自律走行型掃除ロボット SuiPPi

Autonomous Cleaning Robot SuiPPi

○酒井 龍雄, 西村 大輔, 上松 弘幸, 村井 亮介,
三谷 宏一, 中原 智治, 北野 幸彦(松下電工)

Tatsuo SAKAI, Daisuke NISHIMURA, Hiroyuki UEMATSU, Ryosuke MURAI,
Koichi MITANI, Tomoharu NAKAHARA, Yukihiro KITANO (Matsushita Electric Works, Ltd.)

SuiPPi is one of the practical robots that underwent long-term experimental evaluation at Expo 2005. SuiPPi's mission was to clean the Expo site, for example, the Global Loop main pedestrian loop. The Global Loop is about 2.6km long, 21 m wide, and has many curves and slopes as well as many obstacles like benches and vending machines. To execute its mission, SuiPPi had to solve two problems, moving autonomously over long distances around the loop to the directed cleaning area, and to clean areas that were not simply rectangular in shape. The navigation implemented in SuiPPi has solved these problems by recognizing the environment and adapting to it. And the effectiveness of SuiPPi was confirmed.

Key Words: Autonomous, Navigation, Localization, Cleaning Robot

1. はじめに

掃除ロボットSuiPPiは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が実施する「次世代ロボット実用化プロジェクト」の委託・助成事業において開発された屋外用自律走行型掃除ロボットである。SuiPPiの機能および実用性を、愛知万博会場（図1）で6ヶ月間にわたり清掃実証試験で検証した（2005. 3. 25～2005. 9. 25）。

以下、実証実験の内容、SuiPPiの機能・安全・ナビゲーション技術、実証実験結果について述べる。

2. 実証実験の内容

会場内を結ぶグローバルループ（一周2.6Km 幅21m），西ターミナルの駐車場・シャトルバスターミナル・歩行者デッキを清掃箇所とし、閉場後の深夜に清掃を行った。

SuiPPiは、一日二時間の清掃作業が可能で、その清掃面積は約3250m²/台である（グローバルループでは150mの距離に相当）。SuiPPiを3台用いて、日ごと清掃領域をかえて清掃を行った。

SuiPPiには予め会場全体の地図を記憶させておいた。清掃時にSuiPPiを格納庫からトラックに積み込み、清掃箇所に降ろすことが可能なポイント（ドロップポイント）まで運ぶ。そこでSuiPPiをおろして位置を教え、清掃領域を指示するようにした。SuiPPiは指示された領域まで自律走行し、到着後、自動的にその領域の清掃を行った。清掃終了後は、ドロップポイントまで自律走行し、そこで再びトラックに載せて格納庫に運んだ。

この一連の作業により今後の実用化のための機能と実用性を評価した。

3. SuiPPiの機能^[1]

SuiPPi（図2）は筆者らが開発・商品化した病院内自律搬送ロボットHOSPIの自律移動技術^[2]を応用したものである。予め記憶した地図上の清掃領域をタッチパネルで指示すると、生成したその領域までの経路をデッドレコニングを行いながら走行する。その間、地図情報として記憶しているグローバルループのフェンスや壁およびフレクタマークを検出し、地図情報と検出情報を照合して位置補正を行う^[3]（図3）。障害物を検知すると衝突回避および障害物回避を行いながら移動する。

SuiPPiは清掃領域に到達すると、走行しながら前方下部に設置したサイドブラシを回転させてロボット底部にゴミを集め、メイン

Fig.1 Aichi Expo site

サイズ：W 1,200 mm x H 1,233 mm x D 1,513 mm
重量：approx. 500 kg
最高速度：0.7 m/s

Fig.2 SuiPPi

[No. 06-4] Proceedings of the 2006 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Waseda, Japan, May 26-28, 2006

4. 安全

「愛知万博のロボット安全性ガイドライン調査専門委員会」において協議を重ね、危険源の特定とリスク評価指標の設定を行い、各危険源のリスク評価指標を許容可能なレベルまで低減する方策を講じた^[4]。

例えば、衝突および、人に不安を与えるリスクに対し、全周の検知を行う複数の超音波3次元センサと、特に重要な前方を精度良く検知するレーザレンジファインダと床面の凹凸も検知する距離画像センサを搭載した(図4)。これらのセンサにより、安全かつ人に不安を与えない衝突回避、確実な障害物回避が可能になった。

5. ナビゲーション技術

GPSを使って会場の測量を行いナビゲーション用の地図を作成した。建物の近くや、上部に庇等の構造物があるところではGPSで計測できないため、それらの影響が無いグローバルループの中央部で測量を行い、フェンスやリフレクタマークの座標を求め地図を作成した(図5)。

SuiPPiは、この地図に基づき指示された領域まで移動すると、最初に領域の外周を清掃し、次に、内部を塗り潰すように清掃する。外周部にベンチや自動販売機等があっても回避して清掃し様々な形状の場所に対応できる(図6)。

清掃領域の外周は、明確な壁でないフェンス、障害物であるベンチやゴミ箱等が存在し、通路の交差部では境界を示すものがない。SuiPPiはこのような環境であっても周囲の環境認識と位置認識を組み合わせる適切な経路を生成することができる。

清掃領域の塗り潰し経路は、フェンスの位置・向きを認識して、折り返し距離や領域の横断方向を決めており、領域の形状に応じた塗り潰し移動が可能である。

6. 実証実験結果

3台の掃除ロボットによる期間中の総走行距離は132.7km, その内清掃距離は69.5km, 清掃時平均速度は約1km/h, 収集したゴミの総量は61.5kgであった。図7はSuiPPiの清掃移動軌跡を示したもので、フェンスが途切れたり、ベンチが設置されている場合でも、うまく清掃が実施されたことがわかる。塗り潰し移動が荒く見える部分があるが、これは路面の状態が悪く走行に適さなかったため、人為的に障害物を置き回避させたためである。

また、位置認識および自律移動の機能を、グローバルループを自律移動で一周させて確認した。このときの移動距離は2.7km, 平均速度は1.4km/hであった。

7. まとめ

本実証試験によって、万博会場のような広大で起伏のある環境でも、適切な環境認識および位置認識を行うことにより自律移動が可能であり、様々な形状の領域の清掃も可能であることが実証できた。今後は、フェンスなど地図情報になるものが少ない環境でも自律移動可能な技術の開発を行い、自律走行型ロボットの実用化を目指す。

謝辞

本開発における地図作成に関し、筑波大学 油田信一先生、大矢晃久先生、神戸大学 大野和則先生にご協力いただきました。また、NEDOおよび日本国際博覧会協会の方々には多くの支援を頂きました。ここに、謝意を表します。

文献

- [1] 酒井龍雄：屋外用自律清掃ロボットSuiPPi, 日本ロボット学会 第30回シンポジウム ロボット工学セミナーテキスト, pp.46-54, 2005
- [2] 酒井龍雄 他：病院内自律搬送ロボット「HOSPI」の開発, ロボット, No.157, p.30-35, 2004

Fig.4 External sensors

Fig.5 Mapping

Fig.6 Cleaning navigation

Fig.7 Trajectory of Global Loop cleaning

- [3] T. Sakai : Environmental Adaptive Navigation of SuiPPi, Proceeding of 36th International Symposium on Robotics, pp.156-157, 2005
- [4] 福田淳 他：掃除ロボットのリスクアセスメントと安全設計, ロボット, No.168, p.39-44, 2006