

第2部

特集2 インターネットの設計思想に基づいたスマートシティ・ スマートエネルギーシステムの設計

江崎 浩

第1章 2050年に向けたコンパクト&ネットワーク型インフラの実装

平成26年7月に国土交通省から発表された「国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～」では、我が国が今後対処しなければならない課題として、

- ・急激な人口減少・少子化
- ・異次元の高齢化の進展

が提起されており、これにICTの劇的な進歩など技術革新で対応しなければならないとしており、さらに、国土のグランドデザインとして、「コンパクト+ネットワーク」が、基本的な考え方として提案されている。

「コンパクト+ネットワーク」の実現のための基本戦略として、「国土の細胞としての『小さな拠点』と、高次地方都市連合などの構築」が提案されており、さらに、目指すべき国土の姿として、「実物空間と知識・情報空間が融合した『対流促進型国土』の形成」が提唱されている。

本報告書では、ここで示されている目指すべき国土の姿とされている「実物空間と知識・情報空間の融合」の次の段階として、インターネットの設計思想(これをInternet-by-Designと呼んでいる)の考え方に基づいたシステム設計を提案している。より、具体的には、情報空間(サイバー空間)が、実物空間をシミュレーション・設計し、実装する「ソフトウェア・デファインド(Software Defined)に基づいたサイバー・ファースト」の出現を議論している。

基本的な考え方とされている「コンパクト+ネットワーク」においては、

コンパクト+ネットワークにより、人・モノ・情報の交流・出会いが活性化し、高密度な交流が実現する。高密度な人・モノ・情報の交流はイノベーションのきっかけとなり、新たな価値創造につながる。¹

と記述されており、「コンパクト」の実現に向けて、「新しい集約」の必要性が提唱されている。以下では、この「新しい集約」に関して、筆者のインターネットでの経験から誘導される具体的な手法と方向性に関する議論を行う。

インターネットにおいては、多数の事業者が一つの施設に物理的に集約・集合して、相互接続を行う形態である「コロケーション(Collocation)」が、低コストに自由に迅速な相互接続が可能な環境を実現してきた。相互接続する事業者が物理的に広域に分散している場合には、これらの事業者を相互接続するためのインフラコストが大きくなってしまふ。コロケーションには、以下の2つの利点が存在する。

1. 物理的側面: エコシステムの構築コストの削減

広域に分散した事業者を相互接続するために必要となる物理的インフラの構築と確保に必要なコストを削減可能。

インターネットサービスプロバイダ(ISP)を相互接続する施設であるIX(Internet eXchange)あるいは、多数のサービスプロバイダを集約したマルチテナント型のデータセンターが具体的な例となる。

*1 高密度な交流の実現には、共有可能な相互接続性(Interoperability)と透明性(Transparency)を持った要素およびシステムが必要となる。さらに、新たな価値の創造には、共有される資源の利用に制限がない透明性を持つことが要求される。これは、インターネットが持つ特徴・特性である。

2. 機能的な側面: 同じインフラを他の目的に利用可能
相互接続するサービスプロバイダ(事業者)が、相互接続方法を共通にできれば、新しいサービスを提供するサービスプロバイダが共通の相互接続方法で持続的に新規に参加可能となる。つまり、サービス種別に非依存なサービス提供施設を提供することができる。実際、コロケーション施設には、時代の経過とともに、新しい事業プレイヤーが、新しいテナントとして入居し、既存のサービスプレイヤーや、別の新しいサービスプレイヤーとの相互接続を行うことで、異なる目的を実現するための、エコシステムを共通のインフラを用いて形成・実現してきた。

なお、コロケーション施設を用いて形成される(複数の)エコシステムは、「生産アウトプットと副産物が必ず次の生産のインプットになって、廃棄物や公害が出ない新陳代謝性能が高いシステムが登場する」と、アルビン・トフラー氏の「第3の波」では記述されている。

以下に、2つの具体的事例を紹介する。

(1) データセンターへのコンピュータのコロケーション
オフィスのコンピュータを「データセンター」に物理的にあるいはクラウド技術を用いて仮想的に移設し、コロケーションすることで、多数のコンピュータを集約した運用を行い、大きな節電効果を実現することができる。データセンターは、コンピュータを収容するための専門の施設で、最新の高效率で稼働する空調設備を備えている。仮にオフィスのコン

ピュータをそのままデータセンターに移設するだけでも、10～20%程度の節電が達成可能であることが分かっている。さらにクラウドコンピューティング技術を用いて、サーバやデスクトップコンピュータを仮想化して移設すると60～70%、場合によっては80%以上の節電が可能である。

東日本大震災を契機にして東京大学工学部の電子情報・電気電子工学科の共用サーバと江崎・落合研究室のサーバなどをすべてクラウド化したところ、約71%の節電が実現された。また、クラウドサーバの購入コストは、電気代の減少分であると6か月で償却可能となっていた(図1)。

節電に加えて、さまざまな利点をえることができることを証明したある成功事例として、2011年に品川に移転した日本マイクロソフト社の本社ビルを挙げることができる。そこではインターネット技術を用いたオープンな施設の管理制御が導入され、それまで個別に稼働していたビル内の空調や照明などのサブシステムをサイバー空間で相互接続し、統合化を実現したが、同時に、オフィス内にサーバコンピュータ室を持たず、データセンターにおけるクラウド技術を用いたIT環境を実現した。これによって節電・省エネが一気に進んだとともに、ITシステムの事業継続計画(BCP)が向上した。さらに遠隔業務の環境が整ったことで、これまでになかった次のような事業活動が可能となった。

- (a) 災害時の事業継続(東日本大震災の際には約85%の社員が在宅勤務を行った実績を持つ)
- (b) 在宅勤務環境によって女性社員や身体に障害を持った社員の活動を支援

さらに、データセンター+クラウドの利用によって、オフィスの運用に関するライフタイムコストの観点での財務的な改善の実現が認識された。テナントビルを利用する会社にとって、入居時・入居中・移転時という各段階で次のようなメリットがあることが明らかになった。

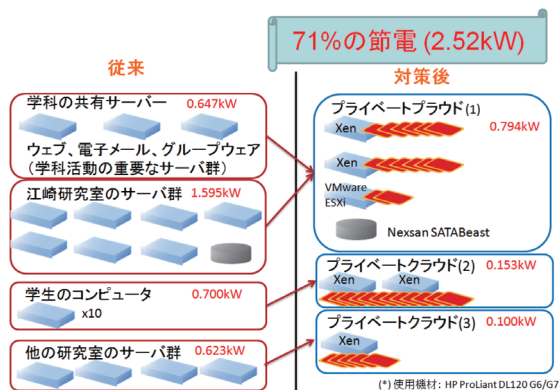


図1 2011年4月の東京大学 江崎・落合研究室でのクラウド化

- ・入居時:電力工事、床荷重対策、空調工事などを必要とするサーバ室を設置する必要がなくなり、工事費の負担が小さくなると同時に入居までの期間を短縮できる。
- ・入居中:大きな熱源であるサーバ室を設置する必要がなく、電力負荷および光熱費負担が小さくなる。
- ・移転時:サーバ室は原状復帰のコストが非常に大きいですが、その必要がなく、転居時の工事費の負担が小さくなり、結果的により良い条件のビルに移転するための障壁が低くなる。

(2) データセンターを核とした「エネルギー」エコキャンパス

データセンターは電力を消費するとともに、電力と熱の発生源でもある。いつも排熱が生じるので、その熱をエネルギーとして利用することも考えられる。さらに蓄電能力や自家発電能力を持っているので、地震などの災害時でもサービスを継続するために十分な対策が取られている。このような機能を備えた施設は、いざとなれば避難所としての条件を満たすと言える。

データセンターと同じように、電力を消費しながら、電力と熱を生成する設備としては、ゴミ焼却設備が

挙げられる。よく見られるように、そこではゴミの焼却に際して電力の発電を行うと同時に、排熱を用いて温水プールなどを運営している。さらに、ゴミ処理場は住民数に応じて地理的に分散しており、またゴミ収集の効率化の観点から、交通の便がよい場所に設置されている(図2)。

これら施設を上手くつなげて設置(コロケーション: Collocation)できないだろうか。そうすれば、電力(または水素)と熱のエコシステムを作れるはずである。しかも、これらは適当に分散していて、交通の便のよい場所にあり、災害時にも継続運転できるエネルギーが確保されていることが多い。エネルギーの生成の際に発生した電力と熱は、さまざまな用途の施設に供給もできます。たとえば、災害時の避難所であり、その他にも植物工場、病院や介護施設などが挙げられる。

実際、仙台市にある東北福祉大学のキャンパスでは、東日本大震災の際に複数のエネルギー源を統合利用して、電力と熱をキャンパス内の施設に供給するシステムを構築していた(図3)。そのおかげで、電力会社からの電力が停止した状態でも、講義室や養護施設などに必要な電力と熱を供給することができた。大学のキャンパスは学生だけでなく、近隣住民



図2

にとっても避難所としてきわめて良好に機能したと聞いている。しかもこのキャンパスには、電力会社からの電源に加えて、中高圧のガスが供給されており、自家発電機能が備わっていた。さらにガスを用いた燃料電池も導入されていた。そうすると、ガスを用いて水素を生成する装置もすでに市場にあるので、水素燃料を手にすることも可能となる。したがって、今後、水素をエネルギーとする自動車が普及すれば、その燃料の供給地としても機能して、災害時の人々や荷物の移動を支援することも可能となるであろう。

このようにエネルギー・セキュリティ機能を持った施設が、災害に対応する戦略的拠点となれば、地域におけるエコシステムの機能もいっそう高まることになる。このエコシステムでは、電力、熱、ガス、水素などの異なる形態のエネルギーが存在するので、これらを相互に転換する装置が備われれば、非常に柔軟なエネルギー流通を実現できるのである。

さらに、図2に示したように、データセンター、ゴミ処理場。上下水道処理施設に加えて、ショッピングモールと病院・高齢者施設のコロケーションも魅力的かもしれない。自動車は、駐車場で、電力あるいは水素の充填を行うことができる。さらに、ショッピ

ングモールは、災害時に食料品と衣料品と駐車場を提供可能であり、2011年3月に発生した東日本大震災の時に、避難所として機能したところが少なくない。さらに、ここに、災害時に、避難することが容易でなはない病人や高齢者の方々がコロケーションしていることも、災害時の対応としては、非常に好都合である。常時のエコシステムが、非常にも機能するモデルである。

第2章 ノマディックによる新しい集約の実現

「国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～」では、「国土の細胞としての『小さな拠点』と「新しい集約」というキーワードが提起されている。この『小さな拠点』『新しい集約』はどのようにして、具体的に実現するのであろう？ 本節では、近年の技術革新のシーズを考慮・利用した「新しい集約」の具体的な解決法の一つのアイデアを議論する。

具体的には、地面に固定(ロックオン)されていた住居の制約を取り除いて、地理的位置を自由に変えることが可能な住居のモビリティを実現するというアイデアである。地面と建物をアンバンドル化(Unbundling)するとともに、建物を構成するモジュールの相互接続性を持たせる

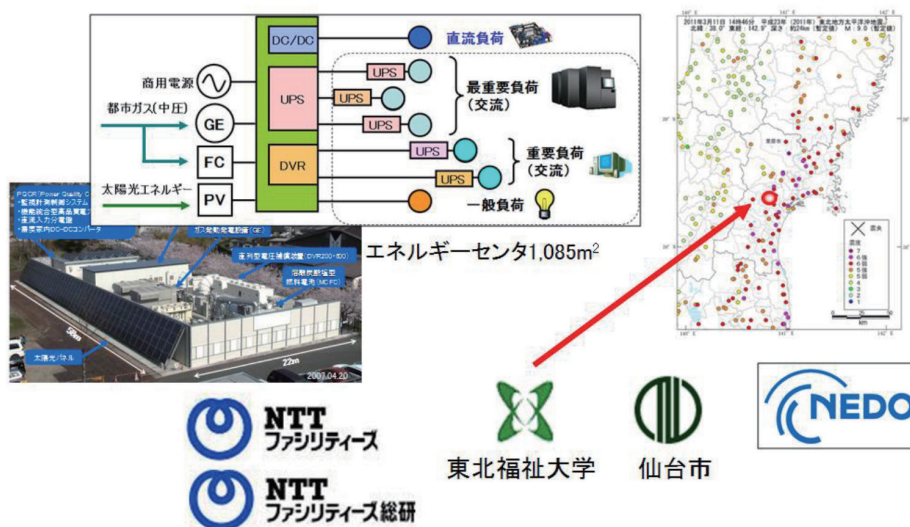


図3

ことで、オープン化と、ソフトウェア・デザイン型の建物・構造物をダイナミックに構成・再構成・移動可能にするという方向性である。

「人々の集約」には、移動することが必要となる。その移動は、数時間や数日という短期間ではなく、数年以上の長期間での移動が必要となる。建物に入居している人の移動ではなく、建物という「不動産」を「動産」に変化させられないであろうか？ 建物を、土地からアンバンドル(unbundle)にすることによって、動産化させるのである。そうすれば、「人々の集約」によって最近問題になってきている人が住まなくなった廃墟のような建物が増えることを回避できる可能性も出てくるのではないだろうか。

ところで、人や荷物を移動させる「車」は、動産であり、動産であるがゆえに、所有権の譲渡を行う中古車市場も存在している。住居が存在する物理的な土地の制限からの解放、すなわち、土地に関する非依存性、住居のIPパッケージ化である。このような、いろいろな手段で移動可能な住居として、トレーラハウスがある(なお、コンテナハウスもほぼ同様のことが実現可能である)。トレーラハウスは、道路を利用して、自由に設置場所を変更可能であるし、最近では、複数のトレーラハウスを結合することも可能である。

トレーラハウスの導入は、コンピュータシステムにおけるクラウドコンピューティングシステムの登場による仮想マシンの利用と類似の方向性と考えることが可能かもしれない。従来の住居においては、さまざまなハードウェアにあたる地面・基礎に、ハードウェアデバイスごとに異なるオペレーティングシステムとその上で動作するアプリケーションにあたる住居の上物が固定されていた。

トレーラハウスの導入は、住居全体をジャッキアップして共通の地面と基礎を提供するような薄い構造物(=ハイパーパイザ)を、物理的な地面と住居の上物との間に挟み込むことで、すべての住居の上物で共通の地面と基礎を利用可能にし、同一の地面と基礎を想定した住居の上物(=ゲスト・オペレーティングシステムを用いて動く仮想マシン)を作れば、どの地面と基礎の場所にも(=任意の

ハードウェア構成のコンピュータ上にも)、さまざまな住居の上物(=仮想マシン)を建築することを可能にすることになる。その結果、住居の上物(=仮想マシン)は、実際の地面・基礎(=ハードウェア)を意識せずに設計・構築・利用することが可能になり、さらに、住居の上物(=仮想マシン)は、自由に、任意の地面・基礎の場所(=ハードウェア)に移動(=マイグレーション)することが可能になると捉えることができるであろう。トレーラハウスを、クラウドコンピューティング環境におけるハイパーパイザとして捉えればよいのである。

さらに、トレーラハウスの製造は、既に、ソフトウェア・デファインド化に近い状況にある。いろいろな組み合わせ可能な標準部品があり、最近では、3Dプリンターを利用した部品の作成および構造体の作成すらも可能になってきている。既に、商用のトレーラハウスシステムでは、複数のトレーラハウスを結合させて大きな構造体にすることや、構成の変更が自由なイベントコンプレックスを構成することも可能になってきている。このような、コンプレックスの構成は、短期間(数日等)でも、長期間(年単位)でも可能になっているのである。

さらに、人と荷物の移動を支援していた車は、急速に電氣化が進行している。EV(Electric Vehicle)やFCV(Fuel Cell Vehicle)である。これらの、新世代の車は、化学反応を用いて、電気を発生し、電力で車が必要とするエネルギーを供給する構造になっている。このEVおよびFCVが蓄積・供給可能な電力エネルギー量は、2016年時点で、ピークで100KVA程度、常時で数十KVAであり、車は8時間程度の継続走行が可能であり、約100KWH程度の電力容量を所持した移動可能な電力供給源であり電力蓄積装置となっている(発電装置の大きさはFCVの場合には、5cm x40cm x50cm程度の大きさしかない)。一方、通常の住居の受電契約が、数十アンペア程度であるので、住居においてはピークで数KVAの電力使用量となっている。このように考えると、10軒程度の住居に8時間程度の電力供給が可能であるし、1軒の住居においては80時間程度すなわち、4日程度の電力供給が可能なのである。災害時においては、72時間すなわち、3日間が生存にとっての、クリティカルな時間だとされている。つまり、満タンの状況のEVあるいはFCVは、自然災害時のクリティカルな

時間である72時間の間、“通常の”²生活で必要となる電力エネルギーの供給が可能なのである。

なお、車の電力は、基本的には400Vと12Vの直流電力になっていて、住居で利用されている100Vあるいは200V/240Vの交流電力ではない。身の回りのほとんどの家電機器や電子機器は、交流電源から電力を得るが、実際には、交流-直流変換(AD変換)を経て、直流で電力を利用している。

このように、EVおよびFCVの容量と発電ワット数は、住居の電力供給源として十分な大きさを持っており、しかも、非常に小さな大きさでの実現可能性を持っていることがわかる。さらに、例えば、日産車のEVリーフは、市場で実際に走行している車両が発生可能な電力量の総量は、2016年夏の段階で、なんと、1ギガワット(GW)程度になっているとのことである。これは、原発2基程度の発電量に相当する。すなわち、日産リーフは、約原発2基分の大きさの能力をもつ分散発電所とみることができるのである。(図4)

このように、EVあるいはFCVとトレーラハウス(あるいはコンテナハウス)を組み合わせることで、災害時でもクリティカルな72時間を外部からの電力供給なしに乗り切ることが可能な、強い耐震性を持った、しかも、その存在

場所を自由に変更可能な住居を実現することが可能となるのである。

トレーラハウス(+EV/FCV)の設置場所には、上下水道の管路との連結点、{それと可能であれば}エネルギーの供給システム(例えば、電力の充電・送電)との連結点を提供される「地面」が提供されれば十分であろう。ここを、「新しい集約点」にすればよいのではないだろうか。この「新しい集約点」には、トレーラハウスでの構築は事実上不可能な大規模な施設が核として存在することになる。例えば、病院や自治体の施設、あるいは3Dプリンターを用いたマイクロファブなどである。ここに、長期・中期・短期で移動可能なトレーラハウスが、ノマディックに集結すればよいのである。

図5に、トレーラ・ハウスを利用した「新しい集約」拠点のイメージを示した。この「新しい集約」モデルは、以下の4つを同時に実現する可能性を持っている。

- (1) 共: 共生するエコシステム
- (2) 楽: エンタテインメントを楽しむ
- (3) 貢: 地球の温暖化防止に貢献する
- (4) 生: 災害時に生き残る

特に、少子高齢化に向けて、コミュニティーのコンパクト

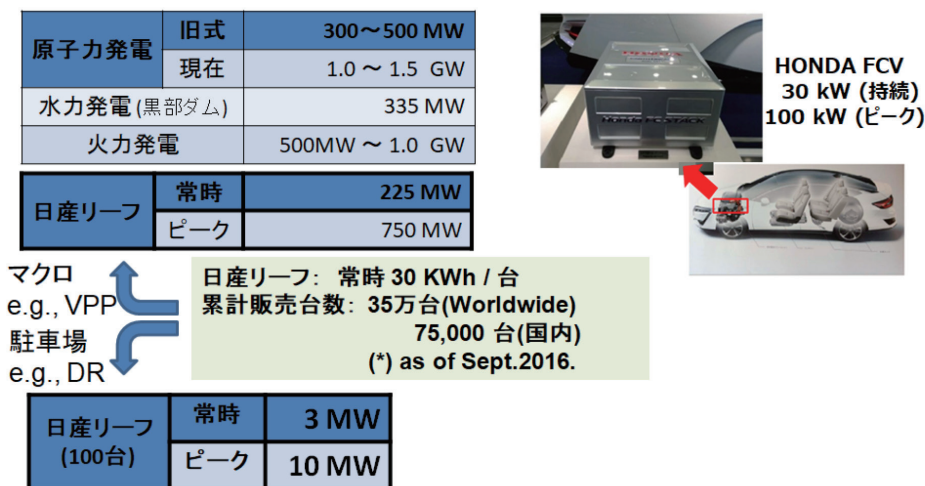


図4

*2 通常の場合に80時間程度ですので、非常時にはさらに長い時間の電力供給、あるいは複数の住居への電力供給が可能になると考えることができるでしょう。

ト化とエコシステム化を実現することが、ほとんどの自治体が目指したい方向性である。しかし、生活の記録が刻み込まれた住み慣れた住居を離れたくないという思いも強い。それであれば、特に、移動することが容易ではなくなった高齢者や病人あるいは身体障害者の方々に、必要に応じて、住みやすい場所に住居ごと移動するという可能性を提供すれば、住みなれた住居に住まいつつ日々の生活がしやすくなる。さらに、災害時に避難所に避難移動する必要性を大幅に削減することができるようになることも期待できる。これは、「新しい集約」拠点が、災害時に避難所と機能するに資する環境を常時の環境において提供しているような拠点設計を行っておけばよいのである。災害時に最低限必要なものは、食料・衣料・医療・上下水・エネルギー・温水である。このような、機能を提供するエコシステムを構成する「新しい集約」拠点を形成すれば、自然と住居の集約化が進むのではないだろうか。さらに、住居が、移動可能になることは、それまで、移動可能なのは、従来は居住する人・家族のみだったが、居住する人・家族に加えて、住居も移動可能となる。住居が動産化するというのは、移動と譲渡の可能性が格段に向上することを意味する。さらに、トレーラハウスは、モジュール化可能で複数のトレーラを結合させて住居を構成することも可能になっており、利用する機会が減ってきた住居の一部(部屋)を切り離し、必要とする人のもとに移動させ、所有権・利用権を譲渡することが可能となる。住居の利用者である人の典型的な一生は、独身(独立し単

身) → 新婚(2人) → 家族 → 子供の独立 → シニア夫婦(2人)であろう。住居の定員は、最初は1名、次に2名、次に3名以上、最後には2名になる。このような住居が必要とする定員に従って、住居を構成するトレーラの数。必要に応じて増減する方法が考えられる。不要になったトレーラは、それを必要としている人・家庭に提供することも可能である。

これは、車のようなトレーラハウスの中古車流通市場を形成することになる。この中古市場は住居に関する中古流通市場になりますが、現在の住居は地面に張り付けられて地理的には移動することが不可能な住居の中古流通市場ではなく、住居の地理的場所が変更可能な革新的な住居(しかもトレーラ単位での)の部分的な流通も可能な新市場を創生することになるであろう。この新市場は、住居のライフタイムコストを改善し、循環型社会の実現にも資することになる。また、このような新市場を有効に機能させるには、今までほとんど行われていなかった住居のメンテナンス履歴の保存も必要となる。このように新市場の周辺にそれに付随した新サービスの創出も期待でき、これまでにない産業分野の確立に向けた正の循環を作り出していけるのではないだろうか。さらに、必要とする住居の生活者の数に応じてトレーラ数を減らせば、必要になる地面の面積を減らすことができ、その分だけ地価の高い場所に住居を移動させることができるようになる。生活に必要な施設が集まり、便利な場所

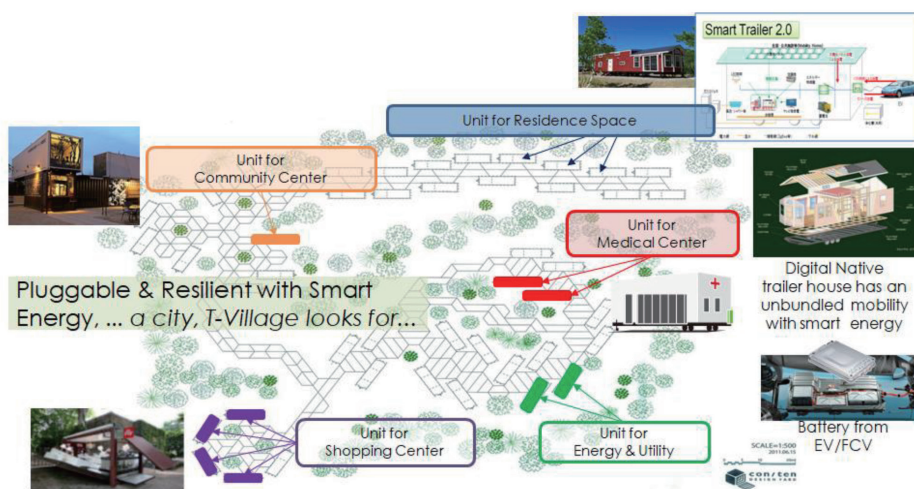


図5 Dynamic Smart & Eco Village with Mobile Nomadic Complex

は、一般に地価が高くなるが、減らしたトレーラの売却収入と必要な地面の面積を減らすことでこの問題にも対応しやすくなることが期待できる。

さらに、このトレーラの中古流通市場は、自然災害発生時などに必要となる避難用住居や仮設住居として、利用することが可能になる。つまり、住居が地理的に移動することができることによって、常時の市場が、非常時に被災地の災害対応に貢献することを可能にするのである。子供の独立などで不要になったトレーラを災害発生時に提供することのコミットを条件に、税制優遇を行うことで、非常時に社会が被災地に抛出可能なトレーラハウスの在庫を確保することが可能になるかもしれない。税制なども含めた「新しい集約」すなわち、エコシステムの創成である。

最後に、「新しい集約」拠点間をネットワーク化するエッジ(リンク)は、これまでの人・モノの移動速度を画期的に高速化する手法の導入を必要とする。一つには、物理的

な人・モノの移動を、サイバー化すなわちデジタル化する方法である。もう一つは、車の自動運転による車の移動速度の大幅な向上のような、サイバー技術の粋を利用した物理的な人・モノの移動速度を大幅に向上させる物理的移動インフラの構築である。このような、インフラの設計・構築によって、「新しい集約」と「新しい連結リンク」で構成される、「コンパクト+ネットワーク」型の社会・産業インフラが構築されるのではないだろうか。

このように、デジタル化(=アンバンドル化)によって、インフラ上で流通する(デジタルだけではなく物理的な)コンテンツが、インフラによる制限を受けなくなるように(=非依存に)することで、これまででは不可能であった、異次元のエコシステム、そして、「新しい集約」拠点の実現手法を手に入れることが可能になる。それが、2050年グランドプランである、「コンパクト+ネットワーク」の実現に必要な「新しい集約」拠点を形成することが可能な一つのエコシステム・アーキテクチャではないだろうか。

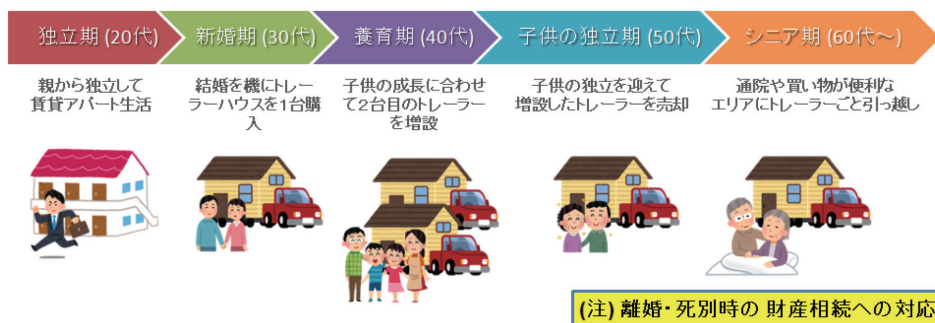


図6



図7

第3章 ビル・キャンパスのスマート化

21世紀の社会・産業基盤においては、情報通信システムが、その創造性と持続性の実現には必須のものであり、情報通信システム(サーバー空間)と実空間で展開されるオブジェクトとの連携、すなわち、実空間に存在する物(シングズ; Things)の状態の把握(センシング; Sensing)と制御(アクチュエーション; Actuation)の設計と実装が、その効率を決定することになる。ICTを用いたビル・キャンパス・都市のスマート化・グリーン化には、構成機器自身のスマート化・グリーン化と、ICT機器を用いたシステムのスマート化とグリーン化(by IT)の2つが存在するが、その実現には、インフラを構成する機器の状況の正確な把握と、その情報に基づいたグリーン化・スマート化を具現化する戦略の策定が行われなければならない。人間に例えれば、ICT機器やICT機器が仕事をする場所であるコンピュータルームやIDC(Internet Data Center)は『脳』にあたり、ネットワークは『神経系』、発電設備は『心臓』、さらに、電力は『血』に相当する。『賢く能率的な脳』と『俊敏に動作する神経』、さらに『効率的な循環器系』が、人間の効率的で機能的な活動を実現するのは明らかである。さらに、これは、イノベーションの持続的創成を実現するに資するエコシステムの特長を持ったインフラでなければならない。

さらに、2011年3月11日に起こった東日本大震災は、社会・産業インフラに対して、まったく異なる次元からのBCP(Business Continuity Plan、事業継続計画)を確立する必要があることを示した。その帰結として、我々は、BCPの向上と電力使用量の削減と制御を、社会・産業活動の量と質は低下させることなく、むしろ向上させることを可能にするようなスマートなインフラ構築を実現することが要求されることとなった。

3.1 IEEE1888アーキテクチャ

GUTPの成果の一つである、インターネットを用いたオープンファシリティーシステムの技術仕様(FIAP³: Facility Information Access Protocol[17])は、2011年

2月にIEEE1888(UGCCnet Protocol; Ubiquitous Green Community Control Network Protocol)[18]として国際標準技術として承認され、さらに、現在、米国NISTが主宰するSGIP B2GにおけるCoS(Catalogue of Standards)への提案、ならびにIEC/ISO JTC1 SC6 (Telecommunications and information exchange between systems)への提案が行われている。

設備ネットワークにおけるセンサやアクチュエータ間でアクセス・通信プロトコルとしては、BACnet/WS、LonWorks/oBIX、Modbus、SNMPなどが存在するが、これらは、アクセス先にセンサやアクチュエータ機器が存在することを想定して設計されており、基本的にはこれらの機器へのゲートウェイとしてしか機能しない。また、大量のデータ転送・保存および蓄積されているデータセットに対する種々の操作(検索や集約化など)を行うことは想定されていない。いわば、コンピュータ業界における、メインフレームコンピュータの時代に等しい状況であったと言える。IEEE1888は、このようなメインフレームコンピュータ時代のシステム構成であったファシリティーシステムに、インターネットアーキテクチャ(Internet by Designの概念)を導入して、ファシリティーシステムを、マルチベンダー化、広域ネットワーク化、さらにオープン化させることを目指したシステム設計とした。

IEEE1888では、データベースセントリックな機能・動作が、これまでのセンサとアクチュエータ間のゲートウェイ機能と共存・両立可能なシステムアーキテクチャ・プロトコルの設計を行った。このようなアプローチは、TCP/IPの導入時にも適用された方法である。すなわち、センサ・アクチュエータから構成されるフィールドネットワークシステムがゲートウェイ(GW)に収容され、データの蓄積機器(Storage)とアプリケーション(APP; データの加工やユーザとのインタラクションを行うモジュール)との間で対等にかつ自律的に相互接続される構造である。フィールドネットワーク、データレポジトリ、アプリケーションからなる3層構造で構成されるシステムを設計した(図8、図9)。IEEE1888のアーキテクチャ上の特長は、

*3 IEEE1888の基本アーキテクチャは、広域センサーネットワークに関するプロジェクトであるLive E!プロジェクト(www.live-e.org)で研究開発されたものである。

以下の通りである。

- (1) 多様なサブシステム(Field Bus)をGWを介して相互接続するFederation Networking構造
- (2) データベースセントリックなシステム構造
- (3) XML/SOAPを用いたデータ表記とデータ処理アルゴリズムの記述
- (4) データ転送パイプとデータ処理モジュールの相互接続によるデータフローのパイプライン管理
- (5) 大容量データ転送のためのファイルインターフェースの導入

このような技術的な特長によって、これまで、系統ごとに構築・運用される垂直統合モデルから、系統間での連携と水平統合モデルを実現することを目指した(Internet by Designにおける「利用者と利用法を制限しない」の実現)。これは、これまでのビルやキャンパスの設計と発注、すなわち本業界におけるビジネスモデルが、垂直統合型で、しかも、機器提供ベンダーが全体および個別のシステムに関する技術仕様を決めてしまう『ベンダー主導』であっ

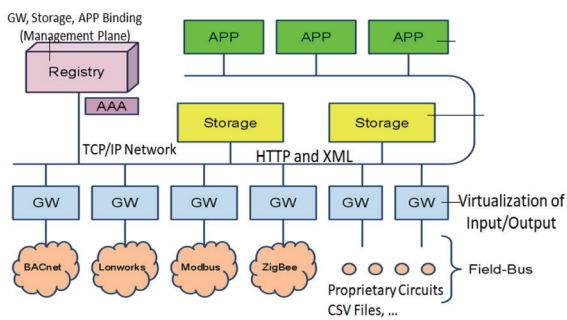


図8 IEEE1888の3層構造アーキテクチャ概念図

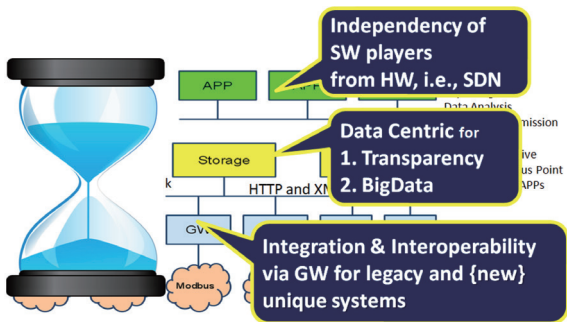


図9

たものを、システムの発注者が技術仕様を主導的に決定可能な状況(『ユーザ主導』)へと変革させることを意味している。

また、GWを用いた相互接続モデルは、(1) 既存システムからの連続的改修を可能にするとともに、(2) 新しい(独自)技術のフィールドシステムへの適用を可能にする。その結果、既存システムとの共存と、継続的進化の可能性を可能にするために必要となる「選択肢の適用」を可能にしている。この特長は、構成要素の改修周期が長いファシリティーシステムにとって、とても重要なものとなる。

IEEE1888を用いたシステムのオープン化は、多様なサブシステムおよびアプリケーションによって、データベースに集積されるデータを共有かつ利用可能にすることを前提にしている。すなわち、すべてのデータが共有され、“透明に”(=利用者と利用方法に制限なく)利用されることで、コモンズの性質を持ち、Single Asset for Multiple-Useというインターネットの設計思想を、ファシリティーの産業領域に持ち込むことを目指したものであった。

3.2 IEEE1888の普及に向けた施策

新しい技術の普及と産業化には、国内外での標準化が貢献することから、GUTPでは、技術の標準化を重要な活動成果と位置付けプロジェクトを発足させた。そのような状況の中、IEEE-SAの中国展開の中にスマートビル・キャンパスが取り上げられ、中国の関係組織とのこれまでのIPv6とIPv6を用いたIoTおよびグリーンITに関する連携関係から、IEEE1888に関する協調関係が構築された。一方、2006年に設立したFNICは、米国NISTが主宰したSGIPのB2G分科会の主要担当組織であるASHRAEのBACnet分科会との関係をIPv6の導入に関する連携関係を持っていたことと、IPv6 Ready Logo ProgramのNISTでの展開の担当者がSGIPにおけるIP技術の適用に関する責任者の一人になっていたことなどから、FIAPおよびIEEE1888のNISTへの提案活動を順調に推進することができた。また、IEEE-SAは、ISO/IEC JTC1への提案トラックを持っており、このトラック(Fast Track)を用いて、IEEE1888のISO/IECへの提案活動を行っている。ISO/IECへの提案においても、担当SCのSC6の議長は、韓国で筆者らが親しく連携関係にあった研究者であり、ここで

も、良好な協調関係を構築することができた。

次に、GUTPでの実システムを用いた実証的運用の中で、スマートビル・キャンパスの構築に投入されるネットワーク機器やセンサー機器のサイバー・セキュリティ対策が不十分であることが明らかになり、GUTP内でサイバーセキュリティ対策の具体的手法に関するガイドラインの必要性が認識され、これを、IEEE1888の拡張機能とすることにした(IEEE1888.3として2013年12月に承認された)。一方、NIST SGIPでのCoS(Catalogue of Standards)化には、サイバーセキュリティ分科会によって、十分なサイバーセキュリティ対策機能が具備されていることが必須とされており、GUTPにおける実証運用に基づいた対応が、標準化活動に貢献した結果となった。

最後に、GUTP(東大グリーンICTプロジェクト)では、インターネットおよびIPv6における技術の普及と産業化の支援に貢献したと考えられる以下の2つの施策をIEEE1888に関して実施している。

- (1) 参照オープンソフトウェアの提供⁴
- (2) 相互接続検証仕様と検証イベントの開催

3.3 実現に向けた「スマート調達」

キャンパス施設を構成するすべてのハードウェアとソフトウェアが、共通のオープンな技術仕様に基づいて相互接続し、相互にかつ自由・自律的に連携協調動作可能な環境を実現することで、(1) 持続的なイノベーションと、(2) 継続的・効率的・低コストの運用、(3) 安全な継続的運用、さらに、(4) 地球環境対策に資する運用、を同時に一つの共通インフラで実現することを目指した、スマートなシステムの設計・構築と運営を実現しなければならない。

すなわち、これまでの、物理レイヤからアプリケーションレイヤまでの機能が独立した独自技術を用いた各サブシステムから構成される「垂直統合型のサイロ型システム(あるいはストープ&パイプ型システム)」を、すべてのサブシステムに共通するオープンな技術を用いて相互接続し連携動作することが可能な『相互接続性を最重要要求条件』とする「水平協調型のプラットフォーム型システム」へと、移行させることがキャンパス施設のスマート化であり、キャンパス施設の長期的観点からのライフタイムコスト⁵の削減と高機能化と運用の継続性の実現に寄与・貢献する。相互接続性を最重要条件とするキャンパス施設においては、「外部システム・外部機器との接続」を前提にした、『セキュリティ・バイ・デザイン(Security-by-Design)』の考え方に従った、すべてのハードウェア・ソフトウェアに関するサイバーセキュリティ対策の実装が必須条件とされる方向を目指さなければならない⁶。

オープン化とスマート化は、キャンパス施設を構成するすべてのハードウェアとソフトウェアに関して実現されるだけでなく、これらの調達手順と運用手順のオープン化とスマート化を実現するとともに、現在の「ベンダー主導」の設計・実装・運用・管理手順を、「オーナー主導・ユーザ主導」⁷あるいはユーザとベンダーが密接にシステムの技術仕様を定義するDev-Ops⁸と呼ばれる状況へ変革することで、より小さなコストで迅速かつ容易に、キャンパス施設の高度化・効率化・安定化を実現することが可能となる⁹。「ベンダー主導」の状況を、「オーナー主導・ユーザ主導」に変化させるためには、発注者(施主)組織の担当者の知見と経験値の向上が必要となり、この実現に資する「発注者側のスキル向上」が実現されなければならない。あるいは、発注者側の意思の具現化を支援することが可能な事業者あるいは組織を活用することも、有効な方法であろう¹⁰。発注者側の知見の充実と向上によ

*4 ハードウェアプラットフォームに関する依存性をない環境の提供を考慮し、Linux仮想マシン環境での参照ソフトウェアの提供とした。

*5 短期的利益を最大化することで、結果的には長期的利益を損なうような、長期的責任を放棄・無視したプロジェクト企画とコスト評価ならびに予算運用は、組織にとって不利益となる場合が多い。「振り逃げ禁止」の原則を適用すべきである。

*6 このような考え方は、内閣府が提言している「科学技術イノベーション総合戦略2016」、2016年1月に閣議決定された「第5期科学技術基本計画」においては、Society 5.0と定義されており、すべてのシステムがIT/ICT技術によってオンライン化・オープン化・スマート化され、相互接続された自律的統合システムとして連携協調・協働動作を、十分なサイバーセキュリティ対策とともに実現し、創造的な新機能を実現することが、我が国の今後の戦略的施策・方向性と明言されている。

*7 ベンダーへの「丸投げ禁止！」

*8 開発(Development)と運用(Operating)を組み合わせた混成語で、開発担当者と運用担当者が連携・協力する開発手法をさす。

*9 常に小さなコストで実現可能とは言えないが、特にライフタイムコストという観点からはより小さなコストとなることが少なくない。

*10 成功事例としては、Plantec社によるキューデンインフォコム社・Qtnet社の「データセンター福岡空港」が挙げられる

て、発注者側と受注者側の間での、適切な緊張感をもって、切磋琢磨と連携が実現される環境を確立しなければならないと考える。

IT業界が実現した、システムの「オープン化」と「スマート化」を、建築・設備業界で実現・展開することで、キャンパス施設のオーナーのみならずベンダー企業に対しても、総合的で継続的な恩恵がもたらさなければならない。

3.3.1 設備および設備システムに関する課題

以下に、現在のキャンパス設備ならびに設備システムが抱える課題を整理する。

(1) 調達システムに関する透明性の不足・欠如

① システム構造

システムを構成するサブシステムがブラックボックス化されることで、結果的に、施主側の要望実現に関する自由度が制限されることになっている。

② コスト構造

サブシステムのコストがブラックボックス化され、発注者を含まない、受注側企業間での相対でのコスト構造が形成され、コスト構造の透明化が阻害され、結果的に、サブシステムの提供可能業者間での競争環境の形成が阻害されている。

(2) ベンダーロックインと提供機能の制限

オープン技術が利用可能とされているにも関わらず、実質上はオープン技術の利用・適用が、事実上、困難（あるいは不可能）となっており、大幅な初期コストの増加が誘導され、特定のベンダーへのロックイン状況から抜け出すことが容易ではない状況が作り出されている事例が多い。具体的には、共通のオープン技術を用いた相互接続環境の実現は不可能ではないが、大きなコストを請求・要求される場合や、基本機能以外の機能に関する相互接続性は保証できない場合、あるいは、導入システムに対する正常・安定運用の保証しない場合(e.g. 『オープン化は可能だけど動作保証はできません』と脅迫される)などが、発生しているのが実状である。その結果、事実上・実践的な「相互

接続性」実現が阻害されるとともに、他のベンダーの機器・ソフトウェアの導入が阻害されているとともに、先端機能・新機能の導入に関する障壁(コストと運用制限)が大きく、事実上阻害されている状況が少なくない。

(3) システムのネットワーク化・統合化への制限

Industry4.0(第4次産業革命)やSociety5.0で提唱されている、さまざまシステムの相互接続・相互連携・連携協働は、これまでは独立に運用保全されてきたシステムを(透明に)オープン化およびネットワーク化・統合化することで、スマート化するという方向性である。このネットワーク化・統合化は、自キャンパス内の施設に限ったものではなく、自キャンパス以外の施設との相互接続・連携協働を、意図したものである¹¹。また、このような、システムのネットワーク化・統合化は、既存の非オープンシステムあるいは既存のオープンシステムとの統合を実現させなければならない。

しかしながら、相互接続に伴うシステムの動作保証の問題、サイバーセキュリティーを含むセキュリティー(安全性)の問題、相互接続に必要な費用の問題などを理由に、システムのネットワーク化・統合化への制限が提示されることになったり、あるいは、導入したシステムが独自技術を用いているために、相互接続することが事実上不可能となっている場合などが存在している。

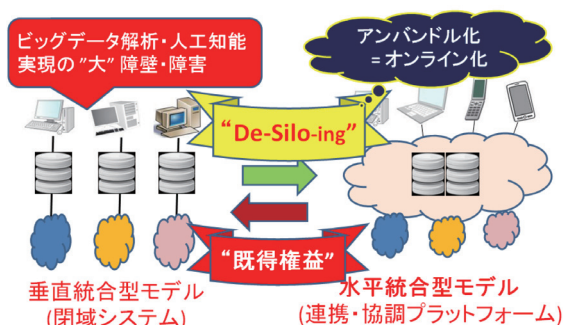


図10

*11 Plantec社(www.plantec.co.jp)での事例では、外部設備との協調連携をITシステムの連携による物流の管理・制御の統合化と高度化によって、必要な在庫容量を大幅に削減した物流倉庫・物流システムの提案・受注・施工が存在する[19]。

(4) セキュリティー

システムがクローズドな独立運用を前提としている場合が少なくない。すなわち、物理的セキュリティによって、外部からの攻撃への対処をしているので、安全であると、主張される場合が少なくない。そのため、当該システムを、他のシステムと相互接続する場合には、システムの安全稼働・正常稼働を保証することは不可能といわれることが多い。

また、他のシステムとの相互接続を行わないことを前提に、システム的设计・実装・構築・運用・保全が行われている場合が多く、基本的なセキュリティ対策が考慮・実装されていない場合も少なくないのが実状である。

3.3.2 注意が必要なビジネス慣習の例

以下に、キャンパス施設の所有者側が、キャンパス施設の新設や改修などの際に、ベンダーロックインを維持・強化するために、システムのオープン化を行わない方向に誘導する典型的な独自技術によるロックイン型ベンダーによる反応・対応の例を以下に挙げる。

- (1) オープン技術を用いることでも、ご希望の要求は満足することができますが、弊社の技術・製品によって、同様のことが、より安いコストで実現可能です。
(*) ライフタイムコストでは、逆に、大きなコスト負担となる場合が、少なくない。
- (2) ご希望の機能を提供することは、「不可能」です。
(*) 実は可能でも、不可能と主張される場合が、少なくない。
- (3) ご希望の要求を満足するための修正は、不可能ではありませんが、
 - ① このくらいの{大きな額の}、{システムの動作検証を含む}開発費用が発生しますので、この費用のご負担をお願いしなくてはなりません。
 - ② 修正に伴い、システムの維持管理に必要な保守費用が、このくらい{大きな額}増加することになります。
 - ③ 納品したシステムとは、その構成が異なったもの

になってしまいますので、関連する部分に関する「契約時の動作保証」は不可能となります。

- ④ セキュリティー面での問題が発生してしまいます。ご希望の修正を行った場合には、セキュア(安全な)稼働を保証することは不可能です。
(*) そもそも、セキュリティ対策が考えられていない場合が多い。

なお、【付録1】に、2011年に発生した東日本大震災の時の東京大学における主要6キャンパスの電力使用量のリアルタイム見える化システムの導入の際の、機器納品ベンダーとの経緯を紹介している。

3.3.3 対応方針

以下に、2.2に示した現状の課題に対処するための方針を示した。

(1) システムの運用・保全・管理のオープン化

キャンパス施設の保全・運用などの企画を、キャンパス設備の所有者側(発注側)で、自力で行うことが可能な環境を構築するのが理想である。そこで、実際の調達においては、企画の立案と実施管理は、自力もしくは「適切な」コンサル事業者の利用するなどして、実現されるべきである。「丸投げ」の禁止である。

特に、運用管理の契約において、適切な措置を取れることを可能にするような条件を発注仕様書に明記することが重要である。2.2 (3) で示したような課題が発生するリスクを軽減し、システム仕様のオープン化を実現するべきである。

(2) ライフタイムコストの観点にたったシステム仕様の検討と定義

設備の発注に際しては、導入時のコストだけでなく、ライフタイムコストの算出とその評価を考慮した提案システムの査定を行うために、ライフタイムコストの提示を調達の評価要件に盛り込むことが望ましい。この対応は、システムの「改修」「追加」「入れ替え」などの、すべての発注の際に盛り込むべきである。

(3) 調達のオープン化(透明性の確保)

可能な限り、システムを構成するすべてのサブシステムに対するコスト構造がオープン化され、発注側に透明化されることを提案の必須条件に盛り込むべきである。これによって、受注内部でのブラックボックス化された相対での契約関係がオープン化され、より健全な競争関係の構築と、提案システムの公正で公平な評価を行うことが可能となる。

(4) 技術のオープン化(透明性の確保)

将来の機能拡張・保全維持や他のシステムとの相互接続性の評価を行うとともに、その確保を行うために、各サブシステムが適用している技術仕様が、発注側に提示・開示されることを提案の必須条件に盛り込むべきである。

(5) セキュリティー機能の定義と明文化

安全対策、継続的・持続的運用(BCP: Business Continuity Plan)と保全に必要なセキュリティー対策の提示が、発注側に提示・開示されることを提案の必須条件に盛り込むべきである。調達にあたっては、外部システムとの接続(ネットワーク化)の可能性を前提として、設計・実装・運用・保全されなければならない、適切で有効なセキュリティー対策とシステム運用の考え方が適用されなければならない[20, 21]。少なくとも、以下のような項目が、セキュリティー機能の具体的項目として、盛り込まれるべきである。

(i) 物理・セキュリティー

(ii) サイバー・セキュリティー

(iii) エネルギー・セキュリティー

事例: 東北福祉大キャンパス[22]、三井不動産
日本橋再開発

(6) 既存のオープンプロトコルの現状と統合化

これまでは独立に運用保全されてきたシステムを(透明に)オープン化およびネットワーク化・統合化することで、スマート化するという方向性を、要求条件・仕様として明確化・明文化すべきである。

また、このような、システムのネットワーク化・統合化は、既存の非オープンシステムあるいは既存のオープンシステムとの統合を実現させなければならないため、以下のような項目への配慮が必要なことを明記すべきであると考えられる。

(i) 相互接続に伴うシステムの動作保証

(ii) サイバーセキュリティーを含むセキュリティー
(安全性)対策

(iii) 相互接続に必要な費用

このような項目に配慮しつつ、キャンパス設備全体のオープン化とネットワーク化(相互接続化)を順次推進する方向性を包含した戦略的で計画的な実行計画が提案されるようにするべきである。

このような、考え方に従って、推進されている先端的で先駆的な事例(東京工業大学[23]、大手センタービル[24]、東京大工学部2号館[18])が、既に、いくつか存在している。

(7) IT化(クラウド・IoT)の積極的利用

IT技術・システムを用いた事業の実行・執行形態の変革が進行している。実際の物理システムでの実装を行う前に、コンピュータシステム(=サイバー空間)において、精細なシミュレーションが行われ、実際の物理システムの詳細設計が完了したあとに、実際の実装が行われる形態である¹²。言わば、「サイバースペース・ファースト(Cyber Space First)」あるいは「ソフトウェア・ディファインド(Software Defined)」でのシステム設計・実装である。建築・設備業界における「BIM First」あるいは「Computational Design」に相当する事業形態である。

さらに、ネットワークに接続され施設システムとの相互接続と相互連携が可能なオープン技術を用いた(相互接続性が担保された)センサーデバイスの設置、移動あるいは除去が容易になってきている。センサー

*12 コンピュータシステムの劇的で継続的な性能向上が、詳細かつ精密に実空間の物理システムをシミュレーション可能にした。実際に、GUTPのメンバー企業が関与した事業の事例としては、羽田空港駐車場におけるLED誘導灯システムの開発においては、Computational Design/Cyber Space Firstの形態で行われた。

を含むシステムが生成するデータの収集保存と処理、さらに制御は、仮想技術を積極的に利用したクラウド基盤¹³の積極的な利用が推奨される。クラウド基盤においては、ハードウェアの技術仕様に非依存な、仮想的な計算機環境となっており、経費支出の平滑化と削減が容易になる。

(8) 電力・エネルギー自由化への対応

電力とエネルギーの自由化が進展しており、多様なエネルギーを多重的に利用することが可能な法的・商的環境が確立されつつある。この環境においては、各事業所・施設におけるエネルギーの統合化・多重化、すなわち、エネルギーミックスの環境の構築が可能となり、長期・中期・短期のすべてのフェーズでのエネルギー系統の入れ替えが、エネルギーの供給側では可能となる。このような環境に、エネルギーの消費側、すなわち、設備・キャンパス側が、利用するエネルギー系統の入れ替えが可能なシステムの実装が行われなければならない。このようなシステムが実装可能にできなければ、各系統に閉じたベンダーロックイン・プロバイダロックインの環境となってしまう、設計と実装の自由度が下がってしまうことになる¹⁴。

(9) キャンパス施設のエコ・システム化

キャンパス施設を1つのプラットフォームとして捉え、以下の4つの機能を同時に実現するような検討と提案を推奨すべきである。

- (ア) 省エネ・節電
- (イ) BCP(危機管理)
- (ウ) 効率化・品質向上
- (エ) 新機能導入(システムのオープン化が必須条件)

3.4 事例紹介(BCP: Best Current Practice)

以下、GUTP(東大グリーンICTプロジェクト, www.gutp.jp)参加組織の事例を紹介する。

(1) 東京大学 [17, 18, 25, 26]

2008年から工学部2号館を実証実験棟として、

IEEE1888を適用したオープンなエネルギー管理システムを構築、2011年東日本大震災後には、ピークで約40%、総量で約30%の節電を実現した。全学施策としては5つの主要キャンパスの電力使用量のオンライン見える化システムを構築、ピークで約30%、総量で約20%の節電を実現した。工学部においては、各研究教育棟の電力使用量の見える化システムを構築、継続運用が行われている。また、【付録1】では、2011年に発生した東日本大震災の時の東京大学における主要6キャンパスの電力使用量のリアルタイム見える化システムの導入の際の、機器納品ベンダーとの経緯を紹介している。

(2) 東京工業大学「エネ・スワロー」[23]

全面を太陽光パネルに、多様な蓄電池システムを持った大岡山キャンパスに新設された、EEI棟(環境エネルギーイノベーション棟)は、IEEE1888を導入することで、個別の独自技術を用いて稼働する研究装置・設備の統合的管理・制御システムを構築、ビル全体の統合的エネルギー管理制御が実現された。IEEE1888を用いた総合エネルギー管理制御システムは、大岡山キャンパス全体に展開される。

(3) 理化学研究所

理化学研究所の和光キャンパスにおける省エネ対策の一環で、キャンパス全体と約30の研究棟の電力使用量のリアルタイム監視が見える化は、オープン技術であるIEEE1888を用いて実現され稼働している。既存のシステムにデータ収集のための機器を設置、オープンなデータベース・ストレージ・セントリックなシステムが構築された。

(4) 東京大手センタービル (竹中工務店) [24]

既往の中央監視システムを、VPNを介してクラウドと接続し、クラウド上の基盤を使って、ポータルサイトやエネルギーの見える化システムなどを実現した。実現においては、IEEE1888やMQTTなどのオープン技術を活用することで、アプリケーションの更新性

*13 パブリッククラウドとプライベートクラウドが存在しており、利用可能である。

*14 ドイツにおいては、ガスと電力のプロバイダーによる実質的なロックイン現象が発生した。E.ON, <https://www.eon.com/en.html>を意識したシステム設計を行う必要がある

を高め、クラウド使うことで保守性についても向上を図った。複数ビルの接続も実現しており、ビル間でのエネルギー比較も実現している。

(5) 東北福祉大学 [22]

都市ガスと電力系統(東北電力)、さらに太陽光パネルの3系統のエネルギー供給源を統合化・多重化したエネルギーセンターが、NEDOの補助事業として行われた。2011年3月の東日本大震災に際しては、都市ガスの運用が継続されたため、キャンパスへのガス・コージェネレーションによる電力と熱の供給が継続され、避難施設として、近隣市民の収容を行った。

(6) セントレア空港

将来の拡張性とロングライフコストの削減の観点から、BACnetを用いた施設となっている。G7伊勢志摩サミット(2016年5月)では、空港施設のサイバーセキュリティ対策が、緊急かつ重要な業務であることが認識された。

(7) 千葉大学・木更津工業高等専門学校 植物工場[27]

統合型環境制御システムとして、「統合環境コアシステム」と多数の「インテリジェントコントローラ」から構成され、IEEE1888を適用して、多様な独自技術を用いたベンダーの植物工場で利用する機器を相互接続し、データはコアシステムにストレージされ、オープンインターフェースを用いてアプリケーションが動作する構成で、マルチベンダー環境での統合管理制御システムが構築された。

(8) 静岡大学[28, 29]

静岡大学が展開する2つのメインキャンパスである浜松キャンパスと静岡キャンパスの電力消費量をリアルタイムにWEBを用いて告知するPANDRA SYSTEM (<http://pandora.ipc.shizuoka.ac.jp/eco.cgi>) は、GUTPで国際標準化に成功したIEEE1888技術を用いて実現されており、現在でも継続稼働中である。

(9) 静岡県浜松市 施設管理[30]

浜松市が所有する4つ公共施設(図書館、福祉交流センター、水泳場)をIEEE1888を活用して、マルチベン

ダー環境で構成される既存施設のオンライン統合管理を実現、初期費用を概ね4年で回収するモデルで運用されている(2013年4月に採択)

(10) 日本橋ダイヤビルディング(三菱倉庫)

歴史的建物の外観を保存した「災害に強い環境配慮型オフィスビル」を実現するために、ビル内のエネルギー消費状況のリアルタイム管理と、外部環境(交通や気象)の情報をオンライン化・見える化を行った。

(11) (株)カメガヤドラッグストア

関東に展開されている40を超える店舗(Fit Care DEPOT)の消費電力量の遠隔統合管理システムをIEEE1888を用いて構築、本社オフィスから、全店舗の稼働情報がリアルタイムに監視可能となった。

(12) 岩谷産業(株) 中央研究所 (尼崎) [31]

次世代のエネルギー供給システムである水素を用いたエネルギーシステムの導入とともに、IEEE1888を用いたオープンBEMSを導入し、所内で使用するエネルギーの「見える化」を行っている。使用するエネルギーは、水素、LPガス、太陽光、電気の4つである。実験で使用した水素は回収して燃料電池により発電を行い、所内で再利用されている。

(13) セイコープレジジョン社タイ工場

セイコーソリューションズ(株)は、国内のグループ会社の工場とタイのセイコープレジジョン社においてIEEE1888を用いたGreenTalkを利用し、様々な技術を用いて稼働している既存システムを、オープンにネットワーク化・統合管理化することで、エネルギーの見える化と制御を行い、電力の削減に成功している。タイの工場では空調電力を20%、グループ会社の工場では26%の空調電力の削減に成功している。

(14) 山口県住吉工業(株)砕石工場

山口県下関市に本社を構える住吉工業(株)は、山口県産業技術センターが主催する「スマートファクトリー分科会」での「エネルギー監視システムの運用」に関するモデル工場としての取り組みを経て、平成27年度補正予算事業「ものづくり・商業・サービス新展開支援

補助金」に採択され、「碎石製造プロセスの改善による生産性の向上とIoTを用いた効率的な維持管理計画」と題して、「碎石製造設備を固定式から移動式へ抜本的に改善することで生産能力を向上させ、IoTを活用した設備運転状況のリアルタイム把握により、機器運転、生産プロセスの最適化、さらに、生じた時間的余力の拡充」に挑戦した。IEEE1888を用いたクラウド型の「Ecomon(ECOmas Energy MONitoring system)」システムの設計・構築・運用を、山口県宇部市のベンチャー企業であるエコマス(株)との連携・協業によって実現させた。山口県の中小企業が、県内外の大企業の直接的な支援なしに、最先端技術を用いて、「自力で」スマート工場を実現させた事例である。

付録 2011年東京大学における電力使用量見える化の事例

背景

2011年3月11日 東日本大震災が発生し東京電力福島原子力発電所において原子炉がメルトダウンするという大きな災害にみまわれた。

東京大学では3月14日には「電力危機委員会」の準備に入り17日には全学としての取り組みとして発足させた。7月・8月の夏場の節電をどこまで、どのように行うかというのが主要なテーマであった。最大の制約条件が3か月という短期間で対策を完了しなければならないという問題であった。3月末に「電力のリアルタイムでの見える化」でいくことになった。実現方法としては各キャンパスの中央電力監視システムに集まっている電力データをリアルタイムにデータを取り出して、構成員全員に情報を発信するシステムを(2011年)6月末までに構築することにした。

キックオフの状況

4月2日には、本郷、駒場Ⅰ、駒場Ⅱ、白金、柏の5キャンパスの施設課担当者と受電システムの各ベンダーである日立製作所、三菱電機、高岳製作所(現東光高岳)、明電舎、東芝の5社と情報システム本部、GUTPが揃いキックオフミーティングが開催され主旨説明と質疑応答が行われた。

(1) 各社異口同音に「無理、むり、ムリ」反応であった。その理由としては「システムの安全性が保証できない」

(2) それに対して「リアルタイムにデータを出すことで安全性が損なわれる根拠」を示すように求めたところ「今はそうっていない」という答えが返ってきた。

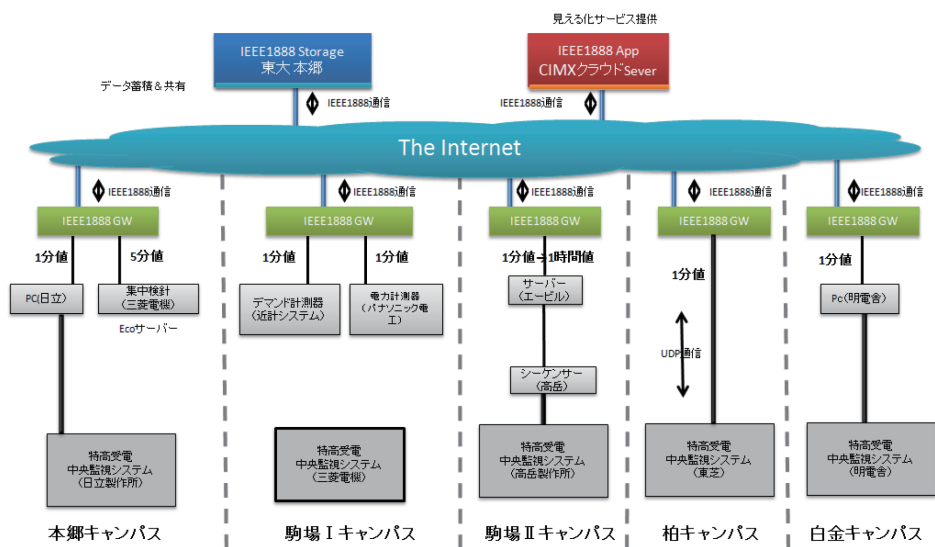
(3) GUTPからこの間の実証実験の実績をもとに「システムの安全性を損なわず、データをオープンにすることは可能」であることと、その手法を複数示し協力を求めた。

(4) それでもベンダー側からの了解が取れずに時間が過ぎていった。

(5) 東京大学側から「現在保有している中央電力監視システムは東大の財産であり、そこにあるデータも東大のものである。」「設備も、データも東大のものである以上それを東大自身が利用することに対して何ら問題がないと考えているのでご協力をお願いしたい。」と強い口調の発言があり、ベンダー各社はそれぞれ社に持ち帰ることになった。

結果

5社中4社(つまり5キャンパス中の4キャンパスにおいて)は実際に協力して頂きリアルタイム(1分値)のデータをオープンにしてもらえた。駒場Ⅰの受電施設のベンダーからは改修に9月末までかかるという回答があり、特高受電システムからのデータ取得ではなく、各建物に電力計を6月までに新設して対応した。これにより全学の電力見える化が7月1日はカットオーバーして7月、8月は前年実績比30%という結果をもたらした。



図A1 電力使用量データ取得経路図