

令和 6 年 5 月 14 日現在

機関番号：34317

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2023

課題番号：17K06951

研究課題名（和文）数理との協働による新しい大規模構造ヘルスマニタリングシステム技術の提案

研究課題名（英文）mathematical approach for structural health monitoring system

研究代表者

渡辺 知規（WATANABE, Tomonori）

京都精華大学・共通教育機構・教授

研究者番号：50323431

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、数理分野での研究成果との協働により、簡便で高精度・高効率・高信頼性のある新しい大規模構造ヘルスマニタリングシステムを開発することである。本研究では、航空宇宙構造物などの部材中に、経年劣化や突発的事象等によって存在・発生する損傷等の異変に対して、監視・探知・診断・予測・対処を継続的に行い、安心・安全を提供する利便性に優れた新しいシステムを数理分野と相互作用をしながら実現する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特色・独創的な点は構造ヘルスマニタリング（SHM, Structural Health Monitoring）への数理的観点からの新しいアプローチにある。すなわち、従来のように闇雲に個別的にではなく、数理のもつ特長を積極的に活用して総合的に諸問題に対応することである。このような新しいシステムは、類例が無く、既存のものには無い数々の革新的特徴を有すると考えられ、今後、当該分野での先駆的・牽引的技術として新たなブレークスルーや技術革新を誘起することが期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we plan to develop a health monitoring system mathematically, which is simple, highly accurate, efficient and reliable.

研究分野：航空宇宙工学

キーワード：ヘルスマニタリングシステム マルチエージェントシステム 安心・安全

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、安心・安全な社会の実現が強く求められている。それゆえ構造物の安全性や健全性の維持は不可欠となっており、構造物中に発生した損傷を自動的にリアルタイムで検出する構造ヘルスマonitoring (SHM, Structural Health Monitoring) は重要な技術のひとつとなっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、数理分野での先端的な研究成果を応用し、簡便で高精度・高効率・高信頼性のある新しい大規模構造ヘルスマonitoringシステム技術を提案することである。

3. 研究の方法

本研究では、三つのステージに研究を大別する。各ステージは、ほぼ一年として、第1ステージから順に重点的に研究を進め、適宜見直しを行いつつ、三年で結果の総括を行う。まず、第1ステージでは、本研究の基盤となる超音波による損傷探索の原理を構築する。つぎに、その原理をもとに、第2ステージでは、損傷の発見・探索・診断・予測・対処をするアルゴリズムを開発し、SHMシステムを構築する。最後に、第3ステージでは、構築したSHMシステムを実装し、プロトタイプを提示する。さらに、可視化などによる健全性の評価・監視方法の検討も行い、総合的な構造物健全性評価システムを実現するとともに、実用化への展望も探る。

特に、第2ステージでは、構造部材に張り巡らせたセンサ網から、損傷の発生や進展などの必要な情報を、どのようにして速く正確に取得するのか、ということ进行を明らかにする。そのために、ここでは、巡回セールスマン問題 (TSP, Traveling Salesman Problem) などを例として、数理計画法や情報検索アルゴリズムなどでの数理的知見を積極的に応用する。最終的には、第1ステージでの結果と統合させ、構造部材中の損傷の発見・探索・診断・予測・対処をするアルゴリズムを開発する。

本研究では、構造部材に数多くのセンサを設置し、互いに超音波を送受信させることにより、損傷の発生や進展などをリアルタイムで監視する。ここでは、センサ網が大規模になるほど損傷などのわずかな異変を速く正確に探索することが困難になる。そこで本研究では、損傷の探索に情報検索アルゴリズムを応用・開発する。本研究では、このような数理的な考え方を応用し、各サイトを、各センサに対応させ、各センサ間のリンクの強さを超音波データの異変の度合い等と対応させ、異変が強く観測される部位に近いセンサから順に重要度の高いものとしてランキング付けをすることにより、高精度で高効率な損傷の探索を行う。また損傷の探索としては、すべてのセンサを対象としたグローバルな探索だけでなく、構造部材の溶接部近傍などの重要な部位や、異変が発見された際の対象周辺部位など、重点的にローカルに探索する必要性もある。そこで本研究では、対象とする部位に含まれるセンサから効率的に情報を収集するために適切な巡回経路を発見可能にする TSP を応用する。すなわち、TSP の計算により適切な経路によってセンサから情報を入手し、データ解析を行う。

4. 研究成果

研究実施計画では、「(構造ヘルスマonitoringシステムでの検査手順等について)たたき台となるアルゴリズムの完成を目指す」ことを実施項目のひとつとしていた。これに関し、従前から研究を行ってきたマルチエージェントシステムを応用したセンサ網の考察結果をプログラムとして実装させることができた。今後このプログラムは改良をしていく必要はあるが、実際に動くプログラムを得たことの意義は大きいと考えている。このプログラムを用いたシミュレーションを通して様々な考察を重ね、われわれが安心・安全を得ることができるための手がかりが得られると期待している。マルチエージェントシステムでは、個々の構成要素の相互作用によってシステム全体の複雑な振舞いが創発されることが知られている。このマルチエージェントシステムを応用し、これまでに、災害時の人間の避難行動を解析する取組も行うことが可能となっている。この取組を通じて、安心・安全を得るためには、具体的に人々がどのように振舞えばよいのかという行動指針の提案も行うことができた。今後も、このマルチエージェントシステムを基軸として研究を進めていくことで、本来の目的である、新しい大規模構造ヘルスマonitoringシステムの開発につながると考えられる。

また、当初予期していなかったこととしては、人工知能技術の急速な発展がある。近年急速に発展した人工知能技術と本研究課題とが結びつくことによって、課題解決に向けてのステップが、大きく前進する可能性があることも考えられるようになってきている。人工知能技術と本研究課題とが、親和性が高いという知見は、今後の両者の発展に大きく寄与するものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 渡辺 知規	4. 巻 5
2. 論文標題 建物内に居残る居住者に迅速な避難を促すためには何が大切なのか？ 建物火災の場合	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 武蔵野大学数理工学センター紀要	6. 最初と最後の頁 113-122
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 青山 広輝, 須川 菜, 渡辺 知規	4. 巻 4
2. 論文標題 災害時に避難時間を短縮し犠牲者をなくすためには何をすればよいのか？ 建物火災の場合	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 武蔵野大学数理工学センター紀要	6. 最初と最後の頁 1-16
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 渡辺知規	4. 巻 3
2. 論文標題 フラクタルを応用した機能性材料の放熱性能と曲げ強度	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 武蔵野大学数理工学センター紀要	6. 最初と最後の頁 76-91
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 青山 広輝, 須川 菜, 渡辺 知規
2. 発表標題 災害時に避難時間を短縮し犠牲者をなくすためには何をすればよいのか？ 建物火災の場合
3. 学会等名 武蔵野大学・龍谷大学連携シンポジウム
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------