

自立した生活を支援するロボティックベッド[®]の制御技術

Control Technology of Roboticbed[®] for Supporting Independent Life

久米 洋平* 河上 日出生*
Yohei Kume Hideo Kawakami

電動介護ベッドと電動車いすを融合したロボットシステム「ロボティックベッド」において、自動で車いす部をベッド本体部に合体/分離させることができる制御技術を開発した。この技術により、従来必要であったベッド-車いす間の移乗介助が不要となり、ユーザーは自由に行動することができるため、よりいきいきとした自立生活を送ることができる。

In the prototype of "Roboticbed", which is an integration of an electric care bed and an electric wheelchair, we have developed a control technology to dock/undock the wheelchair part and the bed part automatically. This technology enables users to act freely without assistance transferring between beds and wheelchairs, which is necessary conventionally, so they can live an active and independent life.

1. ロボティックベッド

筆者らは、下肢の不自由な高齢者や障害者の生活の質(QOL: Quality Of Life)の向上と自立促進を行うための福祉機器の1つとして、ベッド-車いす間の移乗介助を受けることなく、ユーザーが自ら操縦し、自由に行動することができる自立支援ロボット「ロボティックベッド」の開発を進めている(第1図)¹⁾。

1.1 ロボティックベッドの基本構成

ロボティックベッドは、第1図に示すように、ユーザーが搭乗するシート部、アームレスト部、4輪のオムニホイールからなる全方向移動部、シート部の姿勢変更や移動動作を指示する操作I/F(InterFace)、障害物までの距離と角度を検出するレーザレンジファインダ、障害物との接触を検知するバンパーセンサを備えた「車いす部」と、ベ



第1図 ロボティックベッドの構成

Fig. 1 Configuration of Roboticbed

ッドフレーム、マットレスなどを備えた「ベッド本体部」から構成されている。

以上の構成において、車いす部がベッド本体部に合体することにより電動介護ベッドとして、ベッドの一部である車いす部が、ベッド本体部から分離することにより、電動車いすとして利用することができる。

1.2 合体/分離動作における課題

これまで、車いす部がベッド本体部に合体/分離するタイプのベッドが提案されている^{2), etc.}。しかしながら、いずれも介助者が操作するタイプのものであり、合体/分離動作は介助者が手動に行う必要があった。そのため、下肢の不自由な高齢者や障害者が自ら操作して使用することはできなかった。

そこで、筆者らは、車いす部/ベッド本体部を電動化し、加えて車いす部がベッド本体部に自動で合体/分離することができる制御技術を開発した。この技術により、従来必要であったベッド-車いす間の移乗介助が不要となり、ユーザーは自らの操作で、自由に行動することができる。

2. 自動合体制御技術

ここでは、車いす部をベッド本体部に自動で合体/分離させるための自動合体/分離制御技術のうち、自動合体制御技術について紹介する。

2.1 合体制御における課題

だれでも簡単に合体操作ができるように、ユーザーが車いす部をベッド本体部の近辺に大まかに位置決めする

「ロボティックベッド」および「Roboticbed」は、当社の日本国内における登録商標

* 生産革新本部 ロボット事業推進センター
Robot Development Center, Corporate Manufacturing Innovation Div.

だけで自動合体ができるのがよいと考えた。しかしながら、車いす部とベッド本体部のクリアランスは非常に小さいため、合体動作には位置 / 姿勢の両方に対して高精度な位置決めが要求される。

そこで、以下に示す技術的工夫により、「ユーザーによる大まかな位置決め」の条件のもとで、「合体に必要な高精度な位置決め」を実現させる自動合体制御技術を開発した。

〔1〕距離に応じた位置 / 姿勢ズレ修正

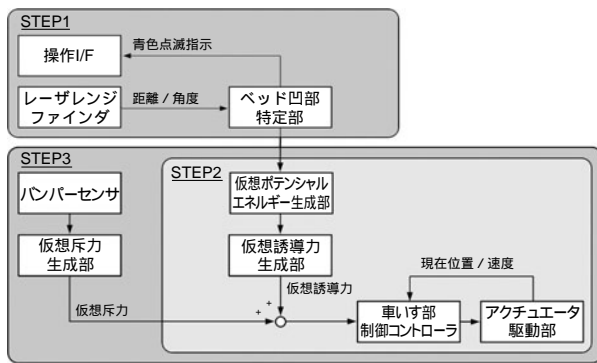
車いす部がベッド本体部の凹形状（以下、ベッド凹部と呼ぶ）に近づくにつれて、車いす部のベッド凹部との位置 / 姿勢ズレの最大許容量を徐々に小さくし、さらにその位置 / 姿勢ズレを修正するための力を徐々に大きくすることにより、ベッド凹部との距離に応じた位置 / 姿勢ズレの修正を実現

〔2〕高精度位置決め

レーザレンジファインダの距離 / 角度情報に基づく位置 / 姿勢ズレ修正と、バンパーセンサの変位量に基づく位置 / 姿勢ズレ修正の併用により、車いす部の高精度な位置決めを実現

2.2 合体制御シーケンス

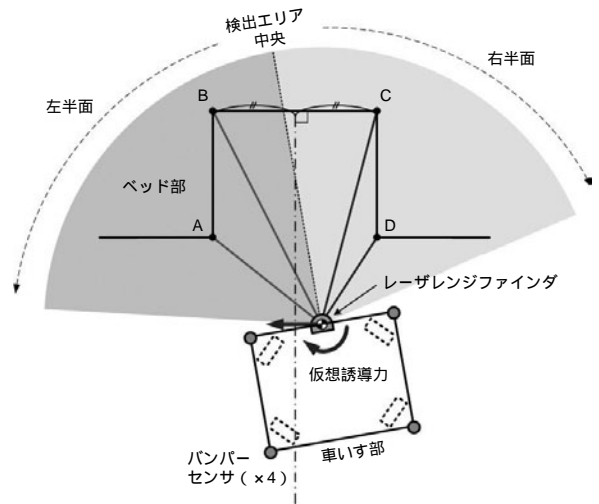
自動合体制御技術は、第2図に示すような制御ブロックから構成され、以下のシーケンスに従い、実現される。



第2図 制御ブロック図
Fig. 2 Control block diagram

STEP1：ベッド凹部の検出

第3図に示すように、ユーザーが車いす部をベッド凹部の近辺に大まかに位置決めした場合を考える。レーザレンジファインダの検出エリア左半面における最短距離の点をA、検出エリア中央と点A間の最長距離の点をB、検出エリア右半面の最短距離の点をD、検出エリア中央と点D間の最長距離の点をCとする。検出した4点（A～D）までの距離 / 角度情報から、4辺の長さAB、BC、CD、DA



第3図 ベッド凹部の検出
Fig. 3 Detection of bed re-entrant part

を算出し、ベッド凹部の実寸法にマッチしていれば、ユーザーに自動合体が可能であることを通知する。

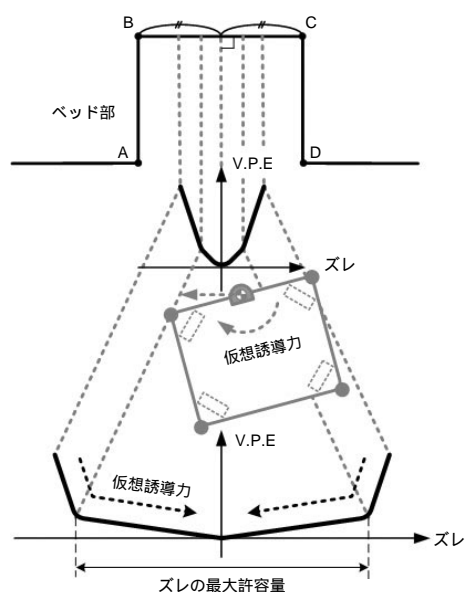
STEP2：位置 / 姿勢の粗調整

次に、ユーザーが自動合体指示を行うと、車いす部の位置 / 姿勢がSTEP1で検出したベッド凹部の中央垂線から離れるほど高いエネルギー状態となる仮想的なポテンシャルエネルギー（以下、仮想ポテンシャルエネルギー（略称：V.P.E）と呼ぶ）を設定する。車いす部は、仮想ポテンシャルエネルギーの勾配から算出される仮想誘導力に基づき、中央垂線からの位置 / 姿勢ズレを修正するように移動動作を行う。併せて、シート部の合体姿勢への変形、ベッドへのアプローチを行う。

本開発では、車いす部がベッド凹部に近づく程、その位置 / 姿勢ズレの最大許容量が徐々に小さくなり、さらにその位置 / 姿勢ズレを修正するための仮想誘導力が徐々に大きくなるように、ベッド凹部との距離に応じて、仮想ポテンシャルエネルギーの形状を修正する。第4図に仮想ポテンシャルエネルギーの生成イメージを示す。

STEP3：位置 / 姿勢の微調整

車いす部がベッド凹部に近づき、ベッド凹部内側に接触すると、車いす部の四隅に設けられたバンパーセンサの変位量に基づく仮想斥力が生成される。その後は、仮想誘導力と仮想斥力の併用による位置 / 姿勢の微調整（高精度位置決め）を行い、ベッド本体部との連結が行われる。



第4図 仮想ポテンシャルエネルギーの生成イメージ

Fig. 4 Generation image of virtual potential energy

参考文献

- 1) 久米洋平 他：ロボティックベッドの開発 自動車技術 64, No.5, pp.31-34 (2010).
- 2) 分離可能ベッド (国立障害者リハビリテーションセンター) <http://www.rehab.go.jp/ri/event/hcr/sepabedj.html> (参照2010.9.5).

3. 動向と展望

開発した技術により、従来必要であったベッド - 車いす間の移乗介助が不要となり、ユーザーは自らの操作で自由に行動することができるようになるため、下肢の不自由な高齢者や障害者の自立した生活に大きく貢献できるものと考えている。

しかしながら、ロボティックベッドは、従来の産業用ロボットとは異なり、不特定多数の人がいる環境で使用される。現状このような生活支援ロボットに関する安全基準 / 規格が確立されていない。そのため、自動合体 / 分離動作をはじめとして、ロボティックベッドが有するリスクに対して、どの程度の安全方策を実施すべきか十分に検討する必要がある。

そこで、当社では、生活支援ロボットに関する社内安全基準 / 規格の策定や安全技術の開発を進めるとともに、現在参画している NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization: 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)「生活支援ロボット実用化プロジェクト」を通じて、生活支援ロボットの国内安全基準の策定活動や、現在策定中の国際安全規格 (ISO13482) への提案活動も積極的に進めている。

今後は、これらの取り組み / 活動を通じて、ロボティックベッドの対人安全性の実現を行うとともに、現場のニーズに基づいた開発を進め、早期実用化を行っていく所存である。