水圧マニピュレータを有する移動作業ロボットの開発

Development of mobile working robot that has water hydraulic manipulator

○学 芦澤 怜史 (名城大) 協田 昌明 (名城大)
学 渡辺 聖也 (名城大) 学 黒宮 裕介 (名城大)
高柳 一樹 (名城大) 正 大道 武生 (名城大)

Satoshi ASHIZAWA, Meijo University, e0527070@ccmailg.meijo-u.ac.jp
Masaaki WAKITA, Meijo University
Toshiya WATANABE, Meijo University
Yusuke KUROMIYA, Meijo University
Kazuki TAKAYANAGI, Meijo University
Takeo OOMICHI, Meijo University

The mobile robot that has the water hydraulic manipulator for the dismantlement of the building as the base machine is developed. The paper shows the system design method and mock-up test of this robot.

Key Words:, Manipulator, Dismantlement work, Mobile robot

1. 緒言

環境保全等の観点から、ビルのリニューアル再利用化は時代の流れとなっておりと同時に、このリニューアルのための解体作業で生じる廃棄物のリサイクルは重要な課題となっている。また、少子高齢化による解体作業者の確保も無視できない状況になりつつある。このような中で、ビルの内装解体は、リニューアルの中核を占めるものであるが、現状の解体作業は人手作業が中心であり、問題解決に應えるには、限界がある[1]。

したがって、この問題を解決するためには、新しいシステムの発想が必要であると判断された。天井解体工事において、ロボット化を成功させるためには、ロボットの特徴を生かせる新しい解体手法が必要であること[2]に着目し、ウォータージェットによる切断を用いた新しい解体システムを開発し、そのロボット化の見通しを得た。本稿ではその基本となる移動作業ロボットについて述べる。

2. 解体手法の課題整理

現状の天井ボード(図1)解体は、人がバール状の金具で強引に引き剥がし解体を行っている。そのため、解体後の天井ボードは床面に散乱し、その回収には、解体の何倍もの時間を要する。また、作業中に多量の粉塵を発生し作業環境の悪化という欠点を有する。そこで、著者らは、ウォータージェット天井ボード解体手法[3]を提案し工法開発を行ってきた。ウォータージェットによる天井ボード解体手法では、軽量鉄骨(以下軽鉄)を損傷することなく天井ボードを解体することが可能である。また、解体速度に配慮すれば、軽鉄下を切断することが必要となる。

したがって、軽鉄下を高精度(±5mm程度)で走査できる図2に示すような解体作業ロボットを構想し開発を行った。

Fig. 1 Setting situation of LGS (Light Gauge Steel)

Fig. 2 Image of mobile working robot

移動作業ロボットは、移動ロボット部、マニピュレータ部、手先工具部から構成される。ここで、移動ロボット部で大まかな位置決めを、マニピュレータ部で軽鉄付近に、手先工具で軽鉄位置を追従する階層追従方式とした。階層に於る形態としダイナミックレンジを移動ロボット 5000[mm], マニピュレータ 1000[mm], 手先工具 50[mm]とし、その1%を精度の目安とした。(図3)

Fig. 3 Accuracy and dynamic range

3. 移動作業ロボットのアーキテクチャー

3.1 システム統合アーキテクチャー

移動作業ロボットは前述のように分散アーキテクチャーを用いている。そのため、各機器でモジュール化を行う。図 4 に機能アーキテクチャーを示す。

Fig.4 Function architecture

3.2 機能アーキテクチャー/ソフトウェアアーキテクチャー

ロボットを構成する各機器（モジュール）の機能アーキテクチャーとソフトウェアアーキテクチャーは同様に設計する。センシング系列(以後、列と称する)では、センサの距離情報より、センシング結果 Sensible(高い確率で物体あり), No Sensible(高い確率で物体無し), GRAY(その他)を判定し、信頼性列へ出力する。信頼性列では例外処理チェックを行い制御入力 No Action(そのまま), Action(回避または停止), Caution(減速), EMERGENCY(停止)を制御列へ出力する。制御列では制御入力を受けて距離に適合した制御を行う。図 5 に移動ロボット, 図 6 にマニピュレータ, 図 7 に手先工具の機能アーキテクチャー(ソフトウェアアーキテクチャー)を示す。

Fig.5 Function/software architecture of the mobile robot

Fig.6 Function/software architecture of the manipulator

Fig.7 Function/software architecture of the tool

3.3 ネットワークアーキテクチャー

ネットワークアーキテクチャーはICNシステムを使用したもので、各機器の制御用PCがイーサネットにより接続されており、PCと各機器間はCAN (Controller Area Network) により接続され、これもネットワーク化されている。図 8 に移動ロボットのネットワークアーキテクチャーとしてICNシステム構成を示す[4]。今回の開発ではICNの代わりにPCを用いたが、考え方はICNシステムと同様である。

Fig.8 Network architecture of the ICN

4. 移動作業ロボットの機構構成

4.1 移動ロボットの機構構成

移動ロボットの機構構成図を図 9 に示す。移動機構は独立 2 輪操舵機構(2WD2WS)を採用し、4 つのモータを使用することで、全方向全方位移動を可能とした。

4.2 マニピュレータの機構構成

マニピュレータの機構構成図を図 10 に示す。マニピュレータは旋回軸・ブーム・アーム・リストの 4 軸からなり、旋回軸をモータ、ブーム・アーム・リストはシリンダで駆動する。3 本のシリンダは水圧サーボ弁に配管され、水圧ユニットからの水圧を用いて関節角度の制御を行う。

4.3 手先工具の機構構成

手先工具の機構構成図を図 11 に示す。手先工具は天井面追従のための上下移動軸、軽鉄追従のための旋回軸 2 つから構成される。

Fig. 9 Composition of mobile robot

Fig. 11 Composition of tool

Fig. 10 Composition of manipulator

5. 機能評価実験

5.1 モックアップ実験

解体対象となるビルの一部を再現した模擬試験場（モックアップ）を用意し、機能評価実験を行った。モックアップでは、以下の項目が再現されている。

- ・ 天井の構造：軽鉄、石膏ボード、化粧版
- ・ 軽鉄の配置間隔：約 0.3[m]

これより、評価可能な項目は

- ・ 軽鉄のリユース
- ・ 工期の短縮

の 2 つが満たされているかの考察を行った。

開発した移動作業ロボットの概観を図 12 に示し、図 13 にモックアップの構成を示す。

Fig. 12 Mobile working robot

Fig. 13 Mock-up image

5.2 実験結果

モックアップで行った実験の様子を図 14 に、天井引き剥がし状況を図 15 に示し、天井ボード引き剥がし後の天井を図 16 に示す。

Fig. 14 Dismantlement work 1

Fig. 15 Dismantlement work 2

Fig. 16 Ceiling after it works

5.3 切断評価

図 16 に示すように解体作業は軽鉄を損傷することなく行われた。これにより、軽鉄のリユースが可能となる切断手法を開発できたことが検証された。

5.4 作業時間評価

実験での総切断時間は 8.8[m²]に対し 134.4[sec]を要した。これを 1000[m²]での作業時間に換算すると 5.21[hour]となる。よって、目標作業時間は、8 時間であるので、天井ボードの切断が余裕を持って行えることが検証された。

6. 結論

- (1) 解体作業を可能とする移動作業ロボットシステム設計法の開発を行った。
- (2) 移動作業ロボットに分散アーキテクチャーを採用し、その有用性を検証した。
- (3) モックアップ実験において天井解体が可能であることを示した。

7. 参考文献

- [1] 前田純一郎，資材情報化による建築内装材の解体システム，第 8 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集（CDR），1L2-1，2007.
- [2] 大道武生，新井建生，神徳徹雄，谷川民生，前田純一郎；廃材分別を考慮した環境保全型解体作業ロボットの研究開発，第 17 回建設施工ロボットシンポジウム予稿集，pp33-38，2008.3.13
- [3] 脇田昌明，名和徹夫，浅田輝彦，大道武生；ウォータージェットによる天井ボード高速解体手法の開発，ROBOMEC2008 予稿集（CDR），2P1-B10，2008
- [4] 小阪正朋，福森聡哲，養田進平，鬼頭孝嘉，大道武生；CAN コネクタの応用性に関する研究 第 7 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集（CDR）3B1-6，2006