

□寄稿□

## 文部科学大臣表彰を受賞して 「片麻痺者のための装具の開発」

山本 澄子\*

### I. はじめに

このたび北島政樹学長のご推薦をいただき、平成23年度の文部科学大臣表彰科学技術賞開発部門を受賞させていただいた。受賞内容は「歩行理論にもとづく片麻痺者のための下肢装具の開発」であり、受賞者は筆者の他に、川村義肢株式会社のエンジニアである松田靖史氏、安井 匡氏、株式会社 GK ダイナミックスに勤務するデザイナーの三富貴峰氏、横浜市立脳血管医療センターの理学療法士である萩原章由氏の5名である。今回、編集委員会からのご依頼によって開発の経緯などを学会誌に掲載させていただくこととなった。開発の過程で得た知見が臨床の場で働く方々の研究開発の参考になればさいわいである。

### II. 開発のきっかけ

筆者は大学の工学部電気工学科を卒業し、東京都立の研究所にリハビリテーション工学の研究者として就職し、歩行分析という研究に携わってきた。歩行分析は特殊なカメラや力の計測ができる計測器を使用して、人の歩行に関してさまざまな分析をする研究分野である。最初の約10年間は、股関節に障害がある方を対象に、多くの計測データから統計を使用した総合的な歩行評価を行う研究を行った。200名以上の股関節疾患者の計測を行ってそれなりの結果を出すことができ、海外の一流誌に論文が掲載されて学位を取得することもできた。しかし、研究が終わってみると、自分がやってきたことが果たして脚の悪い方々の役に立つのだろうか、という思いが頭から離れなくなり、これから研究者としてどうやって生きていこうかと悩むことが

多くなった。

そんなとき、声をかけてくださったのが、静岡県にある農協共済中伊豆リハビリテーションセンターのセンター長をされていた窪田俊夫先生であった。窪田先生はリハ医としてのお仕事の傍ら、歩行分析の研究をされていたが、大変お忙しいために研究に十分な時間が取れない状態であった。現在も脳血管障害による片麻痺者は国内に約135万人いるといわれ、寝たきりのもっとも多い原因となっている。1980年代半ばの当時から中伊豆リハビリテーションセンターには多くの片麻痺の方が入院されていて、そのうちの多くが歩行障害をもたれていた。片麻痺者は片手片足の麻痺があり、下肢に関しては歩くときにつま先が床から離れにくく、足首が不安定なために安心して歩くことができない。この状態を補助するために装具といわれる歩行補助具を使用することが多い。現在も同じであるが、当時は図1に示すような靴べら式装具が数多く使用されていた。靴べら式装具は足首の動きをほぼ固定するものから、足首部分を削り込むことによって少しずつ足首が



図1 靴べら式プラスチック装具

\* 国際医療福祉大学大学院 福祉援助工学分野

動くようにすることができる。しかし実際には一度割り込んだものは元に戻らないため、硬いままで使用されることも多い。窪田先生は私に「私たちは患者さんに靴べら式装具の処方をするときにいつもどのくらいの硬さにしたらよいか悩みます。今は医師、理学療法士、義肢装具士の経験と勘で装具の硬さを決めていますが、これをもう少し科学的に決められないでしょうか。装具は患者さんが体の一部として使用するものです。私たちが目が悪くなったときに眼科やめがね屋さんで視力検査をするように、歩行分析を使ってそれぞれの患者さんにあった硬さを決める研究をしてもらえませんか」といわれた。装具のことも片麻痺の患者さんのことも知らなかった私は、役に立つ研究ができるかもしれない、という理由だけでこの研究を担当させていただくことにした。

しかし、はじめてみると、世界的にみても装具に関する研究はほんのわずかしが行われていないことがわかった。通常、装具と並んで紹介される義足については、多くの研究開発が行われて、ハイテクを使用した高機能の義足が開発されていた。しかし、装具については何十年も前から変わらない状態で、使用者の足がない義足に比べて、麻痺した状態のさまざまな足があること、片麻痺が全身の障害であることが研究開発をむずかしくしていることがわかった。最初は靴べら式装具の応力解析やプラスチック材料の強度測定などの回り道をしたが、しばらくしてから図2に示すような計測用装具を作って患者さんの歩行を計測するようになった。窪田先生のいらっしゃる中伊豆リハビリテーションセンターまで、東京から車に計測器を積み込んで3時間以上かけて4,5人の同僚といっしょに何度も通って100名以上の患者さんの計測をさせていただいた。計測を続けるうちに、患者さんが歩きやすいという装具の機能がわかってきた。それは、歩行中の足が最初に床に接地するとき、踵から接地した足の動きにブレーキをかけながら滑らかにつま先を落とすいき、それ以降は足首が自由に動く、というものであった(図3)。これは歩行中の足首周りの筋の働きを考えた機能である。このような設定をした計測用装具をは

いた患者さんが「これは歩きやすいねえ、これを履いて帰りたい」といわれて驚いた。靴べら式装具と比較して大きく、重く、歩くとガチャガチャ音がする計測用装具を「履いて帰りたい」といわれるのはたいへんな驚きだった。また、こんなものでも履きたいといわれるのなら、今の装具は患者さんにとってどんなに歩きづらいのだろうと考え、必要な機能をもつ装具を開発することを決心した。

### III. 最初の開発

先に述べたような装具の機能は、従来の装具の機能であるつま先が落ちないように足首の動きをとめるものとは正反対のものだった。1995年の日本義肢装具学会学術大会でこのことを発表した際には、「装具の足首が動くなどおかしいではないか。片麻痺患者を診たことがないエンジニアだから何もわかっていないのだから

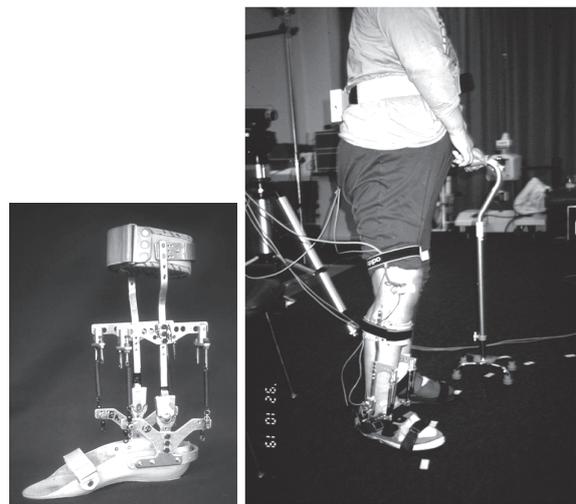


図2 計測用装具を使用した片麻痺者の歩行計測

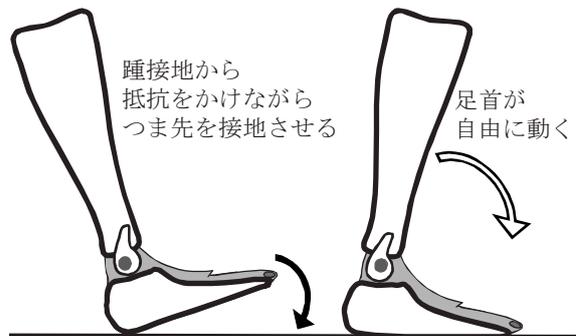


図3 歩行中に必要な装具の働き

う」と多くのお叱りの言葉を受けた。しかし私は、「患者さんが歩きやすいといっているのだから、誰に何をいわれようとこれは正しいに違いない」と思って開発を進めることにした。

しかし、工学部出身といってもものの開発の知識も経験もない私は、どうしてよいかわからず、最初は従来と同じプラスチック材料を使って開発を行おうと考えた。装具の足首の構造として、つま先が落ちる方向にはブレーキをかけながら動き、足首が上がる方向には自由に動くことが必要である。いろいろ考えたすえに、たくさん装具を抱えて、外資系のプラスチック材料メーカーに面会にいき、理解されずに不思議な顔をされたこともあった。そのうち、上記の機能をばねで実現させようと考え、日本有数のばねメーカーである日本発条株式会社を訪ねて、試作品の開発を依頼した。装具のことも片麻痺のことも、さらに歩行のことも知らない機械系エンジニアに一生懸命説明して共同開発の承諾を得ることができた。開発には予算が必要なので、埼玉県内の義肢装具メーカーに協力を依頼してテクノイド協会の研究助成金を受けて、1996年にばねを使用した装具の開発がスタートした。

このときに開発した装具が図4左である。必要な機能を満たすためには大きな力が必要であり、大きな力を発揮する大きなばねがついたものである。この装具は実際に販売することができ、使用する方は楽に歩けるようになったが、写真でわかるとおり、大きく、重く、歩くときに音がするという欠点があった。さらに、装具を製作する義肢装具士から、製作に非常に時間がかかるためできれば作りたくない、という意見がよせられた。最後に決定的だったのは階段下りが危険、という欠点だった。片麻痺者は階段を下りるときに装具の後面を階段に沿わせて下ろしていく場合がある。装具の脛の後面にばねを配置した構造では、突起部分が引っかかって転倒の危険があることがわかり、いくら歩きやすくても危険が伴うものを販売するわけにはいかないと思って、私自身はこの装具の普及をあきらめることにした。

#### IV. 油圧ダンパーつき装具の開発

その後数年たったときに、古い友人から「続けてきた仕事はどうなったの。あなたがやらなくては誰もやってくれないのよ」といわれ、もう一度チャレンジすることにした。前回、自分の力だけの開発では限界があることがわかったため、今回は開発部門をもつ日本最大の義肢装具メーカーである川村義肢株式会社に共同開発を依頼することとした。大阪にある本社までいき、当時の社長であった川村一郎氏に面談して共同研究をお願いした。川村社長はお忙しい中2時間近くも話を聞いてくださり、「うちでやりましょう」と決断してくださった。そこから新エネルギー総合技術開発機構(NEDO)の研究助成金を所得して、油圧ダンパーを使用した装具の開発が始まった。川村社長に紹介していただいた今回の受賞者であるエンジニアの松田氏、安井氏や多くの義肢装具士のご協力により、私が頭に描いていた機能を持ち、小さくて大きな力を出す装具が徐々に実現していった。図4右が油圧ダンパーを使用して最初に開発した装具である。ばねのものよりはだいぶ小さいが、まだ従来のものよりは大きく重かった。



ばねを使用した装具  
テクノイド協会の助成金  
による開発(1996年)

油圧ダンパー使用した装具  
1号機  
新エネルギー総合技術開発機構(NEDO)の助成金による開発  
(2002年)

図4 開発した装具

開発を進めるうちに、装具には歩きやすさだけでなく、多くの必要な機能があることがあらためてわかってきた。すなわち、片手が不自由な片麻痺者が片手で装着できること、装具の上から靴が履きやすいこと、できるだけ軽いこと、などである。特に靴については、従来の装具では装具の上から靴を履く際に、自分の本来のサイズより大きな靴が必要となり、左右異なる大きさの靴を履くか、装具を使用しない方の足にぶかぶかの靴を履く、ということが日常的に行われてきた。これらは細かいことのようにであるが、実際に使用する方の立場に立ってみると大きな問題である。これらの問題を解決し、使ってみたくなる装具の開発を目指すために、今回の受賞者であるデザイナーの三富氏がメンバーに加わった。三富氏が最初に行ったのは患者さんへのインタビューであった。インタビューの質問は「どんな装具があったらよいですか」というような月並みなものではなく、「もしすばらしい装具があったら、あなたはそれを履いて何がしたいですか」というものであった。これによって、使用者である患者さんが装具に何を求めているかを知ろうとしたもので、デザインというのは色や形ではないことをあらためて教えてもらった。当初から開発に際しては、医師、理学療法士、作業療法士の協力も欠かせないものであった。今回の受賞者である萩原氏を初めとした多くの医療関係者たちが、試作品を患者さんに履いてもらったり、実際に装着の手順を試してもらったり、さまざまな場面で活躍した。ときには患者さんの動きをよく知る作業療法士が、患者役となって演技する場面もあり、和気藹々とした雰囲気での開発が行われた。

このような過程を経て開発されたものが、今回の受賞対象である図5の装具である。この装具は歩行補助という機能だけでなく、装具に必要とされる機能の多くを満たすことができた。特に靴の履きやすさについては、装具の足の部分を極力小さくして、装具の上から手持ちの靴を履けるようにすることができた。図6は開発に携わった主なメンバーである。

## V. 装具の開発から装具療法へ

現在、開発した装具は国内で2万人近くの患者さんに使用していただいている。さらに、最近はこの装具が治療用装具として使用されることが多くなった。従来の装具は足首の動きをほぼ止めてしまうために、リ



新エネルギー総合技術開発機構(NEDO)の助成金による開発(2006年)

図5 文部科学大臣表彰を受賞した装具デザインを重視し、靴の履きやすさも考慮した。



川村義肢株式会社の義肢装具士とエンジニア



横浜市立脳血管医療センターの理学療法士  
前列左から2番目が筆者

図6 装具開発に関わったメンバー

ハビリテーションにおける歩行練習の妨げになると考えられてきた。しかし、この装具は歩行中の筋の働きを考えて必要最低限度の補助をするものであるため、治療用装具として医療関係者に受け入れられるようになった。現在では多くの施設でこの装具を使用した歩行のリハビリテーションが積極的に行われるようになってきた。装具というハードウェアが装具療法というソフトウェアにつながってきたことは開発者にとって非常に喜ばしいことである。今後は、さらに装具を使用してどのような歩行練習を行うことがよりよい歩行につながるかノウハウの蓄積が必要である。

最後に、今回の装具の開発が患者さんや医療関係者に受け入れられるようになった要因を考えてみたい。現在、義肢装具だけでなくさまざまな福祉用具の開発が行われているが、残念なことに普及にいたるものは非常に少ない。工学技術を利用した開発の多くはエンジニア主導で行われ、もっとも重要な使用者や医療関係者の意見を積極的に取り入れてこなかったのではないかと考える。今回の装具開発では、患者さんの意見と医師、理学療法士、作業療法士、義肢装具士などの医療関係者の知識と経験、さらにそれを機械部品メーカーに説明するリハ・エンジニアとデザイナーが、それぞれつながりながら開発を行ったことが、実際に使用できるものの開発につながったのではないかと考える(図7)。たとえば、患者さんに装具に対する希望を聞けば「小さくて目立たないものがよい」「疲れないで歩けるものがよい」というような答えが返ってくるが、これをすぐに開発に結びつけることはほぼ不可能である。

ここに医療関係者の身体や歩行に関する専門的知識を含め、さらにリハ・エンジニアやデザイナーによって装具に必要な機能を数値であらわすことが必要であった。さらに、同じ目的のために長期間、共同で仕事をすることによって、職種の壁を越えて情報共有ができるようになった。患者さんを中心としてそれぞれの職種が自分の役割を認識したうえで連携していくことが、使えるものの開発につながったと考える。

現在、この装具は日本国内では多く知られるようになり、装具の足首を動かすことのメリットも広く知られるようになった。しかし、欧米を含めた海外の状況は10年前の日本とほぼ同じである。今回の受賞を契機として、国内で乗り越えてきた壁を多くの仲間たちとともにもう一度海外でも乗り越えることが今後の課題である。

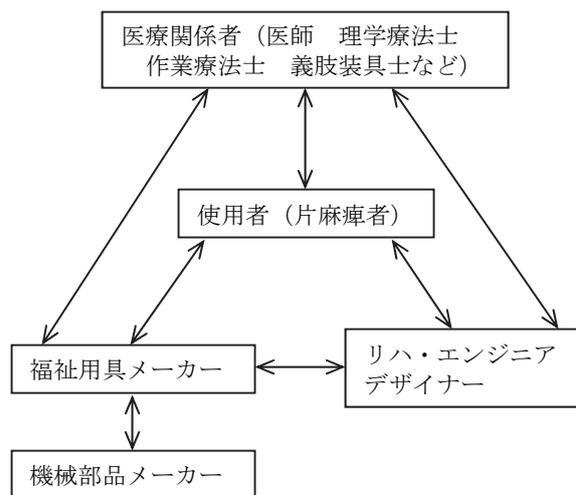


図7 装具開発における各職種の関係