



專攻学科
年月
略歴

[illegible]

東京大学工学部土木工学科卒業
東京大学大学院工学系研究科修士課程修了
カナダ・ウォータールー大学博士課程修了
Ph.D.
カナダ・ウォータールー大学博士研究員
東京大学地震研究所助手
筑波大学構造工学系助手
筑波大学構造工学系講師
東京大学工学部助教
東京大学工学部教授
文部科学省科学官（平成一六年三月まで）
東京大学大学院工学系研究科教授（平成二二年三月まで）
日本学術振興会学術システム研究センター主任研究員（平成二三年三月まで）
東京大学大学院工学系研究科特任教授（平成二六年三月まで）
東京大学名誉教授
内閣府政策参与（平成二六年四月まで）
横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター教授
内閣府プログラムディレクター（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（平成三一年三月まで）
横浜国立大学先端科学高等研究院上席特別教授（現在に至る）

Ph.D. 藤野陽三氏の「長大な構造物の振動現象の解明と制御」に対する授賞

審査要旨

我国では、世界最長の構造物である明石海峡大橋のほか、一九八〇年代から長大な構造物の本格的な建設が始まり、一方、中国をはじめ世界各地では現在も多数が構築されている。これらは柔構造であるがために強風や地震などによる揺振動が安全性を支配し、その現象の解明と制御が鍵となる。藤野陽三氏は長大な構造物における様々な未知未聞の特殊な振動現象を発見し解明するとともに、その制御に関する一連の先導的研究を世界に先駆けて遂行してきた。そして「構造制御学」という分野を確立し、その進展にむけての指導的役割を内外において果たしてきている。

長大な構造物では想定外の振動が発生することがある。その一つがロンドン・テムズ河に架かるミレニアムブリッジの異状な揺動振動である。二〇〇〇年六月一〇日の開通式の直後、多数の歩行者が渡り始めると同時に、大きな横振動が発生した。直ちに橋は閉鎖され、その懸念が世界中で大きく報道されたが、振り返ればこの異

様な横揺れ振動は、すでに一〇年余り前、藤野氏によって解明されていたものであった。

きっかけは、一九八八年に完成した埼玉県戸田公園にある人道橋の異状揺動であった。この橋で当時多数の歩行者の通過に伴い周期がおよそ二秒の異状な揺動が発生したのである。それは物理的には通常想定できない、またかつて経験したことのない奇怪な現象であった。これを解明するべく、同氏は、まず上空からのビデオ画像を分析し、多数の歩行者の歩行軌跡をデジタル化した。そして画像からの振動分析という新規の手法を駆使して、詳細な検討を行った。その結果、微細な刺激であつてもそれが多数集まると徐々に橋桁の大きな横たわみ振動に成長していく過程を明らかにした。このように微小振動の集積により励発され成長する未知の振動を見出し、それに至る現象を発見解明し、さらに発生機構モデルを提案したことは画期的業績といえる。

同氏はこの異状振動の発見者として、また振動制御の専門家として英国の調査委員会に招聘され特別委員に就任した。ミレニアムブリッジは同氏の助言と勧告をうけ、最新の構造制御技術を駆使して一年半後に再開されるに至った。

以上の現象は、劇場等で見られる大喝采の拍手が自然に同期して

いく現象にも共通していること等から数理科学の分野でも高い関心と呼び、その後の数多くの研究の発端となった。その成果は *Nature* や *Physical Review* などでも発表され、藤野氏の萌芽性の高い研究が引用されている。また SYMC (S. Strogatz, Penguin, 2004) という数理科学の本の一節にも記述され、この分野で広く読まれている *Bridges* (D. Blockley, Oxford University Press, 2010) や『非線形科学—同期する世界—』(蔵本由紀著、集英社新書、二〇〇七年) などの内外の学術書においても詳述され、この振動の発見者としての名声が定着している。

同氏の業績は、長大な構造物に実際に発生した様々な振動現象を対象として研究が展開されているところに大きな特徴と意義がある。白鳥大橋(吊橋、室蘭市)では橋に作用する微小な自励空気を求めることに世界で初めて成功した。これは、四〇個もの三方向加速度センサーによる連続振動計測を実施し、新たに開発した独自の逆解析手法を開発したことによる。横浜ベイブリッジにおいては一九八九年以来、世界に例を見ない三六個の地震計を用いた高密度な地震応答計測を行い、中小地震による応答記録の分析から設計では想定していない危険な揺れのモードが存在することを発見した。この知見に基づき、耐震補強法として破壊モードを制御するフェイルセーフ構造の必要性を指摘し、その採用実施に尽力した。観測結

果からの発見を実務に生かした例として同氏の貢献は世界的に広く知られ、高く評価されている。

一九八〇年代半ばから始まる、長大な構造物の振動を制御するための藤野氏の一連の研究も国際的に極めて高い評価を得ている。容器内の液体動揺を利用した同調液体ダンパー Tuned Liquid Damper (藤野氏が命名) では流体力学モデルに加え、等価線形化モデルを提案し、同調質量ダンパー、マルチプル同調質量ダンパーそしてケーブルダンパーでは摂動法を巧みに利用し、独自の新しい設計式を導いた。これらは現在、広く国内外の実務の設計に生かされている。また積層ゴム支承に関しても、ゴムの要素試験による特性を反映した三次元統一構成モデルの構築に世界で初めて成功している。

更に、藤野氏はこの二〇年、振動計測技術をベースにレーザや画像などの非接触計測やその信号処理技術の研究を進め、供用中構造物の異状、損傷、劣化を確実に検出できる性能把握技術の確立に大きく貢献してきている。インフラストラクチャが老朽化する中、今後社会的課題となるのはその維持管理であるが、これを指向して、同氏は設計・建設を主体とする従来の構造工学に新しい分野を加えたと言える。同氏は、現在、世界的な潮流となっている構造ヘルスマニタリングの研究の牽引者としても認められ、欧米二研究者とともに刊行した *Encyclopedia of Structural Health Monitoring* (Wiley,

2009)は幅広く世界で読まれている。

構造工学という伝統的な分野を刷新し、新しく「構造制御学」を学問として確立させたのが藤野氏の最大の業績である。同氏は数多くの英文著書、国際誌論文を著し、国際構造制御学会の設立を主導し、自らも会長を務めた。二〇〇八年からは、世界中の博士課程学生を対象に三週間におよぶ国際先進構造工学サマースクールを世界の仲間と主宰するなど、若手の育成にも熱心である。国内では土木学会論文賞、国際貢献賞をはじめ、紫綬褒章、第八五回報公賞を、国際的にも米国土木学会論文賞、R. H. Scanlan Medal、G. Winter Medal、国際構造工学論文賞ほか著名な賞を多数受けている。また、多くの海外橋梁プロジェクトのアドバイザーとしても活躍している。そして、二〇一四年五月から約五年間にわたり内閣府主導の国家プロジェクトSIPのプログラムディレクターを努め、その後もインフラ維持管理の高度化に向けた学術の確立と社会への普及に向けて鋭意邁進の努力をしている。

主要な著書・論文の目録

著書 (英文のみ)

- 1) Fujino, Y., Kimura, K. and Tanaka, H. (2012) *Wind Resistant Design of Bridges in Japan—Developments and Practices*, Springer, Tokyo.
- 2) Bolter, C., Chang, F.-K. and Fujino, Y. (2009) *Encyclopedia of Structural*

Health Monitoring, Vols. 1–5, Wiley, Chichester.

- 3) Fujino, Y. and Noguchi, T. (2009) *Stock Management for Sustainable Urban Regeneration*, Springer, Tokyo.
- 4) Ito, M., Fujino, Y., Miyata, T. and Naria, N. (1992) *Cable-stayed Bridges: Recent Developments and their Future*, Elsevier, Science Publishers, Amsterdam.

ジャーナル論文

- 1) Fujino, Y. (2018) Vibration-based monitoring for performance evaluation of flexible civil structures in Japan, *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, Vol. 94, No. 2, pp. 98–128.
- 2) Fujino, Y. and Stringingo, D. M. (2016) A conceptual review of pedestrian-induced lateral vibration and crowd synchronization problem on footbridges, *Journal of Bridge Engineering*, Vol. 21, No. 8, C4015001.
- 3) Fujino, Y., Stringingo, D. M. and Abe, M. (2016) Japan's experience on long-span bridges monitoring, *Structural Monitoring and Maintenance*, Vol. 3, No. 3, pp. 233–257.
- 4) Abe, M., Shinamura, M. and Fujino, Y. (2014) Risk management and monitoring of Japanese railway bridges, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Forensic Engineering*, Vol. 167, No. 2, pp. 88–98.
- 5) Fujino, Y. and Stringingo, D. M. (2013) Vibration mechanisms and controls of long-span bridges: A review, *Structural Engineering International*, Vol. 23, No. 3, pp. 248–268.
- 6) Fujino, Y. and Stringingo, D. M. (2011) Bridge monitoring in Japan: the needs and strategies, *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol. 7, Nos. 7–8, pp. 597–611.
- 7) Fujino, Y., Stringingo, D. M. and Abe, M. (2009) The needs for advanced sensor technologies in risk assessment of civil infrastructures, *Smart Structures and Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 173–191.

- 8) Fujino, Y. (2002) Vibration, control and monitoring of long-span bridges—recent research, developments and practice in Japan, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 58, No. 1, pp. 71–97.
- 9) Yamaguchi, H. and Fujino, Y. (1998) Stayed cable dynamics and its vibration control, in *Bridge aerodynamics: Proceedings of the International Symposium on Advances in Bridge Aerodynamics, Copenhagen, Denmark, 10–13 May 1998* (Eds. Larsen, A. and Esdahl, S.), Balkema, Rotterdam, pp. 235–254.

学術論文 長大構造物の振動現象と制御

- 1) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2018) Seismic response of a suspension bridge: Insights from long-term full-scale seismic monitoring system, *Structural Control and Health Monitoring*, Vol. 25, No. 11, e2252.
- 2) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2017) Wind-induced responses and dynamics characteristics of an asymmetrical base-isolated building observed during typhoons, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 167, pp. 183–197.
- 3) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2015) Seismic response analyses of an asymmetric base-isolated building during the 2011 Great East Japan (Tohoku) Earthquake, *Structural Control and Health Monitoring*, Vol. 22, No. 1, pp. 71–90.
- 4) Siringoringo, D. M., Fujino, Y. and Namikawa, K. (2014) Seismic response analyses of the Yokohama Bay cable-stayed bridge in the 2011 Great East Japan Earthquake, *Journal of Bridge Engineering*, Vol. 19, No. 8, A4014006.
- 5) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2012) Observed along-wind vibration of a suspension bridge tower, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 103, pp. 107–121.
- 6) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2008) System identification of suspension

bridge from ambient vibration response, *Engineering Structures*, Vol. 30, No. 2, pp. 462–477.

- 7) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2006) Observed dynamic performance of the Yokohama-Bay Bridge from system identification using seismic records, *Structural Control and Health Monitoring*, Vol. 13, No. 1, pp. 226–244.
- 8) Nagayama, T., Abe, M., Fujino, Y. and Ikeda K. (2005) Structural identification of a nonproportionally damped system and its application to a full-scale suspension bridge, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 131, No. 10, pp. 1536–1545.
- 9) Fujino, Y. and Yoshida, Y. (2002) Wind-induced vibration and control of Trans-Tokyo Bay Crossing Bridge, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 128, No. 8, pp. 1012–1025.
- 10) Fujino, Y., Pacheco, B. M., Nakamura, S. and Warnitchai, P. (1993) Synchronization of human walking observed during lateral vibration of a congested pedestrian bridge, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, No. 9, pp. 741–758.

振動理論・構造物振動

- 1) Fujino, Y. and Hoang, N. (2008) Design formulas for damping of a stay cable with a damper, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 134, No. 2, pp. 269–278.
- 2) Kanaji, H., Fujino, Y. and Watanabe, E. (2008) Performance-based seismic retrofit design of a long-span truss bridge—Minao bridge—using new control technologies, *Structural Engineering International*, Vol. 18, No. 3, pp. 271–276.
- 3) Hoang, N., Fujino, Y. and Warnitchai, P. (2008) Optimal tuned mass damper for seismic applications and practical design formulas, *Engineering Structures*, Vol. 30, No. 3, pp. 707–715.

- 4) Johnson, E. A., Baker, G. A., Spencer, B. F., Jr. and Fujino, Y. (2007) Semiactive damping of stay cables, *Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 133, No. 1, pp. 1–11.
- 5) Fujino, Y., Hashimoto, S. and Abe, M. (2005) Damage analysis of Hanshin expressway viaducts during 1995 Kobe earthquake. I: Residual inclination of reinforced concrete piers, *Journal of Bridge Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 45–53.
- 6) Fujino, Y., Hashimoto, S. and Abe, M. (2005) Damage analysis of Hanshin expressway viaducts during 1995 Kobe earthquake. II: Damage mode of single reinforced concrete piers, *Journal of Bridge Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 54–60.
- 7) Fujino, Y., Hashimoto, S. and Abe, M. (2005) Damage analysis of Hanshin expressway viaducts during 1995 Kobe earthquake. III: Three-span continuous girder bridges, *Journal of Bridge Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 61–68.
- 8) Abe, M., Yoshida J. and Fujino, Y. (2004) Multiaxial behaviors of laminated rubber bearings and their modeling. I: Experimental Study, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 130, No. 8, pp. 1119–1132.
- 9) Abe, M., Yoshida J. and Fujino, Y. (2004) Multiaxial behaviors of laminated rubber bearings and their modeling. II: Modeling, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 130, No. 8, pp. 1133–1144.
- 10) Zhu, P., Abe, M. and Fujino, Y. (2002) Modeling three-dimensional non-linear seismic performance of elevated bridges with emphasis on pounding of girders, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 31, No. 11, pp. 1891–1913.
- 11) Ertus, B., Abé, M. and Fujino, Y. (2002) Investigation of semi-active control for seismic protection of elevated highway bridges, *Engineering Structures*, Vol. 24, No. 3, pp. 281–293.
- 12) Chaudhary, M. T. A., Abé, M. and Fujino, Y. (2001) Performance evaluation of base-isolated Yama-agé bridge with high damping rubber bearings using recorded seismic data, *Engineering Structures*, Vol. 23, No. 8, pp. 902–910.
- 13) Chaudhary, M. T. A., Abé, M. and Fujino, Y. (2001) Identification of soil-structure interaction effect in base-isolated bridges from earthquake records, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 21, pp. 713–725.
- 14) Pinkew, T. and Fujino, Y. (2001) Effectiveness of semi-active tuned mass dampers under harmonic excitation, *Engineering Structures*, Vol. 23, No. 7, pp. 850–856.
- 15) Chaudhary, M. T. A., Abe, M., Fujino, Y. and Yoshida, J. (2000) System identification of two base-isolated bridges using seismic records, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 126, No. 10, pp. 1187–1195.
- 16) Wilde, K., Gardoni P. and Fujino, Y. (2000) Base isolation system with shape memory alloy device for elevated highway bridges, *Engineering Structures*, Vol. 22, No. 3, pp. 222–229.
- 17) Jankowski, R., Wilde, K. and Fujino Y. (2000) Reduction of pounding effects in elevated bridges during earthquakes, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 29, No. 2, pp. 195–212.
- 18) Jankowski, R., Wilde, K. and Fujino Y. (1998) Pounding of superstructure segments in isolated elevated bridge during earthquakes, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 27, No. 5, pp. 487–502.
- 19) Wamitchai, P., Fujino, Y. and Susumpow, T. (1995) A non-linear dynamic model for cables and its application to a cable-structure system, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 187, No. 4, pp. 695–712.
- 20) Abé, M. and Fujino, Y. (1994) Dynamic characterization of multiple tuned mass dampers and some design formulas, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 23, No. 8, pp. 813–835.
- 21) Fujino, Y., Wamitchai, P. and Pacheco, B. M. (1993) Active stiffness control of cable vibration, *Journal of Applied Mechanics*, Vol. 60, No. 4, pp. 948–953.

- 22) Fujino, Y., Warnitchai, P. and Pacheco, B. M. (1993) An experimental and analytical study of autoparametric resonance in a 3DOF model of cable-stayed-beam, *Nonlinear Dynamics*, Vol. 4, No. 2, pp. 111–138.
 - 23) Warnitchai, P., Fujino, Y., Pacheco, B. M. and Agret, R. (1993) An experimental study on active tendon control of cable-stayed bridges, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, No. 2, pp. 93–111.
 - 24) Fujino, Y. and Abé, M. (1993) Design formulas for tuned mass dampers based on a perturbation technique, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, No. 10, pp. 833–854.
 - 25) Fujino, Y. and Sun, L. M. (1993) Vibration control by multiple tuned liquid dampers (MTLDs), *Journal of Structural Engineering*, Vol. 119, No. 12, pp. 3482–3502.
 - 26) Pacheco, B. M., Fujino, Y. and Sulekh, A. (1993) Estimation curve for modal damping in stay cables with viscous damper, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 119, No. 6, pp. 1961–1979.
 - 27) Fujino, Y., Sun, L. M., Pacheco, B. M. and Chaiseri, P. (1992) Tuned liquid damper (TLD) for suppressing horizontal motion of structures, *Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 118, No. 10, pp. 2017–2030.
- 構造ヘルスモニタリング関係**
- 1) Nishikawa, T., Yoshida, J., Sugiyama, T. and Fujino, Y. (2012) Concrete crack detection by multiple sequential image filtering, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 27, No. 1, pp. 29–47.
 - 2) Nagayama, T., Moïnzadeh, P., Meehiov, K., Ushita, M., Makihara, N., Leiri, M., Agha, G., Spencer, B. F., Fujino, Y. and Seo, J.-W. (2010) Reliable multi-hop communication for structural health monitoring, *Smart Structures and Systems*, Vol. 6, Nos. 5–6, pp. 481–504.
 - 3) Rice, J. A., Meehiov, K., Sim, S.-H., Nagayama, T., Jang, S., Kim, R., Spencer, B. F., Agha G. and Fujino, Y. (2010) Flexible smart sensor framework for autonomous structural health monitoring, *Smart Structures and Systems*, Vol. 6, Nos. 5–6, pp. 423–438.
 - 4) Monroig, E., Aliara K. and Fujino, Y. (2009) Modeling dynamics from only output data, *Physical Review E*, Vol. 79, No. 5, 056208.
 - 5) Siringoringo, D. M. and Fujino, Y. (2006) Experimental study of laser Doppler vibrometer and ambient vibration for vibration-based damage detection, *Engineering Structures*, Vol. 28, No. 13, pp. 1803–1815.
 - 6) Riddumrongkul, S., Abe, M., Fujino, Y. and Miyashita, T. (2003) Quantitative health monitoring of bolted joints using a piezoceramic actuator-sensor, *Smart Materials and Structures*, Vol. 13, No. 1, pp. 20–29.