

# CEEF運用のための 対話型スケジューラの開発

宮嶋宏行 東京女学館大学  
 阿部康一 (財)環境科学技術研究所  
 広崎朋史 宇宙システム開発  
 石川芳男 日本大学

## 研究の背景(1/2)

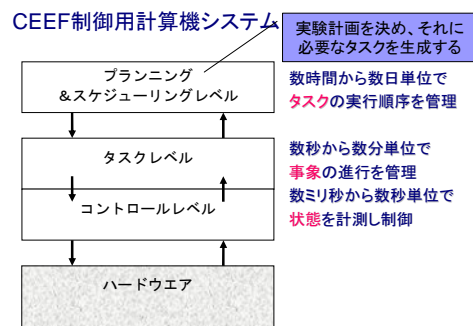
- CEEF(閉鎖型生態系実験施設@青森県六ヶ所村)は、生命維持システムの技術を獲得するという目標を持っているが、そのシステムは従来のプラントシステムの技術を基に開発されている。
  - システムの監視制御という点では、ほとんど自動化されていない。(ex. オペレータの判断により運転の開始や停止が決定される。マニュアル操作が必要とされる。)
- このようなシステムを運用するためにCEEF挙動予測システム(CEEFの物質循環を予測するソフトウェア)が開発されている。

## 研究の背景(2/2)

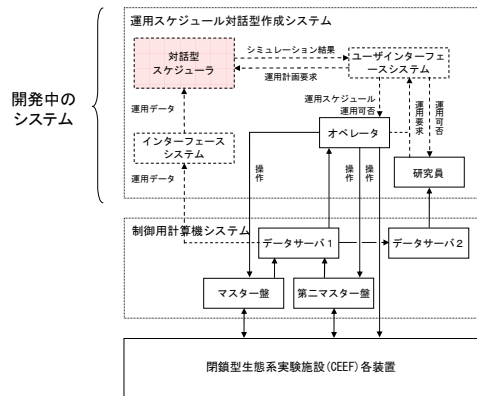
- CEEF挙動予測システムでは、運用スケジュールをオペレータが作成している。
  - 多くの装置が結合されたCEEFの運用スケジュールの作成は容易ではない。また、居住実験中の状況の変化に応じて運用スケジュールを修正する必要もある。
- 対話型スケジューラを開発し、オペレータの運用スケジュールの作成を支援する。

CEEF気体循環システムのスケジュール問題を解くことで、  
対話型スケジューラ開発の課題について検討する。

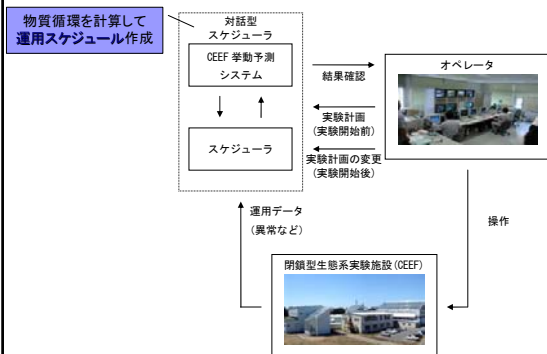
## 対話型スケジューラの位置づけ



## 制御用計算機システム



## 対話型スケジューラの役割



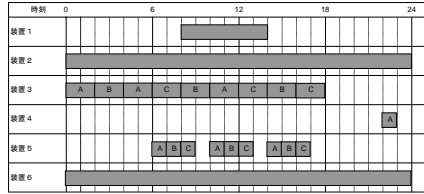
## 初期のスケジューリング

### ■ シミュレーション・スケジューリング

- 優先規則(ディスパッチング・ルール)を用いて各装置で生じている待ち行列中のタスクを評価し、最も評価値の良いタスクを装置に割付ける手順を繰り返す(ex. 下図の装置3)。
- 時間軸の順方向にタスクを割付する(フォワード・シミュレーション)。

### ■ ディスパッチング・ルール

- 処理時間の最も短いタスクを選択する最短処理時間を仮に利用する(物質循環の制約は満たしている)。



## 状況の変化に応じたスケジューリング

ペナルティ伝播ネットワーク: 制約違反が最小になるようにスケジュールを組替え

$$\min \sum_{\forall i, \forall j \in M} (\alpha_{i,j} + \lambda_{i,j} \beta_{i,j}) \quad \lambda_{i,j} = d_{i,j} + t_j - t_i > 0$$

目的関数: 制約違反のペナルティ

$$\text{subject to } t_i - t_j \geq d_{i,j} \quad \forall i, \forall j \in M$$

制約: タスクの開始や終了の時刻を変数とする線形不等式

$$t_i = c_i \quad \forall i \in E^{fix}$$

$i, j$ : 事象番号

$t$ : 事象時刻

$c, d$ : 定数

$M$ : 制約関係の集合

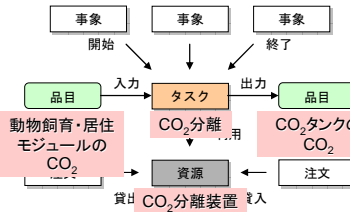
$E^{fix}$ : 固定事象の集合

$\alpha$ : 制約違反時に発生するペナルティ

$\beta$ : 違反量に応じて発生するペナルティ

## スケジューリング問題の記述

生産スケジューリング汎用言語Planning and Scheduling Language (PSL)を用いる。PSLは、**宣言的な記述**のみで**大規模で複雑な問題**を表現できる。



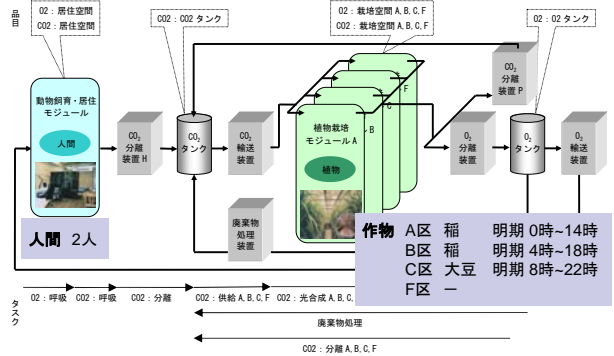
### 基本要素の属性

品目(在庫量)  
資源(負荷量)

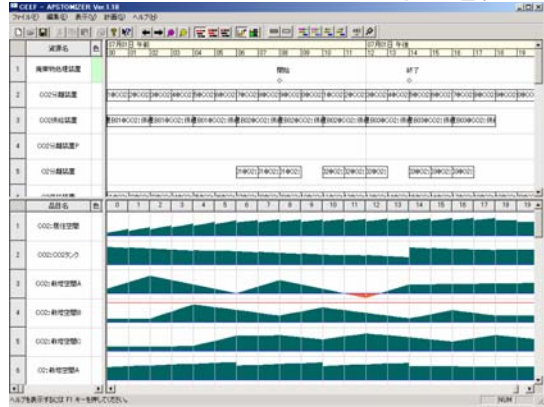
### 制約

タスク(先行制約)  
品目(在庫制約)  
資源(切替制約, 負荷制約, 状態制約)

## CEEF気体循環システム

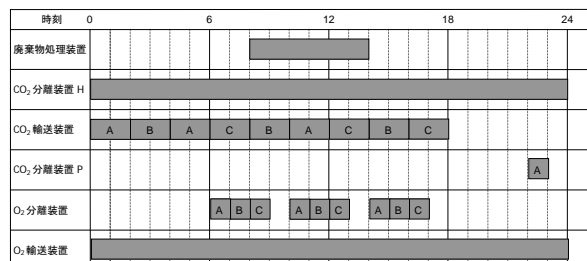


## APSTOMIZERでタスクの割付を実行



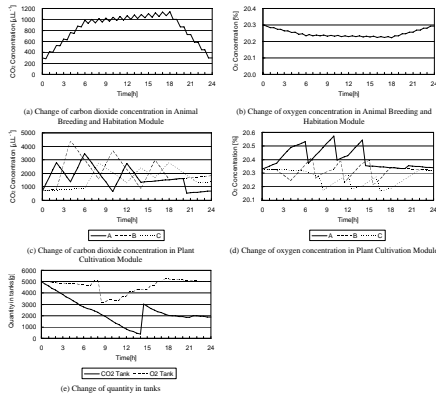
## 運用スケジュール ガントチャート

1日の運用スケジュール



A,B,Cは栽培モジュールを表す

## 状態量の変動



## まとめ

- CEEF気体循環システムのスケジュール問題を解くことで、対話型スケジューラ開発の課題について検討した。
  - スケジューリング問題を記述するためにはCEEFの運用に関する制約条件を明確にする必要がある。制約条件は**運用する中で明確になる部分もある**。
  - 制約条件の不足からスケジュールの一部をオペレータが手直しの必要があったが、これを補うような**学習アルゴリズム**を開発中である。
  - ディスパッチング・ルールとして、最短処理時間を用いたが、CEEFの運用目的(人間の生命を維持する物質循環を達成する)を考え、**物質循環の変動量を平準化**するようなルールを開発したい。

これらの課題をクリアすれば、実用的な対話型スケジューラの開発が可能になり、オペレータの運用スケジュールの作成を支援できる。

## 例えば、

急に、ある装置を1時間止める必要がでてきた、果たして、この先の物質循環は大丈夫なのだろうか？



即座に、オペレータが運用スケジュールの修正を検討可能