

ミラノ工科大学との共同研究



松岡 弘大

Kodai Matsuoka

情報通信技術研究部
情報解析研究室
主任研究員

はじめに

ミラノ工科大学はイタリアにおける工学系トップの大学であり、中でも機械工学部(図1)は鉄道車両や橋りょう、およびこれらが互いに影響しあう動的相互作用問題¹⁾に関して世界的に高い技術を有しています。イタリアは高速鉄

道を運用する地震国でもあり、日本の鉄道技術との共通点も多く存在します。このような背景のもと、橋りょうを中心として軌道や車両との動的挙動を扱う構造力学研究室では、2014年から表1に示す計3度の共同研究をミラノ工科大学機械工学科と断続的に実施してきました。



図1 ミラノ工科大学機械工学部オフィス

動的相互作用

列車が橋りょう上を走行した際に生じる橋りょうの振動は、走行する車両にも影響します。この影響を受けて生じる車両の振動はまた橋りょうの振動に影響を及ぼします。このように振動する二つの物体が相互に影響しあう効果を動的相互作用とよびます。

DIASTARS

鉄道総研において開発された新幹線車両と線路構造物との動的相互作用解析プログラム Dynamic Interaction Analysis for Shinkansen Train And Railway Structures (DIASTARS) であり、車両と構造物の動的相互作用について脱線後までを含めて詳細な検討を行うことができます。

表1 鉄道総研とミラノ工科大学のこれまでの共同研究

共同研究タイトル	期間	ミラノ工科大学への研究者派遣	鉄道総研への研究者派遣
長大鉄道橋の車両、軌道、構造物の動的相互作用に関する研究	2014年4月～2016年3月	2名	
車上計測による橋梁診断手法に関する研究	2018年5月～2020年3月		1名
車上計測データからの橋梁振動成分の推定手法に関する研究	2021年10月～2023年3月		1名

橋りょうと車両の動的相互作用の解明

構造力学研究室では、これまでに橋りょうと車両の動的相互作用を考慮した解析プログラム **DIASTARS**® を独自に開発してきました¹⁾。一方、ミラノ工科大学でも、同種の解析プログラム ADTres を開発していました。特に脱線まで考慮可能な解析プログラムは当時、世界でも数えるほどしかなく、最初の共同研究はこれらの

解析プログラムの検証、および橋りょうと車両の動的相互作用の解明が目的でした。詳細な検討を効率的に進めるため、筆者を含む構造力学研究室の研究者2名がそれぞれ約1年ずつミラノ工科大学に滞在し、モデル化手法や計算時間、計算精度を比較検証しました。さらに **図2** に示すようにイタリア国内における高速鉄道橋での最速374km/hでの走行試験にも参加

図2 解析プログラムDIASTARSによるイタリア国内橋りょうの加速度評価

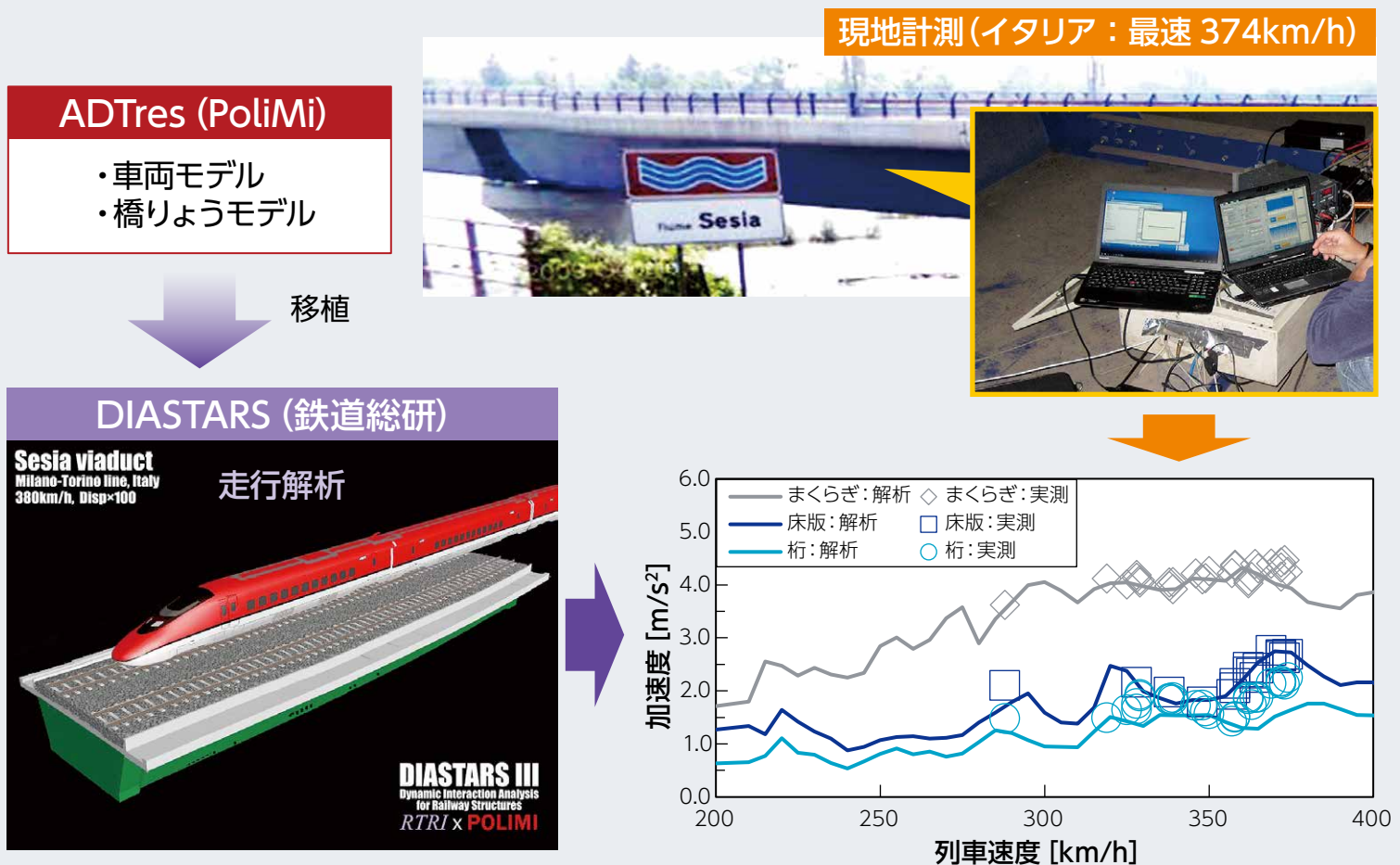




図4 2018年にミラノ工科大学で開催した共同セミナーの様子

開発を進めました。得られた成果はその後の検討も含め図3に示す先頭および最後尾車両の車上計測データを用いた共振^④が生じる橋りょうの抽出手法として論文誌に掲載され⁴⁾、日本国

内の一部の高速鉄道路線でも活用されています(図3下部)⁵⁾。また、2018年10月にはミラノ工科大学にて共同セミナー(図4)を開催したほか、2019年10月に開催された第12回世界鉄道研究

④ 共振

ブランコは吊り材の長さにより揺れやすい固有の振動数が存在します。この固有振動数に合わせて、ブランコに乗る人の背中を押すと、揺れが増幅してさらに大きく揺れるようになります。橋りょうも同様で、その曲げ剛性と質量により揺れやすい固有の振動数が存在し、列車を構成する車軸がこの固有振動数に合わせて橋りょうを加振すると、応答が増幅していきます。このような現象を共振と呼びます。



図5 WCRR 2019におけるCollina教授のオーガナイズドセッションの様子
(右端：Collina教授，左端：筆者)

会議（WCRR 2019）では、共同研究の担当者であるミラノ工科大学のCollina教授が本共同研究を主なテーマとしたオーガナイズドセッション（図5）の座長を務め、筆者も発表者として、共同研究の成果を広く公表しています。

3度目の共同研究はコロナ禍の影響を色濃く受けましたが、2022年7月にはミラノ工科大学のBernardini氏がコロナ禍以降最初の海外研究者として来日し、鉄道総研にて車両上の複数センサの分析手法および最適配置について半年間にわたり共同研究を推進しました（図6）。本共同研究は2023年3月に終了しましたが、現在も得られた成果の国際ジャーナルへの公表⁶⁾、次の共同研究への準備を進めており、引き続き

これまで培った信頼と協力体制を、革新的な技術の創出につなげていきたいと考えています。

おわりに

紙面の都合上詳細は割愛しましたが、国際共同研究においては実施内容や技術レベル、役割分担などのフレームワーキングもさることながら、文化や慣例が大きく異なる両機関の担当者間でいかに信頼関係を構築できるかが重要であると感じています。このような観点から、研究者派遣は研究開発体制の構築において重要な役割を担っています。また、本共同研究の成果創出に関しては3度の共同研究を一貫して担当したミラノ工科大学のCollina教授の高い指導能



図6 ミラノ工科大学Bernardini氏の鉄道総研成果報告会

力と優れた人間性のおかげでもあります。さらに、本共同研究の成果を海外で広く公表してきたことで、現在では欧州各国の主要大学との人的ネットワークも形成されつつあります。今後

も世界の鉄道技術をリードすべく、国際的な共同研究を積極的に実施していきたいと思います。

RRR

文 献

- 1) Tanabe, M., Sogabe, M., Wakui, H., Matsumoto, N. and Tanabe, Y.: Exact Time Integration for Dynamic Interaction of High-Speed Train and Railway Structure Including Derailment During an Earthquake, *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics*, Vol.11, No.3, PaperID.031004, 2016
- 2) 松岡弘大, Andrea COLLINA, 曾我部正道, 渡辺勉: 欧州高速鉄道における合成箱桁橋床版部材の高次共振挙動と加速度評価, *土木学会論文集A1*, Vol.74, No.1, pp.125-144, 2018
- 3) Matsuoka, K., Collina, A., Somaschini, C. and Sogabe, M.: Influence of local deck vibrations on the evaluation of the maximum acceleration of a steel-concrete composite bridge for a high-speed railway, *Engineering Structures*, Vol.200, No.109736, 2019
- 4) Matsuoka, K., Tanaka, H., Kawasaki, K., Somaschini, C. and Collina, A.: Drive-by methodology to identify resonant bridges using track irregularity measured by high-speed trains, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol.158, No.107667, 2021
- 5) 松岡弘大, 川崎恭平, 田中博文, 常本瑞樹: 高速鉄道車両の車体上下加速度を利用した車上からの共振橋梁の検知手法, *土木学会論文集A1*, Vol.77, No.1, pp.146-164, 2021
- 6) Bernardini, L., Matsuoka, K. and Collina, A.: Indirect frequency estimation by time-shifted accelerations subtraction: generalization of the methodology and numerical application on a Warren truss bridge, *Journal of Sound and Vibration*, PaperID.118491, 2024 (Journal Pre-proof).