

近未来の車・道路と関連産業に関する検討会 中間とりまとめ

～近未来には道はこんなふうに使われる？～

【参考資料】

令和2年6月

一般財団法人 道路新産業開発機構

【参考 1】 自動化・コネクティッド化・電動化の予測

(直近 1 年間に直接・間接公表されていたデータ)

・乗用車・小型商用車の新車販売における普及率予測 (事務局で推計・加工)

表 1 自動化比率(2030 年)

団体名	Lv 5	Lv 4	Lv 3	Lv 2	Lv 1	Lv 0	備考
McKinsey & Company	12	15	17	20	29	7	
矢野経済研究所	19		5	61	15	0	
PwC(Price waterhouse Cooper)	4	14	23	59	0	0	米欧中 6800 万台市場
Ptolemus Consulting G.	0	8	22	62	8	—	
M14 Intelligence	0	2	6	37	39	16	
富士キメラ総研	0	1	6	90	—	—	40 年 Lv4-5:10%未満
電子情報技術産業協会	1		6	—	—	—	
PwC Japan	0	0	3	8	41	48	

表 2 コネクティッド化率(2030-35 年)

団体名	30 年	35 年	備考
PwC	100	100	米欧中市場のみ 30 年には 4G が 70%以上
富士経済	71	88	

表 3 電動化比率(2030 年)

団体名	合計	EV※	PHV※	HV※	FCV※	備考
電子情報技術産業協会	74	17	6	51*	0	*うち Mild※※ 44
デロイト トーマツ	67	10	15	42	0	
ヴァレオ	66	23	6	37*	0	*うち Mild 31
PwC	64	41	—	22	0	米欧中 6800 万台ベース
J. P. Morgan	59	18	2	39	0	
IHS Markit	56	13	7	36*	0	*うち簡易版 29
Faurecia (フォルシア)	56	13	—	41	2	
Boston Consulting G.	52	18	6	27*	0	*うち Mild 20
野村証券	48	18	6	23	1	
日本エネルギー経済研究所	36	6	8	22	0	
経済産業省	32	8	11	12	1	
PwC Japan	32	4.5	9.5	16.5	1.5	
みずほ銀行	31	15	8	8	0	欧亜米主要地域 8290 万台ベース
富士経済	25	12	7	5	0	

表 4 電動化比率(2050 年)

	合計	EV	PHV	HV	FCV	備考
デロイト トーマツ***	100	86	14	0	0	
PwC Japan***	59	12	16	22	9	

※EV:電気自動車 PHV:プラグインハイブリッド車 HV:ハイブリッド車 FCV:燃料電池車

※※マイルドハイブリッド車:通常 HV より低圧(例:48V)発電機による軽量低コストの HV

※※※「CO₂削減のためにこうでなければならない」という Backcast 手法による推計

【参考 2】 都市や地域で現在行われている取組み

自動運転、モビリティサービス、スマートシティに関する国内外での取組みについて整理した。以下はその要約であり、詳細は次ページ以降の補足資料を参照されたい。

1. 自動運転、モビリティサービスに関する欧州の動向

欧州においても、自動運転車両を用いたモビリティサービスの提供に向けて、実証実験等が行われている。例えばドイツやスイスでは、駅から観光地への移動手段として、小型自動運転バスを活用しようとしている例があり、フランスでは乗用車型自動運転車両を使って、バスの運行が終了した後の深夜のオンデマンドタクシー（ただし停車位置はバスの停留所）としての利用を目標とした走行実験を進めている。また、スイスでは、街のバスを将来的に全て電気バスとし、市の 100%出資会社が運営するライン川の水力発電による電力を使用するといったスマートシティに向けた取組みも見られるところである。

2. スマートシティに向けた取組み

（1） トロント

カナダ・トロントのウォータースフロント地区においては、Google の親会社の Alphabet 社が設立した Sidewalk Labs がイノベーションと資金提供のパートナーとして選定され、2019 年 6 月にまちづくりのマスタープランを公表している（ただし、2020 年 5 月に Sidewalk Labs はトロントの再開発プロジェクトから撤退）。歩行者中心主義による、公共交通、自動走行車、ライドシェア等での移動を中心としたまちづくりや、時間帯や平日／週末などに応じて柔軟に変更できるように設計された道路空間、市内の交通全体の制御や、自動運転車の普及を見据えた道路や駐車場、自動配送による物流システムなど、自動運転時代を見据えたまちの形について、多くの興味深い提案が行われている。実現には至らなかったものの、今後のまちづくりの参考になるものと考えられる。

（2） 柏の葉

千葉県柏市の柏の葉エリアにおいては、柏の葉スマートシティとして、公・民・学が連携してまちづくりを進めている。例えば、住宅やオフィスのエネルギー使用状況の見える化や街区を超えた電力融通といった地区レベルでのエネルギー管理や、自動運転バスの営業運行実証実験も行われている。またこのほか、新産業創出の場としてのオフィス空間の提供やベンチャー企業向けのマッチングやノウハウの支援、ビジネスコンテストの開催なども行っている。

<補足資料> 自動運転、モビリティサービス、スマートシティに向けた取組み

1. 自動運転、モビリティサービスに関する欧州の動向

(1) 調査の概要

近年、自動運転技術の関心は高くなり、自動運転車両の実現に向けた実証実験や公道での走行試験、自動運転で活用するシステムや情報提供の技術開発が国内外で盛んになっている。欧州では、小型自動運転バスが走行試験を経て実運用として走行している事例がいくつかある。また、自動運転技術と並んで公共交通やシェアリングサービス等を活用したモビリティサービス（MaaS）についても関心が高く、欧州の地域で導入され始めている。

こうした状況から、日本における自動運転車両の実現、小型自動運転バスのビジネスモデル、モビリティサービスの構築などの今後の施策に活かすことを目的として、2019年10月1日から10月9日の期間で「欧州における自動運転技術の実運用実態調査」を実施した。

本調査では、自動運転を実際に運用している場所に着目し、欧州における自動運転技術、小型自動運転バスの実運用の状況、モビリティサービスを現地で視察すると共に、以下の4ヶ所の企業・公共機関を訪問し、自動運転車両や運用状況、モビリティサービスのヒアリングを行った。

<訪問先>

- ・PTV Group（ドイツ・カールスルーエ）
- ・DB Regio Bus Ostbayern 社（ドイツ・バートビルンバッハ）
- ・Schaffhausen 公共交通運輸局（スイス・シャフハウゼン）
- ・ルーアン市交通局（フランス・ルーアン）

(2) 自動運転

1) 小型自動運転バス

欧州、米国そしてアジアでは定員10人ほどの小型自動運転バスの実証実験や実運用が行われている。

欧州では図に示すEZ10とARMAの2種類の小型自動運転バスが各地で走行しており、それぞれの小型自動運転バスの調査を行った。

訪問した地域の小型自動運転バスの状況としては、ドイツでは地方の交通として、スイスでは観光とスマートシティのモビリティとして、フランスではラストワンマイルの移動手段（最終バス後の移動手段など）として活用することを考え、それぞれの地域の交通連合として自動運転車両の導入を検討していた。



図 1 小型自動運転バス

表 5 各国の小型自動運転バスの状況

	ドイツ	スイス	フランス
主体	ドイツ鉄道 (バートビルンバッハ) (ハンブルグ) など	バス事業者 (シオン) (シャフハウゼン) など	バス事業者 (ルーアン) (パリ) など
計画	鉄道利用の集客 地方の市民の足	駅からの移動 観光ポイントへの移動	ラストワンマイル
課題	一般車と同じ速度で走行できるかどうか 路上駐車や障害物があると人の操作が必要	雪が積もると走行不可 坂道ではセンサーが誤作動 路上駐車や障害物があると人の操作が必要	路上駐車や障害物があると人の操作が必要

①ドイツ・バートビルンバッハ

・自動運転バスの視察

ドイツの南東部に位置する温泉地のバートビルンバッハにおいて、駅から温泉地までの移動手段として自動運転バスを導入する計画があり、その実際の運用を視察した。

自動運転バスは、フランスの EasyMile 社の EZ10 が導入されていた。

訪問した 2019 年 10 月 4 日は、Rottal Terme から観光案内所を経由し、役所のあるマーケットスクエア（温泉街の中心地）までの約 700m の距離を平均時速 12km で歩行者専用区間と一般道（車道）において運用されていた。1 日 1 便のみバートビルンバッハ駅から 600m ほど離れた Badstr まで運行していた。

訪問した日から 3 日後の 2019 年 10 月 7 日からは、バートビルンバッハ駅まで路線

延伸され、運行速度も駅付近の道路では時速 30km まで上げて走行した。また、駅付近の道路は一部最高速度 50km の区間を走行するため、本車両の走行時には、速度表示板を 30km に変更する可変速度標識が導入された。

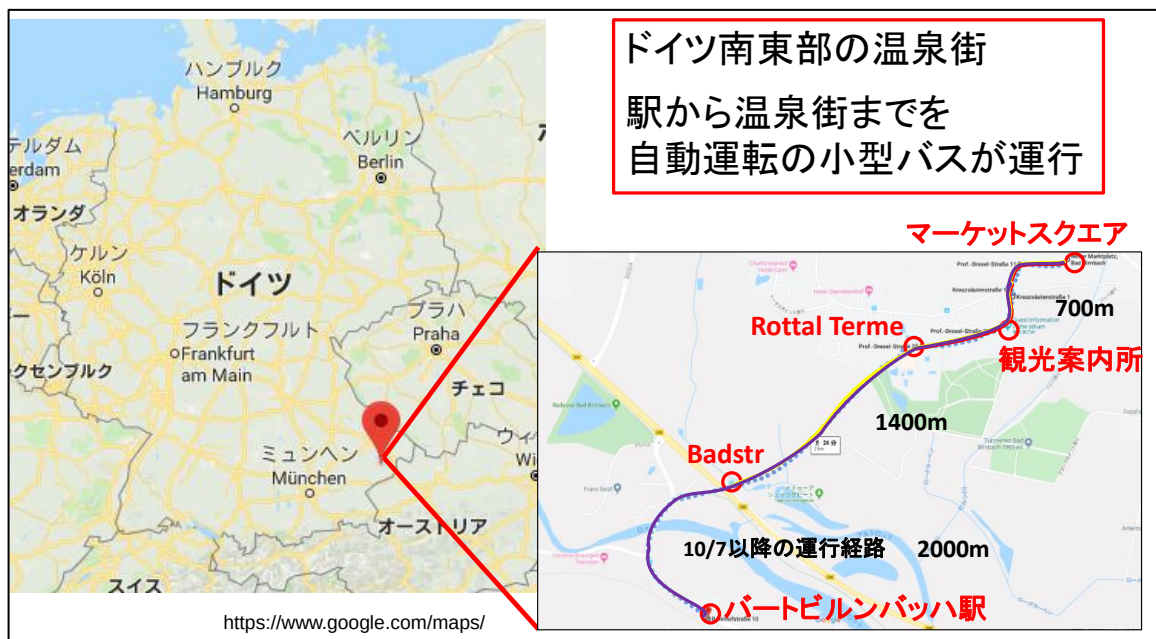


図 2 バートビルンバッハ位置図と自動運転バスの走行ルート

・ 走行時の課題

路上駐車車両に対しては一旦停止し、乗務員が操作して避けるため、走行ルート上の障害物を自動で避けることはまだ出来ない。

走行は天候に左右されることがあり、100 日あたり 5 日ほど天候で走行できない場合がある。例えば、大雨では走行ができない。

一般道を走行する際、他の車は時速 50km で走行するのにに対して小型自動運転バスは最高時速 30km までしか出せないのが、速度差をどの様にするのが課題となっている。



図 3 小型自動運転バス



図 4 車道走行風景



図 5 10月7日の様子

②スイス：シャフハウゼン

・自動運転バスの視察

スイスの北部に位置するシャフハウゼンで運用されている小型自動運転バスの視察を行った。

自動運転バスはライン川へ向かう入口からライン川の滝の見晴台への観光客の移動を目的とした走行をしていたが、視察時（2019年10月7日）は運行を中止していた。理由は、ライン川へ向かう下り坂（勾配 15～16%）で、走行が時々スムーズに行かないため、プログラムの修正をメーカーに依頼中であるからとのことだった。



図 6 シャフハウゼン位置図（赤丸は自動運転バスの走行場所）



図 7 小型自動運転バス

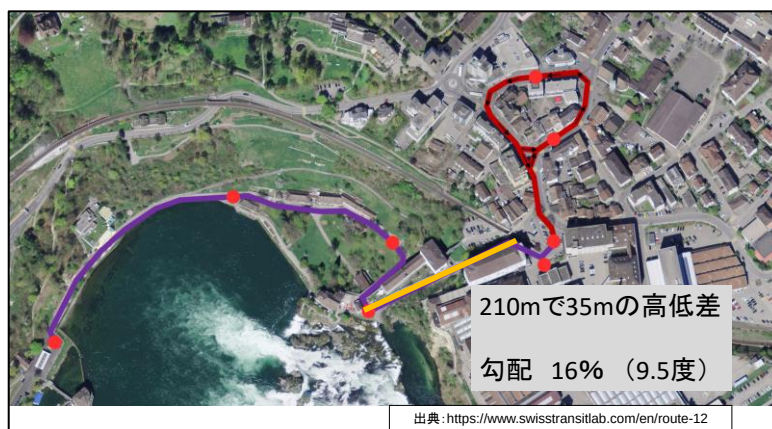


図 8 小型自動運転バスの走行ルート

2) 乗用車型自動運転車両

・概要

フランス・ルーアン市で試験走行していた乗用車型自動運転車両の調査を行った。

自動運転車両の走行試験は、ルーアン都市圏（自治体）、ノルマンディ地域圏（自治体）、大蔵省資金運営局（預金供託金庫）、マトムット（地元の保険会社）、ルノーグループそしてトランスデブ社（民間公共交通機関オペレーター）が協力してできたルーアン・ノルマンディ・オートノマス・ラボが行っており、自動運転車両は他の一般乗用車が走行している一般道で実験走行を実施していた。

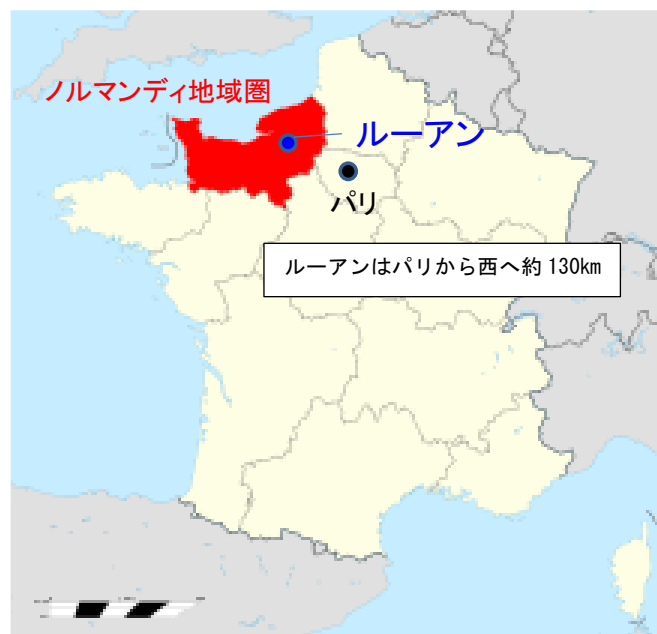


図 9 ルーアンの位置

自動運転車両の試験走行の目的は、バス運行が終了した後（終バス後）の自動運転バスを走行させることで、オンデマンドタクシーを目標としている。バスと同様な運行になることから、止まる場所はバスの停留所に限定している。

試験走行が実施されている一般道にはラウンドアバウトがあり、そこには、LiDAR とカメラを備えた 4 基の路側機が設置され、自動運転車両への情報提供（インフラ協調）や一般車の自動運転車両に対する挙動について研究している。

自動運転の試験で乗用車型の車両を採用しているのは、時速 30km 以上で走行出来るからである。（前述のバートビルンバッハやシャフハウゼンの自動運転バスは、最高速度が時速 25～30km）

・今後

自動運転シャトルバスの実現を目指している。

自動運転の試験走行では最高時速 45km くらいで走行するため、将来的に最高時速 70km が出せる自動運転シャトルバス i-Cristal を現在開発中（調査時）で、2019 年 12 月に試験走行予定とのことであった。開発中（調査時）の自動運転シャトルバスは、定員が 16 名なので、現在試験走行している自動運転車両の 4 台分の人数を乗せることができる。



図 10 自動運転車両



図 11 走行中の運転席



図 12 LiDAR による車線や人の感知

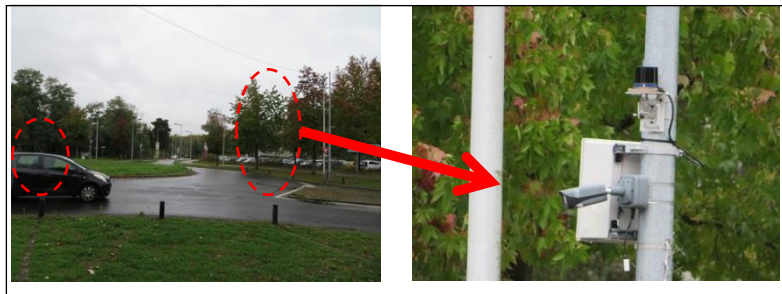


図 13 路側機



図 14 自動運転シャトルバス i-Cristal

出典 : <https://www.transdev.com/en>

3) 路線バス

・概要

フランス・ルーアン市では、2001 年より路線バスに自動操舵（正着制御）システムを導入（4 路線、79 車両）して、バスと停留所との隙間を 5 cm 以内にする事が可能となっている。

自動操舵（正着制御）システムの目的は、運転手の疲労軽減を図るためと車椅子・ベビーカーの乗客のスムーズな乗降を可能にするためである。

- ・自動操舵（正着制御）システム

自動操舵バスは停留所の前後 50m の路面に書かれた白線をカメラで検知すると、ハンドルが振動して運転手は手を離し、そしてバスは自動操舵で停留所に自動で寄る。

自動でハンドルが操作されるため、停留所に寄せる時に運転手に余裕ができる。ハンドルは自動で操作されるが、アクセルとブレーキは自動ではない。将来は LiDAR 方式に更新することも検討しているとのことである。



図 15 自動操舵バス

- ・自動操舵（正着制御）システムの効果

運転手は停車時に余裕ができ、歩行者などへの注意を払えるようになったことから、運転手にはとても好評となっている。また、運転手のミス等で停留所への接触が多く発生していたが、このシステムにより無くなった。

- ・課題

1 年前から自転車バス専用レーンを走行可となったため、正着制御中に自転車が入ってくると手動に切り替えて対処する、といった訓練が必要になっている。

雨天時は問題ない。ただし、運転手側がシステムを過信しない心構えで運転し、いざという時は手動に切り替えることが必要である。

（3）スマートシティ

スイスのシャフハウゼン公共交通運輸局を訪問し、スマートシティに向けた取組みについて視察を行った。

- ・電気バス

スマートシティの取組みの一部である電気バスの導入と電力発電について調査を行った。

電気バスはスペイン製で、100%の充電で 70km の距離を走行可能で、停車中の 4 分間の急速充電で 8km 走行可能という性能がある。

2023 年に街のバスを全て電気バスに変更し、現在運行中のディーゼルバスとトロリ

ーバスは廃止し、トロリーバスの架線は全て撤去する予定とのことである。

電気バスのサイドミラーはカメラによる電子モニタとなっており、視認性がとても良く両サイドが見やすくなっていた。

電気バスの充電状態や走行状態などの情報は常に運行管理センターに送信出来る仕組みとなっている。

使用する電気は、市の 100%出資会社がライン川の水力発電を運営し、その電力を安価に利用する仕組みとなっている（図参照）。シャフハウゼンは地形的に谷間が多く、電気バスは坂を登る時に電力を使用し、下る時に電力を回収する。



図 16 電気バス前面



図 17 電気バス全景



図 18 電気バス運転席の様子



図 19 シャフハウゼンの電気の利用図

(4) ドイツの交通輸送の現状

ドイツでは地域ごとに公共交通の一体的な運営を行う組織が存在し、共通運賃制度の導入や乗り継ぎ利便性の向上を図っている。



図 20 ドイツの地域公共交通における運輸連合の概要

2. カナダ・トロントにおけるスマートシティの取組み

(1) 都市の概要

トロントは、カナダ東側オンタリオ州の州都であり、五大湖の一つであるオンタリオ湖北西岸に位置するカナダ最大の都市である。

トロント市の面積は 630km² と東京 23 区 (628km²) とほぼ同じで、人口は 2018 年 7 月時点で 2,956,024 人である。多様性のある都市とも言われ、人口の 51% が海外生まれで、トロント市を中心としたエリアでは 140 を超える言語が使用されている。

トロントはカナダ経済の商都であり、金融、電気通信、航空宇宙、運輸、メディア、芸術、映画、テレビ局、出版、ソフトウェア、医療研究、教育、観光、スポーツなどの産業基盤が発達している。国内企業の本社や多国籍企業が多く入っており、カナダ最大の規模を持つトロント証券取引所 (TSX) がある。



図 21 トロントの位置

出典：Google Map

(2) プロジェクトの概要と経緯

2001 年にカナダ政府とオンタリオ州政府、トロント市によってウォーターフロントトロント (Waterfront Toronto) という公社が設立され、指定された約 800 ヘクタールのウォーターフロントエリアを、美しく持続可能な複合用途のコミュニティとダイナミックな公共スペースに変えるということを使命として再開発を進めている。

指定されたエリアのうち、トロントのダウンタウン南東に位置する東部ウォーターフロント地区は、現在工場や倉庫跡地となっており、再開発の対象地域である。面積は約 325 ヘクタールと、北米で最大規模のプロジェクトである。

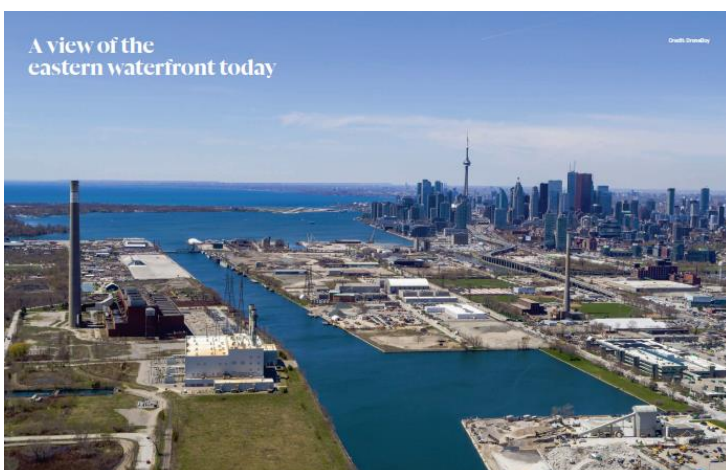


図 22 東部ウォーターフロント地区

出典：Sidewalk Labs

「Master Innovation and Development Plan」

(以下「MIDP」)

ウォーターフロント地区のうち、キーサイド（Quayside）と呼ばれる地区において、都市の課題を解決するための新技術の実証実験の場として、先例となるコミュニティを作るため、ウォーターフロントトロントはイノベーションと資金提供のパートナーを2017年3月に公募し、同年10月にサイドウォークラボ（Sidewalk Labs）の提案が採択された。サイドウォークラボは、グーグルの親会社であるアルファベット（Alphabet）社が「都市生活の改善に取り組むこと」を目的として2015年に設立した新会社である。

サイドウォークラボはマスタープラン策定のために5,000万ドル（約55億円）の拠出を求められており、さらにマスタープランが実現しなかった場合でも返金する義務はないという条件を許諾している。

2017年10月に両者合同の取り組みとしてSidewalk Torontoプロジェクトが発表され、ウォーターフロント地区のまちづくり構想に着手し、2019年6月にはMaster Innovation and Development Plan (MIDP)が公表されている。

MIDPは、サイドウォークラボが実施しようとしている都市のマスタープランであり、トロント東部のウォーターフロント地区に革新的なテクノロジーを取り入れたスマートシティを建設する計画である。モビリティや公共部門、建造物、住宅、持続可能性、社会インフラ、デジタルイノベーションにわたって都市の革新に向けた提案が織り込まれている。

MIDPにおいては、第一段階でキーサイドの約4.9ヘクタールの開発が行われ、第二段階としてリバーディストリクト（River District）と呼ばれる約62ヘクタールに開発が広がることが打ち出されているが、このうち、サイドウォークラボによる不動産開発が行われるのは、キーサイドと、リバーディストリクトの一部であるビリヤーズウエスト（Villiers West）（約7.75ヘクタール）の2地区である。なお、ビリヤーズウエストにはGoogleのカナダ本社が移転する計画となっている。

将来的には他社の都市開発実験プロジェクトなども巻き込んで約77ヘクタールに一大スマートシティを作り上げる計画であるが、これらの地区全体を、サイドウォークラボでは「IDEA（Innovative Design and Economic Acceleration：革新的なデザインと経済加速）District」と呼んでいる。



図 23 再開発エリア
(点線囲みが IDEA District)

出典：Sidewalk Toronto

< <https://www.sidewalktoronto.ca/plans/introduction-to-the-idea-district> >

マスタープラン策定にあたって、サイドウォークラボは延べ 21,000 人を超える住民、研究者、コミュニティリーダー、政府機関との対話を繰り返し行っている。

LRT（Light Rail Transit：次世代路面電車）の延伸を推進すること、手ごろな価格の建物の建設方法を再考すること、都市におけるデータのプライバシーとガバナンスの新しい基準を設定すること、また、サイドウォークラボの役割を縮小して、地元の第三者が不動産や技術の開発をリードできるようにすることなどの意見がマスタープランに盛り込まれた。

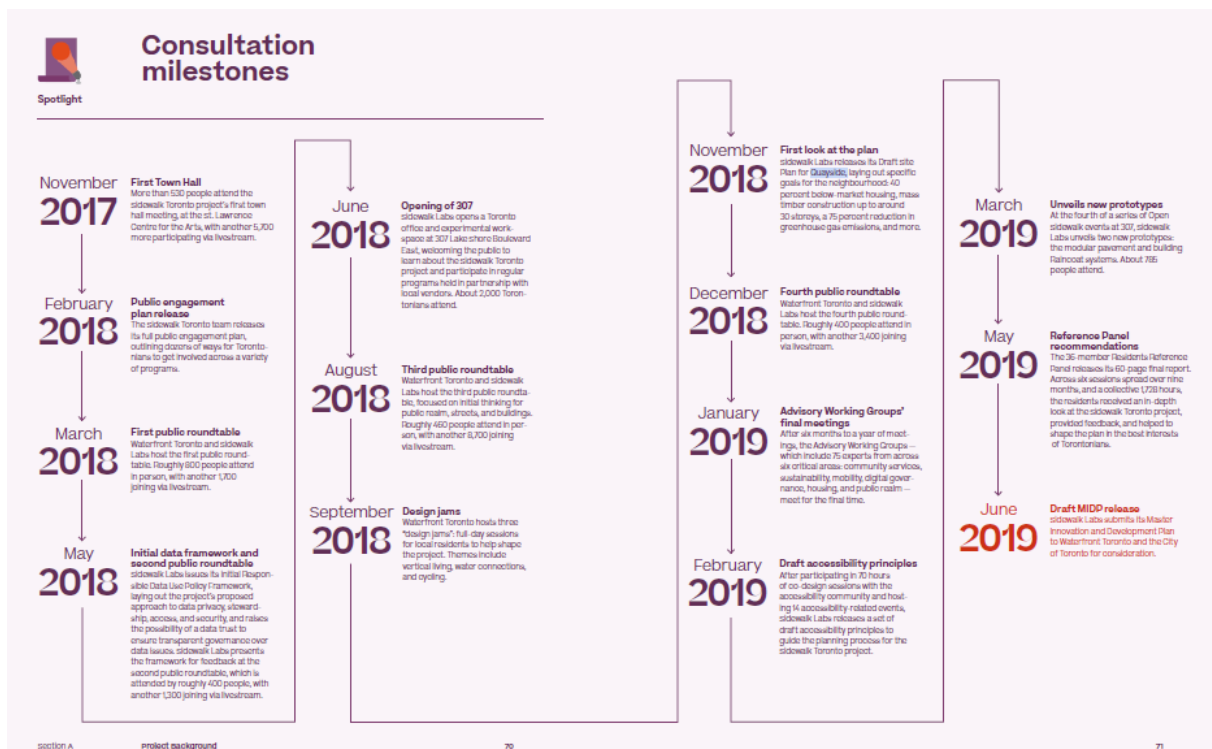


図 24 マスタープラン策定までの住民との対話

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

サイドウォークラボの提案を受け入れるかどうかの決定は、2020 年 5 月 20 日までにウォーターフロントトロントの理事会によって行われる予定となっていたが、最終決定がなされる前の 2020 年 5 月 7 日に、サイドウォークラボは、トロントのプロジェクトから撤退することを表明した。新型コロナウイルスの感染拡大によって、世界的な経済の落ち込みが続いている状況にあり、サイドウォークラボは、撤退の理由として、前例のない経済の不確実性が世界中とトロントの不動産市場で発生しているため、ウォーターフロントトロントと一緒に開発した計画の中核部分を犠牲にすることなく 12 エーカー（約 4.9 ヘクタール）のプロジェクトを財政的に実行可能にすることが困難になったためとしている。

(3) Master Innovation and Development Plan の内容

1) 期待される効果

MIDP では計画が実現した場合の経済や雇用への影響についても試算している。IDEA 地区においては、2040 年までに 44,000 人の直接雇用を含む合計 93,000 人の雇用が創出され、年間の税収は 43 億カナダドル（約 3,526 億円¹）、年間の GDP が 142 億カナダドル（約 1 兆 1,644 億円）になると見込んでいる。

また、温室効果ガス排出を 89%削減し、公共交通機関や徒歩・自転車利用などによる移動は全トリップの 77%に達し、都市イノベーションに関する雇用は 10,500 人分（上記の 93,000 人の内数）を創出すると試算している。



図 25 スマートシティ実現による効果の予測

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

¹ 1 カナダドル=82 円換算

2) 歩行者優先のまちづくり

北米の都市の多くは自家用車を所有し、自動車移動を前提とするまちづくりが行われている。トロント市内では約 70%の世帯が自家用車を所有し、郊外も含めたトロント市圏では約 84%の世帯が所有しているが、その結果として渋滞の損失が年間 110 億ドルに及んでいる。

そこで、MIDP では、自家用車保有の必要性を低下させる交通システムの実現をビジョンとして掲げ、以下の 6 つの目標を提示している。

- ① 新しい事業手法により、公共交通（LRT）の延伸を加速させること
- ② ダウンタウン（トロントの中心市街地）よりも徒歩や自転車に優しいエリアとすること
- ③ 自家用車に代わる新しいモビリティを提供し、自動車を保有しなくても生活できるようにすること
- ④ 地下空間を活用した配送ネットワークにより、物流の効率化を図ること
- ⑤ 人や物の流れをモニタリングし、MaaS を通して交通を最適化すること
- ⑥ 歩行者優先の街路デザインを実現すること



図 26 歩行者優先の街路デザイン

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

このほか、シェアリングサービスや物流分野の自動運転が普及することで、従来必要とされていた駐車空間を歩行者や自転車、公共交通機関、送迎サービスのための新たな空間として活用できるというメリットについても触れられている。

日常的な生活は徒歩 15 分圏内で成り立つようなコンセプトとなっており、歩行者や自転車を優先したまちづくりを目指し、自転車シェアリングのポートが設計されている。自動車での移動が必要な場合には、カーシェアリングや配車サービスを利用できるようにし、地区内の駐車スペースを減らす工夫がされている。

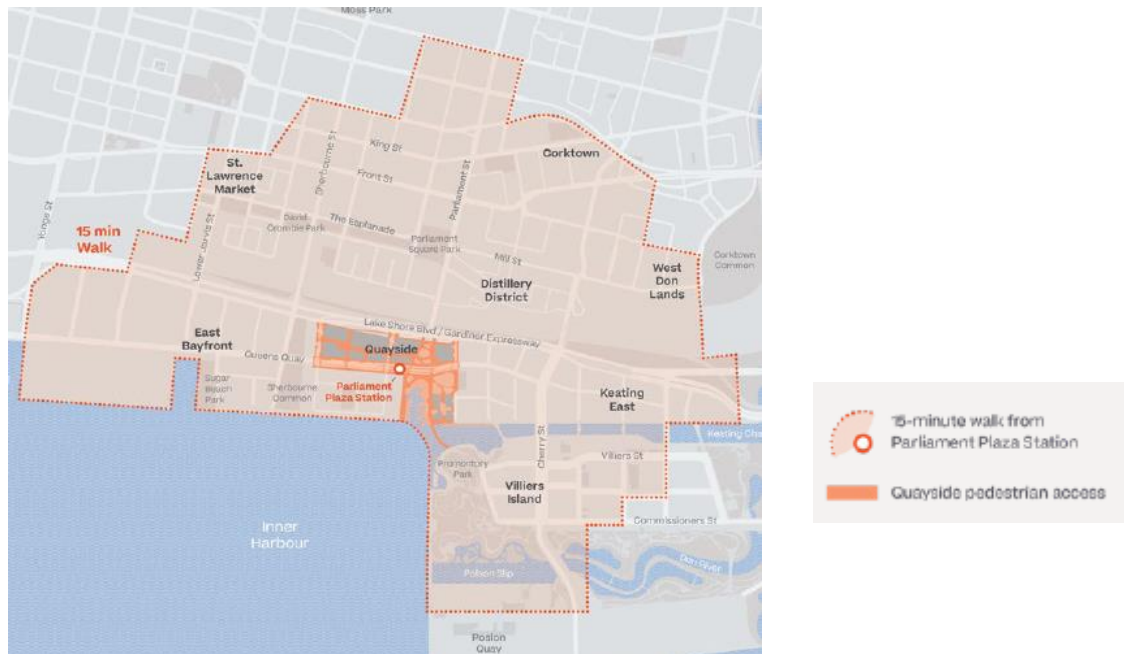


図 27 キーサイドの Parliament plaza 駅から徒歩 15 分圏内

出典：Sidewalk Labs 「MIDP」

3) 道路空間を柔軟に変更できる設計思想

MIDP では車道と歩道の間の段差をなくし、完全にバリアフリーを目指している。そのうえで、車道と歩道を可変式とし、朝夕の通勤・通学時には路上に駐車スポットを増やすことで乗降者をさばきやすくし、日中や週末には車道を減らして歩道空間を増やすことで歩きやすい歩道とオープンカフェなどのスペースを確保するとしている。

交差点にはスマートフォンやブルートゥース機器と通信できる道案内ビーコンを埋め込むことで、視覚障害者や観光客などが迷わず移動できるような工夫も提案している。



(午前8時)

可変式の路肩は、通勤者の降車場所として開放



(午後8時以降)

通勤者が減少するため、乗降場所を減らし、食品の移動販売や映画上映用のスクリーンを設置

図 28 可変式の道路の例

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

4) モビリティ・マネジメント・システム

モビリティ・マネジメント・システムは、市内のすべての移動モードや交通信号、道路インフラを調整するものであり、路肩の駐車スペースについても交通量や駐車需要に応じて駐車禁止・停車のみ・荷卸しのみ・駐車可などの区分を柔軟に変更できるようにすることとしている。また、駐車料金については季節や時間帯によって自由に

変動させるダイナミック料金制度を採用するとしている。

また、信号制御については、身体障害者が道路を横断する際には、時間がかかることを想定して歩行者用信号の点灯時間を長くしたり、LRT が遅延しているときには、信号での停車を少なくするためにできる限り青信号を増やしたりすることで交通システムの最適化を図るとしている。

Creating a more balanced, responsive streetscape

All streets in Quayside — even the smaller ones, such as Bonnycastle Street, shown here — would feature a range of innovations that balance the needs of all users and make adjustments in real time, facilitating easier, safer, more enjoyable trips.

Streets are used in dramatically different ways across the course of a day, a week, and even the seasons. But their designs are generally unable to adjust

to changing needs. For instance, pick-up and drop-off spaces might be packed during commuting rush hours but empty in the afternoon. Individual needs also vary: a healthy young adult typically needs less time to cross the street than a family with a toddler.

Quayside's street designs can support a range of needs at different times. A coordinated mobility management system would provide vehicles with

real-time information on available passenger loading zones. Adaptive traffic signals can balance activity and convenience for all users. Adjustable lighting, protection from bad weather, and more public space would make for a more inviting streetscape.

A Street lighting.
In contrast to conventional street lights, which have only one brightness level, Quayside's street lights would adjust to real-time conditions, helping to maintain a consistently safe, beautiful, and sustainable streetscape across all times of day and seasons.

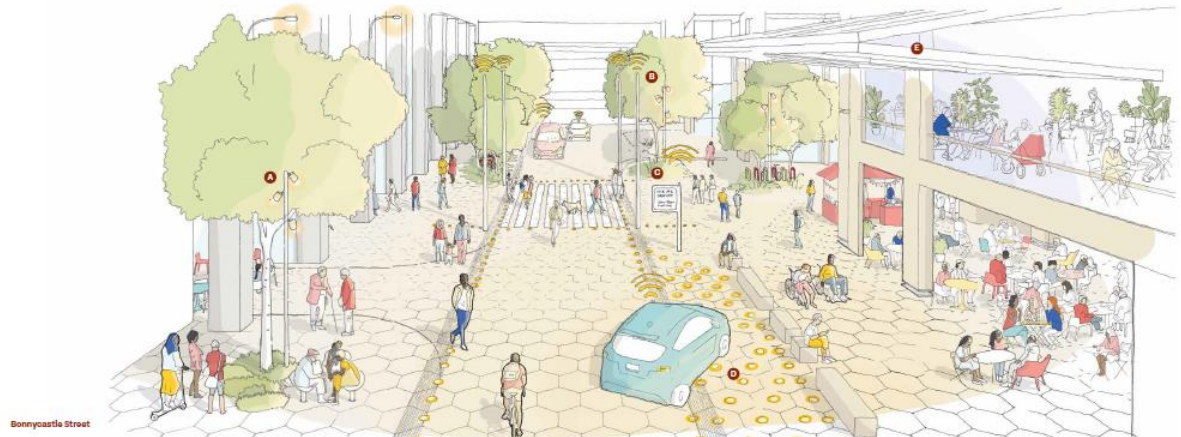
B Adaptive traffic signals.
Adaptive signals can make real-time adjustments to balance the needs of different groups, whether that means helping a slower pedestrian safely cross or giving priority to a streetcar that is running late.

C Traffic coordination.
A proposed mobility management system would monitor space availability in underground parking areas and pick-up and drop-off zones throughout the neighbourhood, direct drivers (and, in the future, self-driving vehicles) to open spaces, and adjust the pricing in real time to encourage shared rides or alternative trip options.

D Dynamic curb.
Pick-up and drop-off spaces would expand or shrink based on demand. During weekday rush hours, the maximum dynamic curb space would be reserved for cars. At off-peak hours, excess space could be repurposed for programming like outdoor cafes or pop-up markets. These changes would be fully compliant with the Accessibility for Ontarians

with Disabilities Act (AODA), using a combination of tactile markings, lighting, and digital signage.

E Retractable facades.
Facades that fold up similar to a simple garage door — one of several outdoor comfort tools in Quayside — would open during the summer months but close during rain and snowstorms.



Using modular pavers to build a more durable and flexible street

Quayside's proposed modular pavement system would incorporate technology to make the streetscape more responsive and green, reducing the time and disruption required for utility work.

Traditional paving systems lead to rigid streets that cannot adapt when problems arise, technology evolves, or community needs change. Cracks are common — Toronto fixed 24,263 potholes in 2017 alone¹⁰ — as are street cuts for utility work, leading to full crews working with noisy equipment for days. The result is a network of potholed pavement that is difficult and costly to replace. Opening up the street is a cost-intensive endeavour that discourages rapid innovation and

investment in new infrastructure, such as fibre-optic cables that have become a basic need for homes and businesses.

To address these challenges, Sidewalk Labs plans to deploy a modular pavement solution in Quayside. Sidewalk Labs has prototyped a pre-cast concrete, one-metre hexagonal road-grade paver that can be used from building-front to building-front and plans to work with local universities and regulators to refine the prototype and develop a pavement that would work in a Toronto context.

While modular pavement can cost the same to deploy as Toronto's current water front streetscape, it can be more cost-efficient over the long term due to a greater ability to reset wear and tear and to savings associated with the ease of utility access. The pavers can also host other technologies, and Sidewalk Labs plans to include features like heating to melt snow, lighting to animate street use, and permeability to allow for rainwater infiltration — making streets more safe, inviting, and sustainable.

A Heating.
A number of modular pavers in Quayside will pilot heating capabilities to clear snow and ice, improving safety and eliminating the need for salting.

B Streetscape installations.
Pavers would be designed to enable easy installation and removal of street infrastructure, such as signs, traffic lights, and equipment for special events.

C Paver maintenance.
Minor repairs can be completed in a single afternoon — down from Toronto's current average of several days — with a hand-held tool, reducing cost and neighbourhood disruption from jackhammers and large trucks.

D Hexagonal design.
Each paver's 120-degree angles distribute vehicle weight more evenly than traditional rectangles, helping to minimize cracks and potholes.

Open access channel.
The utility push as fibre-optic cables, pneumatic waste tubes, and electric utilities would be located in an open access channel running under removable pavers, speeding up maintenance and lowering the installation cost for new utilities by almost 50 percent¹¹ helping the neighbourhood keep up with future infrastructure innovations.



図 29 交通量等に応じた車道と歩道の区分変更

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

5) 自動運転や MaaS 時代を見据えたまちづくり

自家用車を保有しなくても生活できるまちづくりを目指し、自動運転や MaaS 時代を見据えたターミナルの設計を提案している。LRT やバス等の公共交通機関が地上の空間を利用し、自家用車やライドシェア、自転車等の個人利用の移動手段は地下の施設を利用することとしている。

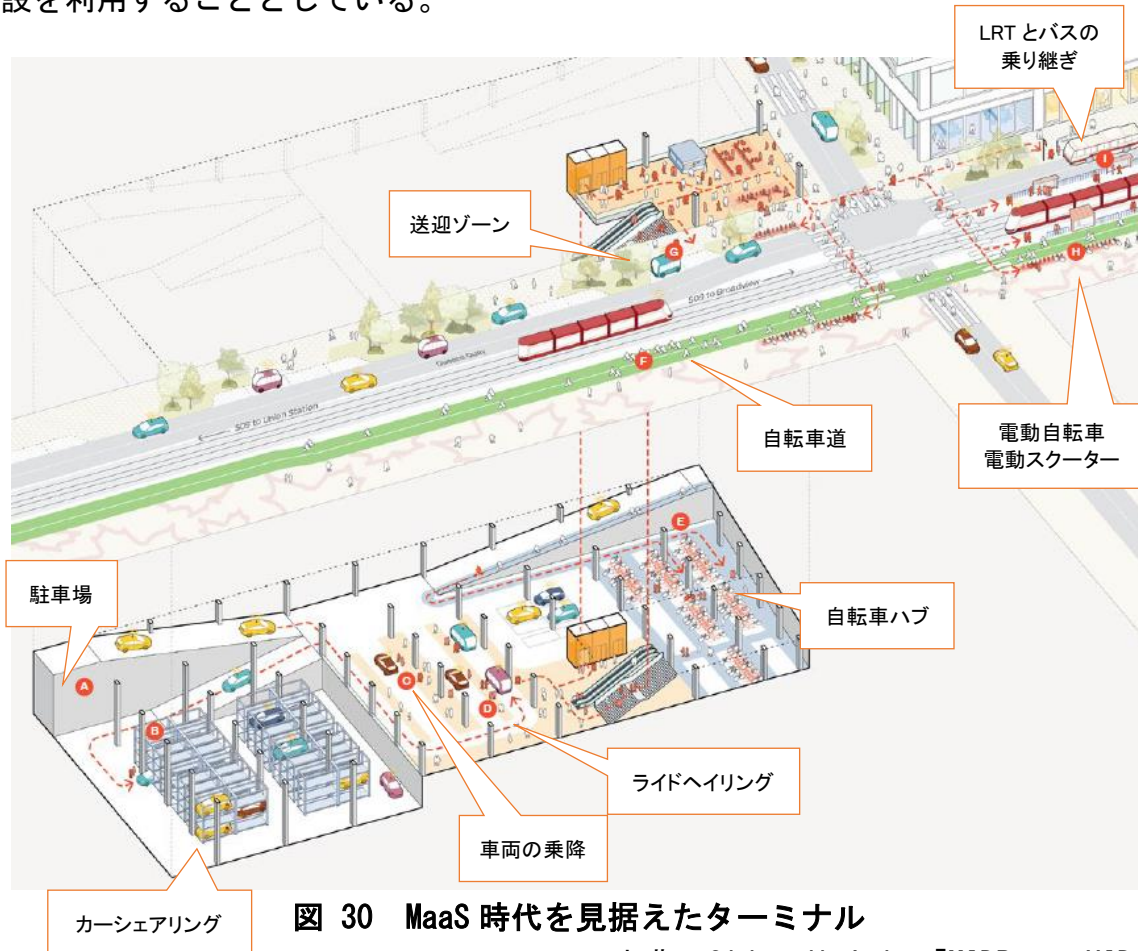


図 30 MaaS 時代を見据えたターミナル

出典：Sidewalk Labs「MIDP」にHIDO 追記

2035 年頃には自動運転車が広く普及し、道路の劇的な変化が可能になるとしている。

自動運転車は、予測可能な速度で予測可能な車線を走行するようプログラムすることができることから、LRT と自動運転車の車線を分ける必要がなくなり、LRT と同じ車線を走行することが可能となる。車線を共用することで空いた道路スペースは、公園やイベントスペース等の公共空間として再利用することができるとしている。

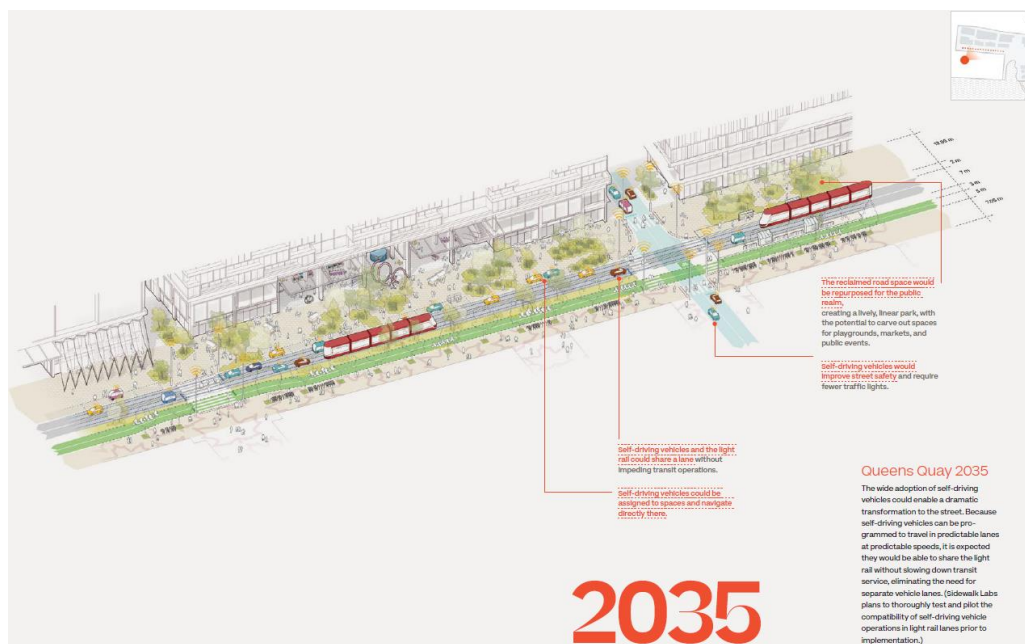
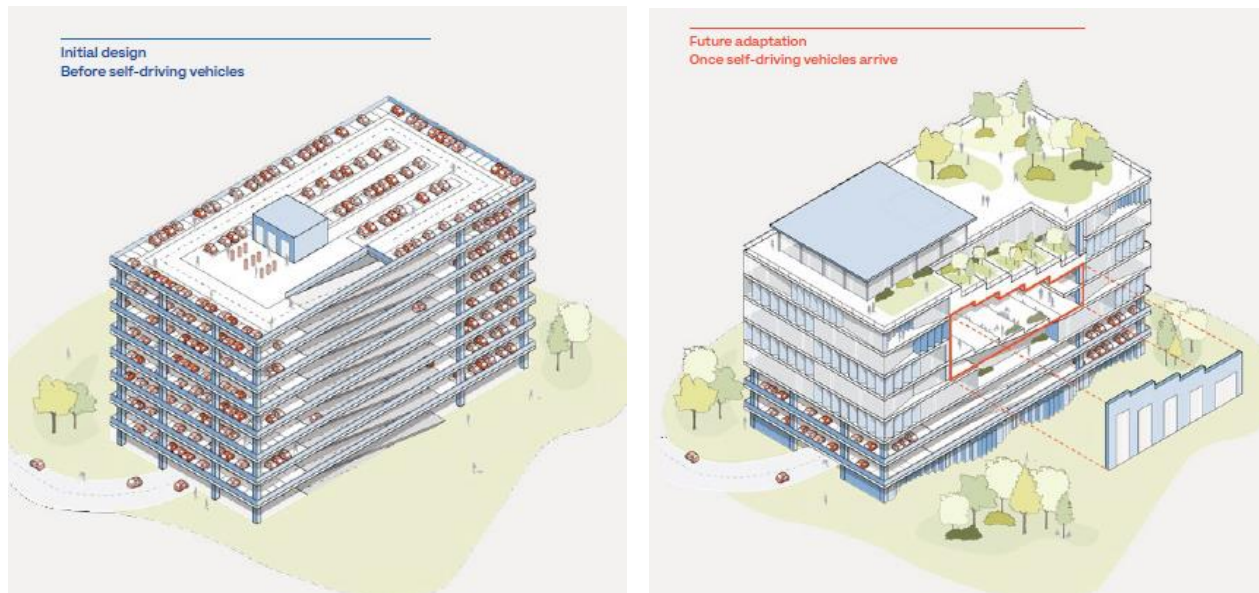


図 31 2035 年の道路のイメージ

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

また、自動運転車が普及すると、駐車場の需要は減少し、立体駐車場は必要なくなっていくとしている。これを見越して、立体駐車場を将来オフィスビルや住宅へ転換できるような構造にしておくことが提案されている。



(自動運転車普及前の初期設計)

(自動運転車普及後)

図 32 自動運転時代に対応した可変的な立体駐車場の提案

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

6) 自動配送による物流システム

物流については、郵便局や民間宅配会社などからの郵便物や貨物を受け入れる物流ハブを通して配送が一元化され、配送物は物流ハブで自動運転の配送用スマートコンテナに積み替えられた後、地下のロボットンネルを経由して効率的に配送されるシステムとなっている。

物流におけるラストマイル配送を、地下空間を活用した配送とすることで、キーサイドにおけるトラックの交通量が72%減少するとされている。

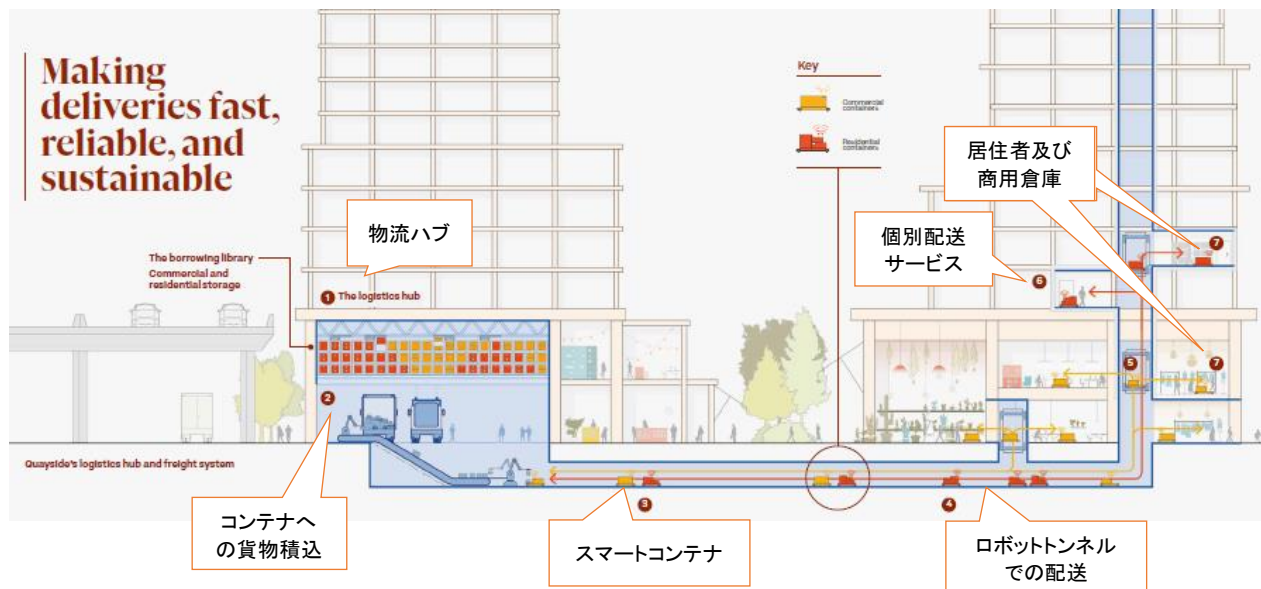


図 33 地下空間を活用した物流の効率化

出典：Sidewalk Labs「MIDP」にHIDO 追記

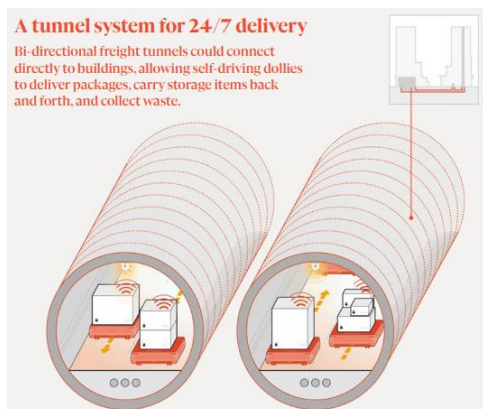


図 34 地下の物流トンネル

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

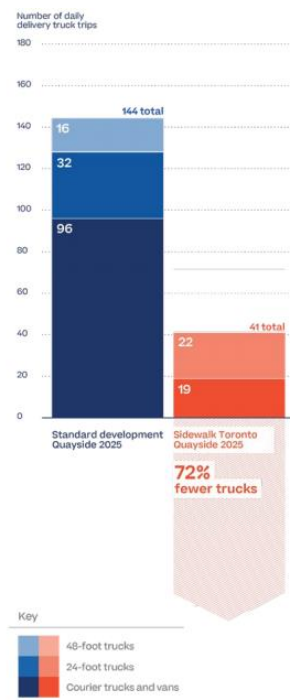


図 35 配送用トラックのトリップ数の変化

出典：Sidewalk Labs「MIDP」

7) 地産地消型の電力システム

温室効果ガスの排出を削減し、気候に優しい地域を目指すために、ガスからクリーンな電力に移行し、エネルギー消費の管理に役立つ新しいデジタルツールの使用を提案している。

トロントの住民や企業は、夜間などのオフピーク時に主にクリーンエネルギー（原子力、水力、または再生可能エネルギーを含む）で稼働できる集中型電力網から電気を得ているが、電力需要が高いピーク時には、天然ガスを使った火力発電も稼働している。天然ガス発電は高価であることに加えて、温室効果ガスの排出も増加する。

キーサイドの建物では、こうした高価で温室効果ガスを排出する電力の使用を最小限に抑えながら、太陽光発電や蓄電池、バイオディーゼルを燃料とするバックアップ用の発電機を備えることで、できる限り地産地消の電力を目指している。この電力システムは、災害時にも最低限の電力を確保することができるよう設計されている。

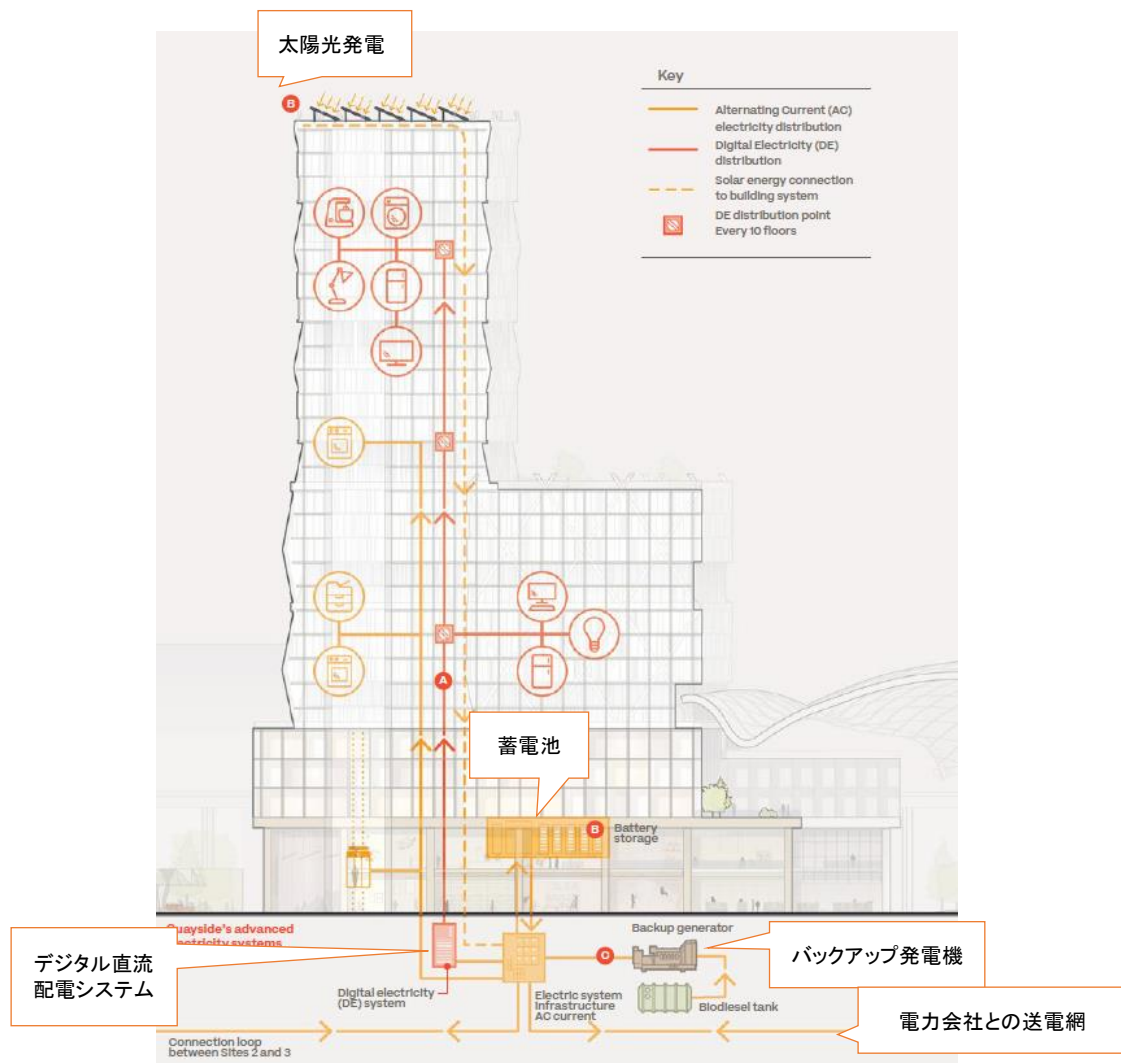


図 36 地産地消型の電力システム

出典：Sidewalk Labs「MIDP」にHIDO 追記

8) プライバシーの課題

サイドウォークラボは、都市の課題を解決するためには、都市の状況を正確に把握することが必要であると考えている。スマートシティの効果的な運営のためには、都市に関する大量のデータが必要であり、あらゆるところにセンサーを設置しなければならない。そのため、当初から、プライバシー問題が指摘されてきた。

こうした動きに対して、専門家や住民と意見交換を重ね、住民の不安感を取り除く4つの方針が提案された。1つめはプライバシーと公益を保護するために第三者によるデータ信託機関を設立すること、2つめはデータの収集や使用前には監査を受け、住民の同意なしにアルファベット社を含む第三者と個人データを共有しないこと、3つめはアルファベット社以外の開発者が新しいサービスを構築・接続しやすいようにオープンスタンダードに基づいて技術を展開すること、4つめは開発計画に関わる全ての関係者にガイドラインを適用し、プライバシーと公益を最優先とすることが示されている。

2019年10月31日に公表されたウォーターフロントトロント理事長の公開書簡では、サイドウォークラボとの協議により、再開発エリアをIDEA地区（約77ヘクタール）ではなく当初開発予定のキーサイド（約4.9ヘクタール）に限定することや、デベロッパーの選定はウォーターフロントトロントが公的調達プロセスを主導することなどを確認している。また、サイドウォークラボは、全ての個人情報カナダに保存されることに同意し、データ信託機関の設置の提案と「都市データ」という用語をとりやめたとされている。

※なお、MIDPを推進するか否かの決定は、2020年5月20日までに行われる予定となっていたが、2020年5月7日に、サイドウォークラボは、トロントのプロジェクトから撤退することを表明し、MIDPの実現には至らなかった。

<参考文献>

- ・伊藤慎介「グーグル系 Sidewalk Labs が公開した衝撃の街づくり構想【前編】、【後編】」（月刊アイ・ティ・ビー 2019年9月号、10月号）
- ・牧村和彦「グーグルが初めて明かした『近未来都市』の全貌 専門家が解説」（日経クロストrend 2019年7月9日）
- ・林イラン「Google のスマートシティ開発～狙いとビジネスモデル～」(KDDI 総合研究所 R&A 2019年7月号)

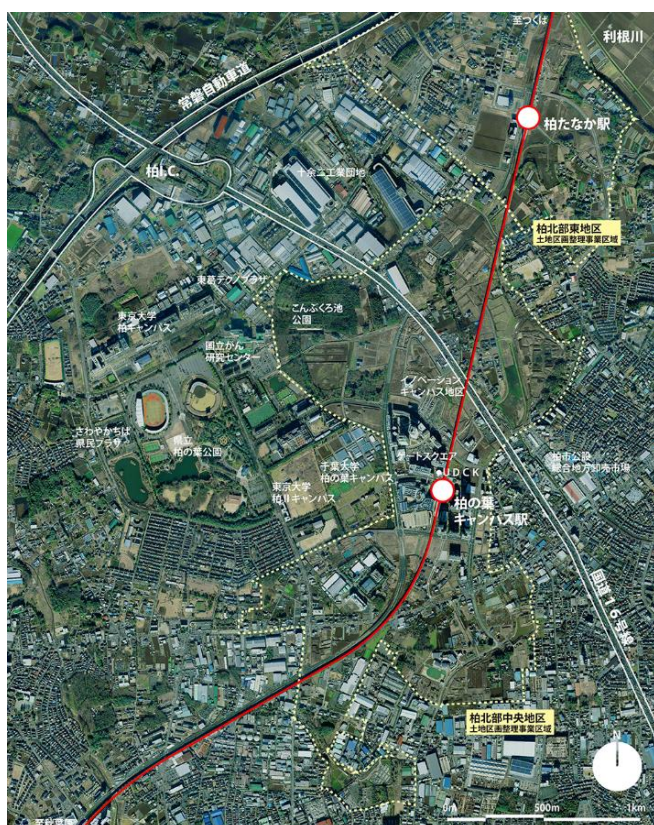
3. 柏の葉スマートシティにおける取組み

(1) 柏の葉エリアの概要

柏の葉エリアは、千葉県柏市の北西部にあたり、つくばエクスプレス柏の葉キャンパス駅から柏たなか駅一帯にかけての開発地区とその周辺エリア（約 13 km²）である。エリア内には、県立柏の葉公園や東京大学、千葉大学、国立がん研究所センター東病院などの様々な施設が立地している。

平成 17（2005）年 8 月に開業したつくばエクスプレス沿線では、鉄道の整備と一体的なまちづくり（一体型土地区画整理事業）が行われている。柏市内では、柏の葉キャンパス駅を中心とする柏北部中央地区と、柏たなか駅を中心とする柏北部東地区において、一体型特定土地区画整理事業による沿線整備が行われており、これらの土地区画整理事業を軸に大規模なまちづくりが進められている。

特に、柏の葉キャンパス駅周辺エリアは、つくばエクスプレスの開業と前後して、東京大学や千葉大学の研究機関などが開設されているほか、駅近くの大規模商業施設の開業やマンション等の住宅供給も行われるなどのまちづくりが進んでいる。平成 20（2008）年には、後述する「柏の葉国際キャンパス構想」が策定され、国際学術都市づくりに向けた取組みが進んでいる。



柏北部中央地区 一体型特定土地区画整理事業	
施行者	千葉県
施行面積	約 273 ヘクタール
施行期間	平成 12 年 8 月 25 日～平成 35 年 3 月 31 日
計画人口	26,000 人
柏北部東地区 一体型特定土地区画整理事業	
施行者	独立行政法人 都市再生機構
施行面積	約 170 ヘクタール
施行期間	平成 13 年 3 月 26 日～平成 31 年 3 月 31 日
計画人口	17,000 人

図 37 柏の葉エリア

出典：柏の葉アーバンデザインセンター

(2) まちづくり

1) コンセプト

柏の葉エリアでは、スマートシティの具現化に向けた取組みが進んでおり、「公・民・学」の連携をベースに、すべてのひとにオープンなプラットフォーム、解決のステージづくりを始めている。「公」は、千葉県・柏市・NPO 団体、「民」は企業・市民、「学」は東京大学・千葉大学を指す。

また、街づくりのテーマとして、①この地球にどこまでもやさしい「環境共生都市」、②日本の新しい活力となる成長分野を育む「新産業創造都市」、③すべての世代が健やかに、安心して暮らせる「健康長寿都市」の3つを掲げ、その最適解を求めて「世界の未来像」を具現化していくことを目指している。

2) 柏の葉アーバンデザインセンター

柏の葉エリアにおける公・民・学が連携したまちづくりの拠点として、2006 年 11 月に柏の葉アーバンデザインセンター（UDCK：Urban Design Center Kashiwa-no-ha）が設立された。UDCK は、柏市、柏商工会議所、田中地域ふるさと協議会、三井不動産、首都圏新都市鉄道、東京大学、千葉大学の7つの構成団体により共同で運営されている。これに地元公共団体（千葉県、柏市まちづくり公社）やまちづくりを支える専門家集団（複数のコンサルタント会社等）が協力団体として関与し、柔軟な連携・協力により総合的なまちづくりを推進している。

3) 柏の葉国際キャンパスタウン構想

柏の葉エリアにおいて、国際学術都市づくりに向け、重点的に学術研究資源の活用と国際化を推進するため、具体的な目標と方針を定めた「柏の葉国際キャンパス構想」が千葉県、柏市、東京大学、千葉大学の四者によって平成 20（2008）年 3 月に策定された。平成 26（2014）年 3 月には、まちづくりの進捗や社会情勢の変化を踏まえながら、従来の構想の枠組みはそのまま、内容の充実化を行った。

構想の理念は、「公・民・学連携による国際学術研究都市・次世代環境都市＝柏の葉国際キャンパスタウン」である。



図 38 構想の理念 「公・民・学の連携」による大学とまちの融和

出典：柏の葉国際キャンパス構想（2014 充実化版）

この構想の中では以下の 8 つの目標を掲げている。

- 目標 1：環境と共生する都市づくり
- 目標 2：創造的な産業空間の醸成
- 目標 3：国際的な学術・教育・文化空間の形成
- 目標 4：サステナブルな移動交通システム
- 目標 5：健康を育む柏の葉スタイルの創出
- 目標 6：公・民・学連携によるエリアマネジメントの実施
- 目標 7：質の高い都市空間のデザイン
- 目標 8：イノベーション・フィールド都市

構想の実現に向けて関係機関が協力・連携しながら推進を図っていくため、平成 21（2009）年度からは継続的なフォローアップ体制が組まれており、環境への取組みや移動交通に関わる取組み、エリアマネジメントに係わる取組みなど、いくつかは具体化しつつある。公・民・学の連携をコーディネートする役割は UDCK が担っている。

（３） AEMS（エリアエネルギー管理システム）

柏の葉スマートシティでは、AEMS（エリアエネルギー管理システム）により、街全体でエネルギー利用の効率化、最適化を進めることとしている。地域のエネルギー運用とともに災害時のエネルギー情報を管理する拠点として、「柏の葉スマートセンター」を設けており、太陽光発電や蓄電池などの分散電源エネルギーを街区間で相互に融通するスマートグリッドの運用を行っている。自営の送電線や、電力融通装置・特高受変電設備・太陽光発電・蓄電池を備えたエネルギー施設により、電力会社の電力と分散電源を併用しつつ、電力を街区間で融通しあうことで街全体の電力ピークカットを行っており、平日はオフィスでの電力需要が高まるため商業施設「ららぽーと柏の葉」から駅前中核エリア「ゲートスクエア」に電気を供給し、商業施設での電力需要が高まる休日は「ゲートスクエア」から「ららぽーと柏の葉」に電気を供給するといった取組みにより、地域レベルで約 26%の電力ピークカットを達成している。また、災害時にも効果的にエネルギーを管理できるようにしており、ゲートスクエア内では停電時にも通常時の 6 割程度の電力が供給され、3 日間の維持が可能となっているほか、住居棟の非常用エレベーターや照明、共用部への電力供給を行うことが可能となっている。



図 39 スマートグリッドの全体イメージ図（平常時）

出典：柏の葉スマートシティ

（４） 自動運転バスの営業運行実証実験

柏市、三井不動産、UDCK が幹事を務める「柏の葉スマートシティコンソーシアム」は、国土交通省のスマートシティモデル事業に提案し、令和元（2019）年 5 月 31 日に先行モデルプロジェクトとして選定された。

柏の葉スマートシティコンソーシアム

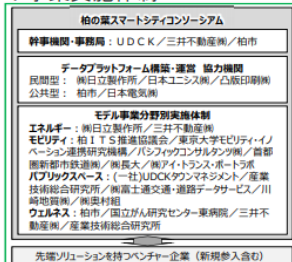
【地方公共団体：柏市 民間事業者等代表：三井不動産株式会社】

- 大学、病院等の施設が駅から2km圏に分散立地しており、区画整理事業の進行に伴う土地利用の更なる促進に向け、施設間のつながり強化、新産業の集積促進、環境負荷の低減、将来も健康に暮らせる居住環境形成が課題。
- 「エネルギー」、「モビリティ」、「パブリックスペース」、「ウェルネス」をキーワードに、データプラットフォームと公・民・学連携のまちづくり体制とを活かし、高密度複合空間における環境負荷を抑えたスマートなコンパクトシティライフの具現化を図る。

◆対象区域



◆事業実施体制



◆新技術・データを活用した都市・地域の課題解決の取組



◆2019年度の主な取組

- ・柏の葉キャンパス駅～東大柏キャンパス間のシャトルバス(事業用自動車)の一部で自動運転を導入
- ・小型路面下探査装置の開発及びAI解析の実証実験

図 40 柏の葉スマートシティコンソーシアム

出典：国土交通省 スマートシティ官民連携プラットフォーム

スマートシティモデル事業の1つとして、自動運転バスの営業運行実証実験を令和元(2019)年11月1日から令和2(2020)年3月31日まで実施している。

自動運転バスは自動運転レベル2で、一般車両が走行する柏の葉キャンパス駅と東京大学柏キャンパス間の公道2.3km、キャンパス内0.3kmの合計約2.6kmの一部区間を運行する。実証実験は、自動運転バス事業の営業運行を目指し、運行時の課題の把握、対応方法の検証を目的としている。今回の結果から、レベル4以上を見据えた走行性・安全性を評価し、検証結果を踏まえた新たな自動運転バス車両の開発も想定している。

今後は、柏の葉のまちづくりと連携させ、安全・快適・便利な住民サービスの創出を目指すこととしている。

(5) 新産業創出に向けた取組み

新産業創出に向けた取組みとして、ゲートスクエア内にKOIL(柏の葉オープンイノベーションラボ)が設けられている。多様な人、最先端の情報の交流から生まれるアイデアや、開発のスピードアップなど、より創造的なビジネスのための拠点となるオフィス空間であり、コワーキングスペースや個室オフィスだけでなく、3Dプリンターやレーザーカッターなどのデジタルファブリケーション機器や電子工作などのツールを完備した部屋、プレゼンテーションなどに使えるスタジオ等も設けられている。また、コミュニティーマネージャーが利用者の相談にワンストップで対応し、会員同士のマッチングやアドバイスが受けられるほか、ベンチャー支援の専門家によるサポートや国内外の起業家などとのネットワークといった、新しい事業や研究領域の開拓に向けた支援も受けられるようになっている。

このほか、つくばエクスプレス沿線の大学、研究機関、行政、民間企業、そして個人の専門家が連携するベンチャー支援組織として2009年に誕生した一般社団法人TXアントレプレナーパートナーズ(TEP)が、KOILに拠点を置いて支援活動を行っており、投資家へのプレゼン機会の提供や、ビジネス経験の豊富なメンバーによるハンズオン支援(起業家に対し、思考の整理や助言など、長期継続的に伴走型で支援すること)などを行っている。また、毎年1回、アジア各国から選抜された先鋭の技術系ベンチャー企業が集まる、国際的なビジネスコンテスト「アジア・アントレプレナーシップ・アワード(AEA)」も行われている(主催は、アジア・アントレプレナーシップ・アワード運営委員会、共催は、三井不動産(株)、国立大学法人東京大学産学協創推進本部、(一社)TXアントレプレナーパートナーズ、日本ベンチャー学会)。

このほか、柏の葉エリアには、東京大学フューチャーセンター機構(東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト内)や、東葛テクノプラザ、東大柏ベンチャープラザなど、新しい事業や研究領域の開拓を進める施設が集まっており、新産業創造に必要なコミュニティや取組みが多数見られるエリアとなっている。