

コンシューマ・デバイス論文

ノンストップ顔認証システムによる大規模イベントの チケット本人確認の性能改善

奥村 明俊^{1,a)} 星野 隆道¹ 半田 享¹ 西山 雄吾¹ 田淵 仁浩¹

受付日 2017年6月30日, 採録日 2017年11月15日

概要: 近年, 転売を目的としたイベントのチケット購入やダフ屋行為が増加しており, 本人確認が今まで以上に重要となっている. チケットの本人確認の課題は, 大規模イベントにおいて入場者のなりすまし防止と確認作業の効率化を両立させることである. 我々は, この課題の解決に向けて顔認証による本人確認システムを開発し実用化してきた. 本人確認システムは, 20 以上の大規模コンサートで活用され, なりすまし防止に効果を発揮している. このシステムは, チケット購入時に登録された購入者の顔画像とイベント入場時の入場者の顔画像を照合し, 購入者が入場者と同一であることを確認する. 顔認証による本人確認システムでは, イベント係員が入場者を静止させてチェックインや顔認証を実行し, 1 人あたり平均 7 秒で本人確認を行っていた. 本論文では, より効率的な本人確認を実現するために, 入場者が顔認証のために立ち止まることなく歩行したまま本人確認を行うノンストップ顔認証システムを提案する. 歩行中の入場者は, 横を向いたり目を閉じたりするなど顔認証に不向きな状態で撮影されることが多い. 提案システムは, 入場者を 2 つの異なるカメラで撮影し 2 種類の画像と登録画像を照合して顔認証を行うことで, 歩行中の入場者の高精度な顔認証を実現した. 提案システムは, アイドルグループのコンサート入場者 4,226 人の本人確認に活用され, 顔認証精度は 91% である. 本人確認から入場までの時間は, 顔認証に成功した場合 1 人あたり平均 2.5 秒, 顔認証が成功せずに係員が目視で確認した場合も含めて 1 人あたり平均 2.8 秒である. 従来の顔認証システムによる本人確認と比べて確認時間を 60% 削減した.

キーワード: 顔認証, バイオメトリクス, 本人確認, チケット転売防止

Improving Identity Verification for Ticket Holders of Large-scale Events Using Non-stop Face Recognition System

AKITOSHI OKUMURA^{1,a)} TAKAMICHI HOSHINO¹ SUSUMU HANDA¹
YUGO NISHIYAMA¹ MASAHIRO TABUCHI¹

Received: June 30, 2017, Accepted: November 15, 2017

Abstract: This paper proposes a non-stop face recognition system of verifying the identity of ticket holders at large-scale events. Such a system has been required to prevent illegal resale such as ticket scalping. The problem in verifying ticket holders is how to simultaneously verify identities efficiently and prevent individuals from impersonating others at a large-scale event in which tens of thousands of people participate. We developed Ticket ID System that identified the purchaser and holder of a ticket by using a face-recognition system, which required the ticket holders to stop for face recognition in 2014. Since it was proven effective for preventing illegal resale by verifying attendees at large concerts of popular music groups, it has been used at more than 20 concerts. The average time for identity verification was 7 seconds per person from check-in to entry admission. The proposed system has improved verification efficiency by recognizing faces of the ticket holders walking through the system which is called non-stop face recognition. The system has achieved higher performance than Ticket ID System by using two different images obtained from two cameras for face recognition. It was proven more effective than Ticket ID System by verifying 4,226 attendees at a concert of a popular music group. The average accuracy of face recognition was 91%. The average time for identity verification was 2.8 seconds per person, which succeeded in decreasing identity verification time by 60% compared with using Ticket ID System.

Keywords: face recognition, biometrics, identity verification, illegal ticket resale prevention

1. はじめに

居住移転や通信の自由が認められた現代社会においては、交通機関の発達やインターネットの普及とともに、個人が所属する共同体や組織は複雑化し多様化している。地縁や血縁、友情で結びついたゲマインシャフトと呼ばれる共同体においては、共同体の構成員がすべて知り合いであることも珍しくないが、現代社会の多くの共同体や組織では、必ずしも構成員は知り合い同士ではない。社会生活において、各個人が与えられた権利を行使したり、課された義務を遂行したりする際、本人であることが前提となる。多くの場合、身分証などによって本人確認が行われる。本人確認とは法律的には「実在していること（実在性）」と「正しくその本人であること（同一性）」の2点を確認することを指す [1]。実在性の基盤は戸籍である。日常生活の中で「実在性」が厳密に確認される場面は限られているが、もう一方の「同一性」の確認は様々な場面で求められる。現代社会においては、多くの人々が、たとえば、ICカードの社員証による勤務先の入退場、IT機器の利用、各種ITサービスの享受などで頻繁に「同一性」の確認が行われている。この「同一性」の確認を個人認証と呼び、個人認証が本人確認と同じ意味で使われることが多い。

近年、本人確認の必要性が増大している。たとえば、人気コンサートのように大人数が参加するイベントに入場する場合、以前は、参加証やチケットなどの所有物の確認だけが行われており、本人確認の必要性は深刻には考えられていなかった。入場料の高価なイベントの多くは座席指定なので参加証やチケットの偽造問題も想定する必要はなかった。しかし、昨今は、ネットオークションが一般化したために、個人レベルでチケットの売買行為が容易になった。それにもなって転売を目的としたチケット購入によるトラブルやダブ屋行為という違法行為の社会問題が増加している [2]。チケット入手の公正性の確立は、ファンだけでなくイベント事業者やアーティストも望んでいる [3]。イベント事業者は、ファンの心理につけこむ悪質行為の事例をあげてインターネット上での不特定者とのチケット売買の危険性を訴え、正規販売窓口以外でのチケット売買行為をいっさい禁止していることが多い。また、チケット販売規約で、申込者の氏名が仮名・偽名であるとき、申込者の住所が実際の住所と異なるとき、チケットがインターネットオークションまたはダブ屋など営利目的で転売されたときなど、チケットが無効とされることを記載している。実際、アミューズメントパーク [4] やコンサート会場 [5] において、不正に転売されたチケットが無効とされる事態が発

生している。そのため、本人確認によるなりすまし防止が今まで以上に重要な社会的課題となっている。

なりすまし防止のために本人確認を徹底することは、確認作業の効率化とトレードオフの関係にある。現在、チケットのなりすましを防止するために、多くのイベント会場において係員が身分証などの所有物によって本人確認を行っている。しかし、身分証など所有物は、容易に貸与や譲渡が可能なので、なりすまし防止に有効ではない。転売業者によっては、チケットと住民票をセットで高額出品したり、金額を上乗せして身分証を貸与することも行われている。インターネット上のチケット売買サイトにおいても「チケットと身分証明書を郵送します。20代～30代の女性の写真なし身分証明書2点お渡しします。終了後即返却をお願いします」といった内容が見受けられる。また、顔写真のついた身分証であっても、正式なものでない可能性もある。カラーコピーに写真を重ねるなど簡単に作成されることがある。実際、インターネット上には様々な身分証作成サイトが存在している。そのため、イベント会場では、係員が本人確認のために時間をかけざるをえず、多数の入場者が本人確認のために列をなすことも珍しくない。入場者の中には、持参した身分証がすぐに見当たらず、荷物の中を時間をかけて一所懸命探す入場者もいる。また、顔写真のない身分証代わりのものを持参して、年齢などから明らかに別人と思われる場合でも、強く本人であると主張する入場者もいる。そのような場合、係員は対応に長い時間を費やすことになる。さらに、入場待ちの時間が長くなると、待っている間に体調不良を感じたり強い不満を感じたりして、係員に対して様々な感情的になる入場者もいる。その結果、確認作業は、ますます時間を要することになる。このように、確認作業は、係員にとって肉体的にも心理的にも負荷の高いものとなりうる。そのため、本人確認は、確認の徹底よりも手短かに済ませることが優先されることもあり、なりすましが十分に防止されないこともある。イベント会場での確認作業は、多くの入場者に影響を及ぼすものであり、イベントそのものの成否にかかわるといっても過言ではない。そのため確認作業は、イベント入場者の利便性を損なうものであってはならない。

チケット本人確認の課題は、数万人以上が参加する大規模イベントにおいて入場者のなりすまし防止と確認作業の効率化を両立させることである。なりすまし防止のためには、本人確認手段として他人へ貸与・譲渡可能なものは用いることはできない。また、大規模イベントにおける本人確認手法は、屋外も含めた様々な環境と規模のイベントに現実的な運用コストで適用できるものでなければならない。言い換えると、単位時間あたりの確認者数（スループット）を増大させるために、人数規模に応じてスケラブルに本人確認可能な手法が必要である。また、屋外も含めて様々な環境で開催されるイベントに対応するためにポータブル

¹ NEC ソリューションイノベータ株式会社
NEC Solution Innovators, Ltd., Kawasaki, Kanagawa 213-8511, Japan

a) a-okumura@bx.jp.nec.com

で持ち運び容易な装置を用いる必要がある。つまり、所有物に代わる貸与や譲渡が不可能な情報を用いて、ステータスとポータビリティを備えた利便性の高い本人確認手法が求められている。我々は、顔認証ソフトウェアを用いたチケット本人確認システムを開発し、なりすまし防止と確認作業効率化の両立を図ってきた [6]。このシステムは、アイドルグループのコンサートなどに活用され、なりすまし防止と本人確認時間短縮により社会的にも評価され定着しつつある [7]。しかし、定着すればするほど以前の係員の目視による確認を知る入場者が減少し、確認時間短縮に対する要望が少なくなることはない。スループットの観点からだけいえば、IC カードによる駅の自動改札や QR コードによる空港の搭乗ゲートと同程度の効率的な入場が求められている。我々は、さらなる確認作業効率化のために本人確認システムの改良を進めている。

本論文では、本人確認作業をさらに効率化するために、ノンストップ顔認証システムを用いた本人確認システムを提案する。2 章では、関連研究として、大規模イベントの入場を効率化する電子チケットシステム、本人確認手法、ウォークスルー入場に関する手法について概説する。3 章では、我々が開発した顔認証ソフトウェアによるチケット本人確認システム（以下、従来システム）の利用手順、システム構成と課題について述べる。4 章では、本論文で提案するノンストップ顔認証システムを用いたチケット本人確認システム（以下、提案システム）の内容とシステム構成について説明する。5 章では、提案システムを実際のコンサートに適用し実証した結果について述べる。6 章では、提案システムについて考察し、今後の課題について述べる。

2. 関連研究

2.1 電子チケットシステム

大規模イベントのチケット発行や入場効率化のために、電子チケットが普及している。電子チケットは、入場の際にスマートフォンやタブレットに QR コードを表示するなど、通常の紙に印刷されたチケットを不要としたものである。電子チケットの中には、入場の際に紙のチケットの一部を切り取って使用済みとするのと同様の機能を提供する電子もぎりと呼ばれるものもある [8]。電子チケットは、複製は困難であるが、それ自体は他人への貸与や譲渡は可能であるので、なりすまし防止に有効ではない。なりすまし防止を可能とする電子チケットシステムとして、本人であることを電子的に確認し入場を制限する仕組みが研究されている。たとえば、双方向署名と否認不可能署名を用いることにより、匿名性と譲渡禁止を可能とした電子チケットシステムが提案されている [9]。このシステムは、優れた実験結果を示しているが、チケット購入者の秘密鍵を保管した IC カードを利用し、この IC カードの貸し借りは行わないことを前提条件としている。現実にはこの前提条件は成り

立たず、実用的ななりすまし防止策とならない。

2.2 本人確認手法

本人確認は、江戸時代の物語にも見受けられる。水戸黄門は、隠居した商人を装って諸国を漫遊して悪者を懲らしめる話が知られている。悪者に対して、お供の者が黄門の所持品である徳川家の家紋の葵の印籠を示して、水戸黄門本人であることを示すシーンは有名である [10]。赤穂浪士は、討ち入りにおいて暗闇の中で敵と味方を識別するために、「山」「川」の合言葉を用いた。「山」と言われて「川」と答えることを知っていなければ、敵と見なされたという [11]。北町奉行の遠山金四郎は、身分を隠し遊び人の金さんとして潜入捜査を行い、片肌脱いで桜吹雪の入れ墨を見せて立ち回って悪者逮捕に協力した。奉行所において、しらばくれる悪者に対して入れ墨を見せて奉行自らが潜入捜査を行った本人であることを示すシーンが有名である [12]。これらの物語は、江戸時代に印籠という所有物、合言葉という知識、入れ墨といった身体的特徴が本人確認に使用されたことを示している。

現代の本人確認の手法は、身分証や運転免許証などを用いる所有物認証、パスワードや暗証番号などを本人のみが知っていることを利用する知識認証、指紋や静脈や顔などによる生体認証の 3 種に分類される。知識認証と所有物認証は、インターネットサービスや銀行端末での利用のように、組合せも含めてすでに社会生活で広く利用されている。しかし、知識認証と所有物認証はともに、チケット購入者とイベント入場者の合意があれば貸与や譲渡が可能であり、なりすまし防止には有効ではない。生体認証は、指紋や顔などの身体的特徴による認証と声紋や筆跡などの行動的特徴による認証がある [13], [14]。生体認証は、忘れたり、紛失したりする恐れがないという利点に加え、本人と不可分であるので貸与や譲渡が困難であり、なりすまし防止には有効である。生体認証は、あらかじめ登録されている生体情報とセンサから入力された照合情報とを比較することにより本人確認を行う。たとえば、金融機関で使われている静脈認証 [15] や国や自治体で使われている指紋認証 [16] の場合、両者ともに生体情報取得の専用センサが必要である。イベントにおける本人確認の場合、一般の方が自宅で生体情報を登録して、様々なイベント会場で照合できることが求められる。そのため、指紋や静脈や虹彩のように特別なセンサを用いる生体情報を事前に登録してイベント会場で確認することは現実的ではない。一方、顔認証は、センサとしては通常のカメラを用いることができ、一般の人にとってその扱いも容易である。精度面においても、運用の工夫で実用化された事例 [17] や実証実験事例 [18] が報告されている。顔認証による本人確認の実用事例は、出入退室管理や出入国管理、病院再来院受付やホテルの受付、PC のログインや犯罪者の検索などであり、我々の開発したチ

チケット本人確認システム以外に大規模な入場者を対象とした事例は報告されていない。大規模な入場者の本人確認では、所有物に代わる貸与や譲渡が不可能な情報を用いて、スケーラビリティとポータビリティを備えた利便性の高い確認手法の確立が課題となる [6]。顔認証が課題解決に寄与する可能性や実用化するための方法論は自明ではなかった。チケット本人確認システムは、顔認証アルゴリズムを改良することなく、適用プロセスと運用手順を創出してシステム化することにより顔認証の新たな実用領域を見出した。今後、顔認証を用いた新たな実用領域が広がる可能性がある。

2.3 ウォークスルー入場

大規模な入場者が効率良くゲートなどを通過するシステムとして、ウォークスルーやタッチアンドゴーと呼ばれるシステムが知られている。これらは、ICカードを用いた駅の自動改札やQRコードによる空港の搭乗ゲートで実用化されている。これらのシステムは、乗客がほぼ立ち止まることなく効率的に入場することを実現しているが、ICカードやQRコードという他人に貸与や譲渡可能な所有物認証による本人確認であるので、なりすまし入場を完全に防止するものではない。鉄道会社は、ICカードの定期券購入時の禁止事項として、「他者になりすましてサービスを利用する行為」を明記しているが、現実には不正乗車は発生する [19]。駅の自動改札システムでは、ICカードに登録されている年齢情報によって、小人が通過するときはアラームや赤ランプが示されるが、子供同士の貸し借りなどもあり必ずしも有効な防止手段ではない。

生体認証によるウォークスルー認証として、ウォークスルー型指静脈認証システムが知られている。このシステムは、利用者が手をかざすだけで指静脈を高速に読み取り、自動改札機と同程度のスループットを実現している [20]。しかしながら、大規模イベントに適用するためには、チケット購入時の指静脈情報を登録するセンサや仕組みを普及させることが大きな課題となる。また、屋外も含めて様々なイベント会場に専用装置を設置する必要性があり、そのコストとポータビリティが問題となる。

3. チケット本人確認システムと課題

3.1 チケット本人確認システムによる手順

我々は、顔認証ソフトウェアを用いたチケット本人確認システムを開発し、なりすまし防止と確認作業効率化の両立を図ってきた [6]。チケット本人確認システムを用いたチケットの申し込みから入場手続きまでの手順を図 1 に示す：

Step 1：人気チケットは、購入時にはファンクラブなどの会員登録を行って抽選となることが多い。チケット申し込み者は、会員情報と顔写真を登録する。その際、

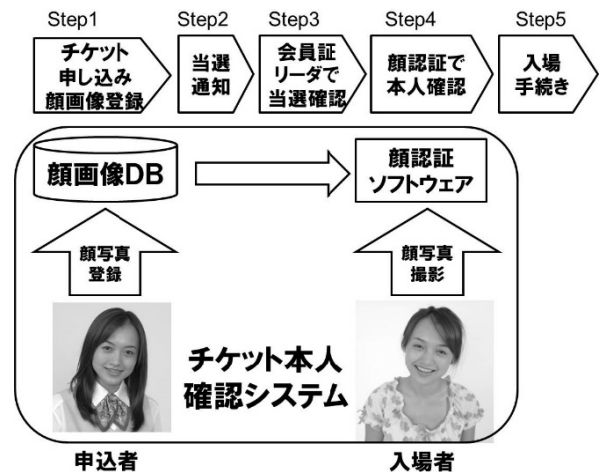


図 1 チケット本人確認システムによる手順
Fig. 1 Current ticket identification procedure.

イベント当日に顔認証によって本人確認されること、顔写真画像を含む個人情報の取扱いに関するプライバシーポリシーが提示される。登録する顔写真は、一般的な証明写真と同様、正面を向いた顔がはっきりと確認できる無地を背景に撮影されたものである。帽子、サングラス、マスク、マフラなどを装着せず、髪の毛やピースサインなどで顔が隠されないように注意を促す。

Step 2：イベント事業者は、当選した会員に結果を通知する。転売リスクが高くなるので、当選者にはチケットを事前に送付せずに当選結果のみを通知することもある。

Step 3：イベント会場の係員は、イベント開催当日に入場者がチケット当選会員であることを会員証リーダによって確認する。

Step 4：イベント係員は、イベント会場に入場者の顔写真を撮影し申込時に登録された顔写真と同一人物であるかを顔認証ソフトウェアによって確認する。

Step 5：イベント係員は、顔認証結果に基づいて入場手続きを行う。

3.2 チケット本人確認の全体システム構成

上述した手順を実現するイベント入場者制御プラットフォームとチケット本人確認システムの構成を図 2 に示す。

イベント入場者制御プラットフォームは、イベント開催前に本人確認の対象となる人のデータベースを構築する入場者管理システムとイベント当日に入場者の本人確認や手続きを行うチェックインシステムを制御する。

入場者管理システムは、図 3 に示すように個人情報登録機能、会員情報管理機能、チケット当選者の情報を管理する当選者情報抽出機能で構成され、会員登録やチケット申し込み時の処理を行う。申し込み時に入力された会員情報 (ID 番号など) や個人情報 (氏名など) は、個人情報登録機能と会員情報管理機能によりいったん会員情報データ

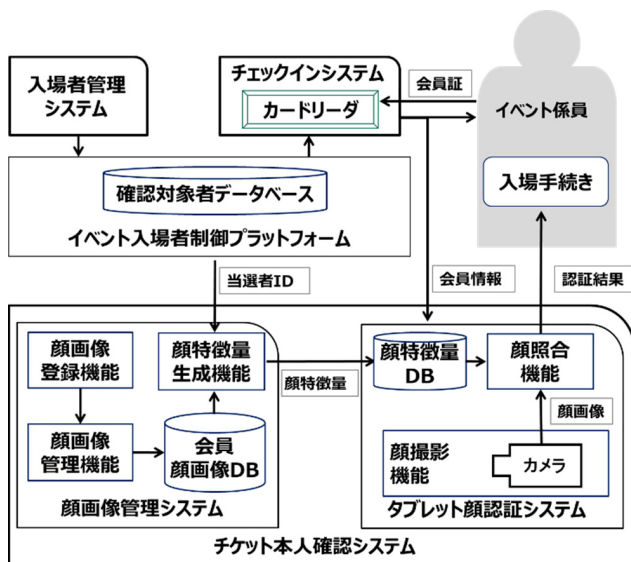


図 2 チケット本人確認のシステム全体構成
Fig. 2 System configuration of Ticket ID system.

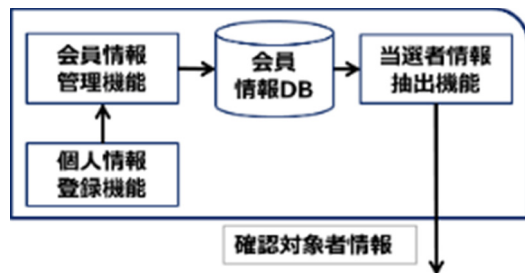


図 3 入場者管理システム
Fig. 3 Attendee-management system.

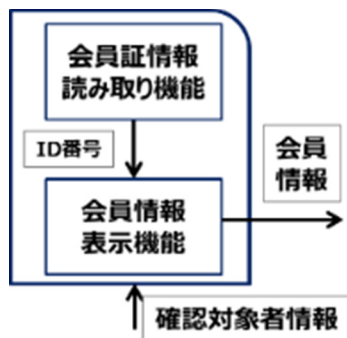


図 4 チェックインシステム
Fig. 4 Check-in system.

ベースに保管され、さらにイベントごとに実施される抽選の結果に従い当選者抽出機能により確認対象者データベースに情報が送信される。確認対象者（チケット当選者）の会員情報は、イベント入場者制御プラットフォームを介してイベント当日に使用されるチェックインシステムに送信される。

チェックインシステムは、図 4 に示すように会員証情報読み取り機能（カードリーダー）と、イベント係員が確認に用いる会員情報表示機能（表示モニタ）から構成される。

イベント会場において、イベント入場者の会員証から ID 番号を読み取り、これをキーにして確認対象者データベースから、該当する ID 番号の会員情報を抽出し、会員情報表示機能によってイベント係員に表示する。チェックインシステムは、認証失敗時には確認対象者データベースと通信して登録顔画像をモニタに表示する。係員は、顔認証によって本人確認できない場合、表示された登録画像を目視することによって確認する。

チケット本人確認システムは、顔画像管理システムとタブレット顔認証システムから構成される。顔画像管理システムは、顔画像登録機能、顔画像管理機能、顔特徴量生成機能によってチケット当選者の顔特徴量データベースを構築する。まず、顔認証に必要な会員の顔画像を顔画像登録機能と顔画像管理機能により、会員顔画像データベースに格納する。次に、顔特徴量生成機能は、チケットが当選した会員の ID 番号を入場者管理システムの当選者抽出機能から受け取り、入場時の本人確認対象となる会員の顔画像から顔特徴量を抽出してイベント当日の顔照合時に必要となる顔特徴量データベースを暗号化してタブレット顔認証システム上に生成する。顔特徴量は、特徴点の数値データであり、このデータから元の顔画像を復元することはできない。タブレット顔認証システムでは、顔特徴量を暗号化したうえで保存・通信が行われる。タブレット顔認証システムは、顔特徴量データベースと顔撮影機能、顔照合機能、認証機能によって入場者の顔認証を行う。イベント当日、チェックインシステムが入場者の ID 番号から会員情報をタブレット顔認証システムに送信する。タブレット顔認証システムは、この会員情報をトリガにして顔特徴量データベースに登録された会員の顔特徴量と抽出する。顔照合機能は、顔撮影機能より得られた入場者の顔画像から抽出された顔特徴量と登録された会員の顔特徴量を照合して、認証結果を表示する。イベント係員がこの顔認証結果を確認して入場手続を実施する。

3.3 タブレット顔認証システム

顔認証ソフトウェアは、高精度かつ高速な顔認証を可能とする NeoFace を用いた [21]。NeoFace は、米国国立標準技術研究所 (NIST) が 2010 年に実施したバイオメトリクス技術ベンチマークテストの静止顔画像認証部門において最高性能を達成した。ビザ申請時に使われた 180 万人の顔画像検索において検索精度 95% であり、他人許容率 (他人が本人と誤認される率) が 0.1% 時に本人拒否率 (本人が本人と認識されない率) は 0.3% である [22]。顔認証処理の概要を図 5 に示す。顔認証は、登録画像と照合画像を比較して、それらの顔画像が同一人物か否かを判定する [22]。タブレット顔認証システムでは、イベント当日に本人確認対象となる申込者の画像を登録画像、入場者の画像を照合画像として比較する。登録画像の顔特徴量は、事前にシステ



図 5 顔認証処理の概要

Fig. 5 Outline of face recognition process.



図 6 タブレット端末の外観

Fig. 6 External view of commercial tablet terminal.



図 7 顔認証ソフトウェアの表示画面

Fig. 7 Display screen of face recognition software.

ム上に生成されている。イベント当日、まず、入場者の画像に対して顔の領域を検出する処理、顔検出を行う。次に、検出された顔領域に対して、目、鼻、口端などの顔の特徴点を検出する顔特徴点検出処理を行う。最後に、得られた特徴点位置を用いて顔領域の位置、大きさを正規化して類似度を計算し、登録画像と照合画像の照合処理を行う。

NeoFace をタブレット端末 (図 6 参照) に実装したタブレット顔認証システムを構築した。顔認証は、タブレット端末単体で実行される。タブレット端末の背面カメラで対象者を撮影し顔認証を開始すると「顔認証を開始します」のメッセージとともに、顔検出により顔領域が四角の枠で表示される (図 7 左)。顔認証結果は、10 万人の顔画像情報に対して顔写真撮影後 0.5 秒以内で画面に表示される。認証された場合、「認証 OK です」のメッセージが表示される (図 7 中央)。認証されない場合、「認証できませんでした」のメッセージが表示される (図 7 右)。

3.4 チケット本人確認システムのパラメータ

チケット本人確認システムの制御パラメータとして、顔認証に関する内的パラメータと外的パラメータ、イベント当日の本人確認の操作パラメータがある。内的パラメータは、対象となる顔そのものの物理的特徴であり観測者に依存しないものである。たとえば、年齢 (撮影時期)、表情、毛髪、メガネや化粧などである。外的パラメータは、顔の見え方や状況に関するもので、照明や姿勢、背景、画像の解像度や鮮明度などである。操作パラメータは、イベント係員と入場者のインタラクションに関するものである。たとえば、撮影のために入場者を静止させるかしないか、カメラの位置を示してその方向を向かせるか向かせないか、本人確認のために何回顔認証を実行するか、顔認証において何枚の顔画像と照合するかなどである。

顔認証の内的パラメータと外的パラメータは、NIST によるパスポートやビザ申請の写真に対する人物検索の基準に準拠して設定された [23]。これらの基準は、認証精度の技術的観点から好都合であるだけでなく、一般の個人が自分の画像を登録する際にも受容可能と思われる。以下に画像に関する基準の具体例を記す：

- (1) 3 カ月以内に撮影されていること
- (2) 顔が中央にあつて髪の毛が顔を隠していないこと
- (3) 顔を水平にして目を開けていること
- (4) 背景は単色であること
- (5) 背景や顔に影がないこと
- (6) サングラスやメガネの反射で目が隠れないこと
- (7) 帽子をかぶっていないこと
- (8) 他人やおもちゃや人形が画像に含まれていないこと
- (9) 画像が加工・修正されていないこと

これらの基準は、チケット申し込みのウェブサイトに注意事項として記載されている [24]。

本人確認の操作パラメータとして、顔認証は 1 人あたり 2 回まで 1 枚ずつ撮影することとした。また、撮影の際は、立ち止まってカメラの方向を向いてもらうこととした。

3.5 チケット本人確認システムの課題

顔認証ソフトウェアを用いた本人確認システムは、図 8 に示すように 2014 年 7 月 26 日と 27 日に神奈川県横浜市の日産スタジアムで開催されたアイドルグループのコンサートの入場者 50,324 人に利用され、その後 20 回以上の大規模イベントに活用された [25]。

イベント会場の係員は、図 9 と図 10 に示すようにチェックインシステムとタブレット顔認証システムを用いて、3.1 節で述べた Step3, Step4, Step5 の手順に従い以下の作業を行った [6]：

- (1) 入場者の会員証を受け取ってカードリーダーにかざしてチェックインして、入場者が当選者であることをモニタ画面で確認する。画面にはカードに登録された会員



図 8 コンサート会場における顔認証

Fig. 8 Attendees being verified through face recognition.

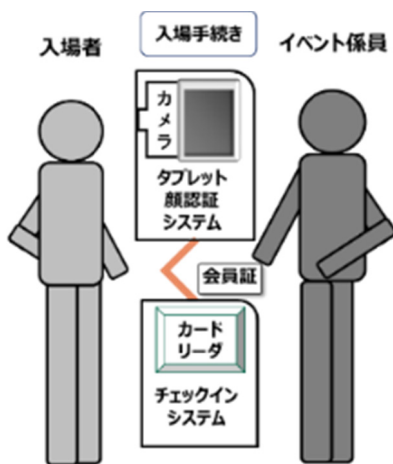


図 9 チェックインシステムとタブレット顔認証システム

Fig. 9 Check-in and tablet-based face recognition systems.



図 10 チケット本人確認システムによる入場

Fig. 10 Recognition system admitting attendee.

情報が表示される。

- (2) 入場者に顔認証による本人確認を行うことを伝え、タブレット端末の背面カメラの場所や立ち位置を教え、静止した状態で正面を向いて顔写真撮影することなど



図 11 顔認証できなかった例

Fig. 11 Recognition failure cases.

を説明する。

- (3) 顔認証ソフトウェアを実装したタブレット端末を用いて入場者の顔認証を行い、認証結果を確認する。
- (4) 顔認証が成功して本人確認ができた場合、入場手続きを行う。
- (5) 顔認証が成功せずに本人確認できない場合、再度認証を行うか、直接目視によって確認する。

顔認証による本人確認から入場までの時間は、顔認証に成功した場合 1 人あたり平均 6 秒、顔認証が成功せずに目視で確認した場合も含めて 1 人あたり平均 7 秒である。認証精度は 90% (本人拒否率 10%) であった。顔認証できなかった例を図 11 に示す。認証できなかった事由として、目が閉じられたり (図 11 左)、同伴者と話すなど正面を向いていなかったり (図 11 中央)、頭髮が顔を隠したりしていること (図 11 右) があげられる。なりすましによる入場の報告はなかった。顔認証を用いずに係員が身分証と目視による本人確認時間は、1 人あたり平均 10 秒であったので確認時間を平均 30% 短縮した。入場者 241 人に対する調査の結果、83% がシステム導入によって本人確認の利便性が向上したと感じている [6]。一方、利便性が向上したと思わない最大の理由として、「入場手続きに時間がかかる」があげられる。従来よりも 30% 確認時間が短縮されたが、絶対的に時間を短縮することが必要である [6]。また、イベント主催者としては、イベントが大規模になればなるほど、イベント係員の確保など本人確認に要するコストが興行上の課題となる。できる限り確認時間を短縮してスループットを向上させ、イベント係員の人数を低減させることが求められる。3.3 節で述べたように顔認証は、顔写真撮影後 0.5 秒以内に認証結果が表示される。確認時間を短縮するためには、顔認証前の作業をいかに効率化するかが課題である。

4. ノンストップ顔認証システムによるチケット本人確認

4.1 ノンストップ顔認証システム

本人確認時間を短縮するために、歩行中の入場者をカメラで撮影して顔認証を行うノンストップ顔認証システムを構築する。従来、イベント係員は、3.5 節で述べたように顔認証を行う前に、入場者から会員証を受け取ってカード

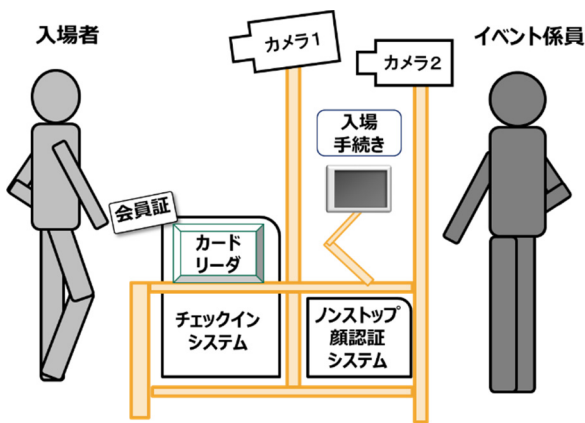


図 12 ノンストップ顔認証による本人確認
Fig. 12 Non-stop face recognition.

リーダーにかざしてチェックインし、入場者に立ち位置を示してカメラに向かって目を閉じないで静止するなどの説明を行っていた。提案システムは、このような作業を効率化し、入場者を立ち止まらせることなく本人確認を行うことで時間短縮を図る。歩行中の入場者は、横を向いたり目を閉じたりするなど顔認証に不向きな状態で撮影されることがある。提案システムは、入場者を2つの異なるカメラで撮影し2種類の画像と登録画像を照合して顔認証を行う。具体的には、従来システムの内的パラメータと外的パラメータは変更せずに、入場手続きや操作パラメータに関して以下のように改良し、図 12 に示すシステムを構築する：

(1) カードリーダーと確認場所の分離

カードリーダーをイベント係員の手前 1.5m ほどの場所に設置して、入場者が自分で会員証をカードリーダーにかざしてチェックインして係員の方向に進む。駅の自動改札を通過するのと同様、入場者はいったん停止して会員証を係員に渡す必要はない。この改良により、会員証の受け渡し時間の短縮を図る。

(2) 外付けカメラの利用

タブレット顔認証システムでは、タブレット端末の背面カメラを用いて撮影していたが、入場者にとってどこを見ればよいのか分かりにくかった。入場者に目立つように外付けの IP カメラを設置して、歩行中の入場者の顔画像を撮影する。

(3) 複数画像による顔認証

外付け IP カメラを 2 カ所に設置してそれぞれが異なるタイミングで顔画像を撮影し、2 種類の顔画像で顔認証を行う。歩行中の入場者には、撮影に関する注意事項を伝えることは困難である。その結果、正面を向いていなかったり目を閉じていたりする顔画像となる可能性がある。そこで、時間を 0.5 秒程度ずらして 2 つのカメラで撮影して、いずれかの顔画像が申し込み時の登録画像と一致した場合、認証成功とする。

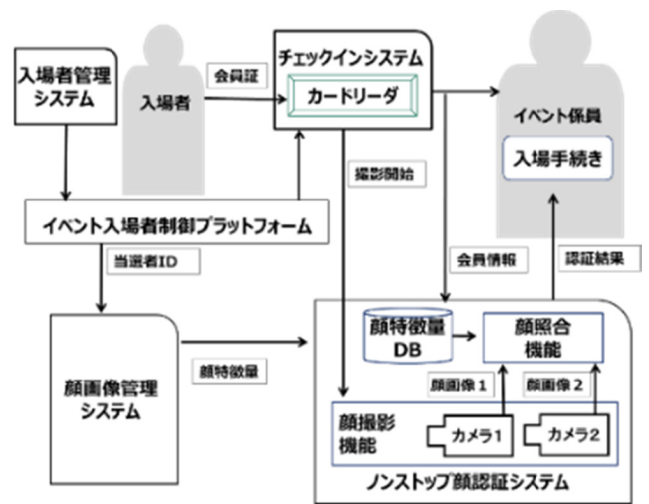


図 13 ノンストップ顔認証システムと全体構成
Fig. 13 Non-stop face recognition and system overview.

4.2 システム構成

4.1 節で述べたシステムを実現するために、チェックインシステムに機能を追加し、タブレット顔認証システムをベースに 3.3 節で述べた NeoFace を用いてノンストップ顔認証システムを開発した。ノンストップ顔認証システムは、外付けの 2 つのカメラの接続を可能とする端末を用いて顔認証を行う。ノンストップ顔認証システムと全体構成を図 13 に示す。チェックインシステムは、カードリーダーに入場者が会員証をかざすとノンストップ顔認証システムに撮影開始命令を送信する。ノンストップ顔認証システムは、チェックインシステムから送信された撮影開始命令により、カメラ 1 とカメラ 2 を用いて 0.5 秒の時間差で入場者を撮影する。顔照合機能は、カメラ 1 とカメラ 2 で撮影された 2 つの顔画像を登録画像と照合し、いずれかの撮影画像が認証に成功した場合、認証成功としてモニタに結果を表示する。顔認証結果は、タブレット顔認証システムと同様、10 万人の顔画像情報に対して 0.5 秒以内で表示される。

5. ノンストップ顔認証システムの実証

5.1 コンサート会場での実証

ノンストップ顔認証システムは、千葉県幕張メッセで 2016 年 12 月 24 日と 25 日に開催されたアイドルグループのコンサートで実証された。ノンストップシステムを用いて、イベント係員が以下の確認作業を行った：

- (1) 入場者が会員証をカードリーダーにかざしてチェックインした後、モニタ画面に表示された会員情報で、入場者が当選者であることを確認する。
- (2) 入場者が歩いてこない場合、係員の方に歩いてくるよう促し、入場者が歩行中に当選者本人であることを顔認証結果によって確認する。
- (3) 顔認証によって本人確認ができた場合、入場手続きを

表 1 従来システムと提案システムの比較

Table 1 Results of conventional and proposed systems.

	従来システム	提案システム
平均本人確認時間	7 秒	2.8 秒
チェックイン実行者	イベント係員	入場者
顔認証カメラの数	1	2
利用カメラ	内蔵カメラ	外付けカメラ
認証時の入場者体勢	静止	歩行
顔認証精度	90%	91% (カメラ 1: 67%) (カメラ 2: 73%)
認証できない主な事由	目を閉じている, 正面を向いていない, 頭髪が顔を隠している	
なりすまし報告	無し	

行う。

- (4) 本人確認できない場合, モニタ画面に表示された画像と入場者を直接目視によって確認して入場手続きを行う。

5.2 実証結果

2 日間で合計 4,226 人の入場者に対してノンストップ顔認証システムによる本人確認を行った結果, なりすましによる入場の報告はなかった。入場者を最初に撮影したカメラ 1 の画像による認証精度は 67%, 0.5 秒後に撮影したカメラ 2 の画像による認証精度は 73% であり, いずれかのカメラの画像による認証精度は 91% であった。認証できなかった事由は, 従来システムと同様, 目が閉じられたり, 同伴者と話したりするなど正面を向いていなかったり, 頭髪が顔を隠していたりすることがあげられる。入場者が会員証をカードリーダーにかざしチェックインしてから歩いて入場するまでの時間は, 顔認証に成功した場合 1 人あたり平均 2.5 秒, 顔認証できず係員が確認した場合は 1 人あたり平均 5.5 秒, 両方を含めて 1 人あたり平均 2.8 秒である。従来システムと提案システムの比較を表 1 にまとめる。

6. 考察

6.1 本人確認作業の効率化

ノンストップ顔認証による本人確認から入場までの時間は, 1 人あたり平均 2.8 秒であり, 従来の顔認証ソフトウェアによる本人確認時間は 1 人あたり平均 7 秒であったので, 確認時間を 60% 削減した。従来, 係員は, 入場者を静止させて会員証を受け取ってカードリーダーにかざしてチェックインし, その後, 顔認証の撮影のための説明および顔認証を行っていた。そのため, 入場者が列をなして顔認証による確認を待つ状態が発生した。今回のコンサートで待ち状態はほとんど発生することなく, 係員はスムーズに入場手続きをすることができた。イベントによっては, 運営コス

トや会場スペースの制約から, 十分な数の係員や本人確認場所が確保できない場合もある。今回, 入場者の確認待ちの時間を最低限に抑えながら, 係員の人数と本人確認場所を何カ所設置すべきかに関する知見を深めることができた。

6.2 顔認証の精度

従来システムの顔認証精度は 90% である [6]。提案システムのカメラ 1 とカメラ 2 の単独の画像に対する認証精度は, それぞれ 67% と 73% であり従来システムよりも低い。従来システムにおいても同様の事由で顔認証できないことはあったが, イベント係員が入場者を静止させてカメラの場所や立ち位置などを説明していたので, 提案システムほど多くなかったと思われる。提案システムでは, いずれかの画像の顔認証が成功する率は 91% であり, 従来システム以上の精度を得ることができた。つまり, 2 枚の画像のいずれかにおいて, 認証できない事由は発生したが, 両方の画像において同時に発生することは少なかった。撮影のタイミングと場所の異なる 2 枚の画像を顔認証の対象としたことが, 認証精度の向上につながったと思われる。カメラ 2 の画像の認証精度がカメラ 1 の画像の認証精度よりも高いのは, 主に顔の向きによる違いである。イベント係員に近い場所で撮影された画像は, 係員の方に顔を向けて歩いてくるので正面を向いた顔が多くなったと思われる。提案システムの認証精度は 91%, つまり本人拒否率は 9% であった。実際の現場において, 2 つのカメラを用いて歩行条件で 90% を超える精度を達成し, 従来システムの性能を改善するための知見を得ることができた。カメラ数を増やせば, より認証精度が向上し, 運用上の頑健性をさらに担保することができる。

6.3 システムの運用性と受容性

カードリーダーと確認場所は 1.5 m ほど離れているので, 入場者がカードリーダーに会員証をかざしチェックインしてイベント係員のもとに到着するまでに 1 秒以上の間がある。顔認証は 0.5 秒以内で完了するので, 入場者の到着前に認証結果はイベント係員に表示される。イベント係員は, 顔認証結果にかかわらず, 入場者が到着する前に入場手続きや直接目視による確認といった次の作業に着手し, 迅速な入場手続きを行うことができた。実際, 入場者の多くは顔認証の結果やいつ本人確認されたのかを意識することなく入場していた。入場者がカードリーダーに自分で会員証をかざしてチェックインすることに関して, 係員が現場で説明する必要はほとんどなかった。「ここに会員証をかざしてください」といった案内や自動改札と同様に前を進む人と同じようにやれば良いといった点が受け入れやすかったと思われる。一方, 前例となる入場者が前にいない場合, カードをかざしてチェックインした後, 一瞬立ち止まる入場者も見受けられた。その場合は, 係員がどうぞお進みくださ

いと誘導することで対応した。外付けカメラの利用は、入場者にとって分かりやすいだけでなく、向きや高さなど容易に変更可能であり、イベント係員が会場の状況にあわせて柔軟に調整可能であった。具体的には、入場者の身長に合わせて高さを設定し、入場者が重なって撮影されないように位置を調整して据え付けることができた。提案システムは、今回実証したコンサート以降、アイドルグループのコンサートなどで約1万人の本人確認に有効活用されている。今後、さらに利用を拡大する予定である。

6.4 今後の課題

本人確認作業の効率化に関して、入場者にとっての利便性を評価する。平均確認時間が2.8秒に短縮されても自分もしくは自分の直前の入場者が認証に失敗して待たされると主観評価は低下すると思われる。提案システムの認証精度が91%なので、2者連続で認証が成功する確率は83%、つまり、入場者の17%が自分もしくは自分の直前で認証失敗を意識する可能性がある。提案システムでは、6.3節に記載したように、入場者の多くは顔認証の結果やいつ本人確認されたのかを意識することなく入場しており、また、6.1節に記載したように、今回のコンサートで待ち状態はほとんど発生することなく係員はスムーズに入場手続きをしていた。これらの事実から利便性は向上したと思われるが、入場者へのアンケート調査などで確認する。

顔認証の精度に関して、精度改善のため、目を閉じている顔、正面を向いていない顔、頭髪などで隠されている顔に対応する必要がある。顔認証技術の改良とともに運用面の改善を図る。具体的には、チェックインして係員のもとに進むときは、正面を向いて頭髪が顔を覆い隠さないようにするなど入場者の協力と理解を得るようにする。また、本人以外がなりすましで入場しようとした事例は報告されていないので他人許容率は0%であるが、より注意深く精査していく。今回のコンサートのチケット購入者はチケット申込み時に顔画像を登録しイベント会場において登録画像と照合され本人確認されることがウェブサイトなどで広く通知されている。また、顔認証によるチケット本人確認システムへの入場者に対する調査では、「転売しにくい」、「イベントに行きたいファンが入手できる」や「ダフ屋が減る」といった理由をあげて、93.8%が転売防止効果を感じている [6]。したがって、あえて他人が登録して購入したチケットを入手してなりすましを行う入場者は、ほとんどいなかったと思われる。そこで、他人許容率に関して一種のアタックテストを行う。アタックテストとして、変装テストと似た者テストの2種類が考えられる。変装テストは、髪の毛やメガネや化粧などによってできるだけ本人らしく見せかけた偽者に対するテストである。似た者テストは、双子や兄弟や親族など、そもそも顔の物理的特徴に近い人々に対するテストである。変装テストによって、シス

テムをごまかす変装のポイントを明確にし、イベント係員がチェックする際のマニュアルなど改善につながることを期待される。似た者テストは、現在の顔認証の技術的境界を明らかにするものであり、次世代の技術革新のための知見とする。

システムの運用性と受容性に関して、運用コスト（機材の数量や占有スペース、機器調整の手間や係員の数）を抑制しながら入場者に対する受容性を向上させる必要がある。チケット本人確認には、イベント会場にカードリーダーとチェックインシステム、カメラやタブレット端末を設置する必要がある。今後、運用コストと入場者の受容性に関する関係を明らかにしながら、必要機材の簡素化を図る予定である。

7. おわりに

ノンストップ顔認証システムによる大規模イベントのチケット本人確認システムを開発し、なりすまし防止と円滑な入場を実現した。従来の顔認証による本人確認システムでは、イベント係員が入場者を静止させてチェックインや顔認証を実行し、1人あたり平均7秒で本人確認を行っていた。ノンストップ顔認証システムでは、入場者を2つの異なるカメラで撮影し2種類の画像と登録画像を照合して顔認証を行うことで、歩行中の入場者の高精度な顔認証を実現した。提案システムは、アイドルグループのコンサート入場者4,226人の本人確認に活用され、顔認証精度は91%であった。本人確認から入場までの時間は、顔認証に成功した場合1人あたり平均2.5秒、顔認証が成功せずに係員が目視で確認した場合も含めて1人あたり平均2.8秒である。従来の顔認証システムによる本人確認と比べて確認時間を60%削減した。提案システムは、今回実証したコンサート以降、アイドルグループのコンサートなどで約1万人の本人確認に有効活用されている。今後、入場者への説明方法を改善しながら、さらに利用を拡大していく。

謝辞 チケット本人確認システムは、(株)テイパーズ様主催のコンサートで実証されました。顔認証ソフトウェアの利用に関して NEC の事業部門ならびに中央研究所の皆様にご協力いただきました。NEC ソリューションイノベータ (株) の高木剛氏と窪田清仁氏には、実証に際してご尽力いただき、佐久間洋執行役員常務には多大なるご指導を賜りました。関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] セキュリティ対策推進事業「本人確認をした属性情報を用いた社会基盤構築に関する調査研究」調査報告書, p.16 (Mar. 2013).
- [2] 独立行政法人国民生活センター：インターネットオークション、入手先 (<http://www.kokusen.go.jp/soudan-topics/data/internet3.html>).
- [3] 朝日新聞、読売新聞：私たちは音楽の未来を奪うチケット

トの高額転売に反対します：一面広告，入手先 (<http://www.tenbai-no.jp/>) (参照 2016-08-23).

[4] 日本経済新聞電子版：USJ，転売チケットを無効に 11 月 1 日から，入手先 (<http://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ16HXR.W5A011C1T15000>) (参照 2015/10/16).

[5] サイゾーウーマン：嵐ツアー，「チケット無効」退場でファン激震！転売摘発も『紅白』30 万円チケット流通，入手先 (http://www.excite.co.jp/News/entertainment_g/20141225/Cyzowoman_201412_post_14586woman.html) (参照 2015-01-01).

[6] Okumura, A., Hoshino, T., Handa, S. and Nishiyama, Y.: Identity Verification of Ticket Holders at Large-scale Events Using Face Recognition, *IPSJ Transactions on Consumer Devices & Systems*, Vol.7, No.2 (May 25, 2017).

[7] 人工知能学会 2015 年度現場イノベーション賞金賞受賞，入手先 (<https://www.ai-gakkai.or.jp/about/award/#INNOVATION>) (参照 2016-06-24).

[8] fringe watch：バーコードや QR コードを使わず，オフラインのスマートフォン上で「電子もぎり」を実現した「tixee」のチケットレス票券管理システム，入手先 (<http://watch.fringe.jp/2013/0613200357.html>) (参照 2016-06-30).

[9] 甲斐根功，佐々木良一，斉藤泰一：匿名性を持つ譲渡禁止電子チケットシステムの提案と評価，*情報処理*，Vol.47, No.7, pp.2267-2278 (2006).

[10] Schilling, M.: Mito Komon, *The Encyclopedia of Japanese Pop Culture*, Weatherhill, New York, pp.135-138 (1997).

[11] Takeda, I., Miyoshi, S. and Keene, D.: *Chushingura: The Treasury of Loyal Retainers*, p.170 (1971).

[12] 大川内洋士：実説 遠山の金さん—名奉行遠山左衛門尉景元の生涯，近代文芸社 (1996/8).

[13] 今岡 仁，溝口正典，原 雅範：安心安全を守るバイオメトリクス技術，*情報処理*，Vol.51, No.12, pp.1547-1554 (2010).

[14] 瀬戸洋一：バイオメトリクスセキュリティ認証技術の動向と展望，*情報処理*，Vol.47, No.6, pp.571-576 (2006).

[15] 外 昌弘：我が国金融機関におけるバイオメトリック認証技術の活用について，*情報処理*，Vol.47, No.6, pp.577-582 (2006).

[16] 坂本静生：バイオメトリクス製品とソリューションの現状と展望，*NEC 技報*，Vol.63, No.3, pp.14-17 (2010).

[17] IPA (独立行政法人情報処理推進機構)：生体認証導入・運用の手引き，pp.19-21 (2013/1).

[18] 法務省出入国審査における顔認証技術評価委員会：日本人出帰国審査における顔認証技術に係る実証実験結果(報告)，入手先 (<http://www.moj.go.jp/content/001128805.pdf>) (参照 2014-11-18).

[19] JR 東日本：乗車券の無札及び不正使用の旅客に対する旅客運賃・増運賃の収受，旅客営業規則，第 2 編旅客営業—第 7 章乗車変更等の取扱い—第 3 節旅客の特殊取扱—第 2 款乗車券類の無札及び無効。

[20] 長坂晃朗：社会インフラとしての適用に向けた生体認証の新展開—ウォークスルー型指静脈認証を例に，第 6 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム (2016/11).

[21] NEC：NEC の顔認証，入手先 (<http://jpn.nec.com/face/>).

[22] 今岡 仁：NEC の顔認証技術と応用事例，*情報処理学会研究会報告*，Vol.2013-CVIM-187, No.38, pp.1-4 (2013/5/30).

[23] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: MACHINE READABLE TRAVEL DOCUMENTS, pp.25-28 (Mar. 2007).

[24] Every Entertainment Inc.：ももクロチケット：顔写真の基準について，入手先 (<https://momoclo-ticket.jp/mp/ps>).

[25] 株式会社テイパーズ：顔認証，入手先 (<https://www.tapirs.co.jp/face-authentication.html>).



奥村 明俊 (正会員)

1986 年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年日本電気 (株) 入社。自然言語処理，音声翻訳，コミュニケーションロボット等の研究開発に従事。1992~1994 年南カリフォルニア大学客員研究員として DARPA 機械

翻訳 PJ 参加。現在，NEC ソリューションイノベータ (株) 執行役員。工学博士。情報処理学会平成 20 年度喜安記念業績賞，2007 年度独創性を拓く先端技術大賞経済産業大臣賞，人工知能学会 2010 年，2015 年，2016 年現場イノベーション賞，情報処理学会 2017 年度山下記念研究賞等受賞。



星野 隆道

1983 年東海大学理学部情報数理学科卒業。同年日本電気技術情報システム開発 (株) 入社。現在は NEC ソリューションイノベータ (株) にて，顔認証を含む画像/映像技術を用いた企画・システム開発に従事。2015 年人工知

能学会現場イノベーション賞金賞受賞。



半田 享

1984 年中央大学理工学部物理学科卒業。2001 年九州工業大学大学院博士後期課程修了。博士 (情報工学)。1984 年日本電気技術情報システム開発 (株) 入社。現在は NEC ソリューションイノベータ (株) にて顔認証技術を用い

たシステム開発およびその企画販売に従事。2015 年人工知能学会現場イノベーション賞金賞受賞。



西山 雄吾

2003年九州工業大学大学院情報工学研究科電子情報工学科修士課程修了。同年(株)NEC情報システムズに入社。現在はNECソリューションイノベータ(株)にて、顔認証を用いたシステム開発に従事。2015年人工知能学会現場イノベーション賞金賞受賞。



田淵 仁浩 (正会員)

1987年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。1993年同大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了。1989~1993年同大学情報科学研究教育センター助手。1993年日本電気(株)C&C研究所入社。現在、NECソリューションイノベータ(株)で認知科学や人工知能を用いた人間機能拡張の事業開発担当。博士(工学)、1988年情報処理学会第35回全国大会学術奨励賞受賞。1994年情報処理学会平成6年度山下記念研究賞受賞。電子情報通信学会会員。