

自動車の未来を創る研究とエンジニアを目指す金の卵を応援する

大学研究室探訪

FUTURE ENGINEER

第18回

名古屋大学 [未来社会創造機構モビリティ社会研究所]

NAGOYA UNIVERSITY
Institutes of Innovation for Future Society
Global Research Institute for Mobility in Society (GREMO)

自動車産業の中心地である東海地域に本拠を構える名古屋大学では、次世代モビリティ技術の社会実装に向けた研究が進められている。技術的な面はもちろん、そこに携わる人々や制度などにも目を向けるという、アカデミアならではの全方位かつ包括的な取り組みである。

TEXT:高橋一平 (Ippey TAKAHASHI) / 川島礼二郎 (Reijiro KAWASHIMA) PHOTO:澤田優樹 (Yuki SAWADA)

文理融合の研究体制で未来のモビリティ社会における課題解決を目指す

1

COI-NEXT
地域を次世代につなぐ
マイモビリティ共創拠点



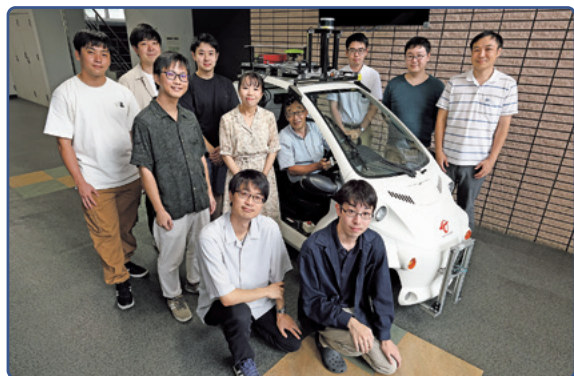
2

ダイナミックマップ



3

人間の判断/動作の
数理モデル化の研究



4

TMI卓越大学院プログラム



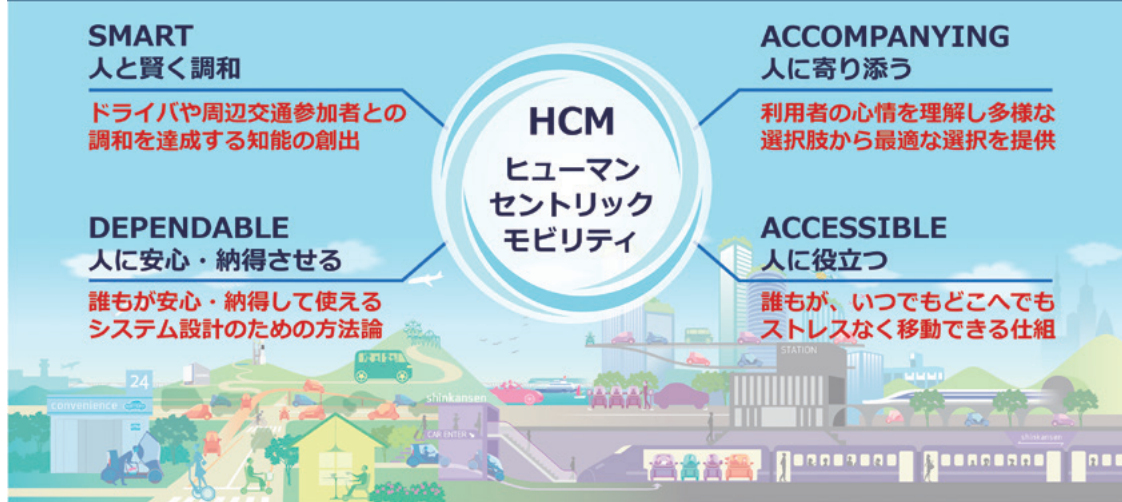
名古屋大学の本拠地である東山キャンパス、その中心部に位置する「ナショナル・イノベーション・コンプレックス (NIC)」のエントランスをくぐると、そこにはこれまで見てきた大学のそれとは異なる独特な雰囲気空間が広がっていた。なかでも目を引いたのが、そこに整然と並んでいた数多くの自動運転車両、そしてそれ

らの“見せ方”。もちろんそこは単なるガレージではなく、車両製作なども行われる、いわば研究室なのだが、エントランスホールからそれらを見渡すことができるガラス張りの造りは、まるでショールームか博物館のようである。

NICは産学官連携研究のグローバル化を目指して設立された研究施設。企業の研究開発ス

ペースや行政機関のオフィスなども多く集まるこの施設に、これからのモビリティ技術について、社会でのあり方という部分まで含めながら、産学官民連携のもとに研究していくことを目的とした「未来社会創造機構 モビリティ社会研究所 (GREMO)」の研究拠点がある。“ガラス張り研究室”は、その活動の一環となるものであり、

ヒューマンセントリックな視点から、未来のモビリティ社会を拓く



人間中心の技術でモビリティを再定義する

← モビリティの意義は究極的には移動ということになるが、その対象はあくまで人間である。パワートレーンの選択肢が増え、自動運転などの高度な制御が可能になった現在であれば、これまでにない形態や機能をもつモビリティも可能だが、人間が利用する以上、利便性はもちろん、“心情”という要素も含め、人間中心となっていることが不可欠だ。



↑ EVカートからEVバスまで、さまざまな自動運転車両が並ぶ1階のスペース。塵ひとつ見当たらない整然とした様子が印象的だが、整備工場と同様のリフトなども備え付けられており、重整備も可能となっている。写真左方向に全面ガラス張りの壁のみで隔てられるかたちで同館のエントランスホールがある。



↑ 2011年に開設されたグリーンモビリティ連携研究センターから始まったGREMO (モビリティ社会研究所: Global Research Institute for Mobility in Society) の沿革。現在は未来社会創造機構 (2014年開設) の一部門となっている。COI-NEXTや95ページで紹介しているTMIは、GREMOから生まれた活動という位置づけだ。

産学官民連携においてより高い相乗効果を追い求めるGREMO、さらにはNICの姿勢を象徴するものでもある。

モビリティを取り巻く状況は、電動パワートレーンや自動運転といった技術の登場や進化、さらにはカーボンニュートラル化や高齢化への対応が求められるといった社会の変化にともない、新たな局面を迎えようとしている。近年においては、電動化の最たるものであるEV化や、自動運転について技術的な問題が明らかになりつつあるのも事実ではあるが、こうした技術は、これまでできなかったこと、これまで存在しなかったものを可能できるといふ点も重要だ。そしてこれらの問題の多くは既存のモビリティ、つまりこれまでの自動車と、それを前提とした社会にそのまま当てはめようとする際に

生じていることも忘れてはならない。要はモビリティと社会、双方から見直すことが必要なのである。これらの在りかたを、総合大学というアカデミアならではの広い視野で俯瞰するかたちで問題点を洗い出し、現実解へと導いていこうというのが、GREMOの目指すところだ。

例えば自動運転であれば、完全自動運転を目標とする研究ももちろん行なわれているが、それと同時に力を入れているのが、手軽かつ確実に導入可能なレベルの技術を用いた実証実験だ。運用する地域と用途、速度域を絞り込めば、そのハードルは大幅に低いものとなり、手頃、つまり比較的低コストなシステムでも実現が可能となる。GREMOでは、高齢者の多く住む地域において、自動運転システムを搭載したEVカートを運行するという実証実験 (詳細は

次ページ) を手がけており、科学技術振興機構 (文部科学省所轄) の“COI-NEXT”と呼ばれる支援プログラムに採択されている。

「GREMOは持続性のある大学の組織であり、インキュベーターです。そのなかでCOI-NEXTといった外部資金による年限付きプロジェクトを生み出し、それらの活動をバックアップしながら、終了後はその成果を引き取って、次のプロジェクトにつなげていきます。自動運転のような、大きな社会的変化をとともうものを世の中に入れていく (実装していく) ためには、技術だけでなく、法律や心理学の要素も必要です。モビリティというものを包括的に捉えるべく、全学部を横断するかたちであらゆる分野の研究者が集まる体制をとっています」

(GREMO所長 高田広章教授)

[COI-NEXT]

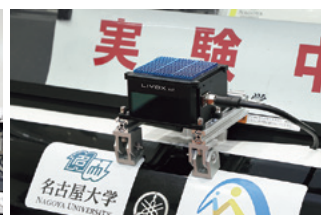
共創の場形成支援プログラム 地域共創分野

地域を次世代につなぐマイモビリティ共創拠点

～みんなの「行きたい」「会いたい」「参加したい」をかなえる超移動社会～

「マイカー」から「マイモビリティ」への転換で
移動機会を増やす地域社会の実装を目指す金森 亮 特任教授
博士(工学)片貝 武史 特任准教授
博士(工学)**自動運転化技術で2次・3次交通をよりシームレスに**

← “1次交通”にあたる鉄道の駅から各地域へ伸びるバス交通網などを2次、そして“ラストワンマイル”とも呼ばれる、バス停から自宅までの移動を3次交通と定義。自動運転EVカートはこの3次交通を想定。バスの運行と連携すれば、待ち時間を最小限に抑えることもできるはずだ。

**技術的ハードルの低い“ゆっくり自動運転”の実証実験**

← 愛知県春日井市東部の住宅地、高蔵寺ニュータウンにおいて実証実験が進められている自動運転EVカート。50年以上前に建設された同住宅地では、住民の高齢化が進行していることに加え、丘陵地という立地条件もあり、3次交通の確保は重要な課題となっている。この自動運転EVカートでは、最高速度を20km/h未満に抑え、運用地域を限定することで、センサーやプロセッサまで含めシンプルなシステムで自動運転機能を実現している。

「レベル2の自動運転です。速度と地域を限定するのであれば、いままぐにでも自動運転サービスを社会実装することができます」(金森特任教授)

名古屋大学では愛知県春日井市東部の高蔵寺ニュータウンにおいて、EVカートを用いた自動運転サービスの実証実験を行なっている。2018年からスタートしたこの試みは、国立研究開発法人科学技術振興機構“センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム”(2013～2021年度)のもと、開発が進められてきたもので、現在はNPOの運行管理により実用に供されるかたちとなっている。2022年度からはCOIに続

く同機構の“共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)”に採択され、ソフトウェアのアップデートやメンテナンス、データの収集などを同大学が担いながら実証実験が続けられている。

この自動運転EVカートの特徴は、機能と運行条件を絞り込んだ点にある。自動運転の制御に用いられるのは、NVIDIAのJETSONであり、カメラを用いずにその機能を実現している。おもに用いられるのはLIDARだ。大きな処理負荷をとらぬ画像情報を扱わないということで、自動運転制御で消費される電力は極めて小さなものになっており、航続距離の確保にも貢献。ソ

フトウェアとして実装されているのは、名古屋大学で開発されたADENU (Autonomous Drive Enabler by Nagoya University)。消費電力については、これによるところも大きいという。

ほかにも停車地点があらかじめ定められた地点(128ヶ所)としていることや、信号のある交差点では信号機の制御盤から通信でその状態を取得するなどの工夫が盛り込まれている。つまりはシステムの作動条件となるODD (Operational Design Domain: 運行設計領域)の絞り込みというわけだが、なによりも興味深いのは、この車両が実用に供するかたちで、今日も運行されているという事実である。

[未来社会創造機構モビリティ社会研究所]

ダイナミックマップ

通信技術の活用による“動的地図”の実現で
遠くの最新状況まで見渡すことのできる“目”を手に入れる



高田 広章 所長/教授
大学院情報学研究所
情報システム学専攻
博士(理学)

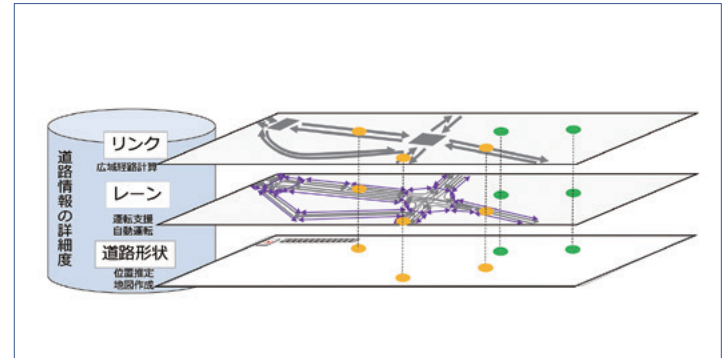


渡邊 隆介 特任准教授
博士(工学)



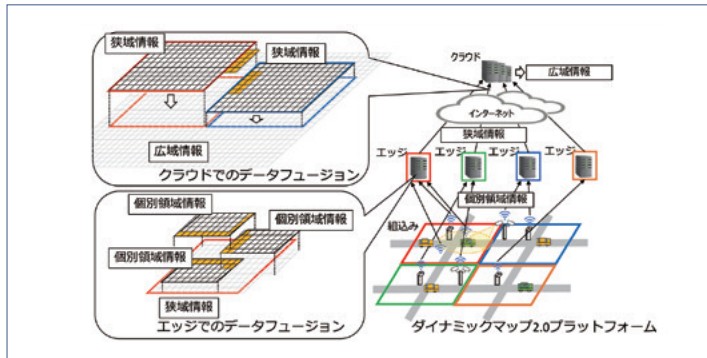
“静的”な地図情報に、常に変化し続ける“動的”な情報を重ねる

↑ ダイナミックマップ2.0は4種類の情報で構成。短時間のうちには変化することがない“静的”な地図情報、クルマや信号といった“動的”な情報、事故や渋滞などの“準動的”、そして交通規制や工事などの“準静的”な情報から成る。



用途に応じて地図の情報粒度を使い分ける

↑ リンクレベルは一般的なナビゲーション用地図、レーンレベルは高精度三次元地図、そして道路形状レベルはカメラ画像やLIDARの点群データ。それぞれで粒度は異なるが、同じ位置に“縦串”を通すかたちで紐づけられている。



共有データを集約しながら高品質な情報にまとめあげる

↑ さざまな車両や道路インフラ装置から収集されたデータを、まずはエッジでまとめ、それらをさらにクラウドでデータフュージョンしていくという仕組み。ネットワークの分散構造を活かし階層的に処理をこなす。



道路インフラ装置と通信技術が可能にする協調型自動運転

↑ 高度な自動運転の実現においてネックとなる車載センサーの能力を、路上インフラ装置や他の走行車両から通信を介して得た情報の活用で補完するという協調型自動運転技術。この技術は左ページのEVカートにも実装されている。

「自動運転車の技術は、車載されるさまざまなセンサーを使って自律的に走行することを目指して開発が進められているわけですが、センサーを用いて“見る”ことのできる範囲は限られており、だいたい100メートルくらいのもので。自動車の走行する速度を考えると、充分といえるほどの時間的余裕はありません。そこで、ほかのクルマや道路インフラ装置から、自分(自車)では見ることのできない部分の情報ももらって、より賢く安全に走行することを可能にするというものです」(渡邊 特任准教授)

通信技術を利用してより広範囲、つまり遠く

まで見渡すというこの仕組みは、“ダイナミックマップ2.0”と名付けられ、名古屋大学と同志社大学を中心としたコンソーシアムで研究が進められている。最大の特徴といえるのが、クルマ(他車)などの常に移動する物体の位置情報という“動的(ダイナミック)”な情報まで取り扱うこと。つまり単なる位置だけでなく、移動する速度や方向を示すベクトル情報も付帯する。しかし、それ以上に重要といえるのが、それらの情報の扱いかたである。

例えば他車の速度ベクトルがこちらに向かっていたとしても、それが反対車線のものであれば単なる対向車だが、自車が進む先の車線に

位置するならば、逆走車である可能性が出てくる。そのために、この動的な情報を“静的”な地図情報と重ね合わせながら、自車の車線、進行方向と関連のある情報だけに選択的にアクセスする。通信を介して情報を共有しながら取り扱うためには、フォーマットなどの共通ルールが必要不可欠であることに加え、データへのアクセスや処理を素早く行なうためには工夫も求められる。

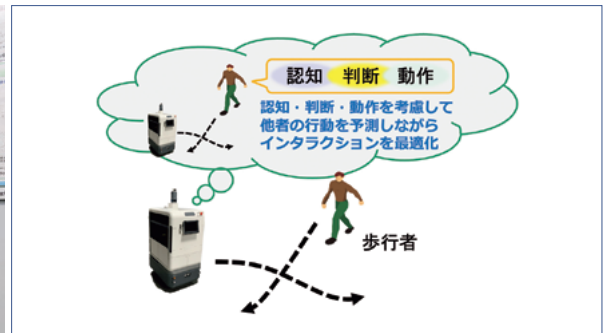
ダイナミックマップ2.0は自動運転用のセンサー情報を補完する技術として期待されることはもちろんだが、車両同士がお互いに協調する制御が可能となる点も見逃せない。向かう先にあるのは、より快適で安全な移動社会である。

人間の判断／動作の数理モデル化の研究

人の行動をシミュレーターで収集しモデル化して分析
自動運転車両の走行制御をより進化させる

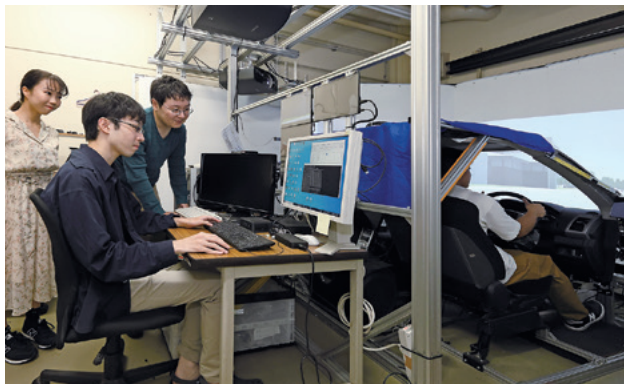


奥田裕之 准教授
大学院工学研究科
博士(工学)



人間の行動をモデル化し、それを活用する制御を目指す

→ 研究室で開発している自律搬送ロボット。単に搬送だけでなく、周囲の人と協調できるロボットを目指して、他者への配慮をどう制御で実現するか、を考えて開発を進めている。ここでもAIは使わず、周囲の人がどう思っているかを想定した数学的モデルを組み込み、自分がこう動いたら相手はどうなるか、を予測するのが奥田研究室の流儀。「スバコンを積めるならAIでも構いませんが、現実的にそうはできない。社会実装を考えれば、このやり方がベター」と奥田准教授は語る。



“一般的ではない”運転を行なう人のデータも収集

→ 研究室が保有するシミュレーター。「週に3日間、終日作業し1カ月間で一気に50名以上の走行データを取得したこともあります」という。数学的モデルを構築する、と言葉で表現するのはたやすいが、それには地道なデータ収集が必須である。また名古屋大学では他にマルチプレイヤー参加型シミュレーターも保有しており、様々な検証に活用している。

自転車と自動車の事故を防ぐための研究

→ 道路利用者のひとつとして、自転車のモデルも構築している。写真はこの作業に使う自転車シミュレーターだ。周囲の大型ディスプレイに様々な交通環境が映し出され、その状況に出会った自転車を漕ぐ人が、どのように行動するかデータを集める。一般のサイクルトレーナーを活用して、坂道ではペダルが重くなる制御も可能だという。



モビリティシステムグループは、未来社会において不可欠となる「知能化機械と人間の共生」を念頭に置き、システム制御工学の視点からモビリティ系における重要課題の解決に取り組んでいる。研究テーマは多岐にわたり、交通弱者の判断・運動モデル構築とそのシミュレーション、歩車共存空間で生きるパーソナルモビリティの知能化と実装といった「人とモビリティの共存」に関する研究テーマから、4輪独立EVの先端高度運動制御に関する分野まで実に幅広い。その中でも奥田准教授が手掛けているのは、人間の判断や動作を数理モデル化し、自動走行する機械が「周囲の人々がどのよ

うに動くか」を判断の材料に活用できるようにする、というものだ。

「私が主に担当しているのは、人間の行動モデルです。一般的には、相手の動きを検知して、自分＝モビリティはこうしよう、と決めるのが自動運転のオーソドックスな手法ですが、自分がこう動いたら相手がどんな反応をするのかを予測し、それを制御に活かすことができないか、そのために人がどう動くかをモデル化してシステム改善に繋げることを考えています」

人間の行動モデルを作るために、シミュレーターを使ってなるべく多くの被験者から運転データを取得している。人によって運転にバラ

ツキがあり、普通ならまずしないような運転をする人もなかにはいるという。

「それこそが貴重なデータです。平均的ではない運転をする人ほど、事故の危険率は高くなりますから。時間はかかりますが多様なデータを収集するようにしています」

最近ではAIやディープラーニングも多様されるようになってきているが、AIに頼り切ってしまうと、どうしても平均的なモデルになってしまうという。

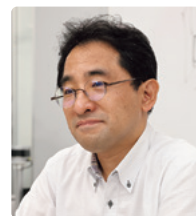
「手作業で行動モデルのパラメーターを調整することも大切です。AIも併用して、最適な運用方法を探っていくことが重要だと思いますね」

[TMI]

名古屋大学 卓越大学院プログラム

ライフスタイル革命のための超学際移動イノベーション人材養成学位プログラム

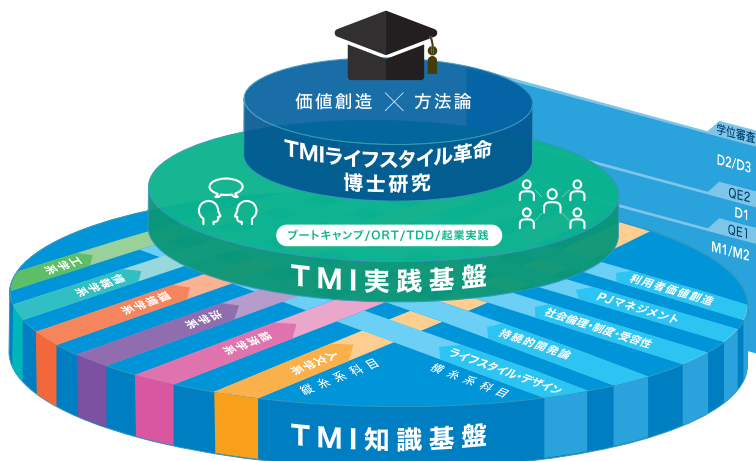
5年一貫の博士課程を通じて異分野を共に学び
「移動」の社会的価値を高めることに取り組む人材を育成



河口信夫 教授
博士(工学)

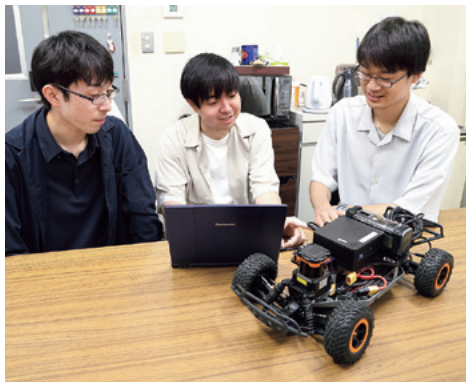
3階層のカリキュラムでイノベーション実現を狙う

→ 第1階層では、専門分野を学ぶ縦系科目に加えて、異分野を繋ぐための横系科目を学ぶ。第2階層では、超学際協働力を涵養するブートキャンプ、自治体などで行なう調査研究(ORT)、企業メンターとのテストベッド協働設計・開発(TDD)、ベンチャー設立を企画・実践する起業実践で構成。第3階層では、超学際協働に基づくライフスタイル革命における価値創造と方法論に着目した博士論文研究を実施する。



研究成果を実現化する環境も用意

↑トヨタの超小型BEV[C+pod]をベースに、TMI履修生が自動運転仕様を制作。設計から関わることで研究開発における様々な要素の重要性を確認するだけでなく、そのテストを行なうテストベッドも用意。学内や企業・地域に小型モビリティによるサービス実証のための環境を構築している。



海外での研究活動も積極的にサポート

→ 2023年にロンドンで開催された1/10サイズのミニカーによる自動運転レース大会「F1 TENTH」に、94ページで紹介した奥田研究室に所属するTMI履修生が参加し好成績を収めた。TMIは有意義な挑戦に対してなら、資金の支援も惜しまない。

集中して論議することで実践力を強化

→ 合宿形式で開催されるブートキャンプで緊密なチーム型連携による超学際協働力を育てる。2023年は「モビリティを取り巻く社会課題を解決するソリューションを考え、ベンチャー起業、企業売込みや自治体への提案実施」をテーマとしてディスカッション。「優れたアイデアはビジネスプランコンテストに出せるレベルにあります」と河口教授は笑顔を見せた。



近年、移動をめぐる社会課題は複雑化し、人々の価値基準は多様化している。こうした社会環境下で移動のライフスタイル革命を牽引するには、異分野協働により多様な価値を創造したうえで、それを実現する技術・方法論を構築し、それを社会に橋渡しする……、そんな能力を備えた人材が必要となる。

そこで名古屋大学に設置されたのが、「卓越大学院プログラム ライフスタイル革命のための超学際移動イノベーション人材養成学位プログラム：TMI (Transdisciplinary Mobility Innovation)」だ。卓越大学院プログラムとは文部科学省が2018年から推進している大学院教育

改革の取り組みで、国際競争力を向上させるため組織的・体系的な教育を行なう大学院を選抜、支援するというもの。名古屋大学のTMIは理系だけではなく文系も含めた異なる専門分野を学ぶ学生を対象とし、博士号取得を前提とした5年一貫の大学院での研究をサポート。希望者の中から選考され、合格した学生のみが履修でき、工学のみならず人文学、法学、経済学、情報学、環境学を専攻する学生が在籍している。将来の自動運転実用化に向けて、技術的な進展にとどまらず、法制度や経済・文化・社会がどのように変化していくのかを総合的に議論できる場となっている。

自らの研究室を持ちつつ、TMIプログラムコーディネーターを務める河口教授は、TMI履修生の卒業についてこう語る。

「自身の専門に重きをおいた論文を書く学生もいますが、ここで学んだ『移動』と関連付けて欲しい、とはリクエストします。異分野協働やメンター企業との共同研究が知的好奇心を掻き立てるのか、面白い論文を書いたり、起業する学生が育っています」

課題を見つけ、斬新な発想をして、さらに課題解決に向けた技術開発や理論構築を行なってビジネスプランを立案できる、そんな人材を育てるのが名古屋大学のTMIだ。