

過去に使った森林作業道の再利用

— 道路の締固めは重要です —

佐藤弘和・山田 健・佐々木尚三・岩崎健太

林業に道路は欠かせない

市町村立の博物館に立ち寄ると、昔の林業の様子が撮影された写真を見ることがあります。その写真には、今ではお目にかかれぬ太い木を、大きな鋸を使って人力で伐採する姿、馬での集材、川を使っての運材場面などが撮影されていました。現在、このような伐採・集材・運材がなされることはほとんどありません（馬での集材を試みている例はあります）。効率性や安全性などを鑑み、林業機械を使う森林施業が主流となりました。そして、機械を使うために絶対必要なのは、森の中に作設される「道」です。

林内にある道路は、その幅員等の規格からいくつか区分されています。平成22年度に林野庁が定めた区分では「林道」「林業専用道」「森林作業道」となっています。このうち森林作業道は最も低規格ですが、集材作業において木を伐った場所へアクセスするのに、とても重要な生産基盤となります。

簡易な構造であっても森林作業道を新しく設置するためには、建設重機や林業機械などを導入し、もともとの斜面を削ったり、路面を締め固めたりしなければなりません。もし、過去につくられた森林作業道があれば（木本・草本に覆われていることが多いですが・・・）、切土・盛土をしなくてよいなど、作設はとても楽になります。しかし、何十年も放置された森林作業道では、路面に生えた木本・草本を除去しただけですぐに使えるわけではありません。重機等の走行に耐えられる道路の硬さが保持されているかどうか分からないからです。この報告では、ある山で起こったある出来事を通じて、森林作業道を再利用する際に留意すべきことについて紹介します。

ある出来事が起きた場所

著者らは、車両走行により締め固められた道路や林地（作業道や集材路）における土壌物理性（例えば、土壌硬度）の変化を評価する研究課題を実施しています。この課題では、森林作業道の締固めの硬さを道路の作設前後の数年間継続測定することで、車両走行による締め固め程度の経年変化を明らかにしようとしています。

調査場所は、昭和48年に植栽されたトドマツ人工林です。ここは、過去にあった集落跡に植栽された場所で、斜面地形は棚田状になっており、場所によっては石垣があります。平坦地では家屋が建っていたようです。過去に設置された道路跡も見受けられました（ただし、この道は初回間伐で作設されたのかもしれませんが）。ちなみに、道の跡では、錆びたやかんや急須、現在販売されていない炭酸飲料の空き缶が埋まっていました。

こうした特殊な環境ではありますが、林業機械を使った間伐作業が行われることになりました。主な作業工程は、ハーベスタやチェーンソーによる伐倒と、フォワーダによる集材、土場でのはい積みならびに運材です。伐採作業前には、作業道の新設（長さ100m程度）および過去の道路跡を再利用した道づくりがそれぞれ行われました。作業道の作設手順は、ハーベスタによる支障木の伐倒と、グラップル付きバケットを装着した建機による伐根除去・路面のならしと転圧です。

作設前後における森林作業道の地形

著者らは、過去に道路が作設された26.5m区間を選び出し、作業道の横断方向に土の硬さを調べるための調査

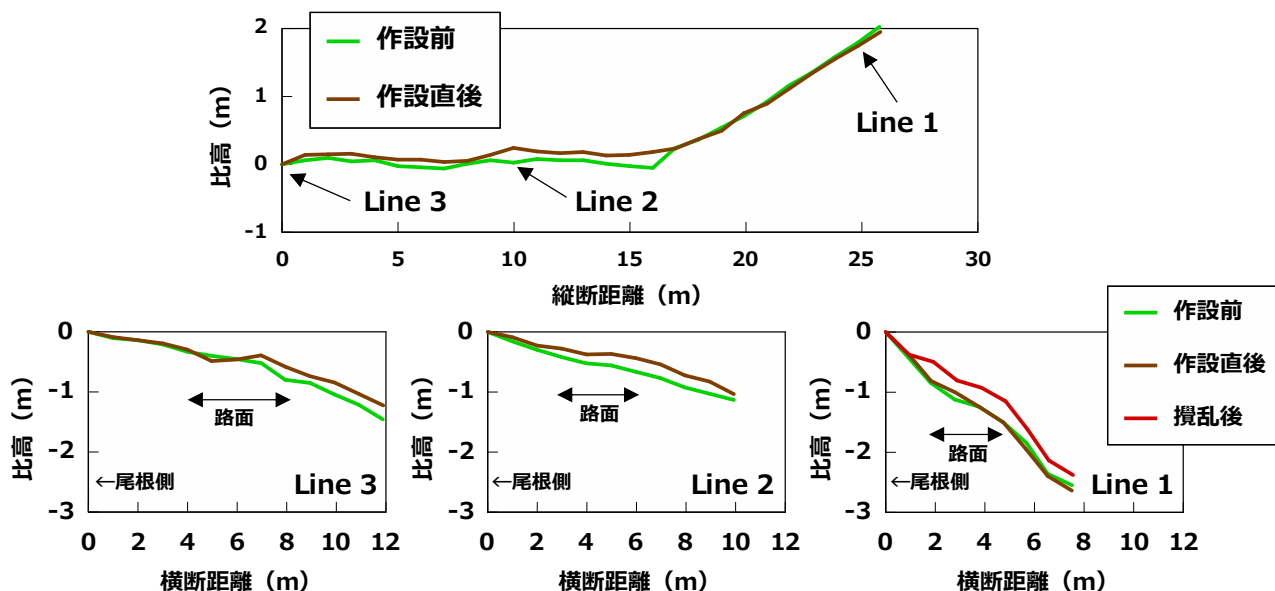


図-1 走行前後における路面地形の変化

攪乱後の説明は後述

側線を3本設定しました。調査区間の縦断方向（道路沿いの方向）の地形をみてみましょう（図-1上図）。Line1～3とあるのは、作業道の横断方向（道路を横切る方向）に設定した調査側線の位置です。Line 2とLine 3の位置は相対的に平坦（勾配10°以内）ですが、Line 1は10°を超えた勾配区間にあります。これに、道を作設した後の地形を重ねてみました。Line 2では、支障木の伐根除去と土の埋め戻しなどのため、作設前より地形が盛り上がっています。Line 3では、作設前後でLine 2ほどの大きな路面変化はありませんでしたが、やや比高が高くなっており、土の埋め戻しと転圧による変化が認められました。一方、Line 1を含む急勾配部分では、路面と作設前の地表面がほぼ一致しています。この区間はグラップル付きバケットを装着した0.28m³クラスの建機が走行しただけであったため、路面に大きな地形変化はありませんでした。

各調査側線（横断方向）の地形をみてみましょう（図-1下図）。基点は尾根側の斜面に設定しています。作設前では、Line 1は谷側に向かって相対的に急勾配になっていました。作設直後のLine 1では、作設前と比べて路面の地形変化はほとんどなく、斜面下方に向かう片勾配となりました。作設前のLine 2とLine 3は、ともに谷に向かって緩い勾配でした。作設直後のLine 2では、伐根除去と土の埋め戻しによる路面比高の増加がみられました。Line 3では、横断距離0～6mまで作設前後の路面変化が目立ちませんでした。

ある出来事

ある出来事についてお話しします。調査区間では、道路作設後、伐倒され枝払いと玉切りされた支障木の集材が行われました。集材には、フォワーダが使われました。同機は、前輪がホイール（車輪）、後輪がクローラ（無限軌道）となっています（写真-1）。集材作業は、もっぱらLine 2とLine 3で行われました。集材後、土場まで運ぶため、Line 1を上がって調査区間と丁字路で接続している幹線作業道を右折しようとした（写真-1では、左側に曲がる予定）。



写真-1 横すべりしたフォワーダ

写真手前側が幹線作業道

しかし、ここでアクシデントが起こります。右折時に前輪右側

のホイールが、盛土のり面側に横すべりし、路面から外れてしまいました。立て直すため車体を後退させましたが、立木に妨げられ進めなくなったほか、前輪の横すべりがさらにひどくなり、進行方向に対して車体が斜めになってしまいました (写真-1)。

道路の硬さをみてみると・・・

なぜ、アクシデントが起きたのか、調査データから考えます。著者らは、森林作業道が作設される前後で、簡易動的コーン貫入試験器を使って土の硬さを測定していました (写真-2)。土の硬さは、Nc 値という値で示されます。簡易動的コーン貫入試験による Nc 値は、5kg の重さのあるおもりを 50cm の高さから落とし (自由落下)、ロッドの先端にある尖ったコーンが土中に 10cm 挿入されるのに必要な打撃回数で表されます。土が硬ければ、おもりを落とす回数が多くなるため、Nc 値が高いほど土が硬いと判断されます。



写真-2 簡易貫入試験の様子

おもりを持ち上げている段階

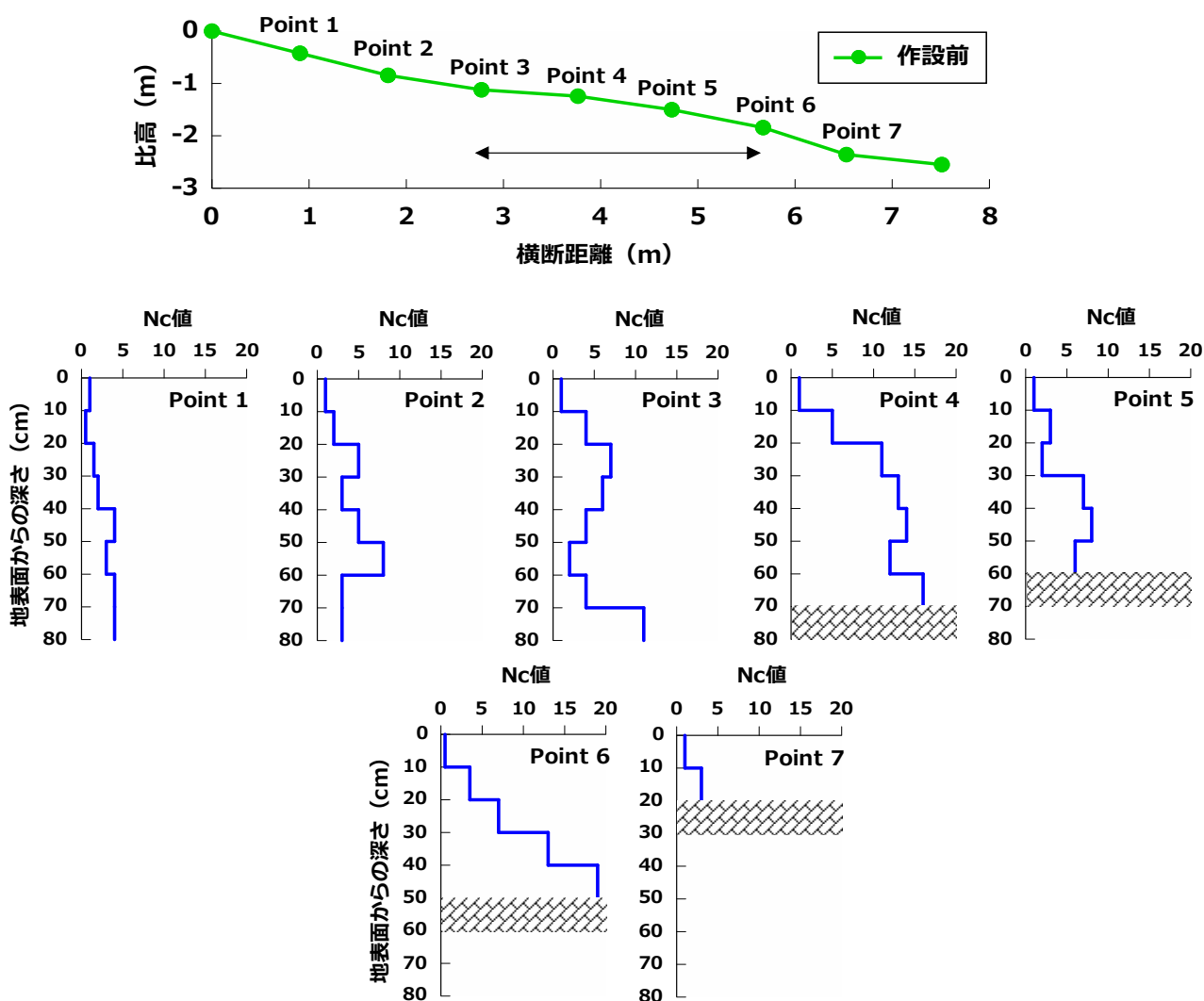


図-2 Line 1における作設前での Nc 値の鉛直プロファイル

上図内の矢印は作業道作設後に路面 (Point3~4) と路肩 (Point5) と盛土面 (Point5~6) になる範囲を、下図の網目は石礫などの硬い層を表す

ここでは、フォワーダが横すべりしたLine 1において作業道作設前に行った簡易貫入試験の結果を図-2に示します。なお、簡易貫入試験では、石礫により挿入が困難な場合や水文学的な基盤（水の移動しやすさを表す透水係数が毎秒 10^{-5} cm オーダー以下の難透水層）の目安である Nc 値 20 以上に達した場合は、途中の深さであっても計測を止めています。

走行前において、斜面部にあたる Point 1 と Point 2 では、80cm の深さまで Nc 値が 10 を超えることがありませんでした。のちにわだちとなる Point 3 も、深さ 70cm までは $Nc < 10$ でした。もうひとつのわだちとなる Point 4 では、20cm の深さで $Nc > 10$ となり、70cm の深さで硬い層が現れました。路肩になる Point 5 は深さ 60cm まで柔らかい層でしたが、60cm より深い箇所では硬い層がみられました。過去の盛土法面であり路肩部分の Point 6 と、それより谷側の盛土面 Point 7 はそれぞれ 50cm と 20cm の深さで硬い層がありました。

これらの結果から、Line 1 では、もともとの斜面が相対的に柔らかい層である一方、過去の路面跡では表層 20cm までやや硬い層になり、路肩から盛土のり面では、硬い層（おそらく石礫）の上に柔らかい層が覆っている状態であるといえます。

フォワーダの走行でわだちとなった Point 3 と路肩となった Point 5 での Nc 値が低いこと ($Nc < 10$) に気づきます。この出来事は操作ミスではなく、路肩が脆弱であったことが主な原因と考えられます。

道路維持における締固めの重要性

フォワーダ救出とその後の顛末です。動けなくなったフォワーダは、グラップル付きバケットとハーベスタを装着した 2 台の建機を動員し救出することができました。その後の道路状況は、写真-3 のとおりです。図-1 に掲載した Line 1 における横断方向の地形では、この攪乱後に測定した赤い線が示すとおり、路面形状が大きく変わってしまいました。実際に、攪乱直後の Line 1 における Nc 値を測定すると、路面が耕耘されたような状態になったため、作設前に比べて Nc 値が低下する傾向にありました（図-3）。残念ながら、本来の調査目的である「締め固められた路面における土壌硬度の経年変化」は測定できないと判断しました。

しかし、今度の件を通じて、既設の作業道利用において路面の転圧による締固めが重要であることが再確認できました。攪乱した作業道の再利用には、再度強固な締固めが必要であり、今回の事例では右折時に起こった出来事であることから、路肩部分の強度を確保することが重要です。ちなみに、Line 1 は後日再整備（路面を尾根側斜面に付け替えた後に締固め）され（写真-4）、攪乱後に Nc 値が 2 以下だった路面での 0~10cm 深の Nc 値は 3~6 となり、10~30cm 深では 10 以上の Nc 値になっていました（図-4）。

この試験地で今回起きたことは、道路維持のための締固めの重要性が強く感じられる出来事でした。作設後の経過年数が長い森林作業道の再利用には、事前の調査や締固め作業の必要性について十分検討する必要があります。



写真-3 翌日の道の様子



写真-4 修繕した道の様子

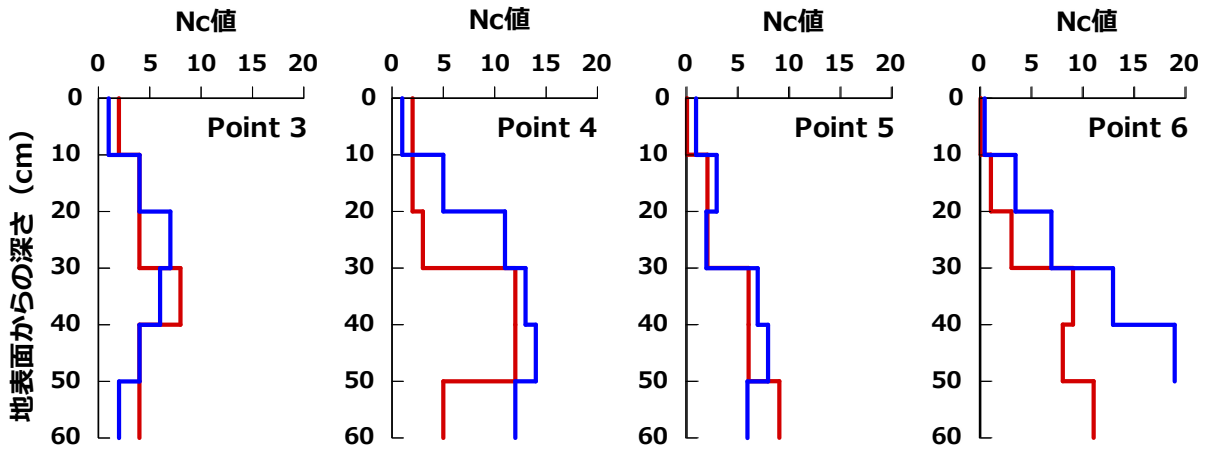


図-3 作設前（青線）と攪乱後（赤線）の Nc 値の鉛直プロファイル

Point 番号は図-2 と同じ。Point 3~4 は路面，Point 5~6 は路肩に相当

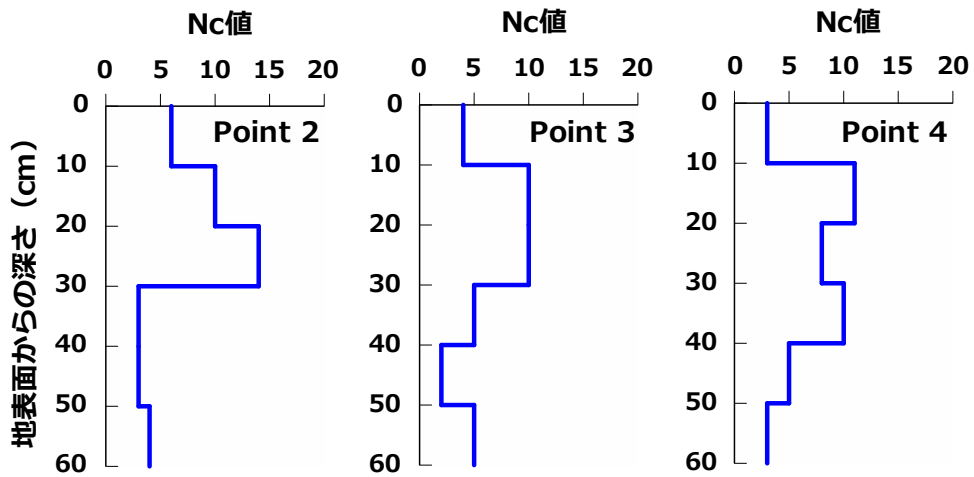
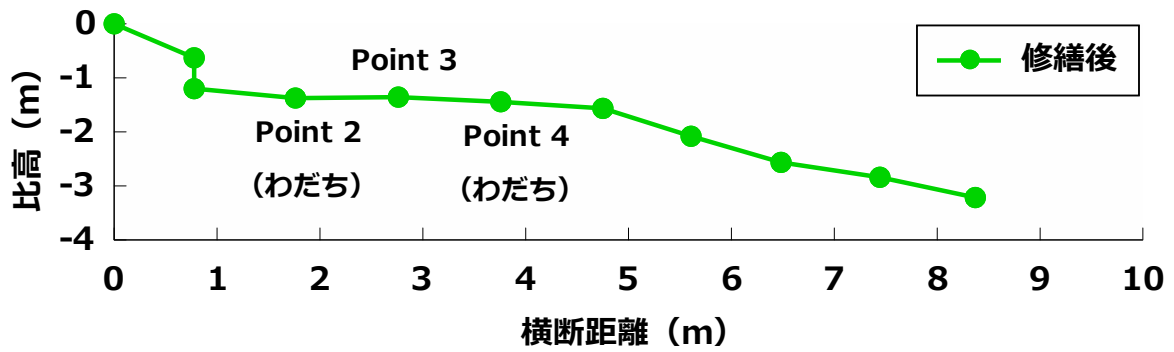


図-4 Line 1 における修繕後での路面地形と Nc 値の鉛直プロファイル

Point 番号はわだちとわだち間にそれぞれ設定し，深さ 60cm までとした