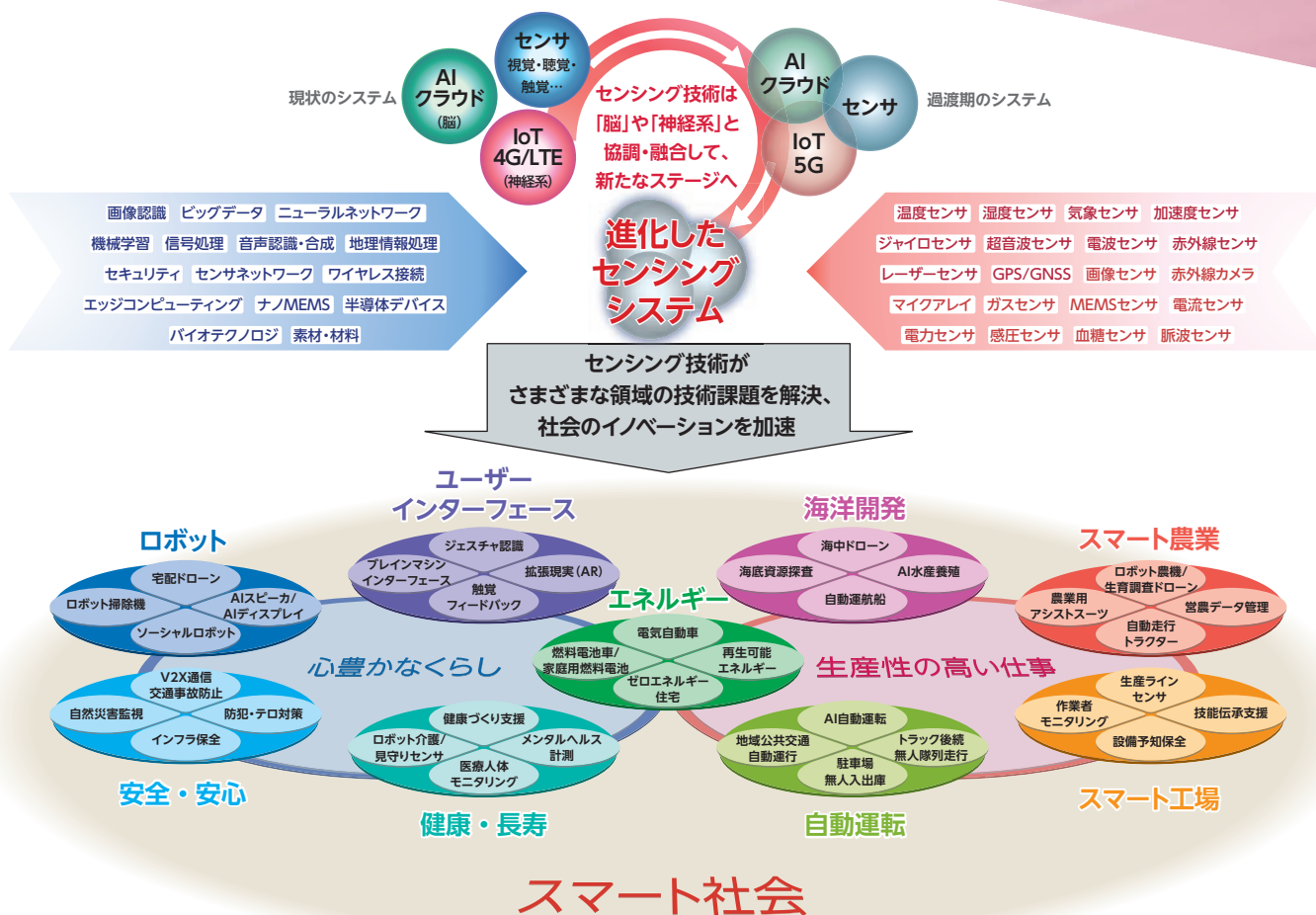


センシング技術の普及と これからの社会

スマート社会 × センサ 2030

The future of society and
dissemination of sensing technology

Smart Society × Sensor 2030



今後10年で発展するであろう応用領域をピックアップし、いっそうの普及・浸透が期待される、
もしくは、システム開発の観点で注目すべきセンシング技術(およびその周辺技術)の概要を紹介しています。

Contents

「人間に学ぶ」センサに向けて	3
1 エネルギー × センサ 2030	4
1 電気自動車(EV)の駆動系システム	5
2 燃料電池車(FCV)の水素系システム	
3 ゼロエネルギー住宅(ZEH)	
4 家庭用燃料電池	
5 海上風力発電	
2 健康・長寿 × センサ 2030	6
1 健康づくり、体力づくり	7
2 メンタルヘルス計測	
3 介護見守りセンサ	
4 ロボット介護と高齢者事故予防	
5 人体の内外を精査する医療センサ	
3 安心・安全 × センサ 2030	8
1 社会インフラ保全	9
2 協調型ITS(V2X通信)による交通事故防止	
3 AIを利用した運転者居眠り防止システム	
4 自然災害への対応	
5 防犯・テロ対策	
4 ロボット × センサ 2030	10
1 会話や癒やしを作り出すロボット	11
2 家事を手伝うロボット	
3 自律飛行を目指す宅配ドローン	
4 宅内をスマート化するAIアシスタント	
5 UI(ユーザーインターフェース) × センサ 2030	12
1 身振り手振りを理解する機械	13
2 見えないモノを見せる機械	
3 触感や心地よさを伝える機械	
4 心の中を読み取る機械	
6 自動運転 × センサ 2030	14
1 自動運転に使われるセンサとAI処理	15
2 トラックの後続無人隊列走行	
3 地域の暮らしを支える自動運転	
4 パーキングエリアの自動誘導・駐車	
7 スマート工場 × センサ 2030	16
1 生産ラインで使用されるセンサ	17
2 製造設備の異常検知と予知保全	
3 製造・保守業務の支援と生体モニタリング	
4 生産従事者の技能伝承	
8 スマート農業 × センサ 2030	18
1 データに基づく営農(精密農業)	19
2 自動走行トラクター(随伴走行)	
3 生育状況を調査するドローン	
4 ロボット農機	
5 農業用アシストスーツ	
9 海洋開発 × センサ 2030	20
1 海底資源開発	21
2 AIを活用する水産養殖	
3 探査・監視で活躍、海中ドローン	
4 海難事故を減らす自動運航船	
次世代センサ協議会について	22

スマート社会 × センサ2030 〈表紙の図について〉

今後のセンシング技術は、「脳」に相当するAIやクラウド、「神経系」に相当するIoTや5Gと協調・融合して、新たなシステム基盤を続々と創出します。2020年から2030年にかけて、「進化したセンシングシステム」が、さまざまな領域の技術課題を解決し、社会のイノベーションを加速します。

「心豊かな暮らし(ライフスタイル)」と「生産性の高い仕事(ワークスタイル)」の両立と推進。スマート社会を支える“裏方”として、センシング技術の重要性は、ますます高まっていくと考えられます。

「人間に学ぶ」センサ に向けて

一般社団法人次世代センサ協議会

会長 小林 彬
東京工業大学名誉教授



次世代センサ協議会は1989年に発足し、今年で創立30周年を迎えました。

30年という年月がどのような意味を持つのかを改めて考えてみますと、「企業寿命30年説」というのがあります。世の中の企業や製品の栄枯盛衰を調べると、30年ぐらいでその製品寿命を終え次の製品に脱皮して行く事例が多いことに気づくと思います。センサは寿命が長いとはいえ、同様な運命が及ぶとすれば、この30周年という節目にあたり、今後のセンサ技術進展方向につき改めて戦略を練ることは協議会の大きな使命とも考えられます。そこで、以下では、センサにどう付加価値を付け、どう脱皮して行くのかの視点から私論を述べてみます。

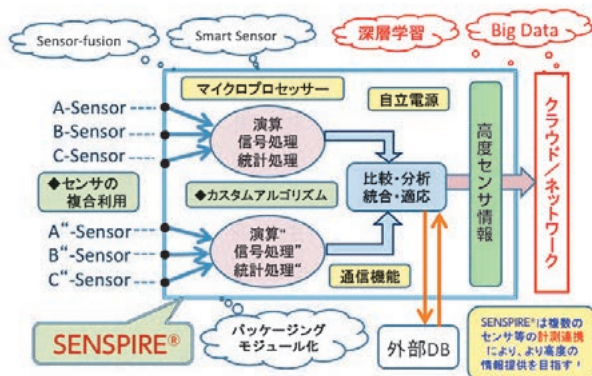
知覚をもつセンサへ

幸い、世の中、AI、IoT、Society5.0等と盛んに議論され、センサ技術は基盤技術として位置づけられ、その役割が大いに期待されていますが、その中身の充実を図ることが重要です。かつて、センサ開発の基本について「生物に学ぶ」と言われたことがあり、赤外線センサが研究・開発されたことは周知の事実です。しかし、今の段階ではこれを発展させ、「人間に学ぶ」と言い直したいと思います。すなわち、人間が持つ五感の内、視覚、聴覚、嗅覚、味

覚の4つは、実に顔に集中しており、各器官が脳とほぼ直結する位置に配置されていることに注目することが重要です。つまり、センサである各器官からの出力を脳で処理し必要な判断・認識を実現し、人間行動の基本を担っている訳で、この特徴は視覚・聴覚において特に顕著です。そこで、脳における情報処理機能に学び、新しいセンサを「感覚でなく知覚」の実現に向け脱皮させることを提案します。眼も耳もそこから発せられる信号は情報知覚の観点で何の意味も持ちませんが、脳で処理されて初めて認知・判断が実現されるわけで、これが知覚です。センサに付加価値をつけると言うことは知覚機能を実現することに他なりません。

センスパイア「SENSPIRE」の提唱

この数年、我々次世代センサ協議会では、五感のもつ知覚機能を実現するセンサの発展進化系を「SENSPIRE」と提唱してきました。SensorとInspireの言葉を掛け合わせた造語ですが、「センサの活用でシステムはその機能を高度化でき」、逆に「新システム創出には新センサの開発が求められ」、新センサ無くして新システムの構築は成立しない、と言った双方向のInspire関係を表現しようとしたものです。現今のシステムからセンサを取り除いたらシステムはその機能を全く発揮することはできません。我々はそのようなセンサ機能を容易に実現できるよう、使い易いセンサモジュールの形にして提供することを考えています。図はSENSPIREの機能的構成を示します。モジュールは複数のセンサ、マイクロプロセッサ、自立電源、通信デバイス等で基本的に構成されますが、それらがコンパクトに集積化され、コンセントに繋がればすぐ利用できると言った使い易いものにするを指します。「SENSPIRE」におけるセンサ技術の大きな変革は、インデックス(指標)出力を可能にするセンサとソフトウェアとの融合にあります。IoTではフィジカル空間とクラウドを結ぶエッジコンピュータの発展が注目されていますが、センサ無しにはその機能は果たせません。したがって、欲しいインデックスは何かをしっかりと見極めることが「SENSPIRE」のコンセプトと言えます。



SENSPIRE®の機能的構成

① エネルギー × センサ 2030

資源の乏しい日本では、エネルギー自給率の低下に歯止めをかけることが喫緊の課題となっています。そして、脱化石燃料や省エネ、再生可能エネルギーへの転換に欠かせないキーコンポーネントの一つがセンサです。

自動車の化石燃料は、今後、段階的に削減され、代わって電気自動車が台頭します(右掲の①)。2030年には、国内の新車販売台数の20~30%を、電気自動車(EV)またはプラグインハイブリッド自動車(PHV)が占めるようになります。モーターやインバータ、駆動用バッテリーなど、電気自動車の駆動にかかわる部分には、多くのセンサが使われており、エネルギーの流れをセンサが監視することで、システムの安全性や信頼性を確保しています。

さらに、水素と空気中の酸素を化学反応させて作った電力によってモーターを駆動する燃料電池車(FCV)の導入も進みます(右掲の②)。2025年には、ポリウムゾーン向けの燃料電池車の販売が始まり、その車両価格は、同車種のハイブリッド自動車と同程度まで下がります。

省エネという観点では、「ゼロエネルギー住宅(ZEH)」の導入も進みます(右掲の③)。ゼロエネルギー住宅は、断熱性能の高い建材、太陽光発電パネル、パワーコンディショナ、高効率の住設機器・家電、HEMS(Home Energy Management System)などを組み合わせて実現します。2030年までに、国内の新築戸建住宅のエネルギー消費量の総和をプラスマイナスゼロにする、という目標が政府により設定されています。

また、住宅の省エネでは家庭用の定置型燃料電池(エネファーム)も重要な役割を果たします(右掲の④)。国内では2030年に、全世帯数の約1割に相当する530万台が使われるようになります。

国内の再生可能エネルギーについては、FIT制度(固定価格買取制度)の後押しもあり、発電量が徐々に増えています。再生可能エネルギーには、太陽光発電のほか、(陸上)風力発電やバイオマス、地熱発電、さらに海洋エネルギーを使う波力発電などがあり、日本では2030年までに総電力の22~24%を再生可能エネルギーでまかなう、という目標が設定されています。

現在、新しい発電方式として注目を集めているのが、海上風力発電です(右掲の⑤)。海上風力発電には、陸上より風況がよく、土地の制約が少ないので大型のタービンを導入しやすい、という利点があります。2019年ころから海域調査や拠点港の整備、系統整備・運用が始まり、2030年には1000万kWh(10GW)を超える発電量を創出すると期待されています。

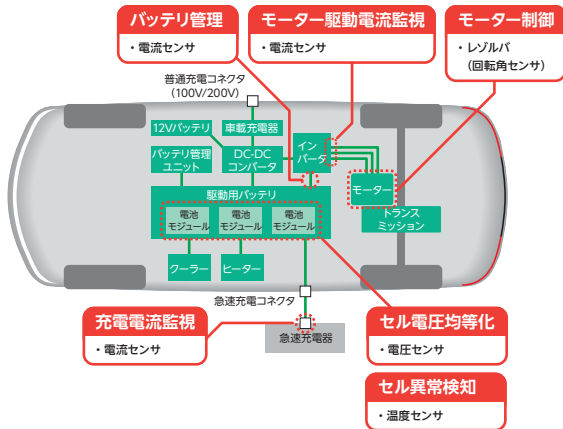
参考文献

- 1) 経済産業省;「EV・PHVロードマップ検討会 報告書」、2016年3月23日。
- 2) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構;「NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ 詳細版(燃料電池分野)」、2017年12月。
- 3) 経済産業省 資源エネルギー庁;「ZEHの普及促進に向けた政策動向と平成30年度の関連予算案(ZEH等3省連携事業合同説明会 資料)」、2018年3月。
- 4) 一般社団法人 日本風力発電協会(JWPA);「洋上風力発電の導入促進に向けて」、2018年3月16日。

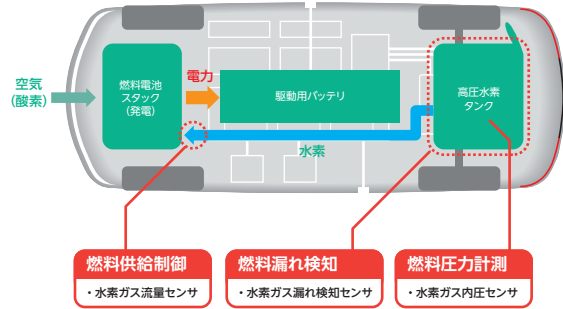
	2020年	2025年	2030年
① 電気自動車(EV)	導入期	普及期	新車販売台数の30~40%はハイブリッド自動車(HV)、20~30%はEVまたはPHV、 ¹⁾ 自動車(運輸)関連のエネルギー起源CO ₂ 排出量が2013年度比で28%減。
② 燃料電池車(FCV)	実用化	導入期	FCVの普及台数が約20万台に。ポリウムゾーン向けの燃料電池自動車の販売が始まり、同車種のハイブリッド自動車と同等の価格競争力を有する車両価格に。 ²⁾ FCVの普及台数が約80万台に。燃料電池の適用範囲が自動車以外の移動体(船舶・鉄道、産業用車両など)へ拡大。 ²⁾
③ ゼロエネルギー住宅(ZEH)	実用化	導入期	普及期
④ 家庭用燃料電池	導入期	普及期	普及期
⑤ 海上風力発電	試作・実証	実用化	普及期

エネルギー安全保障のリスク低減に一步前進

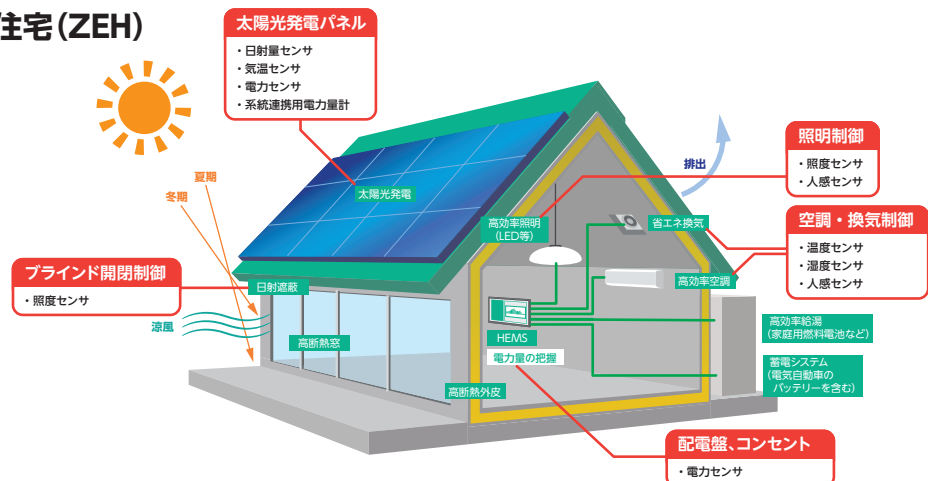
1 電気自動車 (EV) の駆動系システム



2 燃料電池車 (FCV) の水素系システム

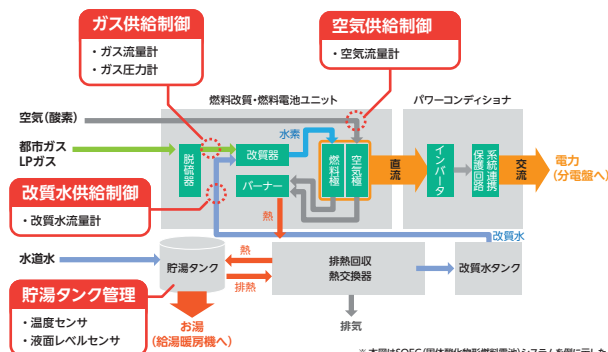


3 ゼロエネルギー住宅 (ZEH)

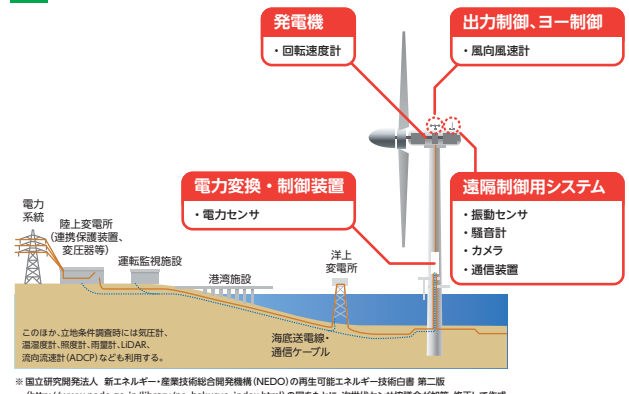


※ 経産省 資源エネルギー庁のWebページ (http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeh/) の図をもとに、次世代センサ協議会が加筆・修正して作成。

4 家庭用燃料電池



5 海上風力発電



② 健康・長寿 × センサ 2030

内閣府の平成30年版高齢社会白書によると、2025年の高齢化率(65歳以上人口の割合)は30.0%に達し、2030年の日本人男性の平均寿命は82.39歳に、女性は88.72歳になると予測されています。人生100年時代の社会では、健康寿命を延ばして医療・介護費を抑えたり、介護者の負担を軽減したりすることが求められます。そのためには、日ごとの健康づくりや病気の早期発見が重要であり、さまざまな局面で、バイタル情報を継続的に測定する「バイタルセンシング」が利用されるようになります(右掲の 1)。

2020年ころには、個人の健康や医療、介護にかかわる情報を包括的に集約・管理するデータ基盤「Personal Health Record(PHR)」が本格稼働します。個人にひも付いた病院の診療データや薬局の調剤データ、在宅介護・看護データ、各種保険データなどを一括して確認できるようになり、ゆくゆくは個人のバイタル情報もPHRに統合されます。

一方、企業では、健康経営の観点から、従業員の精神的なストレスを科学的手法によって測定するメンタルヘルスクエア検診が浸透します。ストレスは、センサで検知した唾液アミラーゼや呼気のアンモニア濃度、心拍の乱れなどをもとに数値化します(右掲の 2)。これにより「心の健康」に対する意識が高まり、メンタル疾患の予防が進みます。

介護の現場では、見守りセンサや見守りカメラを活用した介護が主流になります(右掲の 3)。ベッドの荷重や離床、活動量、睡眠時間、心拍数、呼吸などを測定し、異常(不整脈や無呼吸状態、ベッドからの転落など)を検知すると介

護者に通知します。また、下肢の不自由な人に装着して、身体機能の向上を促進したり、介護者が装着して介助の際の腰への負荷を低減したりするパワーアシストスーツの活用も進みます(右掲の 4)。

このほか、高齢者の身体能力の衰えを可視化して、転倒事故の予防につなげる動きが出てきます。高齢者の身体能力は、下肢の筋力や筋肉量の測定により数値化します。転倒事故が減少すれば、寝たきりの高齢者が減り、介護者の負担も減ります。さらに、圧力センサや筋電センサ、嚥下(食べ物を飲み込む)音の解析などから高齢者の嚥下能力を測定し、誤嚥事故を予防する取り組みが始まります。

臨床医療の現場でも、患者のバイタル情報をモニタリングして治療や看護に役立てる方法が広く普及します。人体に装着するウェアラブル型のセンサや人体の中に取り込むセンサを多数、用いるようになります(右掲の 5)。例えば病態を把握するために、脳波や心拍、心電、体温、血圧、血糖値などを定期的に測定します。医療情報サーバに蓄積した測定データをAIが分析し、所見の判断材料を担当医に提供します。

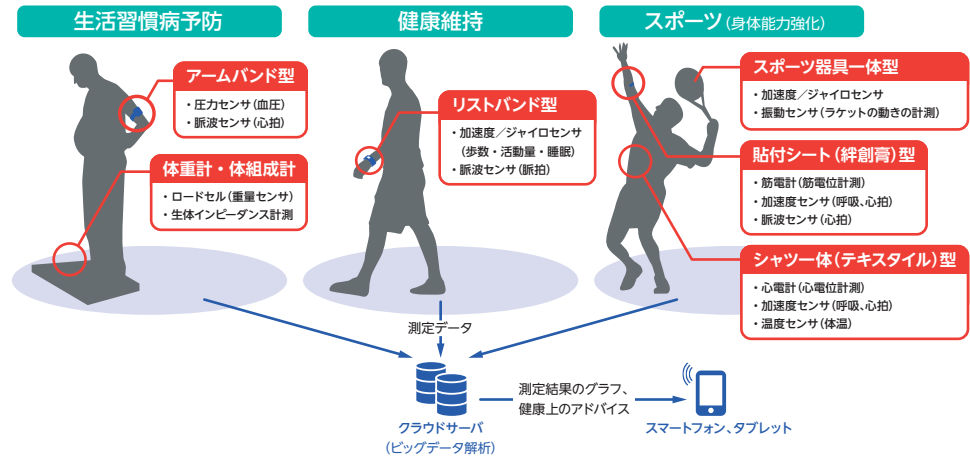
参考文献

- 1) 経済産業省 産業構造審議会;「新産業構造ビジョン」、一人ひとりの、世界の課題を解決する日本の未来」、2017年5月30日。
- 2) 内閣府:「高齢化の現状と将来像」、pp.2-6、平成30年版高齢社会白書(全体版)、2018年6月19日。

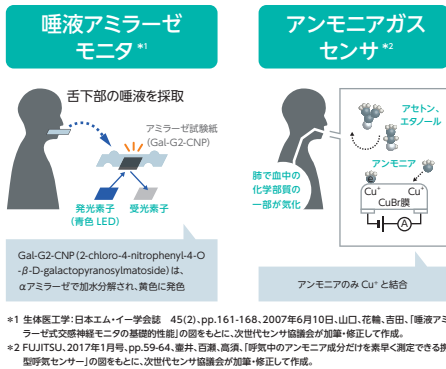
	2020年	2025年	2030年
1 健康づくり支援	導入期 個人の健康・医療(介護を含む)データを経年的に把握し、効果的に活用できるデータ基盤[Personal Health Record]が本格稼働。 ¹⁾	普及期	
2 メンタルヘルス計測	開発中	試作・実証	
3 介護見守りセンサ	導入期	日本65歳以上(高齢者)人口比率が30.0%以上に ²⁾ 、団塊の世代が後期高齢者(75歳以上)になり、介護・医療など社会保障費が急騰。	普及期 健康寿命が5才延伸し、平均寿命と健康寿命の差が短縮。要介護者数が現在の半分に近づき、介護のために離職する人が大幅に減少。 ¹⁾
4 ロボット介護	試作・実証 深層学習技術により、ロボット・機械に熟練した動きが可能に、優しく触れたり、持ち上げたりするロボットが登場。	実用化	導入期
5 医療人体モニタリング	試作・実証	実用化 ウェアラブル型のセンサを活用した臨床医療の事例が増加。人体内部に埋め込むタイプのセンサについても、実証実験が進む。	

人生100年時代の健やかにくらしを支援

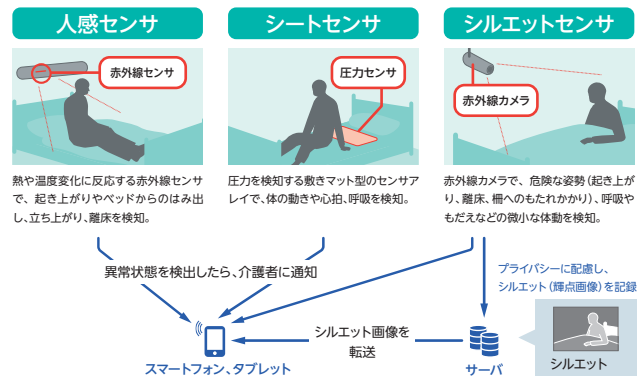
1 健康づくり、体力づくり



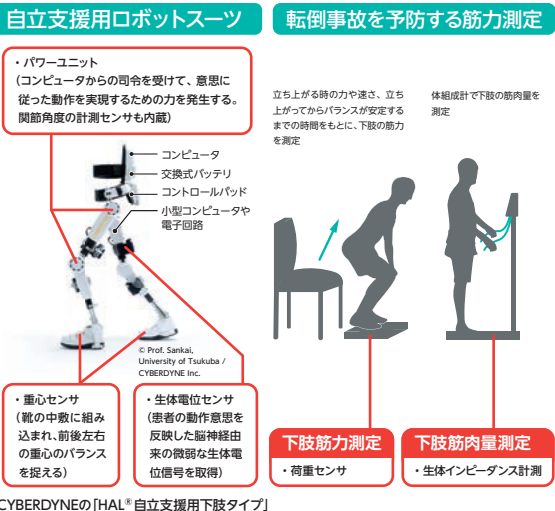
2 メンタルヘルス計測



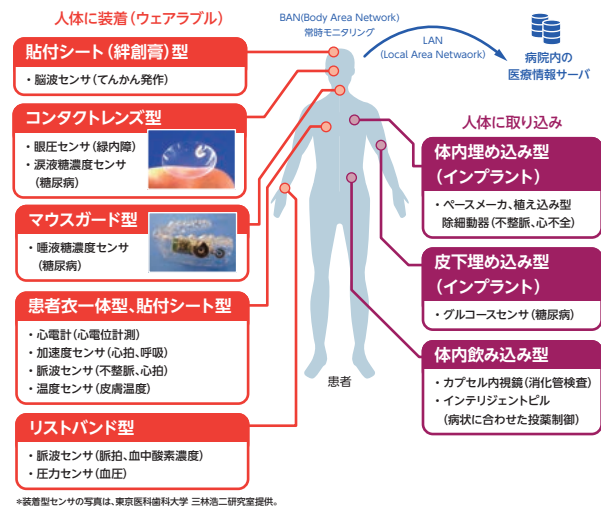
3 介護見守りセンサ



4 ロボット介護と高齢者事故予防



5 人体の内外を精査する医療センサ



③ 安心・安全 × センサ 2030

災害や事故の発生を防いだり、被害を軽減したりするため、交通やライフラインなどの社会インフラには、さまざまなセンサが設置されています。次の10年で社会インフラのIoT(internet of things)化が進行し、使用するセンサの数は爆発的に増えます。

まず、主要な橋梁やトンネル、のり面(建設道路や宅地造成によって作られる人工的な傾斜面)などの異常検知、および損傷度計測の技術が発展します(右掲の 1)。警戒を要する箇所をセンサやカメラで監視し、得られた計測データや撮影画像をクラウドに蓄積します。AIベースの解析技術の導入により予知保全の対応が進み、社会インフラの長寿命化や修繕コストの削減が進みます。

交通インフラについては、道路や車両、歩行者の間で情報を伝え合う協調型ITS(Intelligent Transport Systems)へ移行します(右掲の 2)。例えば見通しの悪い交差点に側路センサを設置して、自動車やバイク、歩行者の接近を検知します。この情報を、路車間(V2I)通信を利用して側路センサが車両の運転者に通知し、出会い頭の衝突事故を防ぎます。また、接近する車両同士が直接、車車間(V2V)通信により自車の位置や速度の情報を伝え、衝突事故を防ぐ、という方法も利用されます。

さらに、歩行者の持つ携帯端末と車両の間の協調も始まります。歩行者に接近する車両の位置や速度の情報を歩車間(V2P)通信で受け、携帯端末が歩行者に衝突の危険を警告します。日本では2020年ごろに5G(第5世代移動体通信

システム)サービスの提供が始まりますが、2020年以降の協調型ITSにはこの5G技術を活用します。

交通事故を減らすための取り組みとして、センサやカメラによる運転者のモニタリングも行われるようになります(右掲の 3)。運転者のまばたきや表情、体表面温度などを解析して、運転者の眠気や疲労、急な体調不良、わき見運転などを検知するシステムが広く普及します。

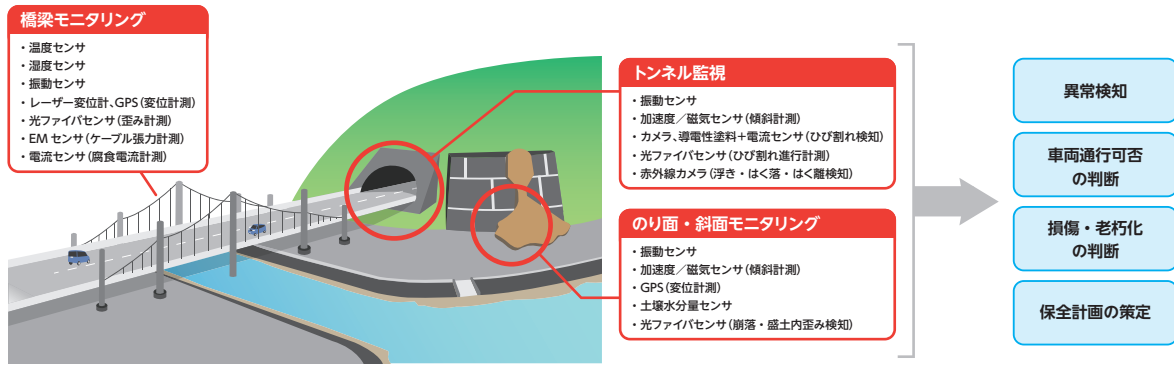
また、地震や噴火、津波、洪水、土砂崩れなどを検知する自然災害監視用のセンサネットワークの能力が向上します(右掲の 4)。センサノードの数やセンサによって取得できるデータの種別が増加し、災害の発生箇所や被害の予測精度が向上します。これにより、住民の適切な避難誘導や救助が可能となります。なお、自然災害監視用のセンサやカメラは、必ずしも人が近づける場所に設置されるとは限りません。山奥や渓谷、離島など、人が近づきにくい場所の警戒監視、およびセンサノードの増設・保守には、自律飛行が可能なドローン(無人航空機)を利用するようになります。

災害や事故への対応とは別に、防犯(セキュリティ)の観点でも、センサやカメラによるモニタリングの技術が発展します(右掲の 5)。駅や空港、街頭に設置される防犯カメラの能力が、AIベースの画像認識技術の導入によって強化されます。複数の人の表情をリアルタイムに認識できるようになり、不審者や迷子を識別したり、特定の対象者を追跡したりすることが容易になります。

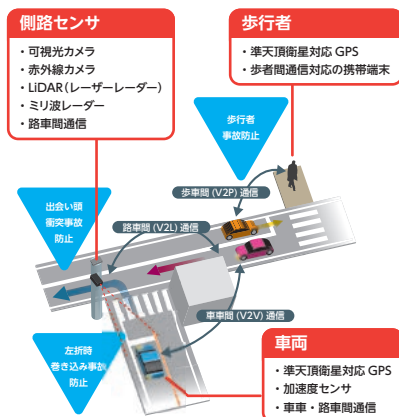
	2020年		2025年		2030年
1 社会インフラ保全	実用化	橋梁やトンネルなどで、損傷を早期検出できるAIベースの予知保全技術が実用化。橋梁や送電線の点検において、ドローンの利用が加速。	導入期		AIベースの予知保全技術の適用が始まり、インフラ更新時期の延長が進む。
2 V2X通信交通事故防止	実用化	日本で5G技術(第5世代移動体通信システム)が実用化。5G技術を利用したV2X通信サービスが登場。	導入期		V2I対応交差点やV2V対応車種が増加し、V2X通信サービスが軌道に乗る。
3 居眠り運転対策	導入期	居眠り・わき見運転防止システムを標準搭載する車種が増加。バス・タクシー・トラックの事業者には、同システムの利用が義務付けられる。	普及期		
4 自然災害監視	導入期	自然災害監視用に多くのドローンが配備され、ドローンを使ったビデオ撮影やリモートセンシングを前提とする監視システムの構築が始まる。	普及期		
5 防犯・テロ対策	実用化		導入期		

安全とセキュリティを守って安心・信頼の社会へ

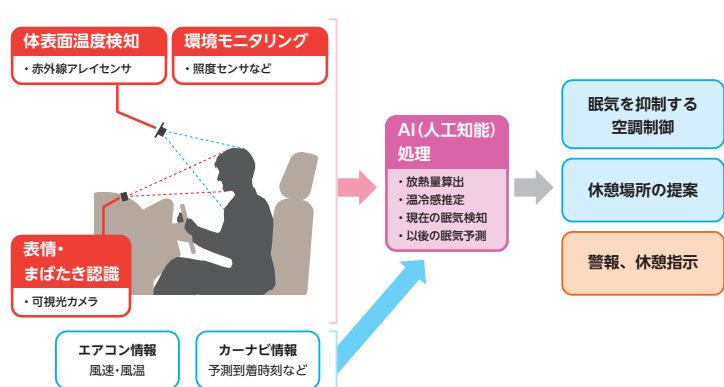
1 社会インフラ保全



2 協調型ITS (V2X通信) による交通事故防止

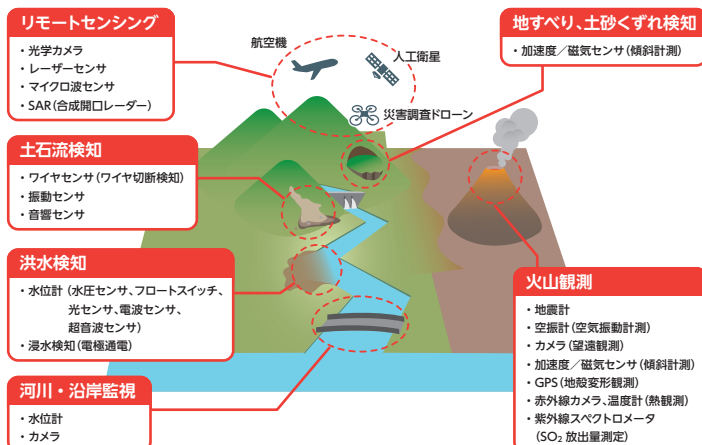


3 AIを利用した運転者居眠り防止システム

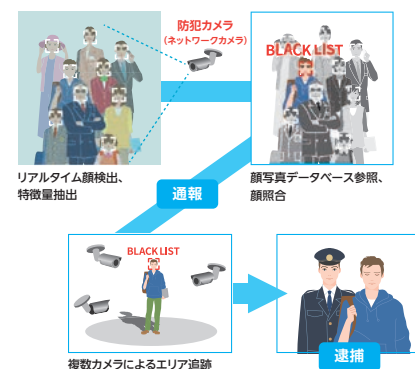


※ パナソニック、2017年7月27日発表のプレスリリース「磁気を検知・予測し、快速に覚醒状態を維持させる磁気制御技術を開発」をもとに、次世代センサ協議会が作成。

4 自然災害への対応



5 防犯・テロ対策



4 ロボット × センサ 2030

メーカーの製造現場では多数の工業用ロボットや無人搬送車が稼働していますが、次の10年で台頭するのが、民生用機器や業務用機器としての「ロボット」です。例えば人とのコミュニケーションに主眼を置くソーシャルロボット（コミュニケーションロボット、サービスロボット）や、家事を手伝う家電ロボットが普及期を迎えます。これらのロボットは、障害物検知や人物・物体認識のためのセンサ、およびカメラを搭載しています。センサやカメラから得た情報をもとに周囲のマップを作成し、次の行動の判断材料としています。

ソーシャル・ロボットについては、ヒト型や動物型など、さまざまな形態の製品が登場しています（右掲の①）。クラウド上のAIを活用して、感情表現や性格、学習（成長）などを模擬します。観光地や娯楽施設の案内業務、高齢者福祉施設の介護支援、訪日外国人向けの多言語対応受付・接客業務など、いくつかの用途で、こうしたロボットは必要不可欠な存在として社会から認知されるようになります。

家事を手伝う家電ロボットの代表格は、ロボット掃除機です（右掲の②）。ロボット掃除機は、センシングの能力が向上し、複雑な段差や床をはう電源コードの乗り越えなどにも、適切に対処できるようになります。また、床の状態や汚れの種類に合わせて、最適な清掃・洗浄方法を選択するようになります。このような機能改善に伴い、ロボット掃除機の世帯普及率は徐々に上昇します。

生活を便利にするロボットとして、ドローン（小型無人機）が活躍する局面も増えます（右掲の③）。2020年ごろに

は、山間部や離島などの無人地帯でドローンによる荷物配送が始まります。2025～2030年には、都市を含む有人地帯の荷物配送も本格化します。災害時の物資輸送などの緊急対応にも、ドローンが活用されるようになります。さらに、測量や地図データの収集、樹木や農作物の生育状況の調査、高所・危険箇所の保守・点検など、ドローンは多方面で利用されます。

音声入力に基づいて情報検索や音楽・映像の再生、スマート家電の制御などを行うAIスピーカやAIディスプレイも、徐々に普及します（右掲の④）。これらの機器は可動部を持ちませんが、宅内で人に代わってコンピュータや電子機器を操作する“エージェント”型のロボットと考えることができます。

こうしたAIアシスタント機器は、クラウドAIを利用して音声認識や自然言語認識、機械翻訳などを行っています。今後、深層学習技術の発展に伴って、文が示す「意味」の理解力が向上します。また、文と映像を対応付けて認識したり、検索したりできるようになります。さらに、連携・制御できる家電やセンサの種類が増えてくると、AIアシスタント機器はスマートホームを構築・運用する際の中心的な役割も果たすようになります。

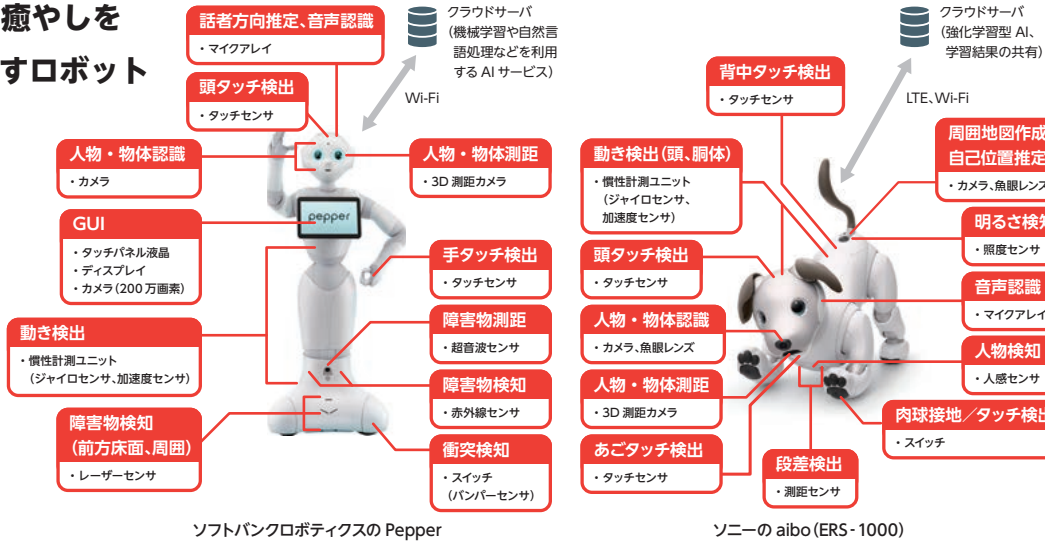
参考文献

1) 経済産業省 産業構造審議会:「新産業構造ビジョン」、一人ひとりの、世界の課題を解決する日本の未来」、2017年5月30日。

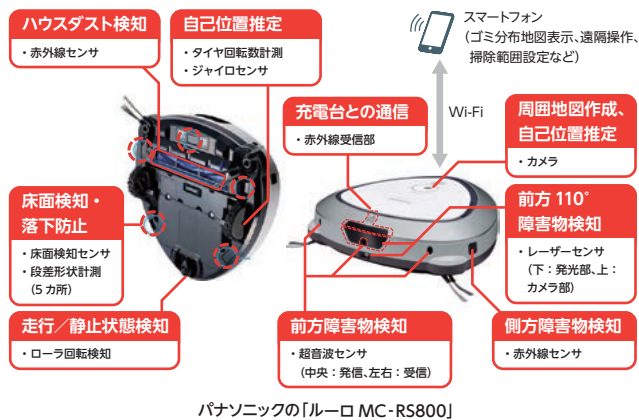
	2020年	2025年	2030年
① ソーシャルロボット	導入期 東京オリンピック・パラリンピックにて、多言語対応のソーシャルロボット（サービスロボット、コミュニケーションロボット）が、日本語以外の受付や接客業務で活躍。		普及期
② ロボット掃除機	導入期	普及期	
③ 宅配ドローン	実用化 離島・山間部（目視外・無人地帯）でドローンによる荷物配送が始まる。 ¹⁾	導入期	普及期 都市を含む目視外・有人地帯でのドローン荷物配送が本格化。災害時の物資輸送など、緊急対応のカバー範囲が拡大。 ¹⁾
④ AIスピーカ、AIディスプレイ	導入期 日本製の家電機器が、AIスピーカやAIディスプレイとの連携機能をサポート。欧米・アジアで先行するスマートホーム化の動向に追随。	普及期	普及期 深層学習技術の導入により、文の「意味」の理解力が向上し、機械翻訳が実用レベルに。文と映像の相互変換（対応付け）が可能に。

AIと共生する未来を創る

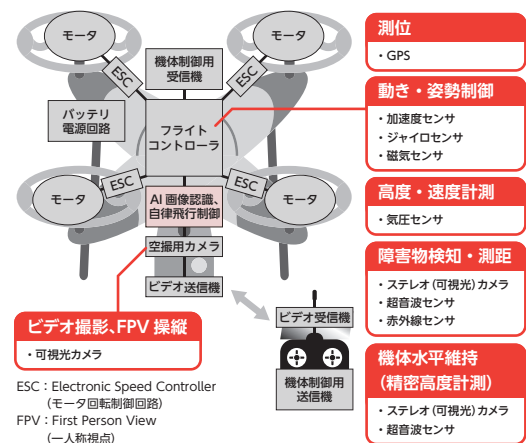
1 会話や癒やしを作り出すロボット



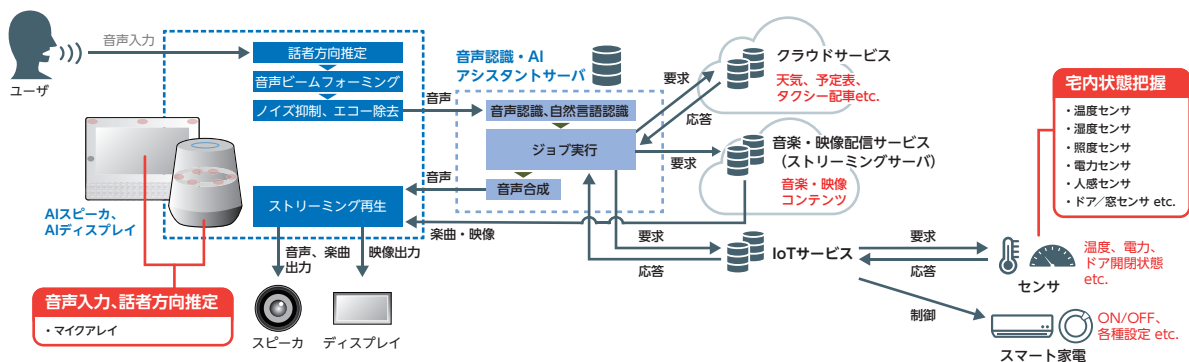
2 家事を手伝うロボット



3 自律飛行を目指す宅配ドローン



4 宅内をスマート化する AI アシスタント



高精度のセンサやカメラが安価になり、コモディティ化が進むと、コンピュータに対して指示を与えたり、コンピュータから情報を取得したりするユーザーインターフェース(UI)の技術が変わります。現在は、ディスプレイ画面を介して指示や情報をやりとりするGUIが主流です。音声UIに対応した機器も増えています。これらに加えて、今後は、身振り手振り(ジェスチャ)や触覚、人間の思考そのものをUI(の媒体)として利用する機器が増加します。

身振り手振りを入力手段とするUIには、TOF(Time of Flight)型の距離画像カメラや2眼のステレオカメラなど、映像といっしょに対象物までの距離情報を取得できるセンサを使用します(右掲の①)。これらのセンサが人間の手足や指先の動きを読み取り、利用者の意図を推定して、機器の動作モードや処理内容、表示画面などを切り替えます。

このようなジェスチャ認識の技術は、すでにゲーム機やスマートフォン、HMD(Head Mounted Display)、車載情報機器が採用しています。2020~2025年ころには、ソーシャルロボットやAIアシスタント機器、スマート腕時計、電子看板(デジタルサイネージ)などへの導入も始まります。

HMDやウェアラブル型端末の普及とともに、コンピュータから情報を取得する技術も新たな展開を見せます。本来、人間には見えないモノや情報を現実の視野に重ねて表示するAR(拡張現実)技術の応用領域が広がります。ARは、現状、ゲーム機やスマートフォンなどで実用化されていますが、今後は製造・保守、建設、物流、医療などの産業用途で

使われるようになります(右掲の②)。

皮膚の触覚を通して情報や意図を伝える触覚フィードバック(ハプティクス)の技術も徐々に導入が進みます(右掲の③)。触覚フィードバックでは、センサで手の位置や動きを読み取り、アクチュエータが生み出す振動や空気圧の変化、電気的刺激の強度や周波数、持続時間などを細かく制御してリアルな触感を実現します。触覚フィードバックは、ゲーム機やVR(Virtual Reality)機器、スマートフォンに使われていますが、2020年ころには車載情報機器や家電機器、街頭の情報端末(キオスク端末)などへの導入も始まります。

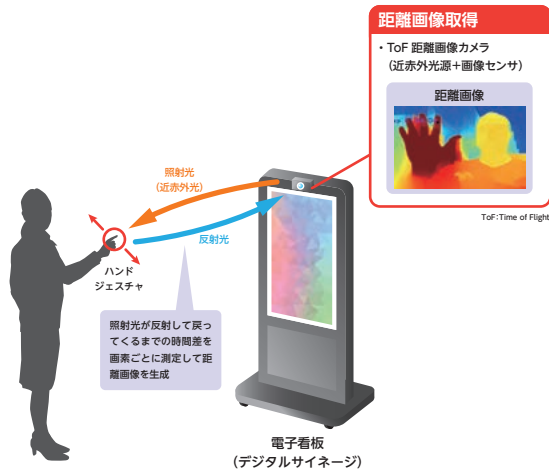
さらに、触感を記録・再生する試みも始まっています。指先で対象に触り、皮膚で生じた振動を圧電素子センサで検出します。センサの出力信号は、センサアンプによって人間が感じる周波数に変調して記録します。このデータをもとに振動子を動作させれば、第三者へ触り心地を伝えられます。

センサやカメラのコモディティ化は、脳活動を計測する装置の小型化や低コスト化を推し進めます。これがきっかけとなり、脳の生体信号を読み取ってコンピュータやロボットの操作につなげるブレインマシンインターフェース(BMI)や、消費者心理を定量的に分析するニューロマーケティングなどの技術の実用化が進みます(右掲の④)。そして2030年代には、脳活動計測の応用領域が飛躍的に拡大します。

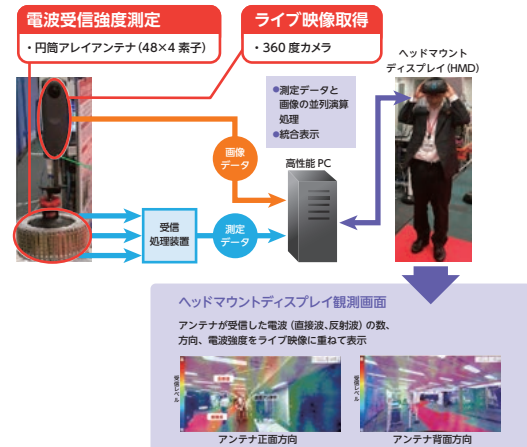
	2020年	2025年	2030年
① ジェスチャ認識	導入期 ゲーム機やスマートフォン、HMD、車載情報機器に加えて、ソーシャルロボットやAIスピーカ、スマート腕時計、電子看板などでハンドジェスチャ認識が利用されるようになる。	モーションキャプチャデータの共有化が進み、全身のジェスチャ認識が低コストで実現できるようになる。	普及期
② 産業応用の拡張現実(AR)	実用化 産業応用におけるAR技術が実用化。製造、建設、物流などの分野で試行が進む。	導入期	
③ 触覚フィードバック	導入期 VRゲーム機やスマートフォン、車載情報機器のほか、家電機器や産業用機器にも触覚フィードバックが利用されるようになる。		普及期
④ ブレインマシンインターフェース	試作・実証 ブレインマシンインターフェースを利用して操作する家電機器やゲーム機器の試作・開発が相次ぐ。		実用化

ヒトとコンピュータを快適につなぐ

1 身振り手振りを理解する機械



2 見えないモノを見せる機械



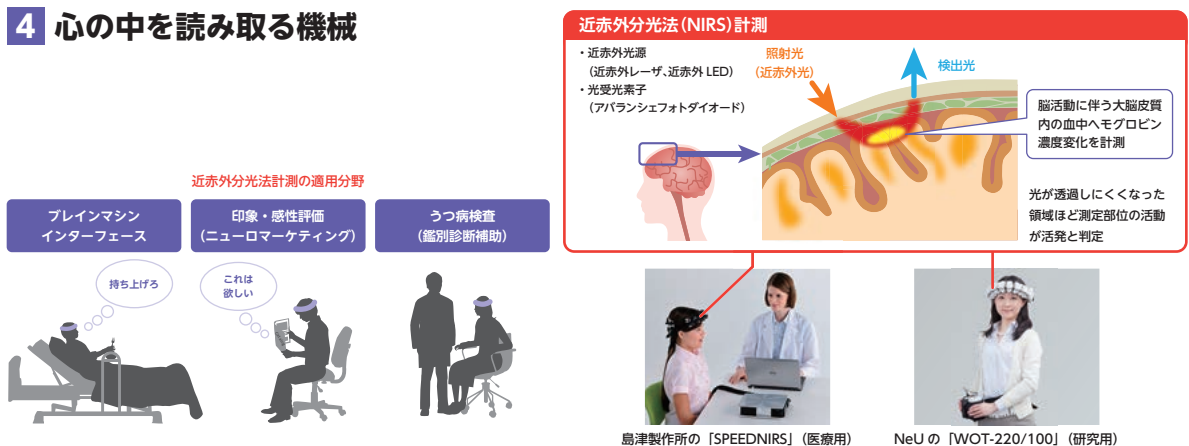
NTT ドコモの 360 度対応 5G リアルタイム電波ビジュアライザ

※ NTTドコモ、2018年5月2日発表資料「世界初の360度対応5Gリアルタイム電波ビジュアライザ」を開発の旨をもとに、次世代センサ協議会が加筆・修正して作成。

3 触感や心地よさを伝える機械



4 心の中を読み取る機械



6 自動運転 × センサ 2030

交通事故を回避したり、事故の被害を軽減したりするため、現在の自動車はさまざまな運転支援機能(衝突被害軽減ブレーキや車線逸脱警告、定速・車間距離制御など)を装備しています。こうした機能は、さらに充実していきます。例えば、搭載車種が主に高級車に限られていた夜間・悪天候時の歩行者検知(ナイトビジョン)機能を、大衆車が搭載するようになります。

自動車の自動運転技術は、上述の運転支援機能と、リアルタイムに認知・判断・操作の処理を行うAI技術を組み合わせて実現します(右掲の1)。例えば、センサからの情報をもとに、自動車の周囲の3次元地図をリアルタイムに作成・更新する機能や、ドライバーに代わって適切な行動方針や走行ルートを判断する機能を搭載します。

法整備や社会的受容性の問題があるため、ドライバー不在の完全自動運転が実現するまでには時間がかかります。しかし、ドライバーの監視下での自動運転や、エリア限定の無人走行については、実用化目前です。高速道路では、2020年までに「運転者が安全運転にかかわる監視を行い、いつでも運転操作が行える」という条件付きで、加減速や車線変更を含む自動運転が可能となります。国道や主な地方道でも、2020年ころに直進のみ(右左折不可)の自動運転が行えるようになり、2025年ころには交通信号を認識して交差点の右左折が可能となります。

自動運転の技術は、物流・宅配業界における人手不足の問題の緩和に貢献します。貨物輸送トラックの後続無人隊列走行(右掲の2)の実証実験が、2018年1月から新東名

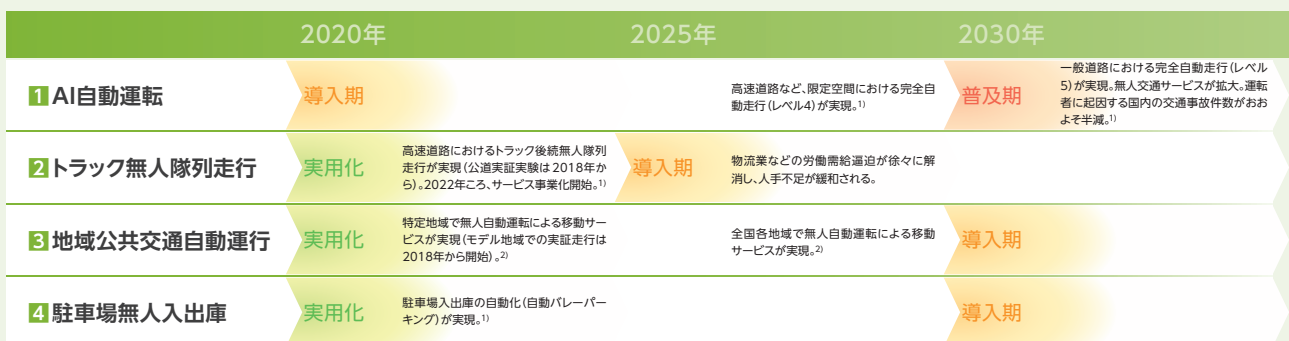
高速道路で始まっています。2020年ころには技術評価が完了し、2022年ころには東京・大阪間でサービス事業が開始されます。後続無人隊列走行では、先頭車両にドライバーが乗車し、有人でトラックを運転します。先頭車両と後続車両の間は、ミリ波レーダーやLiDAR(レーザーレーダー)、車車間(V2V)通信により電子的な連結を実現し、後続車両は自動運転技術を使って無人走行します。

また自動運転技術は、路線バスの廃止や運行本数の縮小が進む過疎地や山間地域に、新たな移動手段を提供します(右掲の3)。コミュニティバスやコミュニティタクシーが自動運転車になり、スマートフォンからの呼び出しに応じて、診療所や行政窓口、住宅地、駅、道の駅などの間を移動するようになります。モデル地域における実証走行はすでに始まっており、2025年ころには全国各地で無人の移動サービスが提供されます。

さらに郊外のショッピングセンターやテーマパーク、ホテル、大型駐車場などの車両の入出庫を自動化する「自動バレーパーキング」のサービスも、2020年ころから始まります(右掲の4)。ドライバーが降車した後、車両は周辺の安全を確認しながら、制御センターの誘導に従って低速自動走行し、指示された位置に駐車します。

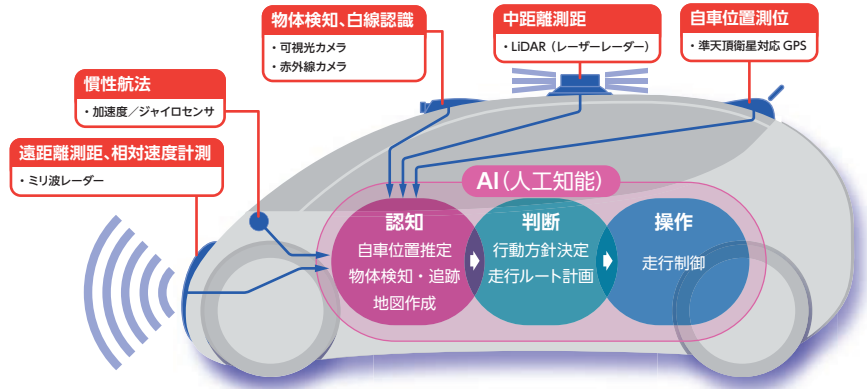
参考文献

- 1) 経済産業省 産業構造審議会;「新産業構造ビジョン」、一人ひとりの、世界の課題を解決する日本の未来」、2017年5月30日。
- 2) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議;「官民ITS構想・ロードマップ2018」、2018年6月15日。

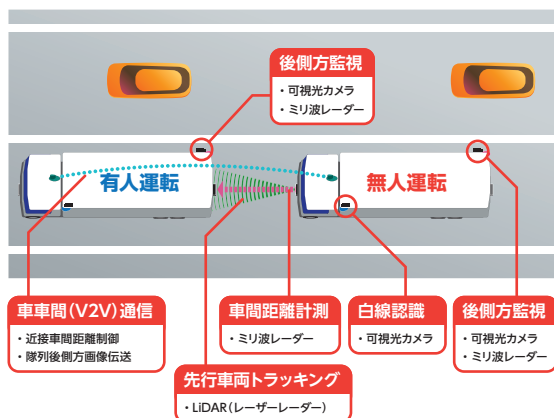


知的なクルマが物流や地域の課題を解決

1 自動運転に使われる センサとAI処理

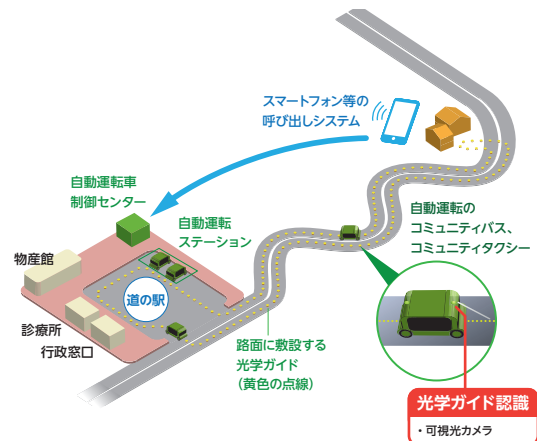


2 トラックの後続無人隊列走行



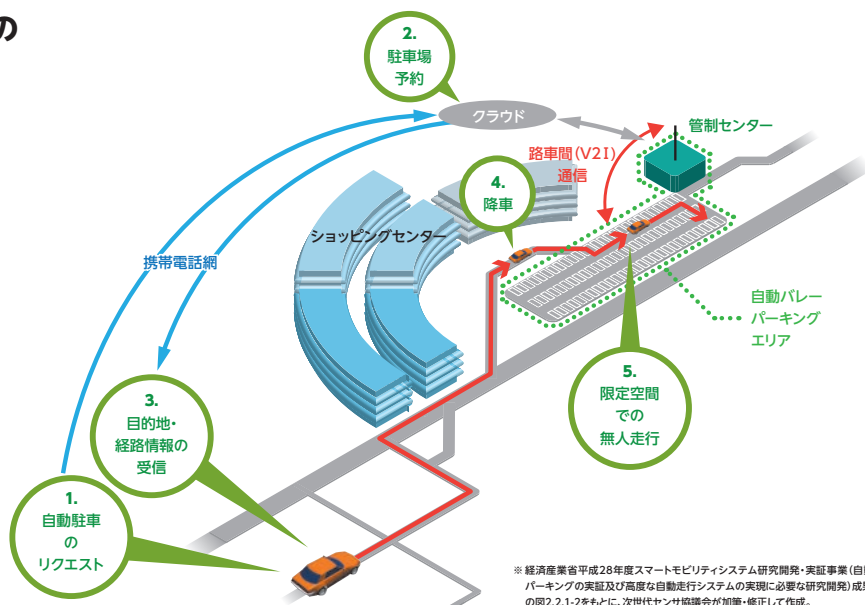
※国土交通省自動運転戦略本部(第2回会合、平成29年3月29日)資料3の図をもとに、次世代センサ協議会が加筆・修正して作成。

3 地域の暮らしを支える自動運転



※国土交通省自動運転戦略本部(第1回会合、平成28年12月9日)資料3-2の図をもとに、次世代センサ協議会が加筆・修正して作成。

4 パーキングエリアの 自動誘導・駐車



※経済産業省平成28年度スマートモビリティシステム研究開発・実証事業(自動バレーパーキングの実証及び高度な自動走行システムの実現に必要な研究開発)成果報告書の図2.2.1-2をもとに、次世代センサ協議会が加筆・修正して作成。

7 スマート工場 × センサ 2030

工場内のセンサや機器をネットワークでつなぎ、データの収集・分析によって生産設備の効率的な運用を実現する「Industrial IoT」のコンセプトが提唱されて5年以上がたちました。今後、センサや機器、サーバの間で情報をやり取りするためのインターフェース規格の共通化が進み、2020年ころには、工場や企業の枠を超えて共有・利用される生産システムが、国内で50カ所程度稼働します。

2025～2030年ころには、大半の企業でIndustrial IoTの導入が完了します。設備の稼働状況、および環境センサやカメラで取得したデータは、ネットワークを介してサーバに蓄積し、随時分析を行います。可視化されたデータやそこから得られた知見は、全社の情報共有、生産業務のプロセス改善、トレーサビリティ管理などに活用します(右掲の1)。工場内外、企業系列内外のデータ連携にかかるコストは下がり、製造業のサプライチェーンを容易に構築できるようになります。

また、Industrial IoTのデータ分析に、AI技術を導入する動きが活発になります。例えば、工作機械などの製造設備に複数の振動センサを設置し、常時、モニタリングします(右掲の2)。取得した振動波形のデータをAIで解析して故障や不具合の兆候を検出し、製造設備の寿命を予測します。設備の予知保全が可能となり、従来型の保守(故障時の修理、規定耐用時間ごとの部品交換など)と比べて、作業を効率化できます。

さらに、外観検査や打音検査などの自動検査装置にもAI技術の導入が進みます。機械学習を利用した故障モデルの

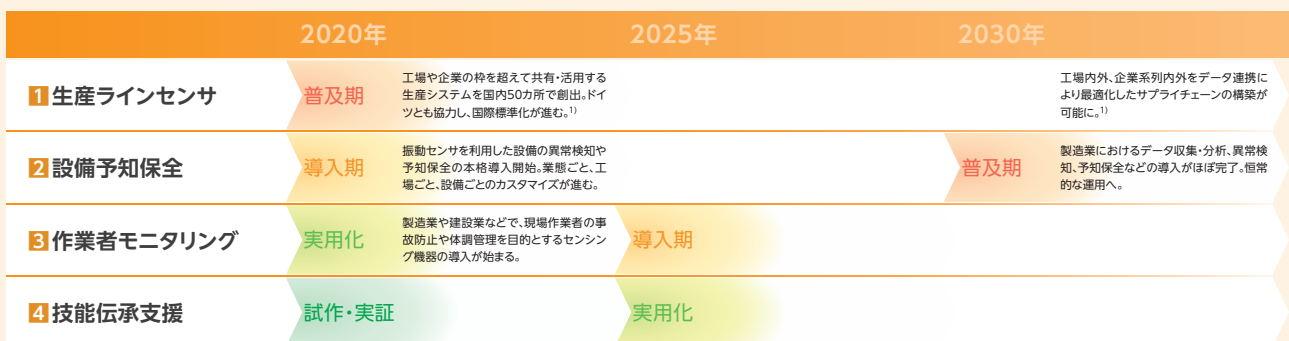
逐次更新により、これまでより多くの種類の製造不良を効率よく検出できるようになります。例えば、変種変量生産における検査対象や検査項目の頻繁な変更にも、柔軟に対応できます。

製造・保守や倉庫作業などの現場では、ウェアラブル型のAR(拡張現実)端末を使った業務支援やバイタルセンシングの導入が始まります(右掲の3)。作業手順や作業マニュアル、管理者や指導者からの指示は、作業者の視野に重ねて表示できるようになります。遠隔の拠点にいる管理者や指導者が、作業者と視界を共有できるので、なにか不測の事態が起こった場合でも、すみやかに的確な指示が出せます。また、作業者の位置や動き、バイタル情報(心拍や体温など)をモニタリングし、作業員の転落事故や危険領域への立ち入り、体調不良などを遠隔で検知できるようになります。

生産従事者の技能伝承においても、センサによるデータの収集と分析が重要な役割を果たすようになります(右掲の4)。熟練作業者と訓練者の動線や姿勢、手や腕の角度・動き、注視点の軌跡などを比較して、両者の行動の違いを明らかにします。言葉による説明やマニュアル化の難しい技能面のノウハウ(暗黙知)が伝えやすくなり、生産品質の向上や作業効率の改善を後押しします。

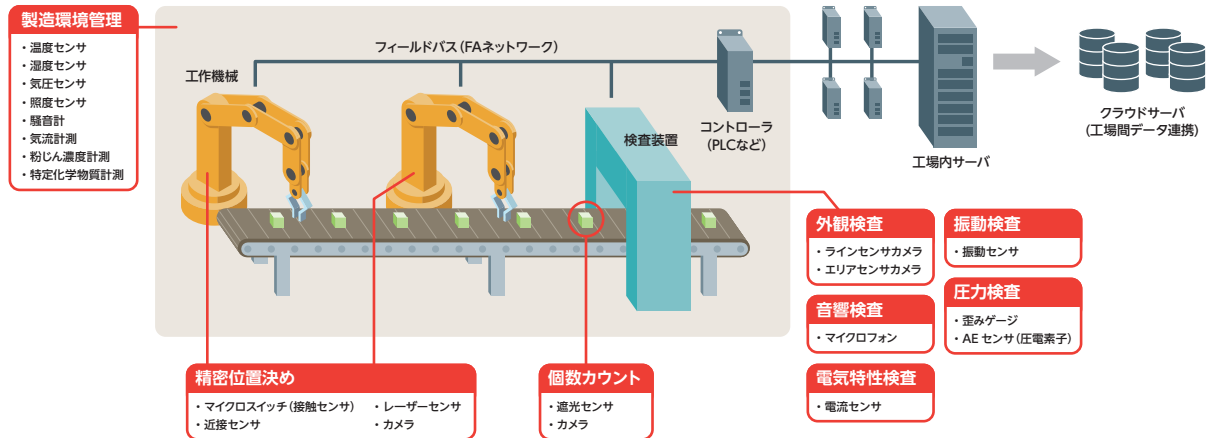
参考文献

1) 経済産業省 産業構造審議会:「新産業構造ビジョン」、一人ひとりの、世界の課題を解決する日本の未来」、2017年5月30日。

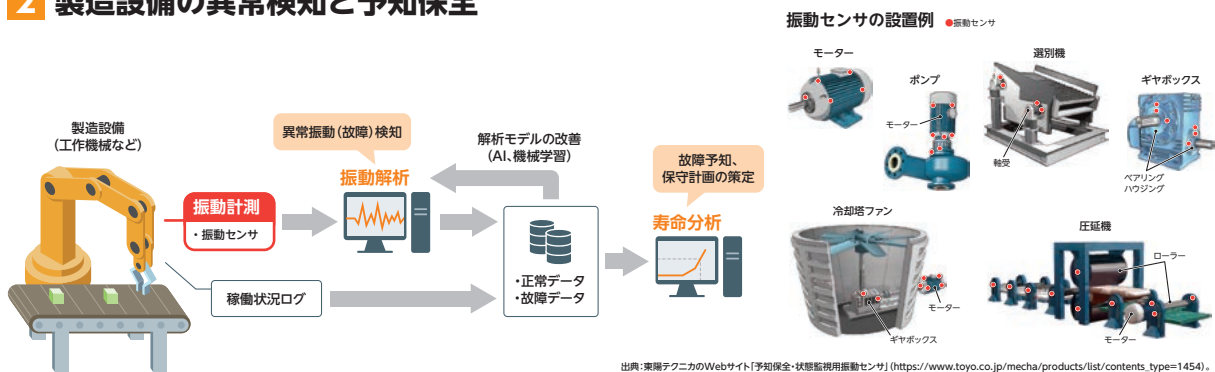


Industrial IoTの導入完了、本格稼働へ

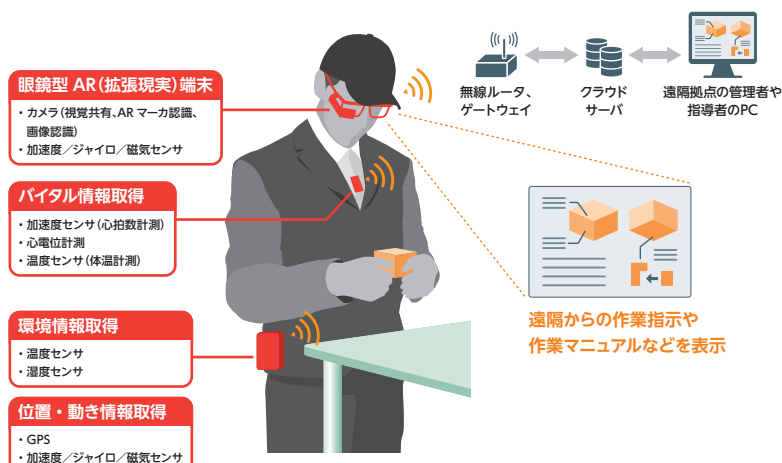
1 生産ラインで使用されるセンサ



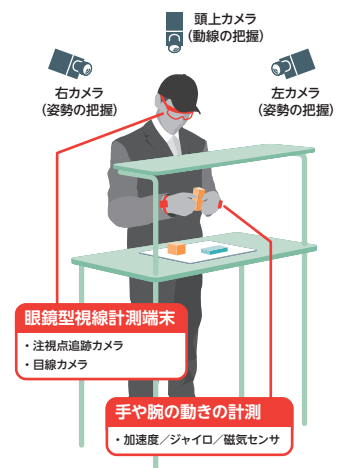
2 製造設備の異常検知と予知保全



3 製造・保守業務の支援と生体モニタリング



4 生産従事者の技能伝承



8 スマート農業 × センサ 2030

農作業の現場では、農業従事者の高齢化や労働力不足が深刻な問題となっています。この問題を緩和するのが、センシングとデータ分析に基づく営農(精密農業)、およびロボット技術の利用です。農業のスマート化にセンサの活用は欠かせません。

センシングとデータ分析に基づく営農では、圃場環境や作物の生育状況の情報を継続的にセンサやカメラで取得し、作業履歴をデータベースに記録します(右掲の**1**)。播種から収穫までのスケジュール、および灌水や施肥の量などを、長年の経験だけに頼るのではなく、データ分析の結果に基づいて決定します。2020年ころには、農業連携データ基盤のサービスが本格稼働し、農業系ITCシステム同士の連携、データの標準化、および公的機関が保有する農業、地図、気象などの情報の公開が進みます。

また、“食の安全”をアピールするため、作物の生産情報がクラウド上で公開されるようになります。消費者や食品産業は、購入・調達した農産物の生産履歴にいつでもアクセス可能となり、個々の生産者に対する信頼が、農産物の付加価値の一つとして社会に認知されるようになります。

ロボット技術の利用については、自動走行トラクターが商用化され、圃場への導入が始まります(右掲の**2**)。多くのトラクターが自動操舵や自動走行の機能を装備するようになります。例えば、耕うん・砕土・整地用と施肥・播種用など、複数台のトラクターを一人の作業者が同時に操作します。

農地が広い場合は、圃場の状態や農作物の生育状況の調査にドローンを活用するようになります(右掲の**3**)。マルチスペクトラムカメラで可視光・近赤外の画像を撮影し、NVDI(緑植生の分布や活性度を示す指標)を測定します。このデータをもとに農作物の生育状況のばらつきをマップ化し、施肥計画や収穫計画の策定に役立てます。

このほかにも、さまざまなロボット農機の導入が始まります(右掲の**4**)。田植え機は、水田の作土深(耕うん機でかくはんされ、軟らかくなった土壌表層部分の深さ)や土壌肥沃度などをセンサで測定し、その結果に基づいて施肥量を自動調整できるようになります。田畑の周囲の傾斜地(畦畔)では、除草ロボットが活躍します。除草ロボットは、傾斜角度をセンサで検出し、傾斜角度に応じて左右のローラの回転数を制御します。これにより、急斜面であっても等高線方向へ直進走行します。

収穫物の積み下ろしや運搬などの重労働は、パワーアシストスーツがサポートします(右掲の**5**)。作業者の姿勢、および腕や腰にかかる力をセンサで検出し、モーター駆動によって作業者の負荷を半分程度に抑えます。

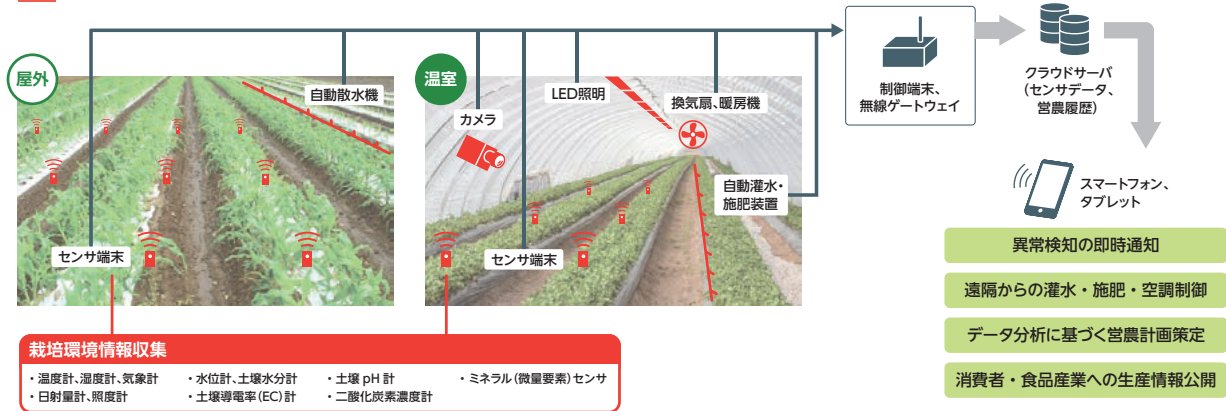
参考文献

- 1) 経済産業省 産業構造審議会:「新産業構造ビジョン」、一人ひとりの、世界の課題を解決する日本の未来」、2017年5月30日。
- 2) 農林水産省 東北経済産業局:「スマート農業の実現について」(2017年10月26日、地域情報化所管省庁合同説明会、配付資料)、2017年10月。

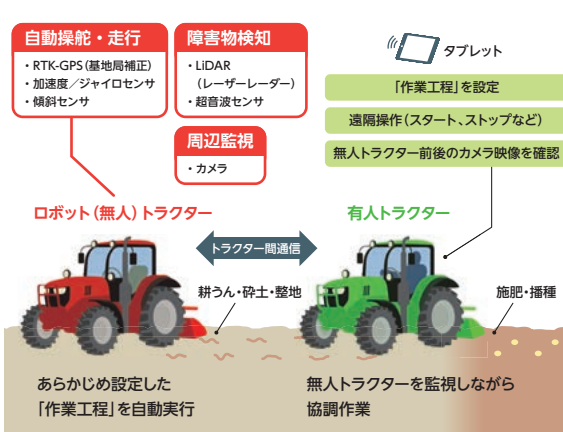
	2020年	2025年	2030年
1 営農データ管理	実用化 農業連携データ基盤のサービスが本格稼働。農業系ITCシステム同士の連携、データの標準化、公的機関が保有する農業、地図、気象などの情報の公開が進む。 ¹⁾	導入期	
2 自動走行トラクター	実用化 遠隔監視による無人自動走行トラクターが実現(有人監視下の自動走行トラクターは2018年に商用化開始)。 ¹⁾	導入期	
3 生育調査ドローン	試作・実証	実用化 ドローンによる作物の生育状況の調査結果が営農データ管理に反映されるようになり、営農計画の精度が向上。	導入期
4 ロボット農機	実用化 自動運転田植え機が遠隔監視による自動走行を実現。		導入期
5 農業用アシストスーツ	実用化		導入期

農作業の効率化と食の安全に貢献

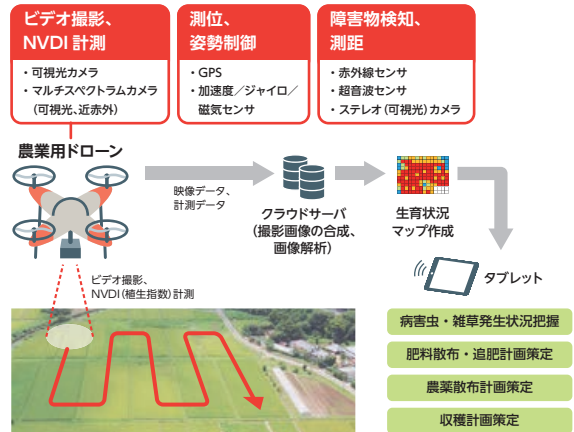
1 データに基づく営農(精密農業)



2 自動走行トラクター(随伴走行)



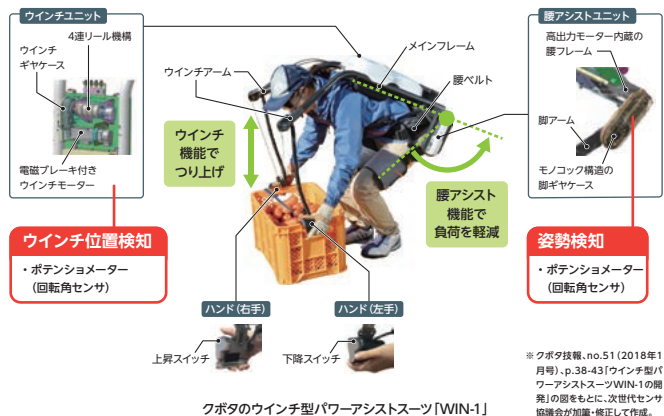
3 生育状況を調査するドローン



4 ロボット農機



5 農業用アシストスーツ



9 海洋開発 × センサ 2030

日本は広大な排他的経済水域 (EEZ) を保有する、世界でも有数の海洋国家です。しかし、造船や海運、漁業といった伝統的な海洋産業は厳しい状況にあり、海洋資源の活用も十分に進んでいるとは言えません。こうした閉塞状況を打破するためには、センシングや海洋計測の技術革新が不可欠です。

海洋資源の活用については、2025年ころにメタンハイドレートや海底熱水鉱床の商業利用が始まります。これに伴って、海洋地形探査や化学成分計測の技術開発が進みます (右掲の 1)。例えば、海底の地形・地層の計測にはマルチビームエコーサウンダ (音響測深機) やサイドスキャンソナー (海洋面探査ソナー)、サブボトムプロファイラ (海底地層解析装置) を使用します。こうした機器の高性能化が進めば、海域調査や試料の採取・分析などの作業を効率的に行えるようになります。

また、日本人にとって重要な水産資源である魚介の海面養殖や管理に、センシングやAIの技術を適用する取り組みが始まります (右掲の 2)。養殖場環境の状態や魚介の生育状況、養殖生産履歴のデータ化が進み、魚介への給餌も自動化されます。港から離れた海域にある養殖場の状態を遠隔で把握できるようになり、状況確認のためだけに船を出す必要がなくなります。病害や赤潮などの異常にも素早く対応できます。

水産養殖には、水質検査や水環境観測、気象観測のためのセンサ、および魚体観測のための水中カメラを使用します。海面養殖場の電力供給は、主に太陽光発電パネルで行

います。電力を有効活用するため、環境センサや消費電力センサを使用します。

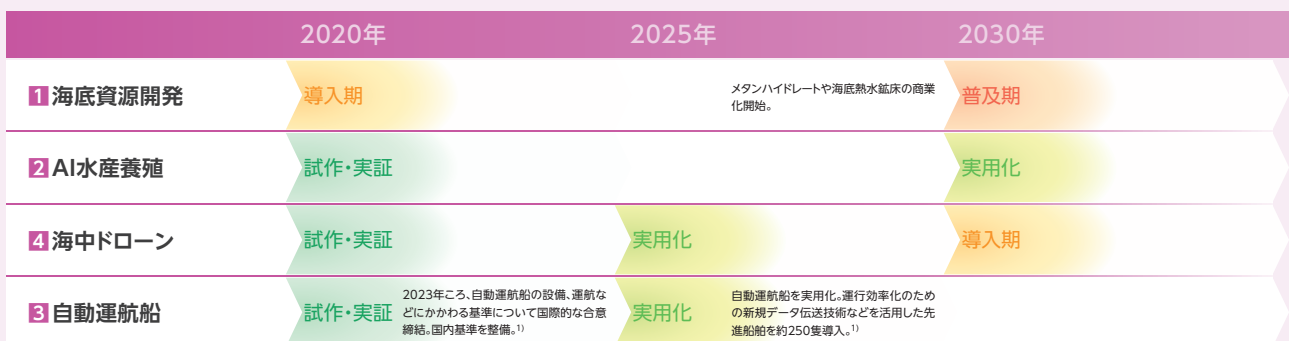
今後の海洋資源探査や魚群探知、海面養殖場の監視などに活躍するのが海中ドローン (AUV) です (右掲の 3)。海中ドローンは、測位や慣性航法のためのセンサ、衝突回避用のソナー、水中高度計、地对速度計、海中観測用カメラなど、さまざまなセンサを装備します。海中ドローンは作業者の負担を軽減し、海洋の調査・観測業務にかかるコストを引き下げます。

このほか、自動車の自動運転で使われているセンシングの技術を船舶に応用した自動運航船の開発も進みます (右掲の 4)。自動運航船は、見張りや操船、衝突回避 (他船検知)、離着さんなどを自動、または遠隔制御で行います。これにより、人的要因による海難事故を防止し、船員不足の問題を緩和します。さらに、センシングとAIの技術を利用した機関・設備の異常検知や予知保全の対応も進みます。

2023年ころには、自動運航船の設備や運航などにかかわる基準について国際的な合意を締結し、それに基づいて国内基準の整備が進みます。2025年ころには、自動運航船の実用化が始まります。運航効率化のための新たなデータ伝送技術を活用した先進船舶が約250隻生産されます。

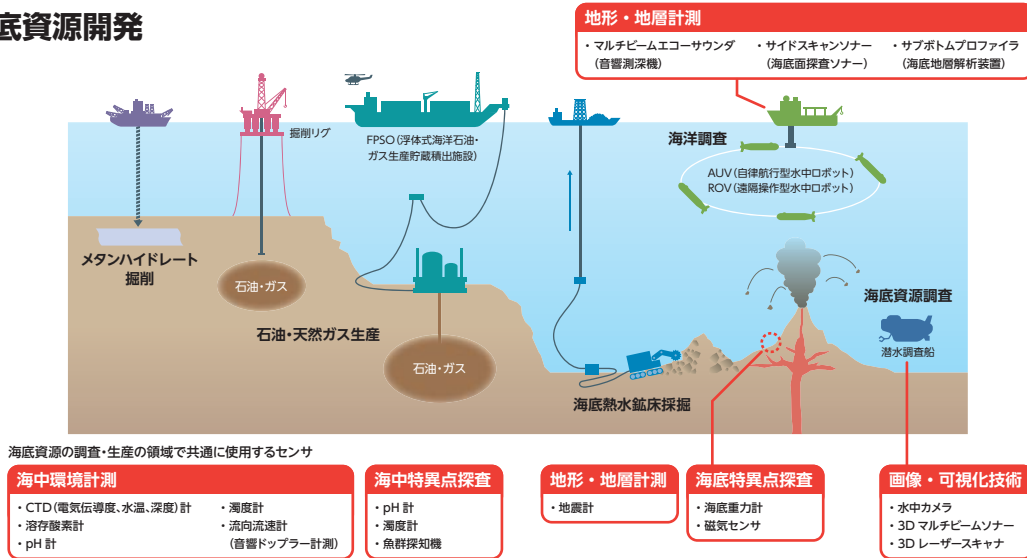
参考文献

- 1) 日本経済再生本部:「未来投資戦略2017 -Society 5.0の実現に向けた改革-」、2017年6月9日。
- 2) 一般社団法人次世代センサ協議会:「特集:海洋・船舶のIoTの発展と計測センサへの期待」、次世代センサ、vol. 27、no. 2、2018年1月。

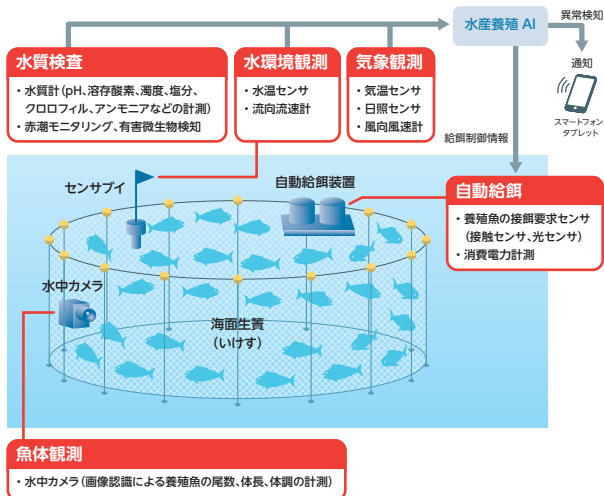


海洋国家「日本」のチャレンジが始まる

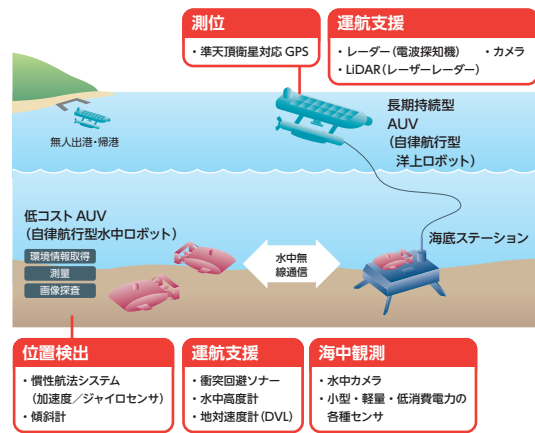
1 海底資源開発



2 AIを活用する水産養殖

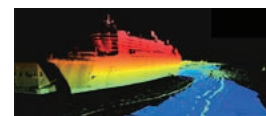
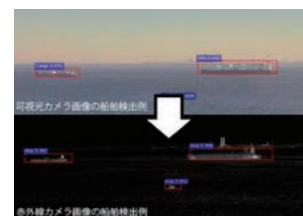
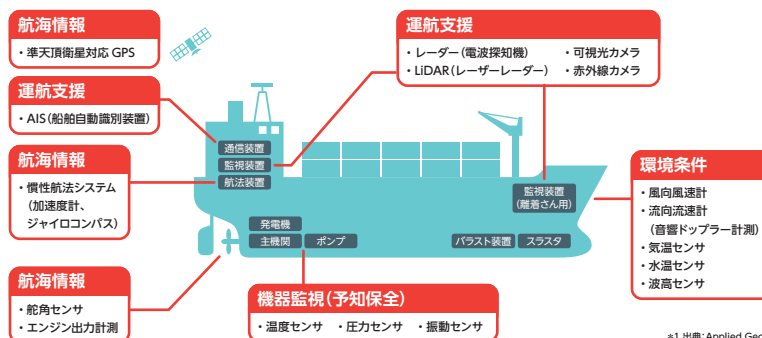


3 探査・監視で活躍、海中ドローン



※ DeSET PROJECT の Web サイト、「TEAM 01」海洋調査の完全な洋上無人化を実現するソリューションの開発の趣に、次世代センサ協議会が加筆・修正して作成。

4 海難事故を減らす自動運航船

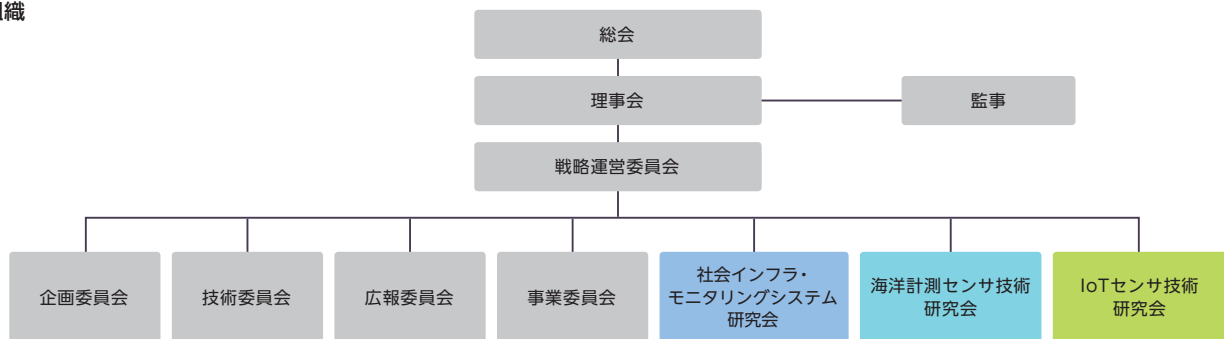


*1 出典: Applied Geomatics Research Group の Web サイト (<http://agr.gco.s.ncc.ac.jp/node/234>)

協議会概要

名称	一般社団法人次世代センサ協議会 Japan Society of Next Generation Sensor Technology (JASST)		
目的	当法人は、センサ技術に関する調査研究、国際交流の促進等により、センサ技術の向上と普及を図り、学術及び産業の発展に寄与することを目的として次の事業を行う。		
主な事業	<ul style="list-style-type: none"> ■ 情報の収集および提言 ■ 国際協力の促進 ■ 技術発表、講習会、講演会等の開催 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国内外の関係団体との連携 ■ 新事業活動の企画・促進 ■ 将来技術動向の調査検討 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 市場動向調査 ■ 普及啓蒙 ■ 関係資料の配布
会長	小林 彬		
設立	1989年(2013年一般社団法人化)		
会員 (2018年8月現在)	法人会員 27社、 法人準会員 13社、 特別会員 6団体、 個人会員 約230名		

組織



活動概要

次世代センサ協議会は、1989年に、日本国内の横断的なセンサ・アクチュエータ研究・開発を進展させるため、「センサ技術の普及と発展」を目的に発足しました。主として大学、研究機関、メーカー、ユーザの研究者、技術者に対し、ニーズとシーズの出会い、異なる組織間の情報交換の場として貢献しています。

今後に期待される新技術を議論するシンポジウム、現在の技術の最新動向を知るセミナー、会員相互の研修を行う講演・見学会、新人研修などのチュートリアルなテクノスクール、先端技術をマイニングする課題勉強会などを行っています。

JASSTの活動目標と役割

先端技術のマイニング

- AI・IoT時代のセンサ技術…SENSPIRE
- センサ応用分野とセンサの将来動向調査
- 新センシング技術、新センサ材料、新アルゴリズム

教育・啓発・交流

- シンポジウム、セミナー、講演・見学会、課題勉強会
- センサテクノスクール、AI・IoT実習セミナー
- ホームページ、センサ技術交流会

ニーズとシーズのマッチング

- 社会インフラ研究会、海洋計測センサ技術研究会、IoTセンサ技術研究会
- センサ技術相談、コンサルテーション

研究会活動

社会インフラ・モニタリングシステム研究会

高齢化する社会インフラの維持管理のためモニタリングシステムの実用化や、新しいセンサ技術の導入について調査・研究します。最近では自治体へのモニタリング技術の普及に注力しています。



モニタリングシステムの実橋試験

海洋計測センサ技術研究会

水産資源・港湾土木・海洋再生可能エネルギー・海洋石油ガス・海底調査などの新海洋産業の創出振興を計測センサの立場から支援する活動を行っています。最近では船舶のIoTに注力しています。



JAMS TEC見学会

IoTセンサ技術研究会

IoT(Internet of Things)システムを構築するためのIoTセンサ技術プラットフォームの調査・研究・教育・ビジネス支援を行っています。最近ではAI・IoTの実習セミナーに注力し、好評をいただいています。



ディープラーニング実習セミナー

法人会員一覧

■法人会員（★法人準会員）

株式会社アイシン・コスモス研究所 ★	CQ出版株式会社 ★
旭化成株式会社	株式会社島津製作所
アズビル株式会社	住友精密工業株式会社
株式会社イーラボ・エクスパリエンス ★	セコム株式会社
エイブリック株式会社	大日本印刷株式会社
SKグローバルアドバイザーズ株式会社 ★	株式会社タニタ ★
株式会社NPシステム開発 ★	株式会社日本マイクロニクス
株式会社オプトロニクス社 ★	パナソニック株式会社
オムロン株式会社	日置電機株式会社
カンケンテクノ株式会社 ★	株式会社日立製作所
帝国インキ製造株式会社 ★	株式会社日立ハイテクノロジーズ
東京計装株式会社	フォトプレジジョン株式会社 ★
株式会社東芝	藤倉ゴム工業株式会社
東洋インキSCホールディングス株式会社	富士電機株式会社
豊田合成株式会社	三菱電機株式会社
長野計器株式会社	ミネベアミツミ株式会社
ナミックス株式会社 ★	株式会社村田製作所
日本航空電子工業株式会社	横河電機株式会社
株式会社コアシステムジャパン ★	リニアテクノロジー株式会社 ★
五洋建設株式会社	ローム株式会社

■特別会員

公益社団法人計測自動制御学会
スコットランド国際開発庁
一般社団法人日本計量機器工業連合会
一般社団法人日本電気計測器工業会
一般財団法人マイクロマシンセンター
モバイルコンピューティング推進コンソーシアム

一般社団法人次世代センサ協議会 30周年記念

センシング技術の普及とこれからの社会

発行日 2018年10月1日発行

発行人 小林 彬

発行所 一般社団法人次世代センサ協議会

〒101-0041 東京都千代田区神田須田町1-24-3 FORECAST神田須田町4F

[TEL] 03-5294-2333 [FAX] 03-5294-0909

[E-mail] office@jisedaisensor.org [URL] <http://www.jisedaisensor.org>

©一般社団法人次世代センサ協議会 2018

非売品

無断複写、転用を禁じます。