

新たな自律・分散・協調型アーキテクチャー・技術戦略等に関する、これまでのWGの議論の整理

**平成28年6月21日
経済産業省
商務情報政策局**

本日の議論

【第一回で提示した論点の概要】

論点①自律分散協調戦略のアーキテクチャー

論点②我が国企業・産業にとっての戦略への落とし込み

論点③先を見据えた技術戦略

論点④ブロックチェーンの利活用

論点⑤オープンなデータ流通構造に向けた環境整備

論点⑥分散化時代のセキュリティ、人材育成

論点⑦分散化時代の規制や行政の在り方

論点⑧具体的プロジェクト（ユースケース）

① これまでの議論の整理

② 技術戦略の検討状況について丸山委員・松井委員から説明

前回

1.自律分散協調型アーキテクチャーの整理①

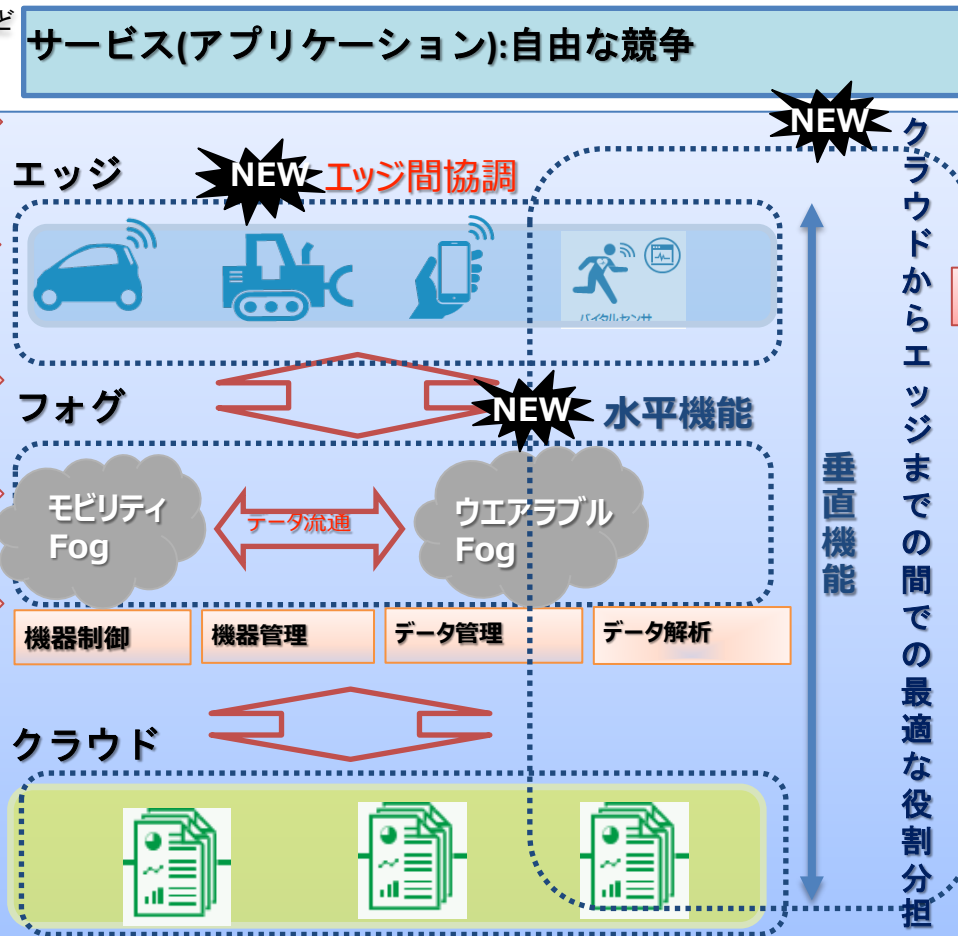
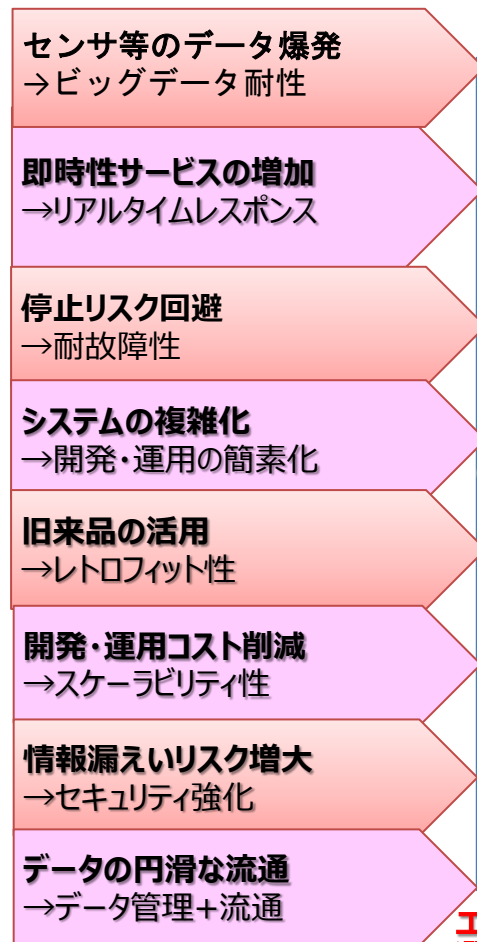
IoT進展による構造変化に対応し、柔軟かつオープンなアーキテクチャーが形成。この「インフラ」の上で、優れたサービス提供を通じたデータ戦略が死活的に重要になるとともに、今後、新たな領域を巡る競争が展開。

IoT進展による構造変化

変化に対応した柔軟かつオープンなアーキテクチャー

求められる企業戦略

自動運転、ドローン物流、工場、遠隔医療など



現行のITシステムを所与の前提とするのではなく、
新たなアーキテクチャーを視野に入れ、
・データをどこで取得し、
・どこで捌き、
・どこをオープンとして、
・どこをクローズドとして
・様々なレイヤーの事業者とアライアンスを組んで
・データをどう活用していくかという**データ戦略が重要**となる。
(特にエッジ側でサービスを提供してデータを保有する企業)

(例)
エッジ側の工作機械メーカーであるファナックが、人工知能のプリファード・インフラストラクチャー社、フォグ・ネットワークのシスコ、オートメーションのロックウェルと組んで、オープンなIoTプラットフォームを提供。

エッジ側でサービスを提供するユーザー企業にとっての「選択肢」の増加、新たな領域でのビジネスチャンス

1.自律分散協調型アーキテクチャーの整理②

今後のアーキテクチャーとして必要と考えられる要素は以下であり、国際的な議論と整合性を確保しつつ進めるとともに、必要な技術開発や環境整備を促進。

アーキテクチャーに必要な要素と技術要素

必要な要素	説明	必要な技術要素等
全体最適処理 (ネットワーク・ストレージ最適化)	機械学習等を活用し、エッジに近いところでデータを捌くなど、クラウドとエッジ間で最適な役割分担の下、迅速かつ省エネで処理を行うこと	機械学習用に最適化したチップ、エッジ端末用OSなどの組み込みソフト、エネルギーハーベスティングを用いた自律型センサー、次世代ストレージ、超省エネ型サーバー、日本型データセンター
モジュール型	後から機能が容易に追加・拡張可能であること	分散協調プラットフォーム技術としてリアルタイムOS、API、ミドルウェア、エッジ間協調(協調学習)
マイクロサービス	エッジ同士の組み合わせにより新たなサービス実施やスケーリングが実現可能であること	
仮想化	利用者から見てネットワークや計算機を意識しないで利用できる仕組みとすること	コンテナ関連技術、SOFTWARE DEFINED NETWORKS, NET FUNCTIONS VIRTUALIZATION
IOTセキュリティ	データを分散・保有して耐故障性を確保するとともに、セキュリティ上異常があった場合に切り離すこと	耐量子コンピューターなど次世代ブロックチェーン、秘密分散・計算技術、人工知能型サイバーセキュリティ、高機能暗号
データ保護・流通	データの管理と流通のコントロールが可能な仕組みとすること	データ・ミドルウェア、認証技術、パーソナルデータストア、情報銀行(取引システム)

技術戦略
に反映

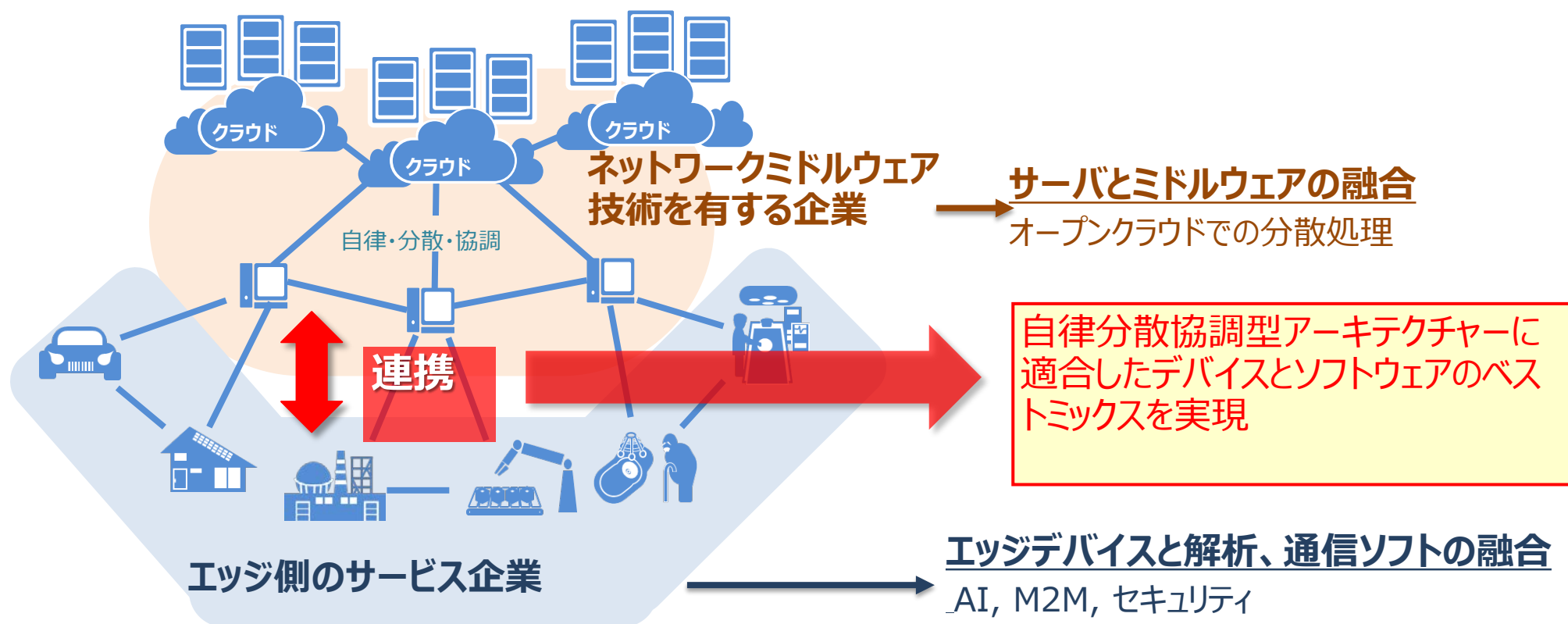
オープンfog
コンソーシアム等
の議論と連携

2.技術戦略の方向性①

①自律分散協調型に対応したハードとソフトの最適化

オープンな自律分散協調型アーキテクチャーの上で、**データを保有するエッジ側のサービス企業とネットワークミドルウェア技術を有する外部企業とが連携して付加価値確保。**

このため、**ハード**〔次世代ストレージシステム、機械学習用に最適化したチップ等〕と**ソフト**〔エッジ端末への組み込みソフト、協調型人工知能、SDN等〕の**連携に重点を置いた技術戦略へ**と転換。



2.技術戦略の方向性②

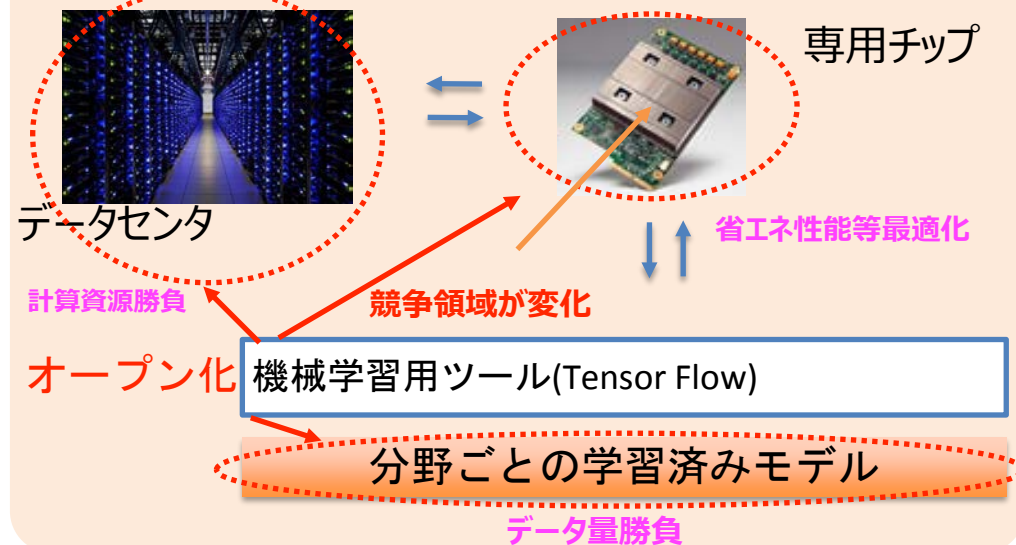
②垂直統合型への対応

ディープラーニング等の領域ではツールがオープンソース化され、専用チップの開発など**垂直統合型**の方向にも展開しつつあり、我が国としても、**専用チップの開発や日本型データセンターの構築に資する技術開発や環境整備**などを強化。

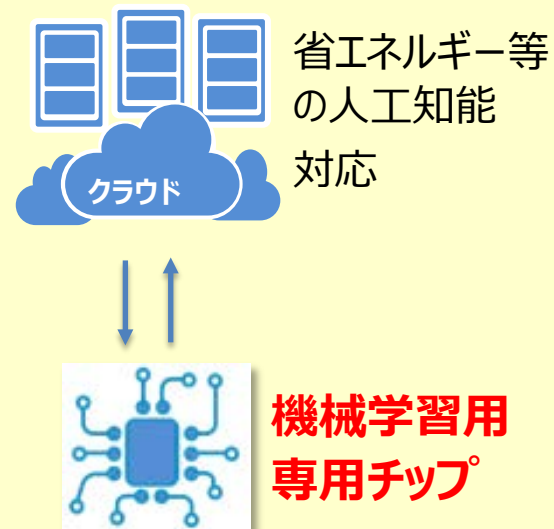
垂直統合型(ディープラーニングの例)

google

専用チップ



日本型データセンター



③分散処理・ネットワーク等の仮想化への対応

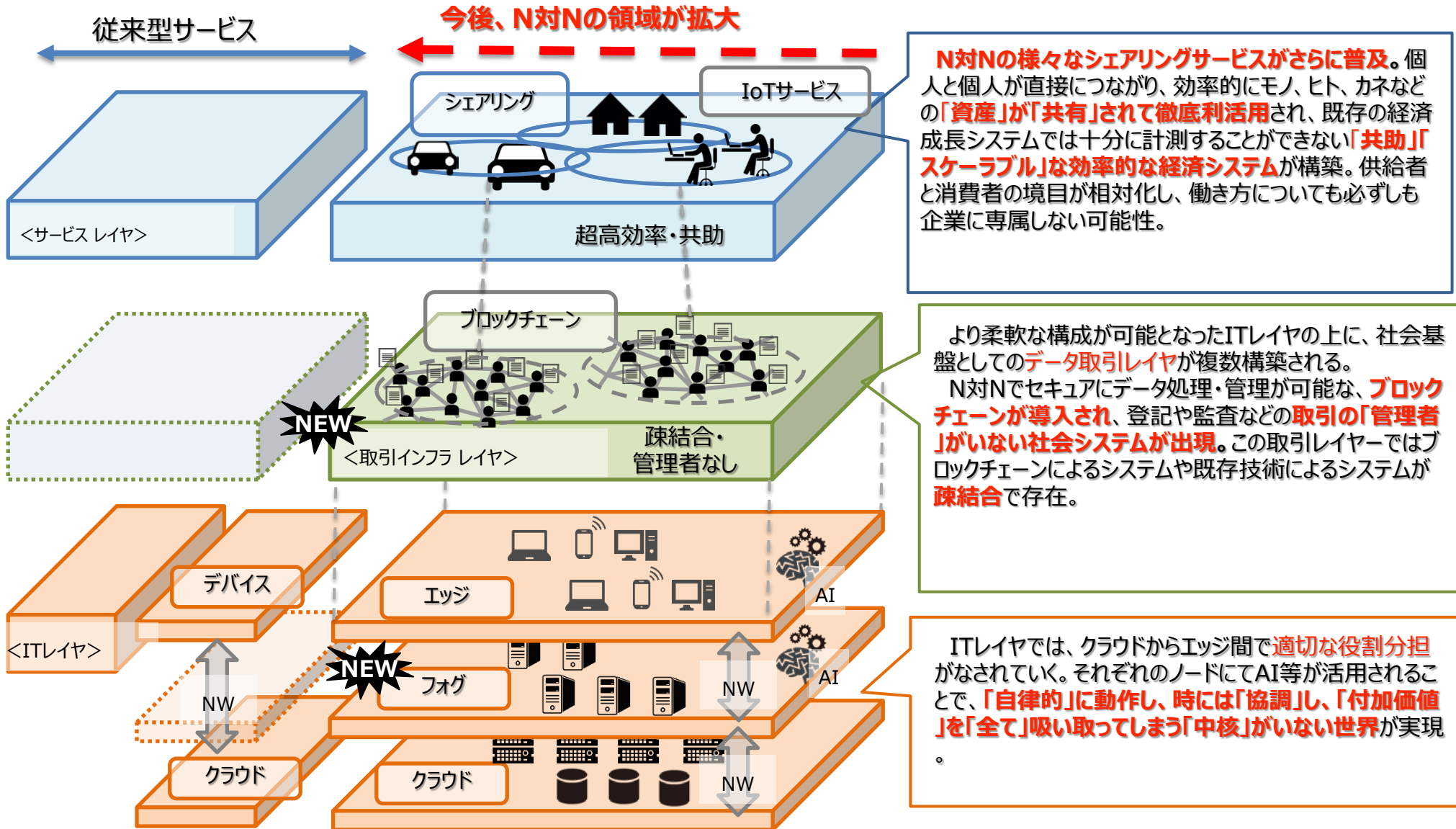
ネットワークも含めた仮想化の進展に対応し、コンテナ型分散処理、**SDN・NFV等の仮想化に係る技術開発を強化**。

④データ流通強化への対応

データ保護・データ利活用の観点から、秘密分散・秘密計算技術などの**個人データ管理技術**、抗量子コンピューターの**次世代ブロックチェーン**等の高度暗号技術や**人工知能を活用したサイバーセキュリティ技術**等を開発促進。

3.アーキテクチャー、ブロックチェーン、シェアリングによる分散の将来像①(イメージ)

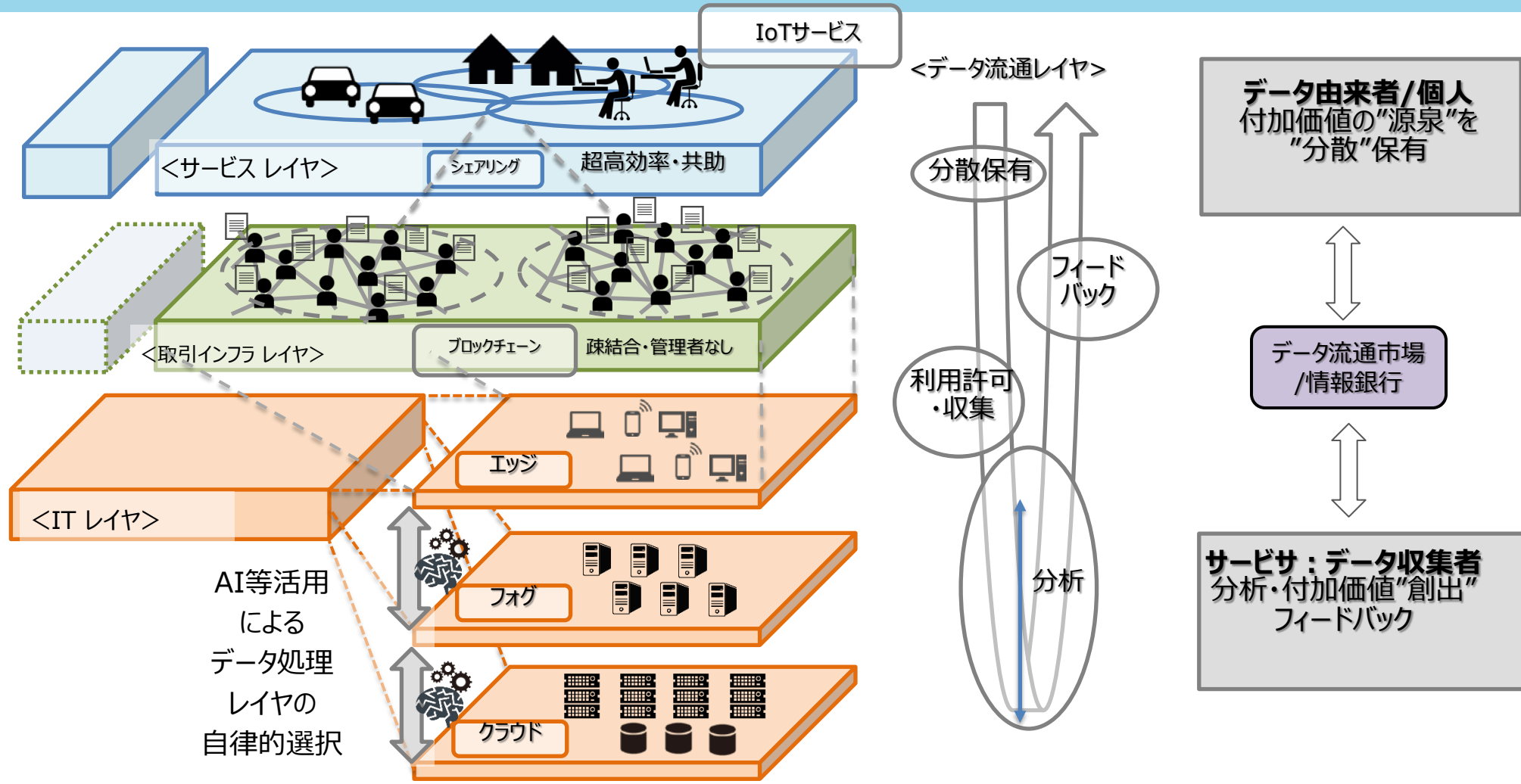
ITレイヤ構造、ブロックチェーン、シェアリングが相まって**N対Nの領域が拡大**。



3.アーキテクチャー、ブロックチェーン、シェアリングによる分散の将来像②(イメージ)

N対Nの領域拡大と並行して、データ由来者が分散的にデータを「保有」しつつ、データ収集者は「市場」を通じて、データを「収集」するために自由競争。

データ由来者[個人]がデータを管理・流通させ、データ収集者がデータを分析して付加価値を生み、データ由来者にフィードバックする流れ。



3.アーキテクチャー、ブロックチェーン、シェアリングによる分散の将来像③(その意味)

N対Nの領域の拡大、すなわち、**自律的な社会システムが拡大**することで、政府によるコントロールが必ずしも**十分に効かない領域が少なくとも従来より拡大**することになる。
<シェアリングの世界、価値のポイント流通、証明取引など>

このような領域においては、安全確保などの観点からの最小限の規制にとどめ、基本的には**自主ルール**の形成などのガバナンスが主体となる可能性があるとともに、個人やデータの認証をどう担保するかが課題となってくる。

このような中、自律的な「個」が形成され、この「個」が自律的に複数の「個」と協調して付加価値を生み出す領域が拡大(「個集社会」)。
企業内の意識決定についても、従来型の企業組織によるラインによる決定ではなく、このような構造の中で、その**在り方が大きく変わっていく可能性**がある。

例えば、クラウドファンディングにより100億円以上の資金調達に成功したThe DAOという投資ファンド組織は、**決定する中核がない機構**であり、プログラム参加者により自律的に投資先が決定され、自律的に配分がなされる仕組み。〔参考〕

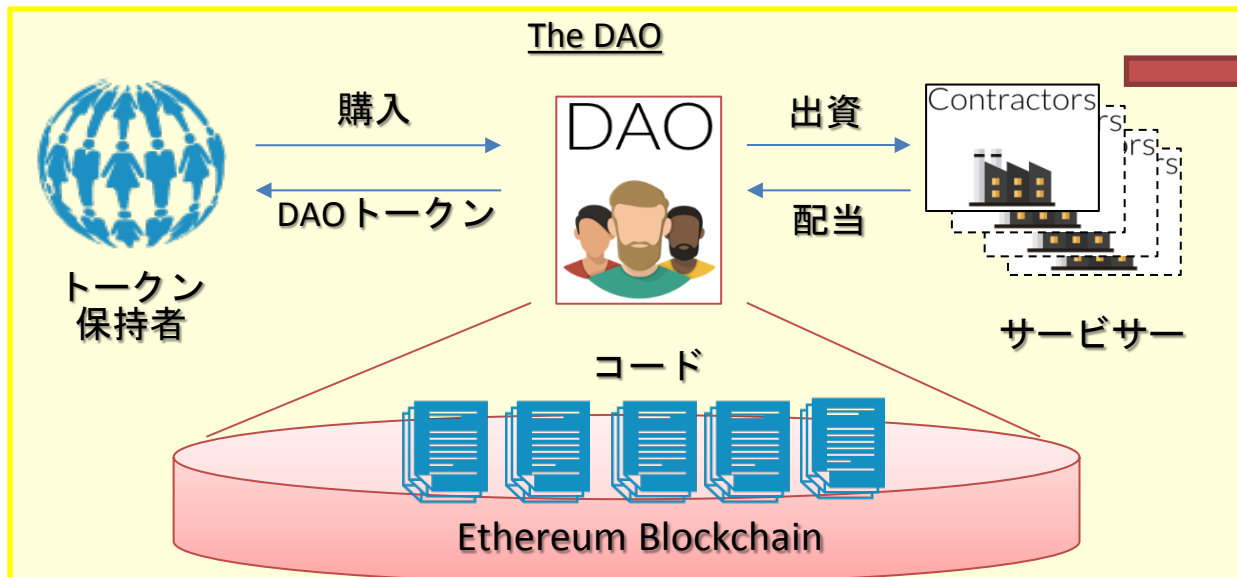
(参考) The DAOの概要

The DAOとは、ブロックチェーン上でコードにより動く管理者不在の**分散型投資ファンド「組織」**。資金を自ら調達し、ブロックチェーン上で**管理者不在で場所貸しを介在するシェアリングエコノミー企業に対して出資**。

一方、報道によれば、コードのバグを突かれ、総資産の1/3にあたる50億円相当がEthereumとして**不正に持ち出された可能性**があり、相場が暴落するなど、その対応が大きな問題となっている。

The Decentralized Autonomous Organization

シェアリングエコノミー



Slock.it (第一号案件予定)

会社として取引に介入せず、全てスマートコントラクト上で取引を実現させることを志向。

P2Pでモノやお金が取引される際、発生するトランザクションに含まれる料金の一部を手数料としてSlock.itが自動徴収。DAOトークン数に応じて売上の配当を実施。

The DAOの資金調達結果

1億7,221万USドル相当で、
発行済みDAOトークンは、
11億6725万トークン

トークン：出資判断等の投票権であり、配当を受ける権利
コード：合意された透明かつ変更不可のプログラムコード
サービス：提案書を提出し、出資是非を投票してもらう
→上記の一連プロセスをブロックチェーン上で自動執行

4.これまでの議論の整理①(基本的な考え方)

IoT進展に対応し、**現在のIT構造が自律・分散・協調型の柔軟かつオープンなアーキテクチャーに変化**することが見込まれる。**これは出遅れている我が国企業にとってチャンス。**

これに伴い、エッジ/フォグでのデータ処理やエッジ間協調など**新たな領域で多様なビジネスチャンス**が生まれるとともに、エッジ側でのサービス提供事業者にとって、**データを核とした柔軟な戦略構築が可能**となる。

このため、**新たなアーキテクチャー形成を促進しつつ、これに対応した技術開発を強化し、企業の新たなデータ戦略のための環境整備を進めていくことが重要。**

さらに、ブロックチェーン技術の利活用、シェアリングエコノミーの進展により**N対Nの領域が拡大**し、新たな経済システムが拡大していくことが見込まれる。

我が国としても**ブロックチェーン技術の利活用**を進めるとともに、自主ルールの促進等を通じて、**シェアリングエコノミーの推進**に取り組み、**新たな経済システムへの対応のための環境整備**を進めるべき。

データについても、**分散保有するデータ由来者/個人を起点として、データが安全に管理されつつ、流通して利活用**される社会の到来が見込まれる。

データ囲い込みを打破し、情報銀行、データ流通市場などデータが流通する仕組み、データ保護管理技術などにより、**データ利活用のための環境整備**に取り組んでいくことが必要。**→次回検討**

4.これまでの議論の整理②(取り組みの方向性)

1. IoT進展に対応した企業の新たなデータ戦略の推進

- ・ 自律分散協調型アーキテクチャの推進と必要なIoT技術戦略
- ・ 上記を踏まえた技術開発の強化、実証の推進
- ・ 企業による新たなデータ戦略の促進

2. ブロックチェーン技術の利活用促進

- ・ ブロックチェーン技術の実証、SLA整備
- ・ 大学等の暗号研究とのネットワークの構築
- ・ 政府調達での導入事例の創出
- ・ 裁判上の証拠能力等のルール整備

3. シェアリング・エコノミーの促進

- ・ シェアリングサービスの自主ルールの策定促進
- ・ 民法・雇用契約等に関する法的課題の整理
- ・ 「シェアリングシティ」の推進

4. これらを支えるオープンなデータ流通構造に向けた環境整備等 〔次回検討〕

第1～4回分散戦略WG 委員指摘事項

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

①分散アーキテクチャについて

これまでのデータベースソリューションでは、自律分散環境を構築することは難しい。例えば、工場における情報処理はデータフロー型が適しており、その対応はデータベースソリューションではないほうが良いという認識を持つことが重要。一方で、同時アクセスの多い場合、データベースソリューションが良い場所もあるので情報がどのように流れるのか、データ構造も考慮してハイブリッドな環境も含めて検討することが必要。

外資も含め、インターネット企業はRDBをつかっているが、性能を要求されるところは違う構造である。受発注などがあるマイナンバーなどはRDBでは厳しい。RDBはコストをかけて、性能を良くすることもできるが、性能を上げてシステムは早くできるが登録されたデータ構造は、活用しにくい形で登録されていてもそのまま残る。そこがボトルネックになることもある。GOOGLEのように内製をして作り上げていけば、いいものができる。

フォグ領域のアーキテクチャの議論が重要。コンテナ、マイクロサービス、エージェントといった議論が分散には必要。ノード間での協調分散フローが重要なので別会でも結構なので議論するべき。

日本がアーキテクチャーを作ってデファクトを取るのは得意ではない。出来上がったアーキテクチャーの上のアプリケーションでビジネスをすることを重視することもできる。海外市場に出て行く戦略と国内市場を守る戦略ともに重要ではないか。

タイム性とは距離に依存するネットワークの通信速度（＝光の速度）だけでなく、ルーターや演算機の処理時間の遅さにも依存することに留意が必要。データ流通の促進にはクラウドに傘をかけるようなオーバーザクラウドも検討するべき。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

②技術開発について

お金で買えないテクノロジーと戦う時代がきたと思う。GOOGLEやYAHOOもHADOOPのクラスタを作り、それをオープン化しているがそのプロダクトを買うことはできない。いろんなトランザクションがある中でそのようなコア技術がマーケットに出てこない中で、他事業者はどのように戦っていくのかがとても重要。

技術開発においては、オープンアーキテクチャは最低限必要かつ、コンソーシアムのインナーグループの参画を推進していくことが重要。

データを使った学習が重要。複雑化してくると学習のさせ方が肝になってくるのではないかと。学習には、時間がかかるため、クラウドのパワーが必要。一箇所に集めて、学習できる環境を整備してもよいのではないかと。

機械学習には、膨大な処理が必要となる。高処理速度を持つコンピューターを数台置くだけでも機械学習のサービスを育成する最先端のAI実験環境を構築することができる。

責任分界点は人がプログラミングをしている状態では良かったが、AIの時代は切り分けが難しいので、分界点そのものではなく保険などについて議論することが有用ではないかと。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

③事業戦略

「エッジヘビー」という概念は、クラウドとの適切な役割分担を念頭に置いたもの。データのビット当たりの価値単価によってネットワーク上のどこにデータを置くかがアーキテクチャを考える際に重要。また、CESで紹介した「ぶつからない車」ではディープラーニングと強化学習を用いているが、IOTではこのような従来とは異なる手法が重要。人工知能では大量データを用いてニューラルネットワークの学習済みモデルを作ることになる。この知財をどのように守るか、政府としては重要。

クラウドから分散というパラダイムシフトを日本のデバイス企業が理解し、その中でメーカーとして有利なアーキテクチャを考える必要がある。また、日本企業は未だにデータを社内に囲い込んで外に出すことができずに死蔵している段階に止まっている。これを早急に改善するべき。

分散のアーキテクチャは、分野別/地域別にアプリケーションが構成される。現場を持つ事業会社がどのように知財を活用して、分散アーキテクチャへのシフトを取り込むかが重要。また、SIERは、現場を見てどのような価値を提供できるかよく考える必要がある。

より個人が中心となる時代でのユーザへのメリットをきちんと提供すべき。ネット時代のパラダイム変化が起きた理由はインターネット、WWW、SNSができたからこそ。分散のパラダイム変化のためには基幹技術のみならず、サービスができてこないといけない。ユーザにとって便利なサービスが不可欠。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

③事業戦略

なぜ日本がクラウドで負けたかをしっかり見つめ直すべき。米系企業はユーザ視点でのサービスのプロデュースがうまかった。日本ではユーザは金融機関の情報を管理するのに画面が各社バラバラでデータ形式も異なるため不便。分散戦略でもユーザのメリット、体験をどう新しく作り、日本がどこで儲けるかを考える必要がある。

ユーザにとってはサービスの裏でどんな先端な技術が使われているかは関係なく、価値を認めれば金を払う。従って、ユーザのニーズを第一に議論することが重要。提案されているフォグコンピューティングがどんな価値を提供しているか考えるべき。政府はこれを推進するために、データを出させる、補助金を出す、議論の場を提供するなど色々と模索してほしい。

製造業における、分散の取組に日本のチャンスを感じた。ソフトウェアはアメリカ等と正面からの戦いだと思うが、製造側については、日本の強みもあるので、取り組んでもよいのではないか。こちらは中国、台湾に対してどう競争力を保持するのか。技術のコアを抑えれば、勝てるかを考えることが重要

ビジネスにおけるネットワーク化を考えるにあたり、市場を広げるオープン性とシェアを守るためのクローズ性の境目をどう考えるかが重要。その際に1次世代を取った人が2次世代をとれるのかについても状況を注視する必要があるのではないか。

オープン性を推進して、競争相手が追いついてくる前に次のステップに進むのが良いのではないか。その場合にはユーザベースを広げることが必要。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

④データの価値と知的財産等

機械が人間の頭脳を超えたプログラムを作り出したとき、どう守るか、責任を担保するか。よい教師データに基づいてできた成果をどう担保するのかがないと産業の発展がない。

法学的に言えば、機械がモノを作ったときの知的財産権は認められない。例えば機械が作曲した場合は、機械に知的財産はなく、あるとしてもプログラムを作った人、場合によってそれもない。新たな財産権について考える必要がある。日本人のパーソナルデータを使って儲けている人がいればその分け前をどうするかという議論はあっていいはず。

パーソナルデータをどのように扱うのか、ナイーブな情報だからこそ、情報がどのように使われるのかということを上手く説明する必要がある。説明責任を果たすようにガイドラインのようなものがあればよい。

集めないビッグデータのように個人がデータを保護するだけでなく、活用してもらえるようにユーザー自身が理解し、コントロールすることで社会的貢献も含めた活用を行える仕組みが重要。国が率先して実施すべき。

学習アルゴリズムではなく、学習済みモデルに市場価値がある。この知的財産をどう守るかが重要。また一方で、学習済みモデルが使われた際の責任をどうするかの問題も表裏一体であるのでそちらも考えることが必要。

出てくるデータとその処理で生まれた情報に価値があるかどうかは、実際にビジネスをして、仮説・検証を回さないと分からないので実施することが重要。

AIやデータの価値については、ソフトウェア権利の考え方と一緒に。ソフトウェアは前は特許で守っていたが、その後は著作権で管理するようになった。AIなどでイノベーションを起こしていくのであれば、著作権で管理して、2次工作、3次工作で活用するエコシステムを考えるか建設的に考えることが必要。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

⑤ブロックチェーン

ブロックチェーン技術はビットコインでの注目ばかりが集まっているが、グローバルでは知財の管理や商流管理、ポイント付与機能等の分野での活用ケースも広がっている。

ブロックチェーンの弱点はプライバシーがないことである。あまりIOTで活用するには向いていない。だが、プライバシーの観点では日本の有する高機能暗号技術はブロックチェーンの活用においてビジネスチャンスがあるのではないかと考える。

これまでの情報システムは、何らかの主体が悪者を罰することでシステムが成り立っていたが、ブロックチェーンでは主体がなくてもシステムが成り立ち、これまでコスト高で実現されなかった世界を跨ぐようなシステム構築も成り立ち得る。これらは国際的な犯罪組織の基盤になることも考えられ、懸念される。

ブロックチェーン技術の専門家は優秀なエンジニアではあるが、暗号技術の専門家ではないし、システム構築のプロでもない。また、データの保存や過去のデータとの接合についても論点となる。ブロックチェーンの活用が様々な分野で今後進むためには、そういった課題を乗り越え、ブロックチェーン技術できちんとしたミドルウェアを構築できるかどうか重要な点になるのではないかと考える。

ミドルウェアとしてのブロックチェーン技術については、技術開発が重要となる。ブロックチェーンに載せるコンテンツをそれぞれどう処理するかといった技術開発を、国内でしっかりやらなければいけない。

世界ではブロックチェーン技術の標準化といった議論が進んでいるのに、日本がそれら議論の場に出ていないのは問題。技術がどんどん進歩している中、既存の決まったものだけを使い続けていけば凋落は起きている。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

⑥シェアリングエコノミー

一口にシェアリングエコノミーと言っても、N対Nの複数の個人間でシェアするモデルなのか、企業が不特定多数に貸し出すような1対Nのモデルなのか、またそこで料金を取るのか等、様々に分類できるので、議論の解像度を上げるためにもその整理が必要である。

例えば、N対Nで無償で固定資産をシェアするような共同体が発展してくれば、その部分のGDPは帰属計算で算出するしかなく、これまでの経済指標の考え方が変わる可能性がある。

シェアリングエコノミーが発展すると、消費者が自身で取得しようとする私有財産への見方が変わり、ひいてはモノづくりの在り方に影響を与えるのではないかと。また、私有財産制度が発展している資本主義の国と、社会主義の国とでは、シェアリングエコノミーのとらえ方が異なるのではないかと。

今のシェアリングエコノミーに参画する消費者の傾向としては、シェアすれば自身のコスト負担が下がるので、より良いモノを購入してシェアするという傾向があるように思う。タクシーのUBERでも、「好きな車に乗りたい」「投資を回収できるのであればもっと良い車を買いたい」といったインセンティブで参加するケースがある。

個人の働き方に関して、クラウドソーシングやLINKEDINのようなマッチングサービスが発展していけば、個人は他者からの評価によって能力や人柄を測られるようになり、企業への所属もあいまいになっていく。そうした場合に企業における社員の評価はどう行うのか、企業の収益性の観点からどう人材投資すべきか、といった懸念が企業が改革に踏み切れない足かせになっているのではないかと。

シェアリングエコノミーでは、これまで法律等のルールに沿って評価されてきた人々が、お互いに社会の中で評価されながら自身の興味関心に従って生きていくという風に、社会システム全体が変わっていくのではないかと。

第1～4回分散戦略WG 委員指摘

⑥シェアリングエコノミー

政府の役割としては、動きを邪魔しないというのが基本であり、民間でのルール形成をどう蓄積していくかが重要。

シェアリングエコノミーは、徹底的に効率化を進めていくという経済的側面と、それにより労働者の職を奪い得るという社会的側面の、両面で政策検討を行う必要がある。