

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 2 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20510150

研究課題名（和文）

多工程組み立ての作業困難さを考慮する製品・生産設計の多目的最適化法の開発

研究課題名（英文）

Development of Multi-objective Method for Simultaneous Evaluation of Product Design and Process Design with Considering Operational Difficulty

研究代表者

荒川 雅裕 (ARAKAWA MASAHIRO)

関西大学・環境都市工学部・教授

研究者番号：70288794

研究成果の概要（和文）：

本研究では、組立作業に現れる多工程持ち作業について実機による実験結果の多変量解析から作業を困難にさせる要因を調べ、製品の部品配置の要因と作業の困難さの関係を明らかにした。そして、部品配置の要因とニューラルネットワークを利用して、新規製品の部品配置から組み立て作業時間を高精度に見積もる方法を開発した。最適な部品配置を多目的問題として取扱うため、遺伝的アルゴリズムに異なる単目的関数の局所探索法を組み合わせた方法を開発し、方法の有効性を巡回ルート問題に適用し評価した。

研究成果の概要（英文）：

As for multi-operations assigned to a single worker in assembly process, factors of operational difficulty was investigated and relationship between parts location and the difficulty was made clear. The factors of operational difficulty are quantitatively defined and operation time required to assemble parts was measured using actual personal computer. Significant factors depending on parts location affecting operational difficulty are identified by multivariate statistics between operation time measured and values of the factors. Although resultant values of the multivariate statistics depend on different subjects, characteristics of the factors affecting on operations are investigated from results obtained by plural subjects and the significant factors mainly affecting on operations are identified. These results are used to devise concept of design of parts location to reduce operational difficulty and the concrete procedure for the design of parts location is proposed based on the concept.

In addition, since this study is finally aiming at automatic design of parts location, this study is developed as multi-objective problem including objective functions of operation time and a size of product. To resolve this multi-objective problem, genetic algorithm involving local search procedures for different objective functions is developed. The developed algorithm is applied to vehicle routing problem for evaluation of effectiveness of the algorithm.

As for additional problem of this study, a procedure of modular design for simultaneous evaluation of requirement functions of product and environmental characteristics of parts is proposed. The proposed modular design is applied to mouse device as case study and the case study shows that the resultant design is feasible and practical.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 2,300,000 | 690,000 | 2,990,000 |
| 2009年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2010年度 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |
| 2011年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：作業困難さ，製品設計，BOM，組立作業，部品配置，ニューラルネットワーク，多変量解析，最適設計，モジュール化設計

1. 研究開始当初の背景

手作業を中心とする多工程持ちによる組み立て作業は自動車や電器製品などの比較的大型な製品を中心に広く導入され，混合ラインとして品種切換えが頻繁に生じる製品の製造に柔軟に対応することが可能であり，短納期での多品種・少量生産性を効率的に行なうための有効な手段と考えられている。

しかしながら，作業者の手作業による組み立て作業では，作業者の熟練度が異なるため作業間で作業時間や品質に差が生じる。また，部品取り付け位置などにより，製品の品質を劣化させる原因となる作業も存在する。さらに近年では，製品の廃棄とともに製品を構成する部品の再利用，さらにメンテナンスの容易さに関連して，製品の分解性の考慮が必要とされている。

製品の製造方法は主に"製品設計"と製品設計後の"生産設計"の各段階で検討され，製品設計段階では設計者の経験や勘に依存することが多く，設計者の能力や経験で作業のし易さが決定してしまう。その一方で，生産性の効率化に焦点をあて，生産設計段階で作業の効率化を判断して作業内容や順序を決定すると，製品の構造や形状の修正や変更が生じる場合が頻繁に生じる。製品設計に関する指標値と組み立てやすさに関する指標値がトレードオフの関係となりやすいため，生産設計業務から製品設計業務への手戻りが多くなる。また，それぞれの業務での再設計が繰り返し行なわれるため，両設計に費やす時間が増加するとともに，両業務から見て最適な設計条件を得ることは困難である。このことから，生産工程を考慮して，組み立て・分解のし易さを製品設計に組み込み，製品設計と生産設計を同時に実施することで生産性と品質，部品の再利用性の向上が実現できると思われる。

2. 研究の目的

本研究では，組み立て・分解のし易さを製品設計に組み込むことで，製品設計と生産設計を同時に実施し，両設計の評価指標値の最適を目指す多目的最適化法を提案し，そのシステム化を行う。

3. 研究の方法

本研究の遂行に当たっては，以下の3項目に分類して計画期間中に順次進めていった。

(1)組み立て・分解作業における作業の困難さの原因の分類と定量化評価の検討

(2)作業順序の決定とともに組み立てやすい製品設計法の提案と評価

(部品配置と作業順序決定法の組み合わせ問題に対する多目的最適化法の適応)

(3)複数類似製品に対する部品と作業の共通化による製品再設計法の検討

(Design For Assembly, Design For Manufacturing コンセプトに基づく製品ファミリー群の部品共有化と作業の共通化の評価と設計変更の自動化の検討)

研究(1)では，電器機器製品(具体的にはデスクトップ型PC)の組み立て作業を実施し，部品の配置構造と作業時間の関係を多変量解析等によって定量的に分析した。これにより，部品の配置構造が作業の困難さに及ぼす影響を調べられる。さらに，分析結果から作業困難さを回避するための部品配置の特徴とニューラルネットワークを利用する作業時間の見積もり法を開発した。

研究(2)では，研究(1)の結果をもとに多目的遺伝的アルゴリズムとニューラルネットワークを利用する作業時間の見積もり法を組み合わせることで，作業順序の決定と既存部品の配置に関する多目的最適化のアルゴリズムを開発する。数値実験の結果を実作業の

結果と比較し、開発した方法の有効性を調べる。研究(3)では、製品ファミリーに拡張するとともに組み立て作業の容易さからモジュール化を進める方法を検討した。具体的には、共通機能に対する共通モジュール部と個別機能に対する特殊モジュール部に分割し、多品目に対応するためのモジュール設計の方法を開発した。さらに、モジュール化において機能と環境の両情報に関するモジュール化法を開発した。

4. 研究成果

本研究では組立作業における作業を困難にさせる要因を調べ、製品の部品配置と作業困難さの関係を明らかにし、作業を容易にする部品配置の(再)設計案の作成方法を提案し、実験により有効性を示した。部品配置の設計案の作成に当たり、作業の困難さを作業時間のレイティング値によって評価した。部品配置が作業困難さに及ぼす因子を定量的に定義するとともに組み立て PC の実機を利用して各部品の取り付け作業時間を測定し、多変量解析によって作業困難さに影響を及ぼす部品配置の要因を明らかにした。この際、組み立て作業を“挿入”と“ネジ止め”に分類することで、“ネジ止め”作業を必要とする部品について、特定要因である“取り付け部品の障害物”に着目した配置の再設計を行うことで作業の困難さを解消し、時間の削減を行えることが分かった。また、多変量解析の結果は個人毎に作業の困難さに影響を与える因子の程度が異なるが、分布の特徴は類似しており、得られた結果が普遍的に利用できる特徴であることを示した。この結果から、組み立て PC を例として、作業の困難さを削減するための部品配置の考え方と具体的方法を提案した。

さらに、新しい部品配置に対する組み立て作業時間を新しい部品配置の作業困難さの各要因の定量値とニューラルネットワークを利用して見積もる方法を開発した。計算した作業時間は実機による実験結果と比較され、10%程度の誤差の範囲で予測できることを示した。

本研究では作業を容易にするための部品配置の設計案を自動作成するため、部品配置をパラメータとし、作業時間と製品の大きさを目的関数とする多目的問題として求解する方法の開発を行った。二目的関数に対する遺伝的アルゴリズムに局所探索を組み合わせた方法を開発し、配送計画問題に適用して有効性を示した。今後、部品情報と配置情報を格納するBOM、および作業時間見積もりによるニューラルネットワークと組み合わせることで目的とする作業困難さを削減するための部品配置の自動設計法が実現できるものと考えられる。

また、本研究の研究(3)「複数類似製品に対する部品と作業の共通化による製品再設計法の検討」に関して、機能と環境情報を同時考慮するモジュール化設計法を提案し、マウス(デバイス)を用いた事例を示した。このモジュール設計法を拡張し、共通モジュールと機能に存する特殊モジュールの組み合わせによる多品種化へのモジュール設計法を示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

① 荒川雅裕: 作業者の能力差と複数工程割り付けを考慮する多目的スケジューリング法の開発, 日本機械学会 No.12-7 生産システム部門研究発表講演会 2012 講演論文集, 査読無, 23-24 (2012)

② 小川寛永, 荒川雅裕: DSM と SOM を利用した機能・環境情報を同時評価したモジュール化設計手法の検討, 平成 23 年度秋季大会予稿集, 日本経営工学会, 査読無, 44-45 (2011)

③ Masahiro Arakawa: Development of Genetic Algorithm of Multi-Objective Logistics Problem Combined with Inventory Control in Multi-Periods, Proceedings of 12th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2011), 査読無, 543-548 (2011)

④ 荒川雅裕: 組立作業における作業困難を回避するための部品配置設計と作業時間推定, 日本機械学会(C 編), 査読有, Vol.77, No.784, 4352-4366 (2011)

⑤ 荒川雅裕: 多期間巡回配送計画に対する多目的遺伝的アルゴリズムの開発, スケジューリング・シンポジウム 2011 講演論文集, スケジューリング学会, 査読無, 109-114 (2011)

⑥ 荒川 雅裕: 組立作業における作業困難を考慮する部品配置設計法, 日本機械学会 2011 年度年次大会 No.11-1, 日本機械学会, 査読無, S142033(2011)

⑦ 荒川雅裕, 横内 俊裕, 奥羽 倫典, 姫崎 雄亮, 沼野 亮太: 部品配置が組立作業に与える影響の評価, 平成 22 年度日本経営工学会秋季大会予稿集, 査読無, 130-131 (2010)

⑧ 坊敏隆, 荒川雅裕: 総距離と平均稼働時間の二目的配送計画問題に対するハイブリッド探索法の提案, 日本経営工学会論文誌, 査読有,

⑨ 荒川雅裕: 製品設計, 工程設計, 生産計画の情報共有による同時最適化の検討, スケジューリング・シンポジウム 2009 講演論文集, 査読無, 101-106 (2009)

⑩ 荒川雅裕: 作業困難さを考慮した組立作業の評価法の提案, 第 53 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 査読無, 171-172 (2009)

⑪ Masahiro Arakawa: Development of Information System for Product Design with Evaluating Assembly Process and Characteristics of Product Functions, Proceedings of Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2009(APIEMS2009), 査読有, 1694-1703 (2009)

⑫ Masahiro Arakawa, Tetsuo Yamada: Operation Design for Disassembly considering a Product Structure, International Conference on Intelligent Manufacturing & Logistics Systems IML2009 & Symposium on Group Technology and Cellular Manufacturing GT/CM2009, 査読無, 190-197 (2009)

⑬ Masahiro Arakawa, Toshitaka Bou : Development of a Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Objective Problem for a Vehicle Routing Problem, Proceedings of the Third International Conference on Management Science and Engineering Management, 査読有, 190-197 (2009)

⑭ Masahiro Arakawa: Design of Parts Location to Improve Assembly Process, Proceedings of the 9th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2008, 査読有, 2299-2310 (2008)

[学会発表] (計 12 件)

① 荒川雅裕: 作業者の能力差と複数工程割り付けを考慮する多目的スケジューリング法の開発, 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2012, 2012 年 3 月 13 日, 東京, 武蔵大学

② 小川寛永, 荒川雅裕: DSM と SOM を利用した機能・環境情報を同時評価したモジュール化設計手法の検討, 平成 23 年度秋季大会, 日本経営工学会, 2011 年 12 月 12 日, 岩手, 岩手県立大学

③ Masahiro Arakawa: Development of Genetic Algorithm of Multi-Objective Logistics Problem

Combined with Inventory Control in Multi-Periods, 12th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference(APIEMS2011), 2011 年 10 月 15 日, Beijing, China

④ 荒川雅裕: 多期間巡回配送計画に対する多目的遺伝的アルゴリズムの開発, スケジューリング・シンポジウム 2011 講演論文集, スケジューリング学会, 2011 年 9 月 24-25 日, 109-114 (2011)

⑤ 荒川 雅裕: 組立作業における作業困難を考慮する部品配置設計法, 日本機械学会 2011 年度年次大会 No.11-1, 日本機械学会, 2011 年 9 月 11-14 日, S142033, 2011

⑥ 荒川雅裕, 横内 俊裕, 奥羽 倫典, 姫崎 雄亮, 沼野 亮太: 部品配置が組立作業に与える影響の評価, 平成 22 年度日本経営工学会秋季大会, 2010 年 10 月 23 日, 福岡工業大学

⑦ Masahiro Arakawa: Development of Information System for Product Design with Evaluating Assembly Process and Characteristics of Product Functions, Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2009(APIEMS2009), 15 December 2009, Kitakyushu, Japan

⑧ 荒川雅裕: 製品設計, 工程設計, 生産計画の情報共有による同時最適化の検討, スケジューリング・シンポジウム 2009, 2009 年 9 月 17 日, 岡山大学(岡山県)

⑨ 荒川雅裕: 作業困難さを考慮した組立作業の評価法の提案, 第 53 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2009 年 5 月 20 日, 神戸市産業振興センター(兵庫県)

⑩ Masahiro Arakawa: Operation Design for Disassembly considering a Product Structure, International Conference on Intelligent Manufacturing & Logistics Systems IML2009 & Symposium on Group Technology and Cellular Manufacturing GT/CM2009, 16-18 February 2009, Kitakyushu, Japan

⑪ Masahiro Arakawa, Toshitaka Bou : Development of a Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Objective Problem for a Vehicle Routing Problem, the Third International Conference on Management Science and Engineering Management, November 2-4, 2009, Bangkok, Thailand

⑫ Masahiro Arakawa: Design of Parts Location to Improve Assembly Process, The 9th Asia

Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2008, 3-5 December 2008, Bali, Indonesia

[その他]

① 2009年 11月 2日

Award of ISMSEM Advancement Prize for MSEM: the Third International Conference on Management Science and Engineering Management, International Society of management science and engineering management

(Masahiro Arakawa, Toshitaka Bou : Development of a Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Objective Problem for a Vehicle Routing Problem, Proceedings of the Third International Conference on Management Science and Engineering Management, 190-197 (2009) に対して)

② 2012年 3月 13日

日本機械学会生産システム部門優秀講演論文

表彰

(荒川 雅裕:組立作業における作業困難を考慮する部品配置設計法, 日本機械学会 2011年度年次大会 No.11-1, 日本機械学会, 無, S142033(2011) に対して)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒川 雅裕 (ARAKAWA MASAHIRO)

関西大学・環境都市工学部・教授

研究者番号 : 70288794

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :