米国特許データを用いたスポーツ用義足技術の 影響分析

永松陽明

はじめに

2021年夏に開催された東京2020パラリンピック競技大会では、ドイツの Markus Rehm 選手が陸上男子走り幅跳びT64クラス(片足の膝から下が義足)において8 m 18cm の記録で3連覇を達成した。その Rehm 選手の過去最高記録は8 m62cm であり、東京2020オリンピック競技大会の男子走り幅跳びの優勝記録で8 m41cm(ギリシャ、Miltiadis Tentoglou 選手)の記録を21cm 上回っている。

このようなスポーツ用義足を用いる夏季パラリンピックの競技を表1に示す。

スポーツ名 クラス 解説及び対象となる障がい このクラスは、立位もしくはスツール(いす)を使用 アーチェリー して実施。立位の際に義足を用いる。対象は上肢・下 ST このクラスは通常の自転車を使用。対象は切断・まひ 自転車競技 С などの四肢の障がい。 6, 7, 8, このクラスは立位で実施。障がいの種類や度合いに応 卓球 9.10 じて区分けされる。 肢体不自由であり立位で実施。障がいの種類や度合い PTS2, PTS3, トライアスロン PTS4, PTS5 に応じて区分けされる。 下肢障がいであり立位で実施。障がいの種類や度合い バドミントン SL3, SL4 に応じて区分けされる。 T61, T62, Tは競走種目・跳躍種目、Fは投てき種目を示す。義 T63. T64. 陸上競技 足の使用が明示されているクラスであり、対象は下肢 F61, F62, 障がい。 F63. F64.

表1 義足を用いる夏季パラリンピック競技

出典:日本財団パラリンピックサポートセンターパラサポ WEB ホームページ, https://www.parasapo.tokyo/sports (2021年12月1日) を基に作成

陸上競技以外のスポーツにおいても,海外選手や日本人選手がスポーツ用義足を装着 し、好記録を出し続けている。

そうした選手たちの活躍を支えてきたスポーツ用義足は、アメリカの発明家である Van Phillips によって開発され、進化を遂げてきた。その開発の軌跡を表2に示す。

表2 Van Phillips によるスポーツ用義足開発の軌跡

| 1976年 | アリゾナ州立大学3年時に水上スキーをしていた際, モーターボートに衝突され, プロペラで左足の膝下を切断。 |
|-------------|--|
| 1977年 | ノースウェスタン大学医用生体工学プログラムに参加。ユーザーがジャンプして リバウンドできる義肢の概念化を開始。 |
| 1981年 以降 | ノースウェスタン大学卒業後、ユタ大学の生物医学設計センターに開発エンジニアとして勤務。骨ではなく、靭帯と腱の復元に焦点を当て、義肢のソケット、裏地、アタッチメントの開発に取り組む。ジャンプを可能にするアイデアに関して素材やデザインを模索。 以降、チーターの後脚のC字型に触発され、プロトタイプの製作を開始。その開発過程で、エネルギーリターンが高く、かつ軽量、耐久性があるカーボングラファイトを採用。航空宇宙材料エンジニアのDale Abildskovのサポートを受け、開発した数百のモデルを自身の脚を使いテスト。 最終的なデザインはL字型となり、この形状に「かかと」部分を付与。かかとに体重がかかることにより、バネのように機能し、踏みこみと同時に体重がエネルギーに変換される走行やジャンプが可能な義足が完成。 |
| 1984年 | Dale Abildskov らと Flex-Foot Inc. を設立。 |
| 1988年 | Flex-Foot Inc. が制作した Flex-Foot 製品がパラリンピック大会に初登場。 |
| 1992年 | 現在のスポーツ用義足の形状が確立 (ドミナント・デザインの確立)。 |
| 1996年 | スポーツ用義足「チーター」を発売開始。 |
| 1998年 | 国際義肢装具学会から Brian Blatchford Memorial Prize を受賞。 |
| 1999年 | Flex-Foot 製品に形状が似た安価で丈夫な義足を世界に届けるために、Second Wind Foundation を設立。 |
| 2000年 | Flex-Foot Inc. をアイスランドの義肢メーカーÖssur に売却。 |
| | |

出典:マサチューセッツ工科大学 Lemelson-MIT プログラムホームページ, https://lemelson.mit.edu/resources/van-phillips; National Paralympic Heritage Trust ホームページ, https://www.paralympicheritage.org.uk/running-blades-and-their-evolution, (2021年10月21日); Hobara (2014) を基に作成

表2の1981年以降の Van Phillips の取り組みが示すように、トライアンドエラーを繰り返すことにより素材や構造などの検討が行われ、スポーツ用義足は開発されてきた。全く知識がない状況からの出発ではなく、現在スポーツ用義足の主材料となっているカーボングラファイト材の利用知識は、先駆的に利用していた航空宇宙分野からの知見を得ている。本稿の例からもわかるように、製品の技術開発には様々な分野の知見、知

識が活用される。

様々な分野の知識は、製品やサービスに組み込まれ使用されることで新しい製品やサービスを作り出すことに貢献する。そうした技術のフローは、経済学の分野では技術のスピルオーバーと呼ばれる^{1,2}。スピルオーバーの事例は多く存在すると考えられるが、企業にとってノウハウ開示になる等の理由により明らかになることは少なく、第三者の視点で詳細に分析することは困難である。

また、知識は論文や特許となり公知化されることも多い。それが他の論文・特許に引用されることで、論文化、特許化された知識が再利用され、新しい論文や特許が創出されている。以上のメカニズムを図1に示す。

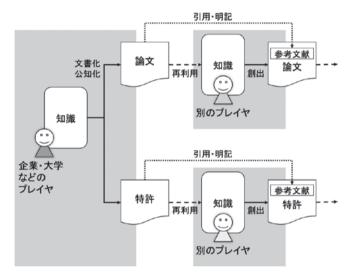


図1 論文や特許を通じた知識の再利用・創出メカニズム

図1に示したメカニズムは、技術のスピルオーバーの一つであると言える。また、重要な特許ほど他の特許からの引用が多いことも指摘されている^{3,4}。技術のフローは製品やサービスレベルではわかりにくいが、論文や特許では引用情報が明記されるため、第三者の視点で技術のフローを把握することが可能である。

以上の視点で、これまでのパラリンピックやパラスポーツ(障がい者スポーツ)における特許を分析対象とした研究⁵や技術を扱った研究^{6,7,8,9}の調査を行ったが、論文・特許の引用を捉える視点で分析した研究は僅少であった。

そこで本稿では、論文・特許を対象としてパラスポーツ技術に関する引用を分析する ことにより、パラリンピック関連技術の研究開発が他産業に与えた影響を明らかにして いくことをねらいとする。

1. スポーツ義足技術から他技術への影響を分析するためのステップ

(1) 分析の進め方

論文・特許の引用を分析するために、図2に示すステップで研究を進める。

図2に示す「分析方法の設定」では、論文・特許の引用を分析するための方法を検討する。次に「分析対象と分析期間の設定」では対象とする論文・特許や期間を、「分析データの収集」ではデータを収集するための方法を考える。そして以上のステップを踏まえ、「分析の実施」を行う。



図2 本研究における分析ステップ

(2) 分析方法の設定

論文・特許の引用を調査するためには、データベースを使用する必要がある。それらのデータベースは各国政府や関連団体が提供するもの、あるいは有償・無償で提供される商業的なものなどが完備されている。しかし、論文のデータベースに関しては本稿がねらいとする技術的なものだけでなく、社会科学や人文科学分野など直接技術を取り扱わない論文も含むため、ノイズ除去が不可欠となる。一方で特許データベースが提供する特許情報は技術が中心となっているため、技術か否かのノイズ除去が不必要となる。そのため、本稿の分析では特許を研究対象とする。

その特許を出願する際には、日本においても米国においてもタイトルや要約、特許の内容を示す請求項を明確に伝えるための図などを作成する。併せて参考とした特許や論文などを明記する必要がある。日本の特許であれば「参考文献」、米国の特許であれば「References Cited U. S. Patent Documents / Foreign Patent Documents」(米国特許商標庁が提供するデータベースでは Referenced By と表記)と記される。この部分に着目すると引用した特許を把握することができる。米国におけるこの引用関係を図3に整理する。

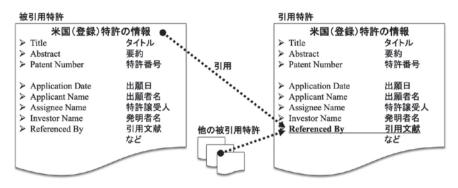


図3 米国特許の引用関係

ここで特許の出願から登録までの日米でのフローを確認する。

特許は、まず特許を記述した発明者がおり、多くの場合弁理士のサポートを得て、国内では特許庁、米国では米国特許商標庁に出願する。そして出願日から1年6カ月後に公開特許公報が発行され、出願された申請が公知される。また、特許出願から3年以内に審査請求を行い特許の審査が行われ、特許として拒絶されなかった場合、特許ないし登録特許と呼ばれ、特許掲載公報に掲載される。なお、米国では、審査請求は不要となっている。

本稿では、図3に示した特許間の関係性を追っていく引用分析を行うことで、特許の 影響を測定する方法を採用する。

本方法は、米国特許商標庁が提供するデータベース「USPTO patent full-text and image database」 https://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html により実現可能である。

(3) 分析対象と分析期間の設定

次に分析対象と分析期間を設定する。

まず分析対象として、パラスポーツにおいて使用される頻度が高いスポーツ用義足に着目する。理由は、アイスランドのÖssurやドイツのOtto-Bock、今仙技術製作所など多くの企業が参入している分野であり、技術開発が活発と想定されるためである。

ただ、多くの企業の特許を網羅的に調査することはコスト的に困難であるため、絞り込みが不可欠である。ここで表2に示した Van Phillips は義足の基本的な形状を考案した発明家であると同時に、多くの特許を自身が発明者として申請していることに着目する。

加えて、スポーツ用義足が提供する機能は、走る、跳ぶことが主であるため、健常者

のスポーツシューズにそうした技術が包含されると想定される。そこでグローバルに展開している大手スポーツシューズメーカーを表3に示す。表3に示す売上高は1ユーロを1.1ドルと換算し算出している。

| メーカー名 | 本社所在地 | 売上高 (最新決算値) |
|------------|-------|-----------------------------|
| Nike, Inc. | 米国 | 44,538百万ドル |
| Adidas AG | ドイツ | 21,824百万ドル (19,844百万ユーロ) |
| PUMA SE | ドイツ | 5,757百万ドル (5,234百万ユーロ) |

表3 グローバルに展開している大手スポーツシューズメーカー一覧

出典: Nike インベスターリレーションズホームページ、https://sl.q4cdn.com/806093406/files/doc_downloads/2021/08/NIKE_CEO_Letter_-_Shareholder_Information-Final-Proof-Website.pdf; Adidas アニュアルレポートホームページ、https://report.adidas-group.com/2020/en/at-a-glance/financial-highlights-2020.html; PUMA アニュアルレポートホームページ、https://annual-report.puma.com/2020/en/additional-information/puma-year-on-year-comparison.html(2021年12月1日)を基に作成

米国の Nike の売上高規模は Adidas の 2 倍となっており、マーケットにおける存在 感は大きいと判断できる。

以上より、Van Phillips と Nike との特許引用関係を分析対象とする。

両者とも米国を基盤としているため、使用するデータベースは「USPTO patent full-text and image database」とし、分析期間は使用データベースのデータ提供期間を分析期間とする。以上、表4にこれまでの議論を整理する。

| ,,, | | | | |
|----------|---|--|--|--|
| 使用データベース | USPTO patent full-text and image database | | | |
| 分析対象 | Van Phillips の特許情報を引用した Nike の特許情報 | | | |
| 分析期間 | USPTO patent full-text and image database の特許データ提供期間(1976年から現在まで) | | | |

表4 本研究における使用データベース, 分析対象, 分析期間

2. 分析結果

(1) 引用分析結果

「USPTO patent full-text and image database」を利用して、発明者名 (Inventor

Name)を Phillips; Van L. と入力し特許数を検索した結果, 54件となった。前述したが, 米国では出願された特許は全て審査されるため, 特許データベースには公開された出願 情報も1件として掲載される。そのため単純に検索すると, 重複した結果となる。

次に、発明者をPhillips; Van L.、発明者と同様に特許に権利を持つ特許譲受人 (Assignee) を Nike として入力すると 3 件の結果を得ることができる。以上の検索結果を表 5 に整理する。

表5 分析結果

| Van Phillips の特許総数(重複除去無) | 54件 |
|------------------------------|-------------|
| Nike における Van Phillips 特許引用数 | 3件(重複除去前5件) |

以上の結果により、Nike は Van Phillips の特許を 3 件引用していることが分かった。 続いて被引用及び引用特許の詳細を表 6 に整理する。

表6 分析結果詳細

| No. | 被引用特許 (Van Phillips が発明した特許の情報) | | 引用特許 (Nike が譲り受けている特許情報) | |
|-----|------------------------------------|---|------------------------------------|--|
| 1 | 特許番号 発明者名 出願日 登録日 タイトル | 4,822,363 Phillips March 26, 1987 April 18, 1989 Modular composite prosthetic foot and leg | 特許番号 発明者名 出願日 登録日 タイトル | 8 , |
| 2 | 特許番号 発明者名 出願日 登録日 タイトル | 5,443,529 Phillips February 19, 1993 August 22, 1995 Prosthetic device incorporating multiple sole bladders | 特許番号 発明者名 出願日 登録日 タイトル | D 376,902 Avar November 20, 1995 December 31, 1996 Element of a shoe midsole |
| 3 | 特許番号 発明者名 出願日 登録日 タイトル | 5,443,529 Phillips February 19, 1993 August 22, 1995 Prosthetic device incorporating multiple sole bladders | 特許番号 発明者名 出願日 登録日 タイトル | Swigart, et al. June 16, 2017 March 12, 2019 |

表6より、No.2とNo.3の被引用特許が同一であることが分かるため、Nike が引用

した特許は2件であることが分かる。

次に表6のそれぞれの特許情報内容を検討する。

表 6 の No. 1 では、Nike の引用特許は下部のソールと上部の足を覆う部分が分かれた靴の構造の特許である。一方、Van Phillips の被引用特許は、利用者自身の脚を包むソケット及び足部分がL字にかかとを付与した形状のもので構成されている義足であった。

続いて、表6のNo.2では、Nikeの引用特許はシューズの靴底(ソール)部分の外側に装飾的なデザインを施したものであった。Van Phillipsの被引用特許は、義足の足部分に負荷がかかる際にそのエネルギーを吸収する複数の空洞を備えた袋(bladder)を組み込んだ義足の特許である。

表6のNo.3では、Nikeの引用特許は、加圧された流体が密封された袋(bladder)などがソールに組み込まれる構造の履物を対象としたものであり、Van Phillipsの被引用特許はNo.2と同じものが引用されている。

以上のことから、Nike は Van Phillips の義足の特許を参考にしてシューズの特許を 作成していることが分かった。特に足が地面から受ける衝撃を和らげるためのソールの 内部構造に影響を与えていると考えられる。

しかし、これまでに Nike が譲り受けている保有特許は、重複もあるが10,849件ある。 その1万件程度ある中で、3件の影響は限定的なものであると言わざるを得ない。

(2) 追加分析

続いて、引用分析結果で Nike に 2回(表 6 No. 2 及び No. 3) 引用されていた特許について着目する。他特許からの特許「特許番号5,443,529」の引用件数を表 7 に示す。

| X. ZMM North | | | | |
|-------------------------|------|--|--|--|
| 対象特許(特許番号5,443,529)引用総数 | 100件 | | | |
| 重複除去後の引用件数 | 53件 | | | |

表7 追加分析の結果

表7における重複除去については、同一特許譲受人の同一タイトルの特許は同一特許 として処理を行った。これにより53件の特許に引用されていることが明らかとなった。

それらの特許の特許譲受人を見ることでどの分野に引用されているのかの傾向が確認 できる。図4にその結果を示す。

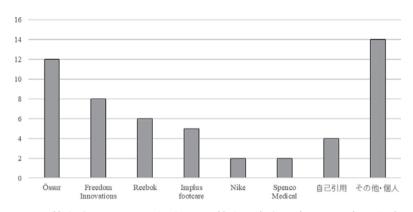


図4 特許番号5,443,529を引用した特許の譲受人(Assignee)の傾向

図 4 より、最も多く引用している企業は、Van Phillips が設立した Flex-Foot を買収した Össur(12件)である。義肢メーカーの Freedom Innovations(8件)が続き、義 肢関連メーカー群がその特許を引用している。また、健常者用スポーツシューズメーカーの Reebok(Adidas グループ企業)及び Nike も合計で 8 件引用していることも確認できる。シューズの内部に入れる中敷き、インソールのメーカーである Implus Footcare 及び Sperco Medical も引用していることが確認できた。

次に、図4に示した特許譲受人の主なビジネスのフィールド、つまり業種に着目して、 「特許番号5.443.529」の引用の傾向を図5に示す。

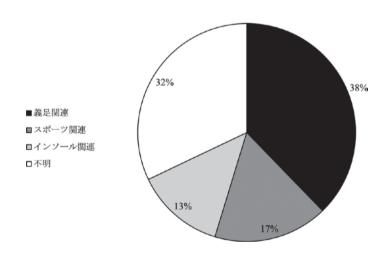


図5 特許番号5.443.529を引用した特許の譲受人(Assignee)の業種

図5中の義肢関連業種の引用比率は38% (20件),スポーツシューズを含むスポーツ 関連業種は17% (9件),インソール関連業種は13% (7件)となっている。つまり3 割の引用は義足以外の業種となっており、影響を与えていると考えられる。具体的には、 先述したが足が地面から受ける衝撃を和らげるための義足の技術が、健常者用スポーツ シューズ及びインソール技術に対してある程度影響を与えていると考えられる。

また、Nike や Reebok のスポーツシューズにはソールにクッションが組み込まれている製品がある。表3で示したようにスポーツシューズメーカーの売上高は大きく、スポーツシューズは日本市場だけでも4,000億円を超える 10 。こうした製品に Van Phillips の特許を参考とした技術が使われているならば、金銭的大きなインパクトを創出している可能性がある。

3. 結論

2021年夏に開催された東京2020パラリンピック競技大会では、スポーツ用義足を装着した多くの選手が活躍をした。そのスポーツ用義足開発に大きな貢献をした技術は、米国の Van Phillips の様々な発明に依る。そして、それらの発明・技術は直接的にはパラスポーツの支援を実現するものであるが、生み出される過程で行われた高度な構造や素材の研究開発は他の産業に対して何らかの影響を与えていると想定する。そこで、Van Phillips が発明者となっている特許について、スポーツシューズを開発・販売している世界最大のスポーツメーカーの Nike の特許への引用状況を調査した。結果、Van Phillips の特許のうち 2 件が Nike の 3 件の特許に引用されていた。具体的には、上下が分かれた靴の構造やソールの内部構造に関する特許である。1976年以降、Nike が保有する特許は重複も含め 1 万件程度あるため影響は定量的には限られたものと判断されるが、引用が行われていることを確認できた。

また、Nike に2回引用された特許(特許番号5,443,529)に着目し追加分析を行った。その結果、義肢メーカーだけでなく、Nike を含めた健常者用シューズメーカーや Implus Footcare などのインソールメーカーにも引用されていたことがわかった。以上の結果から足が地面から受ける衝撃を和らげるための健常者用スポーツシューズ及びインソール技術に対してある程度影響を与えていると考えられる。Nike や Reebok のスポーツシューズにはソールにクッションが組み込まれている製品があり、このマーケットの市場規模は非常に大きい。こうした製品に Van Phillips の特許を参考とした技術が使われているならば、金銭的にも大きなインパクトを創出している可能性がある。

本研究の課題としては、スポーツ用義足から一般のスポーツシューズへの技術の影響に対して、特許の直接的な引用だけではなく間接的な引用や論文も考慮する必要がある。また、今回の調査はコスト的に限界があり、Van Phillips と Nike との引用分析を行うだけにとどまっているため、その結果は限定的なものであることに留意いただきた

110

パラリンピック・ムーブメントは、パラスポーツの振興や健常者の障がい者に対する意識改革だけではなく、パラスポーツ技術による健常者を対象とした技術へのポジティブインパクトも含まれると考える。しかし、障がい者・パラスポーツの市場は大きくなく、企業にとって魅力的であるとは言えないため、研究開発が活発化しにくい状況にある。ただし、本稿で対象としたスポーツ用義足のように、過酷な状況下で身に付ける負荷の大きい用具の開発は、構造や素材などの高度化に大きく貢献し、他分野への技術のスピルオーバーにも効果的と判断できる。企業は技術のブレークスルーのヒントとなる市場として、パラスポーツを認識すべきと考える。

参考引用文献

- 1 Griliches, Z., 1979, "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth," Bell Journal of Economics, 10(1), 92-116.
- 2 小田切宏之,後藤晃,1998,『日本の企業進化―革新と共創のダイナミック・プロセス―』,東 洋経済新報社.
- 3 Carpenter, M. P., Narin F. and Woolf, P., 1981, "Citation Rates to Technologically Important Patents," World Patent Information, 3 (4), 160-163.
- 4 六車正道, 2006, 「引用特許分析の有効性とその活用例」, 『情報の科学と技術』, 56(3), 114 119.
- 5 特許庁, 2020, 『令和元年度特許出願技術動向調査 結果概要 スポーツ関連技術』, https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/2019_02.pdf, (2021年10月31日).
- 6 Hobara, H., 2014, "Running-Specific Prostheses: The History, Mechanics, and Controversy," 『バイオメカニズム学会誌』, 38(2), 105-110.
- 7 沖川悦三, 2014, 「スポーツ用具としてのチェアスキー開発」, 『バイオメカニズム学会誌』, 38 (2), 93-98.
- 8 相馬りか, 2015,「科学技術動向研究 障害者スポーツ用具の技術動向」,『科学技術動向』, 151, 16-22.
- 9 永松陽明, 2019,「パラスポーツにおける用具の技術開発の現状と課題」,『日本財団パラリンピックサポートセンターパラリンピック研究会紀要』, 12, 69-82.
- 10 矢野経済研究所、2020、「スポーツシューズ市場に関する調査を実施(2020年)」、https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2496、(2021年12月1日).

Impact Analysis of Sports Prosthesis Technology Using U.S. Patent Data

NAGAMATSU Akira

At the Tokyo 2020 Paralympic Games held in the summer of 2021, many athletes wearing sports prosthesis, including German Markus Rehm, gave outstanding performances. The technology that contributed significantly to the development of these sports prostheses was based on various inventions by Van Phillips in the United States. While these inventions and technologies are directly aimed to support Para sports, it can be assumed that research and development of the advanced structures and materials undertaken in the process also has an impact on other industries. This paper examines patents for inventions by Van Phillips through their citations within patents of Nike, the world's largest sports supplier and manufacturer, which develops and sells sports shoes for able-bodied persons. The results of this research showed that two Van Phillips patents were cited in three Nike patents. Specifically, patents relating to shoe structure with separate upper and lower parts and the internal structure of the sole were cited. Nike has held approximately 10,000 patents since 1976, including overlapping patents, and the impact of Van Phillips patents can be considered limited in quantitative terms, but research for this paper was able to confirm the existence of citations.

The paper includes additional analysis focusing on the Van Phillips patent that was twice cited by Nike (Patent No. 5,443,529). The results show that the same patent was cited not only by prostheses manufacturers but also by manufacturers of shoes for able-bodied persons, including Nike, as well as by insole manufacturers such as Implus Footcare. In view of these results, it can be assumed that this patent has had some impact on technology for shoes and insoles for able-bodied persons in reducing the impact of the ground on the feet. Some Nike and Reebok sports shoes have cushions built into the soles, and the size of the market for these products is

significant. If technology based on Van Phillips' patents are used in these products, it could also have a notable financial impact.

For further research on the influence of sports prostheses on sports shoes for ablebodied persons, it is necessary to consider not only direct citations of patents but also indirect citations and research papers. Furthermore, it must be noted that due to cost constraints, this particular study is limited to the analysis of Van Phillips and Nike patent citations.

The Paralympic Movement includes not only the promotion of Para sports and a change in awareness of able-bodied persons toward persons with disabilities, but also the positive impact of Para sports technology on technology for able-bodied persons. However, the market for persons with disabilities and Para sports is limited in scale, and does not easily attract companies. This makes it difficult for research and development in these areas to become energized. Nevertheless, as with the sports prostheses discussed in this paper, the development of heavy-duty equipment that can be worn under harsh conditions can contribute substantially to the advancement of structures and materials, and can be effective as technology for other areas. Thus, it is in the interest of companies to recognize Para sports as a market that can provide an indication of technological breakthroughs.