

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：77103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510219

研究課題名(和文) 先進的進化計算法に基づく不確実環境下の最適生産計画・スケジューリング研究

研究課題名(英文) Study on Optimal Production Planning and Scheduling under Uncertainty by Advanced Evolutionary Algorithms

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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、先進的進化算法(AEA)の開発と生産スケジューリング問題(MSP)への応用、更に不確実MSPの進化算法研究が目標で、その成果は3分野になる。

多目的ハイブリッド型進化算法の研究：並行型分布推定アルゴリズムの開発と、遺伝的アルゴリズム(GA)を発展させたサンプリング戦略型多目的進化算法(HSS-MoEA)を提案。多目的進化算法の事例研究：ハードディスク(HDD)とパネルディスプレイ(TFT-LCD)のMSP事例研究の提案。不確実MSPのAEAによる研究：システムの製造・配送過程で発生する不確実的要因を伴う確率的な処理時間の組立てラインバランシング解法。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to develop advanced evolutionary algorithms (AEA) for applying to practical manufacturing scheduling problems (MSP) and MSP under uncertainty environment. The results of the research project carried out as follows:

(1) Developing a multiobjective hybrid evolutionary algorithm (MoHEA): We developed a hybrid sampling strategy-based multiobjective evolutionary algorithm (HSS-MoEA) to deal with process planning and scheduling (PPS) and cooperative estimation of distribution algorithm (EDA). (2) Developing a new AEA for practical MSP: We developed adaptive HGA with fuzzy logic controller for solving hard-disc drive (HDD) manufacturing scheduling and also developed MoHGA for panel display (TFT-LCD: thin-film transistor-liquid crystal display) module assembly scheduling. (3) Developing AEA for the uncertain MSP: We developed HMoEA for assembly line balancing problem with stochastic processing time.

研究分野：社会システム工学・安全システム

キーワード：進化計算法 アルゴリズム メタヒューリスティクス 多目的スケジューリング 遺伝的アルゴリズム 分布推定アルゴリズム 不確実環境下のスケジューリング パネルディスプレイ ハードディスクデバイス

1. 研究開始当初の背景:

本研究は、先端的進化算法(AEA)の開発と生産スケジューリング問題(MSP)の事例研究と、更に不確実環境下の MSP を解くために進化算法の研究を目指すもので、研究開始当初の背景は次の通りであった。

(1) 多目的型ハイブリッド進化算法の研究開発: 高速な分布推定アルゴリズム(EDA)の開発、新しい多目的進化計算法の開発、更に最適生産計画・スケジューリング問題に対する最良解の有効性向上が注目された。

(2) 先端的多目的進化計算法に基づく実践的生産計画・スケジューリングの研究事例開発: IT 関連製品の基幹デバイスであるハードディスクやパネルディスプレイの生産スケジューリング、更に半導体デバイス最終検査のスケジューリングの事例研究問題を、それぞれ先端的進化算法にファジィロジック機能や従来の最適化法等を融合した実践的研究は学会誌に研究論文は殆どなかった。

(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確率的な処理時間を伴う組立てラインバランス問題や多目的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進化算法は提案されていたが、多目的先端的進化算法 MoEDA の研究論文はなかった。

2. 研究の目的:

(1) IT 関連製品の基幹デバイスのハードディスク(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数理計画モデルで定式化される。更には綿密で複雑な生産スケジュールリング環境の現場からは時間制約1分から3分あるいは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、多目的型ハイブリッド進化算法の研究開発のために、迅速に高精度の Pareto 最適解を効率的に求める多目的進化算法の研究開発が目的である。

(2) 先端的多目的進化計算法に基づく HDD や TFT-LCD 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、産業界の先端研究開発テーマで、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、TFT-LCD は台湾・国立清華大学及び AUO 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、新しい先端的多目的進化算法にファジィ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) 組立てラインバランス問題や資源

制約付きのプロジェクトスケジューリング問題のように、製造・配送工程で偶発的に発生する不確実的要因によって生産処理時間や配送時間は確率的な処理時間となり、確率的なスケジューリング問題として定式化される。そこで、このような確率的なスケジューリング問題を効率的な多目的進化計算法による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 ハードな数学モデルがほとんどであることから、従来の計算ソフトウェアはそのままに使用する事は難しい。従って、生産・物流等の研究開発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 による適応重付け GA (AWGA)の適合度関数^[1]

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

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

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

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)^[3]の適合度関数

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

が 2014 年に、それぞれの提案されている(詳細な研究方法は下記の文献を参照要)。

(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^{[5][6]}であり、また TFT-LCD は台湾・国立清華大学と AUO との共同研究^[3]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、生産工程での制限時間制約(1-3 分又は 3-5 分以内)を満足する先端的多目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多目的ハイブリッド型進化算法の研究開発が必要とされる。

(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 t_i をその下限 t_i^L と上限 t_i^U の区間 $[t_i^L, t_i^U]$ が満足する一様分布 $U(t_i^L, t_i^U)$ 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進化算法も同様な方法を活用されている。

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^{①⑨⑩}。

Gen-Chengによる適応重付けGA(AWGA)の適合度関数^[1], Lin-Genによる対話型適応重付けGA(iAWGA)の適合度関数^[2]に続く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)は、図1に示したようにSchafferによるVEGA^[2](1985)の収束性が早い利点とHo et al.によるGPSI-FFGA^②(Generalized Pareto-based Scale-Independent Fitness Function GA; 2004)の高速性を反映した手法である。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二目的生産計画スケジューリング最小化の非線形計画問題の数値実験結果例を図2に示す。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^[2]よりもParetoフロンティアが良い^②。その他にも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。

(2.1) 実践的生産計画・スケジューリングの事例研究 1: ハードディスク(HDD)の最適生産スケジューリング。HDD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(AEA)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

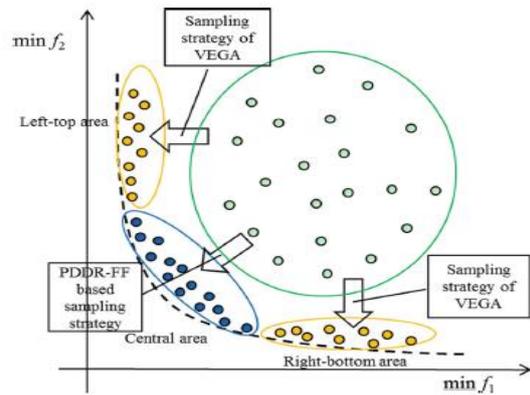


図1. HSS-MoEAの基本概念^②

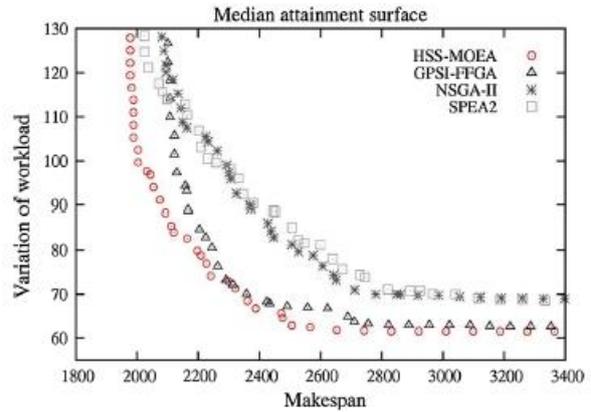


図2. NSGA-II, SPEA2等よりPareto解が良い^②

法等を融合した高速処理可能なハイブリッドAEAの事例研究が実施された。この生産工程は、9プロセスで17ワークステーションからなる。そのシステム分析結果と生産する製品の加工・組立てを活用してオペレーションベースの染色体設計・エンコード/デコードルーチン設計を行う。特に、この生産スケジューリングモデルはリエントラント型なので、オペレーション処理の順序関係を満足するか否かをチェックするCheck-and-Repairルーチンと、制限時間制約を検証するCheck-and-Repairルーチンをそれぞれ設計する必要がある。ハイブリッド型遺伝的アルゴリズム(HGA)の収束性と高速性を促進するためにファジロジックコントローラー(FLC)機能と生産スケジュールのアイドル時間を縮小させるLeft-shiftルーチンを組み込んだ適応型HGAを開発した。開発したHGAの有効性を示すために、他のメータヒューリスティクスSA(Simulated Annealing)や基本GAとの比較実験を製品ロットサイズ・メークスパン・CPU時間で定量的な評価を明らかにした。提案した先進型進化計算法HGAはロットサイズとメークスパンでは優れているが、CPU時間では多少大きい事から今後の改良検討すべき課題も残されている。

(2.2) 実践的生産計画・スケジューリングの事例研究 2: パネルディスプレイ(TFT-LCD)の最適生産スケジューリング。TFT-LCDの生産工程はArray & CFプロセス、

Cell プロセス, 更に Module プロセスからなり, ここでは Module 組立てプロセスの実践的スケジューリングを取り扱う事例研究を開発した。Module 組立てプロセスの生産工程は, 8 種類のパネル製品を 5 台のワークステーションで加工処理する単純な工程プロセス事例である^③。

この工程プロセスの分析図等を基にして, 3 目的関数の数理計画モデルを作成し, 多目的ハイブリッド型遺伝的アルゴリズムの擬似コードを設計したのが下記のものである^③。この生産スケジューリングモデルはハードディスク(HDD)の生産スケジューリング場合と同じように, リエントラント型なので, オペレーション処理の順序関係を満足するかどうかをチェックする Check-and-Repair ルーチンと制限時間制約を検証する Check-and-Repair ルーチンを設計する必要がある。GA の収束性と高速性を促進するためにファジロジックコントローラー機能と生産スケジュールのアイドル時間を小さくさせる VND (Variable Neighborhood Decent) ルーチンを組み込んだ多目的ハイブリッド型遺伝的アルゴリズム設計 (MO-HGA) の擬似コードを図 3 に示す。

procedure: Multi-Objective Hybrid Genetic Algorithm (MO-HGA)

input: data set, GA parameters (popSize, maxGen, p_c , p_m)

output: the best implement schedule

begin

```

t ← 0; // t: generations
initialize P(t) by encoding routine; // P(t): population Step 1
calculate objectives  $f_i(P)$ ,  $i = 1, 2, 3$  by decoding routine; Step 2
create Pareto E(P) by non-dominated routine; // Fast non-dominated sort Step 3
evaluate eval(P) by fitness assignment routine & keep the best Pareto solution; //TOPSIS Step 4
while (terminating condition)
  create C(t) from P(t) by crossover routine; // C(t): offspring Step 5
  create C(t) from P(t) by mutation routine; Step 6
  improve C(t) by variable neighborhood descent (VND) routine; Step 7
  calculate objectives  $f_i(C)$ ,  $i = 1, 2, 3$  by decoding routine; Step 8
  update Pareto E(P, C) by non-dominated routine; Step 9
  evaluate eval(P) by fitness assignment routine & update the best Pareto solution; //TOPSIS Step 10
  select P(t+1) from P(t) and C(t) by elitism strategy in selection routine; Step 11
  auto-tuning  $p_c$ ,  $p_m$  by Fuzzy Logic Controller; Step 12
  t ← t + 1;
end;
output the best implement schedule;
end;

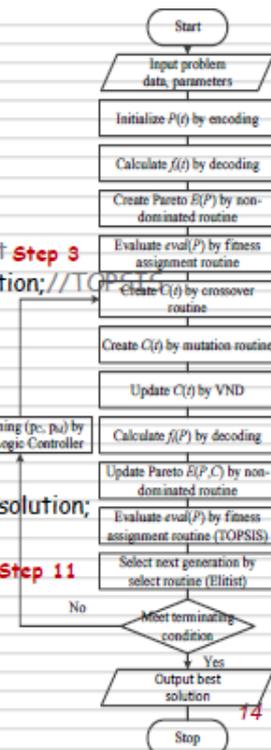
```

図 3 MO-HGA の擬似コード^③

パネルディスプレイ (TFT-LCD) は 3-5 種類まで製品を 4-5 台のワークステーションで生産する小規模な Module 組立てプロセス問題の組立てプロセス問題を, 計算ソフトウェア LINGO と提案した先端的多目的進化計算法 (MO-HGA) との最適解ギャップを 3 目的関数値でそれぞれ比較し, 提案手法 MO-HGA による各目的関数値が LINGO によるそれぞれの各目的関数値と一致した事で, 提案手法 MO-HGA の正当性を明らかにした^③ (Table

VII 参照要)。更に, Module 組立てプロセスの実践的スケジューリングを取り扱う数値データは文献^③ Table IX に示すように 8-60 種類までパネルディスプレイ製品を 8-22 台のワークステーションで生産する中 - 大規模な Module 組立てプロセス問題を取り扱っている^③。ジョブ数は 8-60 種類のパネルディスプレイ製品で, 中 - 大規模の Module 組立てプロセスの生産スケジューリング問題に関して, 従来 of NSGA-II (Deb et al. 2002), 対話型適応重付け GA (iAWGA; Lin-Gen, 2008) と提案した先端的多目的進化計算法 (MO-HGA) を定量的な評価するために, それぞれの手法による Pareto 最適解の数, 平均最良解と参照解間の距離, 更に計算時間で評価を行っている。それぞれの手法と問題で特徴があるが, 提案した MO-HGA が平均して優れている事を明らかにしている^③。

(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, 各オペレーションの処理時間 t_i を確率変数として設定し, その下限 t_i^L と



上限 t_i^U の区間 $[t_i^L, t_i^U]$ が満足する一様分布 $U(t_i^L, t_i^U)$ を下に確率的な多目的組立てラインバランシングの数理計画モデル MoALB を定式化した^[3]。この問題を本基盤研究 (C) で提案した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 による数値実験例で従来 of 代表的な多目的 GA の手法 NSGA-II や SPEA2 と比較し, その有効性を実証した^[3]。更に, 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に関しても、先端的進化算法 MoEDA 進化算法による数値実験例で従来の代表的な多目的 GA の手法 NSGA-II, SPEA2 や awGA と比較し、その有効性を実証した^[4]。

<引用文献>

- [1] M. Gen and R. Cheng: *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, New York, 2000.
- [2] M. Gen, R. Cheng and L. Lin: *Network Models and Optimization: Multiobjective Genetic Algorithm Approach*, Springer, London, 2008.
- [3] X.C. Hao, L. Lin and M. Gen: An effective multiobjective EDA for robust resource constrained project scheduling with uncertain durations, *Procedia Computer Science*, vol. 36, pp.571-578, 2014.
- [4] W.Q. Zhang, W. Xu and M. Gen: Hybrid multiobjective evolutionary algorithm for assembly line balancing problem with stochastic processing time, *Procedia Computer Science*, vol. 36, pp.587-592, 2014.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① Mitsuo Gen, L. Lin: Multiobjective evolutionary algorithm for manufacturing scheduling problems: state-of-the-art survey, *Journal of Intelligent Manufacturing*, (査読有), vol. 25, pp.849-866, 2014.
- ② W.Q. Zhang, Mitsuo Gen, J.B. Jo: Hybrid sampling strategy-based multiobjective evolutionary algorithm for process planning and scheduling problem, *J. of Intelligent Manufacturing*, (査読有), vol. 25, pp.881-897, 2014.
- ③ C-W Chou, C-F Chien, Mitsuo Gen: A Multiobjective Hybrid Genetic Algorithm for TFT-LCD Module Assembly Scheduling, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, (査読有), vol.10, pp.692-705, 2014.
- ④ X-C Hao, J-Z Wu, C-F Chien, Mitsuo Gen: The Cooperative Estimation of Distribution Algorithm: A Novel Approach for Semiconductor Final Test Scheduling Problems, *Journal of Intelligent Manufacturing*, (査読有), vol. 25, pp.867-879, 2014.
- ⑤ C. Chamnanlor, K. Sethanan, C-F Chien, Mitsuo Gen: Re-entrant flow shop scheduling problem with time windows using hybrid genetic algorithm based on autotuning strategy, *International Journal of Production Research*, (査読有), vol.52, pp.1612-1629, 2014.
- ⑥ S. O. Tasan, Mitsuo Gen: An integrated selection and scheduling for disjunctive network problems, *Computers & Industrial Engineering*, (査読有), vol.64, pp.65-76, 2013.

- ⑦ J-E Lee, K-Y Chung, K-D Lee, Mitsuo Gen: A multi-objective hybrid genetic algorithm to minimize the total cost and delivery tardiness in a reverse logistics, *Multimedia Tools & Applications*, (査読有), DOI 10.1007/s11042-013-1594-6, 19pp, 2013.
- ⑧ C. Chamnanlor, K. Sethanan, C-F Chien, Mitsuo Gen: Hybrid Genetic Algorithms for Solving Reentrant Flow-Shop Scheduling with Time Windows, *Industrial Engineering & Management Systems*, (査読有), vol. 12, no. 4, pp.306-316, 2013.
- ⑨ 玄 光男・林 林: 進化技術とその生産・物流システムへの応用, *日本設備管理学会誌*, (査読有), vol. 24, pp.1-20, 2012.
- ⑩ Mitsuo Gen, L. Lin: Multiobjective Genetic Algorithm for Scheduling Problems in Manufacturing Systems, *Industrial Engineering & Management Systems*, (査読有), vol.11, pp.310-330, 2012.
- ⑪ L. Lin, X-C Hao, Mitsuo Gen, J-B Jo: Network modeling and evolutionary optimization for scheduling in manufacturing, *Journal of Intelligent Manufacturing*, (査読有), vol.23, pp.2237-2253, 2012.

[学会発表] (計 25 件)

- ① X.C. Hao, L. Lin and M. Gen: An effective multiobjective EDA for robust resource constrained project scheduling with uncertain durations, *International Conference on Complex Adaptive Systems*, Philadelphia, USA, Nov. 2-5, 2014.
- ② W.Q. Zhang, W. Xu and M. Gen: Hybrid multiobjective evolutionary algorithm for assembly line balancing problem with stochastic processing time, *International Conference on Complex Adaptive Systems*, Philadelphia, USA, Nov. 2-5, 2014.
- ③ Mitsuo Gen: Recent Advances in Evolutionary Algorithms for Manufacturing Scheduling Models (招待・基調講演), *International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications*, Beijing, China, Oct. 28-30, 2014.
- ④ Mitsuo Gen: Multiobjective Hybrid Evolutionary Algorithm and their Applications, *International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE44)*: 招待・基調講演), Istanbul, Turkey, Oct. 14-16, 2014.
- ⑤ X.C. Hao, L. Lin, M. Gen and C-F Chien: "An Effective Markov Network based EDA for Flexible Job Shop Scheduling Problems under Uncertainty", *The 2014 IEEE International Conference on Automation Science & Engineering*, Taipei, Taiwan, Aug. 19-21, 2014.
- ⑥ H-K Wang, C-F Chien and M. Gen: "Hybrid Estimation of Distribution Algorithm with Multiple Subpopulations for Semiconductor Manufacturing Scheduling Problem with Limited Waiting-Time Constraint", *The 2014 IEEE International Conference on*

- Automation Science & Engineering, Taipei, Taiwan, Aug. 19-21, 2014.
- ⑦ Mitsuo Gen: Recent Advances in Stochastic Manufacturing Scheduling by Evolutionary Algorithms, *The 13th International Conference on Information and Management Science*, (招待 Plenary 講演), Zhangjiajie, China, Aug. 3-8, 2014.
- ⑧ Mitsuo Gen: Recent Advances in Multiobjective Genetic Algorithms for Manufacturing Scheduling Problems, *The Eighth International Conference on Management Science and Engineering Management* (招待・基調講演), Universidade Nova de Lisboa, Lisbon, Portugal, July 25-30, 2014.
- ⑨ Mitsuo Gen: Advances in Hybrid Evolutionary Algorithms for Manufacturing & Logistics Optimization, *The 14th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference*, (招待 Plenary 講演), Cebu, Philippine, Dec. 3rd, 2013.
- ⑩ X.C. Hao, L. Lin, M. Gen & K. Ohno: "Effective Estimation of Distribution Algorithm for Stochastic Job Shop Scheduling Problem", *International Conference on Complex Adaptive Systems*, Baltimore, USA, Nov. 13-15, 2013.
- ⑪ W.Q. Zhang, W. Xu & M. Gen: "Multiobjective Evolutionary Algorithm with Strong Convergence of Multi-area for Assembly Line Balancing Problem with Worker Capability", *International Conference on Complex Adaptive Systems*, Baltimore, USA, Nov. 13-15, 2013.
- ⑫ Mitsuo Gen: "Hybrid Evolutionary Algorithms and Uncertainty in Manufacturing & Logistics Systems". *International Conference on Computers & Industrial Eng. (CIE43)*; 招待・基調講演), Hong Kong, Oct. 16-18, 2013.
- ⑬ Mitsuo Gen: Evolutionary Algorithms for Semiconductor Manufacturing Scheduling, *The 12th International Conference on Information and Management Science*, (招待 Plenary 講演), Kunming, China, Aug. 3-9, 2013.
- ⑭ Mitsuo Gen: Network Models and Optimization: Multiobjective Genetic Algorithm Approach, (招待講演), Gazi University, Invited Lecture, Ankara, Turkey, July 1-3, 2013.
- ⑮ Mitsuo Gen: Hybrid Evolutionary Algorithms for Semiconductor Manufacturing Scheduling, *International IIE Conference*, (招待 Tutorial 講演), Istanbul, Turkey, June 26-28, 2013.
- ⑯ 玄光男: ハイブリッド型遺伝的アルゴリズムとその生産・物流システムへの応用, *MMRC コンソーシアム第3分科会*, (招待講演), 東京大学・ものづくり経営研究センター(MMRC), 4月18日, 2013.
- ⑰ Mitsuo Gen: Hybrid Evolutionary Algorithms for Manufacturing Scheduling Problems, *RGJ-Ph.D. Congress XIV*, (招待講演), Pattaya, Thailand, April 5 - 7, 2013.
- ⑱ Mitsuo Gen: Manufacturing Scheduling by Hybrid Evolutionary Algorithms, (招待講演), National Chia Tung University, Hsinchu, Taiwan, Feb. 25, 2013.
- ⑲ Mitsuo Gen: Recent Advances in Hybrid Evolutionary Algorithms for Manufacturing Systems, *The 16th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems*, (招待 Plenary 講演), Kyoto, Japan, Dec. 12-14, 2012.
- ⑳ L. Lin, M. Gen & Y. Liang: A Hybrid EA for Reactive Flexible Job-shop Scheduling, *International Conference on Complex Adaptive Systems*, Washington D.C., USA, Nov. 14-16, 2012.
- ㉑ W.Q. Zhang, L. Lin, M. Gen & J. Jo: Hybrid Sampling Strategy-based Multiobjective Evolutionary Algorithm, *International Conference on Complex Adaptive Systems*, Washington D.C., USA, Nov. 14-16, 2012.
- ㉒ Mitsuo Gen: Evolutionary Data Mining in Electronic Business, *The 12th International Conference on Electronic Business* (招待講演), Xian, China, Oct. 12-16, 2012.
- ㉓ Mitsuo Gen: Recent Advances in Genetic Algorithms and Applications, *The 11th International Conference on Information and Management Science*, (招待 Plenary 講演), Dunhuang, China, Aug. 3-8, 2012.
- ㉔ Mitsuo Gen: Genetic Algorithms in Optimization, *The 42nd Inter. Conference on Computers & Industrial Engineering* (招待 Tutorial 講演), Cape Town, South Africa, July 16-18, 2012.
- ㉕ Mitsuo Gen: Advances in Multiobjective Genetic Algorithms for Manufacturing & Logistics, *RGJ-Ph.D. Congress XIV*, (招待講演), Pattaya, Thailand, May 28-30, 2012.
- [図書] (計1件)
- ① (社)電気学会・進化技術応用調査専門委員会編: 『進化技術ハンドブック』第III巻: 生産・物流システム, 336pp, 2012年, 近代科学社 (編集委員会 委員長).
- [その他] ホームページ等
- FLSI:
<http://www.flsi.cird.or.jp/personal/page/gen/index.html>
 Google Scholar:
<http://scholar.google.com/citations?user=1NG9laQAAAAJ&hl=en>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
 玄光男 (GEN, Mitsuo):
 財)ファジイシステム研究所・研究部・特別
 研究員, 東京理科大学・客員教授
 研究者番号: 20095003
- (2) 連携研究者
 林 林 (LIN, Lin)
 財)ファジイシステム研究所・研究部・主
 任研究員
 研究者番号: 90434331