E-9

合体・分離機構を有するレスキューロボットシステムに関する研究

A Study on Rescue Robot System with Combination/Separation Mechanism

○鶴見洋平[1]，　羽多野正俊[2]
*Youhei Tsurumi[1], Masatoshi Hatano[2]

Abstract: This paper is concerned with a rescue robot system which has a combination/separation mechanism. A rescue robot should be large for running over stairs, on the other hand should be small for entering into narrow spaces. In this paper, we propose a robot system with a combination/separation mechanism for the contrary problems.

.

１．緒言

本研究は，災害現場におけるレスキューロボットの階段走破や狭所への進入の問題点に対して，合体・分離機能を持つ複数のロボットシステムの開発に関する研究である．

地震などの災害現場において，倒壊した建物の中での要救助者の探索を迅速に行うことが求められている．しかし，災害現場における人間による要救助者の探索は二次災害の危険を伴う．そこで，人間に代わって探索活動を行うレスキューロボットの活躍が期待されており，ロボットで周辺状況を探索することにより二次災害の危険性を減らすとともに，要救助者の探索を迅速に行うことができると考えられる．

要救助者の捜索や情報収集を行うためには，建物内に存在する階段，坂，不整地上，狭所等を走破するための性能がレスキューロボットには求められている．従来のレスキューロボットには，車輪・クローラを採用したものが多く存在し，階段や瓦礫の上を走破するには，サブクローラを持つレスキューロボットが適している[1]．一般的に車輪・クローラ式のロボットはこれらの環境を走破するために，機体サイズが大きくなる傾向があり，特に階段を走破するためには一定以上の機体全長を必要とする．しかし，階段や瓦礫を走破するためには一定以上の機体全長が必要であるが，人が入れないような狭い場所では機体サイズは小さくなければならない．当研究室で製作したクローラ式のレスキューロボットを使って災害現場を模したフィールド（ロボカップレスキューフィールド）で走行実験を行った際は，階段を走破するには十分な大きさだが，狭所への進入は出来なかった．

そこで，それら二つの相反する条件を解決するために，複数のロボットを使い，階段を走破するときは合体し，狭所では分離するシステムを提案し，階段走破や狭所への進入の解決法について検討する．

２．階段走破，狭所への進入の問題点

Figure 1 にクローラ式ロボットの階段走破における 3 点支持について示す．

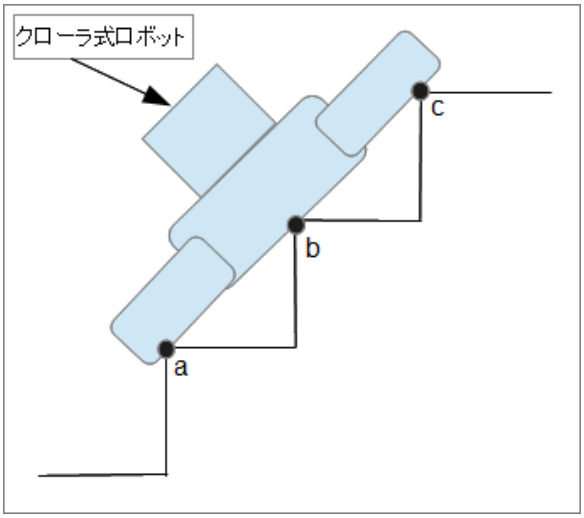

Figure 1 Three-point support

クローラ式ロボットでは階段を走破する時，サブクローラを階段のエッジ部分を結ぶ線に角度を合わせ，階段をのぼっていく．建築基準法[2]により階段の段差の高さ（蹴上げ）は 230mm 以下，階段の平面部の奥行き（踏み面）は 150mm 以上と決まっている．ロボットの大きさが 1 段目から 2 段目までの距離（ab）より小さくなると，1 点での支持となるため，非常に不安定になる．また，ロボットの大きさが 1 段目から 3 段目までの距離（ac）より小さくなると 2 点での支持となるが，走行していく中で 1 点での支持になる為，機体が不安定である．ロボットの大きさを 1 段目から 3 段目までの距離（ac）より大きくすると、3 点での支持となり，階段上を走行していく中でも 2 点での支持となるため，機体の安定性が増す．したがって Figure 1 に示

１：日大理工・学部・精機、２：日大理工・教員・精機

す通り，階段のエッジ部分で 3 点支持をする必要があり，1 段目から 3 段目以上の大きさがロボットには必要である．

一方，狭い場所に進入するためには，ロボットの機体サイズが小さい必要がある．しかし，レスキューロボットにおいてセンサーやカメラなど搭載しなければならないものが数多くあり，必然的にロボットの体積が大きくなる．ロボットの高さを小さくして、横幅を大きくすると小回りが利かなくなり，それに対して，高さを大きくし横幅を小さくすると，今度はロボットの上部が衝突する．そこで，このような狭所に進入することのできるロボットとして，ヘビ型ロボット[3]が近年注目を集めている．ヘビ型ロボットは全高・全幅が小さく，狭所への進入を容易に行うことができる．しかし，機体全長が長いため，旋回半径が大きくなり狭所内での動作に制限がかかる為，小回りがきかない．

以上のことからカメラ，センサーなどのデバイス自体を小さくし，ロボット全体の機体サイズを小さくしなければならない．

４．複数のロボットの合体・分離

前項で述べた通り，ロボットは，階段走破では大きくなければならず，人が入れないような狭い場所では小さくなければならない．この二つの相反する問題点を解決するには，自己組織化ロボット[4]のように，合体と分離を自由におこなえるようなシステムを搭載した複数のロボットによるシステムを構築すればよいと考えられる．それにより，階段を走破するときは合体し，狭い場所に進入するときは分離することにより，問題は解決できると考えられる．

しかし，合体と分離を実現する最も重要なジョイント部分の機構について種々の問題が存在する．災害現場においては，走行路面に凹凸が存在することがほとんどである．したがって，ロボット同士の位置関係がどのような場合でも合体できるようなジョイント部分が必要になってくる．また，階段を走破するのにある程度剛体でなければならない．強力な電磁石を使うとこれらの問題は解決でき，電磁石の ON，OFF を切り替えれば，どこでも自由に合体・分離ができる．しかし，階段を走破している間は常に電磁石を使わなければならず，電力消費が大きくなるので大きなバッテリーを積まなければならないが，ロボットの機体サイズが大きくなり，合体・分離のシステム本来の目的から乖離する．以上のことから，ロボット同士の位置関係がどのような場合でも合体できるような機構を考えなければならない．

合体・分離を実現する機構は様々なものに使われている．例えば，リュックサックやウエストポーチなどに使われているプラスチックバックルや電車の連結部分である．しかし，これらは同軸線上になければ合体することができない．先ほども述べた通り，災害現場では平面である場があるとは限らないのでプラスチックバックルや電車の連結部分の機構をそのまま使うことはできない．

合体・分離が自由に出来るロボットとして，自立モジュール型ロボット「M-TRAN Ⅱ」[5]がある．M-TRAN Ⅱの合体・分離機構には，永久磁石と形状記憶合金（SMA）が使われており，小さい体積で簡単な切り離しを実現している．また，SMA を変形させるのに電球の点灯を使って加熱をしているため，電力の消費が少ない．しかし，SMA で分離できる程度の結合力であると，ロボットの重量に耐え切れず階段を走破している最中に分離する可能性がある．

５．結言

本稿では，災害現場におけるレスキューロボットの階段走破，狭所への進入の問題点と合体・分離のシステムについて述べた．

今後は災害現場での問題点を解決する合体・分離のできる機構について研究を行なう．

６．参考文献

[1]小柳栄次:サブクローラを持つレスキューロボット，日本ロボット学会誌 vol.28 No.2，pp147~150,(2010)

[2]建築基準法施工令 最終改正 : 最終改正 : 平成二六年七月二日　政令第二三九号
http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25SE338.html

[3]亀川哲志，松野文俊 : 遠隔操作性を考慮した双頭ヘビ型レスキューロボット KOHGA の開発，日本ロボット学会誌 vol.25 No.7，pp1074~1081，(2007)

[4]福田敏男，植山剛 : マルチモジュールロボット-自己組織化ロボットを中心に-，計測と制御 vol.31 No11,pp1137~1142,(1992)

[5]黒河治久，吉田英一，神村明哉，富田康治，村田智，小鍛冶繁 : 変形し移動するモジュール型ロボット（M-TRAN），日本ロボット学会誌 vol.21 No.8，pp855~859