

## II 登山道施設荒廃への影響分析

塩野貴之<sup>1)</sup>

### Influence Analysis to Desolation of Mountain Trails

Takayuki Shiono

#### 要約

丹沢大山国定公園全域の登山道を対象として、登山道の幅員と侵食深の現状を調べるとともに、登山道が荒廃する要因を明らかにした。荒廃が深刻な地点は一部であり、そのほとんどが登山者の多い南部地域であった。登山者数と幅員、侵食深には高い相関があり、登山者数が多いほど荒廃が進むことが明らかになった。さらに斜面を直登するように登山道が設置されているほど、あるいは傾斜角度が急なほど、そして樹木やササがない地点ほど登山道が荒廃しやすいことが示された。一方で標高や傾斜方位、地質はほとんど影響がないことが示唆された。幅員は登山者数、植生、登山道形態、傾斜角度の順に相関が高く、侵食深は登山者数、登山道形態、傾斜角度、植生の順となった。

#### 1. はじめに

丹沢大山国定公園内の登山道は過剰利用による登山道の荒廃が進行し、侵食による地形改変や植生破壊という影響を与えている。

登山道の荒廃は近年の百名山ブームや中高年登山者の増加と相まって、全国各地で報告されている(中村, 2000a)。また登山道の荒廃に寄与する要因として登山者数(朴・浅川, 1993)、傾斜角度(朴・浅川, 1993; 彦坂ほか, 2000)、植生(彦坂ほか, 2000; 中村, 2005)などが取り上げられている。これまで考えられている要因をまとめると図1のようになり、人為要因と環境要因に大別され、それぞれが相互影響しながら荒廃程度を決めると考えられる。

丹沢山地の登山道を維持、管理する上で登山道の幅員と侵食深の状況を把握し、かつ登山道が荒廃する要因を解明することは緊急の課題である。

そこで本研究では、丹沢大山国定公園全域の登山道を対象とし、登山道の幅員と侵食深を精査するとともに、登山道荒廃に与える影響を人為要因と環境要因に区別し、それぞれについて解明、評価することを目的とした。

本報を作成するにあたり、横浜国立大学教育人間科学部・持田幸良教授には、懇切なご指導をいただいた。ここに深く御礼申し上げる。

#### 2. 調査方法

丹沢大山国定公園内の登山道約 200km を調査対象とし、53 区間、計 1673 地点で調査を行った(図 2)。このうち、8 区間、202 地点は神奈川県管理外の登山道である。なお、本調査では図 2 に示すように調査地域を東西南北の 4 地域に区分した。

登山道を歩きながらおよそ 100m ごとに、10cm 単位で幅員を、5cm 単位で侵食深を記録した。幅員と侵食深を図 3 のように定義した。登山道が新しく付け替えられている場合は、侵食された旧登山道を調査対象とした。

調査地点では、クリノメーターを用いて登山道の傾斜角度を 1 度刻みで、傾斜方位を 8 方位に分けて測定した。さらに目視によって登山道の形態を記録した。ここで言う登山道

形態とは、地形に対して登山道がどのように付けられているかということであり、本研究では斜面直登、尾根直登、尾根上ジグザグ、山腹を横切るトラバース、谷底の 5 種類に区分した。ここで言う斜面とは頂部斜面、谷壁斜面、麓部斜面のことである。また周辺植生を相観によりブナ林、モミ林、ササ草原、低木林、二次林、人工林、草地、溪畔林の計 8 タイプに類型化し記載した。同時に登山道周辺のササの植被率とササ以外の草本層の植被率を記録した。丹沢山地には花崗岩の一種であるトーナル岩の地域が広く分布し、登山道上にトーナル岩が風化したマサが見られる。マサは浸透能が高いがもろく崩れやすい。そこで基盤岩がトーナル岩か否かについて調査した。また標高についても記録した。

登山者数は丹沢大山総合調査において 2004 年 11 月と 2005 年 5 月、11 月の 3 度実施された登山者数実態調査の結果(前項報告)を使用した。登山者数実態調査では主要登山道路線を対象に 2004 年には 24 区間、2005 年には 32 区間の登山者数を特定の 1 日に 9 時より 15 時、または 9 時より 14 時まで一斉にカウントした。分析に際し、3 度の調査結果の重み付け平均を行った。すなわち、3 回とも調査が行なわれた 24 区間の全登山者数の比が 1 : 4.96 : 1.88 より各区間の重み付け平均登山者数 P を次式で算出した。

$$P = a + b / 4.96 + c / 1.88$$

(ただし a は 04 年 11 月、b は 05 年 5 月、c は 05 年 11 月の登山者数である)

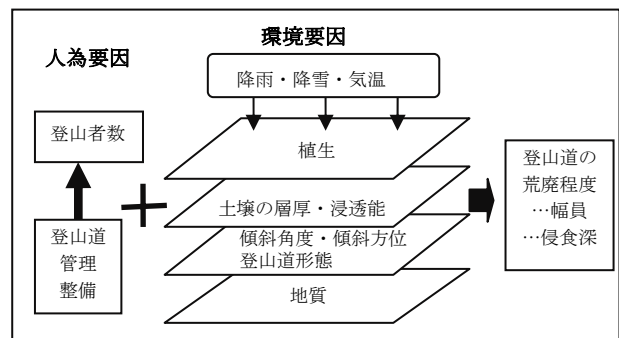


図 1. 登山道荒廃に関わる要因

1) 横浜国立大学環境情報学部

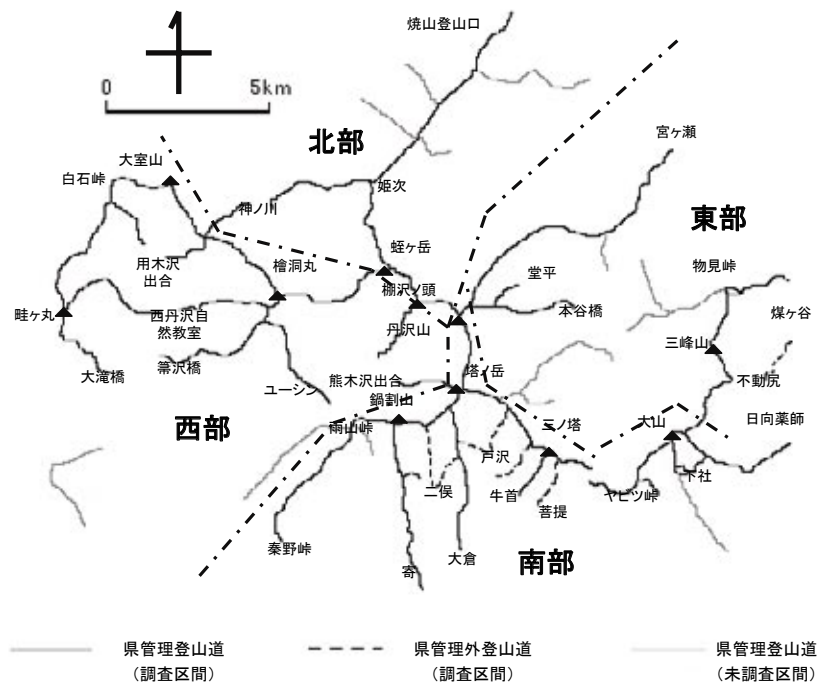


図 2. 調査対象区間

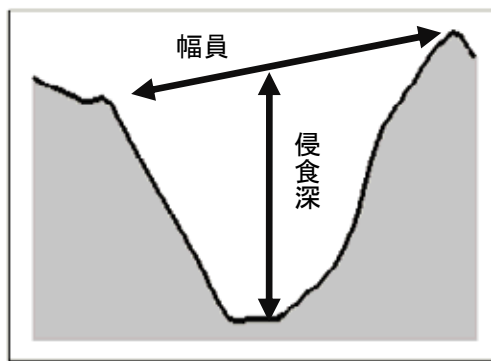


図 3. 幅員、侵食深の定義

上式より登山者数が最も多かった下社 - 大山間は 1636 人となったため、各区間の重み付け平均登山者数  $P$  を 1.636 で除し、下社 - 大山間は 1000 人とする相対的登山者数を算出した。また 2 回のみ調査した区間は式より求められた数値を 2 分の 3 倍した。

### 3. 調査結果

#### (1) 幅員と侵食深の状況

地点によって登山道の荒廃程度（幅員と侵食深）は様々である。図 4 に示したように 1673 地点の調査では幅員が 1.5m 以内の地点が全体の 67% と多い一方で、3.1m 以上と荒廃している地点は 6% のみであり、そのうち南部地域が 81% を占めていた。なお、平均幅員は 1.58m である。また侵食深は調査地点中 46% が 0m と全く侵食されていなかった。その一方で侵食深 1m 以上の地点は 8% 弱で、平均侵食深は 0.31m だった。このことから登山道の大部分は荒廃していないと言える。

また幅員と侵食深の決定係数 ( $R^2$ ) は 0.45 と低く、幅員が大きければ、必ず侵食深も大きくなるというわけではないことが示唆された。

#### (2) 個々の要因の分析

図 5 は相対的登山者数と区間平均の幅員および侵食深の相関を表したものである。ここで区間平均とは、例えばある区間に調査地点が 30 地点あれば、その 30 地点平均の幅員または侵食深のことである。図は横軸を対数表示してあるが、登山者数の増加に対して幅員は累乗近似し、侵食深は線形近似した。また幅員、侵食深とも登山者数の増加に対して頭打ちになる傾向は見られなかった。幅員と登山者数の決定係数 ( $R^2$ ) は 0.77 と高かった。地域別に見ると登山者の多い南部で荒廃が深刻で、その他の地域では平均幅員 1.6m 以下の区間が大部分を占め、荒廃が深刻な区間はなかった。

登山者数と幅員、侵食深に高い相関が認められたことから、他の要因の分析に与える登山者数の影響を考慮し、登山者の多い区間と少ない区間に分けて分析を行なった。

すなわち、相対登山者数 80 人以上の区間、登山者数調査をしていない区間は区間平均幅員が 1.8m 以上の区間を登山者が多い区間とした。多いとした区間は 17 区間の計 502 地点、少ないとした区間は 36 区間の計 1166 地点である。

図 6 は登山道の傾斜角度を 5 度刻みに幅員と侵食深の平均値を表したものである。地点間のばらつきが大きいものの、傾斜が急なほど幅員、侵食深が増大するという結果が示された。侵食深は登山者が多い地点で、傾斜角度の増加に対し頭打ちになる傾向がある。これは登山道が基盤岩に達し、侵食されにくくなったためと推察される。また登山者が少ない地点では傾斜の増加に伴う幅員、侵食深の増大は多い地点に比べ抑えられていた。

図 7 は登山道形態別に幅員、侵食深の関係を示したものである。図より斜面や尾根を直登する登山道が、最も荒廃しやすいことが示唆された。特に侵食深においてトラバースと比べ差が顕著であるが、これは斜面域では、登山道に流れこむ雨水の集水域が広い上に排水ができず、水みち

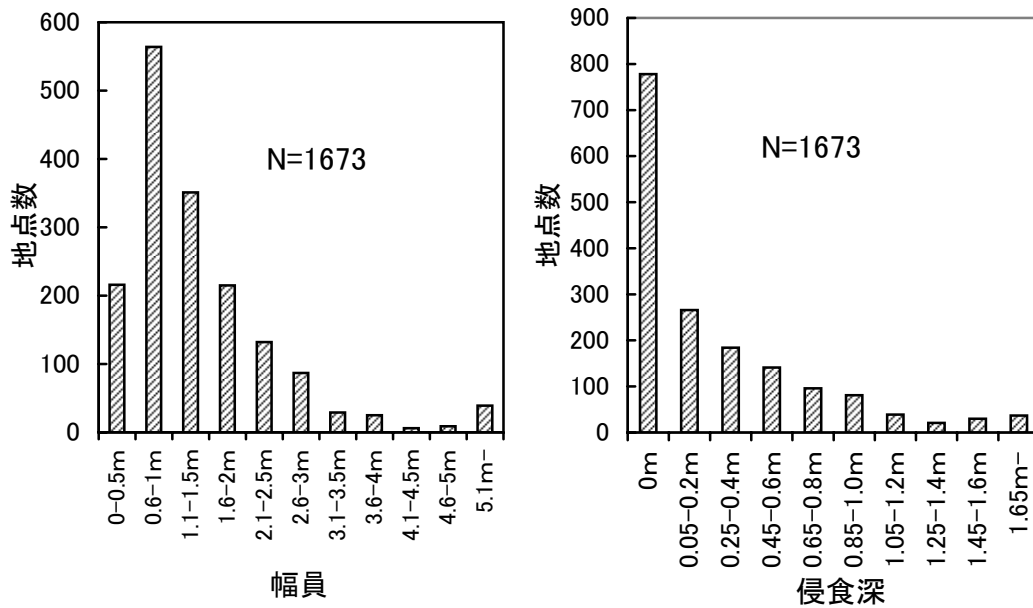


図 4. 幅員と侵食深の状況

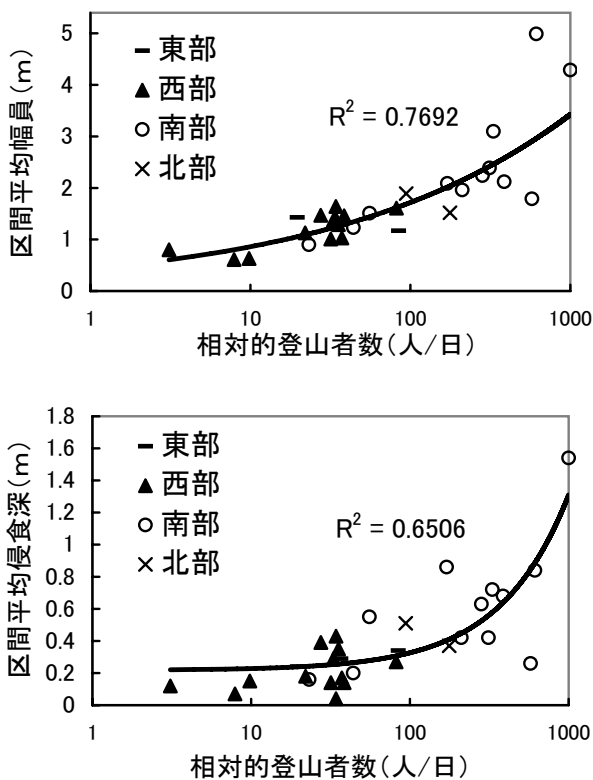


図 5. 相対的登山者数と区間平均幅員・侵食深の関係

化して加速度的な侵食が生じるためと考えられる。トラバースでは水みち化することがほとんどないため、侵食されにくいと推察された。また、登山者は水みちを避け、広がって歩くために侵食された登山道では幅員も広がると考えられる。同じ尾根上でもジグザグに作られた登山道では、幅員、侵食深ともに押さえられている。また谷底は平坦なため幅員は広がりやすいが、土壌層がほとんどないことで侵食されにくいと推察される。

植生は相観により、ブナ林、モミ林、ササ草原、低木林、

二次林、人工林、草地、溪畔林の 8 タイプに分類し分析を行ったが、草地とその以外のタイプの間で差が見られたが、他のタイプ間では有意な差はなかった。

次に林床のササの有無で、幅員と侵食深を比較した。ここで、ササありとしたのはササの植被率 60% 以上の地点である。その結果、ササのある場合の方が幅員、侵食深ともに抑えられるという先行研究（中村, 2005; 彦坂ほか, 2000）と一致する結果が得られた。

以上の結果を踏まえ、植生を草地形、ササ草原型、樹林ササ林床型、樹林草本林床型の 4 つに類型化し、幅員と侵食深との関係を分析した（図 8）。その結果、草地形は幅員、侵食深とも大きな値を示し、幅員については樹林草本林床型、ササ草原型、樹林ササ林床型の順となった。よって、ササおよび樹林が密生しているほど荒廃が抑制されると言える。

また幅員の差異の方が侵食深よりも大きいのは、ササや樹木は登山道の侵食に対して土壌層を保持する機能よりも、登山者を植生側へはみ出させないという機能、あるいはガリー化した登山道の側面を崩壊させないという機能の方が高いからであると考えられた。

草地の幅員は大きいですが、この草地はかつての茅場であり（中村, 2000b）、その後も風衝により樹林が回復していないと考えられている。

標高と幅員、侵食深には一定の傾向は見られなかった。したがって標高による影響は丹沢山地の位置する山地帯においては小さいと考えられる。

地域的な要因を分析する際、登山者数と傾斜角度、植生などの影響を大きく受ける。そこで、登山者数と登山道形態、傾斜角度、植生のデータが揃っている 30 区間計 950 地点を対象として、幅員と侵食深を目的変数に、登山者数と登山道形態、傾斜角度を説明変数として、重回帰分析により、幅員と侵食深の予測値を算出した。その際、登山者数と傾斜角度は数値データを、登山道形態と植生はダミー変数に置き換えて分析を行なった。この時、予測

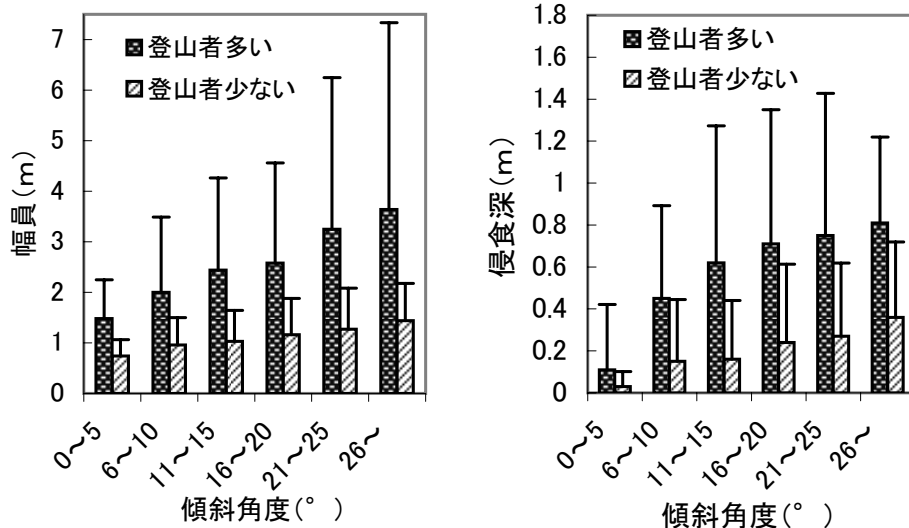


図 6. 傾斜角度と幅員・侵食深の関係

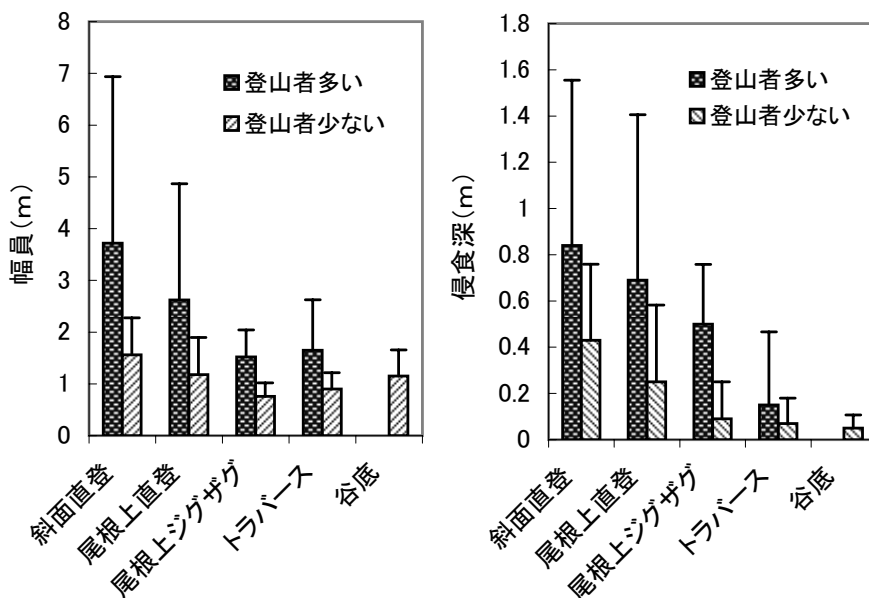


図 7. 登山道形態と幅員・侵食深の関係

値と観測値の相関を表す決定係数 ( $R^2$ ) は、幅員で 0.59、侵食深は 0.43 であった。予測値と観測値の差は説明変数とした 4 要因以外の要因によってもたらされると考えられる。そこで、観測値から予測値を引いた値である残差を利用して地域的要因を検討した。例えば、幅員の残差がプラスであれば前述の 4 つの要因以外の要因で幅員が広がっていると考えられる。

傾斜方位は、南斜面は南部地域に多いなどと地域的要因の影響を強く受ける。そこで 8 方位を対象に残差による分析を行ったが、一定の傾向は見られず、差もほとんどなかった。標高、斜面方位に幅員、侵食深との関係が見られなかったことは土壌層の凍結融解や、融雪による登山道のぬかるみの差による登山道荒廃への寄与はごく小さいことを示している。

丹沢山地では南部の方が北部より降水量が多いことから、降水による影響を見るため、東部、西部、南部、北部と 4 地域に分けて分析した。結果、残差平均には差が見られず、

地域による差異、ひいては降水量による差異はないことがわかった。

次に地質について分析した。トータル岩地域とそれ以外の地域に分け、残差を平均するとトータル岩地域で幅員は平均 12cm、侵食深は平均 5cm 小さくなったが有意差とはならなかった。

### (3) 相関比による分析

今回調査した項目の中で、幅員と侵食深に影響を与える要因として、登山者数、登山道形態、傾斜角度、植生が抽出された。これらの要因のどれが最も幅員と侵食深に寄与しているかを比較するために、量的変数である登山者数と傾斜角度を質的変数に変換した上で、それぞれの要因と幅員、侵食深との相関比を算出した (表 1)。

その結果、登山者数が幅員、侵食深ともに相関が最も高くなった。以下、幅員では植生、登山道形態、傾斜角度の順に相関が高かった。植生の相関が高いのは草地の

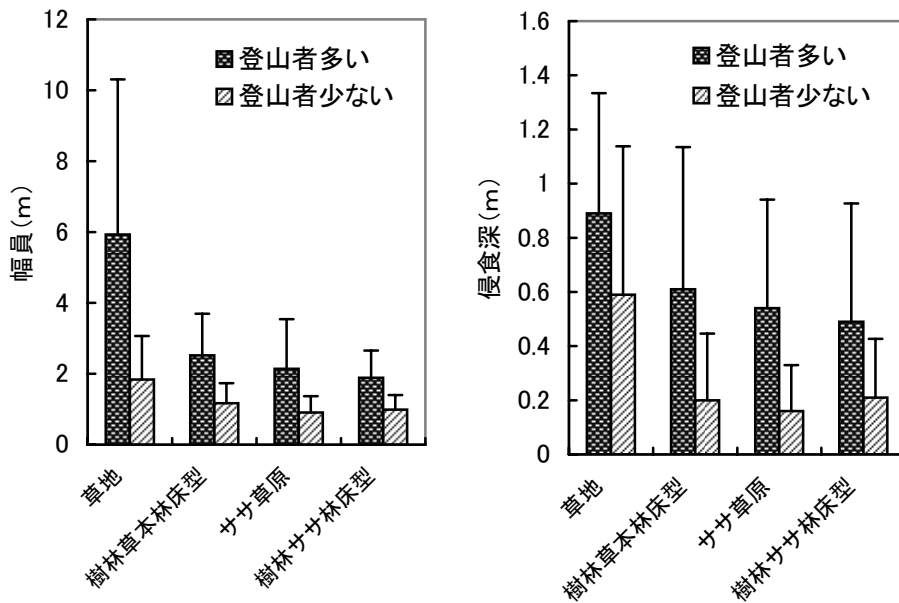


図 8. 植生タイプと幅員・侵食深の関係

表 1.4 要因と幅員, 侵食深の相関比

幅員			侵食深		
順位	要因	相関比	順位	要因	相関比
1	登山者数	0.353	1	登山者数	0.2061
2	植生	0.265	2	登山道形態	0.119
3	登山道形態	0.0956	3	傾斜角度	0.1088
4	傾斜角度	0.05	4	植生	0.0535

登山者数は相対的登山者数 0 ~ 25, 26 ~ 50, 51 ~ 100, 100 ~ 200, 201 ~ 600, 600 ~ の 6 段階に分けた。傾斜角度は 0 ~ 5, 6 ~ 10, 11 ~ 15, 16 ~ 20, 21 ~ 25, 26 ~ の 6 段階に分けた。

幅員が非常に大きいことが影響を与えているものと考えられる。侵食深では登山者数以下、登山道形態、傾斜、植生の順になった。侵食深は幅員に比べ登山者数との相関が低い一方で、登山道形態や傾斜角度という地形的な要因との相関が高かった。侵食深の大きさは水みちができるか否かで決まってくるためと推察される。

このことから幅員を抑えるには植生を、侵食深を抑えるには地形条件を考慮することが重要だと言える。

#### 4. 考察

荒廃がもっとも深刻な地点のひとつである大倉尾根の花立付近は、登山者数が丹沢山地全体で 2 番目に多く、登山道が草地の急斜面を直登するように設置されているという、登山道が荒廃する要因の全てに当てはまっていた。様々な要因が複合的に作用することで、花立付近のように加速度的な登山道の荒廃が生じると考えられる。

しかし登山道の荒廃度を決める要因として抽出された登山者数、登山道形態、傾斜角度、植生では幅員と侵食深を完全に説明することができなかった。今回は分析していないが、土壌の性質も登山道の荒廃に大きな影響を及ぼしているとの報告がある(大貫ほか, 1999; 彦坂ほか, 2000)。すなわち浸透能が低い土壌は雨水がしみ込まず、侵食されやすいのである。

また、階段や水切りなど登山道施設の影響も大きいと考

えられる。しかし設置時期により影響度が異なるため、今回の調査手法では評価できなかった。中村(2005)は、丹沢表尾根登山道の 549 の丸太階段を調査した結果、59%が設置後 5 年間で侵食を受け、階段脇の裸地幅が平均 74.3cm 拡大し、侵食深も平均 16.9cm 増大していることを明らかにした。この結果は、階段を設置しても登山道の荒廃が続くことが多いという事実を示している。

その他、樹木や登山道上の石の位置、細かい地形変化など数値化、類型化できない要因が登山道の荒廃に対し複合的に関わっているものと予想される。

#### 5. まとめ

本研究により登山道の荒廃程度は登山者数と高い相関があることが明らかとなった。したがって登山者数が多い区間を重点的に整備、管理する必要があるだろう。大雪山国立公園では、登山道区間ごとに登山道管理水準を策定した(環境省北海道地方環境事務所国立公園・保全整備課, 2006)。この管理水準では登山道の各区間を利用頻度と自然の脆弱性の両面から評価し、9 つの登山道管理水準を設定している。丹沢山地においても区間ごとに登山道管理水準を策定し、管理水準に応じた管理方針を立てるべきであろう。

しかし、同じ区間内でも植生、地形の違いにより、地点によって幅員、侵食深が大きく異なる。とくに登山者数が多い区間で、それが顕著である。また荒廃が深刻な地点も限られている。よって荒廃している地点に絞った整備を行うことも必要である。例えば、木道は現状では平坦地に多いが、より荒廃しやすい傾斜地こそ優先して木道化すべきであろう。

また本研究により、幅員が広がりやすい立地と侵食深が大きくなる立地は必ずしも一致せず、登山道の荒廃を考える際、幅員と侵食深を分けて考える必要があることが示唆された。このことから整備をする際には立地の特徴を把握し、幅員が広がりやすいのか、水みちとなって侵食深が大きくなりやすいのかによって工法を換える必要がある。

ここまで論じてきたように一部地点で登山道の荒廃が深刻であるが、塩野（2006 未発表）によれば、丹沢山地の登山道が周辺植生に与える影響は最大で 2m、多くの地点で 0m であった。また、オオバコやセイウタンボゴなどの人里植物、外来植物は登山道外には広がっていないことが示されている。このことから、登山道が自然環境に与える影響は小さいと言える。

また今回の調査結果では丹沢大山国定公園の登山道の平均幅員は 1.58m であり、総延長約 300km であることから、丹沢大山国定公園の面積に占める登山道の面積の比を算出すると 0.18% となった。面積的にみても、登山道が自然環境に与える影響は小さいのである。

しかし登山道の荒廃が続いていることは事実であり、それぞれの荒廃の程度や形態にあった予防的対策を取ることが求められている。

登山道の維持・管理のために明らかにすべき今後の課題としては、季節による登山道の侵食速度の違いを解明すること、工法の違いによる侵食速度の差異を調査することがあげられる。

#### 文 献

彦坂洋信・小林達明・浅野義人・高橋輝昌, 2000. 丹沢山地における周辺植生に着目した登山道荒廃の分析.

日本緑化工学会誌, (25): 21-29.

環境省北海道地方環境事務所国立公園・保全整備課, 2006. 大雪山国立公園登山道管理水準と登山の心得. 18pp.

中村洋介, 2000a. 自然公園における登山道荒廃の過程—これまでの研究と課題—. 駒澤大学大学院地理学研究, (28): 53-61.

中村洋介, 2000b. 丹沢における登山道荒廃の過程とその要因. 地域学研究, (13): 25-48.

中村洋介, 2005. 丹沢における登山道の軽減対策の評価. 地域学研究, (18): 61-74.

大貫靖浩・酒井正治・稲垣晶宏, 1999. 屋久島登山道における難透水層の形成. 地形, 20(5): 541-550.

朴 相獻・浅川昭一郎, 1993. 大雪山国立公園における登山道に関する研究. 環境情報科学, 22(4): 52-61.

塩野貴之, 2006. 丹沢山地における登山道の環境影響評価. 横浜国立大学教育人間科学部卒業論文. 73pp (未発表)