

4

ICT と三次元顔認証機を活用したトンネル入出坑管理と技能者就業履歴管理

舟橋 孝仁*1・須志田 藤雄*2

概 要

技能者の就業履歴の適正管理，記録，蓄積およびトンネル入出坑管理を ICT で一元管理する三次元顔認証機を活用したシステムを構築した。本システムは，三次元顔認証機により顔登録を行った技能者一人ひとりの就業履歴や労働時間を適正かつ的確に蓄積することができ，なりすまし防止にも期待できる。山岳およびシールドトンネルにおいて実施した実証試験では，技能者の出退勤記録および入出坑管理データ記録がクラウド上の管理システムで一元管理できることを確認し，本システムの実用性を実証した。また，本システムをグリーンサイトの認定デバイスとして API 連携を行い，CCUS とのデータ連携機能を活用し，技能者の就業履歴データを CCUS に蓄積することが可能となった。

キーワード：トンネル工事，ICT，三次元顔認証機，入出坑管理，就業履歴，CCUS

CONTROL OF WORKERS ACCESS TO TUNNELS AND MANAGEMENT OF SKILLED
WORKERS IN TERMS OF THEIR HISTORY OF EMPLOYMENT BY AN ICT AND 3D
FACE RECOGNITION SYSTEM

Takahito FUNAHASHI *1, Fujio SUSHIDA *2

Abstract

We have developed an ICT-based 3D face recognition system which is designed to centrally monitor entry and exit of workers to and from tunnels, and at the same time, to manage, record and store the data of the employment history of skilled workers. This ICT-based face recognition system is capable of storing the employment history and working hours appropriately and correctly for each employee whose face has been registered, and is also projected to prevent impersonation. Demonstration tests at a mountain tunnel and a shield tunnel confirmed that the management system in the cloud is able to handle centrally clocking in and- out of skilled workers and their respective tunnel access data. In addition, as a green site-certified device linked with an API (Application Programming Interface), it is possible to store the skilled workers' employment history in CCUS by utilizing the data-coordination function with CCUS.

Keywords: tunnel construction, 3D face recognition system, tunnel-access management, employment history, CCUS

*1 Manager, Tunnel Group, Tunnel Technology Department, Civil Engineering Division

*2 General Manager, Tunnel Technology Department, Civil Engineering Division

ICT と三次元顔認証機を活用したトンネル入出坑管理と技能者就業履歴管理

舟橋 孝仁*1・須志田 藤雄*2

1. はじめに

トンネル工事（山岳，シールド）では，安全管理上，トンネル坑口部（トンネルへの出入りを行う坑口や立坑入口など）に入坑者の名前を掲示し，入出坑を管理することが労働安全衛生法で定められており，坑口部には入坑者一覧表が設置されている（写真－1，写真－2）。現状では入坑する技能者や職員等の多くは，日常的に入坑および出坑時に入出坑札の切り換えを手動で行っている。山岳トンネルでは，トンネルが進捗するにつれ，連絡車や工事車両により入出坑する機会が多くなり，その都度車両等から降車し，入出坑札を切り換えなければならない。その煩雑さから，入出坑管理が形骸化し適切な管理が行えないことが懸念される。また，坑内労働の労働時間は，トンネルに入った時刻から最後にトンネルを出た時刻までの時間（休憩時間も含む）とすることが労働基準法で定められており，トンネル工事現場においては入坑，出坑時間の把握，管理を適切に行うことが必要である。

一方，2019年4月より運用が開始された建設キャリアアップシステム（以降，CCUS と称す）の一環により，建設キャリアアップカードを所有した技能者は日々の仕事の履歴を蓄積し，自身のキャリアデータを CCUS 上に蓄積している。トンネル工事においても，これらの仕組みが今後より浸透していくことが想定され，技能者の日々の就業履歴が適切な方法で管理できる仕組みが必要であると考え。そこで，著者らは ICT と三次元顔認証システムを活用し，トンネル入出坑管理と技能者の就業履歴を一元管理するシステムを構築し，トンネル現場において実証試験を行った。



写真－1 入坑者表示の例（山岳トンネル）



写真－2 入坑者表示の例（シールドトンネル）

また，本システムで取得した技能者の就業履歴情報を CCUS に蓄積する仕組みを構築した。本稿では，構築したシステムの概要，各トンネルで実施した本システムの実証試験，CCUS との連携について報告する。

2. 入出坑管理システムの概要

本システムは，最先端の認証方式を有する三次

*1 土木本部 トンネル技術部 トンネルグループ グループリーダー

*2 土木本部 トンネル技術部 部長

元顔認証機（写真－3，以降，顔認証機と称す）を利用し，技能者一人ひとりの三次元顔データとの照合により，技能者個人の現場入退場時刻，坑口を通過（入坑，出坑）した時刻を記録・蓄積でき，日々の現場就業履歴の蓄積や入出坑管理，坑内労働時間管理が行えるシステムである。著者らは本システムを，Face-TEEMS (Face-Tunnel Entrance and Exit Management System) と称している。

本システムで使用する顔認証機は，赤外線照射とキャプチャリングを同時に行うことで顔の三次元データを取得する。そのため，高い認証精度を有しており，適用例としては，技能者の就業人数が多い建築工事現場やセキュリティーが重要な箇所の入退場管理等に採用されている。また，この顔認証機を適用することにより，顔登録（4. 現場実証試験で詳述）を行った技能者一人ひとりの顔データと取得情報が紐付けられるため，なりすまし従事の防止も期待できる。

トンネル現場での適用にあたっては，現場従事初回（新規入場時）に技能者の三次元顔登録を行い，その後は日常的に技能者毎に出勤，退勤，入坑，出坑の情報を時刻で記録，蓄積することができ，就労時間や労働時間も容易に把握，管理することができる。顔認証時に取得した情報は，クラウド上で一元管理され，Webブラウザ上でその状況を確認することが可能であり，現場だけでなく管理部署等においてもそれらを確認することができる。さらに，本システムは，グリーンサイト（MC DATA PLUS 社）の認定デバイスとして API 連携しているため，協力業者毎や技能者毎に就業履歴の管理がグリーンサイト上でも可能となっている。

3. トンネル現場におけるシステム検討

本システムをトンネル現場に採用するにあたり，山岳トンネルとシールドトンネルにおける本システムの適用方法を検討した。

技能者の入退場履歴の取得方法は，いずれの場合も顔認証機による認証のみで時刻情報の取得



写真－3 三次元顔認証機

表－1 入出坑方法の違い

山岳トンネル	<p>【入出坑方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明り部から直接トンネル（本坑，斜坑等）に入る ・徒歩，車両，重機類により入出坑 ・進捗，作業により入出坑方法は様々
シールドトンネル	<p>【入出坑方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・立坑を下り，坑底よりトンネル（横坑）内に入る ・立坑入坑口までは限られた通路を徒歩で通行する

は可能である。しかし，山岳トンネルとシールドトンネルとでは，入出坑方法に違いがあるため，それを考慮した入出坑検知方法を検討する必要がある。

表－1 に山岳トンネルおよびシールドトンネルの入出坑方法の違いの例を示す。山岳トンネルでは，トンネルの進捗や作業により徒歩，連絡車，工事車両等により直接トンネル入口から出入りすることが主であり，往来する車両の種類も乗用車，トラック，ダンプ等，多種にわたる。一方，シールドトンネルの場合は，技能者が防音建屋内

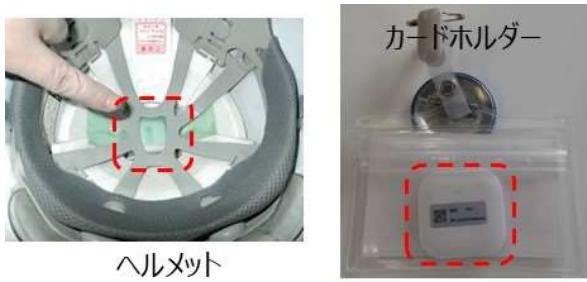


写真-4 RFID タグ



写真-5 受信機および入坑者表示モニター



時間	マスタ更新 入場前日迄	出勤・入場 7:35	入坑 8:05	出坑 11:53	入坑 13:05	出坑 17:48	退勤・退場 18:03
状況	導入後	出勤前	現場へ移動	坑内作業	休憩	坑内作業中	詰所へ移動
札表示		鈴木一郎	鈴木一郎	鈴木一郎 11:53	鈴木一郎	鈴木一郎 17:48	鈴木一郎
	顔登録用 認証機	出退勤用 認証機	坑口、立坑に設置した認証機 (RFID、顔認証機による)				出退勤用 認証機

図-1 入坑者表示モニターの表示例

の立坑昇降設備に至る特定の通路を徒歩で通行し、立坑を下り坑底よりトンネル（横坑）に入ることが多い。本検討では、それぞれのトンネル入出坑方法の違いを考慮し、2パターンの入出坑検知方法を試みた。次節より各トンネルの入出坑検知方法について示す。

3.1 山岳トンネル

山岳トンネルでは、徒歩や多種にわたる車両により入出坑を行うため、入出坑札の切り替え作業と同じように、車両から降車して顔認証機で出入りを検知することは効率的ではない。そこで、山岳トンネルでは、RFID タグ（以降、タグと称す）と受信機を用いて、トンネルへの出入りを検知する方法とした。

写真-4 に使用したタグを、写真-5 に坑口部に設置した受信機および入坑者表示モニターの状況を示す。タグは固有の番号を有し、初回に登録した技能者個人の三次元顔データと紐付けを行っており、技能者および職員がタグをヘルメット内側やカードホルダーに収納、保持するようにした。坑口部に設置した受信機は、防音扉の左右の鋼材に固定し、設置高さは地面より 1.5m, 2.0m,



写真-6 出退勤用顔認証機の設置状況 (山岳トンネル)

2.5m とした。これは、タグを保持する技能者または職員等が乗車した車両が通過した際にもタグが発信する信号を受信機が効率よく確実に受信できるように、出入りする車両の窓の高さを考慮したものである。なお、受信機設置箇所を通過する車両の速度は、10~20km/h を想定しており、事前に受信テストを行い、走行する車両からでも問題なく検知できることを確認している。また、坑口部には、従来の入坑者一覧表の替わりとなる、入坑者表示モニターを設置した。モニター上では、現場入場、入坑、出坑、現場退場の状態と時刻が把握できるようになっている。モニターの表示例

を図-1に示す。

技能者が現場に出勤、退勤を記録する際に使用する顔認証機は、出退勤時に必ず通過する更衣室出入り口付近に設置した(写真-6)。

3.2 シールドトンネル

シールドトンネルでは、特定の通路を徒歩で通過して入出坑するため、立坑昇降設備手前に顔認証機と入坑者表示モニターを設置した。技能者および職員は、立坑を下る前または上がった後すぐに顔認証を行い、トンネルへの入出坑を検知させる。検知状況を写真-7に示す。シールドトンネルにおける入坑者表示モニターの表示方法は、山岳トンネルと同じ仕様である。また、現場への出勤、退勤を記録する顔認証機は、技能者が日常的に出入りする防音建屋の出入り口付近に設置した(写真-8)。



写真-7 顔認証機による入出坑検知状況 (シールドトンネル)

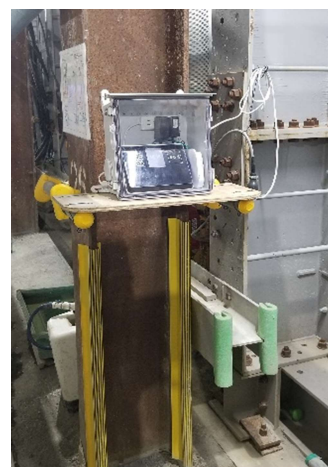


写真-8 出退勤用顔認証機の設置状況 (シールドトンネル)

4. 現場実証試験

本システムの実用性を検証するため、構築した2パターンの検知方法を、山岳トンネルおよびシールドトンネル現場において実証試験を行った。各トンネルで実施した実証試験のシステムの全体概要図を図-2に示す。

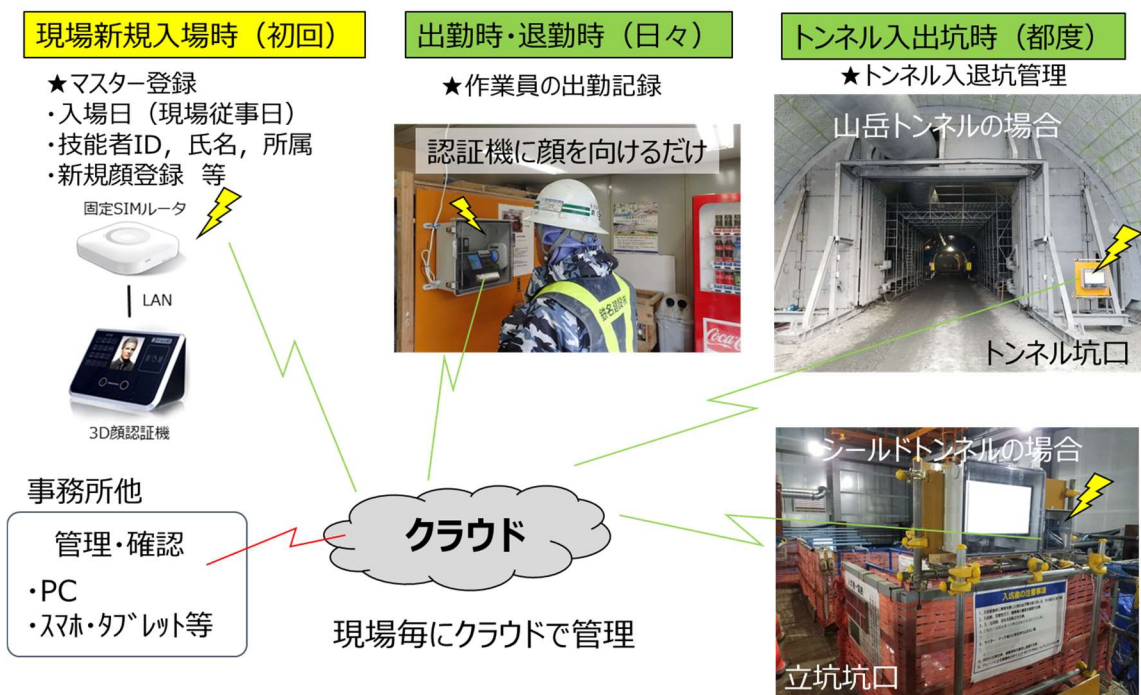


図-2 山岳トンネル, シールドトンネルで実施した実証試験のシステム概要図

システム導入時には、共通事項として技能者のID、氏名、所属等の基本情報を登録（以降、マスター登録と称す）し、それと同時に顔認証機により三次元顔データを取得し、技能者のIDと紐付けを行った。山岳トンネルの場合は、この段階でタグ情報との関連付けを行った。なお、マスター登録は、予め基本情報を入力したエクセルファイルをクラウド上のシステムに読み込ませるだけであり、多くの手間がかからないことを確認した。

日々行われる技能者の出退勤の記録は、顔認証機に顔を近づけるのみであり、認証は1~2秒程度の速さで終わることを確認した。また、出退勤時の顔認証は、ヘルメットを装着した状態でも問題なく認証ができることを確認した。

トンネル入出坑の検知は、山岳トンネルの場合は、タグを装着した技能者や職員が坑口を通過すると、坑口設置した受信機が検知し、通過した時刻をクラウド上のシステムに記録すると同時に、坑口部の入坑者表示モニターに表示され、入出坑札が切り替わることを確認した。

一方、シールドトンネルの場合は、立坑昇降設備手前にて顔認証による入出坑検知を行い、確実に入出坑の時刻が取得でき、クラウド上のシステムに記録され、入坑者表示モニター上の切り替えができていないことを確認した。

各トンネルにおいて、入坑者



図-3 山岳トンネルでの取得データのシステム管理画面

認証日時	認証機器	区分	ID	氏名	職区分	坑内作業時間	合計勤務時間		
2020/12/22 08:00:20	顔認証機	入場	MZMT00000039	■■■■	工務店	職員	---	---	✓
2020/12/22 08:14:58	顔認証機	入坑					---	---	✓
2020/12/22 15:45:29	顔認証機	退坑				07:30	---	---	✓
2020/12/22 15:45:56	顔認証機	退場				07:30	07:45	---	✓
2020/12/23 08:00:10	顔認証機	入場				---	---	---	✓
2020/12/23 08:16:55	顔認証機	入坑				---	---	---	✓
2020/12/23 15:47:39	顔認証機	退坑				07:30	---	---	✓
2020/12/23 15:48:36	顔認証機	退場				07:30	07:48	---	✓
2020/12/24 07:59:29	顔認証機	入場				---	---	---	✓
2020/12/24 08:15:25	顔認証機	入坑				---	---	---	✓
2020/12/24 15:58:41	顔認証機	退坑				07:43	---	---	✓
2020/12/24 15:59:03	顔認証機	退場				07:43	07:59	---	✓

図-4 シールドトンネルでの取得データのシステム管理画面

認証日時	認証機器	区分	ID	氏名	職区分	坑内作業時間	合計勤務時間	
2021/01/06 13:35:22	顔認証機	入坑	MZMT00000020	■■■■	元請	---	---	---
2021/01/06 15:14:03	顔認証機	退坑				01:38	---	---
2021/01/08 09:49:35	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/08 11:54:54	顔認証機	退坑				02:05	---	---
2021/01/07 14:39:00	顔認証機	入坑	MZMT00000024	■■■■	元請	---	---	---
2021/01/07 17:10:53	顔認証機	退坑				02:31	---	---
2021/01/08 09:02:16	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/08 11:54:44	顔認証機	退坑				02:52	---	---
2021/01/08 13:41:46	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/08 15:04:47	顔認証機	退坑				01:23	---	---
2021/01/08 15:38:54	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/07 16:08:25	顔認証機	入坑	MZMT00000025	■■■■	元請	---	---	---
2021/01/07 16:59:17	顔認証機	退坑				00:50	---	---
2021/01/08 09:47:15	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/08 11:54:40	顔認証機	退坑				02:07	---	---
2021/01/08 13:57:48	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/08 15:21:50	顔認証機	退坑				01:24	---	---
2021/01/08 15:39:52	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/06 12:01:46	顔認証機	入坑	MZMT00000055	■■■■	元請	---	---	---
2021/01/07 14:59:02	顔認証機	退坑				02:57	---	---
2021/01/07 15:50:01	顔認証機	入坑				---	---	---
2021/01/07 16:59:09	顔認証機	退坑				01:09	---	---

図-5 入出坑データのシステム管理画面（元請職員）

表示モニターには出退勤の状態，入出坑の状態のそれぞれが色別で表示されることも確認でき，従来の入坑者一覧表と同等以上の役割を果たしているといえる。

図-3～図-5に山岳トンネル，シールドトンネルにおいて取得した技能者の入場，入坑，出坑，退場の検知データおよび元請職員の入出坑検知データを表したクラウド上でのシステム管理画面を示す。いずれにおいても，入場，入坑，出坑，退場の際の時刻が適切に記録されており，入坑者の管理，坑内労働の労働時間の把握等が適切にかつリアルタイムにできることを実証した。

以上より，構築した山岳トンネル用とシールドトンネル用の2パターンの入出坑検知方法による入出坑データの取得および技能者の出退勤記録データが管理システム上で一元管理できることを確認し，本システムの実用性を検証することができた。

5. 建設キャリアアップシステム (CCUS) との連携

2. でも概略を記述したが，CCUS への取り組みの一環として，本システムで取得した技能者の就業履歴を CCUS に連携させる仕組みを構築した。本検討においては，グリーンサイトにおける「通門管理機能」を活用することを考えた。本システムで取得した就業履歴データをグリーンサイト上でデータ蓄積・管理できるようにするため，本システムをグリーンサイトの認定デバイスとして API 連携を行った。これにより，既存機能であるグリーンサイトと CCUS とのデータ連携機能を利用して，日々蓄積した技能者の就業履歴データを CCUS 連携させることが可能となった。

6. おわりに

技能者の就業履歴の適正管理，記録，蓄積およびトンネル入出坑管理を ICT で一元管理する，三次元顔認証機を活用した管理システムを構築した。以下に得られた成果を示す。

(1) 山岳トンネルとシールドトンネルとの入出

坑方法の違いに着目し，2パターンの入出坑検知方法について検討を行い，それぞれトンネル現場において実証試験を実施した。山岳トンネルでは RFID タグを用いる方法，シールドトンネルでは顔認証機を用いる方法にて検証を行った。その結果，いずれの方法においても，入出坑時刻の取得，入坑者表示モニターの切り替わりが問題なく行われることを確認した。

- (2) 本システムで取得した技能者の出退勤データ，入出坑データは，リアルタイムにクラウド上に蓄積され，一元管理できることを確認した。
- (3) 現場実証試験により，本システムの実用性が確認でき，技能者就業履歴管理，坑内労働時間管理について，なりすましのない適切な管理が可能であることを確認した。
- (4) 本システムをグリーンサイトの認定デバイスとして API 連携を行った。これにより，本システムで取得した技能者の就業履歴データをグリーンサイト上で管理できるとともに，CCUS とのデータ連携機能を利用して，日々蓄積した技能者の就業履歴データを CCUS 連携させることが可能となった。

謝辞

本システムの開発に当たり，実証試験現場のご提供およびシステムの設置等にご協力をいただいたトンネル現場の関係各位，また，システムの構築・改良，API 連携にご協力をいただいた(株)リーセントテクノロジーの関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (株)リーセントテクノロジー. 3D 顔認証システム. <http://www.recent-technology.com/authentication.html>, 2021.11