

設備再配置問題のためのハイブリッドアルゴリズムと データ特性に関する実験的検討

An Experimental Study of Hybrid Algorithms and Data Characteristics for Facility Rearrangement Problem

鈴木 淳^{*1}

Atsushi Suzuki

Email: asuzuki@dokkyo.ac.jp

需要変動に対応して複数設備の稼働と休止を決定する設備再配置計画は、生産能力最大化とコスト最小化を優先順とする二目的混合整数計画モデルとして定式化できる。このモデルに対して、遺伝的アルゴリズム、シミュレーテッドアニーリング、タブーサーチ、それらのハイブリッドアルゴリズムが提案されている。このモデルでは、設備の固定費と、生産量に応じた変動費、設備を変更した場合の効率低下率が入力データとなっており、各設備の稼働または休止と休止設備での生産のシフト先が出力結果となっている。先行研究では、例題データによってアルゴリズムの探索効果が異なることが示唆されている。本研究で数値実験を実施したところ、全体として遺伝的アルゴリズムとタブーサーチのハイブリッドアルゴリズムが効果的であることが確かめられた。ただし、データ特性によってはシミュレーテッドアニーリングの結果が優れている場合もあることもわかった。

The facility rearrangement planning deciding running or stopping of each facility can be formulated into a bi-objective mixed-integer programming model considering maximization of the production performance as primary function and the minimization of the operation cost as secondary one. For solving this model, genetic algorithm, simulated annealing, tabu search and those hybrid algorithms are proposed. In this model, the fixed cost of each facility, the variable cost proportional to the production volume and the reduction rate of production efficiency between facilities are given as the input data, and the operating or stopping of each facility and the shifting of production in the stopped facility are decided as the output result. Previous researches suggest that the search effect of those algorithms differ depending on the example data. As the result of numerical experiments in this study, it was confirmed that the hybrid algorithm of genetic algorithm and tabu search is effective as a whole. However, it is found that simulated annealing results may be better depending on the data characteristics in some cases.

^{*1}：獨協大学経済学部

1. はじめに

企業や組織において用いている設備は、内部および外部環境の変化によってその構成や配置を見直し、再配置を計画すべきである。樋野と森脇⁽¹⁾は生産設備を対象にスケジューリングを考慮した設備再配置方法を提案しているが、これは数か月から1年程度の生産計画の変動に伴う、設備数10程度の小規模な再配置を対象としている。これと異なる観点で、鈴木と山本⁽²⁾は多設備生産システムにおいて複数ある設備の稼働および休止、生産の移転を決定する設備再配置モデルを提案しており、これは1年から5年程度の需要変動への対応を想定した再編計画となっている。そして、生産能力の最大化と制約条件下でのコスト最小化を同時に考慮する優先順位付き二目的混合整数計画モデルに定式化し、設備数20以上の問題を対象に解法の開発を行っている⁽¹⁰⁾。このため、設備再配置を対象としている類似点はあるが、需要変動による設備数の変更を含まない樋野と森脇⁽¹⁾の解法を、鈴木と山本⁽²⁾の問題に適用することはできない。

鈴木と山本⁽²⁾による再配置モデルのために、2段階法として2段階遺伝的アルゴリズム (GA) による方法⁽⁴⁾、GA にヒューリスティックな局所探索を組み合わせた方法⁽⁵⁾、GA にシミュレーテッドアニーリング (SA) を組み込んだ方法⁽⁶⁾、GA にタブーサーチ (TS) を組み込んだ方法⁽⁷⁾、個体群を用いたメタヒューリスティクスによる方法⁽⁸⁾などが開発されており、1段階法としてSAのフレームワークに近傍探索を組み込んだアルゴリズム⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾などが提案されている。しかし、例題によって結果が異なり、アルゴリズムの統一的な効果が論じられていない。

本研究では、データの特徴を考慮して作成した例題に対し、先行研究で提案されているGAとSAのハイブリッド法、GAとTSのハイブリッド法、SA法で数値実験を行い、探索効果を比較したところ違いが認められたので報告する。

2. 問題設定と定式化

2.1 問題設定

ある製品を n 基の設備で生産しており、今期は需要が減少したため各設備とも最大能力より少ない生産量で生産している。経営的判断から次期には運用コストを低減することとなり、全設備の運用コスト合計の上限が制約として与えられている。この一方で、次期の間に需要が回復することも想定して、生産能力をできるだけ多く確保したい。この状況下で、各設備の稼働と休止、および休止設備での生産

の稼働設備への移転（統合）を決定しなければならない。ただし、運用コスト合計は低い方がより好ましい。与えられるデータは、各設備の固定費、生産量に比例する変動費、生産を他の設備に移転した場合の生産能力減少率とする。

2.2 定式化

制約条件の下、第一の目的関数である再編後の稼働設備の生産能力の合計 F を最大化し、生産能力が同じ場合は第二の目的関数である再編後の運用コスト合計 C を最小化するように、各設備の稼働休止と休止設備での生産の移転先設備を決定する問題として次のように表現できる⁽¹⁰⁾：

$$F = \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max \quad (1)$$

$$C = \sum_{j=1}^n (c_j + v_j p_j) x_j \rightarrow \min, \text{ if } F = F^* \quad (2)$$

subject to

$$\sum_{j=1}^n (c_j + v_j p_j) x_j \leq C_{\max} \quad (3)$$

$$p_j = \begin{cases} s_j, & \text{if } s_j \leq u_j \\ u_j, & \text{if } s_j > u_j \end{cases}, j=1, \dots, n \quad (4)$$

$$s_j = \sum_{i=1}^n q_i r_{ij} y_{ij} + q_j x_j, j=1, \dots, n \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} + x_i = 1, i=1, \dots, n \quad (6)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, i=1, \dots, n \quad (7)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\}, i, j=1, \dots, n, i \neq j \quad (8)$$

$$y_{ij} = 0, \text{ if } i = j; j=1, \dots, n \quad (9)$$

ただし、 c_j ：設備 i の固定費、 C_{\max} ：コスト上限、 F^* ：現行の F 最良値、 p_j ：再編後の設備 j の生産量、 q_i ：再編前の設備 i の生産量、 r_{ij} ：生産能力減少率 ($0 \leq r_{ij} \leq 1$)、 u_j ：設備 j の生産能力上限、 v_j ：設備 j の変動費である。このうち生産能力減少率とは、設備 i で行っていた生産を設備 j に移転したときの生産効率の低下率を指し、設備仕様や運用方式の違いから設備 i での能力に対する設備 j での能力の比率を表す。

変数 x_j と y_{ij} は0-1変数であり、それぞれ設備の稼働または休止、生産移転関係を次のように表す。

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{設備 } j \text{ を稼働する} \\ 0, & \text{設備 } j \text{ を休止する} \end{cases} \quad (10)$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{設備 } i \text{ の生産を設備 } j \text{ に移転する} \\ 0, & \text{設備 } i \text{ の生産を設備 } j \text{ に移転しない} \end{cases} \quad (11)$$

また、 x_j と y_{ij} の関係は (6) 式の説明として次式のようにも表現できる。

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{if } x_i = 1 \\ 1, & \text{if } x_i = 0 \end{cases}, i=1, \dots, n \quad (12)$$

今期コストと次期コスト予算の比率として次式のように C_{\max} からコスト低減率 R_c が定義される。

$$R_c = C_{\max} / \sum_{j=1}^n (c_j + q_j v_j) \leq 1 \quad (13)$$

この問題は、 $n < 20$ かつ $R_c > 0.90$ であれば、逐次改善的な方法で良好な解を得ることができる⁽²⁾。しかしながら、 $n \geq 20$ かつ $R_c \leq 0.90$ であると、休止設備数によって探索領域が広がるとともに生産移転先の組合せが増え、既存の逐次改善的な方法では実行可能領域の探索効率が低下して、極めて長時間探索を行っても実行可能解を見出せないことも起こり得る⁽³⁾。このため、これまでいくつかの解法が開発されてきたので、それらを数値実験として比較する。

3. 数値実験

3.1 比較する解法と設定

先行研究で提案されている次のハイブリッドアルゴリズムを比較する。

GS: GA で x_j を探索し、SA で y_{ij} を探索するアルゴリズム⁽⁶⁾

GT: GA で x_j を探索し、TS で y_{ij} を探索するアルゴリズム⁽⁷⁾

この2つは、GA の枠組みの中で、SA または TS を用いるものである。すなわち、GA で探索している x_1, \dots, x_n の値の下で、部分問題として SA または TS で $y_{1,1}, \dots, y_{nn}$ を探索することになる。この1つの部分問題に対してどの程度の計算量を配分するかがパラメータとなる。SA と TS では、着想は異なるが、いずれも逐次改善型のアルゴリズムにおいて局所最適からの脱出のための操作が技法の特徴であ

る。計算時間を長く配分してローカルサーチを繰り返す効果と、計算時間を短くしてリセットによる探索領域を転換する効果のいずれが有効であるかは、数値例によって実験をしてみる必要がある。

本研究では、1 部分問題に対して計算時間全体のうち $T_y = 0.001, 0.005, 0.010$ のいずれかを上限として配分する設定を試して結果を比べることとした。

また、ハイブリッドではない SA アルゴリズム⁽¹⁰⁾ を比較対象として用いることとする。これは先行研究⁽¹⁰⁾ の3つの SA アルゴリズムのうち最も効果が高いとされている“SA1”を採用する。

以上から、本研究では次の7解法を比較することとする。

GS1: GS で $T_y = 0.001$ の解法

GS2: GS で $T_y = 0.005$ の解法

GS3: GS で $T_y = 0.010$ の解法

GT1: GT で $T_y = 0.001$ の解法

GT2: GT で $T_y = 0.005$ の解法

GT3: GT で $T_y = 0.010$ の解法

SA: SA 解法 (先行研究⁽¹⁰⁾ の“SA1”)

3.2 数値例データセットと設定

比較する数値例データについて、先行研究では作成方法として $c_j, q_i, r_{ij}, u_j, v_j$ についてそれぞれ3つ程度の候補値を準備しておき、乱数によって候補から1つを選んで決定する操作を用いていた。この方法でデータセット (DS) を複数作成し、それぞれを開発されたアルゴリズムで解いたところ、数値例によってアルゴリズムの優劣が異なることがわかった。このため、どのようなデータでは、どのアルゴリズムとパラメータ設定の効果が高いのか? という観点から、予備探査的な研究を進めることとした。

本研究では設備数20として、 c_j, v_j, r_{ij} をそれぞれ同じ値 (EQ: equal) か、異なる値か (NE: not equal) で8つのDSを作成した (表1)。先行研究⁽³⁾ において、設備数20未満の問題では全数列举によって解くことが可能であるが、それ以上の場

表1 データセット

Data Set	c_j	v_j	r_{ij}
DS1	EQ	EQ	EQ
DS2	EQ	EQ	NE
DS3	NE	NE	EQ
DS4	NE	NE	NE
DS5	EQ	NE	EQ
DS6	EQ	NE	NE
DS7	NE	EQ	EQ
DS8	NE	EQ	NE

EQ: 同じ値、NE: 異なる値

合は何らかの効率的な解法が必要であるため、本論文では手始めに設備数 20 を対象とすることにした。

数値の詳細については、付録の表を参照のこと。

DS ごと、コスト低減率 $R_c = 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 0.95$ として 6 つの設定を行うこととする。すなわち、本研究では、例題数 = データセット数 \times コスト低減率設定数 $= 8 \times 6 = 48$ 問となる。

3.3 計算環境

計算機環境は、プロセッサ Core i7-4600U、RAM 4GB、OS Windows 10 Pro 64bit、コンパイラ GCC++5 (64bit 版) である。

各解法では先行研究⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾で使われているパラメータを採用した。計算時間上限を 1 回あたり 1200 秒とし、例題 1 問について 5 回ずつ試行した。計算時間については、先行研究⁽⁴⁾での実験結果を参考に本稿のための予備実験を行い、設備数 20 の例題で $R_c = 0.7$ の場合、600 秒程度経過以降で解の改善が見られなくなった結果を踏まえて、1200 秒に設定した。より長い時間計算すれば更に良い解が発見される可能性はあるが、それはランダム探索のような偶発的な結果であり、解法の特徴によるとは言えないことも理由である。計算回数 5 回も十分なものではないが、およその傾向を先取りして探ることを目的としてこの回数とした。

4. 実験結果と考察

各例題に対して 5 回ずつ試行して最適解が得られた回数を表 2 に示す。全体の合計をみると、次のことが言える。

- 最適解を最も多く見出したのは GT1 で 122 回であった。次に SA の 119 回、GT2 の 114 回、GT3 の 112 回と続いた
- GS1、GS2、GS3 は 79、78、75 回となり、GT および SA と比べると明らかに劣っていた
- GS1、GS2、GS3 の比較では、明らかな差があるとは言えない
- GT1、GT2、GT3 の比較では、GT1 の優位性が認められる。

次に、DS ごとに集計した結果を表 3 に示す。この表の数値から次のことが言える。

- DS1 と DS2 の結果は似ている。GS1、GS2、GS3、GT1、GT2、GT3 が優れており、比べると SA は劣っている
- DS3 と DS5 と DS7 の結果は似ている。SA が優れており、GT1、GT2、GT3 が続き、GS1、GS2、GS3 は明確に劣っている
- DS4 と DS6 と DS8 の結果は似ている。SA と GT1 と GT2 と GT3 が優れており、DS3 と

表 2 実験結果：最適解が得られた回数

DS	R_c	GS1	GS2	GS3	GT1	GT2	GT3	SA
DS1	0.95	5	5	3	5	5	5	1
	0.9	5	5	5	5	5	5	1
	0.8	5	5	5	5	5	5	4
	0.7	5	5	5	5	5	5	4
	0.6	5	5	5	5	5	5	5
	0.5	1	5	5	5	1	5	5
DS2	0.95	5	5	5	5	5	5	0
	0.9	5	5	5	5	5	5	1
	0.8	5	5	5	5	5	5	5
	0.7	5	5	5	5	5	5	4
	0.6	5	5	5	5	5	5	4
	0.5	5	5	5	5	5	5	0
DS3	0.95	0	0	0	2	2	2	0
	0.9	0	0	0	0	0	3	2
	0.8	0	0	0	2	0	0	4
	0.7	0	0	0	1	1	0	2
	0.6	0	0	0	1	1	1	4
	0.5	0	0	0	0	1	2	1
DS4	0.95	5	5	5	5	5	5	0
	0.9	0	0	1	1	0	0	1
	0.8	0	0	0	2	0	1	1
	0.7	0	0	0	1	0	2	4
	0.6	0	0	0	1	1	1	5
	0.5	0	0	0	1	0	1	1
DS5	0.95	0	0	0	2	2	2	1
	0.9	0	0	0	1	0	0	2
	0.8	0	0	0	0	0	1	5
	0.7	0	0	0	3	2	1	5
	0.6	1	0	0	0	5	3	5
	0.5	1	1	0	4	4	2	0
DS6	0.95	5	5	5	5	5	5	0
	0.9	2	0	0	2	3	0	1
	0.8	0	0	0	3	1	3	0
	0.7	0	0	1	0	1	1	3
	0.6	1	0	0	4	2	0	5
	0.5	0	1	0	5	5	4	2
DS7	0.95	0	0	0	2	2	0	1
	0.9	0	0	0	2	0	2	1
	0.8	0	0	0	0	0	1	4
	0.7	0	0	0	0	0	0	3
	0.6	0	0	0	2	2	0	4
	0.5	1	0	0	0	2	1	5
DS8	0.95	5	5	5	5	5	5	0
	0.9	2	1	0	3	4	1	0
	0.8	0	0	0	1	0	0	3
	0.7	0	0	0	0	0	0	4
	0.6	0	0	0	0	2	1	5
	0.5	0	0	0	1	0	1	1
Total		79	78	75	122	114	112	119

DS5 と DS7 の場合ほどではないが GS1 と GS2 と GS3 が劣っている。

次に、 R_c の設定値ごとに集計した結果を表 4 に示す。この表の数値から次のことが言える。

- $R_c = 0.95$ では GT1、GT2、GT3 が優れており、SA は大きく劣っている
- $R_c = 0.9$ では GT1、GT2 が優れており、GT3 と GS1 が続く。GS2 と GS3 は劣っており、SA はさらに劣っている
- $R_c = 0.8$ では SA が優れており、GT1 が続く。GS1、GS2、GS3 は大きく劣っている
- $R_c = 0.7$ では SA が優れており、GT1 が続く。GS1、GS2、GS3 は大きく劣っている
- $R_c = 0.6$ では SA が特に優れており、GT2 が続く。GS2、GS3 は大きく劣っている
- $R_c = 0.5$ では GT1、GT2、GT3 が優れており、SA が続く。GS1、GS2、GS3 は劣っている。

以上をまとめると、次のことが言える。

- c_j が同じ値、かつ v_j が同じ値の場合、GS と GT のいずれでも探索効果は高い
- c_j が異なる値、あるいは v_j が異なる値で、 r_{ij} が異なる値の場合、GT1 の探索効果が高い
- c_j が異なる値、あるいは v_j が異なる値で、 r_{ij} が同じ値の場合、SA の探索効果が高い
- GS のみが探索効果が高い場合は認められなかった
- GS1、GS2、GS3 の違いは認められなかった
- 全体としては GT1 の効果が高いが、 c_j が異なる値、あるいは v_j が異なる値で、 r_{ij} が同じ値、

- かつ $R_c = 0.6 \sim 0.8$ の場合は、SA の効果が高い
- $R_c = 0.95$ の場合は SA の効果が低い。

なお、本稿では GT1 が最も良く、SA、GT2、GT3 と続く結果が得られたが、これらの良し悪しについてさらに数値実験を重ねて検討する必要がある。本稿の結果は回数の少ない実験での予備探査的研究における暫定的なものであることに留意を要する。

5. おわりに

本研究では、設備再配置問題に対する GA と SA または TS によるハイブリッドアルゴリズムについて、データ特性を考慮して作成した数値例を用いて探索効果の違いを検討した。数値実験の結果、全体として GA と TS のハイブリッドアルゴリズムの効果が高いことが確かめられ、データの特徴によってはハイブリッドではない SA のアルゴリズムで効果が高い場合があることがわかった。ただし、これらは限られた実験の範囲内で得られた現時点での結論であり、より多くの数値実験を行って検証する必要がある。また今後の研究の方向性として、今回の数値例はデータの特徴と最適解への到達を分かりやすくするための架空の値であり、現実とは異なることから、より現実性を考慮した数値例での研究も行いうことも考えられる。

謝辞

本研究の一部は、情報科学研究所研究助成によるものである。

表 3 実験結果：最適解が得られた回数 (DS ごと集計)

DS	GS1	GS2	GS3	GT1	GT2	GT3	SA
DS1	26	30	28	30	26	30	20
DS2	30	30	30	30	30	30	14
DS3	0	0	0	6	5	8	13
DS4	5	5	6	11	6	10	12
DS5	2	1	0	10	13	9	18
DS6	8	6	6	19	17	13	11
DS7	1	0	0	6	6	4	18
DS8	7	6	5	10	11	8	13

表 4 実験結果：最適解が得られた回数 (R_c ごと集計)

R_c	GS1	GS2	GS3	GT1	GT2	GT3	SA
0.95	25	25	23	31	31	29	3
0.9	14	11	11	19	17	16	9
0.8	10	10	10	18	11	16	26
0.7	10	10	11	15	14	14	29
0.6	12	10	10	18	23	16	37
0.5	8	12	10	21	18	21	15

参考文献

- (1) 樋野 励、森脇 俊道:「スケジューリングに基づく生産設備の再配置 (第 1 報): 設備配置に対する評価値としてのスケジュールの導入」、精密工学会誌、Vol.69、No.5、pp.655-659 (2003)
- (2) 鈴木 淳、山本 久志:「需要変動を考慮した設備再配置問題と進化的解法」、日本設備管理学会誌、Vol.22、No.1、pp.21-27 (2010)
- (3) 鈴木 淳:「コスト制約をもつ設備再配置問題のための遺伝的アルゴリズムによる解法の改良」、日本設備管理学会誌、Vol.23、No.1、pp.9-14 (2011)
- (4) A. Suzuki and H. Yamamoto: "A Two-step Genetic Algorithm for solving Facility Rearrangement Problem", Proceeding of 11th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2010, ID92 (2010)
- (5) A. Suzuki and H. Yamamoto: "Solving Facility Rearrangement Problem Using a Genetic Algorithm and a Heuristic Local Search", Industrial Engineering and Management Systems,

- Vol.11, No.2, pp.169-174 (2012)
- (6) 鈴木淳、山本久志:「遺伝的アルゴリズムと擬似焼きなまし法を用いた設備再編計画」、平成 24 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集、GS11-4 (2012)
 - (7) 鈴木淳、山本久志:「ハイブリッド遺伝的アルゴリズムによる設備再編計画」、平成 25 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集、GS5-7 (2013)
 - (8) 鈴木淳、山本久志:「個体群を用いたメタヒューリスティックアルゴリズムによる設備再編計画」、平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集、GS4-6 (2014)
 - (9) 鈴木淳、山本久志:「設備再編計画のためのシミュレーテッド・アニーリングと近傍探索法によるアルゴリズム」、平成 27 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集、GS3-2 (2015)
 - (10) A. Suzuki and H. Yamamoto: “Solving Facility Rearrangement Problem using a Simulated Annealing Based Algorithm”, Proceeding of 16th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2015, ID143 (2015)

表 A3 データセット DS3 と実験結果

(a) 入力データ

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_j	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
q_j	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c_j	600	600	601	601	602	602	603	603	604	604	605	605	606	606	607	607	608	608	609	609
v_j	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
r_{ij}	$= 1.0$																			

(b) 実験結果

DS3	R_c	No.	GS1		GS2		GS3		GT1		GT2		GT3		SA	
			F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0.95		1	2000	20239	2000	20243	2000	20442	2000	20045	2000	20045	2000	20045	2000	20745
		2	2000	20240	2000	20441	2000	20446	2000	20045	2000	20045	2000	20045	2000	20745
		3	2000	20432	2000	20634	2000	20848	2000	20237	2000	20238	2000	20238	2000	20745
		4	2000	20434	2000	20645	2000	21039	2000	20239	2000	20239	2000	20240	2000	21446
		5	2000	20438	2000	20645	2000	21445	2000	20239	2000	20429	2000	20433	2000	21446
		Mean	2000	20357	2000	20522	2000	20844	2000	20161	2000	20199	2000	20200	2000	21025
0.9		SD	0.0	106.9	0.0	178.3	0.0	424.0	0.0	106.1	0.0	160.8	0.0	162.3	0.0	384.0
		1	2000	20242	2000	20637	2000	20835	2000	20236	2000	20239	2000	20045	2000	20045
		2	2000	20438	2000	20644	2000	20836	2000	20237	2000	20239	2000	20045	2000	20045
		3	2000	20439	2000	20644	2000	20846	2000	20244	2000	20240	2000	20045	2000	20745
		4	2000	20439	2000	20646	2000	20847	2000	20432	2000	20432	2000	20430	2000	20745
		5	2000	20844	2000	20852	2000	21032	2000	20434	2000	20434	2000	20432	2000	21446
0.8		Mean	2000	20480	2000	20685	2000	20879	2000	20316	2000	20317	2000	20199	2000	20605
		SD	0.0	220.4	0.0	93.6	0.0	85.6	0.0	105.5	0.0	106.1	0.0	211.4	0.0	586.0
		1	2000	20243	2000	20445	2000	20444	2000	20045	2000	20238	2000	20236	2000	20045
		2	2000	20250	2000	20448	2000	20639	2000	20045	2000	20239	2000	20237	2000	20045
		3	2000	20437	2000	20453	2000	20651	2000	20236	2000	20240	2000	20237	2000	20045
		4	2000	20635	2000	20631	2000	20837	2000	20237	2000	20432	2000	20431	2000	20045
0.7		5	2000	20639	2000	20635	2000	20843	2000	20239	2000	20433	2000	20437	2000	20745
		Mean	2000	20441	2000	20522	2000	20683	2000	20160	2000	20316	2000	20316	2000	20185
		SD	0.0	195.3	0.0	101.0	0.0	165.4	0.0	105.4	0.0	106.0	0.0	108.1	0.0	313.0
		1	1800	18231	1800	18431	1800	18540	1800	18036	1800	18036	1800	18040	1800	18036
		2	1800	18232	1800	18443	1800	18436	1800	18039	1800	18038	1800	18041	1800	18036
		3	1800	18234	1800	18636	1800	18635	1800	18231	1800	18228	1800	18231	1800	18645
0.6		4	1800	18234	1800	18824	1800	18636	1800	18232	1800	18231	1800	18232	1800	18645
		5	1800	18436	1800	18832	1800	18645	1800	18236	1800	18233	1800	18234	1800	18645
		Mean	1800	18273	1800	18633	1800	18518	1800	18155	1800	18153	1800	18156	1800	18401
		SD	0.0	90.9	0.0	195.6	0.0	178.7	0.0	107.1	0.0	106.1	0.0	105.1	0.0	333.6
		1	1600	16038	1500	15627	1500	15625	1600	16028	1600	16028	1600	16028	1600	16028
		2	1600	16232	1500	15630	1500	15627	1600	16032	1600	16030	1600	16030	1600	16028
0.5		3	1600	16235	1500	15631	1500	15634	1600	16034	1600	16030	1600	16033	1600	16028
		4	1600	16236	1500	15835	1500	15638	1600	16224	1600	16031	1600	16034	1600	16028
		5	1500	15821	1500	15839	1500	15843	1600	16230	1600	16227	1600	16221	1500	15938
		Mean	1580	16112	1500	15712	1500	15673	1600	16110	1600	16069	1600	16069	1580	16010
		SD	44.7	185.8	0.0	113.8	0.0	95.0	0.0	107.2	0.0	88.2	0.0	84.9	44.7	40.2
		1	1300	13328	1300	13420	1300	13429	1300	13322	1300	13321	1300	13321	1300	13321
0.4		2	1300	13421	1300	13423	1200	12229	1300	13323	1300	13324	1300	13321	1200	12015
		3	1300	13424	1300	13438	1200	12230	1300	13323	1300	13325	1300	13323	1200	12015
		4	1300	13426	1300	12230	1200	12427	1300	13324	1300	13326	1300	13326	1200	12015
		5	1300	13430	1200	12232	1200	12622	1300	13428	1300	13327	1300	13329	1000	10010
		Mean	1300	13406	1260	12949	1220	12587	1300	13344	1300	13325	1300	13324	1180	11875
		SD	0.0	43.6	54.8	655.1	44.7	497.8	0.0	47.0	0.0	2.3	0.0	3.5	109.5	1186

Mean: 平均

SD: 標準偏差

網掛け部: 最適解

表 A4 データセット DS4 と実験結果

(a) 入力データ

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_j	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
q_j	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c_j	600	600	601	601	602	602	603	603	604	604	605	605	606	606	607	607	608	608	609	609
v_j	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
r_{ij}	$= 1.0 \ (i=j), = 0.9 \ (i \neq j)$																			

(b) 実験結果

DS4	R _c	GS1		GS2		GS3		GT1		GT2		GT3		SA	
		F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0.95	1	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1970	24756
	2	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1970	24756
	3	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1950	23205
	4	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1950	23205
	5	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1950	23205
	Mean	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1980	25541	1958	23205
0.9	SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	849.5
	1	1960	24075	1960	24003	1960	23999	1960	23999	1960	24075	1960	24075	1960	23980
	2	1960	24076	1960	24082	1960	24077	1960	24075	1960	24075	1960	24076	1950	23205
	3	1960	24076	1960	24082	1960	24086	1960	24075	1960	24077	1960	24076	1940	22431
	4	1960	24077	1960	24085	1960	24175	1960	24075	1960	24078	1960	24076	1940	22431
	5	1960	24079	1960	24176	1960	24268	1960	24080	1960	24082	1960	24077	1930	21658
0.8	Mean	1960	24077	1960	24086	1960	24121	1960	24061	1960	24077	1960	24076	1944	22741
	SD	0.0	1.5	0.0	61.3	0.0	103.2	0.0	34.6	0.0	2.9	0.0	7.0	11.4	882.5
	1	1930	21668	1920	20997	1920	21087	1930	21658	1930	21661	1930	21658	1930	21658
	2	1920	21081	1920	21085	1920	21093	1930	21658	1930	21666	1930	21660	1920	20886
	3	1920	21086	1920	21087	1920	21093	1930	21661	1930	21667	1930	21660	1920	20886
	4	1920	21090	1920	21280	1920	21097	1930	21665	1930	21667	1920	20886	1920	20886
0.7	5	1920	21390	1920	21472	1920	21066	1920	20967	1920	20967	1920	20886	1920	20886
	Mean	1922	21241	1920	21284	1920	21167	1930	21666	1928	21529	1926	21352	1920	20886
	SD	4.5	253.1	0.0	191.3	0.0	167.1	0.0	3.8	4.5	305.6	5.5	421.4	7.1	545.5
	1	1820	18878	1740	18415	1740	18434	1820	18785	1820	18877	1820	18785	1820	18785
	2	1820	18887	1740	18609	1740	18617	1820	18876	1820	18878	1820	18878	1820	18785
	3	1740	18414	1740	18612	1740	18620	1820	18878	1820	18881	1820	18878	1820	18785
0.6	4	1740	18608	1740	18651	1740	18620	1820	18878	1820	18883	1820	18879	1820	18785
	5	1740	18403	1740	18609	1740	18780	1820	18879	1820	18883	1820	18882	1730	17546
	Mean	1772	18642	1740	18613	1740	18616	1820	18879	1820	18883	1820	18882	1730	17546
	SD	43.8	232.8	0.0	136.5	0.0	132.7	0.0	41.5	35.8	206.1	0.0	51.9	40.2	554.5
	1	1560	15938	1560	15950	1560	16130	1560	15748	1560	15748	1560	15748	1560	15748
	2	1560	15939	1560	16129	1560	16138	1560	15752	1560	15752	1560	15751	1560	15748
0.5	3	1560	15942	1560	16130	1550	16248	1560	15756	1560	15755	1560	15752	1560	15748
	4	1560	15943	1550	16249	1540	16186	1560	15932	1560	15759	1560	15757	1560	15748
	5	1560	16130	1560	15938	1560	15875	1560	15748	1560	15756	1560	15756	1560	15748
	Mean	1560	15978	1542	16097	1538	16115	1560	15822	1560	15789	1560	15788	1560	15748
	SD	0.0	84.8	34.9	151.2	33.5	143.6	0.0	100.3	0.0	82.1	0.0	81.5	0.0	0.0
	0.4	1	1300	13322	1300	13434	1280	13476	1300	13321	1300	13323	1300	13321	1300
2		1300	13332	1300	13436	1280	13483	1300	13323	1300	13323	1300	13322	1300	13322
3		1300	13421	1290	13545	1280	13491	1300	13325	1300	13326	1300	13323	1200	12015
4		1300	13429	1280	13477	1260	13559	1300	13326	1300	13326	1300	13326	1200	12015
5		1290	13543	1290	13490	1240	13430	1300	13325	1300	13326	1300	13326	1200	12015
Mean		1298	13430	1290	13474	1260	13280	1300	13343	1300	13343	1300	13342	1240	12538
0.3	SD	4.5	89.4	10.0	45.1	34.6	481.1	0.0	44.0	0.0	40.3	0.0	43.0	54.8	715.6

表 A5 データセット DS5 と実験結果

(a) 入力データ

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_j	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
q_j	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c_j	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
v_j	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
r_{ij}	= 1.0																			

(b) 実験結果

DS5	R_c	No.	GS1		GS2		GS3		GT1		GT2		GT3		SA	
			F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0.95		1	2000	20200	2000	20600	2000	20800	2000	20000	2000	20000	2000	20000	2000	20000
		2	2000	20200	2000	20800	2000	20800	2000	20000	2000	20000	2000	20000	2000	21400
		3	2000	20200	2000	20800	2000	21000	2000	20200	2000	20200	2000	20200	2000	22100
		4	2000	20400	2000	20800	2000	21000	2000	20200	2000	20200	2000	20200	2000	22100
		5	2000	20600	2000	21000	2000	21200	2000	20200	2000	20200	2000	20400	2000	22100
		Mean	2000	20320	2000	20800	2000	20960	2000	20120	2000	20120	2000	20160	2000	21540
		SD	0.0	178.9	0.0	141.4	0.0	167.3	0.0	109.5	0.0	109.5	0.0	167.3	0.0	912.7
0.9		1	2000	20200	2000	20200	2000	20600	2000	20000	2000	20200	2000	20200	2000	20000
		2	2000	20200	2000	20600	2000	20600	2000	20200	2000	20200	2000	20200	2000	20000
		3	2000	20400	2000	20600	2000	20600	2000	20200	2000	20200	2000	20200	2000	20700
		4	2000	20400	2000	20600	2000	20600	2000	20200	2000	20400	2000	20400	2000	21400
		5	2000	20600	2000	20600	2000	20800	2000	20400	2000	20400	2000	20400	2000	22100
		Mean	2000	20360	2000	20520	2000	20640	2000	20200	2000	20240	2000	20280	2000	20840
		SD	0.0	167.3	0.0	178.9	0.0	89.4	0.0	141.4	0.0	89.4	0.0	109.5	0.0	912.7
0.8		1	2000	20400	2000	20600	2000	20400	2000	20200	2000	20200	2000	20000	2000	20000
		2	2000	20600	2000	20600	2000	20600	2000	20200	2000	20200	2000	20200	2000	20000
		3	2000	20600	2000	20600	2000	20600	2000	20200	2000	20200	2000	20200	2000	20000
		4	2000	20800	2000	20600	2000	20800	2000	20400	2000	20400	2000	20400	2000	20000
		5	2000	20800	2000	20800	2000	20800	2000	20400	2000	20400	2000	20400	2000	20000
		Mean	2000	20640	2000	20640	2000	20640	2000	20280	2000	20280	2000	20240	2000	20000
		SD	0.0	167.3	0.0	89.4	0.0	167.3	0.0	109.5	0.0	109.5	0.0	167.3	0.0	0.0
0.7		1	1800	18200	1800	18200	1800	18400	1800	18000	1800	18000	1800	18000	1800	18000
		2	1800	18200	1800	18400	1800	18400	1800	18000	1800	18000	1800	18200	1800	18000
		3	1800	18200	1800	18400	1800	18600	1800	18000	1800	18200	1800	18200	1800	18000
		4	1800	18200	1800	18400	1800	18600	1800	18200	1800	18200	1800	18200	1800	18000
		5	1800	18200	1800	18600	1800	18800	1800	18200	1800	18400	1800	18400	1800	18000
		Mean	1800	18200	1800	18400	1800	18560	1800	18080	1800	18160	1800	18200	1800	18000
		SD	0.0	0.0	0.0	141.4	0.0	167.3	0.0	109.5	0.0	167.3	0.0	141.4	0.0	0.0
0.6		1	1600	16000	1500	15600	1500	15600	1600	16200	1600	16000	1600	16000	1600	16000
		2	1600	16200	1500	15600	1500	15800	1600	16200	1600	16000	1600	16000	1600	16000
		3	1600	16200	1500	15600	1500	15800	1600	16200	1600	16000	1600	16000	1600	16000
		4	1600	16200	1500	15800	1500	15800	1600	16200	1600	16000	1600	16200	1600	16000
		5	1600	16200	1500	15800	1500	16000	1600	16200	1600	16000	1500	15600	1600	16000
		Mean	1600	16160	1500	15680	1500	15800	1600	16200	1600	16000	1580	15960	1600	16000
		SD	0.0	89.4	0.0	109.5	0.0	141.4	0.0	67.0	0.0	44.7	0.0	44.7	0.0	0.0
0.5		1	1300	13300	1300	13300	1300	13400	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1200	12000
		2	1300	13400	1300	13400	1300	13400	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1200	12000
		3	1300	13400	1300	13400	1200	12400	1300	13300	1300	13300	1300	13400	1200	12000
		4	1200	12200	1200	12200	1200	12400	1300	13300	1300	13300	1300	13400	1200	12000
		5	1200	12400	1200	12600	1200	12400	1300	13400	1300	13400	1300	13400	1200	12000
		Mean	1260	12940	1260	12980	1240	12800	1300	13320	1300	13320	1300	13360	1200	12000
		SD	54.8	589.9	54.8	549.5	54.8	547.7	0.0	44.7	0.0	44.7	0.0	54.8	0.0	0.0

Mean: 平均

SD: 標準偏差

網掛け部: 最適解

表 A6 データセット DS6 と実験結果

(a) 入力データ

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_j	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
q_j	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c_j	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
v_j	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
r_{ij}	= 1.0 ($i=j$), = 0.9 ($i \neq j$)																			

(b) 実験結果

DS6	GS1		GS2		GS3		GT1		GT2		GT3		SA		
Rc	No.	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0.95	1	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1960	23920
	2	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1960	23920
	3	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1960	23920
	4	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1950	23150
	5	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1950	23150
	Mean	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1980	25460	1956	23612
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	421.7
0.9	1	1960	23920	1960	24010	1960	24110	1960	23920	1960	23920	1960	24010	1960	23920
	2	1960	23920	1960	24010	1960	24110	1960	23920	1960	23920	1960	24010	1950	23150
	3	1960	24010	1960	24010	1960	24110	1960	24010	1960	23920	1960	24010	1950	23150
	4	1960	24010	1960	24010	1960	24200	1960	24010	1960	24010	1960	24010	1950	23150
	5	1960	24010	1960	24010	1960	24300	1960	24010	1960	24010	1960	24010	1920	20840
	Mean	1960	23974	1960	24010	1960	24166	1960	23974	1960	23956	1960	24010	1946	22842
	SD	0.0	49.3	0.0	0.0	0.0	84.4	0.0	49.3	0.0	49.3	0.0	0.0	15.2	1168
0.8	1	1920	20940	1920	20940	1920	21040	1920	20840	1920	20840	1920	20840	1920	20840
	2	1920	20940	1920	21040	1920	21040	1920	20840	1920	20940	1920	20840	1920	20840
	3	1920	21040	1920	21040	1920	21040	1920	20840	1920	20940	1920	20840	1920	20840
	4	1920	21040	1920	21040	1920	21230	1920	20940	1920	20940	1920	20940	1920	20840
	5	1920	21040	1920	21040	1920	21230	1920	21040	1920	21040	1920	21040	1900	20080
	Mean	1920	21000	1920	21020	1920	21116	1920	20880	1920	20927	1920	20880	1906	20882
	SD	0.0	54.8	0.0	44.7	0.0	104.1	0.0	54.8	0.0	70.7	0.0	54.8	31.3	93.9
0.7	1	1820	18840	1740	18380	1820	18740	1820	18840	1820	18740	1820	18740	1820	18740
	2	1820	18840	1740	18570	1740	18760	1820	18840	1820	18840	1820	18840	1820	18740
	3	1820	18840	1740	18570	1740	18760	1820	18840	1820	18840	1820	18840	1820	18740
	4	1740	18380	1740	18570	1740	18760	1740	18380	1820	18840	1740	18380	1730	17510
	5	1740	18760	1740	18570	1730	18080	1740	18380	1740	18380	1740	18380	1730	17510
	Mean	1788	18172	1740	18372	1740	18620	1788	18656	1820	18728	1788	18656	1760	18220
	SD	43.8	199.8	0.0	85.0	37.1	302.0	43.8	252.0	35.5	199.3	43.8	237.2	49.3	673.7
0.6	1	1560	15720	1560	15910	1560	16100	1560	15720	1560	15720	1560	15910	1560	15720
	2	1560	15910	1560	16100	1560	16100	1560	15720	1560	15720	1560	15910	1560	15720
	3	1560	16100	1560	16100	1540	16150	1560	15720	1560	15910	1560	15910	1560	15720
	4	1560	16100	1560	16100	1540	16150	1560	15720	1560	15910	1560	15910	1560	15720
	5	1560	16100	1540	16150	1540	16150	1560	1550	1560	1580	1560	1580	1560	15720
	Mean	1566	15936	1566	16124	1548	16130	1560	15757	1560	15830	1560	15948	1560	15720
	SD	0.0	169.9	8.9	93.1	11.0	27.4	0.0	85.0	0.0	104.1	0.0	85.0	0.0	0.0
0.5	1	1300	13400	1300	13300	1300	13400	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1300	13300
	2	1300	13400	1280	13450	1300	13400	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1300	13300
	3	1280	13450	1280	13450	1300	13400	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1200	12000
	4	1280	13450	1280	13450	1300	13400	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1200	12000
	5	1300	13300	1280	13350	1280	13450	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1200	12000
	Mean	1284	13440	1280	13420	1296	13410	1300	13300	1300	13300	1300	13300	1200	12120
	SD	12.7	41.8	14.1	55.8	8.9	22.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.7	122.5	138.3

表 A7 データセット DS7 と実験結果
(a) 入力データ

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_j	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
q_j	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c_j	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610
v_j	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
r_{ij}	= 1.0																			

(b) 実験結果

DS7		GS1		GS2		GS3		GT1		GT2		GT3		SA	
R_c	No.	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0.95	1	2000	19961	2000	19970	2000	19987	2000	19955	2000	19955	2000	19956	2000	19955
	2	2000	19963	2000	19986	2000	19997	2000	19955	2000	19956	2000	19959	2000	20556
	3	2000	19964	2000	19986	2000	20003	2000	19957	2000	19956	2000	19961	2000	21158
	4	2000	19964	2000	20000	2000	20004	2000	19959	2000	19960	2000	19962	2000	21158
	5	2000	19969	2000	20004	2000	20015	2000	19961	2000	19961	2000	19964	2000	21761
	Mean	2000	19964	2000	19989	2000	20001	2000	19957	2000	19958	2000	19960	2000	20918
0.9	SD	0.0	2.9	0.0	13.5	0.0	10.3	0.0	2.6	0.0	2.7	0.0	3.0	0.0	686.3
	1	2000	19969	2000	19974	2000	19977	2000	19955	2000	19959	2000	19955	2000	19955
	2	2000	19971	2000	19978	2000	19979	2000	19955	2000	19959	2000	19958	2000	20556
	3	2000	19972	2000	19989	2000	19986	2000	19957	2000	19960	2000	19958	2000	20556
	4	2000	19974	2000	19996	2000	19999	2000	19964	2000	19965	2000	19960	2000	20556
	5	2000	19975	2000	20009	2000	20010	2000	19966	2000	19969	2000	19972	2000	22365
0.8	Mean	2000	19972	2000	19989	2000	19990	2000	19959	2000	19962	2000	19960	2000	20798
	SD	0.0	2.4	0.0	14.1	0.0	14.0	0.0	5.2	0.0	4.4	0.0	7.0	0.0	914.0
	1	2000	19966	2000	19976	2000	19974	2000	19958	2000	19959	2000	19955	2000	19955
	2	2000	19970	2000	19977	2000	19975	2000	19959	2000	19959	2000	19957	2000	19955
	3	2000	19974	2000	19981	2000	19981	2000	19961	2000	19962	2000	19960	2000	19955
	4	2000	19976	2000	19984	2000	19991	2000	19963	2000	19963	2000	19961	2000	19955
0.7	Mean	2000	19980	2000	19986	2000	19985	2000	19965	2000	19965	2000	19962	2000	20556
	SD	0.0	5.4	0.0	4.3	0.0	12.2	0.0	2.9	0.0	2.6	0.0	2.9	0.0	268.8
	1	1800	17964	1800	17970	1800	17979	1800	17958	1800	17957	1800	17958	1800	17955
	2	1800	17967	1800	17974	1800	17984	1800	17960	1800	17960	1800	17958	1800	17955
	3	1800	17967	1800	17992	1800	17986	1800	17960	1800	17961	1800	17958	1800	17955
	4	1800	17967	1800	17996	1800	17988	1800	17961	1800	17962	1800	17959	1700	17855
0.6	Mean	1800	17991	1800	17998	1800	17999	1800	17962	1800	17968	1800	17962	1700	17855
	SD	0.0	11.1	0.0	13.0	0.0	7.4	0.0	1.5	0.0	4.0	0.0	1.7	54.8	54.8
	1	1500	15259	1500	15275	1500	15277	1500	15256	1500	15256	1500	15258	1500	15256
	2	1500	15271	1500	15276	1500	15281	1500	15256	1500	15256	1500	15258	1500	15256
	3	1500	15273	1500	15277	1500	15281	1500	15258	1500	15260	1500	15258	1500	15256
	4	1500	15274	1500	15285	1500	15294	1500	15259	1500	15262	1500	15260	1500	15256
0.5	Mean	1500	15284	1500	15289	1500	15296	1500	15261	1500	15270	1500	15264	1400	13958
	SD	0.0	5.9	0.0	6.2	0.0	8.5	0.0	2.1	0.0	5.8	0.0	2.6	44.7	580.5
	1	1200	11961	1200	11981	1200	11981	1200	11962	1200	11961	1200	11961	1200	11961
	2	1200	11973	1200	11985	1200	11987	1200	11965	1200	11961	1200	11962	1200	11961
	3	1200	11983	1200	11990	1200	11990	1200	11968	1200	11962	1200	11965	1200	11961
	4	1200	11984	1200	11993	1200	11998	1200	11968	1200	11963	1200	11966	1200	11961
0.4	Mean	1200	11987	1200	11994	1200	12007	1200	11969	1200	11965	1200	11967	1200	11961
	SD	1200	11978	1200	11989	1200	11993	1200	11966	1200	11962	1200	11964	1200	11961
	SD	0.0	10.7	0.0	5.5	0.0	10.1	0.0	2.9	0.0	1.7	0.0	2.6	0.0	0.0

Mean: 平均

SD: 標準偏差

網掛け部: 最適解

表 A8 データセット DS8 と実験結果
(a) 入力データ

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_j	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
q_j	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c_j	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610
v_j	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
r_{ij}	= 1.0 ($i=j$), = 0.9 ($i \neq j$)																			

(b) 実験結果

DSS	GS1		GS2		GS3		GT1		GT2		GT3		SA		
R_c	No.	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
0.95	1	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1970	23973
	2	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1960	23296
	3	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1960	23296
	4	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1950	22620
	5	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1940	21945
	Mean	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1980	24651	1956	23026
SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	770.7
0.9	1	1960	23296	1960	23296	1960	23298	1960	23296	1960	23296	1960	23296	1950	22620
	2	1960	23296	1960	23298	1960	23298	1960	23296	1960	23296	1960	23297	1940	21945
	3	1960	23299	1960	23305	1960	23298	1960	23296	1960	23296	1960	23297	1940	21945
	4	1960	23299	1960	23308	1960	23300	1960	23297	1960	23296	1960	23299	1940	21945
	5	1960	23306	1960	23311	1960	23312	1960	23297	1960	23298	1960	23299	1930	21271
	Mean	1960	23299	1960	23304	1960	23301	1960	23296	1960	23296	1960	23298	1940	21945
SD	0.0	4.1	0.0	6.4	0.0	6.1	0.0	0.5	0.0	0.9	0.0	1.3	7.1	476.9	
0.8	1	1920	20607	1920	20610	1920	20617	1920	20598	1920	20601	1920	20600	1920	20598
	2	1920	20608	1920	20624	1920	20628	1920	20599	1920	20602	1920	20601	1920	20598
	3	1920	20617	1920	20628	1920	20630	1920	20603	1920	20603	1920	20603	1920	20598
	4	1920	20620	1920	20633	1920	20630	1920	20607	1920	20609	1920	20605	1910	19926
	5	1920	20630	1920	20640	1920	20633	1920	20608	1920	20611	1920	20606	1910	19926
	Mean	1920	20614	1920	20627	1920	20628	1920	20608	1920	20605	1920	20603	1916	20393
SD	0.0	6.4	0.0	11.2	0.0	6.2	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	2.5	5.5	368.1	
0.7	1	1740	18150	1740	18158	1740	18158	1740	18137	1740	18138	1740	18136	1740	18135
	2	1740	18151	1740	18166	1740	18172	1740	18138	1740	18139	1740	18137	1740	18135
	3	1740	18152	1740	18166	1740	18180	1740	18138	1740	18141	1740	18137	1740	18135
	4	1740	18157	1740	18169	1740	18181	1740	18146	1740	18142	1740	18139	1740	18135
	5	1740	18159	1740	18173	1740	18185	1740	18151	1740	18143	1740	18140	1740	18135
	Mean	1740	18154	1740	18162	1740	18175	1740	18137	1740	18138	1740	18138	1740	18135
SD	0.0	4.0	0.0	5.5	0.0	10.3	0.0	6.6	0.0	2.1	0.0	1.6	4.5	299.6	
0.6	1	1540	15544	1540	15558	1540	15552	1540	15540	1550	15606	1550	15606	1550	15606
	2	1540	15552	1540	15566	1540	15556	1540	15551	1550	15606	1540	15551	1550	15606
	3	1540	15553	1540	15567	1540	15560	1540	15543	1540	15538	1540	15542	1550	15606
	4	1540	15559	1540	15571	1540	15564	1540	15544	1540	15542	1540	15544	1550	15606
	5	1540	15559	1540	15571	1540	15564	1540	15544	1540	15542	1540	15544	1550	15606
	Mean	1540	15556	1540	15567	1540	15561	1540	15543	1540	15539	1540	15539	1540	15556
SD	0.0	10.4	0.0	5.5	0.0	7.3	0.0	2.1	5.5	3.42	4.5	27.9	0.0	0.0	
0.5	1	1260	12991	1260	13001	1260	13000	1260	12981	1260	12985	1260	12981	1260	12981
	2	1260	12991	1260	12941	1260	12939	1260	12984	1260	12985	1260	12984	1260	12987
	3	1260	12993	1260	12944	1260	12939	1260	12984	1260	12987	1260	12985	1260	12961
	4	1260	12993	1260	12947	1260	12948	1260	12985	1260	12987	1260	12987	1260	12961
	5	1260	12998	1260	12949	1260	12949	1260	12985	1260	12987	1260	12987	1260	12961
	Mean	1260	12993	1260	12952	1260	12952	1260	12984	1260	12986	1260	12985	1260	12970
SD	0.0	2.9	4.5	25.1	4.5	26.0	0.0	1.9	0.0	1.3	0.0	2.5	32.9	560.3	