

学位論文

跳び箱運動における用具の工夫が
第2空中局面に及ぼす影響についての
動作的研究
—開脚跳び—

兵庫教育大学大学院 学校教育研究科
教科・領域教育専攻 生活・健康系コース

学籍番号 M94755F

氏名 岸本正彦

目 次

第1章 緒 言	1
第2章 成人男子における開脚跳びの水平面・傾斜面実施時での運動構造の検討	
— 実験1 —	
第1節 目 的	3
第2節 方 法	
第1項 被験者	5
第2項 被験筋	5
第3項 動作方法	5
第4項 記録方法	
（1）筋電図記録	5
（2）フォームの記録	6
（3）圧力板への負荷量及び負荷方向の記録	8
第5項 データ処理	
（1）筋電図	9
（2）画像解析	9
（3）圧力板への負荷量及び負荷方向	9
第3節 結 果	
第1項 熟練者の筋活動様式ならびに動作様式	10
第2項 非熟練者の筋活動様式ならびに動作様式（着手面の変化）	13
第4節 考 察	
第1項 開脚跳びの運動構造	17
第2項 着手面の変化について	19
第5節 要 約	19

第3章	小学生における開脚跳びの水平面・傾斜面実施時での着手が第2空中局面に及ぼす影響についての検討	— 実験2 —
第1節	目 的	21
第2節	方 法	
第1項	対象者	22
第2項	授業実践者	22
第3項	期 間	22
第4項	授業の実施方法	22
第5項	記録方法	22
第6項	データ処理	23
第7項	指導計画	23
第3節	結 果	
第1項	小学生における開脚跳びの指導前の実態	23
第2項	水平面・傾斜面ともに開脚跳びで跳び越せた児童55名の第2空中局面に及ぼす影響について	23
第4節	考 察	30
第5節	要 約	31
第4章	総 括	33
	引用・参考文献	36
	図表一覧	38
	謝 辞	
	付録資料	

第1章 緒言

学校教育現場において、器械運動の運動領域は一般に児童・生徒に敬遠される傾向にある。これには大別して二つのことが考えられる。その一つは、懸垂、支持、回転、ひねりなどの非日常的な運動形態を有していることである²⁸⁾。日常の生活では、経験できない形態の運動であるだけに、児童・生徒は、一般に未知の運動に対して「やってみたい（挑戦）」という欲求をもっているが、反面、達成困難なものについては、恐怖心を持ち、学習意欲が阻害されやすい¹⁸⁾。他の一つは「できる」、「できない」がはっきりしていることである。指導に際して、これらの問題の解決のためには、指導経験に加え、指導者自身が、先ず、個々の運動の運動構造を科学的に理解していることと、次に、運動構造から明らかにされた技術的ポイントを児童・生徒に対して、どのような言葉や感覚で伝達するかの創意工夫が必要と考える。

器械運動の中でも、跳び箱運動は、児童・生徒に比較的好まれる傾向が見られる。これは、跳び箱を障害物と見たてて、これを無事に跳び越し終えたとき、「跳べた」ことを「できた」こととして楽しさを感じ取っているからと思われる。しかしながら、後述する跳び箱運動の特性から見て、障害物を跳び越したことを跳び箱運動ができたこととみなしてよいものであろうか。

今回の指導要領の改訂で、器械運動領域で扱われる用語と体操競技で扱われる用語との統一性が図られた²⁸⁾。これは器械運動領域で扱われる各種の技の運動構造・技術的ポイントと体操競技で扱われるものとの共通性が認められることによる。そのような観点から、跳び箱運動の特性についてみると、跳び箱運動は支持跳躍系の運動形態を有しており、着手時に上肢（肘関節）によるスプリング機構を有効に利用して、雄大な第2空中局面の獲得が最大の課題となる^{1) 2)}。上肢でジャンプすることは、最も非日常的な運動形態であり、他のスポーツでは体験できないものである。跳び箱運動を通して、上肢によるジャンプが体験できたとき、人間は日常生活では味わえない、新たな発見、新たな楽しみを体験するものと考えられる。著者自身、学校教育現場の指導者として、より多くの児童にそのような経験をしてもらいたいと常日頃感じている。また、より大きな第2空中局面の獲得こそが、現行の小学校指導書体育編¹⁵⁾の器械運動領域の跳び箱運動（第5学年・第6学年）で示されている「安定した動作での支持跳び越しをすること」及び跳び箱運動による傷害の中でも最も多い着地時のけがの防止に貢献するものと考えられる²¹⁾。

跳び箱運動の着手技術に関する研究は、体操競技に関するもの^{8) 9) 10) 18)}や教科教育に関するもの^{3) 4) 11) 13) 14) 19) 20) 22) 23) 29)}はあるが、運動構造についてバイオメカニクスの的に研究したものは少ない。上村ら⁸⁾は、跳馬の着手前後の力学的変化について明らかにし、岡ら^{24) 25) 26) 27)}は、マット運動のハンドスプリングと跳び箱運動の倒立回転跳びの着手動作について比較し、動作ならびに筋の作用機序の面から明らかにしている。しかしながら、いずれの場合も、学校教育現場を対象としたものではない。それらの中で、加藤ら⁷⁾は開脚跳びについて動作ならびに筋の作用機序の面より、習熟過程及び技術的ポイントを明確にし、それらの結果より、小学校教育現場における、より大きな第2空中局面獲得の着手技術を中心とした指導法について検討している。古田ら¹⁾はかかえこみ跳びについて、加藤ら⁷⁾と同様の方法で、着手動作に着目し、報告している。しかしながら、これらはいずれも、着手技術の改善を目的としたものであり、身体操作技術が未熟な児童にとっては動作の改善が困難であることも指摘している。他方、指導法としては、用具を工夫することによる技術的ポイントの獲得が考えられる。この場合、用具の工夫が身体操作技術の未熟さを補うことが考えられ、より多くの児童に対して、合目的な動作の獲得が期待される。

そこで本研究では、跳び箱運動の繰り返し系技群の代表的な跳び方のひとつである開脚跳びに焦点を当て、より大きな第2空中局面を獲得するために、効果的な用具（器械）の使用に関する指導法の検討を目的とした。後述する力学的条件に従い、従来の「跳び箱は水平である」という既成概念を変え、跳び箱の着手面に傾斜を与えることによって、同じ着手動作であっても水平面の場合と比し、上方への分力が得やすくなり、より大きな第2空中局面の獲得が期待できるように跳び箱を工夫した。この跳び箱を用いて、先ず、実験1として熟練者と繰り返し動作としての開脚跳びはできるが技術的に劣る成人男子大学生を対象とし、動作ならびに筋の作用機序の面から開脚跳びの運動構造を検討するとともに着手面の変化が開脚跳びの第2空中局面に与える影響について比較・検討した。次に、実験2として小学校体育科の授業の中で、着手面の変化が開脚跳びの第2空中局面に与える影響について圧力板の歪及び動作の面から比較・検討した。なお、授業対象者はこれまで傾斜面での跳び箱運動は経験しておらず、新しい感覚で取り組むものと考えられる。それ故、授業後に自由記述によるアンケートを実施し、児童の感覚と動作との関係についても検討した。

第2章 成人男子における開脚跳びの水平面・傾斜面実施時での運動構造の検討

第1節 目的

前述の如く、跳び箱運動は支持跳躍系の運動形態を有しており、着手時に上肢（肘関節）によるスプリング機構を有効に利用して、より大きな第2空中局面の獲得が最大の課題となる。着手期における上肢は、手関節・肘関節・肩関節が直列に連なる直列多関節運動系を構成し、各関節まわりの筋群の筋活動により発生した筋力で負荷を支えている。

熊本ら¹²⁾は、直列多関節運動系では、力学的には外部へ向けて発揮される力は各関節の力が加算されるのではなく、最も弱い関節の力で制約されることを報告している。この直列多関節運動系の最も単純なものが二関節運動系である。山下ら³¹⁾は、肘関節伸展動作と肩関節屈曲動作の二関節運動系全体の最終出力は、個々の関節により出現した力の合力とはならず、いずれか弱い方の関節出力により制約され、出現する力の方向が異なれば制約関節も異なることを報告している。また、相拮抗する二関節筋群のうち、制約関節側に協同的に働く筋は促進を受け、拮抗的に働く筋は、抑制を受けることを報告している。

跳び箱運動の着手時は手掌より着手しているため着手点と身体重心を結ぶ作用線は手関節の近似点を通過しており、手関節は力の伝達関節の役割のみを果たしているものと考えられる。それ故、手関節がこの運動系の制約関節とはなり難く、着手時、上肢は肘関節と肩関節の二関節運動系を構成しているものと考えられる。

そのような観点からみると、本研究で取り上げた開脚跳びは切り返し系の技であり、力学的には、先ず、着手時、肘関節伸展・肩関節屈曲により負荷を支え、次に肘関節伸展・肩関節伸展により回転方向を反転させることが要求される。この肘関節伸展・肩関節伸展時に肘関節筋群の収縮（スプリング機構）により、切り返し動作としての上方への分力が獲得される。このスプリング機構の有効利用には着手時に肩関節屈曲による十分な負荷補償が前提となる。そのためには、着手時の肩関節角度の保持が重要なポイントとなり、着手動作が跳び箱運動の技術的ポイントとなるが、身体操作技術が未熟な児童にとっては着手技術の獲得が困難であることが指摘されている^{2) 6)}。

図1は、着手時の身体重心軌跡の最も単純化した跳び箱の反力の力学的特性のモデルを示している。この場合、同じ動作で着手しても着手面の傾斜角により右の図の方が上方への分力が大きくなる。すなわち、より高い身体重心位置の獲得が期待され、より大きな第2空中局面の獲得に寄与するものと考えられる。

そこで、より大きな第2空中局面の獲得を目的として、図1の力学モデルより用具を工

夫し、動作ならびに筋の作用機序の面から、開脚跳びの運動構造を検討するとともに、着手面の変化が身体重心の上方分力の獲得、すなわち、第2空中局面に及ぼす影響について比較・検討した。

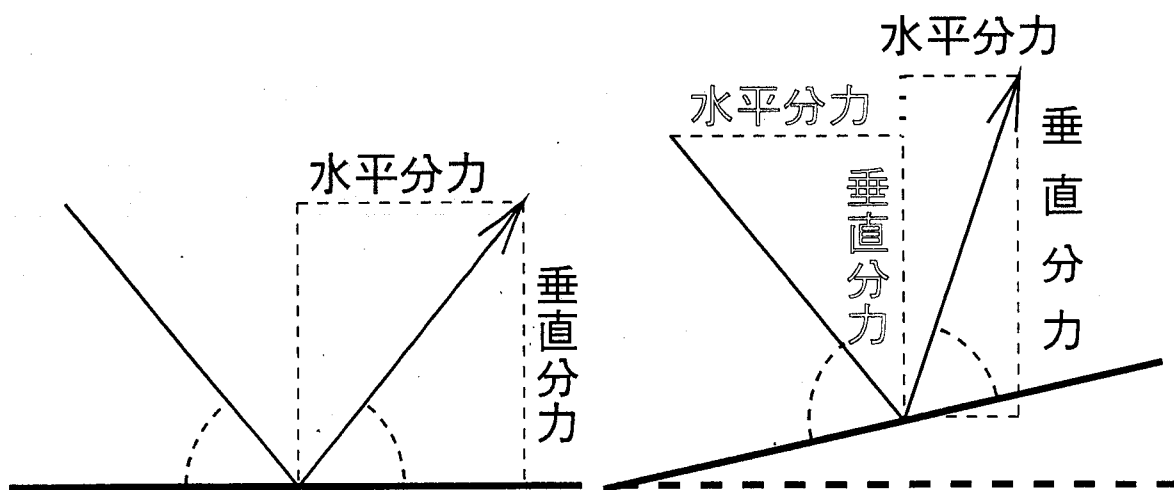


図1 跳び箱運動の傾斜面の反力の力学的特性（モデル化）

第2節 方法

第1項 被験者

熟練者として、元ユニバーシアード神戸大会代表、アジア大会代表体操選手、非熟練者としてなく繰り返し動作としての開脚跳びはできるが技術的に劣る成人男子大学生4名、計成人男子5名を被験者として選んだ。

第2項 被験筋

上肢の基本的な動作の筋電図解析結果^{12) 31)}、ならびに跳び箱運動の筋電図解析結果^{24) 25) 26) 27)}を参照し、上肢・上肢帯、躯幹の表在筋の中より10筋を選出した。

1. 橈側手根屈筋
2. 短橈側手根伸筋
3. 上腕二頭筋長頭
4. 上腕三頭筋外側頭
5. 上腕三頭筋長頭
6. 三角筋前部
7. 三角筋後部
8. 大胸筋腹部
9. 腹直筋
10. 仙棘筋

第3項 動作方法

熟練者には、高さ110cm、長さ80cmの水平面の跳び箱を縦方向に跳ばせた。また、成人男子大学生には、高さ110cm、長さ80cmの水平面の跳び箱を縦方向に跳ばせた後に馬首を箱状のウレタンで約8cm高くし、前方に約6度の傾斜角を持たせた跳び箱を縦方向に跳ばせた。この傾斜角は予備実験として約20名の大学生に開脚跳びを跳ばせ、無理なく実施できる範囲として設定した。

第4項 記録方法

記録方法としては、筋電図記録、フォームの記録、圧力板への負荷量及び負荷方向の記録を行った。以下、記録方法の詳細について記述する。

(1) 筋電図記録

14素子多用途万能型脳波計（三栄測器製 1A12-14型）を用い、直径6mm皿状円盤電極を筋巾の中央部付近に筋走行に平行に約3cmの間隔で貼付し、皮膚表面双極誘導法により筋

電図を記録した。記録感度は、4mm/0.5mmV、紙送り速度は、6 cm/秒とした。筋電図記録と同時に、14チャンネルデータレコーダ（TEAC製 XR-510）を用い、筋活動電位変化を記録した。

（2） フォームの記録

開脚跳び実施中の動作を静止画面として観察するため、電子シャッター付きビデオカメラ（ソニー製 VX1）を使用し、被験者の右側面より1/250SEC.のシャッタースピードで撮影・録画した。この際、ビデオ映像パルス発生装置（オステック製 VS-01）を用い、ビデオテープの各フレーム毎の信号を筋電図記録紙上に記録すると同時に、各フレーム毎の数値を開脚跳び実施中の動作と同時記録した。

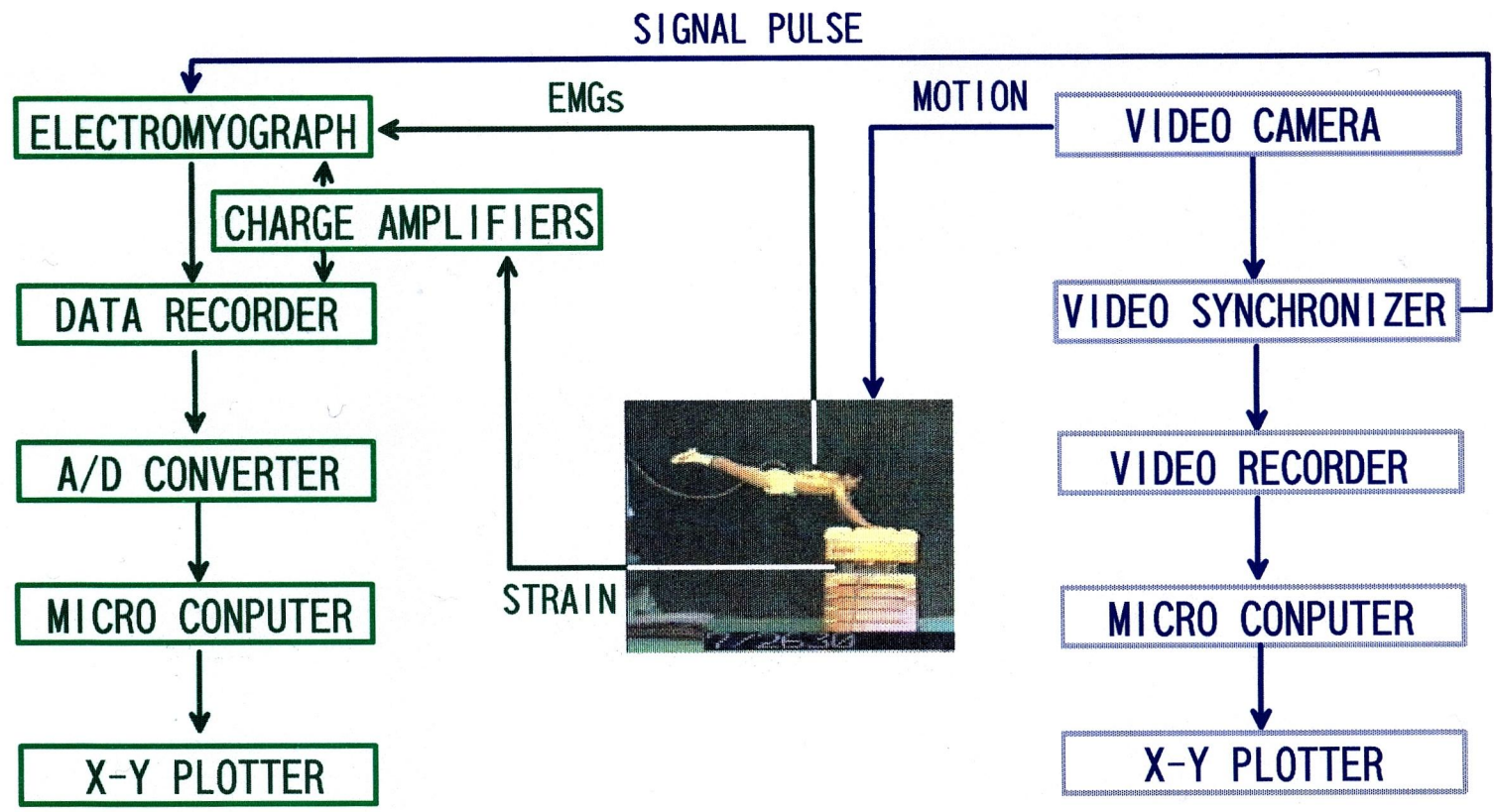


図2 実験構成図ならびにデータ処理構成図

(3) 圧力板への負荷量及び負荷方向の記録

開脚跳び実施時の着手期の跳び箱にかかる負荷量及び負荷方向を測定するため、固有振動数の高い一層くり抜き型の圧力板⁵⁾を装着した跳び箱を使用し(図3)、垂直方向(Fz)及び水平方向(Fx)の2分力を動歪計(共和電業製 DPM-611B DPM-305B)で増幅後、筋電図記録紙上に記録した。

なお、これらの動作の記録、すなわち、ビデオテープの1フレーム毎のシグナルパルス、着手期の圧力板からの上下及び前後方向の歪曲線は、筋電図記録紙上に筋電図と同時記録できるようにするとともに、14チャンネルデータレコーダにも筋活動電位変化と同時記録した。また、踏み切り板着床時、踏み切り板離床時、跳び箱着手時、跳び箱離手時及び着地時点が筋電図記録紙上に筋電図と同時記録し、14チャンネルデータレコーダに筋活動電位変化と同時記録できるよう、ロイター板及び着地面に自作のコンタクトスイッチを作成し、自作のアンプで増幅後、電位変化を圧力板からの上下方向の電位変化と同時記録した。なお、コンタクトスイッチからの電位変化は圧力板の着手時前後に記録されるため、電位変化間の相互干渉はない。

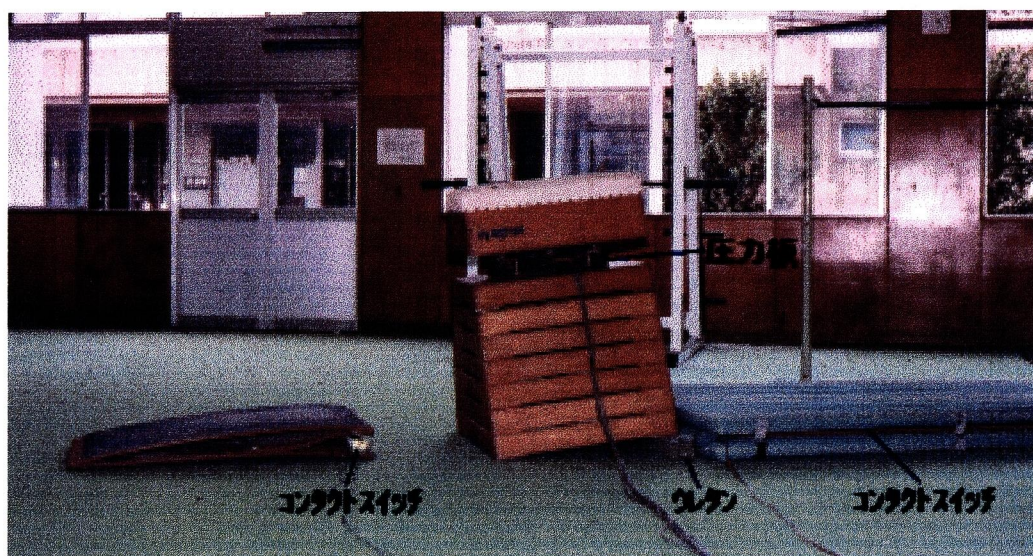


図3 圧力板を装着した跳び箱

第5項 データ処理

(1) 筋電図

筋電図は、データレコーダに記録された筋活動電位変化を、A/Dコンバーター（I・Oデータ機器製 P10-9045）を用い、デジタル信号に変換してパーソナルコンピュータ（NEC製 PC-9821AP）に入力し、自作のプログラムにより計算した後、X-Yプロッタ（ローランド製 DXY-1300）により表示した。

(2) 画像解析

ビデオ画像よりパーソナルコンピュータ（NEC製 PC-9801RA）を用いて、自作のプログラムにより頭頂、頭蓋側頭平面中央部、肩峰、左右肘関節、左右手関節、左右手指先、大転子、左右大腿骨外側顆、左右足関節顆、左右足指先の16ポイントを計測点とし入力し、パーソナルコンピュータ（NEC製 PC-9821AP）を用いて、16ポイントの計測点から身体重心、肩関節角度、股関節角度を計算させ、身体重心軌跡図、角度変化曲線としてX-Yプロッタにより表示した。また、16ポイントの計測点から着手時の身体重心から最高到達時点の身体重心までの上昇の高さ、離手後の身体重心の高さ、身体重心の最高到達時点における水平方向と体幹との成す角度（大転子を通過する水平線の一辺と肩峰と大転子を通過する一辺との成す角度）を計算し、比較した。さらに、踏み切り板着床時、踏み切り板離床時、跳び箱着手時、跳び箱離手時及び着地時点における動作変化をスティック像としてまた、同時点での身体重心位置と共にX-Yプロッタ（ローランド製 DXY-1300）により表示した。

(3) 圧力板への負荷量及び負荷方向

データレコーダから再生した上下及び前後方向の電位変化を、筋電図のデータ処理と同様にパーソナルコンピュータ（NEC製 PC-9821AP）に入力し、開脚跳び着手期の跳び箱にかかる負荷量及び負荷方向を計算し、X-Yプロッタにより歪曲線を表示した。

第3節 結果

開脚跳びは、踏み切り後の第1空中局面での回転方向を着手動作により反転させる切り返し系の技であり、力学的には、着手期において、先ず、肩関節・肘関節は肩関節屈曲・肘関節伸展により体重負荷を支えることが要求される。次に、肘関節伸展・肩関節伸展により運動方向を変換することが要求される。この力学的条件は着手面が水平面時、傾斜面時の場合も基本的には同様と考えられる。また、熟練者、非熟練者とも上述したような力

学的条件に従い、開脚跳びを実施しているものと考えられる。しかしながら、習熟度の差異及び着手面の変化により、放電様相、歪ならびに動作に差異が認められた。

そこで、先ず、熟練者の筋活動様式、動作様式、次に、非熟練者について、着手面の変化による筋活動様式、動作様式について記述する。

第1項 熟練者の筋活動様式ならびに動作様式

図4は、熟練者における水平面での開脚跳び実施時の上肢・上肢帯、躯幹筋群の筋電図圧力板からの上下・前後方向の歪曲線を示している。また、図中の1から5の点線はそれぞれ踏み切り板着床、踏み切り板離床、跳び箱着手、跳び箱離手及び着地時点を示しており、スティック像はそれぞれの時点での動作、丸い点は身体重心位置を示している（図6も同様）。

熟練者の場合、離床後、上肢・上肢帯筋では上腕二頭筋長頭、三角筋前部、同筋後部に顕著な放電の出現が認められた。また、これらの放電の出現より少し遅れて短橈側手根伸筋、大胸筋腹部に顕著な放電の出現が認められた。これらの放電の内、短橈側手根伸筋、上腕二頭筋長頭、三角筋前部の放電は着手直前に急激に減少した。一方、大胸筋腹部の放電は着手期中頃まで持続した。離床時より、弱い持続放電を示していた上腕三頭筋外側頭には、着手直後から着手期中頃にかけて顕著な放電の増大が認められた。この放電の急激な減少・消失に呼応して上腕三頭筋長頭、三角筋後部に放電の顕著な増大が認められた。躯幹筋では腹直筋に離床後から着手期中頃にかけて顕著な放電の出現が認められた。

図5は、図4と同時点でのビデオ画像よりの動作分析結果を示している。左の図の実線は肩関節、点線は股関節の角度変化を示している。なお、離手後、上肢は矢状面の動きから大きくはずれ三次元運動を行うため、分析結果より削除した。右の図は身体重心軌跡を示しており、★印は踏み切り板着床から離床、○印は離床から跳び箱着手、●印は着手から跳び箱離手、☆印は離手から着地の間を示している（図7、8も同様）。肩関節の角度変化は着床時点で120度から130度の範囲にあり、ポーズ2の離床からポーズ3の着手の間に最大伸展位（約140度）を示し、130度から120度の範囲で着手し、伸展しながら90度から80度の範囲で離手している。身体重心軌跡では、離手後の第2空中局面（☆印）での上方移動が観察され、支持跳躍系としての開脚跳びがなされていることを推測させる。連続動作としてのビデオ画像の観察結果では、外見動作としての大きな動作での第2空中局面の獲得が認められた。

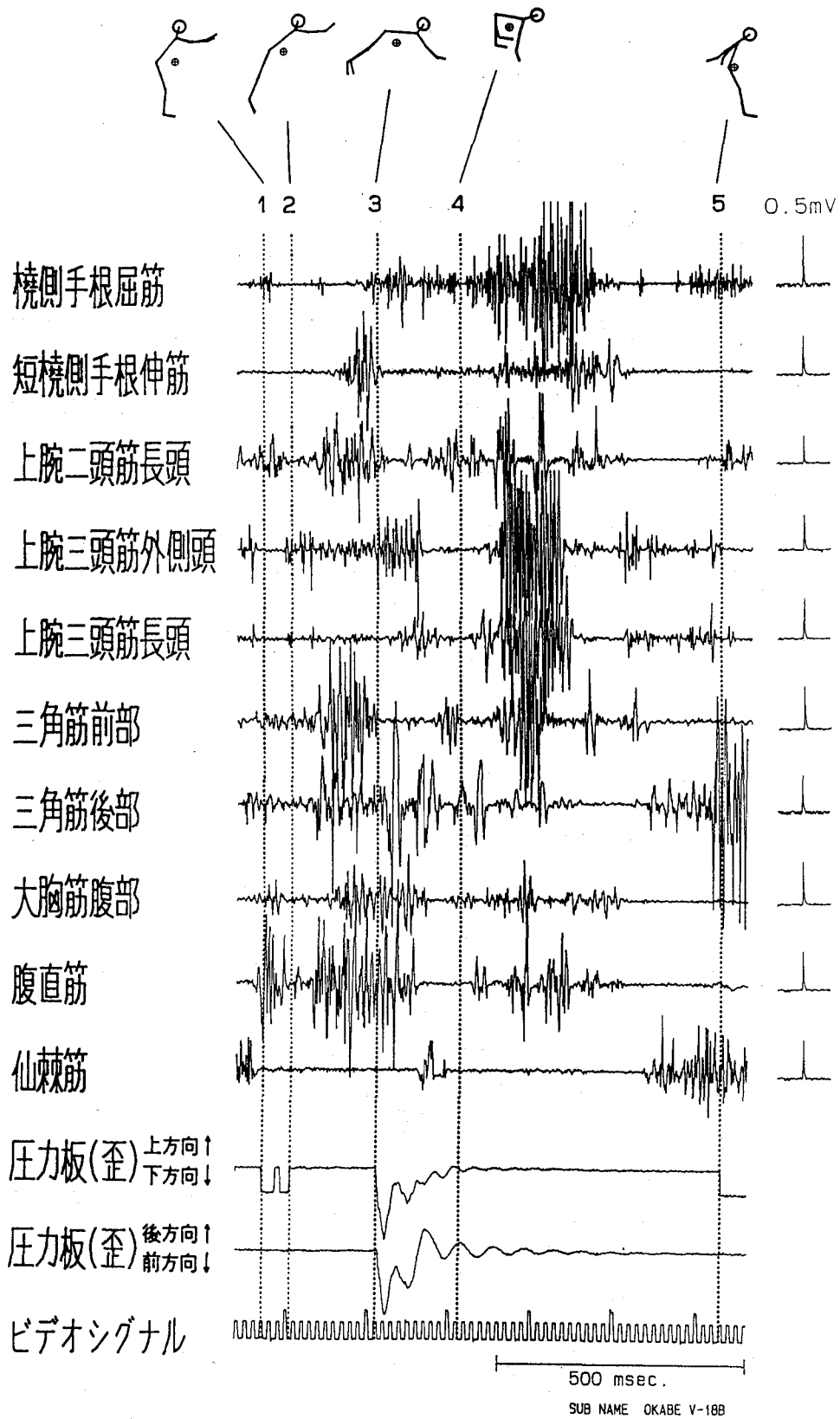


図4 熟練者の水平面実施時の筋電図

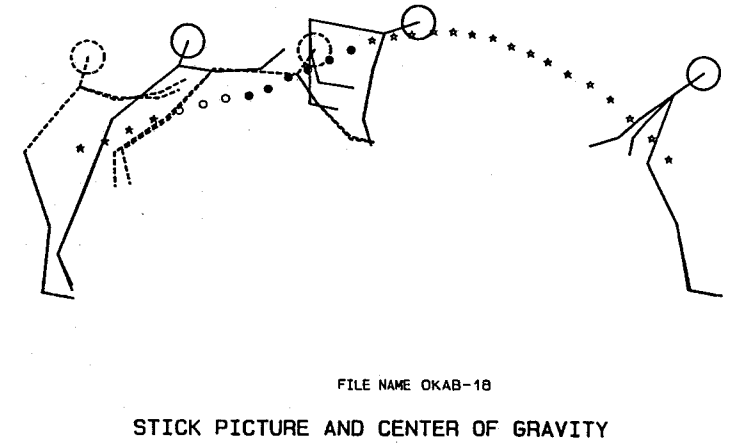
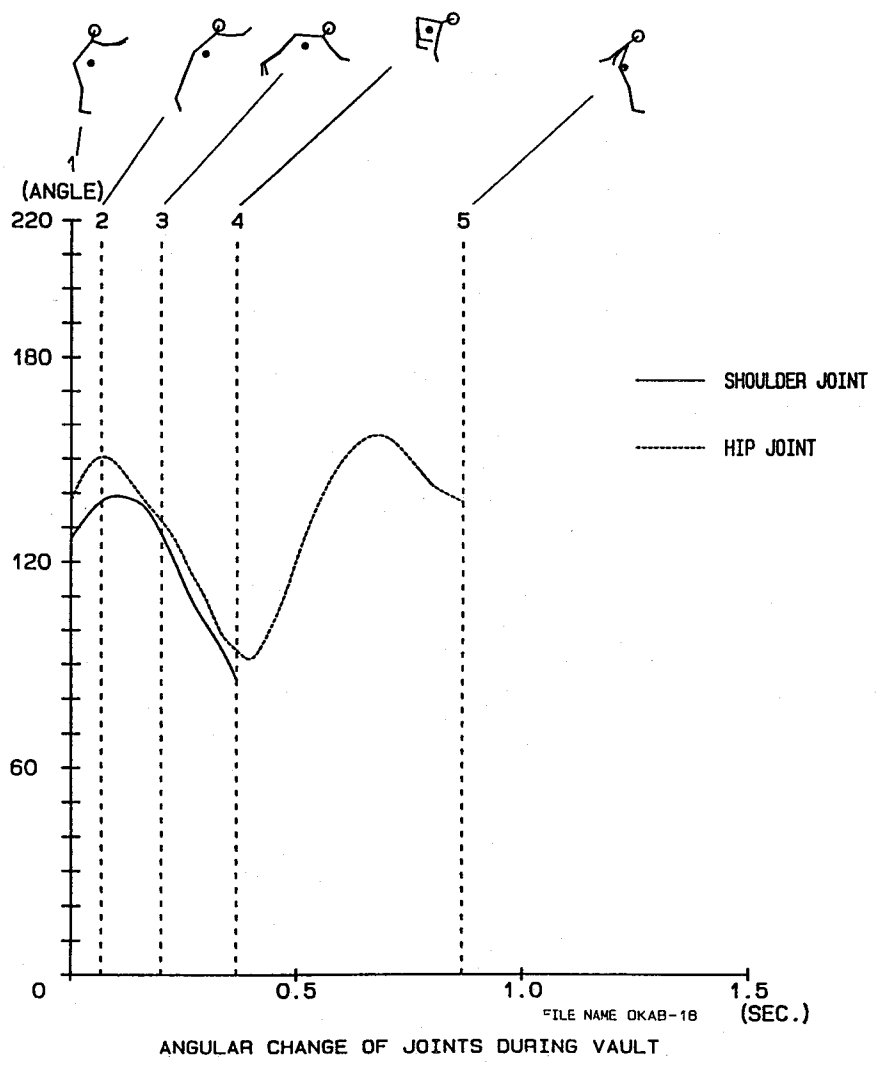


図5 熟練者の開脚跳び水平面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

第2項 非熟練者の筋活動様式ならびに動作様式（着手面の变化）

図6は、同一未熟練者における開脚跳び実施時の上肢・上肢帯筋群の筋電図、圧力板からの上下・前後方向の歪曲線で左の図は水平面、右は傾斜面のものを示している。水平面での場合、着手前、短橈側手根伸筋、上腕三頭筋外側頭、三角筋前部、大胸筋腹部に放電の出現が認められた。着手直前、短橈側手根伸筋の放電は増大し、着手期終末にかけて橈側手根屈筋との顕著な同時放電の出現が観察された。同様に、着手直前、上腕三頭筋外側頭、三角筋前部の放電も増大し、着手期終末にかけて上腕三頭筋長頭との顕著な同時放電の出現が観察された。大胸筋腹部の放電は、着手期後半にかけて顕著な放電の出現が観察された。一方、傾斜面での場合も水平面での場合と類似した放電様相の出現が観察された。しかしながら、着手前、上腕二頭筋長頭に顕著な放電が出現するようになり、熟練者に類似した三角筋前部との同時放電の出現が認められるようになった。また、動作の面では、より大きな第2空中局面の獲得が観察されるようになった。

図7は、図6の水平面時と、図8は、図6傾斜面時と同時点でのビデオ画像よりの動作分析結果を示している。いずれの場合も、着床から着手にかけて肩関節は伸展動作を示し、最大伸展位（110度前後）で着手動作がなされていた。身体重心軌跡についても、いずれの場合も、離手後の第2空中局面（☆印）での上方移動が観察されるが、傾斜面での開脚跳びの方が、より大きな上方移動が認められた。また、身体重心の最高到達時点での上体の角度は水平面では約45度、傾斜面では約55度と傾斜面の方がより直立位（90度）に近い値を示した。

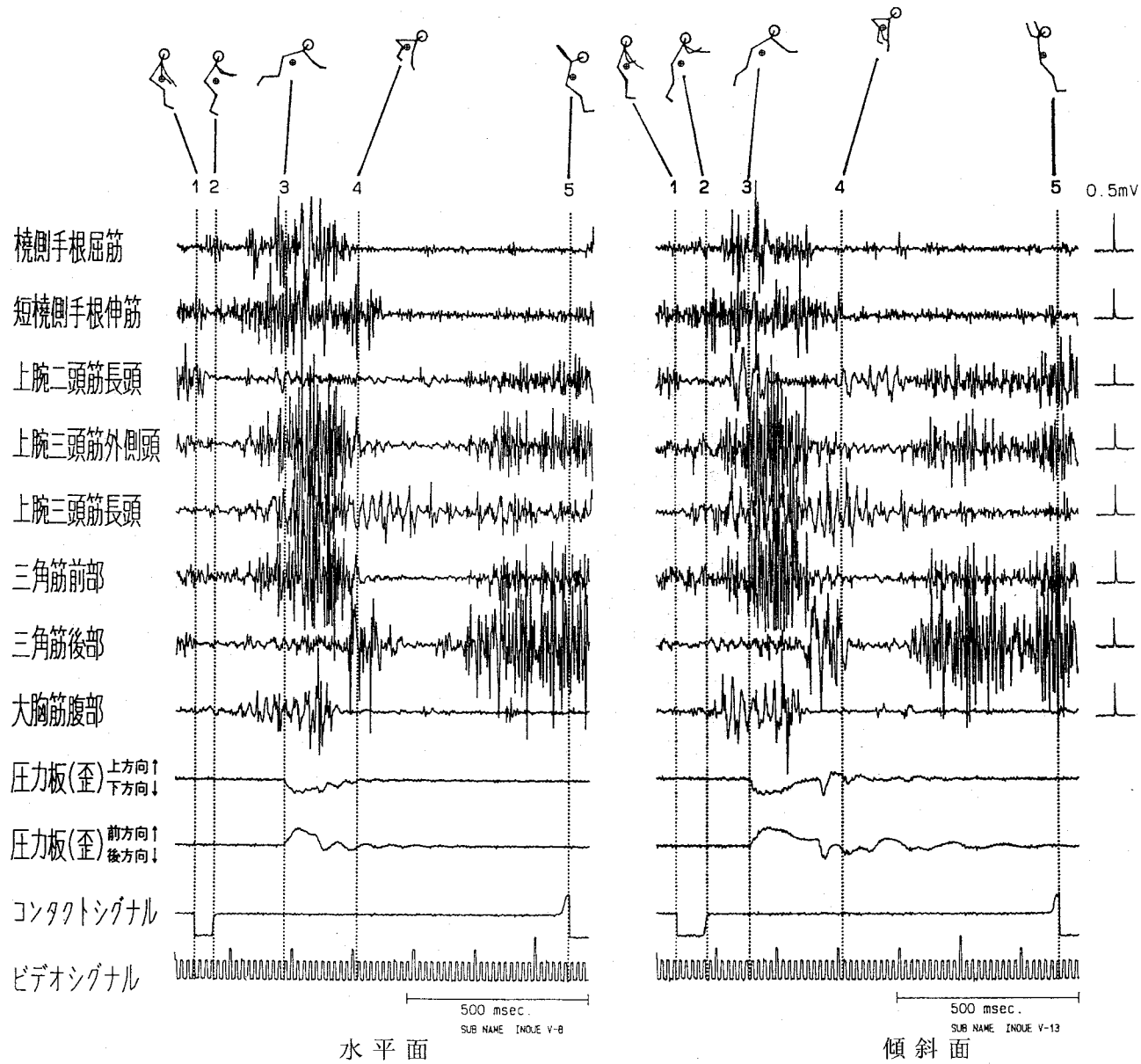
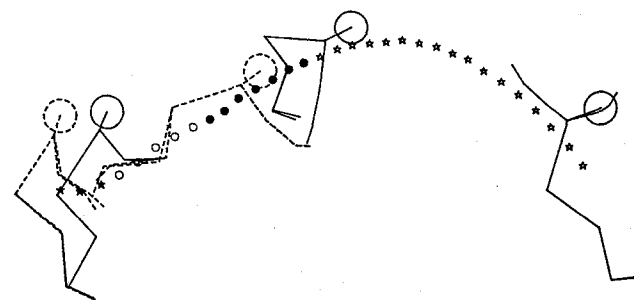
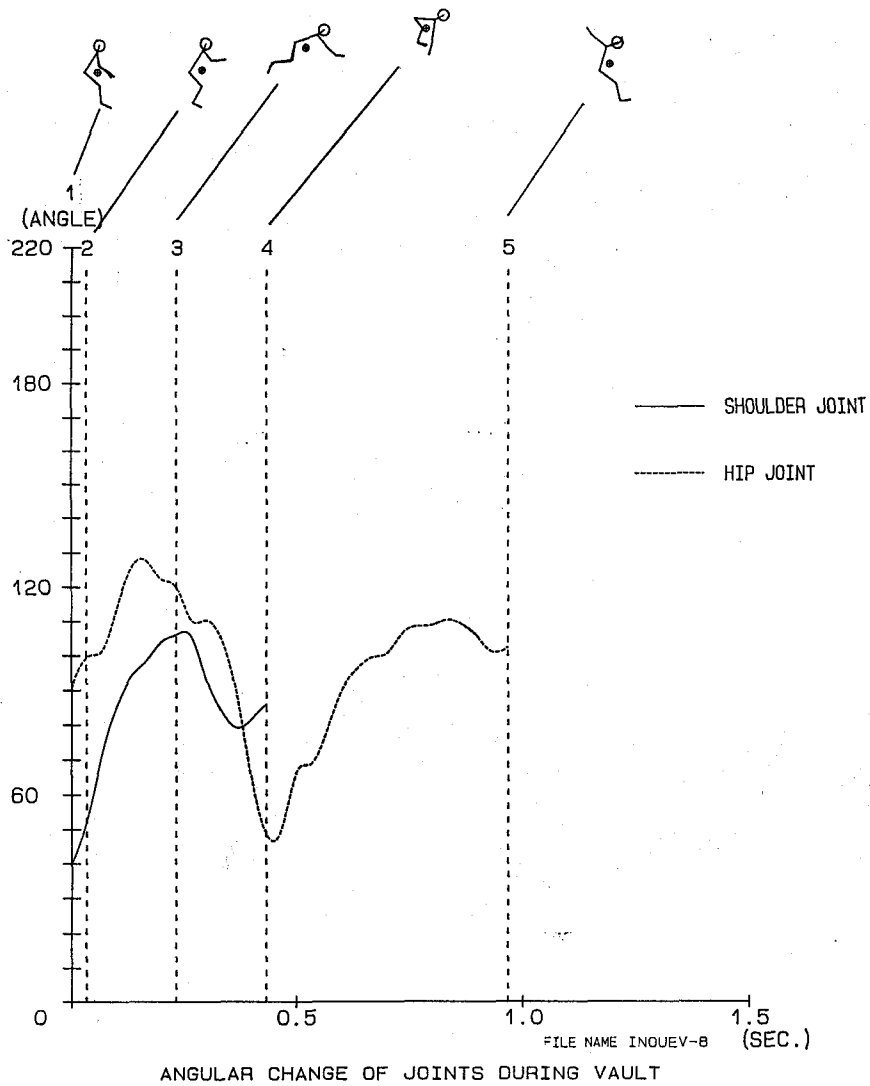
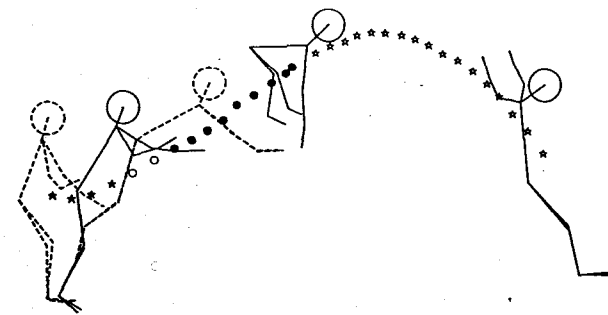
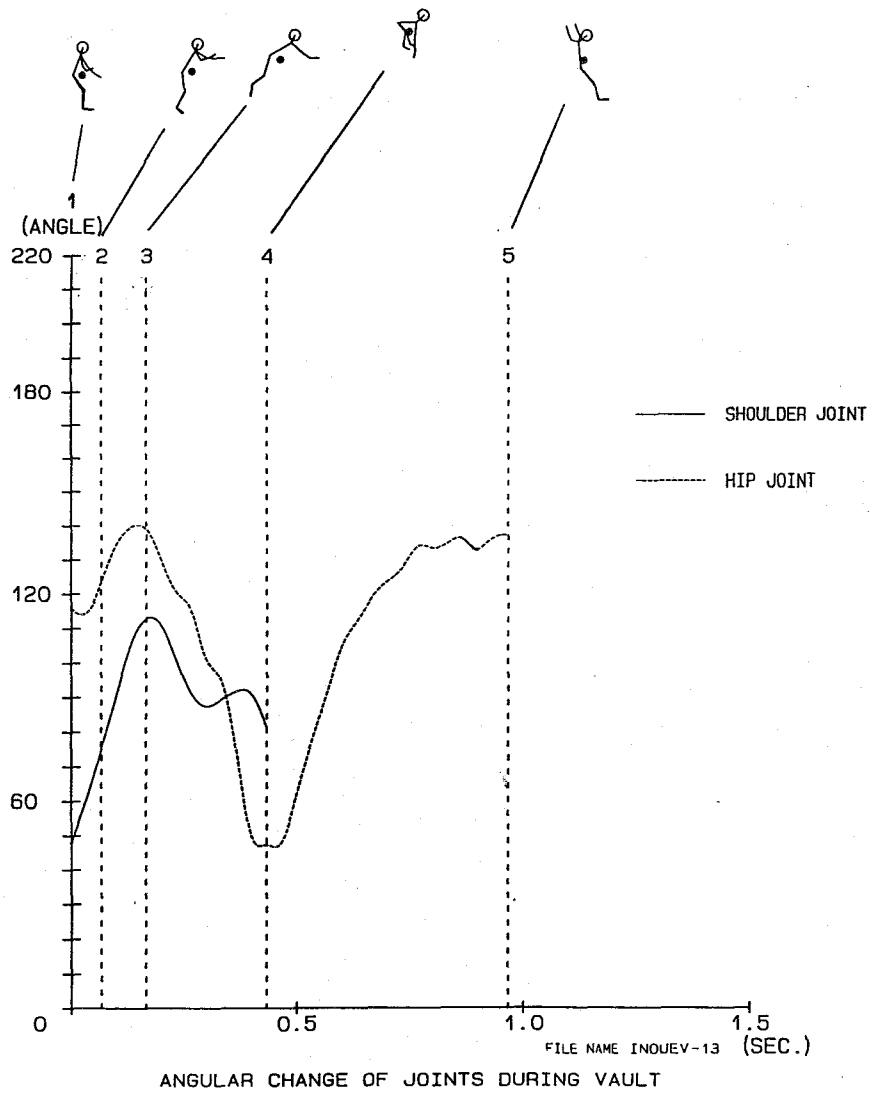


図 6 非熟練者の水平面・傾斜面実施時の筋電図



FILE NAME INQUEV-8
STICK PICTURE AND CENTER OF GRAVITY

図7 非熟練者の開脚跳び水平面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線



FILE NAME INQUEV-13

STICK PICTURE AND CENTER OF GRAVITY

図8 非熟練者の開脚跳び傾斜面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

第4節 考 察

第1項 開脚跳びの運動構造

熟練者の場合、着手前、上腕二頭筋長頭、三角筋前部に顕著な放電の出現が観察された。上腕二頭筋長頭は肩関節と肘関節にまたがる二関節筋であり肩関節に関しては屈曲の作用を有している。三角筋前部も屈曲の分力を有しており、前述した力学的条件より、これらの筋群の放電は肩関節の屈曲に関与しているものと考えられる。すなわち、肩関節屈曲筋群の収縮により、着手時の体重負荷を支えているものと考えられる。しかしながら、三角筋後部にも着手前、顕著な放電の出現が観察された。この放電は熟練者のみに観察され、いずれの非熟練者にも観察されなかった。

図9は、着手前の熟練者、非熟練者の放電様相を確かめるための基礎実験結果を示している。左の図は、被験者に机上で伏臥姿勢をとらせ約120度の肩関節角度で5Kgの負荷を握らせての肩関節屈曲位を保持させた状態、中央の図は、左の図と同じ姿勢・負荷条件で上肢をより前方へ突き出す努力を課した状態、右の図は、中央の図と同じ姿勢・負荷条件で上腕骨の内転動作を課した状態での放電様相を示している。なお、右の図の内転動作時、矢状面の負荷に抗して行っているため、外見上の動作は中央の図と同じである。左の図では、肩関節屈曲の分力を持つ三角筋前部に顕著な放電の出現が観察されている。中央の図では、三角筋後部の顕著な放電の増大が認められた。この場合、上肢をより前方へ突き出す努力をしているため、上腕骨と肩甲骨との相対的位置が変化し、肩甲骨と上腕骨とに起始・付着する三角筋後部の放電が増大したものと考えられる。右の図では、加えて大胸筋腹部に顕著な放電が出現している。負荷条件からも、大胸筋腹部は上腕骨の内転に関与しているものと考えられる。

これらのことより、着手前、熟練者に観察された上腕二頭筋長頭、三角筋前部、同筋後部、大胸筋腹部の放電は上肢を突き出す努力をしながらの肩関節屈曲動作を行っているものと考えられる。上肢を前方に突き出すことにより、跳び箱のより馬首側への着手が可能となり、このことにより着手動作の遅れを防ぎ、肩関節角度が保持され、より厳しい条件での肩関節での負荷補償が可能となるものと思われる。手関節筋では短橈側手根伸筋に顕著な放電の出現が認められた。手関節は伸展位を保持されながら手掌より着手していることによるものと考えられ、これにより、手関節を力の発揮関節とはせず、単に力の伝達関節にとどめ、着手動作を肘関節と肩関節の二関節運動系としているものと考えられる。

着手直後から着手期中頃にかけて、上腕三頭筋外側頭の放電が増大した。動作の面より

外見上、肘関節は着手直後、屈曲されているが、力学的には肘関節は伸展力が要求されるそれ故、上腕三頭筋外側頭内の筋紡錘の興奮による放電と考えられる。また、この放電の出現時、圧力板からの歪曲線は上下方向、前後方向とも、下方向、前方向への反力は急激に減少した後に再び増加している。減少時、肘関節は屈曲されており、増加時、肘関節は伸展されている。屈曲時の伸張性収縮から伸展時の短縮性収縮への一連の筋活動が肘関節のスプリング機構そのものと考えられる。また、この筋活動は着手時の肩関節屈曲筋群の収縮による負荷補償により招来せしめられるものと考えられる。それ故、着手動作が跳び箱運動の技術的ポイントとなる。

着手期中頃、上腕三頭筋外側頭の放電の減少に交代して、上腕三頭筋長頭、三角筋後部の顕著な放電が出現した。この時期、肘関節は既に上腕三頭筋外側頭により伸展されている。圧力板からの歪曲線の内、肘関節伸展による下方向への反力は減少し、前後方向の歪曲線は前方向から後方向へと切り替わっている。上腕三頭筋長頭は上腕で相拮抗する二関節筋であり、肩関節伸展の分力を有している。また、三角筋後部も肩関節伸展の分力を有している。それ故、これらの放電は肩関節伸展に参画しており、切り返し動作としての肩関節伸展動作を示すものである。また、前後方向の歪曲線は前方向から後方向へと顕著な切り替わりは、積極的な切り返し動作がなされたことを示すものである。

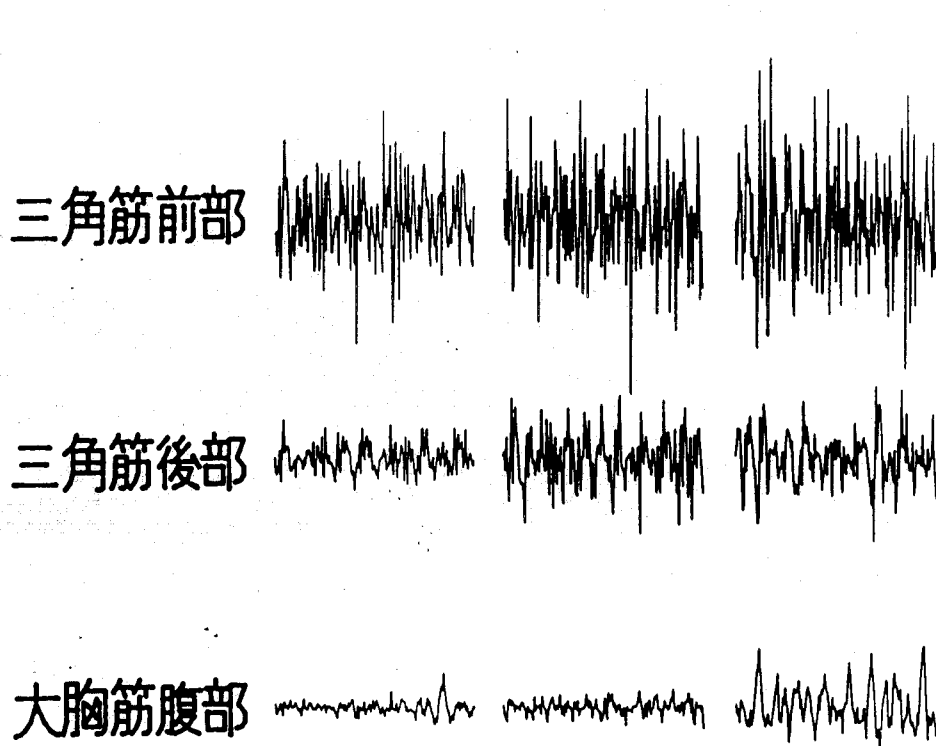


図9 開脚跳びの着手前の上肢の筋電図

第2項 着手面の変化について

着手面の変化が第2空中局面に及ぼす影響についてみると、筋活動様式の面では、傾斜面の場合、着手前、上腕二頭筋長頭に顕著な放電が出現し、三角筋前部との同時放電を示すようになったが、他の放電に関しては顕著な違いは認められなかった。動作の面では、着手時の肩関節角度の着手面の変化による大きな差は認められず、熟練者に比し、小さな肩関節角度で着手していた。しかしながら、第2空中局面での身体重心軌跡は、傾斜時の場合、明らかに上昇傾向が認められた。

着手前の上腕二頭筋長頭と三角筋前部との同時放電は、熟練者の場合と同様、着手時の肩関節屈曲による負荷補償に関与しているものと考えられる。傾斜面の場合、この負荷補償により、水平面に比し、肘関節伸展筋群によるスプリング機構が発揮されたものと考えられる。着手直後の上腕三頭筋外側頭は、傾斜面の場合に放電の増大が認められている。しかしながら、熟練者に観察された、三角筋後部の顕著な放電の出現は認められなかった。これは、図9にみられた如く、非熟練者の場合、着手時、積極的な上肢の突き出し動作が行われていないことを示すものである。このように、着手面の変化で外見上、技術的ポイントである着手動作に殆ど違いは観察されなかったが、傾斜面時、水平面時に比し、身体重心軌跡の上方移動が認められた。傾斜面を与えることにより、着手時、肩関節での負荷補償が行われ易くなる。このことが身体重心の上昇移動に貢献したものであり、支持跳躍系としての開脚跳びが体験しやすくなるものと思われる。また、第2空中局面での上体の傾斜角が直立位の方へと移行することから、着地時、頭部より突っ込む姿勢の回避にも貢献するものと考えられる。

第5節 要約

熟練者1名、非熟練者として成人男子大学生4名、計成人男子5名を被験者として熟練者には、水平面、非熟練者には水平面・傾斜面と着手面を変化させて開脚跳びを実施し、動作ならびに筋の作用機序の面より着手期の運動構造について検討した。

(1) 熟練者だけに観察された上腕二頭筋長頭、三角筋前部、同筋後部、大胸筋腹部の放電は上肢を突き出す努力をしながらの肩関節屈曲動作を行っているものと考えられる。上肢を前方に突き出すことにより、着手動作の遅れを防ぎ、肩関節角度が保持され、より厳しい条件での肩関節での負荷補償が可能となるものと思われる。手関節は、単に力の伝達関節であり、着手動作は肘関節と肩関節の二関節運動系として行っているものと考えら

れる。

(2) 着手直後から着手期中頃にかけて、上腕三頭筋外側頭の放電が増大は、筋紡錘の興奮による放電と考えられる。肘関節屈曲時の伸張性収縮から伸展時の短縮性収縮への一連の筋活動が肘関節のスプリング機構と考えられる。また、この筋活動は着手時の肩関節屈曲筋群の収縮による負荷補償により招来せしめられるものと考えられる。それ故、着手動作が跳び箱運動の技術的ポイントとなる。

非熟練者の着手前の上腕二頭筋長頭と三角筋前部との同時放電は、熟練者の場合と同様着手時の肩関節屈曲による負荷補償に関与しているものと考えられる。傾斜面の場合、この負荷補償により、水平面に比し、肘関節伸展筋群によるスプリング機構が発揮されたものと考えられる。

(3) 傾斜面を与えることにより、着手時、肩関節での負荷補償が行われ易くなる。このことが身体重心の上昇移動に貢献したものであり、支持跳躍系としての開脚跳びが体験できやすくなるものと思われる。また、第2空中局面での上体の傾斜角が直立位の方へと移行することから、着地時、頭部より突っ込む姿勢の回避にも貢献するものと考えられる。

第3章 小学生における開脚跳びの水平面・傾斜面実施時での着手が第2空中局面に及ぼす影響についての検討

第1節 目的

跳び箱運動は、前述の如く力学的には、上肢による支持跳躍系の運動形態を有しており、着手時に上肢（肘関節）によるスプリング機構を有効に利用して、大きな第2空中局面を獲得することが課題となる。大きな第2空中局面の獲得は、安定した着地につながり、着手技術が運動系としての重要な技術的要因となる。

小学校指導書・体育編¹⁵⁾によると、低・中学年では、基本の運動領域の中で「またぎ越し」が取り上げられ、高学年になると「安定した動作での支持跳び越しをすること」と示されている。さらに、中学校・高等学校における開脚跳びは、強い突き放しによって切り返し、第2空中局面の大きさの獲得をねらいとすることが明確に示されており^{16) 17)}、支持跳躍系としての跳び箱運動の重要性が述べられている。

実際の学校教育現場における体育科教材としての開脚跳びにおいても、跳び箱運動の特性である支持跳躍系としての開脚跳びが行われ、大きな第2空中局面が獲得できた時に、児童・生徒は今までに体験しなかった大きな喜びを感じとるものと考えられる。しかしながら、小学校高学年時の開脚跳びでも、著者の指導経験では「またぎ越し」はできるが、本来の支持跳躍系としての着手技術が習得されず、大きな第2空中局面が獲得されていない児童が多数存在するのが現状である。これらの児童に対しても、何とか支持跳躍系としての跳び箱運動を体験してもらいたいと念願するものである。この点に関して、加藤⁶⁾は開脚跳び、古田²⁾はかかえこみ跳びについて動作の面よりの改善を試み、その効果を報告している。いずれの場合においても、指導後、中・上位群の児童には動作の改善（着手時の大きな肩関節角度の確保）が見られ、第2空中局面にも変化が観察されたが、動作の改善が困難な下位群の児童にとっては効果の判定が難しかったことを指摘している。

成人男子を対象とした実験1において、水平面時、傾斜面時とも着手時の技術的ポイントである肩関節角度に、大きな差異は認められなかった。しかしながら、跳び箱運動の反力の力学的特性から、傾斜面時の方が、より身体重心の上昇が認められ、大きな第2空中局面が獲得されていた。また、第2空中局面における体幹の姿勢は、傾斜面時の方が、斜前方への顕著な立ち上がりが観察され、より安定した着地動作の獲得が認められた。これらの結果から、着手面に傾斜を与えることにより、動作の改善が困難な児童、あるいは、

運動経験が少ない児童の場合でも、安定した第2空中局面の獲得が期待される。また、中・上位群の児童の場合でも、より大きな第2空中局面の獲得が期待される。

そこで、小学校体育科の授業の中で、実験1より、有効性が認められた傾斜面での跳び箱を使用し、着手面の変化が第2空中局面に及ぼす影響について圧力板の歪及び動作の面から比較・検討した。また、授業対象者はこれまで傾斜面での跳び箱運動は経験しておらず、新しい感覚で取り組むものもと考えられる。それ故、授業後に自由記述によるアンケートを実施し、児童の感覚と動作との関係についても検討した。

第2節 方法

第1項 対象者

兵庫県加古川市立東神吉小学校 第5学年 2学級、男子34名、女子35名、計69名を対象とした。

第2項 授業実践者

兵庫県加古川市立東神吉小学校教諭 水谷 聡 檜木加代子

第3項 期間

1995年11月24日（金）の教科体育として2時間（1時間は45分）実施した。

第4項 授業の実施方法

児童の跳びやすい高さの圧力板を装着した実験用跳び箱（高さ80cm・長さ80cm 6段相当）を用い、5年生における水平面での開脚跳びの実態把握をした。この際児童には4年生までの既習を生かして跳ばせ、水平面での開脚跳びの実態把握をした。さらに実験1より有効性が認められた傾斜面（馬首を箱状のウレタンで約8cm高くし、前方に約6度の傾斜角を持たせた跳び箱）で開脚跳びを実施した。そして、第2空中局面に及ぼす影響について検討した。なお、児童にとって、傾斜面での跳び箱運動ははじめての経験である。

第5項 記録方法

実験1の動作記録と同様の方法で集団の傾向を分析するため、フォームの記録と圧力板の歪量を記録した。圧力板の歪量は4チャンネルデータレコーダ（ソニー製 RMG-5204）に記録するとともに、ビデオシンクロナイザー（オステック製 VS-01）を用いてビデオシグナルをデータレコーダに同時記録した。また、実験1と同様に踏み切り板着床時、踏み切り板離床時、跳び箱着手時、跳び箱離手時及び着地時点が筋電図記録紙上に筋電図と同時記録し、14チャンネルデータレコーダに筋活動電位変化と同時記録できるよう、ロイター

板及び着地面に自作のコンタクトスイッチを作成し、自作のアンプで増幅後、電位変化を圧力板からの上下方向の電位変化と同時記録した。なお、コンタクトスイッチからの電位変化は圧力板の着手時前後に記録されるため、電位変化間の相互干渉はない。さらに、分析の資料とするため、授業後に自由記述によるアンケートを実施し、児童の傾斜面で跳んだ感覚と動作との関係について比較した。

第6項 データ処理

実験1の成人男子と同一な方法・同一な計測点（16ポイント）でビデオ画像よりパーソナルコンピュータに入力した。また、実験1と同一なプログラム・同一なパーソナルコンピュータを用いて身体重心、肩関節角度、股関節角度を計算し、角度変化曲線としてX-Yプロッタにより表示した。また、16ポイントの計測点から、着手期以後の身体重心の高さ、身体重心の最高到達時点における水平方向と体幹との成す角度（大転子を通過する水平線の一辺と肩峰と大転子を通過する一辺との成す角度）を計算し、比較した。さらに、踏み切り板着床時、踏み切り板離床時、跳び箱着手時、跳び箱離手時及び着地時点における動作変化をスティック像として、同時点での身体重心位置と共にX-Yプロッタを用い表示した。

第7項 指導計画

授業時間は、各学級1時間扱いとし、開脚跳びの指導に関しては、学級担任が行った。

第3節 結果

第1項 小学生における開脚跳びの指導前の実態

開脚跳びは、4学年時にも学習しているが、高さ80cmの水平面での跳び箱を跳び越せた児童は、56名/69名（男子29名、女子27名）であり、技能レベルとしては低い部類に属するのではないかと思われた。

第2項 水平面・傾斜面ともに開脚跳びで跳び越せた児童55名の第2空中局面に及ぼす影響について

今回の実験は、傾斜面における開脚跳びの第2空中局面への影響を検討することを目的としたので、水平面、傾斜面の跳び箱を跳び越せた児童55名（男子29名、女子26名）のデータ処理をした。また、水平面で着手期以後の身体重心の上昇が認められた児童を上位群（14名/55名）、認められなかった児童を下位群（41名/55名）として比較・検討を行った55名の児童とも、同一児童においては水平面と傾斜面のそれぞれの身体操作で、歪なら

びに動作分析結果は類似した傾向が認められたので、上位児童・下位児童を抽出し代表例として比較を行った。

表 1 開脚跳び傾斜面実施前の児童の感想（回答数24名）

	項 目	人		項 目	人
好 意 的 反 応	わくわくした	1	否 定 的 反 応	少し、恐いと思った	10
				跳べるか不安だった	9
				ドキドキ（緊張）した	3
				跳びにくそうに見えた	1

表 2 開脚跳び傾斜面実施後の児童の感想（回答数55名）

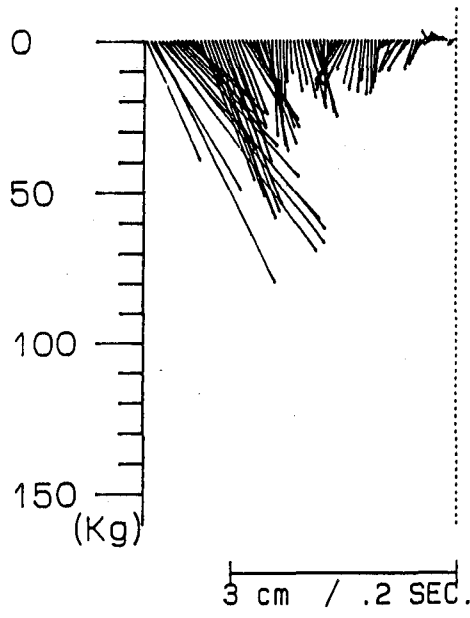
	項 目	人		項 目	人
好 意 的 反 応	跳んで楽しかった	10	否 定 的 反 応	あまりかわりがなかった	1
	思ったより跳びやすい	19		跳びにくかった	4
	「ふわっ」と浮いたような感じがした	13		少しこわかった	3
	斜めにした方が着地しやすい	3			
	手が着きやすかった	2			

表1, 表2は, 分析の資料とするため, 傾斜面で跳べた児童55名の授業後の自由記述による感想を集約したものである。傾斜面における跳び箱運動は, はじめての経験で, 実施前の傾斜面の跳び箱の感想は, 否定的反応が多かったものの, 実施後は傾斜面の跳び箱に好意的な反応が多く認められた。

図10は, 上位・下位児童における開脚跳びの水平面, 傾斜面実施時の歪曲線をベクトル表示したものである。ベクトル表示は, 水平面時, 傾斜面時ともに類似した様相が観察されたが, 着手期始め及び着手期中頃の前後方向のベクトルの向きに上位児童, 下位児童との差異が認められた。

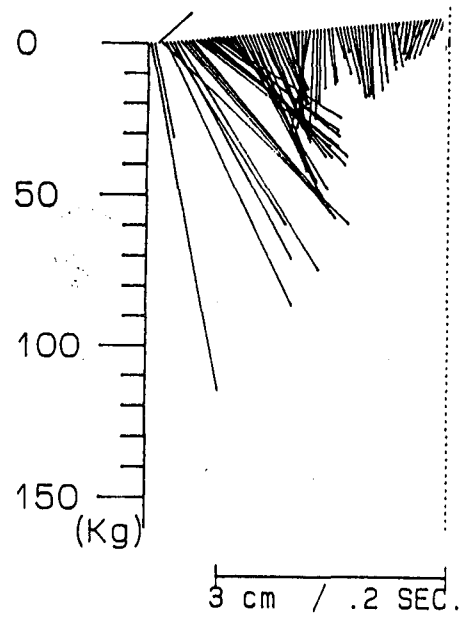
すなわち, 上位児童の水平面, 傾斜面とも, 着手期始め上下方向及び前後方向のベクトルに急激な立ち上がりが認められ, 傾斜面の方が顕著であった。また, 着手期中頃からの繰り返し動作と考えられる前後方向の後方へのベクトルは水平面時より観察されたが, 水平面時, 傾斜面時ともほとんど差異は認められなかった。

下位児童の水平面, 傾斜面実施時の場合, 着手期始めの急激な立ち上がりが認められるものの上位児童の水平面, 傾斜面時に比し, 全体的になだらかなベクトルが認められた。また, 着手期中頃からの繰り返し動作と考えられる前後方向の後方へのベクトルは水平面時, 傾斜面時ともほとんど認められなかった。



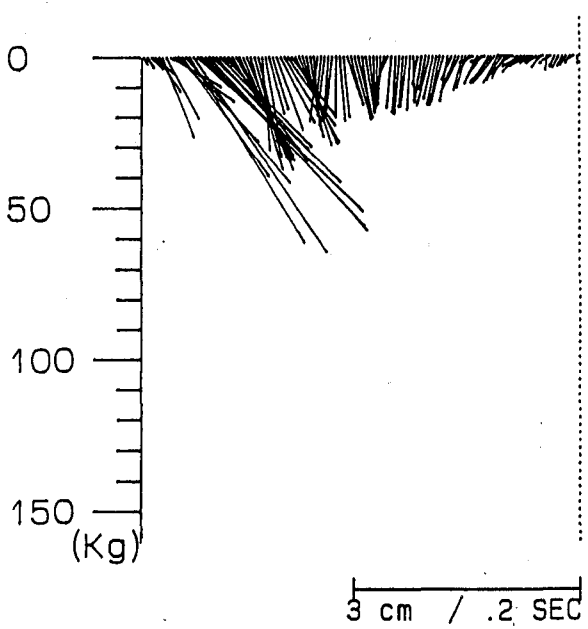
SUB NAME HIRAO DATA No.V-12

上位児童 水平面



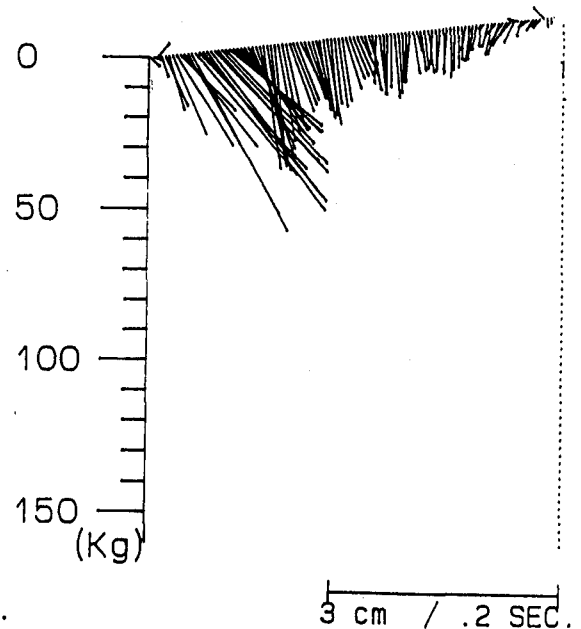
SUB NAME HIRAO DATA No.V-76

上位児童 傾斜面



SUB NAME IKAWA DATA No.V-17

下位児童 水平面



SUB NAME IKAWA DATA No.V-65

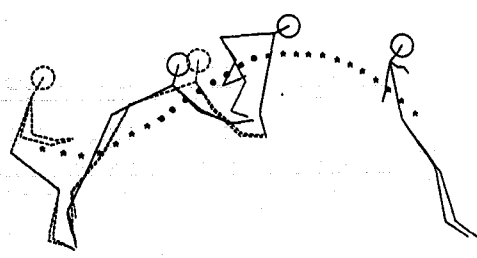
下位児童 傾斜面

図10 上位児童・下位児童における開脚跳びの水平面・傾斜面実施時の圧力板の力のベクトル表示

動作分析結果についてみると、傾斜面時において、水平面時に比し、着手後の身体重心の上昇が認められた児童は20名/55名（上位群6名/14名，下位群14名/41名）であった。また、水平面時に比し、第2空中局面において体幹の立ち上がり大きい児童は、41名/55名（上位群12名/14名，下位群29名/41名）であった。

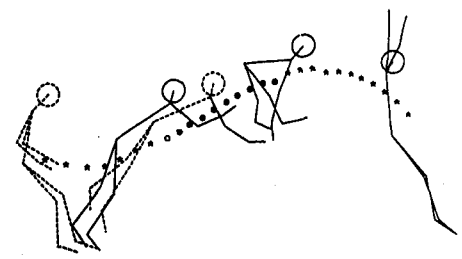
図11は、上位児童における水平面，傾斜面実施時における身体重心の軌跡，スティック像及び肩関節・股関節の角度変化を表したものである。上位児童の身体重心は、着手期以後（☆の左端）も上昇し、傾斜面時の方が顕著であった。計算結果によると、着手期以後の身体重心は、水平面時（約3.6cm），傾斜面時（約9.9cm）の上昇が認められた。また、着手期始めの肩関節・股関節の角度変化は、水平面時と類似した様相が認められた。いずれの着手面の場合も肩関節角度は概ね着手期始め95度前後，着手期終わり70度前後であった。最高到達時点における体幹の角度は、水平面時では概ね5度前後，傾斜面時では概ね40度前後の斜め前方への立ち上がりが認められた。

図12は、下位児童における水平面，傾斜面実施時における身体重心の軌跡，スティック像及び肩関節・股関節の角度変化を表したものである。水平面時において、着手期以後の身体重心の上昇は認められなかったが、傾斜面時では、身体重心は、着手期の後（☆の左端）も上昇が観察された。計算結果によると、着手期以後の身体重心は、水平面時（0cm），傾斜面時（約3.8cm）の上昇が認められた。また、着手期始めの肩関節・股関節の角度変化は、傾斜面時と類似した様相が認められた。最高到達時点における体幹の角度は、水平面時では概ね0度前後，傾斜面時では概ね20度前後の斜め前方への立ち上がりが認められた。



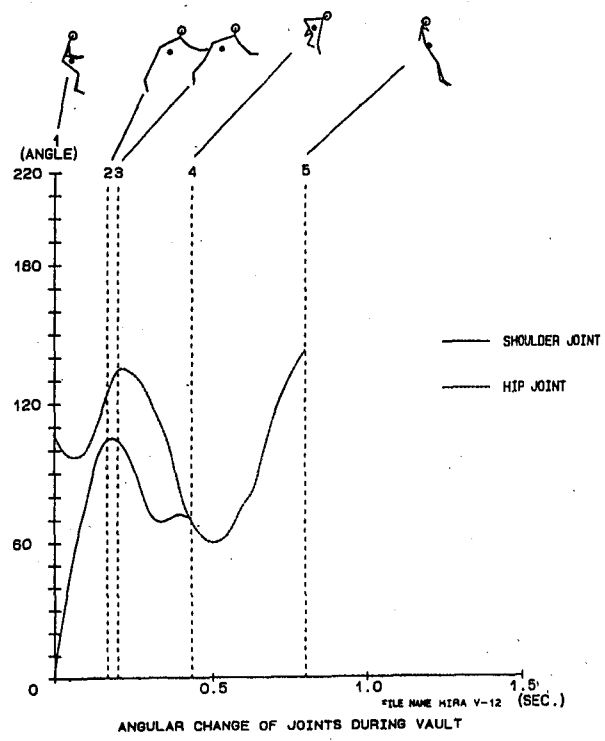
FILE NAME HIRA V-12

STICK PICTURE AND CENTER OF GRAVITY

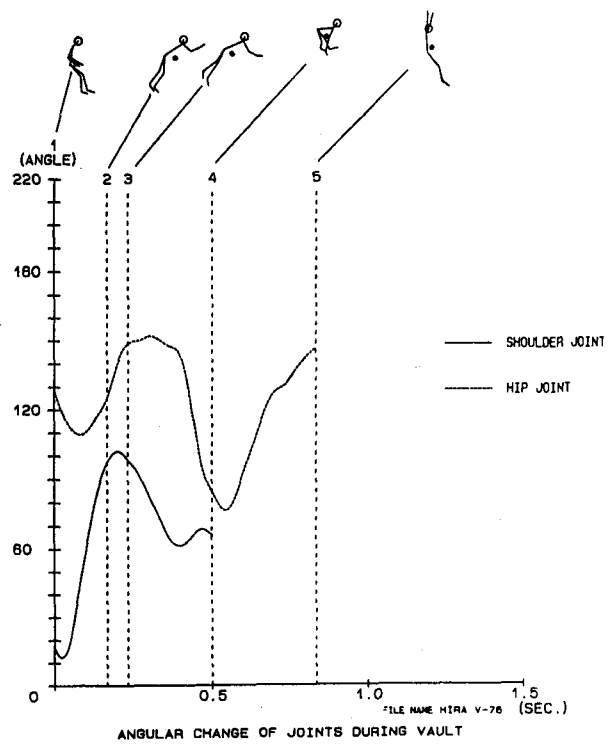


FILE NAME HIRA V-76

STICK PICTURE AND CENTER OF GRAVITY

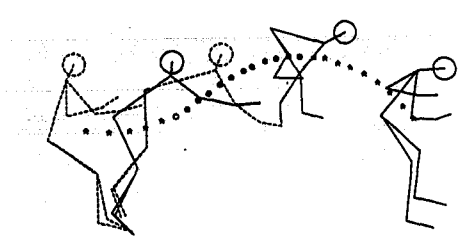


水平面時



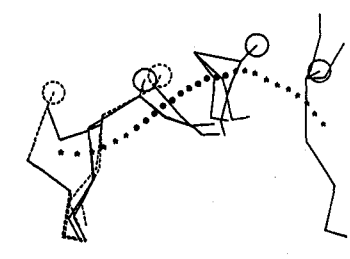
傾斜面時

図11 上位児童の水平面・傾斜面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線



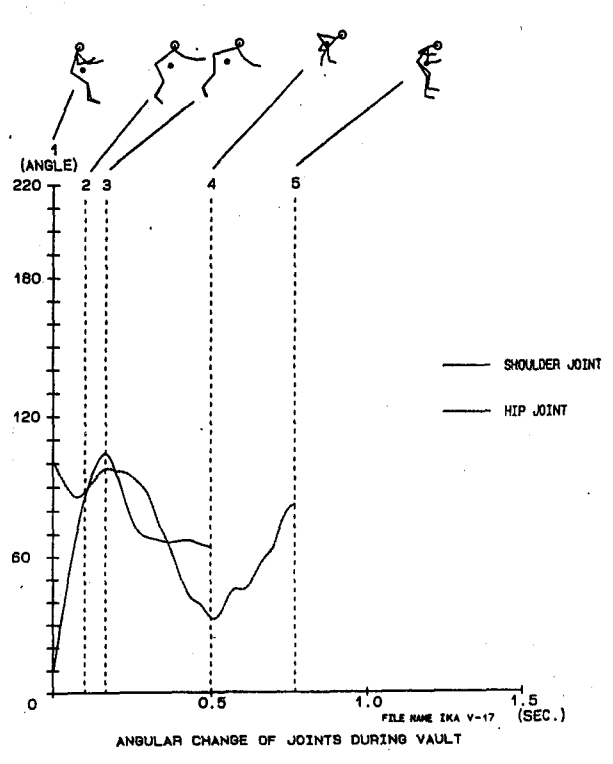
FILE NAME IKA V-17

STICK PICTURE AND CENTER OF GRAVITY

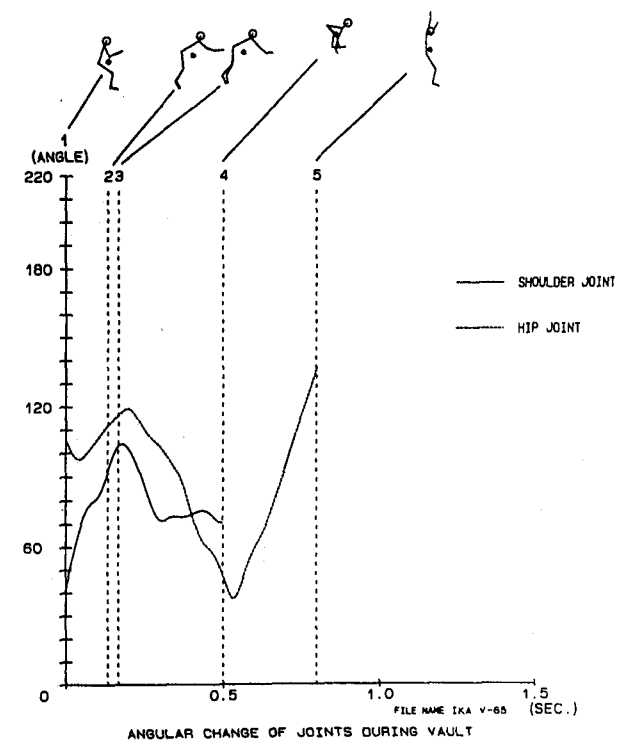


FILE NAME IKA V-65

STICK PICTURE AND CENTER OF GRAVITY



水平面時



傾斜面時

図12 下位児童の水平面・傾斜面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

第4節 考察

一般的には、跳び箱を傾斜面にすることにより跳ぶ際に恐怖心を持つと考えられる。しかしながら、児童の感想結果から、実施前は、傾斜面に対して戸惑いをみせたものの、実施後の感想は、恐怖心を持たず、傾斜面に対して好意的に捉える傾向が認められた。「ふわっ」と浮いたような感じがした」「斜めにした方が着地しやすい」と記述した児童の動作分析結果において、傾斜面時、第2空中局面での身体重心が上昇し、体幹が立ち上がる傾向が認められた。また、傾斜面で跳ぶことを好意的に捉えた児童の動作分析結果において、第2空中局面での体幹の立ち上がりが認められる児童が多かった。これらのことにより、第2空中局面での動作が、児童に感覚としても獲得されたものと推察される。

動作分析の結果、水平面時、傾斜面時とも、同一児童において着手時の肩関節角度変化は概ね類似していた。また、傾斜面時の場合、下位群において第2空中局面における身体重心の上昇が認められる児童が増加した。さらに、上位・下位群とも斜め前方への体幹の立ち上がりが認められた児童が顕著に増加した。

上位群の場合、傾斜面時において、水平面時に比し着手期以後の大きな身体重心の上昇が観察された児童は（6名/14名）であり、他の児童は、身体重心の上昇の度合いが水平面と同程度かやや減少するのが観察された。また、水平面時に比し、第2空中局面における体幹の斜め前方への立ち上がりが認められた児童は（12名/14名）であった。着手時、水平面と類似した肩関節角度でありながら身体重心の上昇の度合いが減少することは、助走のスピードが減少した可能性が考えられる。すなわち、着手時の運動エネルギーが減少し、上肢での負荷補償が十分に成されないことにより、肘関節によるスプリング機構が十分に作用しなかったために身体重心の大きな上方分力が獲得されなかったものと考えられる。しかしながら、体幹の立ち上がりが認められた児童が多いことは、大きな上方分力は獲得されなかったものの、跳び箱の反力の力学的特性から傾斜面が体幹の回転方向の反転に貢献したものと考えられる。

下位群の場合、傾斜面時において、着手期以後の大きな身体重心の上昇が観察された児童は（14名/41名）であり、第2空中局面における体幹の斜め前方への立ち上がりが認められた児童は（29名/41名）であった。傾斜面時、下位群において、着手期以後の大きな身体重心の上昇が観察された児童が増加し、体幹の立ち上がりも顕著に認められたことは傾斜面が有効に働いたものと推察される。すなわち、着手面に傾斜を与えることにより、着手動作の改善が困難な児童の場合でも、大きな第2空中局面と安定した着地動作の獲得が期

待できるものと考えられる。また、着手期以後の身体重心の上昇が認められた上位・下位群の児童の上下方向・前後方向の歪曲線のベクトル表示において、実験1の男子大学生の如く、着手期はじめの体重負荷を支える上下・前後方向の歪の急激な立ち上がり、切り返し動作と考えられる着手期中頃からの顕著な後方への歪は認められなかった。これは、男子大学生に比し、助走のスピード及び体重に差異があるため歪としては認められなかったものと考えられる。

前述の如く、傾斜面を持たせることは、着手時において、同じ動作で着手しても、跳び箱運動の反力の力学的特性より、水平面に比し、大きな上方分力が獲得されると考えられる。故に、水平面、傾斜面とも同様の助走スピード及び着手動作で開脚跳びを実施した場合、跳び箱運動の反力の力学的特性から、第2空中局面でのより大きな身体重心の上方分力が獲得され、体幹が立ち上がることにより安定した着地動作がとれるものと推察される。

加藤⁶⁾は「小学生における開脚跳びの指導ではいかに早く着手するかが技術的ポイントであり、腕を体側より前でスイングする助走で腕を前に出して突くように着手する指導法（手前振り）が大きな第2空中局面の獲得に効果的である。」と報告している。さらに、古田²⁾は、「安定した着地動作をとるためには、着手後の第2空中局面において腕を横に開く（横開き）ことが有効であり、手前振りと横開きをセットで指導することが効果的である。」と報告している。しかしながら、これらはいずれも、身体操作技術の未熟な下位群の児童には効果の判定が難しかったことも指摘している。今回、身体操作の未熟な者でも、より大きな第2空中局面を獲得するために、効果的な用具（器械）の工夫に関する指導法を検討した。上述した結果より、小学校において、傾斜を与えた跳び箱（傾斜跳び箱）で開脚跳びを行うことが、身体操作技術の未熟さを補い、より多くの児童に対して、大きな第2空中局面の獲得、安定した着地動作をとるための指導法として期待できるものと考えられる。

今後の課題として、より多くの児童に支持跳躍系としての開脚跳びを体験し、跳び箱運動の喜びを感じとらせるためにも、身体操作技術の指導法としての加藤⁶⁾、古田²⁾の手前振り・横開きと用具に関する指導法としての傾斜跳び箱をセットで指導することが効果的であると考えられる。

第5節 要約

小学校児童を対象として開脚跳びを実施し、傾斜面が跳べた児童69名中55名の水平面時、

と比較し、小学生に対する傾斜面の有効性を検討した。

(1) 児童の感想結果から、傾斜面に対して好意的に捉える傾向が認められた。また、傾斜面で跳ぶことを好意的に捉えた児童の動作分析結果より、第2空中局面での身体重心の上昇、体幹の立ち上がりが認められる児童が多く、第2空中局面での動作が、児童に感覚としても獲得されたものと推察される。

(2) 水平面時、傾斜面時とも、同一児童の着手時の肩関節角度変化は概ね類似していた。また、傾斜面時の場合、下位群において、水平面と同様な着手動作でも、第2空中局面における身体重心の上昇が認められる児童が増加した。また、上位・下位群とも斜め前方への体幹の立ち上がりが認められた児童が顕著に増加した。傾斜面時において、身体重心の上昇が獲得されなかった児童は、助走のスピードが遅く、着手時の運動エネルギーが十分に得られず、跳び箱運動の反力の力学的特性から上方分力が獲得されなかったものと考えられる。傾斜面時において、身体重心の上昇が認められた児童の歪曲線は、実験1の男子大学生のような繰り返し動作と考えられる歪は認められなかったが、助走のスピード及び体重の差異があるためと推察される。

(3) 水平面、傾斜面とも同様の助走スピード及び着手動作で開脚跳びを実施した場合跳び箱運動の反力の力学的特性から、第2空中局面でのより大きな身体重心の上方分力が獲得され、体幹が立ち上がるにより安定した着地動作がとれるものと推察される。故に、小学校において、用具の工夫の面から、傾斜を与えた跳び箱（傾斜跳び箱）で開脚跳びを行うことが、身体操作技術の未熟さを補い、より多くの児童に対して、大きな第2空中局面と安定した着地動作を獲得するための指導法として期待できるものと考えられる。

さらに、より多くの児童に支持跳躍系としての開脚跳びを体験し、跳び箱運動の喜びを感じとらせるためにも、身体操作技術の指導法としての加藤⁶⁾、古田²⁾の手前振り・横開きと用具に関する指導法としての傾斜跳び箱をセットで指導することが効果的であると考えられる。

第4章 総括

本研究は、跳び箱運動の繰り返し系技群の代表的な跳び方のひとつである開脚跳びに焦点を当て、より大きな第2空中局面を獲得するために、効果的な用具（器械）の使用に関する指導法の検討を目的とした。従来の「跳び箱は水平である」という既成概念を変え、跳び箱の着手面に傾斜を与えることによって、同じ着手動作であっても水平面の場合と比し、上方への分力が得やすくなり、より大きな第2空中局面の獲得が期待できるように跳び箱を工夫した。この跳び箱を用いて、先ず、実験1として熟練者と繰り返し動作としての開脚跳びはできるが技術的に劣る成人男子大学生を対象とし、動作ならびに筋の作用機序の面から開脚跳びの運動構造を検討するとともに、着手面の変化が開脚跳びの第2空中局面に与える影響について比較・検討した。次に、実験2として小学校体育科の授業の中で、着手面の変化が開脚跳びの第2空中局面に与える影響について圧力板の歪及び動作の面から比較・検討した。なお、授業対象者はこれまで傾斜面での跳び箱運動は経験しておらず、新しい感覚で取り組んだ。それ故、授業後に自由記述によるアンケートを実施し、児童の感覚と動作との関係についても検討した。

(1) 熟練者だけに観察された上腕二頭筋長頭、三角筋前部、同筋後部、大胸筋腹部の放電は上肢を突き出す努力をしながらの肩関節屈曲動作を行っているものと考えられる。上肢を前方に突き出すことにより、着手動作の遅れを防ぎ、肩関節角度が保持され、より厳しい条件での肩関節での負荷補償が可能となるものと思われる。手関節は、単に力の伝達関節であり、着手動作は肘関節と肩関節の二関節運動系として行っているものと考えられる。

(2) 着手直後から着手期中頃にかけて、上腕三頭筋外側頭の放電が増大は、筋紡錘の興奮による放電と考えられる。肘関節屈曲時の伸張性収縮から伸展時の短縮性収縮への一連の筋活動が肘関節のスプリング機構と考えられる。また、この筋活動は着手時の肩関節屈曲筋群の収縮による負荷補償により招来せしめられるものと考えられる。それ故、着手動作が跳び箱運動の技術的ポイントとなる。非熟練者の着手前の上腕二頭筋長頭と三角筋前部との同時放電は、熟練者の場合と同様、着手時の肩関節屈曲による負荷補償に参与しているものと考えられる。傾斜面の場合、この負荷補償により、水平面に比し、肘関節伸展筋群によるスプリング機構が発揮されたものと考えられる。

(3) 傾斜面を与えることにより、着手時、肩関節での負荷補償が行われ易くなる。このことが身体重心の上昇移動に貢献したものであり、支持跳躍系としての開脚跳びが体験

できやすくなるものと思われる。また、第2空中局面での上体の傾斜角が直立位の方へと移行することから、着地時、頭部より突っ込む姿勢の回避にも貢献するものと考えられる。

(4) 児童の感想結果から、傾斜面に対して好意的に捉える傾向が認められた。また、傾斜面で跳ぶことを好意的に捉えた児童の動作分析結果より、第2空中局面での身体重心の上昇、体幹の立ち上がりが認められる児童が多く、第2空中局面での動作が、児童に感覚としても獲得されたものと推察される。

(5) 水平面時、傾斜面時とも、同一児童の着手時の肩関節角度変化は概ね類似していた。また、傾斜面時の場合、下位群において、水平面と同様な着手動作でも、第2空中局面における身体重心の上昇が認められる児童が増加した。また、上位・下位群とも斜め前方への体幹の立ち上がりが認められた児童が顕著に増加した。傾斜面時において、身体重心の上昇が獲得されなかった児童は、助走のスピードが遅く、着手時の運動エネルギーが十分に得られず、跳び箱運動の反力の力学的特性から上方分力が獲得されなかったものと考えられる。傾斜面時において、身体重心の上昇が認められた児童の歪曲線は、実験1の男子大学生のような切り返し動作と考えられる歪は認められなかったが、助走のスピード及び体重の差異があるためと推察される。

(6) 水平面、傾斜面とも同様の助走スピード及び着手動作で開脚跳びを実施した場合跳び箱運動の反力の力学的特性から、第2空中局面でのより大きな身体重心の上方分力が獲得され、体幹が立ち上がることにより安定した着地動作がとれるものと推察される。故に、小学校において、用具の工夫の面から、傾斜を与えた跳び箱（傾斜跳び箱）で開脚跳びを行うことが、身体操作技術の未熟さを補い、より多くの児童に対して、大きな第2空中局面と安定した着地動作を獲得するための指導法として期待できるものと考えられる。

さらに、より多くの児童に支持跳躍系としての開脚跳びを体験し、跳び箱運動の喜びを感じとらせるためにも、身体操作技術の指導法としての加藤⁵⁾、古田²⁾の手前振り・横開きと用具に関する指導法としての傾斜跳び箱をセットで指導することが効果的であると考えられる。

(7) 今後の課題として、傾斜面における開脚跳びの第2空中局面に及ぼす影響についてより明確にするためには熟練者・非熟練者の被験者数を増やす必要がある。また、本実験で得られた跳び箱の設定方法を一般的な指導法として確立させるためには、横断的、縦断的に多くの児童を対象とした追跡調査が望まれる。さらに、今回は、開脚跳びの運動構造の中でも主要局面と考えられる着手局面に着目したが、開脚跳びの全体にわたる力学

的な運動構造，傾斜面設定の材質等の多方面からの詳細な検討が望まれるところである。

なお，1995年10月 4 日から 6 日に前橋市の放送大学で行われた第46回日本体育学会において，また，1995年10月 9 日から10月12日に福井市の福井商工会議所ビルで開催された1995年 世界体操競技選手権鯖江大会記念 1995国際スポーツ医科学研究会議において本研究の一部が発表された。

引用・参考文献

- 1) 古田昭裕・梶谷信之・後藤清志・岡秀郎, 「跳び箱運動における着手時の筋電図的研究－切り返し系と回転系－」, 日本体育学会第43回大会号, 1992. pp.679.
- 2) 古田昭裕, 兵庫教育大学学位論文「跳び箱運動の運動構造に関する動作的ならびに筋電図的研究－かかえ込み跳び－」, 1992. pp.35-36.
- 3) 学校体育研究同志会編, 「学校体育叢書－器械運動の指導」, ベースボール・マガジン社, 1980. pp.94-105.
- 4) 学校体育研究同志会編, 「たのしい体育シリーズ⑤－鉄棒・とび箱」, ベースボール・マガジン社, 1988. pp.97-98.
- 5) Hashimoto F., Y.Tokuhara, N.Yamashita and M.Kumamoto 1987. "Relationship between activities of bi-articular leg muscles and floor reaction force vectors during gait cycle." Biomechanics X-A, pp.419-424.
- 6) 加藤昭二, 兵庫教育大学学位論文「開脚跳びの着手動作に関する動作的研究」, 1989. pp.63-64.
- 7) 加藤昭二・岡秀郎, 「開脚跳びに関する動作的研究」, 日本スポーツ教育学会抄録集9, 1989
- 8) 上村守・大西仁久・金城尚憲・太田雅幸・中田智子, 「跳馬の着手前後の力学量の変化について」, 京都教育大学紀要 SerB, 55:59-70, 1979.
- 9) 金子明友, 現代スポーツコーチ全集「体操競技のコーチング」, 大修館, 1974. pp.87-94. pp.447-54.
- 10) 金子明友, 教師のための器械運動指導法シリーズ1「とび箱・平均台運動」, 大修館, 1987. pp.161-18.
- 11) 小久保昇治, 「みんなが跳び越せる跳び箱運動の段階指導」, 体育科教育, 35-3:52-55, 1987.
- 12) 熊本水頼: 多関節運動系の神経支配. Jpn.J.Sports Sci., 5:45-53, 1986.
- 13) 教育技術研究所編, 図説/小学校「体育科授業の事典」, 小学館, 1982. pp.174-77
- 14) 前川峰雄監修, 新教育課程による「楽しい体育の指導計画と展開 6年」, 教育出版, 1979. pp.97-101
- 15) 文部省, 小学校指導書体育編, 東洋館出版, 1989. p.18. pp.61-62.
- 16) 文部省, 中学校指導書体育編, 大日本図書, 1989. pp.23. pp.61-62

- 17) 文部省, 高等学校指導要領解説保健体育編, ぎょうせい, 1989. pp.24-25.
- 18) 中島光広・太田昌秀・吉田茂・三浦忠雄, 「器械運動指導ハンドブック」, 大修館, 1979. pp.106-38.
- 19) 根本正雄, 「法則化楽しい体育の指導技術 小学5年」, 明治図書, 1990. pp.57-73
- 20) 日本学校体育研究連合会, 現代小学校体育全集5「器械運動」, ぎょうせい, 1981. pp.124-35. pp.210-23.
- 21) 日本体育・学校健康センター, 学校管理下の災害-基本統計-(負傷・疾病の概況)
- 22) 野沢要助・三浦勇・保坂一郎編, 小学校体育効率的指導講座5「「できた」よろこびを体験させる器械運動の指導」, 東洋館出版, 1980. pp.194-216.
- 23) 野沢要助・三浦勇・保坂一郎編, 小学校体育「できる」指導シリーズ4「図解とび箱運動編」, 東洋館出版, 1980. pp.36-47.109-57.
- 24) 岡秀郎, 「マット運動における前方倒立回転跳びの筋電図的研究」, 日本バイオメカニクス学会大会論集 9,1989.
- 25) 岡秀郎・加藤昭二, 「跳び箱運動における開脚跳びの筋電図的研究」, 日本スポーツ教育学会抄録集, 9,1988.
- 26) Oka, H. "Biarticular muscle activities during front hand spring in tumbling (1989) X international congress of biomechanics, Praceedings, Abstract #65"
- 27) H. Oka, A. Furuta, M. Yoshizawa, M. Kumamoto 1992. "Antagonistic bi-articuiar muscles functioning in front handsprings in tumbling and vaulting", Eighth Meeting of the European Society of Biomechanics, Book of Abustracts, p253
- 28) 杉山重利・梅本二郎編, 「改訂 小学校学習指導要領の展開 体育編」, 明治図書, 1989. pp.152. pp156-58
- 29) 高田典衛, 体育授業研究「跳び箱を全員跳び越させた実践事例集」, 明治図書, 1982 pp.140-46
- 30) 宇土正彦編, 新学習指導要領による「小学校体育の展開 第6学年」, 大修館, 1984 pp.116-21.
- 31) 山下謙智・熊本水頼・徳原康彦・橋本不二雄: 上肢の押し動作における力の発言: 伝達の機構と一関節筋及び二関節筋の活動様式との関係 Jpn. Sports Sci., 2:318-324 1983

図表一覧

図 1 飛び箱の傾斜面の反力の時力学的特性（モデル化）

図 2 実験構成図ならびにデータ処理構成図

図 3 圧力板を装着した飛び箱

図 4 熟練者の開脚跳び水平面実施時の筋電図

図 5 熟練者の開脚跳び水平面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

図 6 非熟練者の開脚跳び水平面・傾斜面実施時の筋電図

図 7 非熟練者の開脚跳び水平面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

図 8 非熟練者の開脚跳び傾斜面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

図 9 開脚跳び着手前の上肢の筋電図

表 1 開脚跳び傾斜面実施前の児童の感想

表 2 開脚跳び傾斜面実施後の児童の感想

図 10 上位児童・下位児童における開脚跳びの水平面・傾斜面実施時の圧力板の歪のベクトル表示

図 11 上位児童の水平面・傾斜面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

図 12 下位児童の水平面・傾斜面実施時の身体重心及び肩関節・股関節角度変化曲線

謝 辞

本稿を終わるにあたり、終始懇篤なご指導御校閲を賜りました兵庫教育大学の岡 秀郎教授に深甚なる謝意を捧げます。

また、本研究での実験に御理解、御協力いただいた岡部洋明氏、兵庫教育大学大学院生の網野一志氏、兵庫教育大学学部生ならびに加古川市立東神吉小学校の佐伯幹夫校長先生、高松武司教頭先生、水谷 聡先生、檜木加代子先生はじめ諸先生方、5年1組、2組の児童のみなさんに心から感謝いたします。

さらに、実験の補助ならびにデータ整理に際し、労を惜しまぬ御協力をいただいた本講座院生の西羅彰夫氏、生田 章氏、菅野 信氏に深く感謝いたします。

最後になりましたが、兵庫教育大学への長期に渡る研修の機会を与えていただきました兵庫県教育委員会ならびに加古川市教育委員会および加古川市立東神吉小学校佐伯幹夫校長先生はじめ諸先生方に心から感謝申し上げます。

平成7年12月20日

岸本 正彦

資料1 被験者一覧（成人男子）

	熟練者	非熟練者
年齢	33歳	21歳
身長	160cm	164cm
体重	51.5kg	60.2kg
図	図 4, 5	図 6, 7, 8

資料2 被験者一覧（小学校児童）

	上位児童	下位児童
年齢	11歳	11歳
身長	143cm	144cm
体重	36.1kg	34.9kg
図	図 10, 11	図 10, 12