

技術論文

先読みエコドライブ用
減速地点推定の開発

坂本 徹
Toru Sakamoto
杉本 浩伸
Hironobu Sugimoto

小川 文治
Fumiharu Ogawa
金 鑫
Xin Jin

丹羽 俊明
Toshiaki Niwa
佐藤 裕司
Yuji Sato

宮島 孝幸
Takayuki Miyajima

概要

本論文は、カーナビゲーションの地図情報を利用した先読みエコドライブ用 減速地点推定機能について述べる。先読みエコドライブはドライバーがよく減速する地点を予測し、その地点に対し回生拡大制御を行うことでHV、PHV車両の実用燃費を向上させる機能である。

我々は本機能を実現するために、ドライバーの運転操作をカーナビゲーションの位置情報とひも付けて蓄積を行い、その情報を用いることでよく減速する地点を予測する減速地点推定機能を開発した。その機能と効果検証結果について述べる。

1. はじめに

近年、地球温暖化の抑制や燃費規制の強化に対し、燃費向上技術の開発が進んでおり、各メーカーで様々なセンサの車載応用について検討が行われ、多様な機能が商品化されている。

我々も従来はドライバーの道案内を行うために開発されたカーナビゲーションを、車両に周辺の道路情報を伝えるためのセンサとして活用すべく、ナビ協調制御としてその開発を推進してきた。1998年に製品化された最初のナビ協調制御であるNAVI・AI-SHIFTは、前方の道路形状情報を基に、ユーザのアクセルオフに応じてシフトダウン、シフトホールドを行うものであった。当初4速AT向けに開発されたこの技術は5速、6速AT、CVTへとその対象を広げ、採用範囲を拡大してきた。

2000年代に入り、自動車のパワートレインの開発ではHV、PHV車両の開発が加速し、燃費向上技術の1つである回生機構を搭載した車両が増えている。

回生機構は、アクセルオフやブレーキ操作による減速時に電力の回収を行うことで、実燃費を向上させる。一般的に、この電力回収は回収できる電力量に上限があり、上限を超えた分のエネルギーは熱として損失するため、大きく減速が必要な場合は早めにアクセルオフし回生拡大制御を行うことでより効率的な回収を行える。しかし、アクセルをオフした際に、常に回生拡大制御を実施すると大きな減速が必要ない場合、再加速で不要なエネルギーを消費してしまう。これらの走行シーンの予測ができないため、より効率的な制御を行えなかった。

我々はこれまでカーナビゲーションの情報を用いてカーブや一時停止地点等の減速地点を先読みし、ドライ

バビリティ向上や注意案内の実現に貢献してきた。

今回、回生効率の向上のため、これまでのナビ協調制御の開発で培った技術を応用し、一時停止地点および交差点などのよく減速する地点を蓄積し、先読みできる機能を持った減速地点推定機能の開発を行った。

2. 機能概要

2.1 システム構成

本機能のシステム構成を説明する(図1)。

減速地点推定機能および現在位置判定機能を搭載したカーナビゲーション、回生拡大制御する車両ECU、減速地点を表示するためのディスプレイによって構成される。各システムは車載ネットワーク上に配置され適宜通信を行うことで機能を実現する。

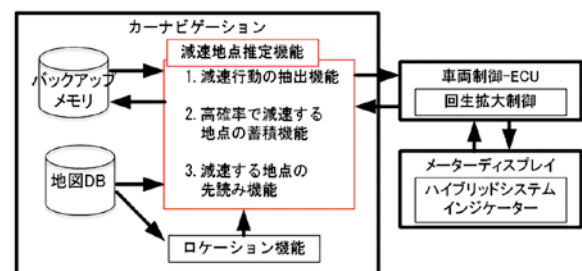


図1 先読みエコドライブシステム構成

2.2 機能の特徴

減速地点推定機能を主に構成する3機能についてその特徴を述べる。

2.2.1 減速行動の抽出機能

本システムにおいて、回生拡大制御を実施すべき減速行動を適切に抽出することが重要である。

減速行動を誤って抽出してしまうと、意図しない地点で制御が動作してしまう可能性がある。減速行動の抽出にあたっては、多種多様なドライバの運転操作から、意図しない地点を減速行動として抽出しないよう判定を行う必要がある。

しかしながら、ドライバが減速行動を行う際、車両周辺の状況により様々な減速パターンが発生する。交差点での減速パターンを例に挙げると、

- ① 自車前方に先行車両がおらず、一度に減速を行った場合
- ② 自車前方に先行車両があり、先行車両の走行に合わせて、ブレーキのON-OFF操作を何度も繰り返すような場合
- ③ 渋滞発生時に低車速走行状態から減速を行った場合

など、様々な減速シーンがあり、それぞれに対して減速行動として抽出するか判定を行う必要がある。

減速行動は周辺状況によりその開始位置や、減速の仕方は走行毎に異なる場合が多い。そのため、本機能では減速行動の終了位置を抽出する(図2)。これは減速行動の終了位置は減速の目標とする地点に対し実施されるため、開始位置とは異なり、走行毎のばらつきを抑制できるためである。

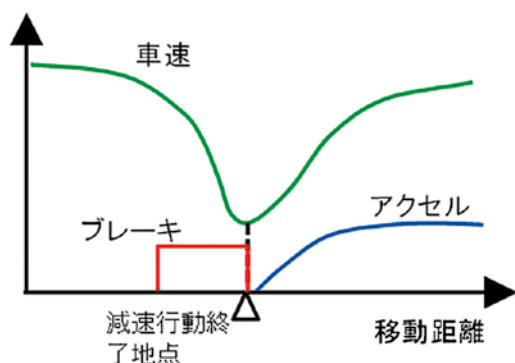


図2 減速行動の抽出

2.2.2 高確率で減速する地点の蓄積機能

走行した経路毎に減速行動の有無を蓄積する。蓄積した過去の走行実績より高確率で減速する地点の特定を行う。(2.2.1減速行動の抽出機能)にて述べたように周辺環境によるばらつきを抑制するために、減速行動の抽出は減速行動の終了地点を検出するように構成される。しかしながら、実際には減速行動の目標地点を通過する場合であっても、その走行経路により、減速行動を実施する場合としない場合が発生する。そのため走行した経路を含め蓄積を行うことで、減速行動を実施するかの予測が可能となる(図3)。

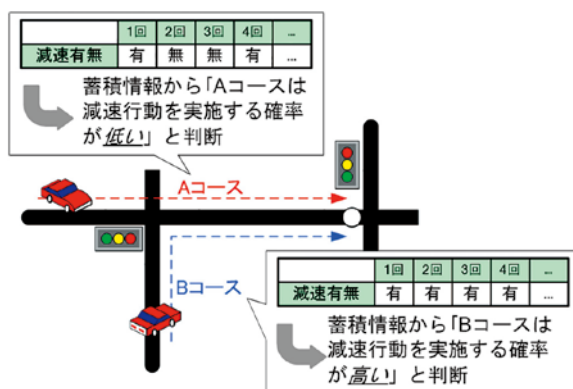


図3 高確率で減速する地点の特定

2.2.3 減速する地点の先読み機能

ナビの現在位置が、蓄積されている経路に進入し、その蓄積情報が高確率で減速する地点の場合、先読み情報を作成する。本機能では、蓄積された経路情報のほかにカーナビゲーションのもつ案内経路情報も活用し、先読み情報の作成を行う。

経路案内を実施していない場合は、蓄積された経路情報に基づき、先読み情報が作成される。経路案内を実施している場合は、案内経路上に減速行動終了位置が存在し、蓄積経路が一致しない場合は目標地点を通過しないと判断し、先読み情報は作成されない(図4)。

先読み情報を作成した後、蓄積した経路から逸れた場合は先読み情報の送信を中止することで、不要な強い回生制御を防ぐことが可能になる。



図4 案内経路に基づいた先読み情報の作成方法

先読み情報の作成にあたり、距離と車速は停車車両や交通流など外乱によりばらつきがあるため、蓄積された複数回の蓄積情報の中央値を使用している。

回生拡大制御を実施するためには、ドライバのアクセルオフを促す必要があり、そのHMI(ヒューマンインターフェース)としてハイブリッドシステムインジケータが活用される。ハイブリッドシステムインジケータではアクセルペダルの操作状況、エネルギーの回収状

況が表示され、発進・安定走行などの各走行状況に適したアクセル操作範囲の目安がエコアクセルガイドゲージに表示される。先読み情報を用いて、早めのアクセルOFFを促すためにエコアクセルガイドゲージをゼロにして表示する(図5)。

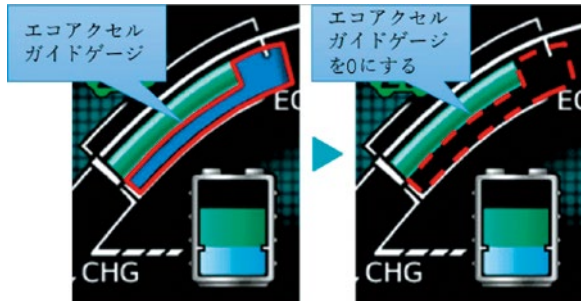


図5 ハイブリッドシステムインジケータ表示 (トヨタ自動車HPより引用)

さらに、ナビゲーションの地図画面上にアイコンを強調表示することで、どの地点を対象に制御が動作するかを通知する(図6)。



図6 アイコン表示

ドライバーがアクセルOFF操作をした後に、「回生拡大制御」を実施する。回生ブレーキを通常よりも早く、強くすることによって、効率的に電力を回収することができる(図7)。

3. 効果検証

今回開発を行った減速地点推定機能を搭載した車両は日本・北米での展開が計画されていたため、効果検証は日・米にて実施した。これまで述べてきたように、減速行動の抽出については周辺環境、特に道路の交通流により影響を受けるため、交通流が異なる、複数の試験コースを設定し、試験を行うこととした。

試験にあたり、減速地点推定機能の目標値を、一般的に減速すると考えられる地点(右左折交差点、一時停止など)に対しての動作率として80%以上になることと設定した。

コース毎に減速地点を設定したため、試験コースの作成にあたっては、評価の対象地点が蓄積率を算出するのに十分な数であることを条件として設定し、各コースで10ヶ所以上となるようにコースの設計を行った。

各コース20周を走行し、試験にあたっては、交通流の変動が少ない深夜時間帯の試験は行わないようにし、ドライバーはできるだけ減速行動を意識せず、周辺環境にあわせて走行を行うこととした。

以下に、慢性的に交通量が多い東京コース2の蓄積確認結果について記す。一般的に減速すると考えられる地点15ヶ所に対し13ヶ所を蓄積できた。この結果は目標値の80%に対し、87%の箇所が蓄積されていることを示しており、目標性能を本機能が達成していることを確認できた。以下地図画面は、走行終了後のナビ画面の表示であり、葉っぱのアイコンを表示している地点が蓄積完了地点となる(図8)。

■先読み減速支援作動イメージ

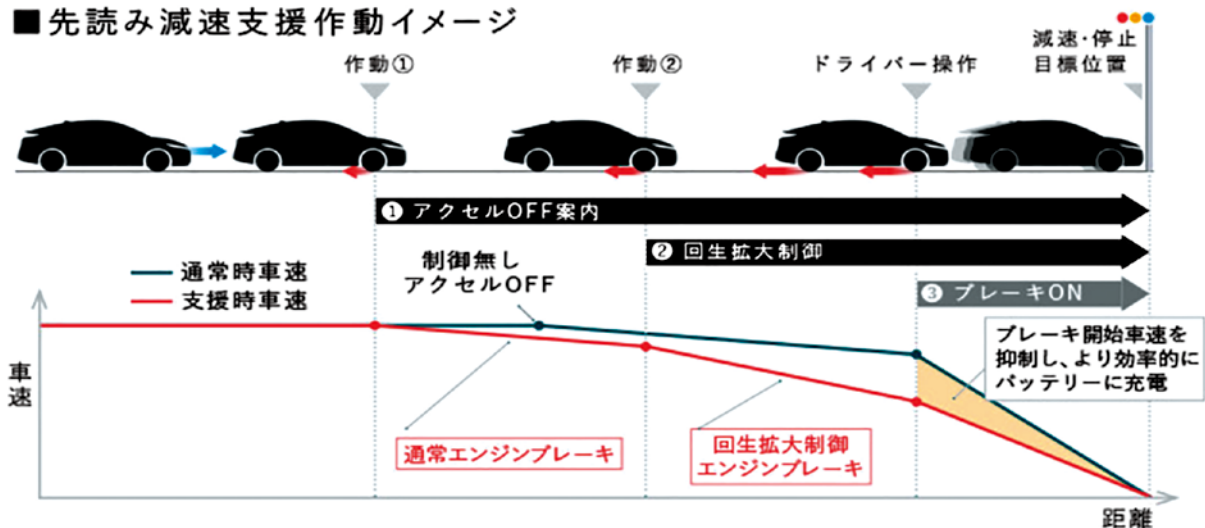


図7 回生拡大制御イメージ(トヨタ自動車HPより引用)



図8 慢性的に交通量が多い東京コース2の蓄積確認結果

検証の結果、日本・北米全8コースに対して実施し、評価したすべての評価コースにおいて、目標とする80%を達成することが確認できた(図9)。

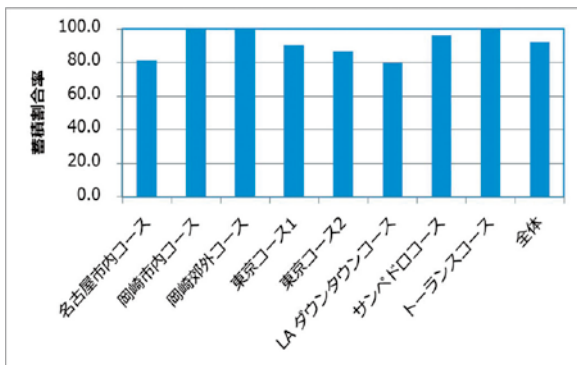


図9 各コースにおける蓄積割合

全8コースの右左折交差点や一時停止場所143ヶ所に対し132ヶ所(92%)を蓄積できることを確認することができた(図10)。

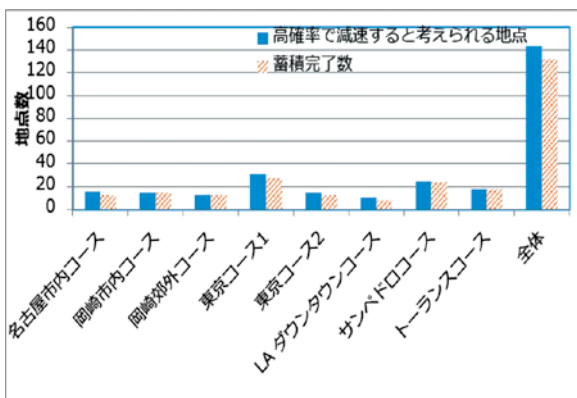


図10 蓄積希望地点数に対する蓄積地点数

試験の結果より、一般的に減速すると考えられる地点で蓄積できていない11地点について、蓄積できなかった要因を分析した。結果、主要な要因として以下3つが抽出された。

要因① 登坂を走行していた為、減速時にブレーキ操作を必要としないケースが発生

要因② ナビゲーションに整備されていない道路を走行したため

要因③ 車速が低い状態で減速行動を実施(交差点間隔が狭いため)

要因①および、要因③は、回生拡大制御を実施してしまうことで、再加速が必要となるシーンであり、今回蓄積されなかったことは設計意図通りである。

また、要因②については、地図DBが更新されることで改善される要因である。

上記により、今回開発した減速地点推定機能が十分な性能を有していることが確認された。

4. 結論

回生効率の向上のため、車速やアクセル、ブレーキ情報の変化を監視することで、高確率で減速する地点を蓄積、走行経路に基づいた先読み情報を作成し、車両に通知する減速地点推定機能を開発した。交通流の異なる日本・北米全8コースにて走行試験を行い、一般的に減速すると考えられる地点を蓄積できることを確認できた。また、この推定機能と回生拡大制御を連携させることで先読みエコドライブ機能の実用燃費の向上を確認できた。

今回開発した機能はHV/PHV/FC/EVの車両制御システムにも応用可能な技術と考えており、引き続き自動車の実用燃費性能の向上に向けた取り組みを行っていく。

5. 謝辞

最後に、本開発にあたり多大なるご協力を賜りましたトヨタ自動車株式会社様および関係者の方々に深く感謝致します。



坂本 徹

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
アプリケーション開発部
コネクティッドアプリグループ
(コネクティッドソリューション部
ビークルインフォメーショングループ)
ナビゲーション側制御ロジック設計に従事



小川 文治

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
コネクティッドソリューション部
(ビークルインフォメーショングループ)
ナビゲーション側制御ロジック設計に従事



丹羽 俊明

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
コネクティッドソリューション部
コネクティッドサービスグループ
(ビークルインフォメーショングループ)
ナビゲーション側制御ロジック設計に従事



宮島 孝幸

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
コネクティッドソリューション部
コネクティッドサービスグループ
(ビークルインフォメーショングループ)
ナビゲーション側制御ロジック設計に従事



杉本 浩伸

トヨタ自動車株式会社
商品魅力・ビジネス強化推進室
LBS基盤開発グループ
(情報電子システム開発部
第11電子開発室 第3グループ)
ナビゲーションサービス企画開発に従事



金 鑫

トヨタ自動車株式会社
MaaS事業部 特命2グループ
(情報電子システム開発部
第11電子開発室 第3グループ)
ナビゲーションサービス企画開発に従事



佐藤 裕司

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社
アプリケーション開発部
コネクティッドアプリグループ
(トヨタ自動車株式会社
情報電子システム開発部
第11電子開発室 第3グループ)
ナビゲーションサービス企画開発に従事