

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 30 日現在

機関番号：77103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00357

研究課題名(和文)ビッグデータ環境下における最適生産計画・スケジューリング研究

研究課題名(英文)Optimal production planning and scheduling under big data environment

研究代表者

玄 光男 (Gen, Mitsuo)

一般財団法人ファジィシステム研究所・研究部・特別研究員

研究者番号：20095003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：半導体素子等の各種部品の生産工程は、実時間ベースで製造されており、各素子によって所定時間内の加工処理が要求される。この制約内で所定の処理が実行できなかった場合には不良品となり、生産効率に影響を及ぼす。一般に半導体素子の生産スケジューリング問題は混合整数計画モデル(MIP)として定式化され、数理計画ソフトウェアでは数分で最適スケジュールを得ることは難しい。特に、非線形なMIPモデルでは、従来のソフトウェアでは最適解を求めることは不可能である。本研究では、ハイブリッド型進化計算法に基づく最適スケジューリング法の開発を行い、数値実験によって提案手法の有効性を確認し、国際誌で論文を掲載した。

研究成果の概要(英文)：Production steps of various parts such as semiconductor elements are manufactured on a real time basis and processing is required within a predetermined time by each element. If the predetermined process can not be executed within this constraint, it becomes a defective product and affects the production efficiency. Generally, the production scheduling problem of semiconductor devices is formulated as a large scale mixed integer planning model (MIP), and in mathematical planning software it is difficult to obtain the optimum schedule in minutes. In particular, with nonlinear MIP models, it is impossible to obtain optimal solutions with conventional software.

In this research, we developed an optimal scheduling method based on hybrid evolutionary calculation method, announced the effectiveness of the proposed method by numerical experiment, and published a paper in international journal

研究分野：進化算法による生産スケジューリング

キーワード：進化算法(EA) 遺伝的アルゴリズム(GA) 分布推定アルゴリズム(EDA) 生産計画・スケジューリング  
物流配送・ルーチング問題 ビッグデータ

ビッグデータ環境下における最適生産計画・スケジューリング研究

(英文)

Optimal Production Planning (Manufacturing) and Scheduling under Big Data Environment

研究分野:

進化算法による生産スケジューリング

キーワード:

進化算法(EA), 遺伝的アルゴリズム(GA), 分布推定アルゴリズム(EDA), 機械学習, 生産計画・スケジューリング, 物流配送・ルチンゲ問題

1. 研究開始当初の背景

一般に多目的最適化問題を取り扱う時の問題点は、競合する複数の目的関数をどのように合理的で公平に評価し合うかが課題になっている。更に、半導体生産スケジューリング問題になるとリアルタイムベースの生産で所定内の処理時間で加工処理を行うかが課題となり、最も実用的に利用されている数理計画ソフトウェア CPLEX では対処できない問題点がある。そこで、多くの場合に多目的混合整数計画モデルで定式化される多目的生産スケジューリング問題を効率的にかつ短時間で解くことができる多目的進化算法の開発が求められている。

2. 研究の目的

(1) IT 関連製品の基幹素子、例えば半導体デバイス、ハードディスク(HDD)やパネルディスプレイ(TFT-LCD)等の生産スケジューリング問題は、一般に生産完了時間や各種設備稼働時間をそれぞれ最小化する多目的最適化モデルとして注目されている。更には綿密で複雑な生産スケジューリング環境ではリアルタイム稼働に伴う時間制約 1 分から 3 分、更に 5 分以内に最良なスケジュールを得る事が要求される。従って、高速で効率的な多目的進化算法の開発が求められている。

(2) 先端的進化算法に基づく HDD や半導体デバイスの生産スケジューリングに関する実践的生産計画・スケジューリングの事例研究の開発、更には半導体デバイスの最終検査スケジューリングの事例研究は、産業界の先端的な研究テーマで、国内メーカーでは産学共同の研究機会が非常に少ない状況である。HDD に関してはタイ・コンケン大学との共同研究であり、半導体デバイスは台湾・国立清華大学と TSMC との共同研究である。それぞれが実践的生産計画・スケジューリングの事例研究テーマであり、新しい先端的進化算法にファジロジック機能や従来の最適化法等を融合した実践的な進化計算法の研究開発が目的である。

3. 研究の方法

(1) 数理計画モデルを解く計算ソフトウェアには CPLEX や LINGO 等が商用化されてい

るが、現実的問題で定式される多目的数理計画モデルは大規模で非線形な事例も多く、NP ハードな組合せ最適化モデルが殆どである事から、従来の商用ソフトウェアはそのまま使用する事は難しい。従って、生産計画・物流配送等の現場では多目的遺伝的アルゴリズム(MoGA)を多く使用しており、多目的 GA の研究方法は Gen-Cheng の提案による適応重付け GA (AWGA)の適合度関数<sup>[1]</sup>:

$$z(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^q w_k (f_k(\mathbf{x}) - z_k^{\min}) = \sum_{k=1}^q \frac{f_k(\mathbf{x}) - z_k^{\min}}{z_k^{\max} - z_k^{\min}} \quad (1)$$

が 2000 年に、また Lin-Gen による対話型適応重付け GA (iAWGA)の適合度関数<sup>[2]</sup>

$$eval(v_k) = \sum_{i=1}^q w_i (z_i^k - z_i^{\min}) + p(v_k), \forall k \in popSize \quad (2)$$

が 2008 年に、更に今般の基盤研究(C)では Zhang-Gen-Jo によるハイブリッドサンプリング戦略型多目的 EA (HSS-MoEA)の適合度関数<sup>[3]</sup>:

$$eval(S_i) = q(S_i) + \frac{1}{p(S_i) + 1}, \quad i = 1, 2, \dots, popSize \quad (3)$$

が 2014 年に、それぞれ提案されている。この詳細な方法は Schaffer の VEGA (1985)による収束性の利点と Ho et al.の GPSI-FFGA (Generalized Pareto-based Scale-Independent Fitness Function GA; 2004)による高速性を、図 1 に示すように同時に反映した手法である<sup>[4,5]</sup>

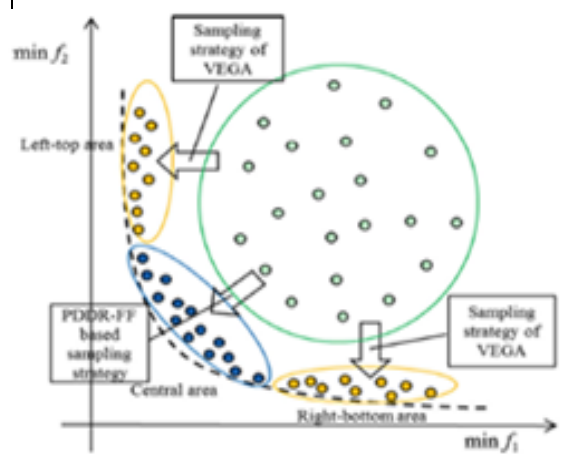


図 1. ハイブリッドサンプリング戦略型多目的 EA (HSS-MoEA)の概念

(2) 先端的多目的進化算法に基づく実践的生産計画・スケジューリングの事例研究の方法に関しては、産業界の最先端研究開発テーマであるハードディスク(HDD)やパネルディスプレイ(TFT-LCD)の生産システム現場で、製品要求仕様に基づく生産工程をそれぞれ詳細にシステム分析し、その結果を活用して遺伝的アルゴリズムの染色体設計・エンコード/デコードルーチン設計を行い、そこに多

目的関数の適合度関数によって最良な Pareto 最適解を選定する事である。事例研究に関しては、HDD はタイ・コンケン大学との共同研究であり、また半導体デバイスは台湾・国立清華大学と TSMC との共同研究である。実践的生産計画・スケジューリングの事例研究テーマで重要な点は、生産工程での時間制約(1~3 分又は 3~5 分以内)を満足する先端的進化計算法を研究開発する必要性から、ファジロジック機能や従来の最適化法を融合した高速可能なハイブリッド型進化算法の研究開発が必要とされる<sup>[6]</sup>。

(3) 不確実なスケジューリング問題の先端的多目的進化計算法による研究開発：生産・物流システムの製造・配送過程で発生する不確実的要因の処理時間を伴う確率スケジューリング問題は、どのように確率変数を設定するかである。確率的な多目的組立てラインバランシング問題(S-MoALB)では各オペレーションの処理時間をその下限と上限の区間が満足する一様分布  $U(x,y)$  で表わす事で、S-MoALB の最適化モデルが定式化される。次に、ハイブリッドサンプリング戦略型多目的 EA (HSS-MoEA) の適合度関数を活用して S-MoALB 問題を解く。確率的な資源制約付きのプロジェクトスケジューリング問題を取り扱う先端的進化算法 MoEDA の進化算法も同様な方法を活用している<sup>[7]</sup>。

[1] M. Gen and R. Cheng, 2000: "Genetic Algorithms and Engineering Optimization", 512pp, John Wiley & Sons, Inc., New York.

[2] M. Gen, R. Cheng and L. Lin, 2008: "Network Models and Optimization: Multiple Objective Genetic Algorithm Approach", 710pp, Springer, London.

[3] W.Q. Zhang, M. Gen and J.B. Jo, 2014: Hybrid sampling strategy-based multiobjective evolutionary algorithm for process planning and scheduling problem, *J. of Intelligent Manuf.*, vol.25, no.5, pp.881-897.

[4] M. Gen, W.Q. Zhang, L. Lin, and Y.S. Yun, 2017: Recent advances in hybrid evolutionary algorithms for multiobjective manufacturing scheduling, *Computers & Industrial Engineering*, vol.112, pp.616-633.

[5] W.Q. Zhang, W.T. Xu, G. Liu and M. Gen, 2017: An effective hybrid evolutionary algorithm for stochastic multiobjective assembly line balancing problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28: 783-790.

[6] H-K Wang, C-F Chien and M. Gen, 2015: An algorithm of multi-subpopulation parameters with hybrid estimation of distribution for semiconductor scheduling with constrained waiting time, *IEEE Transactions on Semiconductor Manuf.*, vol.28, no.3, pp.353-366.

[7] X.C. Hao, M. Gen, L. Lin and G.A. Suer, 2017: Effective multiobjective EDA for bi-criteria stochastic job-shop scheduling problem, *J. of*

*Intelligent Manufacturing*, vol.28, pp.833-845.

#### 4. 研究成果

(1) 先端的多目的進化計算法(ハイブリッドサンプリング戦略型多目的進化計算法: HSS-MoEA): 生産スケジューリング問題にはフレキシブル・ジョブショップ・スケジューリング問題(FJSP), 組立てラインバランシング(ALB), 先進的スケジューリング問題(APS), 資源制約付きプロジェクト・スケジューリング(RcPSP)等は、一般に多目的数理計画モデルで適式化される事例が多い。そこで、典型的な生産スケジューリングの数理計画モデルを整理して、多目的進化アルゴリズムによる主要な解法を体系的に分析して要約・解説を行った<sup>[8]</sup>。

生産システムのメークスパンとワークロード分散をそれぞれ最小化する生産計画スケジューリングモデルの二目的非線形計画問題の数値実験結果例を、提案手法 HSS-MoEA は従来の NSGA-II (Deb et al. 2002) や SPEA2 (Zitzler et al. 2001) 等の手法よりも Pareto フロントニアが良い。他にも HSS-MoEA の有効性を実証するために、定量的な評価基準に関して収束性、高速性等で優れた実験結果を明らかにしている<sup>[9,10]</sup>。

[8] M. Gen, L. Lin and W.Q. Zhang, 2015: Multiobjective Hybrid Genetic Algorithms for Manufacturing Scheduling: Part I & Part II, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol.362, pp.3-54, Springer.

[9] M. Gen, W.Q. Zhang, L. Lin, and Y.S. Yun, 2017: Recent Advances in Hybrid Evolutionary Algorithms for Multiobjective Manufacturing Scheduling, *Computers & Industrial Engineering*, vol.112, pp.616-633.

[10] W.Q. Zhang, W.T. Xu, G. Liu and M. Gen, 2017: An effective hybrid evolutionary algorithm for stochastic multiobjective assembly line balancing problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28:783-790.

(2) 先端的進化計算法に基づく実践的な応用研究事例の生産計画・スケジューリング研究：最近の先端的進化計算法による多目的生産スケジューリング問題の解法に関する研究状況の総括の発表を行った<sup>[11,15]</sup>。

ハードディスク(HDD)の最適生産スケジューリングの生産工程での制限時間制約(time window constraint)を満足する先端的進化算法を研究開発する必要性から、ハイブリッド GA と ACO にファジロジック機能を組み合わせた先端的進化計算法<sup>[14]</sup>や複数サブポピュレーションのハイブリッド EDA 法による実践的生産計画・スケジューリングの事例研究<sup>[12]</sup>、多目的複数サブポピュレーションのハイブリッドランダムキーGAによる3次元コンテナロード問題の解法<sup>[13]</sup>を報告した。

[11] M. Gen, 2015: Recent hybrid metaheuristics for Multiobjective scheduling, *Proc. of the 45th Inter. Conf. on Computers & Industrial Engineering*, pp.1-12, #281, Oct. 28-30, Metz, France (Invited Keynote).

[12] H-K Wang, C-F Chien and M. Gen, 2015: An Algorithm of Multi-Subpopulation Parameters with Hybrid Estimation of Distribution for Semiconductor Scheduling with Constrained Waiting Time, *IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing*, vol.28, pp.353-366.

[13] J-N Zheng, C-F Chien and M. Gen, 2015: Multi-objective multi-population biased random-key genetic algorithm for the 3-D container loading problem, *Computers & Industrial Eng.*, 85: 80-87.

[14] C. Chamnanlor, K. Sethanan, M. Gen and C-F Chien, 2017: Embedding ant system in genetic algorithm for re-entrant hybrid flow shop scheduling problems with time window constraints, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28.1915-1931.

[15] M. Gen, L. Lin, H. Ohwada & H. Kawakami, 2018: Advanced hybrid genetic algorithm for manufacturing scheduling problems: case studies, pp. 411-455 in Suer & Gen Eds. *Cellular Manuf. Systems: Recent Development, Analysis & Case Studies*, Nova Sci. Publishers, New York.

(3) 不確実な最適生産計画・スケジューリング問題のハイブリッド型進化計算法の研究: 生産・物流システムの製造・配送過程で発生する不確実的要因を確率分布やファジイ数で表わし, 対象にする問題の数理計学モデルを定式化し, ハイブリッド型進化計算法による実践的な応用研究を行った. 二目的確率ジョブショップスケジューリング問題は多目的 EDA 法による解法の提案<sup>[16]</sup>, 不確実環境下の多目的組立てラインバランシング問題はハイブリッド型多目的進化計算法 (HSS-MoEA) による解法の提案<sup>[17]</sup>, 不確実環境下のマシンスケジューリング問題にはハイブリッド型 GA による解法の提案<sup>[18]</sup>, 顧客の需要が不確定状況をファジイ数で表わした多段階生産物流ネットワークの最適設計問題をハイブリッド型 GA と離散的 PSO による解法の提案<sup>[19]</sup>, 更には不確実環境下のフレキシブルスケジューリング問題の共同協調進化的アルゴリズムによる解法の提案<sup>[20]</sup>を国際会議で提案報告した.

[16] X.C. Hao, M. Gen, L. Lin and G.A. Suer, 2017: Effective multiobjective EDA for bi-criteria stochastic job-shop scheduling problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28:833-845.

[17] W.Q. Zhang, W.T. Xu, G. Liu and M. Gen, 2017: An effective hybrid evolutionary algorithm for stochastic multiobjective assembly line balancing problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28: 783-790.

[18] K. Hu, X.F. Zhang, M. Gen and J.B. Jo, 2015: A new model for single machine scheduling with uncertain processing time, *J. of Intelligent*

*Manufacturing*, 28: 717-725.

[19] T. Jamrus, C-F Chien, M. Gen and K. Sethanan, 2015: Multistage production distribution under uncertainty demands by discrete PSO approaches and extended priority based-HGA, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, vol.14, pp.265-287.

[20] Y. Wang, L. Lin, M. Gen, L. Sun & H. Kawakami, 2015: A Co-cooperative evolutionary algorithm for flexible scheduling problem under uncertainty, *Procedia Computer Science*, vol.61, pp.515-520.

(4) 進化算法によるデータマイニング技術の研究: 現在, ビッグデータは“モノのインターネット” (Internet of Things) としてのづくり分野の生産・設備・物流に限らず, あらゆる領域に急速に拡大している. ビッグデータには有用かつ貴重な情報を含まれており, 大量のデータから有用かつ貴重な情報や知識を如何にして抽出するかに関して, データ解析や進化アルゴリズムの技法が注目されており, データマイニング技術は有望な技術の一つとして多目的 EA (MoEA) やハイブリッド型 PSO (HPSO) 等のメタヒューリスティクスをベースにした研究が注目されている. そこで, 先端的な多目的進化計算法を活用して大量のデータベースから知識発見のアーキテクチャ構築を概説し, 効率的な予測または記述モデルを構築するためのデータマイニングをサーベイし, Cauchy 分布を組み込んだ PSO とのハイブリッド遺伝的アルゴリズムを開発した. ハイブリッド型 GA+PSO による高次元の部分空間クラスタリングの事例研究を含めて, 国際会議 IMS2015 で招待講演<sup>[21]</sup>と日本設備管理学会秋季大会で研究発表を行った<sup>[22]</sup>.

[21] M. Gen, L. Lin and H. Ohwada, 2015: “Multiobjective hybrid evolutionary algorithms and data mining: Survey and case study of clustering”, *Proc. of the 14th Inter. Conf. on Information & Management Science*, Guiyang, China, pp.111-123.

[22] 玄光男, 林林, 大和田 勇: ハイブリッド進化アルゴリズムとデータマイニング技法: クラスタリング事例研究, SOPEJ 秋季大会, pp.11-17, 金沢.

## 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 17 件)

[1] L. Lin and M. Gen, 2018: Hybrid Evolutionary Optimization with Learning for Production Scheduling: State-of-the-Art Survey on Algorithms and Applications, *Int. J. of Production Res.*, vol. 56, no.1-2, 193-223;

[2] T. Jamrus, C-F Chien, M. Gen, and K. Sethanan, 2018: Hybrid particle swarm optimization combined with genetic operators for

flexible job-shop scheduling under uncertain processing time for semiconductor manufacturing, *IEEE Trans. on Semicond. Manuf.*, vol.31: 32-41.

[3] M. Gen, W.Q. Zhang, L. Lin, and Y.S. Yun, 2017: Recent Advances in Hybrid Evolutionary Algorithms for Multiobjective Manufacturing Scheduling, *Computers & Industrial Engineering*, vol.112, pp.616-633.

[4] X.C. Hao, M. Gen, L. Lin and G.A. Suer, 2017: Effective multiobjective EDA for bi-criteria stochastic job-shop scheduling problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28: 833-845.

[5] C. Chamnanlor, K. Sethanan, M. Gen and C-F Chien, 2017: Embedding ant system in genetic algorithm for re-entrant hybrid flow shop scheduling problems with time window constraints, *J. of Intelligent Manufacturing*, vol.28: 1915-1931.

[6] JQ Guo, XY Wang, SY Fan, and M. Gen, 2017: Dynamic joint construction and optimal strategy of multi-objective multi-period multi-stage government- enterprise reverse logistics network: A case study of lead battery in Shanghai, *Computers & Industrial Eng.*, vol.106, pp.351-360.

[7] W.Q. Zhang, W.T. Xu, G. Liu and M. Gen, 2017: An effective hybrid evolutionary algorithm for stochastic multiobjective assembly line balancing problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, 28: 783-790.

[8] M. Gen, X.C. Hao and W.Q. Zhang, 2016: Advances in Hybrid Metaheuristics for Stochastic Manufacturing Scheduling: Part I Models and Methods, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 502: 1063-1077.

[9] M. Gen, W.Q. Zhang and X.C. Hao, 2016: Advances in Hybrid Metaheuristics for Stochastic Manufacturing Scheduling: Part II Case Studies, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 502: 1079-1094.

[10] S.W. Cho, Y.H. Lee, D.W. Cho and M. Gen, 2016: Logistics network optimization considering balanced allocation and vehicle routing, *Maritime Economics & Logistics*, vol.18, no.1, pp.41-60

[11] M. Gen, L. Lin and W.Q. Zhang, 2015: Multiobjective Hybrid Genetic Algorithms for Manufacturing Scheduling: Part I Models and Algorithms, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol.362, pp.3-25.

[12] M. Gen, W.Q. Zhang and L. Lin, 2015: Multiobjective Hybrid Genetic Algorithms for Manufacturing Scheduling: Part II Case Studies of HDD and TFT-LCD, *Advances in Intelligent Systems and Comp.*, 362: 27-54.

[13] H-K Wang, C-F Chien and M. Gen, 2015: An Algorithm of Multi-Subpopulation Parameters with Hybrid Estimation of Distribution for Semiconductor Scheduling with Constrained Waiting Time, *IEEE Trans. on Semicon. Manuf.*, vol.28, pp.353-366.

[14] T. Jamrus, C-F Chien, M. Gen and K. Sethanan, 2015: Multistage production distribution

under uncertainty demands by discrete PSO approaches and extended priority based-HGA, *Fuzzy Optimiz. & Decision Making*, 14: 265-287.

[15] J-N Zheng, C-F Chien and M. Gen, 2015: Multi-objective multi-population biased random-key genetic algorithm for the 3-D container loading problem, *Computers & Industrial Engineering*, 85: 80-87.

[16] C. Sangsawang, K. Sethanan, T. Fujimoto and M. Gen, 2015: Metaheuristics optimization approaches for two-stage reentrant flexible flow shop with blocking, *Expert Systems with Applications*, vol.42, pp.2395-2410.

[17] J.E. Lee, K.Y. Chung, K.D. Lee, M. Gen, 2015: A multi-objective hybrid genetic algorithm to minimize the total cost and delivery tardiness in a reverse logistics, *Multimedia Tools and Applications*, vol.74, no.20, pp.9067-9085.

#### [学会発表] (計 26 件)

[1] M. Gen, 2018, "Recent Advances in Logistics and SCM Systems by Hybrid Priority-based Genetic Algorithms with Learning". Mar. 3-5, JIMA International Workshop on Production & Logistics, Japan.

[2] M. Gen, 2018, Invited: "Hybrid Multiobjective Evolutionary Algorithms and Dynamic Train Scheduling", ECOmp 研究会, SOFT, 福岡天神九州工大天神オフィス, 2月28日, 福岡.

[3] M. Gen, 2018, Keynote: "Advances in Hybrid Evolutionary Optimization with Learning for Manufacturing Scheduling". *International Symposium on Semiconductor Manufacturing Intelligence*, Feb. 7-9, Taiwan.

[4] M. Gen, 2017, Invited Talk: "Hybrid Evolutionary Algorithm for Semiconductor Manufacturing Scheduling", Dec. 9, The 43th Conference on Uncertainty Theory, Tsinghua University, Beijing, China.

[5] K. Nitisiri, M. Gen and H. Ohwada, 2017, "Solving Train Scheduling Problem by using Parallel Multiobjective Genetic Algorithm with pyCUDA", 11月21-22日, SOPEJ 秋季大会, 大阪.

[6] M. Gen, 2017, Tutorial: "Hybrid Metaheuristics for Semiconductor Scheduling", Nov. 10-13, The 11th International Conference on Simulated Evolution and Learning (SEAL 2017), Southern Univ. of Sci. & Tech., China.

[7] M. Gen, L. Lin, Y.S. Yun, and H. Inoue, 2017: "Advances in hybrid priority-based genetic algorithms for logistics and SCM network design", Oct. 11-13, The 47th International Conference on Computers & Industrial Engineering, Portugal.

[8] M. Gen, 2017, Plenary: "Advances in Hybrid Genetic Algorithms for Intelligent Transport Systems", Aug. 4-8, The Sixteenth International Conference on Information and Management Sciences, Urumqi, China.

[9] H. Inoue, J.B. Jo & M. Gen, 2017: Multistage logistics inventory for automobile manufacturing by random key-based GA, July 28-31, The 11th Inter. Conf. on Manage. Sci. & Eng. Management,

Kanazawa, Japan.

[10] M. Gen, 2016, Intensive Lecture: "Advanced Evolutionary Algorithms", Dec. 25-30, Sichuan University, Chengdu, China;

[11] M. Gen, 2016, Tutorial: "Recent Advances in Hybrid Metaheuristics for Manufacturing Scheduling", Dec. 8-11, The 16<sup>th</sup> Asian Pacific Industrial Eng. & Management Systems, Vietnam.

[12] M. Gen, 2016, Invited Lecture: "Advances in Hybrid Evolutionary Algorithm for Semiconductor Manufacturing Scheduling" Nov. 26; Northeastern Univ., China.

[13] M. Gen, 2016, Keynote: "Advances in Hybrid Metaheuristics for Stochastic Manufacturing Optimization", Oct. 29-31, The 46<sup>th</sup> Inter. Conf. on Computers & Industrial Engineering, Tianjin, China.

[14] M. Gen, 2016, Keynote: "Advances in Hybrid Metaheuristics for Stochastic Manufacturing Optimization", Aug. 30-Sept. 2, the 10<sup>th</sup> Inter. Conf. on Management Science and Eng. Mgmt., Baku, Azerbaijan.

[15] M. Gen, 2016, Tutorial: "Recent Advances in Hybrid Metaheuristics for Stochastic Manufacturing Scheduling", Aug. 7-10, Inter. Symposium on Semiconductor Manufacturing Intelligence, Taiwan.

[16] M. Gen, 2016, Intensive Lecture: "Evolutionary Algorithms and Applications", July 3-8, Sichuan University, 2016 University Immersion Program (UIP), Chengdu, China.

[17] M. Gen, 2016, Invited Lecture: "Recent Advances in Metaheuristics for SCM, Logistics and Manufacturing", May 18, Hanyang University, Dept. of Industrial & Mgmt. Eng., Ansan, Korea.

[18] M. Gen, 2016, Invited Lecture: "Hybrid Metaheuristics for Manufacturing Scheduling", Feb. 26, Seoul National University, Dept. of Industrial Eng., Korea.

[19] M. Gen, 2016, Keynote: "Hybrid Evolutionary Algorithms for Manufacturing Scheduling", Jan. 25-26, The 12<sup>th</sup> International Conference on Industrial Eng., Tehran, Iran.

[20] M. Gen, 2016, Invited Lecture: "Advanced Evolutionary Algorithms: Manufacturing Scheduling & Logistics", Jan. 18-19, International University, Viet Nam Nat. Univ., HCM, Vietnam.

[21] M. Gen, 2015, Keynote: "Applications of Metaheuristics to Manufacturing for HDD, Panel and Semiconductor Devices", Oct. 28-30, The 45<sup>th</sup> Inter. Conf. on Comp. & Indus. Eng., Metz, France

[22] M. Gen, 2015, Plenary: "Recent Metaheuristics Techniques for Semiconductor Manufacturing Scheduling", Oct. 16-18; Inter. Symp. on Semicon. Manuf. Intellig., KAIST, Korea.

[23] M. Gen, 2015, Invited Lecture: "Hybrid Evolutionary Algorithms for Stochastic Manufacturing Scheduling", Sept. 11-Oct. 9, Tsinghua University, Dept. Math. Sci., China.

[24] M. Gen, 2015, Keynote: "Multiobjective Hybrid Genetic Algorithms for Manufacturing Scheduling: Case Study of HDD & TFT-LCD", July 20-22; The 9<sup>th</sup> Inter. Conf. on Management

Science and Eng. Mgmt., Karlsruhe, Germany;

[25] M. Gen, 2015, Invited Lecture: "Recent Advances in Evolutionary Algorithms and Practical Applications", June 12; Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

[26] M. Gen, 2015, Keynote: "Recent Advances in Hybrid Genetic Algorithms for Manufacturing Scheduling: HDD & TFT-LCD", May 1-3, International Conference on Modern Management and Innovation, Minghsin Univ. of Sci. & Tech., Taiwan.

[図書] (計4件)

[1] G. Suer & M. Gen Eds., 2018: *Cellular Manufacturing Systems: Recent Development, Analysis and Case Studies*, Nova Science Publishers, 615pp, New York.

[2] J.P. Xu, M. Gen, A. Hajiyev, & F. Lee Eds., 2017: *Proceedings of the Eleventh International Conference on Management Science and Engineering Management*, Lecture Notes on Multidiscipli. Indus. Eng., vols.1~2:1871, Springer.

[3] J.P. Xu, A. Hajiyev, S. Nickel & M. Gen Eds., 2016: *Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management*, Advances in Intelligent Systems and Comp., vol. 502, 1722pp, Springer.

[4] M. Gen, K.J. Kim, X. Huang & Y. Hiroshi Eds., 2015: *Industrial Engineering, Management Science and Applications*, Lecture Notes in Electrical Engineering, vol.349, 1102pp, Springer.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ (準備中)等

[http://www.flsi.cird.or.jp/personal\\_page/gen/index.html](http://www.flsi.cird.or.jp/personal_page/gen/index.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

玄 光男 (Mitsuo GEN)

一般財団法人フエジシステム研究所・

研究部・特別研究員

研究者番号：20095003

### (2) 研究分担者

川上 浩史 (Hiroshi KAWAKAMI)

京都大学・デザイン学ユニット・

特定教授

研究者番号：90214600

### (3) 連携研究者

林 林 (Lin LIN)

一般財団法人フエジシステム研究所・

研究部・主任研究員

研究者番号：90434331

### (4) 研究協力者

郝 新厂 (Xinchang HAO)

张 闻强 (Wenqiang ZANG)

尹 永秀 (Yongsu YUN)