T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	在宅酸素療法用酸素ボンベ搬送移動体の提案
Title	Proposal of Oxygen Tank Carriers for Home Oxygen Therapy
著者(和文)	谷篤, 遠藤玄, 広瀬茂男
Authors	Atsushi Tani, Gen Endo, SHIGEO HIROSE
出典 / Citation	第27回日本ロボット学会学術講演会予稿集, , , 3Q1-04
Citation(English)	, , , 3Q1-04
発行日 / Pub. date	2009, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2009 The Robotics Society of Japan.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

在宅酸素療法用酸素ボンベ搬送移動体の提案

○谷 篤(東京工業大学)　遠藤 玄(東京工業大学)　広瀬 茂男(東京工業大学)

Proposal of Oxygen Tank Carriers for Home Oxygen Therapy

*Atsushi Tani (Tokyo Tech), Gen Endo (Tokyo Tech) , Shigeo Hirose (Tokyo Tech)

Abstract ― In this paper we discuss improvement of instrument to carry an oxygen tank for home oxygen therapy. We propose two types of carrier models. One model is a four wheels cart with rocker-bogie mechanism to negotiate steps. Another is a cart with two large diameter wheels and support arms. We developed prototype models and demonstrated that the proposed mechanism successfully decreased the peak traction force to go up a step.

Key Words: Home Oxygen Therapy (HOT), Oxygen Tank Carrier, rocker-bogie

1. 緒論

肺機能の低下により高濃度酸素を吸引して血中の酸素不足を補わなければならない病気の患者は，しばしば在宅酸素療法と呼ばれる病院外でも酸素吸入を続ける治療を受けている．この療法は入院しなくても治療を受けることができるが，外出時には酸素ボンベなど3kg以上の器具を牽引しなければならない．搬送手段としてFig.1のような2輪のカートが広く利用されているが， 文献[1]によると，現行のカートに満足している患者はわずか10[%]に留まっており，性能の向上が急務と考える．本稿では特に牽引力の低減を検討する．

2. 基本設計

改善手段としては，能動車輪を用いて搬送移動体に動力を与える方法[2]，現行の受動車両方式に加えて車両構造自体を工夫する方法が挙げられる．本稿では受動車輪型について，特にハンドルの形態と段差適応性の向上に着目して搬送移動体の牽引に必要な力を低減させることを目標とする．

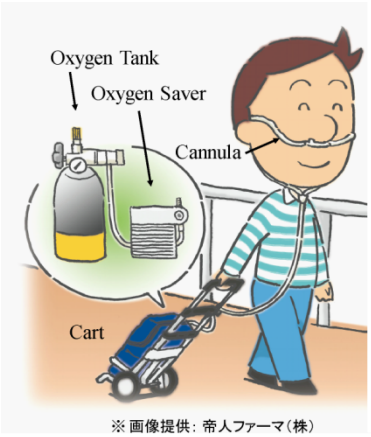

Fig.1 Conventional cart

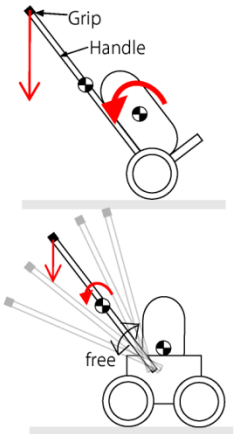

Fig.2 Load on grip

2.1 ハンドル部

現行の 2 輪酸素ボンベカートの構造はハンドルのグリップ部に車体とボンベの重さによるモーメントから発生する荷重がかかり，使用者が重いと感じる原因となっている(Fig.2 上)．これを回避するためには，車体を 3 輪以上で支えて安定させ，ハンドルを車体に対して回転自在にすることが考えられる(Fig.2 下)．こうすることで，グリップ部にかかる荷重は，ハンドルの質量によるモーメントに起因するもののみに抑えられる．

2.2 車両形態

段差適応性を向上させるための手段として，大径車輪，サスペンションを取り入れることが挙げられる．ただし，これらを単純に組み合わせるだけではサイズや重量の増加につながり，車両構造としての性能は上がるが取り回しが悪くなり，患者にとっては使用しづらいものとなる．そこで本稿では小径車輪を用いても半径以上の段差を乗り越えることのできるロッカーボギー機構を備える移動体と，補助輪付アームと 2 つの大径車輪を備える移動体の 2 種類を提案する．

3. ロッカーボギー機構を備える搬送移動体

本研究室では惑星探査車両として飛燕Ⅱを開発している[3](Fig.3)．本車両は一般的な 6 輪配置[4]と同等の段差踏破性を，菱形に車輪を配置することでより少ない 4 輪で軽量に実現している．またロッカーボギー機構と連結差動機構によって荷重を各車輪に

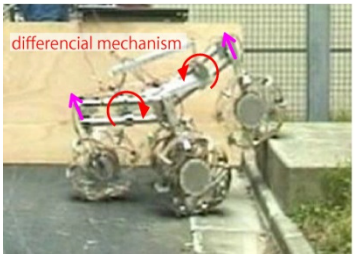

Fig.3 HIENⅡ

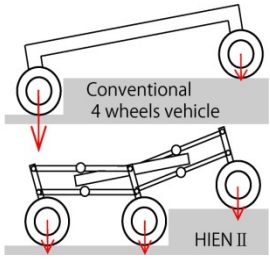

Fig.4 Distribution of load

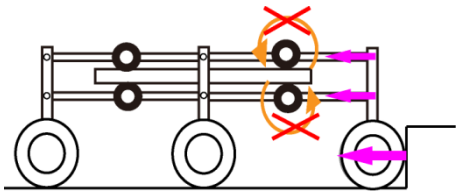

Fig.5 Singular position

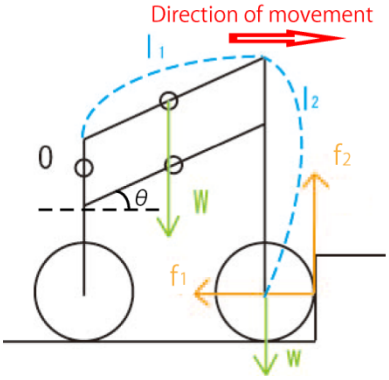

Fig.6 Kinematic model for static force analysis

均等に分配し，前輪が上がれば中輪が下向きに押し付けられる構造になっている．これにより，車輪半径を超える段差も踏破することができる．この構造を酸素ボンベ搬送移動体に取り入れることで，段差での牽引力を低減できると考えられる．

ところで，飛燕Ⅱ号機の場合は弾性の大きいグローサー付能動車輪[5]を使用しており，この車輪と車両構造の併用によって高い段差踏破性を実現している．一方受動車輪で剛性の高い車輪を使用する場合 Fig.5 に見られるようにロッカーボギー機構は特異姿勢となり，水平に牽引するだけではリンクが回転できず前輪を持ち上げることができない．そこで本稿では，リンク構造の初期姿勢(平地走行時の姿勢)に角度 θ をつけることで特異姿勢を回避し，乗り上げる際の牽引力を軽減するモデルを提案する．

Fig.6 で示すように力を定めると，リンクの初期姿勢を θ 傾けたとき前輪が持ち上がる条件として以下の式が求められる．

$$f_1 = \frac{W + 2w - 2f_2}{2\tan\theta} \tag{1}$$

ここで，w は車輪一つ当たりの重量，W はボギー機構のリンクの回転軸にかかる荷重，f_1 は段差壁面からの垂直抗力，f_2 は前輪の駆動によって壁を上る力である．受動車輪を用いる場合 $f_2=0$ である．牽引力の水平方向成分は f_1 に等しいので，この式より，θ を大きく設計することで牽引力を小さくする効果があることがわかる．ただし，θ を大きくし過ぎると鉛直方向変位が小さくなってしまうことを考慮する必要がある．

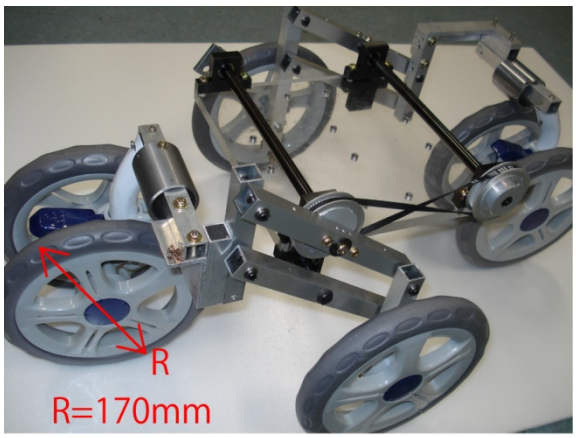

Fig.7 Carrier model with rocker-bogie mechanism

4. ロッカーボギーモデルの段差牽引実験

提案した車両構造によって昇段時の牽引力が減少していることを確かめるため，以下の方法で段差での水平等速牽引実験を行った．

比較は一般的な 4 輪車に多くみられる長方形 4 輪配置，ロッカーボギー機構を用いた菱形 4 輪配置，それのリンクの初期姿勢に 45[deg]角度をつけたものの 3 種類で行う(Fig.8)．実験車両の中輪の車軸(A の場合中輪はないのでそれに相当する Fig.8 の鎖線で囲まれた場所）と牽引車(The VUTON[6])をビニール紐で接続し，90[mm/sec]等速で牽引する．紐の牽引車側は牽引車に固定した力センサ(ニッタ製：PD3-32-10-080)で接続し，水平方向の力を計測する．段差の高さは 30～100[mm]で 10[mm]ずつ変化させて計測した．

Fig.9 に 60[mm]の段差乗り越えの際連続的に測定した牽引力を示す．最初のピークは前輪，2 番目が中輪，3 番目が後輪の段差乗り上げ時に必要な牽引力を表している．各牽引力のピーク値を比較すると，(C)の牽引力が低いことがわかる．30～60[mm]の高さにおいて同様の結果が得られた．また今回の実験条件下では(A)は 60[mm]まで，(B)は 80[mm]までしか乗り越えることができなかった．対して(C)は 100[mm]の高さも乗り越えることができた。以上から提案した(C)の機構によって段差での牽引力が従来の車両に比べて低減でき，車輪半径以上の高さの段差に対しても効果があることを確認した．

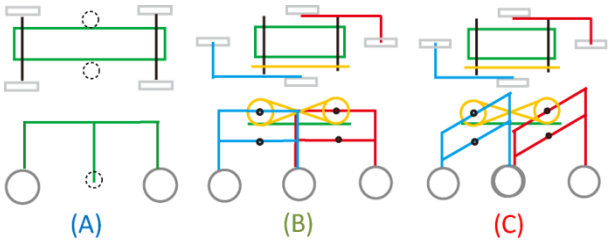

Fig.8 Types of four wheels carrier

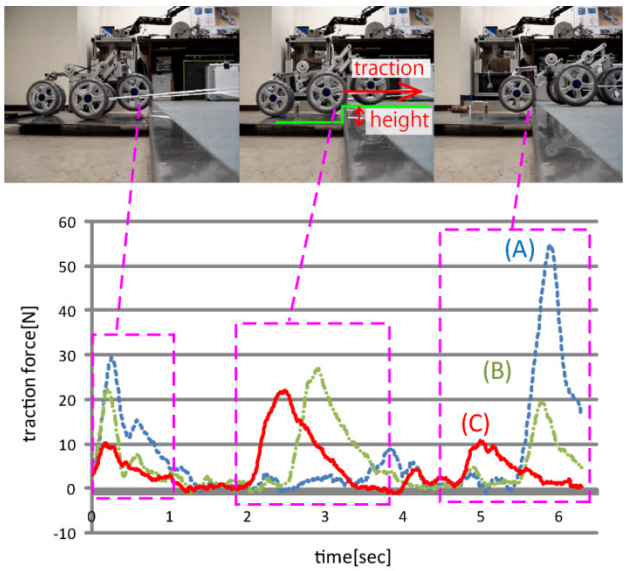

Fig.9 Difference of traction force (height: 60[mm])

5. 大径 2 輪と補助アームを備えた搬送移動体

平地走行時・段差乗り越え時ともに，車輪径は大きい方が牽引力は軽減され振動も抑えられるが，大径車輪を 3 輪以上並べるとサイズや重量の増大につながる．そこで Fig.10 のように収納展開が可能な補助輪付アームを有する移動体を提案する．平地では大径車輪とアームの補助輪で接地して安定走行しハンドルは車体に対して回転自在にする．昇段時は段差からの反力でアームを収納し，大径車輪の形状で荷重を受けて牽引力を軽減する．この際転倒を防止するためハンドルは車体に対して固定する．ハンドルの回転自在と固定の切り替えは手元で簡単にできる機構を取り入れた．このようにすることで，平地ではハンドルにかかる力を減らし，かつ段差では大径車輪による牽引力低減効果を得られると考えられる．

ところで、アームの収納展開を滑らかに行うためにスプリングによって復元トルク T を発生させているが，それが大きすぎると段差からの反力が強くなり，結果的に牽引力が増加する．逆に T が小さすぎるちょっとした振動や衝撃でアームが収納されてしまい，平地走行時に転倒する可能性がある．そこで

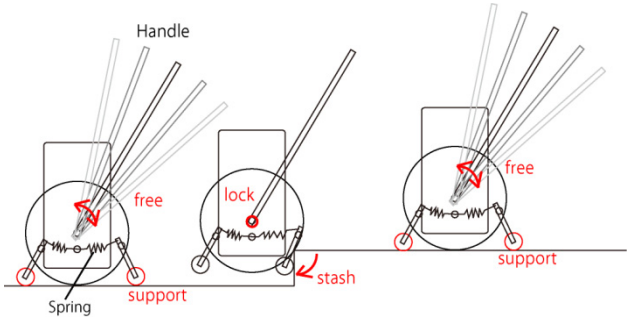

Fig.10 Mode of running

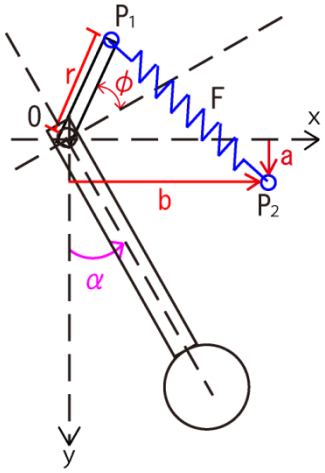

Fig.11 Design Parameters of Arm

Fig.11 のように各パラメータを設定し，アームの初期姿勢(平地走行時) α=0[deg]である程度の T を維持し，収納完了の姿勢 α=45[deg]に変化するまでに T が増大しないよう調整する．このときの α と T の関係を構造パラメータ a,b, ϕ を変化させて計算する．

T はばねの復元力 **F** と作用点位置ベクトル $\mathbf{P}_1$の外積

$$\mathbf{T} = \mathbf{F} \times \mathbf{P}_1 \tag{2}$$

で求められる．ここで，ばねの端点は

$$\mathbf{P}_1 = \begin{pmatrix} r\cos(\phi+\alpha) & -r\sin(\phi+\alpha) \end{pmatrix}^T \tag{3}$$

$$\mathbf{P}_2 = \begin{pmatrix} b & a \end{pmatrix}^T \tag{4}$$

だから初期姿勢からのばねの伸びは

$$\Delta L = \left|\mathbf{P}_2 - \mathbf{P}_1\right| - \left|\mathbf{P}_2 - \mathbf{P}_1\right|_{\alpha=0} \tag{5}$$

と求められ，ばねの復元力は，

$$\mathbf{F} = \left(F_0 + k\Delta L\right)\frac{\mathbf{P}_2 - \mathbf{P}_1}{\left|\mathbf{P}_2 - \mathbf{P}_1\right|} \tag{6}$$

となり，(2)～(6)により T が求まる．これらの式をもとに (-15[mm] ≦ a ≦ 15[mm]),(65[mm] ≦ b ≦ 95[mm]),(0[deg]≦ ϕ ≦90[deg])で T を計算し，T が α の変化によって増大しないよう適した配置を試行錯誤的に求めた．計算結果の一例を Fig.12 に示す．

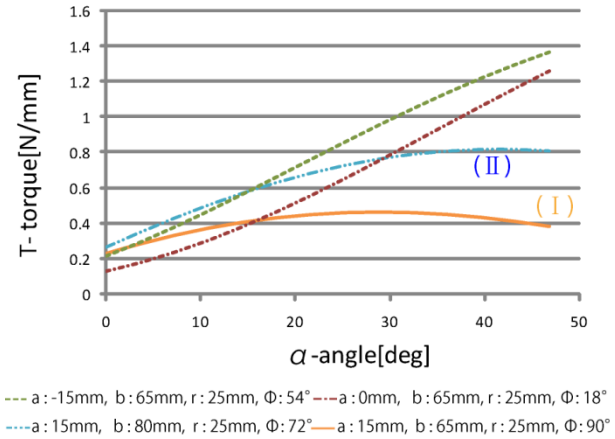

Fig.12 Relationship between support arm angle α and torque T

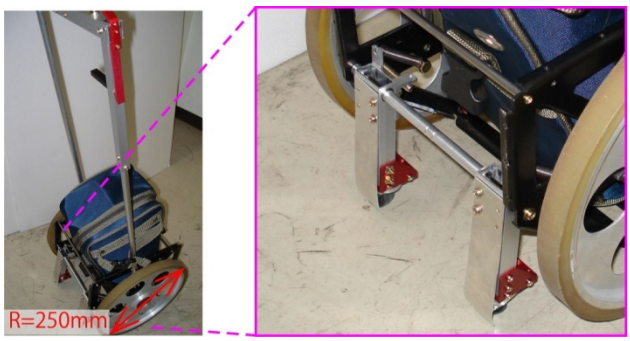

Fig.13 Carrier model with support arm

6. 大径 2 輪車モデルの段差牽引実験

提案した車両構造によって昇段時の牽引力が減少していること，またアームとスプリングの配置による牽引力の違いを確かめるため，段差での準静的牽引実験を行った．引っ張り方向は鉛直方向から35[deg]とし，一段上りきるときの引っ張り方向の力をハンドルグリップ部に固定した力センサで計測した(Fig.14)．比較対象として，現行の在宅酸素用 2 輪カート(車輪径 170[mm])を合わせて計測した．

段差の高さを変え，それぞれの段差を越える際計測された最大牽引力を Fig.15 に示す．40[mm]の高さまでは大きな違いは見られないが，50[mm]の高さ以降では現行のものより値が小さくなっていることがわかる．よって平地では車体を支えているアームが段差に差し掛かると収納され，大径車輪の形状で荷重を受けることで牽引力が減少していることが確認できた．

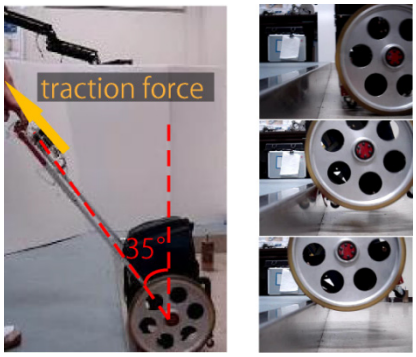

Fig.14 Traction experiment

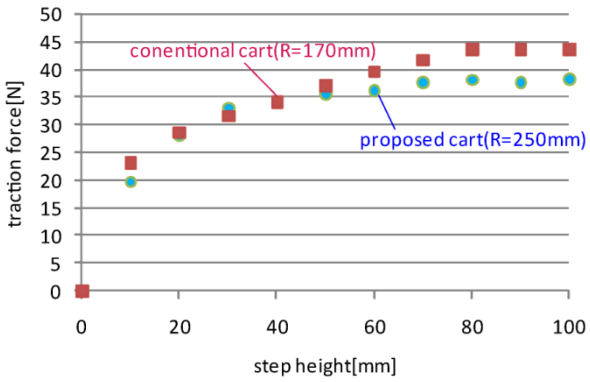

Fig.15 Difference between proposed and conventional cart

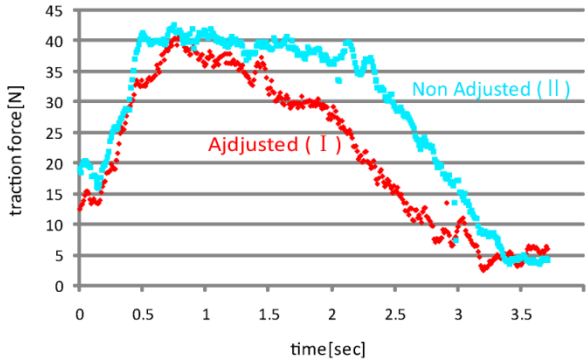

Fig.16 Difference for spring position

次に，スプリングの配置を適切に取り付けたモデル(Fig12-(I))とそうでないモデル(Fig.12-(II))を比較する． 100[mm]の段差を乗り越える際の牽引力を，上がり始めから上がり終わりまで連続的に測定したものを示す(Fig.16)．なおスプリングの初張力とばね定数は同じになるように長さを調節してある．スプリングを適切な配置とすることで牽引力を軽減できていることが確認できた．

7. 結論

本稿では，在宅酸素療法のための酸素ボンベ搬送移動体として，ロッカーボギー機構を用いたカート，大径 2 車輪と補助輪付アームを用いたカートの 2 種類を提案した．そして実際にモデルを設計・製作して牽引力が軽減されていることを確かめた．

今後は軽量設計した移動体を製作し，実際に在宅酸素療法中の方からフィードバックをもらうことでどの形態がより適しているか検討し，またさらなる改良を行っていく．

参　考　文　献

[1] 日本呼吸器学会在宅呼吸ケア白書作成委員会:“在宅呼吸ケア白書”，文光堂, 2005.

[2] 入部正継,遠藤玄,田窪敏夫,小林栄博,松山剛史:”日常生活のための実用的ロボティックフォロワの研究”,日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集,1P1-M02,2009

[3] 広瀬茂男,古橋幸人,大司成俊:“4 輪惑星探査ローバー飛燕 II 号機の開発”，第 14 回日本ロボット学会学術講演会予稿集,pp.251-252,1996

[4] “JPL Mars Pathfinder”, http://mars.jpl.nasa.gov/default.html

[5] 広瀬茂男,古橋幸人:“惑星ローバー用展開型車輪の開発”，第 13 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.157-158,1995

[6] Shigeo Hirose, Shinichi Amano:”The VUTON: High Payload Efficiency Holonomic Omni-Directional Vehicle”, Proc. International Symposium of Robotics Research, pp.253-260, 1993