

障害者スポーツ用具の技術動向

相馬 りか

概要

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、最近、我が国では障害者スポーツの注目度が高まっているが、車椅子をはじめとした障害者スポーツの用具の進化にも著しいものがみられる。素材の多様性や加工技術の進歩によって高機能の用具が開発されているが、どのスポーツ種目についても、その用具には安全性の上に耐久性や操作のしやすさなど多くの要素が求められる。競技用車椅子ではカーボン素材を随所に使用し、剛性を維持しつつ軽量化を図っており、チェアスキーは複数の国内企業がパーツ別に開発を行い、国際的に存在感のあるレベルの製品が製造されている。また、障害者スポーツ用具の世界にデザインという概念を持ち込んだ走行用義足も開発されている。現在、我が国の障害者スポーツを取り巻く環境は大きく変わりつつあり、障害者スポーツの用具も今後大きく進歩することが見込まれている。様々な技術的要件を克服しなければならない障害者スポーツ用具の世界で磨き上げられた技術は、例えば今後の超高齢化社会でも有効に活用され、2020年以降の社会へのレガシーとなることが期待される。

キーワード：障害者スポーツ，パラリンピック，車椅子，チェアスキー，義足

1 はじめに

2012年のロンドンパラリンピックでは、8万人のスタジアムが満席となった。また、国内でも車椅子テニスのグランドスラム4大会のテレビ中継が2015年のシーズンから始まる¹⁾など、障害者スポーツの報道も増え、我が国でもその注目度は高まりつつある。近代における障害者スポーツは、リハビリテーションの補助的な方法として第二次世界大戦以降、世界各国に広まったが²⁾、今日の大規模な競技会では、国内外を問わず、リハビリテーションをはるかに超えた高い競技レベルとなっている。この背景として、アスリートのトレーニングによる身体能力の向上はもちろんだが、多くの種目で用具の進化が挙げられる。本稿では、障害者スポーツでは歴史の長い車椅子、日本の製品が世界のトップクラスの性能を持つチェアスキー、板バ

ネの有利性がマスコミで話題となった義足の技術要素と、関連する用具について紹介する。

2 スポーツ用具の事例紹介

2-1 スポーツ用車椅子の種類

車椅子でのスポーツの歴史は古く、パラリンピックの起源とされ、1948年のロンドンオリンピックと同時に英国で開催された、「ストーク・マンデビル競技会」で行われた競技は車椅子患者によるアーチェリーであった²⁾。車椅子スポーツの普及とともにレベルが向上し、リハビリテーションや治療よりもその競技性が注目されるにつれ、種目の競技特性に応じた機能を持つ車椅子が開発されるようになり、今

日のスポーツ用車椅子の形状は、競技種目によって大きく異なる（図表1）。

2-1-1 レース用車椅子

1975年に初めて車椅子ランナーがボストンマラソンに参加³⁾して以来、より速く走行できることを追求し、競技規定に対応しつつ、様々な改善が行われた結果、現在のレース用車椅子は直進走行時の安定性に優れた前輪が大きく前方に出た3輪が主流となった。後輪は安定性と漕ぎやすさのために、地面に近い部分が広くなるよう取り付けられている（図表1左）。フレームには軽く剛性を兼ね備えた素材としてアルミニウム合金やチタン合金のほか、近年は振動の吸収率が高いとされるカーボンファイバーも使用される。後輪にはエネルギーロスの少ないディスクホイールのものが最近では好まれている。これは自転車からの転用で、横風による空気抵抗が大きいものの、軽く剛性が高い。他にも自転車と共有されているパーツは多い。作製に当たっては、ユーザーの体格、障害の状況、筋力などに応じた調整が不可欠である。

我が国におけるレース用車椅子の開発は、1981年の国際障害者年に第一回大会が行われた「大分国際車いすマラソン」から始まったといわれる⁴⁾。大分国際車いすマラソン大会は、世界初の車椅子単独のマラソン大会（第二回まではハーフマラソンのみ）で、1981年以降、毎年開催され、200名以上が参加者する世界最大規模かつ世界最高レベルの車椅子マラソン大会である⁵⁾。日本製のレース用車椅子を使用して国際的な大会で入賞するアスリートは比較的多く、この背景には、レベルの高い国内大会の開催も影響していると考えられる。

2-1-2 バasketボール用車椅子

車椅子バスケットボールは、一般のバスケット

ボールと同じ規格のコートを使い、ほぼ同じルールで行われる競技で、プレーヤー同士の衝突や転倒がしばしば生じる激しいスポーツである。米国で1950年代から盛んになり、我が国には1960年に紹介されて以来徐々に広まっていった⁴⁾。当初は一般用の車椅子が使用されていたが、1964年の東京パラリンピックを契機としてバスケットボール専用の車椅子の開発が急速に進展した。

一般用車椅子とバスケットボール用車椅子の大きな違いは、バンパーと呼ばれ衝突時に足を保護するために前部に取り付けられた部品と、転倒防止のための後部キャスター、そして地面に対して垂直ではなく下部を左右に広げて取り付けられた車輪である（図表1中央）。下部を広げて取り付けることによって、混み合ったプレーヤーの間を通り抜けるには不利になるが、速やかな回転が可能になる。フレームの素材は鉄、ステンレス、アルミニウムと時代とともに軽量化が進み、現在は強度と粘りのあるアルミニウム合金に加えて、クロムモリブデン鋼、チタン、カーボンファイバー、マグネシウムなども部分的に使用されているが、強度と粘りを兼ね備えたアルミニウム合金が多い⁶⁾。車輪のスポークも、衝突での破損が金属製より少なく、万が一破損しても容易に張り直せる弾性のあるナイロン製のワイヤーが用いられるようになった⁴⁾。このような操作性の向上と転倒防止装置の設置などの改善に加え、軽量化と旋回性や機動性の向上に伴い、よりスピード感のあるプレーが可能になった。

なお、テニス用の車椅子も、バスケットボール用に続き、我が国で製造されるようになった。テニスでは細い隙間を通り抜ける必要がないため、より小回りの利く回転を可能にするために車輪の傾斜角はバスケットボール用より大きくなっており、さらに、膝を深く曲げる姿勢をとることによって旋回時のモーメントを低下させたほか、低いボールを打つ

図表1 スポーツ用車椅子



写真提供：株式会社オーエックスエンジニアリング

際に、ラケットが車椅子にぶつからないための工夫がしてある。また、転倒を防ぐために前後にキャスターを加え、現在は5輪車が主流である(図表1右)⁶⁾。

2-2 チェアスキーの技術要素

チェアスキー(チェアスキーという呼称は国内の開発者が付けたもので、国際的にはシットスキーと呼ばれている)は、車椅子ユーザーなどが座位で行うアルペンスキー用具で、1本若しくは2本のスキー板にブーツ固定用のビンディングを用いてショックアブソーバが組み込まれたフレームを取り付け、フレームにスキーヤーの体格や身体機能に応じた形状のバケットシートを付けたものである(図表2)。スキーヤーはこのバケットシートにシートベルトでしっかり固定し、ストックではなくアウトリガーと呼ばれる補助具を持って滑走する。スキー板とビンディングは健常者用と同じものを使用する。サスペンション機構やショックアブソーバの特性、バケットシートへのフィッティングなどチェアスキー本体が滑走に及ぼす影響は大きい⁷⁾。

日本製のチェアスキーを使用したアスリートは近年の国際的な競技会で数多くの優秀な成績をおさめている。2014年ソチパラリンピックでは、日本を含む16か国のアスリートが使用し、男子アルペン5種目の金銀銅15個のメダルのうち11個(日本選手によるメダル獲得は5個)を獲得した⁸⁾。

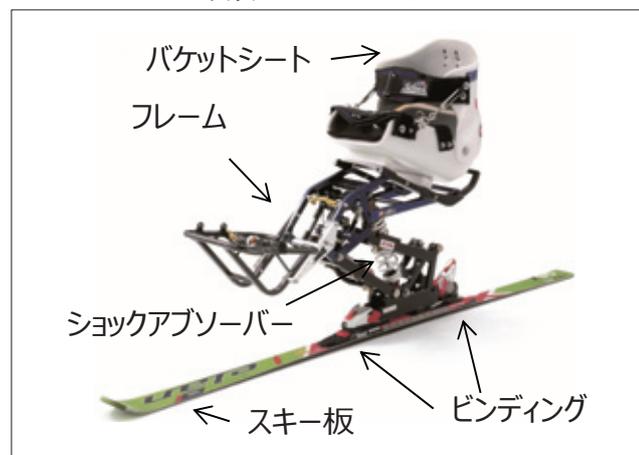
このように、現在世界のトップクラスの性能を持

つ日本製のチェアスキーであるが、その性能を最も特徴付けているのは独自のリンク構造にある。滑走中の衝撃を吸収するため、ショックアブソーバの弾力によりスキーヤーは上下動するがこの際、足先の位置はほとんど変化しない。結果として、転倒の原因となる雪面への足の接触を減少させることができるだけでなく、前傾時にはリンクの動きが小さいため雪をしっかりとらえ、後傾するとショックアブソーバが大きく伸びて加速される⁴⁾。また、バケットシートを作製する際にはCAD/CAMシステムでアスリートの滑走イメージに近い姿勢を再現して採型し、コンピュータ上でバケットシート形状を評価、修正したものをもとに成形する⁷⁾。シートの素材には、高価ではあるが軽量で高剛性のドライカーボンが使用される場合もある。フレームには低温・氷雪に優れた特性を持ち、軽量かつ高強度なアルミニウムA7000系が用いられている⁴⁾。

チェアスキーは、種目によってはレース時の時速が130kmほどに達するため、空気抵抗の影響が非常に大きいスポーツといえる。空力学特性向上のため、近年はカウル(風防)付きのチェアスキーも登場し、ソチパラリンピックでは日本製のチェアスキーに独自に開発したカウルを取り付けた海外のアスリートもみられた。そこで、現在我が国でも東北大学が中心となってカウルの開発が始められた。取り回しの容易性を確保しつつ、空気抵抗を減少させるため、3Dプリンタで形状見本を作製し、試作品によるスキー場での滑降実験を行ったほか、風洞実験、シミュレーションなども計画されている^{注1)}。

このように様々な機能が盛り込まれたチェアスキーであるが、開発当初は、リハビリテーション施設のスタッフによる手作りであった。神奈川県総合リハビリテーションセンター、横浜市総合リハビリテーションセンターのスタッフと有志によって、3年間の開発期間を経て1980年に完成した第1号機は、競技用というよりは車椅子ユーザーが楽しめるものとして作られたため、障害を補助する必要性を重視する余り重装備であった。その後、長野パラリンピックを契機として、企業も開発に参入して競技性を重視した本格的な開発が進められた結果、チェアスキーの操作性は格段に向上した。現在我が国でのチェアスキー開発は、長野パラリンピックの際に関わった、川村義肢株式会社、日進医療器株式会社、KYB株式会社が継続的にそれぞれバケットシート、フレーム、ショックアブソーバ部分を分

図表2 チェアスキー



写真提供：日進医療器株式会社

注1 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program : SIP)「革新的設計生産技術 ; 計測融合計算化学を活用したスノースポーツ用品の最適化」

担しており、日進医療器株式会社が全体の取りまとめやセールス、修理の受付を担当している。企業がそれぞれ得意分野を生かして協働し、リハビリテーションの専門家のニーズに応じてよりレベルの高い製品ができあがったといえよう。また、チェアスキーの進化はチェアスキーヤーの技術の向上あってこそのものであるが、開発チームのメンバーは現場のニーズを集めるために、ナショナルチームの海外遠征に帯同し、実践の場でアスリートたちとの意見交換を重ねた⁸⁾。さらに、チェアスキー1号機が完成した1980年には日本チェアスキー協会が設立され、ツアーの実施、チェアスキーレンタル、技能検定などを行い、人材育成、愛好者の獲得などの普及活動を行ってきた⁸⁾。我が国のチェアスキーの競技力には、優れた用具の開発に加えて、アスリート、複数のメーカー、研究者、リハビリテーション関係者、運動指導者等の協調した取組も貢献していると考えられる。

2-3 走行用義足について

2012年のロンドンオリンピック・パラリンピックで義足ランナーが話題となったが、2104年には片下腿義足男子走り幅跳びの世界記録がロンドンオリンピックの銀メダルの記録を上回り、義足の有利性についての議論は続いている⁹⁾。

日常用の義足と走行用義足の形状は、ソケット以外の部分で大きく異なり、走行用義足は、基本的には断端を入れるソケットと板バネ、それらをつなげ

る部品で構成される。断端が膝より上の場合には、膝継手と呼ばれる関節のように曲がるパーツも使われる(図表3)。

走行時、瞬間的に体重の8倍以上の負荷が加わる義足の形状の設計には、CADや三次元動作解析、有限要素法を用いたコンピュータ支援構造強度解析も利用される¹⁰⁾。各パーツに必要な物理的特性に応じてカーボンやケブラー、ガラス繊維等の強化繊維プラスチック、アルミ合金やチタン合金等の素材が使用される¹¹⁾。

走行用義足で特徴的な板バネは、航空機にも用いられるカーボン繊維強化樹脂製で、この反発力によって推進力がもたらされる。滑り止めとして、板バネ用スパイクも市販されている¹¹⁾。

断端を入れるソケットは、人工物とヒトとが直接接触する重要なインターフェースで、特にスポーツ用の場合、軽量かつ高強度で耐久性があり、立脚時の大きな衝撃を分散させ、可動域を制限せず、走行動作によってソケット内で足の形状が変化したり、発汗しても滑らないなど多くの要求に応えなければならない。ソケットはユーザーの全体重を支える重要なパーツであり、その素材には、アクリル樹脂のほか、強度を上げるためにカーボン繊維が用いられる。ユーザーの断端の形状にあわせて石膏で型どりし、筒状に編組されたカーボンクロスや布やテープ状の繊維をセットして減圧されたバッグ内にマトリクス樹脂を流し込み成型する¹⁰⁾。このパーツはユーザーごとに形状が異なることから、3Dプリンタの活用が期待され、現在研究が行われているが、素材の強度が大きな課題とされているほか¹²⁾、形状についても立位だけではなく疾走時のユーザーの使用感にあわせた微調整が必要である。ユーザーとの信頼に基づいた義肢装具士の技が求められる。

義足のパフォーマンスに大きく影響する板バネの部分は、国際的な競技会では欧州2社の製品が圧倒的な存在感を示すという。我が国の義足の開発は欧米と比較して歴史的に浅く、パーツの主要部分は海外製に大きく依存している¹³⁾。もちろん、良い義足を使用したからといって競技力が向上するわけではなく、アスリートが義足を使いこなすためには身体能力や技術力が求められる¹¹⁾。しかしながら、我が国では義足ランナーの筋力やフォーム、トレーニング等に関する研究例は非常に少なく、文部科学省におけるマルチサポート事業(パラリンピック競技)の研究開発プロジェクトでは、義足に作用する力を可視化する機器の開発やソケット内の断端接触圧の分布の検討が計画されている¹⁴⁾。また、トレーニングによる体幹の筋力など身体能力の向上にあわせてキック力や走行フォームが変化するた

図表3 日常用義足と走行用義足



写真提供：株式会社今仙技術研究所

め、義足の様々なパーツで微調整が必要であり¹⁰⁾、競技力向上にはトレーニングだけではなく、アスリートと義肢装具士との継続的なコミュニケーションが不可欠である。

アスリートにとって最適な義足を新たに開発し、2020年の東京パラリンピックで日本人の義足のアスリートが短距離競技でオリンピックの優勝者よりも速いタイムで優勝することを目指したプロジェクトも始められた¹⁵⁾。アスリートの使用感のフィードバックや走行時のキック力等の計測結果に基づいて各パーツを見直し、最適な義足の開発とアスリートの育成を行っている。

その一方で、使いやすくデザイン性に優れた義足の研究開発も進む¹⁶⁾。アスリートの希望も取り入れつつ、デザイナーが加わり、設計段階からソケット、ジョイントパーツ、板バネに対してデザインを行った。この研究成果は、スタイリッシュなスポーツ用義足として比較的低価格で商品化され¹⁷⁾、競技者の増加が期待される。

日本科学未来館では、2014年12月7日に "Rhythm of athletics" と題して義足アスリートがモデルとして参加したファッションショー形式のウォーキングを開催¹⁸⁾し、このイベントには100名の定員に対して300名の観客が訪れ、アスリートによるサッカーや縄跳びのパフォーマンスと義足の機能美に注目が集まった。

を減らし、製造には3Dプリンタを活用することによって、低価格化を図る取組も始まっている²⁰⁾。当研究所が2014年に実施した「第10回科学技術予測調査」によれば「触圧覚、痛覚、温覚、冷覚の全ての皮膚感覚を実現する義手（皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手）」の技術が実現するのは2025年と予想されている²¹⁾が、この取組では、プログラムなどをオープン化し、誰でも開発に参画できる仕組みにすることによって、安価に開発を進め、開発期間の短縮と低価格での供給を目指している。

ほかにも、バーチャルリアリティ技術や、ウェアラブル装置を組み合わせ、将来的に視覚や聴覚の補助装置として、アクセシビリティ向上への貢献が期待される研究も進む^{22,23)}。

2016年にはチューリッヒ工科大学の研究者の呼びかけで、電動義手や電動義足、BCI^{注2)}などによる、世界初の国際的競技会「サイバスロン大会」²⁴⁾がスイスで行われる予定である。この競技会では、15cmの幅の線上や左右非対称な斜面などを走行する電動義足やエクソスケルトンによる競走、電動義手でのドアの開閉や日常生活用品の把握保持などの能力を競う競技、BCIによるコンピュータゲームなどが予定されている。こうした競技会への参加には、義足や義手のユーザーと技術者、リハビリテーション関係者や医師など様々な分野の専門家による協力が必要であり、現在、民間主導のコンソーシアムが提案されている。

3 ロボット技術からの応用

ロボット関連技術の発展に伴い、近年は電気の動力を用いる義手や義足の機能向上も進んでいる。また、ITを活用した視覚などを補助する装置も提案され、後々障害者スポーツへの応用も期待される。

筋電義手は、筋電図や筋の動きをシグナルとして動作を行うものであり、ユーザーに筋電信号を発揮できる筋があることが条件で、使いこなすためにはリハビリテーションを要する。基本的には筋電図の分析部分とアクチュエーターで構成されるが、細かい動きを可能にするには重量が増えてしまうこと、比較的高価であることも影響して欧米と比較すると国内では余り普及していないのが現状である¹⁹⁾。そこで、筋電信号の分析を専用のコンピュータではなくスマートフォンで行い、駆動するモーターの数

4 2020年以降の社会へのレガシーに向けて

東京は、パラリンピックを2回開催する史上初めての都市であり、公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会では、「大会開催基本計画」で「東京2020組織委員会は、1964年大会やその後積み重ねた実績と経験を最大限生かすとともに、観客を含めた幅広い大会関係者と連携し、2020年大会に向けた取組を通じ、パラリンピック・ムーブメントの更なる発展を実現し、その効果を世界各地に波及させて、誰もが身近な地域で生涯スポーツを楽しめる活力ある共生社会の実現に貢献する」²⁵⁾としてパラリンピックについて重視する姿勢を大会ビジョンで示した。また、パラリンピック競技を含むスポーツ振興の観点が強い障害

注2 Brain Computer Interface : 脳情報を利用することで、脳と機械を直接つなぐ技術

者スポーツの所管については、2014年度以降、厚生労働省から文部科学省に移管され、文部科学省においては一元的にオリンピック競技とパラリンピック競技の強化に取り組むとともに、障害者スポーツの競技力向上と裾野の拡大の両面から、障害者スポーツ推進を行っている。さらに、2015年10月1日には文部科学省の外局としてスポーツ庁が設置されることになり、スポーツに関する施策が総合的に推進されることになる。このように、我が国における障害者スポーツを取り巻く状況は大きく変わりつつある。しかしながら障害者の運動時の基本的な生理的反応については、障害の程度による個人差も大きく、トップアスリートであっても、そのトレーニングは試行錯誤的に行われているという指摘もある。また、将来のアスリートとなり得る、障害を持つ子供のためのスポーツ用具については、日本製の子供用スポーツ車椅子が今年発売された²⁶⁾ものの、充実しているとは言い難い。さらに、国内の成人に対する世論調査では、過去1年間に週1回以上運動・スポーツ(散歩などを含む)を行った者の割合は47.5%であったのに対し²⁷⁾、障害者を対象とした調査で週1回以上スポーツ・レクリエーションを行った者は18.2%²⁸⁾であった。

我が国の障害者スポーツの用具の多くは、大規模な国際大会を契機として大きく進歩してきた。2016リオ、2020東京のパラリンピックに向けて、世界各国でスポーツ用具の開発も大きく進められると予想される。どのようなスポーツ種目にも共通することではあるが、スポーツ用具には、安全性のほか、風雨や砂などのかかる環境下での強度や耐久性など、

様々な技術的要件が求められる。ロンドンパラリンピックの際、英国の車椅子バスケットボールチームのために開発された軽量化で機動性に富んだ車椅子の技術は、一般用の車椅子産業でも活用され、スポーツを行わない車椅子ユーザーもその恩恵にあずかれるという²⁹⁾。我が国でも、バスケットボール用車椅子の軽量化を図るために使用されているアルミ系の素材は、一般の車椅子にも使用されるようになってきている。

このように、数多くの技術的課題を解決したスポーツ用具の技術が、トップアスリートの競争力向上に貢献するだけではなく、障害者のスポーツへの参加の裾野を拡大し、技術のスピノフによって、数多くの高齢者のモビリティ確保や感覚補助などのためにも有効に活用され、2020年以降の国際社会へのレガシーとなることを期待したい。

謝辞

東北大学未来科学技術共同研究センター特任教授磯村明宏氏、工学院大学工学部教授伊藤慎一郎氏、株式会社Xiborg代表取締役遠藤謙氏、特定非営利活動法人日本障害者スキー連盟常任理事大日方邦子氏、株式会社オーエックスエンジニアリング広報室櫻田太郎氏、東京工業大学大学院情報理工学系研究科教授中島求氏、電気通信大学大学院情報システム学研究科准教授野嶋琢也氏、国立研究開発法人産業技術総合研究所人間情報研究部門研究員保原浩明氏、日進医療器株式会社開発部設計課山田賀久氏をはじめとして多くの方より貴重な御意見と情報提供を頂きました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 株式会社 WOWOW : http://www.wowow.co.jp/co_info/ir/pdf/1893.pdf
- 2) 公益財団法人日本障がい者スポーツ協会：障がい者スポーツの歴史と現状. 2015. : http://www.jsad.or.jp/about/pdf/jsad_ss_2015_web_150410.pdf
- 3) Boston Athletic Association : <http://www.baa.org/races/boston-marathon/participant-information/athletes-with-disabilities.aspx>
- 4) 山田賀久：スポーツ用車椅子の歴史と構造(マラソン、バスケットボール、アルペンスキー). PO アカデミージャーナル. 18(2):98-106, 2010.
- 5) 文部科学省 地域における障害者スポーツ普及促進に関する有識者会議(第1回). 資料8 大分県における障がい者スポーツ関係事業. 2015. : http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/027/shiryo/_icsFiles/afeldfile/2015/06/15/1358884_08.pdf
- 6) 松尾清美：球技用車椅子. 日本義肢装具学会誌 30(3):139-146, 2014.
- 7) 沖川悦三：座位によるスキー用具「チェアスキー」の発展と現状. 体育の科学 64(6):396-401, 2014.
- 8) 沖川悦三：チェアスキー. 日本義肢装具学会誌 30(3):152-155, 2014.
- 9) Hobara, H. et al.: The fastest sprinter in 2068 has an artificial limb? Prosthetics and Orthotics International. January 28, 2015. DOI: 10.1177/0309364614564026.

- 10) 鈴木光久：障害者スポーツを支える技術開発. Journal of Clinical Rehabilitation 21:749-757, 2012.
- 11) 白井二美男, 沖野敦郎：日本における陸上競技用義肢の現状. 日本義肢装具学会誌. 30(3):125-132, 2014.
- 12) 蒲生秀典：デジタルファブリケーションの進展 —ファブ拠点の地域展開と国際標準化の動向—. 科学技術動向. 149:30-37, 2015年3月：<http://hdl.handle.net/11035/3039>
- 13) 山中俊治：カーボン・アスリート. 白水社, 2012.
- 14) 一般社団法人日本機械学会スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス専門会議ニュースレター第5号, 2015.：
http://www.jsme.or.jp/shd/Newsletter/No5_SHD_NewsLetterV2.pdf
- 15) 株式会社 Xiborg：<http://xiborg.jp/home/>
- 16) 厚生労働省 障害者自立支援機器等開発促進事業「スポーツ用義足の開発」研究代表者：長縄正裕, 平成22年度総括・
分担研究報告書：<http://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/cyousajigyou/jiritsushienkiki/H22/S13/13report.pdf>
- 17) 株式会社今仙技術研究所：<http://www.imasengiken.co.jp/lapoc/sp0700.html>
- 18) 日本科学未来館：<http://www.miraikan.jst.go.jp/event/1411191017607.html>
- 19) 陳隆明：筋電義手の現状. Journal of Clinical Rehabilitation 24(2):122-127, 2015.
- 20) イクシー株式会社：<http://exiii.jp/handiii.html>
- 21) 第10回科学技術予測調査結果速報 科学技術・学術政策研究所 2014年11月：
<http://www.nistep.go.jp/archives/18742>
- 22) Augmented Human 2015：<http://asg.sutd.edu.sg/ah2015/home>
- 23) 感覚代行研究会：<http://www.sensory-substitution.gr.jp/symposium/index.html>
- 24) Cybathlon：<http://www.cybathlon.ethz.ch/>
- 25) 公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会. 「東京2020大会開催基本計画」：
https://tokyo2020.jp/jp/plan/gfp/Tokyo_2020_Games_Foundation_Plan_JP.pdf
- 26) 株式会社オーエックスエンジニアリング：http://oxgroup.co.jp/wc/products/weego/info_weego.htm
- 27) 文部科学省「体力・スポーツに関する世論調査」(平成25年1月調査)：
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/sports/1338692.htm
- 28) 笹川スポーツ財団：平成25年度文部科学省委託調査「健常者と障害者のスポーツ・レクリエーション活動連携推進事
業(地域における障害者のスポーツ・レクリエーション活動に関する調査研究)」報告書 2014年3月：
http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/suishin/1347306.htm
- 29) 英国機械学会：“Sports Engineering: An Unfair advantage?”：
http://www.imeche.org/docs/default-source/2011-press-releases/Sports_Engineering_report_FINAL.pdf?sfvrsn=0

..... **執筆者プロフィール**

相馬 りか

科学技術動向研究センター 上席研究官

専門は運動生理学。2014年5月より現職。