

《特集》ITS・予防安全

DARPAアーバンチャレンジ調査レポート^{*1}

Report on DARPA Urban Challenge

経済産業省 製造産業局 自動車課 課長補佐（電子・ITS）

濱坂 隆

Takashi HAMASAKA

1. まえがき

現在、燃焼効率の向上やパワートレインの改良などにより、車両単体でCO₂排出量や燃料消費を削減する制御が普及しつつある。また、エコ意識の高いドライバーは率先してエコドライブを実施しており、前述のエコドライブ支援などによりさらにエコドライブ効率やエコドライブ人口は向上すると見込まれる。しかしながら、車両単体での制御だけは、ドライバーの受容性に見合った適切なアイドリングストップや走行制御に限界があり、道路環境、信号、周辺車両挙動などと連動した、より高度な制御方法の実現が課題として残されている。

かかる問題意識から、経済産業省では平成20年度から、将来的には協調型車群走行を念頭におきつつ、エネルギー消費低減のための自動運転走行技術の要素技術開発を行うこととしている。プロジェクト開始に当たって、欧米に調査団を派遣し技術動向調査を行った。ここでは米国の国防総省高等研究計画局（DARPA：Defense Advanced Research Projects Agency）が行ったアーバンチャレンジの決勝を視察したのでその結果を御報告したい。なお、欧州の調査については名城大学教授 津川定之氏が本誌に寄稿されているので御参考頂きたい。

2. アーバンチャレンジ～その歴史

DARPAアーバンチャレンジは、DARPAが主催する軍事目的の技術開発を推進するための完全自動制御の無人口ボットカーレースで、2001年に米

下院から課せられた「2015年までに地上戦闘車両の3分の1を無人化する」という課題を達成するための施策であり、公開競争形式により自動運転技術のチャレンジングな技術に取り組みつつ、より広く深い技術の才能を集めることを目的としている。

DARPAの第1回の試みとしてDARPAグランドチャレンジというコンテストが2004年に開催された。カリフォルニアとネバダの間の砂漠の道路約142マイル（約230km程度）を自走のロボットカーで走り、10時間以内でゴールするという目標であったが、全車リタイアという結果であった（最優秀のカーネギーメロン大学の車で、8時間39分、7.4マイル走行）。筆者の当時の記憶では「やっぱり無理だったか」という論調で報道されていたと思う。ところが翌年2005年の第2回ではスタンフォード大学が132マイルを6時間53分で走破し、2位、3位になったカーネギーメロン大学も7時間を切る好成績となった。この両者に米オシュコシュトラック社、米グレイインシュランス社も加え計5台が完走した結果を受けて、DARPAが用意したのが今回のアーバンチャレンジである。

3. アーバンチャレンジ開催に向けて

アーバンチャレンジの開催は2006年5月1日に発表された。同月20日にDARPAは参加者会議を開催し、参加登録方法、ルール概要などの説明を行ったところ300人ほどが集まった模様である。10月の参加登録締め切りでは89チームが参加すると発表された。

DARPA運営事務局の運営資金は、各種イベントや大会ホームページ上でDARPAが広告を行い、ス

*1 原稿受理 2008年2月14日

ポンサーを募り資金調達を行っている。ポンサーへのインセンティブとして、①国内、国際メディアへの露出による知名度向上効果、②革新的な技術先駆者として先進的な考えをもつという企業ブランドの獲得等を掲げており、大学研究機関、工業系学校、自動車メーカー、自動車販売会社、防衛関係の請負業者、コンピュータ会社、ソフトウェア会社、商品マーケティング会社などがポンサーとして名乗りを上げている。

参加登録後、サイトビジット、実走行による予選によって絞り込まれ、最終的には決勝戦は11チームだけとなった。予選はプロドライバーが運転するオフィシャルカーが走行している中で、左折合流、右左折のワインカー、追い越し、障害物回避、ロークーリー交差点等のコースが設けられ、カリフォルニア州の道路交通法を満たす安全走行性能があるかどうかが要求される。筆者は日程の都合により決勝しか観戦できなかったが、帰国後に10月27日～31日の準決勝まで残ったオハイオ州立大学のオズギュナー教授にその様子をうかがうことができた。聞くところでは順調に走行できる車もある一方で、突然ステアリングが左右に振れ暴走する車、オフィシャルカーに接触してしまった車、T字路を直進してしまい壁に衝突する車などが出てしまったようだ。

4. 主要技術

各車両は、装備の数の多少はあるものの、走行ルート・位置情報用としてGPS、走行路や障害物などの環境認識用として、SICK社やiBEO社、Velodyne社などのLIDAR（ライダー：Light Detection and Ranging）と呼ばれる高性能レーダーを数機、単眼あるいはステレオカメラによるビジョンシステムを搭載している。

音響機器メーカーのVelodyne社がDARPA用に製品化したLIDAR（図1）は、64個のレーザーを使ったユニットが毎秒10回転しながらミラースキャンし、5cmの距離精度で上下方向26.5度をカバーすることにより、車両周辺360度の道路環境の三次元モデルを形成するものである。

各チームはIntelのデュアルコア、クワッドコアなどのチップを10個程度使ったコンピュータで、最大200回／秒の速度でセンサーからのデータを解析し、車両を制御している。



図1 Velodyne社LIDARの概観

5. アーバンチャレンジ決勝

さて、決勝戦は2007年11月3日（土）に米国カリフォルニア州ロサンゼルス郊外軍用地で開催された。会場は準決勝でも利用されたカリフォルニア州モハバ砂漠近郊にある元米空軍基地である。コースは凹凸のある路面や、ガードレール、簡単な交通標識、交差点、駐車中の車などの障害物がある模擬市街路で、約1年かけて整備が行われた模様である（図2）。全長60マイルで（白色線がコース）、これらをカリフォルニア州の道路交通法と大会規定を遵守しながら、所定のチェックポイントを6時間以内で通過しゴールに最短で到達したチームが優勝となる。



図2 アーバンチャレンジコース概観

なお賞金は、1位200万ドル、2位100万ドル、3位50万ドルであり、参加チームへのインセンティブとなっている。

安全及び円滑なレース運営のため、見学可能な場所は限られており、実車を見ることができるスタンドは、スタートおよびゴールとなる広場（30m×60m規模）横に設置されたメインスタンド（数百人規模）とコース外周を取り巻く金網越しにコースの一部を見ることができる移動式スタンド（数十人規模）が2～3カ所設置されているの

みで、多くの見学者はメインスタンド内のスクリーンで路上カメラや上空カメラで捉えた実況映像を見る形となった（図3）。

主な大会規定は以下のとおりである。

- ①コース上で停止するなど、他の車両の走行妨害となるような事態が発生した場合は、全車両の走行時間のカウントを一時停止し、妨害の排除後に再開する。
- ②他の無人口ボットカーのみならず、人間が運転するオフィシャルカー（約40台）が混在する中、レースで定められたルールや交通法規を守りながら安全に走行する。ただし、コースは閉鎖空間であり、他の一般交通とは隔離されている。
- ③各チームは数個のサブミッションからなる3つのミッションが設定され、決勝戦参加車両はスタート直前にUSBメモリで渡されるミッションデータファイル（ミッションの指示書）を車載コンピュータに入力してその内容を把握した上で、当該ミッションを遂行しつつ走行する。



図3 メインスタンド内での実況映像風景

なお各車両には緊急無線停車システムの装着義務があり、レース車両の直後を走行するオフィシャルカーが危険と判断した際には停止させることが可能となっている。またルール違反時のペナルティとして、大きな衝突や危険運転を起こした場合は参加資格が剥奪されるほか、カリフォルニア州の交通法規に違反した走行を行った場合、ゴルタイムにペナルティタイムを加算することとなっている。

決勝戦参加チームは最終予選にて35チーム中20チーム選出される予定であったが、決勝参加資格に満たないチームがあったため表1の11チームとなった。

決勝戦は、参加車両が1台ずつ間隔をおいてスタートし、各車両の総走行時間を競う方式である。スタートできない車両はなかったが、カーネギーメロン大学の車はスタート直前でトラブルが発生したためスタートの順番を遅らせたほか、IVSの車はスタート直後にステアリング制御エラーから障害物接触のニアミスが発生したため、体制を立て直してから再スタートを行っている。

観戦は上述のとおり限られた場所でしか行えなかつたが、見る限り走行中の車は人間の運転に近いスマーズなものであった。各車両は適切な判断と制御により指定された車線を走行し、特にロータリー交差点では優先車両を判断しながら停止・発進を行っていた。

一方、信号がない交差点では先に到着した車両に優先権があるため（カリフォルニア州の交通法規より）、運悪く他の車両と遭遇した際に判断に

表1 決勝戦参加チーム

#	チーム	ロボット名	使用車両
19	カーネギーメロン大学 (Tartan Racing)	Boss	GM シボレータホ
3	スタンフォード大学	Junior	VW・パサート
32	バージニア工科大学 (Victor Tango)	Odin	フォードエスケープハイブリッド
74	ペンシルベニア大学 (The Ben Franklin Racing Team)	Little Ben	トヨタ・プリウス
79	マサチューセッツ工科大学	Talos	ランドローバー
26	コーネル大学	Skynet	GM・シボレータホ
21	オシュコシュトラック	Terra Max	オシュコシュ軍事用トラック
15	Intelligent Vehicle Systems (IVS)	XAV-250	フォード・F250
54	Annie Way (独)	Annie Way	VW・パサート
62	CarOLO (独)	Caroline	VW・パサート
13	セントラルフロリダ大学	Knight Rider	旧型スバル

躊躇してしまう車両が時折見受けられた。人間のドライバーの場合アイコンタクトなどによる優先権の委譲（譲り合い）も可能であるが、ロボットカー同士では優先権の判断が困難な状況が発生し、立ち往生してしまう危険性が伺える。

走行路の判断は、GPSおよび各種センサーで道路上の白線や縁石を検知しながら走行している模様で、ロータリー交差点の中など白線や縁石が途切れる場所では、円滑ではない動きをする車両が見受けられた。

11チーム中完走は6台（うち規定の6時間以内の完走は3台）。上位3チームは以下のとおり。

優勝：カーネギーメロン大学（GM）（図4）

準優勝：スタンフォード大学（VW）

3位：バージニア工科大学（フォード）



図4 優勝したカーネギーメロン大学の車両

6. 勝負の分かれ目

上位3チームは以下のとおり多数のスポンサーを確保しており、人的・資金的に恵まれていた環境と思われる。

表2 各チームとスポンサー

チーム	スポンサー
カーネギーメロン大	キャタピラー、コンチネンタル、GM、グーグル、iBEO、インテル、McCabe、Mobileye、NetApp、テレアトラス、Vector、Viewpoint
スタンフォード大	Android、Applanix、Coverity、グーグル、Honeywell、インテル、MohrDavidow Ventures、NXP、レッドブル、Tyzx、VW
バージニア工科大	Blackbox、キャタピラー、フォード、GM、Goodyear、Honeywell、iBEO、Ingersoll Rand、Lockheed Martin、ミシシュー、National Institute、NovAtel、OmniSTAR、QCI、SICK、Tripp-Lite、Ultramotion

無論、リソースを確保することは大きなアドバンテージであるが、必ずしもそれだけではなさそうだ。たとえば、準決勝まで行ったチームのなかにはセンサーを一つだけにした極めてシンプルで廉価な車もあった。前述のオズギュナー教授も十分にテストをできなかったことが決勝に進むことができなかつた理由と分析しつつも、コスト面はさほど強調していなかった。寧ろ、各種センサーから得られた情報の高速処理と、的確な判断アルゴリズムおよび車両の制御アルゴリズムとの連携など、ソフト部分の技術が結果を分けたと推察される。

7. あとがき

率直に言えば、自動車制御技術はここまで来ているのか、というのが正直な感想である。では、その技術はどのように民生で実用化されるべきか？既に多くの論文で指摘されているとおり、一般車両に応用することにより道路交通安全・走行の円滑化に貢献できるものとされている。また、今回参加チームの関係者に直接インタビューすることはできなかつたが、インターネットで調べた範囲では同旨の発言をしている者も多い。また、GMは優勝したカーネギーメロン大学に車を提供していたが、本年1月に開催されたCES（米エレクトロニクスショー）においてワゴナー会長が、10年以内に自動運転走行車（自動で運転し、目的地に到達すると自動的に駐車する車）を開発・販売すると発言している。最初は高速道路での走行から始めて徐々に一般道での使用を広め、2015年にはテストドライブ、2018年には販売したいとの意向である。

欧洲をみてみるとHAVE-ITという新しい自動運転アプリケーションの開発プロジェクトを立ち上げたのみならず、ICT for clean and efficient mobilityというプロジェクトを立ち上げて、ITを用いた自動車技術について検討している。

冒頭に、経済産業省ではエネルギー消費低減のために自律制御の要素技術の研究開発を進めることを紹介したが、運輸部門における地球温暖化及び省エネルギー対策は当然のことながら日本のみならず世界共通の話題である。今回の調査を通じて欧米の関係者と連携しつつプロジェクトを進めしていくことの重要さを改めて確認した次第である。