

汎用数理計画法パッケージ NUOPT
汎用シミュレーションツール S3
- 多様なスケジュール問題解決ソリューション紹介 -

nuopt-info@msi.co.jp

(株) 数理システム

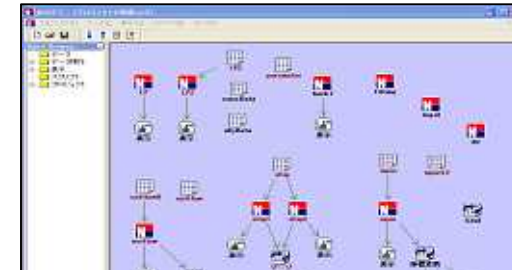
株式会社 数理システム

- 所在地
東京都新宿
- 設立
昭和57年4月1日
- 主な業務
パッケージソフトウェア開発・販売
ソフトウェア受託開発
データ分析、数理計画の各種コンサルティング
- パッケージソフトウェア (※以外は全て自社開発)
 - 最適化パッケージ NUOPT
 - データ解析ソフト S-PLUS ※
 - データマイニングツール Visual Mining Studio
 - テキストマイニングツール Text Mining Studio
 - シミュレーションツール S-cube
 - ベイジアンネット構築支援システム BayoNet
 - 半導体TCADシミュレーション PW2 など

NUOPT

■汎用数理計画パッケージ

- ・ 線形計画法 (単体法、内点法)
- ・ 二次計画法 (有効制約法、内点法)
- ・ 非線形計画法 (内点法, 逐次二次計画法)
- ・ 非線形半正定値計画 (内点法)
- ・ 線形混合整数計画法 (分枝限定法)
- ・ 混合整数二次計画法 (分枝限定法)
- ・ 非線形整数計画法 (分枝限定法)
- ・ 制約充足問題 (タブ・サーチ)
- ・ 資源制約付プロジェクトスケジューリング (タブ・サーチ)



```
// 配送センター i から需要地 j への配送を行うか (変数)
IntegerVariable x(name="配送量の是非", index=(i,j), type=binary);

// 配送センターを建設するか否か (0-1変数)
IntegerVariable y(name="建設の是非", index=i, type=binary);
Parameter flag_y(name="配送センターの有無", index=i);
//flag_y.val.print();

// 総費用 (目的関数)
Objective cost(name="総費用", type=minimize);
cost = sum{c[i,j]*Q[j]*x[i,j], (i,j)} + sum{f[i]*y[i], i};

// 配送センターの容量制約
sum{Q[j]*x[i,j], j} <= A[i] * y[i];
```

広告・証券・大学・金融・各種エネルギー・通信・製造業・石油化学
宇宙・役所・土木・建築・薬品・林業・メーカー各種 …その他

現在国内で約 500 サイト

※海外は S+NUOPT という製品で販売

東日本旅客鉄道株式会社様 JINJRE（勤務）

大規模勤務システムの自動勤務作成機能(駅等の箇所・グループごとに、社員の月単位のシフト表を生成)に、NUOPTのメタヒューリスティクスエンジン wcspが採用され、株式会社ジェイアール東日本情報システム様によるシステムインテグレートのもとで開発を行いました。

このシステムを用いると、場所によってはこれまで手作業で数時間～数日要していたシフト表の作成が、NUOPT実行部分で、中規模(社員約30人程度)なら数十秒、大規模(社員約100人程度)でも10分前後で可能です。従来分割して行わなければならなかったグループ単位でのシフト表の作成も一括で行えるようになりました。



開発においては、プロトタイプとコンサルティングのフェーズを設けることによって明文化されていない現場の直感を吸い上げ、教科書通りとはいかない複雑な要件を数理モデル化し、納得性の高い出力結果を得ることに成功しました。

このシステムは、クライアント端末からの入力が、Webを介してサーバ上で集中して処理される構成となっており、そのためには同一のプログラムで様々な入力を処理する必要があります。NUOPTが採用された理由のひとつには、汎用性の高い数理モデル記述が可能であり、データに依存したチューニングを行うことなく高品質な解を提供できるという特色が挙げられます。現在、東京駅をはじめとした JR 東日本の駅をはじめ、約1700箇所で稼働中です。



「関東奨励会における対戦表自動作成システム」

社団法人日本将棋連盟 様

日本将棋連盟の関東奨励会では奨励会員同士の対戦表を作成するのに、「関東奨励会における対戦表自動作成システム」を開発・導入している。複雑な考慮条件をクリアしながらも、瞬時の計算が可能で、これまで1日2時間半かかっていた作業が、ほぼゼロになり、関東奨励会では時間の効率化が大きく進んだ。

[>> 記事を読む。](#)



関東奨励会幹事
西尾 明 様 (棋士五段)

経営戦略部
常盤 秀樹 様





「公立小中学校再配置計画立案支援システム」

貞広 幸雄 先生 (東京大学) / 貞広 斎子 先生 (千葉大学)

「公立小中学校再配置計画立案支援システム」は、学校の統廃合など自治体における学校再配置計画を支援するシステムである。最大の特長は、現場の要請を踏まえて、最適化の観点を利用しながら複数の適正な配置案を導出すること。導出した複数の配置案を地図上で比較できる点も、ユーザが利用しやすい点となっている。

[>> 記事を読む。](#)



東京大学 大学院工学研究科
都市工学専攻 准教授 工学博士
貞広 幸雄 先生

千葉大学
教育学部 准教授
貞広 斎子 先生





「汎用的データフュージョンシステム」 「広告出稿量最適配分システム」

株式会社ビデオリサーチ 様  Video Research Ltd.

ビデオリサーチでは、2種類の異なる調査データを1つに融合(フュージョン)する「汎用的データフュージョンシステム」を数理システムとともに開発。調査データの種別を問わずにフュージョンでき、データの 高付加価値化を実現する。また同社は「広告出稿量最適配分」の研究用システムの開発にも、数理システムとともに取り組んでいる。

[>> 記事を読む。](#)



株式会社 ビデオリサーチ
田村 玄 様

株式会社 ビデオリサーチ様
総合リサーチ企業として、メディア調査広告コミュニケーション効果調査、市場調査、ネット調査などを行い、各種マーケットデータをトータルで提供している

S³ Simulation System

■汎用シミュレーションツール

・ 特徴

- GUIにより簡単にモデル作成、実行、検証が可能
- スクリプト言語 (psim言語) によりよりカスタマイズ可能
- Co-routineを用いたプロセス管理

・ 統計解析機能

- 得られた結果の統計的解析・
グラフ表示が可能

・ 最適化機能

- モデルの目的関数、パラメータを
定義し、最適なパラメータを探索する
- 最適化にはDerivative Free Optimizationを使用

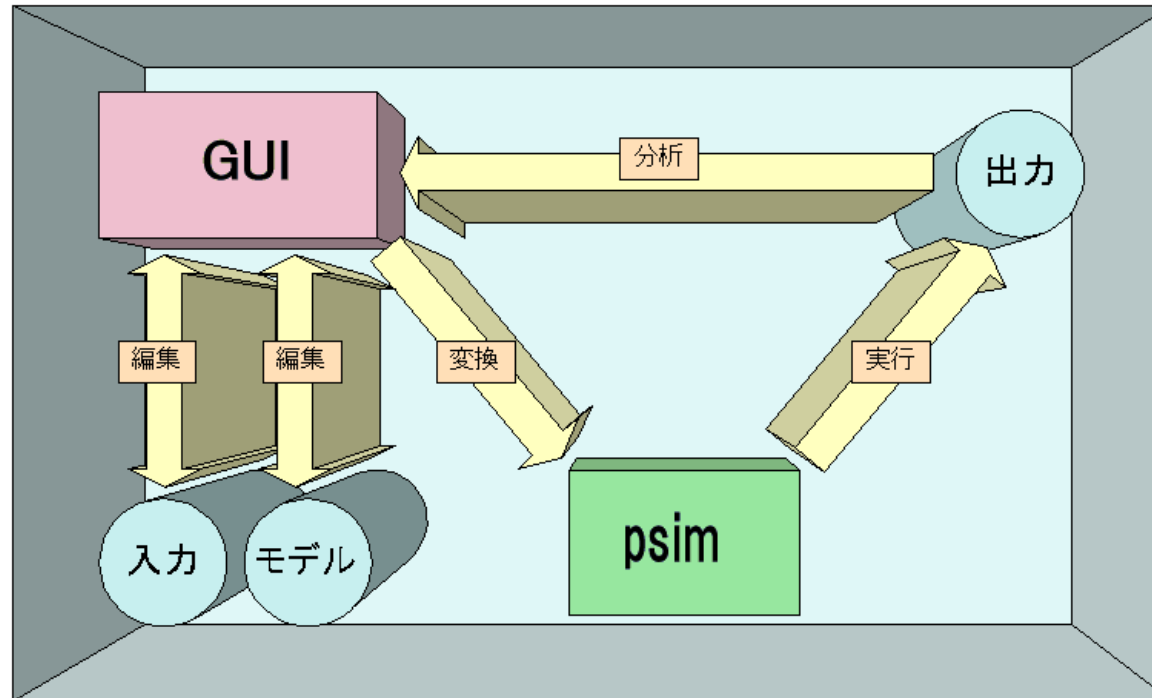


離散イベントシミュレーション例

- 工場などの生産システム
- サプライチェーンなど流通システム
- 銀行の窓口、ATMなど
- 通信システム
- 交通システム
- コールセンター
- など



システム構成



GUI

- ☆ wxPythonを用いて開発
- ☆ 入出力データの管理
- ☆ モデルの管理・編集
- ☆ 実行

psim

- ☆ Python言語上で動作するプロセス指向のシミュレーション記述言語
- ☆ イベント処理エンジン
- ☆ 乱数生成や分布推定などの分析機能も併せ持つPythonライブラリ集

機能

GUI

- ・GUIを用いてモデルを作成・編集する機能
- ・モデル、入力データ、出力（結果）データをまとめてプロジェクトとして管理
- ・モデル全体のパラメータの管理
- ・実行モードの管理

プロセス管理

- ・コルーチン (PythonのGenerator機能) を用いた軽量プロセス管理
- ・サブプロセスや状態遷移

グラフ表示機能

- ・入力・出力データのグラフ表示
- ・実行時のリアルタイムグラフ表示

統計解析機能

- ・平均・分散などの統計量算出機能
- ・入力・出力データの分布推定機能
- ・入力・出力データの補間・平滑化機能
- ・入力・出力データの回帰機能

乱数生成機能

- ・乱数を生成する

最適化機能

- ・DFOを用いた最適化機能

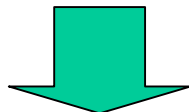
指数分布
正規分布
対数正規分布
一様分布
ベータ分布
ガンマ分布
アーラン分布
パレート分布
ワイブル分布
カイ2乗分布
F分布
ロジスティック分布
非心カイ2乗分布
非心F分布
コーシー分布
t分布
三角分布

二項分布
幾何分布
超幾何分布
負の二項分布
ポアソン分布

経験分布
再生
ステップ

psim言語

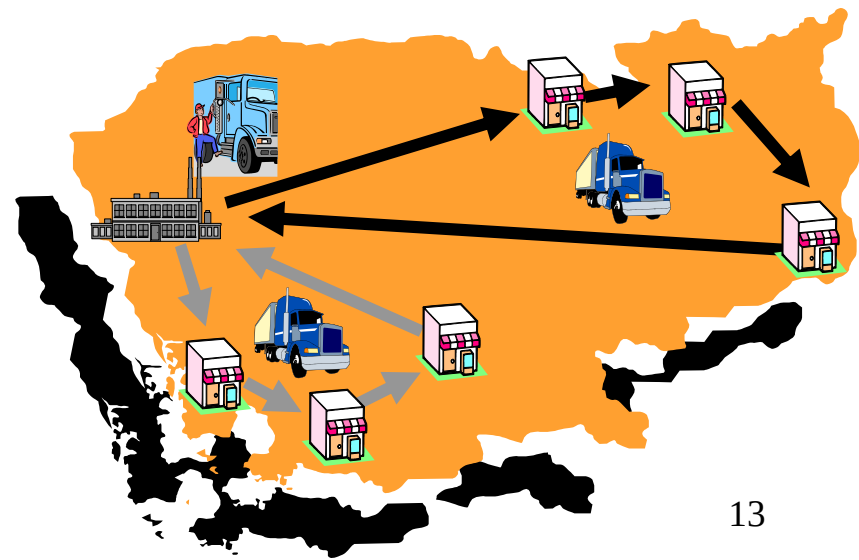
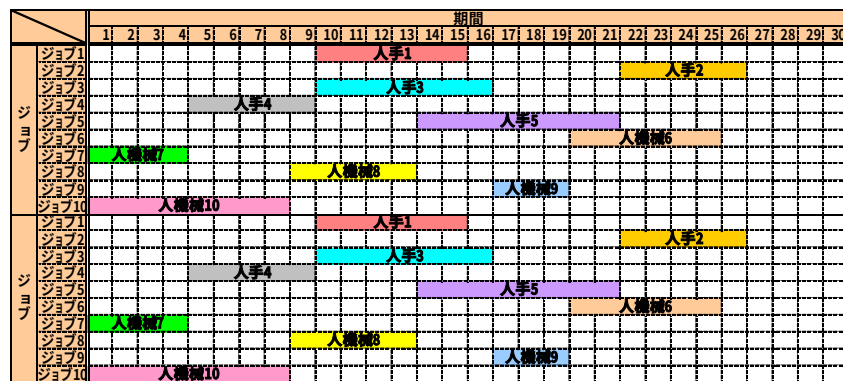
- 作成したシミュレーションモデルはpsim言語に変換され実行される。
- psim言語はPythonのライブラリである。



自らコードを書かなくても実行可能であるが、コードを編集することでより柔軟なモデルの記述が可能に

```
50 # シミュレーションパラメータの定義
51 @class SimulationParam:
52     def __init__(self):
53         pass
54
55 # WS3-1 の定義
56 @class UseFacility13 (Widget):
57     """ファシリティを指定した時間だけ利用します。
58
59     「ファシリティリスト」は、利用するファシリティを表します。
60     「待ち受け方法」は、ファシリティの待ち受け方法を表します。
61     - 「AND」は、順番に関わらず全てのファシリティに要求を行ないます。
62     - 「OR」は、順番に関わらずいずれかのファシリティに要求を行ないます。
63     - 「SEQUENCE」は、指定したファシリティに指定した順に要求を行ないます。
64
65     """
66
67     # モニターの定義
68     @if self.monitor == 1:
69         monitor = Monitor([u"待ち受け", u"待ち時間"], ["o", "f"], name = u"%s-%s" % (self.name, "1"))
70         self.addMonitor(monitor)
71         self.observe = lambda x : monitor.observe(*x)
72     @elif self.monitor == 2:
73         monitor = TimeMonitor([u"待ち受け", u"待ち時間"], ["o", "f"], name = u"%s-%s" % (self.name, "2"))
74         self.addMonitor(monitor)
75         self.observe = lambda x : monitor.observe(now(), *x)
76
77     @if self.maxWait[0] == 'notSpecified':
78         maxWait = lambda item : None
79         outputPort = None
80     @else:
81         maxWait = self.maxWait[2]['time']
82         outputPort = self.maxWait[2]['outputport']
83
84     waitMethods = [allFacilityOf, anyFacilityOf, sequenceFacilityOf]
```

最適化 → シミュレーション



ユーザー様の声

▶ わかりやすいモデリング言語が魅力

グローバルにものづくりをする私たちにとって、生産・物流の企画レベルから日々のオペレーションまでの計画・実行は大変複雑です。特に現在は、とりまく環境の変化が激しく、迅速な計画立案や修正が要求されており、最適化技術はなくてはならないものです。NUOPTは、SIMPLEというモデリング言語がわかりやすく、開発者にとってモデリング負担が小さいことが大変魅力です。さらに実務者がモデルを変更することも可能で、より現場に近いところで素早く改善を実行できることが大きなメリットです。今後も、さらに使いやすい製品開発をよろしくお願いいたします。

(大手自動車メーカー様)

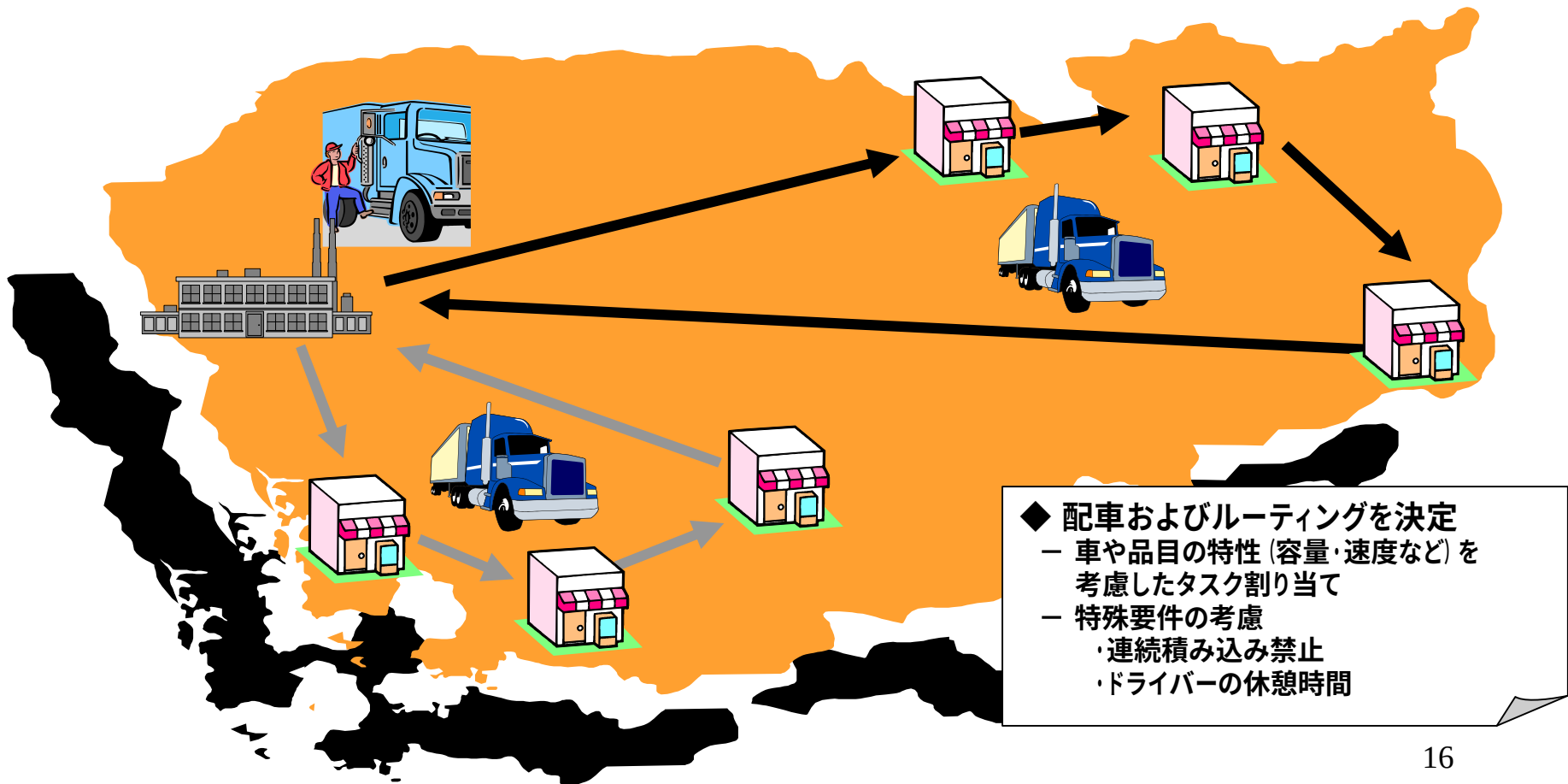
▶ 適用問題が変わっても、即座に得られた望ましい解

これまでいくつかの最適化アルゴリズムを自作したり、パッケージ導入してきたが、適用問題が変わるたびにデータインターフェースや求解速度の調整に苦労していた。この点を踏まえてNUOPTを採用、価格面を含めて満足している。目的関数、制約条件が激変する環境・省エネ問題の最適化ソルバーとして活用。望ましい解を即座に得られて助かっている。

(大手メーカー 研究所 主任研究員様)

ルーティング問題

■ 配送コスト最小となるような順路を立案



ルーティング問題 実績

- 食品メーカー車両割り当て
- ガスメーカー車両繰り
- 素材産業構内車両繰り

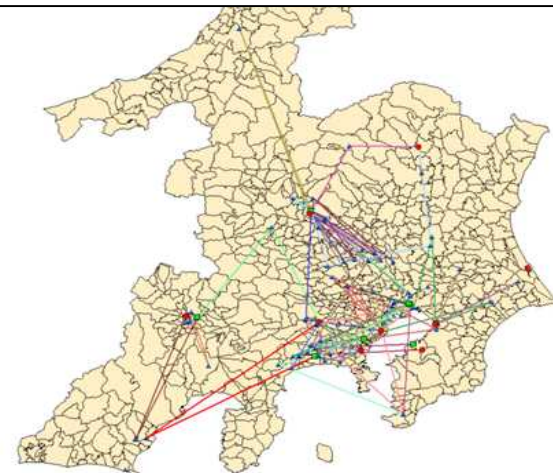
◆ 実務上考慮しなければならない事柄の例

- 顧客の要望・属性
 - ・需要情報(品物と量) ・納入時間の指定
 - ・納入可能な車両タイプ(車両サイズ) ・納入順番指定
- 車両の制約・属性
 - ・車両タイプ(車両サイズ) ・搭載可能品物(複数の品物を搭載等)
 - ・搭載可能容量(品物毎の容量) ・平均速度, 燃費
- その他, 実務的な制約
 - ・需要量の小さい顧客から回る ・各車両の総労働時間の制約
 - ・各車両の休憩の制約(連続運転時には休憩を入れる等)
 - ・一般道路, 高速道路の利用

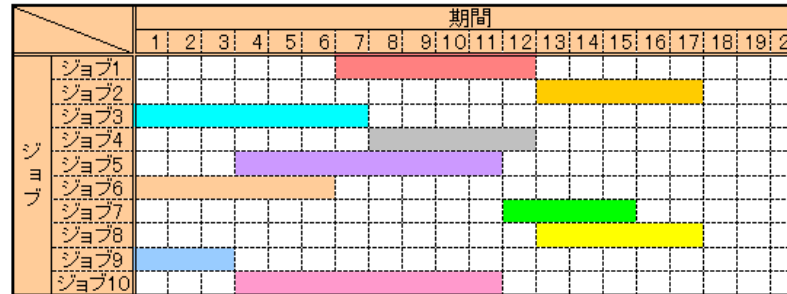
車両割り当て結果								
車両	1	2	3	4	5	6	7	8
v1								
v2								
v3								
v4								
v5		2	12					
v6								
v7								
v8								
v9								
v10	11	6	12					
v11	3	6	12					
v12	11	6	12					
v13	16	3	10	15	14			
v14								
v15	13	7	12					
v16								
v17								
v18	11	10	15	14				
v19	16	3	4					
v20	11	10	15	1				
v21	2	5	1					
v22	13	7	12					
v23	8	9						
v24	11	6	9					
v25	2	5	1					
v26	8	9						
v27	16	2	5	1				
v28	13	7	12					
v29	13	7	12					
v30	11	10	15	14				

車両	1	2	3	4	5	6	7	8
v1								
v2								
v3								
v4								
v5	2-4	6-8						
v6								
v7								
v8								
v9								
v10	1-2	3-5	6-8					
v11	2-2	3-5	6-8					
v12	1-2	3-5	6-8					
v13	1-1	2-2	3-4	5-6	7-8			
v14								
v15	1-4	5-5	6-8					
v16								
v17								
v18	1-2	3-4	5-6	7-8				
v19	1-1	2-2	4-8					
v20	1-2	3-4	5-6	8-8				
v21	2-4	5-7	8-8					
v22	1-4	5-5	6-8					
v23	1-5	6-8						
v24	1-2	3-5	6-8					
v25	2-4	5-7	8-8					
v26	1-5	6-8						
v27	1-1	2-4	5-7	8-8				
v28	1-4	5-5	6-8					
v29	1-4	5-5	6-8					
v30	1-2	3-4	5-6	7-8				

車種別利用台数	A	B	C	D
0	15	30	40	50
1	0	30	120	750
3				
15				
コスト単価	15	30	40	50
コスト合計	0	30	120	750



最適化が出した答え



■ 目的関数がよいものが答えとして導出される

- 納期遅れが最小化
- コストを最小化
- 売り上げ・生産量を最大化

■ 予期せぬトラブルが起きたら？

→ リスケジューリングすればよい！

■ 想定しているデータに微妙な誤差があったら？

→ . . . ロバスト最適化？

金融工学のロバスト最適化

ロバストポートフォリオ

- 収益率のぶれ (線形)

$$U_r = \{r \mid r - \bar{r} \leq \delta\}$$

- 共分散のぶれ

$$U_Q = \{Q \mid Q^U \geq Q \geq Q^L\}$$

ロバスト

- 分散のぶれを考慮

$$\max_x \left\{ r^T x - \lambda \max_{Q_L \leq Q \leq Q_U} \{x^T Q x\} \right\}$$

$$s.t. \quad x^T e = 1$$

non - ロバスト

- マルコビッツモデル リスク回避係数

$$\max_x r^T x - \lambda x^T Q x$$

$$s.t. \quad x^T e = 1$$

Qの変動を考慮しない

ロバストマルコビッツモデル

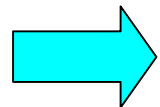
- 等価な問題への変形

$$\max_x r^T x - \lambda (Q_U \bullet U - Q_L \bullet L)$$

$$s.t. \quad x^T e = 1$$

$$\begin{pmatrix} U - L & x \\ x^T & 1 \end{pmatrix} \succeq 0$$

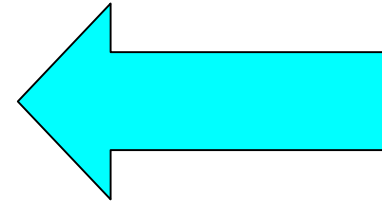
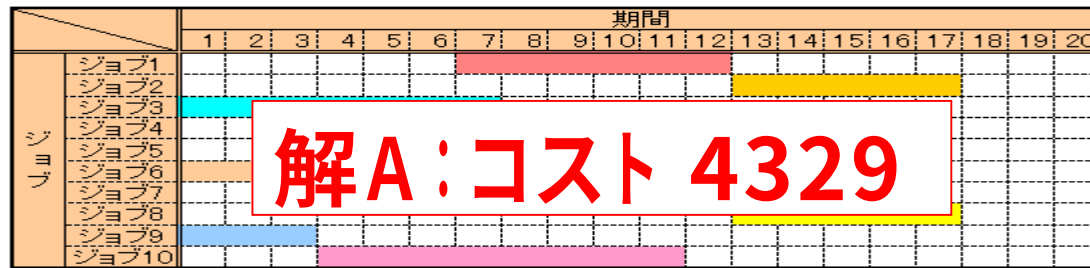
$$U \geq 0, L \geq 0$$



ただでさえ難しい. 組み込むのは不可能

最適化の性質

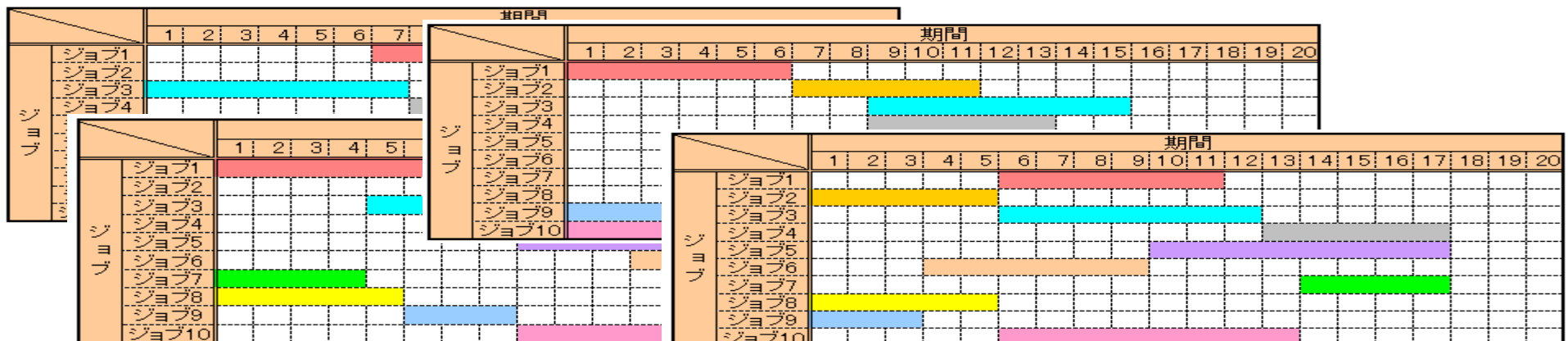
- 最適解の周辺に近い答えがいくつもある．単純な最適化では答えを一つに絞ってしまう．



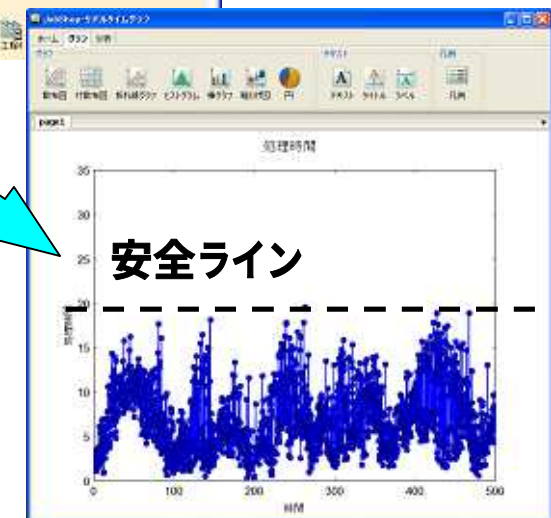
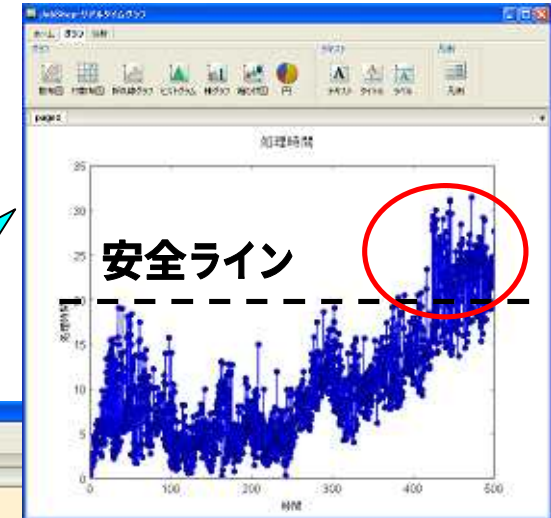
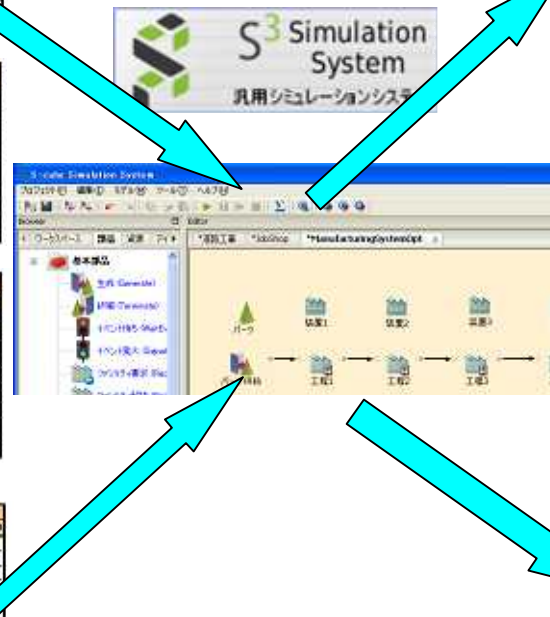
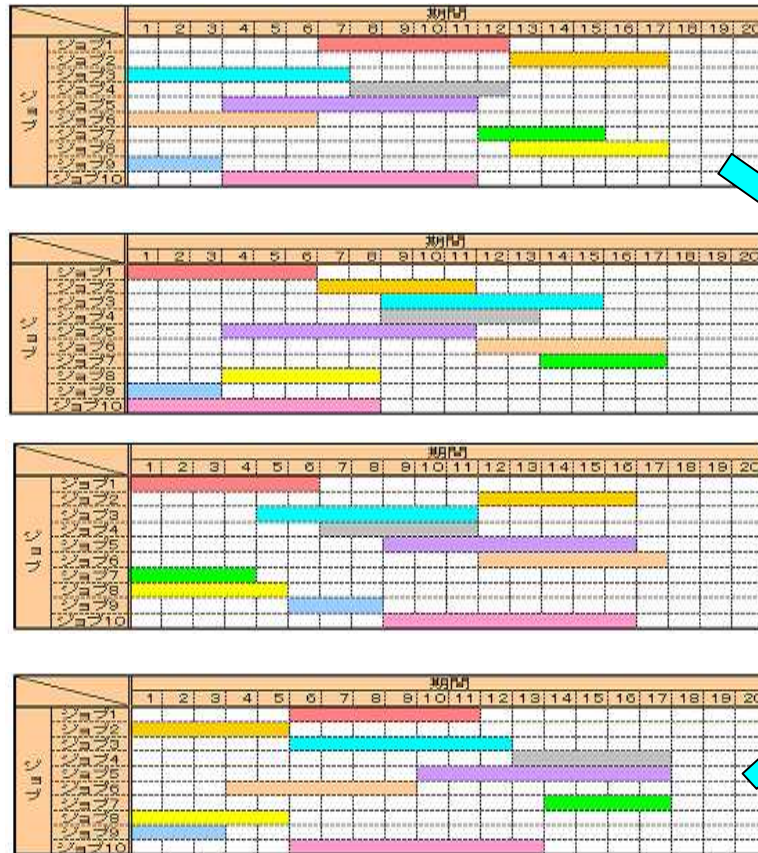
最適化で複数の解を導出

■ 関連する事例として「公立小中学校再配置計画立案システム」

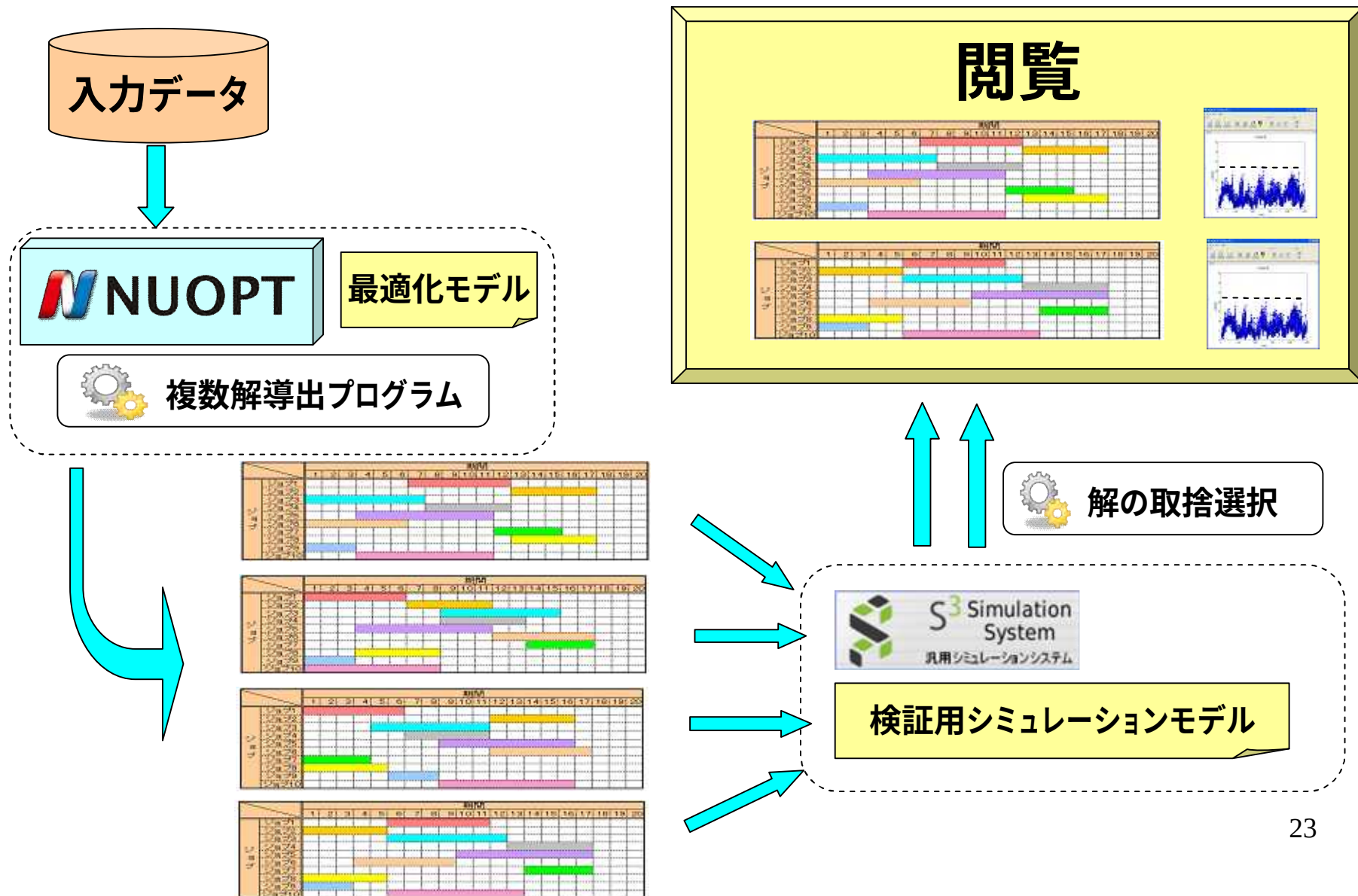
- 出た答えの周辺をローカルサーチ
- 探索の初期値を変更して異なる解
- 探索の途中の情報を破棄せず保存
- 目的関数に係るパラメータを若干ぶらす



それぞれの解を検証



全体の流れ



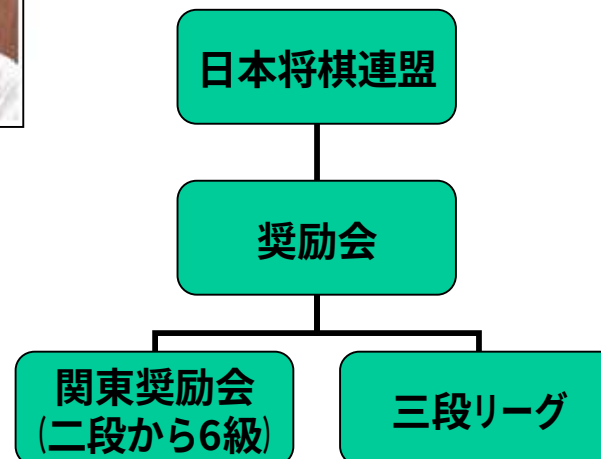
まとめ

- 既存のソリューションを組み合わせることによってこれまでにない仕組みを構築できる
- 「データマイニング＋最適化＋シミュレーション」は今後SCM等の複雑な事象を取り扱う際の一つのトータルソリューションになるだろう

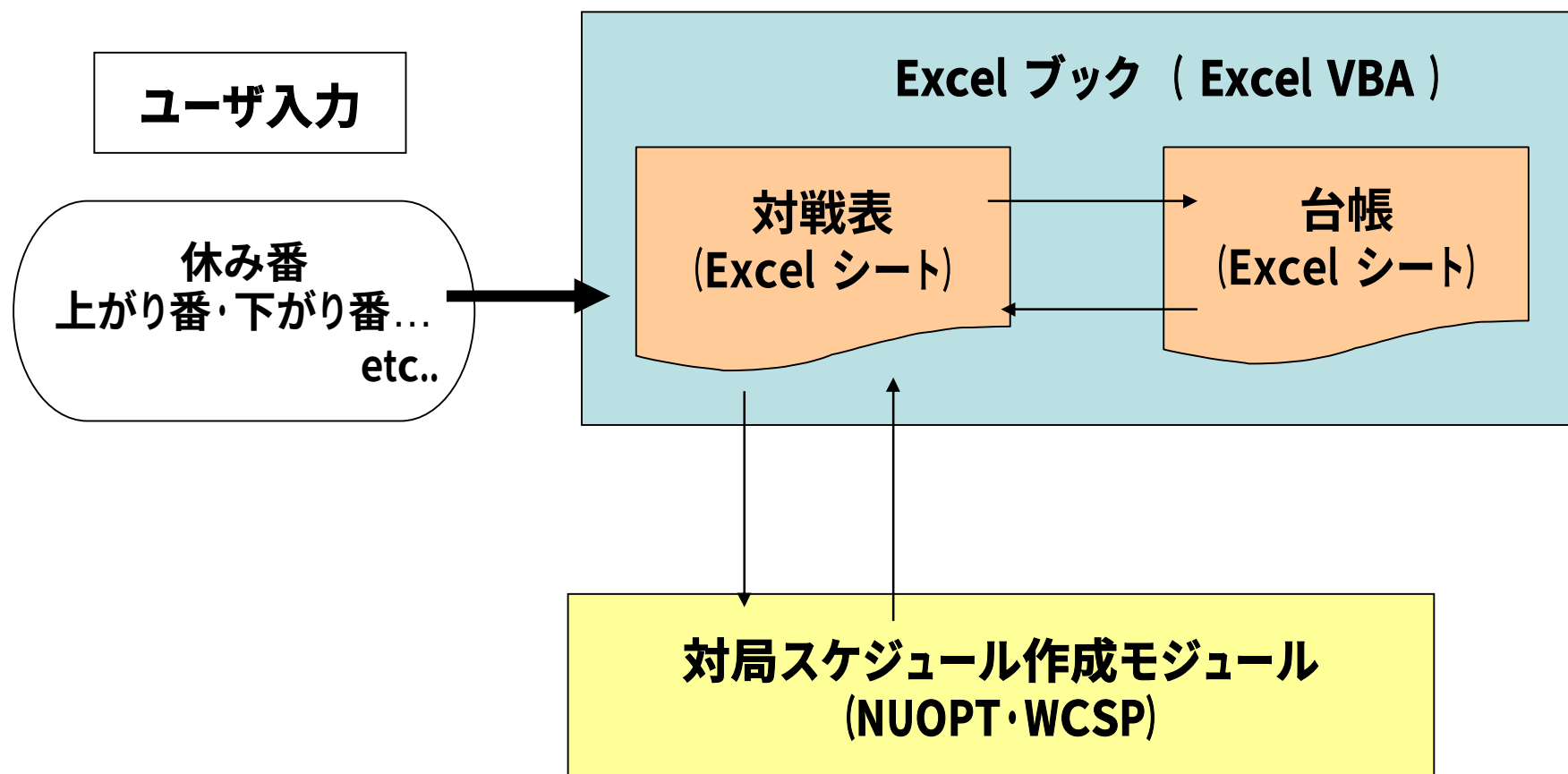
おまけ



- 奨励会に所属する、二段から6級までの棋士の対局スケジュールを自動作成.
- フロントエンドは Excel を利用.
- 計算エンジンは NUOPT に搭載されているアルゴリズム WCSP を用いている.



「対戦の助」ソフト構成図



対局スケジュールの概要

- 過去 10 局で対戦した棋士とは対戦しない
- 上がり番・下がり番は同じ師匠の棋士と対戦しない
- ユーザが指定する対戦がある
- 休み番の棋士は対戦をしない
- より段・級の近い棋士同士が対戦を行う
- 過去 20 局の対戦とのバランスをとってほしい