

UPR環境下における空域編成への数理最適化の適用に関する研究

(筑波大学) 猿渡康文

(防衛大学校) 鵜飼孝盛

(中央大学) 鳥海重喜

(航空交通管理領域) 蔭山康太



Algorithm 1 母セルの配置

- 1: $W \leftarrow V$ 初期化
- 2: **for** $D \in \mathcal{D}$ **do** 各分割領域について
- 3: $v \leftarrow \text{Rand}(W)$ メッシュからランダムに1つ選んで
- 4: $D \leftarrow \{v\}$ 母セルとして部分領域に入れる
- 5: $W \leftarrow W \setminus \{v\}$ 選択したメッシュは取り除く

Algorithm 2 セルの分配による初期分割

- 1: **for** $D \in \mathcal{D}$ **do** それぞれの部分領域について
- 2: $B \leftarrow N(D) \cap W$ 領域の近傍のうちまだ部分領域に収まってないメッシュ
- 3: **if** $B \neq \emptyset$ **then** もし、広がる余地があるなら
- 4: $v \leftarrow \arg \max_{u \in B} f(u)$ 通過量が最大のメッシュを選択
- 5: $D \leftarrow D \cup \{v\}$ 選択メッシュを部分領域に入れる
- 6: $W \leftarrow W \setminus \{v\}$ 選択メッシュを取り除く
- 7: **if** $W = \emptyset$ **then** 全メッシュが空になったら
- 8: **break** ループ脱出

Algorithm 3 セルの再配分

- 1: **while** **true** **do**
- 2: $P \leftarrow \arg \max_{\{X,Y\} \in \mathcal{P}} |f(X) - f(Y)|$ 総通過量の差が最大のペア
- 3: $G \leftarrow \arg \max_{X \in P} f(X)$ 通過量が大きい方の部分領域
- 4: $L \leftarrow P \setminus \{G\}$ 通過量が小さい方
- 5: $w \leftarrow f(G) - f(L)$ 通過量の差
- 6: **if** $w < \epsilon$ **then** 差が閾値以下なら
- 7: **break** 終了
- 8: $v \leftarrow \arg \min_{u \in M(G,L)} |f(u) - w/2|$ 差の半分に最も近い値の G の境界メッシュ
- 9: $G \leftarrow G \setminus \{v\}$ G から L へ渡す
- 10: $L \leftarrow L \cup \{v\}$

(はじめに)

陸域における利用者選択経路 (UPR: User Preferred Route) の運用の開始は、大きな期待を伴って歓迎されている。UPRの導入により、経路構成は気象条件などに依存して日単位といったこれまでとは異なるタイムスパンで設計されることとなる。このため、各々の経路構成に最適な空域編成を構築し適用することが強く望まれる。本研究では、対象とする空域をセクタに分割することを空域編成と定義する。セクタの決定において、担当する航空管制官の作業量が重要な役割を果たす。本研究では、以下のようなフレームワークを採用した空域編成を提案する。

手順1. 航空管制官の作業量を計算するために必要なデータの整理と可視化。
手順2. 可視化されたデータに基づいて、航空管制官の作業量を基準としたセクタ境界線を決定する。

手順1. データの整理と可視化

作業量をセクタ内で管制する航空機の数で近似する。2次元平面をグリッド線で分割し、グリッド線で囲まれた領域 (セル) をもとにセクタを生成する。複数の隣接するセルによってセクタを構成する。作業量の濃度 (密度) を表すヒートマップをもとに、セルをセクタへ割当するようなアルゴリズムを提案することで、空域編成を実現する。

手順2. セクタ境界線の決定

1. セクタの基準点の生成 (母セルの配置)
 2. セルの割当 (セルの配分)
 3. セクタの改善 (セルの再配分)
- 各ステップの詳細を上図に示す。