

自動運転サービス開発と当社構内でのサービス実証

Development of Autonomous Mobility Service and Trial Services on Company Premises

本田 義雅*
Yoshimasa Honda

東島 勝義*
Masayoshi Tojima

自動運転サービスのダウンタイムを削減するためのAI識別技術、安定通信技術、データ分析技術を活用した自動運転サービスシステムを開発した。リアルタイム物体識別AI技術により人混在下で人を優先し不要な停止を削減、安定通信技術の応用により遠隔オペレータの対応時間を削減、データ分析技術により停止リスクを考慮した運行計画を行いサービス停止の削減。これらを用い当社構内で自動運転サービス実証を実施した。

We have developed three core technologies for minimizing service downtime of autonomous mobility services. In particular, we have developed an autonomous driving system with real-time object identification for reducing unnecessary stops, a safety remote monitoring/controlling system with stable AV transmission technology for reducing operator loads, and a fleet management system utilizing data collection and analysis of daily service operation and risk-of-driving data for reducing stop risks. By utilizing these core technologies, we have been conducting autonomous ride-sharing trial services on our company premises.

1. 当社の狙いとサービス実現の課題

人手不足や移動弱者の解消といった社会課題解決に向けて、グローバルで自動運転実証が多数実施されている[1][2]。当社も2015年度から自動走行技術の開発とともに、福井県永平寺参ろ一ど、京阪奈地区公道や私有地での自動走行実証を行った。それらを通じて学んだことは、比較的安価なシステムを使う場合、現行性能の自動運転車のみではサービスは成立しないということである。例えば自動運転車の不必要な停止や想定外のスタックが発生し、駆けつけ対応などで復旧するまでの間、サービスのダウンタイム(不具合などによる停止期間)が発生することが課題である。

筆者らは最初のターゲットを比較的安価なシステムかつ低リスクでサービス実現することとし、遠隔監視型の自動運転で、低速(時速20 km/h以下)かつ私有地内に定めた。そこで、サービス実現に向けた課題であるダウンタイム削減に向けて技術開発を行い、当社本社構内において1年間(10000 km超)のサービス評価を行った。

2. ダウンタイム削減に向けたアプローチ

自動運転サービスの成立には、ダウンタイムを最小化し、サービスを止めないことが重要となる。筆者らが採用した遠隔型自動運転サービスにおけるダウンタイムを、自動運転車の不必要な停止時間と停止から自動運転復旧までの遠隔オペレータの対応時間に大別した。以降、ダウンタイム削減に向けた3つのアプローチについて解説する。

- 1) 自動運転性能に起因する不必要な停止の削減
- 2) 車両停止から再開までのオペレータ負荷の低減

3) 無理な運行計画による停止リスクの低減

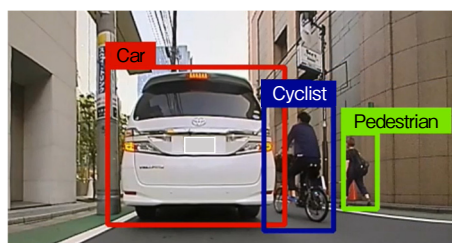
2.1 自動運転性能に起因する不必要な停止の削減

一般的に自動運転車は障害物との衝突防止のために頻繁に停止動作を伴うが、ダウンタイム削減には不必要な停止時間を必要最小限にとどめることが重要である。

例えば当社構内(20 km/h以下)は、人や車が混在し路上駐車、横断歩道、見通しの悪い交差点、坂道、トンネルなど複雑な走行環境である。本環境で最大のリスクである人との接触防止を優先し、不必要な停止を削減する。

このためには、人をリアルタイムかつ確実に検知する必要がある。そこで、当社が保有する自動運転や自動駐車などに適用可能な高精度AI識別技術を活用し、人・自転車・車両などの属性を識別(第1図)することとした。今回安価なシステムにおいて、複数カメラ映像(3×30 frames/s. 以下, fps)に対して識別精度低下防止と演算量削減を両立するため、アルゴリズムの改良を図った。

1) 検知対象領域をカメラ設置位置と画角を用いて限定。さらに、画像上の検知対象サイズを考慮したサイズ制約を設ける。例えば人検知では想定環境における身長を考慮し、距離に応じて検知対象サイズを限定。



第1図 属性識別結果

Fig. 1 Result of object recognition

* テクノロジー本部 デジタルAI・技術センター
Digital AI Technology Center, Technology Div.

2) カメラごとの画像学習を行い、特に識別対象がない画像も用いて学習を行うことにより誤検知を抑制。過去画像の検知結果を利用し、属性の連続性を考慮した識別判定を行うことで識別精度を維持。

識別結果を用い、一律に障害物に対して停止判断するのではなく、属性に合わせた判断（停止・徐行・回避）を行う。例えば、横断歩道では人を優先し確実に停止し、路駐車両は徐行し回避走行を行うなど、人混在エリアにおいても人を優先し不必要な停止と介入率の削減を可能とした。

2.2 車両停止から再開までのオペレータ負荷の低減

現状の自動運転サービスにおいては、遠隔監視と緊急時の遠隔操作[3]による安全の確保が義務付けられている。すなわち、車両停止時に動けなくなった場合などには、オペレータは次の作業を行う必要がある。

- ① 停止状況と周辺状況から発生事象を把握
- ② 停止要因を特定し復旧のため対応策を検討
- ③ 停止要因を解消し自動走行の再開指示

上記時間はサービスのダウンタイムとなり、最短かつ複数車両を想定し低負荷で実施することが重要である。

オペレータ負荷を把握するため、複数車両（5台）の安全監視評価を実施した。遠隔映像を用いた安全監視では1時間に危険事象（60回）の見落としや誤判断が33%発生した（N=10）。その要因分析の結果は以下のとおりである。

- 映像圧縮の影響で、周辺の距離の把握や状況判断に限界があり、危険事象の把握に時間を要する
- 映像情報は煩雑なため、視線移動が多く精神的負荷が高いため、疲労度が高く注意力が散漫となる

上記オペレータの負荷を削減し、停止から復旧までのダウンタイムを削減するための対策を行った。

〔1〕安定通信技術を活用した遠隔監視負荷の低減

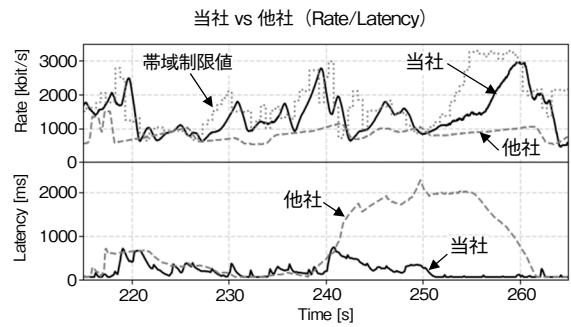
オペレータが停止車両の周辺状況の把握を行い、かつ遠隔操作を行う場合、確認するための周囲映像や音声の通信遅延は危険の認識が遅れる1つの大きな要因となる。

そこで当社TV会議システム「HDコム^(注1)」の安定通信技術を活用した。この技術により帯域変動環境下でも可用帯域を推定し映像圧縮率を動的変更することで、パケットロスを防止し、モバイル環境でも低遅延（平均500ms以下）かつ安定通信を実現した（第2図）。

〔2〕データ分析を活用した遠隔判断負荷の低減

さらに安全監視評価でわかった、遠隔オペレータが映像のみで停止要因を把握することが困難な点に対し、障害物の把握を確実にするために以下の対策を行った。

- 1) 自動運転車両に搭載されたLiDAR（Light Detection and



第2図 モバイル環境における映像伝送性能比較結果
Fig. 2 AV streaming comparison result in simulated mobile network

Ranging / Laser Imaging Detection and Ranging) などのセンサを用いた障害物検知結果をメタ情報化し、低ビットレート（100 kbit/s未満）で遠隔管制センターへ送信。

- 2) 遠隔監視画面に障害物情報を表示し、相対速度などを用いて車両の衝突リスクを色などで強調（第3図）。

これにより、遠隔オペレータは停止時に映像に加え障害物情報を参照し、車両周辺の状況確認と発生事象の把握①の時間短縮が可能となった。

加えて、データ分析技術を活用し、停止要因の特定②を確実にするために以下の改善を図った。

- 1) 運行データの分析によりオペレータ対応が必要なイベント（緊急停止／スタック／乗客対応など）発生を予測
- 2) 遠隔管制画面にイベント通知を行い、対策となる対応内容の候補をガイド表示（第4図）

これらの取り組みにより、安全監視評価の結果、危険事



第3図 遠隔管制画面
Fig. 3 Remote operation GUI



第4図 遠隔管制センター
Fig. 4 Remote operation center

(注1) 当社の日本国内における登録商標。

象の見落としや誤判定が0%に改善した。

(3) セキュリティ技術を活用した安全な遠隔制御

停止要因が道路工事など想定外のシーンの場合には、停止要因となる障害を取り除く(③)のために、車両を遠隔で操作回避し走行を再開させる。

このとき、先に説明した低遅延安定通信技術とネットワーク攻撃の予兆を監視・防御する当社車載セキュリティ技術により、安全でスムーズな回避走行を実現している。

これにより、自動走行復帰ポイントまで移動し自動走行を再開することでダウンタイムの削減につながる。

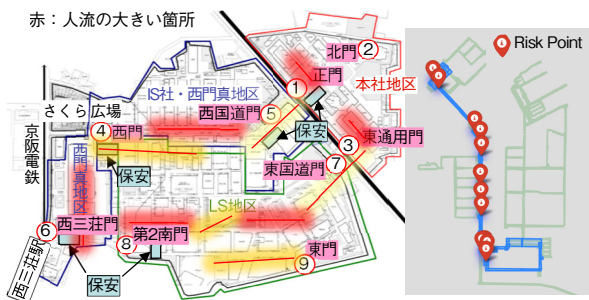
2.3 無理な運行計画による停止リスクの低減

自動運転走行環境は、時間帯や季節などの変化によりリスクが変動し、車両到着時間の遅延(オンタイム率低下)が、サービスのダウンタイムの発生につながる。

このため、リスクを考慮した運行計画が重要である。そこで、日々のサービス運行データから取得可能なリスク・需要情報、環境変化(横断歩道や一時停止追加など)に応じて、走行速度や運行経路の改善を行った。

例えば、社員の入退門データからエリア内の時間帯・曜日に応じた移動需要を予測。人や障害物との衝突事故を防止するため自動運転車両と人・他車両との距離・相対速度・減速度の関係からヒヤリハットデータを抽出し停止リスクの高いRisk Point(第5図)を抽出。

運行計画においてはRisk Pointでは自動走行の最大速度を下げることにより停止リスクを低減できた。



第5図 人流分析・ヒヤリハット分析結果
Fig. 5 Analysis of human flow and risk

3. 当社構内でのサービス実証

当社本社構内にてエリアを限定し低速小型車両による自動運転サービス実証を行い、1年間の運用を通じてダウンタイム削減の取り組みについて評価を行った。

3.1 サービス実証概要

当社本社地区(敷地面積約47万m²)では1.4万人の従業員

が敷地内を頻繁に移動しており、構内移動効率化のため総務担当者による自動運転サービス運行を行った。

(サービス概要)

ルート：約1.6 km	停留所：4箇所
車両台数：4台	最高速度：19 km/h
実施期間：2019年10月～184日間	
走行距離：10 016 km	乗客数：1829件

3.2 本取り組みによるダウンタイム改善結果

実サービスを通じて運用データを収集/分析、システムをアップデート(4.8日/回)しながら、ダウンタイム削減の取り組みを行った。

1) AI識別技術による停止回数の削減

走行データからAI継続学習・改善を行い、人を優先した走行判断を行うことにより、不必要な停止を削減。その結果、横断歩道などでは保安員が危険を感じないスムーズな走行を実現し手動介入率を1日1回以下に削減した。

2) オペレータの対応負荷の低減

遠隔監視において、電波状況の悪いエリアでも帯域を推定し安定通信を実現。映像に加え障害物強調表示による安全監視が容易となり総務担当1名で4台の車両監視が可能であることを確認した。

3) データ分析による停止リスクの低減

ヒヤリハットデータと入退門データから、安全性と効率性を考慮した停留所・ダイヤ設計の最適化を行い、停止リスクを削減することによりオンタイム率95%を達成。

4. 今後の展望

今後は自動運転サービスの実用化に向けて、運行中のデータを活用したAIセンシング/遠隔管制システムの省人化技術開発を加速する。また自動配送ロボットを活用したモノの搬送サービスにも展開していく予定である。

参考文献

- [1] Antora Mohsena Haque et al., "A synthesis and comparison of American automated shuttle pilot projects," Case Studies on Transport Policy, vol. 8, issue 3, 2020.
- [2] 経済産業省自動走行ビジネス検討会, "「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」報告書概要 Version 4.0," https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jido_soko/20200512_report.html, 参照 Apr. 20, 2021.
- [3] 警察庁, "遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る道路使用許可の申請に対する取扱いの基準," <https://public-comment.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000159859>, 参照 Apr. 20, 2021.