

スマートビル 総合ガイドライン

独立行政法人情報処理推進機構
デジタルアーキテクチャ・デザインセンター
スマートビルプロジェクト

2023年（令和5年）5月31日 第1版

改定履歴

改定年月日	改定内容
2023年4月21日	パブリックコメント版発行
2023年5月31日	パブリックコメントを受けて全体を改定（第1版）

巻頭言

スマートビルがもたらす新時代に向けて

経済産業省 商務情報政策局 情報経済課
アーキテクチャ戦略企画室長
和泉 憲明

モノからコトへ、所有から利用へ。コロナ禍という不幸な事案によって、あらゆる製品・サービスがデジタル化するという大きな流れが加速され、DX という象徴的な用語により不可逆な社会現象として語られている。そして、「デジタルの渦」という形で予見された、デジタル化という社会変革の潮流は、あらゆる業種業態を飲み込みつつある。

この潮流は、ビル分野においても決して例外ではなく、建築技術の集約としての建物から、データとデジタル技術による協調領域が抽出され、スマートビルという新しい概念が生まれている。このようなスマートビルは、オペレーティングシステムによりハードとソフトが分離され、すなわち、設備と機能がデカップリングされ、ソフトウェア化された機能群が連携することで、従来からの管理や運営の業務を効率化させるとともに、快適性の向上や省エネルギー化、持続可能性の実現に貢献すると考えられる。

同時に、スマートビルという概念を具体化させ、実際に完成させるためには、様々な分野の専門家を巻き込むことが求められる。具体的には、IT/IoT 技術を活用したビル制御技術や、大規模データを基点とした AI 技術・エネルギー管理技術など、多岐にわたる技術を駆使することが必要となるからである。これにより、これまでにないような新しい産業構造が形成され、多様な分野の人材や企業が交わることで、ビル業界のアンバンドリング・リバンドリングが活性化するとともに、新たな市場の創出が望まれる。

本ガイドラインは、IPA/DADC という官民共創の場で議論されたものであり、スマートビルの設計や実装、運用やメンテナンスに関する指針を提供し、スマートビルの設計・構築・導入を促進することを目的としている。そして、ビルのオーナーや管理者、建築関係者が、スマートビルによる恩恵を十分に理解することで、スマートビルの導入が加速されるとともに、新たなビジネスモデルが創造され、その潮流の加速に対して本ガイドラインが一助となることを期待します。

目次

1.	はじめに	1
1.1.	背景	1
1.1.1.	社会背景	1
1.1.2.	技術的動向	2
1.1.3.	政策的経緯	5
1.1.4.	スマートビルの果たすべき役割	8
1.2.	本ガイドラインの策定目的	9
1.3.	本ガイドラインの見直し	10
1.4.	用語一覧	10
1.5.	ステークホルダーの分類	12
1.6.	スマートビル関連ガイドラインの構成	13
2.	未来社会におけるスマートビルのあるべき姿	15
2.1.	社会要素としてスマートビルが担うべき機能	15
2.2.	スマートビルの定義	16
2.3.	従来のビルとスマートビルの比較	17
2.3.1.	アーキテクチャの観点	17
2.3.2.	データの観点	18
2.3.3.	ステークホルダーの観点	18
2.4.	スマートビルの活用シーン	20
2.4.1.	人のデータとの連携	20
2.4.2.	モビリティ・設備・AIとの連携	21
2.4.3.	スマートビル同士がお互いに協調しあう群棟連携	23
3.	スマートビルの設計原則と実装方針	25
3.1.	新たな産業創生・拡大のためのエコシステム	25
3.1.1.	協調領域がもたらすステークホルダーへの影響	25
3.1.2.	協調領域の実現に必要な要素	26
3.2.	スマートビル・アーキテクチャの全体像	27
3.2.1.	システムアーキテクチャについて	27
3.2.2.	構築運用プロセスについて	27
3.2.3.	データガバナンスについて	27
3.3.	スマートビルの要求事項	28
3.3.1.	体験価値を考慮すること	28
3.3.2.	協調領域を持つこと	29
3.3.3.	データドリブンであること	30

3.4.	スマートビルが満たすべき性質.....	30
3.4.1.	相互運用性.....	30
3.4.2.	互換性	31
3.4.3.	拡張性	31
3.4.4.	信頼性	32
3.4.5.	持続可能性.....	32
3.4.6.	参入容易性.....	33
3.5.	スマートビルの実現で期待される効果.....	33
3.6.	スマートビル実現のための実装指針.....	35
3.6.1.	体験価値を考慮することに対する検討領域.....	35
3.6.2.	協調領域をもつことに対する検討領域.....	36
3.6.3.	データドリブンであることに対する検討領域.....	37
3.7.	ステークホルダーに求められる要件.....	38
4.	スマートビルの社会普及に必要な要素.....	39
A.	Appendix.....	40
A.1.	The Hickman.....	40
A.2.	The Bridge	41
A.3.	Paya Lebar Quarter	42
B.	リファレンス	44

商標

- ・本ガイドラインに記載する会社名、製品名などは、それぞれの会社の商標若しくは登録商標です。
- ・本ガイドラインの文中においては、これらの表記において商標登録表示、その他の商標表示を省略しています。

1. はじめに

1.1. 背景

1.1.1. 社会背景

スマートシティは ICT (Information and Communication Technology) を活用しつつ、都市のマネジメントの高度化を実現するもの [1] とされており、都市レベルでデータを共有してサービスを動的に連携する仕組みのことを指す。我が国では、目指すべき未来社会の在り方として Society5.0 [2] を掲げているが、スマートシティはその先行的な実現の場と言える。本ガイドラインで解説を試みるスマートビルは、高度な制御機能を有した建物であり、Society5.0 で目指すスマートシティの 1 要素とみなすことができる。

ビルに対する社会的なニーズとしては、2011 年の東日本大震災を大きな転機とする省エネの推進がある。エネルギー消費を極力抑え、災害時でもエネルギー的に自立した建築物として ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) [3] が注目されるようになった。また、2019 年 12 月に発生した新型コロナウイルス感染症は、働き方の多様化に対する強い社会的要請を引き起こし、国内におけるデジタル化、またスマートシティ推進の 1 つの契機ともなった。社会のニーズの多様化や変化を象徴する出来事といえる。

都市の生活者の観点では、価値観の変容に伴った消費行動の変化が注目される。すなわち、モノを売って消費するという習慣から、サブスクリプションサービスなどのコト消費が活性化することへの変遷である。この背景には、スマートフォンやクラウド技術の普及によるサービス価格の低廉化、コロナ禍による生活様式の変化などの要因が挙げられる。中西らは「計算機からなる道具・環境・他者達と、物理的な道具・環境・他者達が織りなす未来の総体をスマートシティと呼ぶのであれば、それは、いま現在の我々とは異なる新しい人間を生成するはずだ」と述べている [4] が、コト消費を始めとする定型行動の変化の顕在化も併せて、スマートシティとその要素であるスマートビルを捉えるべきだろう。

スマートビルは、一般的にはクラウド、IoT (Internet of Things) ・ AI (Artificial Intelligent) などの技術を用いて、既存の設備制御システムでは実現が難しかった高度な省エネ (脱炭素、気候変動対応) や快適性・利便性の向上等を実現するビルという理解がされている。また、ロボットや AI などの先端的な技術導入を行ったビルとしての側面もある。一方、国内においてスマートビルに対する決定的な定義は未だ存在せず、国外の関連団体、認証制度においても個別ビルの最適化からクラウドによる複数ビルの最適化までと、団体により幅広である (図 1)。

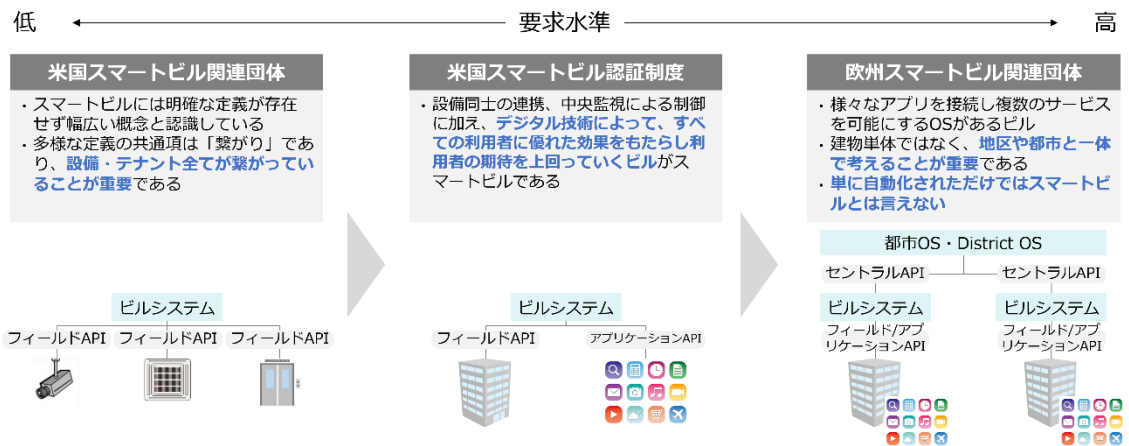


図 1 国外スマートビル関連団体における定義の相違

本節ではスマートビルの技術動向や政策的経緯を踏まえて、未来社会においてスマートビルの果たすべき役割を整理する。

1.1.2. 技術的動向

1) スマートビルの要素技術の発展

(1) インテリジェントビルによる設備制御システムの発展

1980年代に情報化をキーワードに将来の社会変化に対応した高い機能を有するビルをインテリジェントビルと呼び、ビルの高機能化を牽引した。インテリジェントビルとは「生産性向上のための建築空間・建築設備及び共用の情報通信設備を備えて、入居者がそれらのサービスを享受できるオフィスビル [5]」とされている。

1985年の通信自由化を契機として、様々な設備のネットワーク化が可能となり、地域電話サービスが充実することで産まれたといわれている。ビルの最適制御を行うビルディングオートメーション (Building Automation and Control System: BACS [6])、ビルの共用LANなどの通信サービスを行うテレコミュニケーション、ビデオテックスやビデオ会議システムの提供及びOA (Office Automation)機器の導入サポートなどを行うシェアードテナントサービスの3点を特徴としており、オフィスにコンピュータやプリンタなどのOA機器導入が進んだ時期であることから、OAフロアの導入といった建築的特徴も有していた。ビル側で共通の通信インフラや設備を持ち、テナントに共有することにより、空調機器のパーソナル化をはじめとした現在のスマートビルと同様の機能を提供する試みも行

われている。ただし、当時は技術標準化が進んでいなかったため、排他的な独自ソリューションが多く作られていた。2000年代に BACnet [7]や LONWORK [8]といったオープンプロトコルの普及が進んだことによって、BACS のアーキテクチャの普及と標準化が進んできた。

(2) 設備制御システムへのクラウド導入

ビルの設備制御システムへのクラウド導入については、2006年に AWS によるクラウドサービスの展開からやや遅れて、国内事業者へのクラウドサービスが十分に普及してから始まった。受付・入退管理サービスをビル内に設置したサーバから、インターネットを介して利用するようなオンプレミスによるサービス提供は先行していたが、クラウドへの移行は、2010年代半ばのパブリッククラウドの一般化以降に本格化した。当初は IaaS (Infrastructure as a Service) のようなサーバをクラウドに配置しただけの構成であったが、次第に PaaS (Platform as a Service) の利用が増えていった。例えば、IoT や機械学習などの PaaS を用いて負荷予測をはじめとするサービスが試行された [9]。現在では、特にデータの見える化のようなサービスについて、SaaS (Software as a Service) のような形態も多い。

2020年には Microsoft が自社キャンパスにおけるスマートビルのベストプラクティスを集めて PaaS とした Azure Digital Twins [10]を発表するなど、海外のクラウド提供者が積極的にスマートビルのソリューション開発を牽引するようになっている。それらスマートビル向けの PaaS にある程度共通する考え方が、クラウドにデータを送信・格納するのにあたってデータの形を揃えたり、物理世界をモデリングしたりすることである。これまで物理的形態に拘束され、限定的にしか利用ができなかった空間や設備を抽象化し、仮想化するとともに、今までサービスが担っていた機能をプラットフォーム側に委譲することで、アプリケーションの構築を簡便にしている。

(3) IoT インフラ技術の発展

IoT の発展により、ビルの中でこれまで活用できていなかったデータを共有することも可能となっている。海外では、BIoT (Building IoT) と呼ばれ、デバイス・サービスのマーケットも急成長している [11]。領域としては、セキュリティとアクセスコントロールを行うための AI カメラやスマートロックをはじめとしたデバイス、スマートな運用・保守を実現するための環境センサや分析・予測ソリューション、感染防止やオフィス稼働率分析のための人流センシング、非接触デバイス、サイネージなど多岐にわたる。一部のサービスプロバイダーが主体的に API (Application Programming Interface)などを公開することで、データ活用も進んでいるように見えるが、サイロ化が課題になっているという報告もある。

(4) ビル OS の開発・導入及びその課題

インテリジェントビルのムーブメントは、ビルの高機能化に大きな影響を与えたが、クラウドや IoT といった技術が現れる前であり、データを活用した効率的な運用管理などは提案されていたが、なかなか一般化しなかった。

一方スマートビルでは、ビルのデータ活用と高機能化を加速する“ビル OS”の開発と導入が進んでいる。ビル OS は、その機能や性質より、多種多様なビルの設備や IoT のデータを単独の事業者が保有してサービスを提供する世界から、エコシステムを形成してデータを利活用する世界へと変遷を後押ししていると考えられる。クラウドの活用を前提としており、ビルのサービス提供における「モノからコトへ（所有から利用へ）」というパラダイムシフトへの契機とみることもできる。また、ビル OS は、BIM をはじめとした静的なリソースや、センサなどから取得される動的なデータ（テレメトリデータ）を管理する基盤として動作し、それまで物理的に結びついていた機能を機械可読性の高い形で抽象化することで、サイバー空間で物理空間を扱えるようにしている。本ガイドラインではその抽象化された空間や機能をデジタルツインと呼ぶが、それによって例えば空調制御やビル内の人流センシング、入退管理などを組み合わせて新たなサービスを生むことが可能になる。また、構築したデジタルツインを用いることでより精緻な建物内のシミュレータの開発が可能になり、ビルの挙動や利用者の行動予測が可能になる。しかしながら、現状では標準化された技術領域が存在しておらず、サイロ化が進んでいることが課題になっている。加えて、これらのクラウドソリューションはランニング費用がまだ高額なことが多く、投資対効果に合わないことも多い。

2) スマートビルの応用領域でのニーズ

(1) 省エネへの応用

エネルギー的に自立した建物である ZEB では、建築的に省エネ性能を上げるとともに、太陽光発電や蓄電池を組み合わせることや、IoT センサなどを活用して室内環境や人の動きを取得し、空間や設備の状態をより解像度高く把握することでエネルギーの最適化制御を行うなど、様々な取り組みが行われている。近年では AI を利用した設備制御の事例なども散見される。また上記のような省エネの取り組みや、炭素排出量の管理の必要性に伴って、ライフサイクルコストの管理ニーズも高まっている。

(2) 快適性・利便性への評価

建物の快適性・利便性といった指標についても評価の対象となっている。2014 年に米国のデロス・リビング社により考案された WELL 認証（WELL Building Standard®） [12] では、心身の健康をサポートしたり、快適性が高く人間の健康やウェルネスに好影響をも

たらしたりする建築物が評価され、認証が与えられる。これは、例えばオフィスにおいて、そこで働く従業員が心身共に活発になることでパフォーマンスが向上し、労働生産性が上昇するとの考え方に基づくものであり、認証を取得したビルの不動産価値の向上や、魅力的なオフィス提供による労働人員の確保・定着にもつながるとされている。また、近年のコロナ禍によってリモートワークが一般化し、ビルに人が集まる機会や必然性が減少しており、今まで以上に多様な人材を活用するために生産拠点であるビルの価値の見直しが求められている。WELL 認証は、国内では実績は少ないものの注目を集めており、2023年3月には30件の認証実績 [13]がある。

(3) 労働生産性向上への期待

国交省中央建設審議会によると、建設業の担い手は1997年より漸減しており、同時に高齢化も進行している。2022年においては建設業就業者の35.9%が55歳以上となっており、10年後に大半の就業者の引退が見込まれる [14]ことから、労働生産性向上は喫緊の課題といえる。

(4) ロボット利活用の広がり

応用的な技術活用の観点で、人手不足の解消などを目的としたビル内でのロボット利活用も広がりを見せつつある。経済産業省が旗振り役となり、ロボットが導入しやすい環境（ロボットフレンドリー[ロボフレ]環境 [15]）の実現を進めており、ロボットをビル内で稼働させるための取り組みが増えてきている。清掃や消毒、警備や配送などロボットの役割はそれぞれであるが、ビル内の段差や扉、エレベーターなど、ロボットの動作によって障害となるものを対象に、建築的な最適化や設備連携などが行われている。

1.1.3. 政策的経緯

1) スマートシティの推進

2019年6月に閣議決定された「統合イノベーション戦略2019」等においてスマートシティの事業推進が明記されており、それに基づいた同年8月の「スマートシティ官民連携プラットフォーム」の発足以降、官民一体となったスマートシティの推進が行われている。2020年には「スマートシティリファレンスアーキテクチャ [1]」、2021年4月には「スマートシティ・ガイドブック [16]」も発行されるなど、スマートシティや都市OSの実装に関する情報発信が継続的に行われている。

2) 省エネ・脱炭素の推進

省エネ・脱炭素については、2012年には経済産業省による「ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業 [17]」が開始され、2014年4月閣議決定した「エネルギー基本計画 [18]」では、2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均で ZEB を実現することが政策目標とされた。2015年には ZEB ロードマップ検討委員会が開催され、ZEB の定義、実現・普及に向けたロードマップが策定された。2016年には「ZEB 設計ガイドライン [19]」などが発行され、経済産業省や SII（環境共創イニシアチブ）が中心となって、ZEB の推進を図っている。なお、ZEB ロードマップ検討委員会の定義によると、ZEB とは「先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物」であるとされている。また、深刻さを増すエネルギー・環境に関する課題に対して菅内閣総理大臣が 2020 年 10 月の所信表明演説において 2050 年カーボンニュートラル¹を宣言した。加えて、2021 年 4 月には、「2050 年目標と整合的で、野心的な目標として、2030 年度に、温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことが表明されている。具体的な取り組みとしては、2021 年 2 月に経産省が策定した「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 [20]」がある。ここでは 14 の重要分野について高い目標を掲げ、関連政策を盛り込んだ実行計画を策定し、これを発展させる形で 2022 年 1 月から「クリーンエネルギー戦略」に関する有識者懇談会 [21]」が発足している。特に「住宅・建築物産業」においては、エネルギーの最適化に向けてビッグデータや AI の活用が今後の取り組みとして記載されている。

これらの社会実装を実現するためには、個別技術の確立と実用化のみならず、それぞれの技術（機器・設備等）をネットワーク化し、それぞれ独立したシステムとシステムがお互い連携することによってエネルギーバリューチェーン全体で最適化を図ることが求められており、これらはエネルギーと情報が融合する社会（Internet of Energy: IoE [22]）と呼ばれている。

¹ 温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること。

3) 労働生産性向上の推進

労働生産性の向上の観点からは、労働人口減少のための施策として2018年6月に成立した「働き方改革法案（働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律（平成30年法律第71号）） [23]」が制定された。評価項目としては、空気、水、食物、光、フィットネス、快適性、こころなどがあり、組織の運用によるところも大きい。建物設備によって制御可能な項目も多い。

4) ロボット利活用の推進

ロボット活用においては、ロボフレの実現を目的に、2019年度に「ロボット実装モデルタスクフォース（TF）」が設置されるとともに、2020年度から「革新的ロボット研究開発棟基盤構築事業 [24]」等の予算事業が行われている。また、RRI（ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会）が、新たな規格（ロボット・エレベータ連携インタフェース定義 [25]）を制定・公開している。

5) 海外における認証制度の広がり

スマートビルに期待される多様な機能やサービスが採用されたビルに対する認証が海外で広がりつつある。そのうちの1つである SmartScore [26]は、2021年4月に発表されたスマートビル認証であり、世界の建物をよりスマートに相互につなげることをビジョンとしている。認証を通じて、運用に役立つ技術に投資するインセンティブを不動産オーナーに持たせることを狙っており、現在ヨーロッパを中心に7か国・70のビルに適用されている。SmartScoreの評価は、ワーカーの生産性やヘルスケア、サステナビリティといったユーザーに向けた機能に関わるもの、デジタル接続性やサイバーセキュリティなどの技術基盤に関わるものなど130項目ほどあり、50以上でCERTIFIED、90以上でPLATINUMとなる（A.Appendixに事例を記載）。WELL認証や環境認証であるLEED [27]と連携して認証の取得負荷を下げていることも特徴であり、例えばWELL認証の評価対象である空気質モニタリングをクリアしていればSmartScoreでも加点対象とSmartScoreを代表とするスマートビル認証はビルの入居者や管理者を対象としたサービス提供を主眼としており、ビルで収集されるデジタルアセットをスマートシティに対して提供することや、データ連携のための協調領域の実装を必ずしも前提としていない。

6) デジタル・アーキテクチャの推進

Society5.0 を社会システム全体の信頼性や日本の競争力を確保した形で実現するため、関係各省や産業界がさまざまな取り組みを展開している。それぞれ独立して調達・運用・管理されるシステムが繋がって新たな価値を生むものを System of Systems（以下、SoS）と呼ぶが、多様なシステムを統合するため、かつ横断的に必要となる新たな社会のインフラを、IT だけでなく法制度やビジネスエコシステムの在り方も含むさまざまな観点を踏まえて全体最適を図りつつ設計することが重要となっている。政府はこの設計のための場として、2020 年 5 月に「情報処理の促進に関する法律の一部を改正する法律（令和元年法律第 67 号） [28]」に基づき、(独) 情報処理推進機構（IPA）にデジタルアーキテクチャ・デザインセンター（Digital Architecture Design Center: 以下、DADC）を設置した。なお、DADC で扱う「アーキテクチャ」とは「システムが存在する環境の中での、システムの基本的な概念又は性質であって、その構成要素、相互関係、並びに設計及び発展を導く原則として具体化したもの [29]」といえる。システムの持つ定義された目的を達成するための基本的構造であり、その具体的な構成要素と構成要素間の相互関係やその原則のことである。

2022 年 6 月に閣議決定されたデジタル田園都市国家構想基本方針 [30]において、スマートビルの分野を中心に、相互連携に必要なシステム全体のアーキテクチャの設計・検証に向けた技術開発を行うことが明記された。今後、社会インフラとしての SoS の普及が進む中でも、スマートビルは重要な構成要素になるといえる。

1.1.4. スマートビルの果たすべき役割

ビルを取り巻く環境は、AI サービスの変革やクラウドの普及、自律的に移動するモビリティ²の台頭などのデジタル技術が発展する中で、脱炭素・省エネへの意識の高まりや働き方の変化、少子化・人手不足への対応、Well-Being の実現等、世の中のニーズは多様化し、変化し続けている。

その中で、スマートシティの構成要素としてのスマートビルは、フィジカルな空間や環境を形作り、人やモビリティ、システムなどスマートシティの諸要素が会する場を提供する。さらにビルの空間、設備、周辺環境のデータを中心にサイバー空間へ複製を行い、他のシステムの作用で最適化した結果をフィジカルに反映することで、人、モビリティ、システムなどに働きかける。そこでは、物理空間と仮想空間が高度に融合し、IoT・AI・ロボットなどの多様なサービスが連動することを可能とする。そのようなスマートビルが適

² 自動車を始めとした人の移動手段に加えて、ロボット、ドローンなど自律的な移動体の総称として用いる。

切なサービス設計を基に運営管理されることで、自動車やエンターテインメント産業などの異業種が有機的につながり、最適化された社会の実現を支える。

このように、スマートビルは空間や環境を形作り、それに作用可能なインターフェースとなつて、将来的に起こり得る様々な変化へ柔軟に対応しながら、人々に価値を提供し続けることが期待される。スマートビルの果たすべき役割は、以下の様にまとめられる（図2）。

「ビルを取り巻く状況が変化する中で、空間や環境、またそれらのデータを介して都市全体と協調し、外界やニーズの変化に対して柔軟に対応する能力を保持しながら、人々に価値を提供し続けること」

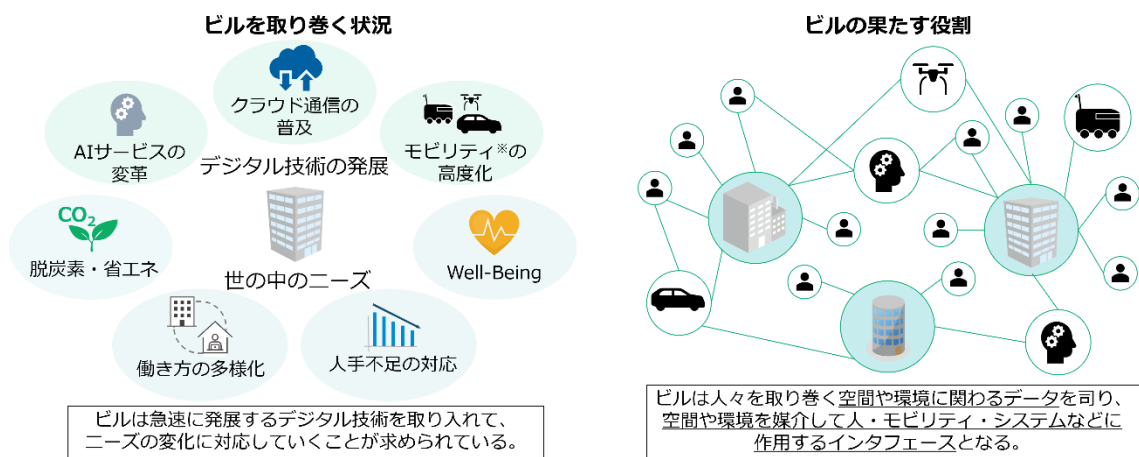


図 2 ビルを取り巻く状況とビルの果たすべき役割

スマートビルが都市全体と協調し、外界の変化へ柔軟に対応するためには、疎結合なシステム構成を有し、かつ外部のビルやシステム間の相互運用性や互換性を担保することが求められる。また、スマートビルをはじめとするサイバーフィジカルシステム、あるいはSoSは、従来のシステムと比較して、システム自体の構造やその運用の仕組み等の複雑性・不透明性の高まり、異なる分野や文化への影響範囲の拡大、デジタル技術の革新等によるめまぐるしい変化への追従などを考慮した検討が求められる。

1.2. 本ガイドラインの策定目的

スマートビルはスマートシティなど新たな産業のためのエコシステムにおける重要な構成要素であり、データと価値が循環するための仕組みを構築・運用していく必要がある。

本ガイドラインでは、スマートシティをより進化させ新たな付加価値の創出を目指すスマートビルについての共通理解を促し、多様なステークホルダーによる協調と適切な競争の下、スマートビルの分散的な社会実装を促すことを目的とする。そのために、スマートビルの将来像や定義、設計原則をはじめとした包括的な検討内容を示す。

本ガイドラインの策定においては、システム全体を把握し、全体が最適化された形を描く「アーキテクチャ」の考え方をを用いて検討した。また全体最適の観点で、データモデルやインターフェースの標準化など、ステークホルダー間で共通的に検討・実装すべき領域を「協調領域」として設定している。

1.3. 本ガイドラインの見直し

本ガイドラインは、関係機関・企業における現時点の技術・知見等を取りまとめたものであり、今後の運用実態や新たな技術・知見等の創出を踏まえ、より良いガイドラインとなるよう適宜見直しを行う。

1.4. 用語一覧

本ガイドラインにて用いる主要な用語について、以下のとおり定義する。

表 1 用語の定義

用語	説明
BIM (Building Information Modeling)	コンピュータ上に作成する建築情報モデルであり、建築部材や設備などのオブジェクトの集合体として構築される。3次元の形状情報だけでなく、空間の名称・面積、部材の仕様・性能など、建築物の属性情報を有する。
MSI (Master System Integrator)	ビルの設備システムからデジタル技術まで多岐に渡る専門知識を背景に、ビル全体のサービスを企画、設計、運用、更新する機能を持つ主体。MSI が独立した主体であるケースと、MSI に求められる機能の一部を他のステークホルダーが分担するケースが想定され、どちらのケースもその機能を担う主体を MSI と表す。
アーキテクチャ	システムが存在する環境の中での、システムの基本的な概念又は性質であって、その構成要素、相互関係、並びに設計及び発展を導く原則として具体化したもの。

アセット	価値を持ちうる物理的、電子的な資産の総称。スマートビルでは各種機器、センサ、土地や部屋等の空間、システム、ファイル、データ、さらに関わる人や、人から取得したデータなどを含めて広く言い表す。
アセットマネジメント (AM: Asset Management)	保有している資産を既定の用途で適切に運用し収益を上げることや売買することで利益を最大化する、いわゆる資産管理業務のこと
機器/センサ/デバイス	機器はビルの屋内外に設置する照明や空調機、給排水衛生などの設備、センサは温度センサや CO ² 濃度センサを表す。デバイスは、そのような機器/センサを総称したものを表す。
協調領域	システムを全体で最適化するために、ステークホルダー間で共通的に検討・実装すべき領域。
データモデル	現実世界の対象をデータ集合として表現するために、対象物を目的や用途に応じて適切に抽象化して、関係や構造を特定の表現形式で記述したもの。 特に、本ガイドラインでは概念データモデル、論理データモデル、物理データモデルによる3層スキーマの区分を前提として用いる。
デジタルツイン	現実空間から収集したデータを活用して、仮想空間上に現実空間と同等の空間を作り上げる技術のこと。現実空間と同等の物理的なシミュレーションをコンピュータ上で再現するなど、様々な用途に活用される。
都市 OS	スマートシティ実現のために、スマートシティを実現しようとする地域が共通的に活用する機能が集約され、スマートシティで導入する様々な分野のサービスの導入を容易にさせることを実現する IT システムの総称。
ビル OS	建物内のアセットを抽象化されたデジタルアセット（デジタルツイン）として扱うことで、データ標準化を行うとともに、ビル設備と多様なサービスを連携させ、アプリケーションの開発を加速させるデータ連携基盤のこと。
ビルマネジメント (BM: Building Management)	建物の清掃や警備、保守、景観管理、設備運用・点検などを行う業務のこと。

ファシリティマネジメント (FM: Facility Management)	企業・団体等が組織活動のために、施設とその環境を総合的に企画、管理、活用する経営活動のこと。
フィジカルアセット	アセットの中で、特に物理的な実体を有するものを指す。
プロパティマネジメント (PM: Property Management)	不動産経営の様々な業務をオーナーに代わって行う管理業務のこと。

1.5. ステークホルダーの分類

スマートビル事業に係る主要なステークホルダーについては表 2 のとおり分類している。大分類として用いているフィールド層、データ共有・管理層、アプリ層については図 12 を参照のこと。

表 2 ステークホルダーの分類

大分類	ステークホルダー名	説明
ユーザー	ビルユーザー	ビルを日常的に利用するテナントで働く”就業者”や“入居者”、“テナント”などが該当する。
	来訪者	一時的にビルを利用する人が該当する。
テナント	テナント事業者	賃貸契約を結んでビルに入居する事務所や店舗を指す。
オーナー・管理者	ビルオーナー	ビルを所有する人・団体を指す。所有者個人のほか、デベロッパーや公共施設の管理者なども該当する。大規模に限らず、中小ビルのオーナーも含む。
	都市開発関係者（自治体等）	スマートシティなどの観点で、街づくり（街開発）をするステークホルダーを指す。デベロッパーや地方自治体などが該当する。

	ビル管理者/設備管理者	ビルオーナーから委託を受け、ビルを管理する人が該当する。AM、FM、PM、BM など複数の業態から成り立つ場合が多い。
フィールド層事業者	設計者/施工者	スマートビルの躯体や設備における設計や施工の事業担当者を指す。ゼネコン・サブコン・設計会社など、従来の建築業務に係るステークホルダーが該当する。
	設備・システムメーカー	ビルの設備に関する製造や販売を手掛ける事業者が該当する。
データ共有・管理層事業者	ビル OS 提供者	ビル OS の機能を提供する事業者が該当する。
アプリ層事業者	アプリ・サービス事業者	スマートビル向けのアプリやサービスの開発・保守を行う事業者が該当する。

なお、ビル OS 提供者とアプリ・サービス事業者が併任する場合など、各ステークホルダーは複数の役割を併せ持つことがある。各ステークホルダーに対する具体的な要件については、3.7.ステークホルダーに求められる要件を参照のこと。

1.6. スマートビル関連ガイドラインの構成

本ガイドラインを含めたスマートビルの関連ガイドラインは、想定読者ごとに必要な情報を得られるように「全体4部構成」としている（表3）。各ガイドラインでは、構想企画～維持管理・運営フェーズまでの全てのフェーズを検討対象にしている。また建種については、オフィス・商業ビルを検討対象に定めている。住宅や工場、病院などにも同様の考え方を適用できる可能性はあるが、それらの建種に対する検討は行っていない。

表 3 ガイドライン一覧

ガイドライン名	記載概要
総合ガイドライン (本ガイドライン)	<p>スマートビルを取り巻く背景やガイドライン発行の目的、さらにスマートビルのあるべき姿として、スマートビルの担うべき機能を基にした将来像や定義、またその実現に向けての設計原則として、要求事項や満たすべき性質などを記載している。</p> <p>全てのステークホルダーがまず理解しておくべき前提事項を解説している。</p>
システム アーキテクチャ ガイドライン	<p>スマートビルのシステム構成図の他、構成要素とそれに紐づく要求機能、協調領域などを記載。スマートビルの設計を進めるうえでのポイントや、スマートビルのシステム概要、データモデル・インターフェースの考え方を中心に解説している。</p> <p>フィールド層事業者、データ共有・管理層事業者、アプリ層事業者は上記の基本的な情報を得ることができる。またデータモデルやインターフェースに対する理解を促すものとして活用できる。</p>
構築・運用 ガイドライン	<p>構築や運用における標準プロセス、ステークホルダーの役割などを記載。スマートビル構築において、実施すべきタスクやコミュニケーションの取り方などのポイントを解説している。</p> <p>オーナー・管理者、フィールド層事業者、データ共有・管理層事業者、アプリ層事業者が共通して参考にするべき情報であり、プロジェクト関係者間で役割等に関する共通認識を得るものとして活用できる。</p>
データガバナンス ガイドライン	<p>スマートビルにおけるデータのガバナンス、特にデータポリシーの考え方を記載。データを利活用するステークホルダーが理解すべき内容を解説している。</p> <p>オーナー・管理者、フィールド層事業者、データ共有・管理層事業者など、データに関する取り決めが必要な者にとっての基本的な情報であり、関係者間の合意形成を促すものとして活用できる。</p>

2. 未来社会におけるスマートビルのあるべき姿

1章では、政府や諸団体が主導するビルに関連する施策・取り組みを紹介するとともに、ビルを取り巻く状況と果たすべき役割、スマートビル・アーキテクチャの必要性について述べた。本章では、スマートビル・アーキテクチャの前提となる将来像や、スマートビルの定義、それが実現された際のシーンについて述べる。

2.1. 社会要素としてスマートビルが担うべき機能

1.1.4 節にて示したスマートビルの果たすべき役割を前提に、未来社会においてスマートビルが担うべき機能や姿を以下のとおり明記する。

「人・モビリティ・ビルをはじめとしたフィジカルアセットにより収集されたデータがデジタルツインを構成する。これらを活用したデータドリブンなサービスによって、建物の空間価値が向上し、多くの関係者に利益をもたらす。さらにスマートシティの構成要素であるビル同士が相互に連携することで、地域の活性化をはじめ、社会的課題を解決する。」

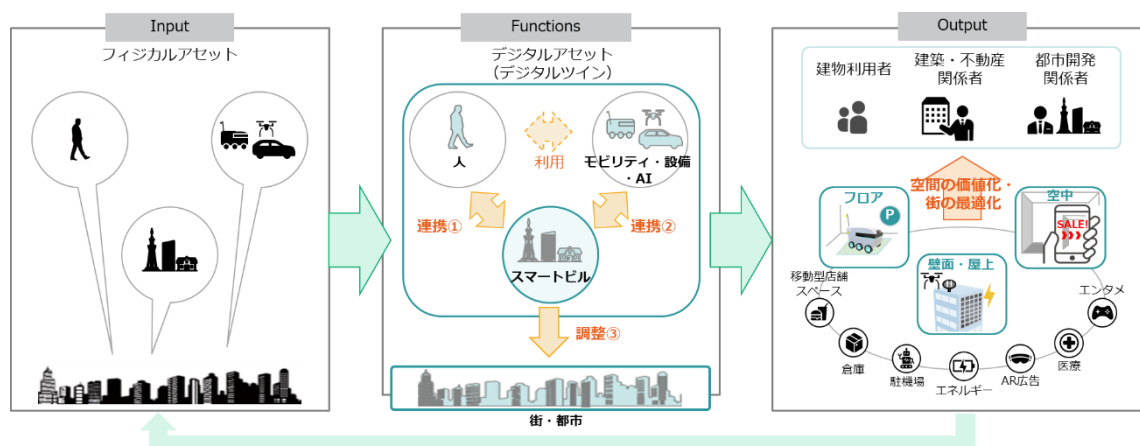


図 3 スマートビルの将来像

図 3 に示す将来像において、スマートビルはビルの機能やサービス自体を継続的に高めていくものとして表現される。その実現のために、空間や機器などスマートビルの抽象化されたアセットは個人のデータやモビリティなど他のアセットと組み合わせることで現実空間を複製したデジタルアセット (デジタルツイン) を構成し、物理的な制約を受けることなく、データを中心としたシミュレーションが可能となる。システムはデジタルアセット上で連携したデータやイベントを起点とした制御、即ちデータドリブンにある期間

に起きる事象の高速な分析・予測を行い、最適化した結果をフィジカルアセットに反映することで、空間の価値を向上させる。例えば、室内環境の最適化において一般的な設備システム単独の制御に加えて個人の嗜好や人流データを扱えるようにし、部屋の空調や照明と連動させることで、省エネ性と快適性の両立を迫るような機能を後から柔軟に追加する。このような新しい、あるいは高度なサービスの提供を実現し、スマートビルに関わるステークホルダーに対して持続的に価値を提供する。

スマートビルによってスマートシティの推進を支援するためには、ビル内のアセット管理やアーキテクチャを街における管理の相似形と捉えることで、デジタルツインを街レベルで活用可能にすることが必要である。そのために、ビルや地域全体の管理運営に有益な情報提供を行う協調領域を有することが不可欠といえる。例えば、新築既築を問わず共通インターフェースやデータモデルを用いて、都市 OS などの広域データプラットフォームとの連携が必要である。それに加えて、ビルの空間や設備の利用状況、人やロボットを始めとしたリソースに、都市側からアクセス可能となることが求められる。

上記の機能・性質によって、ビルの利用者（ビルユーザーや来訪者）は魅力的な空間の享受、建築・不動産関係者（ビルオーナー、ビル設計者／設備管理者、設計者／施工者、ビル OS 提供者／アプリ・サービス事業者）は設計・施工・管理業務・建物運営の効率化、都市開発関係者は賑わいの創出、地域全体の調整・最適化といった観点で、従来のビルでは実現できなかったサービスを享受できる。

2.2. スマートビルの定義

2.1節で示した社会要素としてスマートビルが担うべき機能及び 2.4 節で後述するスマートビルの活用シーンを実現するため、スマートビルの定義を定める。背景でも述べた通り、2023 年 4 月現在、国内において、スマートビルに対して業界の共通理解となる定義はいまだに存在していない。本ガイドラインにおけるスマートビルの定義は、図 1 に示した欧州スマートビル関連団体が提案するような都市 OS などとの連携を考慮したものとした。なお、以下の定義における「アセット」とは、物理的、電子的な資産の総称であり、ビル内部における空間、機器、センサ、データなどからビル外部におけるアプリケーション、モビリティ、データなどまでを広く指し示す。

スマートビルとは、以下の機能を全て有するビルである。

- ① ビル内外のアセットを組み合わせて提供可能な機能を拡張し、新たなサービスの創出や追加を行う。
- ② 抽象化されたアセットを基にサイバーフィジカルシステムを実現し、データドリブな制御を可能とする。
- ③ ビル間協調を典型とした外部アセットとの連携により、街の構成要素としてより広域にサービスを提供可能にし、多くの関係者に継続的な価値向上をもたらす。

2.3. 従来のビルとスマートビルの比較

2.3.1. アーキテクチャの観点

スマートビルと既存のビルとの比較を図 4 に示す。既存ビルにおいても既に多くの領域で DX が進んでおり、様々なシステムがビルと連携しているといえるが、それぞれのシステムで個別にデータを抱えていることが多く、システム連携のためには個別の調整が必須となる。スマートビルはデータを起点としたサービス提供を行うために、共通のデータモデルやスキーマ、インターフェースを有したデータプラットフォームであるビル OS を有する。データ連携のためのインターフェースはモジュール単位で必要に応じて追加することが想定されており、それぞれのシステムは必要なデータを抽出・加工することでサービスを行う。データの冗長性や解釈の揺らぎも排除することで、多様なサービスを安価に構築できることが期待される。サービスの受益者、提供者など多様なステークホルダーやそこに発生する業務や活動まで巻き込んで最適化されるのがスマートビルであると考えられることができる。

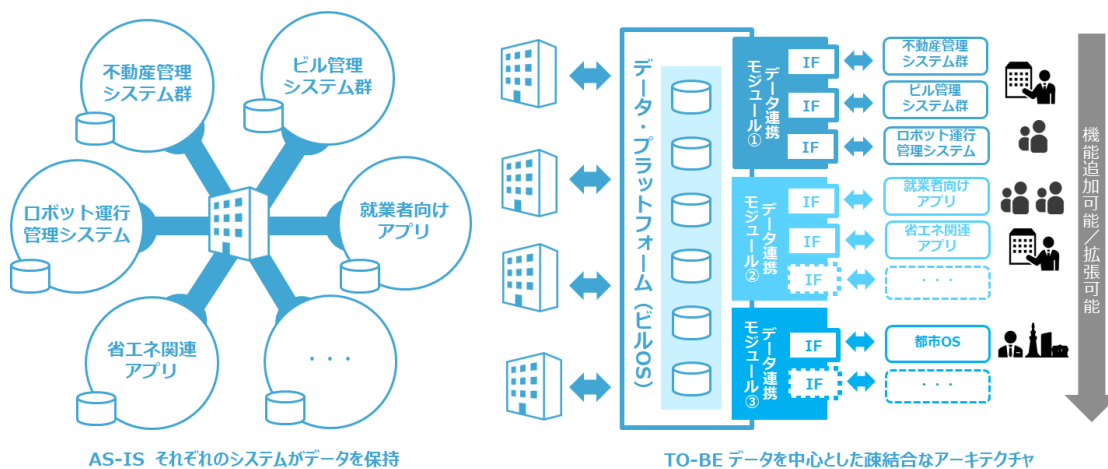


図 4 既存のビルシステム (As Is) とスマートビル (To Be)

2.3.2. データの観点

データの形態に着目すると、スマートビルは空間を代表とする概念を抽象化して扱える特性を備えている。抽象化された空間内の情報には設備機器や IoT センサから取得できる環境データだけでなく、カメラやウェアラブルデバイスと連携して人のバイタルや感情などのデータまで含まれる。この様な空間に紐づくデータを用いれば、アプリケーションと連動して空間の可視化や遠隔制御による空間の操作を可能にするデジタルツインを実現できる。

デジタルツインの実現により、今までは空間に紐づいていたサービス内容、例えば夜間の見回り業務での人による目視確認などは、センサデータに関連付けられた空間データの監視のみで対応できるため、遠隔地から複数拠点を監視できるサービスといったユースケースへの応用が考えられる。

2.3.3. ステークホルダーの観点

既存のビルでは、フィールド層に存在する各種アセットデータをアプリケーションが直接的に取得して保持する構図になるため、データを共有・管理するステークホルダーが存在しない。そのため、BACnet など一部のオープンプロトコルを除いてシステム独自の仕様でデータフォーマットや通信仕様が定められることが多く、共通の方法でデータを利活用することが難しい（図 5）。

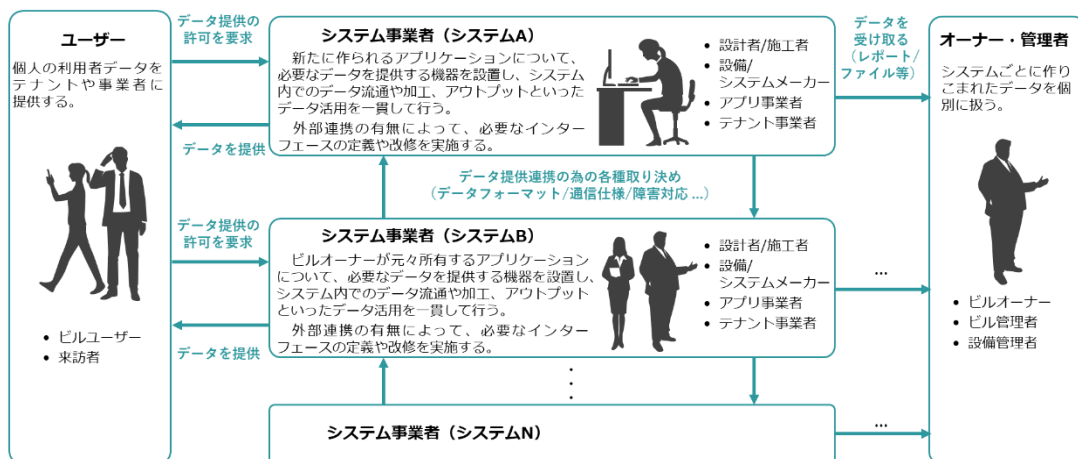


図 5 既存ビルのデータフローにおける各ステークホルダーの位置づけ

一方、スマートビルはビル OS を備えたアーキテクチャであり、データを共有・管理するステークホルダーが存在する（図 6）。データ共有・管理層事業者が標準インターフェ

ースやデータモデルを備えるビル OS を提供することで、アプリ層事業者は共通の方法でデータを利活用することが可能となる。このとき、データをビル OS に提供するフィールド層事業者やテナント、オーナー・管理者は、ユースケースに応じて適切なデータ品質の保証範囲を利用規約や契約で取り決め、自身が提供するデータの信頼性を担保する必要が生じる。

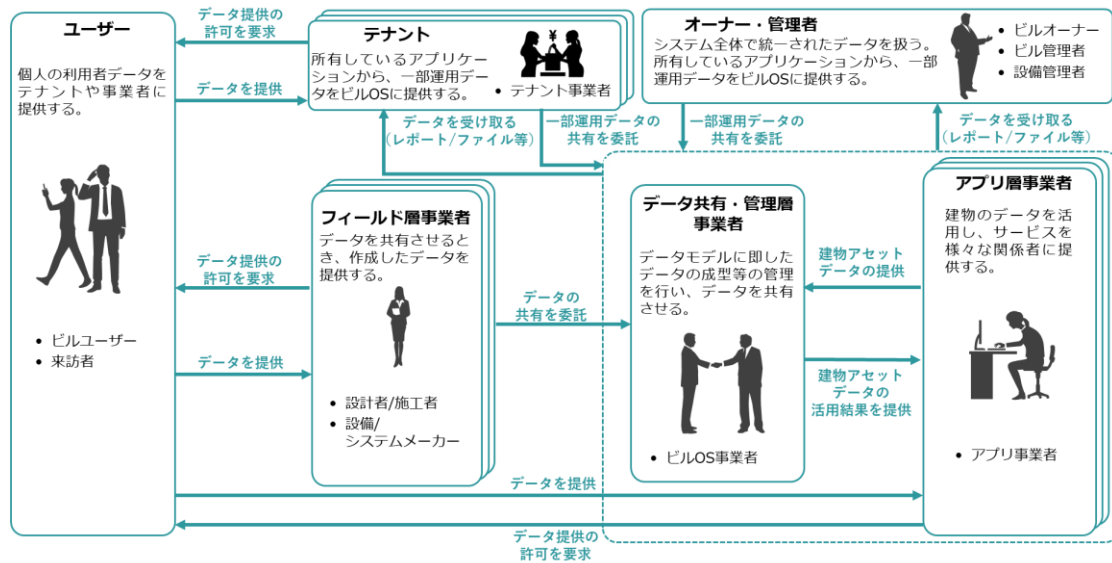


図 6 スマートビルのデータフローにおける各ステークホルダーの位置づけ

2.4. スマートビルの活用シーン

本節では、上記の将来像が実現した社会におけるスマートビル活用のシーンについて述べる。スマートビルで活用する各アセットとの主要な関係性について、①人のデータとの連携、②モビリティ・設備・AIとの連携、③スマートビル同士がお互いに協調しあう群棟連携を検討し、それぞれの領域におけるスマートビルのコンセプトを考案した。

2.4.1. 人のデータとの連携

1) コンセプト

ビル外のデータやアセットをスマートビル内のアセットと組み合わせ、多様なニーズに対応して人々の営みを活気づける空間やサービスを提供するビル

ビルが利用者の情報やデバイスといった外部アセットとビルが持つ機能や機器といった内部アセットを組み合わせ、人々の好みや興味に沿ったサービスを提供する。それにより、空間で活動する人々のエンゲージメントが向上し、ますますビルに人が集まるようになり、多様性の相乗効果により新たなサービスを創り出していく。(例：図 7、表 4)

2) 代表的なシーン



図 7 代表的なシーン (人との連携)

表 4 シーンの説明（人との連携）

No	シーンの説明
1	スマートビルが来訪者の属性（嗜好、興味など）を踏まえ、ビル内のイベントやセール情報などのパーソナライズした情報を提供している。来訪者は受け取った情報をもとに、行動の選択肢を増やすことができ、想定していなかった出会いや発見の機会を得ることができる。
2	スマートビルがビル内で排出される炭素排出量を従来のビルと比較して、より細かく・リアルタイムに収集・提示している。確度の高い情報を外部へ発信することで、省エネ意識の高いビルユーザーや来訪者から選好されやすくなる。また、投資家・レンダー等の ESG 投資の判断基準として活用されることも期待できる。
3	スマートビルがビルユーザーや訪問者の状態（感情、ふるまいなど）を踏まえ、最も相応しいと推定した映像をサイネージ等で投影している。ビルユーザーらは投影された映像を眺め、安らぎを感じ、スマートビルが提供する空間に対して居心地の良さを感じる。
4	スマートビルがビルユーザーの合意のもと、ヘルスデータを収集し、他のデータと組み合わせた分析を行うことで、ビルユーザーに対して、健康増進に繋がる行動提案を行っている。例えば、運動不足気味だが生活改善を希望するエレベーターと階段を利用した場合の効果を可視化し、自発的に階段を利用したくなるように導く。

2.4.2. モビリティ・設備・AI との連携

1) コンセプト

モビリティ・設備・AI が相互に連携し、追加や変更に対して柔軟に対応することで継続的にアップデートするビル

自律的に動作するロボット、モビリティ、設備、AI が相互に連携することで、サービスの向上や業務の効率化等を実現する。さらに、ビルがロボットや設備の新規追加・変更に対して柔軟に対応し、提供するサービスを継続的にアップデートすることで、竣工後にも価値が上昇し続けるビルを実現する。（例：図 8、表 5）

2) 代表的なシーン



図 8 代表的なシーン（モビリティ・設備・AI との連携）

表 5 シーンの説明（モビリティ・設備・AI との連携）

No	シーンの説明
1	スマートビルがロボットの導入やその他モビリティとの接続・連携等の機能の追加要求に即座に対応している。例えば、ビル内にロボットを導入する場合に、そのロボットがインターフェースを含めて標準仕様に従っていれば、スマートビルと容易に接続し、稼働に必要な初期設定を自動で構築する（プラグアンドプレイ）ことができる。また、スマートビルとロボットが即座に連携できることは、複数のスマートビル間でロボットの労働力を融通させるといったことも可能にする。
2	スマートビルで稼働するロボットがビルユーザーのビル内での活動を支援している。例えば、買い物時の荷物の運搬を随伴型ロボットが代替し、ビルユーザーの利便性を向上させると同時に、荷物を運ぶことが困難である人などのハンディキャップを取り除く。
3	スマートビルで稼働するロボットが、ビルの管理業務を代替している。ビル内の警備・清掃業務に対して、AI等の技術を用いて運搬経路の最適化やロボット間の清掃状況の共有を支援することで、業務の省人化や効率化を実現する。
4	スマートビルがドローンに対して充電エリアや地図データを提供することにより、ドローンが外壁の点検などの人の業務の代替を可能にしている。スマートビルがモビリティに対して支援を行うことで、モビリティの新しい活躍の場を創出する。

2.4.3. スマートビル同士がお互いに協調しあう群棟連携

1) コンセプト

ビル同士が協調し複数ビルでサービスを提供する

街中に点在しているビルそれぞれが個々でサービスを提供しつつ他ビルの情報や振る舞いを把握し、都市リソース（ヒト・モノ・エネルギー・情報等）を適切に分配する様な協調動作をする。ビル単体のリソースだけでなく地域全体のリソースを自律的に調整・最適化することで、地域全体のバランスとして機能する。（例：図 9、表 6）

2) 代表的なシーン

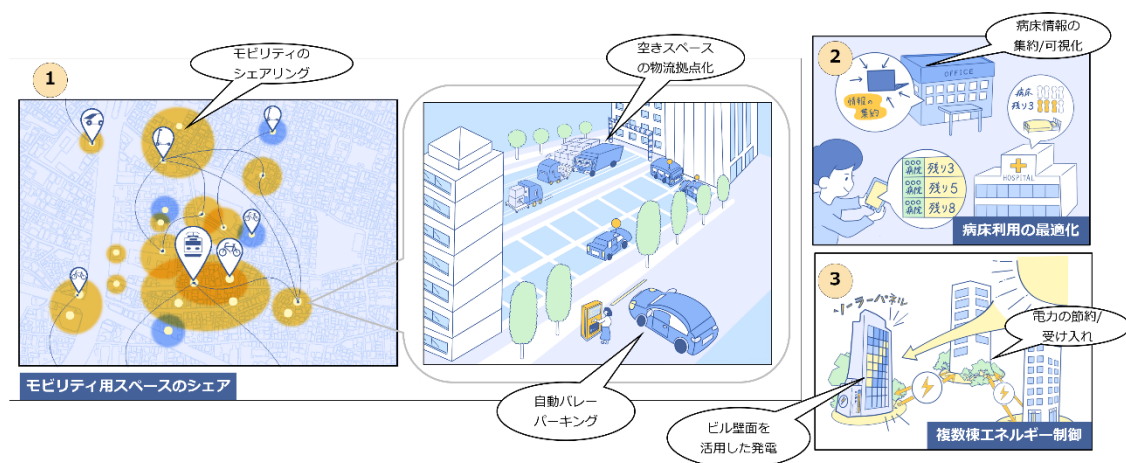


図 9 代表的なシーン（地域全体での調整、街の最適化）

表 6 シーンの説明（地域全体での調整、街の最適化）

No	シーンの説明
1	<p>スマートビルが空間の一部をモビリティへ開放し、人の移動や物流などの都市活動が円滑に行われるように調整している。例えば、シェアサイクルの駐機スペース（ポート）用に場所を提供する際、ポートの空き状態で料金のダイナミックプライシングを行う（密集時には高く、過疎時には安くするなど）ことで、人の消費者心理に働きかけ、都市に点在するモビリティの配置バランスを取る。</p>
2	<p>スマートビル（医療施設）が施設の稼働状況をリアルタイムに収集して可視化し、効率的な搬送調整の実現に貢献している。適切な頻度、タイミングで病院施設を利用できることで、医療従事者が主たる業務へ専念できるようにすると同時に、地域住民の安心感の向上に寄与する。</p>
3	<p>スマートビルがビル内での消費電力量やビルに接続するモビリティ等への給電量を調整することで、消費電力量のコントロールを行っている。さらに、複数のスマートビル間で電力の融通を行うことで、街（スマートシティ）単位での省エネへの取り組みを可能とする。</p>

3. スマートビル設計原則と実装方針

本章では、2章で説明したスマートビルの将来像を実現するため、スマートビル設計における基本的な要求事項、満たすべき性質、更には実装に向けての指針を述べる。

3.1. 新たな産業創生・拡大のためのエコシステム

スマートビルに関わる新たな産業を創生・拡大していくためには、各システムやデータを連携させ、サービスやアプリケーションに活用できるプラットフォームをはじめとする協調領域が不可欠である。協調領域が確立されることで、特定の領域内でしか使われていなかったデータや機能が産業横断で展開され、共通仕様で利活用可能となるために新たなサービスが安価に創出され易くなる。新たなステークホルダーの参入による拡大も含めて、関連する業界の活性化を促すものをエコシステムと捉えており、これは経済的成長と社会的課題解決を両立するものである。

本節では、産業横断で展開されるシステムや機能を取り巻くステークホルダーやデータの繋がりによって形成されるエコシステムとプラットフォームに着目し、その中のスマートビルについて言及する。

スマートビルの領域においては、ビルを取り巻く空間や業務に関するデータが自由に活用できるようになることで、業務の自動化領域の拡大による省人化やランニング費用の低減、タイムリーなサービス内容のカスタマイズといった既存の業務やサービスを見直すことが容易になる。それらを実現するためには、エコシステムやプラットフォームの根幹となる協調領域の定義が重要となる。

3.1.1. 協調領域がもたらすステークホルダーへの影響

設備・システムメーカーやアプリ・サービス事業者は協調領域を利用することで開発工数をサービスやアプリケーションの根幹部分に集中することができ、人的リソースの集約によって品質の向上や提供価格の低減などが期待できる。

ビルオーナーはサービス市場の拡大が進み、協調領域を取り入れたスマートビルを建設することで、スマートフォンのようにビルのサービス・アプリケーションをカスタマイズできる。さらに、スマートビルを取り巻くニーズを反映してアプリケーションを切り替えることで、ビルユーザーに対して有意義なサービスを継続的に提供でき、ビルの資産価値向上をもたらすと同時にビルの陳腐化を防げる。

ビルユーザーは空間固有のサービスを受けることが可能になるため、従来よりも外出する機会が増加し、様々なサービスや人々と関わることで、新しい気づき・経験を得ることが可能になる。

3.1.2. 協調領域の実現に必要な要素

協調領域を根本から支えるデータに関しては、統一形式によってデータの意味を正しく表現したデータモデルの定義が重要である。また、定義されたデータモデルをデータカタログとして整備しユーザーに提供することで、協調領域内の様々なデータの中から必要となるデータの検索や特定が可能になる

一方、データの入出力を行う各インターフェースは、機能要件を整理した上で API として規定することが必要となる。なお、データカタログや API に関しては、開発者向けにドキュメントや SDK (Software Development Kit)の整備を行うことで既存システムとの相互接続や新規サービス・アプリケーションの開発を促進できる。

そのようにして開発されたスマートビル向けのサービスやアプリケーションを集めたマーケットプレイスを開設・運営することは、ビルオーナーとサービス・アプリケーションのマッチング機会の増大や、市場の拡大に対して効果的といえる。

また、それぞれのデータに対するトラストを担保し、ガバナンスの仕組みを構築することで、技術の進化に合わせて IoT や AI などの技術を容易に取り込んで更新し続けられる仕組みも重要である (図 10)。アーキテクチャや協調領域の検討においては、これらの考え方を前提において実施した。



図 10 新たな産業創生・拡大において必要な要素

3.2. スマートビル・アーキテクチャの全体像

2.4節で示したユースケースのように、抽象化された空間情報と業務やサービス・アプリケーションが紐づくスマートビルを実現するためには、システムや組織、ガバナンスなど包括的な観点での検討が必要である。一方で、多くの領域でその具体的な手段やベストプラクティスが業界として確立されておらず、共通理解となるアーキテクチャが形成されていない。本節では、スマートビルを実現するために検討が必要な観点の全体像についてまとめている。

アーキテクチャの検討に際しては共通の目標や指針を持つことが必要であるが、本ガイドラインの3.3.スマートビルの要求事項 や3.4.スマートビルが満たすべき性質 において、スマートビルの基本的な要求事項や方針、また有すべき性質を設計の原則として整理した。

3.2.1. システムアーキテクチャについて

システムの観点では、基本的な設計思想としてスマートビルシステムの全体構成図や、各構成要素、及びその機能の整理が必要なことに加え、共通の仕様によってシステム間の相互接続を実現するための協調領域を制定することが不可欠である。システムアーキテクチャガイドラインではビル OS を中心としたスマートビルのシステムについて、データモデルやインターフェースも踏まえて整理している。

3.2.2. 構築運用プロセスについて

構築と運用のプロセスとその担い手の観点では、既存のステークホルダーに加えて、デジタル技術に詳しくデータマネジメントに携わるような新たな権能や機能を持った主体が必要になる。構築・運用ガイドラインでは建設プロセスの最適化やシステム運用を担う新たな主体を MSI と仮定し、その機能について整理している。

3.2.3. データガバナンスについて

ガバナンスの観点では、データ利活用の前提としてデータにまつわる権利・責任・プライバシー保護の考え方や品質特性が整理されている必要がある。データガバナンスガイドラインでは、上記の項目に関して参照すべき他のガイドラインや、その中で特に検討すべき重要事項についてまとめている。

3.3. スマートビルの要求事項

スマートシティ及びデジタル社会の実現と持続的な産業振興のためには、スマートビルを中心とした新しい産業エコシステムが必要であり、その成立要件としてビル間の相互接続性やシステム互換性によるサービス継続性の確保や活発なデータの流通、利活用、そして人間中心としたサービスの展開が不可欠である。この新しい産業エコシステムによって多くの企業のサービス開発参加が促され、品質やコスト競争力の向上が期待される。これらの要件を満たし、スマートビル実装の前提となる要求事項として以下を提案する（図11）。



図 11 スマートビルの要求事項

3.3.1. 体験価値を考慮すること

人々の主要な生活基盤であるビルにおいては、単に「モノ」としてのビルの機能が向上するだけではなく、人を中心とした体験としての「コト」の価値が提供されなければならない。

Bali らは「Smart Building Design (2019)」 [31]で、スマートビルのアプリケーションは、個別性が高く汎用性だけを考慮に入れられないと述べており、入居者に受け入れられるためには、最初にインストールされ最適化した機能だけでなく、様々な状況で個々のユーザーの行動パターンに対応できる必要があること、UI (User Interface)/UX (User Experience : 体験価値) が重要な要素であることを指摘している。

このように、スマートビルはトレンドに合わせて UX やサービスの見直し、アップデートを実行可能なことが肝要である。また、体験価値はビルの入居者や就業者などのビルユーザーや、ビル管理者だけに留まらず、全てのステークホルダーに対して追及されるべきである。

3.3.2. 協調領域を持つこと

スマートビルを新しい産業エコシステムを構成するモジュールと捉えると、ビル間の相互接続性やシステム間の互換性を担保することが中核的な要件となる。一方で、連携し得るシステム全てに対して個社個別の作りこみで実現しようとする、社会全体で非現実的なコストがかかる。このコストを実現可能な域まで低減するために、スマートビルは疎結合のシステム構造と、標準化された公開技術仕様を含んだ協調領域を持たなければならない。

スマートビルのシステム構造は、ビルの躯体や設備、センサなどのフィジカルアセットを表すフィールド層、ビル OS 等のシステムによってフィールド層から送られたデータを抽象化しデジタルアセットとして管理や保存を行うデータ共有・管理層、収集されたデータを用いてサービスを行うアプリケーション層の3レイヤーによって構成される(図 12)。

レイヤー構造による設計と適切な協調領域の設定を行うことで、アプリケーションに対して共通的に活用可能な機能が提供され、システム開発におけるコストを軽減する。さらにインターフェース等を対象に協調領域が設定されていれば、ビルの相互接続性が向上し、システムの連携性や拡張性を高める。例えばビル OS がアプリケーションに提供する API やデータモデルが統一されることによって、アプリケーションの開発効率が向上するとともに、ビル OS をまたいだデータの利活用といったサービスの高度化や、アプリケーションの後発的な追加によるビルのアップデートを実現する。さらに、疎結合な構成と協調領域の業界全体への波及によって参入障壁が大きく下がるため、スタートアップなども巻き込みながらサービスの競争を加速させることが期待される。

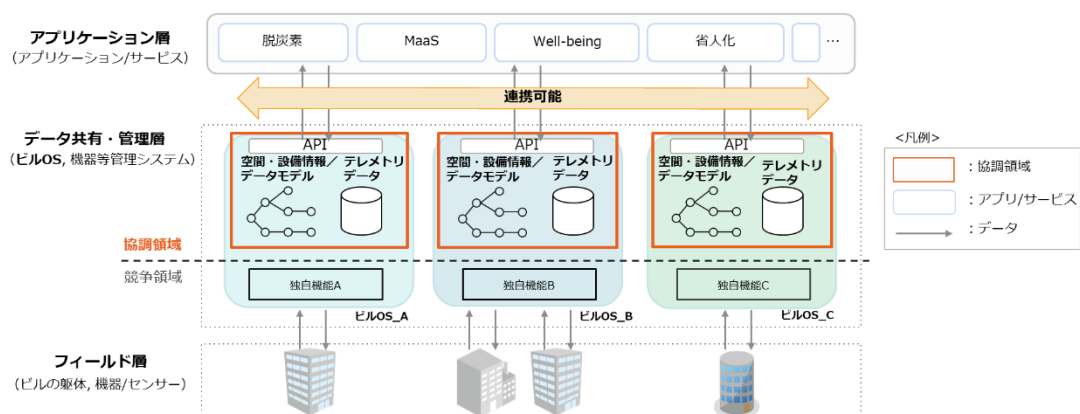


図 12 スマートビルのレイヤー構造と協調領域の例

3.3.3. データドリブンであること

スマートビルでは、積極的なデータの利活用を促進するために、得られたデータを起点にして、サービスの向上や適切な意思決定が可能になることが求められる。例えば、これまでに蓄積したデータを利活用することで、AI や機械学習の精度向上や、設備の故障予知、都市開発やモビリティのシミュレーションなどを可能にする。

ビル設計・施工や運用においては、予め設定した KPI(重要業績評価指標)に基づき、設計・施工時のデータや運用で得られたデータを利活用することで、機器更新や改修、運用改善に関する判断をより適切に行うことが可能となり、ビルの継続的な機能向上を実現する。

そのためには、スマートビルやスマートシティにおけるビッグデータの利活用を可能にしなければならない。データサイエンティストなどがガバナンスに則って適切にデータを利活用できるデータ連携基盤を用意することで、地域横断のエリアマネジメントや防災対策などを、データに基づいて分析・判断することが可能となる。

また、AI や機械学習によるデータ利用を促進するために、アプリケーションからビルにどのようなデータがあるか識別可能にすることに加え、データ品質を一定以上に保つことが必要である。データが AI 入力等の特徴量としてそのまま活用されることで、分析の精度や学習のコストが改善し、継続的なビル機能向上を実現する。

3.4. スマートビルが満たすべき性質

本節では、スマートビルが有すべき特徴的な性質として、6つの性質を解説する。これらの性質は、上記の原則に加えて、スマートビルの代表的なユースケースを分析して導出した結果や多様なステークホルダーの意見等も踏まえて整理された。それぞれの性質を發揮させる手段については、要件に応じて様々な実装方法が認められる。なお、通常の建築物並びに IT システムとして満たすべき性質についても考慮が必要である。

3.4.1. 相互運用性

- (1) 人・モノ・都市インフラ・他のスマートビルなど、ビル外部のシステムとスマートビルが相互にデータの要求や返却を行い、ビルにまつわるデータ流通を促す。スマートビルでは図面、設備台帳の情報や BIM、シミュレーション結果やコミッショニング計画などの設計や施工における成果物、また設備や IoT の属性情報やテレメトリデータ

などから構成されるデジタルツインの情報が提供される。また都市 OS や PLATEAU³、不動産 ID⁴などの外部システムの情報も参照、連携し、サイバー空間におけるシミュレーションの精度を高める。

- (2) ビル外部のシステムがスマートビルの管轄するフィジカルアセットに対して制御要求を行い、システムの連動によってサービスの高度化を促す。配送用ロボットによるビルのセキュリティゲートやエレベーターに向けた制御要求や、省エネアプリやエリアマネジメントシステムによる空調や照明への節電制御の要求などに対応する。

3.4.2. 互換性

- (1) スマートビルを構成するサービスやフィジカルアセットを置き換えても同様に動作する。従来のビルとは異なり、フィジカルアセットの置き換えだけではなく、インターフェースやデータモデルの共通化などにより、アプリケーションやビル OS の機能モジュールの置き換えにも容易に対応することができる。
- (2) サービスを構成するシステムがパッケージ化され、アプリケーションの再利用を可能にするポータビリティ(可搬性、移植性)を確保する。例えば、エネルギー管理サービスを利用しているビルオーナーは、データの互換性を保ったまま、新たなサービスに移行することが可能となり、テナントとして入居している企業は、移転した先でも同じサービスを使えるようになる。
- (3) スマートビルを構成するシステムがバージョンを更新したとき、他のシステムが一定程度過去の仕様に基づいていても問題なく扱える。特にアプリケーションやビル OS の機能に関する拡張的な更新に対しては、更新前の仕様による通信でも相互に動作が保証される。どこまで後方互換性を担保するかは情勢を鑑みて精査する必要がある。

3.4.3. 拡張性

- (1) スマートビルは機能をモジュール化することで、柔軟に機能追加することが可能となる。またハードウェアのライフサイクルよりも早く、ソフトウェアの改修によるビル機能の継続的なアップデートが可能であり、社会や人々の要請に適応し続ける。
- (2) ビルに存在する設備機器などの各種フィジカルアセットを適切に抽象化したデータモデルを規定することにより、機器追加や変更時に関連するソフトウェアやサービス

³ 国土交通省が主導する 3D 都市モデル整備・活用・オープンデータ化プロジェクト

⁴ 国土交通省が定める「不動産を一意に特定することができる ID」

の影響範囲を限定することができる。その結果、改修範囲を狭めることができ、従来よりも少ない工数でハードウェアの更新に対応することが可能となる。

3.4.4. 信頼性

- (1) スマートビルを構成する各システムは、一定の条件下において、要求された機能を継続的に動作させることが可能である。バックアップや冗長化などの仕組みを備えることで、システム全体として耐障害性や回復能力を担保し、障害が発生した場合においても、安定的に動作し続けることを実現する。また、不正アクセスや攻撃、ウイルス感染などを防止するため、堅牢なセキュリティ対策を講じる。
- (2) ビルに存在する各種フィジカルアセットは、ビル OS やアプリケーションなどのシステムで障害が発生した場合においても、フィールド層で要求される最低限の役割を果たし続ける。例えば、空調・照明・入退室、防災・防犯に関しては、システムの状態に関わらず、フィールド層のローカル制御だけで発停等の機能を継続できるようにする。また、各フィールド層の主要機器については適切な管理権限を有する者のみがアクセスできるセキュリティゾーニングを行い、悪意ある第三者が近づけないような物理的対策を講じる。
- (3) システムが取り扱うデータ自体の品質を担保する仕組みを備えている。データの正確性や完全性を担保することで、データを利活用するサービスの品質を向上させる。

3.4.5. 持続可能性

- (1) スマートビルは、ビルの企画・設計・施工から運用までのライフサイクルを通してデータを横断的に管理することで、ビルの機能や運用方法を継続的にアップデートする。各工程で得られた一連のデータは、当該ビルにおける意思決定だけでなく、他のビルに対しても有効活用することで、ビル全体をアップデートし続けることを可能とする。
- (2) 企画・設計・施工で得られたデータに基づいて運用管理を実行し、そのフィードバックを踏まえて機能拡張や運用改善を継続的に実行する。
- (3) 運用管理で得られたデータは、他のビルでの企画・設計・施工における判断材料となり、各工程のステークホルダーはそれらのデータを参考にして適切な意思決定を行う。また、ビルのライフサイクルを通じた体制整備、自己点検・故障診断などの保守機能の実装、予め設定した KPI に基づく業務プロセスの継続的な改善により、適切な維持コストによる長期的な運用を実現する。

3.4.6. 参入容易性

- (1) データモデルやデータ取得を行うインターフェース仕様が公開されており、外部からの接続方法が提供できることで、多様なステークホルダーの参入を促進する。
- (2) 建物関連データやインターフェースなどに対してアクセス権限・公開範囲の設定が可能で、適切な権限を有する利用者が許可された範囲内でデータにアクセスできるような外部へのデータ共有機能を有している。

3.5. スマートビルの実現で期待される効果

要求事項と性質が満たされたスマートビルによって期待される効果を図 13 に示す。協調領域を規定することでデータを横断的に利活用することが容易になり、アプリケーション開発の参入障壁が低くなる。また、新たなサービスやアプリケーションがスマートビルの協調領域を中心として繋がることで、既存サービスや業務プロセスの見直しが期待される。このような一連の活動の中で、ビルに関わるデータが蓄積され続け、そのデータがアプリケーションやサービスの機能向上に還元されることで、継続的に資産価値を高めるような効果生まれる。

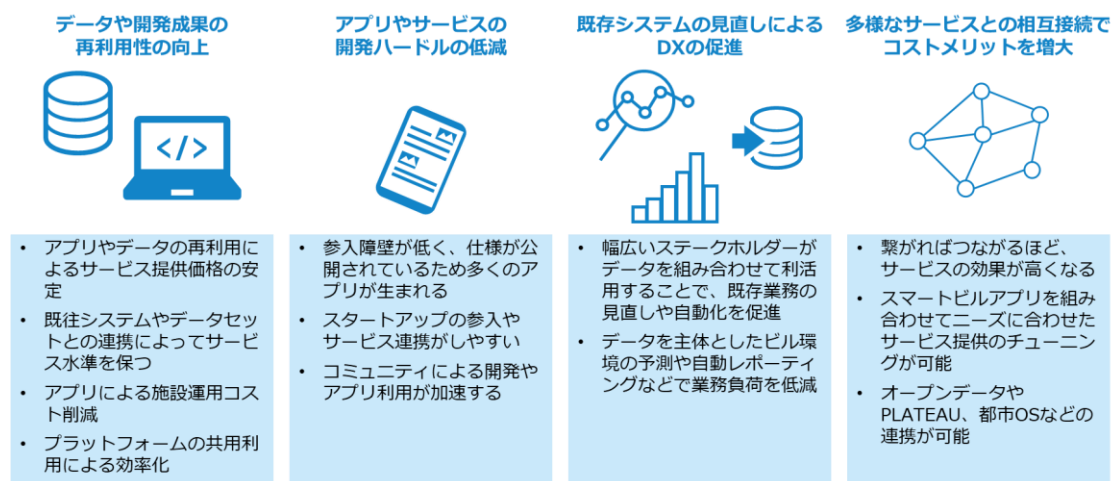


図 13 スマートビルの実現によって期待される効果

上記の期待される効果について具体例を図 14 に例示する。

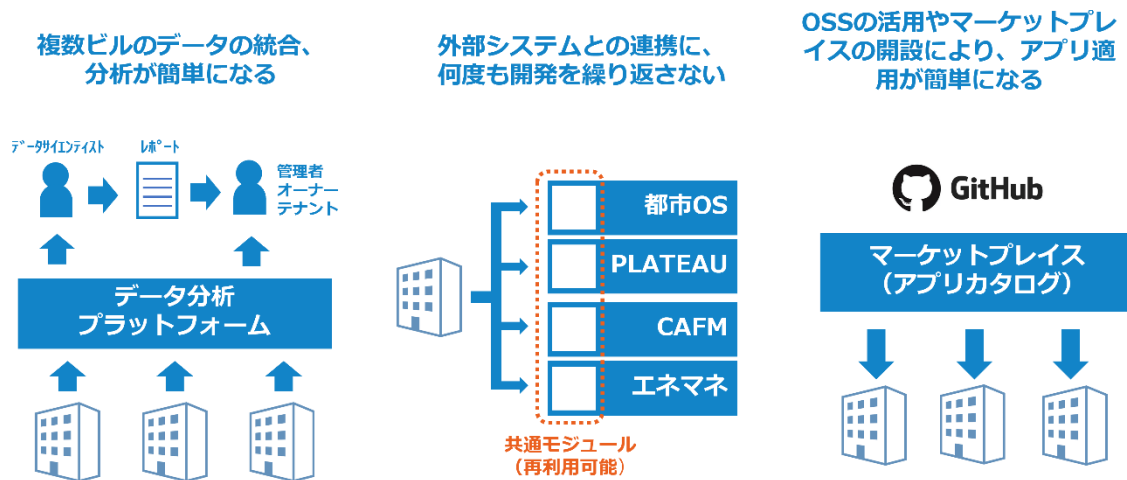


図 14 スマートビルのメリットの具体例

図 14 ではデータ分析プラットフォームが複数のスマートビルのデータを利用する例を示しており、データドリブンなサービスがデータモデル等の協調領域に従うことで最適な運用形態がとれるようになっていく。

データの取得方法やデータモデルが共通になっていることで、ビルに関わるアセットを抽象化して扱う機能モジュールやライブラリが共通化可能であり、アプリケーションやサービス間でのデータの相互利用やソフトウェア等の開発資産の再利用が容易になると考えられる。それらのソフトウェアは、マーケットプレイスや OSS などのプラットフォームで管理されることで、容易にサービスを導入することや、機能拡張が可能となる。アプリケーションやサービス間でのデータの相互利用が活発化することで、今までは人的リソースを割いていた業務の自動化や、システム間連携による新サービスの誕生などが期待できる。

例えば、データサイエンティストが単一のビルだけでなく複数ビルでの統合的な分析が可能となり、レポート自動化や運用改善案の自動生成といったサービスが今までより少ない労力で可能となる。また、都市 OS や PLATEAU、企業で既に利用されているシステムとの連携のためのモジュール・ライブラリが共通化されることで、データのマッシュアップが行いやすくなりデータの相互補完による分析精度の向上やシミュレーション環境の高度化などが見込める。こうしたシステム間の連携をサポートするアドオンやデータを仲介する機能モジュールの開発も開発コミュニティの成熟や OSS による参入障壁の低減、マーケットプレイスによる開発者と利用者の需要供給プロセスの確立といった周辺領域の変革も促されていくことが期待される。

3.6. スマートビル実現のための実装指針

スマートビルの設計原則を満たすため、今後検討すべき領域について図 15 に整理し、実装の指針を示している。これらの領域はアーキテクチャの考え方をを用いて今後必要と仮定されたものであり、具体的な実装においては、それによって要求事項を満たすと同時に、3.4 節の性質を発揮するようなものでなくてはならない。各ガイドラインでは一部の領域を実現する仮説や基本的な考え方を整理しており、一部は本項にて検討すべき内容を整理している。

なお、各領域は、本ガイドラインの発行時点での検討状況を踏まえて記載している。そのため、要素の追加、削除、更新といった全体の整理を含めて将来的な検討事項として取り扱っていくとともに、記載済みの仮説や考え方に対しても、今後の詳細検討の結果に応じて記載を改めていく方針である。

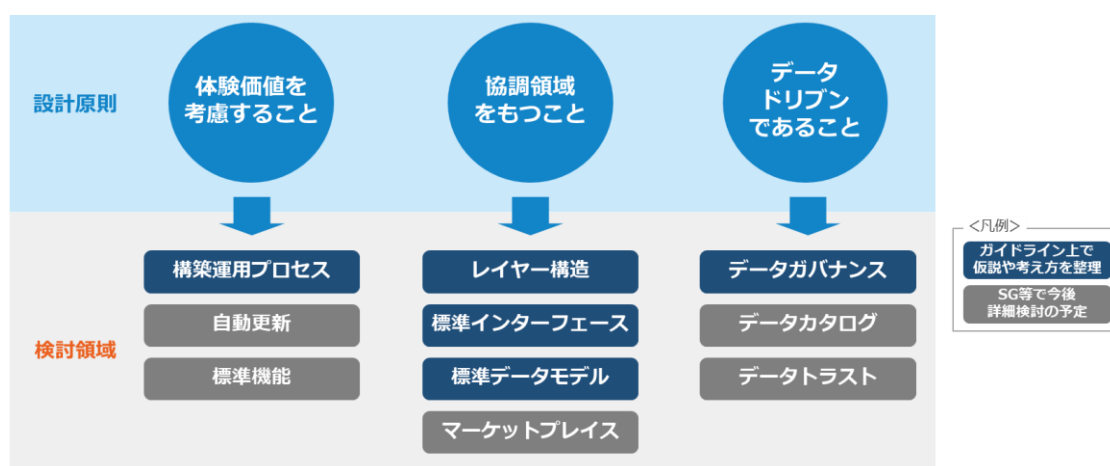


図 15 スマートビルの検討領域

3.6.1. 体験価値を考慮することに対する検討領域

1) 構築運用プロセス

MSI の機能に基づいて体制とプロセスを整備する。ユーザーの期待に応えるような価値の提供とともにビルをアップデートし続けるため、従来からの体制やプロセスを見直し、適切にプロジェクトを進める必要がある。

2) 自動更新

多様化するユーザーからの期待や要求に応じられるように、ビルのシステムをアップデートする仕組みを整備する。本論点は将来的な検討事項として詳細化していく。

3) 標準機能

アプリケーションのインストールや分析などの使い勝手が高められるような、標準機能を整理する。誰もが使う共通的な機能が標準化され、価値の創出に集中可能なようにする必要がある。本論点は将来的な検討事項として詳細化していく。

3.6.2. 協調領域をもつことに対する検討領域

1) レイヤー構造

システムやサービスの相互運用性や互換性を高めるために、疎結合なアーキテクチャ構造を規定する。従来のようにビルのフィジカルアセットとシステムやサービスが密結合するのではなく、データ共有・管理層としてのビル OS を介する 3 層構造のアーキテクチャとすることが必要である。

2) 標準インターフェース

システムやサービスの再利用性を高めるために、標準となるインターフェースを規定する。標準的な API 等のインターフェースによってシステムのサイロ化を防ぎ、同時にスマートビルのサービス開発を効率化する。

3) 標準データモデル

データをシステム間で連携可能にするために、標準となるデータモデルを規定する。共通の概念や語彙によってデータを記述することで、システムにおけるデータの解釈が容易になり、データの利活用性を高めることができる。また、ビル内のコントロール対象（設備機器や空間自体などの各種アセット）を適切に抽象化することにより、アプリケーション開発の最適化やプログラムの再利用を促進する。

4) マーケットプレイス

アプリケーションの安全性と流通を高めるために、共通のアプリケーション基盤を整備する。安全かつ容易にビルへのアプリケーション適用を行うため、アプリケーションとビル OS 等の連携基盤間の相互運用性や安全性・信頼性を認証する基盤と、アプリケーションを選択できるカタログ機能を併せ持った業界共通の仕組みが必要である。また、マーケットプレイスの活性化にはマーケットプレイス内で選択できるアプリケーションや設備システムの充実が不可欠と考える。よって、アプリケーションや設備システム開発者向けにスマートビル用の開発プラグインやテスト環境、開発者コミュニティといった開発に関わる周辺環境の整備を併せて検討を進めていく必要がある。本論点は将来的な検討事項として詳細化していく。

3.6.3. データドリブンであることに対する検討領域

1) データガバナンス

データを管理する際に、データの品質について保証する範囲や、対処すべきリスク、定めるべき規約、運用する上でのポリシーやプロセス等を取り決める。システムが複雑に相関し、多様なステークホルダーが関わるスマートビルにおいては、データに関わる責任をはじめ、従来のビルでは発生しなかった検討事項が生じる。例えばビルの中を自律移動するロボットが走行するケースや、ビルオーナー以外の第三者が管轄しているアプリケーションが複数棟のデータを用いるケースにおいて、どのような合意形成をどのステークホルダー同士が行うべきかといった課題を解消する。

2) データカタログ

利用及び連携するデータの項目や構造を業務やドメインごとに整理する。システム間のデータ流通を促すために、連携するデータの項目は、利用するスキーマや識別子を含めて明確にする必要がある。本論点は将来的な検討事項として詳細化していく。

3) データトラスト

データの信頼性を高め、データを検証する仕組みを整理する。データの発生から変換、保存、利用といった一連のフローの中で、その信頼性を担保する仕組みを検討する必要がある。本論点は将来的な検討事項として詳細化していく。

3.7. ステークホルダーに求められる要件

設計原則並びにスマートビル・アーキテクチャの論点を踏まえ、各ステークホルダーに対して具体的に求められる要件を表 7 に整理している。

表 7 各ステークホルダーに求められる要件

分類	要件
共通	スマートビルの構築・運用プロセスに準拠していること
アプリ層事業者	標準化された API 仕様に従ってデータをリクエストすること
データ共有・管理層事業者	ビル OS は疎結合なレイヤー構造のアーキテクチャであること
	ビル OS は標準化された API 仕様に従ってデータをレスポンスすること
	ビル OS は標準化されたデータモデル仕様に従ってデータを構造化すること
フィールド層事業者/テナント/オーナー・管理者	ビル OS は求められる所定の機能を有していること
	共有するデータについて、品質を保証する範囲を取り決めること
	取り決められたデータ品質に則ってデータを共有すること
	ユーザーの個人データを標準的なポリシーに則って扱うこと

なお、表 7 に記載している内容は、本ガイドラインの発行時点で検討が進んでいる領域（図 15 の「ガイドライン上で仮説や考え方を整理」に分類されている 5 項目）が中心であり、今後の検討により既存項目の詳細化を図りつつ、新たに必要とされる項目を追加していく予定である。

また、スマートビルの構築や運用においては、ビルの設備システムからデジタル技術まで多岐に渡る専門知識を背景に、ビル全体のサービスを企画、設計、運用、更新するような新たな権能や機能を持った主体が必要である。この主体やその主体が担う機能を MSI と定義しているが、MSI の機能はどの事業者にも自由に分担しうるものとして、各ステークホルダーに求められる要件には含めていない。MSI の詳細な機能については構築運用ガイドラインを参照すること。

4. スマートビルの社会普及に必要な要素

前章にて、スマートビル自体のビジョンやその設計原則や性質などについて述べた。本章ではスマートビルを普及及び社会実装させるために必要な要素について、ステークホルダーとスマートビルの関連性を含めた将来像と共に示す（図 16）。

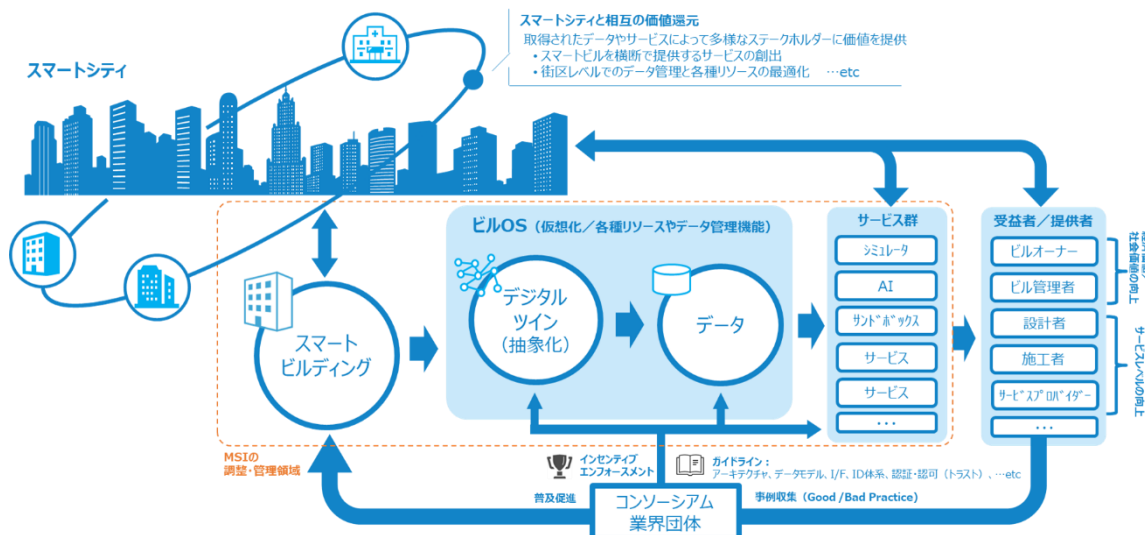


図 16 スマートビルの社会普及に必要な要素

スマートシティにおいて、スマートビルは都市が空間にアクセスするためのインターフェースとして機能し、都市レベルでのサービス提供によって地域の活性化といった価値が社会に還元される。また、ビル OS を介して生まれたサービスは、ビルオーナーや管理者にとっては、賃料や店舗の売上増、管理コスト削減といった経済価値、ビルユーザーや来訪者にとっては、安心安全・健康や快適性といった社会価値に還元される。一方で、設計者や施工者、メーカーやサービスプロバイダーは得られたデータを用いて自身のソリューションやプロセスの高度化・最適化を行う。アクセス制御など適切に行う必要があるが、そうした性質によって、ビル OS はデータ活用のためのコンモズとなり、データドリブン社会の実現が加速する。

これらの仕組みを実現するためには、スマートビルやプラットフォームとしてのビル OS の適切な事例の収集・発信、デジタルツインやデータやサービスを構築、利用するためのガイドラインの発行、更には政府と連携することで表彰や補助金などのインセンティブ、規制をはじめとしたエンフォースメントの制定とともに、それらを推進する業界団体の組成が必要になると考えられる。本ガイドラインは上記を実現するための 1 要素としての位置づけである。

A. Appendix

スマートビルの参考情報として、海外においてスマートビル認証を獲得している代表事例について取り上げる。海外においては、ファシリティマネジメントを実現する総合的なインフラとしてビル OS の開発と導入が進んでおり、国内への進出を始めているプロダクトも存在するが、導入においては提供体制やローカライズなどの課題があるものも多い。

A.1. The Hickman

1) 概要

The Hickman はイギリスで一番のスマートビルと呼ばれており、2020 年に竣工した。デジタルツインとワークプレイスアプリを連携している点に大きな特徴があり、ビルユーザーの職場体験を向上させるため継続的なイノベーションを目指している。 [32]

The Hickman は SmartScore の世界初の PLATINUM を取得している。また、イギリスの建築研究財団が開発した環境評価システムである BREEAM においては Excellent の評価となっており、国内の優れた都市計画や創造的な開発に対して表彰される Building London Planning Awards も受賞している。 [33]

2) 基本情報

表 8 The Hickman の基本情報

項目	内容
所在地	イギリス-ロンドン
竣工年	2020 年 9 月
用途	事務所
延べ床面積	7212 m ²
デベロッパー	Great Portland Estate

3) 提供機能

The Hickman のデベロッパーである Great Portland Estate (GPE) は sesame と呼ばれるワークプレイスアプリケーションを開発しており、ビルユーザー向けに様々な機能を提供している。例として、空気質のチェックや照明や温度など環境制御サービス、オフィススペースを最適化するための人流計測と統計分析、リアルタイムエネルギー分析などがある。

ビルの利用者は、家を出る前にデスクの予約を行い、空気質チェックをしながら、最新の交通情報をもとにしたピーク時間の回避、雑誌の無料閲覧、カフェでのコーヒーの事前注文、周辺施設の情報確認などのサービスを利用することができる。 [34]

また、ビルのデジタルツインを構築し、建物管理システムと統合することで高度な管理を実現している。 GPE は 2030 年までに炭素排出量ゼロを目指すという野心的な目標を掲げており、そのためセンサ情報を基にビル設備利用を最適化することでエネルギーや管理コストの削減を行うとともに、利用者や管理者の満足度を高く維持し、職場環境の向上を目指している。 [35]

A.2. The Bridge

1) 概要

The Bridge はポーランドで竣工予定の超高層オフィスビルであり、Signal OS と呼ばれるビル OS を活用したビル管理に特徴がある。中央ヨーロッパ、東ヨーロッパで初めて SmartScore のプラチナ認証を取得する予定のビルであり、その他 BREEAM、WELL 認証、Green Building Standard といった各種認証を取得している。 [36]

2) 基本情報

表 9 The Bridge の基本情報

項目	内容
所在地	ポーランド-ワルシャワ
竣工年	2023 年予定
用途	事務所
延べ床面積	約 47000 m ²
デベロッパー	Ghelamco

3) 提供機能

Signal OS は The Bridge のデベロッパーGhelamco によって独自に開発されたシステムであり、各種設備やシステムを接続し、データを集約してビルの維持管理プロセスの最適化を行う。システム連携以外にも、ビルへのアクセス制御（入退予約）やデスクや会議室予約、テナント管理やメンテナンス業者などのベンダー管理、エネルギー管理などの機能、

それら进行操作するためのインターフェースを有しており、エレベーターや電気自動車などとの連携も可能である。

設備制御においては、特に水の消費削減や、モニタリングによる高度な空気質管理などを行っている。また Signal OS にはカードキーレスでの部屋の移動や、部屋、デスク、駐車スペースの予約などが可能なモバイルアプリケーションも含まれている。 [37]

A.3. Paya Lebar Quarter

1) 概要

Paya Lebar Quarter はシンガポールで Lendlease によって開発された多目的の複合施設であり、住居、オフィス、商業施設、公園の4つのセクションで構成されている。これらは iviva の手掛ける Open Building System Integration (OBSI) と呼ばれる単一のプラットフォームによって運営されており、3D BIM モデルと統合して各建物のデジタルツインが構成されている。 [38]

シンガポールの建築建設省 (Building and Construction Authority) によって開発運用されている Green Mark 認証 [39] では最高評価である Platinum を取得しており、建物の環境への影響と性能が評価されている。 [40]

2) 基本情報

表 10 PayaLebar Quarter の基本情報

項目		内容
所在地		シンガポール-シンガポール
Tower 1	竣工年	2018 年
	用途	共同住宅
	延べ床面積	約 31000 m ²
Tower 2	竣工年	2019 年
	用途	事務所
	延べ床面積	約 51000 m ²
Tower 3	竣工年	2019 年
	用途	商業施設
	延べ床面積	約 29000 m ²
デベロッパー		Lendlease

3) 提供機能

OBSI プラットフォームによるデジタルツインは各建物の物理的な空間、機器、システム、及びインフラストラクチャプロセスを含むデジタルのレプリカであり、状態ベースでのシステムメンテナンス、アラート、ダッシュボードなどによって、運用・保守の業務を高度に行う。各施設、設備の状況が一元管理されていることで、例えば異常が発生したときにデジタルツイン上でどのフロアに異常があったかを検知できる。また各設備の持っている状態を把握することが可能であり、例えば空調の設定温度や CO₂ の排出量をデジタルツインから確認、管理することができる。

B. リファレンス

- [1] 内閣府, スマートシティリファレンスアーキテクチャ,
<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>.
- [2] 内閣府, “Society 5.0,” [オンライン]. Available:
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/.
- [3] 環境省, ZEB とは?, <https://www.env.go.jp/earth/zeb/about/index.html>.
- [4] 中西泰人, スマートシティとポスト人間中心デザイン, 2021.
- [5] 対馬義幸, 山元弘和, 梅田センタービル物語, 彰国社, 1988 年 4 月.
- [6] ISO, ISO16484-1:2010, 2010.
- [7] Commiteee, BACnet, About BACnet, <https://bacnet.org/about/>.
- [8] LonMark, ISO/IEC series of standards, <https://www.lonmark.org/technology/lon-technology/standards/>.
- [9] ジョンソンコントロールズ, “ジョンソンコントロールズ、マイクロソフトの機械学習を活用した不具合検知 (FDD) システムを開発,”
https://www.johnsoncontrols.com/ja_jp/media-center/news/press-releases/2018/07/09/-/media/ca8ea5071a7a4fbe83c7b62b7c939b94.ashx, 2018.
- [10] Microsoft, Azure Digital Twins, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/digital-twins>.
- [11] memoori, The Internet of Things in Smart Commercial Buildings 2020 to 2025, memoori, 2020.
- [12] G. B. JAPAN, WELL とは, https://www.gbj.or.jp/well/about_well/.
- [13] G. B. JAPAN, 日本の WELL 認証・WELL Health-Safety Rating 認定 プロジェクト リスト, https://www.gbj.or.jp/well/about_well/certified-projetcts/.
- [14] 国土交通省, 中央建設業審議会,
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s501_chuokensetsugyo01.html, 2023.
- [15] 経済産業省, ロボットフレンドリーな環境の実現に向けた取組が加速しています,
<https://www.meti.go.jp/press/2022/10/20221005001/20221005001.html>, 2022.
- [16] 内閣府, スマートシティ・ガイドブックの作成について,
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/smartcity/index.html, 2021.
- [17] 環境共創イニシアチブ, 令和 4 年度 ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB) 実証事業, https://sii.or.jp/zeb/zeb_guideline.html.

- [18] 経済産業省, エネルギー基本計画,
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf, 平成 26 年 4 月.
- [19] 環境共創イニシアチブ, ZEB 設計ガイドライン/パンフレット 公開について,
https://sii.or.jp/zeb/zeb_guideline.html.
- [20] 経済産業省, 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略,
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html.
- [21] 内閣官房, 「クリーンエネルギー戦略」に関する有識者懇談会,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/clean_energy_kondan/index.html.
- [22] 日本エネルギー経済研究所, 「IoE 社会のエネルギーシステム」に関する研究会 運営支援及び特定調査分析業務 成果報告書 (要約版) (2021 年度報告),
https://www.jst.go.jp/sip/dl/p08/report2021_1.pdf.
- [23] 厚生労働省, 「働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律」について,
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000148322_00001.html.
- [24] 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO), 革新的ロボット研究開発基盤構築事業,
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100188.html.
- [25] ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会 (RRI), ロボット・エレベーター連携インタフェース定義 RRI B00RRI B0001:2021 (Draft Rev.2.0) 公開,
<https://www.jmfri.gr.jp/info/rri/1904.html>.
- [26] WildScore, SmartScore certification, <https://wiredscore.com/certify-a-building/smartscore/>.
- [27] U.S. Green Building Council, LEED rating system, <https://www.usgbc.org/leed>.
- [28] 経済産業省, 「情報処理の促進に関する法律の一部を改正する法律」(令和元年法律第 67 号) が施行されました,
<https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200515001/20200515001.html>.
- [29] 日本規格協会, JIS X 0170:2020 システムライフサイクルプロセス, 2020.
- [30] デジタル庁, デジタル田園都市国家構想,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital_denen/pdf/20220607_honbun.pdf.
- [31] M. Bali, D. A. Half, D. Polle, J. Spitz, Smart Building Design: Conception, Planning, Realization, and Operation, BIRKHÄUSER BERLIN, 2018.
- [32] G. P. Estates, THE HICKMAN, <https://the-hickman.co.uk/>.
- [33] G. P. Estates, The Hickman, <https://www.gpe.co.uk/portfolio/the-hickman>.

- [34] G. P. Estates, The Hickman achieves WiredScore’s SmartScore ‘Platinum’ rating, the first awarded globally, <https://www.gpe.co.uk/news-media/news/2021/the-hickman-achieves-wiredscore-s-smartscore-platinum-rating-the-first-awarded-globally>.
- [35] smartspaces, The Hickman, <https://www.smartspaces.app/case-studies/the-hickman/>.
- [36] EuropaProperty.com, THE BRIDGE OBTAINS FIRST SMARTSCORE AND WIREDSCORE CERTIFICATES IN CEE, <https://europaproperty.com/the-bridge-skyscraper-obtains-first-smartscore-and-wiredscore-certificates-in-cee/>.
- [37] SignalOS, SignalOS, <https://www.signalos.io/>.
- [38] iviva, Paya Lebar Quarter(PLQ) Digital Twin, Singapore - A Smart Precinct Case Study, <https://www.iviva.com/casestudies/paya-lebar-quarterplq-digital-twin-singapore-a-smart-precinct-case-study/>.
- [39] B. a. C. Authority, Green Mark Certification Scheme, <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme>.
- [40] ARUP, Paya Lebar Quarter, <https://www.arup.com/projects/paya-lebar-quarter>.

謝辞

スマートビルガイドラインの作成にあたり、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）デジタルアーキテクチャ・デザインセンターに設置した「スマートビル将来ビジョン検討会」「標準化 SG」「フィールドガイドライン検討分科会」「クラウドガイドライン検討分科会」「MSI 検討分科会」へご参加いただいた方々、及び情報提供や執筆にご協力いただいた方々へ厚くお礼を申し上げます。

執筆者

独立行政法人情報処理推進機構

デジタルアーキテクチャ・デザインセンター

青野 敏紀

岡田 拓郎

岡田 良平

粕谷 貴司

清國 敦史

後藤 喬行

中村 公洋

那須 隆博

野沢 直弘

原田 晋吾

吉田 壮志

レビューアーリスト (五十音順・敬称略)

SB テクノロジー株式会社

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社

一宮 昇平

中芝 孝秀

株式会社大林組

三浦 啓祐

山口 直之

山本 晃

経済産業省

和泉 憲明

シスコシステムズ合同会社

清水建設株式会社

越地 信行

斉藤 浩

ソフトバンク株式会社

熊谷 俊

後藤 大輝

沼田 周

ダイキン工業株式会社

古澤 真宏

小倉 孝訓

北村 拓也

桑山 忠弘

大成建設株式会社

大野 元嗣

株式会社竹中工務店

矢野 雅

株式会社東芝

佐古田 健志

東芝インフラシステムズ株式会社

日本電気株式会社

日本マイクロソフト株式会社

パナソニック株式会社

株式会社日立製作所

buildingSMART Japan

三菱電機株式会社

三菱電機ビルソリューションズ株式会社

森ビル株式会社

会津 宏幸

望月 康則

内田 訓雄

中西 進

鈴木 勇至

平松 勝彦

吉村 祐一

足達 嘉信

安達 佳明

大瀧 尚巖

朝比奈 努

有山 清隆

佐藤 芳紀

オブザーバーリスト（五十音順・敬称略）

大阪公立大学大学院 教授

慶応義塾大学大学院 教授

芝浦工業大学 教授

多摩大学大学院 客員教授

東京工業大学 教授

NPO 法人ロンマークジャパン 理事長

阿多 信吾

白坂 成功

志手 一哉

市川 芳明

松浦 知史

富田 俊郎