

JR-EAST Innovation 2017 特別講演 「自動運転技術の応用」

株式会社ZMP代表取締役社長 谷口 恒氏

谷口 恒氏 / Founder & CEO, ZMP Inc., Hisashi Taniguchi

制御機器メーカーでアンチロックブレーキシステム開発に携わる。その後、商社で技術営業、ネットコンテンツ会社の起業などを経て、2001年にZMP株式会社を創業。家庭向け二足歩行ロボットや音楽ロボット開発・販売を手掛け、2008年から自動車分野へ進出。メーカーや研究機関向けに自律走行車両の提供を行う。現在、ロボカーシリーズ、自動走行タクシー、物流支援ロボットキャリロ、宅配ロボットキャリロデリバリー、ドローンなど、様々な分野へのロボット技術の展開“Robot of Everything”戦略を進めている。2016年より東京藝術大学大学院美術研究科博士後期課程に在籍。

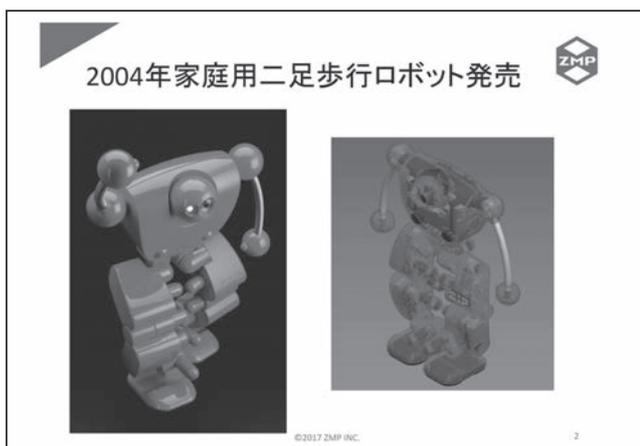


私はZMPというロボットの会社を立ち上げて17年働いてきました。この経験を踏まえて、自動運転自動車の製造経緯や宅配ロボットの展開など、開発経緯も含めて、『自動運転技術の応用』について紹介したいと思います。



元々は文部科学省傘下の科学技術振興事業団（現 科学技術振興機構）で研究開発されていた人型ロボット、この人型ロボットの技術移転を受けて起業しました。最初は大学や研究向けに人型ロボットを販売していたのですが、その後、2004年に家庭向けに開発をして販売しました。製造は千葉県習志野市のセイコーロックに委託、当時はセル生産で量産し、ネット販売をしていました。

人型ロボットというのは今でもそうですが、人並みに歩くということがままならない部分があります。そこで、二足歩行ロボットから二輪ロボットへ移動手段を変えて、自律移動の音楽ロボットを開発しました。2007年は銀座のApple Storeでも販売されたのですが、自分が聞きたい場所に音楽を届けてくれるということで、新しいミュージックライフをつくっていこうというコンセプトで開発しました。



例えば自分がリビングのソファの前で音楽を聞きたいとします。まず箱を開けてロボットを取り出し、充電ステーションで充電します。その後リモコンを使い充電ステーションから廊下を伝ってリビングのソファの前まで動かしてあげます。1回動かしますとロボットに付いてる距離センサが、距離を測りながら周りの壁やドアなど様々なものを検出し、距離も測っていきます。またこのロボット

2007年家庭用音楽ロボット発売

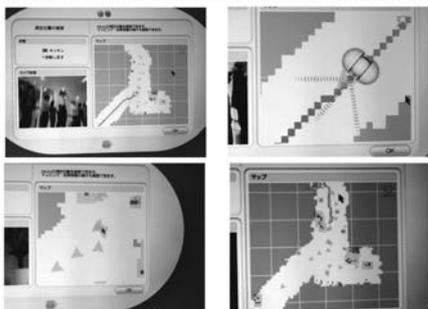


miuro

©2017 ZMP INC.

3

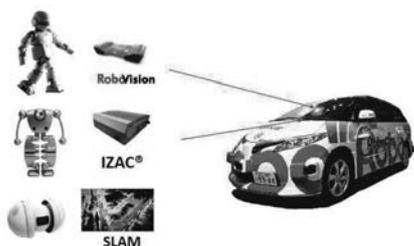
2007年SLAM実装・パッケージ販売 (Simultaneous Localization and Mapping)



©2017 ZMP INC.

4

目 RoboVision®、頭 IZAC®(AI・コンピュータ) 自律移動技術をコア技術に2008年から ロボカー開発



©2017 ZMP INC.

5

空の自動運転で価値創造

合弁会社設立 2015年 8月3日



©2017 ZMP INC.

6

にはカメラも付いていて、そのカメラで目印となるドアノブなど様々な対象物を撮影していきます。それらを組み合わせて、自分が自律移動できるマップを作ります。これは今SLAM (Simultaneously Localization and Mapping) といわれている技術で、おそらく当時は世界でも初めてだと思いますが、家庭用のロボットとして発売しました。リビングのソファでリモコンを使用し、この場所を覚えさせるだけで、その後は夜の10時にソファの前に来てジャズのナンバーを聞かせるようになります。

次に人型ロボットの目の技術です。目で見た情報を人型ロボットが歩くときに障害物を避けたり、段差を見たりして自分の歩ける場所を判断して倒れないように移動するわけですが、このような判断をする頭脳になる部分、IZAC (Intel & ZMP Autonomous driving Computer) と我々と呼んでいますが、この頭脳、そして自律移動の技術を活用し、人を運ぶ車、そして物を運ぶ物流ロボット、そして空のドローンというように開発を展開していきました。

先ほど東京大学松尾先生からのお話もありましたが、ロボットは目が命です。芸能人は歯が命と昔ありましたが、ロボットは非常に目が重要です。目は言い換えれば網膜です。CMOSセンサーがロボットでいう網膜になりますが、この網膜が人間の目の性能を超えるという時代になってきました。我々はこのことをRoboVision3と呼んでいます。2018年中に発売する予定ですが、例えて言いますと、今のステレオカメラの目を視力0.5とした場合、このRoboVision3は1.5程度になります。これまでは夜薄明かりで見えなかったり、トンネルから出る箇所での明るさの差により眩しくて周りが見えないことや、西日に当たると目が潰れ見えないといった問題がありました。このRoboVision3ではそれらの問題が一気に解決されます。ソニー製の最新のCMOSセンサーと同タイプのセンサーを採用しているということが一つ大きな要因になります。当社ではいち早くこのCMOSセンサーを採用し、フロントやドアミラーの付近、後方部などに様々なセンサーやカメラを設置し、360度見渡すというシステムを考えています。このカメラは前方150m以上見えるとともに、周囲も100°以上見えます。さらに画素数も圧倒的に高いため、このようなセンサーによって、いよいよカメラが中心で、最終的にはカメラだけで自動運転するという時代がやってくるのではないかと考えております。

ここで、カメラから少し話は変わりますが、自動運転技術の応用例として、飛行機型のドローンについてお話したいと思

ます。2018年度中に災害時の物資輸送の事業を始めることになり、ソニーとZMPの合弁会社でエアロセンズという会社で取り組んでいます。この会社は2015年に設立した会社で、社長は私が兼務しています。今、ドローンというキーワードがよく出てきますが、ドローンでビジネスになっている分野は、土木測量が中心になっています。

自動運転ドローンの活用例についてお話します。現在除染された土の上をカバーで覆っているのですが、そのカバーで覆った箇所にカラスなどの鳥が来て穴を開けてしまうという被害があります。これに対して、ドローンで撮影し、AIで穴が開いた所を探し出して、それを知らせて修理をするという活用法があります。ただし、修理は人の手で行っています。

また防災林や保安林の松枯れの検査にも活用しています。AIで茶色く変色した箇所を探すのですが、これを人の手で行おうとすると、かなりの手間がかかります。その点ドローンであれば、空から簡単に枯れている所を見つけて、ピンポイントで伐採ができるので被害の拡大を容易に防ぐことができます。

ドローンの飛行時間は、従来は充電の関係から20~30分ですが、現在は自動運転自動車に大型のバッテリーを積んで、そのバッテリーからドローンへ給電するということができますので、ドローンは長時間飛行できますし、万が一、何か風であおられてもすぐに巻き取れますので遠くに飛んでいきません。これにより、特にJR東日本のような広大な敷地を持っている事業者の点検作業では大変役立つと考えます。

政府の方でi-Constructionという、建設現場にITを導入するという方針が決まっています、そのi-Constructionの中でも目玉がドローンによる測量となっています。最新のソリューションになりますが、GPSのマーカを大体100m程度の間隔で複数設置していきます。その上をドローンで飛ばして、このマーカ的位置が最終的には写真の中で自動計数されて、3次元のモデルを作るといったソリューションです。精度は1cm程度となります。ドローンに付いたカメラで写真を連続的に撮影し、その写真を貼り合わせていきます。重なった所を距離画像として取り出して点群データとし、その点群にした箇所の周りの写真から色を抽出して3Dのモデリングをするというやり方です。これはクラウドで全部処理ができます。



もう一つの自動運転技術の応用として、物を運ぶという技術があります。当社では昨年(2016年)8月から物流用のロボット、CarriRoの出荷を開始しまして、今50社程度に導入していただいています。このロボットの活用例についてご説明します。

自動車の部品を扱う工場では、追従走行するカルガモのような使い方をしています。台車を押している人の後ろを、ロボットが追従していくことで、大量の荷物を少ない人数で運搬が可能です。複数台での追従も可能で、きちんと間隔を空けてついていきます。これは台車を押している人が発信機を持っていて、その信号をキャッチしたCarriRoがまるでカルガモの親子のようについてきます。これはロボットのステレオカメラや光ビーコンを活用し、光を発信している所を見つけて、そこまでの距離を測って一定の間隔を空けて移動していくという技術です。発信している光を目で追い、その光の軌跡を監視しているため、カーブなどの影に隠れてしまった箇所でも、回った箇所を予測しながら、ショートカットをしないように人が歩いた軌跡通りに追従していけます。AGV

(Automatic Guided Vehicle)という技術もありましたが、これは床にコードやワイヤを埋めたり、磁気テープを使用したりする必要がありました。その点、これはどこでも作業者の後を付いていきますので工場や倉庫内、屋外を移動するようなことも自由にできます。コンビニでも使用していて、けん引力は300kgもあります。

物流用のロボットは、最終的には、先頭車両も自律移動にしたいと考えていますが、いきなり全自動にしようというラインも見直さなければなりませんし、ロボットに慣れていただくということも重要なので、まずは人と協調しながら働き、だんだん自動化していくというアプローチで考えています。

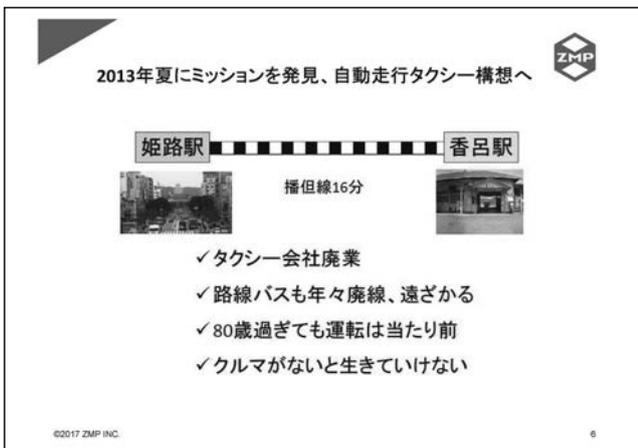


また、汎用性のある台車は、現在倉庫や工場で使用されていますが、これを外でも使えるようにしようという開発も行っています。六本木ヒルズにおいて自動で走行する宅配ロボットを使い、荷物をオフィスまで届ける実証実験で、屋内外で使用できるロボットになります。3次元地図の作製は屋内外でもやり方は同じです。エレベーターにも自動で乗り込みます。人が今行っているラストワンマイルの部分はこのロボットが代替することで、人手不足の問題や買い物弱者の方の問題を解決していきたいと考えています。

このロボットは、まだ現法律で自動車や歩行者のどこにも所属していません。我々と同じ歩行者扱いにしてほしいということで国に申請していますが、現時点ではカテゴリーが決まっていないので、安全を考慮し、ロボットの後ろにコード(有線)をつなぎ、人が非常停止スイッチを持っていつでもすぐに停止ができるような環境で実験をしています。ちなみにセグウェイは小型特殊自動車という扱いなので、例えばイベントなどでは道路使用許可をとって、この期間であれば走っても良いですというような限定的な扱いになっています。よく人や自転車にぶつかるのではないかと心配されますが、大体人は自分から避けます。これは1回実験を行うと分かります。逆に譲り合いが一番良くないです。避けるというモードもロボットに搭載していますが、どちらに避けるのかなど意志が分からないので、なかなかうまくいきません。そのため、ロボットは危険なときは自ら止まり、人が避けてからまた動き出すという方が良いと考えています。海外ではStarship Technologiesという会社が有名で、既に歩行者扱いで歩道を走行しています。国で言うとアメリカ、イギリス、スイス、フランス、ドイツなど様々な国で歩道において試験を行っています。日本でこれを申請しているのはZMPだけとなっているのですが、法律の規制が厳しいので、現在は私有地で試験を行うということで、関心を持っていただいている慶應大学の大学内でフードデリバリーサービスの試験を行いたいと考えています。昨年(2016年)12月には東京駅でJR東日本と実験をさせていただきましたが、JR東日本も広い敷地をお持ちなので、このようなロボットは大いに活用が見込めると思います。東京駅のようなごった返しのような駅でもロボットで走行は可能と考えます。今も大きな荷物を台車に積んで人が運搬していますし、ロボットのカメラやセンサ技術を活用し、危なければロボットが自ら止まり、例えば「道を開けてください」といったかわいい声で話せば、人の方が避けていってくれると思います。

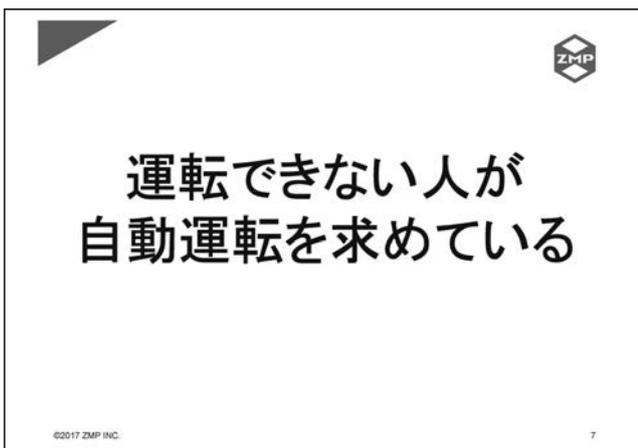
ロボットの時速は現在4km/h程度ですが、最初は2km/h程度で実験を行っていました。次の段階としては、6km/hでの試験を考えていますが、これまでの試験状況をもとに、多少の段差や坂などは全く問題ないと思います。ただ子供がものすごい勢いで寄ってきて、ロボットによじ登ったりすることがあります。こういったことを踏まえると、無人で走らせるには、結局どこかでオペレーターが監視していなければならないかもしれません。もともと重い装置なので、盗難はされにくいと思いますが、契約をしている近くの警備会社に通報して、助けを呼ぶようなことも考えています。

今、「銀のさら」を展開するライドオンエクスプレスという会社と提携をしています。「銀のさら」の都心部の営業圏は1~2kmとなります。この範囲について、ロボットでどこまで配達可能かというシミュレーションをしました。まずは1km圏内(営業圏の7~8割)についてですが、平均4km/hで走らせた場合、15分程度で配達可能です。そのため1時間であれば2往復できます。2km圏内では、倍の30分程度で配達が可能です。フードデリバリー業界は40分以内で配達するのが許容範囲と言われているので、時間的には2km程度の所まで運べますが、マーケティング的には1km程度が最適と考えております。



最後になりますが、ロボット技術の応用ということで、無人の自動走行タクシー構想についてお話ししたいと思います。この構想は私の実家であったある出来事がきっかけで思いつきました。私の実家は兵庫県姫路市の郊外で、実家に帰るときにいつもは父親に迎えに来てもらっていました。しかし、ある年お盆に帰った際に、父親が倒れて迎えに来てもらえなかったことがありました。タクシーを呼ぼうとしたのですが、タクシーは数年前から廃業してしまっており、隣接駅のタクシー会社なども確認しましたが廃業と、そこまで過疎地ではない場所でもタクシー会社は廃業になってしまっているという現状があることを始めて

知りました。いろいろと地元の人に聞いてみますと路線バスももう500m~1km程度歩かないとバス停がない状況で、このような場所では80~90歳でも運転をしなければならないという理由がよく分かりました。



自動運転はもっと先の話と考えていましたが、このような経験があり、ふと気が付きました。「運転できない人が自動運転を求めている」と。運転できる人はそこまで必要がないからこの必要性に気が付いていないのです。自動走行タクシーは運転できない人が安心して乗ることができ、手頃な価格で利用者が使いやすいサービスでなければなりません。高齢者や子ども、障害を持つ人、自分のように帰省した時に足がない人、海外からの観光客も含めて、そうした人たちのために無人の自動走行タクシー構想をスタートしました。

よく日本中の自動車を自動運転するのかと聞かれますが、一般の車が無人化するというのは、運用や保守など様々な面を考えると、私はまだ10年以上かかると思います。ただし、タクシーという限られたマーケットでタクシー会社とともに運用、管理、保守などをB to Bで実施していく場合は、早期実現もあり得ると考えます。全国の乗用車保有台数は約6,100万台程度ですが、そのうちタクシーの割合は0.37パーセントと、わずか23万台弱になります。そのため、大手企業にとってはマーケットが小さいため参入しにくいですが、ベンチャー又は我々のような独立系の会社にとっては向いており、非常に少ない台数ですが、我々にとっては役立つ所に自動運転を実現したいと考えています。

無人の自動走行タクシーを構想した2013年当初、様々な箇所へ説明に行きました。皆さま「いやそれは素晴らしい、世の中のためになるいい話だ」と仰いますが、「ただ法律がね」や「それはあり得ないよ」といったことも仰います。補助金申請についても、いつ実現するか分からないという点から、補助金は下りませんでした。これではいけないと思い、あらゆる新聞、テレビ、ラジオなどでこの無人の自動走行タクシー構想を宣伝して回りました。すると2015年2月27日に内閣府へ説明する機会をいただきました。このとき私は「レベル4といわれている無人運転は地方創生です」と申し上げました。当時政務官であった小泉進次郎氏からも「応援するよ」と言われたのを覚えています。



その年の11月5日、官民対話が催され、このときも、私から無人の自動走行タクシーの構想を申し上げました。総理はここで、2020年、東京五輪では無人のタクシー、バスが走れるようにすると発表されました。また2017年にはそれが実証できる環境も整えるという発言もされ、それがそのまま約束が守られ、2017年6月1日には警察庁がガイドラインを出しました。どういったガイドラインか簡単に説明しますと、遠隔自動運転について書かれており、公道でも遠隔で監視していれば無人で走行しても良いというものになります。ちなみに遠隔で監視する人は危険時に当然操作をしますので、運転免許が必要です。これ

は警察庁のホームページに出ておりますので是非見ていただければと思います。これはZMP独自の解釈なのですが、このような遠隔で監視した自動運転をプレレベル4と呼んでいます。レベル4というのはまだ国際条約、ジュネーブ条約で改定されてないのでもまだ世界でも実施できないのです。そのため、今はこれがプレレベル4の許認可だと思っていただけたらと思います。将来は、遠隔監視するのもAIで行うことになるわけですが、まずは現在の状況でスタートして、2020年には完全なレベル4へ移行したいと考えています。



公道での実験というのは、日本でスタートしたのは2014年からです。2014年当時、愛知県で先端的に自動運転に対しての積極的な取組みをスタートされましたが、愛知県で名古屋大学とZMPでスタートをしたのが最初のきっかけであります。その後には神奈川県、昨年からはオフィスがある文京区とお台場で実験をしています。ただしこれは、まだ全て運転席にドライバーが座っています。運転席は無人で、遠隔で監視しながら走行するという実験がそろそろスタートする見込みです。世界中、大体同じ仕組みなのですが、先ほど申し上げたとおり、最初に測量して3次元の自動運転のマップを作ります。このマップ

がないと走れないのかどうかというとノーとも言えません。というのも我々は2009年10月に、マップなしで自動走行する実験もしています。ただし万が一の事故ということもありますし、リアルタイムにマップを書くとすると、車へさらに高価なセンサやコンピューターを搭載しなければなりません。そこで、最初にマップを作ってしまった後に、安価なシステムでそれをなぞっていく、いわゆるマップマッチングという仕組みを取り入れています。

文京区小石川は、山手線内で道幅も狭く、通行人(歩行者)が多い場所です。また路上駐車も多いです。最近は路上駐車よりもっと怖いのが、逆行する自転車です。これが結構多いのです。しかもものすごいスピードが出ていますので、こういったものもきちんと認識していかないといけません。そのため正直に言うと、文京区小石川での完全な自動運転、無人運転というのはまだ我々は考えていません。ここはまだ実験段階ということになります。

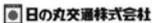
今、サービスエリアとして考えているのが、お台場と有明です。1年程前から取り組んでいます。また最近申請しているのが羽田空港です。お台場では車寄せまでのマップを作成し、グランドニッコー東京台場とニッコーホテルと提携することで、お客さまを送迎することができます。つい1ヶ月程前には、シンギュラリティUジャパンデモというイベントがあり、海外のお客さまを日本科学未来館まで3日間送迎しました。



2017年6月15日、日の丸交通とZMP、自動走行タクシーの配車を見据えた配車アプリ開発で提携

タクシー会社とZMPは共存共栄！

サービス × 自動運転技術





©2017 ZMP INC. 10




2020年東京五輪での実現を目指し
その後、全国へ広めていく

©2017 ZMP INC. 11

タクシー会社に車両を提供して、運用していただくということも考えています。現在、東京の日の丸交通と提携をしています。現時点ではまだ無人のタクシーではありません。あくまでも一般の既存のタクシーの配車サービスの開発をしております。我々としては、近い将来、車から得られるデータを基に、無人の自動走行タクシーの車両を提供して、それを最適に組み合わせて運営をしていきたいと考えています。既に東京のタクシー会社数社の社長以下、経営者の方々に乗っていただきました。皆さまそろって、「想像以上に技術が進んでいて、移動も大変スムーズである」と、実用化への検討を進めていただいています。タクシー会社での理解が進んでいるのは、タクシー業界が抱える3つの課題によります。

一つは人手不足です。東京のタクシーは5万台弱ありますが、その23%である1万台以上は車庫に眠っています。2つ目は高齢化です。平均年齢が60歳とどんどん高齢化が進んでいます。最後3つ目はUberや白タク、ライドシェアなどの進展です。経営者としてはプレッシャーになっています。タクシー会社にとって、無人の自動走行タクシーはあくまでも相互補完ということで、ライバルではないのです。地域によっては収益性の低い所も多くあり、そういう所を無人の自動走行タクシーで補うことができれば全体的にタクシーのサービス品質が上がっていくと思います。とはいえ私としては、利用者が少ないところで取り組むというのは面白くないです。これは私が考えている構想ですが、今、東京のタクシーはどんどん減少しています。これがシンガポール並みに価格低減や利便性向上になれば、人口比で計算したら少なくとも7万台以上増えるはずなのです。発展産業なのです。そのためタクシー業界も希望が持てます。

本日、JR東日本の皆さまがいらっしゃいますので、是非提案したいのが、東京駅での無人の自動走行タクシーの活用です。試算した結果東京駅での需要は1,000台はあります。五輪では800万人程度の方が来ますから、東京駅や羽田駅など様々な箇所を無人の自動走行タクシーで繋げば需要はあると考えています。無人の自動走行タクシーの活用で、森ビルと協力しながら考えていることがあります。タクシードライバーさんが車寄せで30分も並んだ挙句、お客さまは1メーターしか乗らず410円でがっかりといったことが多々あります。そこで、近距離は無人の自動走行タクシーで、ロングといわれている利益の大きい距離はドライバー

で行うといった、共存共栄ができるのではないかと考えています。このような考えはタクシー業界へも理解が得られています。ぜひ東京五輪に向けてJR東日本の東京駅に無人の自動走行タクシーのプールを作っていただければと考えています。JR東日本の乗り換え案内とセットで、タクシーのシートと新幹線のシートをセットで予約できるような仕組みを構築し、鉄道と無人の自動走行タクシーをつなぐことができれば、2本の毛細血管がつながって日本が元気になると思います。



ロボット到来はビッグチャンス！

ロボットは自ら動き情報収集
する究極のIoT機械

↓

これまで得られなかったデータを
活用した新サービスが
続々と生まれる

©2017 ZMP INC. 17

イノベーションはコラボレーションと思っています、私 Facebookをやっておりますのでぜひお気軽にお声掛けをいただければと思います。以上で私の講演を終わらせていただきます。ありがとうございました。