

1. 基本事項

技術番号	BR010022-V0424			
技術名	遠方自動撮影システム(画像によるひびわれ等の変状記録とDX化)			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社東設土木コンサルタント 有限会社ジーテック キャノンマーケティングジャパン株式会社			
連絡先等	TEL: 03-5805-7261(代表)	E-mail: tcc@tousetu.co.jp	事業推進部 中川光貴	
現有台数・基地	10台	基地	東京都文京区、群馬県高崎市、長野県安曇野市、新潟県新潟市	
技術概要	<p>・ロボット雲台により高解像度連続自動撮影を効率的に行い、合成、オルソ化した画像を図面化する。ひびわれはAI(インスペクションEYEforインフラ)による自動検出を活用して効率的かつ高精度に解析を行う。損傷管理支援ソフトCrackDraw21により損傷記録を径間や要素(部位)ごとにデータベース化し、調書の大部分を自動化・作成支援する。</p> <p>・複数回の撮影・解析により、凍害や床版疲労などのひびわれ進行状況を客観的に把握、見える化し、これまで点検者の経験と技量に頼らざるをえなかった維持管理を客観的に行うことができ、適切なアセットマネジメントに寄与する。</p> <p>・地上からの撮影で安全性が高く、高所作業車などを必要としない。ある程度の強風時でも対応可能。</p> <p>・「近接目視非効率、困難箇所の点検」、「損傷の数値管理、進行性の客観的把握」、「点検充実化」に効果大。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄,地覆) 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他) H形鋼桁橋(その他(上部構造(主桁,床版))) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・本計測機器はロボット雲台にセンシングデバイスであるデジタルカメラを設置して計測を行うものである。 種々のデジタルカメラ、レンズ用いることが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。 計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	【据置】 地上に撮影機材(三脚、ロボット雲台、一眼レフカメラ)を設置し、撮影対象範囲を連続的に撮影。1回の設置で概ね45°の範囲まで撮影可能。機材が大がかりではないため、次の径間や要素への移動は、人力で容易に可能。	
	運動制御機構	通信	・有線(ロボット雲台からカメラへのシャッター信号)
		測位	・撮影機材は地上に固定して扱うため、測位を必要としない。
		自律機能	・撮影機材は地上に固定して扱うため、測位を必要としない。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	・分離構造 ・最大外形寸法(L600mm×W600mm×H1500mm程度) ・最大重量(約7kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(一般的な一眼レフカメラが搭載可能、焦点距離600mmのレンズも搭載可能) ・最大重量(4.5kgまで搭載可)	
	動力	バッテリーなどの仮設電源が必要 ロボット雲台標準バッテリー ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:7.2V、4,300mA 外付けポータブルバッテリー(市販品) ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:3.7V、42,000mA	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・ロボット雲台の連続稼働時間は、上記ポータブルバッテリー使用で8時間以上(気温10℃~25℃の場合)	
計測装置	設置方法	・ロボット雲台の上にデジタルカメラをボルト・ナットにより取付を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測装置:最大外形寸法(長さ70mm~600mm×幅100mm×高さ30mm 程度、レンズ込み) ・最大重量(約2kg~4kg、使用レンズによる)	
	センシングデバイス	カメラ	主に使用するデジカメの諸元(Canon製カメラ EOS 5Dsなど) センサーサイズ:36mm×24mm、ピクセル数:8688×5792、焦点距離:11mm~1200mm(現場状況により、適切なレンズ、エクステンダーを使用)、ダイナミクスレンジ:24.7bit
		パン・チルト機構	・パン(水平):360° ・チルト(垂直):約300° ※上記パン・チルトはロボット雲台によるもの
		角度記録・制御機構 機能	・ロボット雲台により、撮影方向や範囲を任意に設定可能。
		測位機構	・撮影した連続画像を自動で合成し、合成、オルソ化した画像を図面に合わせて精度良く取り込む仕組みのため、測位機構を必要としない。
	耐久性	一般的な一眼レフカメラの耐久性を備える	
	動力	・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・カメラに搭載されるバッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約2時間/1バッテリー (外気温:23℃、雲台の移動時間も加味して平均10~20秒に1回撮影の場合。バッテリー交換により1日作業に対応可。)		
データ収集・通信装置	設置方法	・ロボット雲台とデジタルカメラを電動シャッターケーブルでつなぐ。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・電動シャッターケーブル延長20cm程度	
	データ収集・記録機能	・デジタルカメラ内のSDカードにデータを保存する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・電動シャッターはロボット雲台のバッテリーから供給、データ保存はデジタルカメラのバッテリーから供給。	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—	

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ①撮影速度:2㎡/分 ②撮影速度:1㎡/分 ③撮影速度:0.6㎡/分	上段①下横構がない場合 中段②下横構があり、その背面は撮影しない場合 下段③下横構があり、その背面も撮影する場合 ・検証時の条件 【画素分解能】0.2~0.3mm/pix(床版ひびわれ0.05mm幅対象) 【撮影ラップ率】30~40%	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2019年 ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0mm	[日照条件] ・日向(42150lx) ・日陰(385lx) ・日向/日陰混在(69400lx/12270lx) 検証時の条件 【画素分解能】0.2mm/pix 【使用カメラ】Canon製	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 相対誤差:1.0%	・真値:1.964m ・測定値:1.984m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.013、0.014)(m)	[最大誤差] ・真値(x、y)=(31.876、15.398)(m) ・測定値(x、y)=(31.862、15.412)(m) ・検証時の条件 【画素分解能】0.36mm/pix 【撮影角度】0°、30°、-30°、45°それぞれで検証 【検証サンプル数】 長さ:608 位置:168 【使用カメラ】Canon製
			標準試験値	未検証	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・フルカラーチャート識別可能	[日照条件] ・日向(42150lx) ・日陰(385lx) ・日向/日陰混在(23900lx/11780lx) 【使用カメラ】Canon製		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>【画像処理】 ①撮影した画像を1径間または1要素ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせはパターンマッチングにより行う(自動)。その後、図面に合致するようにオルソ補正を行う(半自動)。 【ひびわれAI解析】 ②AI(インスペクション EYE for インフラ)により、床版ひびわれやひびわれを自動で検知し、かつ幅の推定・分類を自動で行う(自動)。自動検知結果を損傷図作成支援ソフトCrackDraw21に取り込む(手動)。以下、CrackDraw21を使用する。 【損傷図作成】 ③図面、オルソ画像を取り込み、径間番号、部材名、要素番号の座標設定を行う(手動)。 ④ひびわれ自動検知結果を技術者チェックを行い、必要に応じて技術者が修正する。幅のチェックはデジタルクラックスケール機能や幅のキャリブレーションウィンドウ機能を使う(手動)。 ⑤ひびわれ以外の損傷は、技術者が撮影画像を確認しながら解析・手動トレースする(手動)。 ⑥ひびわれの長さ、幅、方向、その他損傷の寸法、面積、解析した全損傷の位置(径間番号、部材名、要素番号)は自動算出、識別され、同時にデータベース化される(手動)。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>【画像処理】独自ソフトや市販ソフト(サービス対応) 【ひびわれAI解析】画像ベースインフラ構造物点検サービス「インスペクション EYE for インフラ」(サービス対応) 【損傷図作成、調書作成支援】CrackDraw21(サービス対応またはソフト販売)</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ(幅および長さ)、床版ひびわれ(幅および長さ)、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、その他(骨材露出など)</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p> <p>ひび割れ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AI(ディープラーニング)による自動検出後、技術者によるAI検知結果のチェック、修正を行う。 ・このAIは、橋梁床版(PC、RC)、橋脚、橋台、トンネル、その他コンクリート構造物に関する多数の現場で撮影された画像群に対して作成された教師データに基づく。 ・教師データの作成は、画像による変状解析実績が豊富な土木技術者やコンクリート診断士が行い、幅についてはクラックスケールによる実測値も教師データに採用している。 ・AIの検知精度は、画像条件(解像度や画質、ブレ、ボケ、コンクリートの汚れ状況、対象構造物や対象部位など)により上下するが、画像条件に応じてAIの最適化を行い、可能な限り高い精度で検知する。 <p>撮影条件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) カメラ: センサーサイズAPS-C以上の一眼レフカメラ 2) 撮影設定: 現場状況による(ブレ、ボケ、明るさ、被写界深度に留意し適切な設定とする) 3) ISO感度: 現場状況によるが、1600以下を推奨 4) 撮影角度: 原則45度以内 5) ラップ率: オーバーラップ 30%以上、サイドラップ 30%以上 6) カメラの設定画質: 最高 7) 画質フォーマット: JPEG 8) 撮影解像度: <ul style="list-style-type: none"> ・床版ひびわれ幅0.05mmを対象とする場合、画素分解能0.2~0.3mm/pix ・ひびわれ幅0.2mm以上を対象とする場合、画素分解能0.5mm/pix <p>※1画素の1/4程度の幅しかない細かいひびわれであっても、ピントよく撮れていれば、そのひびわれは周囲との濃淡差をもって画像に写り、画像からの目視やAIによる検知が可能である。</p> <p>9) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと</p> <p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・幅: AIにより自動推定。その後CrackDraw21による疑似的なクラックスケールやキャリブレーションウィンドウ機能(チョーキングにより幅の真値がわかるひびわれなどを別窓で表示・拡大・縮小して確認できる機能)で人が確認。 ・長さ: CrackDraw21によりひびわれ沿いの長さを自動計測。(CrackDraw21で起終点を人が指定し、直線距離を計測することも可能) <p>ひび割れ以外</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人が画像を確認して、CrackDraw21で変状を手動トレース <p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ある橋梁におけるAI(インスペクション EYE for インフラ)のひびわれ検知精度評価結果 正解率(%)=AIが正しく検知した延長/画像から技術者が解析したひびわれ延長×100 誤検知率(%)=AIが誤検知した延長/AIが検知した全延長×100 【事例1】幅0.2mm以上が記録対象、撮影解像度0.5mm/pix 正解率: 98%、誤検知率: 2% 【事例2】幅0.05mm以上が記録対象、撮影解像度0.2~0.3mm/pix 正解率: 92%、誤検知率: 1% ・技術者によるAI検知結果チェック、修正後に正解率100%になるという解釈で問題ない。 ・精度算出にあたっては、すべてのAI検知結果に対し、土木技術者が正解か誤検出かを評価している。また、評価対象範囲の画像を入念に確認し、未検出の延長を割り出して評価している。 <p>変状の描画方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p> <p>jpeg, png, bitmap</p> <p>ファイル容量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PCによるが、Windows(64bit)で動作可能な容量。 ・点検範囲が広大な場合でも、画像分割で対応可能。 <p>カラー/白黒画像</p> <p>カラー 白黒画像</p> <p>画素分解能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれ幅0.05mmを検出するためには、0.2~0.3mm/pix以下 ・ひびわれ幅0.2mm以上を検出するためには、0.5mm/pix以下 <p>その他留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれにチョークが完全に重なっている場合など、AIでのひびわれ検出が困難な場合でも、CrackDraw21による技術者解析で記録・対応可能。
<p>出力ファイル形式</p>	<p>【汎用ファイル形式の場合】 画像: jpeg、損傷図: /DXF/SXF、損傷データ一覧: csv</p>

	【専用ファイル形式の場合】 cd2(CrackDraw21のオリジナルファイル形式。画像、損傷図、損傷データベース等一式。)、ビューワでの納品も可。
調書作成支援の手順	①CrackDraw21の図面上で、径間番号、部材名、要素番号の座標設定を行う ②CrackDraw21の損傷図上で、技術者が損傷程度の判定を行い、損傷程度をプルダウン入力する。調書6の「メモ」は手入力する。 ③損傷程度の入力を行った損傷に対し、旗上げを自動で行う。CrackDraw21の図面に取り込み済みのオルソ画像から調書6用の写真切り出しを自動で行う。 ④調書5、調書6の大部分をエクセル書式に自動で出力する。
調書作成支援の適用条件	・撮影した画像をCrackDraw21の図面上に取り込むこと
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	CrackDraw21(自社開発、販売可)

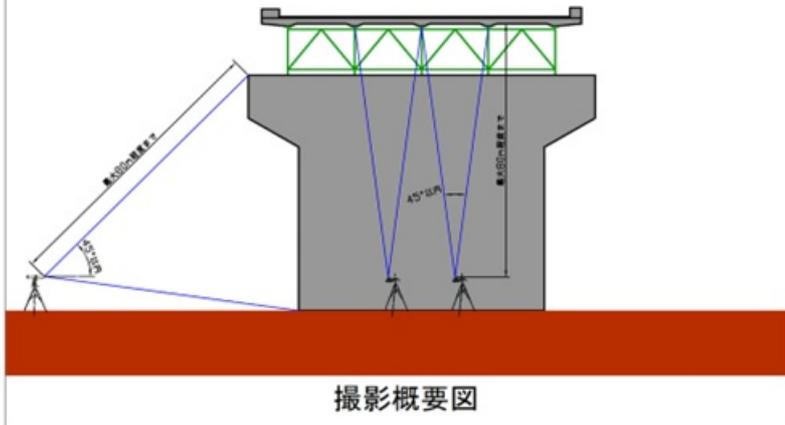
6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	三脚を据えることができる。	・点検対象に対し撮影角度45°以内で三脚を据えることができる。 ・最大撮影距離 床版:80m以内(幅0.05mmのひびわれ対象の場合) 橋脚、橋台:100~120m以内(幅0.2mm以上のひびわれを対象とする場合)
	周辺条件	撮影対象が見通せる箇所に撮影者がアクセスできれば適用可	撮影対象が見通せる箇所に撮影者がアクセスできれば適用可
	安全面への配慮	三脚設置箇所が安全であれば問題なし	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	基本的に必要なし	跨道橋が点検対象で、三脚設置箇所が車道の場合は、一部規制や交通誘導員が必要な場合あり。点検対象橋梁については、特に規制の必要なし。
	その他	現地状況によるが、下横構などの撮影死角がある床版でも、その裏側を地上から撮影し、点検できる場合あり。(対応可否は図面や現地踏査で判断) ・日中に撮影を行う ・雨滴がレンズにつくような天候では撮影不可	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	カメラ、画像、撮影などに関する知識が必要。	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	三脚設置箇所(5m2程度)	床版: 桁下の地上部 橋脚、橋台: 桁下や橋脚、橋台の周辺地上部
	点検費用	【撮影、画像処理、変状解析】 ●橋種 [鋼橋] 橋長 35m 全幅員 10 m 部位・部材[床版] 活用範囲 [350]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 250,000円(機械経費含む、諸経費等含まない) ●橋種 [コンクリート橋] 橋長 18m 全幅員 10 m 部位・部材[床版] 活用範囲 [180]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 150,000円(機械経費含む、諸経費等含まない)	・現地状況や対象数量により積算条件が異なるため、案件ごとに見積もり対応。 ・左記費用は参考。現地踏査、計画準備、調書作成、旅費交通費、一般管理費等の諸経費は含まない。 ・橋脚、橋台、地覆高欄なども見積もり対応可能。
	保険の有無、保障範囲、費用	-	地上設置による安全な撮影のため
	自動制御の有無	-	地上設置による安全な撮影のため
	利用形態:リース等の入手性	・撮影～画像処理～損傷解析～調書作成の請負 ・上記工程の一部の請負も可 ・撮影機材のリースは不可(機材の紹介は可) ・損傷図作成支援ソフトCrackDraw21の販売とサポートは可	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	CrackDraw21 ・購入から1年は無償サポートあり ・2年目以降は保守契約によるサポートあり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	三脚を安全に設置できない現場では対応困難	-	

7. 図面

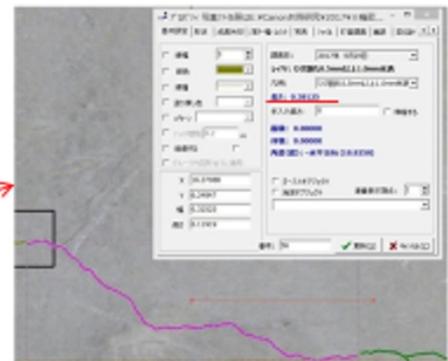
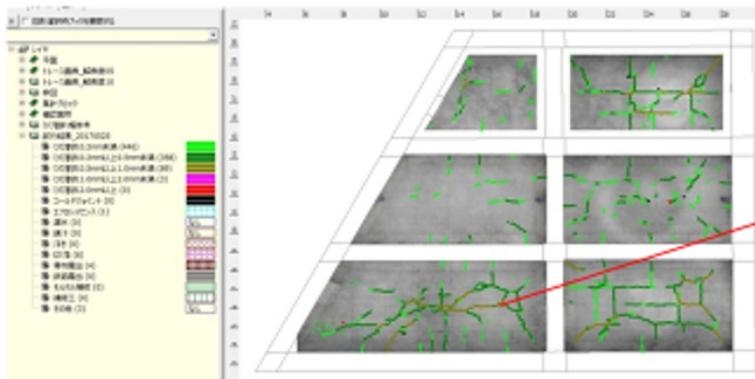
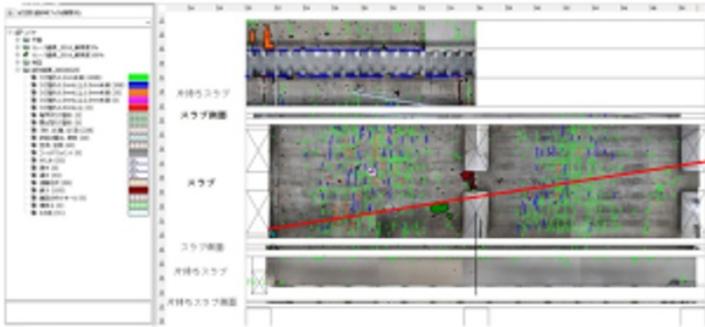


技術・ツールの概要

Confidential
第三者への開示はご遠慮願います

■ CrackDraw21

各種変状の位置、大きさ、方向等をデータ化



技術・ツールの概要

Confidential
第三者への開示はご遠慮願います

■ CrackDraw21 変状のデータベース化

変状部位 (要素番号) の自動管理

変状ID	要素番号	径間番号	部材名	変状種類	長さ	縦×横	面積	ひび割れ方向
7001	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7002	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7003	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7004	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7005	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7006	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7007	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7008	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7009	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦
7010	20180102	20180102	20180102	ひび割れ	0.00	0.00	0.00	縦

変状のID管理

変状規模やひび割れ方向の自動管理

・変状種類、変状規模（長さ、縦×横、面積）、変状位置（径間番号、部材名、要素番号など）、ひび割れ方向などを自動でデータベース化
 ・任意入力した属性データも表示、出力可能
 ・現地における変状スケッチや寸法確認は不要

橋梁単位や径間単位でデータベース管理し、進行性の把握や評価を客観的に実施

