(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2016-200521
(P2016-200521A)
(43)公開日　平成28年12月1日(2016.12.1)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01C 7/06	(2006.01)	G01C 7/06		
G01C 15/00	(2006.01)	G01C 15/00	103A	
E21D 9/00	(2006.01)	G01C 15/00	104A	
		E21D 9/00	Z	

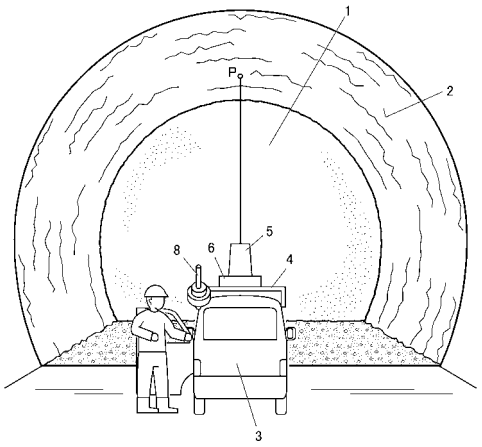
審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 8 頁）

(21)出願番号　特願2015-81397(P2015-81397)
(22)出願日　平成27年4月13日(2015.4.13)

(71)出願人　000201478
前田建設工業株式会社
東京都千代田区富士見二丁目１０番２号
(74)代理人　100090033
弁理士　荒船　博司
(72)発明者　鈴木　敏之
東京都千代田区富士見二丁目１０番２号
前田建設工業株式会社内
(72)発明者　菊地　晃徳
東京都千代田区富士見二丁目１０番２号
前田建設工業株式会社内
(72)発明者　田中　寛泰
東京都千代田区富士見二丁目１０番２号
前田建設工業株式会社内

(54)【発明の名称】トンネル掘削素掘面の形状測定方法

(57)【要約】
【課題】トンネル掘削素掘面の形状測定を実現する。
【解決手段】山岳トンネルにおいて、測定器５が搭載された車両３を切羽１の近傍位置に停車させて、車両３に搭載した測定器５により切羽１近傍周囲のトンネル掘削素掘面２を計測して、トンネル掘削素掘面２の形状を測定する。具体的には、車両３に搭載した測定器としてトータルステーション５を用いて、切羽１近傍周囲のトンネル掘削素掘面２をトータルステーション５によりノンプリズム計測する。そして、切羽１近傍からのズリ出し・コソク完了後に、トータルステーション５によりトンネル掘削素掘面２を計測する。また、車両３に傾斜計６を介してトータルステーション５を搭載して、その傾斜計６によりトータルステーション５の傾きを計測して補正する。
【選択図】図４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
山岳トンネルにおいて、測定器が搭載された車両を切羽の近傍位置に停車させて、前記測定器により前記切羽近傍周囲のトンネル掘削素掘面を計測して、前記トンネル掘削素掘面の形状を測定することを特徴とするトンネル掘削素掘面の形状測定方法。
【請求項２】
前記測定器としてトータルステーションまたは三次元スキャナーを用いて、前記切羽近傍周囲のトンネル掘削素掘面を前記トータルステーションまたは前記三次元スキャナーによりノンプリズム計測することを特徴とする請求項１に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法。
【請求項３】
前記切羽近傍からのズリ出し・コソク完了後に、前記測定器により前記トンネル掘削素掘面を計測することを特徴とする請求項１または２に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法。
【請求項４】
前記車両に傾斜計を介して前記測定器を搭載して、前記傾斜計により前記測定器の傾きを計測して補正することを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法。
【請求項５】
前記車両にカメラを搭載して、前記カメラにより前記切羽の画像情報を取り込むことを特徴とする請求項１から４のいずれか一項に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、トンネルの掘削素掘面の形状を測定する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
トンネル掘削において、一次支保完了後に、覆エコンクリート出来形を推測するため、若しくは、一次支保の内空変位を計測するために、吹付けコンクリート表面、鋼製支保工面、または覆工コンクリート面を計測する事例がある。
【０００３】
例えば特許文献１において、山岳トンネルで、切羽を掘削してから覆工コンクリートが打設されるまでの間のトンネル内壁面の地山の変位を計測するためのトンネル計測システムが提案される。
そのトンネル計測システムは、走行車両に搭載されたトータルステーションと、そのトータルステーションによって計測された、トンネル内壁面、すなわち、吹付けコンクリートに配設されたターゲットの計測データを管理用コンピュータに転送する無線転送装置と、切羽と管理用コンピュータとの間に所定の距離をおいて複数設置された無線中継器とを含んで形成されている。そのトータルステーションは、自動整準部を介在させて、走行車両に搭載されている。そして、無線転送装置から転送される計測データは、通信品質が最良になる無線中継器に転送されてから管理用コンピュータに無線で転送される。
【０００４】
ところで、従来、掘削素掘面の形状を確認するには、仕上がった一次支保を目安に目視で確認する方法、若しくは、切羽鏡面にトンネル断面をレーザーにて照射して確認する方法が採られていた。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１５－７５６７号公報
【発明の概要】

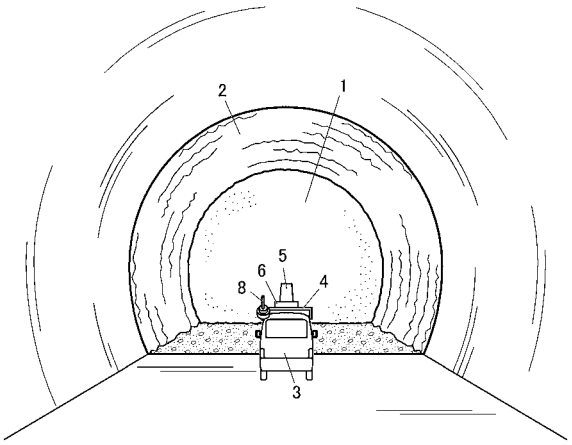
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかし、従来は、特許文献１の計測システムを含め掘削素掘面を直接計測しておらず、日視による推定のため正確な形状の情報を得ることができなかった。
また、形状の情報は仕上がった一次支保を目安に目視した一瞬だけであり、その形状の情報を残すことはできなかった。
【０００７】
本発明の課題は、トンネル掘削素掘面の形状測定を実現することである。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
以上の課題を解決するため、請求項１に記載の発明は、
山岳トンネルにおいて、測定器が搭載された車両を切羽の近傍位置に停車させて、前記測定器により前記切羽近傍周囲のトンネル掘削素掘面を計測して、前記トンネル掘削素掘面の形状を測定する、トンネル掘削素掘面の形状測定方法を特徴とする。
【０００９】
請求項２に記載の発明は、
請求項１に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法であって、
前記測定器としてトータルステーションまたは三次元スキャナーを用いて、前記切羽近傍周囲のトンネル掘削素掘面を前記トータルステーションまたは前記三次元スキャナーによりノンプリズム計測することを特徴とする。
【００１０】
請求項３に記載の発明は、
請求項１または２に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法であって、
前記切羽近傍からのズリ出し・コソク完了後に、前記測定器により前記トンネル掘削素掘面を計測することを特徴とする。
【００１１】
請求項４に記載の発明は、
請求項１から３のいずれか一項に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法であって、
前記車両に傾斜計を介して前記測定器を搭載して、前記傾斜計により前記測定器の傾きを計測して補正することを特徴とする。
【００１２】
請求項５に記載の発明は、
請求項１から４のいずれか一項に記載のトンネル掘削素掘面の形状測定方法であって、
前記車両にカメラを搭載して、前記カメラにより前記切羽の画像情報を取り込むことを特徴とする。
【発明の効果】
【００１３】
本発明によれば、トンネルの掘削素掘面の形状を測定することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１４】
【図１】本発明を適用したトンネル掘削工の一実施形態の構成を示す概略斜視図である。
【図２】図１の中央縦断側面図である。
【図３】本発明を適用したトンネル掘削工の施工サイクルを示すフローチャートである。
【図４】図１の切羽近傍部の拡大図である。
【図５】モニターのＴＳ位置測定画面を示す図である。
【図６】モニターの実行開始画面を示す図である。
【図７】モニターの測定結果画面を示す図である。
【図８】構成支保工・金網有りの施工サイクルを示すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１５】

以下、図を参照して本発明を実施するための形態を詳細に説明する。
（実施形態１）
図１及び図２は本発明を適用したトンネル掘削工の一実施形態の概略構成を示すもので、１は切羽、２はトンネル掘削素掘面、３は車両、４はルーフレール、５は車両トータルステーション（測定器）、６は傾斜計、７はカメラ、８はアンテナ、９は天端トータルステーション（測定器）である。
【００１６】
図示のように、山岳トンネルの切羽１の近傍には、そのトンネル掘削素掘面２を計測して、トンネル掘削素掘面２の形状を測定するための車両３が停車している。
すなわち、車両３のルーフレール４には、トンネル掘削素掘面２を計測する測定器である車両トータルステーション（以下、車両ＴＳと呼ぶ）５が２軸傾斜計６を介して搭載されるとともに、カメラ７が搭載されている。そして、車両３のルーフ上には無線ＬＡＮアンテナ８が設置されている。
また、山岳トンネルの切羽１より手前側の天端には、車両ＴＳ５と対をなす測定器である天端トータルステーション（以下、天端ＴＳと呼ぶ）９が吊り下げて設置されている。
【００１７】
実施形態においては、トンネル掘削素掘面２を、車両ＴＳ５を用いて直接ノンプリズム測定を行う。
なお、測定する断面の測点、周方向の測定ピッチは自在に設定できる。
【００１８】
以上において、車両ＴＳ５を搭載した車両３は、切羽１に対して中央で前向きにトンネル進行方向と平行に停車する。
そして、エンジンを切り、ＡＣＣ電源オンの状態で降車する。
また、後方に設置されるマーキング機との視通を確認する。
【００１９】
具体的には、車両ＴＳ５及び天端ＴＳ９にプリズムが搭載されている。
【００２０】
そして、図２に示すように、天端ＴＳ９が車両ＴＳ５の座標を測定し、車両３の助手席に搭載した図略のパソコン（またはタブレット端末）へ送信する。
この場合、車両ＴＳ５は、車両３本体の方位角が、自己座標が存在する切羽距離における方位角と仮定し、バックサイトを行う。
断面測定（計測点Ｐ参照）は、天端ＴＳ９に設定される切羽距離から－０．５サイクルの距離で行うことをデフォルトとする。
【００２１】
計測手順としては、先ず、発破終了後、コソクのための切羽距離を天端ＴＳ９に設定する。
次に、コソク終了後、車両３を進入する。
そして、天端ＴＳ９で車両ＴＳ５のプリズムの座標を計測し、その座標を自己座標、天端ＴＳ９の座標をバック点座標として、車両３のパソコンに反映させる。
その後、車両ＴＳ５が天端ＴＳ９付近を自動視準する（ＡＴＲ）。すなわち、ゼロセットする。
【００２２】
具体的な計測手順は次のとおりである。
１）車両ＴＳ５を搭載した車両３が切羽１の後方５～７ｍに停車する。
２）天端ＴＳ９で車両ＴＳ５の頭部に設置されたプリズムを自動視準し、車両ＴＳ５の位置（座標）を測定する。
３）測定した座標値を無線ＬＡＮにて車両ＴＳ５に送信する。
４）車両ＴＳ５で天端ＴＳ９の頭部に設置されたプリズムを自動視準して、方向角を測定する。
５）車両ＴＳ５で、既に測定された座標値及び方向角より所定の位置の断面測定を実施す

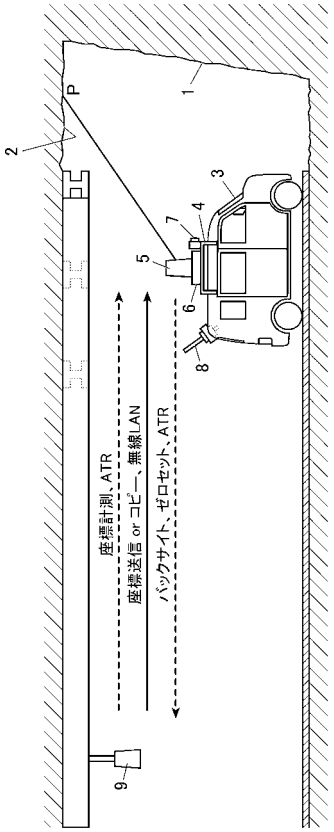
る。
【００２３】
図３は本発明を適用したトンネル掘削工の施工サイクルを示すフローチャートである。
図示のように、発破削孔・装薬（ステップＳ１）、発破（ステップＳ２）、ズリ出し・コソク（ステップＳ３）の後、前述したように、トンネル掘削素掘面２を形状測定する（ステップＳ４）。
【００２４】
ここで、車両３のルーフレール４上に２軸傾斜計６を介して車両ＴＳ５を搭載しており、その２軸傾斜計６により車両ＴＳ５の傾きを計測して補正しておく。
【００２５】
次に、吹付けコンクリート工（ステップＳ５）、ロックボルト工（ステップＳ６）を行う。
以上の施工サイクルを切羽１ごとに実施する。
【００２６】
以上のとおり、車両ＴＳ５を上部に搭載した車両３を、ズリ出し・コソク完了後、図２及び図４に示すように、切羽１の鏡面より後方５ｍ～７ｍの位置に停車させ、車両３の助手席のパソコン操作により、車両ＴＳ５の位置を自動で測定し、トンネル掘削素掘面２の測定を行う。
これらの動作は、具体的には、パソコンの電源スイッチをＯＮ操作してから、そのモニター画面上の操作パネルを２回タッチすることにより自動で行われる。
【００２７】
すなわち、パソコンのモニター画面において、図５に示すように、「ＴＳ位置計測」１１を押す。これにより、天端ＴＳ９と車両ＴＳ５の自動視準による計測が実施される。
次に、図６に示すように、「実行開始」１２を押す。これにより、断面測定が実施される。
【００２８】
その後、測定が終了すると、「実行設定」画面が表示される。
終了後は、パソコンの電源スイッチを切る。
なお、計測データは自動的に保存される。
【００２９】
以上、車両３を停車させてから測定完了まで約５分～７分間で実施することができる。
そして、その測定結果は、図７に示すように、パソコンのモニターに瞬時に映し出され、作業員がその場で掘削形状を確認することができる。
掘削形状は、地山を傷めない観点から、設計値に近く、かつ平滑面に近い方がよい。
【００３０】
また、形状のデータはパソコンの中に記録される。
以上、一連の作業は作業員で簡単にでき、掘削サイクルのなかに取り入れて切羽１ごとに、確実に測定することができ、その場で瞬時に測定結果を確認でき、次の切羽１の発破による掘削作業に反映することができる。
【００３１】
実施例としては、切羽１の近傍周囲のトンネル掘削素掘面２を車両ＴＳ５によりノンプリズム計測して、トンネル掘削素掘面２の形状を定量的に測定した。
そのトンネル掘削素掘面２の形状測定の作業をトンネル掘削施工サイクルのなかに取り入れた。
延長９５０ｍにわたり、切羽１ごとに計測を実施した。
【００３２】
以上、実施形態のトンネル掘削素掘面２の形状測定方法によれば、山岳トンネルにおいて、車両ＴＳ５が搭載された車両３を切羽１の近傍位置に停車させて、その車両３に搭載した車両ＴＳ５により切羽１近傍周囲のトンネル掘削素掘面２を計測して、トンネル掘削素掘面２の形状を測定することができる。

【００３３】
　また、車両３にカメラ７を搭載することにより、切羽１の画像情報も自動的に取り入れることができる。
【００３４】
　さらに、吹付けコンクリート完了後、または覆エコンクリート完了後に、同様に、同じ測点にて計測を実施すれば、それぞれの出来形（厚さ）を定量的に管理することができる。
【００３５】
　図８は構成支保工・金網有りの施工サイクルを示すフローチャートである。
　図示のように、発破削孔・装薬（ステップＳ１）、発破（ステップＳ２）、ズリ出し・コソク（ステップＳ３）、トンネル掘削素掘面２の形状測定（ステップＳ４）の後、一次吹付けコンクリート工（ステップＳ７）、鋼製支保工・金網設置（ステップＳ８）、二次吹付けコンクリート工（ステップＳ９）、ロックボルト工（ステップＳ１０）を行う。
　以上の施工サイクルを切羽１ごとに実施する。
【００３６】
（実施形態２）
　以上の実施形態１では車両ＴＳ５を用いたが、実施形態２では測定器として三次元スキャナーを用いる。
　すなわち、実施形態１と同様、車両３に図示しない三次元スキャナーを搭載して、切羽１の近傍周囲のトンネル掘削素掘面２を、車両３に搭載した三次元スキャナーによりノンプリズム計測して、トンネル掘削素掘面２の形状を三次元で測定する。
【００３７】
　このように、三次元スキャナーを用いても、山岳トンネルにおいて、三次元スキャナーが搭載された車両３を切羽１の近傍位置に停車させて、その車両３に搭載した三次元スキャナーにより切羽１近傍周囲のトンネル掘削素掘面２を三次元で計測して、トンネル掘削素掘面２の形状を三次元で測定することができる。
【００３８】
（変形例）
　以上の実施形態の他、具体的な手法等について適宜に変更可能であることは勿論である。また、実施形態に記載の数値に関しては、例えば、車両停車から測定完了までの実施時間が約５分～１０分間であったり、延長１０００ｍ以上にわたる切羽ごとの計測実施など、その数値には限定されない。
【符号の説明】
【００３９】
１　切羽
２　トンネル掘削素掘面
３　車両
４　ルーフレール
５　車両トータルステーション（測定器）
６　傾斜計
７　カメラ
８　アンテナ
９　天端トータルステーション（測定器）

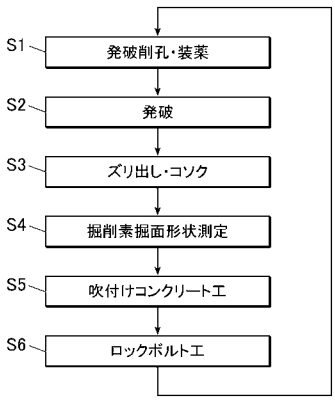
【図１】


1
2
3
4
5
6
8

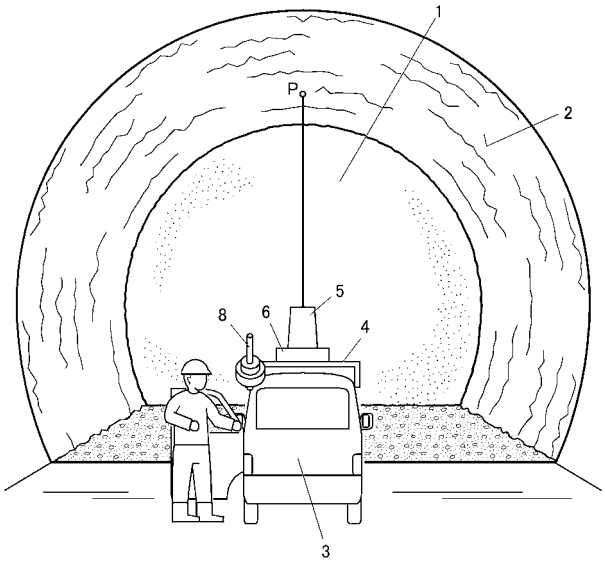
【図２】


P
1
2
3
4
5
6
7
8
9
座標計測、ATR
座標送信 or コピー、無線LAN
バックサイト、ゼロセット、ATR

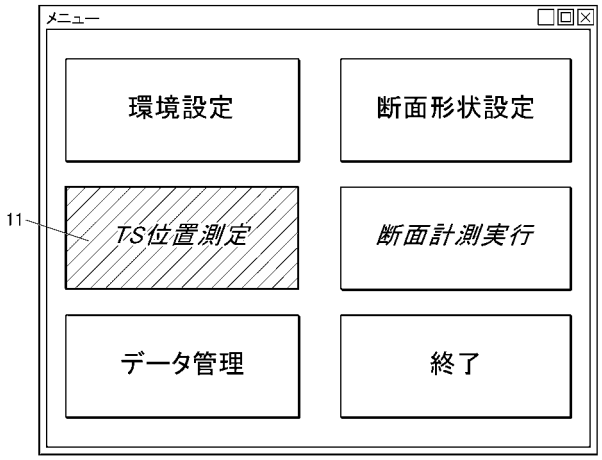
【図３】


S1
発破削孔・装薬
S2
発破
S3
ズリ出し・コソク
S4
掘削素掘面形状測定
S5
吹付けコンクリート工
S6
ロックボルト工

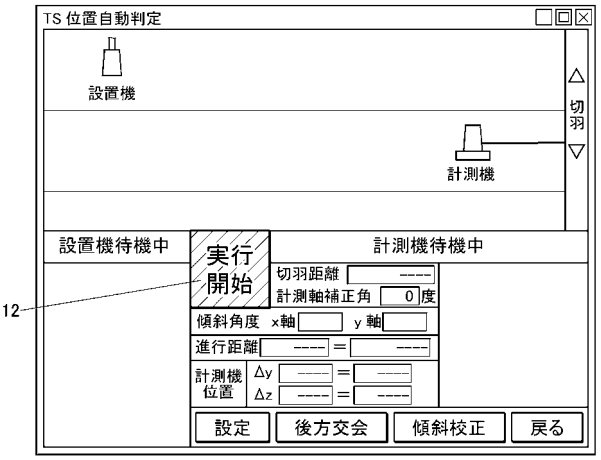
【図４】


1
2
P
3
4
5
6
8

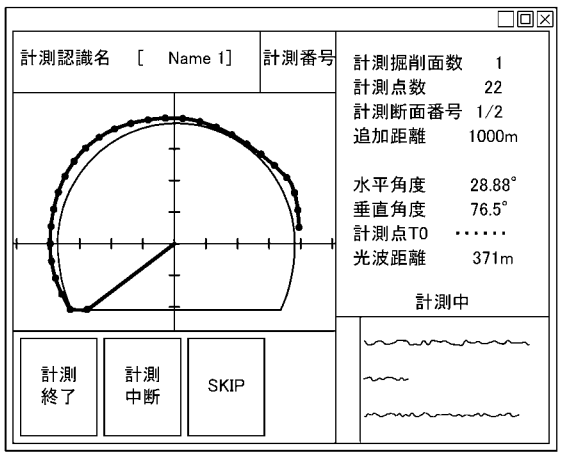
【図５】


メニュー
環境設定
断面形状設定
11
TS位置測定
断面計測実行
データ管理
終了

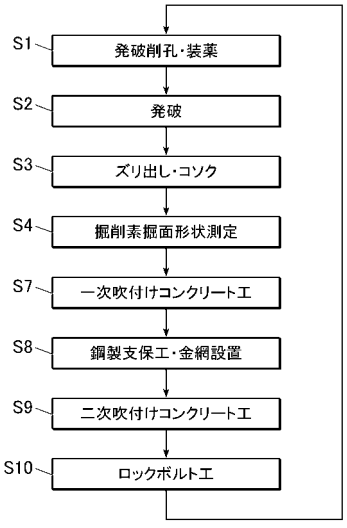
【図６】


TS 位置自動判定
設置機
計測機
△
切羽
▽
設置機待機中
実行
開始
計測機待機中
切羽距離
計測軸補正角
0
度
12
傾斜角度 x軸
y 軸
進行距離
計測機
位置
Δy
Δz
設定
後方交会
傾斜校正
戻る

【図７】


計測認識名 [Name 1]
計測番号
計測掘削面数 1
計測点数 22
計測断面番号 1/2
追加距離 1000m
水平角度 28.88°
垂直角度 76.5°
計測点T0
光波距離 371m
計測中
計測
終了
計測
中断
SKIP

【図８】


S1
発破削孔・装薬
S2
発破
S3
ズリ出し・コソク
S4
掘削素掘面形状測定
S7
一次吹付けコンクリート工
S8
鋼製支保工・金網設置
S9
二次吹付けコンクリート工
S10
ロックボルト工