

ビッグデータを活用したリチウムイオン電池の 性能設計・検証プロセスの構築

株式会社 本田技術研究所
四輪R&Dセンター

© 川村 雅之
宮下 拓也、坪倉 英裕

データサイエンスアワード2017

1. 背景

2. 課題と目的

3. 手法

3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

3-2. 価値

4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ

1. 背景

2. 課題と目的

3. 手法

3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

3-2. 価値

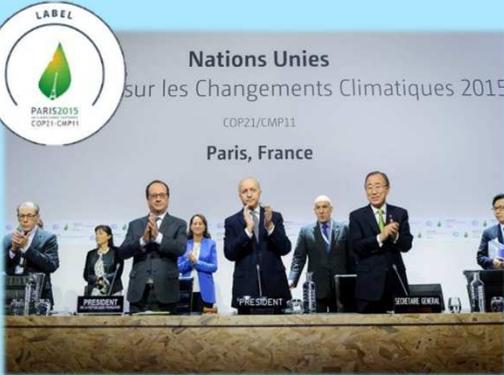
4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ

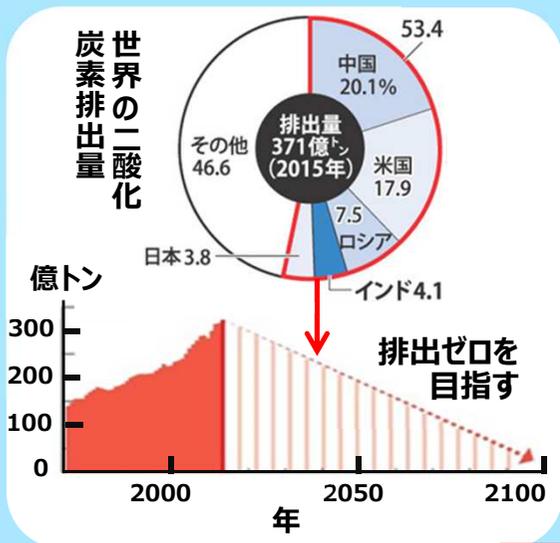
パリ協定 (国連COP21 2015年)

社会的背景

各国動向： ガソリン・ディーゼル車販売禁止



21世紀後半
"世界の温室効果ガス
排出実質ゼロ"



ノルウェー
(政党間合意)

準備：ガソリン・ディーゼル車の販売を**完全に禁止**



スウェーデン
(環境省-緑の党)

提唱：EUのガソリン・ディーゼル車の**2030年以降の販売禁止**



イギリス
(政府)

ガソリン・ディーゼル車の販売禁止
⇒ 全ての新車を**完全電動化**



インド
(政府)

引用：https://mainichi.jp/articles/20160608/k00/00e/040/244000c
引用：http://jp.wsj.com/articles/SB12245266549339404205904581415373821136008
引用：http://www.asahi.com/articles/DA3S12186729.html

Honda 2030年ビジョン

喜びの創造	「移動」と「暮らし」の価値創造 自由で楽しい移動の喜びの提供 生活が変わる・豊かになる喜びの提供
喜びの拡大	多様な社会・個人への対応 社会特性や個人の状況に合わせた、最適な商品・サービスの提供
喜びを次世代へ	クリーンで安全・安心な社会へ カーボンフリー社会の実現をリード 交通事故ゼロ社会の実現をリード



Hondaは、2030年迄に
四輪車の**全販売台数の
2/3を電動車**にします。

Honda 八郷社長

- 電動車
- ・ハイブリッド車
 - ・電気自動車
 - ・燃料電池車

世界的なカーボンフリーの流れをリードすべく Hondaは電動車開発の拡大を推進

燃料電池車



2003 FCX



2005 FCX



FCX CLARITY



2016
CLARITY
FUEL CELL

電気自動車



1997

HONDA EV Plus



2013
FIT EV



2017
CLARITY
ELECTRIC

ハイブリッド車



1999
insight



2004
ACCORD



2008
New INSIGHT



2011
CVIVC



2013
FIT

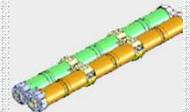


ACCORD



2016
NSX

ニッケル水素電池



リチウムイオン電池
(高性能)



車両販売台数
約90万台
(2017/7/1時点)

Hondaでは過去20年間電動車の開発をしており 2011年からリチウムイオン電池を量産車に採用



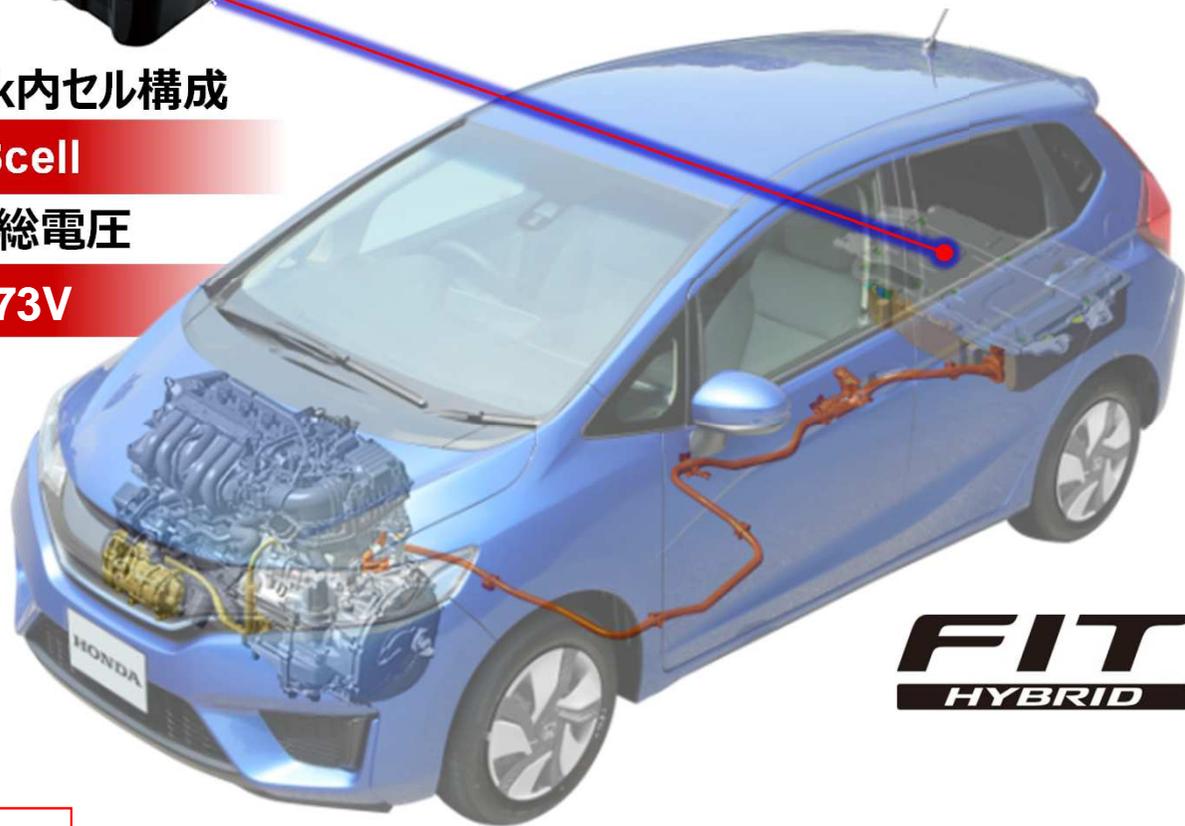
リチウムイオン電池
(Intelligent Power Unit)

Pack内セル構成

48cell

電池総電圧

173V

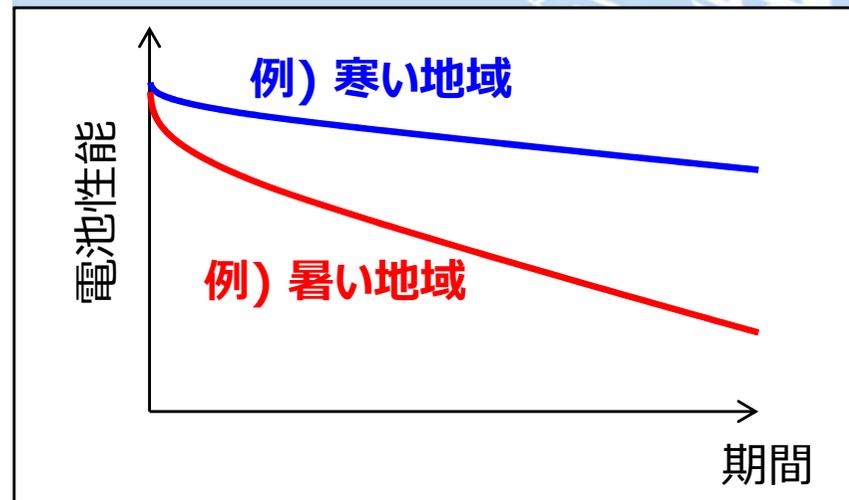
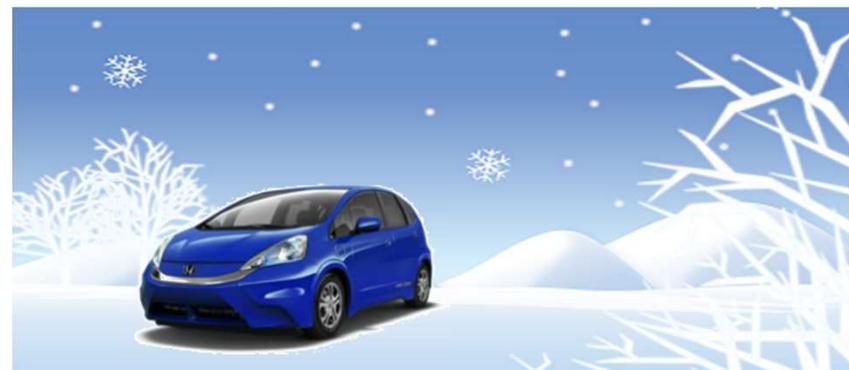


FIT
HYBRID

燃費

ガソリン車 : 24.6 km/L ⇨ ハイブリッド車 : 37.2 km/L

■ リチウムイオン電池の劣化



リチウムイオン電池は燃費や動力性能の向上に貢献するが、使用や経年で性能が劣化

Battery Recorder



Traceability System



データ取得 + 解析の自動化 ⇒ データの見える化



ヒストグラム(性能、温度、SOC等)
ディーラー来店時のみ収集
小規模
低額

データ形式
データ収集 タイミング
システム規模
コスト

時系列データ(性能、電圧、電流等)
リアルタイム収集
大規模
高額



2011年～ 電動車**全車種**に搭載

特徴

2013年～ EV等の先進車両に搭載

電池の使用状況・性能の実態を収集出来るように 2つの機能を実装

1. 背景

2. 課題と目的

3. 手法

3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

3-2. 価値

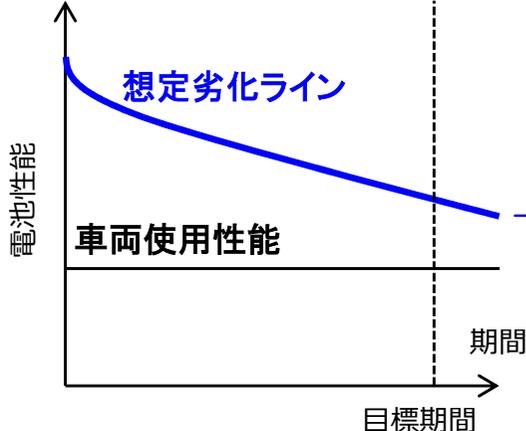
4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ

■ リチウムイオン電池の性能設計

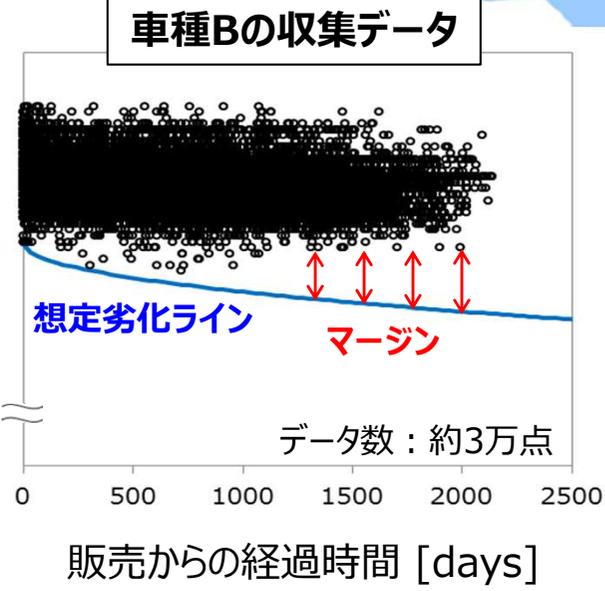
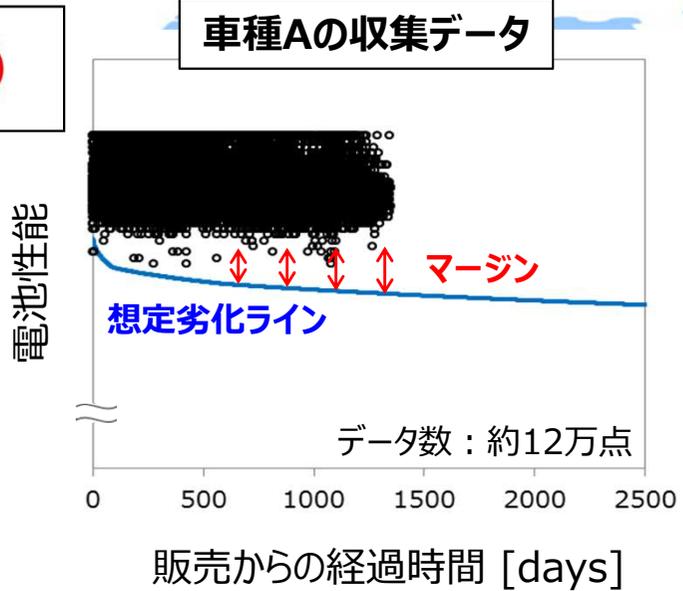
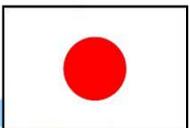
開発当時

- ・ 電動車購入ユーザー像が不明確
 - 購入層は？
 - 電動車の使われ方はガソリン車と同じ？
 - 想定外の使われ方ってないの？



- 生産ばらつき：下限値
 - 環境条件：最過酷
 - 車の乗り方：最過酷
 - ⋮
- 安心・安全設計**

■ 販売後の実環境下でのリチウムイオン電池性能

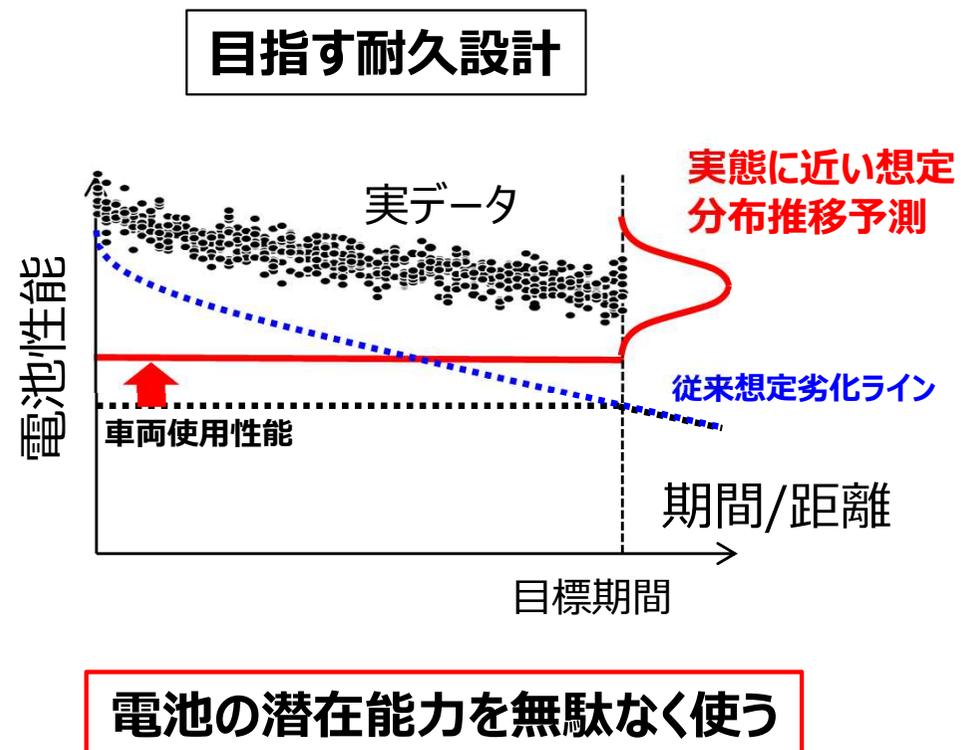
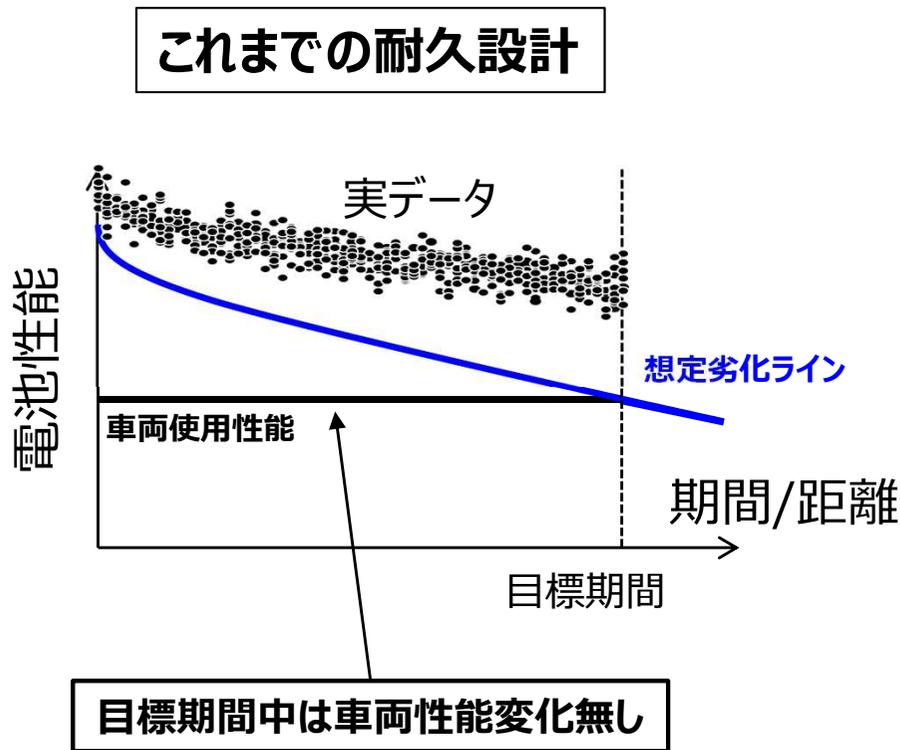


開発時に条件を厳しく想定した安心・安全設計の妥当性を 取得した実環境データで確認できた

<Hondaにおけるハイブリッド車の性能設計指針>

電池劣化によって目標期間は車両性能（燃費、加速性能等）を低下させない

→ 初期から想定した劣化後性能で使用



実環境の電池性能分布の推移を高精度に予測し 電池の潜在能力を無駄なく最大限活用する

目的 Objective

実環境に則した形で、**電池の性能・コスト・信頼性を最適化し、**
高品質で魅力的な電動車を**継続的にお客様にお届け出来るプロセスを構築・運用する。**

目標 Goals

- A) 実環境の**電池性能分布の推移を高精度に予測する手法**を構築する事。
- B) お客様視点で、**高性能・高信頼性・適正価格のバランス**が取れるように電池を性能設計する**PDCAスキーム**を構築・運用する事。

上記に示す目的と目標を設定し 研究を推進

1. 背景

2. 課題と目的

3. 手法

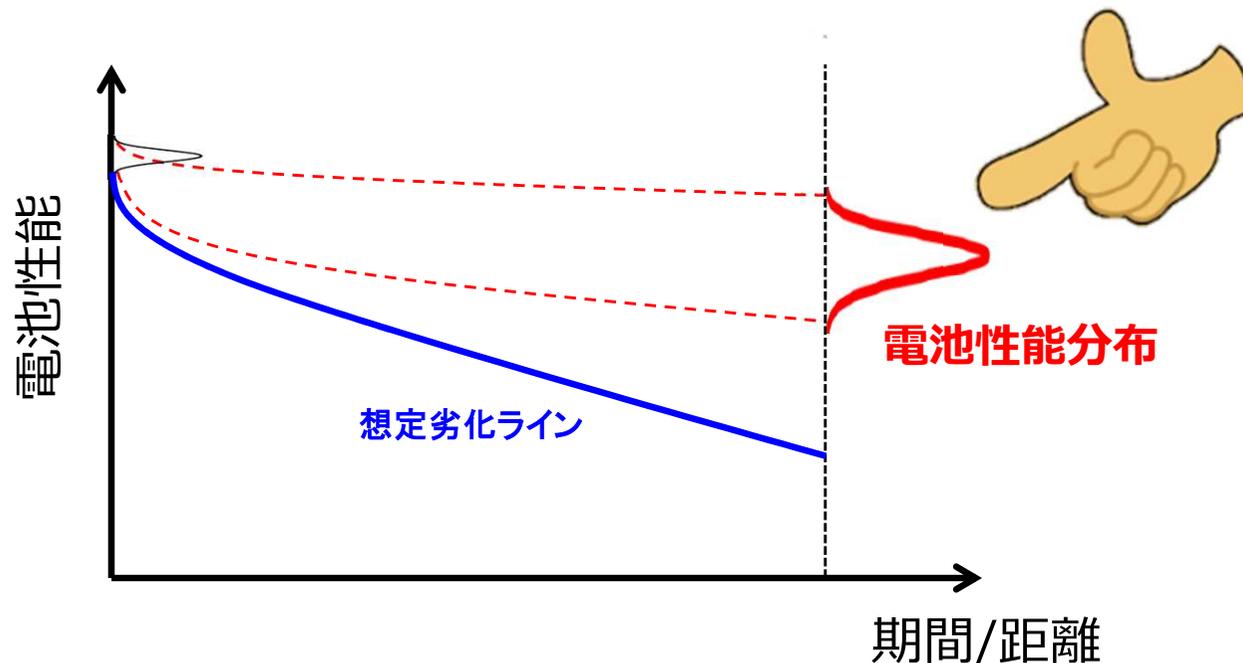
3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

3-2. 価値

4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ

目標A) 電池性能分布の推移を予測したい

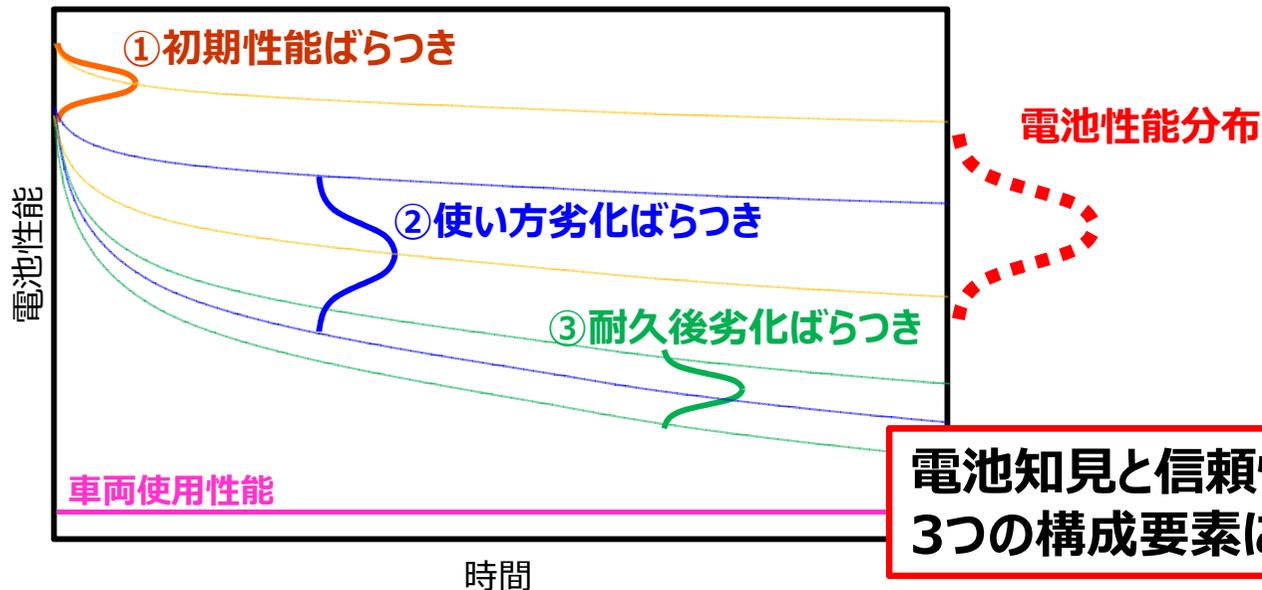


課題

- i) 分布の構成要素は？ ⇒ 分布推移算出に最適な構成要素に分解
- ii) 要素と要素間の関係は？ ⇒ 要素のばらつきと要素間の相関関係の把握
- iii) 要素の合成方法は？ ⇒ 実環境を反映した要素合成手法の構築

目標達成のために3つの課題を設定

課題 i) 電池性能の要素分解

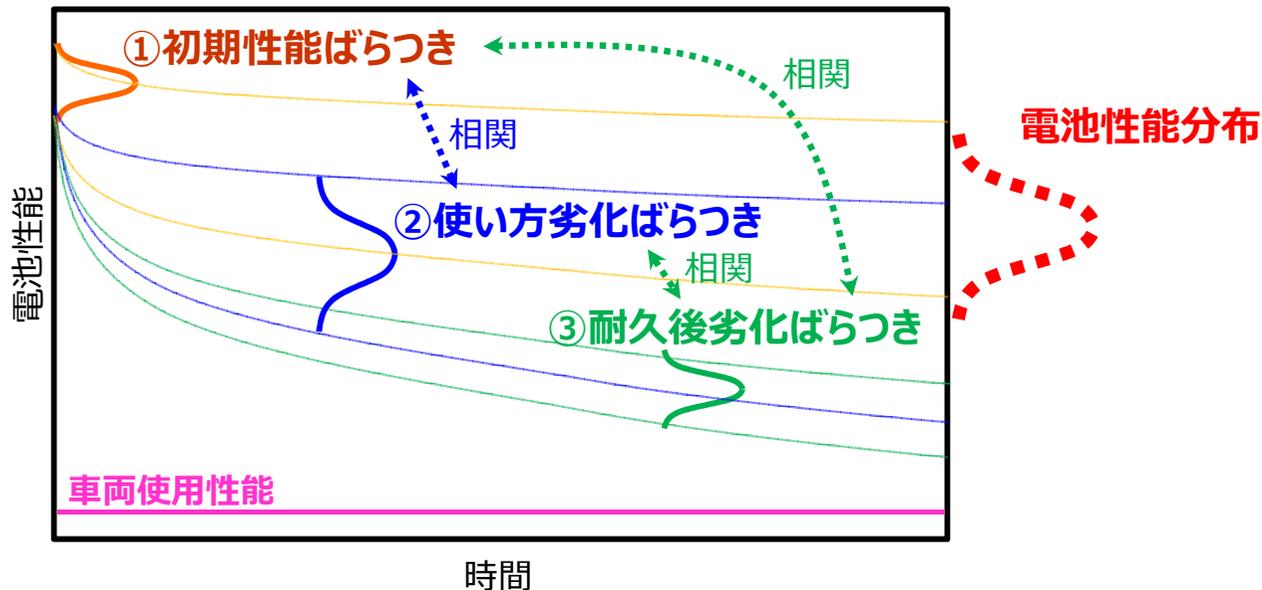


電池知見と信頼性工学を基に、
3つの構成要素に分解

電池性能ばらつき要素	定義	原因
① 初期性能ばらつき	生産による初期性能ばらつき	電池の製造工程における生産のばらつき
② 使い方劣化ばらつき	使用・環境条件の違いによる劣化ばらつき	ユーザ条件のばらつき：車の乗り方、車に乗る頻度・・・等 環境条件のばらつき：気温、日射量・・・等
③ 耐久後劣化ばらつき	初期同性能・同使用・同環境条件でも生じる劣化ばらつき	劣化速度に影響を与える電池の構成材料の生産のばらつき

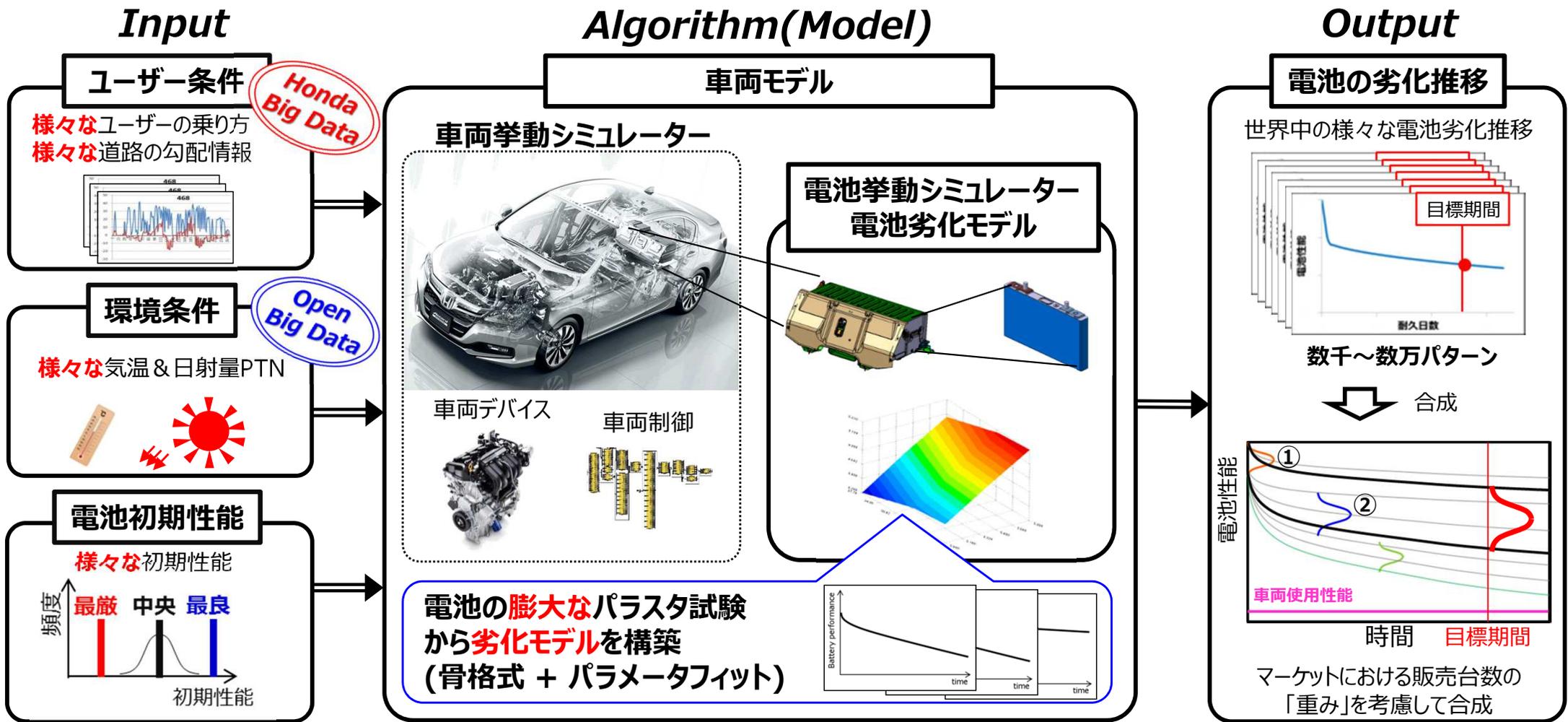
上記の3要素に分解する事で 重複・抜け漏れなく計算可能な形に整理

課題 ii) 要素のばらつきと要素間の相関関係の把握



電池性能ばらつき要素	把握手法
① 初期性能ばらつき	生産データで確認/予測可能
② 使い方劣化ばらつき (①との相関関係含む)	世界中のお客様の様々な環境・使い方条件を考える必要あり → ビッグデータとシミュレーションを活用して予測！！
③ 耐久後劣化ばらつき (①②との相関関係含む)	電池テストで確認/予測可能

膨大なパラメータスタディが必要な項目は **ビッグデータとシミュレーション**を活用



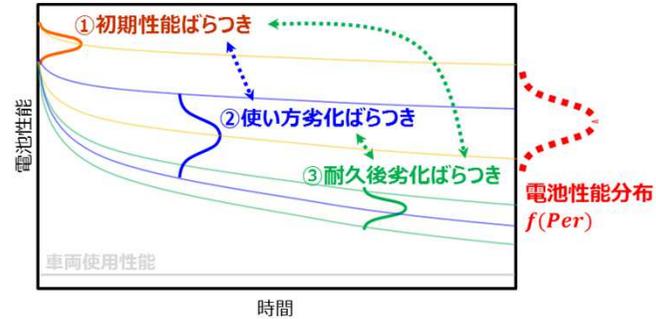
専門性(車両挙動 & 電池挙動) + ビッグデータ → ② 使い方ばらつきと相関関係を把握

ビッグデータとシミュレーションを活用する事で 膨大なパラスタが可能になり 分布とその相関関係を把握

課題 iii) 実環境を反映した要素合成手法の構築

非線形の相関関係 → 条件付き分布の畳み込み積分を用いて、電池性能分布推移算出手法を構築。

$$f(Per) = \int \int \int g(Per | Per_{ini}, User, Env) \cdot h(Per_{ini}) \cdot u(User, Env) dPer_{ini} dUser dEnv$$



↓ シミュレーション結果を用いて計算可能な式に具体化

$$f(x) = \int \cdots \int \int g(x | y_1, y_2, \dots, y_n) \cdot h(y_1, y_2, \dots, y_n) dy_1 dy_2 \cdots dy_n$$

劣化後電池性能分布

各性能影響因子が与えられた際の劣化後電池性能分布
⇒ **シミュレーション結果から重回帰しAICを基準にモデル化**

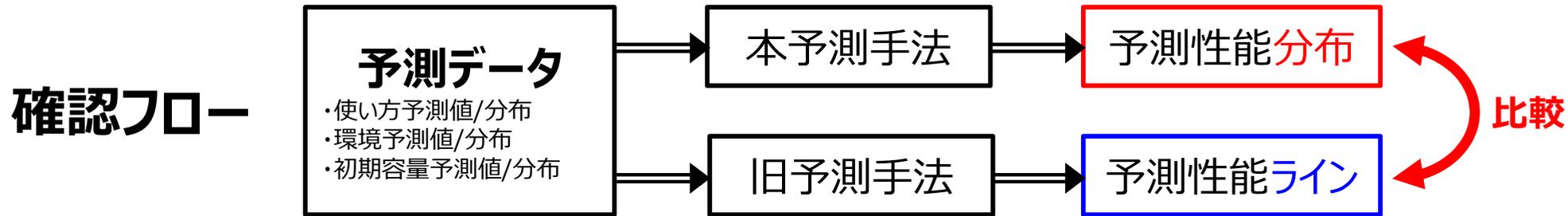
性能影響因子：
例) 温度、充電率など

各性能影響因子の同時確率分布
⇒ **実環境で取得したビッグデータを活用**

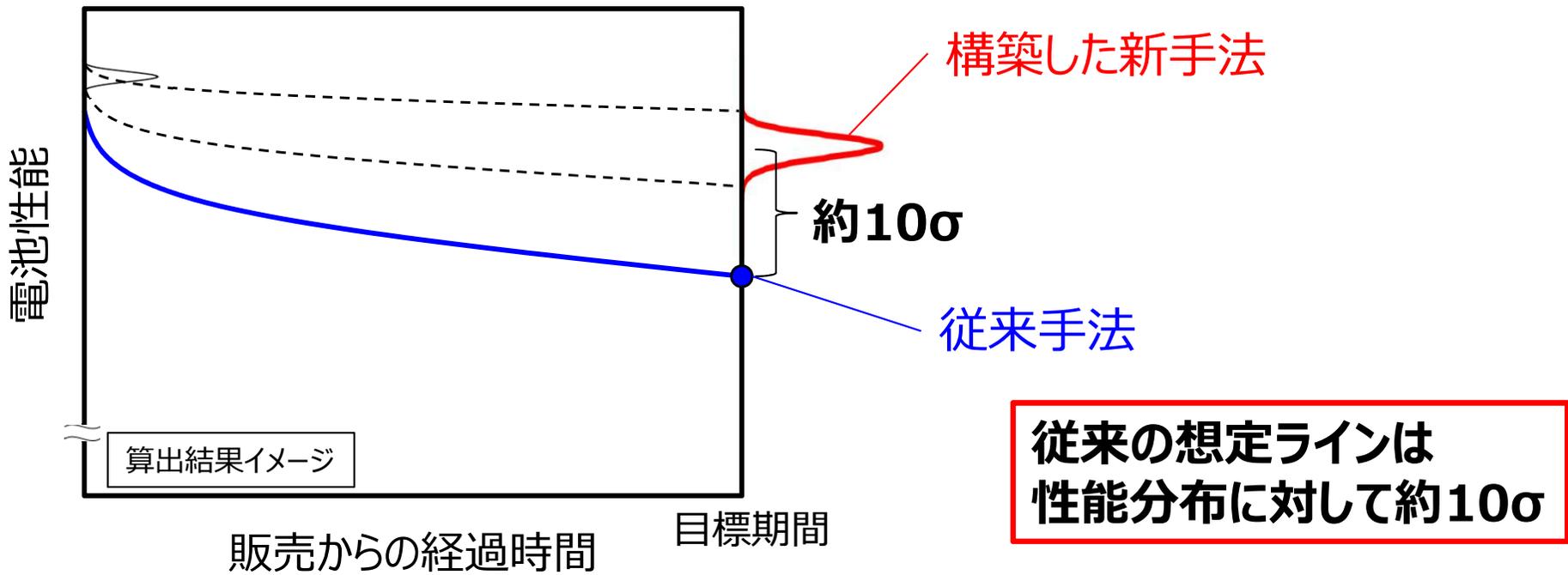
ちなみに、耐久劣化する様々な部品に適応可能なように、算出式を一般化してます。

実環境の電池性能の確率分布推移を算出可能な統計モデルを構築

■従来想定ラインの位置づけ確認



■確認結果



従来の想定ラインは実環境の性能分布に対して 約 10σ の位置づけにあることを確認

1. 背景

2. 課題と目的

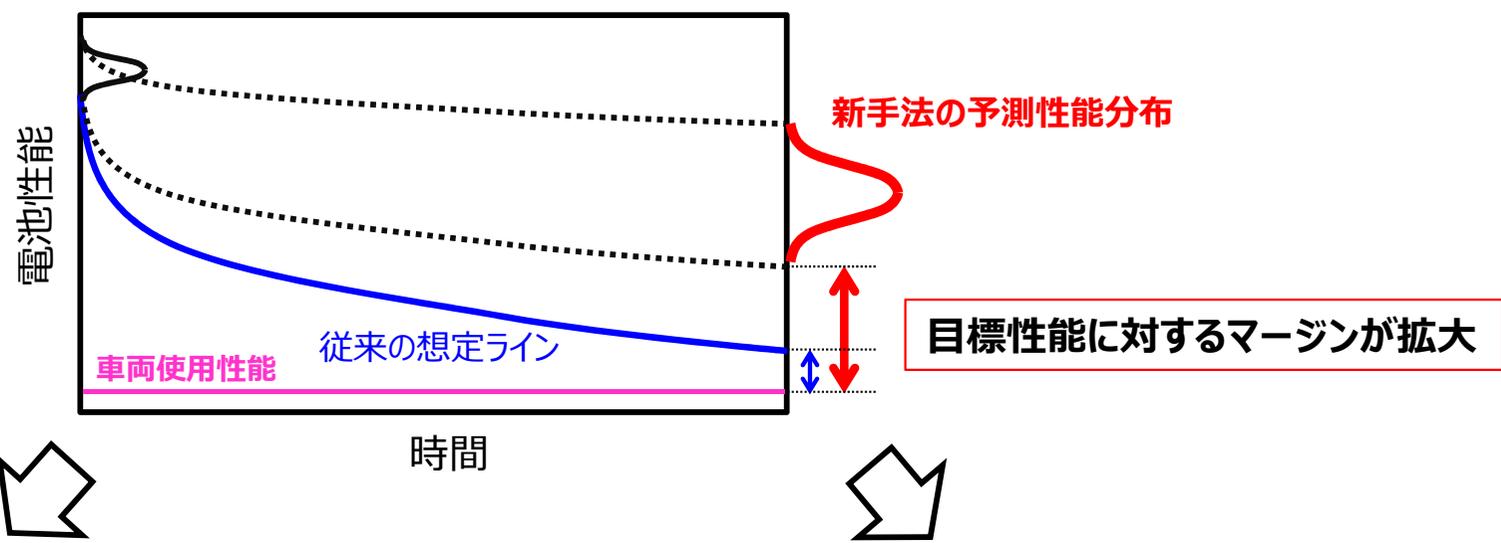
3. 手法

3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

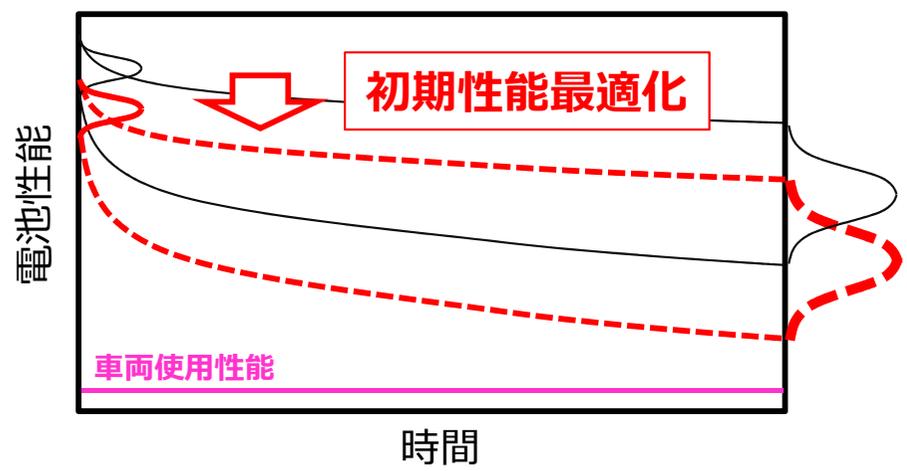
3-2. 価値

4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ

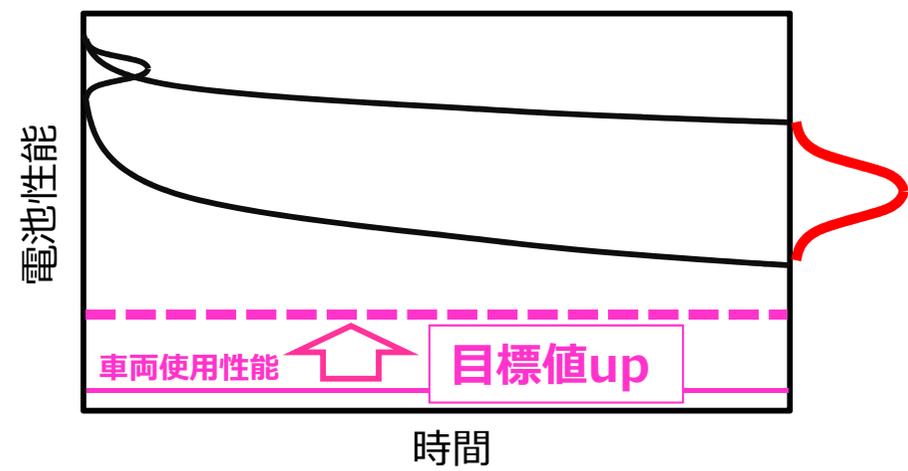


価値化A：初期性能を最適設計



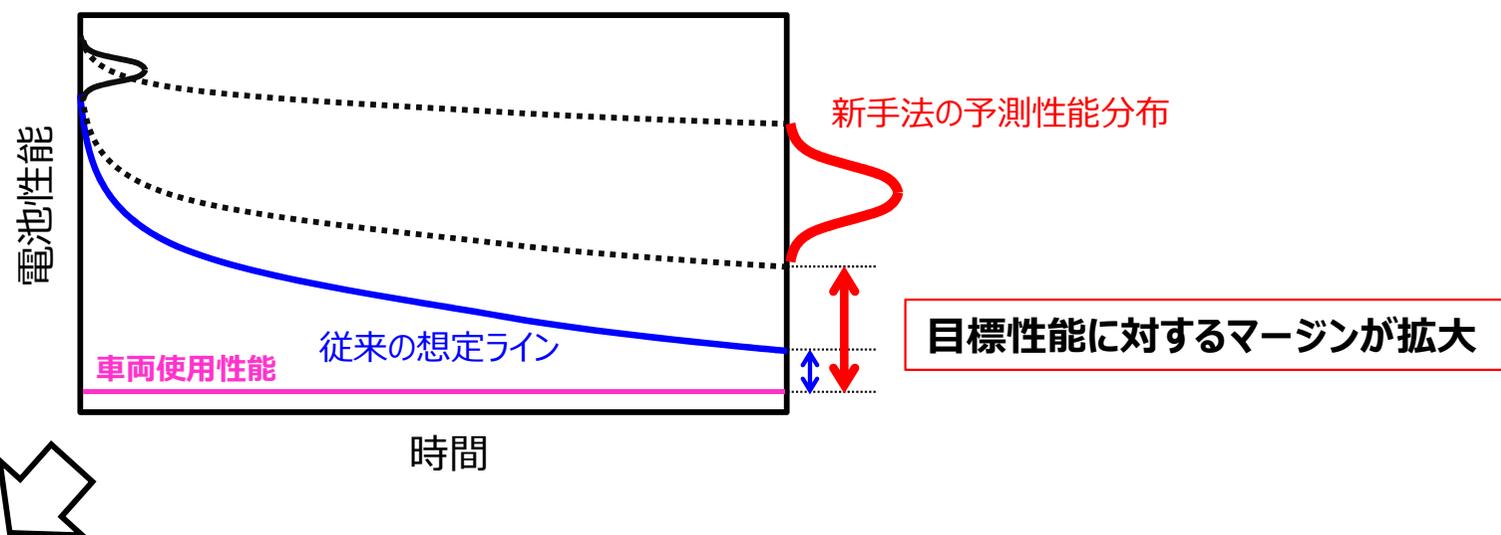
効果 電池/車両コスト削減、重量削減、など

価値化B：電池性能を無駄なく活用



効果 車両性能(燃費、動力性能)向上など

本技術の価値：本技術をコスト削減や車両性能向上のどちらにも適用することが可能



価値化A：初期性能を最適設計

電池性能

時間

初期性能最適化

車両使用性能

効果 車両コスト削減、重量削減、など

既存電池におけるコスト削減効果試算

初期投入コスト削減率：約10%

電池初期コスト

約10%低減

大幅なコスト削減効果を達成可能

本技術における初期投入コスト削減率試算では約10%を実現可能

1. 背景

2. 課題と目的

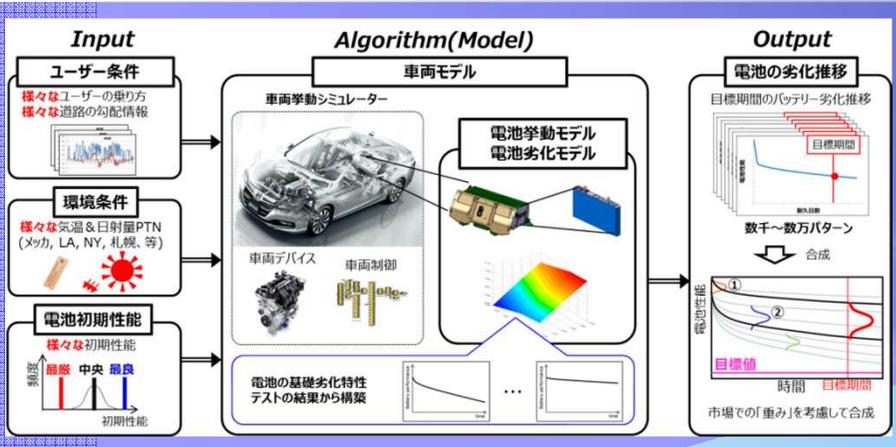
3. 手法

3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

3-2. 価値

4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ



Plan

開発目標設定

- マーケティング
- 車両コンセプト策定
- 車両目標設定
- 電池性能目標設定
- 電池信頼性設定
- ...

Do

開発

- 部品設計
- 電池設計
- 電池性能分布予測**
- 車両設計
- テスト/検証
- 量産
- ...

Check

検証

以下の実環境データを用いて、過去の性能設計の妥当性検証

- 電池使われ方
- 電池性能分布

Action

適正化

性能設計プロセスの最適化を実施

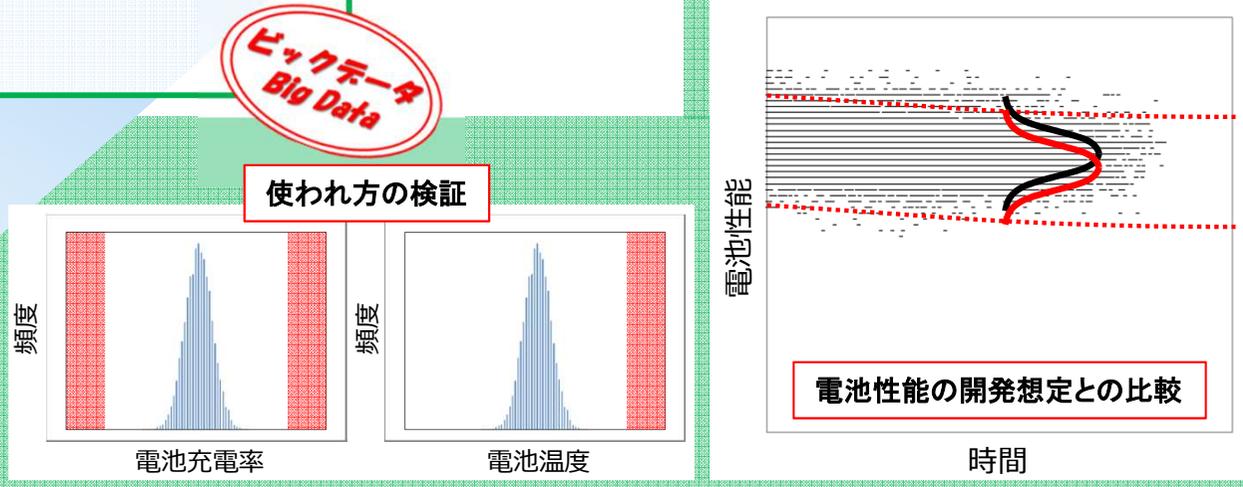
- コスト削減
- 性能向上
- 信頼性向上
- ...等

Plan

開発目標設定

新目標設定

- マーケティング
- 車両コンセプト策定
- 車両目標設定
- 電池性能目標設定
- 電池信頼性設定
- ...



電池の性能設計と検証の両方に実環境で取得するビッグデータを活用していくPDCAスキームを構築

能力・スキル

部署運用基準

育成手法

- ・万能なデータ分析力
- ・統計検定1級相当の知識
- ・プロジェクト全体の管理力

- ・あらゆるデータ活用の指導者
- ・データ活用プロジェクト・リーダー

Data Scientist

- ・外部専門家によるOJT
- ・学会参加等による自己研鑽

- ・豊富なデータ分析力
- ・統計検定準1級相当の知識
- ・プロジェクト全体の管理補助

- ・性能分布算出責任者
- ・データ活用プロジェクト補助

上級

- ・上級者によるOJT
- ・学会参加等による自己研鑽

- ・データ分析経験
- ・統計検定2級相当の知識
- ・プロジェクトの一部推進

- ・性能分布算出担当者
- ・データ活用プロジェクト・メンバー

中級

- ・全所統計講習
- ・部署統計講習
- ・統計ソフト講習

- ・データ分析経験無し

- ・データ活用プロジェクト・メンバー

初級

データ活用の能力レベル毎に運用基準を設定し 部署（組織）として 活用者を育成する仕組みを構築

1. 背景

2. 課題と目的

3. 手法

3-1. 電池性能分布推移の予測手法の構築

3-2. 価値

4. 性能設計プロセスの構築と人財育成

5. まとめ

専門技術 × 統計学 × 信頼性工学 × モデル × ビッグデータの融合 により以下成果を得た。

① 様々な資源・技術(既存&新規、専門&データ分析)を組合せ、大きな価値を創出

実環境の電池性能分布の推移を高精度に予測する手法を構築 (業界類似例なし)

- **性能・コスト・信頼性を最適バランス設計**
- **大きなコスト削減／車両性能向上**

② 継続的に価値を創出するプロセスの構築と運用

- ・ビッグデータを活用した**性能設計PDCAスキーム**の構築と運用
- ・**データ活用者(人財)を育成**する部署の仕組みの構築と運用

③ 本技術のポテンシャルに今後期待！！

耐久劣化する様々な部品に適用可能(**電池は1例** ⇒ 自動車部品は**約3万点!** ⇒ …)

- **業界の先例：ビッグデータ時代の新しい性能設計手法**となり得る！！

地球規模の環境問題の解決に大きく貢献できる(我々の想い)と期待している。

[強い目的] × [構想] × [Big Data]

= [想いの実現・価値の創出]