

平成 21 年 5 月 18 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500491  
 研究課題名（和文） 関節スティフネス調整から評価する自己運動映像を伴う観察運動学習  
 研究課題名（英文） Effect of observation of learner's and model's movements on acquisition of the learner's skill to utilize external force  
 研究代表者  
 山田 憲政（YAMADA NORIMASA）  
 北海道大学・大学教育学研究院・准教授  
 研究者番号：00210469

研究成果の概要：本研究は観察運動学習のメカニズムの解明を目指し、身体運動の制御で最も重要と考えられる関節スティフネスが運動を観察するだけで変化させることができるかを検討した。用いた運動は飛び降りて出来るだけ高く飛び上がるドロップジャンプである。実験の結果、自己の映像とお手本の映像の両者を見る事によって、関節スティフネスを増大させ、動きをモデルの動きに近づけることができることが明らかになった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学・身体教育学

キーワード：身体システム学・感覚と運動発達学

## 1. 研究開始当初の背景

(1)実際に運動しなくても運動を観察したりイメージしたりするだけで運動学習の効果が現れることが明らかにされており、その学習は観察運動学習と呼ばれている。この観察運動学習の研究は、脳の活動のセンシング技術の発展や他者の動作を視覚的に観察する際に同様に運動に関する脳内部位でも活動するミラーニューロンの発見をきっかけとして近年特に着目されている。

(2)しかしこの運動学習の研究は、神経生理学・脳科学に基盤を置きながらその学習効果を実証する段階にあり、その学習のメカニズムに接近する段階には達していないといえる。

## 2. 研究の目的

本研究は観察運動学習において課題と考えられる以下の2点について検討する。

- (1)外に現れた運動のタイミングや運動の順序性だけでなく、その運動を変化させるメカニズムについて検討する必要がある。そこで関節運動の力学的制御指標である関節スティフネスによって運動学習過程を定量的に示し、どのように学習が進展するかを明らかにする。
- (2)どのような映像が観察学習において効果的かを検討する必要がある。この課題については、自己運動と手本の差分情報が運動学習を進行させるという仮説を設定し、手本の映像を見せる被験者群、手本の映像と自己の映像を見せる被験者群、自己の映像を見せる映像群の観察運動学習の違いから実証する。

### 3. 研究の方法

(1) 被験者は、ドロップジャンプのトレーニング経験がない健康な男子大学生24名(平均年齢 $21.5 \pm 2.1$ 才, 平均身長  $174.1 \pm 5.4$ cm, 平均体重 $69.7 \pm 9.6$ kg)であった。これらの被験者は、観察条件によって無作為に8名ずつの次の三つのグループに分けた。グループ1: モデルと被験者自身のドロップジャンプを観察するグループ。グループ2: モデルのドロップジャンプだけを観察するグループ。グループ3: コントロール群としてドロップジャンプを観察せず安静に待機するグループ。

これらの被験者とは別に、予備実験の段階でドロップジャンプパフォーマンスが高かった男子大学生1名(年齢20才, 身長169cm, 体重63.8kg)を観察運動のお手本モデルとして用いた。

(2)

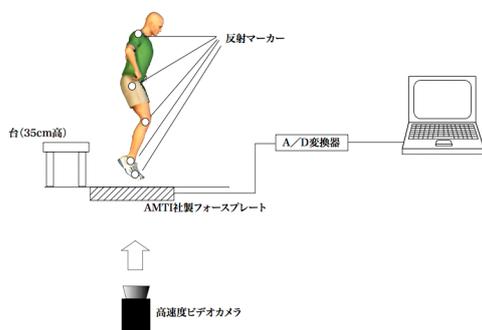


図1. 実験の概略図

実験の概略図を図1に示す。実験試技は高さ35cmの台からドロップジャンプを行った。まず、被験者にドロップジャンプに慣れてもらうために3回の練習を行ってから、運動観察前の試技を2分間隔で3回行った。

(Pretest)。その後、グループ1の被験者は観察学習用の映像としてドロップジャンプを1回行い、それをデジタルカメラで撮影した。5分間の休息を挟んで運動観察を行った。被験者には、モデルはドロップジャンプパフォ

ーマンスが高いことを伝え、参考にするよう指示した。映像の内容は、グループ1では被験者自身のドロップジャンプ1回、11モデルのドロップジャンプ2回、さらに被験者のドロップジャンプ1回、モデルのドロップジャンプ2回が一続きとなった映像を1セットとして、2分間隔で8セット観察した。グループ2ではモデルのドロップジャンプ4回が一続きとなった映像を1セットとして、2分間隔で8セット観察した。グループ3は運動観察を行わないため20分間安静に待機した。運動観察にはフェイスマウントディスプレイを用いて、被験者の目の前で映像を映した。運動観察後、5分間の休息を挟んで3回の練習を行ってから、運動観察後の試技を2分間隔で3回行った (Posttest)。

実験は地面反力の測定とビデオ撮影を行った。地面反力はフォースプラットフォームを用いてサンプリング周波数2000Hzで測定した。被験者の右体側の肩峰、大転子、脛骨外側上顆、足関節外顆、第五中足骨骨頭に反射マーカを取り付け、被験者の右矢状面を約5m離れた位置から高速ビデオカメラを用いて240fpsで撮影した。撮影された画像は、動作解析ソフトを用いて各マーカーのデジタイズを行い、二次元の座標データに変換した。座標データから身体各セグメントの重心座標を求め、さらに全身の重心座標を求めた。

スティフネスは屈曲局面における重心変位と地面反力の直線回帰式を最小2乗法を用いて求め、その係数をスティフネスとした(図2)。

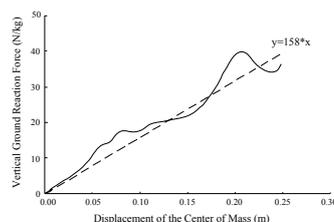


図2. 関節スティフネスの算出方法

#### 4. 研究成果

本実験では、モデルと被験者自身の運動を観察したグループ 1 のみでドロップジャンプのスティフネスに Pretest と Posttest の間に統計的有意差と大幅な変化が認められた。

このことから、次の 2 点の重要な結果が導かれる。1) 観察だけでも関節スティフネスの学習が可能である。2) その学習には、適切な映像が必要である。以下、その 2 点についての研究成果を報告する。

(1) グループ 1 では、スティフネスが運動観察後に統計的に有意な増加と大幅な増加を示し、これにあわせて脚短縮幅、接地時間が有意に、かつ大幅に変化した。Arampatzis et al. (2001) は、スティフネスと離地速度や接地時間の関係についても報告しており、離地速度はスティフネスがある程度増加しても大きく変化しないがスティフネスが増加しすぎると減少するとし、また接地時間はスティフネスの増加に伴って減少するとしている。グループ 1 では運動観察後に接地時間は減少したが離地速度は変化しておらず、スティフネスは離地速度を落とさない範囲で増加したことが分かる。この接地時間が減少しても離地速度が減少しなかったという結果は、離地速度が跳躍高に関係することから、グループ 1 では着地後できるだけ速く高く跳ぶという目標に沿ったスティフネス調節が行われたと考えられる。これらのことは、運動観察を通してドロップジャンプのパフォーマンス向上に適したスティフネス調節が学習されたことを示唆する。スティフネス調節は、外力を受けた筋が伸張性収縮を行うことで弾性エネルギーを蓄え、その弾性エネルギーをその後の短縮性収縮に利用するという効率的に運動を行うための運動技能と考えられる。本研究では、このスティフネス調節が観察運動学習されることが示された。ドロップジャンプの受動的局面におけるスティフネスの変化には、特に着地前の筋の予備

活動が関与する。したがってグループ 1 では、着地前の筋への運動指令が変化し、予備活動が増加したことでスティフネスが増加したと考えられる。しかし、このスティフネスを増加させるために必要である筋の予備活動自体は観察することができない。そのため、着地後に現れた動きの観察をもとに着地前の予備活動を増加させるための運動指令が学習されたと考えられる。このように着地後に現れた動きをもとに着地前の運動指令の修正を行うためには、着地衝撃が身体に及ぼす影響を考慮しなくてはならない。つまり、本研究の運動観察によってスティフネス調節が学習されたという結果は、身体と着地衝撃という外力の影響を含めた学習が運動観察によって行われたことを示唆する。

#### 【参考文献】

Arampatzis, A., Schade, F., Walsh, M., Bruggemann, G. P. (2001). Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11, 355-364.

(2) 本研究では、モデルと被験者自身のドロップジャンプを観察したグループ 1 では明確な学習効果が現れたが、モデルのドロップジャンプだけを観察したグループ 2 では明確な学習効果は現れなかった。このことから、モデルだけでなく自分自身の運動を観察することが観察運動学習の有効な方法となる可能性が示唆された。

これまでの観察運動学習の研究では、モデルの運動を観察するだけでも学習効果が現れることを報告しているが、本研究ではモデルの観察だけでは大きな学習効果は現れなかった。この理由として、これらの先行研究は外力を受けずに行われる運動の学習であったのに対し、本研究は外力を受けて行われるドロップジャンプの学習であったことが挙げら

れるだろう。すなわち、ドロップジャンプは着地衝撃という外力と身体の筋群が発揮する内力により動きが決定されるため、外力の影響を含めた学習を行う必要があり、学習内容がより複雑であったと考えられる。そのため、モデルの観察だけでは学習を達成するための十分な情報が得られなかったと考えられる。外力を受けて行われる運動の観察学習を行った研究である、外乱を受けて行われるリーチング運動の研究 (Mattar and Gribble, 2005) では、模範的な運動と未上達な運動を観察し、その動きの差異を役立てることで運動学習が達成された。本研究でも動きの差異に着目し、モデルと被験者自身の動きの差異が観察運動学習に有効に作用すると考え実験を行った。その結果、その予想通りモデルと被験者自身の運動観察を行ったグループ1で大幅な運動学習効果が得られた。図3のモデルの動きから分かるように、モデルは着地後の下肢の屈曲量が少なく屈曲から伸展への移行が素早く行われているのに対して、Pretest 時の被験者は着地後の下肢の屈曲が大きく屈曲から伸展への移行に時間がかかっている。グループ1では、モデルと被験者自身のドロップジャンプを観察することで、この屈曲量や屈曲から伸展への移行速度といった動きの差異が正確に知覚されたと考えられる。そして、この動きの差異の知覚がステイフネスを変化させるための運動指令の修正に有効に作用したと考えられる。しかし、モデルだけの観察を行ったグループ2では、被験者自らの動きの知覚は着地衝撃や着地局面の関節可動などの体性感覚情報に依存する他無く、主観的に動作の内容をイメージするしかなく、実際の動作の内容が明確にできなかったと考えられる。このため自らとモデルの動きの差異を正確に知覚できず、ステイフネスを変化させるための運動指令の修正が行われなかったと考えられる。また、本研究においてモデルのドロップジャンプだけを観察

しても明確な学習効果が得られなかったのは、今回用いた被験者にはドロップジャンプのトレーニング経験がなく、本研究で初めてドロップジャンプを行ったことも理由の一つになっている可能性がある。なぜなら、対象となる運動の経験によって観察運動学習の効果が変化する可能性があるからである。このことから、全く経験のない運動を観察するよりもある程度経験を積んでから観察した方がより正確に運動を知覚でき、より多くの情報を得ることができるようになる可能性が考えられる。

#### 【参考文献】

Mattar, A. A., Gribble, P. L. (2005). Motor learning by observing. *Neuron*, 46, 153-160.

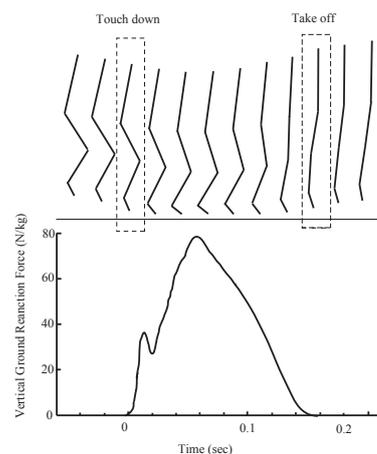


Figure 5

図3. モデルの動きとその地面反力波形

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

1. 山田憲政, 力学理論と知覚, 体育の科学  
57, 465-473, 2007. (査読無)

〔学会発表〕（計1件）

1. Koike, T. and Yamada, N. Modulation of  
leg and joint stiffness during drop  
jumping by observing the jump  
movements of a model and the learners,  
13th annual congress of ECSS, 2008, 7, 9.  
Estoril, Portugal, Univ. of Lisbon.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田憲政 (YAMADA NORIMASA)

北海道大学・大学院教育学研究院・准教授

研究者番号:00210469

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

小池貴行 (KOIKE TAKAYUKI)

室蘭工業大学・博士研究員

研究者番号:50528320