

固有空間法による似顔絵の表情生成技術を応用した 携帯電話向け電子メーラの試作

松尾 賢治[†] 佐藤 夕介[‡] 橋本 真幸[†] 小池 淳[†] 今井 順一[‡] 金子 正秀[‡]

[†]株式会社 KDDI 研究所 映像通信グループ 〒356-8502 埼玉県ふじみ野市大原 2-1-15

[‡]電気通信大学 大学院電気通信学研究科 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

E-mail: [†] matsuo@kddilabs.jp

あらまし 携帯電話のアドレス帳に登録された顔画像から似顔絵を作成し、顔文字に合わせて該当人物の似顔絵の表情を変化させながら電子メールの内容を読み上げるアプリケーションを試作した。本論文ではその詳細について報告する。予め多数のサンプル顔画像を用いて、目鼻口等の顔部品を構成する特徴点の形状と配置のそれぞれに関し、主成分分析により固有空間を求める。入力顔をこの固有空間上に直交展開し、得られた展開係数を操作して似顔絵の表現を変化させる。また、電子メール読み上げの際に、本文に出現した顔文字に合わせて似顔絵を変化させるために、携帯電話の電子メールで一般的に使用される顔文字 140 種類を驚き喜び悲しみ等の基本表情と対応付ける。文字だけでは伝わらない感情を伝えることで円滑なコミュニケーションの促進を図る。

キーワード 似顔絵, 顔文字, 固有空間法, 表情, 携帯電話, 電子メール

Development of a E-mail System for Mobile Phone Using Integration of Facial Caricature and Face Mark

Kenji MATSUO[†] Yusuke SATOU[‡] Masayuki HASHIMOTO[†]

Atsushi KOIKE[†] Jun-ichi IMAI[‡] and Masahide KANEKO[‡]

[†] KDDI R&D Laboratories Inc., Visual Communication Laboratory

2-1-15 Ohara, Fujimino-shi, Saitama 356-8502, Japan

[‡] Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications

1-5-1 Choufugaoka, Choufu-shi, Tokyo 182-8585, Japan

E-mail: [†] matsuo@kddilabs.jp

Abstract This paper proposes a new E-mail system using facial caricature. This E-mail system displays facial caricature of sender person as well as sentences of received E-mail. The facial caricature changes its expressions according to face marks. Eigenspaces on shape and arrangement of facial parts, such as eyes, nose, mouse, and so forth, are calculated from feature points of sample face images by principal component analysis. A new input facial image is projected onto the eigen spaces and facial caricature changes its expressions adjusting the expansion coefficients on the eigenspace. In order to change facial expression according to face mark in E-mail, 140 general face marks are respectively fitted to basic facial expressions, such as surprise, angry, cry, and so forth. The proposed E-mail system encourages that facial caricatures transmit emotions which are difficult to be extracted from sentences and they also offer means of smooth communication.

Keyword Facial Caricature, Face Character Mark, Eigenspace, Expression, Mobile Phone, E-mail

1. まえがき

携帯電話のアドレス帳は高機能化している。電話番号、E-mail アドレスの基本情報のみならず、住所、生年月日等の個人情報も管理できるようになった。また、カメラ付き携帯電話が広く普及し、端末で気軽に知人の顔を直接撮影できるようになっている。民間の調査ではカメラ付き携帯電話で撮影される写真の実に48.3%が友人知人の顔であることが報告されている[1].

これらの携帯電話のカメラとアドレス帳を連携させ、カメラで撮影した顔写真をアドレス帳に登録し、着信時に相手の顔写真を表示させることもできる。

しかしながら、紛失時の個人情報の流出リスクが高く、アドレス帳への各種個人情報と顔写真を関連付けて登録することに対する心理的抵抗は大きい。この回避手段として、実際に撮影された顔写真そのものではなく、その人物の顔特徴を端的に誇張して表現した似

顔絵を登録することが考えられる。

似顔絵は、雑誌、Web等の様々な場面で頻繁に用いられている。インターネット上には「アバター」と呼ばれる自分の分身を作成し、その顔に似顔絵を用いるコンテンツも存在する。ただし、似顔絵の作成方法はあらかじめ作成された数種類の顔部品の中から部品単位で選択するモニタージュ方式が現在一般的である。しかしながら、モニタージュ方式で作成された似顔絵が本当に本人に似ているか否かの真偽は似顔絵からは確認できるものではない。これに対し、著者らはこれまでに似顔絵の生成手法に関する研究を行ってきた[2][3][4]。この手法は、実際の顔写真から似顔絵を作成するため、より本人の顔特徴に忠実な、親しみのある似顔絵を作成できる。また、あらかじめ作成された表情変化モデルに基づいて、個性を十分に反映させながら似顔絵の表情を生成することができる。人と人とのコミュニケーションを円滑に促進する手段の一つとして用いることができる。

本論文では、著者らがこれまでに研究を行ってきた似顔絵の生成手法の一応用例として、携帯電話向けの似顔絵表示メーラの試作について報告する。携帯電話のアドレス帳に登録された顔画像から似顔絵を作成し、顔文字に合わせて該当人物の似顔絵の表情を変化させながら電子メールの内容を読み上げる。また、一般的に使用される顔文字を驚き、喜び、悲しみ等の基本表情と対応付け、電子メール本文に出現した顔文字に対応する表情に似顔絵を変化させる。前述の通り、携帯電話はカメラとアドレス帳を具備していることから似顔絵システムを実現する場としての親和性が高い。携帯電話というコミュニケーションツールに似顔絵を適用し、さらに円滑なコミュニケーションの促進を図る。

2. 似顔絵生成手法

著者らがこれまでに提案した似顔絵生成手法では、目、眉、鼻、口、顔輪郭の5種類の顔部品の形状と配置を分離して取り扱う[2][3][4]。まず、データベースの顔写真から各顔部品の形状情報と配置情報を分離し、各々独立に主成分分析を行う。これにより、各顔部品が持つ変化の特徴を示す基底ベクトルが抽出される。次に、性別・年齢・基本6表情(喜び、驚き、恐れ、怒り、嫌悪、悲しみ)のそれぞれの平均顔を計算し、各分類の代表顔として求めた固有空間に直交展開する。各分類の代表顔が特徴的に持つ展開係数の傾向を解析し、その結果に基づいて固有空間上で新たに入力された顔の展開係数を変化させることにより、似顔絵の顔表現を変化させる。

2.1. 顔部品の形状と配置の分離

ソフトビージャパンの顔写真データベース HOIP-Fの正面顔300人分を用いて、顔部品の配置情報と形状情報に対する主成分分析を行い、それぞれの固有空間を作成する。データベースの内訳は、男性150名、女性150名から構成され、15~65歳までの5歳間隔で15人ずつ撮影された顔写真が含まれている。また、口の開閉に対応するため、日本大学文理学部学術フロントティア推進事業「デジタルアーカイブ・インフラストラクチャの構築と高度利用」の顔情報データベース FIND[5][6]を合わせて用いる。FINDには基本6表情に対応した顔画像が収集されている。

まず、感性擬人化エージェントのための顔情報処理

システム[7]で開発された統合ツールを改良し、三角形パッチの集合で構成された3次元顔形状モデルを用いて、顔部品の形状と配置を分離する。これにより、顔部品の形状と配置を分離せず一緒に扱った場合よりも柔軟かつ精度の高い似顔絵を作成することが可能となる。3次元顔形状モデルには760個の特徴点が含まれており、その中から12点、眉20点、鼻30点、口44点、輪郭38点の合計144点の特徴点を抽出し、それらの2次元座標を各顔部品の「形状情報」として抽出する。これらの点をつなぐことによって、各顔部品の形状を表現できる。

次に、それぞれの顔部品に基準点を設定し、その基準点に対する相対座標を特徴点の座標値として出力する。目頭、眉頭、鼻の下端、口の端点を結ぶ線分の中点を各顔部品の基準点とする。また、顔全体の基準となる顔輪郭の基準点は、左右のこめかみを結んだ線分と、鼻の下の点から垂直に引いた線分との交点とし、各顔部品の基準点をまとめて「配置情報」として取り扱う。各顔部品の基準点を図1に例示する。

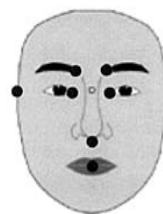


図1. 顔部品の基準点

2.2. 固有空間法による似顔絵生成

固有空間法は、高次元のデータからできるだけ本質的な情報を失うことなく要約して低次元のデータへ変換する手法であり、多変量解析における主成分分析と等価である[8][9]。特に、固有空間法を顔写真集合に対して適用した場合、抽出される基底ベクトルは平均顔を基準とした人間の顔特徴を表現する。固有空間による顔表現を行う場合、ある一つの顔は、各顔部品の形状及び配置の各々に対する固有空間を組合せた複合的な固有空間内の一点で表される。したがって、逆にこの固有空間内の点が決まると、それに対応する似顔絵を出力することができる。

図2に固有空間を利用した似顔絵生成の全体の枠組みを示す。まず、2.1で分離された各顔部品の形状情報と配置情報に対して部品別で独立に主成分分析を行い、それぞれの固有空間を求める。上位の基底ベクトルは大局的な特徴に、また下位の基底ベクトルは細かい特徴に対応していると考えられる。次に、入力顔画像に対する似顔絵を作成する場合には、各顔部品の形状と

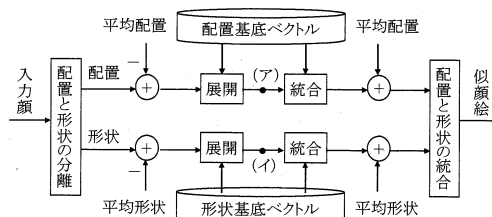


図2. 似顔絵生成の枠組み

配置について、各々の固有空間の基底への直交展開を行う。得られた各主成分の係数に対して強調処理を行った上で、各基底を足し合わせ、形状と配置の両者を統合することにより、最終的に顔特徴が強調された似顔絵が得られる。

2.3. 固有空間上での顔表現

作成された似顔絵の基準点の配置や顔部品の形状を変化させると、顔の表現が変化し、似顔絵から受ける主観的な印象は大きく異なる。本似顔絵生成手法の枠組みでは、このような似顔絵の顔表現の変化を固有空間上の展開係数の操作で容易に実現できる。使用された顔画像データベースの特性から、2.2で作成された固有空間は人物間の特徴だけでなく、年齢・基本6表情の特徴を効率良く表現することに秀でた固有空間である。したがって、実在する顔画像集合から性別・年齢・基本6表情のそれぞれの顔表現に関する平均顔を求め、それぞれの平均顔が固有空間上で示す展開係数の組合せの傾向を解析し、その傾向に基づいて新たな入力顔の固有空間上での係数を操作することで、対応する顔表現の似顔絵を仮想的に生成できる。固有空間上での係数の操作は図2の(ア)と(イ)における展開係数を操作することに相当する。

コンピュータによる似顔絵は、通常、実写の顔写真に基づいて作成されるが、本似顔絵生成手法は固有空間上での展開係数の操作により、所望の顔表現に対応する顔写真が実際に無くても、対応する顔表現の似顔絵を仮想的に生成できる。また、顔表現の強度に関するパラメータを0~1の範囲で動かすことにより、対応する顔表現の典型度合いを変化させた各顔表現の似顔絵を生成できる。例えば、幸せと悲しみの表情に関する強度を変化させて作成した似顔絵の一例を図3に示す。同時に2つのパラメータを指定することも可能である。図3で示す通り、幸せ0.5と悲しみ0.5を同時に設定した場合は、困惑した顔表現が得られる。

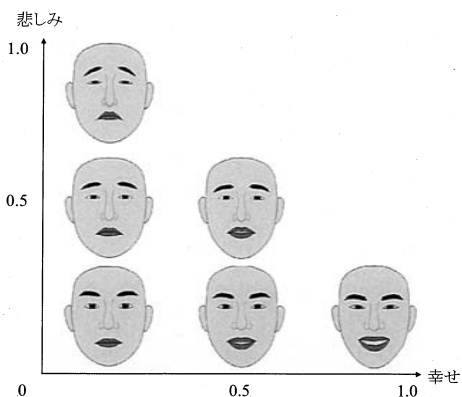


図3. 似顔絵の顔表現

3. 携帯電話向けの似顔絵電子メールシステム

3.1. システム全体像

図4を使って本試作で想定している将来の携帯電話向けの似顔絵電子メールシステムの全体像について説明する。本システムは、似顔絵表示端末、似顔絵作成サーバ、メール送信端末およびメールサーバが相互にネットワークで接続されて構成される。動作の流れを

次の連携手順①~⑧で順を追って説明する。

①似顔絵表示端末

カメラ、アドレス帳または端末内のデータフォルダから顔画像を取得する。

②似顔絵表示端末⇒似顔絵作成サーバ

顔画像を送信する。

③似顔絵作成サーバ

受信した顔画像から似顔絵基本データを作成する。

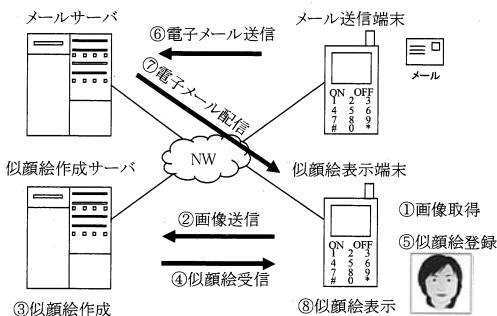


図4. 似顔絵電子メールシステム

④似顔絵作成サーバ⇒似顔絵表示端末

似顔絵基本データを送信する。

⑤似顔絵表示端末

似顔絵基本データをアドレス帳に関連付けて登録する。

⑥メール送信端末⇒メールサーバ

作成した電子メールを送信する。

⑦メールサーバ⇒似顔絵表示端末

受信した電子メールを配信する。

⑧似顔絵表示端末

受信した電子メール文章と似顔絵を表示する。また、電子メールの内容に応じて表情を変化させた似顔絵を作成し表示する。

本試作では、図4に示した携帯電話向けの似顔絵電子メールシステム全体の中から、⑧の似顔絵表示端末における内部の動作に的を絞って、似顔絵表示電子メールとして実現するものである。

3.2. 似顔絵表示電子メール

従来の携帯電話での電子メールは、文字情報が羅列されただけの無味乾燥なものであり、文章だけでは相手の感情が伝わらず、時に誤解を生じることがあった。現在、文字に限定された情報伝達の場面では、感情を伝えるための一手段として、顔文字が盛んに使われている。顔文字は人の顔の感情を文字で表し、笑顔(☺)や泣き顔(T_T)など、様々な種類が存在する。文章そのものだけでは誤解を与えると思われる時に、語調を和らげることができるという利点がある。

本試作の似顔絵表示電子メールは従来の文字だけの無味乾燥なメール表示に、似顔絵を合わせて表示させることにより、相手の感情を誤解無く伝達することができ、より相手の感情が伝わるコミュニケーションの一機能を提供するものである。その実行イメージを図5に示す。メール内にメールアドレスに対応した送信者の似顔絵を表示し、メールの内容を1文ずつ吹き出し表示する。メールアドレスに対応した送信者の似顔

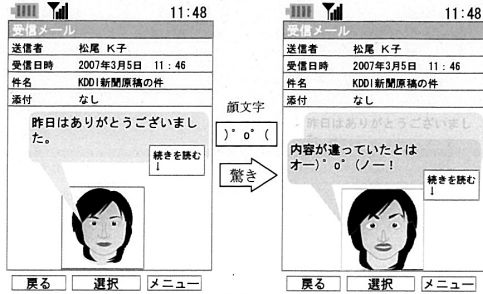


図5. 似顔絵表示電子メール実行イメージ

絵を表示するために必要なデータはあらかじめ作成しておき、携帯端末内のアドレス帳に関連付けて格納されているものとする。また、メール文章内に顔文字が記述されている箇所、その顔文字の感情に合わせて似顔絵の表情を変化させ、感情を伝わり易くすることが特徴である。図5は) ° (という驚きの顔文字に合わせて似顔絵の表情を変化させた例である。

3.3. 顔表現と顔文字の対応

実在の顔写真データベースを使用し、平均顔から作成した顔表現を図6に示す。後述する似顔絵変換モジュールは入力された顔を基本表情からこれら15種類の顔表現に変化させた似顔絵に変換する。喜怒哀楽の表情に関する顔表現だけでなく、飽きた・真剣な・焦った等の印象に関する顔表現も含まれる。

実在する微妙な顔表現を区別して分類するは難しい課題であり、顔表現をはっきりとしたカテゴリに分類した場合は今回のように違いが明確な数種類程度の分

類に限定される。一方、電子メールで使用される顔文字はそれ以上に多数存在する。例えば、近年の携帯電話には顔文字入力の煩わしさを解決するため、予め顔文字が辞書に登録されている。著者らの調査によると、端末により多少前後があるものの、その数はおよそ数100種類程度であることが分かった。したがって、多数存在する顔文字を種類が制限された顔表現と対応付ける必要がある。

図6に顔表現の識別番号をID=01~15で付与した。顔文字と顔表現との対応例を表1に示す。実際の携帯電話2機種から登録されている顔文字を140種類抽出し、著者らの主観によりその対応を決定した。表内の値は顔表現の強度である。例えば、顔文字o(^-^)oは顔表現ID=01の喜(小)を1.0に設定して作成される表情を意味する。また、(・_・)エッ..?は顔表現ID=10の驚(中)を1.0に設定して作成される表情を意味する。喜びと悲しみを同時に指定することにより、ひきつった苦笑いのような表現をさせることも可能である。

4. 試作

似顔絵表示電子メールは、最終的には携帯電話上への実装を見据えたものであるが、まずは試験的な要素を導入する際の利便性と予備評価の目的で、Windows PC上の携帯電話エミュレータでの試作を進める。

4.1. 似顔絵表示電子メールの内部構成

似顔絵表示電子メールは担当する機能により、図7の構成図に示す通り、2つの処理系に分けられる。すなわち、統括制御部と似顔絵変換モジュールから構成され、それぞれ以下に挙げる機能を分担する。

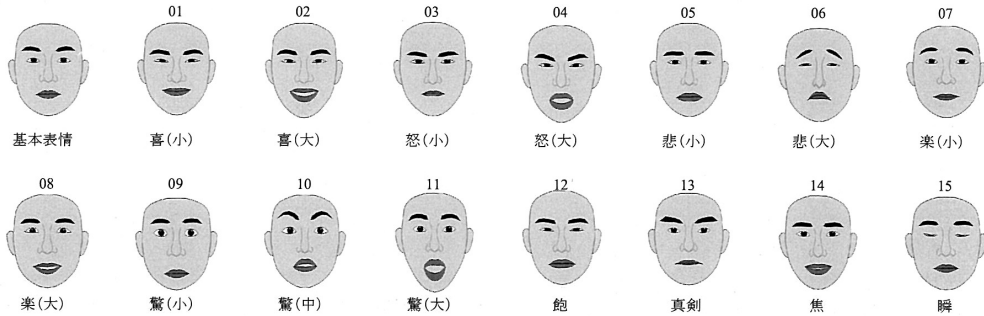


図6. 表情一覧

表1. 顔文字と表情の対応表の一例

No.	顔文字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		喜(小)	喜(大)	怒(小)	怒(大)	悲(小)	悲(大)	楽(小)	楽(大)	驚(小)	驚(中)	驚(大)	飽	真剣	焦	瞬
1	o(^-^)o	1.0														
2	(^o^) /		1.0													
3	(T_T)					1.0										
4	(ToT)						1.0									
5	(^-ε´)			1.0												
6	(^-;-)				1.0											
7	(*o*)							1.0								
8	(^-;-)														1.0	
9	(^-;-)												1.0			
10	(・_・)エッ..?										1.0					
11	(**)									1.0						
12	(^-O^-)											1.0				
13	(^-)zzZ															1.0

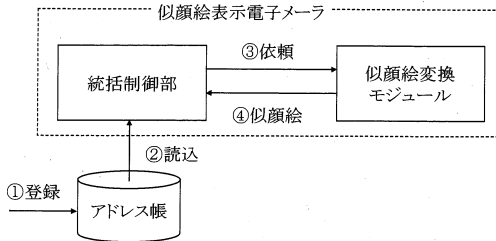


図7. 似顔絵表示電子メールの内部構成

○統括制御部

メールを受信し、メールの送信者を特定する。該当人物の似顔絵座標データの作成を似顔絵変換モジュールに依頼し、結果を受信して、似顔絵を表示する。また、メール本文内の顔文字の感情を解析し、顔文字に応じた顔表現の似顔絵座標データの作成を似顔絵変換モジュールに依頼する。結果を受信して、似顔絵の表情を変化させて表示する。Visual C++.NETおよび.NET Framework 1.1 プラットフォーム上で試作した。

【機能一覧】

- ・メール受信
- ・送信者の特定
- ・メール内容の表示
- ・メール送信者の似顔絵の表示
- ・顔文字の感情解析
- ・似顔絵の表情変化

○似顔絵変換モジュール

統括制御部からの依頼を受け、2 で述べた顔絵変換手法により似顔絵座標データを作成する。依頼の際に表情制御パラメータを参照し、そこで指定された顔表現の似顔絵座標を作成する。Java プラットフォーム上で試作した。

【機能一覧】

- ・指定された人物の似顔絵の特徴点座標計算
- ・顔表現に合わせた似顔絵の特徴点座標計算

4.2. データ連携の流れ

統括制御部と似顔絵変換モジュールは次の①～④の流れで、アドレス帳とデータを連携させて動作する。図7内に記載されている番号と対応している。

①似顔絵基本データのアドレス帳登録

2.1 で述べた整合ツールを用い、顔写真から特徴点を取り出し、その座標を似顔絵の基本データとして該当人物のアドレス帳に関連付けて登録する。髪型の自動整形も検討中であるが、本似顔絵生成手法は現時点では対応していないため、画像処理手法を用いて実写画像から抽出した髪画像を使用する。

②該当人物の似顔絵基本データ読み込み

統括制御部はメールのヘッダを解析し、アドレス帳から該当人物の似顔絵の基本データと髪画像を読み込む。

③似顔絵作成依頼

統括制御部は似顔絵変換モジュールに、似顔絵の基本データと変化させたい顔表現 ID とその強度を伝送する。このとき、顔表現を指定しなかった場合は、基本表情の似顔絵を指定することを意味する。

④似顔絵座標データの作成

似顔絵変換モジュールは、指定された顔表現の似顔絵を作成し、統括制御部にその特徴点座標を渡す。

4.3. アニメーション

似顔絵の顔表現を、例えば、基本表情から強度1の驚きの顔表現に変化させるとき、似顔絵の顔表現をスムーズに変化させるためには、強度1の驚きの似顔絵だけでなく、0～1の間で数点強度を変えながら驚きの似顔絵を作成し、表示する必要がある。このとき、似顔絵の特徴点の座標空間と固有空間は線形性が保たれているため、実際は似顔絵変換モジュールに0～1の間で数点強度を変えながら驚きの似顔絵の作成を依頼する必要はなく、既に取得した強度1の驚きの似顔絵と基本表情の似顔絵の特徴点の座標を使って、荷重平均により、強度0～1の間の驚きの似顔絵の座標点を補間して作り出すことができる。この場合、似顔絵変換モジュールでの直交展開、統合等の処理負荷を減らすことができ、効率良く表示させることができる。統括制御部では図8に示す処理の流れで、20段階の補間を行って、似顔絵をアニメーション表示させた。

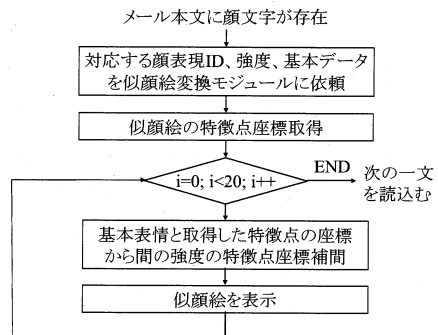


図8. 補間による似顔絵アニメーション

5. 評価と考察

5.1. インタフェース

試作した似顔絵表示電子メールの画面を図9に示す。送信者に対応する似顔絵が表示され、メール本文が一文ずつ吹き出しで表示される。この際、一文字ずつ文字の表示に合わせて口を開閉させ、同時にビープ音を鳴らし、メール読み上げのイメージを高める。口の開閉は基本表情と強度0.5の喜(大)の顔表情の繰り返しである。また、「>>」ボタンを押し次の文章を表示する。メール本文内の顔文字に合わせて似顔絵の表情が変化する。図は(^O^A)という顔文字が入力された場合である。似顔絵下に現在の顔表現で使用されている顔文字が示される。表情の強度は似顔絵と合わせて上段のインジケータで示す。

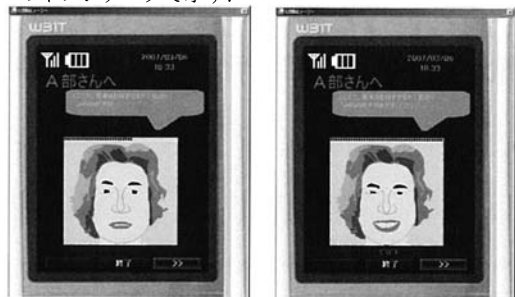


図9. 試作した電子メールの画面

メール内容の進行に伴う画面の遷移を図 10 に示す。この例では、メールの 3 つの文の末尾にある、①(^O^), ②(`ε´), ③(ToT) の顔文字に対応して、似顔絵の顔表情が驚き、怒り、悲しみの 3 パターンに変化する例を示している。

5.2. 携帯電話上での実装の意義

携帯電話には個人と電話番号、電子メールアドレス等に関連付けるアドレス帳が備わっている。現在では、顔写真を登録できるようにもなった。しかしながら、その顔写真は着信の際に相手の顔を表示させる程度にしか使われていない。本試作の似顔絵表示電子メールは PC でも実現できるが、携帯電話ならではのメリットとして、アドレス帳と連携できることが挙げられる。すなわち、アドレス帳に顔写真が登録されている人物は、その顔写真を似顔絵に変換し、その人物からの電子メール表示の際に似顔絵を合わせて表示できる。

5.3. 実装に向けての課題

本試作では PC 上の携帯電話エミュレータへの実装を行ったが、今後、実機への実装に向けていくつかの課題がある。

・髪の実在性再現

顔表現は変化するものの、固定の髪画像を使用しているため、顔表現に合わせて髪形を変化させる必要がある。

・顔写真から特徴点の自動抽出

整合ツールを用いて手動で特徴点を抽出したが、携帯電話上での特徴点抽出は困難かつ時間を要する作業であるため、システム化に向けては携帯電話の利便性を損なわない、自動または半自動抽出が必須である。特徴点の自動抽出法は現在開発中であり、ソフトピアジャパンの顔画像データベースに登録されている安定した照明環境下で撮影された正面顔であれば、現時点でも高い精度で自動抽出が可能である。

・音声読み上げ

音声合成を使いメールを読み上げさせることによって、より感情の伝わるコミュニケーションが促進できると考えられる

・顔文字と顔表現の対応付け

著者らの主観に基づいて決定したが、汎用性の高い顔文字と顔表現の対応付けが課題である。

・表示、改行等

吹き出しには 1 文ずつメール内容を表示するが、吹き出しに収まらないメール内容も表示する必要がある。

6. まとめ

本論文では、著者らがこれまでに研究を行ってきた似顔絵の生成手法の一応用例として、携帯電話向けの似顔絵表示メールの試作について報告した。携帯電話はカメラとアドレス帳を具備していることから似顔絵システムを実現する場としての親和性は高い。また、携帯電話というコミュニケーションツールに似顔絵を適用し、さらに円滑なコミュニケーションを促進する。

なお、本論文に使用した顔画像データは、財団法人ソフトピアジャパンから使用許諾を受けたものです。権利者に無断で複写、利用、配布等を行うことは禁じられています。

文 献

- [1] “ケータイ白書 2007”, モバイル・コンテンツ・フォーラム, 2006.
- [2] 徐光哲, 金子正秀, 樽松明, “固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成,” 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol.J84-D-II, no.7, pp.1279-1288, 2001.7.
- [3] 金子正秀, 水野友和, 目黒光彦, “固有空間法による顔特徴の分析と印象語に基づく顔画像の生成,” 日本顔学会誌, vol.3, no.1, pp.63-73, 2003.9.
- [4] 佐藤夕介, 金子正秀, “顔部品の大きさと形状の特徴を分離して扱うことが可能な似顔絵生成システム,” 情報処理学会第 67 回全国大会, 5X-2, 2005.3.
- [5] 山口, 他, “顔情報データベースの基礎的検討,” 信学技報 HCS2002-51, pp.25-30, 2003.3.
- [6] 吉田, 他, “顔情報データベースの基礎的検討(2) -撮影環境と検索インターフェイスについて-,” 信学技報 HCS2004-12, pp.13-16, 2004.7.
- [7] 擬人化エージェントツールキット Galatea Toolkit, <http://hil.t.u-tokyo.ac.jp/~galatea/galatea-jp.html>
- [8] 田中豊, 脇本和昌, 多変量統計解析法, 現代数学社, 1983.
- [9] 有馬哲, 石村貞夫, 多変量解析のはなし, 東京図書, 1987.

メール本文

私はX-JAPANが大好きです。(^O^)	①
構造改革に反対する勢力をぶっ壊しましょう! (`ε´)	②
最近の支持率低下は私も心配しています。(ToT)	③



図 10. メール内容の進行に伴う画面の遷移