

はじめに

近年の高齢社会化や障がい者の増加，外国人の増加などで，日本国内でも「使いやすさ」の研究に注目が集まっている。現在の製品やサービスが使いやすいのかを生活者とともに把握し，その結果に基づいてできるかぎりの試作を繰り返し，製品やサービスの質を高める研究である。専門的にはユーザビリティ研究といい，大学の研究室の名前についている場合もある。たとえば，筆者の専門である公共交通車輛をつくりあげるプロセスでも，生活者のニーズを的確に把握し試作を行ない，その検証（うまく動くか）や評価（テストドライバーや模擬乗客による評価）を繰り返しながら，その車の使いやすさを総合的に組み立てていく。

これとともに，製品やサービスと生活者の関係性をよりよくするための研究も増えている。この製品・サービスと生活者の関係をヒューマンインタフェースといい，同じく大学の研究室名につく例が増えている。たとえば，高齢者になると難聴になりがちで，楽しみにしているテレビ視聴がしづらくなる場合が多い。高齢者とテレビの関係性をよくするために，テレビの声が近くで聞こえるスピーカーを置く方法があり，開発が進んでいる。テレビの音声をスピーカーに飛ばす技術であるが，こうした生活者と製品・サービスとの関係性をよくする研究も，昨今の高齢社会化や障がい者の増加を背景に社会の注目が集まっている。

工学は、「生活者に肉迫して、抱えている問題やニーズに基づき公共の安全や健康、福祉（幸福）のために、有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問」である。ゆえに、有用な事物や快適な環境が「使いやすく」ないと、公共の安全や健康、福祉（幸福）の水準も下がってしまう。工学の究極の目的は「使いやすさの実現」といっても過言ではないのだ。

改めていうが、各地の工学部の工学の説明をまとめると、通常は「数学と自然科学を基礎とし、時には人文社会科学の知見も用いて、公共の安全や健康、福祉（幸福）のために有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問である」と総じて説明している。ここで重要なことは、工学であっても、必要に応じ時には人文社会科学の知見も用いることが工学の前提という点である。使いやすさの実現では人文社会科学も欠かせないわけである。

筆者は永年、この「使いやすさ」の研究や「製品・サービスと人間の関係性」の研究に携わっている。新しい研究分野であるため、学部生の卒業論文レベルでも学会で発表が行なえるような自由闊達な雰囲気もあり、学会も活性化している。しかし、研究室内に蓄積された技術に基づいてとりあえず「使いやすさ」や「製品・サービスと人間の関係をよくする技術」を開発し、ニーズ把握が軽視されている研究発表が後を絶たない。試作した場合の評価者のサンプリング方法が不適切な事例も多い。研究の論文やPowerPointなどでの発表資料に、調査協力者の顔を載せてしまうような非倫理的場面も目の当たりにする。

これは、自然科学のセンスで「使いやすさ」の研究や「製品・サービスと人間の関係性」の研究が行なわれるため、社会科学的なニーズ調査の方法や試作品の検証および評価に関する教育に十分手がまわらず、研究倫理教育（人間として行なってはいけない要件の整理と教育）も十分確立されていない背景が影響している。本書は、こうした状況を問題意識として書かれている。「使いやすさ」の研究の本質に立ち返り、「ニーズの把握」「試作の企画と実行」「試作品の検証と評価」「試作品の改善」という起承転結を倫理的に遂行できる人材を育成するうえでのまったく新しい導入書として位置づけられる。本来、「使いやすさ」の研究は、機械設計やデザイン、認知心理、さらには制度論や政策論が絡む学際的な分野であり、総合科学的な分野である。これも意識して、文理を問わず読みやすい専門的導入書として書いている。ぜひ本書を読み、「使いやすさ」の研究や「製品・サービスと人間の関係性」の研究をよりよく行なって、われわれの住みやすい生活環境を創造してまいりましょう！

2018年1月5日

西山敏樹

目次

はじめに *iii*



1. 工学の研究とは何か 1

1.1 工学とは何か 1

1.2 工学の研究が目指すことは何か? 4

1.2.1 ヨーロッパのErgonomics (エルゴノミクス) の流れ 4

1.2.2 アメリカのHuman Factors (ヒューマンファクターズ) の流れ 5

1.2.3 今日の工学と他の分野との融合 6

1.3 多様な工学分野と社会への貢献 9

1.4 工学研究の現在と未来 11



2. 工学研究でわれわれが陥りやすいミスは何か? 15

——ミスをしなないためのポイント——

2.1 工学の研究テーマをどう決めるか? 15

2.2 工学の研究の計画をどう立てるか? 21

2.3 ユーザの意見をどう吸い上げるか? 26

2.4 ユーザの欲しいものをどう試作するか? 28

- 2.5 試作したものの動作をどのように見ていくのか? 32
- 2.6 試作したものをどのように採点するか? 33
- 2.7 工学の研究ではどうまとめを行なうのか? 35
- 2.8 本章のまとめ 35



3. 工学研究を行なううえでのルール 37

——人としての常識を守った研究を！——

- 3.1 人を相手にすることの大切さを知ろう! 37
- 3.2 どのような工学研究でのルールがあるのか? 47
- 3.3 工学の研究の世界でのルール設定の動向を知ろう! 52
 - 3.3.1 個人情報 52
 - 3.3.2 侵襲性而非侵襲性 54
 - 3.3.3 拘束と非拘束 57
 - 3.3.4 資金 60
 - 3.3.5 行動観察や発話 62
 - 3.3.6 感性評価 64
 - 3.3.7 タスク実施 66
 - 3.3.8 質問紙調査やインタビュー 68
- 3.4 3Dプリンタが当たり前になる時代のルールとは? 70
- 3.5 「使いやすさ」の研究で気をつけるべきポイントは? 72



4. 工学の研究をどのように行なうか 75

——改めて基礎的な流れを押さえよう！——

- 4.1 工学の研究での一般的なパターンとは？ 75
- 4.2 実際に工学の研究のテーマを決めてみよう！ 76
- 4.3 工学の研究の計画書を書いてみよう！ 81
- 4.4 生活者への調査を計画・実行してデータをまとめよう！ 86
- 4.5 生活者の声を大切にした試作品をつくろう！ 93
- 4.6 試作品の動作を確かめ、実際に生活者に使ってもらおう！ 96
- 4.7 工学の研究成果をまとめて発表しよう！ 101

おわりに 107

索引 111

第 1 章

工学の研究とは何か

まず本章では、製品やサービスの使いやすさを高めるための研究の世界観を見てみる。

1.1 / 工学とは何か？

読者の皆さんも、日々通勤や通学で電車に乗るはずである。最近の通勤電車のシートがわれわれの身体にフィットするものになっていることにお気づきだろうか。昔の電車のシートは、戦時であると図1.1のような木製のもの



図1.1 戦時に設計されたモハ63形車内

戦時ということもあり、使いやすさよりも詰め込みが重視され、きわめて簡素なつくりになっている。リニア・鉄道館（名古屋）に展示されている車であるが、お世辞にも座りやすいイスではなく、長時間移動には不向きな車輦であった。



図1.2 高度経済成長期につくられた国鉄の代表車輦である103系の車内

モケットシートになり、多くの人の通勤を支えた車である。角度などは十分に考慮されているとは言いがたいものであり、やはり長時間の通勤や通学を考えると、けっして快適なものとはいえない質であった。



図1.3 近年の代表的な通勤鉄道車輦であるJR東日本のE233系のシート

背もたれに疲れにくい角度がついていることがわかる。近年は、仙台・東京・名古屋・大阪などの大都市圏の通勤圏域も広がっており、こうした通勤車輦が長時間の通勤・通学をサポートしている。

も珍しくなかった。それが、高度経済成長期になり、図1.2のようなやわらかめのシートに移行して、長時間の移動も多少考慮したものになった。さらに現代では、図1.3のように従前の車輛開発・製造のプロセスで培われた高度な技術を応用し、コストと耐久性にも優れ、われわれ人間にフィットして長時間座っても疲れにくい座り心地のよい鉄道車輛用シートが研究・開発されている。図1.1から図1.3の変化を見ればわかるが、鉄道の座席は使いやすさが明らかに向上するのを見る際の代表例である。

こういう鉄道のシートの座り心地の研究は、しばしばテレビのニュースや新聞でも取り上げられる。われわれの都市生活で身近にかかわるものだからである。その記事などを見て「人間工学」という言葉を目にした方も多いと思うが、おおむね人間工学は次のように定義される。

**《国際人間工学連合 (IEA) による「人間工学」の定義
(The Discipline of Ergonomics)》**

(日本人間工学会の公式ウェブサイトで紹介されている日本語訳を参考に加筆)

Ergonomics (or Human Factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of the interactions among humans and other element of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance.

(日本語訳) 人間工学とは、システムでの人間と他の要素とのインタラクション(人間が何か操作や行動をしたときに、操作や行動が一方通行にならず、相手側のシステムや機器がそのアクションに対応したりアクションをとる双方向の関係性)を理解するための科学的学問である。システム・機器と人間の関係性の最適化を図るために、理論・原則・データ・設計方法を有効活用する独立した専門領域である。

こうして書くと難しいのもう少しわかりやすく書くと、「生活のしやす

さや働きやすさを追究して、快適な環境を実現するために、安全で使いやすい機械や道具類、サービスを人間の身体特性、心理などに寄り添って創り上げる実践的な学問分野」と記すことができる。

ここで鉄道の座席の話に戻ると、図1.1や図1.2のようなシートの開発では人間の身体特性や心理は重視されず、戦時や高度経済成長期の大量輸送が重視された。そのため、人間の快適性は損なわれた。しかし、経済的にも成熟して、生活の質が重視されるようになって鉄道車輛も図1.3のような快適性が重視されるようになった。鉄道会社も、人間の身体特性や心理にフィットしたシートに関心を示し、結果人間工学を重視するようになったのである。

こうした使いやすさを追究する「人間工学」という学問分野は、高齢者の増加もあり、ますます重要になっている。今日、使いやすさを追究する人間工学は、注射器やベッドなどの医療や看護の用具・用品開発分野、原子力発電などの安全管理分野や環境問題の分野、自動車製造などの工学やデザインの分野と、じつに多様な分野で注目されており守備範囲もたいへん広い。こうしたことから、「使いやすさ」を追究する「工学の本丸」としても成長しつつある。工学自体も、「生活者に肉迫し、抱えている問題やニーズに基づき公共の安全や健康、福祉（幸福）のために、有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問」である。ゆえに有用な事物や快適な環境が「使いやすく」ないと、公共の安全や健康、福祉（幸福）の水準も下がる。工学の究極の目的は、「使いやすさの実現」といってももはや過言ではないのである。

1.2 工学の研究が目指すことは何か？

1.2.1 ヨーロッパのErgonomics（エルゴノミクス）の流れ

使いやすさの研究の歴史も見ておきたい。要は人間工学の歴史と同意であるが、今日の人間工学は、ヨーロッパのErgonomics（エルゴノミクス）の流れとアメリカのHuman Factors（ヒューマンファクターあるいはヒューマンファクターズ）の流れが合わさったものとなっている。Ergonomics（エルゴ

ノミクス)は、ギリシャ語のErgonとNomosの合成語を源とする英語(造語)である。19世紀中頃のポーランドの学者Wojciech Jastrzębowskiの造語である。“ergonomics”の流れであるErgonは「労働や作業」を意味し、Nomosは「法則や科学」を意味する。合わせて「労働の法則・科学」を意味するのがErgonomicsである。労働のしやすさを主題にし、労働環境改善を目指した学問が人間工学の一つの起源である。

戦後の1949年にはイギリス人間工学会(Ergonomics Research Society of Great Britain)が創設されている。イギリス人間工学会は、人間とその人が作業する環境の関係を解剖学や生理学、心理学などの多様な側面から研究することを目的としたものである。これを起点としてヨーロッパ各国に関係学会が相次いで設立された。この流れから、1961年には国際人間工学会(International Ergonomics Association)が組織されるに至り、今日の人間工学の一大潮流が形成された。こうしてヨーロッパでは、労働科学的な学問分野として「労働者と職務者の関係」「職務での労働者の諸特性の理解」「職務の労働者への適合可能性」「職務での労働者の疲労軽減策や健康確保策」が軸に置かれ、人間工学が発達していった。

1.2.2 アメリカのHuman Factors (ヒューマンファクターあるいはヒューマンファクターズ) の流れ

アメリカ合衆国では、ヨーロッパに遅れて1911年にウィンスロップ・タルボット(Winthrop Talbot)が雑誌『人間工学』を創刊した。「人間工学(Human Engineering)」のアメリカでの最初の使用例である。ここでは、創刊者自身の労務改革構想が取り上げられ、やはり最初は労務環境改善に関心があったことがわかる。1922年にはHuman Engineering Laboratory Inc.という研究所がボストンに誕生した。1920年代は人間工学の幅が工学教育や産業心理学にも広がっていった。第二次世界大戦中には空軍戦闘機の操縦席の設計の問題が契機となった。第二次世界大戦では、頻繁に起こった軍用機を中心とする航空機事故の防止が課題となった。これが発端となり、人間工学のすそ野が一気に広がった。

たとえば航空機の高度計は三針表示計であったが、操縦士が高度を見誤ることが多く、それが原因の航空機事故が多々起こった。操縦士の錯誤を心理学者や工学者が分析し、やがて高度計は二針表示計が主流となった。結果的に航空機事故減少に大きくつながっていった。

こうして、人間の能力に機械や作業環境などをフィットさせる研究に注目が集まりはじめた。第二次世界大戦後には、機械設計やシステム設計の学問にもすそ野がさらに広がり、人間工学は一気にアメリカでも成長した。1957年には、アメリカでThe Human Factors Society of America（アメリカ人間工学会）が設立され、生理学や心理学、工学全般、医学分野の研究者が一同に介し、人間と機器の接点（マンマシンインタフェース、Man-Machine Interface）に着目して学際的に研究が行なわれるようになった。「機器操作での人間の諸特性の理解」や「機器操作での安全、効率の向上、負担や疲労の軽減」を主要な目標として「機器や操作環境の人間の諸特性への適合を図ること」を目的として活動が進んだ。ここで“Human Factor”という用語が本格的に浸透し、これは人間や組織・機械・設備などで構成されるシステムが安全で経済的に動作・運用できるように考慮しなければならない人間サイドの要因として定義されている。アメリカでは、人間側により着目して快適さや使いやすさを議論するようになった。戦後すぐのアメリカでは、高度計のような航空機内の操縦機器、制御装置や表示装置、産業分野での作業効率などが研究対象とされた。しかしその後は、広範なシステムでの使いやすさ、快適さを高めるうえでの人間の問題分析が対象となり、今日では都市生活システムでのヒューマンファクターなど、広い領域で人間工学研究が行なわれている。

1.2.3 今日の工学と他の分野との融合

こうして、ヨーロッパのErgonomicsの流れと、アメリカのHuman Factorの流れが合わさり、日本へ本格的に人間工学が入り込み、機器やシステム、サービスでの使いやすさや快適さが本格的に研究されるようになり、今日に至っている。日本では「人間工学」の言葉自体は田中寛一が1922年

に書籍の題名で使用した（これも労働環境が主軸で、疲労と能率に関する実験的研究の結果がおもな内容）。1956年のウエズレイ・E・ウドソンの翻訳書および倉田正一の1959年の書籍、坪内和夫の1961年の書籍で、現在の広範な人間工学の世界が国内にも紹介されるようになった。坪内和夫著『人間工学』（日刊工業新聞社）では、日本の人間工学の母体である学問分野として、①実験心理学、②医学・生理学、③作業研究、④環境工学、⑤制御工学、⑥インダストリアルデザインをあげている。おおむね、大学教員の私たちがこうした学問を意識し、融合させながら人間工学を日々教授している。日本人間工学会も1964年に発会しており、国内ではまだ50年ほどの歴史であるが、まさしくこうした分野を軸にした学際的分野こそ使いやすさや快適さを追求する人間工学であり、工学の本質である。上記の流れもふまえて、現代の工学は「生活者に肉迫して、抱えている問題やニーズに基づき公共の安全や健康、福祉（幸福）のために、有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問」として大学教育で位置づけられ、人間中心設計が重視される。

物やサービスの「使いやすさ」を研究するとき、自分が関心をもち解決しようとする研究テーマの周辺にどのような問題があり、どのような学問領域が関係するかを一度書いてみるとよい。図1.4は、筆者が高校3年生のころに、当時強い関心をもっていた「路線バスを使いやすくするためにはどのような問題および学問があるのか」を書き出したものである。じつはこれを整理しながら、筆者は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス（SFC）総合政策学部のAO入試を受験し、技術・制度・価値観の交差点で学問を融合させながら「高齢化社会や障がい者の増加で必ず必要性が高まる路線バスを使いやすくしていく方策を研究したい」と志望理由書に書き、合格した。こうしてみると、「使いやすくする」研究は、技術的知見を学ぶ工学的な要素、開発した技術をどのように普及させるのかを学ぶ財政や法律などの政策・制度的な要素、そしてその根底にあるわれわれ生活者の価値観や思想、心理などを学ぶ要素などが複雑に絡み合っていることがわかる。読者の皆さんも図1.5のようなワークシートを活かしつつ、ここに自分の関心のあるテーマと周辺にある問題や学問を書き出してほしい。

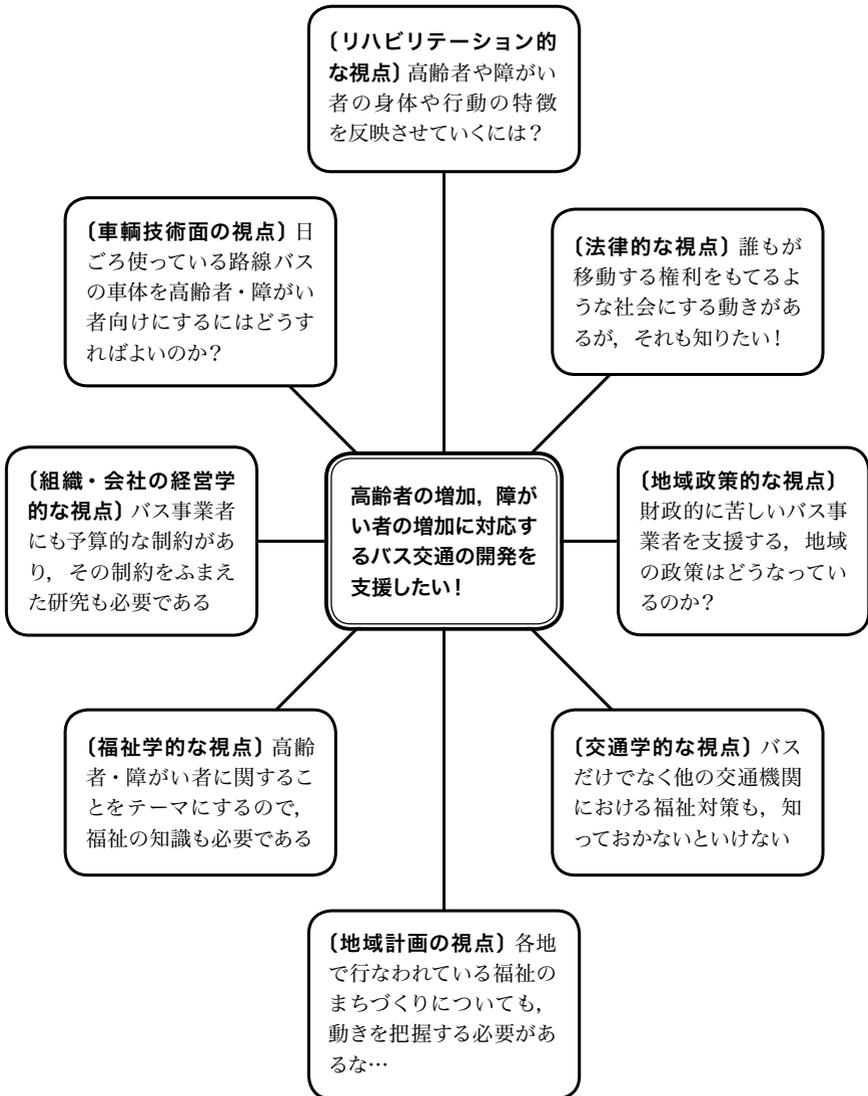


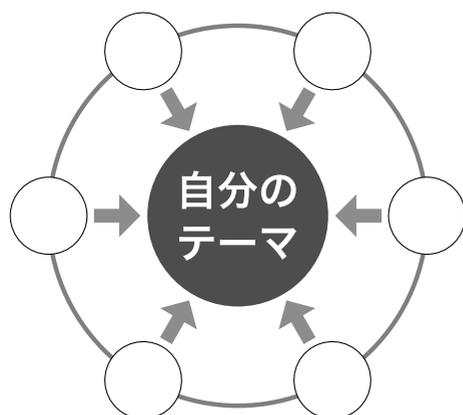
図1.4 整理することの効能

「使いやすさ」の研究では、こうして自分のテーマの周辺にある問題や学問的要素を書き出して整理することで、どのような学問融合的なアプローチが必要かわかってくる。

じっくりとこの作業を行なうことで、自分の使いやすさにかかわる研究が、いかにいろいろな学問が絡み合っ、自然科学や社会科学、人文科学をバランスよく考えるべきかがわかってくる。ちなみに、研究テーマの周辺にある問題や学問的要素、すなわち、テーマの周辺＝環境にある情報こそが、近年学部にも名づけられることが多い「環境情報」の本質的意味である。環境情報というと、環境問題を情報技術の活用で解決する学問（例：地理情報システムなど）とせまい意味合いで誤解される場合が多い。しかし実態は上記のような定義が正しく（少なくとも筆者が研究を永らく行ってきた環境情報学部の祖である慶應義塾大学ではこうした定義を重視している）、こうした環境情報を皆さんもぜひ自分の研究に応じ整理してほしい。

1.3 多様な工学分野と社会への貢献

図1.5のワークシートに自らの「使いやすさの研究テーマと周辺の問題や課題（環境情報）」を書き出すとわかるが、「使いやすさ」の研究では通常、



周囲の丸の中にテーマをとりまく学問を入れ、どの学問から、またはどの学問を結びつけながら研究するかを明確にする！

図1.5 ワークシートの例

「使いやすさ」の研究を始めるときに、自分のテーマと周辺にある問題や学問的な要素を書き出して整理してみよう。このワークシートで自分に必要な学問がわかるはず！

じつにいろいろな学問の領域が絡んでいることがわかる。文理を問わない、いろいろな学問が絡んでくる。たとえば、図1.4の筆者の研究領域（バスの車輛を誰にでも使いやすくする）であれば、「自動車の技術」「リハビリテーション工学」「交通計画学」「地域・都市計画学」などの工学や医学などの自然科学的分野（理系分野）もあれば、「法律学」「地域政策学」「福祉学」「経営学」などの社会科学・人文科学的分野（文系分野）も研究に必要となる。いわゆる「使いやすさ」を研究する人間工学やヒューマンインタフェースの分野に身を置いて研究すると、いかに一つの学問だけでは本質的な問題の解決に行き着かないかを痛感する。参考までに、筆者が学会の評議員を務めているヒューマンインタフェース学会では、年に1回のシンポジウム（研究成果の発表大会のようなもの）に図1.6のような発表カテゴリがある。これだけ見ても、いかに多様な分野が絡むかがわかる。

生理・心理, 感覚・知覚・認知, 感性・情動, ノンバーバル (=言語によらないコミュニケーション)・マルチモーダル, 身体的インタラクション, コミュニケーション支援, 協調作業支援, 設計支援, VR (仮想現実)・AR (拡張現実)・3D, 入出力方式・入出力デバイス, モバイル・ウェアラブル, インタフェースデザイン, 情報デザイン, デザイン一般, 交通・運転者支援, ユーザ行動・ユーザモデル, ユーザビリティ・UD (ユニバーサルデザイン), AI (人工知能), 医療・看護・健康・リハビリ, 福祉・障がい者支援・高齢者支援, 住まい・生活インタフェース, 学習・教育支援, 芸術・エンタテインメント, 安全・安心, 社会・サービス・コミュニティ, セキュリティ・プライバシー, ロボットエージェント, IoT

図1.6 いろいろな「使いやすさ」

「使いやすさ」の研究発表が年1回開催のヒューマンインタフェースシンポジウムで行なわれる。発表のカテゴリを見るだけでも、いろいろな学問が関係していることがわかる。

1.4 / 工学研究の現在と未来

目下、いろいろな分野で「使いやすさ」の研究が行なわれており、使いやすさを導くデザインや設計の手法、技術的な支援方法も研究の対象になっている。最近注目されているAI（人工知能）やIoT（Internet of Things, ものがインターネットの入口となり、ものがインターネットにつながっている状況。例として図1.7のようなamazon dashがある）、VR（現物や実物でないが、機能としての本質が同じである酷似した環境をつくり出す技術）やAR（人が知覚する現実環境をコンピュータにより拡張する技術）、ロボット、自動運転なども「使



図1.7 IoTの代表事例であるamazon dash

インターネット通信販売で注文する商品がなくなれば、ボタンを押すだけで届くようになっている。このボタンがインターネットの入口となる。こうしてインターネットとものがつながることでわれわれも生活がしやすくなる。

「使いやすさ」の研究に絡んできている。人が機械を操作することが従前の「使いやすさ」研究のベースにあったが、最近では人間が操作もしない「自動化」もキーワードになっており、自動運転はその代表的な事例である。人間が何もしないでも操作をしたときと同じ効果を得られることは「使いやすさ」の究極の形であり、図1.8～図1.10のような自動化の技術を生活者のニーズに応じ適宜開発していくことが、これからのこの分野の重要な目標になるはずである。



図1.8 バスの運転席まわりの変化

車輛は永らくマニュアルミッションであったが、運転者の負担軽減を目的にオートマチック方式が1990年ごろから登場し、それを経て自動運転車の研究に至っている。