

持続可能な社会での駅への取組み

Initiatives for Stations in Sustainable Society

要 旨

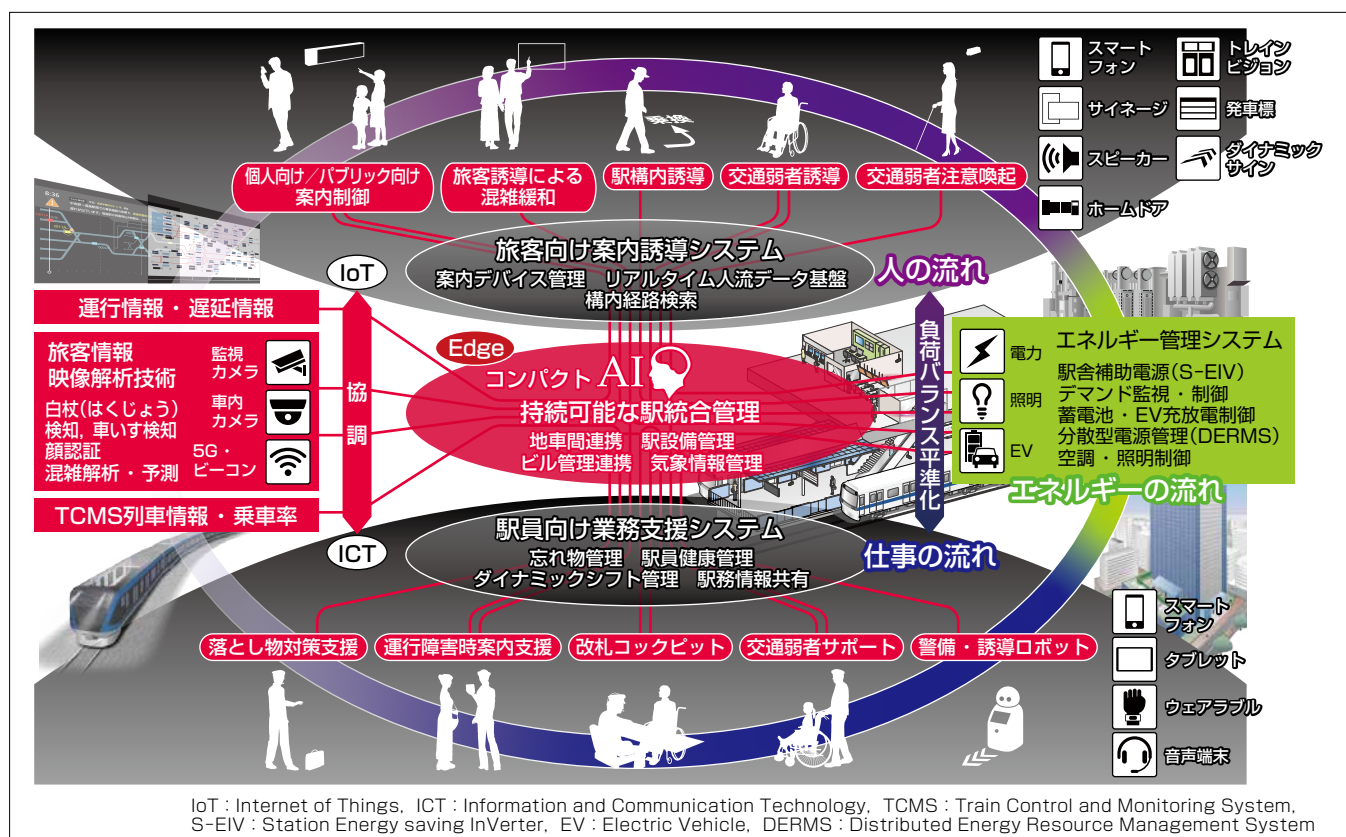
駅は交通結節点として、人間社会の営みの要になる空間である。我々は大災害やパンデミックを経験し、エネルギーや人の流れが経済の流れであることを学んだ。列車や駅設備がエネルギーを使って稼働し、駅の仕事が人の流れを生み、そして経済が動いていく。

三菱電機は、駅に関わる三つの要素“エネルギーの流れ”“人の流れ”“仕事の流れ”を統合的に平準化する技術の研究開発に取り組んでいる。

駅のエネルギーの流れに関しては、増加する駅舎の電力需要について省エネルギー化が大きな課題になっている。当社はエネルギーの流れを制御し、再生エネルギーの活用と駅のデマンド監視・制御によって電力量のピークカットを実現するエネルギー管理システムを実用化した。

駅の人の流れに関しては、当社はホームドアや監視カメラ、案内表示器など、安全安心のための設備を扱っている。最近では人工知能(AI)を使った映像解析技術によって、監視カメラの映像から障がい者などの交通弱者を検知して移動のサポートを充実化し、また、混雑を検知して旅客に提示することで混雑緩和を図る取組みを行っている。

駅の仕事の流れに関しては、社会問題となっている深刻な労働力不足を補うため自動化によって将来変化する業務に対応するために、従来にはない働き方が求められることが予想される。当社は、駅のエネルギーと人と仕事それぞれの流れを円滑にするとともに、相関関係に基づいて統合的に平準化する技術開発で国連SDGs(Sustainable Development Goals)が目指す持続可能な社会の実現に貢献していく。



持続可能な社会での駅の将来構想～エネルギーと人の流れと仕事の負荷バランスを統合的に平準化～

人の流れの平準化については、映像解析等のセンシングと駅の案内設備とを連携して、個々の旅客の目的と駅・沿線全体の混雑とのバランスを最適に保つ。仕事の流れの平準化については、業務の自動化と遠隔支援、駅員や委託業者の配置を動的に変えるシフト管理によって、平常時・異常時の負荷を分配する。エネルギーの流れの平準化については、電力消費のデマンド制御と蓄電池制御によるピークシフトに加え、人と仕事の流れを考慮してきめ細かな均一化を行う。

1. ま え が き

駅は、効率的な移動手段である鉄道に乗り降りする交通結節点として、様々な人が行き交い、鉄道と街の境目で業務がなされる、生活や経済などの人間社会の営みの要になる空間である。当社は鉄道事業分野でのサプライヤーとして、車両用電機品や変電設備以外にも、駅に多くの製品とソリューションを提供している。

本稿では駅の三つの要素“エネルギーの流れ”“人の流れ”“仕事の流れ”について当社の取組みと将来の構想を述べる。

2. 駅 の 進 化

駅は、生活様式や価値観の変化と技術革新によって時代とともに絶えず進化し続けている。首都圏の通勤ラッシュは今も心地よいものではないが、高度経済成長期のそれは文字通りの通勤地獄であった。火災報知器のような発車ベルにせかされてホームに駆け込んでも、満員の電車に乗り切らない旅客を各扉に3～4人の押し屋がサウナのような車内に押し込む風景に出くわす。駅には車内に取り残された靴の代わりの貸しサンダルもあった。ホームの灰皿やたんづば、和式便所、伝言板に続いて水飲み場もひっそりと姿を消した。代わりに、ペットボトルの飲料水が構内の自販機で売られ、ホームには空調の効いた待合室にタバコの煙はなく、発車メロディに合わせて閉まるホームドアが不注意な旅客を危険から守っている。パタパタと回るフラップ式の列車案内板もカラフルなLEDで多言語表示になり、構内の柱のデジタルサイネージはさながら量販店のテレビ売場のような。最大の進化は、小気味よい鉄(はさみ)のリズムに代わり、電子音と電動フラッパーゲートで不意を突く自動改札機とICカードの登場で、切符切りとキセルも死語になりつつある。このように駅の進化は電化によることも多く、更にデジタル化が進みつつある。

これまで鉄道は社会インフラとして日本の大量輸送を支え、新しい技術も取り入れながら利便性と快適さを向上させてきた。これからの鉄道は地球環境や人口減少の社会問題に東日本大震災やコロナ禍の経験を経て、電力も人の移動も仕事もそれぞれで負荷軽減を図りつつ、さらに全体最適で負荷分散して平準化にシフトすることが求められるであろう。当社は、駅で“エネルギーの流れ”を制御し、確実な電力供給から省エネルギーに発展させてきた。また“人の流れ”を案内装置で促し、安全安心の上に交通弱者のサポートを充実化している。そして将来更に駅業務の自動化が進み“仕事の流れ”が変化することが予想される中、働き方の変革にも技術で貢献することを目指している。

3. 駅のエネルギーの流れ

3.1 回生エネルギーの活用

当社は、草創期から鉄道向けに地上電気設備を納入し、常に新しい技術を実用化して業界をけん引してきた。電車が減速する際に発生する回生エネルギーを駅舎の電力として活用する“駅舎補助電源装置(S-EIV)”を提供している(図1)。この装置は、車両間で融通できずに摩擦熱として捨てられていた余剰回生エネルギーを直流から交流電力に変換して駅舎電圧と協調しながら駅に電力を供給するもので、回路としては、共振型高周波インバータと商用周波インバータから構成され、商用周波インバータにはSiC(シリコンカーバイド)パワーモジュールを採用し、高効率化を実現した。2016年には小型高機能タイプを製品化し、続いて蓄電タイプ、2017年には400V出力機をラインアップに加え、多くの鉄道事業者へ納入してきた。

3.2 駅デマンド監視・制御

駅デマンド監視・制御は、駅の主要設備(空調、LED照明等)の使用電力・電力量を監視し、快適性と省エネルギーを実現する。駅のデマンド実績と瞬時電力を監視し、

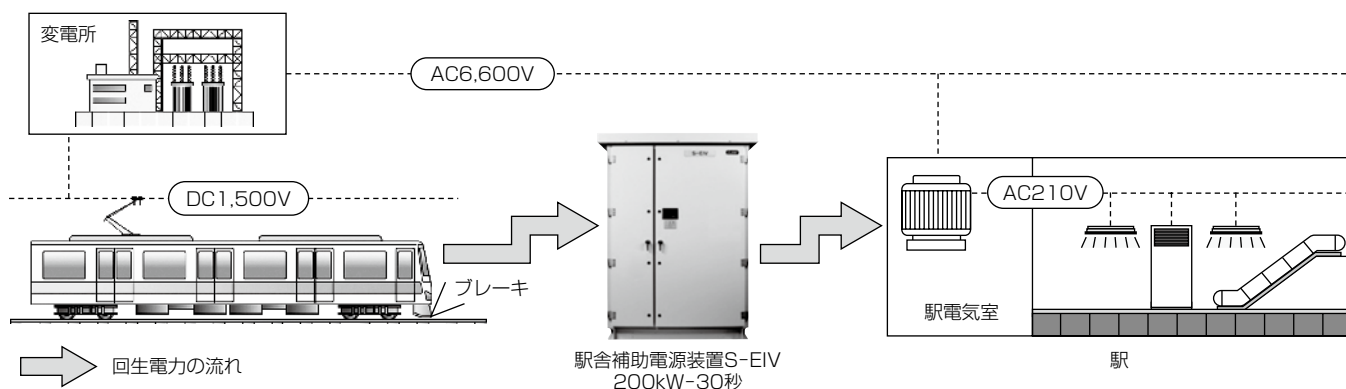


図1 S-EIVによる余剰回生エネルギーフロー

省エネルギーのレベルに従って、窓口、待合室、トイレ、休憩室、機器室、倉庫等のエリアの電気設備の制御を行う。また、エリアごとに日報・月報・年報の集計、グラフの見える化を行い、電力消費傾向を把握できる。

さらに、複数駅の協調制御によって、各駅デマンド実績値を収集し、全体のデマンド監視・制御／瞬時電力監視・制御を実施し、各駅の需要予測から電力コストが最小になる需給計画を立案し、蓄電池の充放電を制御することで対象区画全体のピークカットを実現することが可能であり(図2)、東日本旅客鉄道株の中央線3駅に納入した。

3.3 分散型電源管理システム(DERMS)

最近の試みとして、東日本旅客鉄道株が立ち上げたモビリティ変革コンソーシアムに参画し、太陽光発電やEV／電気バスなどの分散型電源を駅の高圧配電系統に接続することを想定したエネルギーマネジメントのシミュレシ

ョン実験を行った。将来増加が予想されるEVと蓄電池を同時に充電することで配電線に大きな負荷(配電線過負荷)がかかり、また天候の影響で太陽光発電の発電量が大きく変わって配電線の電圧も大きく変動(電圧逸脱)することが予想される。シミュレーションでは具体的な駅をモデルとして、DERMS(Distributed Energy Resource Management System)シミュレータ(図3)によって設備の増強を最小限に抑えることを確認した(表1)。

表1. DERMSシミュレーションの結果

想定年	DERMS	最大電流値 過負荷発生有無	最大電圧降下幅 許容値超過	設備増強要否
2030年	なし	なし	許容値超過	電圧制御機器
	あり	なし	なし	不要
2040年	なし	過負荷発生 (バンク・配電線)	許容値超過	バンク増強 電線太線化 電圧制御機器
	あり	なし	なし	電線太線化

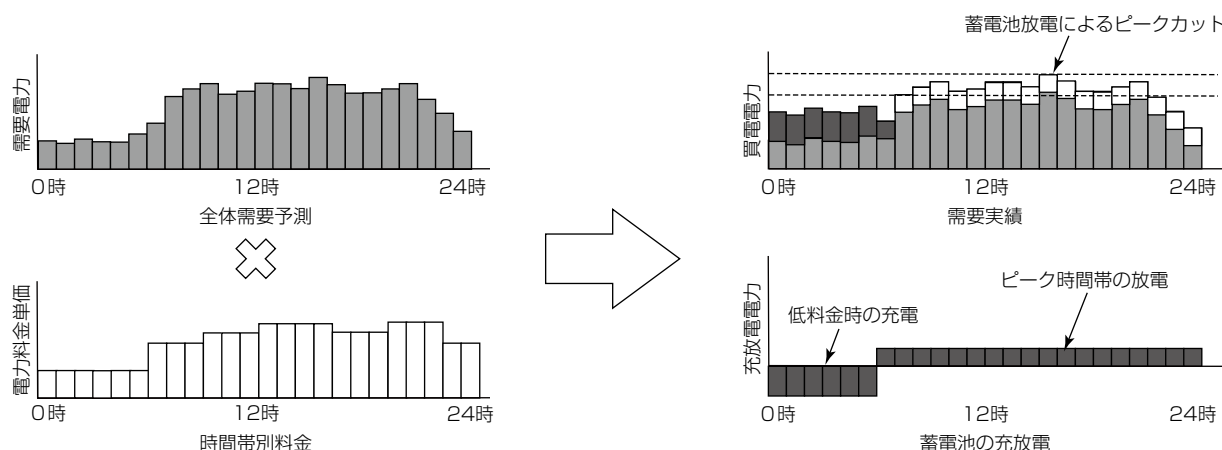
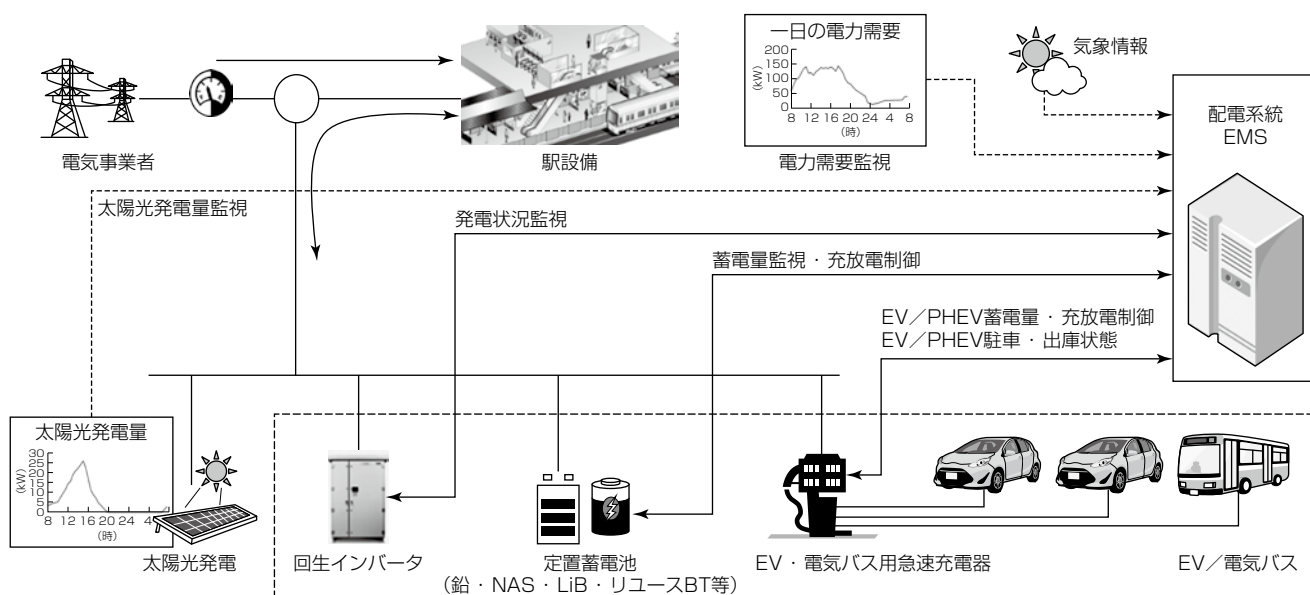


図2. コスト最小限ピークカットのイメージ



EMS : Energy Management System, PHEV : Plug-in Hybrid Electric Vehicle, NAS : ナトリウム硫黄, LiB : Lithium-ion Battery, BT : BaTtery

図3. DERMSの構成

4. 駅の人の流れ

4.1 混雑予測技術

当社は、駅の中の人の流れを安全に、そしてスムーズにするための駅設備を多くそろえている。バリアフリーで普及が進んだエレベーター、ホーム上から線路への転落や駆け込み乗車を防止する3Dセンサ付きホームドア、列車への乗り降りを見守って異常や防犯をリアルタイムに遠隔から又は後から確認できる監視カメラ、列車の行き先や運行情報を知らせる旅客案内表示システムやフルカラーLED発車標などがある。

最近では、AI技術のディープラーニング(深層学習)を用いて監視カメラの映像から車椅子やベビーカーを検知し、注意喚起に役立てる映像解析ソリューション“kizkia”を実用化した。また、今特集号の別稿で述べている映像解析技術による混雑解析の結果をヒートマップ等で可視化して旅客に提示することで、駅の混雑の平準化を促す実験も行っている。更に発展させて監視カメラ配置と人の動きベクトルから監視カメラの死角エリアの混雑度を補間する技術や、より空間的・時間的に離散した人流をフロアフィールドモデルに従って推定するマルチエージェントシミュレーション(MAS)(図4)と列車の乗車率を使って、リアルタイムに混雑を予測する技術の研究にも取り組んでいる。

4.2 ダイナミックサイン

駅の中の案内掲示は、改札付近やコンコースの柱やホーム中央に総合案内が、天井から下がる表示板に周囲の個別案内が掲示されている。マナー喚起や広告も含めて駅の案内

内情報は飽和状態である。旅客が主体的に情報を求める案内情報に対し、事業者側が旅客に行動を促す注意や誘導は、より直感的に伝える必要がある。当社は、床面の空きスペースにプロジェクションによる動的案内(ダイナミックサイン)を表示して旅客を誘導する実証実験を複数の駅で実施した。設置が容易なプロジェクタ内蔵の筐体(きょうたい)“てらすガイド”を駅構内に置き、文字や矢印、ピクトグラムをアニメーション表示することで視認性を向上させるもので、アニメーションの動く速度や切替え間隔など人間工学的要件を考慮してダイナミックサインを作成した(図5)。2018年の国家プロジェクトでJR武蔵境駅で行った実験^(注1)では、路線の乗換えで駅員への問合せが減ることが確認できた(図6)。

ダイナミックサインは、前記の映像解析技術と組み合わせることによって混雑状況などの周囲の状況に合わせた誘導に適している。タイミングと視認性で効果的な誘導によって業務負荷軽減と駅構内混雑の平準化が期待できる。

(注1) 経済産業省平成30年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業の一部として「ダイナミック・サイニングに関する国際標準化(一般財団法人 日本規格協会)」プロジェクトで実施した。



図5. 改札外のダイナミックサイン

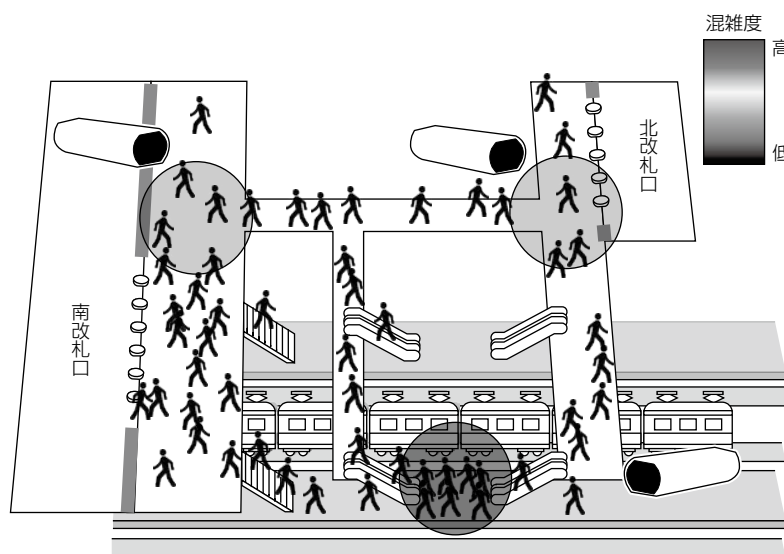


図4. 駅のマルチエージェントシミュレーションイメージ

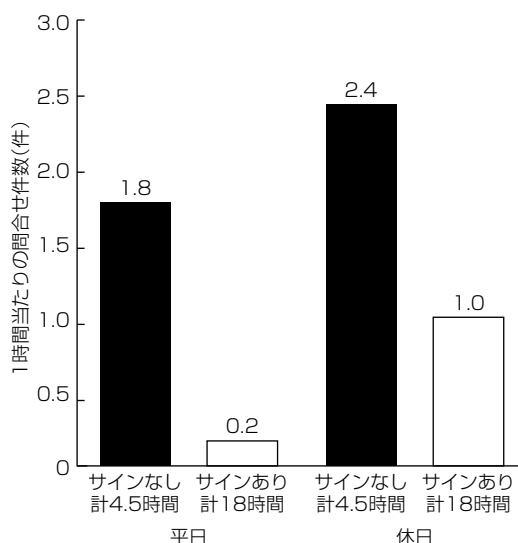


図6. サイン有無による時間当たりの問合せ数の変化

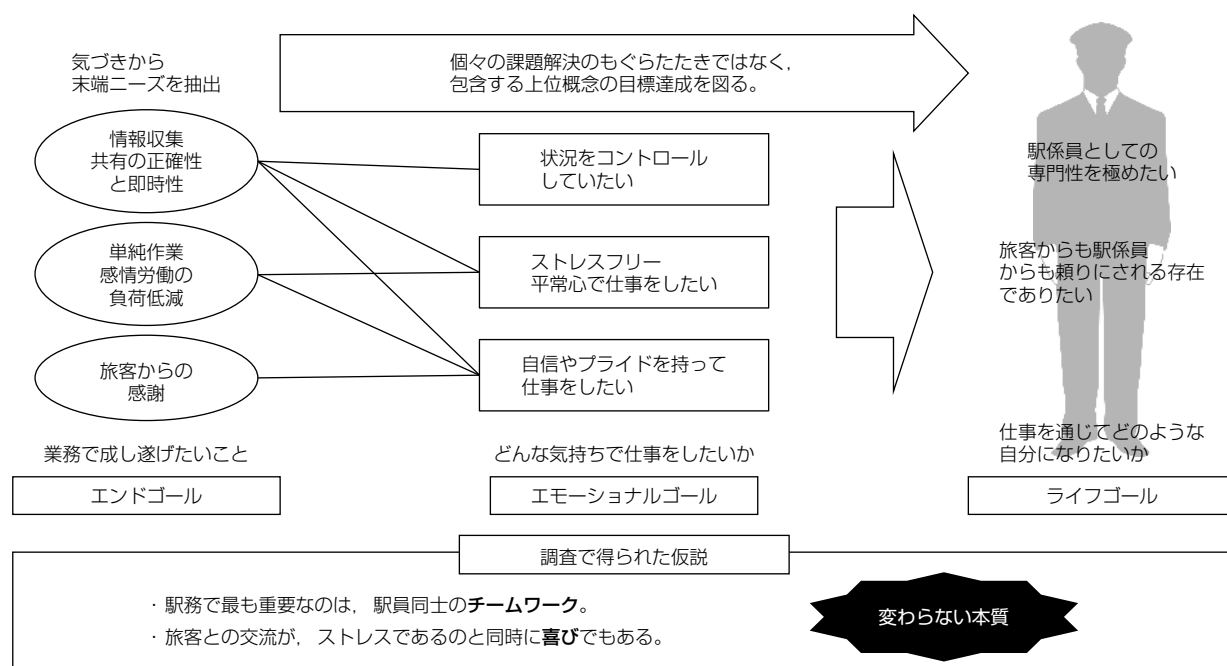


図7. ヒアリング調査による駅員のゴール

5. 将来の駅の仕事の流れ

電化が進んで環境にも配慮した駅は、この先さらにどう進化していくだろう。旅客の立場では、乗換えや待ち時間や人混み等、様々なストレスが解消されて街と駅の境を意識しない、よりシームレスな駅になることを期待している。当社は、将来の新しい駅ソリューションを創造する活動の一環で、多くの鉄道事業者にヒアリングを行った(図7)。最後にそこで得られた課題と気づきについて述べる。

駅の業務には、繰り返される単純な問合わせ対応や、時間拘束の長い車椅子介助、複雑な払戻しや、旅客による暴力、早朝・深夜勤務等の様々な課題がある。その根本の原因には、労働力人口の減少に輪をかけて駅の仕事は人気がなく人手不足が加速しているとの嘆きが聞かれ、それゆえ、技術による自動化・効率化への期待が大きかった。同時に、自動化には幾つかの落とし穴があることも分かった。自動化によってサービスが低下しないよう注意を払うが、自動化・効率化によって新たな仕事を生んでしまうこともある。トラブル対応のため自動改札に付ききりの見張り番や、システムが変わるたびに操作や故障対応を覚え直し、誤検知の確認や、AI学習のためのノウハウ入力も新しい仕事である。また、自動化から取り残された仕事を少人数でこなさなければならず、緊急時に自動化が機能しないと慣れない仕事に対応できないこともある。

一方、ヒアリングしたどの事業者も現場で働く人は一様

に、旅客サービスに真剣に取り組んで旅客の役に立つことをモチベーションにしていることも分かった。あるベテランの駅員が、自動改札で仕事は楽になったが顧客の顔が分からなくなったと眩(つぶや)いたのが印象に残る。彼が誇りを持って自らを鉄道マンと呼ぶのも、羨ましく思った。

人口減少の社会問題が迫る日本で、駅は従来の価値を維持しながら、将来にわたって業務の自動化・効率化を進めるとともに、業務の統廃合、遠隔からの接客対応、外部委託業者の活用や、元気なOBの活躍なども取り入れ、それらがダイナミックに連携する仕事の流れを作ることで平常時と異常時の負荷バランスを平準化すると同時に、働きがいもサポートすることが重要と考える。

6. む す び

鉄道事業は輸送サービス業から生活サービス業への拡大期にあり、駅は輸送と生活の境に位置する新たな可能性を秘めた結節点である。技術の進歩を積み重ねて駅の姿が変わっても、そこには人々の日常があり、めぐり合い、すれ違い、旅立ち、帰郷する、人生の大切な舞台であることはこれからも変わらない。当社は、自動化と、自動化で取りこぼされるものを技術で解決して、相関関係にあるエネルギーと人仕事の流れのそれぞれの負荷を軽減し、さらに統合的に平準化を図ることで持続可能な社会にふさわしい駅の実現に貢献していく。