースケースにおいては、個別のAIについて許認可の対象とすることが考えられる。
- 「交通・人流」においては、平時の運用よりも、災害時における避難といった非常時に問題が大き

¹¹ 例えば、AIが100個の物を調達するために200か所に交渉を同時に行うと取引中止までに、相手が他のAIとの交渉や在庫の処分に向けた動きができなくなる可能性がある。取引参加の際の最低限のルール、他のAI等に損害が生じるおそれがある挙動を行った場合の責任等に加え競争法の整備も必要になる可能性がある。

くなる。性能の悪いAIが混じっていること自体が問題の原因にもなりえるので、モールやスタジアムといった大規模設備に制度的に課されるスペック条件に、AIによるコントロール能力／調整能力を加えることも考えられる。

- 「車」においては、道路に人が運転する車が混在していることが問題を複雑にする。人間運転者がAI交渉車の乗客とアイコンタクトしたつもりで進んでも、AI交渉車は定められたプロトコルによる軌道計画の通告や確認に基づいて動作するので、それらの間での事故などの不都合が起こりえる。

制度に関する議論を広く実施する場の組成

上記で基本方針とした交渉台帳と責任分担ともに、個別ユースケース毎に詳細な設計とその結果に対する社会合意が必要である。さらにユースケース固有に必要な制度的対応も多くあり、その詳細設計と社会合意が必要な事情は同様である。そこで本プロジェクトとしては、制度に関する議論を広く実施する場を組成すること自体を基本対応方針とする。マルチステークホルダー・プロセスを通して社会的合意を図りつつ、国家戦略特区を含めた、法規制との関係でも踏み込んだ実証実験が行える区域、環境(いわゆる Regulatory Sandbox も含む)における実験を通して経験を積みながら継続的に改善していくこととする。

調整基盤

AI間交渉・協調・連携を社会実装するためには、調整制度を遵守させながら調整原理を適切に実行することを支える、調整基盤の稼動が必須である。

● 調整基盤の制度面からの機能要件

前節で述べた調整制度遵守のためには、調整基盤のアーキテクチャとして下記の機能を提供する必要がある(それぞれが「要件群」の制度的対応の実行を担保している)。

1. 交渉参加者は交渉相手の検索ができる。
2. 交渉参加者は、交渉に参加する立場を変更できる。
3. 交渉参加者は、標準プロトコルや語彙定義の内容を参照できる。
4. 交渉の過程、合意結果、関連する動作の履歴が保存されていく。
5. 適切な権限を持った者が、権限に応じて、各AIの参加資格を変更できる。
6. 適切な権限を持った者が、権限に応じて、標準プロトコルや語彙定義を変更できる。
7. 適切な権限を持った者が、権限に応じて、履歴を参照できる。

これらを満たすため、交渉台帳として、以下の四つの導入と運用が前節で述べられている。

(1) AI 登録台帳

AI の戸籍あるいは住民基本台帳的な機能

交渉者の登録・揭示→交渉参加者として認証、交渉相手が正当な参加者であるかの確認、交渉

資格の確認に使用

(2) 交渉対象台帳

例えば不動産取引における物件台帳的な機能

交渉対象(リソース)の掲示→どの交渉に参加するか判断に使用

(3) 交渉手順台帳

交渉のオンラインマニュアル的な機能

交渉手順の掲示→どの交渉はどのような手順で交渉を行うかを整合させる。

(4) 交渉履歴記録台帳

交渉のログ機能、ドライブレコーダやフライトレコーダ的な機能

交渉履歴・結果の記録→交渉後の確認、問題や事故が発生した時の証拠として使用

これらの台帳を用いた調整基盤のアーキテクチャ(案)を図3-1に示す。交渉エージェント AI は調整基盤を介して、交渉相手の交渉エージェントと通信するだけ無く、交渉台帳との通信を行うことで、適切な交渉の実行と交渉結果の担保が行われる。

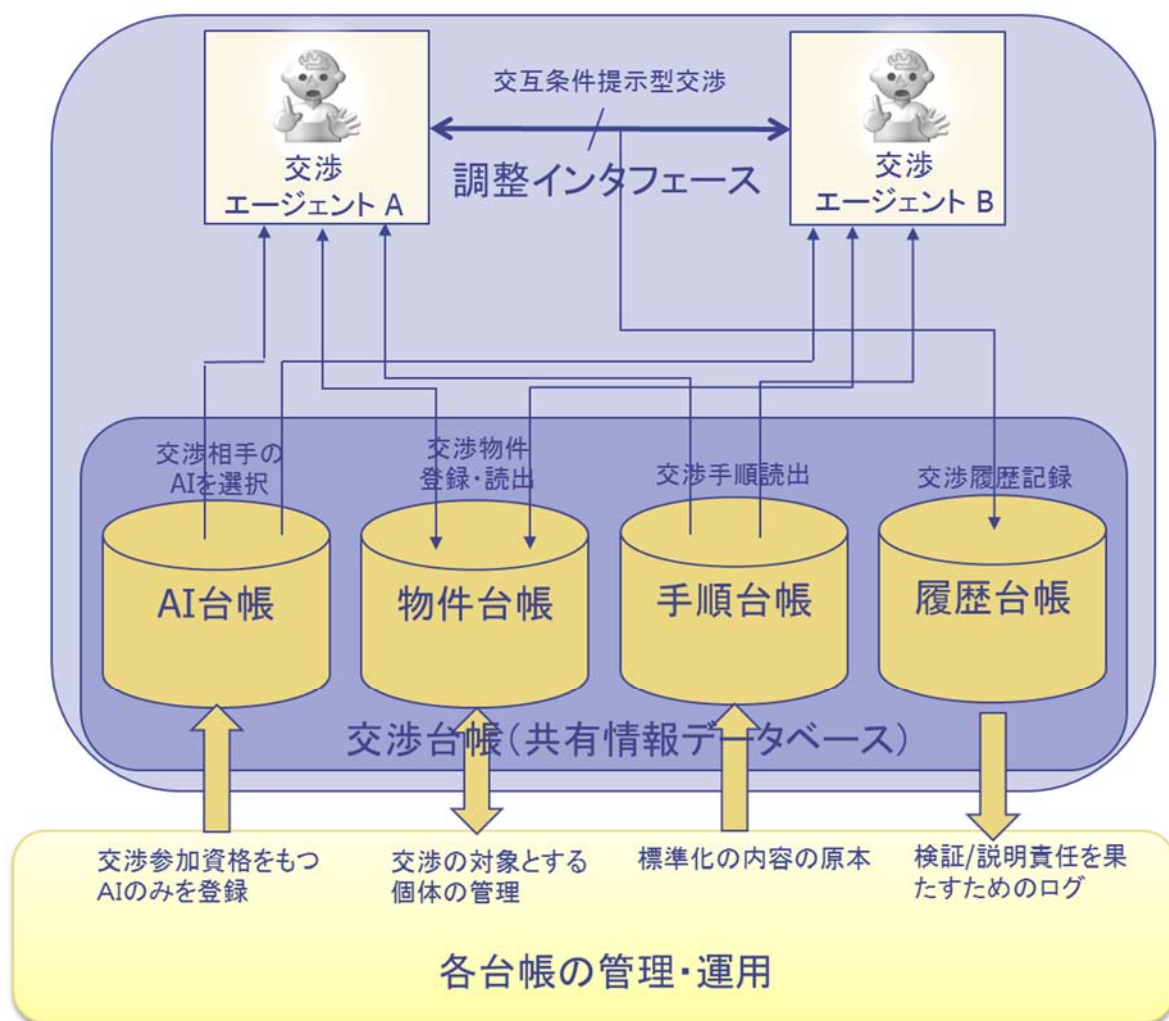


図3-1 調整基盤アーキテクチャ(案)

- 調整基盤の原理面からの要件

調整原理の節においては、条件交互提示型の自動交渉を社会実装するとされている。それに必要な通信や記録、処理等の基盤のスペックはユースケースに依存する。「VC」「電力・水」「交通・人流」等の、経済的挙動の協調・連携に関しては、データ処理量の技術的観点からのみ考えれば、現在一般的に普及しているICTのスペックで十分である。

一方、物理的挙動の調整・連携である「車」に関しては、可能な合意内容が基盤のスペックに強く依存する¹²。すなわち、図3-1に示した調整基盤アーキテクチャ(案)において、調整インタフェースに必要とするスペックが「交渉により何を合意するのか」によって変わってくる。必要となるスペックを実現するためのコストと、挙動調整による利益の大きさ(、あるいは加えて調整失敗時のリスク)のバランスがとれるところに「交渉により何を合意するのか」を設定するべきであり、その分析が重要となる。

これらの論点を含め、具体的な調整基盤の社会実装のためには、さらに以下の事項について策定する必要がある。

1. 調整原理の実行に必要な情報モデルの定義
 - 調整インタフェース
 - 共有情報インタフェース
2. 調整原理の実行における共有情報データベース(台帳)の形態とスペック
 - 管理者による集中管理型
 - 参加者の合意による分散管理型(ブロックチェーン)
 - 個別参加者による独立管理型
3. 調整原理の実行に必要な調整基盤の通信スペック
 - 通信速度、通信遅延、通信誤り率、通信範囲など
4. 交渉の公正性を担保する機構(⑤セキュリティ確保の原則にかかる要件への対応)
 - ログ機構
 - モニタ機構
 - セキュリティ機構

これらの策定においては、様々なIoT基盤の既存リファレンスアーキテクチャとの対応、整合性、付加すべき要素の観点から十分に留意して検討する必要がある。原理や制度面の対応進捗と合わせながら、研究開発を行っていく必要がある。

なお、本基盤にはきわめて重要なデータの集積が進むと想定され、現実的な価値もより高まることを考えると、情報の流出・悪用については、現行よりもより厳しく取り扱うことも検討すべきである。ただし、

¹² 例えば、通信が遅いと直近の軌道計画について構想に必要な情報のやりとりが間に合わない。

他方で人工知能の利用拡大を促進するためには、取り扱う情報の内容・利用方法等を踏まえて、重要性の低い情報であれば現行ないし現行以下とすることも考えられる。

同様に、セキュリティについても、リスクベースアプローチの採用に関する検討が必要であり、よりリスクが大きい場面に重点的に対処することが考えられる。ただし、様々なネットワークに接続する場合、リスクが低い部分の脆弱性が他の部分に波及しないように適切な遮断がされていることが必要である。

また、調整基盤は必ずしも一つのユースケースに一つ構築する必要はない。複数のユースケースを一つの台帳で運用することや、一つのユースケースを複数の台帳で運用すること等も可能である。

AI間交渉・協調・連携は国内のみならず海外においても社会実装されるべきものである。今後の AI 組込製品の輸出において国際産業競争力強化につなげるためにも、Society5.0 の前提となる第 5 世代移動通信システムおよびセンサ網やデータ流通のインフラや、交渉台帳システムなどの基盤システムの研究開発およびその整備・運用は官民一体となって推進していくべきである。

そのほかの要件

上記に掲げた原理・制度・基盤の観点からの対応方針は「社会実装が成功した際には満たされているべき条件」を満足させるものであるが、実際に社会に普及し活発に利活用されることで産業競争力の源泉となるためには十分条件ではない。社会受容性、人との共存、普及への壁の突破、国際競争力の確保等も対応が必要な要件である。

社会受容性

文化的に受け入れられるユースケースなのか、技術に詳しくない人でも使えるのか、AIに対する信頼性が十分得られるのかといった社会受容性は、AIを活用した製品・サービスの社会実装において重大な要件である。本プロジェクトの推進するテーマに関しては、「個別AI化された特定のシステムが受容されている社会においては、同様の配慮を十分に払う場合に限り、当該システムに交渉による協調・連携機能を追加することの抵抗は大きくない」と我々は期待している¹³。「VC」の例であれば、発注条件のAIによる最適化を既に社内で行っている企業は、そこに、「十分に受容性の配慮がされた自動交渉機能」を追加することに抵抗は大きくないという考えである。「車」においても、レベル4自動運転が受容されているなら、追加的に車車間通信で軌道計画を調整し合うことへの抵抗は大きくないという考えである。すなわち、「連携する業務システムにおける社会受容性の工夫と同様の配慮を、自動交渉技術の開発においても払う」ということが対応方針となる。

一方、結果事象に対する利用者も含めた責任分担や、求められる検証／説明可能性のレベルといっ

¹³ 逆に、個別AI化が受容されていなくても、(十分に受容性の配慮がされた)交渉だけは受容されることも十分考えられる。例えば「VC」において、特にAIによる生産管理の最適化を行っていないような製造事業者であっても、自社の余剰生産能力を活用して生産できるものについて、簡単な操作で広く受注機会を探索して、よりよい条件での受注交渉を自動的に行ってくれるのであれば、十分に受容されると考える。

た制度に関する社会受容性を醸成するためには、利益を享受しながら慣れていく経験が社会として必要であるとする。そのために、制度の節でも述べたように、特区などでの実験と並行しつつ、マルチステークホルダー・プロセスによる広い制度議論の場を組成することを対応方針とする。

人との共存

社会実装において、全てが自動交渉によって調整されるようになることはあり得ない。過渡期に限らず、人との共存、あるいは交渉機能を持たない個別AIシステムとの共存は続いていく。調整原理の観点からの対応方針としている「交互条件提示型交渉」は、合意したときだけ行動が縛られる／合意しなければ基本的に何かを強制されるわけではないというスキームになっており、人や個別AIとのコンフリクトを最小化するというのも方針とした意図に含まれている（交渉機能なし＝合意しない）。

また、大掛かりな仕組みをもたなくても協調・連携に参加できるように、標準にしたがったメッセージングだけ行うエージェントAIアプリの開発や、それらの利用を容易化する制度面でのサポートなどが考えられる。

実際のところ、「VC」「電気・水」「交通・人流」等の経済的調整については、同じ条件の下では交渉に参加する人と、しない人の間には利益機会に小さくない差が出ると考えられるが、「交通・人流」については、交渉参加者がうまく調整して交通の非効率やボトルネックが解消／緩和されることは、非参加者にも利となる。一方、「車」においては、自動交渉車と人による運転者が混在することによる、様々な問題に関しては検討と対応をしていくが必要になる。

初期普及の壁の突破

交渉による協調・連携というしくみは、電話やFAXと同じく「まわりが参加していないと自分が参加する利益がない」ものであり、「普及率が高いほど加入の動機が高まる」というネットワーク外部性の特質をもつ。このため、一定の普及率まで早期に到達できるかが、社会実装の成否のカギになる。特区の指定や Regulatory Sandbox も含めた法規制との関係でも踏み込んだ実験を行うえる環境下（以下、「特区等」という）により、利用者へのインセンティブ付与や政府自身による積極的な利用等を行って、特定の地域で普及率を意図的にあげることは社会実装を進める意味で非常に有効である。

また、2章でも述べたとおり、「VC」「電力・水」「交通・人流」「相対融資マッチング」等のユースケースは互いに相乗効果の関係にあり、同時に実装されると参加者にはより大きな利益機会を得ることができる。当該特区等においては、そのような関係にある複数のユースケースを同時実装し、相乗効果の確認ができると、さらに初期普及の壁の突破の可能性が上がる。加えて、前節でも述べた通り、制度設計や社会受容性の醸成に関しても、特区等での実装が有効である。

特区等では、倫理の原則に十分配慮した活動を行うことにし、制度設計の試行錯誤、社会受容性の醸成を通して、当該要件に対応するベストプラクティスを見出すこととする。

国際競争力

国内での社会実装がそのまま海外に展開できるかどうかは、国内での事業参入判断にも強く影響を与える。標準化にあたっては日本独自のものを作ってガラパゴス化するのではなく、国際協調して世界

共通の標準を策定する必要がある。これによって、国内で開発したものを容易に海外へ展開することが可能になり、国際競争力の強化に繋がる。早期より諸外国との連携や整合を進め、標準や制度を日本のニーズに合った形に国際的に収斂させていく必要があるが、1章で述べたように、2016年度後半より海外での関連動向が加速してきており、日本としての対応方針を早急に定め実活動を開始する必要がある。

また、効果的な社会実装・継続的な価値増大のしくみ自体をパッケージ化し、他国・他産業に展開可能にできれば、それ自体も大きな産業競争力になる。

実現ロードマップ

本章で議論した要件・対応方針のカバー範囲・依存関係を整理したうえで、実現ロードマップの策定を行う。

これまで、「要件群」への対応方針やそのブレイクダウンとして以下を述べた。

調整原理の観点

- **標準化されたプロトコルや語彙定義を用いた、交互条件提示型自動交渉の社会実装**
標準化、交渉AIの実用化、業務システムとの連携、不適切な交渉動作の検知技術開発

調整制度の観点

- **交渉台帳(AI台帳、履歴台帳、手順台帳、物件台帳)の導入と運用**
各台帳の仕様策定、各台帳の運用策定、AI台帳の管理主体、ログ事実記載義務の制度化
- **交渉結果に対する使用者責任、不具合に対する製造者責任の社会合意**
- **制度に関する議論を広く実施する場の組成**
実験を通じた制度設計と改善、マルチステークホルダー・プロセスによる社会合意

調整基盤の観点

- **原理・制度の要件を実装した基盤の開発と稼働**
基盤スペックの策定、基盤システムの開発、必要インフラの社会整備、基盤の稼働

その他の観点

- **相乗効果の関係にある複数のユースケースを同時実装する特区等の実施**
一定の普及率へ恣意的に引き上げ、制度設計と改善、社会合意・社会受容性の醸成
- **海外連携**
標準や制度の国際的収斂、仕組みの他国展開

これらを、2章で述べた「課題群」にマッピングすると表3-1のとおりとなる。「要件群」の全てがカバーされていることになる。

表3－1 各要件をカバーする対応方針

原則	要件群	原理観点からの対応	制度観点からの対応	基盤観点からの対応	普及観点からの対応
① 連携の原則： 相互接続性や相互運用性など	必要な時に必要な速さで、交渉相手の発見から合意／決裂までのやりとりが成立する。	交渉AI実用化	AI台帳登録時に確認 物件台帳の運用	原理・制度的対応の 実行担保	
	交渉内容に関する双方の解釈が共通している。	標準化	AI台帳登録時に確認 手順台帳の運用 物件台帳の運用	原理・制度的対応の 実行担保	
	合意した内容に関しては、互いに相手が想定される挙動をとることを期待できる。	標準化	AI台帳登録時に確認 手順台帳の運用 物件台帳の運用	原理・制度的対応の 実行担保	
② 透明性の原則： AIネットワークシステムの動作の検証可能性及び説明可能性を 確保すること。	交渉の過程、合意内容、合意事項の遵守状況が後からでも検証できる。		AI台帳登録時に確認 履歴台帳の運用	原理・制度的対応の 実行担保	
	合意成否の判断理由を後からでも説明できる。	交渉AI実用化	AI台帳登録時に確認 履歴台帳の運用	原理・制度的対応の 実行担保	
	違反した場合も含め、合意事項に関係する動作の実行理由を後からでも説明できる。	交渉AI実用化	AI台帳登録時に確認 履歴台帳の運用	原理・制度的対応の 実行担保	
③ 利用者支援の原則： AIネットワークシステムが利用者を支援し、利用者に選択の機会 を適切に提供するように配慮すること。	利用者の利益（効用関数）を大きくするように交渉が行われる。	交渉AI実用化			
	利用者が、交渉しないことも含めて、交渉方針や条件を指定できる。	交渉AI実用化			
	利用者が、交渉結果に合意するかどうかの判断をできる（AIは条件調整まで）。	交渉AI実用化			
④ 制御可能性の原則： 人間によるAIネットワークシステムの制御可能性を確保すること。	不適切な動作（虚偽申告、結託・カルテル等）を機械学習等で勝手に獲得しない。	交渉AI実用化			
	不適切な動作をするAIを検出し、交渉に参加させない措置をとることができる。	不適切検知技術開発	AI台帳から抹消		
⑤ セキュリティ確保の原則： AIネットワークシステムの頑健性及び信頼性を確保すること。	交渉に参加するAIは、責任能力を有する実世界の実体との対応が保証されている。		AI台帳登録時に確認	原理・制度的対応の 実行担保	
	交渉や検証・説明機能等の乗っ取りや改ざん等をされない。			セキュアな基盤	
⑥ 安全保護の原則： AIネットワークシステムが利用者及び第三者の生命・身体に安全 に危害を及ぼさないよう配慮すること。	挙動調整による動作の結果、交渉参加者及び第三者に危害を及ぼさない。	交渉AI実用化 業務システムとの連携			
⑦ プライバシー保護の原則： AIネットワークシステムが利用者及び第三者のプライバシーを侵 害しないように配慮すること。	交渉過程、および上記の検証可能性・説明可能性のための情報から、交渉参加者及び第三者のプ ライバシーを侵害しない。	交渉AI実用化	AI台帳登録時に確認	原理・制度的対応の 実行担保	
⑧ 倫理の原則： AIネットワークシステムの研究開発において、人間の尊厳と個人 の自律を尊重すること。	実証実験等において倫理の問題に十分配慮する。				実験特区において配慮
⑨ アカウンタビリティの原則： AIネットワークシステムの研究開発者が利用者など関係するス テークホルダーに対しアカウンタビリティを果たすこと。	交渉相手の選定方法や、交渉動作（特に提案内容や合意受理の基準）の決定方法、合意事項の実 施方法等について、研究開発者が利用者などに説明する	交渉AI実用化等			
利活用原則：	交渉・調整の結果生じた事象の責任は利用者が負い、不具合の責任は製造者が負う。		責任分担 広く議論の場を組成		
	利用者は上記責任範囲を理解したうえで、交渉・調整機能の利用可否を判断する。		責任分担 広く議論の場を組成		

また、これらの実現ロードマップ案として図3-2を掲げる。2020年には「VC」「電力・水」「交通・人流」の基本機能に関して、一体化した実証実験を行うのが第一の重要なマイルストーンである。その後、自動交渉の実用化、責任分担の社会合意を経たうえで、2025年には社会受容性の醸成と普及の壁の突破を一定のレベルでクリアすることを目指す。2030年にはAI間交渉・協調・連携による社会の超スマート化を実現する。

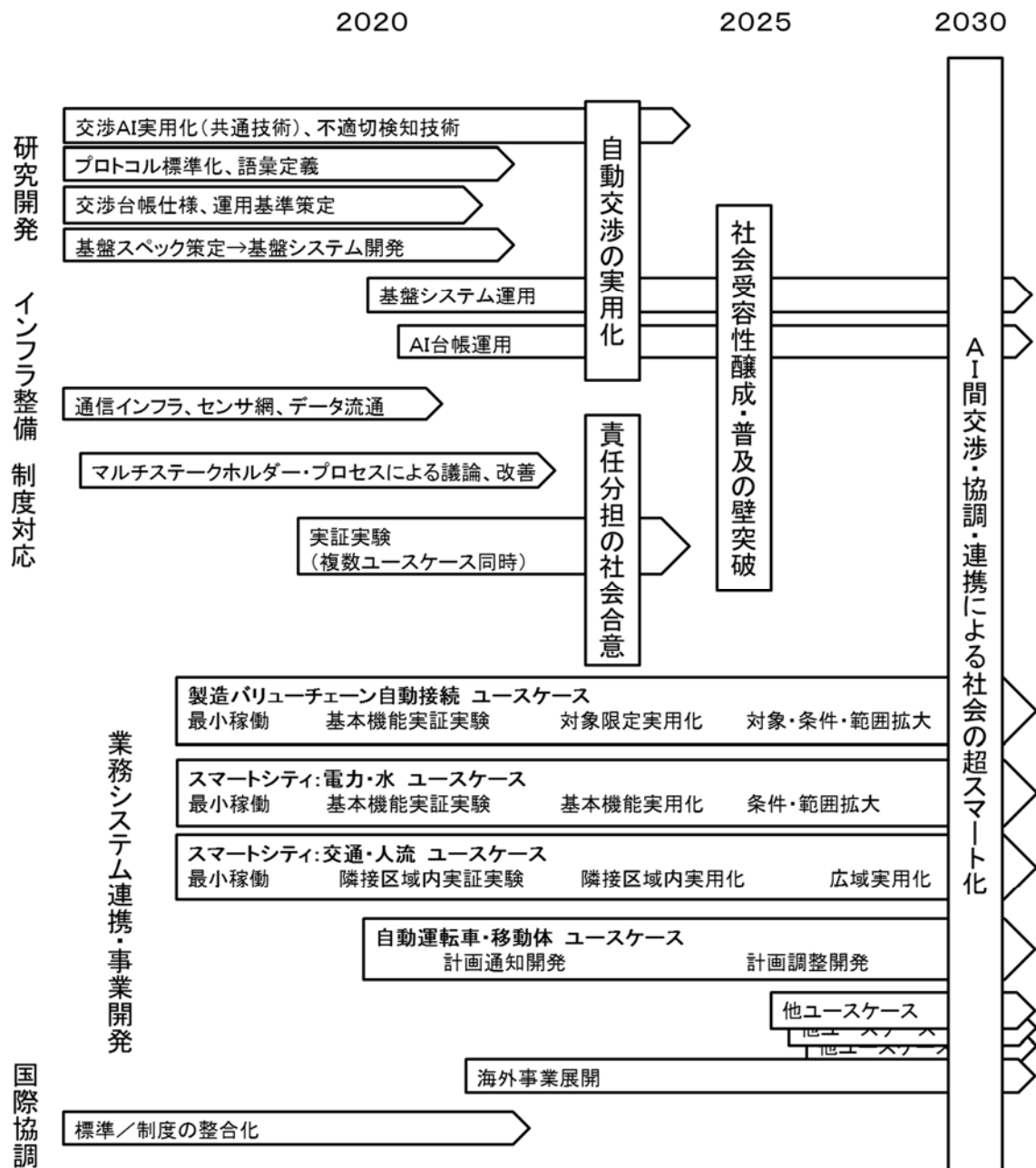


図3-2 AI間交渉・協調・連携による社会の超スマート化実現ロードマップ(案)

4章 官民の役割分担と政策提言

前章までに、AI間交渉による協調・連携の社会実装のための要件分析と、対応方針の検討、実現ロードマップの策定をおこなってきた。本章では、実現ロードマップを参照しながら、その実行における官民の役割分担への分解と政策提言を行う。

官民の役割分担

研究開発・事業開発

前章の図3-2の「研究開発」と「業務システム連携・事業開発」において、相互接続性・相互運用性に関するものは官民一体となつての開発を行い、個別顧客の価値増大に関するものは民間が開発することを原則とすべきである。より具体的には、交渉AIの実用化における共通技術、標準化、台帳仕様の策定、基盤開発などは前者として実行し、交渉AIの差異化(より巧み)や台帳システムの差異化(より便利)、各ユースケースに該当する製品・サービス等に関する技術開発とビジネス開発は、後者として競争的に民間が実行する。また、全体の加速のために、既存の規制などの制約を取り払った特区等の指定や(官の役割)も有効である。なお、スマートシティ関連のユースケースは、官がユーザーとなりえるものであり、官自身の積極的な利用も望まれるものである。

インフラ整備

図3-2の「インフラ整備」において、初期投資は官が中心となつて実行し、運用やランニングコストの負担は利用する民が中心となつて担うことを原則とすべきである。そもそも Society5.0 の前提となる高度な通信やセンサ網、データ流通基盤などは、投資規模が大きいことや、本テーマのユースケース以外にも広く利用されるべきであることなどから、特定の事業者が初期投資を担うことは極めて難しい。民は対価を払っての利用が現実的である。

制度対応

制度対応においては、広く公に議論をする場や実験に基づいて試行錯誤をする場を官が提供し、官民協力して制度設計と改善、社会合意の形成やと社会受容性の醸成を行うべきである。特に、本テーマのような新しいものの社会実装という観点からは、「やっていいこと」や「何にどのレベルまで対応すればよいのか」のホワイトリストの策定が極めて重要なので、実務に応じた案を民から積極的に出すこととする。

国際協調

法制度的な標準や規約に関する国際的な整合性確保に関する活動は官の役割、民間での標準化活動と海外事業展開に関しては民の役割とするのが原則であるが、どちらも官民協力して行っていくべきである。

政策提言

上記の役割分担に関連動向等を勘案して以下を政策提言する。

一気に一体開発する戦略的大型NPの実施

相互接続性・相互運用性に関わる、交渉AIの共通技術、標準化、台帳仕様の策定、調整基盤等を一気に一体開発する戦略的大型NPの実施を提言する。さらに、理論・基礎研究およびユースケース実検証等の活動も一体化することにより、可能な限りの加速をはかる。海外動向を鑑みるに、これが本領域で日本が周回遅れとなることを避ける事実上唯一の方策である。当該NPでは、参加企業に加えて3省および重点ユースケースに関連する府省が密連携し、一つのプロジェクトチームとなって進めることが必要である。標準化に関しては、海外動向との整合性をはかりつつも、（閉じた企業連合ではなく）広くオープンに議論と作業を行う場が、官により設定・後押しされることが望ましい。本NPは、官と整合をとりつつも、当該ユースケースのビジネス化を行う民がリーダーとなり、民主導で進めることで、最終的な事業化までを一気に進めることとする。

また、本テーマはネットワーク外部性のために、企業が独自先行投資をするのは難しい面があるが、人工知能技術戦略会議等で「AI間交渉による協調・連携」が政府戦略に含まれることが明示的に宣言されれば、産業化ロードマップを踏まえての技術開発や製品化・社会実装への取り組みを民間で先行して進めていくことも可能になる。

特区等（Regulatory Sandbox を含む）の指定、広く制度の議論を行う場の設定

上記NPの後半に被せて、複数ユースケースを同時に実証実験する特区等（Regulatory Sandbox を含む）を指定することを提言する。政府でのAIに関するグローバル研究拠点などの取組とも連携していくことで、必要な検証と改良サイクルの加速、ユースケース間相乗効果をてことした「ネットワーク外部性による初期普及の壁」の突破を行う。ユースケース間相乗効果が実現できれば、産業競争力へのインパクトは絶大であり、利用者の一次的な利益に加え、基盤を活用した二次的な周辺産業が興ることは自明である。民に対して、当該特区等において先行的な事業開発を行う強いインセンティブが働く。

また、マルチステークホルダー・プロセスにより、広く制度の議論を行う場を設定することを提言する。特区等での実験とあわせることにより、詳細な制度設計や改善、社会合意・受容性の醸成を行う。本報告書を通じて主張している「結果の使用者責任、不具合の製造者責任」の原則に関しても、官民協力して粘り強く社会合意を得ることとしたい。

インフラ整備と運用

上記のNP、特区等にあわせて、Society5.0 の前提となる高度な通信や、センサ網、絶対時間・位置、精細な地理情報といった高品質データの流通サービスなどに関してインフラ整備を行うことを提言する。官による初期投資・民による運用負担を原則として、特区等として指定された地域や研究拠点において集中的に整備する。

制度対応に関するホワイトリストの策定

前節で述べたとおり、各ユースケースに対して「やっていいこと」や「何にどのレベルまで対応すればいいのか」のホワイトリストの策定を官民協力して行うことを提言する。イノベーションや産業競争力を阻害しないかと、社会的に受容されるかの絶妙のバランスをとるために、民から積極的に実務に基づいた案を出すことにする。

国際協調

「AIネットワーク化に関する国際的な議論」の場におけるAI間交渉に関する議論の提案と牽引、法制的な標準や規格に関する政府間議論における問題提起や国内との整合を提言する。民としては民間の国際的な標準化活動に積極的に参加して、整合を図っていくこととする。

図4－1は、実現ロードマップに、主たる提言を重ねて書いたものである。

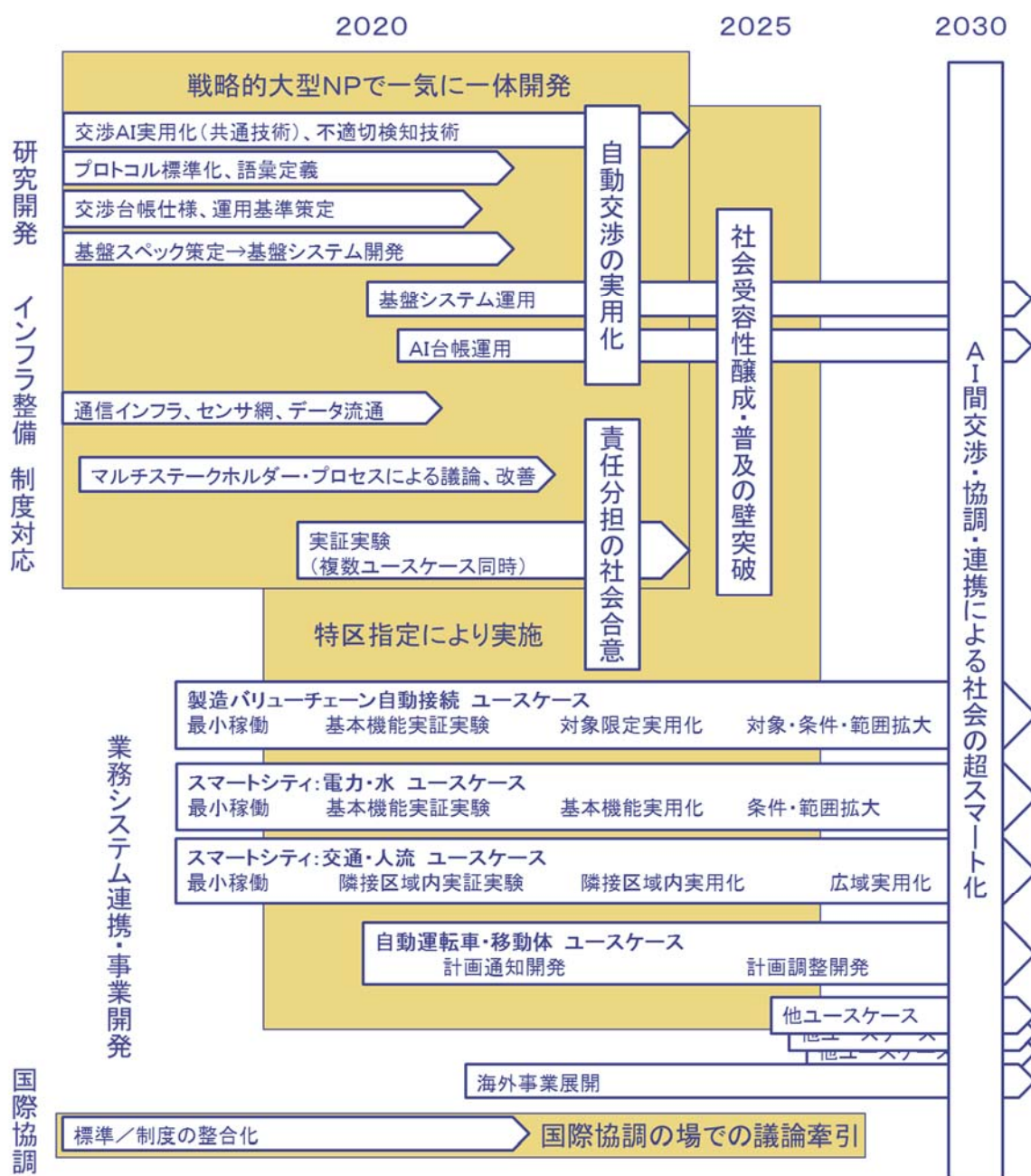


図4－1 実現ロードマップと政策提言

今後の課題と展開

推進テーマとして継続し、下記の活動を行う。海外動向も勘案したうえでの、重点ユースケース群に対するさらなる取組み優先順位の設定、および社会実装段取りの詳細化。それに基づく、提言するNPの具体化と体制づくり。また、並行して産業競争力強化、経済的インパクトに関する定量的な分析と見積もりも行う。

以上

【別 添 資 料】

別添 1 : 各ユースケースの内容

抽出した本文表2のユースケース群について、業種、背景、概要(交渉・調整に参加するAI、交渉・調整する内容、交渉・調整することによる利益)、関連する府省庁、関連する政府策定ビジョンについて簡単にまとめる。これまでの分析においては、ユースケースは「物理的挙動の協調・連携」に関するものと「経済的挙動の協調・連携」に関するもの、およびそれらにまたがるものに大分類できる。また、各ユースケースについて、目標とすべき実現レベルと時期について仮置きを行う。なお、ユースケースに関して進めている議論の詳細に関しては別添2とする。

物理的挙動の協調・連携に関するユースケース

無人建設機械

- ・業種: 建設、鉱業、水産・農林
- ・背景: 重機操作等の技術労働者の不足、無人化施工による人身事故抑制ニーズの顕在化
- ・ケース概要: 一つの現場で複数の無人建設機械が効率よく安全に稼働
 - 交渉・調整参加AI 各無人建設機械の制御AI、現場ネットワーク制御や現場統括AI
 - 交渉・調整内容 外乱や計画ずれ等への現場対応のための動作、危険個所等の有益情報のシェア
 - 交渉・調整する利益 全体としての作業効率の向上、安全性の向上
- ・関連府省庁の想定: 総務省、経済産業省、国土交通省
- ・関連する政府策定ビジョン:
 - インフラ維持管理・更新、自然災害に対する強靱な社会 (Society 5.0)
 - 遊休農地を減らす (新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案))

居住空間でのロボット連携

- ・業種: 製造、サービス、医療、情報通信
- ・背景: 医療・介護や接客の支援にロボットが利用される。統制されていない空間なので統合制御困難
- ・ケース概要: 居住空間内で出会ったロボット間の交渉による挙動調整で、干渉を回避／緩和
 - 交渉・調整参加AI 各ロボットの制御AI、場合によっては同空間内の各種機器のAI
 - 交渉・調整内容 各種干渉を回避するための動作計画
 - 交渉・調整する利益 安全性・効率性・快適性の向上
- ・関連府省庁の想定: 総務省、厚生労働省、経済産業省、国土交通省
- ・関連する政府策定ビジョン:
 - 地域包括ケアシステム、おもてなしシステム (Society 5.0)
 - 医療・介護地域格差ゼロ (新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案))
 - ロボット・センサー活用介護 (日本再興計画 2016)

製造機器連携

- ・業種： 製造
- ・背景： タスクや構成変更の高頻度化、エッジ処理の増大で、機器群の完全統合制御が困難に
- ・ケース概要： 完全統合制御が困難な状況でも、ローカルな挙動調整で機器が連携動作
 - 交渉・調整参加AI 各製造機器の制御AI、各中間統合機器の制御AI
 - 交渉・調整内容 各機器の動作計画、各機器の制御モデルに関する情報の共有
 - 交渉・調整する利益 安全性・効率性の向上、連携動作により可能になる新機能の実現
- ・関連府省庁の想定： 総務省、経済産業省
- ・関連する政府策定ビジョン：
 - 新たなものづくりシステム、スマート生産システム（Society 5.0）
 - スマート工場（日本再興計画 2016）

自動運転車(その他移動体)間の干渉回避

- ・業種： 運輸
- ・背景： 自動走行を筆頭に移動体の自動制御が普及する見込み、互いの干渉可能性が高まる。
- ・ケース概要： 実空間で出会った自動運転車間の交渉による挙動調整で、干渉を回避／軽減
 - 交渉・調整参加AI 自動走行(その他の移動体)の制御AI、場合によっては調整支援インフラAI
 - 交渉・調整内容 干渉を回避／緩和するための行動計画
 - 交渉・調整する利益 安全性・効率性の向上
- ・関連府省庁の想定： 総務省、経済産業省、国土交通省、警察庁
- ・関連する政府策定ビジョン：
 - 高度道路交通システム（Society 5.0）
 - 自動走行で移動弱者ゼロ、災害時の物資輸送（新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案)）
 - 自動走行、ドローン（日本再興計画 2016）

複数人工衛星システム間の協調地球観測

- ・業種： 宇宙、情報通信
- ・背景： 防災や災害発生時の状況把握等に、我国の各種人工衛星のみならず外国や民間の衛星システムによる補助的な観測が行われ始めている。用途に応じ迅速な観測情報を得るための調整プロセスに課題がある。尚、本ケースは公的事業を対象としているが、観測衛星データは多種多様な利用用途があるため、種々のアプリケーション検討の参考に資することが期待される。
- ・ケース概要： 観測情報を得るための衛星システム間の調整プロセスを自動交渉で効率化
 - 交渉・調整参加AI： 各衛星観測システム AI(現状は主に地上系 AI、将来的には衛星も AI 化)
 - 交渉・調整内容： 観測計画(観測場所、観測センサ、注目量、データ入手時期)
 - 交渉・調整する利益： 取得情報の質、迅速性及び効率の向上
- ・関連府省庁の想定： 関連検討の状況による(総務省、文部科学省、経済産業省)
- ・関連する政府策定ビジョン：
 - 地球環境情報プラットフォーム、新しい事業・サービス（Society 5.0）

新たな部素材の誕生（新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案)）

経済的挙動の協調・連携に関するユースケース

製造バリューチェーン自動接続

- ・業種： 製造、運輸、情報通信
- ・背景： 特殊・複雑・多種・短納期・低コストといった製造への要求の高度化。支えるICTの進歩。
- ・ケース概要 製品製造の各工程を担う会社間で、相手の発見と受発注条件の調整を自動化。

交渉・調整参加AI 各社の受発注管理AI(社内でリソース計画システム等と連携)

交渉・調整内容 取引可能性の打診、受発注の仕様・金額・納期・その他の条件

交渉・調整する利益

多くの相手との同時交渉が可能になることで、各社が商機発見／契約条件最適化。

間接コスト削減により経済全体でも取引活性化。

- ・関連府省庁の想定： 総務省、経済産業省、国土交通省

- ・関連する政府策定ビジョン：

新たなものづくりシステム、スマート生産システム、スマート・フードチェーンシステム（Society 5.0）

デリバリー・サプライチェーンの効率性革命（新産業構造ビジョン 今後jの検討事項(案)）

サプライチェーン全体の在庫ゼロ、即時オーダーメイド生産（日本再興計画 2016）

スマートシティ 電力・水

- ・業種： 電気、水道、ガス
 - ・背景： コスト、および、環境負荷低減への強いニーズの顕在化
 - ・ケース概要： 交渉により合意できる範囲での消費計画調整で、供給者・需要家ともに利益
- 交渉・調整参加AI 供給者（電力会社等）の運転計画AI、需要家の消費管理AI(xEMS 等)
- 交渉・調整内容 需要家の消費計画や料金、特にピーク時の消費量削減と対価としての値下げ
- 交渉・調整する利益 供給者はピーク対応コスト低減、需要家は値下げ、社会としても環境負荷低減

- ・関連府省庁の想定： 総務省、厚生労働省、経済産業省（資源エネルギー庁）、国土交通省

- ・関連する政府策定ビジョン：

エネルギーバリューチェーン、スマート生産システム（Society 5.0）

家庭のリアルデータを集めて多様な革新サービス（新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案)）

相対融資マッチング

- ・業種： 金融、保険、不動産
 - ・背景： 融資条件の調整コストが高く、細かい単位での融資成立が困難。
 - ・ケース概要： 融資条件の自動交渉で調整コストを削減
- 交渉・調整参加AI 借り手（一般事業会社、個人）のAI、貸し手（金融機関）のAI
- 交渉・調整内容 融資の金額・期間・利率・その他の条件

交渉・調整する利益 細かい単位での融資の成立

多くの相手との同時交渉が可能になり、新たな融資機会が創出

経済全体としても資金のめぐりが潤滑に

・関連府省庁の想定：

内閣府（金融庁）、総務省、農林水産省、経済産業省（中小企業庁）、内閣官房（個人情報）

・関連する政府策定ビジョン：

FinTech（日本再興計画 2016）

金融自動取引管制（本ケースは、挙動調整の悪用可能性の指摘と防御に関する議論）

・業種： 金融、保険

・背景： 既にAI高速市場取引が普及。学習機能による不公正な協調動作の出現が現実化。

・ケース概要 複数の高速市場取引AI間が挙動調整することにより、不公正な利益を獲得

交渉・調整参加AI 高速市場取引に参加しているAI間

交渉・調整内容 循環取引や結託した株価操縦のような不公正な動作の示し合せ

交渉・調整する利益 協調していないものに損害を与え不公正な利益を上げられる。

・関連府省庁の想定： 内閣府（金融庁）、総務省

・関連する政府策定ビジョン：

FinTech（日本再興計画 2016）

医療・介護リソースマッチング

・業種： 医療、福祉

・背景： 医療コストの社会的負担の軽減が喫緊の課題。有限リソースの有効活用が必要。

・ケース概要： 有限かつ貴重な医療・介護リソースの配分を自動交渉により低コスト・高効率に調整

交渉・調整参加AI 病院、消防、検査機関などのリソース管理システムAI、個人の健康管理アプリ

交渉・調整内容 専門医・設備・搬送等のアサイン計画。医療情報の融通、医者間での診断の整合。

交渉・調整する利益 効率性・公平性の向上

・関連府省庁の想定： 総務省、消防庁、厚生労働省

・関連する政府策定ビジョン：

地域包括ケアシステム（Society 5.0）

医療・介護地域格差ゼロ（新産業構造ビジョン 今後の検討事項（案））

個別化健康サービス（日本再興計画 2016）

短納期リテールロジスティクス

・業種： 小売、運輸、サービス、卸売り

・背景： 食品・日用品は、価格や品質では差がつかなく、納期が重要に

・ケース概要： 消費者のより近くで、便利な商品を提供する移動スーパー型AI

交渉・調整参加AI 移動スーパーAI、宅内AI、店舗AI

交渉・調整内容 搭載する商品、移動する経路

交渉・調整する利益 リテール業者は廃棄・機会損失の削減、消費者は短納期享受

・関連府省庁の想定： 総務省、経済産業省、国土交通省、警察庁

・関連する政府策定ビジョン：

スマート・フードチェーンシステム、おもてなしシステム（Society 5.0）

デリバリー・サプライチェーンの効率性革命（新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案)）

サプライチェーン全体の在庫ゼロ、ドローン（日本再興計画 2016）

物理的挙動と経済的挙動の両方の協調・連携に関するユースケース

スマートシティ 交通・人流

・業種： 運輸、サービス、不動産

・背景： 大規模イベントや突発災害における群衆制御や交通効率化の必要性増大。

・ケース概要： 交通・人流誘導AI間で密接に調整・連携することで、複雑な空間でもスムーズに誘導。

交渉・調整参加AI

道路／公共交通管制、施設（入退場）、駐車場管理、カーナビ、歩行者支援等のAI。

交渉・調整内容

流入出の可否、優先順位、行動／動作の制約、大域的制御や誘導のための連携。

交渉・調整する利益

安全・安心・快適の確保、社会的ロスの軽減、地元民の便益／地域経済の活性化。

・関連府省庁の想定： 総務省、国土交通省、警察庁

・関連する政府策定ビジョン：

自然災害に多雨する強靱な社会、おもてなしシステム、高度道路交通システム（Society 5.0）

渋滞による経済ロス・環境負荷削減（新産業構造ビジョン 今後の検討事項(案)）

自動走行（日本再興計画 2016）

別添 2 : ユースケースの詳細議論

無人建設機械

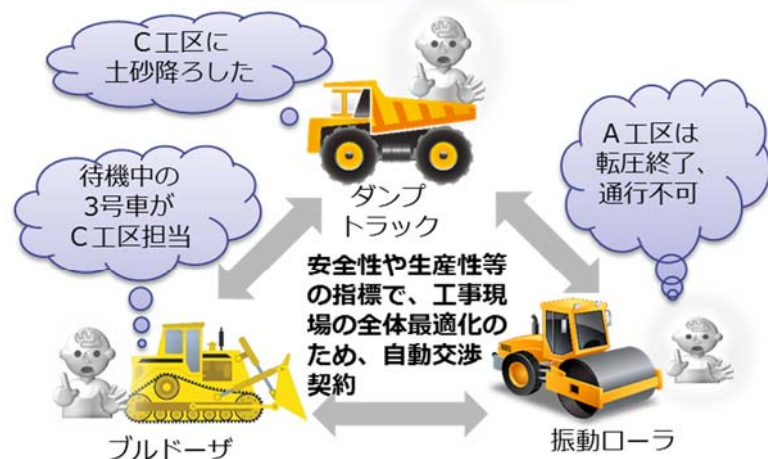
背景

- ・熟練技能者不足と高齢化及び就業者の減少傾向から、施工生産性の向上が必須課題
- ・無人化・自動化施工による建設現場での事故抑制
- ・多発する自然災害への対応で、復旧工事における安全性や迅速性の実現
- ・i-Construction の推進等による環境整備が進み、建設現場での ICT 活用が加速

ユースケースの概要

- ・自律型自動建設機械間で、共同作業を行う上で必要な情報共有／挙動調整を実現する。
- ・本ユースケースの特徴として、異なる役割や機能を持つものが、調整・連携して、作業施工の全体最適を図ることにある。また、判断指標として、工事の安全性、迅速性、経済性、公平性などの複数の基準を持つことも特徴である。
また、自動車の自動運転とは異なり、運用ルールを工事現場で独自に設定することができる。
- ・現場施工状況に応じて判断している作業計画などは人が行うが、建機の自律性を高め挙動調整を行うことにより、施工の効率が高められる。
- ・無人化や自動化により現場で人が直接実施する作業が減少するとともに、多重の安全装備や障害物に対する回避行動が取れるようになれば、安全性が大きく高められる。
- ・現状でも機械化率が高い大規模造成工事やダム建設現場での適用可能性はある。

無人建設機械での例



**建機の自律性を高めて施工効率向上
現場での人の直接作業を減らし、安全性向上**

交渉・調整する内容

- ・無人建設機械間で調整するものとして、他の建機の稼働に役立つ情報の共有レベルと、複数の判断指標に基づいて、複数建機の協調作業を確実に挙動調整のレベルがある。
それぞれのレベルの主な例を示す。

【情報共有】

- ・建機自身に関する情報
ID、仕様、内部稼働状態、通信環境、稼働計画(当日の工事予定)と作業進捗(どこのエリアのどの作業が終了したか)
- ・外部環境に関する情報
地形、地質、水深、障害物など、作業や天候によっても変化する安全ルートなどの情報

【挙動調整】

- ・まず、全ての建機の作業進捗状況を施工管理システムに一元化し、共有する。
- ・複数の建機が同一場所で分担して作業する場合などでは、協調を図る必要があるため、建機間あるいは施工管理システム間で挙動調整を行う。
- ・共有情報やいくつかある判断基準を総合して、協調作業を行うための挙動調整(交渉・合意)を繰り返す。
- ・合意結果に基づき、再稼働する。停止時間の短縮により効率性を高める。
- ・交渉・合意形成経緯(予定通り、変更、中止)を約束台帳(施工管理システム)にて管理する。

典型的な交渉・調整参加AI

- ・各無人建設機械内の制御AI(競争領域)
- ・接続・切断・再接続を繰り返す不安定な環境下で、最適化するネットワーク制御機能(協調領域)
- ・現場全体を管轄する統制型AI
- ・建機の自律性を高めたAI(統制型AIからの権限移譲)

交渉・調整することの利益例

- ・安全性: 建機の運行上で危険個所の共有、建機のコンディションに応じた役割変更等
- ・生産性: 人を介さずに建機間、あるいは施工管理システムの指令で調整し、作業を再開させることで、停止時間の短縮化
建機の性能やコンディションなどを考慮し、最も短時間で作業完了する条件で運用

目標到達レベル

(1)実用開始 2016 年現状

原理: 災害時の緊急対応などでは、建機から伝送される画像に基づき、遠隔操作を光ファイバーケーブルや無線 LAN 接続で行っている。

また、土木工事での例として、一人のオペレータから複数の建機にタブレット端末などから作業指示を送るものも導入されている。

基盤: 建機に GPS、ジャイロ、レーザスキャナなどの計測機器及び制御用 PC を搭載し、建機自体の自動化を図る。

通信環境は光ファイバーや無線通信、無線 LAN 方式などを利用。

制御は遠隔操作で行うものや制御プログラムを組み込んだものもある。

制度：無人建設機械の利用について、安全面、生産性の面から容認する明確な法規定が必要。

普及：自動車や農機などの自動化技術との共通化研究が期待される。

災害用ロボット(人と建機が1:1の遠隔操作)と汎用工事用建機への適用技術
の共通化研究。

(2)本格普及 2020 年代前半

原理：建機の自律自動化技術が進み、建機同士の作業引継ぎや工程変更に応じた作業組み換えなど、人の判断・指示を都度仰ぐのではなく建機側への権限委譲が進む。

基盤：公共 LTE 専用網の普及により、通信環境の確保のみならず、異常時の静止画共有により、共有できる情報量が増加。

建機間で共有する情報(どの建機がどの箇所の施工をどのように行ったか等)が標準化され、建機間で挙動調整するための交渉機能が確立する。

制度：他のユースケースとの関連性として、建機が公道を走行する場合、自動運転に関する諸制度を必要に応じて適用すること。(建機にも自動車の自動走行レベルの仕様が求められる)

普及：次期戦略的イノベーション創造プログラムなどの予算で、必要な技術の研究開発環境を確保。

(3)飛躍 2030 年代

原理：挙動調整の交渉において、当該建機間での判断だけでなく、施工現場全体の安全性、生産性(迅速性、経済性)、公平性など全体最適化を考慮した交渉を行う。

また、施工結果が、3D、GIS データに取り込まれ、都市経営管理と連動して活用される。

海洋や宇宙空間(資源開発)における利用を想定し、ネットワークへの依存度を抑え、自律型 AI がより必要とされる。

基盤：遠隔地での利用が増え、通信遅延による作業効率の低下を起こさないよう、レベルでの挙動制御・無人稼働を実現。

制度：海洋や宇宙開発で利用する際の法的制度や世界標準化

普及：国際レベルでの SIP 相当の事業設計

関係する府省庁(政策提言先)

- ・国土交通省(i-Construction Next Stage : AI等最新技術の現場導入に向けた研究開発)
- ・経済産業省(建機の製造業界管轄)
- ・総務省(ネットワークインフラ整備)

自動バリューチェーン接続

背景

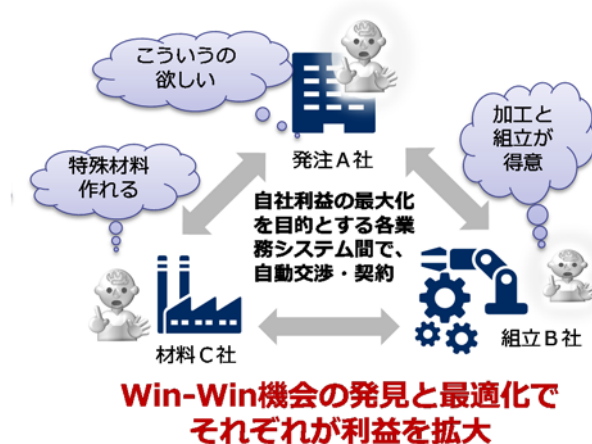
IoT の進展に伴い、開発・製造・物流・サービスという産業の中核をなすプロセスの最適化を実行するための情報が漏れなくリアルタイムに利用可能な状況になりつつある。例えば、製造工程においては、インターネットを使ったネットワークで、製造に関わるあらゆる情報にリアルタイムにアクセスし、最適な製造を行えるようになる。さらに、顧客の要望に合わせて、製品ごとに異なる仕様、好みのデザインの商品を、欲しいときに欲しい数量だけムダ無く作ることを実現することで、顧客要求への迅速な対応と資源利用効率の向上の両立が期待される。この実現には、製造業者が単に IoT により情報を得るだけでなく、設計、材料、部品、組み立て、物流といった業者間のバリューチェーンを臨機応変に最適に構築する必要がある。

ユースケースの概要

業者間のバリューチェーンを臨機応変に最適に構築するために、業者間での自動的な情報交換、交渉、合意を、それぞれの業者が保有するAIにより実行する。

生産過程のみならず、研究・開発段階から実証、本格的な生産、マーケティング、流通、ストック、アフターケア、フィードバック、顧客管理、新しい R&D 過程に至るまでがつながることで、個々の利益追求だけでなく全体としての win-win 機会の発見と最適化により経済活動を活性化する。

自動バリューチェーン接続での例



交渉・調整する内容

製品の生産において部品、組み立てを発注する際の自動バリューチェーン接続を例にして、調整内容を示す。

- 発注側: 製品の仕様、所要数、希望納期
- 受注側: 生産可能な仕様、生産能力、コスト、設備空き時間、価格、納期
- 発注者・受注者それぞれのAI間の調整プロセスにより、交渉先の発見、設計・仕様のすり合わせ、生産の計画、契約の交渉・締結などを自動的に実行する。
- 合意内容の例(ある発注者とある受注者との間の合意)

発注者:A社、受注者:C社

部品M(特注仕様)、所要量 1000個、納期 2016 年 9 月 15 日

発注者:A社、受注者:B社

製品P組み立て、所要量 1000台、納期 2016 年 9 月 30 日、必要な部品MはC社より
2016 年 9 月 15 日に納入。

典型的な交渉・調整参加AI

バリューチェーン情報管理センター:製造/リソース管理AI(センターデータベース)

発注企業:製品やサービスの調達計画AI

受注企業:材料や加工・組み立てのリソース管理AI

交渉・調整することの利益例

- ・自社の管理する設備稼働率の向上を実現する。
 - ・複数の設計/スケジュール案に関して低コストで見積もりできるので、設計やスケジュールの最適化も同時に実現。
 - ・単一案件に関して、同時に多数の相手と交渉することにより、最適な先と受発注が可能。
 - ・機器やリソースやチャンスをグローバルに有効活用。
- ・相対融資マッチング(金融ユースケース)をバリューチェーン接続と同時並行で行うことで、必要な事業資金の調達と合わせて最適化。
- ・2者間での相互接続性だけではなく、N対M間の接続が実現されることで、様々な機能が効率化される。

調整原理:

- ・交渉/調整相手を見つける方法
 - 基本的な情報を、センターデータベースで公開する。
 - 有益な情報を他の製造/リソース管理AIに提供する。
 - 特定の相手に情報をプッシュ/要求する。
- ・全体(準)最適解発見に必要な情報は何か
 - 1) 設計妥当性評価 → 難易度・コスト・納期等の情報
 - 2) 調達・提供相手検討 → 品質・実績・価格・納期・格付・評判等の情報
 - 3) リソース融通検討 → 種別・期間・条件等の情報
 - 4) スケジュールリング、進捗管理 → スケジュール・進捗に関する情報
 - 5) リスク分析、対処案策定 → 不確実性・回避方法等の情報
 - 6) 責任や保険適用判断のための記録 → 挙動ログ
 - 7) マーケティング → 販売情報
- ・合意形成/履行確認方法など
 - 情報提供/動作約束ともに、依頼→交渉→約束/決裂の段取り

約束台帳登録、基本情報変更をセンターDBに反映

約束実行、約束を守ったかに関する情報をセンターDBに記録

・ほかには

・人の役割

・品質、製造責任、カルテル問題。隠すものと、明かすべきものの区別。

・ロコミ

調整基盤:

・原理実行に必要な通信／記録／処理スペック

基本的な情報を登録、担保、公開する、データベースが必要。

・何を標準化するのか

発注の希望条件、受注の可能条件の雛形

交渉、合意形成／決裂／遵守・違反確認の段取り

・約束台帳管理方法

地理的な集中/分散、管理上の集中/分散に応じてセンターデータベース、分散型データベース（ブロックチェーン活用）の両形態を取りうる。

・プライバシー流出のリスク分析

・所要部品詳細、所要数などの取引希望情報の隠蔽、発注者、受注者の匿名化が必要とされるケースため、NDAモードを導入する。

・不正者を発見する仕組みが必要。

調整制度:

・オフライン／事前に合意が必要な事項

・バリューチェーン自動接続の枠組みに参加するための事前審査が必要である。

・原理実行に必要な制度的座組み(市場など)

・センターデータベースを構築するにはセンターの推進母体を設立する必要がある。

・権利・責任・義務の所在

・権利・責任・義務に関して、バリューチェーン自動接続参加者の了解と合意の形成、さらに、その了解と合意の範囲を超えた場合が生じる可能性を鑑みて、段階的な普及を考えていくべきである。

例えば、2者間での接続だけでなく、N対M間の接続になった場合、2者間の了解の当初は予想できなかったような事態が発生することが考えられる。万一、その事態が当初の予想・了解の範囲を超え、当事者の利害を害する場合、責任問題等が発生することが考えられる。

N対M間接続以外にも想定外事象を洗い出すため、テストベッドでの実証試験、限られたメンバーによる試験運用などを実施し、問題点を実運用に入る前に洗い出し、対策を打つことが必要であると考え。

・第三者との関係

・センターなど全体の取引情報を把握するものがインサイダー取引を行わないよう規制が必要。

・実体の無いダミー会社がバリューチェーン接続に加わることを排除する。

・既存制度との矛盾など

・生産過程のみならず、研究・開発段階から実証、本格的な生産、マーケティング、流通、ストック、アフターケア、フィードバック、顧客管理、新しい R&D 過程に至るまで複数の段階・プロセスがつながる。この「複数の段階・プロセスがつながる」場合には、不正やインサイダーが最も問題になると思われる。特に、既存の法制度では法的に保護されていない段階が露出される場合、その保護を検討する必要がある。

目標到達レベル

実用開始 2019年末

原理: 交渉／調整相手の自動発見

基盤: バリューチェーン情報管理センターでの製造／リソース管理AI(センターデータベース)整備

バリューチェーン参加者の技術やノウハウデータのセキュリティ確保

制度: センターデータベースを構築するセンターの推進母体設立

普及: 業界横断的コミュニティの構築

本格普及 2025年頃

原理: バリューチェーンのフレキシブルな連結

基盤: 各種組織向けのバリューチェーンリファレンスアーキテクチャ策定

インタフェース、情報フロー、プロセスステップの形式仕様記述、標準化策定

制度: バリューチェーン接続と相対融資マッチングを並行実行による事業資金調達を可能とする経済特区等制定

普及: 顧客・業者・市場などを巻き込んだパイロットプロジェクト実施

飛躍 2030年頃

原理: バリューチェーンの終始一貫した統合と意思決定の最適化

基盤: あらゆるプロセスステップの現在の状態と予定されている状態に関する終始一貫した透明性確保

制度: 正当な取引を保証し、不正な取引を規制する法制度の整備

普及: 国際的な市場との相互接続

関係する府省庁

・経産省(産業競争力強化、商務情報)

・金融庁(金融システム)

スマートシティ 交通・人流：

背景

花火大会、スポーツイベントなどの前後など短時間に間に一気に人が押し寄せたり、帰宅したりするような事態の際に周辺地域の交通が麻痺状態になったり、将棋倒し等の事故が発生することがしばしばある。

また、テレビ・雑誌・ネット等の影響や世界遺産への指定で突然に注目される、数万～数十万人レベルの観客を集めるライブイベントが行われる等、インフラ整備や交通・人流の制御の経験が不十分な都市に想定キャパシティを遥かに超えるような人が押しかけることにより混乱や問題が起こる例も報道されている。

前記のような予測可能なイベントだけでなく、事故や災害のような予測できない突発的なイベントでも同様の事態は起こりえる。

イベント有無に関わらず、地形的な問題等で道路整備・駐車場整備などが困難で、慢性的に交通・人流に課題を抱えているエリアも存在する。例えば、ある観光都市では、脆弱な道路網に対して、短時間に車が集中するため、渋滞がなければ 15 分程度で済むはずの移動がほぼ慢性的に 2 時間以上もかかるような例があり、深刻な状況となっている。観光都市の場合、海や山に囲まれている等地理条件から改善が難しい場合が多く、インフラ改善にも限界があり、特定エリアでの交通・人流を何らかの方法で制御する他に現実的な解決策がないのが実情である。

交通・人流を適切に制御することにより、安全・安心を確保するとともに参加者や周辺住民のストレスを低減することが強く求められている。

解決策として、公共交通機関の利用を促すため、エリア内での移動や観光が割安でできるようにするフリー切符や観光手形のようなものを導入したり、流入車両をやや離れた駐車場に誘導し、そこからバスや電車に乗り換えてもらうパーク＆ライドを導入したりといった対策が取られている。

シンガポール、ロンドン、ソウル等の慢性的な渋滞に悩む都市では、特定エリアへの流入に料金を課す、いわゆるロードプライシングのような制度を取り入れているところもある。

また、交通割引や周辺飲食店でのインセンティブを提供して行動を誘導し、出発や帰宅時刻をシフトさせることや、交通手段を変えてもらうことなどを提案する試みなどが報告されている(<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2015/11/5.html>)。

このような対策は、基本的には各自の自律的な判断に委ねられており、経済的合理性に基づく判断や人の行動特性をその拠り所としている。

本報告書では、各自の自律的な判断に頼るのではなく、都市インフラ(道路交通管制システム、公共交通管制システム、駐車場管理システム、施設管制システム等)に自律的人工知能が入り、それを利用する人や車の動きを制御する人工知能と自律的な相互交渉をすることにより、より効果的で実効性が高い交通・人流制御を行う可能性について議論・提案する。

ユースケース概要

・都市の特定エリア・特定設備・特定交通機関への流入／流出に関して、その可否／条件などについて自動交渉／調整を行う。

・図では、道路管制 AI や駐車場 AI 等を都市インフラ制御 AI が束ねるようなイメージで描かれているが、各 AI は中央制御される場合もあれば、各 AI 同士で自律的調整を行う場合もあると想定される。

交渉・調整する内容

- ・流入／流出の可否、特に緊急車両・VIP 車両・地元住民・関係者（選手・出演者・スタッフ）・障害者高齢者の優先等
- ・流入／流出の条件 直接会場に駐車可、近隣地でのパーク＆ライド、自動運転車への特定走行ルート自動設定、降車後のエリア外退避等

・合意内容の例（都市インフラ制御 AI との交渉）

1. 自動運転車 AI と道路交通管制 AI との合意で、常に青信号、特定エリアへの流入や駐車を許可（緊急車両や VIP 車の優先通行を想定）
2. 自動運転車 AI と駐車場管理 AI とサブ交通システム AI（例：シャトルバス運行 AI、パーソナルモビリティ AI）との合意で、やや離れた駐車場に駐車してのパーク＆ライド、待ち時間 5 分以内でピックアップ＆ドロップできるように自動スケジューリング行うオンデマンド自動運転シャトルバスの派遣（あるいは自由に利用できるパーソナルモビリティ手段の提供）
3. 自動運転車 AI と駐車場管理 AI との合意で、条件に合う近隣駐車場（近隣住宅・会社敷地等の駐車スペースシェアリング）を自動割当・予約（身障者パーキング等のスペシャルニーズを想定）

典型的な交渉・調整参加AI

■都市インフラ制御AI

- 道路交通管制 AI: 信号、エリア流入／流出制御ゲート装置、ロードプライシング装置の制御他
- 公共交通管制 AI: 電車・バス等の運行管理、入退場制御ゲートの制御、シャトルバス、パーソナルモビリティなどマイカーや公共交通機関を補完する「小さな交通」の制御
- 施設管制 AI: 特定施設への入場／退場制御ゲートの制御等
- 駐車場管理 AI: 駐車場利用状況の管理、一般住宅・会社の駐車場シェアリング AI との交渉・連携

■自動運転車 AI

上記都市インフラ制御 AI との交渉結果によりルーティング、走行制御を行う

■歩行者支援 AI

スマホやサイネージによる誘導や電子通行証

交渉・調整することの利益

- ・特定エリアへの流入／流出を適切に制御することによる安全・安心・快適の確保
- ・渋滞や混雑に伴う時間的ロスやストレスの軽減
- ・エリア内を日常生活・勤務圏とする住民・勤労者の便益
- ・地域の経済活性化

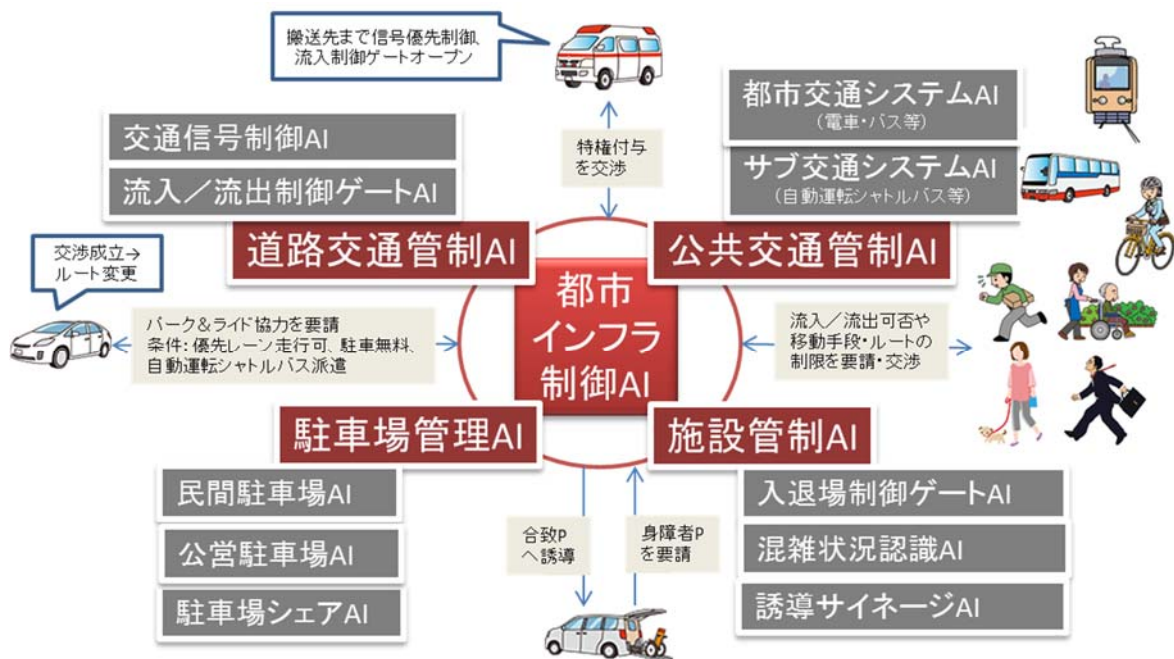


図 都市インフラ制御 AIと自動運転車 AI や

AI に支援される歩行者(スマホやサイネージによる誘導や電子通行証)間での自動交渉による
交通・人流協調制御のイメージ

調整原理:

- ・交渉／調整相手を見つける方法、実世界との対応保障方法

本ケースでは、主な交渉相手はエリアの都市インフラ AI なので、相手をみつけることには問題がないと想定される。

イベント開催者が交渉相手として入る場合もあり得るが見つけられる仕組みの準備は比較的容易と想定できる。駐車場シェアリングでは提供者との P2P 交渉が必要になる可能性もあり、その場合には相手を見つける方法が必要なり得る。実世界との対応保障は、都市インフラやイベント開催者の場合は証明書等を使った真性性の仕組み作りができるであろう。一般家庭の駐車場シェアリングでの真性性やサービス保証(行ってみたら別の車が停まっていた)については検討が必要である。

- ・全体(準)最適解発見に必要な情報は何か

将来の各時点での状況推定と、適切な制御ロジックの選択。

優先制御(例:優先権の過剰発行)を誤ると優先契約が履行不可となるが、この点についてはさらなる検討が必要である。

- ・合意の形成／決裂／履行等の確認方法

本ケースは階層性や依存関係もあり得る多者間交渉であり、合意の形成は相当に複雑となると予想される。決裂・履行に関しては、合意内容(例:特定ルート进行)が確実・完全に強制さ

れる完全な自動運転車であれば容易であるが、人の判断で合意外の行動を取り始めると混乱をきたす恐れがある。

全体的に調整原理のロジックは相当に複雑になると想定される。想定外の事態が起きた際のレジリエンスに関する議論も必要である。

調整基盤：

- ・原理実行に必要な通信／記録／処理のスペック

エリア内への流入／流出の交渉を行うための通信／記録／処理の手段が必要である。自動運転車や自動運転バス・電車等であればこのような手段を持つことは容易であるが、歩行者の場合にどうするかは要検討である。スマートフォン等を使うという手はあるが、全員に所持させることは不可能であるし、電池切れなどの課題もあり、これが現実的であるかについては更なる議論が必要であると考ええる。

- ・何を標準化するのか

希望条件提示のひな形と、交渉、合意形成／決裂／遵守・違反確認の段取り。

- ・約束台帳管理方法

集中センター機能におく方法と分散管理の両者が必要となると予想される。

- ・プライバシー流出のリスク分析

移動経路やイベント参加の情報については流出リスクがある。大抵のイベントに関しては、参加を秘密にしたいようなことはなく、大きな問題とはならないと想定する。

スマートシティにおける交通や人流のデータ蓄積と活用は、群衆マネジメントにおけるそれとは本質的に異なるとの指摘もある。クラウド制御（混雑回避、避難誘導その他）が法的に問題になることは少なく、混雑回避のために例えば歩行経路を制限し（特定の経路に誘導し）たとしても、あるいは緊急時の避難誘導で特定の経路を指定したとしても、これらは一般に安全安心の確保、（可能な）危険の回避、そして緊急時のリスク回避・分散として正当化され、個人の自由（な歩行）を制限したとか、まして個人のプライバシーを侵害したとかが問題になることはない。個人の情報が個々人の情報としてではなく、移動している「点」として収集されている点においても、（プライバシーの）問題はほぼない。

これに対し、スマートシティにおける交通や人流のデータに関する現行制度の問題点の一つとしては、例えば、自動運転車の走行には周囲の情報が必要になり、それらが関係者のコンセンサスなく収集され提供される点にある。自動運転車の安全な走行とそれによる周囲の安全確保には当然、これらのデータが必要だが、データを収集される側の個人（のロジック）としては、ある時ある場所にいるというデータが無差別に収集され、「点」に抽象化できない点も問題となり得る。

- ・セキュリティ強度など

偽通行証なものが出回ると混乱をきたす可能性がある。特に特権的な通行許可を偽造するモチベーションが出てくることは十分に想定しうるため、相応のセキュリティ強度は必要であろう。

調整制度：

- ・オフライン／事前に合意が必要な事項

イベントチケット購入時に、交渉への参加意志を確認するだけで済む場合もあるが、花火大会のようなオープンイベントの場合にはどうするかは議論の余地がある。

- ・原理実行に必要な制度的座組み（市場など）

特定時間に特定エリアへ流出／流入することに対する権利取引市場を作ることがあり得る。

- ・権利・責任・義務の所在

公道・私道・公有地・私有地等を含む広域な特定エリアへの流入／流出を制限する権利は法的に設定可能かについての議論が必要である。誘導されたルートで事故・事件に巻き込まれた場合の責任についても課題が残る。決められたルートや駐車スペースを遵守する義務や違反時のペナルティについても検討が必要である。

- ・第三者との関係

流入／流出の他社譲渡を許すべきかは議論の余地がある。場合によっては、ダフ屋的行為が生まれる可能性があるが、これの是非についても検討が必要となろう。

- ・既存制度との矛盾など

特定エリアへの流入が制限されていることや渋滞状況通知や推奨ルートを示すことは出来ても、そのルートを強制することまでができるか・すべきかについては現行法と照らしての検討が必要である。自由な移動（交通権）に関しては、国毎に考え方が違うようなので、この点についても調査・検討が必要であろう。

目標達成レベル

複数システム、複数管轄にまたがる複雑なシステムとなるので、大規模に展開されるには相当の期間を要すると考えられる。まずは、非常に限られたエリアを特区等として指定し実証を行うのが2019年ころ、都市レベルでできるのは2025年、主要都市にまで拡張できるのは2030年以降と想定する。

関係する府省庁

- ・国土交通省（道路・公共交通）
- ・総務省（通信インフラ）
- ・警察庁（交通制御・取り締まり等法執行）
- ・内閣官房（個人情報保護）

スマートシティ 電力、水

背景

電力や水といった都市ユーティリティの運転は、いつ、どこで、どれくらい消費されるかを予測し、安全マージンを持ったうえで、できるだけ無駄なくそれを満たすように供給することを目指している。しかしながら、需要変動(特にピーク)への対応や、予測の不確定性に起因する大きな安全マージンの確保、予測を超える突発的需要への緊急供給などが、追加的コストの主因となっている。

COCN2014年度テーマである「ゼロエミッションの実現を目指すリソースアグリゲーター」では、電力に関して需給を「統合制御」するスキームが提唱された。関係各者がメリットを享受可能であるが、独立な各経済主体が特定の統合制御下に入る方式は、全体の合意が必要となってしまう。本テーマでは、自己の事情に合わせて合意できる場合のみ挙動変更すれば良いスキームとし、実現ハードルを下げる。

ユースケース概要

- ・供給者と需要家が消費計画(いつ、どれくらい消費するか)や料金などについて自動交渉／調整を行う。

交渉・調整する内容

- ・需要家の消費計画や料金
- ・特に、需要ピーク時の消費量の削減、予測精度の低いタイミングでの消費計画コミット、それらの対価としての料金の値下げ
- ・合意内容の例(ある需要家と供給者の間の合意)

2016年9月15日11:00～12:00の電力消費量を17.8KWH以下とし

2016年9月15日19:00～20:00の電気料金を8.3%割引する。

典型的な交渉・調整参加AI

- ・電力の場合

供給者＝電力会社、アグリゲータ等の運転計画AI

需要家＝水道局、工場、オフィス、学校、交通機関、EVステーション等のエネルギー管理AI

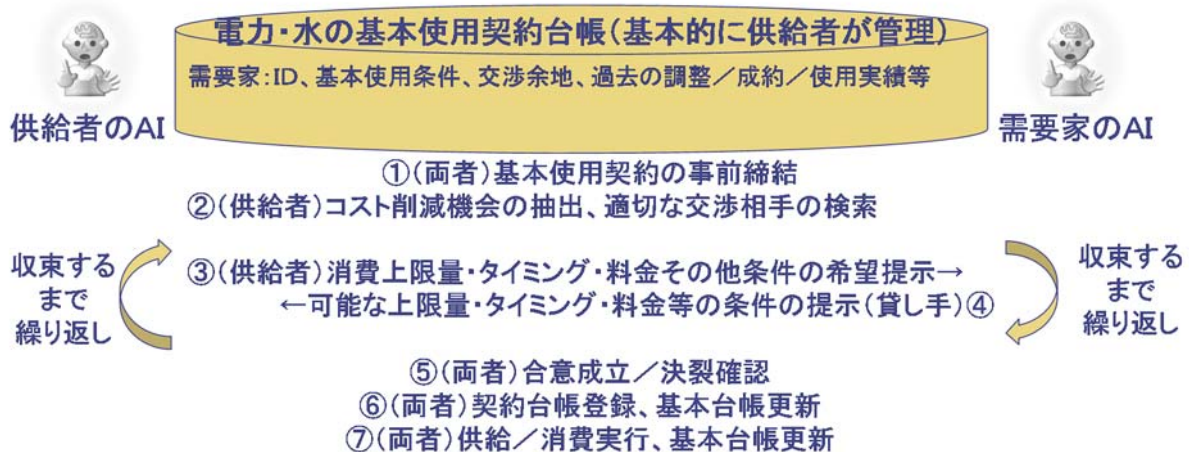
- ・水道の場合

供給者＝水道局の運転計画AI

需要家＝工場、オフィス、学校、その他施設等の(水に関する)施設管理AI

交渉・調整することの利益

- ・供給者にとっては、ピーク対応や安全マージン確保のためのコスト低減
- ・需要家にとっては、料金の値下げ
- ・社会全体としても無駄が減るので、環境負荷の低減



調整原理:

- ・交渉／調整相手を見つける方法、実世界との対応保障方法
 本ケースは、予め電気や水道の利用契約が結ばれている為、相手の発見は不要。
 実世界との対応保障も、契約相手との対応を取るのみ。
- ・全体(準)最適解発見に必要な情報は何か
 将来の各時点での各需要家の使用量と、それに変更を加えることの追加コスト。
 将来の各時点での各調達手段の容量とコスト。
 ただし、将来の情報は必然的に不確実なので、それらの確率分布。
- ・合意の形成／決裂／履行等の確認方法
 本ケースは、定型かつ二者間交渉なので比較的簡単。
 条件提示のひな型(時点、最大量、金額、違反時のペナルティ)を定め、交互提示型の交渉をする
- ・その他
 社会的公平性基準(同じ条件なら同じ金額等)が、原理に求められる可能性あり。その場合、二者間の交渉とはならず、調整段取りが複雑になると予想される。

調整基盤:

- ・原理実行に必要な通信／記録／処理のスペック
 本ケースでは、供給者側に集中センター機能をもたせ、通信／記録を行う。
 電力や水の実需給に基づいて調整する限り、通常のインターネット接続で問題なし。
 ただし、先物取引業者や中間業者が現れると、高速金融取引(HFT)で性能を要する可能性あり
- ・何を標準化するのか
 希望条件提示のひな形と、交渉、合意形成／決裂／遵守・違反確認の段取り。
- ・約束台帳管理方法
 供給者が持つ集中センター機能におく。
- ・プライバシー流出のリスク分析
 電力や水の使用計画のみなので、比較的軽微。ただし、電力、水の使用量のみのデータではあつ

ても、世帯人数や構造、生活パターンがある程度予想でき、プライバシー問題が発生したケースあり。参加者への十分な説明、情報開示等が必要。

- ・セキュリティ強度など

電力や水の使用計画に関するデータなので、通常の電気／水道料金の業務システムと同様。

調整制度：

- ・オフライン／事前に合意が必要な事項

電力や水道の基本契約時に、交渉への参加意志、プライバシーリスク等を確認する必要がある

- ・原理実行に必要な制度的座組み（市場など）

供給者がセンター機能をもつなら、特に不要。あるいは、既存の供給者間の融通市場で良い。

- ・権利・責任・義務の所在

電気や水道の利用契約を基礎にしており、かつ「自己の事情にあわせて合意できる場合のみ挙動変更すればいいというスキーム」であることから、明確。

- ・第三者との関係

電力や水の流用が可能なら別であるが、基本は、二者間で使用計画合意するのみであるため、第三者に影響はないと思われる。

- ・既存制度との矛盾など

限定的な条件を設定しているので、既存制度との抵触は特にないと思われる。

目標到達レベル

実用開始 2020年ごろ

原理：交互提示型ではなく、単発での交渉。供給者あるいは需要家からの単一の提案に対し、可否回答

基盤：インターネット利用。アプリケーション層での標準化。

制度：供給者側に公平性（同じ条件なら同じ料金）・公正性（背任・相場操縦禁止をしない）に関する規制が必要か、自由競争で良いかに関するガイドライン。

普及：導入促進のための補助金交付が望ましい。普及率の低い時期に、値下げ原資を支援するなど。

本格普及 2025年ごろ（インフラ整備が必要なため）

原理：交互提示型調整の一般利用と競争による発展。クラウド型交渉サービスの出現。

基盤：複雑な条件（天候やイベント等）での調整に必要な情報・プロトコルの標準化。スマートメータやxEMS等との接続も標準化。

制度：クラウド型交渉サービス業者への公正性（背任・相場操縦禁止）規制の必要性有無。

普及：導入促進のための補助金交付が望ましい。政府機関の積極的な利用が求められる。

飛躍：2030年ごろ

原理：実需に基づかない中間業者の出現。先物取引。

基盤：その時期の電力等の取引所とも相互接続。金融商品に匹敵する高速自動取引。

制度：取引所に関する規制と整合／融合

相対融資マッチング

背景

- ・融資の成立には、借り手の状況、貸し手の事情、経済状況等の多くの情報を考慮したうえで、借り手と貸し手の間で、金額、期間、利率、担保・その他の条件について調整がつかない必要がある。
- ・人手による対応コストが大きいと、細かい単位での融資成立は広く行われていなかった。

ユースケースの概要（図）

- ・借り手のAIと貸し手のAIの間で、融資に関する自動交渉／調整を行う。
- ・借り手、貸し手とも同時に多数の相手と並列に交渉／調整。
- ・単純な融資のみではなく、社債発行や保険も自動交渉へ

交渉・調整する内容

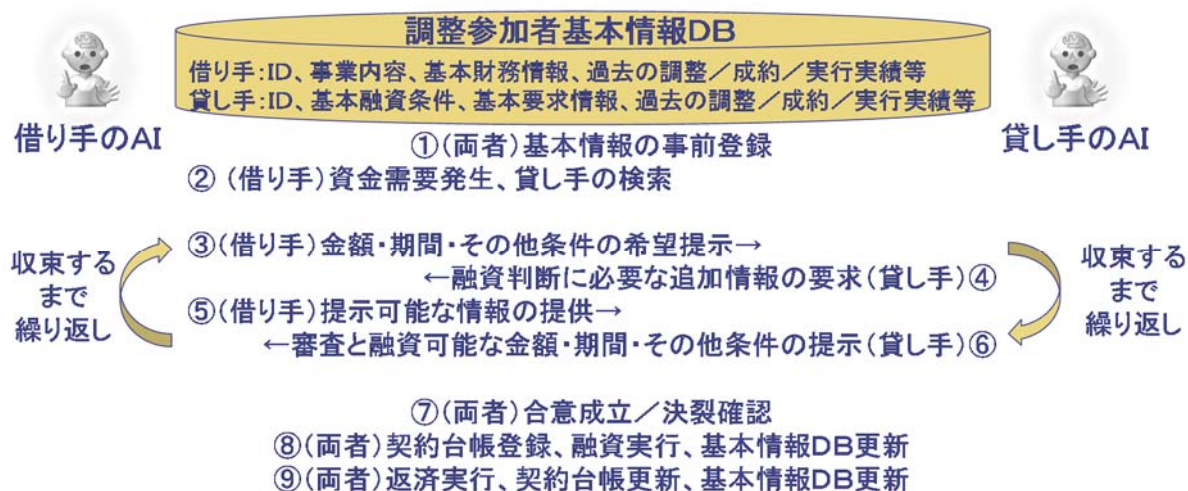
- ・融資成立に必要な情報のやりとり
- ・金額、期間、利率、担保・その他の条件の融資条件
- ・合意、あるいは決裂の確認

典型的な交渉・調整参加AI

- ・借り手：一般事業会社、および個人の会計管理AI
- ・貸し手：金融機関の融資判断AI

交渉・調整することの利益

- ・人手による対応ではコストの問題でできなかった、細かい単位での融資の成立。
- ・融資が可能となる様々な組み合わせが人工知能により瞬時に試され、経済全体として資金循環が円滑になる。



調整原理:

- ・交渉／調整相手を見つける方法
基本情報DBから検索する。うまく選ぶ原理は競争領域に属する。
- ・実世界との対応保障方法
基本情報DBに実体の情報が格納されている。
- ・全体(準)最適解発見に必要な情報は何か
貸し倒れ等のリスクを正確に見積もるための情報だが、網羅的枚挙は不可能。
貸し手の競争力源泉にもなるので、本活動では網羅的枚挙をするのではなく
信用度推定に広く用いられている標準的な情報を挙げることにする。
- ・合意の形成／決裂／履行等の確認方法
本件は定型的かつ二者間交渉なので特に問題なし。
少数のルール(契約ひな形等)を定めればよい。

調整基盤:

- ・原理実行に必要な通信／記録／処理スペック
資金の実需給に基づき交渉が発生するのであれば特段のハイスペックは不要。
中間業者が現れHFTの様相を示した場合は、その活性度に依存。
- ・何を標準化するのか
基本情報DB、希望条件提示、追加情報要求の項目とその定義。
交渉、合意形成／決裂／履行等の確認の段取り。
#集中台帳の管理主体が代行することにより要件が大幅に単純化される。
- ・約束台帳管理方法
集中台帳の管理主体を設ける。
- ・プライバシー流出のリスク分析
交渉過程や結果に関する情報は非常に機微だが通常の人間による融資交渉と同じ。
追加情報要求で大量のデータを提供してしまうリスクは別途考える必要がある。
- ・セキュリティ強度など
センターは銀行のシステムと同様。プレーヤーは各オーナーの業務システムと同様。
交渉相手が乗っ取られているリスクは検討が必要。

調整制度:

- ・オフライン／事前に合意が必要な事項
基本情報DB:参加基準、情報開示範囲、更新ルール、費用等。
交渉や履行確認などで、標準に従う範囲、はみ出すところの取り扱い。
- ・原理実行に必要な制度的座組み(取引所など)
基本情報等の集中台帳を管理する主体。
- ・権利・責任・義務の所在、既存制度との矛盾など
末尾の表を参照。

関連する府省庁(政策提言先)

- ・金融庁、経産省(中小企業庁)、内閣府(個人情報取り扱い)、農水省(農林中金)

目標到達レベル

実用開始時期：2020 年

- ・原理：単一金融機関と借り手による調整機能が提供され融資業務が効率化される
- ・基盤：当該金融機関のセンターの融資電子化システムの機能拡張
- ・制度：この時点では特に新たな法制度は要らない気がしています。
- ・普及：普及の妨げにならないように最初から統一規格を作っておくことが重要。

普及時期：2023 年

- ・原理：でんさいネットのように例えば全銀協にて共通プラットフォーム化が実現
- ・基盤：でんさいネットと同じように各金融機関と共通プラットフォームとで役割分担
- ・制度：「相対融資自動化法」などの整備
- ・普及：「融資機会の大量発掘」以上の金融機関へのインセンティブを生み出せるか

飛躍時期：2025 年

基本、普及時期と変わらないが、投資型・融資型クラウドファンディングの普及と本件は相関性が高いと考える。

1 オフライン／事前に合意が必要な事項について				
#	項目	論点	主な議論	検討状況／検討時の課題等
①	検討対象とする融資	・銀行の貸付、消費者ローン、事業会社間の資金融通、ファイナンスリース、シンジケートローン等の貸手複数のケース等幅広く議論すべきと考える。	・検討当初は、事業会社間の資金融通やファイナンスリースまで話を広げずに、貸手側は金融機関、借手側は事業会社あるいは個人とし、通常の融資（ローン）に限定する方が良いと考える。 ・貸手側と借手側との交渉のみ想定しており、シンジケートローン等を想定するのであれば、貸手同士での働きかけ・交渉が発生するため、別のユースケースとして想定すべきと考える。	・対象とする融資を限定する方向で継続議論。 ・法制度整備という点では当初から幅広い内容を議論した方が良い、というご意見もあり、ある程度幅を持たせる等、慎重な判断を行う必要がある。
②	ブロックチェーン使用の有無	・使う場合、分散型台帳を使用したマッチングモデルにおける取引所の役割を確定する必要があると考える。	・ブロックチェーン可否は議論の対象から外すべきと考える。 ・どの仕組みを使うかではなく、どういった参加者を認めるかを要件として議論すべきと考える。 ・現時点では、一般的な中央集権の管理者が存在するという前提で制度設計を進めた方が良くないと考える。	・ブロックチェーンが使われる可能性はあるが、使用有無を議論の対象としない方向で継続議論。
③	・保証、担保についての取り扱い ・取引において、要求可能な条件の設定の型	・担保・保証を議論から外すと応用できるシーンが極めて限定的となる為、議論対象とすべきと考える。 ・非定型の要求を認めると、AIで処理できず人が介在せざるを得なくなる場合を想定する必要があると考える。	・担保・保証を前提とする融資の割合は多いと考えられるため、担保・保証は議論の対象とすべきと考える。 ・非定型の要求は認めてもよいと考える。AIが処理できない場合にアラートが出るようにし、その後の交渉は人が行えばよい。 ・非定型の要求であっても、AIが学習により処理できるようになることも想定される。	・担保・保証を議論の対象とするかどうか、非定型の要求を認めるかどうか、継続議論。 ・要求できる条件は一定義が標準化されている「定型」 ・交渉当事者AI間で、交渉の中で定義を合意できる「非定型」とする方針。
④	貸手団が存在する場合、まとめ役（アレンジャー・エージェント）のAI利用有無	・証券会社と借主との間で交渉に双方AIを利用するとしても、2者間の「自由な」やり取りにすぎないと整理し、検討対象外とすることも可能と考える。	・貸手団とはファンドのようなものを想定しているという前提で、一般の金融機関と同様の扱いで問題ないと思われ、別立てで考える必要はないと考える。	・貸手団のまとめ役と借主とのAIでの交渉は、2者間の「自由な」やり取りと整理し、特段別扱いしない方向で継続議論。
⑤	AIを含むシステムの仕様（外部との連携可否）	・例えば、弥生、freee、Money forward等のシステム、アプリと連携可能な仕様にする等が考えられる。	・取引所システムは外部システムと連携可能な仕様にすべきで、そのAPIを公開した方が良くないと考える。 ・借手の信用情報登録の際には、信用情報機関等（個人であれば全国銀行個人信用情報センター、法人であれば帝国データバンク等）のシステムと連携するようにした方が良くないと考える。	・参照先システムがダウンしていた際の損害等の扱いは課題になるものの連携可能とすること自体に異論なし。（事業会社の中では、交渉担当AIと内部管理AIをスムーズに連携できるかが、会社全体の業務プロセスの強さを決めこととなる。）
⑥	・信用情報として登録するフォーマットおよび取引所での取引に関する権利義務の内容を規定した約款・契約をどのように定めるか ・借主以外の者からの情報提供を受け付ける項目、利用可能とする範囲・条件をどのように定めるか	・貸付債権の証券化を想定するのであれば、契約等の条件を定める必要があると考える。	・セカンダリーを想定するのであれば、それをどう契約に盛り込むか検討が必要と考える。	・継続議論。
⑦	市場での取引情報の開示範囲、利用目的	・開示範囲として、システム提供者や貸手、借手等それぞれの整理が必要と考える。 ・利用目的として、ある種の教師データとしてAIのプログラムを進化させるために利用することを許可するかどうかの議論が必要と考える。	・市場全体の取引情報の統計情報は、取引所が開示して良いと考える。 ・どの情報を市場で開示必須とするかは、取引所で定めるべきと考える。一方、取引所で登録必須でも、市場での開示は任意の情報であっても良いと考える。 ・AIプログラム進化のために利用することは許可して良いと考える。ただし、取引所での登録時に規約等でその旨の了解を取ることを条件とすれば良い。 ・例えば、CIC（割賦販売法 指定信用情報機関）への個人信用情報照会手数料は件数従量制だが、自社が消費者より取得した信用情報をCICへ登録した件数に応じて、手数料が割り引かれる。このようなある種の市場原理を働かせて、「相手に情報開示ばかりさせて結局貸さないような貸主」の行動の制限できないかを検討すべきと考える。	・開示範囲、利用目的につき継続議論。

2 原理実行に必要な制度的な組織(市場等)について				
#	項目	論点	主な議論	検討状況／検討時の課題等
①	取引所への規制	・マッチングを行うことは、金商法上の金融商品取引所のような機関としての役割を果たすことになると考えられる。 ・また、借主の信用情報を取引所が持つとすれば、割賦販売法の指定信用情報機関のような機関としての役割を果たすことになると考えられる。 ・今後、これら制度を応用するか、するとした場合、どのように応用するかの検討が必要と考える。 ・いずれにせよ、これら機関と同様の機関について、問題となりうる事項については検討すべきと考える。		以下を前提に既存制度の応用等を継続議論。 ・「検索対象となることを希望した参加者」が「信用情報のどの項目を検索対象とされることに同意するか」を取引所に登録する。 ・取引所は上記の通りに動作する検索エンジンを持つ。 ・交渉相手を探している参加者は、上記検索エンジンを使用し自身で相手を探す。
②	貸主、借主、システム提供事業者への規制	・貸手側、借主側(いずれも金融機関が含まれる)に対し、AIを含むシステムを提供する事業者に対する規制を行うか、また行うとしてどのような内容にするかの検討が必要と考える。 ・システムの最低限の要件を設けないと、当該システム利用者に不利益(セキュリティ、個人情報、性能等含む)が生じる可能性や、そもそも市場で相手方AIとの交渉がかみ合わなくなる可能性があると考ええる。 ・貸手及び借手が何らかの規制を受ける場合は、これら当事者に対し、システム(AI)のプログラムが適切に定期監査することも考えられる。 ・一方で、いずれかが規制を受けない場合は、システム提供事業者に対して定期監査を行うことが必要と考える。 ・貸手について、どのような業規制を課すか(例えば、銀行法、貸金業法、あるいは融資型クラウドファンディングのようなものやP2Pレンディングにも対応した新たな規制を設けるか)の検討が必要と考える。 ・借手も参入要件を定めるか(例えば、AI利用者へのみの参加を認めるか、それとも生身の人との混在を認めるか)、定める場合には証券会社のような金融機関が入ることを想定するかを検討するべきと考える。	・取引所で、貸手側・借手側が利用するシステムの仕様の基本条件や提供先を指定することを想定する。 ・システムのプログラムが適切かを確認する際には、貸手・借手双方で、①取引所への登録時に一度だけの確認でよいのか、定期確認を必須とするか、②自己、当局、監査法人等どこが行うか、等を決める必要があると考える。 ・AIだからこそ必要となる規制はどのようなものかを要検討と考える。例えば、AIの交渉の経緯(ログ)を残すことを義務化する規制等である(AIが判断を間違えた際、その判断に至るどの過程に問題があったか分からないと責任が取れない)。 ・貸手は金融機関に限定すれば、さらなる業規制は不要と考える。 ・借手は条件をクリアしたシステムを使用すれば、個人も可とする。 ・市場への最低参加要件(例えば、反社会的勢力は取引所への登録ができない等)を明確にすべきと考える。 ・制度の利用当初から、全ての取引がAIで完結することは想定しづらく、生身の人との混在を認める前提で議論を進めていかざるを得ないとする(自動運転車と同様の考え方)。	・システムに対する規制ではなく、標準化や手順のルール等の観点で全体的な措置が必要。 ・上記観点での規制を守っている前提であれば、生身の人間との混在を認める方針で継続議論。
③	金融商品取引規制(インサイダー等々)の応用是非	・どのように応用するか自体を検討して結論付けるべきと考える。	・規制の適用は必須と考える。 ・単純な適用が難しい規制や、新たに規制すべき事項(AI同士のインサイダー等々)を整理すべきと考える。	・現行規制の適用を行う前提とする。 ・単純な適用が難しい場合に、どのように応用するかを継続議論。

3 権利・責任・義務の所在について				
#	項目	論点	主な議論	検討状況／検討時の課題等
①	項番2の①～③の制度に関連する権利義務関係の応用是非	・どのように応用するか自体を検討して結論付けるべきと考える。		有識メンバーに論点の詳細説明をいただく。
②	提供した情報が誤っていた場合の責任負担先	・提供した情報が誤っていた場合は原則として登録者に責任を負わせるべきと考える。 ・市場での取引となることを考えると、責任者を明確にしないと、取引を躊躇する者が増える可能性があると考ええる。	・左記のご指摘の通りと考える。	・「提供する情報に対する責任を負うこと」を登録の条件にする前提で継続議論。
③	保険制度の導入是非	・市場参加者の責任を履行できるよう、担保するための保険制度を導入すべきかどうかの議論が必要と考える。	・AI間の交渉で成立したものが、履行されるかどうかということへの保険制度の適用に意味があるかの検討が必要と考える。	・任意とした際にどのような問題が起きるかと言う観点で是非につき継続議論。
④	利用者の責任内容	・登録情報を悪用した者の責任や、AIを手動で動かすことによる市場かく乱の責任をどのようなものとするかを議論が必要と考える。	・「悪用」や「かく乱」の内容をどう定義すべきかを検討と考える。	・手動かどうかではなく、まずどのような不芳事案が発生しうるかを継続議論。
⑤	製造物責任の適用	・システム提供者に関する製造物責任の適用について議論が必要と考える。	・システムがオンラインで継続的に学習する場合、誤った与信判断基準を学習する可能性が考えられる。その結果、不良債権が原因不明のまま積み上がり、貸手の金融機関がその損失を無視できなくなった場合、製造物責任が問えるか、明確化が必要と考える。 ・学習済みのシステムであっても、プログラムに不備があり、上記のようなケースが発生する可能性もあり、明確化が必要と考える。 ・明らかに最適でない条件でシステムが貸出・借入を実行した場合に製造物責任を問えるか、要検討と考える。 ・金融の専門家集団としての責任の取り方も要検討と考える。 (問題の原因をシステムにだけ求めるべきでない)	・全体的な摺合せが必要。
⑥	取引の無効・取消への考え方	・取引の無効・取り消し原因を新たに設定するかの議論が必要と考える。 ・例えば前提となる取引が無効となった場合(運転資金の調達の前提となる売買取引の無効等。例えば、不動産取引に関連してファイナンスをしようと考え市場取引に参加したが、原因となる不動産取引について契約解除や詐欺取消があったような場合)の、市場取引(担保設定等まで市場取引の内容とみなすか)への影響と、市場取引が無効となった場合の他の取引への影響をどう考えるかの議論が必要と考える。	・基本的に取引が無効・取消となるケースは、通常の融資と同様と考えるが、AIによる自動取引ならではのケースが存在するか要検討と考える。	・AIならではのケース有無を継続議論。
4 第三者との関係				
#	項目	論点	主な議論	検討状況／検討時の課題等
①	担保・保証設定者、その他の取引の保護(項番3の⑤関連)	担保・保証等を行う者や、市場取引を信用して行う他の取引の保護をどのようにするかの議論が必要と考える。	・原則、通常の融資の場合に準じると考える。 ・ただし、第三者(信用保証協会など)に担保・保証を入れてもらう場合、取引所に担保・保証機関として入って頂くか等が要検討と考える。	・通常融資に順じるだけで解決しえない問題を継続議論。
5 既存制度との矛盾等				
#	項目	論点	主な議論	検討状況／検討時の課題等
①	既存制度との矛盾など	項番1～4の検討後に、確認すべきと考える。	・左記のご指摘の通りと考える。	・継続議論。

背景

防災や災害発生時の状況把握等に、迅速な情報収集のニーズに応えるため、我国の各種人工衛星にのみならず外国（民間含む）の衛星システムによる補助的な観測が行われ始めている。

地震、台風、火山噴火等の災害種別に応じて、地盤変動、家屋倒壊、浸水、地表温度等観測の着目点が異なり、それに応じた観測センサ・撮影方法の選択が必要になる。

迅速な情報取得のためには、各衛星の軌道上位置と搭載観測センサ、観測データの地上伝送機会も考慮した複雑な運用計画を作成する必要がある。特に、我国の衛星システムに加え、運用主体の異なる外国衛星システムを活用するに当たっては、ボランタリーベースという現状の制度上の問題に加え、観測要求調整を都度の人間の判断に依存していることから、ICT の活用により必要情報の質・入手スピードの観点での向上が期待できる。

ユースケースの概要

- ① ユーザ（自治体・国等）から「調整元衛星観測システム」への観測依頼（災害種別、観測場所）。
- ② 「調整元衛星観測システム」が、災害種別に応じた注目特微量（地盤変動量、浸水域検知・・・等）に応じた、衛星/観測センサ及び地上での処理方法等を識別。
- ③ 識別された観測を行うための、各衛星（国内・国外）の観測計画、地上システムのデータ処理計画を作成（タスキング）
- ④ 「調整先衛星観測システム」に対し観測依頼（観測場所、衛星使用、センサ、観測方法、提供データ種別等）を発出。
- ⑤ 「調整先衛星観測システム」から観測の可否、データ提供可能時間の回答。（「調整先衛星観測システム」内では、観測計画の変更調整を実施。
- ⑥ 「③～⑤」の繰り返し
- ⑦ 調整済み観測計画による、各衛星での観測の実施。
- ⑧ 観測データを処理し、ユーザへ提供するプロダクトの作成。「②～⑧」の繰り返し
- ⑨ プロダクトのユーザへの提供。ユーザの意思決定に資する。
- ⑩ 「①～⑨」の繰り返し

交渉・調整する内容

調整は、観測場所、観測項目、及びデータ入手時間（プライオリティ）に大別できるが、観測項目に使用される「語彙」は、以下に示すとおり、いくつかのレイヤーがある。

- 災害種別
- 観測特微量
- 使用衛星（センサ）、観測方法・パラメタ、データ処理要求

同一種類の災害でも、発災の場所や規模ならびにユーザ関心事により最適な観測方法が異なる。従って、一段詳細な、観測により計測する特徴量での調整が考えられる。

しかしながら目的に依存する特徴量(計測変数、時間、空間分解等・・・等での表現)は、センサ性能や地上処理技術の成熟度に依存する。現状、国際的な標準化までには至っていない。また、技術進歩により今後変化してゆくことも予想される。

更に、必要な観測のためのハードウェアの設定条件、衛星や観測センサの詳細情報(性能、観測パラメタ等)により調整する方法もあるが、これらは要求元が要求先システムの詳細情報をその変化も含め把握する必要がある。要求先システム情報の他者への開示が制限されるケースもあり現実的でないケースもある。

典型的な交渉・調整参加 AI

- 「衛星観測システム AI」は「衛星 AI」(複数のケースあり)、と「地上系 AI」とで構成される。
- ユースケースの時間進化として、初期は「衛星 AI」を統合制御する「地上系 AI」間の通信による調整により行われる。将来的には、「衛星 AI」の自律機能の向上並びに「衛星 AI」数の増加に伴い、「衛星 AI」間での直接通信、調整を含む非統合化の方向に発展することが予想される。
- 尚、観測要求を発出する「ユーザシステム AI」も定義することにより、要求の入口から出口まで一貫したシステムの検討を行うことが重要である。

交渉・調整することの利益例

効率性: ユーザへ提供する情報の質、及び提供までの時間の短縮が期待される。また、衛星観測システムのリソースの活用効率の向上も同様に期待される。

目標達成レベル

(1)現状

原理:

- 「調整元衛星システム」から「調整先衛星システム」に観測依頼(観測場所、衛星使用、センサ、観測方法、提供データ種別等)を電子メールや web 入力で発出。「調整先衛星システム」は現状の観測計画(衛星軌道位置、衛星への観測指示機会等)に照らし、対応可能な最速の観測機会を人間が判断し「調整元衛星システム」に返答。
- 「3」に記した調整語彙に統一基準は無い。各システム内の衛星の性能・特性や制約を踏まえ、ニーズに応じた観測情報を得るための、各システムへの観測計画分配(タスキング技術)についてのシステムテックな検討を開始したところ。

基盤:

- 一般に衛星の観測計画は1日～1週間の単位で事前に地上系で作成され、無線通信により各衛星内にタイマー駆動の動作テーブルとして登録される。発災時の緊急観測は、衛星と通信が取れる機会に、緊急観測の指令を動作テーブルに上書きすることで実行される。国内衛星(1機)のみでは軌道位置の制約もあり最速でも半日程度、場合によっては1日以上時間が

必要。(更に 1000km 程度の断層域の全域観測には 10 日程度必要。)

- 海外の観測衛星システムも、観測依頼を受けた後に国内の衛星システムと同様の手順により観測を実施。大量データの国際間伝送の時間も必要なこともあり、国内以上のリードタイムが必要となっている。
- 観測計画の調整は「3. ①～③」の語彙で行われているため、現状の通信インフラで十分である。一方、調整結果に基づくプロダクト＝観測生データの受信に時間を要している。ユーザニーズに近い「3. ②」レベルでの調整を行うことができると、「2. ①～⑨、②～⑧」に示す再帰ループ調整の即応性と入手情報の質の向上が通信回線の帯域や調整元システムの情報処理負荷を増やすことなく可能となることが期待できる。

制度:

- 防災府省庁連絡会等で、防災への衛星システムの実効性向上のための実証実験計画が作成されている。
- 自然災害監視に対する国際協力プロジェクト「センチネルアジア」や、大規模災害発生時に各国宇宙機関の観測衛星データを必要なユーザに提供する国際協力「国際災害チャータ」等の枠組み制度は既にある。

普及:

- 制度を整えデータ管理の分担を調整しつつ、観測データのオープン配布を進めている。

(2) 地上系 AI 間の調整の実現: 2020 年頃

「(1)」に記した各項目の課題に対する取り組みが進捗し、衛星観測システム間の地上系 AI 間での調整が稼働を開始する。

原理:

- 各用途に応じ、ユーザコミュニティ間で共有される語彙構造化、標準化が進む。
- 各システム(所有者)の情報開示の都合を踏まえた語彙での調整が行える実用に耐えるアルゴリズムが実現できている。

基盤:

- 利用用途に応じたユーザのモデルの構築が進み、観測特徴量(語彙の一つ)と、他システムとの調整に用いる語彙の明確化が進む。また、事後観測のみならず予兆を捉えた緊急観測等の先進的な観測も増えることが予想される。
- 標準化した語彙に基づき、取得データから必要な情報を取り出す技術が進む。これにより、大量画像データをシステム間でやり取りする必要が無くなり、特に即応性を求めるユーザが、必要情報をより迅速に入手できるようになる。

制度:

- センチネルアジア、災害チャータ等の現状の枠組みに参加する衛星観測システムが増加する。
- その中で、我国の優れた「防災・減災」技術が国際社会をリードし、影響を与える。

普及:

- 民間の衛星観測、利用活動が活発化する。

- 公的衛星システムデータの民間利用、私的衛星システムの公的利用の相互利用も想定される。

(3) 衛星 AI 間の調整の開始: 2030 年頃

観測頻度や精度の向上のために、多くの衛星の観測機会を利用することが有効である。衛星の情報処理能力の向上、及び地上・衛星間の通信機能に加え、衛星間の通信機能も実現し始めていることから、衛星 AI 間の調整が実現する。これにより、従来地上 AI が行っていた機能を衛星 AI が代替し、システムの即応性および効率の大きな向上が期待できる。

原理:

- 衛星 AI のセンシングをトリガーとする衛星 AI 間の調整が増える。行動計画の決定および実行前の検証への人間の介入機会が少なくなるため、タスクが競合した場合の優先度、コミットする動作の安全性の保証等の概念が、AI 間の自律的な調整に当たっての重要点となる。

基盤:

- 複数衛星の編隊飛行等により観測量の質を高める運用が可能となる他、新方式のセンサにより新たな物理量の観測が可能となる。これにより、調整語彙の構造や構成が変化する。
- 衛星の情報処理能力が向上し、地上 AI で行っていた機能の一部を衛星 AI に移植することが可能となる。具体例として、特定地域の特徴量の顕著な変化を検出した衛星 AI が、緊急情報の伝達を衛星、地上 AI 間で行ったり、更には近傍衛星 AI に緊急観測の依頼調整を行う等が考えられる。

制度:

- 衛星システムの利用用途が、静的なルーティン観測(監視)に加え、状況に応じた動的観測の要素が加わり発展する。AI 間の自律的な調整に基づき動的観測計画を作る際に、社会的要求の重要性に応じた観測のプライオリティについての検討が必要となる可能性がある。

普及:

- 民間の衛星観測、利用活動が一層活発化する。

関係する省庁

今後の検討の範囲や状況による。(本ユースケースは公的事業を対象としているが、観測衛星データは多種多様な利用用途があるため、本ケースの検討内容は商業活動を含む種々のアプリケーション検討の参考に資することが期待されるため。)

関連資料

- [1] 科学技術基本計画 平成28年1月22日
- [2] 宇宙基本計画 平成28年4月1日
- [3] GEOSS 新10年実施計画の検討に向けた我が国の地球観測の方針(中間とりまとめ)平成27年1月14日

別添 3 : S D G s への貢献

国連の「持続可能な開発目標(SDGs:Sustainable Development Goals)」は、持続可能性に関して掲げられている17の目標であり、本プロジェクトとしては

目標 3 : あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する

→「医療・介護リソースマッチング」ユースケースでの貢献

目標 6 : すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する

→「スマートシティ（電力・水）」ユースケースでの貢献

目標 7 : すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する

→「スマートシティ（電力・水）」ユースケースでの貢献

目標 11 : 包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する

→「スマートシティ（交通・人流）」ユースケースでの貢献

目標 12 : 持続可能な生産消費形態を確保する

→「製造バリューチェーン自動接続」ユースケースでの貢献

の観点から関連している。

一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2－2－1

日本プレスセンタービル 4 階

Tel : 03-5510-6931 Fax : 03-5510-6932

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 中塚隆雄