自動倉庫におけるトラックへの積込みスケジューリング問題の研究

東京理科大学　工学部　第一部　経営工学科
沼田研究室
４４０５０７４
浜田　洋之

目次

1－1．背景(1)

物流センターは、**自動倉庫**を採用することで
膨大な商品の入出庫に対応している

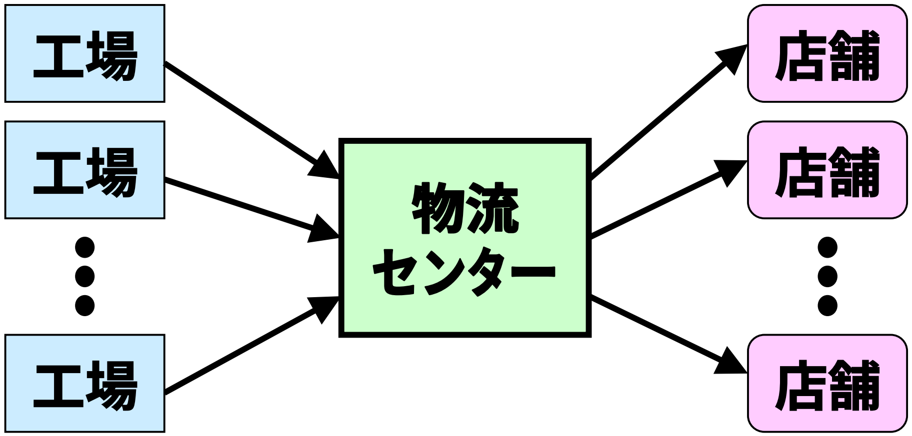


図1-1：物流センターの役割

1－1．背景(2)

- 各トラックに積込む荷物とそれらを積込む順序は予め決められている
- 各荷物は各棚対応の出庫口に既に置かれている
- 各出庫口には専属のFLがそれぞれ1台ずつ割当てられている

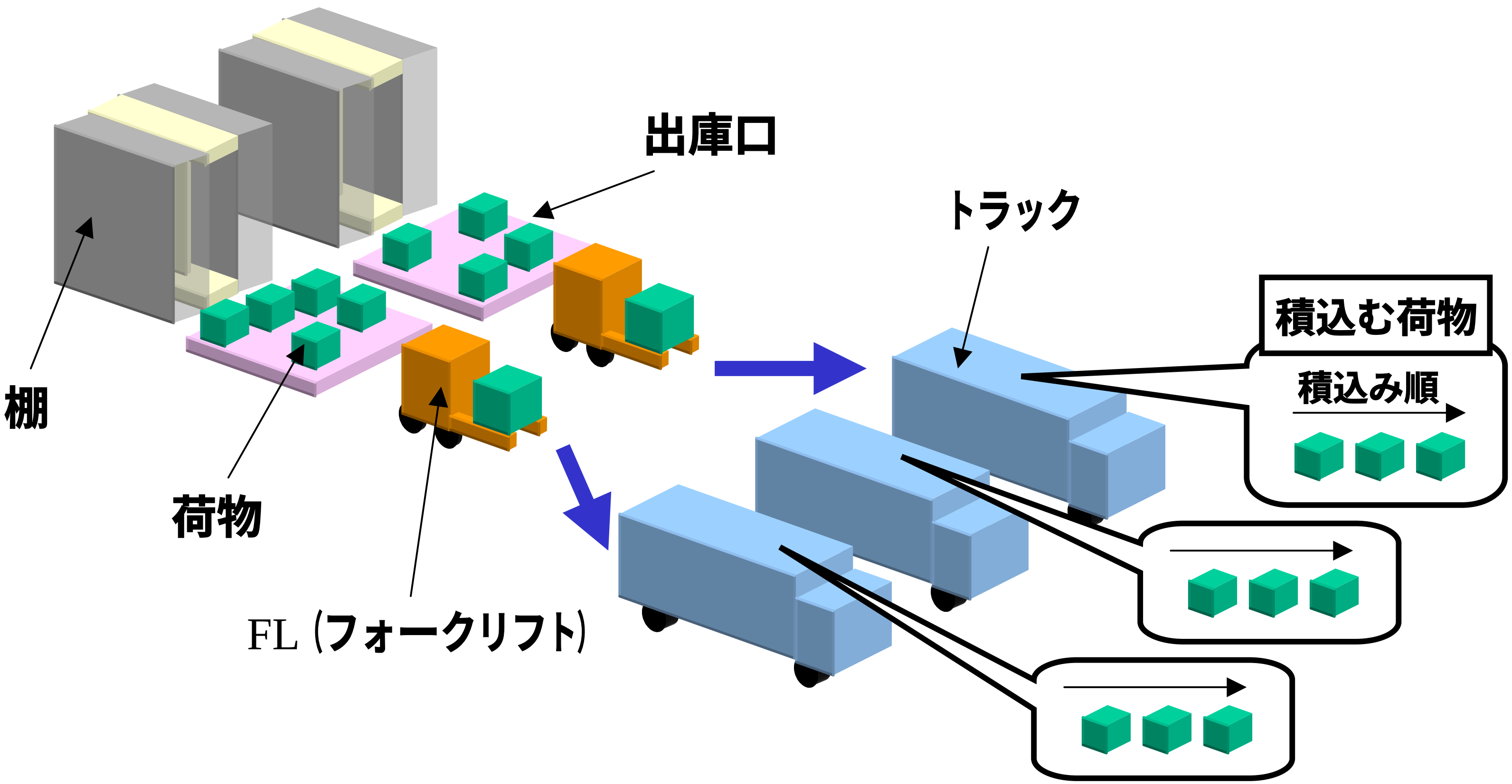


図1-2：荷物の積込みの状況（1）

1－1. 背景(3)

- 各FLは1度に1つの荷物しか搬送できない
- 各トラックは1度に1つの荷物しか積込めない

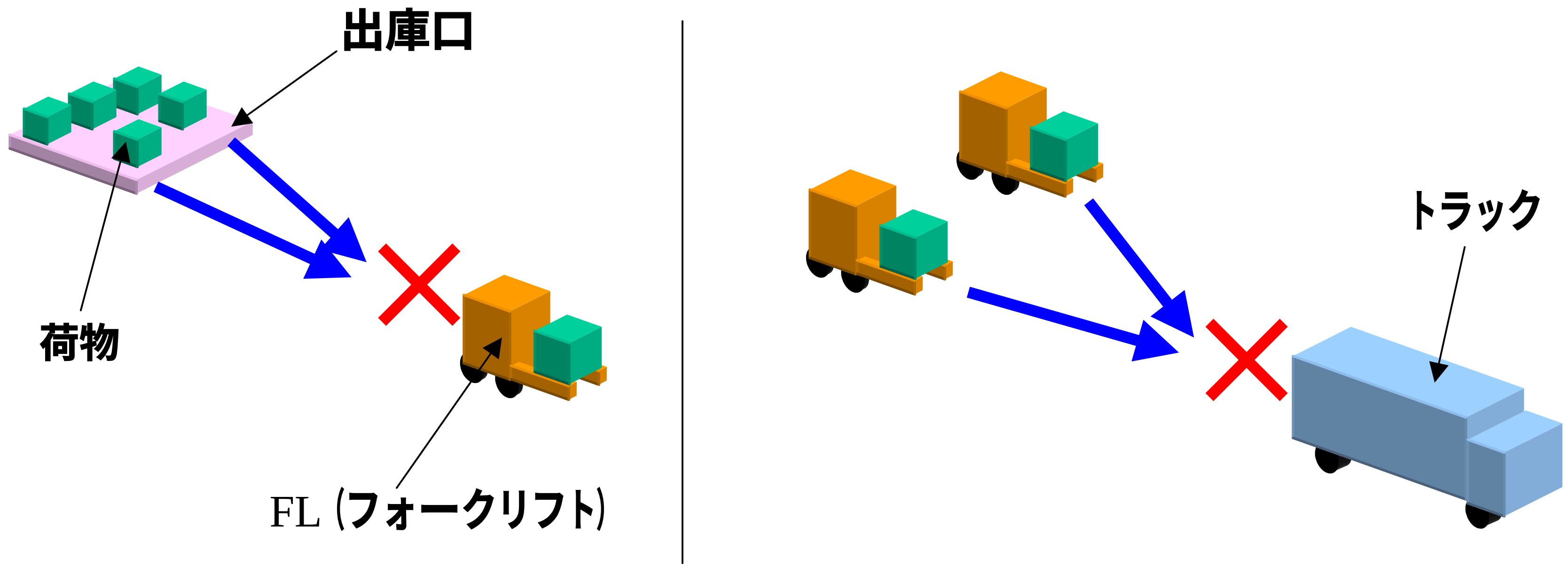


図1-3：荷物の積込みの状況 (2)

１－１．背景(4)

各出庫口からどの順序で荷物を取出すかが問題になる

→ **総作業時間が最短となる各出庫口からの取出し順序を探す**

※出庫口、トラック、荷物の数が多いとき、全ての取出し順序を列挙して最適解を求めるのは難しい

1－2．目的

先行研究[1]

遺伝的アルゴリズム（GA : Genetic Algorithm）を用いて、
準最適解を求める発見的解法を提案している

➡ 求解に時間がかかる

本研究の目的

より早く求解できる発見的解法を提案し、
先行研究[1]と比較して、その性能を評価する

2－1．問題設定(1)

Pallet: 荷物　Aisle: 各棚に対応する出庫口

Load: 順序付きPallet集合

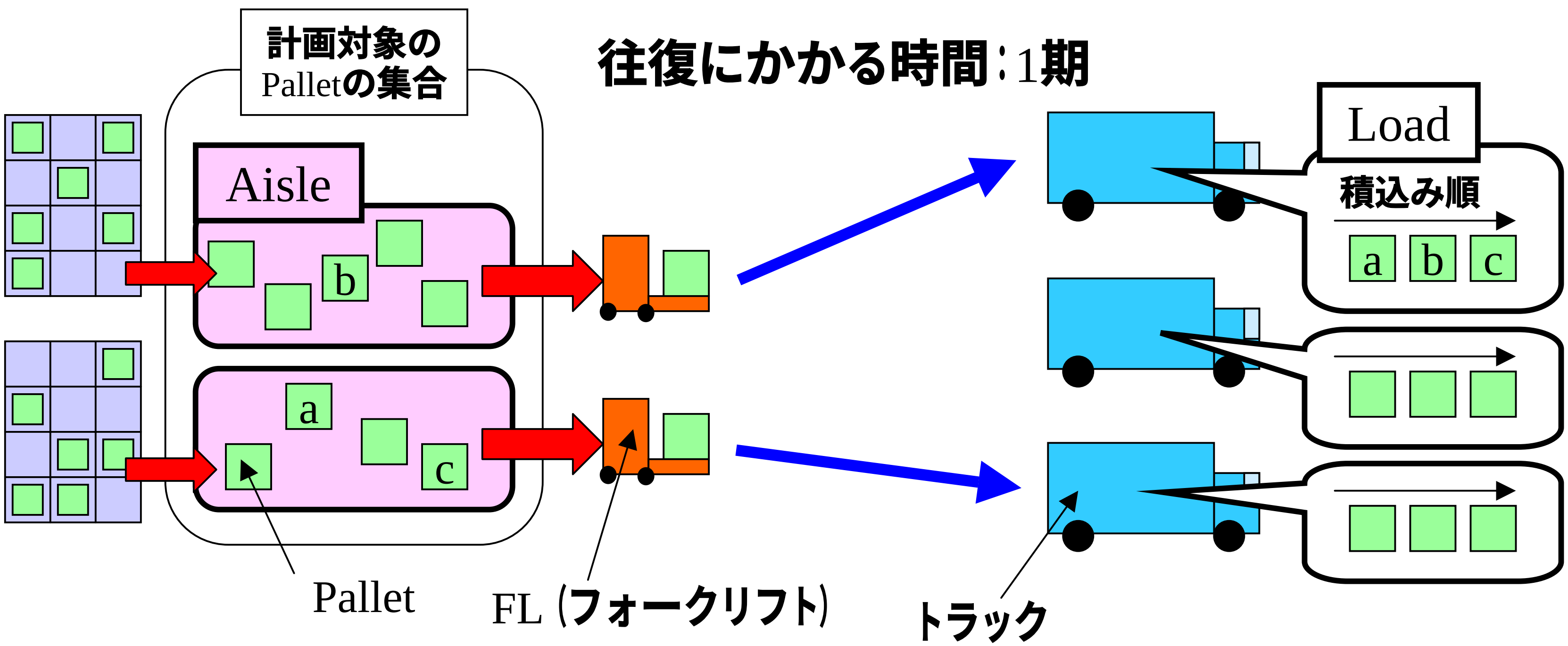


図2-1：問題設定（1）

2－1．問題設定(2)

●各Aisleに対応するFLは、1期に1個のPalletしか搬送できない

●各トラックは1期に1個のPalletしか積込めない

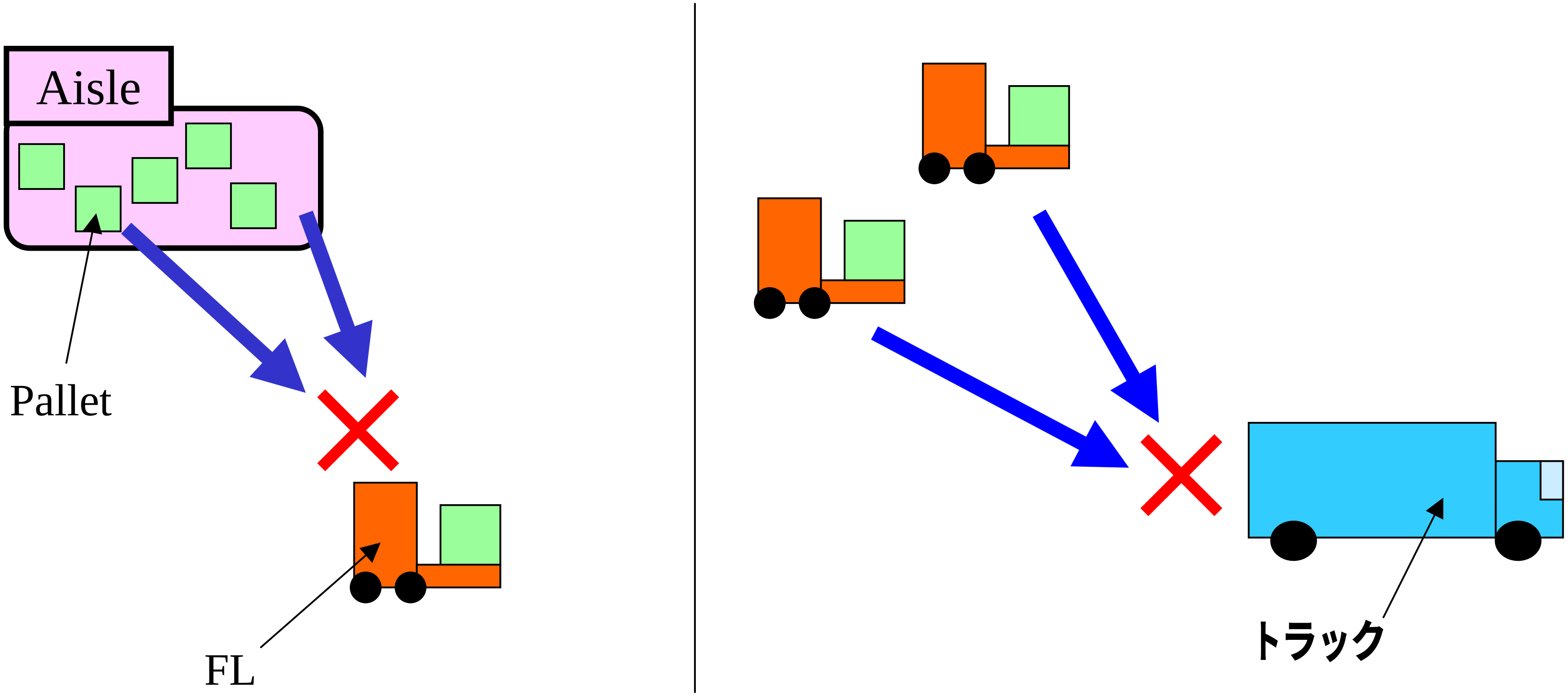
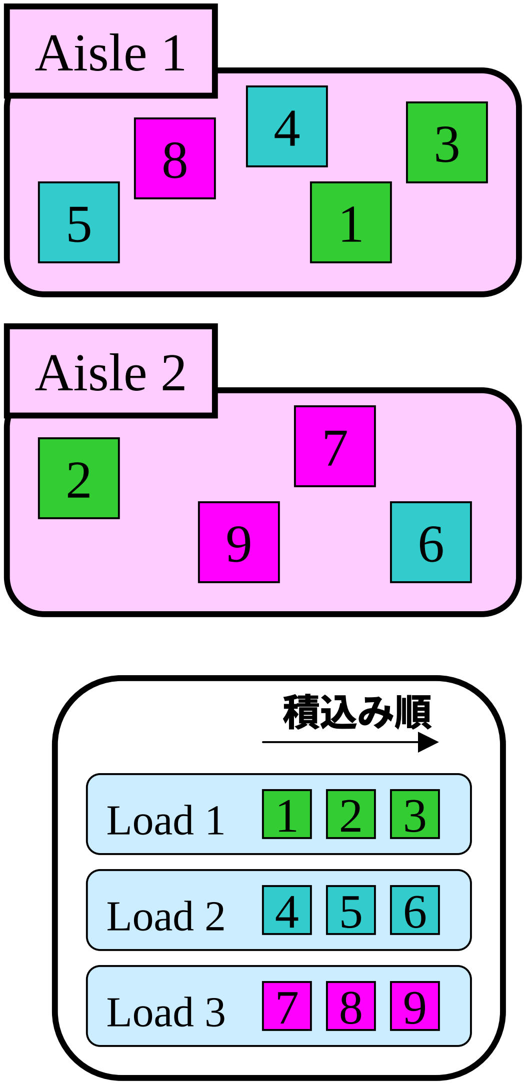
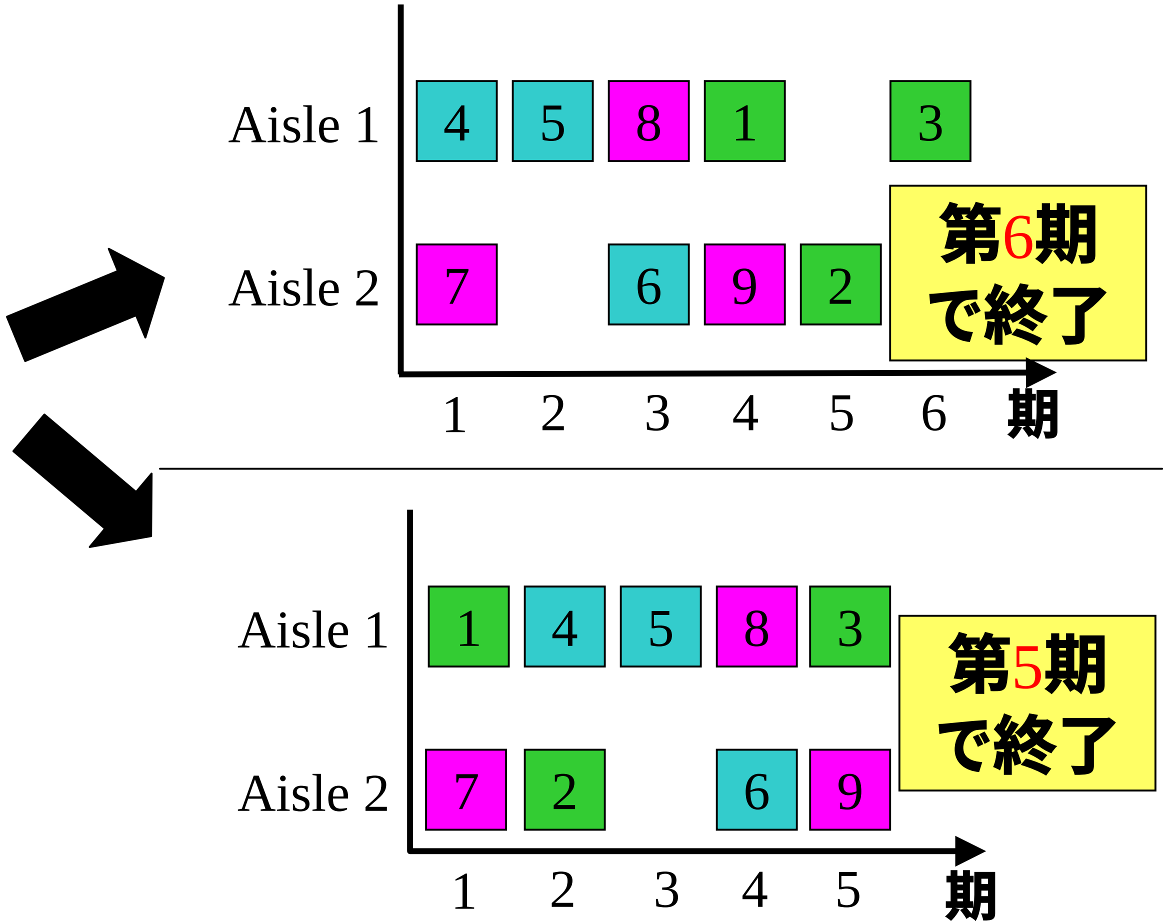


図2-2：問題設定 (2)

2－2．例題





積込む順番を変えることで総作業時間を短縮できる

図2-3：例題

3．既存解法（先行研究[1]）

先行研究[1]

"Scheduling the truckload operations in automatic warehouses"

既存解法[1]では解を各AisleからのPallet取出し順序とし、3種類の取出し順序の入換え操作による解集合の更新を繰返すことで、準最適解を求めている。

定式化がされていない

➡ 定式化を行ない、ソルバー（CPLEX）を用いて厳密解を求めたが、25個でも厳密解が求まらないものがあった。

4－1．近傍探索

近傍 **実行可能解 x にわずかの変形を施して得られる解集合**

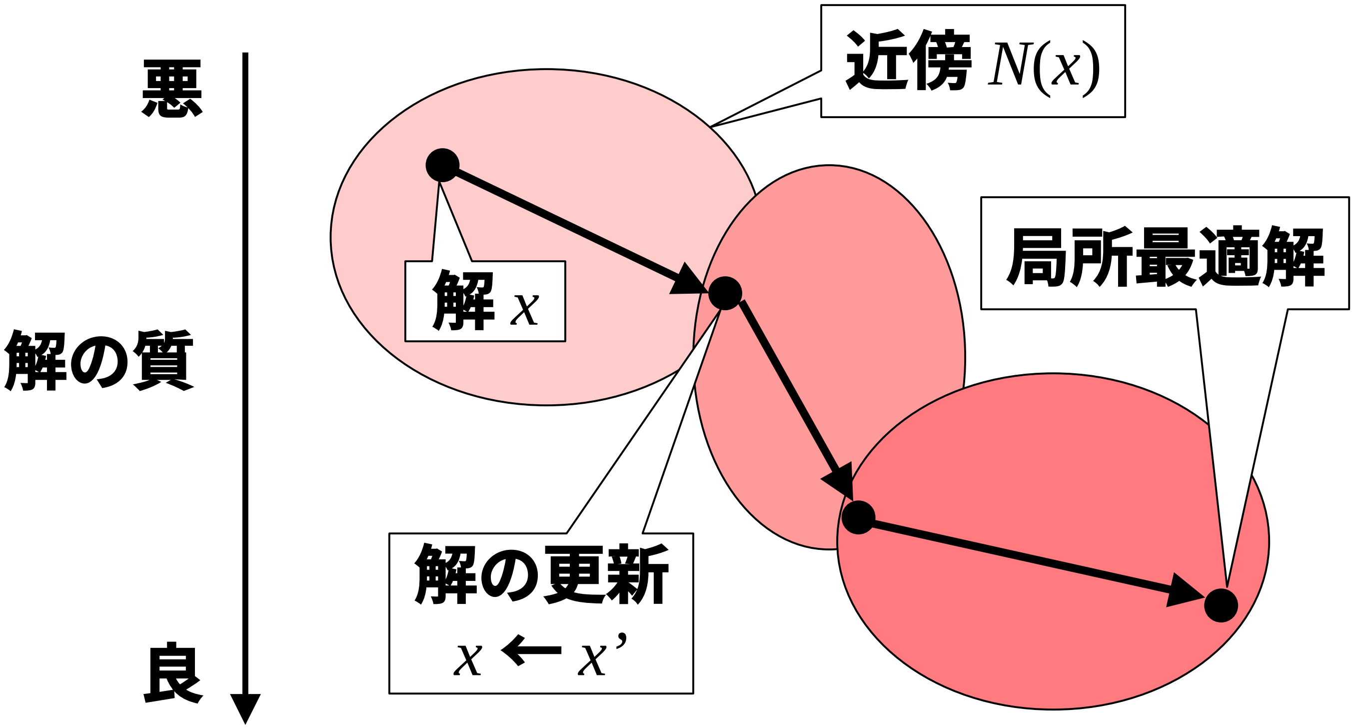


図4-1：近傍探索

4－2．スケジュールの組み方(1)

解：各期における優先順位

優先順位　　各期において探索する各Loadの順位

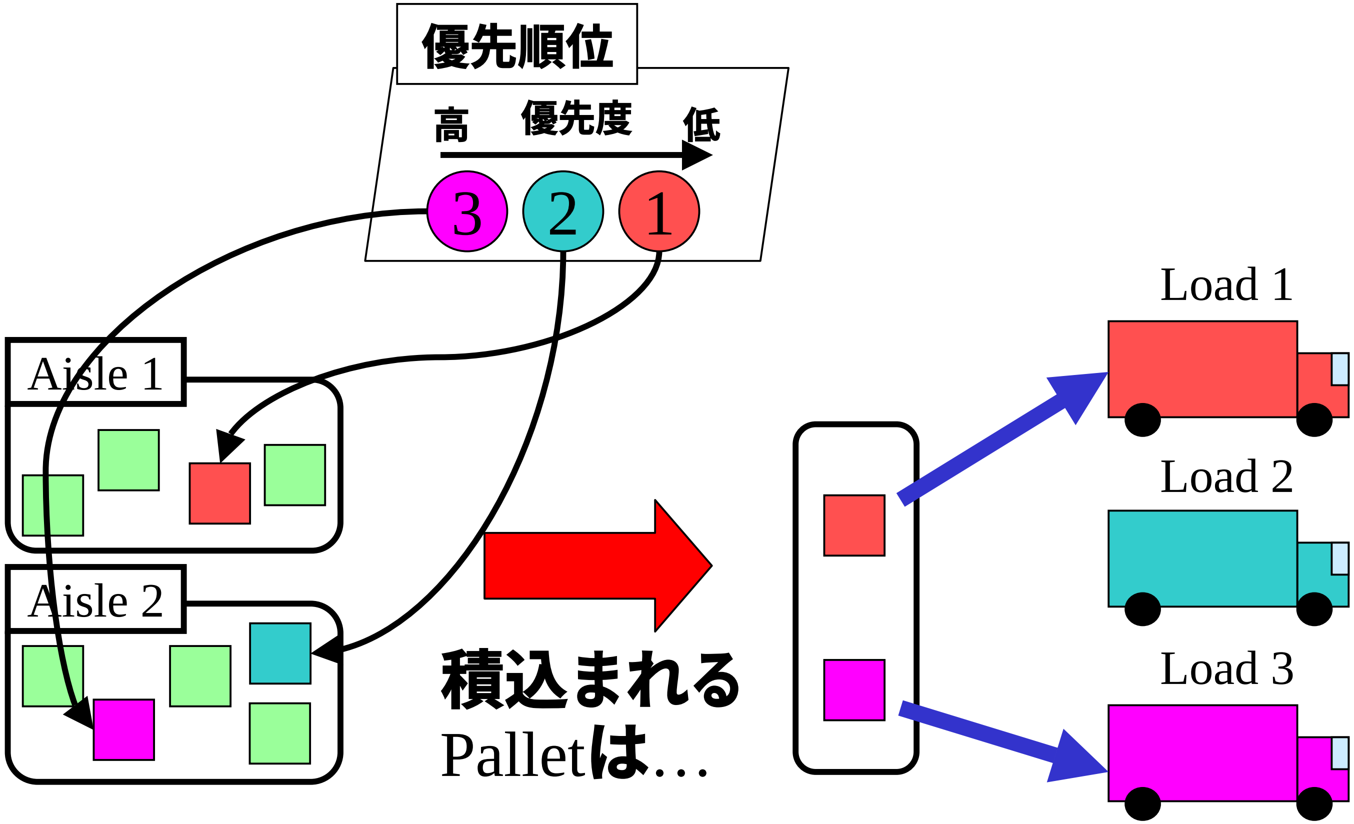
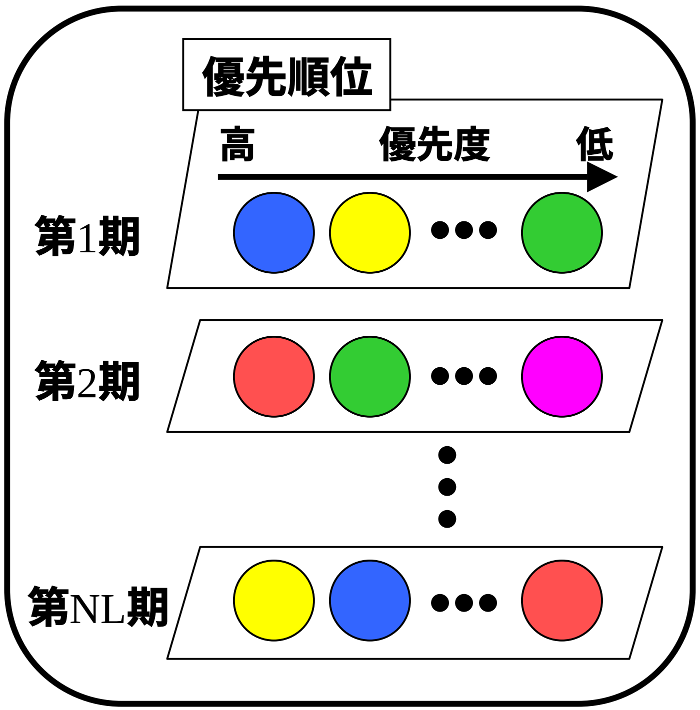


図4-2：優先順位を用いた積込みPallet決定の例

4－2．スケジュールの組み方(2)



Loadの数：L
Aisleの数：A
各Loadを構成するPalletの数：N
総作業時間：T

各期の積込み優先順位を決めると1個のスケジュールが決まる

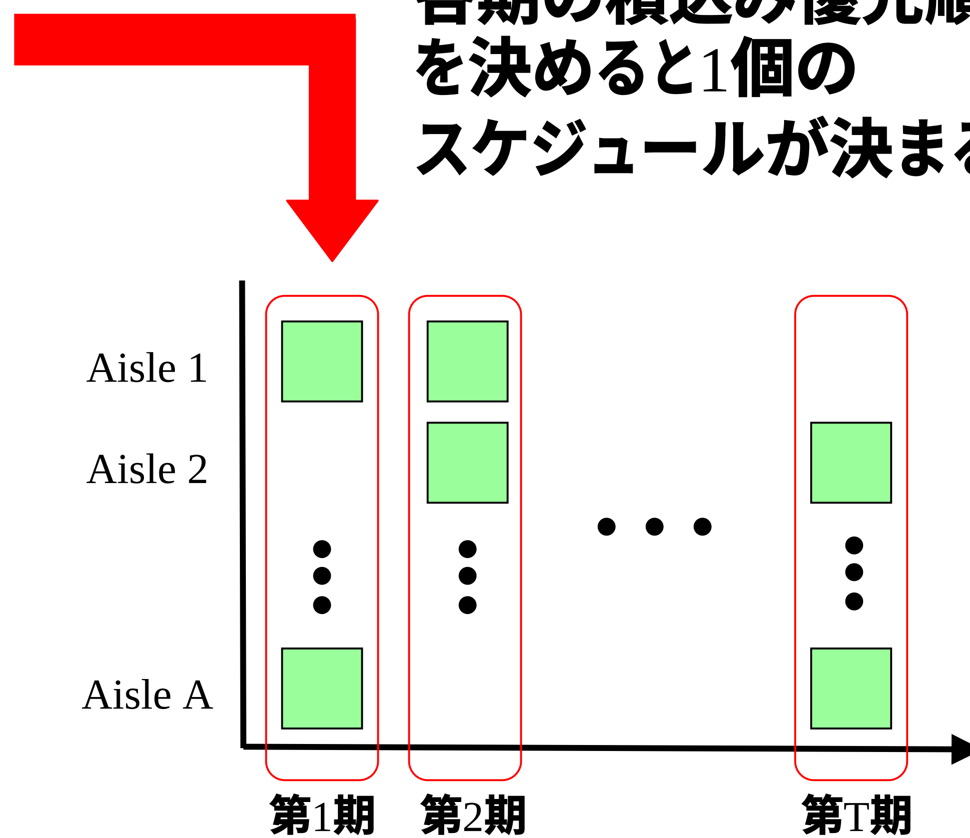


図4-3：優先順位を用いたスケジュールの決定

4－3．互換近傍探索

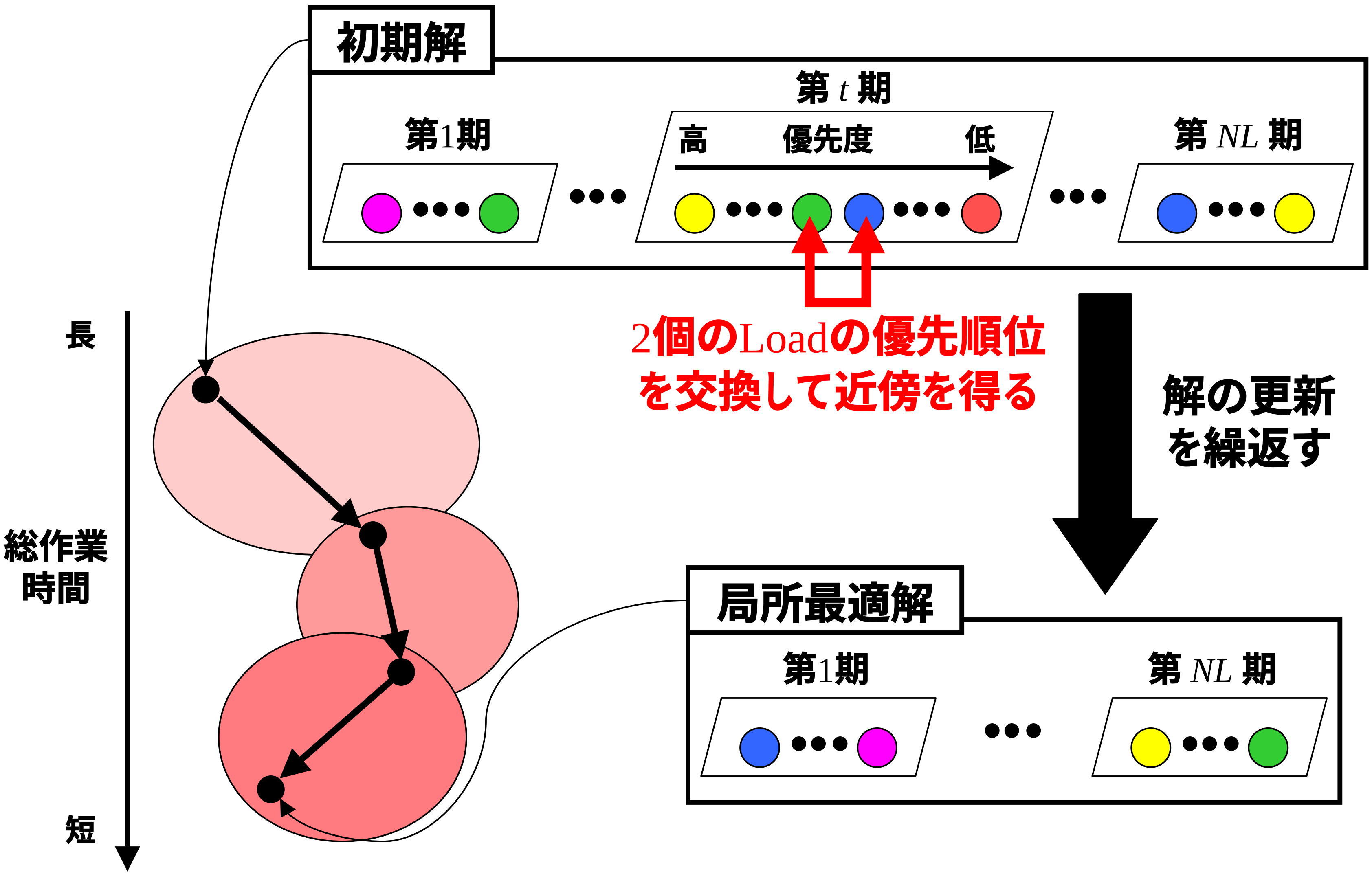


図4-4：互換近傍探索

5．実験(1)

既存解法[1]と同じ条件で生成した問題例で実験を行ない、両者の性能を評価する

表5-1：両実験の条件

	既存解法[1]	提案法
Aisleの数	11(個)	
Loadの数	13(個)	
各Loadを構成するPalletの数	35(個)	
各Palletの配置Aisleの与え方	各Loadに対向する5つの隣接Aisleから無作為に選択	
実験装置の環境	AMD Athlon 1.40GHzを1.90GHzに換算	AMD Athlon 1.90GHz

総Pallet数: 455 (個)

5．実験(2)

下界値が等しい問題例を用いた両解法を比較する

表5-2：実験結果

下界値	既存解法[1]		提案法	
	結果	求解時間（秒）	結果	求解時間（秒）
52	57	339	59	92
53	58	339	59	97
60	61	339	63	85
53	59	339	61	93
49	57	339	57	88

6．まとめ

自動倉庫におけるトラックへの積込みスケジューリング問題に対し、互換近傍探索を用いた発見的解法を提案し、その性能を評価した。

⬇

解の精度は既存解法[1]に若干劣るが、求解時間は1/4程度になったので、実用的な面では提案法にも意義がある。

今後の課題：提案法の精度の向上

7. 参考文献

[1] Jose Antonio Oliveira: Scheduling the truckload operations in automatic warehouses, *European Journal of Operational Research*, vol.179, pp.723-735 (2007)

[2] 柳浦睦憲, 茨木俊秀: 組合せ最適化－メタ戦略を中心として－, 朝倉書店 (2001)

[3] 宮田隆平: ILOG CPLEX 10.1 初級トレーニング

[4] 加藤直樹: 数理計画法, コロナ社 (2008)

[5] I.Ono, M.Yamamura, S.Kobayashi: A genetic algorithm for job-shop scheduling problems using job-based order crossover, *Proceedings. of ICE'96*, pp.547-552 (1996)

[6] E.Nowicki, C.Smutnicki, A fast taboo search algorithm for the job-shop problem, *Management Science*, vol.42, No.6, pp.797-813 (1996)

[7] 小林竜一: OR概論, 共立出版 (1970)

[8] MUKUN: GLPKで楽しく最適化しよう！, http://mukun_mmg.at.infoseek.co.jp/mmg/glpk/, 最終閲覧日 (2009/1/23)

定式化(1)

記号の定義

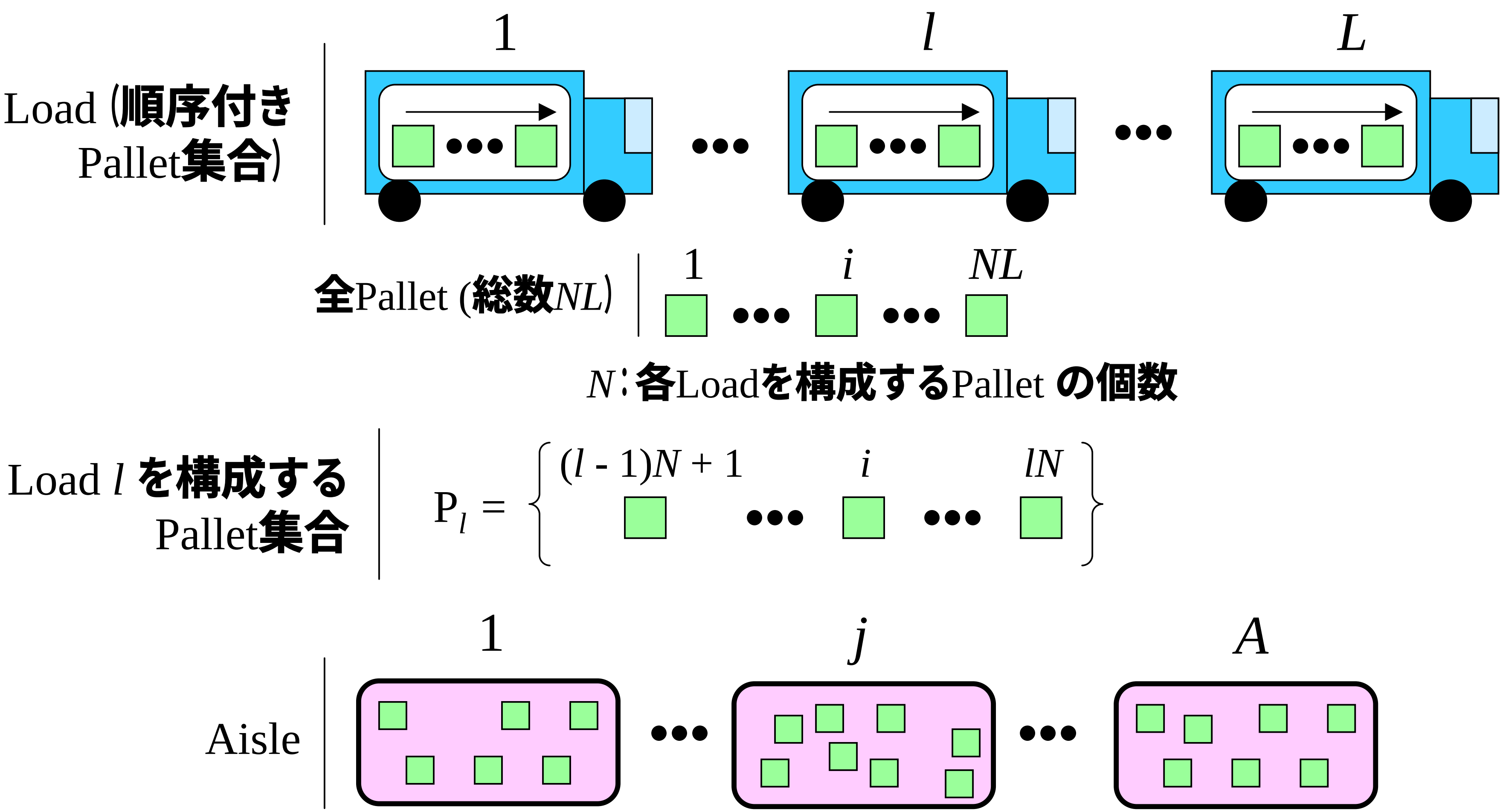


図4-1：記号の定義

定式化(2)

入力データ

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Pallet } i \text{はAisle } j \text{に置かれている} \\ 0 & \text{Pallet } i \text{はAisle } j \text{に置かれていない} \end{cases}$$

変数の定義

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Pallet } i \text{は第} k \text{期にトラックへ積込まれる} \\ 0 & \text{Pallet } i \text{は第} k \text{期にトラックへ積込まれない} \end{cases}$$

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{第} k \text{期に少なくとも1個のPalletが積込まれる} \\ 0 & \text{第} k \text{期にPalletは積込まれない} \end{cases}$$

定式化(3)

目的関数

$$\min \quad \sum_{k=1}^{NL} y_k \qquad \cdots(1)$$

制約式

$$\text{sub.to.} \quad \sum_{i=1}^{NL} x_{ik} - Ay_k \le 0 \quad \forall k \in \{1,..,NL\} \qquad \cdots(2)$$

$$\sum_{s=1}^{N} x_{\{(l-1)N+s\}k} \le 1 \quad \forall k \in \{1,..,NL\}, \forall l \in \{1,..,L\} \qquad \cdots(3)$$

$$\sum_{i=1}^{NL} \gamma_{ij} x_{ik} \le 1 \quad \forall k \in \{1,..,NL\}, \forall j \in \{1,..,A\} \qquad \cdots(4)$$

$$\sum_{h=(l-1)N+1}^{(l-1)N+s-1} \sum_{t=1}^{k-1} x_{ht} - (s-1) x_{\{(l-1)N+s\}k} \ge 0$$

$$\forall k \in \{2,..,NL\}, \forall l \in \{1,..,L\}, \forall s \in \{2,..,N\} \qquad \cdots(5)$$

定式化(4)

制約式

sub.to.

$$\sum_{u=s}^{s+(L-1)N} x_{\{(l-1)N+s\}u} = 1 \quad \forall l \in \{1,..,L\}, \forall s \in \{1,..,N\} \qquad \cdots(6)$$

$$\sum_{k=1}^{NL} x_{ik} = 1 \quad \forall i \in \{1,..,NL\} \qquad \cdots(7)$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \{1,..,NL\}, \forall k \in \{1,..,NL\} \qquad \cdots(8)$$

$$y_k \in \{0,1\} \quad \forall k \in \{1,..,NL\} \qquad \cdots(9)$$

定式化(5)

(1)式･･･総作業時間.

(2)式･･･積込まれるPalletが1個以上の期は、積込みが行なわれた期(y_k=1).

(3)式･･･1期内に各Loadに積込み可能なPalletは1個.

(4)式･･･1期内に各Aisleから搬送可能なPalletは1個.

(5)式･･･あるPalletの積込みは、Loadの積込み順序において先行する全Palletの積込み後に可能になる.

(6)式･･･あるPalletの積込みは、全期間から前後のPalletの積込みに要する期間を除いた期間内に1度だけ.

(7)式･･･各Palletの積込みは総作業時間内に1度だけ.