

## 自動化水準の異なる下肢運動に対する上肢運動の干渉の性差

外山 寛<sup>1)</sup>・藤原勝夫<sup>1)</sup>

Sexual difference in interference of simultaneous upper limbs exercise to lower limbs exercises with different automatized levels

Hiroshi TOYAMA<sup>1)</sup> and Katsuo FUJIWARA<sup>1)</sup>

(Received April 28, 1989)

### Abstract

This study was to examine the sexual difference in the interference of simultaneous upper limbs exercise to the tempo of the lower limbs exercise with different automatized levels. Nineteen male university students and twelve female university students, aged 18 to 20 years old, participated in this study. These subjects did not participate in any sports club in recent three years and did not conduct special skill trainings such as playing musical instruments in the past. The lower limbs exercises were stepping (walking on the place) and right and left foot alternate plantar-flexion. Both exercises were performed while standing, and the tempo was 150/min. (interval times : 400msec.) One upper limbs exercise, simultaneously tapping both hands, was combined with the lower limbs exercise. The interference degree was evaluated by the changes of step intervals of the lower limbs exercise. The results were :

1) The fluctuation of step intervals on the plantar-flexion was greater than the fluctuation on the stepping. Sexual difference of the fluctuation was not admitted.

2) For both sexes, the interference degree of the upper limbs exercise (tapping) on the tempo of the lower limbs exercise was greater on the plantar-flexion than that on the stepping. The individual difference of interference of females tended to be greater than of males.

In conclusion, these results indicate that in common with both sexes, the lower limbs exercise with lower automatized level accept greater interference of the upper limbs exercise. The difference in distribution of the interference between males and females may reflect to the richness of play in childhood.

**Key Words** : Sexual difference—Automatized level—Combined exercise  
—Interference—Control modality

<sup>1)</sup> 金沢大学教養部保健体育科 Department of Health and Physical Education, College of Liberal Arts, Kanazawa University

## 1 緒 言

ヒトの運動能力の性差については、男性の最大筋力や走速度、垂直跳びに代表される筋パワー、さらには最大酸素摂取量などが女性よりも高い値を示すことが知られている<sup>5)</sup>。これらは筋肉量とその成績に大きく影響する項目であり<sup>2)6)7)23)</sup>、成長ホルモン、甲状腺ホルモン、ステロイドホルモンなどの影響が大きく、2次性徴発現と共に顕著な性差が現れる<sup>23)</sup>。これに対して、運動技能は幼少期ですでに男女差の認められるものがあり、ソフトボール投げ、ボールの的当て蹴り、捕球などは男児の成績が女児に比べて優れているとされる<sup>9)</sup>。これら身体各部の動きが時間的、空間的に合目的に配列されることの必要な技能の習得には神経系の発達が重要であり、学習の影響が大きく反映される<sup>13)</sup>。運動学習の重要性は、歩行というヒトの行動の根幹となる動作であっても秩序ある学習過程を経なくては習得されない<sup>10)</sup>事によく示されている。幼児期は神経系の発達が著しく、基本の運動が日常の行動や遊びの中で学習され無意識のうちに獲得されていると考えられる<sup>11)</sup>。したがって、幼少期に早くも認められる運動技能の性差は、与えられている環境や日常行動の違いを反映した結果と推察される。幼少期における基本の運動に限らず、各種のスポーツに要求される高度な様々な技術も繰り返し学習する事で獲得され、自動化されたものとなる<sup>15)16)17)</sup>。

立位姿勢を基本とするヒトでは上肢は姿勢の保持や体を移動させる事から解放されて様々な作業動作を行い得る機能を有している。このようなヒトにとっての基本的な運動技能の一つに上肢と下肢の運動を同時に行う協応能があげられている<sup>4)</sup>。前回我々は男性を対象として、下肢運動に足踏み運動と左右足交互の底屈運動を取り上げ、それぞれの下肢運動の習熟度の違いを検討すると共に、上肢運動を組み合わせた場合の下肢運動への干渉程度の違いを検討した<sup>24)</sup>。その結果、底屈運動は足踏み運動に比べて習熟度が低く自動化が進んでいない事、そして上肢運動を組み合わせた場合に習熟度の低い底屈運動のテンポが著しく変化する事を認めた。今回はこのような下肢運動の習熟度と上肢・下肢の協応能との間に認められた知見が男女に共通するものかどうかを検討した。

## 2 方 法

スポーツ種目によっては上肢と下肢のそれぞれに独自の技術があり、両者を組み合わせて調節することの必要な場合もあることから、スポーツ活動への参加が上肢と下肢の組み合わせ運

Table 1 Physical characteristics of the subjects

	Age (yrs.) Mean (S.D.)	Body Height (cm) Mean (S.D.)	Body Weight (kg) Mean (S.D.)
Male (n=19)	18.9(0.55)	168.8(4.05)	64.8(8.79)
Female (n=12)	18.6(0.64)	158.2(5.24)	49.6(3.99)

動の調節能力に影響をおよぼす可能性が考えられる。また、動作系列におけるリズム形成が動作の自動化に有意義であるとの指摘もある<sup>18)</sup>。そこで今回は最近の3年間以上ス

スポーツ団体に加入しておらず、さらに過去に楽器演奏などのリズムカルな技能トレーニングを特別に行ったことのない18歳から20歳までの大学生男子19名、女子12名を被験者とした。表1にその身体特性を示した。下肢の運動は立位での足踏み運動と左右足交互の底屈運動とした。下肢運動のテンポはいずれも毎分150回とした。下肢運動に組み合わせる上肢の運動は肘関節90°屈曲位で1回の左右手掌同時タッピングとした。本実験で行った運動は足踏み運動、底屈運動、足踏み運動と上肢タッピングの組み合わせ運動、底屈運動と上肢タッピングの組み合わせ運動の4種であり、それぞれ3回ずつ実施した。測定はすべて1分間の休憩をおいて行った。

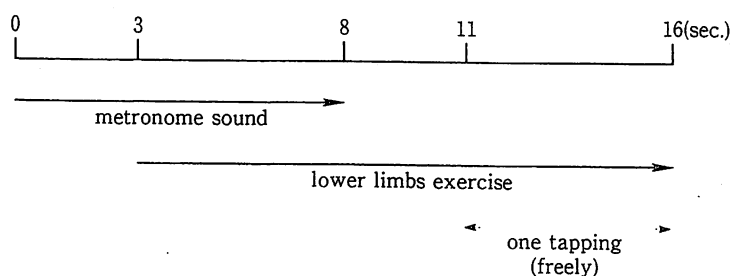


Fig. 1 Experimental schedule.

図1に測定の手順を示した。まず、被験者に下肢運動のテンポを把握させるため、5秒間立位にて毎分150回のリズム音(リズム間隔:400msec.)を聞かせた。続いてリズム音に合わせて5秒間下肢運動を行わせた。さらに続けてリズム音の無い条件下で下肢運動を8秒間継続させた。上肢運動を組み合わせる試技では、リズム音を伴わずに下肢運動を実行している際に検者による“いいですよ”の合図の後、被験者の任意のタイミングで挿入させた。被験者には上肢タッピングの挿入をあわてずに挿入しやすいタイミングで行うことを指示した。上肢と下肢の接地タイミングは、被験者の左右手掌と左右足の母指球から小指球にかけて自作のスイッチを取り付け、各々の接地時に発生する1.5Vの電圧によって把握した。

測定項目は上肢と下肢の接地タイミングであり、これらをA/Dコンバーターを介してSORR社製コンピューター(M68)に取り込んだ。A/D変換のサンプリング間隔は4msec.とした。分析内容はリズム音の無い条件下のデータを用いて、一方の脚が接地してから他方の脚が接地するまでの時間(以下、ステップ・インターバルとする)と、上肢タッピングが行われたタイミングである。各被験者の成績は3回の測定結果の平均値とした。

統計処理上の検定基準は危険率5%未満をもって有意とした。

### 3 結 果

図2に足踏み運動と底屈運動におけるステップ・インターバルの時系列の例を示した。足踏み運動と底屈運動のいずれにもステップ・インターバルの変動が認められるが、その程度は底

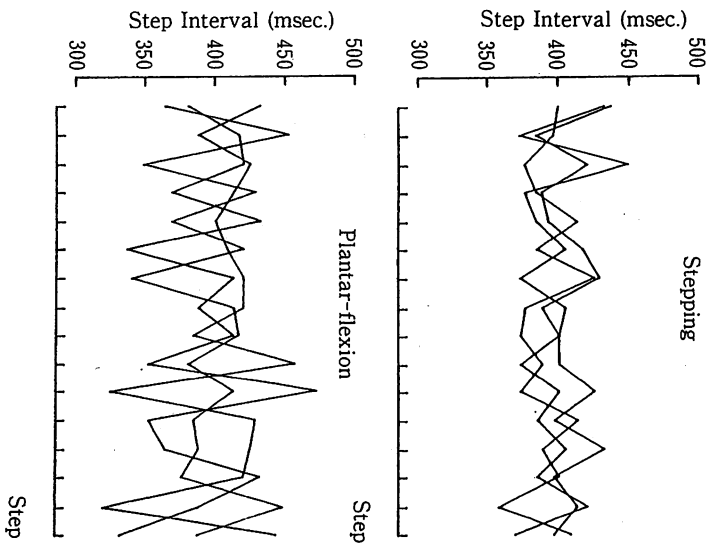


Fig. 2 Example of the changes of step intervals on the stepping and the plantar-flexion without hand tapping.

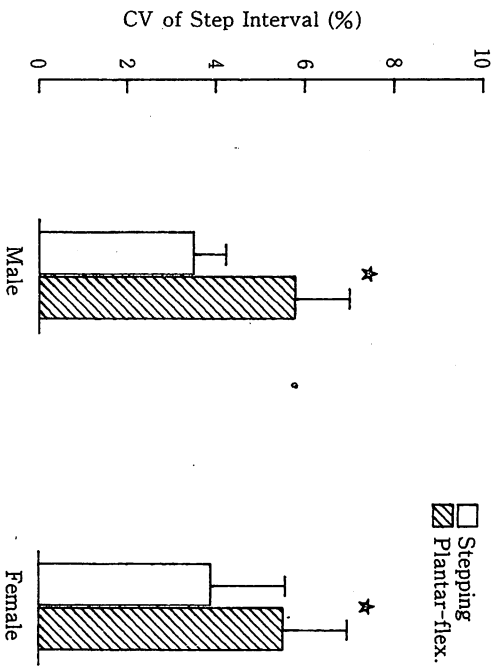


Fig. 3 Coefficient of variation of step intervals on the stepping and the plantar-flexion without hand tapping.

\*:  $p < .05$

屈運動で大きい。この傾向は男女すべての被験者に共通して認められた。図3はステップ・インターバルの変動係数を示したものである。男子の足踏み運動では $3.5 \pm 0.7\%$ 、底屈運動では $5.8 \pm 1.2\%$ 、女子ではそれぞれ $3.9 \pm 1.6\%$ 、 $5.5 \pm 1.4\%$ であり、男女いずれも底屈運動時のステップ・インターバルの変動が足踏み運動に比べて有意に大きかった。しかし男女間に有意差は認められなかった。

図4は下肢運動に上肢タッピングを組み合わせた場合のステップ・インターバルの時系列を男女別の平均値とその標準偏差値で示したものである。図中の矢印が上肢タッピングの挿入されたステップ・インターバルであり、その3ステップ前から4ステップ後までを示した。横軸のCont.は検者による上肢運動の挿入指示がなされる前までの平均値である。足踏み運動でも底屈運動でも上肢タッピングの挿入されたステップ・インターバルが延長し、その1ステップ前の値が短縮するという変化が認められ、底屈運動でこの傾向が著しい。足踏み運動の場合、男女とも上肢タッピングの挿入される1ステップ前のステップ・インターバルがCont.の値に比べて有意に短かった。底屈運動の場合、男子は上肢タッピングが挿入される2ステップ前と1ステップ前のステップ・インターバルがCont.の値に比べて有意に短く、タッピングの挿入されたステップ・インターバルが有意に長かった。女子では1ステップ前と3ステップ後のステップ・インターバルがCont.の値に比べ

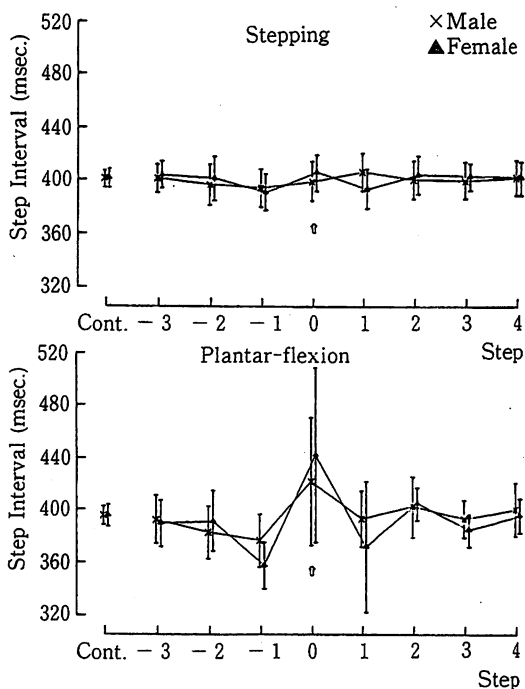


Fig. 4 Changes of step intervals on the stepping and the plantar-flexion with hand tapping. An arrow mark shows the enforcement of hand tapping.

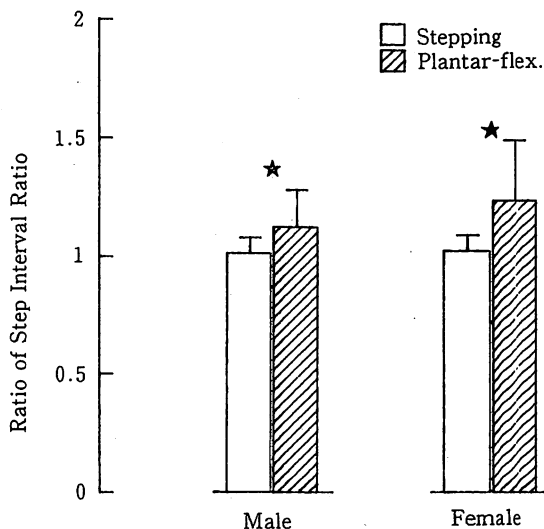


Fig. 5 Ratios of the step interval when tapping is superimposed before the first tapping.

\*:  $p < .05$

て有意に短く、タッピングの挿入されたステップと2ステップ後の値が有意に長かった。男女の比較では底屈運動における女子のステップ・インターバルの変動が男子に比べて大きい傾向が認められる。また女子の結果の標準偏差値は男子に比べて大きく、個人差の大きい傾向が見られる。しかし、これら男女間の差異は統計的に有意なものでなかった。本研究の下肢運動は連続する2ステップを1周期とする運動と考えることもできる。そこで上肢タッピングを挿入した場合に大きな変動の認められたタッピング挿入時とその1ステップ前のステップ・インターバルの合計値を算出し、上肢運動の挿入指示がなされる以前の結果から算出した1周期時間と比較した。その結果、足踏み運動も底屈運動も上肢運動挿入時の1周期時間に有意な変化は認められなかった。また、男女間でも上肢運動挿入時の1周期時間に有意差は認められなかった。図5は上肢タッピングの挿入される1ステップ前のステップ・インターバルに対する挿入時ステップ・インターバルの比（以下、インターバル比とする）を示したものである。この値が1より大きいほど2つのステップ・インターバルの差が大きく、しかもタッピング挿入時のステップ・インターバルが長いことを示す。男女とも底屈運動の値が足踏み運動に比べて大きい傾向にあり、有意差が認められた（男子足踏み運動 $1.02 \pm 0.05$ 、底屈運動 $1.13 \pm 0.14$ 。女子足踏み運動 $1.03 \pm 0.06$ 、底屈運動 $1.24 \pm 0.24$ ）。男女の比較では、有意差は無いものの女子の底屈運動における平均値と標準偏差値は男子よりも大きく、女子の結果に個人差が大きい傾向が認められた。

#### 4 考 察

歩行はヒトの行動の基本となる運動であり、成人にとっては習熟した運動である。この歩行に類似した足踏み運動も自動化の進んでいる運動と考えられる。一方、左右の足関節のみを交互に動かす底屈運動は比較的単純な運動であるが、普段行うことが少なく足踏み運動に比べて自動化は進んでいないと思われる。動作の習熟度を評価する場合に、その動作の変動程度が一つの指標になると指摘されており<sup>20)</sup>、習熟した運動では変動が少ない<sup>25)</sup>。今回の結果では、底屈運動のステップ・インターバルの変動が足踏み運動に比べて有意に大きく、底屈運動の習熟度が足踏み運動よりも低いことが示された。そしてこの現象に有意な性差は認められず、男女いずれにとっても底屈運動の自動化水準が足踏み運動よりも低いと推察できる。下肢運動に上肢運動を挿入した場合には、足踏み運動に比較して底屈運動のステップ・インターバルがより大きな干渉を受けることが示された。そしてこの干渉は実際に上肢運動が挿入された下肢ステップだけではなく、その数ステップ前から認められた。これに関しては、運動を行う場合動作に先行して約800msec. 前から中枢の活動が認められる<sup>13)11)21)19)</sup>という現象と関連があると思われる。上肢運動を行うための準備段階から下肢運動に干渉が現れたものと思われる。上肢運動を挿入した場合のステップ・インターバルの変化パターンは、挿入前のステップ・インターバルが短縮し、上肢運動の挿入されたステップ・インターバルが延長するというものであった。これは前回の結果<sup>24)</sup>と同様であり、また男女の違いも認められなかった。そして、ステップ・インター

バルの変化の程度にも性差が認められなかった。したがって日頃スポーツ活動を行っておらず、過去にリズムカルな技能トレーニングを特別に行っていない者においては、下肢運動に上肢運動を挿入した場合に認められるステップ・インターバルの変化パターンに違いのない事、そして自動化の進んでいない下肢運動には上肢運動がより大きく干渉するという現象が基本的には男女に共通するものであると考えられる。しかし統計的な有意差は認められなかったものの、上肢運動を挿入した場合の下肢のステップ・インターバルの変化の程度は女子が男子よりも大きく、また個人差も大きかった。杉原たち<sup>21)22)</sup>は、幼児の運動能力の中での当て蹴りや両足連続跳び越しの運動能力が、幼稚園の園庭の広さ、施設用具、運動の指導内容によって大きく左右されることを報告している。これらの運動能力は学習による動作様式の成熟度と関係が深く、神経系の発達が大きく関与すると思われる項目である。また、川原<sup>9)</sup>は子供の日常の活発さと運動諸機能との間に相関のあることを報告しており、運動能力が普段の様々な遊びの中で獲得されていることを考察している。そして宮丸<sup>14)</sup>は社会的な役割期待や運動遊びの機会や内容が、運動能力の性差に影響を及ぼす場合があると報告している。したがって、今回女子の結果が男子と異なる傾向を示した一因に、現在までの身体活動状況や環境の違いが考えられ、下肢運動に対する上肢運動の干渉における性差についても、これらとの関連を含めてさらに検討を加える必要があろう。

## 5 ま と め

足踏み運動と左右足交互の底屈運動のそれぞれに上肢運動を組み合わせ、下肢運動に対する上肢運動の干渉程度の性差を検討した。被験者は最近の3年間以上スポーツ団体に加入しておらず、過去に楽器演奏などのリズムカルな技能トレーニングを特別に行ったことのない大学生男子19名、女子12名とした。上肢運動を組み合わせなかった場合、男女とも底屈運動のテンポの変動は足踏み運動に比して有意に大きく、底屈運動は足踏み運動に比べて自動化が進んでいないと考えられた。上肢運動を組み合わせた場合、底屈運動では足踏み運動に比べて上肢運動の干渉が顕著に認められた。女子は男子に比べて干渉程度に個人差がみられたが、男女間に統計的な有意差は認められなかった。これらの結果は日頃スポーツ活動を行っておらず、過去にリズムカルな技能トレーニングの経験を持たない者においては、自動化の進んでいない下肢運動に上肢運動がより大きく干渉するという現象が基本的には男女に共通するものである事を示すものと考えられた。

## 参 考 文 献

- 1) Barrett, G., Shibasaki, H. and Neshige, R. (1986) Cortical potentials preceding voluntary movement : evidence for three periods of preparation in man. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 63, 327-339.

- 2) Davies, C. T. M. (1971) Body composition in children : A reference standard for maximum aerobic power output on a stationary bicycle ergometer. *Acta Paediat. Scand. Suppl.*, 217, 136-137.
- 3) Deecke, L., Scheid, P. and Kornhuber, H. H. (1969) Distribution of readiness potential, pre-movement positivity, and motor potential of the human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. *Exp. Brain Res.*, 7, 158-168.
- 4) Fleishman, E. A. (1977) *International encyclopedia of psychiatry, psychology, psychoanalysis & neurology*. vol. 7, Motor abilities. Aesculapius publishers, New York, 298-304.
- 5) 飯塚鉄雄, 日丸哲也, 永田晟, 中西光雄, 岩崎義正, 磯川正教 (1980) 日本人の体力標準値 (第3版). 不昧堂, 東京.
- 6) 加賀谷淳子 (1971) 血流量からみた筋持久力の性差. *東京家政学院大学紀要*11, 103-107.
- 7) 川初清典, 猪飼道夫 (1972) ヒトの脚パワーと力・速度要因 (1)測定方法と力・速度およびパワーの関係について. *体育学研究*, 16(4), 223-231.
- 8) 川原ゆり (1988) 子どもの生活と運動. *体育の科学*, 38, 577-581.
- 9) 近藤充夫, 松田岩男, 杉原隆 (1987) 幼児の運動能力 1986年の全国調査結果から. *体育の科学*, 37, 551-554.
- 10) 久保田誠 (1981) 脳の発達と子どものからだ, 初版, 経典でわかる脳の働き. 築地書館, 東京, 52-57.
- 11) 松田岩男 (1981) 子どもにとって「基本の運動」とは何か. *体育の科学*, 31(6), 392-395.
- 12) McCloskey, D. I., Colebatch, J. G., Potter, E. K. and Burke, D. (1983) Judgements about onset of rapid voluntary movements in man. *J. Neurophysiol.*, 49, 851-863.
- 13) 宮丸凱史 (1980) 子どもの動作の発達過程と練習効果 — 捕球動作について —. *体育の科学*, 30, 21-29.
- 14) 宮丸凱史 (1985) 幼児期と歩きの獲得. *体育の科学*, 35, 15-20.
- 15) 大塚立志 (1987) 講座現代のスポーツ科学 7. スポーツとスキル, 初版, サイバネティックからみたスキル. 大修館書店, 東京, 126-128.
- 16) 大塚立志 (1988) 「たくみ」の科学, 初版, 随意運動制御の基礎理論. 朝倉書店, 東京, 180-225.
- 17) Paillard, J. (1960) *Handbook of physiology*, section 1 : Neurophysiology, vol. III, The patterning of skilled movements. American physiological Society, Washington, 1679-1708.
- 18) 佐伯胖 (1988) 認識し行動する脳, 初版, プランと実行. 東京大学出版会, 東京, 71-90.
- 19) Shibasaki, H., Barrett, G., Halliday, E. and Halliday, A. M. (1980) Components of the movement-related cortical potential and their scalp topography. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 49, 213-226.
- 20) Shapiro, D. C., Zernicke, R. F., Gregor, R. J. and Diestel, J. D. (1981) Evidence for generalized motor programs using gait pattern analysis. *J. Motor Behav.*, 13, 33-47.
- 21) 杉原隆, 松田岩男, 近藤充夫 (1987) 幼児の運動能力 4 学習環境の分析から. *体育の科学*, 37, 790-793.
- 22) 杉原隆, 松田岩男, 近藤充夫 (1987) 幼児の運動能力 5 運動指導との関係. *体育の科学*, 37, 867-870.
- 23) 高石昌弘, 樋口満, 小島武次 (1981) からだの発達, 初版, 技能発達の経過. 大修館書店, 東京, 223-233.
- 24) 外山寛, 藤原勝夫 (1988) 自動化水準の異なる下肢運動に対する上肢運動の干渉. *金沢大学教養部論集 (自然科学篇)*, 25, 37-50.
- 25) 梁瀬度子 (1968) 手作業の習熟過程における中枢機能の研究. *奈医誌*, 19, 240-262.