

エネルギーとモビリティの変革に向けた HORIBAモビリティ・コネクティビティ研究所の取組み

HORIBA Institute for Mobility and Connectivity² for Contributing to the Transformation of Energy and Mobility Systems

カリフォルニア大学アーバイン校に、HORIBAモビリティ・コネクティビティ研究所がHORIBAグループの寄付により2021年7月に開設された。この研究所は、今後相互に深く関連していくエネルギーとモビリティの社会インフラストラクチャーを統合的に捉え直すことにより、新たな視点からの研究を推進することを目的としたもので、最近の世界的なエネルギー問題への注目の中、既に具体的な取組みが活発に進められている。本稿ではこの研究所の構想や研究事例について紹介する。

木下 明生

KINOSHITA Akio



Figure 1 HIMaC² Opening Ceremony. (Oct. 11, 2022)
(from left to right) HIMaC² Inaugural Director Vojislav Stamenkovic, HORIBA, Ltd. Chairman & Group CEO Atsushi Horiba, UCI Chancellor Howard Gillman, HORIBA Ltd. Executive Corporate Officer Jai Hakhu, UCI Dean of Engineering Magnus Egerstedt.

はじめに —エネルギーとモビリティの動向—

現在、全世界で地球温暖化への対応が喫緊の課題となっており、COP26時点ではG20を含む150か国以上の国でカーボンニュートラルの目標が期限を設けて宣言されている。これを受けて再生可能エネルギーへのシフトが大きな動きとなっており、加えて国家としてのセキュリティの観点からもエネルギー調達が大きな注目点となっている。一方、エネルギー消費の面ではモビリティが主要な一角を占めているが、電動車両の急激な拡大が進みつつあり、特に中国、欧州で顕著である。

その自動車においては、さらに自動運転化、コネクテッド化が進んでおり、それらの技術によって車群が協調的に走行することで全体としての省エネルギーを実現する試みなども始まっている。このような状況はエネルギー、モビリティおよび情報通信の三大インフラストラクチャーが統合されていく過程を示すものと見ることができる。これらの構造的な変化がHORIBAモビリティ・コネクティビティ研究所 (HORIBA Institute for Mobility and Connectivity², 以下HIMaC²) の設立の基本的背景にある。

HIMaC²で目指す研究 –背景とコンセプト–

現在の社会の基盤となっているエネルギー供給の仕組みは、電力を例にとると、発電＞送電＞配電というように、少数の発電所で集中的に作った電気を広く安定供給する考え方が基本となっている。中央から全体への一方通的ないわゆる系統電力の構造であるが、現在これに対し、再生可能エネルギーの利用拡大、エネルギーの地産地消の要請が急速に高まっている。これを背景に太陽電池や中間のエネルギー貯蔵手段である二次電池といった要素が加わるようになり、これまで一方通的に安定に制御されていた電力ネットワークが、より分散型でインタラクティブな形態に変化しつつある。

よく知られているように再生可能エネルギーは太陽光、風力、波力など、どれも変動が大変大きく予測しにくいいため、安定供給の観点からは大きな課題である。これらをどのように配置し、どう動作させるのが望ましいのか、全体のシステムの安定的運用をどのように保証していくのかは必ずしも明確ではない。発電や蓄電能力の配置や充放電スケジュールに加えてシステムの安定保証、不測の変動に対するレジリエンス、維持更新を含めた総コストといった観点も含め、ネットワークをどう設計し、運用すべきかは十分検討すべき問題である。

他方、自動車について見ると、これまで長年そのエネルギーのほとんどを、限られた産油国に偏在する原油を精製したガソリンや軽油から得ていたが、百年に一度と言われるような変革期に入り、電動化が大きく拡大しつつある。将来の自動車は、電気エネルギーを貯蔵し電力ネットワークとの間で充放電することで相互作用する、ネットワークに統合された一部としても見ていく必要があるであろう。加えて水素がエネルギー媒体として重要な役割を担うようになり、水電解を介して電気エネルギーから変換され、エネルギー貯蔵や移動のための媒体として利用されたり、車載燃料電池により直接車両の移動のためのエネルギーとして利用される。

このような観点から、自動車を含んだエネルギーネットワークを図示してみるとFigure 2のようになる。まず一次エネルギーとしては多様な再生可能エネルギーが提供される。また自動車には大容量蓄電池が搭載され、ハイブリッドやバッテリーEVがネットワーク側とエネルギーを直接授受することになる。このような“21世紀型”のエネルギーネットワークでは、分散型、双方向型を前提としたエネルギーマネジメント、燃焼反応に加えて電気化学反応によるエネルギー変換といった新たな技術を確認する必要がある。要素技術としてのエネルギー変換の効率化などもチャレンジすべき研究課題であるが、それにとどまらず、系全体としての動的な振る舞いの理解や制御も未解明の領域である。このように課題が学際的に広範囲にわたること、個々の要素のみならずシステムまでの多階層となることなどから、本質を理解し次世代のインフラストラクチャーの方向を検討していくためには、領域横断の観点でのアプローチが不可欠である。こうした考え方にに基づき、この問題に取り組む研究所をカリフォルニア大学に新たに設立することとなった。なお、HIMaC²の末尾にある“2”は、エネルギーそれ自体と情報コミュニケーションの二重の意味での接続が重要であることを意味している。

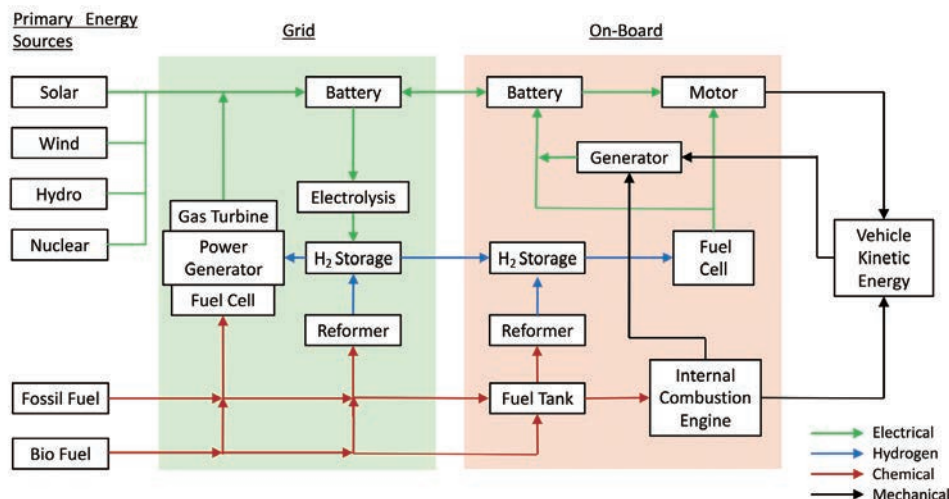


Figure 2 A Comprehensive View of Energy Network Integrated with Vehicles.

HIMaC²の研究室構成

カリフォルニア大学アーバイン校(University of California, Irvine, 以下UCI)ではエネルギー分野の研究をAdvanced Power and Energy Program (以下APEP)が主導してきた実績があり、マスキー法が導入された1970年に早くも燃焼研究を立ち上げたり、電力グリッドの研究、水素エネルギーの利用技術など多様な研究を先駆けて推進してきた。その長年の実績の上に、前述のようなエネルギーネットワークに対する新たな問題意識によりHIMaC²が設立され、電気化学系の材料科学分野で世界をリードする業績をあげてきたVojislav Stamenkovic教授が初代所長として着任している。

HIMaC²は前章で述べた課題認識を反映し、以下の四研究室構成となっている。

- ・ Vehicle Evolution Laboratory (VEL)： 車載の電動車両要素やシステム技術の評価、研究を行う。そのためHORIBAの計測システムを中心にダイナモメータ、二次電池評価用環境チャンバーなどが設けられている (Figure 3)。
- ・ Grid Evolution Laboratory (GEL)： Grid to Vehicle, Vehicle to Gridを含む電力ネットワークのダイナミクスなどグリッド階層の研究を行う。多様な電力系での動的現象を再現可能なグリッドのシミュレータを備えている。
- ・ Connected and Autonomous Mobility Laboratory (CAML)： 車両が自動運転化されることも包含し、Vehicle to Vehicle, Vehicle to Infrastructureのコミュニケーションによる個々の車両、交通流、エネルギー効率などへの影響、AIに基づく制御など全く新しいアプローチでの研究を行う。HORIBA MIRA社の開発による協調走行制御のシミュレーションプラットフォームを導入している。
- ・ Analytic Laboratory (AL)： 以上のシステム、グリッドレベルでの現象の基礎となる電気化学の先端材料の分析、研究を行うため、以下の最新のHORIBA分析機器を設置している。
 - ・ LabRAM HR Evolution Nano： AFMラマン分光装置
 - ・ XGT-9000： 微小部X線分析装置
 - ・ nanoPartica SZ-100V2： ナノ粒子解析装置
 - ・ GD-Profilier2： グロー放電発光表面分析装置



Figure 3 Vehicle Evolution Laboratory.

今後のエネルギー分野の課題は材料物性から装置、システム、さらにはグリッド全体まで深い多層構造にわたっていることから、各研究室はそれぞれの階層に対応した構成となっている。これらをさらに有機的に組み合わせることで、これまで必ずしも十分ではなかった階層を縦断する観点での新たな課題や現象に取り組むことを可能としている。さらにUCIではキャンパスのエネルギーネットワーク自体を独立したマイクログリッドとし、実際にグリッドレベルでの実験を行うこともできる。このマイクログリッドには太陽電池や水素関係の設備なども接続され、極めて広範囲で総合的な検討に対応可能な環境を備えている。以上のユニークな研究機能群と構成により、大きな研究発展の可能性を有している。

HIMaC²の研究プロジェクト事例

HIMaC²はまだオープニング後間もない立ち上げ期にあるが、既に様々な研究プロジェクトが開始されており、主要な政府機関からの受託研究も多く含まれている。以下に本稿執筆時点で進行中の主なプロジェクトを示す。

1. Smartville：カリフォルニア州立大学サンディエゴ校からのスピノフ企業との使用済み電池の活用技術の研究
2. Microgrid-in-a-Meter：太陽電池を含む孤立グリッド系について、停電時などの動的事象への対応技術の研究
3. HD-ZEV Charging/Fueling Codes and Standards：電気、水素を用いるヘビーデューティ車両のエネルギー充填手段に関する標準化のための基礎研究
4. Aqueous, Air breathing long - duration energy system：非Liイオン型の新方式電池の研究
5. Smart Cities and Connected and Autonomous Vehicles：自動運転車両を視野に、AIベースの交通制御インフラ協調によるエネルギー効率向上に向けた研究
6. M²CFT：Million Mile Fuel Cell Truckコンソーシアムの一環となる負極の触媒材料の研究
7. Break Dust Project：ブレーキ及びタイヤダストの影響に関する評価研究

以上の多くは公的機関の支援を受けており、例えば3はカリフォルニア州大気資源局、4、5は連邦エネルギー省の公的資金を受けている。また他大学や研究機関との共同プロジェクトも多く進められている。

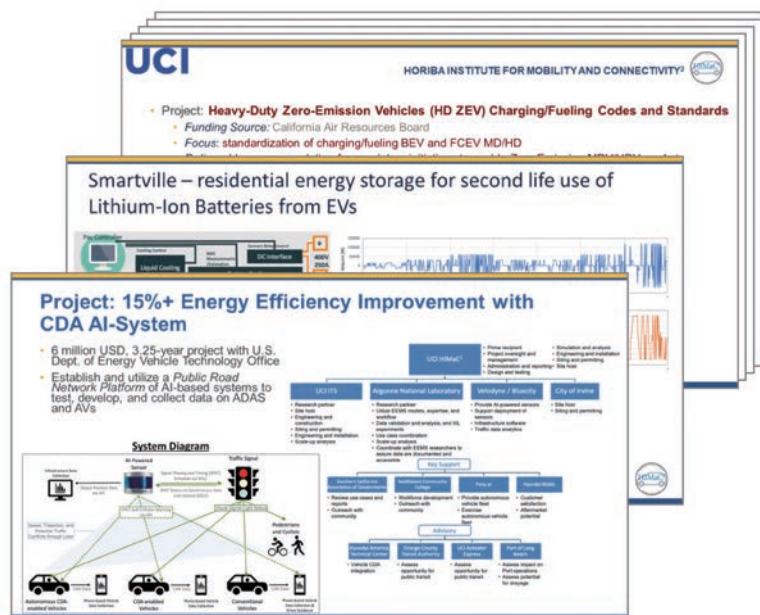


Figure 4 Examples of Research Projects at HIMaC².

おわりに

以上述べてきたように、HORIBAモビリティ・コネクティビティ研究所は、エネルギーとモビリティのネットワークが大きく変革し始める、時宜を得たタイミングでその活動を開始した。今後社会全体が直面する多様な問題に対し、今までにない研究に踏み込む最前線の領域で、既にリーダーシップを発揮しつつある。エネルギーやモビリティの産業を横断し、行政やアカデミアなど多様なステークホルダーとともに、具体的な研究プロジェクトを通して将来の課題解決に資する新たな知見を開拓することが期待される。

なお、この研究所の設立準備にあたっては、UCIのAdvanced Power and Energy Programの創始者であり、永年米国のエネルギー分野の研究を主導してきたScott Samuelsen教授に多くを負っている。構想検討段階からのSamuelsen教授の想像力あふれるリーダーシップに謝意を表し、本稿の結言とする。



木下 明生

KINOSHITA Akio

株式会社堀場製作所
フェロー
博士（工学）
Fellow
HORIBA, Ltd.
Ph.D.