

日本政府による2050年カーボン・ニュートラル宣言に伴う、2030年代半ばの国内販売自動車の電動車化目標とエネルギー問題について

電気自動車に始まる脱炭素化へ向けた
分散誘導型協調メカニズム

2021年6月

東京大学大学院工学系研究科

技術経営戦略学専攻

准教授

田中謙司

TANAKA 田中謙司研究室 LABORATORY

東京大学大学院 工学系研究科 技術経営戦略学専攻

田中 謙司

東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻 准教授



- 2000年 東京大学大学院工学系研究科 情報工学専攻 修了(修士:工学)
- 2000年 マッキンゼー・アンド・カンパニー
- 2003年 日本産業パートナーズ PE投資担当(楽天カード:旧国内信販などの担当)
- 2006年 東京大学大学院工学系研究科 助手
- 2012年 特任准教授 2019年より准教授

専 門: データ駆動型のビジネス・サービス設計(流通・物流、電力、インフラ)

教 育: ビジネス入門、データ駆動型起業演習、グローバル生産システム他

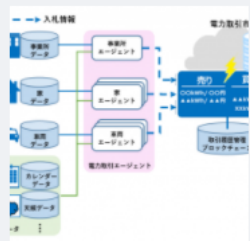
共同研究: 流通・物流・交通(アスクル、鈴与、ミスミ、他) インフラ(関西国際空港、他)
電力(トヨタ、ユニシス、関西電力、J-Power、日立、ORIX、三菱商事他)

政府委員: 国土交通省政策参与(2011-12; エコまち法制定2012) 物流大綱検討会(2020)
産業アーキテクチャー検討会(2019) 次世代電力プラットフォーム検討会(2018)など
IPCC

目次

- 自己紹介
- 脱炭素化へ向けた分散誘導型協調メカニズム
- 電気自動車に始まる脱炭素化の可能性

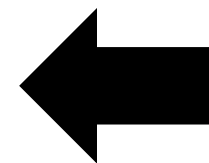
最近の研究リリースより



2020.11.13

P2P電力取引システムの共同実証実験で有効性を確認

東京大学大学院 工学系研究科 技術経営戦略学専攻 田中研究室（以下、東京大学）は、トヨタ自動車株式会社 未来創生センター（以下、トヨ



ビジネス・企業

東大・ソフトバンクらが「次世代AI都市」の研究開発、小田急線海老名駅周辺で開始

文 © business network.jp編集部 2021.04.28

Bookmark Twitter 印刷

東京大学、ソフトバンク、小田急電鉄およびグリッドの4者は2021年4月28日、東京大学とソフトバンクが行うBeyond AI 研究推進機構の研究テーマの1つとして、小田急線海老名駅と周辺施設を対象に、来訪者の行動変容を促す人流誘導アルゴリズムを実装する「次世代AI都市シミュレーター」の研究開発を開始すると発表した。

FinTechニュース

+ 連載をフォロー

日証金と東大、有価証券の貸借取引に分散型台帳技術を活用

翁長 潤 フリーランス

ブロックチェーンの金融分野への応用：日本証券金融

【国際】アルケゴス事件、日本の証券会社含む投資銀行で多額の損失。ファミリーオフィスの抜け穴 2021/04/03 最新ニュース



韓国系米国人ビル・ファン氏が経営するファミリーオフィス投資助言アルケゴス・キャピタル・マネジメントは3月26日、レバレッジ投資取引に関する銀行からの「**マージンコール**」が不履行に陥った。その影響を受け、世界中の多くの金融機関で多額の損失が発生する形となった。

アルケゴス問題



有価証券や担保のマージンコールに分散台帳技術活用研究



2021年6月18日

各位

日本証券金融株式会社
国立大学法人東京大学大学院工学系研究科

分散型台帳技術を活用した有価証券貸借取引に係る実証研究の開始について

日本証券金融株式会社（以下「日本証券金融」）と国立大学法人東京大学大学院工学系研究科（以下「東京大学」）は、株券貸借取引や債券貸借取引において、分散型台帳技術の活用により、トークン化した有価証券や担保の円滑な取引が可能かについて検証する実証研究を共同で開始いたしました。

近年、分散型台帳技術への注目が高まり、証券分野でもポストトレード処理やトークン化した有価証券の新規発行などを中心に応用可能性について議論が進んでいます。

今回の実証実験は、日本証券金融の主要業務分野である有価証券の貸借に焦点を当て、分散型台帳技術の応用可能性を探るものです。東京大学では電力エネルギー分野をはじめとする分散型台帳技術の実社会インフラ分野への応用研究を行ってきましたが、それらで培った知見と成果を本実証実験へ応用することが期待されます。

目次

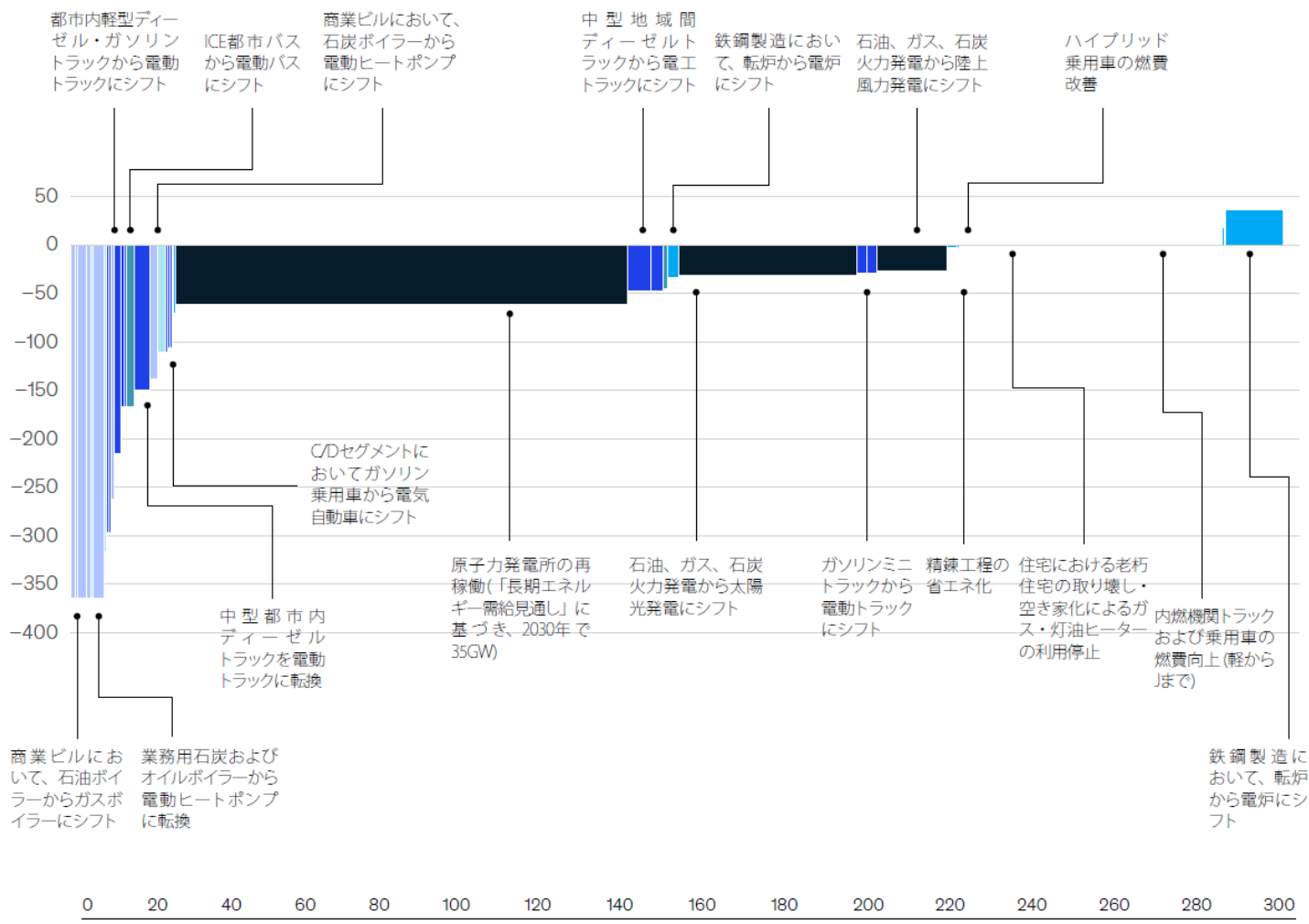
- 自己紹介
- 脱炭素化へ向けた分散誘導型協調メカニズム
- 電気自動車に始まる脱炭素化の可能性

2030年以降のパリ協定達成には、現状の延長上では経済的な負担が大きい

脱炭素化へ向けて、規模の大きい電力・鉄鋼が注目を集めがち

限界削減費用(ドル/tCO₂e)

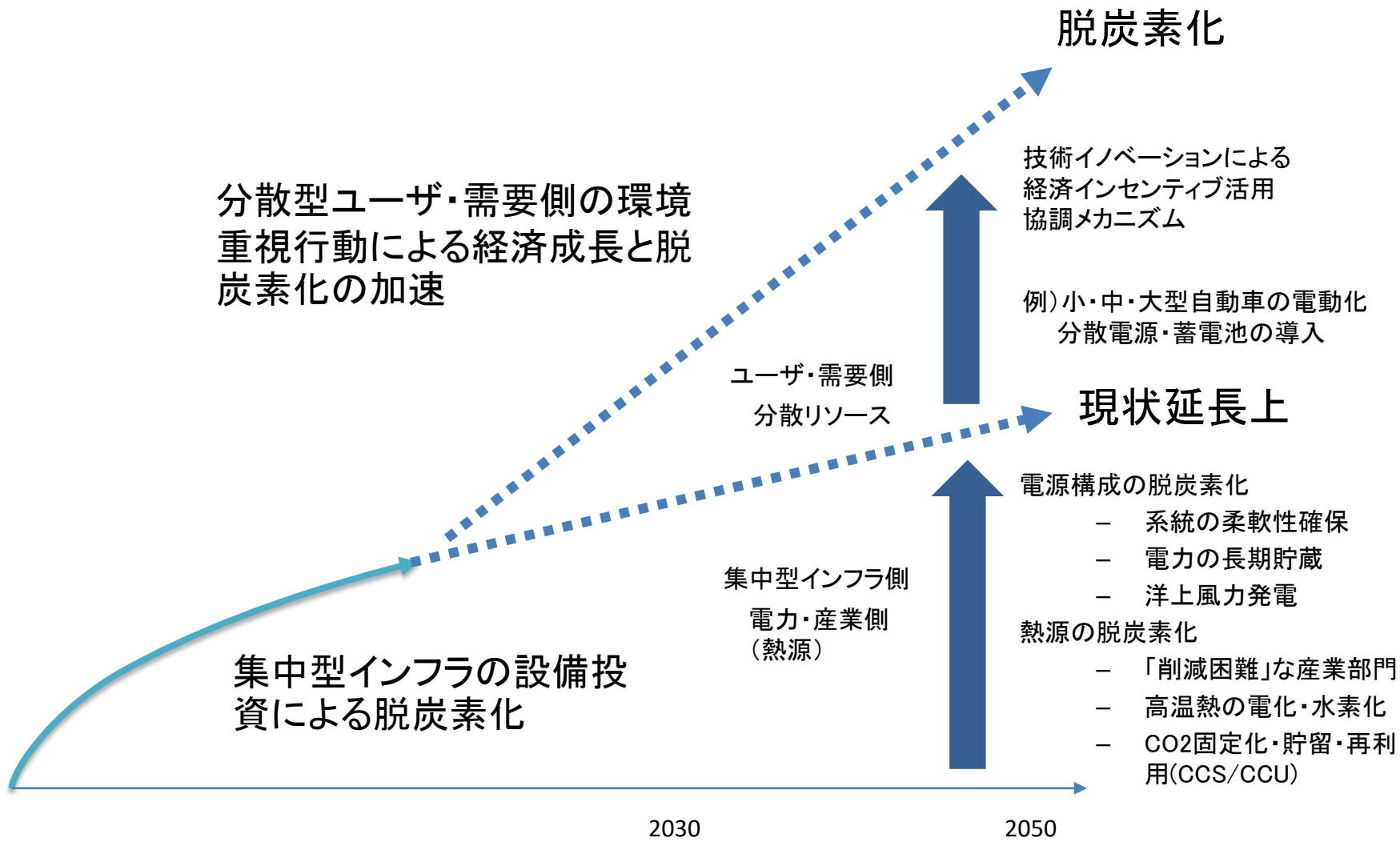
■ 電力 ■ 産業 ■ 運輸(トラック) ■ 運輸(乗用車) ■ 運輸(バス) ■ 建築物(業務・住宅)



2030年における削減ポテンシャル(MtCO₂e)

資料: Decarbonization Pathway Optimizer by McKinsey Sustainability Insights

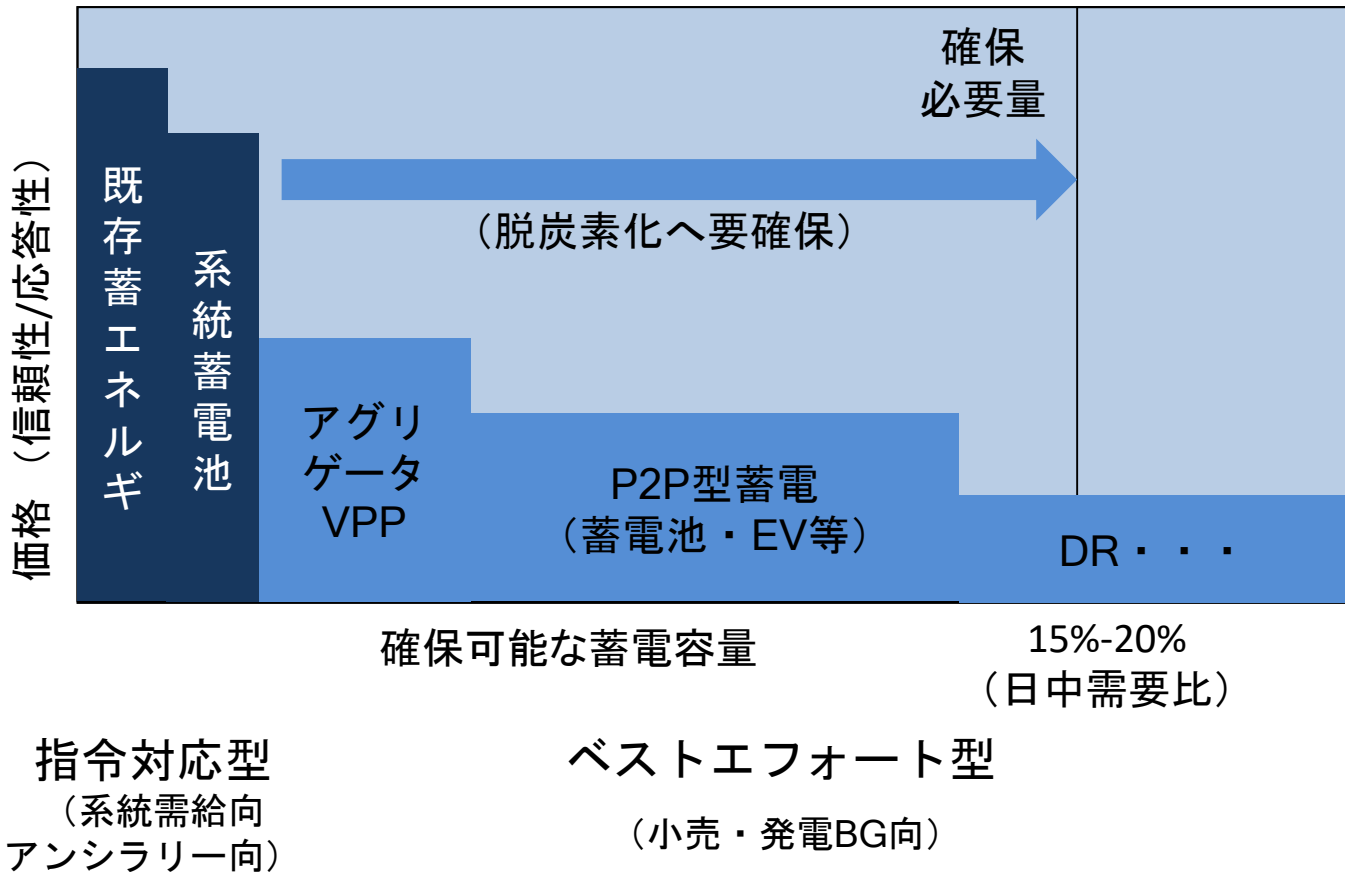
脱炭素化と経済成長を両立するには →集中型の努力に加えてと分散型(ユーザー側)が協調することが必要



(例) 電源構成の脱炭素化達成のための系統柔軟性(蓄電容量)確保には系統の努力に加えてユーザ側の協力が有効

脱炭素化へむけた太陽光、風力の導入のための蓄電容量は系統の努力だけでは経済的に莫大な投資が必要で、現状の延長では経済成長との両立は困難

変動吸収に必要な系統柔軟性 (必要な蓄電容量)



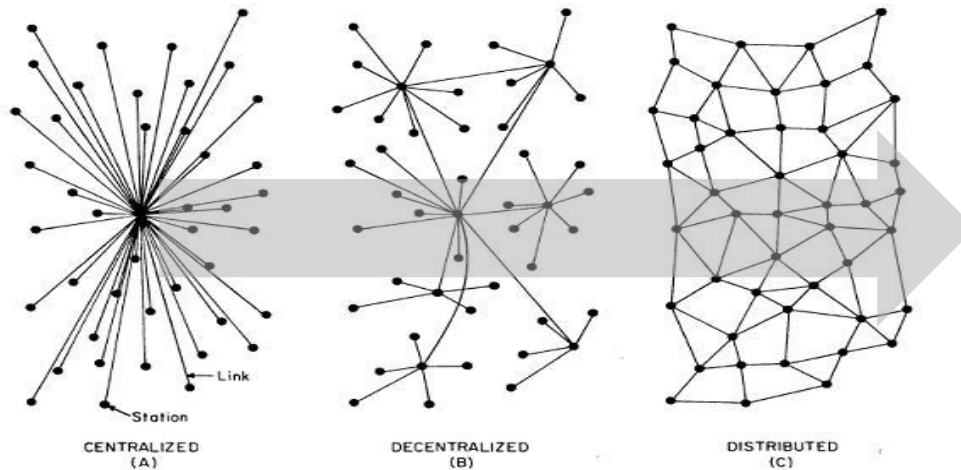
分散誘導を可能とするデジタル技術

Disrupting Technologies



電力インフラシステムの脱炭素化誘導・協調メカニズム における環境価値とデジタル技術活用

- 将来の社会システムは、何百万ものユーザ・機械が双方向で接続される。
- 現状の全体管理システムの延長上では分散化に対応できない



オープン型の
社会システム

トップダウンから
ボトムアップへ

これまで
全体集中管理
クローズド



これから
分散個別誘導
オープン

ボトムアップ型の電カプラットフォーム例 市場メカニズムを用いた協調ネットワーク



Orchestra

全体最適 政府主導

既存系統への接続を制限

→再エネ導入に限界



Modern Jazz

市場メカニズムを用いたインセンティブで
分散しているユーザ保有設備を利用した
社会経済原理の電力融通

→半独立したセル



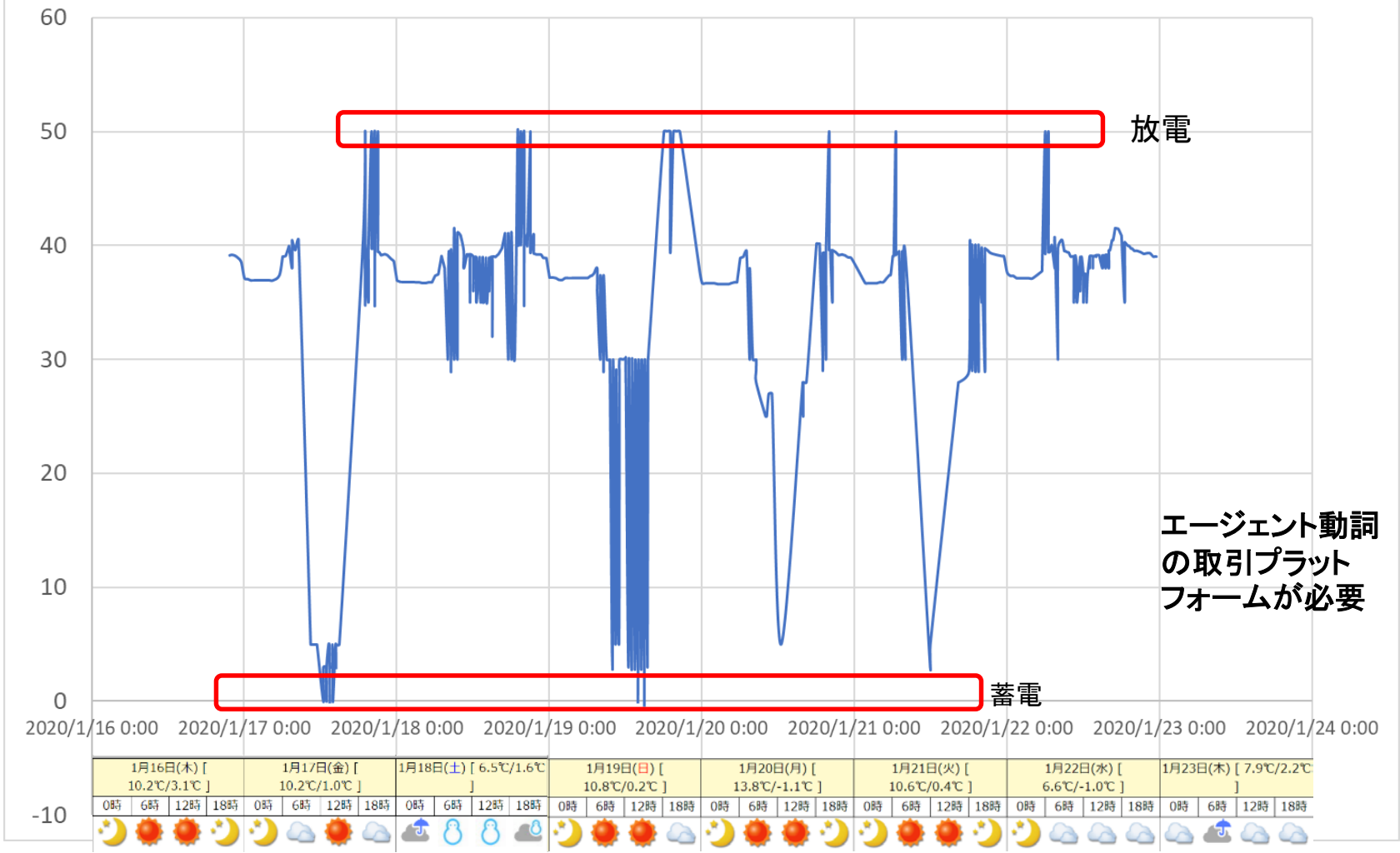
Hard Rock

独立したマイクログリッドの集合体
個別最適

市場メカニズムによる協調が可能か？ ユーザの取引エージェントが自律取引をおこなう世界

ある家庭での約定(買電)価格推移

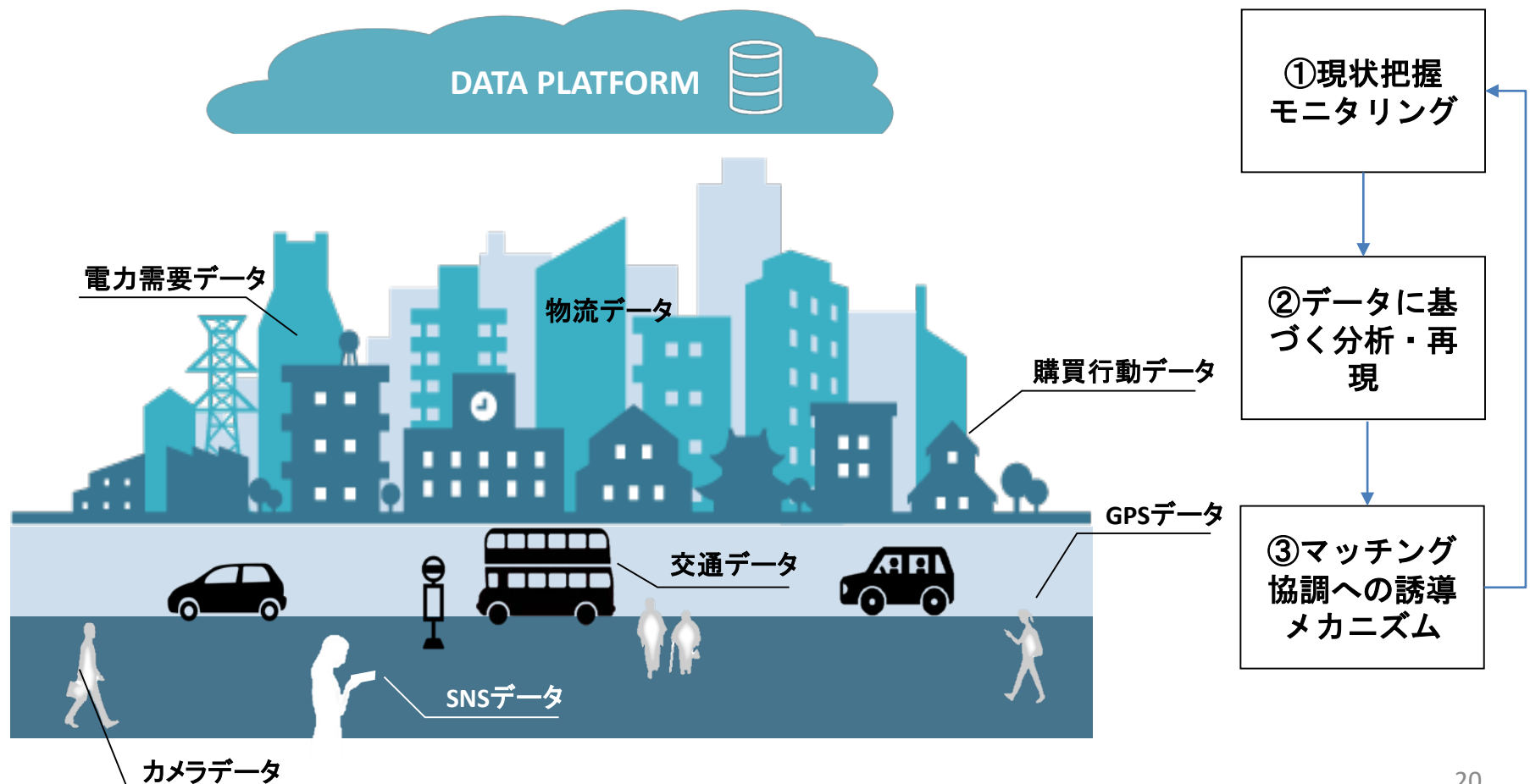
約定単価



エージェント動詞
の取引プラット
フォームが必要

めざすもの「モニタリング・未来予測・行動誘導」による分散リソースの誘導による都市の付加価値向上

どんな都市を目指すのかを、トップダウンとボトムアップが協調しながら実現していく



「ヒト」「モノ」「エネルギー」の動きをモニタリング 都市で起きている現象を迅速に把握する「眼」

物流・交通・エネルギーデータによる都市の可視化



生活産業 物流 交通 電力

①都市の変調検出(異常検知)

- 買占めが起きていないか？
- 食品の大量廃棄発生か？
- どこへ優先的に運ぶべき？
- 本当に必要な数は？
- オフィス向需要から消費者向へシフトしていないか？

....

②現象モデル化と解決策評価

- 人の行動やモノの流れは変わったのか？
- 都市の在り方は変わるのか？
- 緊急対応策の早急な作成²¹

モニタリング研究①

物流データを積極活用した都市の異常検知の研究

コロナ影響下におけるマスクの販売状況と在庫店の情報共有

- 品目：マスク 対象ユーザー：toB ユーザー (医療系ユーザー13%)
- 期間：2020/01~2020/06/01 を抽出

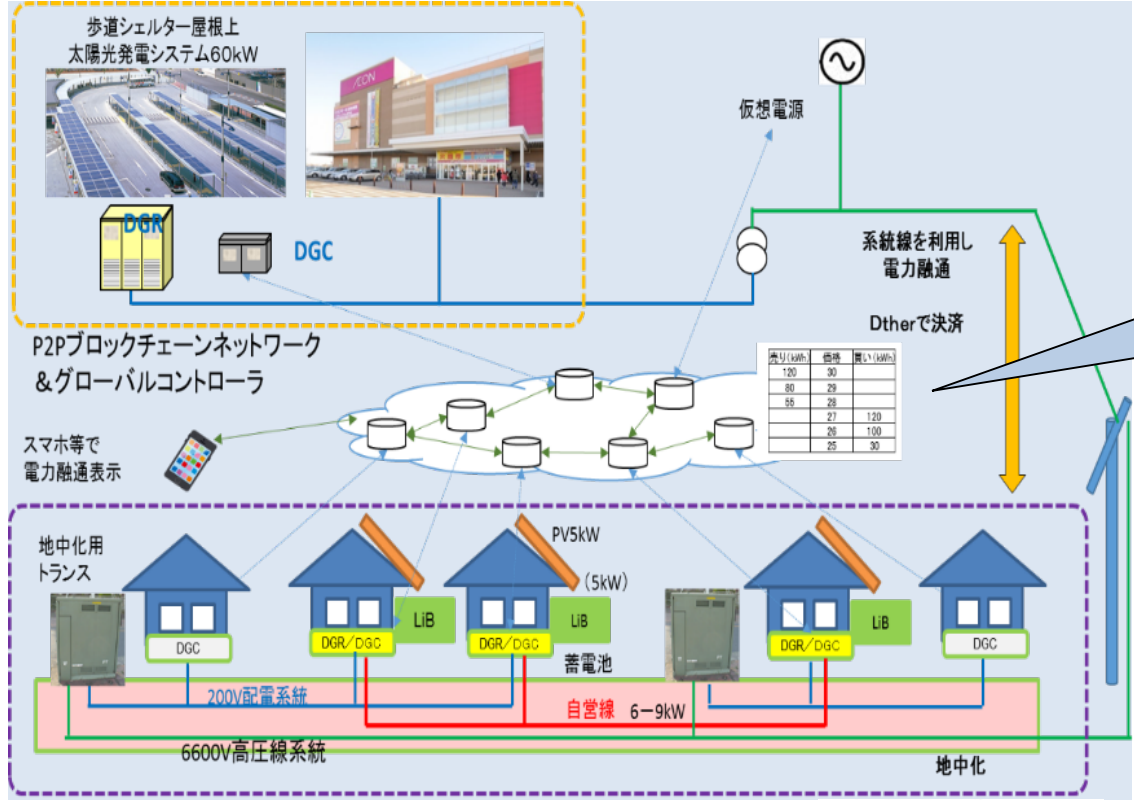
購入数合計



①電力のインターネットの研究：個対個の電力融通決済システム

何百万ものユーザが双方向につながる電力インターネット時代において、分散電源導入に伴う需給変動の増大を個別ユーザ間で吸収する協調プラットフォームを研究

浦和美園プロジェクト：ブロックチェーンを用いた電力融通決済実証事業（H29-31）



分散電源の供給変動を、市場価格を通じて個別ユーザが吸収
(例:価格10円以下で蓄電池充電開始)

市場原理を用いた分散電源の協調プラットフォーム

図1 デジタルグリッドコントローラ(DGC)

1. 個客の購買志向を反映した電力市場への入札
表1 ユーザ別購入価格の例
2. 市場メカニズムを用いた売買のマッチング、(すべての約定単位毎における同時同量確保:系統負荷軽便)
表2 約定単位の同時同量の例
3. 約定結果のブロックチェーンへの記録と支払決済実行
4. 約定に基づく電力制御の実行(電源情報とともに融通)

表1 ユーザ別購入価格の例

充電率	経済重視	環境重視 再エネ+5円	EV・蓄電 価格重視
20%	20円	25円	20円
60%	15円	20円	10円
80%	10円	15円	10円

表2 約定単位の同時同量の例

Seller	Buyer	Amount
User 1	User 5	1.0 kWh
User 11	User 2	1.2 kWh

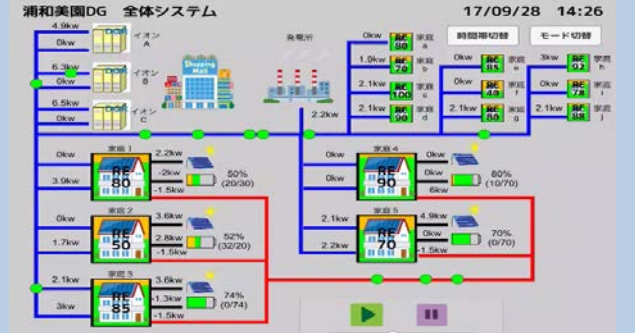


図2 約定単位の同時同量の例

②電力 x 金融連携ブロックチェーンシステム開発

東大ー関電ー日本ユニシスー三菱UFJ (2018年10月15日)

電力売買価格の決定を含むブロックチェーン技術を活用した電力直接取引の実証研究の概要

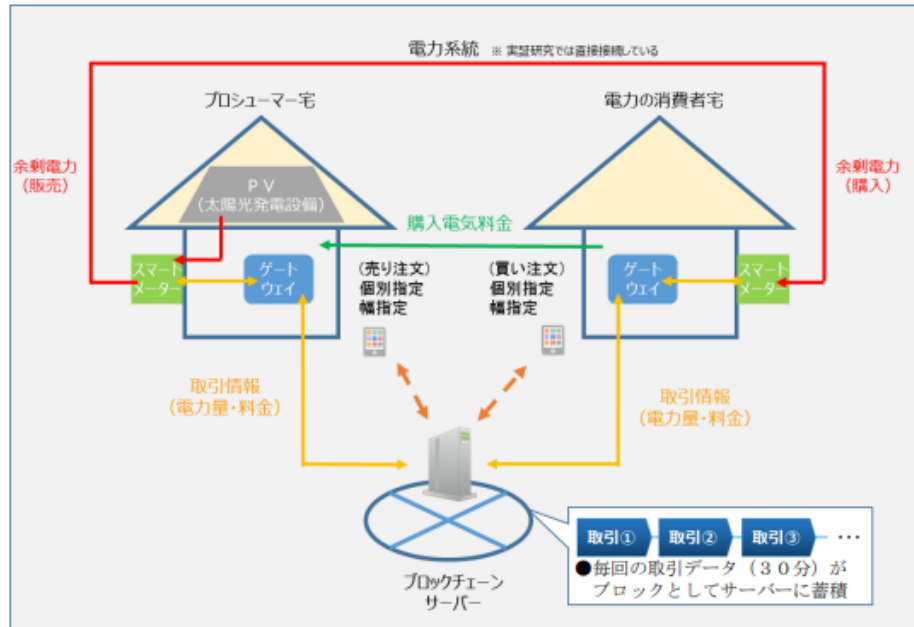
1. 実証研究の概要

関西電力の異実験センター内で、太陽光発電設備が設置されたプロシューマー宅で発生した余剰電力を、電力の消費者とプロシューマーの希望価格から、各種方式により取引価格を決定し、ブロックチェーンを用いて模擬的に取引を行い、複数電力消費者宅へ送電するものです。

2. 期間

2018年10月15日～2019年3月31日

3. 実証研究の概要図



※各種方式により決定される価格・量にて電力の取引が行われ、スマートメーター計量値により精算します。

日本ユニシス システムの開発
関西電力 実証システムの構築および実証
東京大学 研究の評価および総括
三菱UFJ銀行 決済や取引へのブロックチェーン適用に関するアドバイス

A photograph of a two-story house with light-colored horizontal siding and a dark roof. A silver sedan is parked in the driveway in front of the house. In the background, there are lush green trees and a large mountain, which is Mount Fuji, under a blue sky with scattered white clouds. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

Expand to EV

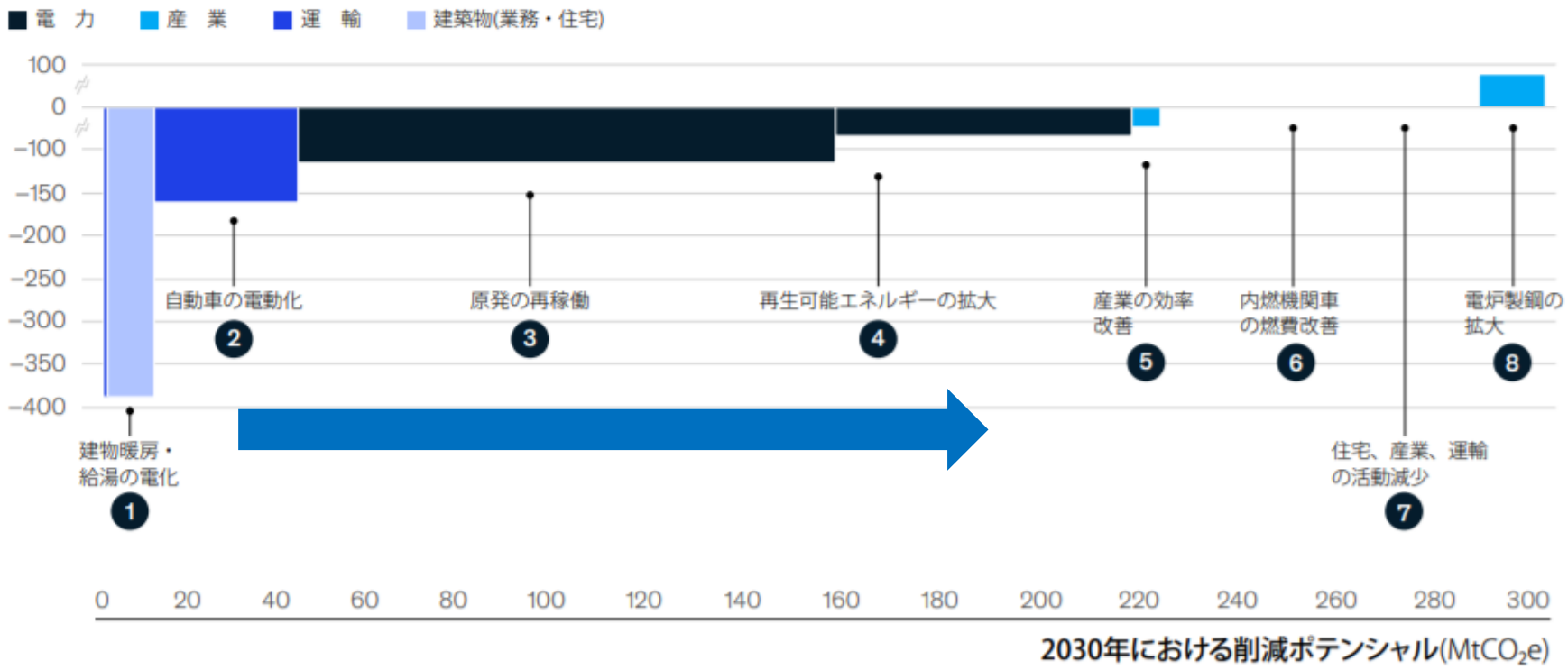
- a case of blockchain based P2P energy exchange

自動車の電動化とそれを活用した電力分野その他への波及効果が期待されている

図表 3

2030年の排出量削減目標は、8種類の施策で達成可能
「原発の再稼働を想定した場合のシナリオ」

限界削減費用(USD/tCO₂e)

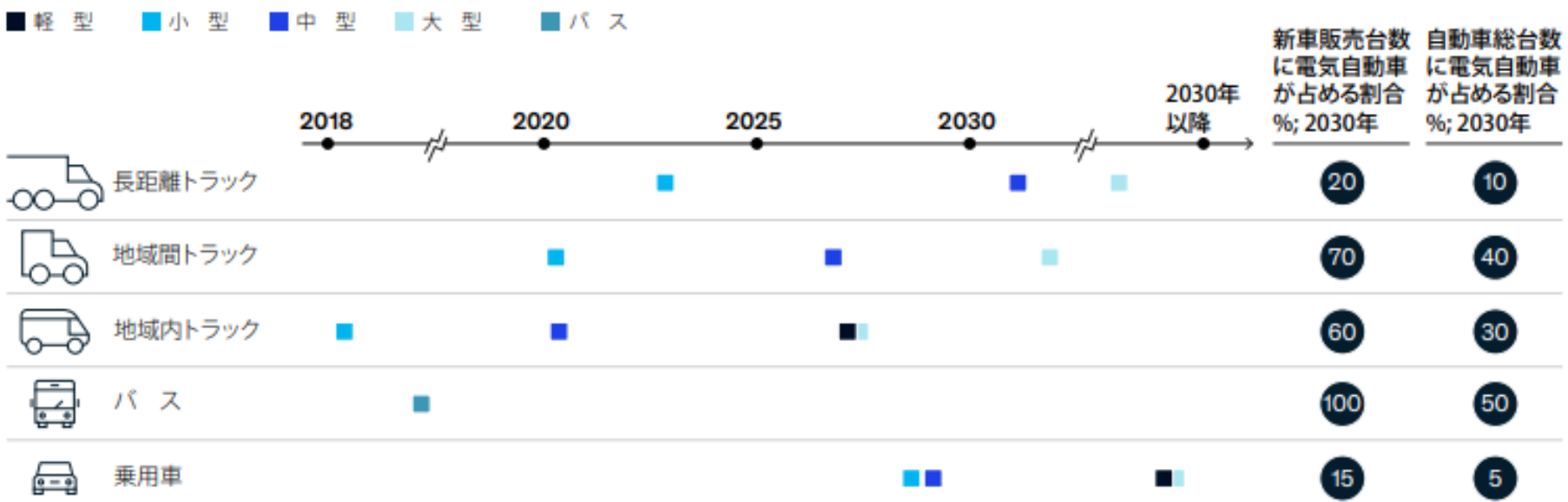


資料: Decarbonization Pathway Optimizer by McKinsey Sustainability Insights

経済的にもEVの浸透は織り込まれつつある

ほとんどのセグメントにおいて、2030年までにコストパリティを達成し、電気自動車の新車販売台数に占める割合が増加

日本におけるコストパリティの達成時期



資料: Decarbonization Pathway Optimizer by McKinsey Sustainability Insights

③電力ブロックチェーン x 電動自動車充電

電動自動車の蓄電機能の利用:V2Gへの応用

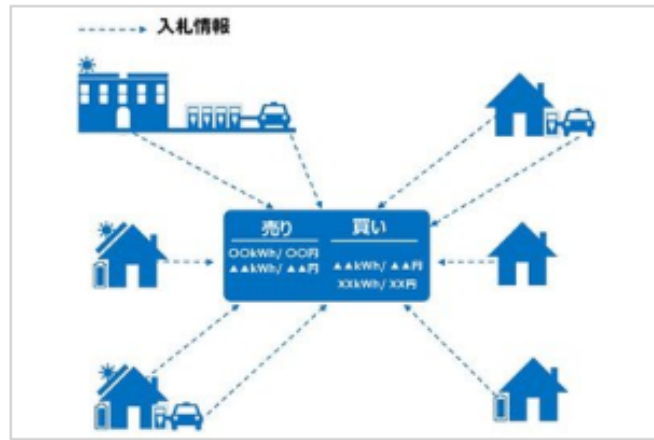
東大・トヨタなど、次世代電力取引システム実証

ツイート

シェア 0

LINEで送る

(2019/5/24 05:00)



各家庭や事業所、PHVからの入札情報が電力取引所に集約され、売買条件のマッチングを行い取引を成立させる（トヨタなどの発表資料から）

東京大学、トヨタ自動車、東京電力グループのTRENDE（トレンディ、東京都千代田区）は23日、ブロックチェーン（分散型台帳）を活用して住宅や企業、プラグインハイブリッド車（PHV）間で電力を取引するシステムの実証実験を6月17日に始めると発表した。PHVを分散型電源として組み合わせた個人間電力売買の実証実験は世界初とみられる。

トヨタの東富士研究所（静岡県裾野市）と周辺エリアで2020年5月まで実施し、約20人が参加する。電力取引所を用意し、太陽光パネル、蓄電池、PHVの電力を参加者間で売り買いする。人工知能（AI）を活用したエネルギー管理システムを家庭などに設置して売り買いの注文を出し、電力取引所でマッチングして取引を成立させる。

実証実験を通じて、分散型の電力取引システムの実現可能性を見極める。

需給のマッチングで電力料金の経済性を高められるかなども検証する。

AD

日刊工業新聞社 モノづくり日本会議 GRACE

グローバル競争を勝ち抜き、日本のモノづくり

モノづくり

コンファレンス2019

製造業における製品マニュアルのモジュール化と標準化

安い電気をAIが判断。P2P取引で実証

東大、トヨタ、TRENDEが参画。系統電力、太陽光、PHEVで経済的なメリットを確認

電気新聞 演 健一郎

[ツイート](#) [シェア3](#)

2020年11月12日



実証に使われたPHEV。通勤の合間に安い電気を探して充電する

東富士プロジェクト:ドライバ視点での電力融通 系統優先ではなくドライバー優先を明確にした電力融通

Toyota to launch 'world first' P2P trading pilot with V2G capability

Aiming for the efficient usage of electricity, Toyota, UTokyo and TRENDE Inc., will test a system for trading electricity between individuals by utilizing distributed power supplies such as solar panels, secondary batteries, and electrified vehicles.

LATEST NEWS



TOYOTA



May 23, 2019

**The University of Tokyo, Toyota, and
TRENDE to Begin Testing of Next-
generation Electricity System**

News Release, Management, Innovation, Environmental Technology

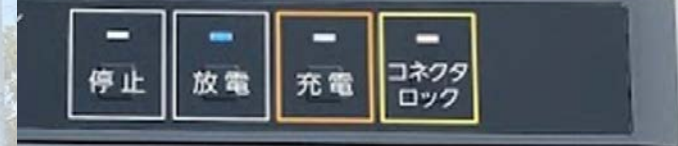


自動車エージェントが安価な時間に充電を予約し、予定時間に自動実行（完全自動取引）

事業所とその従業員を対象
に実施

- ・事業所 1件
- ・家庭20件(家庭蓄電池4件)
- ・PHEV 9台

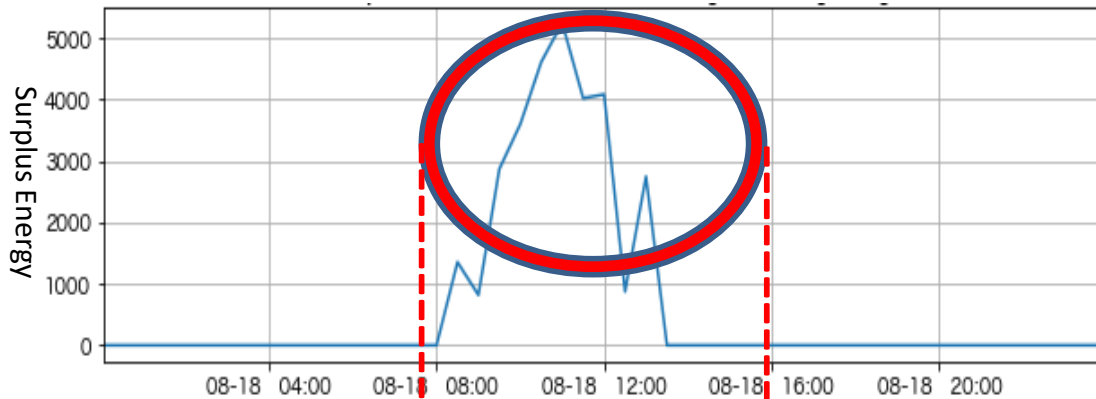
ピーク対応のための逆潮流



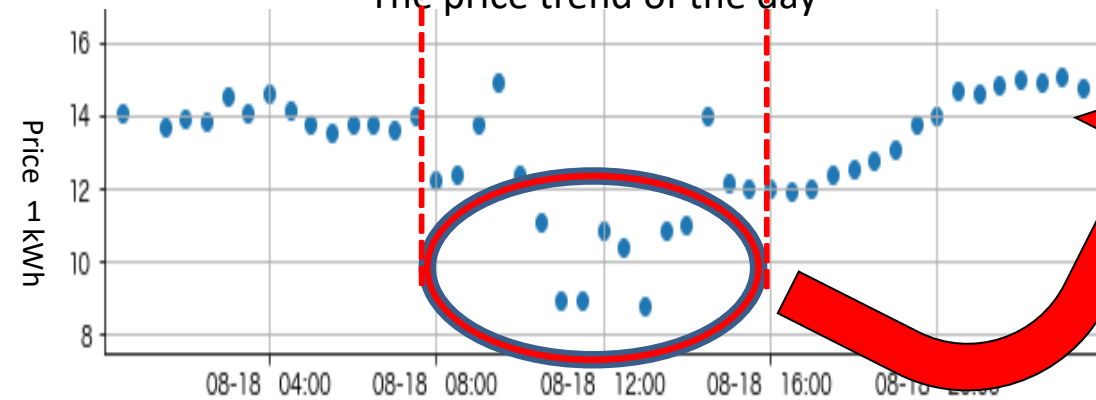
走行パターンに応じて自動でM2M制御
太陽光余剰と相性が良い通勤ユーザはインセンティブが最も大きい

Result②: EVs absorbed surplus energy from PVs in daytime with low price

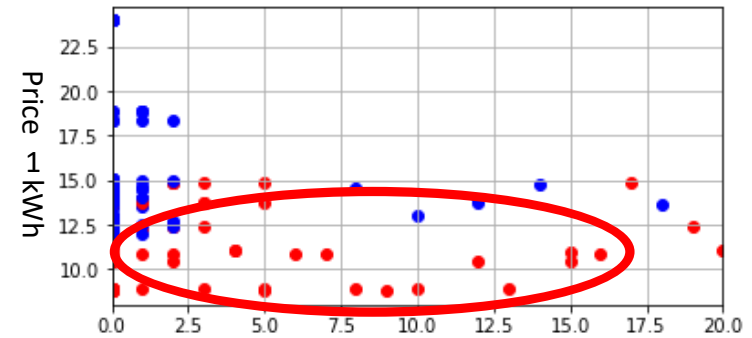
Surplus Energy from PV of the day



The price trend of the day



Charging log of Evs



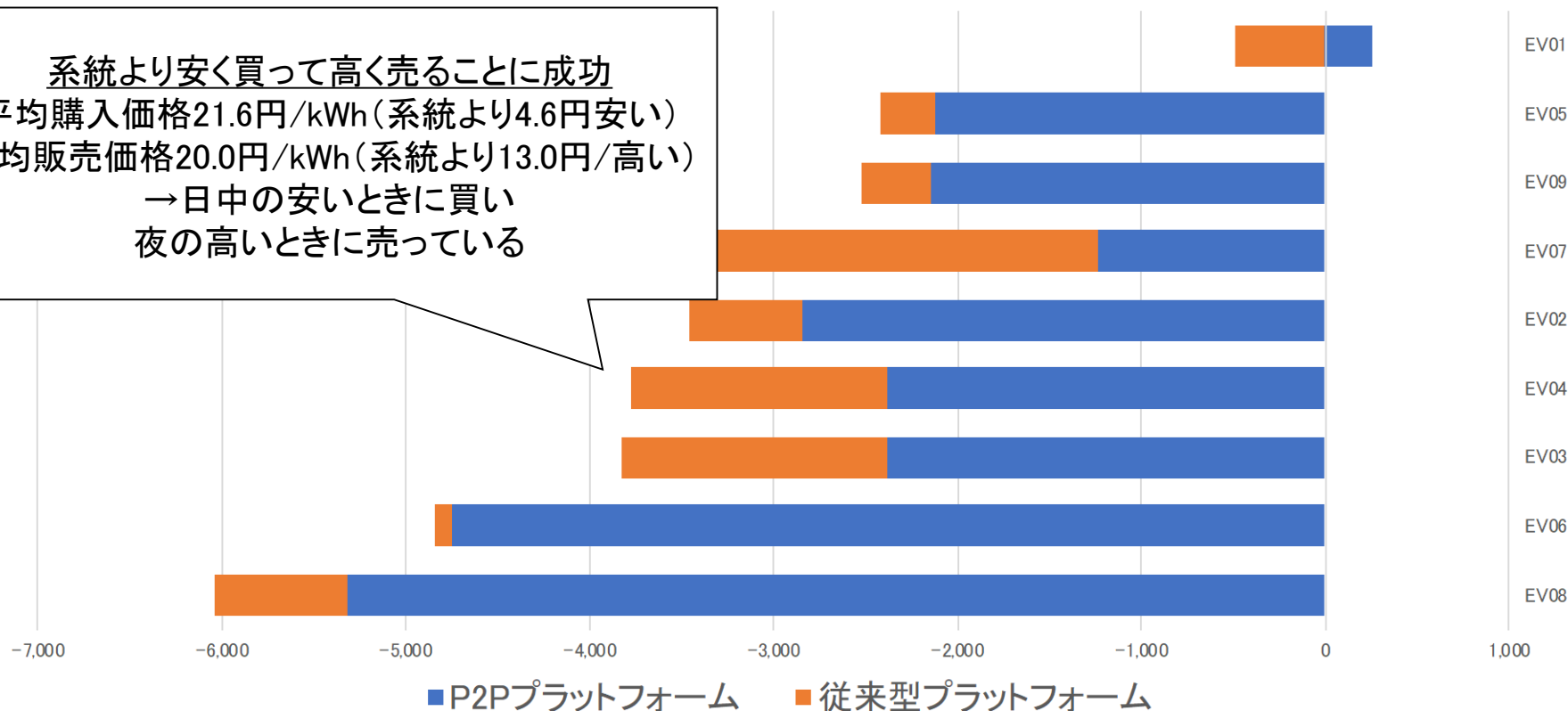
Charging result of EVs[%]

この実験に参加したことで電気自動車ユーザは、余剰の再生可能エネルギーを吸収し、25%ほど電気代削減ができた

全ユーザで従来型プラットフォームよりも収支が改善(全体で25.4%の改善)

EVユーザーのP2Pプラットフォームと従来型プラットフォームの1ヶ月間の収支の比較

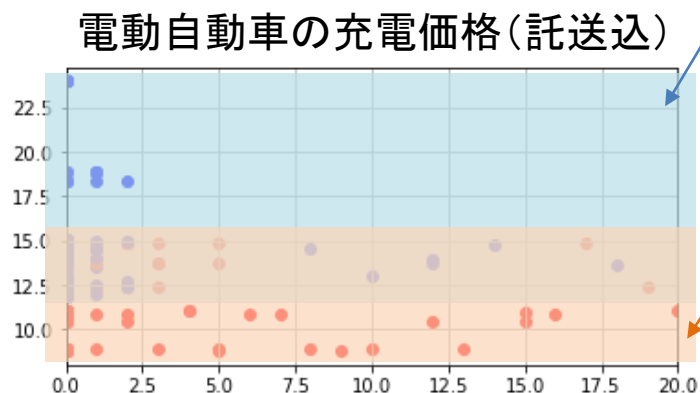
系統より安く買って高く売ることが成功
平均購入価格21.6円/kWh(系統より4.6円安い)
平均販売価格20.0円/kWh(系統より13.0円/高い)
→日中の安いときに買い
夜の高いときに売っている



※従来型プラットフォームとは、電気の購入元が系統電力しかないプラットフォームを指す

自動車で電力コストが削減した要因

要因の考察



- ①主要取引価格差(10-26円:託送料込、0-16円:託送料除)
 - 売電価格は限界価格0円と電力小売料金16円の間で形成(0円 \leftrightarrow 16円:託送料なし)市場調達できた分だけ削減した。
 - 現実的には、卒FIT売電価格10円が最低になると想定され(10 \leftrightarrow 16円:託送考慮無し)の差分の最大6円、つまり $6/16$ 円=37.5%が最大削減となる
- ②託送利用しない取引
EV側差益(小売購入との期待価格差)
 - 事業所や家では発電した電力を系統線を使わずに直接購入充電できるので電力小売26円が10円購入となり差分の最大16円、率にして $16/26=60\%$ が削減
- ③高圧電力の過程利用
 - 最後に事業所では再エネを買う以外にも特別高圧の電力料金が充電できたことから通勤先の事業所で充電した場合の削減も加算

自動車エージェントはどんどん賢くなり、社会に役立つような自動取引も行えるようになることが期待

自動車エージェントが自律的に余剰再生可能エネルギーを吸収します。自動車はどんどん賢く行動するようになることでしょう。



TOYOTA / トヨタ自動車株式会社

11月17日 10:00

電動車（PHV）と家と事業所で、「再生可能エネルギー」を賢く使うための実証実験を #TRENDE と #東京大学 と共同で行いました。

結果はこちら

https://www.toyota.co.jp/.../partne.../news/20201113_01.html

#P2P電力取引 #ブロック... もっと見る

トヨタ自動車：

- P2P電力取引に電動車を活用することで、シェアリングエコノミーや環境問題に対して強い関心を持つミレニアル世代、Z世代に向けて新たな車の用途を発信していきたい。

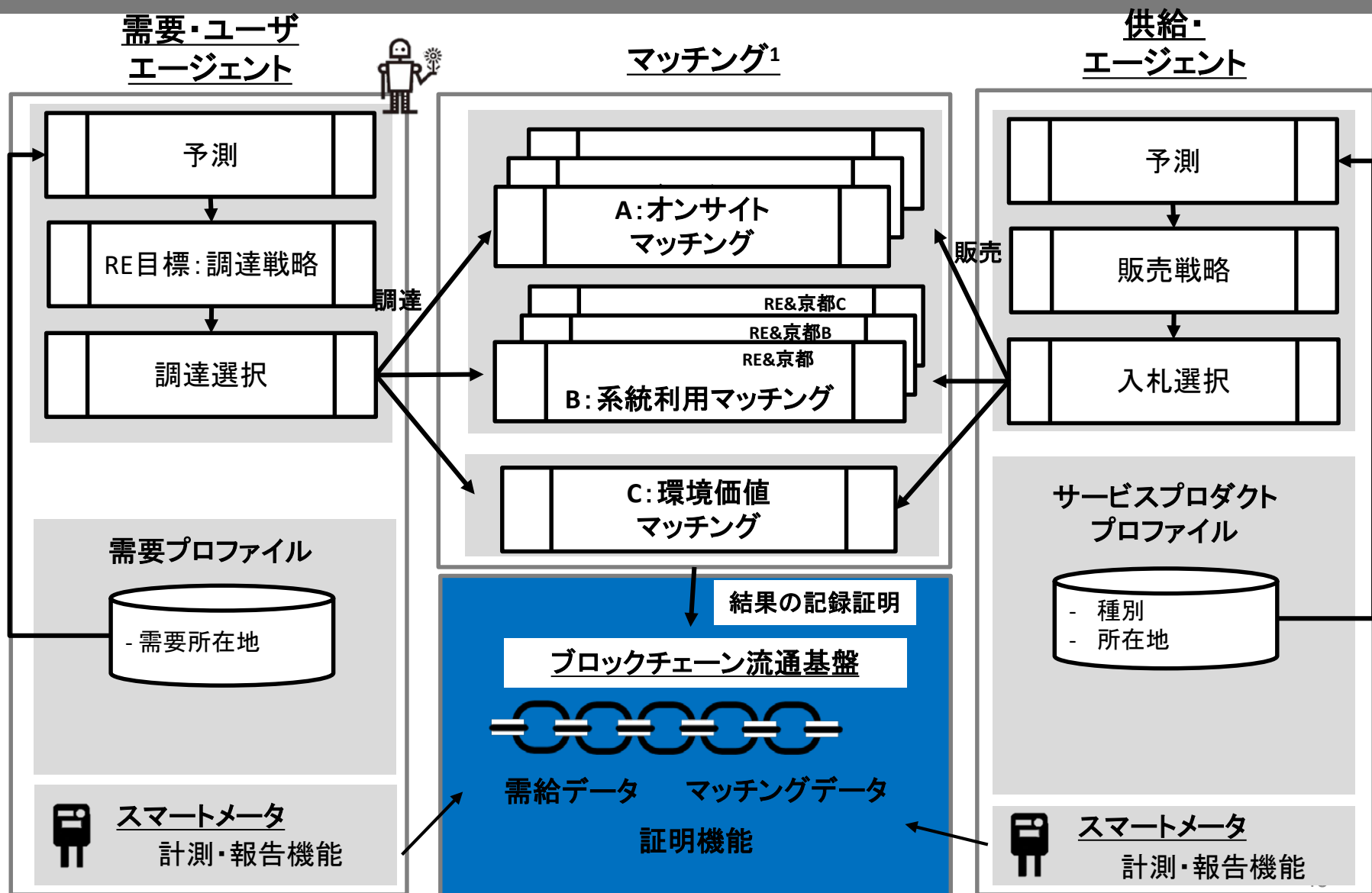
TRENDE：

- 電力とモビリティの融合をさらに深化させていくと同時に、決済やヘルスケア等異業種領域との協働を進め、異業種間データ活用プラットフォームへの発展を目指していきたい。

東京大学(田中研究室)：

- IoT機器が協調しながら自動取引するビジネス基盤に技術的な目途が立ったことから、エネルギーやモビリティをはじめとする未来を感じさせるサービスの実現へ研究を進めていきたい。

(参考) 需要ユーザと供給サービスのマッチング



*2 計画値マッチングの場合のみ

A photograph of a traditional Japanese street at dusk. The street is paved with stone and lined with wooden buildings. In the background, a large pagoda is visible against a blue sky. The scene is illuminated by warm streetlights and the soft light of twilight.

今後の研究の可能性

スマートシティにおける分散誘導型協調メカニズム 次世代都市の付加価値向上のための研究

インセンティブによるバタフライ効果を検証できないか

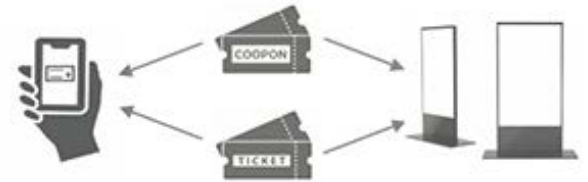
デジタルシミュレーション



『次世代AI都市シミュレーター』で要因分析



ターゲットに最適なインセンティブを発行



新たな「人の流れ」を創出

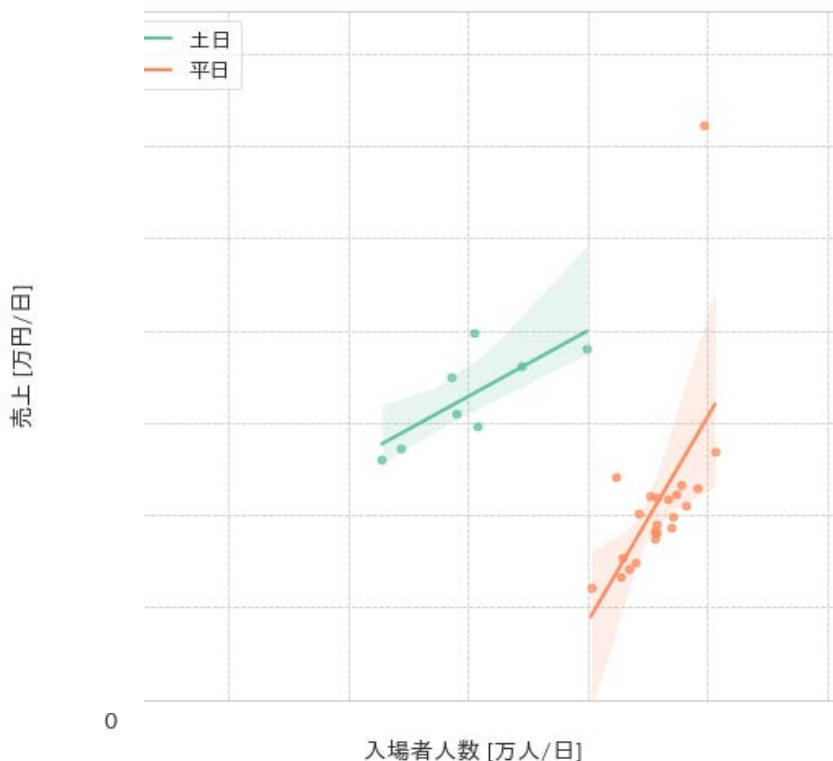


『次世代AI都市シミュレーター』の研究 研究対象予定エリア(小田急線海老名駅および周辺施設)

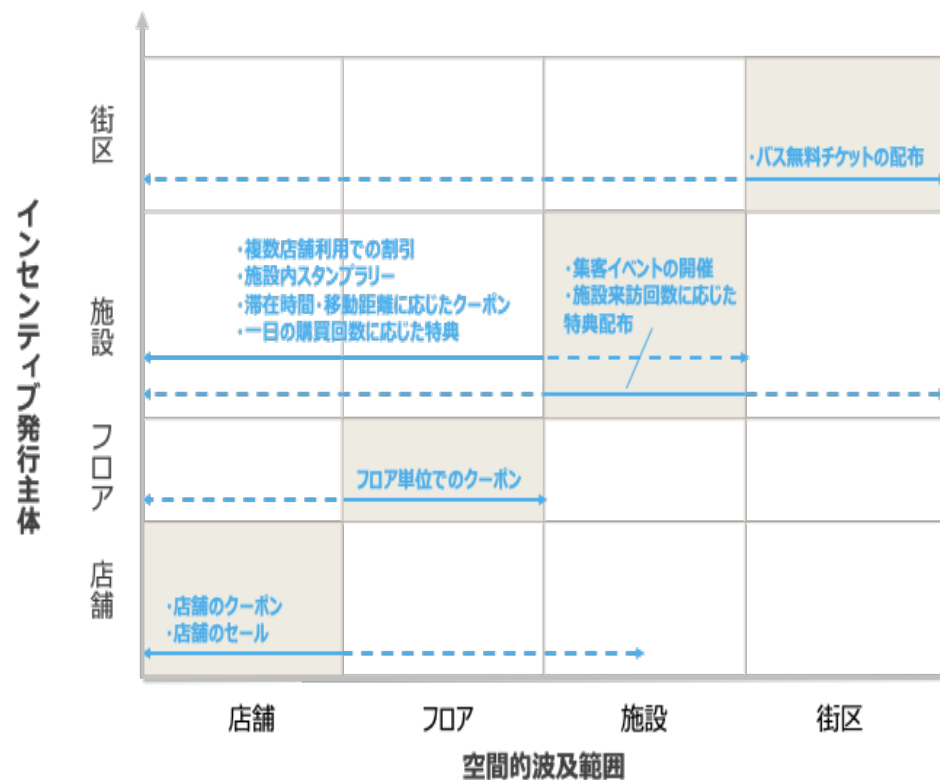


各個人のニーズにあわせた行動のきっかけを提供して都市全体の付加価値向上へつなげられないか

駅乗降者数とSC売上の関係



参加インセンティブからはじまる都市付加価値向上への誘導



ユーザー側が選択できる仕組みの提供

[屋根置ソーラー+蓄電池]+PPA? +P2P購入? +排出権購入?

脱炭素化グリーン化目標のうち、市民・寺・企業が協力して実現できる仕組みを提供する。
それぞれのユーザ目標を設定すれば半自動で電力購入するサービスなど。

目標	
RE比率	RE調達
目標値 設定	A: オンサイト (現地)
	B: 系統利用 (遠隔)
	C: 事後的 環境価値購入

ユーザ主体 協調メカニズム

コンセプトに基づき参加ユーザがRE目標値を設定すれば、それを半自動的に達成する仕組み。

P2P電力流通基盤で需給協調メカニズムや地元電源優先利用証明を提供

- A: 自営線市場
- B: コミュニティ間市場
- C: 環境価値市場

エネルギー電源	電源・調達・制御 需要
屋根置PV	自営線活用 EV・バイク・自転車、...
契約発電所 地域発電所	事業所 ビル テナント 寺
一般電力市場	
環境価値認定 環境価値購入	

マッチング④エネルギーから都市サービスへの展開

MaaS, Eaas, LaaSの自動需給マッチング例

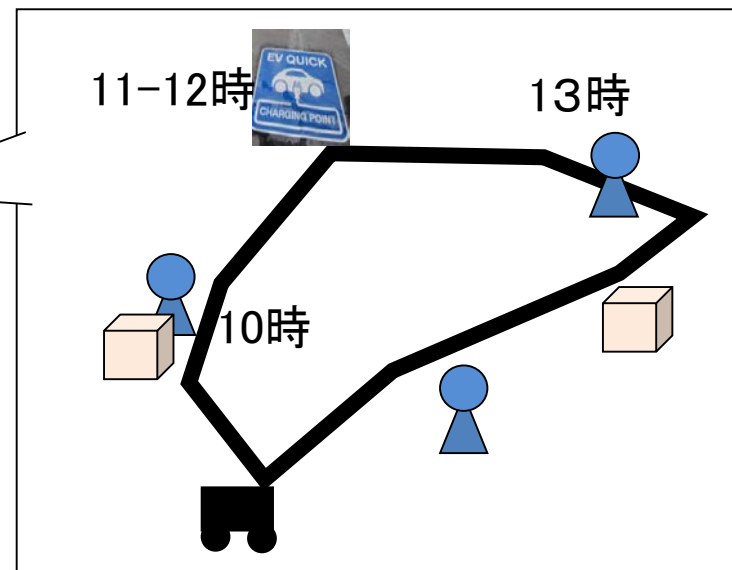
2020年度 修士論文 最終発表

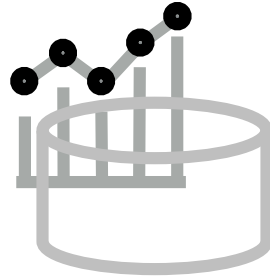
EV導入促進のための共同購入システムおよび再エネ比率を考慮した運用管理に関する研究

EVの多目的利用による地域都市貢献

東京大学工学系研究科 技術経営戦略学専攻
修士2年 松本光徳

多目的利用イメージ





END

- 引き続きよろしくお願いいたします。