

ロボットの動作生成 に基づくモノづくり

東京大学 人工物工学研究センター
太田 順

発表の概要

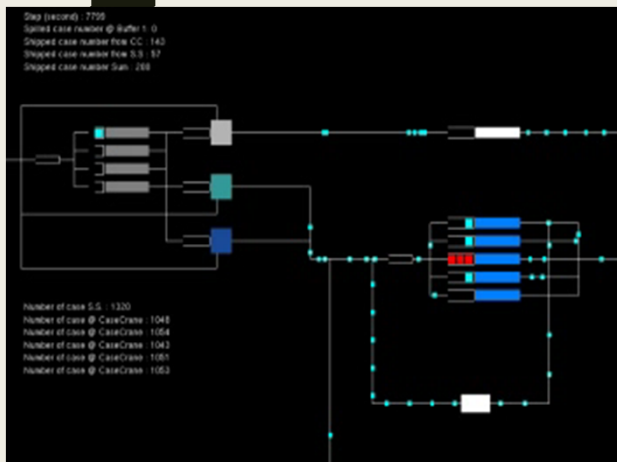
ロボットの動作生成を基盤とした
「ものづくり」を議論する。

問題設定：全体指向と上流指向
解法の枠組：最適化手法

1. 全体指向の例：配送センタの設計
2. 上流指向の例：多関節型マニピュレータの作業

配送センターの設計

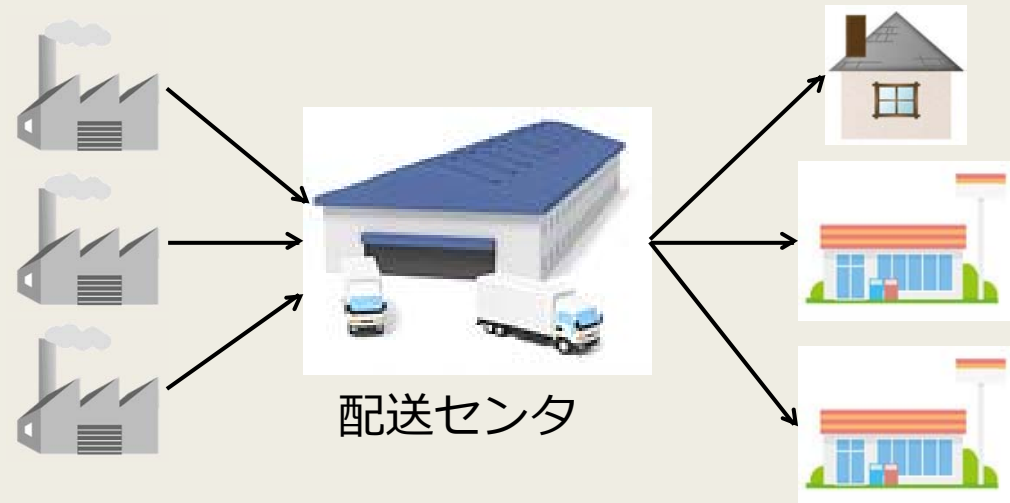
- Ozaki,Motoyuki, Higashi,Toshimitsu, Ogata,Taiki, Hara,Tatsunori, Rubrico,Jose Idefonso Udang & Ota,Jun. (2016). Design of AVS/RS under group constraint. Advanced Robotics, 30 (22), 1446-1457. doi: 10.1080/01691864.2016.1222916.
- Makoto Nikaido, Toyokazu Kobayashi, Tomio Ito, Toshimitsu Higashi, Hirofumi Tamura and Jun Ota, Conceptual Warehouse-design Algorithm using Network Flow Model, Advanced Robotics, 23, 6, 705/724 (2009).



1-1. 背景

■ 配送センターの役割

工場などで生産された物資を保管し、注文に応じて消費者や小売店に出荷する



■ 自動化装置の導入

- 高度化する物流システムのニーズに応えるため

物流事業に対する要求

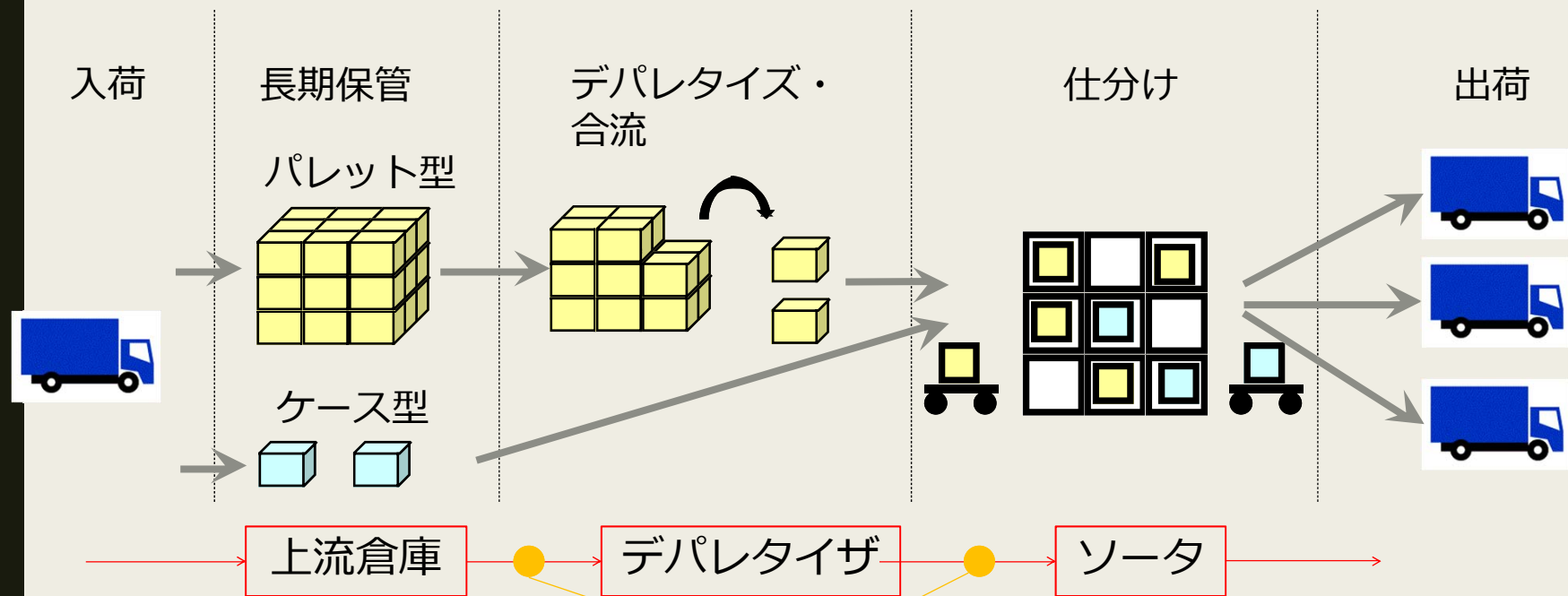
- ・リードタイムの短縮
- ・商品の種類の増加
- ・配送量の増加

自動化のメリット

- ・高速での搬送が可能
- ・計算機が自動で管理
- ・24時間稼働が可能
- ・高所まで運べ省スペース

1-2. 配送センタ

■ 配送センタ内部の構成



・運用上の制約の発生

- ・ バッファの大きさ
- ・ グループ出庫→グループ内の全ての荷物が揃わないと出庫できない

問題設定

全体指向 (ロボットだけではない)

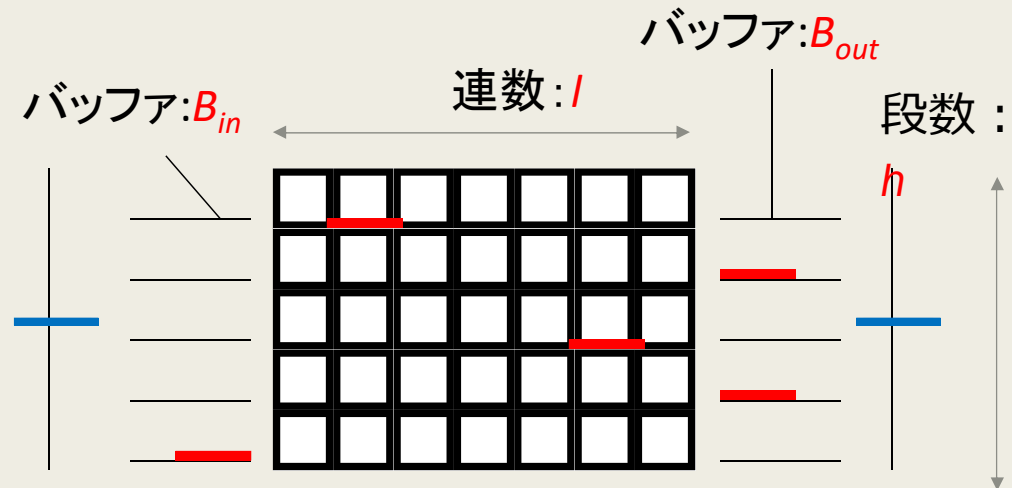
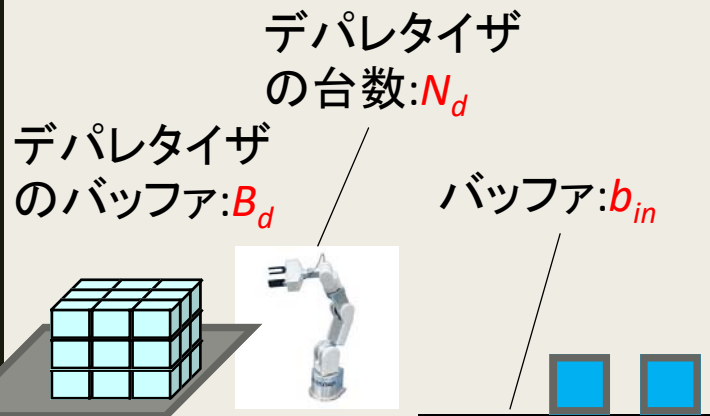
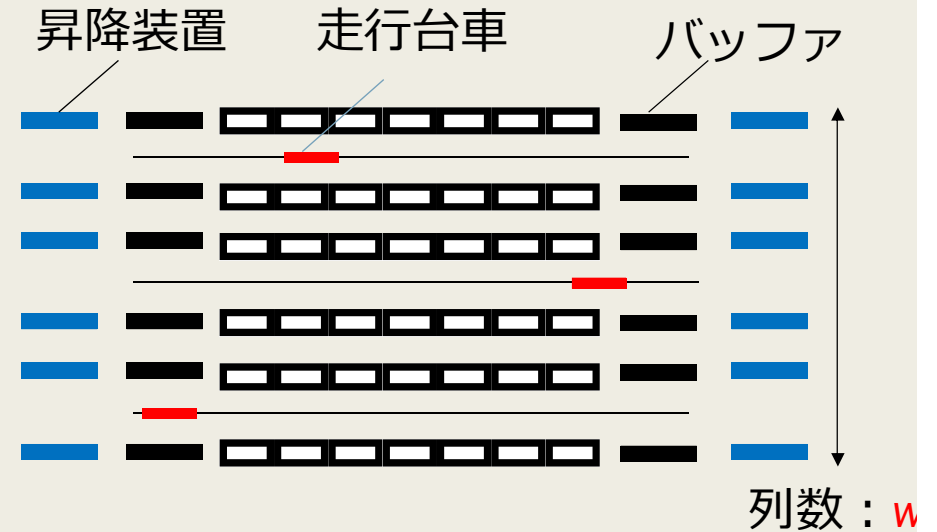
デパレタイザ

- 台数
- バッファの大きさ :

B_d

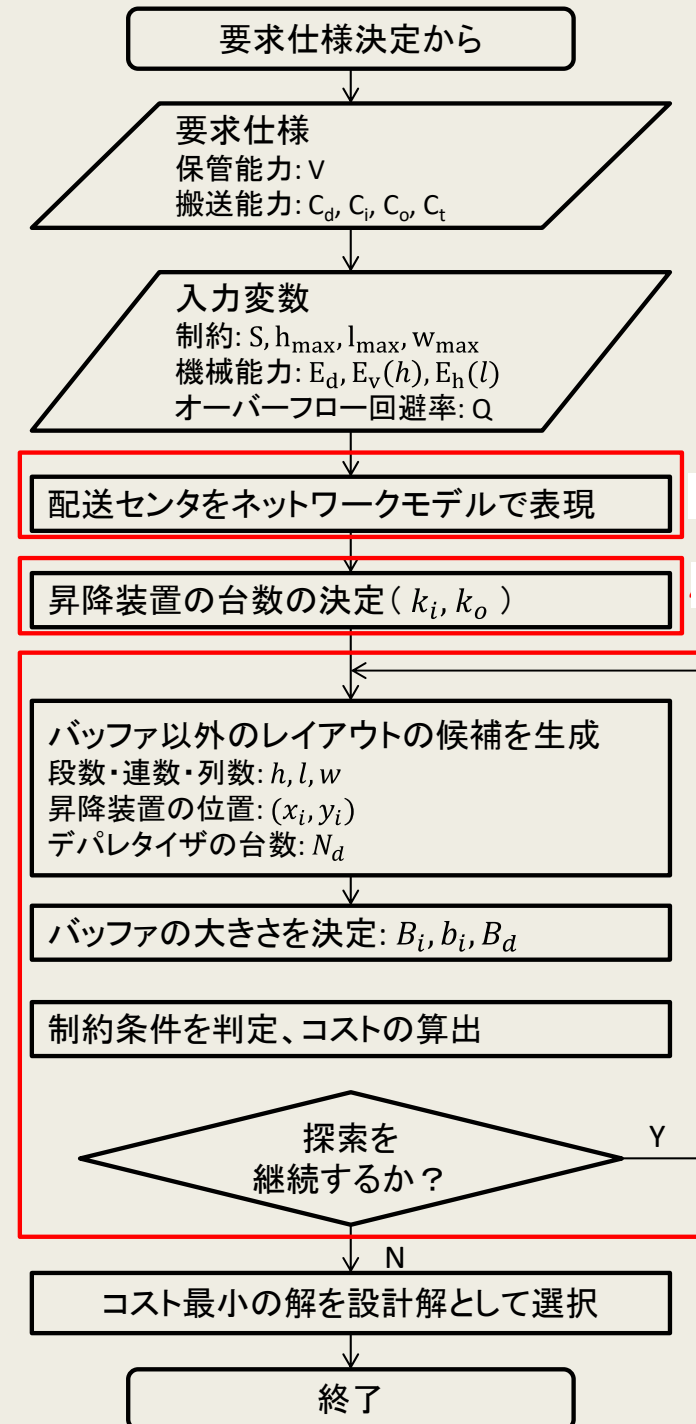
高速立体仕分けシステム

- バッファ、列数、
- 段数、連数

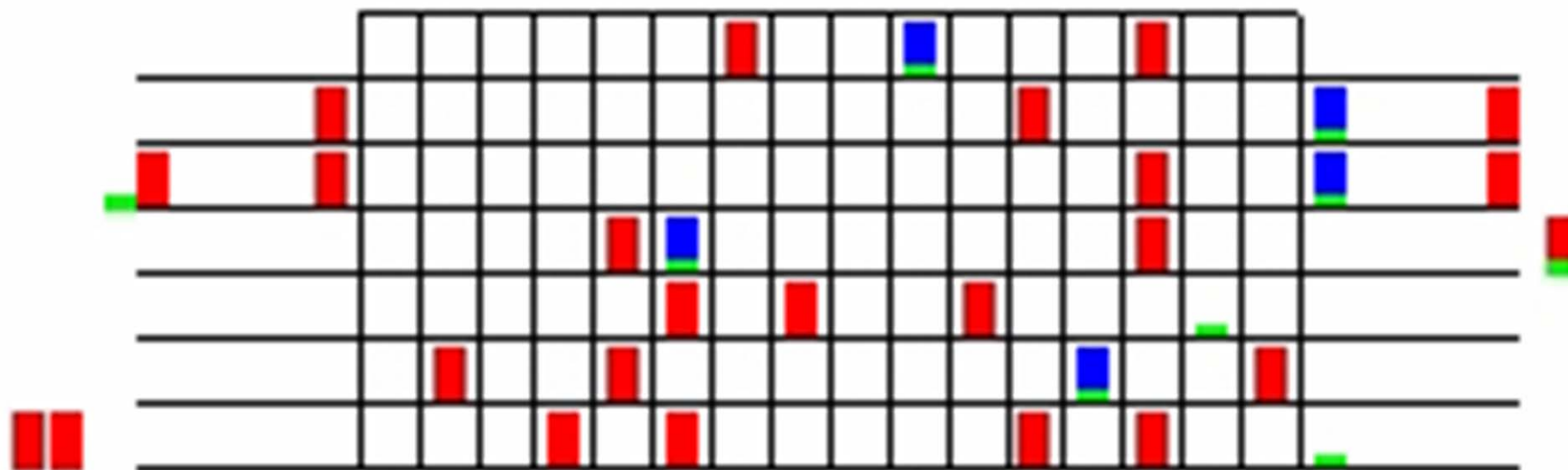


手法：

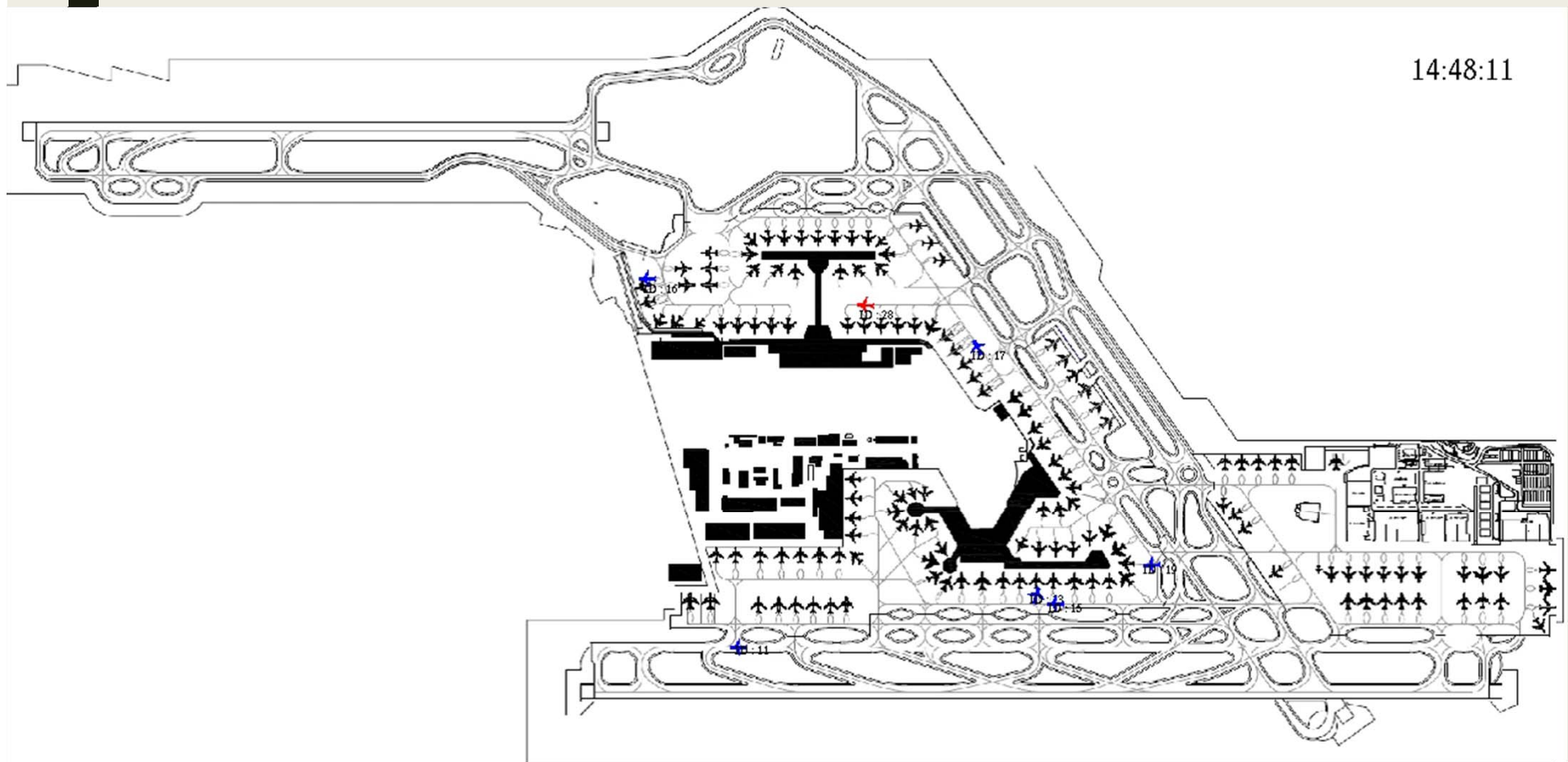
待ち行列ネットワーク ワーク問題解法 + 整数計画問題



得られた解の一例



入力		要求仕様		設計結果							
グループ数	1グループの荷物数	出庫終了時刻(分)	保管能力(個)	高速立体仕分けシステム			デパレタイザ台数	バッファ			
				連数	段数	列数		B_d	b_{in}	B_{in}	B_{out}
1000	1	130	205	26	4	2	1	21	15	1	2
500	2	154	299	30	5	2	1	21	15	1	1
200	5	189	595	60	5	2	1	21	15	1	1
100	10	209	764	77	5	2	1	21	15	1	1



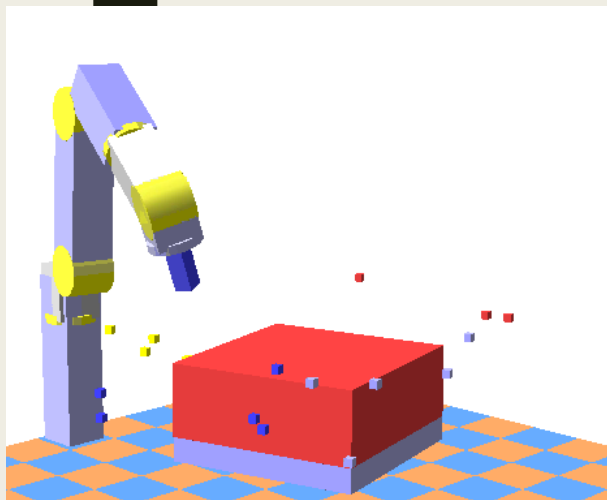
新しい走行ルール

発着量：30万回の場合（現状25万回）

深刻な渋滞：従来約60%の確率⇒1.8%に減少

Yahagi, Hiroyuki, Shimizu, Shinsuke, Ogata, Taiki, Hara, Tatsunori, & Ota, Jun. (2015). Simulation-based rule generation considering readability. *International Scholarly Research Notices*, 2015(159289), 1-11.

多関節型マニピュレータ の PICK & PLACE作業



- Gueta,Lounell Bahoy, Chiba,Ryosuke, Arai,Tamio, Ueyama,Tsuyoshi, Rubrico,Jose Ildefonso Udang, & Ota,Jun. (2017). Compact design of a redundant manipulator system and application to multiple-goal tasks with temporal constraint. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 11 (2), 1-13.
- Lounell B. Gueta, Ryosuke Chiba, Tamio Arai, Tsuyoshi Ueyama and Jun Ota, Practical Point-to-Point Multiple-Goal Task Realization in a Robot Arm with a Rotating Table, *Advanced Robotics*, 25, 6-7, 717/738 (2011).
- 千葉龍介, 藤田武久, 太田 順, 新井民夫, 植山 剛: 6自由度マニピュレータを用いたパレタイジング作業のタクトタイムマップによる環境整備, 計測自動制御学会産業論文集, 5, 13, 90/98 (2006).

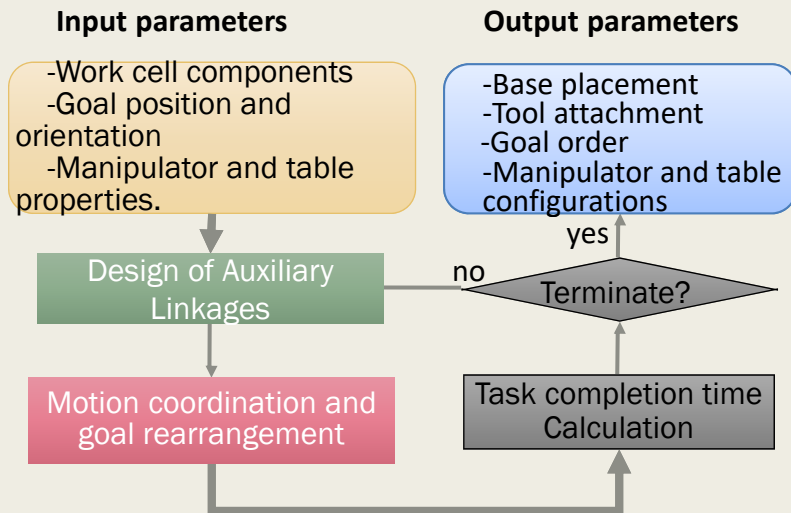
ロボットによる作業実現

- 環境設計（パレットどうする？）
- ロボット配置設計（どう配置？）
- ロボット動作設計（どう動かす？）

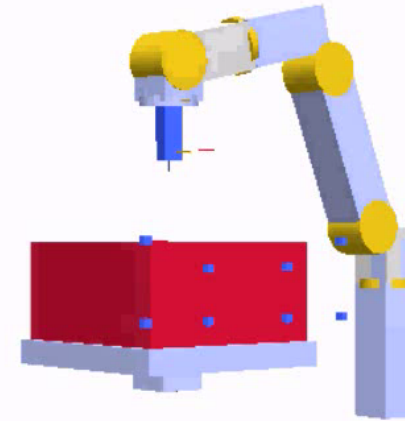
上流指向（動作だけでない）

検査ロボットにおける 道具設計

多変数最適化と TSP問題解法

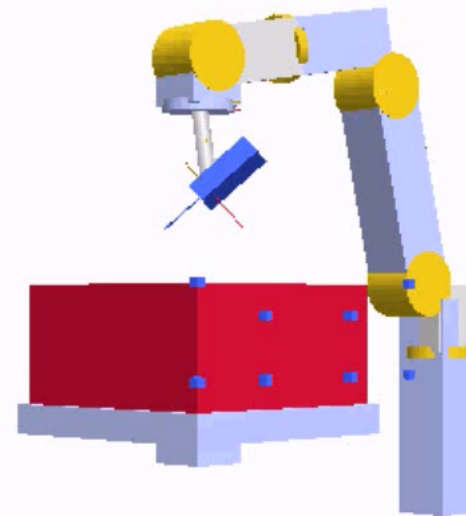


Unregistered HyperCam 2



Without auxiliary linkages (0.21s)

Unregistered HyperCam 2



With auxiliary linkages(0.11s)

ロボット（エージェント） の動作設計法について

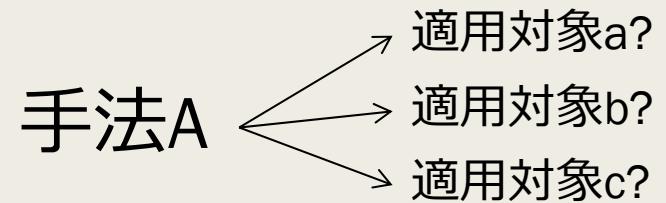
—今後の展望に
代えて—

ロボットの動作設計の 問題設定について

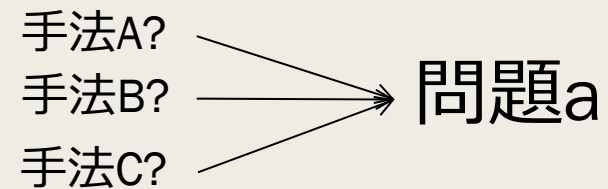
- 全体指向：まとめて解きます
- 上流指向：手前から解きます

解法の枠組み（最適化） について

多くの最適化研究：新しい手法の提案，その手法の適用範囲と限界という視点からの議論



問題解決としての最適化：ある特定の問題に対して適切な手法は何か，いくつかの手法をどう組み合わせるか



導解アルゴリズムのフレームワーク

1つまたは少数の「決め手モジュール」
上記「決め手モジュール」に加えて、以下の構造が存在

前処理, 後処理の存在

繰り返し (ループ)

決め手モジュール

- 高速性, 安定性, 汎用性をすべて兼ね備える解法アルゴリズム
- 「使えるデータの種類」, 「解ける問題規模」ならびに「解ける時間」とのセットで記述
- 考えられる候補
 - 待ち行列ネットワークモジュール
 - 動作計画モジュール
 - 集合分割問題解法モジュール
 - 割当問題解法モジュール
 - *TSP* 解法モジュール
 - *JSSP* 解法モジュール
 - . . .

決め手モジュールを用いた 設計手順

1. 現状列挙されている決め手モジュールを使って解く案を想定
2. その際に、問題の性質、決め手モジュールの性質を考慮して適切な構造を付与して、問題のモデル化を行い、その上で各々のアルゴリズムを概念設計
3. それぞれを定性的に、場合によっては定量的に比較
4. 最も有力な手法を実装

結論と今後の展望

- ロボットの動作設計問題は、全体指向、上流指向へ
- 解法の枠組みについては、問題解決という視点からの整理が必要.
- データの利用⇒正確なモデル⇒正確な解法

ご清聴ありがとうございました