

# 慣性センサ式モーションキャプチャを利用した鉄棒運動・逆上がりの運動技能評価の試み

——ICT を用いた効果的な指導を目指して——

遠藤 隆志<sup>[1]</sup>, 加藤 悦子<sup>[1]</sup>

[1] 植草学園大学発達教育学部発達教育支援学科

本研究では、ICT を用いた逆上がりの効果的な指導を可能にするために、慣性センサ式モーションキャプチャを用いた動作解析を行った。12名の被験者（4名男性，8名女性）は、全身にストラップを利用して19個の小型の慣性センサを装着して逆上がりを行い，その動きを記録した。逆上がりの踏み込み時における全身の関節角度が解析された。6名が逆上がり成功し，他の6名は逆上がり失敗した。動作解析の結果，逆上がりの成功群では，失敗群に比して，踏み込み時において，踏み込み脚の股関節屈曲角度が深いこと，肩関節が伸展していること，両腕が均等に動作していること，頭部の後屈が浅いこと，が明らかになった。以上より，慣性センサ式モーションキャプチャシステムを用いることで簡便に詳細な運動解析が可能になり，このシステムを用いることで，ICTを利用した学校の体育授業における効果的な学習に繋がる可能性が示唆された。

キーワード：ICT活用，慣性式モーションキャプチャ，動作解析，運動技能評価

## 1. 目的

近年，学校教育現場においてICT（Information and Communication Technology；情報通信技術）の普及が進み，体育の授業でもiPadなどのタブレット端末やデジタルビデオカメラなどを利用して運動中のフォームを簡易的に撮影し，即座に視覚的フィードバックを行って指導をしたり，児童・生徒間の学習に繋げることが可能になるなど，その有効性についても報告されている<sup>1-7)</sup>。しかしながら，このような撮影した動画を用いた運動の指導においては，その運動の専門的な知識や指導経験がないとそのフォームの改善点を瞬時に見つけることは難しい<sup>8)</sup>。ゆえに撮影した動画を用いた指導の際に，身体の関節角度などの具体的な数値があると指導者ならびに学習者の理解がしやすく，わかりやすい指導・支援が可能となると考えられるが，これらの動画から，関節角度や変位などを即座に計測するなど詳細な解

析をすることは現状としては難しい。

これまで様々な運動の動作解析においては，関節などを中心とした様々な身体部位に反射マーカを多数貼り付け，多数の専門的な高性能のカメラを用いて撮影する光学式（マーカ式）のモーションキャプチャシステムが用いられてきた。このシステムでは，関節角度や変位などについて精密に動きを捉えることが可能であるが，1) 高額であり研究機関などではないと利用できないことが多い，2) 使用するためには高度な専門技術が必要であり，容易に扱うことができない，3) 明るさに弱いことや多数のカメラを設置する必要があるため，使用できる環境に制限がある，といった欠点がある。ビデオカメラで撮影した映像を解析する画像式も多く用いられてきたが，この方法も光学式と同様に複数台のカメラと専門的なソフト，さらには解析技術が必要であり，また映像をデジタイズする際に長い時間が必要とされる<sup>9-11)</sup>。

近年、TV や映画、コンピュータゲームソフトなどでコンピュータグラフィックス (CG) のニーズが高まったことに伴って、これまでより簡便にヒトの動きをデジタル化して記録する技術も発展し、慣性センサ式のキャプチャ技術が普及され始めている。これは、3 軸ジャイロセンサ (角速度計)、3 軸加速度計、および 3 軸磁力計からなる小型の慣性センサ (IMU) を身体の各部に装着し、動きとして計測された情報から逆算して位置や姿勢を求める方式である<sup>10)</sup>。精度は光学式には至らないが、センサの装着およびキャリブレーションなど測定準備が簡便であり、高度な測定の技能がなくても 10 分程度で測定を開始できること、センサとは無線接続であるため、無線 LAN に対応した計測用のノート PC さえあれば場所を問わずに計測が可能であること、光学式と比較すると安価であり導入しやすいこと、などの大きな利点がある。さらにセンサによる測定であるために撮影による死角がなく、回転運動の計測に有用である。慣性センサ式モーションキャプチャシステムは CG 作成で多く使用されているが、このシステムを運動解析に応用した研究も最近、報告され始めている<sup>12-15)</sup>。このシステムの簡便性などから、学校体育で行うような基本的な運動の計測および評価にも応用できると考えられるが、これまでにそのような研究および報告は見当たらない。

そこで本研究では、学校体育での運動技能評価への応用および資料収集を考慮し、小学校で行う鉄棒運動の逆上がりの動作解析を慣性センサ式モーションキャプチャシステムを用いて行い、その運動技能の特徴の一部を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

被験者は 11 名の健常な大学生 (男性 4 名、女性 7 名、年齢 21 歳～22 歳) および 1 名の健常な成人男性 (40 歳) であり、このうち 6 名は逆上がりができる者 (男性 4 名、女性 2 名)、6 名は逆上がりができない者 (男性 1 名、女性 5 名) であった。本研究では逆上がりができる者とできない者をそれぞれ成功群、失敗群とした。被験者全員が小学校において逆上がりの指導を受けていた。体格指数 (BMI) は成功群で  $20.2 \pm 1.1$ 、失敗群で  $23.9 \pm 5.0$  であり、

有意な差は認められなかった。被験者は事前に実験の目的と方法について十分な説明を受け、実験参加の同意をした後に実験に参加した。本研究は植草学園大学の研究倫理委員会より承認を受けている。

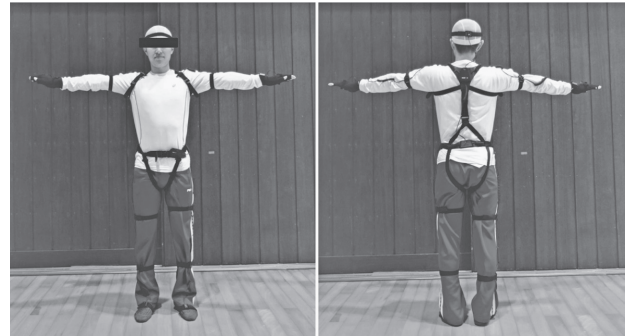


図 1 慣性センサ (Perception Neuron) の着用例  
(T ポーズ, 左; 正面, 右; 背面)

合計 19 個の慣性センサ (12.5mm × 13.1mm × 4.3mm) が簡易式ストラップによって装着されている。頭部への装着の様子がわかるように本撮影でのみ水泳帽を着用した。

計測は体育館の設置型の鉄棒を用いて行われた。準備運動などのウォーミングアップ (約 10 分間) の後に、被験者の身体に慣性式モーションキャプチャシステム (Perception Neuron, NOITOM 社製) のセンサを取り付けた。小型のセンサ (12.5mm × 13.1mm × 4.3mm) は、簡易的なウェアに装着され、頭、背中、左右の肩、左右の上腕部、左右手関節、左右手の甲、腰 (3 箇所)、左右大腿部、左右下腿部、左右足の甲の計 19 箇所に取り付けられた (図 1 参照)。センサ位置は計測ソフト (Axis Neuron Pro ver. 3.8.42.6503, NOITOM 社製) 上で、5cm 間隔で身長をあわせて補正した。センサを装着後、座位および立位 3 種類による計測ソフトのキャリブレーション (各 3 秒間) を行った。この後、115cm の高さの鉄棒を順手で握って、逆上がりを 3 回行った。この時、小学校で取り扱う、片脚の床の踏み込みともう一方の脚の振り上げを行う片脚振り上げ型逆上がりを行うように指示した。試行間の休息時間は約 1 分間とした。モーションキャプチャのサンプリングレートは 60Hz であった。

データ解析には Axis Neuron Pro ver. 3.8.42.6503 (NOITOM 社製) を用い、逆上がりの踏み込み時の左右の股関節、膝関節、足関節、肩関節、肘関節、手関節、および頭部の計 13 か所の矢状面の関節角

度を計測した (図2, 左から2コマ目)。それぞれの関節角度は解剖学的立位姿勢を基準とした。逆上がり開始時において先に床を踏み込む脚を踏み込み脚, この時の反対側の脚を振り上げ脚とした。踏み込み脚の足裏が床面に設置された時点を踏み込み時とした (図2左から2コマ目)。成功群および失敗群の各関節角度の3回の平均を算出し, 両群間で比較を行った。また, 成功群および失敗群それぞれの左右股関節, 左右肩関節, 左右肘関節, 左右手関節の角度の差の比較も行った。

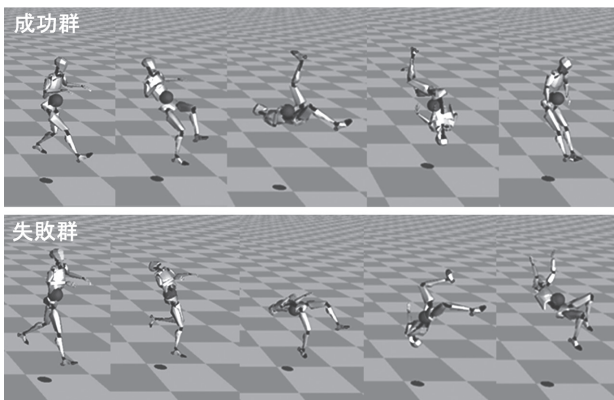


図2 慣性センサ式モーションキャプチャシステムで動作を取り込んだ逆上がりの代表例 (上段; 成功群, 下段; 失敗群)

左から2枚目の図が踏み切り時を示す。

文中および図中に示したデータはすべて平均値±標準偏差で示した。両群間の比較には, 対応のないt検定を用い, 危険値5%未満を有意とした。

### 3. 結果

図3のA, C, Eに踏み込み脚 (Step side), B, D, Fに振り上げ脚 (Swing side)の逆上がり成功群 (success group) および失敗群 (failed group) における下肢の関節角度 (A, B; 股関節, C, D; 膝関節, E, F; 足関節) を示した。図3Aでは成功群の踏み込み脚の股関節が  $54.8 \pm 4.51$  度の屈曲であったのに対して, 失敗群では  $11.7 \pm 14.3$  度と浅い屈曲であり, 両群間に有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。

一方, 振り上げ脚においては成功群と失敗群の間で有意な差がなく, とともに12-15度程度の股関節の屈曲であった (図3B)。また, 両脚の股関節角度差

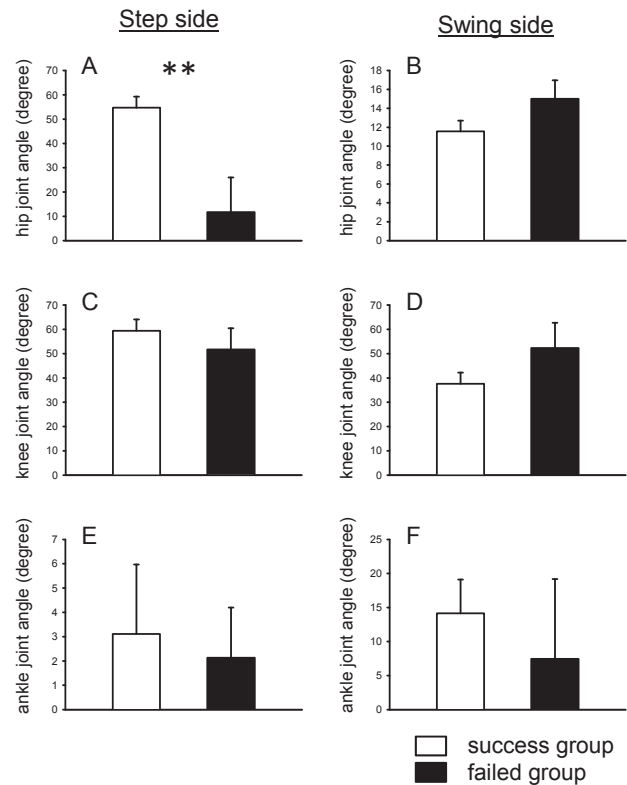


図3 逆上がりの踏み込み局面における成功群および失敗群の下肢の関節角度 (左; 踏み込み脚, 右; 振り上げ脚, 上段; 股関節, 中段; 膝関節, 下段; 足関節) 白色および黒色の棒がそれぞれ成功群および失敗群を示す。\*:  $p < 0.01$

が  $43.2 \pm 26.6$  度である成功群に比して, 失敗群では  $3.3 \pm 26.5$  度で有意に小さく ( $p < 0.05$ ), 踏み込み時では両脚の大腿が揃った状態にあった。膝関節の屈曲角度は, 踏み込み脚および振り上げ脚で, 両群間に有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ ; 図3C, D)。足関節の底屈角度についても, 踏み込み脚, 振り上げ脚ともに, 両群間に有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ ; 図3E, F)。

図4のA, C, Eに踏み込み脚側, B, D, Fに振り上げ脚側の成功群および失敗群における上肢の関節角度を示した (A, B; 肩関節, C, D; 肘関節, E, F; 手関節)。図4AおよびBでは, 成功群の両腕の肩関節が約13度の伸展をしていたが, 失敗群では約5度の屈曲をしていたことが示され, 両群間に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ )。肘関節角度を示した図4CおよびDでは, 成功群は両腕ともに約46度の肘関節屈曲であり, 両腕において3.8および

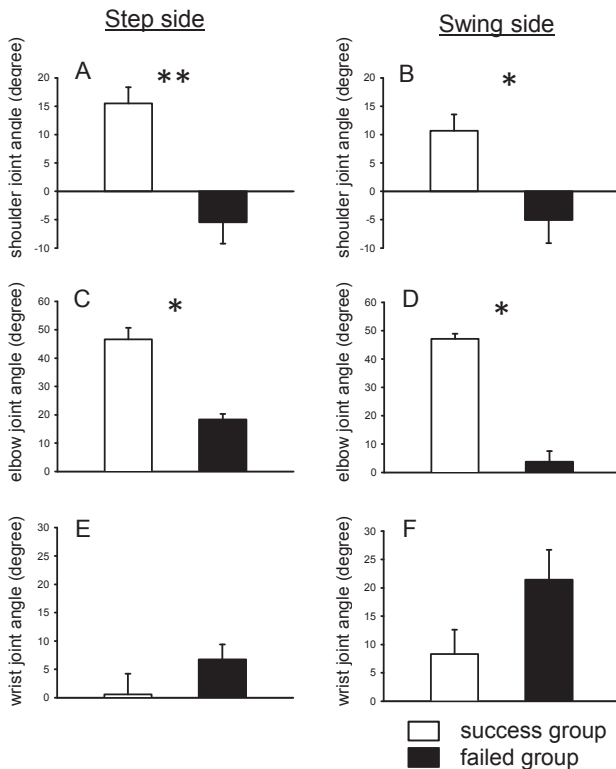


図4 逆上がりの踏み込み局面における成功群および失敗群の上肢の関節角度（左；踏み込み脚，右；振り上げ脚，上段；肩関節，中段；肘関節，下段；手関節）  
白色および黒色の棒がそれぞれ成功群および失敗群を示す。\*\*； $p < 0.01$ ，\*； $p < 0.05$

18.3度の屈曲であった失敗群に比して有意に大きな屈曲角度を示した ( $p < 0.05$ )。また，肘関節屈曲角度の左右差は成功群で約4度であったのに対して失敗群では約20度もあり，両群間に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ )。手関節については，両手ともに失敗群で掌屈角度が大きい傾向が認められたが，両群間に有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ ；図4E, F)。肩関節および手関節における両側の角度の差は両群ともに小さく，両群間で有意差は認められなかった。

図5に成功群および失敗群における頭部角度を示した。頭部の後屈は，成功群で  $6.42 \pm 2.3$  度，失敗群で  $20.9 \pm 6.6$  度であり，失敗群の方が有意に大きな頭部の後屈を示した ( $p < 0.05$ )。

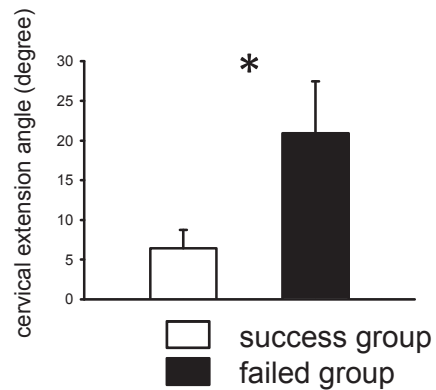


図5 逆上がりの踏み込み局面における成功群および失敗群の頭部後屈角度

白色および黒色の棒がそれぞれ成功群および失敗群を示す。\*； $p < 0.05$

#### 4. 考察

本研究では，慣性センサ式モーションキャプチャシステムを用いて，逆上がりの踏み込み時の身体の関節角度の解析を行い，逆上がりの成功群は失敗群に比して，1) 踏み込み脚の股関節屈曲角度が深く，両脚の股関節角度の開きが大きい，2) 肩関節が伸展している，3) 肘関節の屈曲が大きい，4) 両腕が均等に動作している，4) 頭部の後屈が小さいことが明らかになった。

逆上がりは学習指導要領では第3学年より例示として取り上げられて学習されているが，児童にとって難易度は低くなく，つまり児童も多い<sup>16-18)</sup>。このため，この技ができない大学生も少なくない<sup>17)</sup>。また同時に指導も難しい技であることから，ICTなどを活用したより効果的な指導方法の確立が必要とされている。本研究では，学校現場での指導への応用も考慮して，多くの指導書において動作の分割写真で用いられており，児童・生徒ならびに教員にも動きの違いがわかりやすい矢状面の分析を対象とした。また，1) 脚の踏み込みおよび反対側の振り上げが逆上がりの成否に多大な影響を及ぼすと考えられていること，2) 脚を踏み込むまでの姿勢および動作は，制御の難しい空中姿勢に比して，ICTなどを用いた視覚的フィードバックによって学習者が修正を行いやすいこと，3) 多くの指導書ならびに先

行研究において指導および研究対象として取り上げられていること、を理由として本研究においても踏み込み時のフォームを解析の対象とした<sup>18-21)</sup>。踏み込みの力や回転速度などを解析した研究もあるが<sup>20-21)</sup>、本研究では、ICTを用いた実際の指導場面を考慮し、教員および児童・生徒にとって具体的な数値として理解がしやすいと考えられる関節角度を解析した。しかしながら、関節角度は身長や鉄棒の高さの影響を受けることを留意しなければならない。多くの先行研究および器械運動の指導書より、逆上がりの序盤においては、1) 肘を曲げ、脇を締めることによる鉄棒への身体の引き寄せ、2) 脚の勢いのある大きな振り上げ、3) 上体の後方への回転（逆位になる）、が成功のポイントとしてあげられている<sup>19-24)</sup>。本研究の成功群でも、肩関節の伸展と肘関節の大きな屈曲が示され、鉄棒への十分な身体の引き寄せが認められた（図2、上段2コマ目）。一方で、失敗群では、肩関節が屈曲し、肘関節の屈曲も小さく腕が伸展した状態であり、鉄棒に体を引き寄せられていなかったことが示された（図2、下段2コマ目）。このため、その後、肘関節の完全伸展と肩関節の屈曲が生じて、いわゆる腕が伸び、脇が開いた状態で落下した（図2、下段5コマ目）。また、本研究の失敗群では両腕の肘関節屈曲の角度の差が大きく、鉄棒への身体に引き付ける際に両腕で力が均等に発揮されていない可能性が示唆された。このため、両腕で均等に力を入れて鉄棒に身体を引き付けることも成功のポイントとして重要であるかもしれない。

後方への恐怖感などより頭部および上体を後方に回転できないことが要因となって、後方への回転速度を得られない、もしくは下半身が上方に回転できないために失敗することも多く指摘されている<sup>19, 20, 22)</sup>。また一方で、上体を後方に傾ける速度が、逆上がり成功者では踏み込み足の離床とほぼ同時にピークに達すること、失敗者ではそのピークが失敗者より0.1秒ほど先行することが示され、頭部および上体の後方への回転は踏み込み脚の蹴り上げとのタイミング（協応動作）も重要であると考えられている<sup>20, 23)</sup>。本研究では踏み込み時の頭部の後屈は、成功群より失敗群で有意に大きく、本研究の失敗群は、この頭部および上体の後方への倒しが早いために、強い鉛直方向の踏み込みと脚の振り上げが出来

ずに失敗した可能性が示唆された。このことは、踏み込み脚の股関節が伸展し、両脚の股関節角度差が小さいことから示されていると考えられる。一方、成功群は、上体の後方への回転のタイミングがよく、踏み込み脚の股関節が大きな屈曲と踏み込み脚と振り上げ脚との大きな股関節角度差が示すように、逆上がりの重要な成功要因である力強い踏切と脚の大きく強い振り上げに繋がっていたことが示唆される<sup>23)</sup>。以上のように、踏み切り時における矢状面のみの関節角度の解析ではあったが、本研究結果は指導書および先行研究における逆上がりの成功および失敗のポイントを支持し、明確な指標として示すことができたと考えられた。

本研究で用いた小型慣性式モーションセンサをスポーツなどの動作解析に用いた研究は未だ少ないが、その精度や応用の可能性について検討されている。Dinuら<sup>25, 26)</sup>は、光学式（Vicon）および慣性センサ式（Moven）の両方のモーションキャプチャシステムを同時に用いて砲丸投げや射撃の動作解析を行い、その精度および信頼性を検証した。その結果、速度において慣性センサ式で過小評価が認められ、両者のデータは完全に一致はしなかったが、同様の変化パターンが認められた。この違いについては、サンプリング周波数や解析に使用するアルゴリズムの違い、および慣性センサ式では計算（積分）の過程でドリフトやノイズが算出されやすいことが影響すると考えられている<sup>10, 11, 15)</sup>。Picernoら<sup>14)</sup>は垂直跳びの動作を慣性センサ式と写真撮影法で比較し、体幹の回旋を補正した際には両者でほぼ同じ結果であったことを報告している。さらに、Fantozziら<sup>12)</sup>は、光学式（SMART-DT 7000）および慣性センサ式（Opal）の両方を用いて、クロールと平泳ぎの上肢の動きを計測し、両者の値には高い相関関係が認められたことを報告し、慣性センサ式は運動の動作解析にも使用できることを示した。

慣性センサ式ではカメラ設置やその死角の影響がないため、回転動作の多い器械運動やフィールドでの運動、さらには水泳のフォームなど体育で行うほとんど全ての運動の解析が可能となる。慣性センサ式は、地磁気の影響およびドリフトやノイズに留意する必要があるが<sup>10)</sup>、短時間で簡易的に計測を行うことができるため、高い精度が必要な研究ではな

く、練習などでの手軽な動作解析には有用であると報告されている<sup>15)</sup>。Al-Amriら<sup>27)</sup>は、動作解析の経験のない臨床医に慣性センサ式による基本的な動作の解析を反復的に行わせ、測定の特長な知識や経験がなくても、信頼性と妥当性の高いデータが得られることを報告している。また、ICTを活用した体育授業で行われる一側からの画像式では把握しにくい両腕の角度の左右差についても本研究で用いた慣性センサ式における矢状面だけの解析で明らかにすることができた。以上のことより、この慣性センサ式による計測は、簡便性の求められる学校現場での使用にも適しており、技能向上に有益な情報を収集できると考えられる。

これまでは、体育においてICTを用いて運動のフォームを撮影しても、指導の経験の乏しい教員が、具体的な失敗の原因を把握できずに、「もっと力強く」などといった抽象的な言葉がけをしながら、一斉指導によるやみくもな反復練習をすることも少なくなかった。今後、本研究で用いた慣性センサ式を使用し、体育で行う様々な運動のデータを多数蓄積して、関節角度などの明確かつ理解しやすい指標を示していくことで、これまでよりも詳細に成功や様々なつまずきの要因を把握でき、また、個に対応したわかりやすい指導も可能になることが期待される。さらに、明確な情報を提示することで、児童・生徒の運動技能の向上に加えて、運動の理解ならびに運動に対する興味・関心・意欲も高められる可能性も考えられる。運動における成功および失敗の要因は多数あること、および本研究結果は踏み切り時のみを扱っているためその一端を明らかにしたにすぎないことを留意し、学校現場でのデータの活用に向けて、今後より多くのデータ収集などが求められる。また具体的な数値の提示を伴った視覚的ビジュアルフィードバックを用いることによる多面的な学習効果について、今後、学校現場で実践的研究などを行う必要がある<sup>6, 28)</sup>。

## 謝辞

データの測定および解析にご協力いただいた成田市立三里塚小学校教諭井上栞里氏（植草学園大学発達教育学部卒業生）に感謝申し上げます。

本研究の一部は植草学園大学共同研究費（平成30年度）の助成を受けて行ったものである。

## 文献

- 1) 市河大，今田晃一，漆崎英二。「教育の情報化」に向けた体育におけるICT活用の実践－鉄棒運動の支援活動を中心として－. 教材学研究. 2010 ; 21 : 165-172
- 2) 小澤治夫，石田譲，岡崎勝博他. 鉄棒単元におけるスポーツミラーによる運動画像の即時フィードバックの効果. 釧路論集 : 北海道教育大学釧路分校研究報告. 2003 ; 35 : 1-6
- 3) 河合史菜，久保田もか，山内正毅他. 体育科・保健体育科におけるICT活用の検討－附属小学校・中学校の授業事例から－. 長崎大学教育学部教育実践研究紀要. 2018 ; 17 : 13-19
- 4) 佐藤毅，林政孝，西嶋尚彦他. 体育授業におけるスポーツミラーを用いた身体運動画像の即時フィードバックの効果. 釧路論集 : 北海道教育大学釧路分校研究報告. 2006 ; 38 : 125-131
- 5) 三浦尚介，鈴木直樹，小林巖他. ICTを活用した体育の授業づくり. 東京学芸大学附属学校研究紀要. 2013 ; 40 : 11-29
- 6) 村瀬浩二，西脇公孝. 内在フィードバックの共有を目的としたハードル走授業実践－ICT機器を用いて－. 和歌山大学教育学部教育実践総合センター紀要. 2014 ; 24 : 9-16
- 7) 村山光義，村松憲，佐々木玲子他. 動作映像の即時フィードバックを用いた技術指導の効果－フライングディスク・サイドアームスロー導入時の事例－. 慶応義塾大学体育研究所紀要. 2007 ; 46 : 1-15
- 8) 野田智洋，朝岡正雄，長谷川聖修他. 連続写真に基づく鉄棒運動の技の識別に関する研究. 体育学研究. 2008 ; 53 : 111-122
- 9) 桐山善守，名倉武雄，Andriacchi P. Thomas. 人間工学のための計測手法. 人間工学. 2014 ; 50(4) : 172-181
- 10) 水戸部一孝. モーションキャプチャ技術の種類と活用事例. 秋田大学総合情報統括センター広報. 2008 ; 9 : 14-19
- 11) Winter DA. Biomechanics and motor control of human

- movement. Wiley, NY, 2009
- 12) Fantozzi S, Giovanardi A, Magalhães FA, et al. Assessment of three-dimensional joint kinematics of the upper limb during simulated swimming using wearable inertial-magnetic measurement units. *J Sports Sci.* 2016; 34(11): 1073-1080
- 13) Mangia AL, Cortesi M, Fantozzi S, et al. The Use of IMMUs in a Water Environment: Instrument Validation and Application of 3D Multi-Body Kinematic Analysis in Medicine and Sport. *Sensors (Basel).* 2017; 17(4): E927
- 14) Picerno P, Camomilla V, Capranica L. Countermovement jump performance assessment using a wearable 3d inertial measurement unit. *J Sports Sci.* 2011; 29(2): 139-146
- 15) Supej M. 3D measurements of alpine skiing with an inertial sensor motion capture suit and GNSS RTK system. *J Sports Sci.* 2010; 28(7): 759-69
- 16) 文部科学省. 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説体育編. 東京, 東洋館出版. 2018
- 17) 國井修一. 椙山女学園大学教育学部の体育系授業の指導実践 - 体育と体育の指導法の実際と問題. *東海教師教育研究.* 2013 ; 27 : 11-17
- 18) 高橋健夫, 狭川和義, 久多里正行. 逆上がりの指導その 3: 処方プログラムとその効果. *体育科教育.* 1985 ; 33 (13) : 64-66
- 19) 高橋健夫, 長野淳次郎, 三木四郎他. 器械運動の授業づくり. 東京, 大修館書店, 1992 ; 130-133
- 20) 橋爪和夫, 高邑和樹. 床反力を手がかりとした逆上がりの協働動作に関する研究. *体育科教育学研究.* 2005 ; 21 (2) : 11-20
- 21) 野崎忠信, 佐尾山秀治, 秋田勝彦他. 低運動技能者の体育指導方法に関する分析的研究 (その 3) - 鉄棒運動における運動技能について - . *明星大学研究紀要人文学部.* 1990 ; 26 : 25-43
- 22) 奥野暢通, 堂元一希. 大学生の逆上がりの動作: 習得前直前, 直後の比較. *四天王寺大学紀要.* 2015 ; 61 : 95-108
- 23) 叶俊文. 逆上がりができるようになるための局面の分析. *皇學館大学社会福祉学部紀要.* 2010 ; 13 : 45-56
- 24) 知野昌央, 周東和好, 山本悟. 鉄棒運動「踏み切り逆上がり」の補助用具と練習方法の開発. *スポーツ運動学研究.* 2013 ; 26 : 119-131
- 25) Dinu D, Bidiugan R, Natta F, et al. Preliminary study of Accuracy and reliability of high-speed human-motion tracking using miniature inertial sensors. *Procedia Engineering.* 2012; 34: 790-794
- 26) Dinu D, Fayolas M, Jacquet M, et al. Accuracy of postural human-motion tracking using miniature inertial sensors. *Procedia Engineering.* 2016; 147: 655-658
- 27) Al-Amri M, Nicholas K, Button K, et al. Inertial Measurement Units for Clinical Movement Analysis: Reliability and Concurrent Validity. *Sensors (Basel).* 2018; 18(3): E719
- 28) 佐々木直基. 視覚的フィードバックが運動スキル獲得に与える影響. *びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要.* 2011 ; 8 : 121-127

## Abstract

### **Use of motion capture using inertial sensors to assess motor skill during a back hip circle: Effective instruction using ICT**

Takashi Endoh<sup>[1]</sup>, Etsuko Kato<sup>[1]</sup>

[1] Faculty of Development and Education, Uekusa Gakuen University

The aim of the current study was to analyze the motion of a back hip circle on the horizontal bar via motion capture using inertial sensors to facilitate effective instruction with ICT in physical education. Twelve subjects (4 men and 8 women) were fitted with 19 small inertial sensors kept in place with straps on various parts of their body. Subjects performed a back hip circle on the horizontal bar, and the motion was captured. Angles of joints of the body were measured when initiating a back hip circle. Six subjects successfully completed a back hip circle (the S group) while the remaining subjects were unable to perform the motion (the N group). Motion analysis revealed that the S group had a greater angle of hip flexion on the starting leg, extended shoulders, balanced movement of both arms, and slight retroflexion of the head in comparison to the N group. These findings suggested that detailed motion analysis can easily be performed with a motion capture system using inertial sensors and that utilization of this system could lead to effective learning with ICT in physical education in school.

**Keywords:** Information and Communication Technology, Inertial Measurement Unit, Motion analysis, Motor skill assessment