

物流ターミナルにおける無人搬送車の配車方式の 検討と評価

6B-7

猪狩 英夫 卯木 輝彦

沖電気工業（株）電子システム研究所

1 はじめに

大容量物流ターミナルにおいて、施設の効率化、省力化を図るため、「物流ターミナル内情報高度化システム」の試験研究が行なわれている。このターミナルでは、自動パーク&ライドシステムの導入が想定され、荷物の搬送は荷役を含めて無人搬送車が行なう。

本稿では、システム実現の第一歩として、無人搬送車をトラックや自動倉庫などの荷物搬送元（以下、搬送元と略す）に割り当てる方式を検討する。以下では、中央管制センタなどによる集中配車方式に代わる方式として、大規模な物流ターミナルで使用可能な Contract Net Protocol[1] を適用した非集中配車方式を提案し、シミュレーションによりその有効性を示す。

2 非集中配車方式

2.1 基本的な考え方

搬送元が搬送要求を発行してから搬送車が到着するまでの待ち時間を小さくし、どの搬送元にとってもほぼ公平な待ち時間となるように、搬送車を搬送元に割り当てる。

この割り当てを、管制センタで搬送元・搬送車の位置を集中的に管理して行なうと、大規模なターミナルでは、計算量が膨大になり実時間では処理することが困難になる。そこで、非集中配車方式により搬送元に搬送車を割り当てを行なう。これに Contract Net Protocol を適用し、搬送元と搬送車との間のメッセージ交換によって、割り当てを行なう。

2.2 Contract Net Protocol の適用

Contract Net Protocol は契約交渉を分散協調問題解決に適用したもので、マネージャと呼ばれるタスクを持ったノードとタスクを実行するノードの間でタスク提示、入札、落札という一連のメッセージ交換を行なうことでタスクを実行する契約者を決定するプロトコルである。

搬送車の搬送元への割り当てに次のように Contract Net Protocol を適用する。

Evaluation of Autonomous Vehicles Assignment on a Freight Terminal
Hideo Ikari, Teruhiko Unoki
Oki Electric Industry Co., Ltd., Electronic Systems Laboratory

- (1) 搬送要求が生じた搬送元は、搬送元の位置、及び発生時刻などをターミナル内に放送する。
- (2) 搬送車は、自分の効用を最大にする搬送元に入札メッセージを送る。
- (3) 搬送元は、自分の効用を最大にする搬送車に落札メッセージを送る。
- (4) 搬送元から落札メッセージを受けとった搬送車は指定された搬送元へ移動し荷役作業を行ない、一方、一定時間内に落札メッセージが到着しなかった搬送車は次の搬送要求の待ち状態に入る。

2.3 搬送車の判断基準

搬送元の効用を最大にする行動は、自分の待ち時間を最小にすることであり、自分に最も近い搬送車に荷役を依頼することである。また、搬送車の効用を最大にする行動は、自分に最も近い搬送元の荷役を行なうことである。この距離が最短となる搬送元の荷役を行なう搬送車の判断基準を以下では、判断基準1と呼ぶ。

ここで、自動倉庫がある場合を考えると、その周囲に搬送元や搬送先が集中し、搬送車もこの自動倉庫の周囲に集中する。この時、搬送要求が、搬送車が集中する領域から離れた場所に発生すると、この搬送元の周囲には搬送車がないため、待ち時間は極端に長くなる。

そこで、既に待ち時間が長くなっている搬送元の損失を軽減するため、遠い搬送元に対しても、待ち時間が長ければ、入札するようにする。これは、搬送要求が発生してからの経過時間と共に、搬送元が搬送車に見かけ上近付かせることである。この搬送要求が発生してからの経過時間を考慮した、搬送車の判断基準を以下、判断基準2と呼ぶ。

3 シミュレーション実験

3.1 方法

(1) 搬送要求の発生位置・搬送先共に一様な場合、(2) 搬送要求の発生位置・搬送先に偏りがある場合の二通りのターミナルにおいて、集中配車方式及び、搬送車の二通りの判断基準1,2の非集中配車方式それぞれについて表1に示す条件の元、シミュレーションを行ない、搬送元の待ち時間について評価を行なう。ただし、ここでの集中配車方式とは、ある周期毎に搬送車の移

表 2: 実験結果

配車方式	ターミナル 1)				ターミナル 2)			
	搬送元の待ち時間			搬送車の移動距離	搬送元の待ち時間			搬送車の移動距離
	最大値	平均	標準偏差		最大値	平均	標準偏差	
集中方式	9	3.54	0.72	1201.7	9	3.3	0.66	1272.1
非集中方式 1	12	3.64	0.87	1275.2	40	4.2	2.68	1285.2
非集中方式 2	10	3.64	0.87	1276.9	12	4.1	1.71	1283.4

表 1: 諸条件

項目	諸元
ターミナル大きさ	20×20 ブロック
搬送車速度	4[blk/clock]
タスク発生頻度	0.6 [個/clock]
シミュレーション時間	500 clock
搬送車台数	15 台

動距離の総和を最小にする搬送元と搬送車の組み合わせを求めて、搬送元に搬送車を割り当てる方式をいう。

ここで、ターミナル (2) は、(ア) 搬送要求が集中して発生する領域、(イ) 搬送要求が時々発生する領域、(ウ) 搬送要求が全く発生しない領域の 3 領域を設定し、搬送先は領域 (ア) とする。

また、搬送要求は、ターミナルを複数のブロックに分割したブロック毎に発生させ、各ブロックに独立な指数乱数で発生させる。同一ブロックには同時に複数の搬送要求は発生しないものとする。

3.2 結果・検討

シミュレーションを 50 回行った結果を図 1、表 2 に示す。搬送元・搬送車がターミナル内に一様に分布している時には、二通りの非集中配車方式による違いは見られず、また、集中配車方式と比較しても、ほとんど性能劣化は見られない。

また、搬送要求の発生位置に偏りがある時には、判断基準 1 の非集中配車方式では、待ち時間の長い搬送元が存在しているが、判断基準 2 の非集中配車方式では、そのような搬送元は存在しない。また、搬送元の待ち時間の最大値・標準偏差については、それぞれ約 50%、30% の改善が見られる。判断基準 2 の非集中配車方式は集中配車方式の性能には及ばないが、実際の大規模物流ターミナルで使用する配車方式として十分有効である。

4 まとめ

本稿では、物流ターミナルにおける自動パーク&ライドシステム実現のための第一歩として、無人搬送車の搬送元への割り当て方式を検討し、Contract Net Protocol を適用した非集中配車方式を提案した。シミュレーションにより、搬送元までの距離と搬送要求が発生してから経過時間を考慮した、搬送車の判断基準

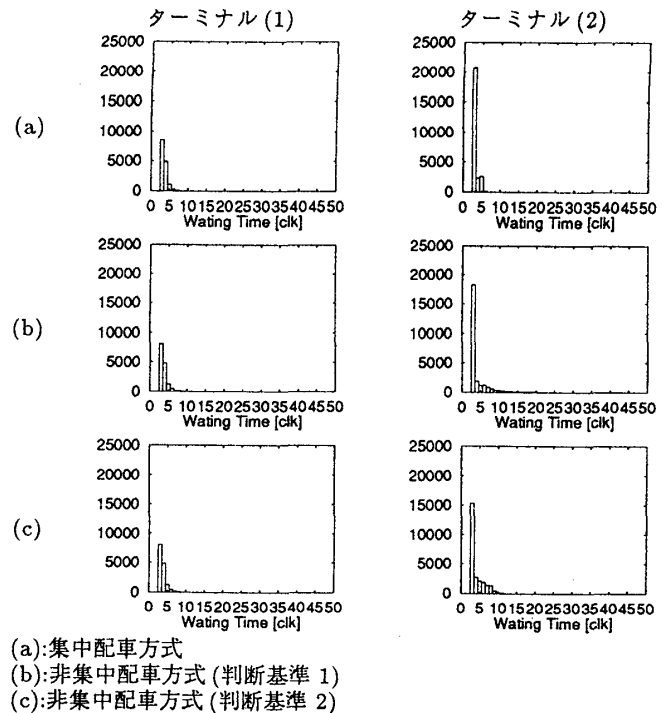


図 1: 搬送元の待ち時間の分布

が有効であることを示した。

このシステムの実現に向け今後は、ターミナル内における無人搬送車・トラックの経路誘導問題の検討を行なう。

なお、本研究は基盤技術研究促進センターの「物流ターミナル内情報高度化システム」の試験研究の一部として行なわれた。

参考文献

- [1] REID G. SMITH. The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS*, Vol. C-29, No. 12, pp. 1104-1113, 1980.