

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# アイオワ大学との共同研究

従来の車両運動シミュレーションと同等の計算精度を担保したうえで、より小さな計算コストで曲線通過時の車両運動を評価可能な手法を開発するために、アメリカのアイオワ大学と共同研究を行っています。共同研究を推進するため、アイオワ大学へ客員研究員として出向し、汎用性の高い、曲線通過時の車両運動計算アルゴリズムの開発を目指しています。ここでは、アイオワ大学や出向先研究室の概要、共同研究内容とその進捗に関して、ならびにアイオワでの生活について紹介します。



**田中 隆之**  
 Takayuki Tanaka  
 アイオワ大学出向  
 (前 鉄道力学研究部  
 車両力学研究室  
 副主任研究員)  
 【専門分野】車両運動力学、走行安全性

## はじめに

2017年10月から2020年3月までの予定で、アメリカのアイオワ大学工学部機械工学科機械システムの杉山准教授の研究室と共同研究を行っています。筆者は、2017年10月から2019年9月までの2年間の予定で同地に客員研究員として出向中です。ここでは、出向先であるアイオワ大学と研究室の概要、研究内容とこれまでに得られた成果について、ならびに現地の生活について紹介します。

## アイオワ大学の概要

アイオワ大学はアメリカ中西部地方

のアイオワ州アイオワシティに所在します(図1)。最寄りの有名な大都市はイリノイ州シカゴで、アイオワシティはシカゴから西に350kmほどの所にあります。1846年にアイオワ州が合衆国に組み込まれた際には、アイオワシティがアイオワ州の州都でしたが、「州都としては端に寄りすぎている」という理由で、10年足らずで現在の州都であるデモインへと移されました。今でも当時の州会議事堂の建物は大学のランドマークとしてキャンパス内に建っています。現在のアイオワシティはアイオワ大学を中心とした大学街となっています。近隣都市を合わせ

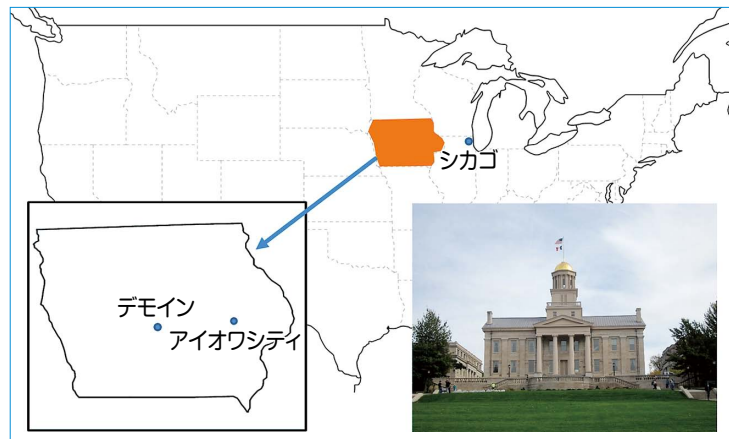


図1 大学所在地と大学のランドマークである旧州会議事堂

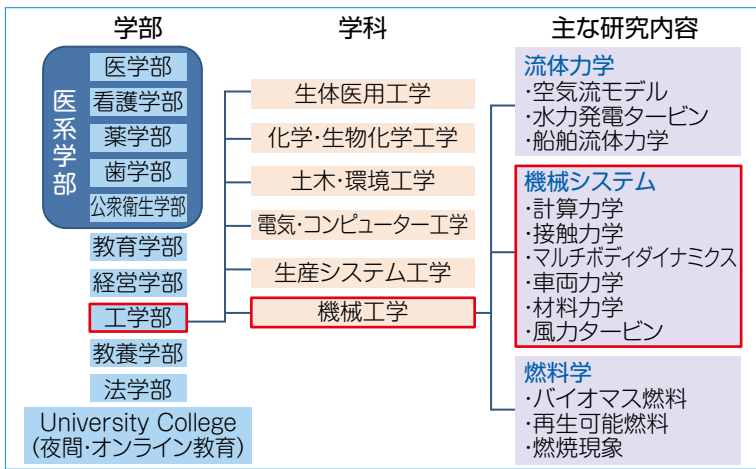


図2 アイオワ大学の組織図

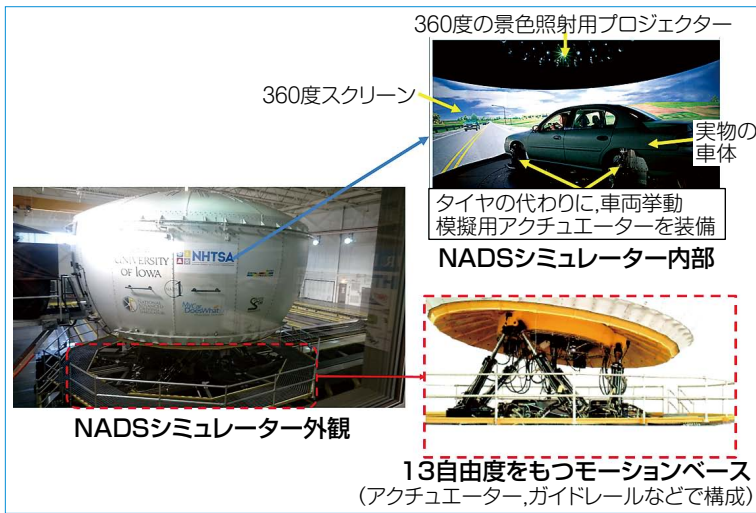


図3 NADSドライビングシミュレーター<sup>1)</sup>

て10万人ほどの人口の多くが、大学の学生やスタッフとなっています。

アイオワ大学は1847年に設立された州立の総合大学です。学生数はおおよそ3万5千人で、うち6千人ほどが大学院課程に在籍しています。また、学生のうちの3割程度は世界各国からの留学生が占め、国際色豊かなキャンパスとなっています。また、教授、事務職員を含めたスタッフの数は約2万5千人であり、学生一人当たりのスタッフの比率が全米の大学でもトップクラスに高く、学生への手厚い指導・サポート体制がこの大学の一つの売りになっています。キャンパスは大きく分けて、アイオワシティ内のメインキャンパスと、隣町のコーラルビルにある実験施設用キャンパスがあり、その広さは約760万km<sup>2</sup>に達します。日本で最も広い北

海道大学の札幌キャンパスが約177万km<sup>2</sup>なので、その広さがうかがえます。キャンパス内にはアメフトスタジアム、ゴルフ場、大学自前の火力発電所など、広大なアメリカの大学ならではのユニークな施設も沢山あります。

### 大学組織概要と工学部の研究

アイオワ大学の組織図を図2に示します。本大学は11個の学部から成ります。本学の工学分野で著名な研究内容として、船舶流体力学に関連した水理科学工学に関することと、マルチボディ

#### マルチボディダイナミクス

部品間の相対的な動きや作用力を解くことで、複数の部品からなる構造体や機械の運動・制御を扱う力学解析手法。1960年代に考案され、コンピューター技術の発達とともに成長を遂げ、近年ではロボットや産業機械など、さまざまな複雑なシステムの運動解析に応用されています。

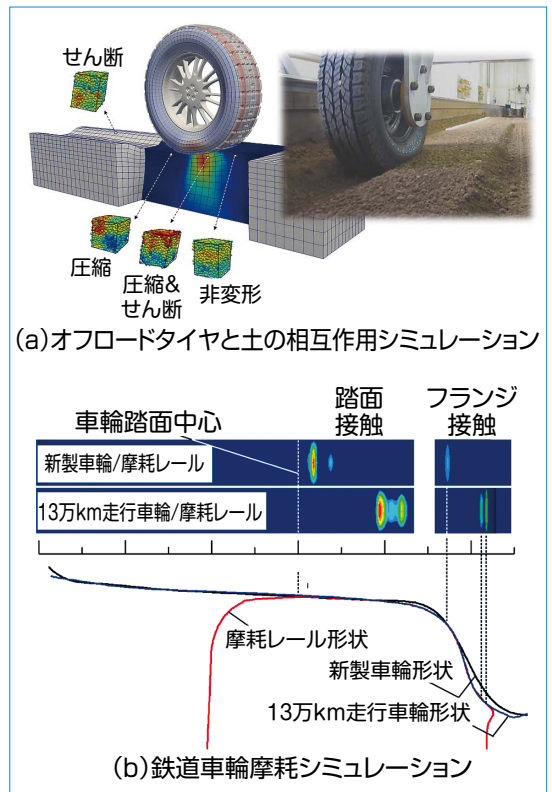


図4 杉山研究室での研究

ダイナミクス (MBD) (☞参照) に関するシミュレーション技術の二つがあげられます。後者に関しては、過去に在籍していたHaug教授がMBD解析のための汎用シミュレーションソフトであるDADSを開発して以来、この分野における研究の一大拠点となっています。また、これを応用して、世界最大規模の自動車用ドライビングシミュレーターNADS(図3)が開発され、自動運転技術やヒューマンファクターなど、多様な研究に応用されています。

鉄道総研の共同研究先である、杉山准教授の研究室は、工学部機械工学科機械システムに属します。この研究室では、自動車と鉄道分野において、多様な接触問題への対応や、新しい計算手法の導入など、従来のMBDシミュレーション技術の革新を目指した研究

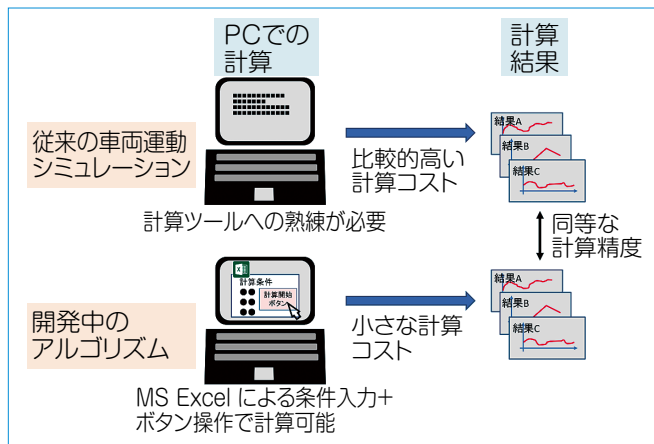


図5 開発アルゴリズムの概念図

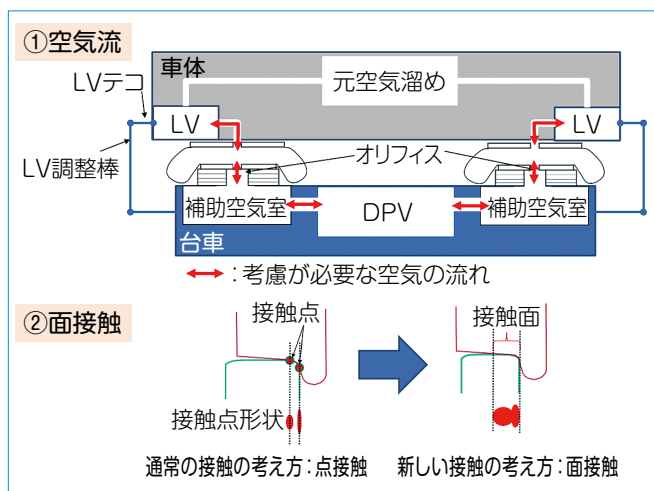


図6 開発アルゴリズムで取り扱い可能にする事柄

に力を入れています。最近の主な研究内容としては、タイヤと土との相互作用を考慮した自動車の運動力学解析<sup>2)</sup>や、車両の曲線通過時の車輪の摩耗進展予測の研究<sup>3)</sup>などがあげられます(図4)。

### 共同研究

本共同研究では、曲線通過中に車輪とレールとの間に作用する力をはじめとした、車両運動を考えるうえで重要なパラメータを見積もり可能な計算アルゴリズムの開発を目指しています。このアルゴリズムの特徴は、熟練していないユーザーにも使用可能、かつ小さな計算コストで従来の車両運動シミュレーションと同等な結果が得られるというところにあります(図5)。さ

る2次サスペンションとしての空気ばね動作の考慮、ならびに摩耗した車輪/レール間で発生することが予想される面(コンフォーマル)接触状態への対応を目指しています(図6)。このような新しいアルゴリズムを作り上げるためには、多様で、先端的なシミュレーション技術の援用が不可欠です。

本課題を効率的に解決していくため、2017年10月より杉山研究室との共同研究を開始しました。

これまでに得られた結果の一例として、空気ばねの動作履歴を考慮した開発アルゴリズムによる計算結果例を図7に示します。開発アルゴリズムでは、車両が曲線を通過中に発生する、振動的な動的挙動を考慮しないこと

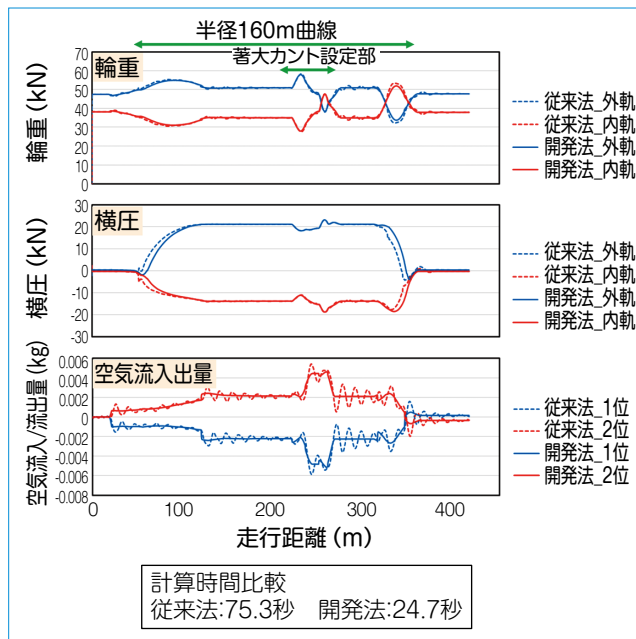


図7 開発アルゴリズムでの計算結果例

らに、多様な条件に対応した汎用性の高いツールとすることを目標としています。とくに、弁の動作履歴に大きな影響を受けます。図7に示す例では、従来の計算時間の3分の1程度となっています。また、本アルゴリズムの特性上、従来のシミュレーションによる計算結果に比べ、ややなまった波形となりますが、曲線通過の車両運動に関して重要な輪重 (= 車輪がレールを鉛直方向に押す力) や横圧 (= 車輪がレールを横方向に押す力) などがよく再現されていることがわかります。現在、本アルゴリズムのさらなる計算コスト低減、精度向上、ならびに汎用性向上を目指すべく、研究を進めています。

本アルゴリズムは、将来的には、走行試験を補完するための検討として、曲線通過時の輪重や横圧などを推定し、車両の曲線通過性能を見積もるためのハンディなツールとしての用途や、計算コストの小さい車輪の摩耗進展予測のために使用されることを見据えています。

また、研究活動に付帯して、アメリカでの鉄道研究や事業の現状について情報収集するために、2018年9月に行われたアメリカ鉄道工学&保線協会 (AREMA) 会議へ参加しました。さ



動態保存されている車両

昔の駅のモックアップ

図8 アイオワ州Boone鉄道博物館の展示

らに今後、2019年夏季のアメリカ機械学会への参加と、研究成果の発表を予定しています。

### アメリカの鉄道事情

アメリカの西部開拓を支えた何本もの大陸横断鉄道に代表されるように、過去、アメリカ国内では網の目のように都市間旅客鉄道が運行されていました。しかしながら、1950年代から始まった高速道路網の整備を端緒としたモータリゼーションの進展により、旅客鉄道は衰退の一途をたどりました。アイオワ州もその例外ではなく、現在旅客鉄道として州内を走行するものは、Amtrakにより運行されるカリフォルニアゼファー号(☞参照)のみとなりました。一方で、貨物列車については、依然としてアイオワシティ周辺でも多く運行されており、特産物のトウモロコシやバイオエタノール輸送を担っています。

旅客鉄道が栄えていた<sup>1)</sup>ころを偲び、旧駅舎などの設備を活用した鉄道博物館が地元有志により設立され、さまざまな場所に点在しています。筆者も時間をみつけてこれらの場所に見学に出かけています(図8)。

#### ☞ カリフォルニアゼファー号

アメリカ全域の鉄道旅客輸送を担う全米鉄道旅客公社 (Amtrak) により運行される長距離列車。中西部のシカゴから西海岸のカリフォルニアまでの約 4000km を 51 時間半かけて結んでいます。アイオワシティの南 30km ほどにある、マウントプレザント駅に停車します。

また、アメリカでは年間60件程度の脱線事故が発生しています。とくに近年では、気候変動にともない、異常熱波によるレール曲がりや、豪雨による地盤軟化に起因する脱線が増加しています。今年に入り、後者が原因と考えられる脱線がアイオワ州だけで、2件発生しました。こういった事例をできるだけたくさん収集し、今後、日本での脱線対策を考える際に活用できればと考えています。

### アイオワシティでの生活

アメリカの都市部はとかく治安が悪い印象を受けますが、ここアイオワシティは大学街であり、大変治安が良好です。また、留学生が多いことで、外国人に対する理解もあり、生活は快適です。また若者が多いということで、街には大変活気があり、さまざまなイベントが開催されています。筆者もこれまでに、市のマラソン大会やジャズフェスティバル、ハロウィーン祭りなどに参加してきました。

市域周辺は広大な平野であり、土地を広く使った街作りがなされています。そのため、最寄りのスーパーなども歩

いて行ける距離にはなく、公共交通も便が悪いため、生活していく際には自動車が必要となります。市域より外に出ると、見渡す限りのトウモロコシ畑が広がっており、アメリカならではの景色を味わうことができます。

一方で、緯度は旭川市と同じくらいですが、内陸性気候のために冬は大変に冷え込みます。昨冬は氷点下30℃に達する日があり、少し外に出ただけでまつげが凍るほどでした。また、季節の変わり目には積乱雲が発達することが多く、周囲に遮るものがないために強い風が吹き荒れる日があり、しばしば竜巻も発生します。

このように日本と比べて良い面悪い面はありますが、ここでしかできない体験がたくさんあり、日々、新たな発見を楽しんでいます。

### おわりに

海外の大学との共同研究では、多くの新しい知見を見いだすことができ、研究のブレークスルーを行う上で大変有意義であると感じています。

今回得られた海外とのコネクションや知見を大事にして、今後も国内外にアピールできるような研究活動に取り組んでゆきたいと思います。RRR

### 文献

- 1) The University of Iowa : The NADS Annual Report 2017
- 2) H.Yamashita et.al. : Computer Implementation of Hierarchical FE-DE Multiscale Approach for Modeling Deformable Soil in Multibody Dynamics Simulation, Proceedings of IDETC/CIE 2018, 2018
- 3) C.Feldmeier et.al. : Prediction of the wheel profile wear using railroad vehicle dynamics simulation : Comparison of simulation and test results, Proceedings of IMECE, Part K : Journal of Multibody Dynamics, Vol.232, No.2, pp.224-236, 2018