

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04444

研究課題名(和文) 建築構造の耐震ロバスト性数値実験システムへの数理的アプローチ

研究課題名(英文) Mathematical approach to a numerical-experimental system of robust seismic design for building structures

研究代表者

山川 誠 (Yamakawa, Makoto)

東京理科大学・工学部建築学科・教授

研究者番号：50378816

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：構造物、地震動特性の両方に不確実性が含まれる場合の最悪応答を、順序統計量から予測するという観点から、順序パラメータ、予測精度、必要標本数の関係について理論解析を行った。また、複数の順序統計量を同時に最小化することにより、耐震ロバスト性のレベルを制御する方法を提案した。さらに、開発した要素技術を統合し、これらを実装した数値実験システムを開発し、パラメータ変動に対する耐震ロバスト性と応答低減率の関係を調べ、最適な構造形式についての定量的検討を行った。検討の結果に基づき、変位制御型ブレース構造が耐震ロバスト性の向上に有効であるとの結論を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

所定のコスト内で幅広い事象に対応するためのリスク解析的立場から問題を取り扱い、(1)耐震設計と対応した耐震ロバスト性指標を提示し、(2)実行可能な耐震ロバスト性の定量的評価方法および設計法を提案し、(3)数理的アプローチに基づく数値実験システムを開発し、耐震ロバスト性に優れた構造システムについて分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to appropriately take into account of uncertainties in seismic inputs for building structures. We have presented an approximately worst-case method based on order statistics. By theoretical analysis of the distribution-free tolerance interval, we could obtain the relationship between prediction accuracy and sample size to the uncertainties in the seismic design of buildings. On the basis of the method, we have also proposed a multiobjective optimization approach for robust seismic design, which enables to control the seismic robustness of building structures. Furthermore, we integrated the elemental technologies and developed a numerical-experimental system for robust seismic design. By application of the system to seismic design of building structures, we examined the effectiveness of the approach and what structure has the high seismic robustness. By the numerical results, we have concluded the displacement-restraint brace structure could improve the seismic robustness.

研究分野：建築構造

キーワード：建築構造 耐震設計 ロバスト性 最適設計 動的応答 制振装置 機械学習

1. 研究開始当初の背景

設計上の想定レベルを超える内陸地殻内地震・プレート境界期地震の発生、危険性が予測され、高レベル地震動への対策は重要な社会的課題となっている。その対策として、予測地震動に基づく耐震設計の必要性も指摘されている。断層モデルにおけるパラメータ設定、地表面に達するまでのモデル化により、地震モーメント、卓越周期にはばらつきが見られ、予測の妥当性についての見解は分かれるが、パラメータ変動を考慮した上で、その影響を設計に反映することが望ましいという点には合意が形成されつつある。2015年に改訂された日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」においても、建物に要求される性能としてロバスト性が新たに追加され、外乱の設定により終局限界に対する安全余裕度が大きく変化しない設計が求められている。

建築構造の耐震設計におけるロバスト性（以下、耐震ロバスト性）を対象として、『外乱および構造物に含まれる不確定性に対し、高い耐震ロバスト性を有する構造システムはどのような特徴を有し、どのように実現可能か？』が、本研究課題の核心をなす学術的「問い」である。耐震ロバスト性については多様な考え方があり、信頼性設計、冗長性、レジリエンスなどと関連を持つとされているが、十分な合意は未だなされていない。

免震・制振技術の高度化が進む一方で、超高層構造に高レベル地震動が与えられた場合、複合非線形効果により特定層への変形集中・累積が生じる可能性が指摘されている。これまでの研究成果から、建物を高さ方向に貫く弾性材による『心棒効果』が耐震ロバスト性向上に有効と示唆されるが、定量的評価のための方法論は未だ確立されていない。本研究課題では、前述の問いを還元、細分化してつぎのように考える。

- (1) 耐震ロバスト性指標の明確化：地震動特性・構造物の不確定性を陽に考慮した上で、終局限界に対する安全余裕度と耐震ロバスト性指標にどのような関連づけが可能か？
- (2) 耐震ロバスト性の評価・向上法：耐震ロバスト性指標の定量的評価、および耐震ロバスト性を向上させた構造システムをどのように実現可能か？
- (3) 耐震ロバスト性の分析：耐震ロバスト性を向上させた構造システムは、どのような特徴を有するのか？

2. 研究の目的

耐震設計上の最悪ケースを特定し対処するアプローチは、ロバスト設計の一種として知られている。工学的には不確定な事態に対して安全側の立場で設計を行うことに相当し、一種の応答最大化（最悪応答解析）と最悪応答最小化の二段階問題に定式化される。ただし、厳密な意味での最悪応答、すなわち殆ど発生する見込みのない事象に備えて過度な安全性を付与することは望ましくなく、所定のコスト内で幅広い事象に対応するためのリスク解析的立場から問題を取り扱う。よって、(1) 明快な耐震ロバスト性指標の定義を与え、(2) 実行可能な耐震ロバスト性の定量的評価方法および設計法を提示し、(3) 耐震ロバスト性を向上させることが可能な構造システムの特徴付けについて、数理的アプローチから統一かつ合理的解決を行い、強固な学術的基盤を提供することを本研究の目的とする。

信頼性設計の適用は一つの選択肢である。ただし、確率分布を仮定した上で確率計算を行う必要があり、個別の問題ごとに仮定を重ねた近似計算、あるいは大規模計算に基づくモンテカルロシミュレーションが求められ、統一的な解決法とは言えない。ここで、問題となるのは確率分布の推定である。リスク分析的立場からロバスト設計を行うためだけならば、応答の確率分布を特定する必要は必ずしもなく、ノンパラメトリック法に基づく直接的な解決が可能である。申請者らは、順序統計量により応答の分布を陽に用いることなく、(1) 比較的少数の標本から与えられた予測精度を満たした最悪応答の予測、(2) 標本数と予測精度の関係の順序統計理論に基づく解明、(3) ロバスト最適設計への順序統計量の適用可能性を示し、単純モデルからその有用性を確認している。このアプローチでは、応答の分布の検討が不要、信頼性指標に基づく方法に比べて少数の標本から精度保証が可能という特徴を持つ。図1に示すように、不確実性を体系立てて合理的に扱える設計法の確立、およびその設計法の実装である数値実験システムを通じ、建築構造における高耐震ロバスト性の明確化を図る。

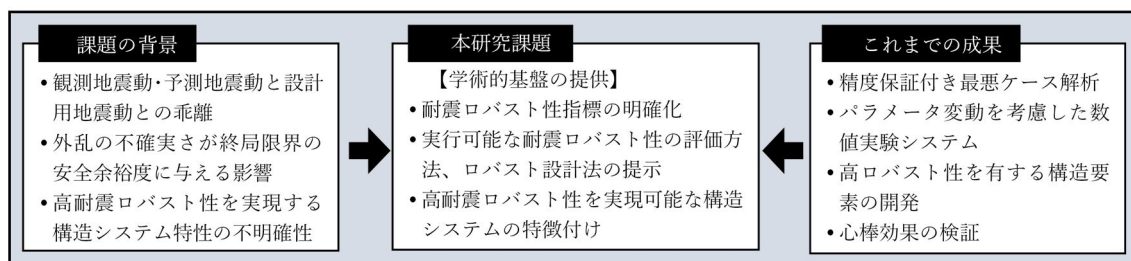


図1 建築構造における高耐震ロバスト性の明確化

3. 研究の方法

超高層構造に高レベル地震動が与えられた場合、複合非線形効果により特定層への変形集中・累積が生じる可能性が指摘されており、建物を高さ方向に貫く弾性材、あるいは構造システム全体の二次剛性制御の必要性が指摘されている。図2に示すように大きな層間変形が生じた時点での剛性確保が可能な構造要素が開発されている。本技術に応用すると主体架構に悪影響を与えないように、必要なタイミング、必要な箇所での心棒架構が形成される構造システムを実現できる。また、構造システムにロバスト最適設計法を適用すれば、不確定な高レベル地震動に対する最大応答層間変形角の分布について、例えば図3に示されるような通常構造物の応答の分布を、図4の分布のように外乱の変化による影響を受けづらいものに改善することが可能である。構造計画上の意思決定に学術的基盤を提供し、その実装例となる数値実験システムの実現に必要な次の各項目を研究対象とする。

- (1) 構造物、地震動特性の両方に不確定性が含まれる場合の最悪応答を、順序統計量から予測する。ここで、順序パラメータ、予測精度、必要標本数の関係について理論解析を行い、その関係性を理論的に究明する。
- (2) 不確定な高レベル地震動に対し複合非線形性を考慮した建築構造の耐震設計問題について、最適性条件を満たす点への収束性が保証されたロバスト最適設計法を開発する。
- (3) (1), (2)の方法を実装した数値実験システムを開発し、パラメータ変動に対する『制振装置による減衰効果』、『制御要素による心棒効果』、『両効果の併用』の応答低減率を調べ、最適な構造形式についての定量的検討を行う。

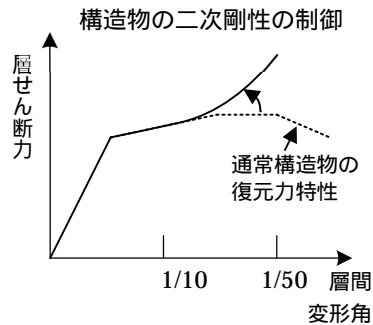


図2 二次剛性の制御

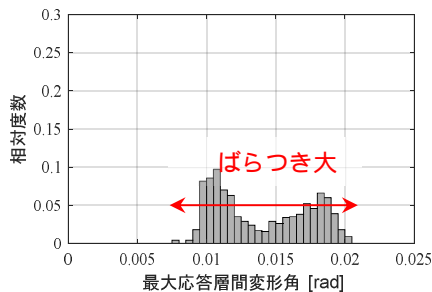


図3 通常構造物の応答

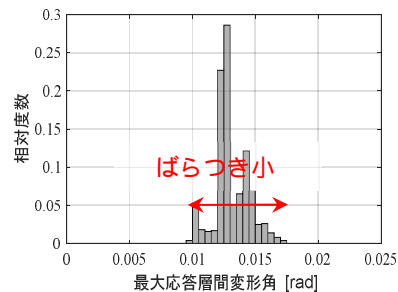


図4 ロバスト設計法による改善

4. 研究成果

構造物、地震動特性の両方に不確定性が含まれる場合の最悪応答を、順序統計量から予測するという観点から、順序パラメータ、予測精度、必要標本数の関係について理論解析を行った。また、複数の順序統計量を同時に最小化することにより、耐震ロバスト性のレベルを制御する方法を提案した。さらに、開発した要素技術を統合し、これらを実装した数値実験システムを開発した。数値実験システムを通じて、パラメータ変動に対する耐震ロバスト性と応答低減率の関係を調べ、最適な構造形式についての定量的検討を行った。得られた研究成果は以下の通りである。

- (1) 順序統計量により耐震ロバスト性を評価し、時間領域での応答の非線形性を考慮可能なロバスト最適設計法を提案した。制振ブレースつき鋼構造骨組を対象として、地震動の位相特性および地盤特性の不確定性が構造物に与える影響を評価し、その影響が最も少なくなるロバスト最適設計法を提案し、提案法に基づきロバスト設計解を分析した。

柱梁部材よりも高い材料強度を有する鋼材をブレースに用い、さらにブレースの作用開始点を遅らせることにより、柱梁部材が降伏した後も弾性水平抵抗要素を確保することが可能である。変位制御型 PC 鋼棒ブレースとしてこのような弾性水平抵抗要素を実現させ、過度な層間変形の集中を抑制することにより、耐震ロバスト性をどの程度向上させることが可能かを調べた。

変位制御型 PC 鋼棒ブレースと座屈拘束ブレースを組み合わせたデュアルダンパーの骨組モ

デルにおける応答低減効果を検討し、効果的な PC 鋼棒の直径と初期変位、BRB の芯材の断面積について最適化手法に基づく検討を行った。数値解析例により、特定層への変形集中が抑止され、構造物に冗長性を付与する設計が可能であるという結論を得た。

冗長性を考慮した設計は、想定外の事象が生じた場合での安全性確保の方策となり得る。位相最適化の研究においては、損傷シナリオを予め想定した上での最悪ケース解析に基づく方法が主であり、不安定構造が発生するようなシナリオが含まれると最適化が困難となる。本研究では、確率論的定式化に基づき、順序統計量を目的関数としたロバスト最適設計法・フェールセーフ位相最適化法を提案した。確率的勾配降下法の一つである Adam 法の適用性を調べ、最適化の履歴に大きな差異が生じないことを確認した。提案法は既往の方法より適用範囲が広く、効率的に冗長性を付与可能である。

(2) 鋼構造建築部材に使用される柱・梁部材の断面寸法の製品精度 (JIS 規格他) を調査した。一般に構造設計では標準寸法において剛性と耐力の評価がなされる。オイルダンパーを挿入することにより、実際の建物の地震時における応答 (変位と加速度) のばらつきを押さえることができるかどうか、断面寸法のばらつき範囲内において調査する手法とその結果 (例題) について検証した。

鋼構造建築ラーメン構造物を対象に、多質点系モデルにより地震応答解析を行い、最大層間変位、最大加速度を求めた。新たに提案した耐震ロバスト性の総合評価 (最大層間変位と最大加速度の重み付き線形和) を使用した耐震ロバスト性を評価し、建物の不確定性に対しオイルダンパーが有効であることの例題検証を実施した。

(3) PC 鋼棒ブレースの縮小簡易フレームによる準静的載荷試験および終局載荷試験を実施し、端部の挙動など確認を行い実用化に向け有益な情報を蓄積することができた。一方、初期剛性の有無も含めた変位制御型ブレース、履歴型ダンパーと粘性型ダンパーを併用するシステムについて数値実験を行い、その効果を示すことができた。

変位制御型ブレース要素では、初期状態で端部とプレートが離間状態にあるが、層間変形が指定量に達した時点で端部とプレートに接触が生じる。このプレート離間状態から接触状態への移行時に、衝撃的な応答加速度が生じるおそれがあるので、緩衝材として硬質ゴムと皿ばねを利用することを検討した。

PC 鋼棒ブレースの縮小簡易フレームによる準静的載荷試験を実施した。端部に緩衝材として皿ばね、緩衝材として硬質ゴム、緩衝材なしの 3 通りの対応を行い、いずれもフレーム端部に問題となるような衝撃力が発生しないことを確認するとともに繰返し層間変位に対して変位制御型ブレースが想定通りの挙動を示すことを確認した。

PC 鋼棒ブレースの縮小簡易フレームによる準静的載荷試験および終局載荷試験を実施し、端部の挙動など確認を行い実用化に向け有益な情報を蓄積することができた。一方、初期剛性の有無も含めた変位制御型ブレース、履歴型ダンパーと粘性型ダンパーを併用するシステムについて数値実験を行い、その効果を示すことができた。

(4) 空間構造における耐震ロバスト性の向上を目的とし、単層ラチスドームに複数小型 TMD を空間・周波数領域の両方で分散配置する構造システムの検討を行った。

停止規則に順序統計量を利用した構造最適化法により、事前に割り当てられた精度を確率的に満たすことが保証されることを示した。数値解析例により、均等配置した TMD に比較して、本提案方により振動制御性能が 2 倍程度向上することを確認した。

固有振動数、減衰定数、モード形状に不確定性を与えたモデルに対し、複数の順序統計量を同時に最小化する多目的最適化法の利用により、耐震ロバスト性を向上させた Pareto 最適解が得られることを確認した。

(5) 鋼構造純ラーメン立体骨組を対象とし、立体骨組モデルの平面骨組モデルへの分解に基づく階層的な構造最適化法を提案した。

立体骨組を平面骨組に分解して最適化計算を行い、その後、立体骨組に復元する本手法を用いることにより、2~3%程度以内の誤差で最小鋼材量を予測でき、かつ数時間から数分に計算時間が短縮される結果が得られた。

鋼構造骨組の最小重量設計において、断面設計を画像データとして扱う深層学習法を提案し、予測精度・計算時間を分析し、構造設計への適用可能性について調べた。25,000 個のデータセットを用いた場合、最適化計算に対し 5%の誤差をもつ解を 0.0015%の計算時間で予測できた。また、学習したパラメータの範囲内であれば、未学習データと学習データについて予測誤差は同程度となる結果が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Makoto Yamakawa, Makoto Ohsaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Fail-Safe Topology Optimization via Order Statistics with Stochastic Gradient Descent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of the Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2020	6. 最初と最後の頁 254-259
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊佳菜, 山川誠, 朝川剛	4. 巻 66B
2. 論文標題 変位制御型ブレースと制振機構を用いた鋼構造骨組の応答制御設計	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 433-440
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuki Asakawa and Makoto Yamakawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Prediction of minimum weight design of 3D steel frame structure from decomposition into 2D frames	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of the IASS Annual Symposium 2019 - Structural Membranes 2019 (Form and Force)	6. 最初と最後の頁 2034-2041
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山川誠	4. 巻 -
2. 論文標題 建築構造における構造最適化・AI手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会（北陸）構造部門（応用力学）パネルディスカッション資料	6. 最初と最後の頁 2-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山川誠	4. 巻 -
2. 論文標題 TMDによる空間骨組構造の応答制御設計法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会 シンポジウム「空間構造の動的挙動に関する非線形解析の展望今後10年を見据えて」	6. 最初と最後の頁 11-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuta Kobayakawa, Takeshi Asakawa, Hayato Takahashi, Makoto Yamakawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental Impact Force of End of Displacement-restraint Brace and Study of Displacement-restraint Brace Using Disc Springs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of the 12th Pacific Structural Steel Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Makoto Yamakawa and Susumu Yoshinaka	4. 巻 -
2. 論文標題 Simultaneous optimum design of multiple tuned mass dampers in spatial and frequency domain with closely spaced natural frequencies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization (ACSMO2018)	6. 最初と最後の頁 286-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kana Watanabe, Makoto Yamakawa, Kazuhiko Yamada, Makoto Ohsaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Robust design optimization of moment-resisting steel frame considering uncertain properties of surface ground based on order statistics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization (ACSMO2018)	6. 最初と最後の頁 175-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Sumio Kishida, Makoto Yamakawa, Takeshi Asakawa, Yasuyuki Nagano
2. 発表標題 Robust design optimization of moment-resisting steel frames using displacement-restraint brace and oil damper
3. 学会等名 The 14th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayata Takahashi, Makoto Yamakawa, Tetsuro Iguchi, Taiji Tanahashi, Kentaro Nagasaka
2. 発表標題 A heuristic two-stage optimization of the system building gymnasiums according to the scale
3. 学会等名 The 14th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岸田澄雄, 山川誠, 朝川剛, 永野康之
2. 発表標題 変位制御型ブレースとオイルダンパーを用いた鋼構造骨組のロバスト設計
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大熊涼介, 山川誠, 中川佳久
2. 発表標題 鋼材量最小化問題における勾配降下法の性能評価分析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋颯汰, 山川誠, 長坂健太郎, 井口哲朗
2. 発表標題 システム建築工法による体育館施設の収容人員に応じた最適解特性の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎本佳大, 朝川剛, 山川誠, 永野康行: オイルダンパーと座屈拘束ブレースを併用する 制振構造に関する研究
2. 発表標題 オイルダンパーと座屈拘束ブレースを併用する 制振構造に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下瀬誠希, 朝川剛, 深澤協三, 小早川裕太, 宮津裕次, 山川誠
2. 発表標題 準静的載荷試験による変位制御型 PC鋼棒ブレースの端部挙動に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田哲弘, 永野康行, 朝川剛, 山川誠
2. 発表標題 建築部材の製品誤差による不確定性を考慮した耐震ロバスト性の評価手法
3. 学会等名 令和3年度日本建築学会近畿支部研究報告集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田哲弘、永野康行、朝川剛、山川誠
2. 発表標題 鋼構造柱梁 部材の製品誤差による不確定性を考慮した耐震ロバストの総合評価
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山川誠，大崎純
2. 発表標題 確率的勾配降下法を用いた順序統計量に基づくフェールセーフ位相最適化
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬戸滉平，浅川優希，山川誠，長坂健太郎，中川佳久
2. 発表標題 鋼構造骨組の最小重量設計における深層学習の性能評価
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小早川裕太，朝川剛，深澤協三，宮津裕次，山川誠
2. 発表標題 準静的載荷試験による変位制御型PC鋼棒ブレースの端部挙動に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会（関東）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Makoto Yamakawa
2. 発表標題 Robust Design Optimization of Multiple Tuned Mass Dampers via Multi-Order Statistics Approach
3. 学会等名 The 13th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅川優希, 山川誠
2. 発表標題 架構分解に基づく鋼構造立体骨組の鋼材量最小解の特性分析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳沼啓斗, 山川誠, 藤原淳, 朝川剛
2. 発表標題 物理演算エンジンを援用したケーブル膜構造の形状・裁断図同時設計法
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅澤慶祐, 山川誠
2. 発表標題 Isogeometric Analysisに基づく曲面上のケーブル構造の形態解析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 朝川剛, 高嶋伸明, 山川 誠
2. 発表標題 変位制御型ブレースと制振機構を用いた鋼構造骨組の応答制御設計 その1 デュアルダンパーの提案
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高嶋伸明, 朝川剛, 山川誠
2. 発表標題 変位制御型ブレースと制振機構を用いた鋼構造骨組の応答制御設計 その2 鋼構造骨組を用いた最適設計
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊佳菜, 山川誠, 山田和彦
2. 発表標題 地動加速度の表層地盤増幅の不確定性を順序統計量により考慮した鋼構造骨組のロバスト最適設計
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川誠, 吉中進
2. 発表標題 単層ラチスドームにおける分散型TMD設計への順序統計量に基づく確率的最適化法の適用
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川誠
2. 発表標題 単層ラチスドームにおける分散型TMD設計への順序統計量に基づく確率的最適化法の適用
3. 学会等名 日本機械学会 第13回最適化シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永野 康行 (Nagano Yasuyuki) (00410374)	兵庫県立大学・シミュレーション学研究科・教授 (24506)	
研究分担者	朝川 剛 (Asakawa Takeshi) (00806127)	東京電機大学・未来科学部・准教授 (32657)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------