

# 複数ロボットを用いた車両搬送システムの開発

## 1. はじめに

都市部を中心に、効率よく車を収容できる機械式駐車場が広く用いられている。しかし、狭い空間で車を入庫するという作業は、運転手に高度な技術を要求するため、運転が得意でないドライバや、加齢などによって身体機能が低下したドライバにとっては、機械式駐車場を利用することが容易ではないと感じる場合も多い。また、通常の機械式駐車場では、庫内の正確な位置への車両誘導作業、運転手や同乗車が庫内にいないことを確認する安全確認作業、駐車装置の運転操作などのために、管理人が常駐する必要がある。

そこで、IHI 運搬機械(株)は、東北大学小菅研究室と共同で、管理人が不要で、誰でも容易に安心して利用できる、完全無人化された機械式駐車場を実現するため、運転手が停車スペースに適当に車を止めて退出すれば、車両を自動的に駐車場内へ搬送して入庫させるシステムを開発した。

## 2. 車両搬送システム技術

開発した車両搬送システムでは、利用者が駐車場脇の停車スペースに車両を適当に停車すれば、あとは複数のロボットが協調して自動的に車を駐車場に運んでくれる。これを実現するためには、①停車した車の位置を検出し(センシング技術)、②複数のロボットが正確に車両に接近し(経路計画・軌道生成技術)、③ロボットが車両を把持し(車両把持技術)、④ロボットが協調して車を運び(協調搬送制御技術)、目的の駐車位置まで正確に搬送する技術が必要である。以下、開発した複数協調搬送ロボット iCART (iuk/intelligent, Cooperative, Autonomous, Robot, Transporters) について紹介する。

## 3. 要素技術とロボットの詳細

### 3.1 センシング技術

地上側に三次元レーザセンサを設置し、検出情報を平面上に重ね合わせ、車両の位置・姿勢・大きさを計測する。図1にその様子を示す。

### 3.2 経路計画・軌道生成技術<sup>(1)</sup>

本システムでは、ロボットのコンフィギュレーション空間内で、ロボットの軌道計画を行う。これによって、車両や壁などの障害物、ロボット同士の衝突を回避した、ロボットの目標位置・速度・加速度の時間軌道を得る。

### 3.3 車両把持技術

車両を傷つけずに車両搬送を行うた

め、リフトバーと呼ばれる2本の把持アームで各タイヤをはさみ上げて車両を把持するシステムを開発した。図2にその様子を示す。

### 3.4 協調搬送制御技術<sup>(2)</sup>

各ロボットは、把持する物体に過大な内力が加わらないように、外力に対して受動的なインピーダンス制御によって制御されている。そして、1台のロボットをリーダーとし、リーダーのみ搬送軌道が与えられ、フォロワと称する残りのロボットは搬送している車両の運動を介してリーダーの運動をおの独立に、リアルタイムで推定し、協調して車両を搬送する。このアルゴリズムを用いることにより、リーダーに搬送軌道を与えるだけで、ロボット間の通信をしなくても車両を搬送することが可能となる。

### 3.5 車両搬送ロボット iCART

ロボット2台での車両の協調搬送を実現するために、各ロボットは、移動ベースモジュール、車両の荷重をすべて受けるリフトモジュール、力センサを装備した3本のリンクで構成される連結モジュールからなる三つのモジュールで構成され、移動ベースモジュールとリフトモジュールは連結モジュールで接続されている。

以上の技術を実現した iCART プロトタイプを用いて一連の入出庫動作実験を行い、安定した車両搬送を確認した。その様子を図3に示す。

## 4. 今後の取り組み

利用者が駐車場脇の停車スペースに車両を適当に停車すれば、あとは複数のロボットが協調して自動的に車を駐車場に運んでくれる iCART プロトタイプを開発した。現在、iCART プロトタイプに対して大幅に小型・軽量化した、4台分散協調ロボット iCART-S を開発中であり(図4)、4台分散協調における性能の定量評価を行っている。(原稿受付 2010年8月27日)

[神林 隆, 鈴木公基 IHI 運搬機械(株)]

### ●文 献

- (1) 遠藤 央・広瀬健治・小菅一弘・鈴木公基・村上和則・中村健一・中西正樹・神林隆, 複数協調ロボットを用いた車両搬送システム iCART (第3報, 車両搬送ロボットの軌道生成), 日本機械学会論文集, 76-763, C (2010), 627-634.
- (2) 遠藤 央・小菅一弘・広瀬健治・平田泰久・菅原雄介・鈴木公基・神林 隆, 複数協調ロボットを用いた車両搬送システム iCART (第2報, 分散協調制御アルゴリズム), 日本機械学会論文集, 76-761, C (2010), 103-109.

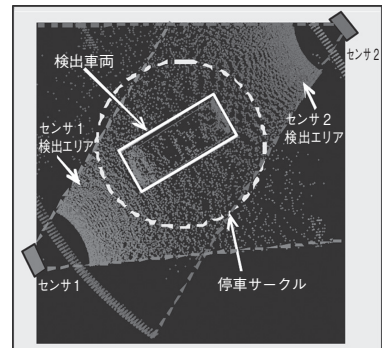


図1 車両プロファイルの計測



図2 車両把持の様子

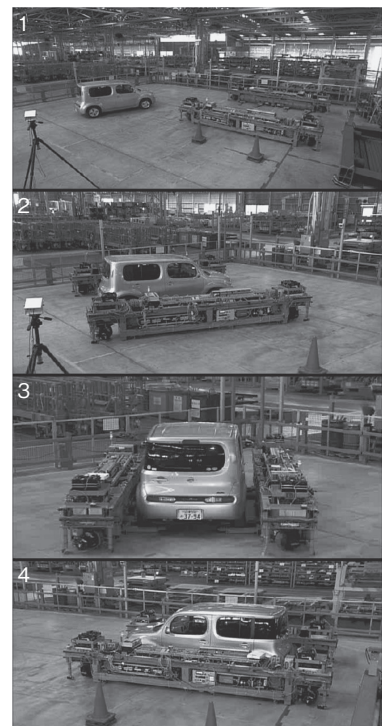


図3 車両搬送の様子



図4 4台分散協調ロボット iCART-S