

遺伝的アルゴリズムによる 看護師勤務表の最適化

1. はじめに — 看護師勤務表作成問題の概要

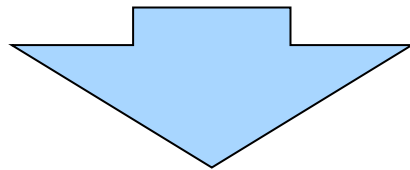
制約条件

- ・ 1日の勤務者数の確保
- ・ 1ヶ月の休暇数・夜間勤務日数・連続勤務日数の制限
- ・ 看護の質の確保
- ・ 看護師同士の相性 など

条件を全て満たすスケジュールの作成は非常に困難

ベテラン看護師長が2週間かけて作成(23人、30日)

人的コスト、時間的コストの面で問題



GAによる看護師勤務表の
自動作成および最適化

日付 名前	1	2	3	4	5	6
Aさん	休	深			休	希
Bさん			休	休	深	準
Cさん	深		研	希	準	

2. 共存型GAによる最適化 — 評価

個人に関する評価

F_{ij} : 看護師 m_i の1ヶ月の勤務負荷の公平さ

$$F_{1j} = \sum_{j=2}^{D-1} d_{ij} \quad , d_{ij} \quad : \quad 3 \text{ 日間の全勤務パターンの評価値}$$

看護師 m_i

日 日 日 日 深 休 日 深 準 会 会 日 深 休 日 日 会 日 深 準 希 希 希 希 希 日 日 日 日 深

	評価値 d_{ij}	勤務パターン					
最優先パターン	0	日深準 準休休	日日休 休日日	日日深 休日深	日休日 休休日	日休休 休休休	日休深 休深準
優先パターン	1	日日準 休準休	日準休 準休日	日深休 深休日	休日休 深休休	休日準 深準休	休休準 休休準
妥協パターン	2	日休準 準準休	日準準 深日休	休休深 深日準	休準準 深休準	休深休 深深休	準休準 準休準
禁止パターン	5	日準日 休深日 準休深 準深準 深準準	日準深 休深深 準準日 準深深 深準深	日深日 準日日 準準準 深日日 深深日	日深深 準日休 準準深 深日深 深深準	休準日 準日準 準深日 深日深 深深深	休準深 準日深 準深休 深準日

3日連続の勤務パターンの評価値

2. 共存型GAによる最適化 — 評価

個人に関する評価

F_{2i} : 看護師 m_i の1ヶ月の休日の日数

$$F_{2i} = |N_i^{\text{hom}} - N_{\text{hom}}|, N_i^{\text{hom}} = \overline{D_i^{\text{hom}}}, N_{\text{hom}} : 1 \text{ カ月の休日数}$$

F_{3i} : 看護師 m_i の夜間勤務の日数

$$F_{3i} = \max(N_i^{\text{sem}} - N_{\text{sem}}, 0) + \max(N_i^{\text{mid}} - N_{\text{mid}}, 0), N_i^{\text{sem}} = \overline{D_i^{\text{sem}}}, N_i^{\text{mid}} = \overline{D_i^{\text{mid}}}, N_{\text{sem}} = 4, N_{\text{mid}} = 4$$

F_{4i} : 看護師 m_i の夜勤勤務の集中度

$$F_{4i} := F_{4j} + \max(N_{\text{night}/6} - 3, 0), N_{\text{night}/6} : 6 \text{ 日単位で調べたとき見つかった夜勤の数}$$

看護師 m_i

日	休	深	準	休	休	日	希	日	希	希	休	希	日	会	日	休	希	休	休	日	深
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

F_{5i} : 看護師 m_i の研修の翌日の深夜勤務割り当て

研修の翌日に深夜勤お割り当ててるのを禁止(1ポイントのペナルティ)

F_{6i} : 看護師 m_i の連続勤務日数の制限

$$F_{6i} = F_{6j} + \max(N_{\text{serial}} - 5, 0)$$

看護師 m_i

日	日	日	日	深	休	日	深	準	会	会	日	深	休	日	日	会	日	深	準	希	希	希	希	希	日	日	日	日	深
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. 共存型GAによる最適化 — 評価

1日に関する評価

F_{7j} : 勤務日 d_j の日勤の看護レベル

$$F_{7j} = \max(L_j^{day} - \sum_i L(m_i), 0) \quad , m_i \in M_j^{day} \quad , L_j^{day} \quad : \text{平日54、土曜33、日曜・祝日28}$$

F_{8j} : 勤務日 d_j の準夜勤の看護レベル

$$F_{8j} = \max(L_j^{sem} - \sum_i L(m_i), 0) \quad , m_i \in M_j^{sem} \quad , L_j^{sem} \quad : 16$$

F_{9j} : 勤務日 d_j の深夜勤の看護レベル

$$F_{9j} = \max(L_j^{mid} - \sum_i L(m_i), 0) \quad , m_i \in M_j^{mid} \quad , L_j^{mid} \quad : 16$$

F_{10j} : 勤務日 d_j の深夜勤の看護師間の相性

相性が悪いとペナルティ1ポイント

F_{11j} : 勤務日 d_j の新人同士の深夜勤割り当て

$$F_{11j} = \sum_{k=0}^{N_{j,new}^{mid}-1} (N_{j,new}^{mid} - k) \quad , N_{j,new}^{mid} \quad : \text{勤務日 } j \text{ おける深夜勤の新人の人数}$$

F_{12j} : 勤務日 d_j の深夜勤の日勤・深夜勤でのベテラン以上の非割り当て

ベテラン以上がいないとペナルティ1ポイント

2. 共存型GAによる最適化 — 評価

評価係数

各評価関数の重要度により設定した重みパラメータ

$$h_{11} = 0.2, h_{12} = 0.4, h_{13} = 0.4, h_{21} = 0.2, h_{22} = 0.2, h_{23} = 0.4$$
$$h_{31} = 0.1, h_{32} = 0.1, h_{33} = 0.1, h_{41} = 0.7, h_{42} = 0.7, h_{43} = 0.7$$

経験的に決定

評価

$$G_1 = \sum_i (h_{11}F_{1i} + h_{12}F_{4i} + h_{13}F_{5i})$$

$$G_2 = \sum_i (h_{21}F_{2i} + h_{22}F_{3i} + h_{23}F_{6i})$$

$$G_3 = \sum_j (h_{31}F_{7j} + h_{32}F_{8j} + h_{33}F_{9j})$$

$$G_4 = \sum_j (h_{41}F_{10j} + h_{42}F_{11j} + h_{43}F_{12j})$$

$$E_{def}(\alpha) = \sum_k G_k$$

E_{def} の値が小さいほど良好な個体集団

2. 共存型GAによる最適化 – 遺伝子コーディング

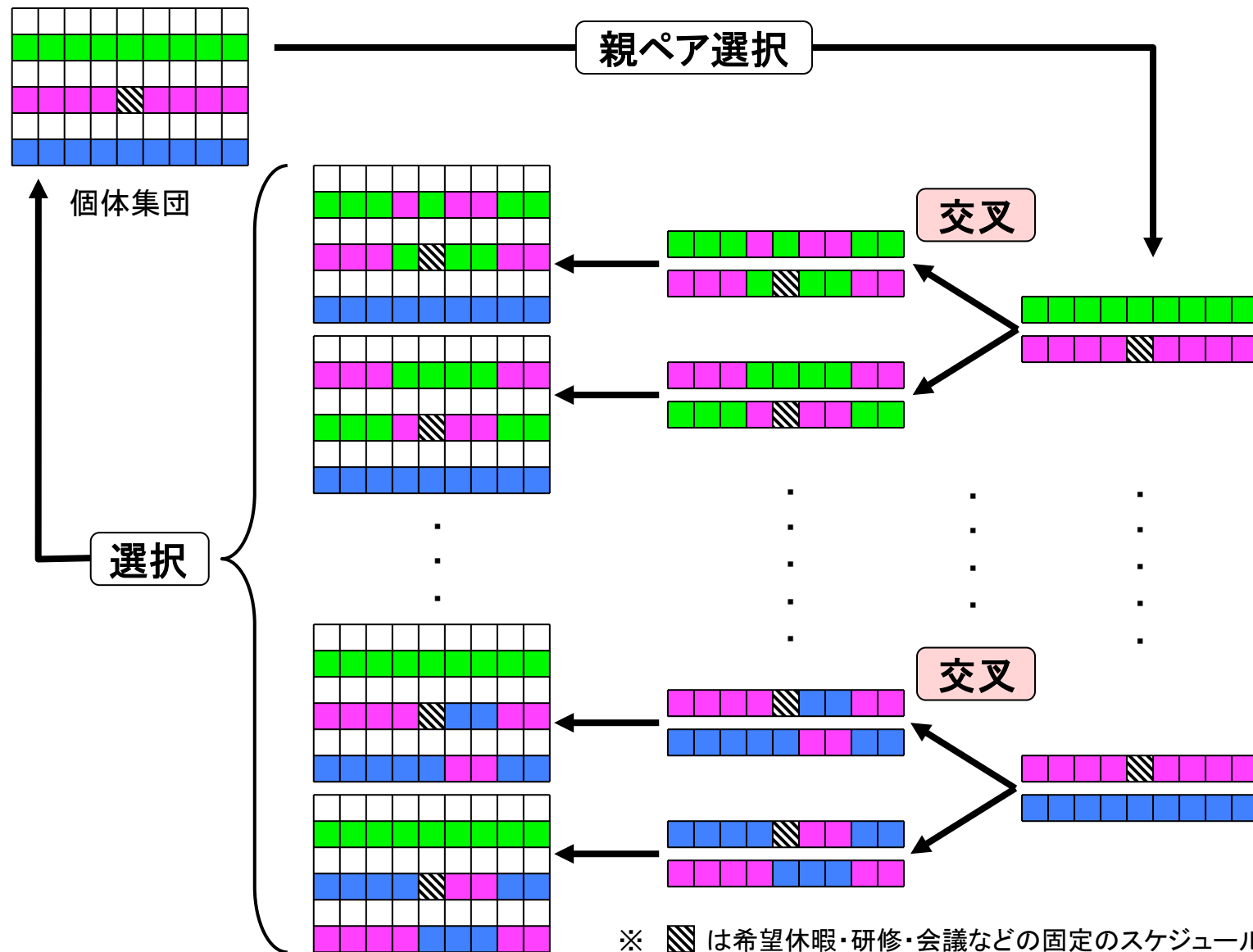
看護師 m_i 休 深 準 休 休 深 研 希 希 休 準

一ヶ月勤務スケジュール

看護師 m_1 の1ヶ月勤務スケジュール
看護師 m_2 の1ヶ月勤務スケジュール
看護師 m_3 の1ヶ月勤務スケジュール
⋮
看護師 m_i の1ヶ月勤務スケジュール
⋮
看護師 m_M の1ヶ月勤務スケジュール

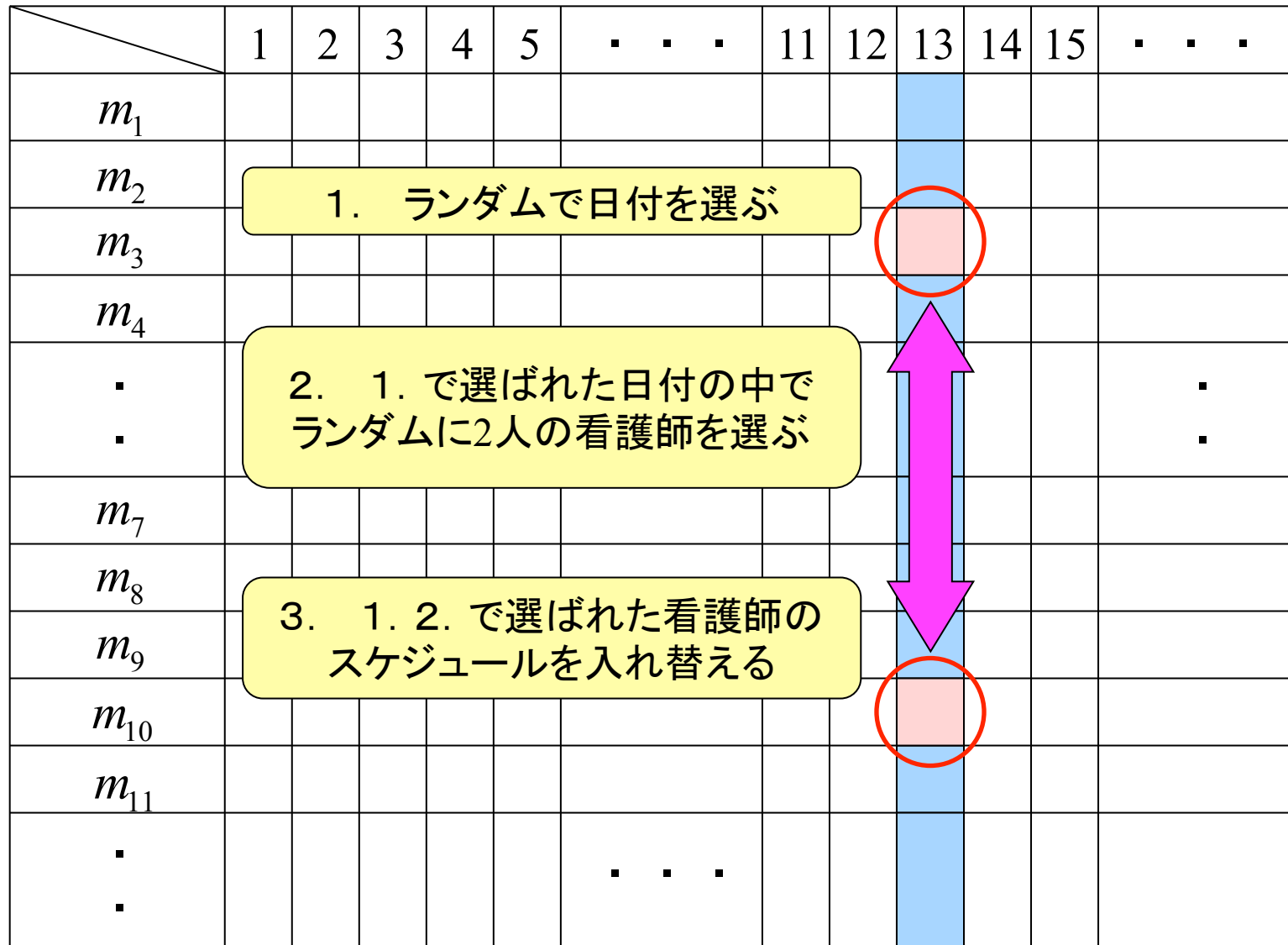
個体集団

2. 共存型GAによる最適化 - 交叉



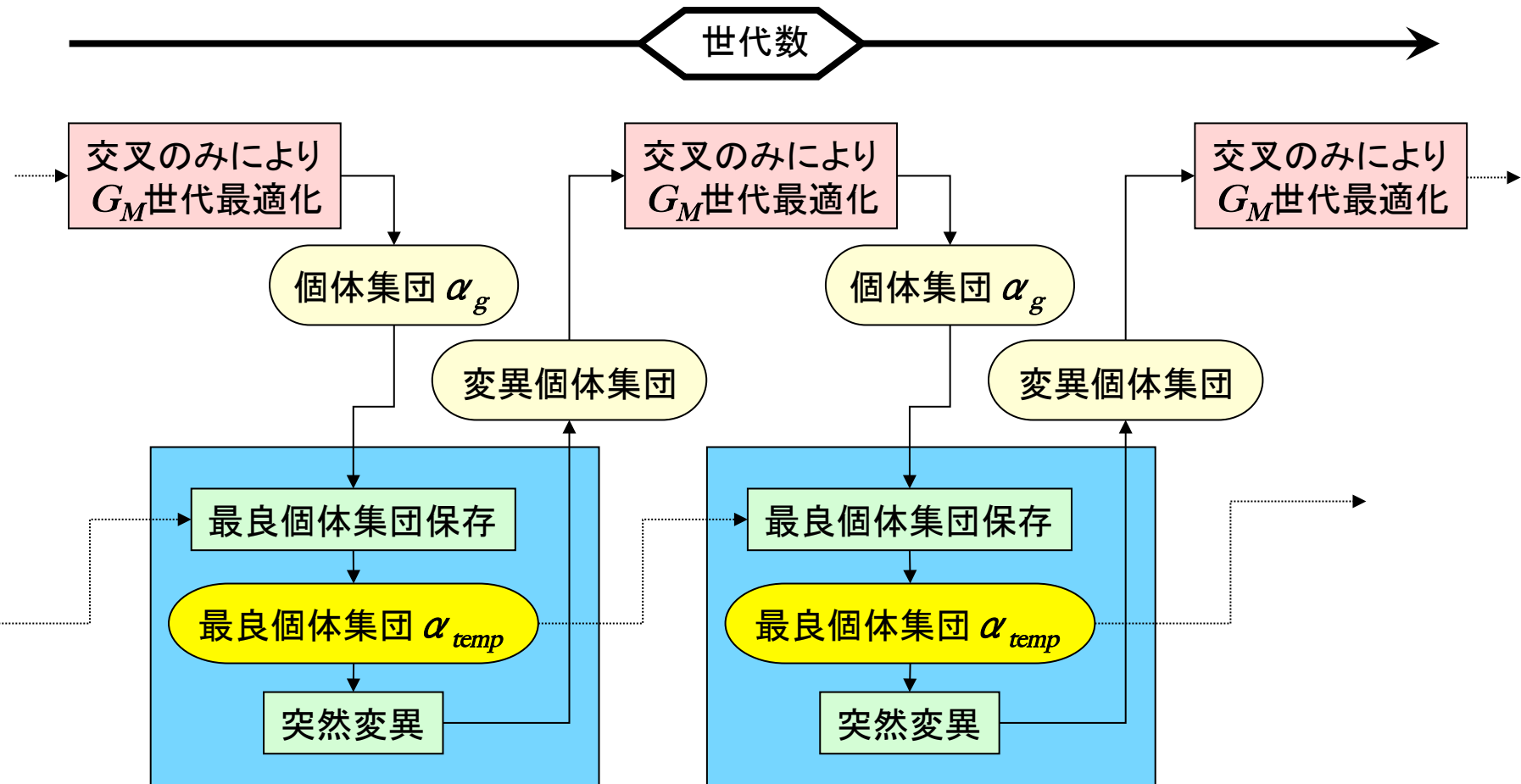
※ は希望休暇・研修・会議などの固定のスケジュールを表す

3. 突然変異オペレータの提案



3. 突然変異オペレータの提案

G_M 世代ごとに固体集団を突然変異させ、前回の最良個体集団と比較。



4. 山登りオペレータの提案 – 評価関数のグループ分け

評価グループ G_1 : 看護師ごとの勤務パターンの負荷に関する評価

F_{1i} : 看護師 m_i の1ヶ月の勤務負荷の公平さ

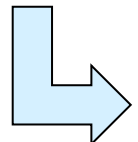
$$h_{11} = 0.2$$

F_{4i} : 看護師 m_i の夜勤勤務の集中度

$$h_{12} = 0.4$$

F_{5i} : 看護師 m_i の研修の翌日の深夜勤務割り当て

$$h_{13} = 0.4$$



$$G_1 = \sum_i (h_{11} F_{1i} + h_{12} F_{4i} + h_{13} F_{5i})$$

評価グループ G_2 : 看護師ごとの勤務や休日の日数に関する評価

F_{2i} : 看護師 m_i の1ヶ月の休日の日数

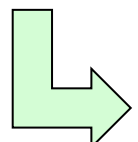
$$h_{21} = 0.2$$

F_{3i} : 看護師 m_i の夜間勤務の日数

$$h_{22} = 0.2$$

F_{6i} : 看護師 m_i の連続勤務日数の制限

$$h_{23} = 0.4$$



$$G_2 = \sum_i (h_{21} F_{2i} + h_{22} F_{3i} + h_{23} F_{6i})$$

4. 山登りオペレータの提案 – 評価関数のグループ分け

評価グループ G_3 : 日々の看護レベルに関する評価

F_{7j} : 勤務日 d_j の日勤の看護レベル

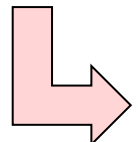
$$h_{31}=0.1$$

F_{8j} : 勤務日 d_j の準夜勤の看護レベル

$$h_{32}=0.1$$

F_{9j} : 勤務日 d_j の深夜勤の看護レベル

$$h_{33}=0.1$$



$$G_3 = \sum_j (h_{31}F_{7j} + h_{32}F_{8j} + h_{33}F_{9j})$$

評価グループ G_4 : 日々の看護師の組み合わせに関する評価

F_{10j} : 勤務日 d_j の深夜勤の看護師間の相性

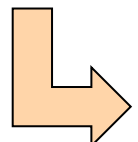
$$h_{41}=0.7$$

F_{11j} : 勤務日 d_j の準夜勤の新人同士の深夜勤割り当て

$$h_{42}=0.7$$


F_{12j} : 勤務日 d_j の深夜勤の日勤・深夜勤でのベテランの非割り当て

$$h_{43}=0.7$$

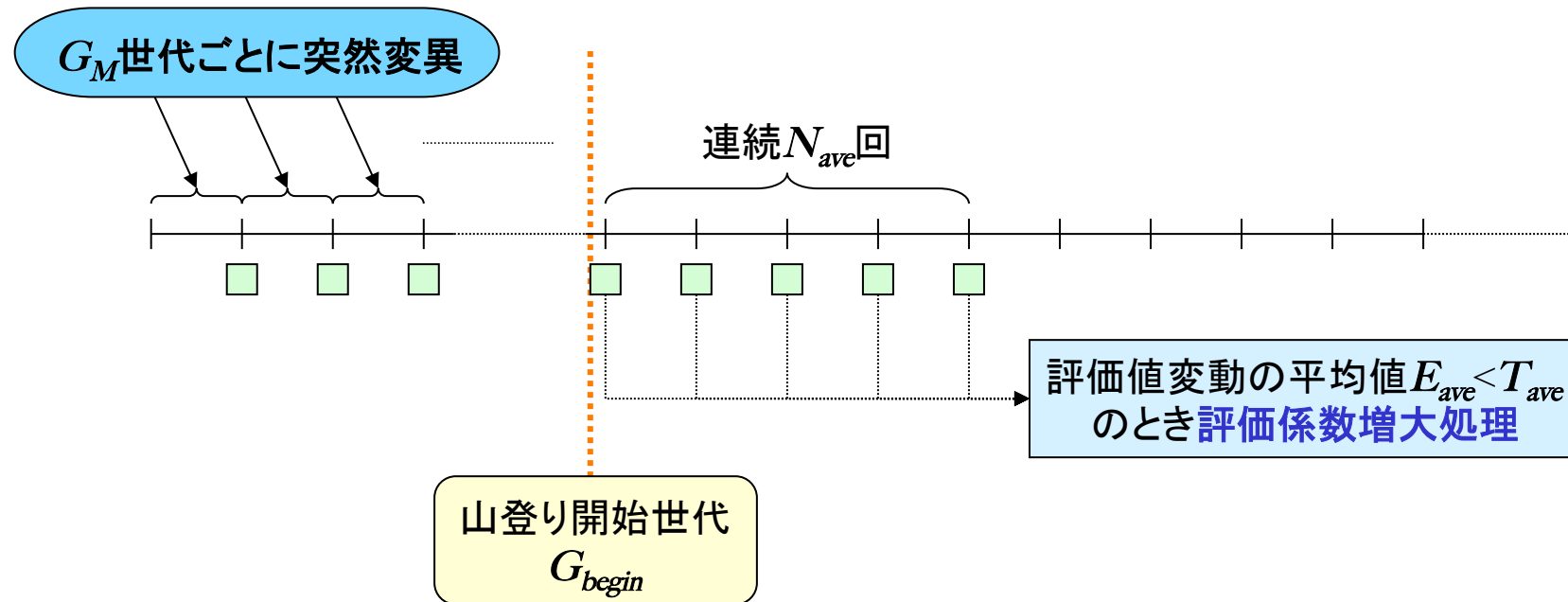


$$G_4 = \sum_j (h_{41}F_{10j} + h_{42}F_{11j} + h_{43}F_{12j})$$

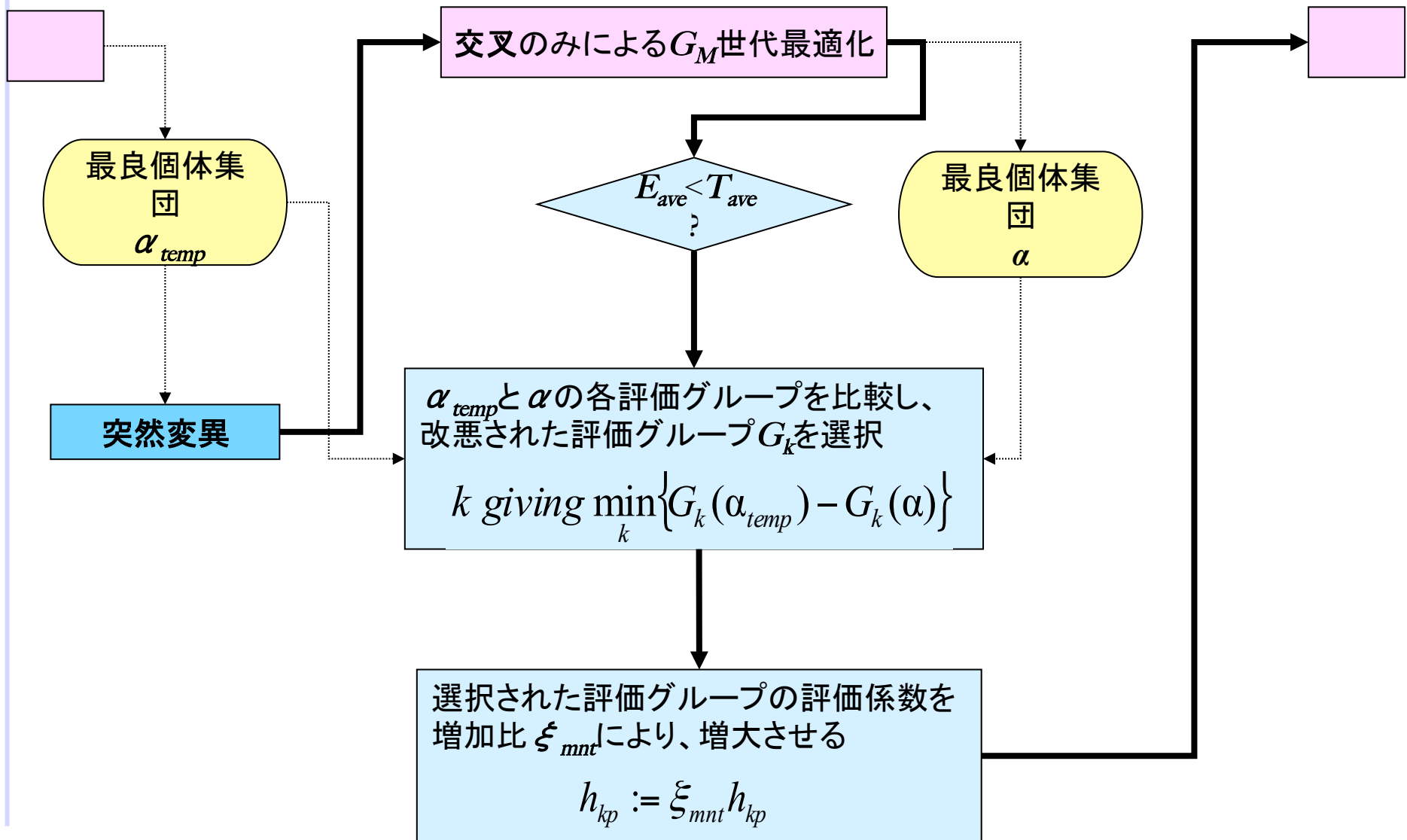
各評価係数は山登りにより変更: $E_{\text{var}}(\alpha) = \sum_k G_k$ 可変評価

 常にデフォルトの評価係数による評価: E_{def} 固定評価

4. 山登りオペレータの提案 - 山登り処理



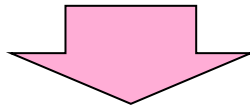
4. 山登りオペレータの提案 — 評価係数増大処理



5. 計算機実験による有効性の検討

● 計算機実験1での各パラメータ設定値

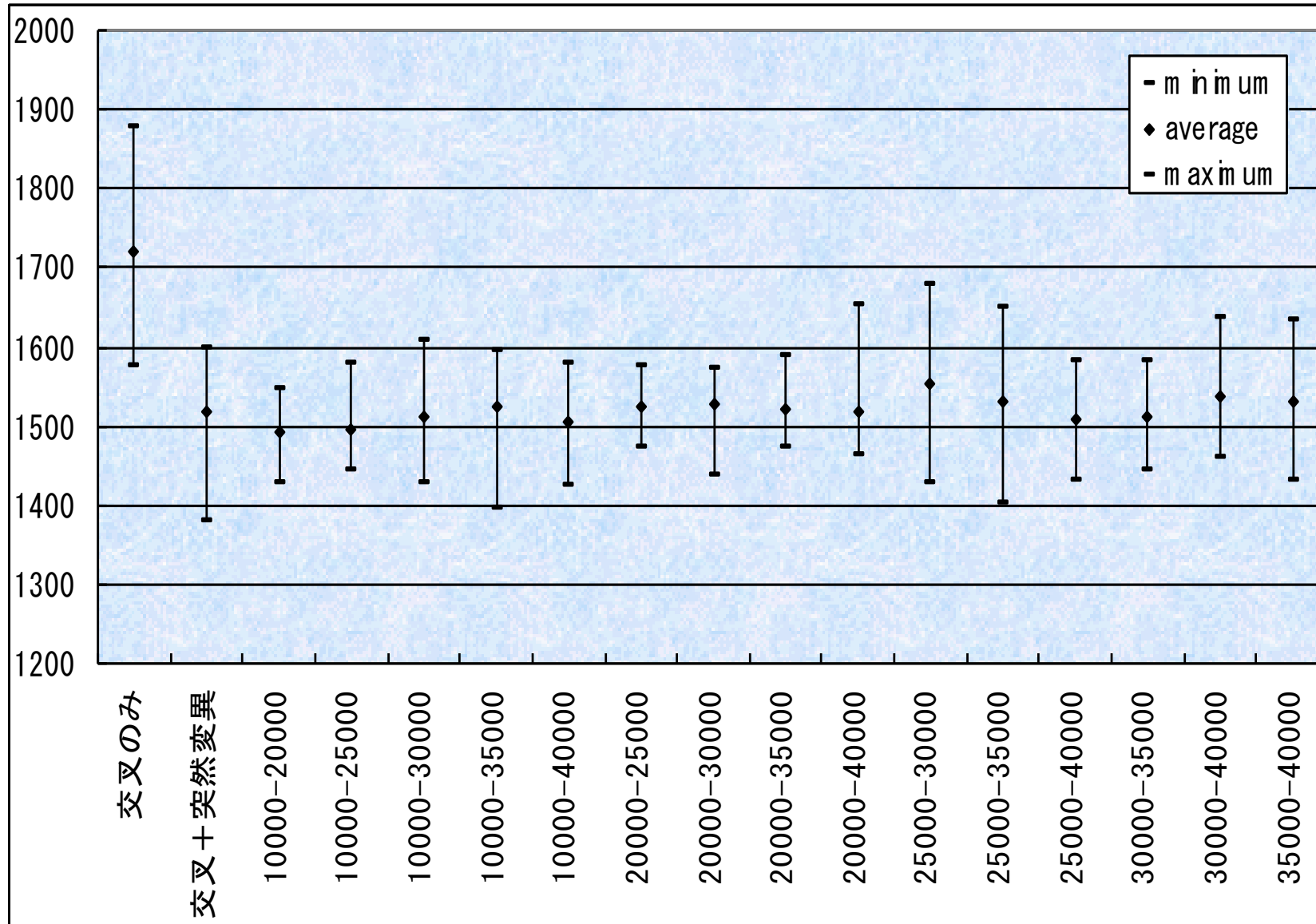
終了世代数	$G=50000$ 世代
突然変異周期	$G_M=250$ 世代
山登り猶予期間数	$N_{ave}=5$
平均評価に対するしきい値	$T_{ave}=8.0$
評価係数増加比	$\xi_{mnt}=1.2$
突然変異回数に対するしきい値	$L_{mnt}=20$
山登り回数に対するしきい値	$M_{mnt}=5$



交叉のみ、交叉＋突然変異、交叉＋突然変異＋山登りの三種類のオペレータ構成により、山登り開始世代 G_{begin} および山登り終了世代 G_{end} を変化させて、看護師勤務表作成・最適化を試行

(1回の試行に要する時間:約20分)

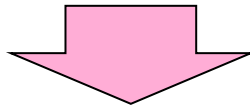
5. 計算機実験による有効性の検討



5. 計算機実験による有効性の検討

● 計算機実験2での各パラメータ設定値

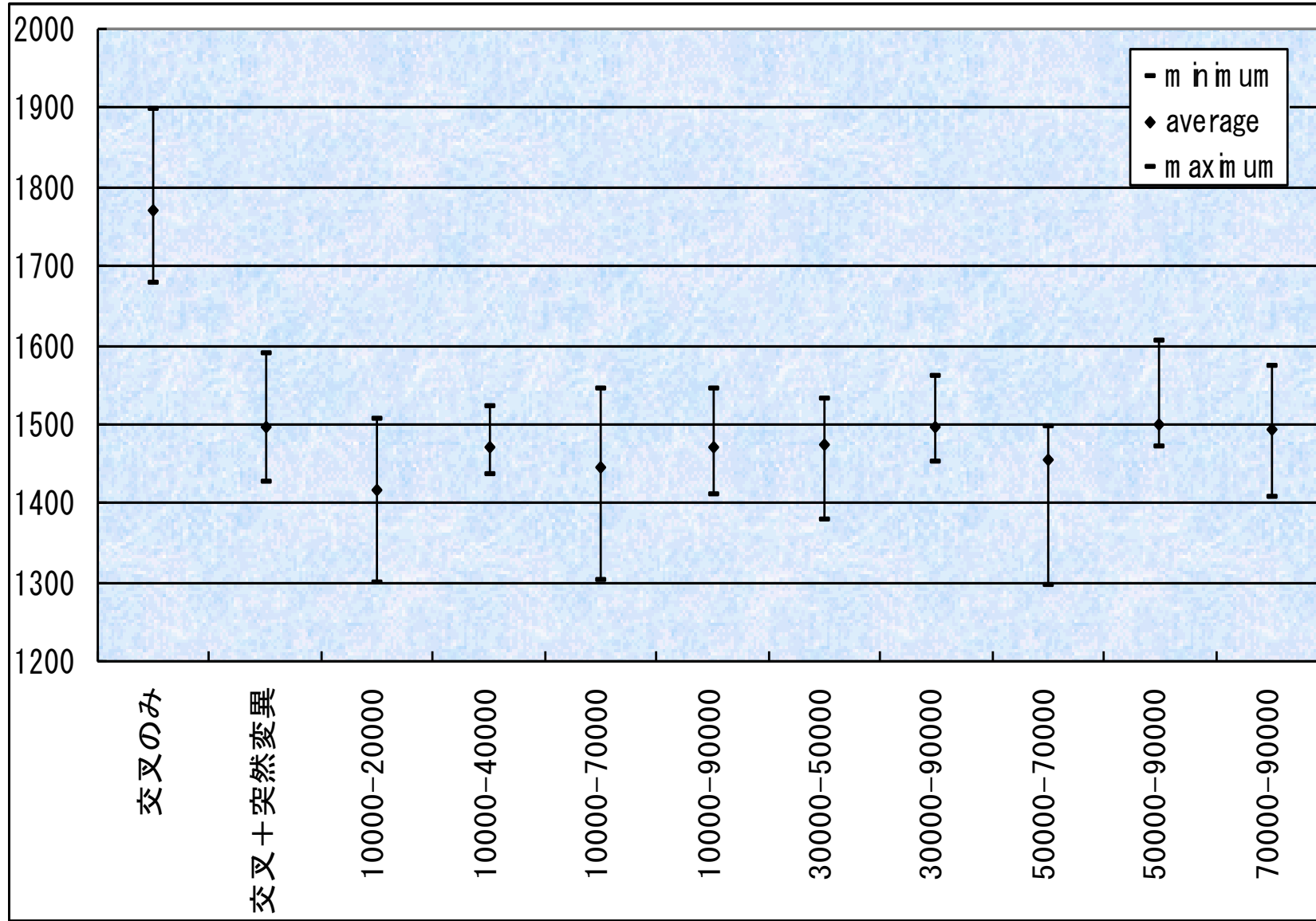
終了世代数	$G=100000$ 世代
突然変異周期	$G_M=250$ 世代
山登り猶予期間数	$N_{ave}=5$
平均評価に対するしきい値	$T_{ave}=8.0$
評価係数増加比	$\xi_{mnt}=1.2$
突然変異回数に対するしきい値	$L_{mnt}=20$
山登り回数に対するしきい値	$M_{mnt}=5$



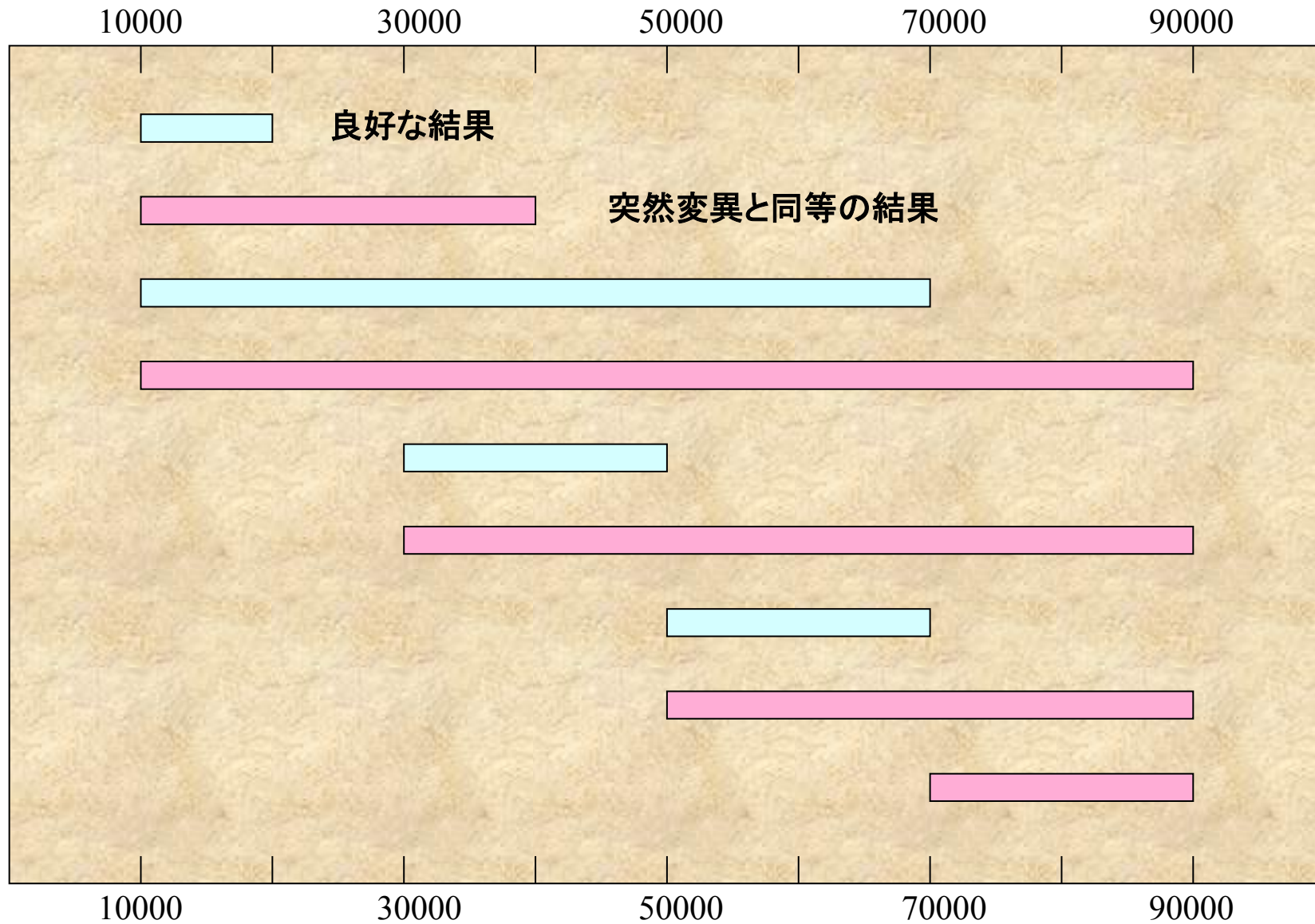
交叉のみ、交叉＋突然変異、交叉＋突然変異＋山登りの三種類のオペレータ構成により、山登り開始世代 G_{begin} および山登り終了世代 G_{end} を変化させて、看護師勤務表作成・最適化を試行した。

(1回の試行に要する時間:約40分)

5. 計算機実験による有効性の検討



5. 計算機実験による有効性の検討



6. おわりに

-- 今回 --

共存型GAを用いた看護師勤務表の最適化に
突然変異オペレータと山登りオペレータを導入し最適化を試みた

-- 考察 --

突然変異オペレータを用いた場合

⇒交差のみの時よりも良い結果が得られた

突然変異+山登りオペレータを用いた場合

⇒より深い解の谷を探索できていた

⇒安定性に問題

-- 今後の課題 --

山登りオペレータ適用時の安定性

⇒山登りオペレータのパラメータ設定値の検討

⇒問題の規模が変化した場合に適用できるのか