園路の曲率に関する基礎的研究 (2)

—— 特に歩行時の軌跡・スラローム形について ——

岸 塚 正 昭*, 後 藤 友 彦**

Fundamental dissertation on the curvature of footpath (2)

—— relative chiefly to its human pattern "slalom".

By Masaaki KISHIZUKA, Tomohiko GOTO

1. はじめに

本研究はヒューマンスケールに立脚して、人間の歩く足跡は如何なる軌跡を描くかについての調査研究である。その軌跡には周囲の環境や歩行者の心理状態等の要素が複雑に関係してくるが、今回はこれらの条件設定は行わず、ただ目的もなく一定の方向に歩いた足跡を実測収集し究明した。先きにP. J. GRILLOはその著の中で、(1)

"In design the shortest distance between two points is not the straight line, but the slalom, Slaloms are curves of natural acceleration and deceleration that represent trajectories constantly controlled by man."

と指摘しており、これより人間の歩行軌跡はスラロームの一種であることが推察できよう。しかし彼はそのスラロームの形態を、具体的な数値をもつては表示していない。次いで著者らは前回の小研究において自然発生した道を対象に、人間が曲るとき描く線形に關しての法則化を試みたが、(2)本論では一人の人間が曲る意志もなく真直ぐに歩こうとすると、一体どんなスラロームになるかを数値で検討してみた。もとよりこの一連の小研究は人間のもつ本性を形態学的に究明することになり、したがって快適な人間の道の設計に対して、基準を与えることができるからである。

2. 調査概要並びに結果

平坦でかつ視覚的な影響ファクターの極めて稀薄な海岸の砂浜を試験地を選び、砂の上に残された足跡の中心線を実測調査し、収録していくものとする。明らかに駆けたとみられる歩幅の大きな足跡は除く。

i) 実測場所

静岡県浜松市馬郡町の海岸一帯・東西約1 km、南北約0.2 km

ii) 実測日時

1966年7月10日～同年8月20日・夕刻(4～7p.m.)

iii) 実測対象

a) 歩幅50～60cm前後(小児を除く)

b) 進む方向が一定のもの(極端に曲っているものは曲ろうとする意志が働いたとして除く)

c) 一人で歩いたもの

iv) 実測方法

a) 前項の条件に合う歩行軌跡(延長約60～70m)を探し決定する。

b) 左右の足跡の内側を通る中心線を砂上に描く。

c) 中心線の始点と終点を結んで、1 m間隔に目盛の付いた糸を張る。

d) 歩いた方向に向つて手前を始点とし、順次1 m毎に前記中心線までの垂直距離(支距)を測定し記帳していく。

e) 内業で方眼紙に基線を引き、それに対して測定した支距をとつていけば歩行曲線が図示される。但し1 cmを1 mと見なしたので、紙上には1/100の実測原図が展開された。

v) 実測結果 (Fig. 1～5 参照)

総計93例の歩行軌跡を拾得した。

3. 考察

§. 1 集積によるポテンシャル・パターン

〔A〕集積方法

収集された人間の歩行軌跡は千差万別で類推するのが困難であるため、各実測図を短冊形に切り離して透視盤上で重ね合せ、あるパターンを見つけたす作業を行つた

〔B〕結果

93本のうち53本が一定のパターンにほぼ合致し、いずれも図からわかる通り (Fig. 6～7)、人間の歩行は左右交互に周期的な方向変換を繰返す、サインカーブに似た運動であろうと推察される。この53本の実測例について、これらは全て波状パターンに属すると考え、その周期(波長)と振幅を図上より測定して各平均値を算出してみた。

§. 2 波長の推定

一つの歩行曲線中に一波長があるのは少いので、波の山から谷まで(½波長)の距離すなわち一定方向の曲り

* 東京農業大学造園学科

** 浜松市公園緑地課

の長さを計測し、それら標本資料をもとに数的処理したのが Table 1 である。標本の頻度分布より母集団は正規分布型と判断してよく、したがって母平均 M_1 は次のように推定されよう。

$$\Pr\left(\bar{x} - \lambda \frac{s}{\sqrt{n}} < M_1 < \bar{x} + \lambda \frac{s}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha$$

危険率 $\alpha = 1\%$ のとき

$$23.96 - 2.58 \times \frac{3.99}{\sqrt{75}} < M_1 < 23.96 + 2.58 \times \frac{3.99}{\sqrt{75}}$$

$\therefore$ 平均値 $M_1 = 23.96 \pm 1.19$

§. 3 振幅の推定

さらに山から谷までの幅つまり曲り方の幅を計測したのが Table 2 である。以下同様に母平均 M_2 を求めた。

平均値 $M_2 = 4.24 \pm 0.24$

ゆえに平均値は確率99%で、 $4.00m \sim 4.48m$ の間にあると推測される。

§. 4 直線歩行距離

次に53例の実測図の比較的まっすぐ歩いている部分について計測すると Table 3 を得る。測定するにあたり、ある程度振幅があつても直線とみなす許容幅を $0.5m$ 、 $0.3m$ の2通り行つた。前節の要領で各平均値を求めた結果は、次のようである。

$0.5m$ の場合：平均直線長 $= 19.28 \pm 0.85m$

Table 1 波長の測定

波長 (m)	xi	fi (頻度数)	ni	$ni \cdot fi$	$ni^2 \cdot fi$
11 ~ 13	12	0	-4	0	0
14 ~ 16	15	2	-3	-6	18
17 ~ 19	18	9	-2	-18	36
20 ~ 22	21	14	-1	-14	14
23 ~ 25	24	24	0	0	0
26 ~ 28	27	18	1	18	18
29 ~ 31	30	5	2	10	20
32 ~ 34	33	3	3	9	27
35 ~ 37	36	0	4	0	0
Σ	—	75	—	-1	133

$$\bar{x} \text{ (標本平均)} = 3 \times \frac{-1}{75} + 24.0 = 23.96$$
$$S \text{ (標準偏差)} = 3 \times \sqrt{\frac{133}{75} - \left(\frac{-1}{75}\right)^2} = 3.99$$

$0.3m$ の場合：平均直線長 $= 14.44 \pm 0.83m$

§. 5 歩行曲線のモデル・パターン

歩行曲線の基本形に関しては、以上の各節で導かれた数値を基準にパターン化してすでに公表(3)したので割愛するが、本論では前回の小論で得た人間の描いたカーブの関係式、すなわちカーブ表(4)と関連づけて若干の論考を加えたい。

[i] 前記後藤の発表において、人間の歩行パターンとして①円曲線 ($R=37m$) の反転連続型、②円曲線 ($R=25m$) と直線の複合形の2種を例示した。それぞれの円曲線の接線交角 (偏角) を算出してみると、① $= 37^\circ 48'$ 、② $= 24^\circ 02'$ とつなてカーブ表とは相当の差異を生じることがわかる。

[ii] 本調査研究の予め与えられた条件の中で最も考慮を要するのは、歩幅が $50 \sim 60cm$ でかつ砂浜に軌跡された2点であろう。前者は歩行速度と密接な関係にあつて、漫ろ歩き ($1 \sim 3 km/h$ 、歩幅 $30 \sim 50cm$)、遅足 ($3.0 \sim 3.6 km/h$ 、同 $50 \sim 60cm$)、並足 ($4 km/h$ 、 $60 \sim 70cm$) に級分した場合は遅足の部類に入るであろうし、また後者は歩きにくき即ち抵抗度の要因に直接関係してこよう。本調査結果を実際の設計に応用する場合を考えたとき、歩速度は同じとしても一般には砂浜より歩く抵抗の少い舗床上に人の流れを計画することが多

Table 2 振幅の測定

振幅 (m)	xi	fi (頻度数)	ni	$ni \cdot fi$	$ni^2 \cdot fi$
2.3 ~ 2.7	2.5	1	-3	-3	9
2.8 ~ 3.2	3.0	6	-2	-12	24
3.3 ~ 3.7	3.5	11	-1	-11	11
3.8 ~ 4.2	4.0	17	0	0	0
4.3 ~ 4.7	4.5	17	1	17	17
4.8 ~ 5.2	5.0	9	2	18	36
5.3 ~ 5.7	5.5	5	3	15	45
5.8 ~ 6.2	6.0	1	4	4	16
6.3 ~ 6.7	6.5	1	5	5	25
Σ	—	68	—	33	183

$$\bar{x} = 0.5 \times \frac{33}{68} + 4.0 = 4.24$$
$$S = 0.5 \times \sqrt{\frac{183}{68} - \left(\frac{33}{68}\right)^2} = 0.78$$

Table 3 直線歩行距離の測定

距離 許容幅	5~7	8~10	11~13	14~16	17~19	20~22	23~25	26~28	29~31	32~34	35~37	38~40	(計)
0.5 m	0	3	24	57	61	47	31	17	7	3	2	1	253 例
0.3 m	5	33	61	45	29	19	9	1	0	1	0	0	203 例

く、したがってその際のモデル・パターンはもう少し蛇行の滑らかな直線状に近くなると考えてよい。

〔iii〕そこで主として波長は歩行速度に、振幅は抵抗度に相関すると想定し、波長はそのまま尊重して24m、振幅を仮に3m前後に修正新たに提示するのがFig. 8である。このパターンの特徴は、先きに得られた数値4:24mを活用して中心接線としたこと、曲線部は前記〔i〕の①で得た $R=37m$ としたこと、しかも交角 $\delta=2\cdot\tan^{-1}\frac{4}{24}=18^{\circ}54'$ と $R=37m$ は前回に提案した関係式(カーブ表)を充分に満足する点である。勿論振幅3mの数値に関してはまだまだ実験的な根拠をもつわけではなく、さらに追試の必要はあるにしても、それほど形態的には大差が考えられないので一応の設定をみたものである。

4. 結び

この調査研究からみると、人間の歩き方は振幅の少ないスラローム形の曲線であるということができ、その一般形として Fig. 8 を提示した。この意味からするとP. J. GRILLO の指摘は正しいことになる。しかしながら実測93例のうちで大きな割合を占めている残りの40例には漠然としながらもほぼ直線状を示す例も数多く散見される。この事実に注視すると、曲ることを意識しないかぎり例え無目的に歩き散策する場合にでも、人間には視覚が働いて、その運動に対し常に方向性を保とうとする志向をみることができよう。我々が敷地計画を行なうとき、その計画の中にオリエンテーションを考慮していくことは重要な要素の一つであることから、この仮説の設定は可能かと思われる。そのように予め充分に検討された空間では、容易に自分の位置を判断することができ、歩行者は安心感をもつことができよう。この自分の位置を判断するために、人間はいつも真直ぐ歩こうと本能的に考えているとみてよい。

一方また今回の調査に関連して、視界がさえぎられたとき如何なる軌跡を描くかを知るため、眼隠した被験者に真直ぐ歩くよう命じて10例ほど実験したところ、ほとんどの例がある方向に曲つて歩く。また同一人においては曲る方向が一樣である。このことは歩行運動において、人間は本来的にあるいは身体の構造上、おのずから一定の方向に曲る性向を有することを示している。この本性と真直ぐ歩こうとする志向性との相互作用によつて結果的にサインカーブ状のスラロームの繰り返しになるのではないかと推論される。ところで前述したとおり、標準型の幅は3乃至4mにすぎない。したがって少なくとも4m以上の幅員の園路を計画すれば、スラロームの本性は直線の中に含まれてしまうことになる。だから直線の園路を主張する LE CORBUSIER の見解もまた正し

いことになる。

いずれにしても園路の基本形に関する研究は、造園の分野ではほとんど行なわれていない。本論で設定した基本パターンは、今後の造園計画にひとつの資料を提供しよう。この標準曲線を強調して活用することもできるし小庭園などではそのまま活用することができる。この特性を公園計画などで強調するには、Fig. 8のスケールを1/1000、1/3000とみなす強調の仕方もあり、振幅を拡大して変化を求める強調の仕方もある。あるいはまた意識上の周期は一定(歩速度3.6km/hで24mは24秒周期に相当)と仮定して、歩く速度に応じて数値を変える方法もある。例えば飛石を渡るとき速度を1km/h程度と目せば、6m前後で歩く方向を変えて飛石を打てばよいことになる。果して日本庭園の伝統的な手法においても同じ結果であつたか否か。取りあえず手許の資料(実測図)をもとに若干計測したところ、(5)平均4~5mとなつて多少の相違をみせており、その数値に関しては歩行パターンの原単位の問題と関連してなお追究されるべき余地を残している。しかしながら一般形3m:24m即ち1:8の比率パターンは、人間の歩行パターンの一定方向に曲る長さや幅のそれに対して、何らかの示唆を与えることにならないだろうか。従来造園計画の園路計画には、ヒューマンスケールを基調とした具体的な基準は皆無であつた。この小研究が今後の園路計画の研究に役立つ捨石になれば幸である。

引用並びに参考文献

- (1) GRILLO, P. J. : What is Design?; Chicago, 1960, P 180
邦訳: 高田秀三訳、デザインとは何か? 彰国社 1969.
- (2) 岸塚正昭: 園路の曲率に関する基礎的研究(1)―特に曲る方向と曲半径の関係について、造園雑誌Vol32(4)、1969、24~30頁
- (3) 後藤友彦: 園路に関する基礎的研究(東京都公園協会奨励賞卒論要旨); 都市公園 No43、1967、39頁
- (4) 岸塚正昭: ibid(1); 26頁
- (5) 丹羽鼎三: 桂離宮の飛石; 彰国社、1955、挿込図版

Summary

This dissertation is one of the human scales about the curvature of footpath connected with the previous report. (2) In this paper, we try to clear the pattern of footpath relating to human scales. Here we have various examples of foot-

18頁へつづく

この意味において、昭和43年4月5日になされた、自然公園審議会の答申は、この点に関して、その対策の必要性を強調されているので、ここに再び繰返す必要はないのであるが、われわれ研究者は、いまこそ、この事態に対処する方策と具体的な方法を研究し、論ずべきであつて、筆者は今後、アメリカにおける研修の貴重な体験を通して、この問題について研究を続けていきたいと思う。

総 括

1967年に発表された、アメリカ野外レクリエーション資源調査委員会 (O. R. R. R. C.) の資料を中心として、アメリカにおける野外レクリエーション活動の中、夏季の3ヶ月間、すなわち6、7、8月中旬に、12才以上のアメリカ人の費した野外レクリエーションの時間数を種類別に比較し、1960年から1965年に至る間の傾向と増加率を中心に今後の予想を論じた。

次に筆者が1968年夏に参加した、ミシガン大学の国際短期研修会において、グランドテイトン国立公園で調査した資料を中心として、この野外レクリエーション需要の増大化に應ずる国立公園内の利用施設の対応を論じ、最後に我が国の自然公園にも、当然今後考えられる利用施設についても、充分研究する必要があることを述べた。今後もこの研究を各種類毎に具体的に研究し、発表の予定である。

参 考 文 献

1. U. S. A. Department of the Interior ; Outdoor recreation trends, Bureau of Outdoor Recreation Washington ; D. C. (1967)
2. O. R. R. R. C. ; Action for outdoor recreation for America, Outdoor Recreation Resources Review Commission, Washington, D. C. (1964)
3. G. R. Rajender, Floyd K. Harmston and D. M. Blood ; A study of the resources, people, and economy of Teton county, University of Wyoming, Division of business and economic research college of commerce and industry, Laramie, Wyoming (1967)
4. 国立公園協会 ; 自然公園制度の基本的方策に関する答申、(1968)

Summary

Outdoor recreation trends in America shown by a Bureau of Outdoor Recreation survey of participation in outdoor recreation activities. Data on which this report based was gathered by the Bureau of the Census under contract to the Bureau of Outdoor Recreation during the summer months of June, July and August, 1965. It could be pointed out that heaviest public participation in a number of other important recreation activities, such as hunting, ice skating, snow skiing, football games and others takes place at other

seasons.

By the year 2000, their participation in the major forms of summertime outdoor recreation activities will be 4 times greater than it was in 1960. This is because by 1965 they already enjoyed 51 percent more outdoor recreation experiences in the major activities each summer than they did in 1960. Now pressures on public and private outdoor recreation facilities are exceeding previous expectations by wide margins. In the natural parks we will need more recreation opportunities and service, many more visitor accommodation and facilities. (43. 4. 11受付)

4 頁よりつづく

marks which were surveyed at a seashore as in Fig. 1—5. From these materials, we have the following conclusions after the investigation on the so-called "slalom" maintained by P. J. GRILLO (1960). (1)

1. As is analogized from Fig. 6—7 in which 53 out of 93 examples can be superposed one upon another, human motion in walking is similar to the pattern of wave-motion repeating a directional change periodically. In order to define its standard form, each of wave-length, amplitude, and etc. is measured and treated statistically.

Estimated results: with 99 % confidence level,
 $\frac{1}{2}$ wave-length = $23.96 \pm 1.19 \div 24 m.$
amplitude = $4.24 \pm 0.24 \div 4 m.$

By the aid of above-mentioned numerical values, a standard pattern of human motion in walking pace is shown in Fig. 8 which is modified for the reason that they are induced from samples left on the sands giving us some difficulty in controlling our legs. And this pattern approximately satisfies the previous proposed equation;

namely, $39 - \delta = 13.5 \log (R - 5.8).$

In this case, the angle of changing direction (δ) is $18^\circ 54'$ and its radius of curvature (R) is 37 m.

2. Checking the remaining 40 examples, we can find out many samples whose pattern are nearly rectilinear in spite of irregularity. with these concrete cases, it shall be assumed that man has always an intention of walking straight so long as he does not turn consciously. On the other hand, in the supplemental experiments of blindfold subjects ordered to go straight on, it was observed that every one was inclined to walk along with a certain curvature.

From these facts described above, we may conclude that "slalom" are produced as the result of the interaction of two potential factors, that is, the directional-intention and the bodily-inclination. (45. 2. 9受付)

Fig. 1

Fig. 3

Fig. 2

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 7

Fig. 6

Fig. 8 歩行軌跡のモデル・パターン