

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10983

研究課題名（和文）調整力の構造解明のための動的平衡性の検討と測定課題の作成

研究課題名（英文）Development of dynamic balance task for clarify the structure of coordination ability

研究代表者

高德 希 (Takatoku, Nozomi)

奈良女子大学・生活環境学部・特任准教授

研究者番号：80554477

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、調整力の複雑な構造の解明に向けて、調整力の基盤要素としての動的平衡性を検討し、移動系運動をベースとした動的平衡性課題を作成することを目的とした。正確かつ迅速な前方への両足連続跳躍動作を用いた動的平衡性課題を作成し、動作過程の時空間的コントロール指標から動作特性および発達的特性について検証した。その結果、動的平衡性課題の敏捷性の指標である全体動作時間には、特に接地局面における時空間的な身体コントロール能力が反映されている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、自己の身体をつましくコントロールする能力である調整力の基盤要素の中でも運動中の平衡維持能力である動的平衡性に着目した。特に総合的なパフォーマンスだけではなく、動作過程にも焦点を当てることで明らかになった本研究の研究成果は、生涯にわたって重要となる調整力の構造解明に向けた一助となり、子どもから大人まで汎用性の高い動的平衡性課題や動作過程における動き方の評価観点を新たに提供することで体育・身体教育学分野への寄与につながると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to examine dynamic balance as a fundamental element of coordination ability and to development a dynamic balance task. A dynamic balance task was created using a forward continuous jumping movement with both feet, and the motion and developmental characteristics were verified based on the spatiotemporal control index of the movement process. It was suggested that the total movement time, a measure of agility in the dynamic balance task, may reflect the spatiotemporal control ability of the body in the ground contact phase.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：調整力 動的平衡性 移動系運動

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

人は、身体の様々な部分を様々な方向に(空間的調整) 様々なタイミングで(時間的調整) 様々な力の配分で(力量的調整)コントロールする能力を持ち、それらの調整のしかたの違いから、走る、跳ぶ、投げるなどの多くの異なった基礎的運動パターンが生じる(杉原ら、2011)。また、走・跳・投などの運動パターンを安定してできるためには、調整力の発達が非常に重要であり、調整力を一般的な体力要素とは別に、平衡性、敏捷性、巧緻性などからなる能力として定義している(村瀬ら、2011)。この調整力は1968年の小学校学習指導要領で正式に用いられ、それ以降の様々な研究・検討を経て、前述した3つの要素を含む複雑な神経過程であるとされてきたが、調整力の具体的な構造や発達の特性が明らかになっていないこと(加納、2016)や測定方法も確立されていないこと(加納ら、2016)も指摘されており、全国的に実施されている測定項目のように数量的な測定値のみでの評価が難しい能力でもある。さらに、近年の子どもの体力・運動能力には、単なる測定値の低下だけではなく、動きのぎこちなさ、自己の身体をうまくコントロールできないなどといった動作の未発達が問題となっており、これを解決するためにも調整力に関する構造の解明や測定課題の確立が必要であろう。

このように、未だ曖昧な部分を残している要因は調整力そのものの構造の複雑さに加えて、多岐にわたるフィールドテストでは時間や成功回数などを指標としていることにあると考えられることから、まずは調整力の要素(平衡性、敏捷性、巧緻性)のいずれかに焦点を絞り、数量的な評価だけではなく、「どのように行ったのか」という動作過程を検討する必要がある。これまでの研究(高德、2012)から調整力の3つの要素は並列ではなく、敏捷性や巧緻性を生み出すためには動きの中で身体の平衡性を保つことが基盤にあると考え、本研究では第一に着目すべき調整力の基盤要素を「平衡性」とした。平衡性は「静的」と「動的」に大別され、開眼片足立ち等による測定や重心動揺測定によって比較的簡易に測定することができる「静的平衡性(安静姿勢を保持する機能)」に比べると、運動中の平衡維持能力である「動的平衡性」については特定の測定課題が確立されていない。しかし、日常の活動場面では安静姿勢よりも身体の移動を含む連続的な運動がほとんどであり、生涯を通して移動運動を続けるためにも動的平衡性能力の向上・維持は非常に重要である。従って、多様な運動パターンの中でも連続性のある移動系運動をベースとした動的平衡性課題を作成し、数量的な評価と併せて動作過程における動き方を評価すること、さらに、それらの発達の特性の検討も必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、調整力の複雑な構造の解明に向けて、調整力の基盤要素としての動的平衡性を検討し、移動系運動をベースとした動的平衡性課題を作成することであった。特に、子どもから大人までを対象とした調査から、「動的平衡性と他の要素(敏捷性、巧緻性)との関連性」「バイオメカニクス的手法である動作分析で得られる定量的データ(姿勢、関節運動、重心位置等)に基づいた動作過程における動き方」の2点を明らかにしていく。

3. 研究の方法

(1) 動的平衡性課題の作成に向けた予備調査

幼児対象の両足連続跳び越しを用いた予備調査

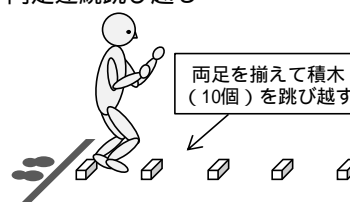
既存項目で前方移動が含まれる運動課題として、幼児対象の両足連続跳び越しを用いた予備調査を行った。幼児対象の運動能力調査項目の1つである両足連続跳び越しは、両足をそろえ、50cm間隔で配置した10個の積木を連続して跳び越す運動課題であり、測定した全体動作時間は敏捷性の指標とされている。年中児39名、年長児42名を対象に、両足連続跳び越しの測定し、全体動作時間と両足踏切および着地の成就(両足踏切・着地成就率)について検討した。

両足連続跳躍動作を用いた予備調査

子どもから大人までを対象とした測定が可能な動的平衡性課題の作成に向けて、の結果をふまえ、前方への両足連続跳躍動作を用いた予備調査を行った。小学生および中学生男子43名を対象に、5mの直線コース上に設置したトレーニングラダーの間隔(50cm)に合わせた前方への両足連続跳躍動作(10回)の測定を行った。対象者に対しては、両足をそろえ、できるだけ速く行うように教示した。敏捷性の指標として全体動作時間を測定し、時間的コントロールの指標として各跳躍の滞空および接地時間、空間的コントロールの指標として大転子位置の変位について検討するために2次元動作解析を行った。

両足連続跳躍動作でみられる動作特性の検証

A. 両足連続跳び越し



B. 両足連続跳躍動作

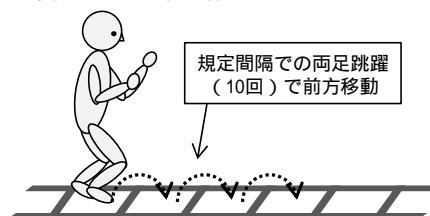


図1 予備調査における運動課題

の結果をふまえ、両足連続跳躍動作のより詳細な動作特性の検証が必要であると考えられたことから、健常な若年女性（10名）を対象に、と同様の運動課題を「任意の速さで正確に遂行する条件（任意条件）」と「できるだけ速く正確に遂行する条件（迅速条件）」の2条件を設けて測定を行った。敏捷性の指標として全体動作時間を測定し、特に空間的コントロールの指標として身体重心の変位および速度、接地局面における下肢3関節角度（股関節、膝関節、足関節）を中心とした動作特性について検討するために3次元動作解析を行った。

（2）作成した動的平衡性課題を用いた本調査

本調査の対象者は、小学5年生男子（31名）、中学2年生男子（58名）、高校2年生男子（61名）であった。上記（1）で作成した動的平衡性課題（前方への両足連続跳躍動作）、その他の既存項目として、最大跳躍の半分の距離に対する目安跳び（巧緻性）、反復横とび（敏捷性）を用いて本調査を行った。動的平衡性課題は敏捷性の指標として全体動作時間、目安跳びは跳躍距離、反復横とびは回数を測定した。また、動的平衡性課題の動作過程に着目し、両足跳躍における正確性の指標として両足踏切・着地成就率、時間的コントロールの指標として各跳躍の滞空および接地時間、空間的コントロールの指標として大転子位置の変位について検討するために2次元動作解析を行った。さらに、本調査で得られた結果から、作成した動的平衡性課題とその他の既存項目と関連性について検討した。

4. 研究成果

（1）動的平衡性課題の作成と動作特性の検証

幼児における両足連続跳び越し動作

両足連続跳び越しの全体動作時間については、年中児が 7.3 ± 1.7 秒、年長児が 6.3 ± 1.5 秒であった。各跳び越し動作の両足踏切成就率は年中児で $84.1 \pm 18.2\%$ 、年長児で $93.8 \pm 12.9\%$ 、両足着地成就率は年中児で $75.6 \pm 23.1\%$ 、年長児で $86.2 \pm 18.5\%$ であった。さらに、着地と踏切の連動性からみたパターンについては、特に年中児において両足非同時着地の後に両足同時踏切となるパターンの出現率が高く、このパターンにおいては動作時間が長くなる傾向がみられた。

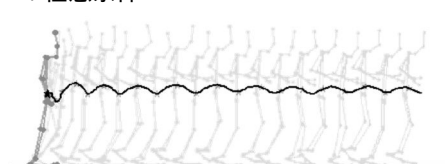
小・中学生における両足連続跳躍動作

両足連続跳躍動作の全体動作時間については、 3.1 ± 0.3 秒であった。全体動作時間が短い上位群は跳躍過程の後半にかけて接地時間が短縮、全体動作時間が長い下位群は跳躍過程後半にかけて滞空時間が延長し、大転子位置変位（鉛直成分）がやや大きくなる傾向がみられ、上方移動の大小が敏捷性に影響していたと考えられる。

両足連続跳躍動作の動作特性

前方への両足連続跳躍動作を用いた運動課題の前提として、まずは規定間隔（50cm）に合わせた正確な距離調整が必要になる。その上で迅速な前方移動を要求される場合には、より動的平衡能力が重要になると考えられることから、「任意の速さで正確に遂行する条件（任意条件）」と「できるだけ速く正確に遂行する条件（迅速条件）」の動作過程の比較から動作特性を検証した。図2に矢状面からみた身体重心位置（対象者1名）を示す。この対象者の全体動作時間は、任意条件が4.98秒、迅速条件が3.55秒であり、迅速条件においては身体重心位置（鉛直成分）の変化量が小さく（図2）全跳躍過程において下肢3関節角度の変化が小さかった。また、幼児対象の両足連続跳び越しにおいては、各跳躍動作の接地局面が着地と踏切が連動する重要な局面であると示唆されたことから、接地局面における身体重心位置および下肢3関節の角度の変化に着目した。図3より、迅速条件の身体重心速度においては、接地局面中盤での減少がみられなかった。図4より、いずれの条件においても股関節角度の変化量は顕著に小さかったが、特に迅速条件においては膝関節および足関節角度の変化量も小さかった。したがって、下肢3関節の運動範囲を制限することで身体重心変位の変化量を小さくし、接地局面中盤においても身体重心速度を維持していたといえる。接地局面でみられたこのような動作特性が最終的なパフォーマンス

A. 任意条件



B. 迅速条件

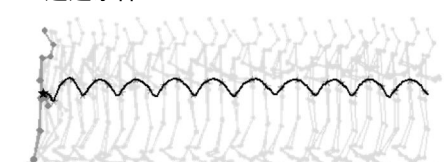


図2 矢状面からみた身体重心位置

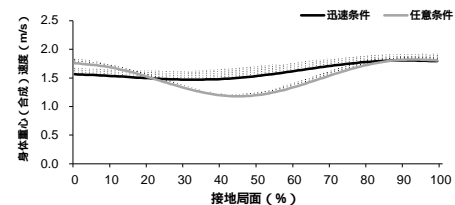
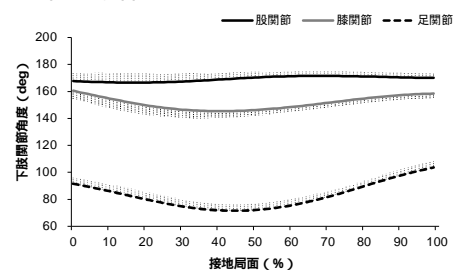


図3 接地局面における身体重心速度

A. 任意条件



B. 迅速条件

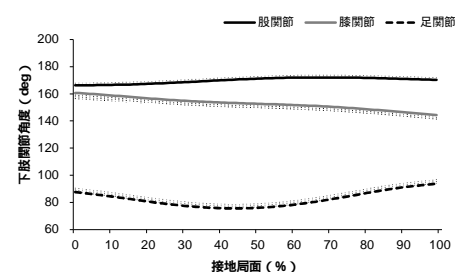


図4 接地局面における下肢3関節角度

マンスである全体動作時間の短縮につながっていたと考えられる。

(2) 動的平衡性課題における発達の特性

表1 各学年の時空間的コントロール指標の平均値および変動係数

		小学5年生	中学2年生	高校2年生	
滞空時間 (s)	平均値	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.03	0.14 ± 0.01	
	変動係数	0.15 ± 0.05	0.11 ± 0.04	0.18 ± 0.06	
接地時間 (s)	平均値	0.15 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.01	
	変動係数	0.16 ± 0.05	0.11 ± 0.04	0.12 ± 0.03	
大転子位置変位 (前後)	前半 (m)	平均値	0.12 ± 0.03	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.02
		変動係数	0.30 ± 0.08	0.19 ± 0.08	0.19 ± 0.08
	後半 (m)	平均値	0.14 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.16 ± 0.02
		変動係数	0.31 ± 0.11	0.20 ± 0.09	0.25 ± 0.12
大転子位置変位 (鉛直)	前半 (m)	平均値	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.05 ± 0.01
		変動係数	0.34 ± 0.15	0.27 ± 0.13	0.40 ± 0.14
	後半 (m)	平均値	0.07 ± 0.02	0.08 ± 0.03	0.05 ± 0.01
		変動係数	0.38 ± 0.21	0.33 ± 0.10	0.45 ± 0.16

小学5年生、中学2年生、高校2年生男子を対象とした本調査の結果、動的平衡性課題の全体動作時間から評価した敏捷性については高校2年生が最も高かった(小5: 3.68 ± 0.36秒、中2: 3.89 ± 0.4秒、高2: 3.37 ± 0.33秒)。一方、各跳躍における両足踏切・着地成就率から評価した正確性については中学2年生が最も高かった(小5: 56.9 ± 27.4%、中2: 71.6 ± 19.6%、高2: 67.1 ± 24.4%)。次に、正確な両足連続跳躍動作を遂行していた対象者(各学年14名)を抽出して動作過程の時空間的コントロールについて検討した。なお、予備調査において身体重心位置と大転子位置の軌跡を比較したところ、ほぼ同様の変化を示しており身体重心に近く視覚的に観察可能な指標に成りうると考えられたことから、本調査においては空間的コントロールの指標として大転子位置の変位を用いた。表1に各学年の時空間的コントロール指標の平均値および変動係数を示す。特に、小学5年生においては、接地時間および大転子位置変位(前後成分)の変動係数が大きく、他の学年よりも動作過程における時空間的な変動が大きい傾向がみられた。動的平衡性課題としての両足連続跳躍動作とその他の既存項目と関連性については、小学5年生においてのみ、両足踏切成就率と目安跳びとの関連がみられた。一方、全学年において、全体動作時間と反復横とびとの関連はみられなかったことから、本研究で作成した動的平衡性課題と反復横とびで評価される敏捷性能力はそれぞれ独立したものであると考えられる。

したがって、上記(1)で示した両足連続跳躍動作の動作特性もふまえると、正確かつ迅速な前方への両足連続跳躍動作を用いた動的平衡性課題において敏捷性の指標である全体動作時間には、特に接地局面における時空間的な身体コントロール能力が反映されている可能性が示唆された。今後は、幅広い年齢層を対象とした応用例を増やし、この運動課題における動作過程をより簡便にリアルタイムで捉えるための評価観点および手法を模索していくことが課題であると考えらえる。

<引用文献>

- 加納裕久(2016)幼児期におけるコーディネーション研究の理論的基礎. 人間発達学研究, 7: 51-64.
- 加納裕久, 久我アレキサンデル, 玉腰和典, 丸山真司(2016)幼児期における定位能力・分化能力の発達の特性: 投・投動作に着目して. 発育発達研究, 70: 36-47.
- 村瀬智彦, 春口晃章, 西井俊郎編著(2011)幼児のからだを測る・知る. 測定の留意点と正しい評価法. 杏林書院.
- 杉原隆, 吉田伊津美, 森司朗, 中本浩揮, 筒井清次郎, 鈴木康弘, 近藤充夫(2011)幼児の運動能力と基礎的運動パターンとの関係. 体育の科学, 61: 455-461.
- 高德希(2012)「両足連続跳び越し」の動作分析からみた幼児期における調整力の重要性. 人間文化研究科年報, 28: 79-87.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Muro, A., Takatoku, N., Ohtaka, C., Fujiwara, M., & Nakata, H.	4. 巻 11
2. 論文標題 Developmental progression and sex differences in agility during continuous two-footed jumping among children aged 4-16 years	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Motor Learning and Development	6. 最初と最後の頁 71-85
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1123/jmld.2022-0013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高德 希	4. 巻 20
2. 論文標題 動きの"つながり"にみる子どもの身のこなし	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 子どもと発育発達	6. 最初と最後の頁 258-263
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高德 希	4. 巻 64
2. 論文標題 幼児の両足連続跳び越しにおける両足同時性が時空間的な身体コントロールに及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 体育学研究	6. 最初と最後の頁 665 ~ 674
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5432/jjpehss.19037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高德 希、大高千明、小野夏純、長谷部楓美、三浦舞子、中田大貴、藤原素子
2. 発表標題 児童の両足連続跳躍過程における時空間的変容と下肢関節運動
3. 学会等名 第26回バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大高千明、高德希、小野夏純、長谷部楓美、三浦舞子、中田大貴、藤原素子
2. 発表標題 児童の目安跳び動作における下肢関節運動からみた身体コントロール方略
3. 学会等名 第26回バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高德 希
2. 発表標題 前方への両足連続跳躍過程における変動からみた動作特性
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高德 希
2. 発表標題 両足同時踏切および着地の成就率からみた幼児の連続跳び越し動作の検討
3. 学会等名 日本体育学会第69回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高德 希
2. 発表標題 前方への両足連続跳躍動作における時間的変動と姿勢変化
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------