

バイオメカニクスからみた石川橋における女子大学生の歩行

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 博男, 穴田, 生, 東, 章弘, 太田, 康子 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/23303

バイオメカニクスからみた石川橋における 女子大学生の歩行

山本 博男・穴田 生*・東 章弘**・太田 康子***

Gait Characteristics of Female Students on Ishikawa Bridge of Kanazawa University

Hiroh YAMAMOTO, Ikuo ANADA, Akihiro AZUMA
and Yasuko OHTA

目 的

歩行は、ヒトにとって日常生活の大部分を占める最も基本的な動作の1つであり、従来、ヒトの歩行に関して、歩行速度、歩幅、ピッチなどが、環境や性別によって変化すると報告されている⁸⁾。

金沢大学は、旧金沢城内にキャンパスを構え、重要文化財に指定されている石川門をメインゲートとする、世界で唯一の大学である⁷⁾⁹⁾¹²⁾。石川橋は、金沢大学の石川門につながる長さ約80mの石造りの橋であるが、現在、大学の移転を控え、この場所を大学生が通学を目的として通行することが、なくなりゆく状況にある。“お城の大学”としての特殊な環境におかれた金沢大学学生が、石川橋における通学時の歩行を、移転後再現することはない。とりわけ、女子大学生の歩行は、男子学生に比べ、履物や服装のスタイルもよりヴァリエーションに富んでいるため、歩行に運動学的特徴が生じ易い。本研究では、こうした点に着目し、石川橋上を通行する女子学生の歩行について、バイオメカニクス的に記録・検討することを試みた。

従って、本研究の目的は、石川橋における金沢大学女子学生の、登下校時の歩行傾向を調べ、さらに、その動作を、バイオメカニクス的に解析し、検討することである。

方 法

石川橋における学生の通学状況と、女子学生のファッションの傾向を調べるために、1990年4月26日・5月10日の、8時30分から9時10分において石川橋を通行した金沢大学の男子学生1582名、女子学生537名の計2119名を対象に、石川橋の前方、側方、2カ所からビデオ撮影を行った。VTRの映像から、特に女子学生の履物とボトムスタイルの傾向を調べた。更に、1990年9月10日の、8時20分から9時20分・16時20分から17時20分において石川橋を通行した金沢大学の男子学生695名、女子学生480名の計1175名を対象に、石川橋における学生の、歩行速度、ピッチ、歩幅、Temporal Factorについて解析した。速度及びピッチは、VTRからSONY製ビデオモーションアナライザーを用いて解析し、歩幅は、速度とピッチから計算した。またTemporal Factorとして、Stride Time・Support Time・Swing Time・Single Support Time・Double Braking Support Time・Double Thrust Support Timeを調べた。通学した学生は、性別、方向(登校、下校)、履物、服装によりグループ化し、履物においてはスニーカー、ローヒール、ハイヒールで、服装においては、パンツ、スカートで分類した。各グループについて算出した差の検定には、スチューデントのt検定、及びF検定を用い、有意水準を5%、及び1%とした。

Temporal Factor では, Stride Time を100とした百分率を求めた。

Table 1. The classification of walking group.

Group	Cadence(steps/min)	Step Length(cm)	Velocity(km/h)
1. Female	117.0	73.6	5.2
2. Male	113.1	82.5	5.6
3. Town school	116.9	77.8	5.5
4. Away school	117.1	68.0	4.8
5. Sneaker	117.3	76.2	5.4
6. Low Heel	116.8	71.4	5.0
7. High Heel	123.1	66.4	4.9
8. Pants	116.8	73.9	5.2
9. Skirt	117.4	73.2	5.2

Table 2. Characteristics of subjects.

Sex	Height(cm)	Weight(kg)	Age(yr)
Female(n=16)	160.8	51.0	21.6
Male (n=4)	171.0	66.5	21.5

また, 各グループにおける歩行のバイオメカニクスの特徴を明らかにするために, 以上の分析から得られた歩行速度, ピッチ (表1) を, トレッドミル上において再現し, 以下の実験を行った。被検者は, 金沢大学の男子学生4名, 女子学生16名の計20名であった。被検者の身体的特性を表2に示す。被検者は, トレッドミル上において与えられた速度で歩行し, メトロノームのリズムに合わせて, 歩幅を調整した。歩行距離は石川橋と同じ80mとし, 歩行終了時に心拍数(HR)と主観的運動強度(RPE)を測定した。HRは, テレメーター法を用いて, 胸部双極誘導法に従い, ハートレートモニター(日本光電製 Life Scope 6)により記録した。RPEは, Borg (1973)³⁾によるRPEスケールを被検者に示し, 答えさせた。尚, 酸素摂取量($\dot{V}O_2$)は, 以下の Workman-Armstrong(1986)¹⁴⁾による方程式を用いて推定した。

$$\dot{V}O_2 \text{ (l/min)} = [F_{(Ht)} \cdot F_{1(V)}] \times [F_{(m)} \cdot F_{2(V)}]$$

$$F_{(Ht)} : Ht / (0.0136Ht - 0.375)$$

$$F_{(m)} : m \times 10^{-5}$$

$$F_{1(V)} : 1.92V^{0.176} - 1.445$$

$$F_{2(V)} : 0.85V^2 - 3.94V + 9.66$$

where Ht : Height (inches)

m : mass (lb)

V : velocity (mph)

さらに, 男子学生4名, 女子学生4名について各試行における下肢の関節角度変位を調べるために, エレクトロゴニオメーター (以下, ゴニオメーターと略記する)を用いた。ゴニオメーターは, 被検者の腰, 膝, 足関節に装着し, バイオアンプを介して, 各関節の角度変位を焼ペン式記録機に記録した。各グループにおいて, HR, RPE, 推定した $\dot{V}O_2$ の平均値と標準偏差をそれぞれ算出した。各グループ間における平均値の差の検定には, t検定とF検定を用いた。尚, 検定の有意水準を5%, 及び1%とした。

結果と考察

歩行速度, 歩幅, ピッチは, 性別で見ると, 男子学生の方が, 女子学生よりも歩行速度が速く, 歩幅が広く, ピッチが遅く, その差異は有意であった ($P < 0.01$) (表3)。この結果は, Eke-Okoro and Sandlund (1984)⁴⁾や Finley and Cody (1970)⁵⁾の先行研究における報告と一致しており, 同じ速度の歩行では, 男子学生の方が歩幅が広く (図1), 女子学生の方がピッチが速いことから (図2), 女子学生は狭い歩幅を, 速いピッチで補っていると考えられる。また, 本研究から得られた歩行速度は, 男女とも Murrayら (1964)¹⁰⁾によって報告されている歩行速度よりも高い値を示しており, Van Der Walt and Wyndham (1973)¹³⁾によるエネルギー消費の方程式から推定される, 人間の最適な歩行速度 (4.05km/h) よりも男女とも速かった。従って学生は, 自分が本来最適とする歩行速度よりも速い速度で歩行していると考えられる。方向で見ると, 登校の方が, 下校よりも歩行速度が速く, 歩幅が広く, ピッチが遅い傾向があった。歩行速度と歩幅にのみ有意差が見られ ($P < 0.01$), ピッチには見られなかった。この結果は, ショッピングセンターに向かう者の方が, 帰る者よりも歩行速度が速く, 歩幅が広く, ピッチが速いという Eke-Okoro and Sandlund

Table 3. Mean Temporal Components of Gait and Step Length for Female and Male.

Variable	Female(n=220)	Male(n=135)	P<
Velocity(m/min)	86.6	93.5	.01
Cadence(steps/min)	117.0	113.1	.01
Stride time(sec)	1.03(100)	1.07(100)	.01
DPS time(sec)	0.17(17)	0.17(16)	n.s.
Single support time(sec)	0.35(34)	0.37(35)	.01
DTS time(sec)	0.17(17)	0.17(16)	n.s.
Swing time(sec)	0.34(33)	0.36(34)	.01
Support time(sec)	0.69(67)	0.71(66)	n.s.
Swing/Support time ratio	0.49	0.51	
Step length(cm)	73.6	82.5	.01

n.s.= no significant.
() = Percentage.

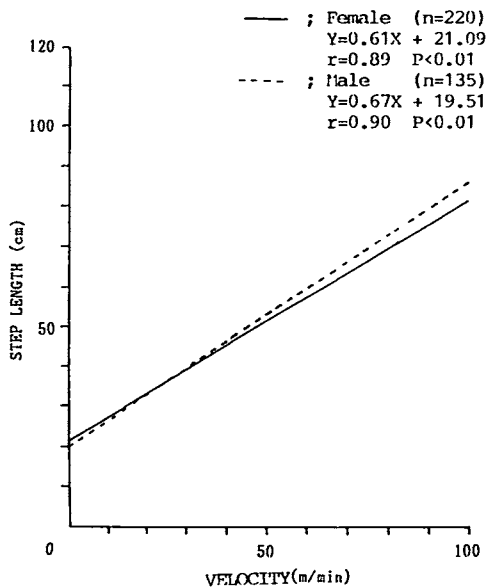


Figure 1. The relation between velocity and step length for female and male students.

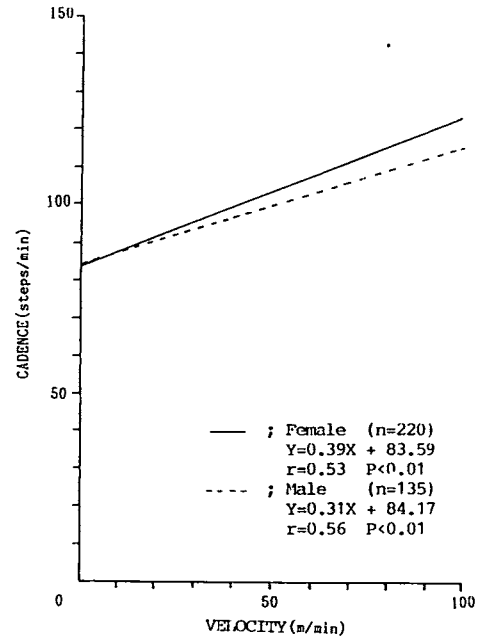


Figure 2. The relation between velocity and cadence for female and male students.

(1984)⁴⁾の報告に似ており、登校時の方が講義などの時間におわれている状況が考えられる。また、下校時の歩行速度は、Blesseyら(1976)²⁾やBhambhani and Singh (1985)¹⁾の先行研究での自由選択の歩行速度と類似しているため、登校時は日常より速めの速度、下校時は日常と同じような速度で歩行していると言える。加えて、登校する学生は1人で通行する者が多いのに対し、下校する学生は複数で通行することも、下校時の速度を遅くする要因と考えら

れる。履物で見ると、歩行速度は、スニーカー、ローヒール、ハイヒールの順に速く、有意差は、スニーカーとローヒールの間に見られた ($P < 0.01$)。歩幅は、スニーカー、ローヒール、ハイヒールの順に広く、その差は有意であった ($P < 0.01$)。ピッチは、ハイヒール、スニーカー、ローヒールの順に速かったが、その差は有意でなかった。この結果は、ハイヒールの方が歩行速度が遅いという Murrayら (1964)¹⁰⁾の報告と一致するが、ハイヒールの歩行速度が最も遅い

Table 4. Mean HR, RPE, and Oxygen Consumption for Female and Male.

Variable	Female(n=16)	Male(n=4)	P<
HR(bpm)	105.4	102.3	n.s.
RPE	10.2	8.8	.01
Oxygen Consumption(l/min)	0.818	1.078	.01

n.s.= no significant.

にもかかわらず、他の履物との間に有意差が見られなかったのは、被検者の少なさによるものであると考えられる。服装でみると、歩行速度、歩幅、ピッチについて、パンツとスカートの間における有意差は見られなかった。この原因には、服装の分類がパンツとスカートの2種類と少なかったことも考えられ、分類を更に細かくすると違いが明らかになるかもしれない。

次に、石川橋上の歩行を、歩行速度、ピッチからトレッドミル上において再現した実験の結果から、HR, RPE, $\dot{V}O_2$ について示すと、性別では女子学生の方が、男子学生よりもHR, RPEともに高く、 $\dot{V}O_2$ は低く(表4)、RPEと $\dot{V}O_2$ の間にのみ有意差がみられた($P < 0.01$)。この結果は、女性の方が男性よりも心拍数が高いというBlesseyら(1976)²⁾の先行研究、及び女性の方が男性よりもエネルギー消費量が少ないというGehlsen and Dill(1977)⁶⁾の先行研究と一致しており、女子学生は、男子学生に比べ歩行速度が遅く、エネルギー消費量が少ないにもかかわらず、より高い心拍数でツライと感じながら歩行しているといえる。方向でみると、登校の方が、下校よりもHR, RPE及び $\dot{V}O_2$ とも高く、HRと $\dot{V}O_2$ の間にのみ有意差が見られた($P < 0.01$)。この原因には、登校時の方が歩行速度が速いことが考えられる。履物でみると、HR, RPE, $\dot{V}O_2$ にグループ間の有意差は見られなかった。しかし、ハイヒールは歩行速度が遅く、 $\dot{V}O_2$ が低いにもかかわらず、HRが高く、RPEも高かった。これは、ハイヒールを履いた時の方が運動量が多いことを示すのではなく、ハイヒールが非常に不安定な履物であり、トレッドミル歩行では、トレッドミルの振動をより強く受け、歩きにくいと感じたためである

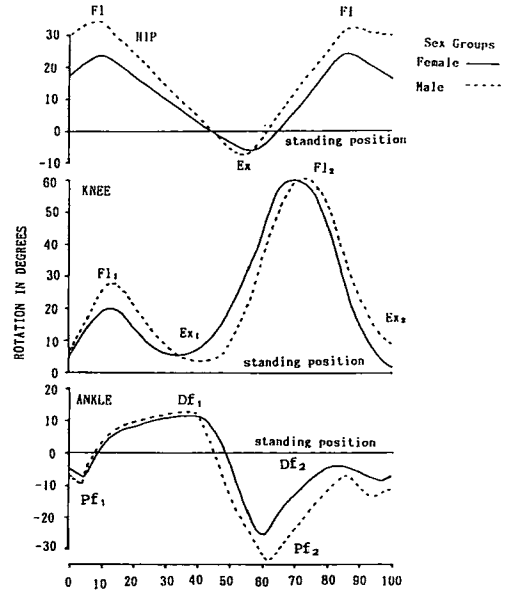


Figure 3. Sagittal rotation of the hip, knee, and ankle for the two sex groups. The zero reference positions for the hip, knee, and ankle excursion are the angular positions in the standing posture.

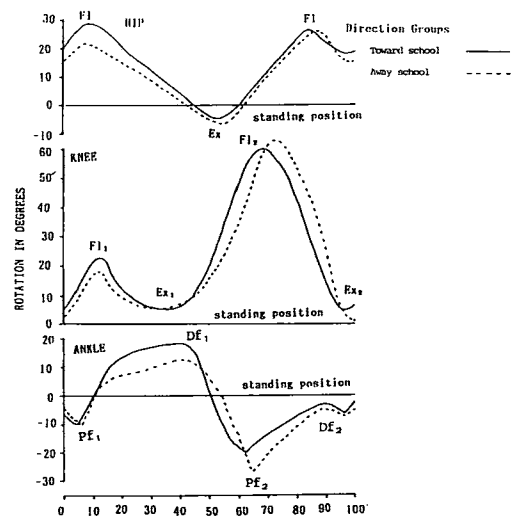


Figure 4. Sagittal rotation of the hip, knee, and ankle for the two direction groups. The zero reference positions for the hip, knee, and ankle excursion are the angular positions in the standing posture.

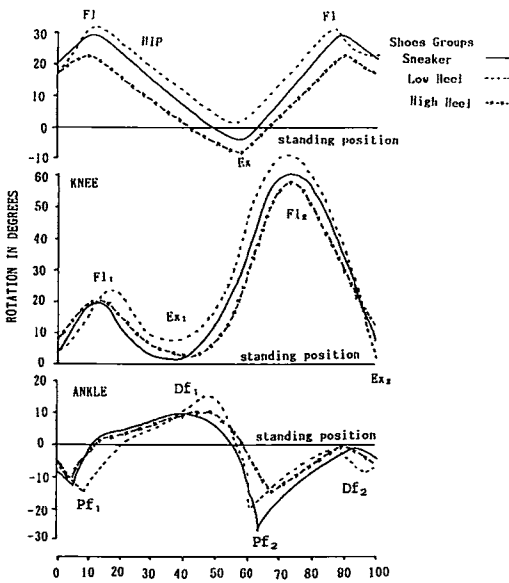


Figure 5. Sagittal rotation of the hip, knee, and ankle for the three shoes groups. The zero reference positions for the hip, knee, and ankle excursion are the angular positions in the standing posture.

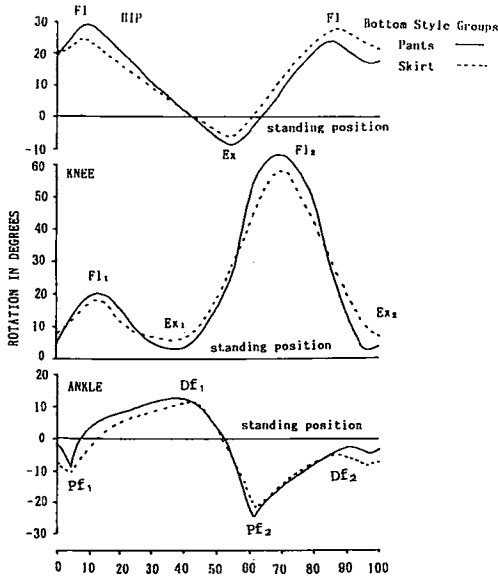


Figure 6. Sagittal rotation of the hip, knee, and ankle for the two bottom style groups. The zero reference positions for the hip, knee, and ankle excursion are the angular positions in the standing posture.

と考えられる。服装でみると、HR, RPE, $\dot{V}O_2$ にグループ間の有意差は見られなかった。これは、両グループでの動作に服装があまり影響を及ぼさなかったためと考えられる。

最後に、関節角度変位をみると、性別では、下肢の関節角度変位に大きな違いはみられなかったが、変位の幅には相異がみられた(図3)。この結果は、Murrayら(1970)¹¹⁾の先行研究と一致した。腰関節の変位の幅の違い、膝関節の屈曲の大きさの違いは、男女の歩幅の違いによって考えられる。方向でみると、下肢の関節角度変位に大きな違いはみられなかったが、変位の幅には違いがみられた(図4)。腰関節は、登校の方が変位の幅が大きく、これは、歩幅が登校の方が広いためであると考えられる。足関節は、背屈では登校の方が、底屈では下校の方が高い値を示し、これは、グループ間の歩行速度、歩幅の違いによるものと考えられる。履物で見ると、下肢の関節角度変位に体系的な違いは、ほとんどみられなかったが、変位の幅には相異がみられた(図5)。ハイヒールの腰関節の変位の幅が小さいのは、歩幅の狭さによると考えられ、それは、ハイヒールを履くと下肢を大きく前方へ伸ばすことが出来ない、つまり、踵の床との接触時にとくに慎重になることを示していると考えられる。服装でみると、下肢の関節角度変位に大きな違いはみられなかったが、変位の幅には相異がみられ、パンツを着用した時の方が大きかった(図6)。

結 論

1. 石川橋を通行する女子学生は、日常の歩行よりも、速い速度、広い歩幅で歩行する傾向がある。
2. 石川橋を通行する女子学生は、性別でみるならば、男子学生と比較して、遅い速度、狭い歩幅、速いピッチで歩行する傾向があり、また、下肢の関節の動きが小さい傾向がある。
3. 石川橋を通行する女子学生は、方向でみるならば、登校時の方が下校時よりも、速い速度、広い歩幅で歩行する傾向がある。
4. 石川橋を通行する女子学生は、履物でみるならば、スニーカーを履いている学生の方が、ローヒールを履いている学生よりも、速い速度、広い歩幅で歩行する傾向があり、

また、下肢の関節の動きは、ハイヒールを履いている学生が、最も小さい傾向がみられた。

5. 石川橋を通行する女子学生は、服装でみるならば、歩行速度、歩幅、ピッチの差異はほとんど確認されず、また、下肢の関節の動きは、パンツを着用している学生の方が大きい傾向がみられた。

参考文献

- 1) Bhambhani, Y. and M. Singh : Metabolic and cinematographic analysis of walking and running in men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17 (1) : 131-137, 1985.
- 2) Blessey, R. L. , H. J. Hislop, R. L. Walters, and D. Antonelli : Metabolic energy cost of unrestrained walking. *Phys. Ther.* 56 : 1019-1024, 1976.
- 3) Borg, A. V. : Perceived exertion : a note on " history" and methods. *Med. Sci. Sports*, 5 (2) : 90-93, 1973.
- 4) Eke-Okoro, S. T. and B. Sandlund : The effects of load, shoes, sex, and direction on the gait characteristics of street pedestrians. *Journal of Human Movement Studies*, 10 : 107-114, 1984.
- 5) Finley, F. R. and K. A. Cody : Locomotive characteristics of urban pedestrians. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 51 : 423-426, 1970.
- 6) Gehlsen, G. M. and D. B. Dill : Comparative performance of men and women in grade walking. *Human Biology*, 49 : 381-388, 1977.
- 7) 金沢大学金沢城学術調査委員会編 : 金沢城. 金沢大学生協, 6. 1967.
- 8) 宮下充正 : 歩行研究の概略. *体育の科学*, 15 (5) : 264-273, 1965.
- 9) 森栄松 : 金沢城. 北国出版社, 1970. 8.
- 10) Murray, M. P. , A. B. Drought, and R. C. Kory : Walking patterns of normal men. *J. Bone Joint Surg.* 46-A : 335-360, 1964.
- 11) Murray, M. P. , R. C. Kory, and S. B. Sepic : Walking patterns of normal women. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 51 : 637-650, 1970.
- 12) 下出積興 : 石川県の歴史. 山川出版社, 3. 1970.
- 13) Van Der Walt, W. H. and C. H. Wyndham : An equation for prediction of energy expenditure of walking and running. *J. Appl. Physiol.* 34 : 559-563, 1973.
- 14) Workman, J. M. and B. W. Armstrong : Metabolic cost of walking equation and model. *J. Appl. Physiol.* 61 : 1369-1374, 1986.