

重度障害児の移動を支援する機器の 評価に関する研究

2013-2014年度ライフデザイン学部プロジェクト研究報告

Study on the assessment of walking aids for children with severe motor disabilities

人間環境デザイン学科 繁 成 剛

SHIGENARI Takeshi

人間環境デザイン学科 高 橋 良 至

TAKAHASHI Yoshiyuki

健康スポーツ学科 金 子 元 彦

KANEKO Motohiko

要旨

自力での姿勢保持が困難な重度運動発達障害児が自力で移動できるように開発された歩行器KID WALKの有効性を検証するために、6歳から9歳の脳性麻痺児を対象として歩行器での移動を写真とビデオに記録し、動作解析を行った。その結果、姿勢保持部の調整機構は優れているが、身体との適合性が十分ではないこと、体幹を直立した姿勢では前進が困難なため、体幹を30度以上前傾させる機構や上肢を支持するグリップあるいは構造の単純化と軽量化が必要であることが明らかになった。そこで抗重力筋や姿勢保持能力が低い重度障害児が、床を軽く蹴るだけで移動できる歩行訓練遊具および1輪型歩行器をデザインし、試作した。前者については重度心身障害児施設において理学療法士が訓練で試用した結果、ハーネスの装着や高さ調整機構などの問題点が見つかり、今後改良を加える予定である。後者の歩行器は2施設で5名の児童に試用してもらったが、移動できたのは1名のみであった。今後改良を加え、重度障害児が移動し易い歩行器にしたいと考えている。

キーワード：重度障害児 歩行器 動作解析 歩行訓練遊具 デザイン

はじめに

先天性疾患や運動発達障害による歩行困難な児童に対し、発達段階に応じた移動支援機器として杖、歩行器、車いすなどが適用されている。最近ではアメリカやドイツで自力移動の困難な重度障害児に対して、独自の機構を採用した歩行器が開発され、自発的な移動を促すことに効果を上げている。国内では1980年の頃から、重度障害児を対象とした歩行器が開発され、多く症例に適用されてきた¹⁾。しかしながら、これらの歩行器が重度障害のある子どもに対してどのような効果があるかという客観的な評価がほとんど実施されていないのが現状である。

1. 研究目的

本研究は重度障害児用に開発された最新の歩行器を対象として、障害の状況によってどのような効果があるか、症例によって歩行器をどのように適用すればよいか、歩行器を使った移動動作を解析することによって評価の指標を抽出することを目的とする。さらに新しい歩行器および歩行訓練具をデザインし、重度障害児への適用を評価する。

2. 研究方法

重度障害児を対象として開発された最新の歩行器としてPrime Engineering社のKID WALK (図1)を購入し、製品の特徴と仕様について評価・分析する。2013年6月までに実験の対象となる児童を5名程度選定する。本学の倫理審査会において実験内容と調査方法を明記し、審査を受けた後、調査及び実験を実施する。予備実験では、歩行器を使用する児童に対し、最も効率よく移動できるように歩行器を身体寸法に合わせて調整し、歩行状況をビデオと写真で記録する。

2回目の計測では、5名の児童の歩行器移動の状況を、側方と前方に配置したビデオカメラで記録する。動作分析に必要な身体計測点にマーカーを付け、ビデオの映像から動作分析ソフトを用いて、重心の変動、下肢、体幹、上肢の変位などを解析する。移動距離は5mとし、スタートからゴールまでの移動時間、総移動距離、歩数、軌跡などを記録し、児童の障害の状況によってどのような違いが出るかを分析する。

3. 研究経過

2013年度から2014年度にかけて以下のような研究を実施した。

- ・重度障害児を対象とした最新の歩行器としてPrime Engineering社（アメリカ）のKID WALK（図1、2、3、4）を2台（size1とsize2）購入する。
- ・2013年8月～2014年4月、特別支援学校に通学する小学生5名に合計2回の試乗会を実施。
- ・2013年8月、対象児童5名がKID WALKで移動している状況を写真とビデオで記録。
- ・2014年9月、前回と同じ児童5名が、5mの直線コースをKID WALKで移動する動作を、定位置

に固定したビデオで撮影。

- ・記録したビデオから動作分析を行う。
- ・2014年10月 モジュラージョイントシステム（JOSY）を使った歩行訓練用多目的フレームと使用児童の体を固定するハーネスを試作。
- ・2014年11月 川越市の重度心身障害児施設において歩行訓練フレームを組み立て、設置する。
- ・2014年12月 重度障害児に試作したハーネスを装着し、担当の理学療法士（PT）によって歩行訓練フレームの中で二足歩行の訓練をする。
- ・2015年1月、後方支持型歩行器をデザインし、試作をKOYAシステムデザインに依頼する。
- ・2015年3月、試作した歩行器を志木市と東松山市の障害児施設において座位保持が困難な障害児5名が試乗し、PTが評価した。

4. 重度障害児用歩行器の調査

（1）国産歩行器

① SRCウォーカー

1985年に繁成がデザインし、有菌製作所が製品化した重度障害児を対象とした歩行器である²⁾。特徴は対象児を前傾姿勢で保持するために、骨盤を支えるザドルと体幹前方を支えるトランクサポートの角度が垂直から45度の範囲で無段階に調整できることである。前腕で上体を支持するために透明なテーブルとグリップが標準で装備されている。サドル、体幹サポート、テーブルは3本の支柱のボルトを緩めることによって約200ミリの高さ調節ができる（図1）。



図1 SRCウォーカー

② ポニーウォーカー

SRCウォーカーを3歳から6歳までの幼児が使用できるようにリデザインしたモデルである。中央のフレームから前後の車輪付きフレームおよび体幹サポートとテーブルが一体になったフレームを連結する構造で、レンチで簡単に分解組み立てができる。

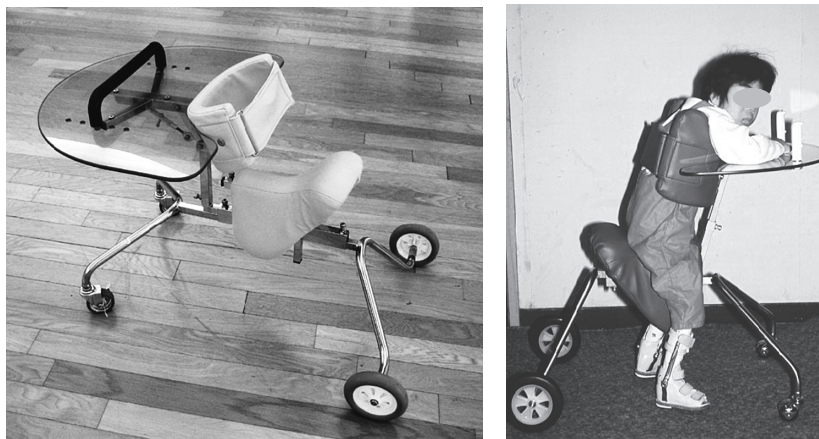


図2 ポニーウォーカー

③ UFOウォーカー

北九州市立総合療育センターのリハビリ工学技師である中村詩子氏がデザインした歩行器である(図3)。特徴は円形のテーブルの中央に設置したドーナツ形状のアンダーアームサポートが360度回転するため、乗っている子供が本体を動かすことなく自由に進行方向を変えられることである。小回りが利くので、スペースの狭い自宅などでの使用に適している。



図3 UFOウォーカー

(2) 外国製歩行器

① KID WALK

最新の姿勢保持理論を応用し、アメリカのPrime Engineering社が開発した歩行器である。これまでの後方支持型歩行器はWLAK ABOUTのようにスプリングやダンパーを利用して上下動する構造が採用されていた。KID WALKは、上下動以外に体幹サポートのスウィング機構とサドルの回旋機構を備えている。いずれも対象児の歩行時の骨盤の回旋や体幹の動きに合わせてサポート部が可動し、ダイナミックな姿勢と運動のコントロールを実現している。調整はすべて工具無しで可能で、療育の現場のセラピストが対象児の体型や状態に合わせて短時間で調整と適合ができるようなデザイン

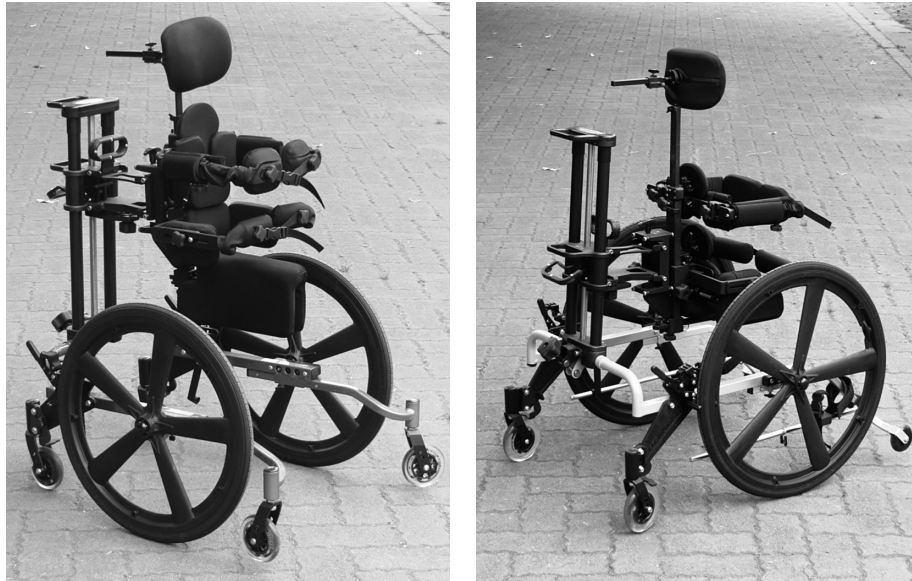


図4 KID WALK size1 (Sサイズ) とsize2 (Lサイズ)



図5 KID WALKの角度調整と高さ調整の機構

になっている。車輪が6輪あることも特徴の一つで、中央の車輪は22インチもあり車椅子のように手で車輪を回すこともできる。大車輪はクイックリリースなので簡単に取り外し、前輪キャスターと後輪キャスターによる4輪の歩行器としても使用できる。後輪のキャスターは首振りロックし、走行時に横に流れない設定にすることもできる。

② WALK ABOUT GAIT TRAINER

アメリカのMulholland Positioning Systems社が1980年代に製品化した後方支持型の歩行器である。リンク機構とサスペンションによってサドルと体幹サポートが上下する構造を採用している。サドルと体幹サポートの高さは支柱の上部に付いたハンドルを回すことによって簡単に調節できる。



図6 WALK ABOUT GAIT TRAINER
出展 <http://mulhollandinc.com/products/walkabout-1/>

5. 試乗した児童

2013年から2014年にかけて、埼玉県と東京都の特別支援学校に通学する小学生8名を対象に合計5回のKID WALK試乗会を実施した。まず、2013年8月に予備実験として東京都中野区のE学園に通学している小学生5名とその親に朝霞キャンパスに来校してもらい、一人ずつ身体寸法と運動パターンに合わせてKID WALKを調整した。参加した児童の年齢は6歳から9歳、性別は男子2名と女子3名、運動発達は臥位レベルが4名と座位レベル1名、知的発達レベルは軽度が2名と重度が3名である(表1)。対象児の身体寸法と運動発達レベルに合わせてKID WALKを調整する作業を、KID WALKの輸入代理店であるオットーボックジャパンの担当者に依頼した。試乗した場所は製作工房のホールで、約3m×5mのスペースを自由に移動してもらった。三脚にビデオを固定し、5名の児童が歩行器で移動している状況をビデオで記録した。

2回目の試乗会は、2014年9月27日に朝霞キャンパス実験工房の1階ホールで開催した。前回の予備実験に参加した時と同じ児童5名とその親に協力していただいた。今回は5mの直線コース設置し、KID WALKで移動する動作を、10m以上離れた2階の通路に設置したビデオで、側面から撮影した。

表1 KID WALKの試乗をした児童の内訳

No.	氏名	性別	年齢(歳)	運動発達レベル	知的障害レベル	試乗回数
1	O.K.	男	9	臥位	軽度	4
2	H.O.	女	8	臥位	重度	2
3	Y.S.	男	6	臥位	軽度	2
4	K.M.	女	8	臥位	重度	2
5	A.K.	女	7	座位	重度	2

6. 計測方法

- 実施日 2014年 9月27日
- 場 所 東洋大学朝霞キャンパス実験工房棟 1 階
- 実験方法
 - ① 対象児の身体寸法と運動能力に合わせてKID WALKを調整
 - ② 一人ずつKID WALKに乗り、直線で5メートルを移動
 - ③ 3分間の時間制限を設ける
 - ④ 10m離れた位置にビデオカメラを固定して歩行を撮影
 - ⑤ 歩行の軌跡、歩行速度、KID WALKの進行方向のデータを記録する

7. 計測結果

(1) Y.S君

本児は7歳の男児で、脳性麻痺（CP）痙直型である。軽度の知的発達の遅れはあるが、発語は多く、基本的なコミュニケーションはとれている。短時間の座位保持は可能であるが、立ち上がりや立位保持はできない。両下肢の交互性運動は可能であるが、下肢の支持性は弱い。移動は自走式の車椅子を使用している。今回のKID WALKを試乗した5名の中では運動能力が最も高い。KID WALKに最初に試乗した時は、両脚で床を蹴って進む歩行パターンがなかなか出ず、車椅子移動に慣れているためKID WALKの大車輪を両手で回して移動することが多かった。2回目の試乗では、両手を骨盤部の左右側面にある骨盤サポートを握らせることによって、大車輪を手で回さずに両脚を使った移動にスムーズに誘導できた（図7）。



図7 Y.S君の乗車姿勢

Y.S君の移動パターンをビデオに記録した映像を解析した結果、歩行器移動を開始してから5m地

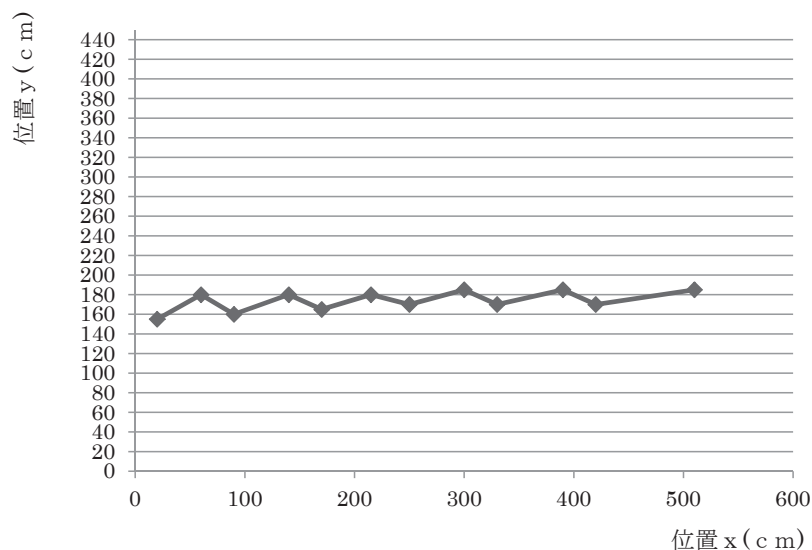


図8 Y.S君の移動時のつま先散布図

点に到達するまで、つま先の左右の振れは30cm以内に収まっており、比較的、直線に近い歩行軌跡を描いていることが判った（図8）。

(2) O.K君

本児は9歳の男児で、CPのアテトーゼ（不随意運動）型四肢麻痺である。不随意運動が激しく、日常生活の様々な活動に支障をきたしている。伸展パターンが強いため座位は保持できず、臥位での寝返りも困難である。移動は姿勢保持機能の付いた介助用車椅子を使用している。酸素療法を続けているため、車椅子には酸素ボンベを掲載している。自宅では個別に製作した座位保持装置とテーブルを使って食事や学習を行っている（図9）。これまでも本学朝霞キャンパスで開催された車椅子・姿勢保持試乗会においてKID WALKを試乗している。

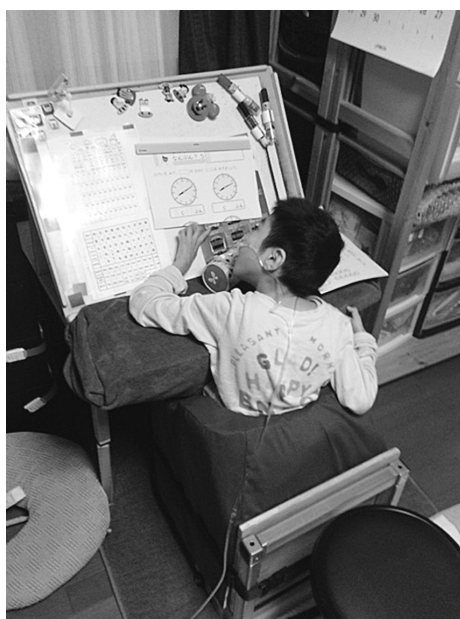


図9 自宅で椅子とテーブルを使用



図10 体幹が側屈している姿勢



図11 伸展パターンが出た姿勢（左）と調整後に体幹が前傾した姿勢（右）

本児は緊張性の不随意運動があるため、歩行器に乗って効率よく両下肢で床を蹴ることが困難であり、シザースパターンが強いため下肢が交差しやすい。しかしながら、O.K君は歩行器に乗ることは意欲的で、懸命に足を動かして前に進もうとするが、効率良く前進することは困難である。KID WALKに乗って移動する時の姿勢は、伸展パターンが強く出るため体幹軸が側屈または後傾し、足部接地点が重心軸よりも前に出るため前進が困難となっている（図10）。

そこで、大車輪を外して前後にキャスター4輪の形式にすることで路面抵抗を減らし、サドル・骨盤サポート・体幹サポートを固定している支柱を最大に前傾させることによって体幹軸を前方に傾け、重心の位置を前にすることで後方への蹴り出しが容易になり、調整前よりも前進しやすくなった（図11）。

KID WALKに乗って5mを移動した時の歩行パターンを記録したビデオから分析した結果、移動開始時から1m進んだ時点で左に最大130cmの変位が見られるが、方向修正した後の1mから5mの間は最大80cmに減少している（図12）。前述したように本児はアテトーゼ型特有の不随意的な運動と

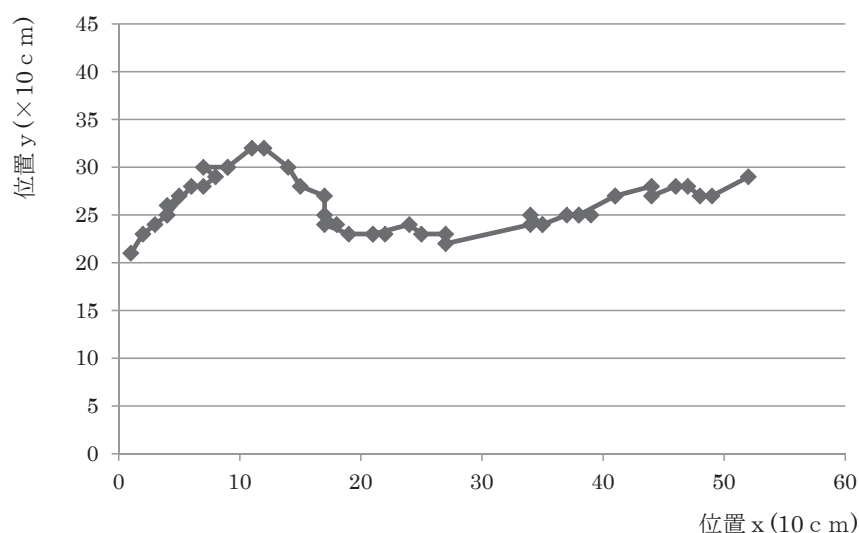


図12 O.K君の歩行時つま先散布図

伸展パターンによって、不規則な動きが断続的に出現するためスムーズな移動は難しいが、時間をかければ自力での歩行器移動が可能であることが判った。

8. KID Walkの特徴と課題

2013年から2014年に2回にわたって6歳から9歳の5名のCP児にKID WALKを試乗した結果、この歩行器の特徴として以下の点が明らかになった。

- ①姿勢保持部の調整機構は優れているが、身体との適合性が十分ではない。
- ②体幹を直立した姿勢では、前進することが困難なケースがあるので、体幹を30度以上前傾させる機構が必要である。
- ③上肢を支持するグリップが必要な場合がある。
- ④構造の単純化と軽量化が必要である。
- ⑤普及させるためには制度で支給できる価格に抑えたモデルがあるとよい。

9. 新しい歩行器のデザイン

重度障害児が両脚を使って自力で移動できるようにデザインされた歩行器として最新モデルのKID WALKを対象として調査と研究を進めた結果、脚力が弱く運動に制限のある児童が効率よく移動するためには、構造がシンプルで軽量の歩行器をデザインする必要があるということが判った。そこで路面抵抗を極力減らすため1輪車をイメージした新しい歩行器をデザインし、試作した。対象児が跨るサドルの真下に12インチの車輪をレイアウトし、前方の50mm径の固定式キャスターを2輪、後方の左右に同じく50mm径のキャスター2輪の補助輪として設置した。前後の補助輪は床から5mmのクリアランスをもうけており、中央の大車輪と前後の補助輪が常時3点で支持することで、乗車した児童が前後左右に体を傾けても転倒しない設計になっている。体幹サポートとバックサポートは6角レンチで高さや幅の調整ができる。体幹サポートの前方には幅150mmの胸部ベルトをマジックテープで簡単に装着できるようにしたが、児童が自分で胸ベルトを外さないように50mm幅の安全ベルトをバックルで留められるようにした。さらにサドルの左右にハンドルを配置することで、歩行器に乗車した児童が左右のハンドルを握ることで姿勢が安定するように配慮した。この歩行器は車輪が1輪であることから、ユニウォーカー (Uni-Walker) と命名した (図13)。

ユニウォーカーを志木市にある障害児通園施設M園において、通園している3歳から5歳の児童3名に試乗してもらった。残念ながら3名とも自力で移動することはできなかったが、立位に近い姿勢を保持することができ、保育士が足を他動的に動かすことで歩行の体験をすることができた (図14、15、16)。

さらに東松山市のHクリニックにおいて、理学療法士の協力を得て、運動訓練のために来院していた6歳の全盲の男児 (図17) と5歳の全盲の女児 (図18) にもユニウォーカーを試乗してもらうことができた。女児はほとんど移動することはできなかったが、男児は歩行器で移動した経験があったので、前方と後方にスムーズに移動することができた。ただし自分で方向を変えることはできなかった。今後は方向を変えやすいように前方または後方の補助輪を自在輪に変えることを検討したい。



図13 ユニウォーカー



図14 ユニウォーカーに乗った5歳児



図15 4歳児の試乗



図16 3歳児の試乗



図17 6歳の全盲の男児



図18 5歳の全盲の女児

10. 歩行訓練遊具のデザイン

自力で座位や立位を保持することが困難な重度児は1日の大半を臥位または座位で過ごしている³⁾。そのような重度児に対し、立位に近い姿勢を保持して両脚を自発的に動かすことで移動を促すSRCウォーカーやKID WALKのような歩行器が製品化されている。しかし重度児の多くは脚力が弱く、下肢の交互性の運動が難しいため、スムーズな前方移動や方向転換ができない。そこで重度児を地球の重力から解放して、足で床を軽く蹴るだけで前後左右に移動できるような遊具をデザインした。この試作はこれまでの遊具と同様にJOSYを開発したALU建築システム研究所に依頼した。今回試作した歩行体験遊具は2m×2m×2mの立方体にフレームを組んだもので、宇宙空間で遊ぶことに因み「スペースジム」と名付けた⁴⁾。

(1) 遊具のフレームの構造

遊具のフレームは、長さ1mで断面が30×40mmのタモ製角材と2種類のアルミ製ジョイントからなるJOSYによって一片が2mの立方体に構成されている。底面は開放された形で、側面は12本の角材を9個のジョイントで連結されている。側面の向かい合った2面は1400×1700mmの開口部があり、大人でも中に入りやすいようにした。天井はレールフレームを取り付け、子供の体重がかかっても撓まないように強度をもたせるため、16本の角材と15個のジョイントで格子状に連結している。さらに剛性を高めるため、部分的に筋交いを入れた(図19)。

天井には面移動型の移動用リフトと同様に、金属製のレールフレーム2本をフレームの両端に平行に固定し、それに沿って1本のレールフレームが移動する構造で、レールフレームの内側を円滑に移動するために転がり抵抗の少ないトロリー複車を採用した。中央のトロリーにはボルトが垂直に出ており、ここに子供を上から吊るためのハンガーを固定している。ボルトは水平方向に360度回転するため、子供は自由に向きを変えることができる。ボルトの先端には金属製のハンガーがナットで固定され、両端はフックをかけるためリング状に加工されている。

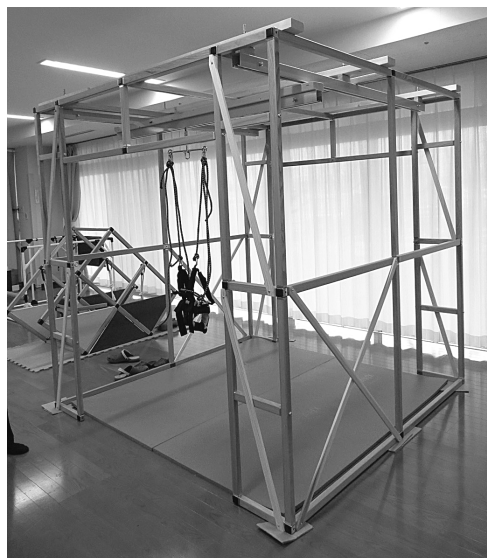
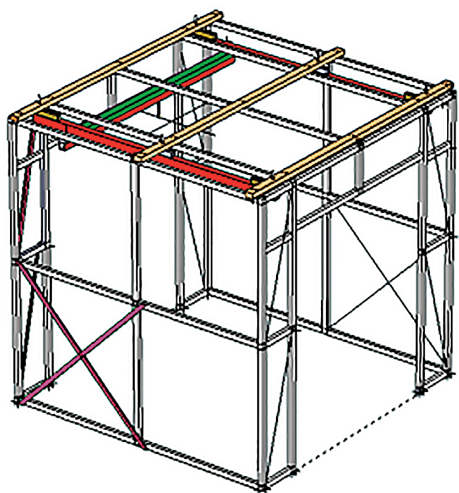


図19 スペースジムのフレーム構成

(2) 吊り具のデザイン

吊り具は子供の身体を固定するハーネスとそれをハンガーに繋ぐバンジーゴム製のロープからなる。ハーネスは骨盤部を支える腰ベルトと股ベルトかならなり、腰ベルトの前後4点から肩ベルトが接続されている。それぞれのベルトはバックルで簡単に開閉できる。したがって対象児を床に寝かせた状態でもハーネスの装着は可能である。腰ベルトの左右2ヶ所と肩ベルトの上端2ヶ所の合計4カ所に、バンジーゴムがカラビナを介して留められている。バロープの上端部もカラビナに結びつけられており、前述したハンガーのループ部にワンタッチで連結できる（図20）。



図20 ハンガーとバンジーゴムとハーネス

(3) 試用結果

今年の2月に川越市の重度心身障害児施設においてスペースジムを組み立て、3月に同施設に通院している6歳のJ君にスペースジムのモニターを依頼した。J君は脳腫瘍の後遺症により四肢麻痺があり、寝返りは可能だが座位は不安定である。担当のPTとハーネスを装着し、ロープを接合してハンガーから吊るし、床を蹴りやすい高さに調整した。J君は最初から不安な様子は見せなかったが、下肢で床を支える様子はなかった。しばらくすると体重移動や軽く床を蹴る動作が出始め、次第に前後左右に移動を始めた（図21）。30分ほどの試用だったが、J君は最後まで嫌がる様子を見せず、立位で



図21 スペースジムの使用状況

空中に浮遊した状態での移動を楽しめることが判った。

(4) 今後の課題

その後もスペースジムを5名の子供に使用してもらった結果、いくつかの課題が見つかった。

- ① ハーネスの装着に時間がかかる
- ② 肩ベルトの金具が側頭部に触れる
- ③ バンジーゴムの長さの調節が難しい
- ④ 勢いよく移動した時に体がフレームに当たることもある

などである。

今後はこれらの課題を解決すべく施設のセラピストと話し合いながら、改良を続ける予定である。

参考文献

- 1) 繁成 剛ほか、重度障害児用歩行器SRCウォーカーの適合と評価、川崎医療福祉学会誌、13(1)、2003
- 2) 繁成 剛、体幹前傾姿勢を応用した姿勢保持装置および歩行器のデザインと適合に関する研究、川崎医療福祉大学大学院学位論文、2006
- 3) 日本リハビリテーション工学協会SIG姿勢保持編、小児から高齢者までの姿勢保持第2版、2012
- 4) 繁成 剛、重度障害児の移動する喜びを引き出すテクノエイドの開発、第30回リハ工学カンファレンス論文集、181-182、2015

謝辞

本研究の調査や計測にご協力いただいた東京都立永福学園、志木市みつばすみれ学園、東松山市ハロークリニックの児童と保護者および職員の皆様に感謝申し上げます。また本学において歩行器移動の記録と計測に協力した繁成研究室と高橋研究室の学生諸君に感謝いたします。