



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

最適化問題のための 可視化とインタラクションの試み

伊藤貴之

お茶の水女子大学
理学部情報科学科 教授

2013年6月7日 設計情報学研究会

いきなりお詫び



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 勢いで演題をつけてしまったものの...
この内容で45分も話すほどの成果はありません
- よって自己紹介とチュートリアルで半分近い時間を
占めることをご容赦下さい



- 講演者の自己紹介と過去の研究内容
- 情報可視化の簡単なチュートリアル
- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索過程の可視化
 - 遺伝的アルゴリズムの計算経過の可視化
 - 多目的最適化問題の説明変数と目的関数の可視化
 - その他

講演者の経緯: 1ページで要約



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 1992年 早稲田大学大学院(電気工学) 修士
日本IBM 東京基礎研究所 研究員
 - 1997年 早稲田大学にて博士(工学)
 - 2000年 カーネギーメロン大学にて客員研究員
 - 2003年 京都大学COE研究員(客員助教授相当)
- 2005年 日本IBM退職
お茶の水女子大学理学部情報科学科助教授
- 2011年 同大学教授
同大学シミュレーション科学教育研究センター長

前任の藤代先生が
東北大学流体研に異動

私自身はシミュレーション自体は
研究していませんが...

お茶大と情報科学科と伊藤研究室



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

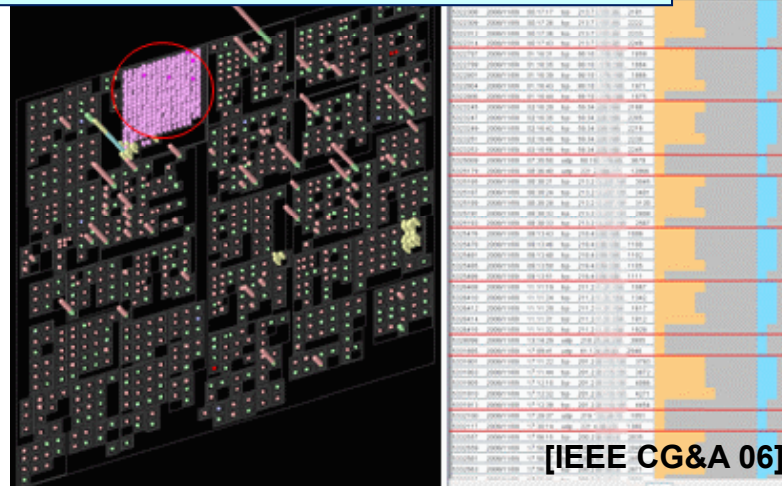
- お茶の水女子大学
 - 日本に2つしかない国立の女子大学（もう一つは奈良女子大学）
 - 文教育学部・理学部・生活科学部
(3学部あわせても一学年約500人、約4割が理系)
- 理学部
 - 数学、物理、化学、生物、情報科学の5学科
 - 情報科学科は1990年設立
- 情報科学科
 - 1学年40人（7~8割が修士進学、1割が博士進学）
 - 研究室は12個くらい（毎年変動する）
- 伊藤研究室
 - 学生26名（**D**:9名、**M2**:6名、**M1**:7名、**B4**:4名）
 - 教員は伊藤だけです（助教もポスドクもいません）

研究分野(1): 情報可視化

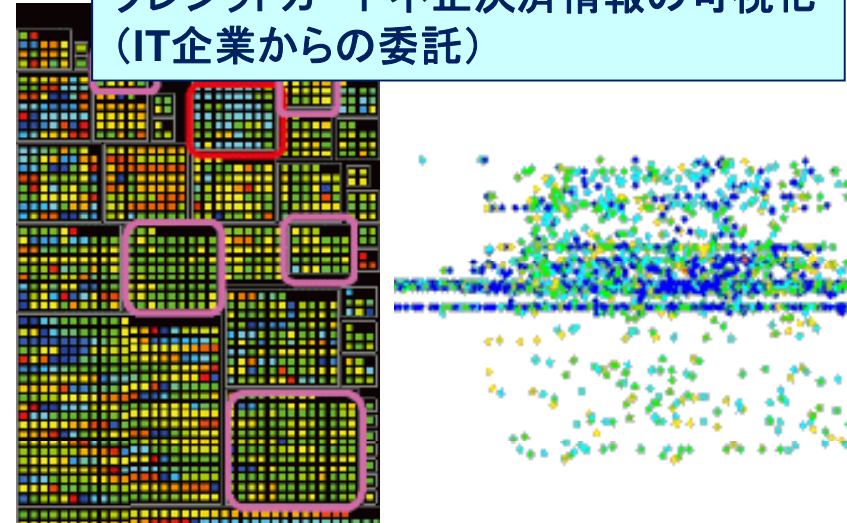


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

ネットワーク不正侵入情報の可視化
(JPCERTからの委託)



クレジットカード不正決済情報の可視化
(IT企業からの委託)

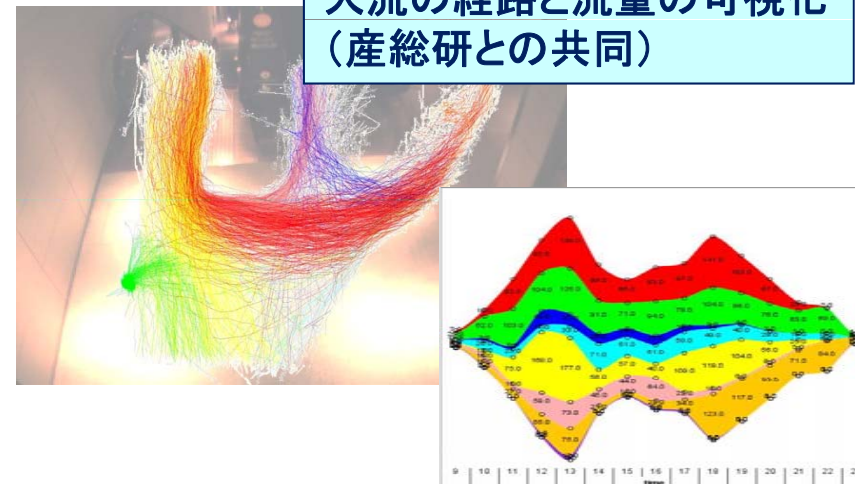


薬物の実験と構造の
相関性の可視化
(製薬企業からの委託)



[IV08]

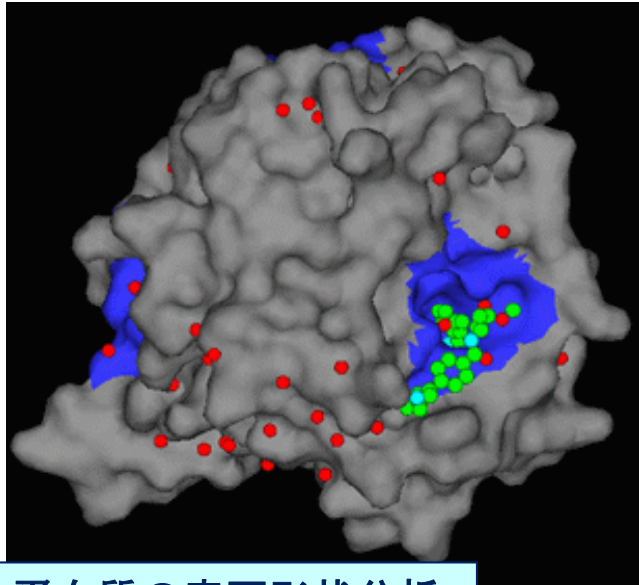
人流の経路と流量の可視化
(産総研との共同)



研究分野(2): 3次元CGの産業応用



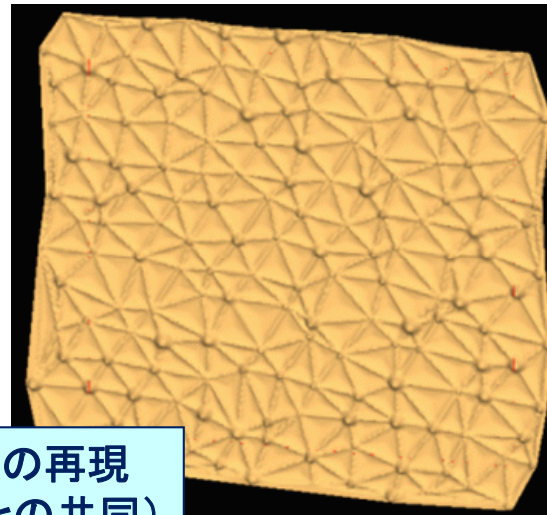
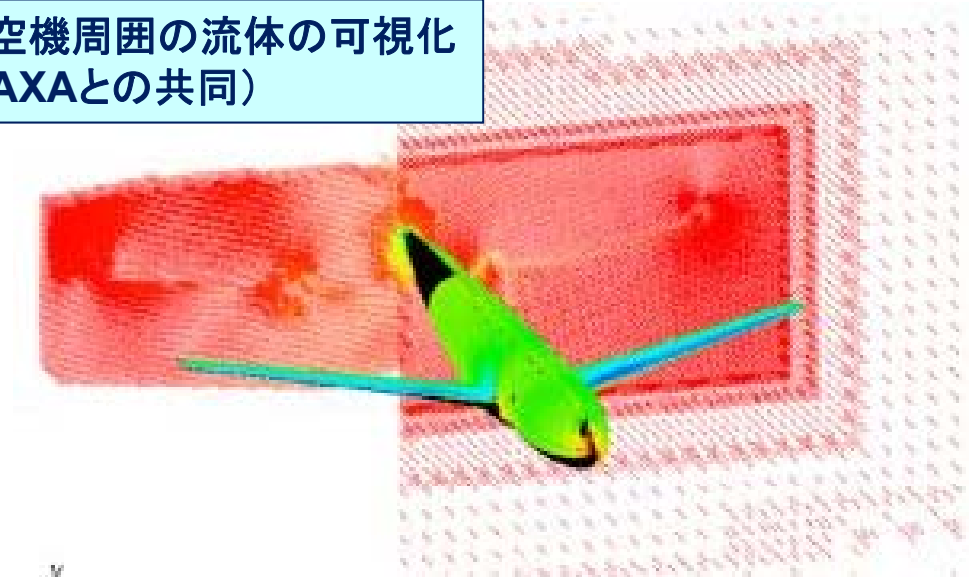
Itoh Laboratory,
Ochanomizu University



蛋白質の表面形状分析
(製薬企業からの委託)

[SIGGRAPH ASIA 11]

航空機周囲の流体の可視化
(JAXAとの共同)



肌の微細構造の再現
(化粧品企業との共同)

[SIGGRAPH ASIA 11]

研究分野(3): 写真や音楽のためのGUI

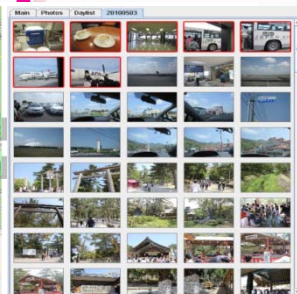
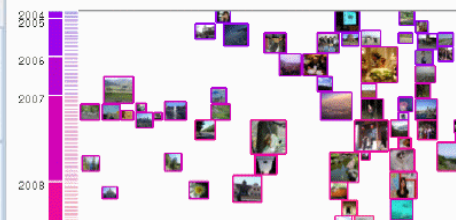
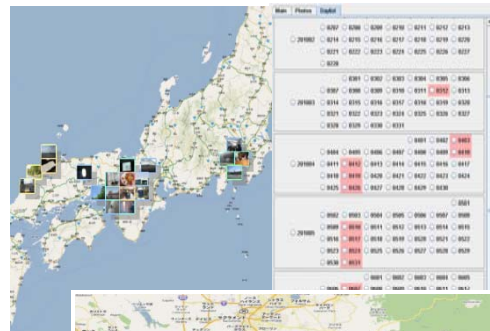


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

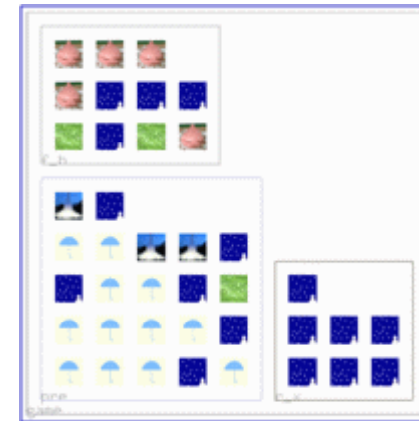
写真の閲覧のためのGUI



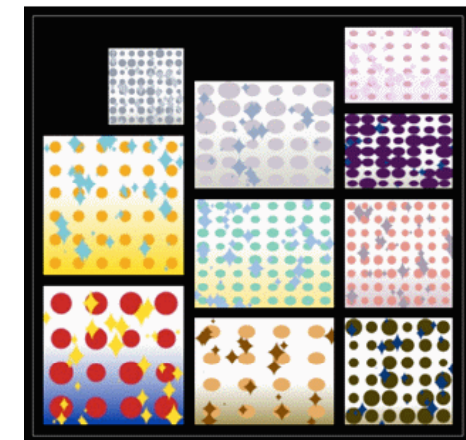
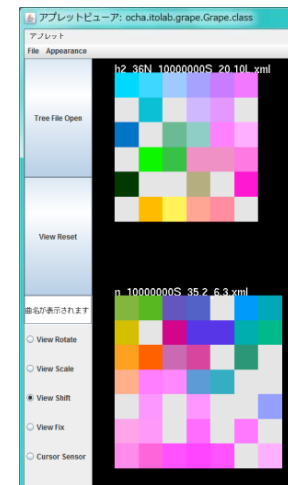
[AVI 10, ACM SAC 11 他]



音楽の検索・推薦などのためのGUI



[ACM SAC 11, IV 11 他]





- 講演者の自己紹介と過去の研究内容
- 情報可視化の簡単なチュートリアル
- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索過程の可視化
 - 遺伝的アルゴリズムの計算経過の可視化
 - 多目的最適化問題の説明変数と目的関数の可視化
 - その他

「可視化」とは...さまざまな定義

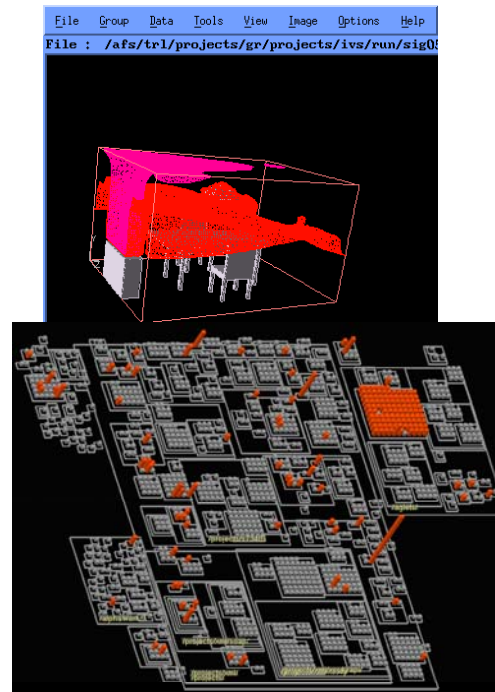


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

物理実験 (例: 流体計測)



CG・UIを駆使した 計算機上の可視化



電力利用状況



捜査の可視化



現物化

可描化

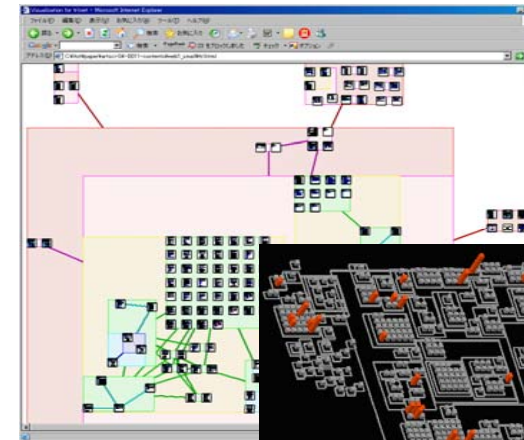
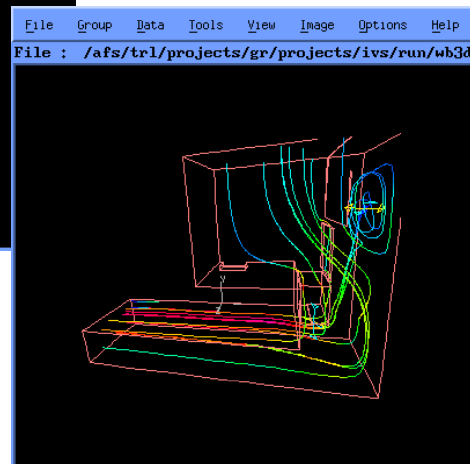
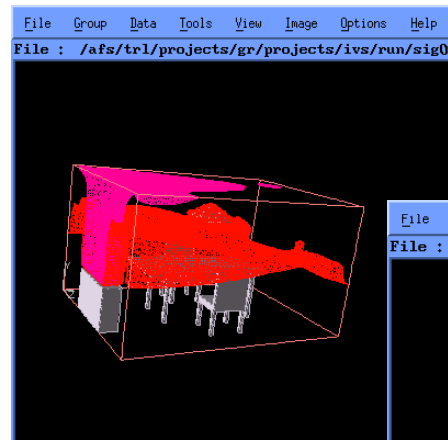
可読化

「可視化」には大きく2種類ある



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- Scientific Visualization
(**SciVis**)
 - 主に科学技術系データ
(物理計算、医療画像、分子...)
 - 主に物理空間
- Information Visualization
(**InfoVis**・情報可視化)
 - 科学に限らず一般的なデータ
(金融、流行分析、セキュリティ...)
 - 主に論理空間・多次元空間



情報可視化が対象とするデータ構造



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 1次元
- 2次元
- 3次元
- 多次元
- 木構造(階層)
- ネットワーク
- 時系列

主要な研究課題

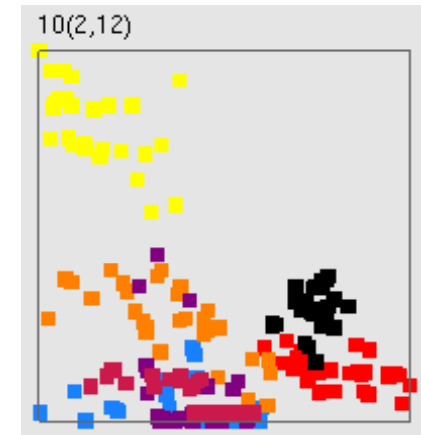
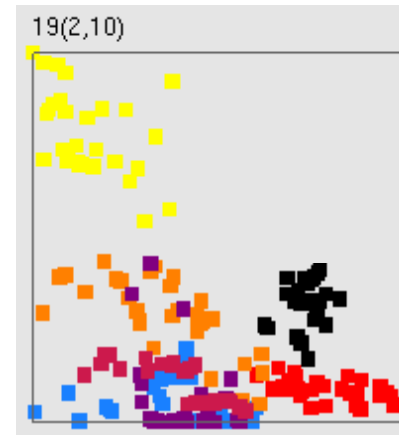
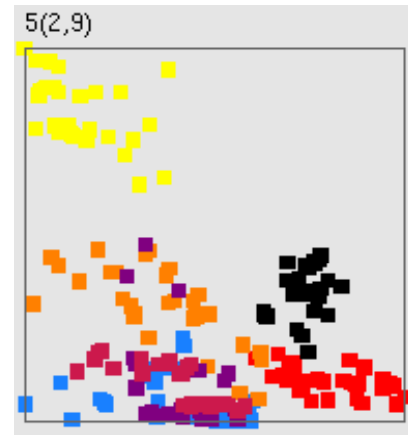
※Ben Shneiderman氏が1996年に提唱した定義で、現在もこれが標準的定義となっている

多次元データ可視化

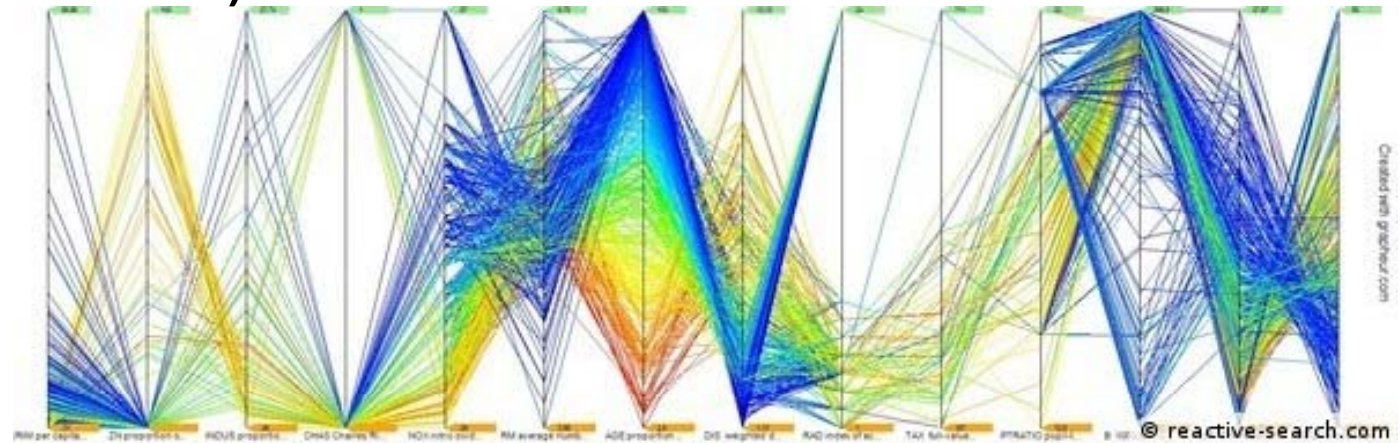


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

散布図
(Scatterplot)



PCP
(Parallel Coordinate Plots)

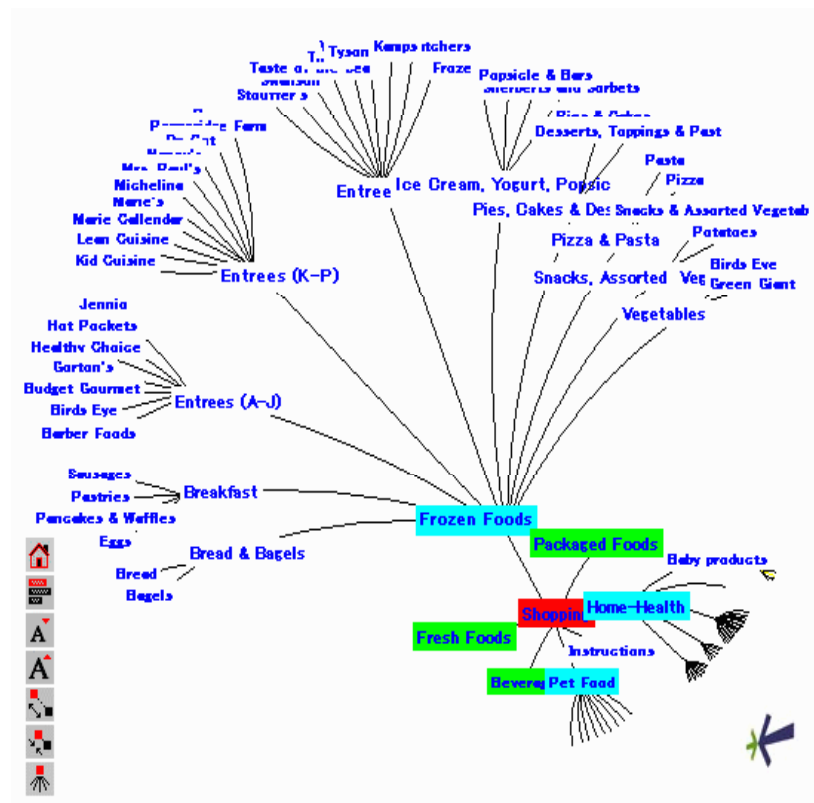


階層型データ可視化

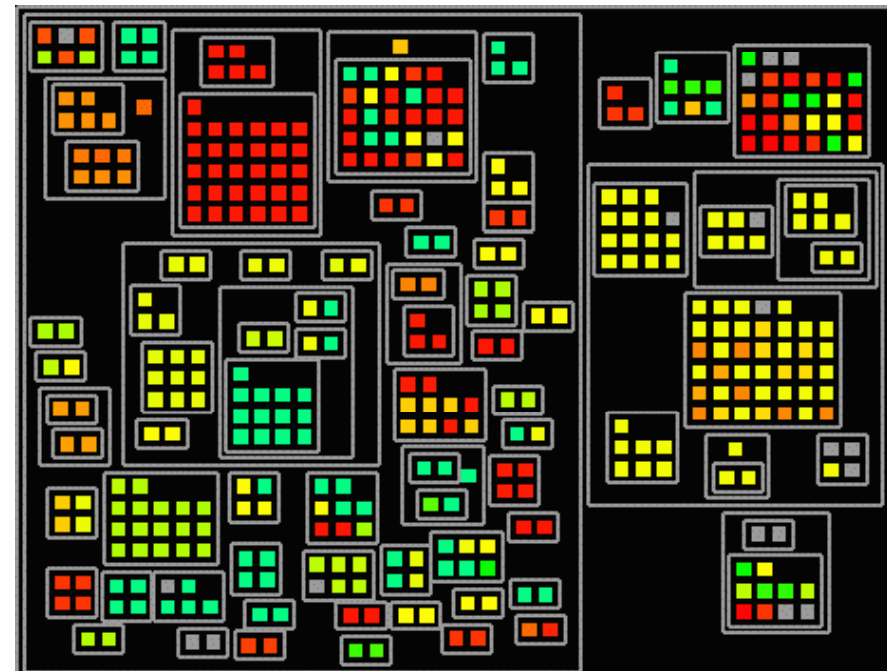


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

Hyperbolic Tree



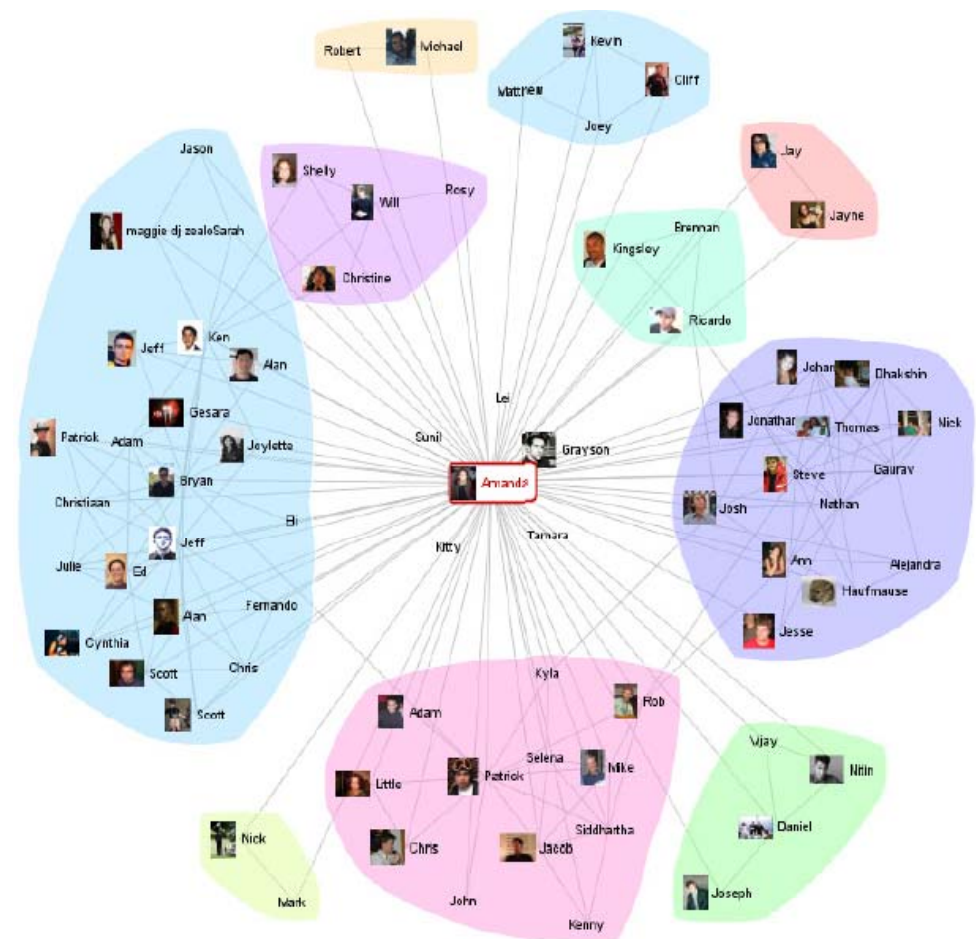
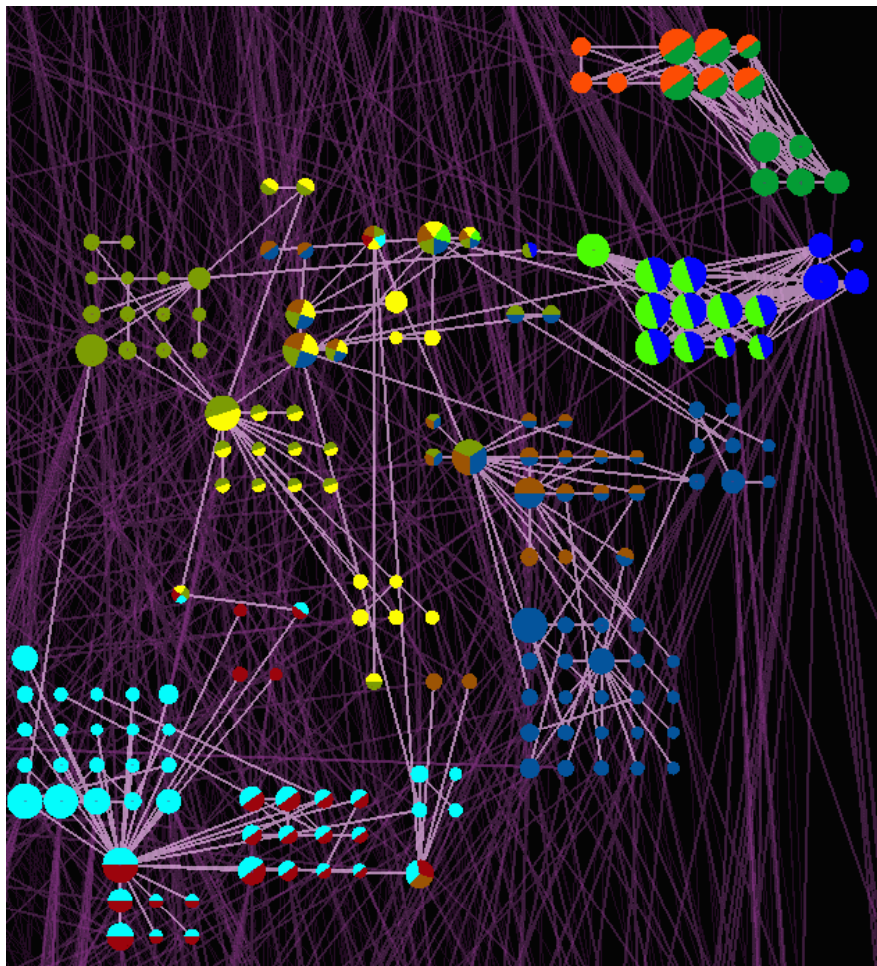
平安京ビュー



ネットワーク可視化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

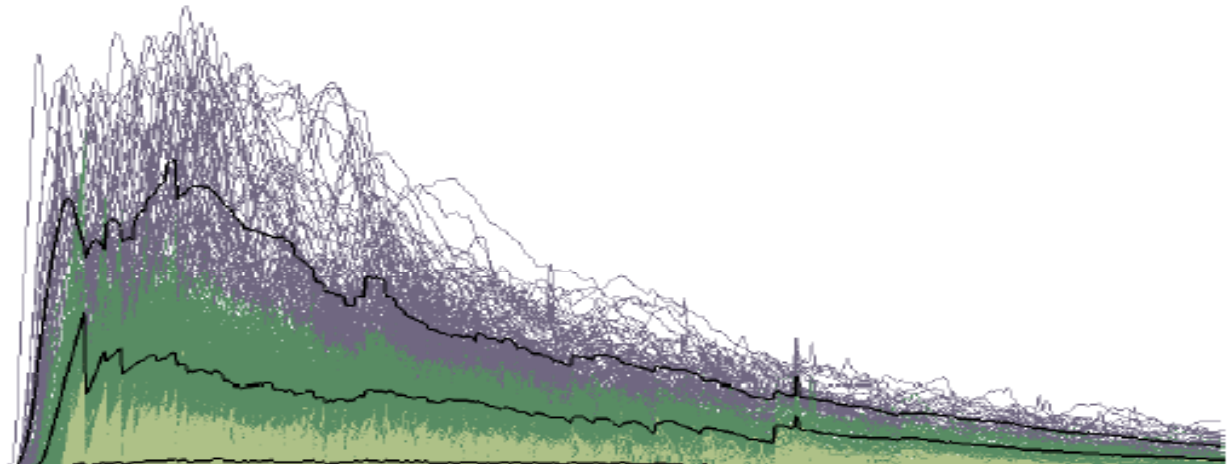


時系列データ可視化

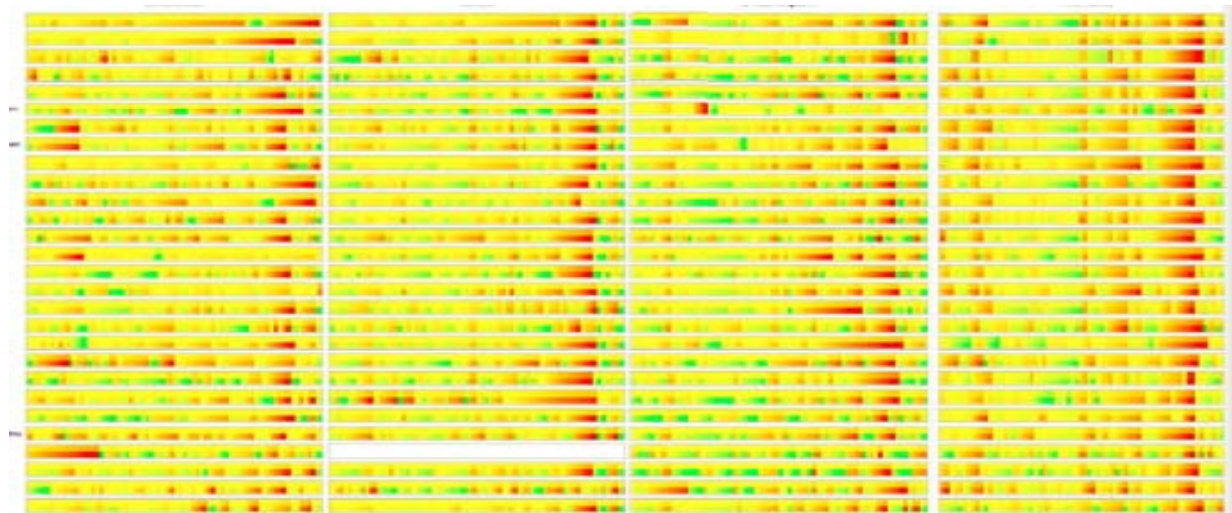


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

折れ線ベース手法



カラーベース手法
(ヒートマップ)





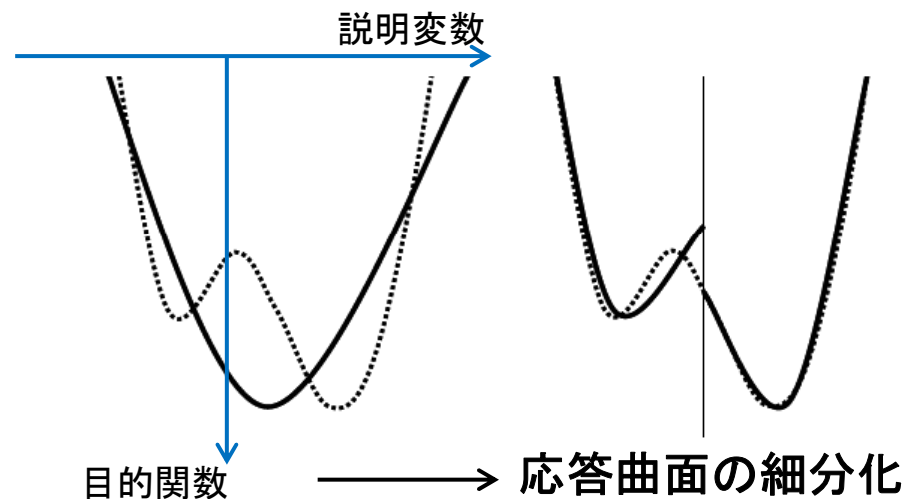
- 講演者の自己紹介と過去の研究内容
- 情報可視化の簡単なチュートリアル
- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索過程の可視化
 - 遺伝的アルゴリズムの計算経過の可視化
 - 多目的最適化問題の説明変数と目的関数の可視化
 - その他

応答曲面法の階層的探索

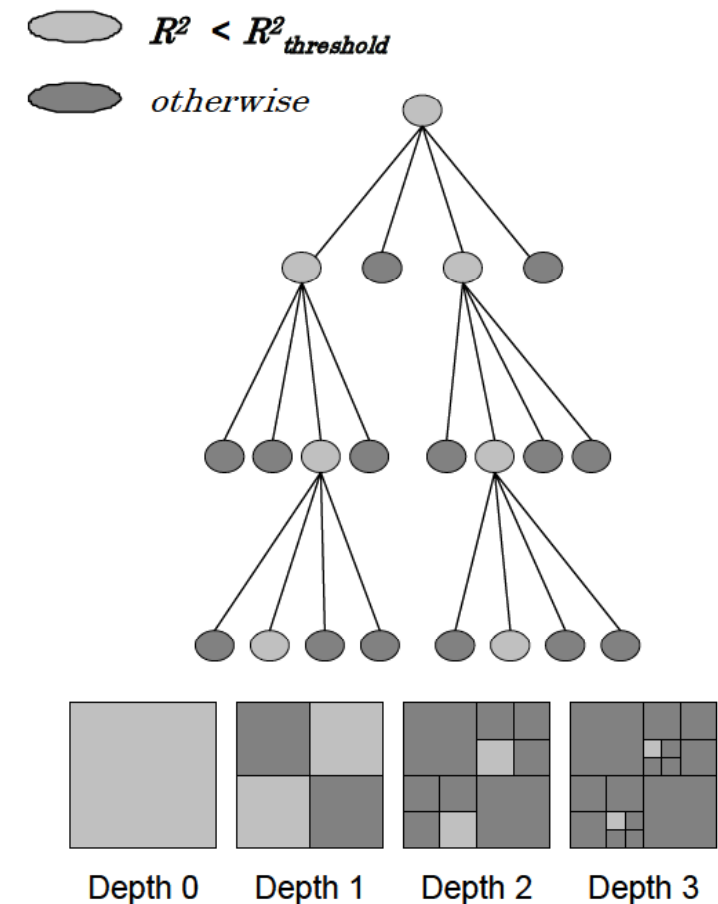


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 応答曲面法
 - 解曲面を二次関数などで近似する、一種の回帰分析
- 応答曲面法の階層的探索
 - 「最適解に近い部位」「応答曲面の精度の低い部位」などを再帰的に分割して、局所的に応答曲面を細分化



階層的探索の概念図



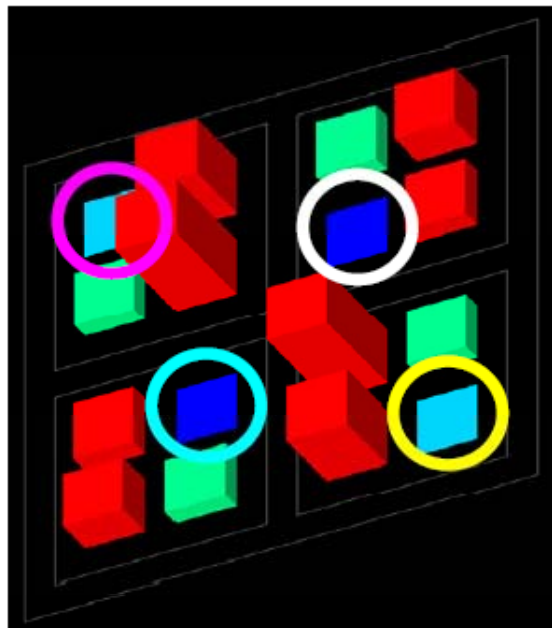
階層的探索過程のインタラクション



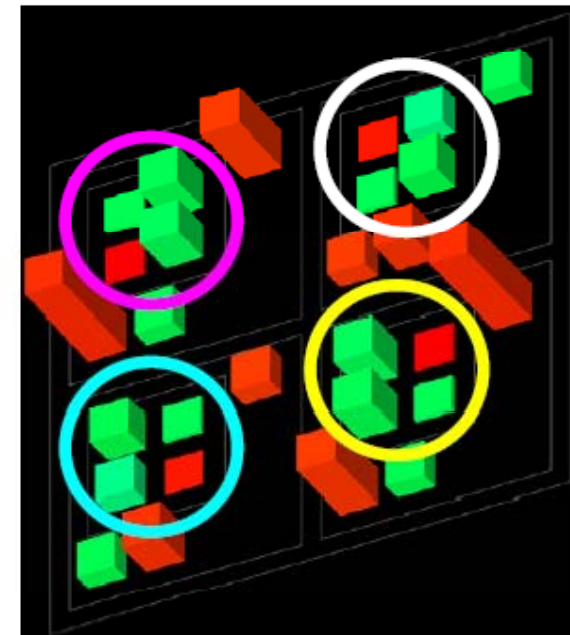
Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

T. Tanaka, T. Itoh, N. Sakamoto, K. Koyamada,
Journal of Fluid Science and Technology, 2008.

- 「平安京ビュー」による可視化
 - 棒グラフ1本が曲面1個に相当する
 - 高さで値、色で精度をあらわす
 - クリック操作で細分化対象を対話的に指定する



クリック指定した
曲面を細分化



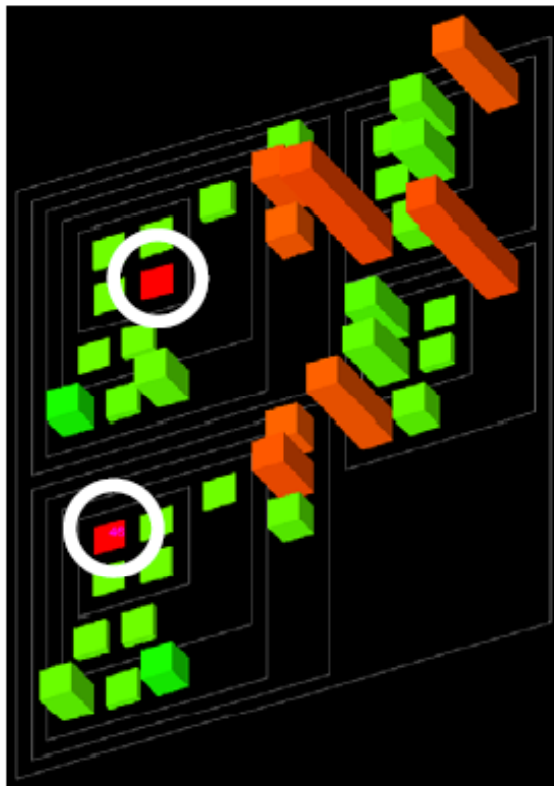
最適解発見までのプロセス



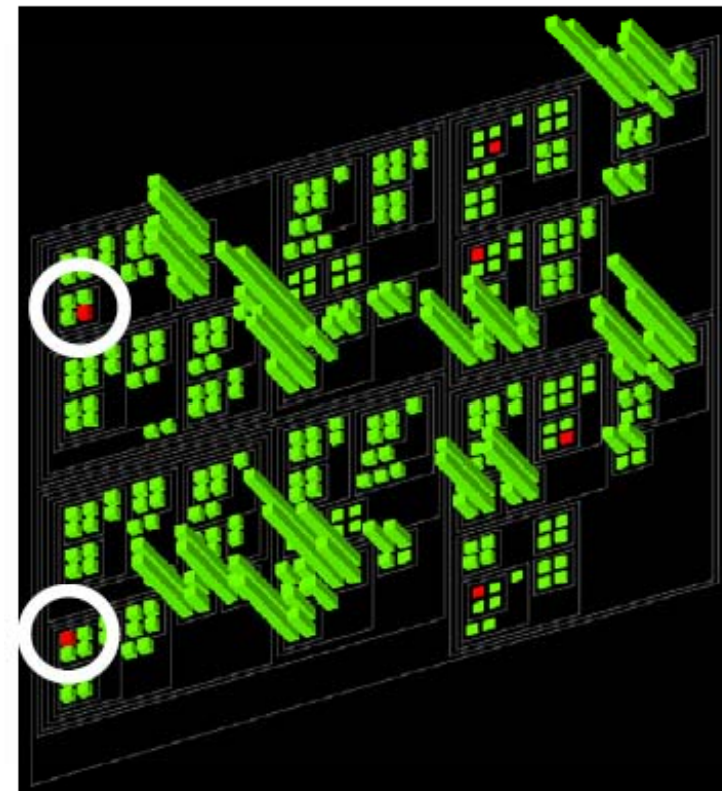
Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

T. Tanaka, T. Itoh, N. Sakamoto, K. Koyamada,
Journal of Fluid Science and Technology, 2008.

- 対話的探索によって計算回数を減らせる場合がある



本システム使用例



応答曲面の自動分割結果



- 講演者の自己紹介と過去の研究内容
- 情報可視化の簡単なチュートリアル
- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索過程の可視化
 - 遺伝的アルゴリズムの計算経過の可視化
 - 多目的最適化問題の説明変数と目的関数の可視化
 - その他

遺伝的アルゴリズムの収束性



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

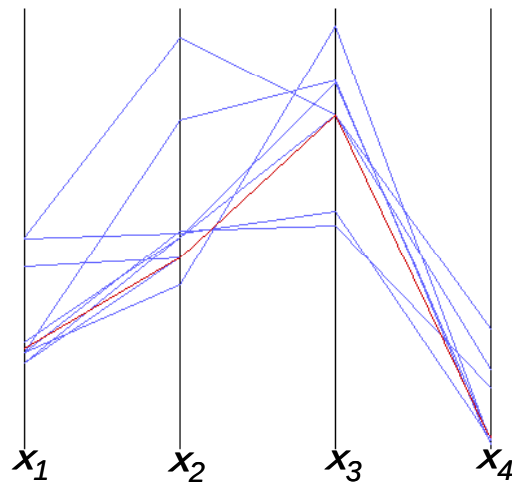
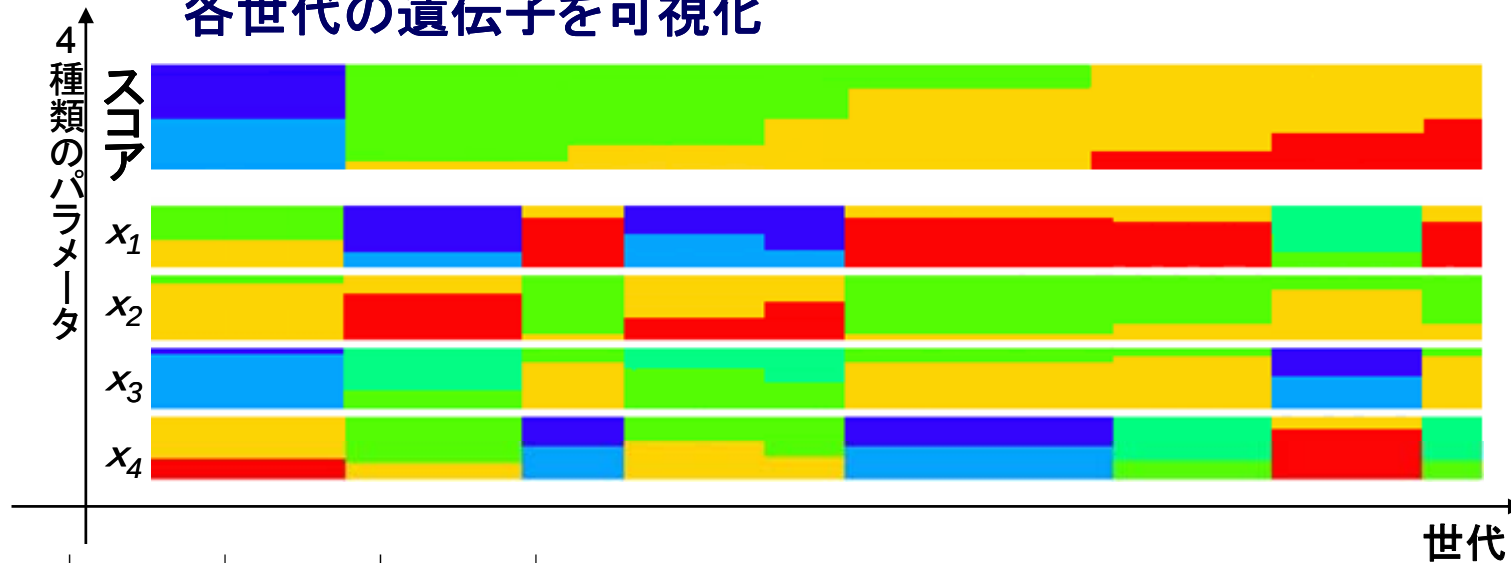
- 問題設定依存、かつパラメータ依存
 - パラメータ: 個体数、交叉確率、突然変異確率 など
- 反復計算中にパラメータを可変にすればいいのでは
 - 例1: 局所解に向かっている間は交叉確率を下げる
 - 例2: 向上が見られないときには突然変異確率を上げる
 - しかし、いつ?
- 遺伝的アルゴリズムの進化過程を可視化して、
パラメータを調節するタイミングを判断させてはどうだろう

遺伝的アルゴリズムの進化過程の可視化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

各世代の遺伝子を可視化



世代	100
遺伝子数	10
エリート解	1
交叉確率	0.9
突然変異確率	0.02
Gene Element:	2
Gui再起動するまでの世代	10
OK Cancel	

パラメータに変化が見られなかったら
意図的に突然変異確率・交叉確率・遺伝子数を再設定

特定世代の各遺伝子を可視化

簡単な実験: 対話操作の有無



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

K. Ohyama, T. Itoh, F. Yamashita, K. Koyamada,
IIEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop, 2007.

対話なし	世代	目的関数
1回目	107	0.023429
2回目	141	0.024425
3回目	103	0.025632
4回目	117	0.023319
5回目	80	0.02245
6回目	157	0.023675
7回目	132	0.025718
8回目	181	0.022231
9回目	108	0.023933
10回目	81	0.023821

対話あり	世代	目的関数	備考
1回目	93	0.025767	
2回目	40	0.025896	
3回目	52	0.023625	初期収束
4回目	48	0.023048	初期収束
5回目	69	0.025943	

- 対話操作により、少ない世代で最適解に近い値を発見



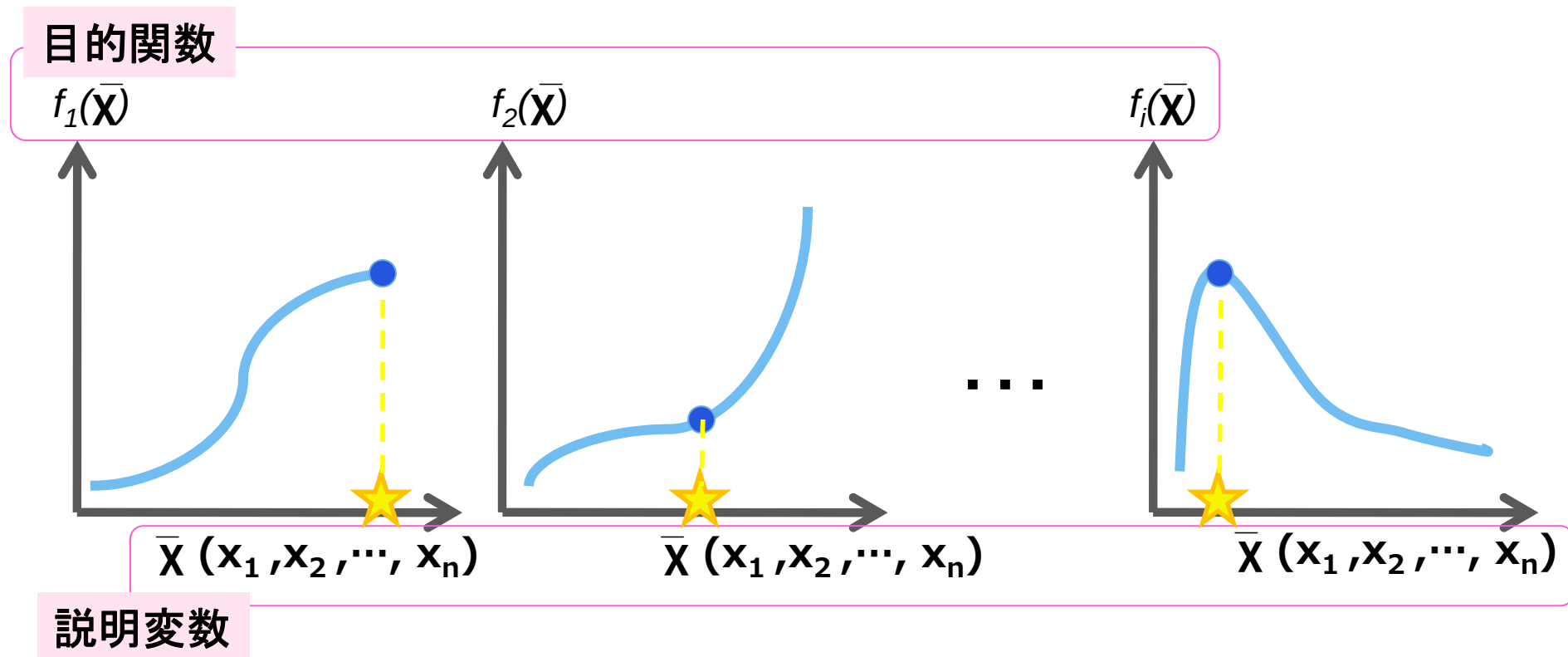
- 講演者の自己紹介と過去の研究内容
- 情報可視化の簡単なチュートリアル
- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索過程の可視化
 - 遺伝的アルゴリズムの計算経過の可視化
 - 多目的最適化問題の説明変数と目的関数の可視化
 - その他

多目的最適化問題とは



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 多数の目的関数を最適化する問題



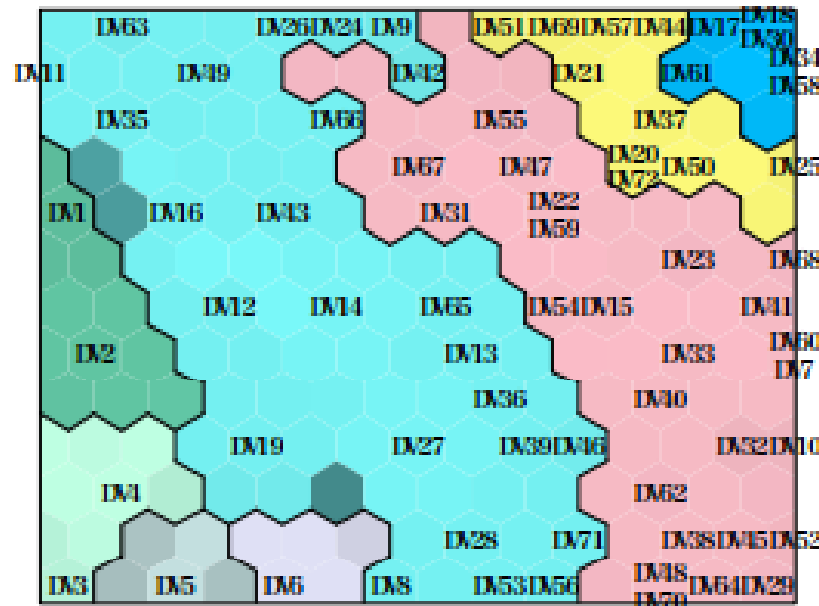
一般的に全ての目的関数を同時には最適化できない

多目的最適化に関する既存の可視化の例

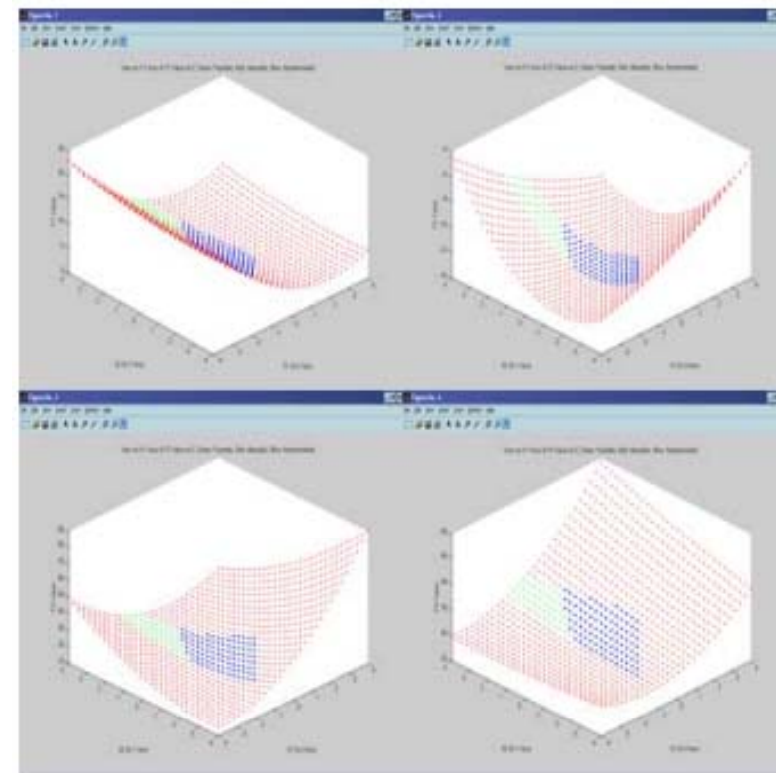


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 自己組織化マップ
[大林2005]

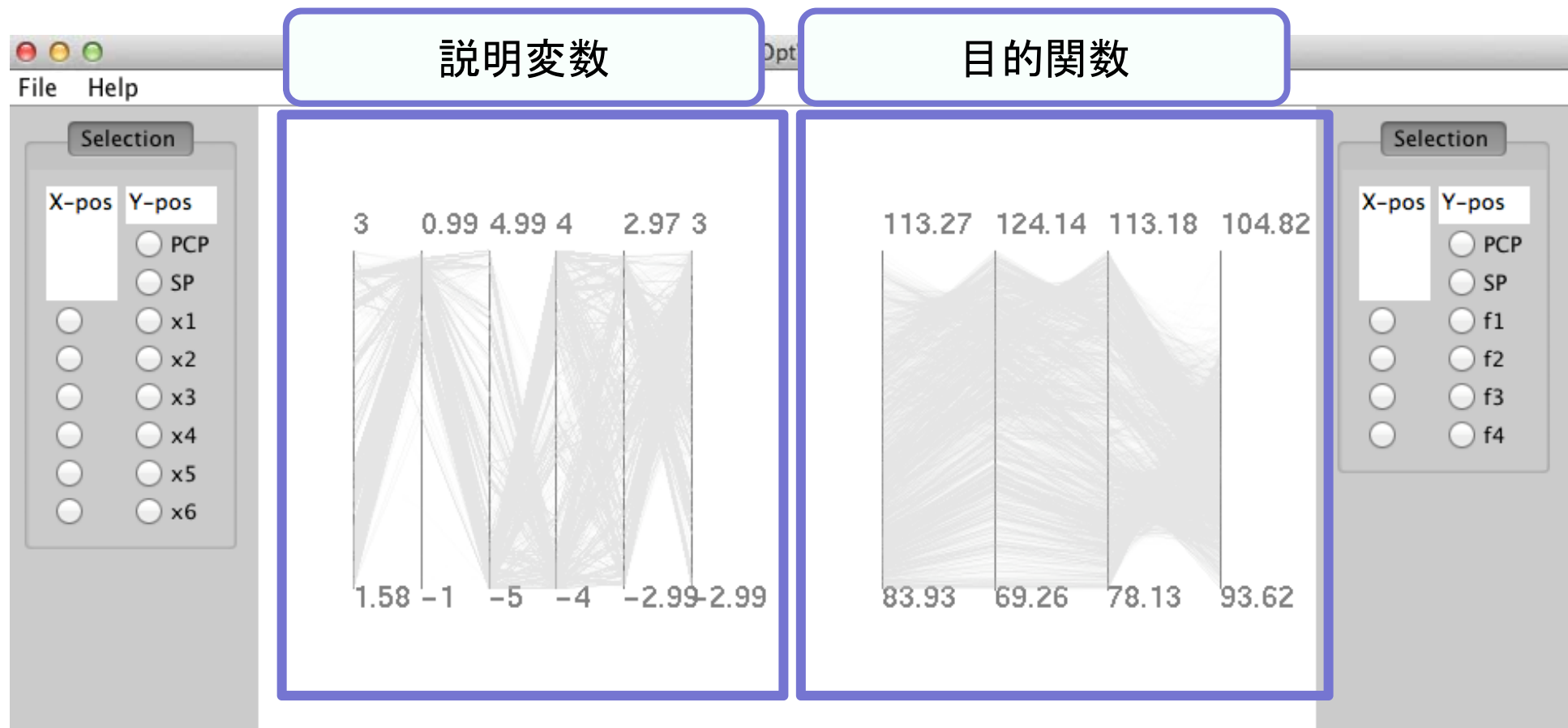


- プレート解曲面
[Agrawal2004]





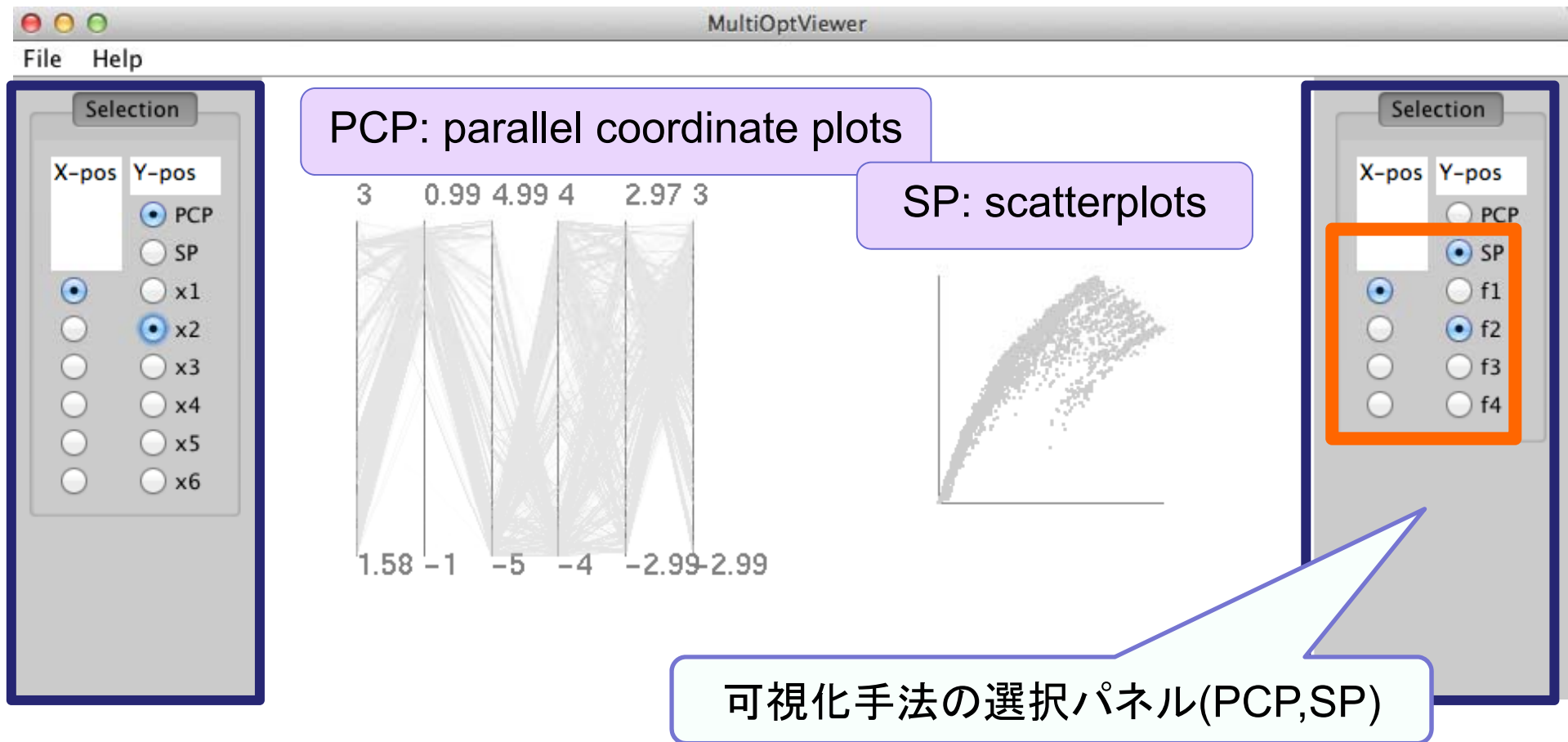
- 画面を左右に分割して、説明変数および目的関数をいずれも多次元データとみなして可視化



多次元データ可視化手法の搭載



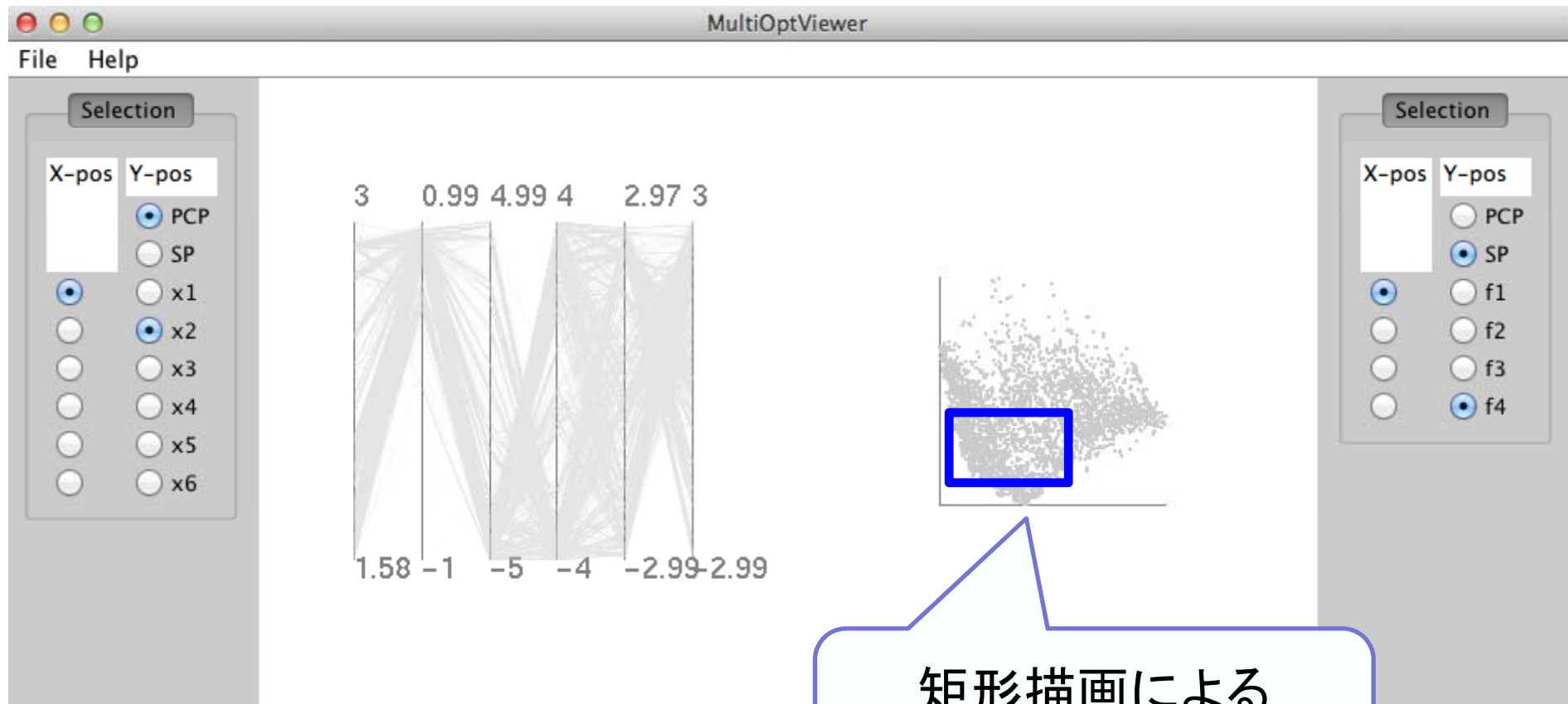
Itoh Laboratory,
Ochanomizu University



説明変数と目的関数の連携可視化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

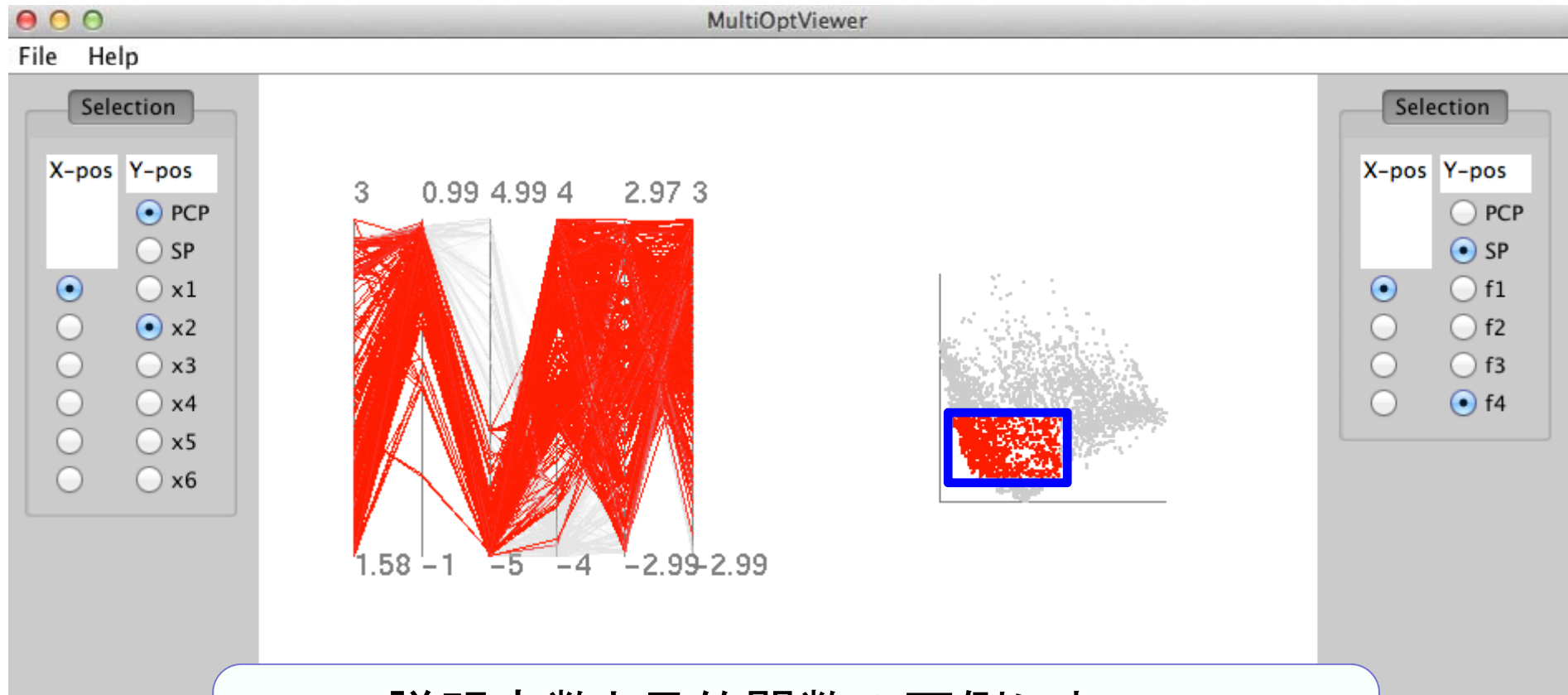


矩形描画による
領域の対話的指定

説明変数と目的関数の連携可視化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

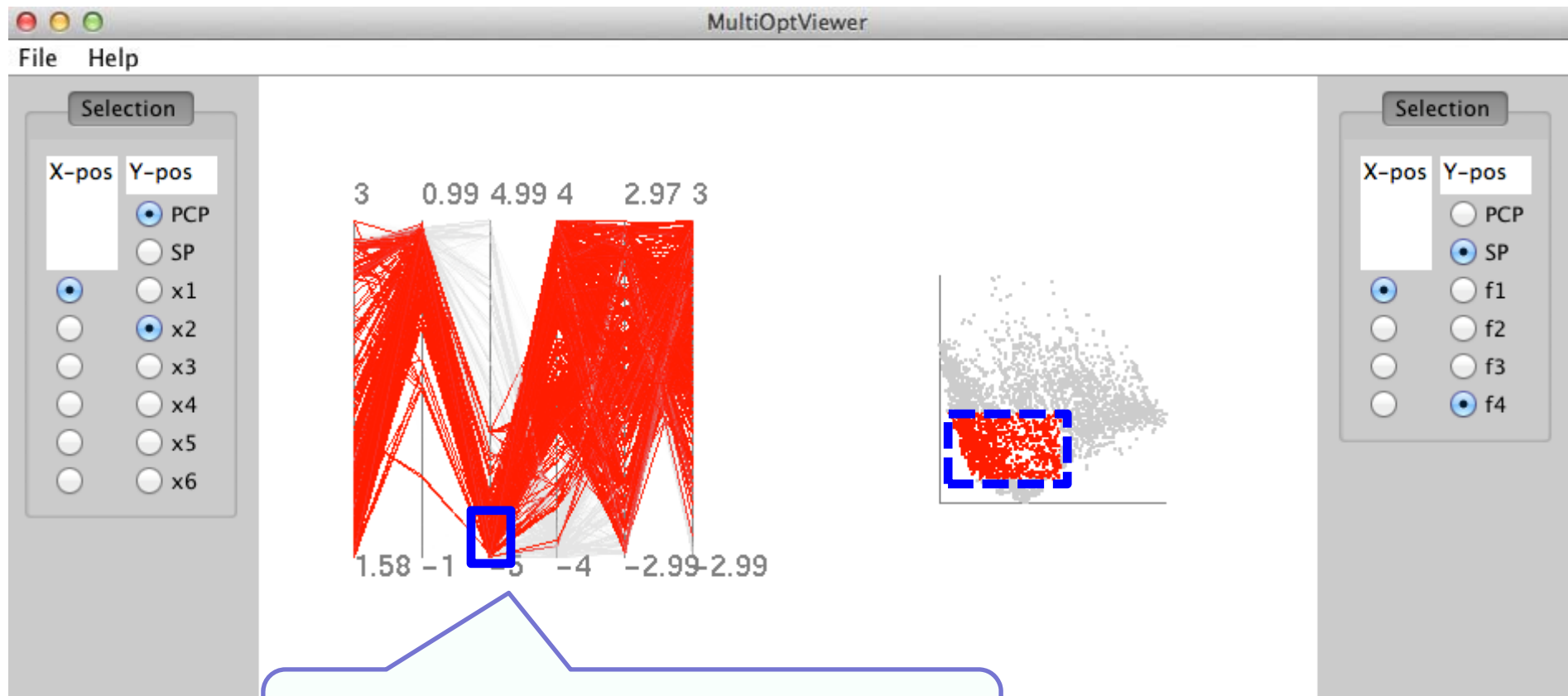


説明変数と目的関数の両側において
矩形領域に対応する個体をハイライト

説明変数と目的関数の連携可視化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

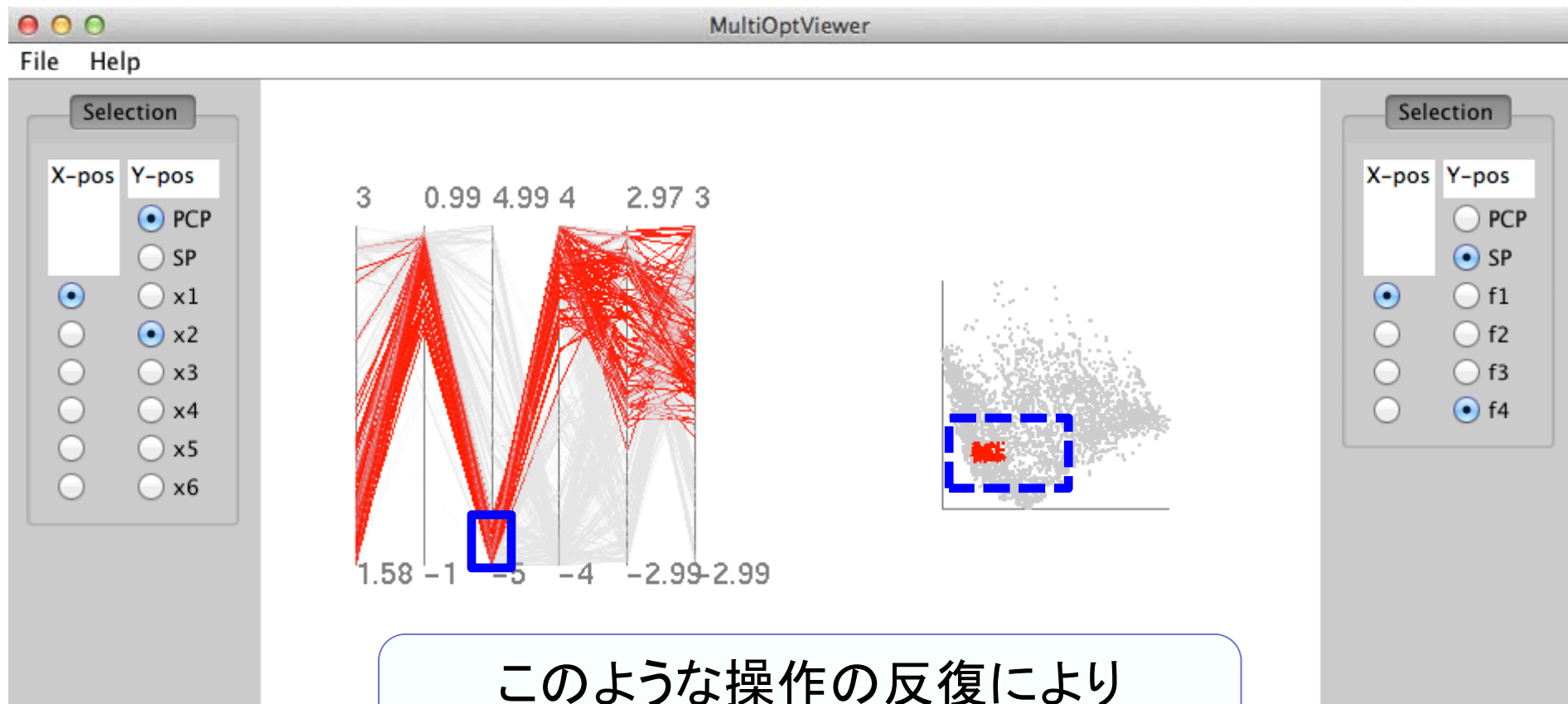


矩形領域をもう一度描画

説明変数と目的関数の連携可視化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University



このような操作の反復により
主観的に最適解を探索

超音速旅客機主翼設計の最適化



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

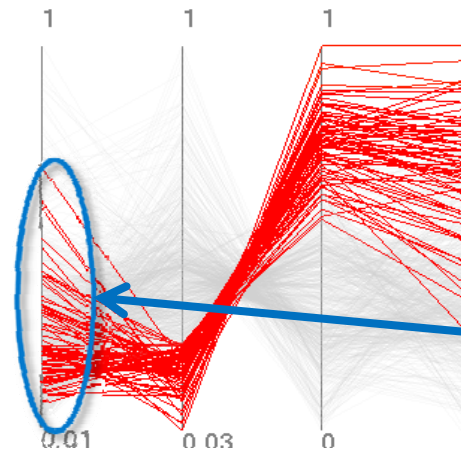
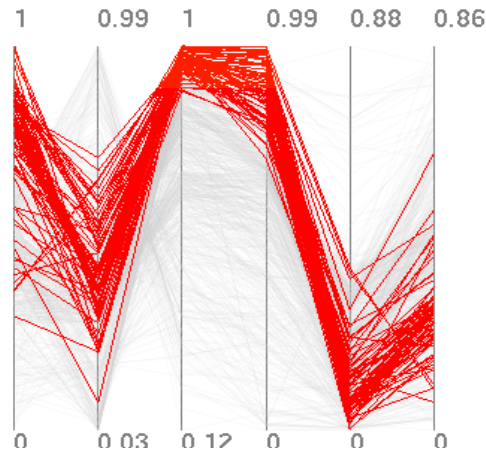
- 目的関数
 - 主翼における超音速巡航の抵抗係数
 - 遷音速巡航の抵抗係数
 - 超音速巡航時の翼根にかかる曲げモーメント
 - 翼先端部にかかる捻りモーメント
- 説明変数
 - 主翼の形状に関する72個の変数
 - 本報告では以下の6個を可視化に利用
(内翼&外翼のスパン長、後退角、翼根の翼弦長)
- 最適化
 - 一世代64個体の多目的遺伝的アルゴリズム
 - 776個のパレート解

大林、「ラフ集合による多目的最適化データマイニング」
日本航空宇宙学会2005年度空力班シンポジウム

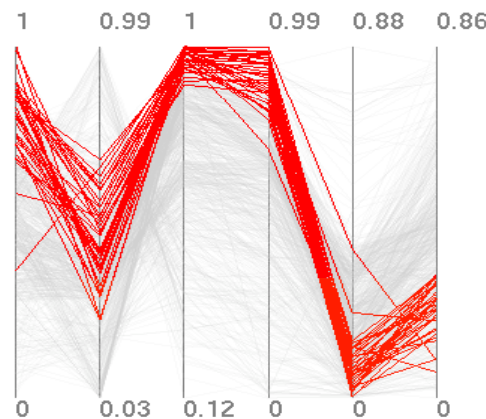
可視化例



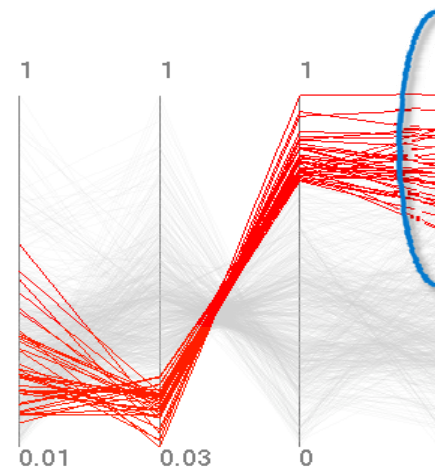
Itoh Laboratory,
Ochanomizu University



超音速巡航の
抵抗係数が
小さい範囲



説明変数



目的関数

捻りモーメントの
大きい範囲

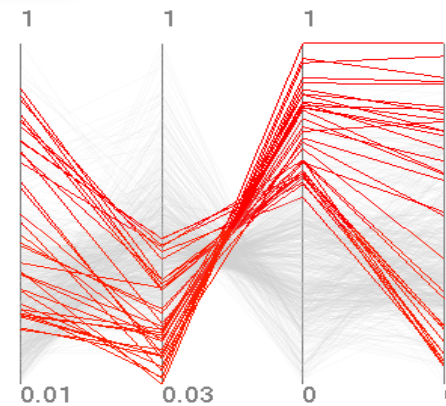
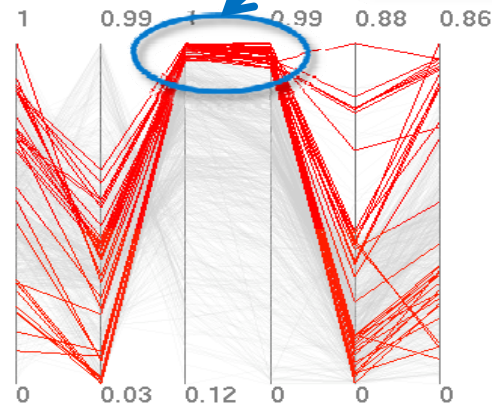
どちらを指定しても
説明変数の範囲は
非常に似た分布となる

可視化例

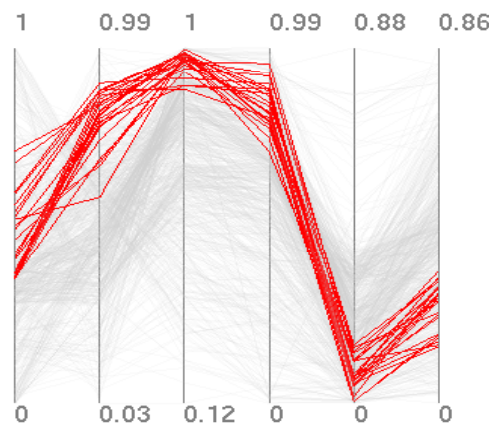


Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

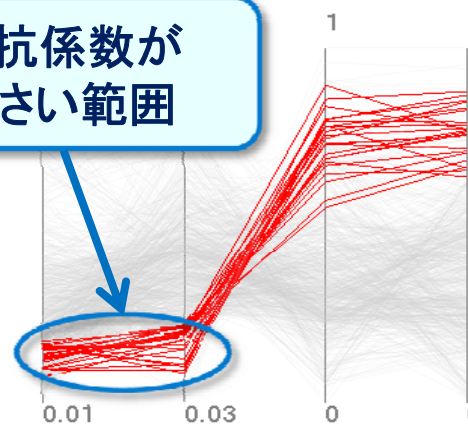
後退角が
大きい範囲



超音速巡航の
抵抗係数が下がり
曲げモーメントが
大きくなっている



抵抗係数が
小さい範囲



スパン長や後退角は
大きい傾向
翼根の翼弦長を
小さい傾向



- 説明変数・目的関数の選別
 - 目的関数への関与が高い説明変数だけを選択
 - 説明変数や目的関数の並べ替え
- 最適化結果のクラスタリング
 - 折れ線やプロットを束として表示
- パレート解到達以前の過程の可視化
 - 進化計算の改善のためのヒントを提示
- 進化計算と連動した可視化



- 講演者の自己紹介と過去の研究内容
- 情報可視化の簡単なチュートリアル
- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索過程の可視化
 - 遺伝的アルゴリズムの計算経過の可視化
 - 多目的最適化問題の説明変数と目的関数の可視化
 - その他

こんなところにも最適化問題



Itoh Laboratory,
Ochanomizu University

- 音楽推薦:リスナーが賛同してくれる可能性の高い特徴量領域を探索する
- 印象評価:回答者が5段階で1または5と回答する可能性の高い選択肢を探索する



1枚目



☒ 似合っている ☐ 似合っていない
☐ どちらとも言えない

どのシチュエーションにふさわしいか(複数選択可)

☐ 学校
☐ 飲み会
☐ バイト
☐ お出かけ

次へ

女性評価		飲み会	
			
			

☐ 全体評価
☒ 女性評価
☐ 男性評価
☐ 出身地別評価
:
☐ 学校
☐ バイト
☒ 飲み会
☐ お出かけ

削除
☐ 赤い服
☐ 茶髪
☐ 面長

- 最適化問題のための可視化とインタラクション
 - 応答曲面法の階層的探索
 - 遺伝的アルゴリズムの計算過程
 - 多目的最適化の説明変数と目的関数
 - その他
- 今後の課題(短期)
 - 大林・竹島研との連携による航空分野での新しい可視化結果
 - 多目的最適化のための可視化に関する新しいパラダイムの確立
- 今後の課題(長期)
 - 対話的な最適化システムの工学的分野での普及に向けて